

## Indice

1. Premessa .....	2
2. Analisi dei corsi d'acqua .....	3
2.1. F. CASCINA .....	3
2.2. FOSSA NUOVA .....	9
2.3. FIUME ERA .....	10
3. Procedure e metodi usati per le verifiche idrauliche.....	17
3.1 – Moto Permanente.....	20
3.2 - Moto vario .....	23
4. Conclusioni.....	30
Allegati HEC-RAS .....	38

**-COMUNE DI PONSACCO**  
**PROVINCIA DI PISA**

**STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO**  
**DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE**

**1. Premessa**

Il presente studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Strutturale del Comune di Ponsacco (PI) ha lo scopo di studiare la rete dei corsi d'acqua principali che attraversano il territorio comunale per verificarne le sezioni idrauliche, valutare le aree soggette ad esondazione ed i relativi battenti d'acqua.

I corsi d'acqua che sono stati presi in considerazione sono quelli che compaiono nell'elenco della Deliberazione del Consiglio Regionale della Toscana 21 giugno 1994 n° 230 "Provvedimenti sul rischio idraulico ai sensi degli artt. 3 e 4 della L.R. 74/84 «Adozione di prescrizione e vincoli. Approvazione di direttive»", e cioè:

**Fiume Cascina;**

**Fiume Era ;**

**Fossa Nuova;**

E' stata , inoltre , esaminata la situazione in corrispondenza del F. Rotina nel tratto in prossimita' del confine tra il Comune di Ponsacco e quello di Pontedera ,con riferimento alle verifiche idrauliche effettuate da uno degli scriventi nell' ambito degli studi e verifiche idrauliche di supporto alla pianificazione territoriale comunale del Comune di Pontedera (Settembre 2002).

## 2. Analisi dei corsi d'acqua

### 2.1. F. CASCINA

Il Fiume Cascina è un affluente del Fiume Era, ed ha una lunghezza di 22,7 km ed un bacino imbrifero complessivo di 72 km<sup>2</sup> interessante i territori dei comuni di Chianni, Casciana Terme, Terricciola, Capannoni, Lari e Ponsacco; il suo corso è arginato dallo sbocco nel Fiume Era fino al ponte di San Marco (circa 7,5 km); la quota massima del bacino è di 128 m s.l.m., mentre la quota di sbocco si trova a 14 m s.l.m.; la pendenza media del corso d'acqua è del 2,2 ‰ ed il bacino imbrifero ha un tempo di corrivazione alla sezione di sbocco di circa 3 ore.

Nel presente studio si e' tenuto conto che il F. Cascina, che negli ultimi anni ha rappresentato l' elemento di maggior rischio idraulico per il territorio comunale, e' attualmente interessato dalla esecuzione di importanti opere di sistemazione che dovrebbero portare, in tempi brevi, ad una drastica riduzione delle condizioni di rischio.

Per i motivi sopra esposti, nel presente studio ,sono state prese in considerazione due situazioni: lo stato attuale e quello dopo la realizzazione degli interventi previsti sui vari corsi d'acqua da parte delle Amministrazioni competenti; entrambe le situazioni sono state analizzate per eventi con tempi di ritorno di 20 e di 200 anni.

Sono stati raccolti e quindi analizzati gli studi ed i progetti che sono stati redatti negli ultimi anni per la realizzazione di opere idrauliche previste sui corsi d'acqua principali al fine di ridurre il rischio idraulico; tali studi sono i seguenti:

1) Amministrazione Provinciale di Pisa – Ufficio dei Fiumi e Fossi – Progetto di massima – “Opere urgenti di regimazione e controllo del Fiume Cascina per la difesa del territorio dalle alluvioni” redatto dal Geom. Sergio Romboli e dall'Ing. Sandro Borsacchi – 1 settembre 1993;

2) Consorzio di Bonifica Fiumi e Fossi di Pisa– Progetto di esecutivo – “Fiume Cascina - Opere urgenti per la difesa del territorio dalle alluvioni” redatto dal Geom. Sergio Romboli e dall’Ing. Sandro Borsacchi – 1 settembre 1994;

3) Provincia di Pisa – Ufficio dei Fiumi e Fossi – Progettazione interventi di ripristino e prevenzione in conformità del Piano regionale di cui all’art. n°1 della Legge 30 giugno 1995 n°265 – Opere finanziate dalla Cassa Depositi e Prestiti - “Sistemazione idraulica del Fiume Cascina nei Comuni di Terricciola, Chianni e Casciana Terme” redatto dall’Ing. Sandro Borsacchi, dal Geom. Sergio Romboli, dal Dott. Giovanni Bracci, dal Geol. Stefano Menichetti e dal Geom. Antonio Conti (cod. prog. L. 265/95-2) – 15 settembre 1997; il progetto consiste nella realizzazione di uno sbarramento con una sezione a luce libera ristretta in modo da creare una cassa di laminazione posta in serie lungo il corso del Fiume Cascina a monte del ponte di San Marco in località Morrone (Podere Le Colonne), per portate non laminate comprese fra quella per  $Tr=20$  anni ( $Q_{20}=134,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ), e quella per  $Tr=200$  anni ( $Q_{200}=268,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ); tale cassa produrrà effetti positivi di laminazione portando il colmo della portata ventennale a  $118 \text{ m}^3/\text{s}$  e quello della portata duecentennale a  $214 \text{ m}^3/\text{s}$  presso la sezione del Podere Le Colonne; con questo effetto di laminazione gli idrogrammi di piena risultanti alla sezione del Ponte di San Marco risultano avere colmi di piena che passano da  $185$  a  $176 \text{ m}^3/\text{s}$  per  $Tr=20$  anni e da  $379$  a  $330 \text{ m}^3/\text{s}$  per  $Tr=200$  anni.

4) Provincia di Pisa – Ufficio dei Fiumi e Fossi – Progettazione interventi di ripristino e prevenzione in conformità del Piano regionale di cui all’art. n°1 della Legge 30 giugno 1995 n°265 – Opere finanziate dalla Cassa Depositi e Prestiti - “Sistemazione idraulica del Fiume Cascina nei Comuni di Lari, Capannoli e Terricciola” redatto dall’Ing. Sandro Borsacchi, dal Geom. Sergio Romboli, dal Dott. Giovanni Bracci, dal Geol. Stefano Menichetti e dal Geom. Antonio Conti (cod. prog. L.

265/95-1; importo Lire 5.040.000.000) – 30 gennaio 1998; il progetto consiste: nell'adeguamento idraulico dell'attraversamento stradale presso il ponte di San Marco utilizzando luci supplementari metalliche affiancate al ponte attuale ed arginature, a monte del ponte stesso, convergenti verso le sue luci; nella realizzazione di tre casse di espansione in parallelo rispetto al fiume (una in sponda sinistra e due in sponda destra); le ultime due casse in sponda destra saranno collegate fra loro come porzioni di una stessa cassa per complessivi 700.000 m<sup>3</sup> di volume utile; i colmi di piena alla sezione del ponte di San Marco, laminati dalla cassa in serie prevista presso il Podere Le Colonne, risultano avere i seguenti valori:  $Q_{(Tr=20)}=176 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q_{(Tr=200)}= 330 \text{ m}^3/\text{s}$ ; per effetto della laminazione operata dalle tre casse in parallelo previste dal progetto (quota soglia di sfioro a 33.3 m s.l.m. e larghezza della soglia pari a 50 m), tali colmi di piena vengono ridotti, a valle delle tre casse, come mostrato dalla seguente tabella:

Tempi di ritorno	Tr=20 anni	Tr=50 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni
Portata in ingresso	176 m <sup>3</sup> /s	225 m <sup>3</sup> /s	269 m <sup>3</sup> /s	330 m <sup>3</sup> /s
Portata laminata	---	183 m <sup>3</sup> /s	201 m <sup>3</sup> /s	234 m <sup>3</sup> /s

Per la verifica idraulica del fiume Cascina sono stati utilizzati gli idrogrammi di piena relativamente ai tempi di ritorno centennale e duecentennale adottati dall'Autorità di bacino del fiume Arno e contenuti nel Sistema Informativo del Modello Idraulico.

Gli idrogrammi utilizzati sono quelli relativi alla sezione del fiume Cascina, denominata ca-2007, per una durata di pioggia di 6 ore che risultano essere i massimi per il tratto di verifica.

Gli idrogrammi suddetti sono riportati nel seguito sia in forma tabulare che grafica.

t [h]	Q [mc/s]	t [h]	Q [mc/s]	t [h]	Q [mc/s]
0.0	3.45	12.0	39.82	24.0	3.44
0.5	4.47	12.5	31.89	24.5	3.45
1.0	11.68	13.0	25.76	25.0	3.44
1.5	32.17	13.5	20.11	25.5	3.44
2.0	59.26	14.0	16.61	26.0	3.45
2.5	89.8	14.5	12.92	26.5	3.45
3.0	113.69	15.0	10.8	27.0	3.44
3.5	141.12	15.5	8.34	27.5	3.44
4.0	163.19	16.0	6.84	28.0	3.44
4.5	183.85	16.5	5.41	28.5	3.44
5.0	200.37	17.0	4.6	29.0	3.45
5.5	215.87	17.5	4.11	29.5	3.45
6.0	224.53	18.0	3.84	30.0	3.44
6.5	219.64	18.5	3.65	30.5	3.44
7.0	202.66	19.0	3.51	31.0	3.44
7.5	183.14	19.5	3.43	31.5	3.44
8.0	162.74	20.0	3.43	32.0	3.44
8.5	143.23	20.5	3.44	32.5	3.44
9.0	123.83	21.0	3.45	33.0	3.44
9.5	105.19	21.5	3.44	33.5	3.44
10.0	88.89	22.0	3.44	34.0	3.44
10.5	73.71	22.5	3.45	34.5	3.45
11.0	59.77	23.0	3.45	35.0	3.44
11.5	48.31	23.5	3.45	35.5	3.44

Tab 2.1.I Idrogramma di piena fiume Cascina con TR 100 anni

t [h]	Q [mc/s]	t [h]	Q [mc/s]	t [h]	Q [mc/s]
0.0	3.45	12.0	44.24	24.0	3.45
0.5	5.19	12.5	36.15	24.5	3.44
1.0	15.17	13.0	28.93	25.0	3.44
1.5	40.54	13.5	22.97	25.5	3.44
2.0	73.9	14.0	18.42	26.0	3.45
2.5	105.26	14.5	14.89	26.5	3.44
3.0	133.9	15.0	12.1	27.0	3.45
3.5	164.64	15.5	9.7	27.5	3.44
4.0	189.02	16.0	7.97	28.0	3.44
4.5	211.5	16.5	6.15	28.5	3.44
5.0	230.81	17.0	5.03	29.0	3.45
5.5	248.01	17.5	4.25	29.5	3.45
6.0	256.87	18.0	3.91	30.0	3.45
6.5	250.18	18.5	3.78	30.5	3.44
7.0	230.36	19.0	3.65	31.0	3.44
7.5	207.83	19.5	3.56	31.5	3.44
8.0	185.07	20.0	3.47	32.0	3.44
8.5	162.21	20.5	3.4	32.5	3.44
9.0	139.98	21.0	3.43	33.0	3.44
9.5	119.1	21.5	3.43	33.5	3.44
10.0	99.66	22.0	3.45	34.0	3.44
10.5	83.72	22.5	3.45	34.5	3.44
11.0	67.62	23.0	3.45	35.0	3.44
11.5	55.17	23.5	3.45	35.5	3.44

Tab 2.1. Il Idrogramma di piena fiume Cascina con TR 200 anni

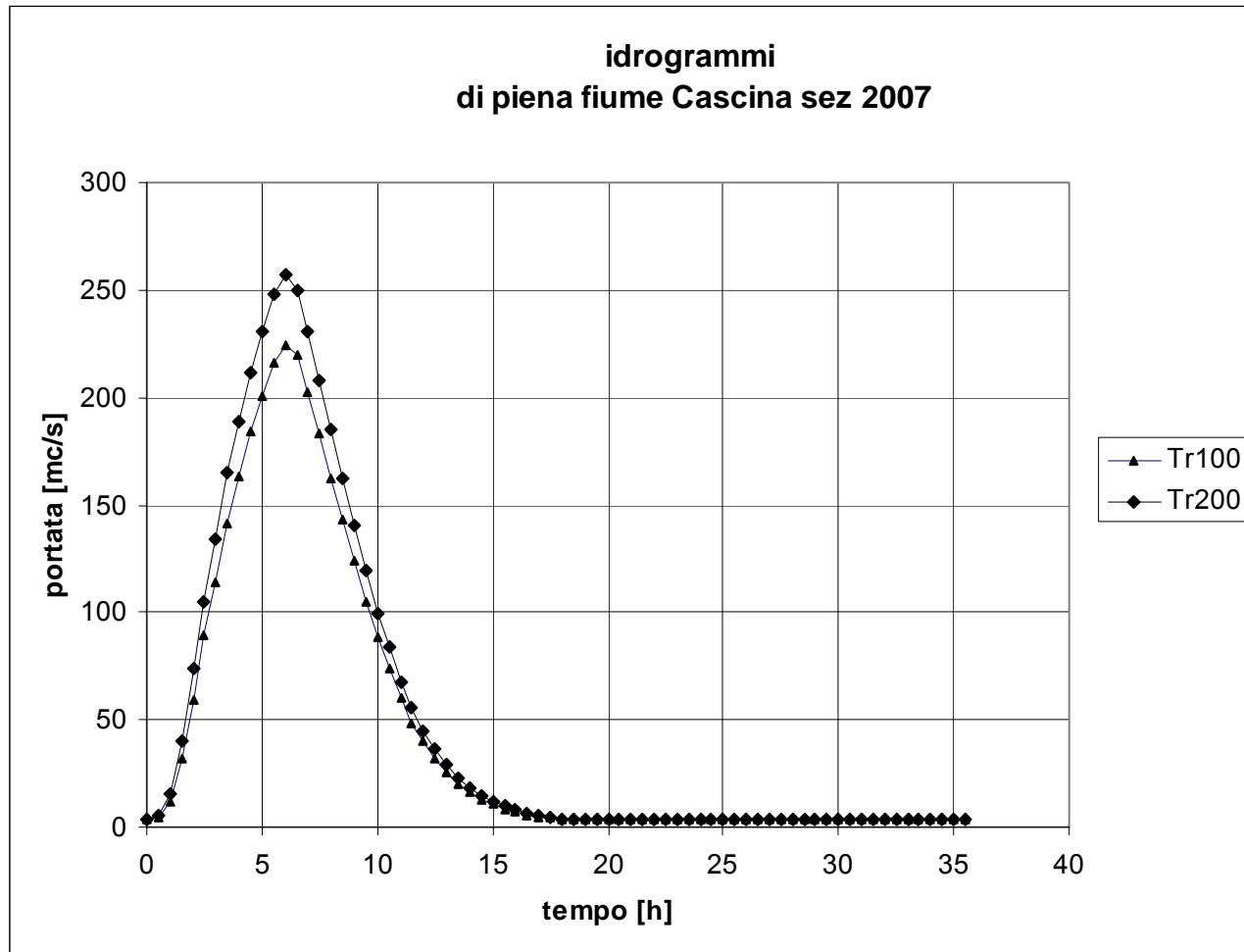


Fig. 2.1.1 Idrogrammi di piena del fiume Cascina con Tr 100 e 200 anni



## 2.2. FOSSA NUOVA

Per lo studio idrologico della F.Nuova si e' fatto riferimento all seguente studio :

- “Studio idrologico ed idraulico della Fossa Nuova relativo alla fattibilità degli interventi di variante previsti a sud-ovest della S.P. di Gello” redatto dall'Ing. Nicola Croce nell'aprile 2000 per conto del Comune di Ponsacco

Lo studio individua le portate di piena per 5 sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino della Fossa Nuova con tempo di ritorno di 2, 20, 100 e 200 anni e ricostruisce i profili di rigurgito relativi a tali portate. In particolare per quello che riguarda la parte terminale del corso d'acqua, cioè il tratto in cui la Fossa Nuova scorre nella pianura e che costituisce il confine fra i Comuni di Lari e di Ponsacco, le portate relative assumono i valori riportati nella seguente tabella:

Tr=2 anni	Tr=20 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni
Q=2,90 m <sup>3</sup> /s	Q=11,52 m <sup>3</sup> /s	Q=17,86 m <sup>3</sup> /s	Q=20,41 m <sup>3</sup> /s

Lo studio idraulico evidenzia che le sezioni attuali della Fossa Nuova sono in grado di contenere al massimo la portata ventennale, e che per portate superiori si verificano estese e diffuse esondazioni sia in destra sia in sinistra causate principalmente dai restringimenti d'alveo dovuti ai numerosi ponticelli di attraversamento.

Anche nel caso della F. Nuova si prevede che saranno eliminate le condizioni di rischio idraulico con interventi per i quali e' stata avviata la fase di progettazione attraverso un protocollo di intesa tra le varie amministrazioni interessate (Provincia di Pisa , Comuni di Pontedera , Ponsacco e Lari ).

Tale progetto prevede la risagomatura delle sezioni di deflusso e il rialzamento arginale di tutta la fossa Nuova con la demolizione degli attraversamenti e la loro successiva ricostruzione. Con tale intervento si dovrebbe garantire il contenimento in alveo della portata duecentennale con la eliminazione delle condizioni di rischio idraulico per il territorio attraversato.

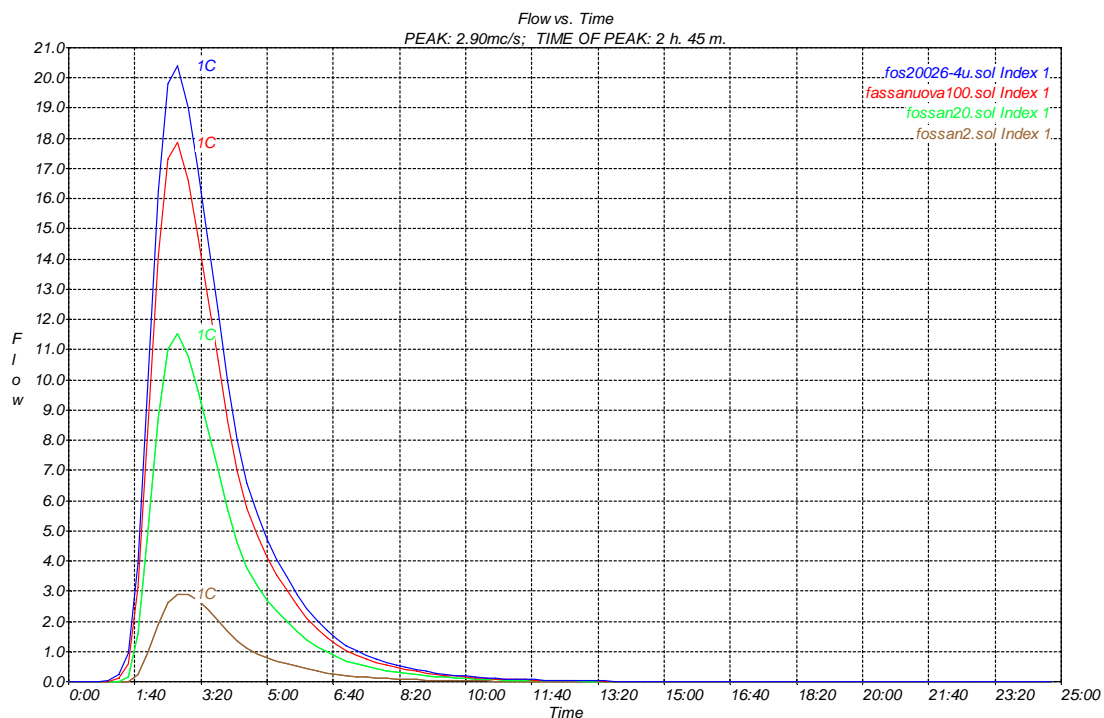


Fig. 2.2.1 Idrogrammi di piena della Fossa Nuova per TR=2, 20, 100 e 200 anni.

Le verifiche idrauliche sui corsi d'acqua esaminati sono state eseguite a moto permanente gradualmente variato utilizzando il programma HEC-RAS (v. 3.0.1).

### 2.3. FIUME ERA

Il bacino imbrifero del F. Era, ultimo affluente sinistro di rilievo del F. Arno, costituisce una depressione allungata secondo le direttrici tettoniche principali dell'area, che si estende per circa 40 km nell'entroterra a Sud della pianura pisana.

Dalle scaturigini sino alla confluenza con il F. Arno presso Pontedera, il bacino ha una estensione complessiva pari a 595 km<sup>2</sup> circa e una forma vicina a quella di un triangolo rettangolo, con i cateti disposti, rispettivamente, secondo le direzioni NS e EO e l'ipotenusa in direzione appenninica, SE-NO.

La quota minima (Pontedera, 15 m) e quella massima (M.te Vitalba, 675 m) si trovano alle estremità del cateto NS; solo altre 4 vette superano i 600 metri (limite altimetrico della montagna) e altre 7 superano i 500 metri.

Il F. Era, con i suoi 54 km complessivi di percorso, ha origine dai torrenti Era Viva ed Era Morta, nel tratto di dorsale collinare ad Est di Volterra, ove condivide lo spartiacque con brevi torrenti, affluenti destri del F. Cecina.

Procedendo da Est verso Ovest, su tutto lo sviluppo del cateto EO, lo spartiacque morfologico divide il bacino imbrifero del F. Era da quello del F. Cecina, sino ai primi contrafforti del citato Monte Vitalba.

Da qui lo spartiacque prosegue da Sud verso Nord (cateto NS), caratterizzato quote ed energia del rilievo progressivamente decrescenti, ove è condiviso dal bacino costiero del F. Fine e, a seguire, da quello dei torrenti Tora, Isola e Crespina per poi spegnersi nella pianura alluvionale, nei pressi di Ponsacco, in adiacenza ai bacini del Fosso Reale e della Fossa Nuova.

Sul lato Orientale (ipotenusa SE-NO), procedendo da Sud-Est verso Nord-Ovest, il bacino del F. Era divide il crinale con i bacini del F. Elsa, T. Egola, T. Chiecina, Rio Riccavo e con altri bacini minori presenti nei pressi della confluenza in Arno.

I principali affluenti del F. Era sono il F. Cascina e il T. Sterza in sinistra idrografica e il T. Roglio in destra; le direzioni prevalenti nelle aste fluviali della Val d'Era sono l'appenninica e l'antiappenninica.

Il passaggio tra queste due direzioni si realizza o in corrispondenza delle confluenze o con repentini cambiamenti a 90° della direzione dei corsi d'acqua; detti cambiamenti corrispondono, molto probabilmente, ad antichi bracci di cattura [R. Mazzanti e C. Nencini in Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno n. 7 - 1986].

Dal punto di vista litologico, si rileva che i 3/4 del bacino dell'Era sono occupati dagli affioramenti delle formazioni del Complesso Neoautoctono; a quest'ultimo

appartengono (dal più antico al più recente), i sedimenti dei cicli del Miocene sup., del ciclo marino del Pliocene inf. e medio, del ciclo marino del Pleistocene inf., i depositi continentali del Pleistocene medio, del Pleistocene sup., i travertini e alluvioni terrazzate e, per finire, le alluvioni attuali e recenti di fondovalle.

I suddetti depositi sedimentari sormontano un insieme di formazioni appartenenti a diverse unità tettoniche (complessi) che, dall'alto verso il basso (in senso geometrico), della successione stratigrafica, sono:

- complesso alloctono superiore, comprendente formazioni del ciclo oceanico ofiolitifero del Giurese sup. - Cretaceo inf. e il Flysch di Montaione del Cretaceo sup.;
- complesso alloctono intermedio, con formazioni del cretaceo sup. appartenenti al Gruppo del Flysch arenaceo-calcareo-marnoso;
- complesso alloctono inferiore, con formazioni del Gruppo delle Argille e calcari del Paleocene - Eocene;
- sedimenti della Dorsale medio-toscana e della copertura toscana, con formazioni del ciclo Trias medio - Oligocene sup. e due piccoli lembi del Carbonifero sup. affioranti a Iano.

Per la verifica idraulica del fiume Era sono stati utilizzati gli idrogrammi di piena relativamente ai tempi di ritorno centennale e duecentennale adottati dall'Autorità di bacino del fiume Arno e contenuti nel Sistema Informativo del Modello Idraulico.

Gli idrogrammi utilizzati sono quelli relativi alla sezione del fiume Era, denominata er\_0090, per una durata di pioggia di 6 ore che risultano essere i massimi per il tratto di verifica.

Gli idrogrammi suddetti sono riportati nel seguito sia in forma tabulare che grafica.

t [ore]	TR 200	t [ore]	TR 200
0.5	25.22	18.5	417.02
1	25.24	19	375.31
1.5	27.04	19.5	335.05
2	34.64	20	296.26
2.5	48.46	20.5	259.37
3	67.01	21	228.65
3.5	95.32	21.5	204.24
4	140.51	22	180.35
4.5	205.85	22.5	159.31
5	278.7	23	141.68
5.5	357.33	23.5	125.81
6	441.54	24	111.73
6.5	507.91	24.5	98.75
7	572.74	25	86.9
7.5	640.45	25.5	76.07
8	713.16	26	66.69
8.5	780.09	26.5	58.19
9	849.02	27	51.04
9.5	902.12	27.5	45.55
10	943.52	28	40.25
10.5	986.12	28.5	35.99
11	1003.76	29	32.46
11.5	1018.62	29.5	29.62
12	1015.28	30	27.23
12.5	1003.35	30.5	25.95
13	979.06	31	25.32
13.5	939.8	31.5	25.21
14	895.11	32	25.21
14.5	852.6	32.5	25.23
15	795.6	33	25.21
15.5	746.98	33.5	25.29
16	696.06	34	25.21
16.5	622.54	34.5	25.23
17	568.61	35	25.23
17.5	514.71	35.5	25.23
18	468.27	36	25.23

Tab 2.2.I Idrogramma di piena fiume Era con TR 200 anni

t [ore]	TR 100	t [ore]	TR 100
18.5	25.22	18.5	356.18
19	25.22	19	316.09
19.5	25.78	19.5	279.4
20	30.31	20	249.12
20.5	40.04	20.5	219.59
21	54.24	21	196.96
21.5	73.24	21.5	173.48
22	105.02	22	154.29
22.5	153.6	22.5	136.85
23	216.85	23	122.36
23.5	281.82	23.5	108.48
24	349.54	24	95.85
24.5	421.71	24.5	84.69
25	484.31	25	73.84
25.5	540.33	25.5	65.25
26	592.68	26	56.71
26.5	648.04	26.5	50.08
27	706.44	27	44.5
27.5	760.44	27.5	39.41
28	798.25	28	35.34
28.5	830.3	28.5	31.94
29	851.45	29	29.2
29.5	859.96	29.5	26.88
30	861.73	30	25.86
30.5	849.31	30.5	25.25
31	827.28	31	25.27
31.5	798.06	31.5	25.18
32	762.46	32	25.27
32.5	728.87	32.5	25.19
33	674.79	33	25.29
33.5	621.1	33.5	25.18
34	575.33	34	25.29
34.5	522.71	34.5	25.17
35	481.73	35	25.29
35.5	435.17	35.5	25.16
36	394.64	36	25.31

Tab 2.2. Il Idrogramma di piena fiume Era con TR 100 anni

t [ore]	TR 30	t [ore]	TR 30
18.5	25.22	18.5	260.7
19	25.22	19	231.87
19.5	25.22	19.5	209.24
20	26.14	20	186.66
20.5	30.34	20.5	166.2
21	38.16	21	147.13
21.5	48.86	21.5	132.56
22	62.96	22	118.15
22.5	87.87	22.5	105.43
23	124.93	23	93.4
23.5	173.48	23.5	82.72
24	226.32	24	72.27
24.5	280.28	24.5	63.83
25	330.15	25	55.61
25.5	387.8	25.5	49.5
26	438.34	26	44
26.5	478.95	26.5	38.75
27	521.73	27	35.05
27.5	555.19	27.5	31.63
28	581.71	28	28.97
28.5	607.82	28.5	26.75
29	626.16	29	25.81
29.5	633.72	29.5	25.21
30	631.76	30	25.26
30.5	621.84	30.5	25.16
31	608.31	31	25.29
31.5	585.57	31.5	25.17
32	558.19	32	25.31
32.5	526.36	32.5	25.17
33	498.47	33	25.28
33.5	463.34	33.5	25.17
34	427.22	34	25.27
34.5	391.36	34.5	25.19
35	360.88	35	25.25
35.5	321.98	35.5	25.22
36	289.82	36	25.28

Tab 2.2.III Idrogramma di piena fiume Era con TR 30 anni

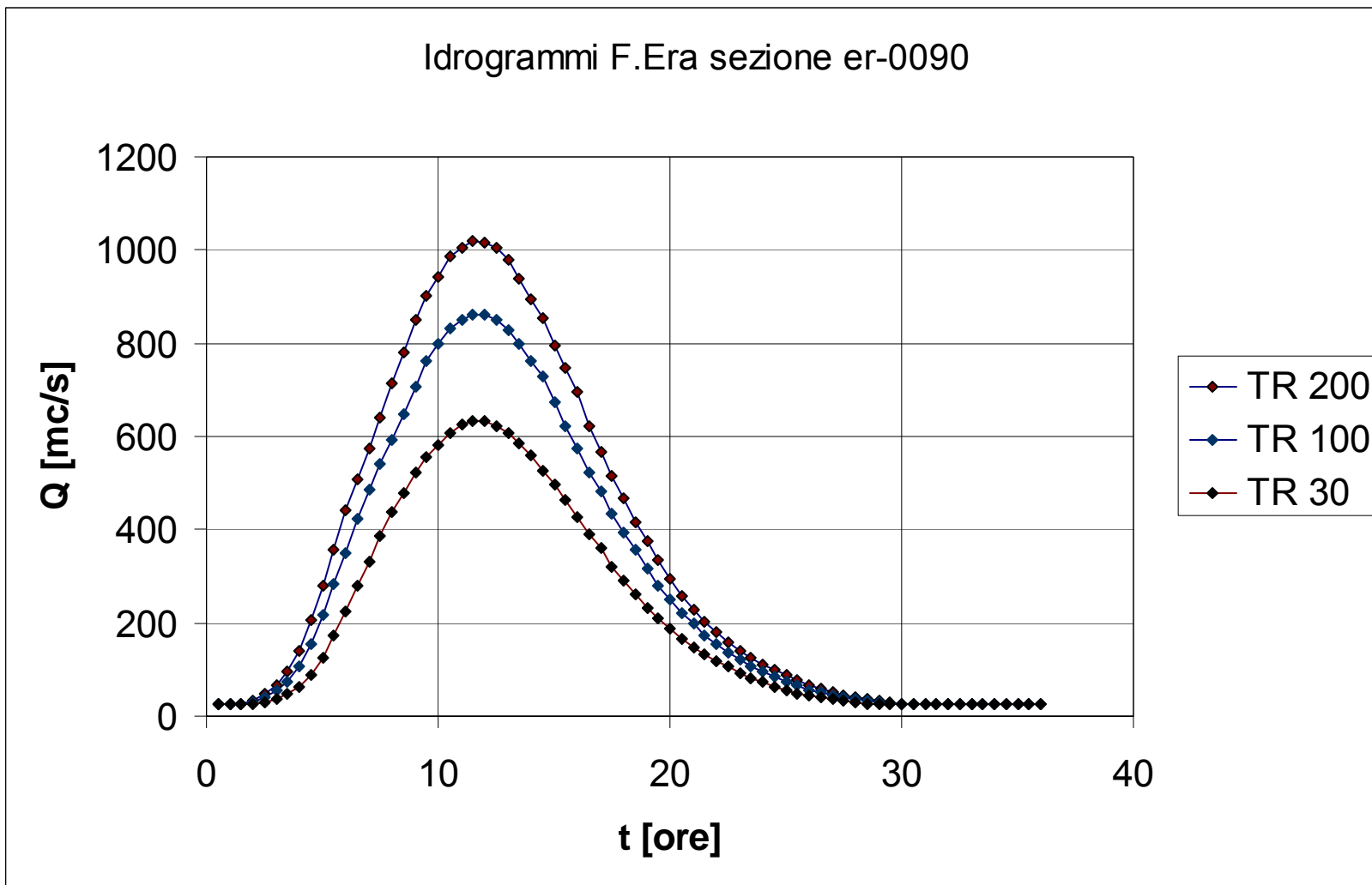


Fig.2.2. 1 Idrogrammi di piena F. Era



### **3. Procedure e metodi usati per le verifiche idrauliche**

I profili di rigurgito del Fiume Cascina sono stati tracciati relativamente alla portata duecentennale e centennale, quelli del Fiume Era relativamente alla portata duecentennale, centennale e trentennale.

Il software per le simulazioni idrauliche adottato per il presente lavoro è l'HEC RAS 3.1

Questo modello, sviluppato nel 2002 presso l'U.S. Army Corps of Engineers sul codice di calcolo UNET, gode oggi di una vasta diffusione grazie alle vaste potenzialità offerte.

Proprio alla sua diffusione, incentivata da una distribuzione di tipo freeware, si deve la stima posta su un prodotto considerato ampiamente collaudato.

HEC RAS adotta una schematizzazione monodimensionale (variazioni graduali della sezione dell'alveo, limitata curvatura dei filetti liquidi, distribuzione di velocità pressoché uniforme nelle sezioni trasversali) su alveo assunto a fondo fisso sia per il moto permanente che per quello vario (non stazionario).

La geometria fluviale, intesa come insieme delle sezioni trasversali e asse fluviale che le collega, può essere editata mediante un'apposita interfaccia oppure, utilizzando l'estensione HEC-GeoRAS per GIS, può essere importata da una morfologia TIN. A questo riguardo va però detto che è assai difficile trovare modelli digitali del suolo (TIN o GRID) ad una risoluzione tale da permettere l'estrazione di informazioni aventi lo stesso grado di dettaglio di un rilievo topografico.

Questa metodologia di lavoro, se adottata congiuntamente all'utilizzo delle tradizionali orografie digitali (1:2000 o 1:5000), può dunque considerarsi adatta per lo più alla sola progettazione su larga scala di corsi d'acqua aventi letti fluviali molto estesi.

A livello di schematizzazione di un bacino, HEC RAS gestisce la modellazione di più tronchi fluviali con la rappresentazione delle

confluenze secondo diversi approcci teorici (metodo dei momenti, metodo dell'energia...) a seconda delle portate e delle angolazioni presenti nei singoli casi.

A tal proposito, oltre al caricamento di una portata da una sezione di monte e nei pressi di un'immissione localizzata, è altresì possibile gestire immissioni di portate distribuite (versamento dalle pendici). I limiti applicativi sono invece rappresentati dalla impossibilità di simulare l'inondazione di territori extra-alveo. Non è infatti supportato lo studio di fenomeni di trasferimento bidimensionale.

Si deve qui notare che nella fase computazionale le sezioni sono assunte ortogonali alla direzione della corrente idrica.

Per il calcolo delle perdite di carico distribuite si utilizza l'equazione di Manning che risulta:

$$3.1) \quad S_f = v^2 n^2 / R^{\frac{4}{3}}$$

in cui :

$S_f$  = perdita di carico distribuita ;

$v$  = velocità media della corrente ;

$n$  = coefficiente di scabrezza;

$R$  = raggio idraulico della sezione (rapporto tra l'area liquida ed il contorno bagnato);

Considerando che in letteratura tecnica la portata della corrente liquida può essere rappresentata dalla seguente espressione:

$$3.2) \quad Q = K S_f^{1/2}$$

dove il termine  $K$  definito conveyance (esso misura l'attitudine di una data sezione a far defluire le portate) diviene, tenendo conto della formula di Manning e introducendo l'area  $A$  della sezione liquida

$$3.3) \quad K = \frac{1}{n} AR^{2/3}$$

Per i valori dei coefficienti di Manning è di seguito riportata una tabella riassuntiva per i principali tipi d'alveo (V.T. Chow, D. Maidment, L.W. Mays - Applied Hydrology, McGraw-Hill):

**VALORI DEL COEFFICIENTE DI MANNING PER I PIÙ COMUNI TIPI  
D'ALVEO**

<b>Coeff. Manning</b>	<b>Descrizione alveo</b>
0,012	Artificiale, regolato con sponde in cemento
0,020	Artificiale, letto ghiaioso e sponde in cemento
0,023	Letto ghiaioso e sponde in pietrame
0,033	Letto ghiaioso e sponde in scogliera
0,030	Naturale, con sponde regolari prive di vegetazione
0,040	Naturale, sponde irregolari prive di vegetazione
0,050	Naturale, con sponde irregolari ed inerbite
0,100	Naturale, con sponde ricoperte da arbusti

**Tabella XIII**

Un metodo più raffinato per il calcolo del coefficiente di Manning è quello riportato nella "Guide for selecting Manning's roughness coefficient for natural channels and flood plains" del United States Geological Survey Water Supply- Paper 2339, che in funzione della granulometria del letto del fiume e della vegetazione oltre che del grado di irregolarità del corso

d'acqua consente di calcolare il valore di scabrezza che nel caso in esame per i due corsi d'acqua ha un valore medio pari a 0.030.

Qui di seguito vengono descritte sommariamente le basi teoriche delle due procedure utilizzate

### 3.1 – Moto Permanente

La procedura di calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione del moto permanente gradualmente variato con un metodo alle differenze finite.

L'equazione differenziale del profilo liquido di una corrente in moto permanente gradualmente variato risulta la seguente:

$$3.4) \quad \frac{dH}{ds} = -S_f$$

con:

$$3.5) \quad H = z + \frac{v^2}{2g}$$

in cui:

H = carico totale della corrente nella sezione generica di ascissa s misurato rispetto ad un riferimento orizzontale;

$S_f$  = perdita di carico unitaria dovuta alle resistenze continue;

z = quota del pelo liquido misurato rispetto ad un riferimento orizzontale;

v = velocità media della corrente nella sezione generica di ascissa s;

g = accelerazione di gravità.

Passando alle differenze finite la 3.4), applicata tra due sezioni distanti  $\Delta s$ , può essere scritta come:

$$3.6) \quad H_2 - H_1 = -S_{fm} \Delta s$$

in cui:

$H_1$  = carico totale della corrente nella sezione iniziale;

$H_2$  = carico totale della corrente nella sezione finale;

$S_{fm}$  = perdita di carico unitaria dovuta alle resistenze continue media tra le due sezioni.

tenendo conto della (3.5) ed indicando con i pedici 1 e 2 rispettivamente le grandezze relative alla sezione iniziale e quelle relative alla sezione finale la (3.6) diviene:

$$3.7) \quad z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - z_2 - \frac{v_2^2}{2g} + \frac{J_1 + J_2}{2} \cdot \Delta s = 0$$

ovvero :

$$3.7') \quad z_1 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} - z_2 - \frac{Q^2}{2gA_2^2} + \frac{1}{2} \left( \frac{Q^2 n^2}{A_1^2 R_1^{4/3}} + \frac{Q^2 n^2}{A_2^2 R_2^{4/3}} \right) \Delta s = 0$$

in cui:

$Q$  = portata;

$A_1$  = area liquida della corrente nella sezione iniziale;

$A_2$  = area liquida della corrente nella sezione finale.

Essendo le caratteristiche geometriche di una data sezione funzione della sola altezza liquida la (3.7') permette di determinare la quota liquida nella sezione terminale di un tratto di corrente di lunghezza  $\Delta s$  una volta che sia nota la quota liquida in corrispondenza della sezione iniziale (condizione al contorno).

L'equazione (3.7') rappresenta quindi un'equazione non lineare in cui l'incognita è rappresentata dal valore  $z_2$  della quota liquida finale.

Per la determinazione del profilo liquido relativo ad un dato tronco di un corso d'acqua, occorre suddividere tale tronco in una successione di tratti delimitati da sezioni di cui sia nota la geometria.

Partendo quindi da una delle sezioni estreme, in cui deve essere noto il valore della quota liquida (condizione al contorno), l'applicazione reiterata della (5') permette di determinare le quote liquide nelle sezioni successive.

Il modello permette la determinazione del profilo liquido secondo tre schemi di calcolo e precisamente:

- Corrente lenta (subcritical flow)
- Corrente veloce (supercritical flow)
- Corrente mista (mixed flow)

Il primo schema, che è applicabile quando la corrente è ovunque lenta e presenta quindi in tutte le sezioni di calcolo un'altezza liquida maggiore dell'altezza critica, richiede che la condizione al contorno sia posta in corrispondenza della sezione estrema di valle del tratto considerato.

Il secondo schema, che è applicabile quando la corrente è ovunque veloce e presenta quindi in tutte le sezioni di calcolo un'altezza liquida minore dell'altezza critica, richiede che la condizione al contorno sia posta in corrispondenza della sezione estrema di monte del tratto considerato.

Il terzo schema, deve essere utilizzando quando nel tratto in esame si possono verificare transizioni da un tipo di corrente all'altro, dando luogo ad una successione di tronchi con differenti caratteristiche di moto, che nel caso di transizione da corrente veloce a lenta porteranno alla formazione di risalti idraulici. Tale schema richiede che siano definite due diverse condizioni al contorno in corrispondenza delle due sezioni estreme (di monte e di valle) del tratto considerato.

Nel caso di simulazioni in moto permanente sarà dunque sufficiente fornire il valore della portata in ingresso nella stazione di monte, eventuali cambiamenti della stessa dovuti a immissioni localizzate o distribuite, e le condizioni al contorno per le sezioni di chiusura del tronco in esame.

Per la soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia le perdite di carico sono determinate, come detto in precedenza, tramite l'equazione di Manning e, in corrispondenza di brusche variazioni di velocità dovute ad irregolarità d'alveo, tramite appositi coefficienti di espansione/contrazione. Irregolarità idrauliche (salti di fondo, confluenze, sbarramenti, etc...) nelle quali si viene a determinare un brusca variazione nel profilo del pelo libero della corrente, sono modellate attraverso la conservazione della spinta totale.

### 3.2 - Moto vario

Le equazioni che descrivono il moto delle acque nei corpi idrici superficiali, sono basate sui concetti classici di conservazione della massa (equazione di continuità), e della quantità di moto (equazioni della quantità di moto) o dell'energia (teorema di Bernoulli).

Per la derivazione delle equazioni del moto vario si adottando le seguenti ipotesi:

- La distribuzione della pressione è di tipo idrostatico (ipotesi valida se le linee di flusso non presentano curvatura accentuata).
- La pendenza di fondo alveo è piccola, così che la sezione trasversale normale alla corrente si confonde con la sezione verticale.
- L'alveo è prismatico, le variazioni nella sezione trasversale e nella pendenza di fondo possono essere prese in considerazione approssimando il corso d'acqua con una serie di tratti prismatici.
- Le perdite di carico in moto vario possono essere espresse tramite una delle classiche formule adottate per il moto uniforme (si utilizza l'equazione di Manning); con questa ipotesi si assume che in regime di moto vario ad una data velocità  $V$  della corrente

si abbiano le stesse perdite di carico che si avrebbero in moto uniforme con la stessa velocità

- La velocità e le accelerazioni lungo la verticale sono trascurabili rispetto alle analoghe grandezze in direzione del moto.
- Le variazioni della densità del fluido sono trascurabili

Adottando le ipotesi sopra elencate; e nell'ipotesi di moto monodimensionale, si ottengono le classiche equazioni di De Saint Venant nella seguente forma:

$$3.2..2) \quad \frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

$$3.2.16) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + g \cdot A \cdot \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

dove  $q_l$  è la portata laterale per unità di lunghezza e  $S_f$  la perdita di carico esprimibile, anche in questo caso, attraverso l'equazione di Manning.

Lo schema monodimensionale è applicabile nel caso di corsi d'acqua con un alveo a sezione semplice (channel), privo cioè delle aree golenali laterali (floodplain). Tale schema viene, comunque, applicato anche al caso di alvei a sezione composta considerando le aree golenali al di fuori del canale come un'unica area di accumulo o di espansione che scambia acqua con il canale, mentre il flusso in tali aree è considerato come flusso in un canale separato.

Per i due flussi separati vengono scritte le equazioni di continuità e di conservazione della quantità di moto, per semplificare il problema si ipotizza che la superficie dell'acqua sia definita da un'unica superficie orizzontale in ogni sezione normale alla direzione del flusso, in maniera



tale che lo scambio di quantità di moto tra il canale e le aree laterali sia trascurabile e la portata sia distribuita secondo l'intera sezione

La suddivisione della portata defluente tra l'alveo centrale (channel) e l'area costituita dalle golene viene effettuata attribuendo al primo una frazione della portata complessiva determinata come segue:

$$3.2.17) \quad Q_c = \phi Q$$

dove:

$Q_c$  = portata nell'alveo centrale;

$Q$  = portata totale;

$\phi$  =  $K_c / (K_c + K_f)$ ;

$K_c$  = trasporto (conveyance) dell'alveo centrale (channel);

$K_f$  = trasporto (conveyance) dell'area golenale (floodplain).

Sotto queste ipotesi l'equazione del moto monodimensionale può essere scritta:

$$3.2.18) \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi) \cdot Q]}{\partial x_c} = 0$$

$$3.2.19)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi)^2 Q^2 / A_f]}{\partial x_c} + gA_c \left[ \frac{\partial Z}{\partial X_c} + S_{fc} \right] + gA_f \left[ \frac{\partial Z}{\partial X_f} + S_{ff} \right] = 0$$

nelle quali i suffissi  $c$  e  $f$  si riferiscono all'alveo centrale e all'area golenale.

Lo schema di calcolo precedente, consente di tener conto delle diverse caratteristiche di scabrezza tra l'alveo centrale e le golene.

Queste equazioni rappresentano un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali non lineare la cui soluzione non è

generalmente possibile per via analitica, per la loro integrazione è necessario quindi ricorrere a metodi numerici.

Il solutore di Hec-Ras per il moto vario adotta un metodo alle differenze finite basato su uno schema implicito a quattro punti. Il sistema di equazioni algebriche che così si ottiene viene risolto con il metodo di Newton-Raphson. L'equazione 3.2.18 ha subito ulteriori affinamenti al fine di rendere le soluzioni più stabili, in particolare alle classiche equazioni di continuità e di moto nella formulazione generale di De Saint Venant, si vanno ad aggiungere opportune equazioni per la stima delle dissipazioni energetiche sia di carattere concentrato che di carattere distribuito.

Per molti manufatti particolari, l'USACE ha svolto campagne sperimentali mirate alla determinazione di appositi modelli di calcolo, permettendo all'utente la specificazione del caso progettuale mediante il solo inserimento di alcuni coefficienti reperibili da tabelle allegate.

Ovviamente, oltre che da questi, il grado di risoluzione della simulazione dipenderà dalla attendibilità dei dati inseriti, dalla distanza adottata tra le sezioni e dal numero di punti con cui queste saranno descritte.

Nello schema alle differenze finite adottato le funzioni derivate e i valori di funzione sono calcolati in un punto interno  $(n+\theta)\Delta t$ ; questo valore a  $(n+1)\Delta t$  entra in tutti i termini delle equazioni. Per un corso d'acqua questo dà luogo a un sistema di soluzioni simultanee delle equazioni; il sistema di soluzioni simultanee rappresenta un importante aspetto dello schema perché da informazioni dall'intero corso d'acqua che possono influenzare le soluzioni in ogni punto, pertanto il passo temporale deve essere significativamente più grande rispetto agli schemi numerici espliciti.

L'analisi di stabilità della soluzione con Von Neumann mostra che lo schema implicito è teoricamente incondizionatamente stabile per  $0.5 < \theta \leq 1$ , condizionatamente stabile per  $\theta = 0.5$  e instabile per  $\theta < 0.5$ .

Altri fattori che contribuiscono all'instabilità della soluzione sono:

- brusche variazioni delle caratteristiche delle sezioni;

- brusche variazioni di pendenza longitudinale;
- caratteristica dell'onda di piena;
- opere d'arte come argini, soglie sfioranti, luci a battente, sfioratori che provochino variazioni brusche nella geometria dell'alveo o delle condizioni del moto.

Pertanto ogni simulazione richiede uno studio di dettaglio specifico per eliminare le cause di instabilità numerica.

Il codice UNET assicura soluzioni stabili nelle simulazioni in moto permanente per correnti lente, per correnti veloci ed anche per scenari misti (gestiti tramite uno switch automatico tra i due approcci). Maggiori problemi si hanno invece per quanto riguarda il moto vario dove, per ottenere la convergenza alla soluzione, si deve porre grande attenzione alle condizioni al contorno imposte, alla specificazione del modello geometrico ed alla scelta del passo temporale per l'elaborazione.

Per quanto riguarda il moto vario, le simulazioni saranno ancora estendibili ad un intero reticolo fluviale ma, per ogni tronco, questa volta le determinazioni dei valori di portata dovranno esser rappresentate dall'introduzione degli interi idrogrammi di piena.

Per la modellazione di ponti, tombamenti, dighe e altre particolarità idrauliche sono stati incorporati gli stessi codici di calcolo sviluppati nel modulo relativo al moto permanente.

La soluzione delle equazioni di moto monodimensionale gradualmente variato basata sul codice UNET, nata inizialmente per correnti essenzialmente in regime sub-critico, presenta talvolta problemi di stabilità, specialmente in presenza di passaggi da corrente lenta a veloce e viceversa.

La corretta specificazione delle condizioni al contorno ricoprirà qui un'importanza fondamentale. Ad esempio, per quanto riguarda

l'inserimento della condizione di valle, se in condizioni di moto permanente è generalmente sufficiente introdurre la pendenza della linea dell'energia approssimata alla pendenza del fondo alveo, in moto vario questo risulta generalmente invalidare l'attendibilità dei risultati nelle prossimità delle condizioni stesse. Si avrà perciò la necessità di ottenere ulteriori informazioni quali la scala di deflusso della sezione di valle piuttosto che, nei particolari casi in cui sia noto, un idrogramma osservato.

Si ricorda qui che UNET, per la risoluzione del sistema non lineare di equazioni differenziali (2.1) e (2.2) adotta la linearizzazione proposta da Preissmann-Cunge-Chen. Come schema generale, avendo per ogni tronco fluviale, diviso in  $N-1$  tratti,  $2N$  incognite ( $Q$  e  $z$  negli  $N$  nodi) e  $2N-2$  equazioni (equazioni (2.1) e (2.2) negli  $N-1$  tratti), le condizioni al contorno da imporre saranno sempre due. In realtà sarà qui richiesto di seguire piccole prescrizioni dettate dall'esperienza e di calibrare alcuni parametri quali tolleranze, passi temporali, numero di iterazioni massimo per passo, raddoppi di sezione, etc... che, pur non essendo classificabili come condizioni al contorno, caratterizzano il modello variando da caso a caso. Relativamente alle prescrizioni di cui si è ora accennato, si dovrà cercare di ottenere una specificazione geometrica del modello, caratterizzata da un infittimento delle sezioni trasversali nelle prossimità di particolarità idrauliche, così da compensare le rapide variazioni del livello idrico ( $z$ ) con il minore passo ( $x$ ). E' consigliabile poi eliminare tratti di alveo a forte pendenza, se privi di manufatti idraulici di non trascurabile importanza, trasferendo eventualmente inalterata l'onda di piena a valle di essi. Spesso infatti, lo studio delle equazioni di moto vario per le correnti supercritiche, rappresenta un forte limite di HEC RAS.

Per quanto riguarda invece la descrizione dell'onda di piena, di norma si dovrà disporre di una serie di valori misurati a intervalli di tempo di ampiezza costante tale da non determinare differenze di portate superiori al 10-12%. L'esperienza nell'utilizzo del codice UNET inoltre consiglia l'eliminazione di eventuali code nell'idrogramma, caratterizzate da portate molto ridotte, per le quali si crea un fenomeno di "run

bombing” dovuto al calcolo delle differenze percentuali tra livelli idrici nei successivi passi temporali.

Sia per l'editing della Geometry Data che per quello della Flow Data sarà dunque utile ricorrere, dove richiesto e dove non supportato dalla reperibilità degli stessi, alla generazione di valori con tecniche di interpolazione.

Molti studi dimostrano che da questi stessi dati dipenderà anche la scelta del Computation Interval. L'USACE, a titolo orientativo, indica una relazione tra velocità di convergenza e caratteristiche medie dei dati immessi del tipo (criterio di Von Neumann):

$$(2.3) \quad D_c = K e^{-\lambda/\Delta x}$$

$$(2.4) \quad \Delta T_c \propto \Delta T_f * \Delta x/\lambda$$

dove:

$D_c$  = damping estimator;

$K$  = model accuracy factor;

$\lambda$  = length of wave;

$x$  = distance between cross sections;

$T_c$  = optimal computation interval;

$T_f$  = hydrograph simulation time.

#### 4. Conclusioni

Nelle aree in sinistra idrografica della fossa Nuova, laddove sono previsti i maggiori sviluppi urbanistici dovranno essere realizzati due collettori di drenaggio che dovranno raccogliere le acque meteoriche attualmente provenienti dal reticolo superficiale minore che inevitabilmente verrà stravolto o distrutto nel corso della realizzazione delle nuove previsioni urbanistiche.

I due canali dovranno attraversare la nuova viabilità prevista che corre parallelamente alla F. Nuova.

Le aree scolanti dei due nuovi collettori sono riportate nella planimetria di Fig. 4.1 , in cui le stesse sono evidenziate in funzione del recapito finale e delle relative caratteristiche secondo le nuove previsioni urbanistiche .

La superficie del bacino scolante verso la Fossa Nuova risulta pari a circa 170 ha , essa e' stata suddivisa tra i due collettori di progetto ( Collettore 1 e Collettore 2 ) come indicato in figura 4.1 . I dati caratteristici delle varie aree scolanti sono riportati nelle seguenti Tabelle 4.I e 4.II.

DESIGNAZIONE	Sup (ha)	TIPOLOGIA	COEFF: DEFLUSSO
A <sub>1,1</sub>	37.70	Produttivo	0.30
A <sub>1,2</sub>	52.80	Agricolo	0.20

Tab. 4.I – Aree scolanti collettore 1

DESIGNAZIONE	Sup (ha)	TIPOLOGIA	COEFF: DEFLUSSO
A <sub>2,1</sub>	27.70	Residenziale	0.30
A <sub>2,2</sub>	36.15	Parco	0.20
A <sub>2,3</sub>	17.80	Parco e residenziale	0.25

Tab. 4.II – Aree scolanti collettore 2

Per determinare il regime pluviometrico e conseguentemente le portate di piena per i vari tempi di ritorno, è stata considerata la stazione pluviometrica di Casciana Terme del Servizio Idrografico di Pisa, che risulta essere quella più significativa in considerazione della sua posizione rispetto al bacino idrografico

Dall'elaborazione statistica delle serie storiche disponibili e relative alle piogge di durata 15 e 30 minuti, 1 ora, 3, 6, 12 e 24 ore sono stati ricavati i valori probabili corrispondenti a prefissati tempi di ritorno, come riportato in Tabella 4.III.

**PIOGGE DI VARIE DURATE E PREFISSATI TEMPI DI RITORNO  
SECONDO GUMBEL**

TR	P(X)	Y(X)	t= 15'	t= 30'	t= 1 ora	t= 3 ore	t= 6 ore	t= 12 ore	t= 24 ore
5	0,8000	1,4999	18,60	30,08	35,65	53,56	63,26	70,95	79,85
10	0,9000	2,2504	21,85	35,02	41,58	63,86	74,68	84,00	92,36
25	0,9600	3,1985	25,96	41,27	49,08	76,87	89,10	100,48	108,17
50	0,9800	3,9019	29,00	45,91	54,64	86,53	99,79	112,71	119,90
100	0,9900	4,6001	32,02	50,51	60,16	96,11	110,41	124,84	131,54
200	0,9950	5,2958	35,04	55,09	65,66	105,66	120,99	136,94	143,13

**Tabella 4.III**

Utilizzando i dati della Tabella 4.I, attraverso l'impiego del metodo dei minimi quadrati, è stata determinata la relazione tra le altezze di

$$h_{(T_r,t)} = a_0 \cdot T_r^m \cdot t^n$$

pioggia, il tempo di ritorno e la durata secondo l'espressione monomia:

dove:

h = altezza di pioggia in mm;

T<sub>r</sub> = tempo di ritorno in anni;

t = durata della pioggia in ore.

La suddetta relazione è stata ricavata separatamente per le piogge di durata da 15' ad 1 ora e per quelle di durata da 1 a 24 ore; i parametri a, m ed n ottenuti sono riportati nella seguente Tabella IV:

Stazione	a0	m	n(t)	
			<1ora)	>1ora)
Casciana	30	0.	0.	0.
Terme	.13	17	46	25

Tabella 4.IV

Sono state determinate , quindi , le curve segnalatrici per i tempi di ritorno di 100 e 200 anni.

Per un tempo di ritorno di 100 anni la curva segnalatrice risulta la seguente :

per piogge di durata inferiore ad 1 ora :

$$h = 65.92 \quad t^{0.46}$$

per piogge di durata maggiore di 1 ora :

$$h = 65.92 \quad t^{0.25}$$

Per un tempo di ritorno di 200 anni la curva segnalatrice risulta , invece, la seguente :

per piogge di durata inferiore ad 1 ora :

$$h = 74.16 \quad t^{0.46}$$

per piogge di durata maggiore di 1 ora :



Per il dimensionamento idraulico dei due collettori in progetto e dei relativi manufatti di attraversamento in corrispondenza della nuova circonvallazione si sono determinate, le portate al colmo corrispondenti ai tempi di ritorno precedentemente indicati impiegando il metodo razionale ed adottando le seguenti ipotesi :

Durata della pioggia critica pari ad 1 ora ;

Coefficiente di deflusso pari a 0.30 per le aree residenziali e produttive e 0.20 per le aree a verde (agricole o parco); per le aree a destinazione mista e' stato adottato un valori intermedio .

Secondo il metodo adottata la portata al colmo e' fornita dalla seguente espressione :

Dove :

$$Q_{\max} = 10 K_{\text{med}} h A$$

$Q_{\max}$  = portata al colmo in mc/s ;

$K_{\text{med}}$  = valore medio del coefficiente di deflusso ;

$h$  = altezza di pioggia corrispondente alla durata critica in mm;

$A$  = area scolante del bacino in ha .

Adottando , quindi , una durata della pioggia critica pari ad 1 ora si avranno i seguenti valori delle piogge critiche :

Per  $T_r = 100$  anni  $h = 65.92$  mm ;

Per  $T_r = 200$  anni  $h = 74.16$  mm ;

I valori delle portate determinate come sopra descritto sono riportati nella seguente Tabella:

	Aree scolanti	S (ha)	$K_{\text{med}}$	$Q_{100}(\text{mc/s})$	$Q_{200}(\text{mc/s})$
Collettore 1	A 1,1+ A 1,2	90.00	0.241	3.97	4.47
Collettore 2	A 2,1+A 2,2+A 2,3	81.65	0.245	3.66	4.12

Tabella 4.IV

I due collettori sono stati verificati con la portata duecentennale e centennale. L'incremento del picco dell'onda di piena per la F. Nuova è trascurabile sia perchè è già stata considerata in fase di studio una permeabilità modesta per le aree in oggetto, sia perchè la riduzione del tempo di corrivazione causata dall'incremento di velocità dovuto alla costruzione dei canali sfasa i picchi di piena della F. Nuova e dei due collettori.

Sul territorio comunale di Ponsacco sono stati previsti tre differenti scenari per i diversi tempi di ritorno:

- **scenario 1-** corrispondente all'attuale situazione territoriale in assenza di interventi di messa in sicurezza idraulica evidenziato alle tavole 3, 4 e 5;
- **scenario 2-** corrispondente alla situazione territoriale dopo la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza idraulica del fiume Cascina evidenziato alle tavole 6, 7 e 8;
- **scenario 3-** corrispondente alla situazione territoriale dopo la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza idraulica del fiume Cascina e della Fossa Nuova evidenziato alle tavole 9, 10 e 11;

Nello scenario 1 le aree di esondazione del Fiume Cascina a monte del Ponte S. Marco vanno ad interessare in maniera sostanziale le aree adiacenti la Fossa Nuova, infatti l'acqua che esonda in sinistra dal F. Cascina viene naturalmente raccolta, per evidenti ragioni orografiche, dal bacino della Fossa Nuova il cui alveo non è in condizioni di drenarla. Alla luce dei seguenti presupposti non è possibile progettare alcun tipo di intervento sulla Fossa Nuova se non si realizza l'intervento di messa in sicurezza del F. Cascina la cui realizzazione, in corso di esecuzione, dovrebbe terminare nella prima metà del 2004.

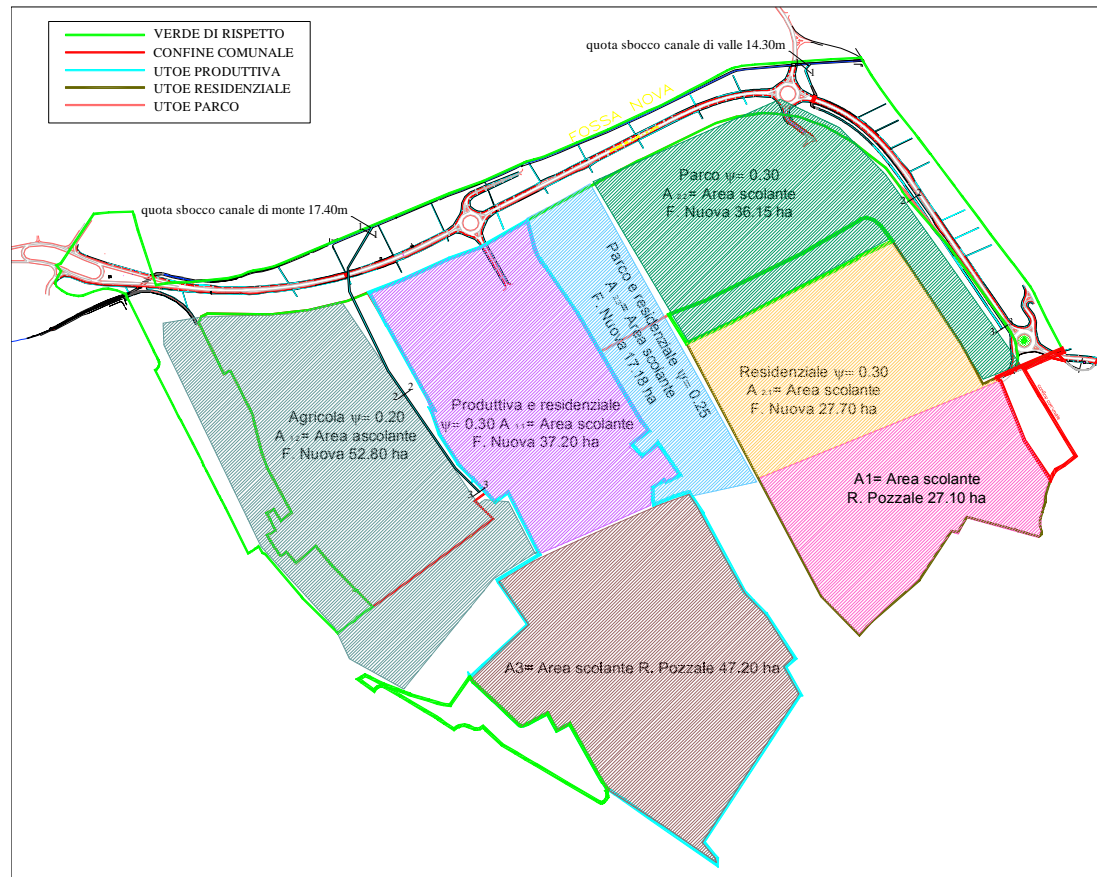


Fig. 4.1 Planimetria aree scolanti

Nel primo scenario sono state effettuate le simulazioni a moto vario del F. Cascina e del F. Era.

I risultati delle simulazioni con idrogrammi di piena aventi TR 100 e 200 per il F. Cascina (si è omessa la portata trentennale in quanto anche la duecentennale è contenuta- nei tratti di interesse – in alveo) e Tr 30, 100 e 200 per il F. Era sono riportati nell'allegato alla presente relazione.

Nelle tavole sono state inoltre indicate, con delle frecce, le sezioni nelle quali si verificano le esondazioni.

Per il fiume Cascina, dalle simulazioni, si evince che l'idrogramma di piena è completamente contenuto in alveo a valle della confluenza con l'Era.

Il fiume Era invece presenta una esondazione diffusa sia in destra che in sinistra fino alla sezione 78; da questa sezione e fino alla sezione 55 l'esondazione si verifica solo in sponda destra.

Per simulare l'esondazione in sponda destra a monte della sezione 67 è stato inserito nel modello una soglia sfiorante della lunghezza di circa 120 m che lamina l'idrogramma di piena dal valore di picco di 1007 m<sup>3</sup>/s al valore di 929 m<sup>3</sup>/s con uno svaso di circa 1.067.000 m<sup>3</sup>, che invadono l'area in destra idrografica dell'Era fino all'argine circondariale di Val di Cava.

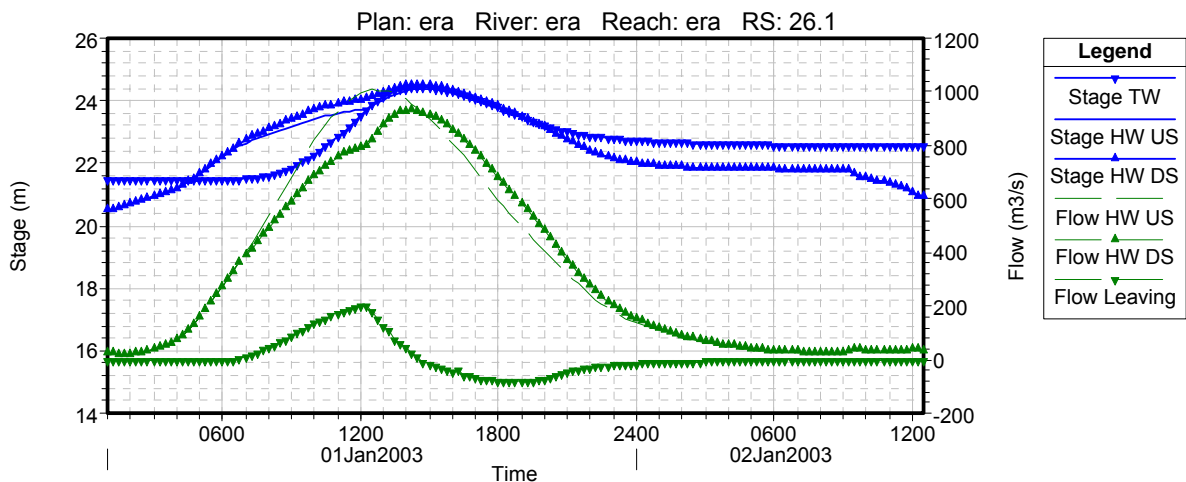


Fig. 4 .1 Grandezze idrauliche interessanti la soglia di sfioro

I volumi che esondano in destra generano delle aree di esondazione in gran parte coincidenti con quelle previste dal P.A.I.; viceversa in sinistra sono state deperimtrate delle aree che non sono più raggiungibili dalle acque esondate a monte e che non sono interessate da fenomeni di esondazione lungo il loro attraversamento.

Nello scenario 2, la situazione lungo il fiume Era non muta, cambia la condizione del fiume Cascina che, a seguito della realizzazione delle casse di espansione non esonda più in sinistra a monte del comune di Ponsacco e pertanto le sue acque non vanno più ad interessare il bacino della fossa Nuova, la cui perimetrazione è calcolata in base al suo solo bacino idrografico.

Nello scenario 3 con la messa in sicurezza della Fossa Nuova è possibile deperimetrare l'area acavallo della Fossa Nuova.

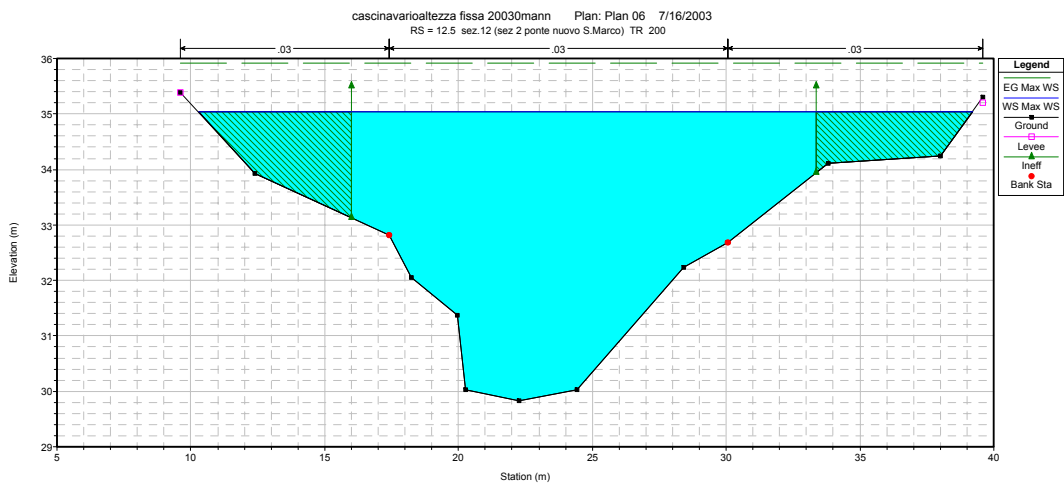
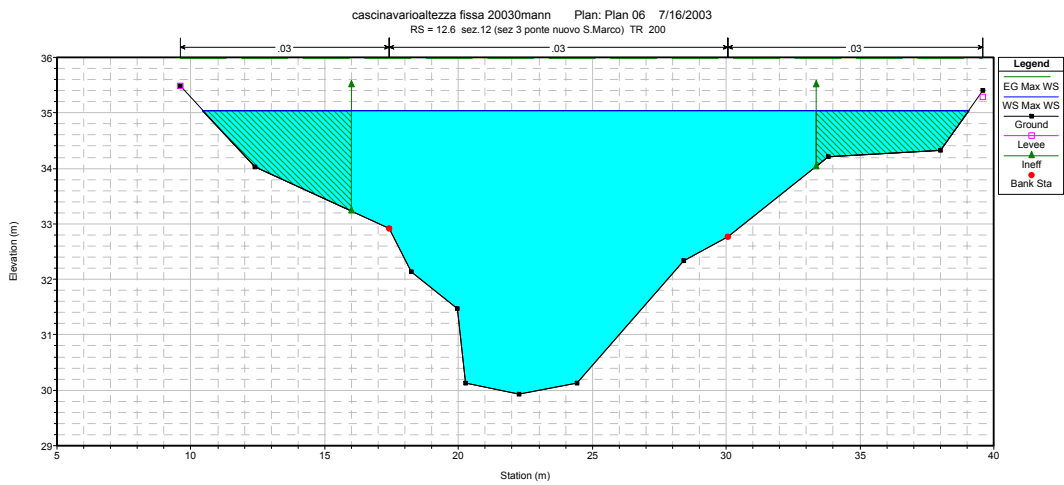
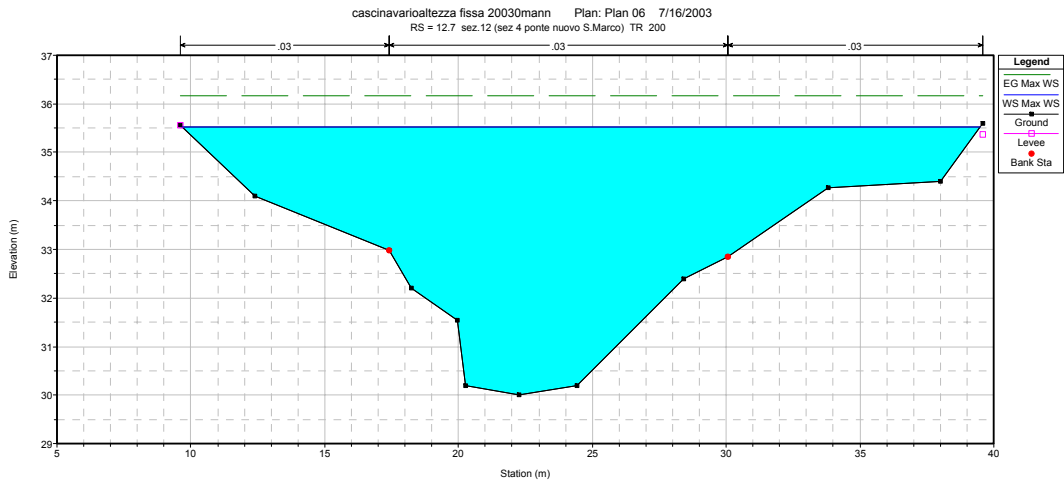
Pisa Luglio 2003

Dott. Ing. Nicola Croce

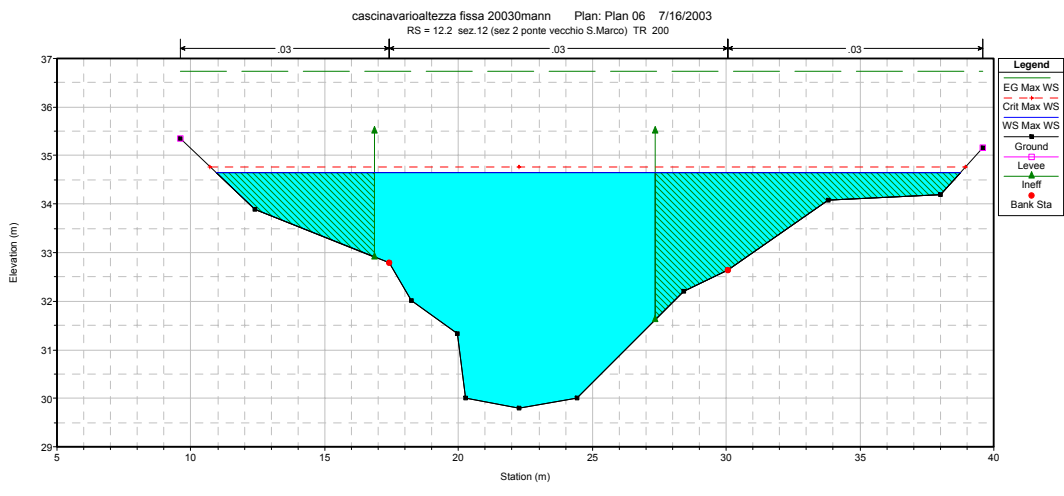
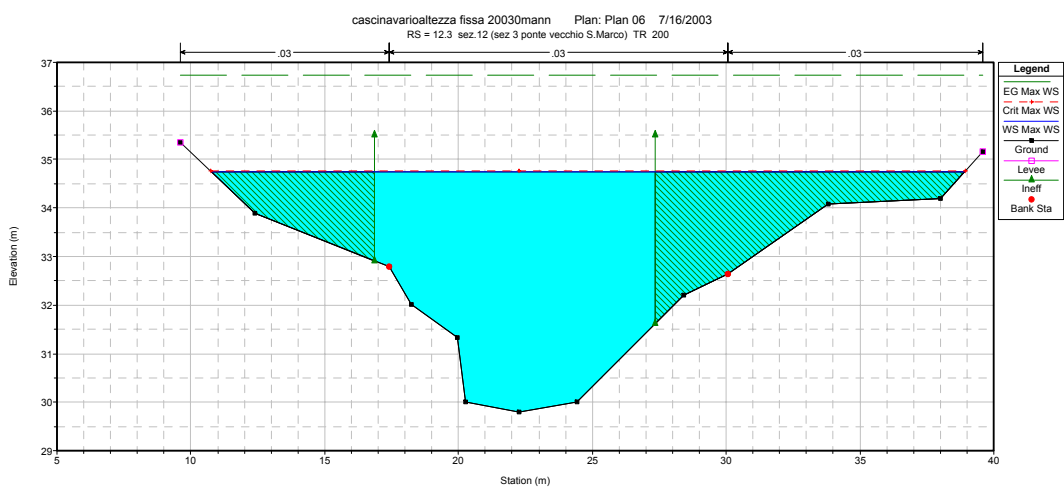
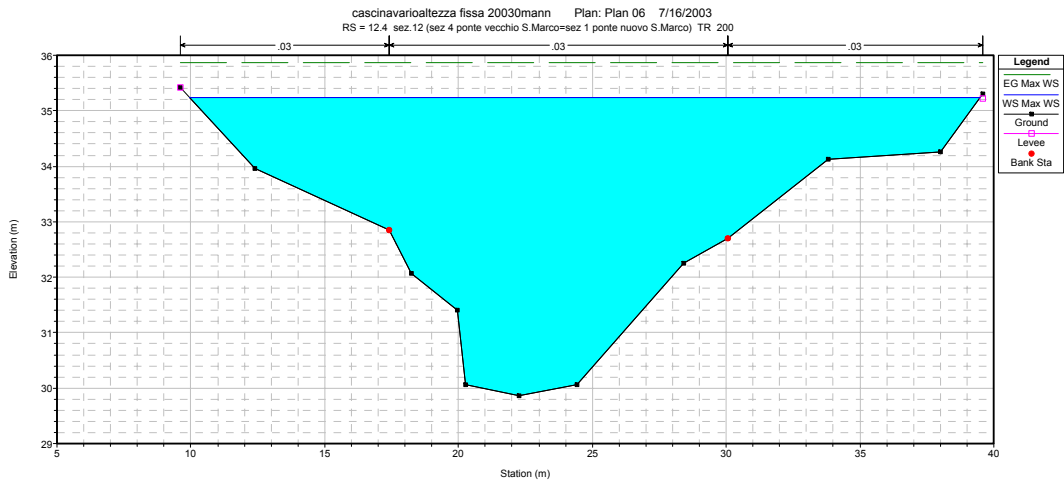
Prof. Ing. Carlo Viti

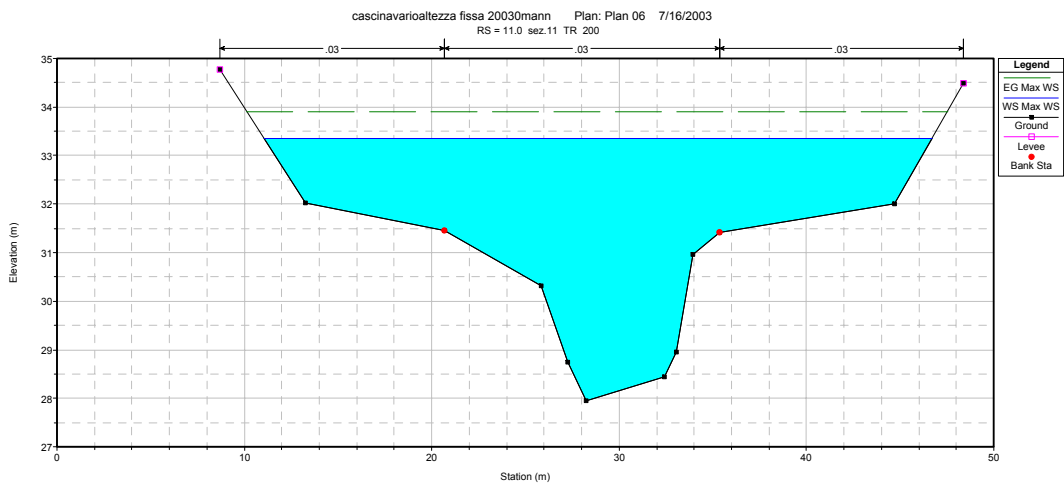
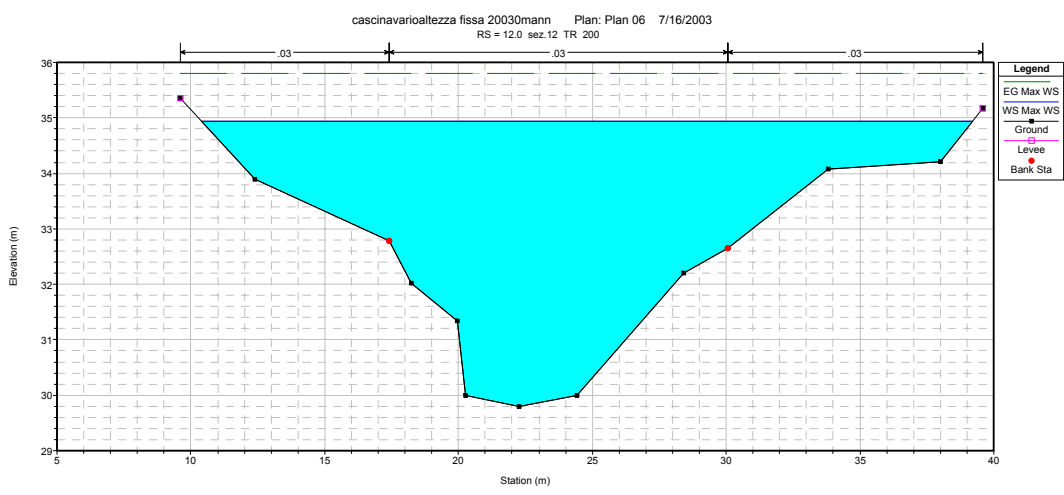
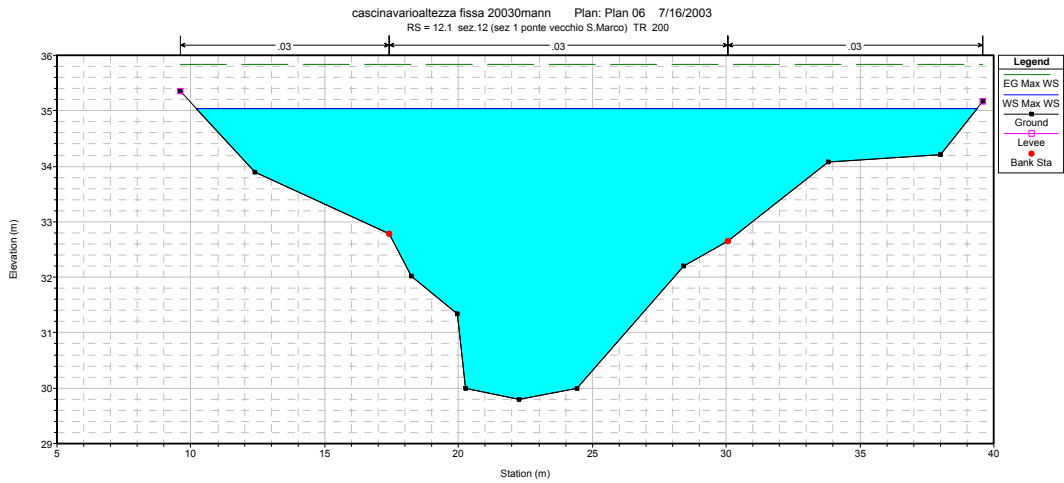
## **Allegati HEC-RAS**

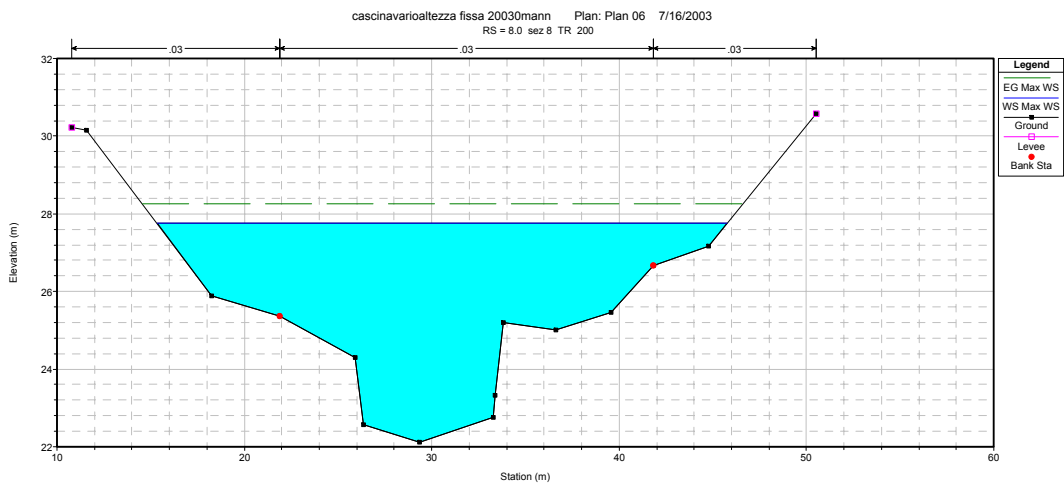
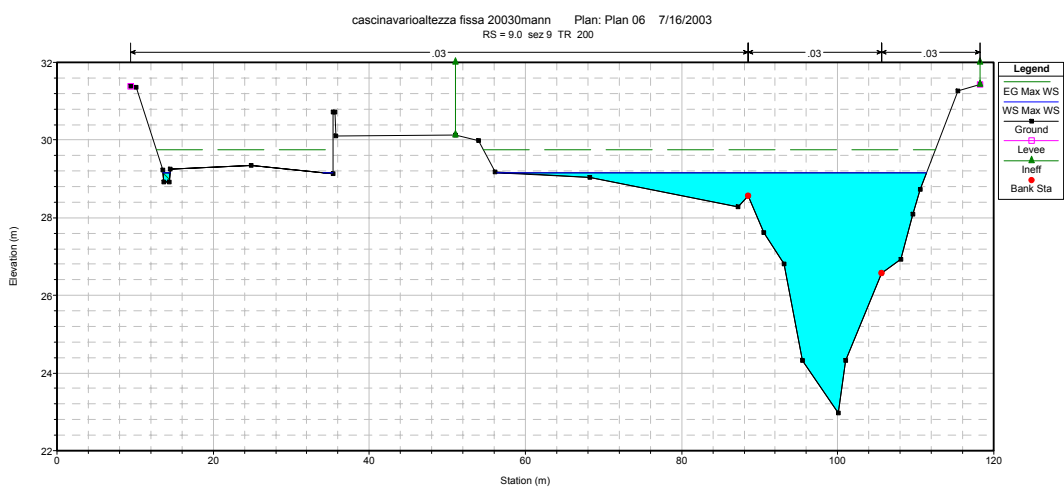
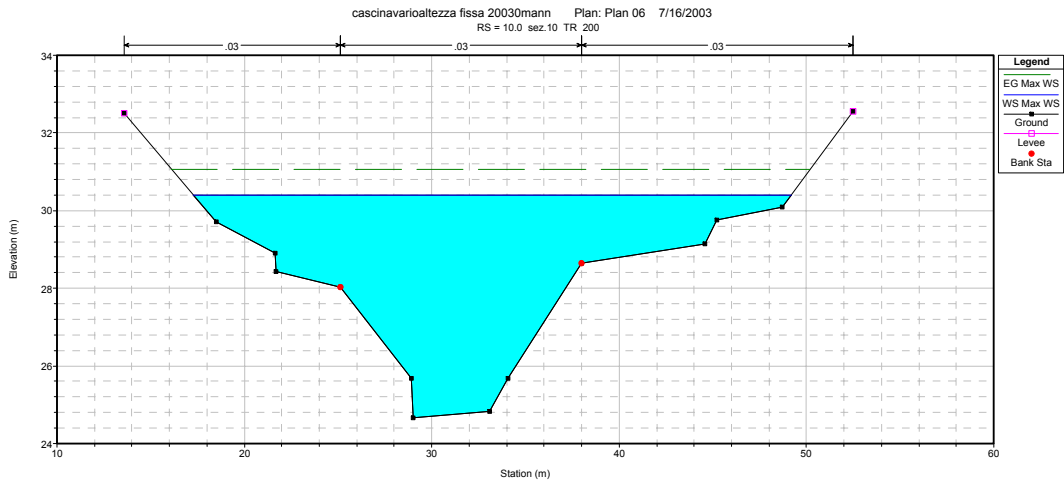
FIUME CASCINA  
TR 200

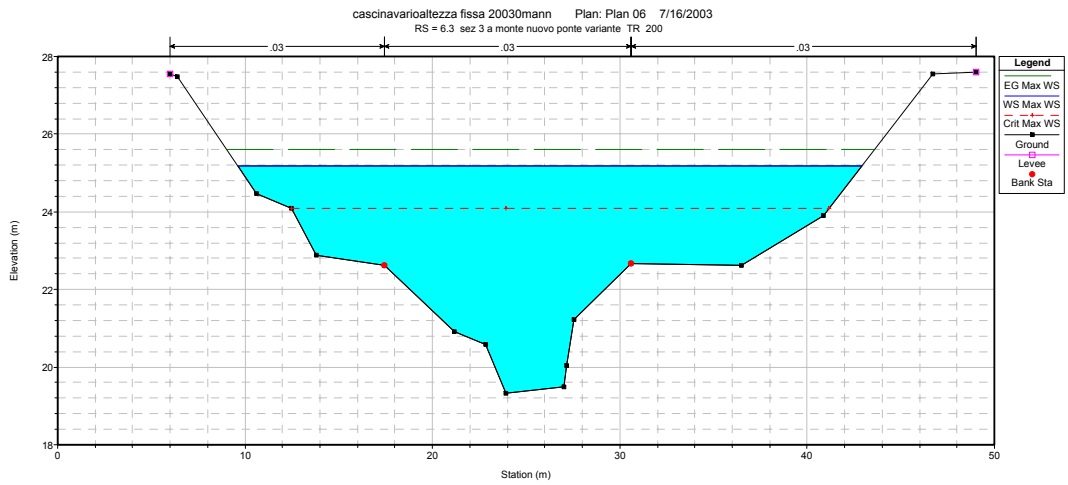
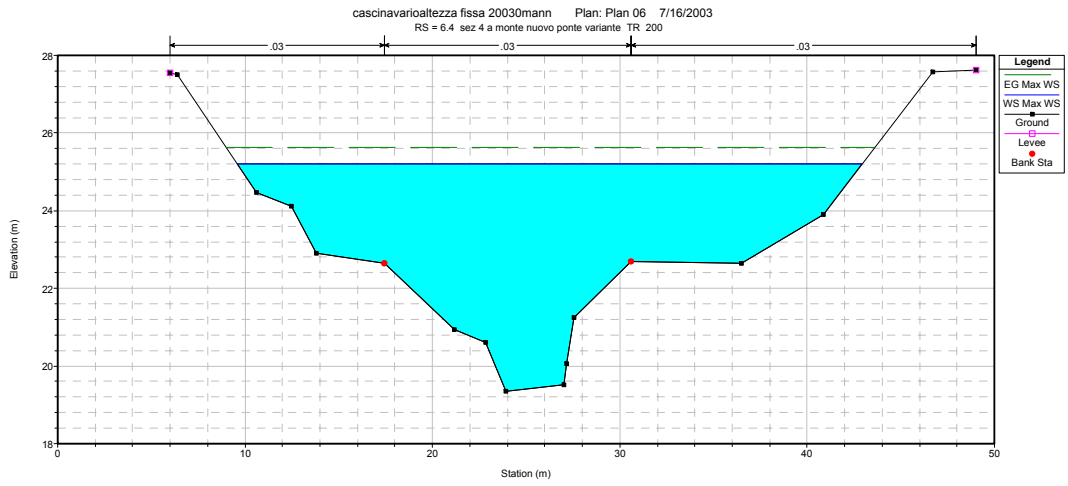
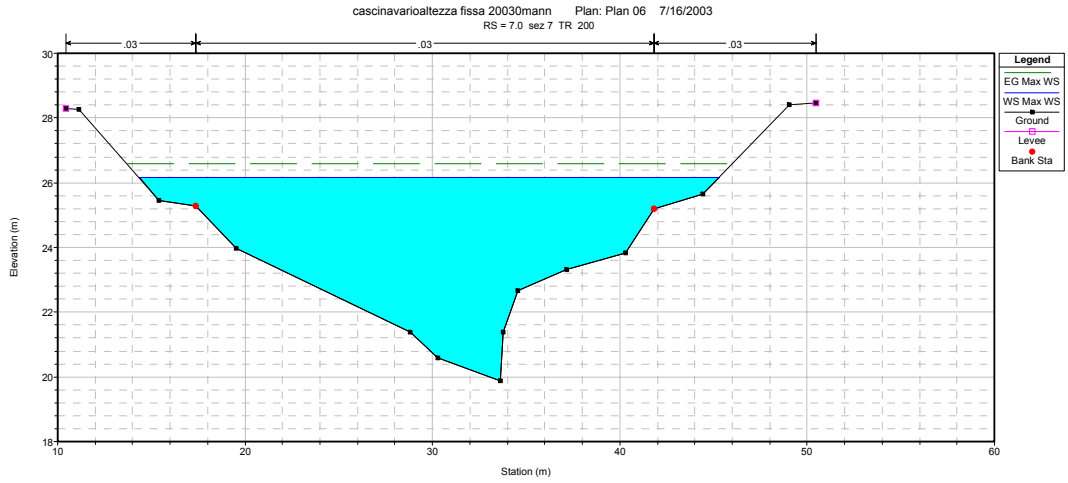


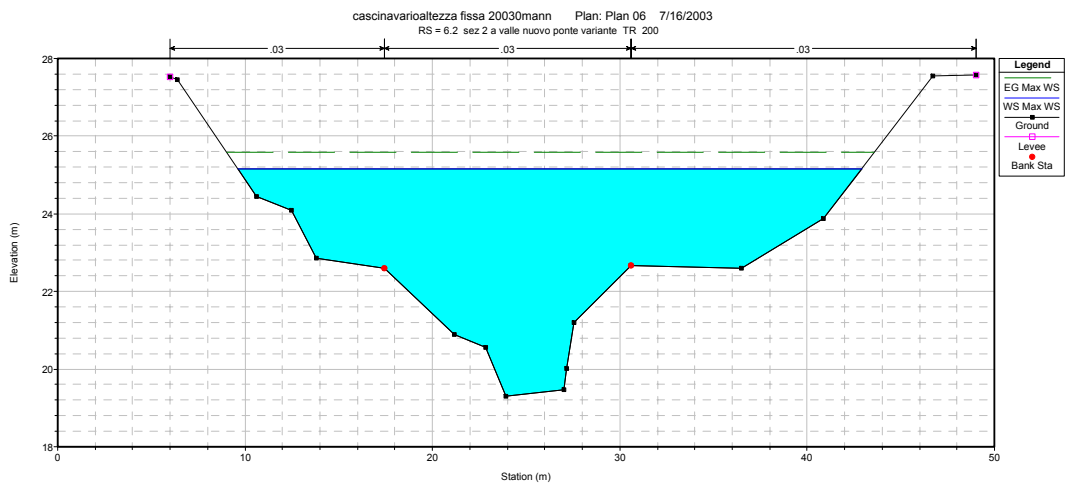
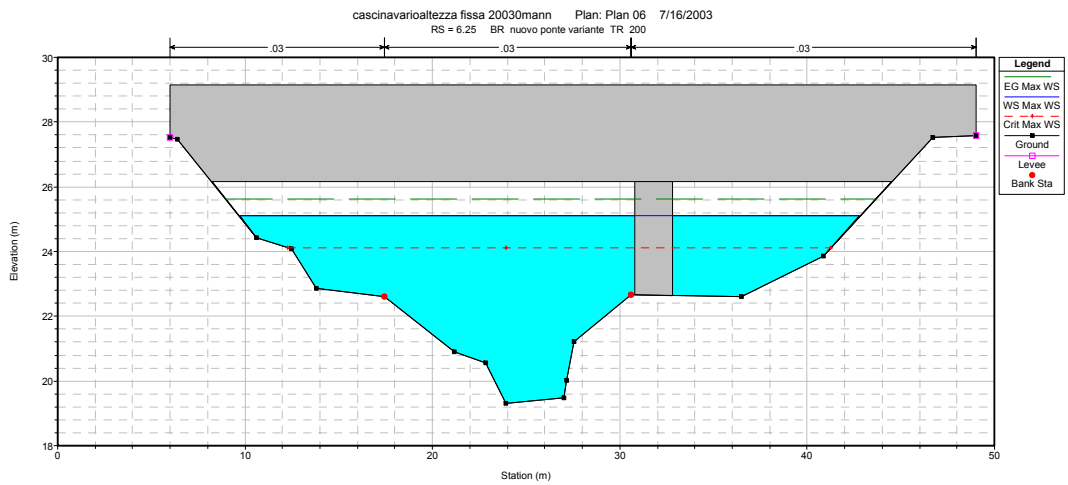
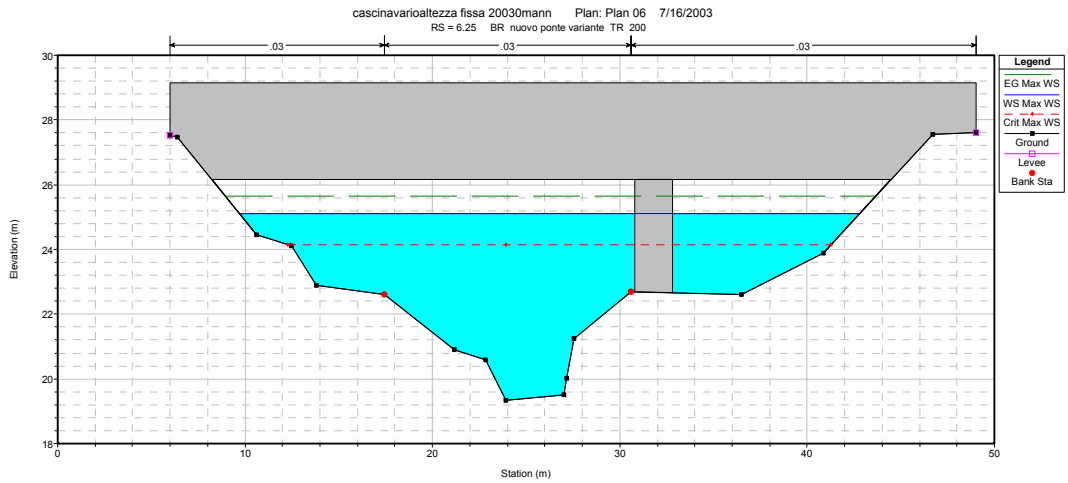


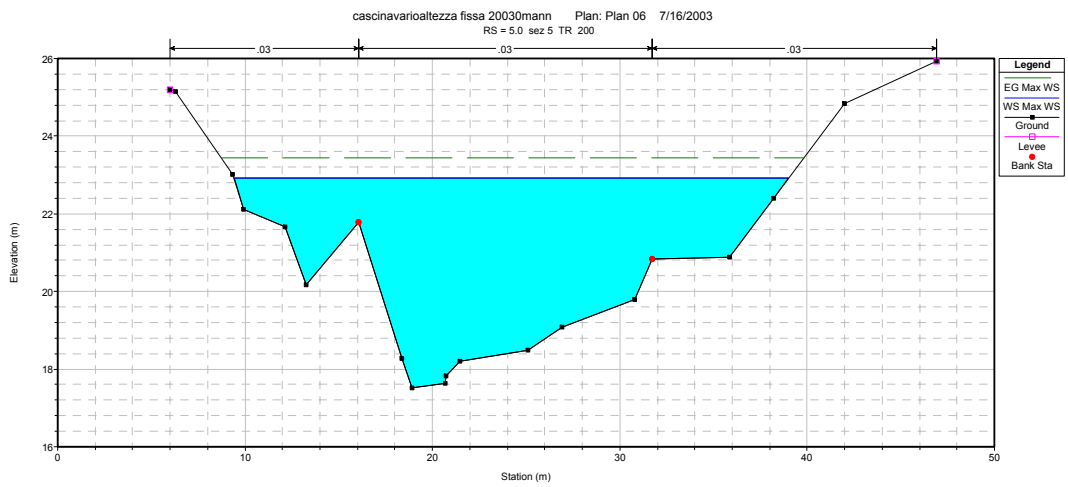
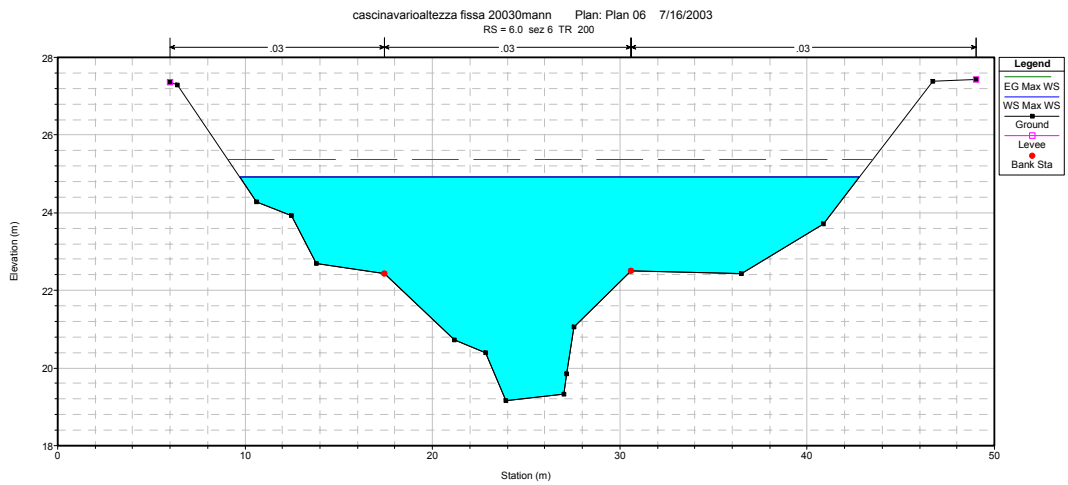
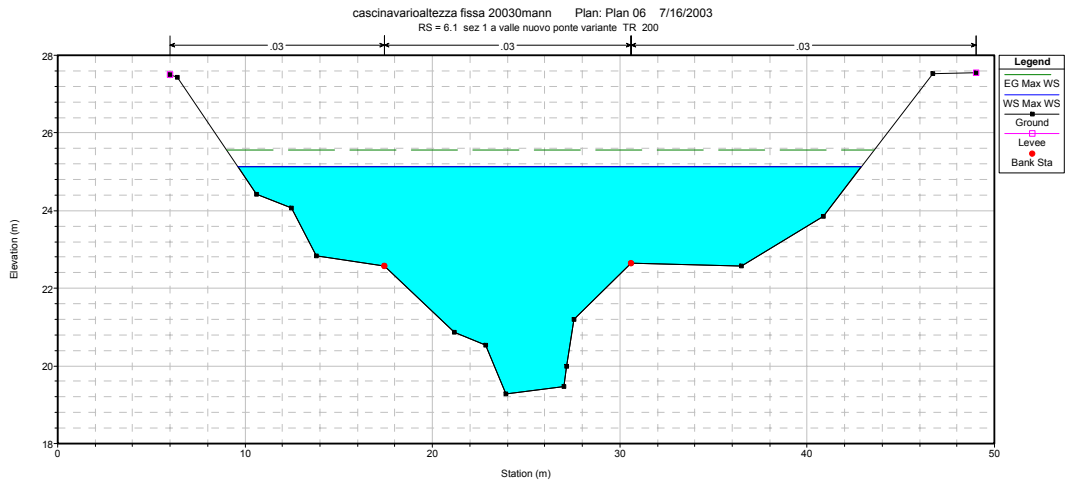


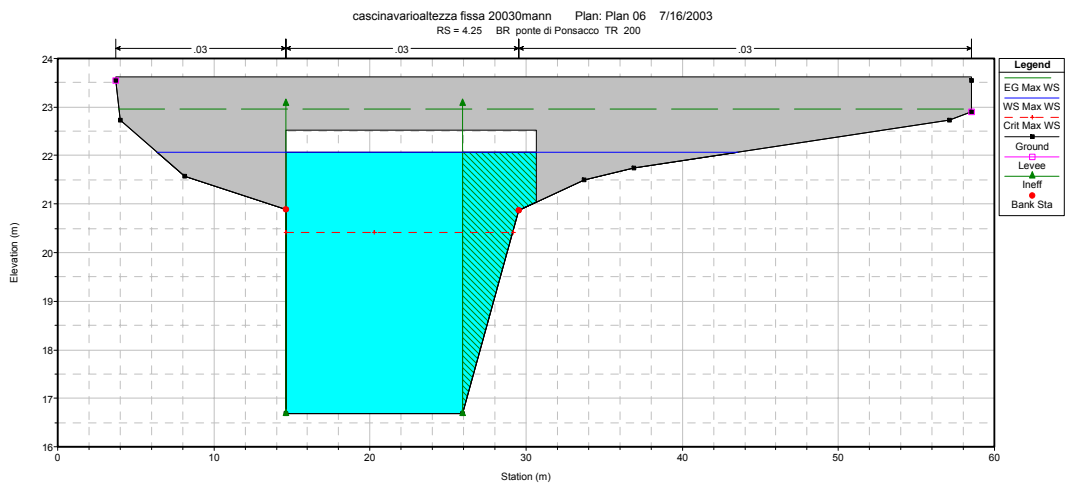
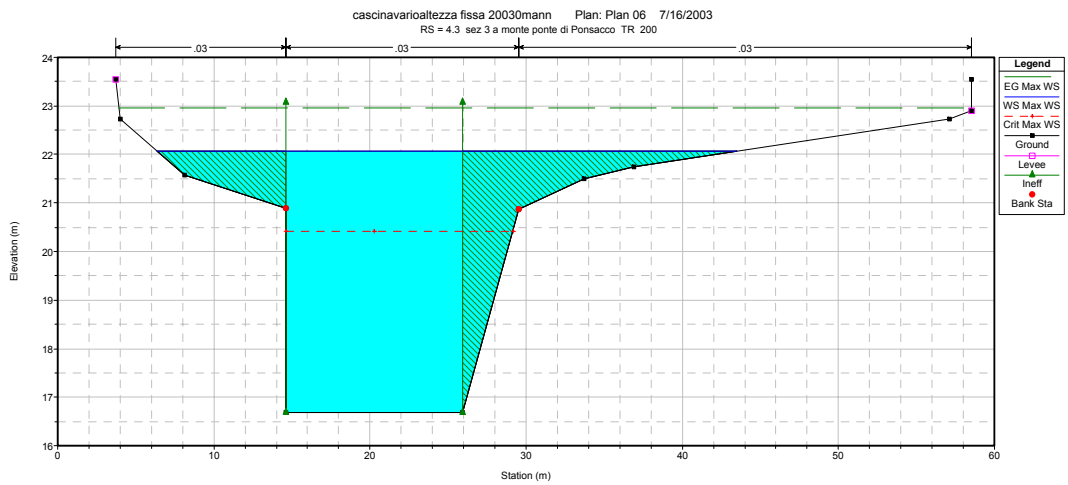
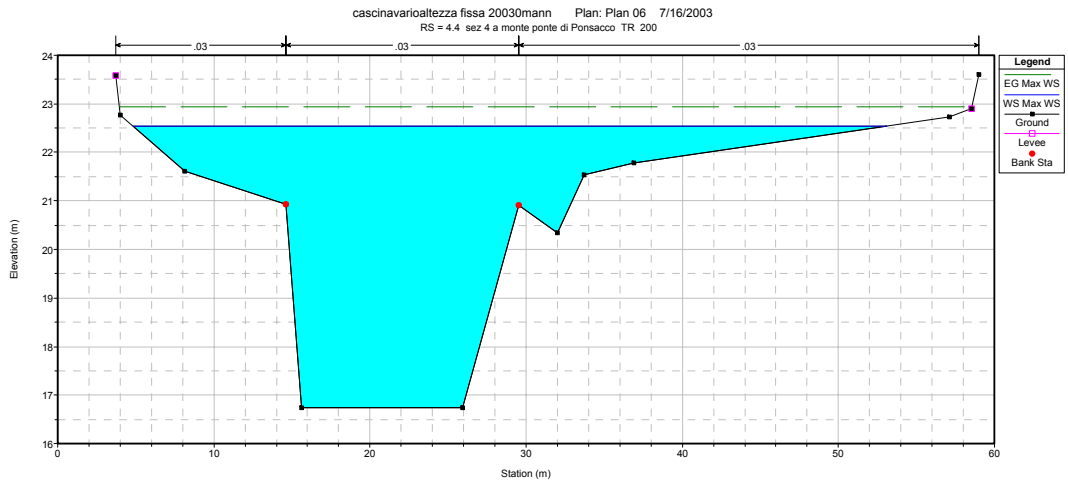


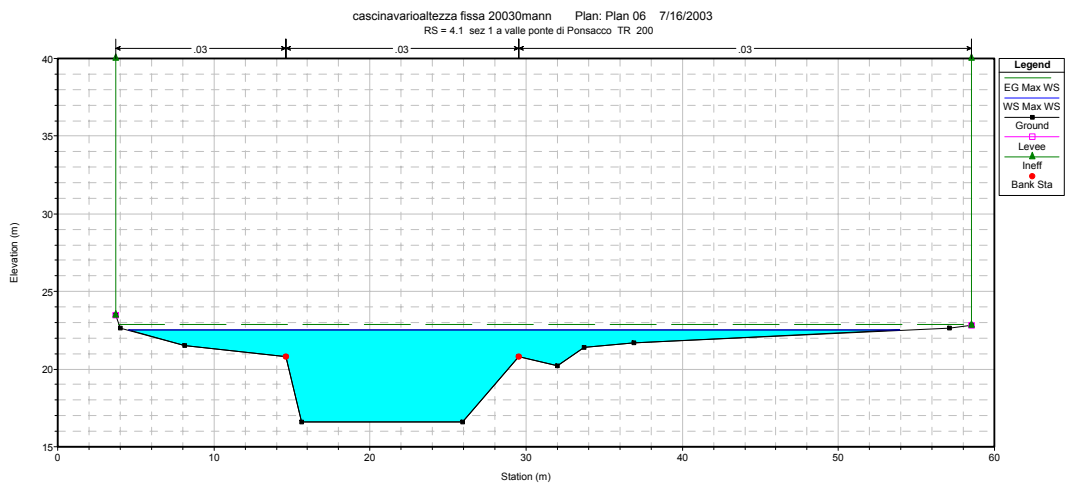
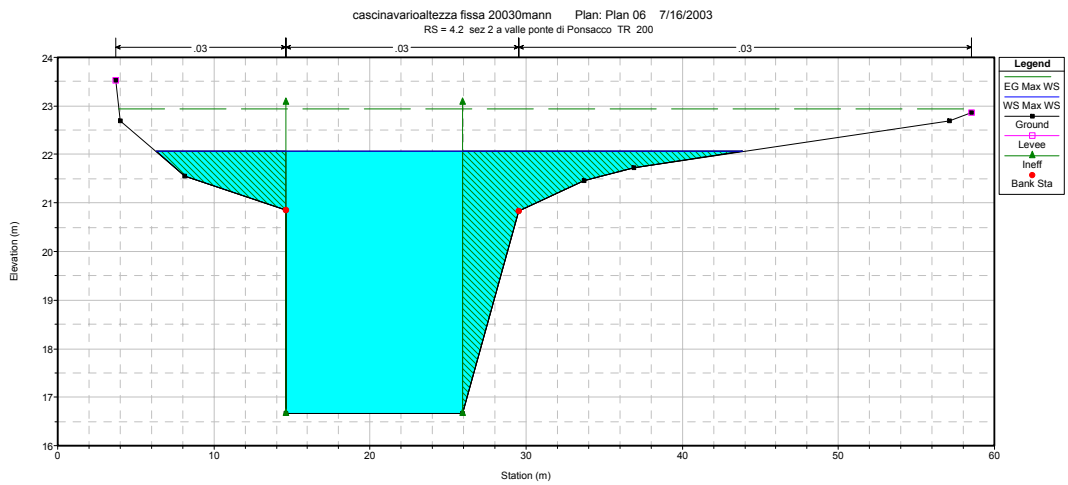
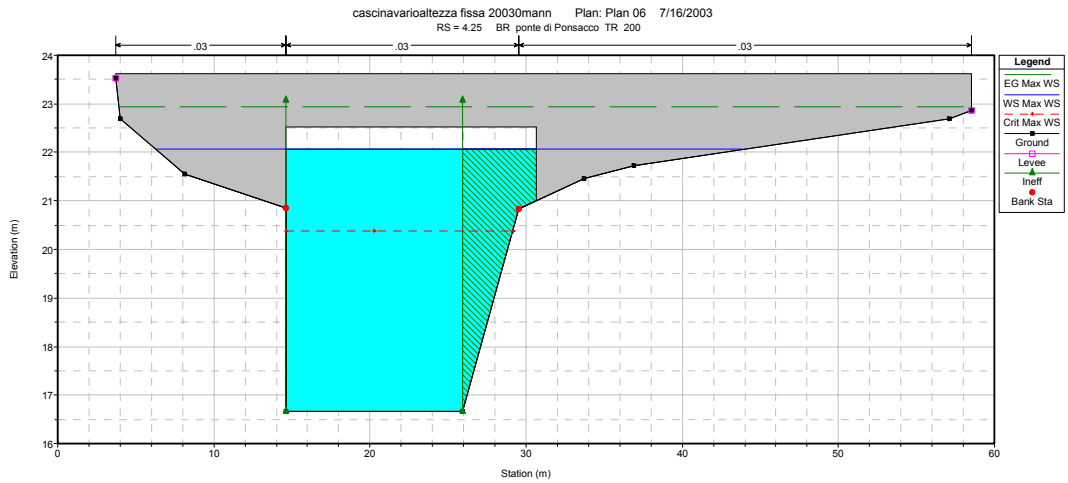




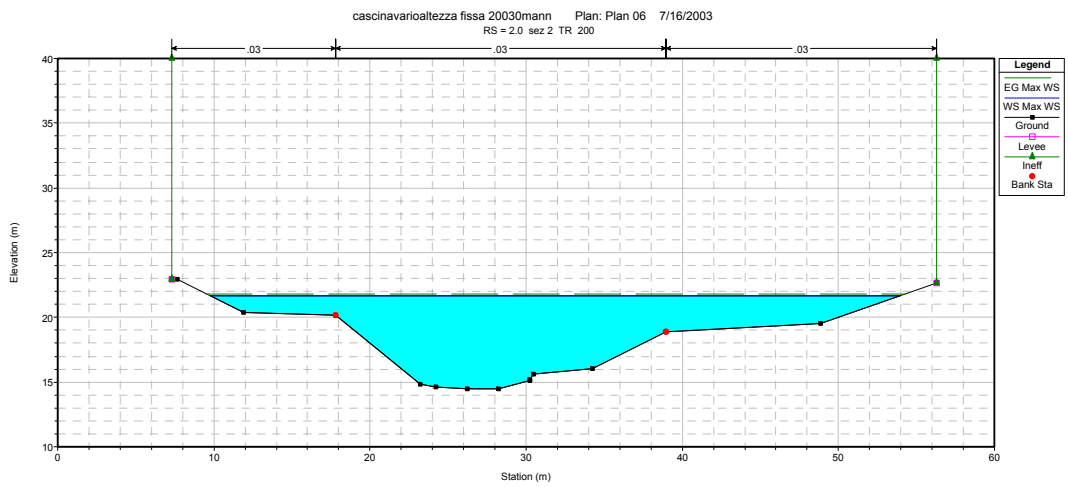
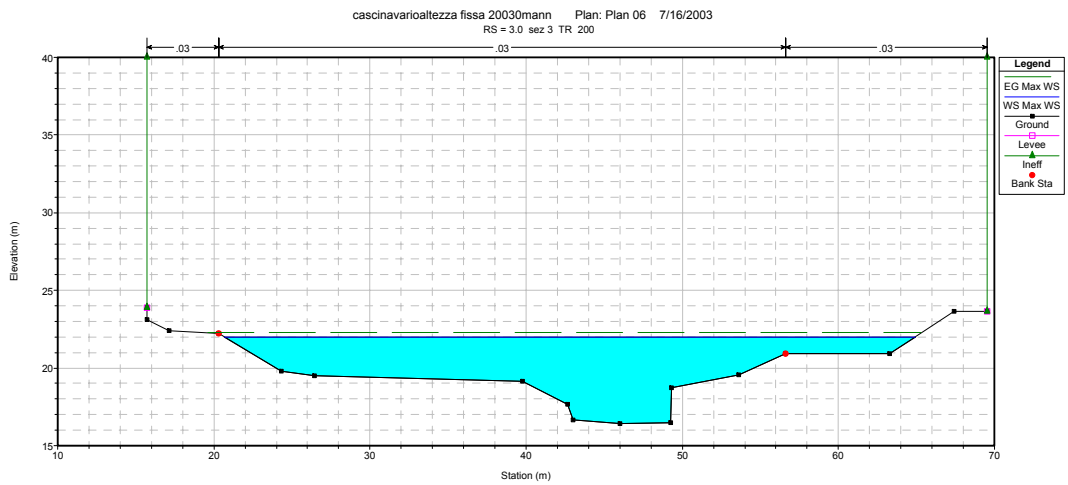
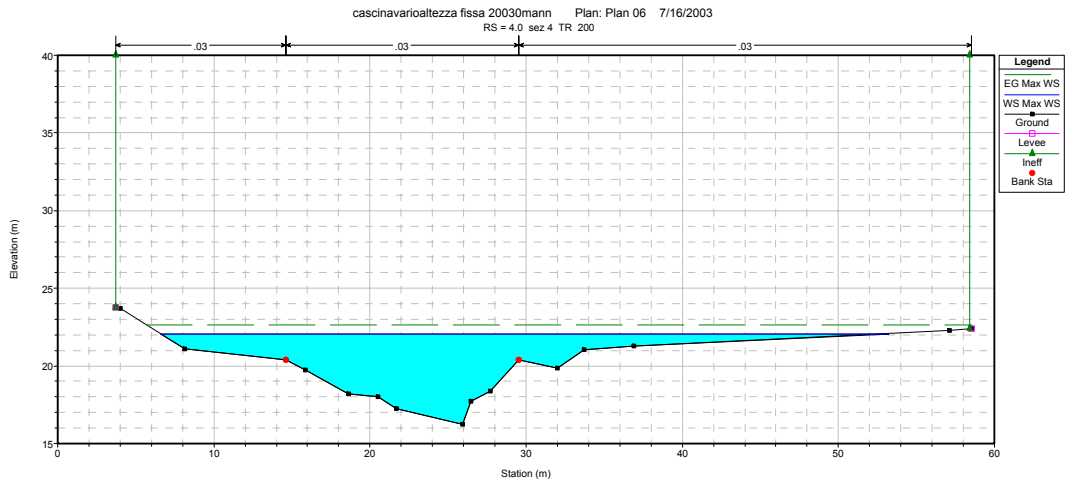


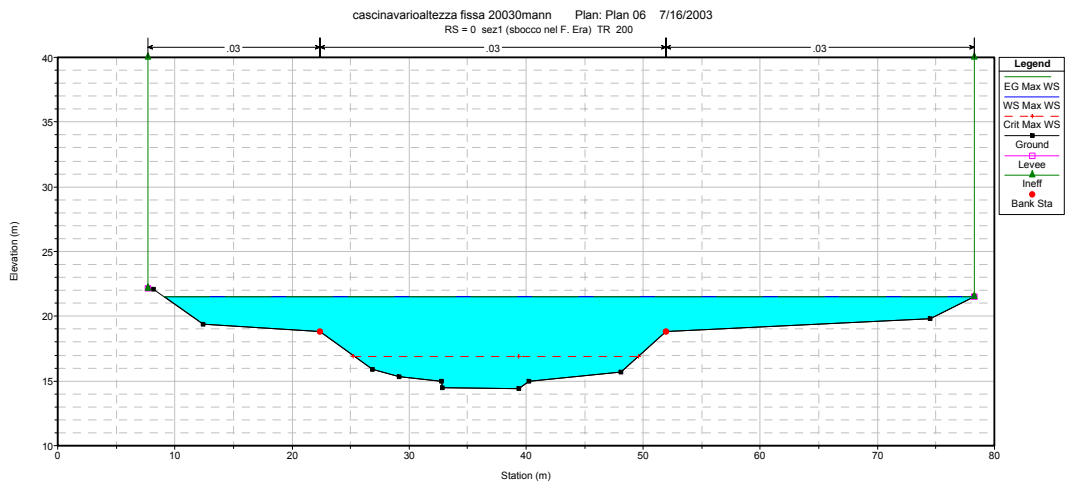
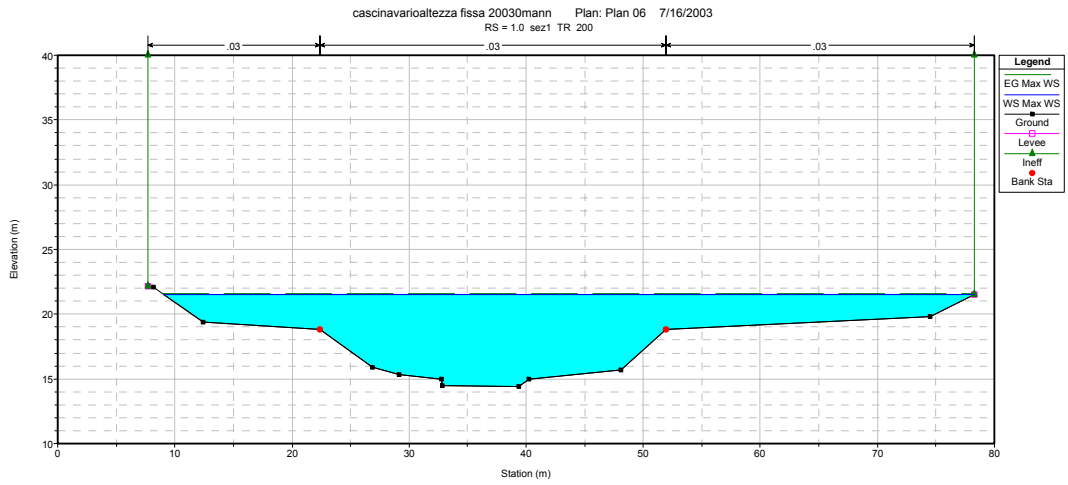


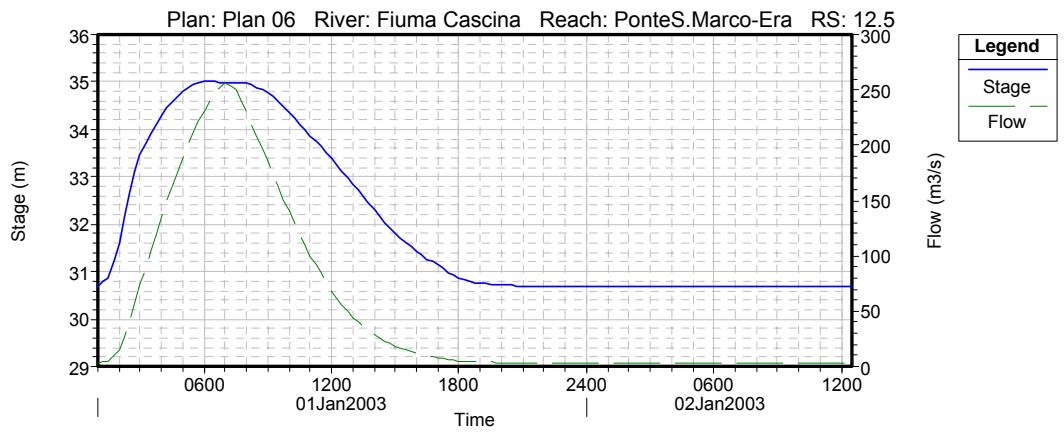
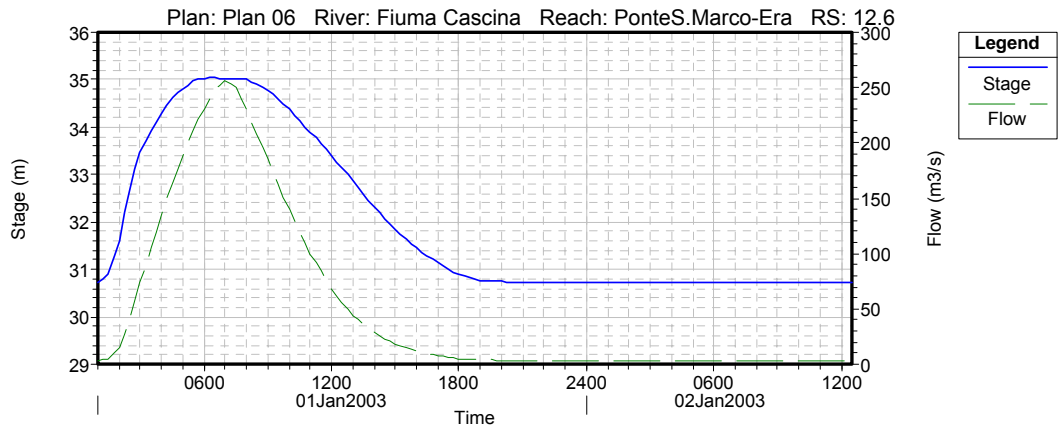
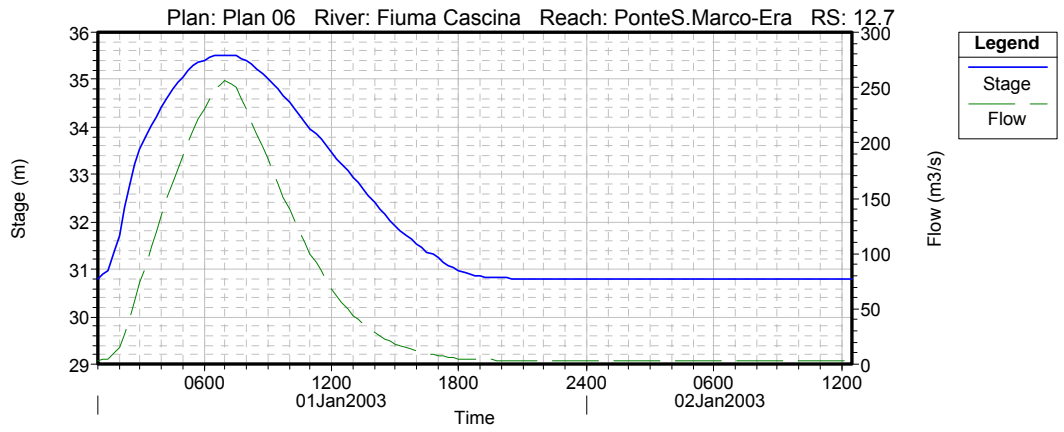


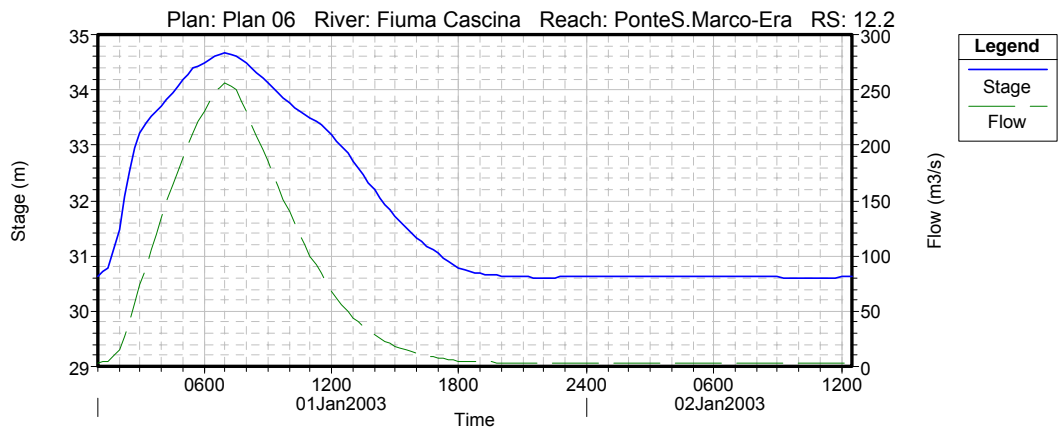
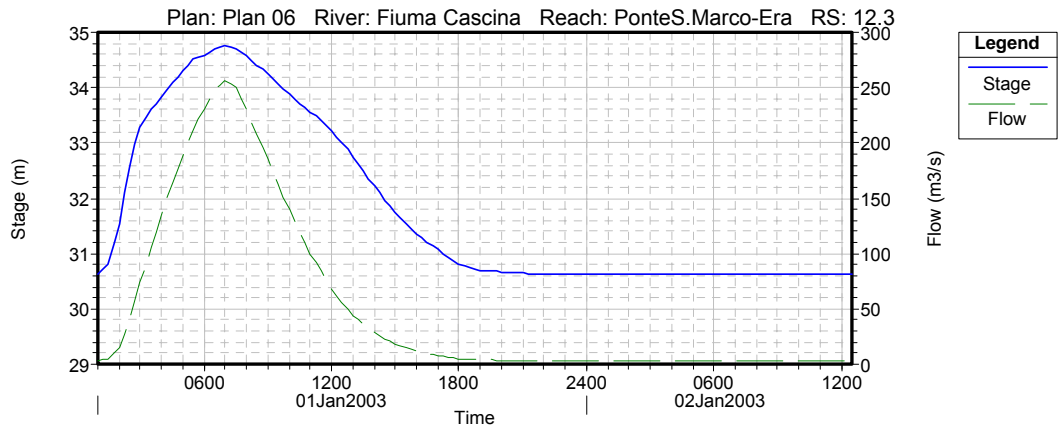
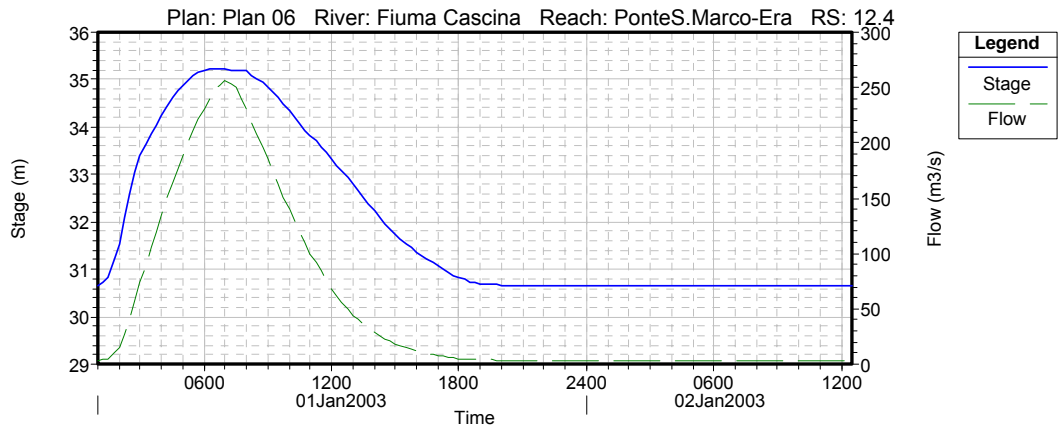


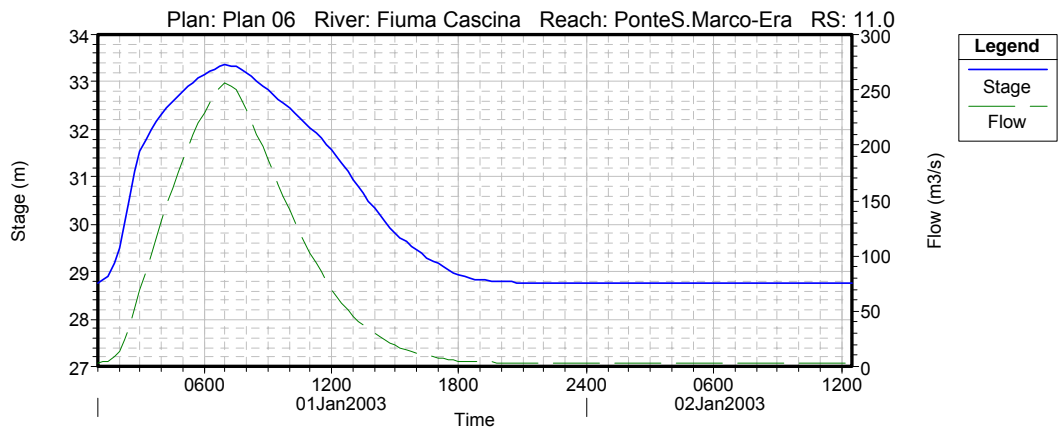
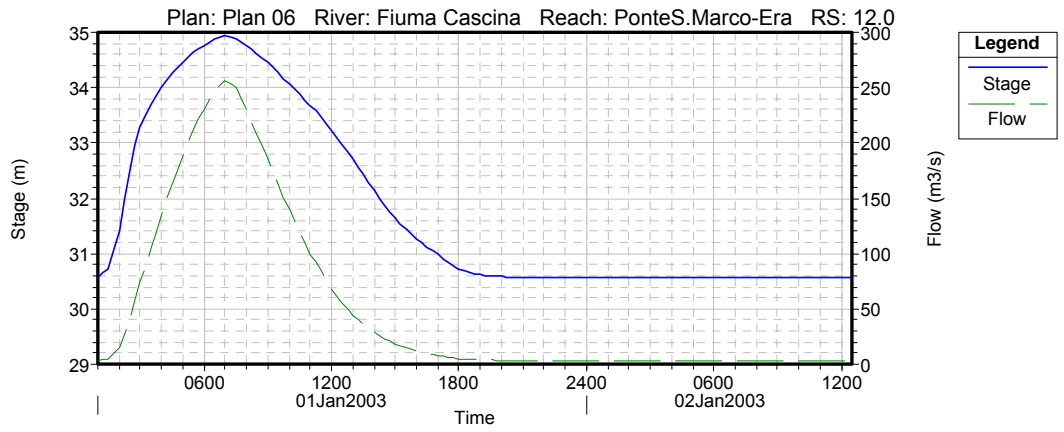
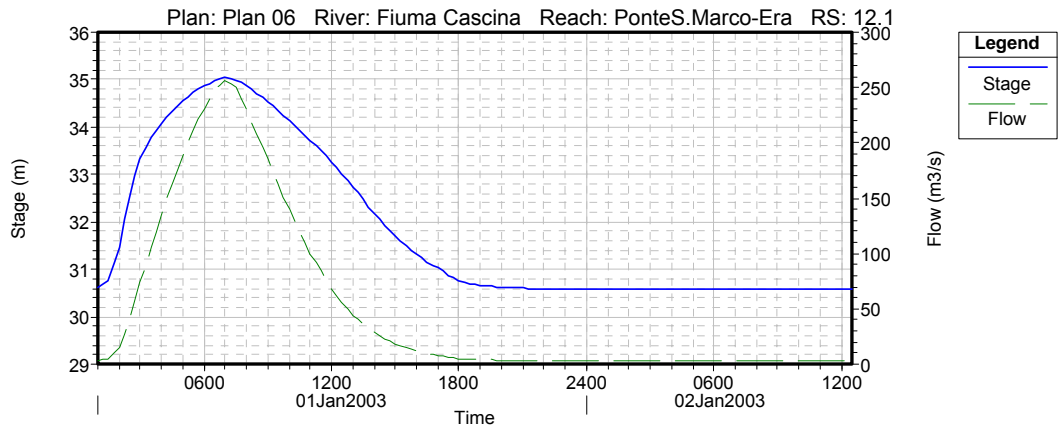


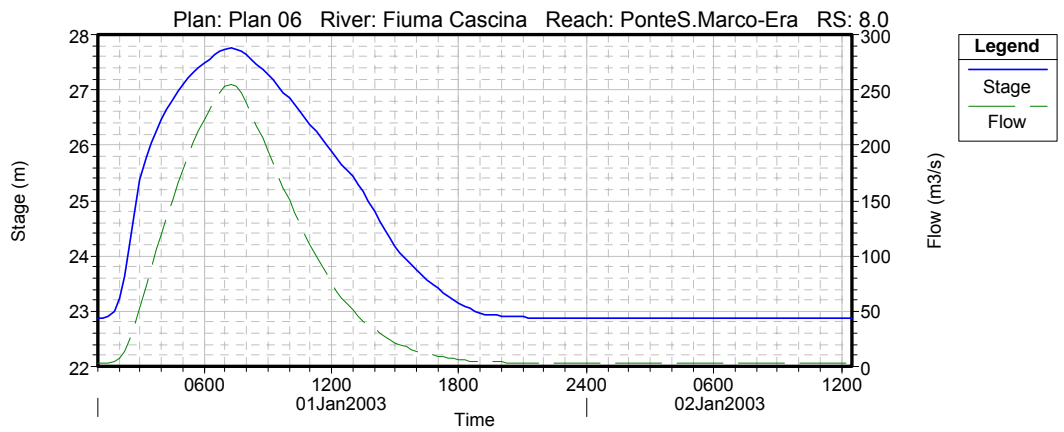
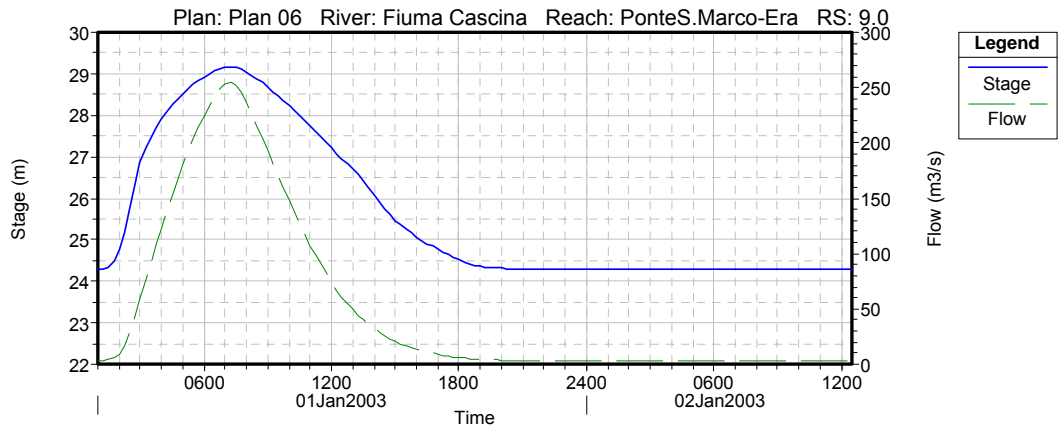
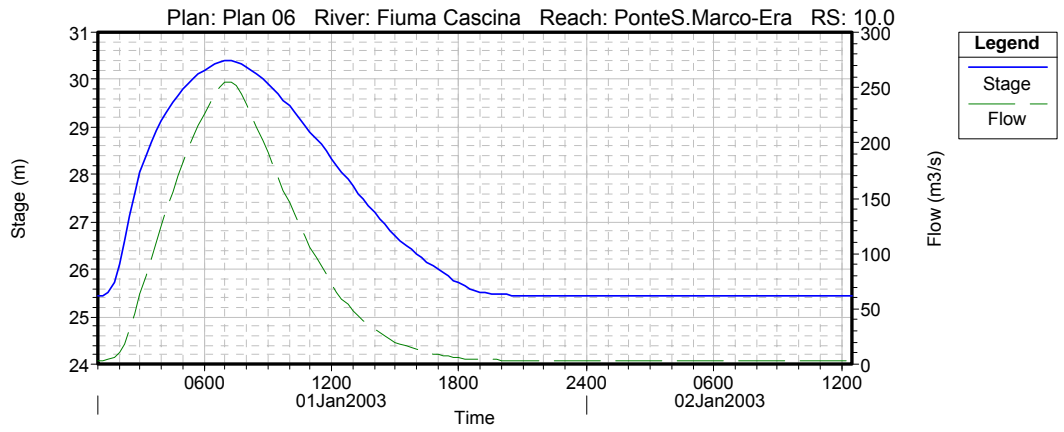


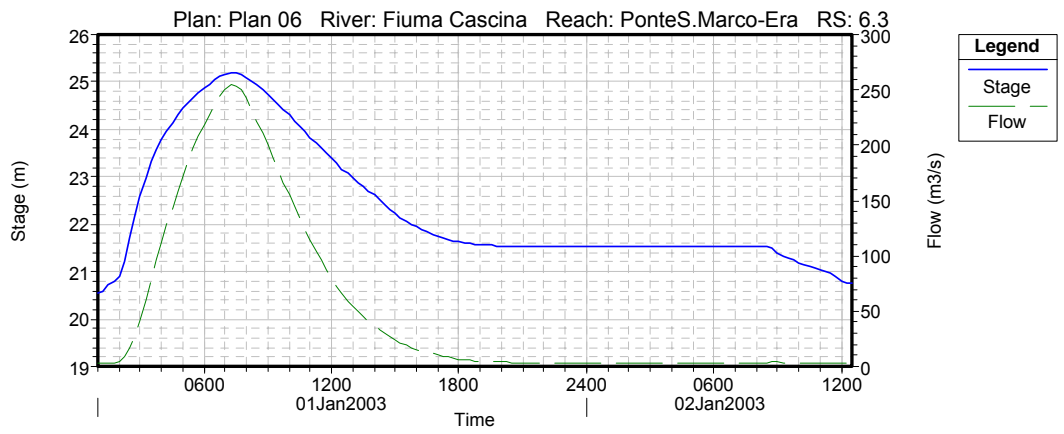
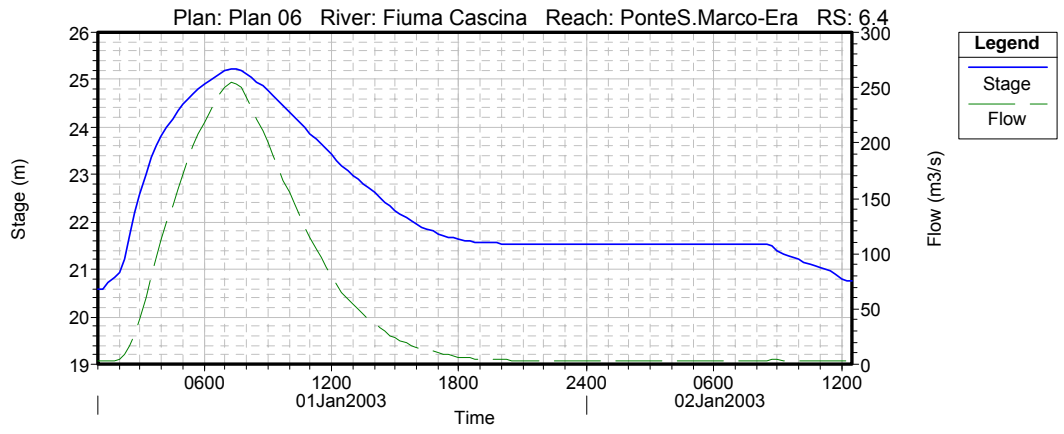
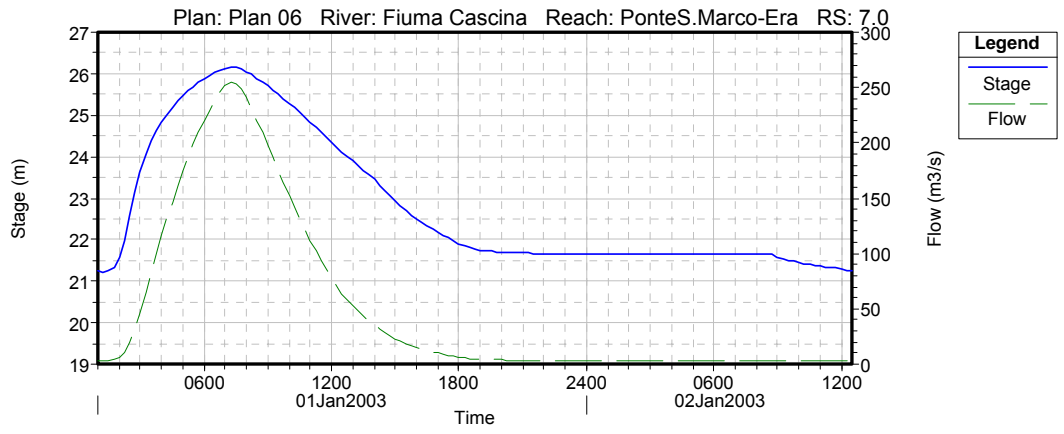


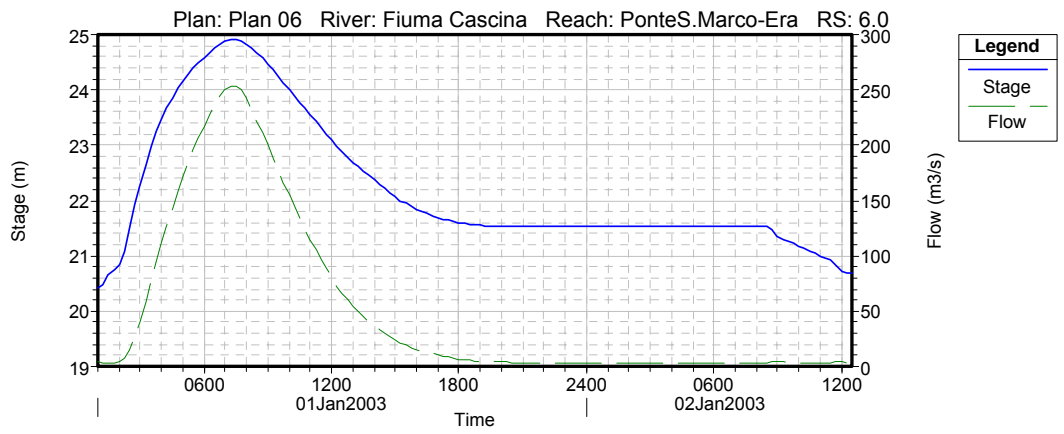
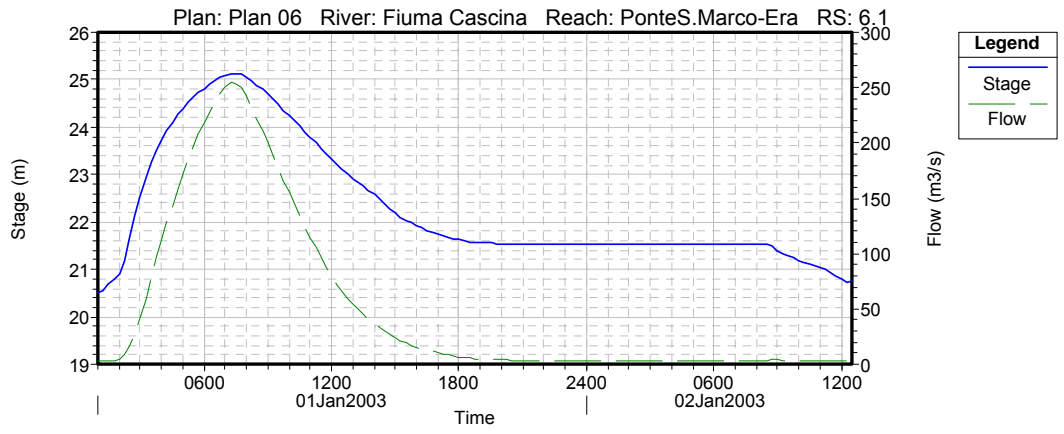
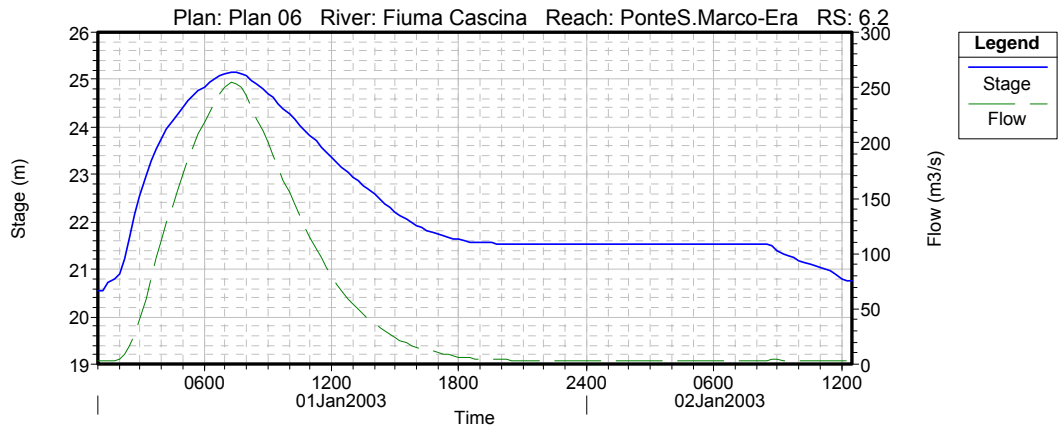




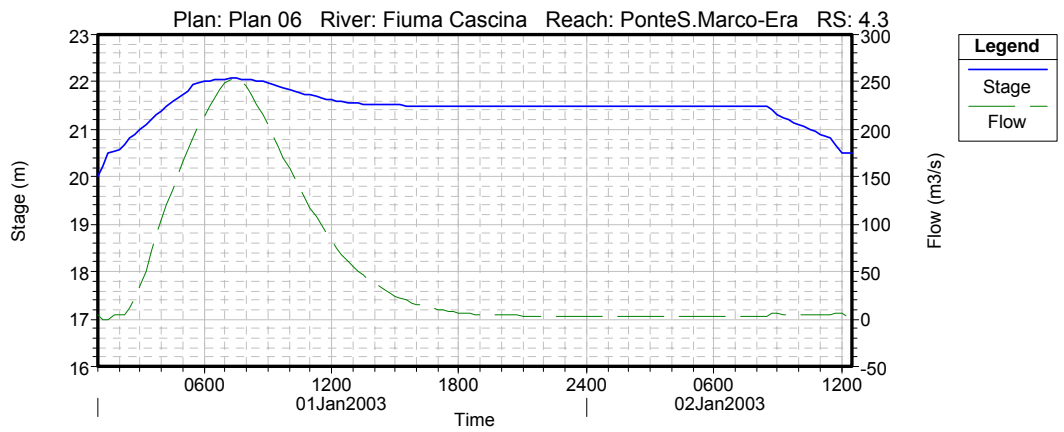
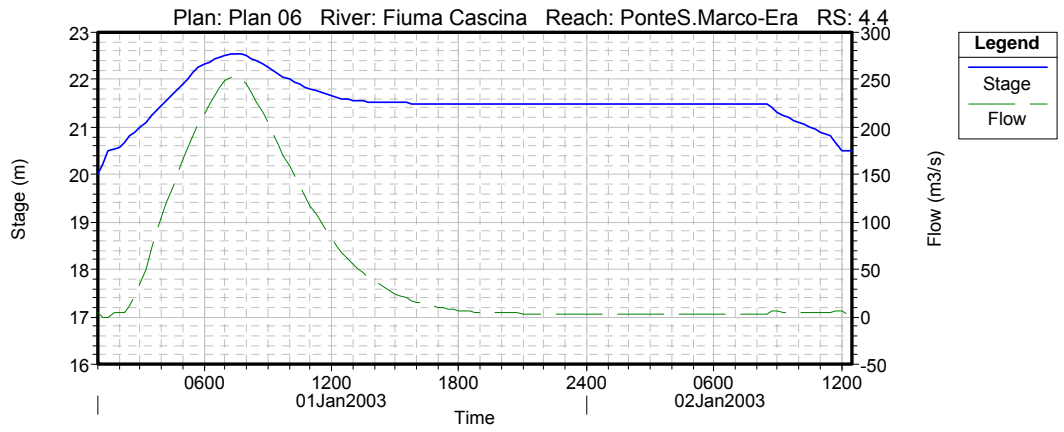
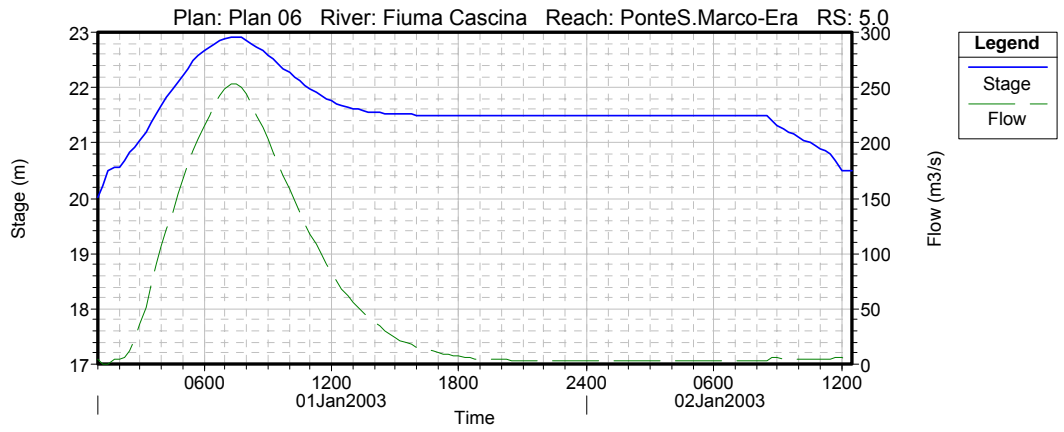


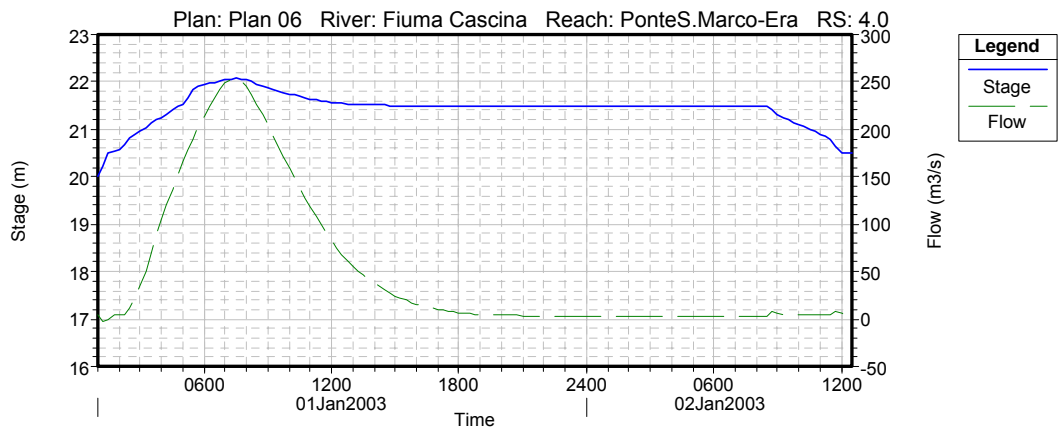
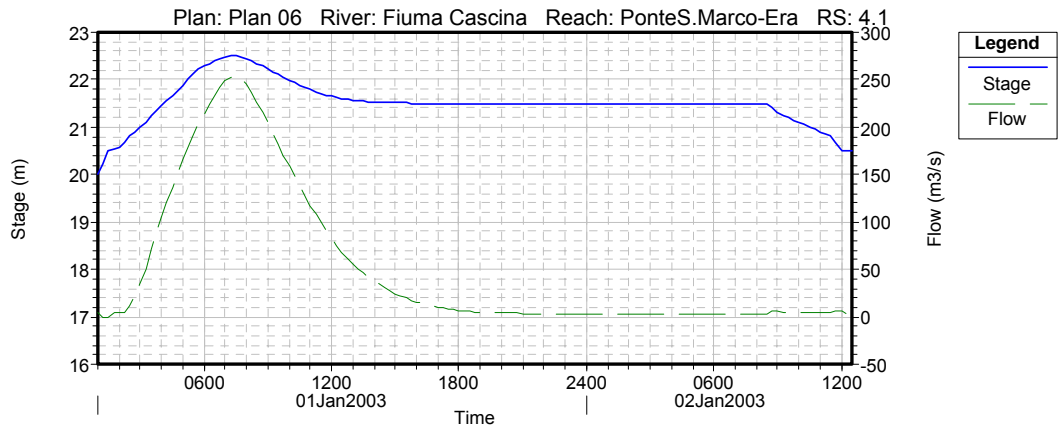
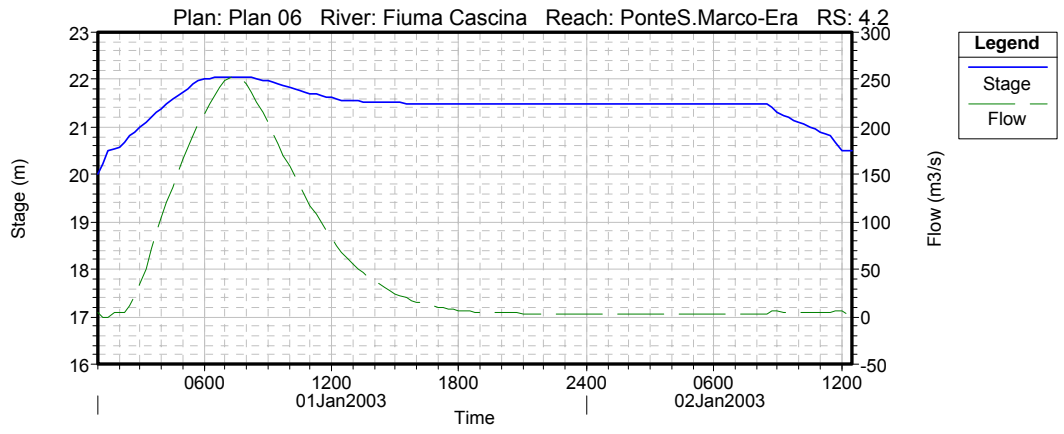


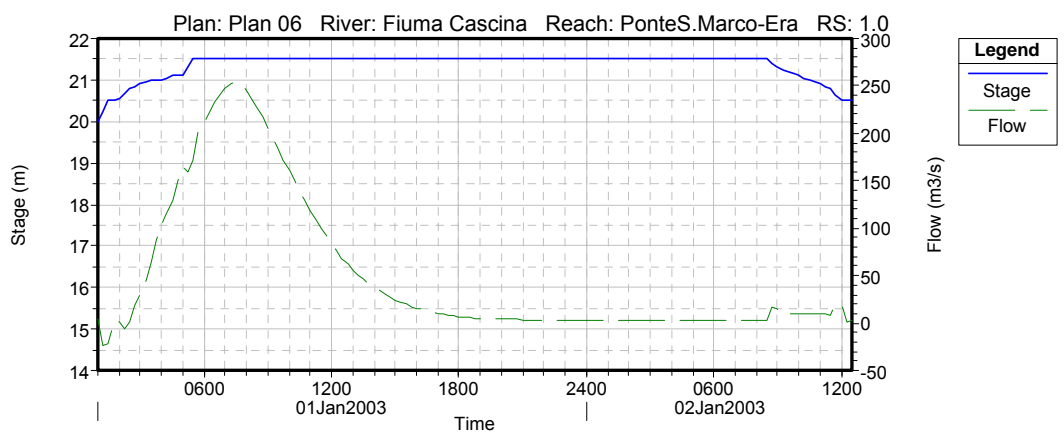
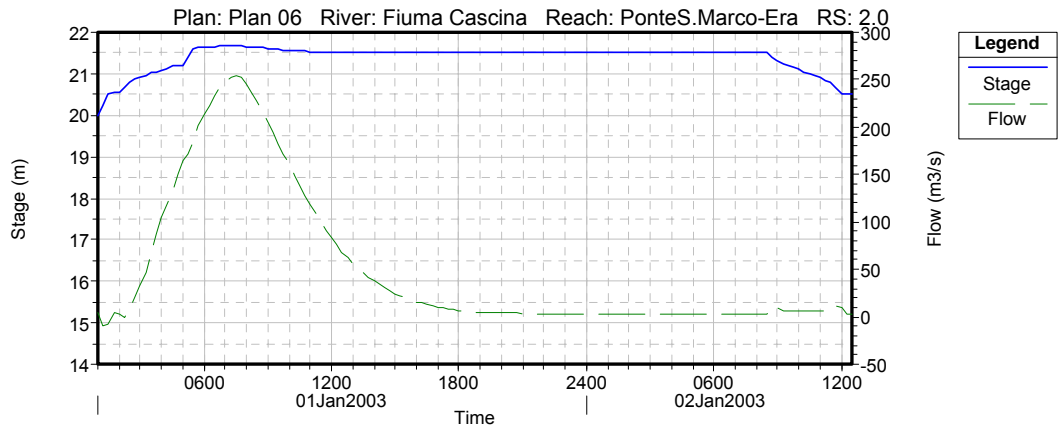
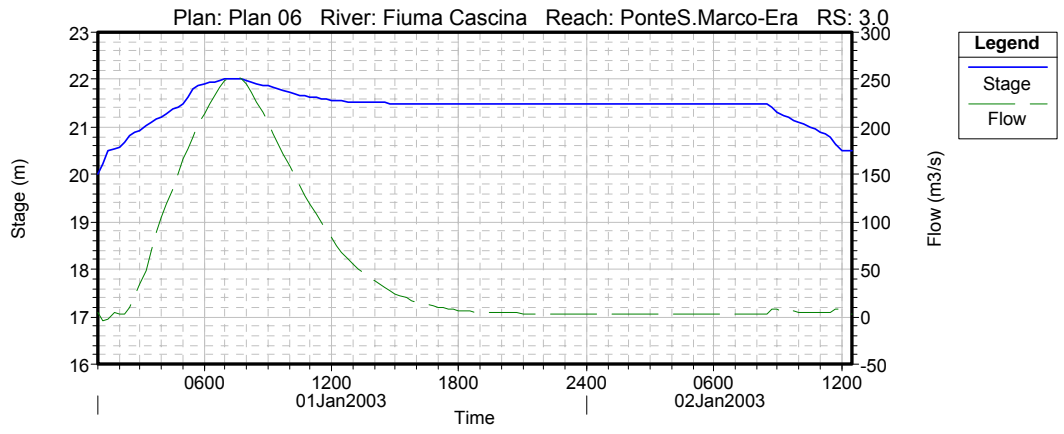


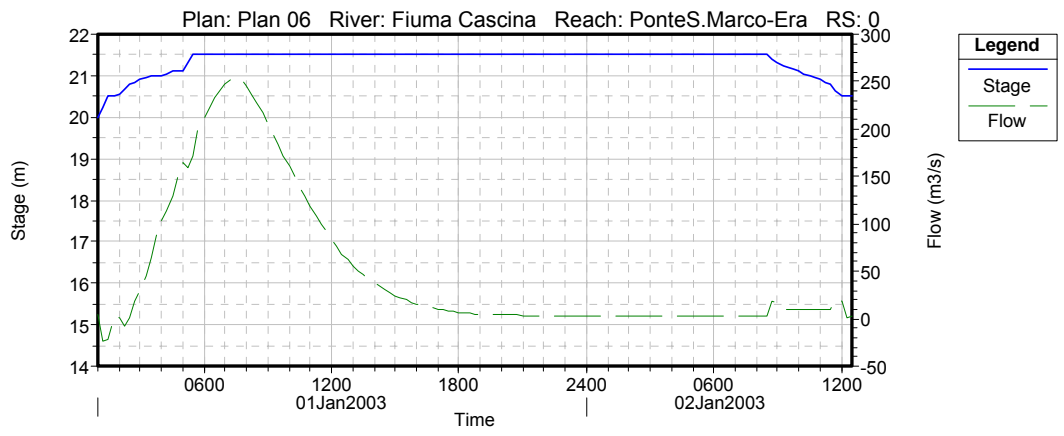




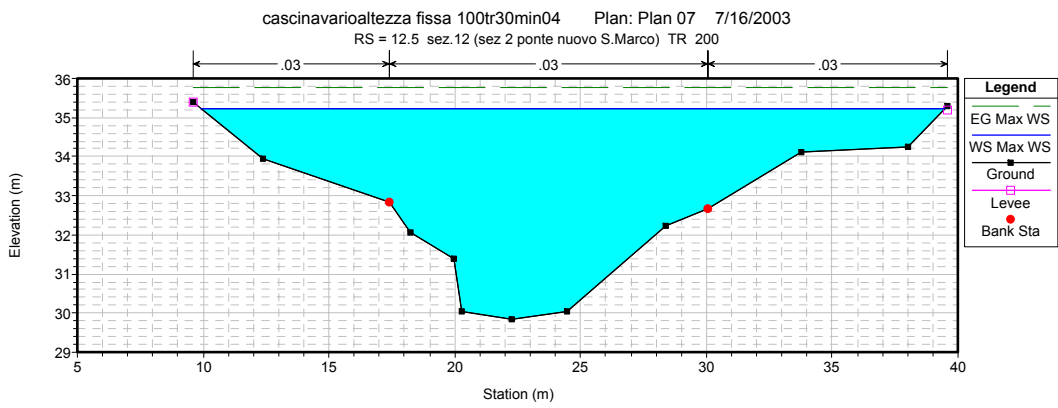
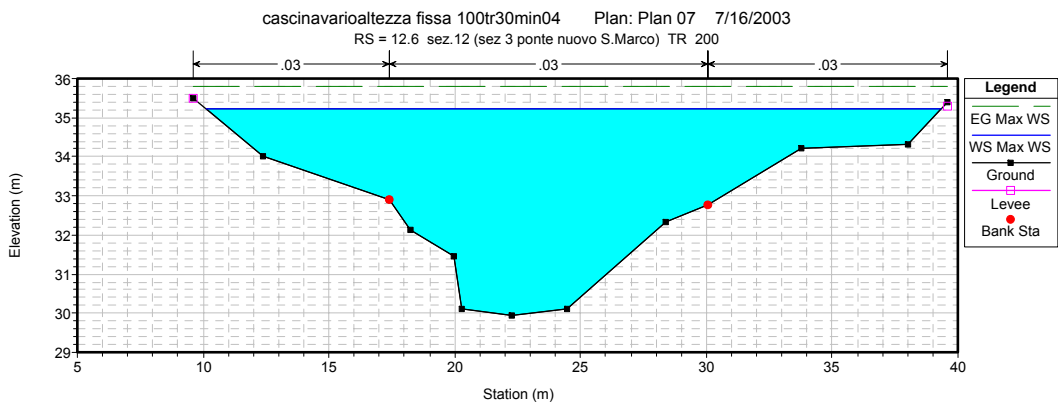
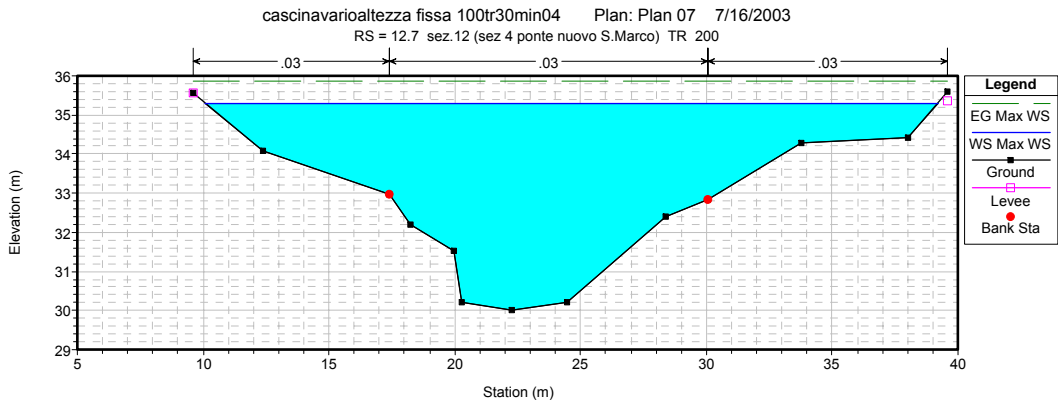


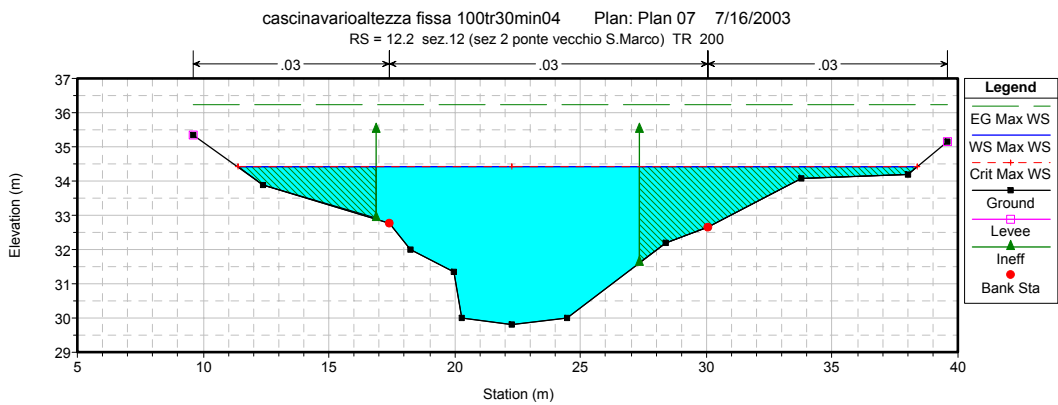
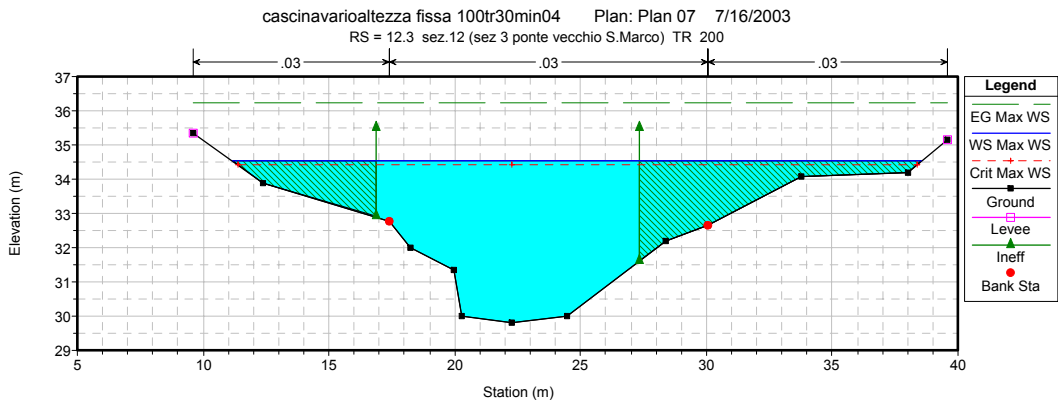
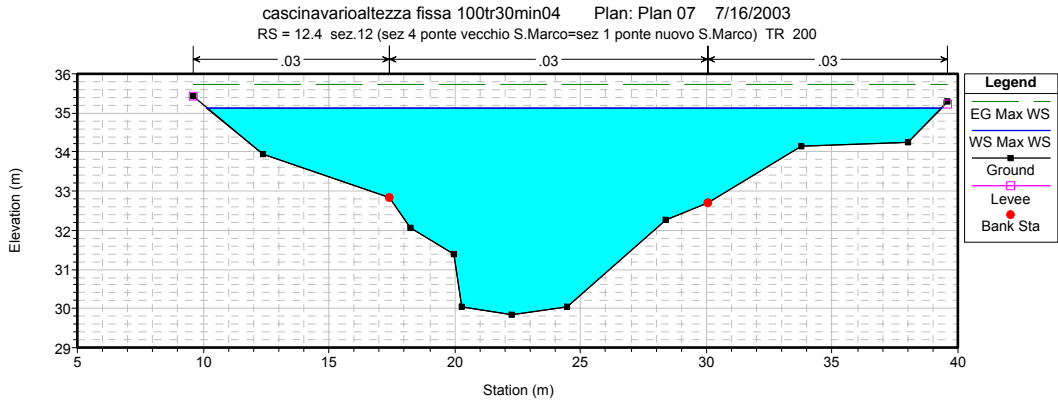


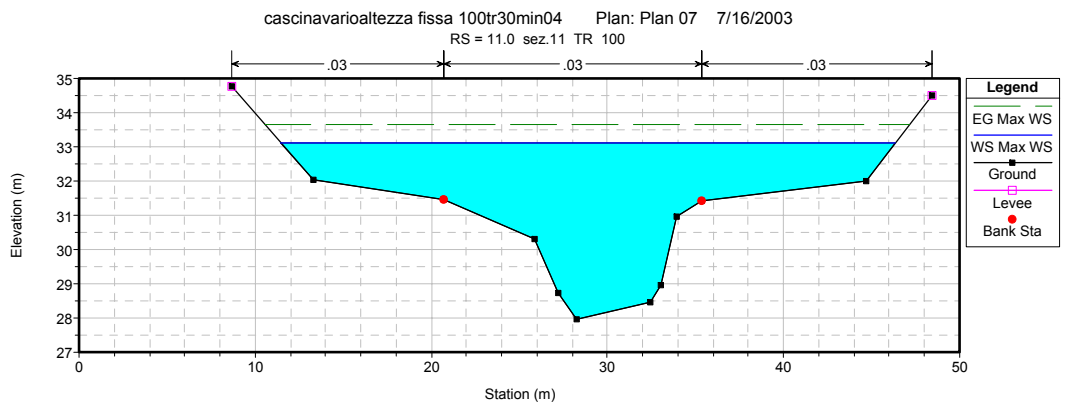
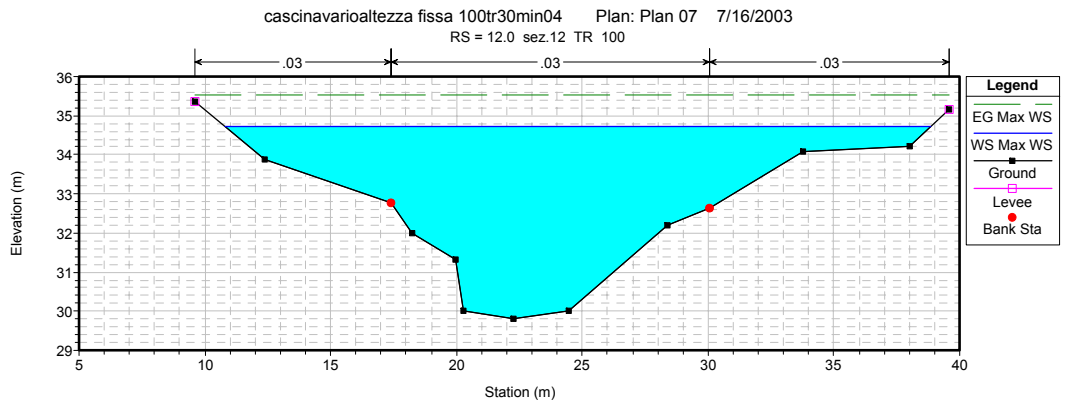
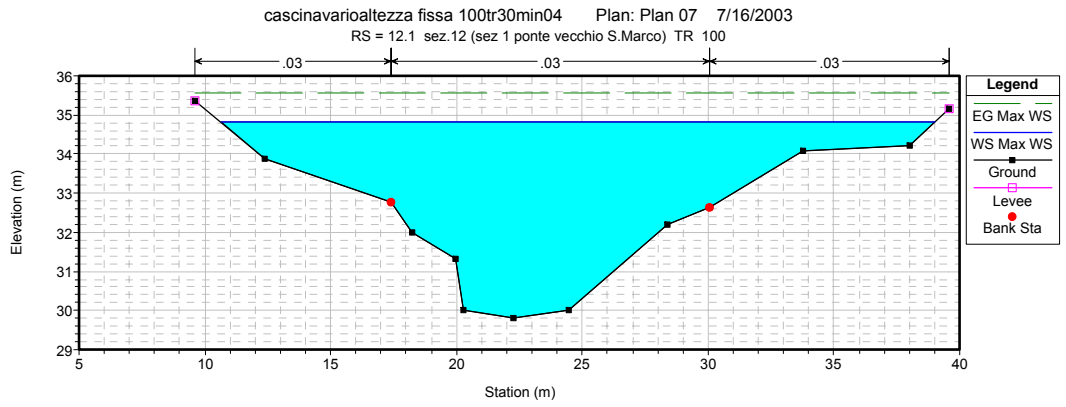




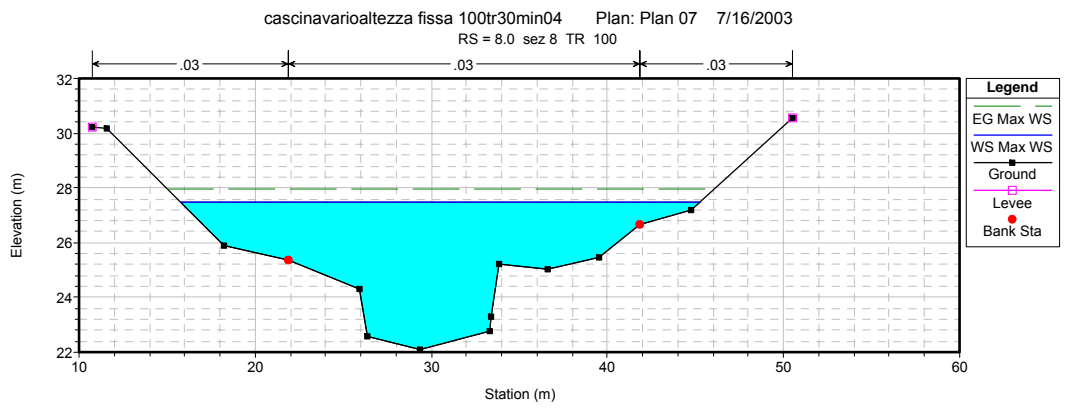
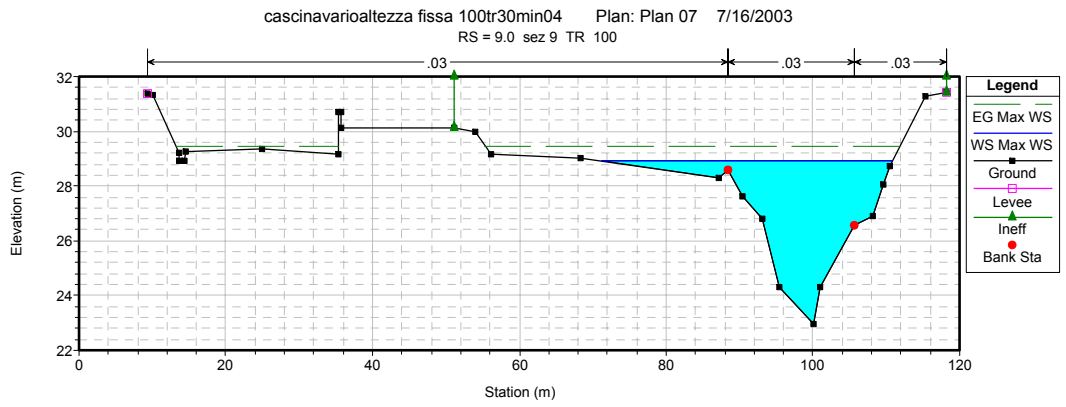
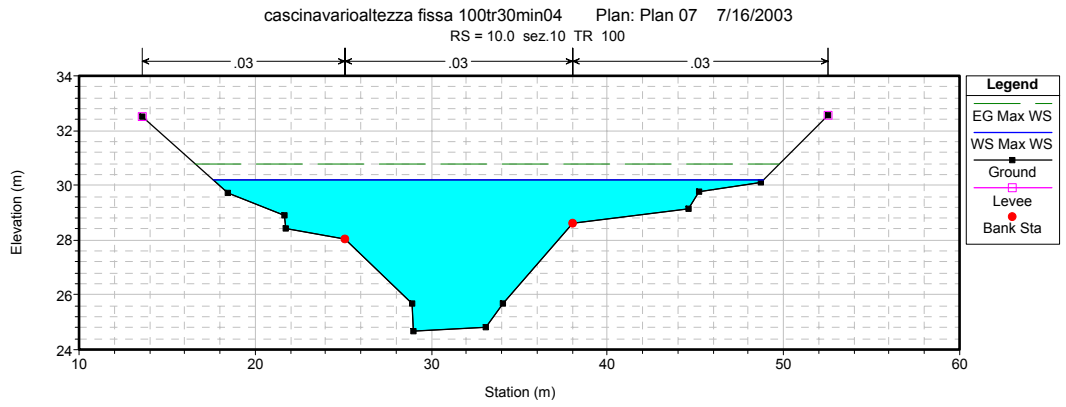
FIUME CASCINA  
TR 100

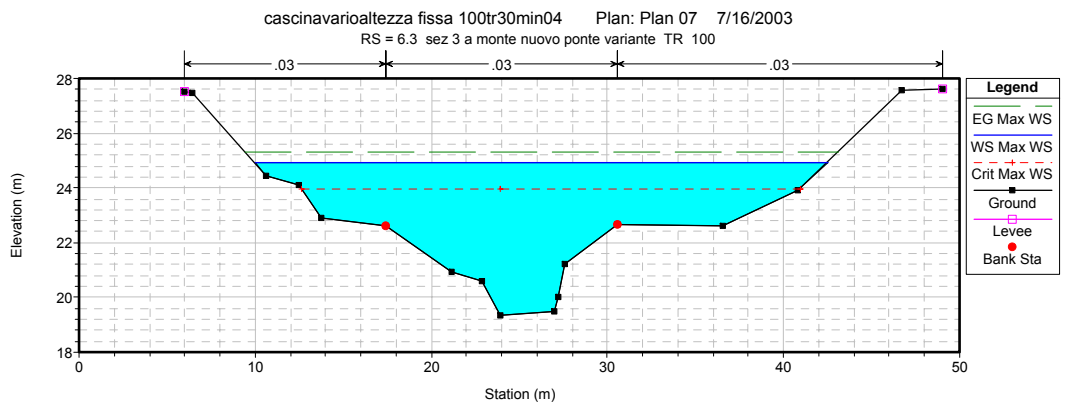
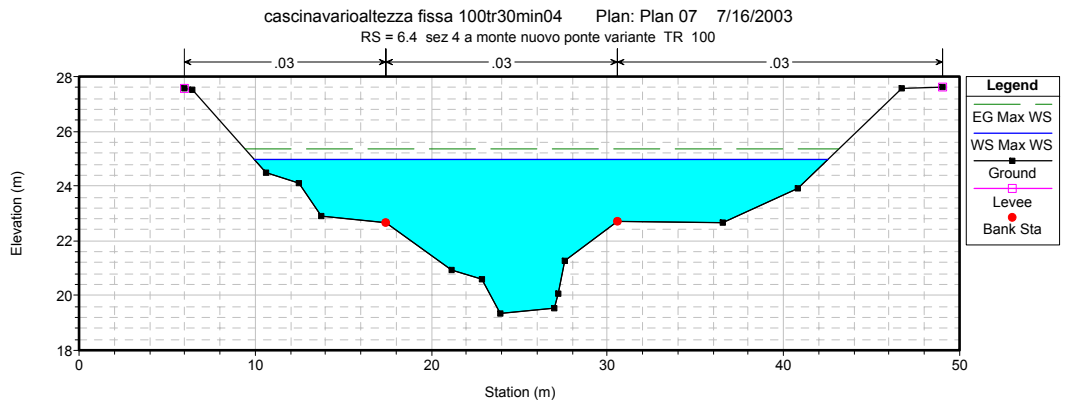
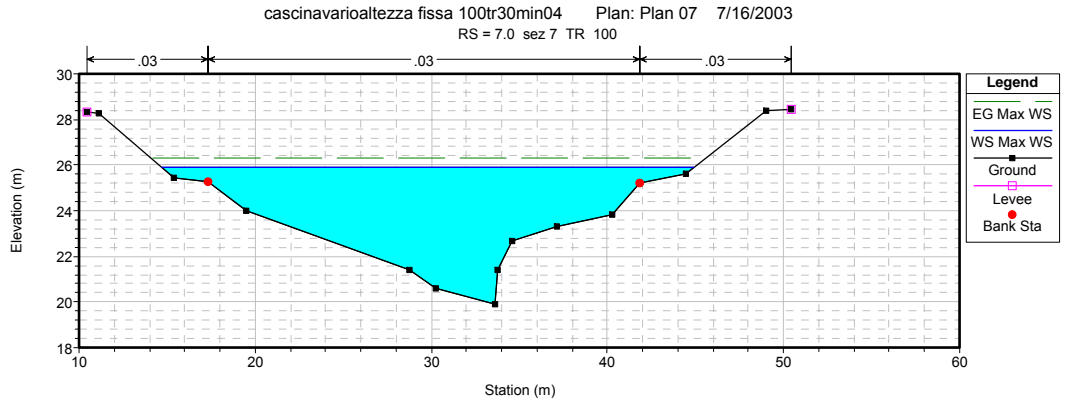


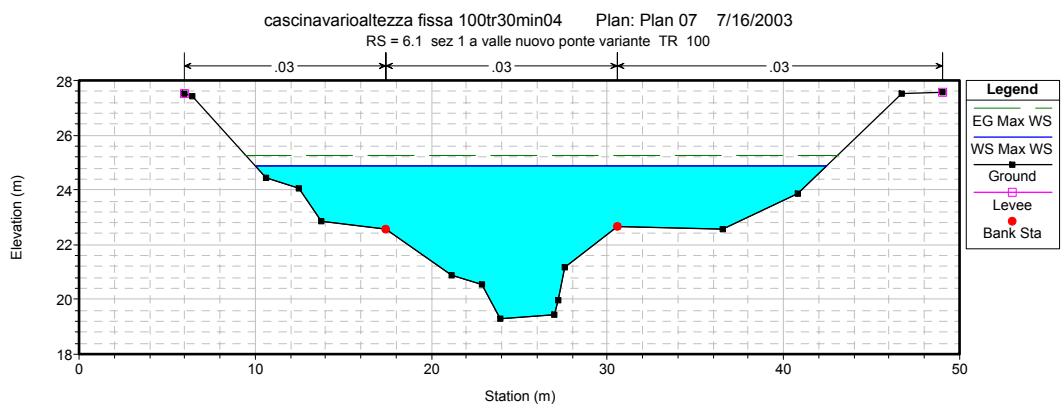
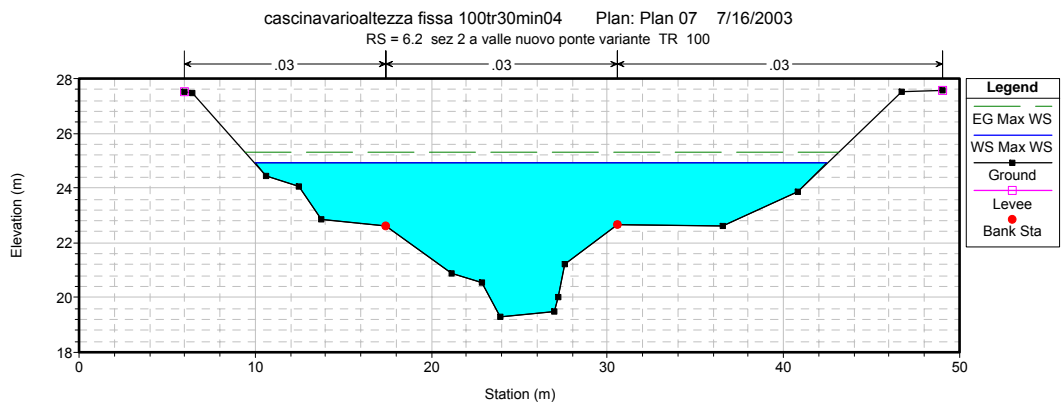
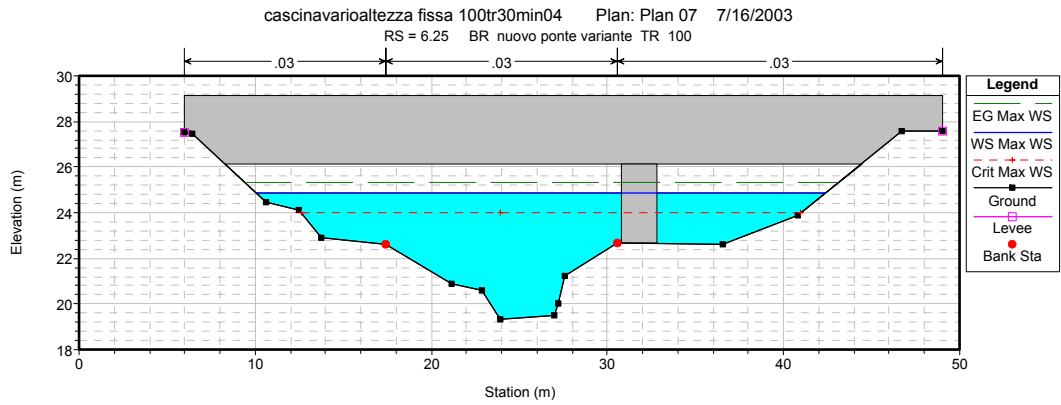


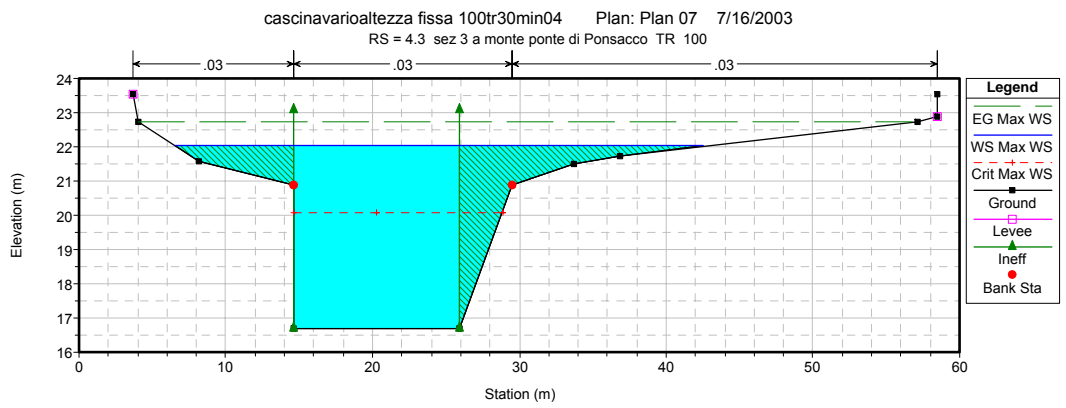
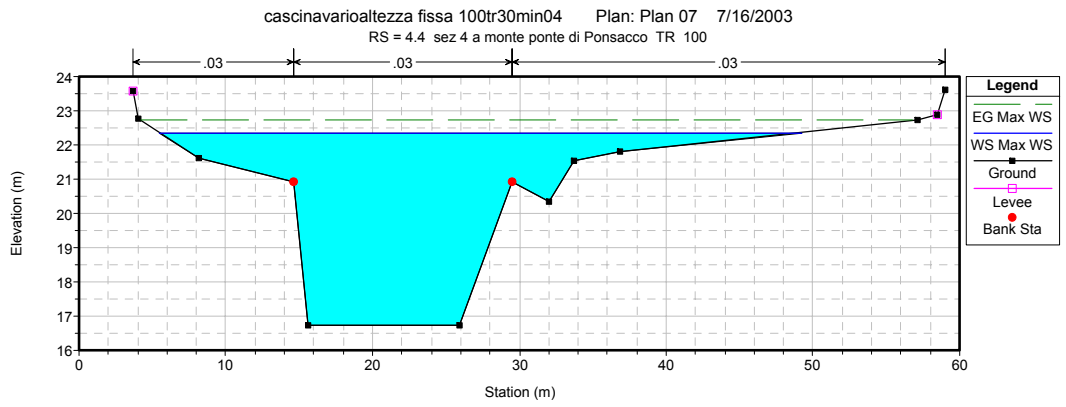
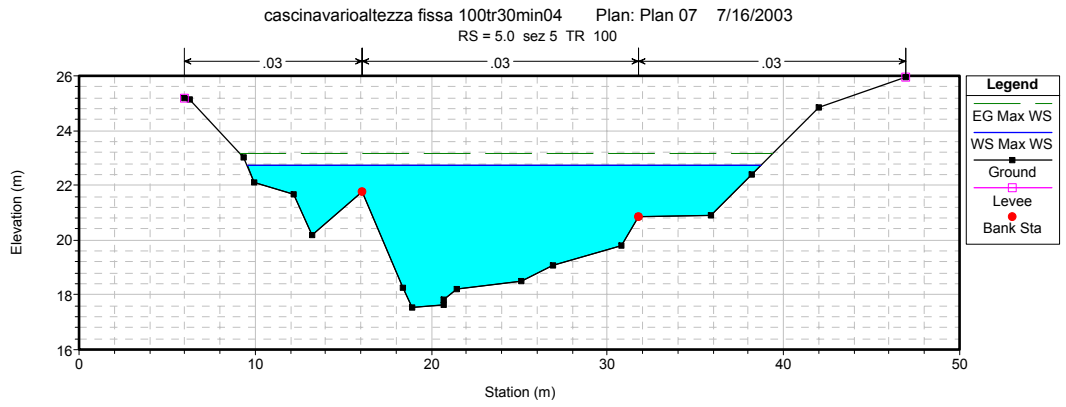


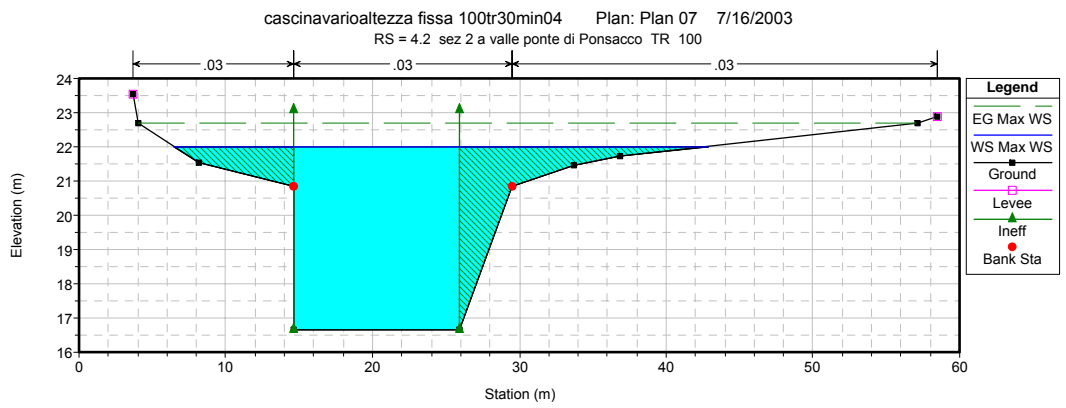
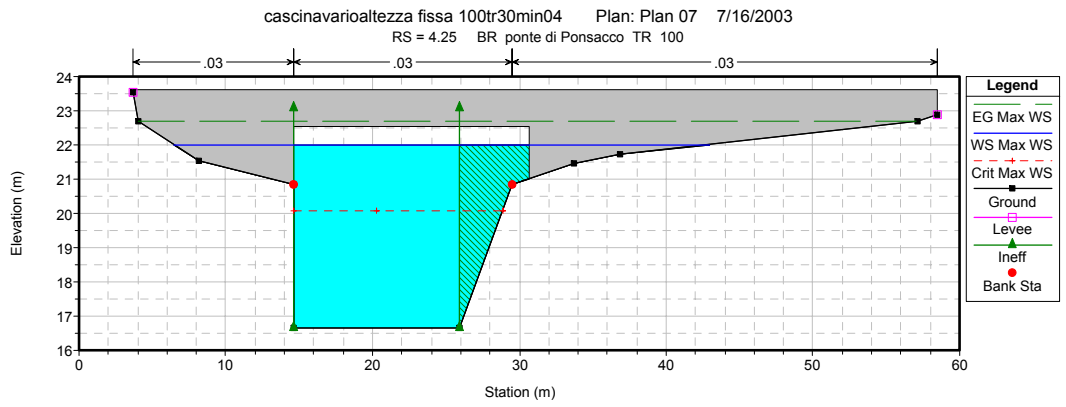
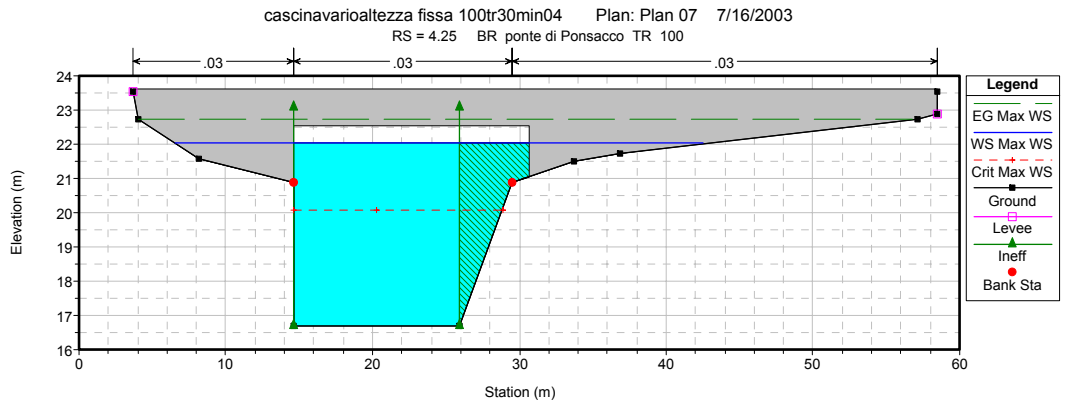


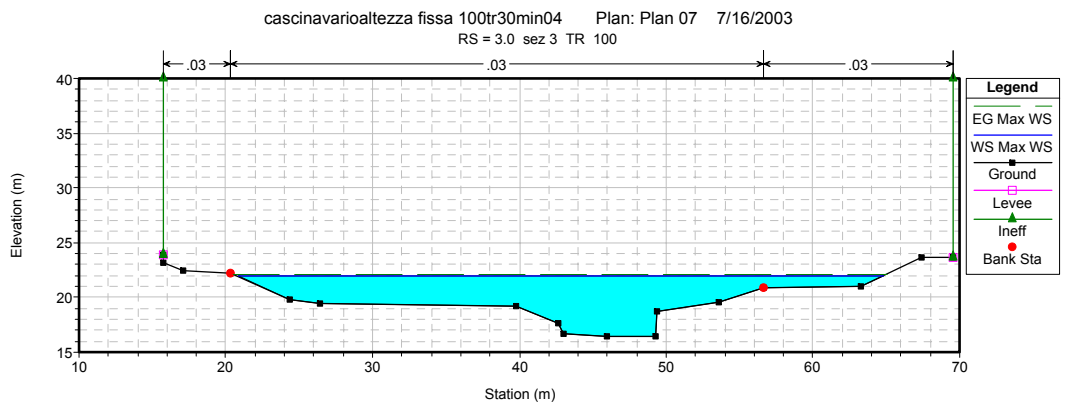
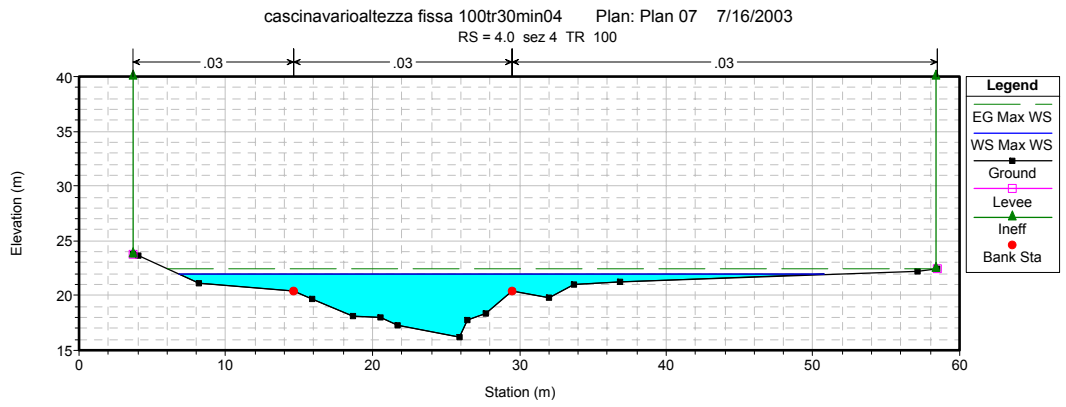
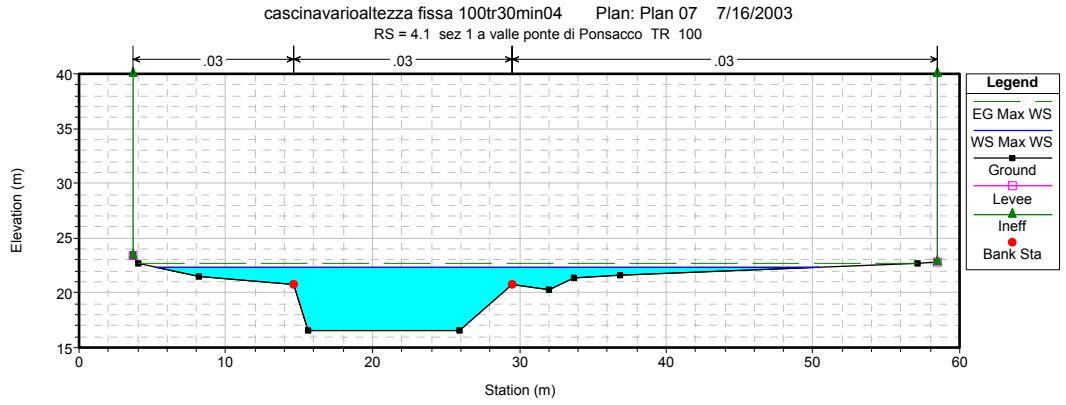


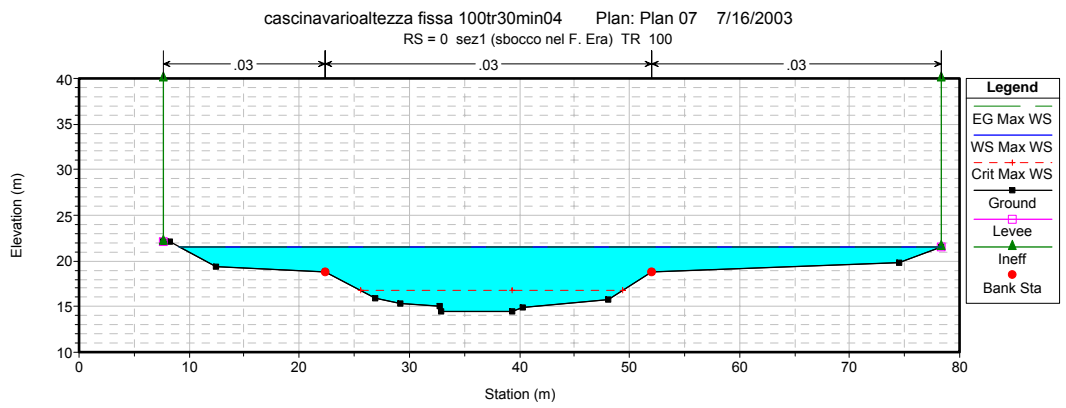
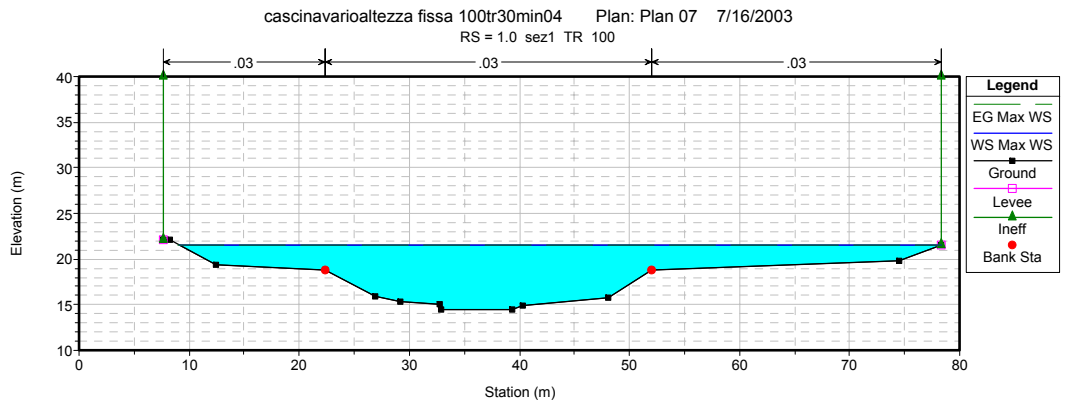
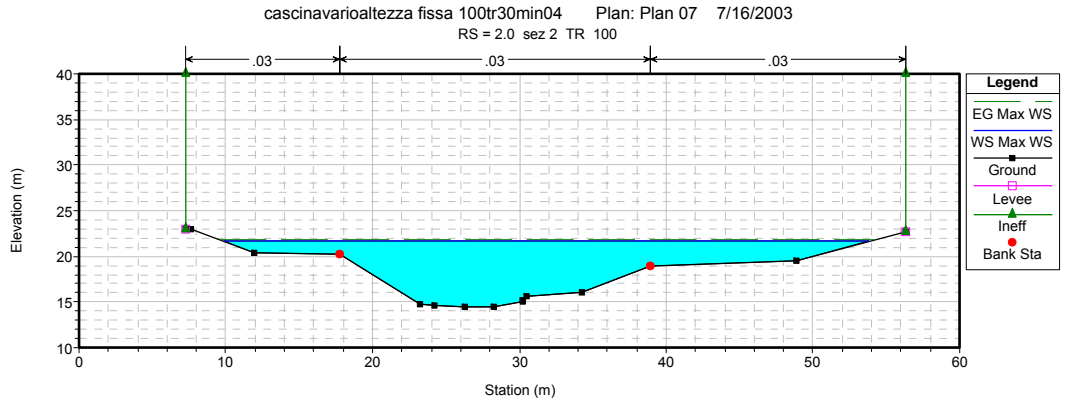


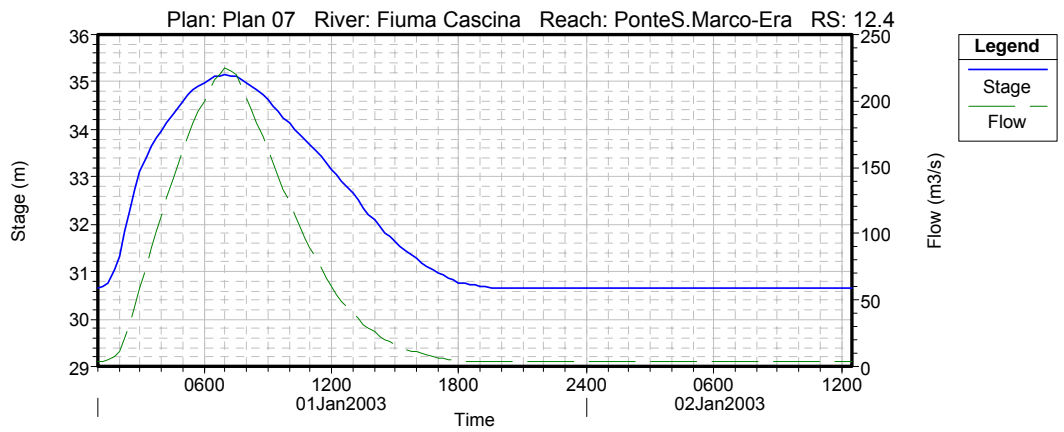
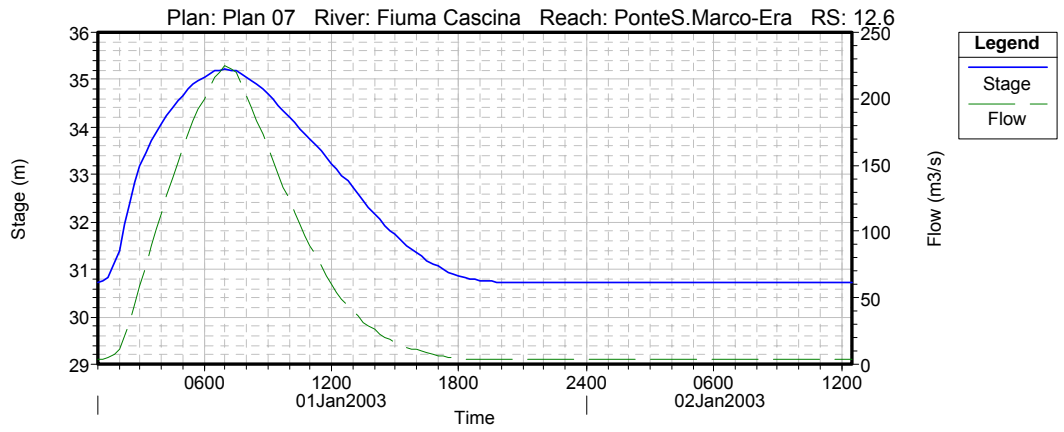
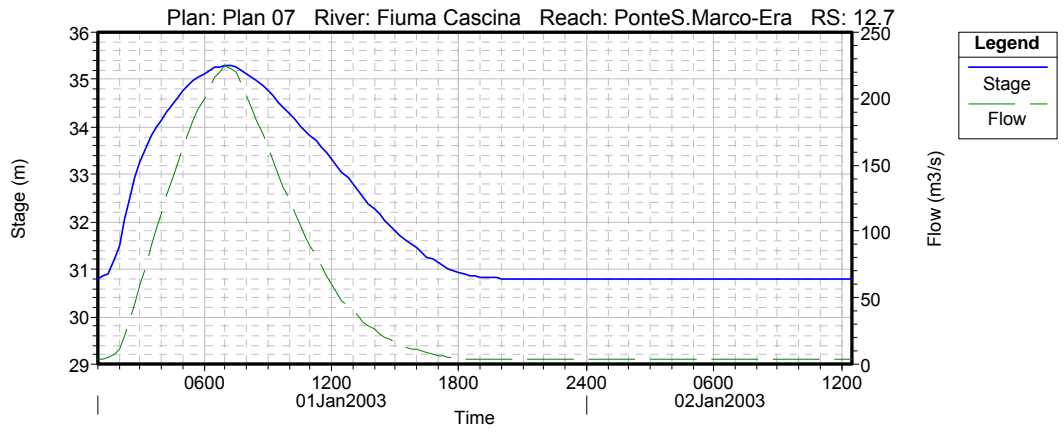




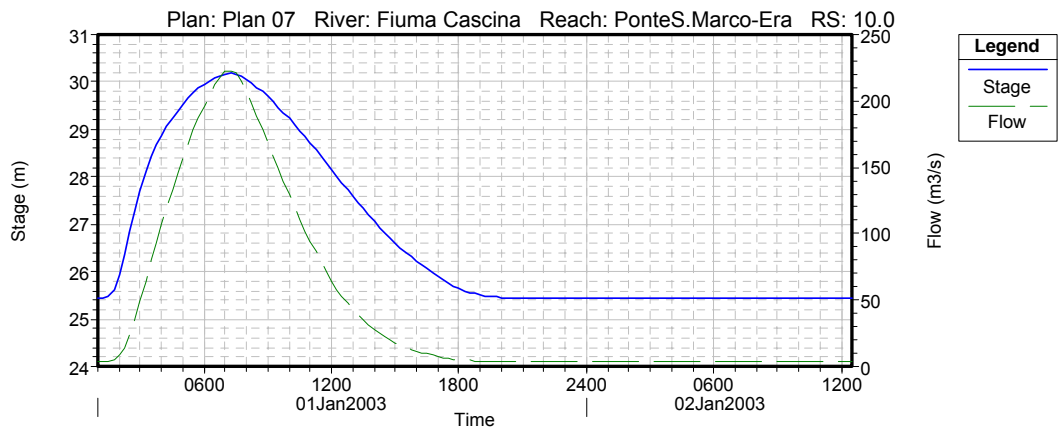
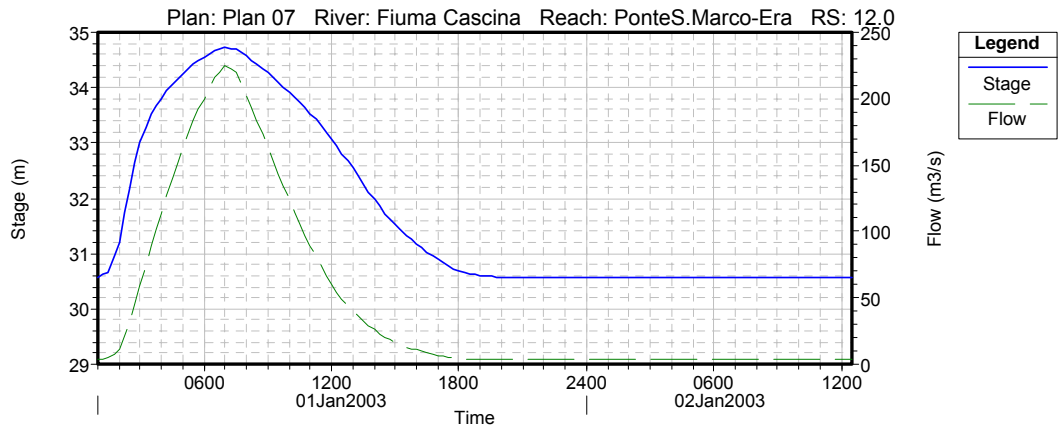
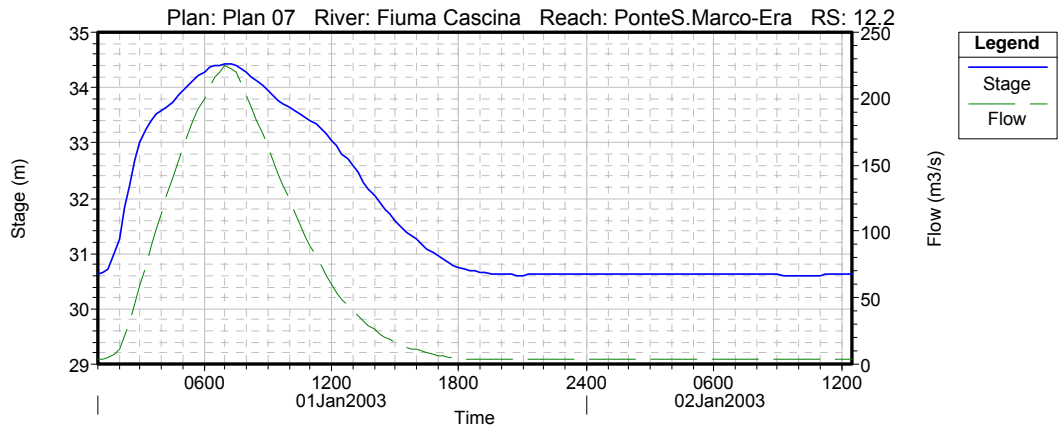


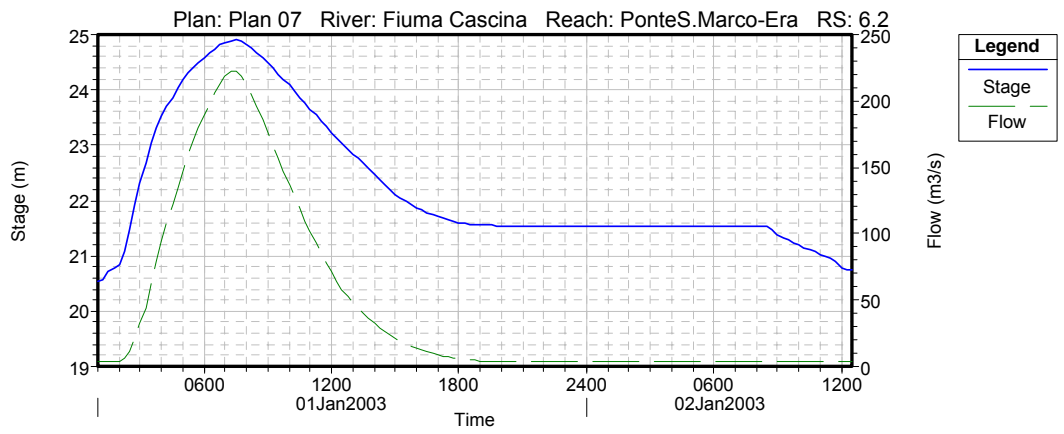
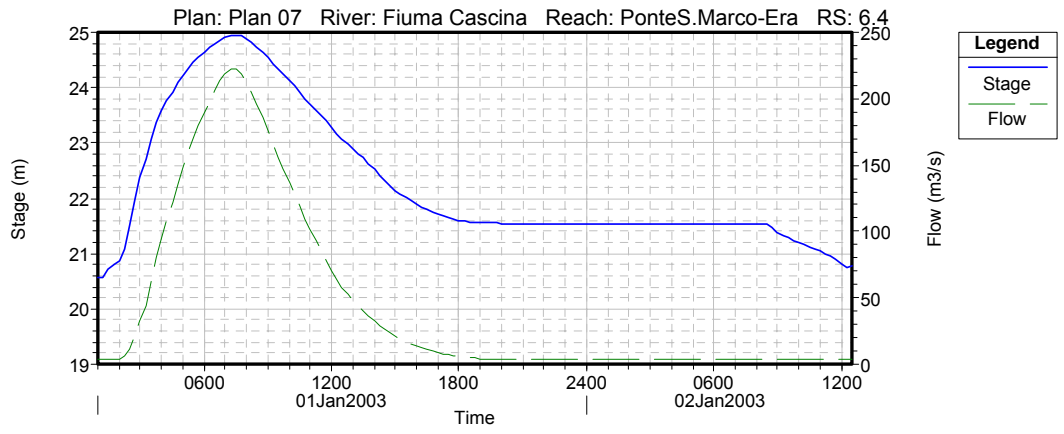
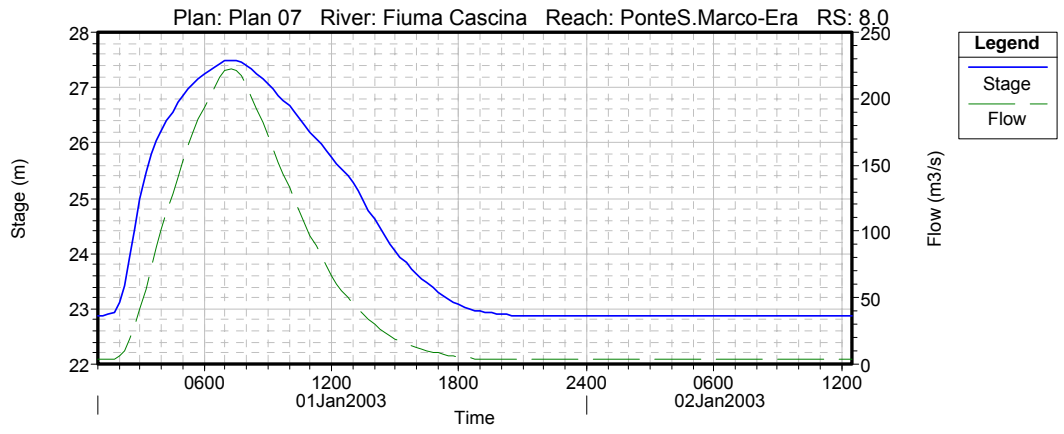


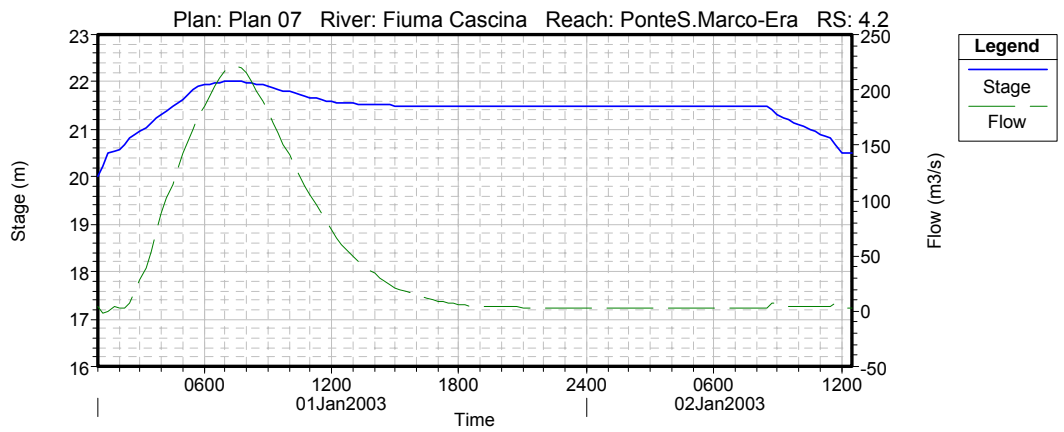
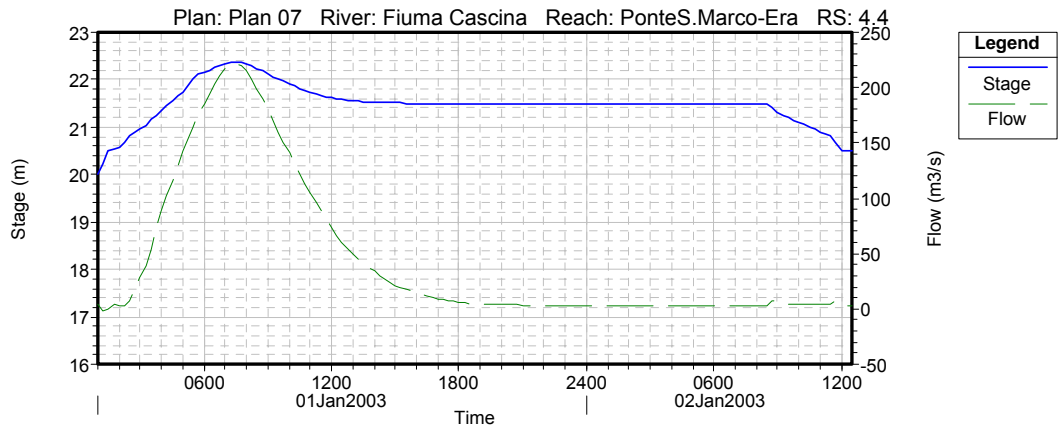
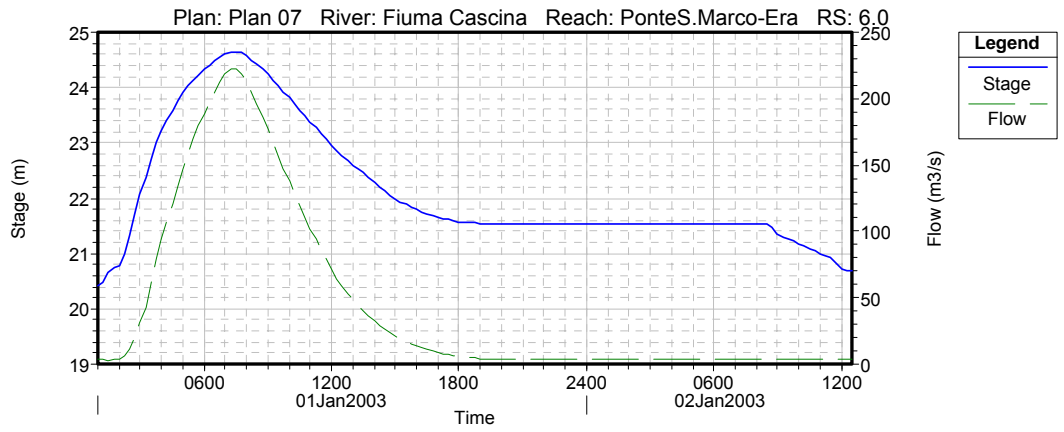


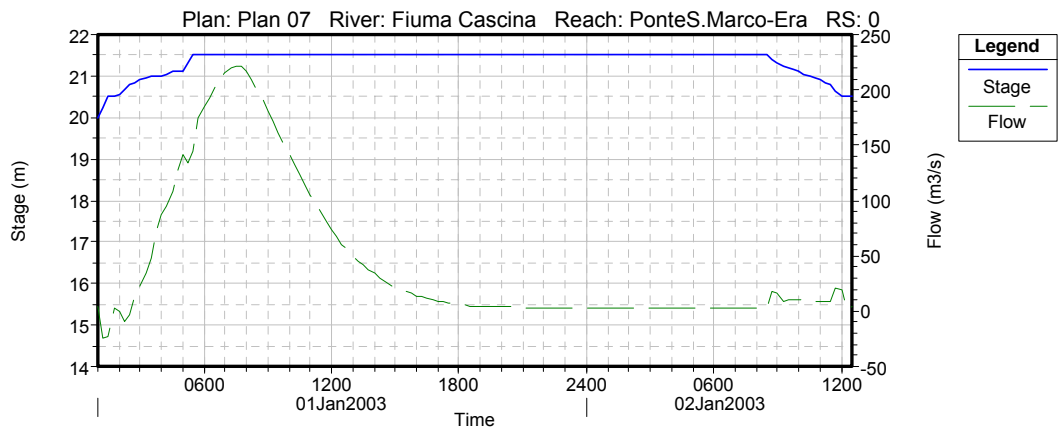
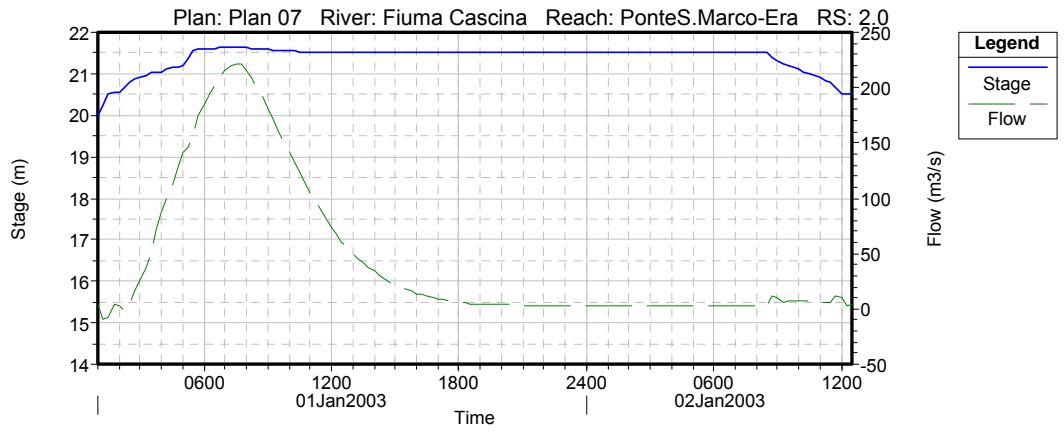
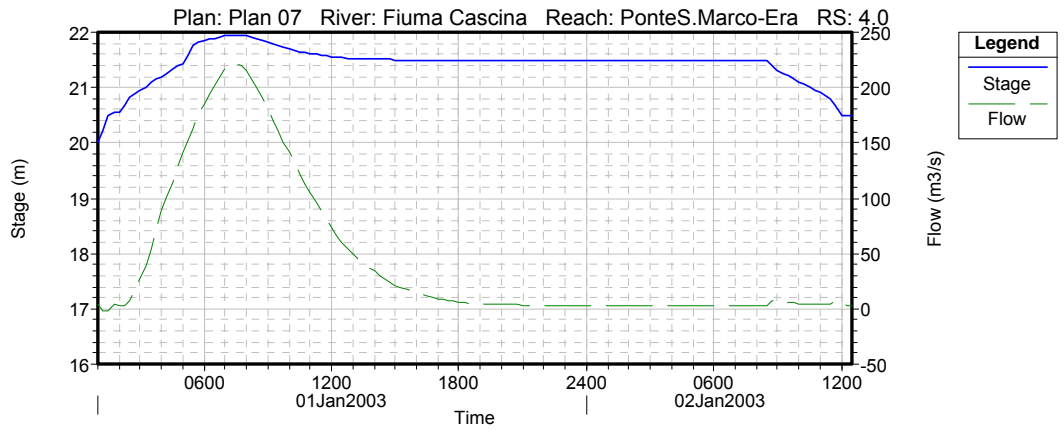




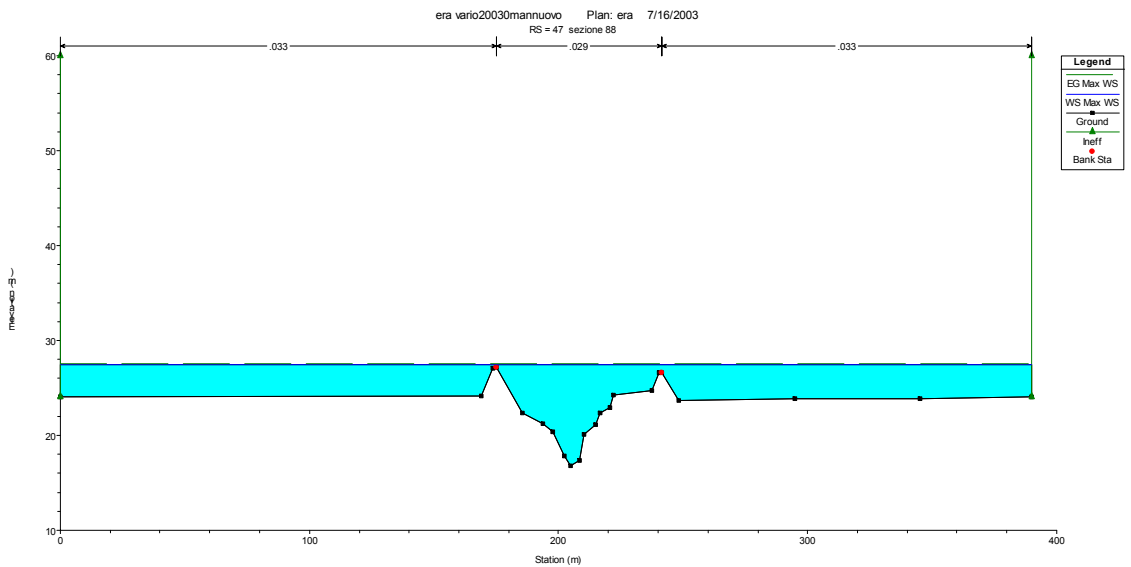
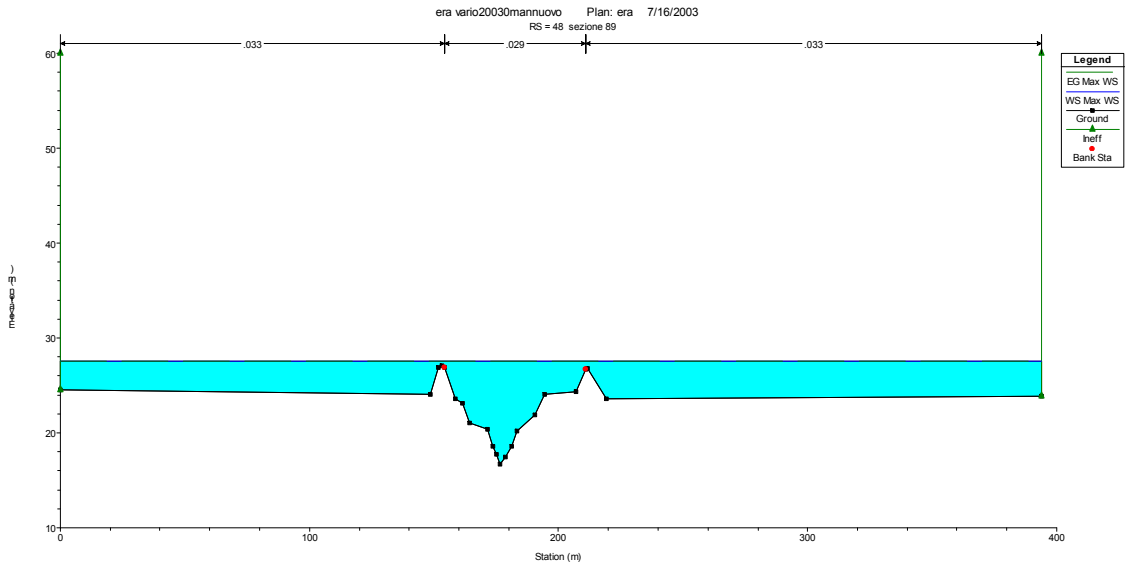
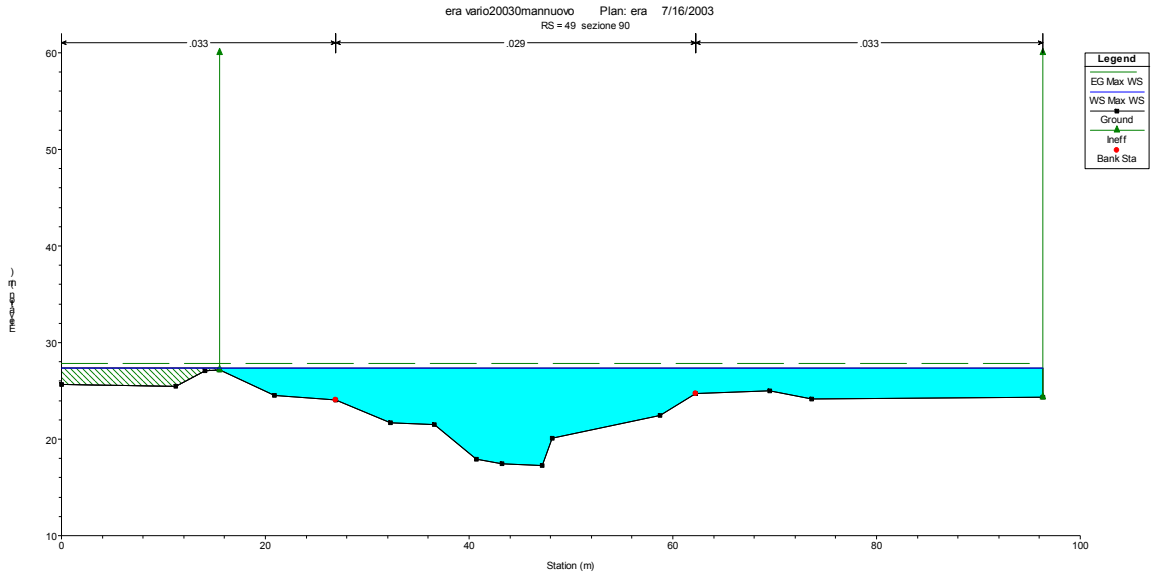


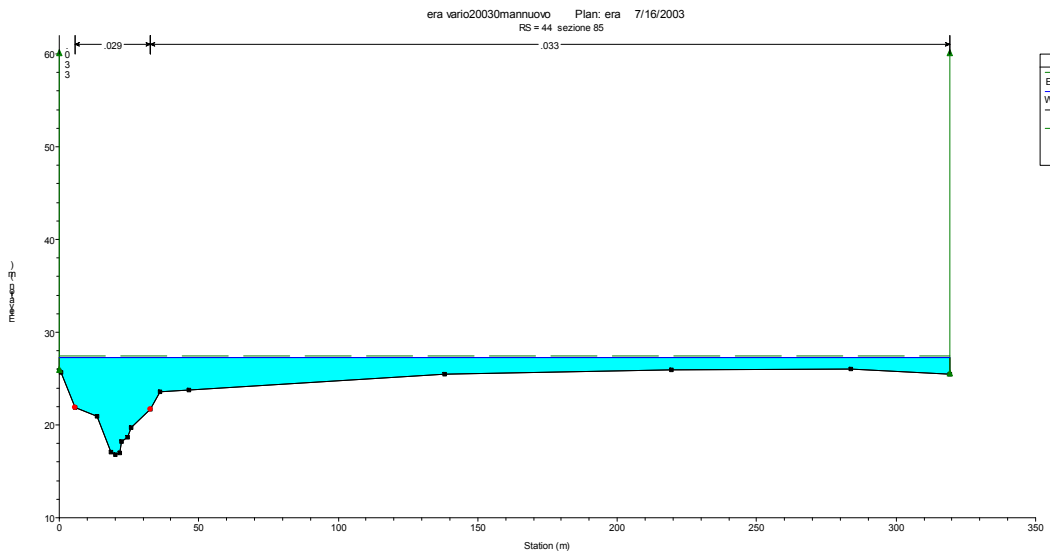
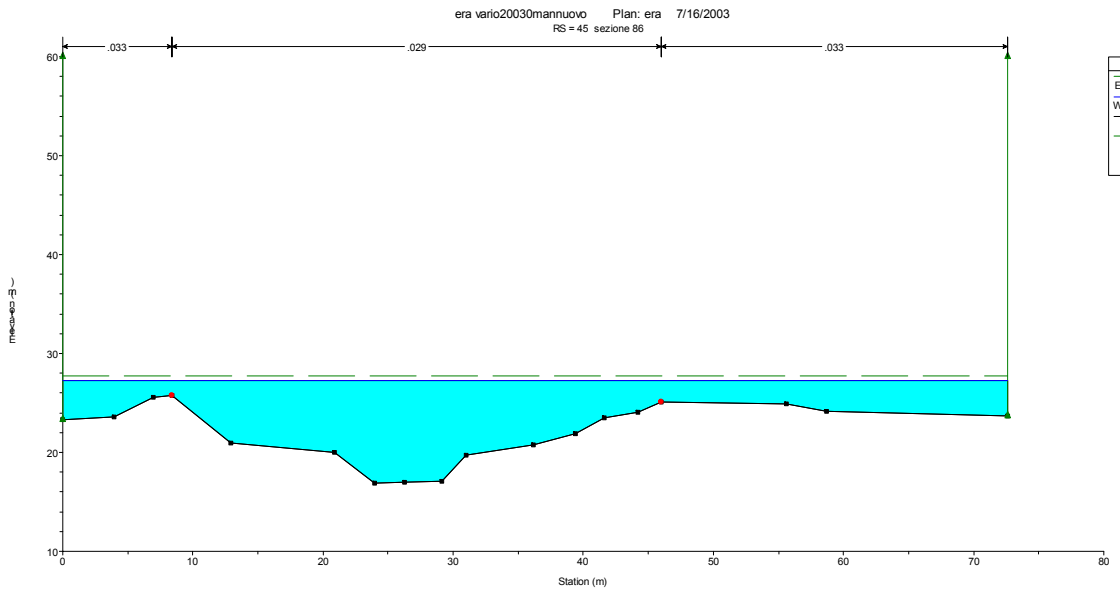
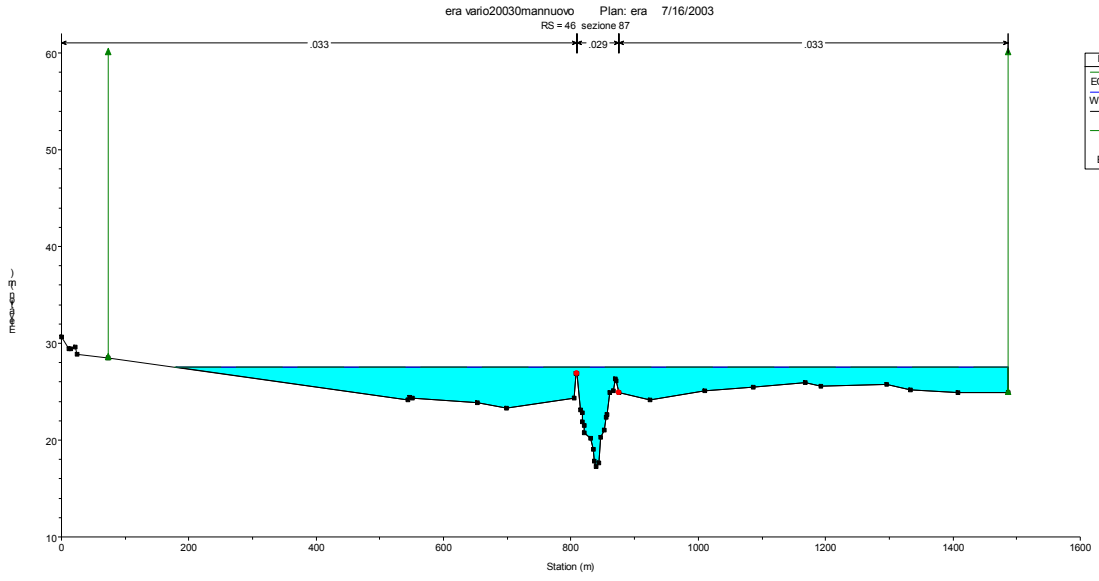


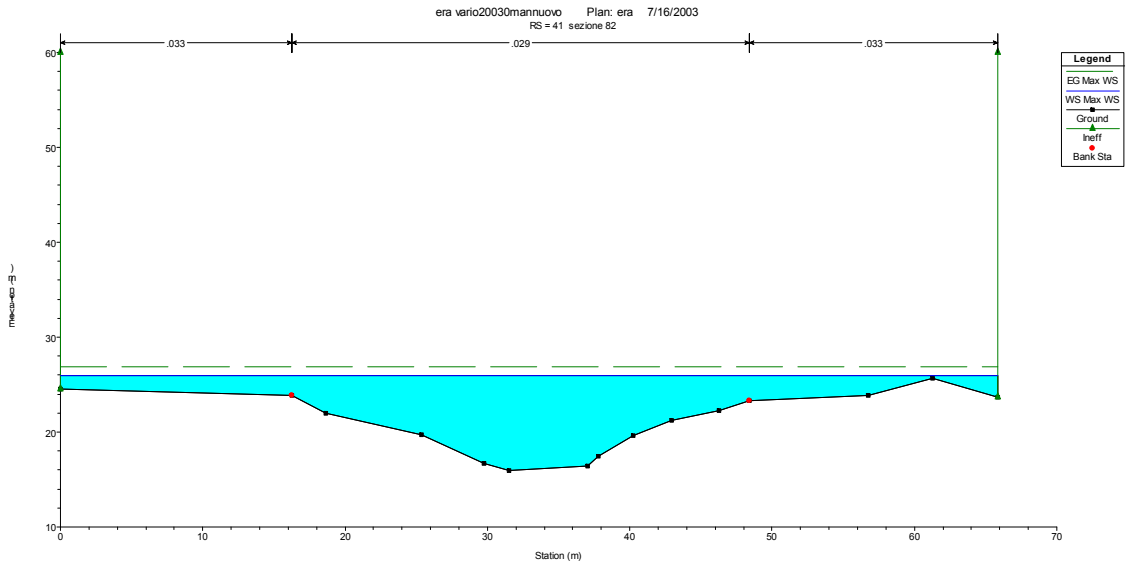
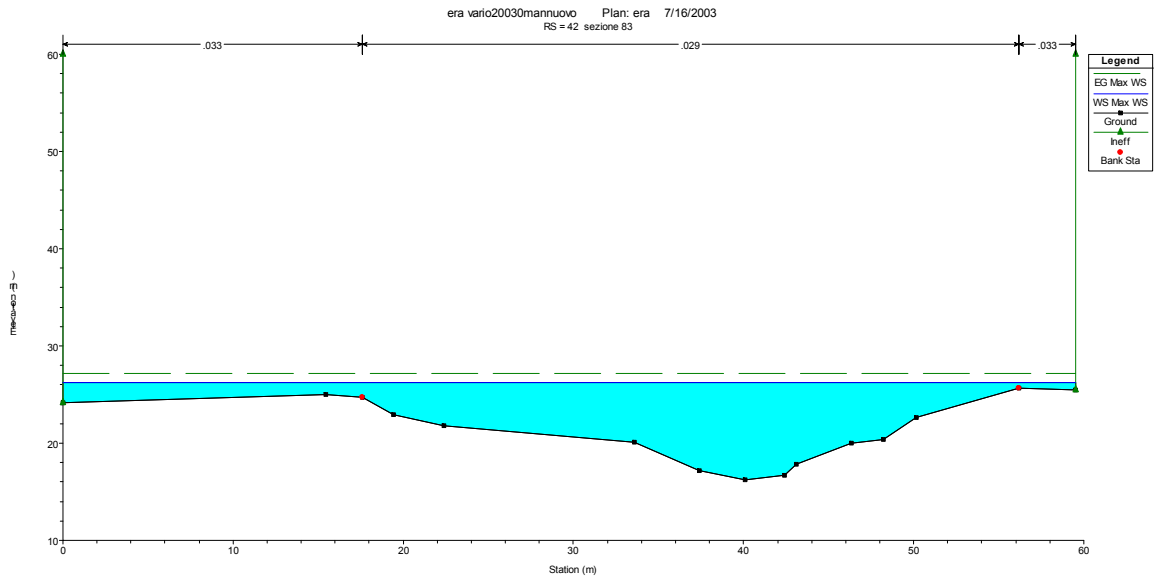
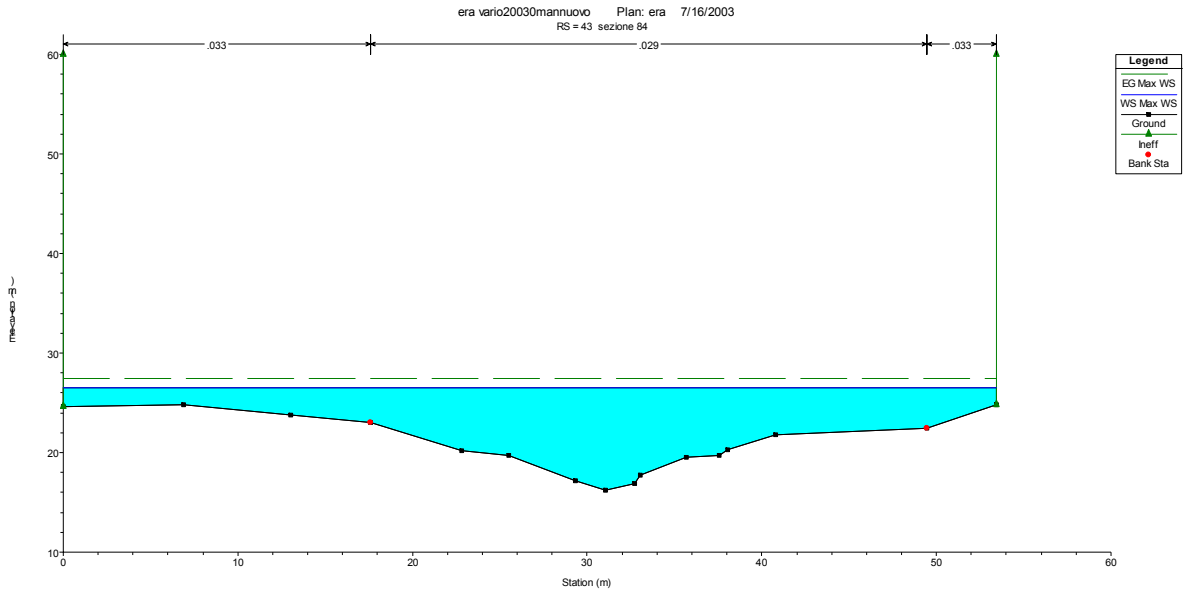




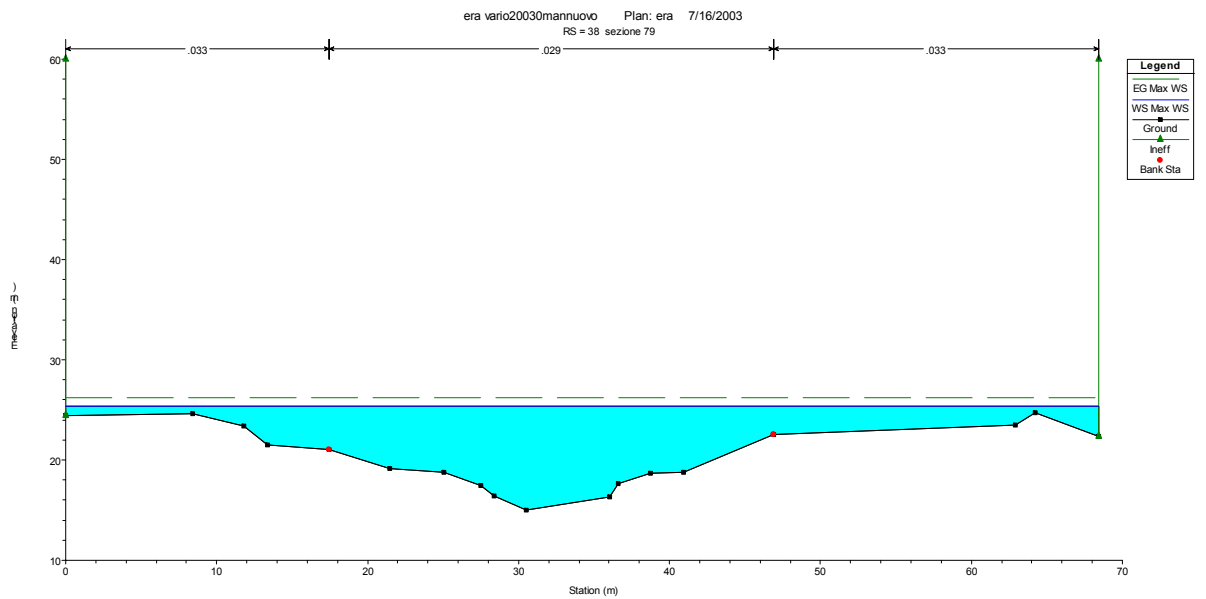
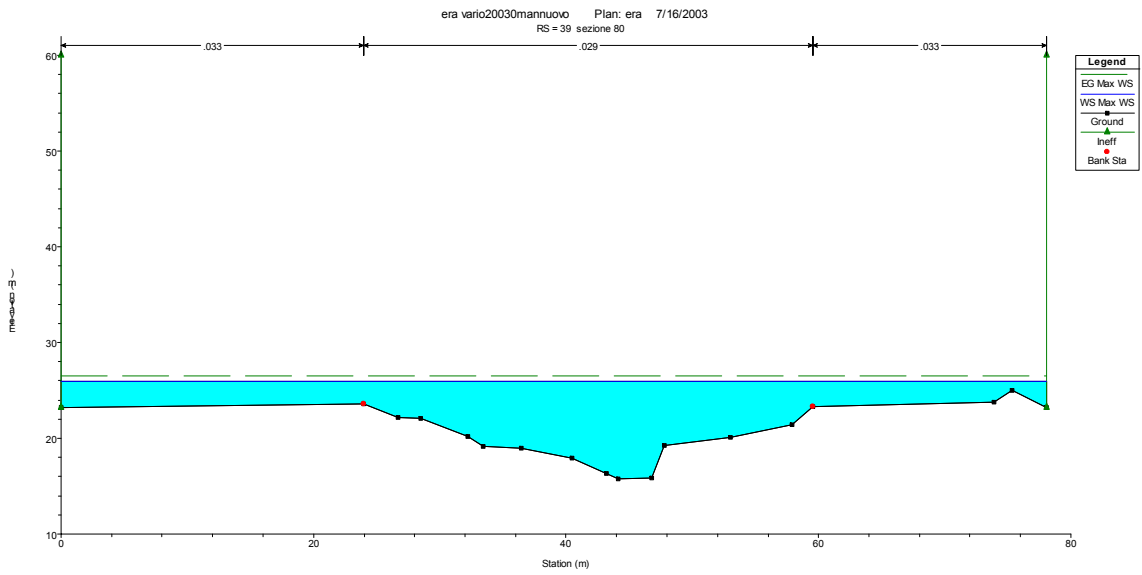
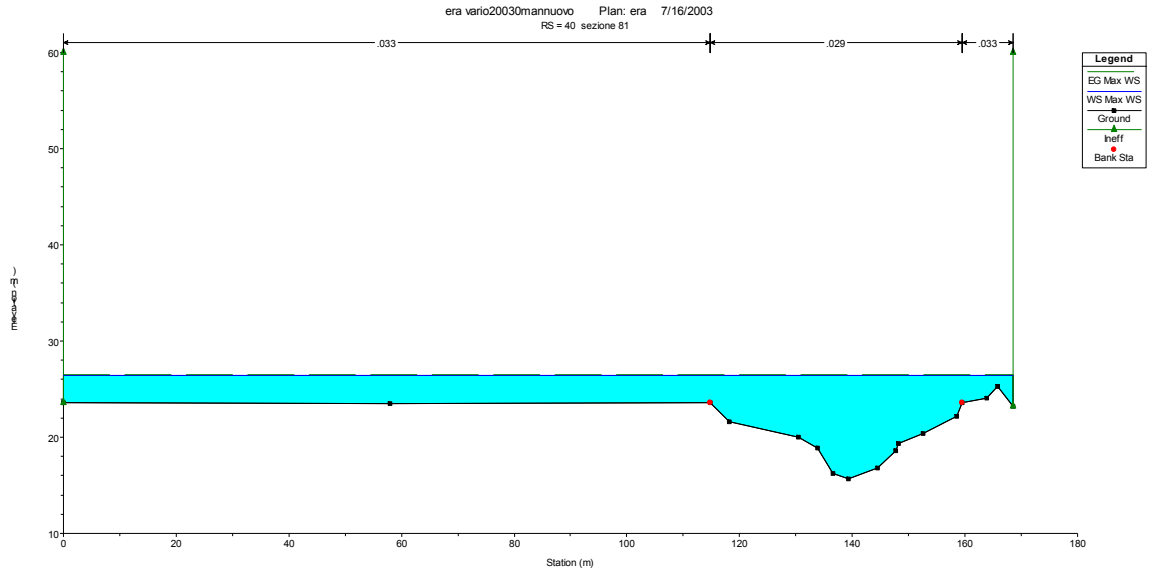
FIUME ERA  
TR 200

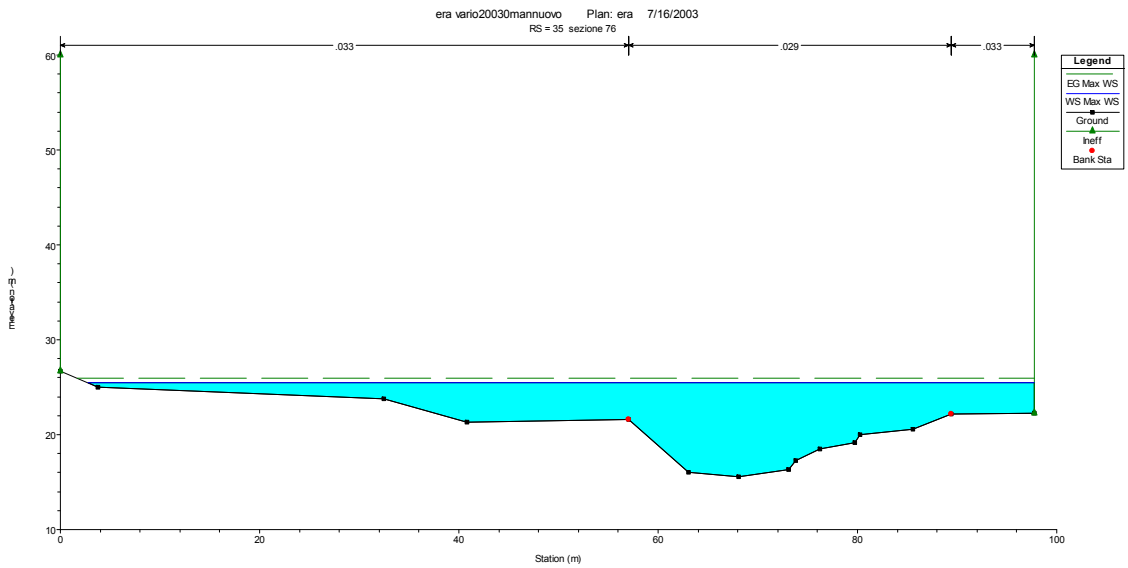
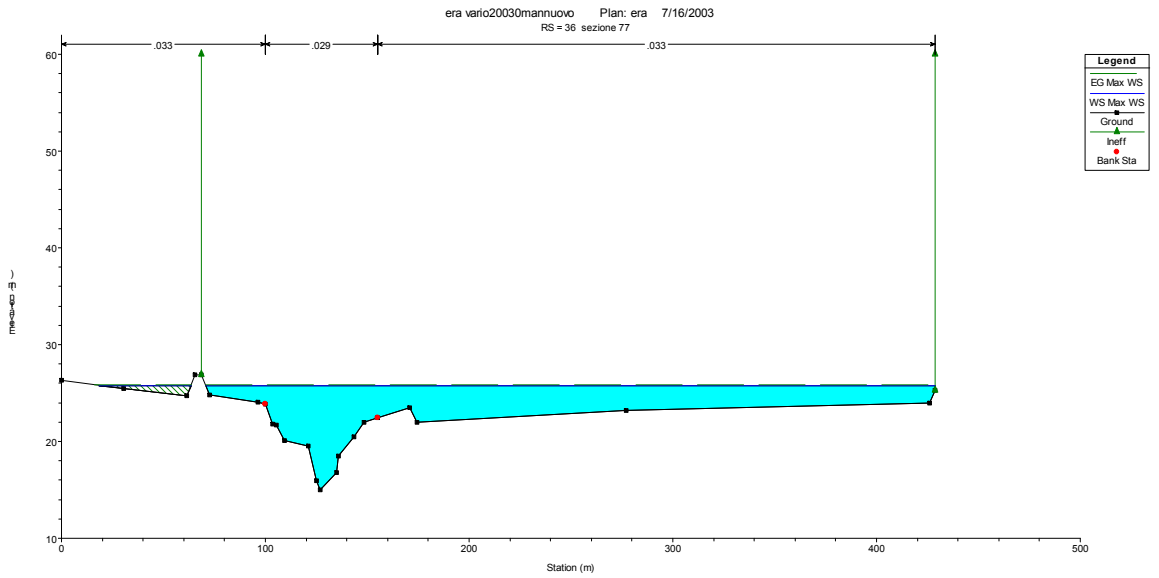
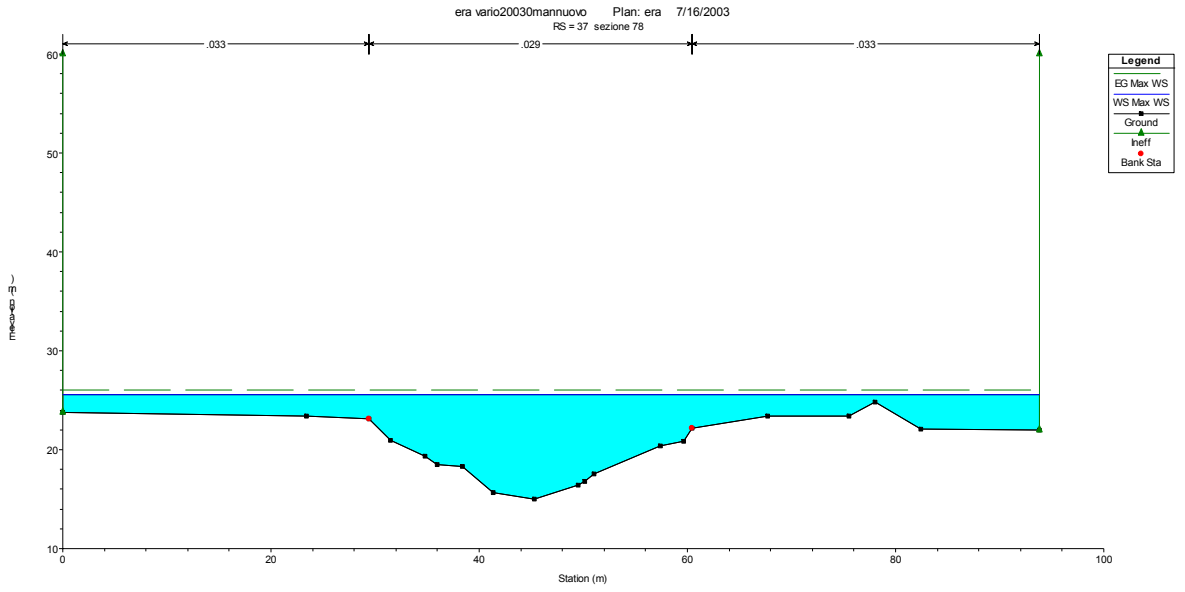


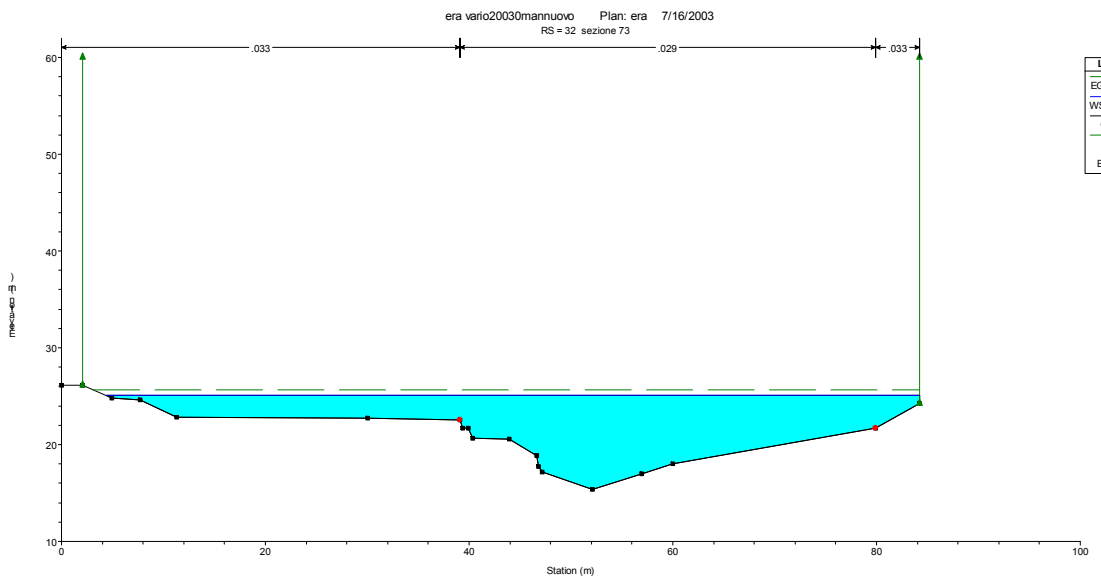
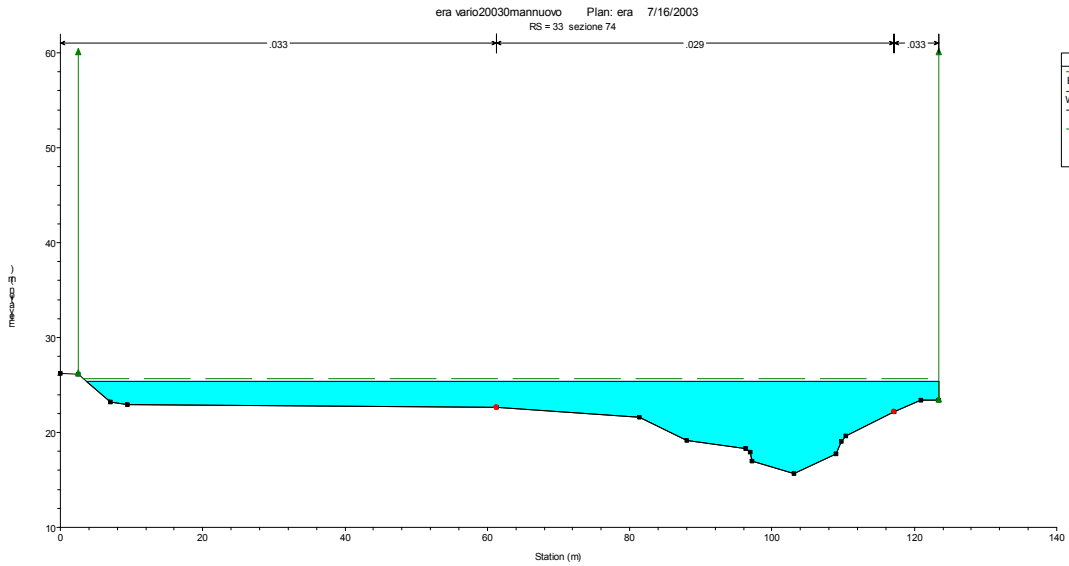
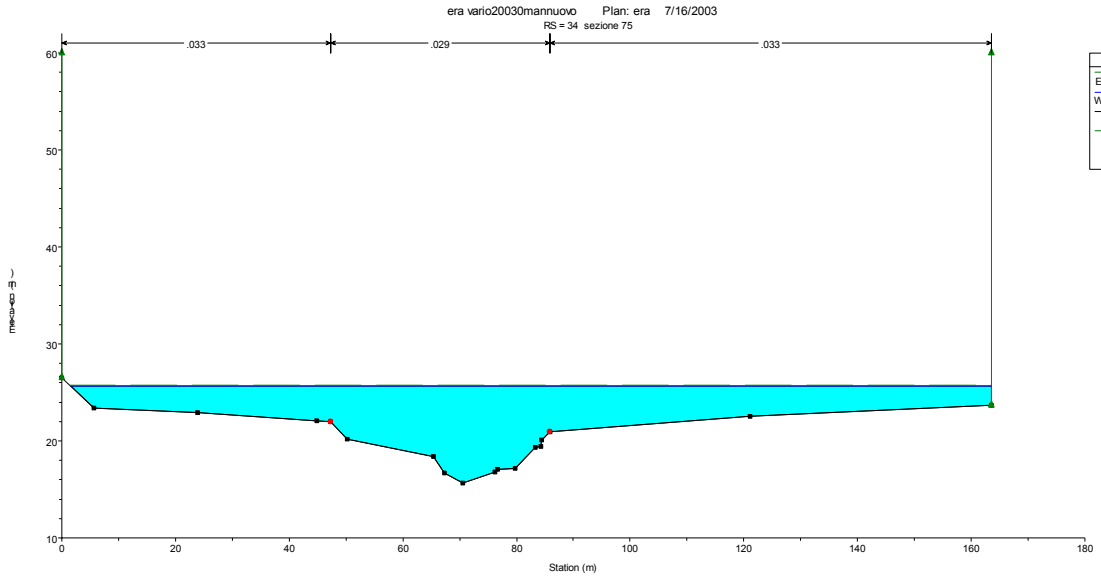


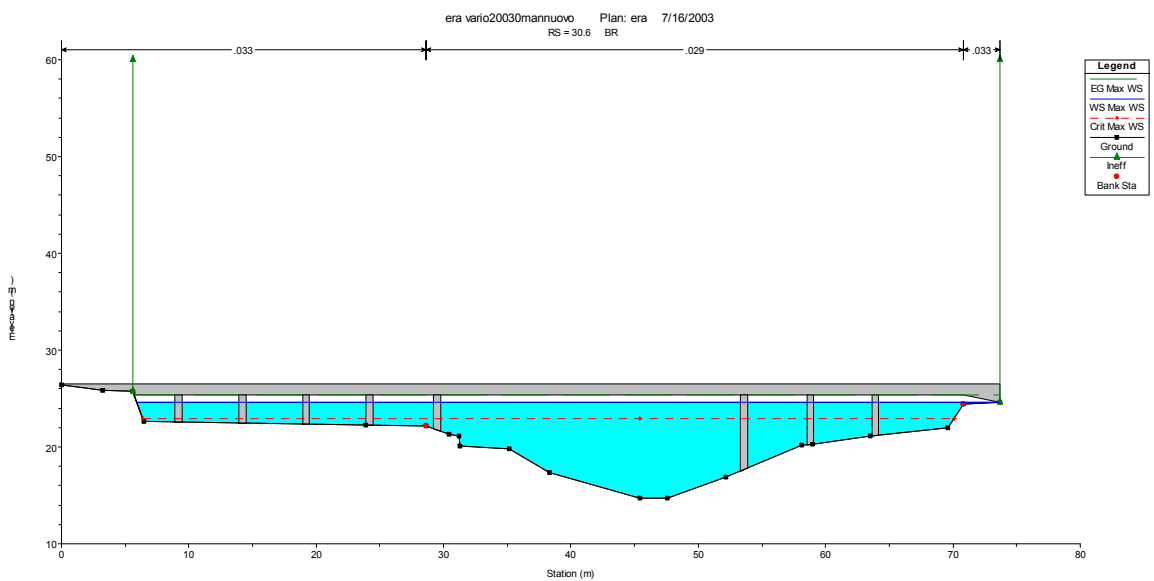
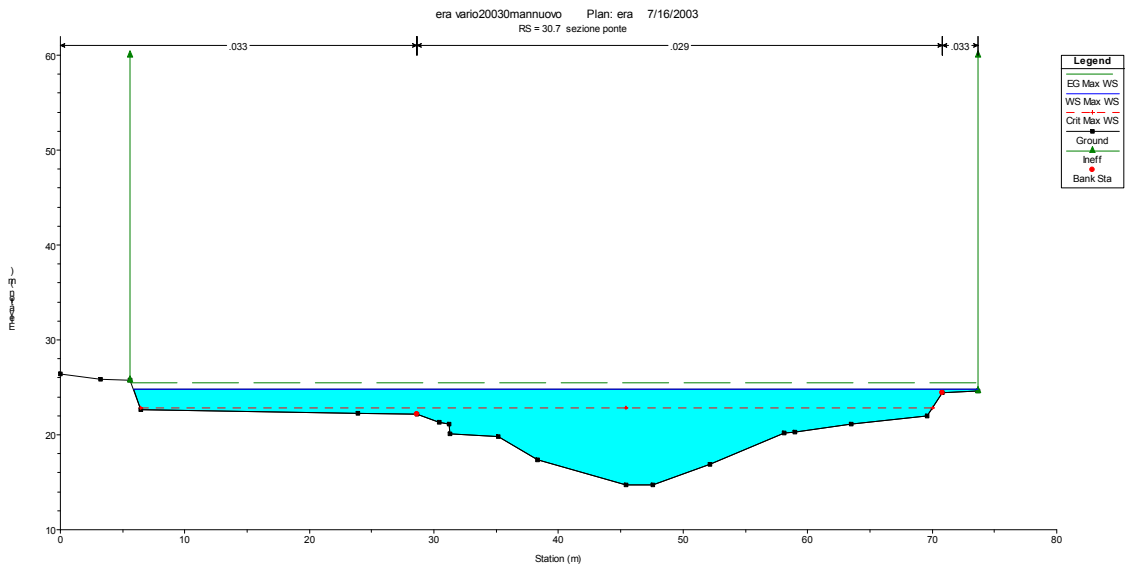
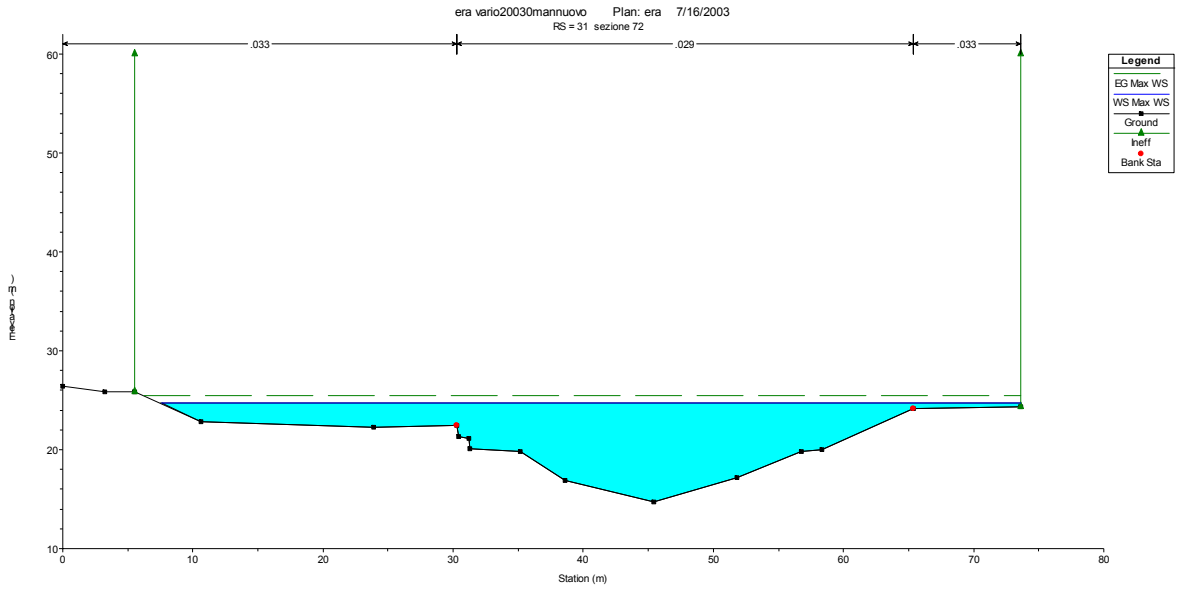


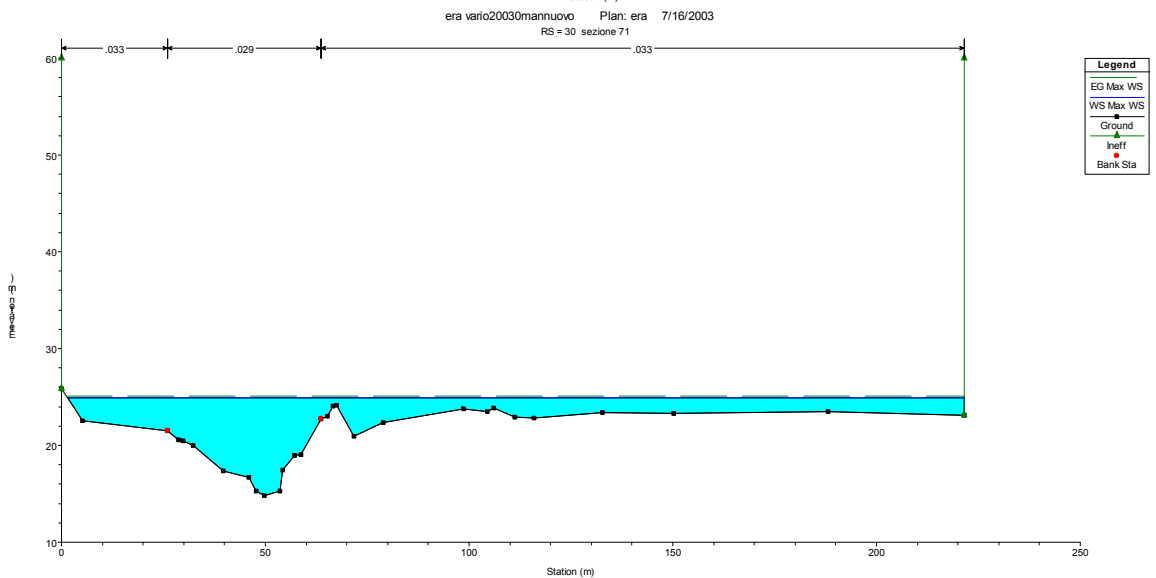
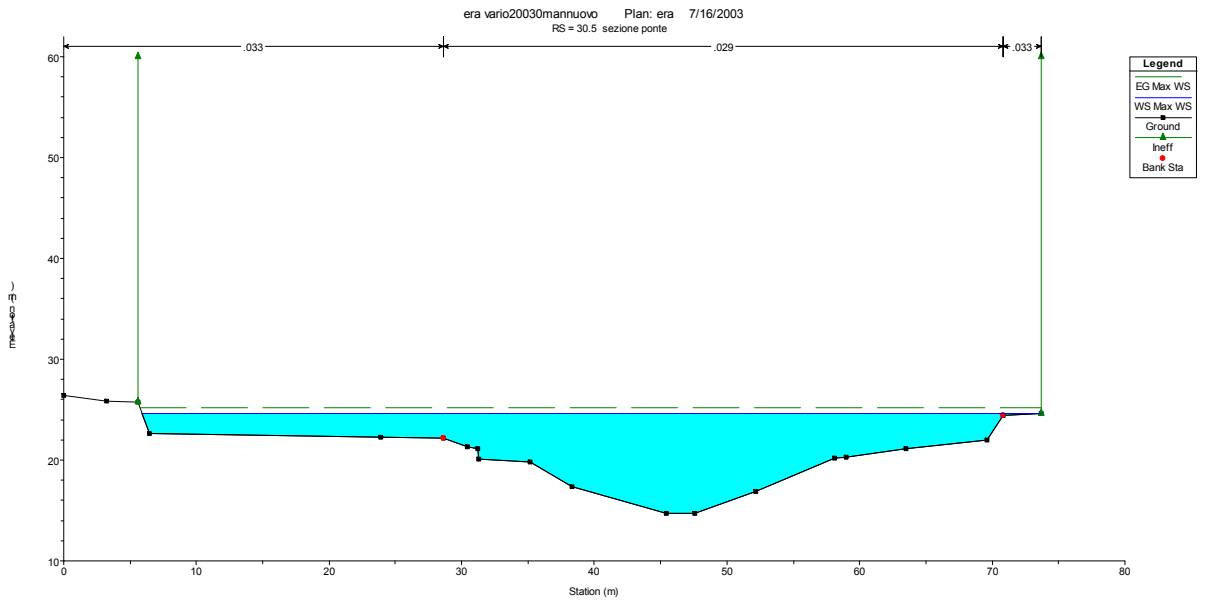
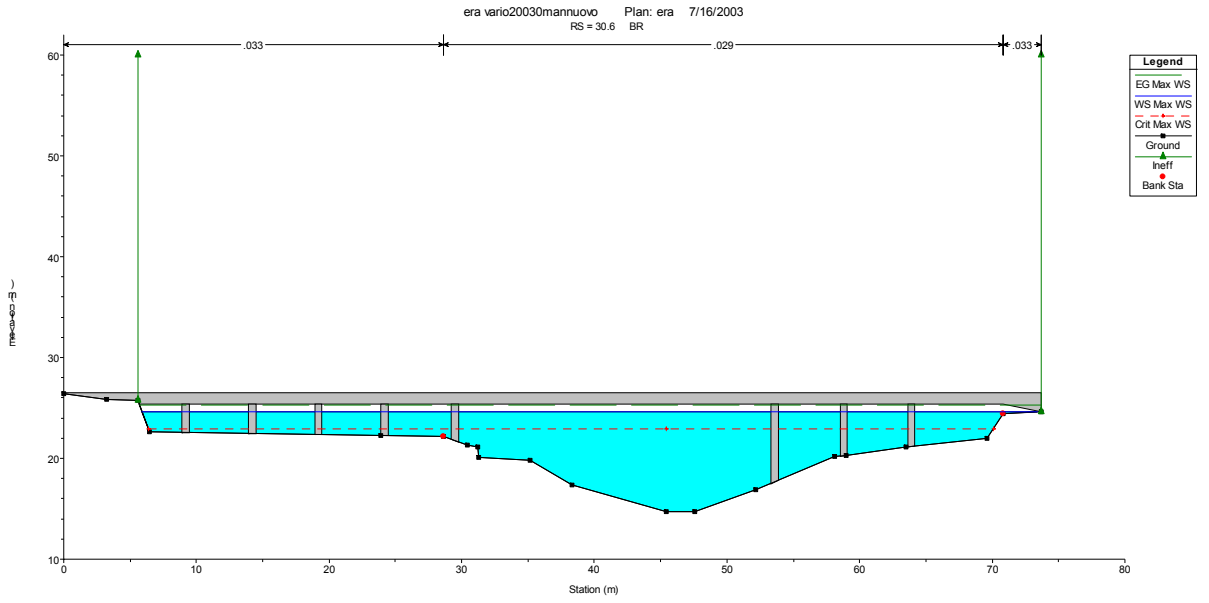


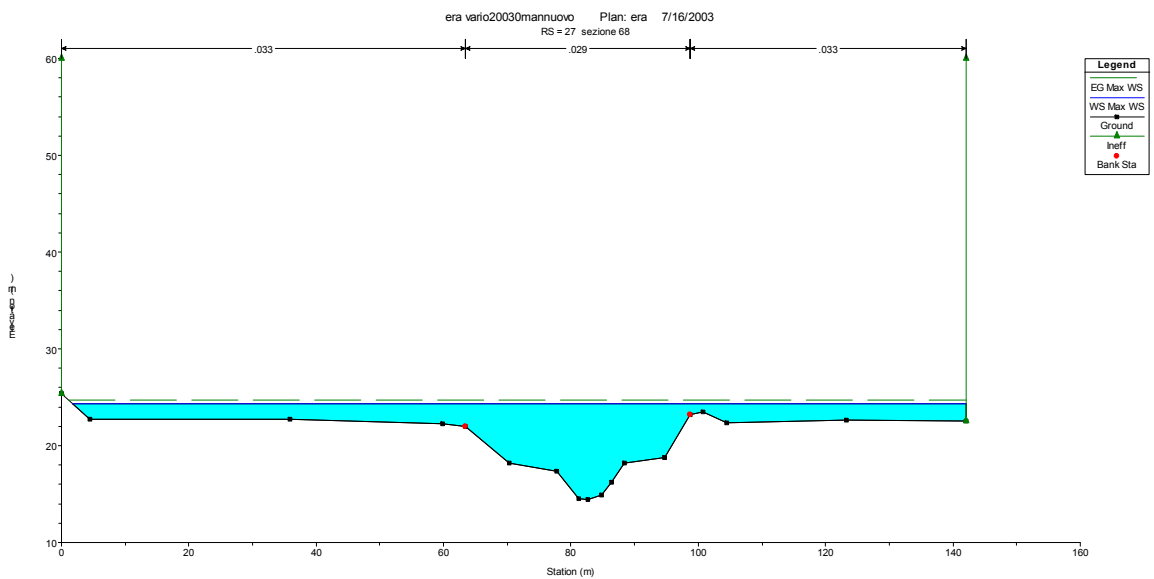
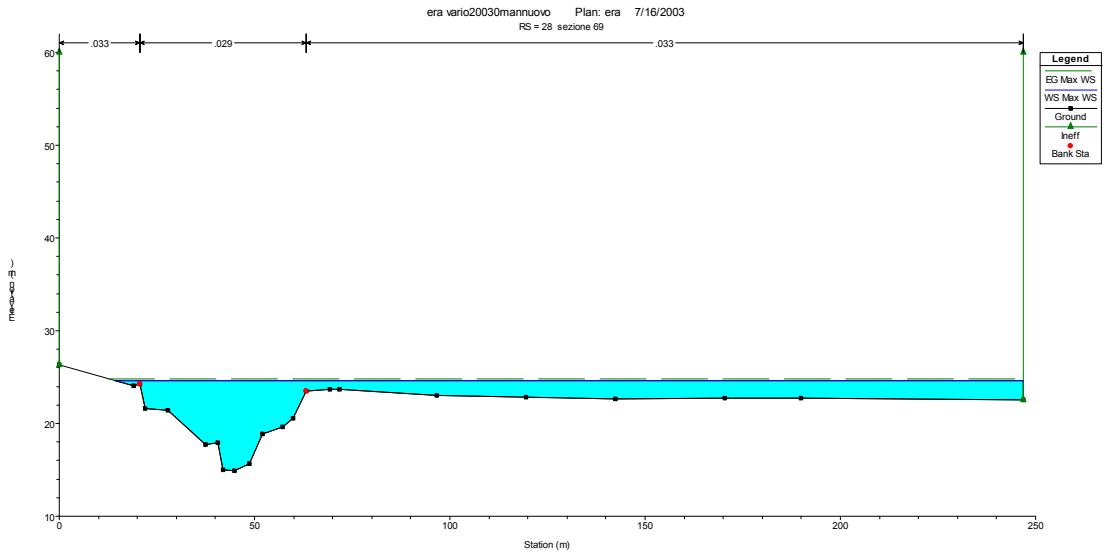
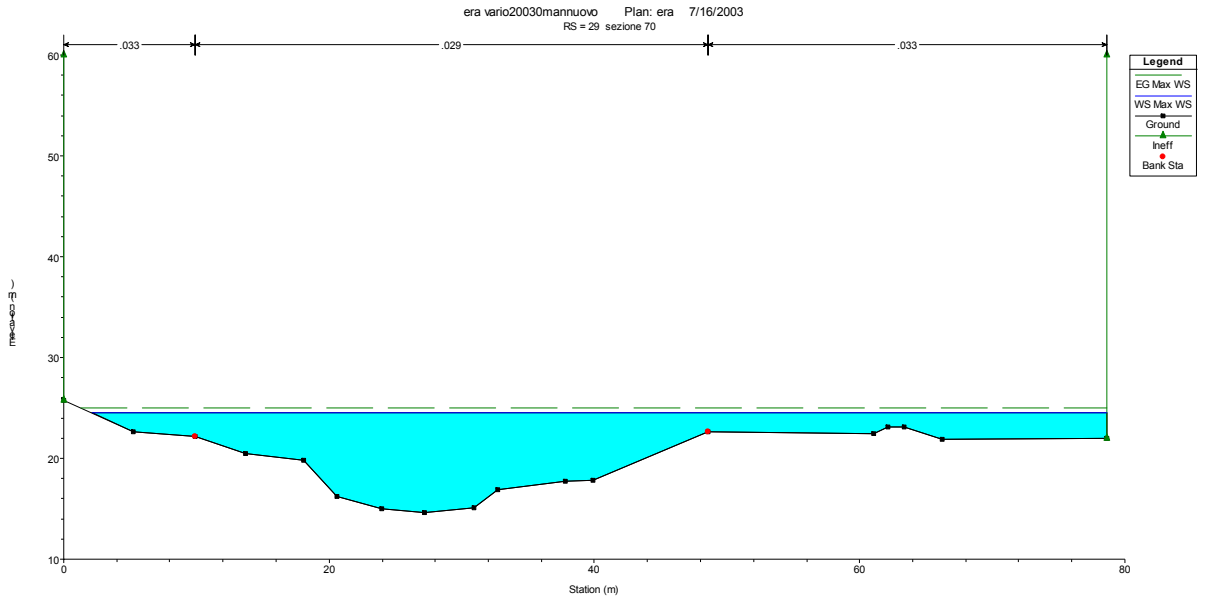


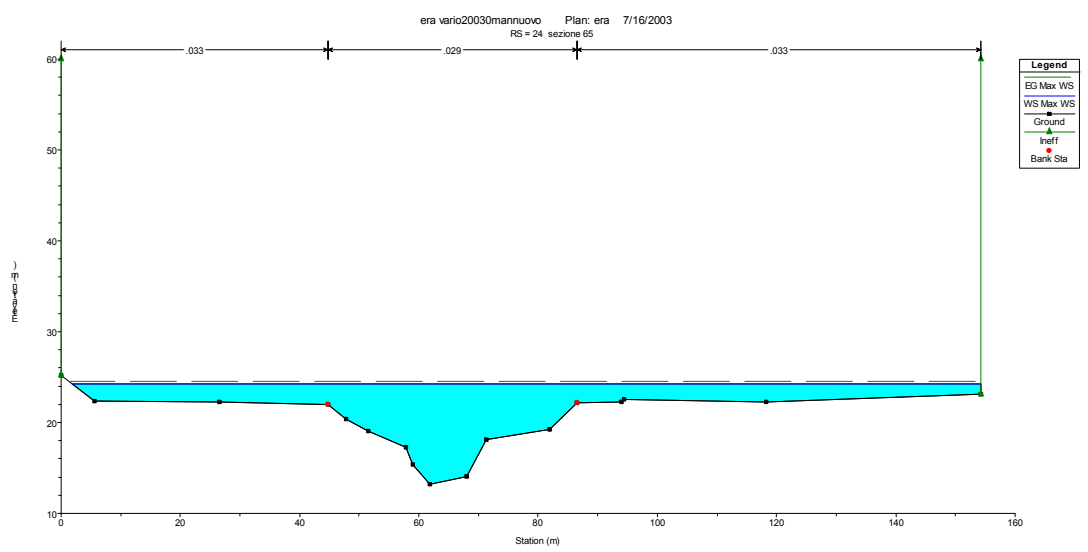
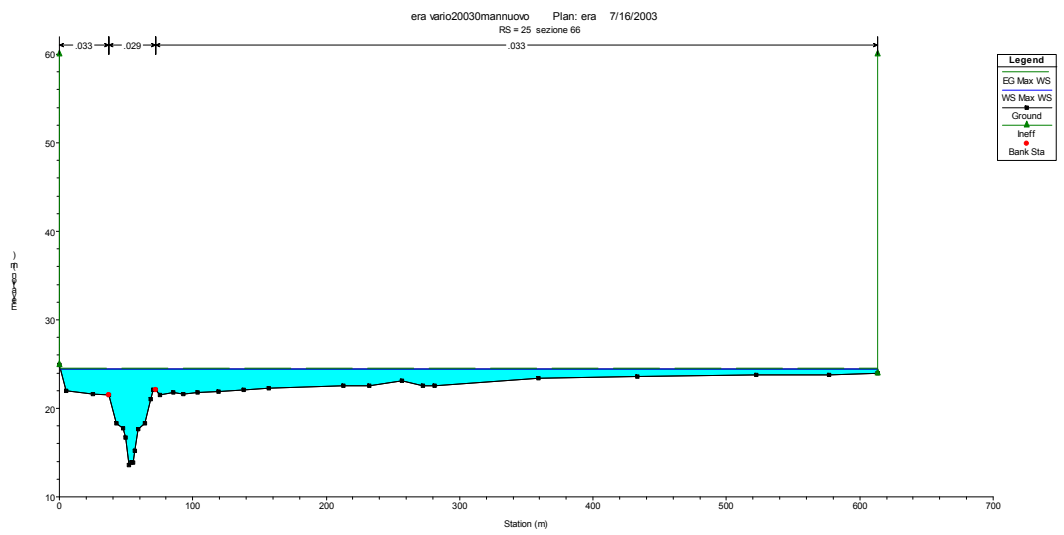
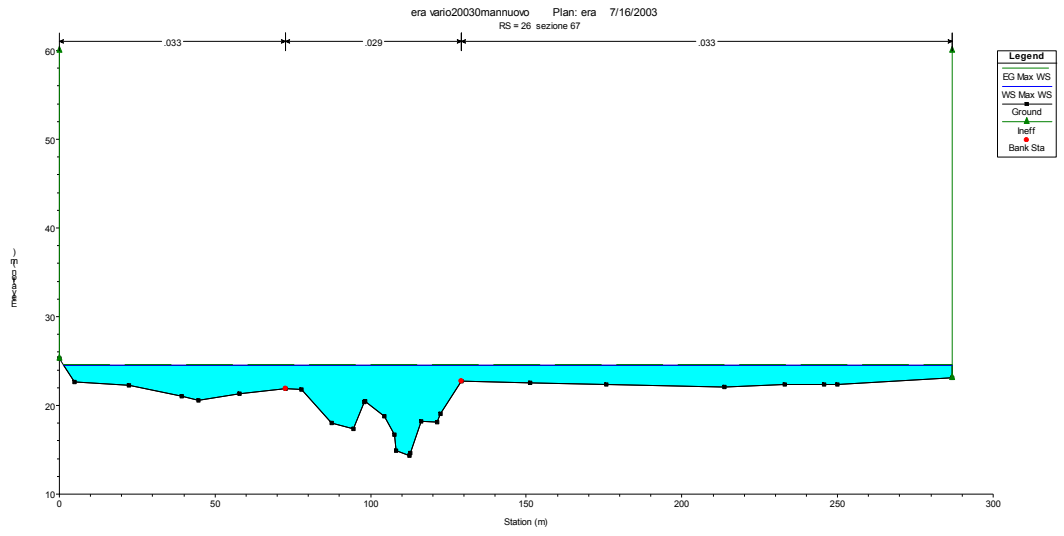


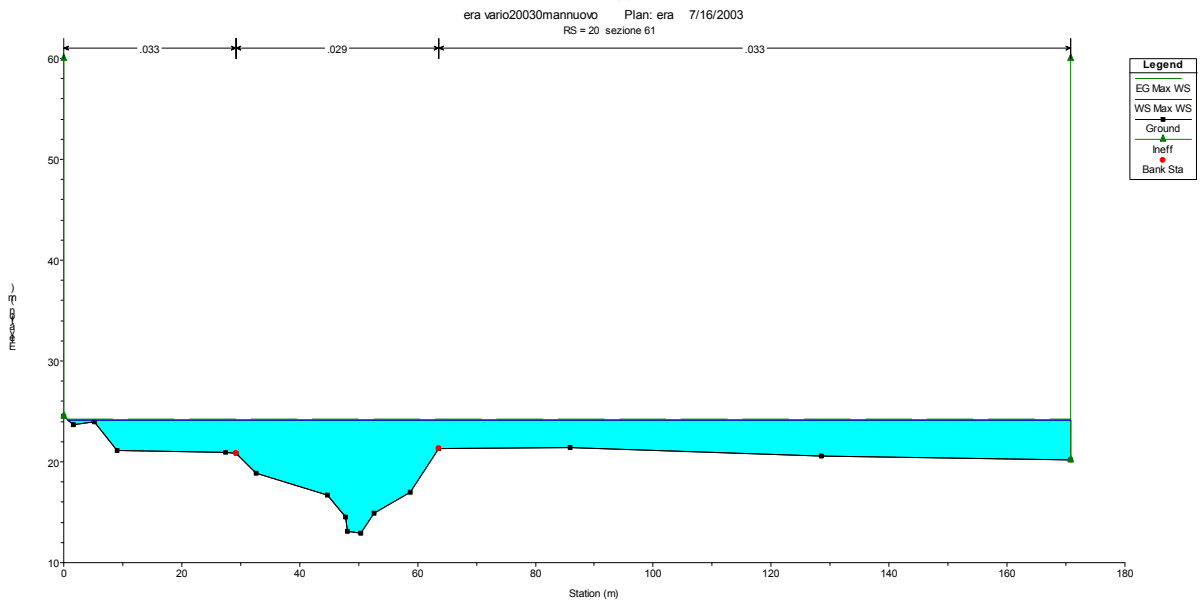
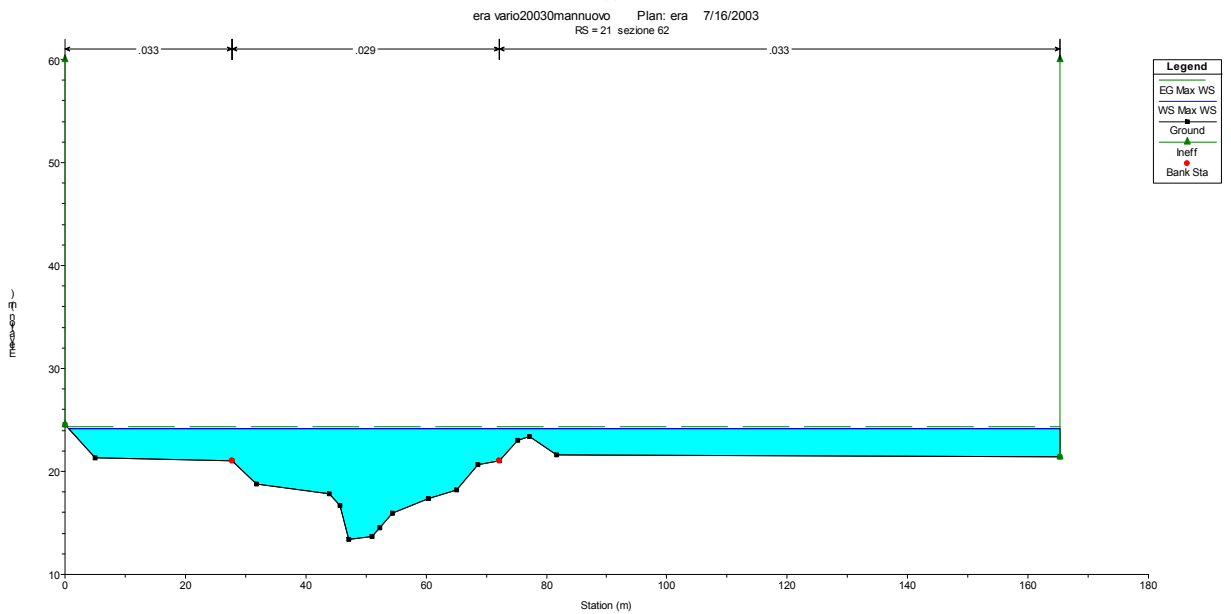
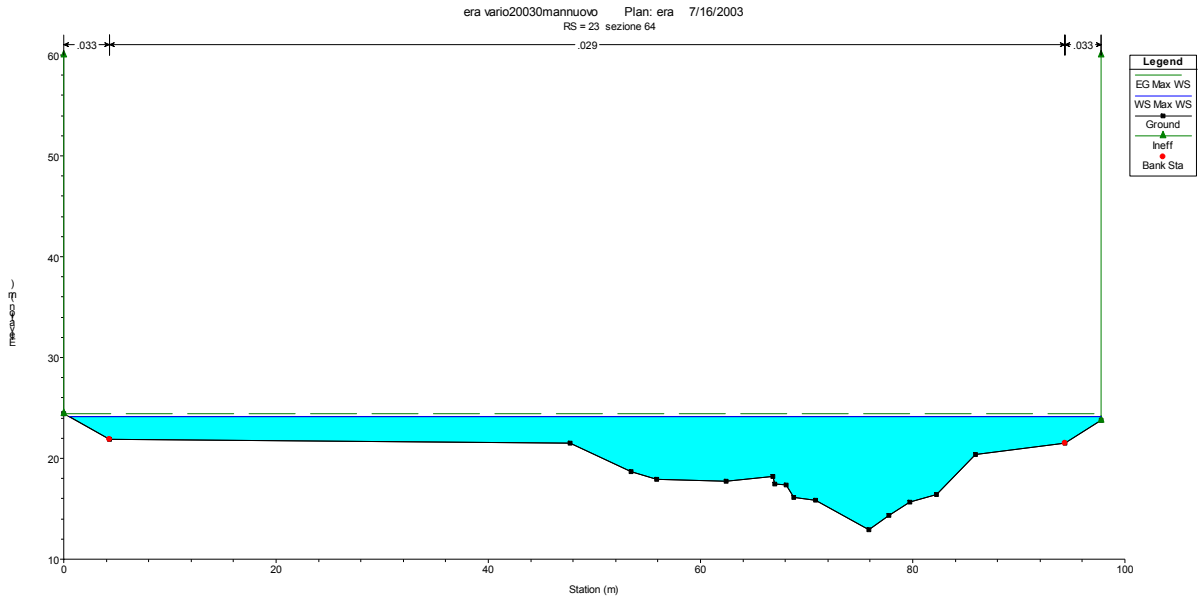




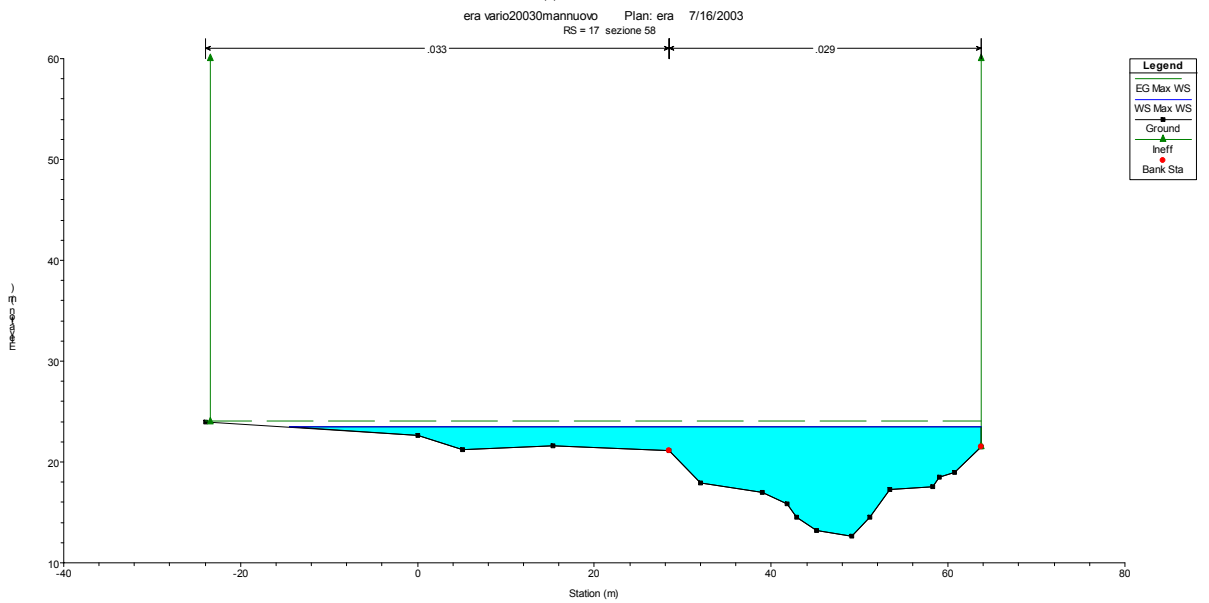
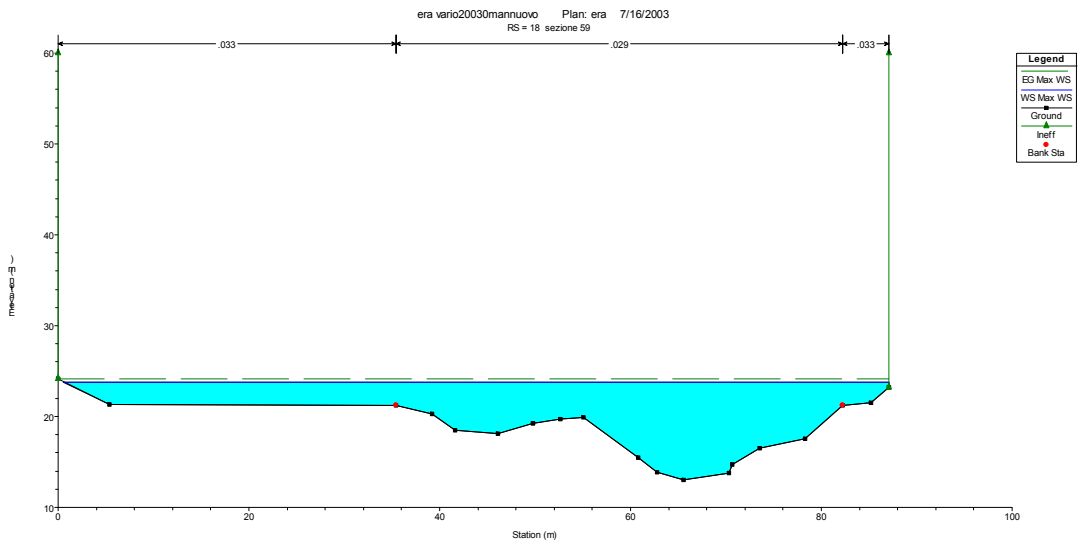
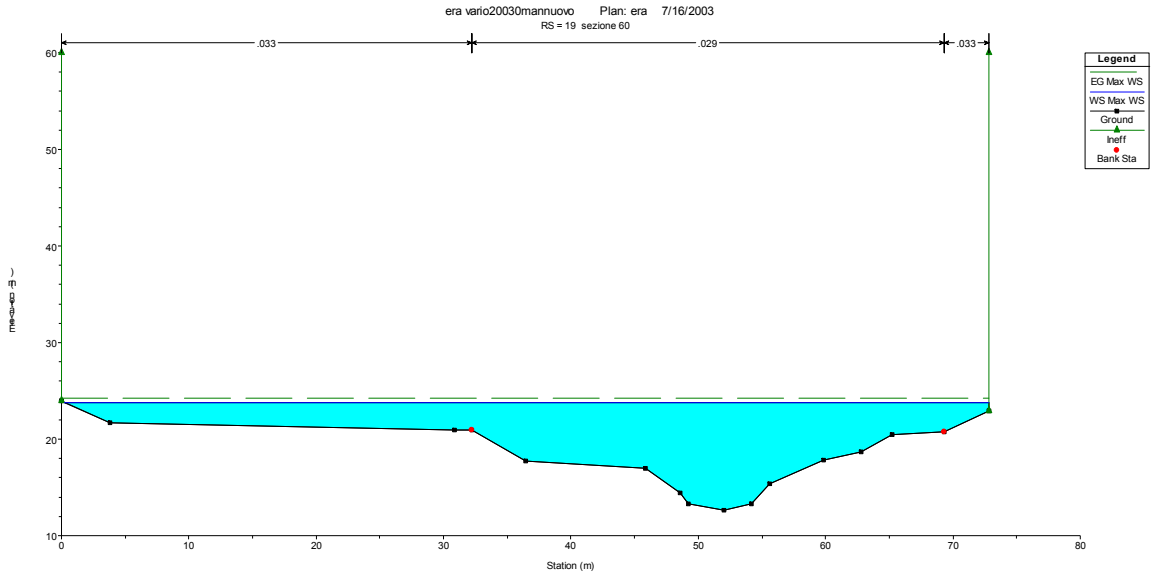


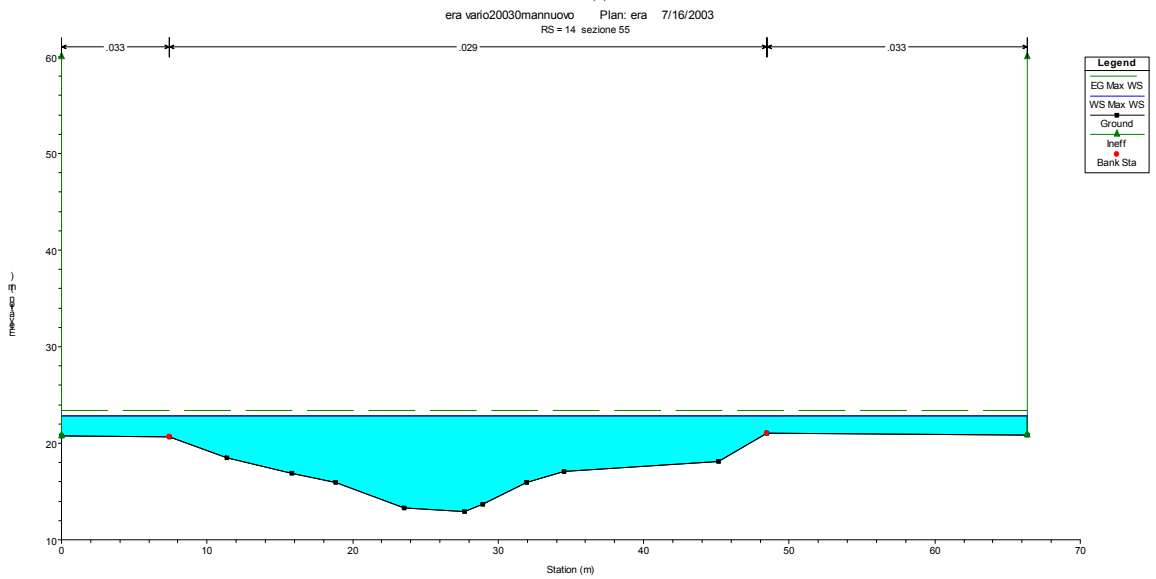
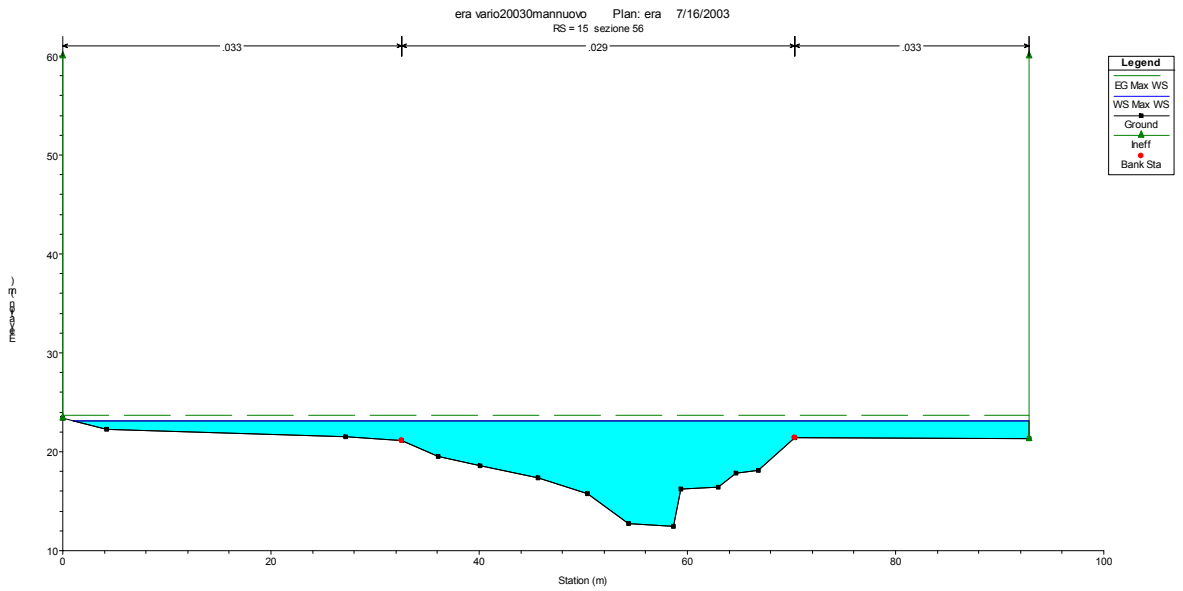
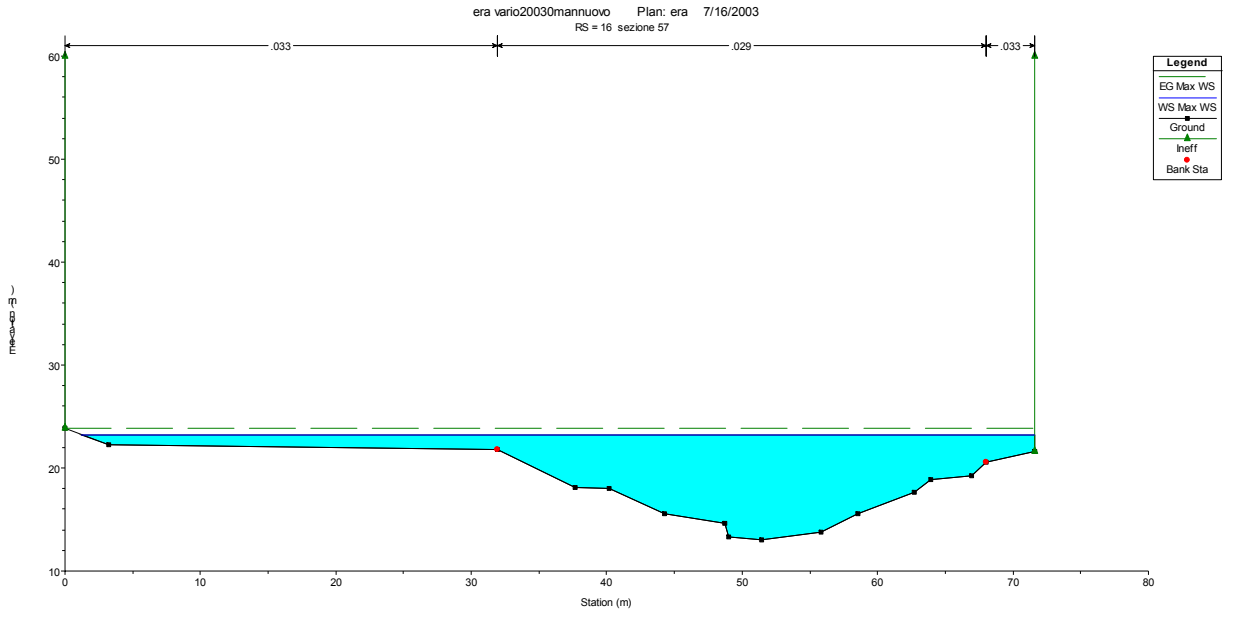


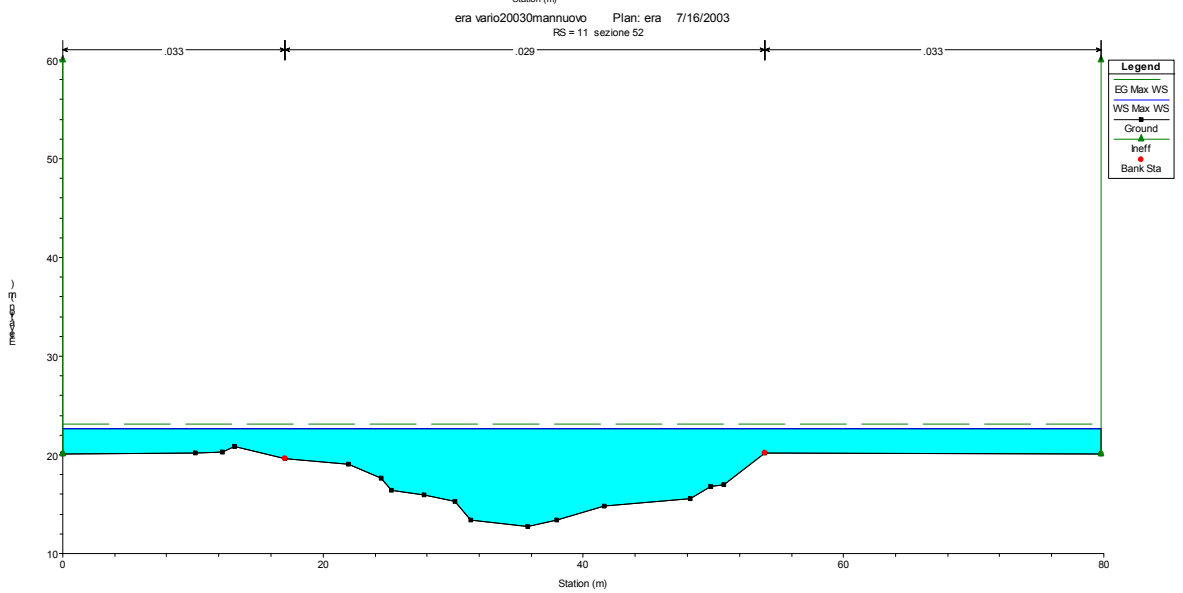
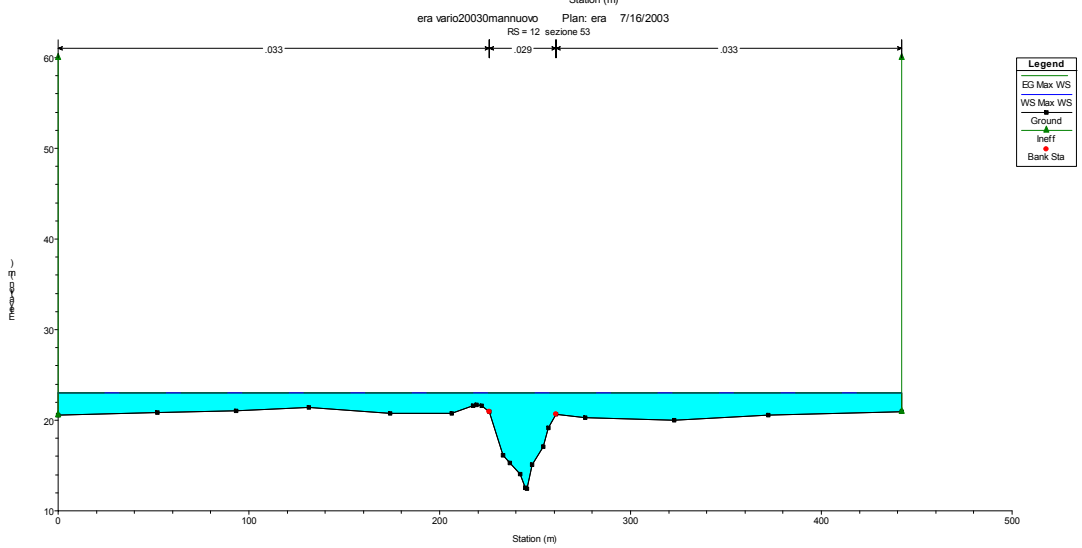
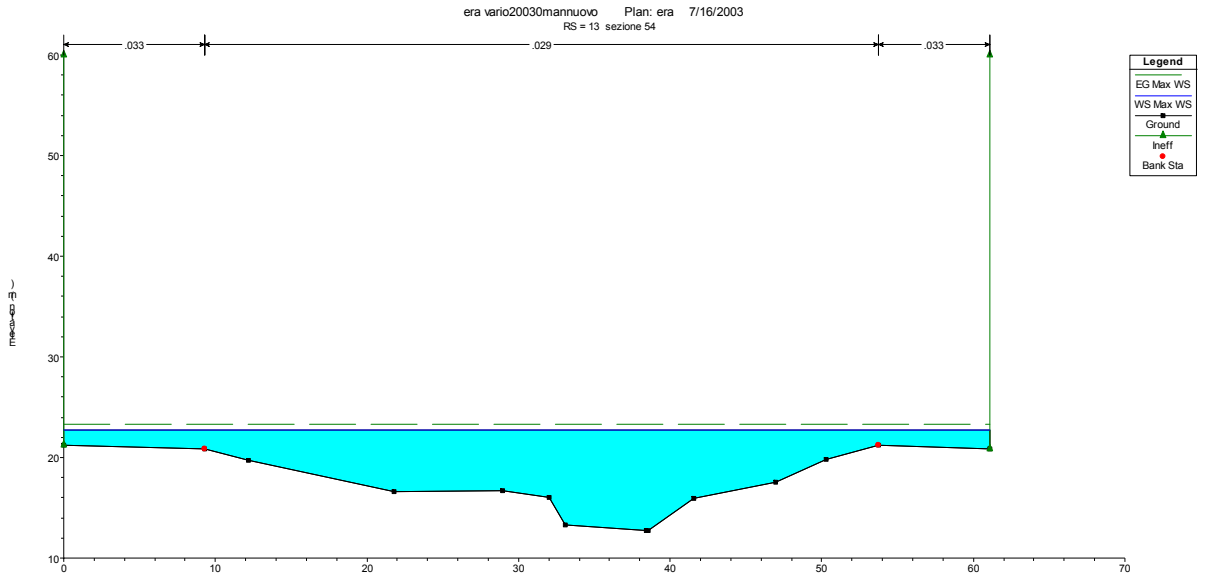


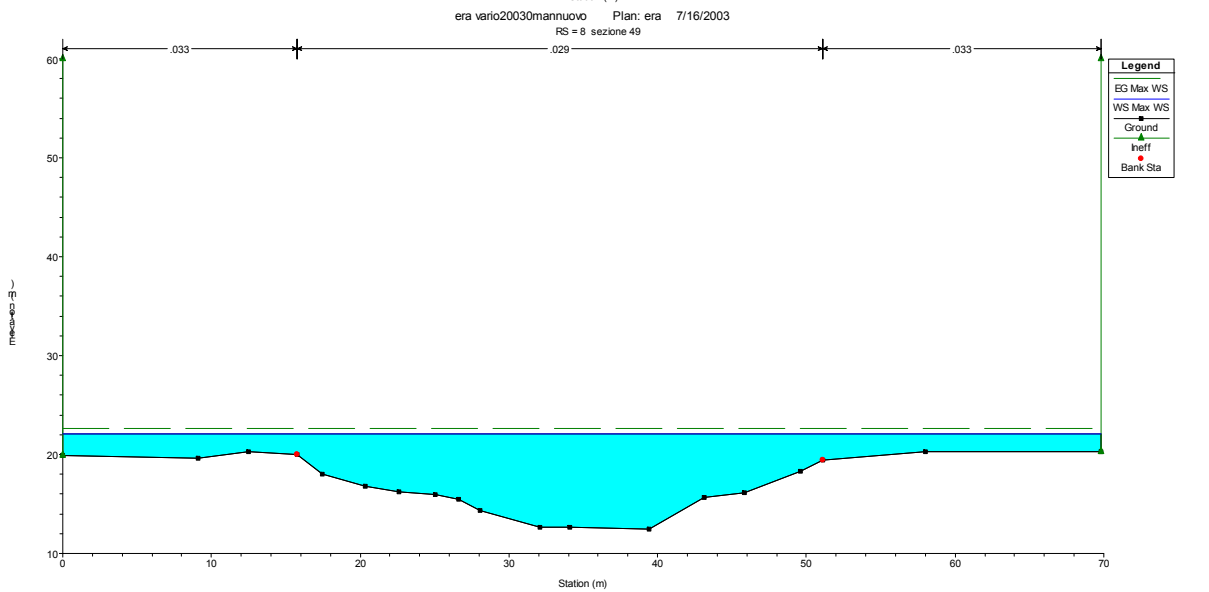
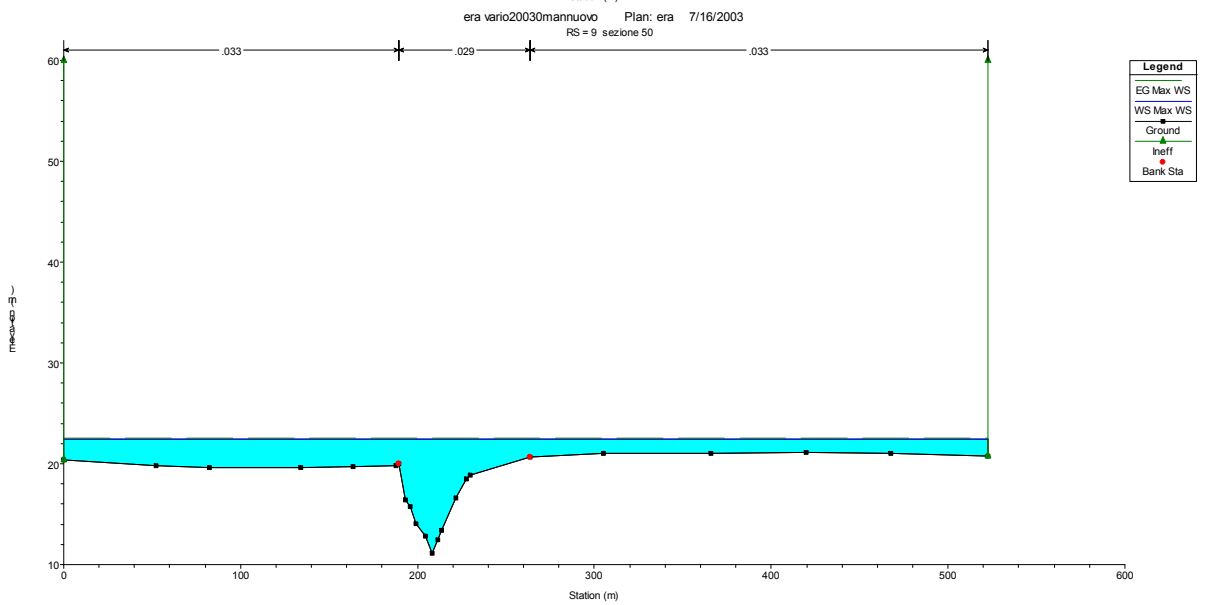
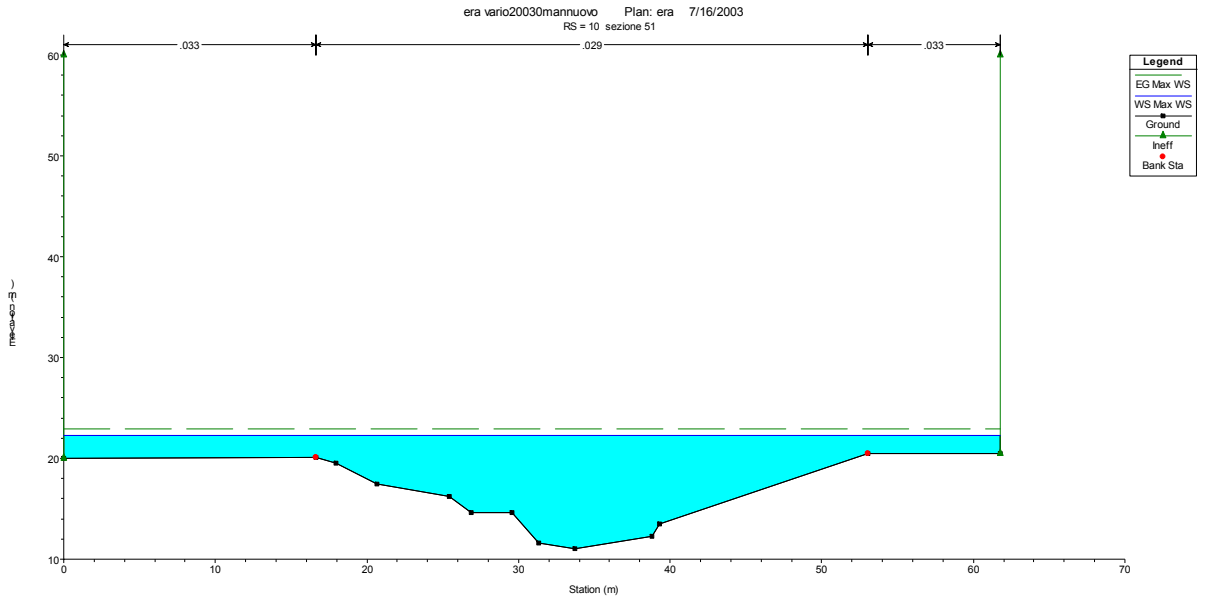


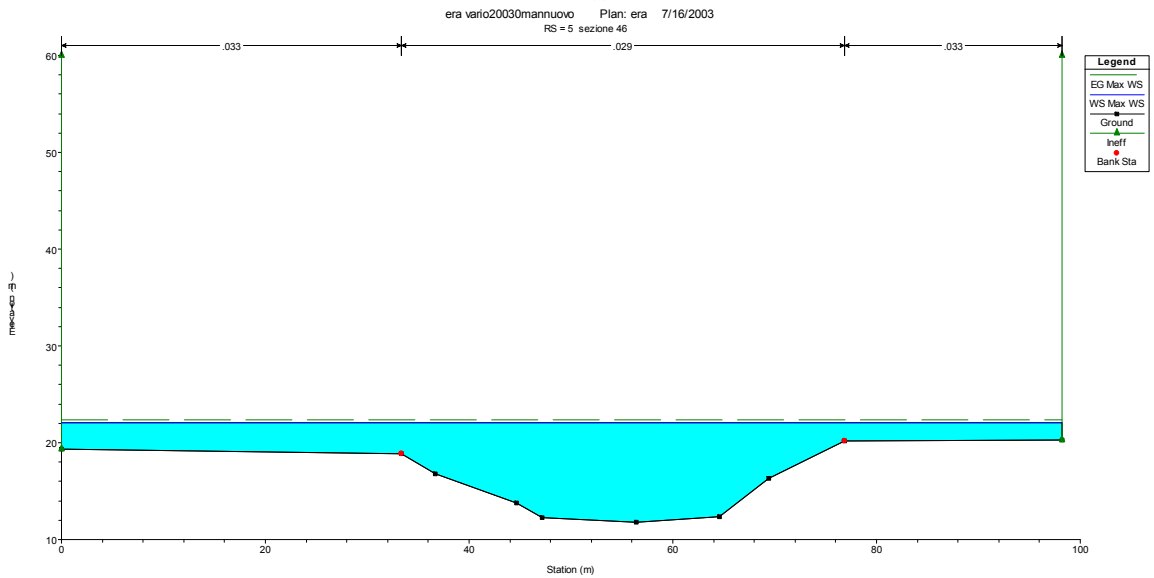
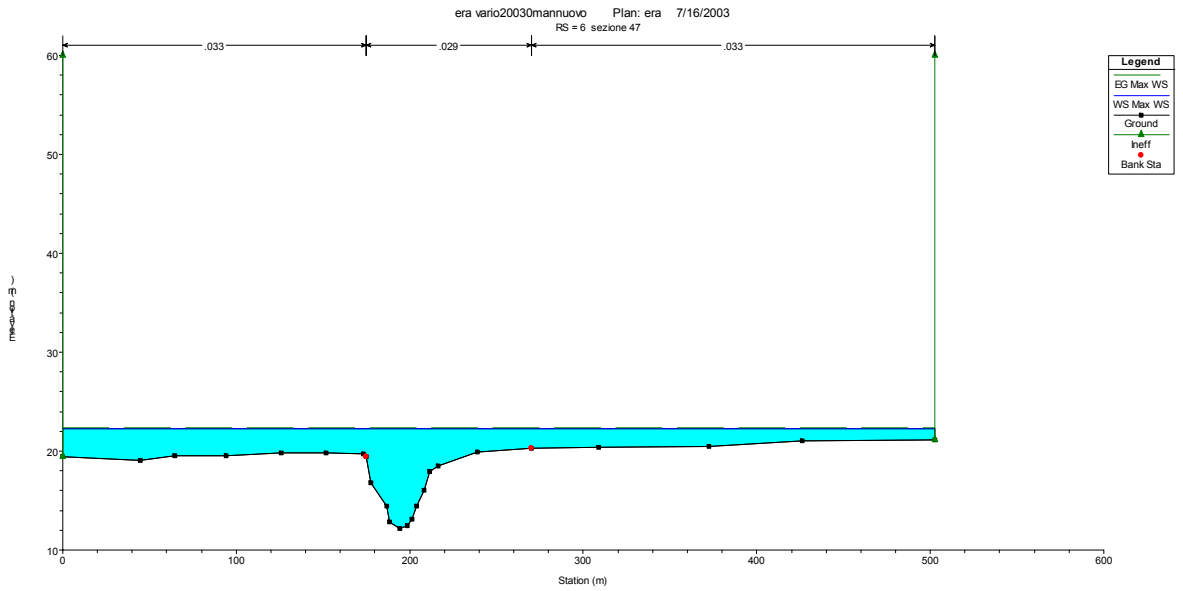
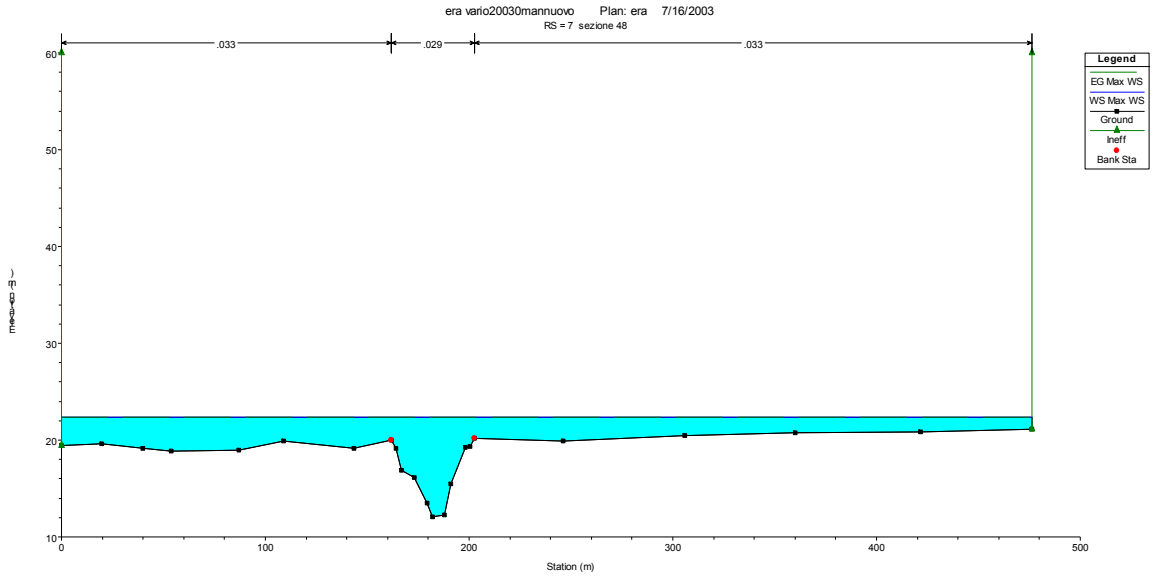


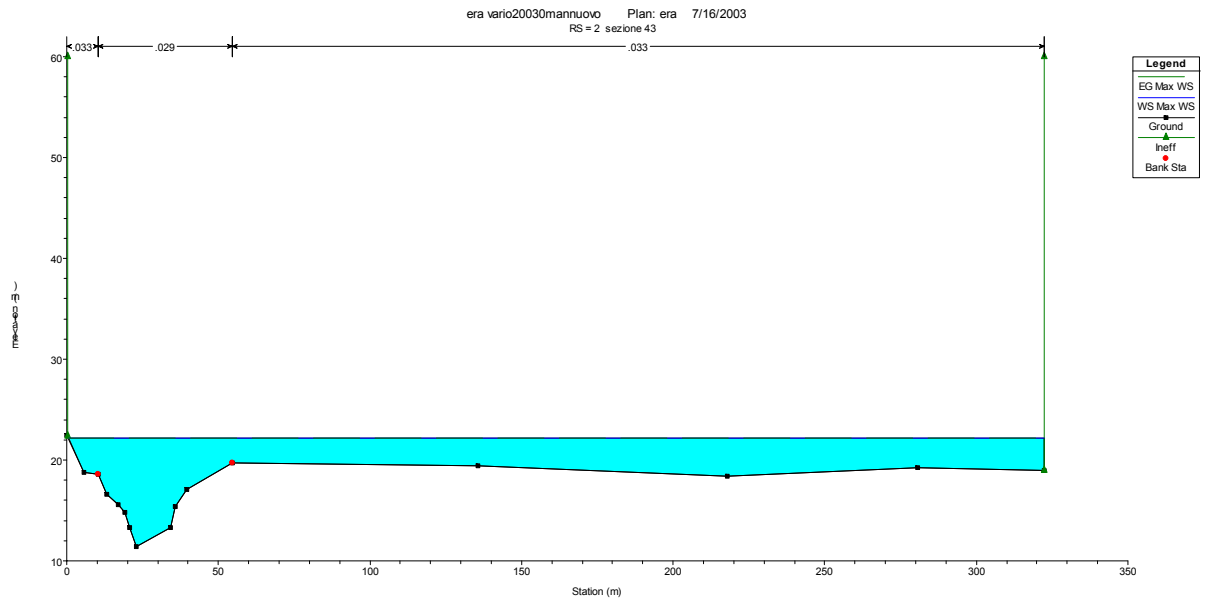
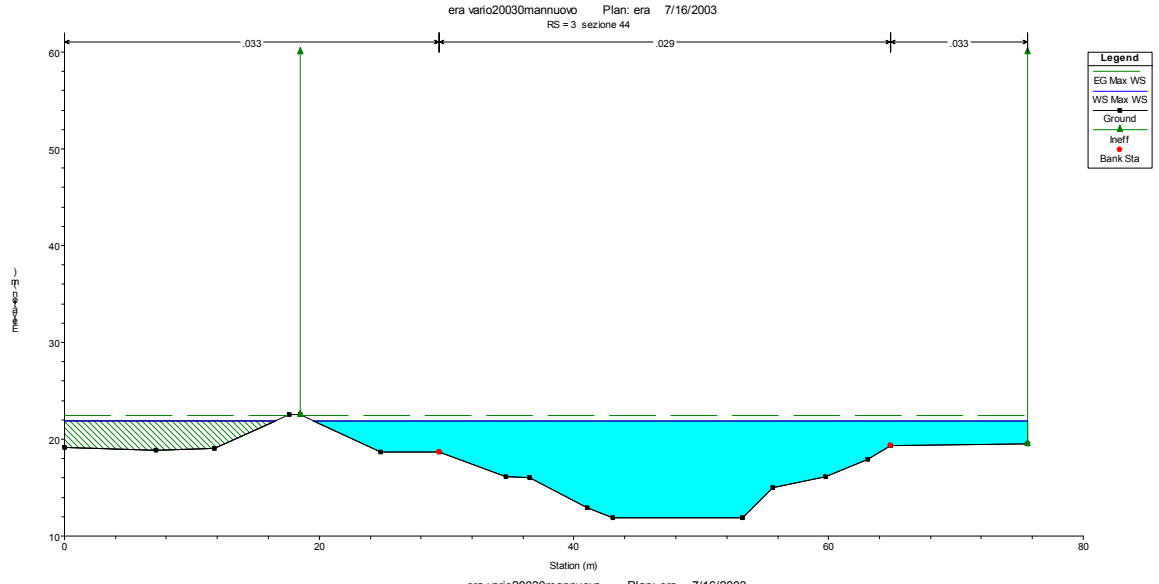
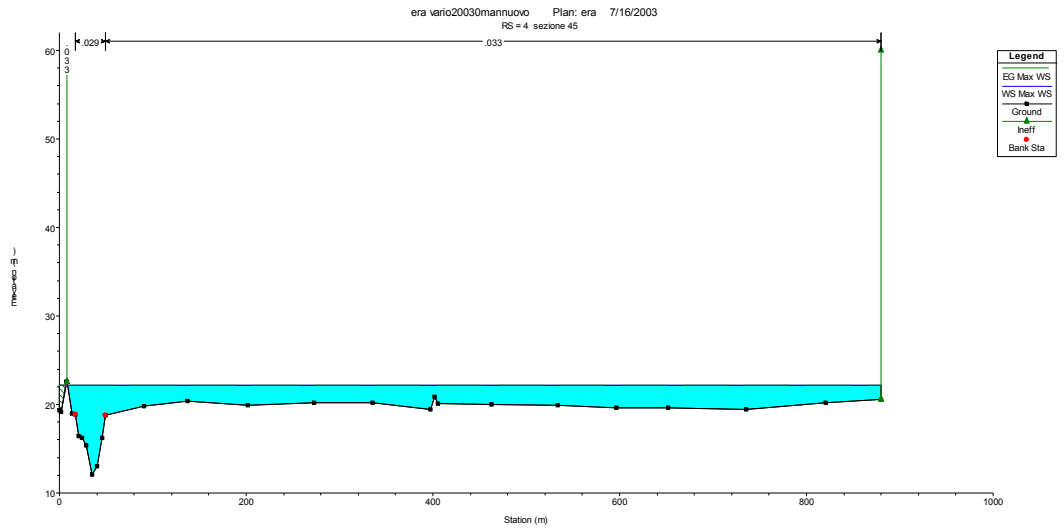




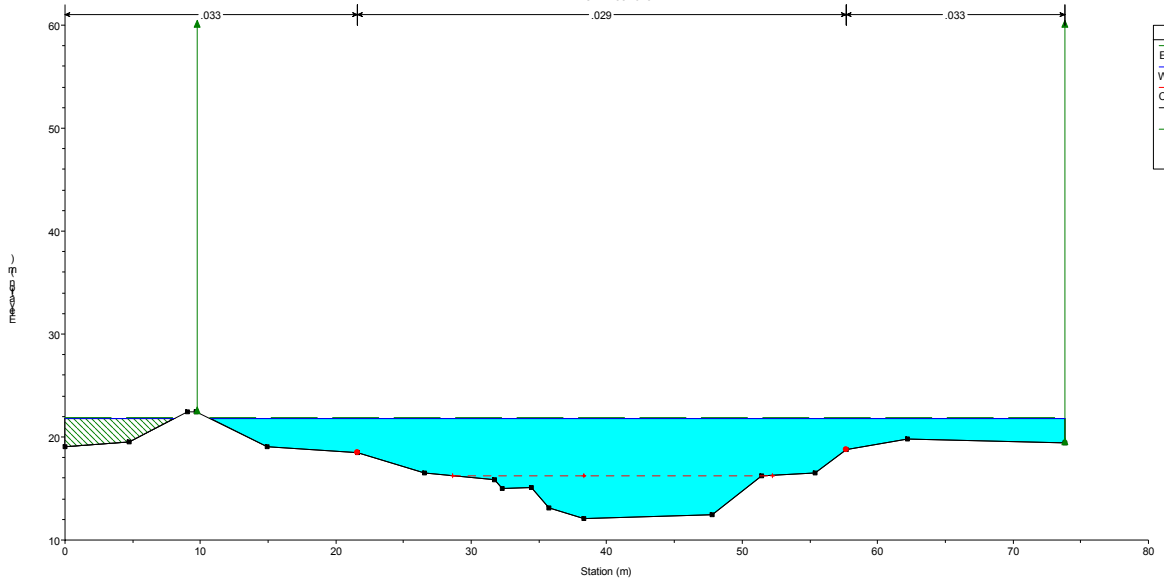


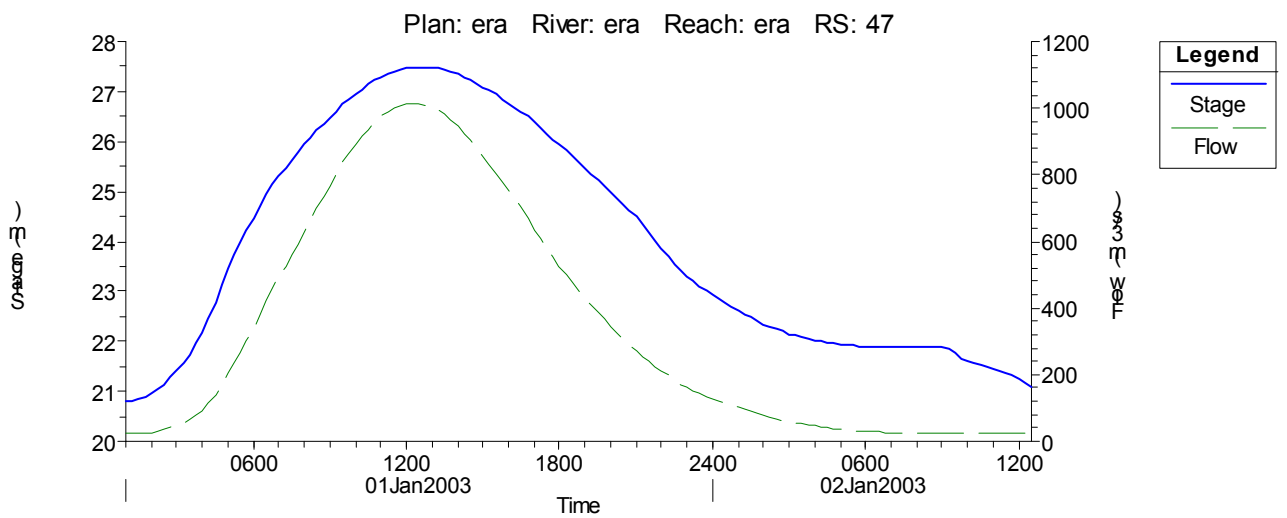
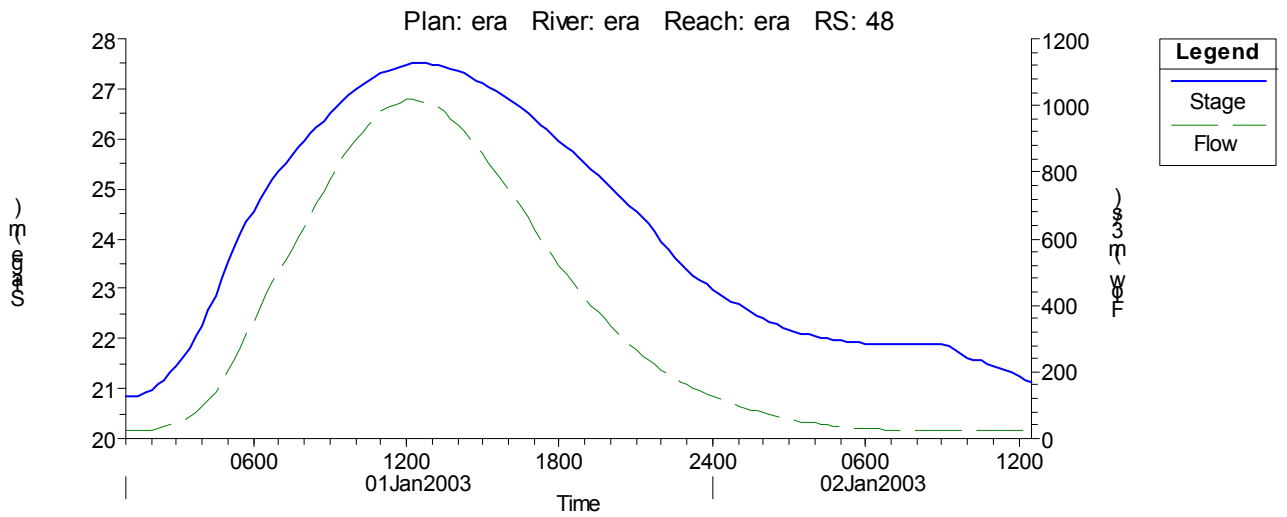
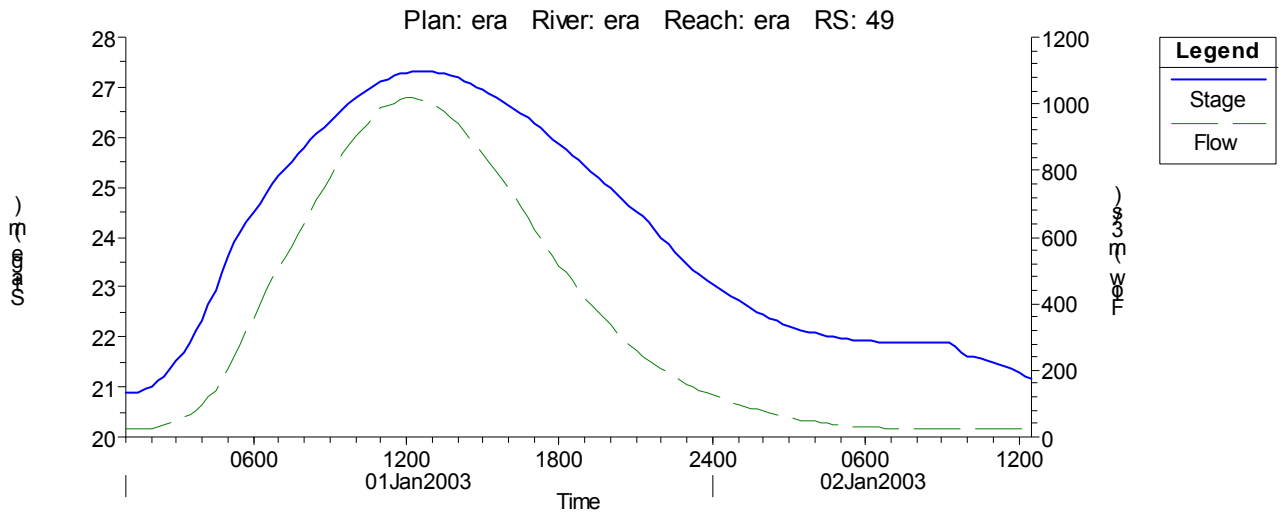




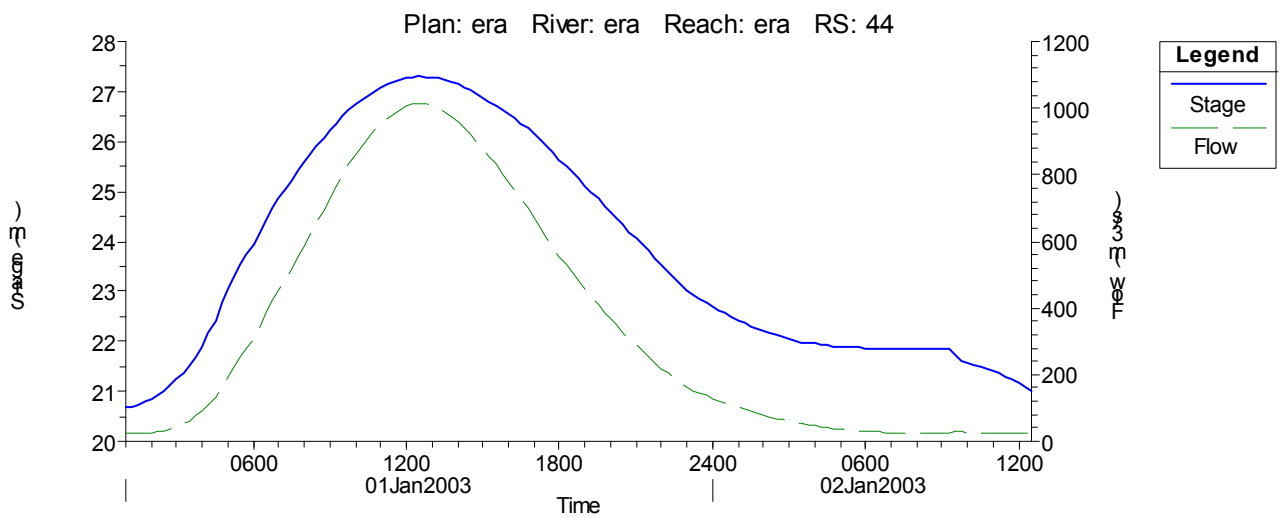
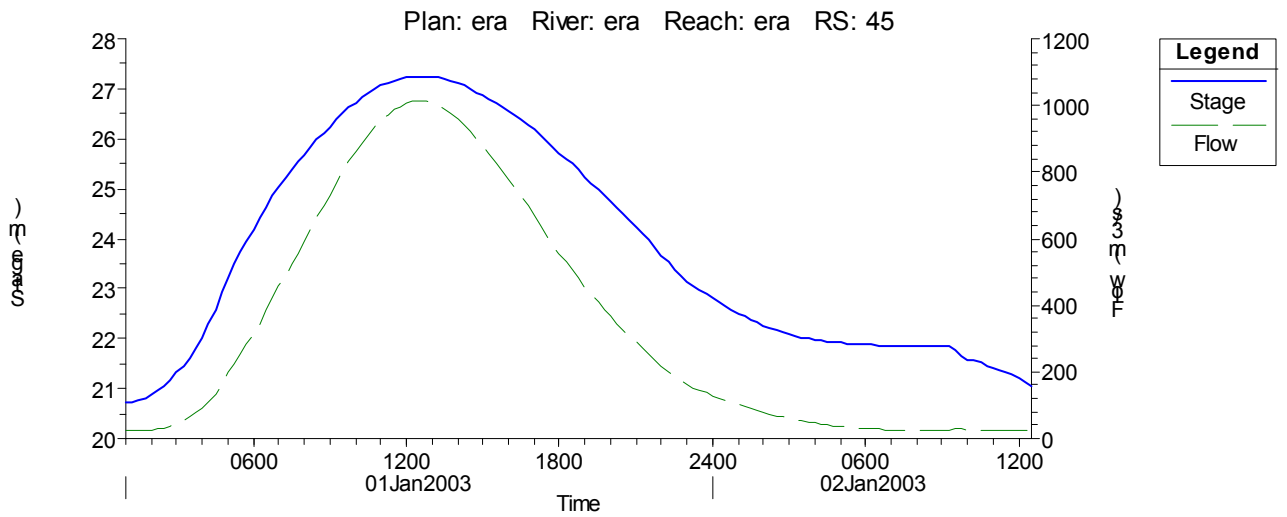
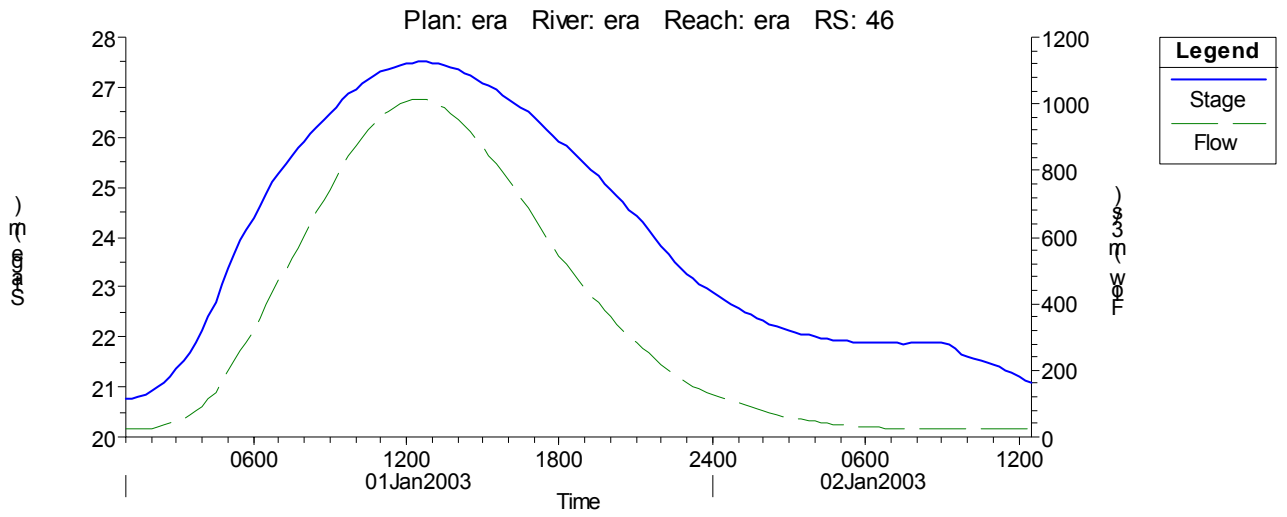


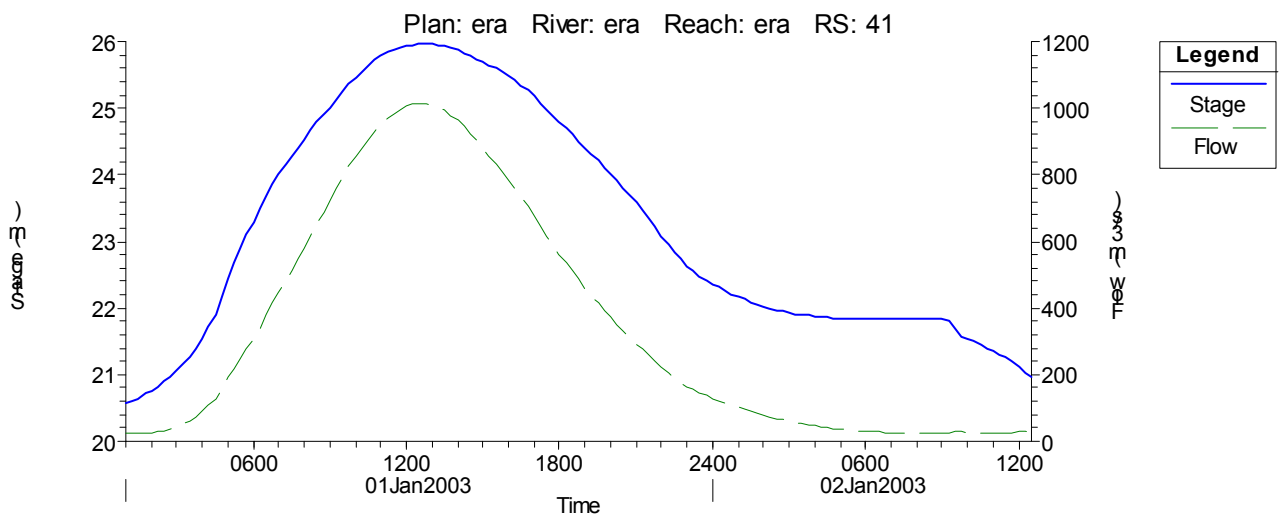
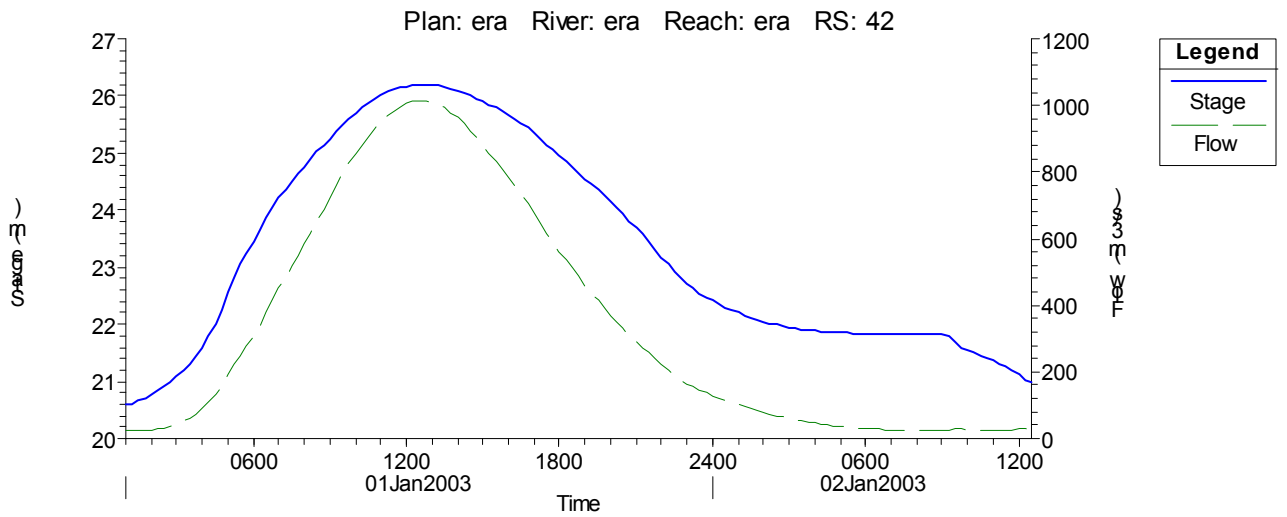
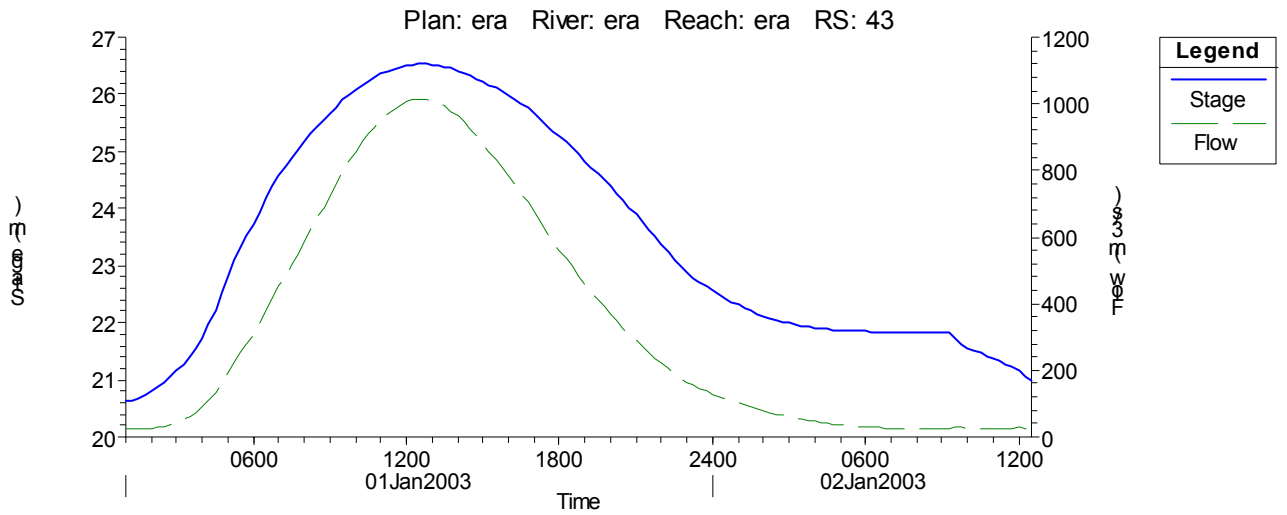
era vario20030mannuovo Plan: era 7/16/2003  
RS = 1 sezione 42

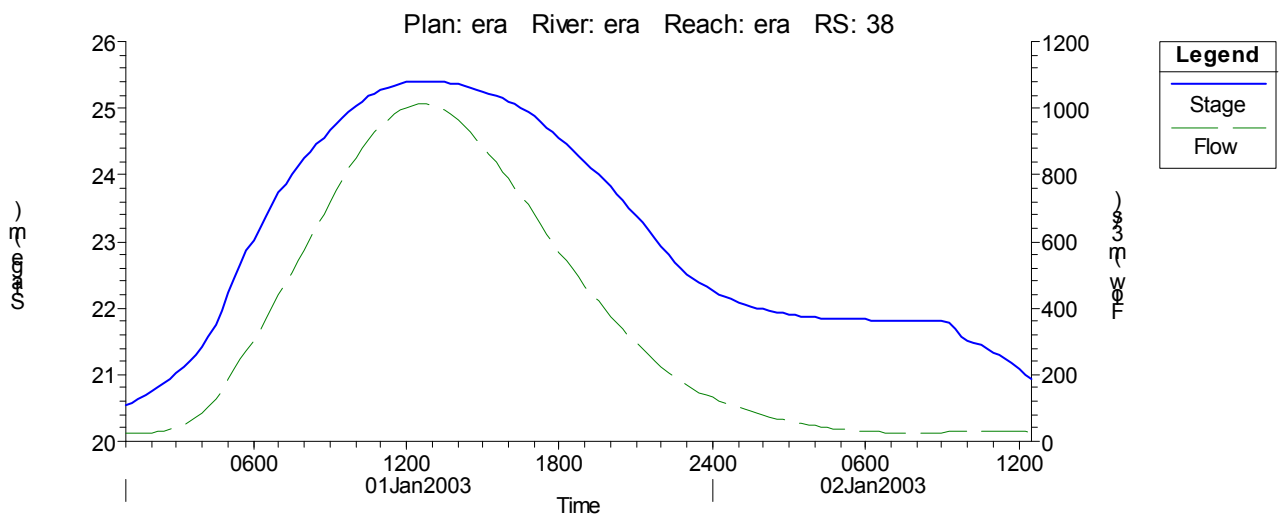
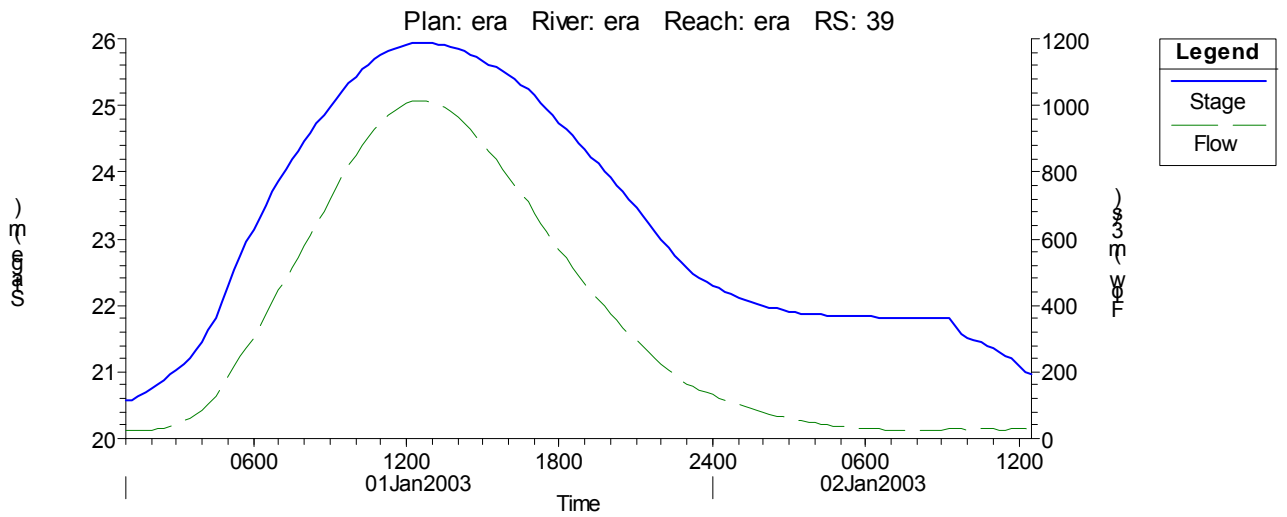
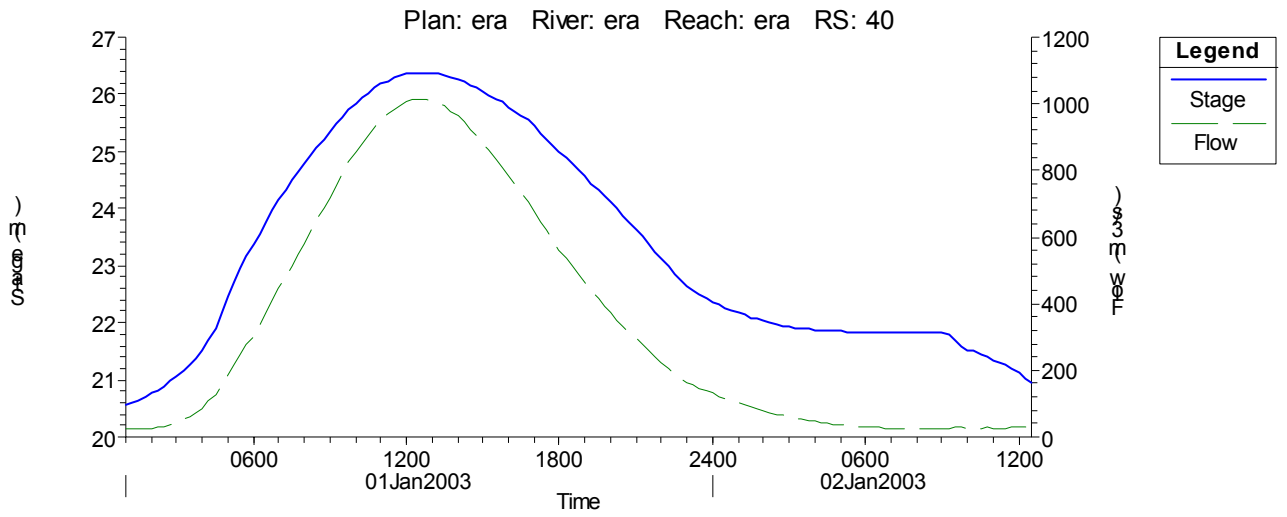


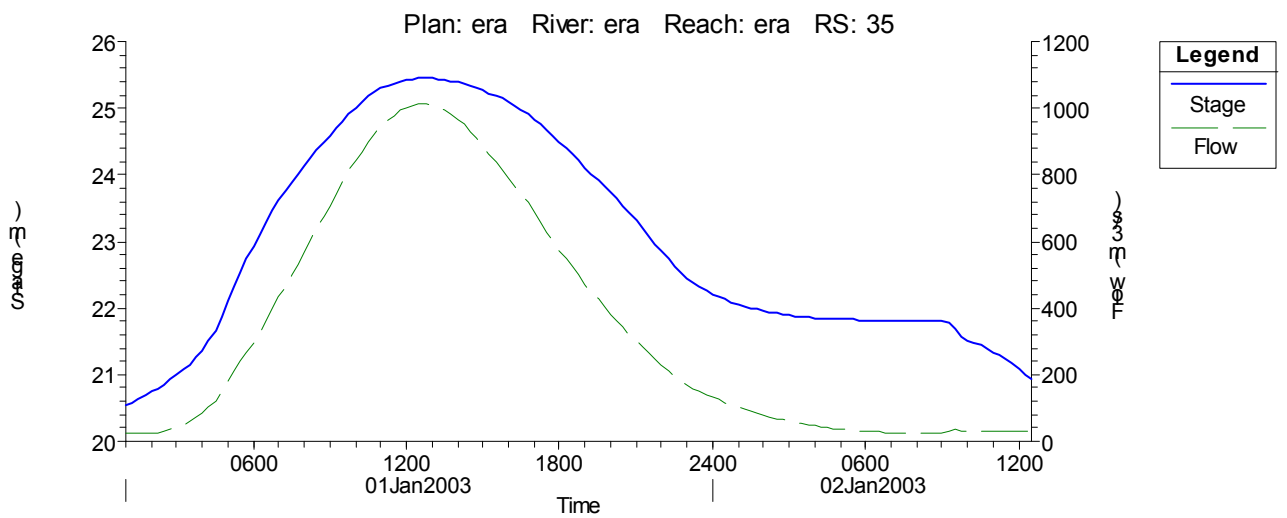
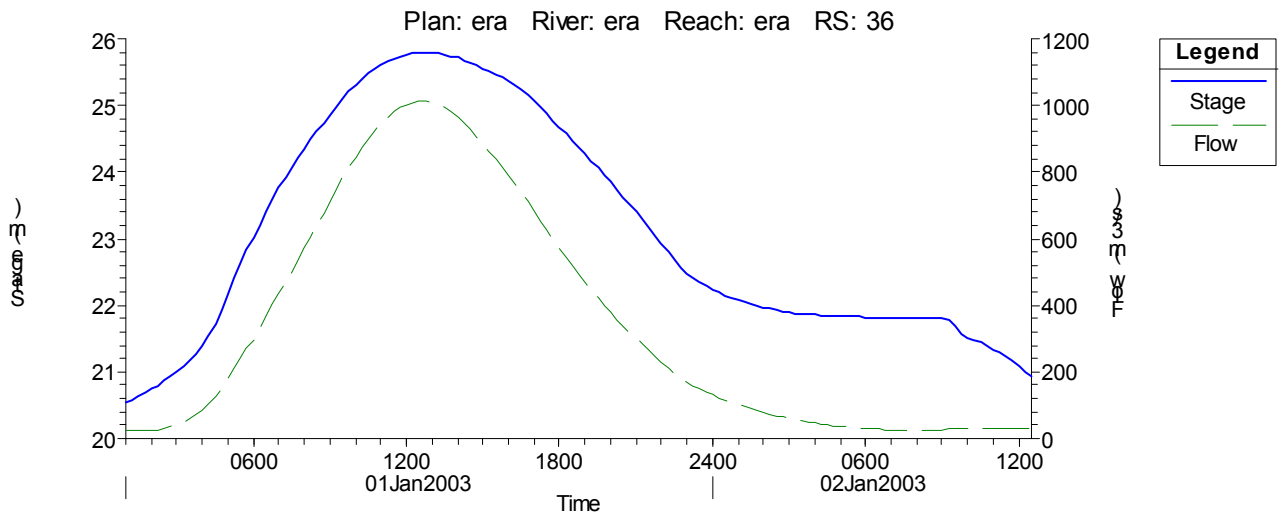
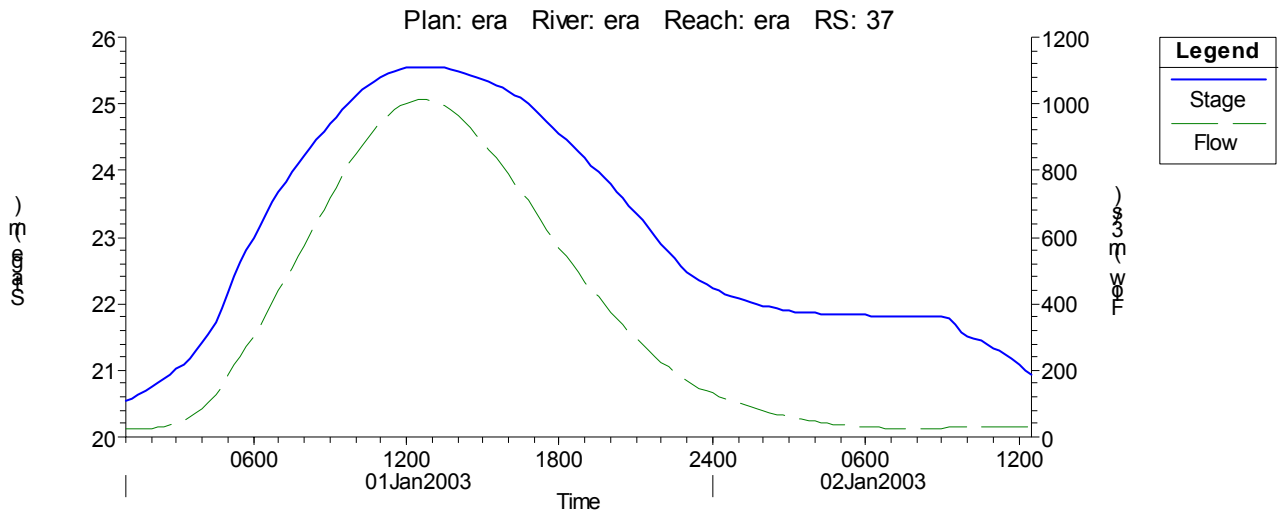


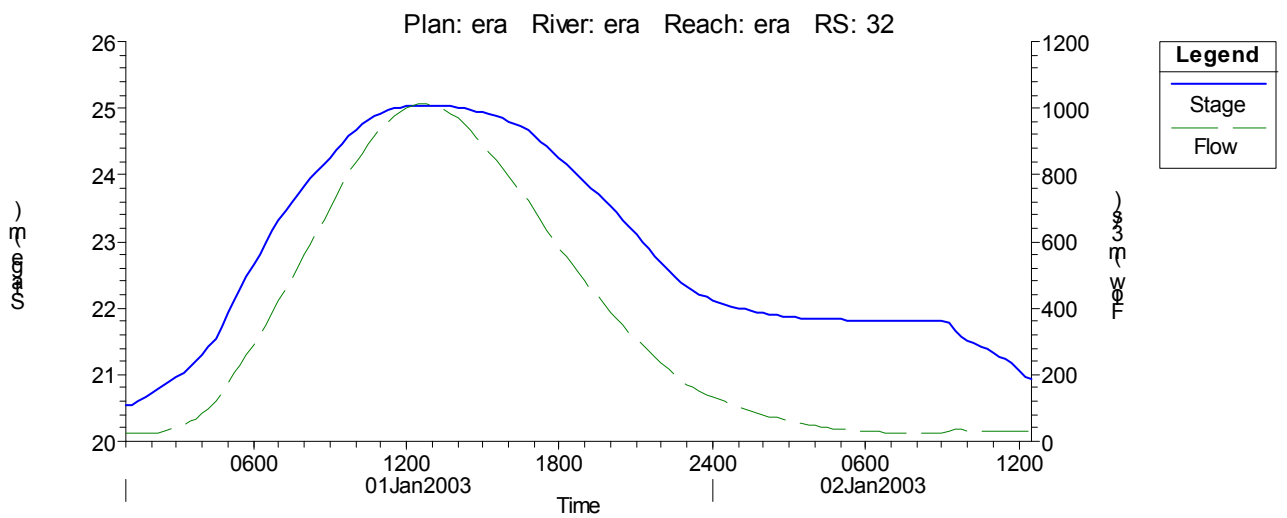
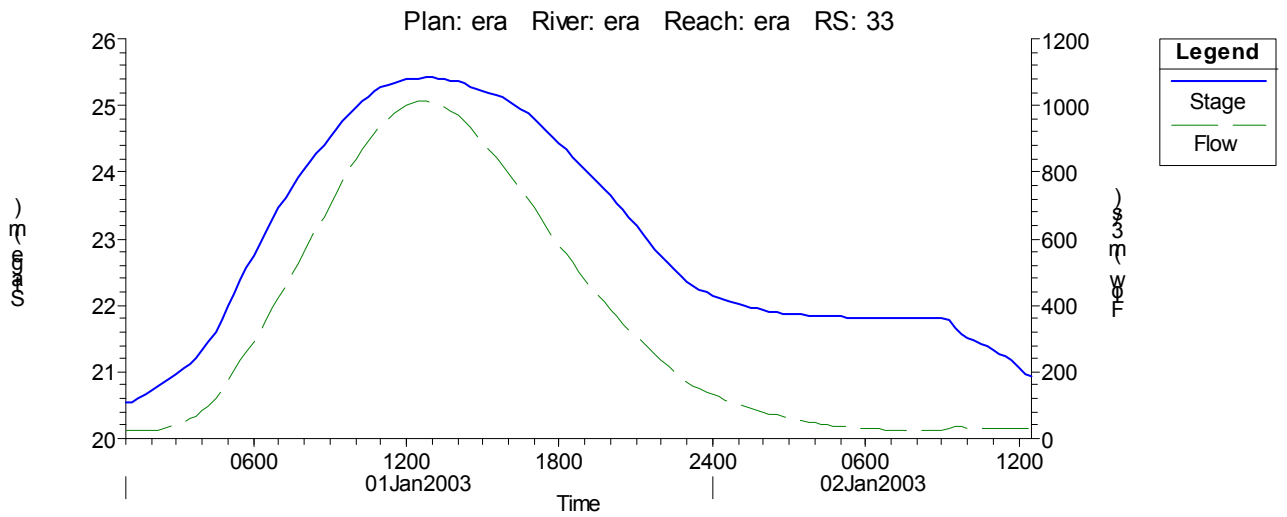
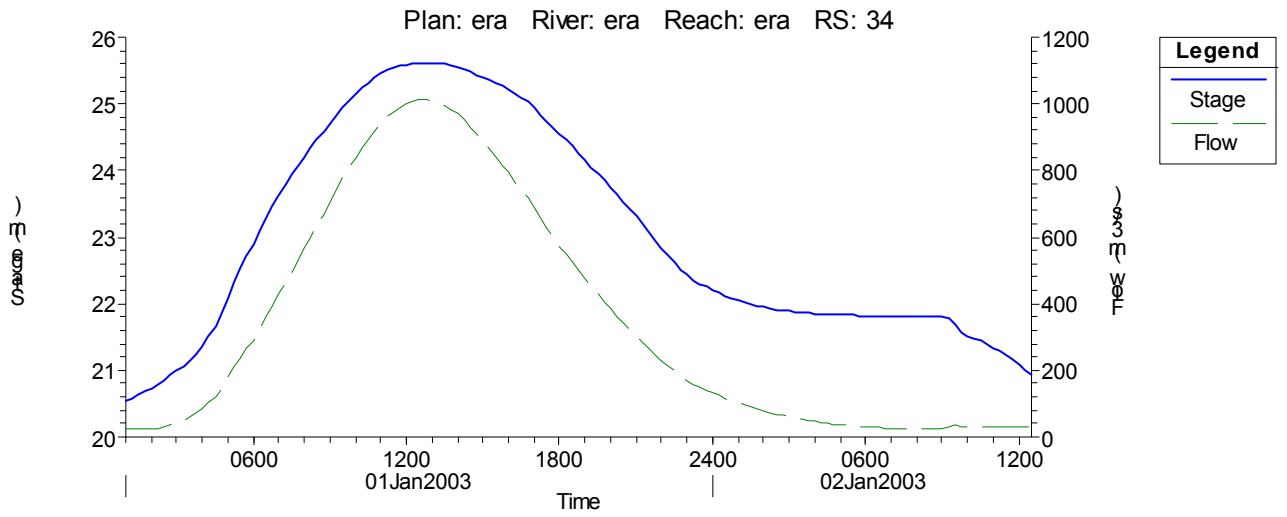


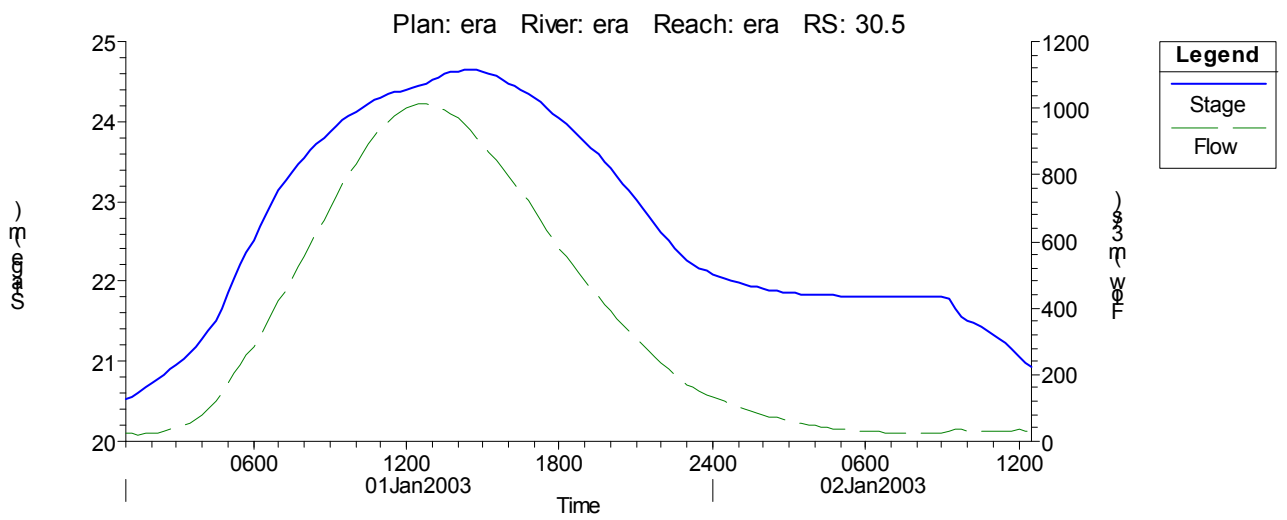
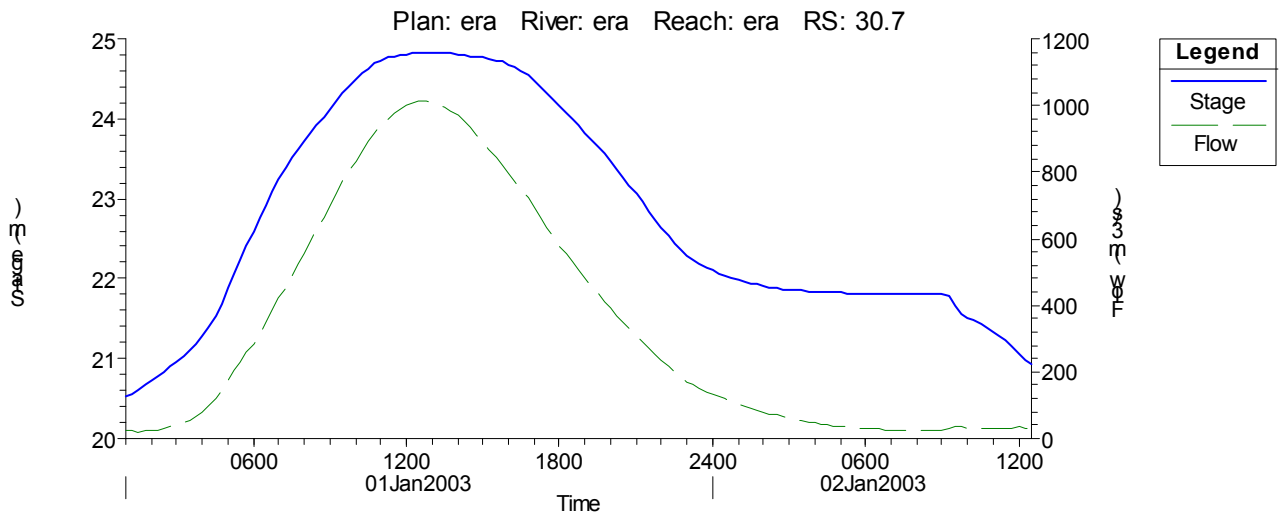
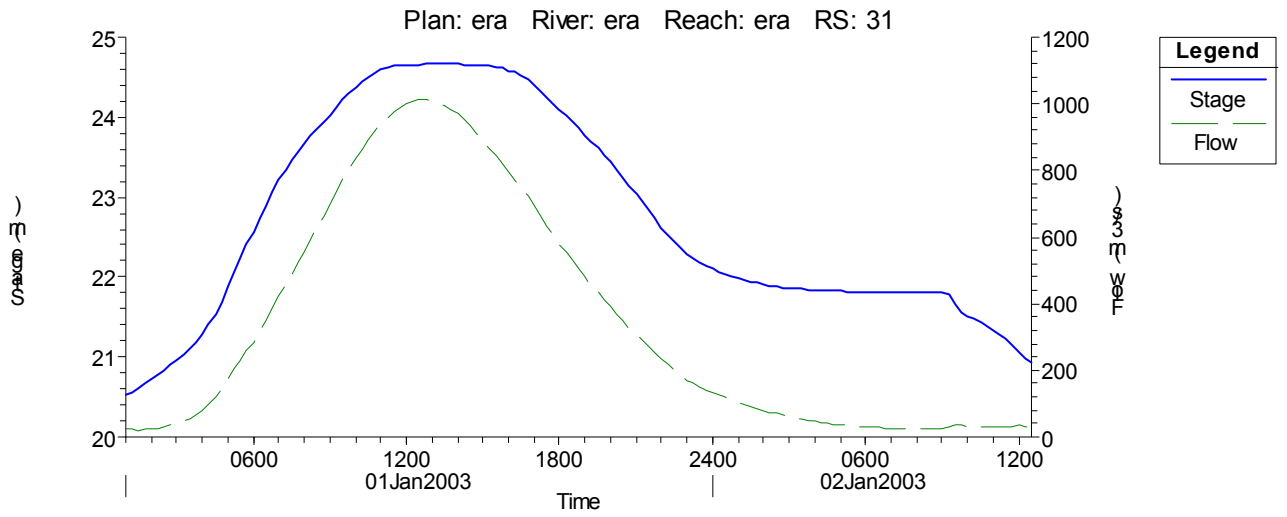


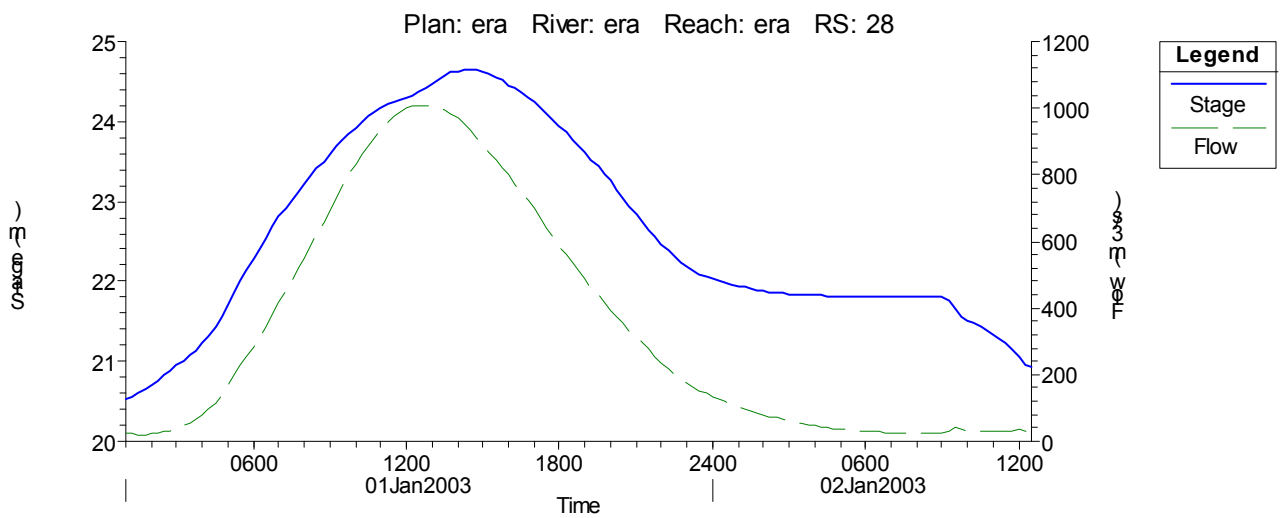
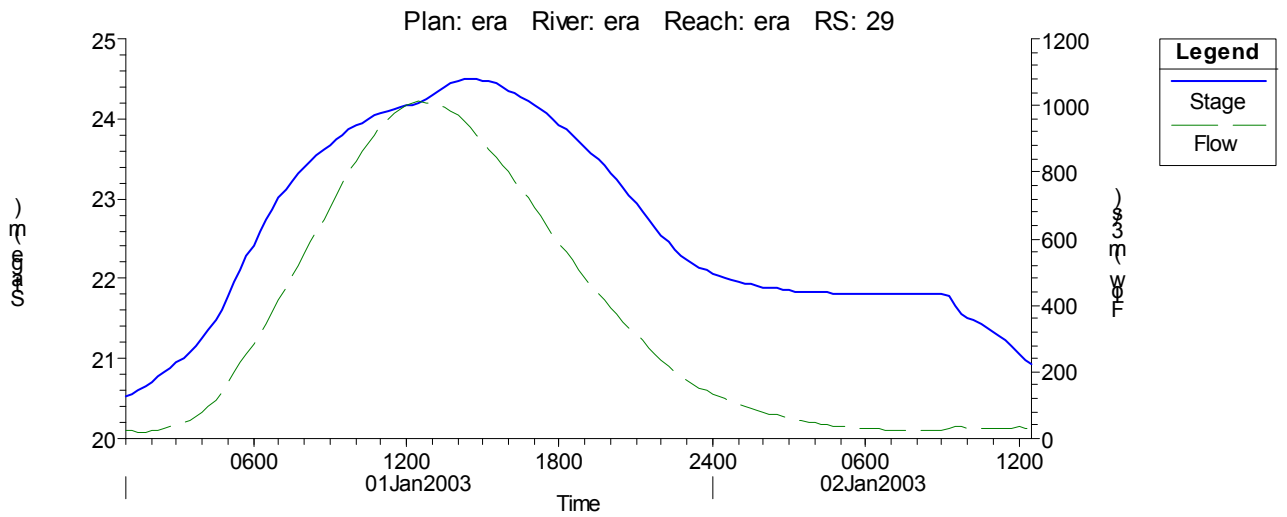
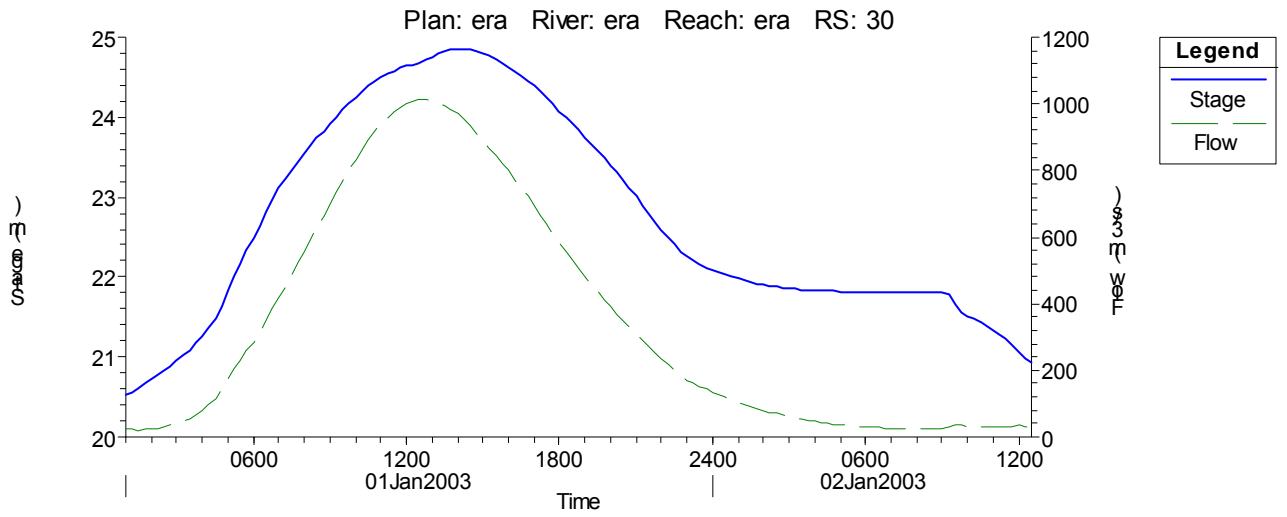


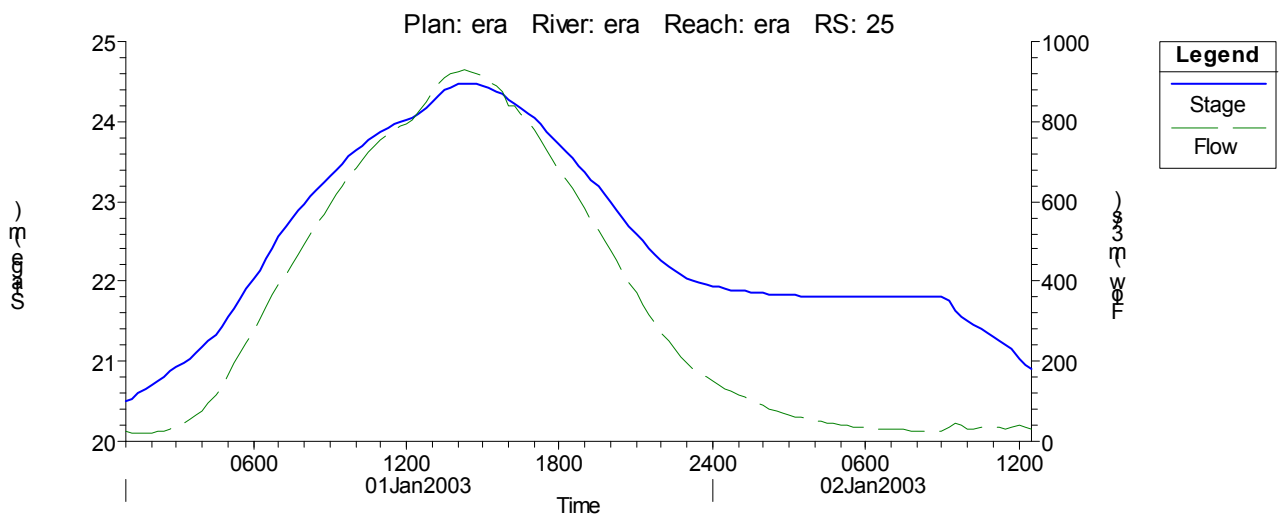
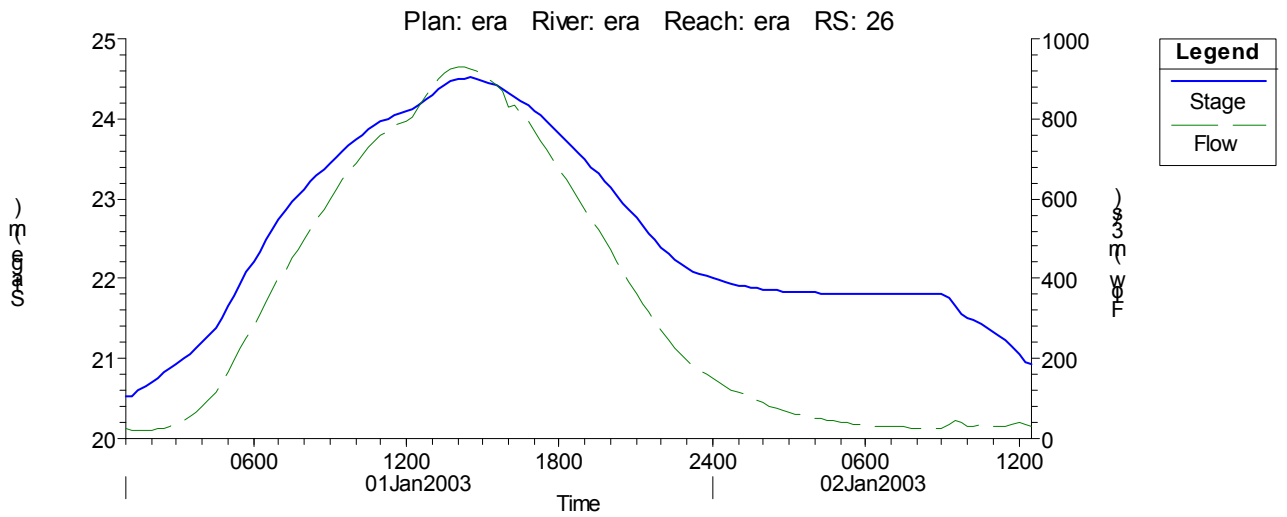
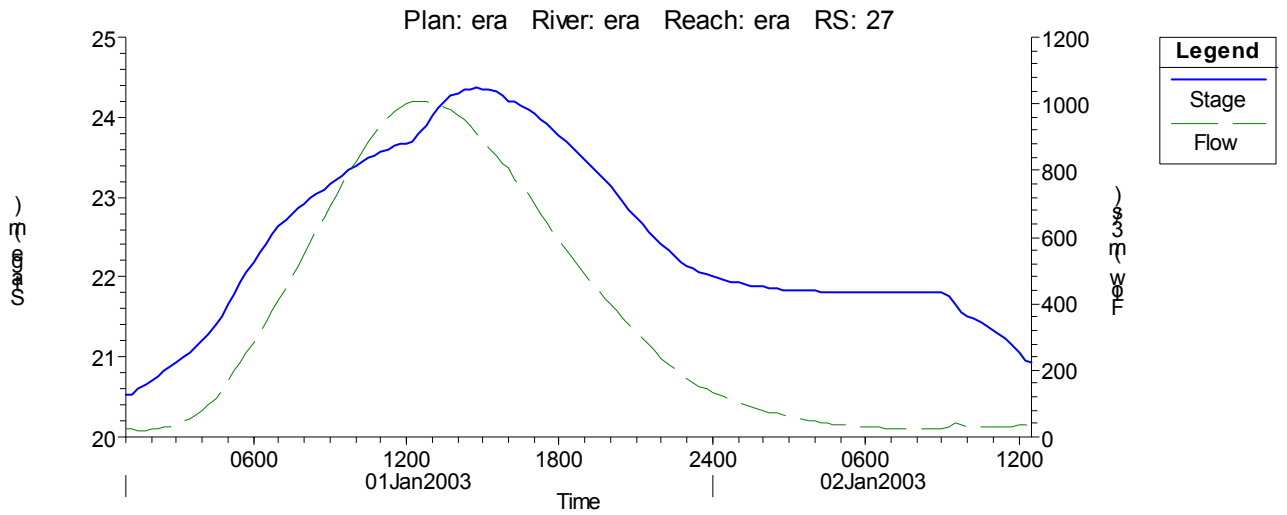




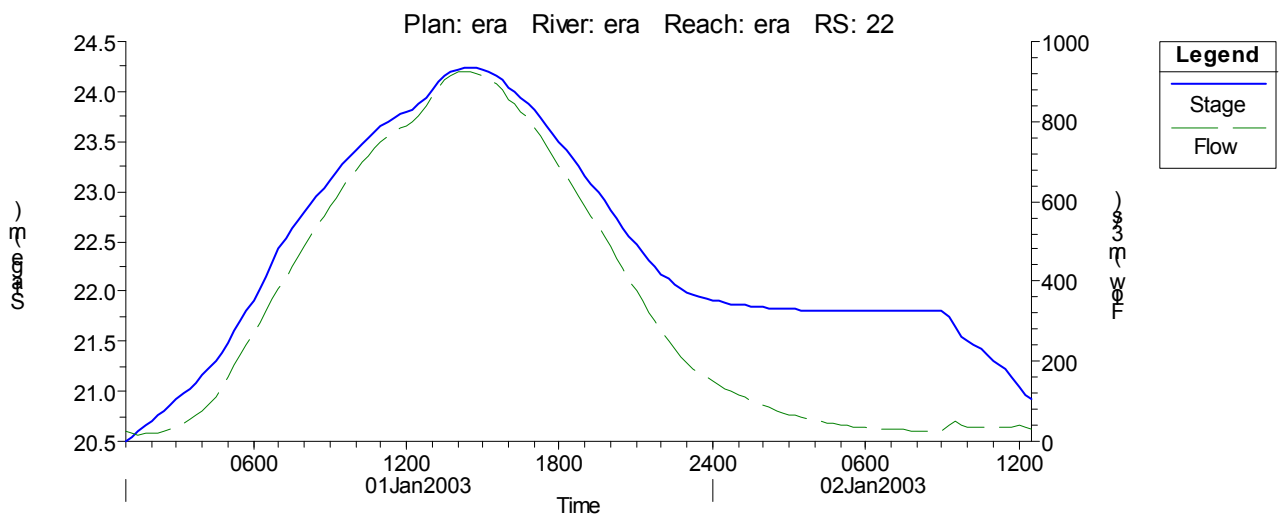
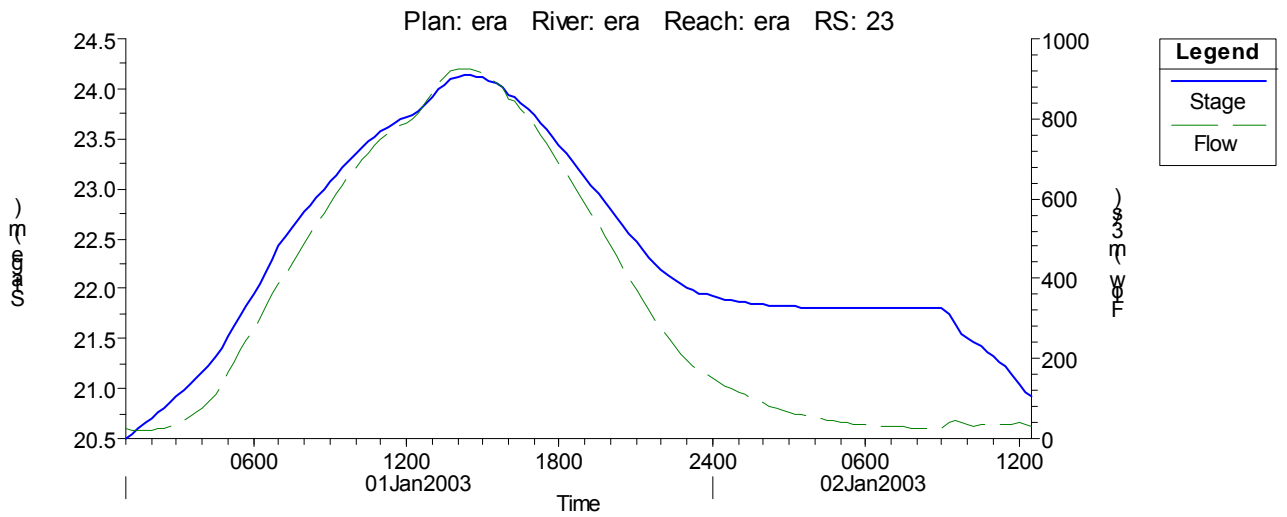
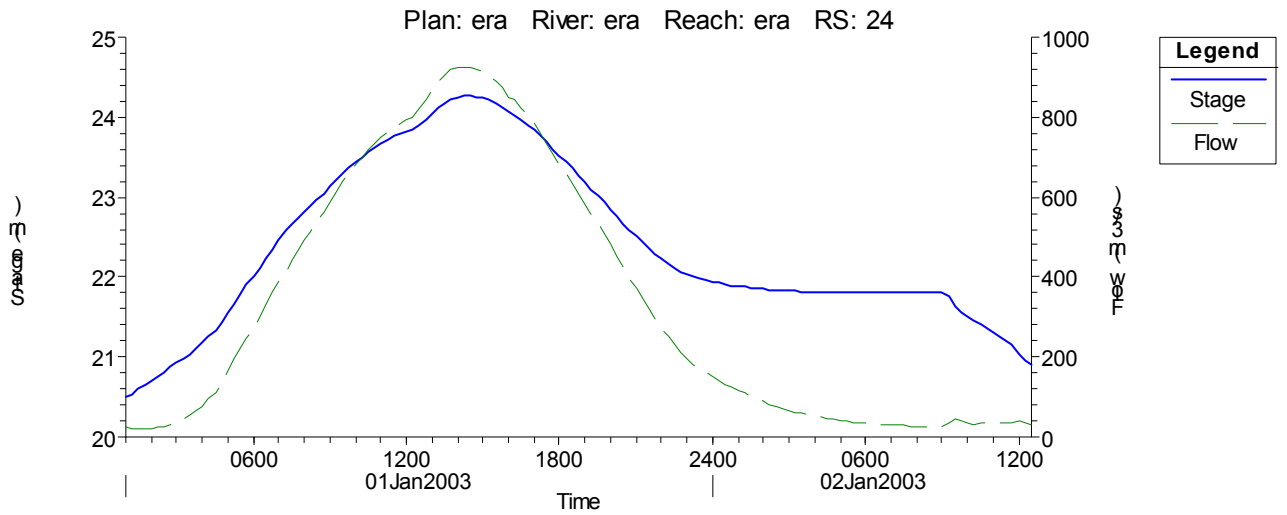


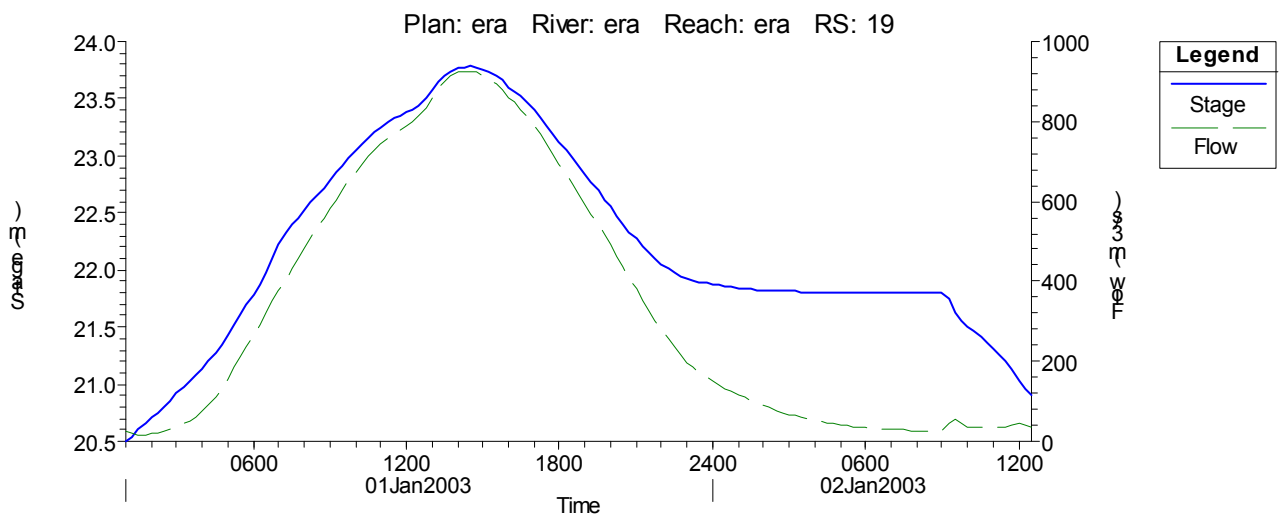
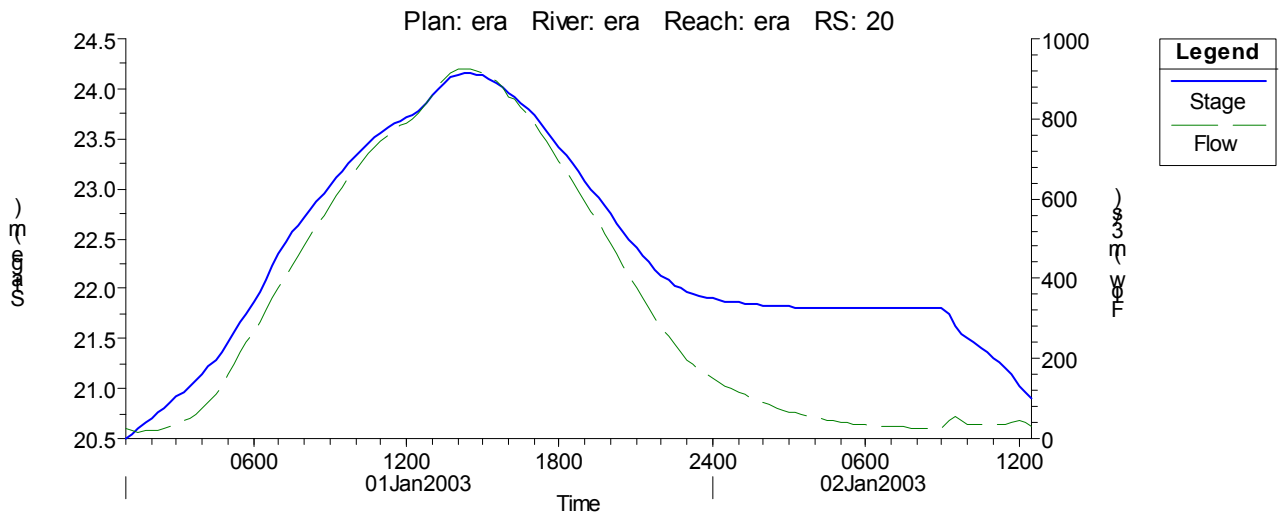
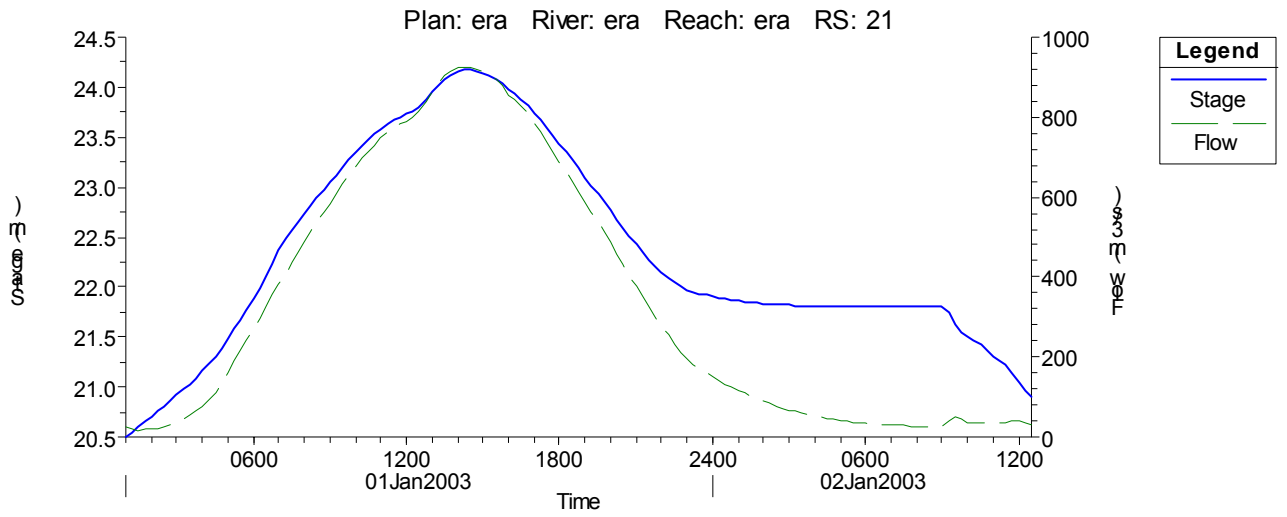


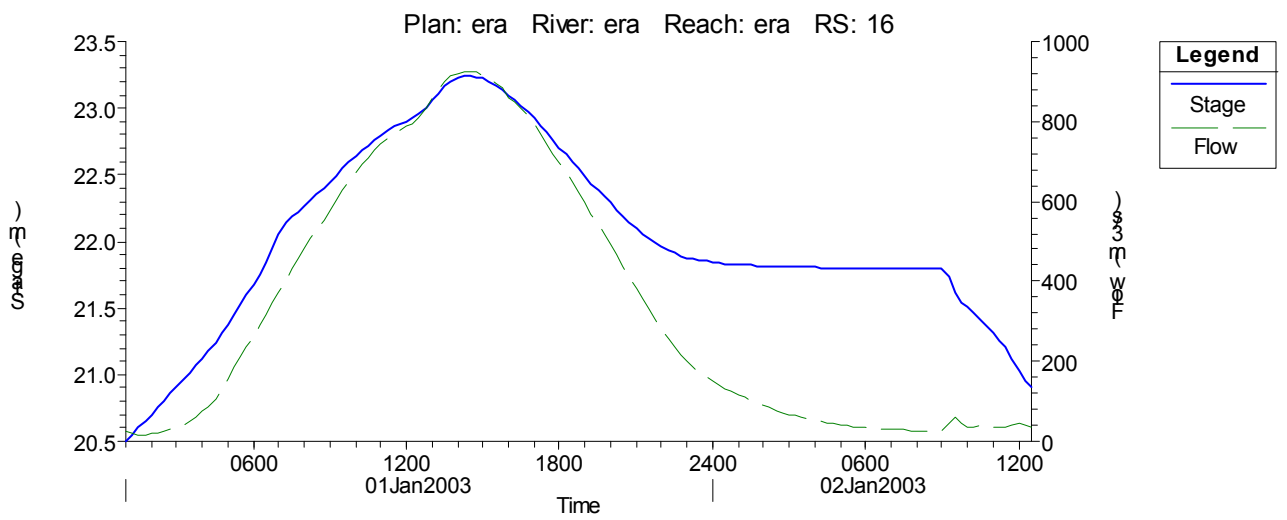
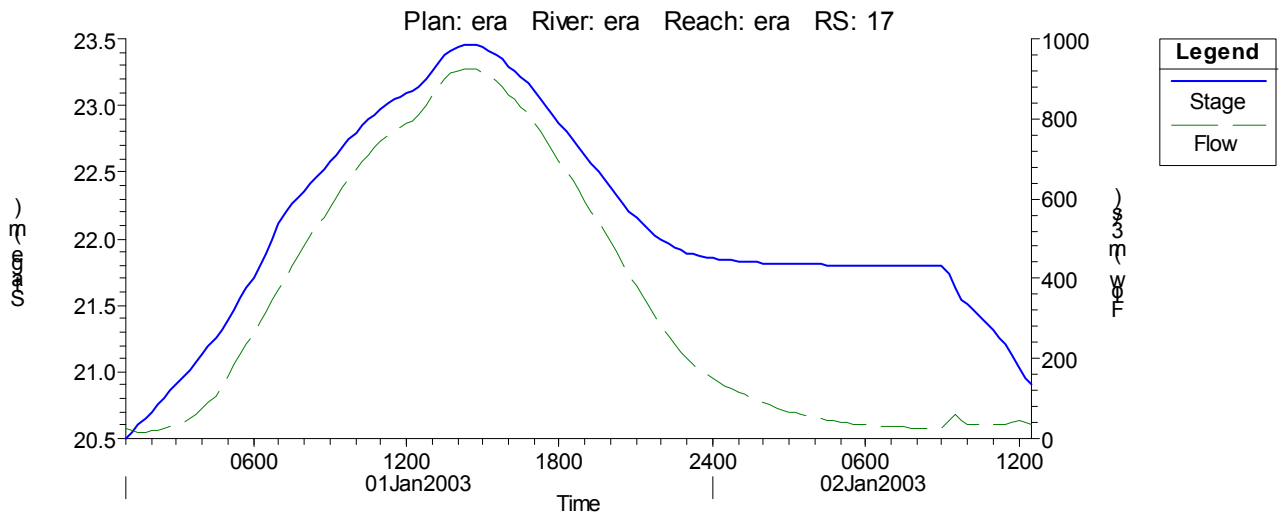
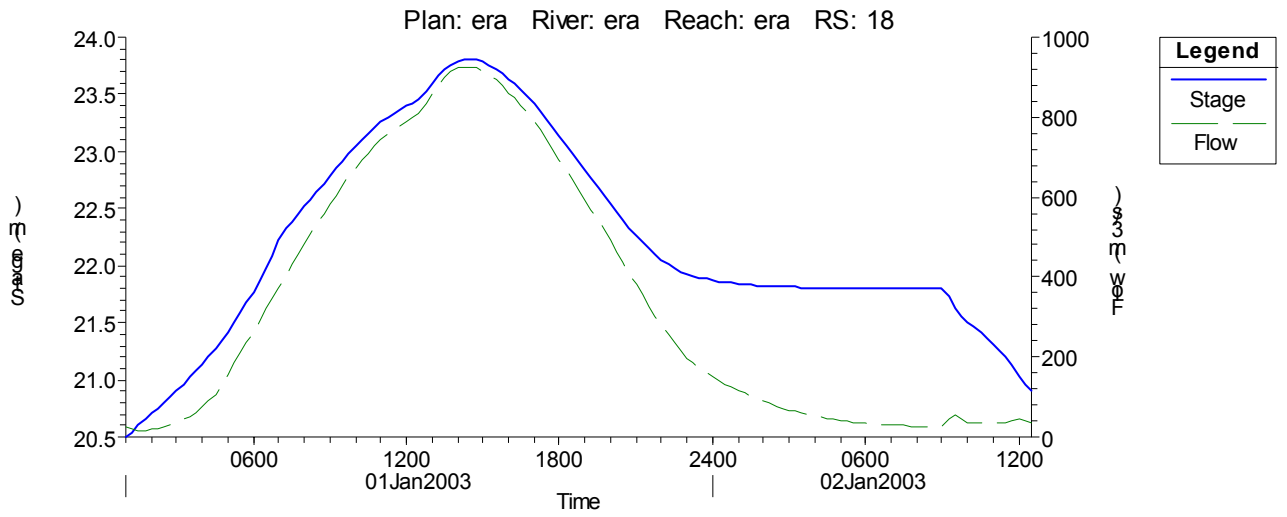


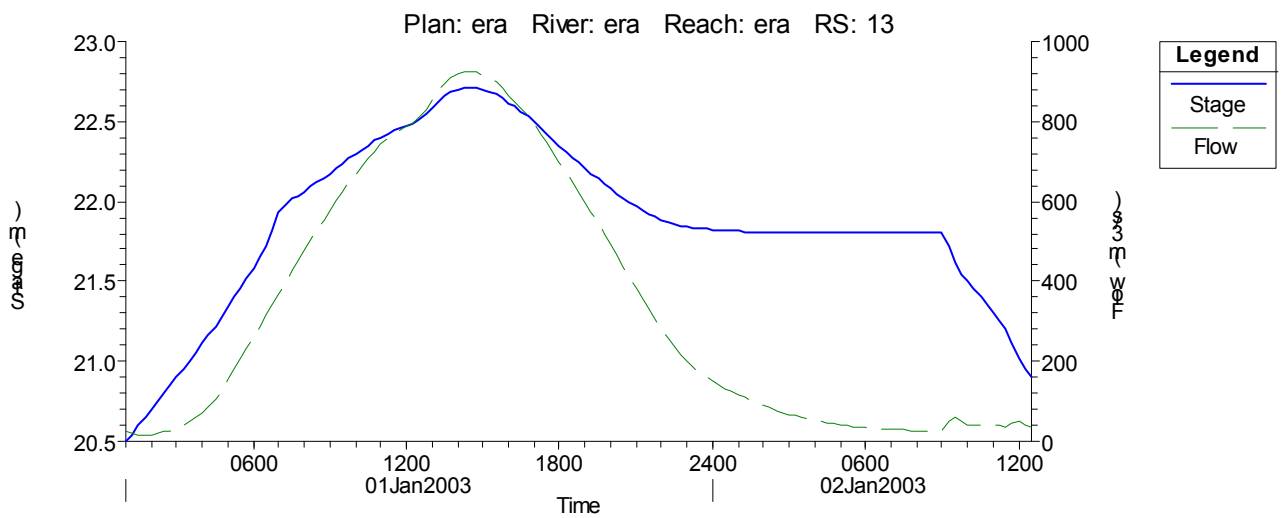
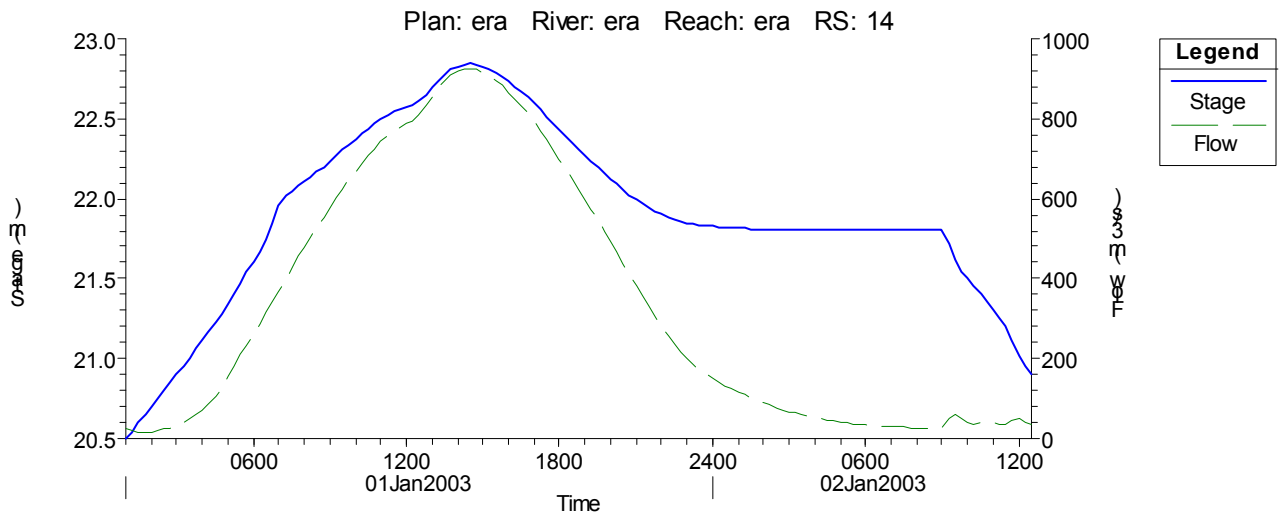
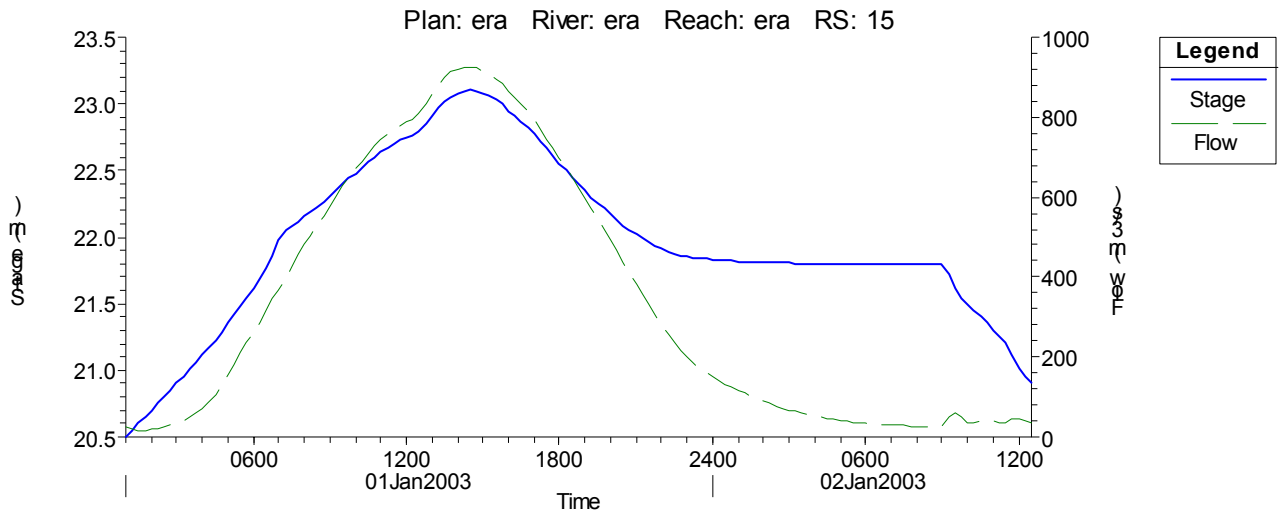


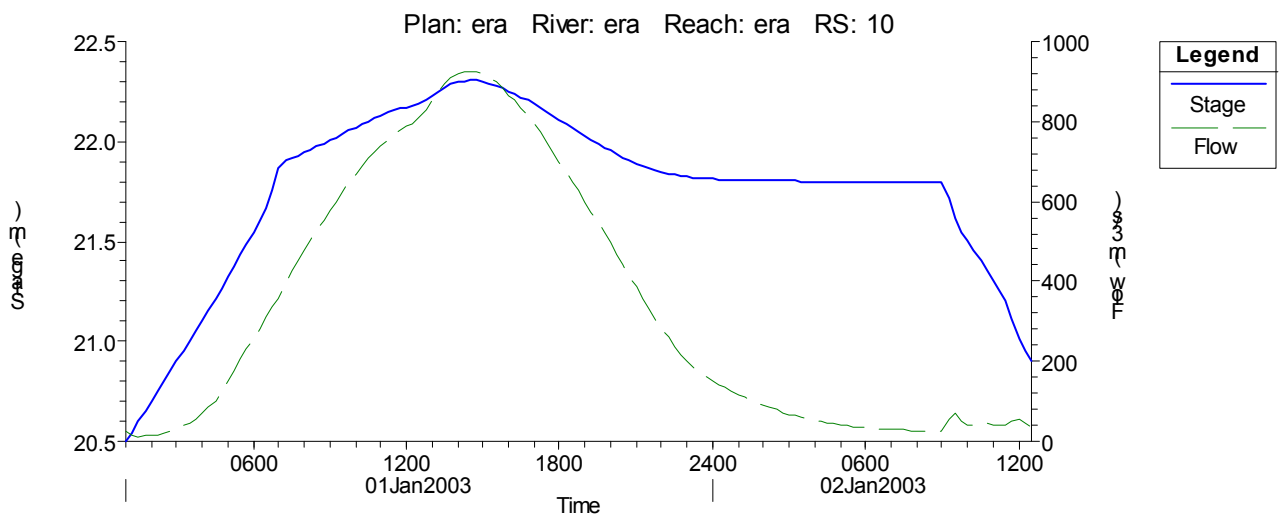
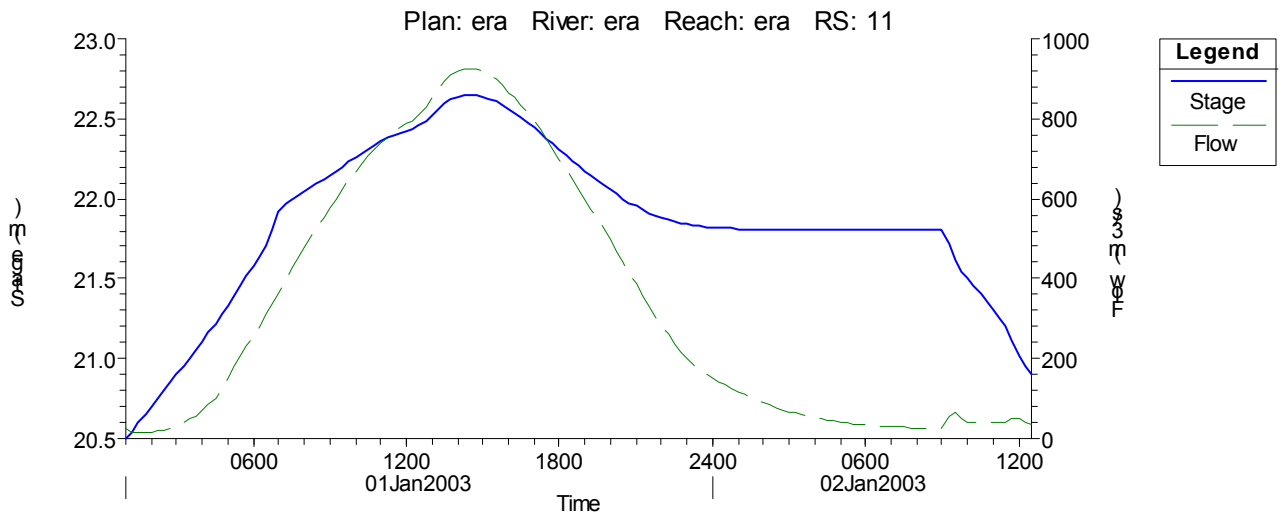
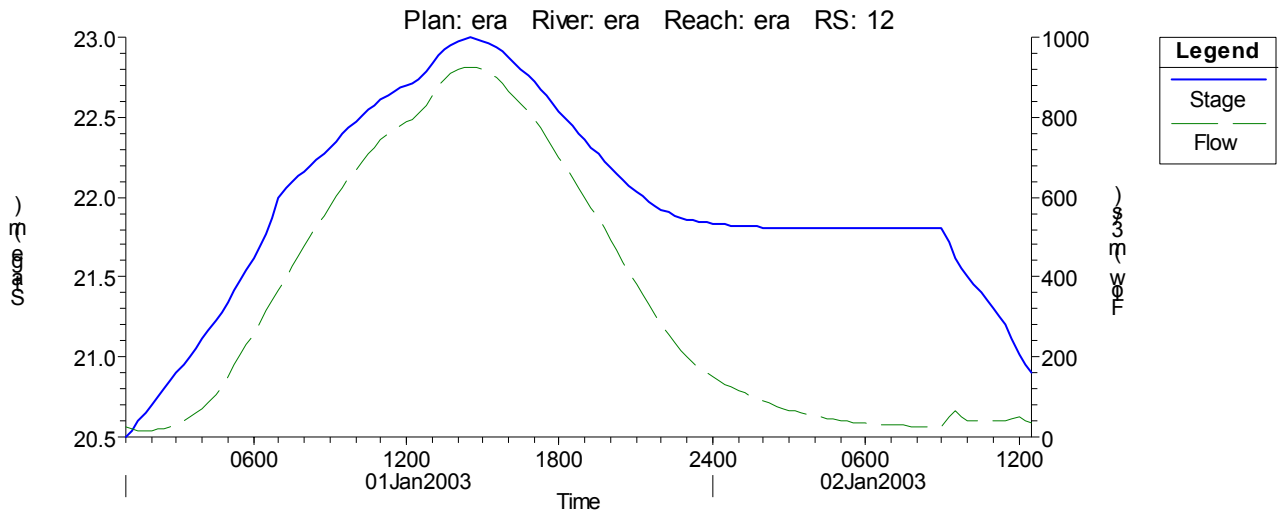


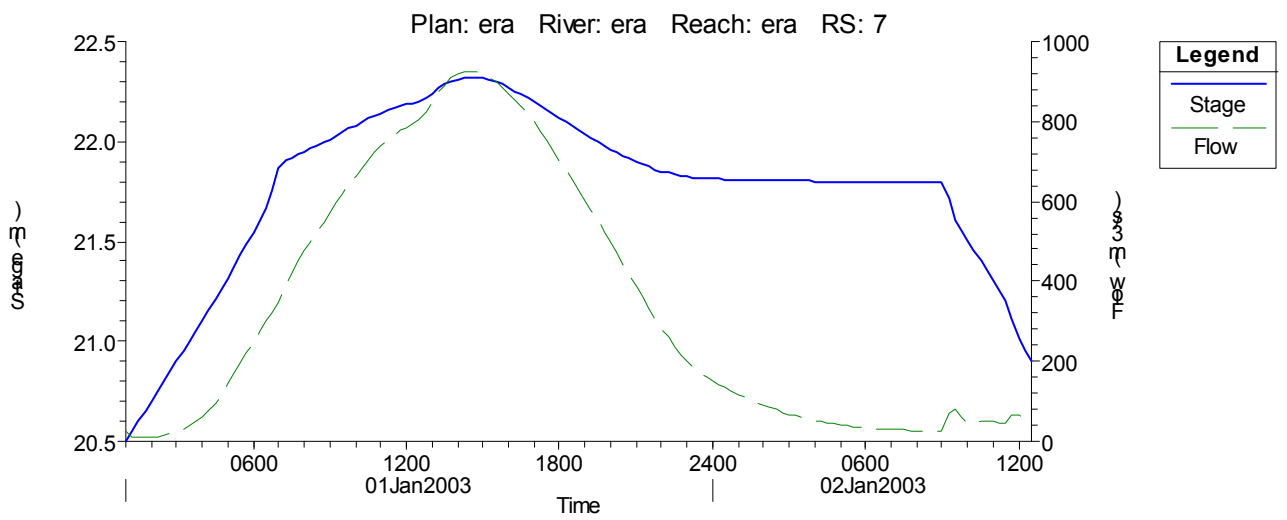
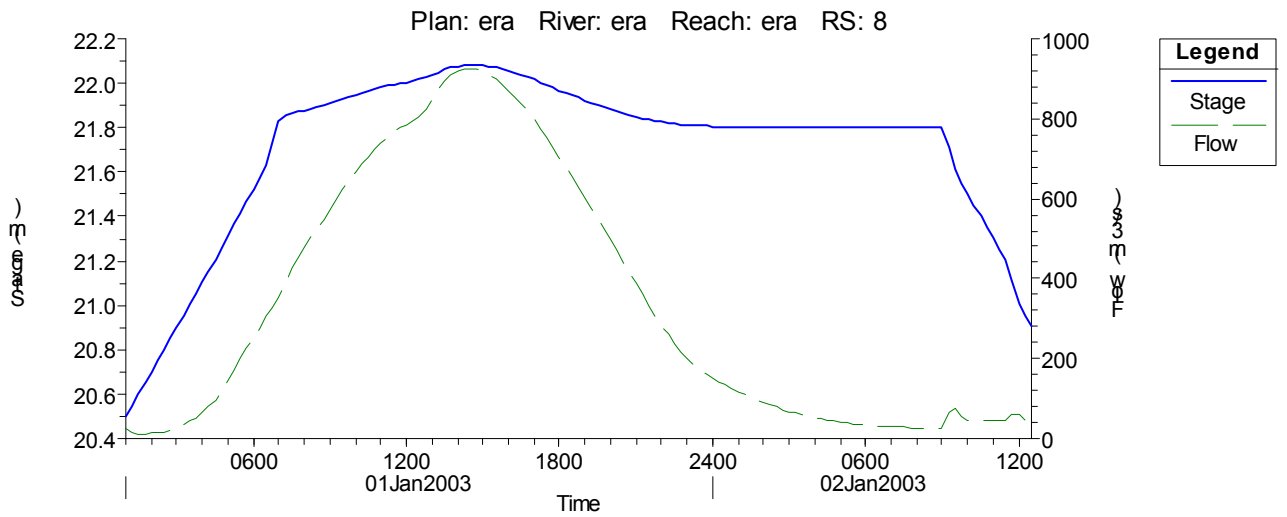
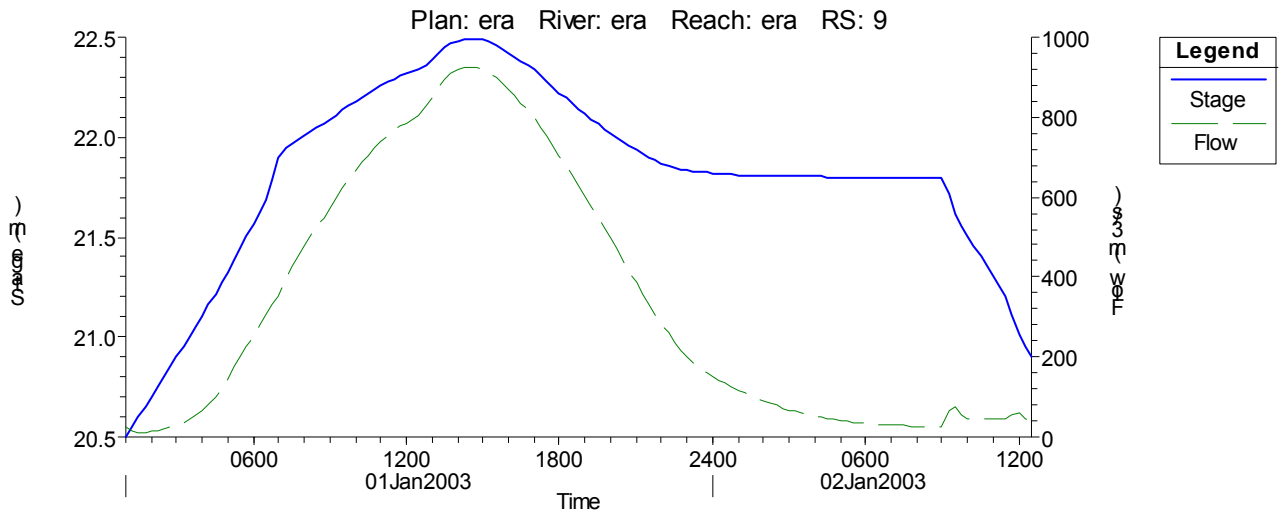


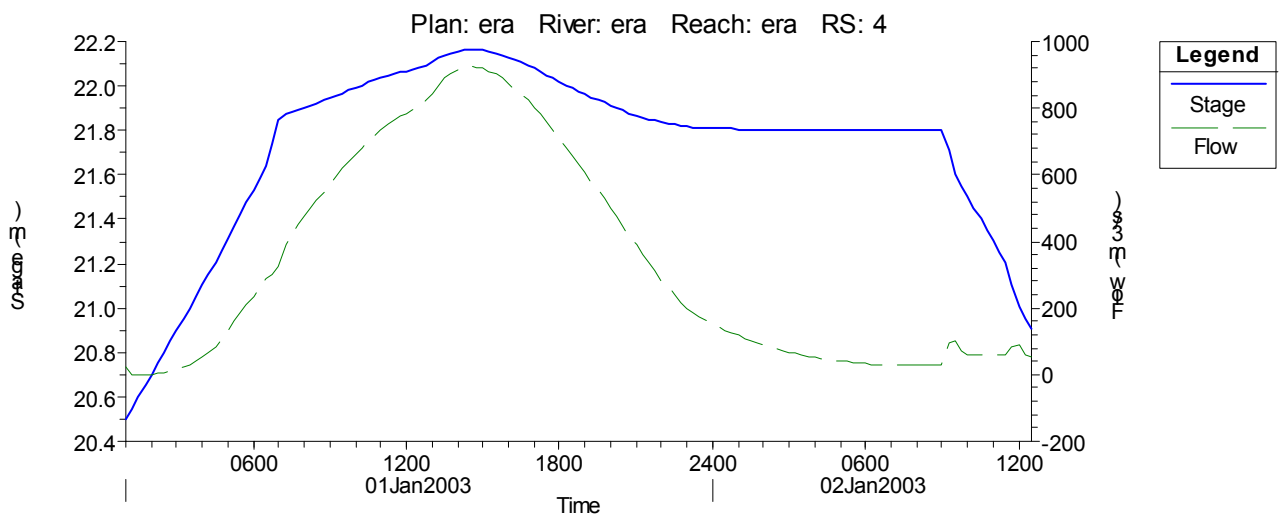
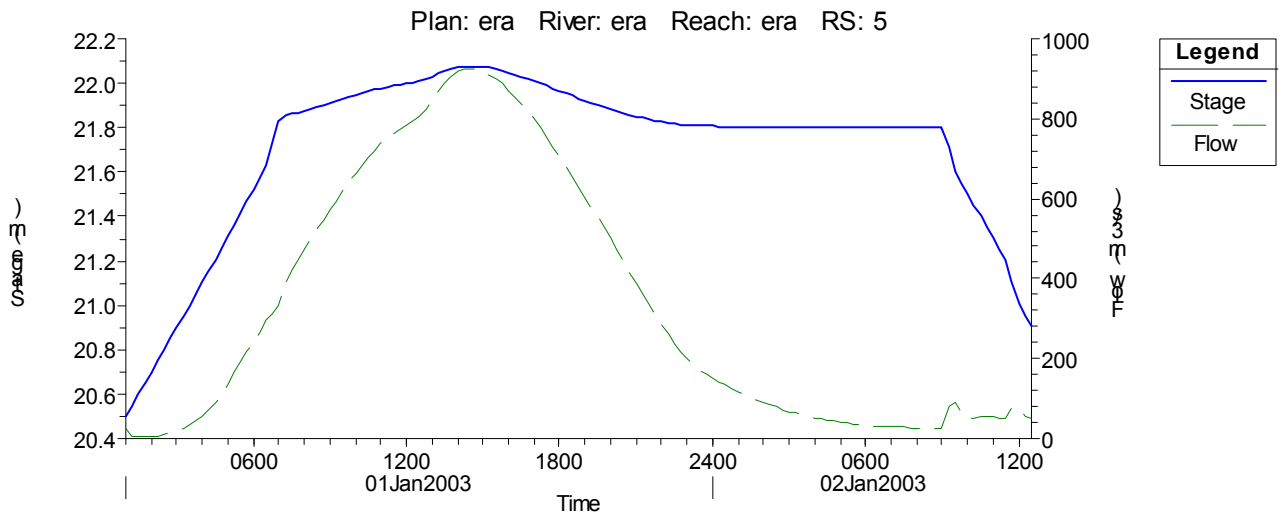
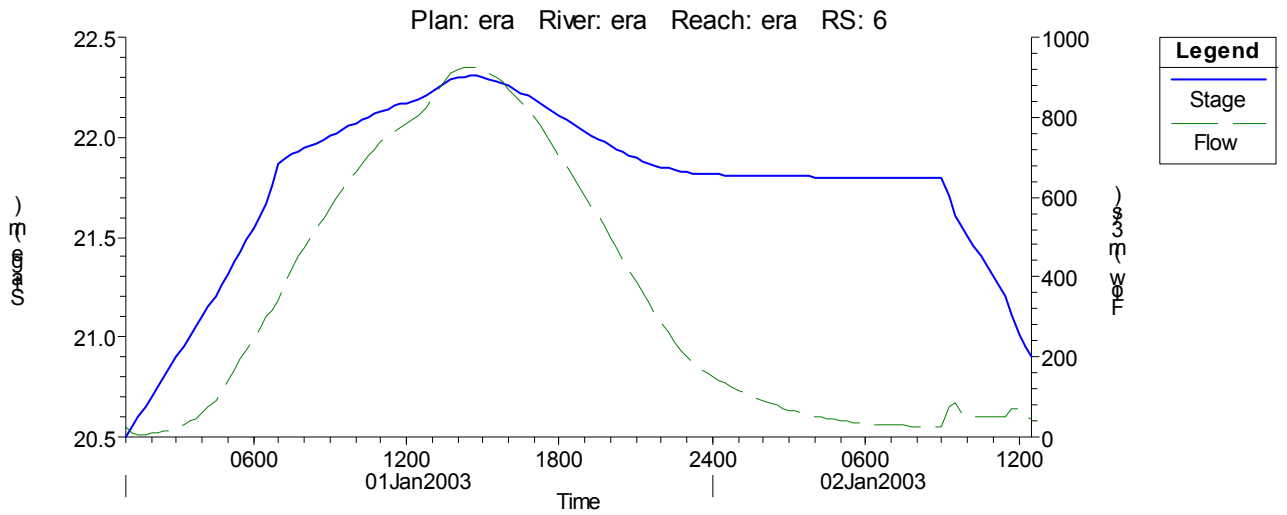


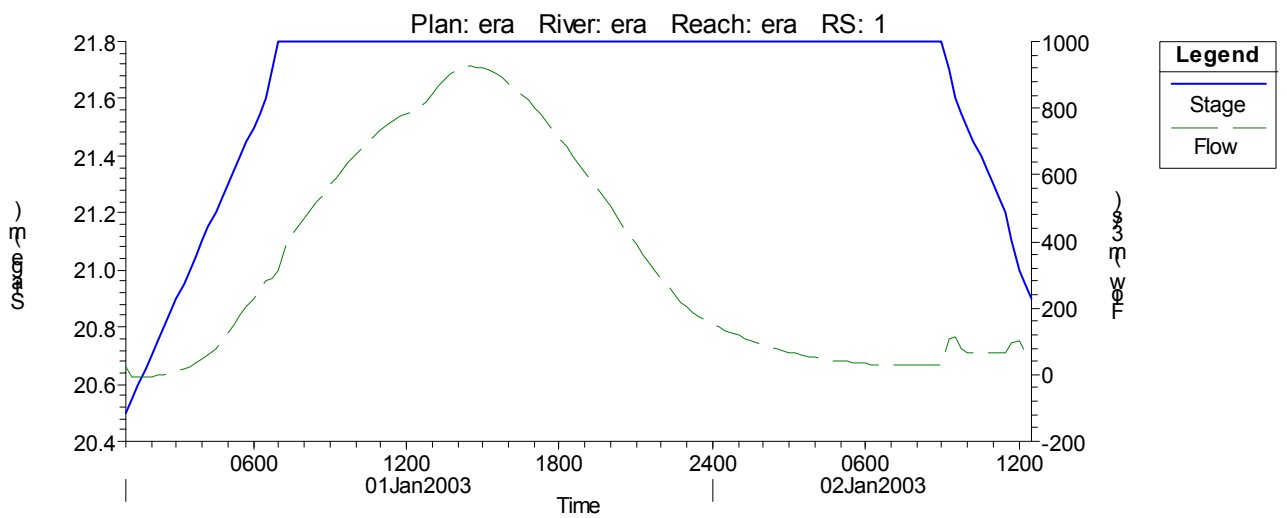
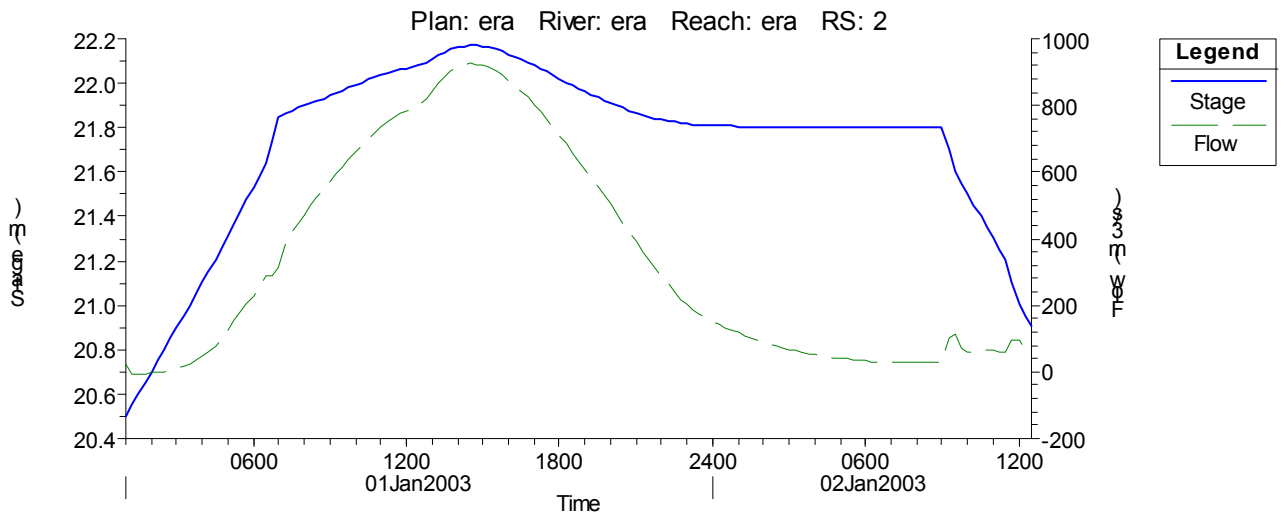
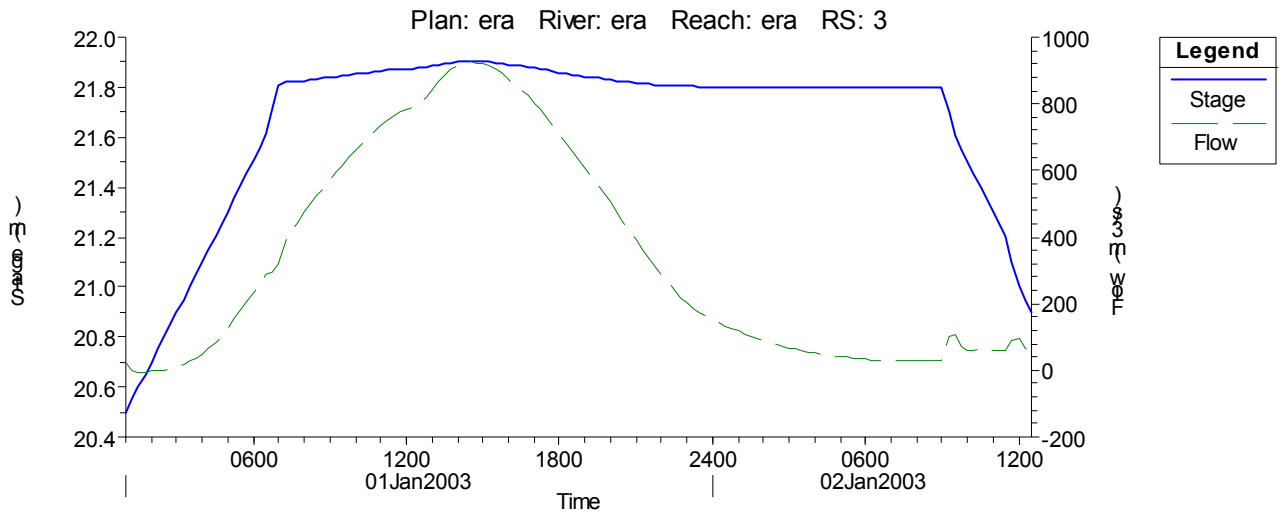






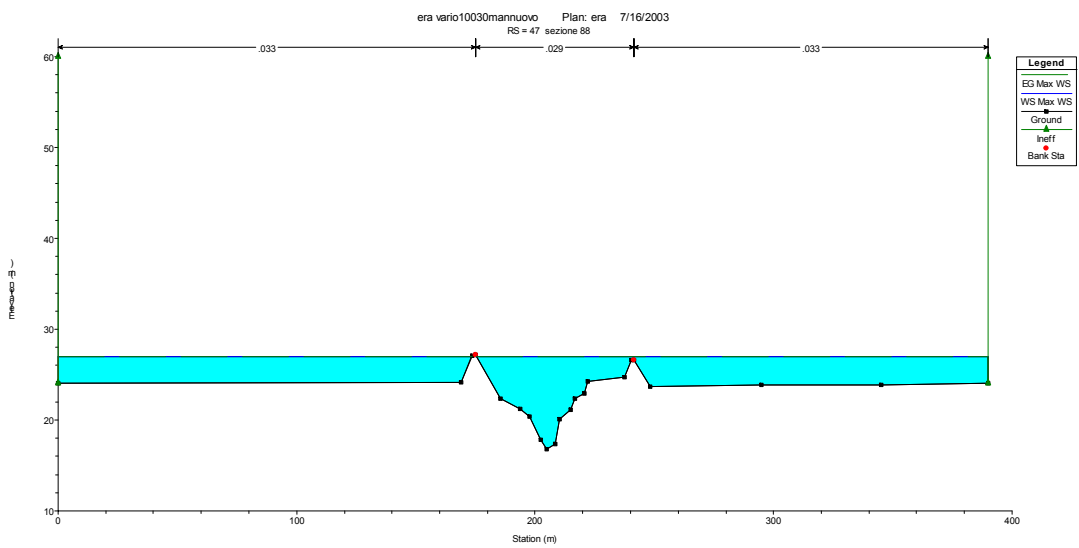
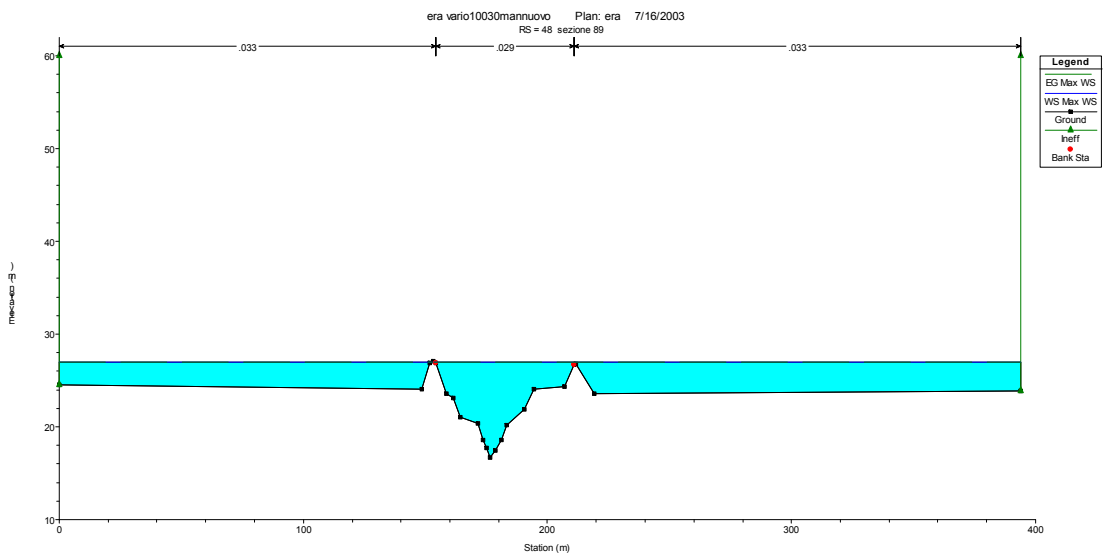
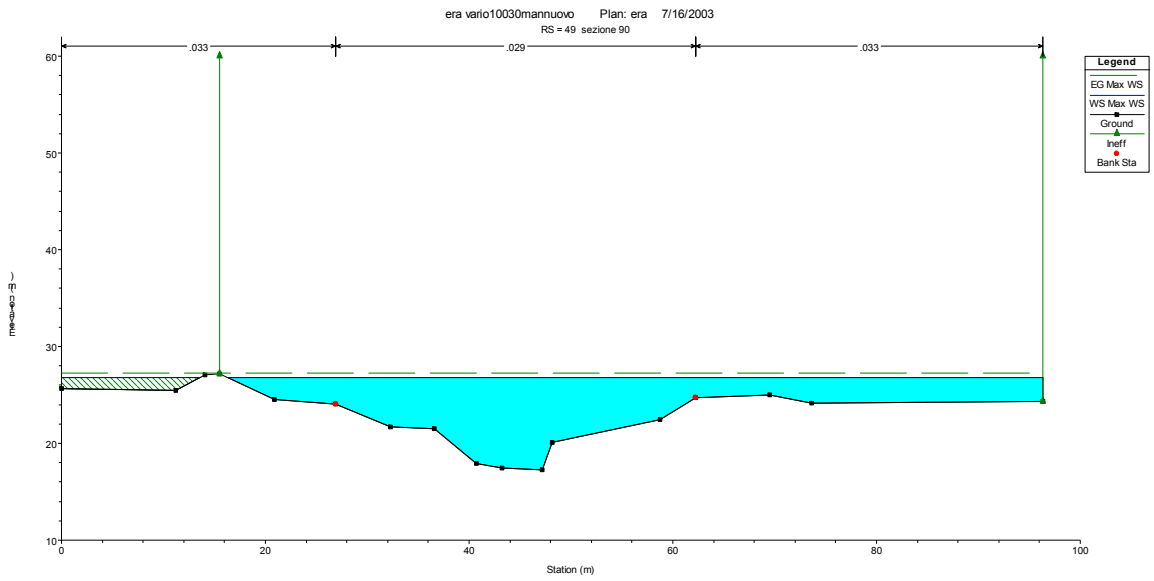


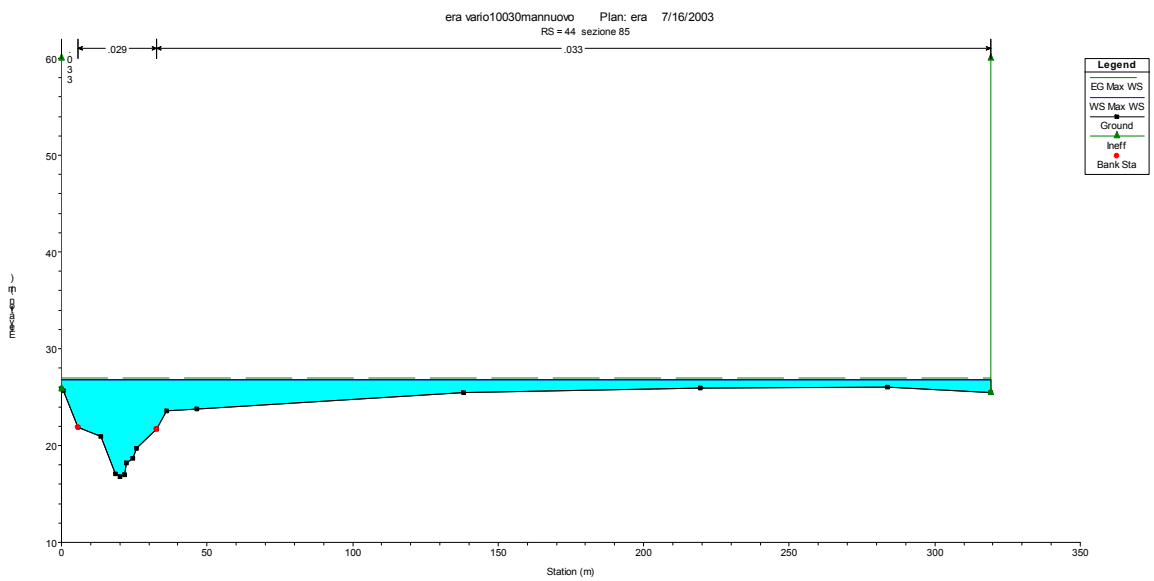
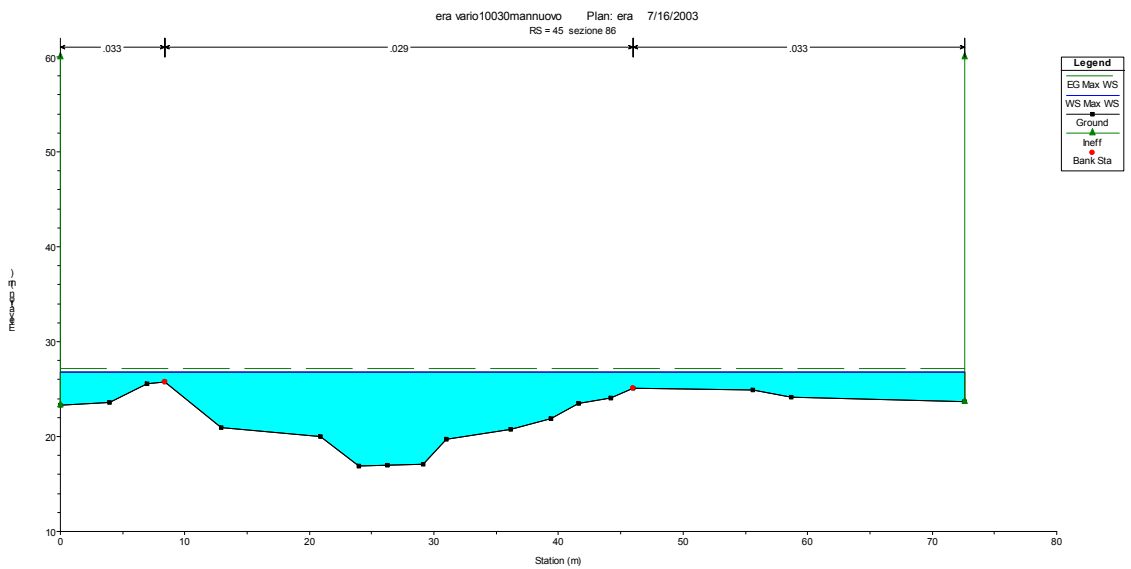
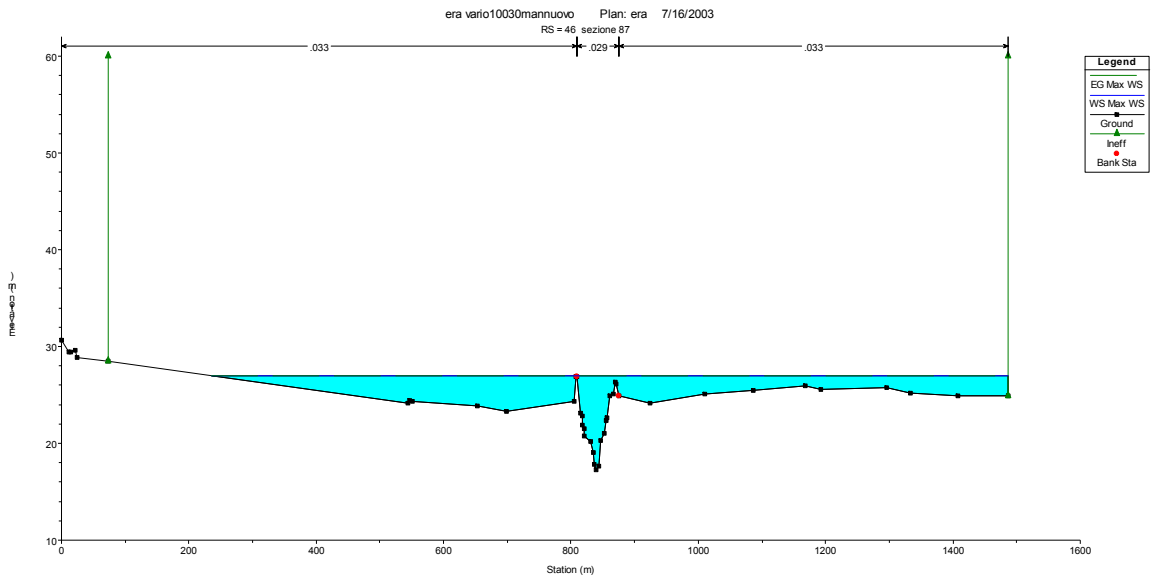


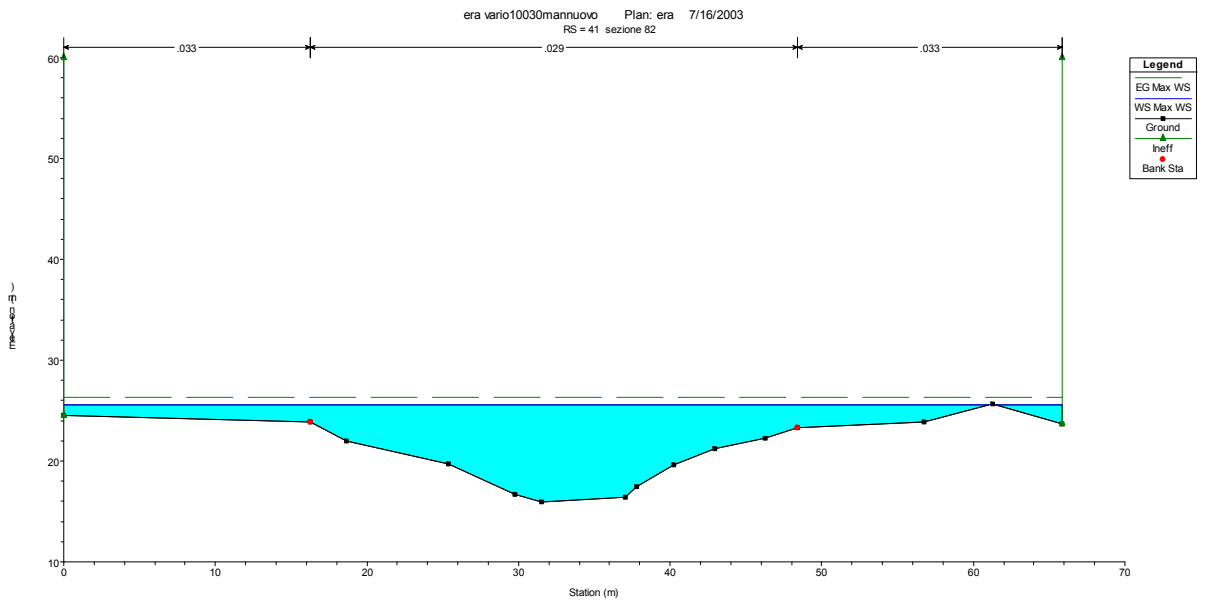
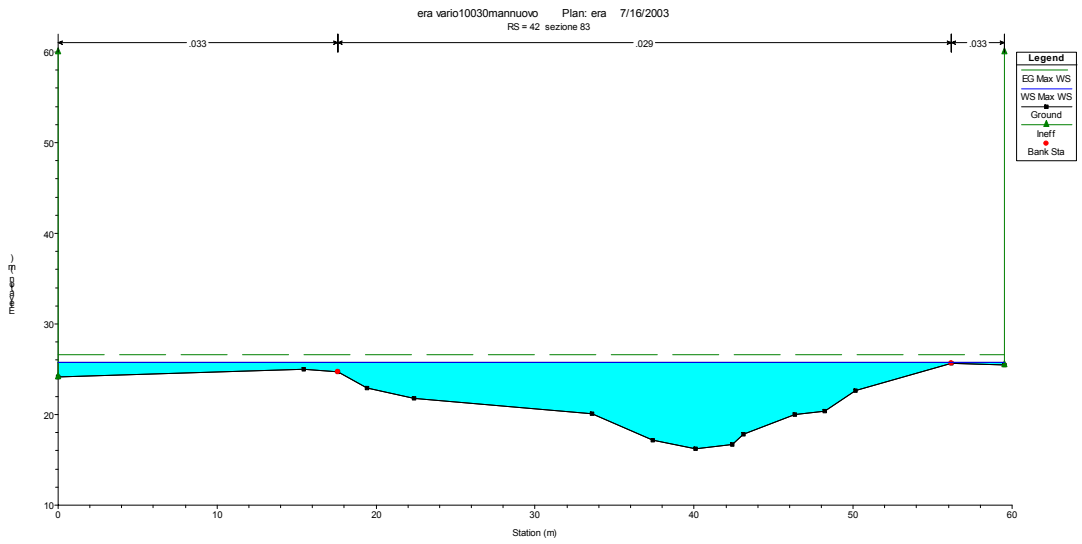
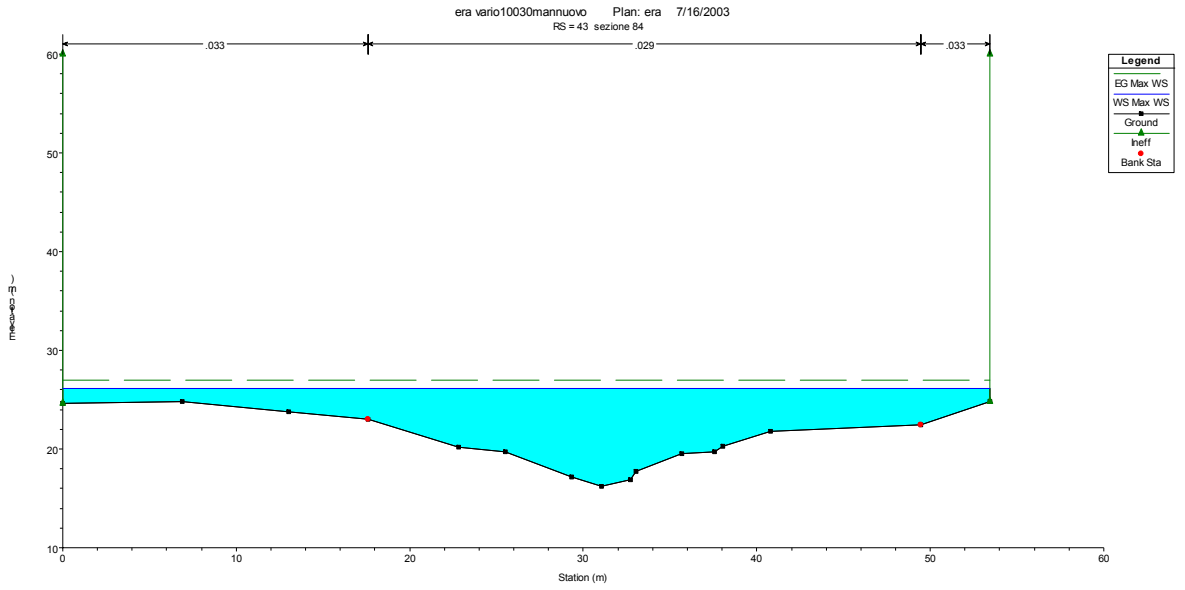


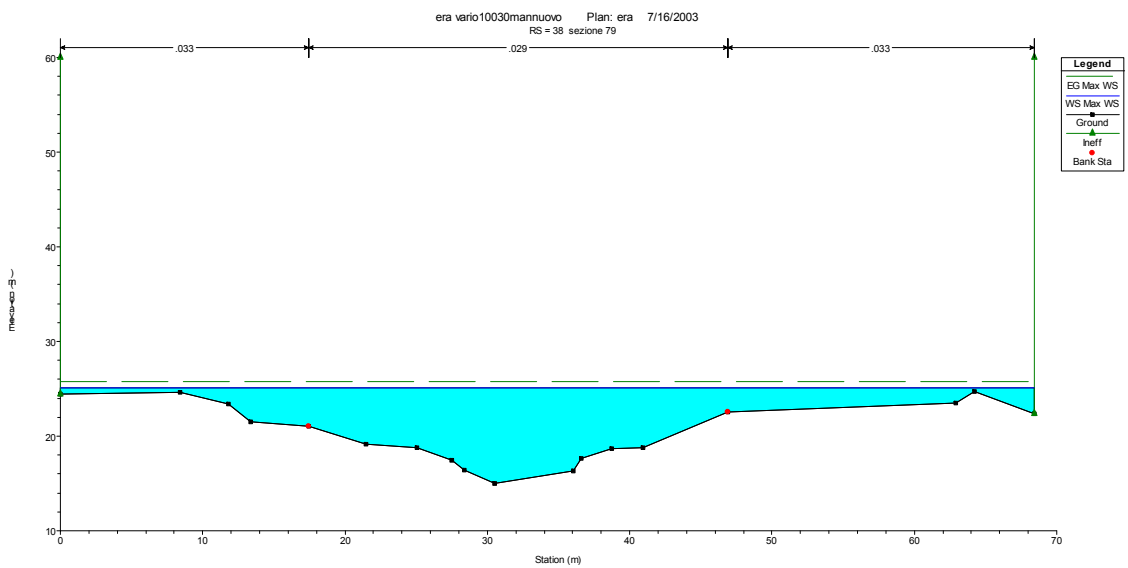
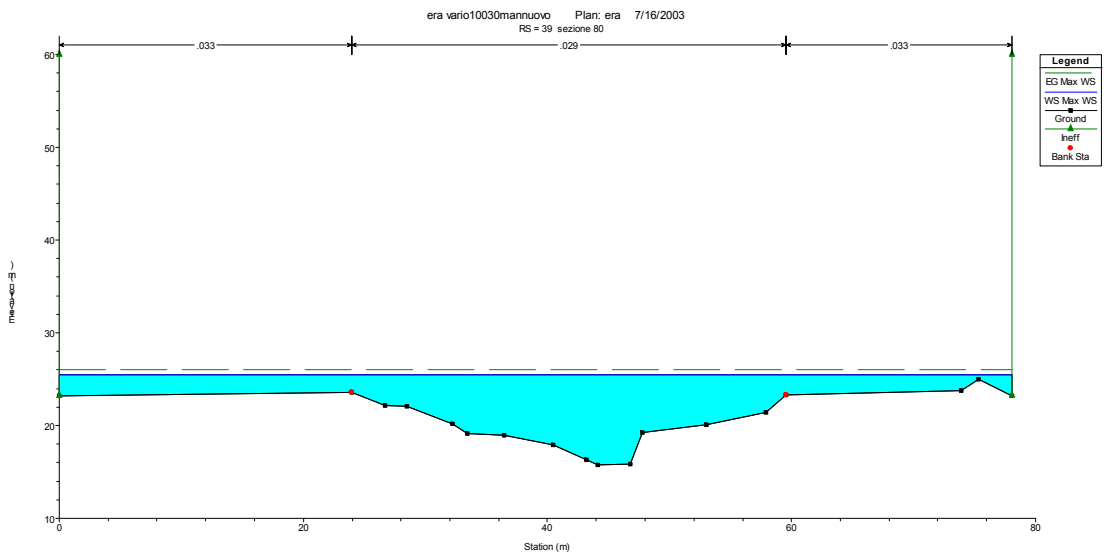
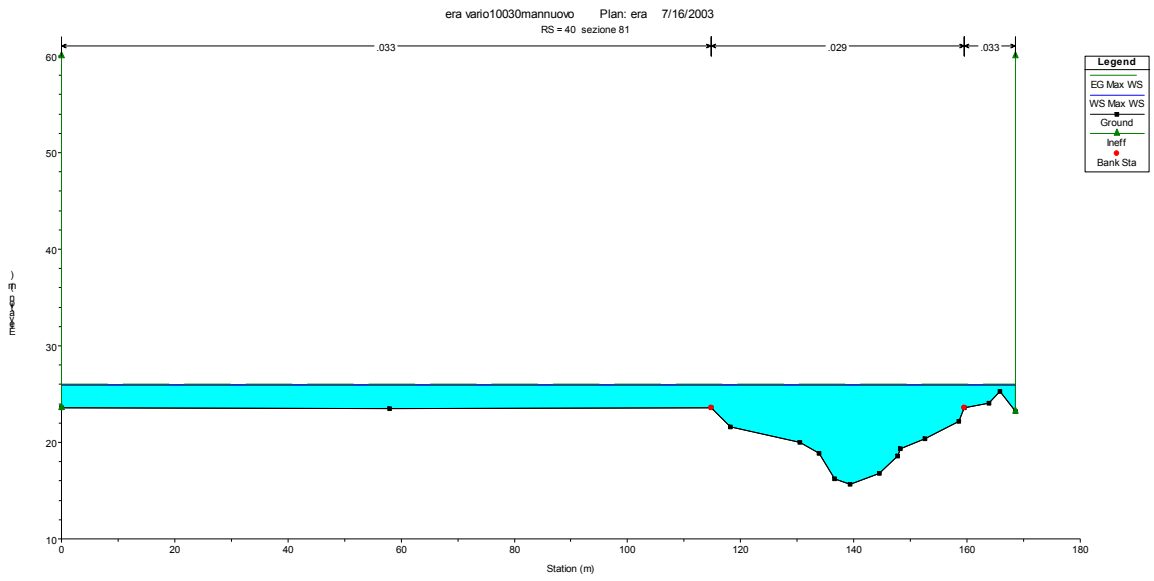


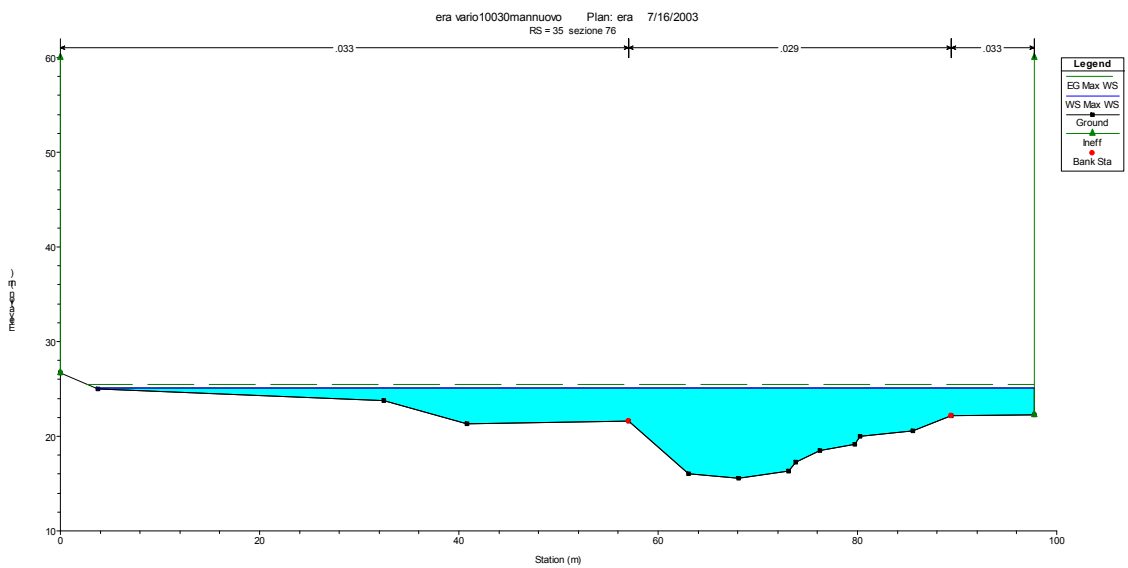
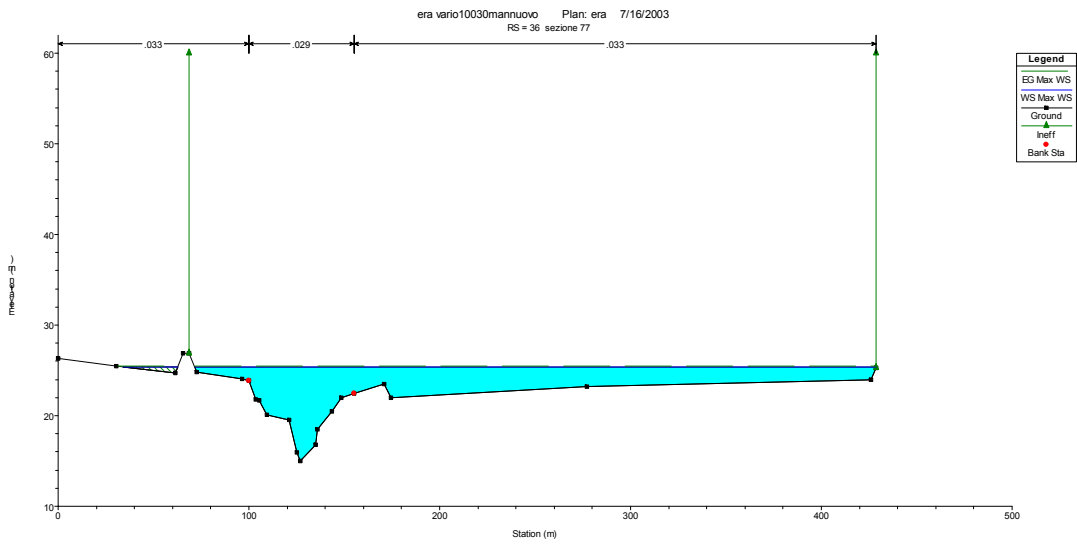
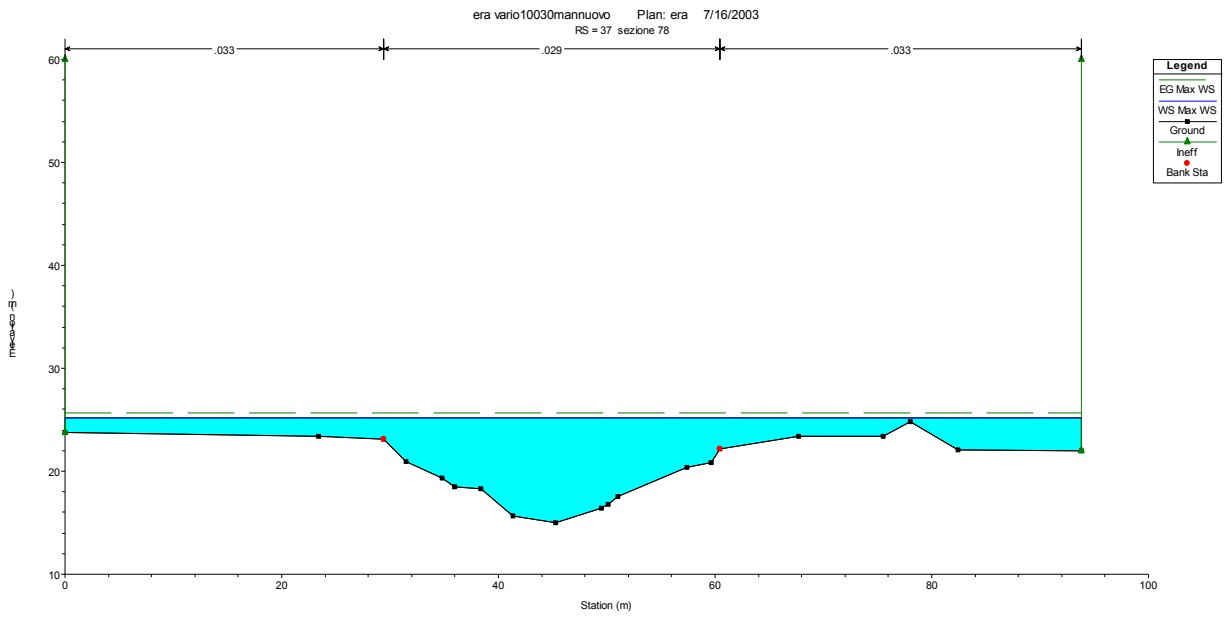
ERA TR 100

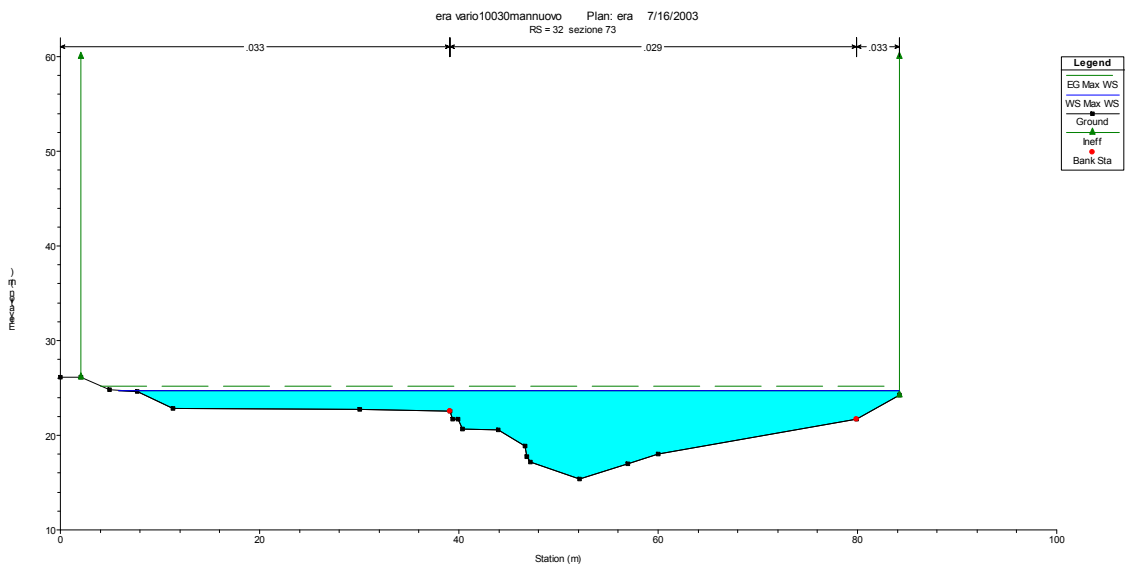
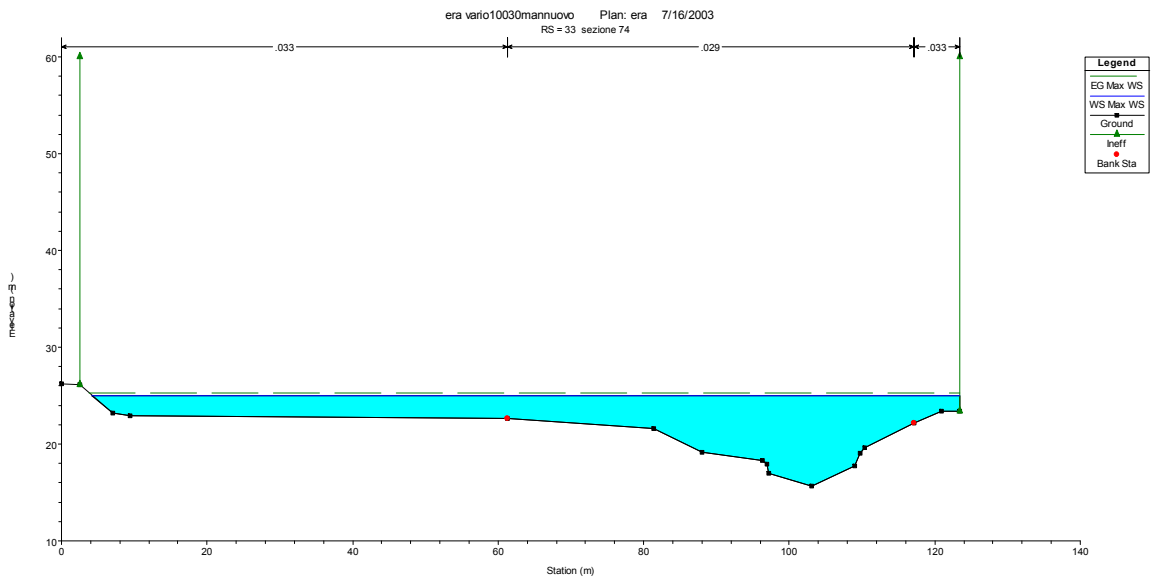
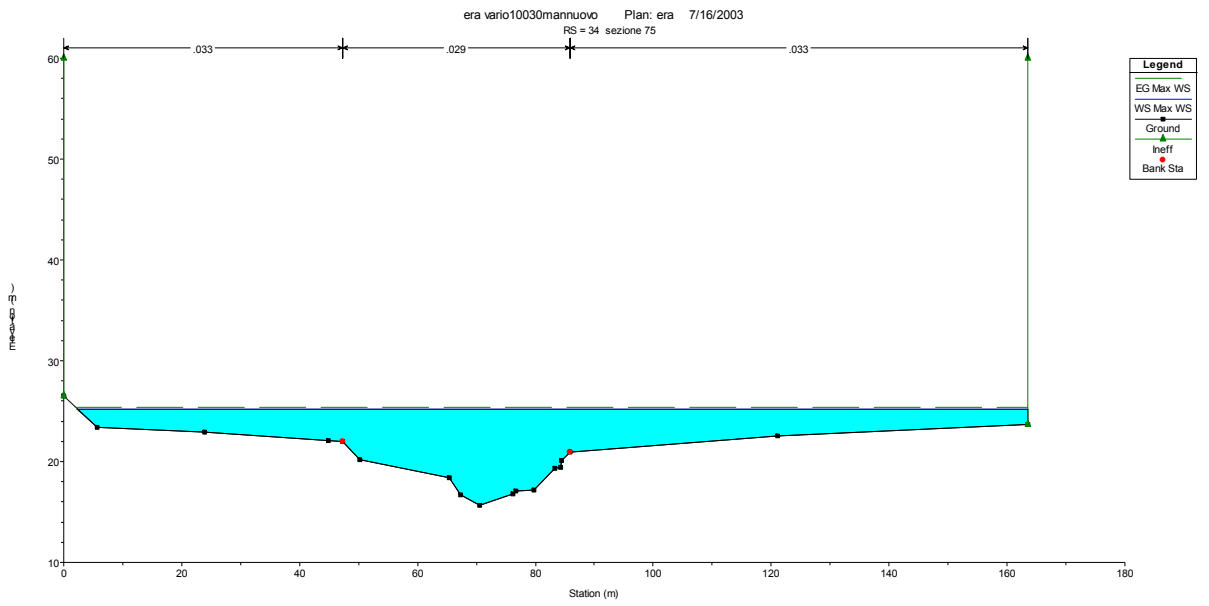


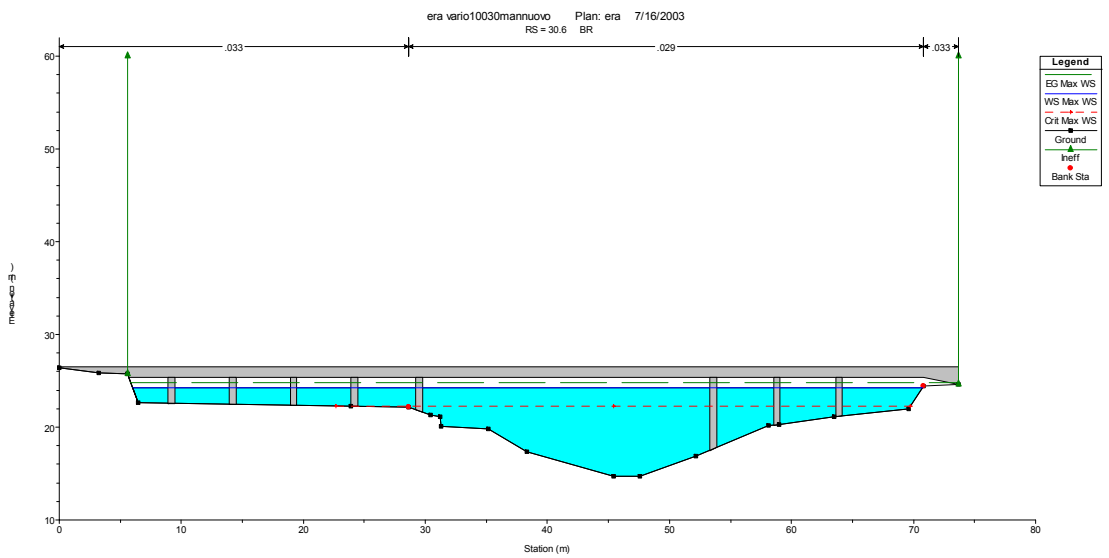
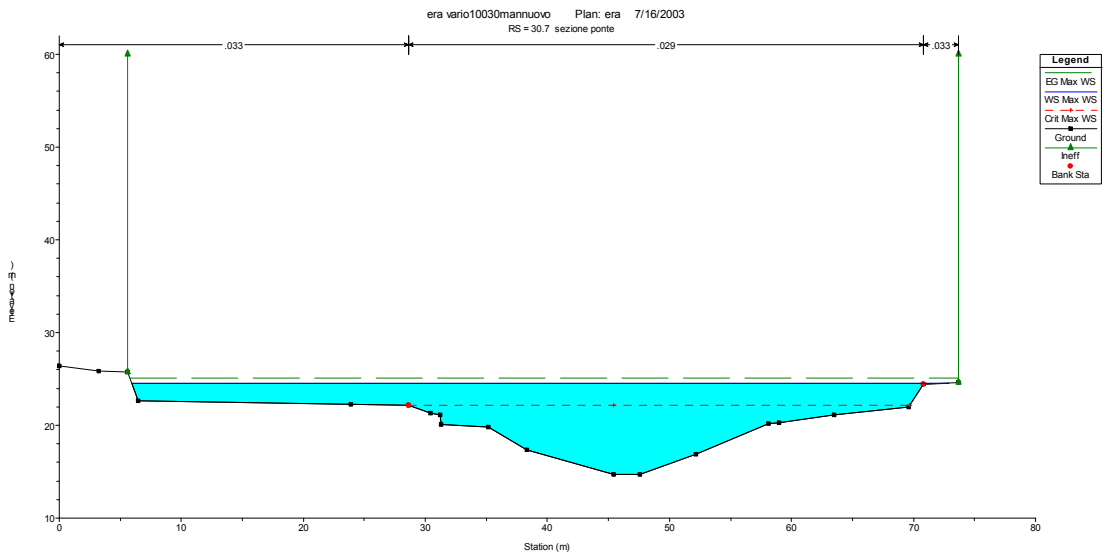
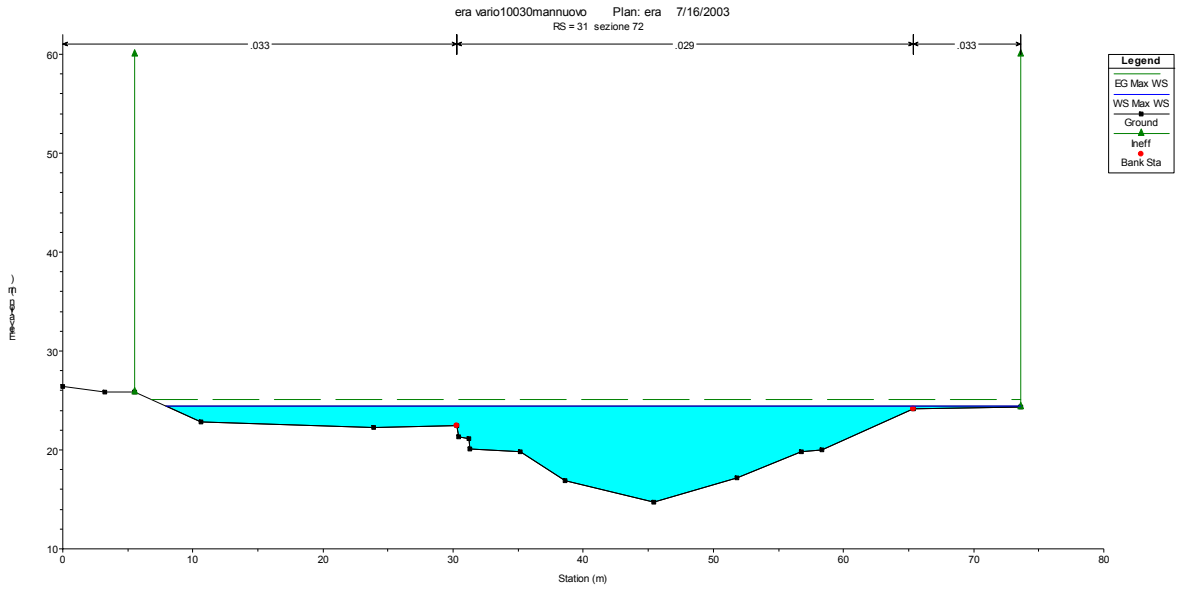




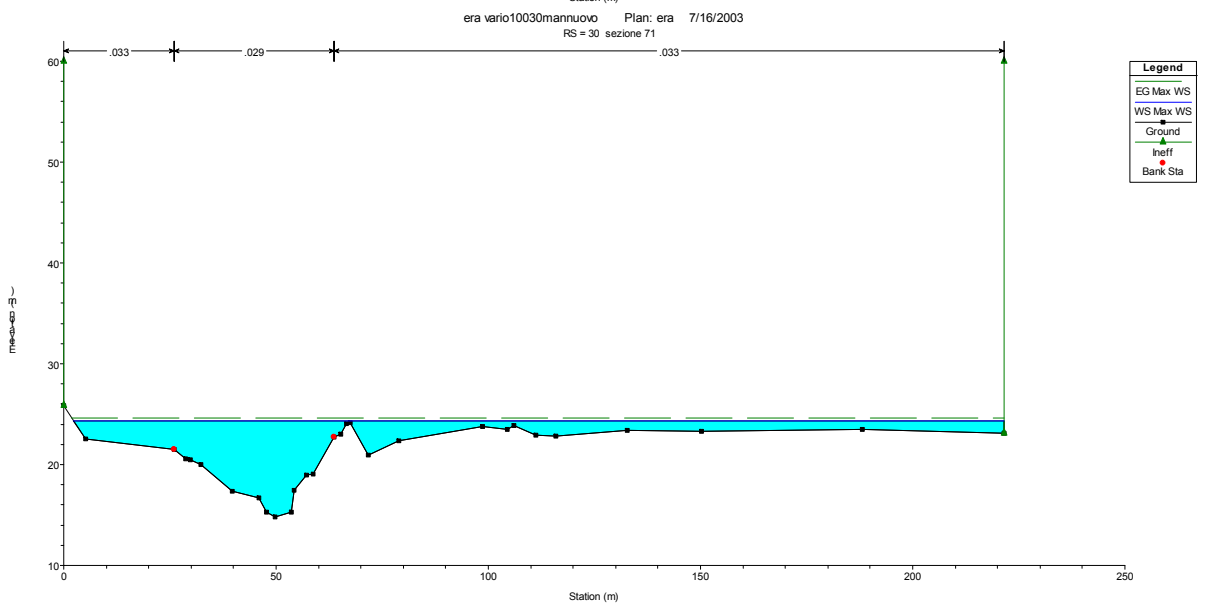
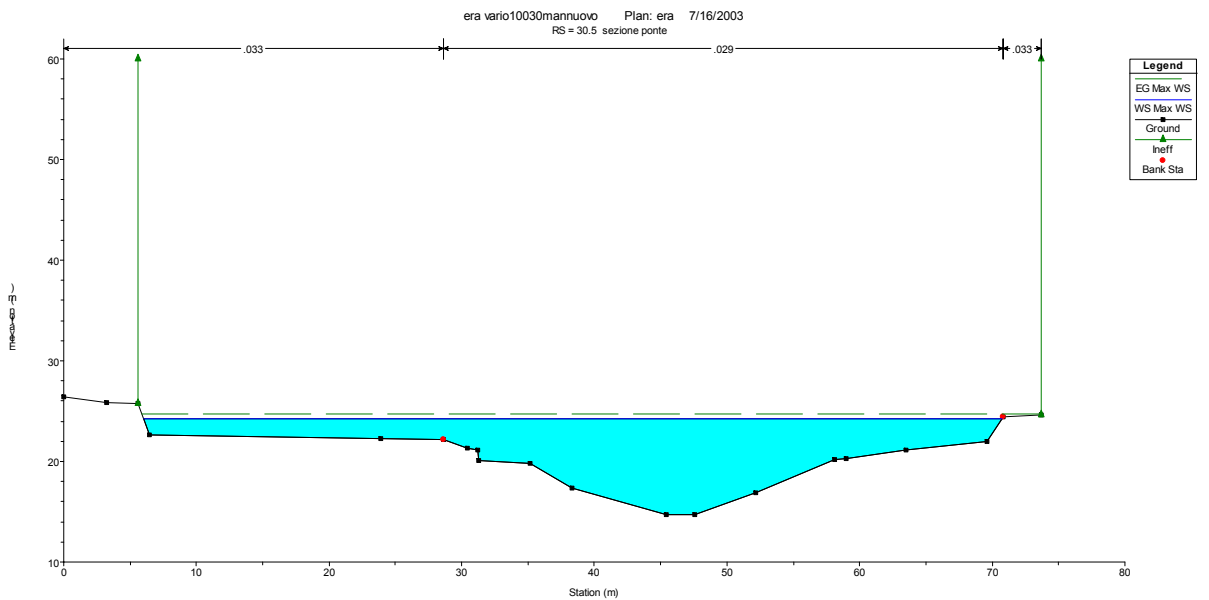
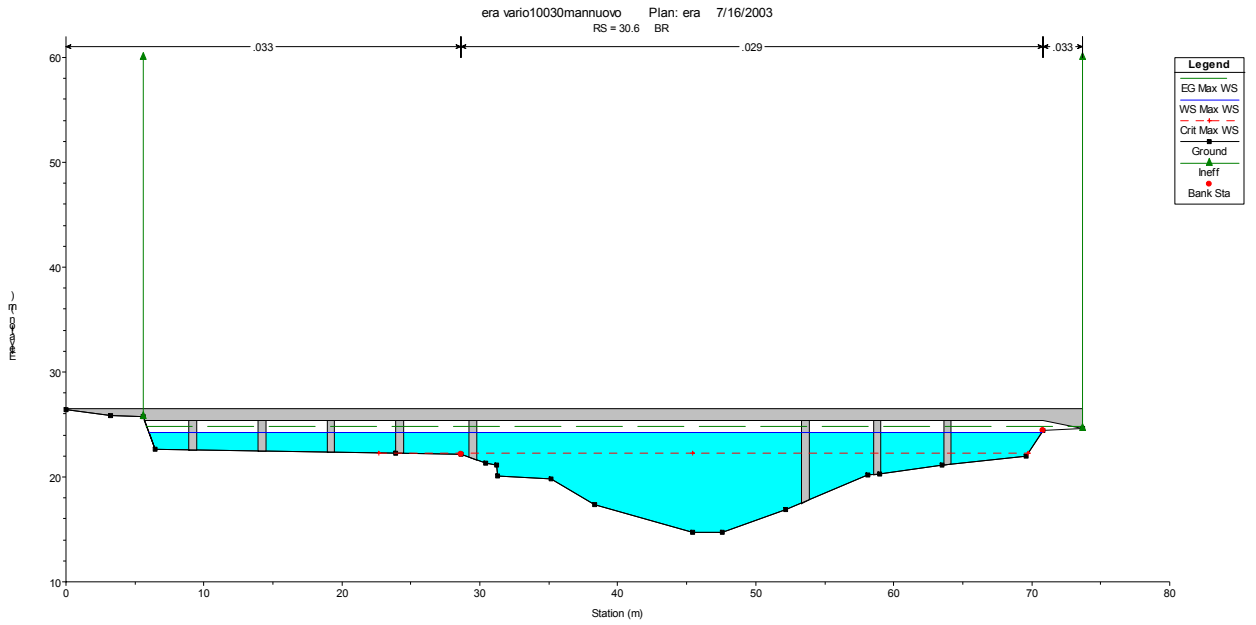


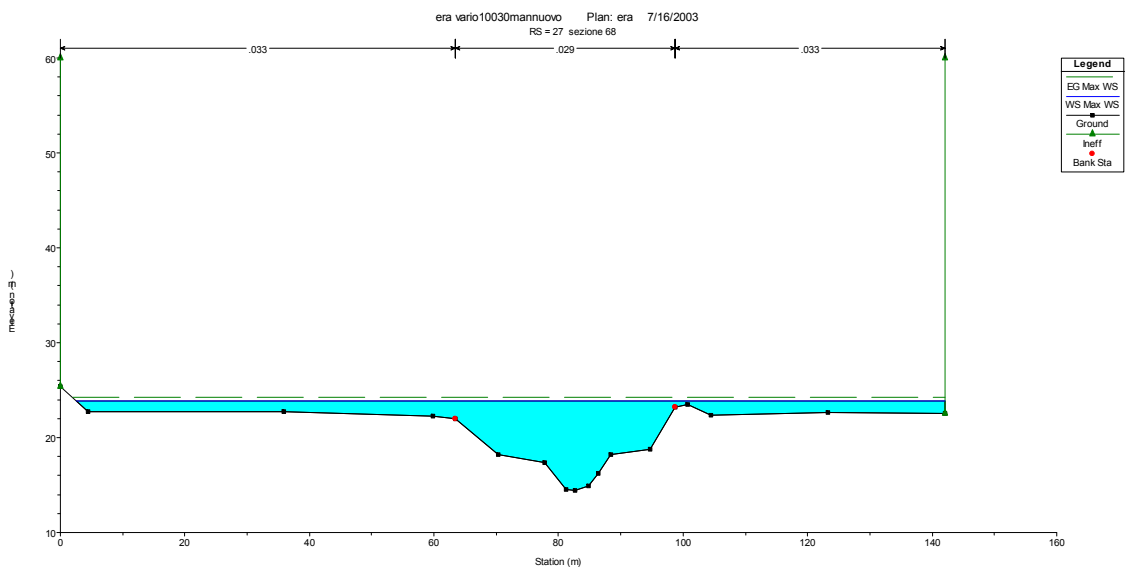
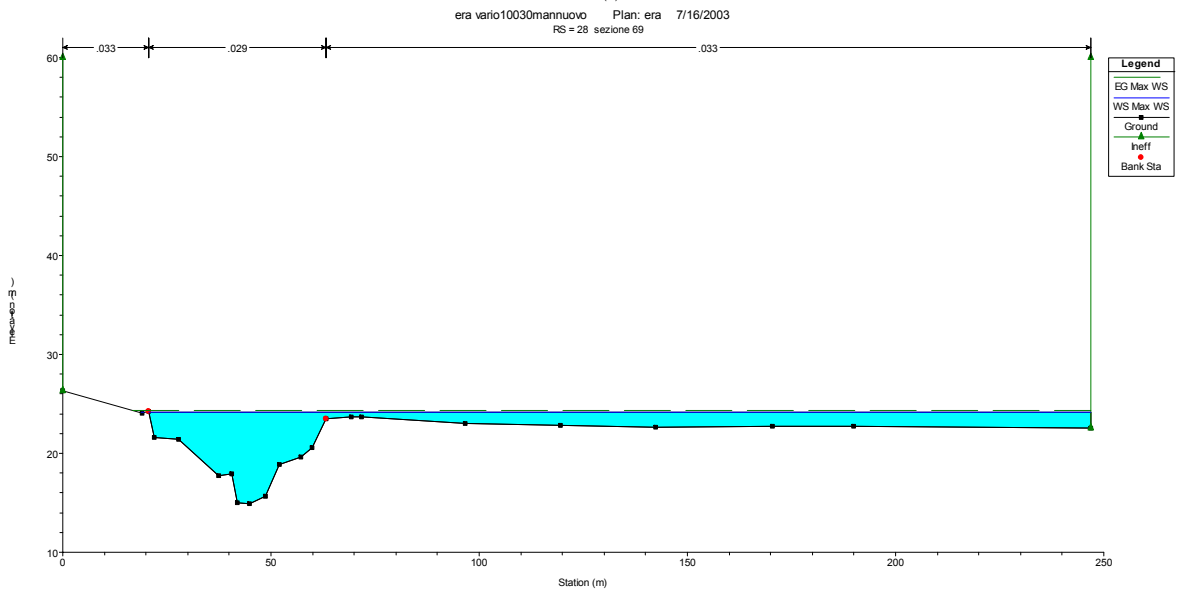
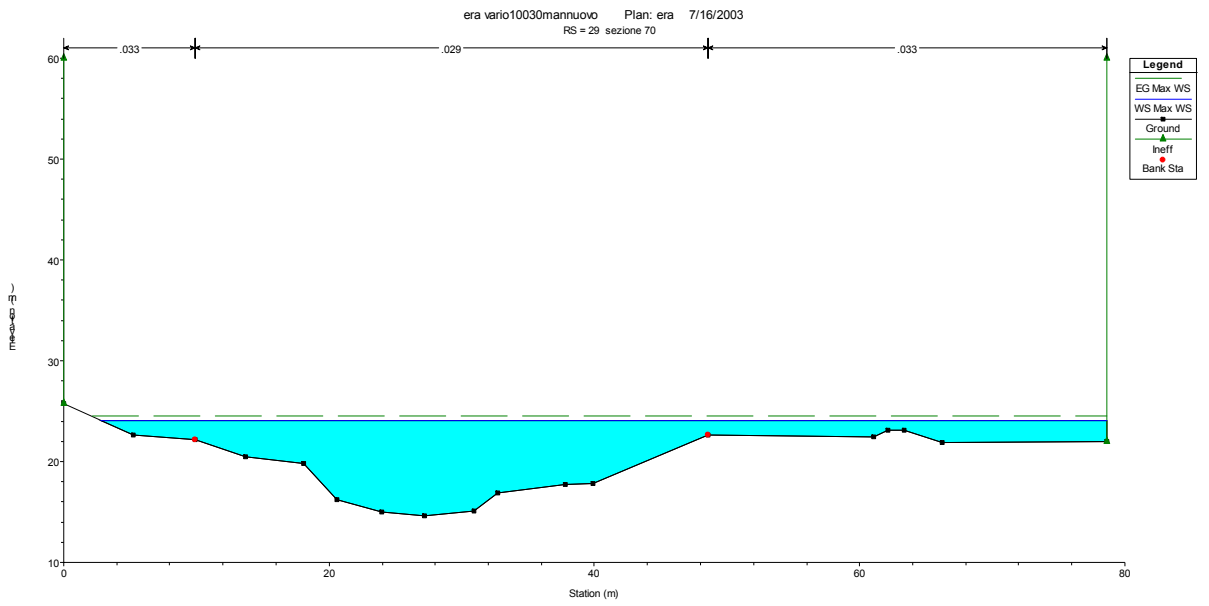


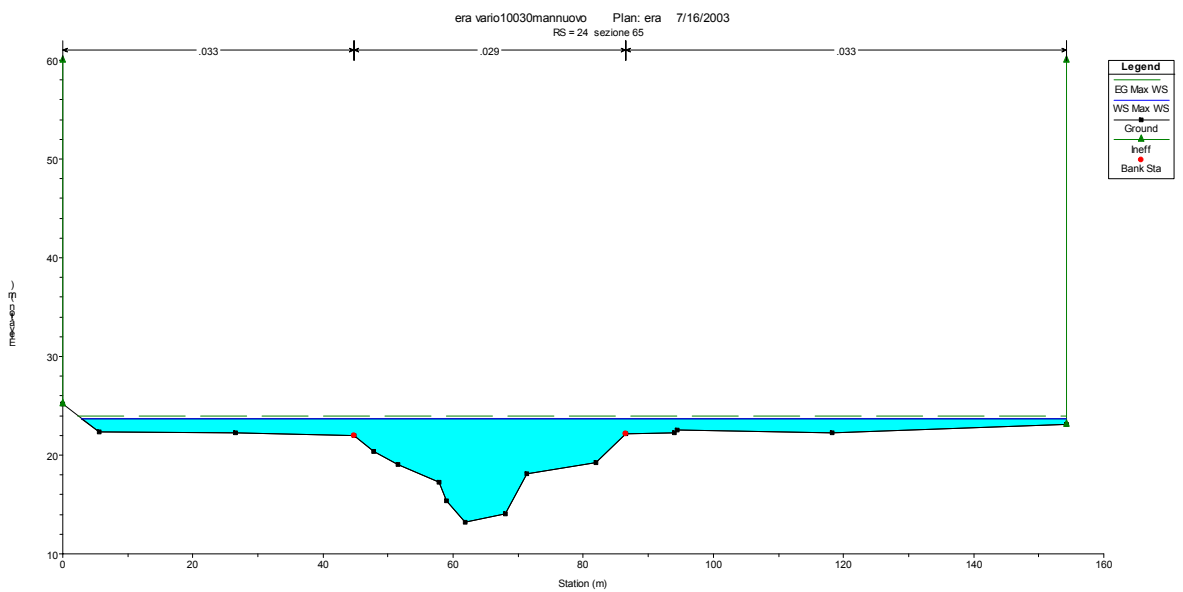
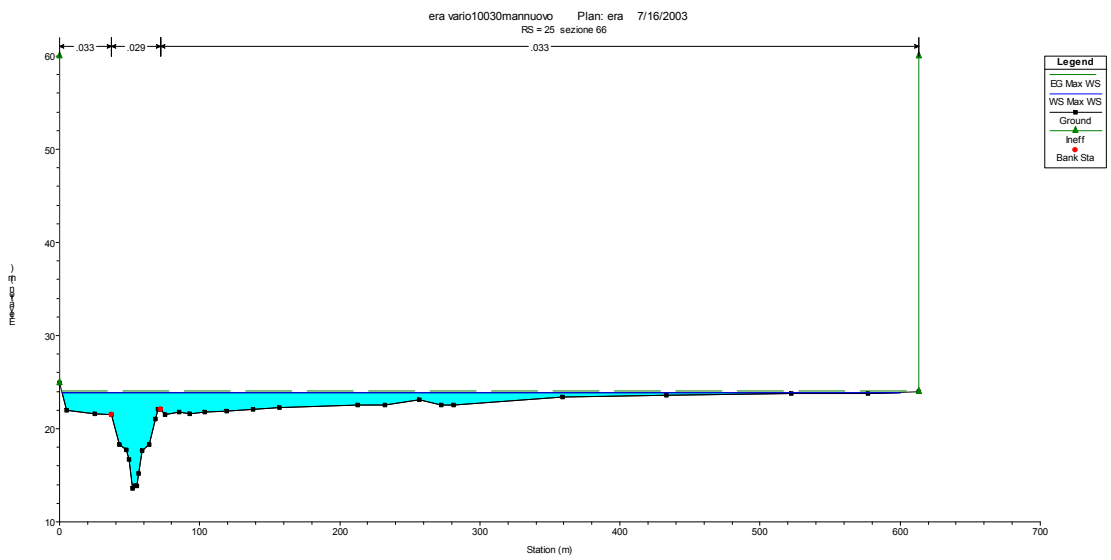
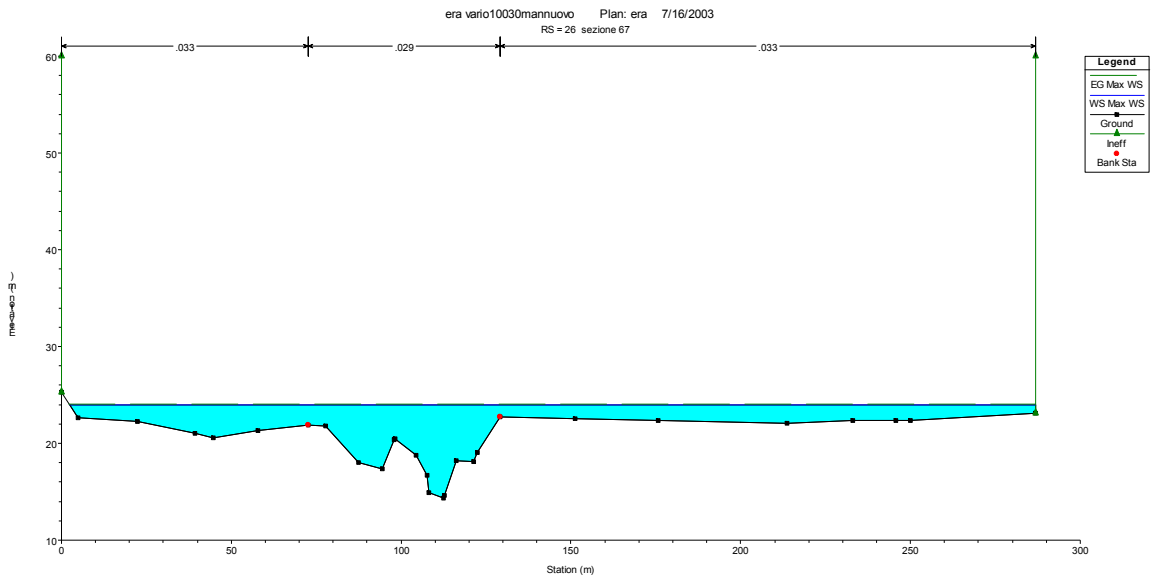


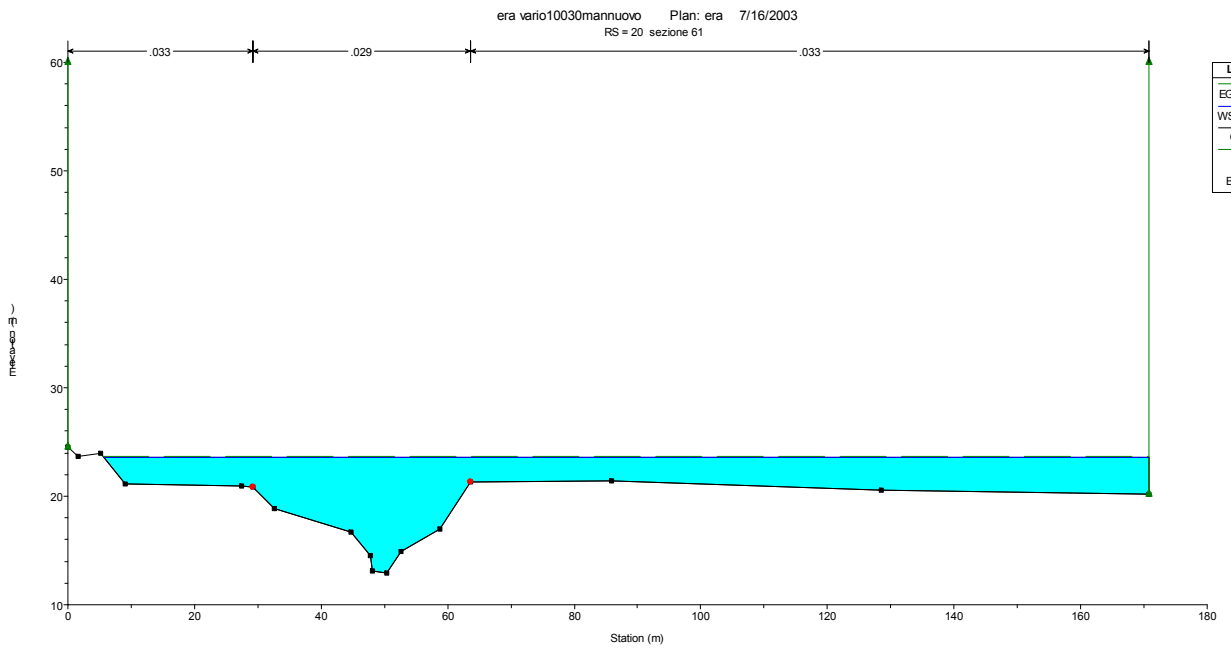
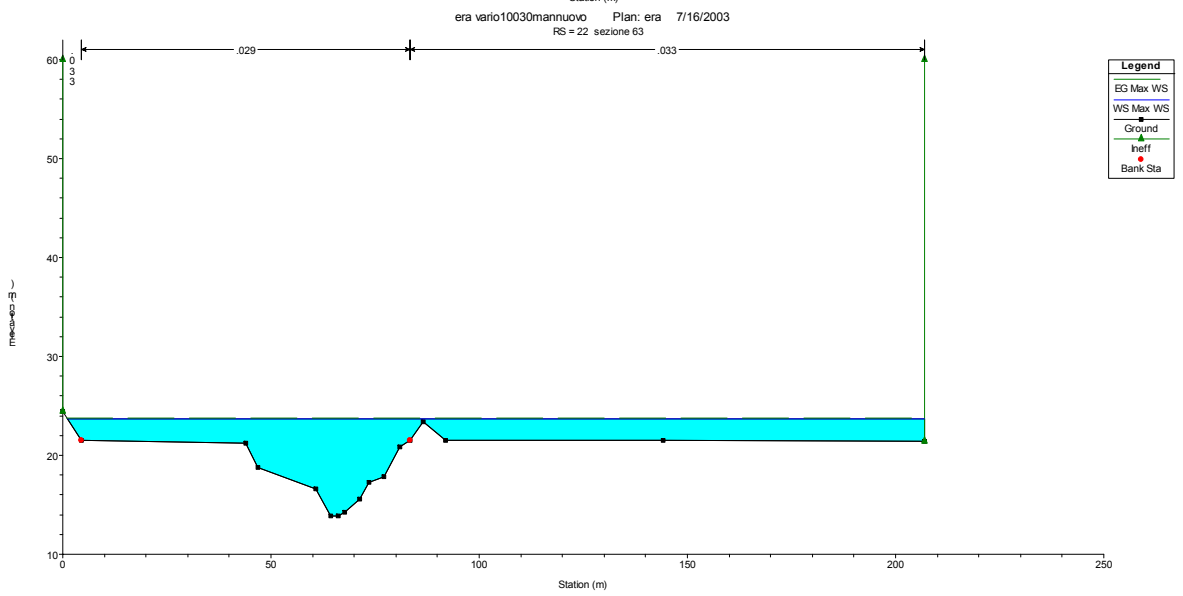
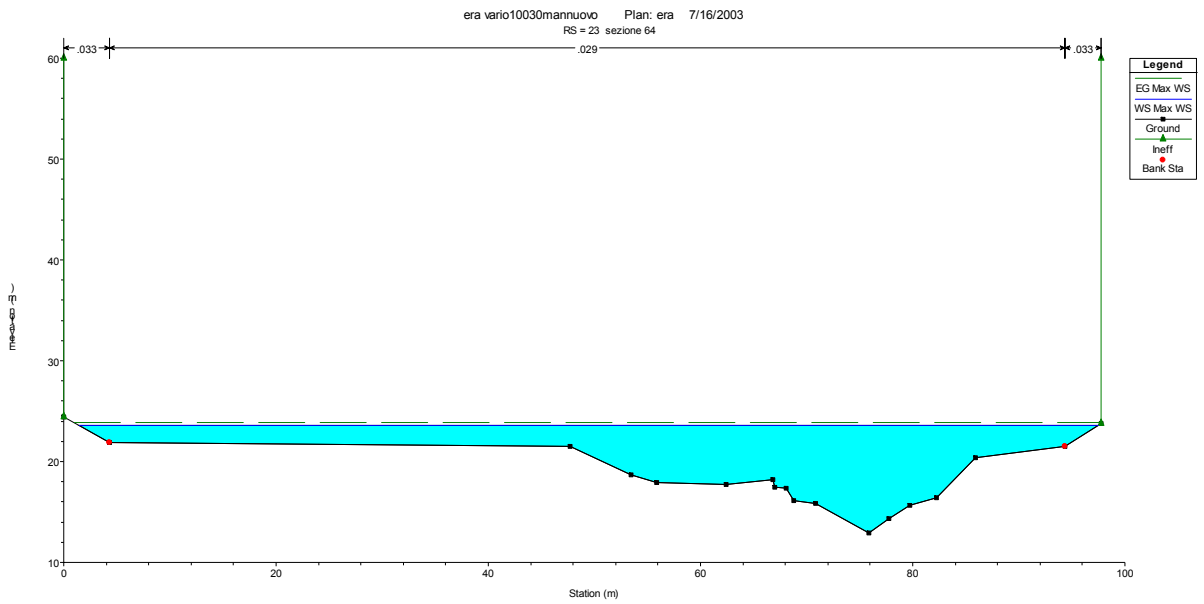


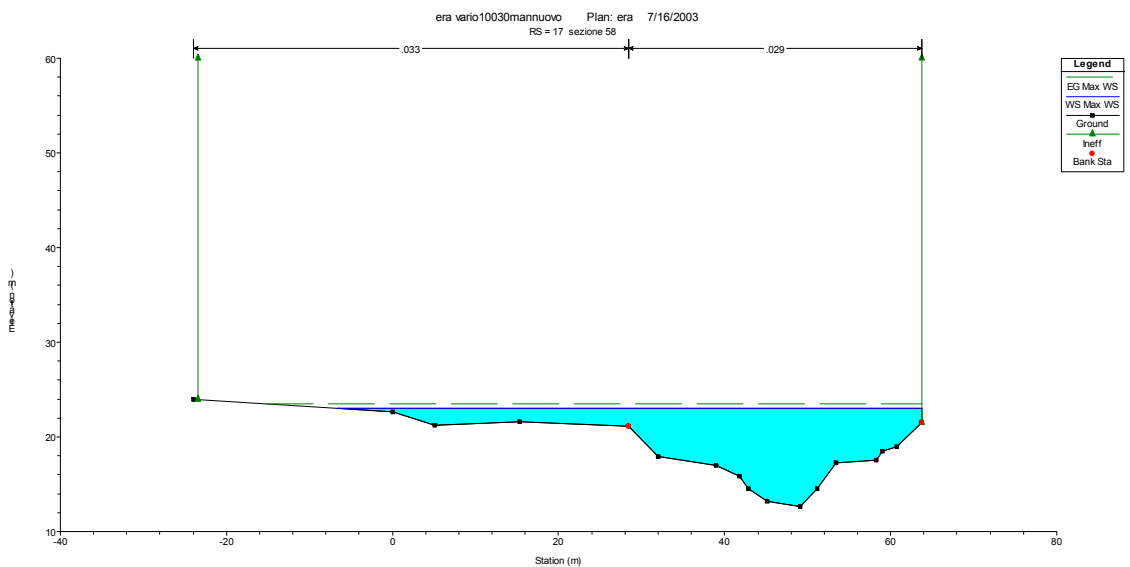
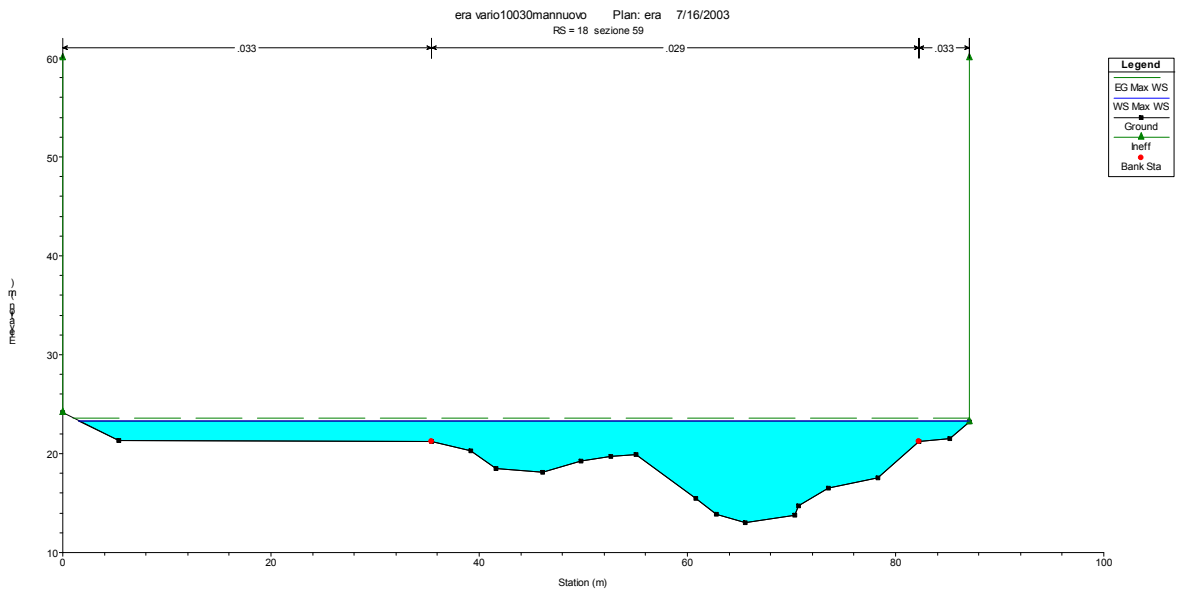
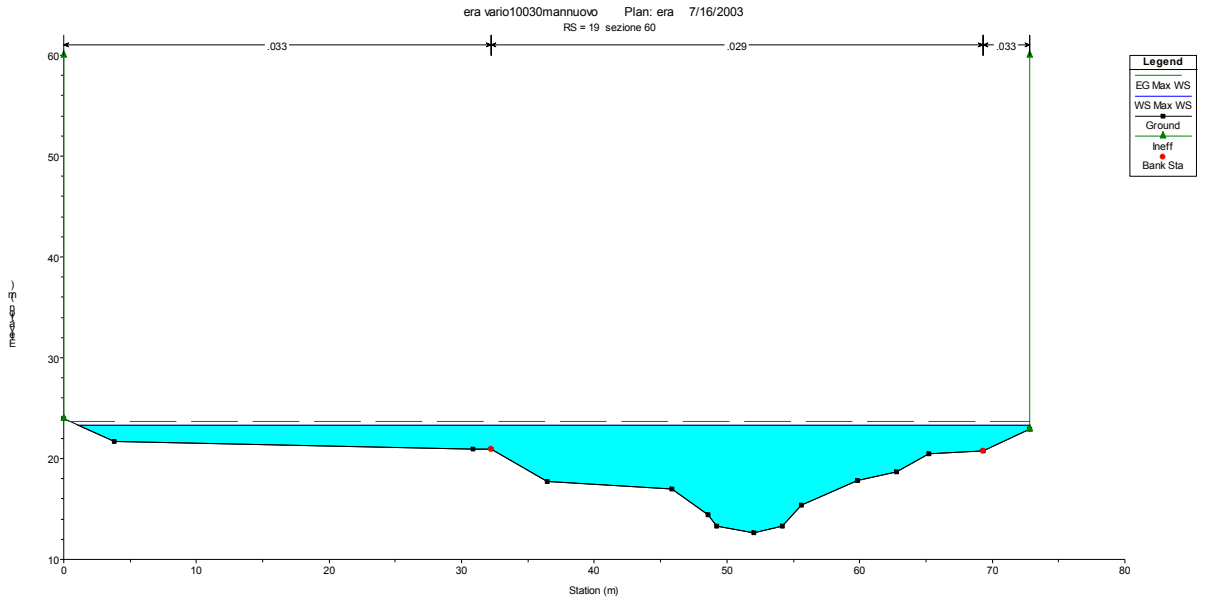


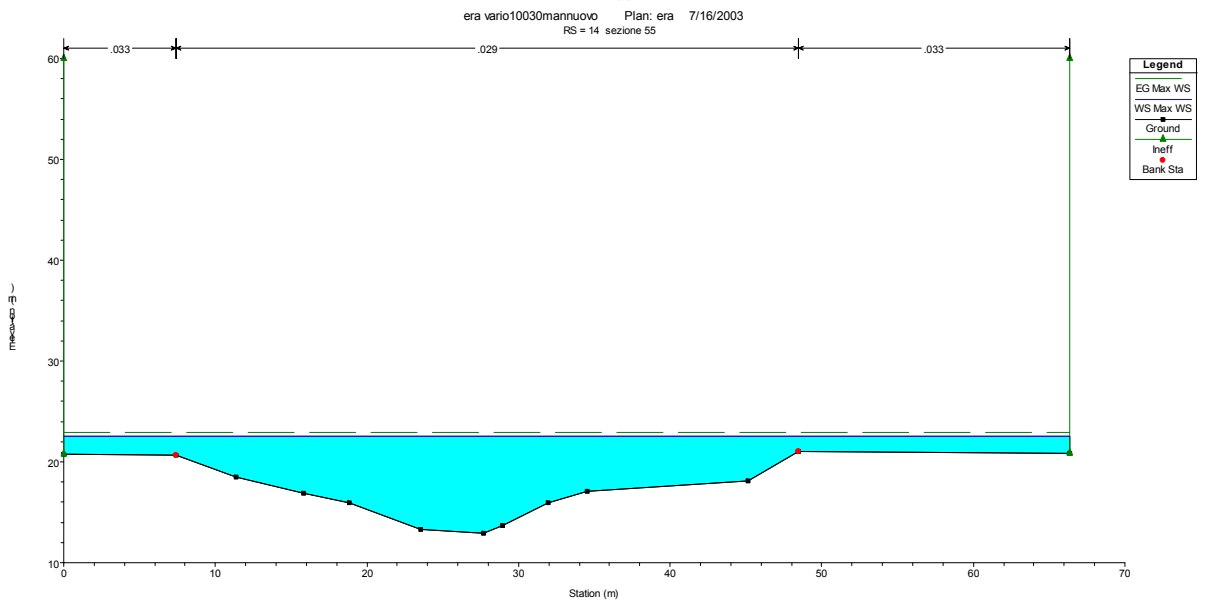
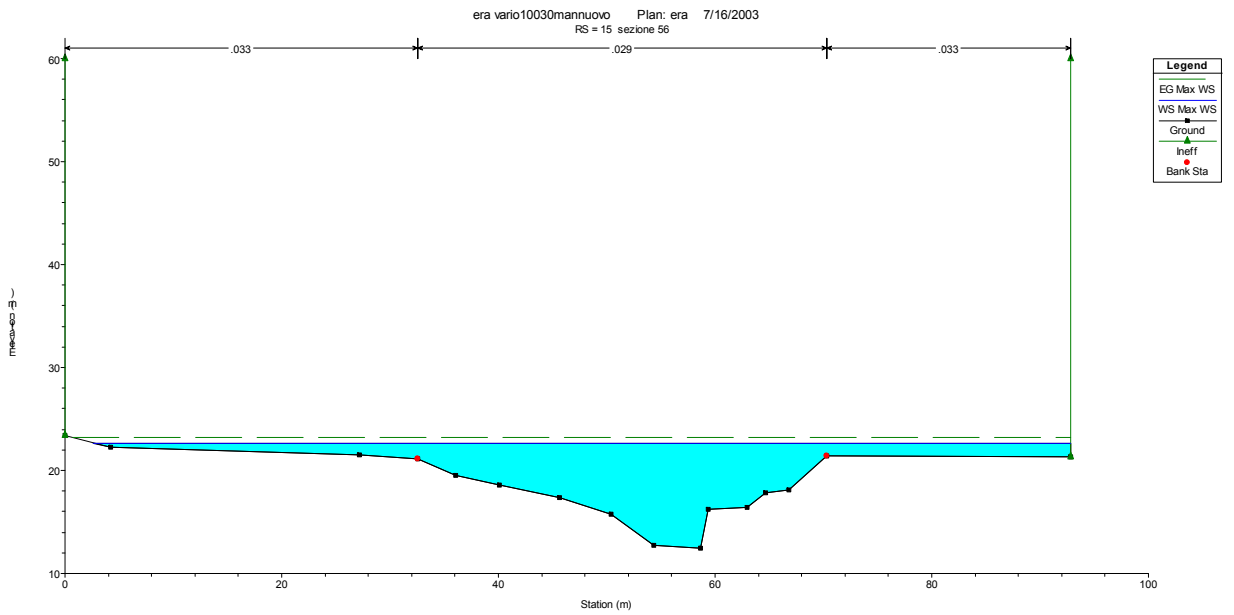
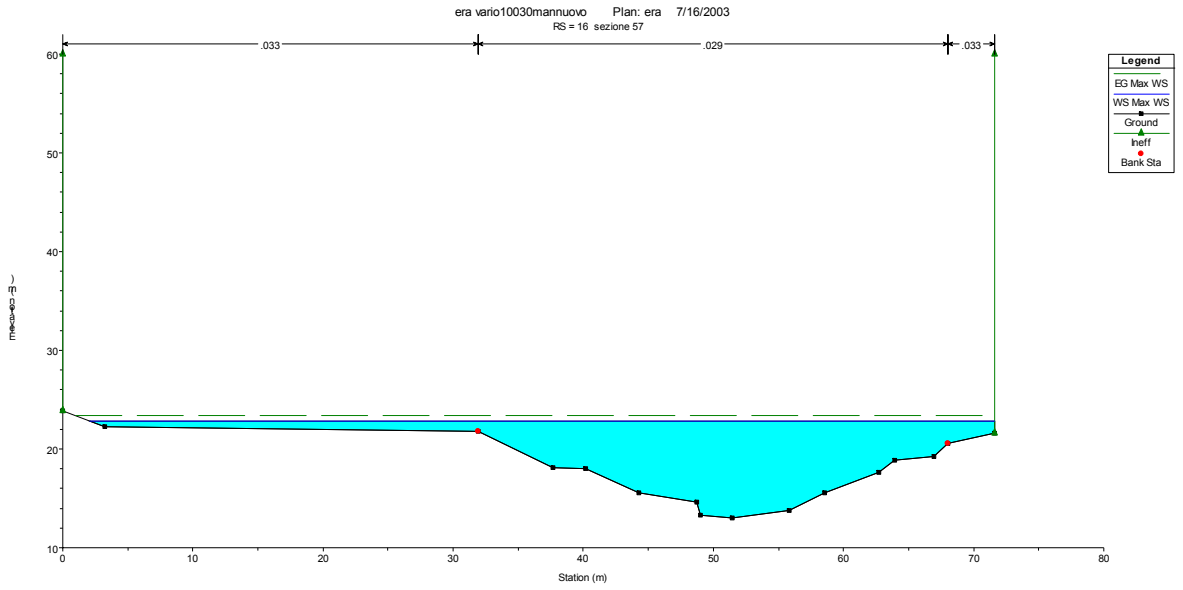


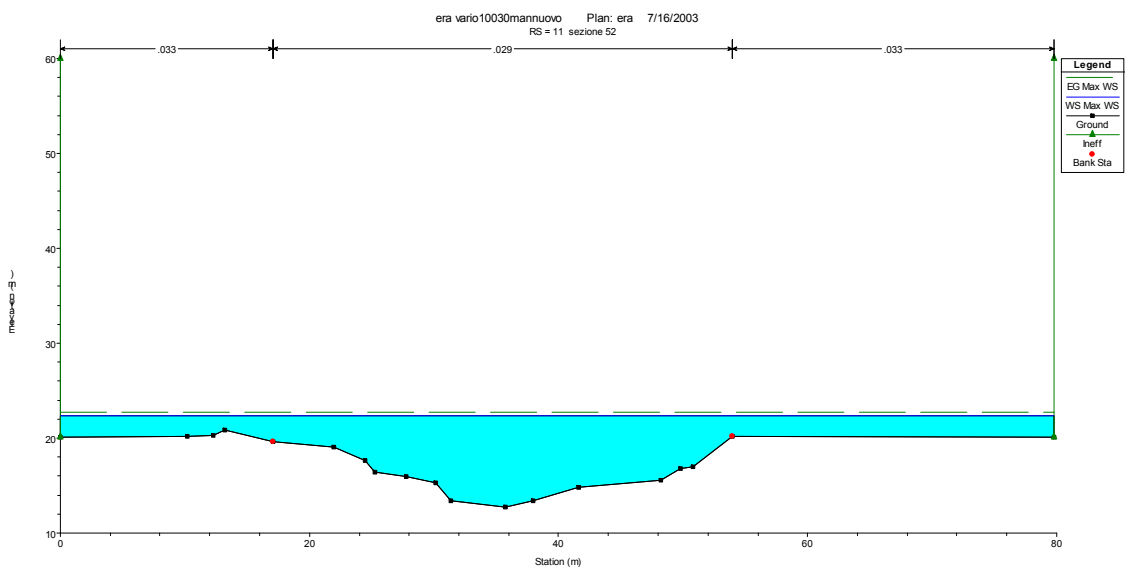
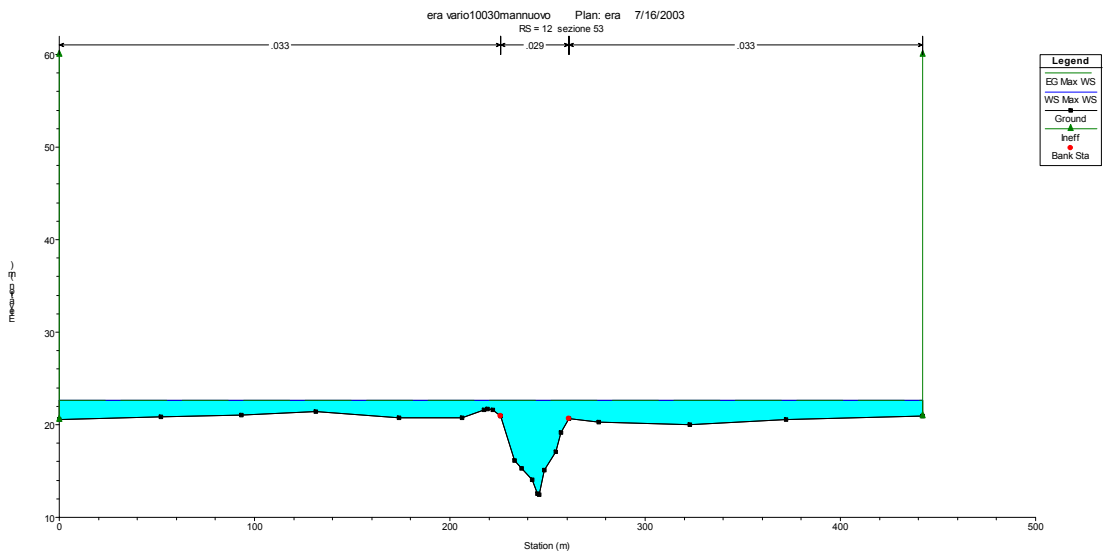
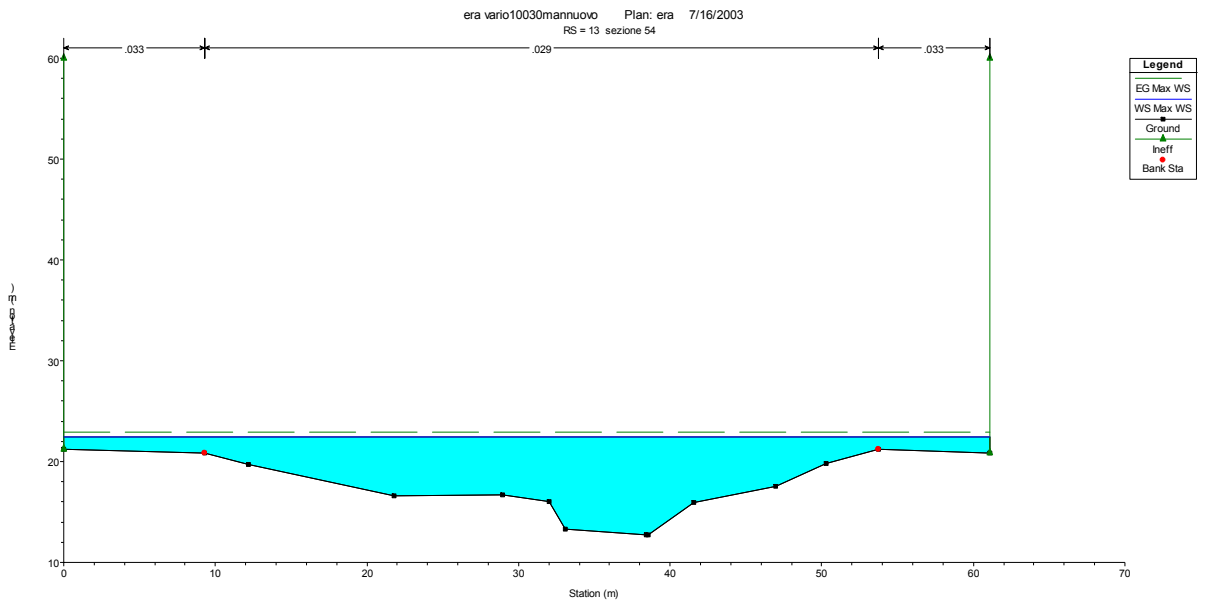


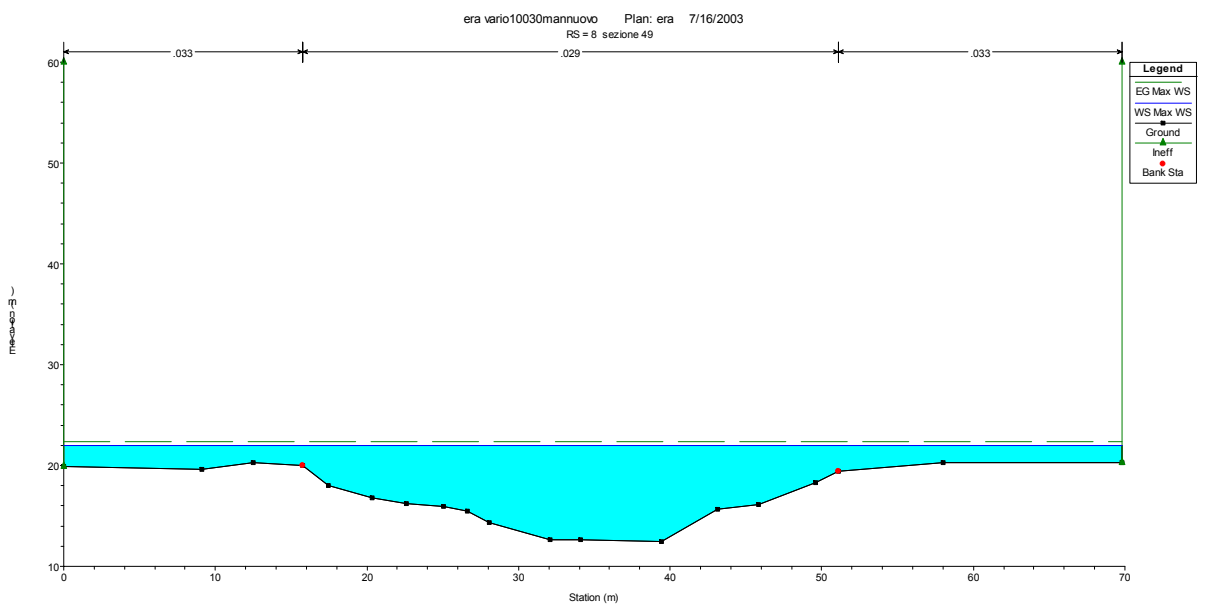
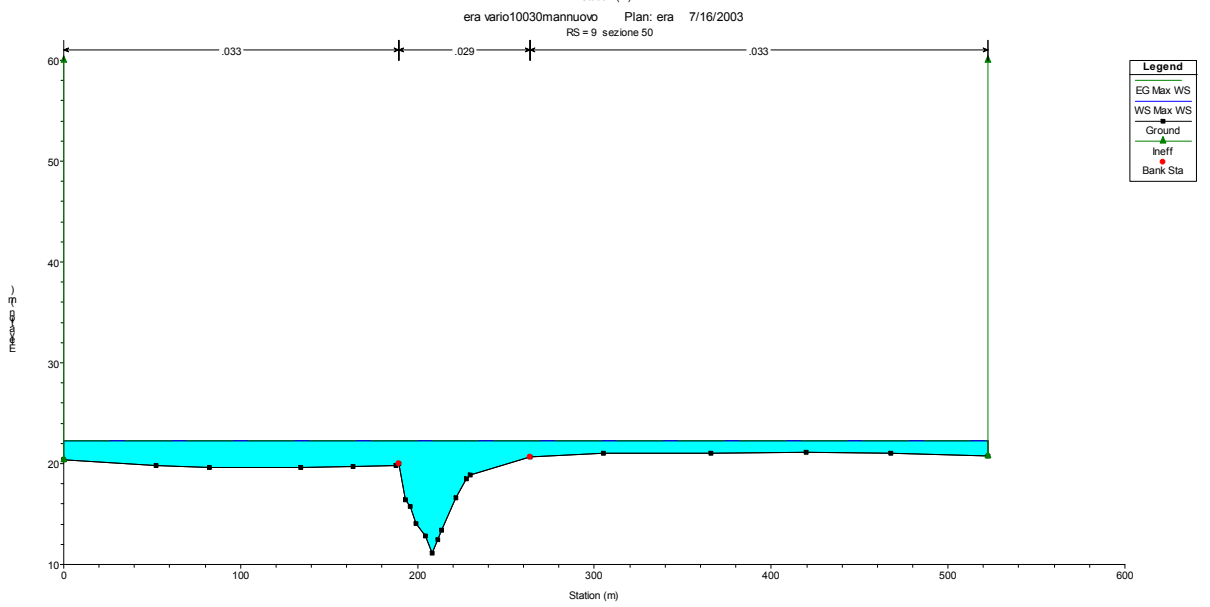
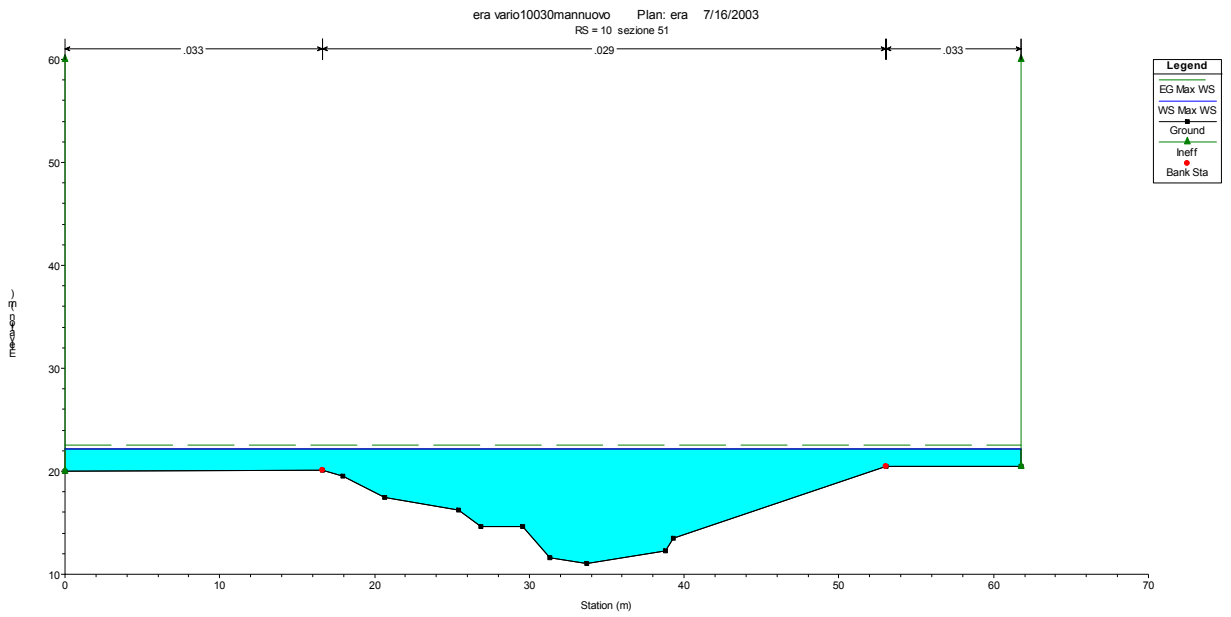




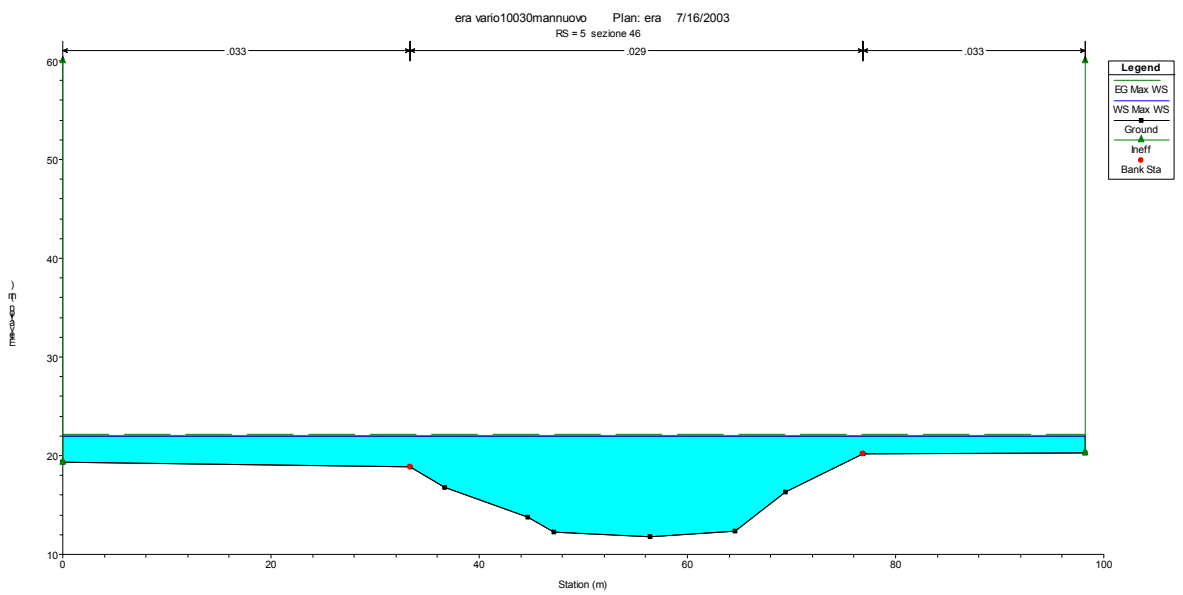
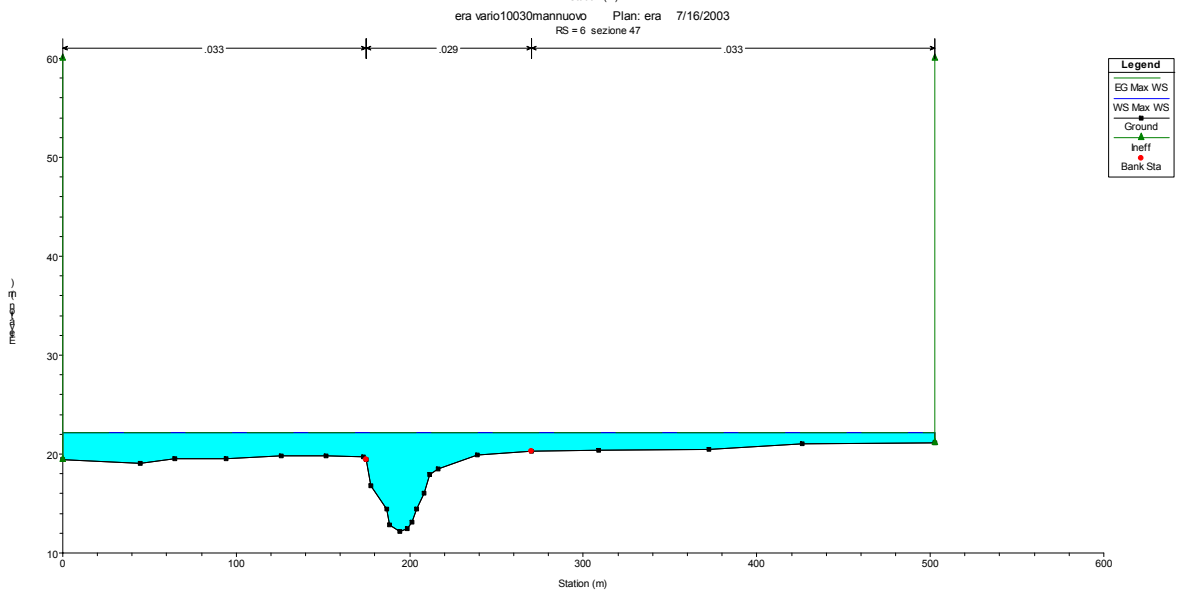
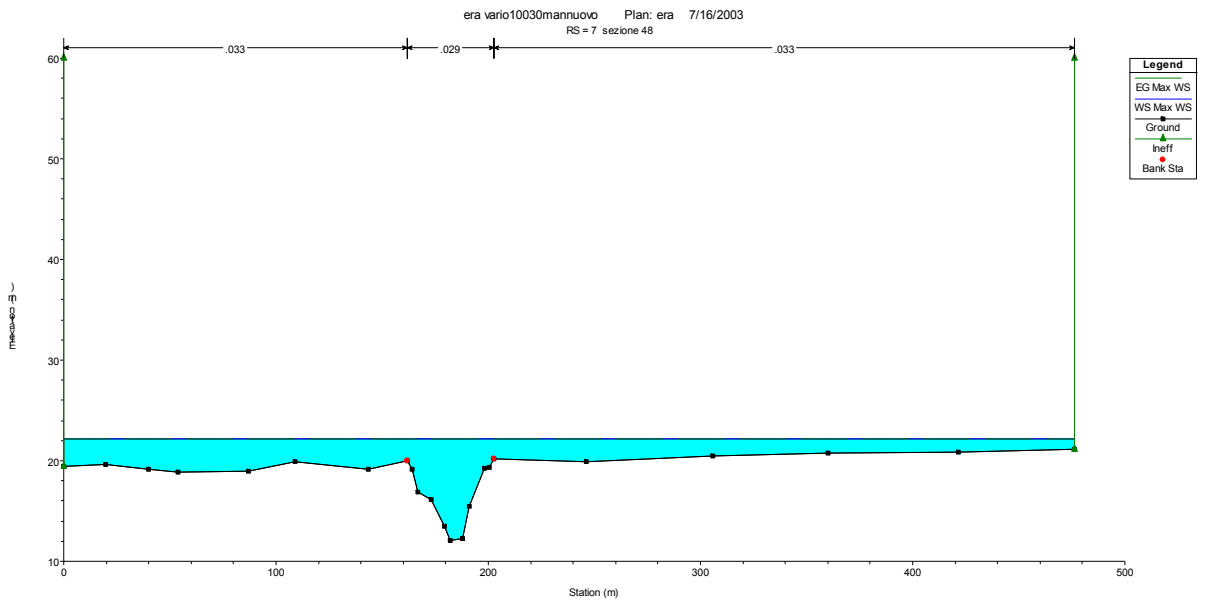


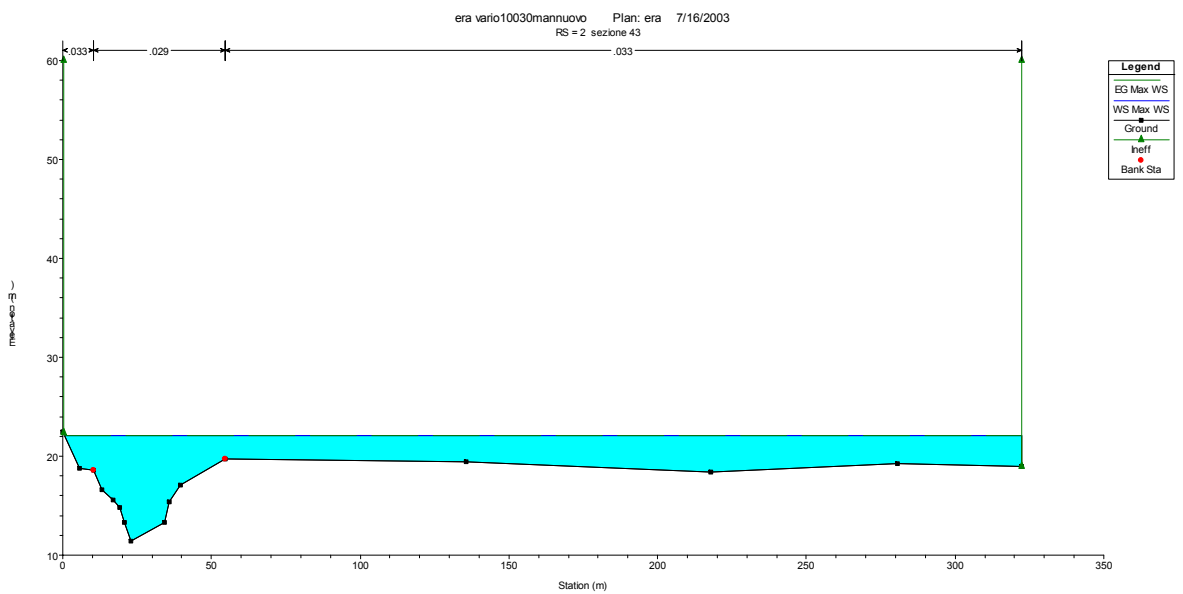
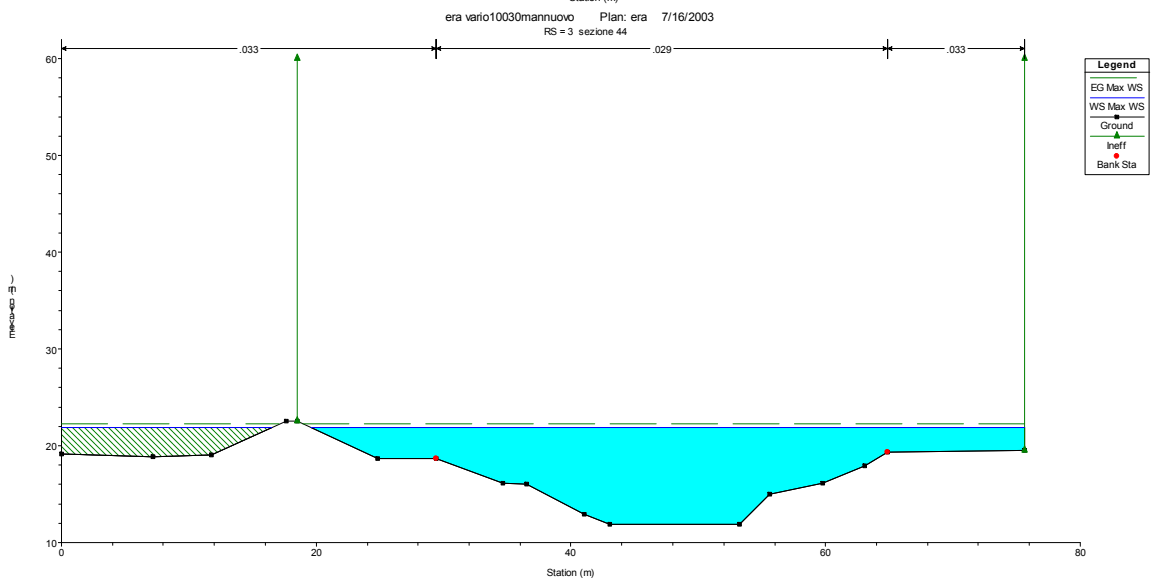
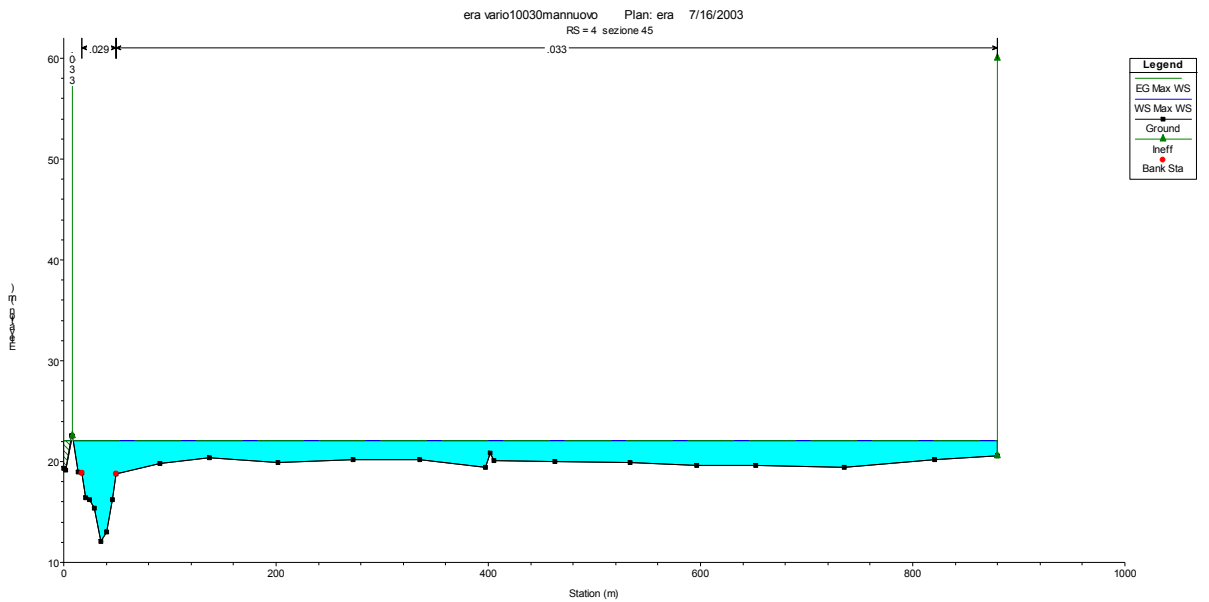




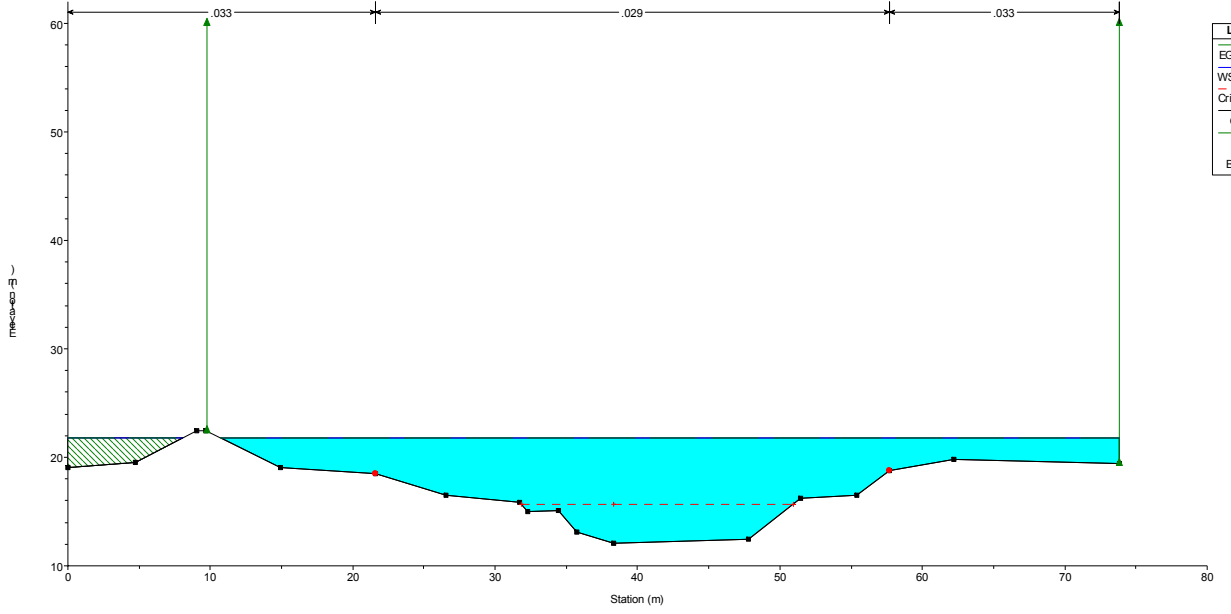


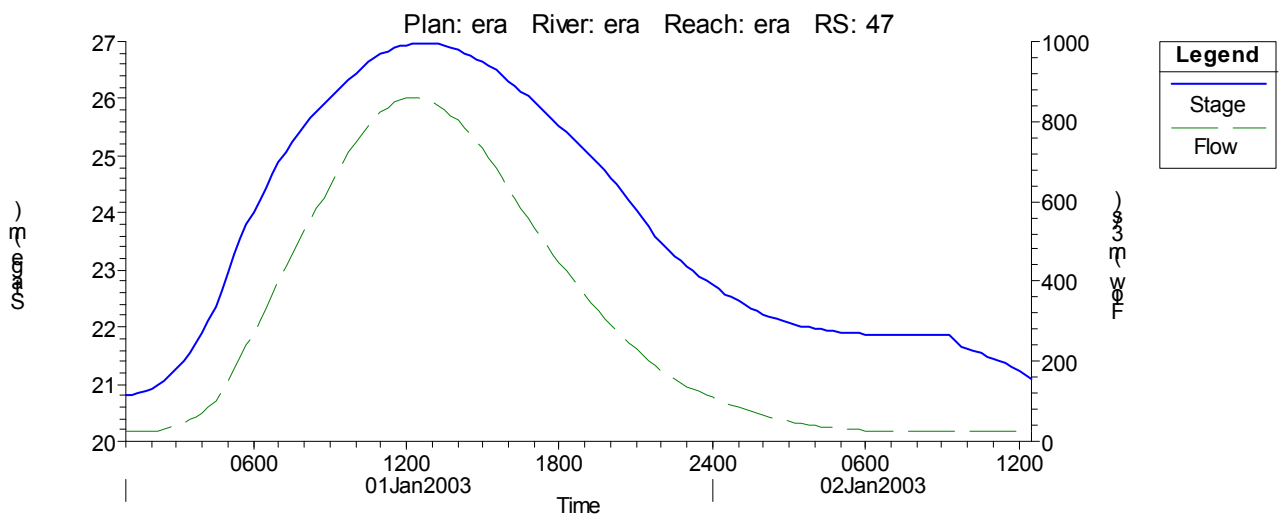
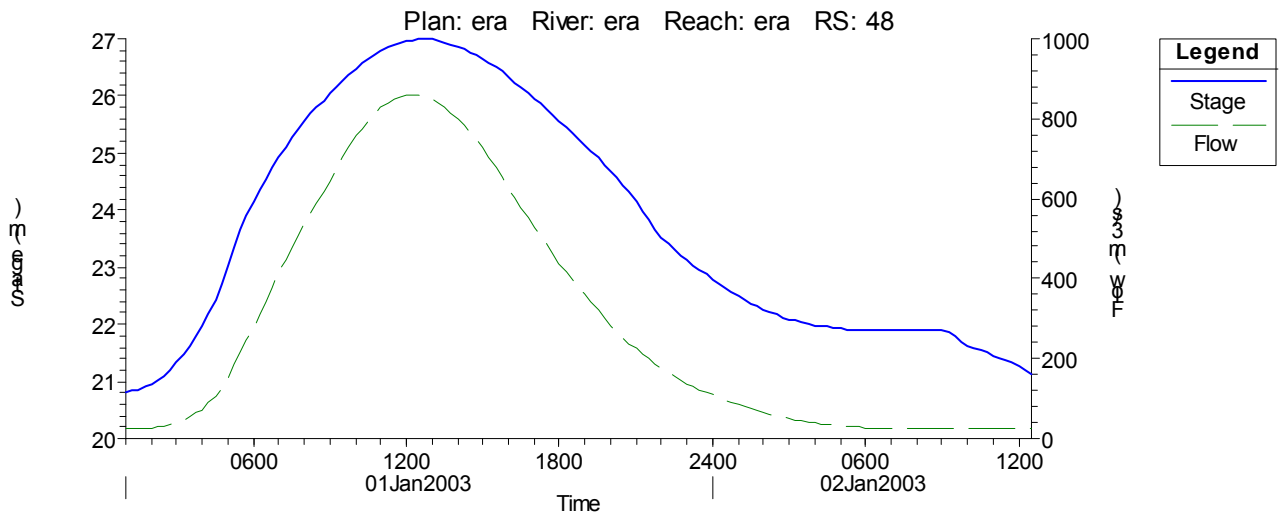
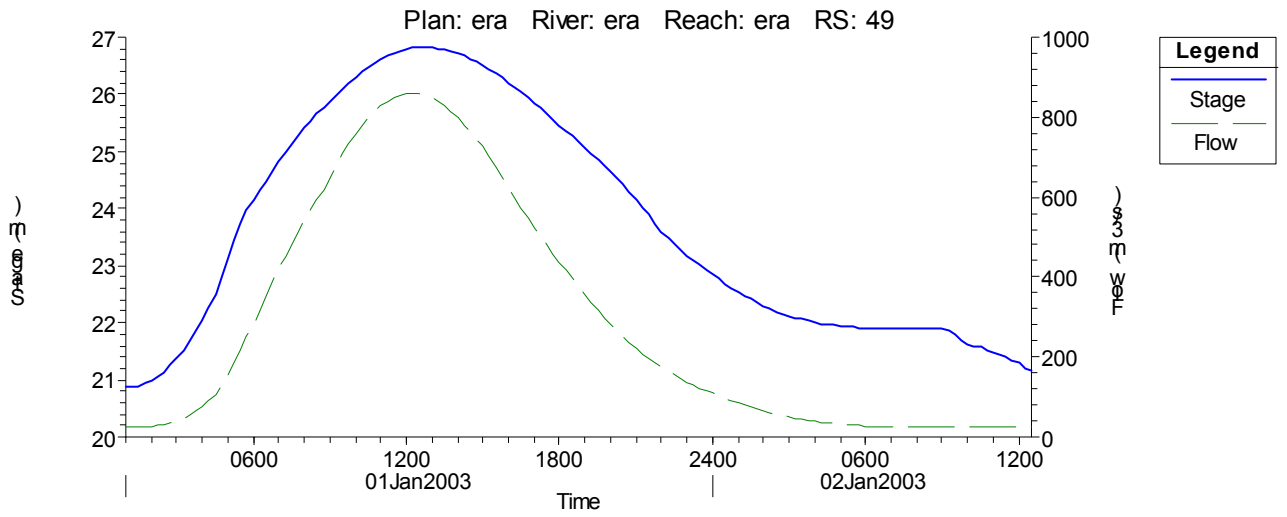


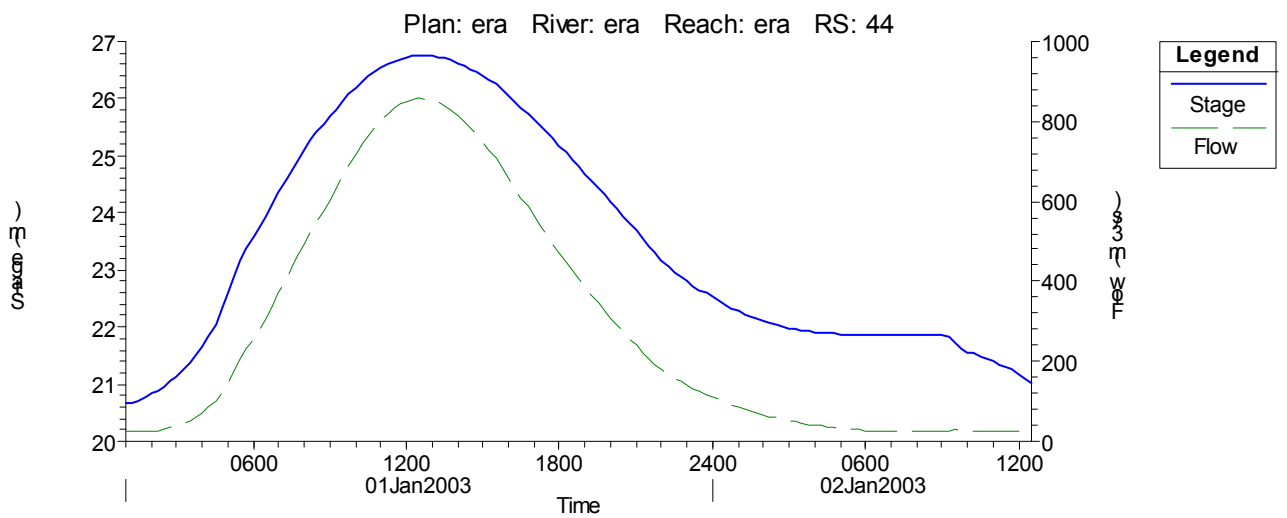
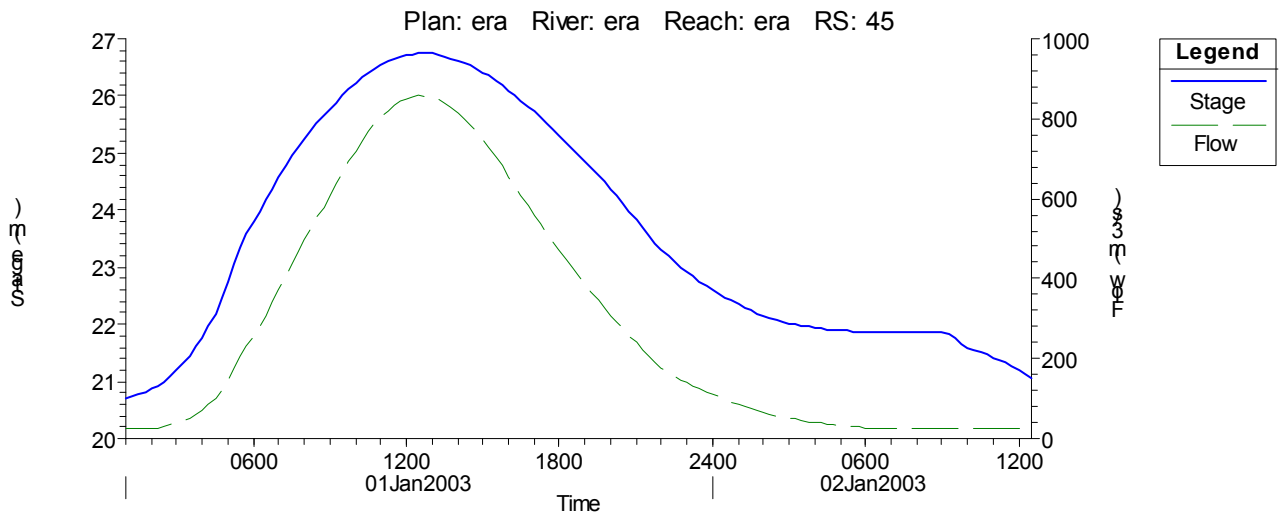
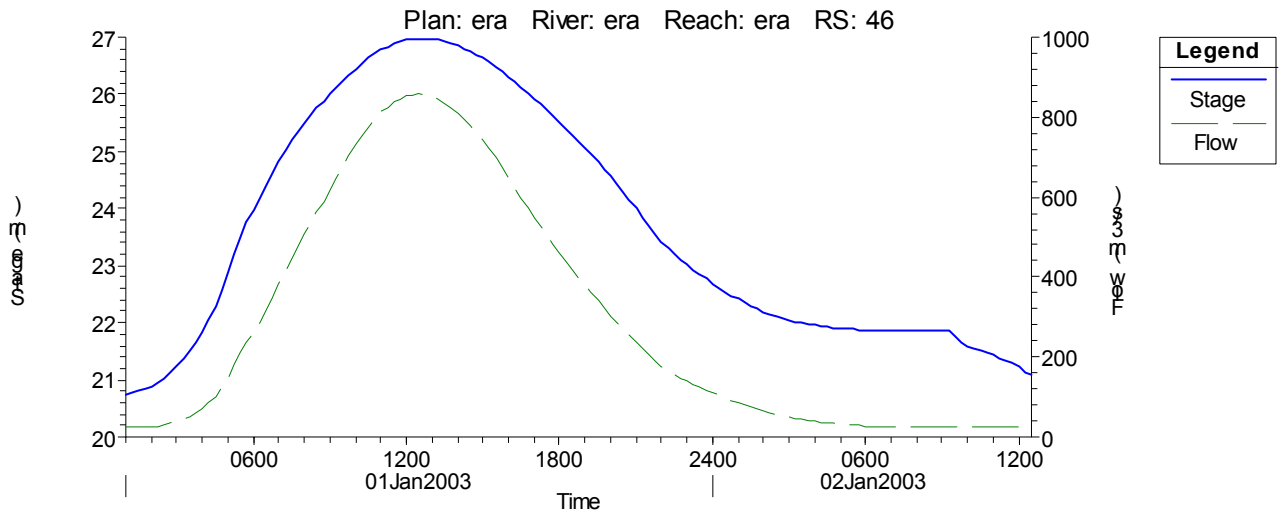


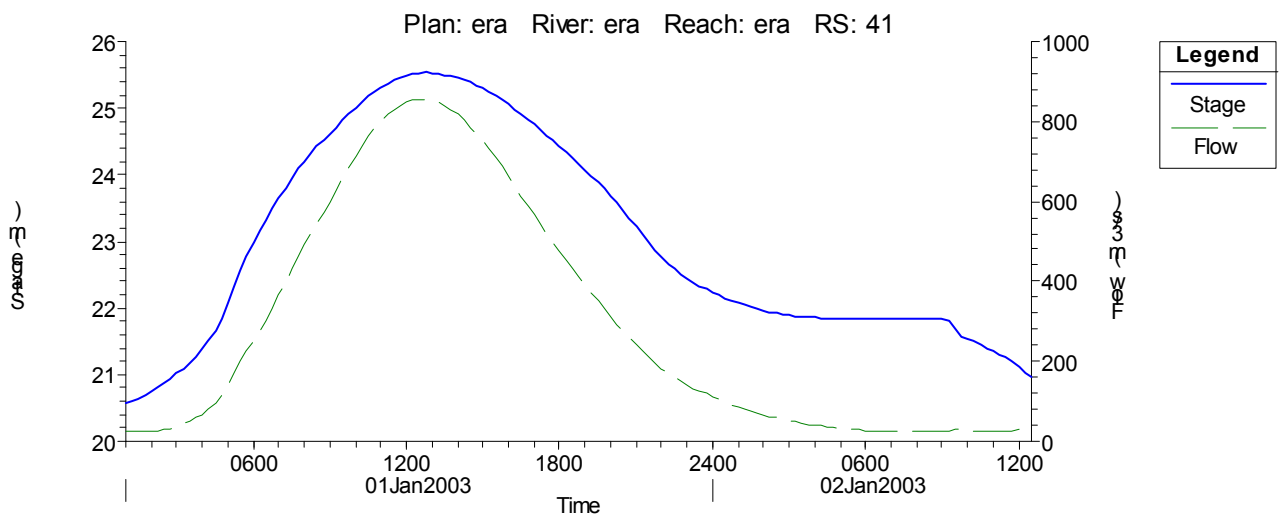
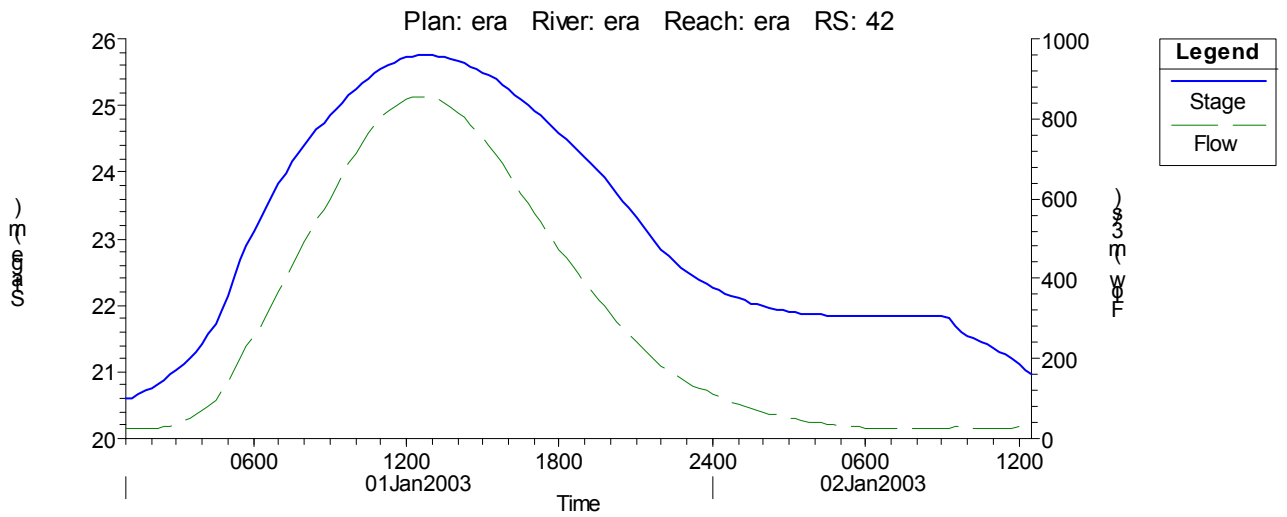
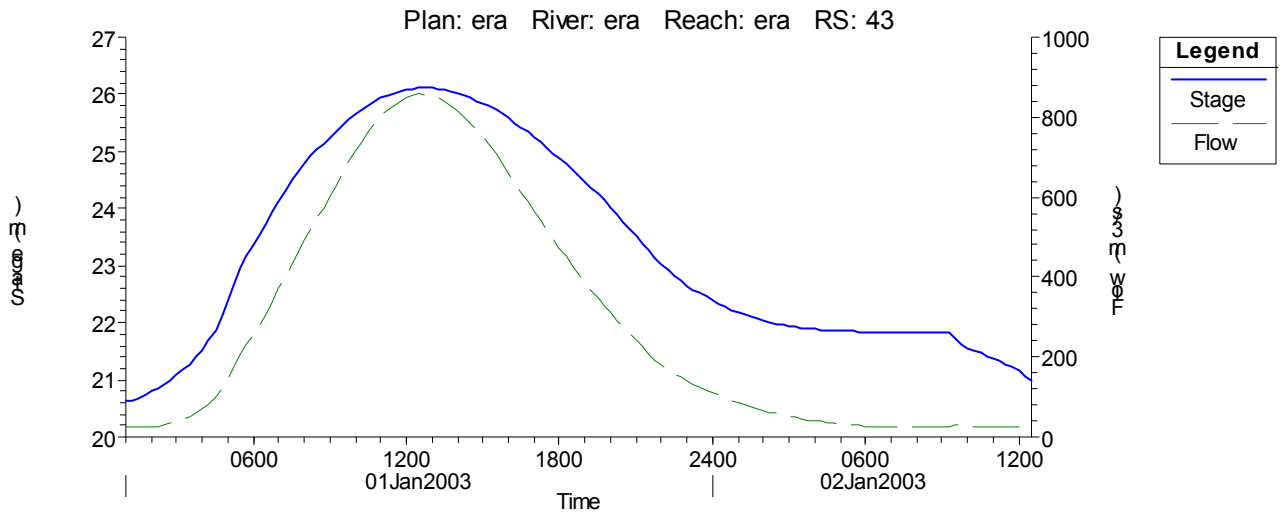


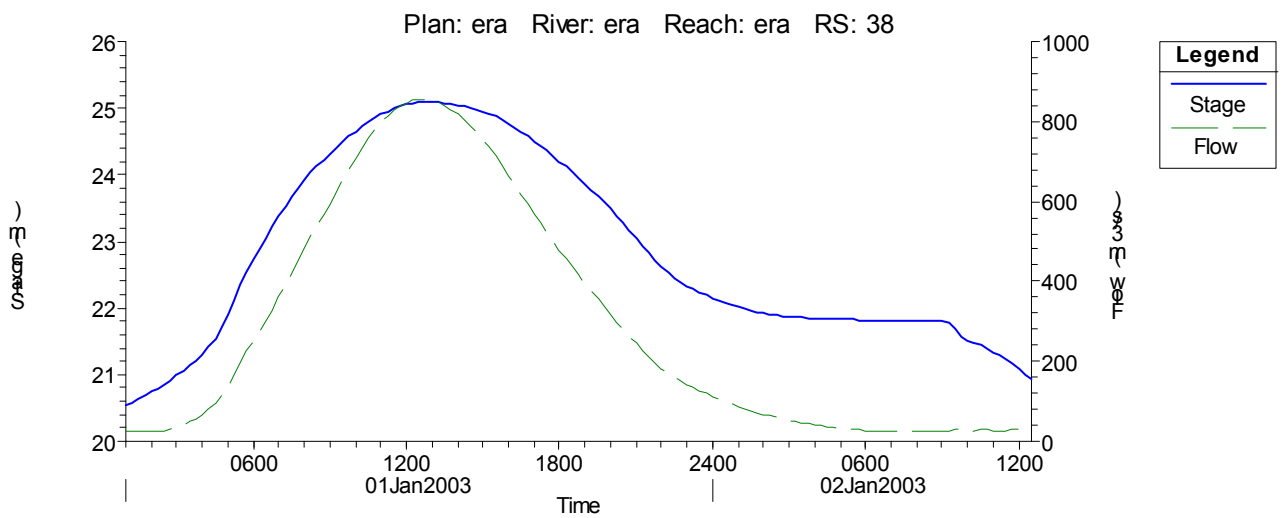
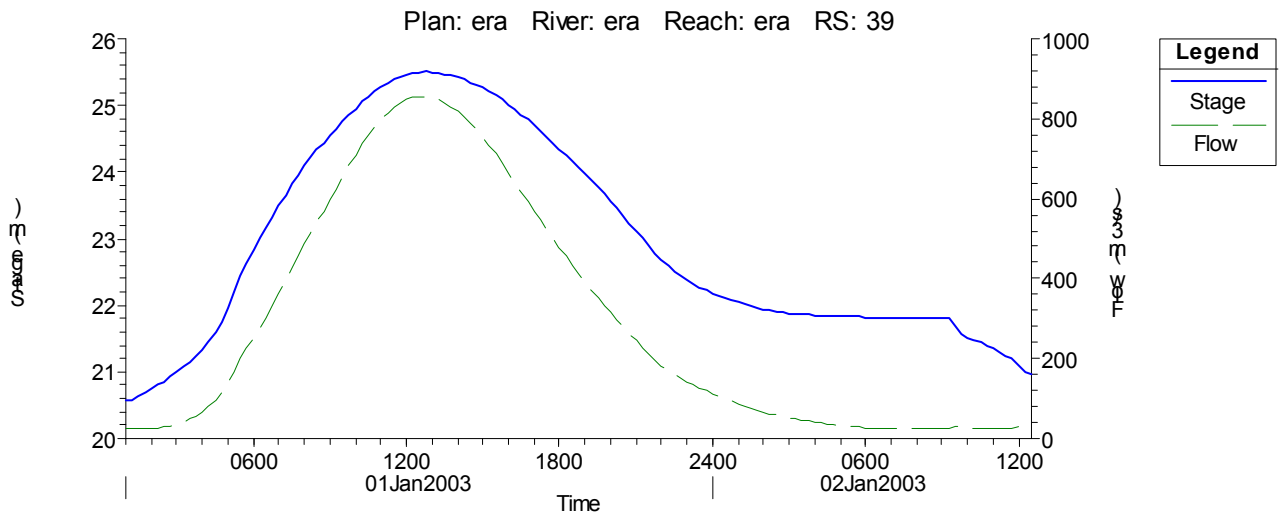
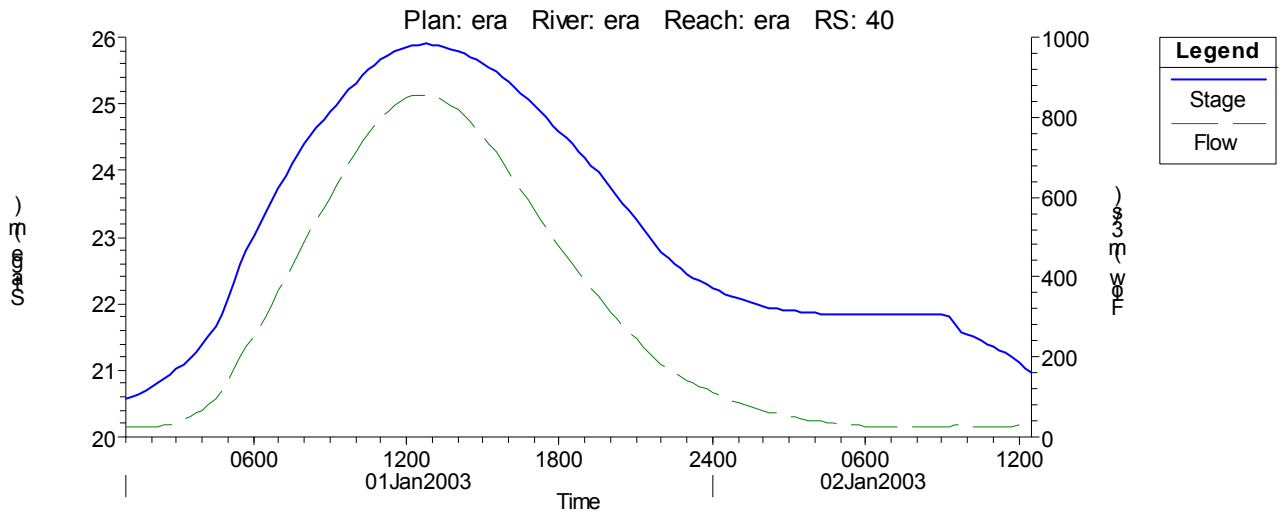
era vario10030mannuovo Plan: era 7/16/2003  
RS = 1 sezione 42

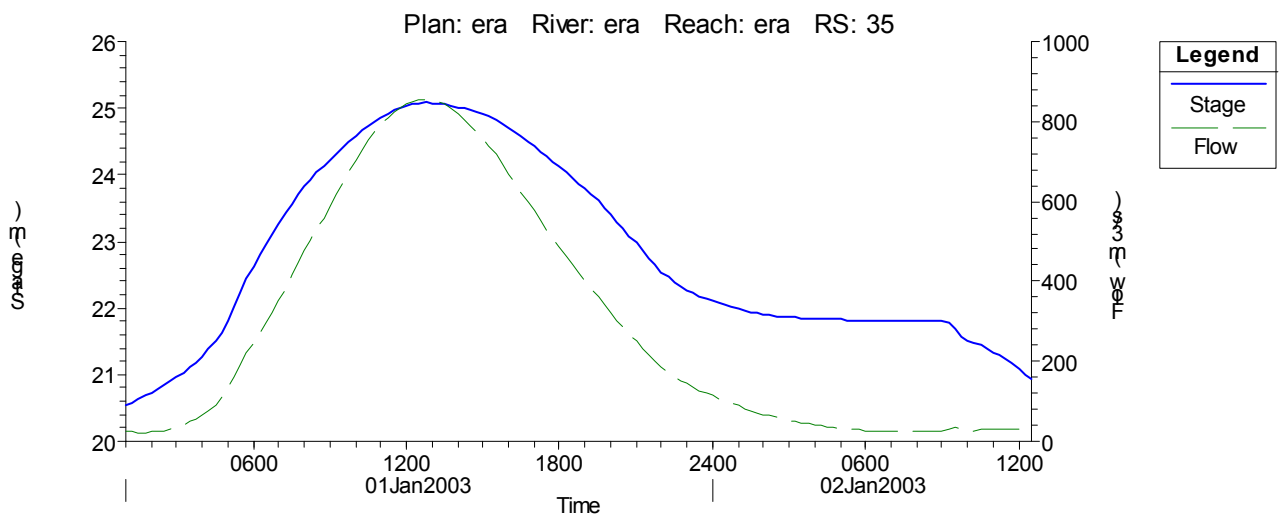
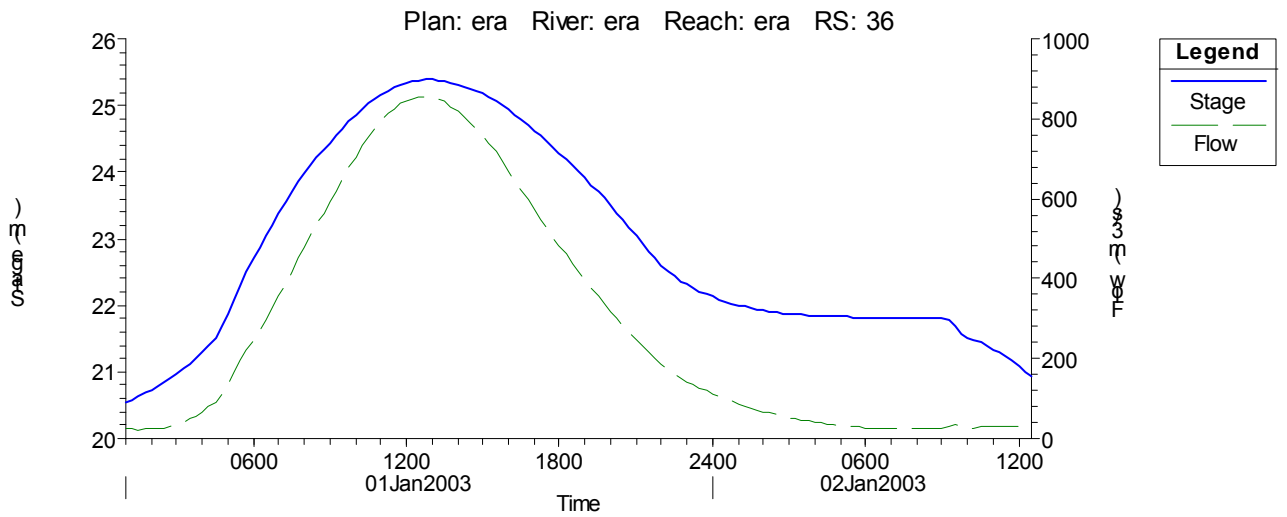
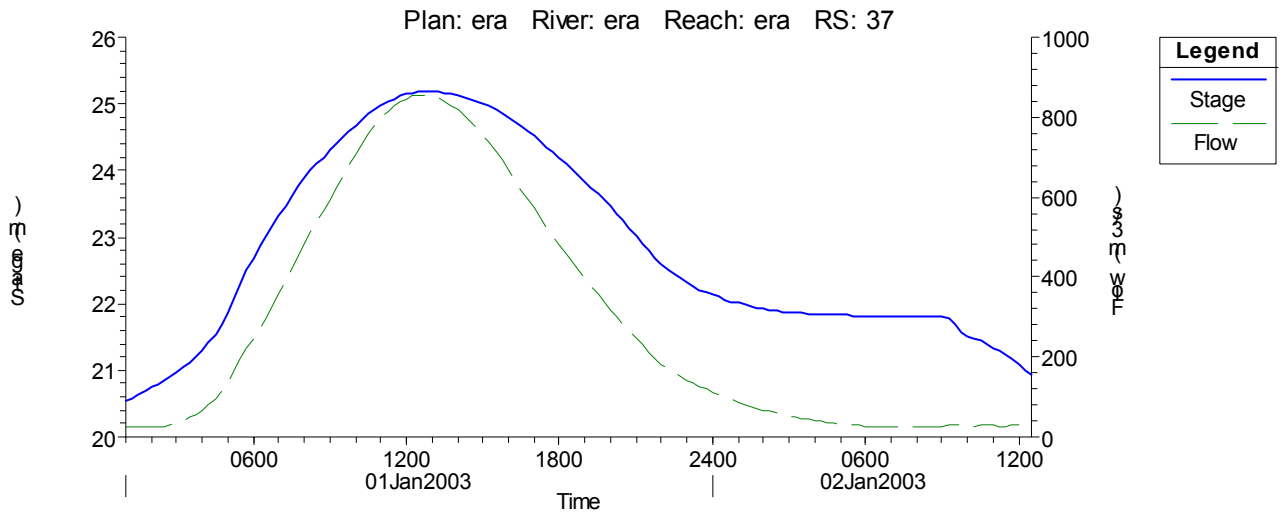




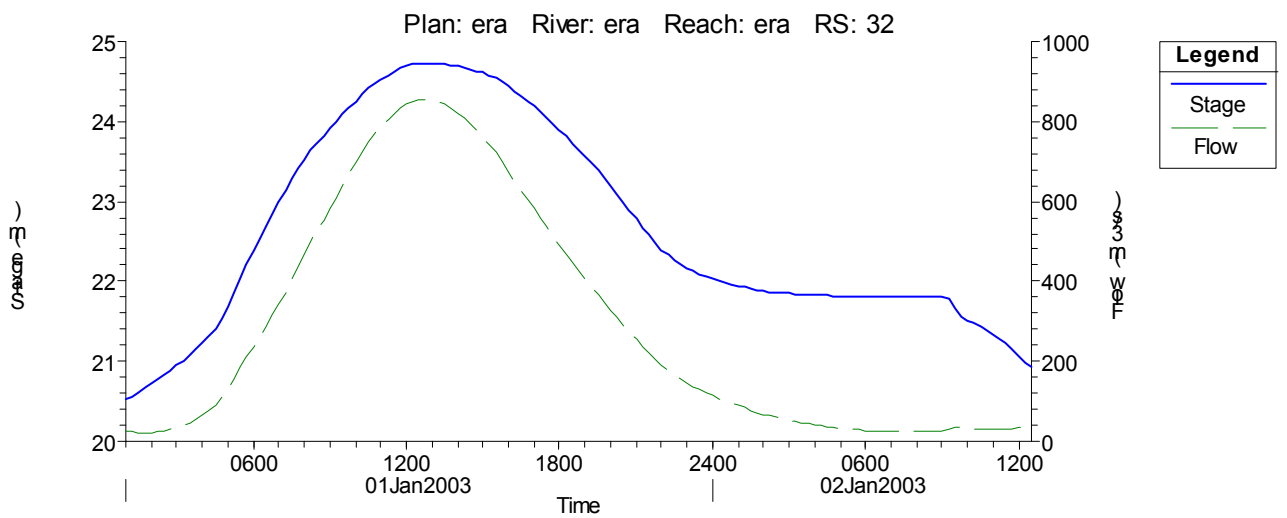
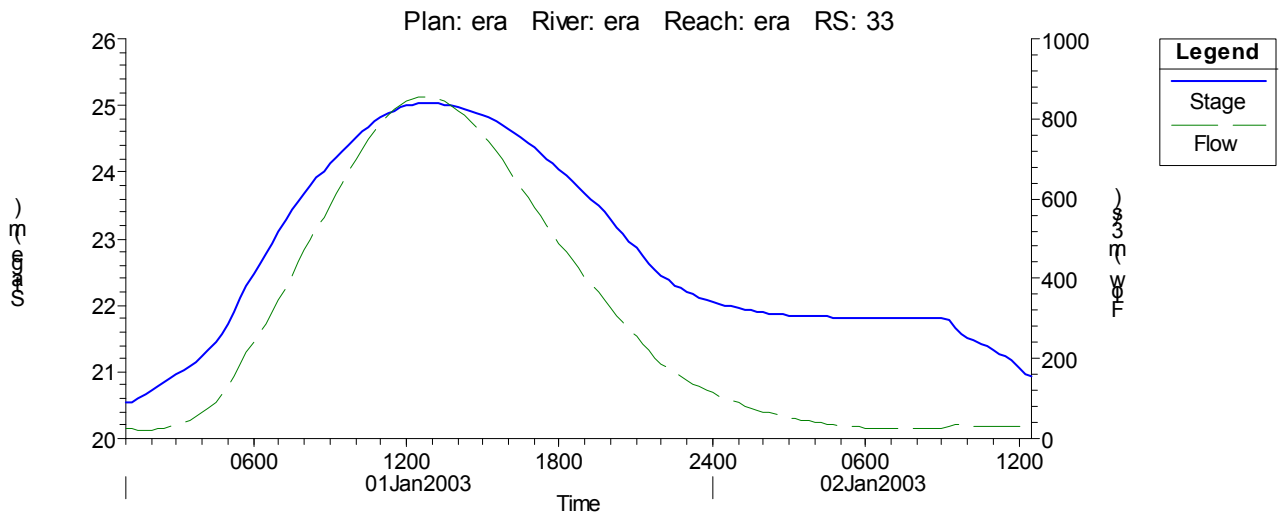
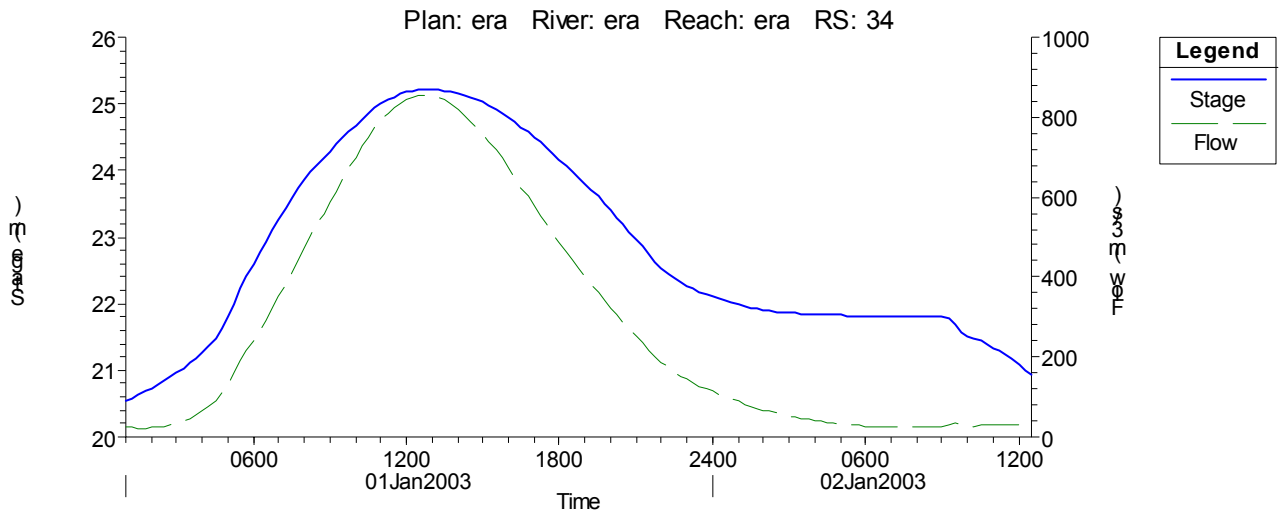


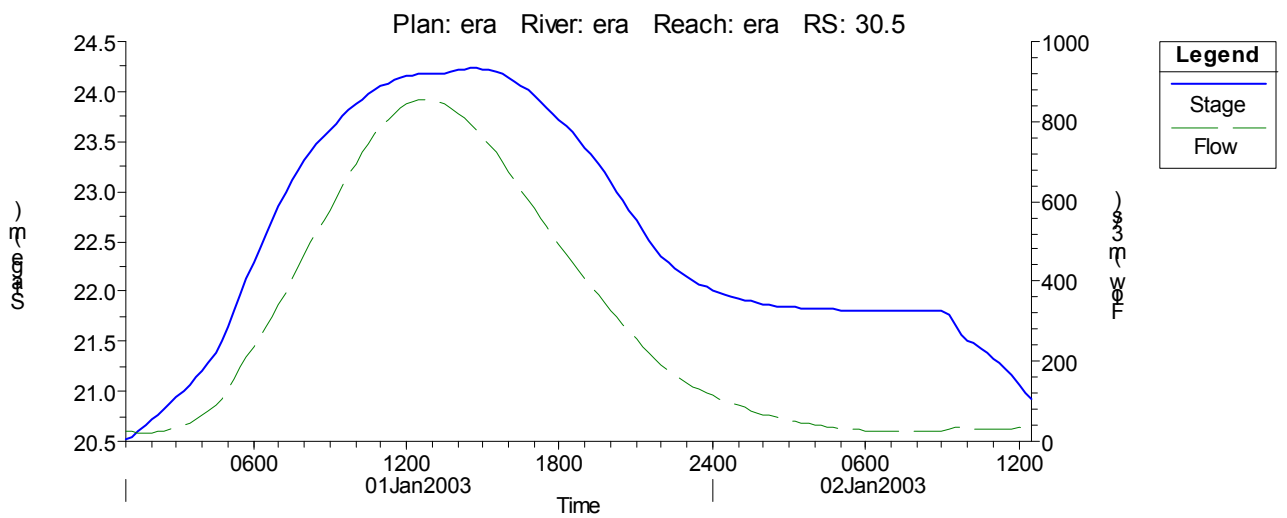
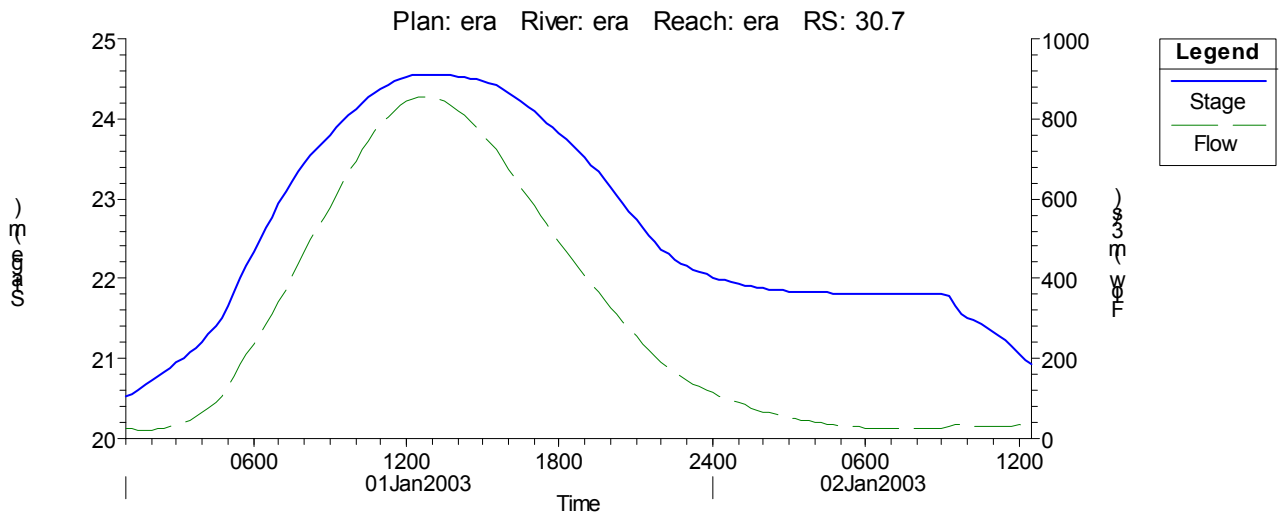
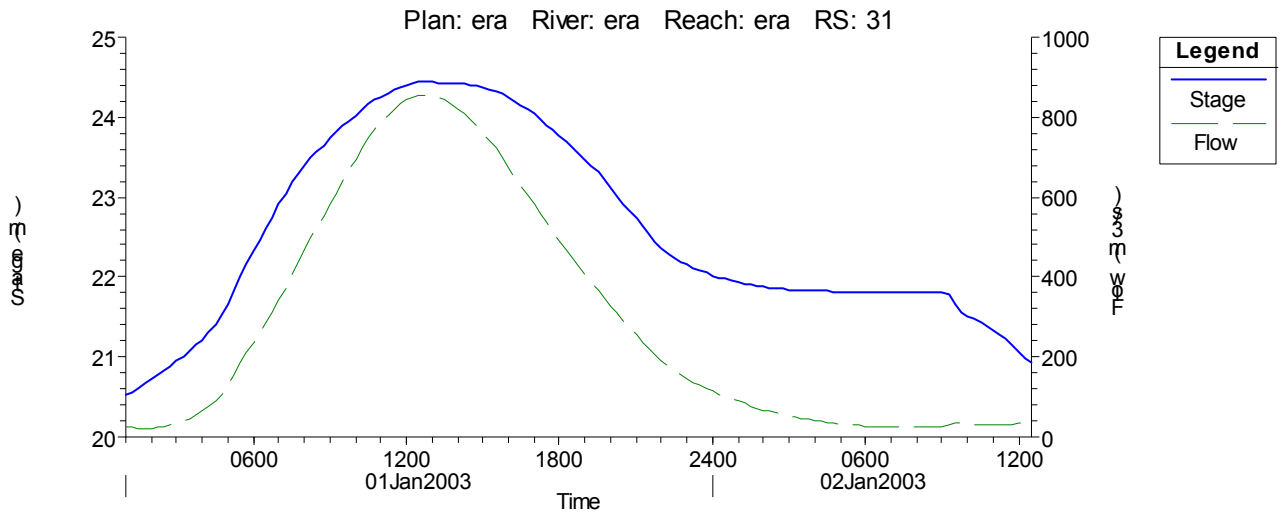


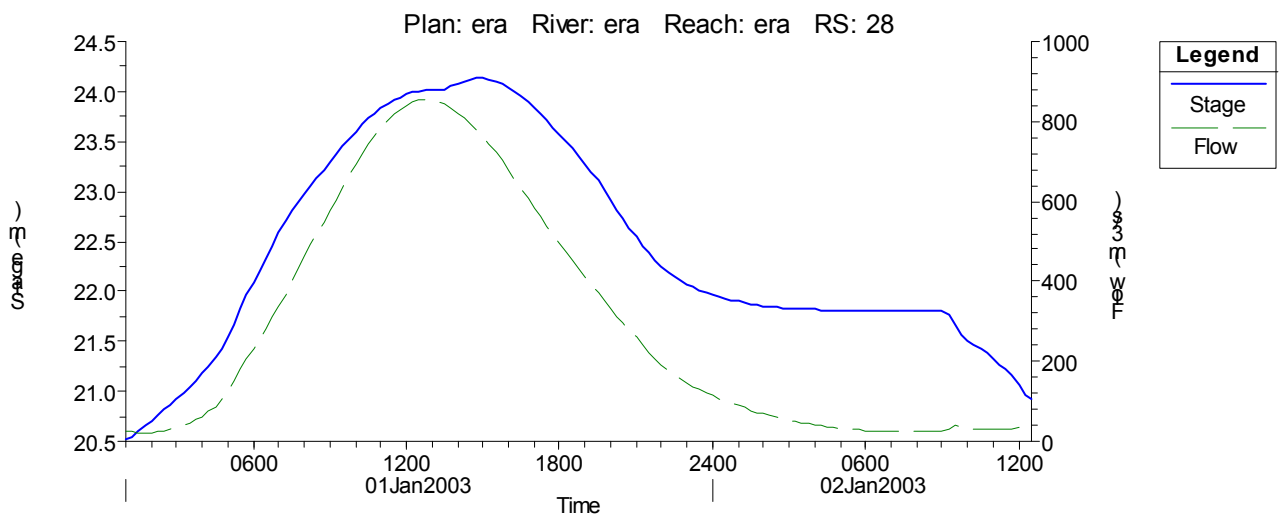
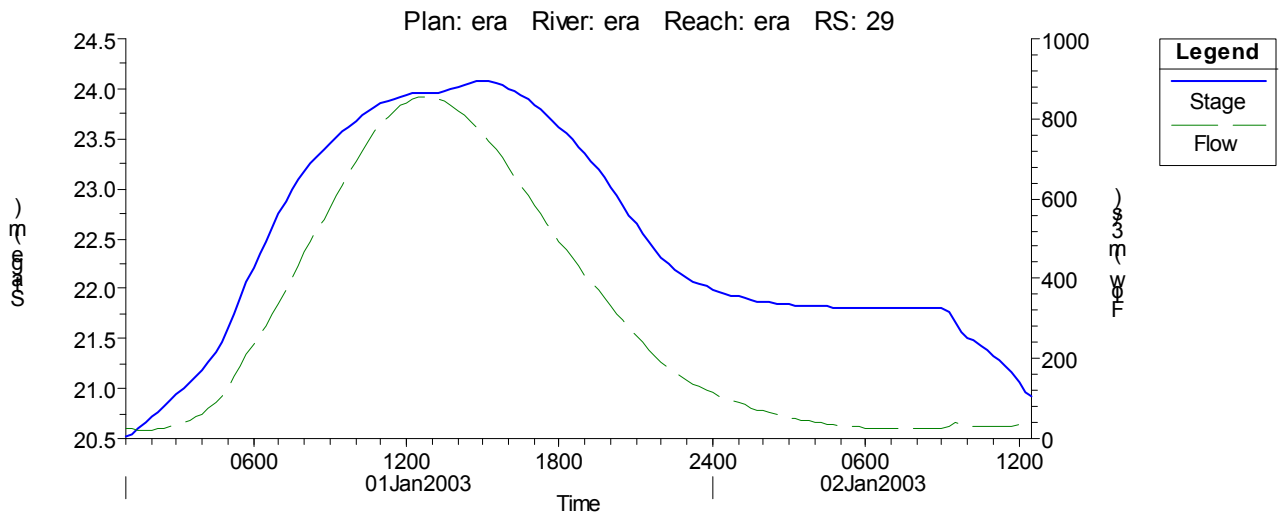
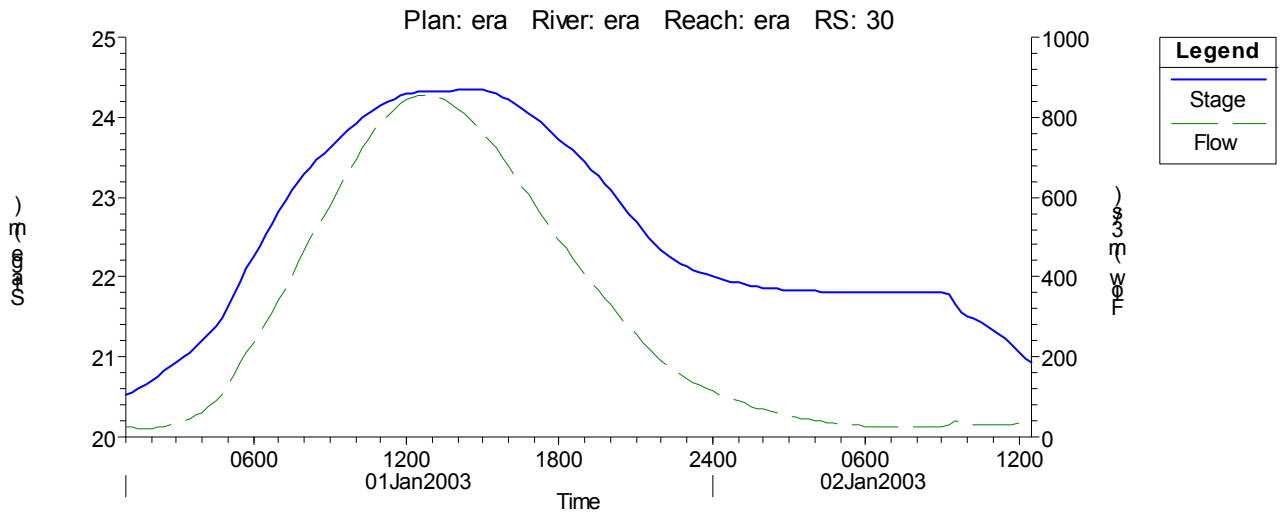


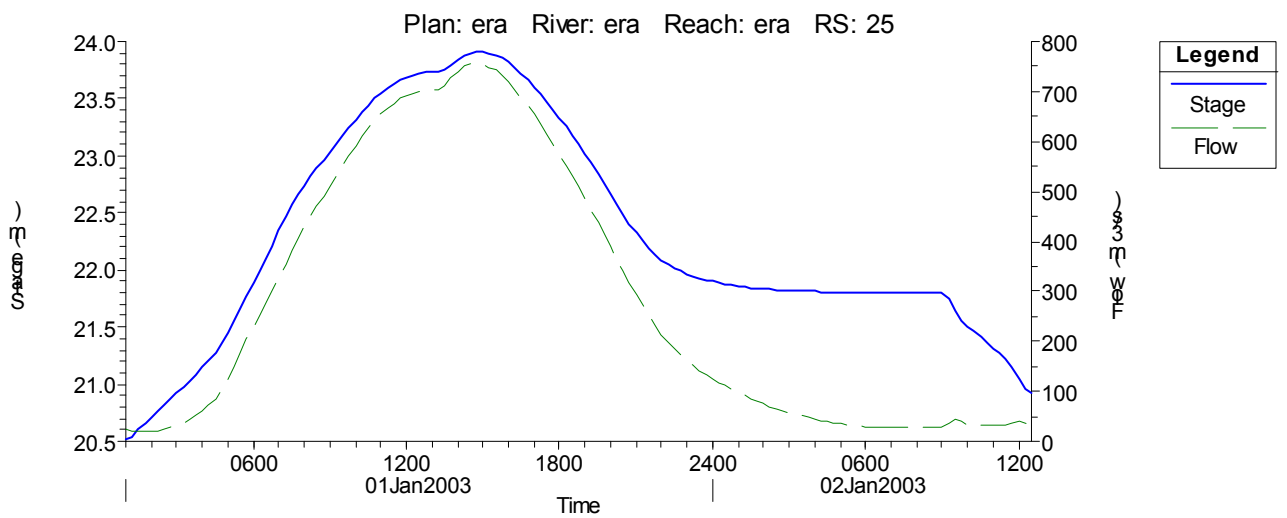
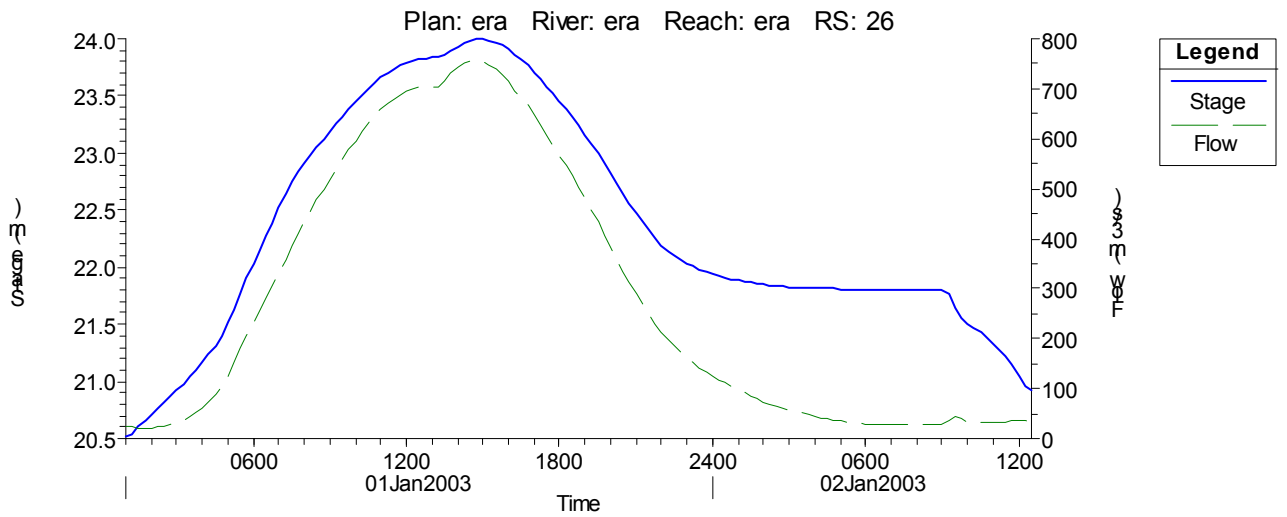
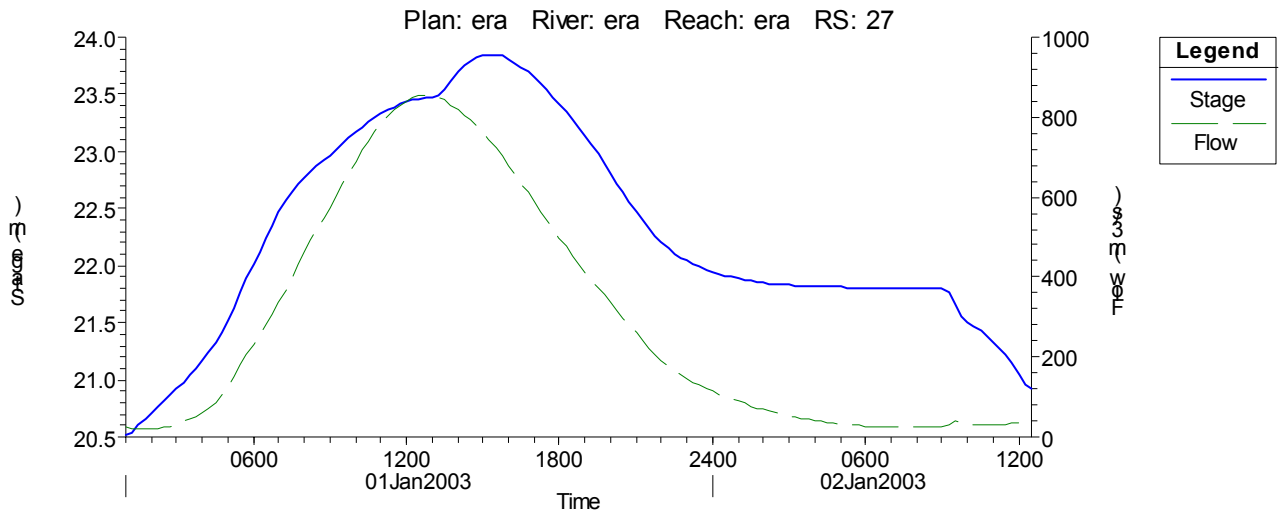


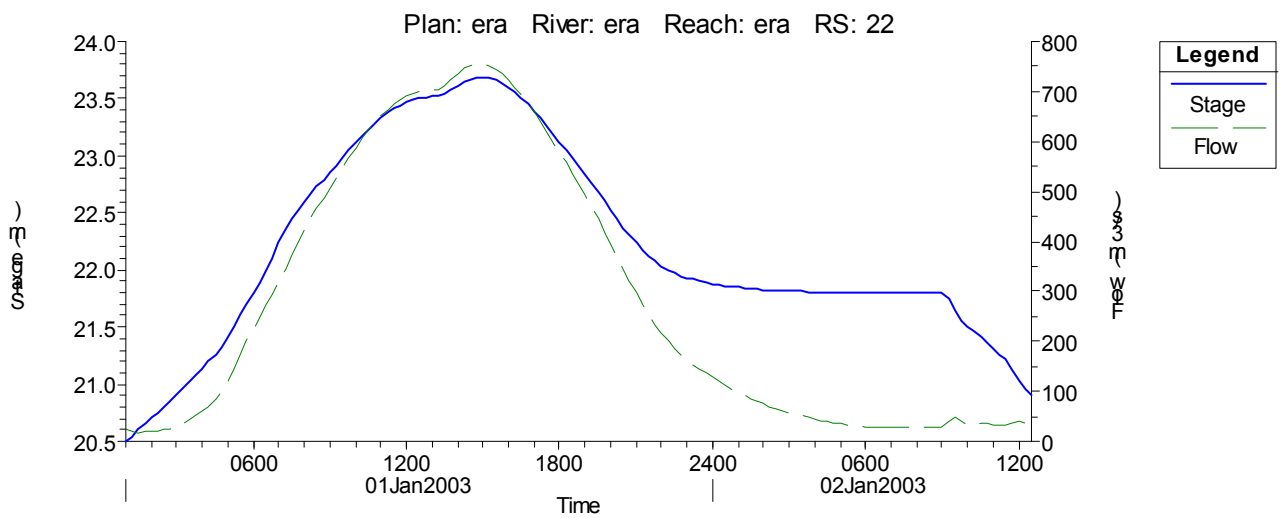
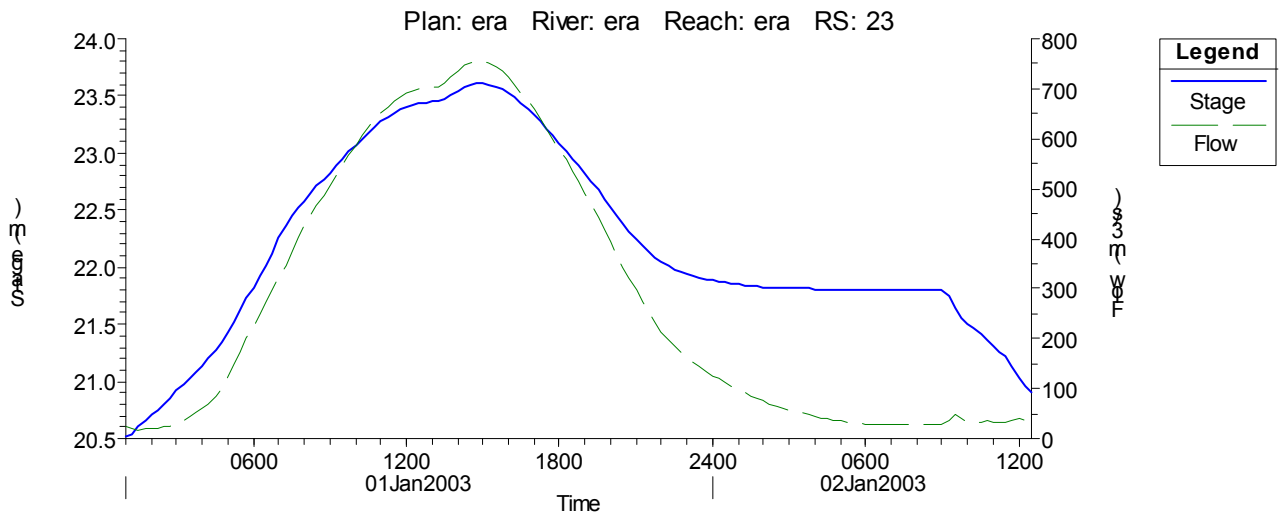
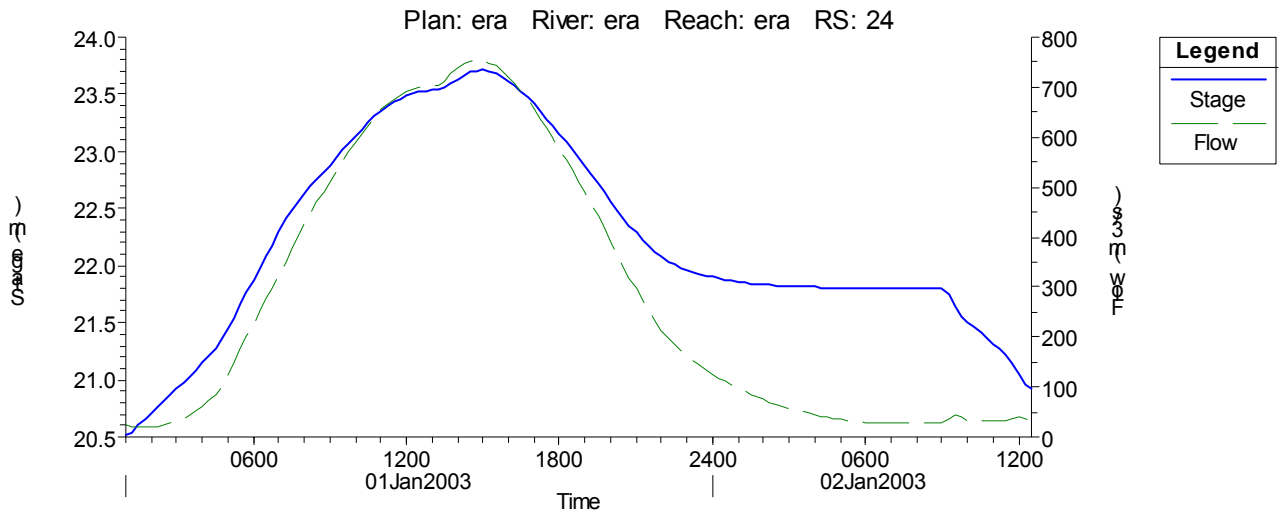


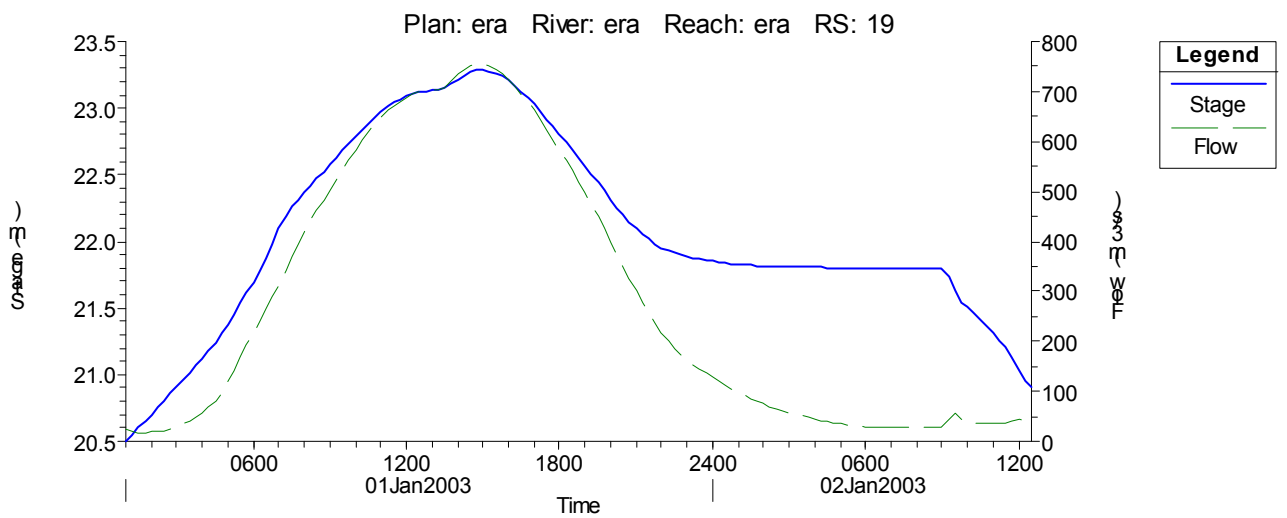
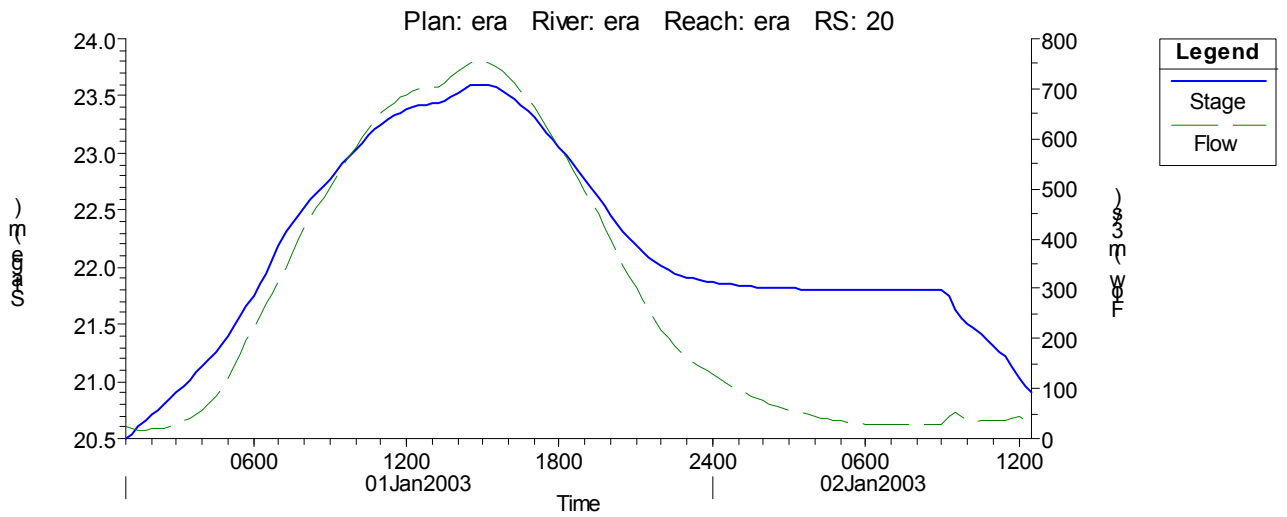
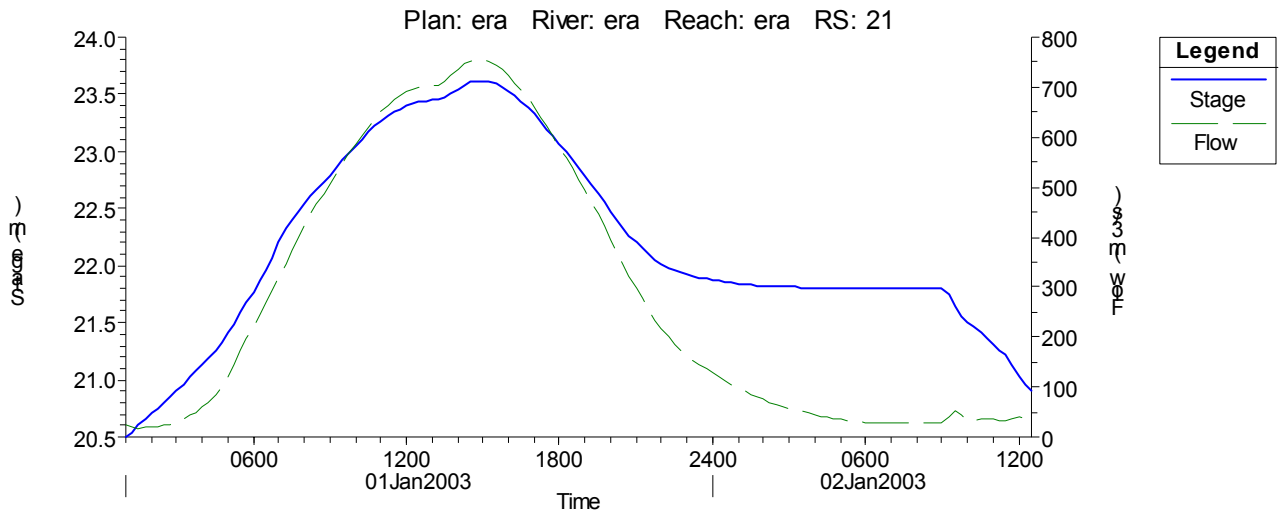


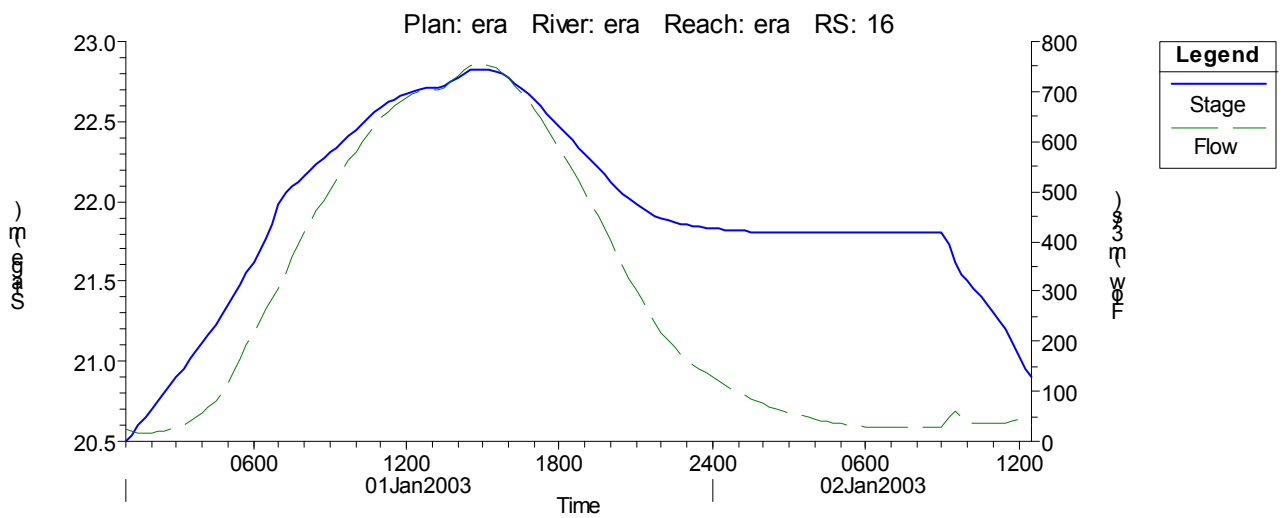
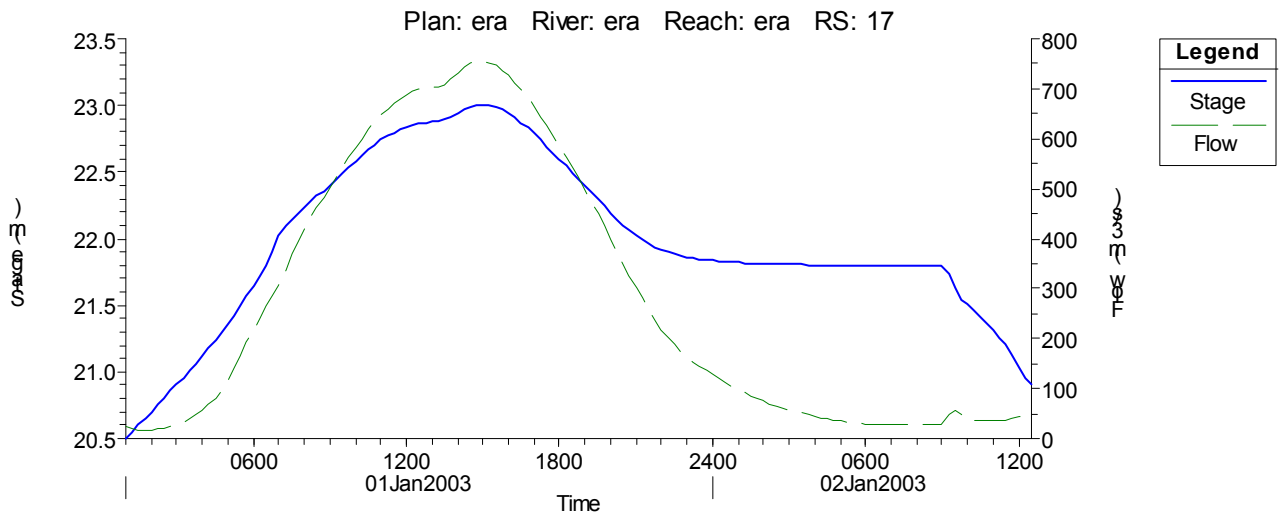
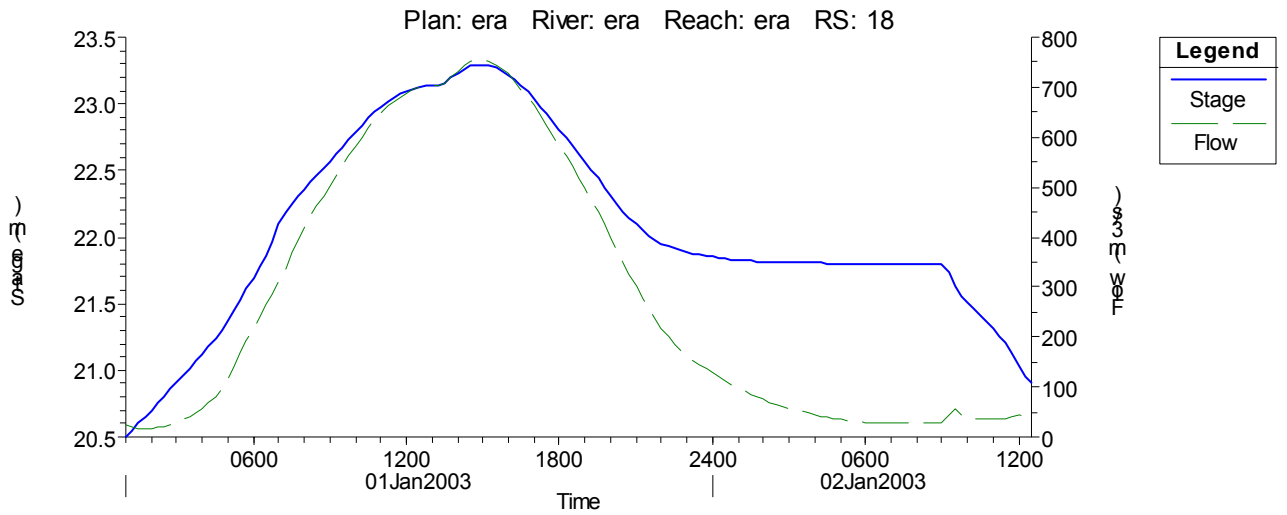


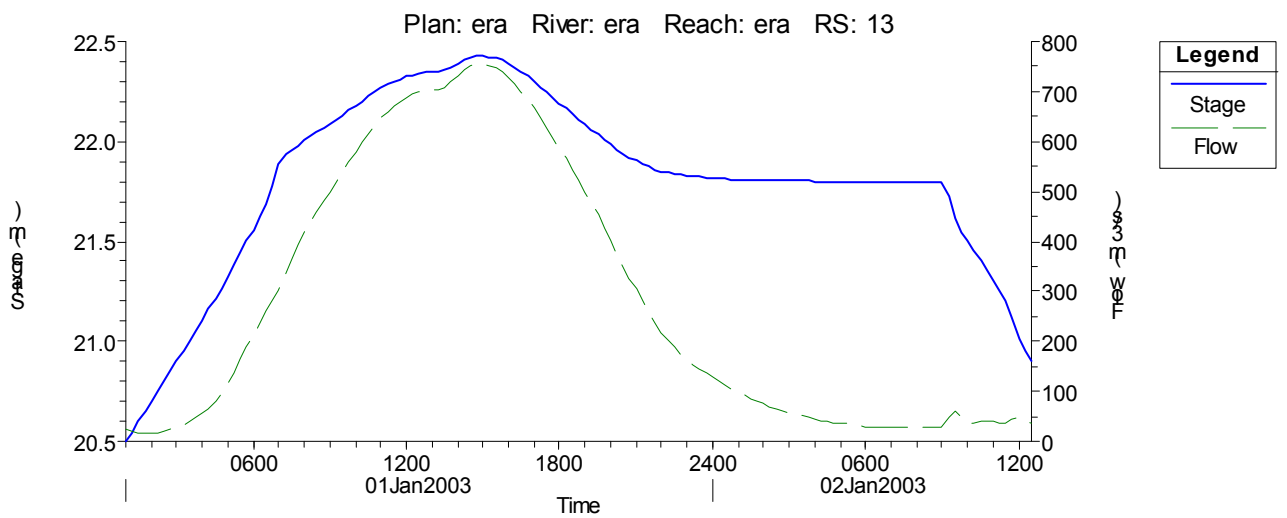
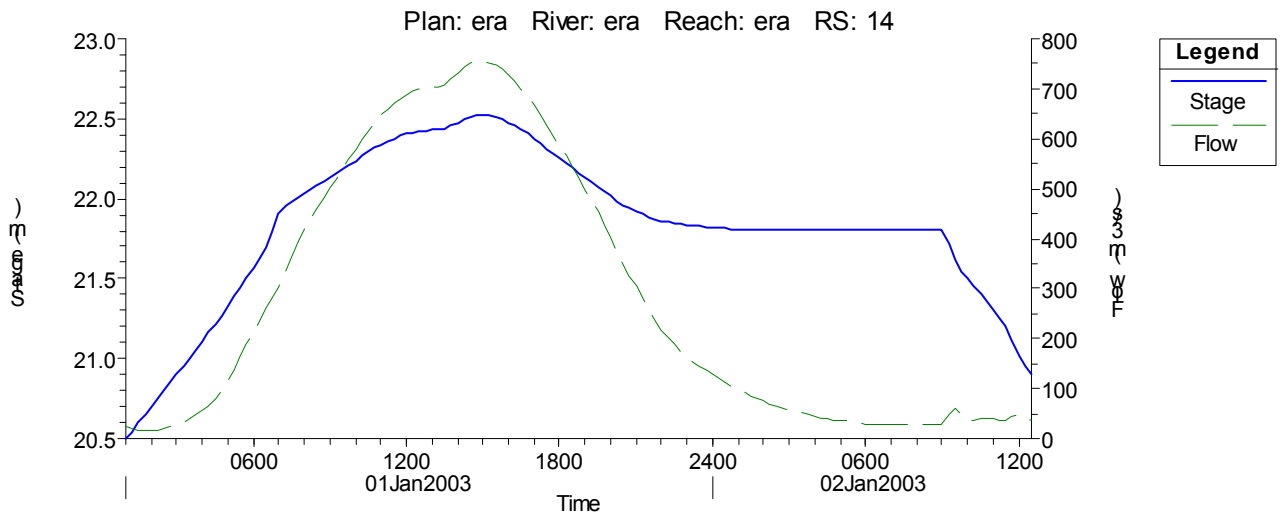
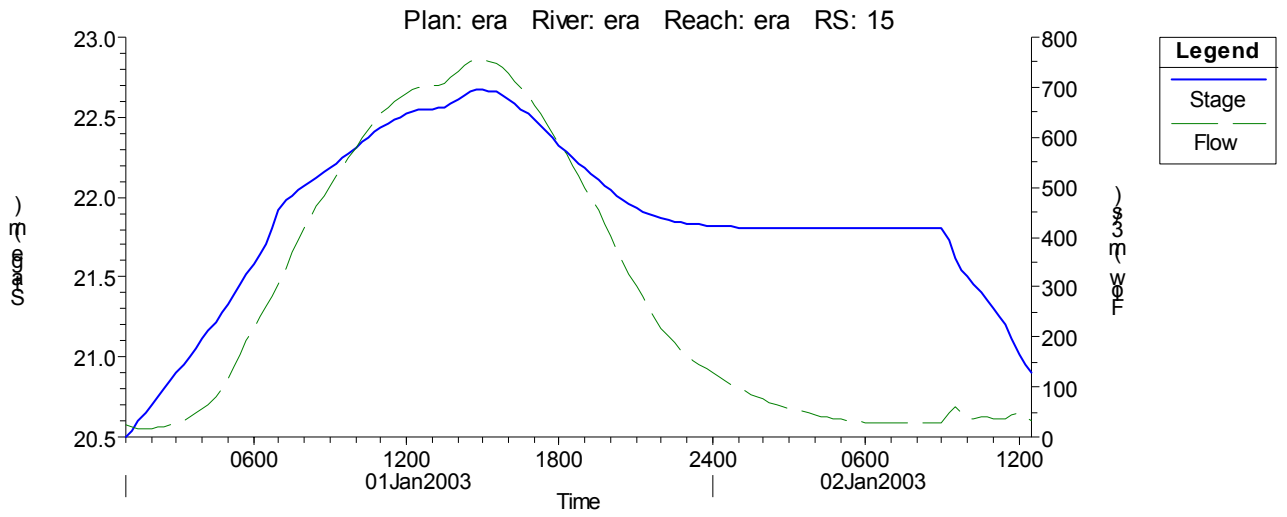




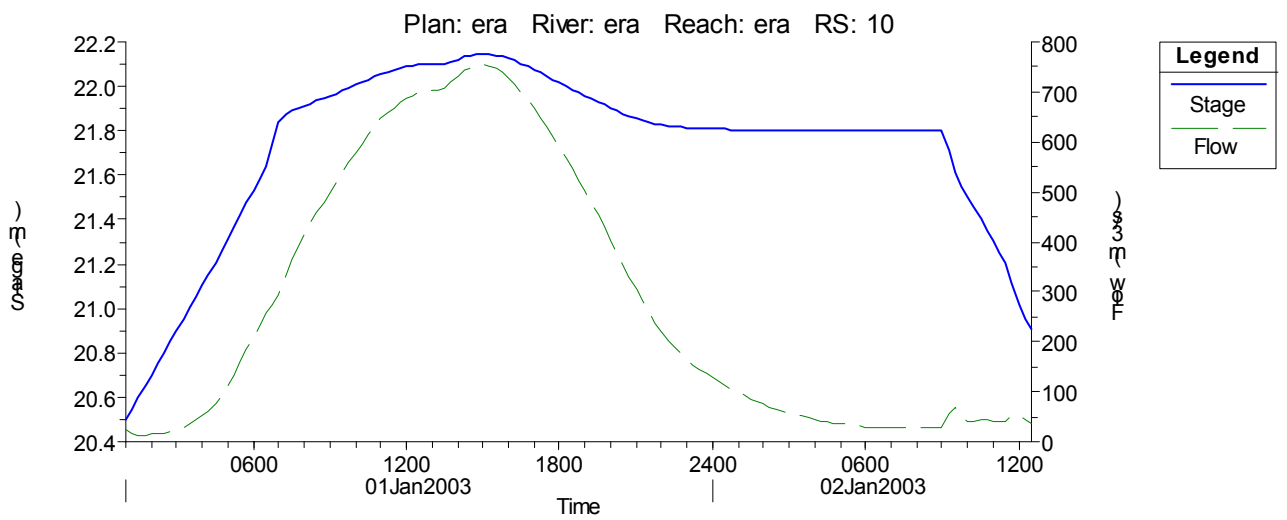
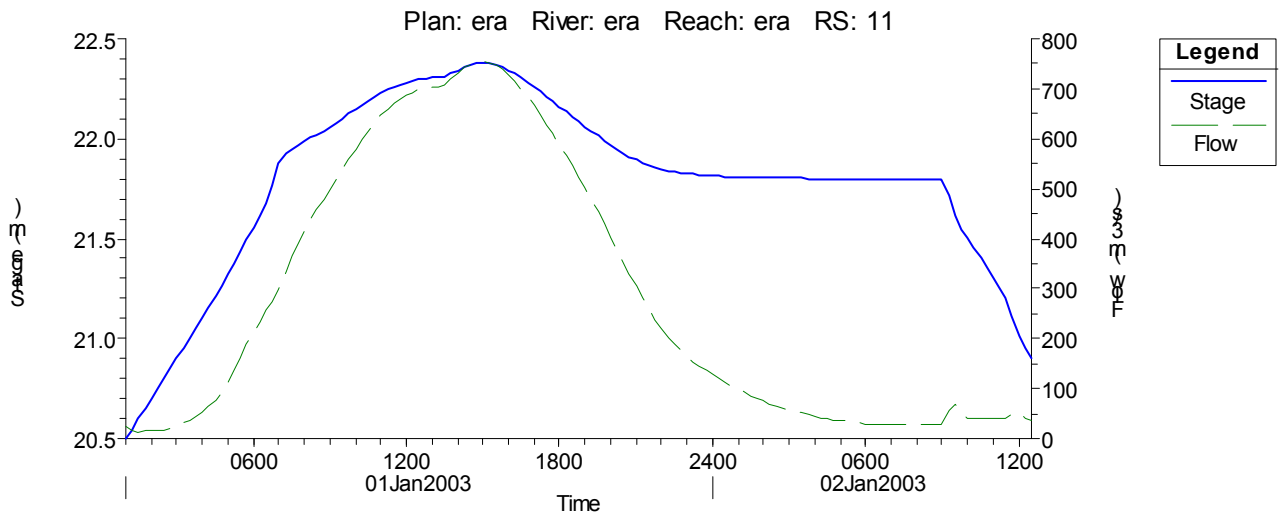
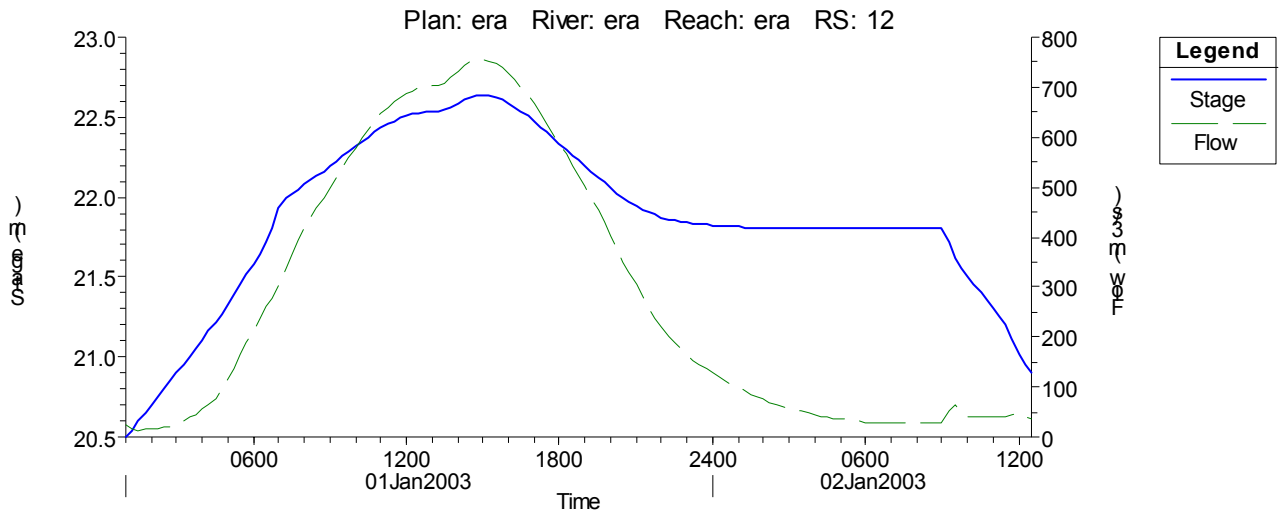


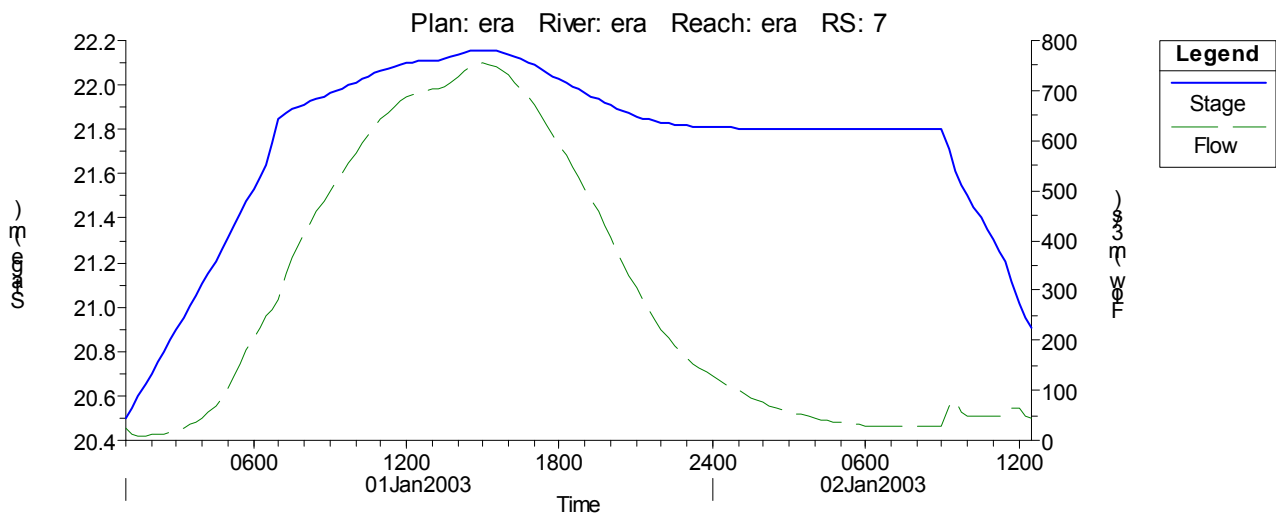
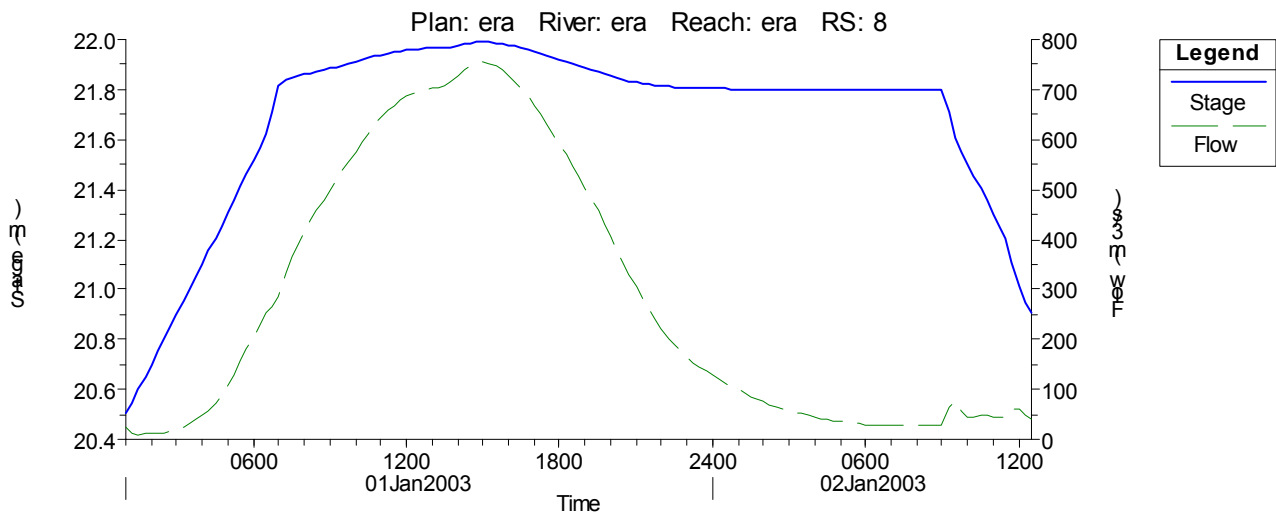
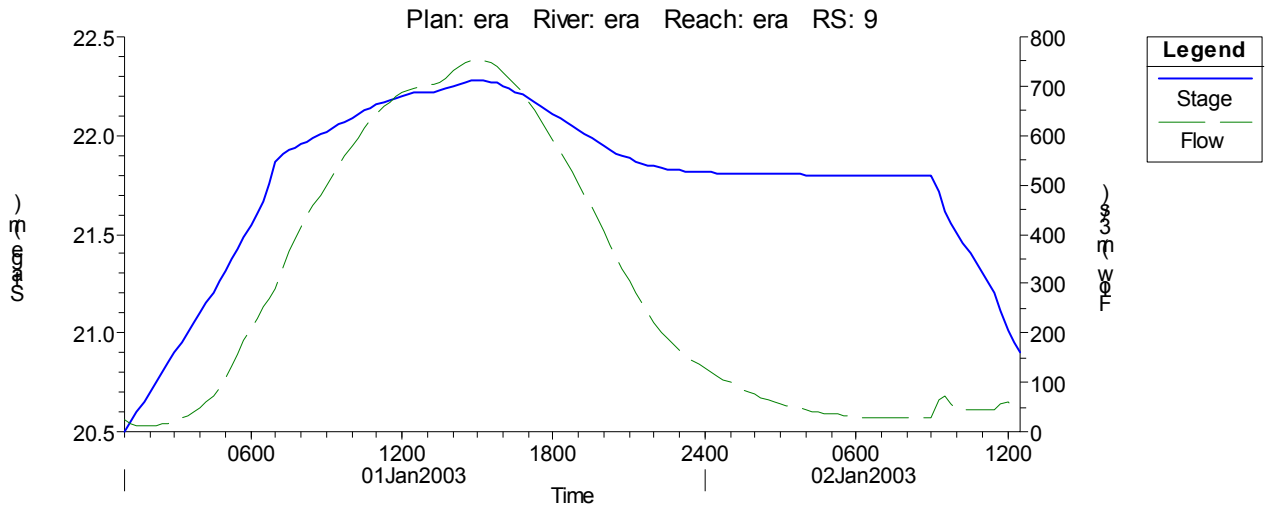


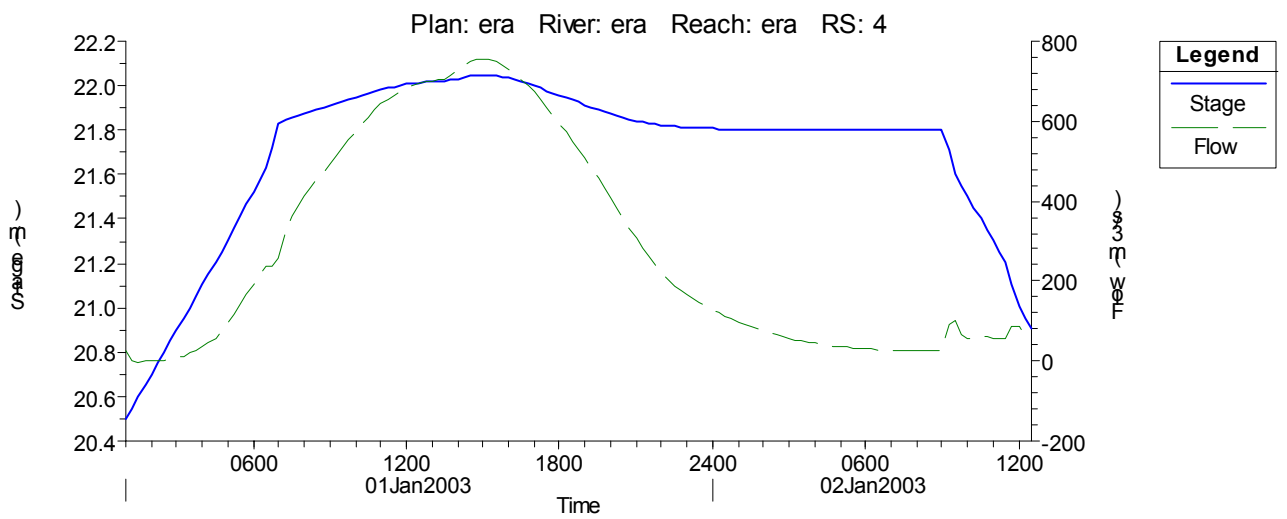
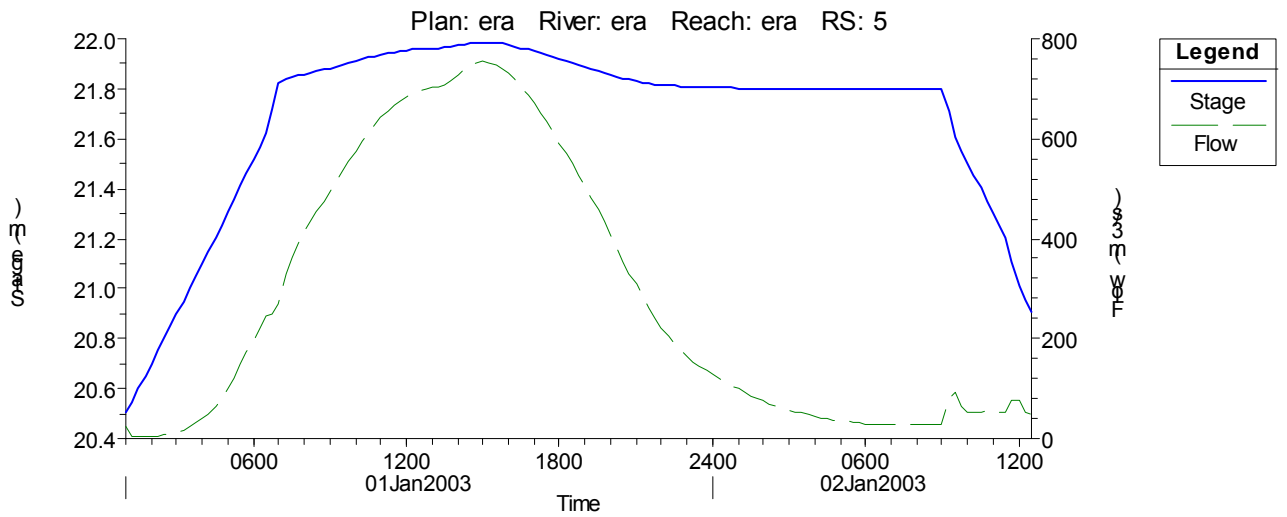
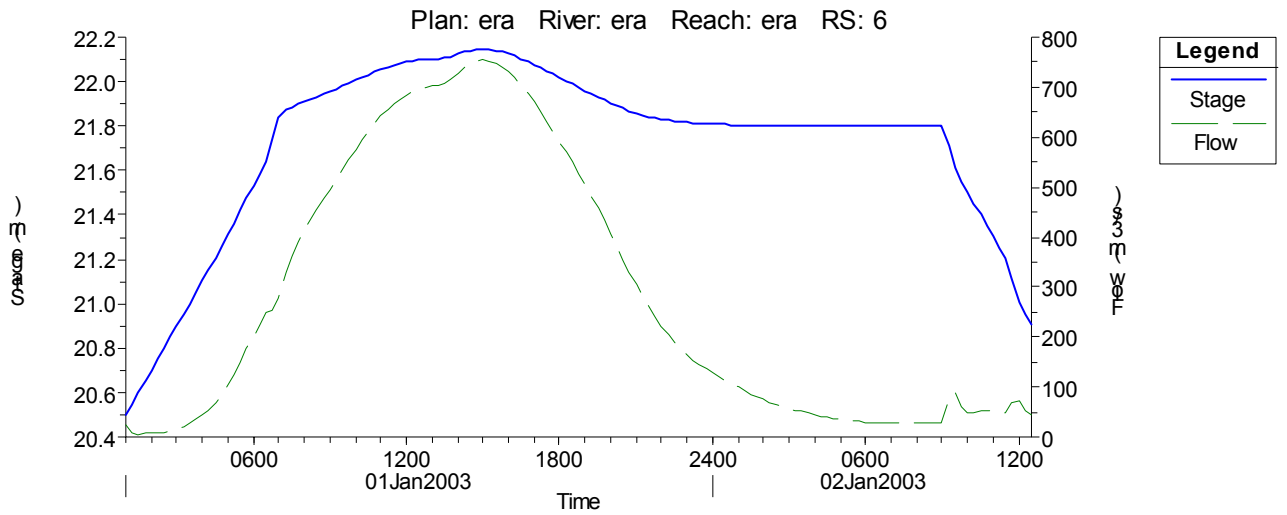


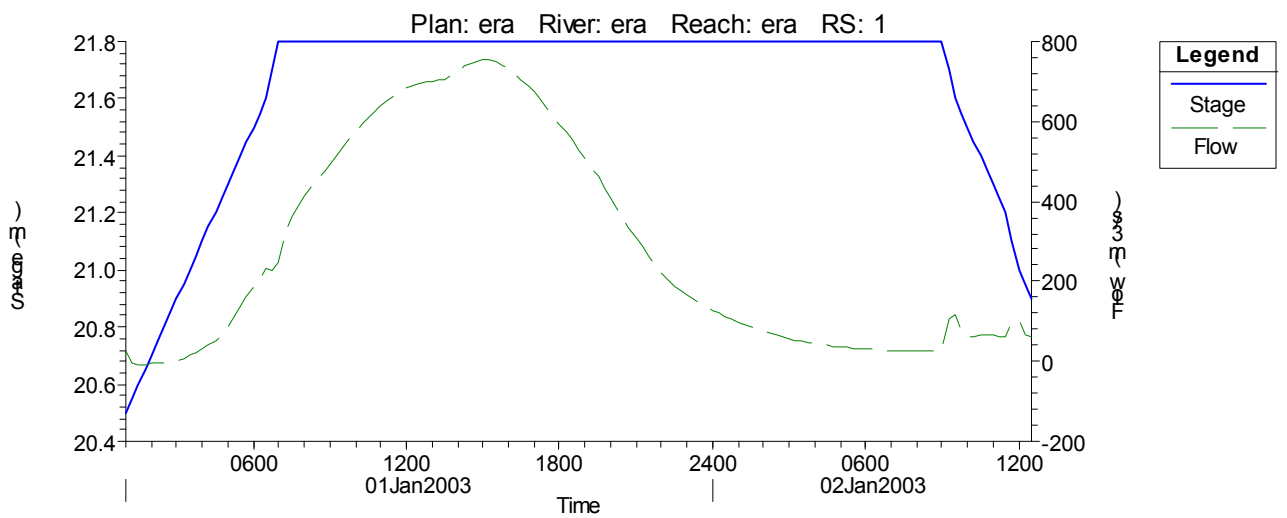
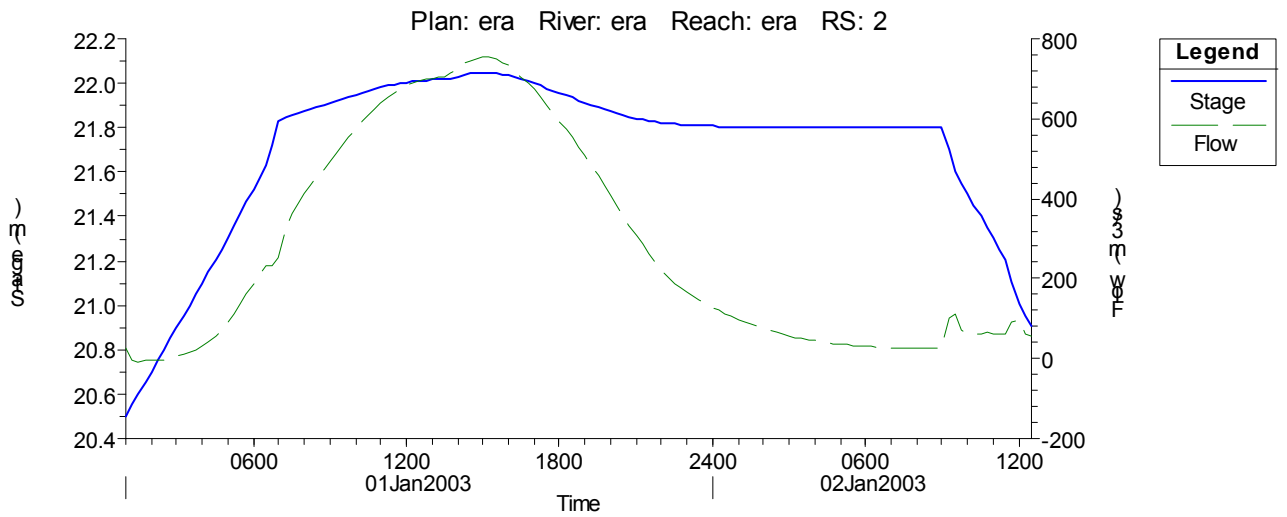
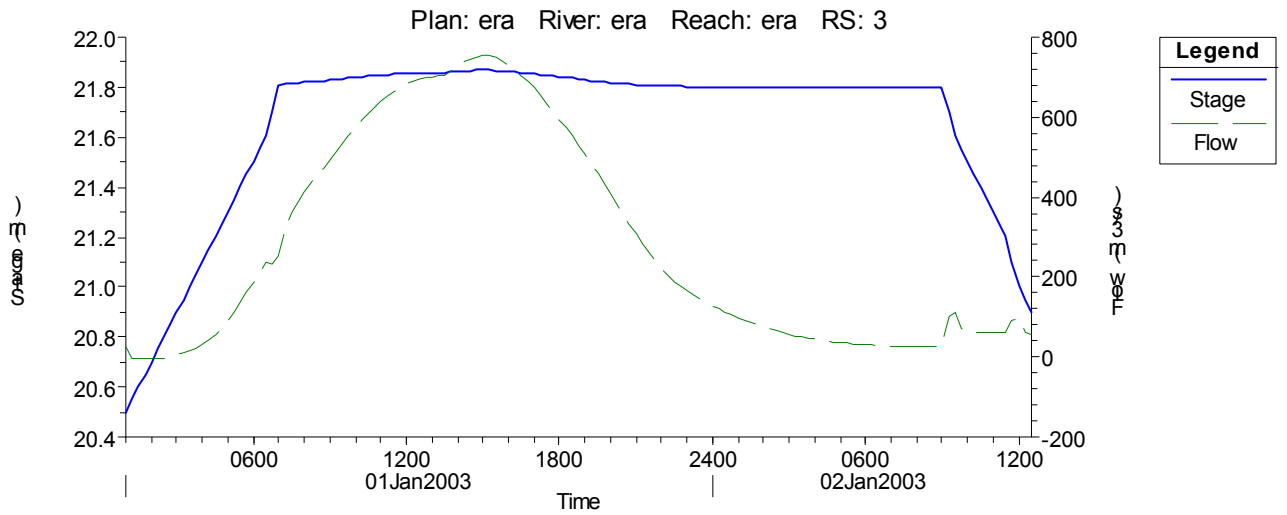




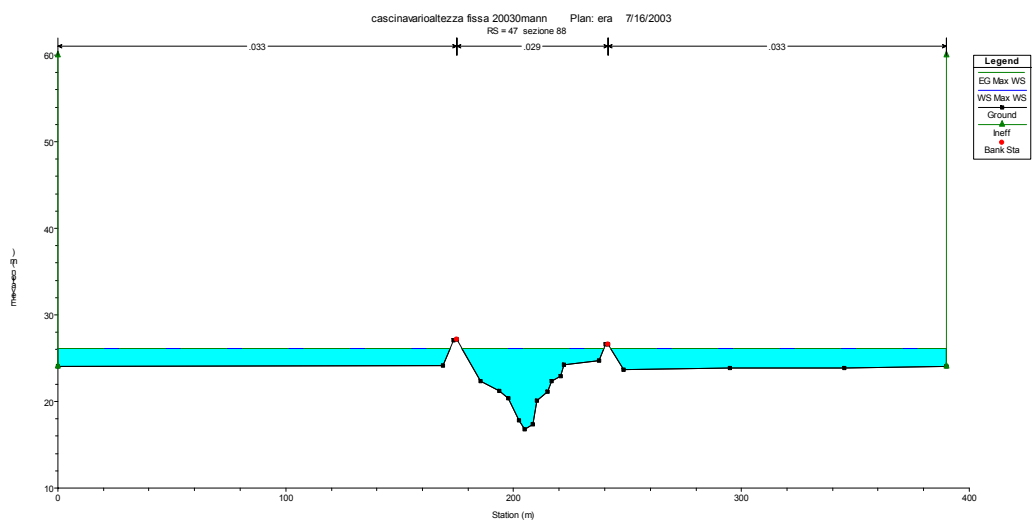
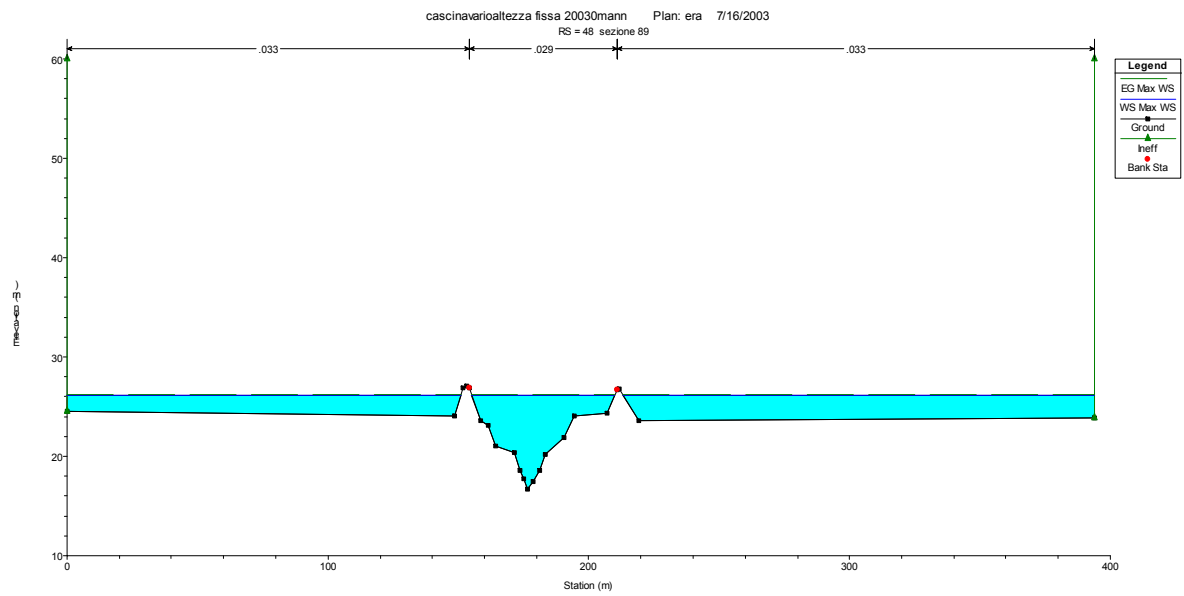
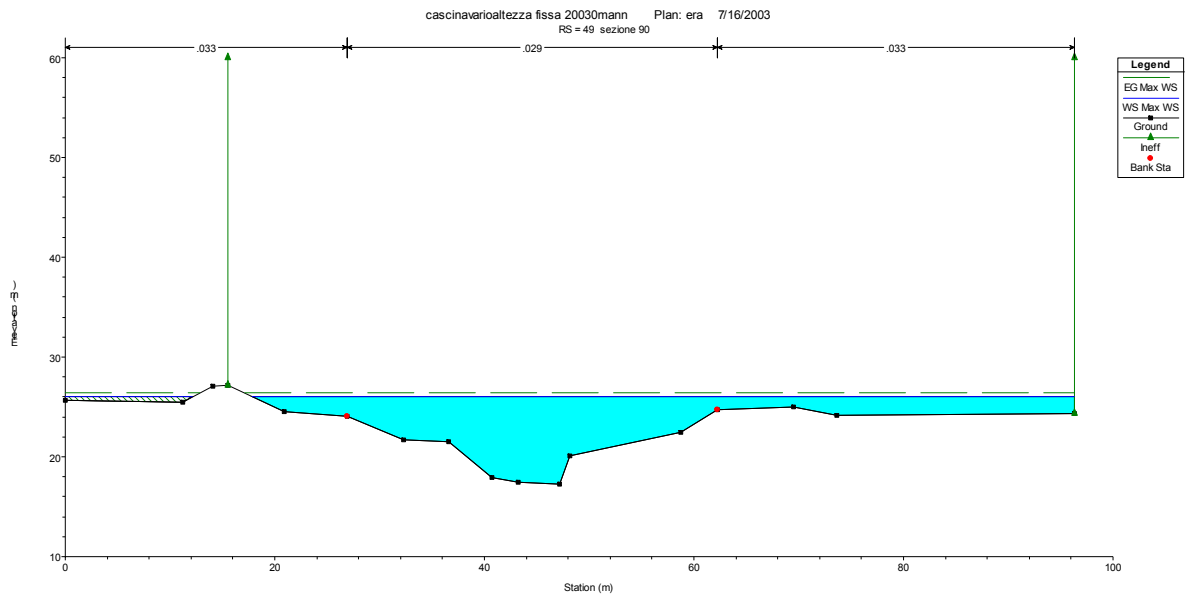


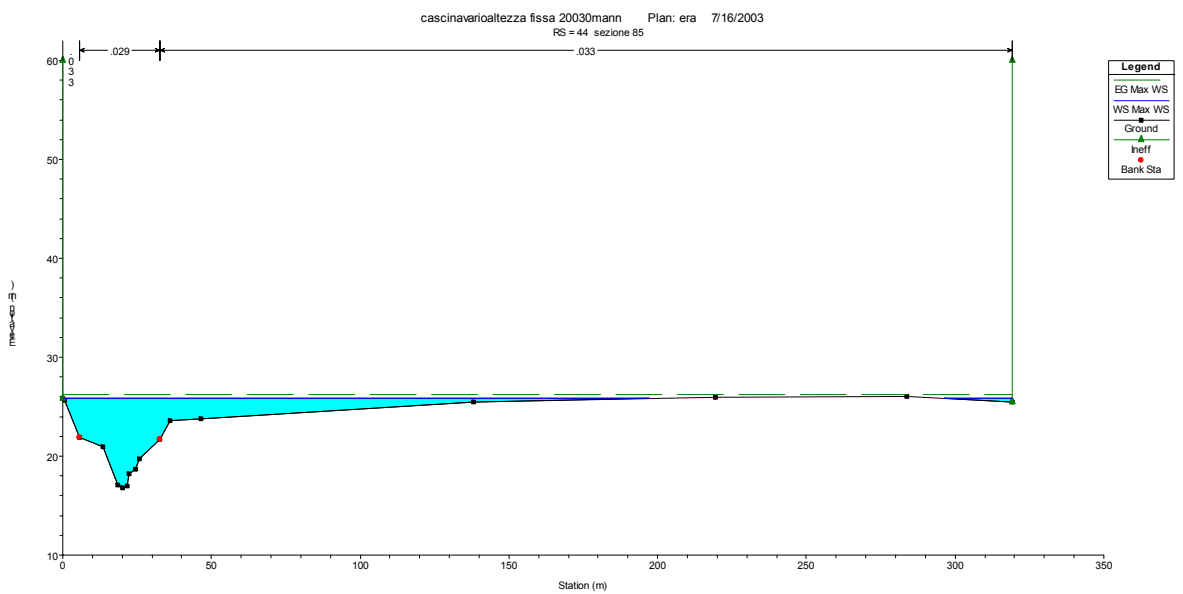
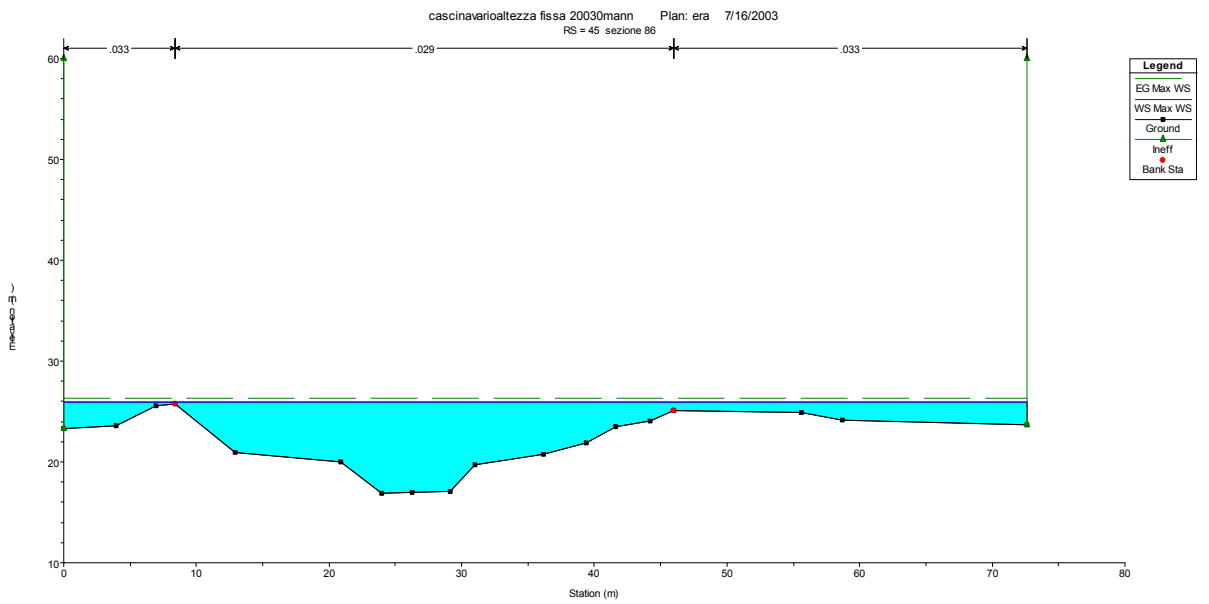
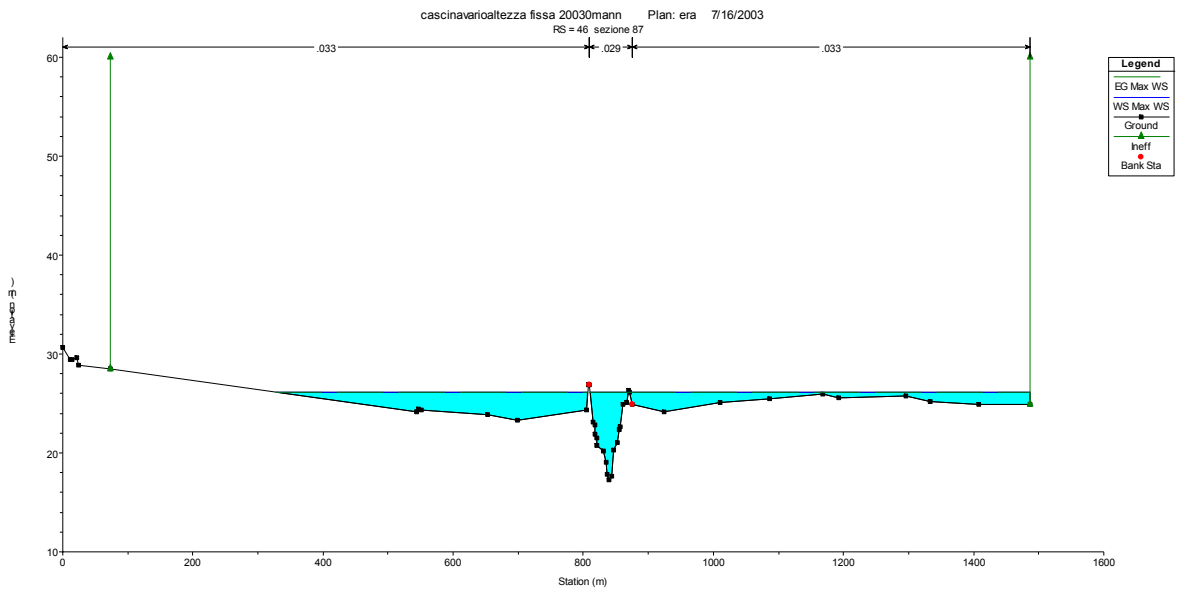


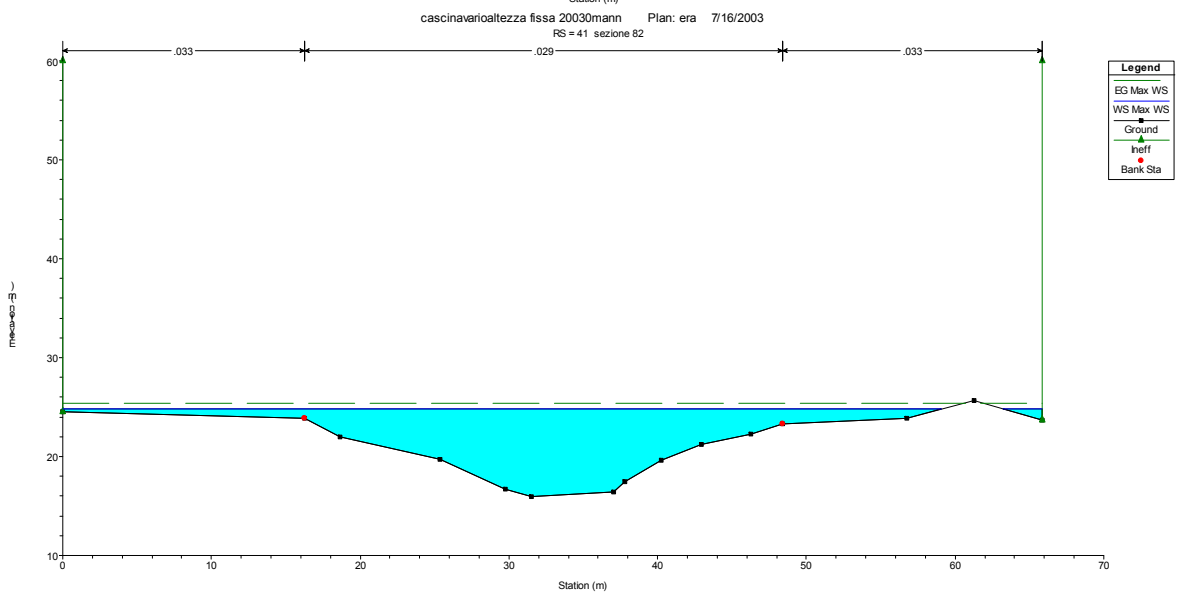
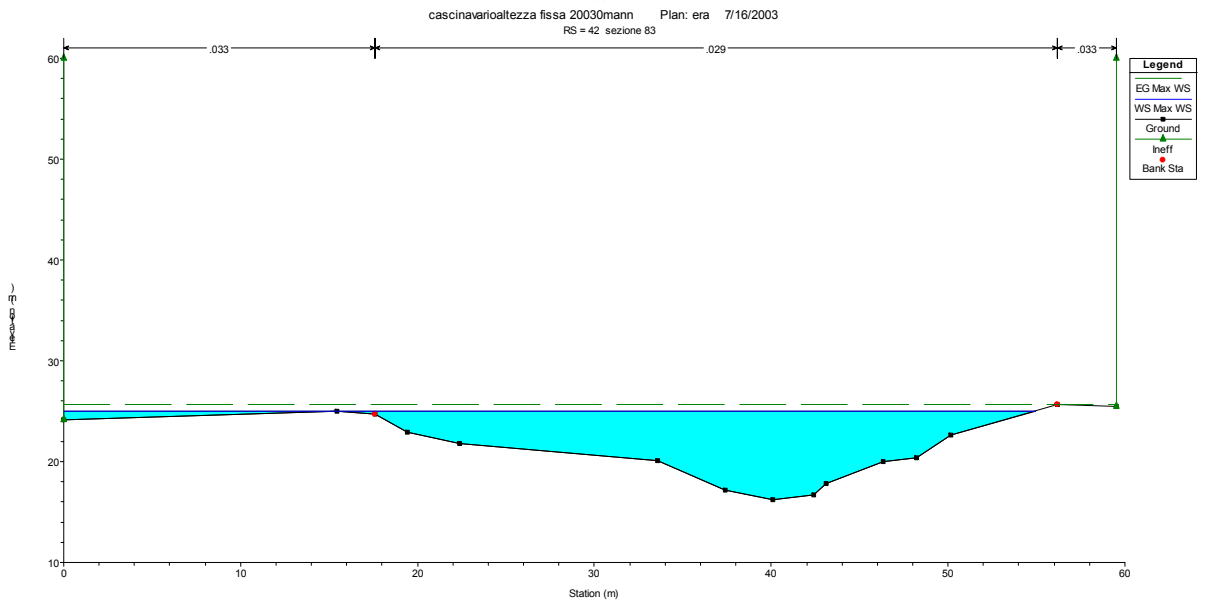
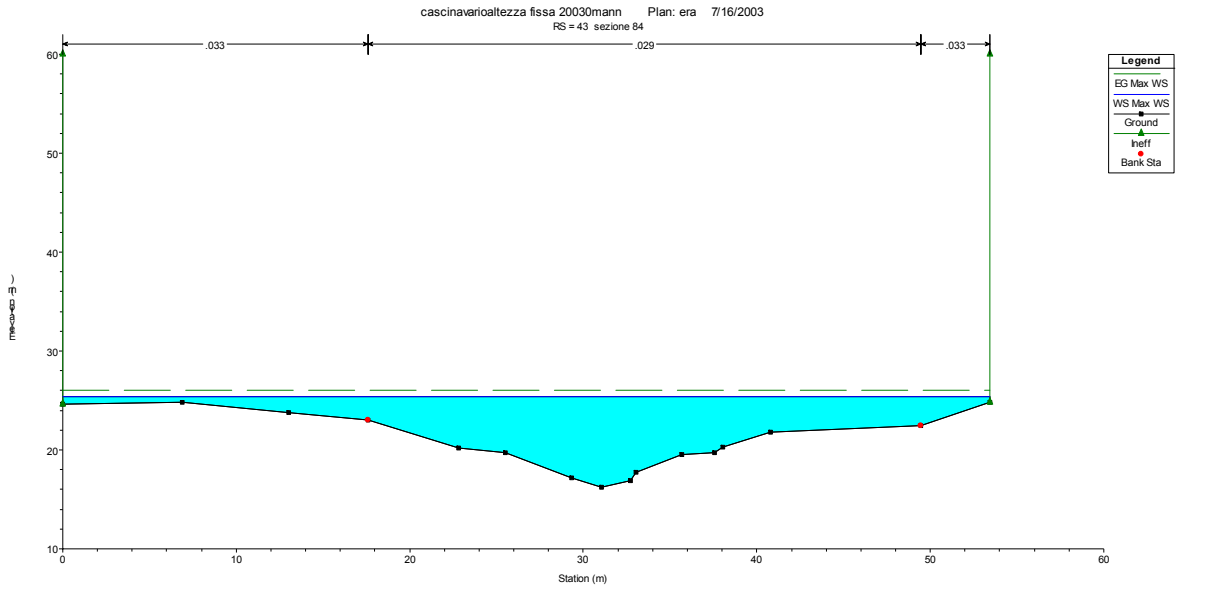




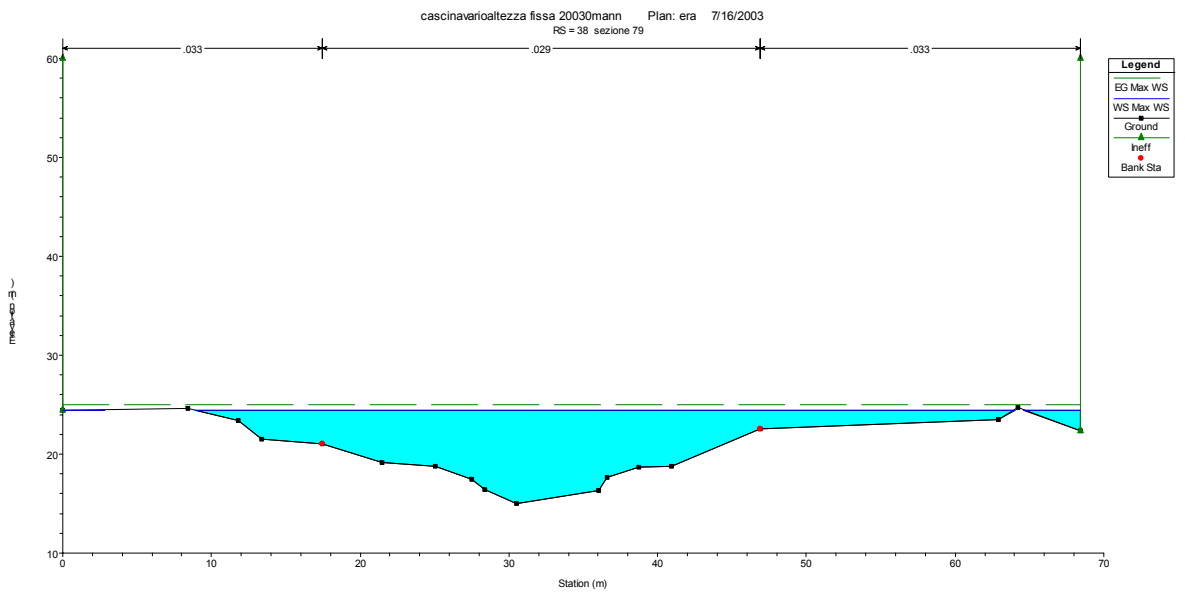
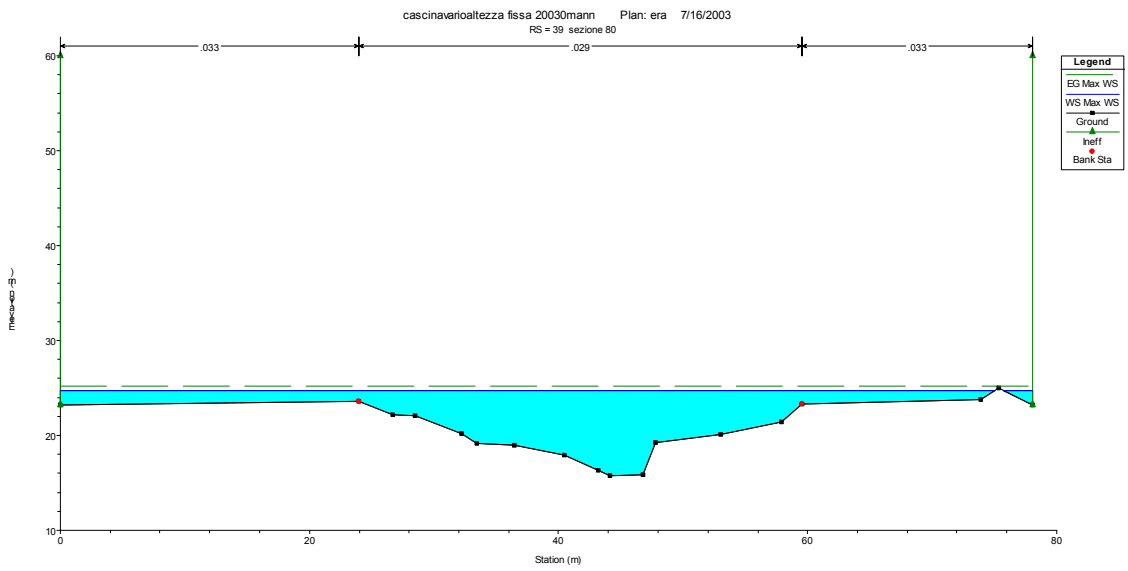
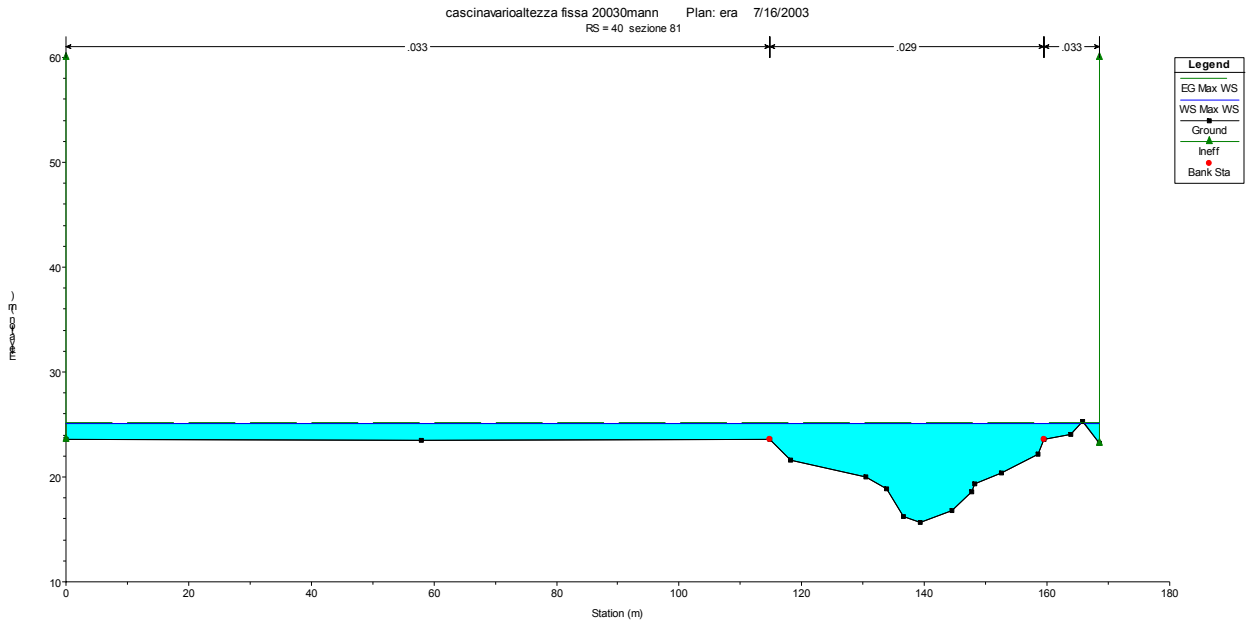
ERA TR 30

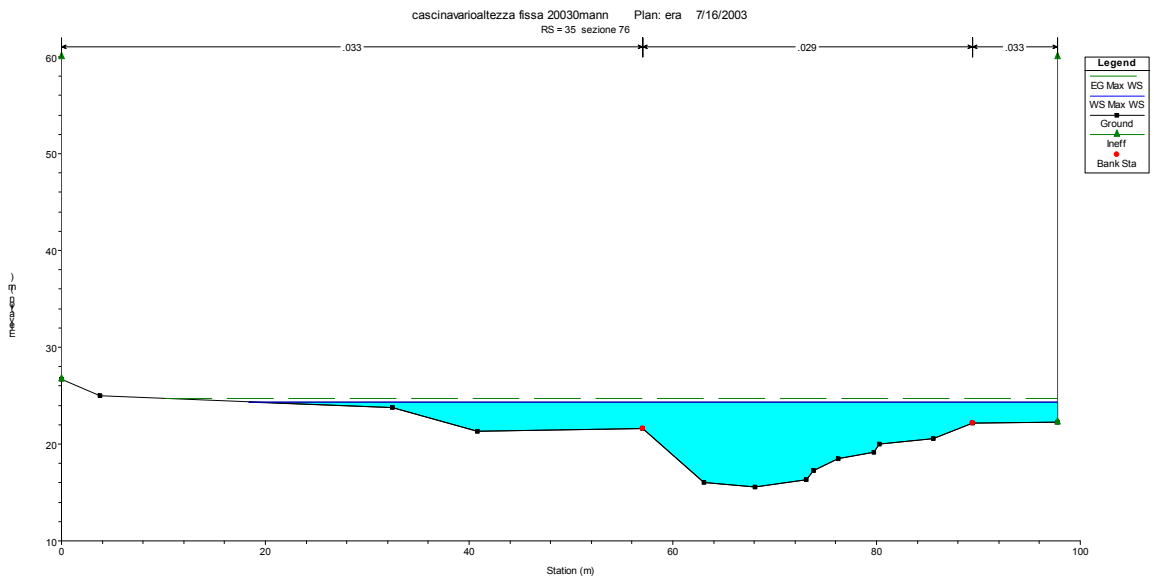
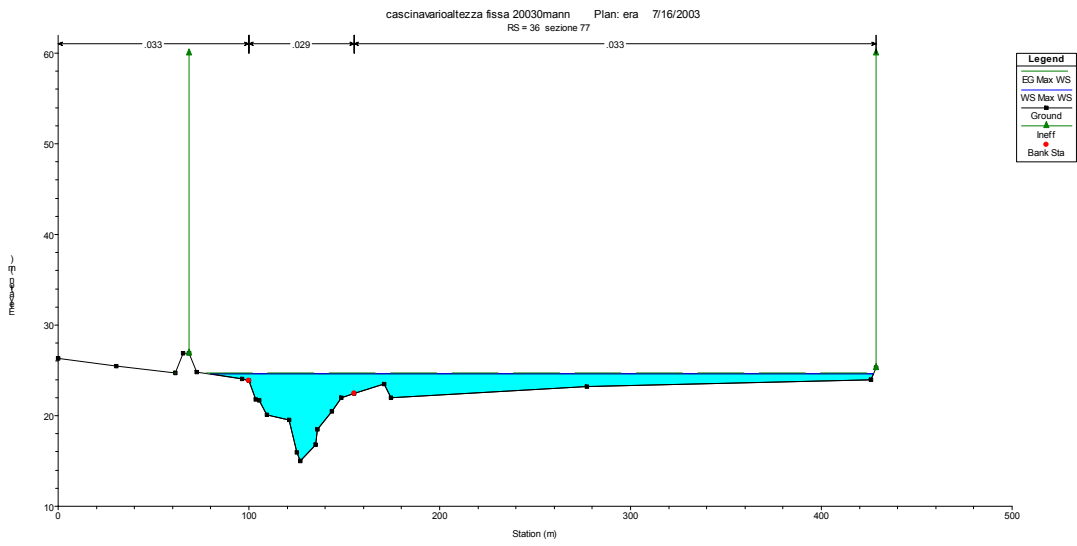
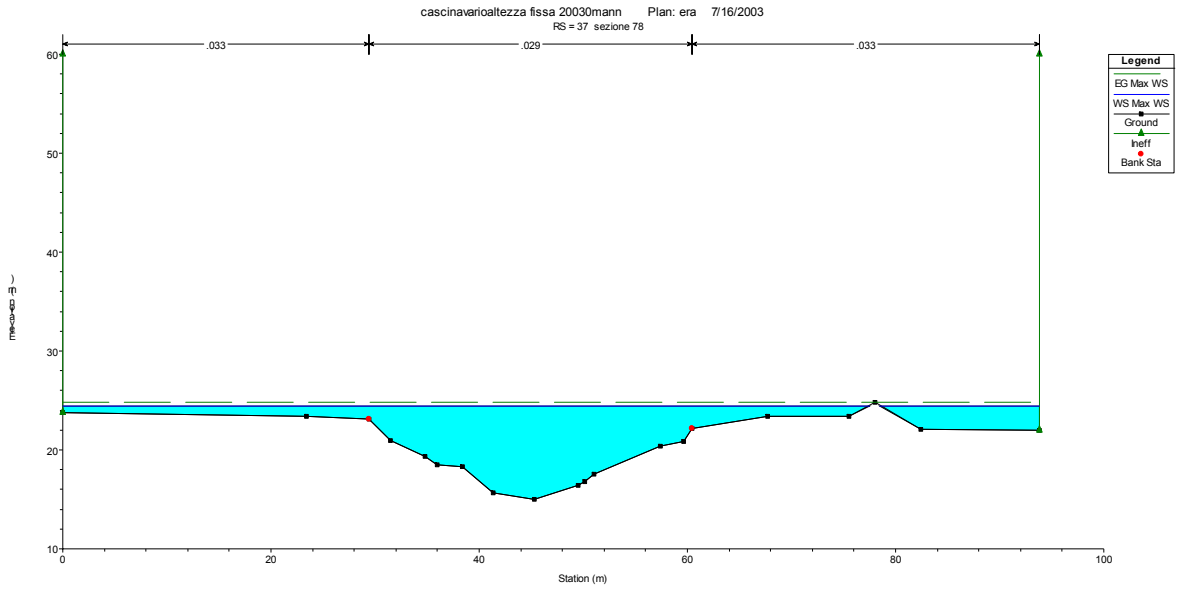


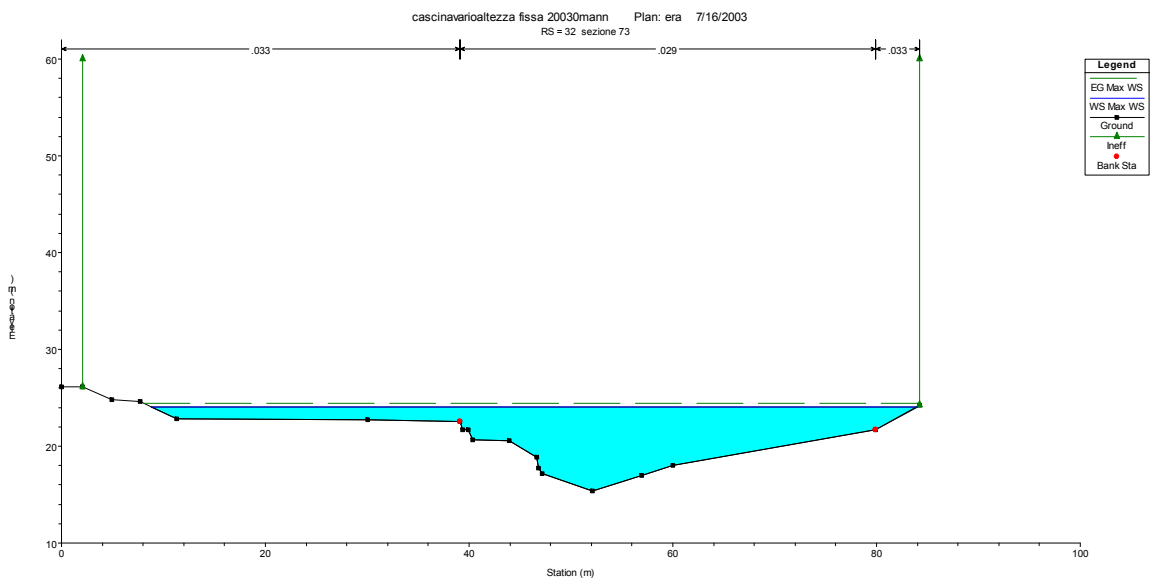
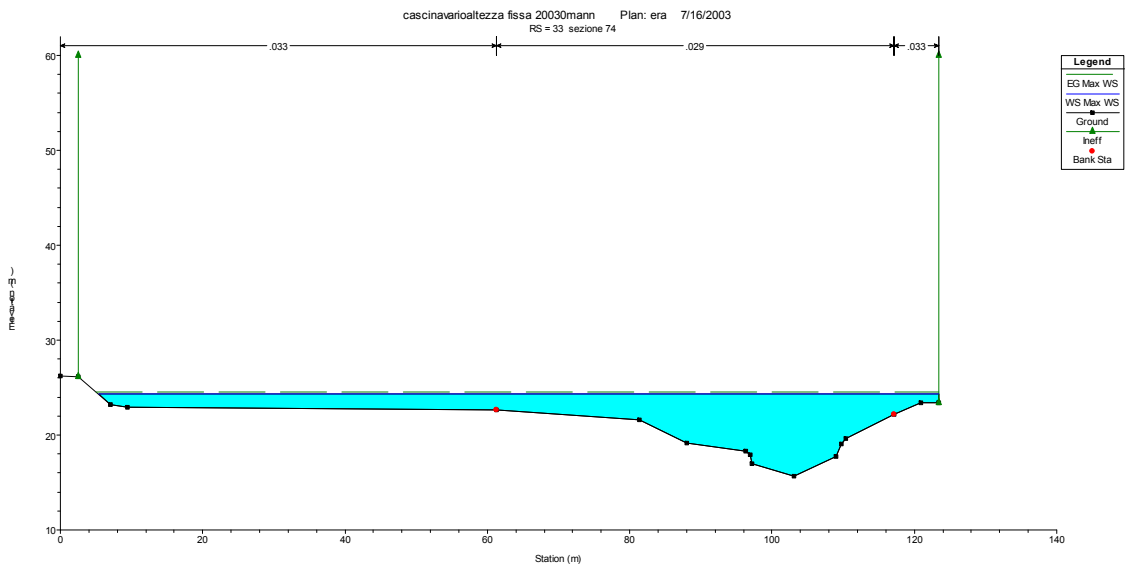
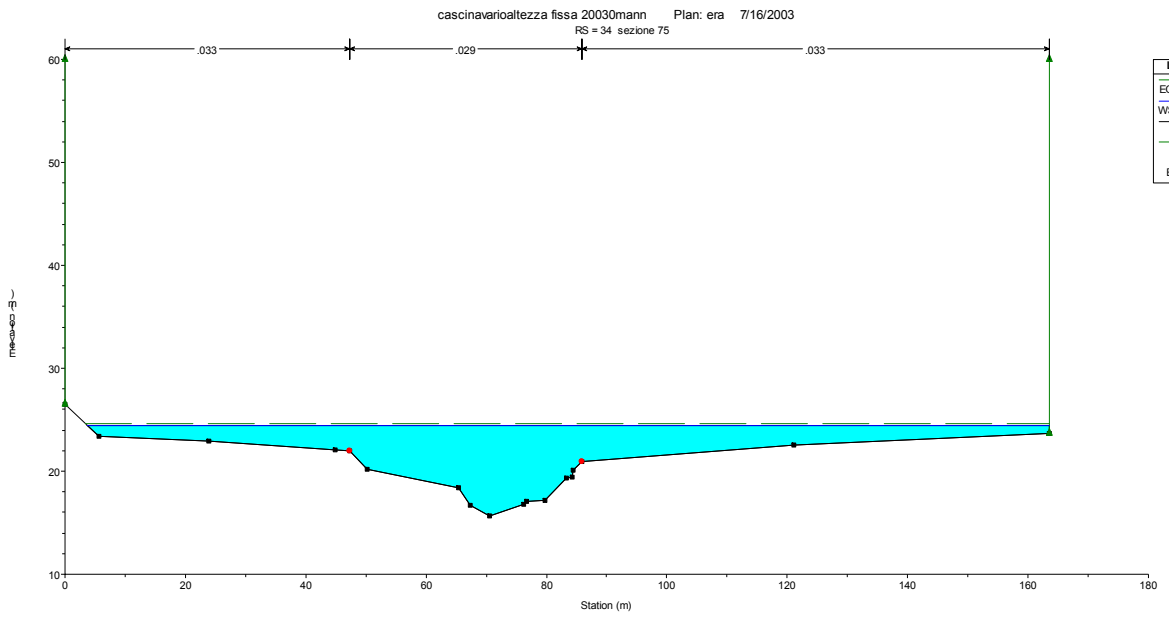


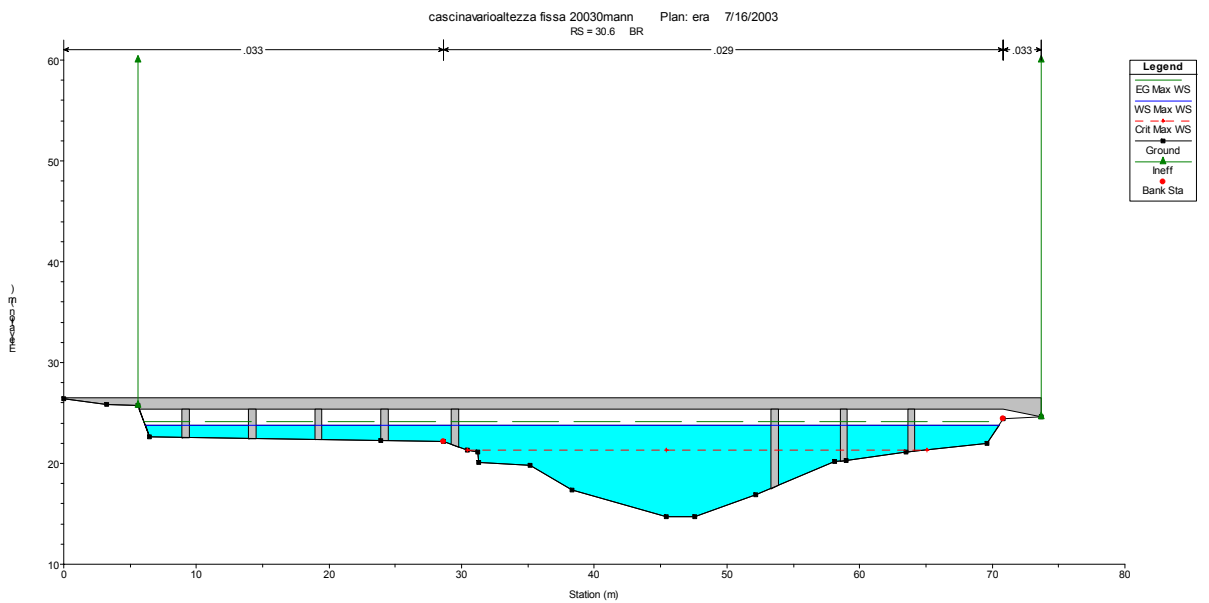
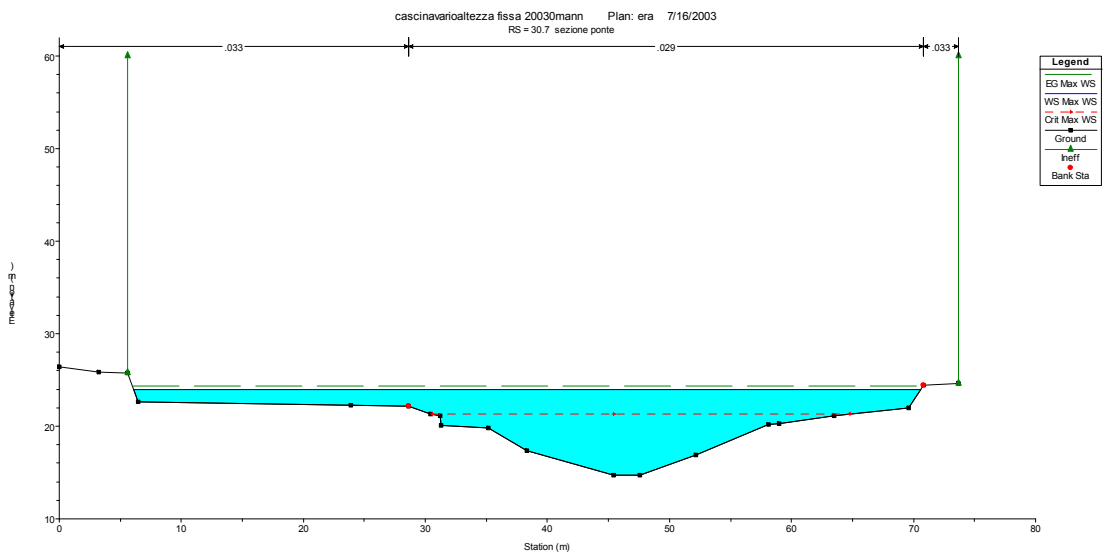
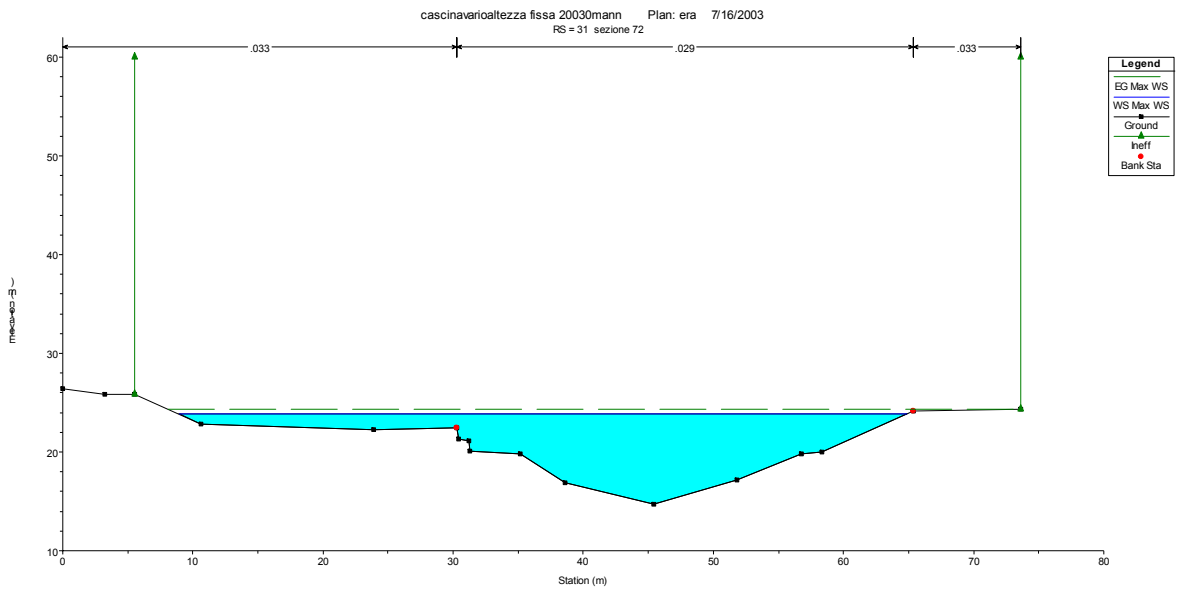


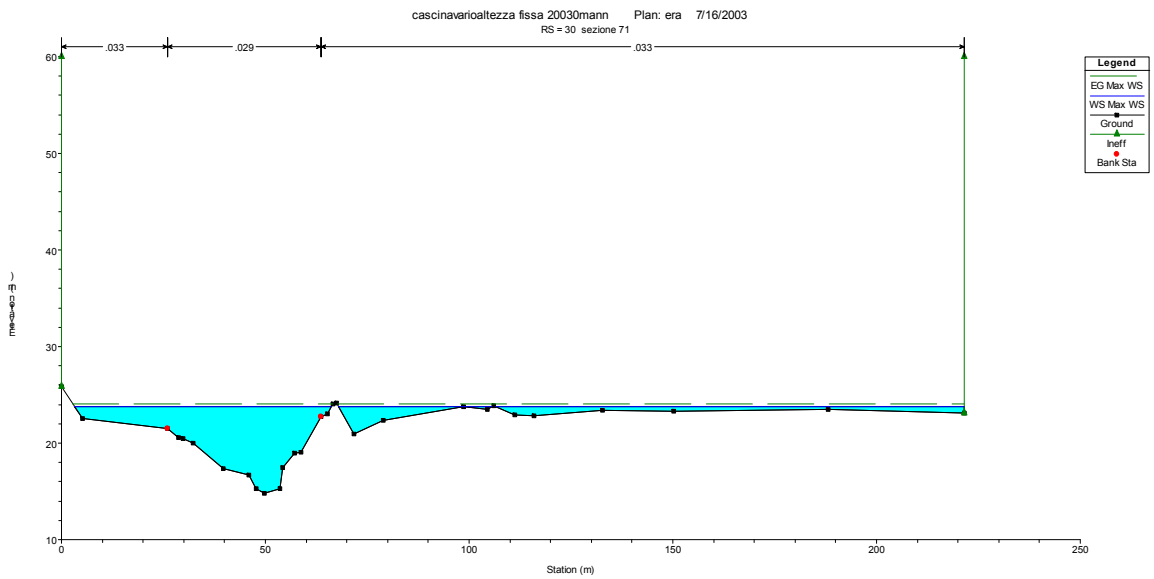
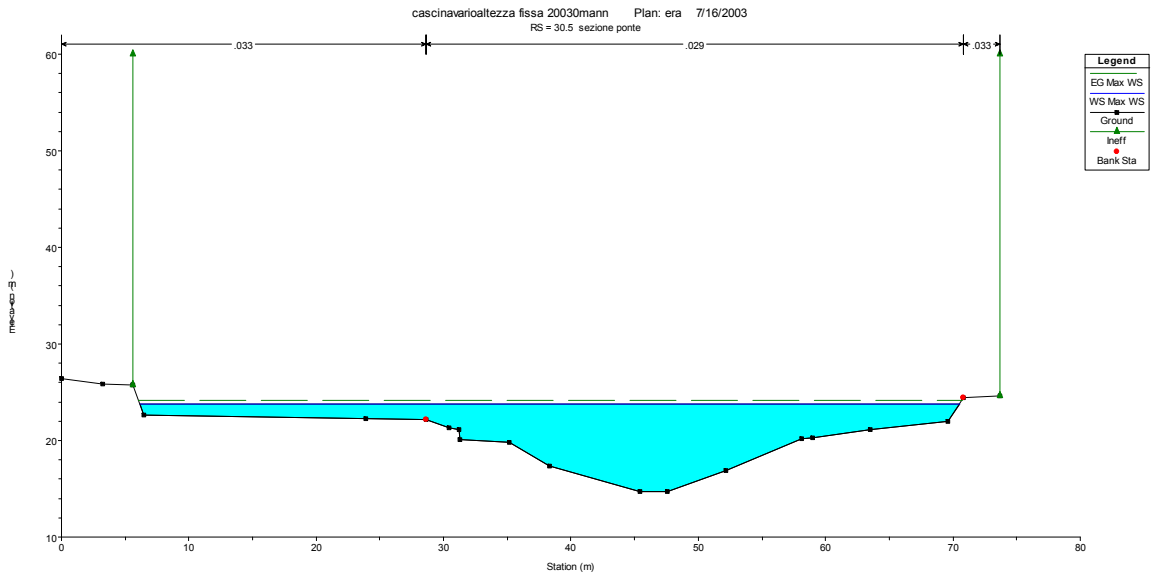
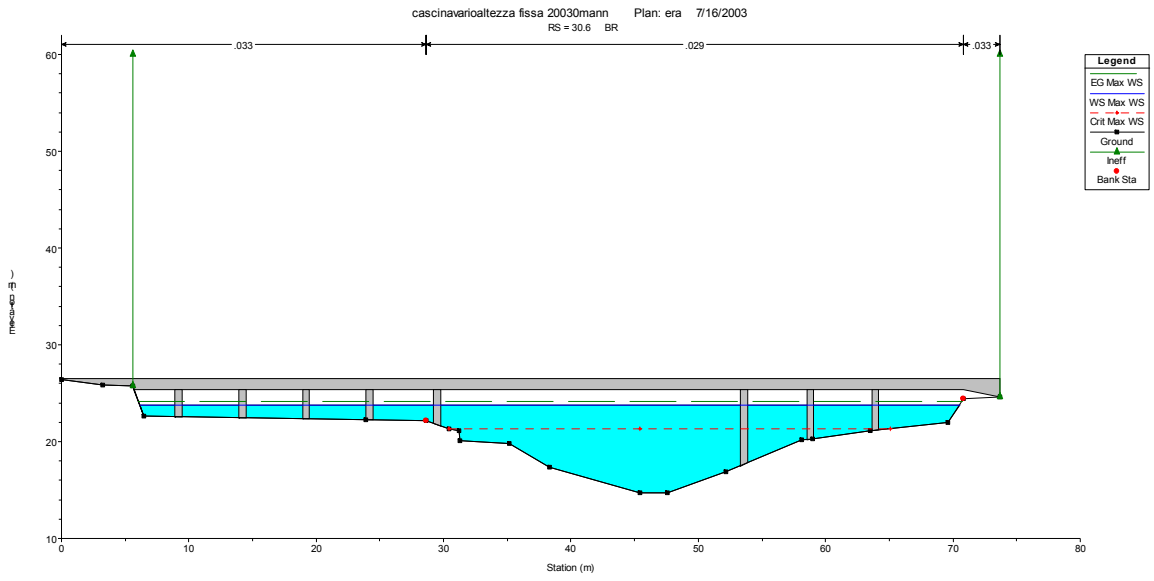


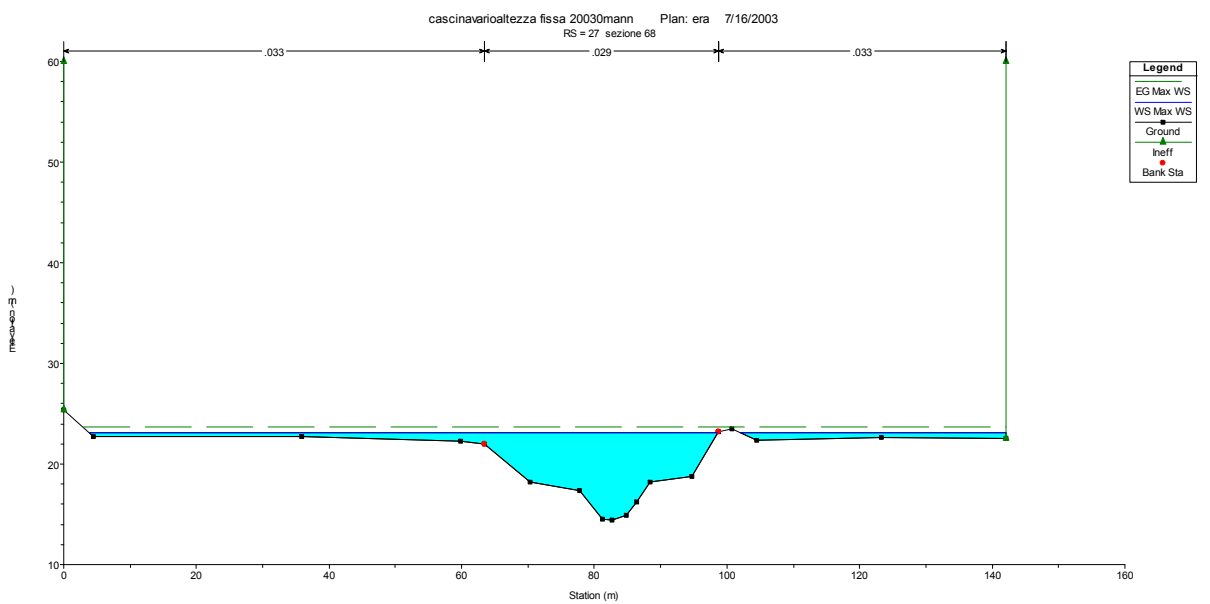
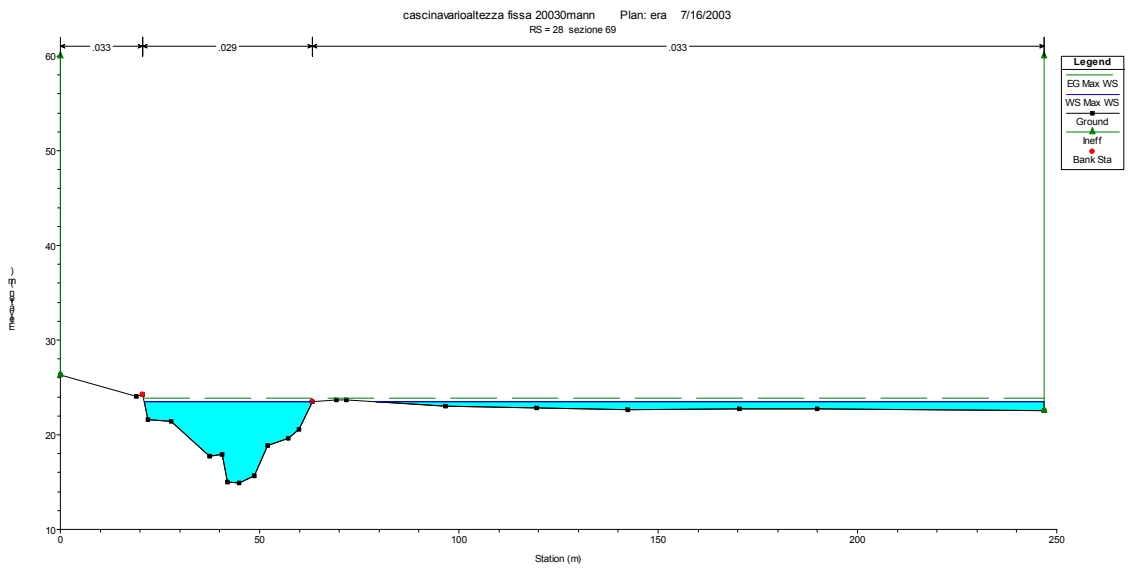
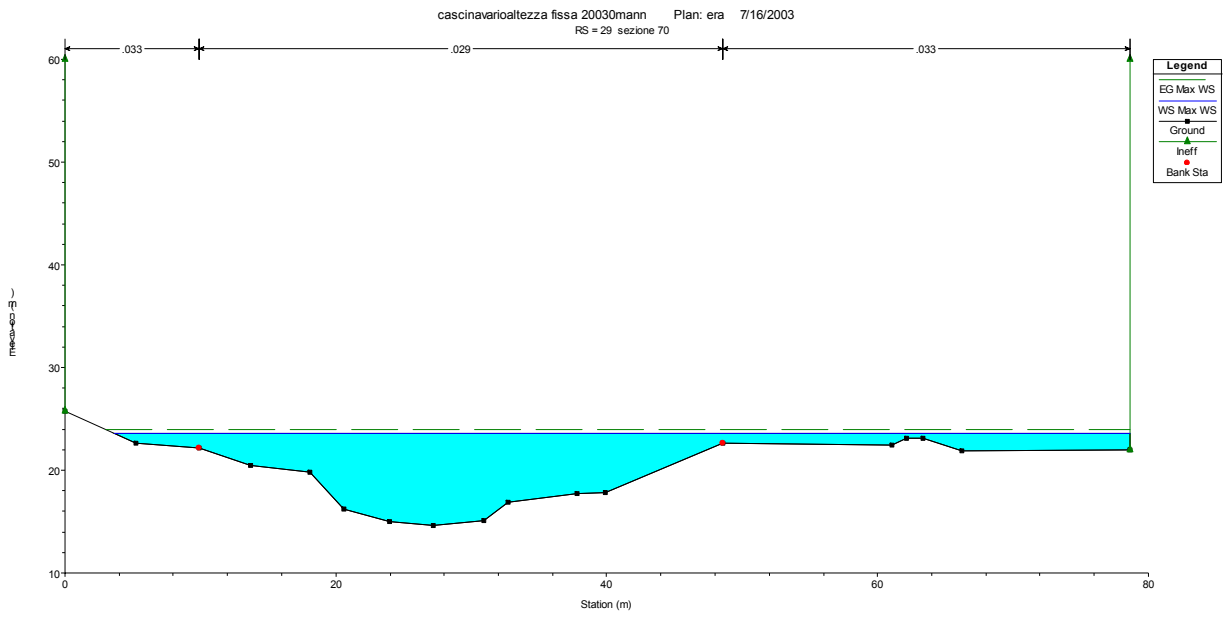


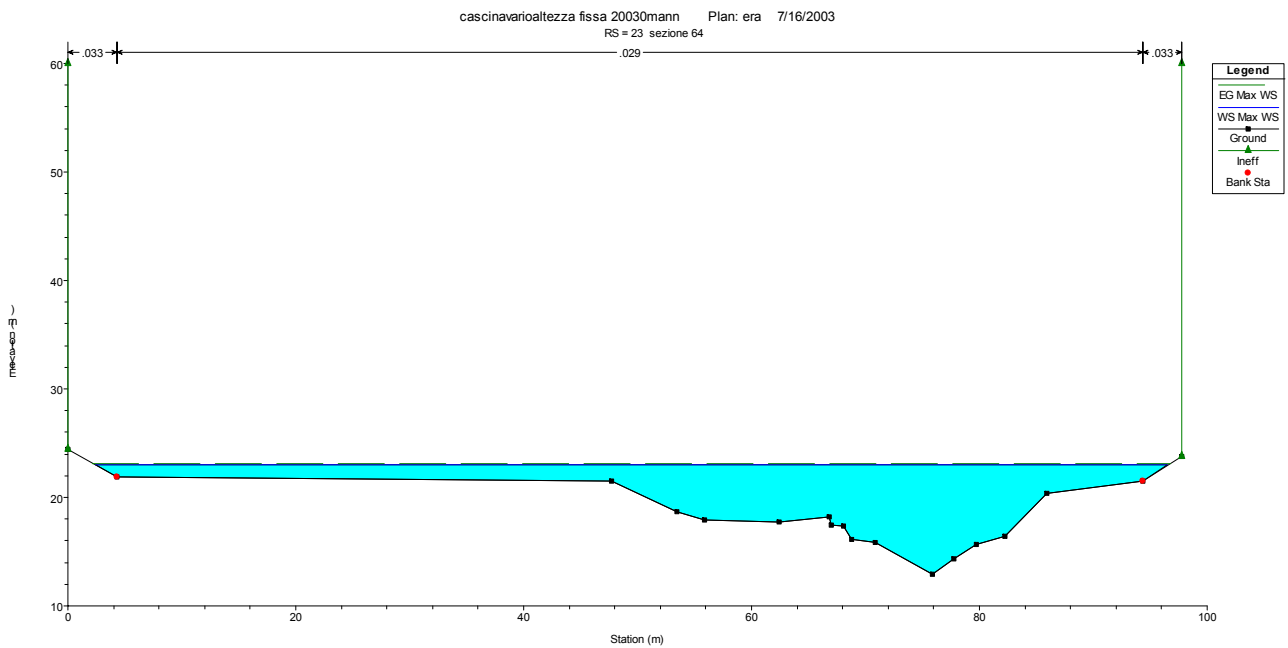
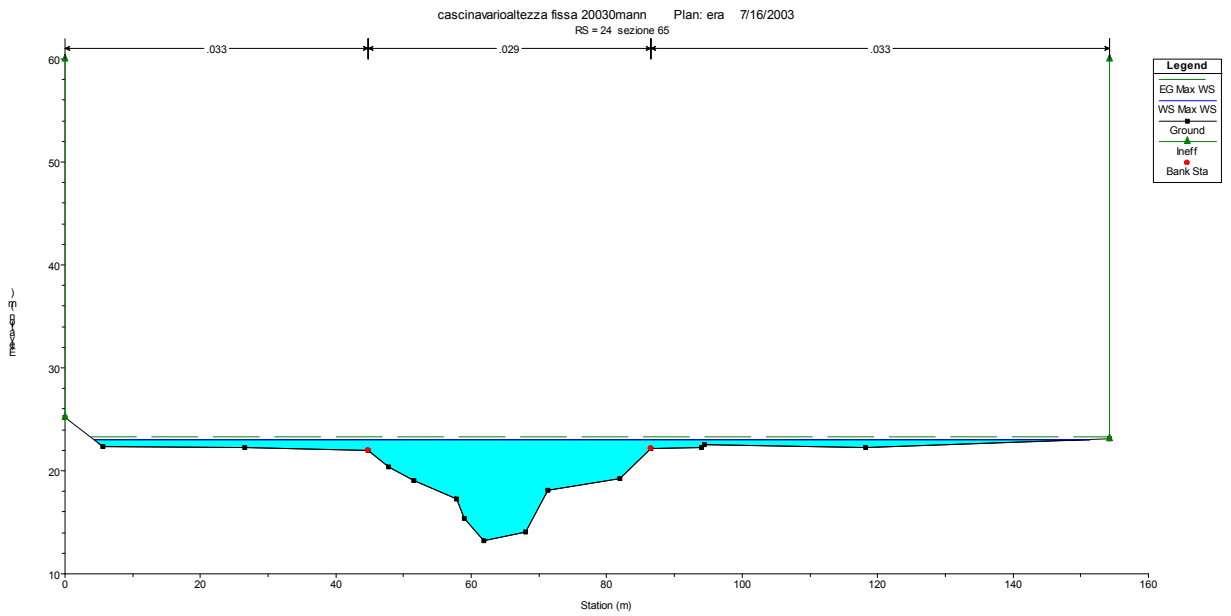
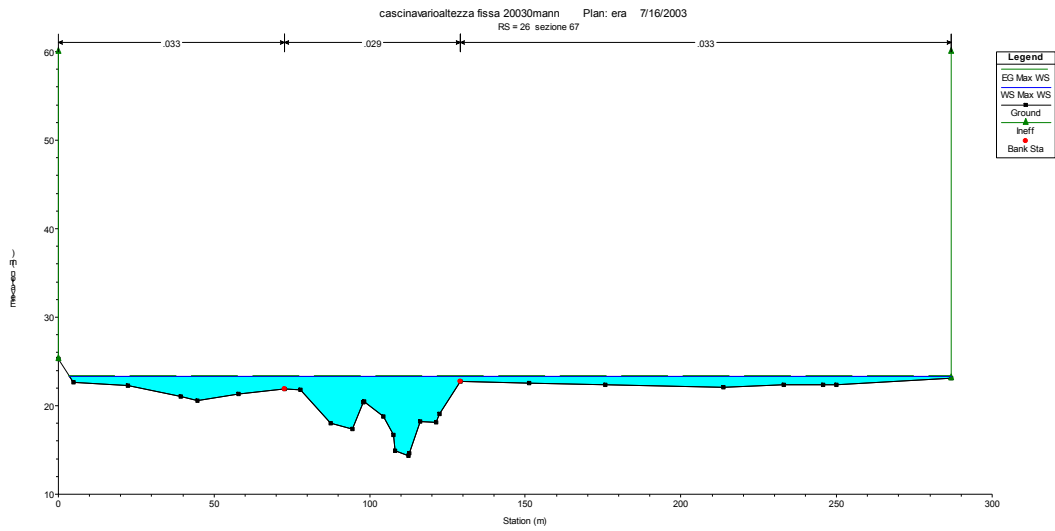


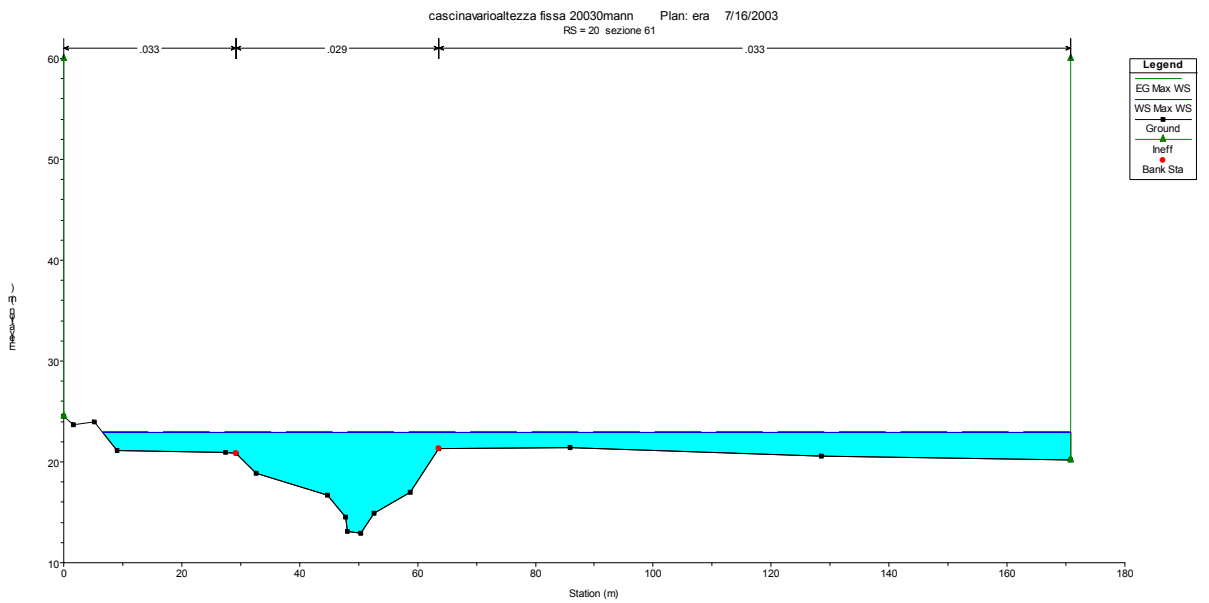
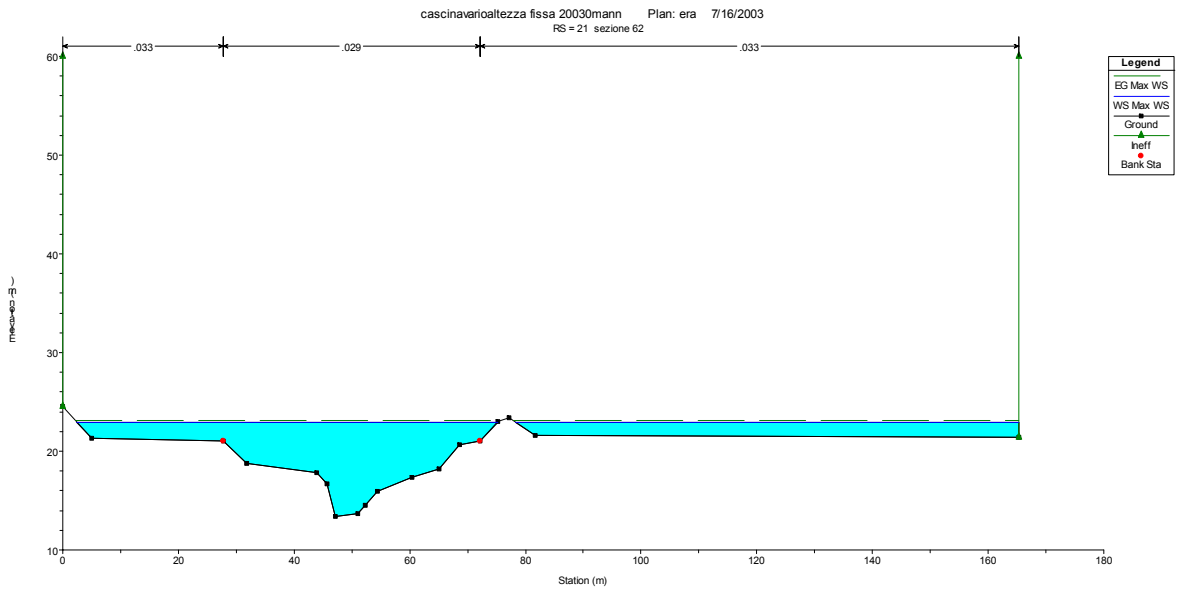
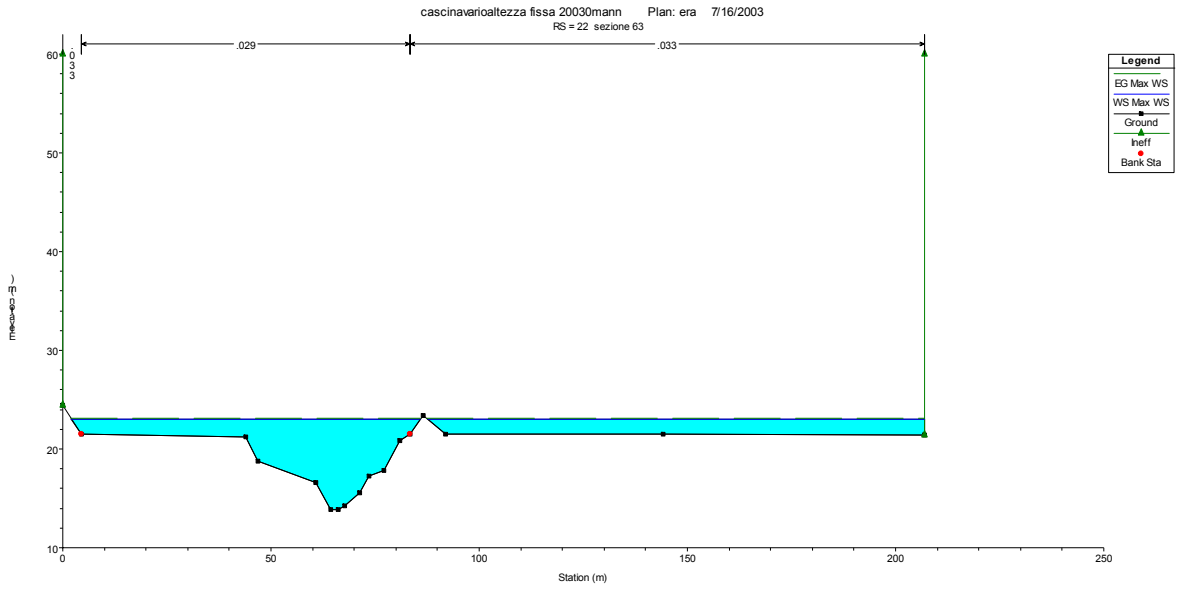




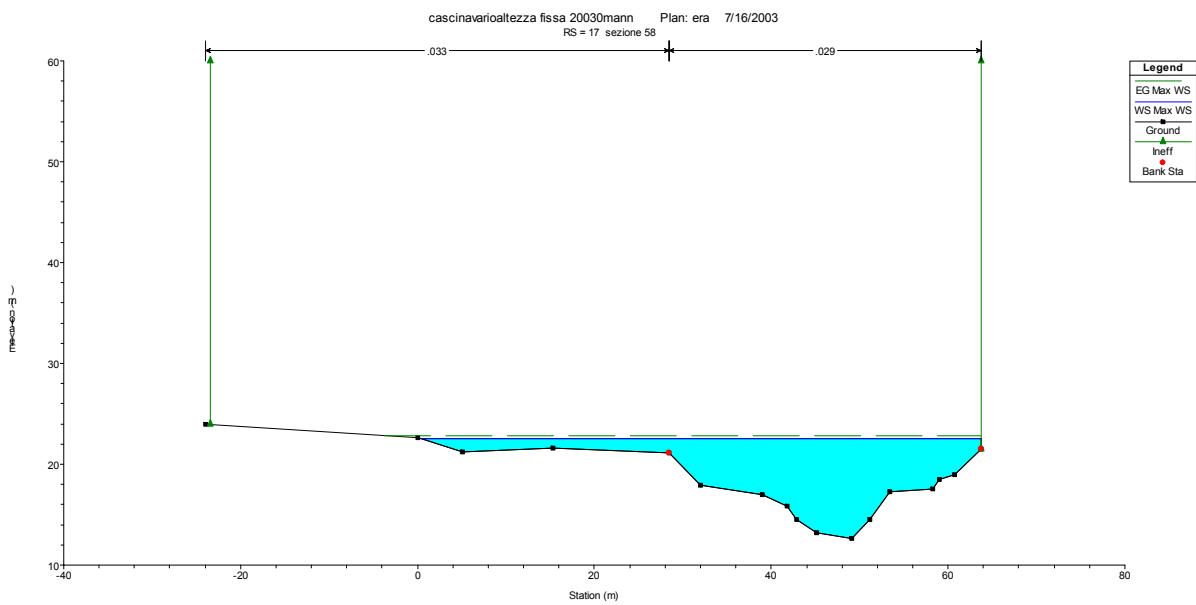
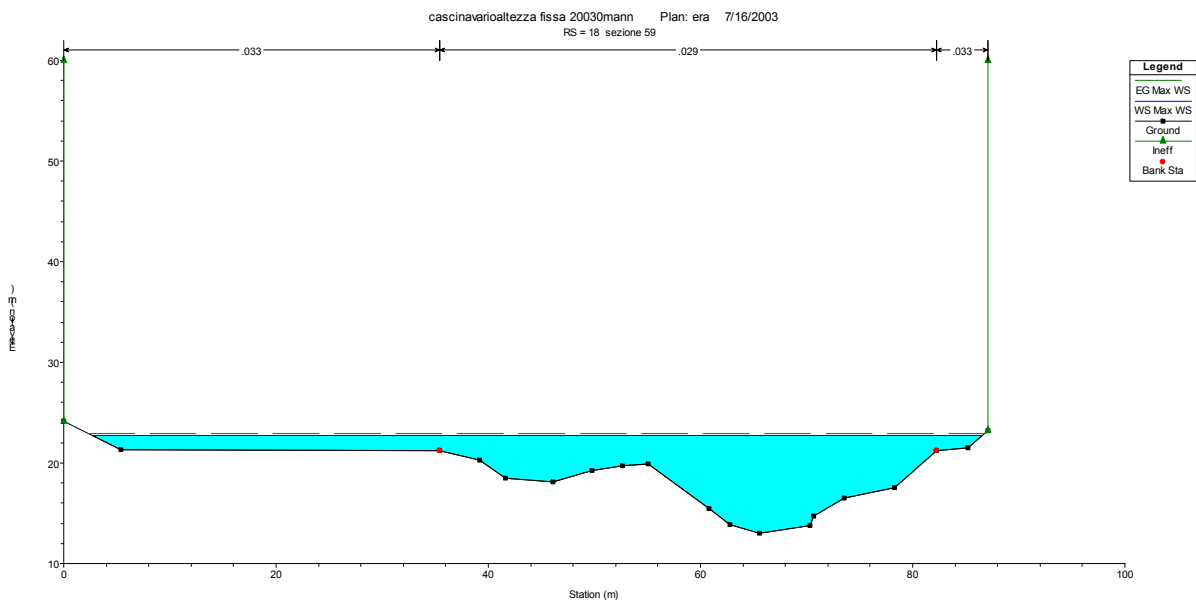
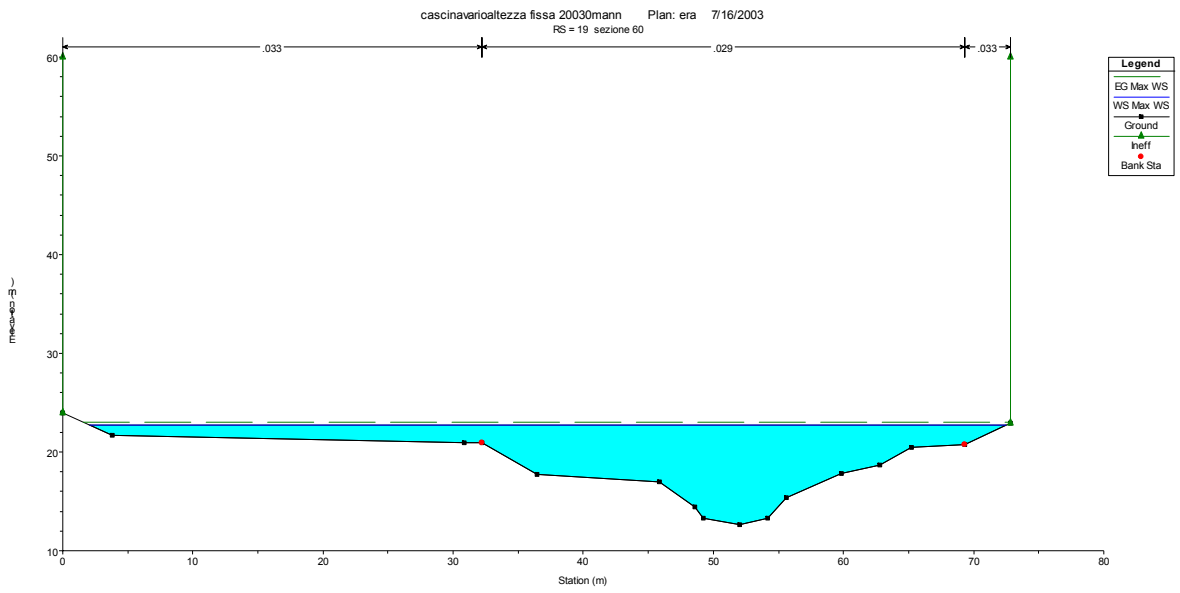


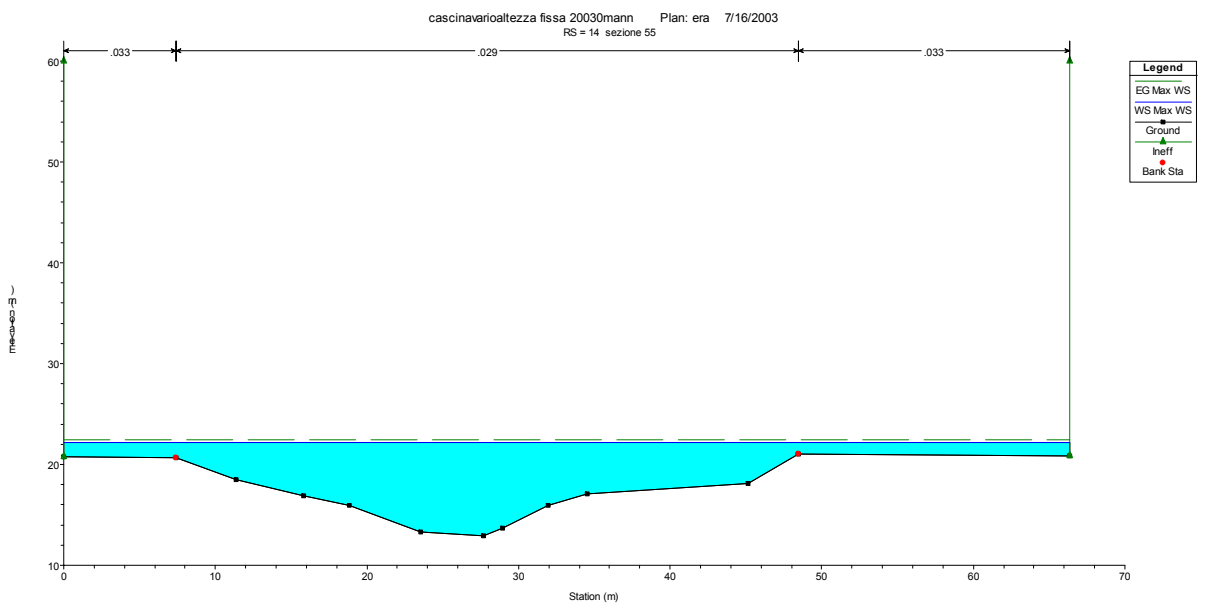
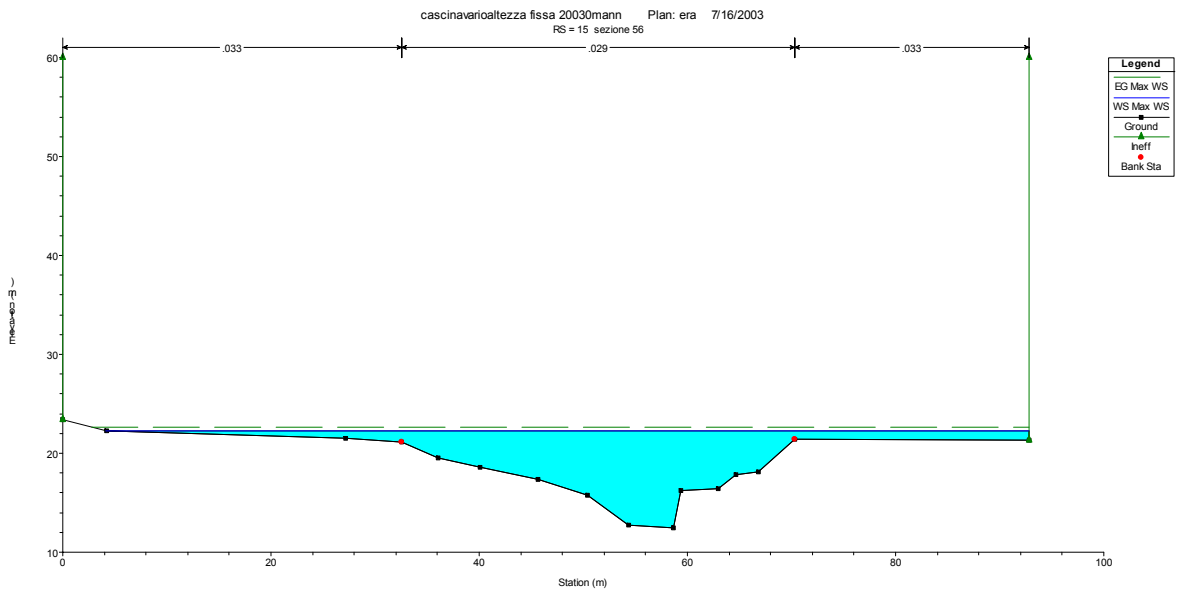
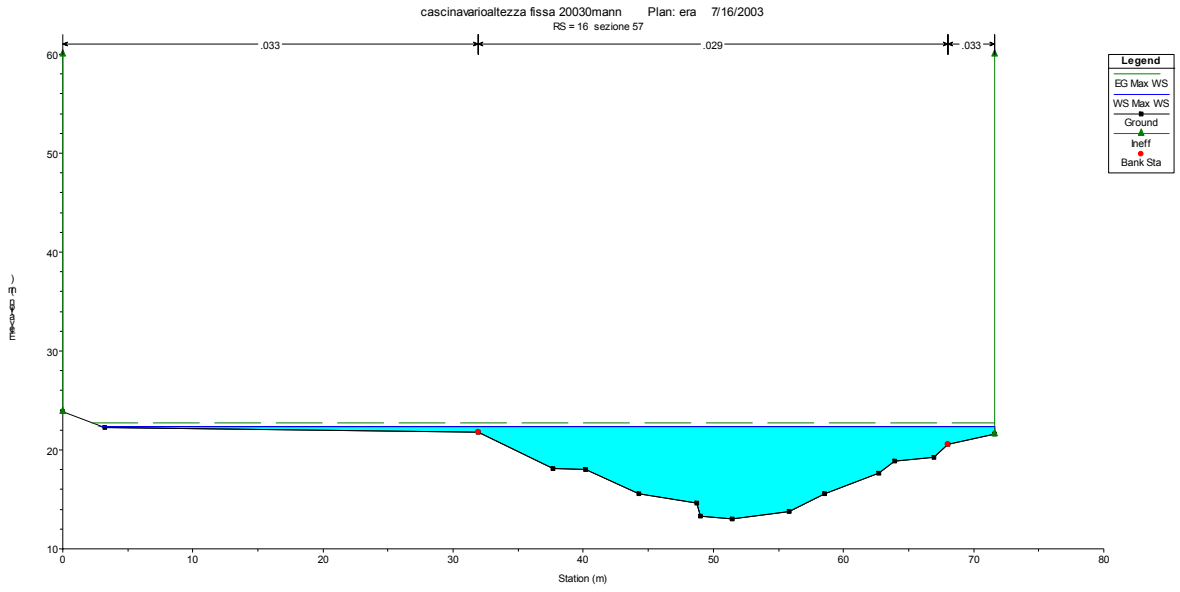


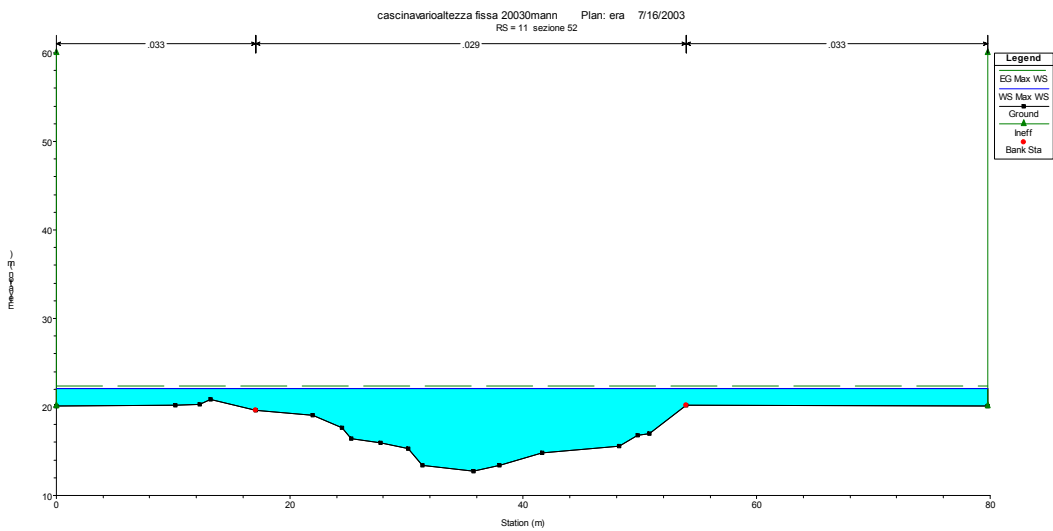
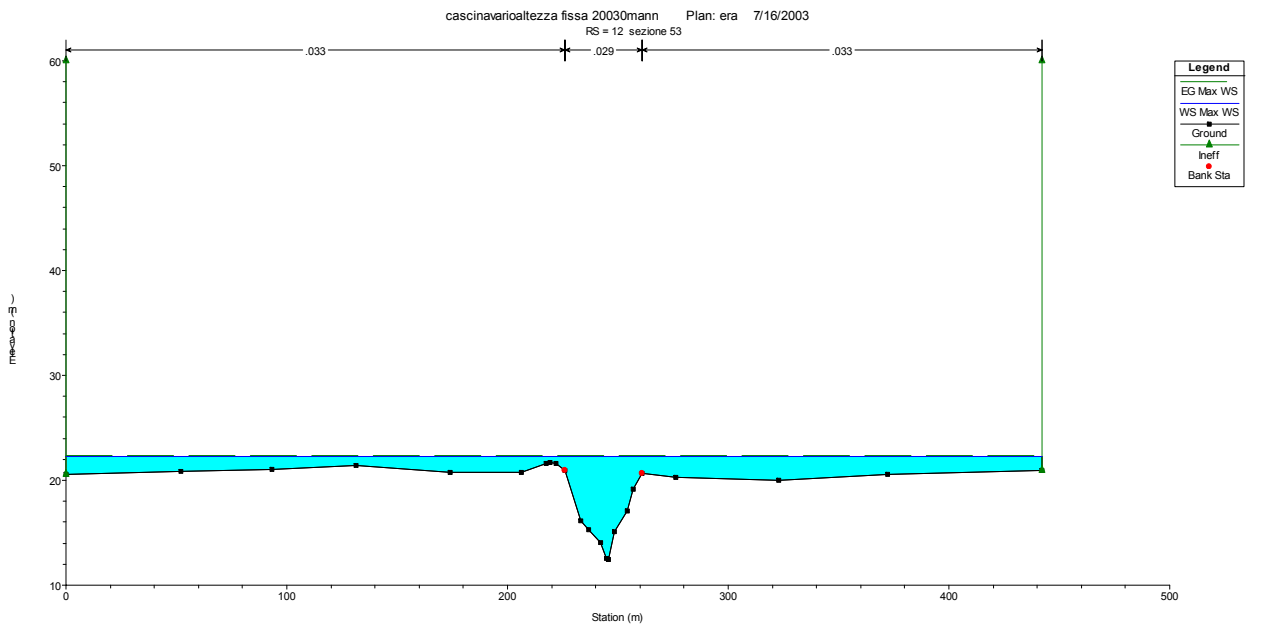
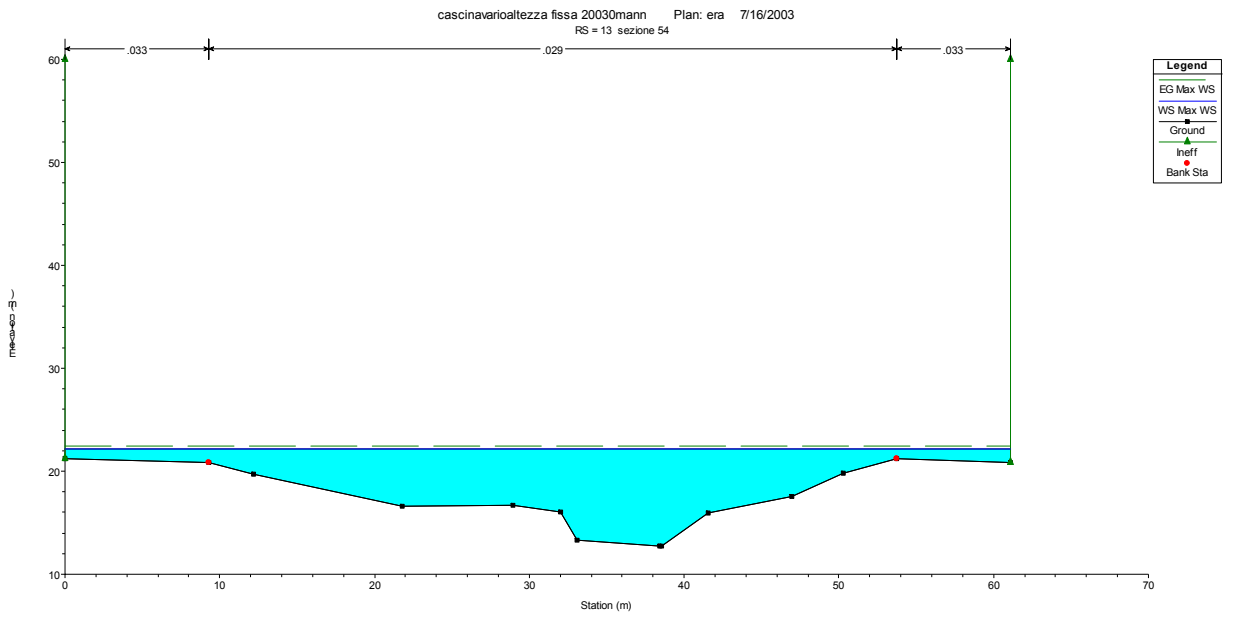


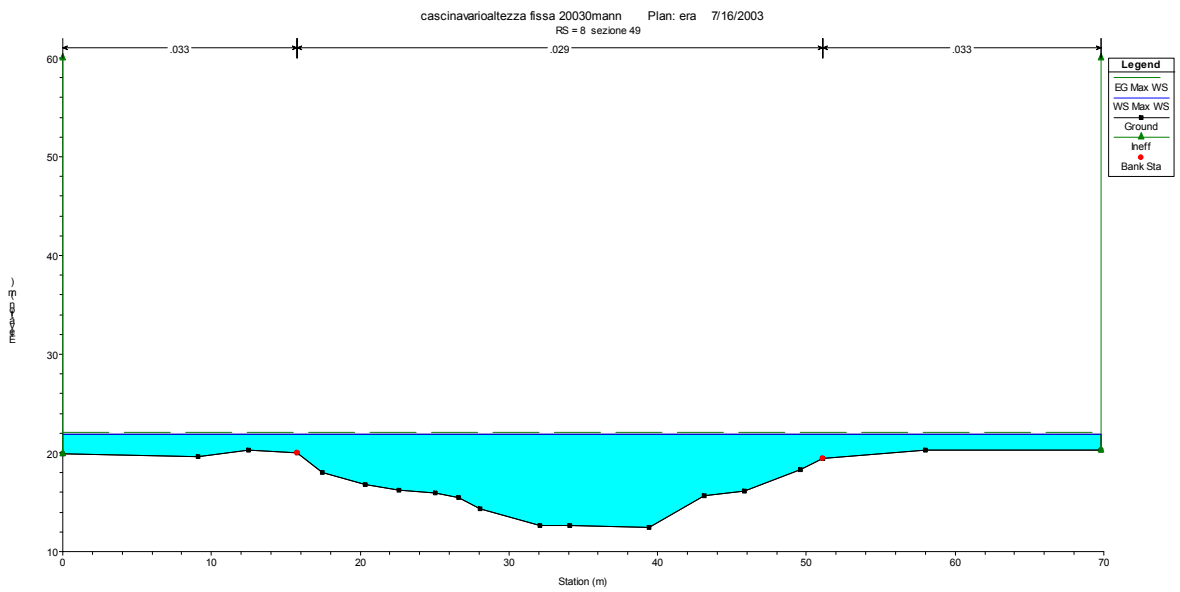
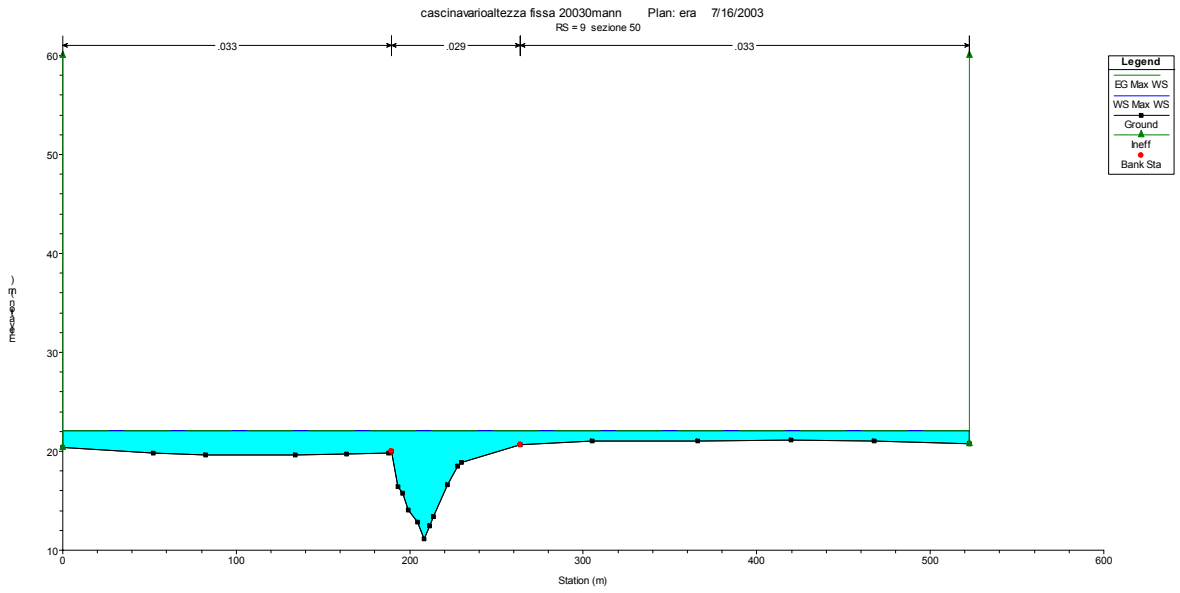
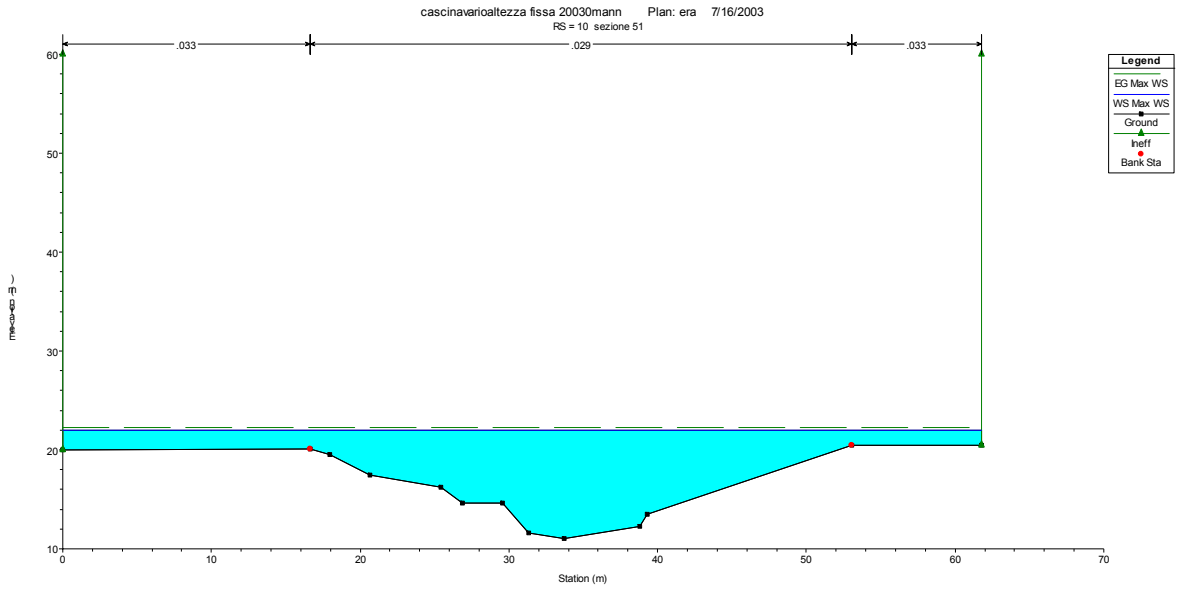


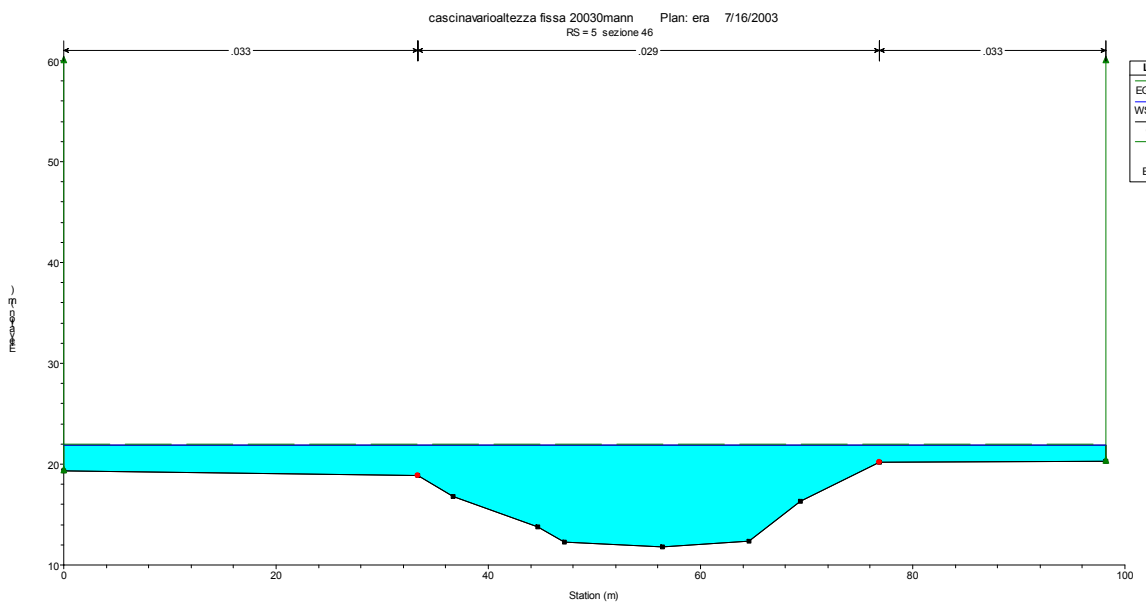
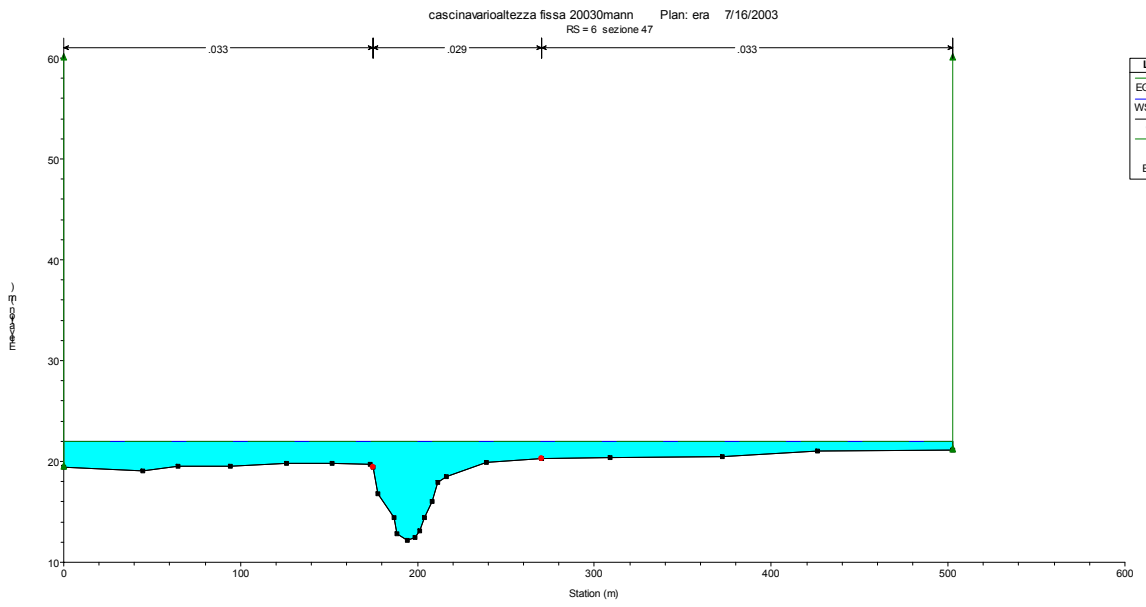
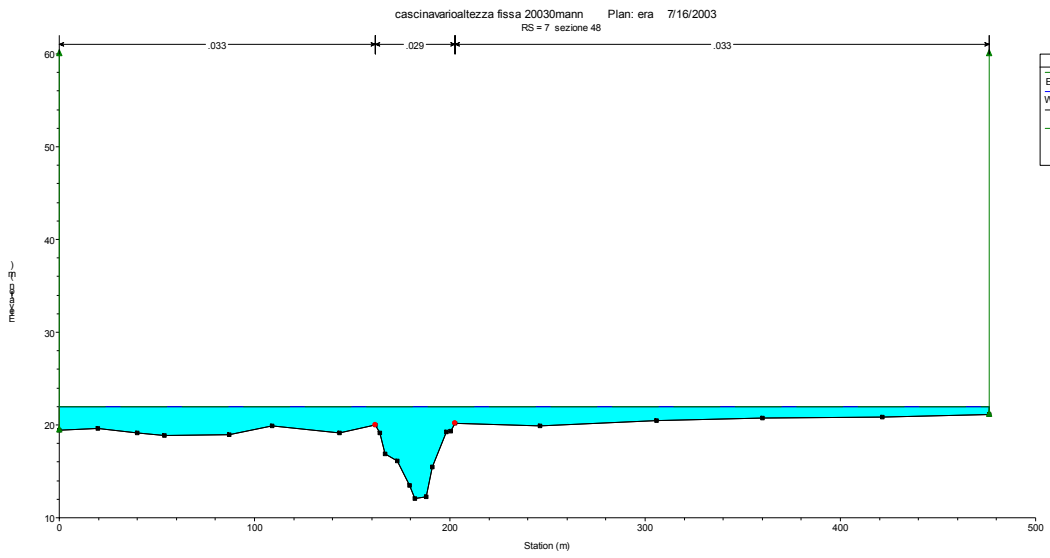


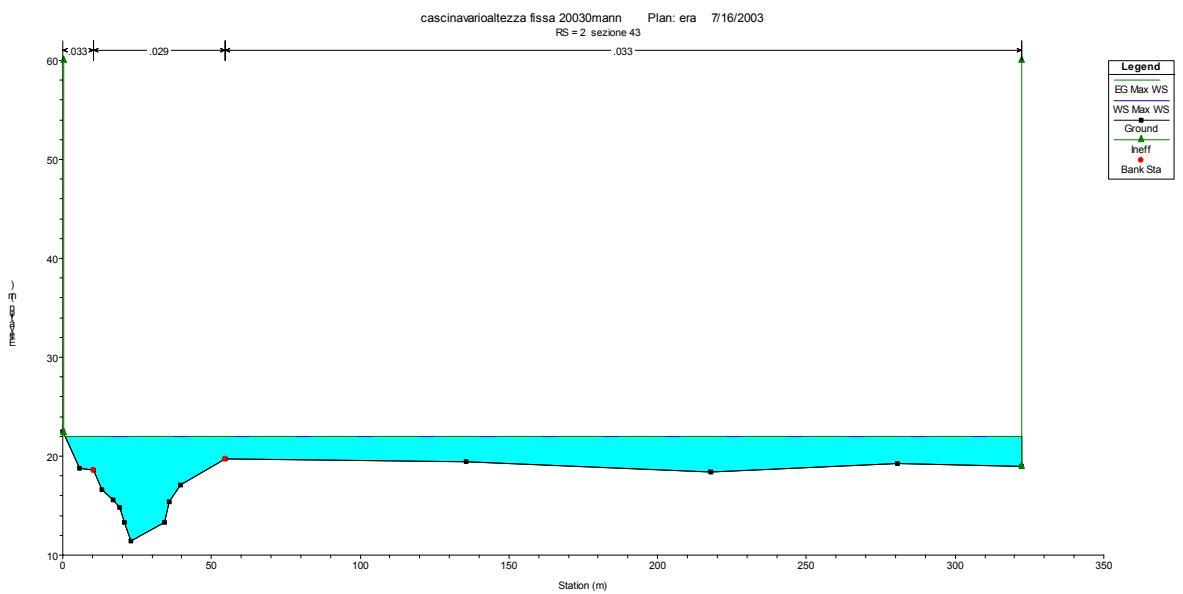
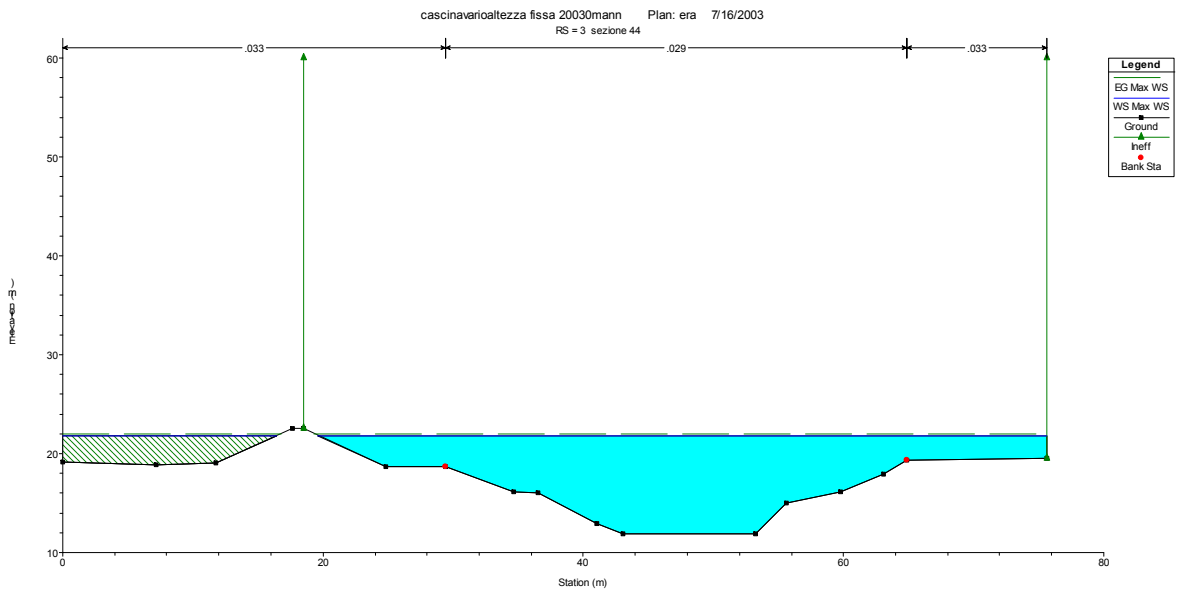
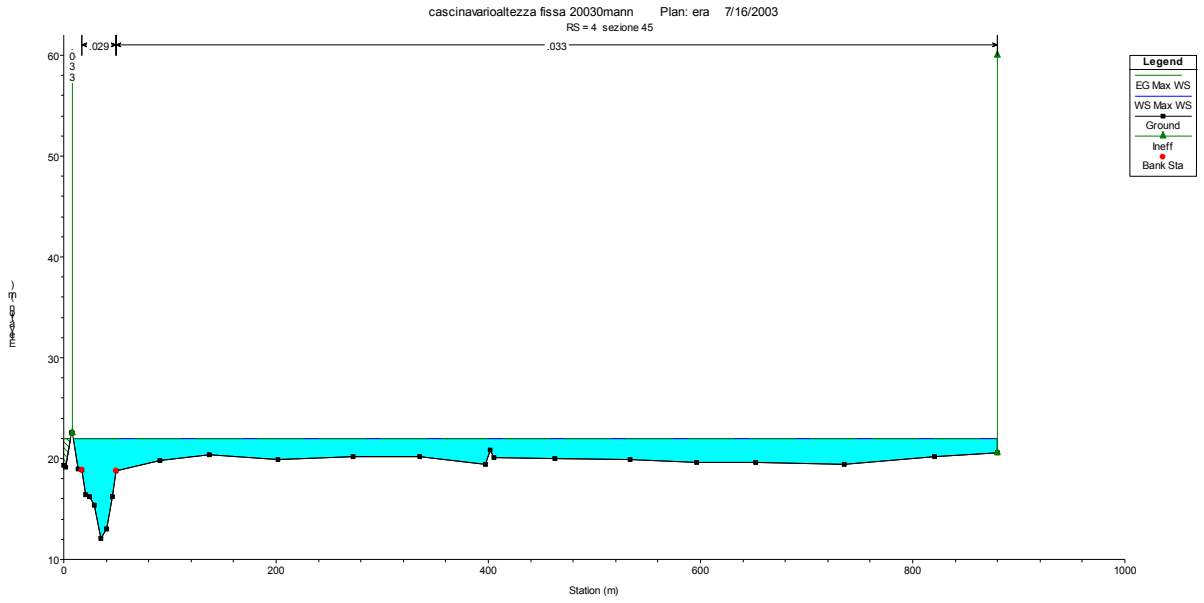




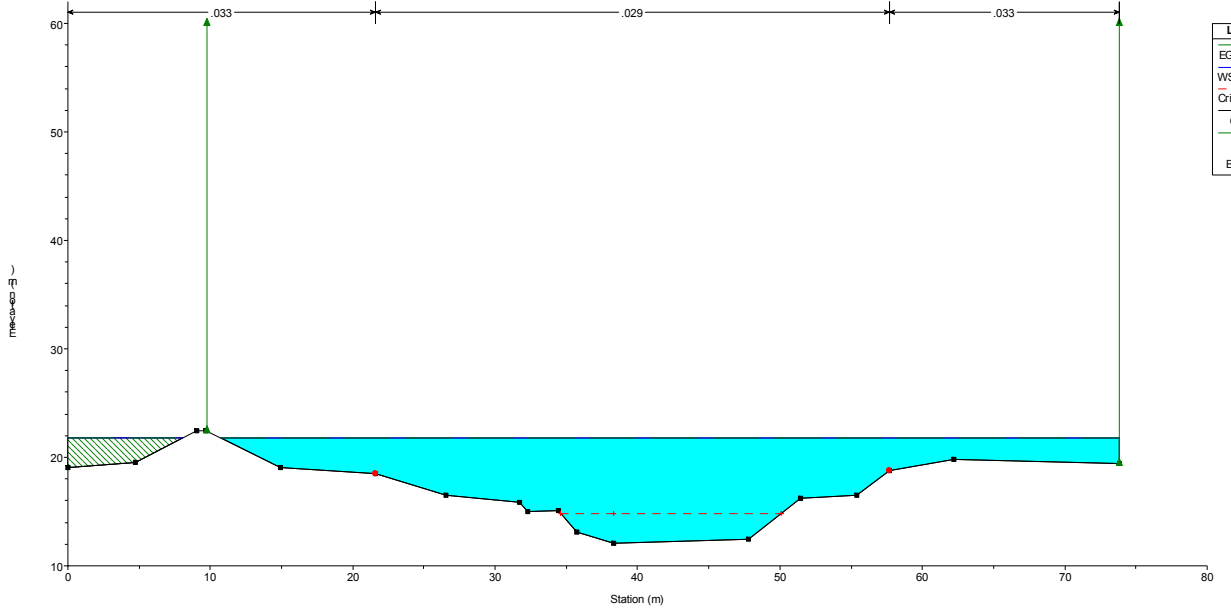








cascinavarialtezza fissa 20030mann Plan: era 7/16/2003  
 RS = 1 sezione 42



Legend	
Blue line with squares	EG Max WS
Red dashed line	WS Max WS
Red line with circles	Crit. Max WS
Black solid line	Ground
Green line with triangles	Ineff
Red line with circles	Bank Sta

