Comune di NOCERA TERINESE
Provincia (CZ)

OGGETTO

P.A.U. Ambito per Nuovo Insediamento " Bivio Brace " Complesso Residenziale



DATA	ELABORATO	TAVOLA N. 19
	RELAZIONE IDRAULICA	
ARCHIVIO		SCALA

IL TECNICO

Ing. ANTONIO FRANCESCO PULICE

IL COMMITTENTE

GIULIANI ALESSANDRA

TOCCI MASSIMILIANO

Fiume Grande

Relazione d'indagine idraulica

con particolare riferimento al tratto compreso fra le quote 24 e 28 m slm (Contrada Pianeruzzo)

Sommario

Premessa 3

1. Descrizione del software HEC-RAS 3

2. Descrizione del Fiume Grande nel tratto terminale 7

3. Portate assunte per lo studio idraulico 7

4. Schematizzazione del tratto analizzato 7

5. Risultati della simulazione matematica 8

Conclusioni 8

Premessa

Oggetto della presente relazione è il calcolo idraulico di moto permanente per il tratto - della lunghezza di circa 1700 m - del Fiume Grande a monte della foce nel Fiume Savuto. Il calcolo è finalizzato alla definizione delle altezze idriche di piena nella zona centrale del tratto considerato, compreso fra le quote 24 e 28 m slm.

1. Descrizione del software HEC-RAS

La ricostruzione dei profili della superficie libera dei corsi d'acqua in moto permanente è effettuata con il programma di calcolo *River Analysis System* dell'*Hydrologic Engineering Center, United States Army Corps of Engineers* (HEC-RAS).

Nelle ipotesi di condizioni di moto permanente monodimensionale, corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture, quali ponti o tombini per attraversamento) e pendenze longitudinali del fondo dell'alveo non eccessive, per un dato tratto fluviale elementare, di lunghezza finita, il modello si basa sulla seguente equazione di conservazione dell'energia tra le generiche sezioni trasversali di monte e di valle, rispettivamente indicate con i pedici 2 e 1

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \Delta H$$

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

Le perdite energetiche per unità di peso che subisce la corrente fluida fra due sezioni trasversali sono espresse come segue

$$\Delta H = LJ_m + C\left|\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right|$$

in cui L è la lunghezza del tratto in analisi, J_m è un valore medio rappresentativo della cadente (perdita di carico per unità di lunghezza) nel tratto medesimo e C è il coefficiente di contrazione o espansione; in tal modo, si tiene conto sia delle perdite di carico continue o distribuite, rappresentate dal primo addendo del membro di destra, sia delle perdite di carico localizzate o concentrate, rappresentate dal secondo addendo del membro di destra e dovute alle variazioni di sezione trasversale e/o alla presenza di ostacoli.

Negli alvei naturali, si suole suddividere la sezione trasversale in tre parti, caratterizzate da differenti valori della scabrezza, in cui la velocità si possa ritenere uniformemente distribuita: la parte centrale o canale principale, e le banchine laterali o golene. La determinazione della cadente, J, sezione per sezione avviene tramite l'equazione di moto uniforme di Manning

$$Q = KJ^{1/2}$$

essendo Q la portata totale e K un coefficiente di trasporto, espresso come segue

$$K = AR_i^{2/3} / n$$

in cui A è l'area bagnata della sezione trasversale, R_i il raggio idraulico (rapporto tra area e perimetro bagnato), n un coefficiente di scabrezza. Il coefficiente di trasporto, K, viene valutato separatamente per il canale principale e le golene; il suo valore per l'intera sezione trasversale è la somma delle tre aliquote. La cadente è quindi esprimibile come

$$J = \frac{Q}{K^2}$$

in ciascuna sezione; ma il suo valore rappresentativo, J_m, nel tratto considerato è valutato con una delle seguenti formule

media dei coeff. di trasporto

$$J_m = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)$$

media aritmetica

$$J_m = (J_1 + J_2)/2$$

media geometrica

$$J_m = (J1J2)^{0.5}$$

media armonica

$$J_m = 2J_1J_2/(J_1+J_2)$$

Il programma HEC-RAS seleziona automaticamente l'equazione più appropriata per il calcolo di J_m, secondo che, nel tratto di volta in volta considerato, l'alveo sia a forte o debole pendenza e la corrente sia lenta o veloce, accelerata o decelerata. Per ciascun tronco fluviale compreso tra due sezioni trasversali, si considerano la lunghezza del canale centrale, L_c, e delle banchine laterali, L_{sx} e L_{dx} rispettivamente per la golena sinistra e quella destra. Per la determinazione delle perdite di carico continue, si adopera un valore della lunghezza pari alla media pesata di L_c, L_{sx} e L_{dx} sulle portate medie riferite anch'esse all'alveo centrale e alle golene ($Q_{c,m}$, $Q_{sx,m}$ e $Q_{dx,m}$)

$$L = (L_{sx}Q_{sx,m}+L_cQ_{c,m}+L_{dx}Q_{dx,m})/(Q_{sx,m}+Q_{c,m}+Q_{dx,m})$$

Il coefficiente di Coriolis si esprime come segue, in funzione dei coefficienti di trasporto, K_i, e delle aree bagnate, A_i, del canale principale e delle golene

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3}\sum_i \frac{K_i^3}{A_i^3}$$

La procedura di calcolo per la determinazione della profondità d'acqua in ogni sezione è iterativa: si assegna una condizione iniziale a valle o a monte (tirante di moto uniforme, altezza critica, profondità d'acqua nota, ecc.) e si procede verso monte o valle secondo che si stia ricostruendo un profilo di corrente lenta o veloce; si assume una quota della superficie libera, $WS^I=Y^I+Z$, di primo tentativo nella sezione in cui essa è incognita; si determinano K e $V=Q/A$; si calcolano J_m e ΔH; si ottiene dall'equazione dell'energia un secondo valore della quota dell'acqua, WS^{II}, da paragonare con quello assunto inizialmente; si ripetono i passi suddetti finché la differenza tra le quote della superficie libera risulti inferiore alla tolleranza prestabilita (3 mm come valore di default).

La profondità d'acqua determinata, $Y=WS-Z$, va paragonata con l'altezza critica, Y_{cr}, per stabilire se il regime di moto è subcritico o supercritico. L'altezza critica è quella profondità d'acqua per cui il carico totale, $H=WS+\alpha V^2/(2g)$, assume valore minimo. In alvei naturali, si possono presentare situazioni in cui la curva dell'energia, ossia la funzione $H(WS)$, presenta più di un minimo, ad esempio in presenza di ampie golene o di superamento di argini. Il programma HEC-RAS può individuare fino a tre minimi nella curva dell'energia, tra i quali seleziona il valore più piccolo.

Note la profondità d'acqua e l'altezza critica in una data sezione, si stabilisce se nella sezione stessa il regime è di corrente lenta o veloce. Se tale regime è differente da quello

che si è verificato nella sezione precedente, la profondità d'acqua appena determinata perde di significato e alla sezione si assegna l'altezza critica.

Nel caso di passaggio da regime supercritico a subcritico tramite risalto idraulico, la corrente perde il carattere gradualmente variato e l'equazione dell'energia non può essere applicata. In tal caso, si ricorre all'equazione di conservazione della quantità di moto

$$\frac{\beta_2 Q_2^2}{gA_2} + A_2 Y_{2,b} + \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) Li - \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) LJ_m - \frac{\beta_1 Q_1^2}{gA_1} + A_1 Y_{1,b} = 0$$

in cui si sono indicate con i pedici 2 e 1 rispettivamente le sezioni di monte e di valle del tratto considerato; a meno del peso specifico, che essendo presente in ciascun addendo è stato eliso, il primo e il quinto termine rappresentano le spinte idrodinamiche dovute alle quantità di moto (con β coefficiente di ragguaglio dei flussi di quantità di moto), il secondo e il sesto termine le spinte idrostatiche dovute alle pressioni (essendo $Y_{2,b}$ e $Y_{1,b}$ gli affondamenti dei baricentri delle sezioni bagnate), il terzo termine la componente del peso lungo la direzione del moto (essendo *i* la pendenza longitudinale del fondo dell'alveo, calcolata in base alle quote medie in ciascuna sezione) e il quarto termine la resistenza al moto.

Per ciascuno dei tratti oggetto di studio si indicheranno le stazioni identificative delle diverse sezioni trasversali (*river stations*), numerate in senso decrescente procedendo da monte a valle (le stazioni con asterisco indicheranno sezioni non rilevate, ma calcolate per interpolazione all'interno di HEC-RAS); accanto a ogni stazione sarà indicata la lunghezza in metri (L_c, L_{sx} e L_{dx}) che separa la sezione esaminata dalla successiva a valle.

I valori del coefficiente di scabrezza, *n*, di Manning sono tabulati su diverse pubblicazioni nella letteratura specializzata.

I coefficienti di contrazione e di espansione, rispettivamente pari a 0.1 e 0.3 nei casi più comuni di transizioni graduali in regime subcritico, possono assumere valori differenti in presenza di ponti (valori più elevati quali 0.3 e 0.5 rispettivamente).

L'analisi della superficie libera sarà effettuata per diversi valori di portata, *Q*, ottenuti dallo studio idrologico in corrispondenza di differenti valori del tempo di ritorno.

L'applicazione del modello HEC-RAS fornisce, per ciascuna sezione del tratto del corso d'acqua analizzato, i valori delle principali grandezze idrauliche.

2. Descrizione del Fiume Grande nel tratto terminale

Il tratto di corso d'acqua analizzato si estende dall'attraversamento della strada provinciale 163/1 fino alla foce nel Fiume Savuto, fra le quote di 45 e 7 m slm, per una lunghezza complessiva di 1714 m. A monte del tratto, il corso d'acqua si presenta incassato e con morfologia d'alveo montano. In prossimità dell'attraversamento suddetto, si ha una rapida transizione verso una configurazione di corso d'acqua di pianura, con alveo nettamente più ampio e andamento scarsamente *intrecciato* in alveo con piccola curvatura e con significativi depositi solidi.

La pendenza resta comunque rilevante, essendo compresa fra l'1% ed il 3%.

Nella zona, il fiume Grande è parzialmente sistemato con arginature, fino alla foce nel Savuto. La quale, peraltro, non è nettamente definita, individuandosi segni di alvei precedentemente occupati, con confluenza a quote diverse.

3. Portate assunte per lo studio idraulico

Vengono assunte le portate con tempo di ritorno 50, 200, 500 anni ricavate nell'allegata Relazione d'indagine idrologica, con un coefficiente di afflusso pari a 0.8 (Q=267, 340, 394 m^3/s).

4. Schematizzazione del tratto analizzato

Il tratto analizzato si estende per complessivi 1714 m, descritti per tramite di 13 sezioni trasversali, desunte:

- da cartografia 1:5000 per i tratti di monte e di valle;
- da rilievi topografici di dettaglio, forniti dal committente, nel tratto centrale (tratto di interesse del calcolo eseguito).

Alle 13 sezioni vengono aggiunte altre 27 sezioni ricavate per interpolazione lineare (imponendo una distanza massima fra le sezioni pari a 50 m).

A monte è stata assunta una condizione al contorno di *altezza critica* o di *moto uniforme*, verificando a posteriori l'influenza dell'assunzione sul profilo della corrente nel tratto di interesse.

Al contorno di valle (confluenza con il Fiume Savuto), l'alveo non risulta ben individuato. Si ritiene cautelativa l'assunzione di una condizione al contorno che corrisponde ad una contemporanea piena del Fiume Savuto, che determini l'instaurarsi di un'altezza idrica di 3 m, all'incirca corrispondente con la quota arginale dei due corsi d'acqua nel punto considerato.

La scabrezza viene assunta pari a 0.03 $s/m^{1/3}$ (coefficiente di Manning), caratteristica di un alveo prevalentemente rettilineo con scarsa vegetazione e forme fluviali poco pronunciate. Per semplicità, la stessa scabrezza viene inizialmente assegnata alle golene, con riserva di cambiarne il valore in caso di significativa esondazione.

5. Risultati della simulazione matematica

Si osservano i seguenti dati principali:

- le velocità, in conseguenza delle notevoli pendenze dell'alveo, sono ragguardevoli (fra 1 e 7.5 m/s) nelle varie condizioni di deflusso, indicando che la corrente ha una elevata capacità di trasporto. Nel tratto di interesse, la velocità è di 4-6 m/s. Il moto, date le pendenze rilevanti, avviene in corrente veloce fino all'area della confluenza (numero di Froude>1).
- l'altezza idrica, nel tratto di interesse, è sempre minore di 3 m. Si ha esondazione solo in una sezione per T=200 e 500 anni, con tirante idrico appena eccedente la quota arginale in sponda sinistra.

Riguardo alla condizione al contorno di monte, è stata riscontrata, al variare dell'ipotesi assunta (altezza critica o moto uniforme), una influenza trascurabile sulle altezze idriche nel tratto di interesse.

La condizione al contorno di valle, invece, nonostante la rilevante e cautelativa altezza idrica assunta (3 m), dà luogo a rigurgito della corrente solo per un tratto limitato a monte, senza raggiungere il tratto di interesse della presente analisi (nel quale, quindi, il profilo della corrente è indipendente dalla condizione al contorno di valle).

Conclusioni

Analizzate le principali caratteristiche del bacino del Fiume Grande, è stata determinata – facendo ricorso a tecniche di regionalizzazione - la relativa curva di probabilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno dell'evento. Successivamente, sono stati stimati i valori della portata corrispondente ai medesimi tempi di ritorno mediante la formula razionale, previa stima cautelativa del valore del coefficiente di afflusso dei due bacini.

Infine, è stata eseguita una simulazione di moto permanente, allo scopo di calcolare le altezze idriche corrispondenti alle portate di piena suddette.

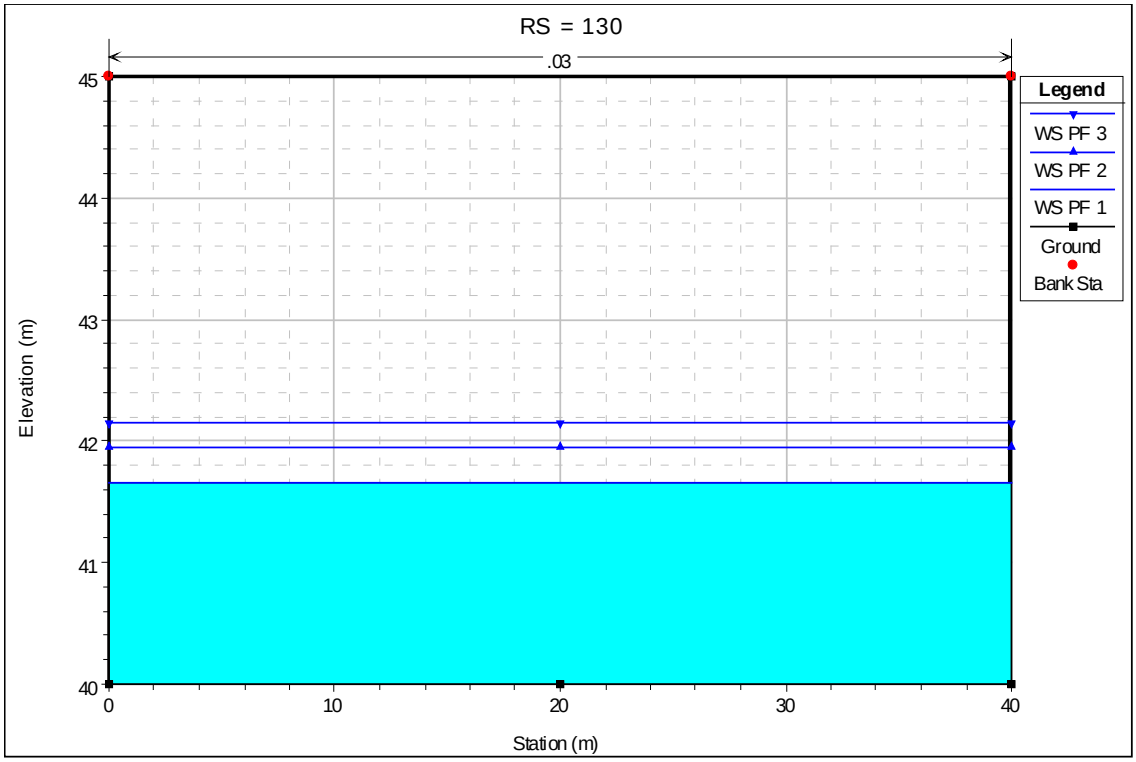
Nell'area di interesse dell'analisi condotta (tratto centrale, compreso fra le sezioni 100 e 60), la corrente defluisce nell'alveo, senza dare luogo ad esondazioni significative.

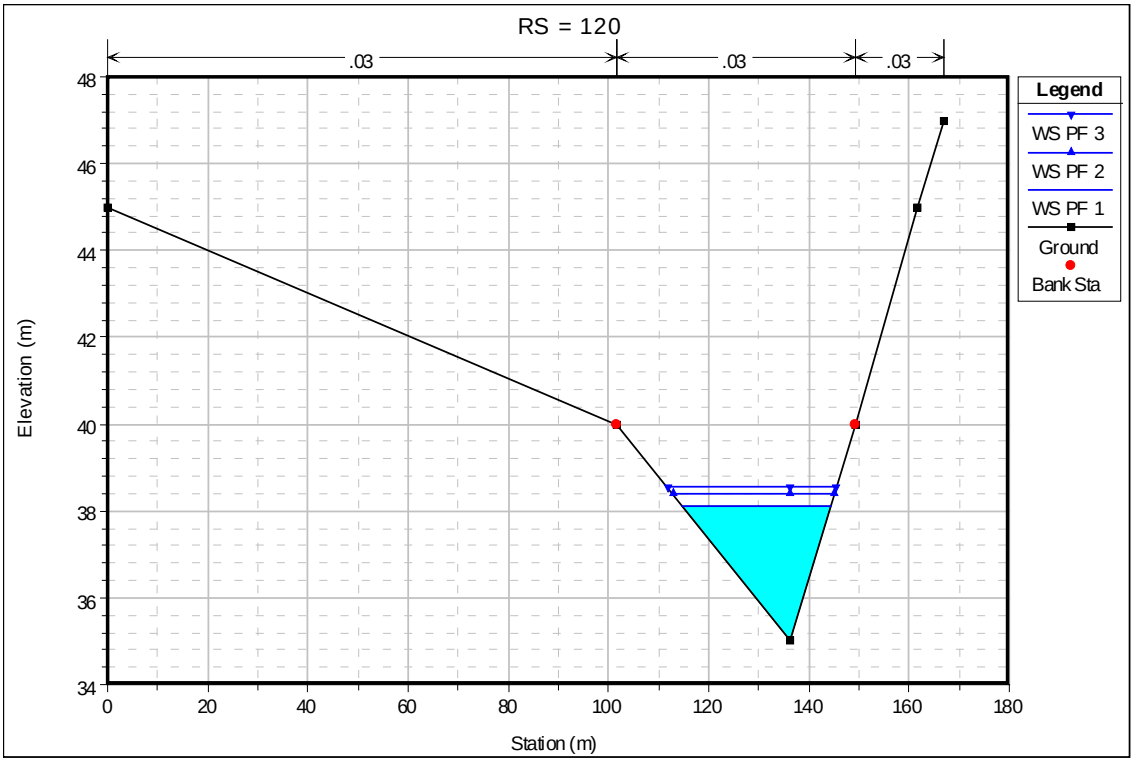
T=50 anni								
Sezione	**Q (m3/s)**	**Z (m slm)**	**H (m slm)**	**K (m)**	**v (m/s)**	**A (m2)**	**B (m)**	**Fr**
130	267	40	41.66	41.66	4.03	66.22	40	1
120	267	35	38.12	38.63	5.8	46.01	29.54	1.48
110	267	30	31.99	32.31	4.54	58.87	59.16	1.45
100	267	28	30.51	30.82	4.69	63.3	68.07	1.23
90	267	27	28.91	29.44	6.15	49.63	67.82	1.72
80	267	26	28.21	28.7	5.65	55.17	69.16	1.4
70	267	25	26.93	27.54	6.65	46.43	61	1.82
60	267	24	25.31	25.95	6.79	39.8	52.51	2.33
50	267	20	21.7	22.14	5.3	50.4	44.27	1.58
40	267	15	16.42	16.81	5.02	53.21	52.74	1.59
30	267	10.3	11.72	12.06	4.91	54.43	48.76	1.48
20	267	10	10.33	10.71	5.65	47.24	143.36	3.14
10	267	7	10	8	0.55	494.23	201	0.11

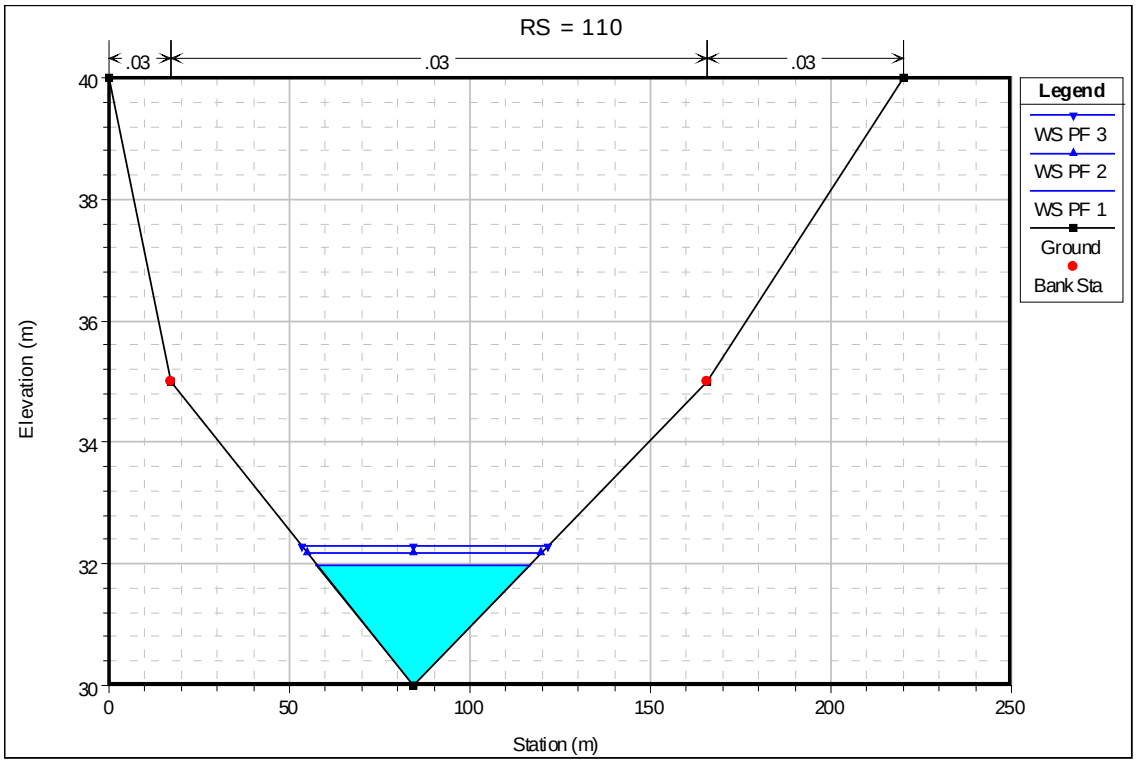
T=200 anni								
Sezione	**Q (m3/s)**	**Z (m slm)**	**H (m slm)**	**K (m)**	**v (m/s)**	**A (m2)**	**B (m)**	**Fr**
130	340	40	41.95	41.95	4.37	77.8	40	1
120	340	35	38.38	39.01	6.29	54.08	32.02	1.54
110	340	30	32.17	32.54	4.85	70.15	64.58	1.48
100	340	28	30.69	31.04	5.11	75.23	68.95	1.27
90	340	27	29.07	29.64	6.58	60.91	73	1.75
80	340	26	28.39	28.89	6.06	68.55	76.36	1.43
70	340	25	27.12	27.74	7.04	58.63	72.02	1.81
60	340	24	25.48	26.1	7.16	50.2	68.12	2.32
50	340	20	21.91	22.41	5.67	60	47.1	1.6
40	340	15	16.59	17.05	5.44	62.48	54.95	1.63
30	340	10.3	11.91	12.32	5.32	63.95	49.52	1.49
20	340	10	10.38	10.83	6.24	54.45	143.87	3.24
10	340	7	10	8.1	0.7	494.23	201	0.14

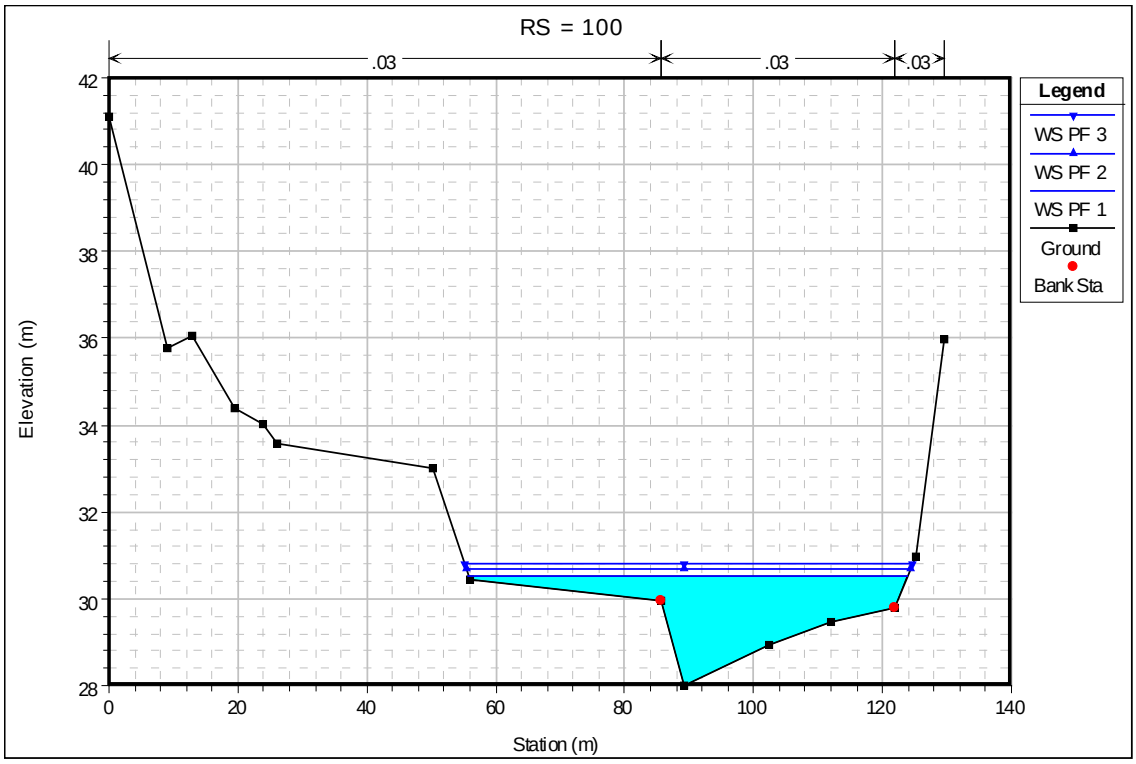
T=500 anni								
Sezione	**Q (m3/s)**	**Z (m slm)**	**H (m slm)**	**K (m)**	**v (m/s)**	**A (m2)**	**B (m)**	**Fr**
130	394	40	42.15	42.15	4.59	85.83	40	1
120	394	35	38.55	39.25	6.6	59.71	33.65	1.58
110	394	30	32.29	32.7	5.05	78.04	68.11	1.51
100	394	28	30.8	31.18	5.38	83.41	69.54	1.29
90	394	27	29.17	29.76	6.86	68.18	73.42	1.76
80	394	26	28.5	29.03	6.34	76.73	76.63	1.46
70	394	25	27.22	27.87	7.3	66.52	74.76	1.81
60	394	24	25.57	26.34	7.42	56.75	68.5	2.29
50	394	20	22.05	22.6	5.9	66.79	49.01	1.61
40	394	15	16.71	17.22	5.71	68.98	56.44	1.65
30	394	10.3	12.05	12.49	5.57	70.71	50.05	1.5
20	394	10	10.42	10.92	6.62	59.51	144.22	3.29
10	394	7	10	8.18	0.81	494.23	201	0.16

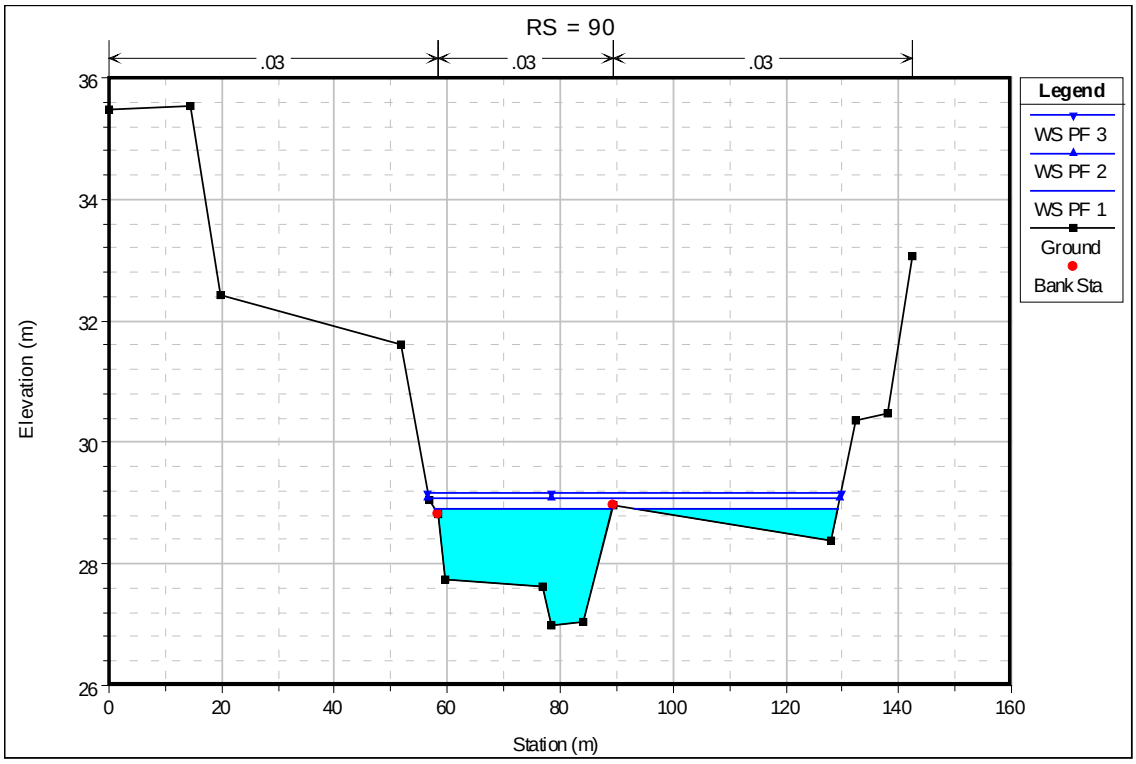
Grandezze idrauliche significative per T=50, 200, 500 anni (portata Q, quota minima dell'alveo Z, quota della superficie liquida H, altezza critica K, velocità V, area bagnata A, larghezza in superficie B, numero di Froude Fr)

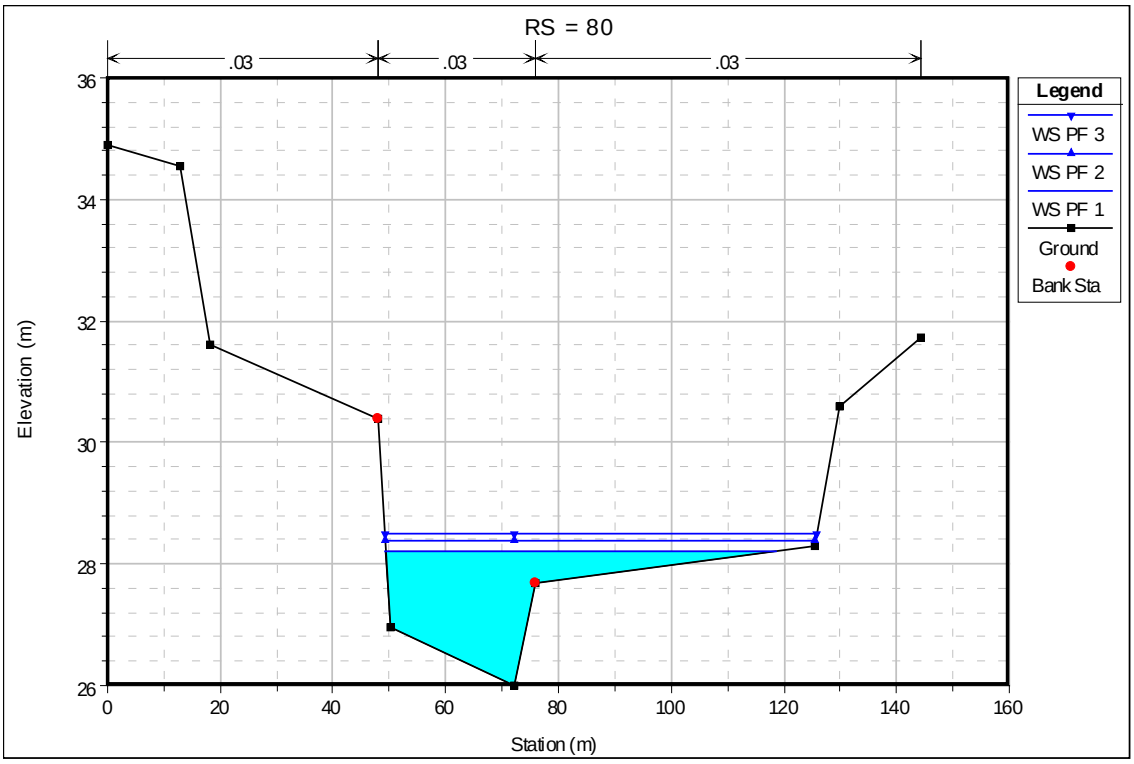

RS = 130
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
45
44
43
42
41
40
0
10
20
30
40

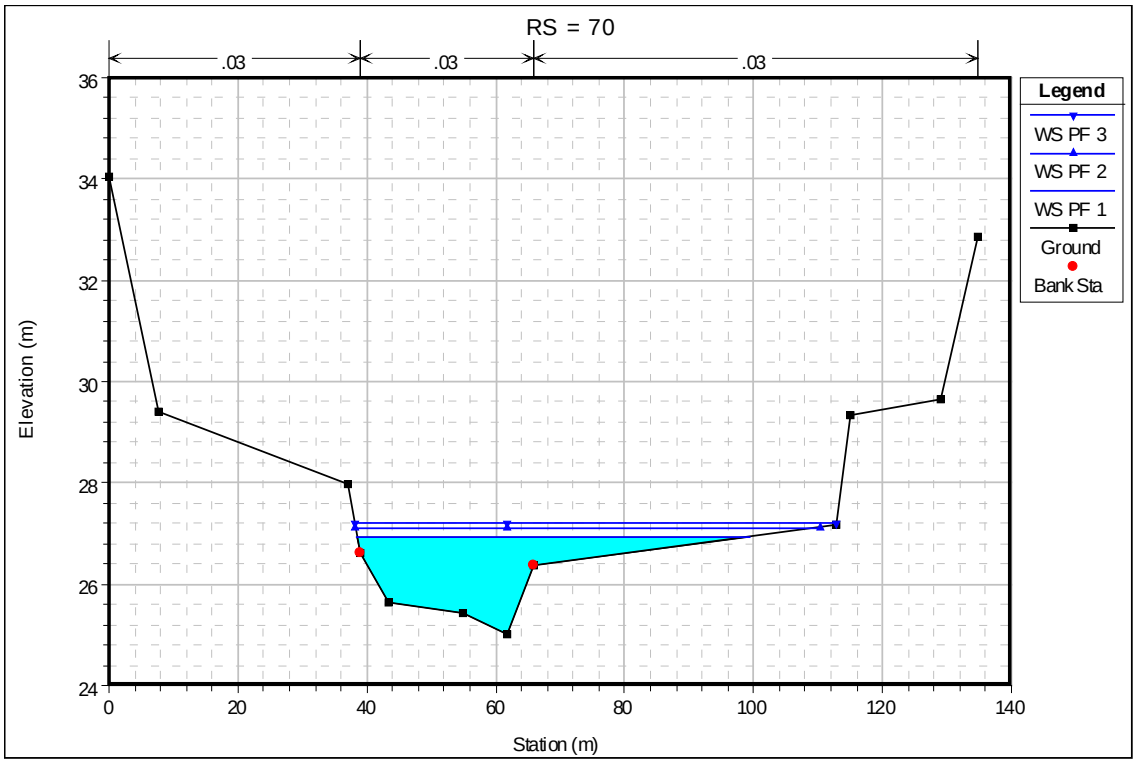

RS = 120
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
48
46
44
42
40
38
36
34
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180

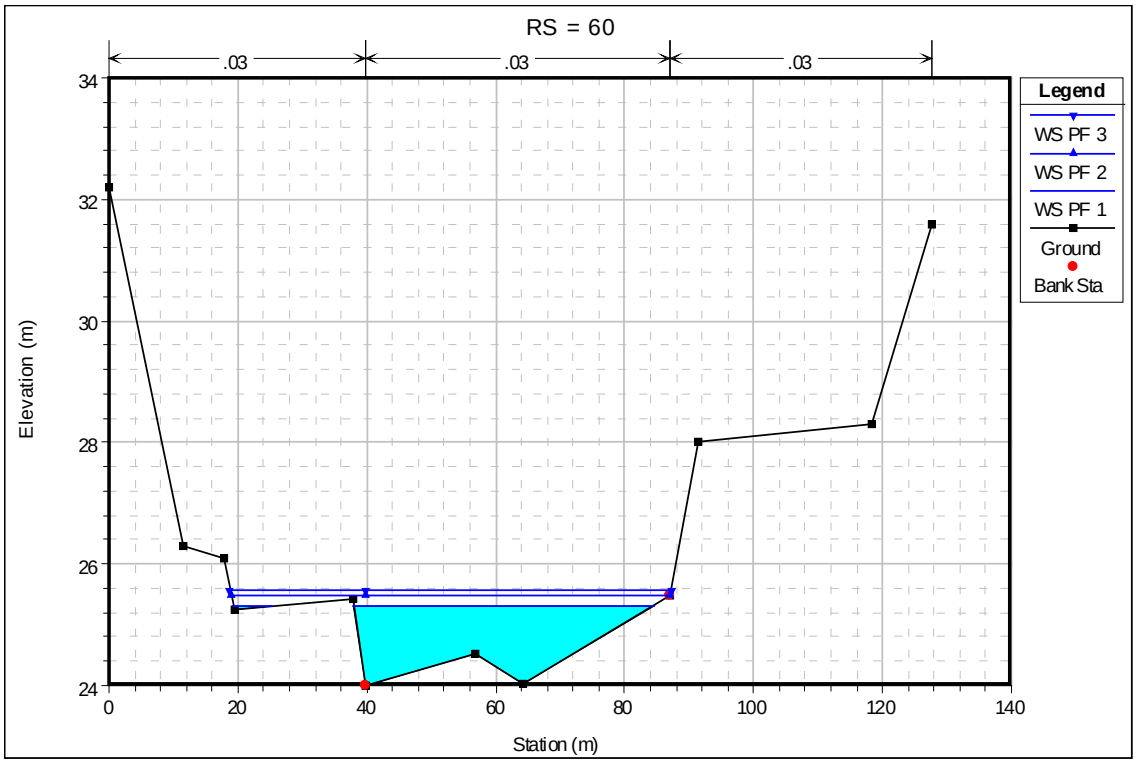

RS = 110
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
40
38
36
34
32
30
0
50
100
150
200
250

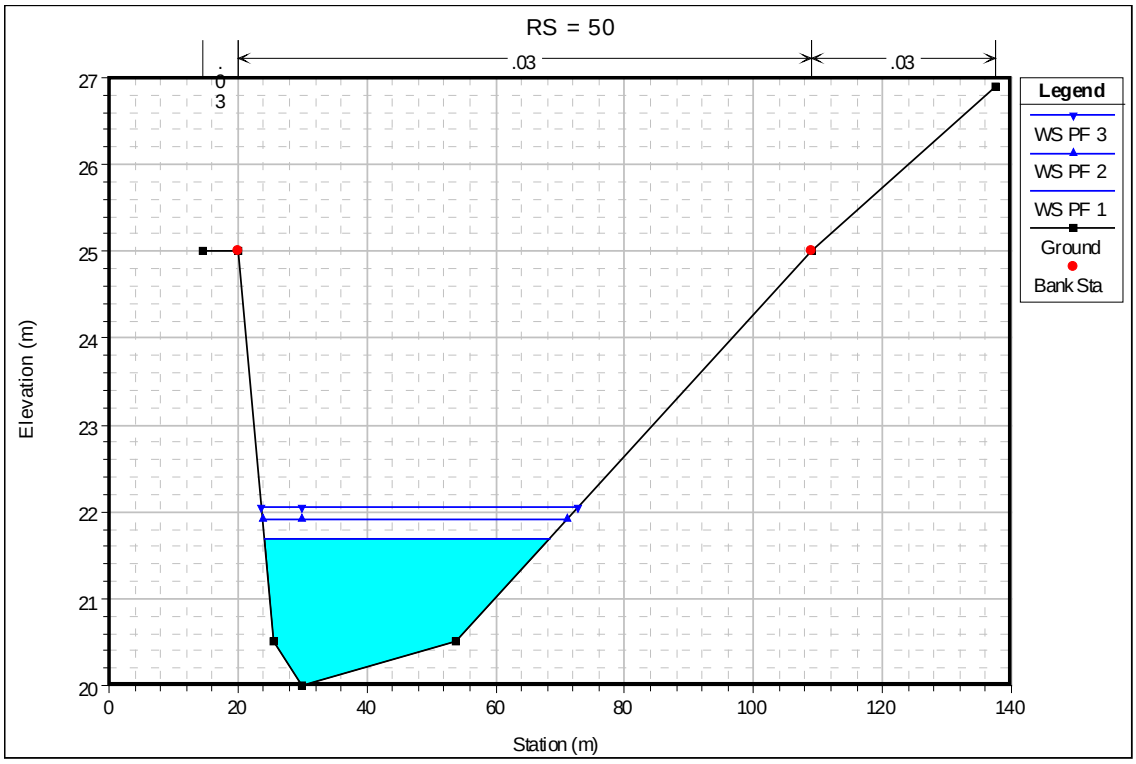

RS = 100
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
42
40
38
36
34
32
30
28
0
20
40
60
80
100
120
140

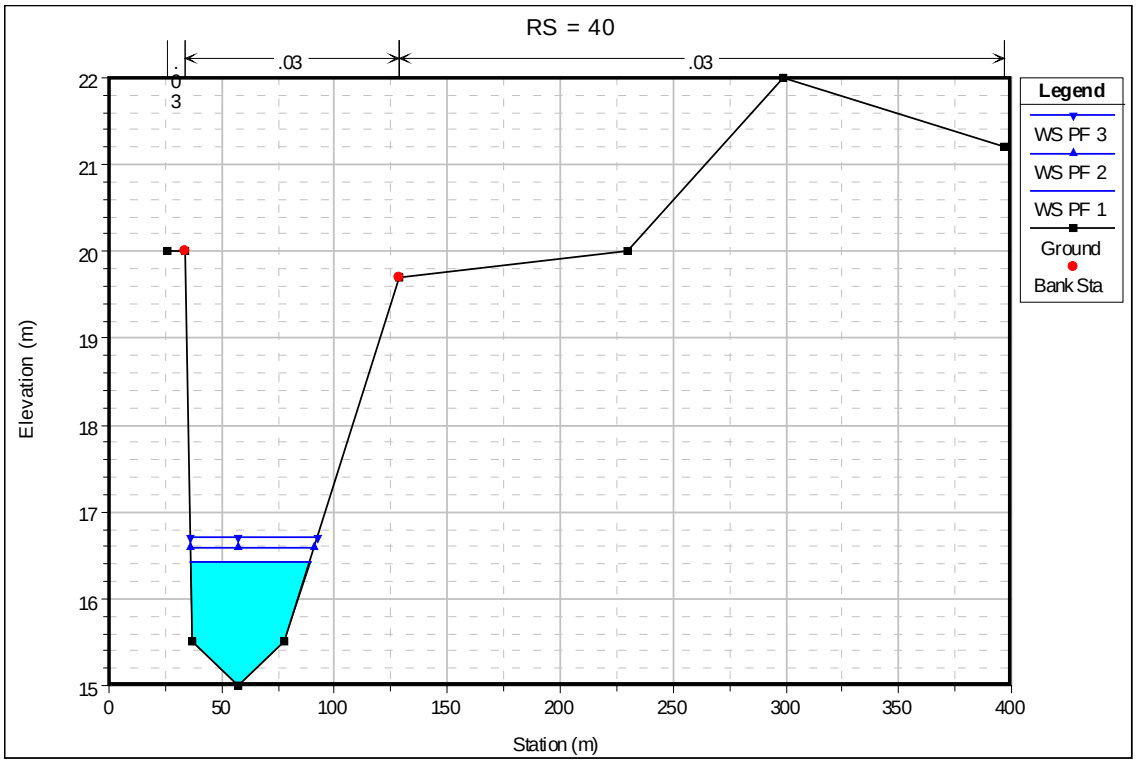

RS = 90
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
36
34
32
30
28
26
0
20
40
60
80
100
120
140
160

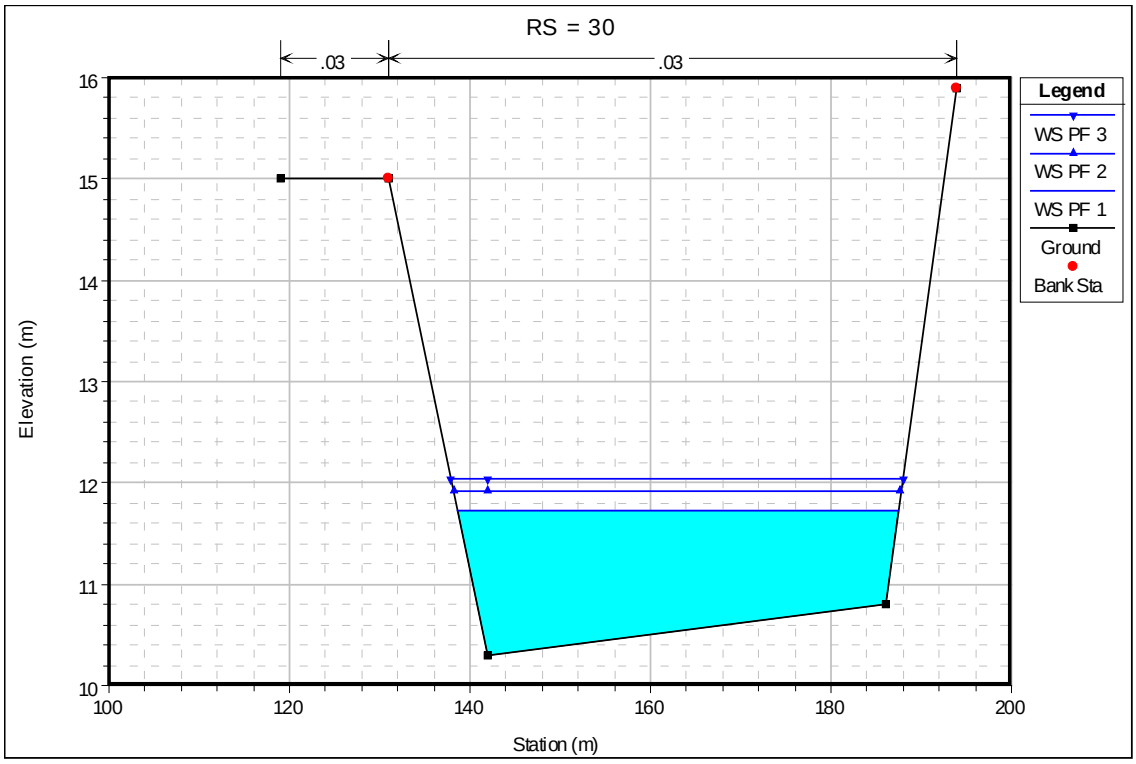

RS = 80
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
36
34
32
30
28
26
0
20
40
60
80
100
120
140
160

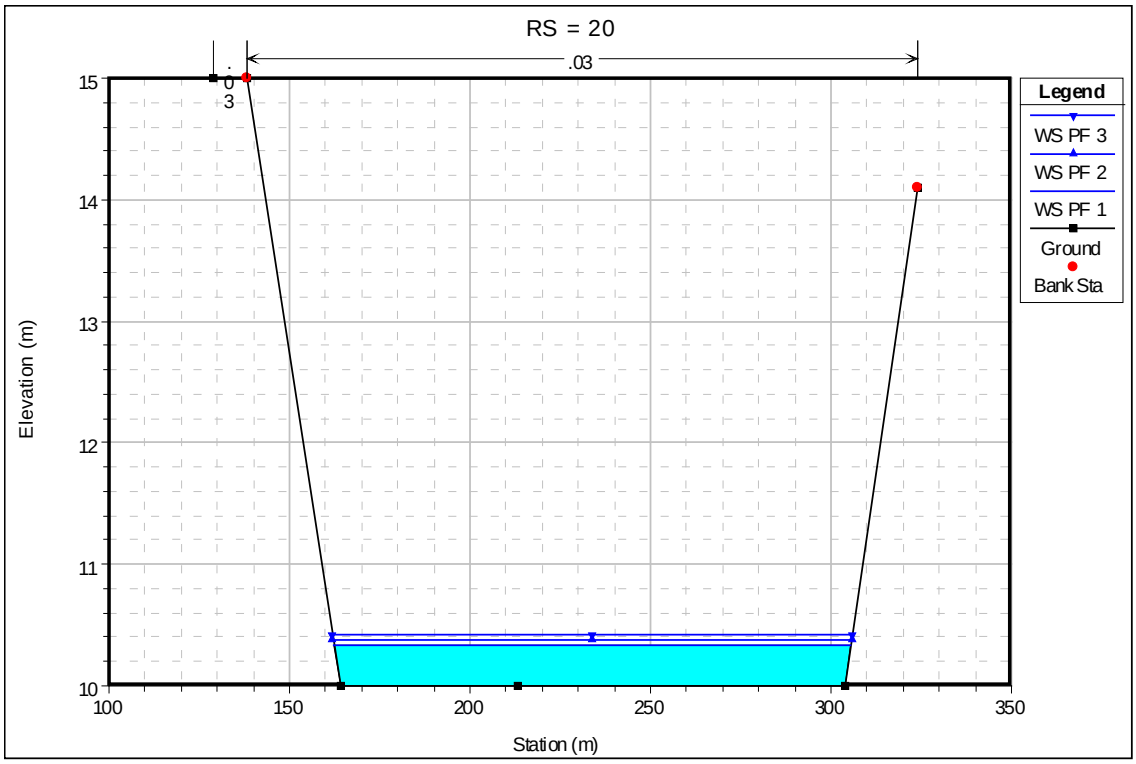

RS = 70
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
36
34
32
30
28
26
24
0
20
40
60
80
100
120
140

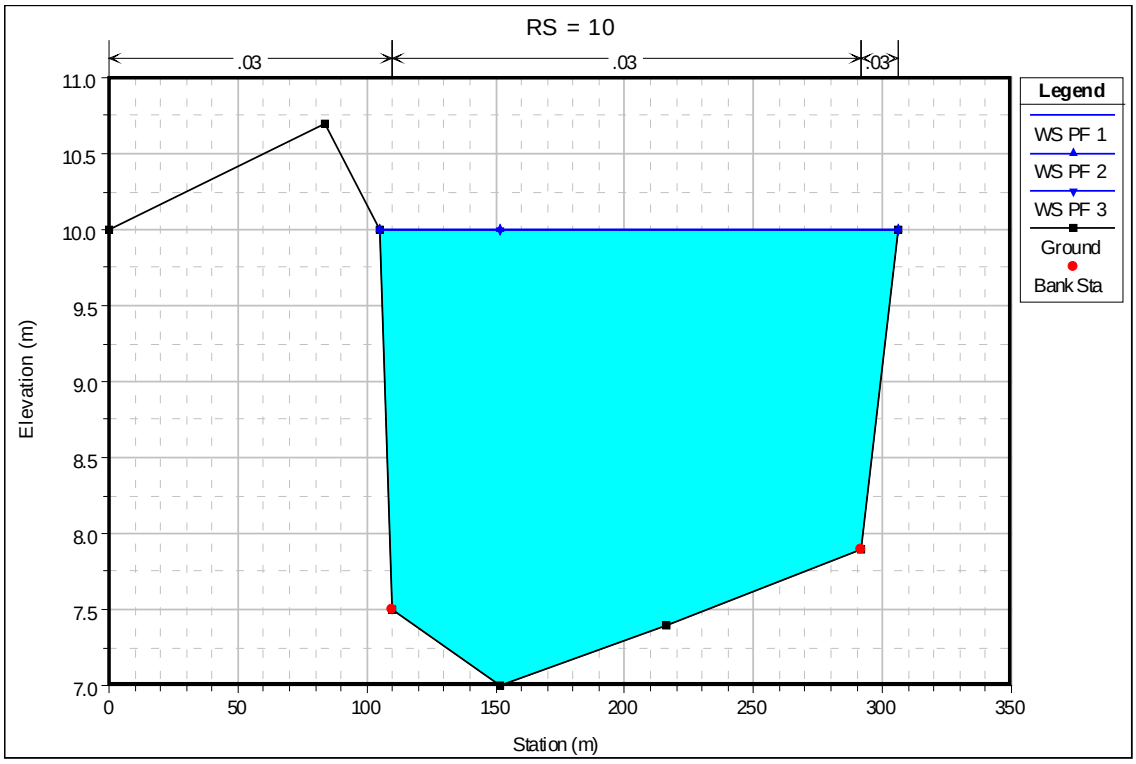

RS = 60
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
34
32
30
28
26
24
0
20
40
60
80
100
120
140

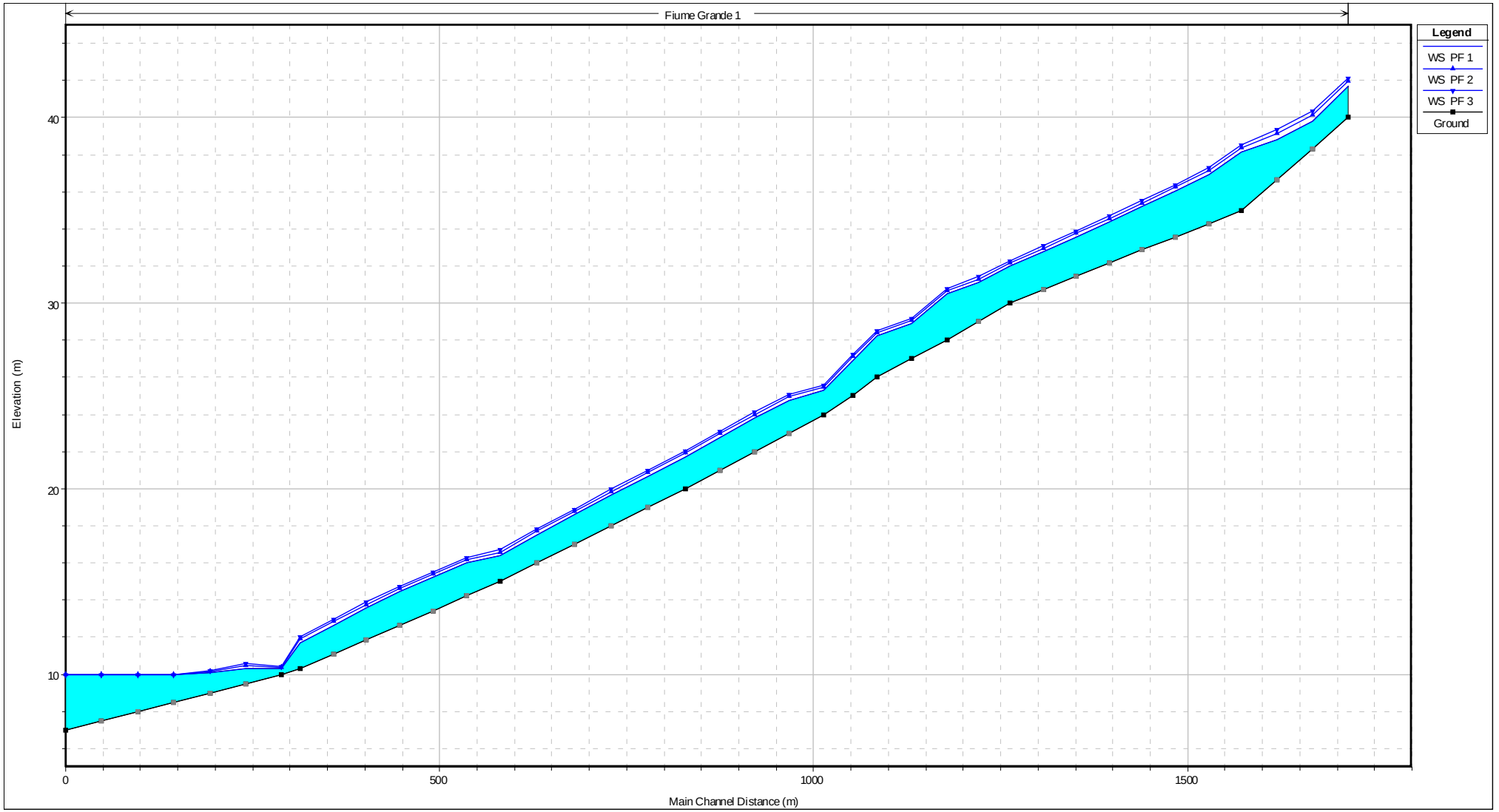

RS = 50
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
27
26
25
24
23
22
21
20
0
20
40
60
80
100
120
140


RS = 40
.03
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
22
21
20
19
18
17
16
15
0
50
100
150
200
250
300
350
400


RS = 30
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
16
15
14
13
12
11
10
100
120
140
160
180
200


RS = 20
.03
.03
Legend
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
15
14
13
12
11
10
100
150
200
250
300
350


RS = 10
.03
.03
.03
Legend
WS PF 1
WS PF 2
WS PF 3
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
11.0
10.5
10.0
9.5
9.0
8.5
8.0
7.5
7.0
0
50
100
150
200
250
300
350
Station (m)



Profili della corrente per T=50, 200, 500 anni



Ortofoto dell'area e sezioni trasversali assunte nella schematizzazione