



Comune di Piazzatorre
Provincia di Bergamo

*Revisione degli ambiti soggetti a pericolosità da
frana nei siti a rischio idrogeologico
molto elevato (L.267/98)
Comune di Piazzatorre - località Piazza Camping*

COMMITTENTE:
Comune di Piazzatorre

TAVOLA

07

Modellazioni numeriche

Data: febbraio 2008

N° progetto: 0711026

Redatto da: SC

AGGIORNAMENTI E REVISIONI		Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
	c					
	b					
	a					

Dott. Geol. Stefania Cabassi

Via Ing. s. Calvi n° 37

Piazza Brembana (BG)

e mail: scabassi@libero.it

1. PREMESSA

La presente relazione idraulica è finalizzata all' analisi idraulica dell' area di conide in Val gerù

2. ANALISI TERRITORIALE DEL BACINO

Il bacino idrografico Della val Gerù è ubicato in sponda destra idrografica del torrente Torcola ed va da una quota massima di mt.2290 m circa s.l.m fino ad una quota di circa 1090,00 s.l.m .

Presenta le seguenti caratteristiche:

Bacino imbrifero = kmq 2,075

Quota sezione di chiusura = mt. 1090,00 s.l.m.

Quota massima = mt. 2.290

Altitudine media = 1.730,00 m s.l.m.

Sviluppo asta principale = Km 2,632

Fino a quota 1.900 m è mediamente acclive con terreno detritico , oltre i 1900 m. è maggiormente pendente con fondo roccioso .

3. PARAMETRI CHE INTERVENGONO NELLA FORMAZIONE DELLE PIENE

La complessità del ciclo ideologico e le numerose combinazioni dei fenomeni che avvengono in natura e che governano la formazione di una piena non consentono con precisione di calcolare la formazione dell'onda di piena dovuta ad eventi meteorologici. I fattori che influenzano la formazione delle piene sono infatti di diversa origine e natura e dipendono dalle caratteristiche del bacino, dalla distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni, dalle caratteristiche dei processi di evaporazione, traspirazione, infiltrazione nel sottosuolo delle acque riversate sui terreni, dalla natura dei suoli, loro capacità ritentive, loro caratteristiche geomorfologiche, geologiche, forestali.

Sono tutte variabili, casuali e non, che correlandosi, concorrono ad esaltare il grado

d'indeterminazione nella stima della piena.

Le metodologie assunte per la risoluzione del problema idrologico-idraulico per un determinato territorio sono diverse secondo i dati disponibili.

Quando si abbiano sufficienti registrazioni di portate in determinate sezioni dei corsi di acqua superficiali, si può ricorrere a metodi statistici di distribuzione di probabilità di tali portate.

Quando viceversa, i dati disponibili sono alquanto incerti, male assortiti o addirittura del tutto assenti, si ricorre a metodi empirici o a modelli matematici di trasformazione afflussi-deflussi, consistenti in algoritmi che, basandosi sulle ipotesi di linearità e stazionarietà, calcolano le onde di piena partendo dalle elaborazioni pluviometriche.

Con tali modelli semplificati, basati principalmente sui concetti fisici dell'invaso e della corrivazione, si riesce a simulare il comportamento dei bacini studiati, ottenendo direttamente le portate al colmo nelle sezioni di chiusura in funzione delle portate di precipitazione.

4. ELABORAZIONE DEI DATI PLUVIOMETRICI

Nella progettazione di un sistema idraulico occorre determinare accuratamente la curva di possibilità climatica. In definitiva occorre fare delle scelte circa il grado di rischio che si vuole correre per le opere da realizzare: questo nel caso delle piene e quindi delle precipitazioni che le generano, comporta la scelta della probabilità dell'evento (o meglio di un tempo di ritorno T inteso come intervallo in anni in cui mediamente un certo evento viene eguagliato o superato una volta sola).

Ne consegue che le indagini delle piogge intense vengono fatte con criteri statistici andando alla ricerca della curva di possibilità pluviometrica corrispondente al prefissato valore del tempo di ritorno.

La portata calcolata nella sezione di chiusura viene calcolata utilizzando la curva di possibilità pluviometrica indicata nella relazione Ottobre 2004 allegata al progetto esecutivo dello "studio ideologico dell'area di conoide in Val Gerù " a firma dell'ing. Luca Rudelli ,

che derivano dall'elaborazione dei dati reperiti negli archivi ufficiali del Servizio Idrografico Nazionale .

Per un tempo di ritorno di 100 anni (tempo di ritorno considerato nel progetto sopra detto)

La curva di possibilità pluviometrica assume la seguente funzione :

$$TR \text{ 100 anni} \quad h = 72,305 \cdot t^{0,6126}$$

5. CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

a) metodo razionale

Si determina la portata di piena sulla base del metodo razionale.

Tale metodo considera:

- la precipitazione uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata con lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione Tc, dove Tc rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale di chiusura.

La formula del metodo razionale è la seguente:

$$Q_c = 0,28 \cdot c \cdot i \cdot A \quad \text{dove:}$$

Qc= portata al colmo (mc/sec)

c= coefficiente di deflusso: coefficiente che tiene conto:

- ragguglio della precipitazione alla superficie del bacino idrografico considerato
- fattore di trattenuta del terreno, funzione della capacità del terreno di assorbimento
- fattore di laminazione che dipende dalla capacità di invaso del reticolo idrografico e della superficie del bacino

i= intensità di pioggia (mm/h)

A= superficie del bacino (Kmq)

Calcolo del tempo di corrivazione:

Il tempo di corrivazione del bacino viene calcolato mediante la formula Giandotti-Visentini:

$$T_c = \frac{4 S^{1/2} + 1,5 L}{0,8 (H_m - H_o)^{1/2}} = \text{ore } 0,495$$

S = superficie del bacino = Km² 2,075

L = lunghezza percorso idraulico più lungo = Km 2,632

H_m = altitudine media del bacino = 1.690,00

H_o = altitudine della sezione di chiusura = m. 1090,00

Calcolo del coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso tiene conto di tutti i fattori, che intervengono a determinare la relazione, tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia. Risulta di non facile determinazione poiché dipende da numerosi parametri caratteristici del bacino come già descritto nel capitolo 2°. Utilizzando l'indicazione fornita dalla letteratura scientifica e riportata nella direttiva 2 del Pai, e considerando le caratteristiche del suolo si attribuisce, un coefficiente c pari a 0,25 .

Applicando pertanto la formula del metodo razionale si ottiene:

- Per tempo di ritorno di 100 anni

$$Q_p = 9,85 \text{ mc/sec}$$

b) metodo del volume di invaso dell'invaso

Il calcolo della massima portata di piena viene effettuato con il coefficiente udometrico secondo il metodo di Fantoli e Supino che, considerando la linearità della scala delle portate, permette di calcolare la portata per unità di superficie.

Dovendo considerare la distribuzione delle precipitazioni sul bacino non uniforme, la curva di possibilità pluviometrica valida alla stazione di misura, viene essere ragguagliate all'area mediante

le seguenti formule empiriche:

$$a' = a (1 - 0,06 (A/100))^{0,40}$$

$$n' = n + 0,003 (A/100)^{0,60}$$

dove :

a, n parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica;

A = area bacino (ha)

a', n' parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica ragguagliate;

Elaborando i dati si ottiene:

- per T = 100

$$a' = 0,0665 \quad n' = 0,6591$$

Determinato così la nuova curva di possibilità pluviometrica ragguagliata all'estensione del bacino, si determina il coefficiente udometrico (portata per unità di superficie) applicando il metodo del volume di invaso con la seguente formula

$$q = \frac{2.168 \times n'^o (\emptyset \times a')^{1/n'^o}}{(W)^{1/n'^o - 1}} \quad \text{dove:}$$

q = coefficiente udometrico (l/s x ha)

$$n'^o = 4/3 n'$$

a' = coefficiente della curva di possibilità pluviometrica ragguagliata all'area (mm/ora)

\emptyset = coefficiente di assorbimento del bacino = 0,50

W = volume specifico di invaso = 0,03 mc. (bacini naturali)

Moltiplicando il coefficiente udometrico per l'area del bacino si ottiene la portata di massima piena

Dall'elaborazione della precedente equazione si ottiene:

- per T = 100

$$Q = 13.30 \text{ mc/sec}$$

6. ANALISI IDRAULICA DI DEFLUSSO

La verifica idraulica viene effettuata mediante l'applicazione del programma HEC-RAS che permette di effettuare i calcoli in moto permanente monodimensionale considerando portata costante e geometria dell'alveo variabile. Il modello di analisi del moto idraulico viene affrontato ipotizzando che il fenomeno si sviluppi lungo il tratto vallivo con le caratteristiche di una vena fluida monodimensionale (si tratta di una approssimazione in quanto il moto monodimensionale in realtà di norma non avviene poiché, oltre al moto lungo la direzione di massima pendenza, si presentano fenomeni di moti trasversali dovuti alla presenza di restringimenti, aree laterali, curve accentuate ecc.) .

La schematizzazione monodimensionale fa rientrare il fenomeno di piena nella categoria delle correnti lineari per le quali si ipotizza che, individuato l'asse della corrente su ogni sezione trasversale siano trascurabili in ciascun istante ed in ciascun punto:

- la componente della velocità parallela al piano;
- la componente dell'accelerazione parallela al piano rispetto all'accelerazione di gravità;

Le equazioni che descrivono globalmente le correnti lineari sono le equazioni di De S. Venant che traducono la conservazione della massa e della quantità di moto.

Il programma applicato si basa sulle suddette equazioni:

- sinuosità dell'alveo;
- espansione e contrazione delle sezioni;
- resistenze al moto valutato con la formula di Manning
- zone di espansione;
- presenza di condizioni al contorno interne (ponti, rilevati ecc.)

L'elaborazione del deflusso idraulico, con portata di mc. 23,30 viene effettuato lungo un tratto di alveo individuato dalla sezione 1 alla sezione n°40 e i risultati vengono riportati nelle tabelle sottoriportate .

Dall' analisi effettuata si evidenzia che nel caso di massima piena , per un periodo di ritorno di 100 anni, il deflusso idraulico viene contenuto nel solco vallivo naturale e artificiale esistente. Si sottolinea comunque il fatto che , durante le precipitazioni intense , viene a crearsi una vera e propria colata detritica : lo studio del problema in esame deve essere quindi affrontato principalmente in tal senso.

Si allegano alla presente le tabelle che derivano dallo studio idraulico .

Con la collaborazione di:

STUDIO CRB

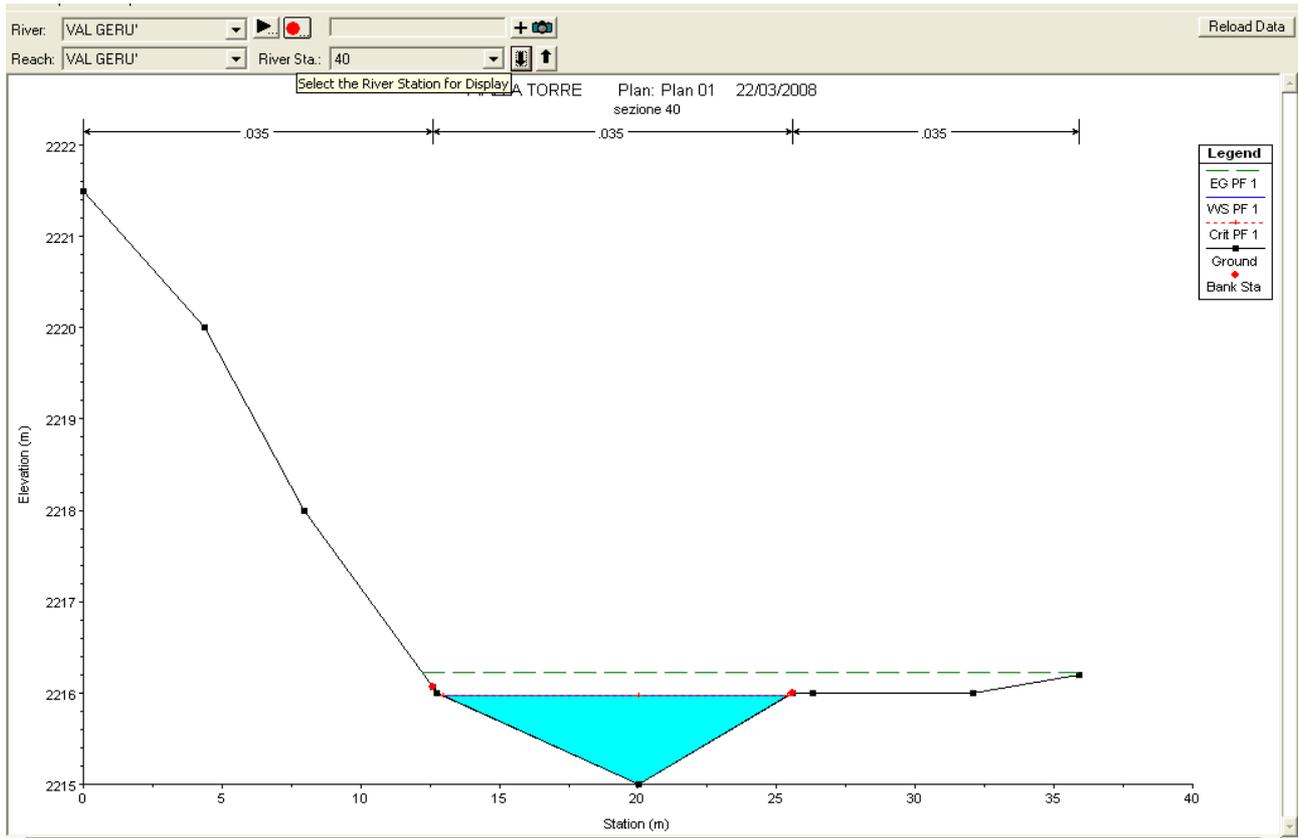
Ingg. Lorenzo Ruffini, Luca Campana

Via dello Stadio 45 - BRESCIA

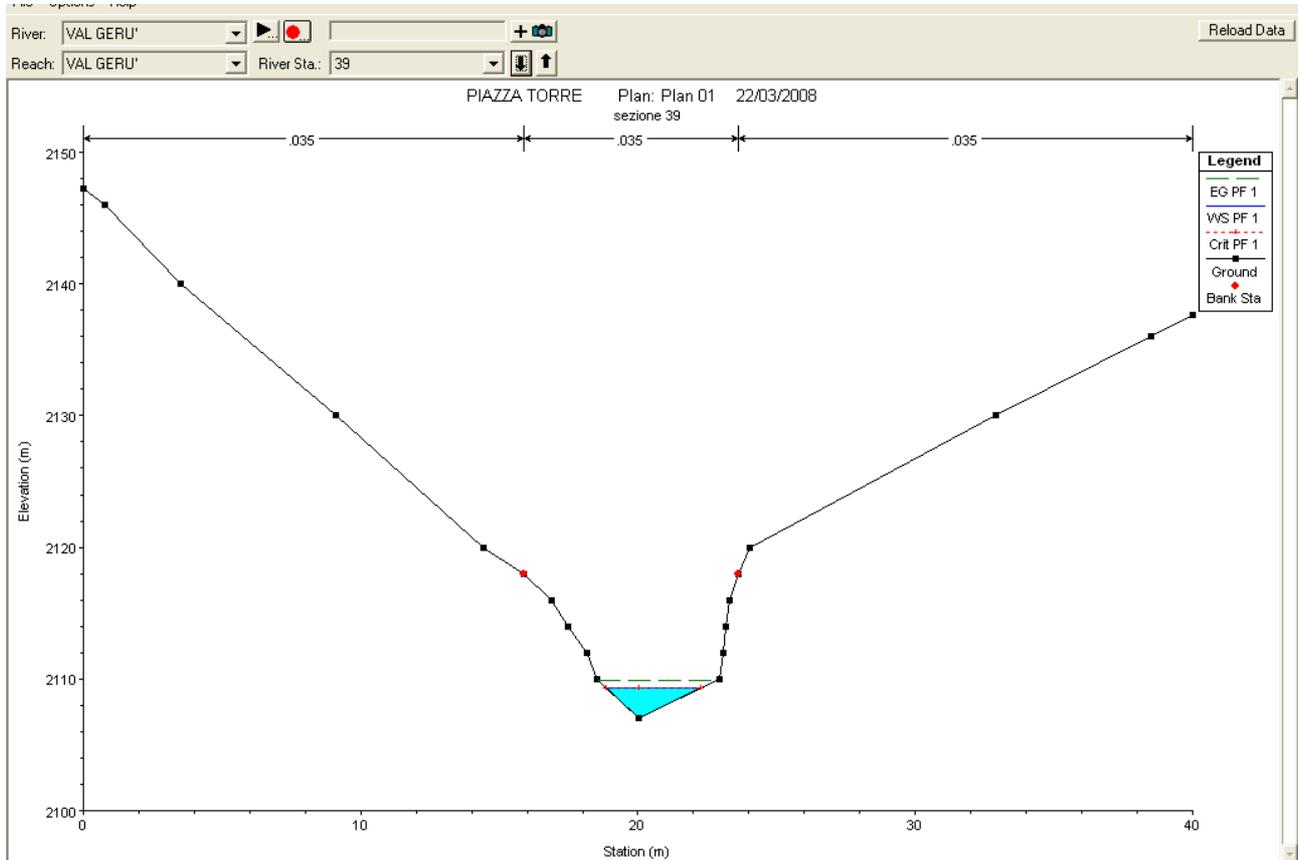
RISULTATO ELABORAZIONE

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
VAL GERU'	40	PF 1	13.30	2215.00	2215.97	2215.97	2216.22	0.015834	2.20	6.04	12.43	1.01
VAL GERU'	39	PF 1	13.30	2107.00	2109.31	2109.31	2109.89	0.023324	3.37	3.95	3.42	1.00
VAL GERU'	38	PF 1	13.30	2049.30	2050.58	2050.58	2050.94	0.014782	2.68	4.96	6.79	1.00
VAL GERU'	37	PF 1	13.30	2000.00	2001.15	2001.15	2001.44	0.015270	2.40	5.55	9.63	1.01
VAL GERU'	36	PF 1	13.30	1935.00	1935.84	1935.84	1936.05	0.021545	2.05	6.49	15.44	1.01
VAL GERU'	35	PF 1	13.30	1881.60	1882.25	1882.25	1882.46	0.021768	2.10	6.67	16.89	1.02
VAL GERU'	34	PF 1	13.30	1843.10	1843.94	1843.94	1844.15	0.021803	2.05	6.48	15.51	1.01
VAL GERU'	33	PF 1	13.30	1815.90	1817.03	1817.03	1817.35	0.019533	2.52	5.28	8.31	1.01
VAL GERU'	32	PF 1	13.30	1790.00	1790.97	1790.97	1791.28	0.019665	2.47	5.38	8.79	1.01
VAL GERU'	31	PF 1	13.30	1740.00	1741.22	1741.22	1741.53	0.019687	2.45	5.43	8.91	1.00
VAL GERU'	30	PF 1	13.30	1708.30	1709.27	1709.27	1709.51	0.020806	2.20	6.05	12.52	1.01
VAL GERU'	29	PF 1	13.30	1670.00	1670.72	1670.72	1670.99	0.020102	2.31	5.77	10.71	1.00
VAL GERU'	28	PF 1	13.30	1636.00	1637.21	1637.21	1637.51	0.019948	2.46	5.41	8.97	1.01
VAL GERU'	27	PF 1	13.30	1608.00	1609.05	1609.05	1609.31	0.020108	2.27	5.86	11.19	1.00
VAL GERU'	26	PF 1	13.30	1559.90	1560.77	1560.77	1561.08	0.019282	2.48	5.37	8.59	1.00
VAL GERU'	25	PF 1	13.30	1539.00	1539.40	1539.40	1539.59	0.008630	1.93	6.90	18.26	1.00
VAL GERU'	24	PF 1	13.30	1504.00	1504.35	1504.35	1504.52	0.009203	1.85	7.18	21.10	1.01
VAL GERU'	23	PF 1	13.30	1468.10	1469.04	1469.04	1469.28	0.020875	2.17	6.12	12.99	1.01
VAL GERU'	22	PF 1	13.30	1458.05	1458.75	1458.75	1459.05	0.007140	2.48	5.90	10.60	1.00
VAL GERU'	21	PF 1	13.30	1440.90	1441.44	1441.44	1441.66	0.016117	2.05	6.50	15.20	1.00
VAL GERU'	20	PF 1	13.30	1434.45	1435.24	1435.24	1435.43	0.017208	1.92	6.93	18.59	1.00
VAL GERU'	19	PF 1	13.30	1427.02	1427.90	1427.90	1428.28	0.007818	2.73	4.87	6.45	1.00
VAL GERU'	18	PF 1	13.30	1411.58	1412.07	1412.07	1412.40	1.115743	2.50	5.28	12.56	1.15
VAL GERU'	17	PF 1	13.30	1382.00	1382.54	1382.54	1382.77	0.008163	2.16	6.16	13.12	1.01
VAL GERU'	16	PF 1	13.30	1362.00	1362.30	1362.30	1362.44	0.023056	1.69	8.16	30.83	0.99
VAL GERU'	15	PF 1	13.30	1323.00	1323.48	1323.48	1323.69	0.021114	2.03	6.54	15.50	1.00
VAL GERU'	14	PF 1	13.30	1280.00	1280.42	1280.42	1280.61	0.022723	1.90	6.98	19.30	1.01
VAL GERU'	13	PF 1	13.30	1239.00	1239.48	1239.48	1239.70	0.020184	2.10	6.51	15.32	0.98
VAL GERU'	12	PF 1	13.30	1199.50	1199.99	1199.99	1200.17	0.023017	1.86	7.17	20.87	1.01
VAL GERU'	11	PF 1	13.30	1179.00	1179.53	1179.53	1179.74	0.016612	2.02	6.60	16.14	1.01
VAL GERU'	10	PF 1	13.30	1153.20	1154.55	1154.55	1154.97	0.015307	2.85	4.66	5.65	1.00
VAL GERU'	9	PF 1	13.30	1139.00	1140.25	1140.25	1140.58	0.006439	2.52	5.29	8.21	1.00
VAL GERU'	8	PF 1	13.30	1124.00	1125.05	1125.05	1125.32	0.006781	2.30	5.78	10.97	1.01
VAL GERU'	7	PF 1	13.30	1118.00	1118.83	1118.83	1119.16	0.006463	2.56	5.19	7.86	1.01
VAL GERU'	6	PF 1	13.30	1117.00	1118.54	1118.54	1118.96	0.011552	2.89	4.60	5.50	1.01
VAL GERU'	5	PF 1	13.30	1114.70	1115.86	1115.86	1116.36	0.012877	3.12	4.26	4.33	1.00
VAL GERU'	4	PF 1	13.30	1100.00	1101.16	1101.16	1101.65	0.012749	3.11	4.28	4.39	1.00

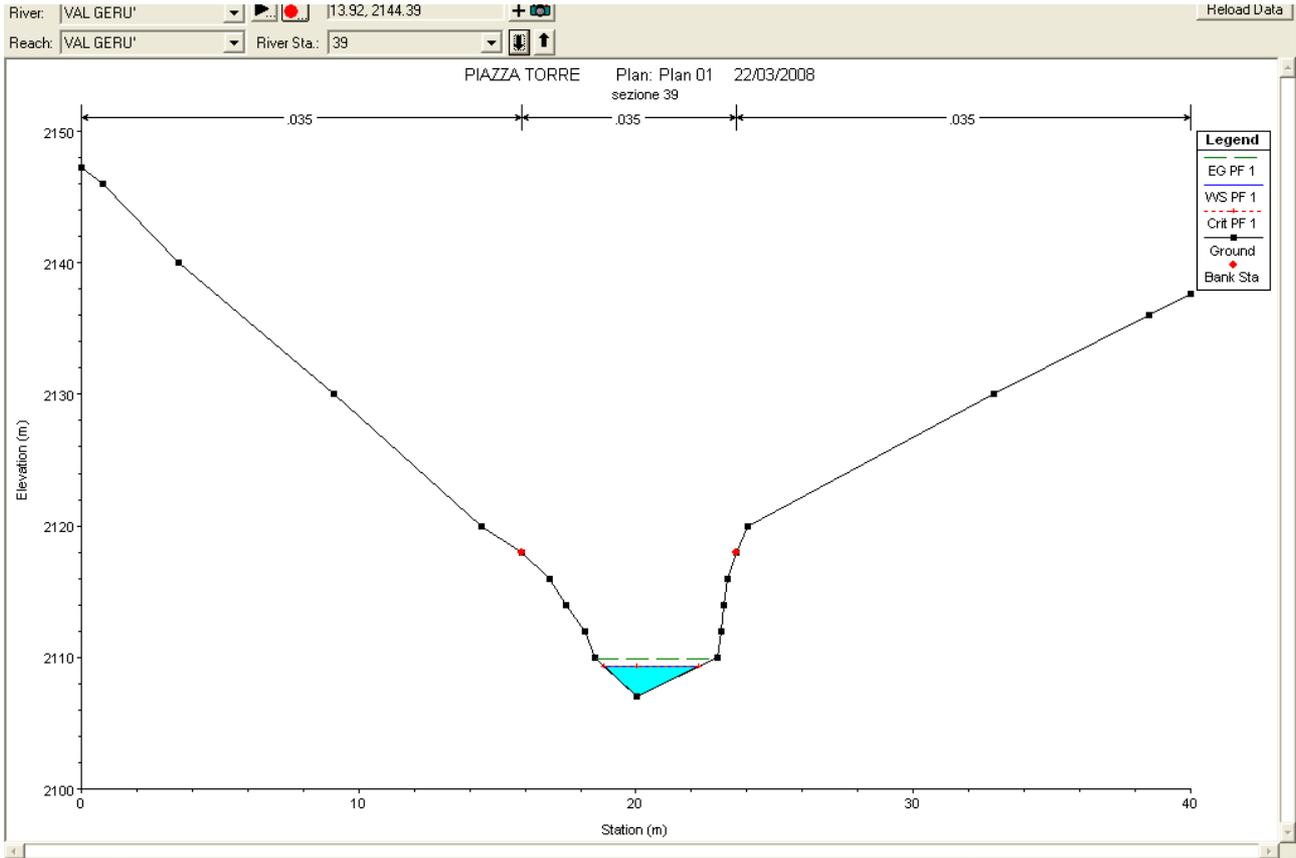
PIAZZATORRE -SEZIONE 40



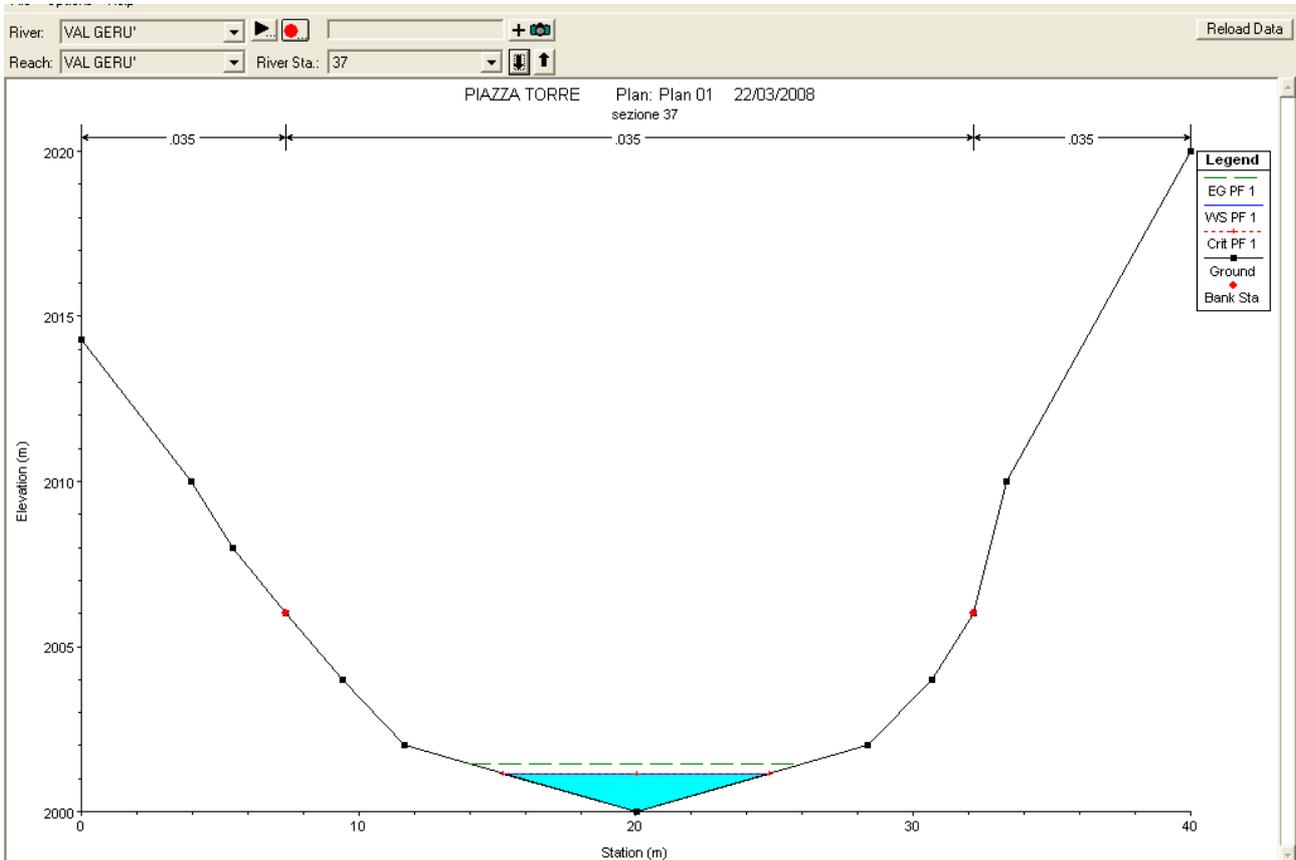
PIAZZATORRE -SEZIONE 39



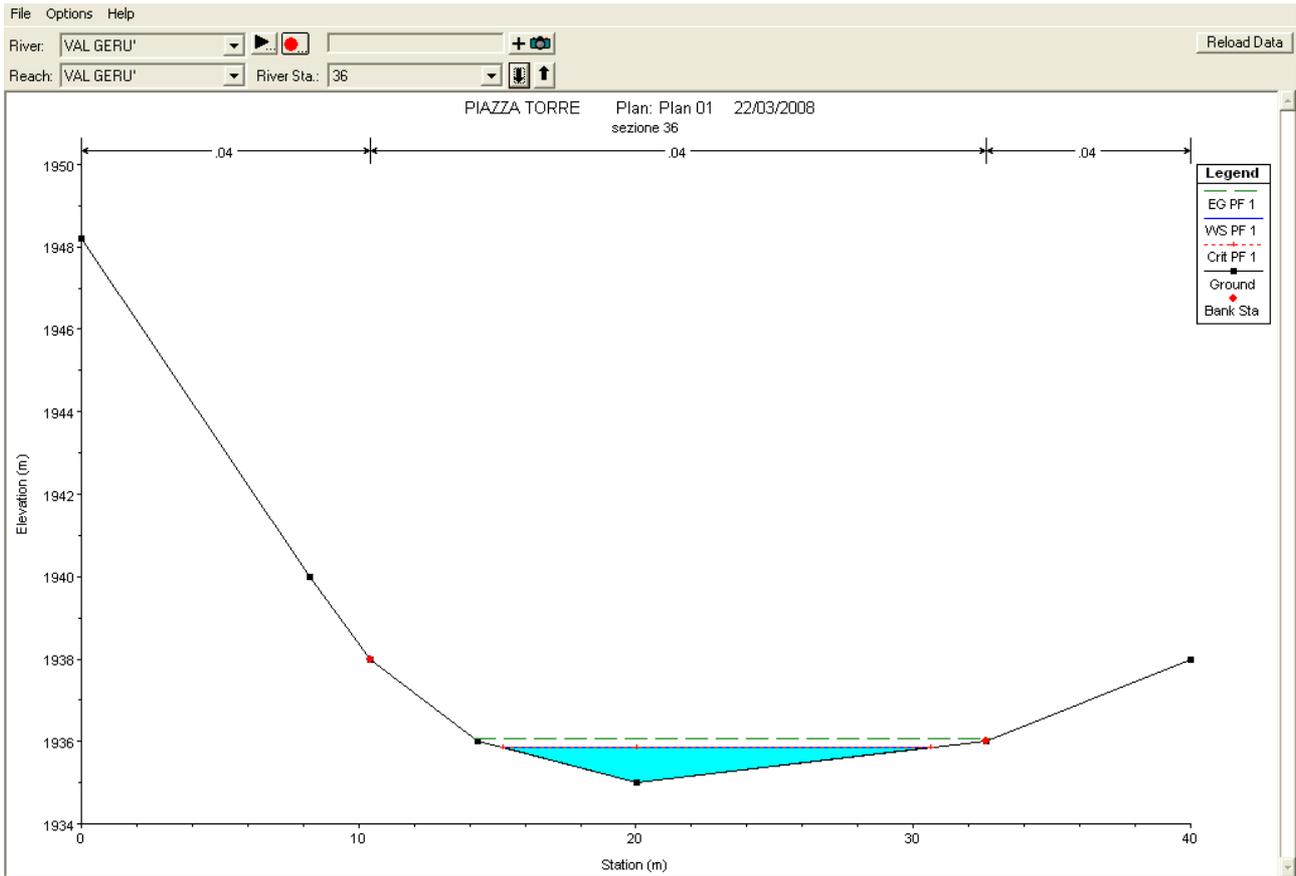
PIAZZATORRE - SEZIONE 38



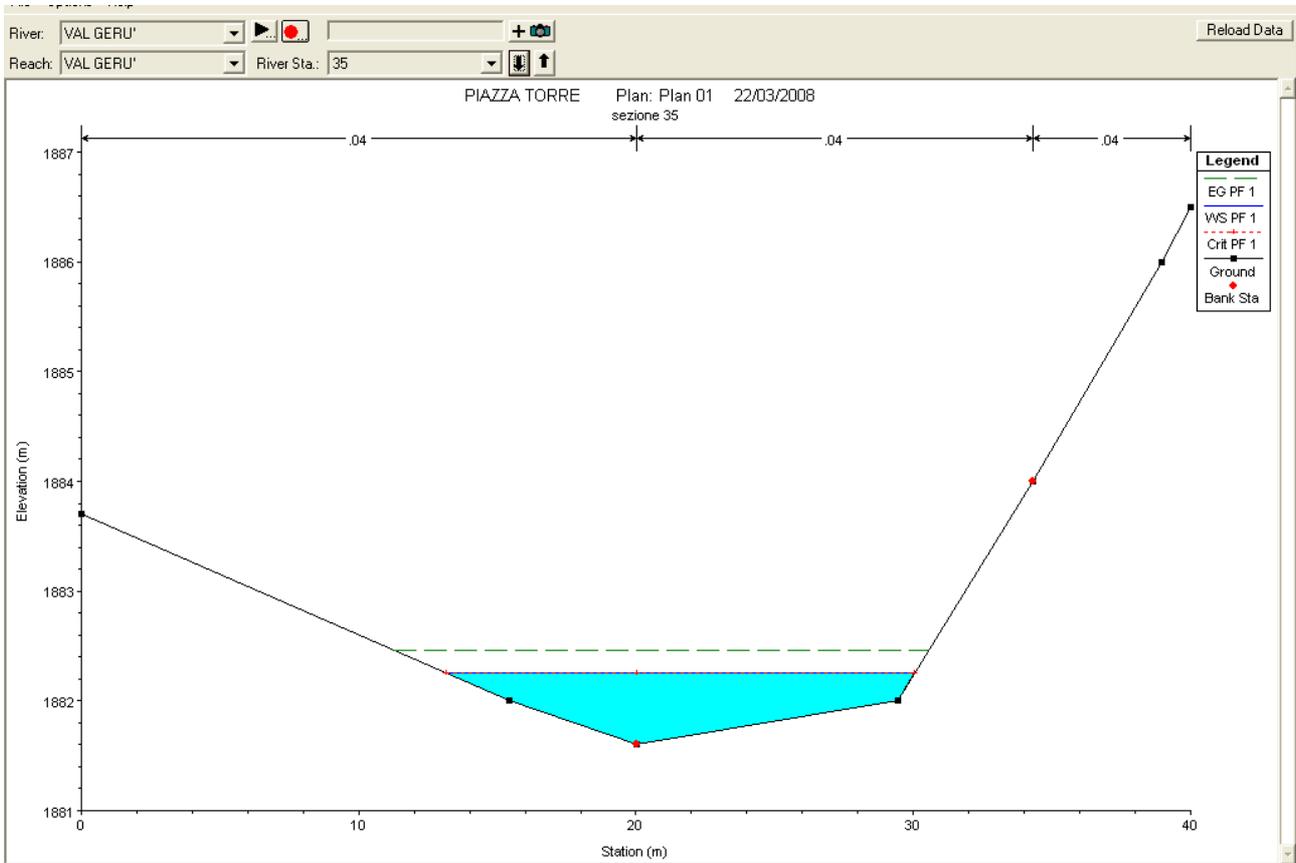
PIAZZATORRE - SEZIONE 37



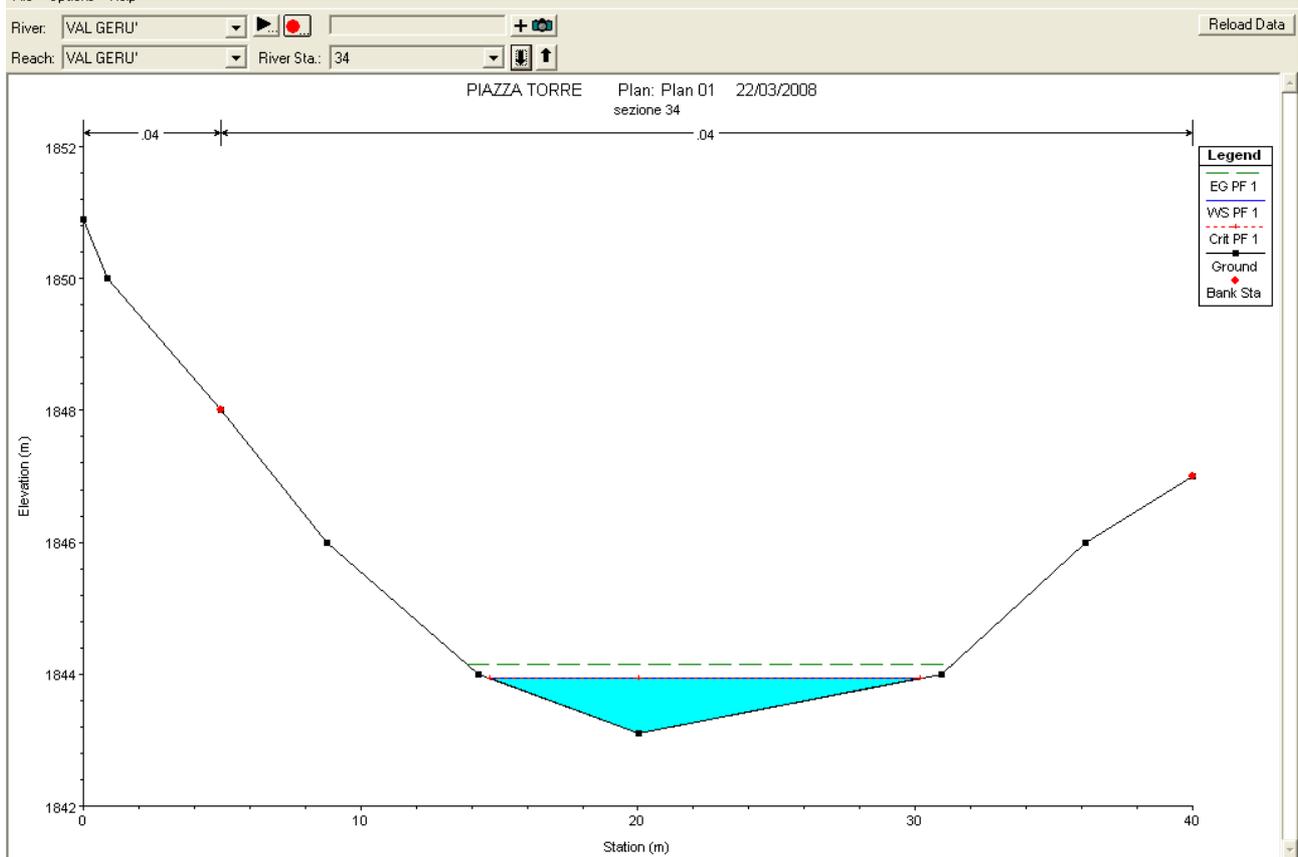
PIAZZATORRE - SEZIONE 36



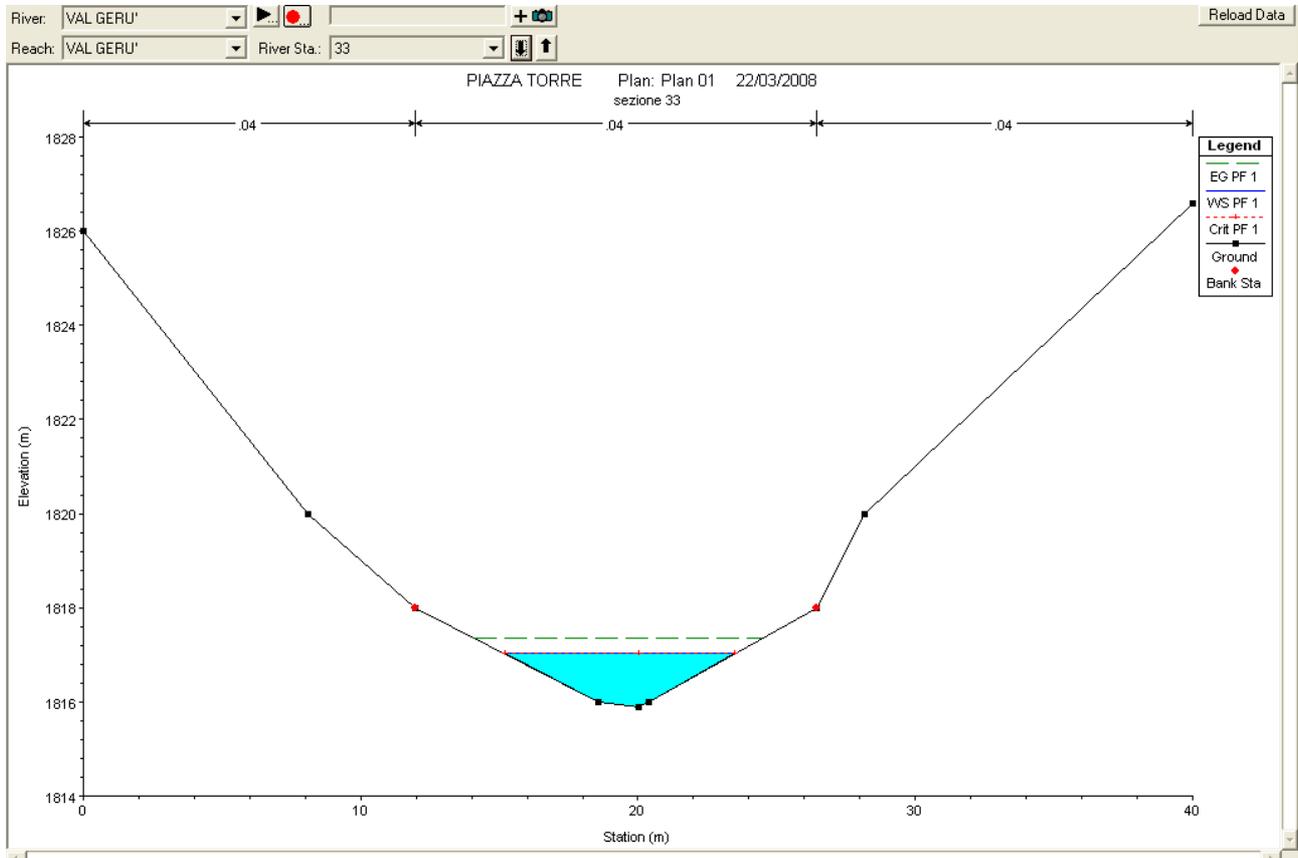
PIAZZATORRE -SEZIONE 35



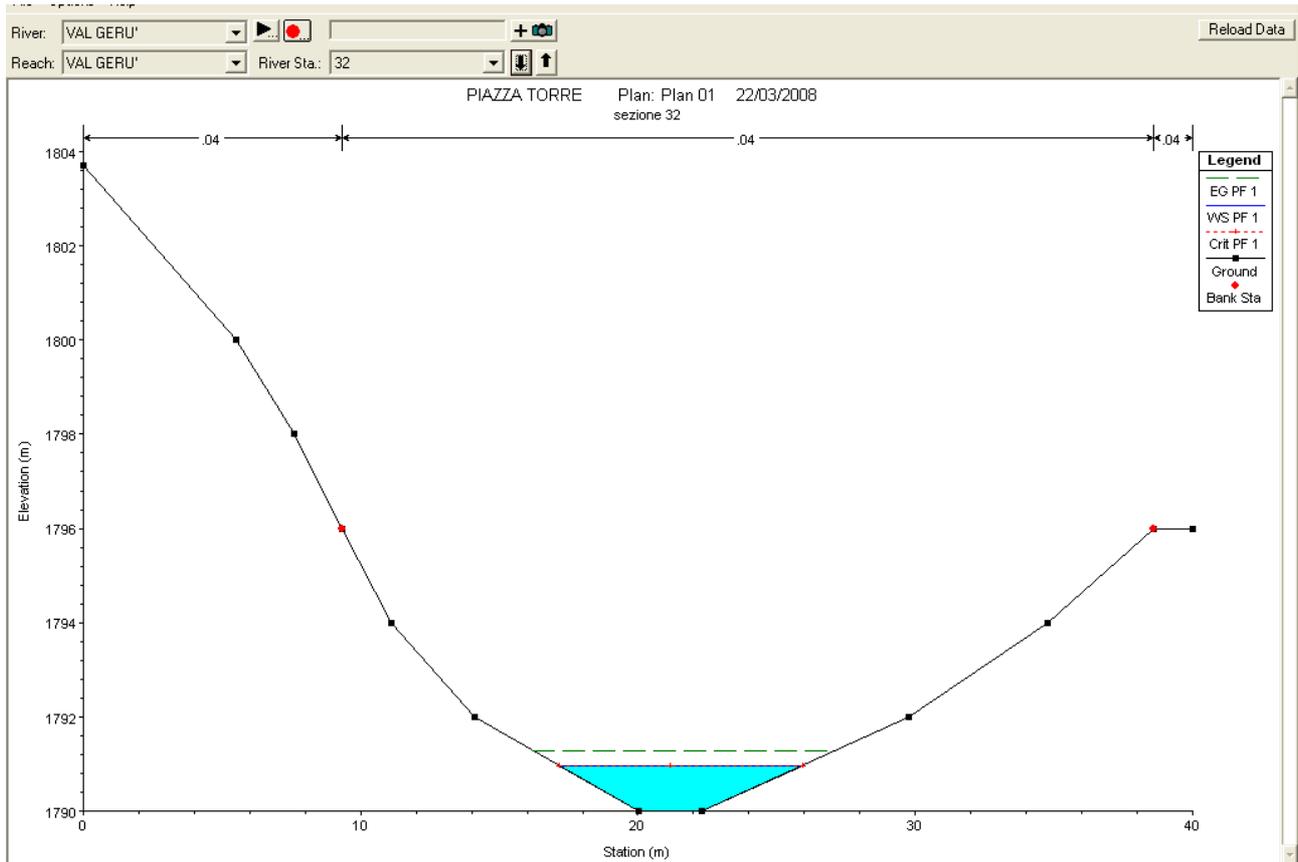
PIAZZATORRE - SEZIONE 34



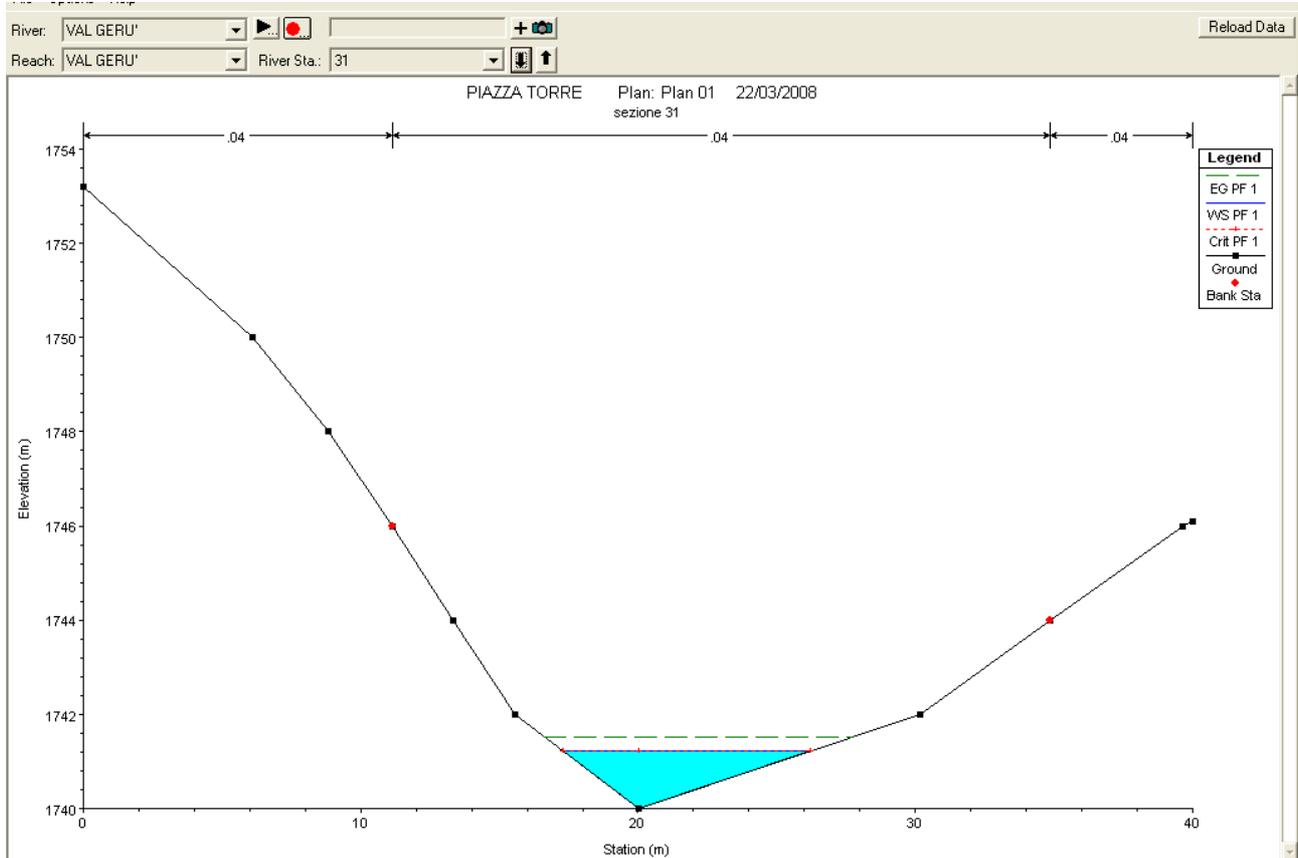
PIAZZATORRE - SEZIONE 33



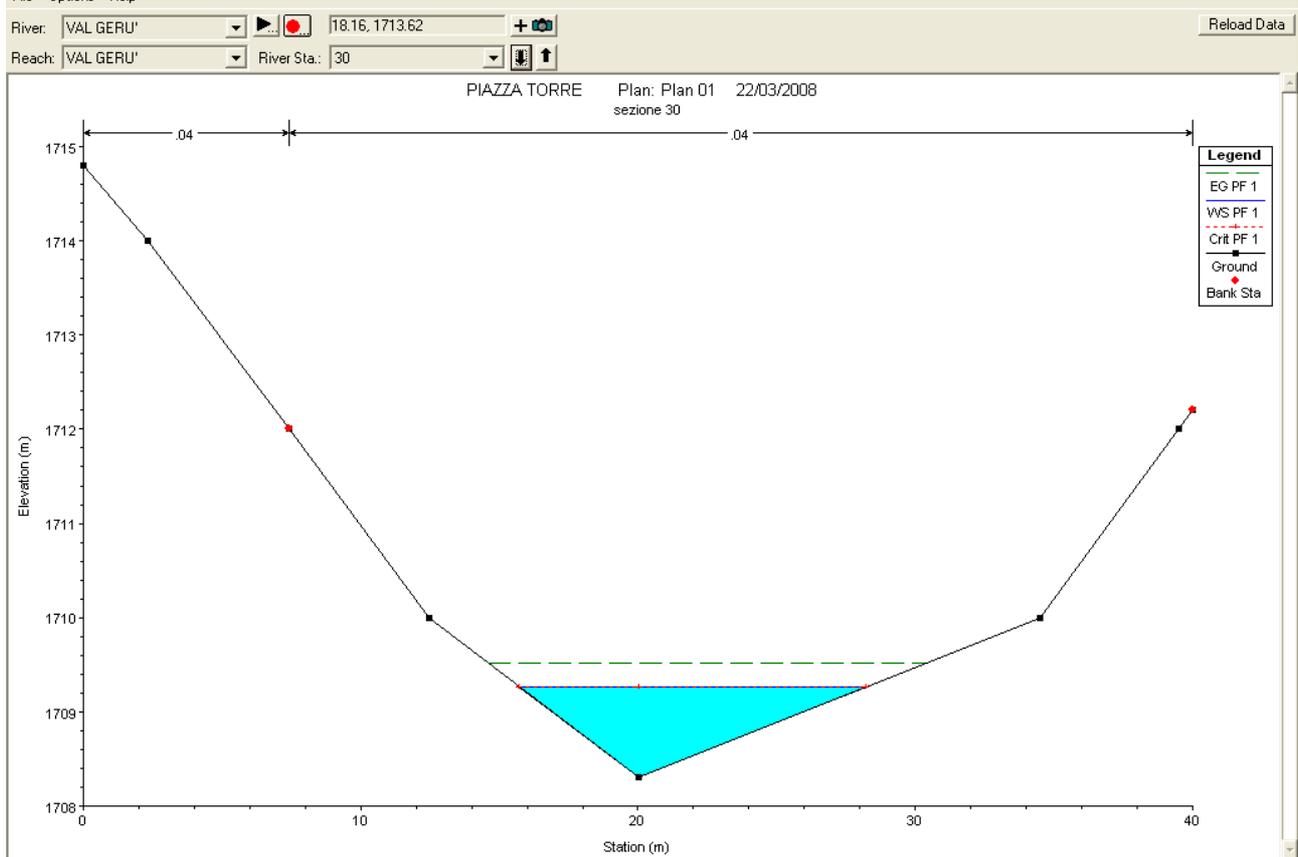
PIAZZATORRE - SEZIONE 32



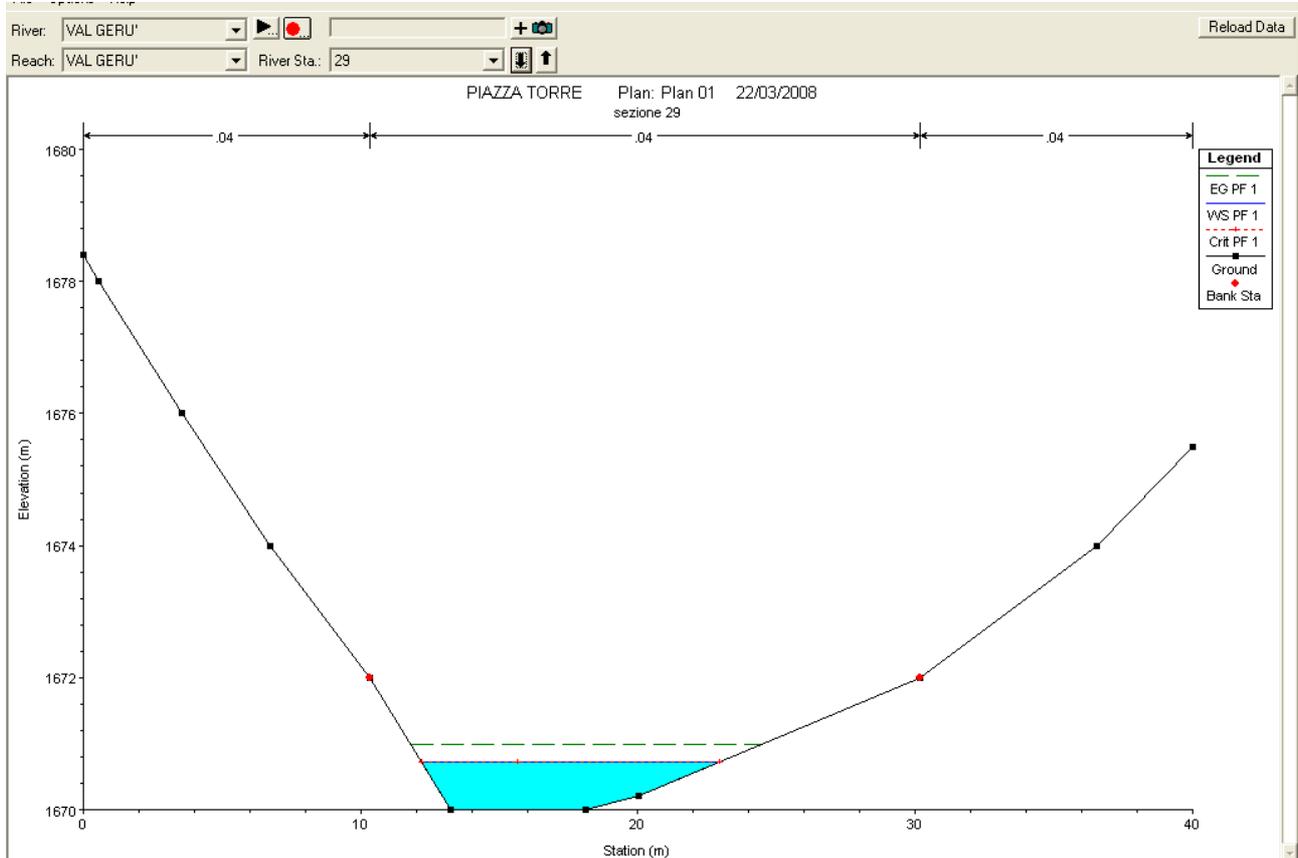
PIAZZATORRE - SEZIONE 31



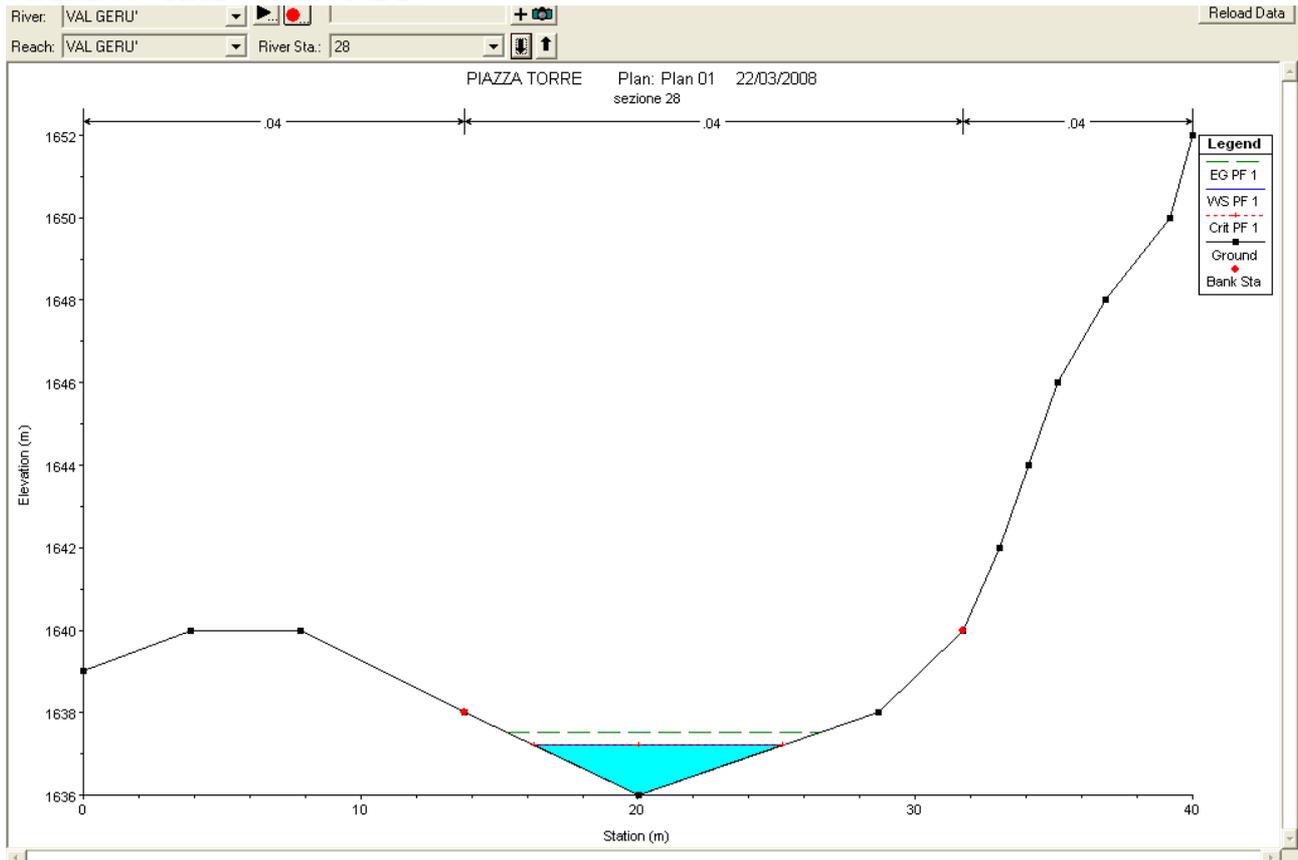
PIAZZATORRE - SEZIONE 30



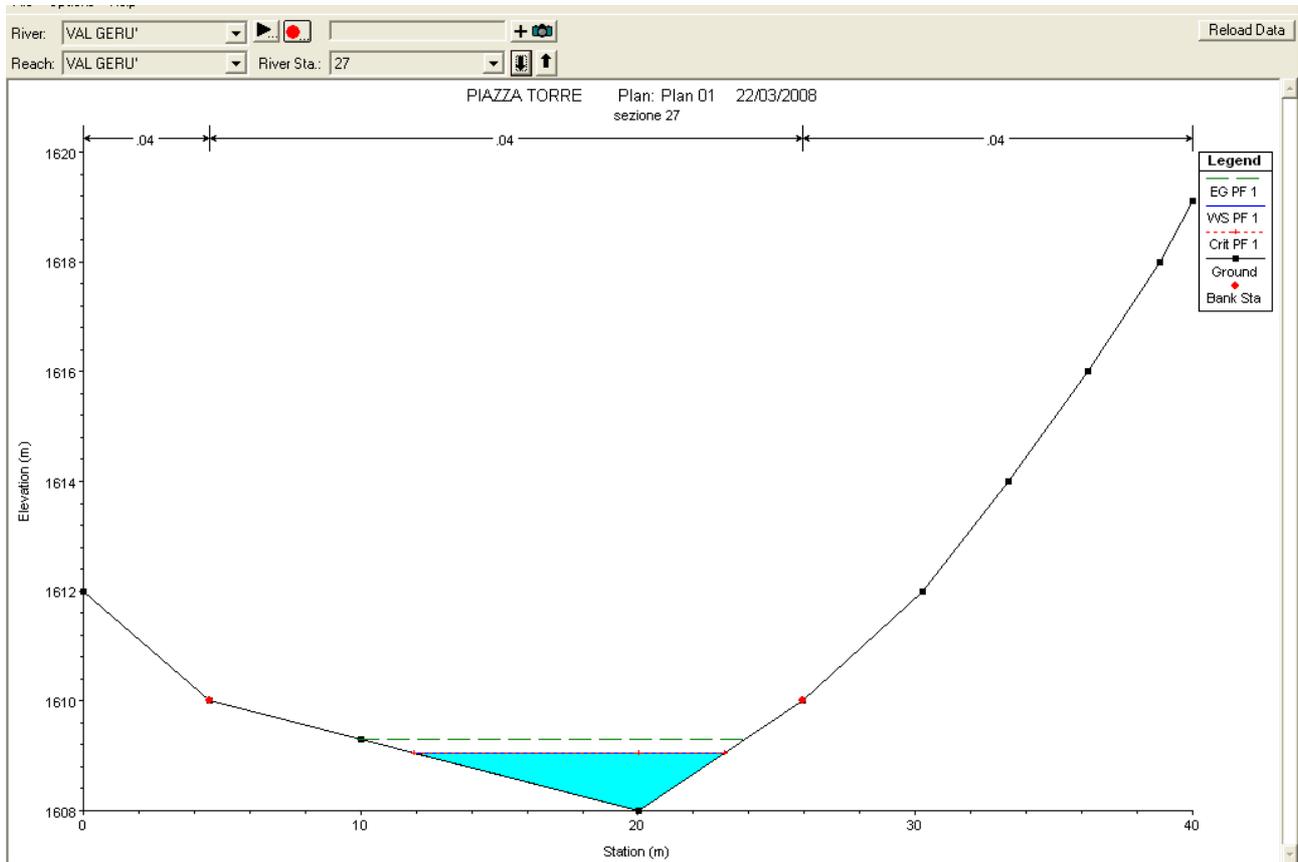
PIAZZATORRE - SEZIONE 29



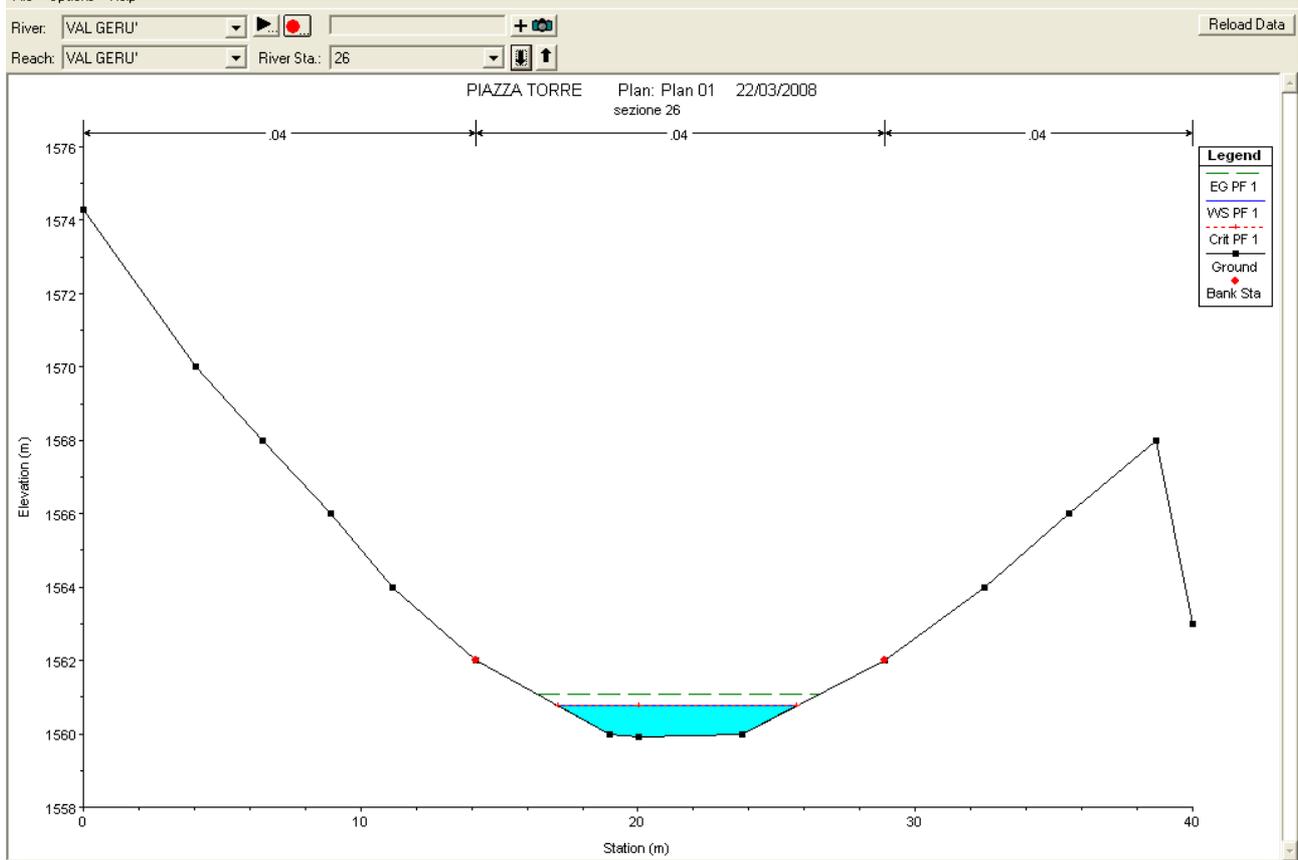
PIAZZATORRE - SEZIONE 28



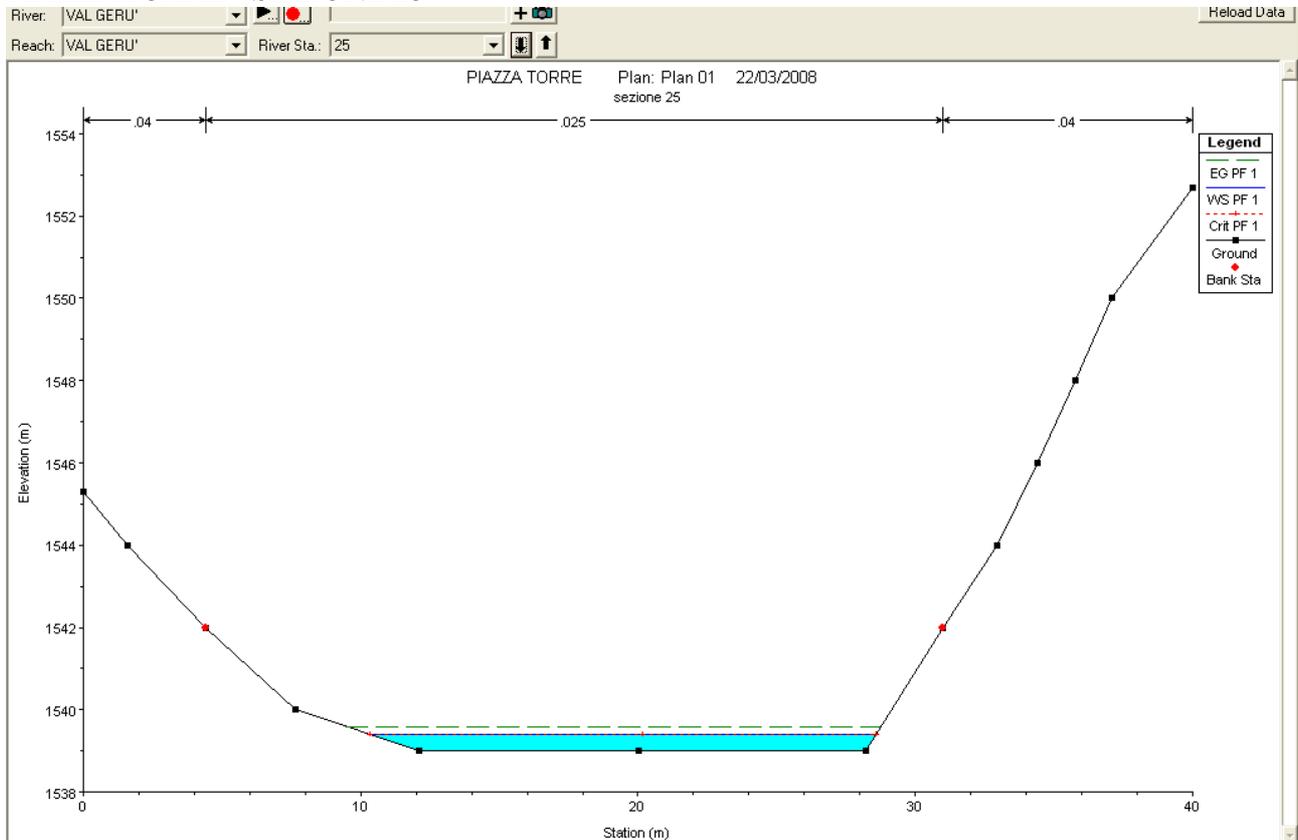
PIAZZATORRE - SEZIONE 27



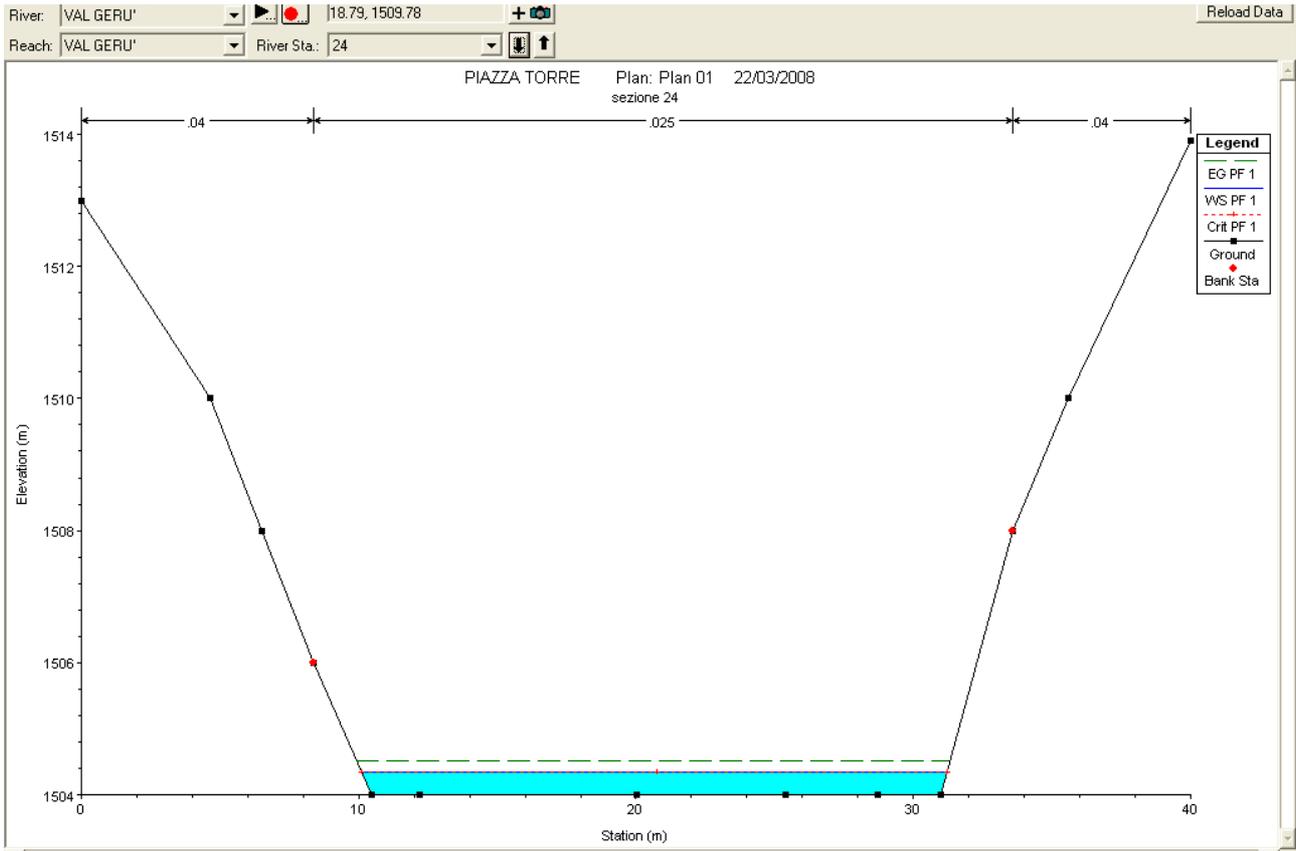
PIAZZATORRE - SEZIONE 26



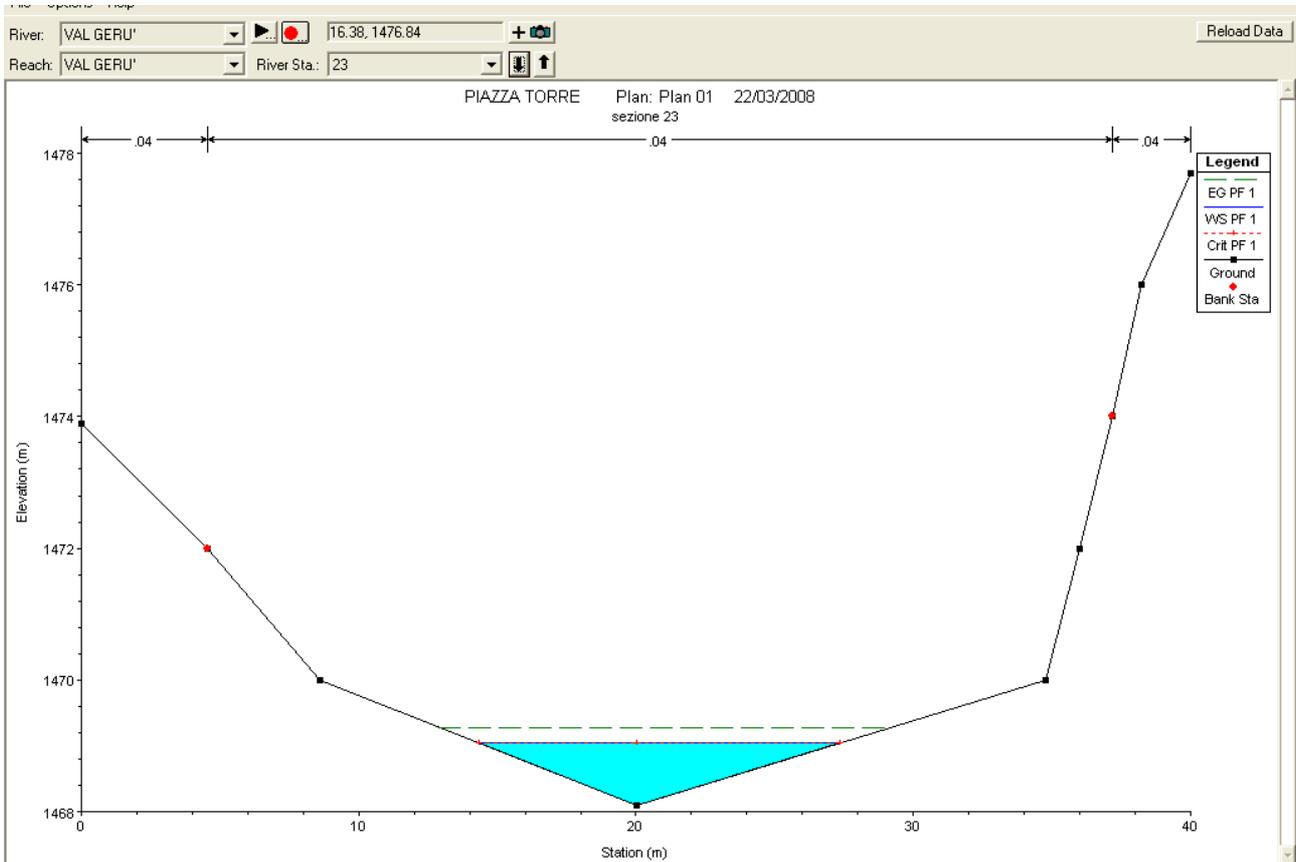
PIAZZATORRE - SEZIONE 25



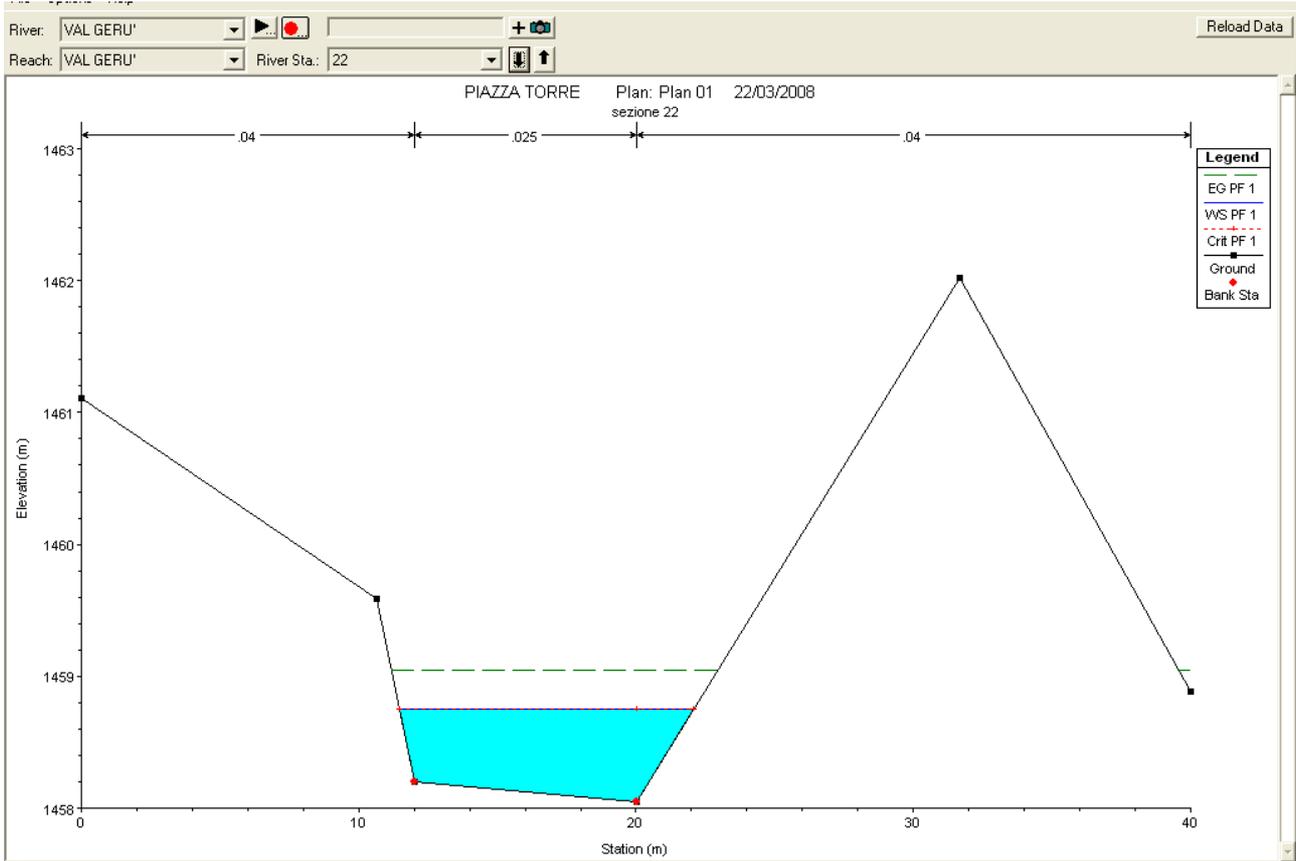
PIAZZATORRE - SEZIONE 24



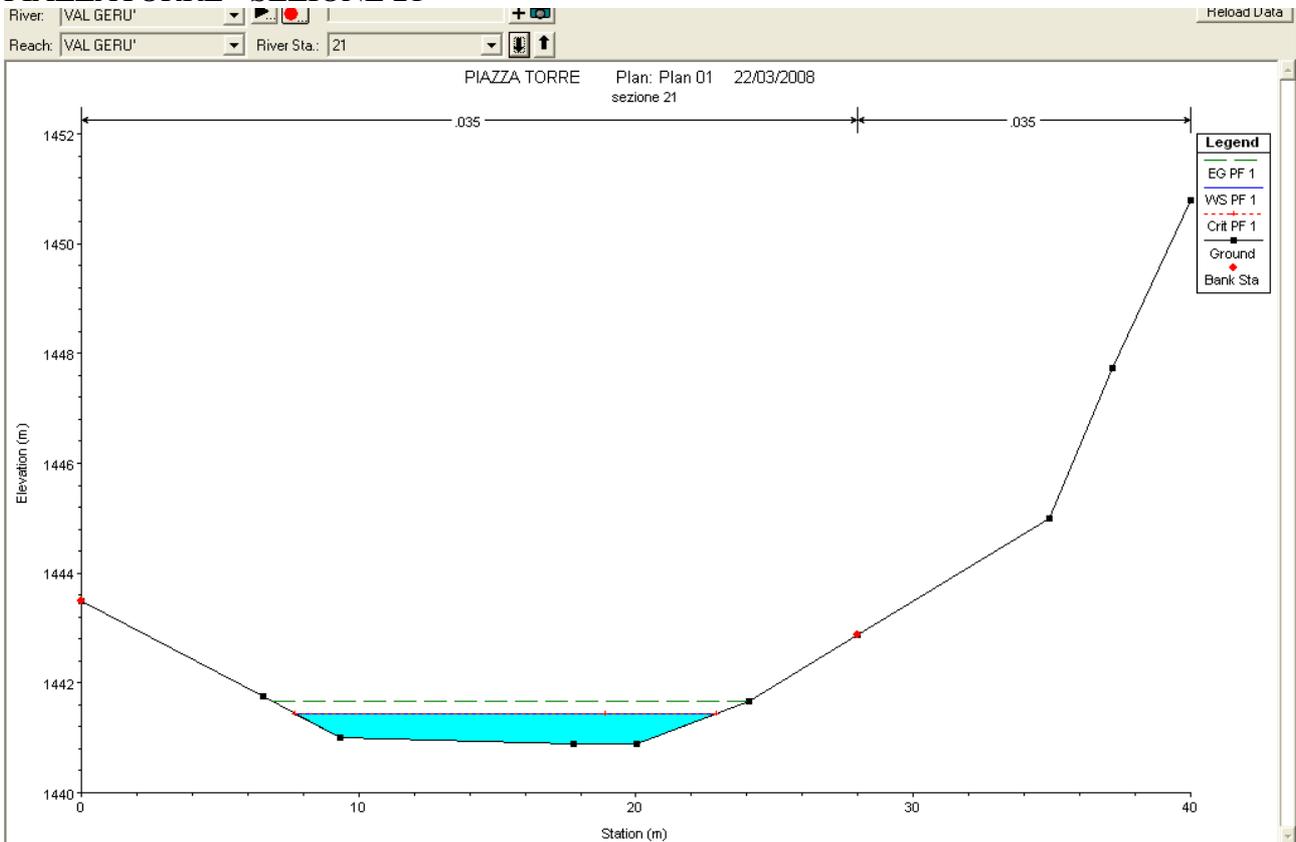
PIAZZATORRE - SEZIONE 23



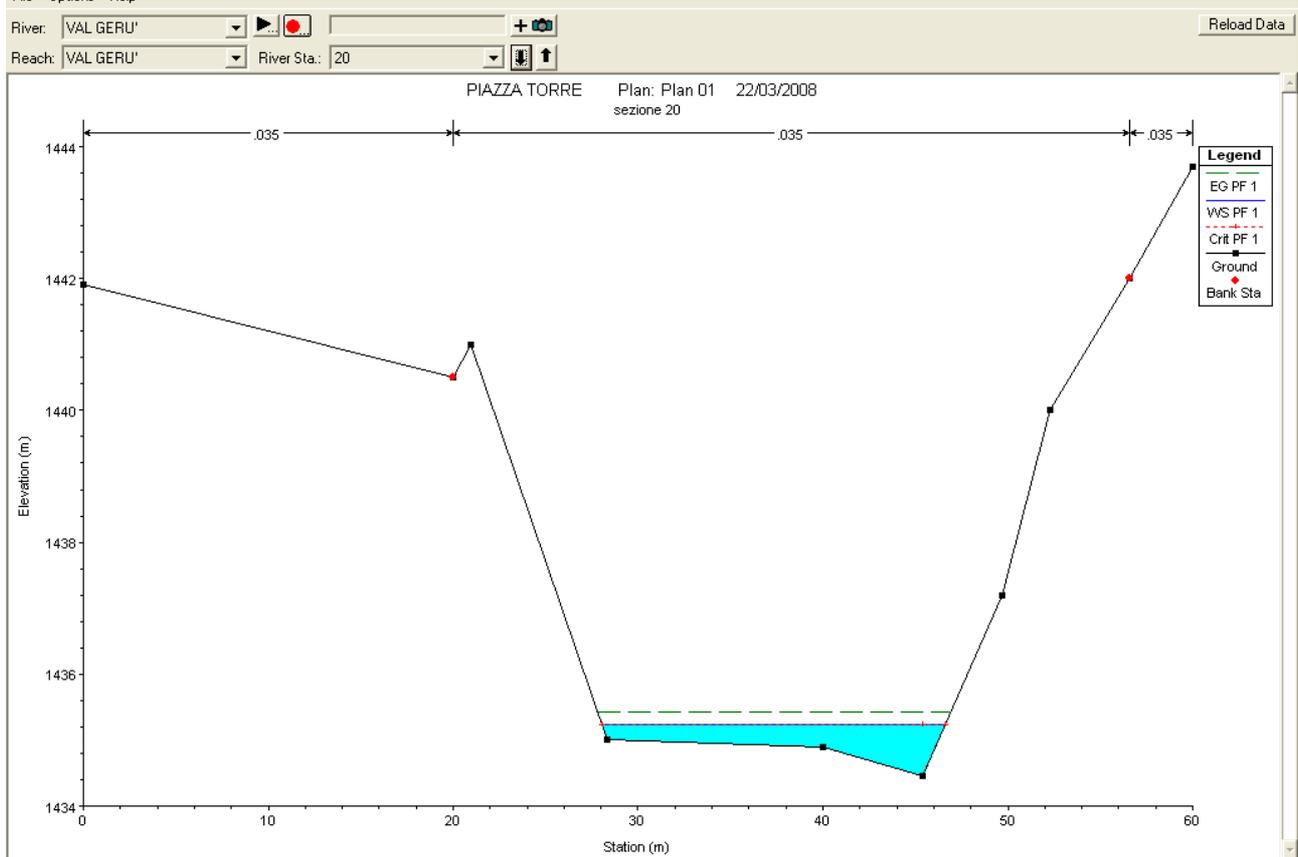
PIAZZATORRE - SEZIONE 22



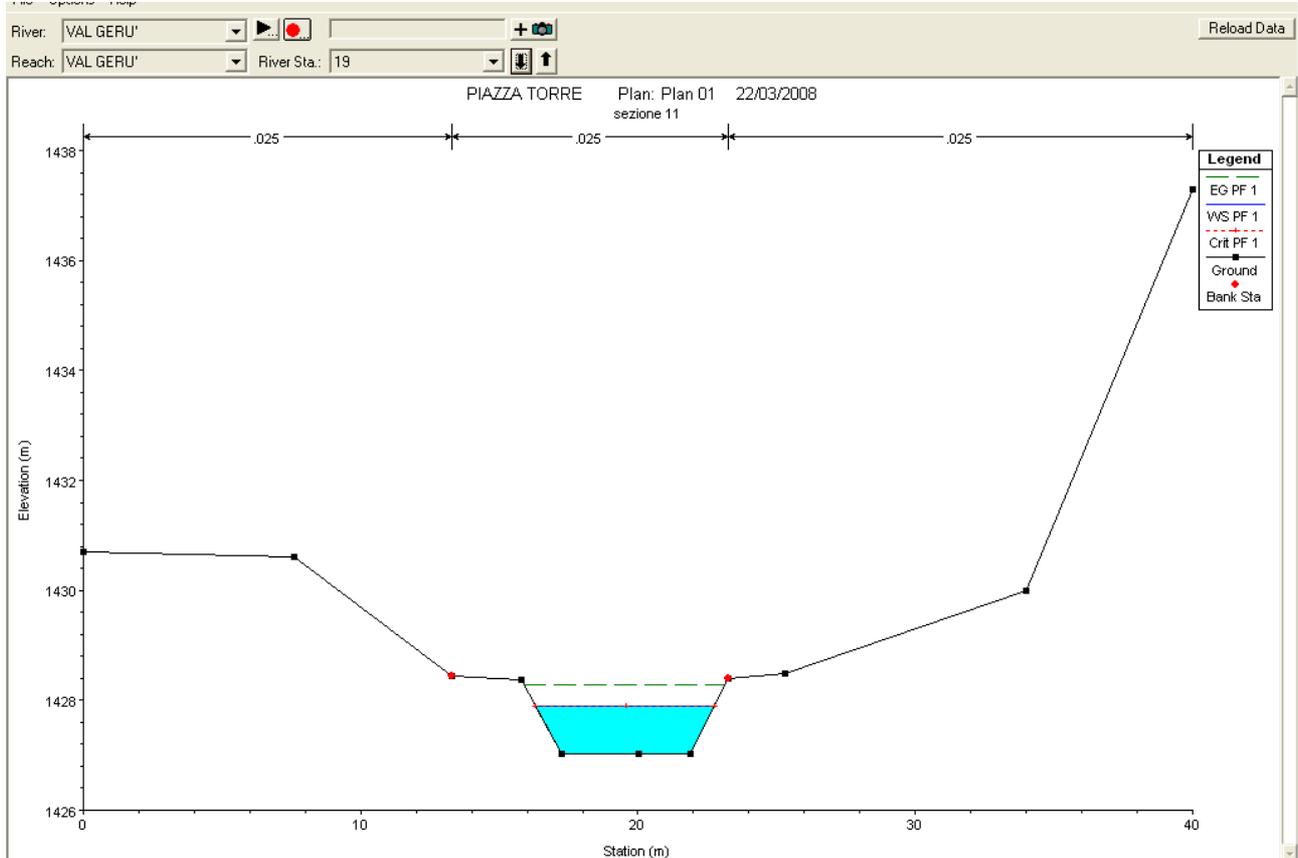
PIAZZATORRE - SEZIONE 21



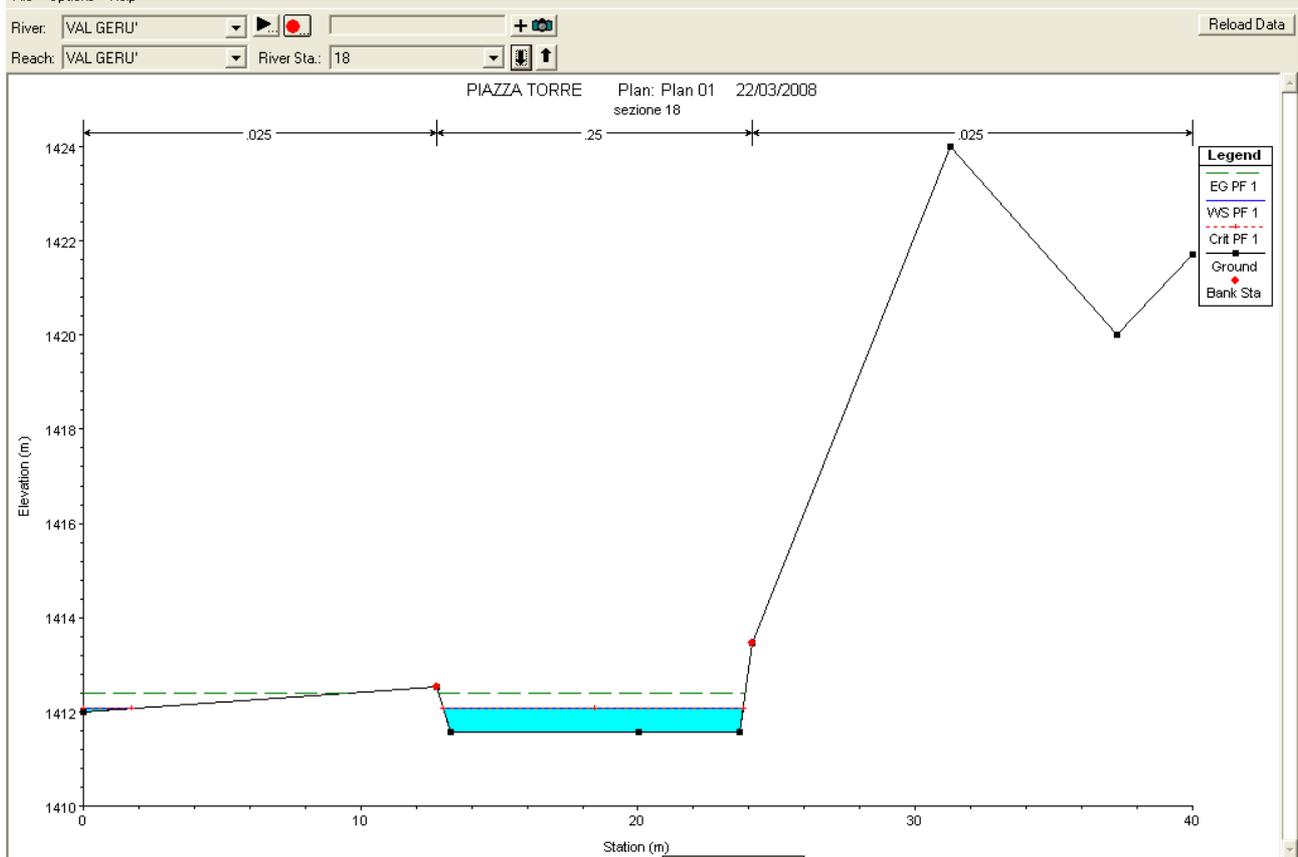
PIAZZATORRE - SEZIONE 20



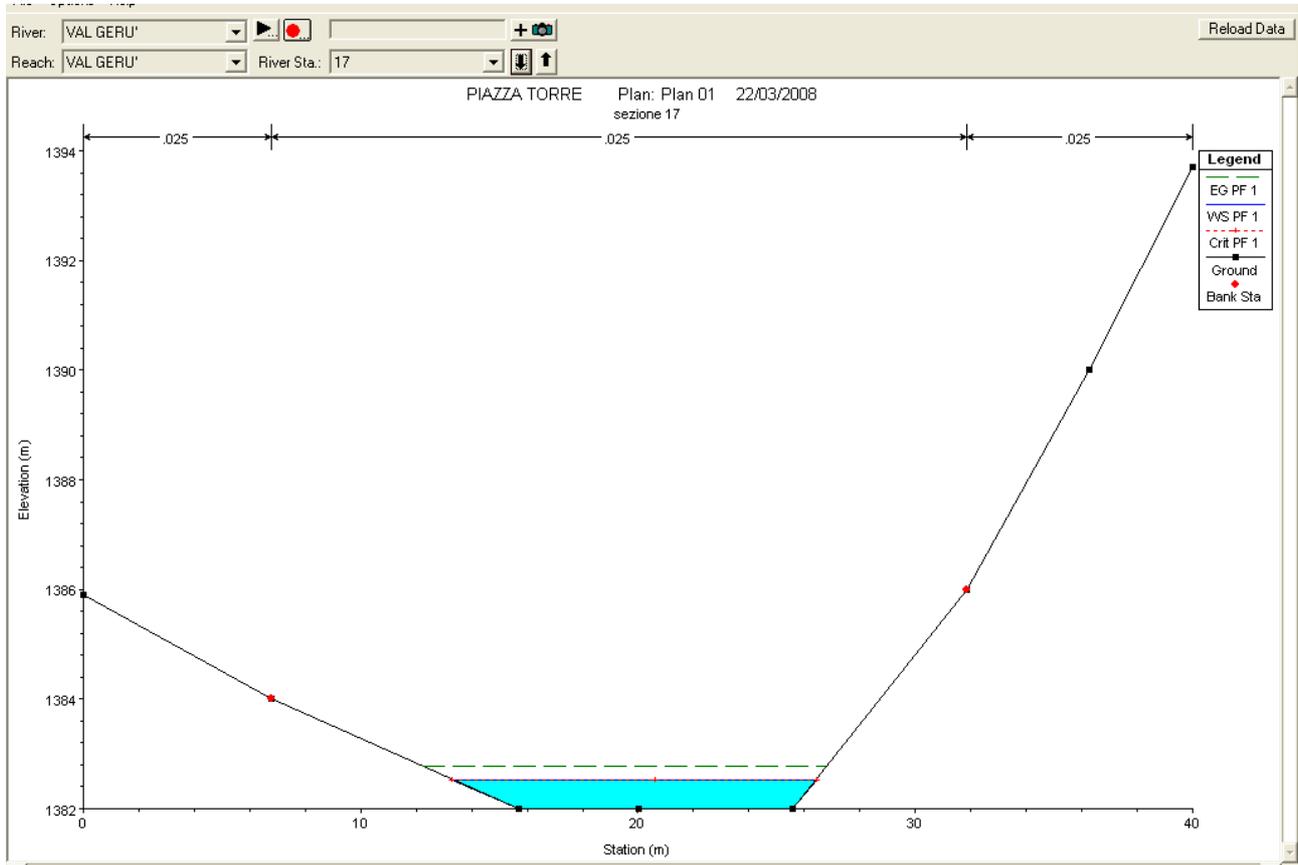
PIAZZATORRE -SEZIONE 19



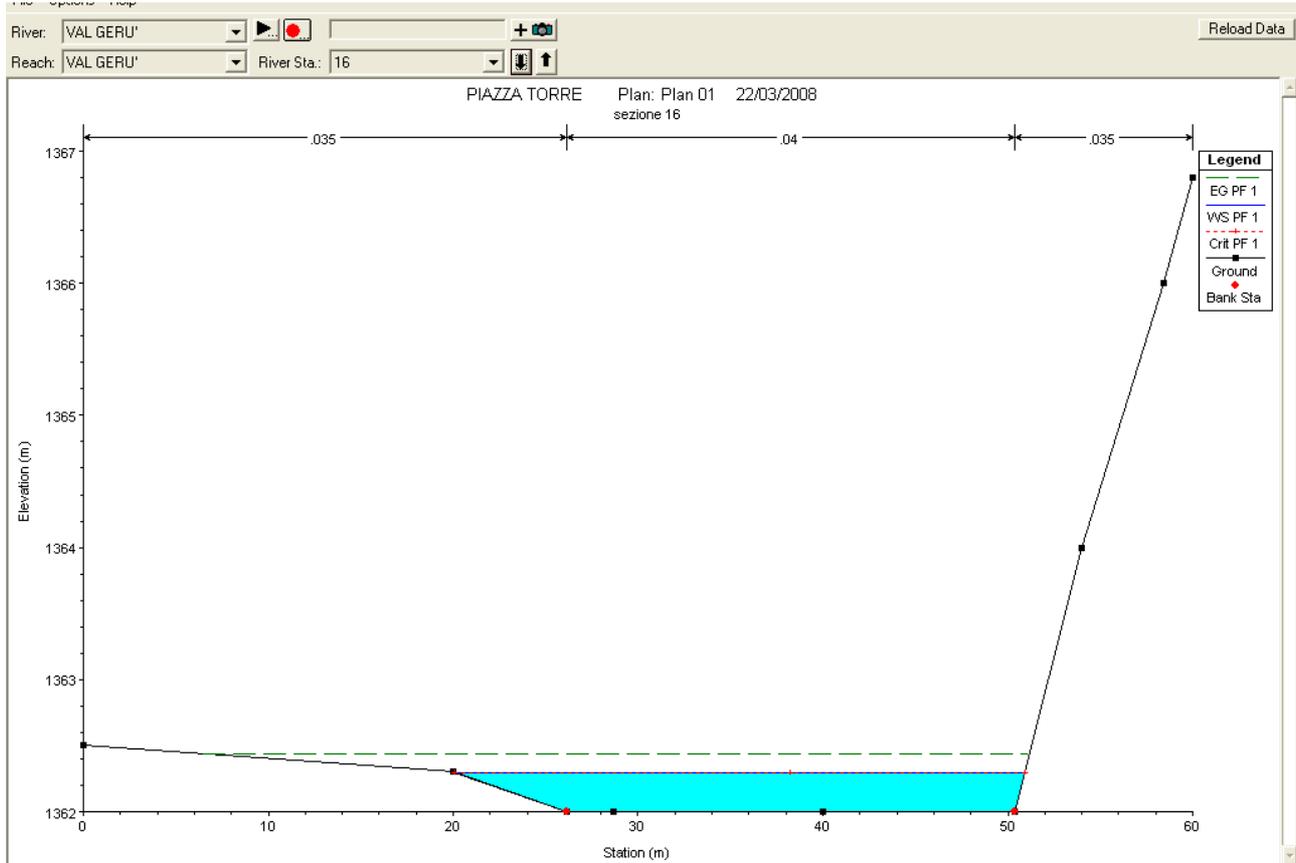
PIAZZATORRE - SEZIONE 18



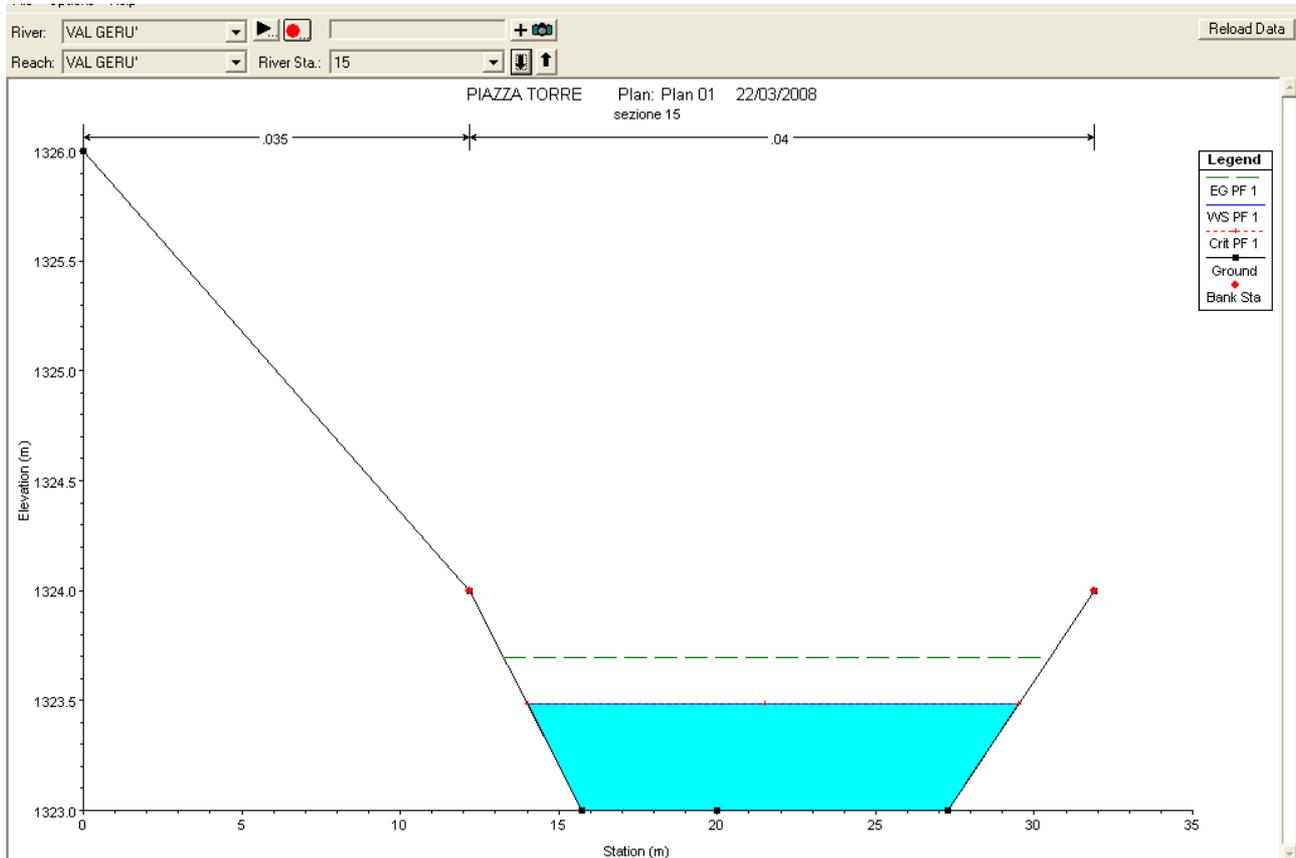
PIAZZATORRE - SEZIONE 17



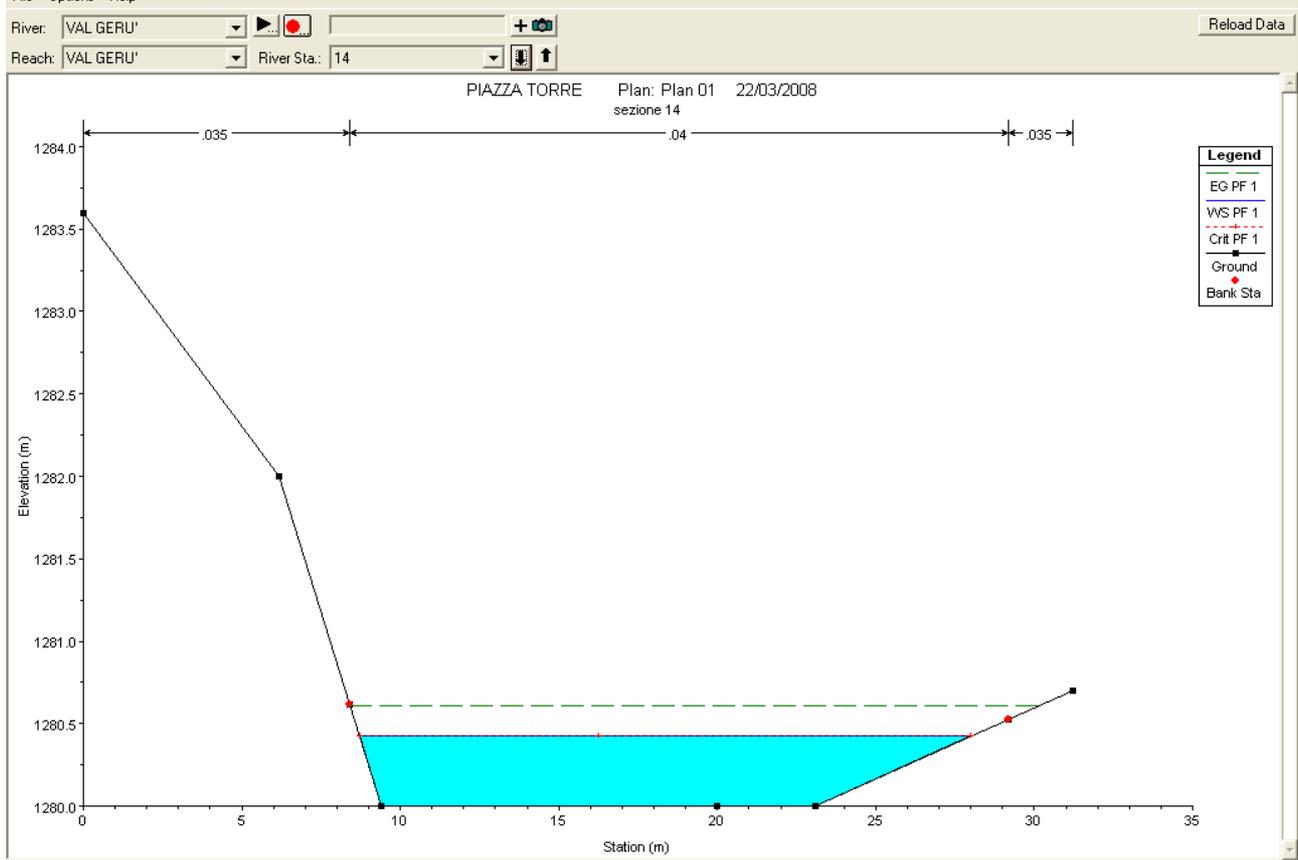
PIAZZATORRE - SEZIONE 16



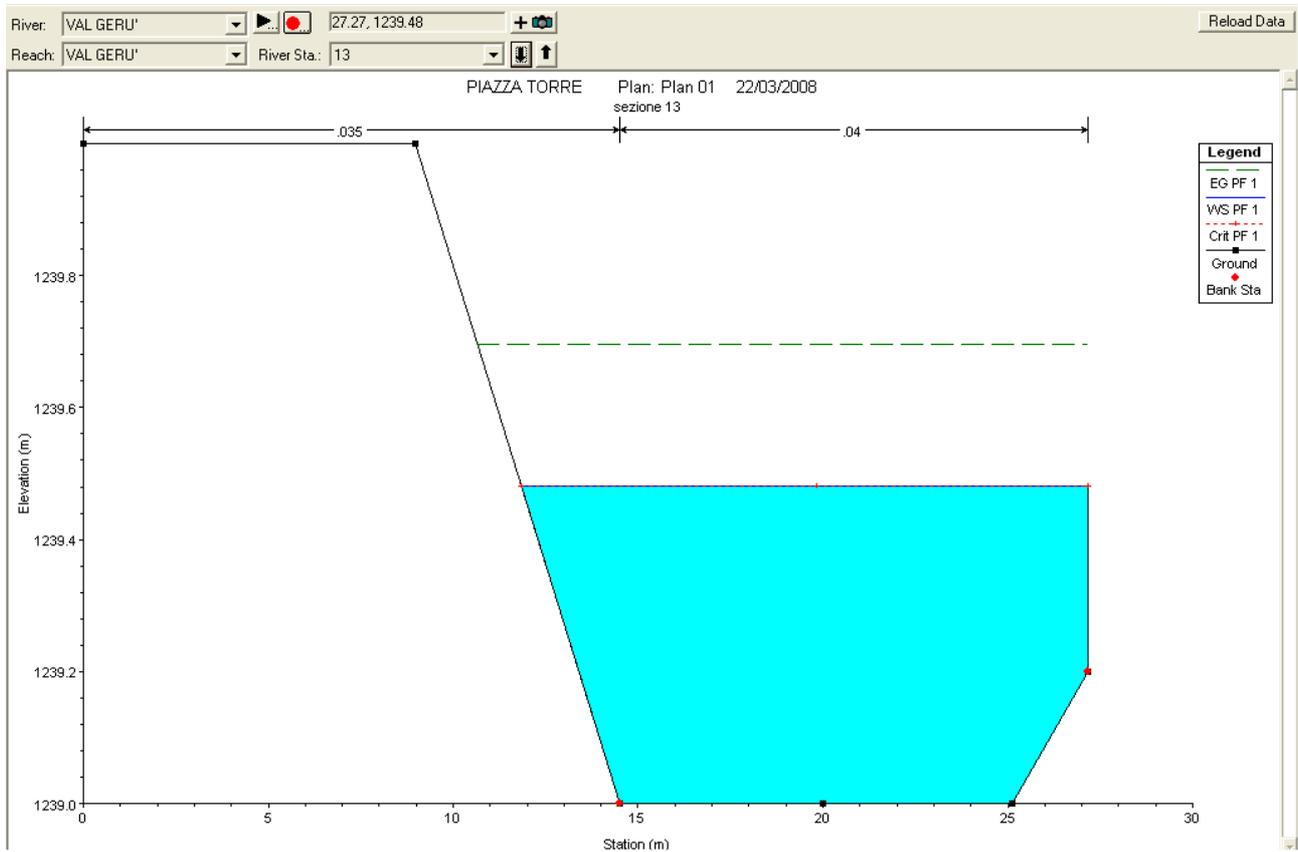
PIAZZATORRE - SEZIONE 15



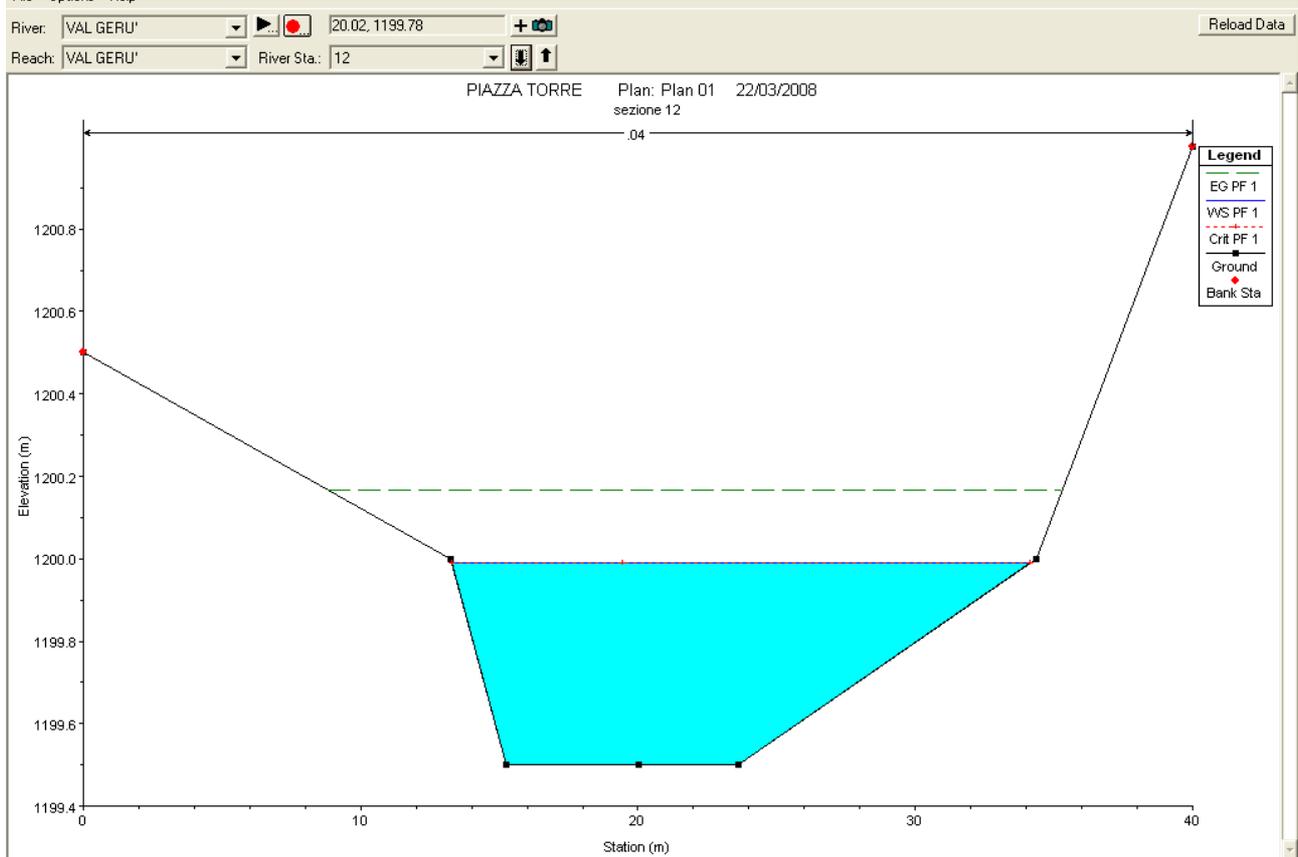
PIAZZATORRE - SEZIONE 14



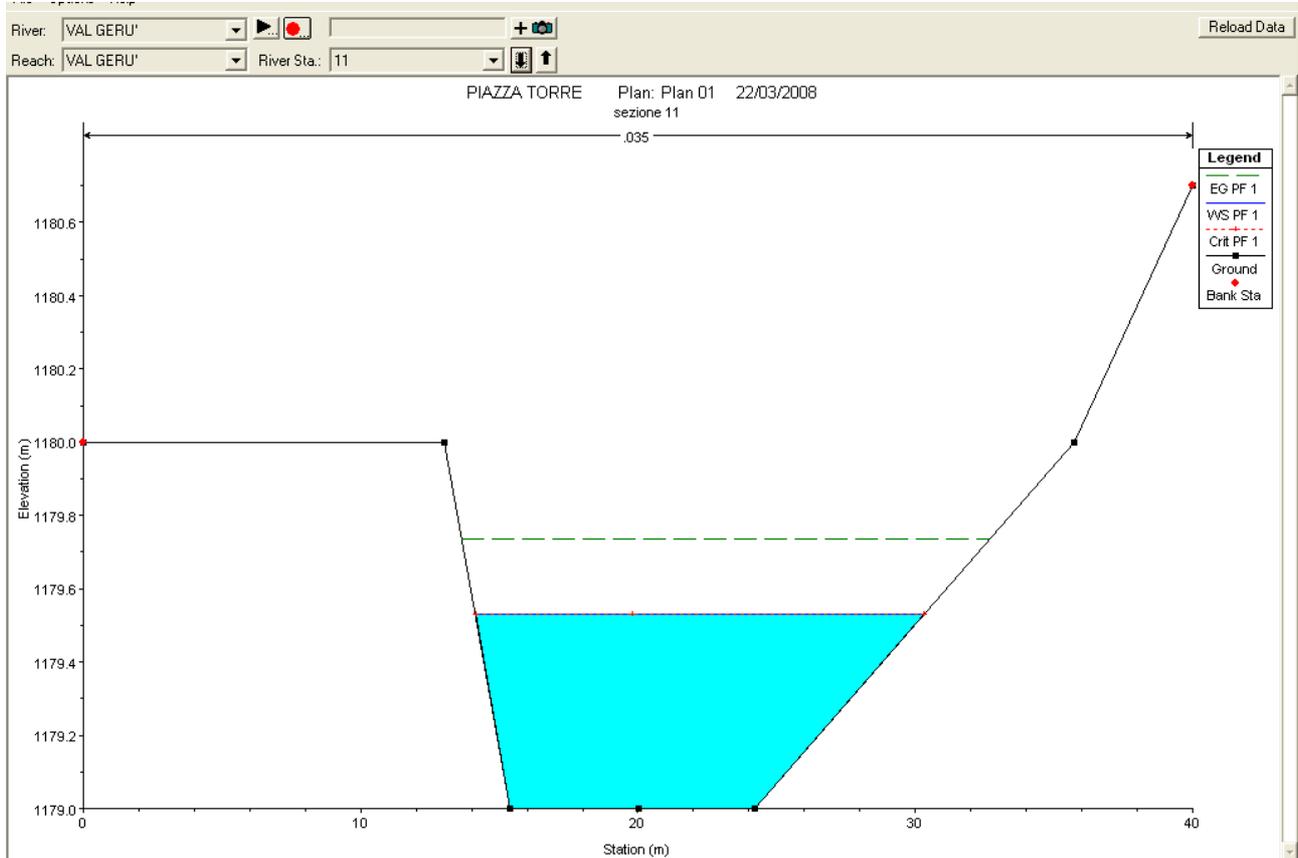
PIAZZATORRE - SEZIONE 13



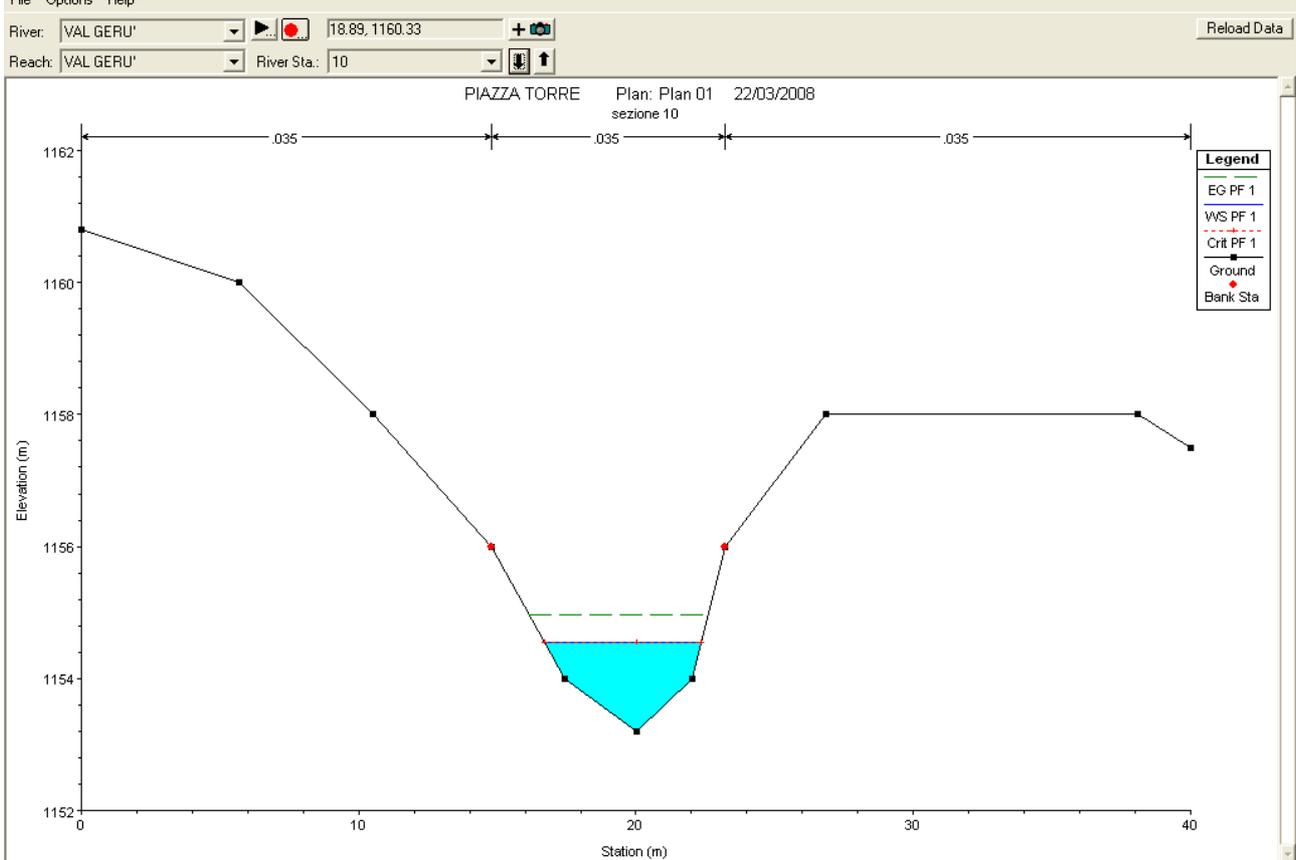
PIAZZATORRE - SEZIONE 12



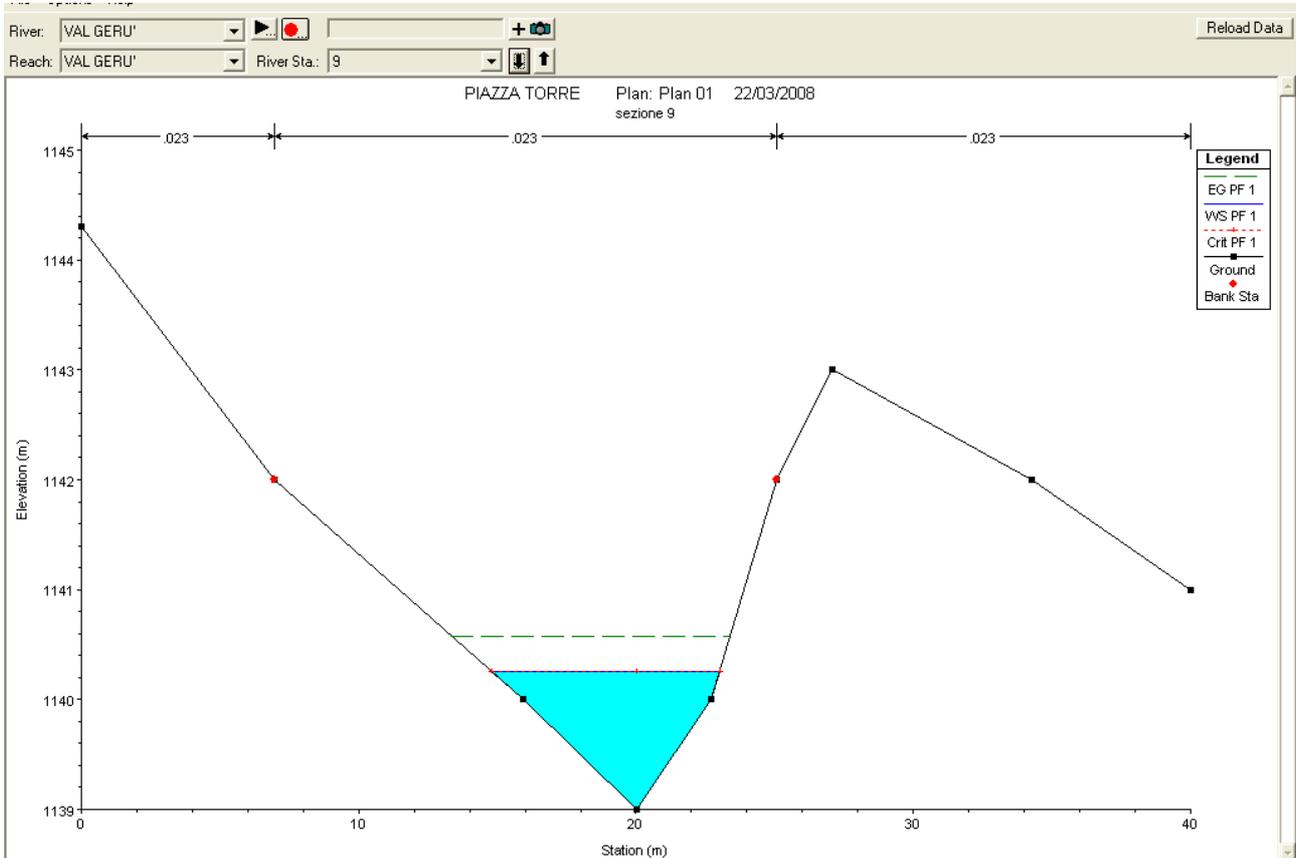
PIAZZATORRE - SEZIONE 11



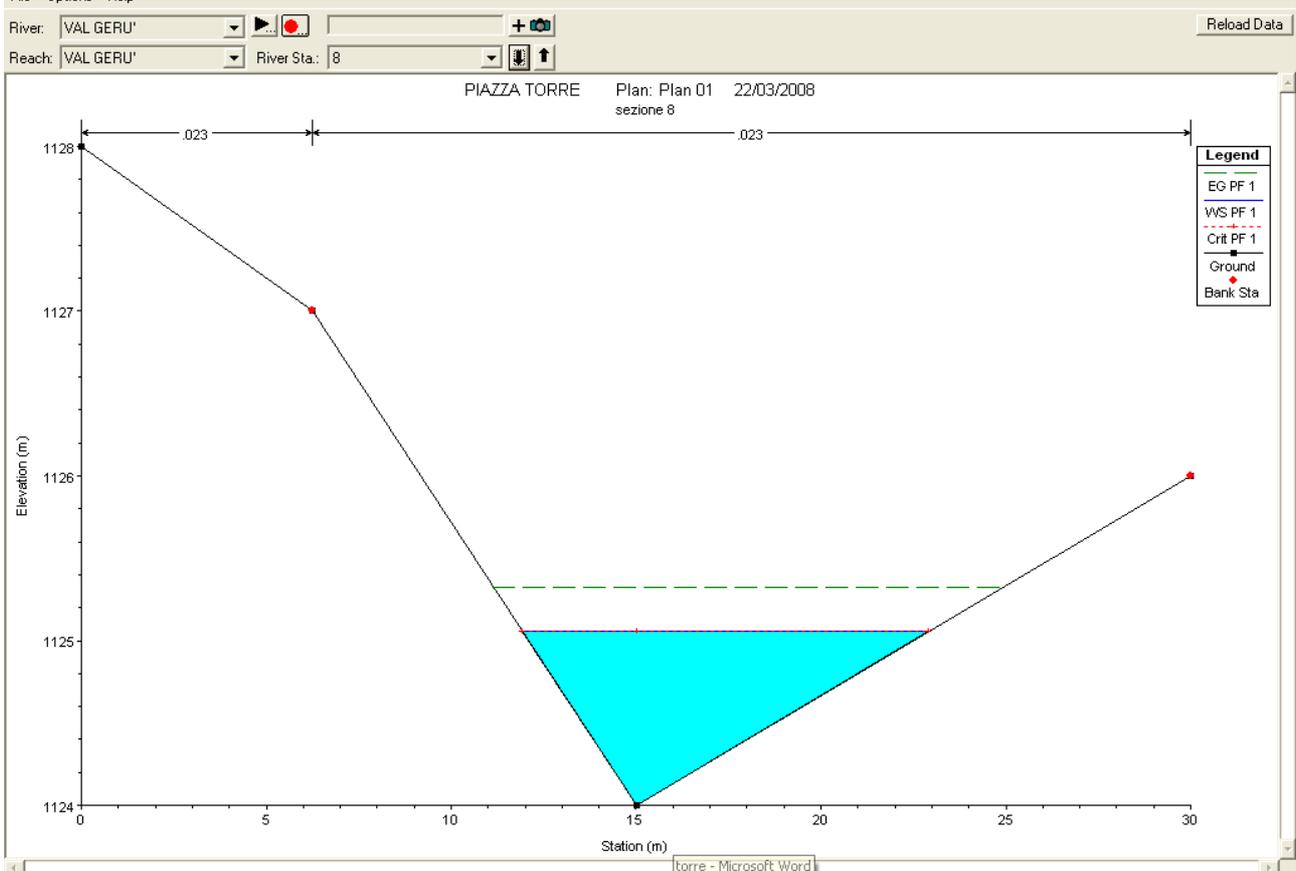
PIAZZATORRE - SEZIONE 10



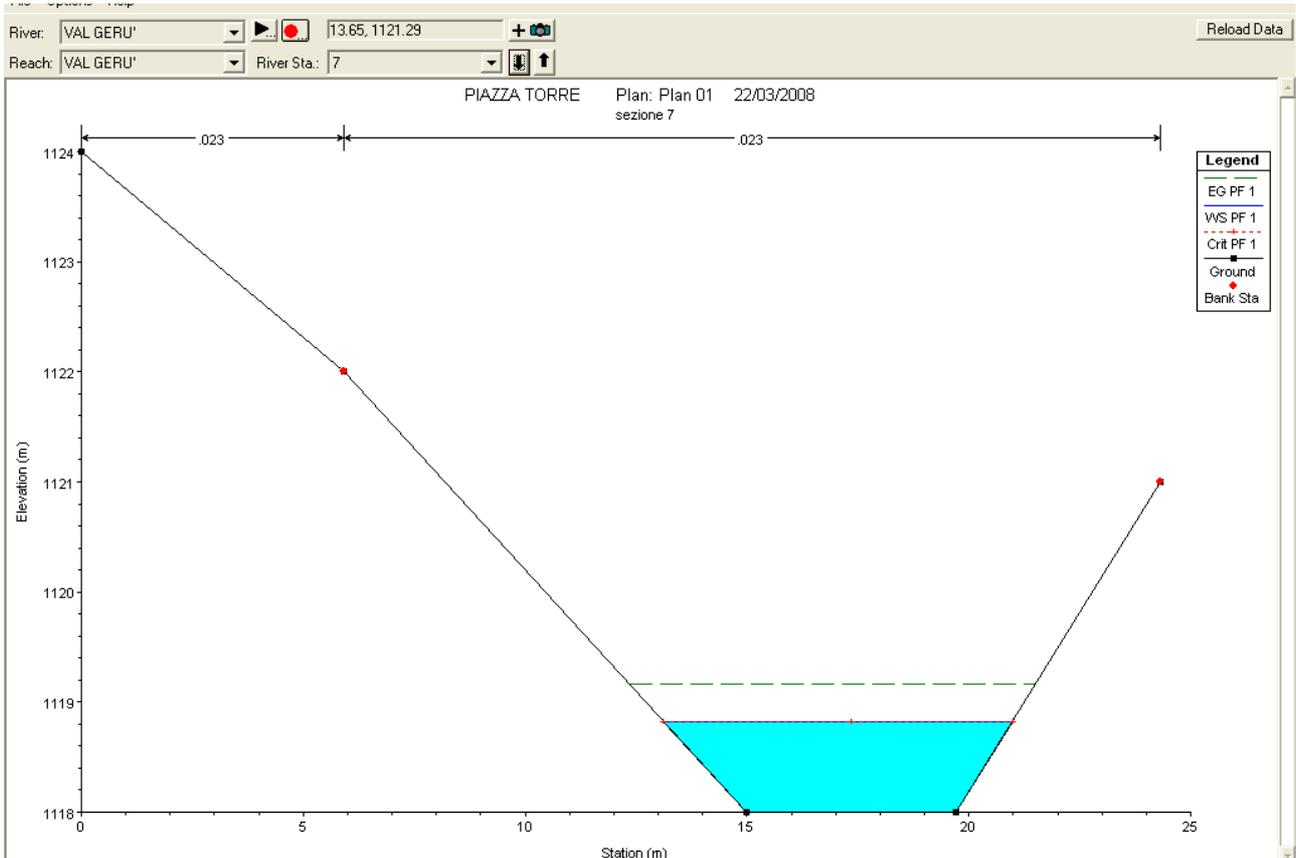
PIAZZATORRE - SEZIONE 9



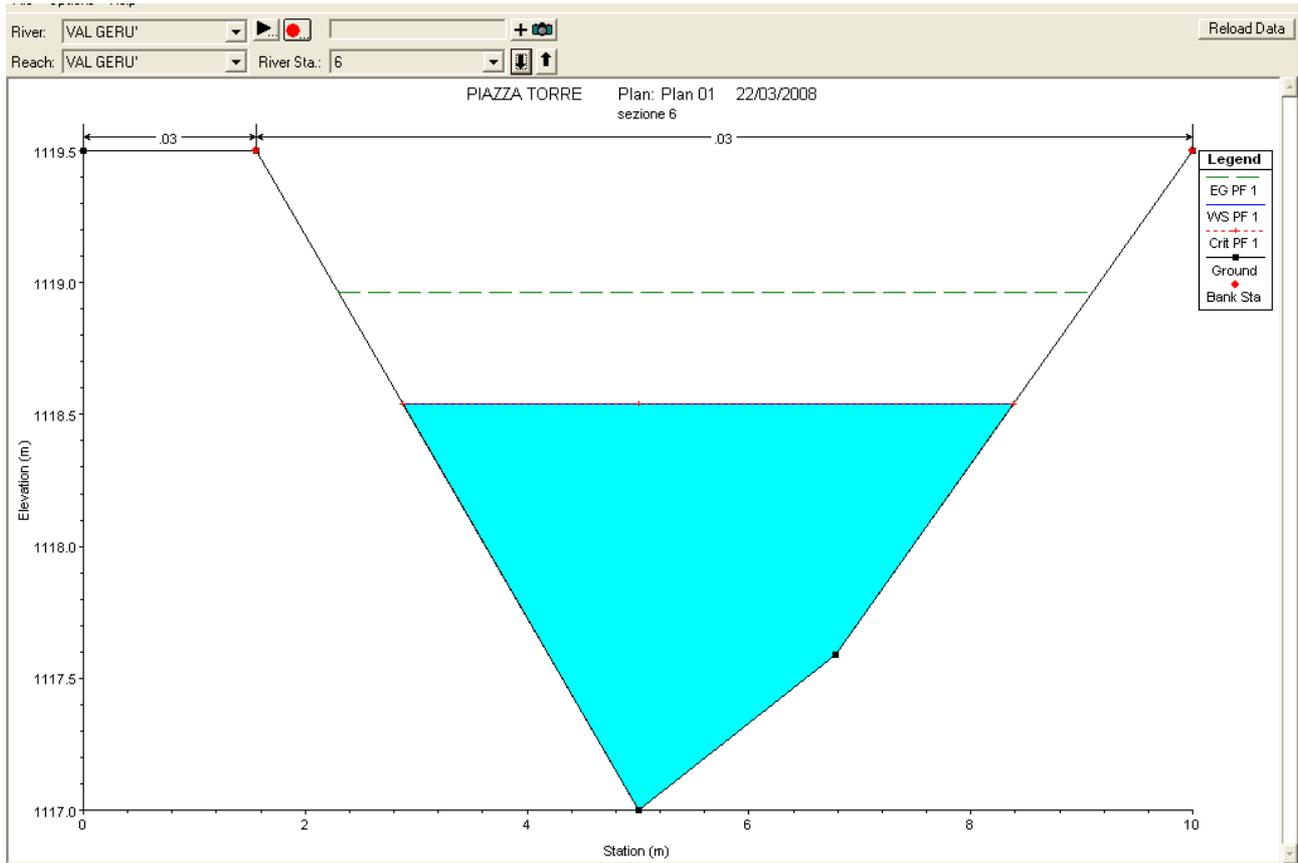
PIAZZATORRE - SEZIONE 8



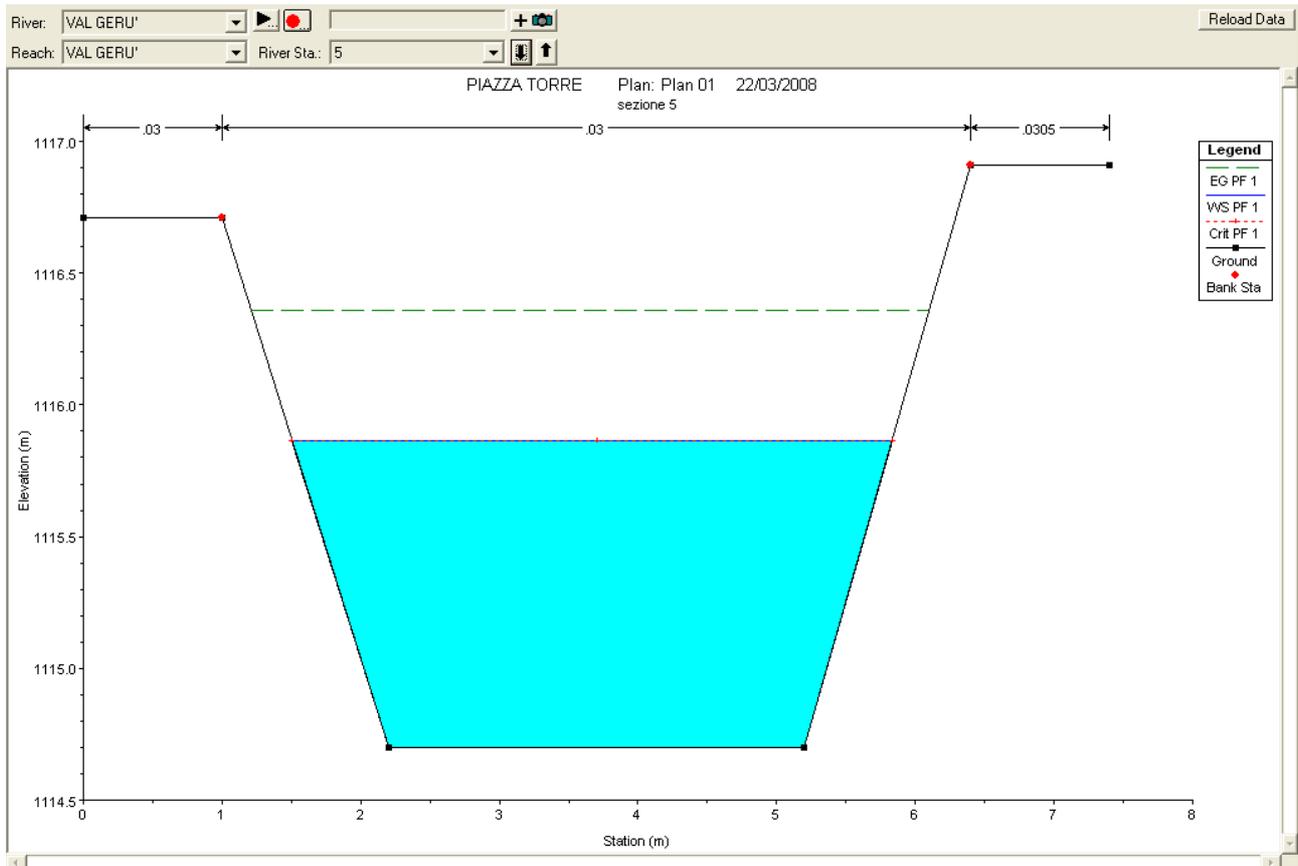
PIAZZATORRE - SEZIONE 7



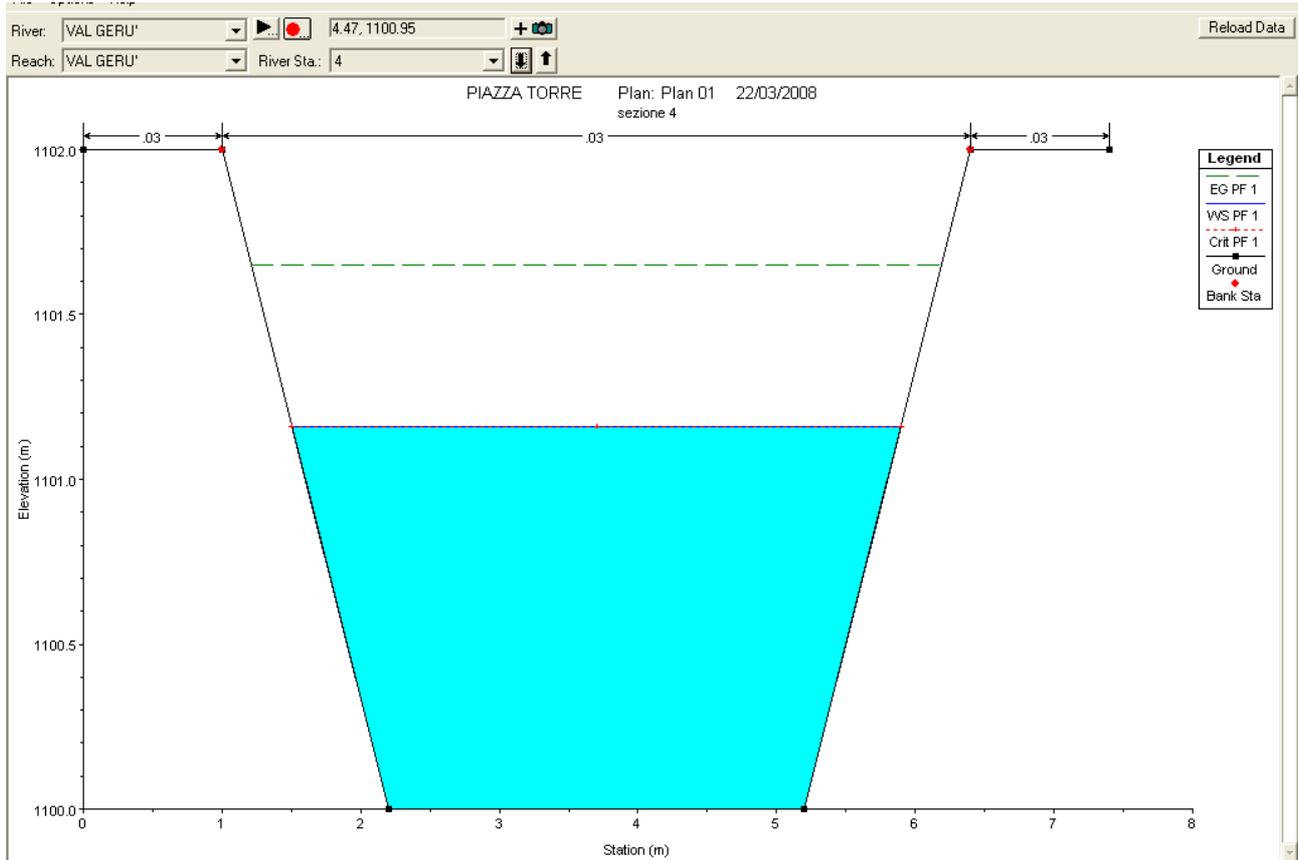
PIAZZATORRE - SEZIONE 6



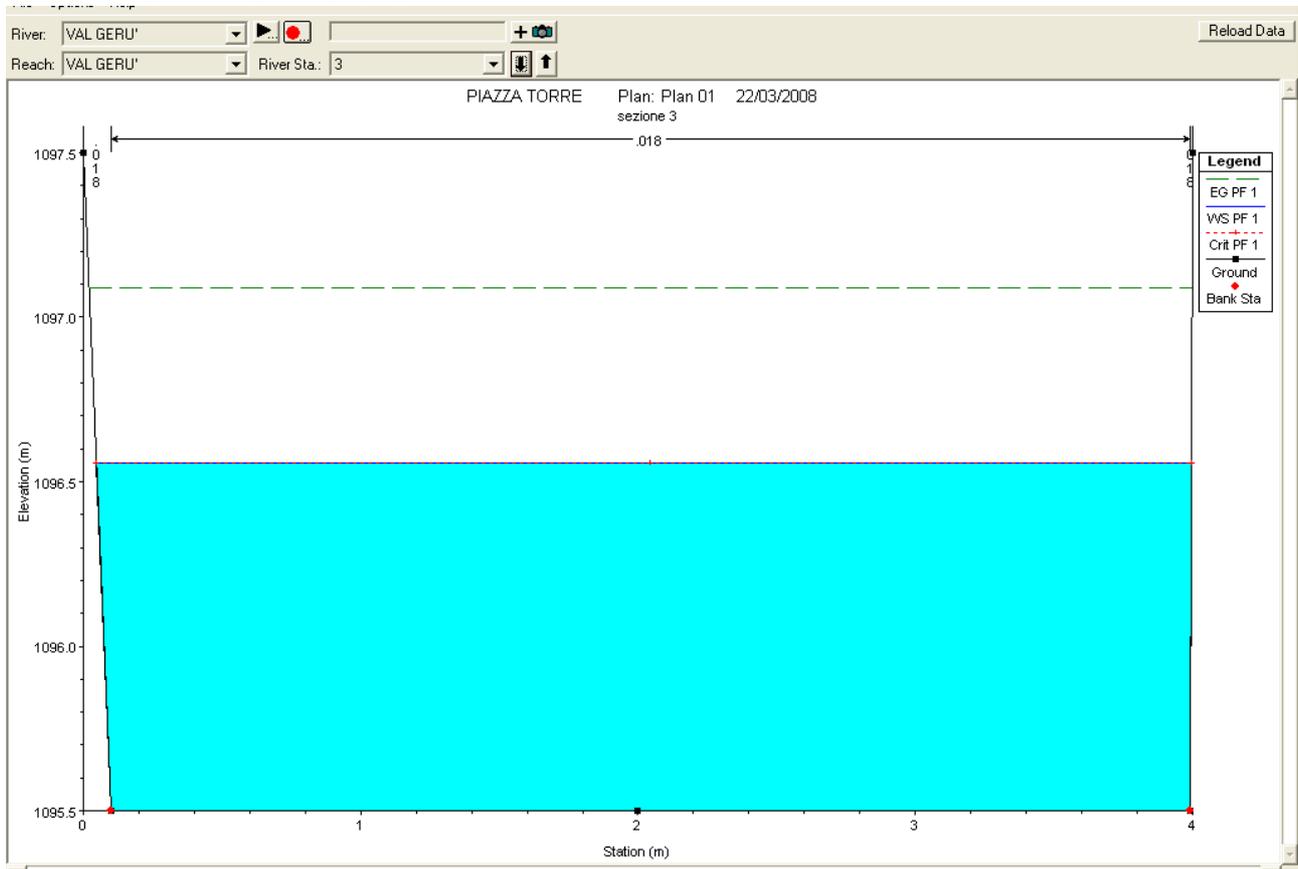
PIAZZATORRE - SEZIONE 5



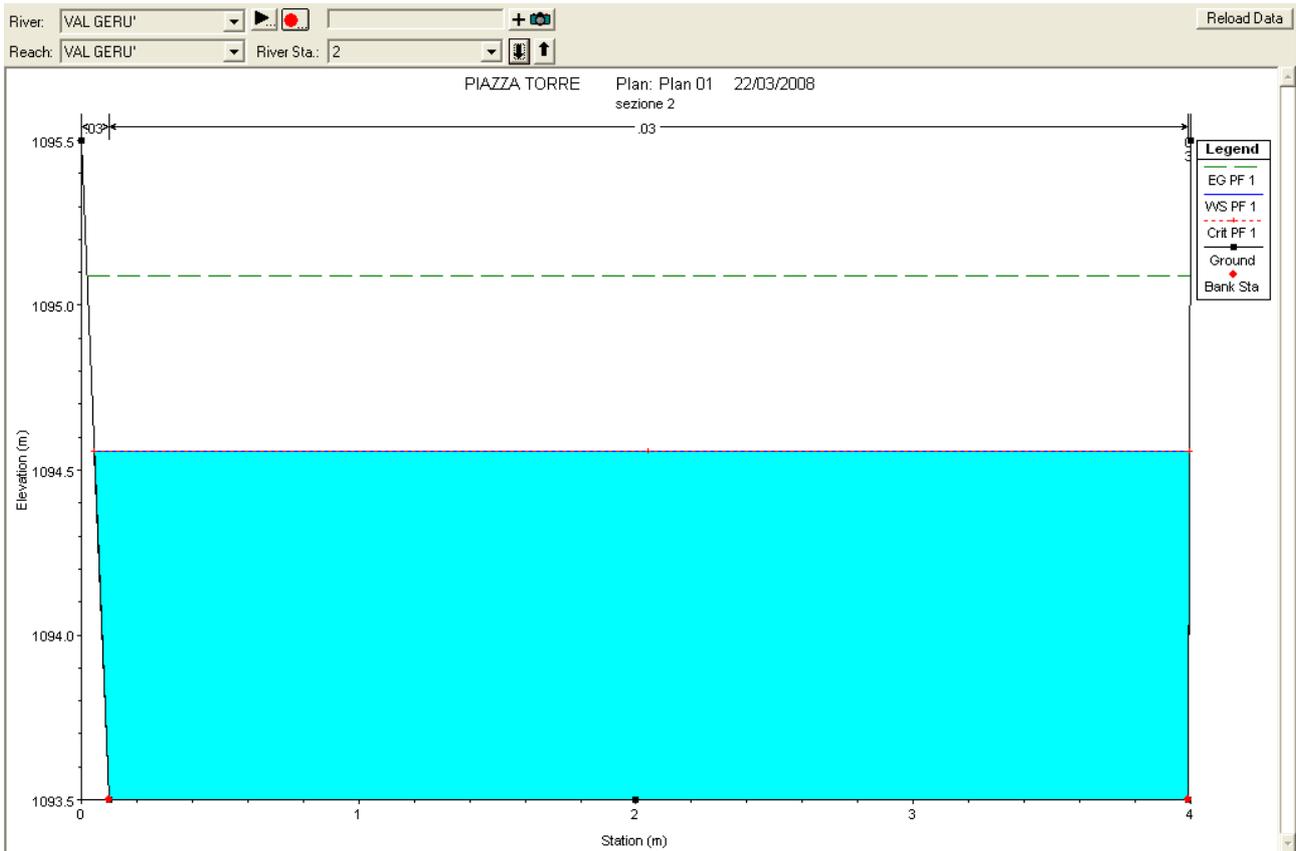
PIAZZATORRE - SEZIONE 4



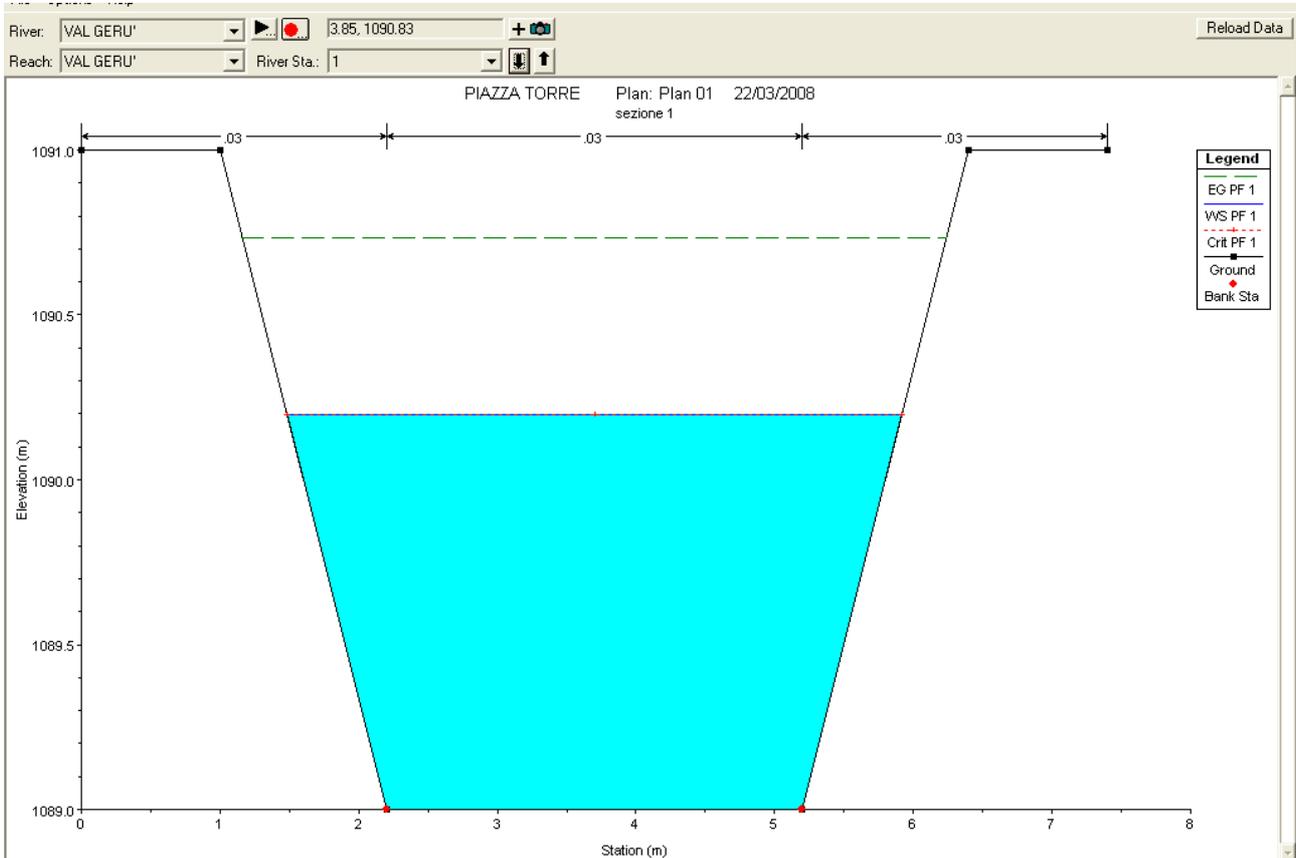
PIAZZATORRE - SEZIONE 3



PIAZZATORRE - SEZIONE 2



PIAZZATORRE - SEZIONE 1



VERIFICA STABILITA' COLTRI DETRITICHE RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- (a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- (b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo dei conci (Bishop)

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;

$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Con il metodo di Bishop non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\Sigma F_v = 0, \Sigma M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

$$F = \frac{\Sigma \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stratigrafia

c: coesione; F_i : Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo

Strato	c (kg/cm ²)	F_i (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia	
1	0	37	1950	2150		Detrito
2	0	45	2300	2500		Substrato roccioso

SETTORE A MONTE APICE DEL CONOIDE: VERIFICA 1**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	(m)	107,58
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	(m)	2260,85
Ascissa vertice destro superiore xs	(m)	1136,63
Ordinata vertice destro superiore ys	(m)	3184,36
Passo di ricerca		10,0
Numero di celle lungo x		10,0
Numero di celle lungo y		10,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1030,15
2	170,4	1081,43
3	472,35	1172,31
4	827,07	1298,37
5	1114,37	1403,9
6	1375,28	1503,58
7	1674,3	1626,7
8	2067,13	1817,26
9	2674,33	2111,79

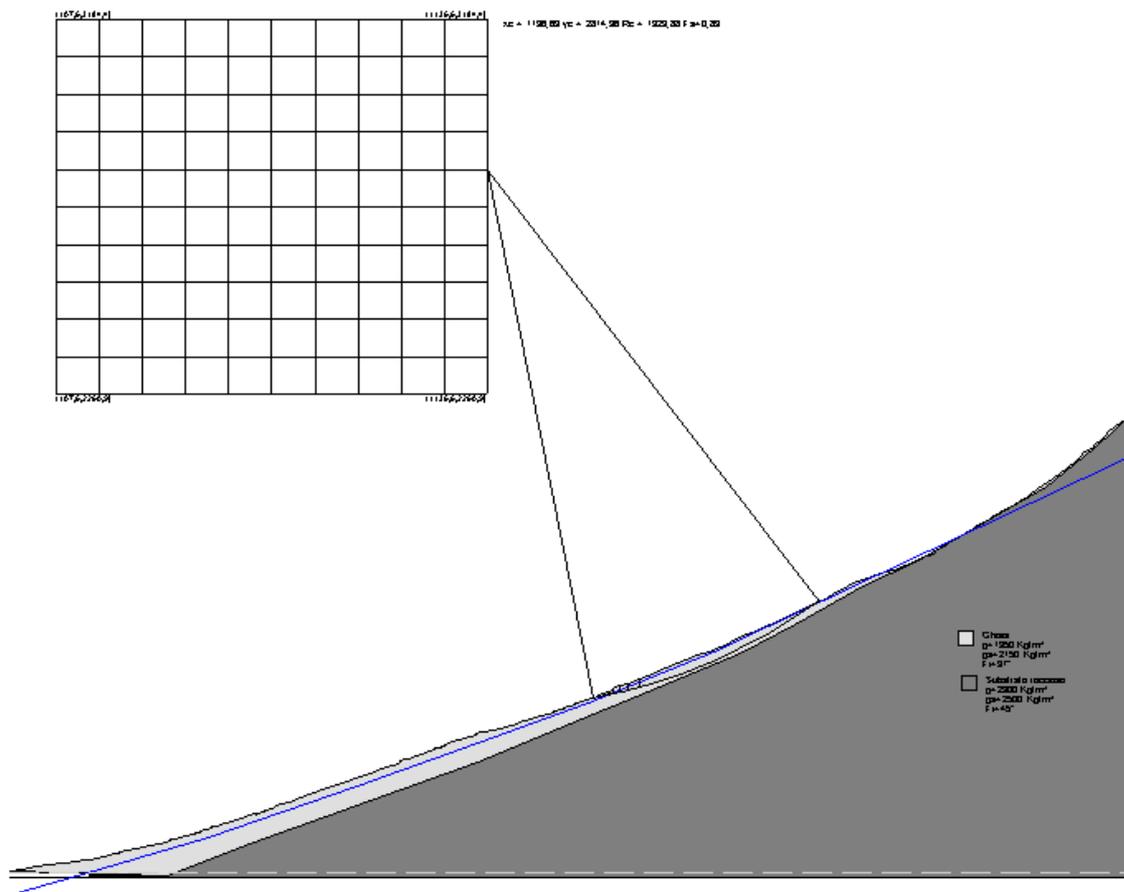
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato		0,89
Ascissa centro superficie	(m)	1136,63
Ordinata centro superficie	(m)	2814,96
Raggio superficie	(m)	1323,88

B: Larghezza del conoide; Alfa: Angolo di inclinazione della base del conoide; Li: Lunghezza della base del conoide; Wi: Peso del conoide ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conici; superficie...xc = 1136,632 yc = 2814,957 Rc = 1323,879 Fs=0,8928

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	13,34	11,2	13,6	11815,86	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	10320,5	8710,9
2	0,12	11,5	0,12	493,59	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	429,8	362,8
3	25,06	12,1	25,63	219236,0	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	189944,9	160320,2
4	0,24	12,6	0,25	3205,49	0,0	0,0	0,0	37,0	325,2	2489,7	2101,4
5	11,18	12,9	11,47	205454,7	0,0	0,0	0,0	37,0	27339,0	153762,4	129780,9
6	0,37	13,1	0,38	8432,09	0,0	0,0	0,0	37,0	1301,6	6146,1	5187,5
7	12,93	13,4	13,29	359293,9	0,0	0,0	0,0	37,0	61131,6	256579,4	216562,1
8	22,12	14,2	22,82	700518,3	0,0	0,0	0,0	37,0	171294,5	454277,9	383426,7
9	25,12	15,3	26,04	900919,1	0,0	0,0	0,0	37,0	287043,1	525747,6	443749,7
10	428,9	26,2	478,11	25167260,0	0,0	0,0	0,0	37,0	10684450,0	12269350,0	10355770,0



SETTORE A MONTE APICE DEL CONOIDE: VERIFICA 2

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	(m)	60,19
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	(m)	2065,09
Ascissa vertice destro superiore x_s	(m)	1089,24
Ordinata vertice destro superiore y_s	(m)	2988,6
Passo di ricerca		10,0
Numero di celle lungo x		10,0
Numero di celle lungo y		10,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1030,15
2	170,4	1081,43
3	472,35	1172,31
4	827,07	1298,37
5	1114,37	1403,9
6	1375,28	1503,58
7	1674,3	1626,7
8	2067,13	1817,26
9	2674,33	2111,79

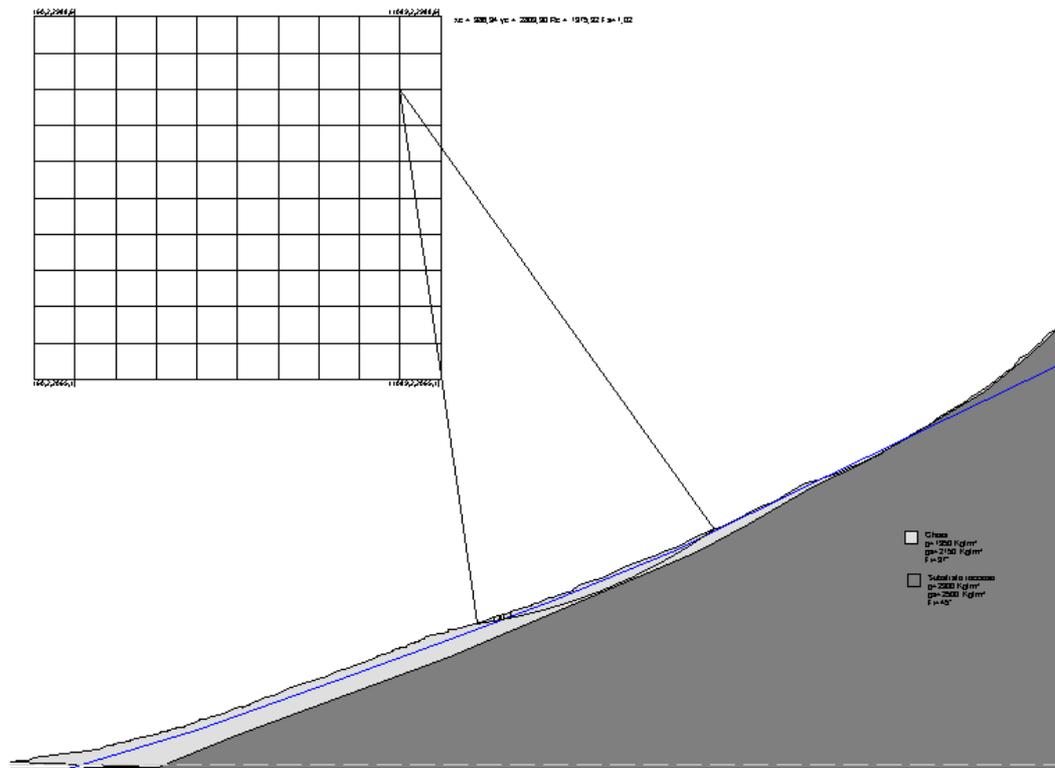
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato		1,02
Ascissa centro superficie	(m)	986,34
Ordinata centro superficie	(m)	2803,9
Raggio superficie	(m)	1375,32

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci; superficie...xc = 986,339 yc = 2803,898 Rc = 1375,324 Fs=1,0245

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	10,41	8,5	10,53	17393,42	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	15851,5	11659,6
2	5,43	8,8	5,49	24095,04	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	21891,6	16102,4
3	24,9	9,4	25,24	295892,7	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	267293,7	196608,2
4	1,3	10,0	1,32	24974,91	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	22452,2	16514,8
5	14,46	10,3	14,7	315606,4	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	282913,8	208097,5
6	0,81	10,6	0,82	19393,02	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	17335,8	12751,3
7	9,62	10,9	9,8	250830,2	0,0	0,0	0,0	37,0	7676,7	217093,1	159683,1
8	17,0	11,4	17,34	464164,3	0,0	0,0	0,0	37,0	56310,0	363239,2	267181,1
9	0,88	11,8	0,9	25437,97	0,0	0,0	0,0	37,0	4336,6	18764,5	13802,2
10	514,14	23,6	561,04	37232560,0	0,0	0,0	0,0	37,0	15022250,0	19380480,0	14255330,0



SETTORE A MONTE APICE DEL CONOIDE: VERIFICA 3**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	(m)	366,16
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	(m)	1901,11
Ascissa vertice destro superiore xs	(m)	1395,21
Ordinata vertice destro superiore ys	(m)	2824,62
Passo di ricerca		10,0
Numero di celle lungo x		10,0
Numero di celle lungo y		10,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1036,0
2	170,4	1087,0
3	472,35	1181,0
4	827,07	1308,0
5	1114,37	1411,0
6	1375,28	1506,0
7	1674,3	1623,0
8	2067,13	1820,0
9	2674,33	2114,0

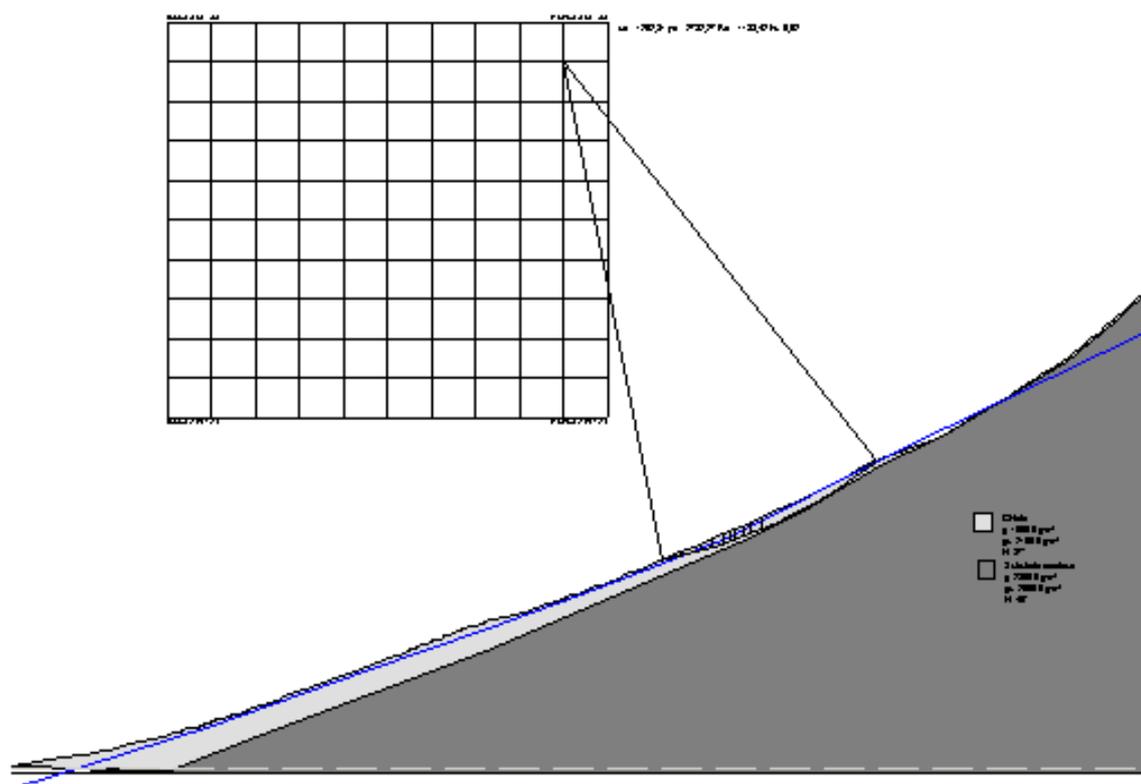
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato		0,92
Ascissa centro superficie	(m)	1292,31
Ordinata centro superficie	(m)	2732,27
Raggio superficie	(m)	1183,42

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci; superficie...xc = 1292,308 yc = 2732,27 Rc = 1183,423 Fs=0,9212

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	40,86	12,2	41,8	409780,3	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	356295,9	291457,9
2	46,5	14,4	48,0	1221327,0	0,0	0,0	0,0	37,0122042,7	941519,1	770183,1	770183,1
3	29,35	16,3	30,57	1061478,0	0,0	0,0	0,0	37,0214070,8	719880,6	588878,1	588878,1
4	23,91	17,6	25,09	1010693,0	0,0	0,0	0,0	37,0233661,5	656324,7	536887,9	536887,9
5	19,76	18,7	20,86	872979,0	0,0	0,0	0,0	37,0223143,1	546976,8	447439,0	447439,0
6	10,57	19,5	11,21	466195,9	0,0	0,0	0,0	37,0143563,9	272165,2	222637,1	222637,1
7	18,77	20,3	20,01	897709,9	0,0	0,0	0,0	37,0297256,6	506683,0	414477,8	414477,8
8	15,6	21,1	16,73	859444,1	0,0	0,0	0,0	37,0284065,5	484227,3	396108,6	396108,6
9	25,76	22,2	27,83	1519616,0	0,0	0,0	0,0	37,0532417,3	831310,1	680029,9	680029,9
10	272,81	30,6	316,91	13923000,0	0,0	0,0	0,0	37,06458033,06548855,05357106,0			



SETTORE A MONTE APICE DEL CONOIDE: VERIFICA 4 (con lasar)

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	(m)	366,16
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	(m)	1901,11
Ascissa vertice destro superiore xs	(m)	1395,21
Ordinata vertice destro superiore ys	(m)	2824,62
Passo di ricerca		10,0
Numero di celle lungo x		10,0
Numero di celle lungo y		10,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1036,0
2	170,4	1087,0
3	472,35	1181,0
4	827,07	1308,0
5	1114,37	1411,0
6	1375,28	1506,0
7	1674,3	1623,0
8	2067,13	1820,0
9	2674,33	2114,0

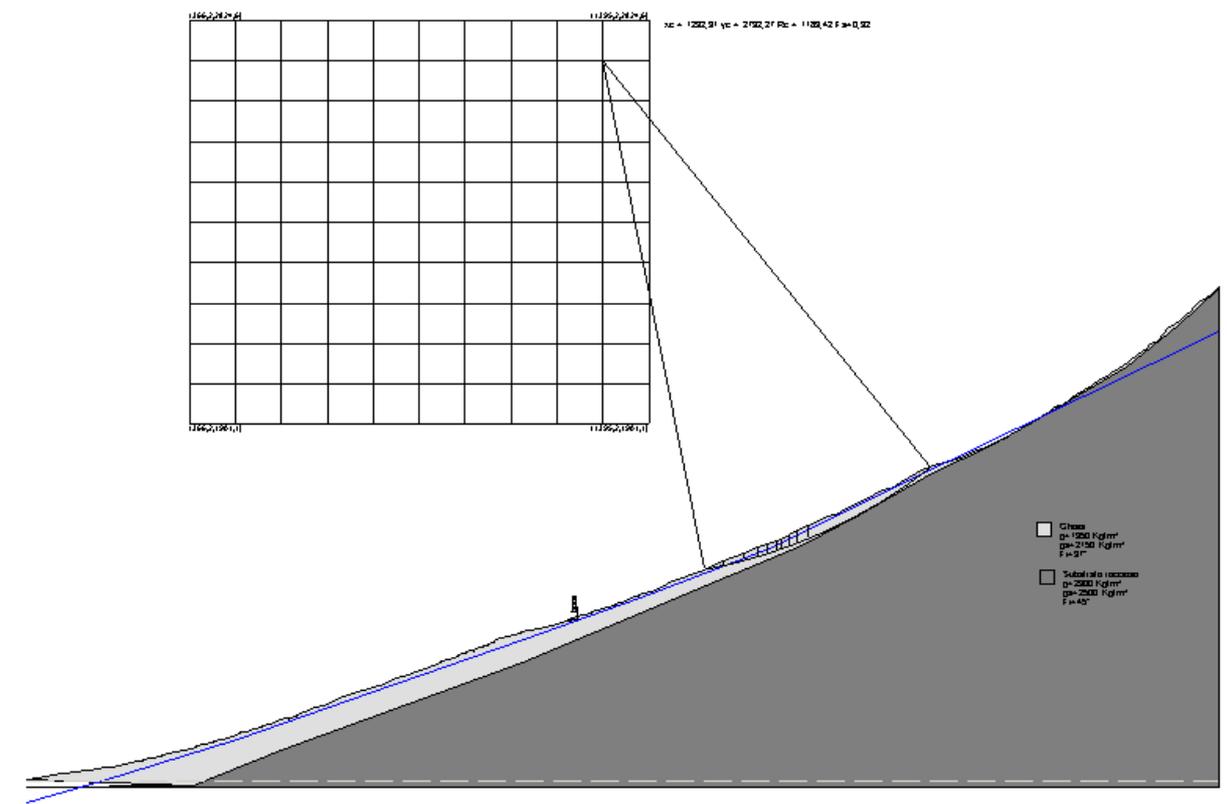
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	0,92
Ascissa centro superficie	(m) 1292,31
Ordinata centro superficie	(m) 2732,27
Raggio superficie	(m) 1183,42

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci; superficie...xc = 1292,308 yc = 2732,27 Rc = 1183,423 Fs=0,9212

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	40,86	12,2	41,8	409780,3	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	356295,9	291457,9
2	46,5	14,4	48,0	1221327,0	0,0	0,0	0,0	37,0122042,7	941519,1	770183,1	588878,1
3	29,35	16,3	30,57	1061478,0	0,0	0,0	0,0	37,0214070,8	719880,6	588878,1	588878,1
4	23,91	17,6	25,09	1010693,0	0,0	0,0	0,0	37,0233661,5	656324,7	536887,9	536887,9
5	19,76	18,7	20,86	872979,0	0,0	0,0	0,0	37,0223143,1	546976,8	447439,0	447439,0
6	10,57	19,5	11,21	466195,9	0,0	0,0	0,0	37,0143563,9	272165,2	222637,1	222637,1
7	18,77	20,3	20,01	897709,9	0,0	0,0	0,0	37,0297256,6	506683,0	414477,8	414477,8
8	15,6	21,1	16,73	859444,1	0,0	0,0	0,0	37,0284065,5	484227,3	396108,6	396108,6
9	25,76	22,2	27,83	1519616,0	0,0	0,0	0,0	37,0532417,3	831310,1	680029,9	680029,9
10	272,81	30,6	316,91	13923000,0	0,0	0,0	0,0	37,06458033,06548855,05357106,0			



SETTORE A VALLE APICE CONOIDE : VERIFICA 5**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	(m)	2,04
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	(m)	2513,26
Ascissa vertice destro superiore xs	(m)	1031,09
Ordinata vertice destro superiore ys	(m)	3436,78
Passo di ricerca		10,0
Numero di celle lungo x		10,0
Numero di celle lungo y		10,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1036,0
2	170,4	1087,0
3	472,35	1181,0
4	827,07	1308,0
5	1114,37	1411,0
6	1375,28	1508,0
7	1674,3	1623,0
8	2067,13	1820,0
9	2674,33	2114,0

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato		0,99
Ascissa centro superficie	(m)	568,01
Ordinata centro superficie	(m)	3205,9
Raggio superficie	(m)	1911,41

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci; superficie...xc = 568,014 yc = 3205,899 Rc = 1911,406 Fs=0,9897

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5,08	7,0	5,12	5469,7	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	5041,7	3838,7
2	30,02	7,5	30,28	303592,6	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	278334,1	211918,9
3	22,9	8,3	23,14	514320,7	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	467834,3	356201,1
4	29,1	9,1	29,47	995360,4	0,0	0,0	0,0	37,0142502,2	771584,4	587471,4	587471,4
5	38,63	10,1	39,24	1843521,0	0,0	0,0	0,0	37,0441481,71260031,0	959365,9	959365,9	959365,9
6	5,63	10,8	5,73	324280,8	0,0	0,0	0,0	37,086565,2	212697,4	161944,2	161944,2
7	0,43	10,9	0,44	27254,79	0,0	0,0	0,0	37,06834,2	18248,7	13894,3	13894,3
8	16,05	11,1	16,36	1057742,0	0,0	0,0	0,0	37,0277468,4	696255,1	530116,8	530116,8
9	0,53	11,4	0,54	35931,81	0,0	0,0	0,0	37,09880,8	23215,2	17675,7	17675,7
10	684,22	22,6	740,9663007380,0		0,0	0,0	0,0	37,029849560,029156580,022199330,0			

SETTORE A VALLE APICE CONOIDE : VERIFICA 6 (con lasar)**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	(m)	-293,49
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	(m)	1959,98
Ascissa vertice destro superiore xs	(m)	735,56
Ordinata vertice destro superiore ys	(m)	2883,49
Passo di ricerca		10,0
Numero di celle lungo x		10,0
Numero di celle lungo y		10,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1036,0
2	170,4	1087,0
3	472,35	1183,0
4	827,07	1310,0
5	1114,37	1413,0
6	1375,28	1510,0
7	1674,3	1625,0
8	2067,13	1820,0
9	2674,33	2114,0

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato		1,1
Ascissa centro superficie	(m)	478,3
Ordinata centro superficie	(m)	2375,55
Raggio superficie	(m)	1161,67

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci; superficie...xc = 478,301 yc = 2375,554 Rc = 1161,667 Fs=1,105

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	7,44	3,4	7,45	9896,82	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	9529,1	6498,5
2	0,43	3,6	0,43	1961,94	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	1885,2	1285,6
3	18,15	4,0	18,2	246657,4	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	235897,4	160873,0
4	16,1	4,9	16,16	349600,4	0,0	0,0	0,0	37,0	40095,6	293642,8	200253,2
5	1,01	5,3	1,01	21383,25	0,0	0,0	0,0	37,0	4848,9	15633,5	10661,5
6	0,43	5,3	0,43	9481,42	0,0	0,0	0,0	37,0	2146,4	6934,5	4729,1
7	17,36	5,8	17,45	479994,9	0,0	0,0	0,0	37,0	127161,0	332307,4	226621,0
8	0,21	6,2	0,21	6961,02	0,0	0,0	0,0	37,0	2010,5	4646,0	3168,4
9	18,27	6,7	18,4	727436,9	0,0	0,0	0,0	37,0	216518,0	477707,1	325778,0
10	541,22	21,7	582,32	61132860,0	0,0	0,0	0,0	37,0	25156360,0	31964010,0	21798230,0

