COMUNE DI CASTELL'AZZARA

PROVINCIA DI GROSSETO

REGOLAMENTO URBANISTICO

Studio idrologico-idraulico FOSSO ACCENDOLA

Progettista
Arch. Lucia Bracci

Collaboratore
Geom. Valerio Buonaccorsi

Indagini geologiche
Geol. Riccardo Martelli

Studio d'incidenza
Dott. Biol. Elena Pecchioli

Responsabile del Procedimento
Geom. Claudio Corazzi

Garante della Comunicazione
Geom. Leonardo Merli

Data:
Giugno 2013

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134 Firenze (FI)

DENOMINAZIONE

VERIFICA IDROLOGICA E IDRAULICA FOSSO DELLA ACCENDOLA

RELAZIONE TECNICA E VERIFICA IDRAULICA HECRAS

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

ACCEMDOLA

COMMITENTE

Comune di Castell'Azzara (Gr)

TECNICI INCARICATI

I.P.A. INGEGNERIA PER L'AMBIENTE S.R.L. P.I. 06056750489
VIA DEL ROMITO, 62/b
50134 firenze
T/F 055 3841816 info@ingegneriaperambiente.it

ING. BENVENUTI GIOVANNA
g.benvenuti@ingegneriaperambiente.it

ING. MACCIONI LORENZO MARIA
l.maccioni@ingegneriaperambiente.it

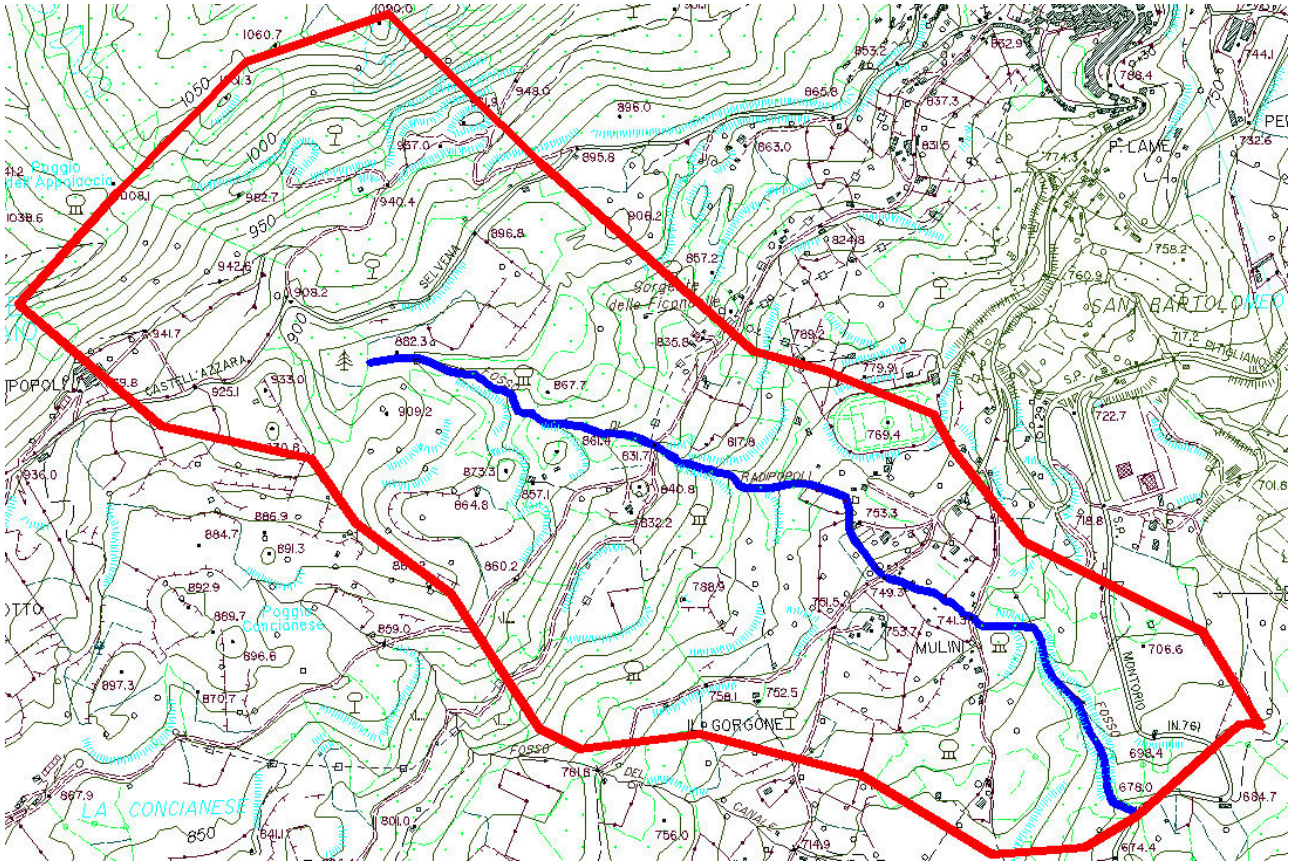
Data	Giugno 2013	Revisione	

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

ANALISI IDROLOGICA

1 Inquadramento geografico e limiti del bacino imbrifero

L'analisi idrologia e idraulica interessa il tratto del fosso di Accendola in località Mulini, l'area si trova a sud ovest del centro abitato di Castell'Azzara. Il bacino ha una modesta estensione racchiude il reticolo idrografico di interesse composto da una sola asta fluviale



2 Proprietà planimetriche

Il bacino ha una forma regolare assimilabile a in rettangolo con quota massima pari a 1051.3 m s.l.m. e quota minima pari a 674.0 m s.l.m.

2.1 Proprietà plano-altimetriche

GRANDEZZE DEL BACINO		
S	Superficie	2025600 m^2
P	Perimetro	6686 m
L	Lunghezza asta principale	2100 m

L'*indice di forma If* di Horton: $If = \frac{S}{L^2}$ = 0.45

Il *coefficiente di uniformità Uc* di Gravelius: $Uc = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$ = 1.32

Il *rapporto di allungamento*: $E = \frac{L}{2\sqrt{S/\pi}}$ =1.30

2.2 Proprietà plano-altimetriche

QUOTA ISOIPSE h_i (m)	A_i (kmq)	A_i / A	h_i / h_{max}
1051,3	0	0,00	1,00
1000	0,12	0,06	0,95
950	0,132	0,12	0,90
900	0,313	0,28	0,86
850	0,4013	0,48	0,81
800	0,233	0,59	0,76
750	0,351	0,77	0,71
700	0,394	0,96	0,67
674	0,08	1,00	0,64

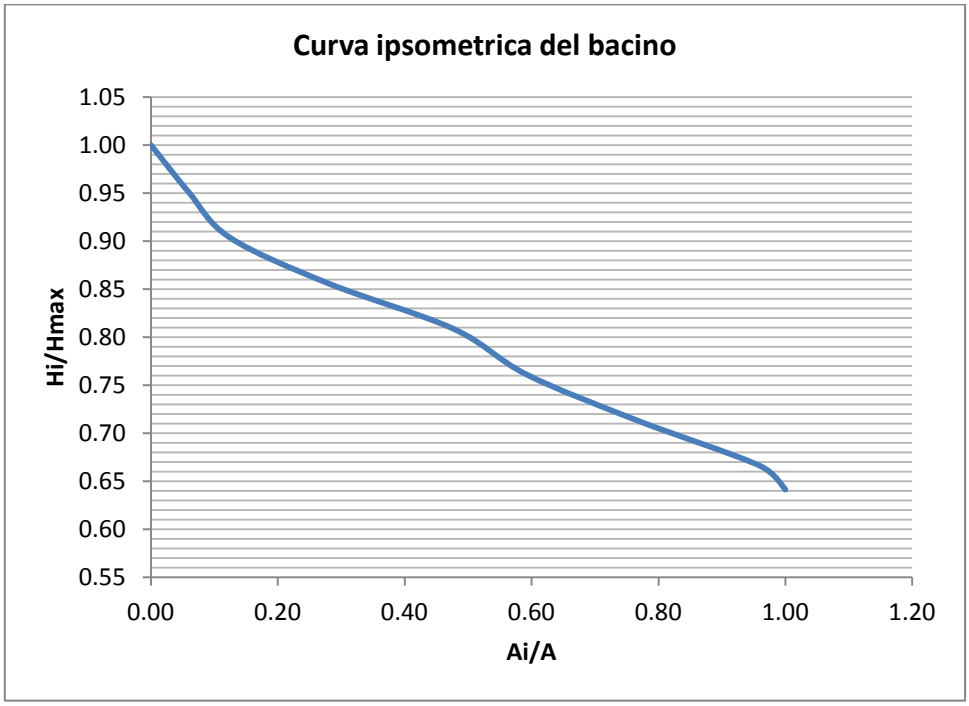
La curva ipsografica seguente (in forma sia dimensionale che adimensionale) fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche.

L'integrale della curva ipsografica dimensionale rappresenta il volume di rilievo, che diviso per l'area del bacino fornisce l'*altitudine media* del bacino:

$$\mathbf{h_m = 847{,}8\ m\ (s.l.m.)}$$

Il rilievo del bacino è dato dalla differenza tra la quota del punto di vetta del bacino e la quota minima alla sezione di chiusura:

$$H_m = \frac{h_{max} - h_{min}}{2} = \mathbf{188{,}65\ m\ s.l.m.}$$



Il calcolo dell'*integrale ipsometrico I P* adimensionale, consente di stimare l'evoluzione volumetrica del bacino imbrifero ed interpretarne lo stadio (> 0.6 stadio giovanile, 0.4/0.6 stadio maturo, < 0.4 stadio senile).

Pendenza media dei versanti del bacino i_m ,esprimibile come:

$$i_m = e\frac{\sum l_i}{A} = \mathbf{17{,}86\%}$$

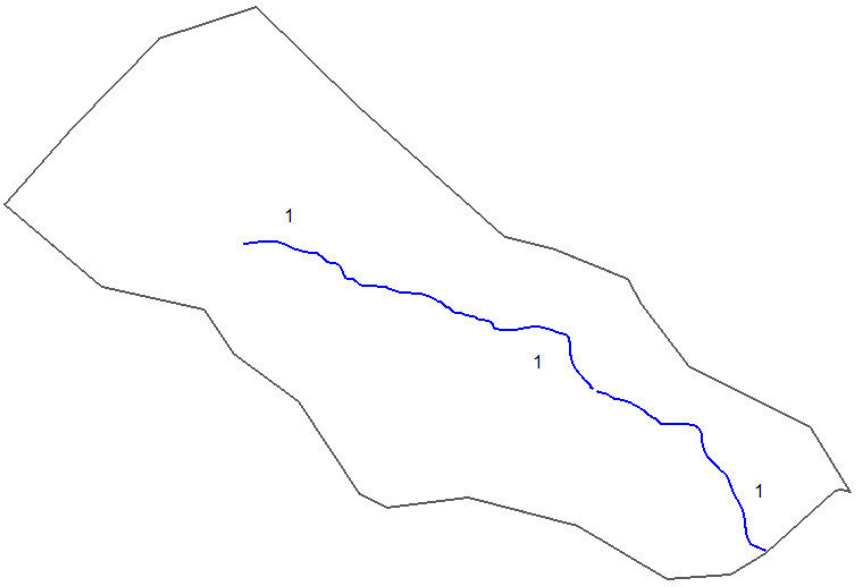
La *pendenza media i a dell'asta principale* è stata ricavata tramite la formula:

$$i_a = \frac{L^2}{\left(\sum_{j=1}^{n} \frac{L_j}{i_{aj}}\right)^2} = 1{,}013\%$$

2.3 Proprietà idrografiche

Il sistema di ordinamento del reticolo idrografico qui adottato è quello di Horton – Strahler.

O*rdine del bacino* = **1.**



Dal numero *N u* dei segmenti di ciascun ordine *u* si calcola il *rapporto di biforcazione*:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Dalla lunghezza media *L u* dei segmenti si calcola il *rapporto delle lunghezze*:

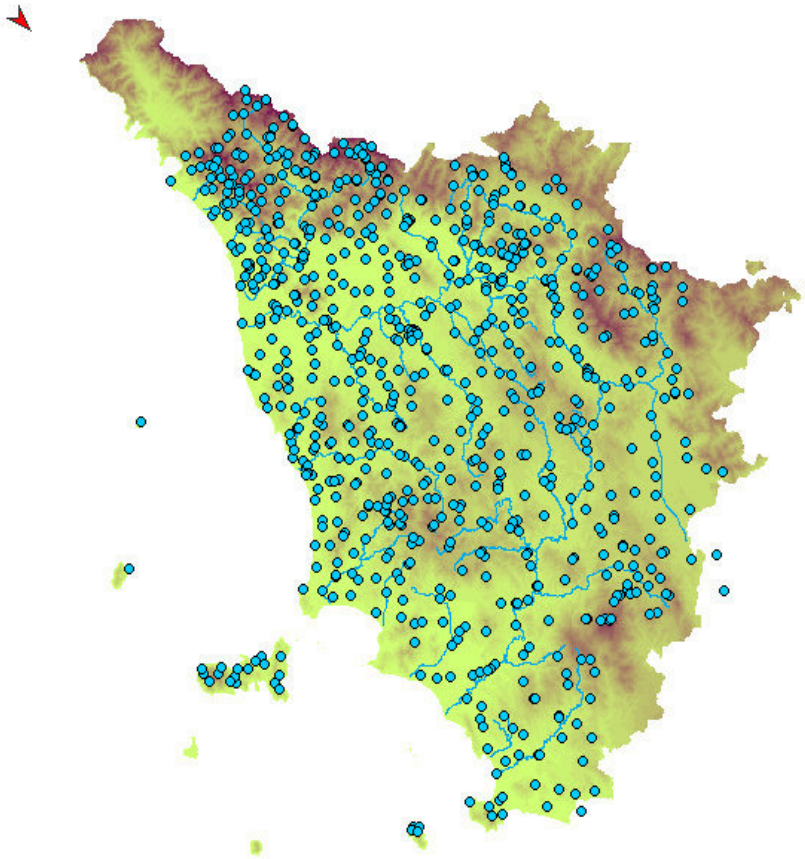
$$R_L = \frac{L_{u+1}}{L_u}$$

Parametri caratteristici del reticolo idrografico:

Ordine	Lu km	numero N	Rb	RL	Au
1	2,893	1	-	-	-

3 Analisi climatica

3.1 Pluviometria



Ai fini della seguente relazione idrologica data la localizzazione del sito di interesse sono stati utilizzati i dati di pioggia del pluviometro Triana Roccalbegna. Di seguito si riportano i dati identificativi del pluviometro.

Stazione	Triana	
Codice	[TOS10003022]	
Comune	Roccalbegna (GR)	
Provincia	GR	
UTM [m]	E 708480	N 4740580
GB [m]	E 1708427	N 4740400
Quota [m]	750.00	

La legge di distribuzione qui adottata per lo studio delle precipitazioni massime annuali di breve durata è quella di Gumbel o prima legge di distribuzione asintotica del massimo valore:

$$P(h_t) = e^{-e^{-\alpha(h_T - u)}}$$

dove: (Ph_t) è la probabilità di non superamento dell'altezza massima di pioggia h t; α e **u** sono i due parametri della legge di Gumbel da stimare. La stima di questi due parametri è stata eseguita con il metodo dei momenti.

$$\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \cong \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$u = \mu - \frac{\gamma}{\alpha} = \mu - \left(\frac{\gamma\sqrt{6}}{\pi}\right)\sigma \cong \mu - 0.45 \cdot \sigma$$

dove **u** è il valore atteso di h_t, σ^2 è il valore della varianza da cui si ricava lo scarto quadratico medio **σ.** Si riporta di seguito la trascrizione dei risultati ottenuti per la legge di distribuzione di Gumbel tramite il metodo dei momenti:

STAZIONE DI TRIANA – ROCCALBEGNA dal 1935 al 1967

	media	std	gumbel	gumbel
	μ	**σ**	**u**	**α**
1h	29,33913	12,8112	23,57409	0,100147
3h	40,25217	20,64577	30,96158	0,062143
6h	50,6913	23,21845	40,243	0,055258
12h	61,4	22,08844	51,4602	0,058085
24h	76,58696	21,55741	66,88612	0,059515

La probabilità (Pht) di non superamento della massima precipitazione può essere messa in relazione al tempo di ritorno Tr :

$$1 - P(h_{t,Tr}) = \frac{1}{Tr}$$

La funzione di probabilità di Gumbel diventa:

$$P(h_{t,Tr}) = \frac{T_r - 1}{Tr} = e^{-e^{-\alpha_t (h_{t,T} - u_t)}}$$

avendo indicato con h_t, Tr l'altezza di pioggia h t di assegnati durata t e tempo di ritorno Tr , la *linea segnalatrice di possibilità pluviometrica* è qui rappresentata dall'equazione in forma di legge di potenza:

$$h_{t,Tr} = a_{Tr} t^{n_{Tr}}$$

dove a_{Tr} ed n_{Tr} sono i parametri, di tempo di ritorno *Tr,* propri della stazione, qui stimati tramite il metodo dei minimi quadrati in scala bi-logaritmica per ogni valore del tempo di ritorno.

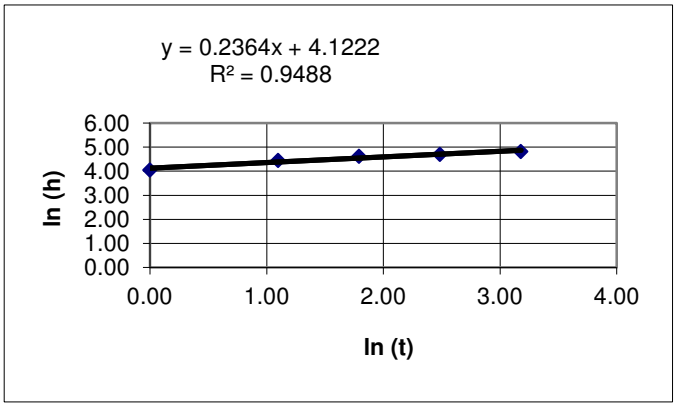
STAZIONE TRIANA ROCCALBEGNA

Tr	**a**	***n***
30	61,6951	0,2364
20	56,88	0,2421
50	67,72	0,2303
100	75,87	0,2233
200	83,99	0,2176

Tempo di ritorno 30 anni

α	***ν***
61,6951	0,2364

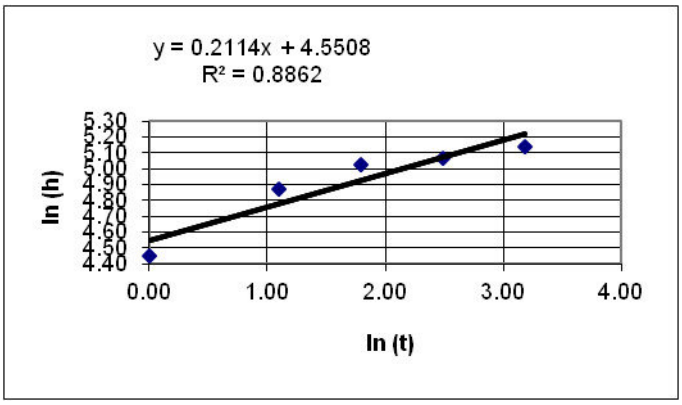
ln h(mm)	**ln t(ore)**
4,05	0,00
4,45	1,10
4,62	1,79
4,70	2,48
4,82	3,18



Tempo di ritorno 500 anni

a	n
94.7080	0.2114

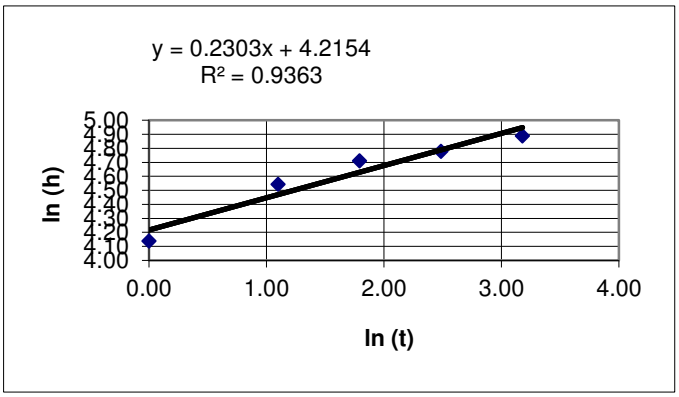
ln h(mm)	ln t(ore)
4.45	0.00
4.87	1.10
5.03	1.79
5.07	2.48
5.14	3.18



Tempo di ritorno 50 anni

a	n
67,7241	0,2303

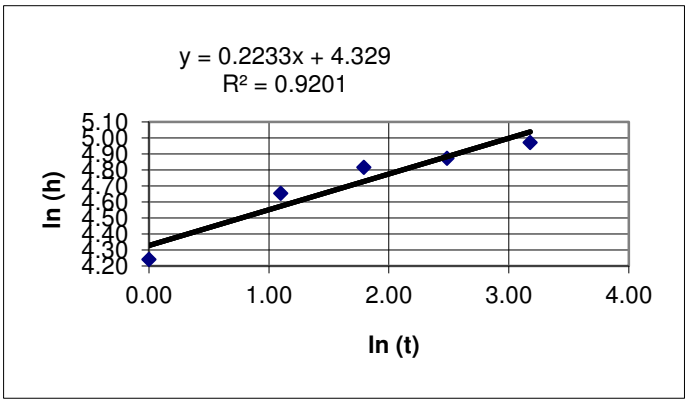
ln h(mm)	ln t(ore)
4,14	0,00
4,54	1,10
4,71	1,79
4,78	2,48
4,89	3,18



Tempo di ritorno 100 anni

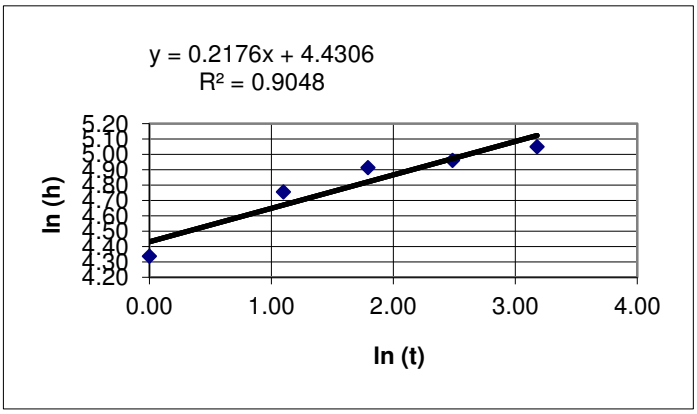
a	n
75,8654	0,2233

log h(mm)	log t(ore)
4,24	0,00
4,65	1,10
4,82	1,79
4,87	2,48
4,97	3,18



Tempo di ritorno	**200** anni
α	**ν**
83,9854	0,2176

ln h(mm)	**ln t(ore)**
4,34	0,00
4,76	1,10
4,91	1,79
4,96	2,48
5,05	3,18



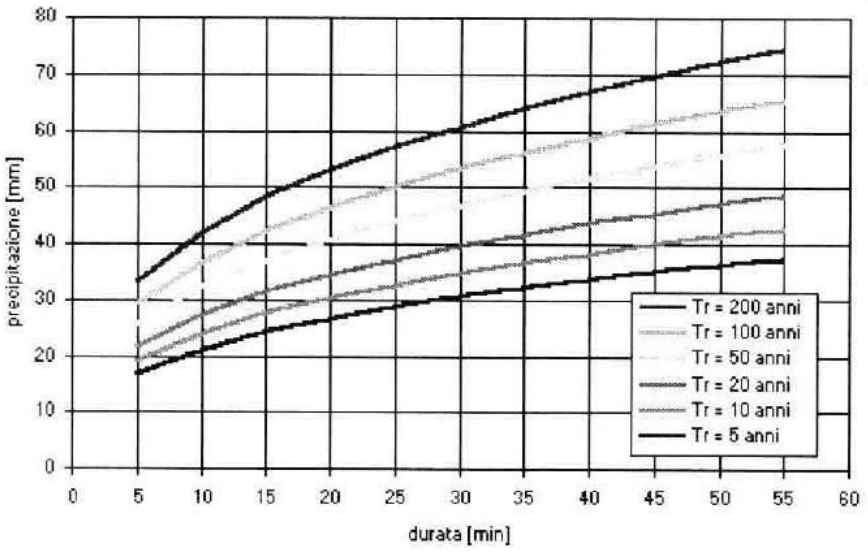
Di seguito si riporta il confronto dei dati calcolati con i dati forniti dalla pubblicazione integrale LSPP a cura della Regione Toscana dai quali si denota la coerenza della verifica effettuata.

Stazione: TRIANA - [3021]

Durata inferiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

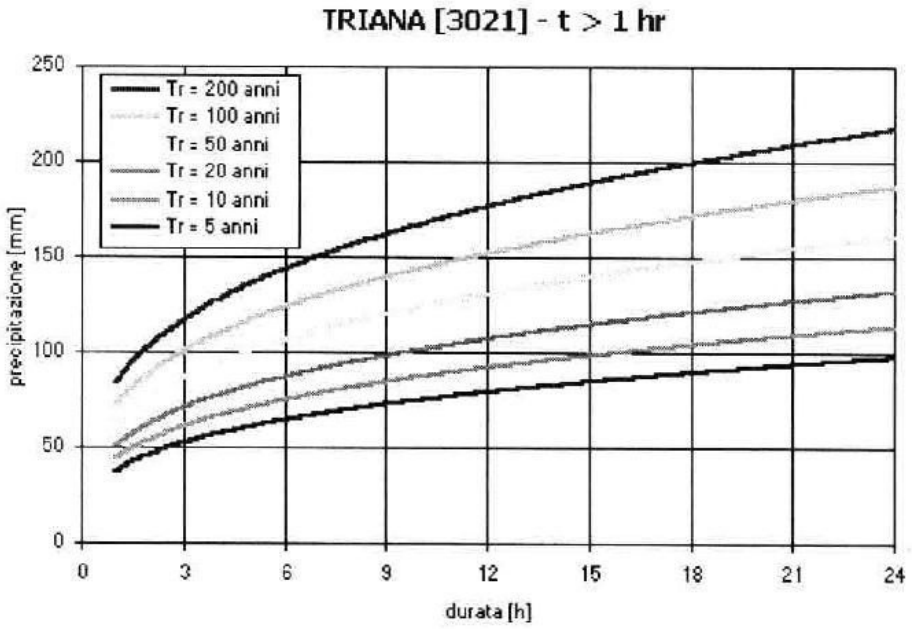
Coefficienti			*5'*	*10'*	*15'*	*20'*	*30'*	
a	28.629	*5 anni*	16.7	21.1	24.2	26.6	30.6	mm
n	0.338	*10 anni*	19.0	24.0	27.5	30.3	34.8	mm
m	0.186	*20 anni*	21.6	27.3	31.3	34.5	39.6	mm
		50 anni	25.6	32.4	37.1	40.9	46.9	mm
		100 anni	29.1	36.8	42.2	46.5	53.4	mm
		200 anni	33.1	41.9	48.0	52.9	60.7	mm

TRIANA [3021] - t < 1 hr



Durata superiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti							
		1 h	*3 h*	*6 h*	*12 h*	*24 h*	
a	26.571	*5 anni*	37.7	52.3	64.4	79.2	97.4 mm
n	0.299	*10 anni*	43.8	60.9	74.9	92.1	113.3 mm
m	0.217	*20 anni*	51.0	70.8	87.0	107.1	131.7 mm
		50 anni	62.2	86.4	106.2	130.6	160.7 mm
		100 anni	72.3	100.4	123.5	151.9	186.8 mm
		200 anni	84.1	116.7	143.6	176.6	217.2 mm



Elaborazione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Ultimo aggiornamento: Ottobre 1998

4 Idrogrammi di piena per tempi di ritorno di 20 e 200 anni

4.1 Tempo di corrivazione

Per la stima del tempo di corrivazione del bacino del Fosso della Canala si considerano le formule empiriche di Puglisi, Giandotti, Ogrosky. Sulla base dei parametri morfologici del bacino stimati al capitolo 3, si ottengono le stime riportate nella tabella seguente. Per i successivi calcoli degli idrogrammi di piena si assume il valore medio delle diverse stime.

Tempi di corrivazione [h]		
Puglisi	t_c= 6 L^0.67 * Hm^(-0.33)	0,442
Ogrosky	t_c= 0.914 L^1.15 C^(-0.38)	0,056
R. Rosso	t_p=1.584(Rb/Ra)^0.55 * Rl^(-0.38) *Lc/Vm	0,452
Giandotti	t_p=(2*radq(A)+1.5*L)/(0.8*radq(H))	0,318207205
		0,317

4.2 Ietogrammi di progetto e portate massime di piena

Per ciascun tempo di ritorno, si assume uno ietogramma lordo di progetto di intensità costante P, fornito dalla L.S.P.P. della stazione di Triana (vedi punto 4.1) per durata pari al tempo di corrivazione. Per il calcolo delle perdite per infiltrazione I, si considera una intensità potenziale di infiltrazione costante e pari al coefficiente di permeabilità Ks. Tali perdite vengono valutate separatamente per ciascuna zona con diversa permeabilità e pesate in base all'estensione areale su ciascuna di esse. La portata massima di piena Qmax per assegnato tempo di ritorno viene quindi ottenuta applicando il metodo cinematico con ietogramma netto di intensità costante P-I, ottenendo i risultati riportati

$$I = \frac{1}{S}\sum_i S_i \min\left(P, K_{s,i}\right) \qquad Q_{\max} = S(P - I)$$

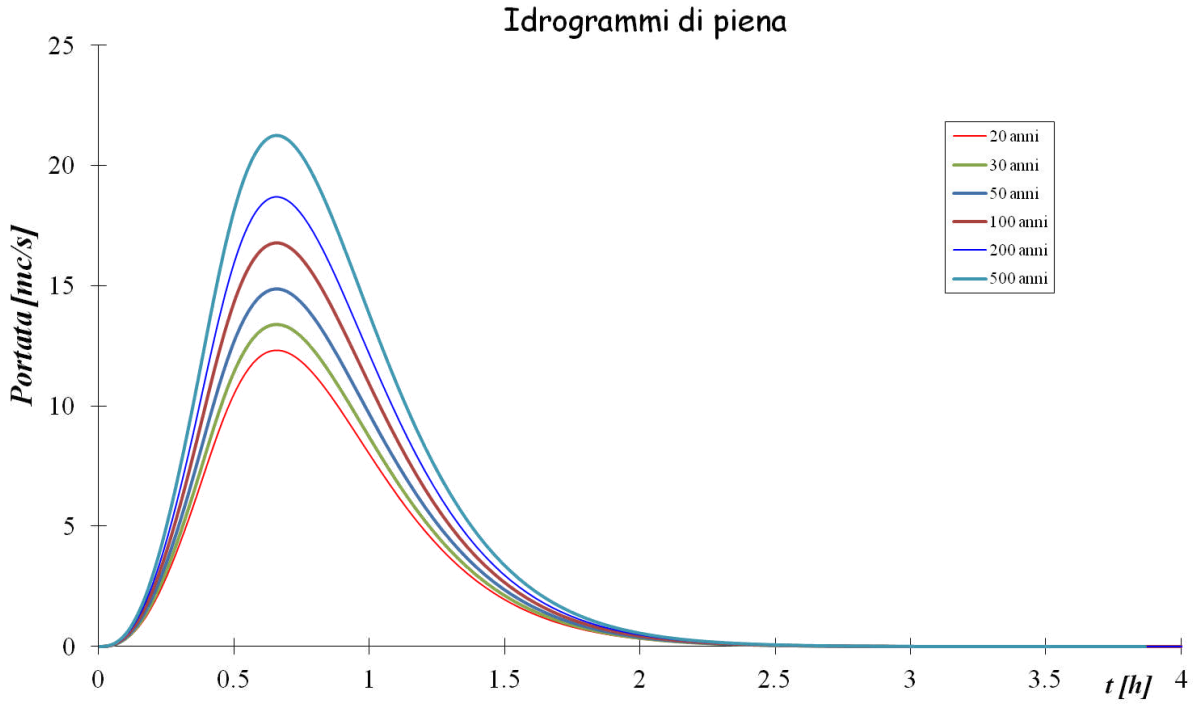
4.3 Idrogramma istantaneo unitario e idrogrammi di piena

Si utilizza la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario (IIU) per la determinazione degli idrogrammi di piena corrispondenti agli ietogrammi di progetto di cui al punto precedente. Date le limitate estensioni del bacino, si assume un IIU di semplice forma triangolare, con base pari al tempo di corrivazione precedentemente calcolato. Si utilizzando le espressioni empiriche di Rosso (1984) che legano i valori di picco (istante tp e altezza hp) dell'IIU ai parametri morfologici del reticolo:

$$t_p = \frac{0.44L}{V}\left(\frac{R_B}{R_A}\right)^{0.55} R_L^{-0.38} \qquad h_p = \frac{1.31}{L} R_L^{0.43} V$$

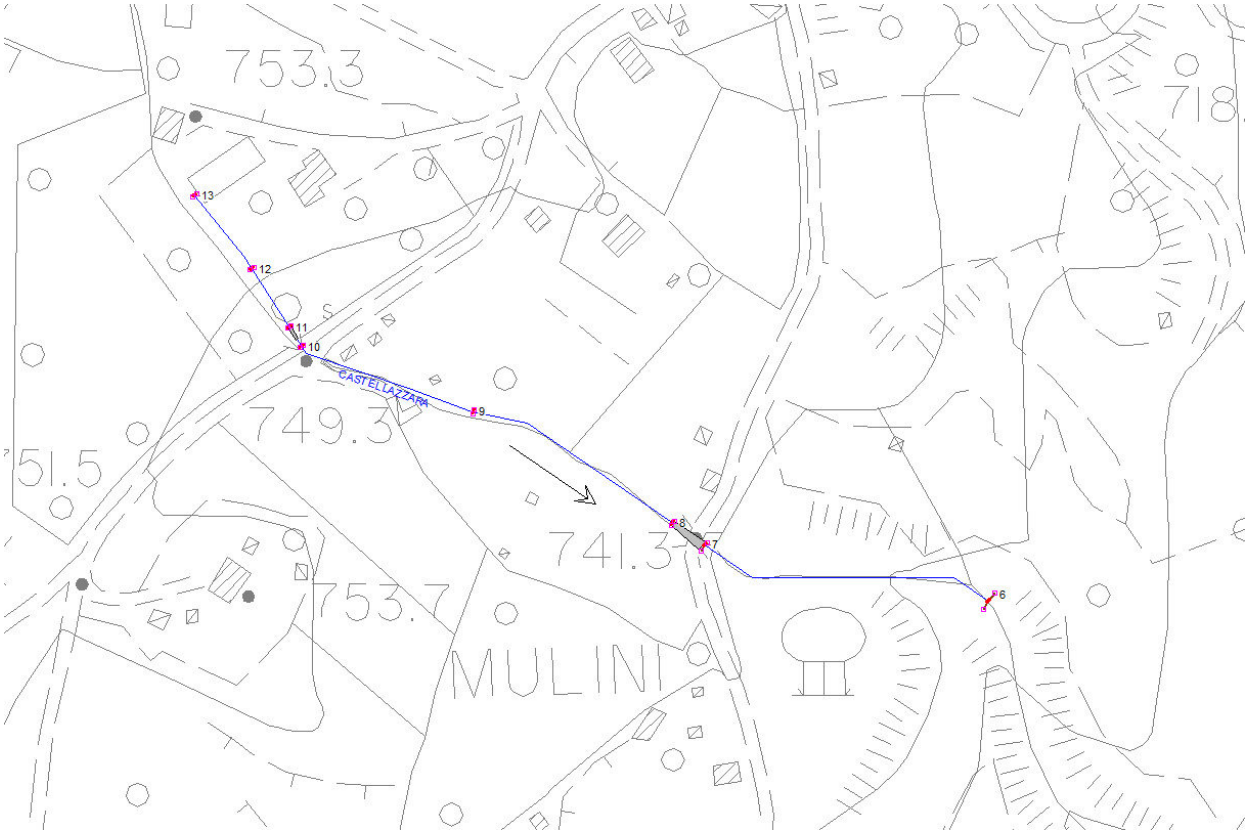
Costruzione degli idrogrammi di piena

Tempo di ritorno Tr	30	500	10	20	50	100	200
a	61.70	94.71		56.88	67.72	75.87	83.99
$h = a \cdot t^{\nu}$							
ν	0.24	0.21		0.24	0.23	0.22	0.22
impulso [mm]	51.70	82.01	0.00	47.54	57.39	64.80	72.21
portate max [mc/s]	13.39	21.24	0.00	12.31	14.86	16.78	18.70
per t [h] =	0.67	0.67	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67



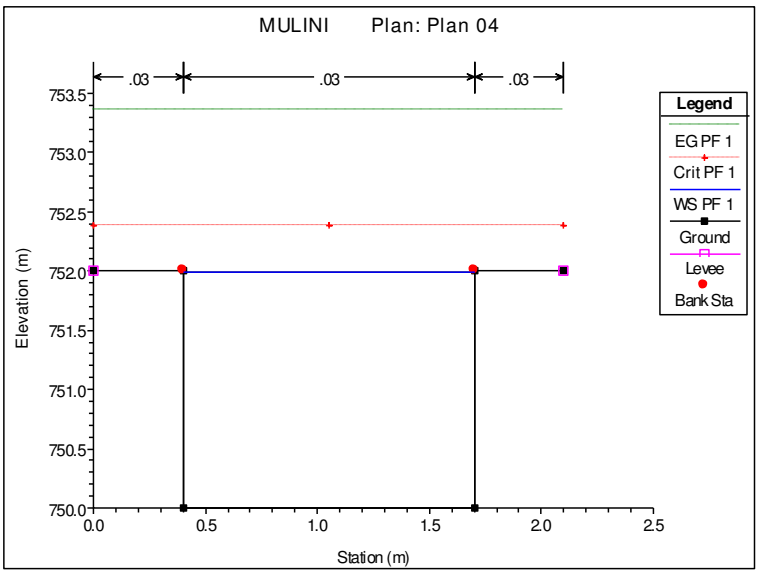
VERIFICA IDRAULICA

Di seguito si riporta il geometry data realizzato ai fini del modello idraulico.

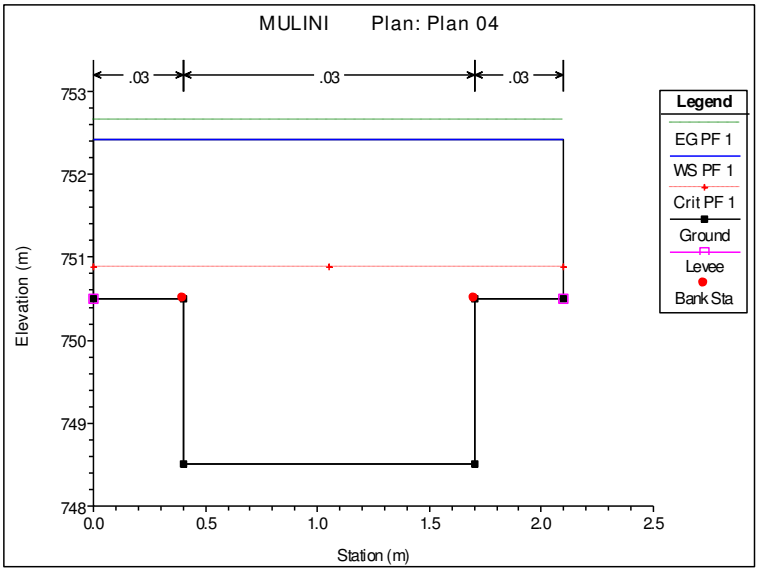


Tr 20

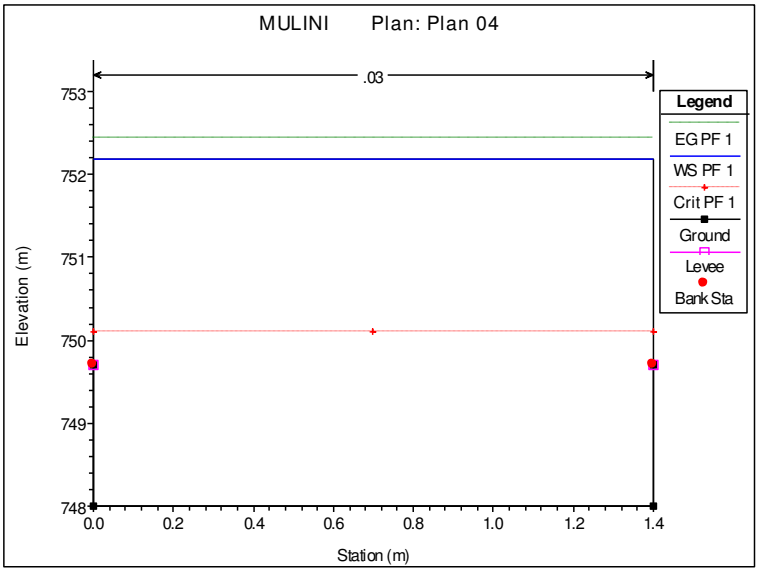
Sezione di monte 13



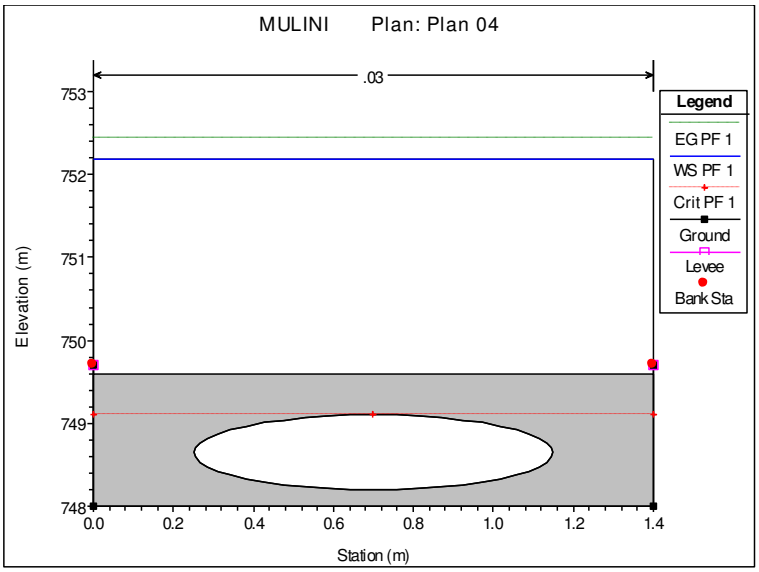
Sezione 12



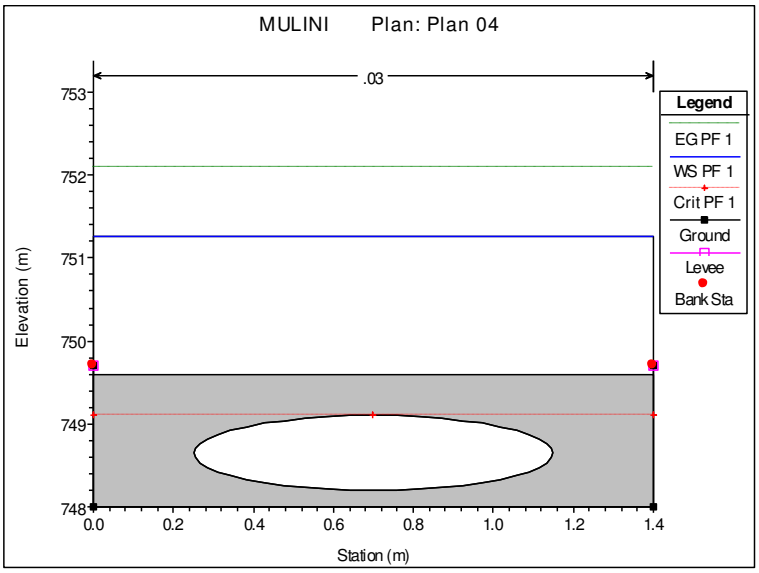
Sezione 11



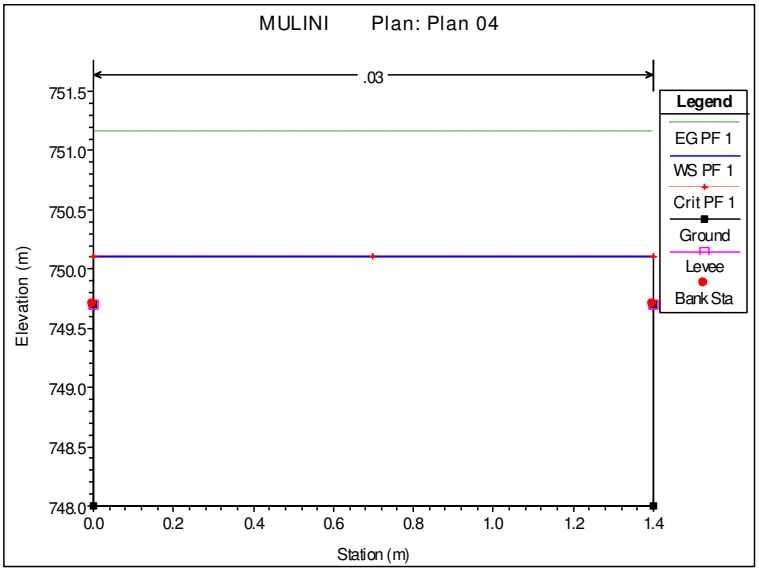
Sezione 10.5 Monte



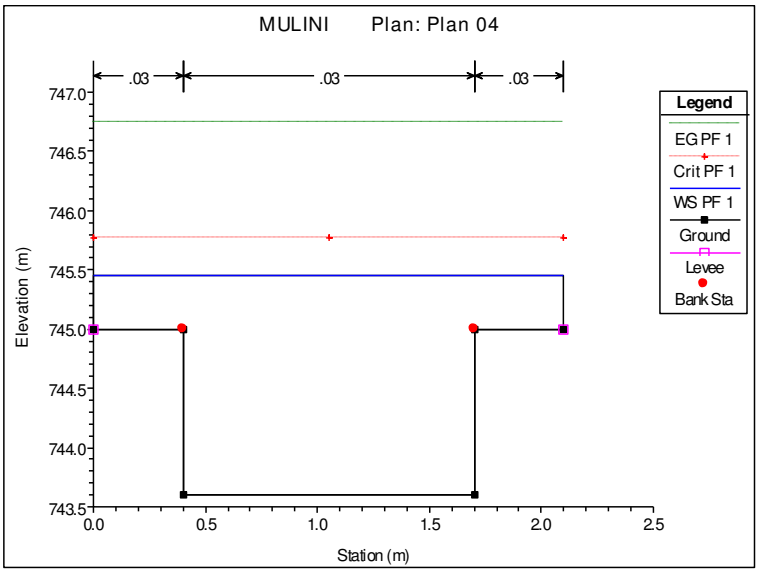
Sezione 10.5 Valle



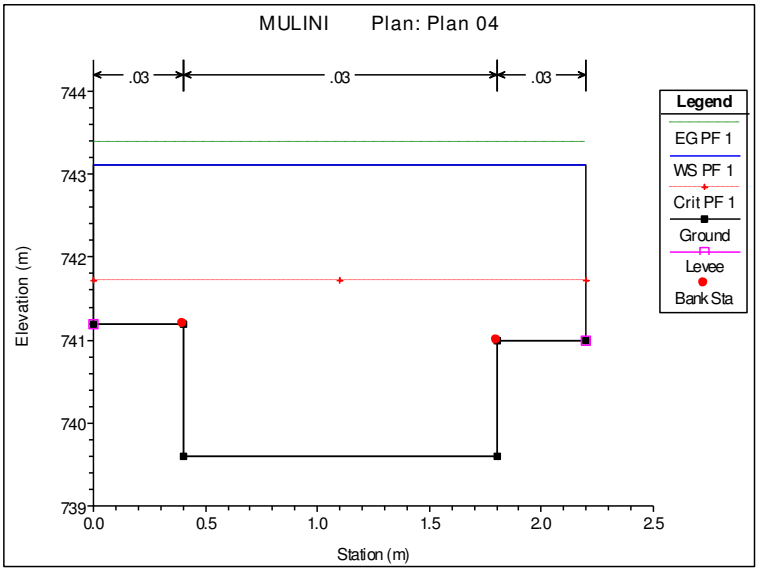
Sezione 10



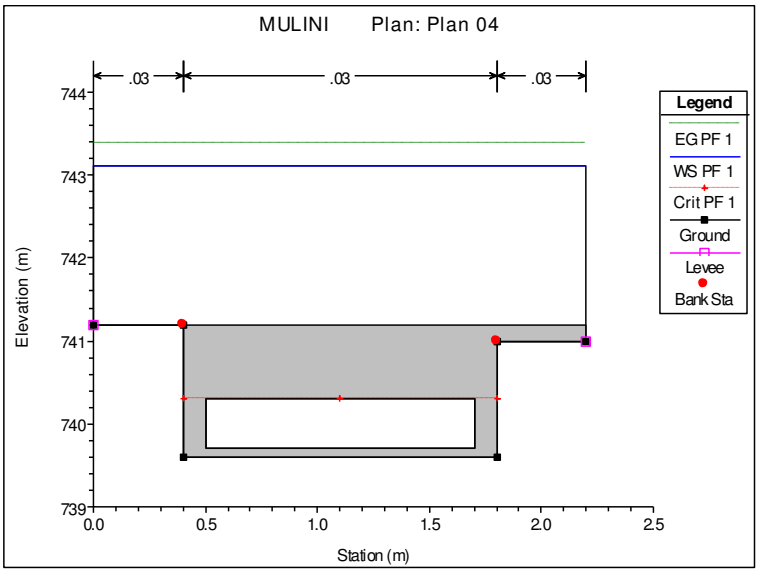
Sezione 9



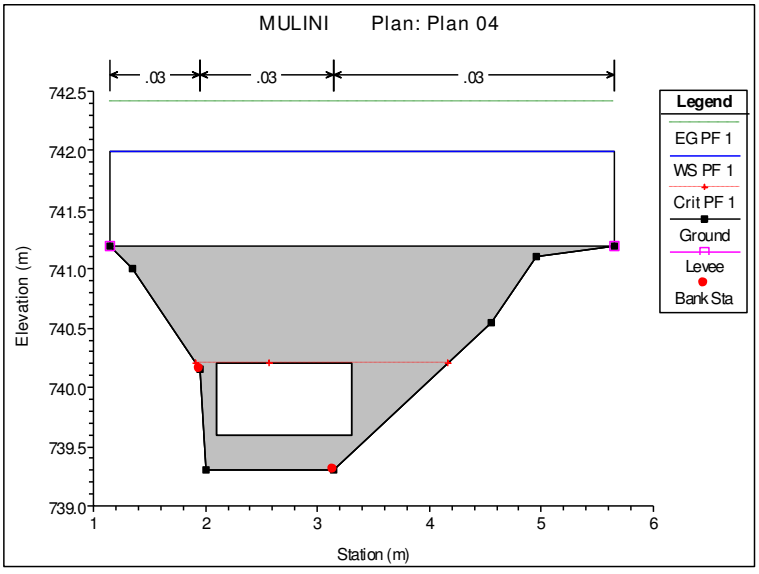
Sezione 8



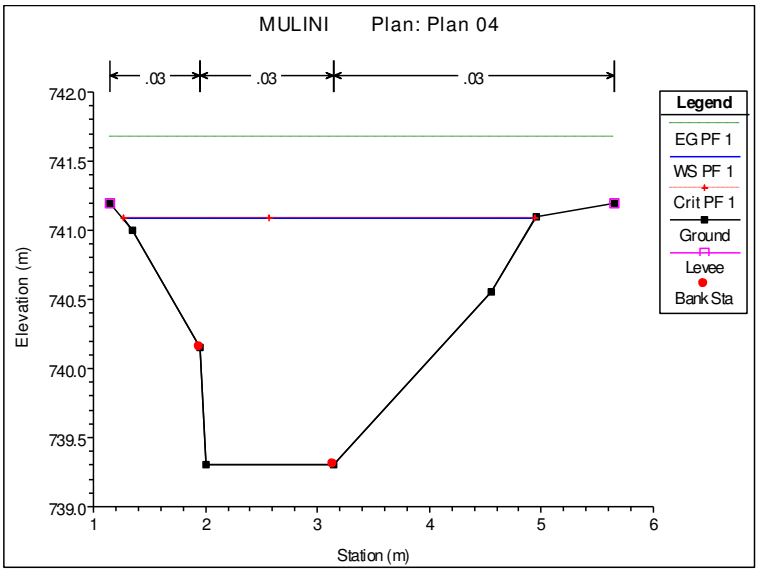
Sezione 7.5 Monte



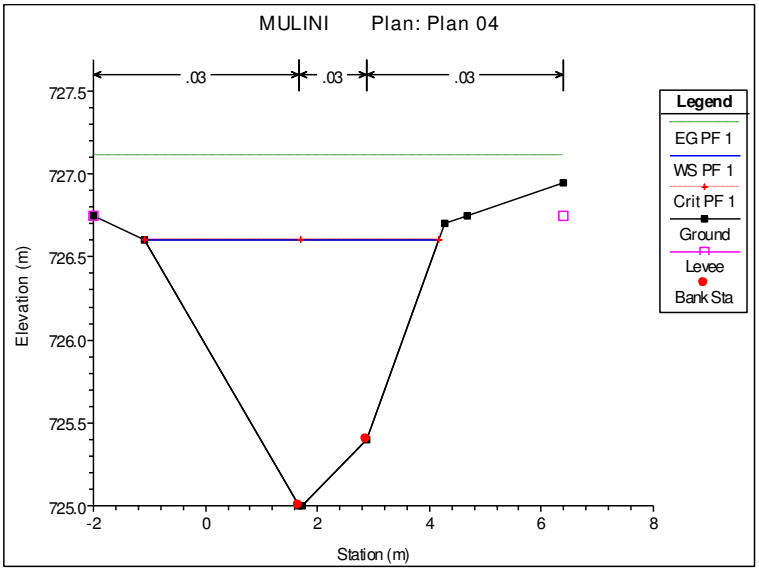
Sezione 7.5 valle



Sezione 7

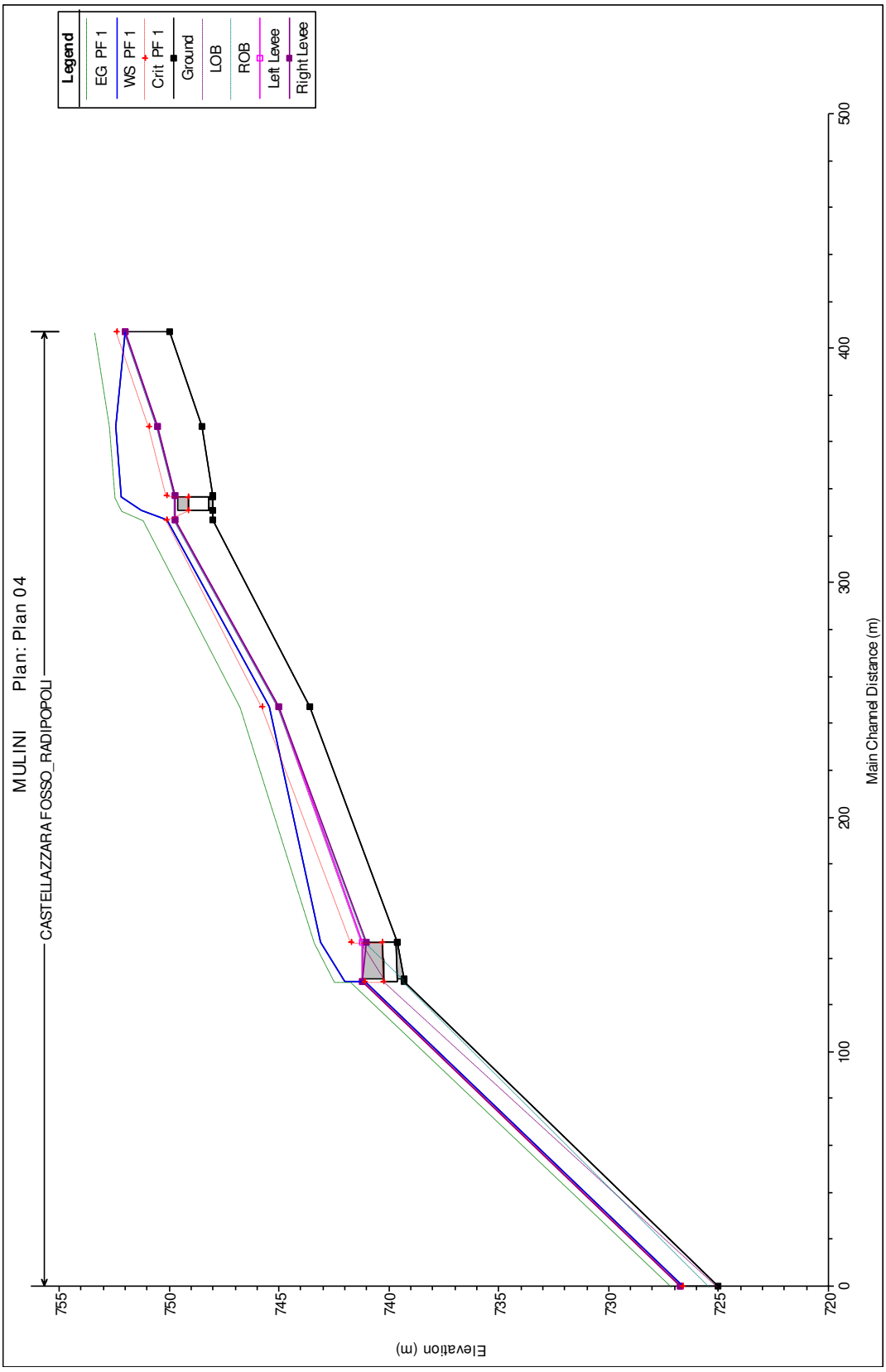


Sezione 6



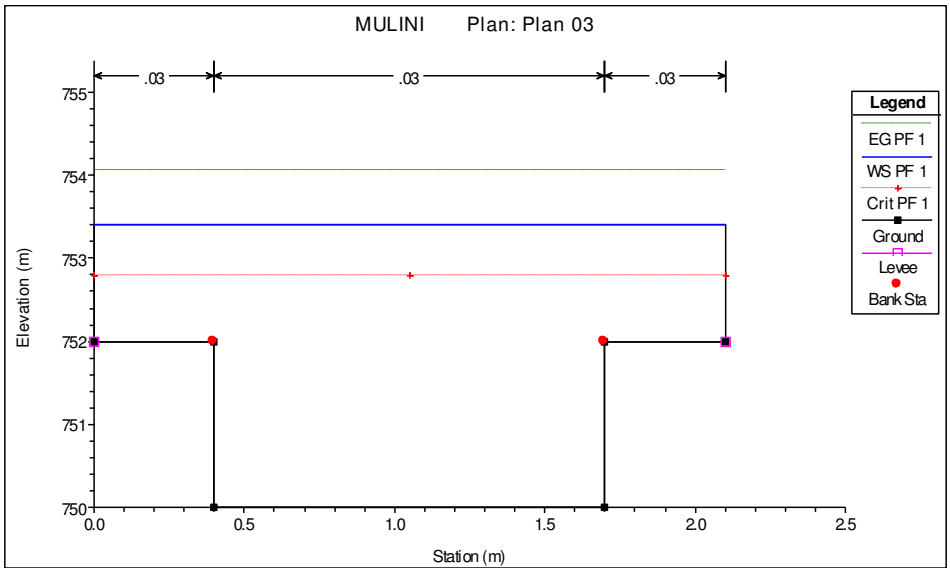
HEC-RAS Plan: Plan 04 River: CASTELLAZZARA Reach: FOSSO_RADIPOPOLI Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
FOSSO_RADIPOPOLI	13	PF 1	13.39	750.00	751.99	752.38	753.36	0.062562	5.18	2.58	1.30	1.17
FOSSO_RADIPOPOLI	12	PF 1	13.39	748.50	752.42	750.88	752.66	0.004947	2.29	6.64	2.10	0.37
FOSSO_RADIPOPOLI	11	PF 1	13.39	748.00	752.18	750.11	752.45	0.011558	2.29	5.85	1.40	0.36
FOSSO_RADIPOPOLI	10.5		Culvert									
FOSSO_RADIPOPOLI	10	PF 1	13.39	748.00	750.11	750.11	751.16	0.062033	4.53	2.95	1.40	1.00
FOSSO_RADIPOPOLI	9	PF 1	13.39	743.60	745.45	745.77	746.74	0.048929	5.17	2.77	2.10	1.21
FOSSO_RADIPOPOLI	8	PF 1	13.39	739.60	743.12	741.72	743.38	0.004341	2.37	6.55	2.20	0.40
FOSSO_RADIPOPOLI	7.5		Culvert									
FOSSO_RADIPOPOLI	7	PF 1	13.39	739.30	741.09	741.09	741.68	0.011981	3.79	4.16	3.67	0.91
FOSSO_RADIPOPOLI	6	PF 1	13.39	725.00	726.60	726.60	727.11	0.009032	3.84	4.68	5.26	1.03

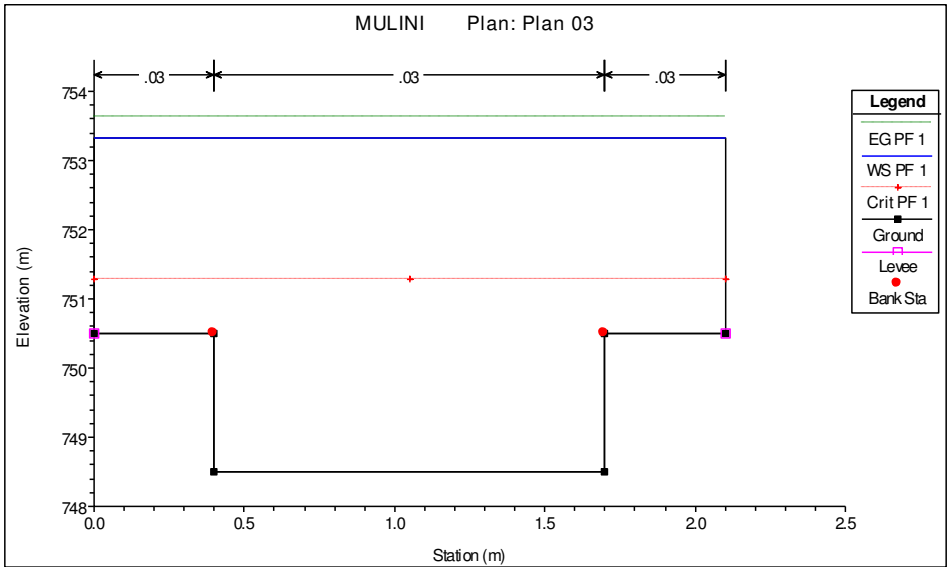

Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Right Levee
MULINI Plan: Plan 04
CASTELLAZZARA FOSSO_RADIPOPOLI
Elevation (m)
755
750
745
740
735
730
725
720
Main Channel Distance (m)
0
100
200
300
400
500

Tr 200

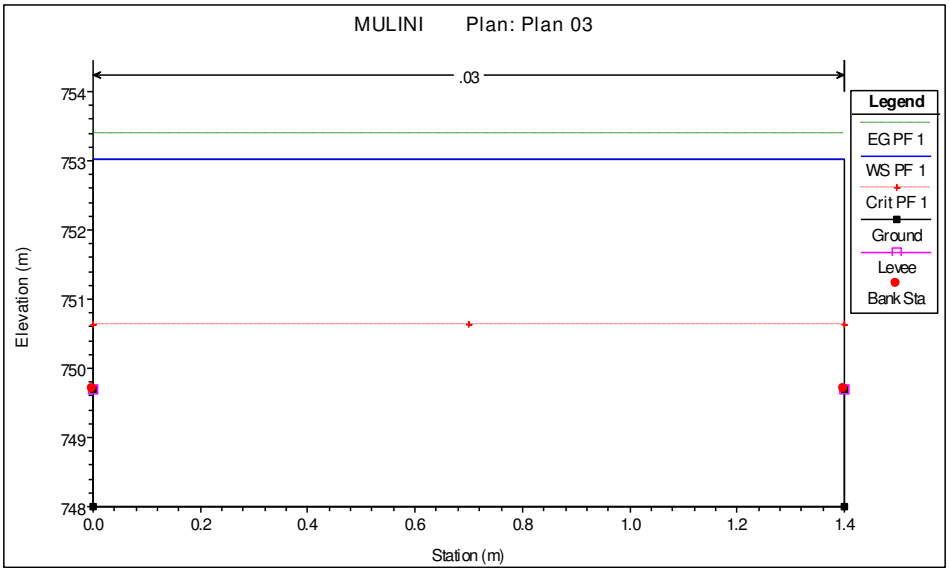
Sezione di monte 13



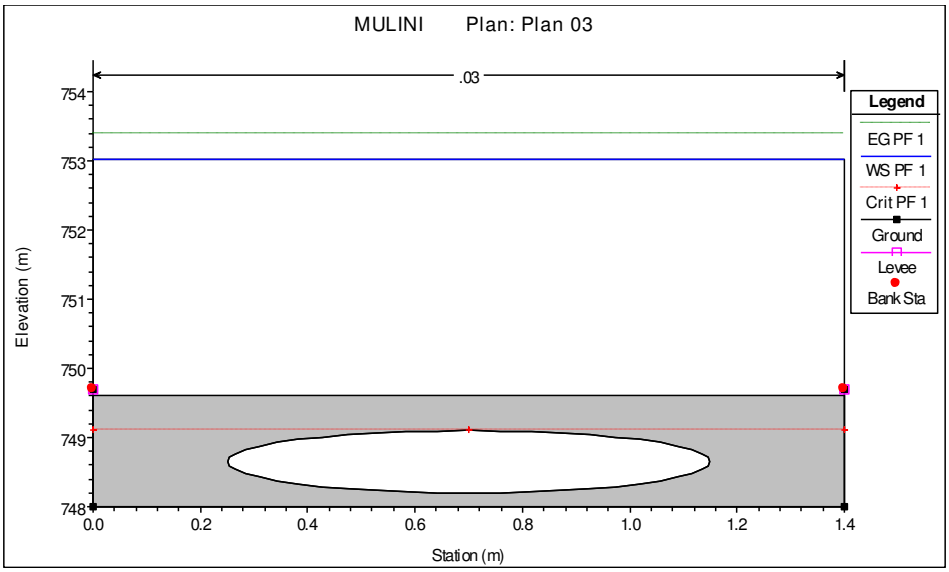
Sezione 12



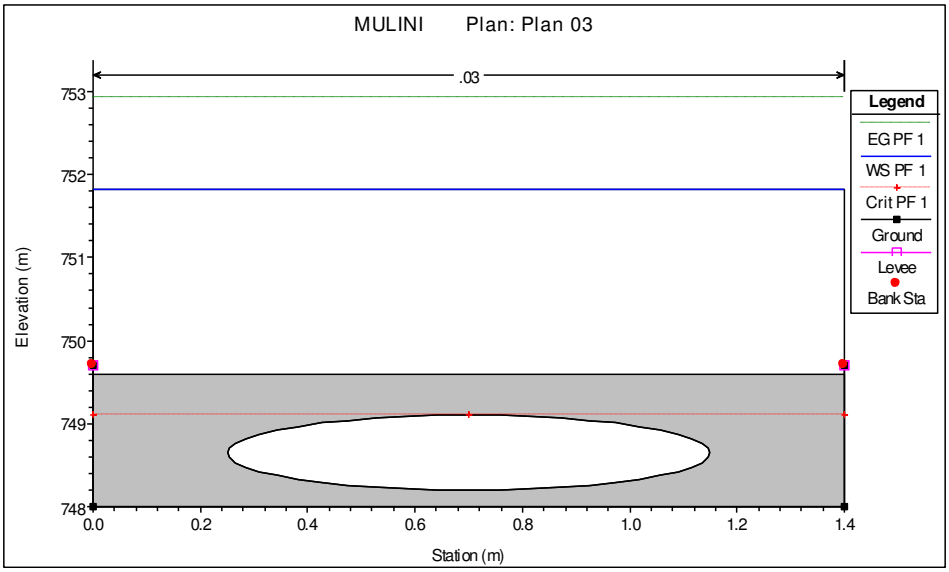
Sezione 10.5 Monte



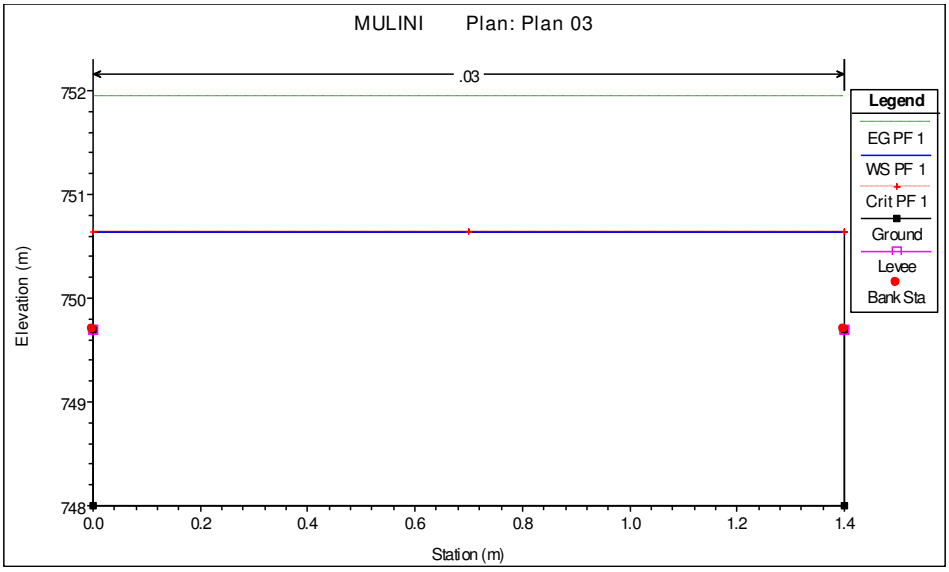
Sezione 10.5 Valle



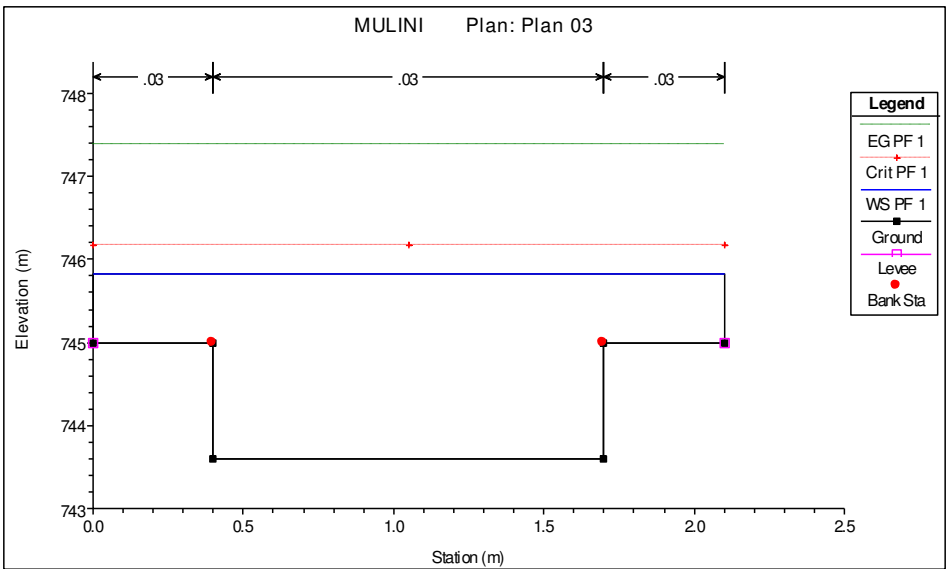
Sezione 10



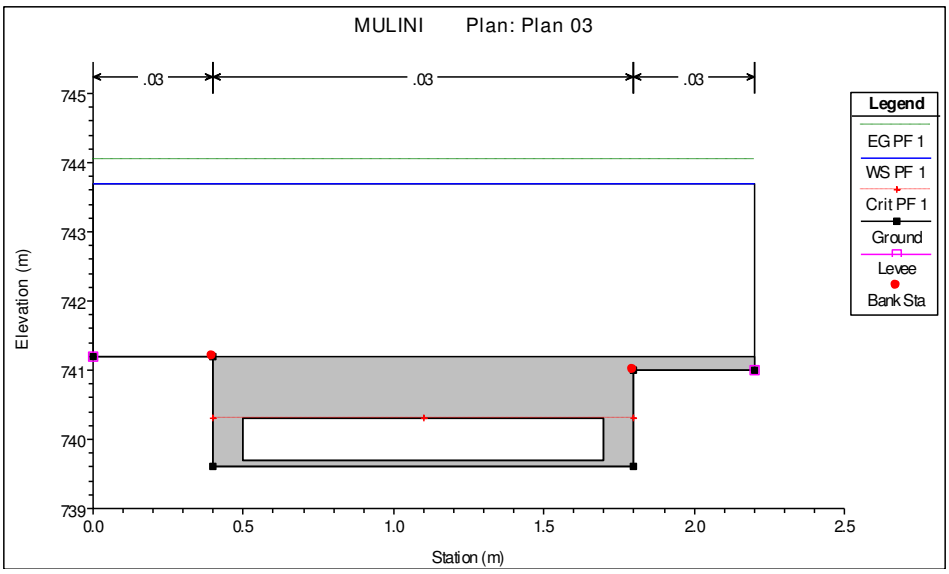
Sezione 9



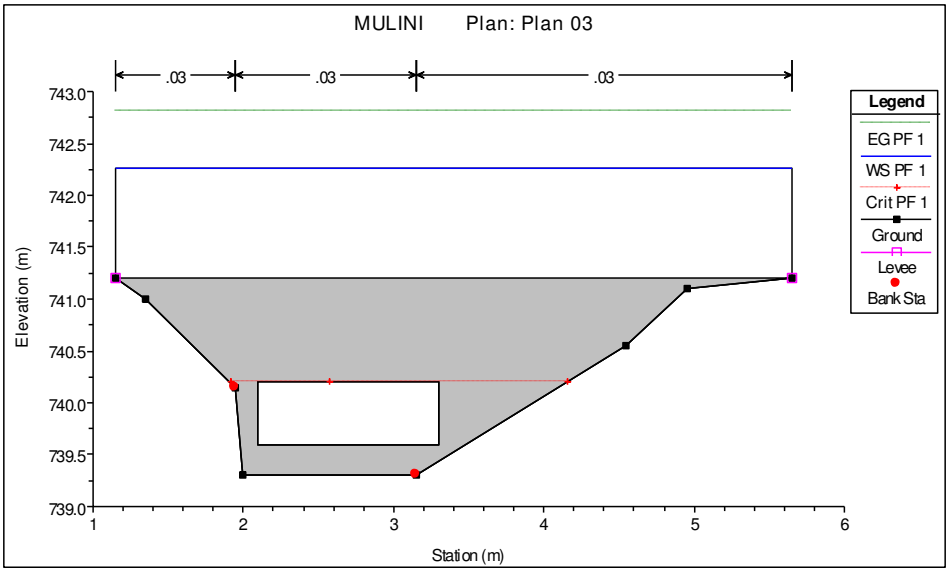
Sezione 8


MULINI Plan: Plan 03
.03
.03
.03
748
747
746
745
744
743
Elevation (m)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
Station (m)
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta

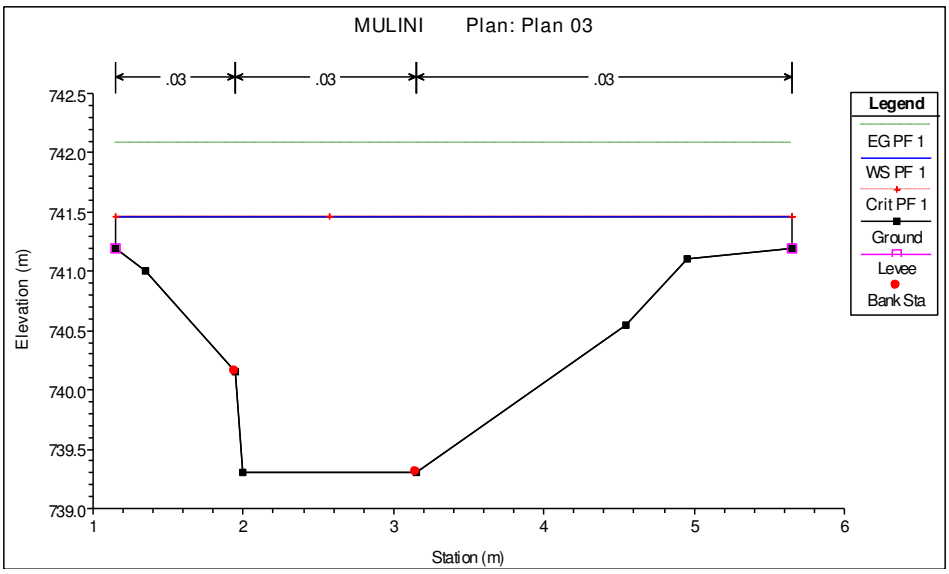
Sezione 7.5 Monte



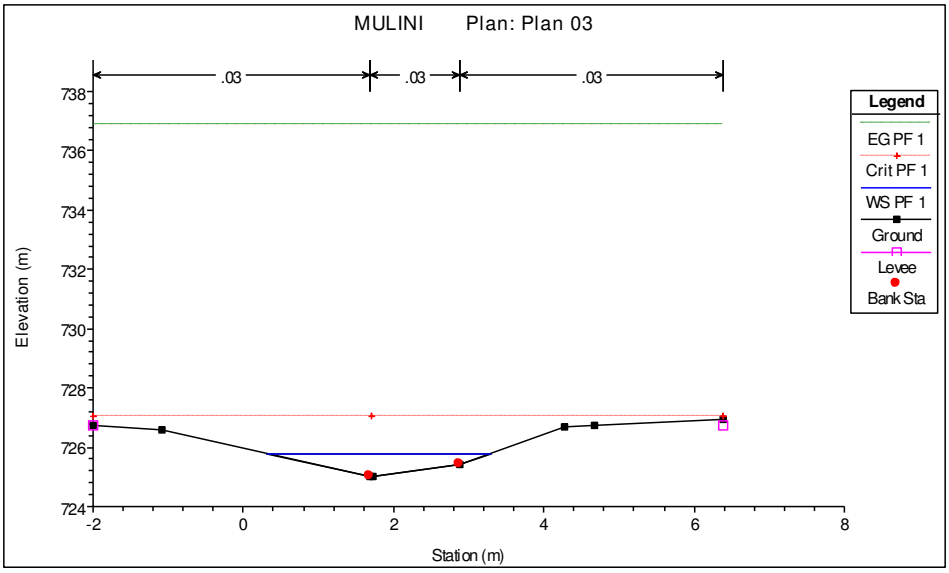
Sezione 7.5 Valle



Sezione 10

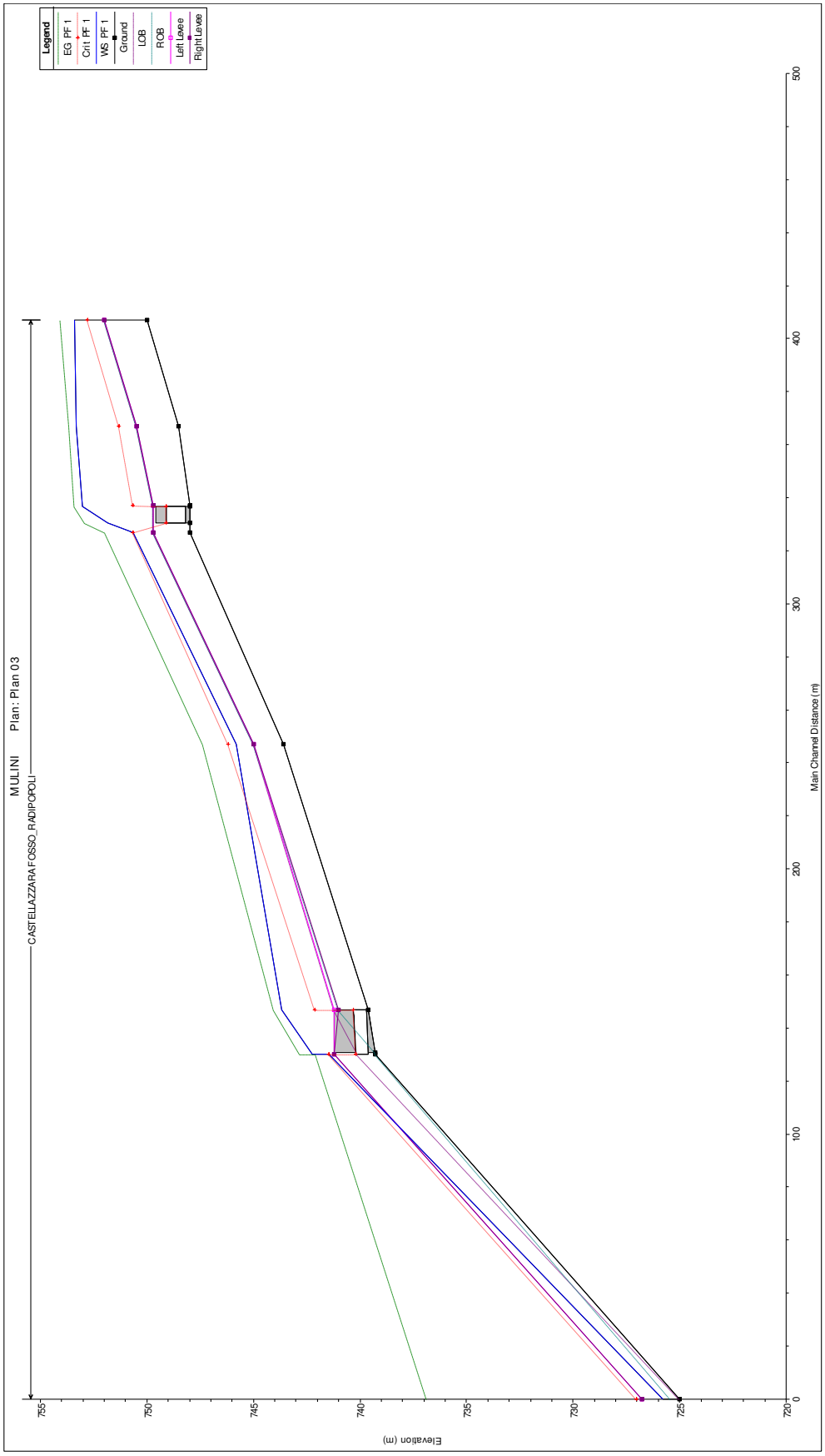


Sezione 9



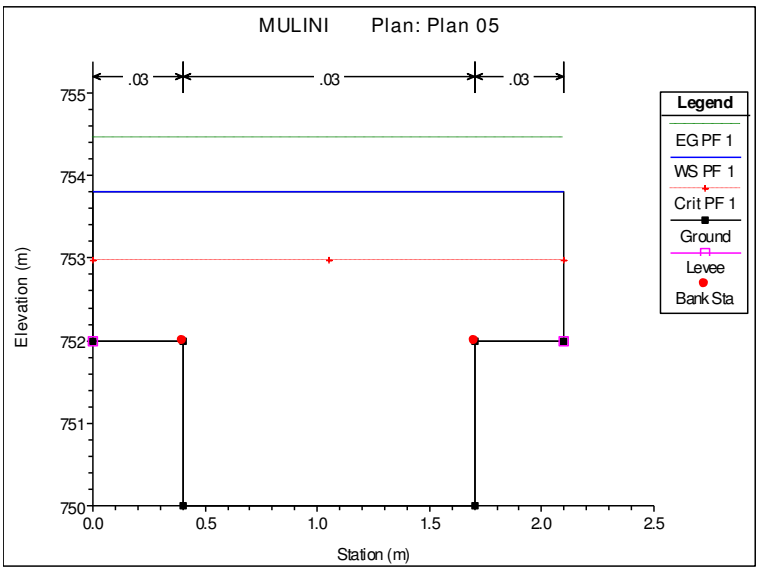
HEC-RAS Plan: Plan 03 River: CASTELLAZZARA Reach: FOSSO_RADIPOPOLI Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
FOSSO_RADIPOPOLI	13	PF 1	18.70	750.00	753.40	752.79	754.05	0.016036	3.74	5.54	2.10	0.65
FOSSO_RADIPOPOLI	12	PF 1	18.70	748.50	753.33	751.29	753.63	0.004734	2.57	8.54	2.10	0.37
FOSSO_RADIPOPOLI	11	PF 1	18.70	748.00	753.03	750.64	753.39	0.014595	2.65	7.05	1.40	0.38
FOSSO_RADIPOPOLI	10.5		Culvert									
FOSSO_RADIPOPOLI	10	PF 1	18.70	748.00	750.64	750.64	751.94	0.068789	5.06	3.69	1.40	1.00
FOSSO_RADIPOPOLI	9	PF 1	18.70	743.60	745.83	746.18	747.39	0.047413	5.76	3.56	2.10	1.23
FOSSO_RADIPOPOLI	8	PF 1	18.70	739.60	743.69	742.11	744.05	0.005128	2.84	7.79	2.20	0.45
FOSSO_RADIPOPOLI	7.5		Culvert									
FOSSO_RADIPOPOLI	7	PF 1	18.70	739.30	741.46	741.46	742.08	0.010447	4.02	5.78	4.50	0.88
FOSSO_RADIPOPOLI	6	PF 1	18.70	725.00	725.79	727.02	736.87	0.513083	16.39	1.35	2.99	6.75

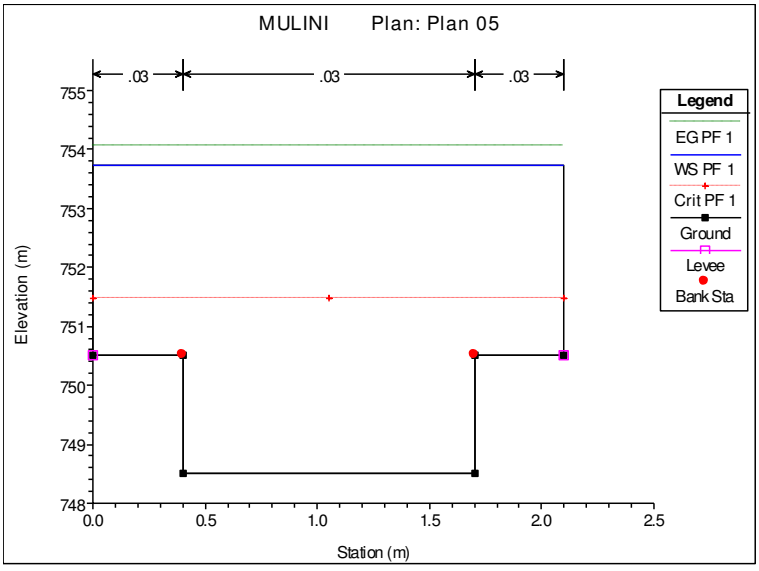

Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Right Levee
MULINI Plan: Plan 03
CASTELLAZZARA FOSSO_RADIPOLI
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
755
750
745
740
735
730
725
720
500
400
300
200
100
0

Tr 500

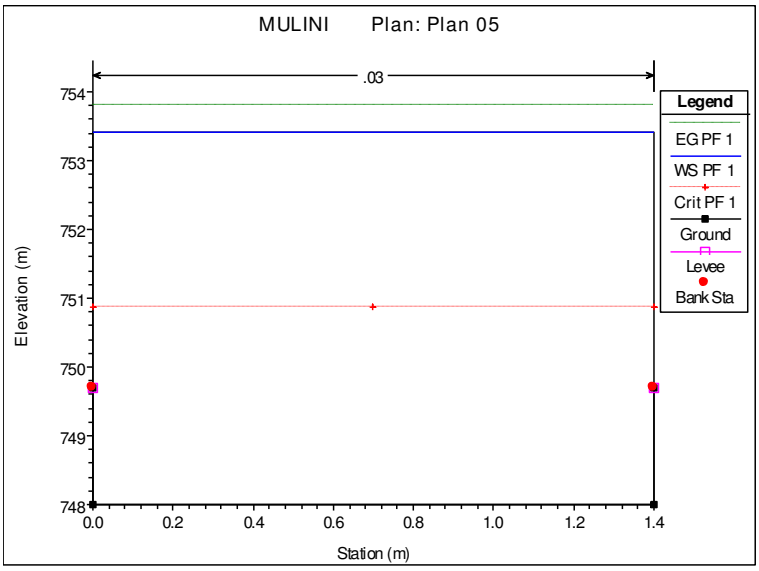
Sezione di monte 13



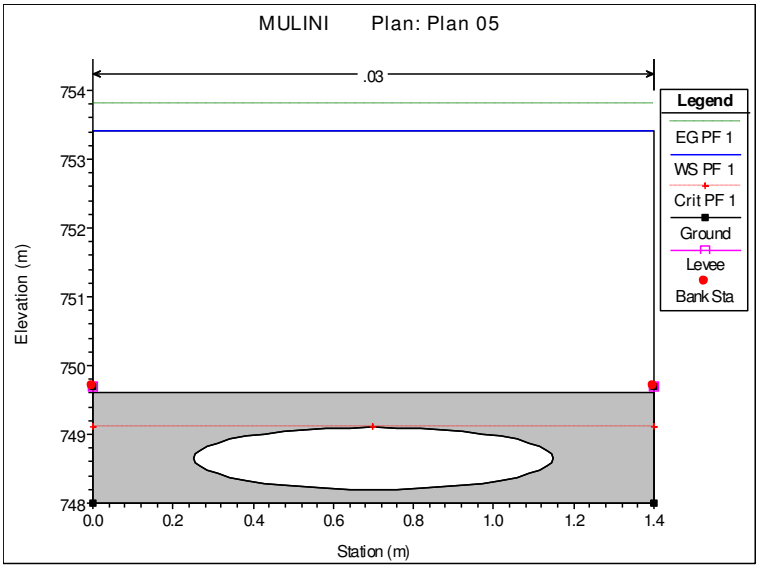
Sezione 12



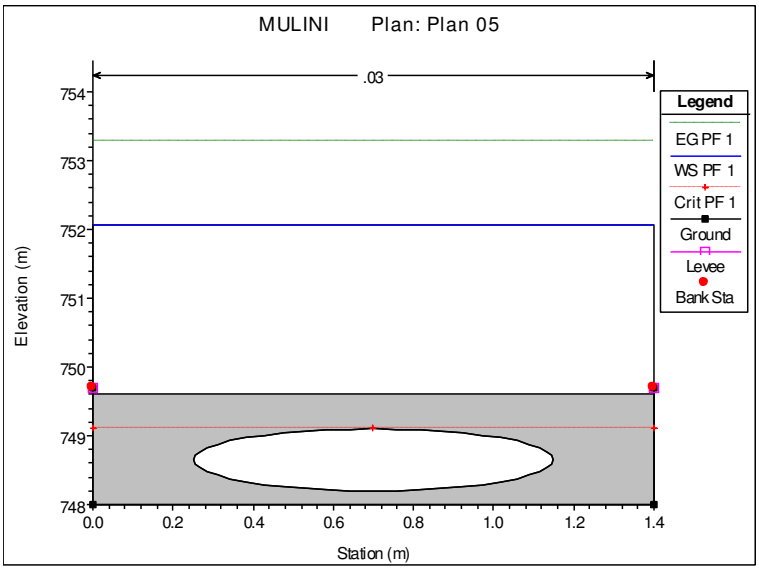
Sezione 11



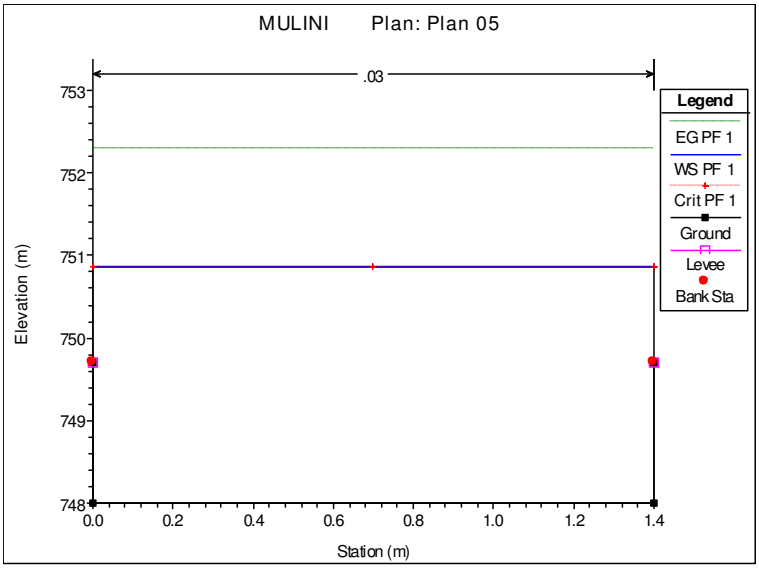
Sezione 10.5 Monte



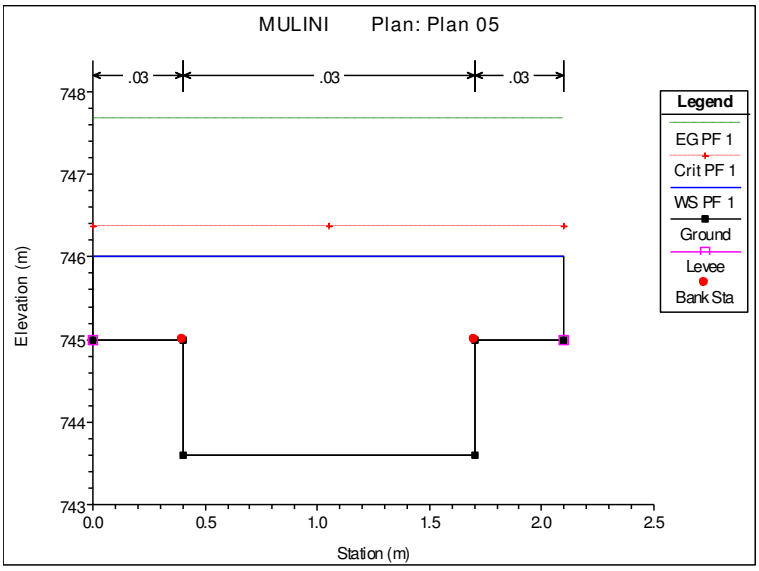
Sezione 10.5 Valle



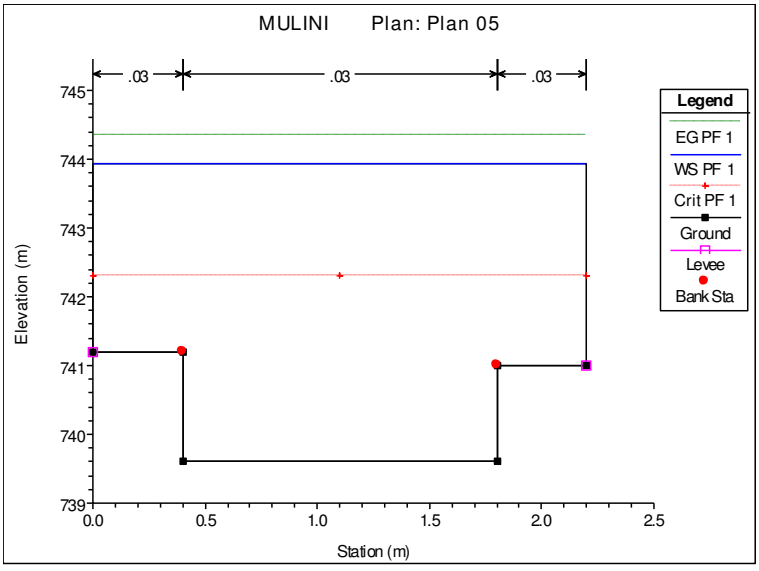
Sezione 10



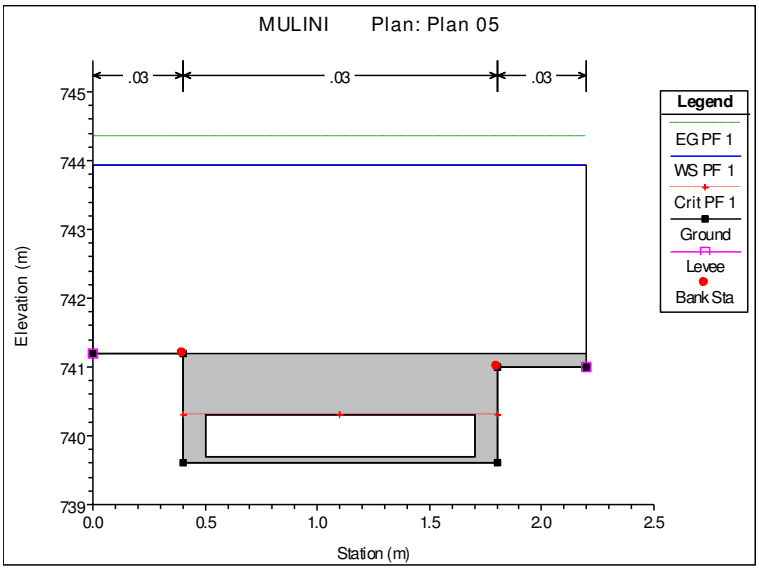
Sezione 9



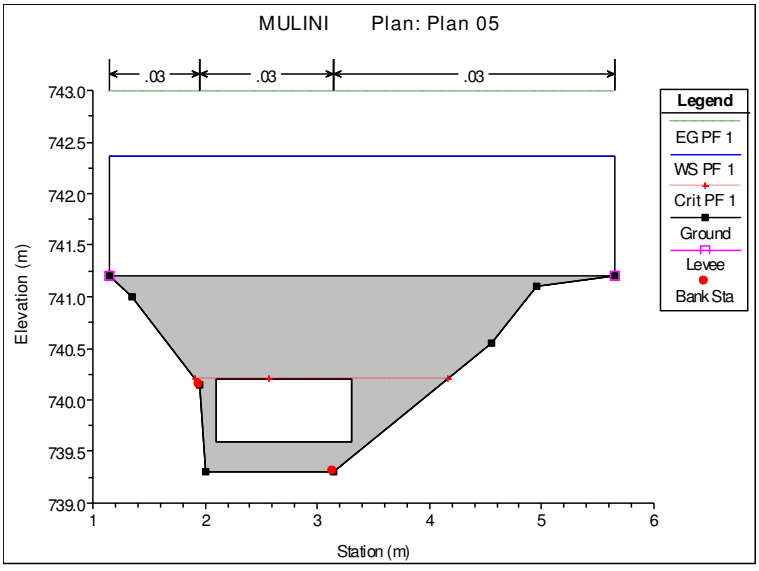
Sezione 8



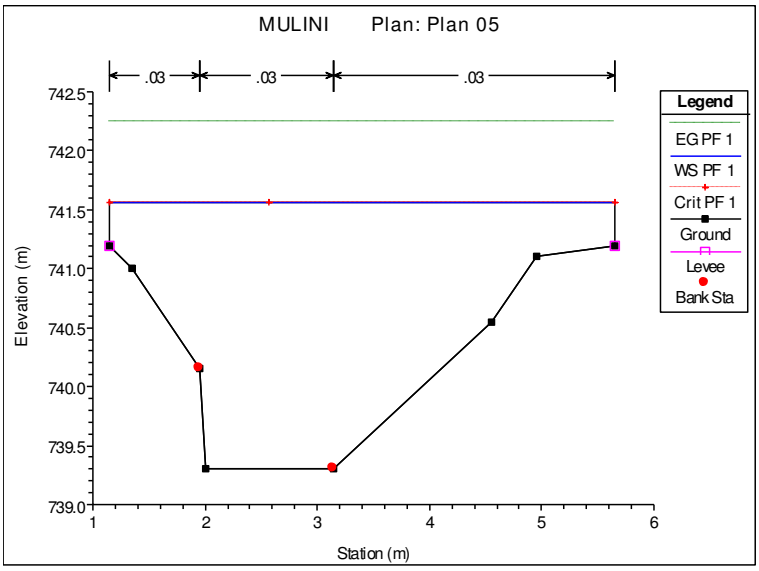
Sezione 7.5 Monte



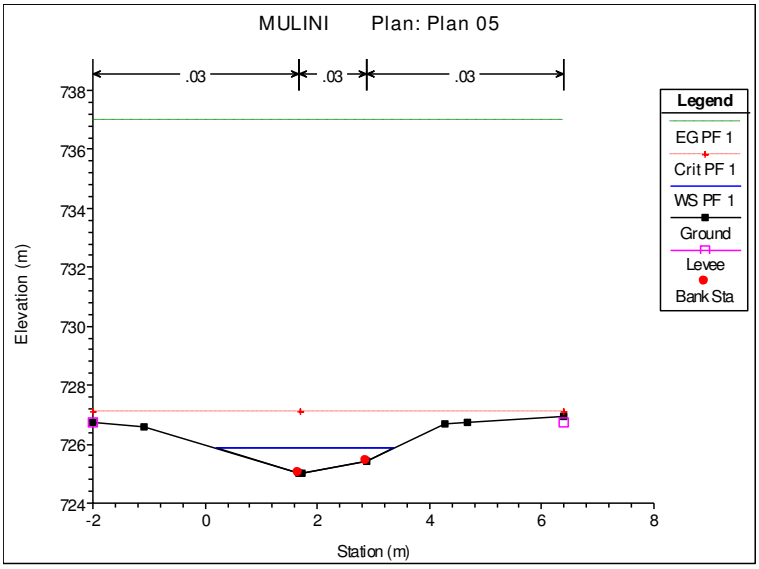
Sezione 7.5 valle



Sezione 7



Sezione 6



I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

RICOSTRUZIONE FOTOGRAFICA DELLE SEZIONI

	Vista Sez. 12
	Vista Sez. 9
	Vista Sez. 7.5

	Vista Sez. 8
	Vista Sez. 7.5
	Vista Sez. 7.5

COMUNE DI CASTELL'AZZARA

PROVINCIA DI GROSSETO

REGOLAMENTO URBANISTICO

Studio idrologico-idraulico FOSSO METOCCIA

Progettista
Arch. Lucia Bracci

Collaboratore
Geom. Valerio Buonaccorsi

Indagini geologiche
Geol. Riccardo Martelli

Studio d'incidenza
Dott. Biol. Elena Pecchioli

Responsabile del Procedimento
Geom. Claudio Corazzi

Garante della Comunicazione
Geom. Leonardo Merli

Data:
Giugno 2013

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134 Firenze (FI)

DENOMINAZIONE

VERIFICA IDROLOGICA E IDRAULICA FOSSO DELLA METOCCIA

RELAZIONE TECNICA E VERIFICA IDRAULICA HECRAS

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

METOCCIA

COMMITENTE

Comune di Castell'Azzara (Gr)

TECNICI INCARICATI

I.P.A. INGEGNERIA PER L'AMBIENTE S.R.L. P.I. 06056750489
VIA DEL ROMITO, 62/b
50134 firenze
T/F 055 3841816 info@ingegneriaperambiente.it

ING. BENVENUTI GIOVANNA
g.benvenuti@ingegneriaperambiente.it

ING. MACCIONI LORENZO MARIA
l.maccioni@ingegneriaperambiente.it

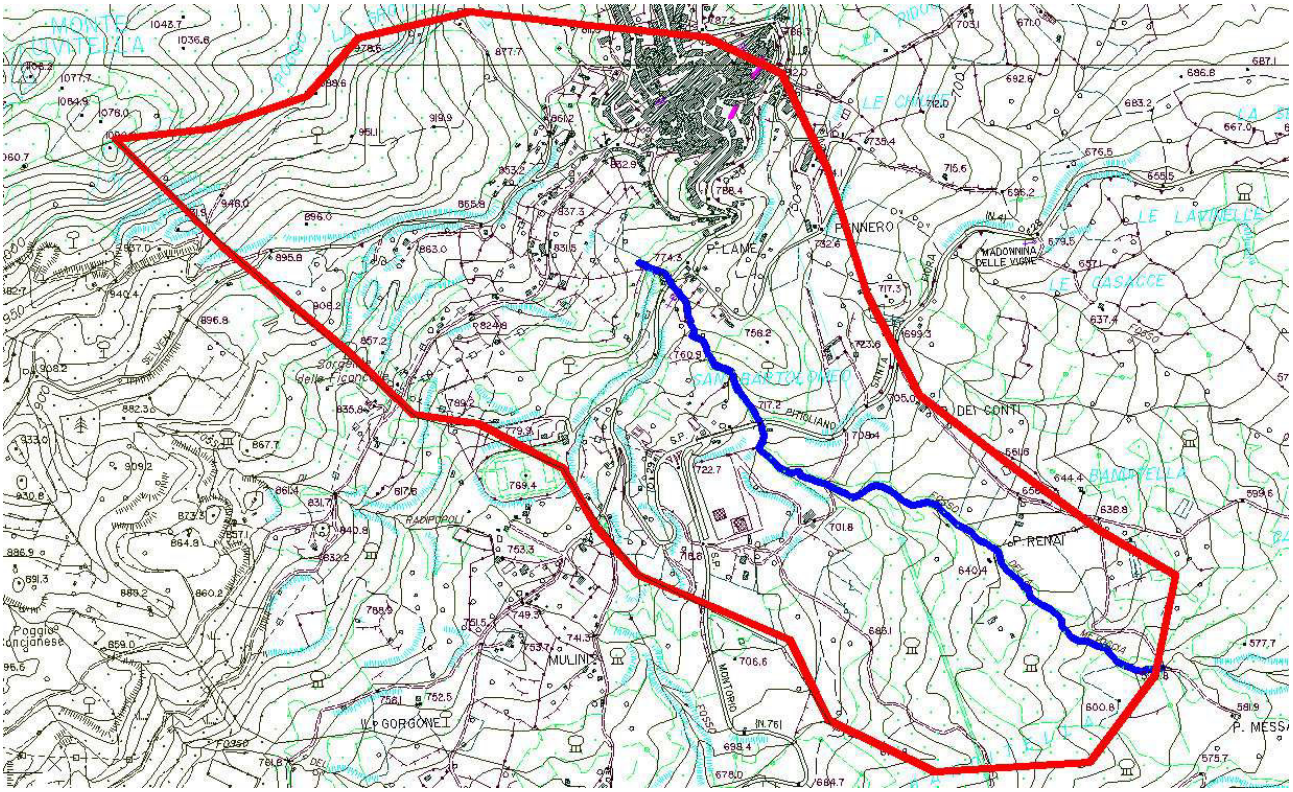
Data	Giugno 2013	Revisione	

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

ANALISI IDROLOGICA

1 Inquadramento geografico e limiti del bacino imbrifero

L'analisi idrologia e idraulica interessa il tratto del fosso della Metoccia in località San Bartolomeo, che interessa un area sud del centro abitato di Castell'Azzara, nei pressi di un area interessata da insediamenti Artigianali / Industriali e agricoli.



2 Proprietà planimetriche

Il bacino ha una forma regolare assimilabile a in rettangolo con quota massima pari a 1090.0 m s.l.m. e quota minima pari a 590.8 m s.l.m., fissata considerando come sezione trasversale di chiusura del l'attraversamento della strada che porta il località P. Messale.

2.1 Proprietà plano-altimetriche

GRANDEZZE DEL BACINO		
S	Superficie	2478500 m^2
P	Perimetro	7314 m
L	Lunghezza asta principale	1912 m

L'*indice di forma If* di Horton: $If = \frac{S}{L^2}$ = 0.68

Il *coefficiente di uniformità Uc* di Gravelius: $Uc = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$ = 1.31

Il *rapporto di allungamento*: $E = \frac{L}{2\sqrt{S/\pi}}$ =1.07

2.2 Proprietà plano-altimetriche

QUOTA ISOIPSE h_i (m)	A_i (kmq)	A_i / A	h_i / h_{max}
1051,3	0,000	0,00	1,00
1000	0,020	0,01	0,92
950	0,101	0,04	0,87
900	0,273	0,11	0,83
850	0,565	0,23	0,78
800	0,977	0,39	0,73
750	1,292	0,52	0,69
700	1,791	0,72	0,64
650	2,162	0,87	0,60
600	2,459	0,99	0,55
590,8	2,479	1,00	0,54

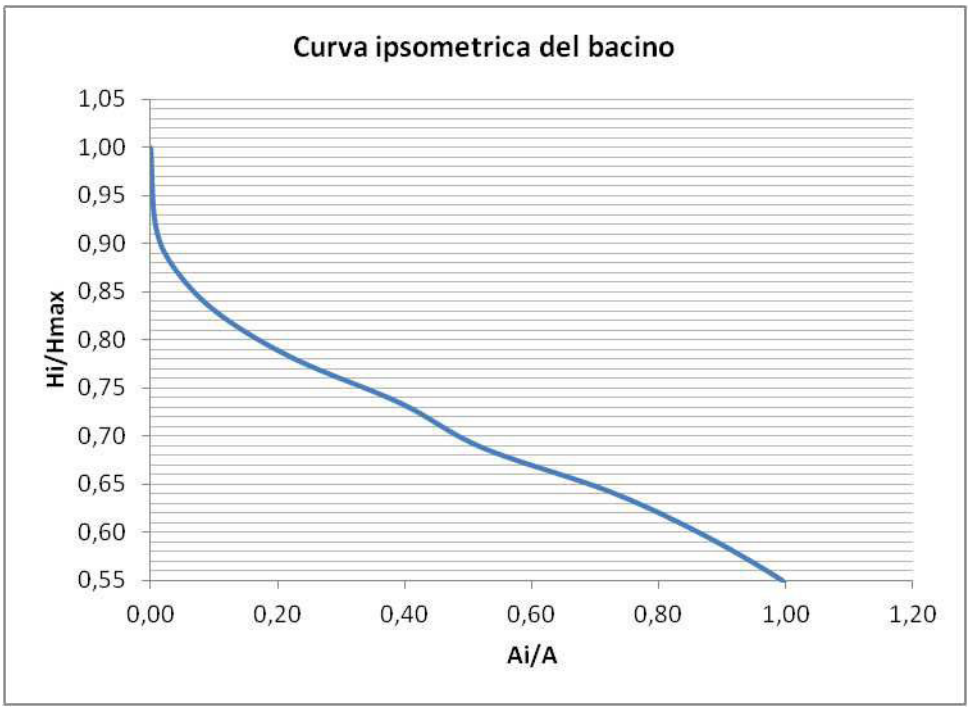
La curva ipsografica seguente (in forma sia dimensionale che adimensionale) fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche.

L'integrale della curva ipsografica dimensionale rappresenta il volume di rilievo, che diviso per l'area del bacino fornisce l'*altitudine media* del bacino:

$$\mathbf{h_m = 750{,}7\ m\ (s.l.m.)}$$

Il rilievo del bacino è dato dalla differenza tra la quota del punto di vetta del bacino e la quota minima alla sezione di chiusura:

$$H_m = \frac{h_{max} - h_{min}}{2}$$ **=249,60 m s.l.m.**



Il calcolo dell'*integrale ipsometrico I P* adimensionale, consente di stimare l'evoluzione volumetrica del bacino imbrifero ed interpretarne lo stadio (> 0.6 stadio giovanile, 0.4/0.6 stadio maturo, < 0.4 stadio senile).

Pendenza media dei versanti del bacino i_m ,esprimibile come:

$$i_m = e\frac{\sum l_i}{A} = \mathbf{= 75{,}06\%}$$

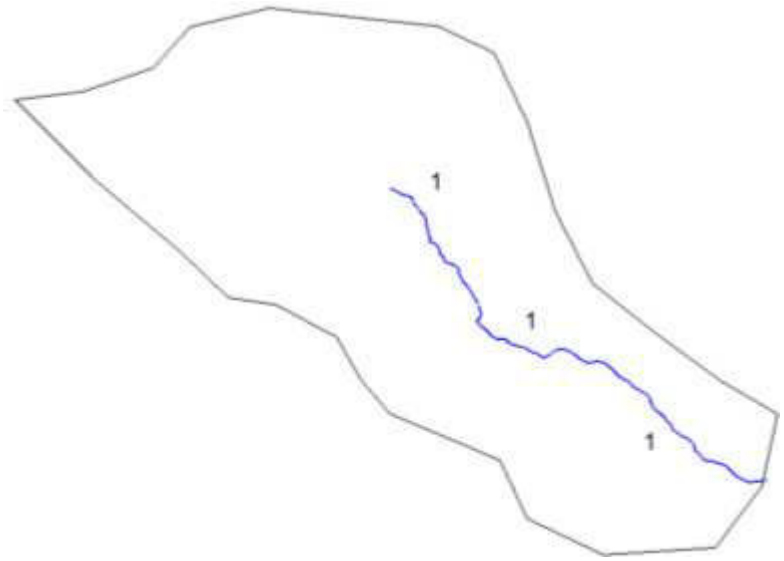
La *pendenza media i a dell'asta principale* è stata ricavata tramite la formula:

$$i_a = \frac{L^2}{\left(\sum_{j=1}^{n} \frac{L_j}{i_{aj}}\right)^2} \mathbf{=0.59\ \%}$$

2.3 Proprietà idrografiche

Il sistema di ordinamento del reticolo idrografico qui adottato è quello di Horton – Strahler.

O*rdine del bacino* = **1.**



Dal numero *N u* dei segmenti di ciascun ordine *u* si calcola il *rapporto di biforcazione*:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Dalla lunghezza media *L u* dei segmenti si calcola il *rapporto delle lunghezze*:

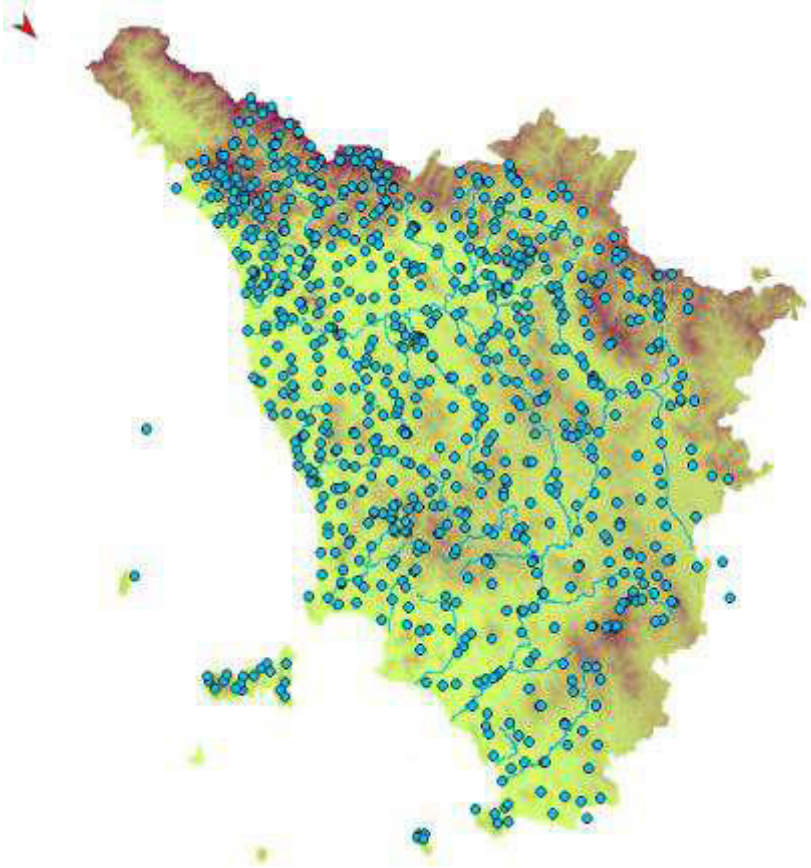
$$R_L = \frac{L_{u+1}}{L_u}$$

Parametri caratteristici del reticolo idrografico:

Ordine	Lu km	numero N	Rb	RL	Au
1	1,912	1	-	-	-

3 Analisi climatica

3.1 Pluviometria



Ai fini della seguente relazione idrologica data la localizzazione del sito di interesse sono stati utilizzati i dati di pioggia del pluviometro Triana Roccalbegna. Di seguito si riportano i dati identificativi del pluviometro.

Stazione	Triana	
Codice	[TOS10003022]	
Comune	Roccalbegna (GR)	
Provincia	GR	
UTM [m]	E 708480	N 4740580
GB [m]	E 1708427	N 4740400
Quota [m]	750.00	

La legge di distribuzione qui adottata per lo studio delle precipitazioni massime annuali di breve durata è quella di Gumbel o prima legge di distribuzione asintotica del massimo valore:

$$P(h_t) = e^{-e^{-\alpha(h_t - u)}}$$

dove: (Ph_t) è la probabilità di non superamento dell'altezza massima di pioggia h t; α e **u** sono i due parametri della legge di Gumbel da stimare. La stima di questi due parametri è stata eseguita con il metodo dei momenti.

$$\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \cong \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$u = \mu - \frac{\gamma}{\alpha} = \mu - \left(\frac{\gamma\sqrt{6}}{\pi}\right)\sigma \cong \mu - 0.45 \cdot \sigma$$

dove **u** è il valore atteso di h_t, σ^2 è il valore della varianza da cui si ricava lo scarto quadratico medio **σ.** Si riporta di seguito la trascrizione dei risultati ottenuti per la legge di distribuzione di Gumbel tramite il metodo dei momenti:

STAZIONE DI TRIANA – ROCCALBEGNA dal 1935 al 1967

	media	std	gumbel	gumbel
	μ	**σ**	**u**	**α**
1h	29,33913	12,8112	23,57409	0,100147
3h	40,25217	20,64577	30,96158	0,062143
6h	50,6913	23,21845	40,243	0,055258
12h	61,4	22,08844	51,4602	0,058085
24h	76,58696	21,55741	66,88612	0,059515

La probabilità (Pht) di non superamento della massima precipitazione può essere messa in relazione al tempo di ritorno Tr :

$$1 - P(h_{t,Tr}) = \frac{1}{Tr}$$

La funzione di probabilità di Gumbel diventa:

$$P(h_{t,Tr}) = \frac{T_r - 1}{Tr} = e^{-e^{-\alpha_t (h_{t,T} - u_t)}}$$

avendo indicato con h_t, Tr l'altezza di pioggia h t di assegnati durata t e tempo di ritorno Tr , la *linea segnalatrice di possibilità pluviometrica* è qui rappresentata dall'equazione in forma di legge di potenza:

$$h_{t,Tr} = a_{Tr} t^{n_{Tr}}$$

dove a_{Tr} ed n_{Tr} sono i parametri, di tempo di ritorno *Tr,* propri della stazione, qui stimati tramite il metodo dei minimi quadrati in scala bi-logaritmica per ogni valore del tempo di ritorno.

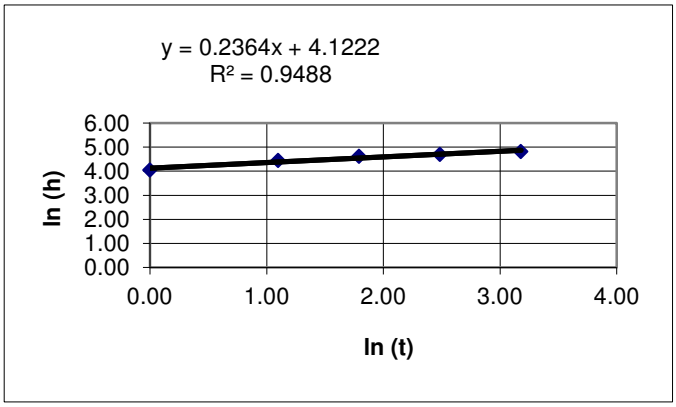
STAZIONE TRIANA ROCCALBEGNA

Tr	**a**	***n***
30	61,6951	0,2364
20	56,88	0,2421
50	67,72	0,2303
100	75,87	0,2233
200	83,99	0,2176

Tempo di ritorno 30 anni

α	***ν***
61,6951	0,2364

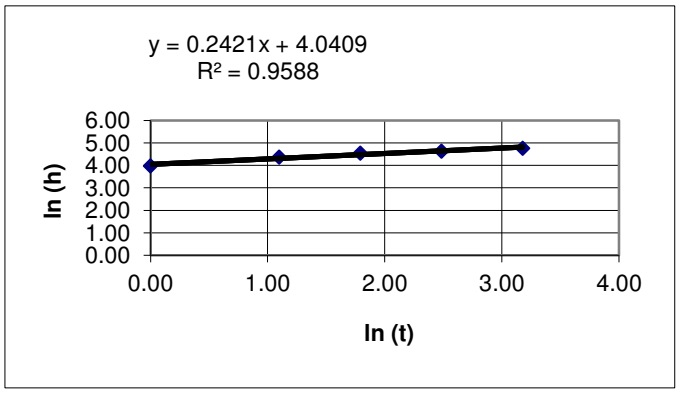
ln h(mm)	**ln t(ore)**
4,05	0,00
4,45	1,10
4,62	1,79
4,70	2,48
4,82	3,18



Tempo di ritorno 20 anni

a	n
56,8775	0,2421

ln h(mm)	ln t(ore)
3,97	0,00
4,37	1,10
4,54	1,79
4,63	2,48
4,76	3,18

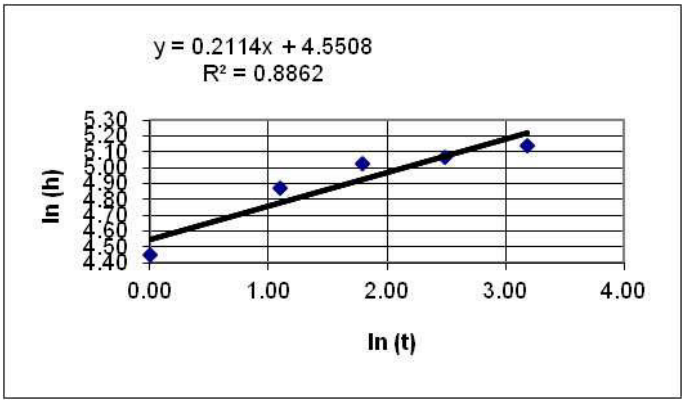


500

Tempo di ritorno anni

a	n
94.7080	0.2114

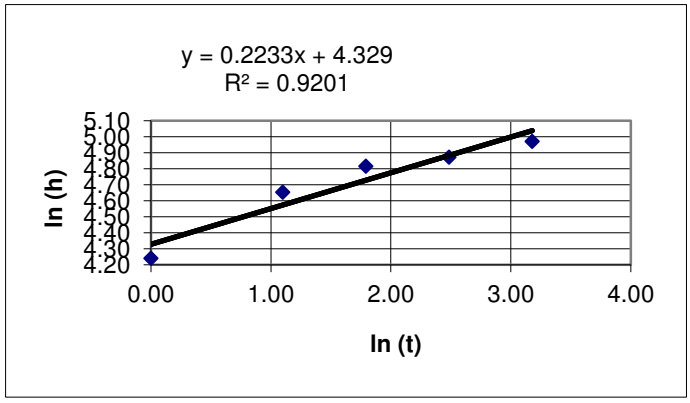
ln h(mm)	ln t(ore)
4.45	0.00
4.87	1.10
5.03	1.79
5.07	2.48
5.14	3.18



Tempo di ritorno 100 anni

a	n
75,8654	0,2233

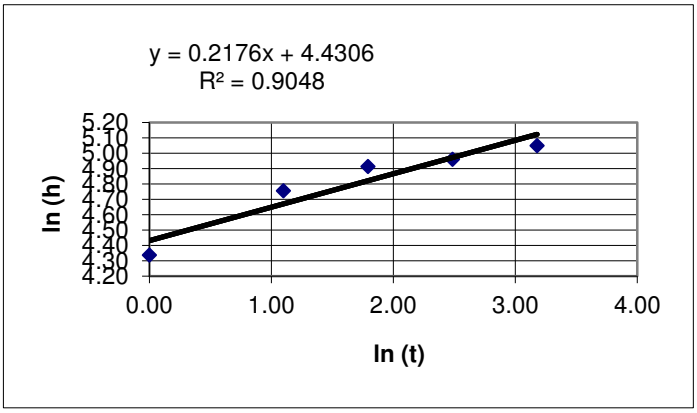
log h(mm)	log t(ore)
4,24	0,00
4,65	1,10
4,82	1,79
4,87	2,48
4,97	3,18



Tempo di ritorno **200** anni

α	ν
83,9854	0,2176

ln h(mm)	ln t(ore)
4,34	0,00
4,76	1,10
4,91	1,79
4,96	2,48
5,05	3,18



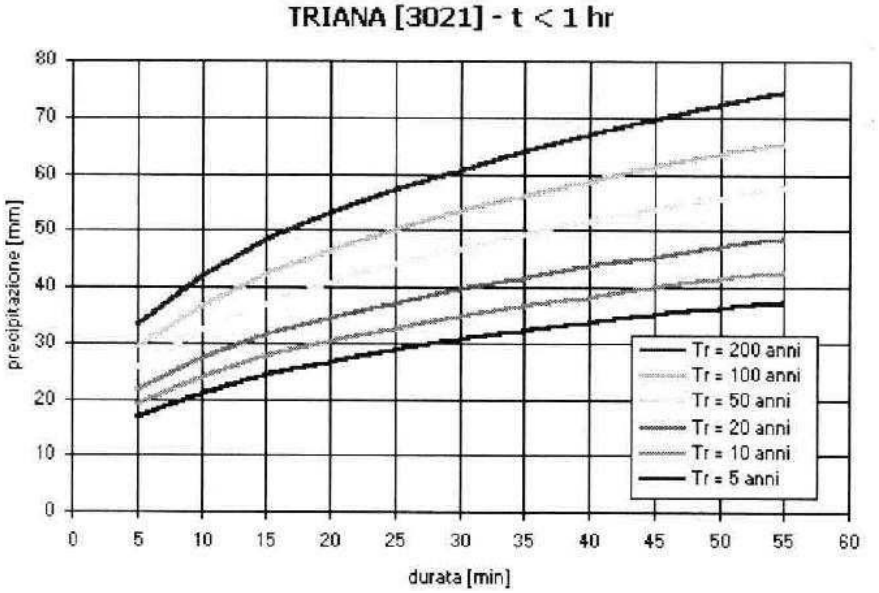
Di seguito si riporta il confronto dei dati calcolati con i dati forniti dalla pubblicazione integrale LSPP a cura della Regione Toscana dai quali si denota la coerenza della verifica effettuata.

Stazione: TRIANA - [3021]

Durata inferiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

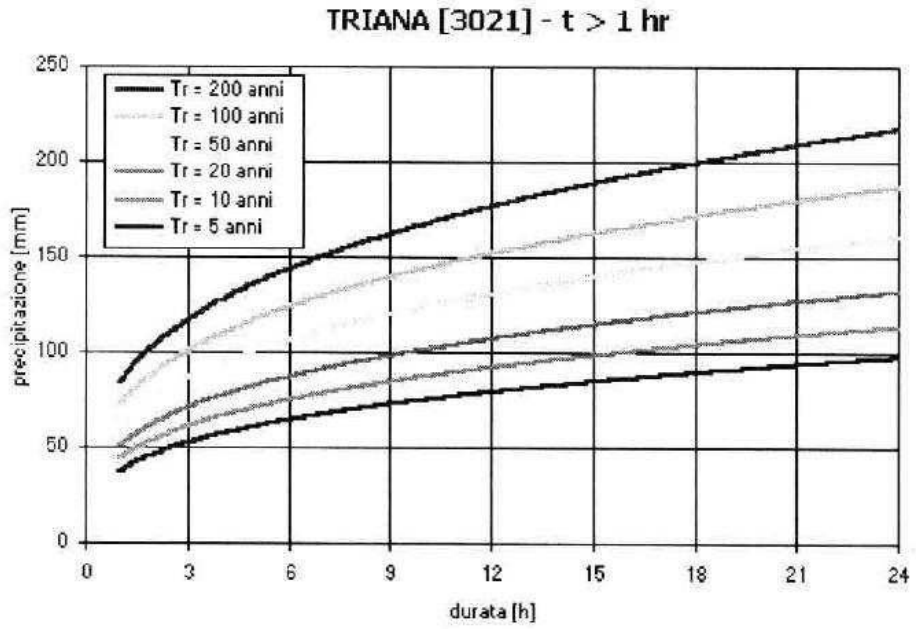
Coefficienti
a 28.629
n 0.338
m 0.186

	5'	*10'*	*15'*	*20'*	*30'*	
5 anni	16.7	21.1	24.2	26.6	30.6	mm
10 anni	19.0	24.0	27.5	30.3	34.8	mm
20 anni	21.6	27.3	31.3	34.5	39.6	mm
50 anni	25.6	32.4	37.1	40.9	46.9	mm
100 anni	29.1	36.8	42.2	46.5	53.4	mm
200 anni	33.1	41.9	48.0	52.9	60.7	mm



Durata superiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti							
		1 h	*3 h*	*6 h*	*12 h*	*24 h*	
a	26.571	*5 anni*	37.7	52.3	64.4	79.2	97.4 mm
n	0.299	*10 anni*	43.8	60.9	74.9	92.1	113.3 mm
m	0.217	*20 anni*	51.0	70.8	87.0	107.1	131.7 mm
		50 anni	62.2	86.4	106.2	130.6	160.7 mm
		100 anni	72.3	100.4	123.5	151.9	186.8 mm
		200 anni	84.1	116.7	143.6	176.6	217.2 mm



Elaborazione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Ultimo aggiornamento: Ottobre 1998

4 Idrogrammi di piena per tempi di ritorno di 20 e 200 anni

4.1 Tempo di corrivazione

Per la stima del tempo di corrivazione del bacino del Fosso della Canala si considerano le formule empiriche di Puglisi, Giandotti, Ogrosky. Sulla base dei parametri morfologici del bacino stimati al capitolo 3, si ottengono le stime riportate nella tabella seguente. Per i successivi calcoli degli idrogrammi di piena si assume il valore medio delle diverse stime.

Tempi di corrivazione [h]		
Puglisi	t_c= 6 L^0.67 * Hm^(-0.33)	0.921
Ogrosky	t_c= 0.914 L^1.15 C^(-0.38)	0.182
R. Rosso	t_p=1.584(Rb/Ra)^0.55 * Rl^(-0.38) *Lc/Vm	0.913
Giandotti	t_p=(2*radq(A)+1.5*L)/(0.8*radq(H))	0.362655887
		0.595

4.2 Ietogrammi di progetto e portate massime di piena

Per ciascun tempo di ritorno, si assume uno ietogramma lordo di progetto di intensità costante P, fornito dalla L.S.P.P. della stazione di Triana (vedi punto 4.1) per durata pari al tempo di corrivazione. Per il calcolo delle perdite per infiltrazione I, si considera una intensità potenziale di infiltrazione costante e pari al coefficiente di permeabilità Ks. Tali perdite vengono valutate separatamente per ciascuna zona con diversa permeabilità e pesate in base all'estensione areale su ciascuna di esse. La portata massima di piena Qmax per assegnato tempo di ritorno viene quindi ottenuta applicando il metodo cinematico con ietogramma netto di intensità costante P-I, ottenendo i risultati riportati

$$I = \frac{1}{S}\sum_i S_i \min\left(P, K_{s,i}\right) \qquad Q_{\max} = S(P - I)$$

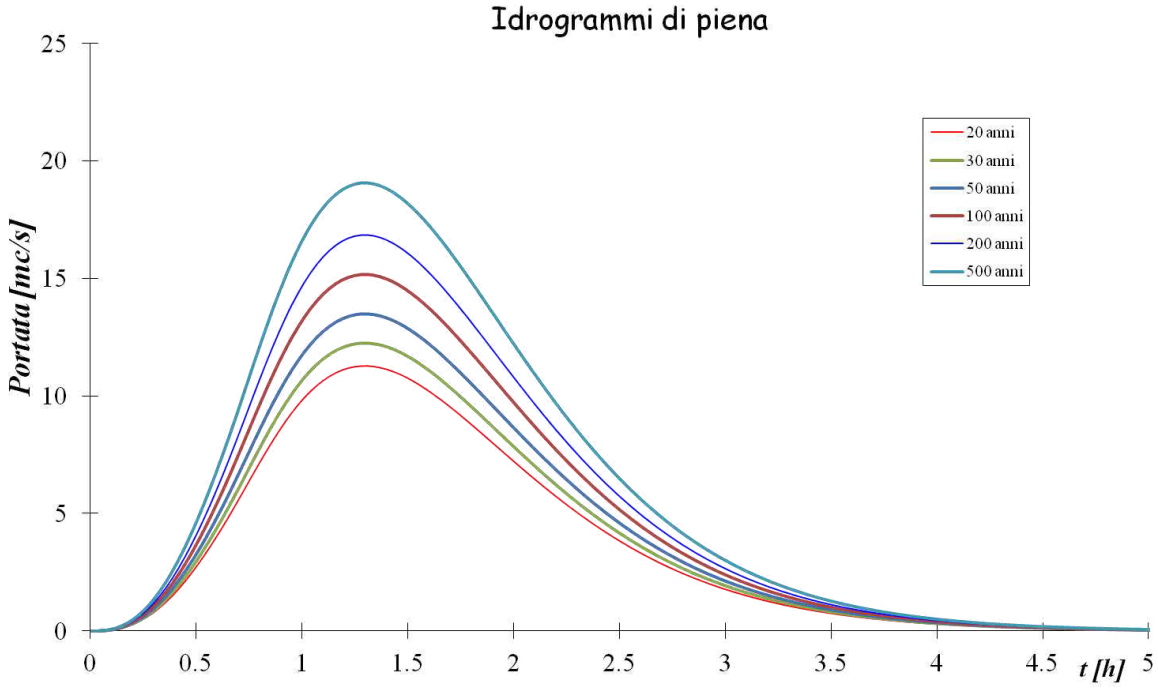
4.3 Idrogramma istantaneo unitario e idrogrammi di piena

Si utilizza la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario (IIU) per la determinazione degli idrogrammi di piena corrispondenti agli ietogrammi di progetto di cui al punto precedente. Date le limitate estensioni del bacino, si assume un IIU di semplice forma triangolare, con base pari al tempo di corrivazione precedentemente calcolato. Si utilizzando le espressioni empiriche di Rosso (1984) che legano i valori di picco (istante tp e altezza hp) dell'IIU ai parametri morfologici del reticolo:

$$t_p = \frac{0.44L}{V}\left(\frac{R_B}{R_A}\right)^{0.55} R_L^{-0.38} \qquad h_p = \frac{1.31}{L} R_L^{0.43} V$$

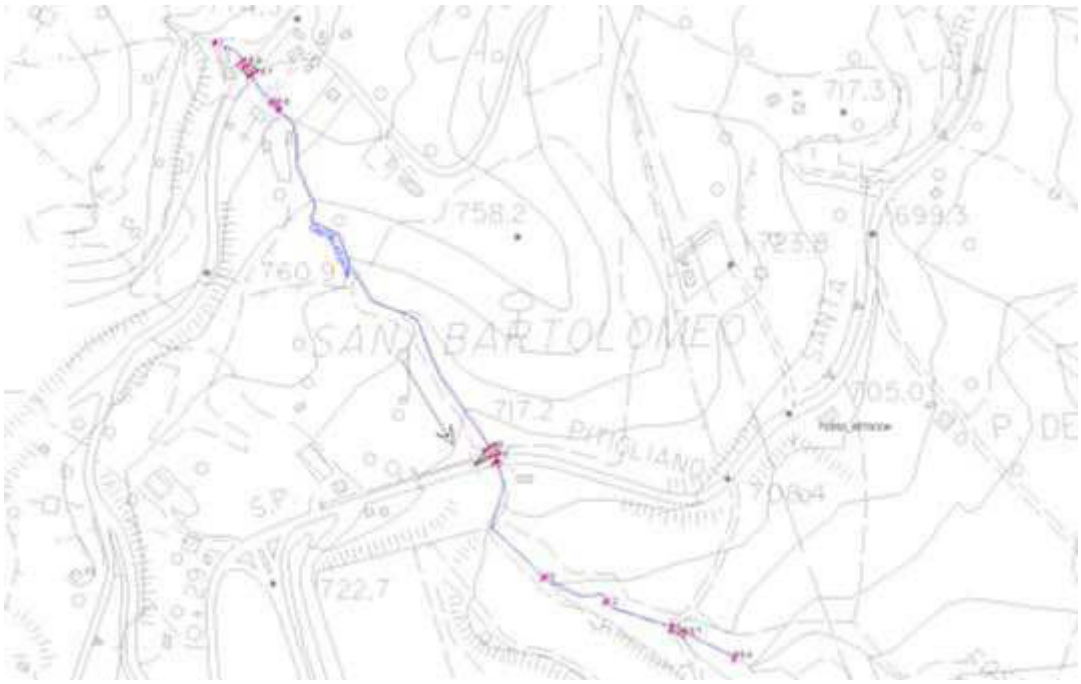
Costruzione degli idrogrammi di piena

Tempo di ritorno Tr	30	500	10	20	50	100	200
a	61.70	94.71		56.88	67.72	75.87	83.99
$h = a \cdot t^{\nu}$							
ν	0.24	0.21		0.24	0.23	0.22	0.22
impulso [mm]	41.22	64.22	0.00	37.95	45.47	51.12	56.76
portate max [mc/s]	12.24	19.07	0.00	11.27	13.50	15.18	16.85
per t [h] =	1.31	1.31	0.00	1.31	1.31	1.31	1.31



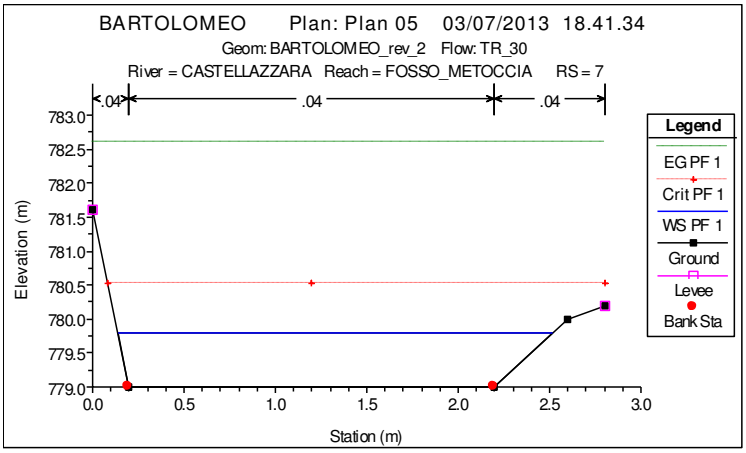
VERIFICA IDRAULICA

Di seguito si riporta il geometry data realizzato ai fini del modello idraulico.

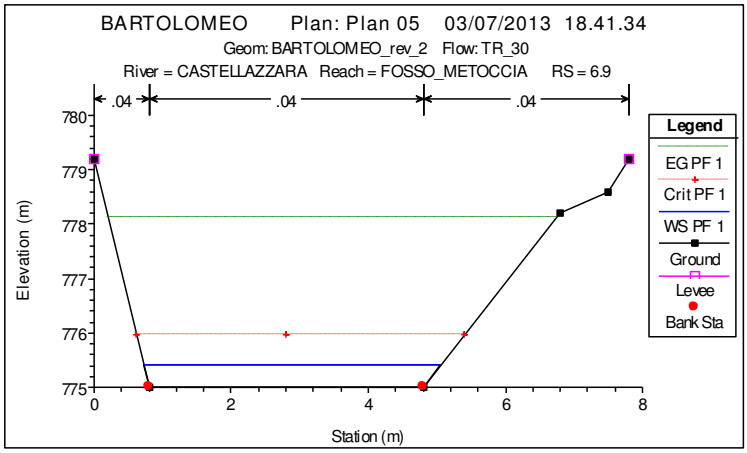


Tr 30

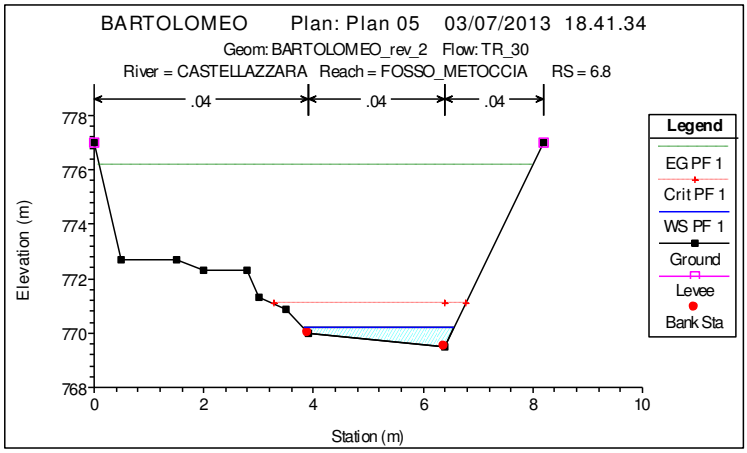
Sezione di monte 7



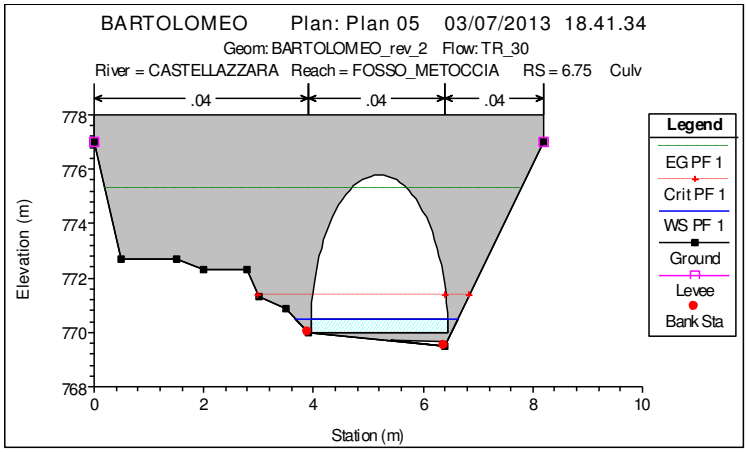
Sezione 6.9



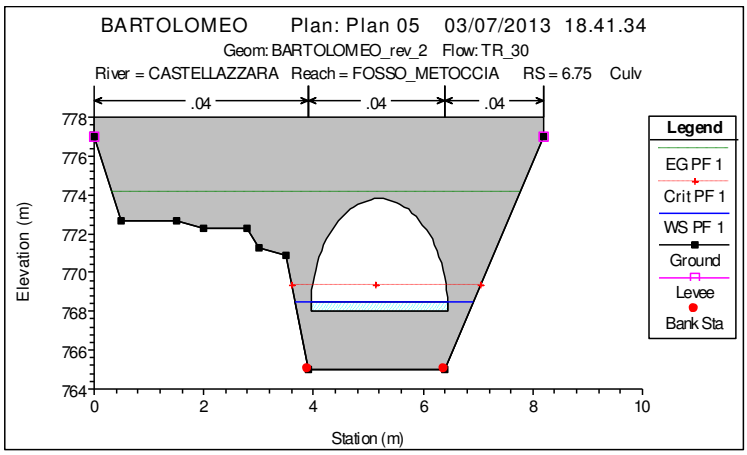
Sezione 6.8



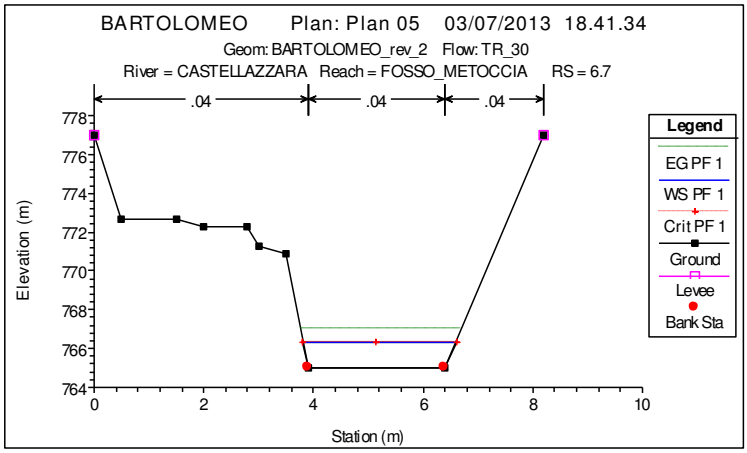
Sezione 6.75 Monte



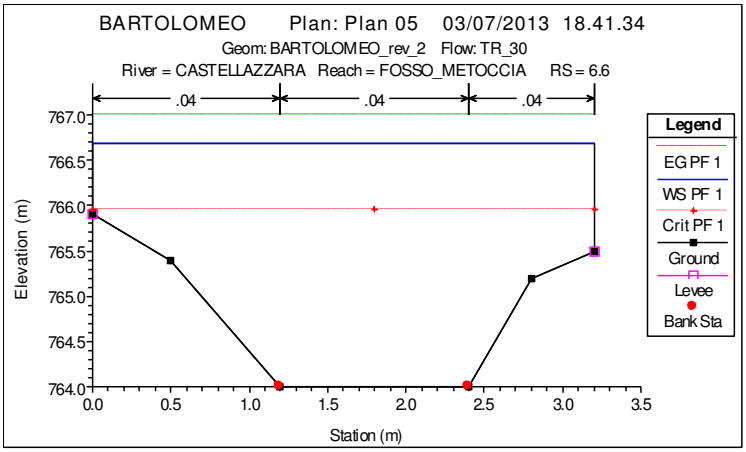
Sezione 6.75 Valle



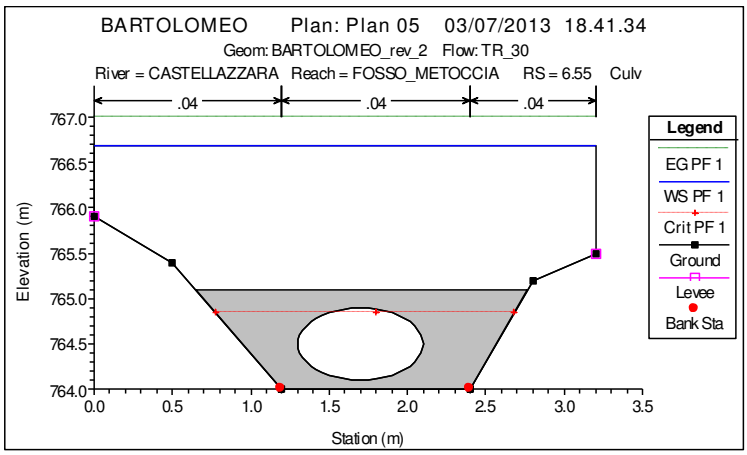
Sezione 6.7



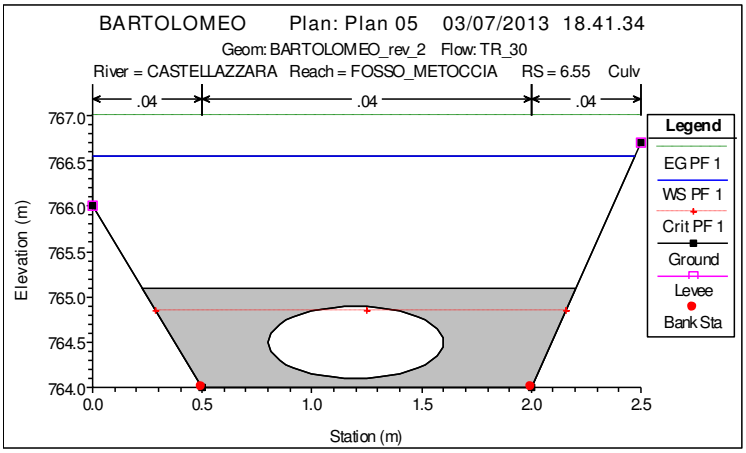
Sezione 6.6



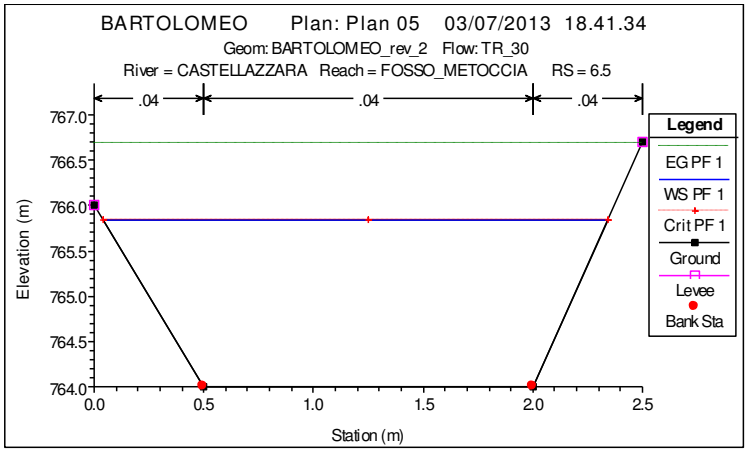
Sezione 6.55 Monte



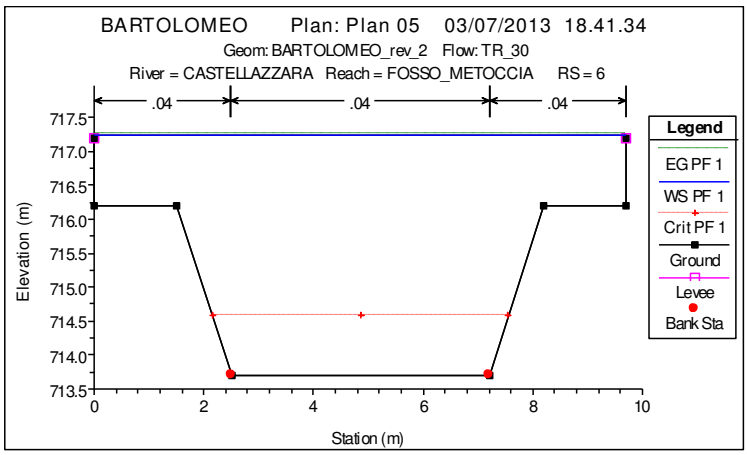
Sezione 6.55 Valle



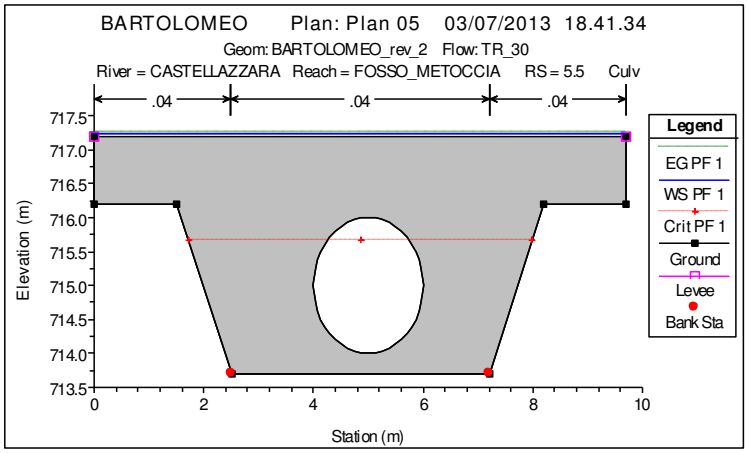
Sezione 6.5



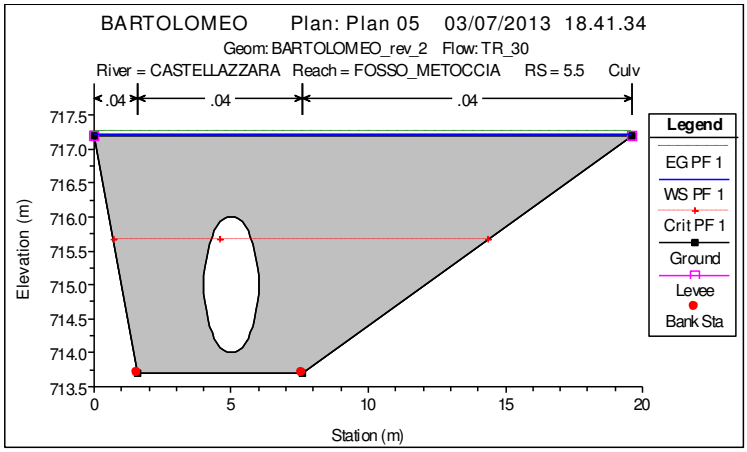
Sezione 6



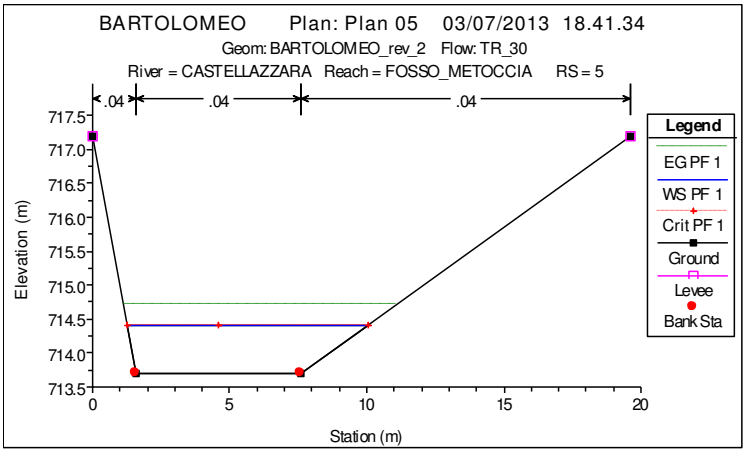
Sezione 5.5 Monte



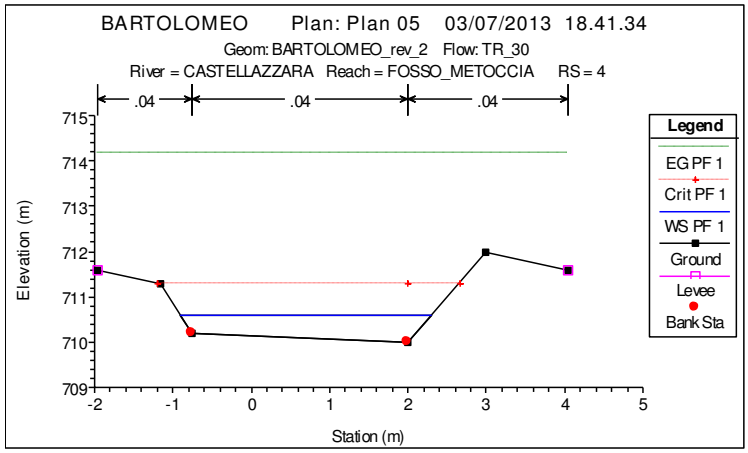
Sezione 5.5 Valle



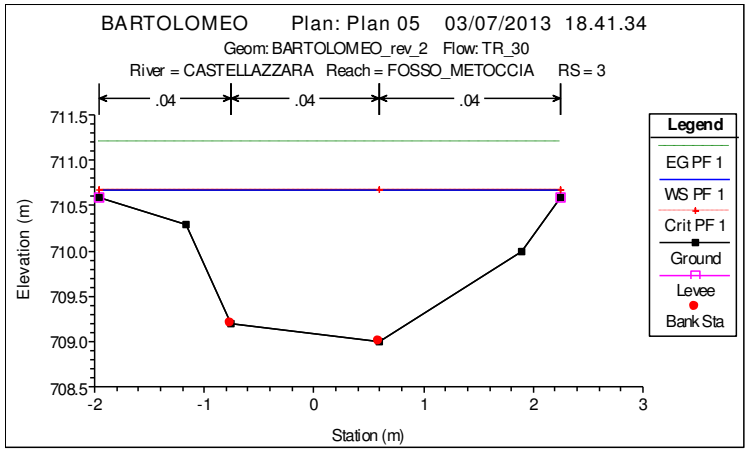
Sezione 5



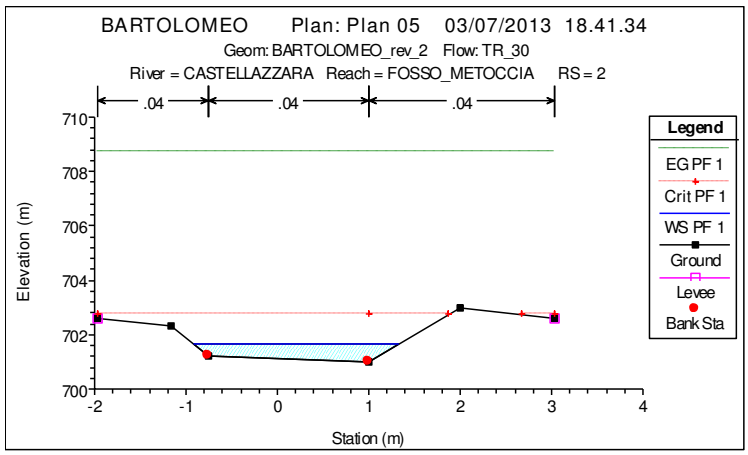
Sezione 4



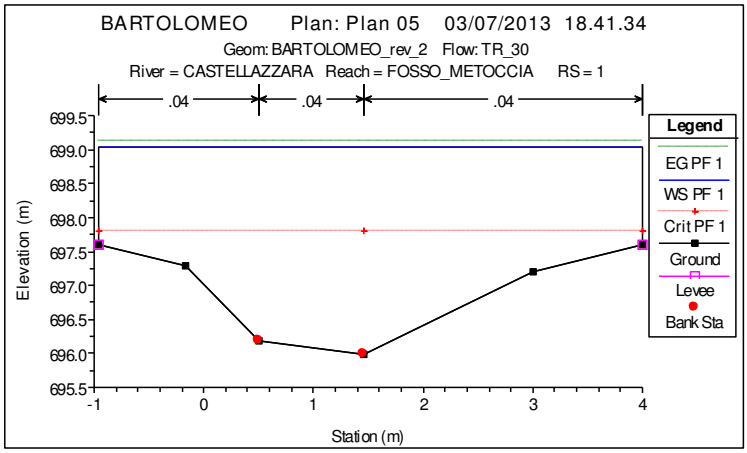
Sezione 3



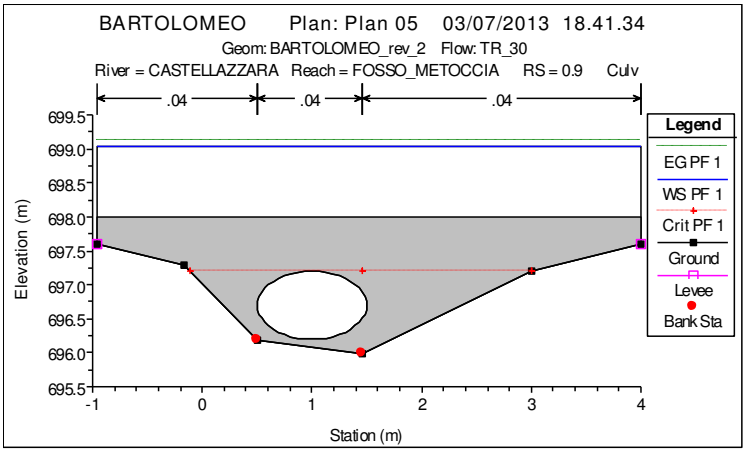
Sezione 2



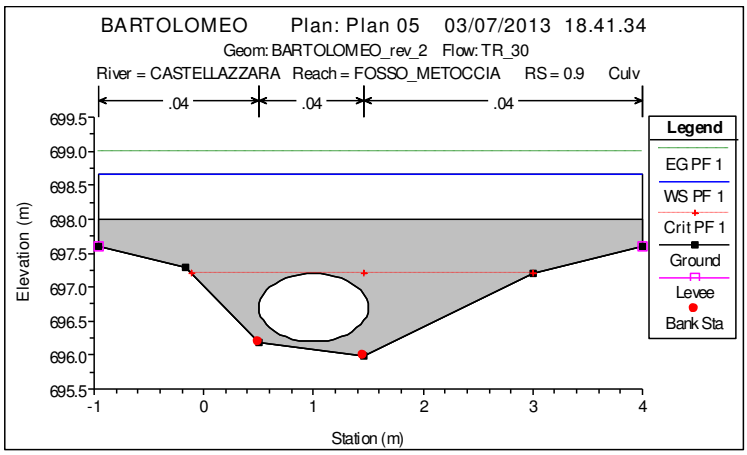
Sezione 1



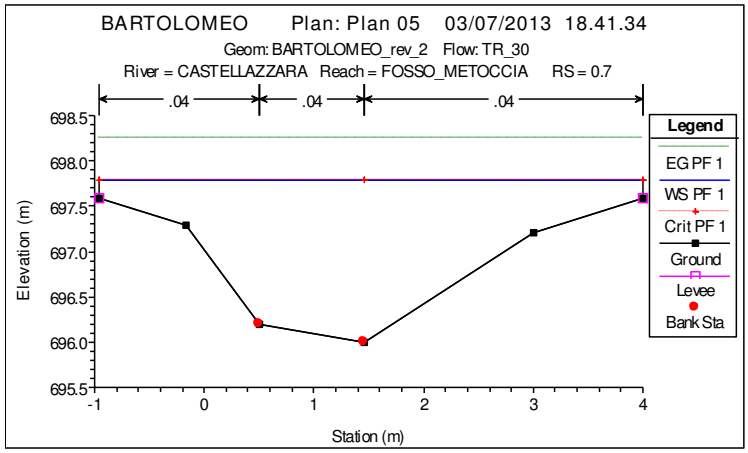
Sezione 0.9 monte



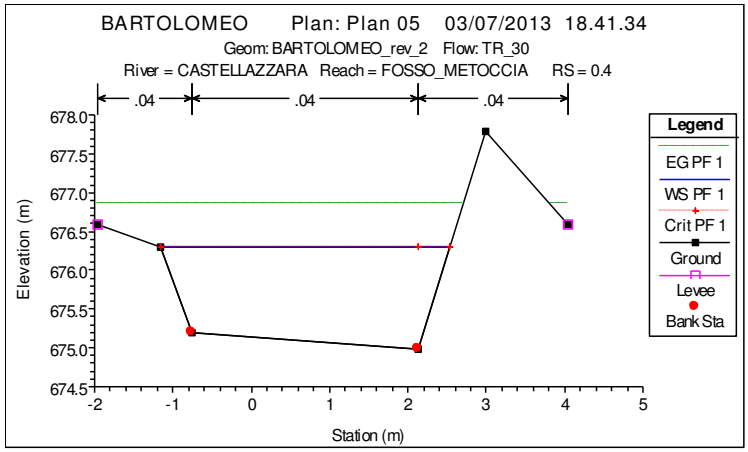
Sezione 0.9 Valle



Sezione 0.7

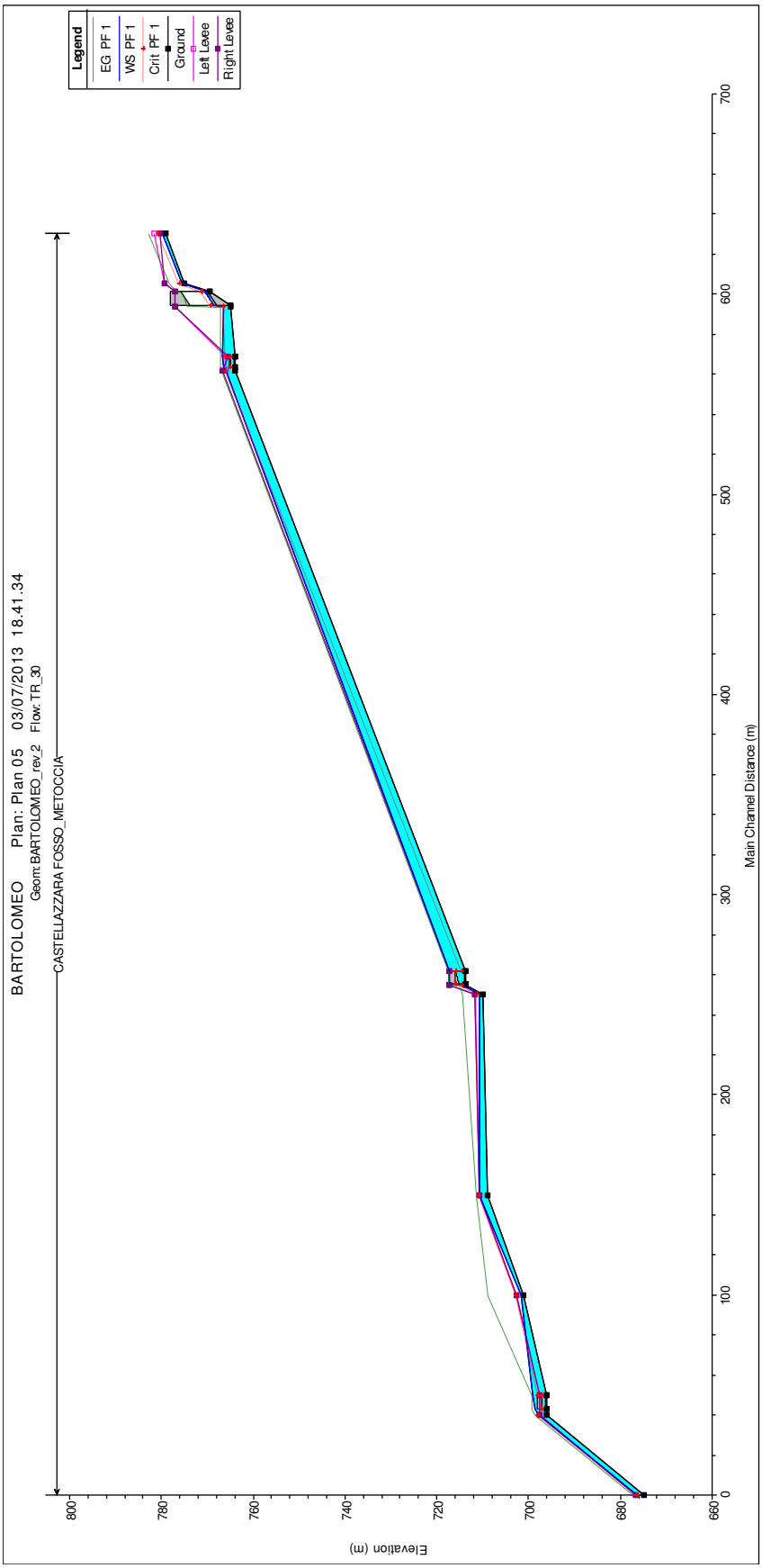


Sezione 0.4



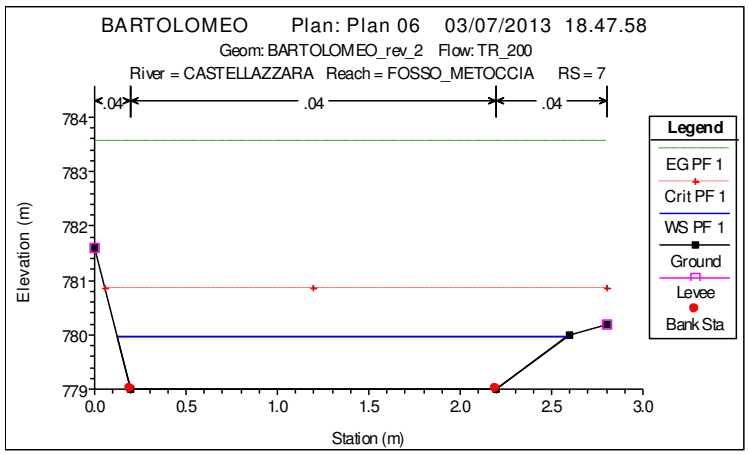
HEC-RAS Plan: Plan 04 River: CASTELLAZZARA Reach: FOSSO_METOCCIA Profile: PF 1 — Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
FOSSO_METOCCIA	7	PF 1	12.24	779.00	779.79	780.52	782.60	0.123213	7.52	1.73	2.38	2.69
FOSSO_METOCCIA	6.9	PF 1	12.24	775.00	775.41	775.97	778.11	0.280592	7.33	1.71	4.34	3.65
FOSSO_METOCCIA	6.8	PF 1	12.24	769.50	770.19	771.08	776.20	0.591174	10.96	1.16	2.75	5.28
FOSSO_METOCCIA	6.75		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	6.7	PF 1	12.24	765.00	766.34	766.34	767.00	0.014267	3.63	3.54	2.79	1.00
FOSSO_METOCCIA	6.6	PF 1	12.24	764.00	766.68	765.96	766.99	0.003377	2.81	6.49	3.20	0.55
FOSSO_METOCCIA	6.55		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	6.5	PF 1	12.24	764.00	765.84	765.84	766.68	0.012425	4.18	3.49	2.30	0.98
FOSSO_METOCCIA	6	PF 1	12.24	713.70	717.24	714.58	717.26	0.000120	0.64	24.36	9.70	0.11
FOSSO_METOCCIA	5.5		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	5	PF 1	12.24	713.70	714.41	714.41	714.71	0.016289	2.54	5.23	8.76	0.96
FOSSO_METOCCIA	4	PF 1	12.24	709.99	710.60	711.30	714.17	0.288244	8.50	1.52	3.21	3.82
FOSSO_METOCCIA	3	PF 1	12.24	708.99	710.67	710.67	711.21	0.012222	3.73	4.37	4.21	0.95
FOSSO_METOCCIA	2	PF 1	12.24	701.01	701.66	702.75	708.72	0.522972	12.04	1.10	2.25	5.20
FOSSO_METOCCIA	1	PF 1	12.24	695.99	699.03	697.79	699.12	0.001191	1.75	11.00	4.96	0.33
FOSSO_METOCCIA	0.9		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	0.7	PF 1	12.24	695.99	697.79	697.79	698.25	0.011309	3.74	4.86	4.96	0.91
FOSSO_METOCCIA	0.4	PF 1	12.24	674.99	676.29	676.29	676.85	0.014432	3.38	3.96	3.70	0.99

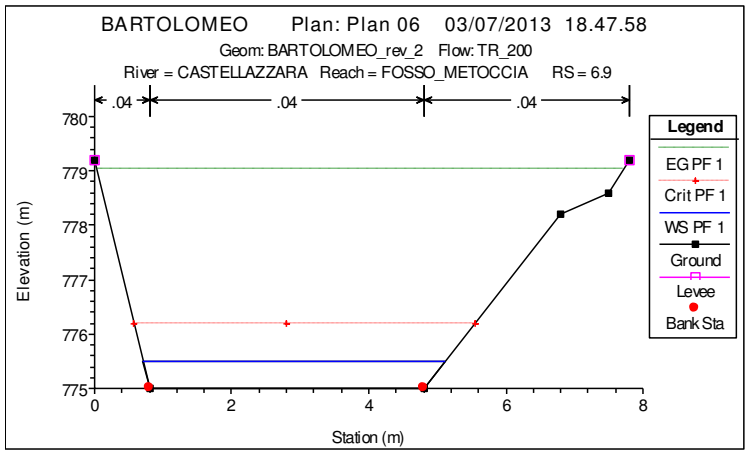

Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Left Levee
Right Levee
BARTOLOMEO Plan: Plan 05 03/07/2013 18.41.34
Geom: BARTOLOMEO_rev_2 Flow: TR_30
CASTELLAZZARA FOSSO_METOCCIA
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
800
780
760
740
720
700
680
660
700
600
500
400
300
200
100
0

Tr 200

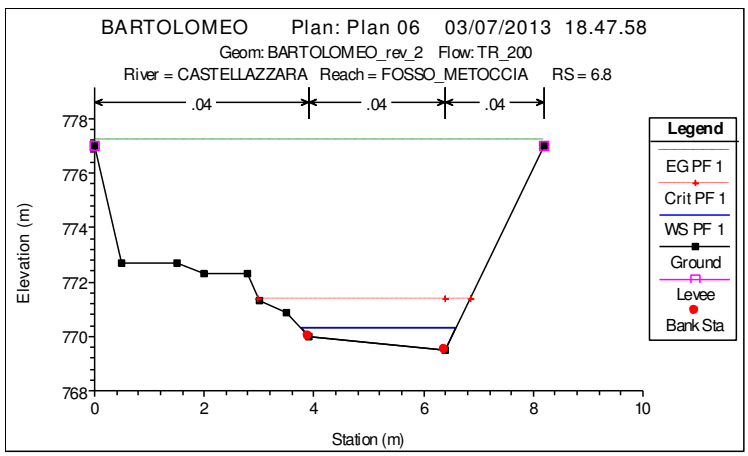
Sezione 7 di monte



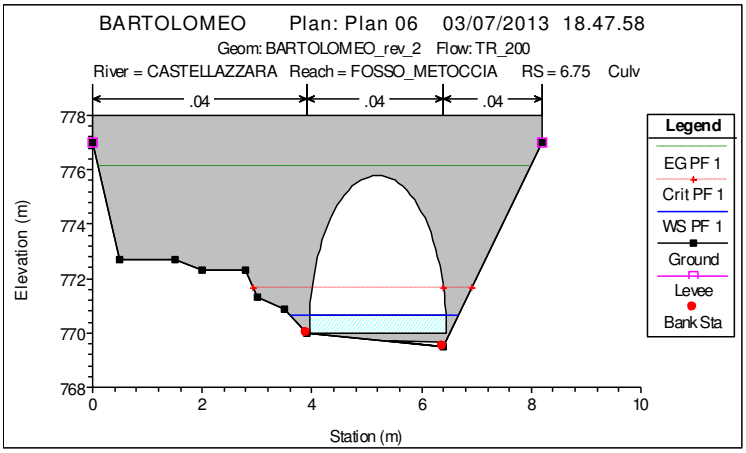
Sezione 6.9



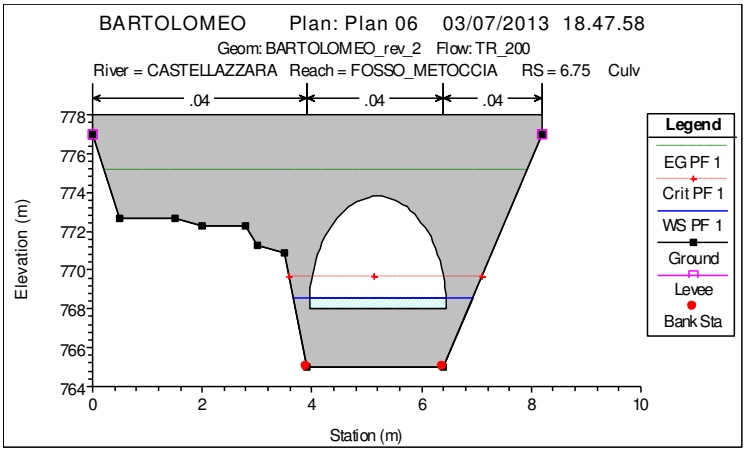
Sezione 6.8



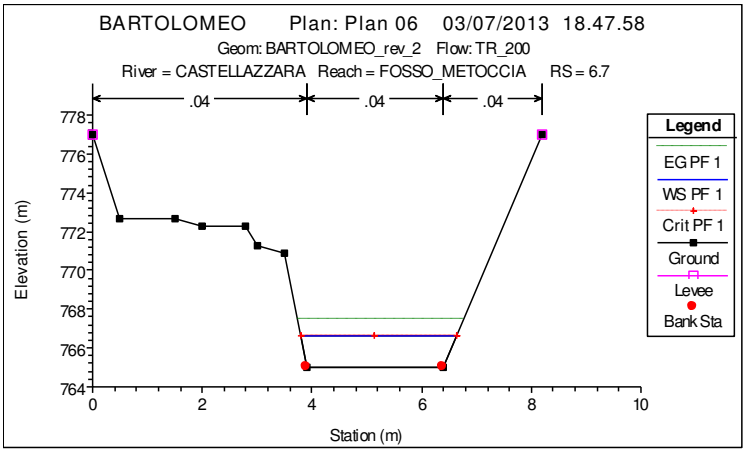
Sezione 6.75 Monte



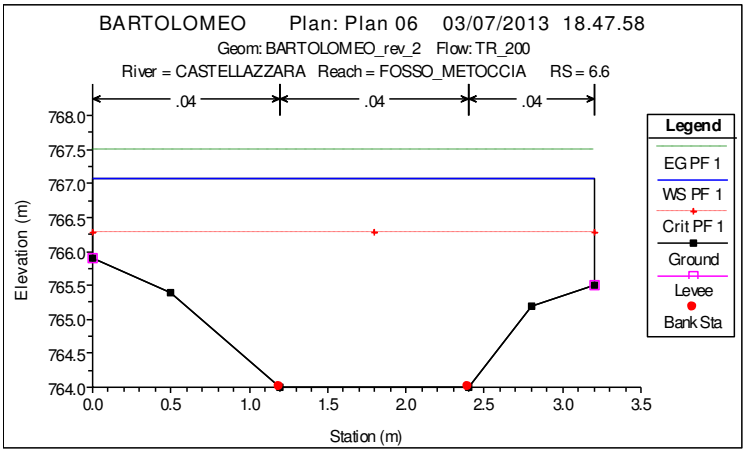
Sezione 6.75 Valle



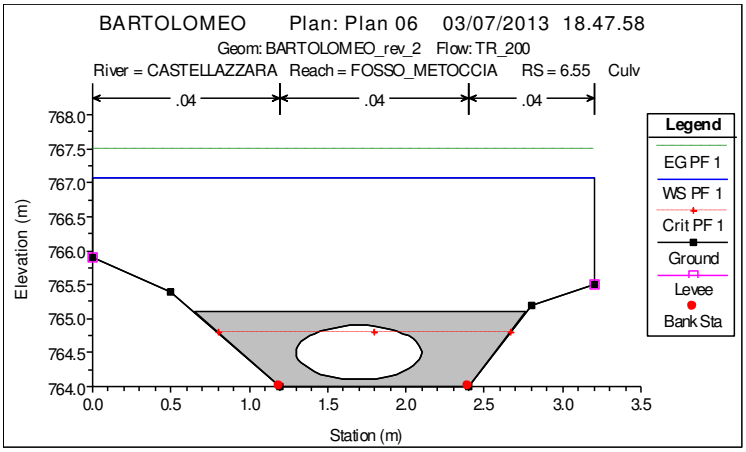
Sezione 6.7



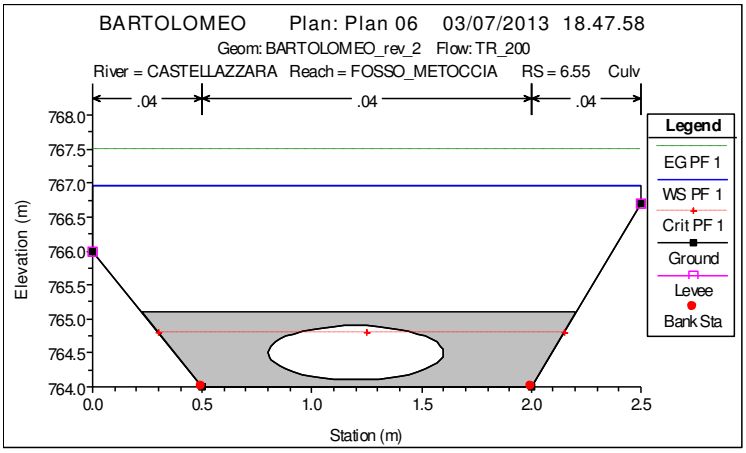
Sezione 6.6



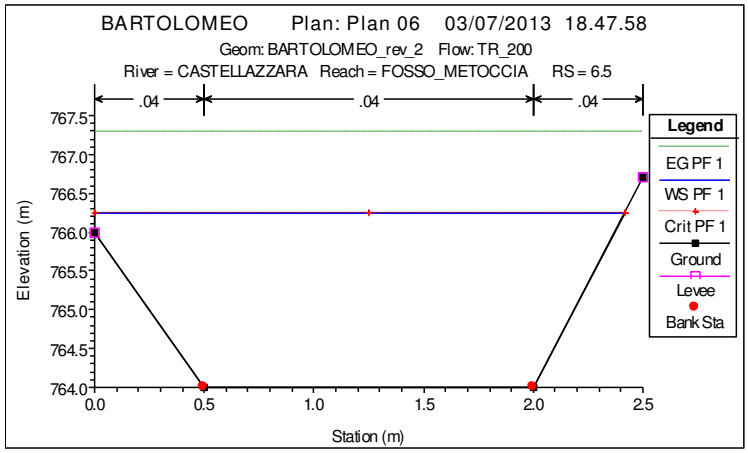
Sezione 6.55 Monte



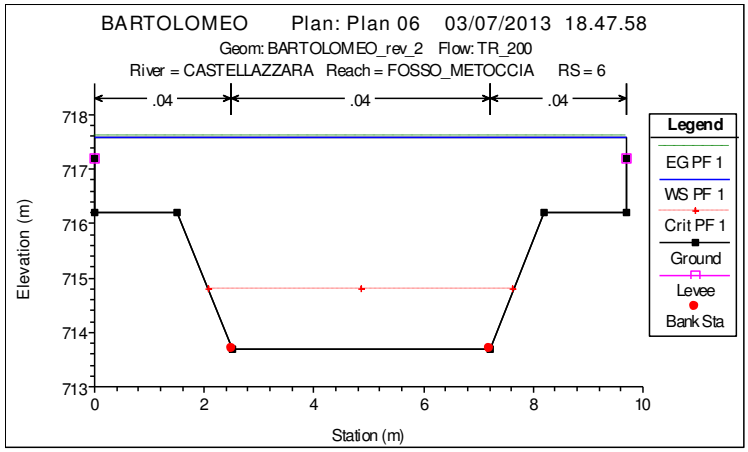
Sezione 6.55 valle



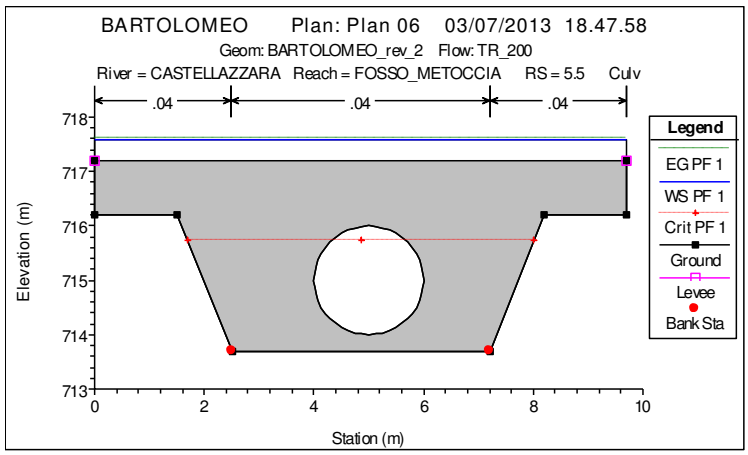
Sezione 6.5



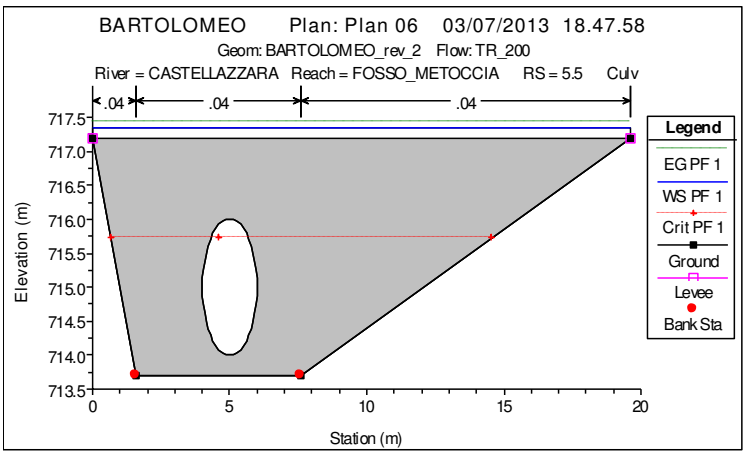
Sezione 6



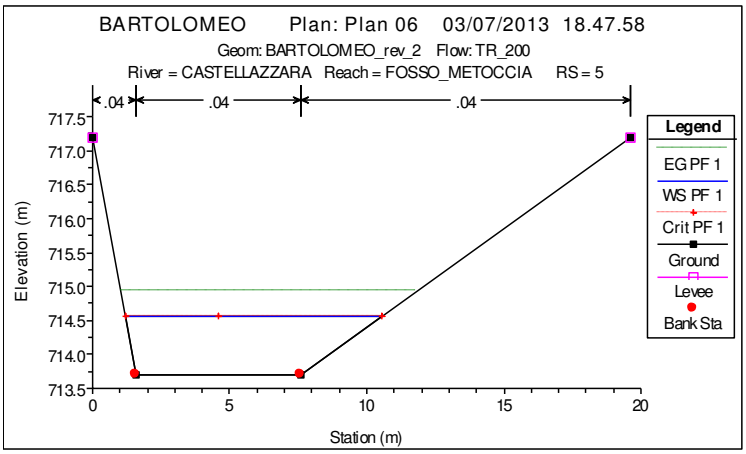
Sezione 5.5 monte



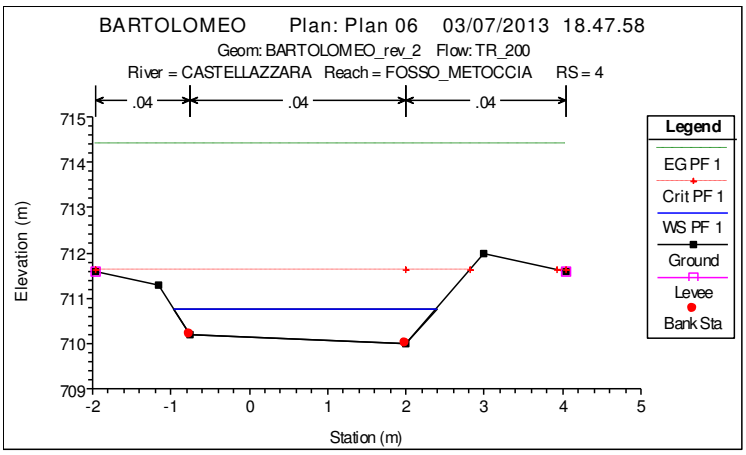
Sezione 5.5 Valle



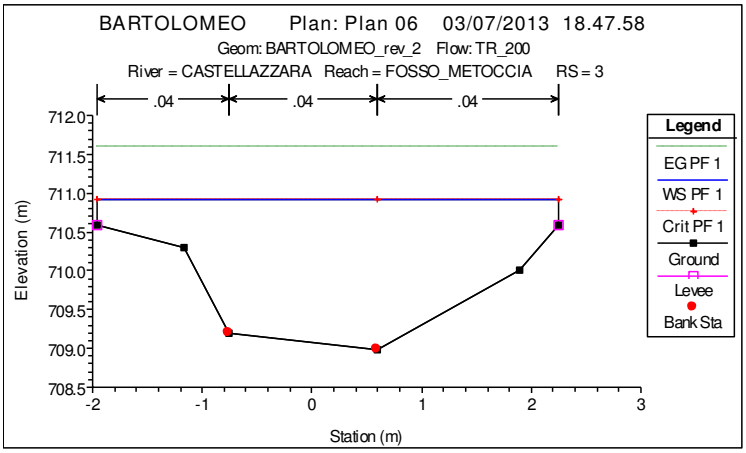
Sezione 5



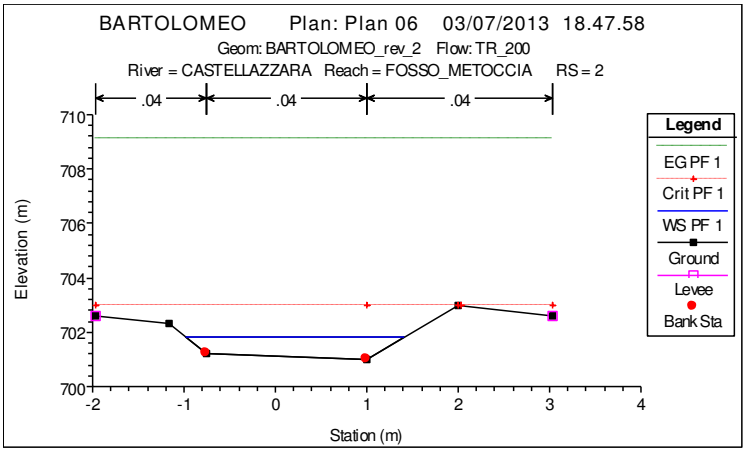
Sezione 4



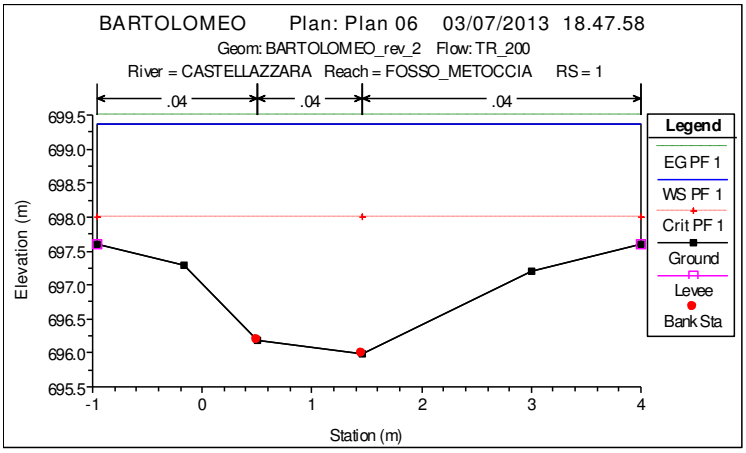
Sezione 3



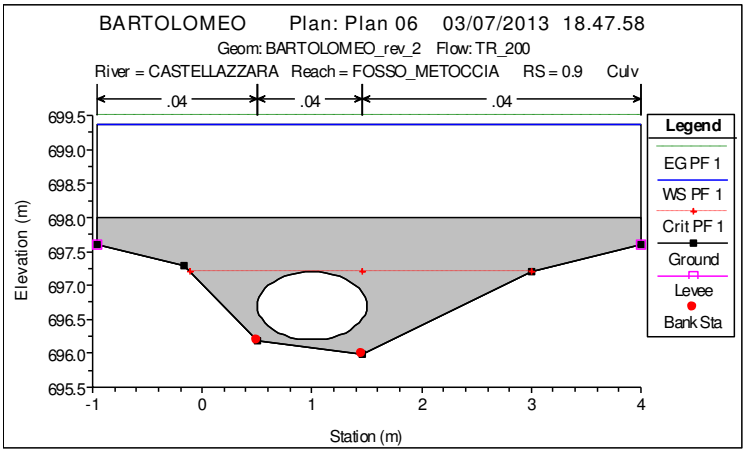
Sezione 2



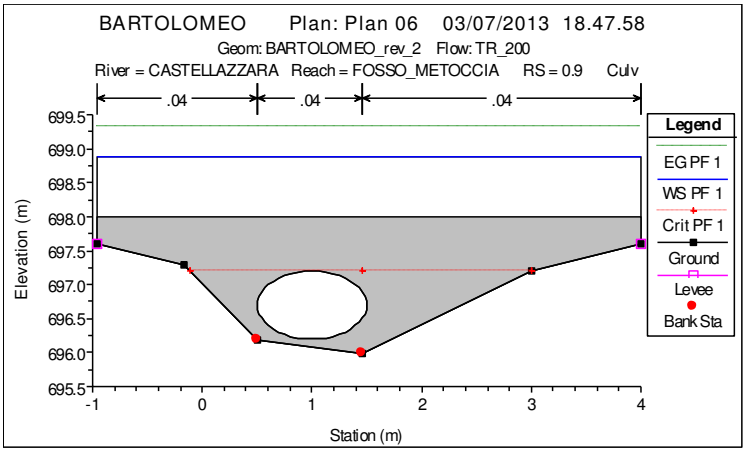
Sezione 1



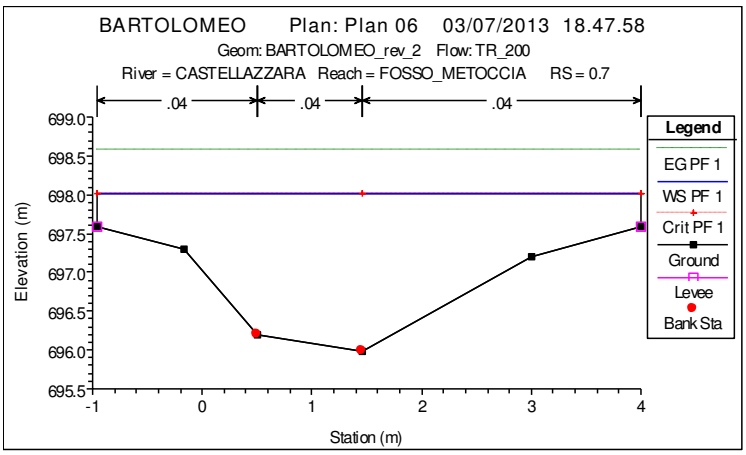
Sezione 0.9 Monte



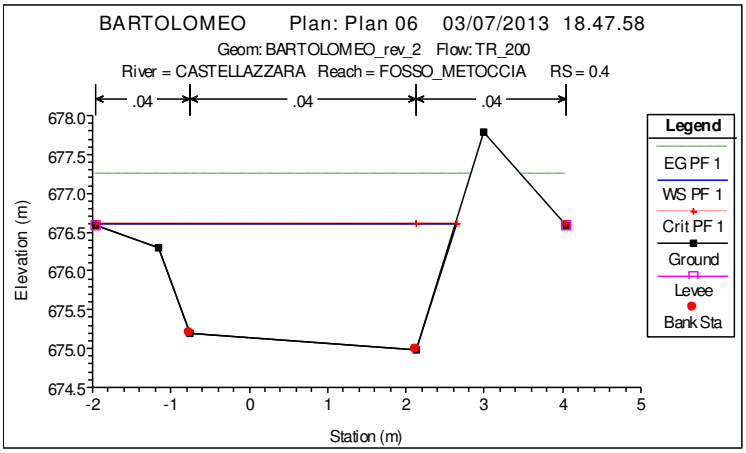
Sezione 0.9 Valle



Sezione 0.7

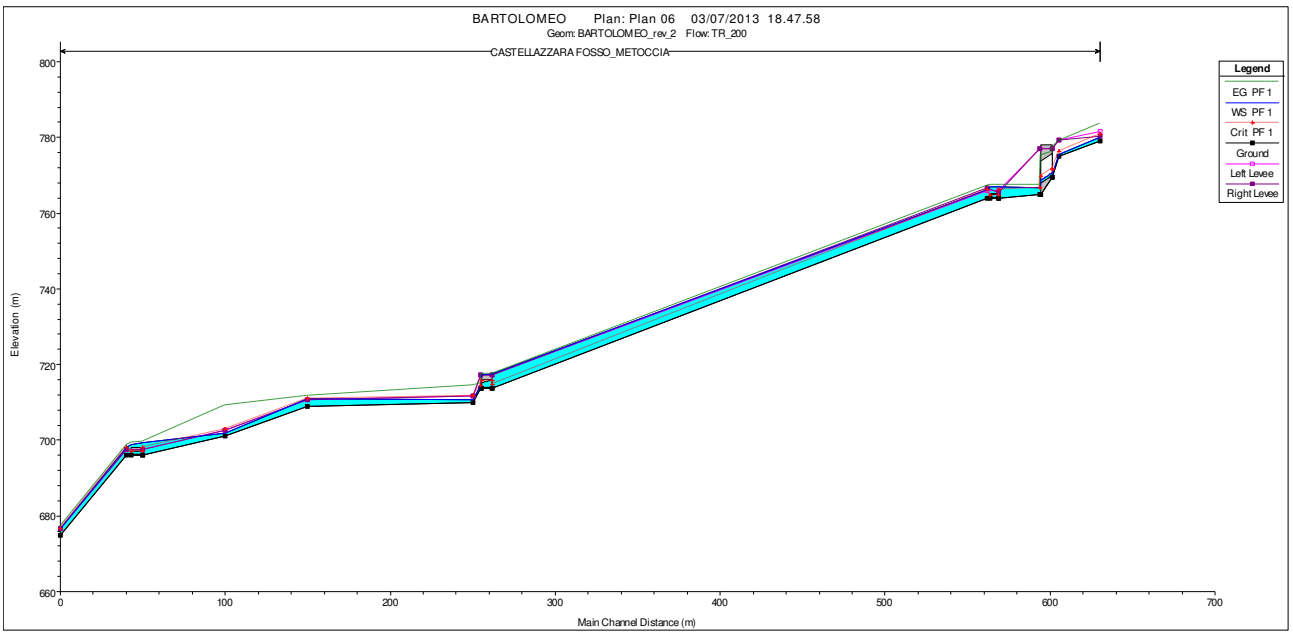


Sezione 0.4


BARTOLOMEO Plan: Plan 06 03/07/2013 18.47.58
Geom: BARTOLOMEO_rev_2 Flow: TR_200
River = CASTELLAZZARA Reach = FOSSO_METOCCIA RS = 0.4
.04
.04
.04
Elevation (m)
678.0
677.5
677.0
676.5
676.0
675.5
675.0
674.5
-2
-1
0
1
2
3
4
5
Station (m)
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta

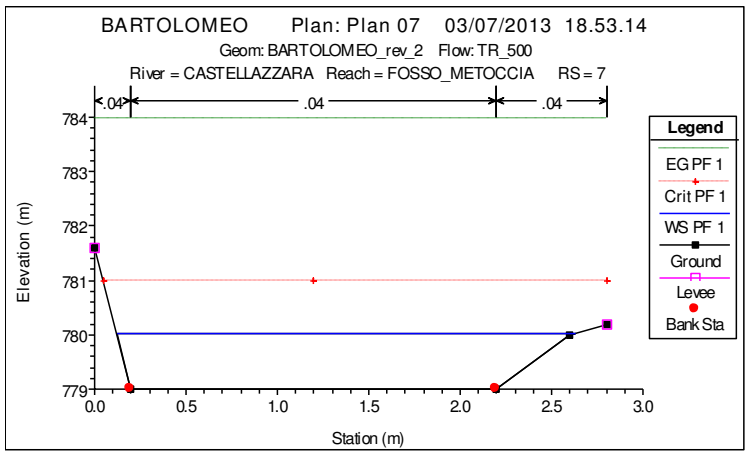
HEC-RAS Plan: Plan 04 River: CASTELLAZZARA Reach: FOSSO_METOCCIA Profile: PF 1 — Reload Data

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 # Ch
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
FOSSO_METOCCIA	7	PF 1	16.85	779.00	779.96	780.85	783.55	0.123204	8.52	2.13	2.46	2.76
FOSSO_METOCCIA	6.9	PF 1	16.85	775.00	775.49	776.20	779.02	0.288698	8.39	2.07	4.40	3.8
FOSSO_METOCCIA	6.8	PF 1	16.85	769.50	770.31	771.40	777.21	0.488644	11.75	1.51	2.83	5.0
FOSSO_METOCCIA	6.75		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	6.7	PF 1	16.85	765.00	766.66	766.66	767.47	0.013084	4.01	4.45	2.86	0.9
FOSSO_METOCCIA	6.6	PF 1	16.85	764.00	767.07	766.28	767.50	0.003972	3.33	7.73	3.20	0.6
FOSSO_METOCCIA	6.55		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	6.5	PF 1	16.85	764.00	766.25	766.25	767.28	0.011763	4.65	4.47	2.42	0.9
FOSSO_METOCCIA	6	PF 1	16.85	713.70	717.59	714.78	717.62	0.000160	0.78	27.78	9.70	0.1
FOSSO_METOCCIA	5.5		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	5	PF 1	16.85	713.70	714.56	714.56	714.93	0.015524	2.81	6.59	9.34	0.9
FOSSO_METOCCIA	4	PF 1	16.85	709.99	710.77	711.63	714.41	0.198094	8.60	2.09	3.36	3.3
FOSSO_METOCCIA	3	PF 1	16.85	708.99	710.93	710.93	711.60	0.012976	4.24	5.44	4.21	1.0
FOSSO_METOCCIA	2	PF 1	16.85	701.01	701.84	702.99	709.10	0.371642	12.28	1.53	2.40	4.5
FOSSO_METOCCIA	1	PF 1	16.85	695.99	699.37	698.00	699.50	0.001539	2.13	12.67	4.96	0.3
FOSSO_METOCCIA	0.9		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	0.7	PF 1	16.85	695.99	698.00	698.00	698.57	0.012549	4.26	5.90	4.96	0.9
FOSSO_METOCCIA	0.4	PF 1	16.85	674.99	676.61	676.61	677.24	0.011897	3.60	5.31	4.62	0.9

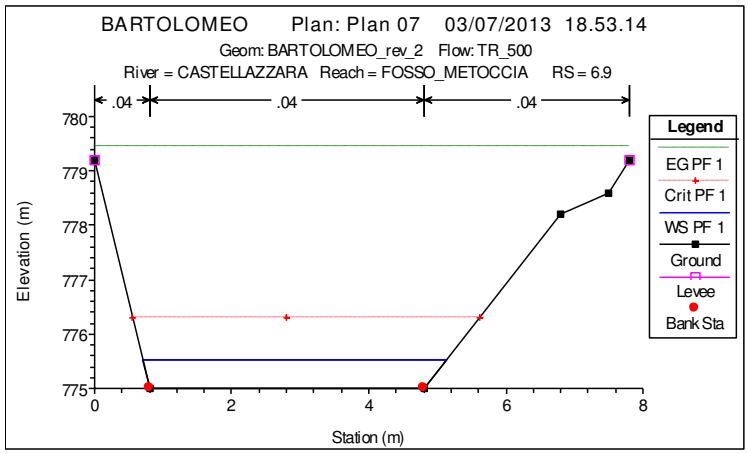


Tr 500

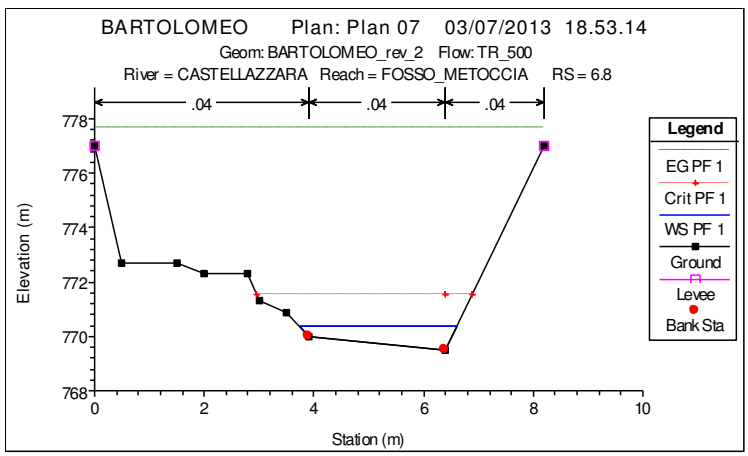
Sezione 7 di monte



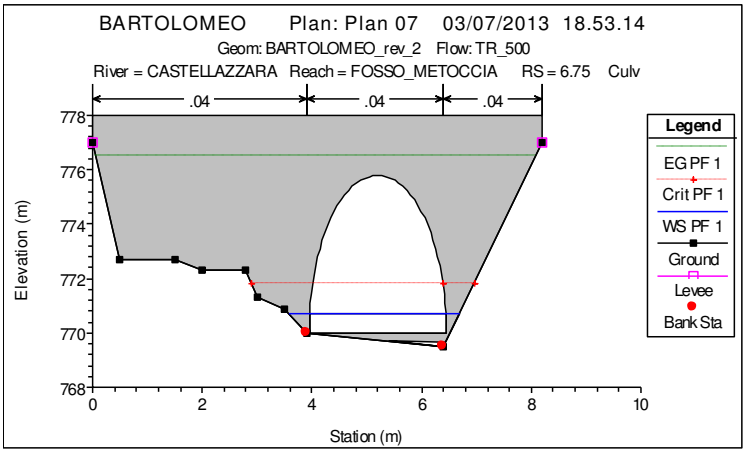
Sezione 6.9



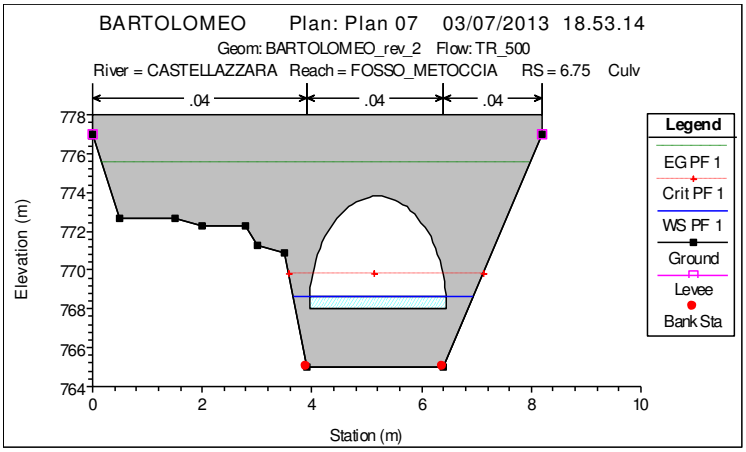
Sezione 6.8



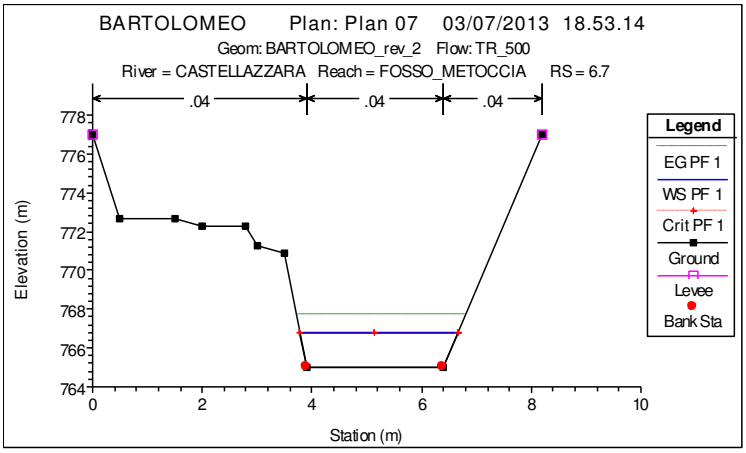
Sezione 6.75 Monte



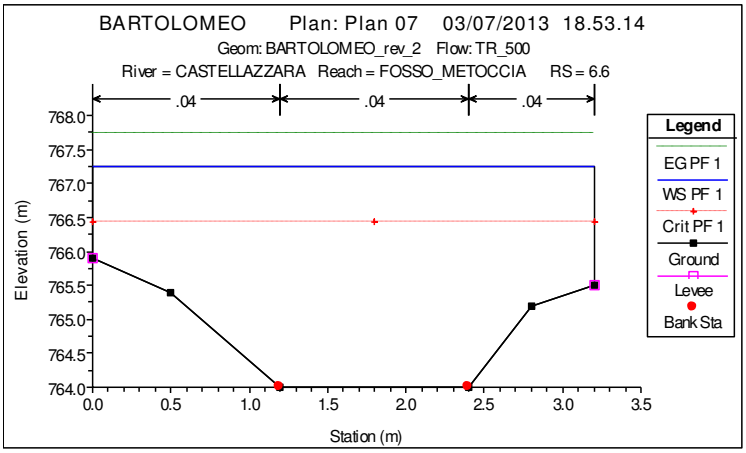
Sezione 6.75 Valle



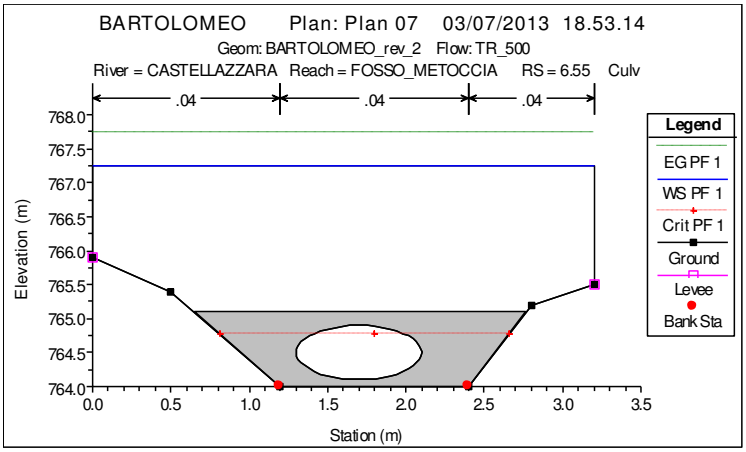
Sezione 6.7



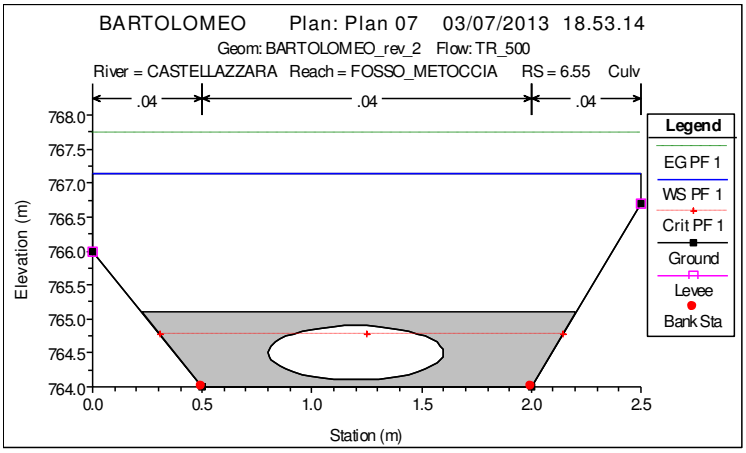
Sezione 6.6



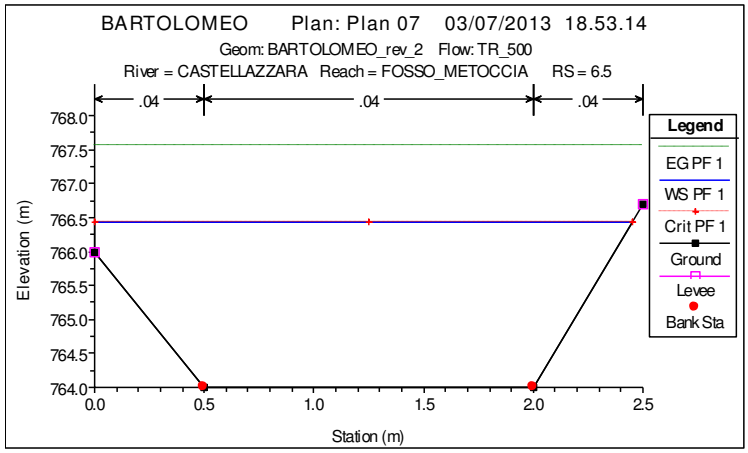
Sezione 6.55 Monte



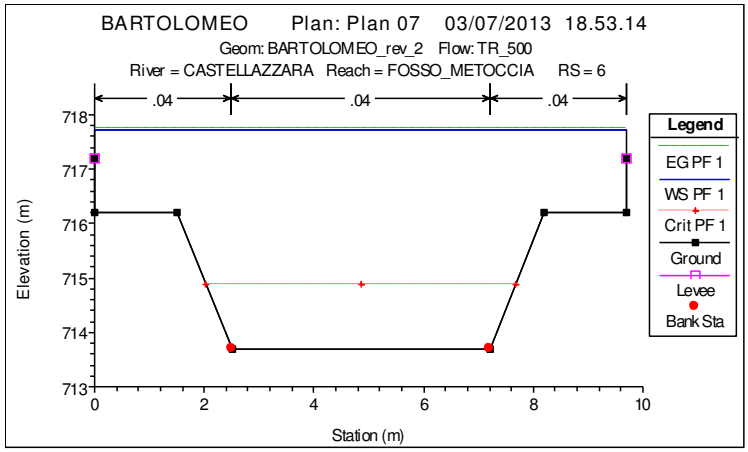
Sezione 6.55 valle



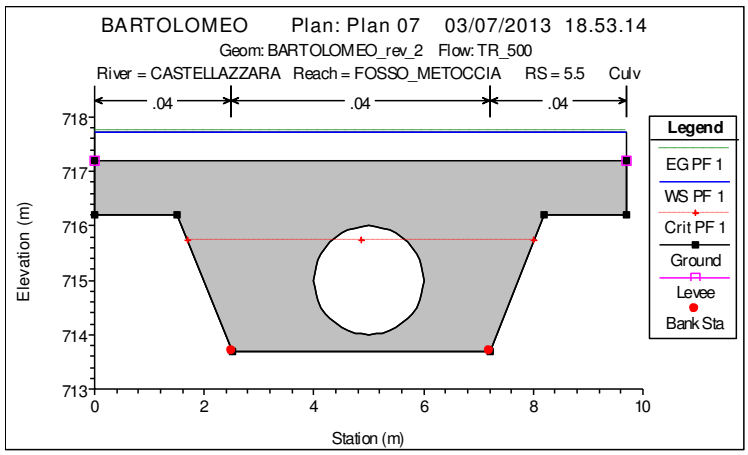
Sezione 6.5



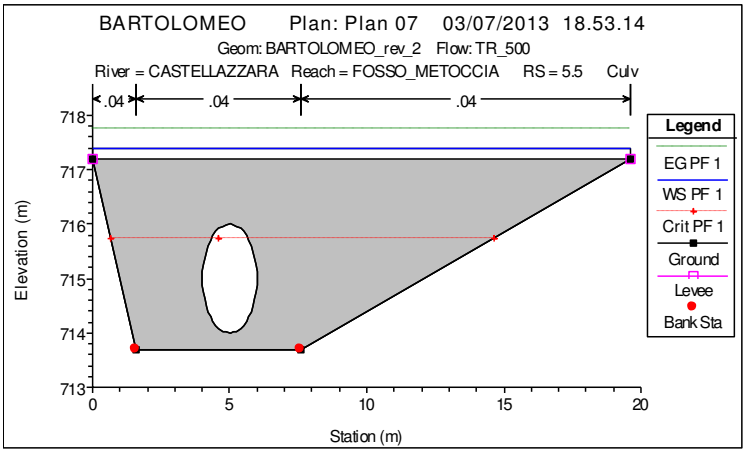
Sezione 6



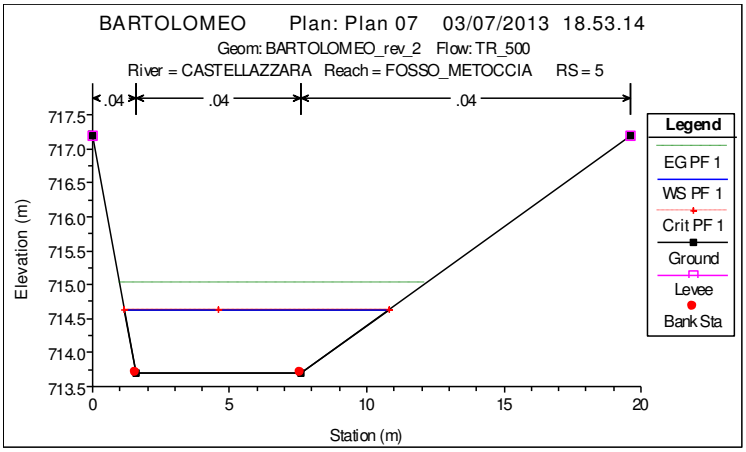
Sezione 5.5 monte



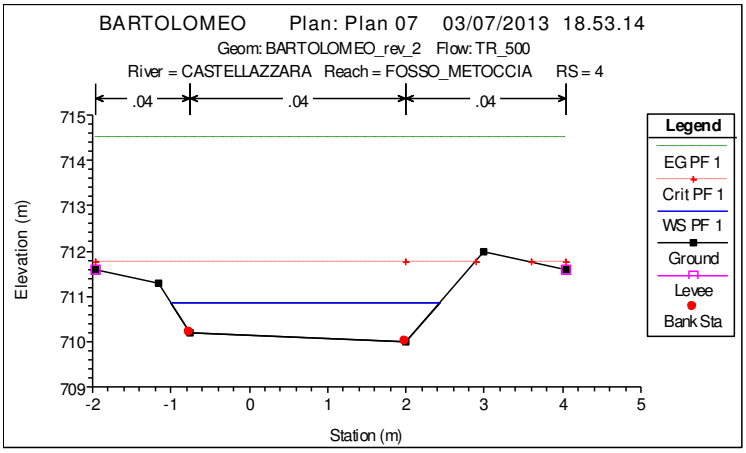
Sezione 5.5 Valle



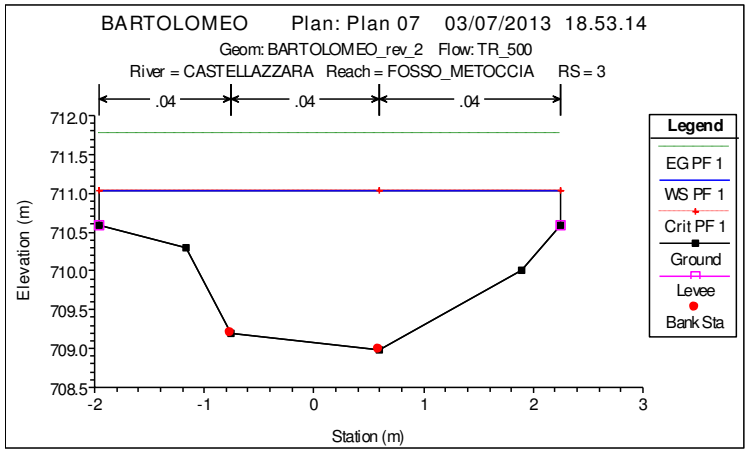
Sezione 5



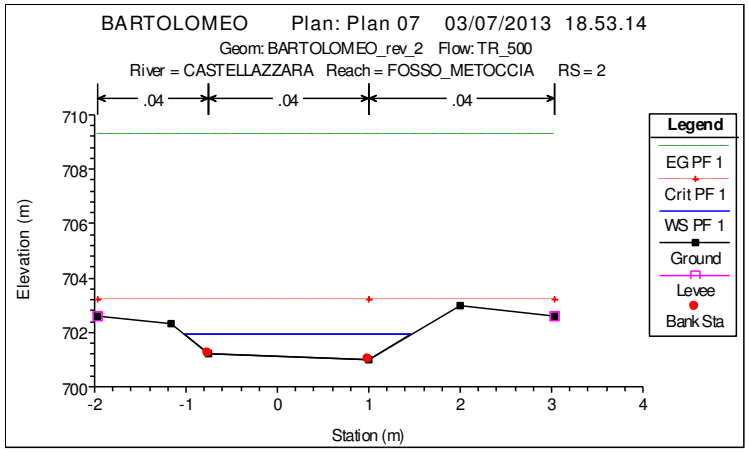
Sezione 4



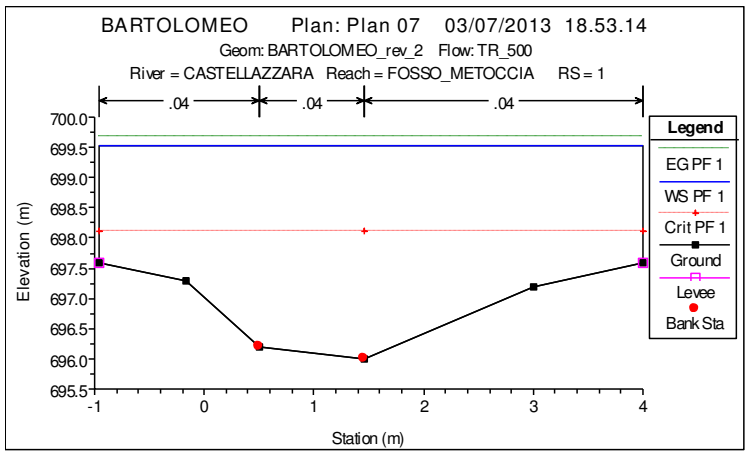
Sezione 3



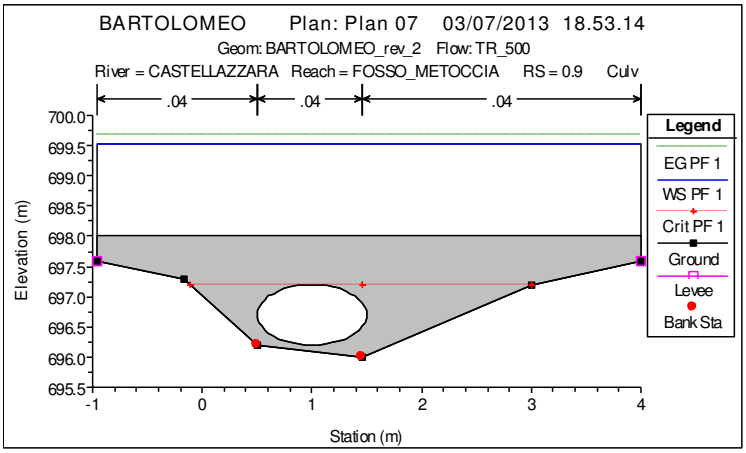
Sezione 2



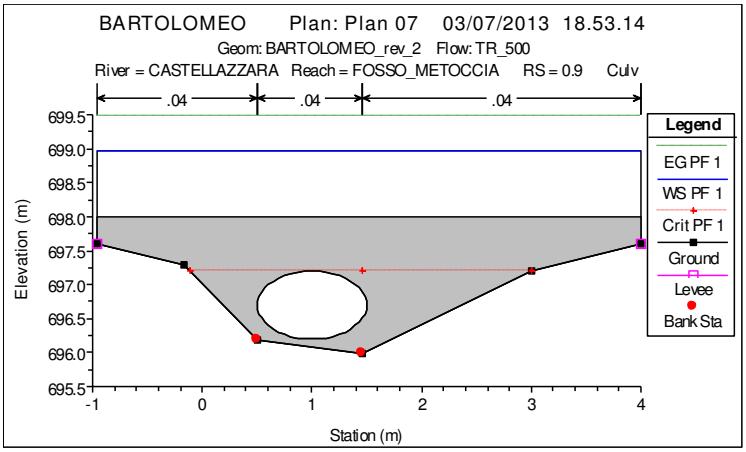
Sezione 1



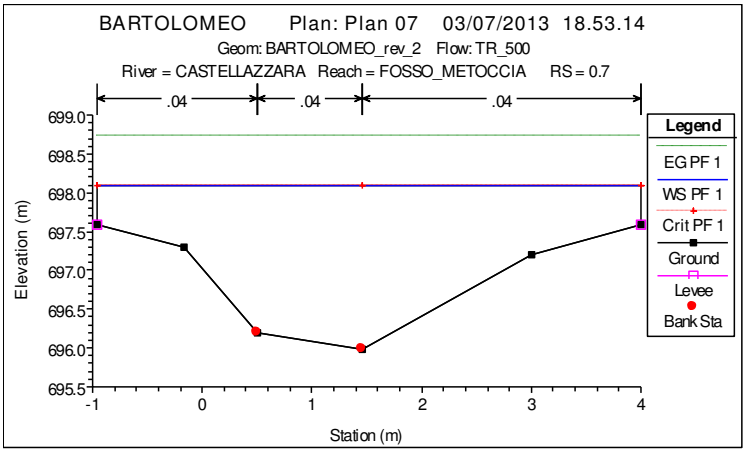
Sezione 0.9 Monte



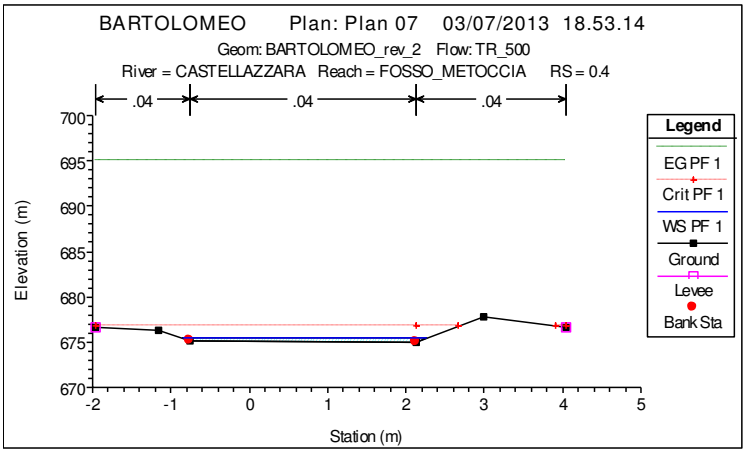
Sezione 0.9 Valle



Sezione 0.7

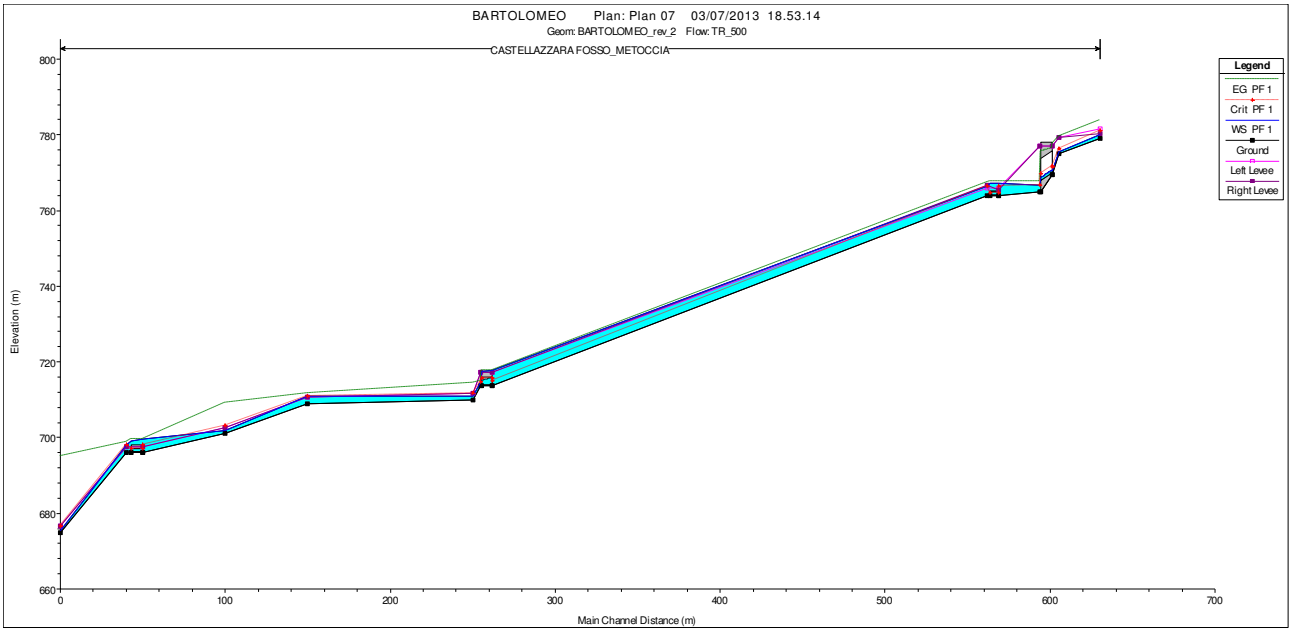


Sezione 0.4



HEC-RAS Plan: Plan 04 River: CASTELLAZZARA Reach: FOSSO_METOCCIA Profile: PF 1 — Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
FOSSO_METOCCIA	7	PF 1	19.07	779.00	780.03	781.00	783.98	0.123147	8.94	2.31	2.51	2.81
FOSSO_METOCCIA	6.9	PF 1	19.07	775.00	775.53	776.29	779.44	0.291877	8.84	2.23	4.43	3.88
FOSSO_METOCCIA	6.8	PF 1	19.07	769.50	770.37	771.52	777.66	0.456790	12.09	1.66	2.87	4.91
FOSSO_METOCCIA	6.75		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	6.7	PF 1	19.07	765.00	766.81	766.81	767.68	0.012653	4.17	4.87	2.89	0.99
FOSSO_METOCCIA	6.6	PF 1	19.07	764.00	767.24	766.42	767.73	0.004220	3.56	8.28	3.20	0.63
FOSSO_METOCCIA	6.55		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	6.5	PF 1	19.07	764.00	766.43	766.43	767.55	0.011545	4.85	4.91	2.45	0.99
FOSSO_METOCCIA	6	PF 1	19.07	713.70	717.72	714.88	717.75	0.000182	0.85	28.97	9.70	0.14
FOSSO_METOCCIA	5.5		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	5	PF 1	19.07	713.70	714.64	714.64	715.02	0.014593	2.89	7.31	9.63	0.95
FOSSO_METOCCIA	4	PF 1	19.07	709.99	710.85	711.76	714.52	0.171961	8.65	2.38	3.44	3.16
FOSSO_METOCCIA	3	PF 1	19.07	708.99	711.03	711.03	711.77	0.013421	4.48	5.89	4.21	1.03
FOSSO_METOCCIA	2	PF 1	19.07	701.01	701.92	703.22	709.26	0.326509	12.38	1.73	2.48	4.39
FOSSO_METOCCIA	1	PF 1	19.07	695.99	699.52	698.10	699.67	0.001686	2.30	13.41	4.96	0.40
FOSSO_METOCCIA	0.9		Culvert									
FOSSO_METOCCIA	0.7	PF 1	19.07	695.99	698.10	698.10	698.72	0.012987	4.47	6.38	4.96	1.01
FOSSO_METOCCIA	0.4	PF 1	19.07	674.99	675.42	676.73	695.01	2.742292	19.72	0.99	3.12	10.97


BARTOLOMEO Plan: Plan 07 03/07/2013 18.53.14
Geom: BARTOLOMEO_rev_2 Flow: TR_500
CASTELLAZZARA FOSSO_METOCCIA
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Left Levee
Right Levee
Elevation (m)
800
780
760
740
720
700
680
660
0
100
200
300
400
500
600
700
Main Channel Distance (m)

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

RICOSTRUZIONE FOTOGRAFICA DELLE SEZIONI

	Vista della sezione 6.75
	Vista della sezione 6.55
	Vista della sezione 5.5

	Vista della sezione 3
	Vista della sezione 0.9
	Vista della sezione 0.7

COMUNE DI CASTELL'AZZARA

PROVINCIA DI GROSSETO

REGOLAMENTO URBANISTICO

Studio idrologico-idraulico MINIERA MERONE

Progettista
Arch. Lucia Bracci

Collaboratore
Geom. Valerio Buonaccorsi

Indagini geologiche
Geol. Riccardo Martelli

Studio d'incidenza
Dott. Biol. Elena Pecchioli

Responsabile del Procedimento
Geom. Claudio Corazzi

Garante della Comunicazione
Geom. Leonardo Merli

Data:
Giugno 2013

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134 Firenze (FI)

DENOMINAZIONE

VERIFICA IDROLOGICA E IDRAULICA MINIERA MERONE

RELAZIONE TECNICA E VERIFICA IDRAULICA HECRAS

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

MINIERA MERONE

COMMITENTE

Comune di Castell'Azzara (Gr)

TECNICI INCARICATI

I.P.A. INGEGNERIA PER L'AMBIENTE S.R.L. P.I. 06056750489
VIA DEL ROMITO, 62/b
50134 firenze
T/F 055 3841816 info@ingegneriaperambiente.it

ING. BENVENUTI GIOVANNA
g.benvenuti@ingegneriaperambiente.it

ING. MACCIONI LORENZO MARIA
l.maccioni@ingegneriaperambiente.it

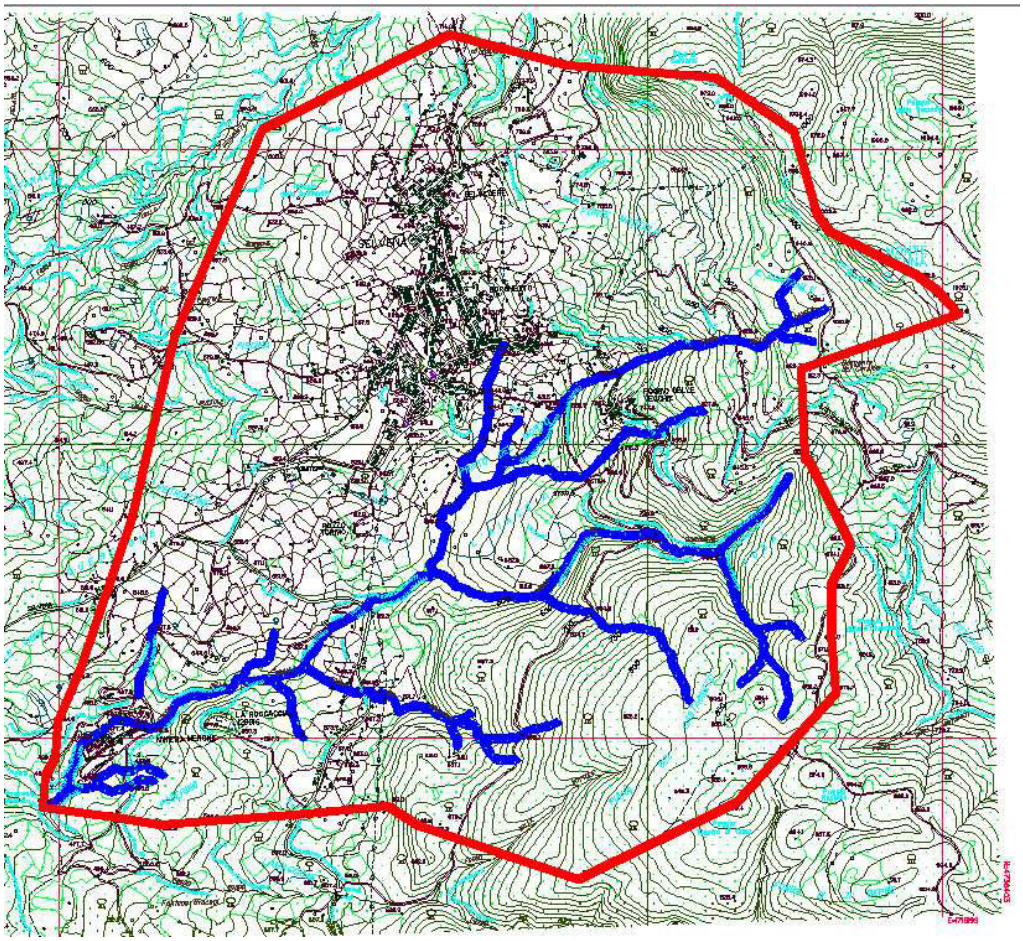
Data	Giugno 2013	Revisione	

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

ANALISI IDROLOGICA

1 Inquadramento geografico e limiti del bacino imbrifero

Il bacino imbrifero oggetto di studio ricade nel territorio Comunale di castell'Azzara (Gr), in Loc. Miniera Merone - Selvena. Di seguito la perimetrazione del bacino e l'individuazione delle aste fluviali.



2 Proprietà planimetriche

Il bacino ha una forma regolare con quota massima pari a 1040.3 m s.l.m. e quota minima pari a 445.9m s.l.m., fissata considerando come sezione trasversale di chiusura del bacino la sezione a valle la confluenza del Fosso della Canala con l'immissario Fosso Fondo .

2.1 Proprietà plano-altimetriche

GRANDEZZE DEL BACINO		
S	Superficie	11312400 m^2
P	Perimetro	13847m
L	Lunghezza asta principale	2460 m

L'*indice di forma If* di Horton: $If = \frac{S}{L^2}$ = 1.86

Il *coefficiente di uniformità Uc* di Gravelius: $Uc = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$ = 1.162

Il *rapporto di allungamento*: $E = \frac{L}{2\sqrt{S/\pi}}$ =0.65

2.2 Proprietà plano-altimetriche

QUOTA ISOIPSE h_i (m)	A_i (kmq)	A_i / A	h_i / h_{max}
1040,3	0	0,00	1,00
1000	0,06	0,01	0,96
950	0,3341	0,03	0,91
900	0,5653	0,08	0,87
850	0,4129	0,12	0,82
800	1,22	0,23	0,77
750	1,18	0,33	0,72
700	1,19	0,44	0,67
650	1,43	0,57	0,62
600	1,67	0,71	0,58
550	2,03	0,89	0,53
500	0,7	0,95	0,48
450	0,43	0,99	0,43
445,9	0,09	1,00	0,43

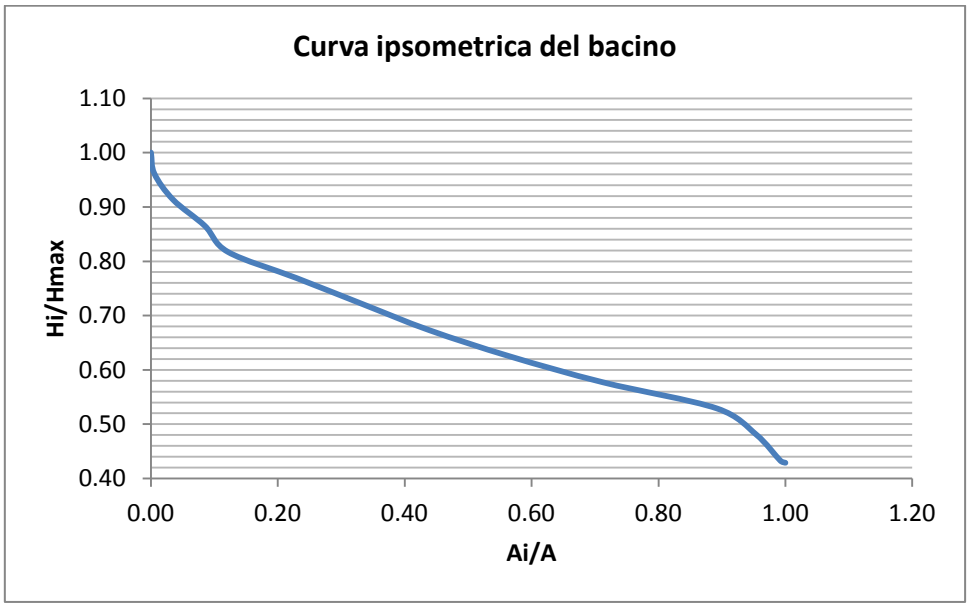
La curva ipsografica seguente (in forma sia dimensionale che adimensionale) fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche.

L'integrale della curva ipsografica dimensionale rappresenta il volume di rilievo, che diviso per l'area del bacino fornisce l'*altitudine media* del bacino:

h_m = 721,90 m (s.l.m.)

Il rilievo del bacino è dato dalla differenza tra la quota del punto di vetta del bacino e la quota minima alla sezione di chiusura:

$$H_m = \frac{h_{max} - h_{min}}{2}$$ **= 297,20 m s.l.m.**



Il calcolo dell'*integrale ipsometrico I P* adimensionale, consente di stimare l'evoluzione volumetrica del bacino imbrifero ed interpretarne lo stadio (> 0.6 stadio giovanile, 0.4/0.6 stadio maturo, < 0.4 stadio senile).

Pendenza media dei versanti del bacino i_m ,esprimibile come:

$$i_m = e\frac{\sum l_i}{A} =$$ **= 21,23%**

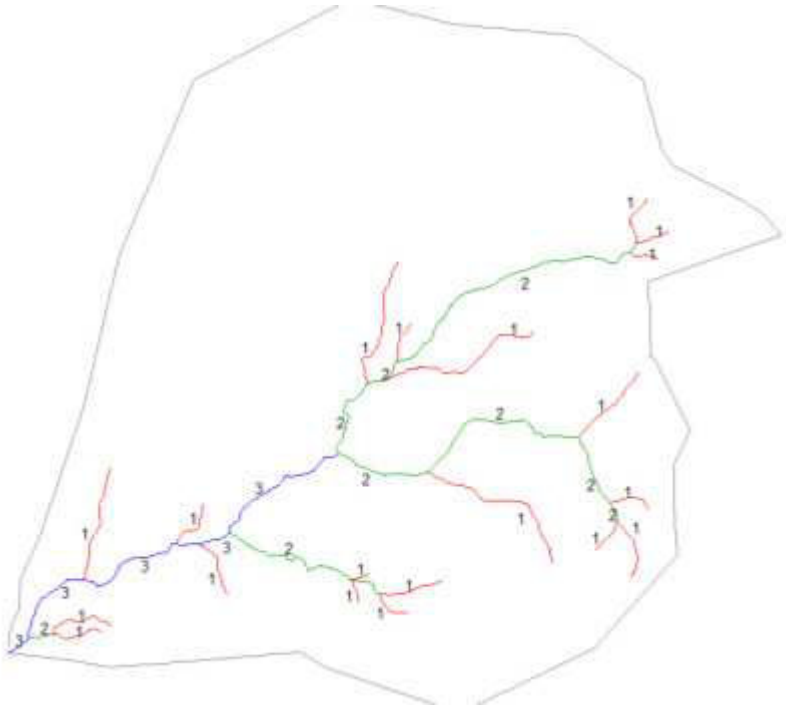
La *pendenza media i a dell'asta principale* è stata ricavata tramite la formula:

$$i_a = \frac{L^2}{\left(\sum_{j=1}^{n} \frac{L_j}{i_{aj}}\right)^2}$$ **=0,2%**

2.3 Proprietà idrografiche

Il sistema di ordinamento del reticolo idrografico qui adottato è quello di Horton – Strahler.

O*rdine del bacino* = **3.**



Dal numero *N u* dei segmenti di ciascun ordine *u* si calcola il *rapporto di biforcazione*:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Dalla lunghezza media *L u* dei segmenti si calcola il *rapporto delle lunghezze*:

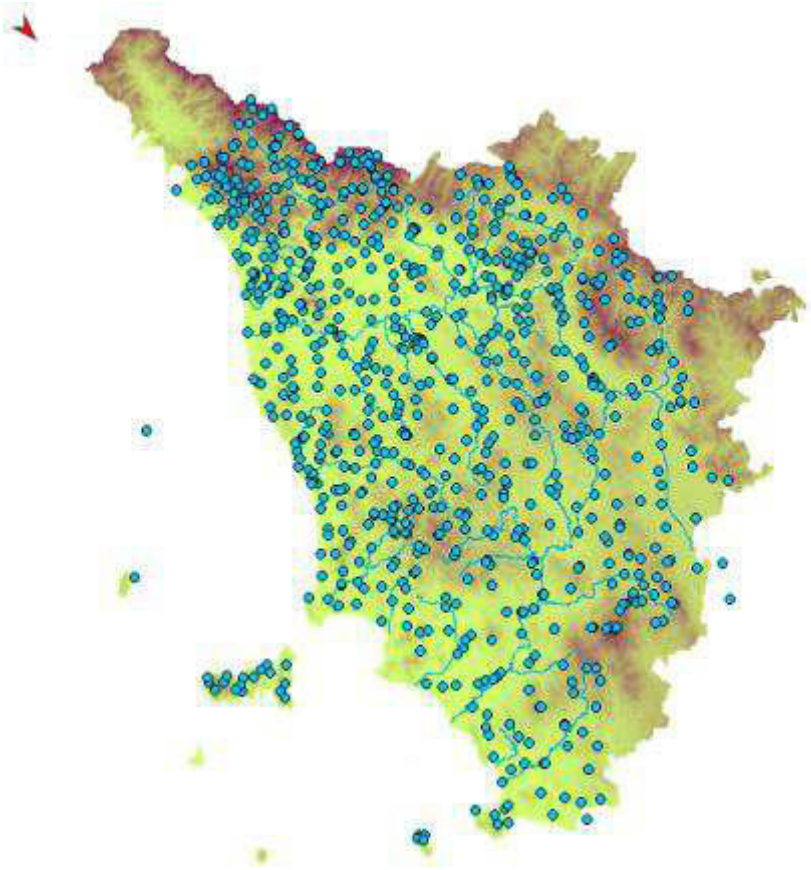
$$R_L = \frac{L_{u+1}}{L_u}$$

Parametri caratteristici del reticolo idrografico:

Ordine	Lu km	numero N	Rb	RL	Au	Ra
1	6,77	20	5		6,72	0,412559524
2	6,27	4	4	0,92614	2,7724	0,656470928
3	2,44	1		0,38915	1,82	

3 Analisi climatica

3.1 Pluviometria



Ai fini della seguente relazione idrologica data la localizzazione del sito di interesse sono stati utilizzati i dati di pioggia del pluviometro Triana Roccalbegna. Di seguito si riportano i dati identificativi del pluviometro.

Stazione	Triana	
Codice	[TOS10003022]	
Comune	Roccalbegna (GR)	
Provincia	GR	
UTM [m]	E 708480	N 4740580

GB [m]	E 1708427	N 4740400
Quota [m]	750.00	

La legge di distribuzione qui adottata per lo studio delle precipitazioni massime annuali di breve durata è quella di Gumbel o prima legge di distribuzione asintotica del massimo valore:

$$P(h_t) = e^{-e^{-\alpha(h_t - u)}}$$

dove: (Ph_t) è la probabilità di non superamento dell'altezza massima di pioggia h t; α e **u** sono i due parametri della legge di Gumbel da stimare. La stima di questi due parametri è stata eseguita con il metodo dei momenti.

$$\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \cong \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$u = \mu - \frac{\gamma}{\alpha} = \mu - \left(\frac{\gamma\sqrt{6}}{\pi}\right)\sigma \cong \mu - 0.45 \cdot \sigma$$

dove **u** è il valore atteso di h_t, σ^2 è il valore della varianza da cui si ricava lo scarto quadratico medio **σ**. Si riporta di seguito la trascrizione dei risultati ottenuti per la legge di distribuzione di Gumbel tramite il metodo dei momenti:

STAZIONE DI TRIANA – ROCCALBEGNA dal 1935 al 1967

	media	std	gumbel	gumbel
	μ	**σ**	**u**	**α**
1h	29,33913	12,8112	23,57409	0,100147
3h	40,25217	20,64577	30,96158	0,062143
6h	50,6913	23,21845	40,243	0,055258
12h	61,4	22,08844	51,4602	0,058085
24h	76,58696	21,55741	66,88612	0,059515

La probabilità (Pht) di non superamento della massima precipitazione può essere messa in relazione al tempo di ritorno Tr :

$$1 - P(h_{t,Tr}) = \frac{1}{Tr}$$

La funzione di probabilità di Gumbel diventa:

$$P(h_{t,Tr}) = \frac{T_r - 1}{Tr} = e^{-e^{-\alpha_t (h_{t,T} - u_t)}}$$

avendo indicato con h_t, Tr l'altezza di pioggia h t di assegnati durata t e tempo di ritorno Tr , la *linea segnalatrice di possibilità pluviometrica* è qui rappresentata dall'equazione in forma di legge di potenza:

$$h_{t,Tr} = a_{Tr} t^{n_{Tr}}$$

dove a_{Tr} ed n_{Tr} sono i parametri, di tempo di ritorno *Tr,* propri della stazione, qui stimati tramite il metodo dei minimi quadrati in scala bi-logaritmica per ogni valore del tempo di ritorno.

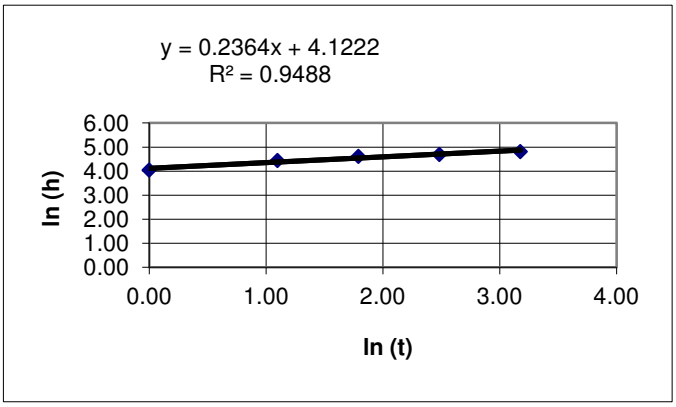
STAZIONE TRIANA ROCCALBEGNA

Tr	a	*n*
30	61,6951	0,2364
20	56,88	0,2421
50	67,72	0,2303
100	75,87	0,2233
200	83,99	0,2176

Tempo di ritorno 30 anni

α	*ν*
61,6951	0,2364

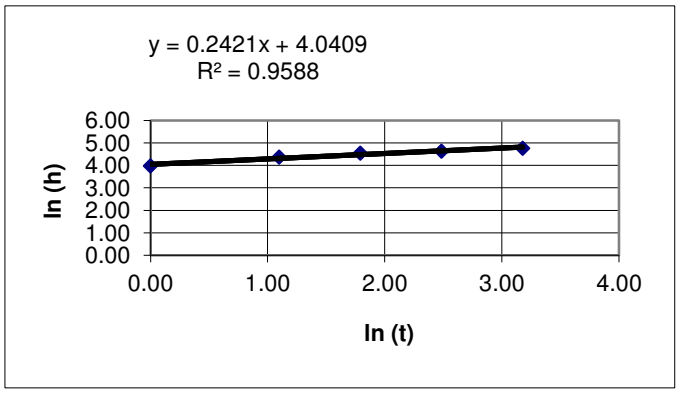
ln h(mm)	ln t(ore)
4,05	0,00
4,45	1,10
4,62	1,79
4,70	2,48
4,82	3,18



Tempo di ritorno 20 anni

a	n
56,8775	0,2421

ln h(mm)	ln t(ore)
3,97	0,00
4,37	1,10
4,54	1,79
4,63	2,48
4,76	3,18

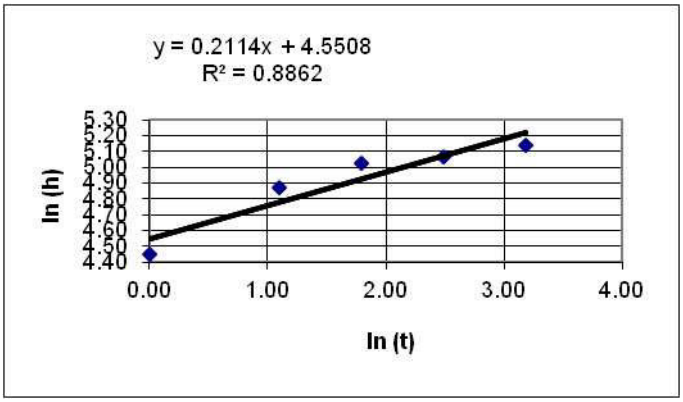


500

Tempo di ritorno anni

a	n
94.7080	0.2114

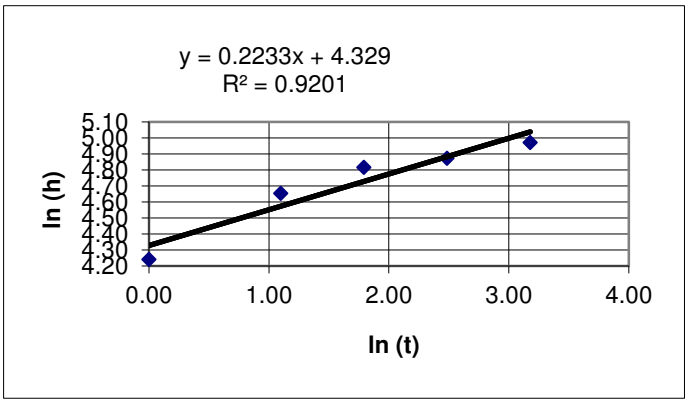
ln h(mm)	ln t(ore)
4.45	0.00
4.87	1.10
5.03	1.79
5.07	2.48
5.14	3.18



Tempo di ritorno 100 anni

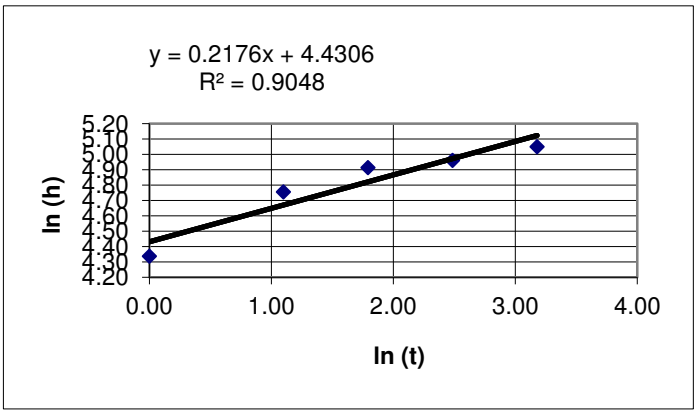
a	n
75,8654	0,2233

log h(mm)	log t(ore)
4,24	0,00
4,65	1,10
4,82	1,79
4,87	2,48
4,97	3,18



Tempo di ritorno	**200** anni
α	**ν**
83,9854	0,2176

ln h(mm)	**ln t(ore)**
4,34	0,00
4,76	1,10
4,91	1,79
4,96	2,48
5,05	3,18



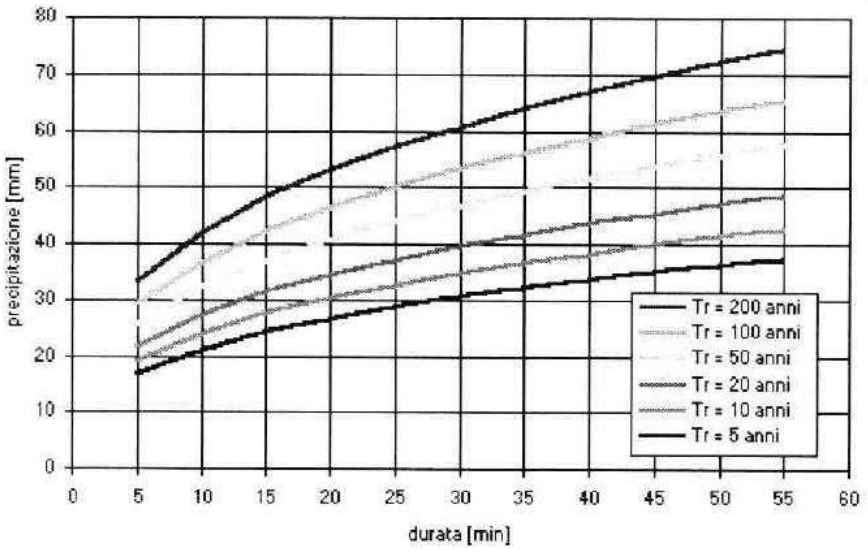
Di seguito si riporta il confronto dei dati calcolati con i dati forniti dalla pubblicazione integrale LSPP a cura della Regione Toscana dai quali si denota la coerenza della verifica effettuata.

Stazione: TRIANA - [3021]

Durata inferiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

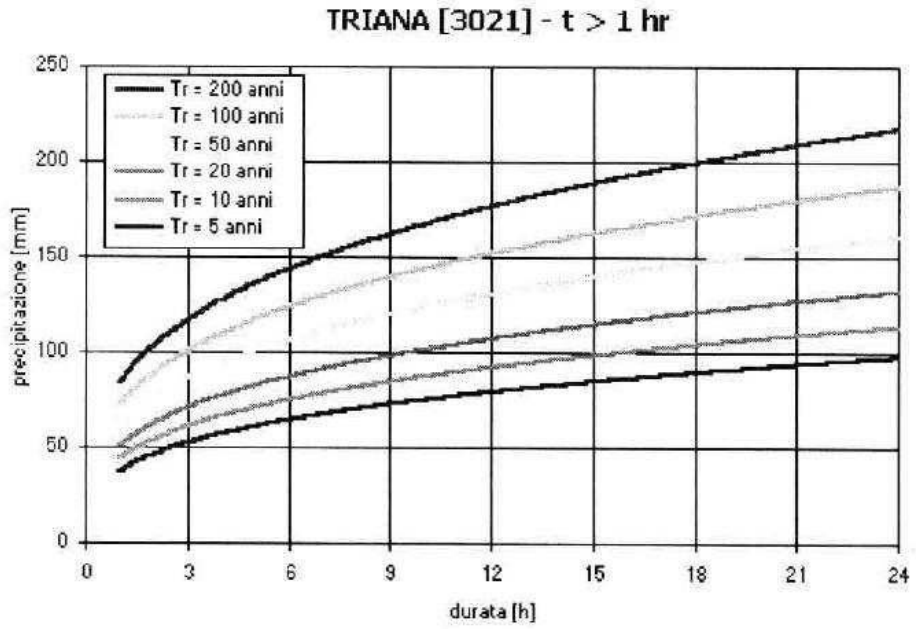
Coefficienti		*5'*	*10'*	*15'*	*20'*	*30'*	
a 28.629	*5 anni*	16.7	21.1	24.2	26.6	30.6	mm
n 0.338	*10 anni*	19.0	24.0	27.5	30.3	34.8	mm
m 0.186	*20 anni*	21.6	27.3	31.3	34.5	39.6	mm
	50 anni	25.6	32.4	37.1	40.9	46.9	mm
	100 anni	29.1	36.8	42.2	46.5	53.4	mm
	200 anni	33.1	41.9	48.0	52.9	60.7	mm

TRIANA [3021] - t < 1 hr



Durata superiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti							
		1 h	*3 h*	*6 h*	*12 h*	*24 h*	
a	26.571	*5 anni*	37.7	52.3	64.4	79.2	97.4 mm
n	0.299	*10 anni*	43.8	60.9	74.9	92.1	113.3 mm
m	0.217	*20 anni*	51.0	70.8	87.0	107.1	131.7 mm
		50 anni	62.2	86.4	106.2	130.6	160.7 mm
		100 anni	72.3	100.4	123.5	151.9	186.8 mm
		200 anni	84.1	116.7	143.6	176.6	217.2 mm



Elaborazione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Ultimo aggiornamento: Ottobre 1998

4 Idrogrammi di piena per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni

4.1 Tempo di corrivazione

Per la stima del tempo di corrivazione del bacino del Fosso della Canala si considerano le formule empiriche di Puglisi, Giandotti, Ogrosky. Sulla base dei parametri morfologici del bacino stimati al capitolo 3, si ottengono le stime riportate nella tabella seguente. Per i successivi calcoli degli idrogrammi di piena si assume il valore medio delle diverse stime.

Tempi di corrivazione [h]		
Puglisi	t_c= 6 L^0.67 * Hm^(-0.33)	1,472
Ogrosky	t_c= 0.914 L^1.15 C^(-0.38)	0,403
Affl.Arno	t_p=0.416(Lc+A/L)^1.06 * (H+Hc)^(-0.27)	0,459
R. Rosso	t_p=1.584(Rb/Ra)^0.55 * Rl^(-0.38) *Lc/Vm	6,311
Giandotti	t_p=(2*radq(A)+1.5*L)/(0.8*radq(H))	0,718310957
		1,873

4.2 Ietogrammi di progetto e portate massime di piena

Per ciascun tempo di ritorno, si assume uno ietogramma lordo di progetto di intensità costante P, fornito dalla L.S.P.P. della stazione di Triana (vedi punto 4.1) per durata pari al tempo di corrivazione. Per il calcolo delle perdite per infiltrazione I, si considera una intensità potenziale di infiltrazione costante e pari al coefficiente di permeabilità Ks. Tali perdite vengono valutate separatamente per ciascuna zona con diversa permeabilità e pesate in base all'estensione areale su ciascuna di esse. La portata massima di piena Qmax per assegnato tempo di ritorno viene quindi ottenuta applicando il metodo cinematico con ietogramma netto di intensità costante P-I, ottenendo i risultati riportati

$$I = \frac{1}{S}\sum_i S_i \min\left(P, K_{s,i}\right) \qquad Q_{\max} = S(P - I)$$

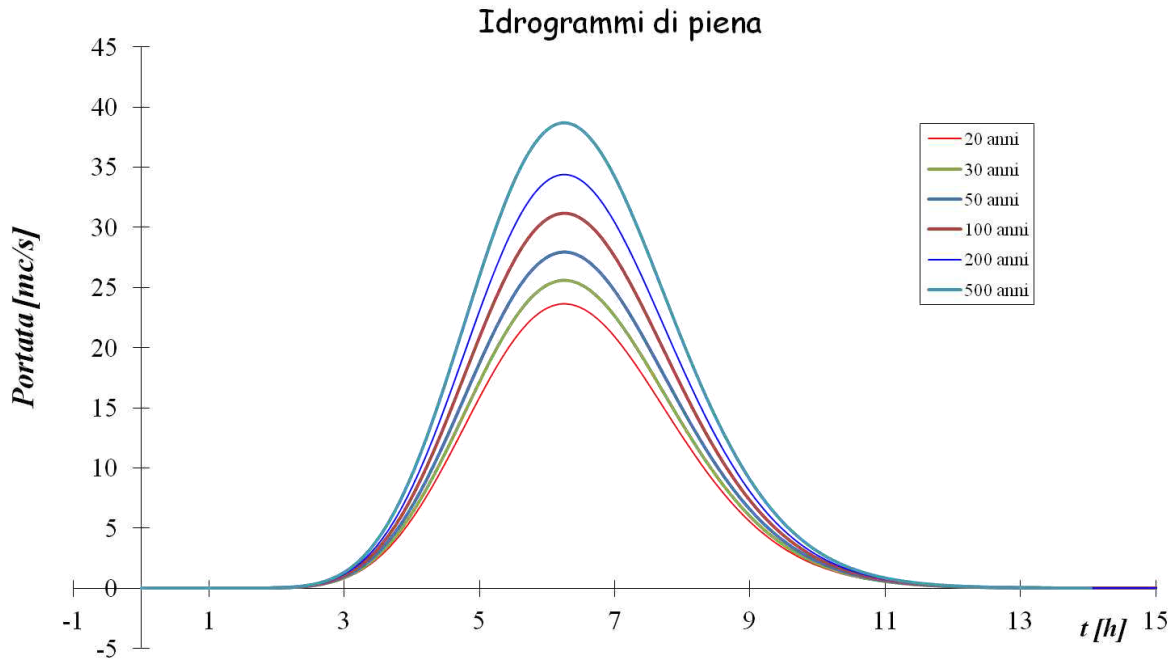
4.3 Idrogramma istantaneo unitario e idrogrammi di piena

Si utilizza la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario (IIU) per la determinazione degli idrogrammi di piena corrispondenti agli ietogrammi di progetto di cui al punto precedente. Date le limitate estensioni del bacino, si assume un IIU di semplice forma triangolare, con base pari al tempo di corrivazione precedentemente calcolato. Si utilizzando le espressioni empiriche di Rosso (1984) che legano i valori di picco (istante tp e altezza hp) dell'IIU ai parametri morfologici del reticolo:

$$t_p = \frac{0.44L}{V}\left(\frac{R_B}{R_A}\right)^{0.55} R_L^{-0.38} \qquad h_p = \frac{1.31}{L} R_L^{0.43} V$$

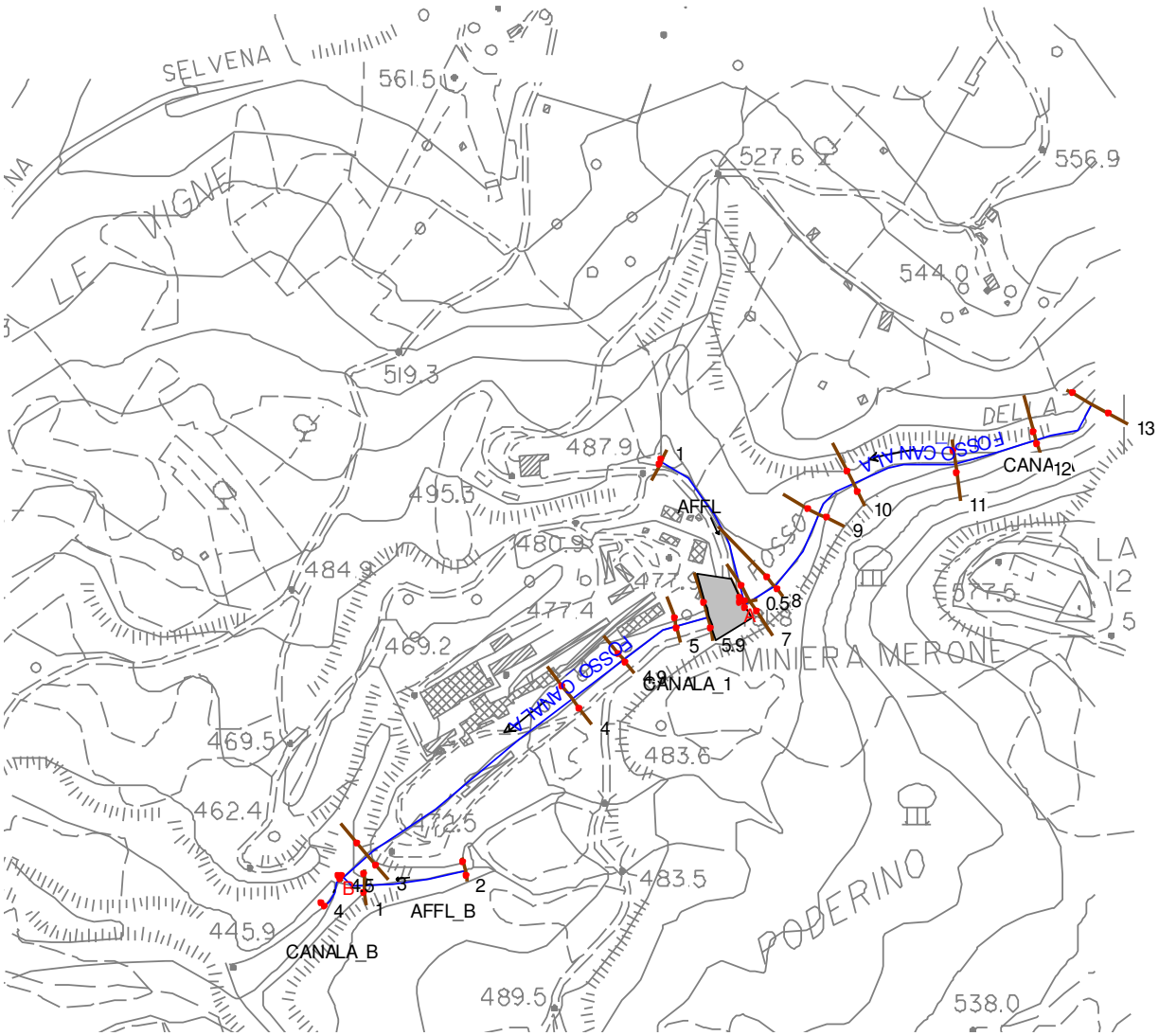
Costruzione degli idrogrammi di piena

Tempo di ritorno Tr	30	500	10	20	50	100	200
a	61.70	94.71		56.88	67.72	75.87	83.99
$h = a \cdot t^{\nu}$							
ν	0.24	0.2114		0.24	0.23	0.22	0.22
impulso [mm]	13.37	20.21	0.00	12.37	14.62	16.31	17.99
portate max [mc/s]	25.55	38.62	0.00	23.64	27.94	31.17	34.38
per t [h] =	6.18	6.18	0.00	6.18	6.18	6.18	6.18



VERIFICA IDRAULICA

Lo studio idraulico sul Fosso Canala in Loc. Miniera Merone è stato svolto con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni mediante il modello Hec-Ras di seguito riportato.

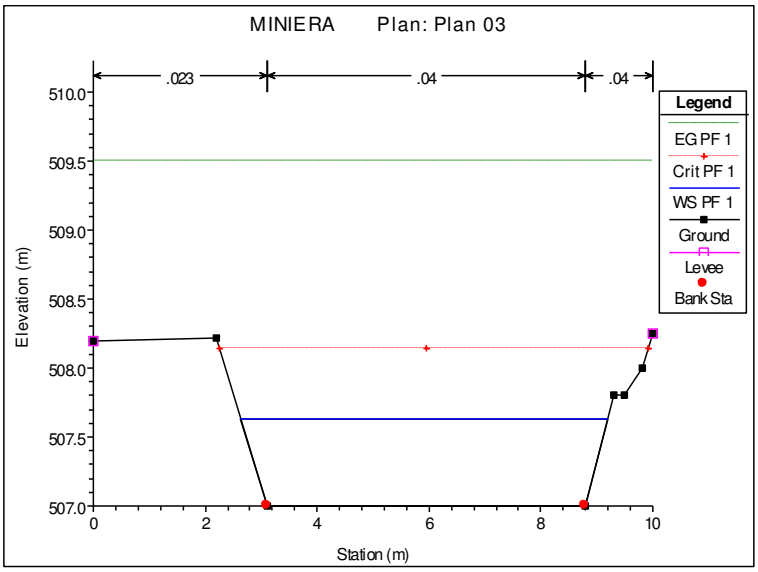


Date le caratteristiche del bacino e la presenza di elementi quali attraversamenti, il modello sviluppato con il solutore HecRas si basa su molteplici sezioni distribuite indicate a monte, a valle del sito del interesse oltre che negli affluenti.

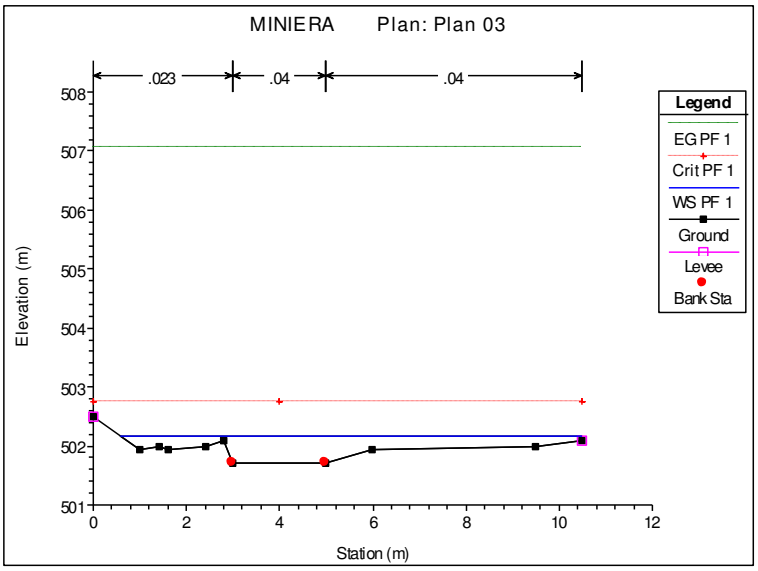
Tr 30

TRATTO CANALA

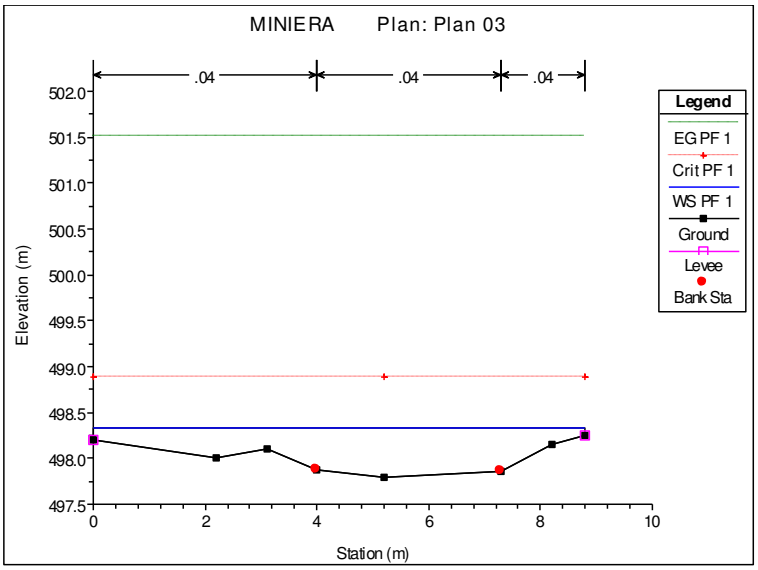
Sezione di monte 13



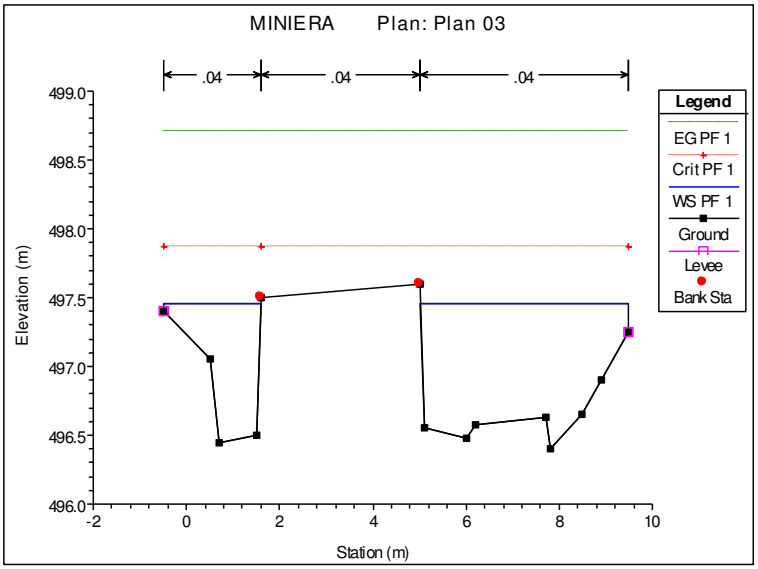
Sezione 12



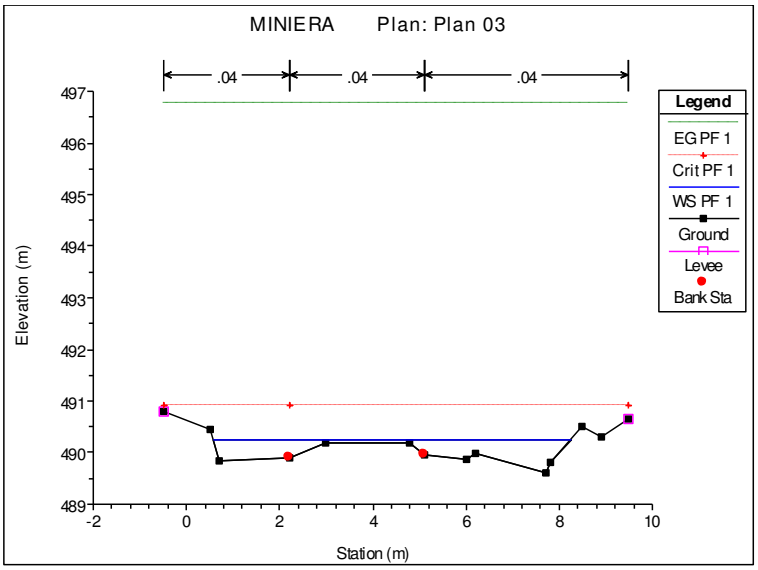
Sezione 11



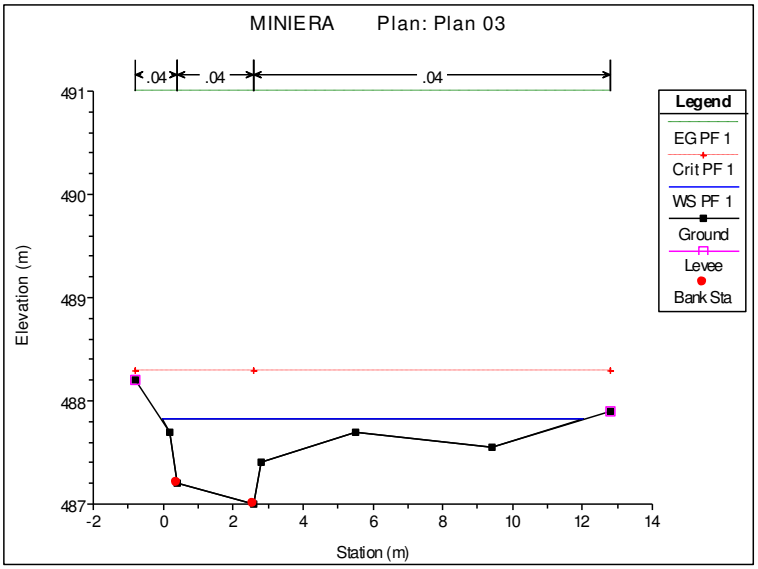
Sezione 10



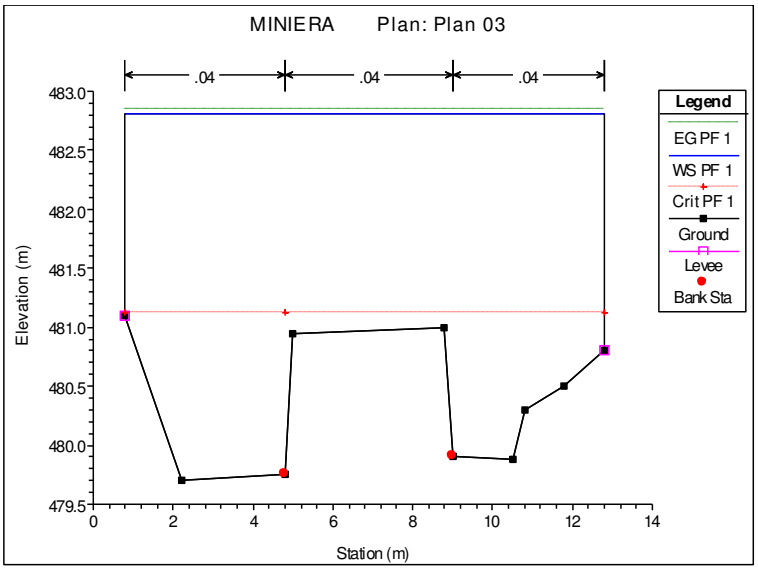
Sezione 9



Sezione 8

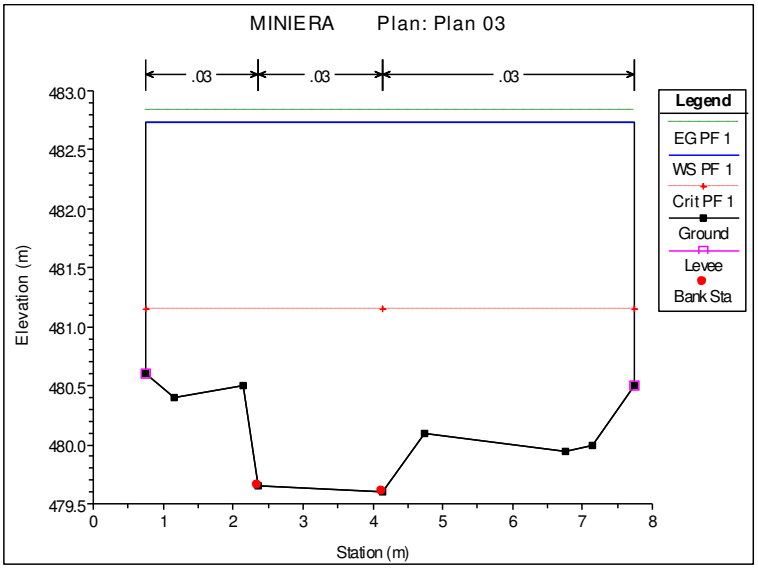


Sezione 7

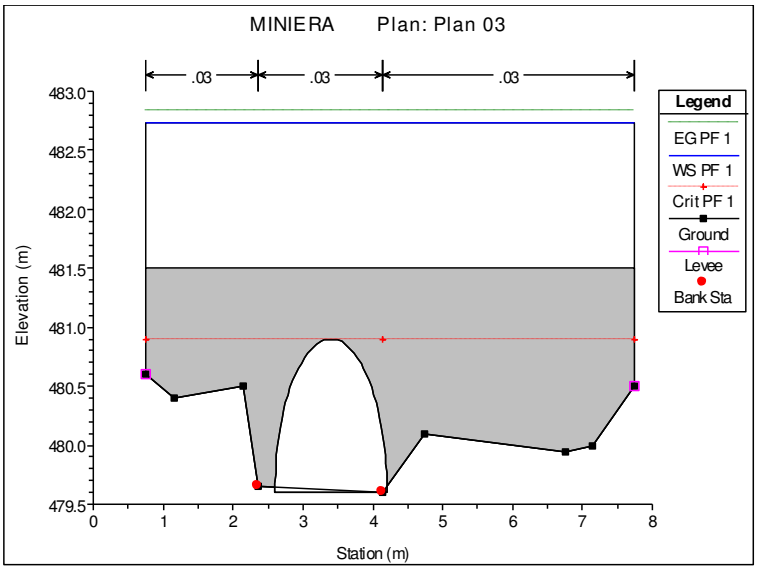


TRATTO CANALA_1

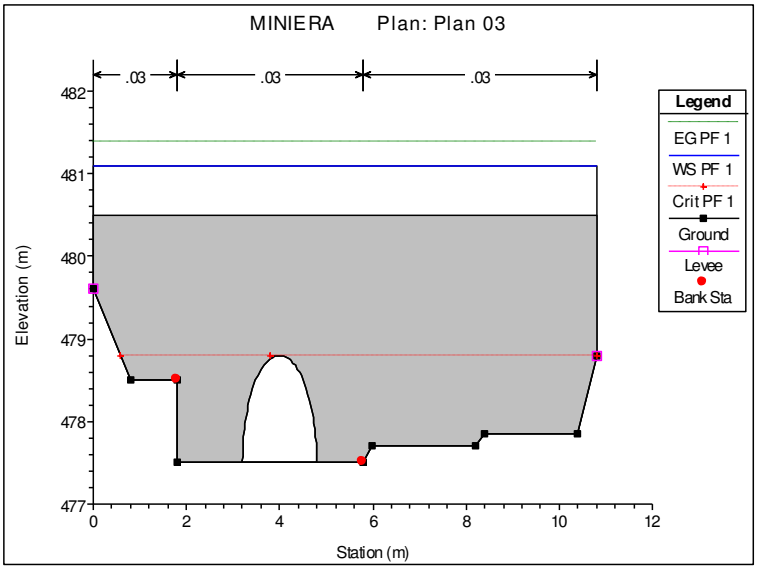
Sezione 6



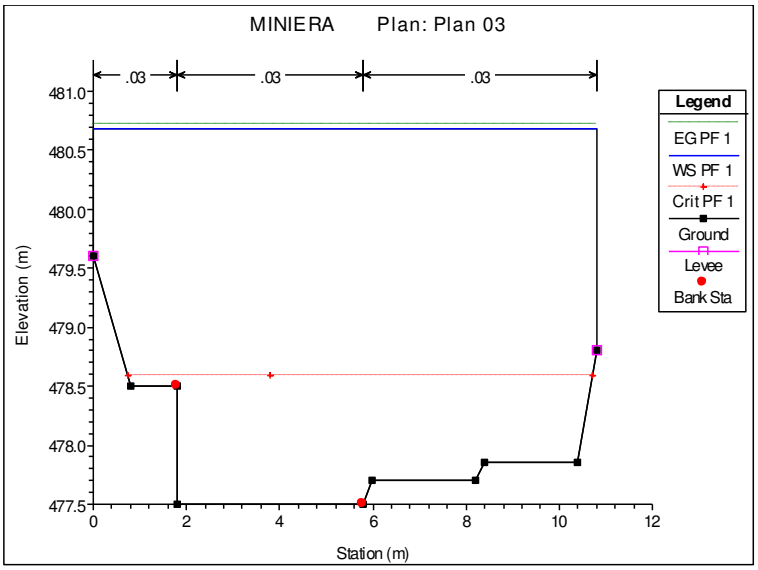
Sezione 5.95 monte



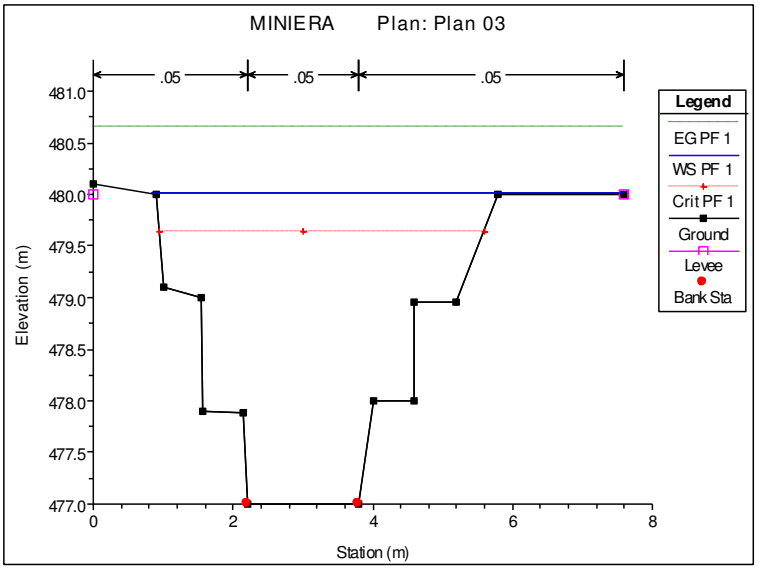
Sezione 5.95 valle



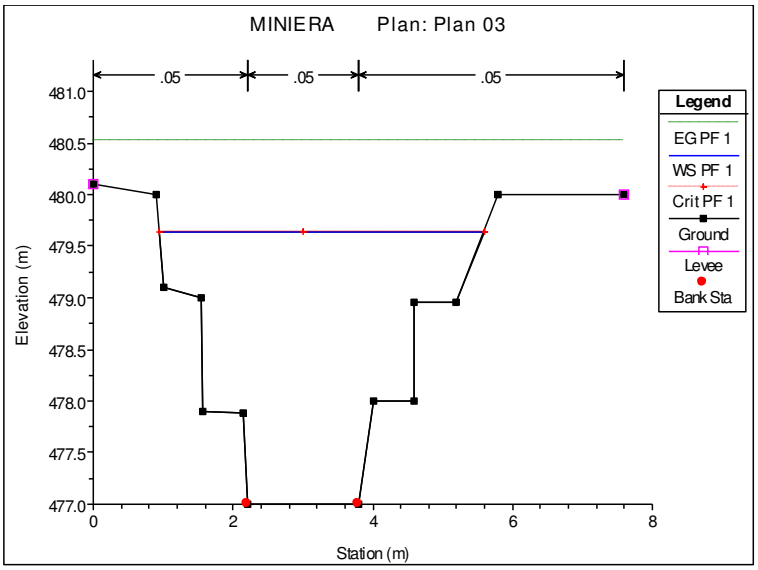
Sezione 5.9



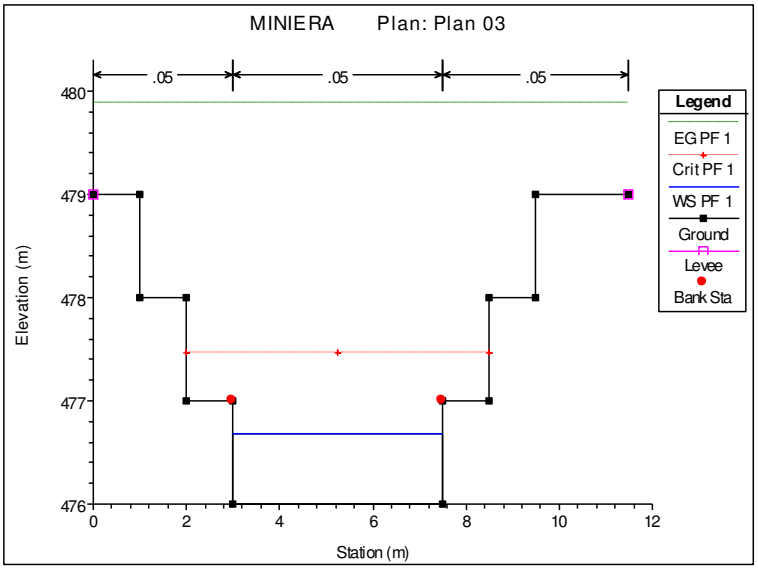
Sezione 5



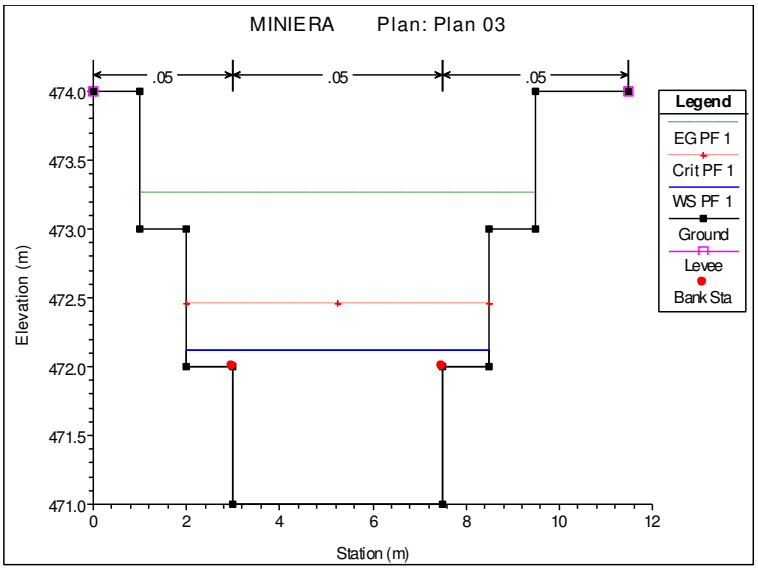
Sezione 4.9



Sezione 4

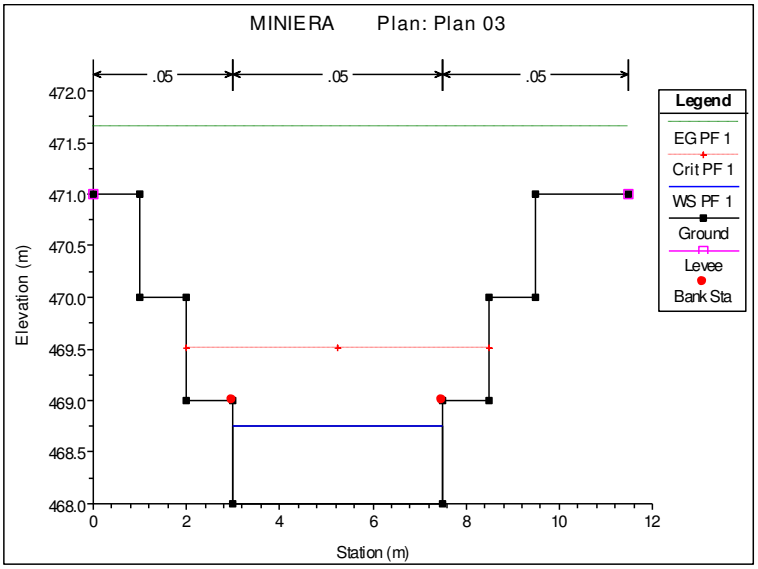


Sezione 3

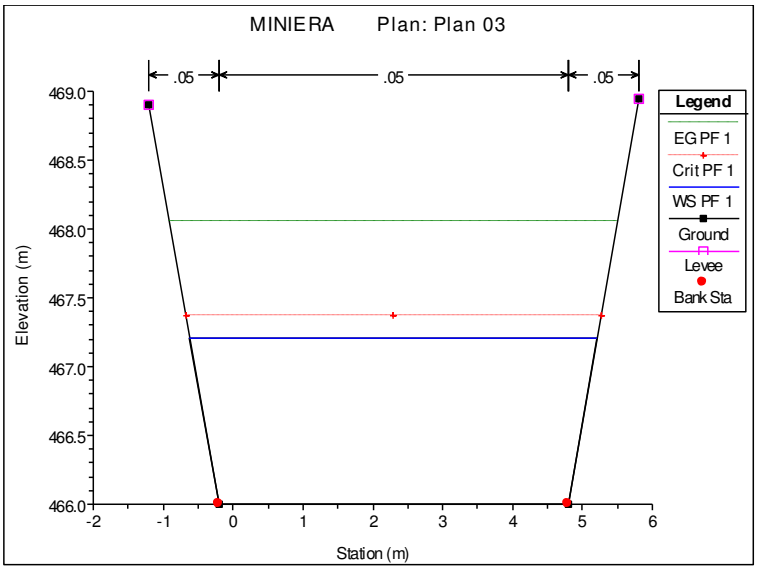


TRATTO CANALA_B

Sezione 4.5

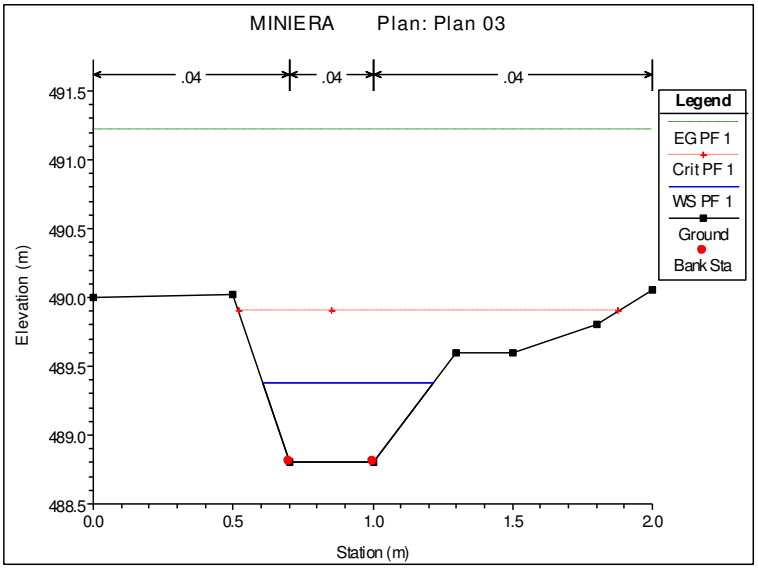


Sezione 4

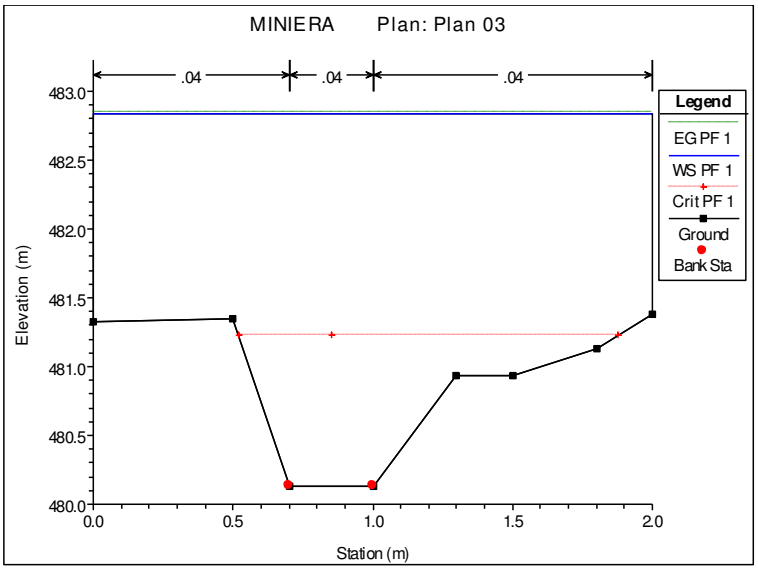


TRATTO AFFL

Sezione di monte

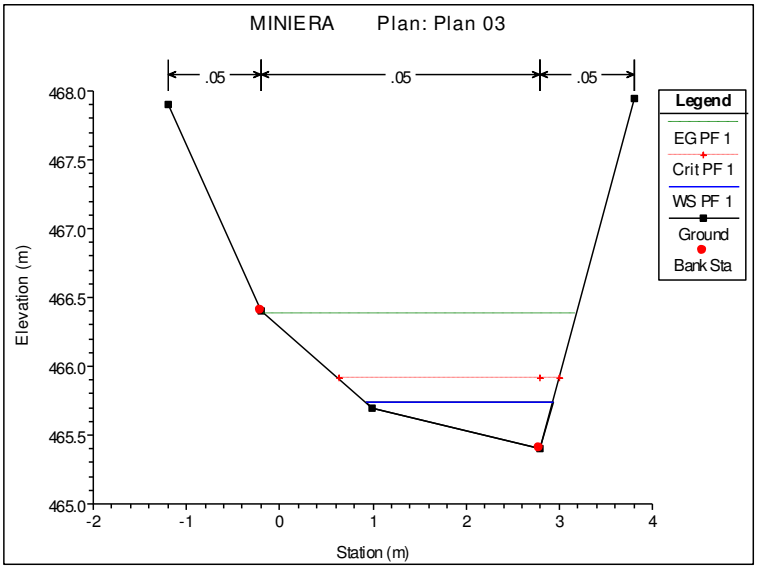


Sezione di valle

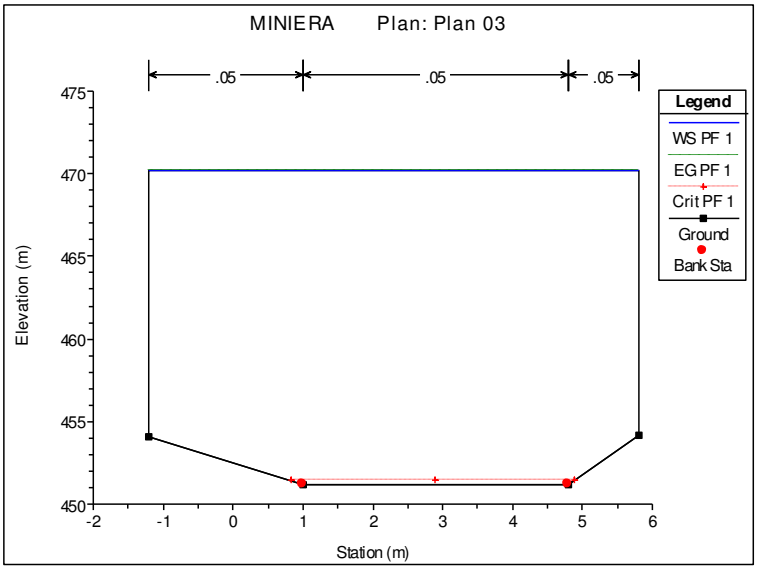


TRATTO AFFL_B

Sezione di monte

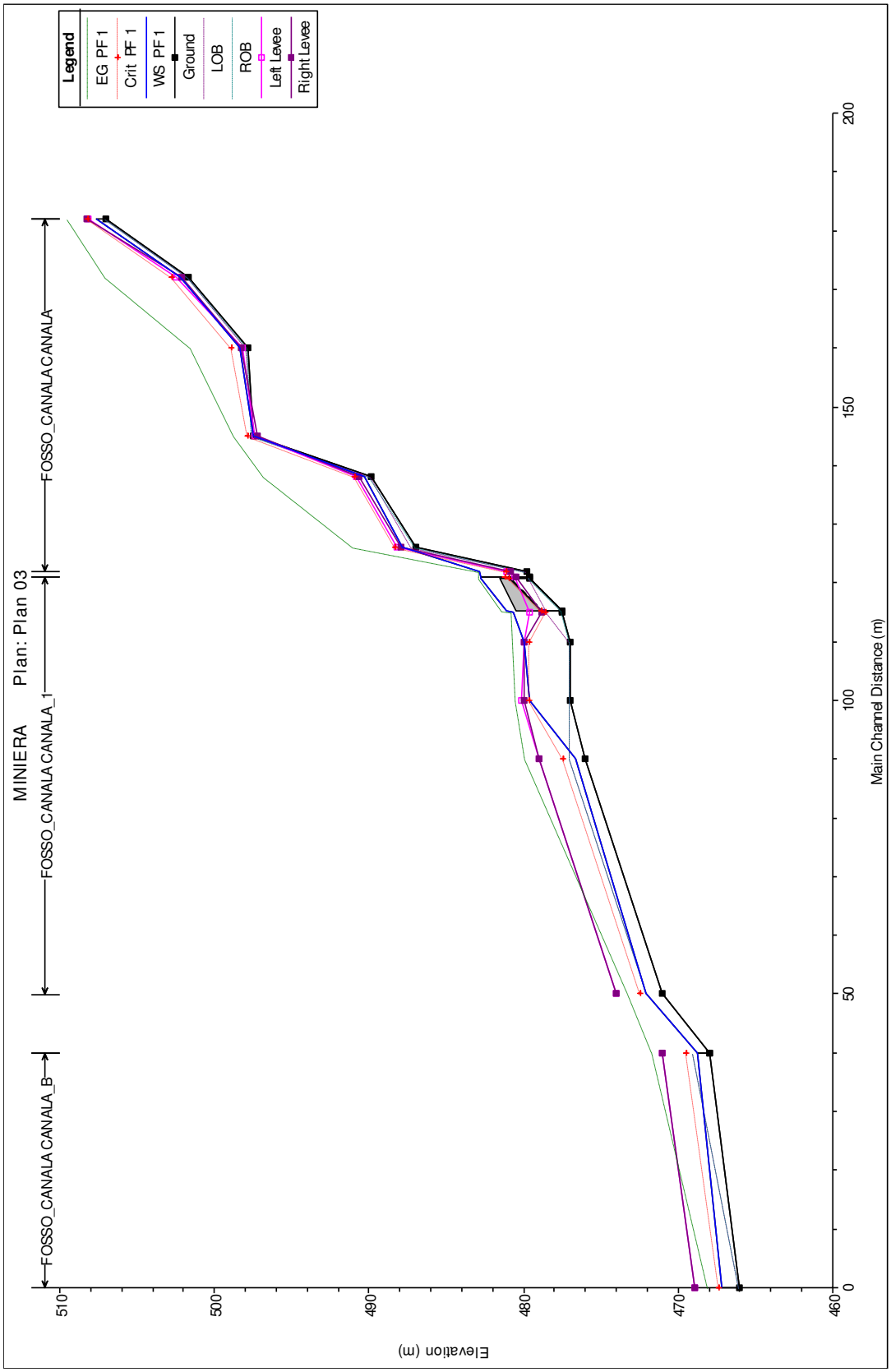


Sezione di valle



HEC-RAS Plan: Plan 03 Profile: PF 1

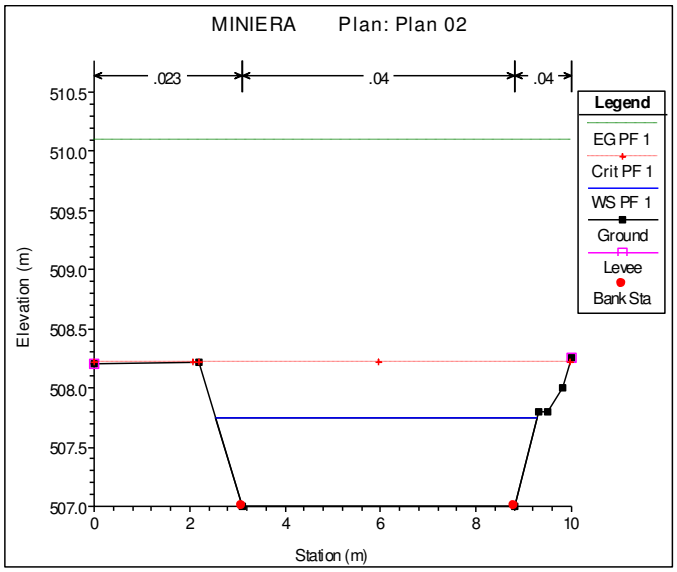
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
CANALA	13	PF 1	23.00	507.00	507.63	508.14	509.50	0.112098	6.14	3.85	6.56	2.47
CANALA	12	PF 1	23.00	501.70	502.17	502.75	507.05	0.574440	11.52	2.56	9.91	5.34
CANALA	11	PF 1	23.00	497.80	498.34	498.89	501.51	0.319284	8.91	3.12	8.80	4.02
CANALA	10	PF 1	23.00	497.50	497.45	497.87	498.71	0.085402		4.77	6.58	0.00
CANALA	9	PF 1	23.00	489.90	490.26	490.92	496.77	0.931123	5.36	2.15	7.69	5.16
CANALA	8	PF 1	23.00	487.00	487.82	488.29	491.00	0.219377	9.38	3.63	12.06	3.53
CANALA	7	PF 1	23.00	479.75	482.81	481.13	482.84	0.000535	0.69	29.12	12.00	0.16
CANALA_1	6	PF 1	24.27	479.60	482.73	481.15	482.84	0.000662	1.83	19.02	7.00	0.33
CANALA_1	5.95		Culvert									
CANALA_1	5.9	PF 1	24.27	477.50	480.68	478.59	480.72	0.000220	0.92	30.56	10.80	0.16
CANALA_1	5	PF 1	24.27	477.00	480.01	479.64	480.65	0.009051	3.96	9.45	6.77	0.73
CANALA_1	4.9	PF 1	24.27	477.00	479.64	479.64	480.52	0.014430	4.59	7.67	4.65	0.90
CANALA_1	4	PF 1	24.27	476.00	476.68	477.46	479.88	0.372956	7.92	3.06	4.50	3.07
CANALA_1	3	PF 1	24.27	471.00	472.12	472.46	473.26	0.080412	4.78	5.25	6.50	1.44
CANALA_B	4.5	PF 1	25.55	468.00	468.75	469.50	471.66	0.306611	7.55	3.38	4.50	2.78
CANALA_B	4	PF 1	25.55	466.00	467.21	467.37	468.06	0.032867	4.12	6.56	5.83	1.19


Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Right Levee
MINIERA Plan: Plan 03
FOSSO_CANALA CANALA_B
FOSSO_CANALA CANALA_1
FOSSO_CANALA CANALA
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
510
500
490
480
470
460
0
50
100
150
200

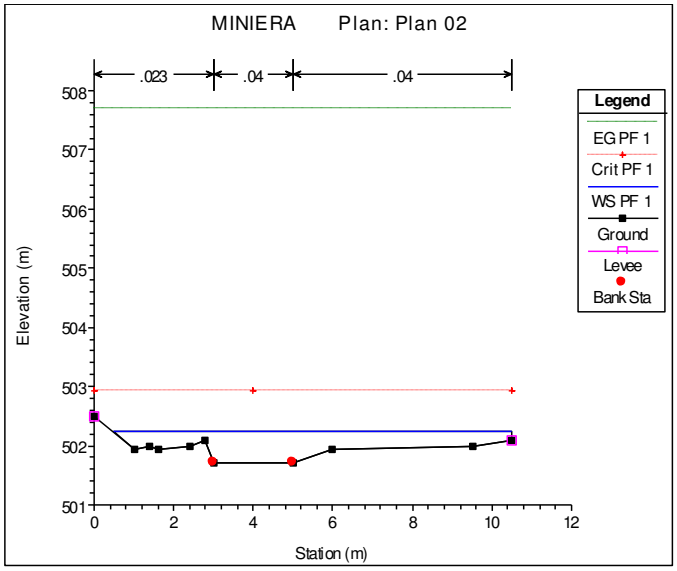
Tr 200

TRATTO CANALA

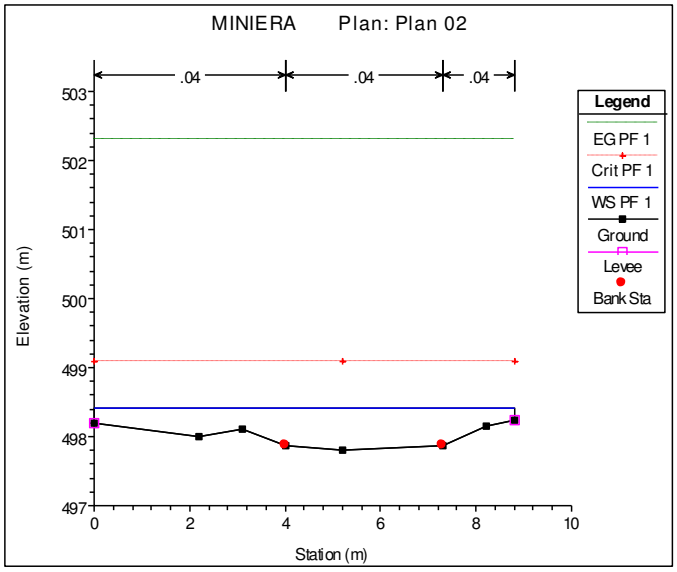
Sezione di monte 13



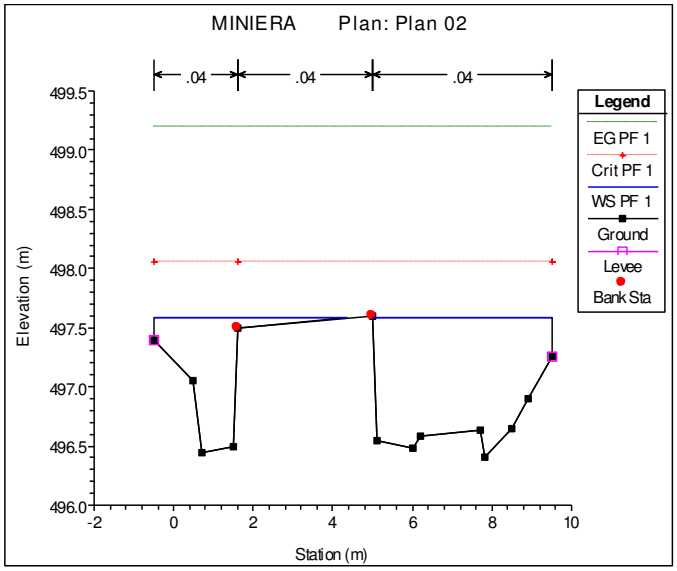
Sezione 12



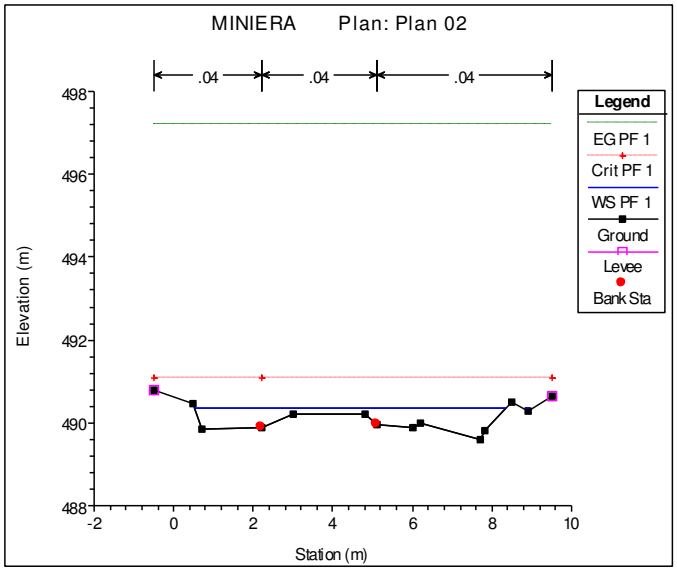
Sezione 11



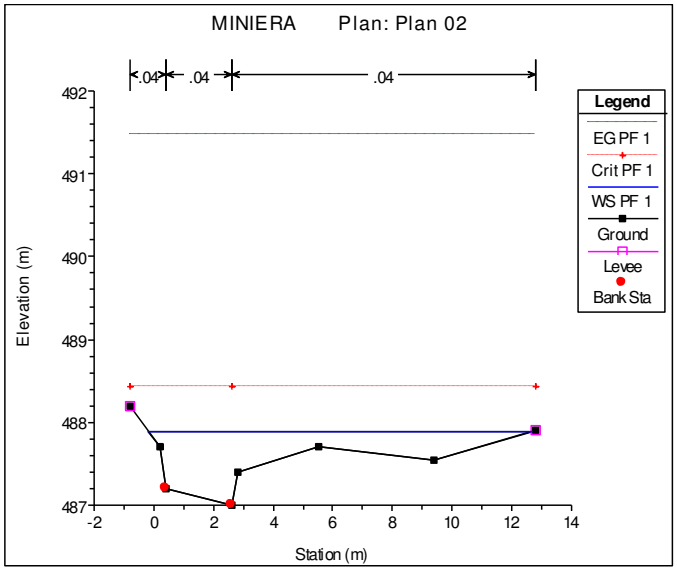
Sezione 10



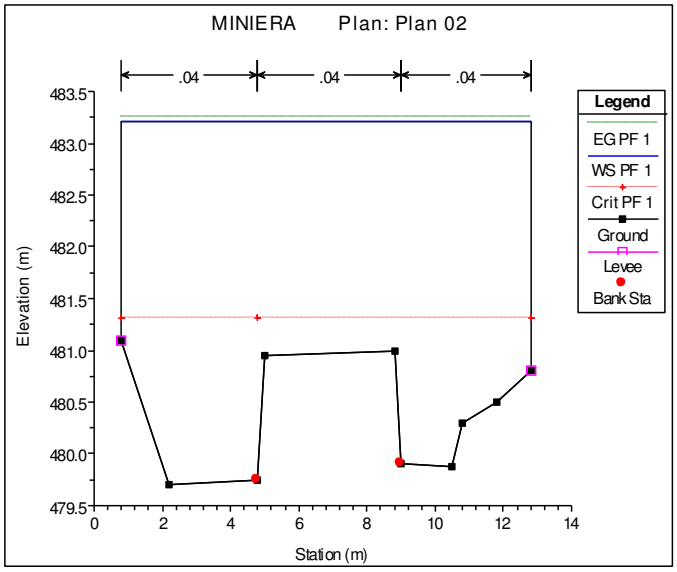
Sezione 9



Sezione 8

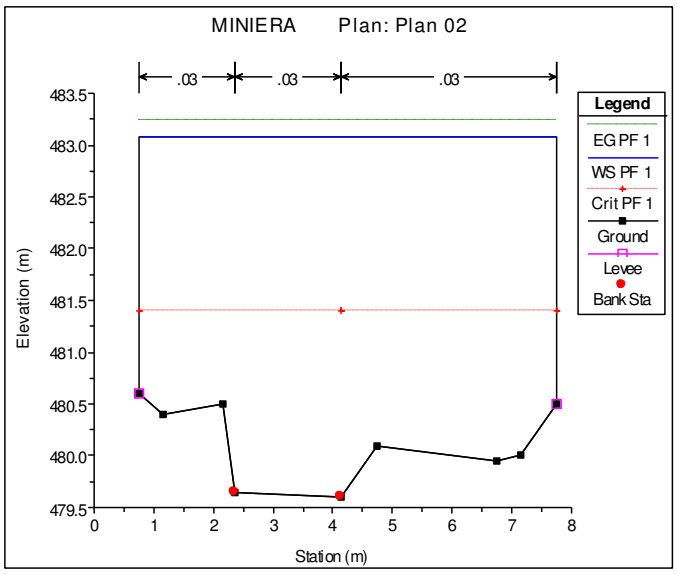


Sezione 7

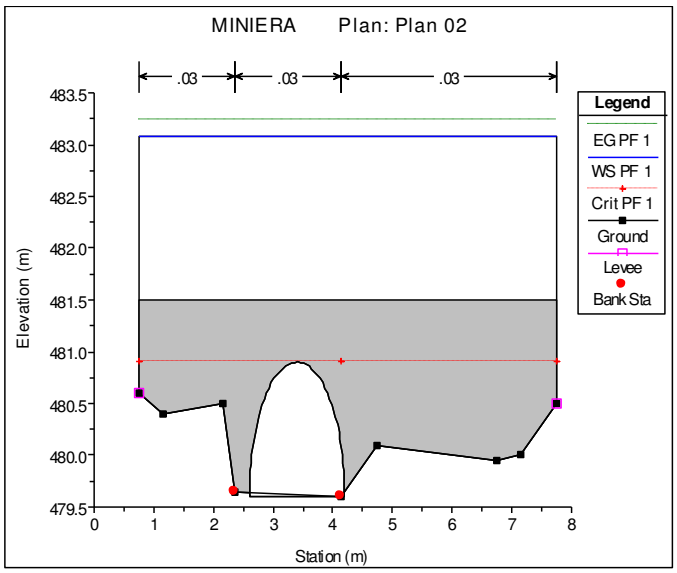

MINIERA Plan: Plan 02
.04
.04
.04
483.5
483.0
482.5
482.0
481.5
481.0
480.5
480.0
479.5
Elevation (m)
0
2
4
6
8
10
12
14
Station (m)
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta

TRATTO CANALA_1

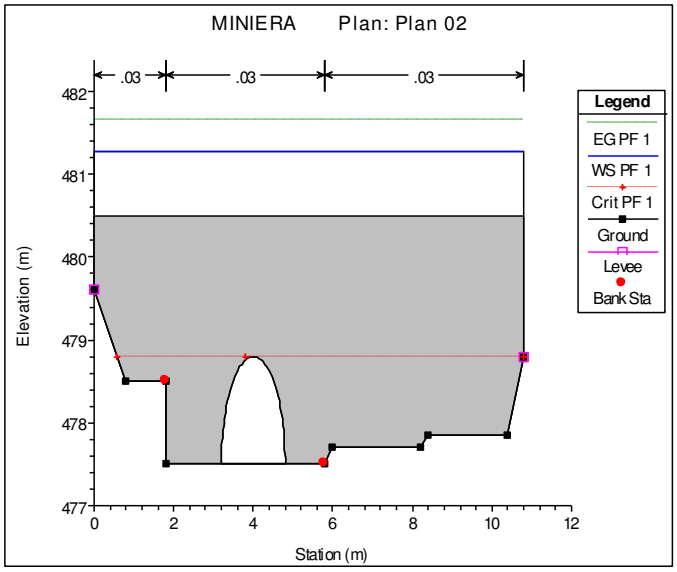
Sezione 6



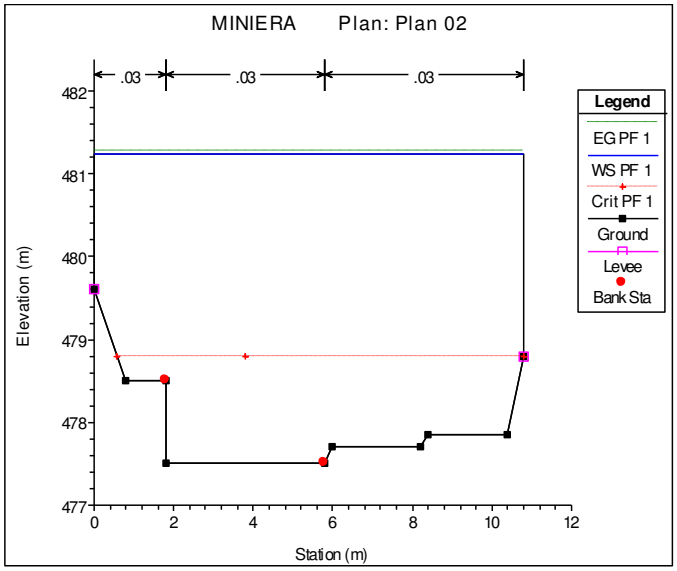
Sezione 5.95 monte



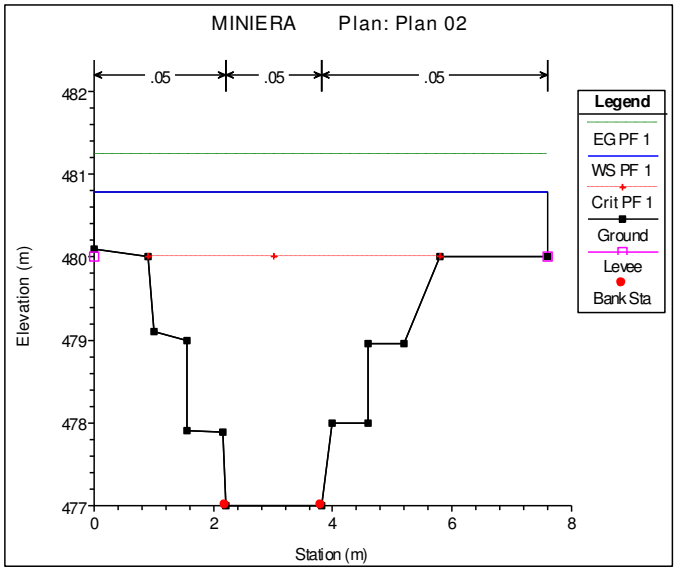
Sezione 5.95 valle



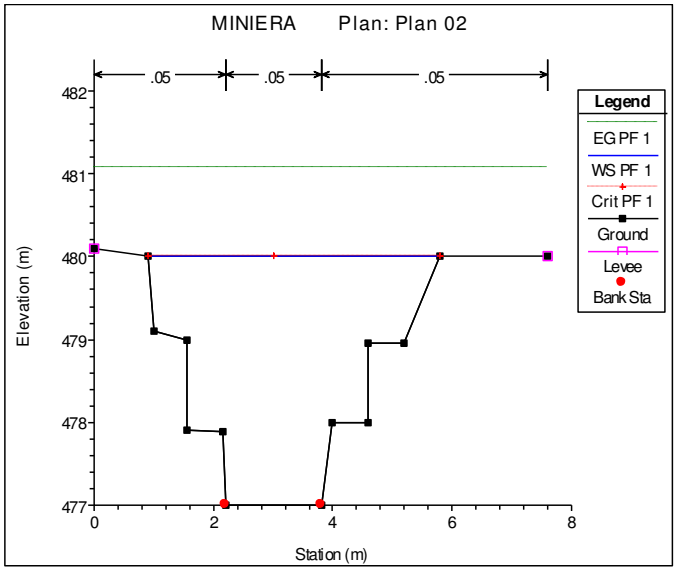
Sezione 5.9



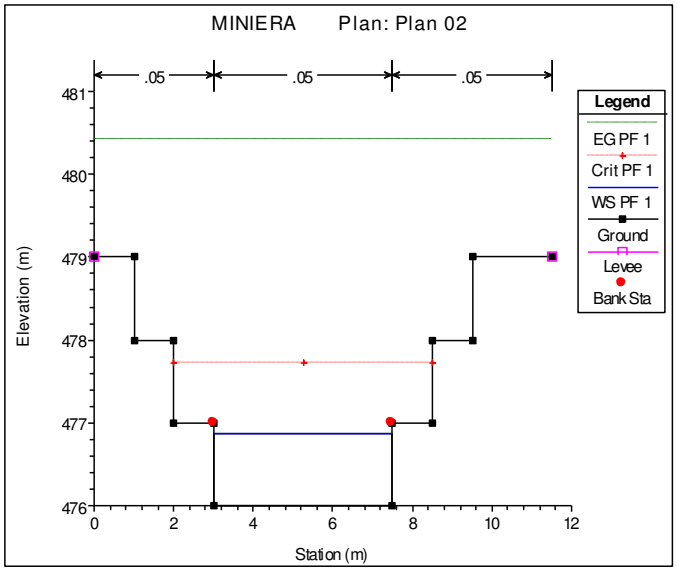
Sezione 5



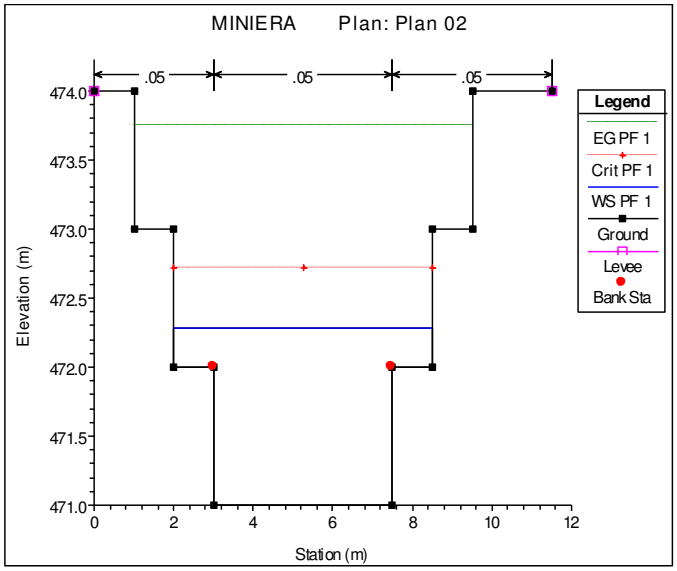
Sezione 4.9



Sezione 4

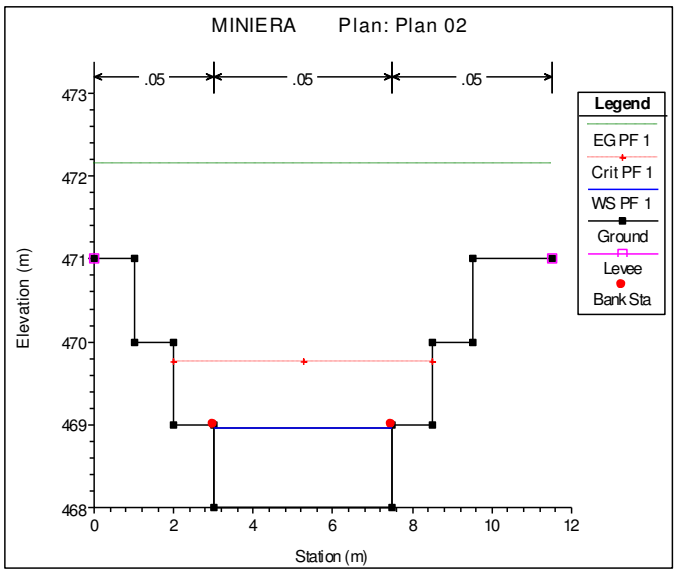


Sezione 3

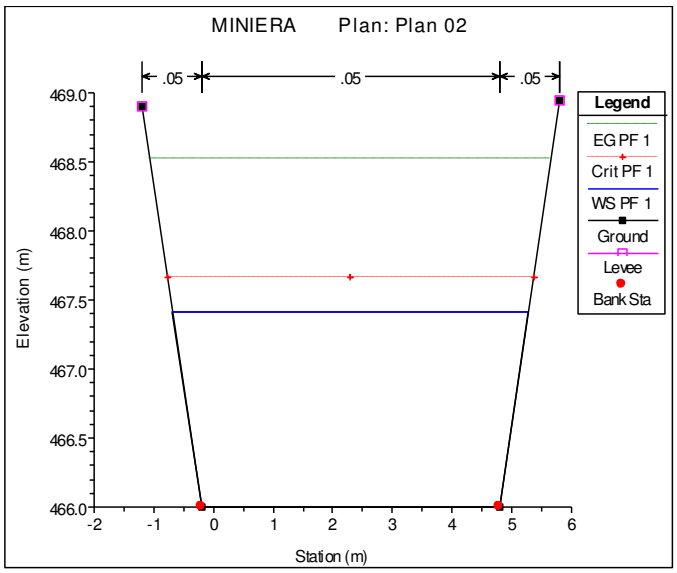


TRATTO CANALA_B

Sezione 4.5

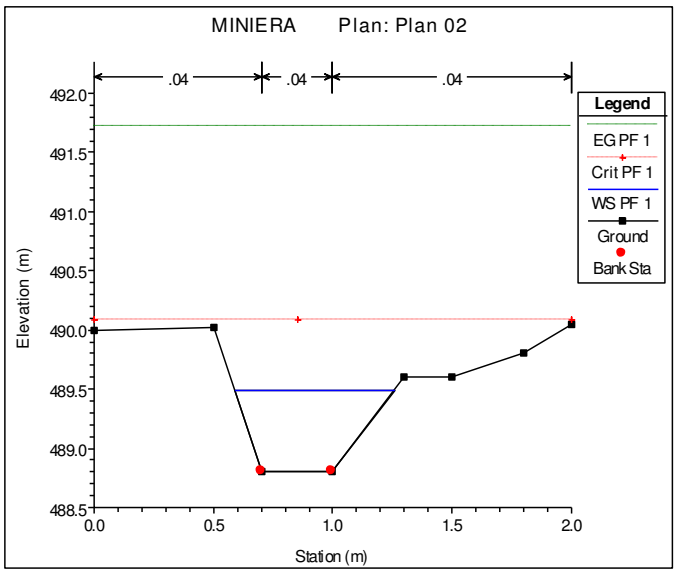


Sezione 4

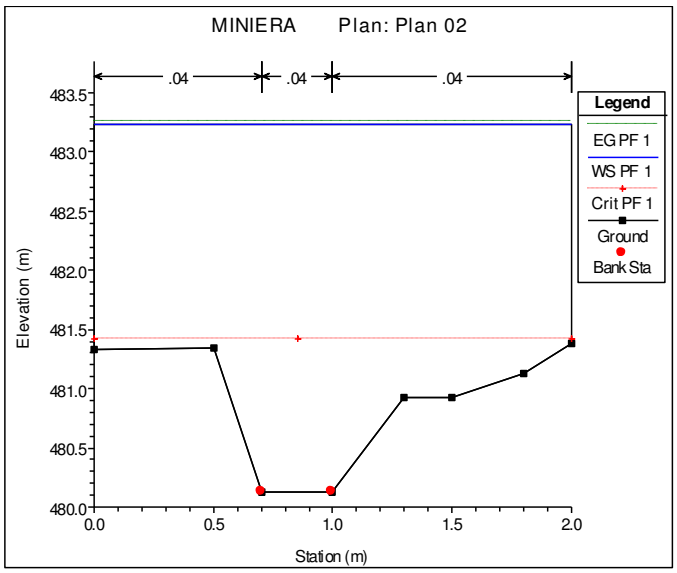


TRATTO AFFL

Sezione di monte

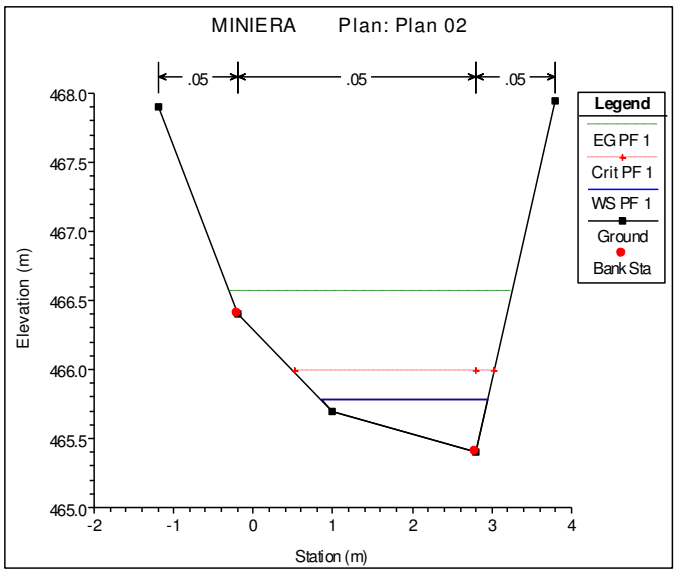


Sezione di valle

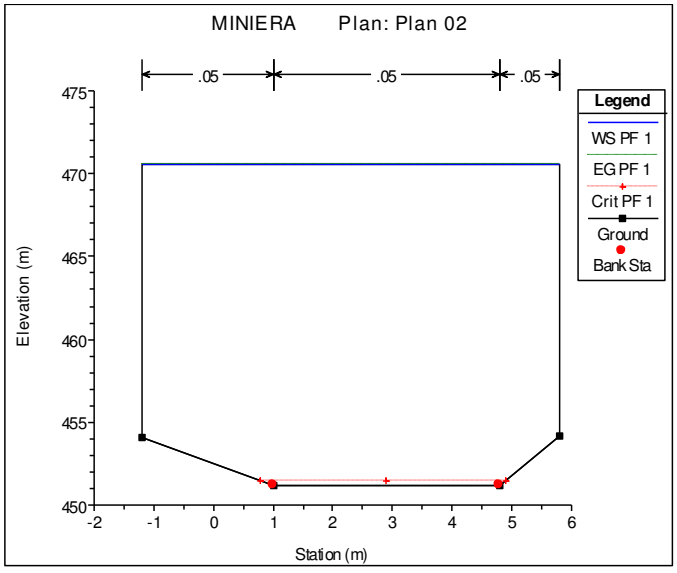


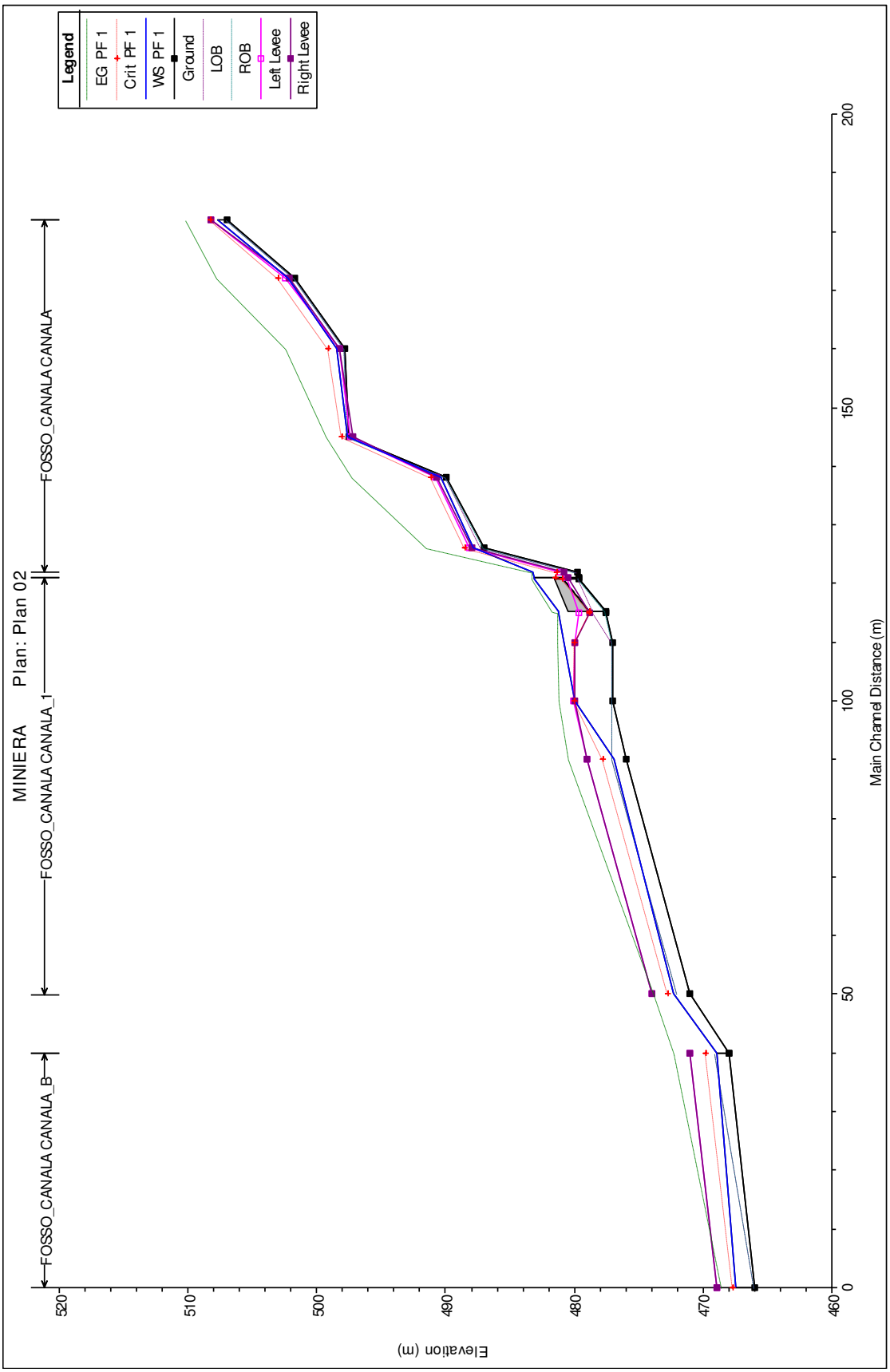
TRATTO AFFL_B

Sezione di monte



Sezione di valle




Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Right Levee
MINIERA Plan: Plan 02
FOSSO_CANALA CANALA_B
FOSSO_CANALA CANALA_1
FOSSO_CANALA CANALA
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
520
510
500
490
480
470
460
0
50
100
150
200

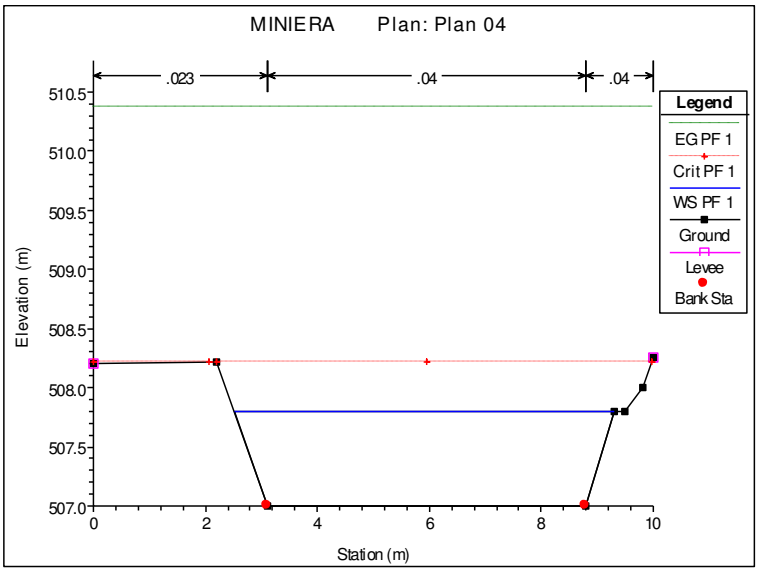
HEC-RAS Plan: Plan 02 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
CANALA	13	PF 1	30.94	507.00	507.75	508.22	510.10	0.112112	6.89	4.64	6.72	2.55
CANALA	12	PF 1	30.94	501.70	502.24	502.93	507.69	0.526523	12.00	3.19	10.02	5.22
CANALA	11	PF 1	30.94	497.80	498.41	499.09	502.30	0.329042	9.89	3.75	8.80	4.17
CANALA	10	PF 1	30.94	497.50	497.58	498.05	499.20	0.095393	0.91	5.74	9.36	1.44
CANALA	9	PF 1	30.94	489.90	490.34	491.10	497.19	0.814441	7.25	2.78	7.94	5.29
CANALA	8	PF 1	30.94	487.00	487.89	488.43	491.47	0.232206	10.26	4.50	12.87	3.69
CANALA	7	PF 1	30.94	479.75	483.21	481.32	483.25	0.000625	0.84	33.88	12.00	0.18
CANALA_1	6	PF 1	32.66	479.60	483.09	481.39	483.24	0.000843	2.21	21.51	7.00	0.38
CANALA_1	5.95		Culvert									
CANALA_1	5.9	PF 1	32.66	477.50	481.23	478.80	481.28	0.000236	1.06	36.52	10.80	0.18
CANALA_1	5	PF 1	32.66	477.00	480.78	480.00	481.23	0.005388	3.56	15.28	7.60	0.58
CANALA_1	4.9	PF 1	32.66	477.00	480.00	480.00	481.08	0.015595	5.20	9.40	4.90	0.96
CANALA_1	4	PF 1	32.66	476.00	476.87	477.71	480.42	0.324425	8.35	3.91	4.50	2.86
CANALA_1	3	PF 1	32.66	471.00	472.28	472.72	473.75	0.087080	5.45	6.33	6.50	1.54
CANALA_B	4.5	PF 1	34.38	468.00	468.97	469.76	472.15	0.263601	7.91	4.35	4.50	2.57
CANALA_B	4	PF 1	34.38	466.00	467.42	467.67	468.52	0.034989	4.72	7.77	5.97	1.27

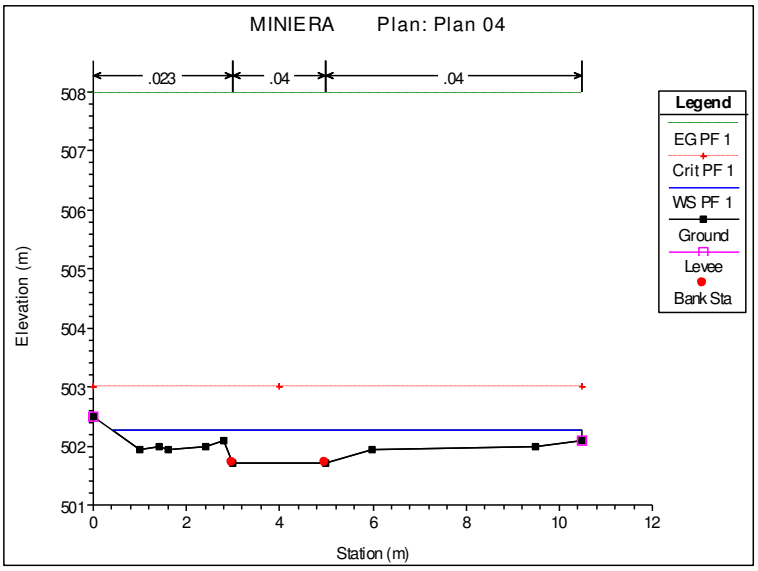
Tr 500

TRATTO CANALA

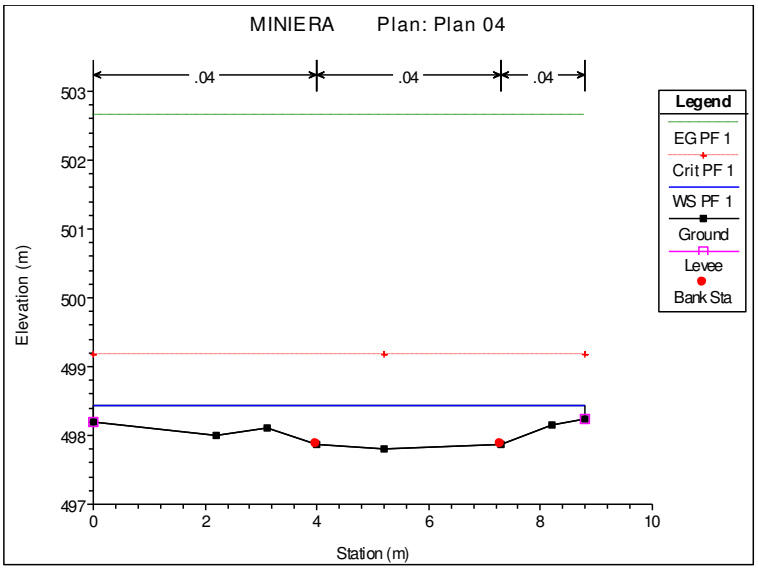
Sezione di monte 13



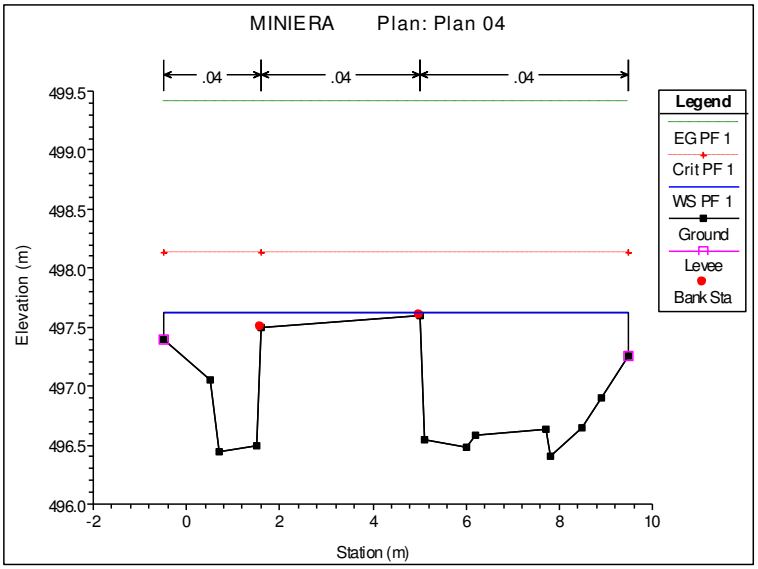
Sezione 12



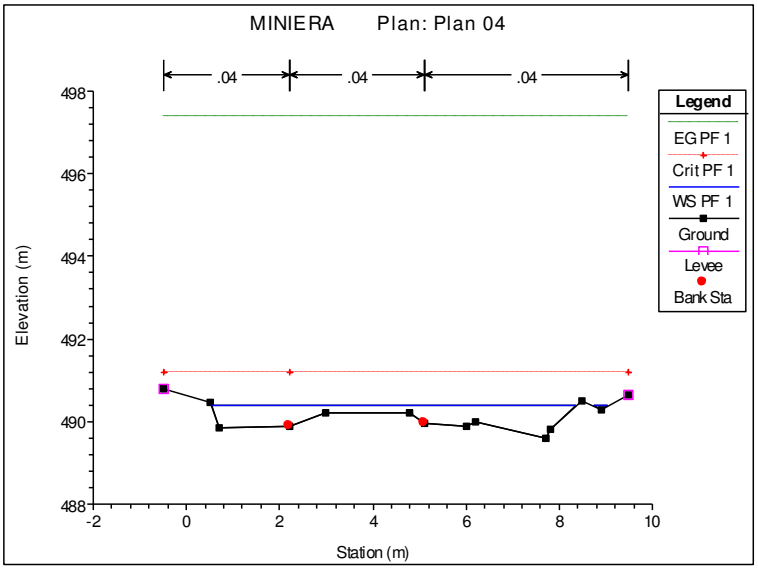
Sezione 11


MINIERA Plan: Plan 04
.04
.04
.04
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
503
502
501
500
499
498
497
0
2
4
6
8
10

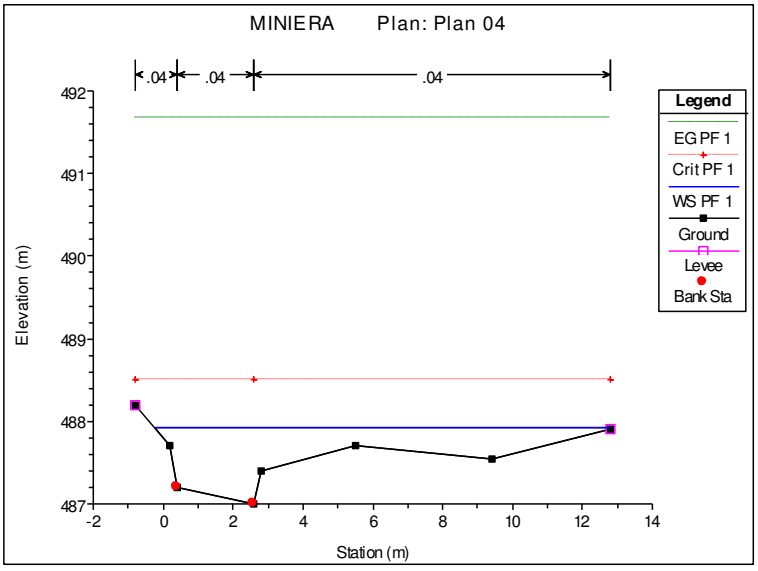
Sezione 10


MINIERA Plan: Plan 04
.04
.04
.04
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
499.5
499.0
498.5
498.0
497.5
497.0
496.5
496.0
-2
0
2
4
6
8
10

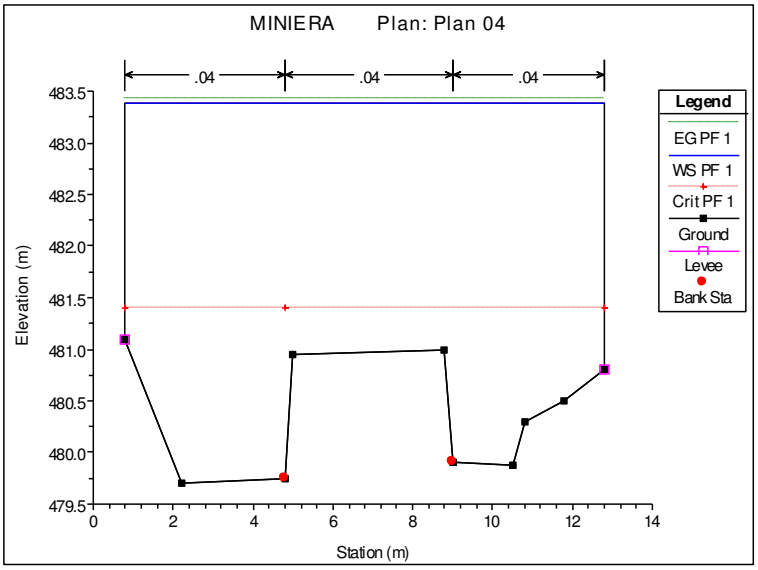
Sezione 9



Sezione 8

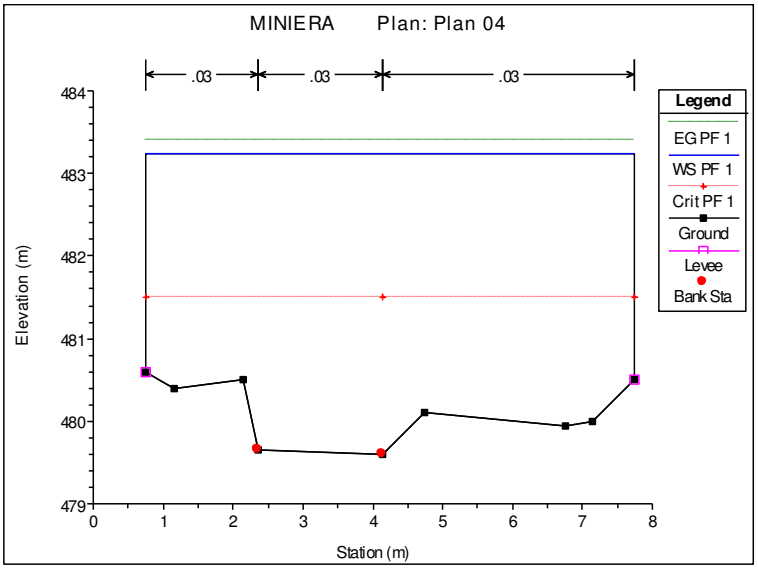


Sezione 7

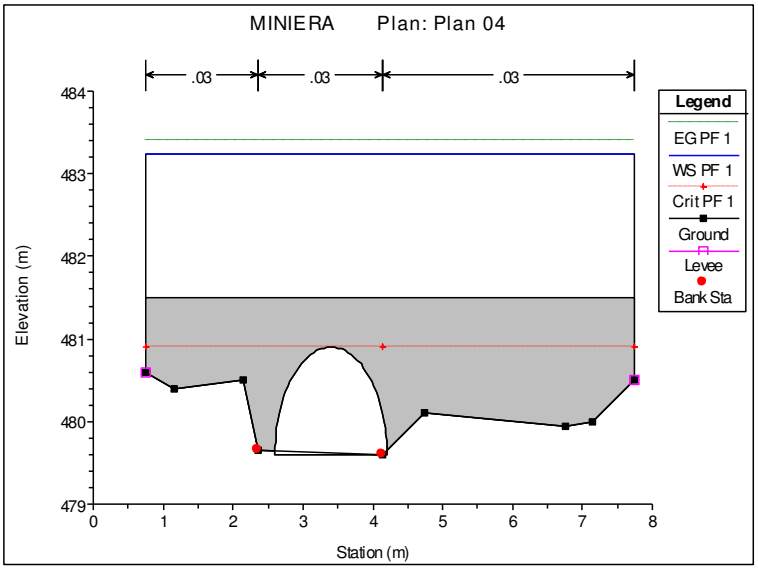


TRATTO CANALA_1

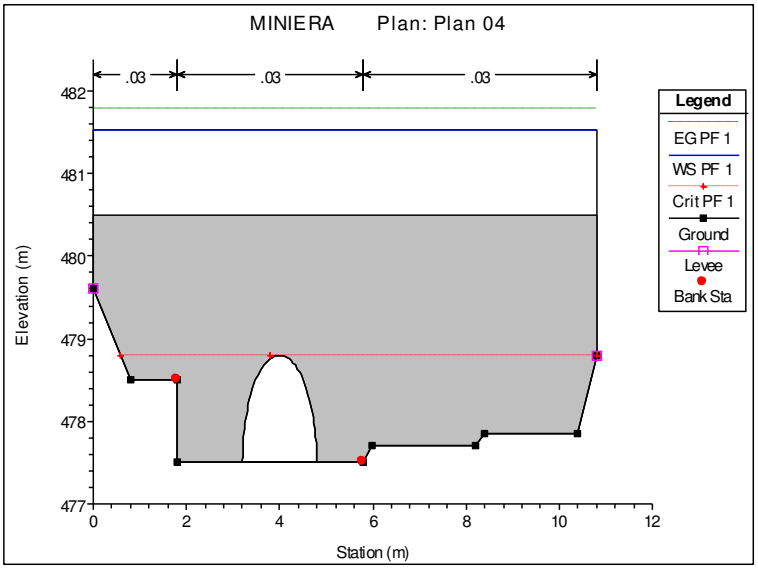
Sezione 6



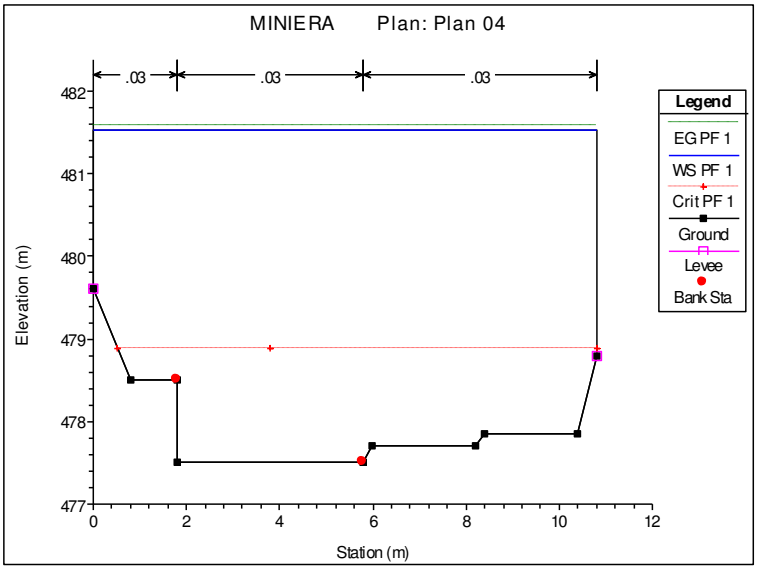
Sezione 5.95 monte



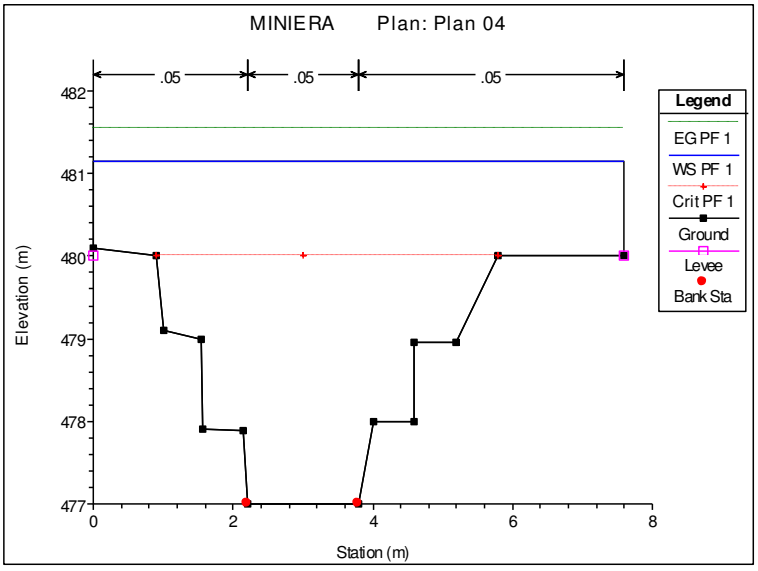
Sezione 5.95 valle



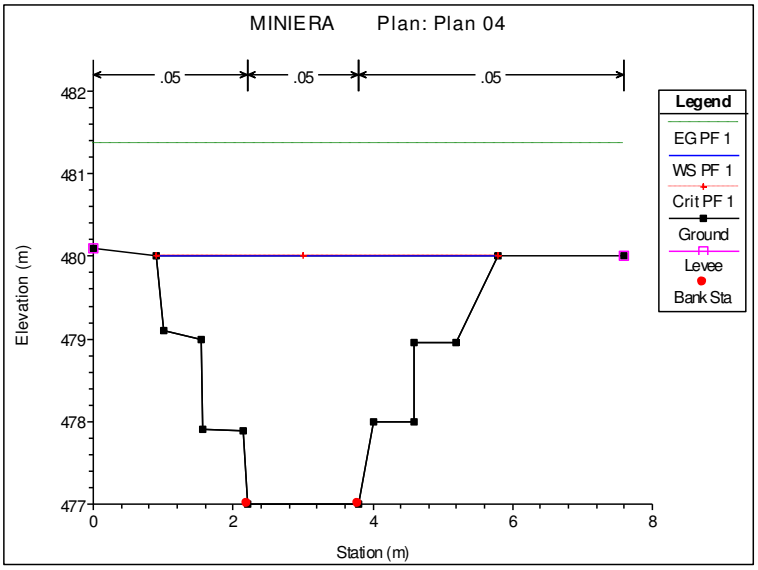
Sezione 5.9



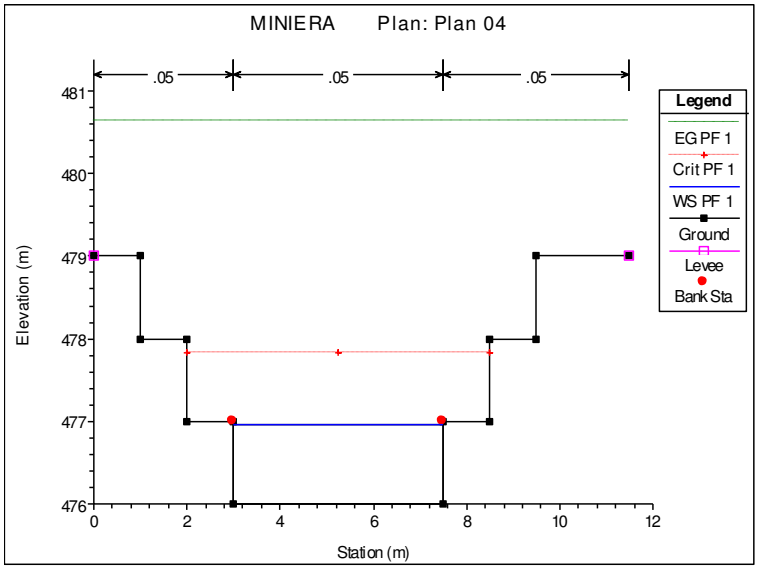
Sezione 5



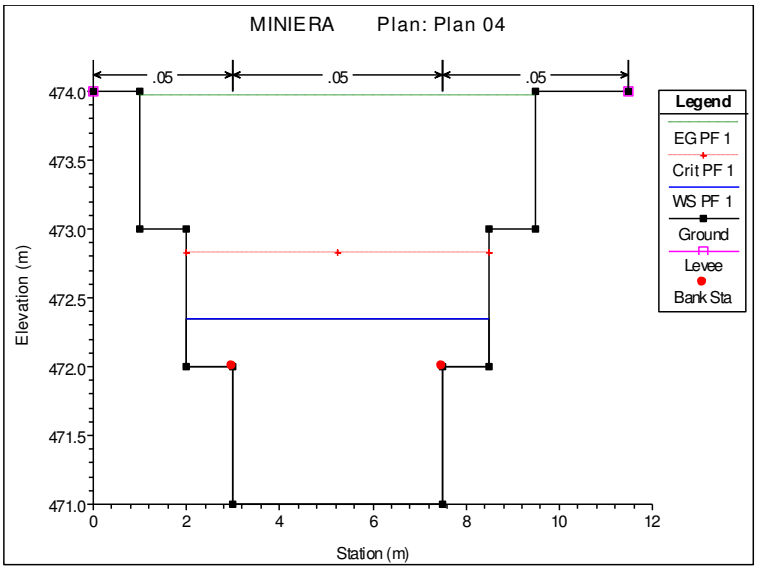
Sezione 4.9



Sezione 4

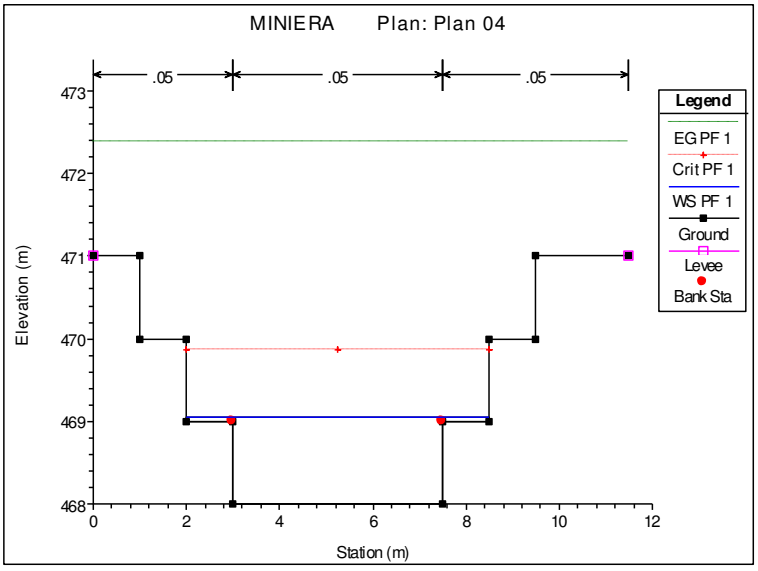


Sezione 3

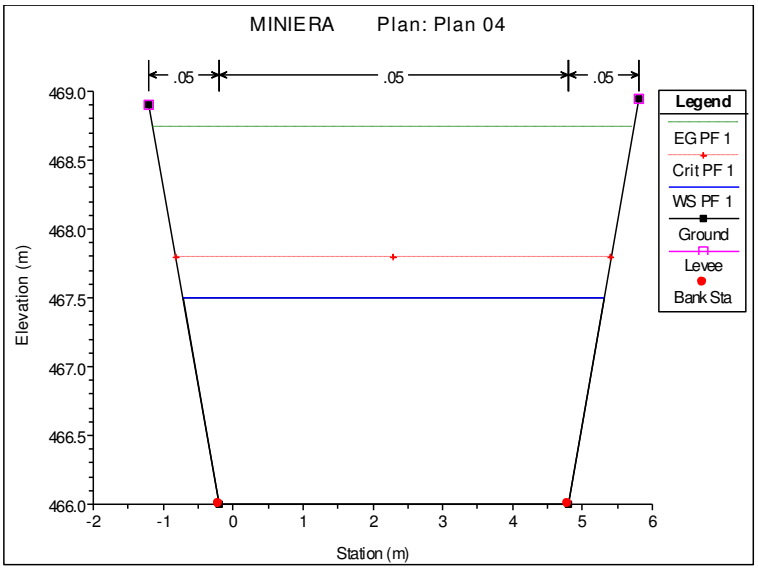


TRATTO CANALA_B

Sezione 4.5

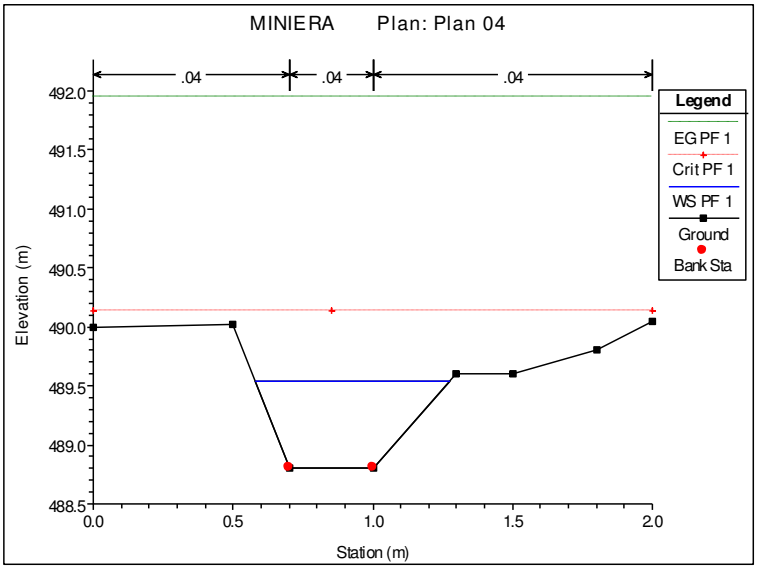


Sezione 4

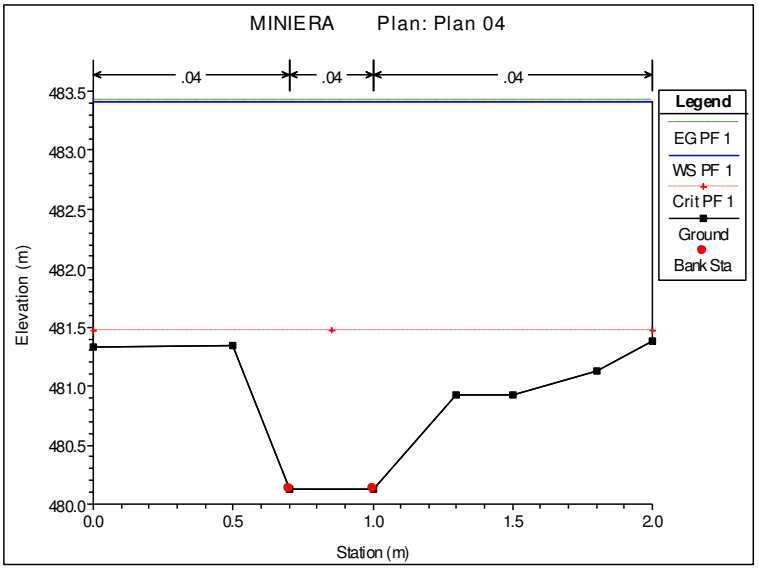


TRATTO AFFL

Sezione di monte

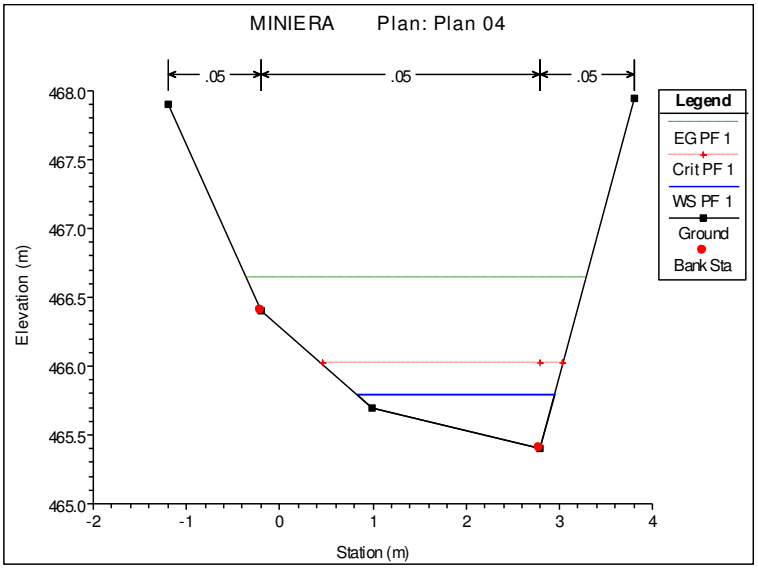


Sezione di valle

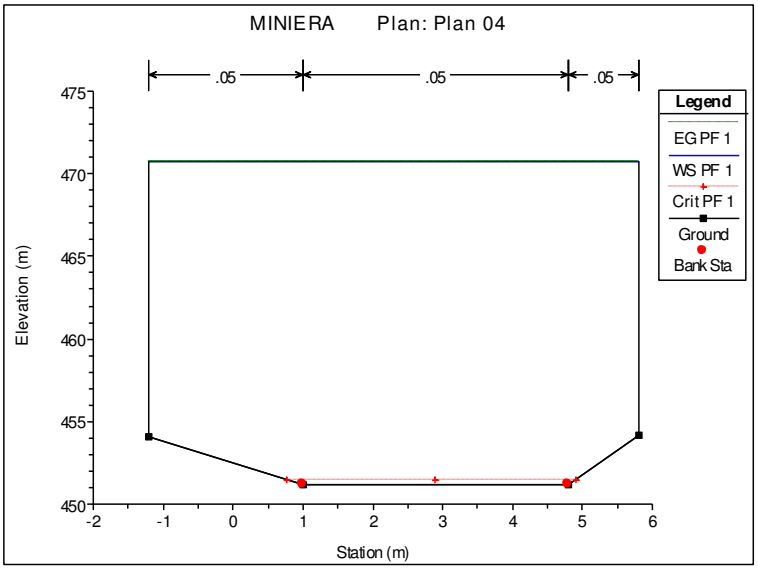


TRATTO AFFL_B

Sezione di monte

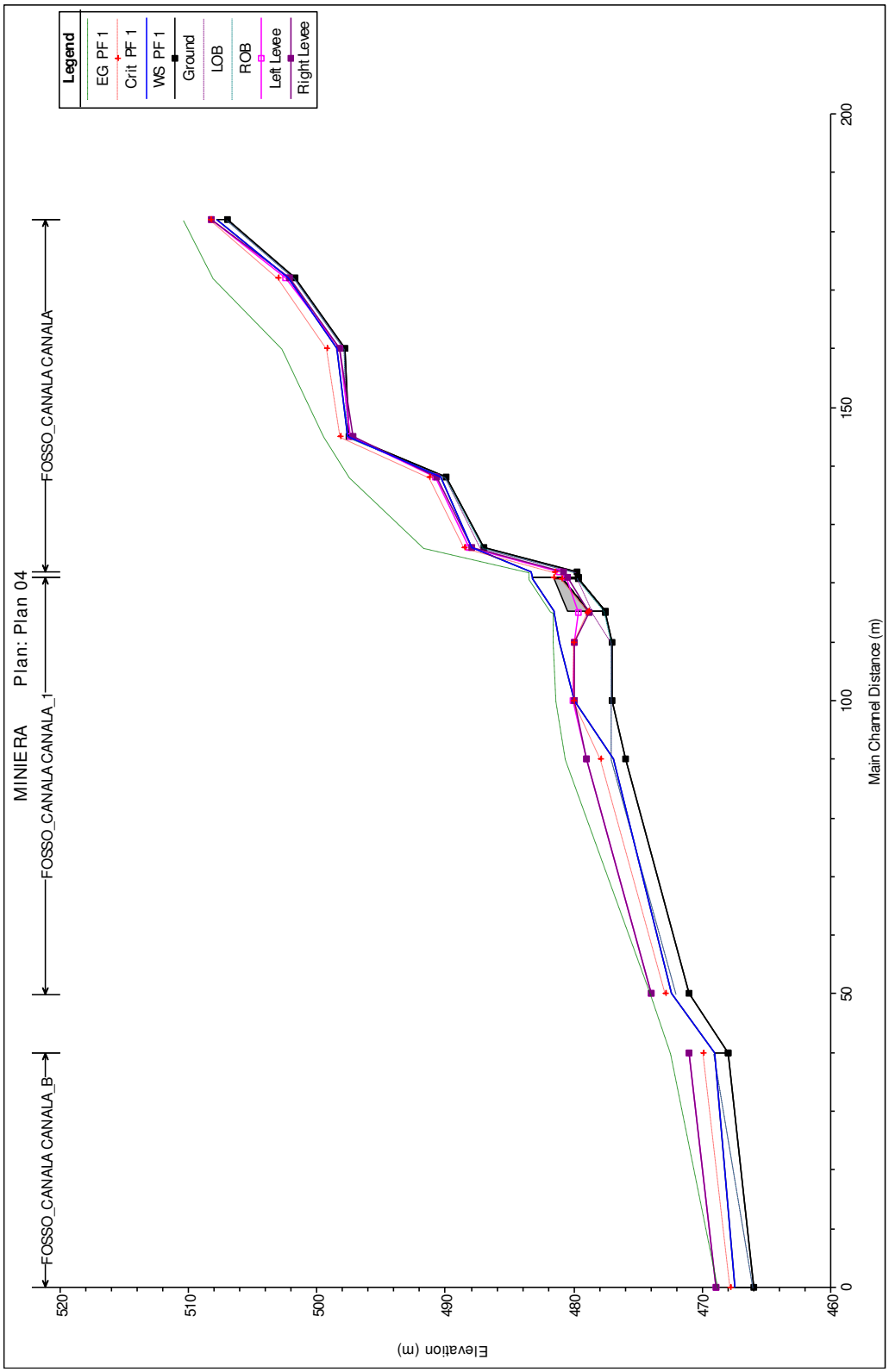


Sezione di valle

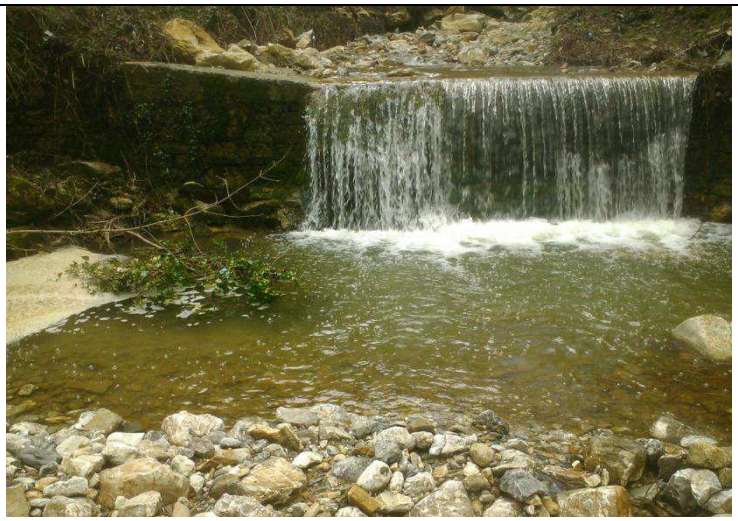


HEC-RAS Plan: Plan 04 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
CANALA	13	PF 1	34.76	507.00	507.80	508.22	510.37	0.112087	7.21	4.99	6.79	2.57
CANALA	12	PF 1	34.76	501.70	502.27	503.01	507.98	0.506214	12.18	3.48	10.08	5.17
CANALA	11	PF 1	34.76	497.80	498.44	499.17	502.66	0.333078	10.31	4.02	8.80	4.23
CANALA	10	PF 1	34.76	497.50	497.63	498.13	499.41	0.100857	1.45	6.20	10.00	1.66
CANALA	9	PF 1	34.76	489.90	490.37	491.17	497.37	0.773353	7.93	3.07	8.12	5.31
CANALA	8	PF 1	34.76	487.00	487.92	488.50	491.68	0.237335	10.62	4.87	13.03	3.75
CANALA	7	PF 1	34.76	479.75	483.38	481.40	483.43	0.000668	0.91	35.90	12.00	0.19
CANALA_1	6	PF 1	36.69	479.60	483.23	481.51	483.41	0.000931	2.39	22.54	7.00	0.40
CANALA_1	5.95		Culvert									
CANALA_1	5.9	PF 1	36.69	477.50	481.54	478.88	481.59	0.000232	1.11	39.82	10.80	0.18
CANALA_1	5	PF 1	36.69	477.00	481.14	480.00	481.55	0.004462	3.45	18.02	7.60	0.54
CANALA_1	4.9	PF 1	36.69	477.00	480.00	480.00	481.37	0.019679	5.84	9.40	4.90	1.08
CANALA_1	4	PF 1	36.69	476.00	476.96	477.83	480.64	0.306039	8.50	4.32	4.50	2.77
CANALA_1	3	PF 1	36.69	471.00	472.35	472.83	473.97	0.089911	5.74	6.80	6.50	1.58
CANALA_B	4.5	PF 1	38.62	468.00	469.06	469.87	472.38	0.248492	8.09	4.87	6.50	2.51
CANALA_B	4	PF 1	38.62	466.00	467.51	467.80	468.73	0.035912	4.98	8.30	6.03	1.30


Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Right Levee
MINIERA
Plan: Plan 04
FOSSO_CANALA CANALA_B
FOSSO_CANALA CANALA_1
FOSSO_CANALA CANALA
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
520
510
500
490
480
470
460
0
50
100
150
200

RICOSTRUZIONE FOTOGRAFICA DELLE SEZIONI

	**Vista della sezione di monte ove è presente una briglia tratto canale sezione 13 e 12**
	Vista dell'asta fluviale Tratto Canala in corrispondenza della sezione 9
	Vista dell'asta fluviale Tratto Canala in corrispondenza della sezione 8

	Vista dell'asta fluviale Tratto Canala in prossimità della sezione 7
	Vista dell'attraversamento sezione di monte. Si noti che la scarsa manutenzione del fosso comporta l'occlusione della luce del punte, con conseguente riduzione della capacità di deflusso
	Vista dell'attraversamento sezione di monte. Si noti che la luce del ponte risulta essere quasi completamente occlusa dal detriti, trasporto solido e sporcizia

	Vista della sezione 5 del tratto Canala_B di recente realizzazione
	Vista della sezione 4.9 del tratto Canala_B di recente realizzazione
	Vista della sezione 4.5 del tratto Canala_B di recente realizzazione

	Vista della sezione di monte dell'affluente_b
	Vista della sezione 4 del tratto Canala_B di recente realizzazione

COMUNE DI CASTELL'AZZARA

PROVINCIA DI GROSSETO

REGOLAMENTO URBANISTICO

Studio idrologico-idraulico SELVENA

Progettista
Arch. Lucia Bracci

Collaboratore
Geom. Valerio Buonaccorsi

Indagini geologiche
Geol. Riccardo Martelli

Studio d'incidenza
Dott. Biol. Elena Pecchioli

Responsabile del Procedimento
Geom. Claudio Corazzi

Garante della Comunicazione
Geom. Leonardo Merli

Data:
Giugno 2013

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134 Firenze (FI)

DENOMINAZIONE

VERIFICA IDROLOGICA E IDRAULICA SELVENA

RELAZIONE TECNICA E VERIFICA IDRAULICA HECRAS

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

SELVENA

COMMITENTE

Comune di Castell'Azzara (Gr)

TECNICI INCARICATI

I.P.A. INGEGNERIA PER L'AMBIENTE S.R.L. P.I. 06056750489
VIA DEL ROMITO, 62/b
50134 firenze
T/F 055 3841816 info@ingegneriaperambiente.it

ING. BENVENUTI GIOVANNA
g.benvenuti@ingegneriaperambiente.it

ING. MACCIONI LORENZO MARIA
l.maccioni@ingegneriaperambiente.it

Data	Giugno 2013	Revisione	

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

ANALISI IDROLOGICA

1 Inquadramento geografico

Il tratto di interesse risulta attraversare l'intero abitato della Località di Selvena, il tratto in oggetto risulta essere per la maggior parte tombato e in parte a pelo libero, i tratti a pelo libero sono due i quali confluiscono in due punti distinti del tombato e si riuniscono successivamente in un unico tratto. Ne segue che l'analisi idraulica ha previsto lo studio di tre tratti distinti tra loro connessi.

2 Proprietà planimetriche

Il bacino ha una forma trapezoidale con quota massima pari a 1005.4 m s.l.m. e quota minima pari a 588.3 m s.l.m., fissata considerando come sezione trasversale di chiusura del bacino la sezione a valle del tombato .

2.1 Proprietà plano-altimetriche

GRANDEZZE DEL BACINO		
S	Superficie	3073800 m^2
P	Perimetro	7291m
L	Lunghezza asta principale	968 m

L'*indice di forma If* di Horton: $If = \frac{S}{L^2}$ = 3.28

Il *coefficiente di uniformità Uc* di Gravelius: $Uc = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$ = 1.173

Il *rapporto di allungamento*: $E = \frac{L}{2\sqrt{S/\pi}}$ =0.489

2.2 Proprietà plano-altimetriche

QUOTA ISOIPSE h_i (m)	A_i (kmq)	A_i / A	h_i / h_{max}
1005,4	0,000	0,00	1,00
1000	0,009	0,00	0,99
950	0,229	0,07	0,94
900	0,409	0,13	0,90
850	0,609	0,20	0,85
800	0,859	0,28	0,80
750	1,389	0,45	0,75
700	1,979	0,64	0,70
650	2,739	0,89	0,65
600	3,049	0,99	0,60
588,3	3,074	1,00	0,59

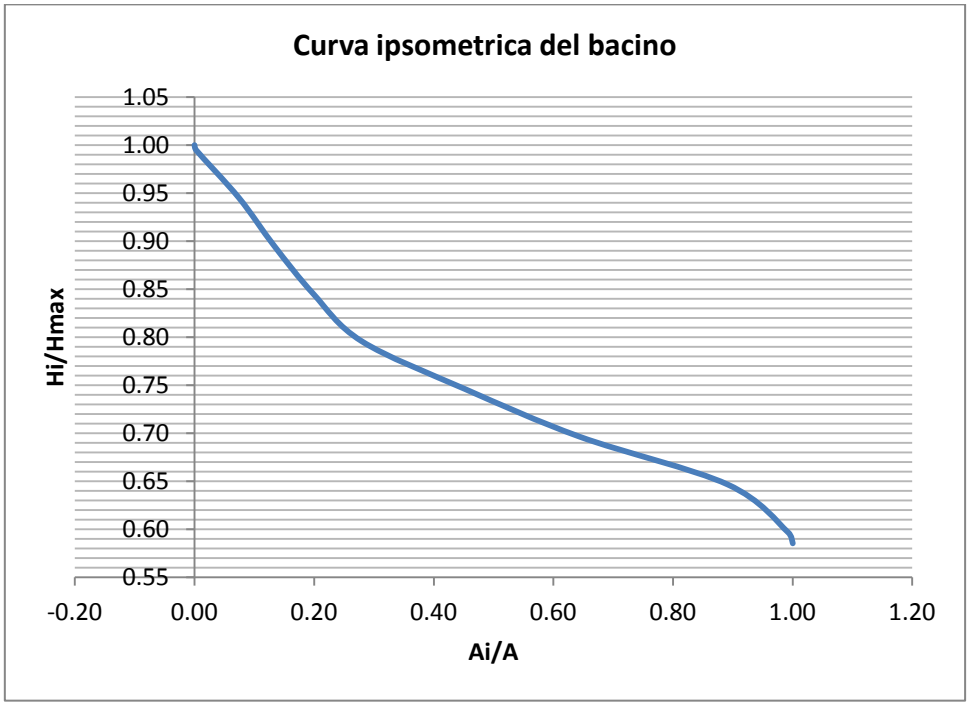
La curva ipsografica seguente (in forma sia dimensionale che adimensionale) fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche.

L'integrale della curva ipsografica dimensionale rappresenta il volume di rilievo, che diviso per l'area del bacino fornisce l'*altitudine media* del bacino:

$$\mathbf{h_m = 733{,}66\ m\ (s.l.m.)}$$

Il rilievo del bacino è dato dalla differenza tra la quota del punto di vetta del bacino e la quota minima alla sezione di chiusura:

$$H_m = \frac{h_{max} - h_{min}}{2} = \mathbf{208{,}55\ m\ s.l.m.}$$



Il calcolo dell'*integrale ipsometrico I P* adimensionale, consente di stimare l'evoluzione volumetrica del bacino imbrifero ed interpretarne lo stadio (> 0.6 stadio giovanile, 0.4/0.6 stadio maturo, < 0.4 stadio senile).

Pendenza media dei versanti del bacino i_m ,esprimibile come:

$$i_m = e\frac{\sum l_i}{A} = \mathbf{58{,}9\ \%}$$

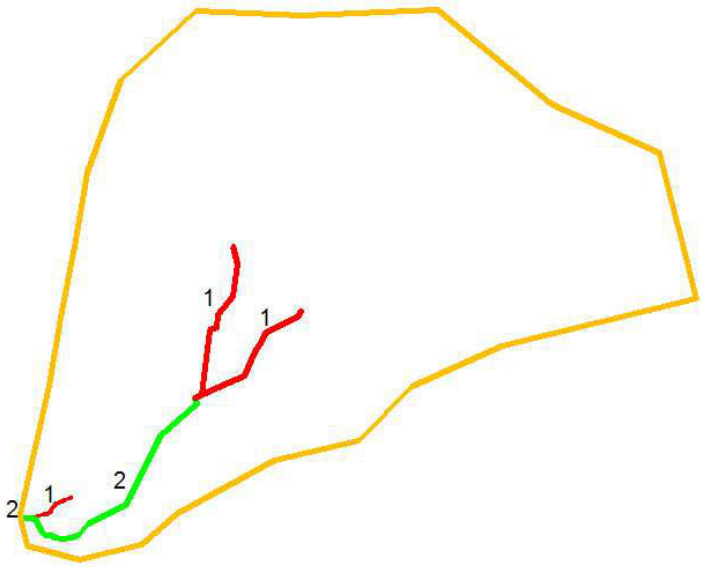
La *pendenza media i a dell'asta principale* è stata ricavata tramite la formula:

$$i_a = \frac{L^2}{\left(\sum_{j=1}^{n} \frac{L_j}{i_{aj}}\right)^2} = 0{,}154\%$$

2.3 Proprietà idrografiche

Il sistema di ordinamento del reticolo idrografico qui adottato è quello di Horton – Strahler.

O*rdine del bacino* = **2.**



Dal numero *N u* dei segmenti di ciascun ordine *u* si calcola il *rapporto di biforcazione*:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Dalla lunghezza media *L u* dei segmenti si calcola il *rapporto delle lunghezze*:

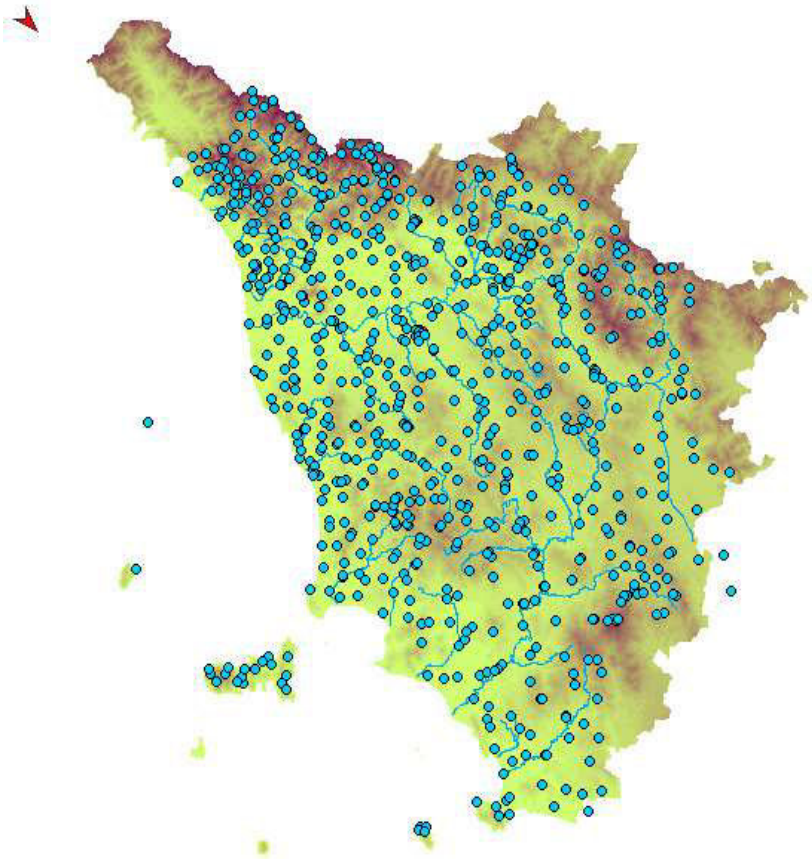
$$R_L = \frac{L_{u+1}}{L_u}$$

Parametri caratteristici del reticolo idrografico:

Ordine	Lu km	numero N	Rb	RL	Au
1	1.28	3	1.5		2.49
2	0.95	2		0.7421875	0.5838

3 Analisi climatica

3.1 Pluviometria



Ai fini della seguente relazione idrologica data la localizzazione del sito di interesse sono stati utilizzati i dati di pioggia del pluviometro Triana Roccalbegna. Di seguito si riportano i dati identificativi del pluviometro.

Stazione	Triana	
Codice	[TOS10003022]	
Comune	Roccalbegna (GR)	
Provincia	GR	
UTM [m]	E 708480	N 4740580
GB [m]	E 1708427	N 4740400
Quota [m]	750.00	

La legge di distribuzione qui adottata per lo studio delle precipitazioni massime annuali di breve durata è quella di Gumbel o prima legge di distribuzione asintotica del massimo valore:

$$P(h_t) = e^{-e^{-\alpha(h_t - u)}}$$

dove: (Ph_t) è la probabilità di non superamento dell'altezza massima di pioggia h t; α e **u** sono i due parametri della legge di Gumbel da stimare. La stima di questi due parametri è stata eseguita con il metodo dei momenti.

$$\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \cong \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$u = \mu - \frac{\gamma}{\alpha} = \mu - \left(\frac{\gamma\sqrt{6}}{\pi}\right)\sigma \cong \mu - 0.45 \cdot \sigma$$

dove **u** è il valore atteso di h_t, σ^2 è il valore della varianza da cui si ricava lo scarto quadratico medio **σ**. Si riporta di seguito la trascrizione dei risultati ottenuti per la legge di distribuzione di Gumbel tramite il metodo dei momenti:

STAZIONE DI TRIANA – ROCCALBEGNA dal 1935 al 1967

	media	std	gumbel	gumbel
	μ	**σ**	**u**	**α**
1h	29,33913	12,8112	23,57409	0,100147
3h	40,25217	20,64577	30,96158	0,062143
6h	50,6913	23,21845	40,243	0,055258
12h	61,4	22,08844	51,4602	0,058085
24h	76,58696	21,55741	66,88612	0,059515

La probabilità (Pht) di non superamento della massima precipitazione può essere messa in relazione al tempo di ritorno Tr :

$$1 - P(h_{t,Tr}) = \frac{1}{Tr}$$

La funzione di probabilità di Gumbel diventa:

$$P(h_{t,Tr}) = \frac{T_r - 1}{Tr} = e^{-e^{-\alpha_t(h_{t,T} - u_t)}}$$

avendo indicato con h_t, *Tr* l'altezza di pioggia *h t* di assegnati durata *t* e tempo di ritorno *Tr* , la *linea segnalatrice di possibilità pluviometrica* è qui rappresentata dall'equazione in forma di legge di potenza:

$$h_{t,Tr} = a_{Tr} t^{n_{Tr}}$$

dove a_{Tr} ed n_{Tr} sono i parametri, di tempo di ritorno *Tr,* propri della stazione, qui stimati tramite il metodo dei minimi quadrati in scala bi-logaritmica per ogni valore del tempo di ritorno.

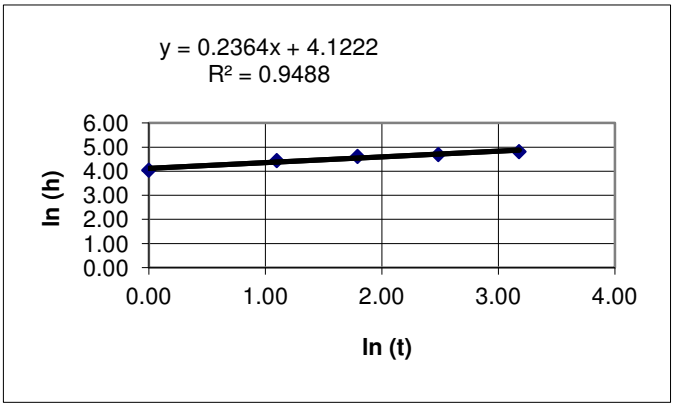
STAZIONE TRIANA ROCCALBEGNA

Tr	**a**	***n***
30	61,6951	0,2364
20	56,88	0,2421
50	67,72	0,2303
100	75,87	0,2233
200	83,99	0,2176

Tempo di ritorno 30 anni

α	*ν*
61,6951	0,2364

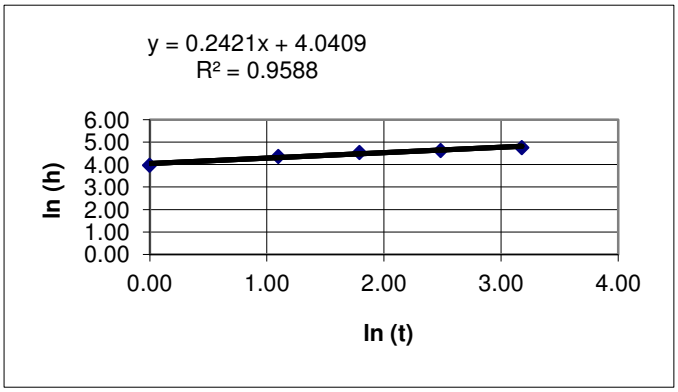
ln h(mm)	**ln t(ore)**
4,05	0,00
4,45	1,10
4,62	1,79
4,70	2,48
4,82	3,18



Tempo di ritorno 20 anni

a	n
56,8775	0,2421

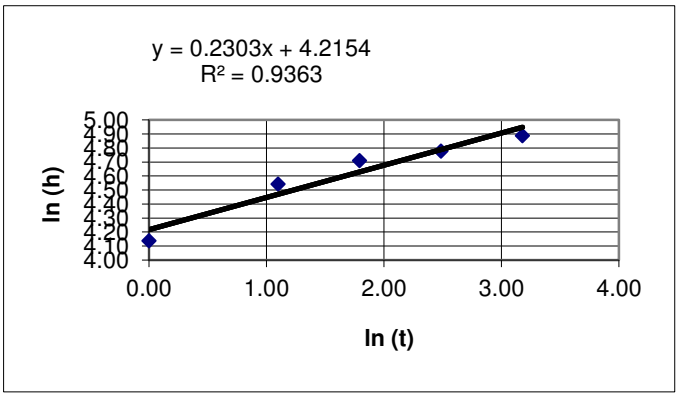
ln h(mm)	ln t(ore)
3,97	0,00
4,37	1,10
4,54	1,79
4,63	2,48
4,76	3,18



Tempo di ritorno 50 anni

a	n
67,7241	0,2303

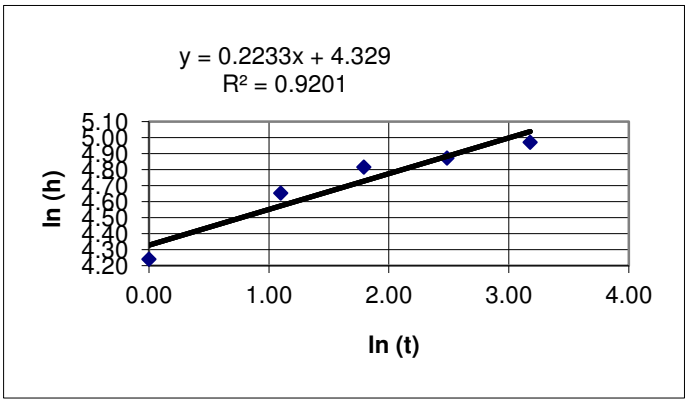
ln h(mm)	ln t(ore)
4,14	0,00
4,54	1,10
4,71	1,79
4,78	2,48
4,89	3,18



Tempo di ritorno 100 anni

a	n
75,8654	0,2233

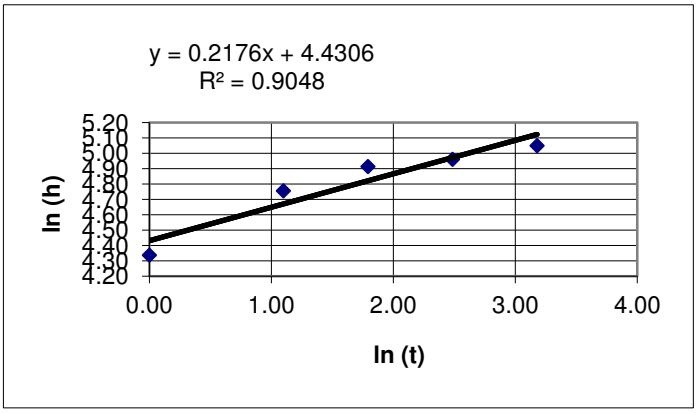
log h(mm)	log t(ore)
4,24	0,00
4,65	1,10
4,82	1,79
4,87	2,48
4,97	3,18



Tempo di ritorno **200** anni

α	***ν***
83,9854	0,2176

ln h(mm)	**ln t(ore)**
4,34	0,00
4,76	1,10
4,91	1,79
4,96	2,48
5,05	3,18

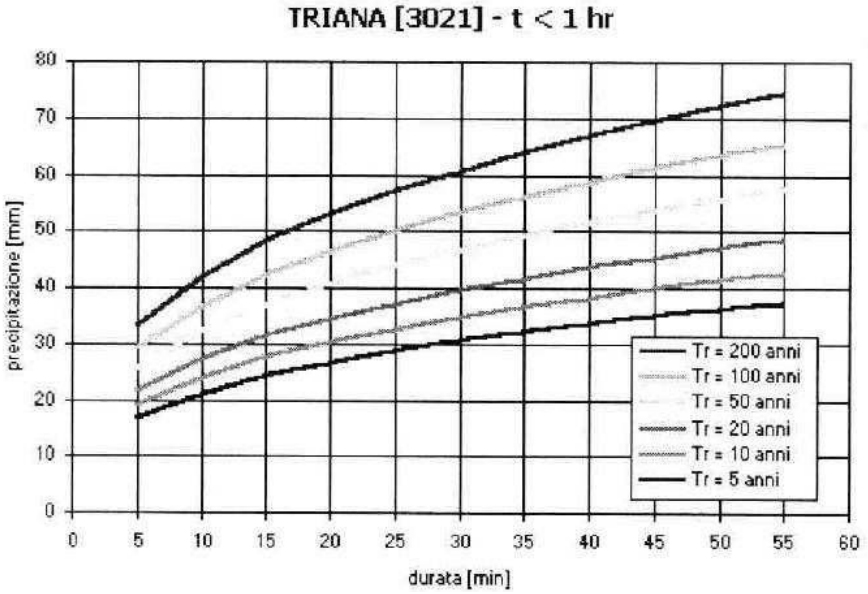


Di seguito si riporta il confronto dei dati calcolati con i dati forniti dalla pubblicazione integrale LSPP a cura della Regione Toscana dai quali si denota la coerenza della verifica effettuata.

Stazione: TRIANA - [3021]

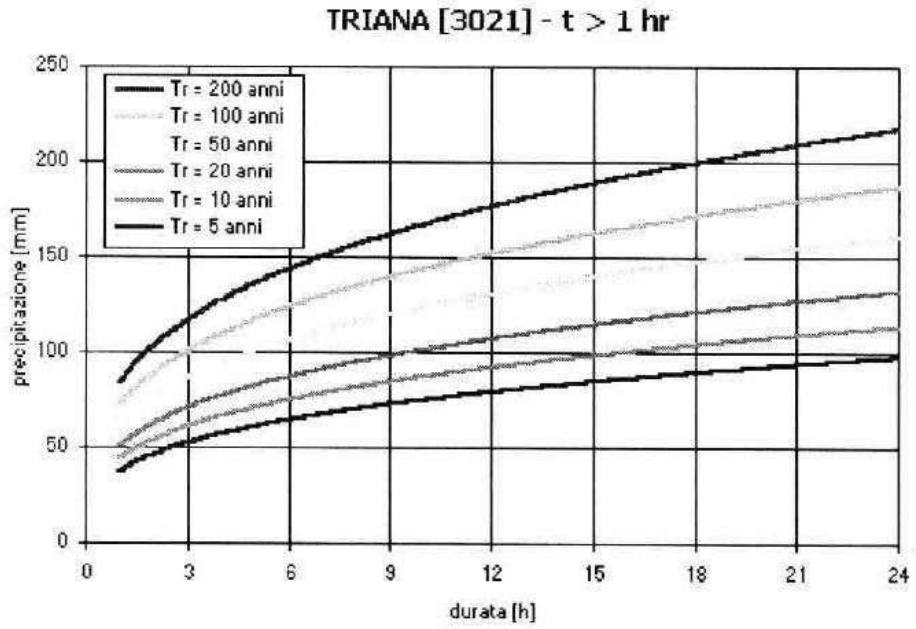
Durata inferiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti			*5'*	*10'*	*15'*	*20'*	*30'*	
a	28.629	*5 anni*	16.7	21.1	24.2	26.6	30.6	mm
n	0.338	*10 anni*	19.0	24.0	27.5	30.3	34.8	mm
m	0.186	*20 anni*	21.6	27.3	31.3	34.5	39.6	mm
		50 anni	25.6	32.4	37.1	40.9	46.9	mm
		100 anni	29.1	36.8	42.2	46.5	53.4	mm
		200 anni	33.1	41.9	48.0	52.9	60.7	mm



Durata superiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti							
		1 h	*3 h*	*6 h*	*12 h*	*24 h*	
a	26.571	*5 anni*	37.7	52.3	64.4	79.2	97.4 mm
n	0.299	*10 anni*	43.8	60.9	74.9	92.1	113.3 mm
m	0.217	*20 anni*	51.0	70.8	87.0	107.1	131.7 mm
		50 anni	62.2	86.4	106.2	130.6	160.7 mm
		100 anni	72.3	100.4	123.5	151.9	186.8 mm
		200 anni	84.1	116.7	143.6	176.6	217.2 mm



Elaborazione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Ultimo aggiornamento: Ottobre 1998

4 Idrogrammi di piena per tempi di ritorno di 20 e 200 anni

4.1 Tempo di corrivazione

Per la stima del tempo di corrivazione del bacino del Fosso della Canala si considerano le formule empiriche di Puglisi, Giandotti, Ogrosky. Sulla base dei parametri morfologici del bacino stimati al capitolo 3, si ottengono le stime riportate nella tabella seguente. Per i successivi calcoli degli idrogrammi di piena si assume il valore medio delle diverse stime.

Tempi di corrivazione [h]		
Puglisi	t_c= 6 L^0.67 * Hm^(-0.33)	1.123
Ogrosky	t_c= 0.914 L^1.15 C^(-0.38)	0.261
~~Affl.Arno~~	~~t_p=0.416(Lc+A/L)^1.06 * (H+Hc)^(-0.27)~~	~~0.229~~
R. Rosso	t_p=1.584(Rb/Ra)^0.55 * Rl^(-0.38) *Lc/Vm	2.604
Giandotti	t_p=(2*radq(A)+1.5*L)/(0.8*radq(H))	0.487595184
		1.119

4.2 Ietogrammi di progetto e portate massime di piena

Per ciascun tempo di ritorno, si assume uno ietogramma lordo di progetto di intensità costante P, fornito dalla L.S.P.P. della stazione di Triana (vedi punto 4.1) per durata pari al tempo di corrivazione. Per il calcolo delle perdite per infiltrazione I, si considera una intensità potenziale di infiltrazione costante e pari al coefficiente di permeabilità Ks. Tali perdite vengono valutate separatamente per ciascuna zona con diversa permeabilità e pesate in base all'estensione areale su ciascuna di esse. La portata massima di piena Qmax per assegnato tempo di ritorno viene quindi ottenuta applicando il metodo cinematico con ietogramma netto di intensità costante P-I, ottenendo i risultati riportati

$$I = \frac{1}{S}\sum_i S_i \min\left(P, K_{s,i}\right) \qquad Q_{\max} = S(P - I)$$

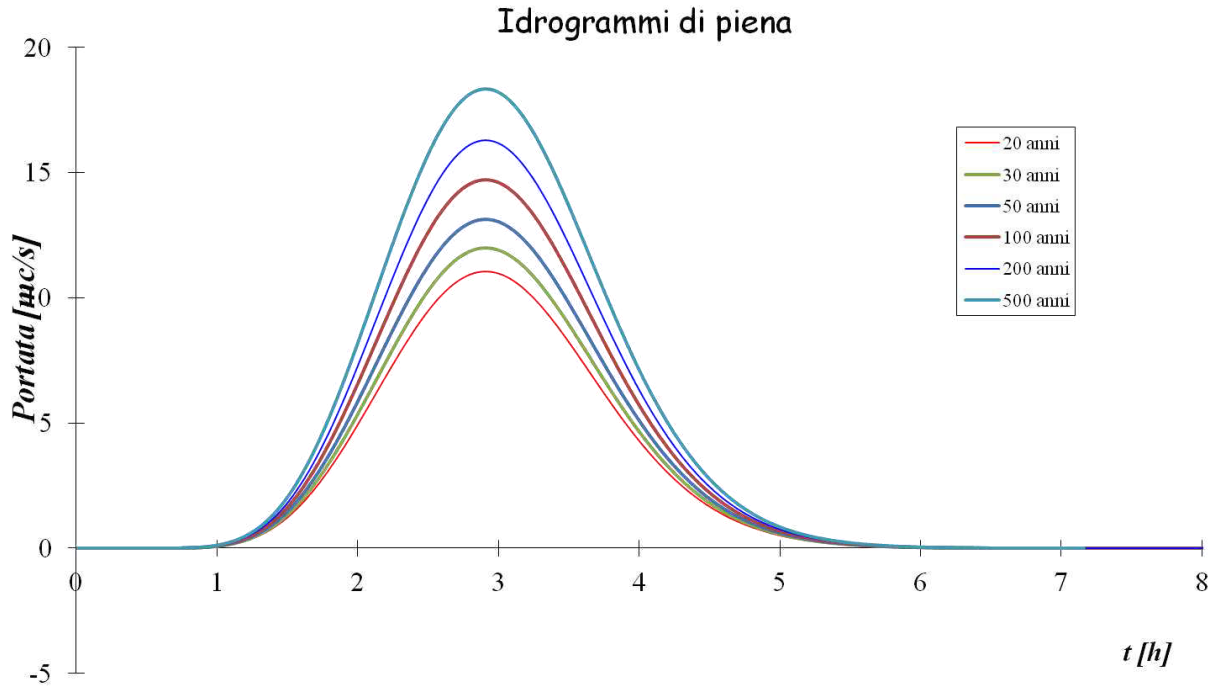
4.3 Idrogramma istantaneo unitario e idrogrammi di piena

Si utilizza la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario (IIU) per la determinazione degli idrogrammi di piena corrispondenti agli ietogrammi di progetto di cui al punto precedente. Date le limitate estensioni del bacino, si assume un IIU di semplice forma triangolare, con base pari al tempo di corrivazione precedentemente calcolato. Si utilizzando le espressioni empiriche di Rosso (1984) che legano i valori di picco (istante tp e altezza hp) dell'IIU ai parametri morfologici del reticolo:

$$t_p = \frac{0.44L}{V}\left(\frac{R_B}{R_A}\right)^{0.55} R_L^{-0.38} \qquad h_p = \frac{1.31}{L} R_L^{0.43} V$$

Costruzione degli idrogrammi di piena

Tempo di ritorno Tr		30	500	10	20	50	100	200
a	$h = a \cdot t^{\nu}$	61.70	94.71		56.88	67.72	75.87	83.99
ν		0.24	0.21		0.24	0.23	0.22	0.22
impulso [mm]		19.83	30.34	0.00	18.28	21.74	24.33	26.92
portate max [mc/s]		11.99	18.35	0.00	11.06	13.15	14.72	16.28
per t [h] =		2.91	2.91	0.00	2.91	2.91	2.91	2.91

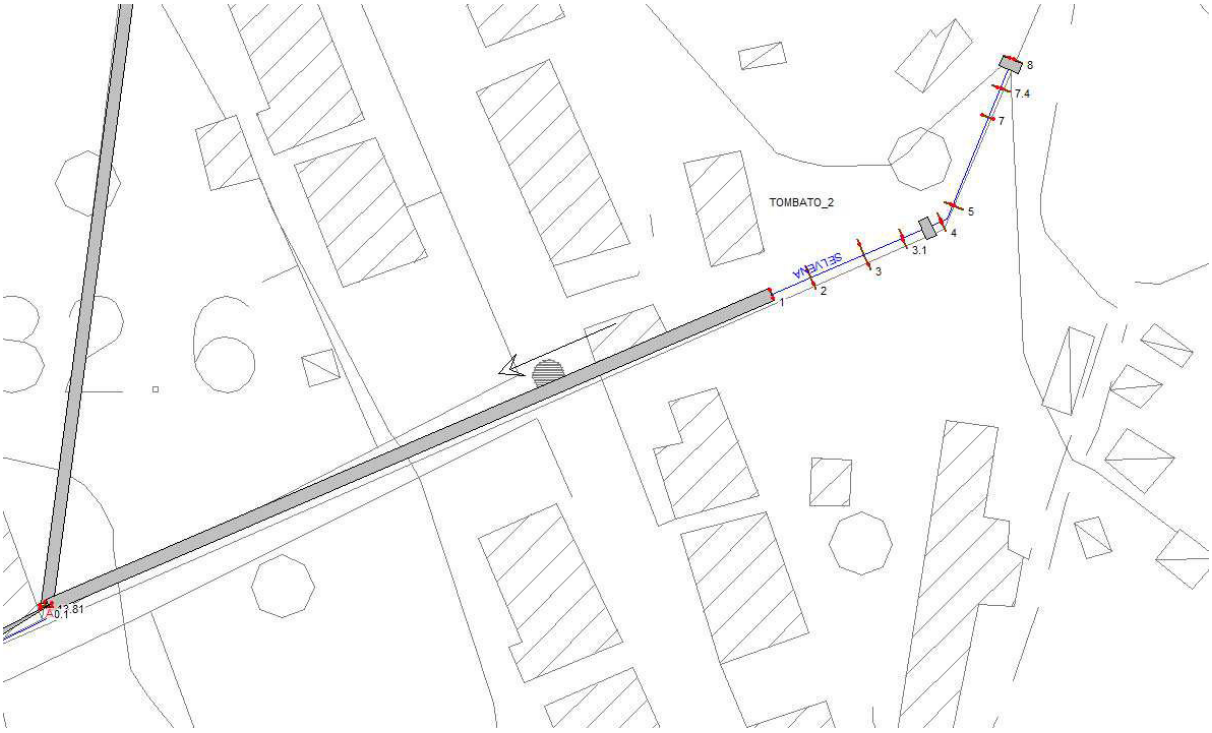


VERIFICA IDRAULICA

Al fine di redigere la verifica idraulica nell'area di interesse, a seguito dello studio idrologico è stato realizzato un modello tramite l'utilizzo del solutore Hec-Ras in grado si simulare in moto permanente il comportamento dei tratti di interesse con Tr. di 30 e 200 anni.

TRATTO 1

TRATTO 2

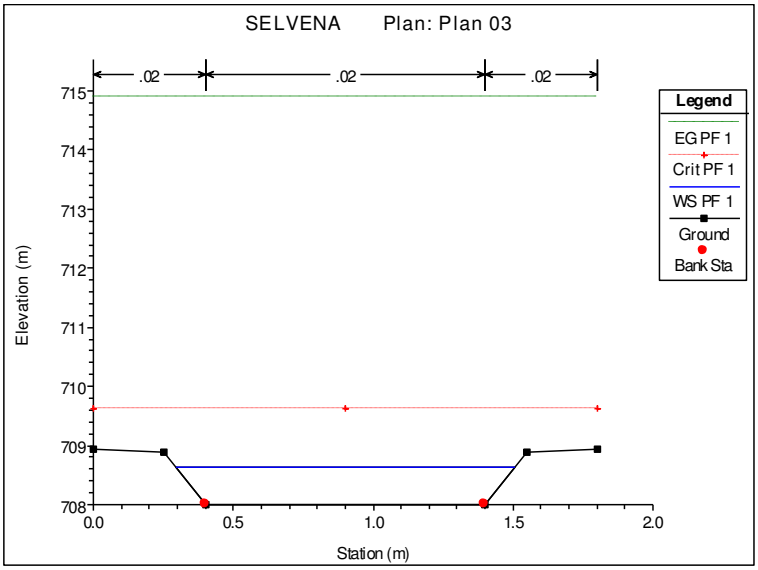


TRATTO 3

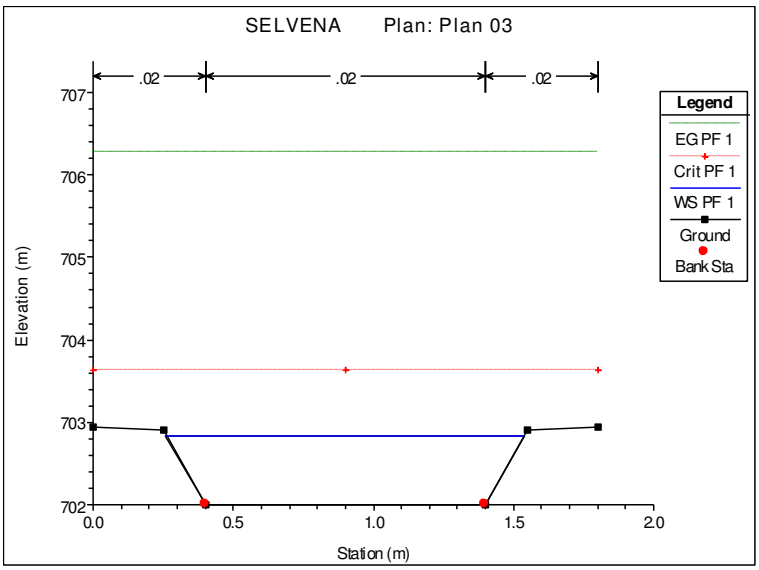
Tr 20

TOMBATO_1

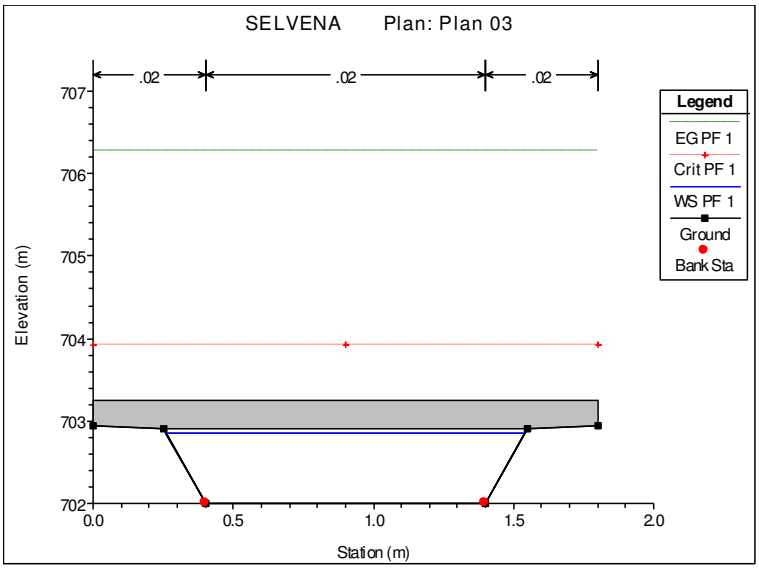
Sezione 21 di Monte



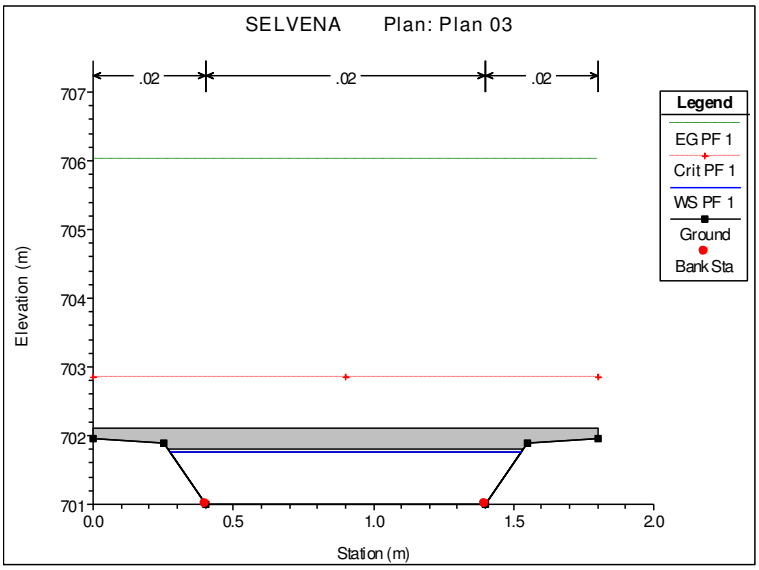
Sezione 20



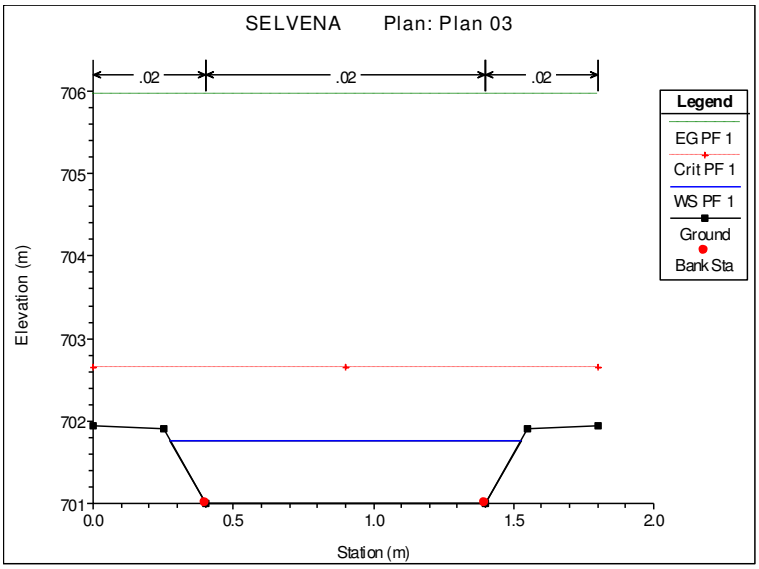
Sezione 19.5 Monte



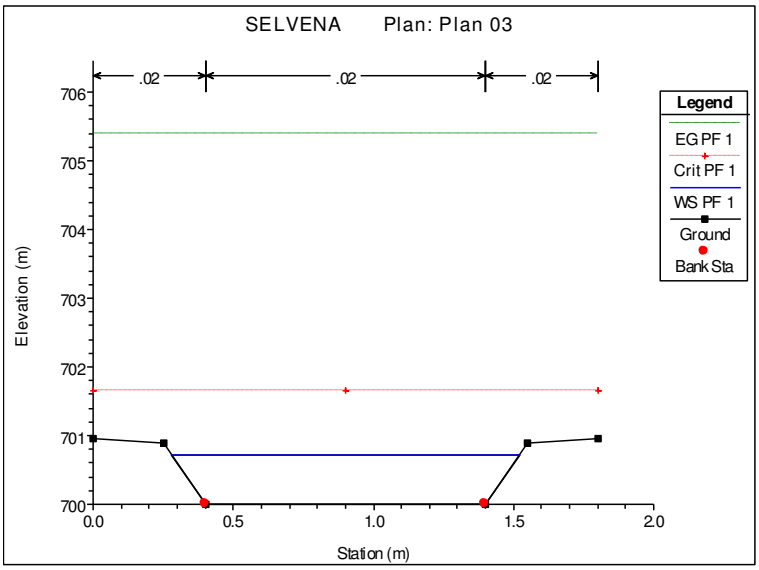
Sezione 19.5 Valle



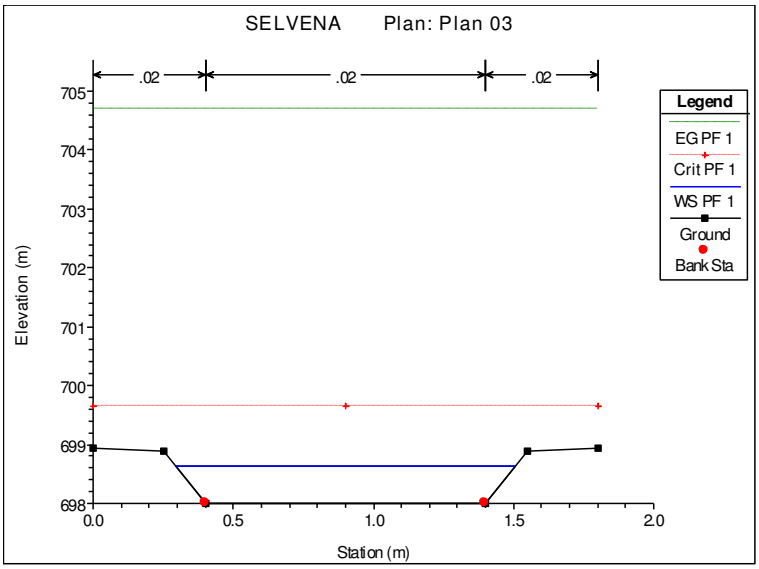
Sezione 19



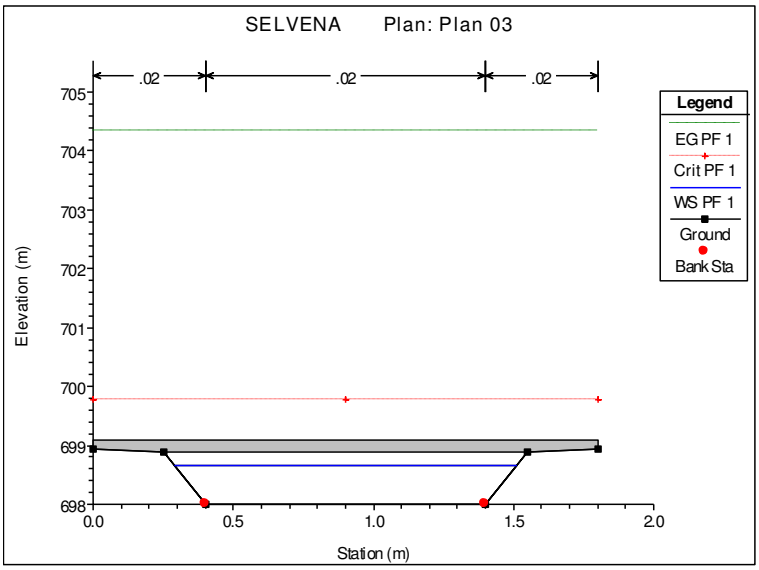
Sezione 18



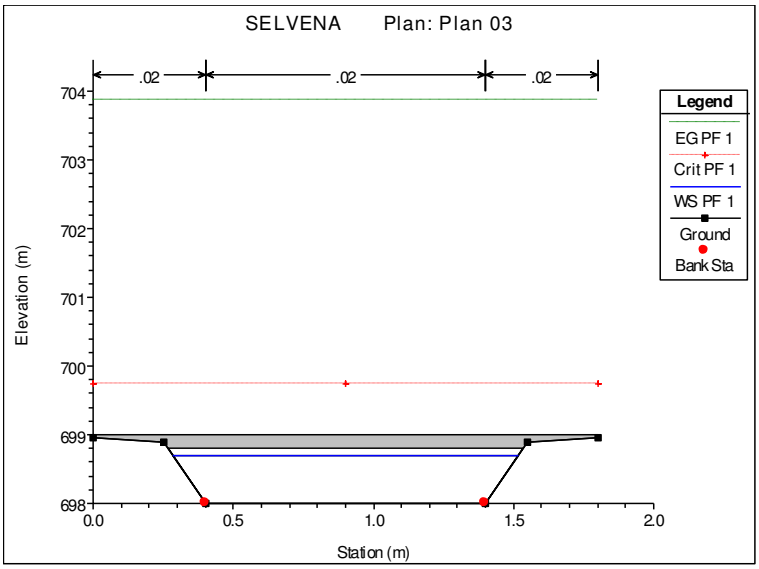
Sezione 17.5



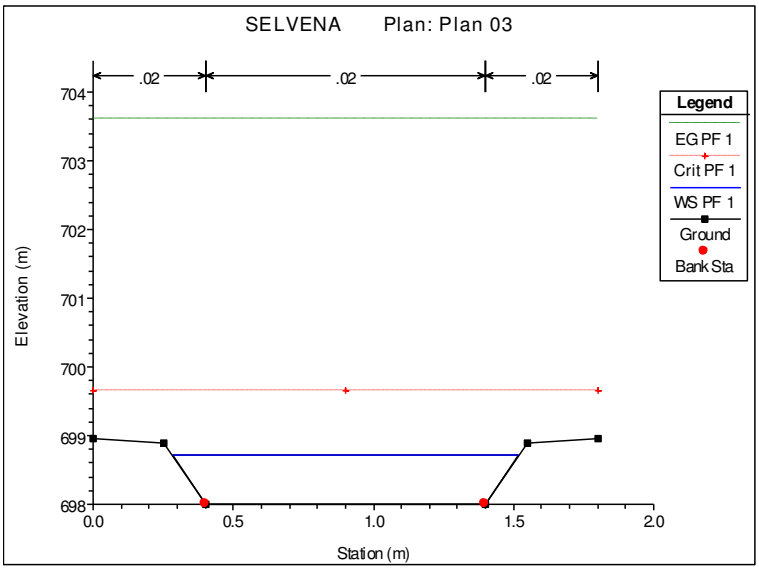
Sezione 17.3 Monte



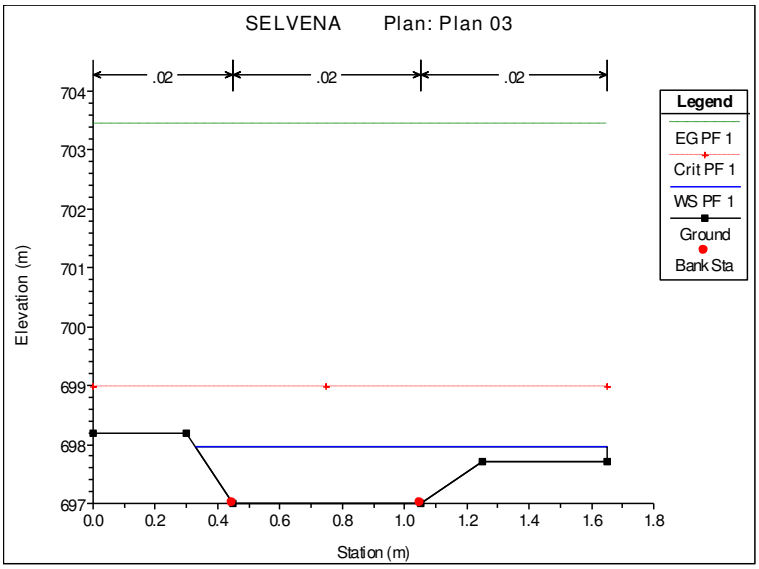
Sezione 17.3 Valle



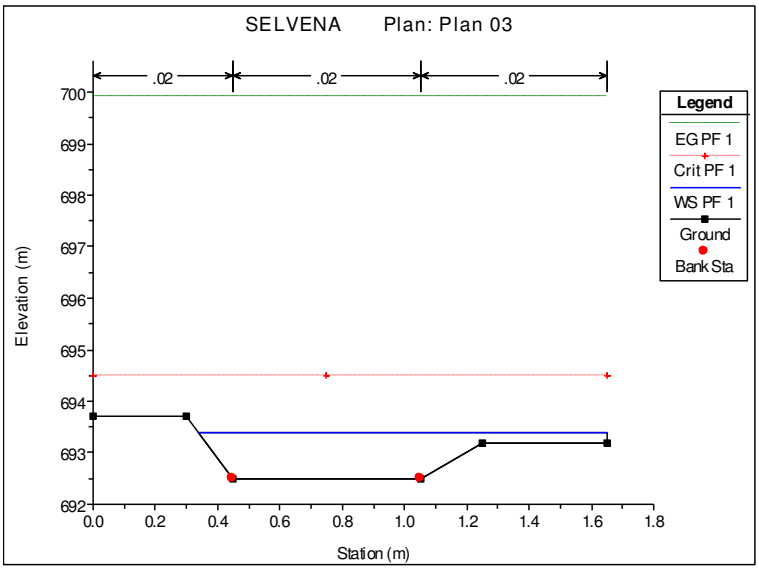
Sezione 17.1



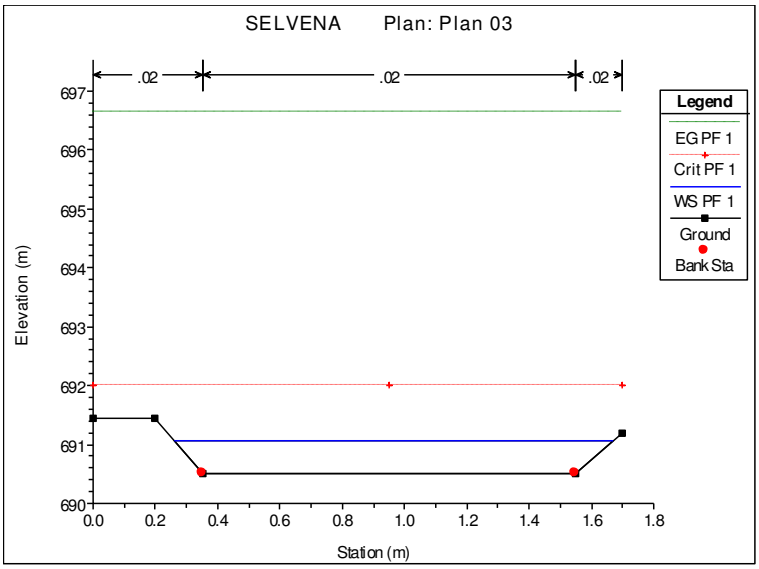
Sezione 17



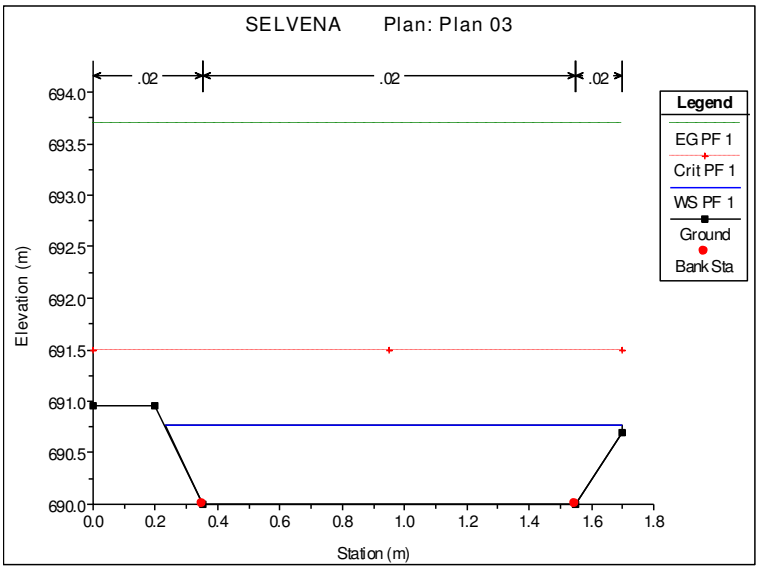
Sezione 16



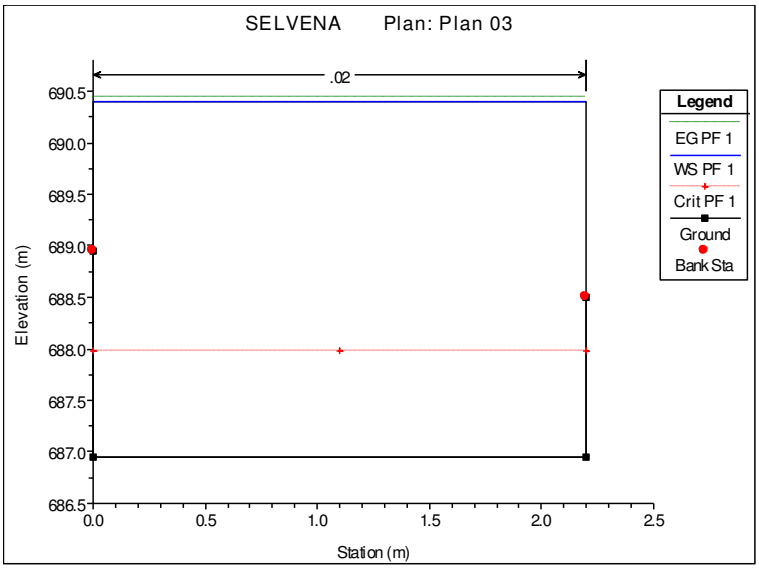
Sezione 15



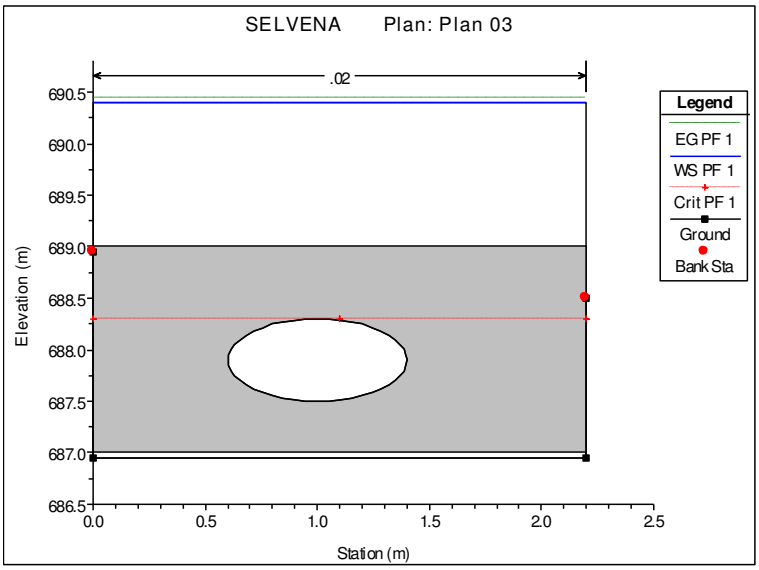
Sezione 14.5



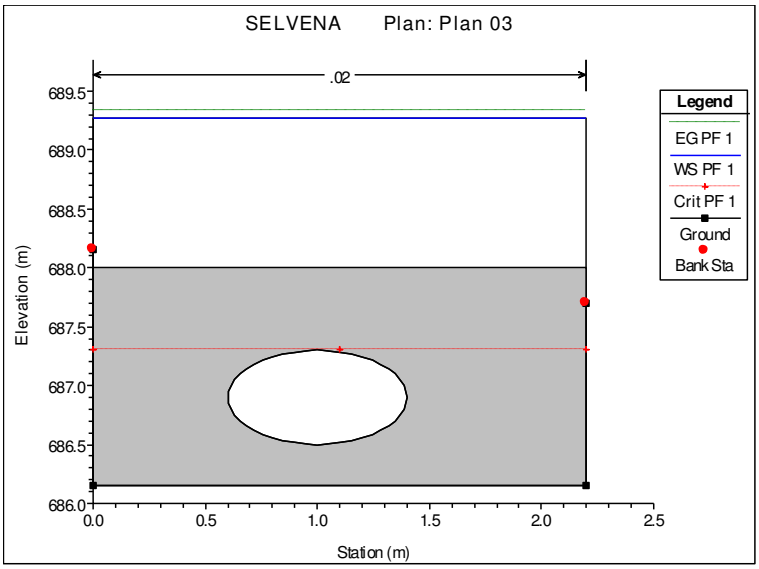
Sezione 14



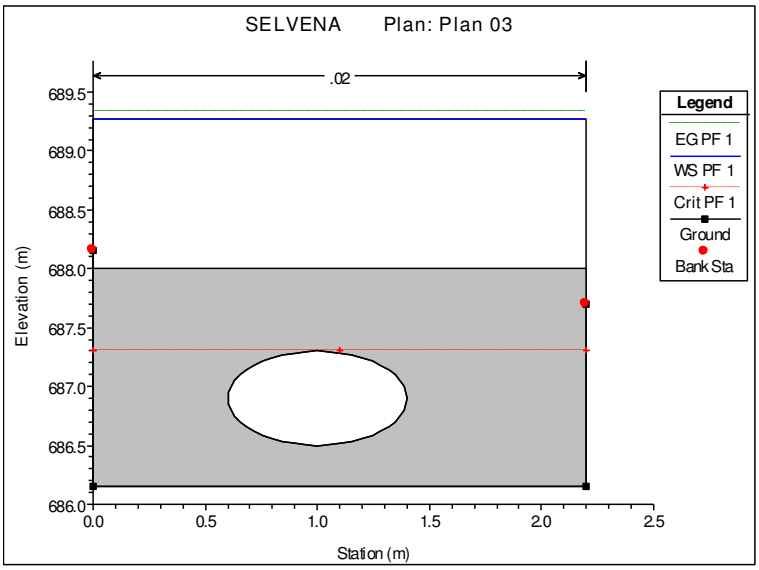
Sezione 13.95 Monte



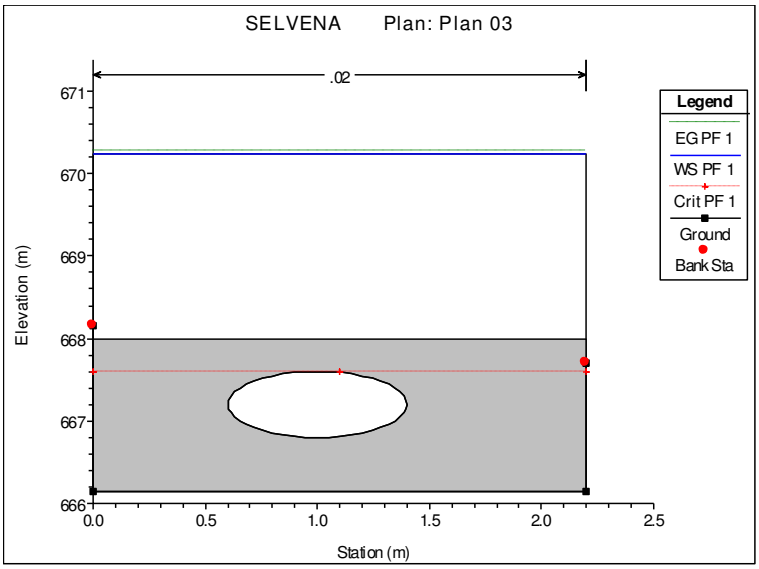
Sezione 13.95 intermedio



Sezione 13.86 intermedio

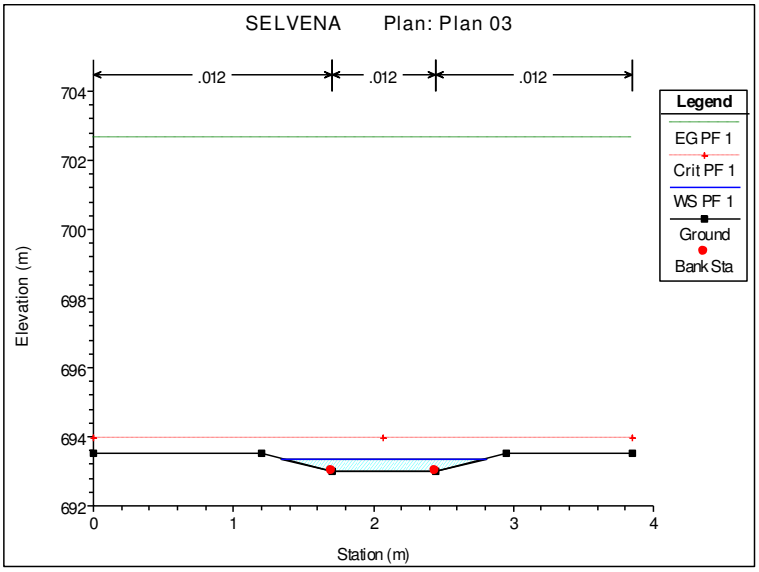


Sezione 13.86 Valle

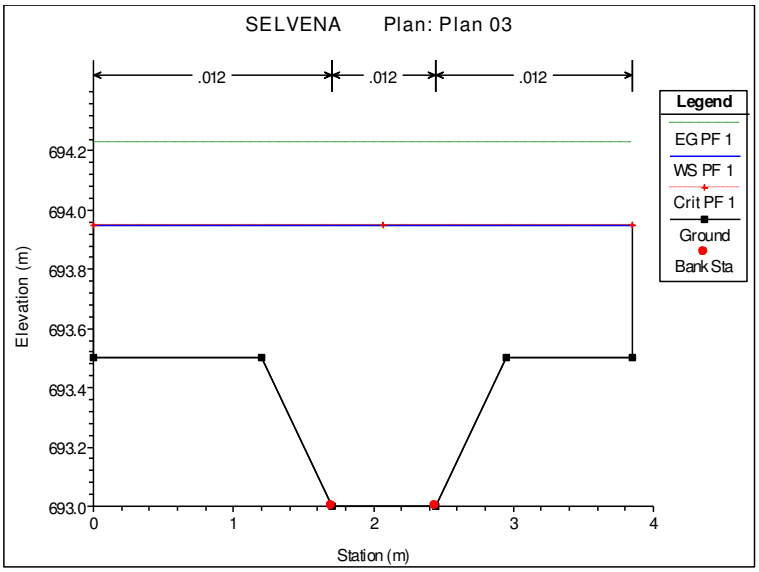


TOMBATO_2

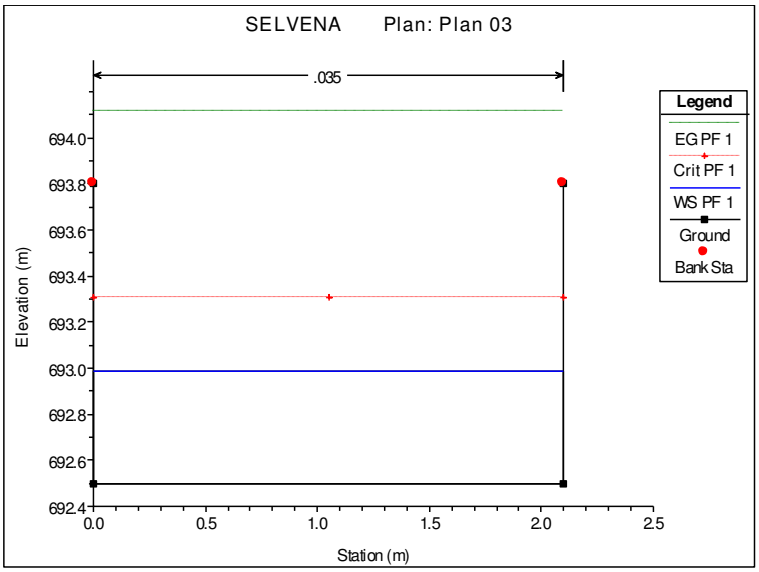
Sezione 8



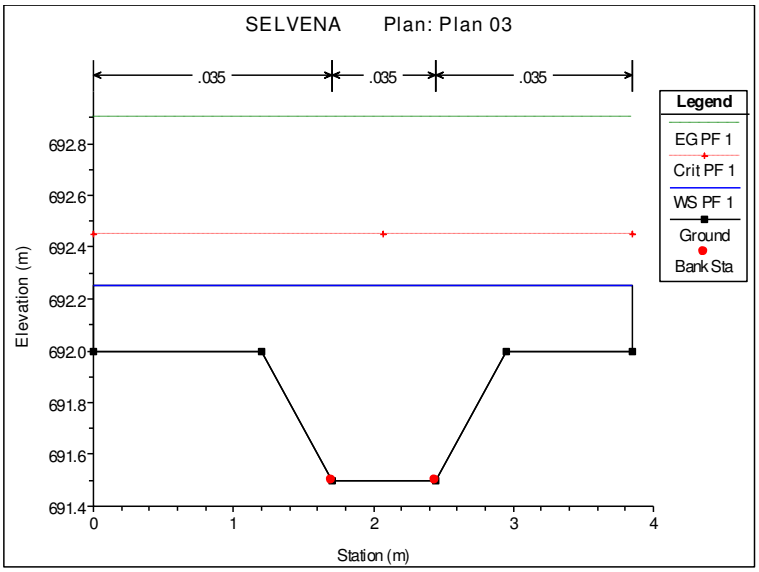
Sezione 7.4



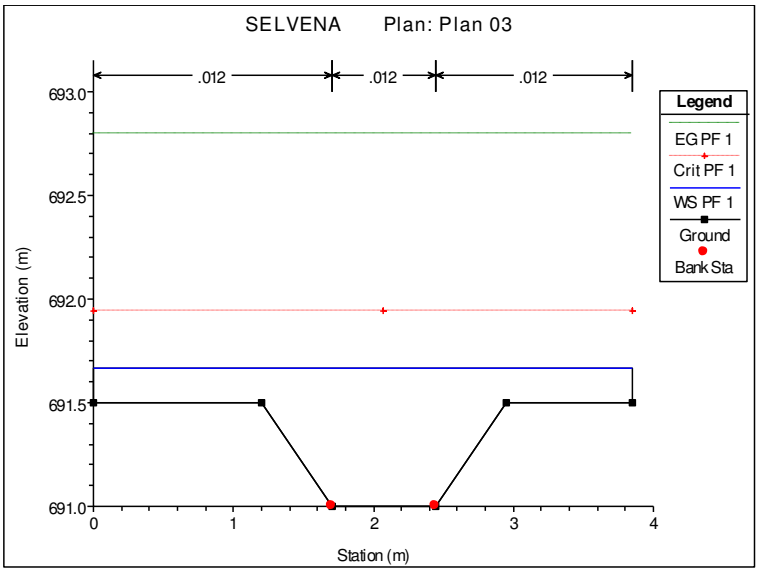
Sezione 7



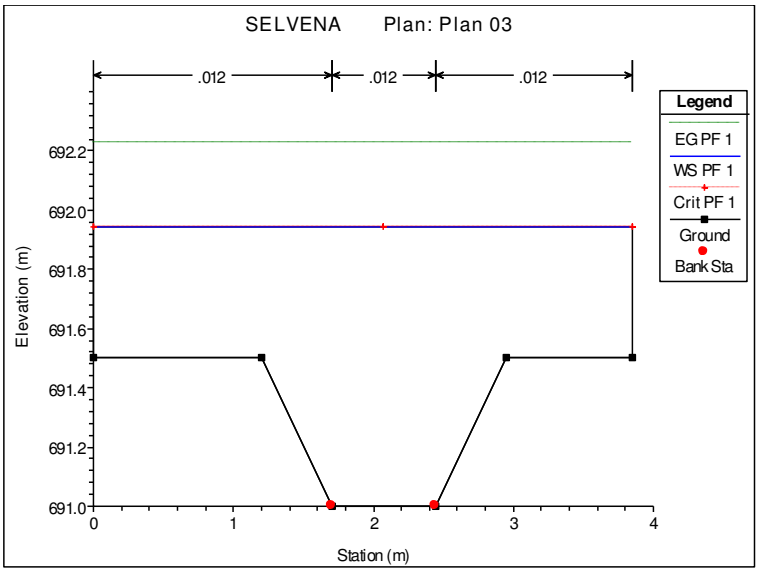
Sezione 5



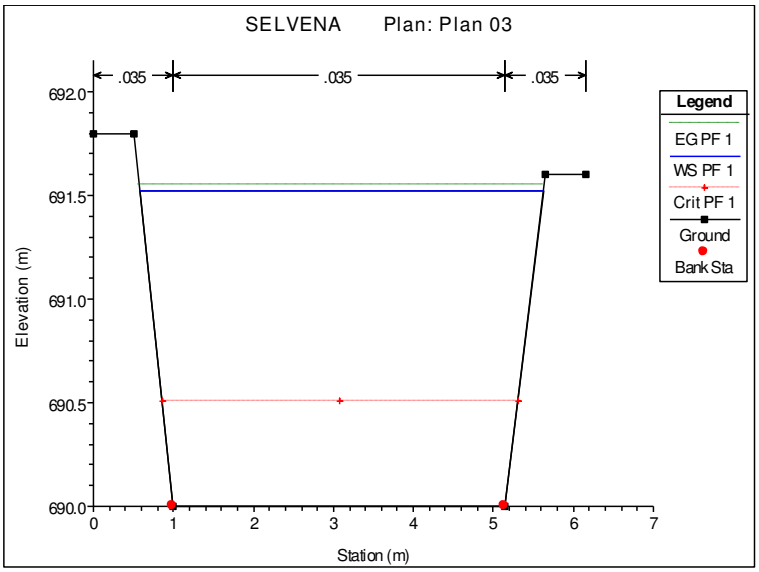
Sezione 4



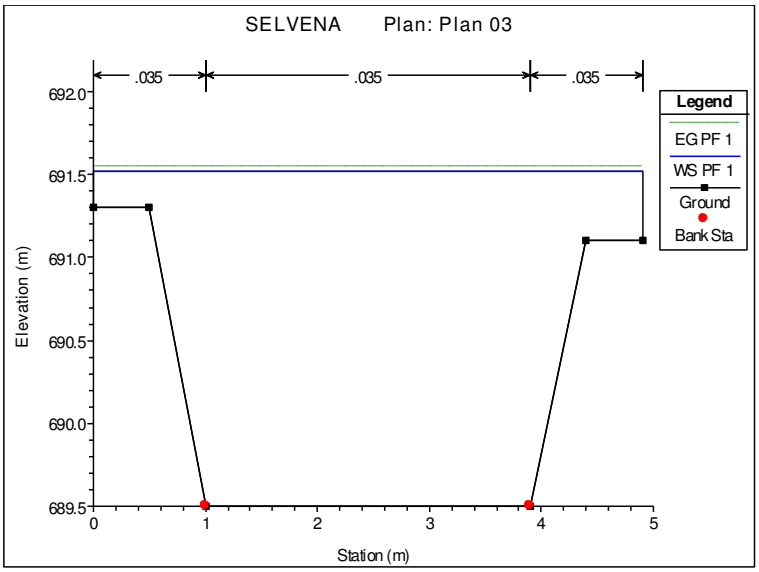
Sezione 3.1



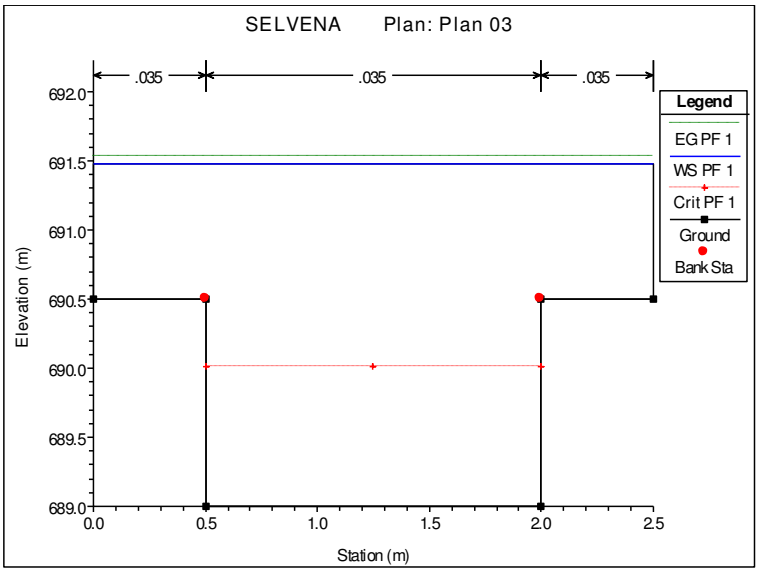
Sezione 3



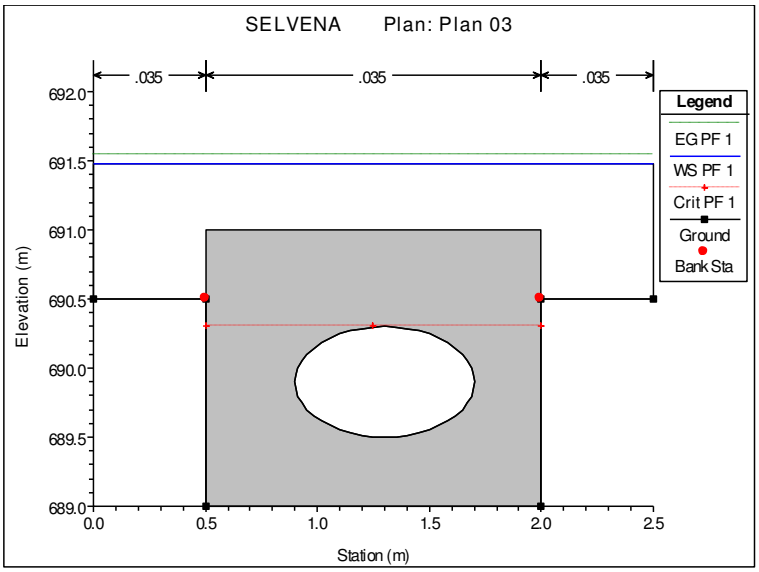
Sezione 2



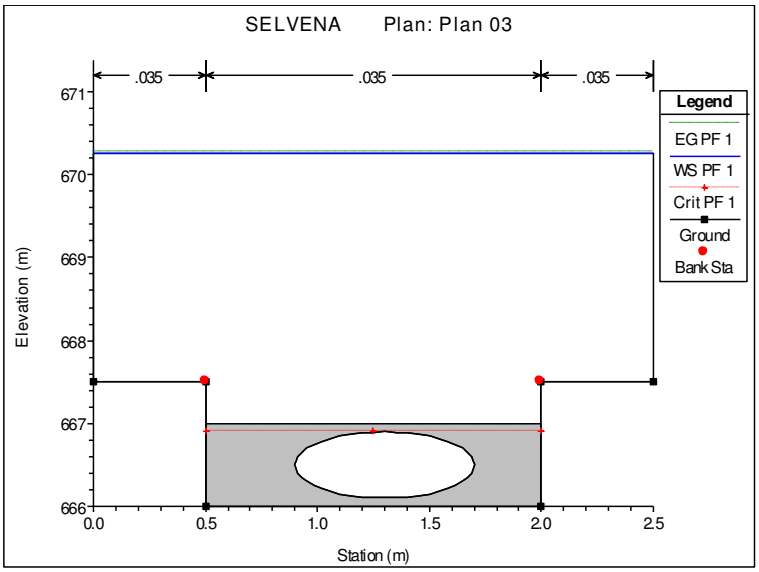
Sezione 1



Sezione 0.5 Monte

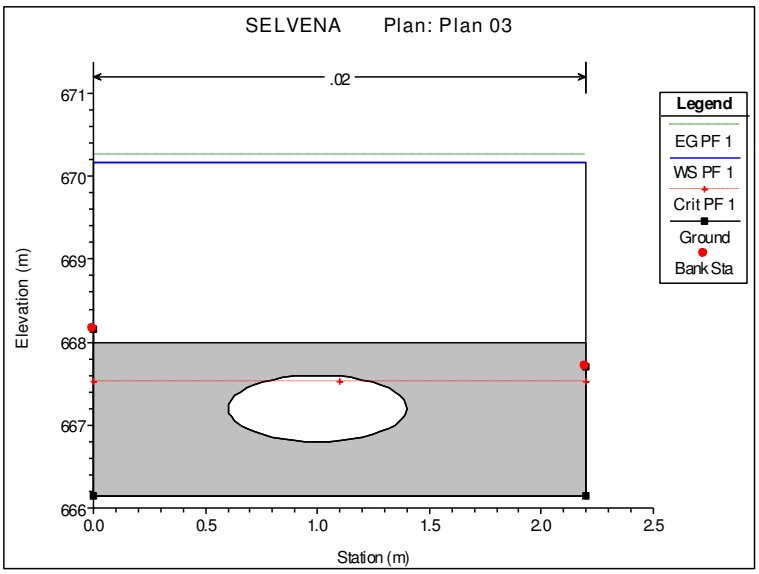


Sezione 0.5 Valle

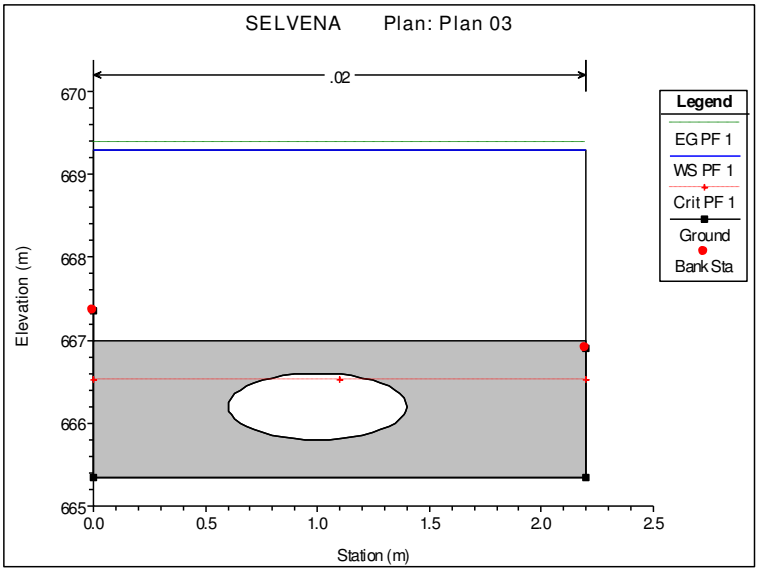


TRATTO_3

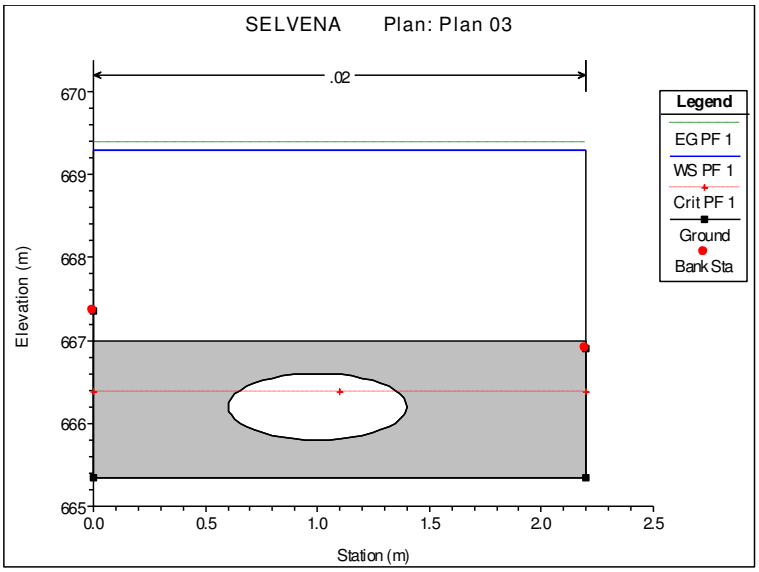
Sezione 13.75 Monte



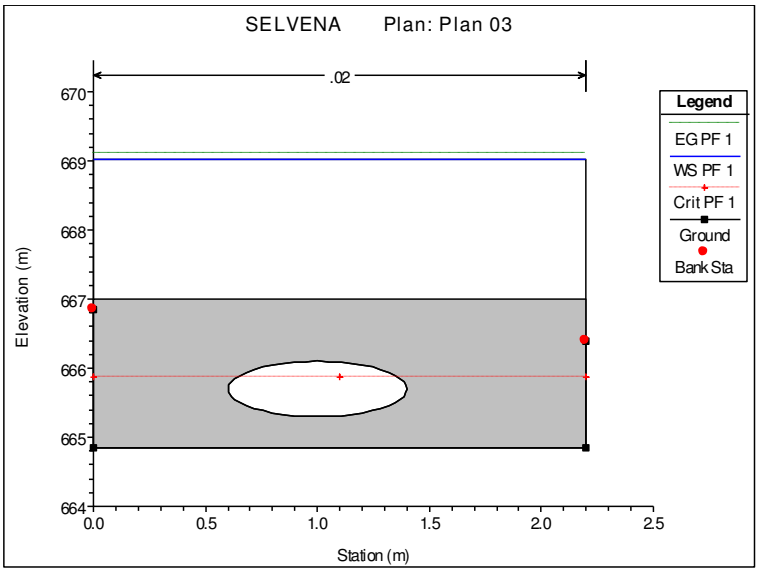
Sezione 13.75 intermedia



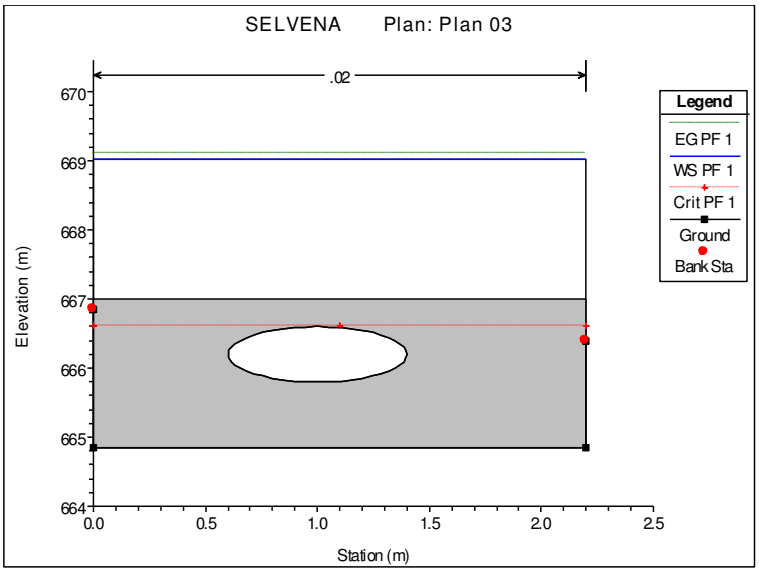
Sezione 13.65 intermedia



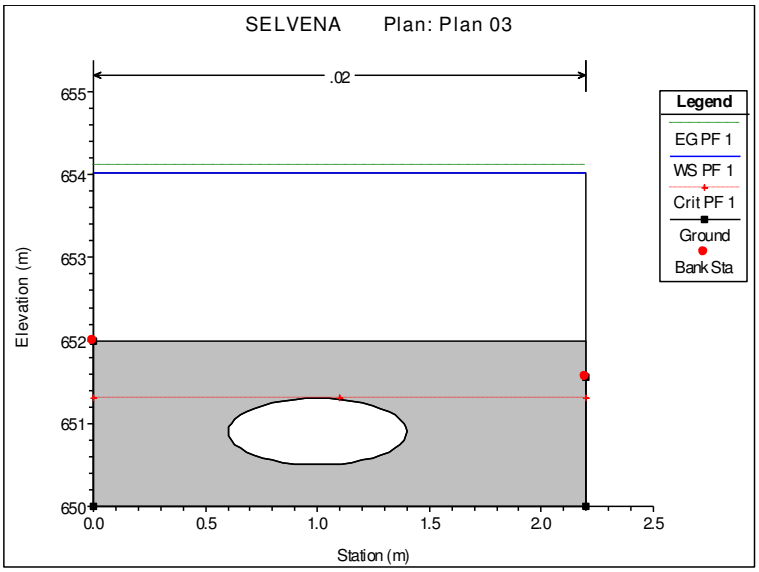
Sezione 13.65 intermedia



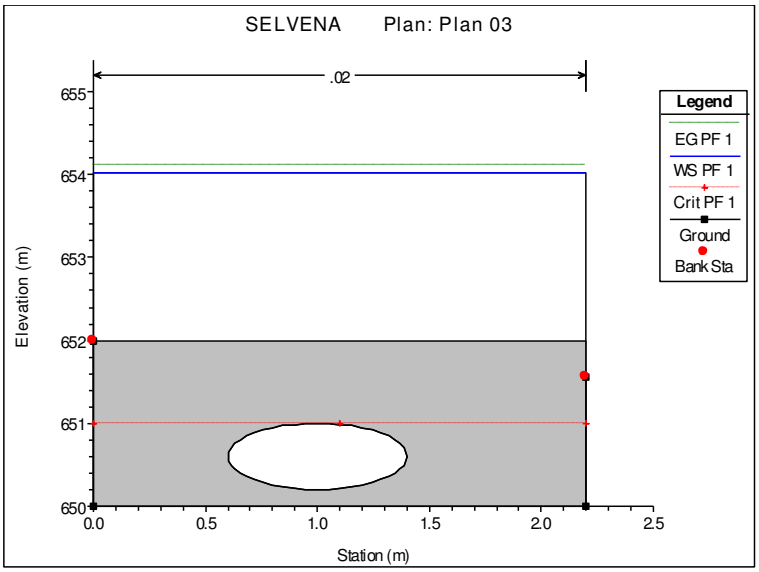
Sezione 13.55 intermedia



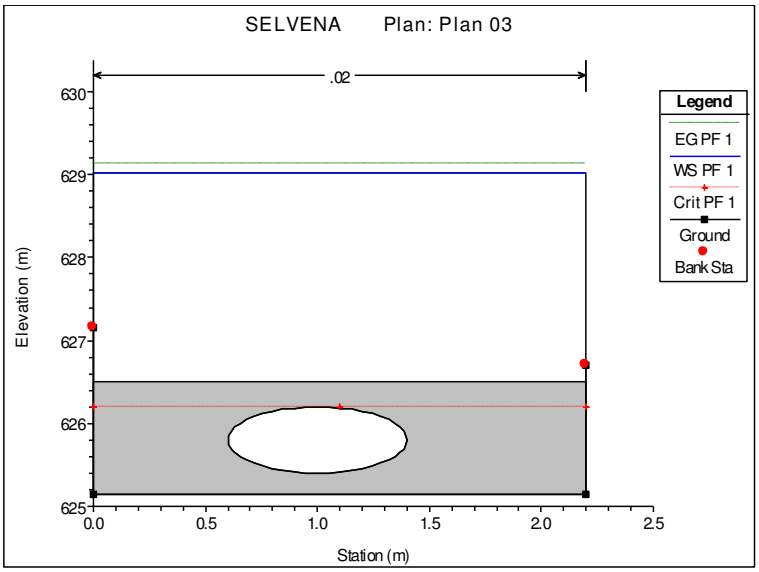
Sezione 13.55 intermedia



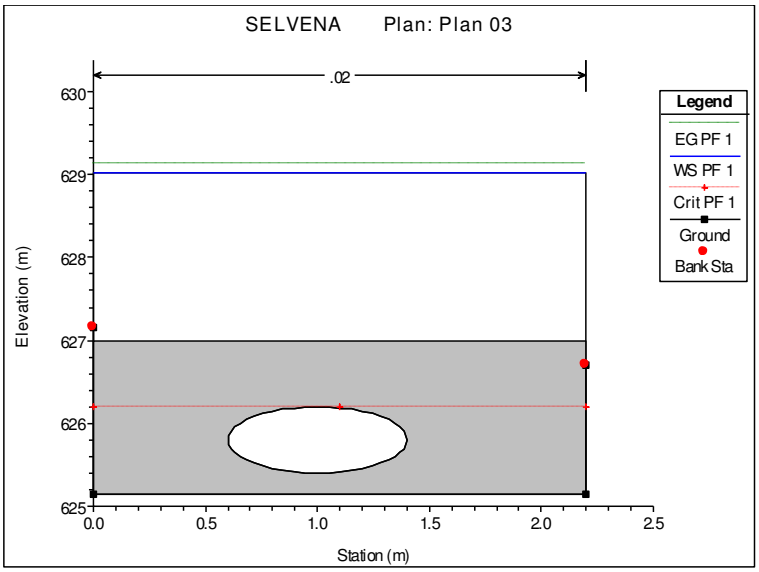
Sezione 13.45 intermedia



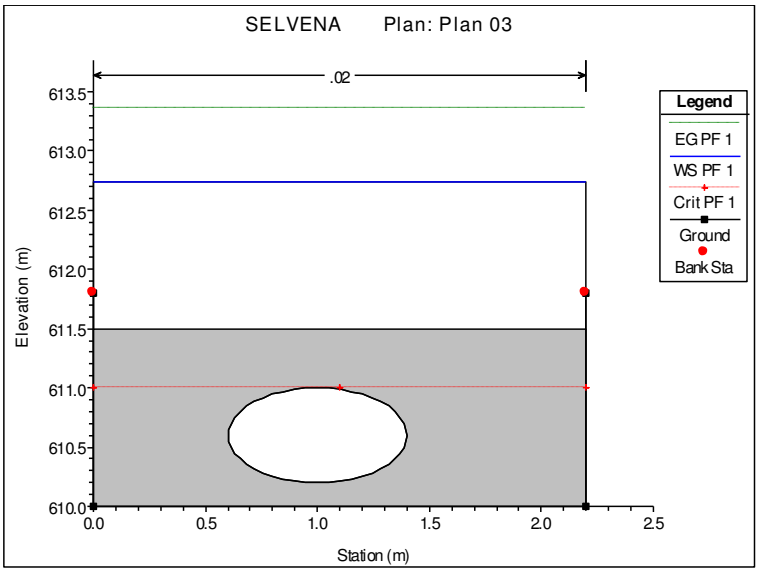
Sezione 13.45 intermedia



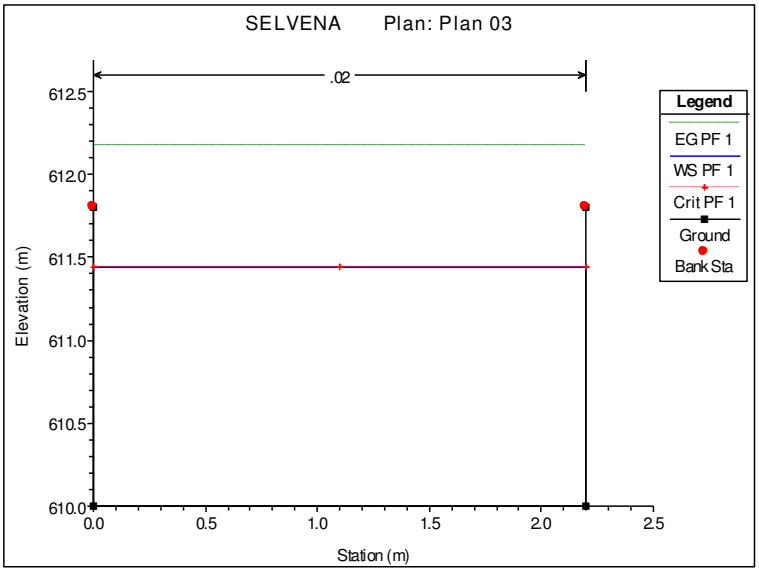
Sezione 13.3 intermedia



Sezione 13.3 intermedia



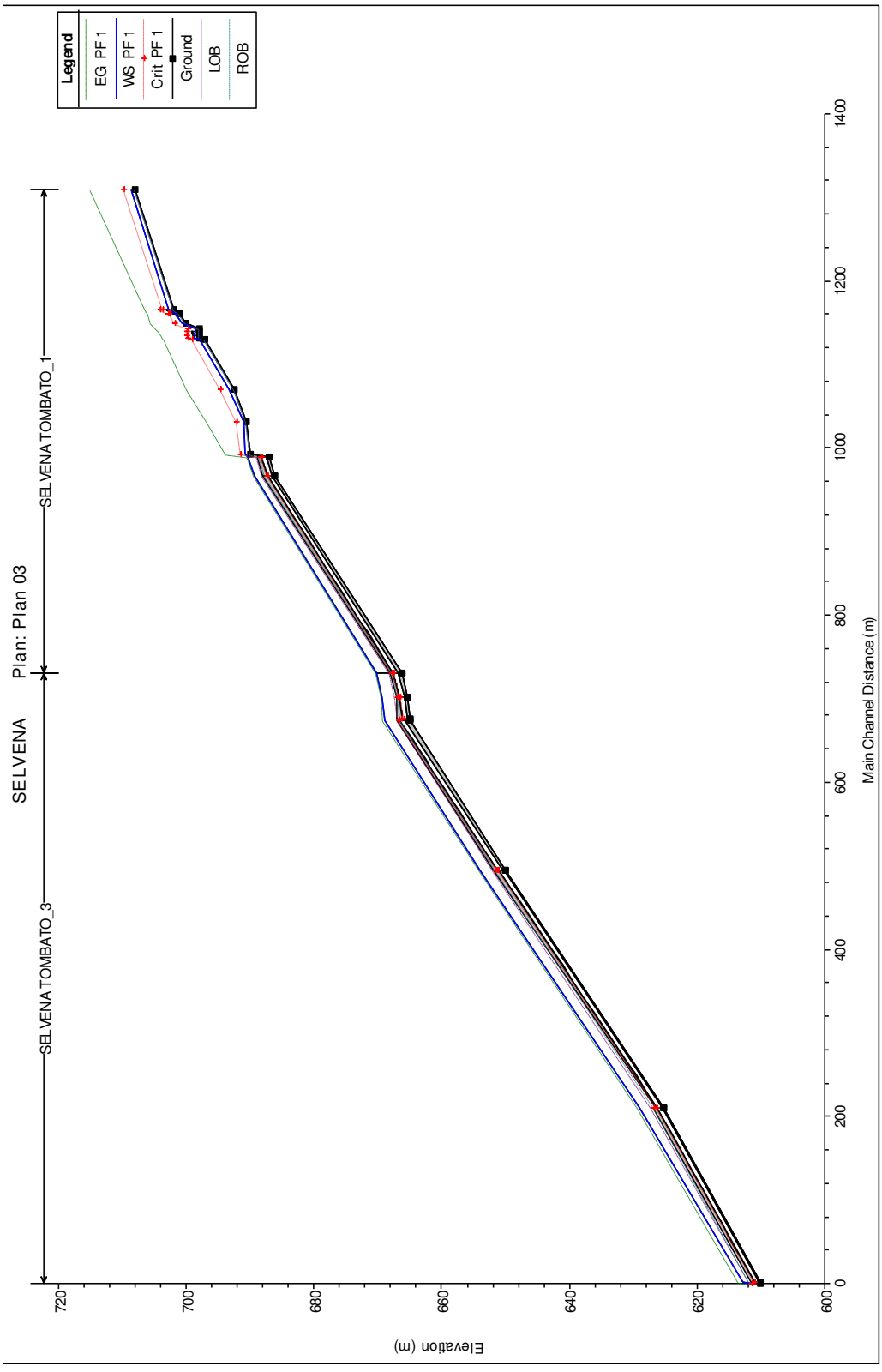
Sezione 13


SELVENA Plan: Plan 03
.02
612.5
612.0
611.5
611.0
610.5
610.0
Elevation (m)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
Station (m)
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta

HEC-RAS Plan: Plan 03 Profile: PF 1

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 # Ch
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
TOMBATO_1	21	PF 1	7.19	708.00	708.63	709.63	714.90	0.093044	11.20	0.70	1.21	4.51
TOMBATO_1	20	PF 1	7.19	702.00	702.84	703.64	706.28	0.034800	8.32	0.96	1.28	2.89
TOMBATO_1	19.5		Bridge									
TOMBATO_1	19	PF 1	7.19	701.00	701.76	702.64	705.97	0.048409	9.19	0.86	1.25	3.38
TOMBATO_1	18	PF 1	7.19	700.00	700.73	701.64	705.40	0.057447	9.68	0.81	1.24	3.63
TOMBATO_1	17.5	PF 1	7.19	698.00	698.64	699.64	704.70	0.087929	11.01	0.71	1.21	4.39
TOMBATO_1	17.3		Bridge									
TOMBATO_1	17.1	PF 1	7.19	698.00	698.71	699.64	703.61	0.062179	9.92	0.79	1.24	3.76
TOMBATO_1	17	PF 1	7.19	697.00	697.96	698.99	703.44	0.051050	10.99	0.86	1.32	3.58
TOMBATO_1	16	PF 1	7.19	692.50	693.40	694.49	699.90	0.064946	11.89	0.78	1.31	4.00
TOMBATO_1	15	PF 1	7.19	690.50	691.06	692.00	696.64	0.097034	10.55	0.73	1.41	4.51
TOMBATO_1	14.5	PF 1	7.19	690.00	690.76	691.50	693.70	0.033958	7.68	1.02	1.47	2.81
TOMBATO_1	14	PF 1	7.19	686.95	690.39	687.98	690.44	0.000459	0.95	7.58	2.20	0.16
TOMBATO_1	13.95		Culvert									
TOMBATO_1	13.9	PF 1	7.19	686.15	689.28	687.18	689.33	0.000575	1.04	6.88	2.20	0.19
TOMBATO_1	13.86		Culvert									
TOMBATO_1	13.81	PF 1	7.19	666.15	670.24		670.27	0.000309	0.80	8.99	2.20	0.13
TOMBATO_2	8	PF 1	4.80	693.00	693.35	693.95	702.64	0.122042	14.58	0.39	1.46	7.82
TOMBATO_2	7.5		Bridge									
TOMBATO_2	7.4	PF 1	4.80	693.00	693.95	693.95	694.23	0.001413	3.02	2.35	3.85	0.99
TOMBATO_2	7	PF 1	4.80	692.50	692.98	693.31	694.12	0.118768	4.72	1.02	2.10	2.16
TOMBATO_2	5	PF 1	4.80	691.50	692.25	692.45	692.90	0.035487	4.46	1.61	3.85	1.64
TOMBATO_2	4	PF 1	4.80	691.00	691.66	691.94	692.79	0.008140	5.73	1.26	3.85	2.24
TOMBATO_2	3.2		Bridge									
TOMBATO_2	3.1	PF 1	4.80	691.00	691.94	691.94	692.23	0.001431	3.04	2.34	3.85	1.00
TOMBATO_2	3	PF 1	4.80	690.00	691.52	690.51	691.55	0.000381	0.74	7.00	5.05	0.19
TOMBATO_2	2	PF 1	4.80	689.50	691.52		691.54	0.000283	0.77	7.33	4.90	0.17
TOMBATO_2	1	PF 1	4.80	689.00	691.48	690.01	691.54	0.002014	1.13	4.69	2.50	0.23
TOMBATO_2	0.5		Culvert									
TOMBATO_2	0.1	PF 1	4.80	666.00	670.25		670.27	0.000305	0.63	9.14	2.50	0.10
TOMBATO_3	13.91	PF 1	11.99	666.15	670.17	667.59	670.26	0.000893	1.36	8.85	2.20	0.22
TOMBATO_3	13.75		Culvert									
TOMBATO_3	13.7	PF 1	11.99	665.35	669.29	666.79	669.38	0.000938	1.38	8.66	2.20	0.22
TOMBATO_3	13.65		Culvert									
TOMBATO_3	13.6	PF 1	11.99	664.85	669.03	666.29	669.12	0.000818	1.30	9.20	2.20	0.20
TOMBATO_3	13.55		Culvert									
TOMBATO_3	13.5	PF 1	11.99	650.00	654.01	651.44	654.11	0.000897	1.36	8.83	2.20	0.22
TOMBATO_3	13.45		Culvert									
TOMBATO_3	13.4	PF 1	11.99	625.15	629.02	626.59	629.12	0.000974	1.41	8.52	2.20	0.23
TOMBATO_3	13.3		Culvert									
TOMBATO_3	13	PF 1	11.99	610.00	611.44	611.44	612.17	0.010726	3.78	3.17	2.20	1.01

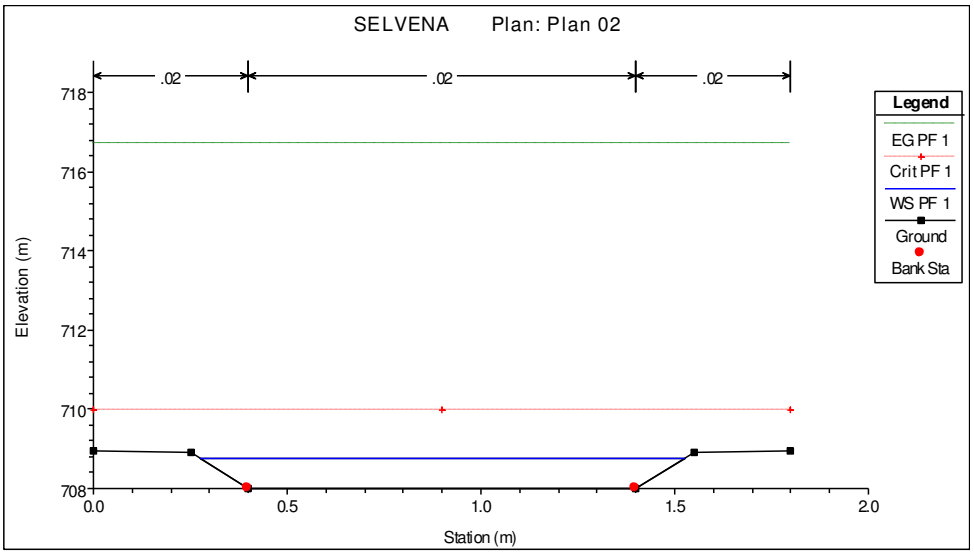
PROFILO TRATTO 1 - 3



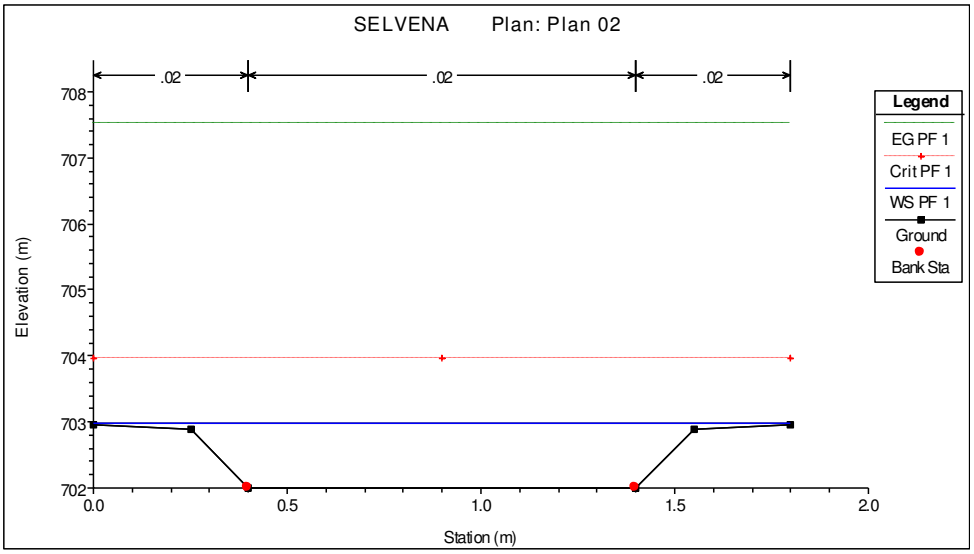
Tr 200

TOMBATO 1

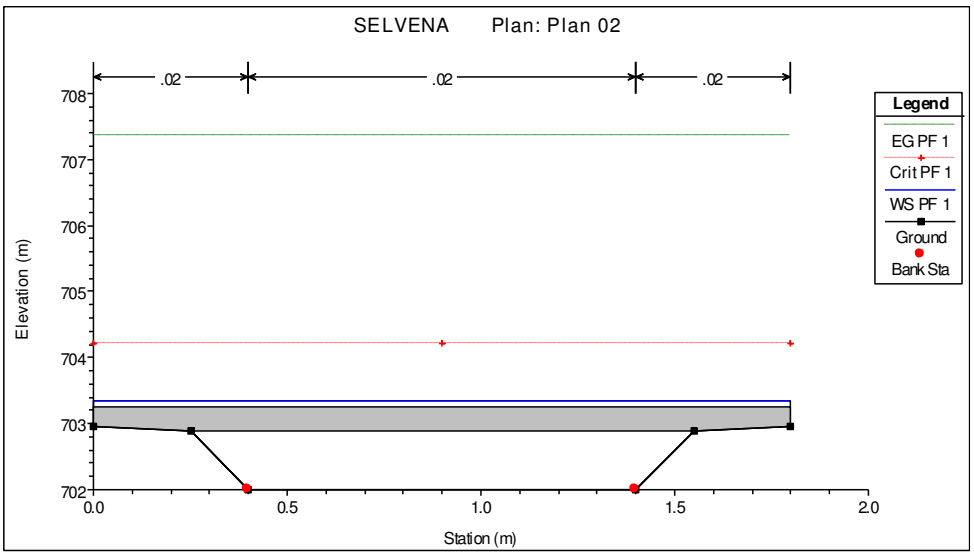
Sezione 21 Monte



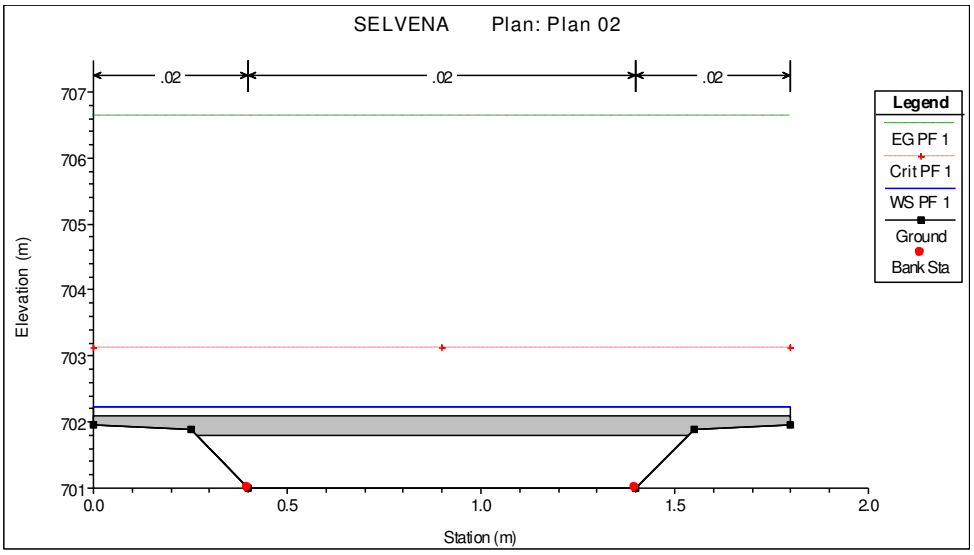
Sezione 20



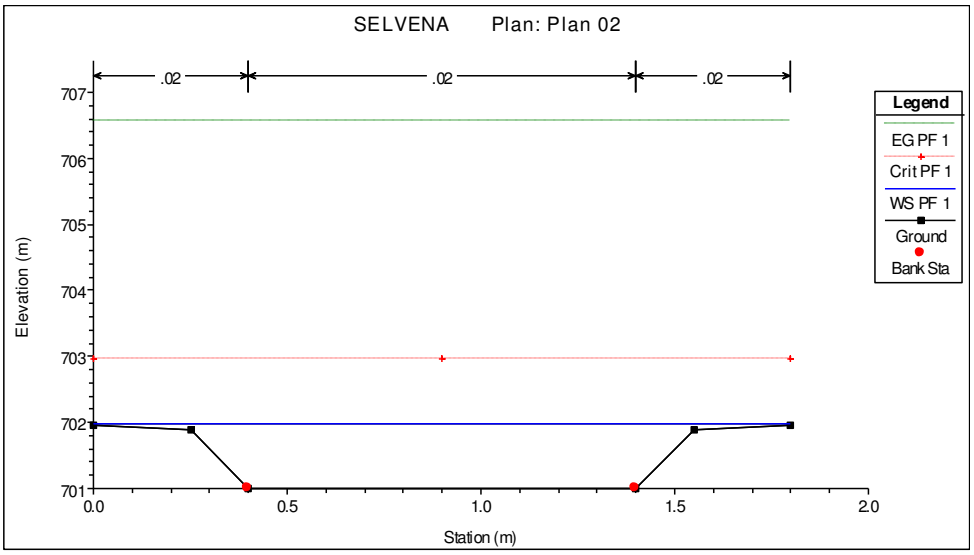
Sezione 19.5 Monte



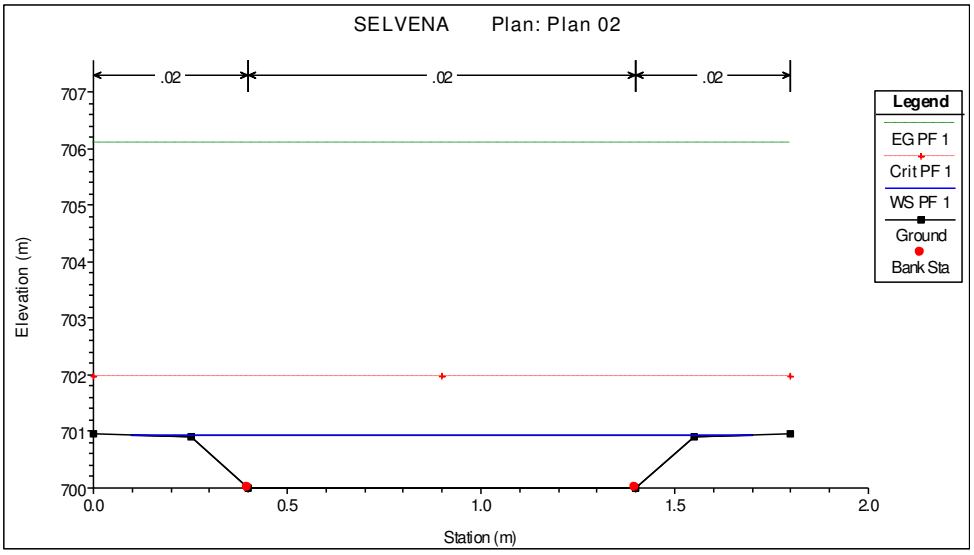
Sezione 19.5 Valle



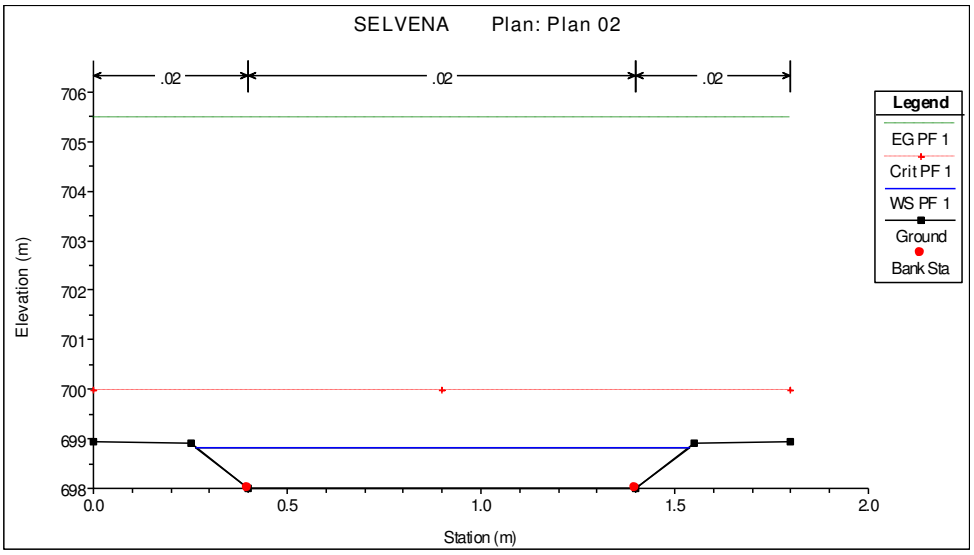
Sezione 19



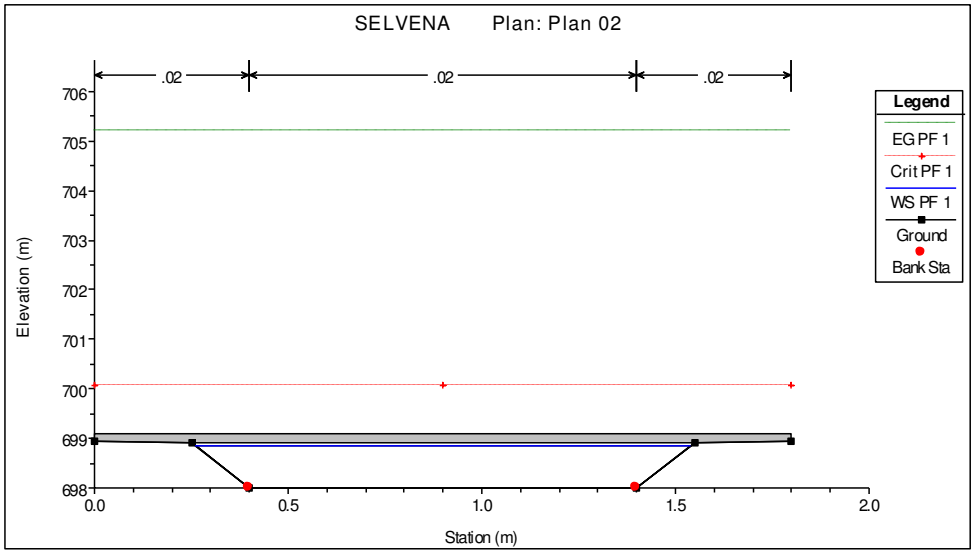
Sezione 18



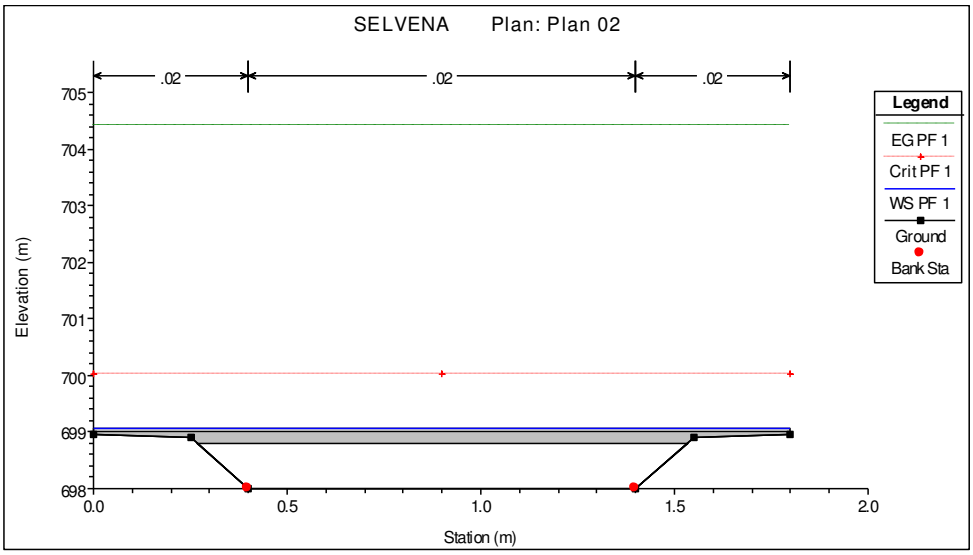
Sezione 17.5



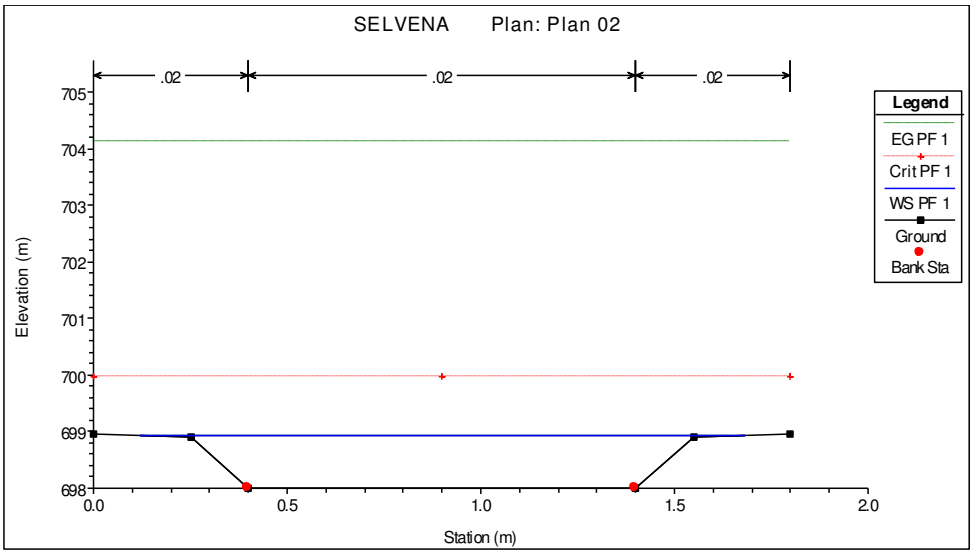
Sezione 17.5 Monte



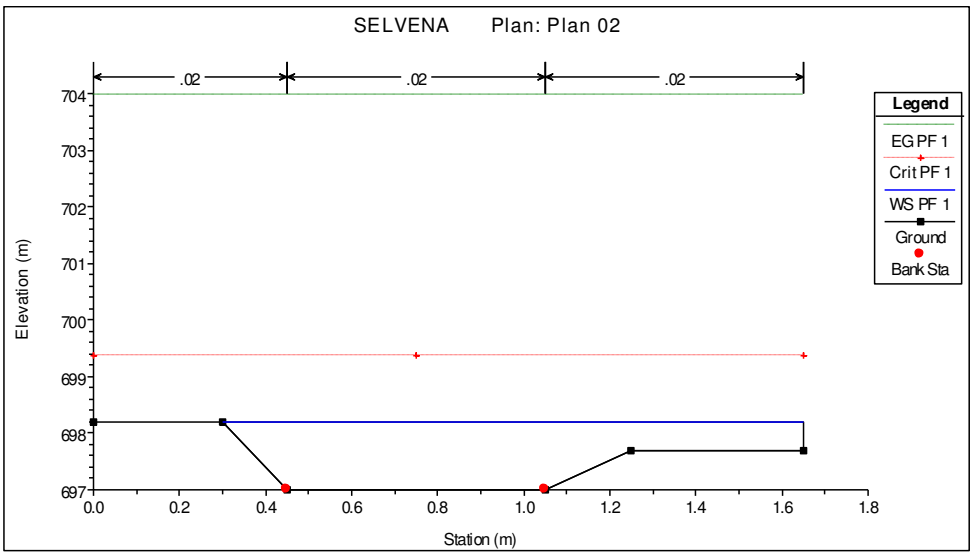
Sezione 17.5 Valle



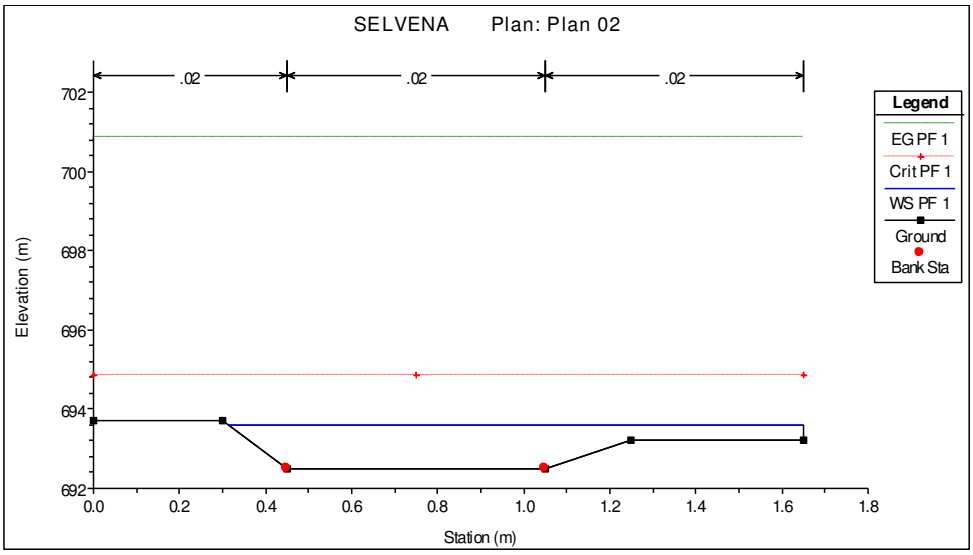
Sezione 17.1



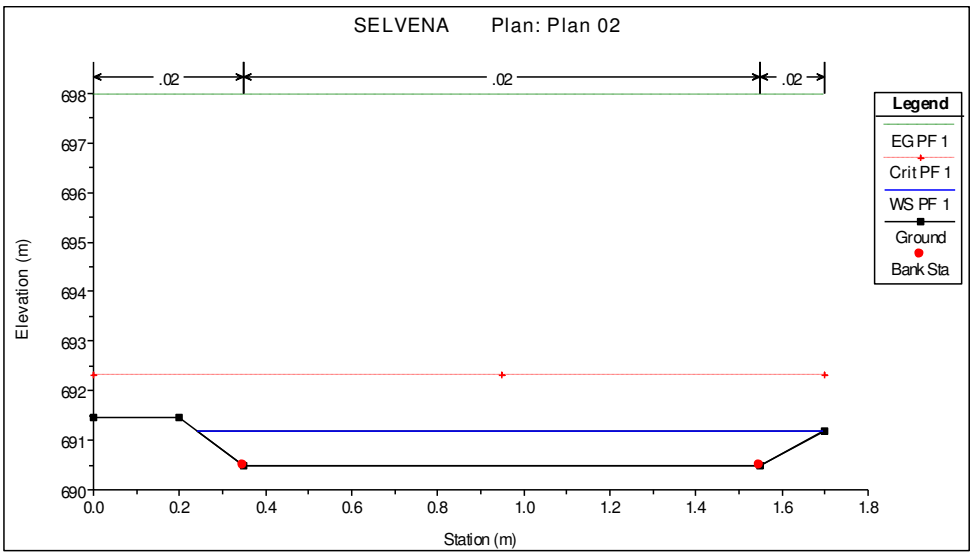
Sezione 17



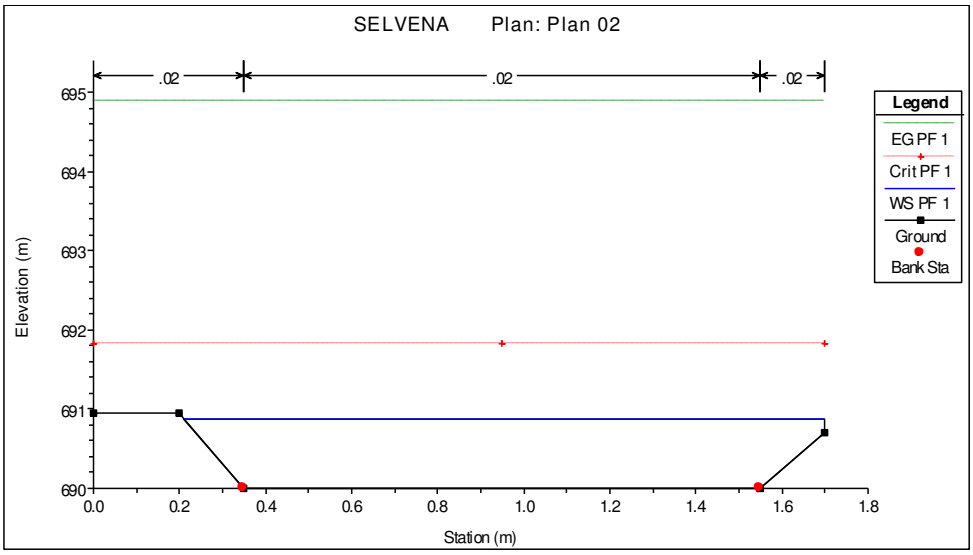
Sezione 16



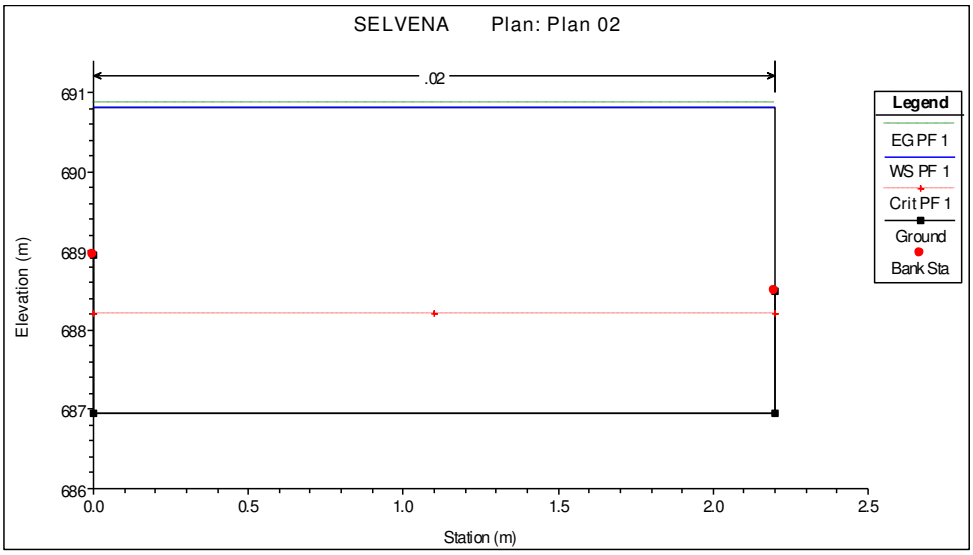
Sezione 15



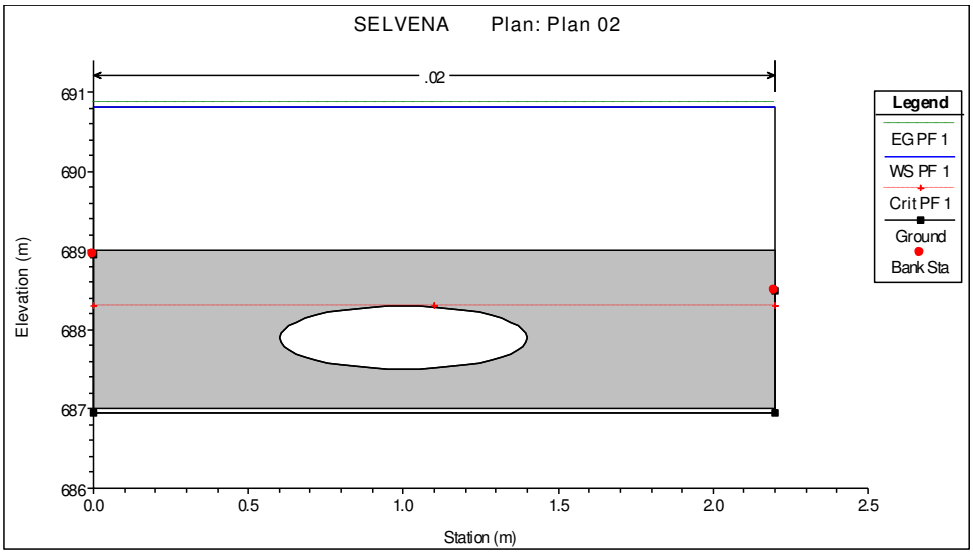
Sezione 14.5



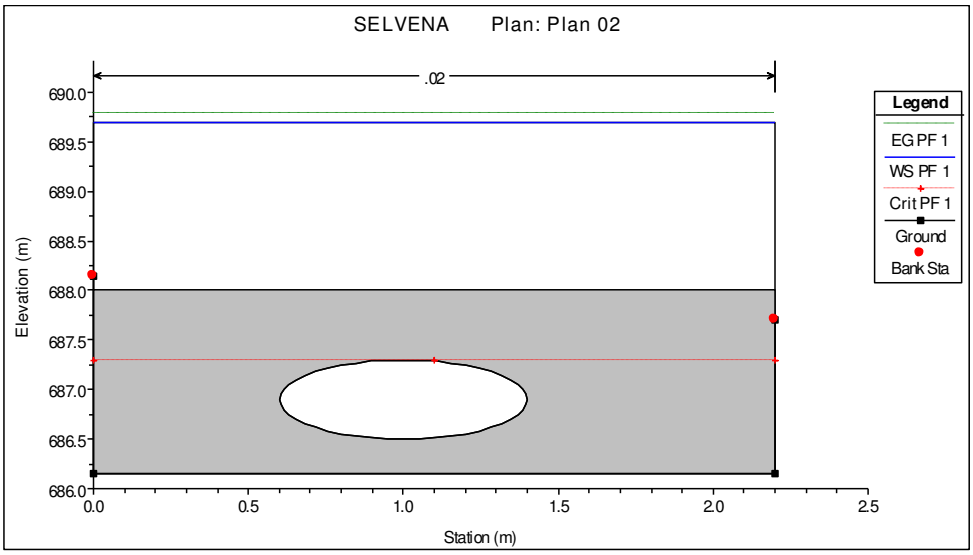
Sezione 14



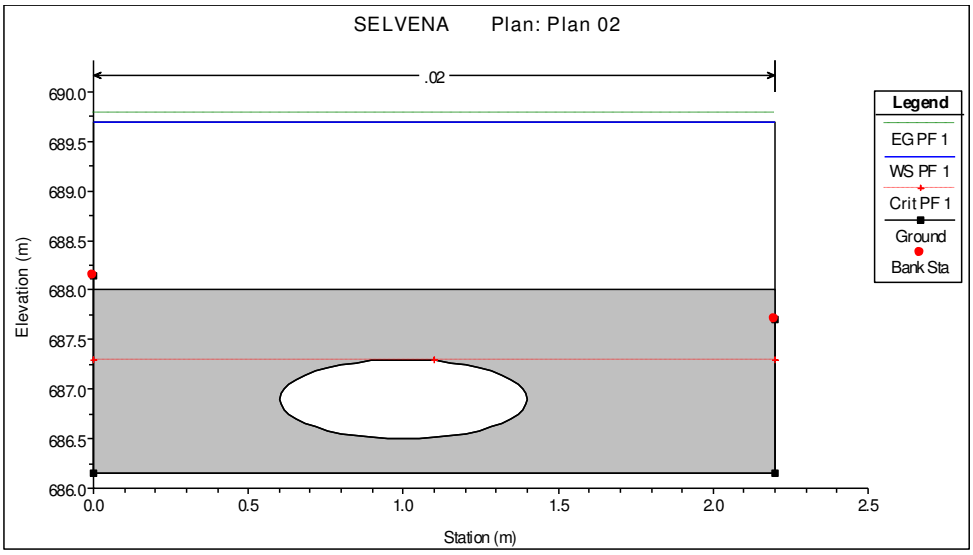
Sezione 13.95 Monte



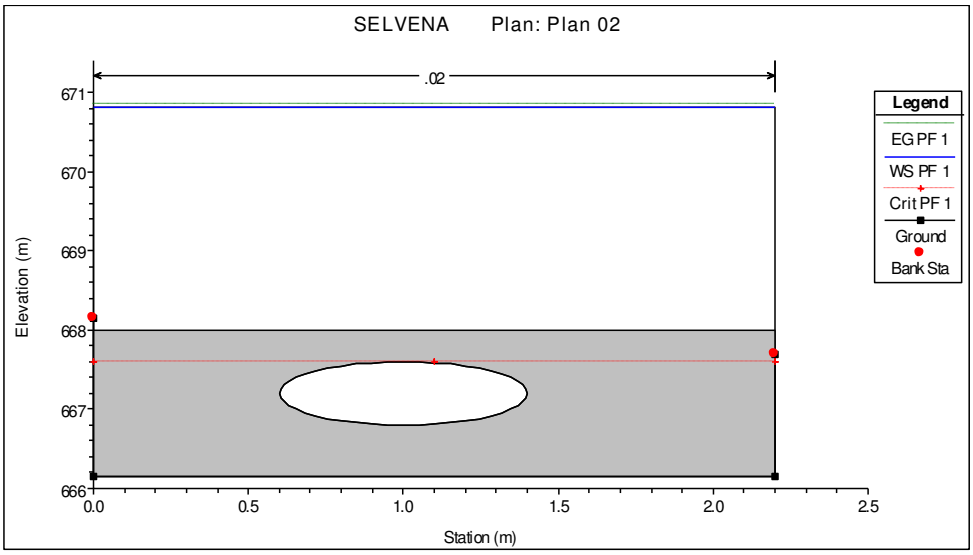
Sezione 13.95 intermedio



Sezione 13.86 intermedio

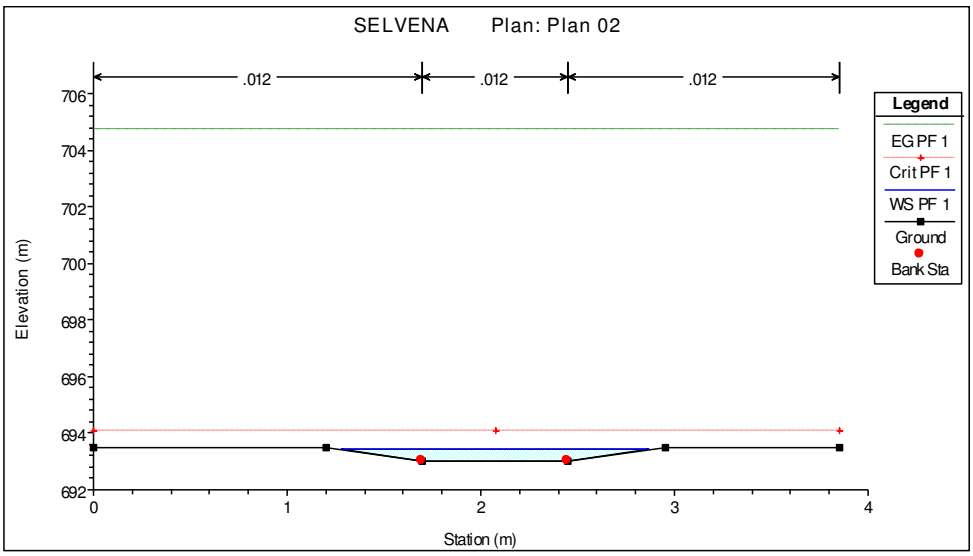


Sezione 13.86 Valle

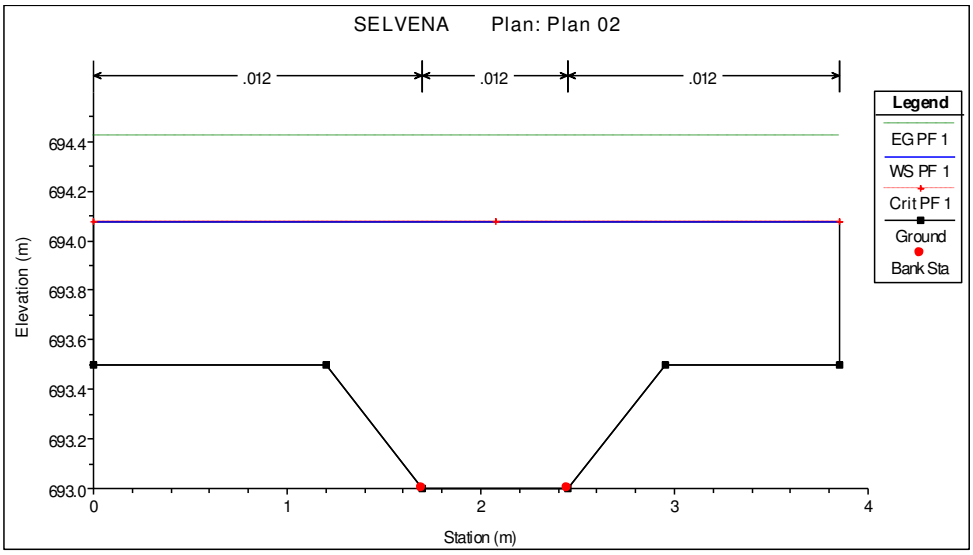


TRATTO_2

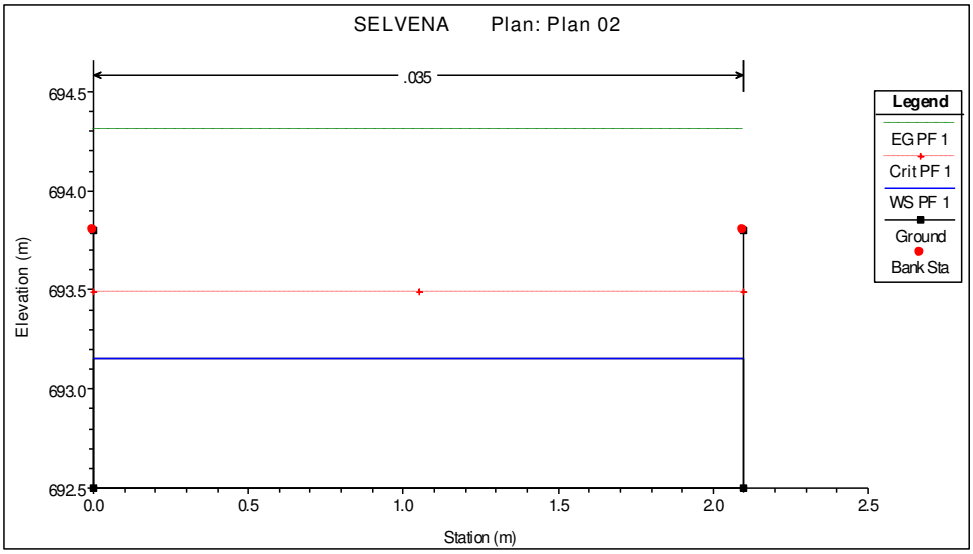
Sezione 8 Monte



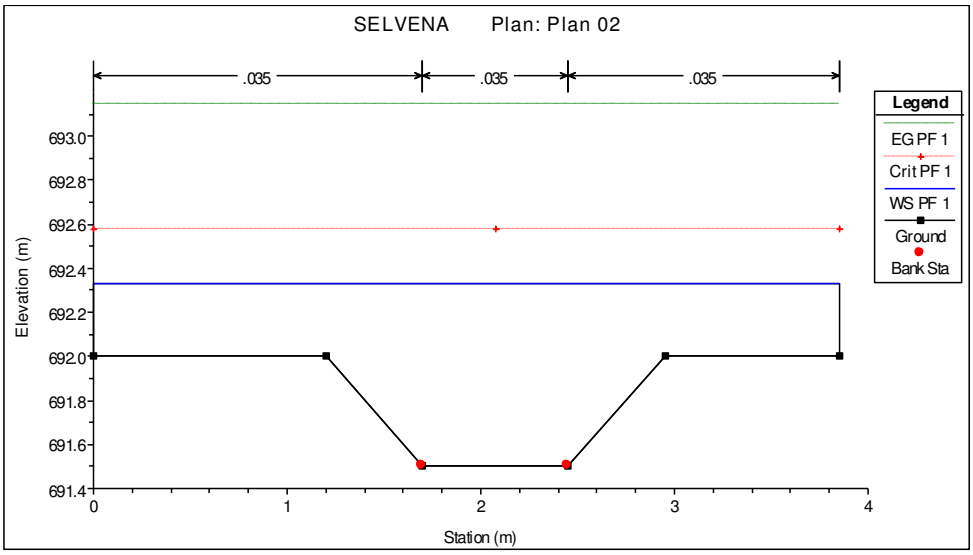
Sezione 7.4



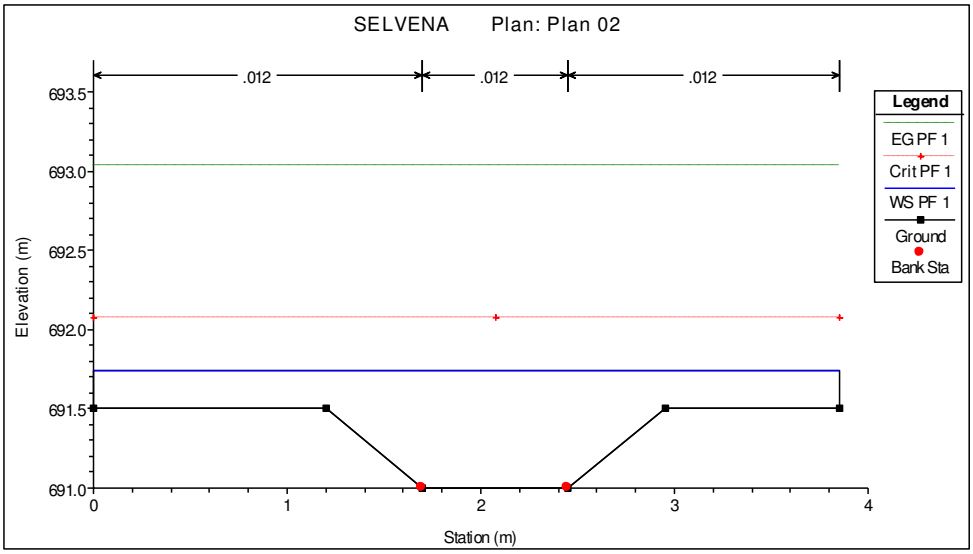
Sezione 7



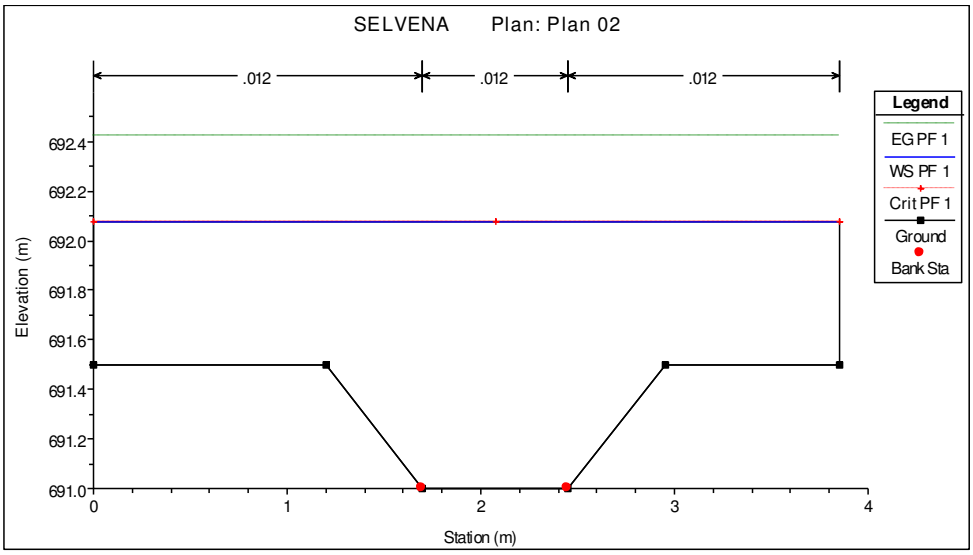
Sezione 5



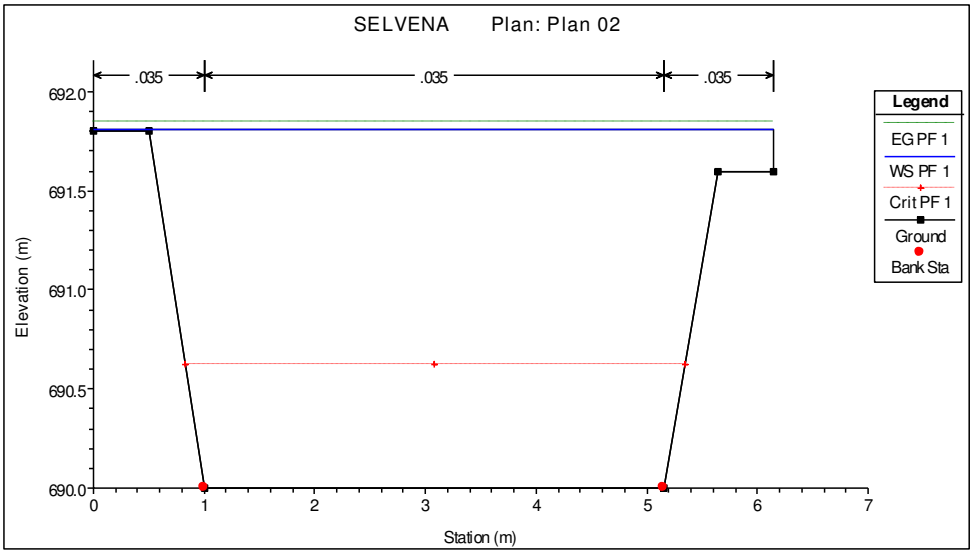
Sezione 4



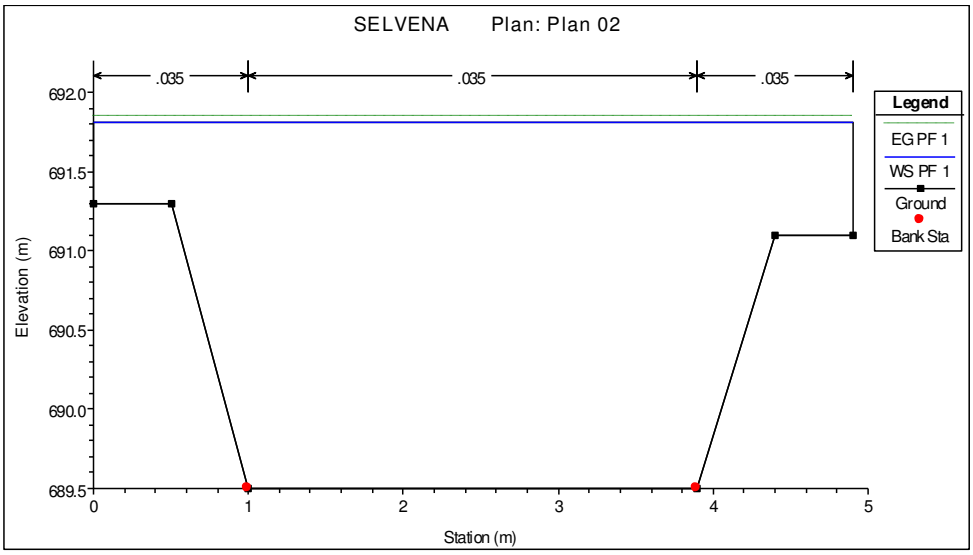
Sezione 3.1



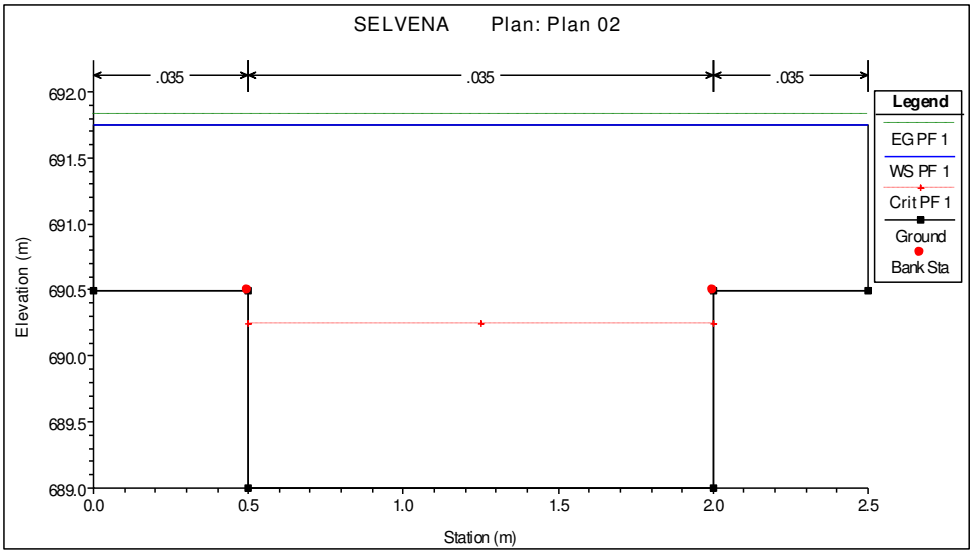
Sezione 3



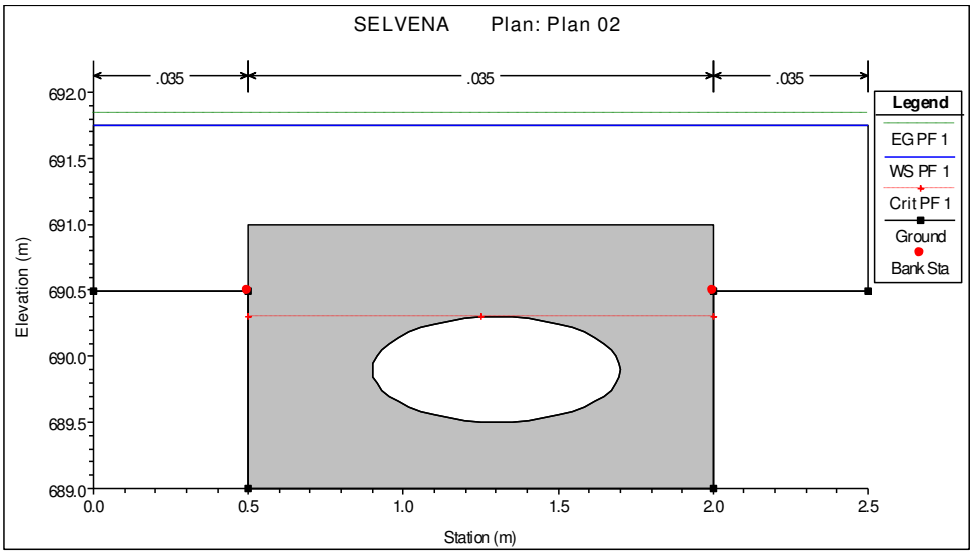
Sezione 2



Sezione 1

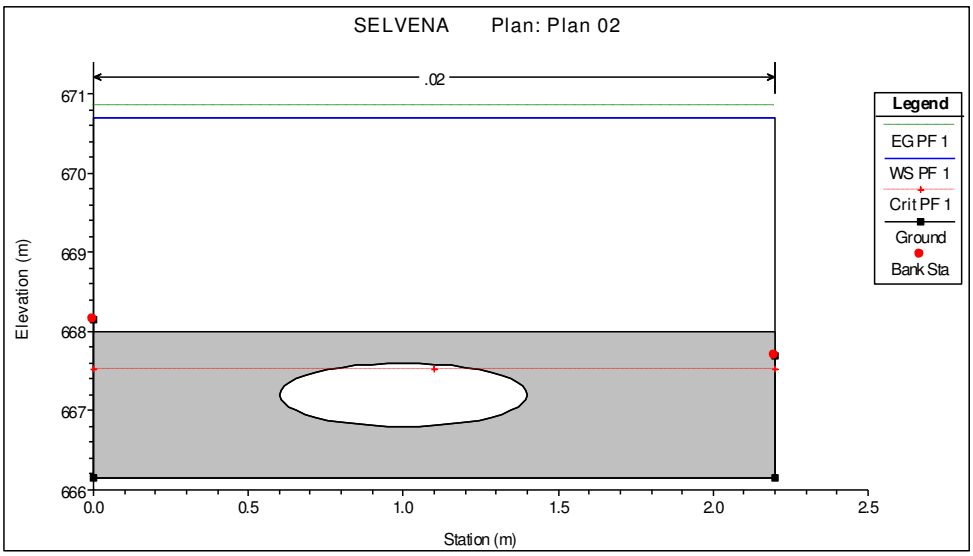


Sezione 0.5

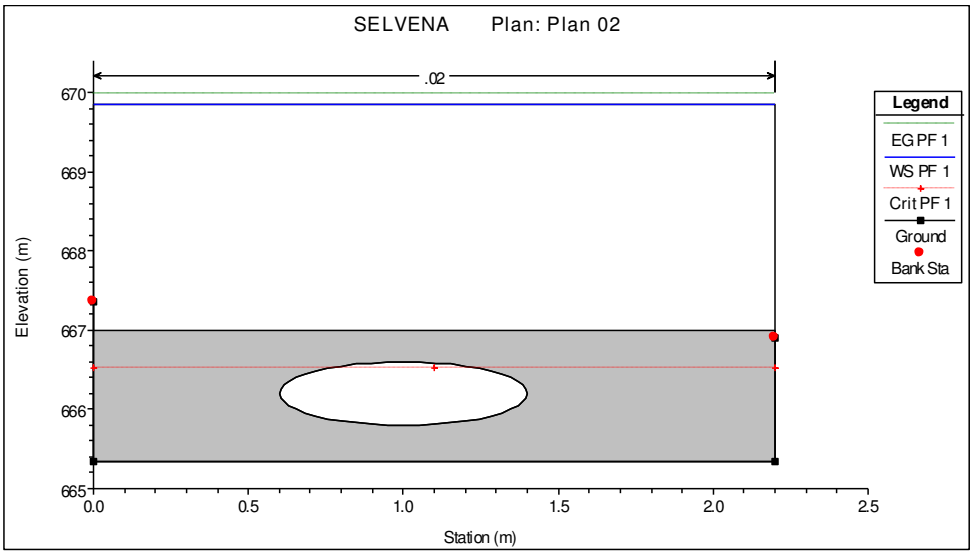


TRATTO_3

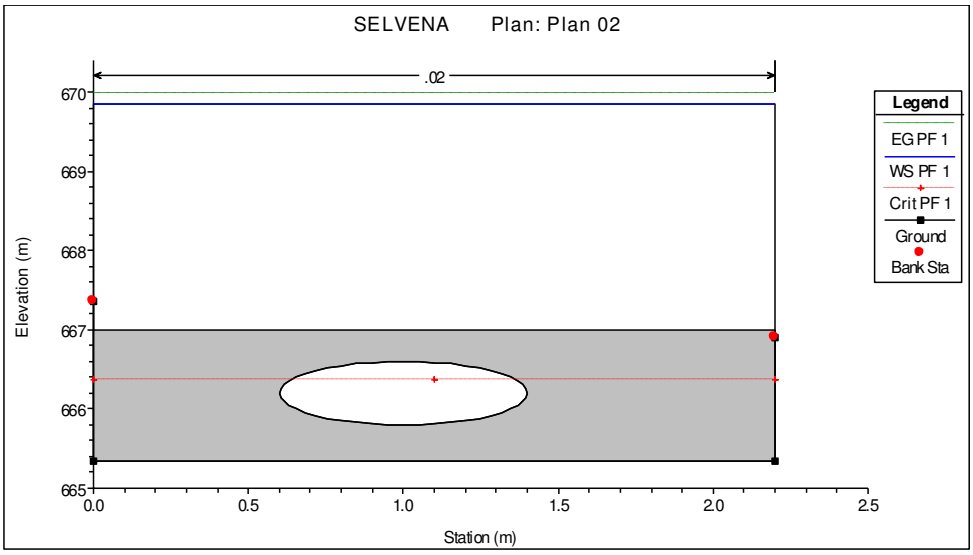
Sezione 13.75 Monte



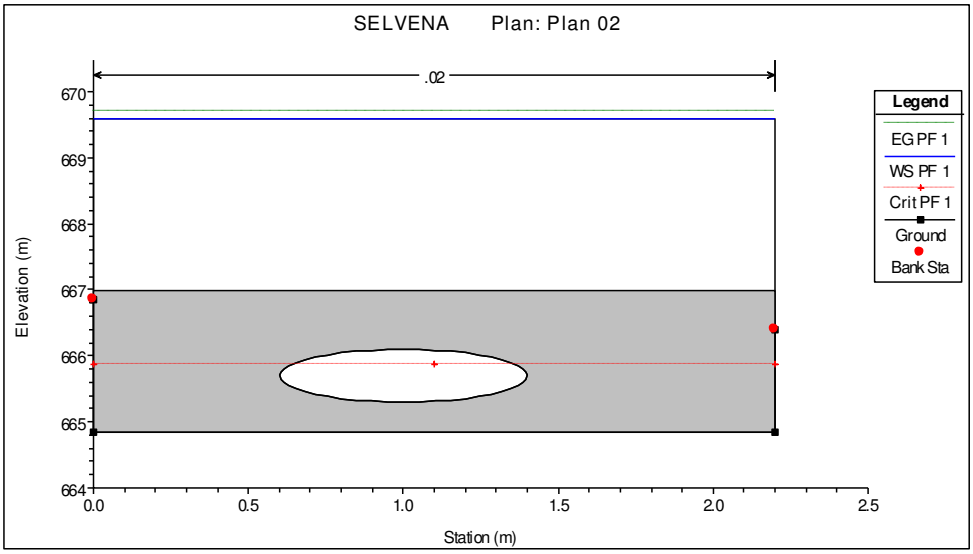
Sezione 13.75 intermedio



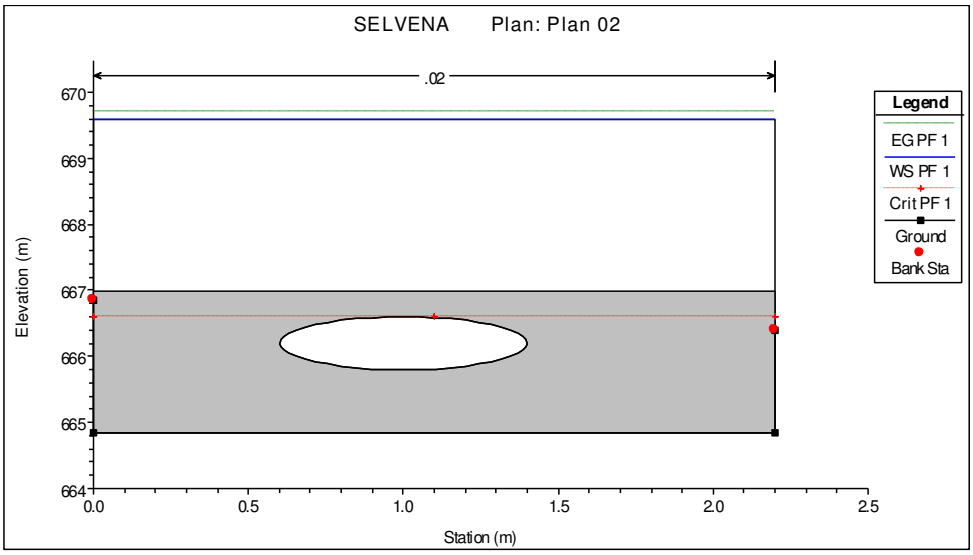
Sezione 13.65 intermedio



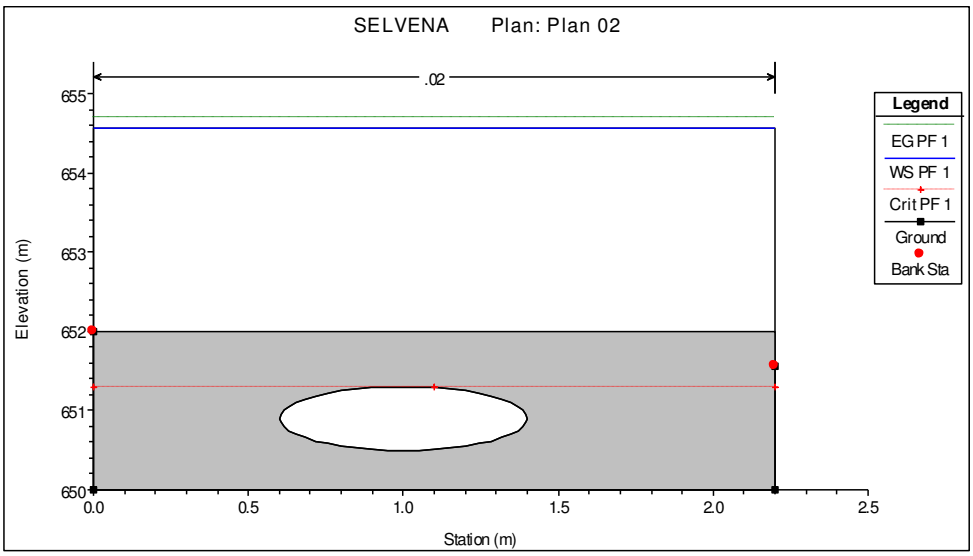
Sezione 13.65 intermedio



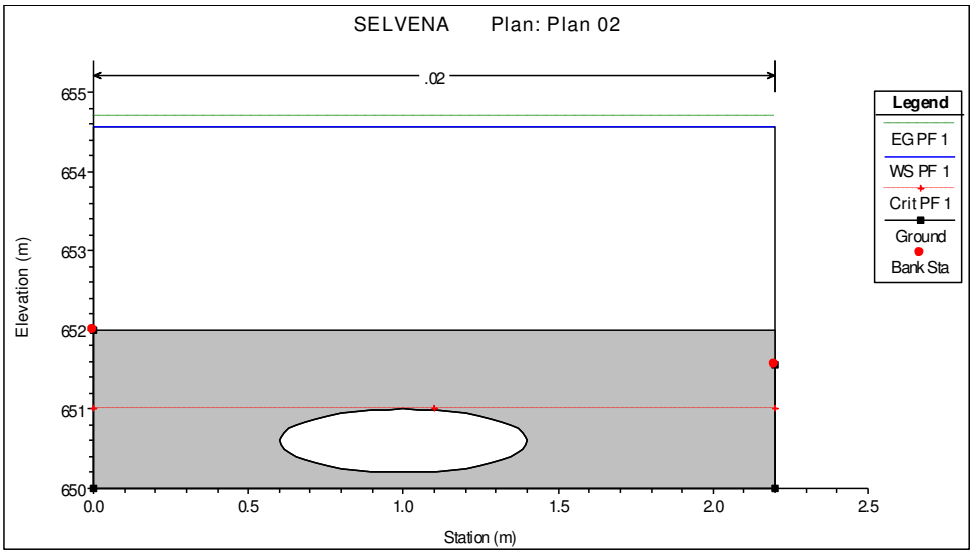
Sezione 13.55 intermedio



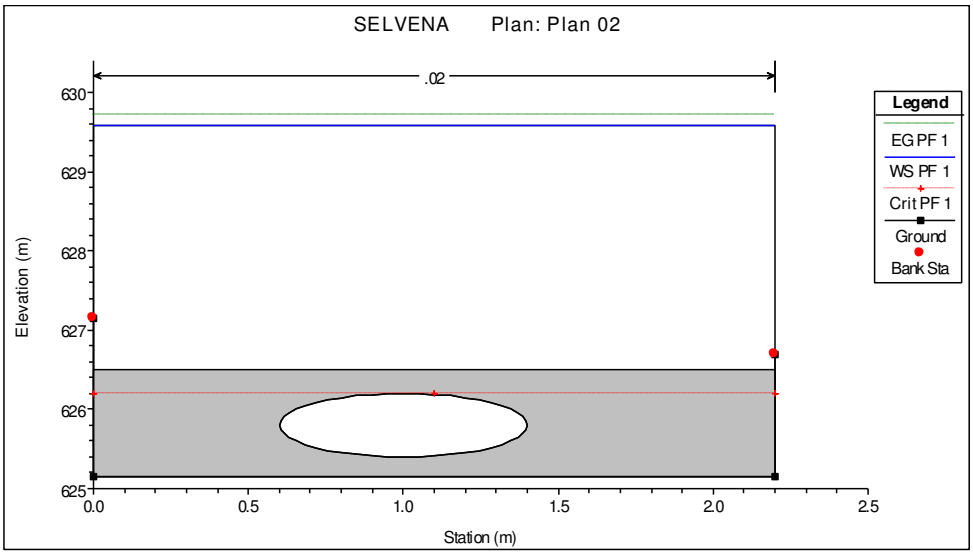
Sezione 13.55 intermedio



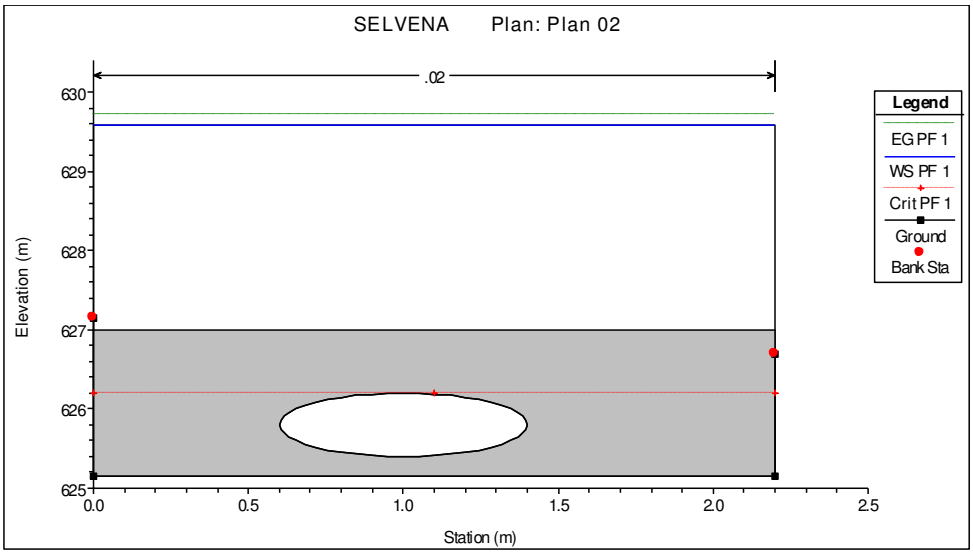
Sezione 13.45 intermedio



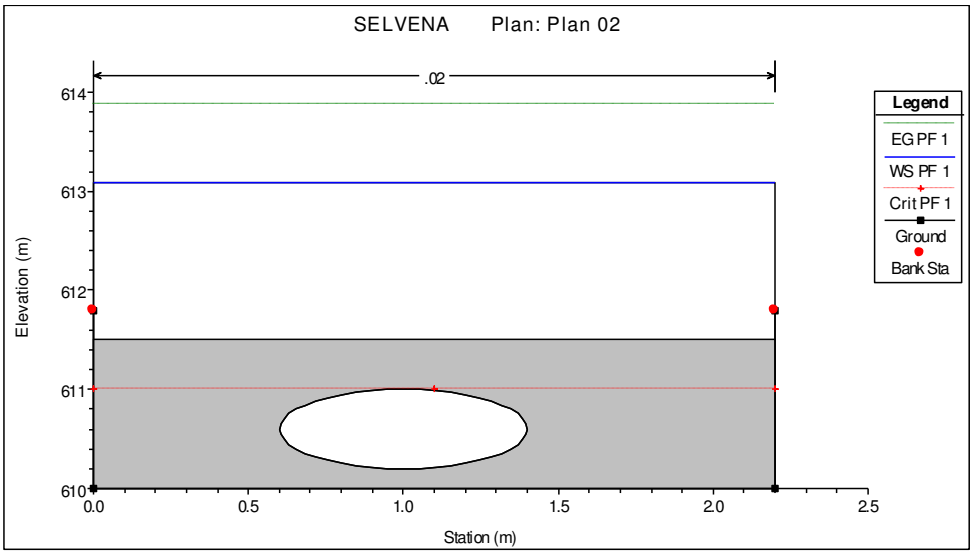
Sezione 13.45 intermedio



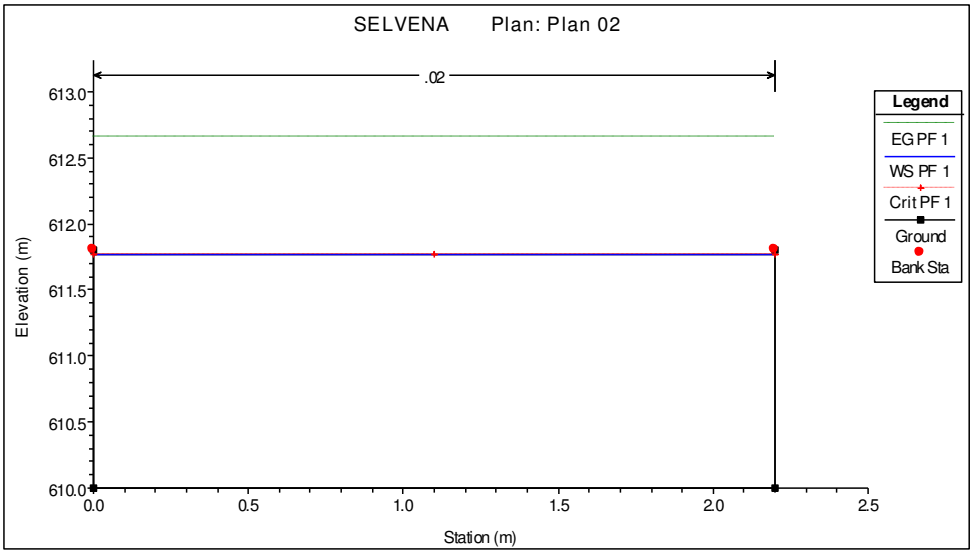
Sezione 13.3 intermedio

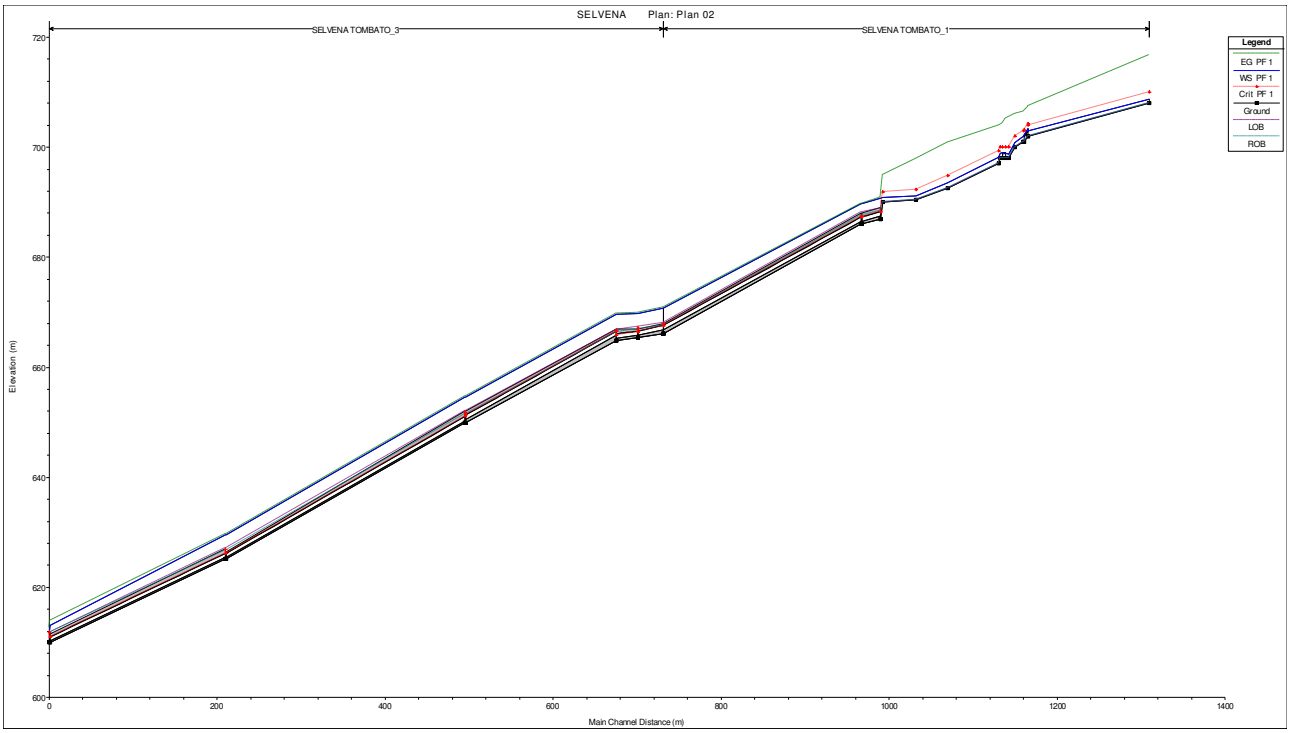


Sezione 13.3 Valle



Sezione 13




SELVENA Plan: Plan 02
SELVENA TOMBATO_3
SELVENA TOMBATO_1
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
LOB
ROB
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
720
700
680
660
640
620
600
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

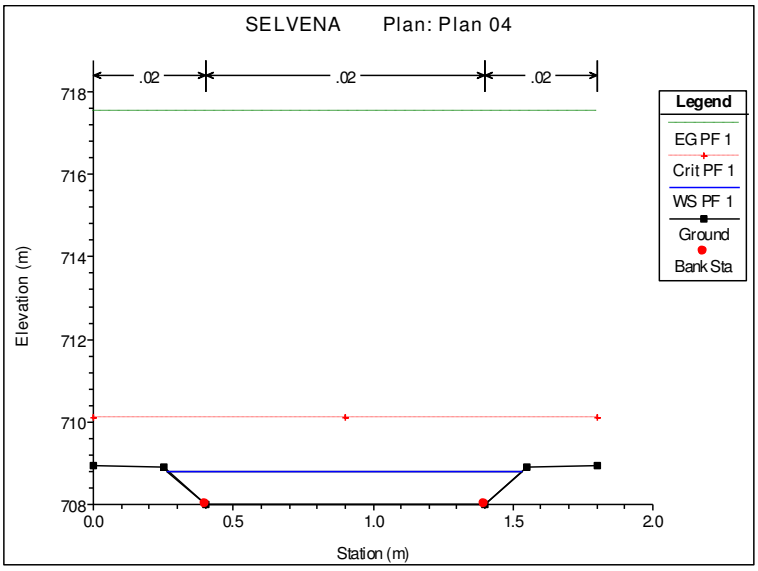
HEC-F

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
TOMBATO_1	21	PF 1	9.76	708.00	708.75	709.96	716.71	0.093066	12.64	0.85	1.25	4.65
TOMBATO_1	20	PF 1	9.76	702.00	702.98	703.96	707.52	0.037722	9.60	1.17	1.80	3.09
TOMBATO_1	19.5		Bridge									
TOMBATO_1	19	PF 1	9.76	701.00	701.98	702.96	706.56	0.038347	9.65	1.16	1.80	3.11
TOMBATO_1	18	PF 1	9.76	700.00	700.93	701.96	706.09	0.045806	10.20	1.08	1.60	3.38
TOMBATO_1	17.5	PF 1	9.76	698.00	698.82	699.96	705.49	0.069757	11.58	0.93	1.27	4.08
TOMBATO_1	17.3		Bridge									
TOMBATO_1	17.1	PF 1	9.76	698.00	698.93	699.96	704.13	0.046488	10.25	1.07	1.56	3.40
TOMBATO_1	17	PF 1	9.76	697.00	698.19	699.36	703.98	0.042056	11.51	1.17	1.35	3.37
TOMBATO_1	16	PF 1	9.76	692.50	693.59	694.86	700.87	0.058811	12.82	1.03	1.34	3.92
TOMBATO_1	15	PF 1	9.76	690.50	691.18	692.31	697.98	0.090813	11.67	0.90	1.45	4.51
TOMBATO_1	14.5	PF 1	9.76	690.00	690.88	691.82	694.90	0.038281	8.99	1.20	1.49	3.06
TOMBATO_1	14	PF 1	9.76	686.95	690.80	688.21	690.87	0.000653	1.15	8.47	2.20	0.19
TOMBATO_1	13.95		Culvert									
TOMBATO_1	13.9	PF 1	9.76	686.15	689.70	687.41	689.78	0.000788	1.25	7.81	2.20	0.21
TOMBATO_1	13.86		Culvert									
TOMBATO_1	13.81	PF 1	9.76	666.15	670.80		670.85	0.000425	0.95	10.23	2.20	0.14
TOMBATO_2	8	PF 1	6.52	693.00	693.42	694.07	704.70	0.122038	16.27	0.49	1.59	8.03
TOMBATO_2	7.5		Bridge									
TOMBATO_2	7.4	PF 1	6.52	693.00	694.07	694.07	694.42	0.001510	3.40	2.84	3.85	1.05
TOMBATO_2	7	PF 1	6.52	692.50	693.15	693.49	694.31	0.094266	4.77	1.37	2.10	1.89
TOMBATO_2	5	PF 1	6.52	691.50	692.33	692.57	693.15	0.040094	5.07	1.91	3.85	1.77
TOMBATO_2	4	PF 1	6.52	691.00	691.74	692.08	693.04	0.008480	6.28	1.55	3.85	2.33
TOMBATO_2	3.2		Bridge									
TOMBATO_2	3.1	PF 1	6.52	691.00	692.08	692.08	692.42	0.001499	3.39	2.84	3.85	1.04
TOMBATO_2	3	PF 1	6.52	690.00	691.81	690.62	691.85	0.000387	0.84	8.60	6.15	0.20
TOMBATO_2	2	PF 1	6.52	689.50	691.81		691.84	0.000322	0.90	8.75	4.90	0.19
TOMBATO_2	1	PF 1	6.52	689.00	691.75	690.24	691.83	0.002552	1.36	5.37	2.50	0.26
TOMBATO_2	0.5		Culvert									
TOMBATO_2	0.1	PF 1	6.52	666.00	670.82		670.85	0.000371	0.76	10.56	2.50	0.11
TOMBATO_3	13.91	PF 1	16.28	666.15	670.70	667.92	670.84	0.001241	1.62	10.02	2.20	0.24
TOMBATO_3	13.75		Culvert									
TOMBATO_3	13.7	PF 1	16.28	665.35	669.84	667.12	669.98	0.001281	1.65	9.88	2.20	0.25
TOMBATO_3	13.65		Culvert									
TOMBATO_3	13.6	PF 1	16.28	664.85	669.59	666.62	669.71	0.001135	1.56	10.42	2.20	0.23
TOMBATO_3	13.55		Culvert									
TOMBATO_3	13.5	PF 1	16.28	650.00	654.57	651.77	654.70	0.001232	1.62	10.05	2.20	0.24
TOMBATO_3	13.45		Culvert									
TOMBATO_3	13.4	PF 1	16.28	625.15	629.57	626.92	629.72	0.001325	1.67	9.73	2.20	0.25
TOMBATO_3	13.3		Culvert									
TOMBATO_3	13	PF 1	16.28	610.00	611.77	611.77	612.66	0.011743	4.18	3.89	2.20	1.00

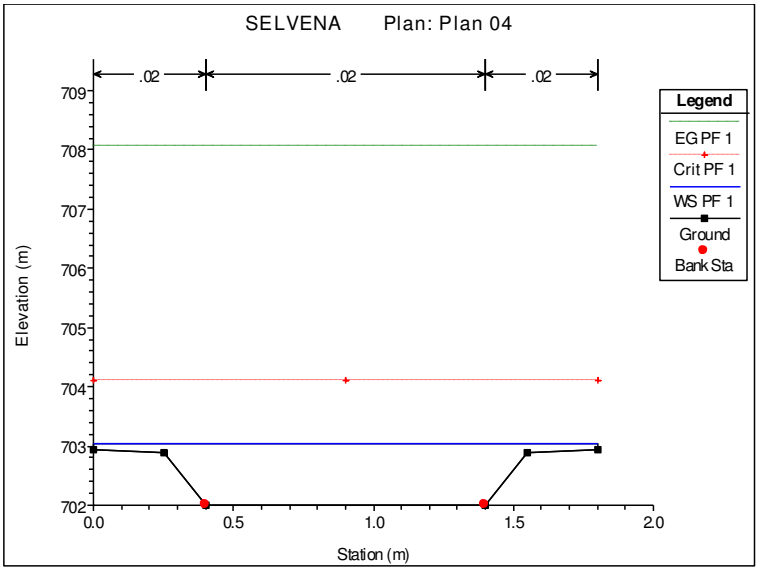
Tr 500

TOMBATO 1

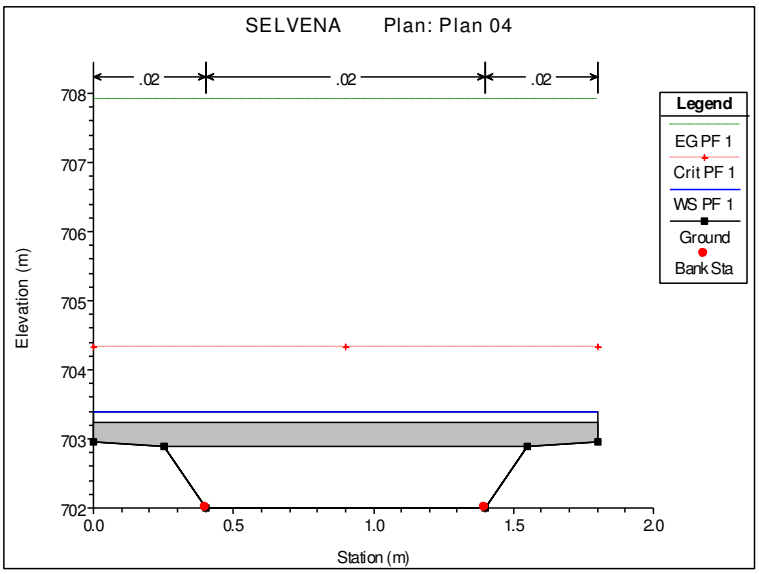
Sezione 21 Monte



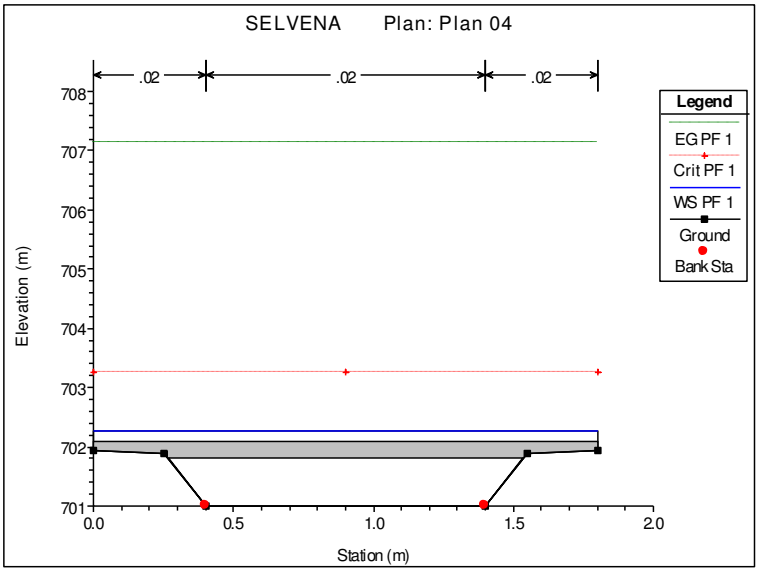
Sezione 20



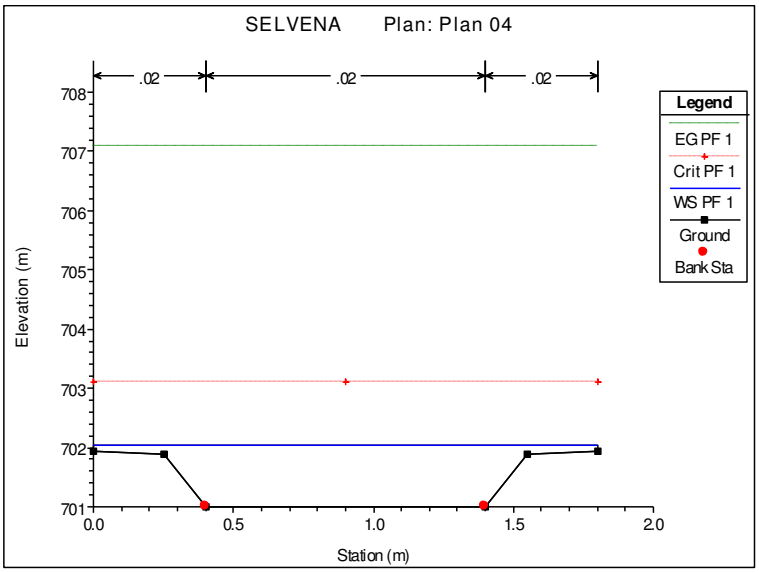
Sezione 19.5 Monte



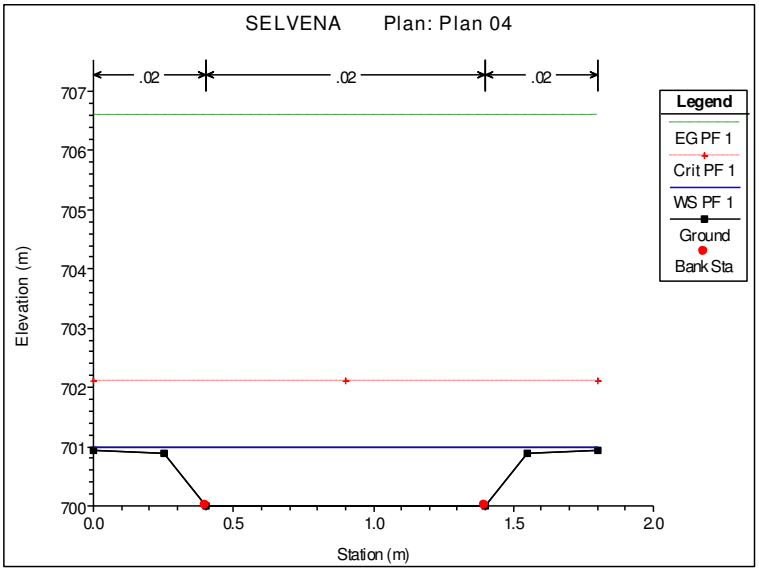
Sezione 19.5 Valle



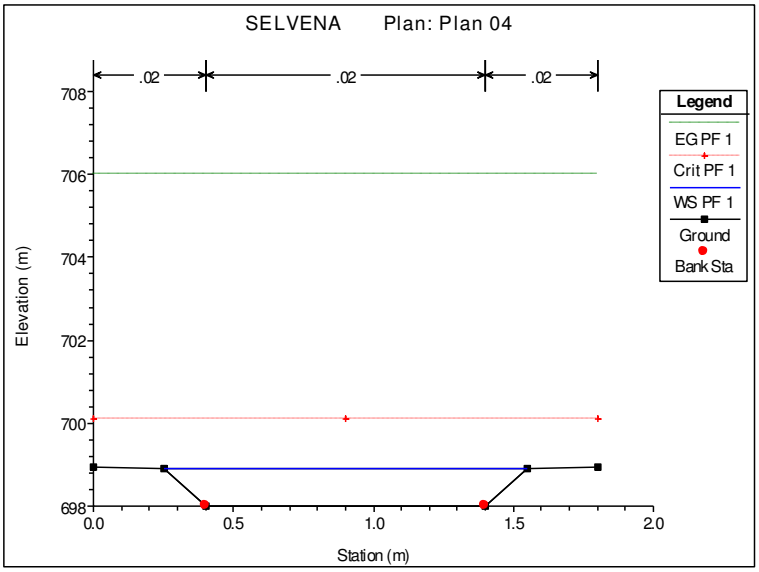
Sezione 19



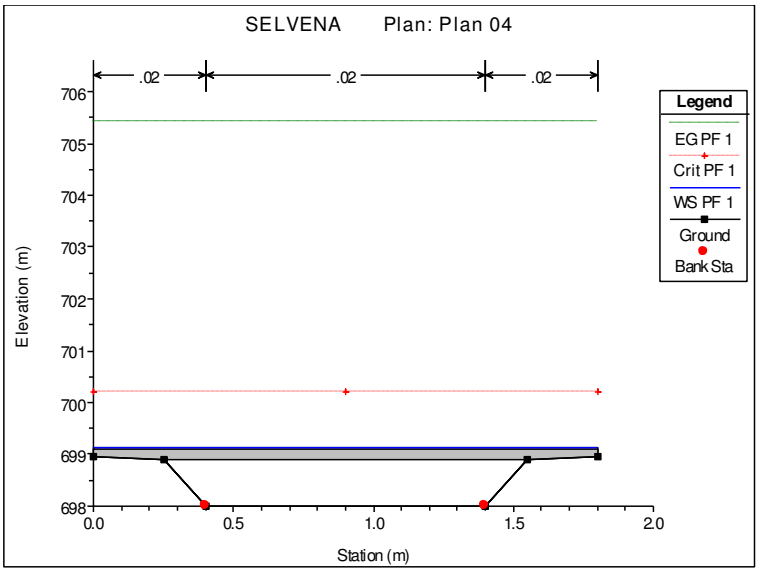
Sezione 18



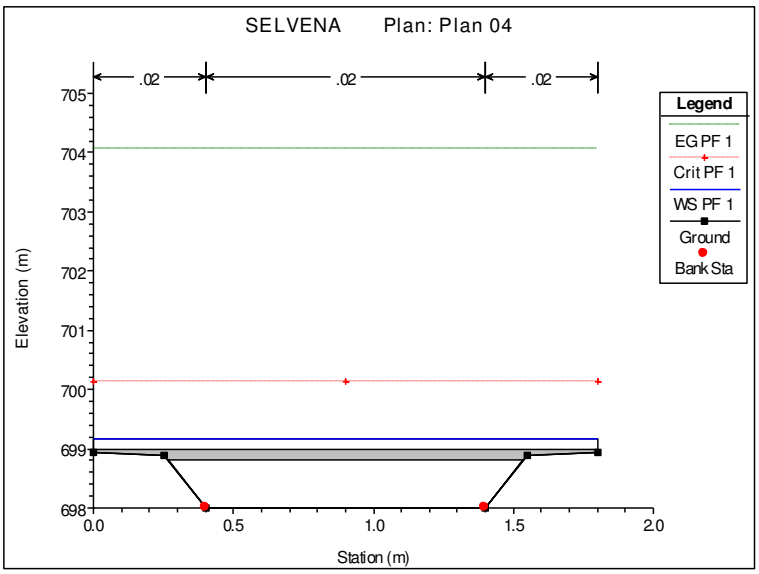
Sezione 17.5



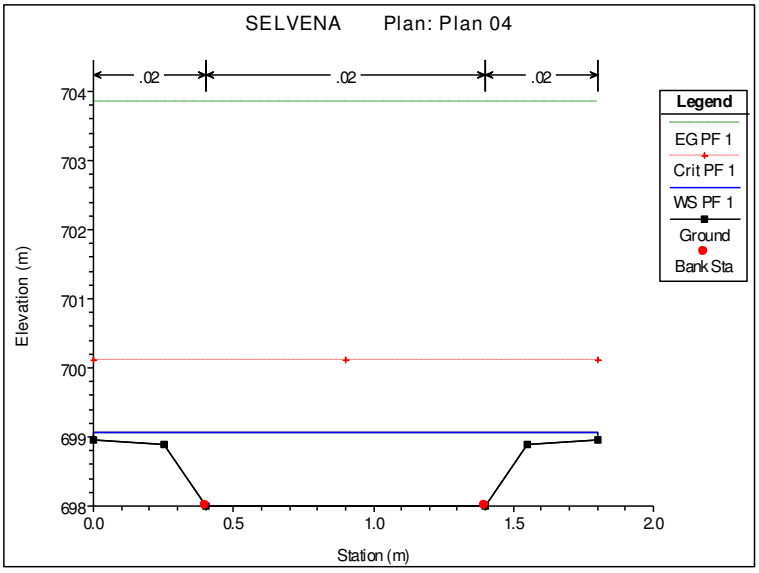
Sezione 17.5 Monte



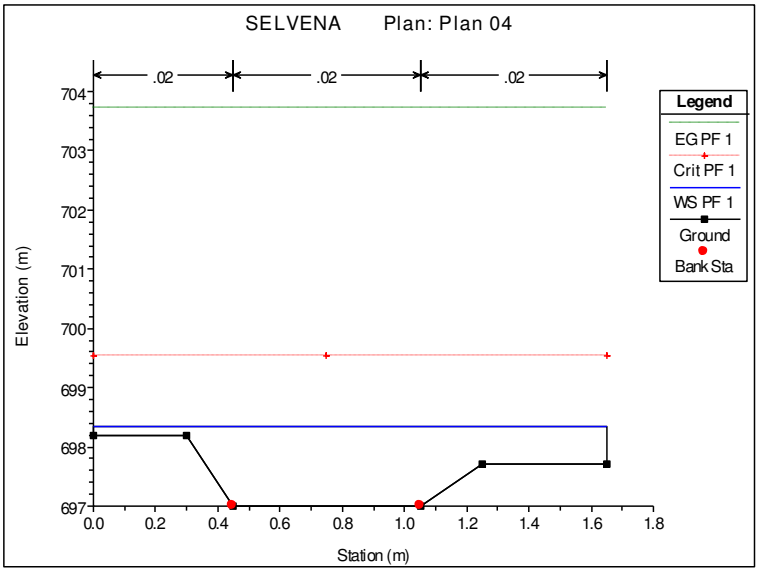
Sezione 17.5 Valle



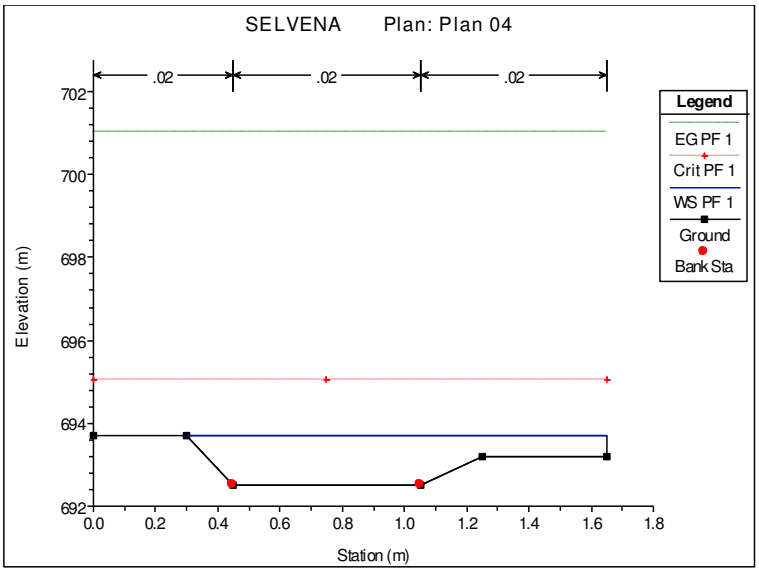
Sezione 17.1



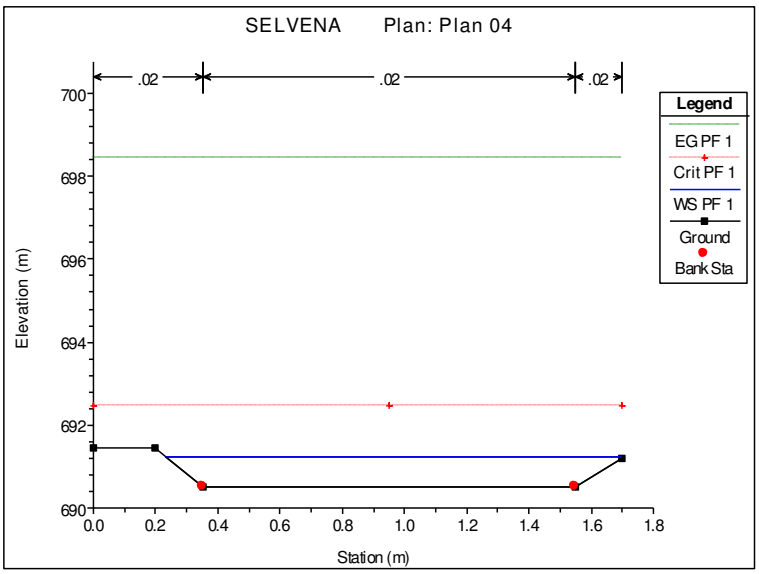
Sezione 17



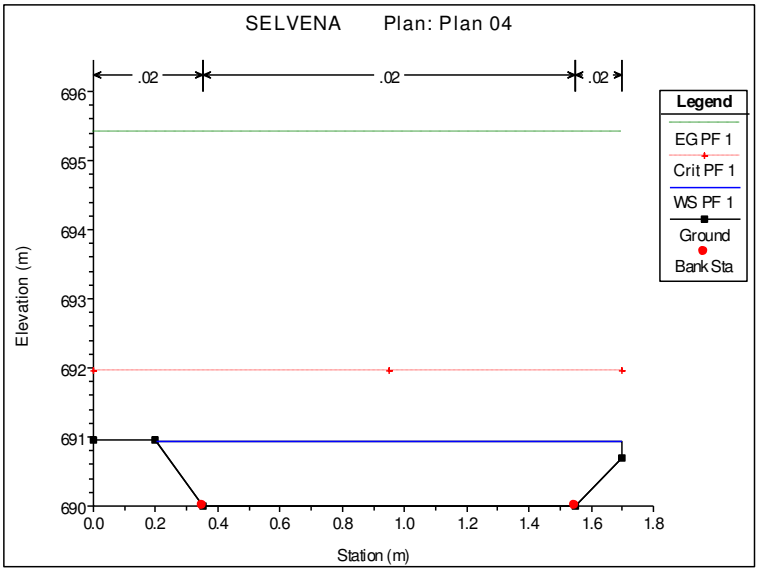
Sezione 16



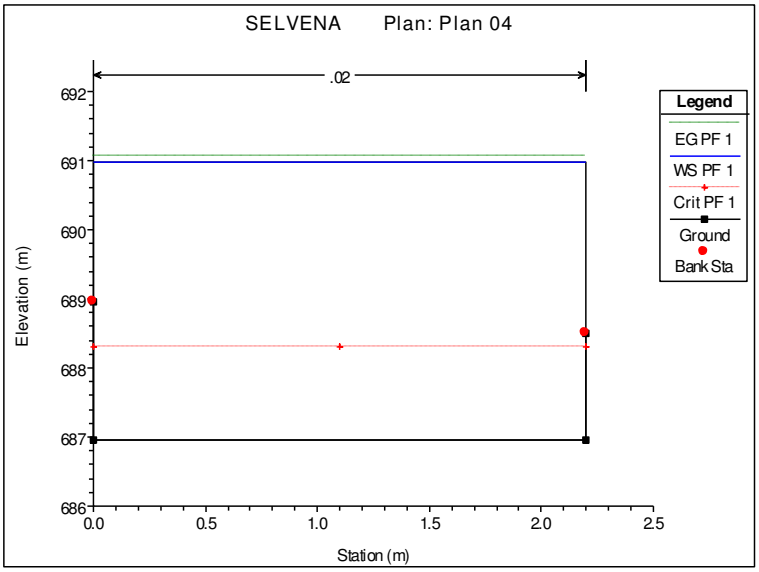
Sezione 15



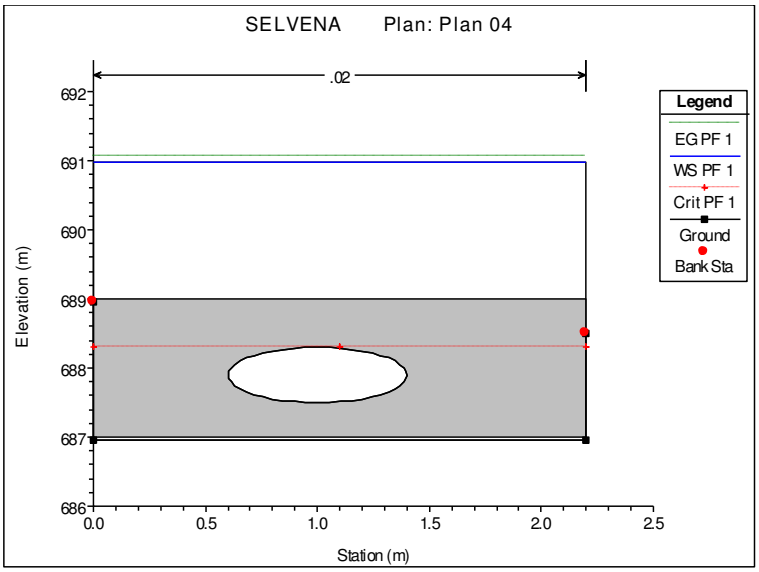
Sezione 14.5



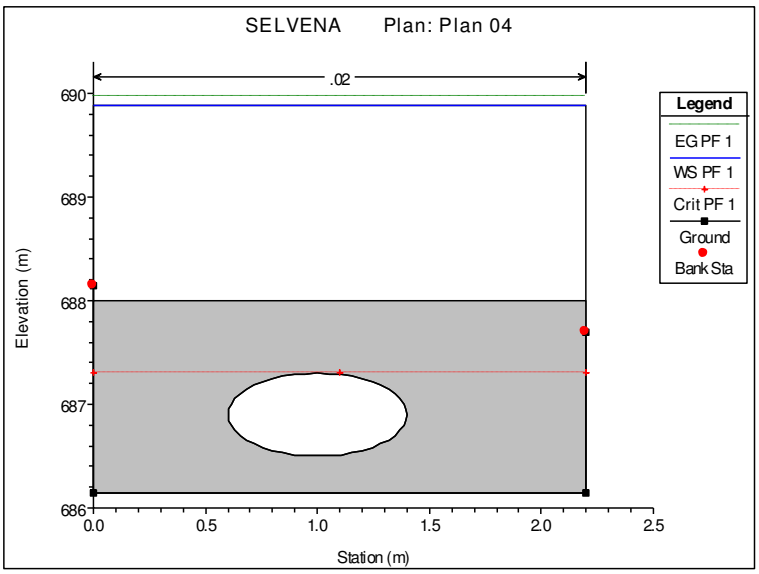
Sezione 14



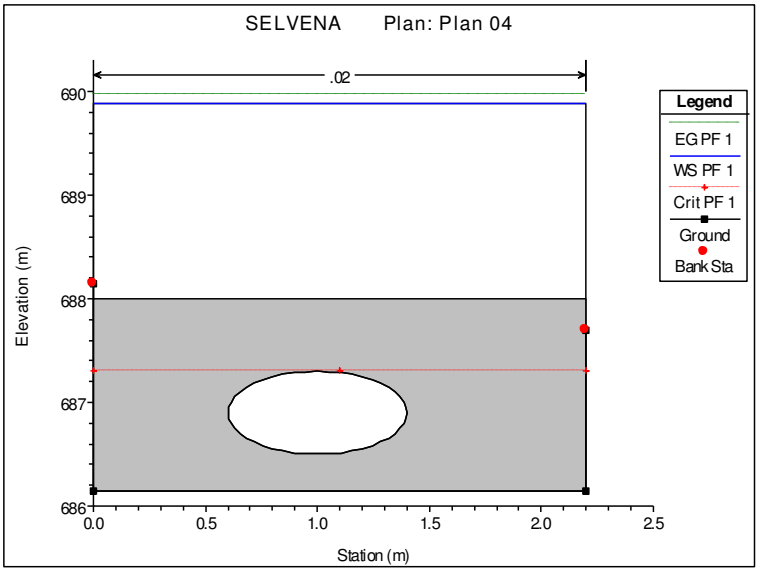
Sezione 13.95 Monte



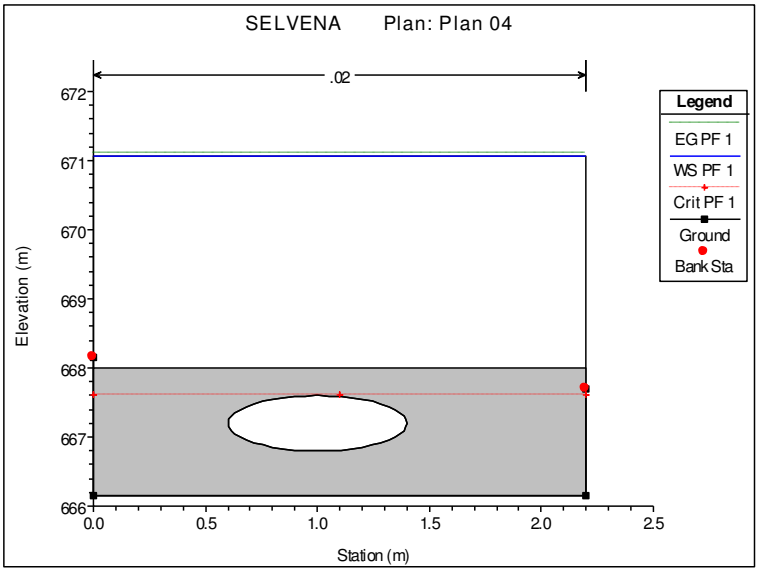
Sezione 13.95 intermedio



Sezione 13.86 intermedio

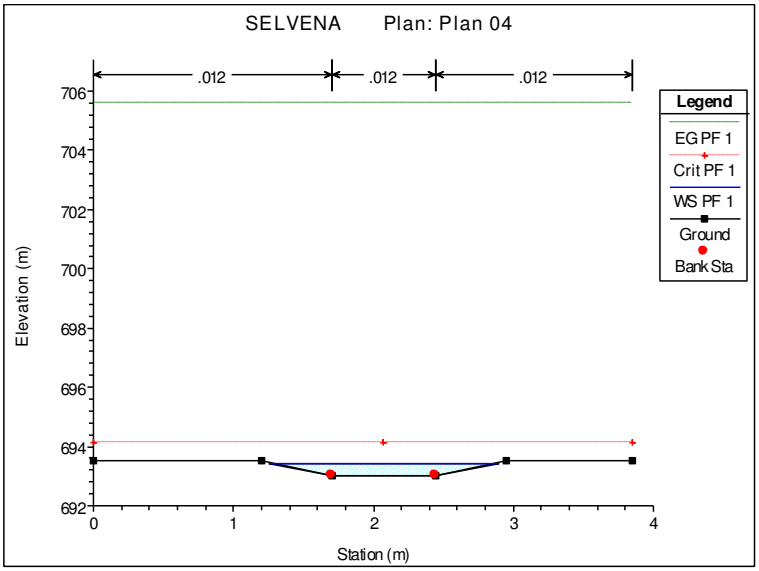


Sezione 13.86 Valle

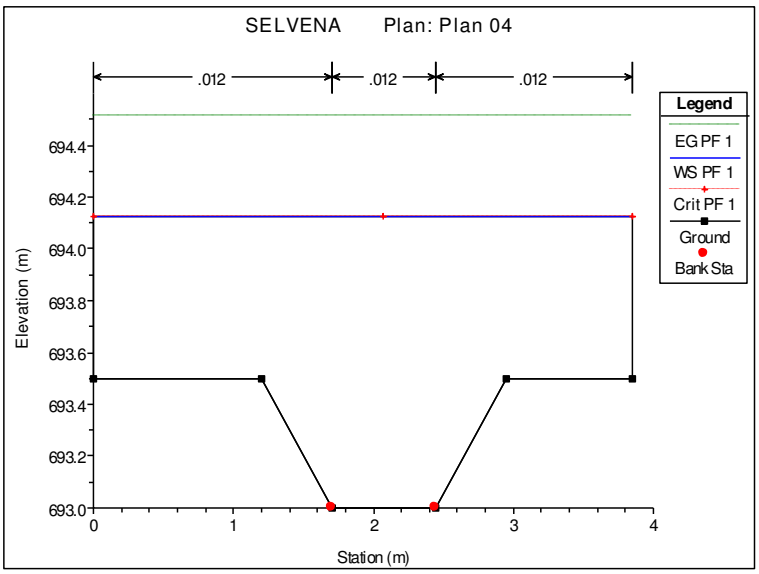


TOMBATO_2

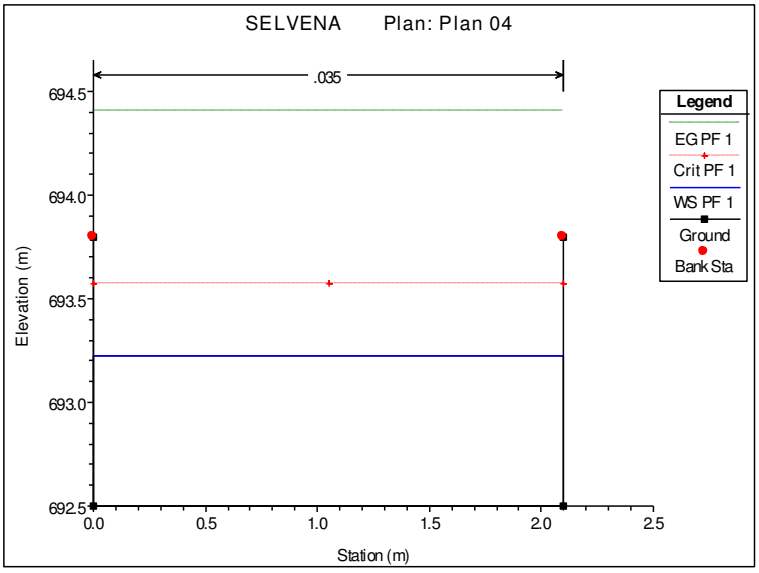
Sezione 8 Monte



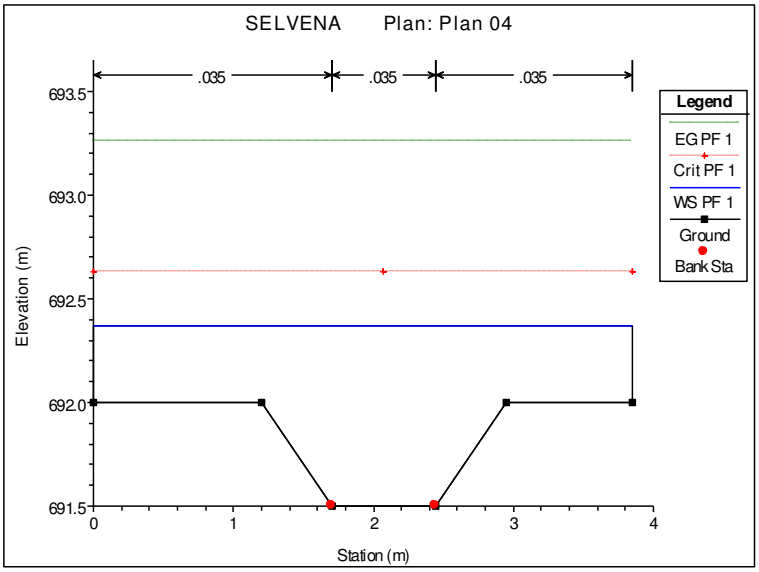
Sezione 7.4



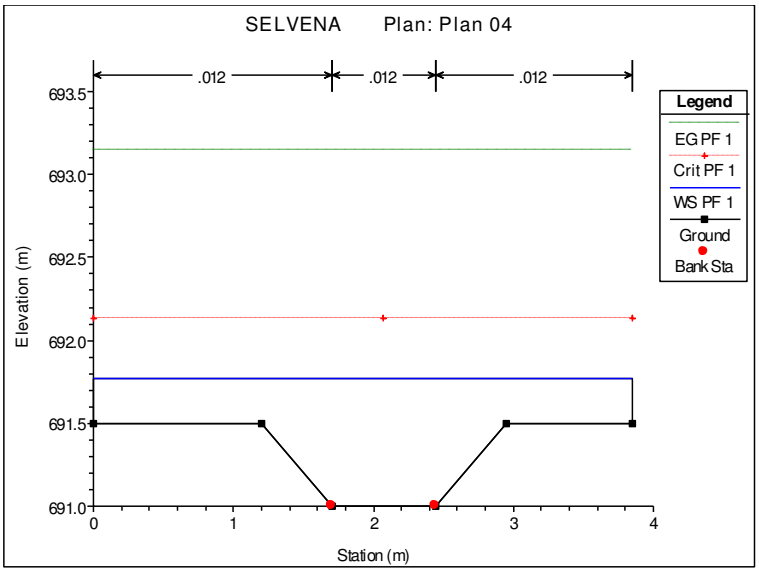
Sezione 7



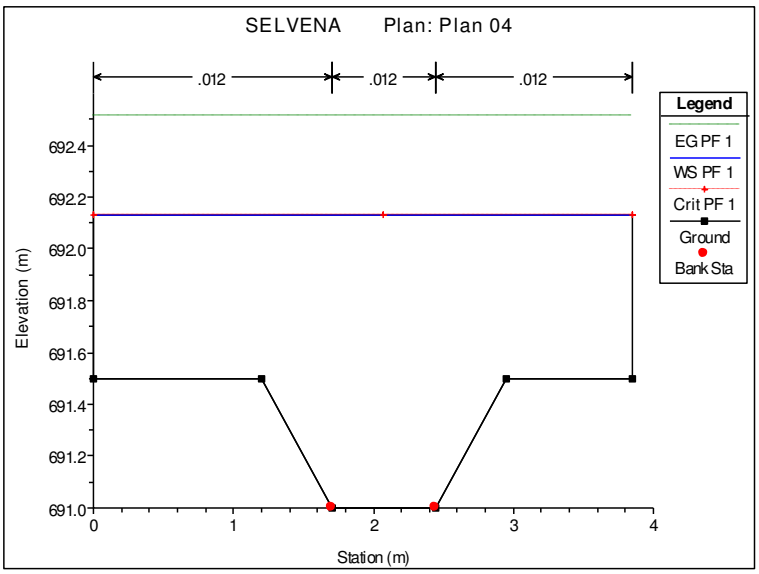
Sezione 5



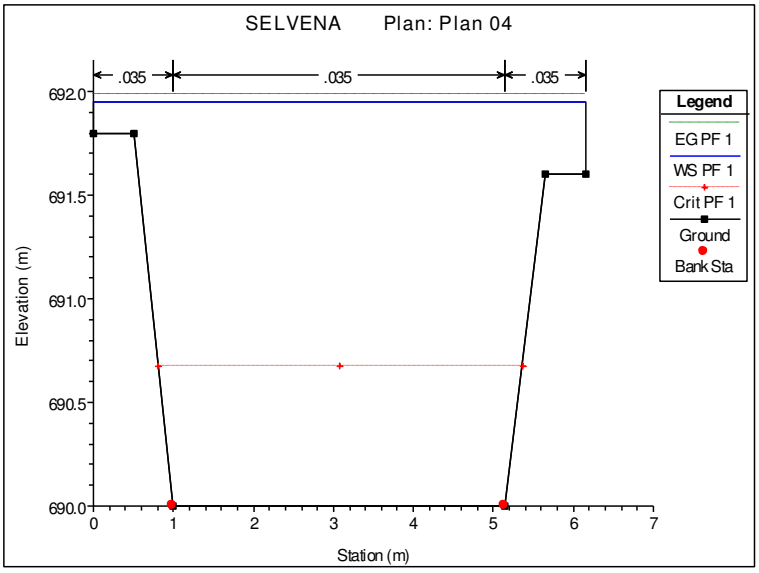
Sezione 4



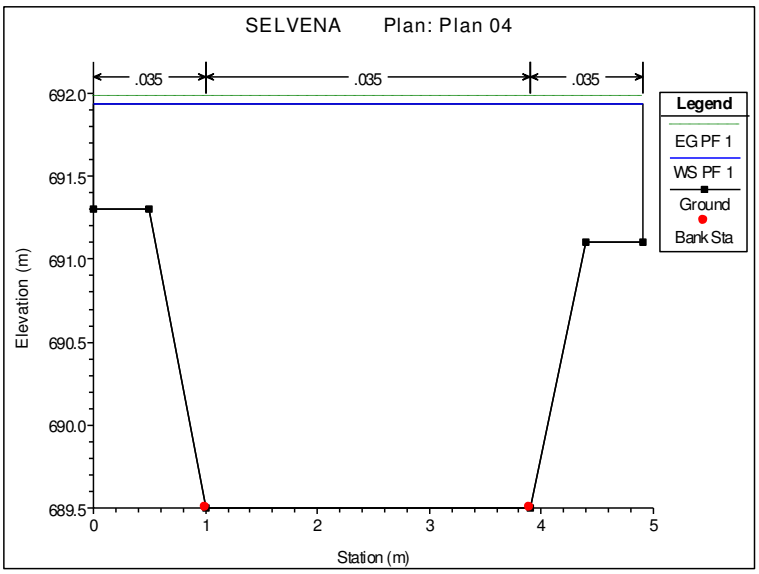
Sezione 3.1



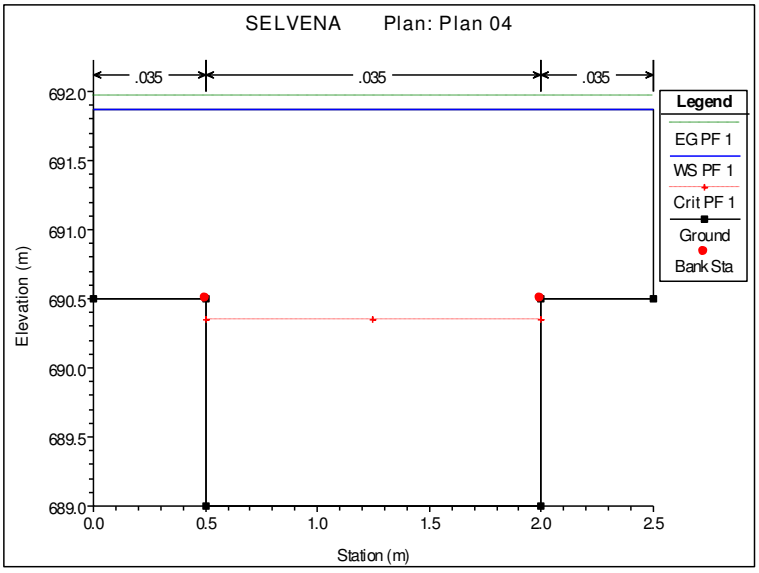
Sezione 3



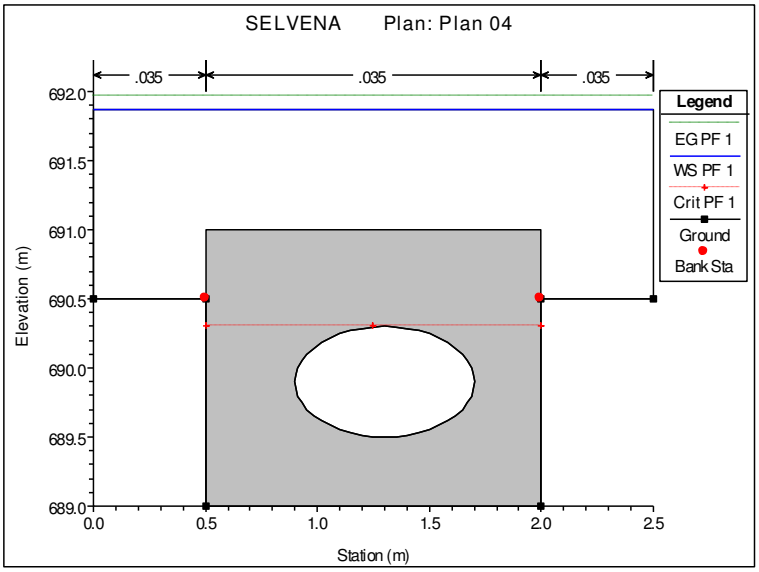
Sezione 2



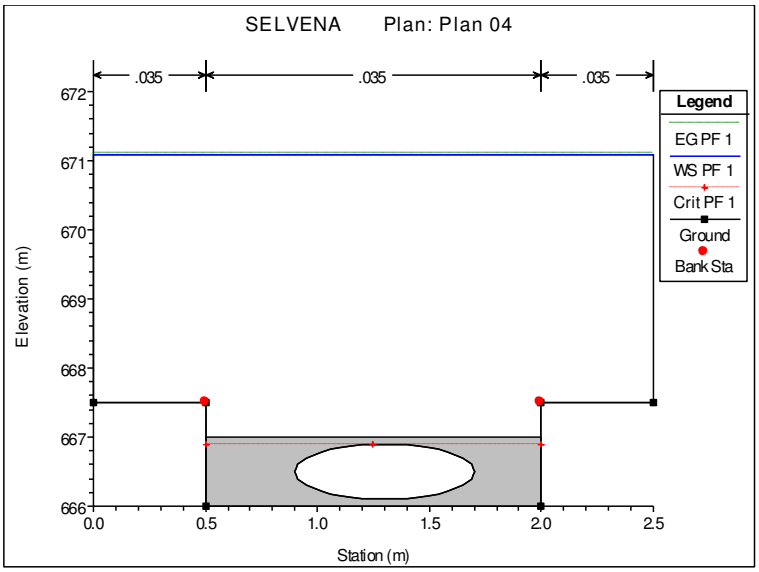
Sezione 1



Sezione 0.5 Monte

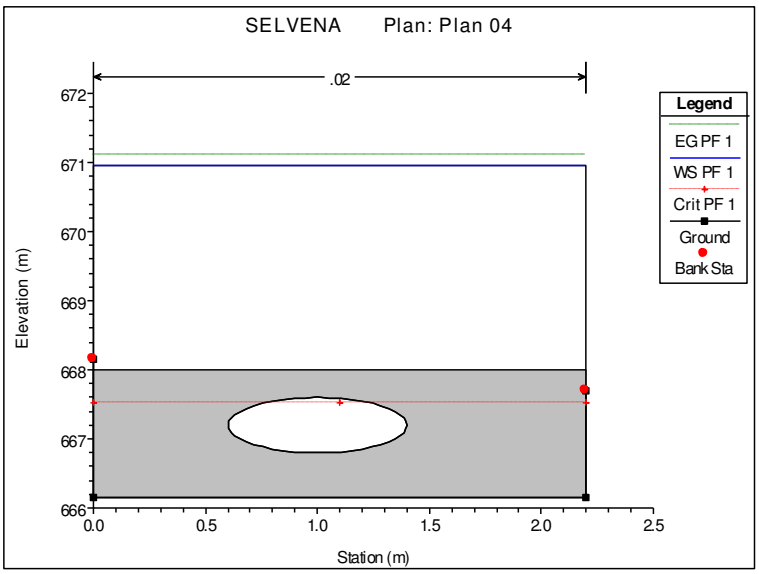


Sezione 0.5 valle

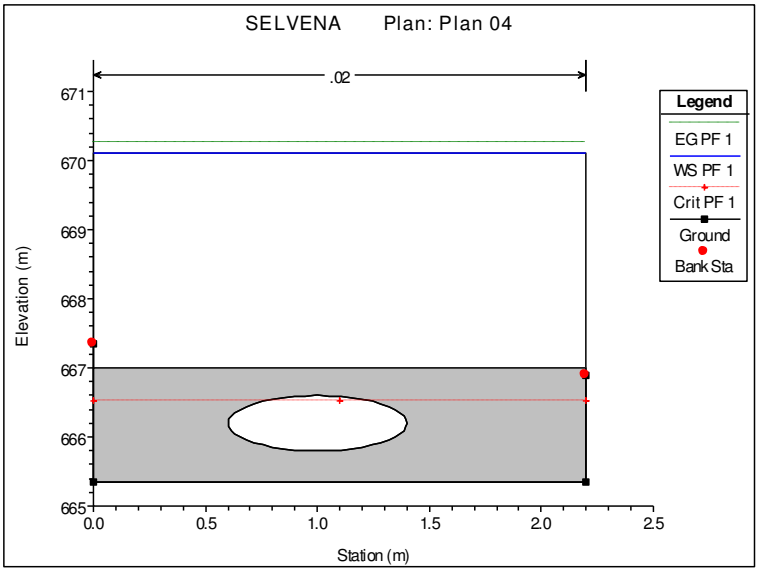


TOMBATO_3

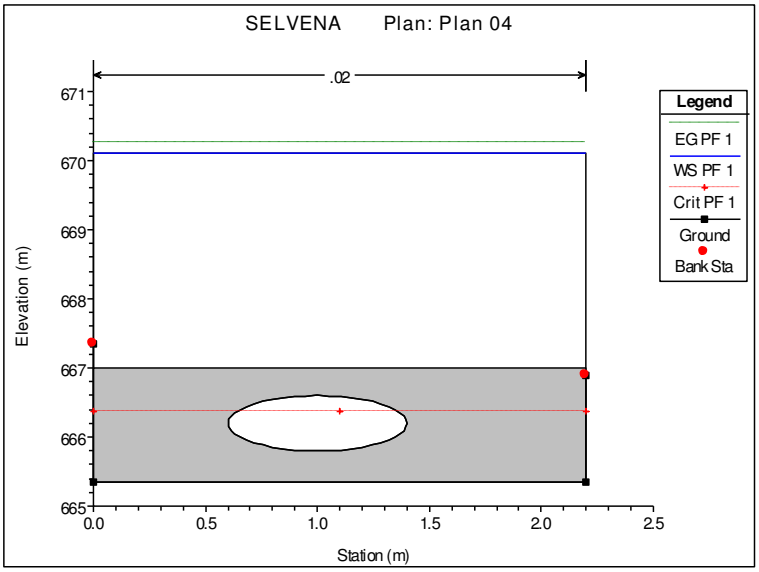
Sezione 13.75 Monte



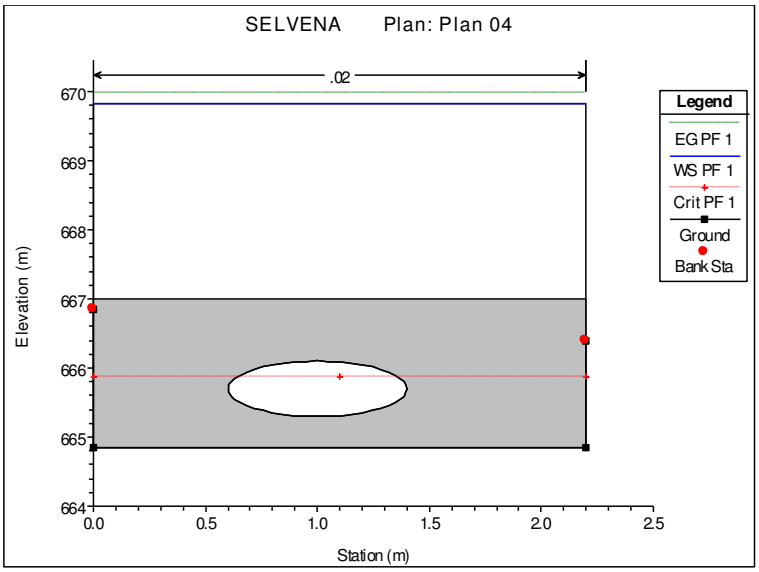
Sezione 13.75 intermedio



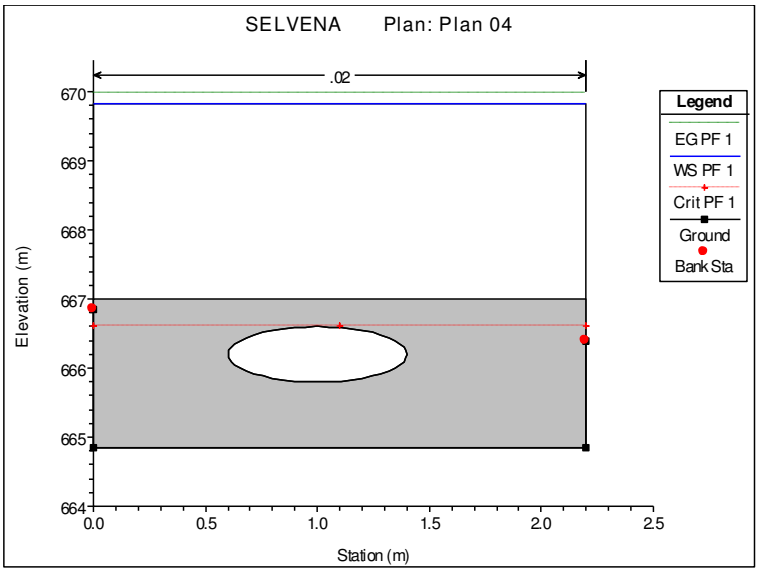
Sezione 13.65 intermedio



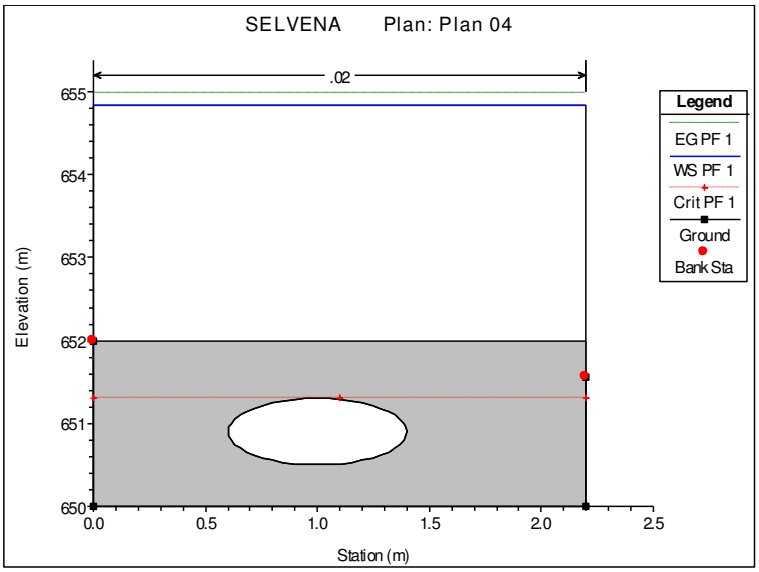
Sezione 13.65 intermedio



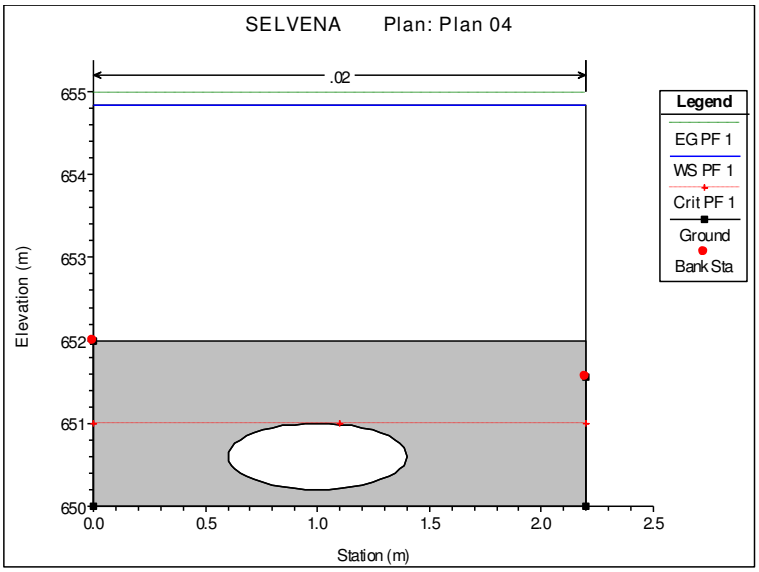
Sezione 13.55 intermedio



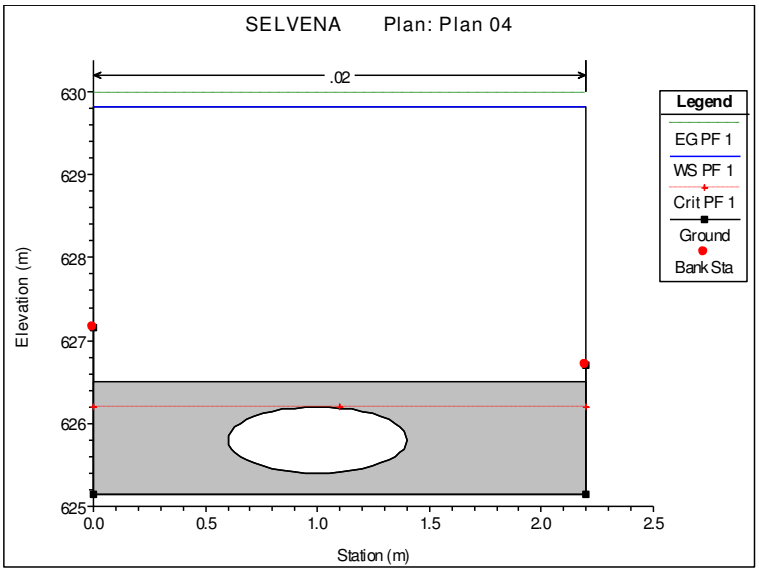
Sezione 13.55 intermedio



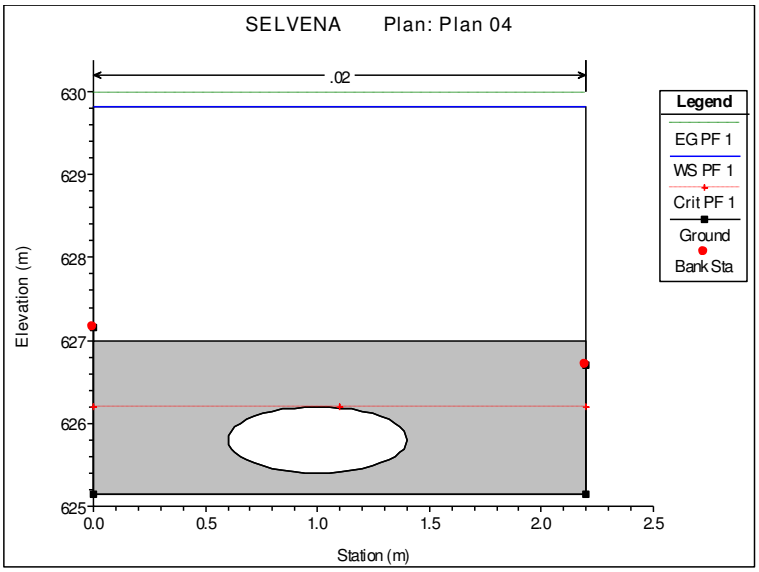
Sezione 13.45 intermedio



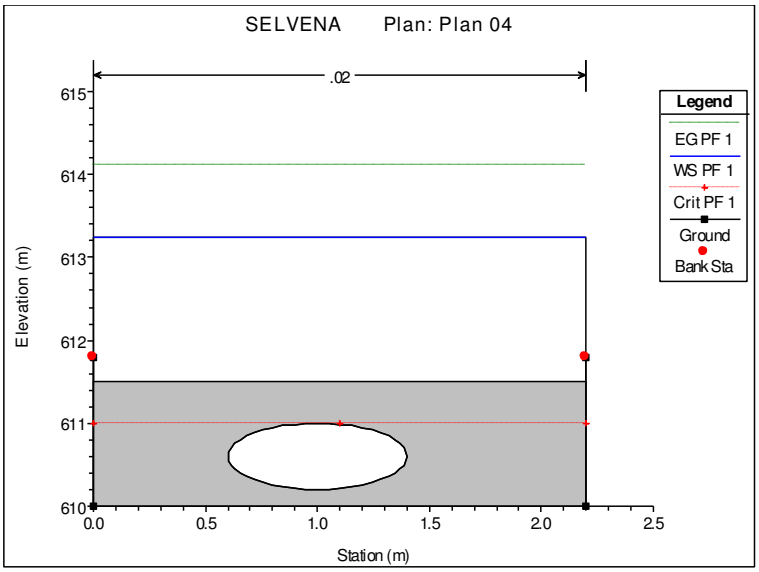
Sezione 13.45 intermedio



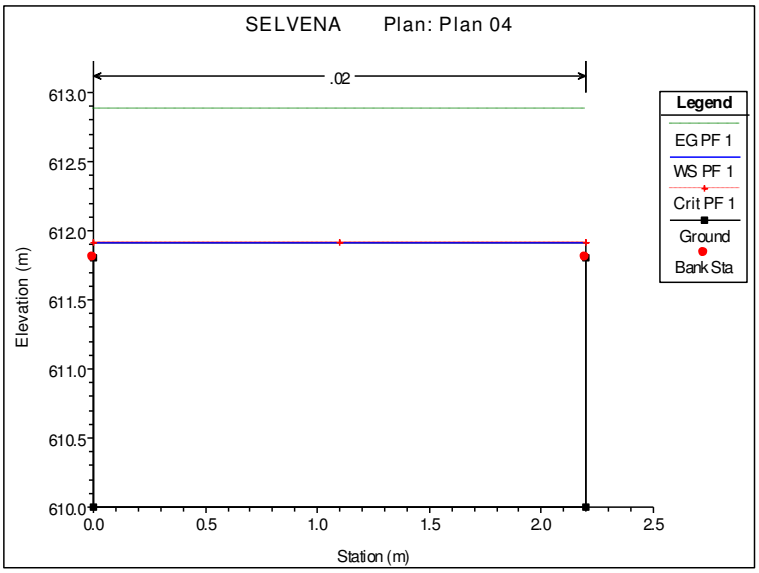
Sezione 13.3 intermedio



Sezione 13.3 Valle

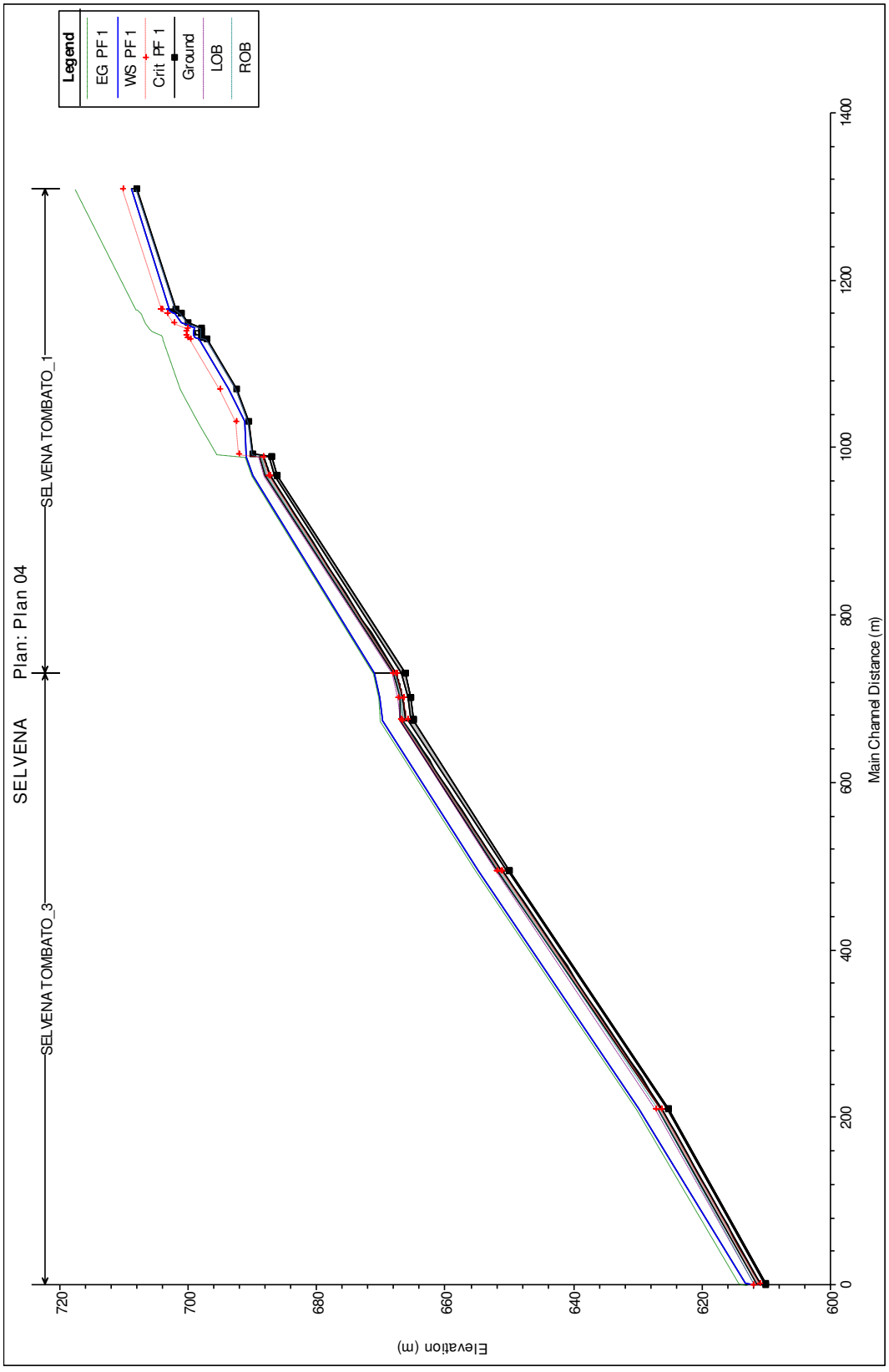


Sezione 13



HEC-RAS Plan: Plan 04 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
TOMBATO_1	21	PF 1	11.01	708.00	708.81	710.11	717.55	0.093091	13.26	0.92	1.27	4.70
TOMBATO_1	20	PF 1	11.01	702.00	703.04	704.11	708.07	0.039220	10.15	1.27	1.80	3.18
TOMBATO_1	19.5		Bridge									
TOMBATO_1	19	PF 1	11.01	701.00	702.04	703.11	707.08	0.039334	10.16	1.27	1.80	3.18
TOMBATO_1	18	PF 1	11.01	700.00	700.99	702.11	706.60	0.045985	10.68	1.19	1.80	3.42
TOMBATO_1	17.5	PF 1	11.01	698.00	698.89	700.11	706.01	0.066630	11.98	1.03	1.30	4.04
TOMBATO_1	17.3		Bridge									
TOMBATO_1	17.1	PF 1	11.01	698.00	699.06	700.11	703.85	0.036495	9.92	1.31	1.80	3.08
TOMBATO_1	17	PF 1	11.01	697.00	698.34	699.53	703.72	0.034186	11.23	1.41	1.65	3.10
TOMBATO_1	16	PF 1	11.01	692.50	693.69	695.03	701.01	0.052912	12.94	1.17	1.35	3.78
TOMBATO_1	15	PF 1	11.01	690.50	691.25	692.46	698.46	0.085716	12.03	1.00	1.47	4.45
TOMBATO_1	14.5	PF 1	11.01	690.00	690.94	691.96	695.40	0.039035	9.49	1.29	1.50	3.12
TOMBATO_1	14	PF 1	11.01	686.95	690.98	688.31	691.06	0.000750	1.24	8.86	2.20	0.20
TOMBATO_1	13.95		Culvert									
TOMBATO_1	13.9	PF 1	11.01	686.15	689.89	687.52	689.98	0.000892	1.34	8.22	2.20	0.22
TOMBATO_1	13.86		Culvert									
TOMBATO_1	13.81	PF 1	11.01	666.15	671.06		671.11	0.000479	1.02	10.80	2.20	0.15
TOMBATO_2	8	PF 1	7.34	693.00	693.44	694.13	705.59	0.122055	16.97	0.53	1.64	8.12
TOMBATO_2	7.5		Bridge									
TOMBATO_2	7.4	PF 1	7.34	693.00	694.13	694.13	694.51	0.001567	3.57	3.04	3.85	1.07
TOMBATO_2	7	PF 1	7.34	692.50	693.23	693.57	694.40	0.087094	4.80	1.53	2.10	1.80
TOMBATO_2	5	PF 1	7.34	691.50	692.37	692.63	693.26	0.042213	5.34	2.04	3.85	1.83
TOMBATO_2	4	PF 1	7.34	691.00	691.77	692.13	693.15	0.008617	6.52	1.68	3.85	2.37
TOMBATO_2	3.2		Bridge									
TOMBATO_2	3.1	PF 1	7.34	691.00	692.13	692.13	692.51	0.001556	3.57	3.05	3.85	1.07
TOMBATO_2	3	PF 1	7.34	690.00	691.95	690.68	691.99	0.000379	0.87	9.44	6.15	0.20
TOMBATO_2	2	PF 1	7.34	689.50	691.94		691.98	0.000334	0.95	9.41	4.90	0.19
TOMBATO_2	1	PF 1	7.34	689.00	691.87	690.34	691.97	0.002757	1.46	5.68	2.50	0.27
TOMBATO_2	0.5		Culvert									
TOMBATO_2	0.1	PF 1	7.34	666.00	671.09		671.11	0.000395	0.81	11.21	2.50	0.11
TOMBATO_3	13.91	PF 1	18.35	666.15	670.95	668.07	671.10	0.001402	1.74	10.56	2.20	0.25
TOMBATO_3	13.75		Culvert									
TOMBATO_3	13.7	PF 1	18.35	665.35	670.10	667.27	670.26	0.001434	1.76	10.45	2.20	0.26
TOMBATO_3	13.65		Culvert									
TOMBATO_3	13.6	PF 1	18.35	664.85	669.83	666.77	669.98	0.001288	1.67	10.96	2.20	0.24
TOMBATO_3	13.55		Culvert									
TOMBATO_3	13.55		Culvert									
TOMBATO_3	13.5	PF 1	18.35	650.00	654.83	651.92	654.98	0.001380	1.73	10.63	2.20	0.25
TOMBATO_3	13.45		Culvert									
TOMBATO_3	13.4	PF 1	18.35	625.15	629.82	627.07	629.98	0.001491	1.79	10.27	2.20	0.26
TOMBATO_3	13.3		Culvert									
TOMBATO_3	13	PF 1	18.35	610.00	611.91	611.91	612.88	0.012249	4.36	4.21	2.20	1.01


Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
LOB
ROB
SELVENA
Plan: Plan 04
SELVENA TOMBATO_1
SELVENA TOMBATO_3
Elevation (m)
720
700
680
660
640
620
600
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
Main Channel Distance (m)

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

RICOSTRUZIONE FOTOGRAFICA DELLE SEZIONI

	Vista delle briglie realizzata nel tratto ti alveo a pelo libero a monte del tombato Tratto 1
	Vista delle briglie realizzata nel tratto ti alveo a pelo libero a monte del tombato Tratto 1
	Vista della sezione a pelo libero a monte del tombato Tratto 2, si noti che la manutenzione dei canali risulta essere discontinua e che la vegetazione può influire in modo consistente sul deflusso

	Vista della sezione a pelo libero a monte del tombato Tratto 2
	Vista dell'ingresso del tombato Tratto 2

COMUNE DI CASTELL'AZZARA

PROVINCIA DI GROSSETO

REGOLAMENTO URBANISTICO

Studio idrologico-idraulico TORRENTE SIELE

Progettista
Arch. Lucia Bracci

Collaboratore
Geom. Valerio Buonaccorsi

Indagini geologiche
Geol. Riccardo Martelli

Studio d'incidenza
Dott. Biol. Elena Pecchioli

Responsabile del Procedimento
Geom. Claudio Corazzi

Garante della Comunicazione
Geom. Leonardo Merli

Data:
Giugno 2013

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134 Firenze (FI)

DENOMINAZIONE

VERIFICA IDROLOGICA E IDRAULICA TORRENTE SIELE

RELAZIONE TECNICA E VERIFICA IDRAULICA HECRAS

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

TORRENTE SIELE – PONTE DELLA SFORZESCA

COMMITENTE

Comune di Castell'Azzara (Gr)

TECNICI INCARICATI

I.P.A. INGEGNERIA PER L'AMBIENTE S.R.L. P.I. 06056750489
VIA DEL ROMITO, 62/b
50134 firenze
T/F 055 3841816 info@ingegneriaperambiente.it

ING. BENVENUTI GIOVANNA
g.benvenuti@ingegneriaperambiente.it

ING. MACCIONI LORENZO MARIA
l.maccioni@ingegneriaperambiente.it

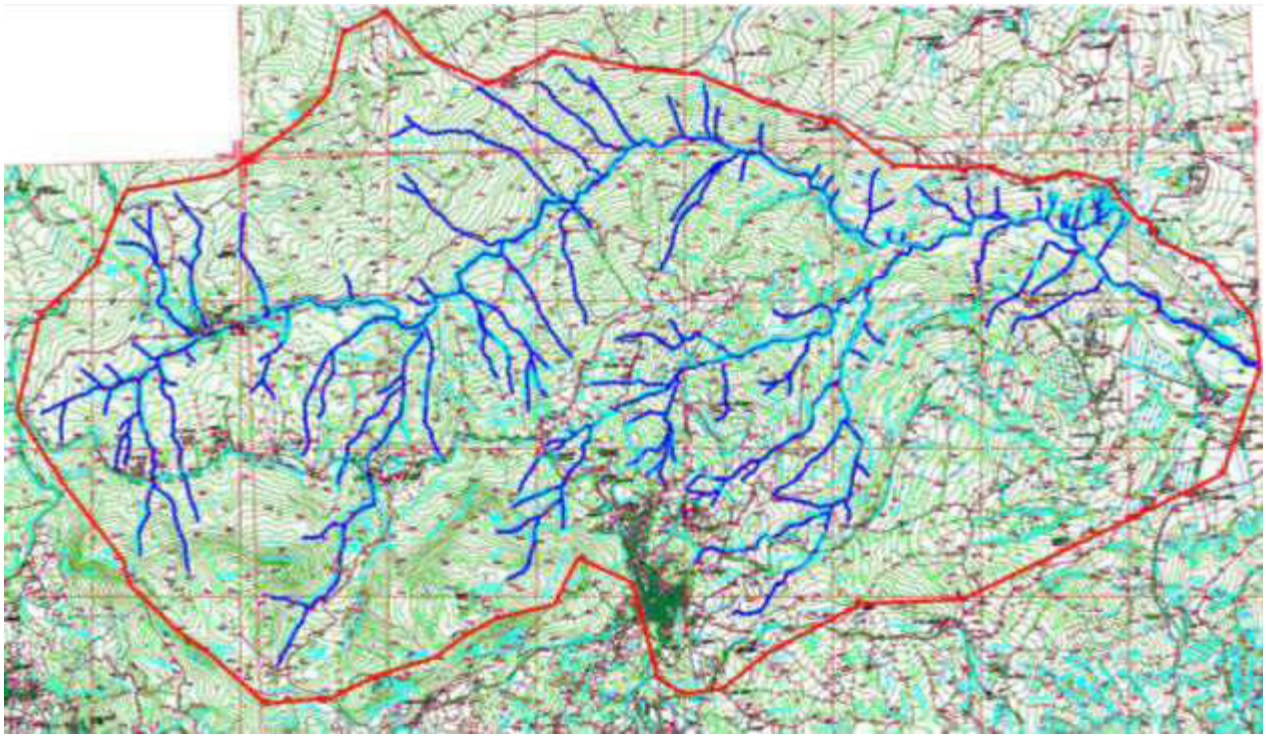
Data	Giugno 2013	Revisione	

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

ANALISI IDROLOGICA

1 Inquadramento geografico e limiti del bacino imbrifero

Il bacino imbrifero oggetto di studio ricade nel territorio del Comune di Castell'Azzara, Provincia di Grosseto, interessa un ampia parte del territorio Comunale, la sezione di chiusura del bacino è stata individuata a valle del Ponte della Sforzesca



2 Proprietà planimetriche

Il bacino ha una forma regolare assimilabile a un rettangolo con quota massima pari a 1106.20 m s.l.m. e quota minima pari a 330.0 m s.l.m., fissata considerando come sezione trasversale di chiusura la sezione a valle del Ponte della Sforzesca

2.1 Proprietà plano-altimetriche

GRANDEZZE DEL BACINO		
S	Superficie	49181600 m^2
P	Perimetro	30726 m
L	Lunghezza asta principale	3760 m

L'*indice di forma If* di Horton: $If = \frac{S}{L^2}$ = 3.48

Il *coefficiente di uniformità Uc* di Gravelius: $Uc = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$ = 1.23

Il *rapporto di allungamento*: $E = \frac{L}{2\sqrt{S/\pi}}$ = 0.475

2.2 Proprietà plano-altimetriche

QUOTA ISOIPSE h_i (m)	A_i (kmq)	A_i / A	h_i / h_{max}
1106.2	0.000	0.00	1.00
1050	0.070	0.00	0.95
1000	1.720	0.03	0.90
950	3.500	0.07	0.86
900	4.640	0.09	0.81
850	6.180	0.13	0.77
800	9.840	0.20	0.72
750	15.170	0.31	0.68
700	20.690	0.42	0.63
650	25.726	0.52	0.59
600	30.126	0.61	0.54
550	34.556	0.70	0.50
500	38.589	0.78	0.45
450	42.089	0.86	0.41
400	45.479	0.92	0.36
350	48.799	0.99	0.32
330	49.182	1.00	0.30

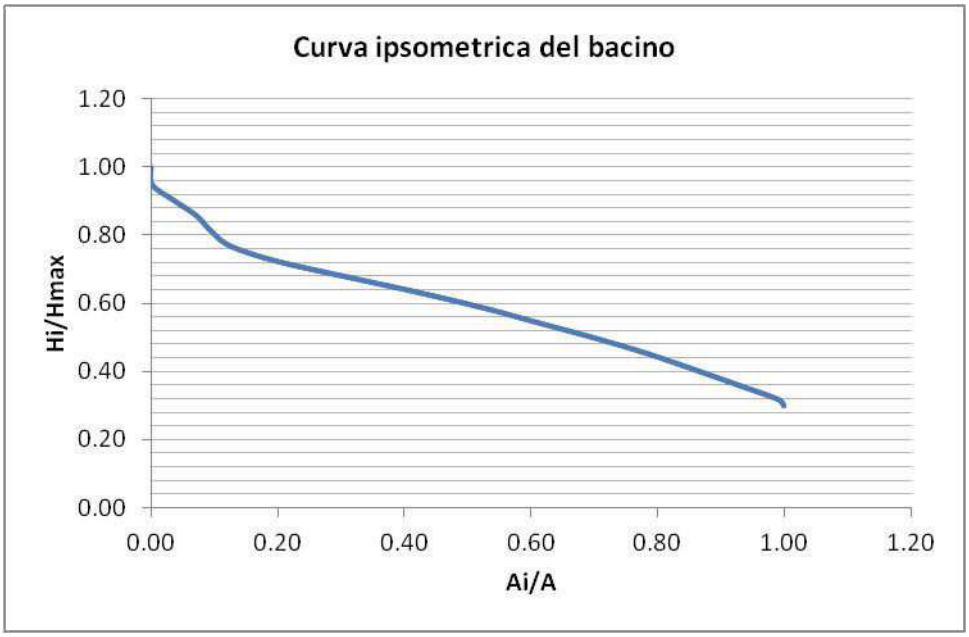
La curva ipsografica seguente (in forma sia dimensionale che adimensionale) fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche.

L'integrale della curva ipsografica dimensionale rappresenta il volume di rilievo, che diviso per l'area del bacino fornisce l'*altitudine media* del bacino:

$$\mathbf{h_m = 632.85\ m\ (s.l.m.)}$$

Il rilievo del bacino è dato dalla differenza tra la quota del punto di vetta del bacino e la quota minima alla sezione di chiusura:

$$H_m = \frac{h_{max} - h_{min}}{2}$$ **=388.1 m s.l.m.**



Il calcolo dell'*integrale ipsometrico I P* adimensionale, consente di stimare l'evoluzione volumetrica del bacino imbrifero ed interpretarne lo stadio (> 0.6 stadio giovanile, 0.4/0.6 stadio maturo, < 0.4 stadio senile).

Pendenza media dei versanti del bacino i_m ,esprimibile come:

$$i_m = e\frac{\sum l_i}{A} =$$ = 6.011 %

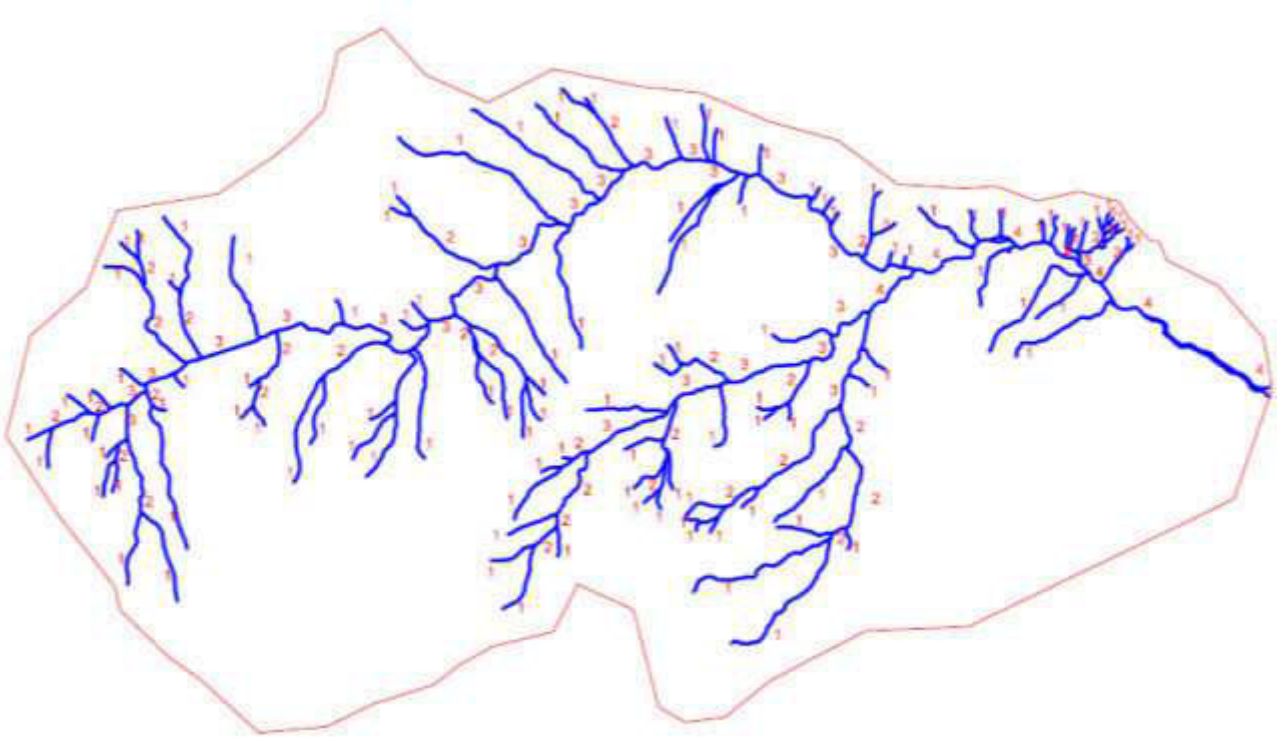
La *pendenza media i a dell'asta principale* è stata ricavata tramite la formula:

$$i_a = \frac{L^2}{\left(\sum_{j=1}^{n} \frac{L_j}{i_{aj}}\right)^2}$$ **=0,0000764%**

2.3 Proprietà idrografiche

Il sistema di ordinamento del reticolo idrografico qui adottato è quello di Horton – Strahler.

O*rdine del bacino* = **4.**



Dal numero *N u* dei segmenti di ciascun ordine *u* si calcola il *rapporto di biforcazione*:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Dalla lunghezza media *L u* dei segmenti si calcola il *rapporto delle lunghezze*:

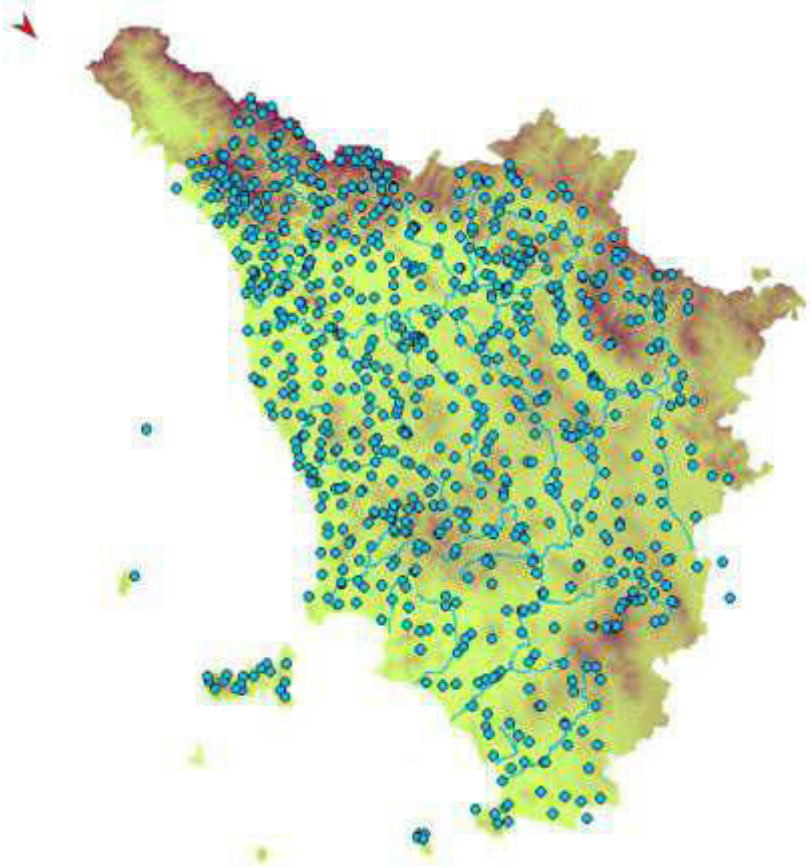
$$R_L = \frac{L_{u+1}}{L_u}$$

Parametri caratteristici del reticolo idrografico:

Ordine	Lu km	numero N	Rb	RL	Au	Ra
1	53.395	112	3.5		36.87	0.129644698
2	15.55	32	1.3913	0.2912258	4.78	0.80125523
3	13.4	23	23	0.8617363	3.83	0.966057441
4	4.48	1		0.3343284	3.7	

3 Analisi climatica

3.1 Pluviometria



Ai fini della seguente relazione idrologica data la localizzazione del sito di interesse sono stati utilizzati i dati di pioggia del pluviometro Triana Roccalbegna. Di seguito si riportano i dati identificativi del pluviometro.

Stazione	Triana	
Codice	[TOS10003022]	
Comune	Roccalbegna (GR)	
Provincia	GR	
UTM [m]	E 708480	N 4740580
GB [m]	E 1708427	N 4740400
Quota [m]	750.00	

La legge di distribuzione qui adottata per lo studio delle precipitazioni massime annuali di breve durata è quella di Gumbel o prima legge di distribuzione asintotica del massimo valore:

$$P(h_t) = e^{-e^{-\alpha(h_T - u)}}$$

dove: (Ph_t) è la probabilità di non superamento dell'altezza massima di pioggia h t; α e **u** sono i due parametri della legge di Gumbel da stimare. La stima di questi due parametri è stata eseguita con il metodo dei momenti.

$$\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \cong \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$u = \mu - \frac{\gamma}{\alpha} = \mu - \left(\frac{\gamma\sqrt{6}}{\pi}\right)\sigma \cong \mu - 0.45 \cdot \sigma$$

dove **u** è il valore atteso di h t, σ^2 è il valore della varianza da cui si ricava lo scarto quadratico medio **σ.** Si riporta di seguito la trascrizione dei risultati ottenuti per la legge di distribuzione di Gumbel tramite il metodo dei momenti:

STAZIONE DI TRIANA – ROCCALBEGNA dal 1935 al 1967

	media	std	gumbel	gumbel
	μ	**σ**	**u**	**α**
1h	29,33913	12,8112	23,57409	0,100147
3h	40,25217	20,64577	30,96158	0,062143
6h	50,6913	23,21845	40,243	0,055258
12h	61,4	22,08844	51,4602	0,058085
24h	76,58696	21,55741	66,88612	0,059515

La probabilità (Pht) di non superamento della massima precipitazione può essere messa in relazione al tempo di ritorno Tr :

$$1 - P(h_{t,Tr}) = \frac{1}{Tr}$$

La funzione di probabilità di Gumbel diventa:

$$P(h_{t,Tr}) = \frac{T_r - 1}{Tr} = e^{-e^{-\alpha_t (h_{t,T} - u_t)}}$$

avendo indicato con h_t, Tr l'altezza di pioggia h t di assegnati durata t e tempo di ritorno Tr , la *linea segnalatrice di possibilità pluviometrica* è qui rappresentata dall'equazione in forma di legge di potenza:

$$h_{t,Tr} = a_{Tr} t^{n_{Tr}}$$

dove a_{Tr} ed n_{Tr} sono i parametri, di tempo di ritorno *Tr,* propri della stazione, qui stimati tramite il metodo dei minimi quadrati in scala bi-logaritmica per ogni valore del tempo di ritorno.

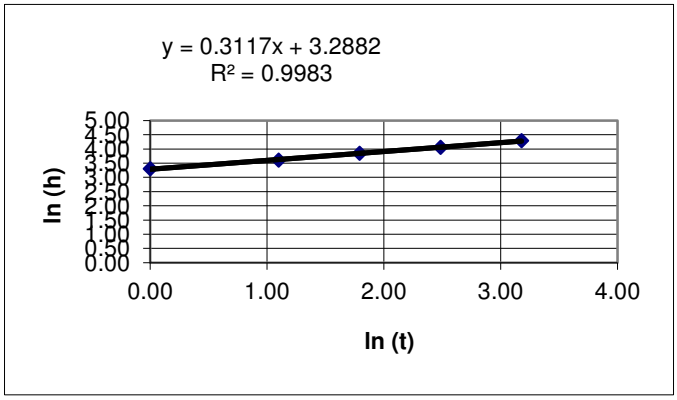
STAZIONE TRIANA ROCCALBEGNA

Tr	**a**	***n***
2	26,79	0,31
20	56,88	0,2421
50	67,72	0,2303
100	75,87	0,2233
200	83,99	0,2176

Tempo di ritorno 2 anni

a	n
26,7937	0,3117

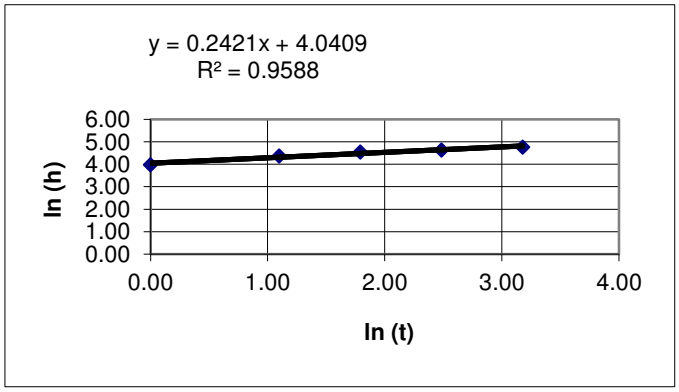
ln h(mm)	ln t(ore)
3,30	0,00
3,61	1,10
3,85	1,79
4,06	2,48
4,29	3,18



Tempo di ritorno 20 anni

a	n
56,8775	0,2421

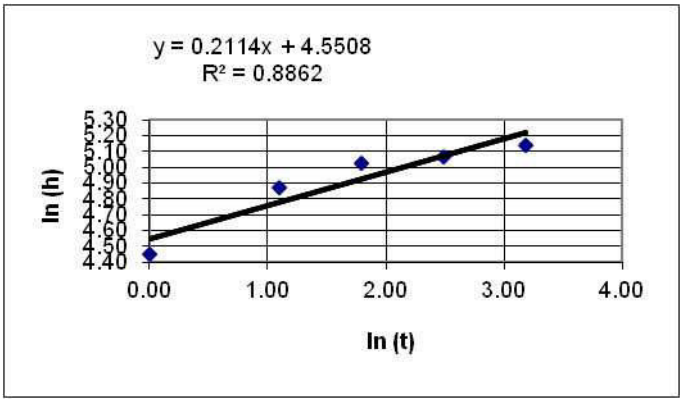
ln h(mm)	ln t(ore)
3,97	0,00
4,37	1,10
4,54	1,79
4,63	2,48
4,76	3,18



Tempo di ritorno 500 anni

a	n
94.7080	0.2114

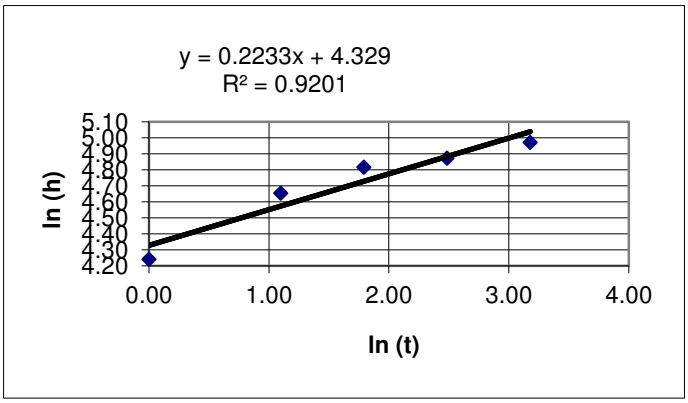
ln h(mm)	ln t(ore)
4.45	0.00
4.87	1.10
5.03	1.79
5.07	2.48
5.14	3.18



Tempo di ritorno 100 anni

a	n
75,8654	0,2233

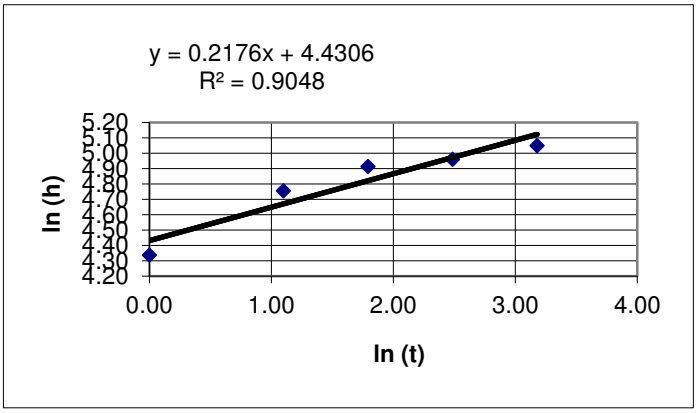
log h(mm)	log t(ore)
4,24	0,00
4,65	1,10
4,82	1,79
4,87	2,48
4,97	3,18



Tempo di ritorno **200** anni

α	ν
83,9854	0,2176

ln h(mm)	ln t(ore)
4,34	0,00
4,76	1,10
4,91	1,79
4,96	2,48
5,05	3,18

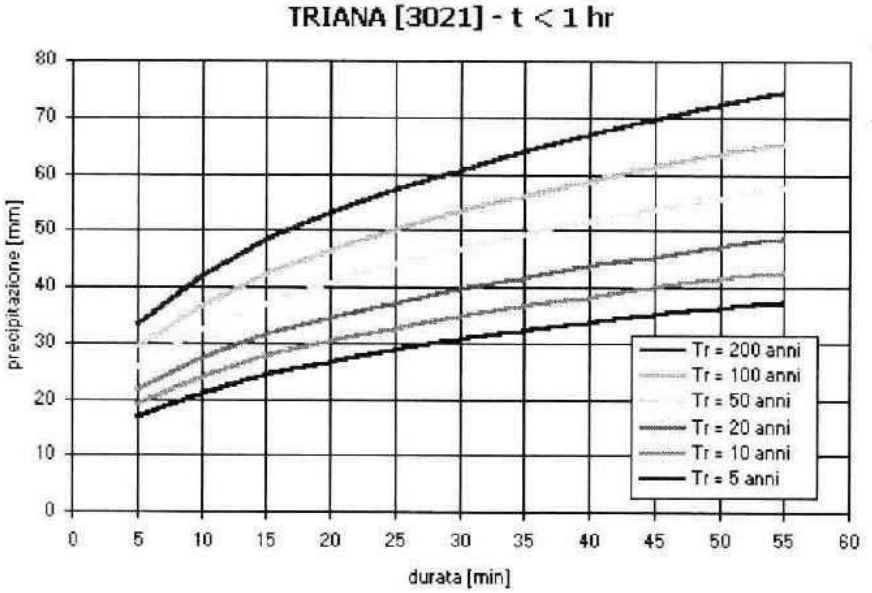


Di seguito si riporta il confronto dei dati calcolati con i dati forniti dalla pubblicazione integrale LSPP a cura della Regione Toscana dai quali si denota la coerenza della verifica effettuata.

Stazione: TRIANA - [3021]

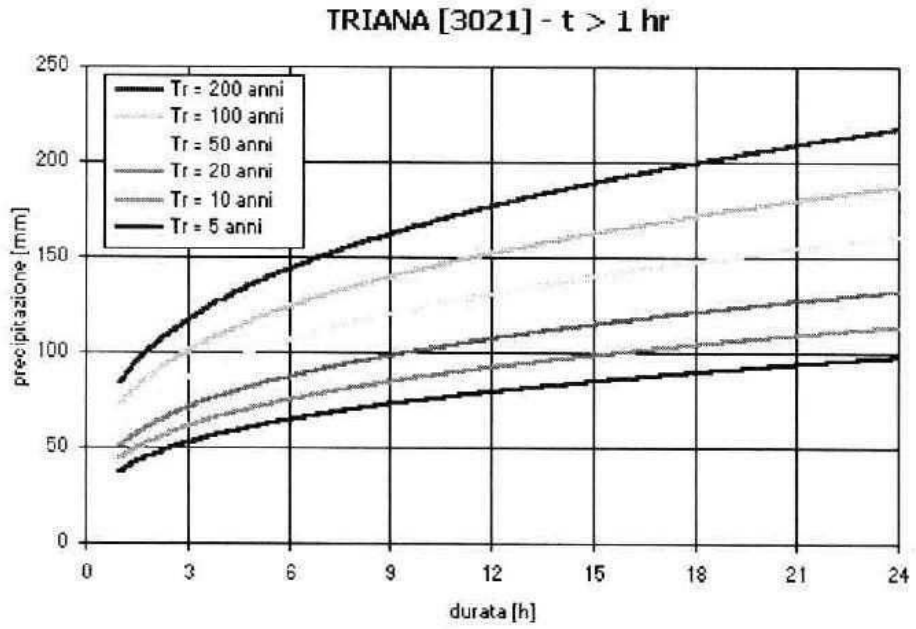
Durata inferiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti		5'	10'	15'	20'	30'	
a	28.629	*5 anni*	16.7	21.1	24.2	26.6	30.6 mm
n	0.338	*10 anni*	19.0	24.0	27.5	30.3	34.8 mm
m	0.186	*20 anni*	21.6	27.3	31.3	34.5	39.6 mm
		50 anni	25.6	32.4	37.1	40.9	46.9 mm
		100 anni	29.1	36.8	42.2	46.5	53.4 mm
		200 anni	33.1	41.9	48.0	52.9	60.7 mm



Durata superiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti			*1 h*	*3 h*	*6 h*	*12 h*	*24 h*	
a	26.571	*5 anni*	37.7	52.3	64.4	79.2	97.4	mm
n	0.299	*10 anni*	43.8	60.9	74.9	92.1	113.3	mm
m	0.217	*20 anni*	51.0	70.8	87.0	107.1	131.7	mm
		50 anni	62.2	86.4	106.2	130.6	160.7	mm
		100 anni	72.3	100.4	123.5	151.9	186.8	mm
		200 anni	84.1	116.7	143.6	176.6	217.2	mm



Elaborazione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Ultimo aggiornamento: Ottobre 1998

4 Idrogrammi di piena per tempi di ritorno di 30 e 200 anni

4.1 Tempo di corrivazione

Per la stima del tempo di corrivazione deriva dall'analisi del bacino in esame, comprendete l'intero bacino del Siele, si considerano le formule empiriche di Puglisi, Giandotti, Ogrosky. Sulla base dei parametri morfologici del bacino stimati al capitolo 3, si ottengono le stime riportate nella tabella seguente. Per i successivi calcoli degli idrogrammi di piena si assume il valore medio delle diverse stime.

Tempi di corrivazione [h]		
Puglisi	t_c= 6 L^0.67 * Hm^(-0.33)	3.583
Ogrosky	t_c= 0.914 L^1.15 C^(-0.38)	1.680
~~Affl.Arno~~	~~t_p=0.416(Lc+A/L)^1.06 * (H+Hc)^(-0.27)~~	~~0.782~~
R. Rosso	t_p=1.584(Rb/Ra)^0.55 * Rl^(-0.38) *Lc/Vm	10.640
Giandotti	t_p=(2*radq(A)+1.5*L)/(0.8*radq(H))	1.796421114
		4.425

4.2 Ietogrammi di progetto e portate massime di piena

Per ciascun tempo di ritorno, si assume uno ietogramma lordo di progetto di intensità costante P, fornito dalla L.S.P.P. della stazione di Triana (vedi punto 4.1) per durata pari al tempo di corrivazione. Per il calcolo delle perdite per infiltrazione I, si considera una intensità potenziale di infiltrazione costante e pari al coefficiente di permeabilità Ks. Tali perdite vengono valutate separatamente per ciascuna zona con diversa permeabilità e pesate in base all'estensione areale su ciascuna di esse. La portata massima di piena Qmax per assegnato tempo di ritorno viene quindi ottenuta applicando il metodo cinematico con ietogramma netto di intensità costante P-I, ottenendo i risultati riportati

$$I = \frac{1}{S}\sum_i S_i \min\left(P, K_{s,i}\right) \qquad Q_{\max} = S(P - I)$$

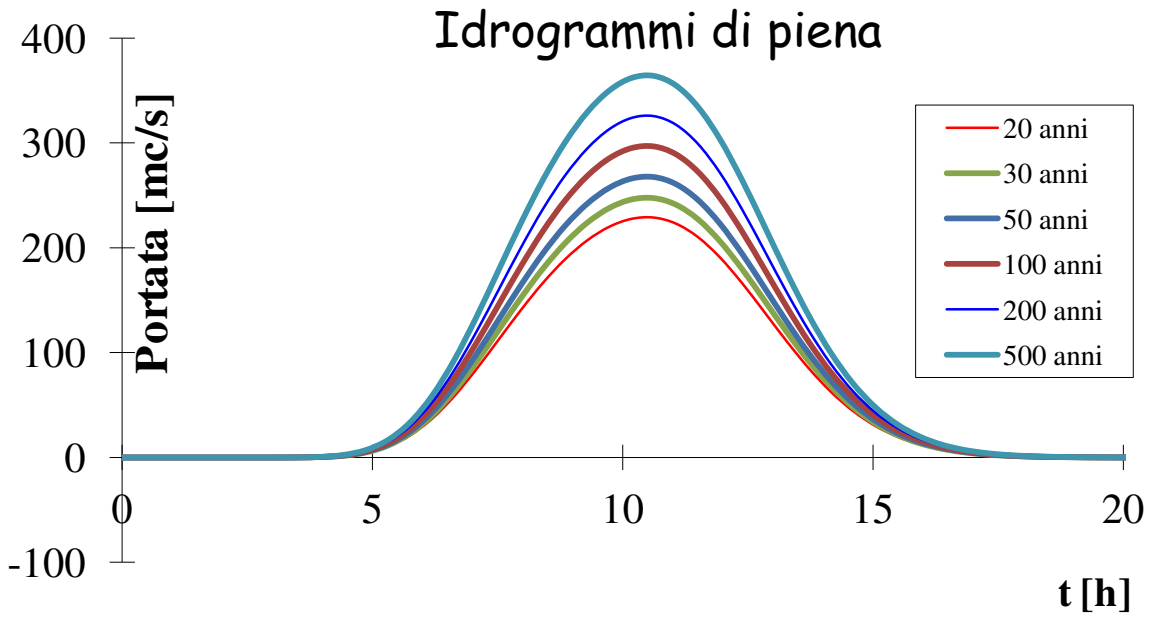
4.3 Idrogramma istantaneo unitario e idrogrammi di piena

Si utilizza la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario (IIU) per la determinazione degli idrogrammi di piena corrispondenti agli ietogrammi di progetto di cui al punto precedente. Date le limitate estensioni del bacino, si assume un IIU di semplice forma triangolare, con base pari al tempo di corrivazione precedentemente calcolato. Si utilizzando le espressioni empiriche di Rosso (1984) che legano i valori di picco (istante tp e altezza hp) dell'IIU ai parametri morfologici del reticolo:

$$t_p = \frac{0.44L}{V}\left(\frac{R_B}{R_A}\right)^{0.55} R_L^{-0.38} \qquad h_p = \frac{1.31}{L} R_L^{0.43} V$$

Costruzione degli idrogrammi di piena

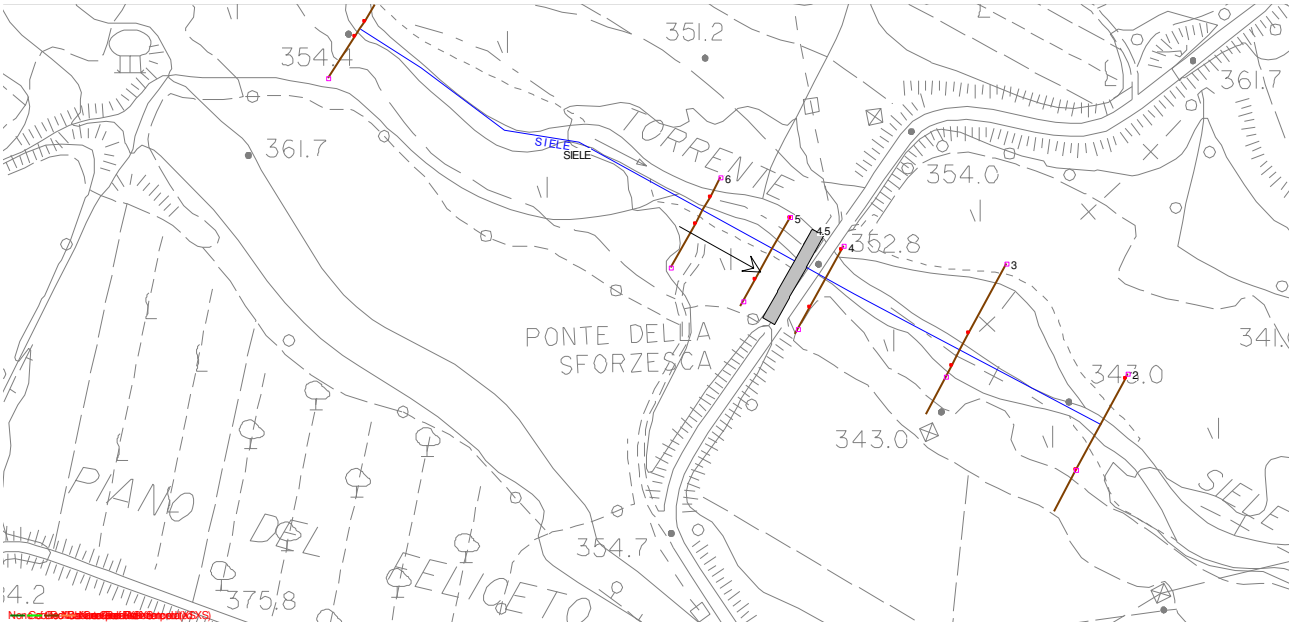
Tempo di ritorno Tr	30	500	10	20	50	100	200
a	61.70	94.71		56.88	67.72	75.87	83.99
$h = a \cdot t^{\nu}$							
ν	0.24	0.21		0.24	0.23	0.22	0.22
impulso [mm]	19.92	29.31	0.00	18.43	21.56	23.90	26.23
portate max [mc/s]	247.25	363.73	0.00	228.65	267.50	296.58	325.53
per t [h] =	10.62	10.62	0.00	10.62	10.62	10.62	10.62



I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

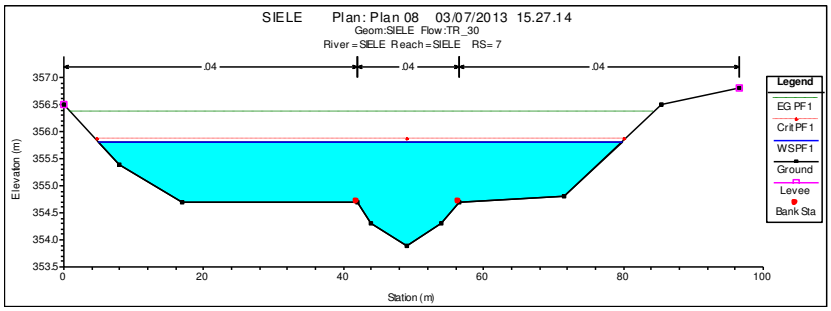
VERIFICA IDRAULICA

Lo studio idraulico sul Fosso Sforzesca è stato svolto con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni mediante il modello Hec-Ras di seguito riportato.Il modello idraulico prevede la ricostruzione del tratto di alveo a monte e a valle del Ponte della Sforzesca al fine di verificare l'esondazione nelle aree in riva destra a valle del Ponte.

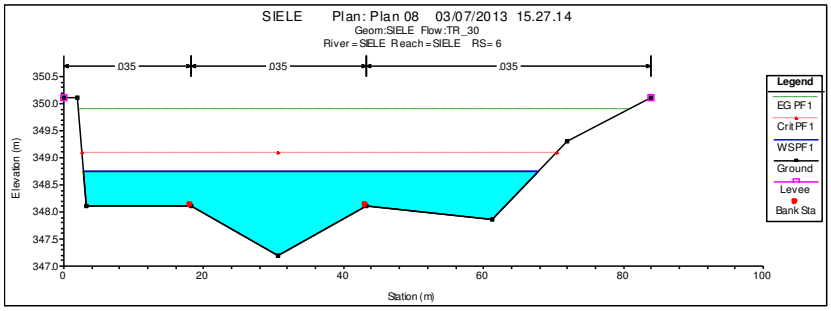


Tr 30

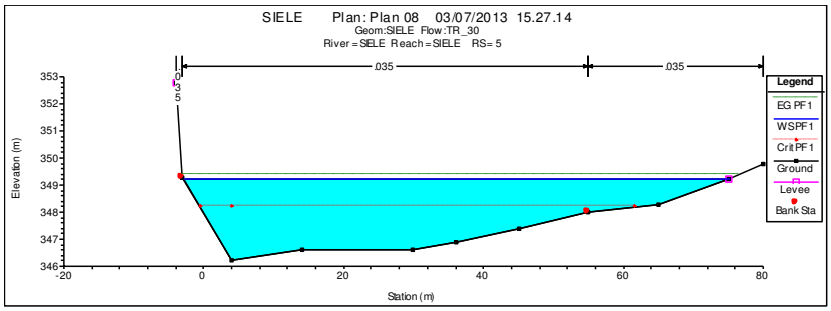
Sezione 7 di monte



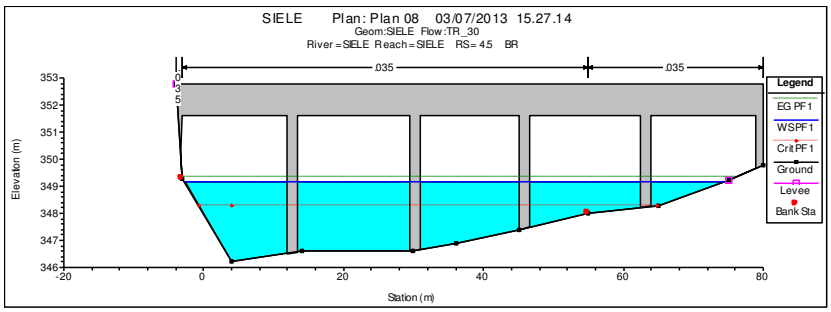
Sezione 6



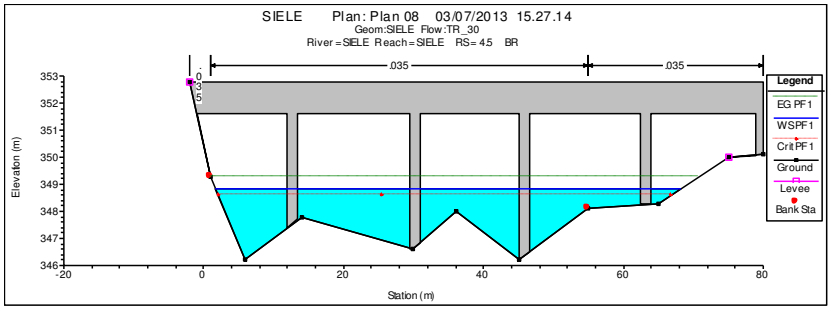
Sezione 5



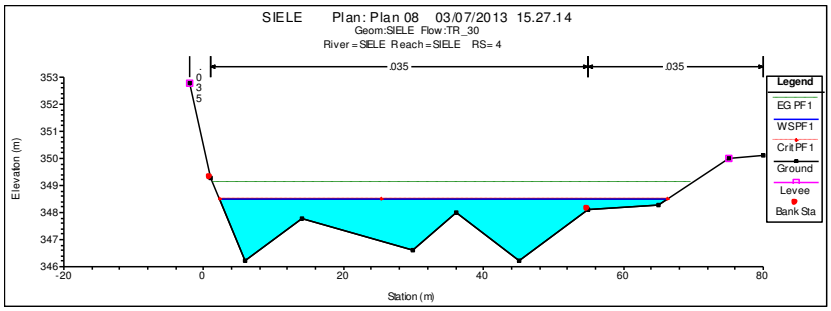
Sezione 4.5 Ponte Sforzesca sezione di monte



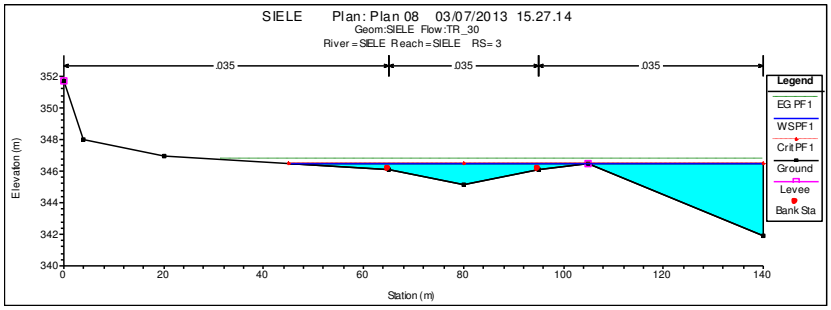
Sezione 4.5 Ponte Sforzesca sezione di valle



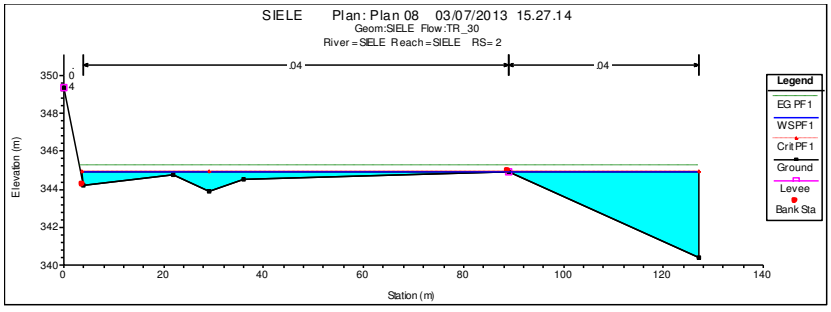
Sezione 4



Sezione 3

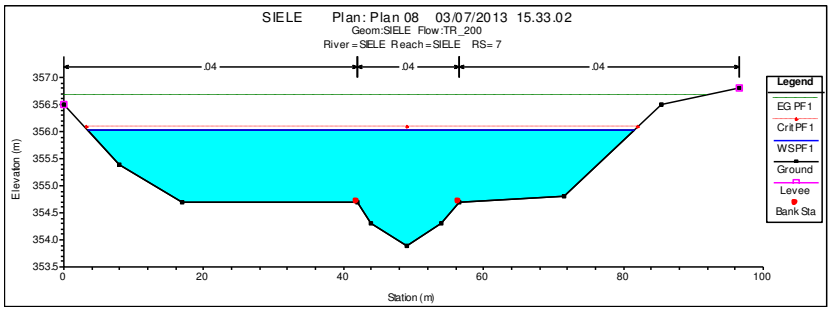


Sezione 2

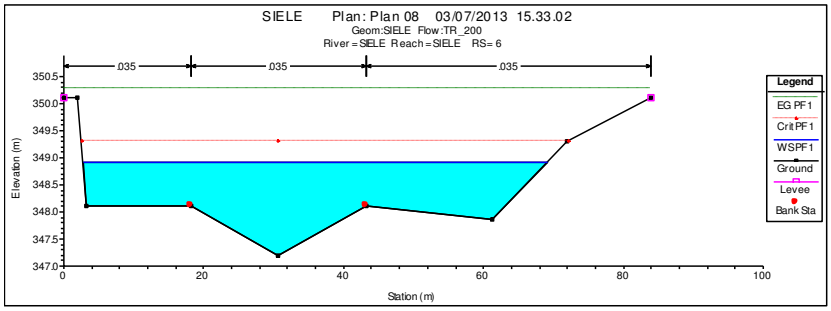


Tr 200

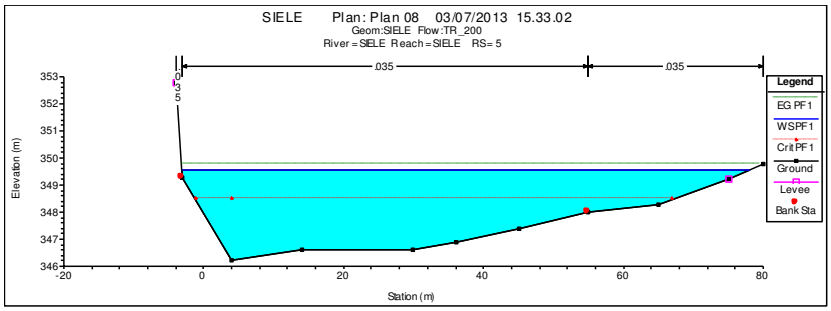
Sezione 7 di monte



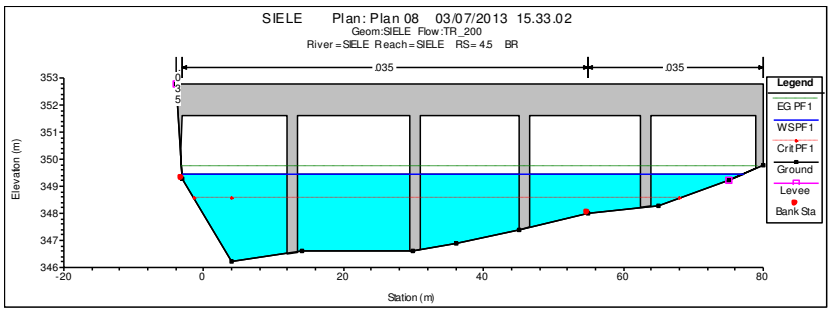
Sezione 6



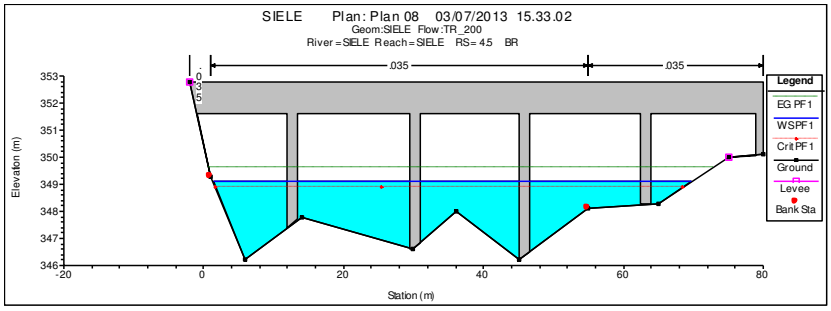
Sezione 5



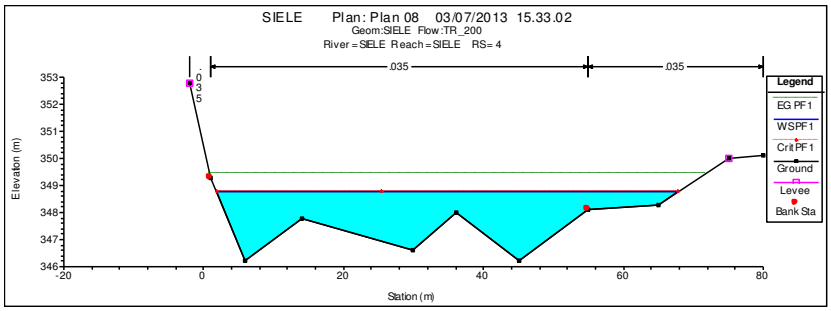
Sezione 4.5 Ponte Sforzesca sezione di monte



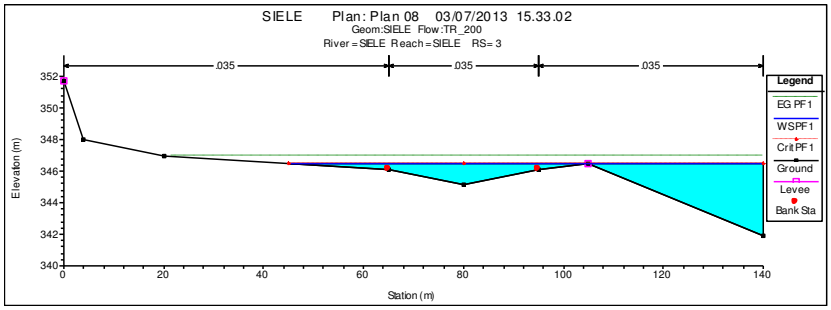
Sezione 4.5 Ponte Sforzesca sezione di valle



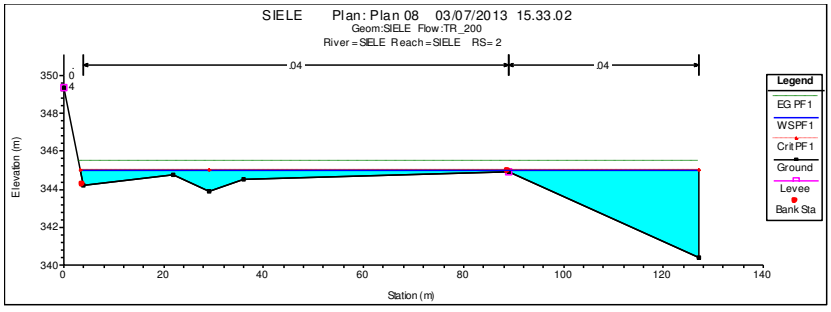
Sezione 4



Sezione 3

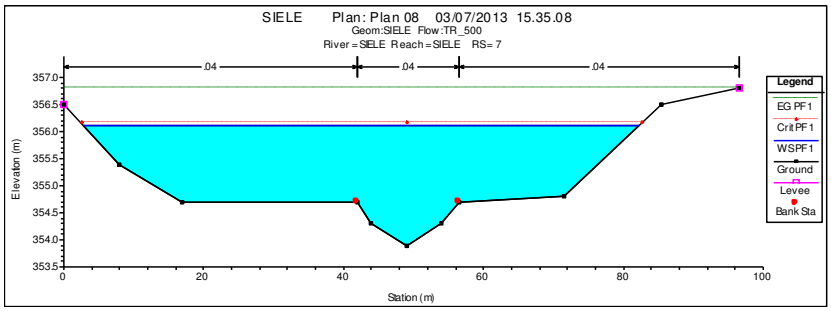


Sezione 2

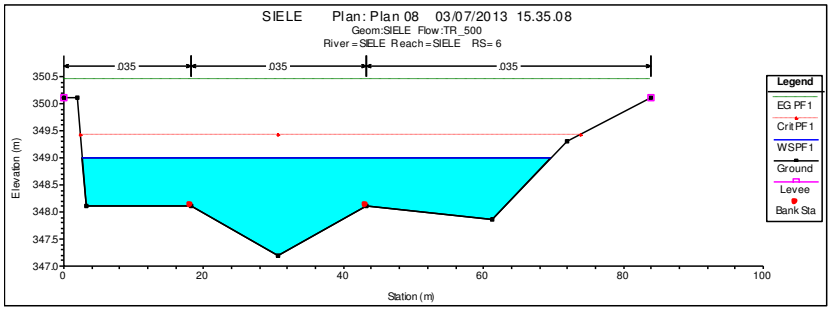


Tr 500

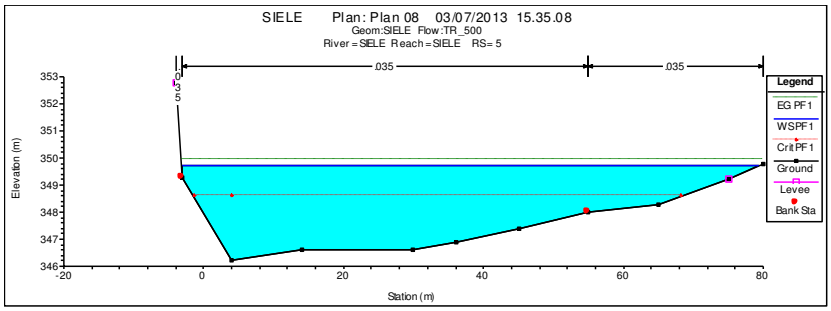
Sezione 7 di monte



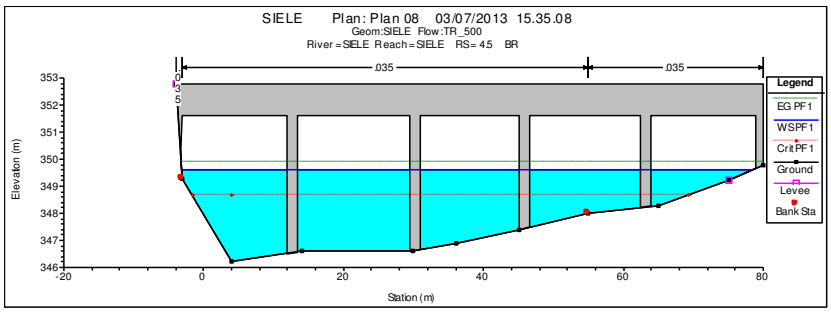
Sezione 6



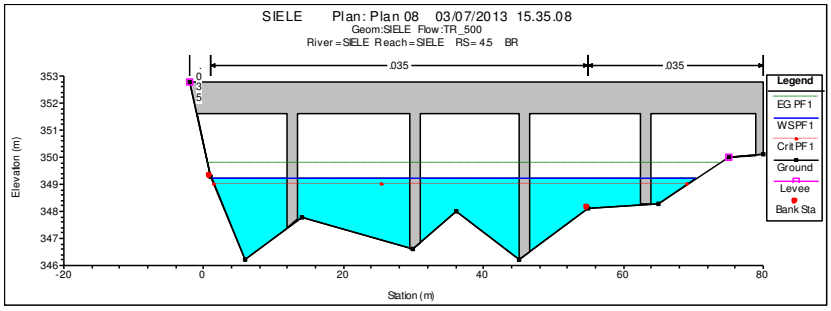
Sezione 5



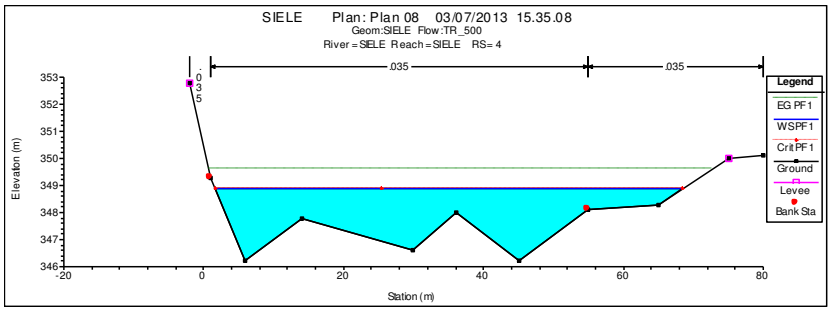
Sezione 4.5 Ponte Sforzesca sezione di monte



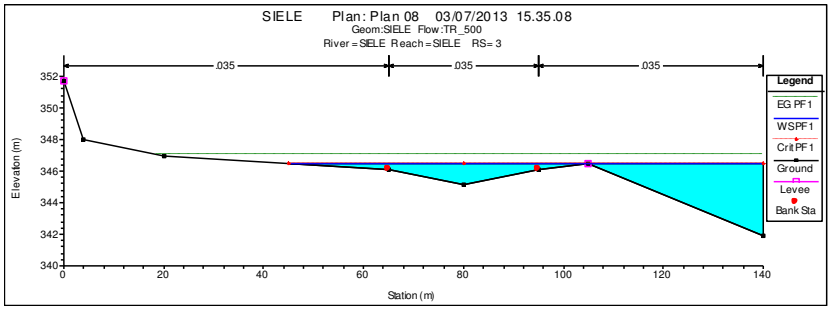
Sezione 4.5 Ponte Sforzesca sezione di valle



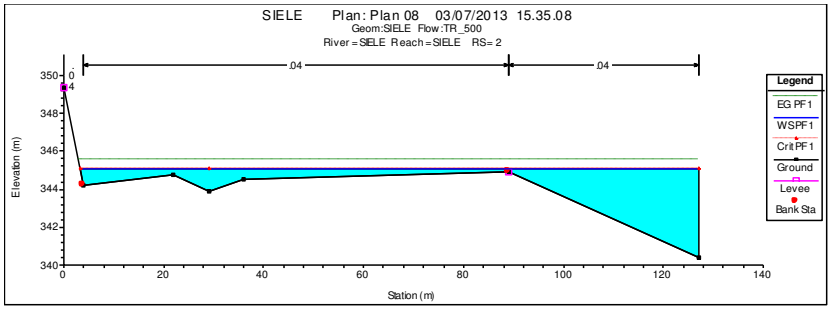
Sezione 4



Sezione 3



Sezione 2



RICOSTRUZIONE FOTOGRAFICA DELLE SEZIONI

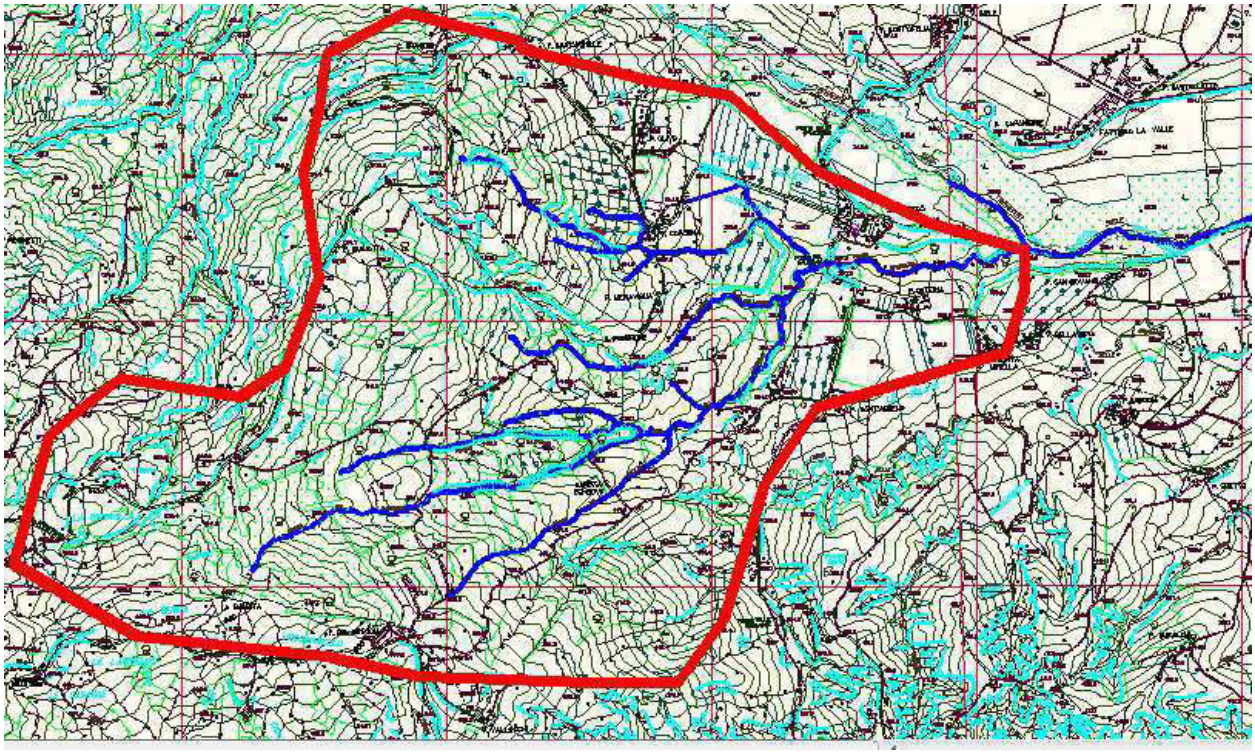
	Vista della sezione 7 e della sezione 6 a monte del Ponte della Sforzesca, data la tipologia di alveo è stato utilizzato un coefficiente di manning pari a 0.04 sia nel main channel che nel Left e Right Over Bank (LOB e ROB)
	Vista della sezione 4 a valle del Ponte della Sforzesca, si moti la ricostruzione del fondo dell'alveo e delle aree del letto del fiume che sono interessate del deflusso solo negli eventi di piena. I coefficienti di manning sono analoghi a quelli utilizzati nelle sezioni 7 e 6 di monte
	Vista della sezione 4.5 a monte del Ponte della Sforzesca, la simulazione ha previsto la ricostruzione del ponte con quota del piano stradale pari a 352.8 m che coincide con la quota dell'arginatura in riva sinistra, le quote più sfavorevoli delle arginature risultano essere in riva destra. I coefficienti di manning sono analoghi a quelli utilizzati nelle sezioni 7 e 6 di monte

I.P.A. Ingegneria per l'Ambiente
Via del Romito 62 b
50134Firenze (FI)

ANALISI IDROLOGICA

1 Inquadramento geografico e limiti del bacino imbrifero

Il bacino imbrifero oggetto di studio ricade nel territorio del Comune di Castell'Azzara, Provincia di Grosseto, nei pressi della Località La Sforzesca



2 Proprietà planimetriche

Il bacino ha una forma regolare assimilabile a un quadrato con quota massima pari a 703.1 m s.l.m. e quota minima pari a 329.0 m s.l.m., fissata considerando come sezione trasversale di chiusura la confluenza con il torrente Siele.

2.1 Proprietà plano-altimetriche

GRANDEZZE DEL BACINO		
S	Superficie	10627700 m^2
P	Perimetro	1457 m
L	Lunghezza asta principale	1912 m

L'*indice di forma If* di Horton: $If = \frac{S}{L^2}$ = 7.99

Il *coefficiente di uniformità Uc* di Gravelius: $Uc = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$ = 0.126

Il *rapporto di allungamento*: $E = \frac{L}{2\sqrt{S/\pi}}$ = 0.313

2.2 Proprietà plano-altimetriche

QUOTA ISOIPSE h_i (m)	A_i (kmq)	A_i / A	h_i / h_{max}
703,1	0	0,00	1,00
700	0,02	0,00	1,00
650	0,5381	0,05	0,92
600	1,12	0,16	0,85
550	1,78	0,33	0,78
500	1,63	0,48	0,71
450	1,54	0,62	0,64
400	1,57	0,77	0,57
350	2,32	0,99	0,50
329	0,1096	1,00	0,47

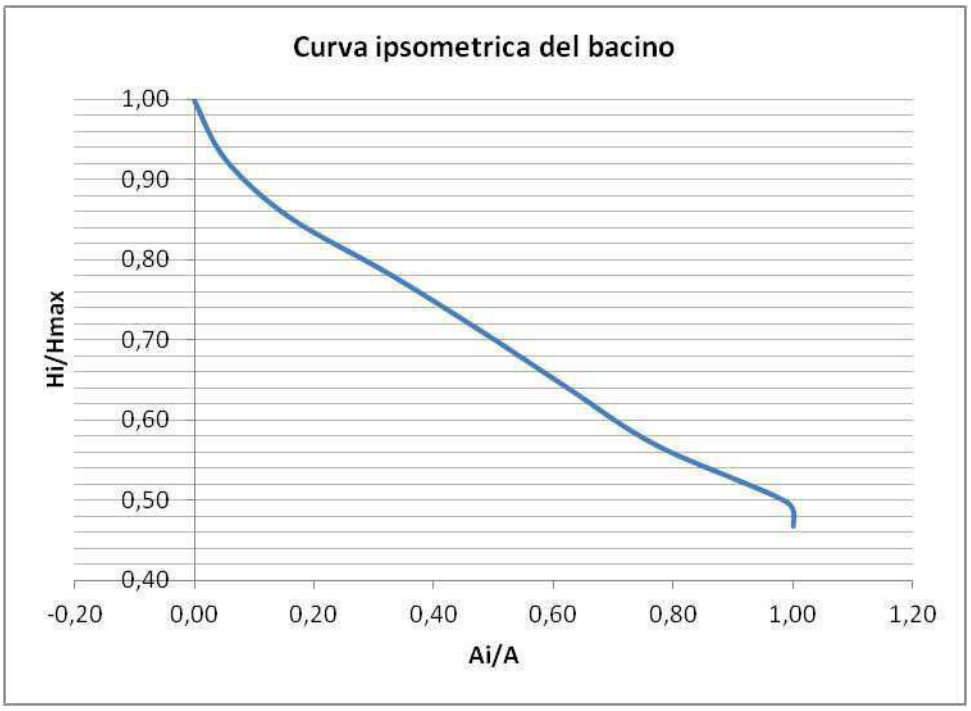
La curva ipsografica seguente (in forma sia dimensionale che adimensionale) fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche.

L'integrale della curva ipsografica dimensionale rappresenta il volume di rilievo, che diviso per l'area del bacino fornisce l'*altitudine media* del bacino:

$$\mathbf{h_m = 475{,}26\ m\ (s.l.m.)}$$

Il rilievo del bacino è dato dalla differenza tra la quota del punto di vetta del bacino e la quota minima alla sezione di chiusura:

$$H_m = \frac{h_{max} - h_{min}}{2}$$ **=351,55 m s.l.m.**



Il calcolo dell'*integrale ipsometrico I P* adimensionale, consente di stimare l'evoluzione volumetrica del bacino imbrifero ed interpretarne lo stadio (> 0.6 stadio giovanile, 0.4/0.6 stadio maturo, < 0.4 stadio senile).

Pendenza media dei versanti del bacino i_m ,esprimibile come:

$$i_m = e\frac{\sum l_i}{A} = \mathbf{= 14{,}58\%}$$

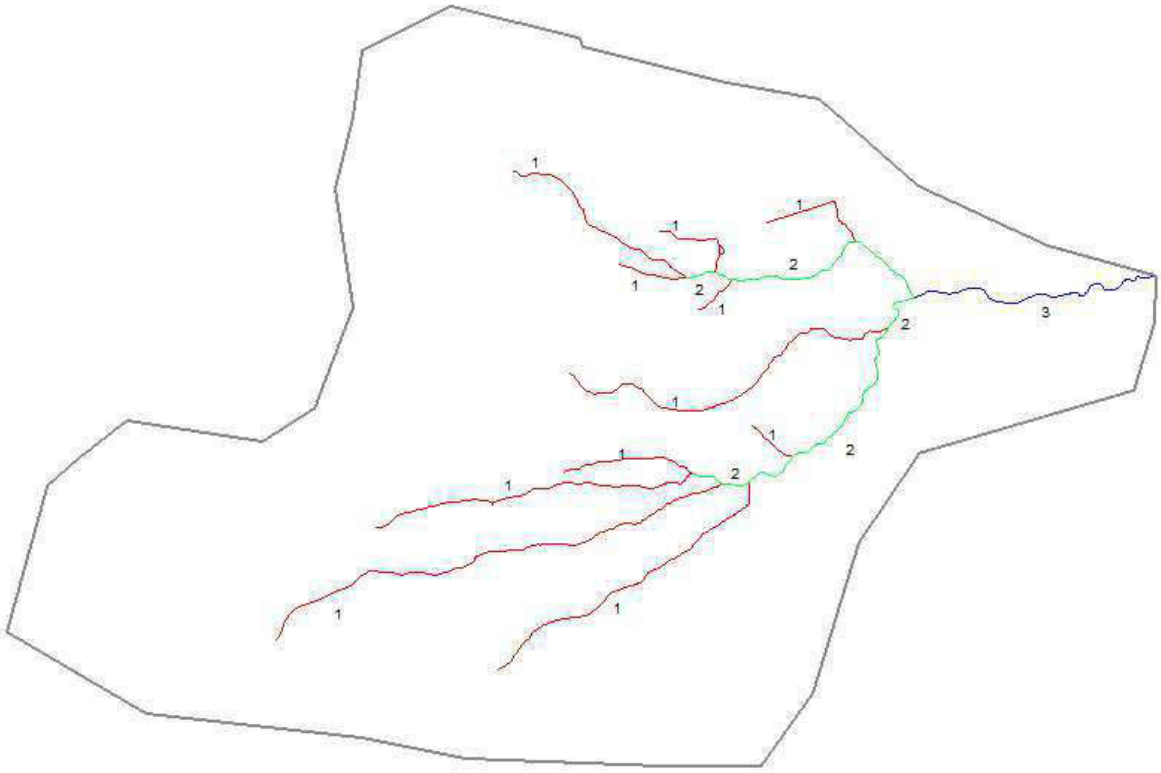
La *pendenza media i a dell'asta principale* è stata ricavata tramite la formula:

$$i_a = \frac{L^2}{\left(\sum_{j=1}^{n} \frac{L_j}{i_{aj}}\right)^2} \mathbf{=0{,}008607\%}$$

2.3 Proprietà idrografiche

Il sistema di ordinamento del reticolo idrografico qui adottato è quello di Horton – Strahler.

O*rdine del bacino* = **3.**



Dal numero *N u* dei segmenti di ciascun ordine *u* si calcola il *rapporto di biforcazione*:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Dalla lunghezza media *L u* dei segmenti si calcola il *rapporto delle lunghezze*:

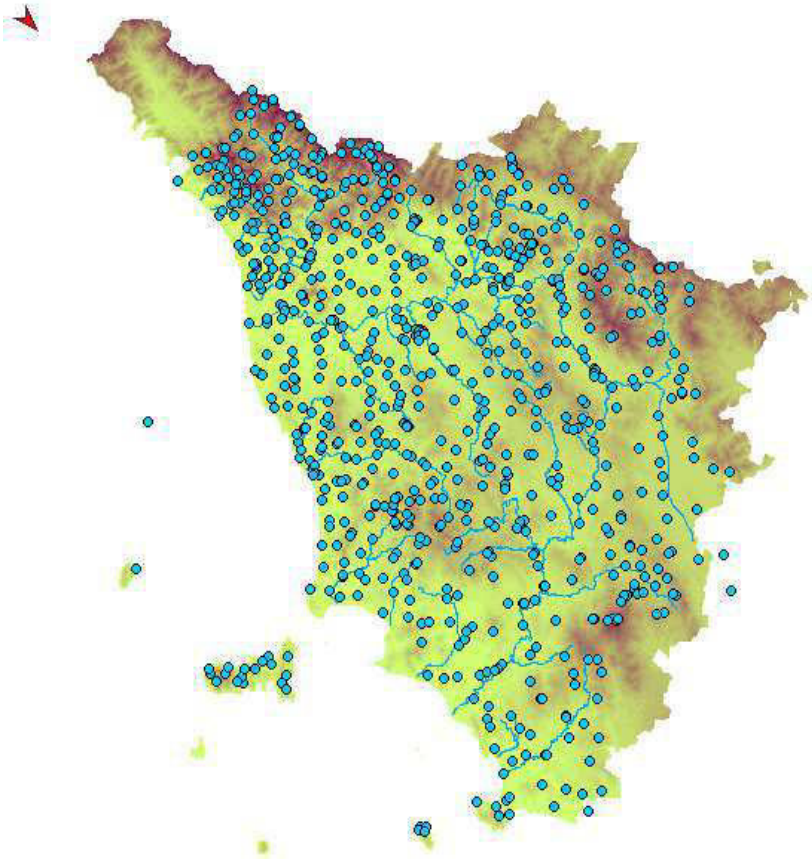
$$R_L = \frac{L_{u+1}}{L_u}$$

Parametri caratteristici del reticolo idrografico:

Ordine	Lu km	numero N	Rb	RL	Au
1	2.09	11	2,75		10627690,81
2	2,47	4	4	1,18182	8,5636
3	1,1533	1		0,46692	0,6261

3 Analisi climatica

3.1 Pluviometria



Ai fini della seguente relazione idrologica data la localizzazione del sito di interesse sono stati utilizzati i dati di pioggia del pluviometro Triana Roccalbegna. Di seguito si riportano i dati identificativi del pluviometro.

Stazione	Triana	
Codice	[TOS10003022]	
Comune	Roccalbegna (GR)	
Provincia	GR	
UTM [m]	E 708480	N 4740580
GB [m]	E 1708427	N 4740400
Quota [m]	750.00	

La legge di distribuzione qui adottata per lo studio delle precipitazioni massime annuali di breve durata è quella di Gumbel o prima legge di distribuzione asintotica del massimo valore:

$$P(h_t) = e^{-e^{-\alpha(h_t - u)}}$$

dove: (Ph_t) è la probabilità di non superamento dell'altezza massima di pioggia h t; α e **u** sono i due parametri della legge di Gumbel da stimare. La stima di questi due parametri è stata eseguita con il metodo dei momenti.

$$\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \cong \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$u = \mu - \frac{\gamma}{\alpha} = \mu - \left(\frac{\gamma\sqrt{6}}{\pi}\right)\sigma \cong \mu - 0.45 \cdot \sigma$$

dove **u** è il valore atteso di h t, σ^2 è il valore della varianza da cui si ricava lo scarto quadratico medio **σ.** Si riporta di seguito la trascrizione dei risultati ottenuti per la legge di distribuzione di Gumbel tramite il metodo dei momenti:

STAZIONE DI TRIANA – ROCCALBEGNA dal 1935 al 1967

	media	std	gumbel	gumbel
	μ	**σ**	**u**	**α**
1h	29,33913	12,8112	23,57409	0,100147
3h	40,25217	20,64577	30,96158	0,062143
6h	50,6913	23,21845	40,243	0,055258
12h	61,4	22,08844	51,4602	0,058085
24h	76,58696	21,55741	66,88612	0,059515

La probabilità (Pht) di non superamento della massima precipitazione può essere messa in relazione al tempo di ritorno Tr :

$$1 - P(h_{t,Tr}) = \frac{1}{Tr}$$

La funzione di probabilità di Gumbel diventa:

$$P(h_{t,Tr}) = \frac{T_r - 1}{Tr} = e^{-e^{-\alpha_t (h_{t,T} - u_t)}}$$

avendo indicato con h_t, Tr l'altezza di pioggia h t di assegnati durata t e tempo di ritorno Tr , la *linea segnalatrice di possibilità pluviometrica* è qui rappresentata dall'equazione in forma di legge di potenza:

$$h_{t,Tr} = a_{Tr} t^{n_{Tr}}$$

dove a_{Tr} ed n_{Tr} sono i parametri, di tempo di ritorno *Tr,* propri della stazione, qui stimati tramite il metodo dei minimi quadrati in scala bi-logaritmica per ogni valore del tempo di ritorno.

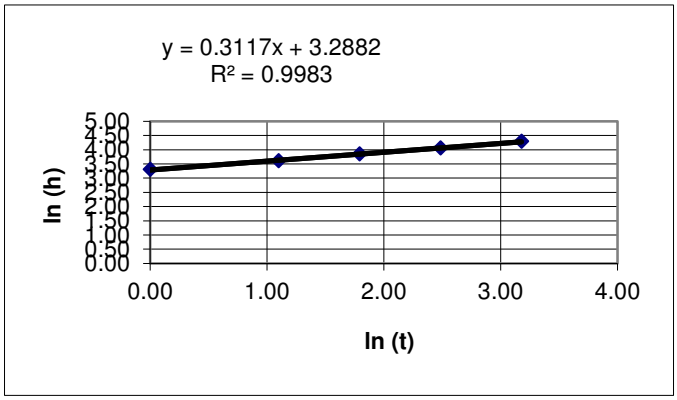
STAZIONE TRIANA ROCCALBEGNA

Tr	**a**	***n***
2	26,79	0,31
20	56,88	0,2421
50	67,72	0,2303
100	75,87	0,2233
200	83,99	0,2176

Tempo di ritorno 2 anni

a	n
26,7937	0,3117

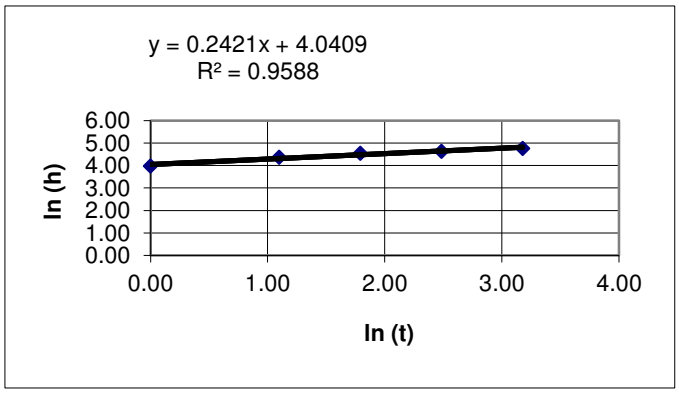
ln h(mm)	ln t(ore)
3,30	0,00
3,61	1,10
3,85	1,79
4,06	2,48
4,29	3,18



Tempo di ritorno 20 anni

a	n
56,8775	0,2421

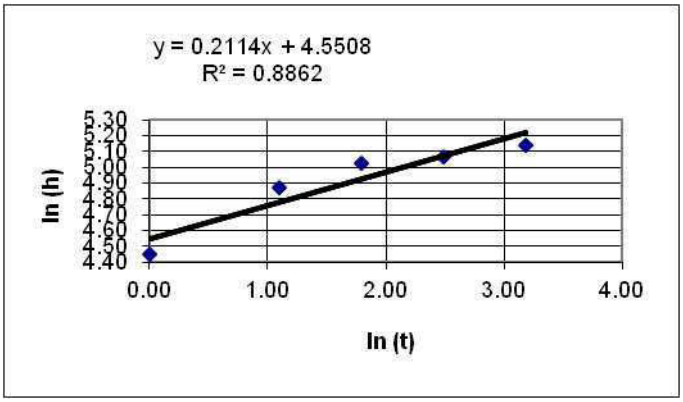
ln h(mm)	ln t(ore)
3,97	0,00
4,37	1,10
4,54	1,79
4,63	2,48
4,76	3,18



Tempo di ritorno 500 anni

a	n
94.7080	0.2114

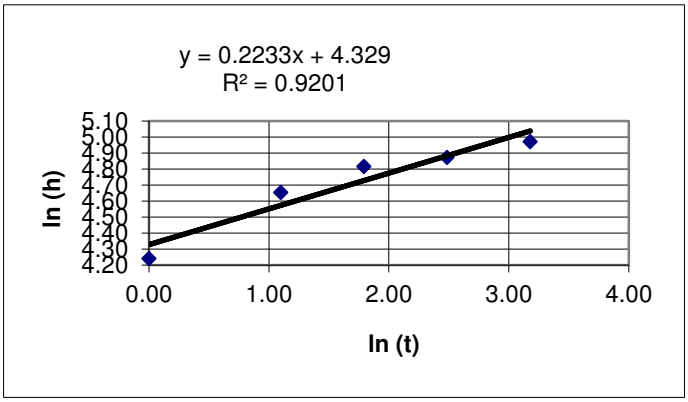
ln h(mm)	ln t(ore)
4.45	0.00
4.87	1.10
5.03	1.79
5.07	2.48
5.14	3.18



Tempo di ritorno 100 anni

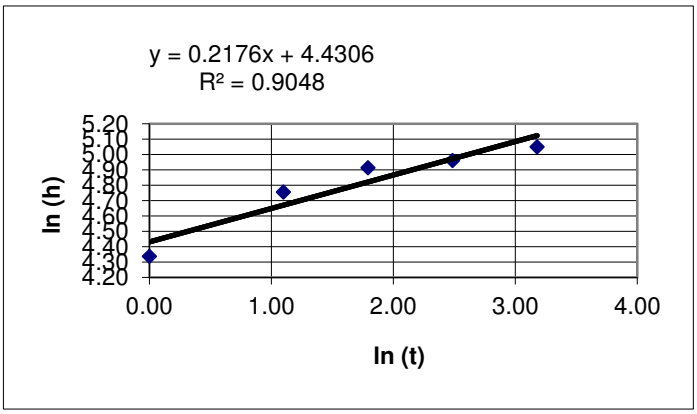
a	n
75,8654	0,2233

log h(mm)	log t(ore)
4,24	0,00
4,65	1,10
4,82	1,79
4,87	2,48
4,97	3,18



Tempo di ritorno	**200** anni
α	**ν**
83,9854	0,2176

ln h(mm)	**ln t(ore)**
4,34	0,00
4,76	1,10
4,91	1,79
4,96	2,48
5,05	3,18

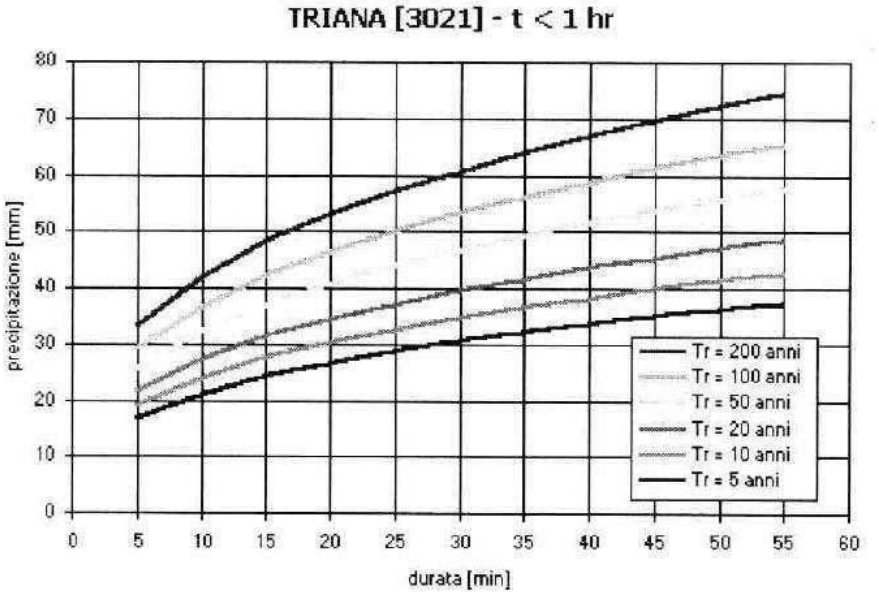


Di seguito si riporta il confronto dei dati calcolati con i dati forniti dalla pubblicazione integrale LSPP a cura della Regione Toscana dai quali si denota la coerenza della verifica effettuata.

Stazione: TRIANA - [3021]

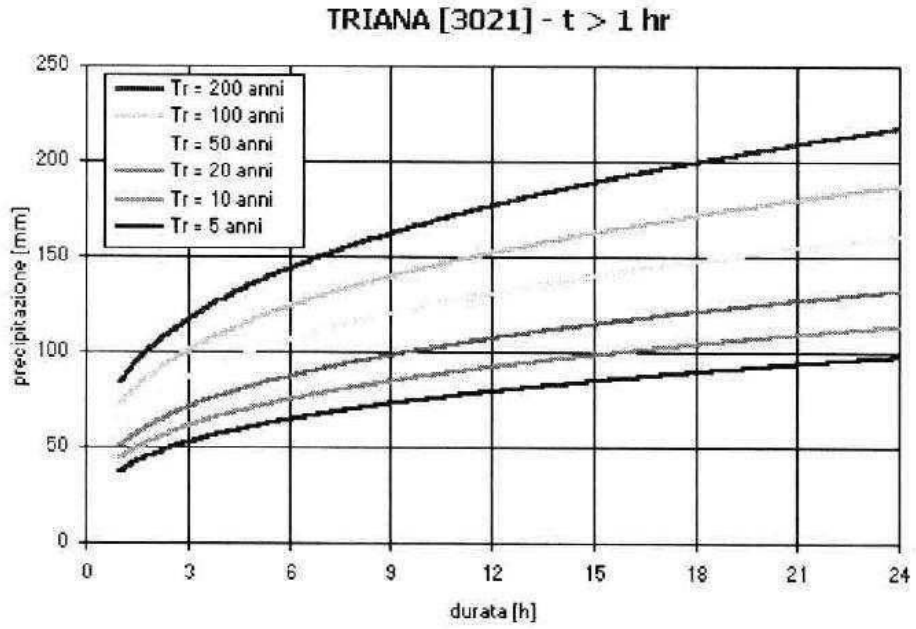
Durata inferiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti		*5'*	*10'*	*15'*	*20'*	*30'*	
a	28.629	*5 anni*	16.7	21.1	24.2	26.6	30.6 mm
n	0.338	*10 anni*	19.0	24.0	27.5	30.3	34.8 mm
m	0.186	*20 anni*	21.6	27.3	31.3	34.5	39.6 mm
		50 anni	25.6	32.4	37.1	40.9	46.9 mm
		100 anni	29.1	36.8	42.2	46.5	53.4 mm
		200 anni	33.1	41.9	48.0	52.9	60.7 mm



Durata superiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

Coefficienti							
		1 h	*3 h*	*6 h*	*12 h*	*24 h*	
a	26.571	*5 anni*	37.7	52.3	64.4	79.2	97.4 mm
n	0.299	*10 anni*	43.8	60.9	74.9	92.1	113.3 mm
m	0.217	*20 anni*	51.0	70.8	87.0	107.1	131.7 mm
		50 anni	62.2	86.4	106.2	130.6	160.7 mm
		100 anni	72.3	100.4	123.5	151.9	186.8 mm
		200 anni	84.1	116.7	143.6	176.6	217.2 mm



Elaborazione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. Ultimo aggiornamento: Ottobre 1998

4 Idrogrammi di piena per tempi di ritorno di 20 e 200 anni

4.1 Tempo di corrivazione

Per la stima del tempo di corrivazione deriva dall'analisi del bacino in esame, comprendete il Fosso Sforzesca, il Fosso del Fornoso, Fosso Gallinaio, Fosso Calcinaia, Fosso del balio e Fosso Campacci, si considerano le formule empiriche di Puglisi, Giandotti, Ogrosky. Sulla base dei parametri morfologici del bacino stimati al capitolo 3, si ottengono le stime riportate nella tabella seguente. Per i successivi calcoli degli idrogrammi di piena si assume il valore medio delle diverse stime.

Tempi di corrivazione [h]		
Puglisi	t_c= 6 L^0.67 * Hm^(-0.33)	2,027
Ogrosky	t_c= 0.914 L^1.15 C^(-0.38)	0,612
R. Rosso	t_p=1.584(Rb/Ra)^0.55 * Rl^(-0.38) *Lc/Vm	0,827
Giandotti	t_p=(2*radq(A)+1.5*L)/(0.8*radq(H))	1,06151158
		1,132

4.2 Ietogrammi di progetto e portate massime di piena

Per ciascun tempo di ritorno, si assume uno ietogramma lordo di progetto di intensità costante P, fornito dalla L.S.P.P. della stazione di Triana (vedi punto 4.1) per durata pari al tempo di corrivazione. Per il calcolo delle perdite per infiltrazione I, si considera una intensità potenziale di infiltrazione costante e pari al coefficiente di permeabilità Ks. Tali perdite vengono valutate separatamente per ciascuna zona con diversa permeabilità e pesate in base all'estensione areale su ciascuna di esse. La portata massima di piena Qmax per assegnato tempo di ritorno viene quindi ottenuta applicando il metodo cinematico con ietogramma netto di intensità costante P-I, ottenendo i risultati riportati

$$I = \frac{1}{S}\sum_i S_i \min\left(P, K_{s,i}\right) \qquad Q_{max} = S(P - I)$$

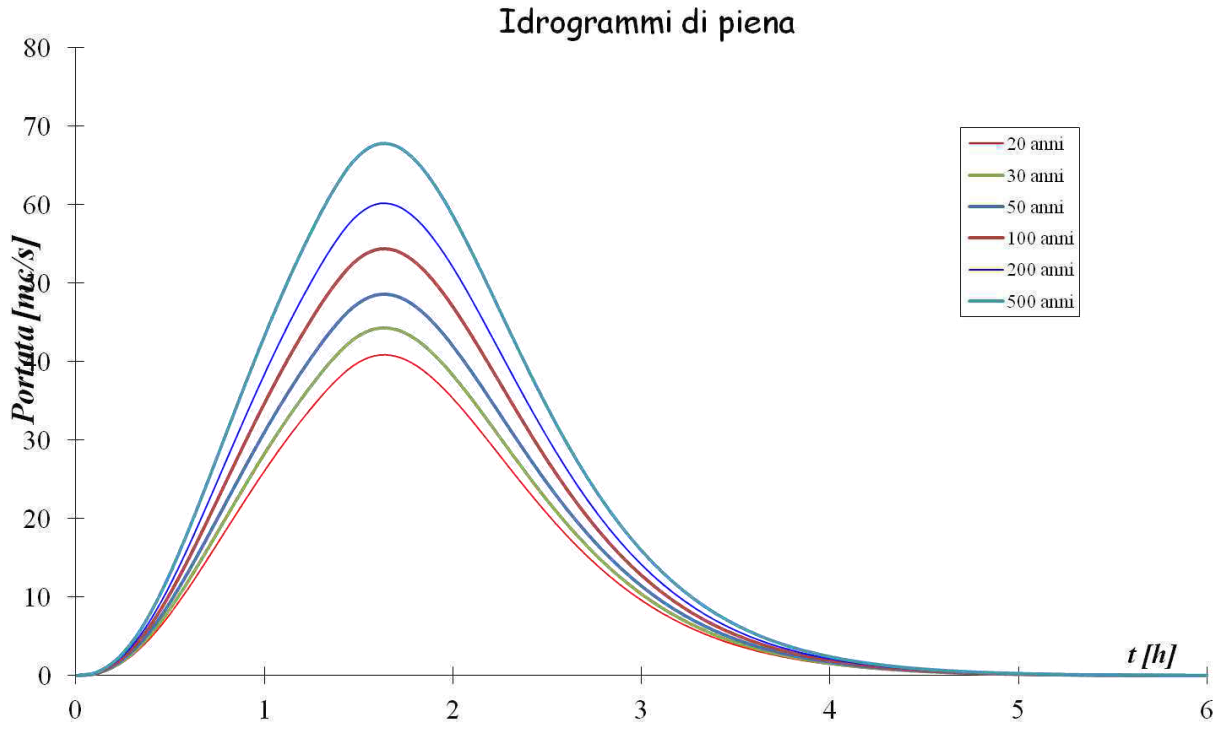
4.3 Idrogramma istantaneo unitario e idrogrammi di piena

Si utilizza la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario (IIU) per la determinazione degli idrogrammi di piena corrispondenti agli ietogrammi di progetto di cui al punto precedente. Date le limitate estensioni del bacino, si assume un IIU di semplice forma triangolare, con base pari al tempo di corrivazione precedentemente calcolato. Si utilizzando le espressioni empiriche di Rosso (1984) che legano i valori di picco (istante tp e altezza hp) dell'IIU ai parametri morfologici del reticolo:

$$t_p = \frac{0.44L}{V}\left(\frac{R_B}{R_A}\right)^{0.55} R_L^{-0.38} \qquad h_p = \frac{1.31}{L} R_L^{0.43} V$$

Costruzione degli idrogrammi di piena

Tempo di ritorno Tr	30	500	10	20	50	100	200
a	61.70	94.71		56.88	67.72	75.87	83.99
$h = a \cdot t^{\nu}$							
ν	0.24	0.2114		0.24	0.23	0.22	0.22
impulso [mm]	19.64	30.06	0.00	18.12	21.55	24.12	26.68
portate max [mc/s]	44.14	67.56	0.00	40.73	48.42	54.19	59.95
per t [h] =	1.58	1.58	0.00	1.58	1.58	1.58	1.58

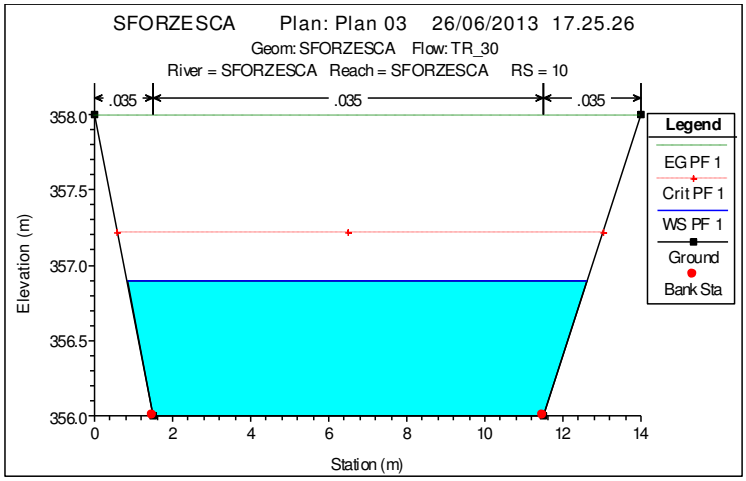


VERIFICA IDRAULICA

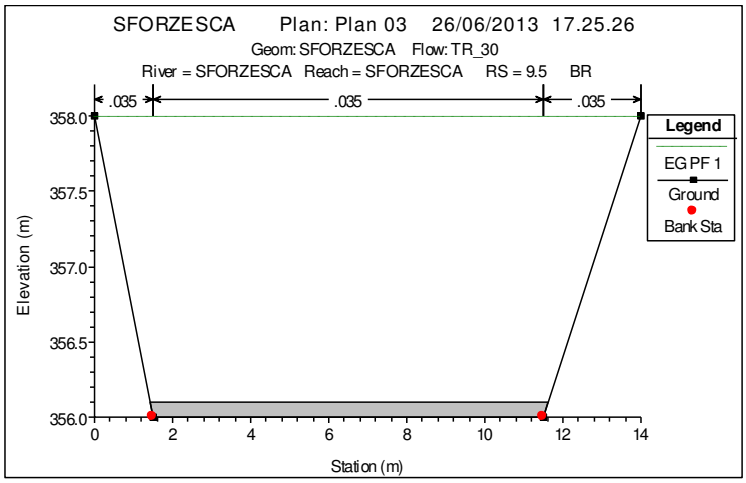
Lo studio idraulico sul Fosso Sforzesca è stato svolto con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni mediante il modello Hec-Ras di seguito riportato.

Tr 30

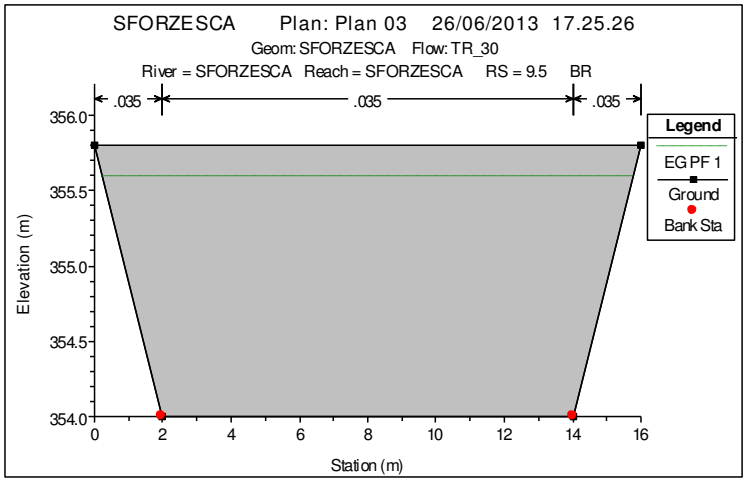
Sezione 10 di monte



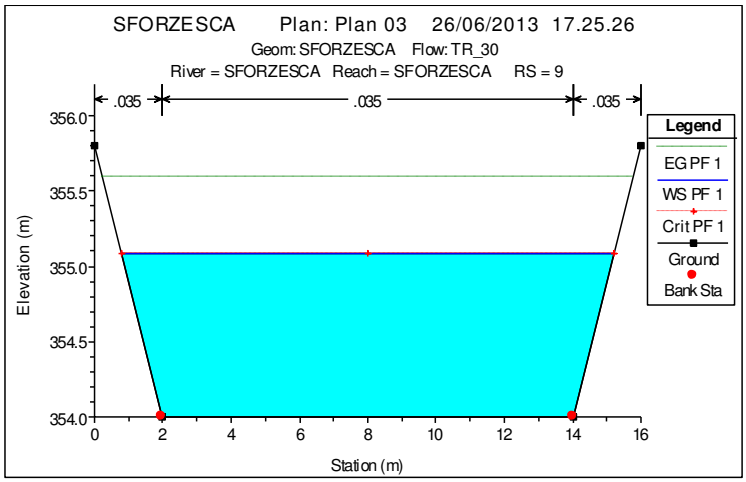
Sezione 9.5 briglia monte



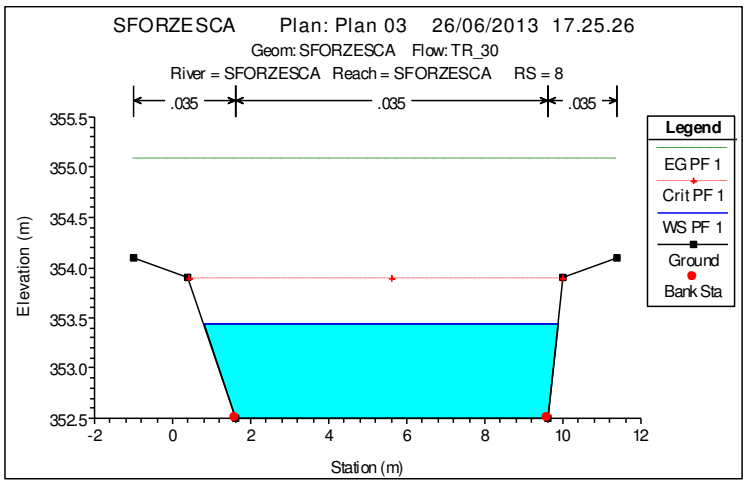
Sezione 9.5 briglia valle



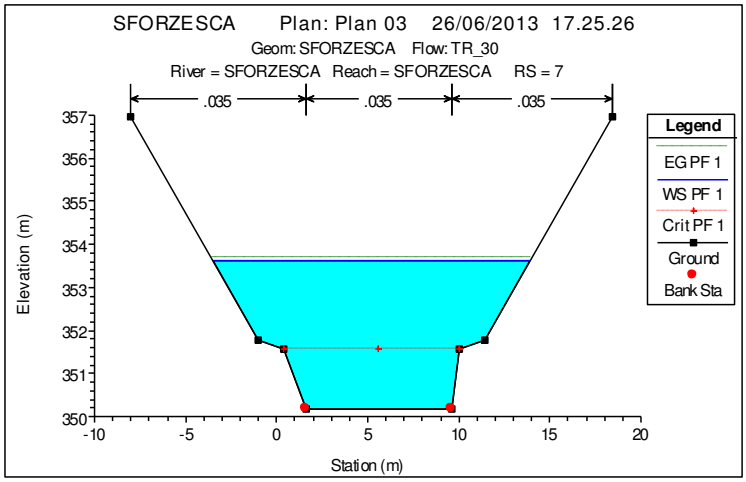
Sezione 9



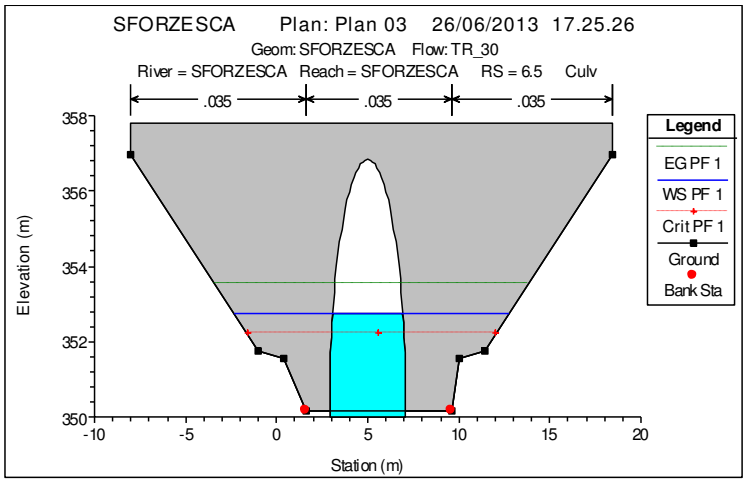
Sezione 8



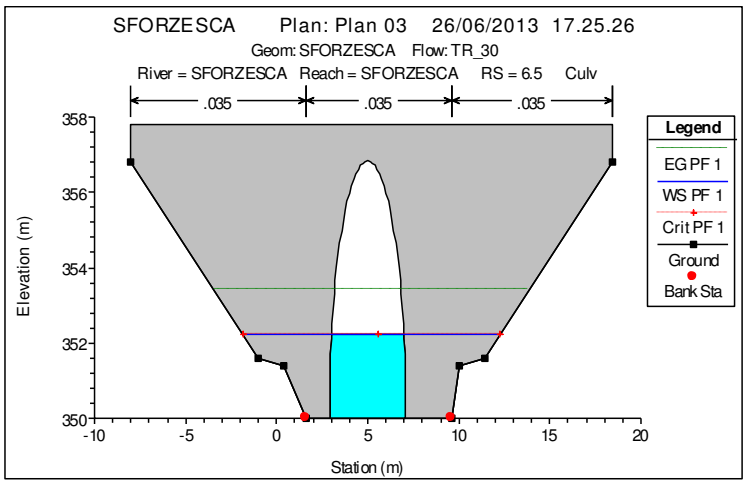
Sezione 7



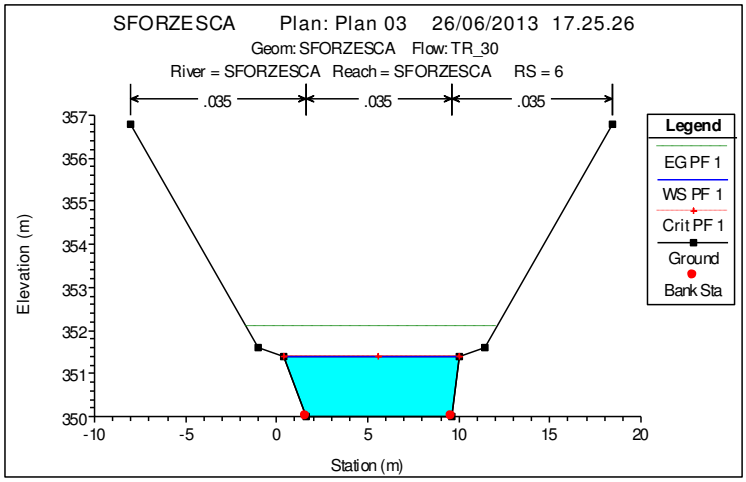
Sezione 6.5 Ponte sezione di monte



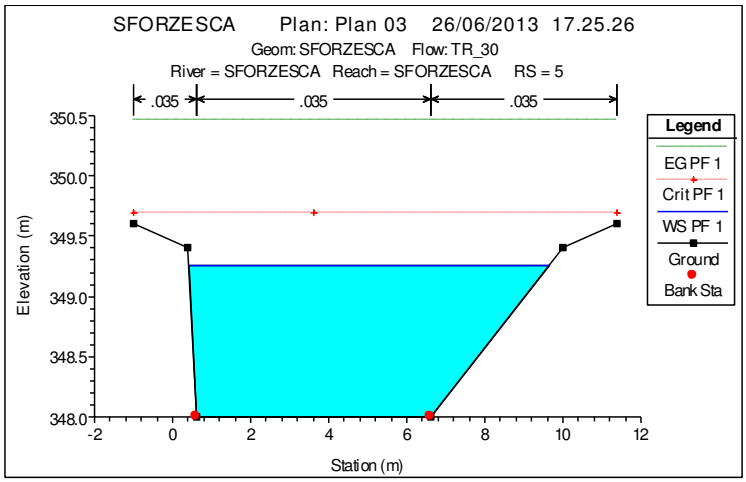
Sezione 6.5 Ponte sezione di valle



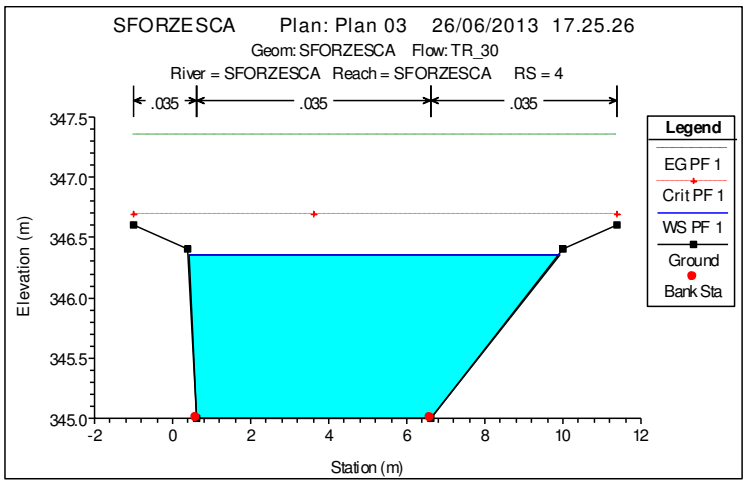
Sezione 6



Sezione 5

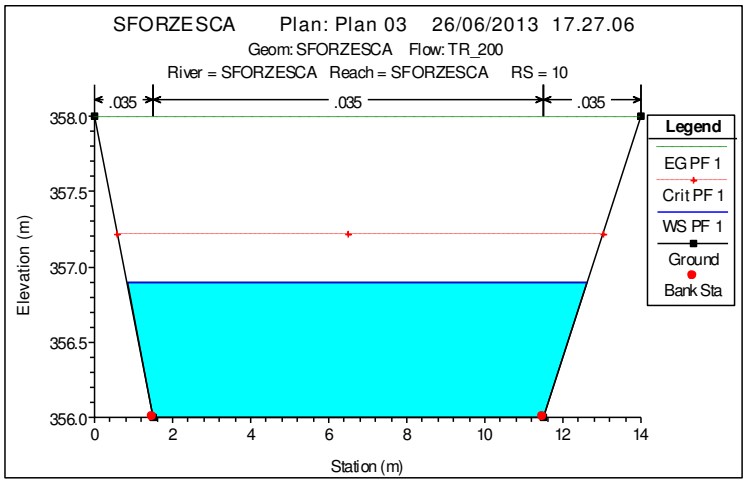


Sezione 4

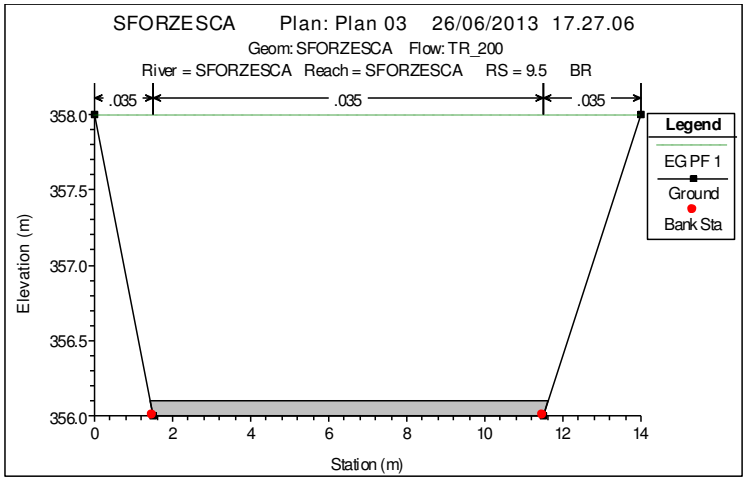


Tr 200

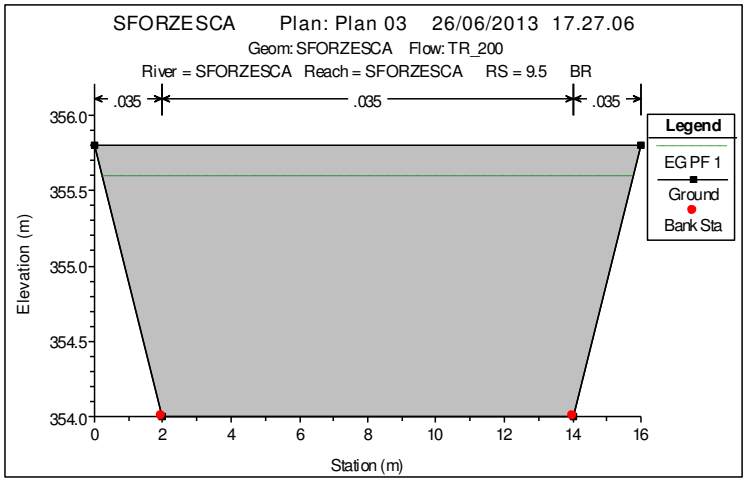
Sezione 10 di monte



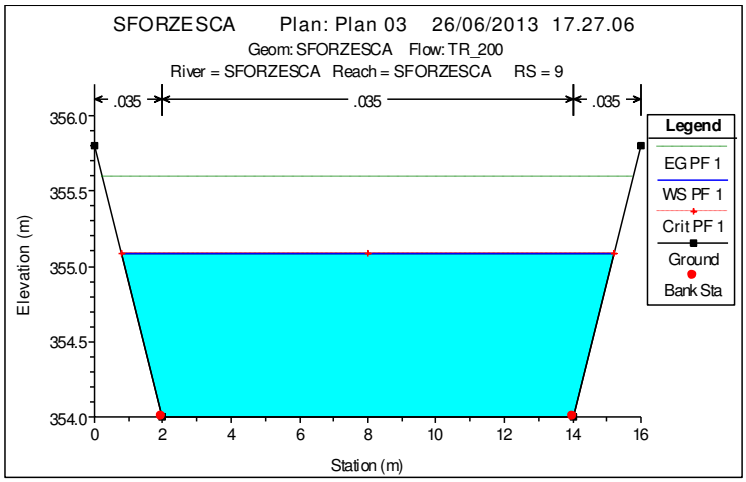
Sezione 9.5 briglia monte



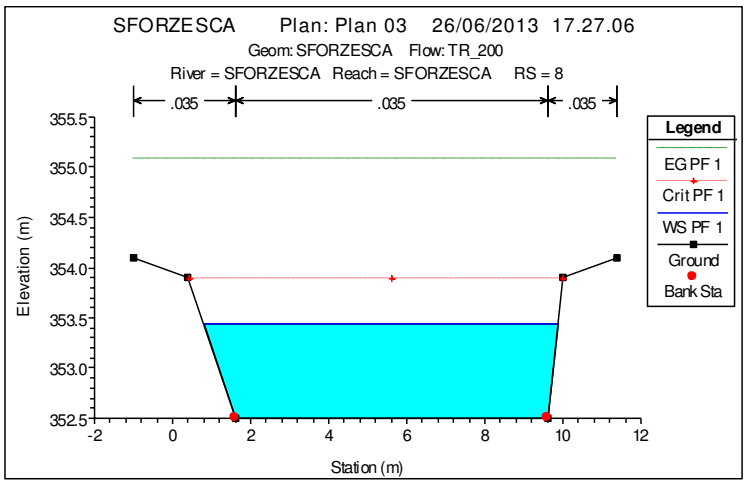
Sezione 9.5 briglia valle



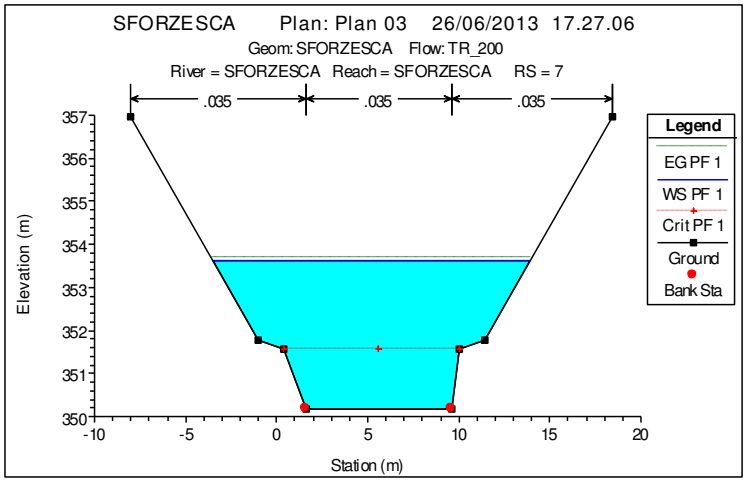
Sezione 9



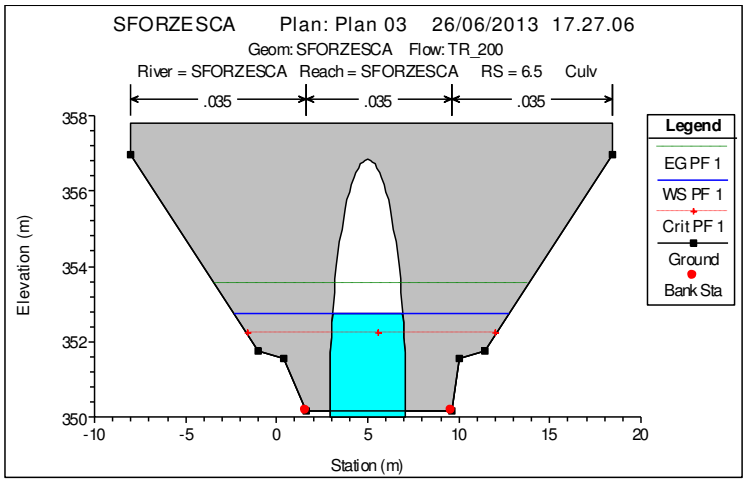
Sezione 8



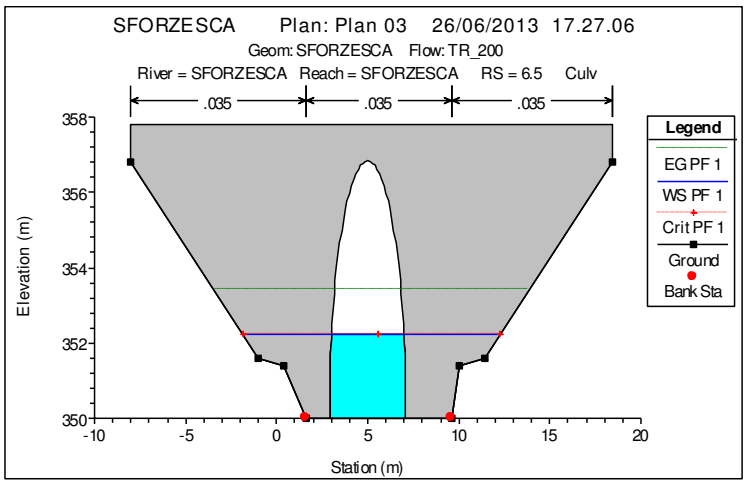
Sezione 7



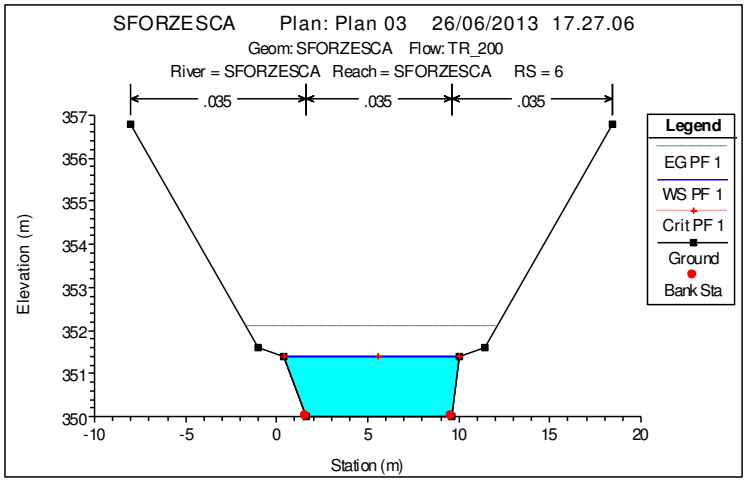
Sezione 6.5 Ponte sezione di monte



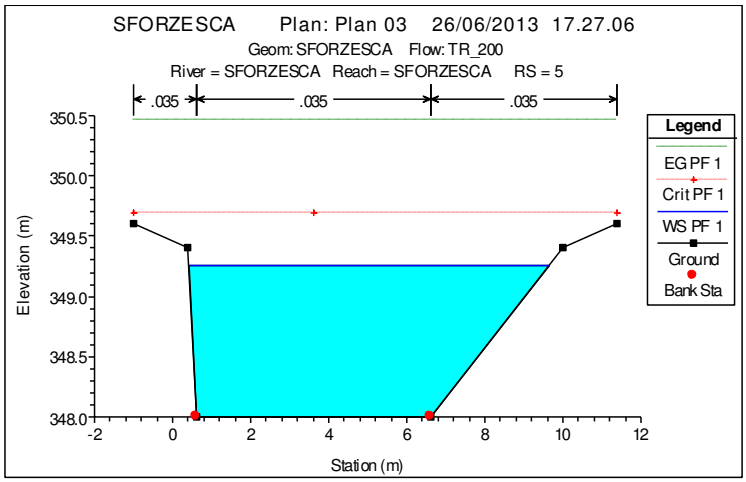
Sezione 6.5 Ponte sezione di valle



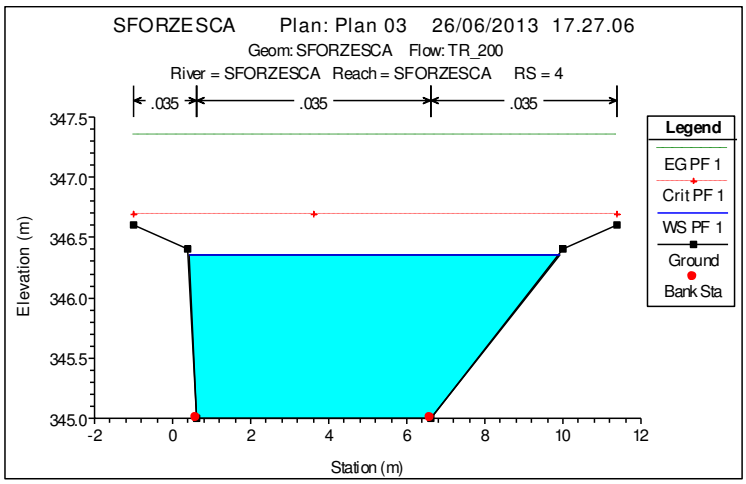
Sezione 6



Sezione 5

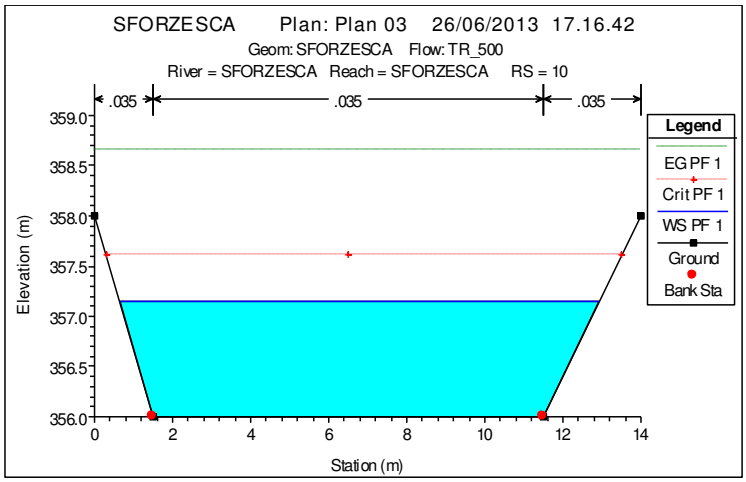


Sezione 4

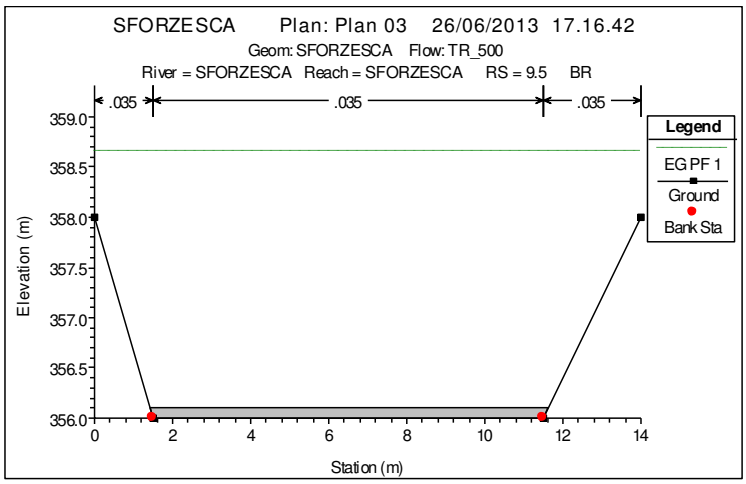


Tr 500

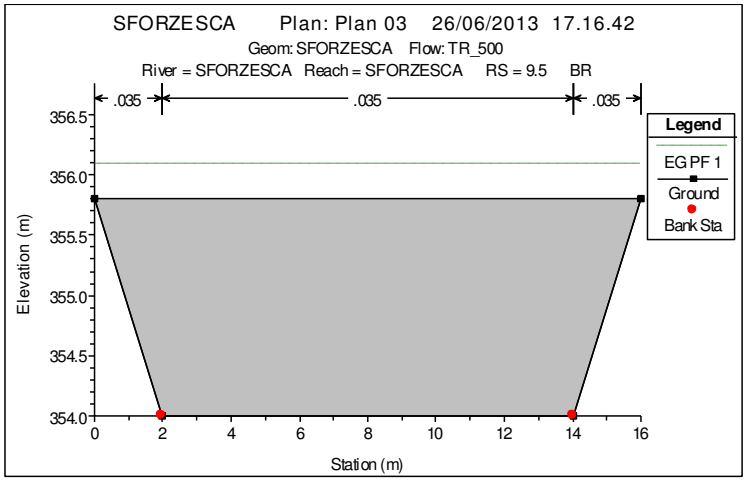
Sezione 10 di monte



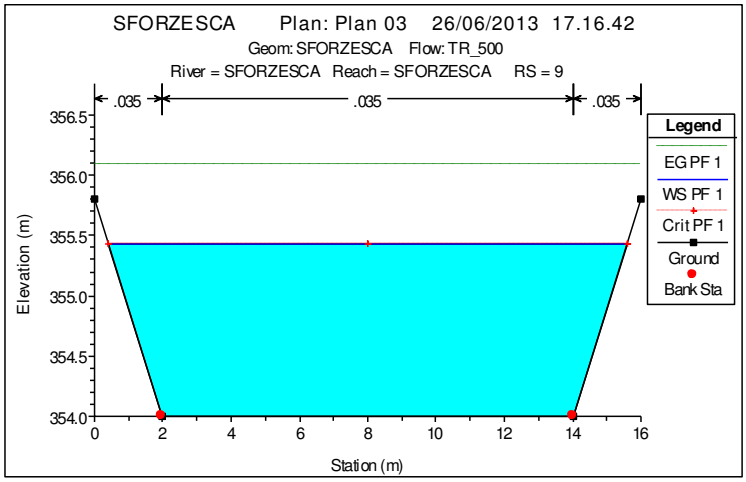
Sezione 9.5 briglia monte



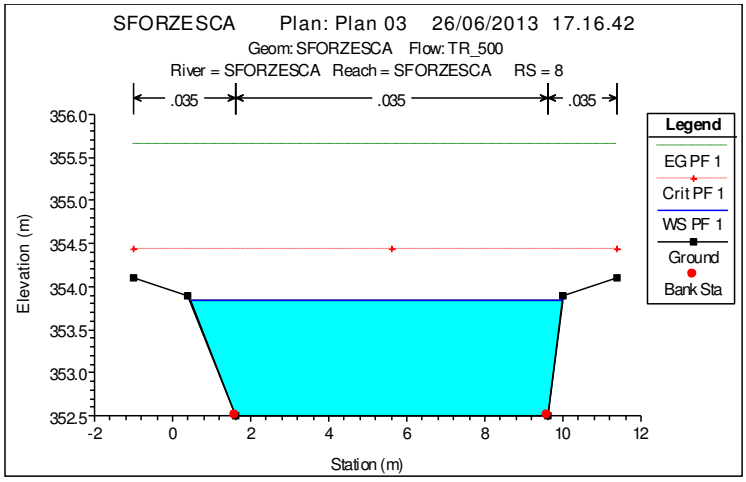
Sezione 9.5 briglia valle



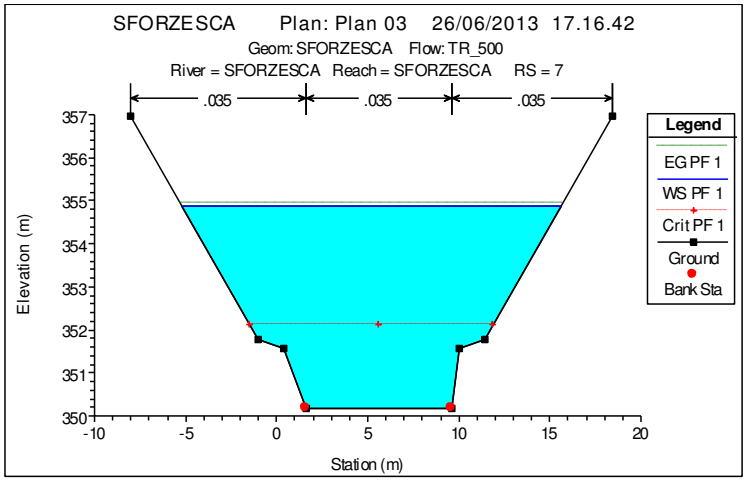
Sezione 9



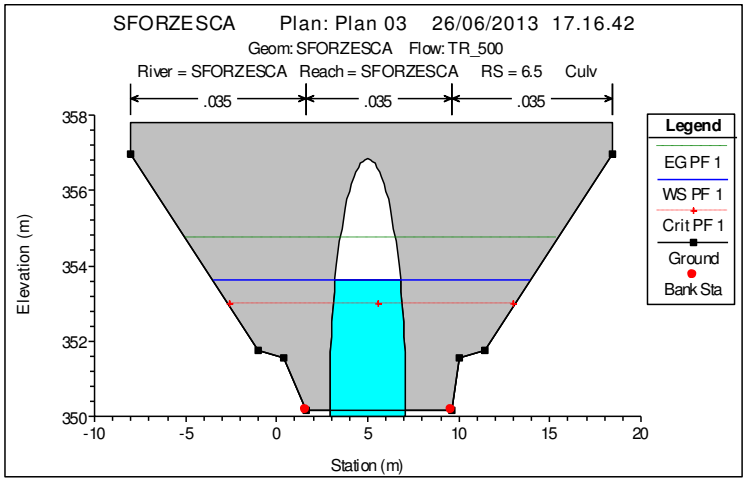
Sezione 8



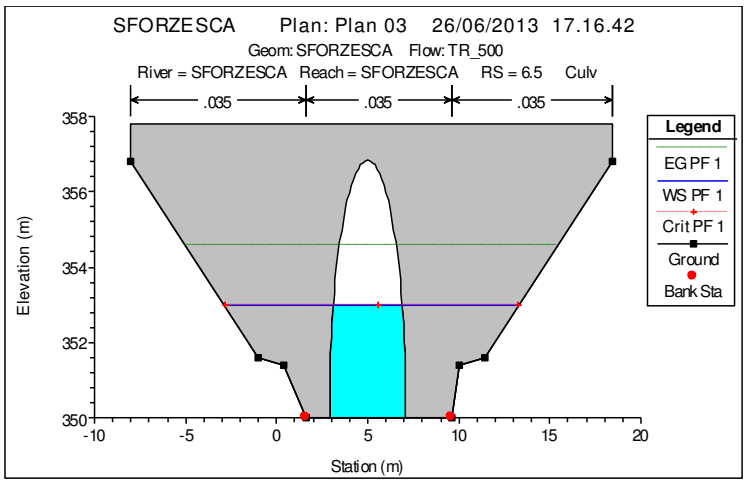
Sezione 7



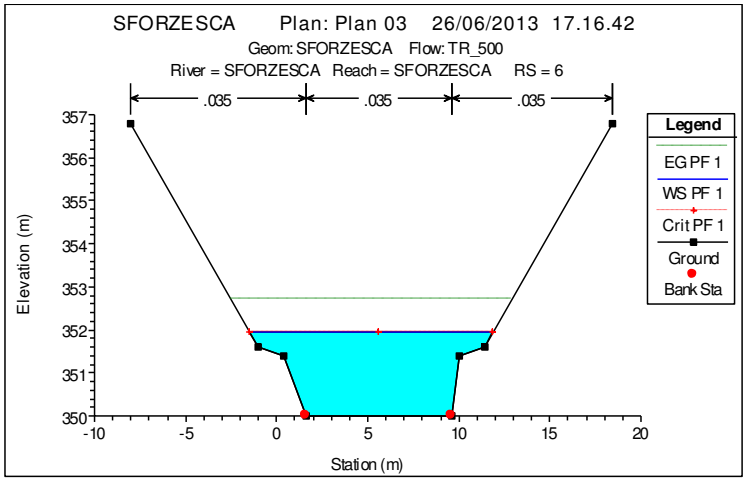
Sezione 6.5 Ponte sezione di monte



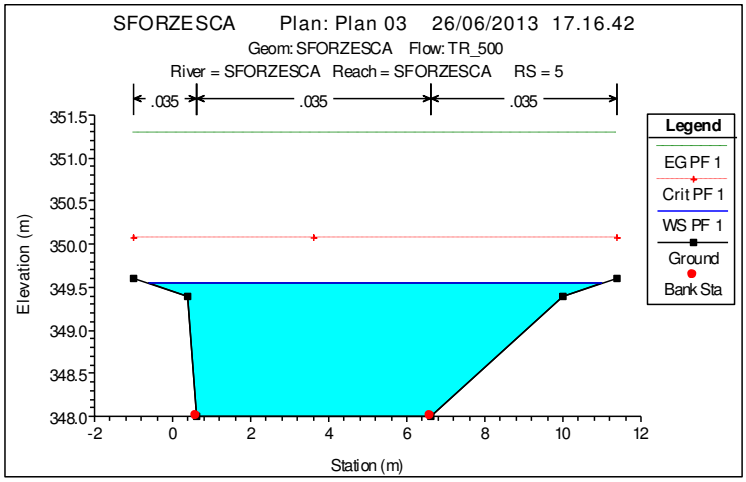
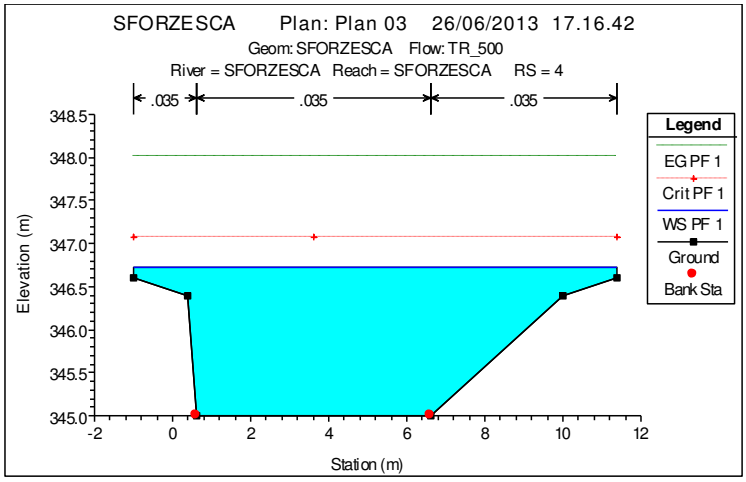
Sezione 6.5 Ponte sezione di valle



Sezione 6



Sezione 5



Sezione 4