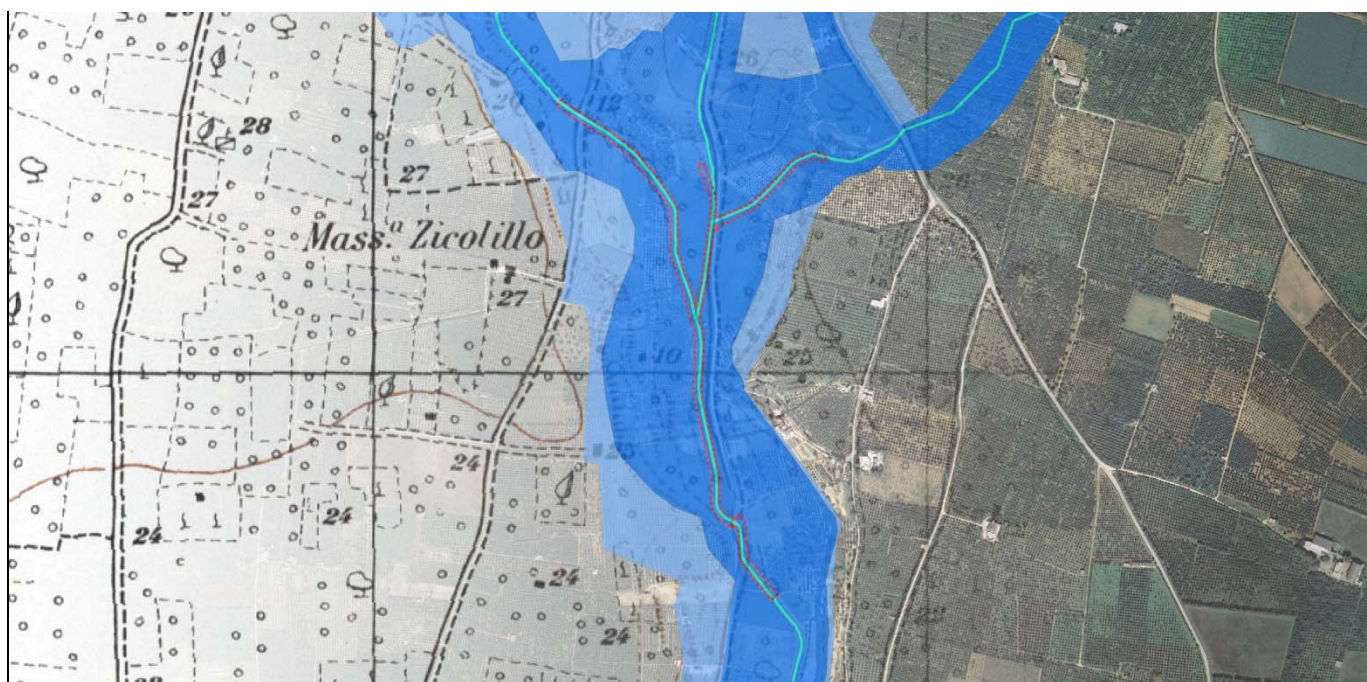




REGIONE PUGLIA
COMUNE DI MASSAFRA
Provincia di Taranto



**INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DI
VASTE AREE A RISCHIO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO
NEL TERRITORIO DI MASSAFRA - IMMISSIONE NEL
CANALE PATEMISCO**



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato	Elab. n.	Scala:
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	R03	--

Progettista	Consulenza specialistica
Arch. Luigi TRAETTA (Dirigente 5 ^a Ripartizione)	Ing. Michele DE MARCO (Ingegnere idraulico) Dott. Rita AMATI (Geologo)

0	EMISSIONE	ottobre 2015
Rev.	Descrizione	Data



PROGETTO DEFINITIVO

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ	3
2.1.	Sintesi delle attività	3
2.2.	Configurazione di progetto	3
3.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
4.	ANALISI TOPOGRAFICA	8
5.	ANALISI GEOMORFOLOGICA	9
5.1.	Digital Elevation Model	9
5.2.	Slope Model	10
5.3.	Flow Accumulation	10
5.4.	Perimetrazione dei bacini idrografici	11
6.	ANALISI IDROLOGICA	13
6.1.	Curve di Possibilità Climatica	13
6.2.	Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS	17
7.	ANALISI IDRAULICA	26
7.1.	Simulazione idraulica bidimensionale ante operam	26
7.2.	Dimensionamento e verifica monodimensionale post operam	27

Allegati alla relazione:

- I. Idrogrammi di piena per TR 30, 200 e 500 anni
- II. Simulazione bi-dimensionale Ante Operam in InfoWorks
- III. Simulazione moto permanente Post Operam in HEC-RAS



PROGETTO DEFINITIVO

1. PREMESSA

La presente relazione correda, ai sensi dell'art. 24 del DPR 207/2010, il progetto definitivo che riguarda gli *“interventi per la messa in sicurezza di vaste aree a rischio idrogeologico – Immissione nel Canale Patemisco”* nel territorio comunale di Massafra.

La presente, ai sensi dell'art. 25 del suddetto, descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per il **dimensionamento e la verifica idraulica** degli interventi descritti negli elaborati a corredo del progetto definitivo con particolare attenzione alle sezioni idrauliche del tratto finale del Canale San Marco e del tratto di canale Patemisco che riceve anche le acque del Canale Tre Ponti (impluvio 1) e delle Gravine Prottico del Lardo e Millarti Colombato.

La presente, partendo dalle previsioni e dalle analisi riportate nello studio *“Analisi del rischio idraulico nel Territorio Comunale con riferimento ai corsi di acqua: Madonna della Scala - Colombato - San Marco - Patemisco”* (aprile 2009) - che costituisce la base per l'attuale perimetrazione PAI dell'area in esame - propone a base dei dimensionamenti idraulici i risultati degli approfondimenti geomorfologici e idrologici descritti in seguito.



PROGETTO DEFINITIVO

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

2.1. Sintesi delle attività

In sintesi le attività svolte per la redazione del presente documento sono:

- acquisizione dello studio “*Analisi del rischio idraulico nel Territorio Comunale con riferimento ai corsi di acqua: Madonna della Scala - Colombato - San Marco - Patemisco*” (aprile 2009) che costituisce la base per l’attuale perimetrazione PAI dell’area in esame
- acquisizione del rilievo Li.D.A.R. e di rilievo topografico attraverso strumentazione GPS;
- analisi morfometrica finalizzata alla costruzione del DTM e alla delimitazione dei bacini idrografici;
- analisi idrologica per la definizione della/e curva/e di possibilità climatica mediante la metodologia VAPI, implementazione del modello idrologico (modelli razionali, cinematici, concettuali ecc.)
- calcolo delle portate di piena per TR 30, 200 e 500 per ogni sotto-bacino individuato nell’analisi morfometrica;
- simulazione bidimensionale in condizione di moto vario per verificare le condizioni *ante operam* con l’ausilio dei software di calcolo InfoWorks ICM 4.0;
- dimensionamento e verifica in condizione di moto permanente delle sezioni dei canali, delle confluenze e dei manufatti di attraversamento con l’ausilio dei software di calcolo HEC-RAS 4.1.0;

Tutte le analisi condotte sono state riferite alla Cartografia Tecnica Regionale nel sistema di riferimento UTM33 WGS84.

2.2. Configurazione di progetto

La configurazione di progetto oggetto di verifica nella seguente relazione consiste:

Tratto A1 (Canale Patemisco):

- dalla sez. A1.1 alla sez. A1.12:
 - Sezione trapezia base 4 m, scarpa 3/2; pendenza 0.5%
 - Materiali: CLS e idrosemina; franco min 1,0 m
 - Altezza utile: compresa tra 3.40 m ed 4.50 m; Arginatura: no;

Tratto A2 (Canale Patemisco):

- dalla sez. A2.13 alla sez. A2.27:
 - Sezione trapezia base 4.50 m, scarpa 3/2; pendenza 0.5%
 - Materiali: CLS e idrosemina; franco min 1,0 m
 - Altezza utile: compresa tra 3.85 m ed 5.20 m; Arginatura: no;

Tratto B1 (Canale San Marco):

- dalla sez. B1.1 alla sez. B1.3:
 - Sezione trapezia base 3 m, scarpa 3/2; pendenza 3.5%



PROGETTO DEFINITIVO

- Materiali: CLS e idrosemina; franco min 1,0 m
- Altezza utile: compresa tra 1.85 m ed 2.55 m; Arginatura: sì;

Tratto B2 (Canale San Marco):

- . dalla sez. B2.4 alla sez. B2.6:
- Sezione trapezia base 4 m, scarpa 3/2; pendenza 1.85%
- Materiali: CLS e idrosemina; franco min 1,0 m
- Altezza utile: compresa tra 2.10 m ed 4.15 m; Arginatura: sì;

Tratto C (Affluente 1):

- dalla sez. C1.1 alla sez. C1.2:
 - Sezione trapezia base 2 m, scarpa 3/2; pendenza 5%
 - Materiali: CLS e idrosemina; franco min 1,0 m
 - Altezza utile: compresa tra 2.05 m ed 2.05 m; Arginatura: no;
- dalla sez. C1.2 alla sez. C1.3:
 - Sezione trapezia base 2 m, scarpa 3/2; pendenza 3%
 - Materiali: CLS e idrosemina; franco min 1,0 m
 - Altezza utile: compresa tra 2.05 m ed 3.95 m; Arginatura: no;
- dalla sez. C1.3 alla sez. C1.9:
 - Sezione trapezia base 2 m, scarpa 3/2; pendenza 0.5%
 - Materiali: CLS e idrosemina; franco min 1,0 m
 - Altezza utile: compresa tra 1.85 m ed 3.95 m; Arginatura: sì;



3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in oggetto è identificata dalle coordinate geografiche di Latitudine 40°33'28.18"N e Longitudine 17° 6' 30.98"E (in coordinate UTM: 678524.27 E ; 4491814.44 N) ed è ubicata a sud dell'abitato (a circa 2.5 km) tra la Strada Vicinale Pozzo San Pietro e la Strada Provinciale n. 37

La cartografia ufficiale disponibile sul territorio è la seguente:

- Fogli IGM 1:25.000v: 202 IV-NE (Massafra), 202 VI-SE (Fermata Bellavista), 202 IV-SO (Palagianò) e 202 IV-NO (Mottola)
- Tavole 493023 della Cartografia Tecnica Regionale
- Foglio 493 "Taranto" della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia
- DTM disponibile sul Portale Cartografico della Regione Puglia (www.sit.puglia.it)

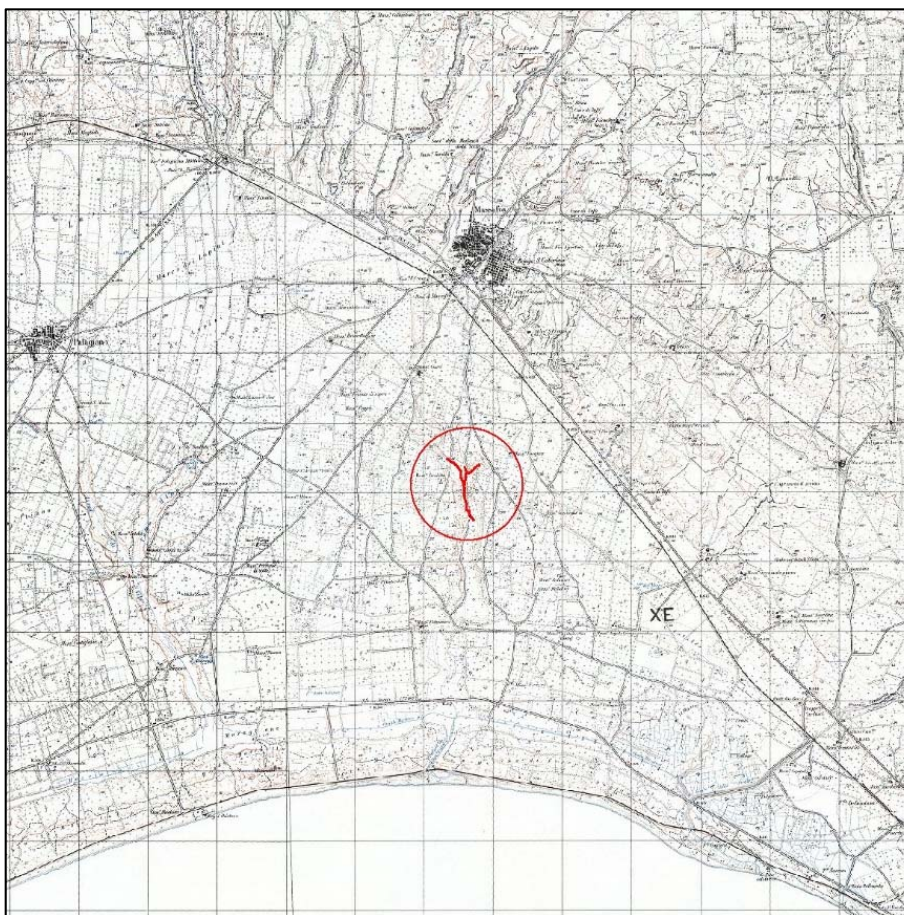


Figura 1 - Inquadramento area di progetto (IGM 1:25.000)



PROGETTO DEFINITIVO

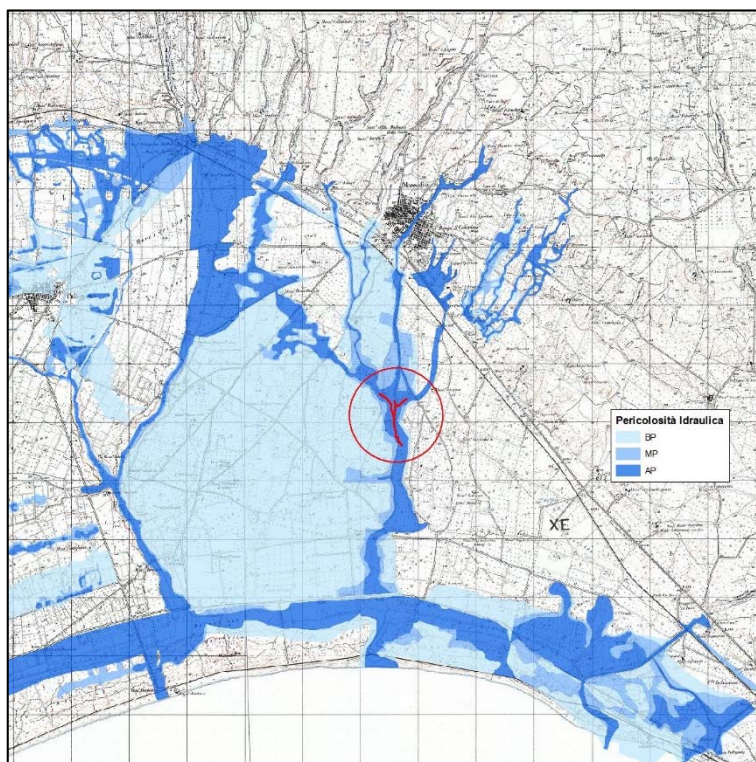


Figura 2 - Previsioni del Piano di Assetto Idrogeologico su base IGM

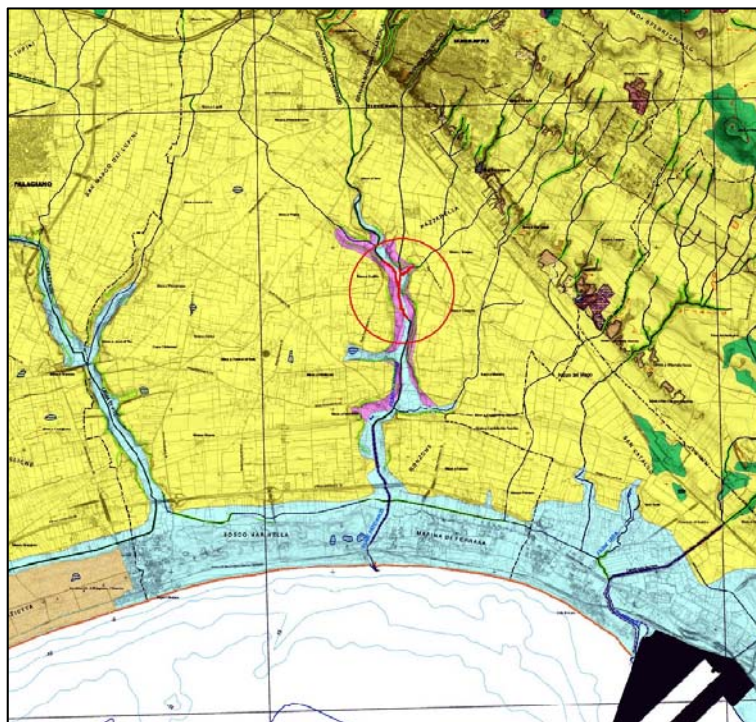


Figura 3 – Estratto della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia -



Foglio 493 "Taranto"

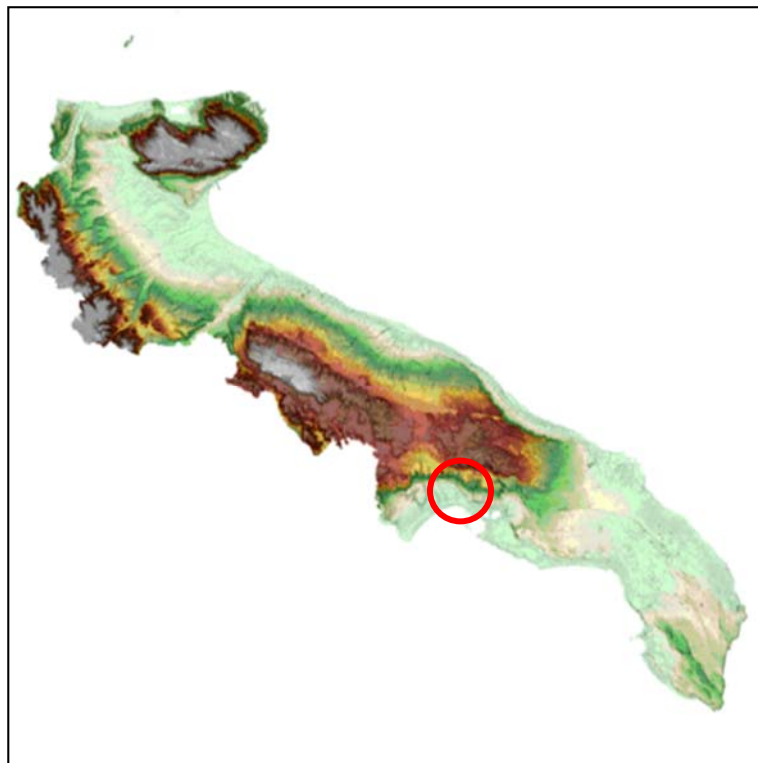


Figura 4 - DTM disponibile sul Portale Cartografico della Regione Puglia (www.sit.puglia.it)



PROGETTO DEFINITIVO

4. ANALISI TOPOGRAFICA

Il rilievo è stato condotto direttamente nella proiezione Universal Transverse of Mercator - Datum WGS84 - zona 33N con una strumentazione GPS RTK di nuova generazione che combina i tre sistemi di posizionamento GPS, GLONASS e Galileo. Si tratta del ricevitore GNSS avanzato Topcon GRS-5 del quale si riportano nel seguito alcune delle sue caratteristiche tecniche.



Ricevitore GNSS Doppia Frequenza Topcon GRS-5 Topografia		Rilievo statico: orizzontale 5mm. + 1 o 2 p.p.m (sqm) sulla lunghezza della base misurata (per basi < 10 Km.); verticale 10 mm.+ 2 o 3 p.p.m (sqm) sulla lunghezza della base misurata rilievo cinematica RTK: 10 mm. + 1 o 2 p.p.m. (in funzione della durata del rilievo);
---	---	--

Il passaggio dalle quote geodetiche strumentali a quelle riferite al livello medio del mare riportate sulla cartografia tecnica regionale, è stato condotto utilizzando quattro **punti di appoggio** a quota nota.

I punti a quota nota sono stati individuati nella *Rete Geodetica* disponibile sul Sit Puglia dove sono consultabili e scaricabili i *Vertici della rete IGM95*, i *Vertici di Raffittimento* della stessa rete, i *Vertici di Appoggio Catastale*, i *Vertici di Appoggio Fotografico* e le basi di collegamento.

Dopo la trasformazione plano-altimetrica, attraverso l'utilizzo combinato della piattaforma Autodesk Civil Desig 3D e ArcGIS 10, dai punti quotati e dalle "break line" (linee di discontinuità) è stato elaborato il Modello Digitale del Terreno (mesh 3D) che costituirà la base per la successiva modellazione idraulica mono e bidimensionale.

Di seguito la dotazione software utilizzata per l'elaborazione del modello digitale del terreno.

AutoCAD Civil Design 3D		Software BIM per realizzazione di progetti di infrastrutture per il trasporto, sviluppo territoriale e risorse idriche
ARCGIS		Suite di prodotti software di ESRI per la creazione di un sistema GIS (Geographic Information System) completo.



PROGETTO DEFINITIVO

5. ANALISI GEOMORFOLOGICA

La base per un'analisi idrologica di dettaglio è rappresentata dalla definizione delle principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici di riferimento.

L'analisi geomorfologica, pertanto, precede la fase di analisi in quanto consente la delimitazione dei bacini idrografici sulla base di dati cartografici e topografici disponibili.

5.1. Digital Elevation Model

Per la definizione del modello digitale del terreno dei territori idrograficamente afferenti ai canali oggetto di studio sono stati utilizzati i dati ufficiali Li.D.A.R. messi a disposizione acquisizione dal *Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare* con una risoluzione orizzontale di 1x1 m e verticale centimetrica.

Questi dati sono restituiti con una tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser. La distanza dell'oggetto è determinata misurando il tempo trascorso fra l'emissione dell'impulso e la ricezione del segnale retrodiffuso. La sorgente di un sistema Li.D.A.R. è un laser, ovvero un fascio coerente di luce ad una ben precisa lunghezza d'onda, che viene inviato verso il sistema da osservare.

I principali vantaggi del rilievo Li.D.A.R. sono: elevata qualità metrica del rilievo, alta densità di campionamento, possibilità di trascurare la vegetazione. Ciò che si ottiene con un rilievo Lidar è un insieme di punti ad ognuno dei quali è associato un dato relativo alle coordinate geografiche (sistema WGS 84), alla quota calcolata sulla base della differenza di tempo intercorsa tra il segnale emesso e quello riflesso ed il valore dell'intensità di segnale riflessa.

Dalla nuvola di punti totali si ottiene un Modello Digitale di Superficie, mentre per elaborazioni successive, che comprendono sia un filtraggio automatico che manuale, si estraggono i soli punti che appartengono al suolo da cui si ottiene un Modello Digitale del Terreno come quello utilizzato in questa sede.

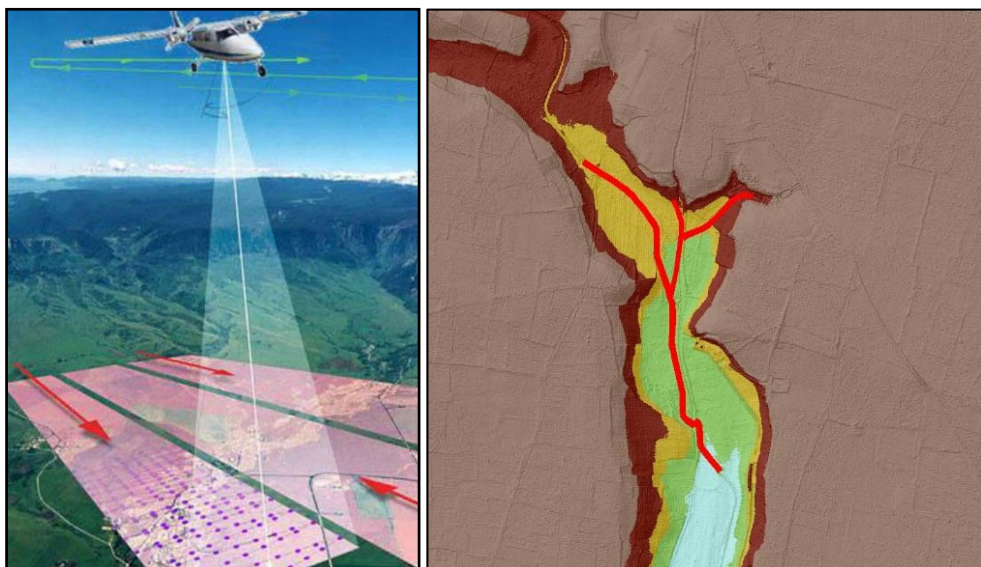


Figura 5 - DTM realizzato dalla copertura Li.D.A.R.



PROGETTO DEFINITIVO

5.2. Slope Model

Una volta disponibile il DEM, utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito è stato possibile ottenere un modello distribuito delle pendenze sul quale sono stati applicati successivamente gli algoritmi che hanno consentito di ottenere le informazioni idrauliche del territorio.

Concettualmente la pendenza identifica la massima variazione nel valore di quota di una cella del grigliato rispetto alle celle circostanti.

Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi.

In pratica l'algoritmo utilizzato esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerando le otto celle che contornano la cella in questione.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * x_cellsize)$$

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * y_cellsize)$$

5.3. Flow Accumulation

Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso.

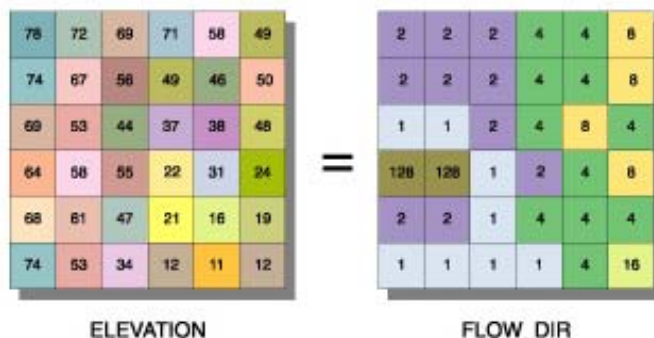
Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti.

Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.

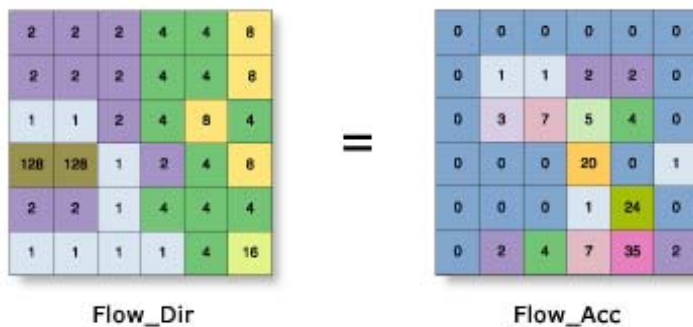
Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:





PROGETTO DEFINITIVO

Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Grazie alla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e definire in questo modo la linea di compluvio naturale.

Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un *bacino idrografico* oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteristici.

5.4. Perimetrazione dei bacini idrografici

Un Bacino Idrografico può essere considerato come una porzione di territorio capace di convogliare naturalmente e far defluire attraverso una sezione idraulica comunemente detta “sezione di chiusura” l’acqua precipitata sulla stessa.

La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale.

Grazie ai processi di analisi precedentemente esposti è stato possibile individuare il bacino idrografico gravante l’area di studio, le cui caratteristiche morfometriche sono riportate nella seguente tabella.

ID BACINO	area [km ²]	pendenza [%]	quota media [m]	lunghezza asta [km]
A	41.49	9.13	245.42	21.229
B	6.65	8.47	135.15	9.110
C	3.22	6.77	108.85	8.190
D	51.26	8.81	219.29	21.817

Tabella 1 - Caratteristiche morfometriche dei bacini oggetto di studio



PROGETTO DEFINITIVO

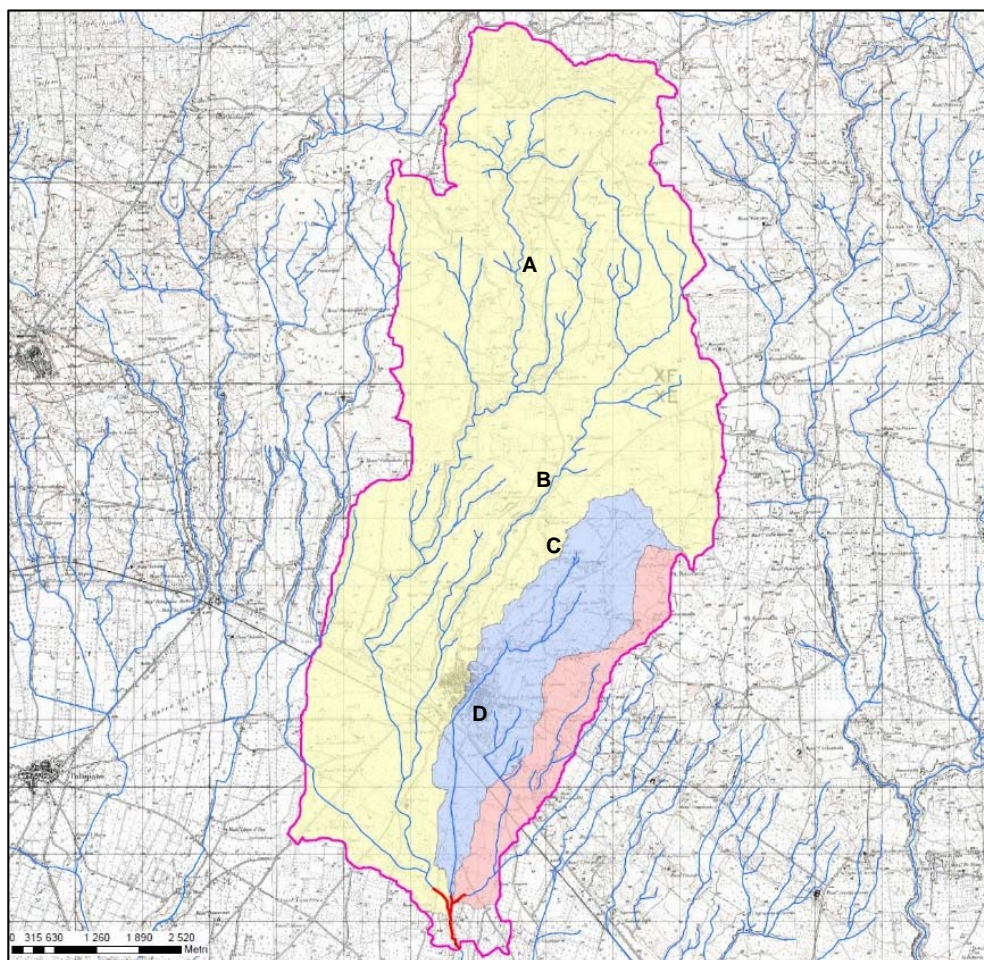


Figura 6 - Bacini idrografici afferenti all'area di studio



PROGETTO DEFINITIVO

6. ANALISI IDROLOGICA

6.1. Curve di Possibilità Climatica

Lo scopo dell'analisi idrologica è stata la valutazione delle portate di piena per prefissati tempi di ritorno (30,200 e 500 anni).

La valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale".

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al., 1987).

Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sotto-regioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

Il valore $P_{d,T}$ del massimo annuale di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una prefissata durata, viene espresso come prodotto tra il suo valore medio X_t ed una quantità K_T , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T , definito dal rapporto:

$$K_T = \frac{P_{d,T}}{X_T}$$

La curva di distribuzione di probabilità data dal precedente rapporto corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione.

Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata, al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T ed il fattore di crescita K_T , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata.

Con il terzo livello di regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio X_t dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$X_t = at^n$$

essendo "a" ed "n" i parametri caratteristici della curva di probabilità pluviometrica, variabili da sito a sito.



PROGETTO DEFINITIVO

In definitiva il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

$$\text{Zona 1: } X(t, z) = 28.66 t^{(0.000503 z + 0.720 / 3.178)}$$

$$\text{Zona 2: } X(t, z) = 22.23 t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3: } X(t, z) = 25.325 t^{(0.696 + 0.000531 z) / 3.178}$$

$$\text{Zona 4: } X(t, z) = 24.70 t^{0.256}$$

$$\text{Zona 5: } X(t, z) = 28.2 t^{(0.628 + 0.0002 z) / 3.178}$$

$$\text{Zona 6: } X(t, z) = 33.7 t^{(0.488 + 0.0022 z) / 3.178}$$

dove:

t = durata della precipitazione;

z = quota media del sito.



Figura 6 - VAPI Regione Puglia, zone omogenee al terzo livello

Noto il valore di X_t è possibile ricavare il valore della pioggia massima per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita K_t .

Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

$$K_T = a + b \ln T$$

Dove a e b sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Puglia centro-meridionale (zone 5 e 6) assumono i valori riportati nella (Tabella 2)



PROGETTO DEFINITIVO

Zona omogenea	a	b
Puglia centro-meridionale	0.1599	0.5166

Tabella 2 - Valori dei Parametri a e b

L'applicazione della metodologia Vapi all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Alla luce di quanto detto, l'area oggetto di intervento ricade, quindi nell'ambito delle aree pluviometriche omogenee individuate nel territorio regionale nella **zona 6**, pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$\text{Zona 6: } X(t, z) = 33.7 t^{(0.488 + 0.0022z) / 3.178}$$

Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino.

I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 30, 200, 500 anni sono riportati nella tabella sottostante.

TEMPO DI RITORNO	K_T
30 anni	1.92
200 anni	2.90
500 anni	3.37

Tabella 3 - Valore del fattore di crescita K_T

Si riportano nel seguito la rappresentazione grafica delle curve di possibilità pluviometrica e le loro equazioni in funzione del tempo di pioggia.

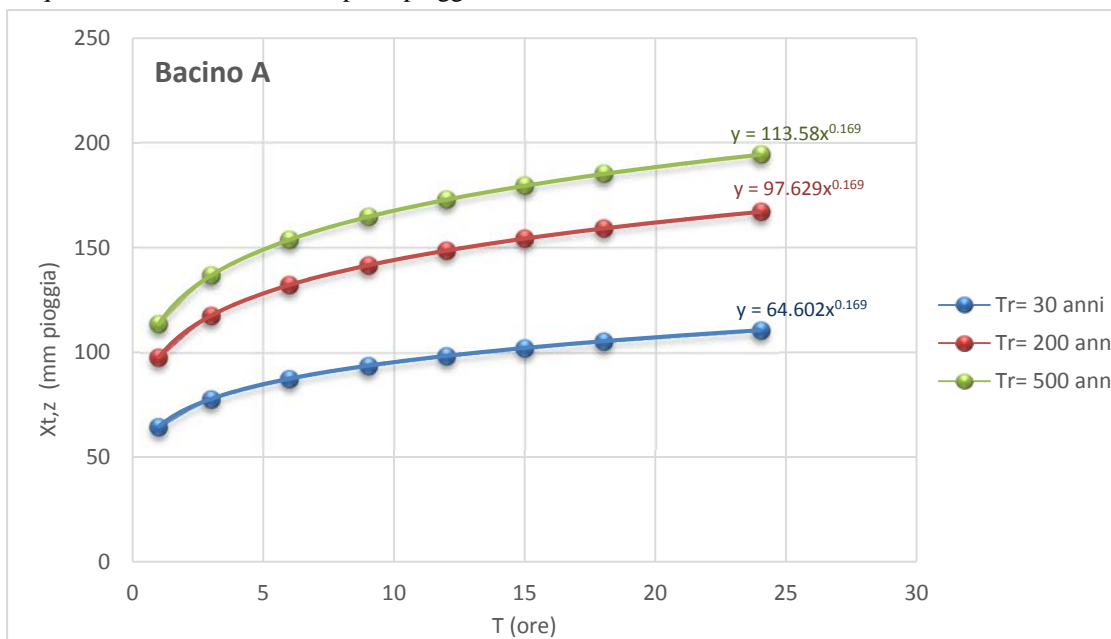


Grafico 1 - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 anni – Bacino A



PROGETTO DEFINITIVO

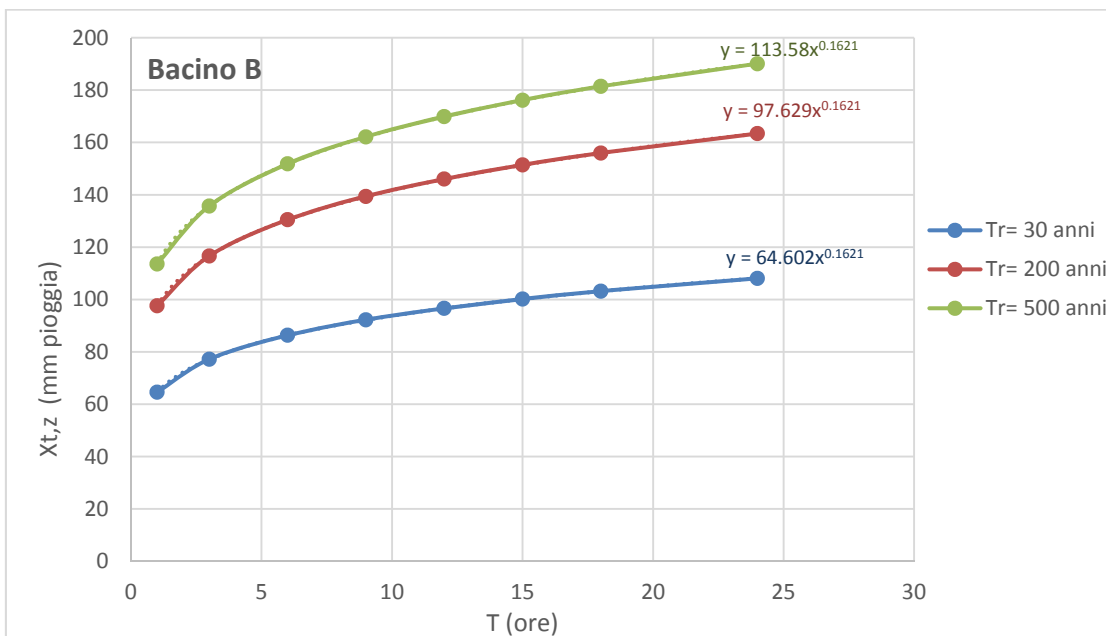


Grafico 2 - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 anni – Bacino B

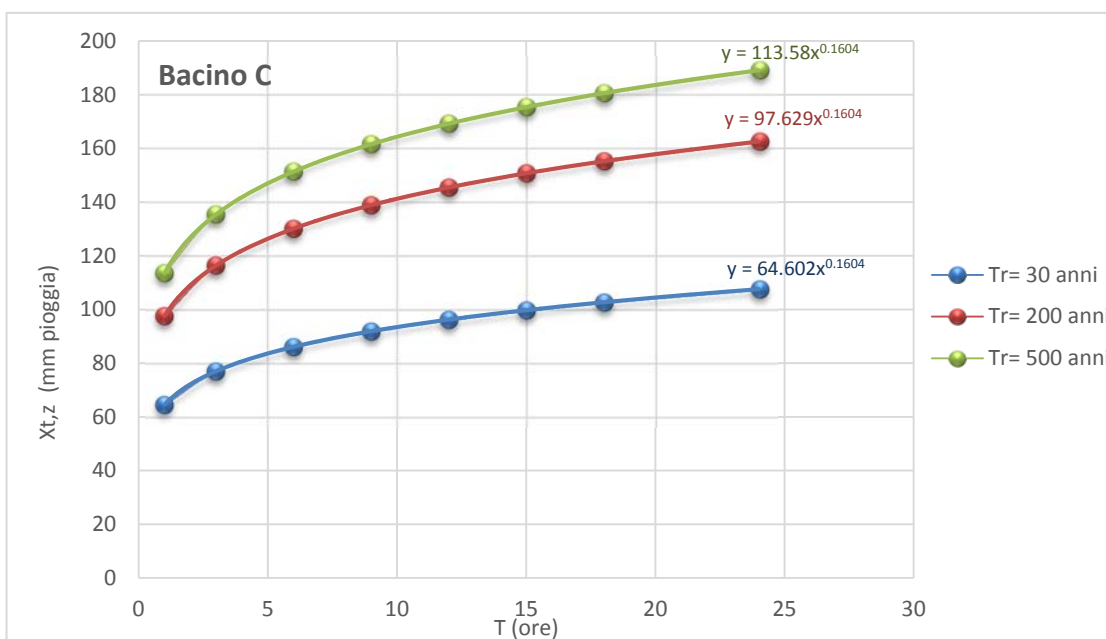


Grafico 3 - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 anni – Bacino C



PROGETTO DEFINITIVO

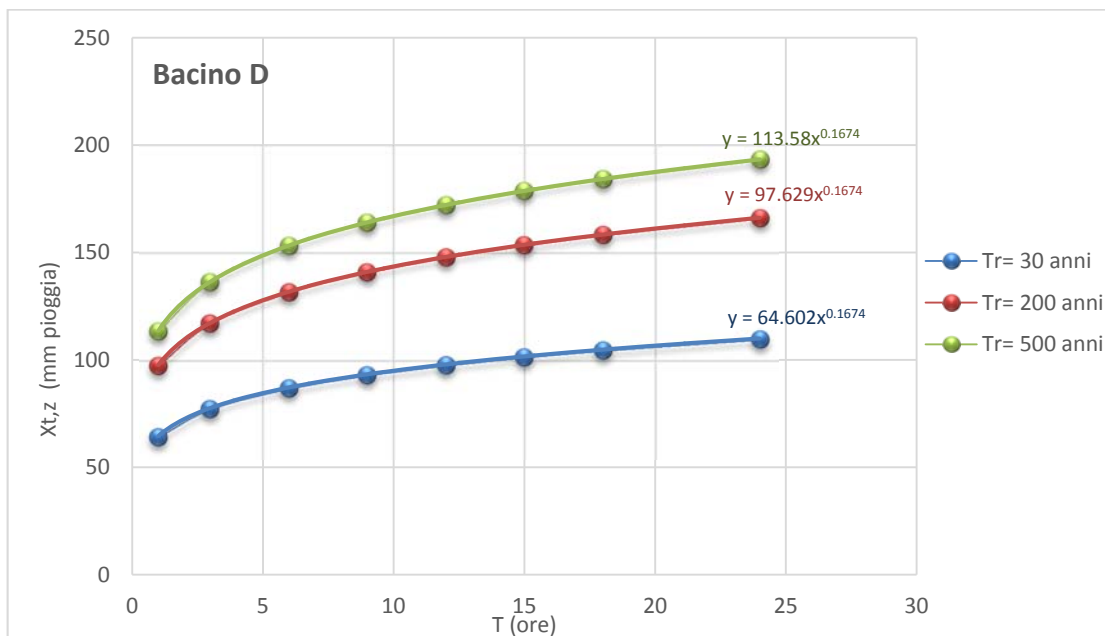


Grafico 4 - Curve di possibilità pluviometrica per Tr 30, 200 e 500 anni – Bacino D

6.2. Massimizzazione delle portate di piena col metodo SCS

Per la determinazione degli eventi di piena si applicano modelli idrologici afflussi–deflussi basati sulle caratteristiche del bacino in forma globale.

In particolare l'analisi degli eventi critici viene affrontata applicando il **Metodo SCS** (Ferro V., 2006).

Il metodo del Soil Conservation Service dà la possibilità sia della determinazione del volume della piena o della sua portata al colmo sia della completa ricostruzione dell'idrogramma di piena.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

in cui i termini sono espressi in millimetri e si è indicato con V il volume di deflusso, con P_n la precipitazione netta, con W l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo, e con S il valore massimo del suddetto invasivo.

La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale P le perdite iniziali dovute all'immagazzinamento superficiale, imputabile alla presenza sulla superficie del bacino di zone che, per la loro morfologia, consentono l'accumulo dei volumi idrici; all'intercettazione ad opera della copertura vegetale presente; ed all'infiltrazione prima della formazione del deflusso:

$$P_n = P - I_a$$

Tenendo conto che le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo mediante la seguente relazione:

$$I_a = 0.2S$$



PROGETTO DEFINITIVO

e che la precipitazione netta P_n si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

sostituendo il valore di W ricavato da quest'ultima nella prima relazione, tenendo conto dell'espressione della pioggia netta e del valore delle perdite iniziali, si perviene alla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

L'applicazione di tale relazione presuppone, oltre alla conoscenza della precipitazione totale P , la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (suolo perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso).

La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

in cui figura in parametro CN , denominato *Curve Number*, che assume valori compresi tra 100 e 0.

Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a formare deflusso ed è stato stimato, per i bacini considerati, sulla base dei valori riportati, in relazione alle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale presente nel bacino.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrologiche dei suoli, l' SCS ha effettuato una distinzione in quattro classi:

- ☐ CLASSE A: permeabilità alta (capacità di infiltrazione molto elevata, scarsa potenzialità di deflusso).
- ☐ CLASSE B: permeabilità media (elevata capacità di infiltrazione, moderata potenzialità di deflusso).
- ☐ CLASSE C: permeabilità bassa (scarsa capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso moderatamente alta).
- ☐ CLASSE D: permeabilità nulla (scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso molto elevata; pressoché impermeabili).

Il metodo tiene conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento (Antecedent Moisture Conditions, AMC) e a tal fine va precisato che i valori di CN riportati in tabella 5 si riferiscono a condizioni medie del parametro AMC denominato per questo AMCII.



PROGETTO DEFINITIVO

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 4 - Valori del coefficiente CN per la condizione AMC II

La stima del CN presuppone, inizialmente, la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente all'interno del bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica.

A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito l'appropriato CN sulla base di quelli riportati nella tabella 4; il valore di CN dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per la singole aree omogenee.



PROGETTO DEFINITIVO

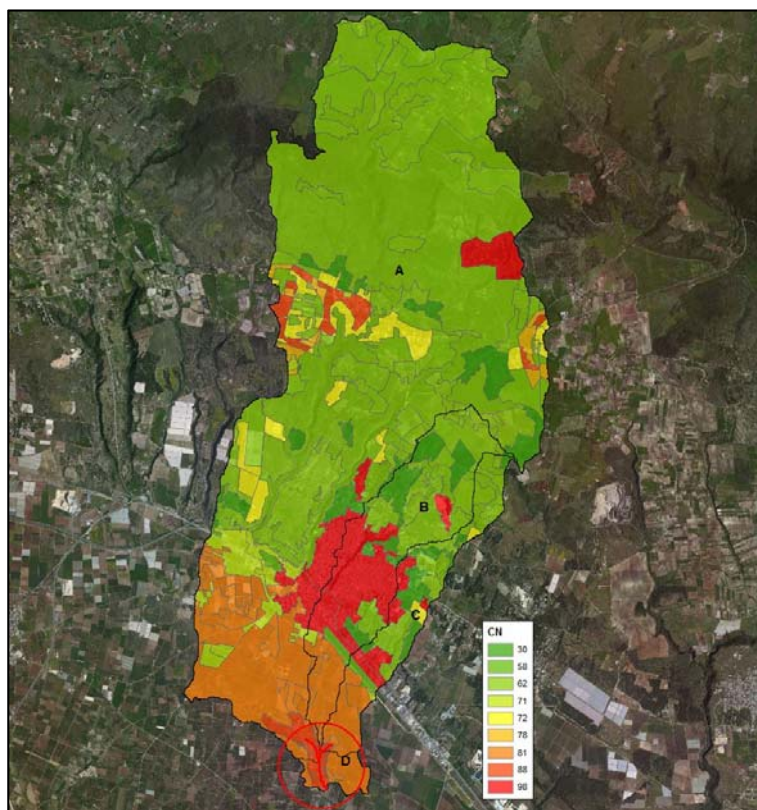


Figura 7 - Mappatura delle aree con CN omogeneo

L'individuazione, delle aree omogenee per destinazione d'uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell'area oggetto di studio.

Il Curve Number è un parametro adimensionale che oltre a dipendere dall'uso del suolo e dalla litologia affiorante, dipende anche dal grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm).

La portata al colmo di piena corrisponde alla **massima portata** generata da una precipitazione di durata critica tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.



PROGETTO DEFINITIVO

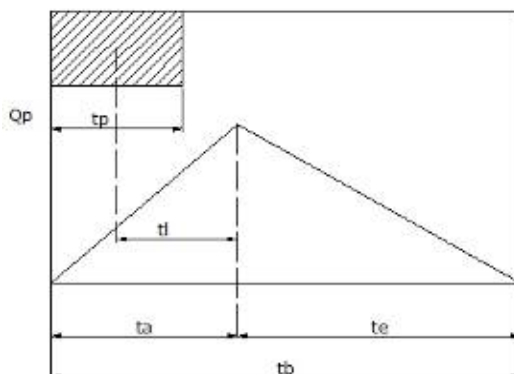


Grafico 5 - Idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo Q_p [m^3/s] con il metodo SCS, si è considerato un idrogramma approssimato di forma triangolare (Mockus), che ha una fase crescente di durata t_a ed una fase di esaurimento di durata t_e e il cui volume, espresso in m^3 , ha la seguente espressione:

$$Vol = \frac{Q_p}{2}(t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2} \quad (*)$$

avendo indicato con t_b la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma di piena defluisce un volume idrico pari al 35.7% del volume totale V di deflusso, è possibile stabilire la relazione che lega t_a a t_b dalla seguente:

$$0.375 \frac{Q_p}{2}(t_b) = \frac{Q_p}{2}(t_a)$$

e cioè:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Sostituendo quest'ultima nella espressione che lega il volume a t_b (*), esprimendo il volume di deflusso V (porzione di precipitazione netta che defluisce dalla sezione di controllo) in millimetri, l'area del bacino in chilometri quadrati e il tempo t_a in ore; si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a} \quad [m^3 / s]$$

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello istogramma e il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0.5 t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la **formula di Mockus**:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$



PROGETTO DEFINITIVO

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L è la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla dislivellazione espressa in km e CN è il "curve number" medio del bacino (Ferro V., 2006).

Poiché la precipitazione critica per il bacino è quella avente una durata pari al tempo di corrivazione (t_c), la durata dell'evento meteorico di riferimento t_p viene imposta pari a t_c :

$$t_p = t_c$$

Il tempo di corrivazione è correlato al tempo di ritardo attraverso la seguente relazione:

$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6$$

L'applicazione della procedura precedentemente esposta ai bacini individuati ha condotto alla determinazione delle portate al colmo per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, di seguito riportati.

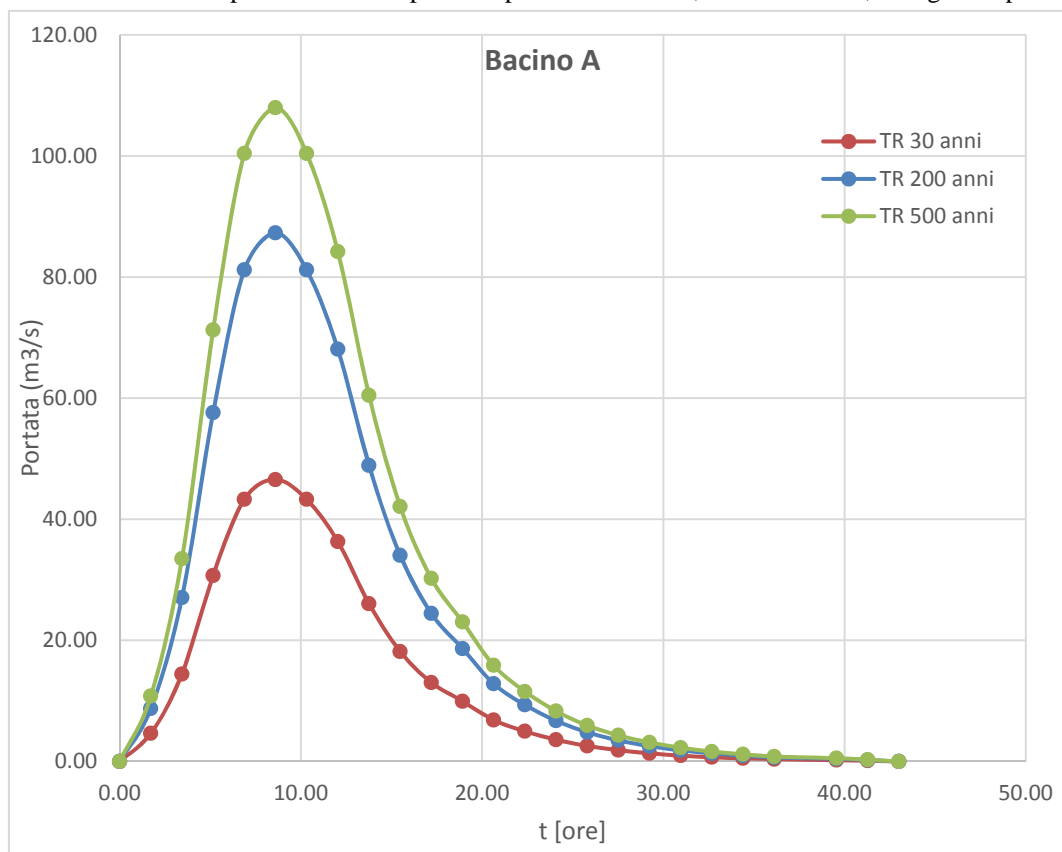


Grafico 6 - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30, TR200 e TR500 – Bacino A



PROGETTO DEFINITIVO

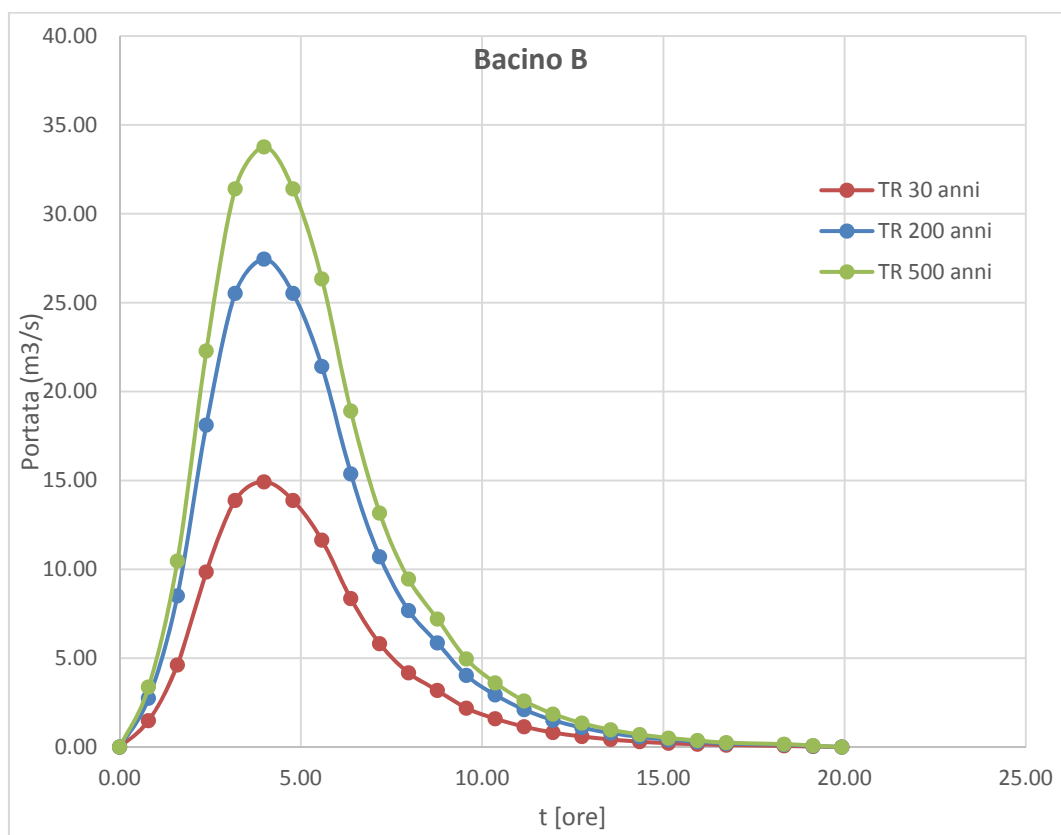


Grafico 7 - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino B



PROGETTO DEFINITIVO

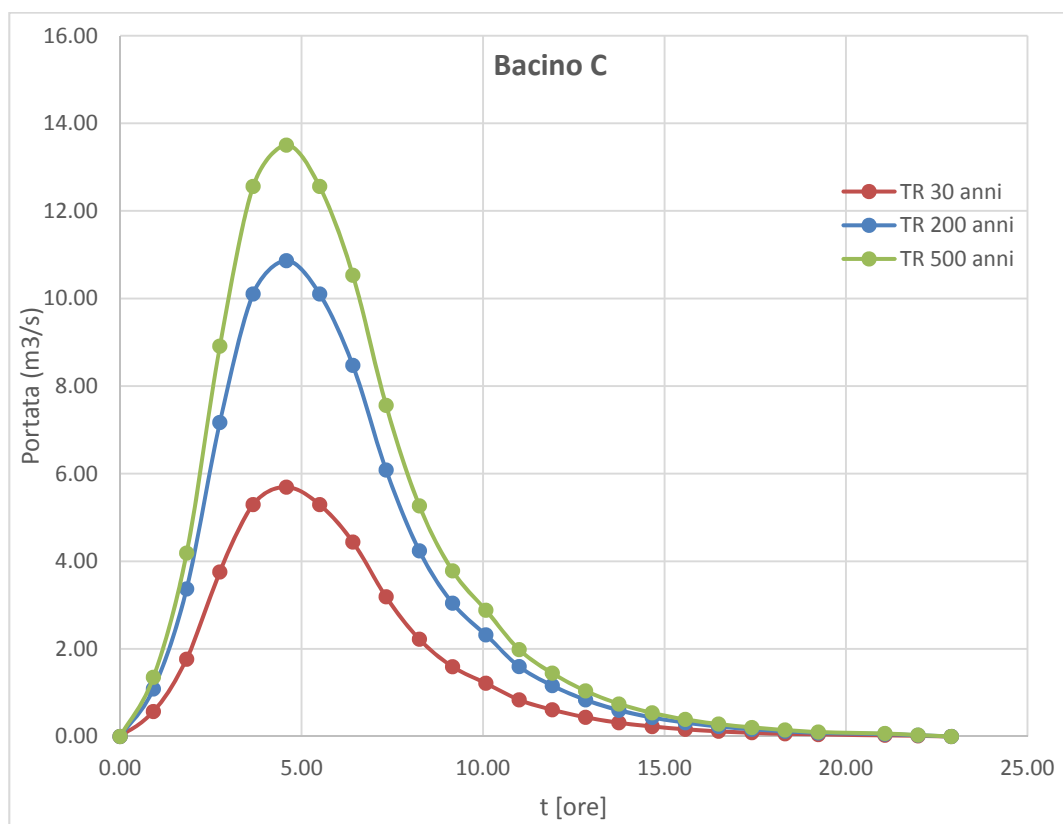


Grafico 8 - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino C



PROGETTO DEFINITIVO

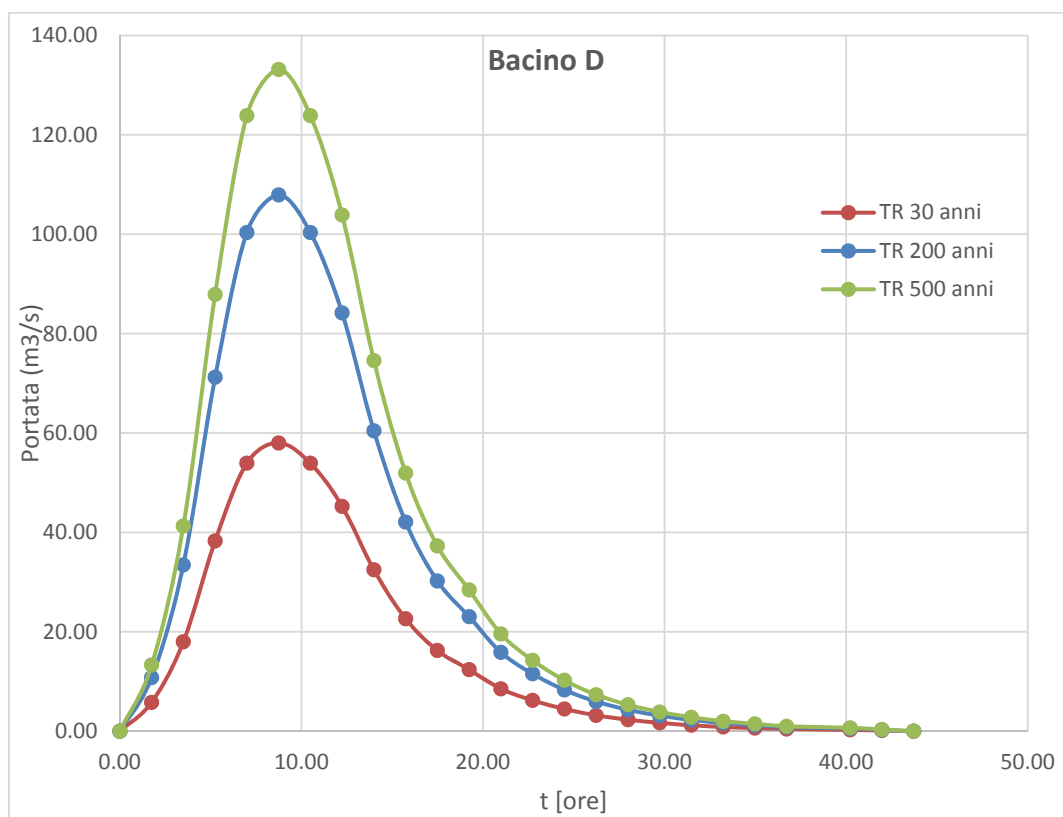


Grafico 9 - Idrogramma di Mockus nei tre tempi di ritorno TR30,TR200 e TR500 – Bacino D

ID BACINO	TR = 30		TR = 200		TR = 500	
	Q [m³/s]	V [mm³]	Q [m³/s]	V [mm³]	Q [m³/s]	V [mm³]
A	46.54	46.38	87.29	86.98	107.97	107.59
B	14.92	43	27.45	79.10	33.76	97.30
C	5.69	38.93	10.86	74.29	13.50	92.35
D	57.99	47.56	107.92	88.50	133.18	109.22

Tabella 5 - Riepilogo portate e volumi di deflusso



PROGETTO DEFINITIVO

7. ANALISI IDRAULICA

7.1. Simulazione idraulica bidimensionale ante operam

La verifica idraulica dei canali ante operam è stata condotta utilizzando il software **InfoWorks ICM 3.5** specializzato nella modellazione **mono e bi-dimensionale** di sistemi idraulici complessi costituiti da reti idrauliche e corsi d'acqua naturali.

La peculiarità di questo software è quella di eseguire simulazioni integrate 1D-2D molto stabili sia per reti intubate che per alvei naturali a cielo aperto, dando la possibilità di inserire manufatti ed elementi lineari o puntuali di diverso tipo.

Definita l'estensione "dominio di calcolo" (Zona 2D) all'interno di esso viene generata una "magliatura", cioè un insieme di maglie accoppiate, di forma triangolare, che costituiscono l'unità del calcolo bidimensionale. Le maglie vengono create attraverso un apposito comando in maniera automatica e tengono conto di tutti gli elementi che influenzano il moto bidimensionale all'interno del dominio. Per effettuare il processo di magliatura è stato utilizzato il DTM ottenuto dal rilievo Li.D.A.R. nel suo formato originale (ASCII).

Una volta creato il dominio 2D, le impostazioni relative alle maglie vengono definite nella pagina di proprietà del poligono. Tra le principali variabili vi sono:

- Massima Area Triangolo (Maximum Triangle Area): questo valore molto importante definisce la dimensione massima che può assumere ogni singola maglia triangolare durante il processo automatico di magliatura, quindi più il valore è piccolo e più dettagliata sarà la griglia di calcolo. *La maglia utilizzata varia tra una superficie massima di 10 m^2 e una minima di 1 m^2 .*
- Condizioni al contorno (Boundary Type): questa proprietà definisce il comportamento che l'acqua deve assumere qualora arrivasse a lambire il confine del poligono durante la simulazione. Nel presente studio è stata utilizzata l'impostazione: "Normal condition" ovvero si assume che la pendenza del terreno bilanci le forze d'attrito (flusso normale o uniforme); l'altezza e la velocità vengono mantenute costanti quando l'acqua raggiunge il confine, in modo che l'acqua possa fluire al di fuori del poligono senza perdite di carico.
- Scabrezza Manning (Roughness): la scabrezza viene attribuita a tutti i triangoli creati durante il processo di magliatura. È possibile indicare localmente altri valori di scabrezza, il valore generale indicato in questo campo verrà utilizzato dove non specificato diversamente. *Nel caso in esame il coefficiente di scabrezza "n" è stato posto uguale a 0,033*

Il modello usato per la rappresentazione matematica del flusso, sia mono che bi-dimensionale è basato sull'equazione dell'acqua superficiale, relativa cioè all'altezza media che si ricava dalle equazioni di Navier – Stokes:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} \\ = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}(hv^2 + gh^2/2) \\ = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D} \end{aligned}$$



PROGETTO DEFINITIVO

Dove:

- ✓ h è l'altezza dell'acqua;
- ✓ u e v sono rispettivamente le velocità nelle direzioni x e y ;
- ✓ $S_{0,x}$ e $S_{0,y}$ sono rispettivamente le pendenze dell'alveo nelle direzioni x e y ;
- ✓ $S_{f,x}$ e $S_{f,y}$ sono rispettivamente gli attriti nelle direzioni x e y ;
- ✓ q_{1D} è la portata per unità di area;
- ✓ u_{1D} e v_{1D} sono rispettivamente le componenti di velocità della portata q_{1D} nelle direzioni x e y .

Questa formulazione conservativa dell'equazione dell'acqua superficiale è discretizzata utilizzando un sistema di primo ordine esplicito del volume finito. La tecnica di frazionamento del flusso assicura la proprietà del buon equilibrio bilanciando la pendenza con la pressione, termini a riposo. Per gestire la distinzione tra celle bagnate ed asciutte, viene utilizzata una soglia detta h_0 . Durante il calcolo, le celle a cui è associato un tirante idrico inferiore alla soglia sono considerate asciutte, dunque sia il tirante che la velocità vengono posti a zero. Il valore di default per questa profondità di soglia è 1 mm.

7.2. Dimensionamento e verifica monodimensionale post operam

Il dimensionamento e la verifica dei canali e dei manufatti di attraversamento è stata condotta utilizzando il software di modellazione idraulica monodimensionale HEC-RAS, River Analysis System (versione 4.1.0), sviluppato da *U.S. Army Corps of Engineers*, Hydrologic Engineering Center, in California, USA.

Il modello adottato fornisce come risultato l'altezza del pelo libero, calcolata sotto l'ipotesi di moto permanente.

In primo luogo sono state fornite le informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in un'apposita sezione (geometric data), all'interno della quale vengono definiti i rami della rete (reach), la geometria delle sezioni (cross section geometry), la distanza fra le sezioni (reach length) e il coefficiente di scabrezza, rappresentativo delle perdite di carico, secondo la formulazione di Manning.



PROGETTO DEFINITIVO

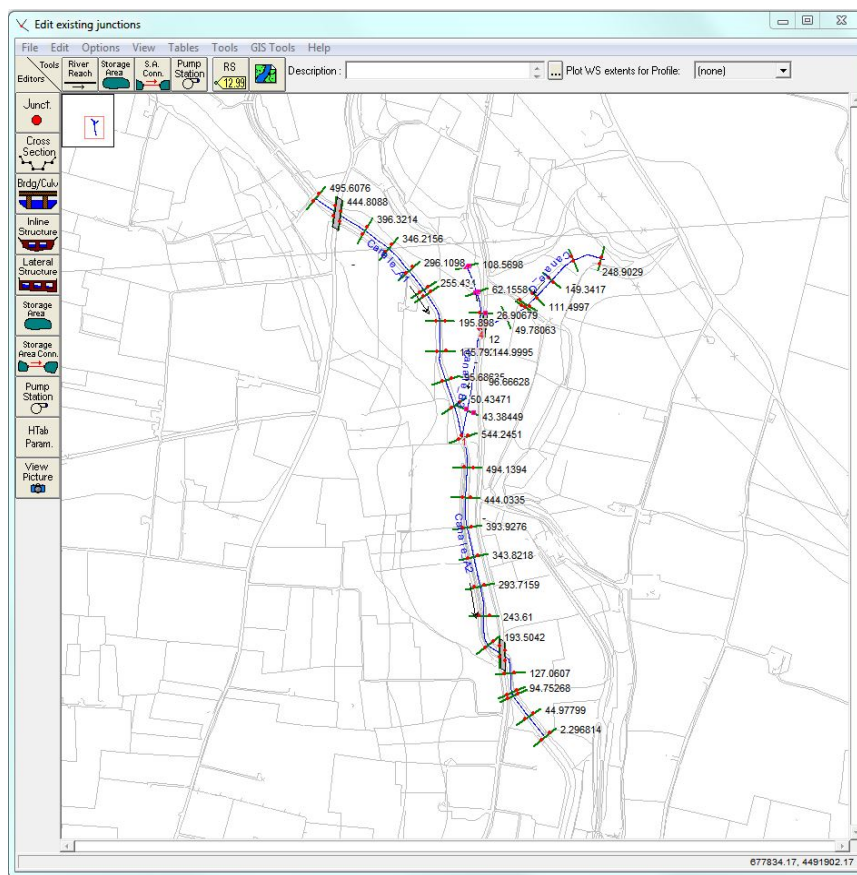


Figura 8 - Schema planimetrico del corso d'acqua

Successivamente sono state impostate, in apposita sezione, le condizioni di moto (steady flow data), definendo la portata di riferimento per i diversi tempi di ritorno e le condizioni al contorno (boundary conditions).

A questo punto il codice di calcolo ha eseguito i calcoli idraulici nella sezione denominata steady flow analysis.



PROGETTO DEFINITIVO

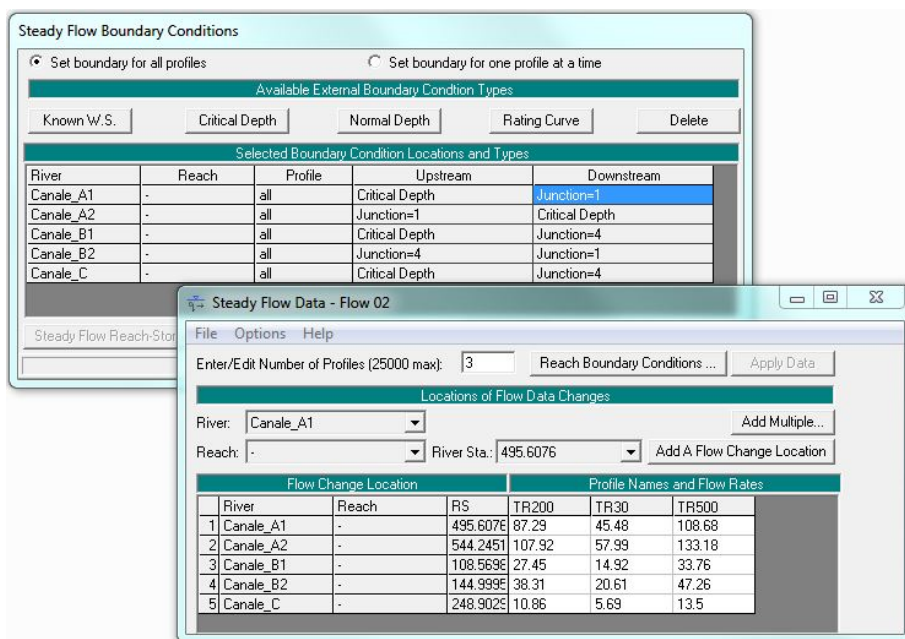


Figura 9 - boundary conditions e steady flow data

I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti attraverso tabelle riepilogative (cross-section table e profile table) e grafici delle sezioni geometriche (plot cross-section) e del profilo longitudinale (plot profile) e, infine, tramite una visione prospettica tridimensionale del sistema fluviale (x, y, z perspective plot).

L'ipotesi alla base delle formulazioni per la determinazione del profilo idraulico è che il moto dell'acqua nel canale si considera uniforme. Questo significa che tutte le grandezze caratterizzanti la corrente (altezza idrica, velocità media nella sezione, portata, ecc.) risultano costanti nel tempo e nello spazio.

Sotto questa ipotesi, la pendenza media disponibile i_m , definita come il rapporto fra la differenza di quota e la distanza fra la sezione di monte e quella di valle, è esattamente pari alla pendenza piezometrica J , che rappresenta le dissipazioni energetiche per unità di lunghezza. La relazione $i_m = J$ costituisce l'equazione fondamentale del moto uniforme.

La determinazione del profilo teorico in moto permanente è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto Standard Step Method, basato appunto sull'equazione monodimensionale del contenuto energetico della corrente.

Le equazioni utilizzate dal software sono quelle di continuità, di conservazione della quantità di moto e l'equazione costitutiva di Navier-Stokes, mentre per la descrizione delle perdite energetiche è fatto riferimento al coefficiente di Manning.

Nelle prove la condizione imposta è stata l'altezza critica (tirante idrico iniziale nella sezione in corrispondenza della velocità critica), calcolata automaticamente dal software mediante l'equazione di moto uniforme, noto l'andamento delle pendenze lungo il tratto e la portata che vi fluisce.

Vengono riportati nel seguito i risultati ottenuti dall'analisi svolta in corrispondenza dei tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.



PROGETTO DEFINITIVO

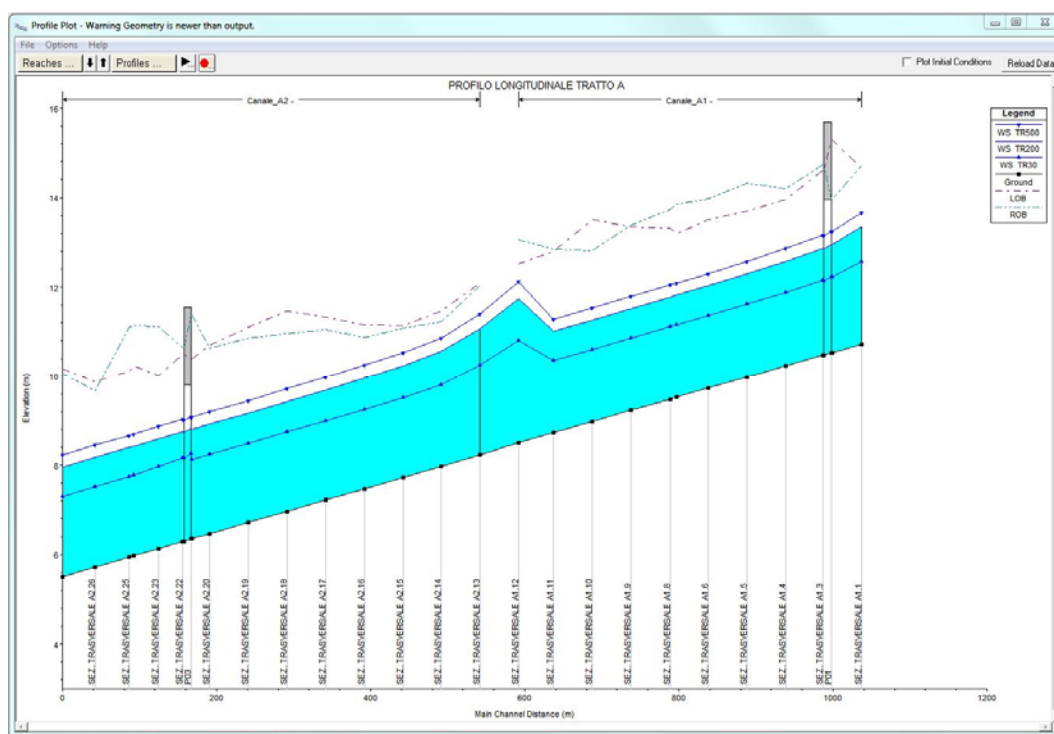


Figura 10 – Profilo longitudinale

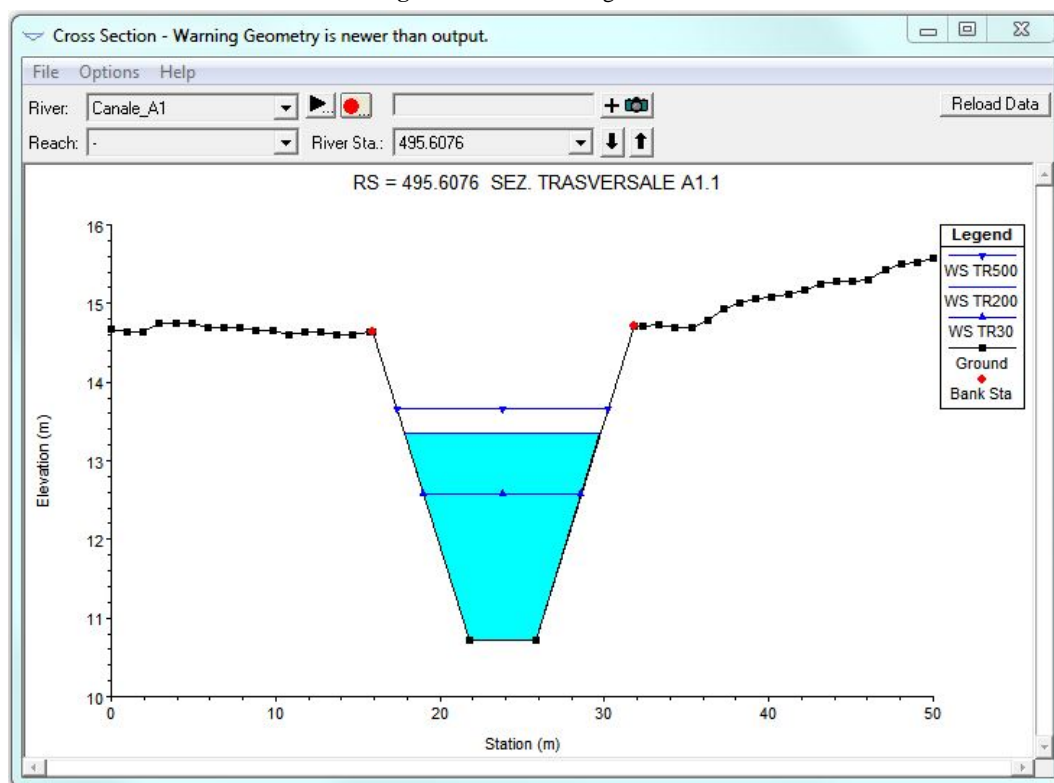


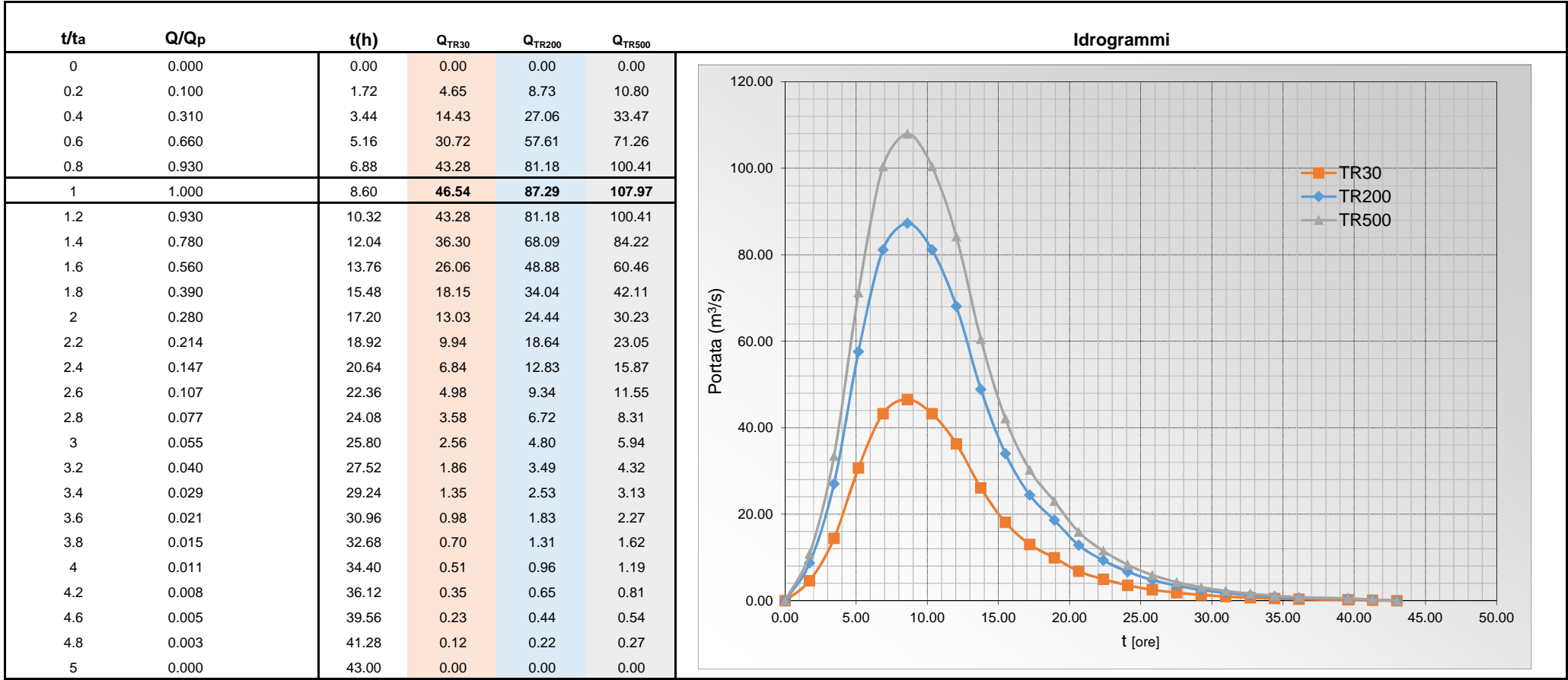
Figura 11 – Cross Section e tirante idrico

ALLEGATO 1

***Idrogrammi di piena per TR 30, 200 e 500
anni***

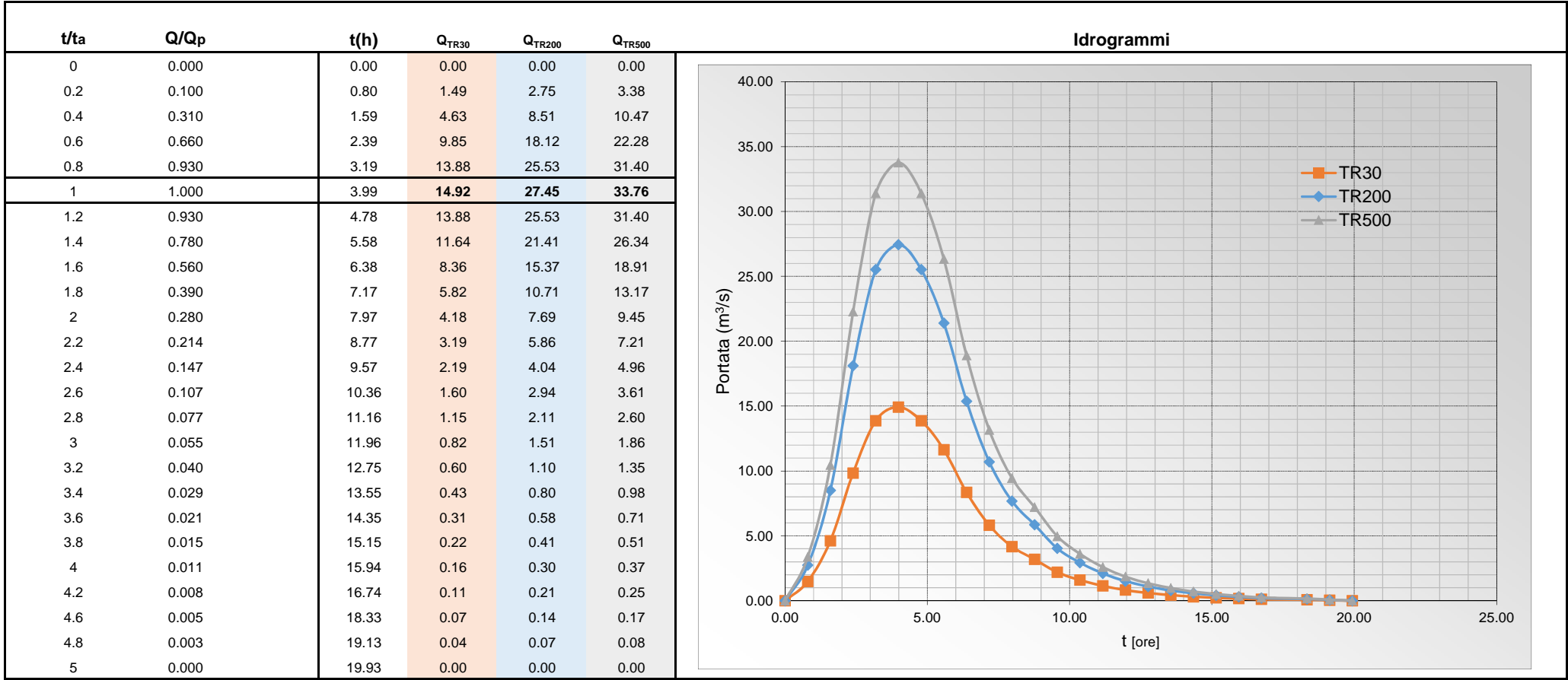
BACINO A																
PARAMETRI MORFOMETRICI																
VERSANTE															ASTA PRINCIPALE	
Superficie		Quote				Pendenze				SCS				ϕ	Lunghezza	Pendenza media
		min	max	range	media	min	max	range	media						km	m/m
mq	kmq	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m	m.s.l.m.	%	%	%	%	CN _{II}	CN _{III}	S _{II}	S _{III}			
43324499.000	41.49	10.00	457.00	447.00	245.42	0.00	180.63	180.63	9.13	65.68	81.47	132.72	57.75	0.29	21.229	

	a	n	T _L	T _C	T _A	h(t _c)	V	Qp
TR30	64.602	0.169	4.69	7.82	8.60	91.45	46.38	46.54
TR200	97.629	0.169				138.20	86.98	87.29
TR500	113.58	0.169				160.78	107.59	107.97



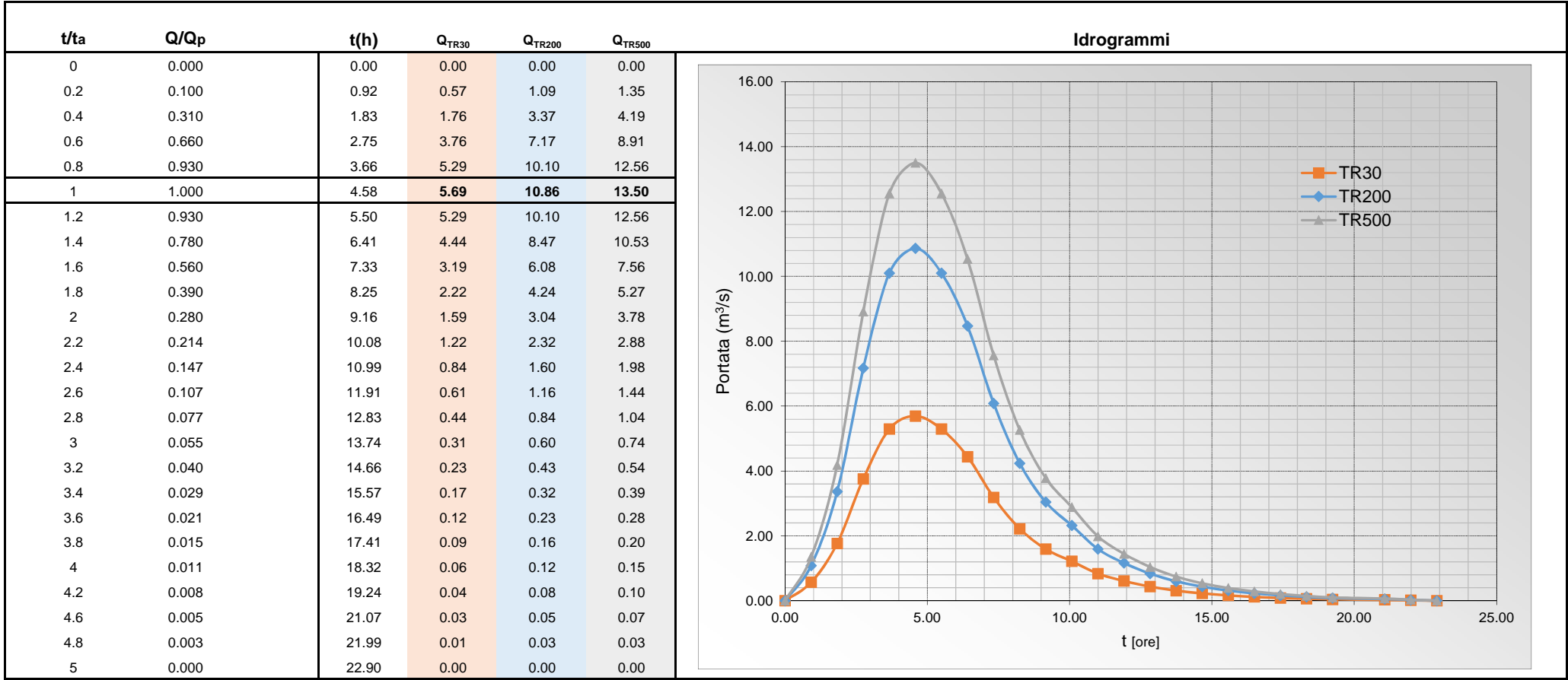
BACINO B																
PARAMETRI MORFOMETRICI																
VERSANTE															ASTA PRINCIPALE	
Superficie		Quote				Pendenze				SCS				ϕ	Lunghezza	Pendenza
		min	max	range	media	min	max	range	media						km	m/m
mq	kmq	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m	m.s.l.m.	%	%	%	%	CN _{II}	CN _{III}	S _{II}	S _{III}			
6788610.000	6.65	12.00	289.00	277.00	135.15	0.00	215.61	215.61	8.47	70.56	84.89	105.98	45.20	0.29	9.110	

	a	n	T _L	T _C	T _A	h(t _c)	V	Qp
TR30	64.602	0.1621	2.17	3.62	3.99	79.59	43.00	14.92
TR200	97.629	0.1621				120.29	79.10	27.45
TR500	113.58	0.1621				139.94	97.30	33.76



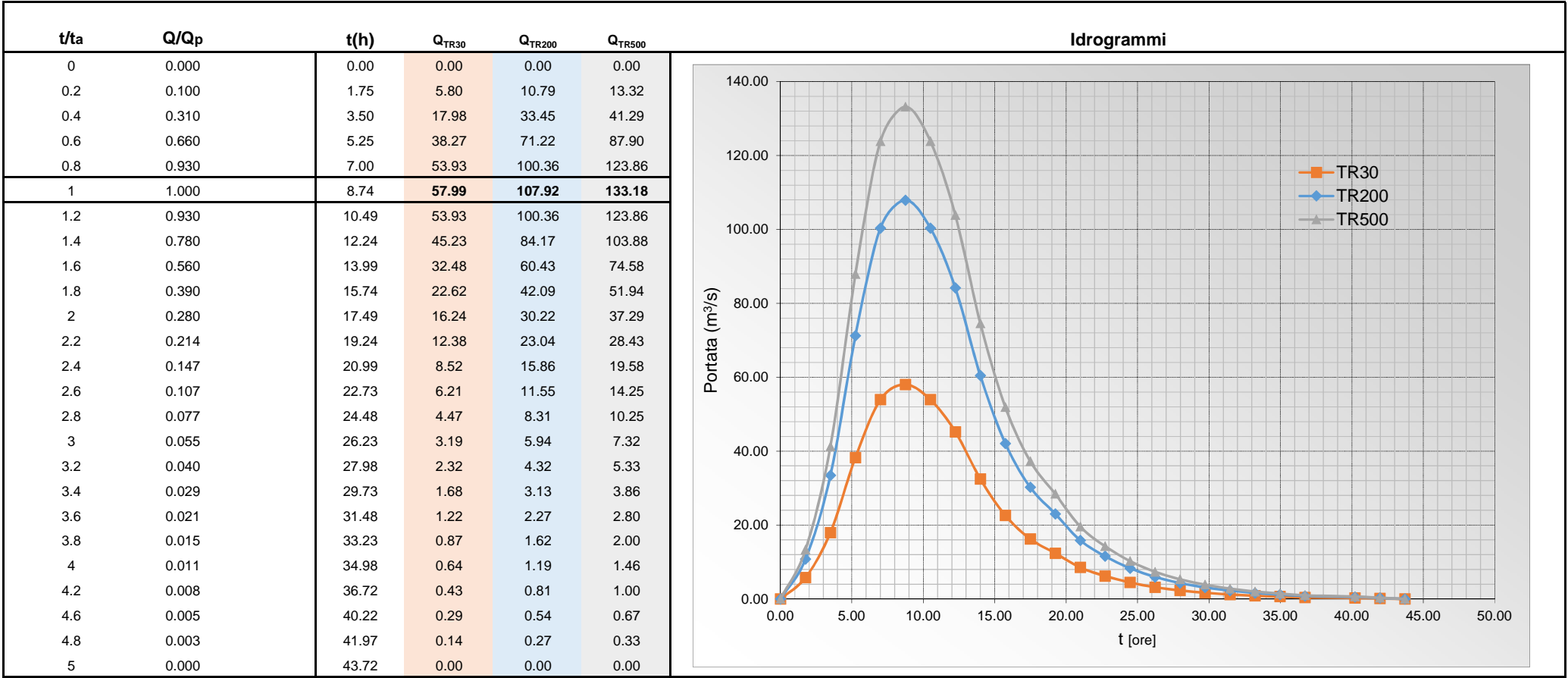
BACINO C																
PARAMETRI MORFOMETRICI																
VERSANTE															ASTA PRINCIPALE	
Superficie		Quote				Pendenze				SCS				ϕ	Lunghezza	Pendenza
		min	max	range	media	min	max	range	media						km	m/m
mq	kmq	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m	m.s.l.m.	%	%	%	%	CN _{II}	CN _{III}	S _{II}	S _{III}			
3634753.000	3.22	13.00	291.00	278.00	108.85	0.00	134.79	134.79	6.77	66.35	81.95	128.82	55.93	0.29	8.190	

	a	n	T _L	T _C	T _A	h(t _c)	V	Qp
TR30	64.602	0.1604	2.50	4.16	4.58	81.21	38.93	5.69
TR200	97.629	0.1604				122.73	74.29	10.86
TR500	113.58	0.1604				142.78	92.35	13.50



BACINO D																
PARAMETRI MORFOMETRICI																
VERSANTE															ASTA PRINCIPALE	
Superficie		Quote				Pendenze				SCS				ϕ	Lunghezza	Pendenza media
		min	max	range	media	min	max	range	media						km	m/m
mq	kmq	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m	m.s.l.m.	%	%	%	%	CN _{II}	CN _{III}	S _{II}	S _{III}			
53420469.000	51.26	8.00	457.00	449.00	219.29	0.00	215.61	215.61	8.81	66.56	82.11	127.59	55.36	0.29	21.817	

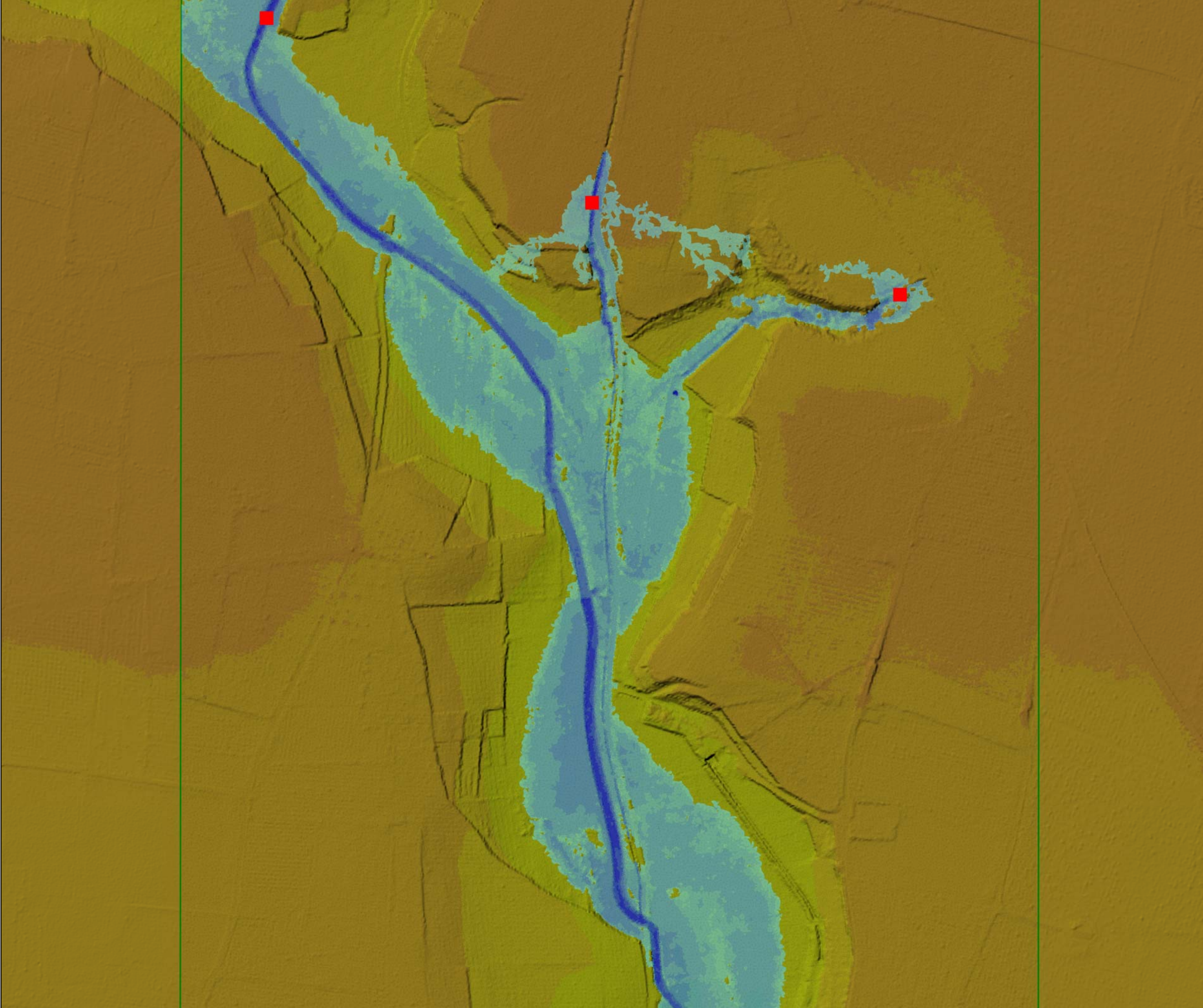
	a	n	T _L	T _C	T _A	h(t _c)	V	Qp
TR30	64.602	0.1674	4.77	7.95	8.74	91.40	47.56	57.99
TR200	97.629	0.1674				138.13	88.50	107.92
TR500	113.58	0.1674				160.70	109.22	133.18



ALLEGATO 2

***Simulazione bi-dimensionale Ante Operam
in INFOWORKS***

ANTE OPERAM Flood Plain TR 30



Zona 2D [1]

depth2d : 2DTriangle.sim.depth2d (m)

Riempì Visibilità/Riempì Colore

< 0.001

>= 0.001

>= 0.01

>= 0.1

>= 0.2

>= 0.5

>= 1

>= 1.5

>= 2

Punto Sorgente 2D [3]

Modello Terreno [1]

colour : Ground Model - Filled (m AD)

Riempì Colore

>= 0

>= 5

>= 10

>= 15

>= 20

>= 25

>= 30

>= 35

>= 40

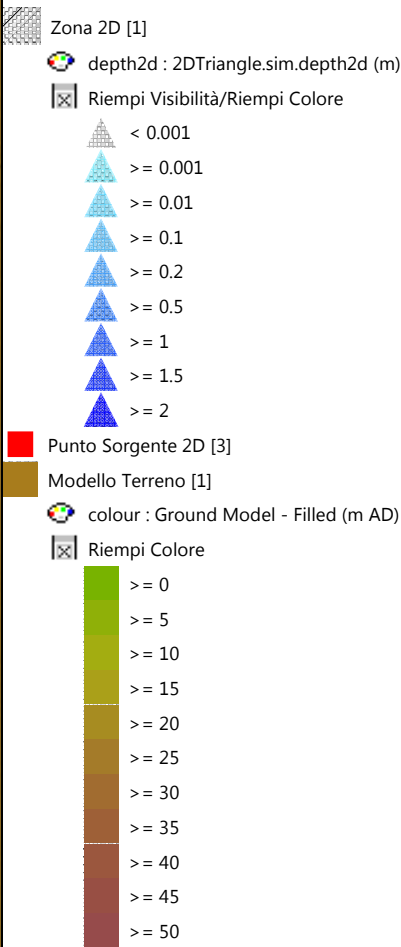
>= 45

>= 50

Scale 1:4000



ANTE OPERAM
Flood Plain TR 200

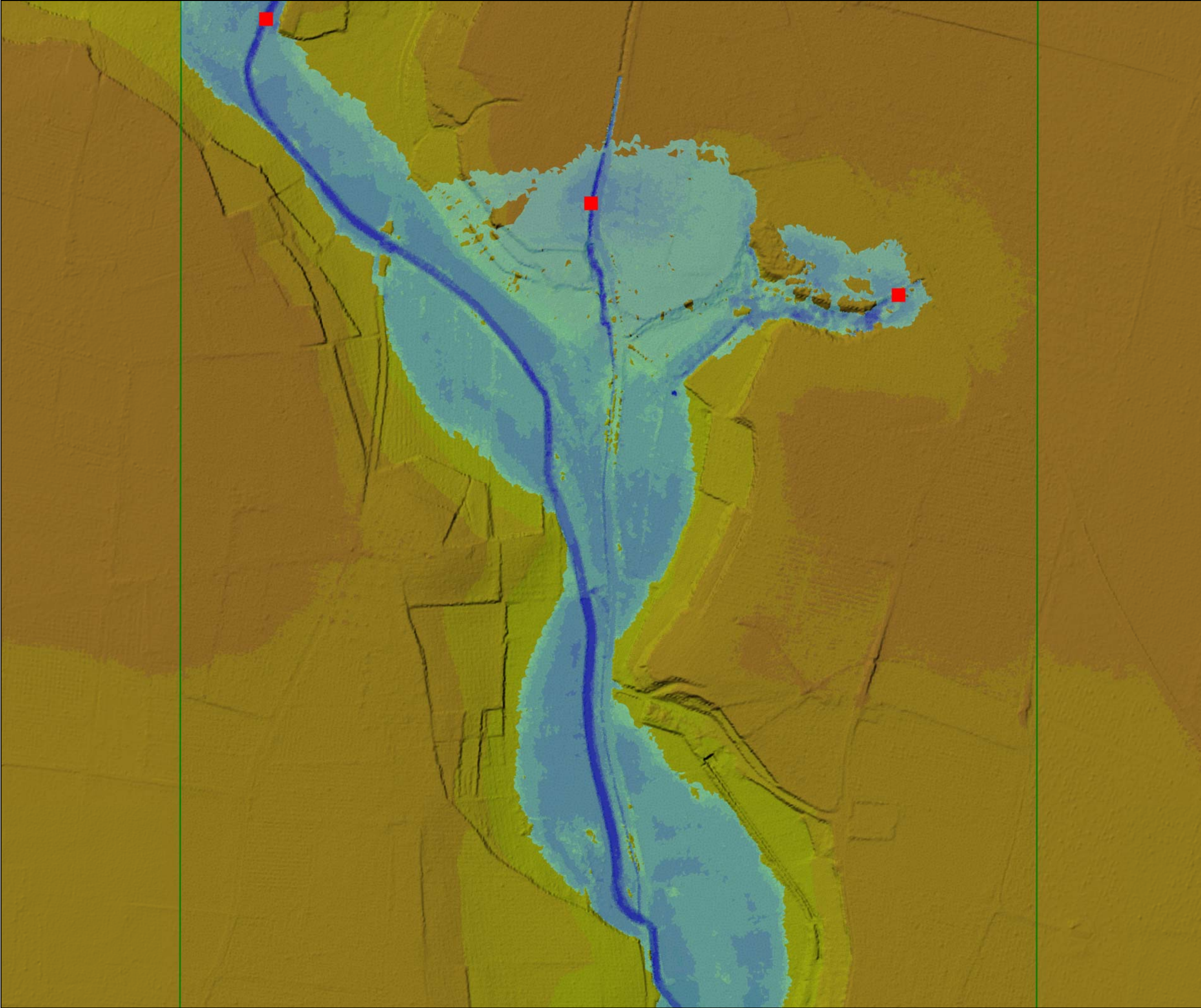


Scale 1:4000

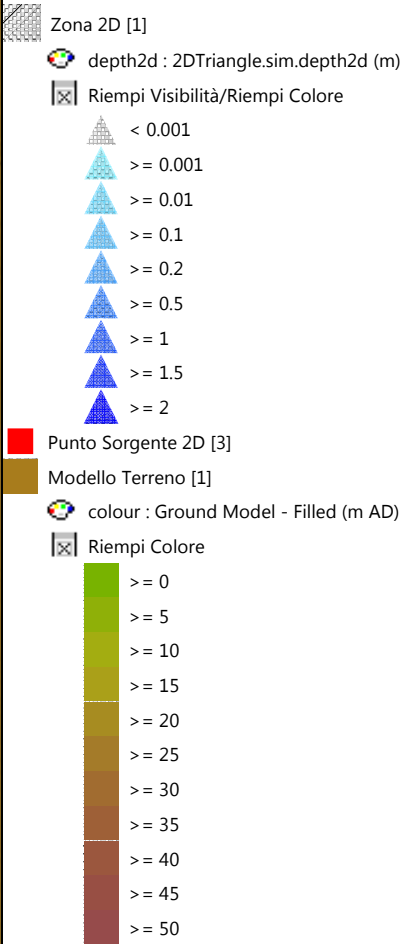


Powered by

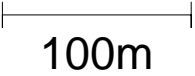
InfoWorks®



ANTE OPERAM
Flood Plain TR 500



Scale 1:4000



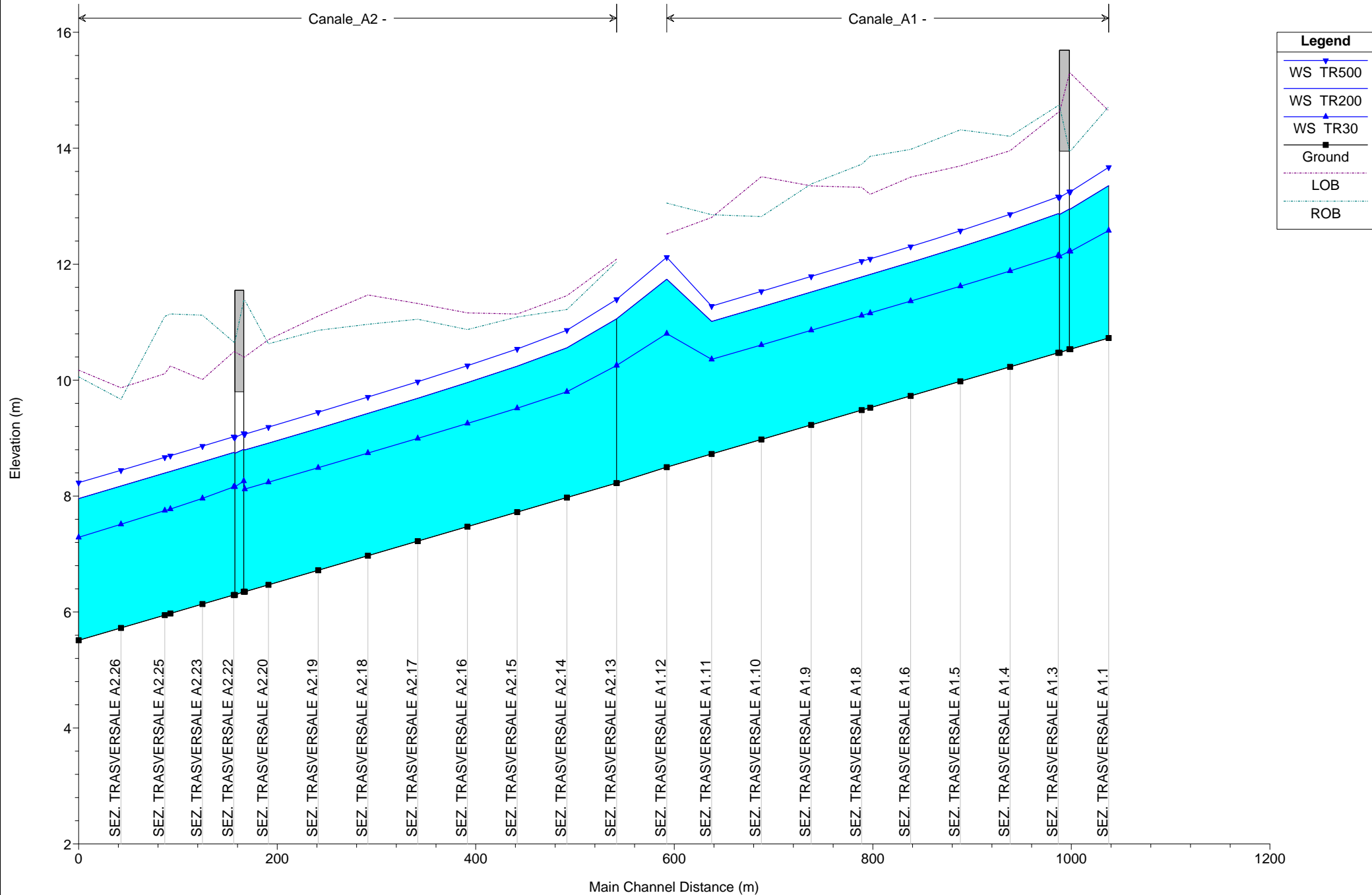
Powered by



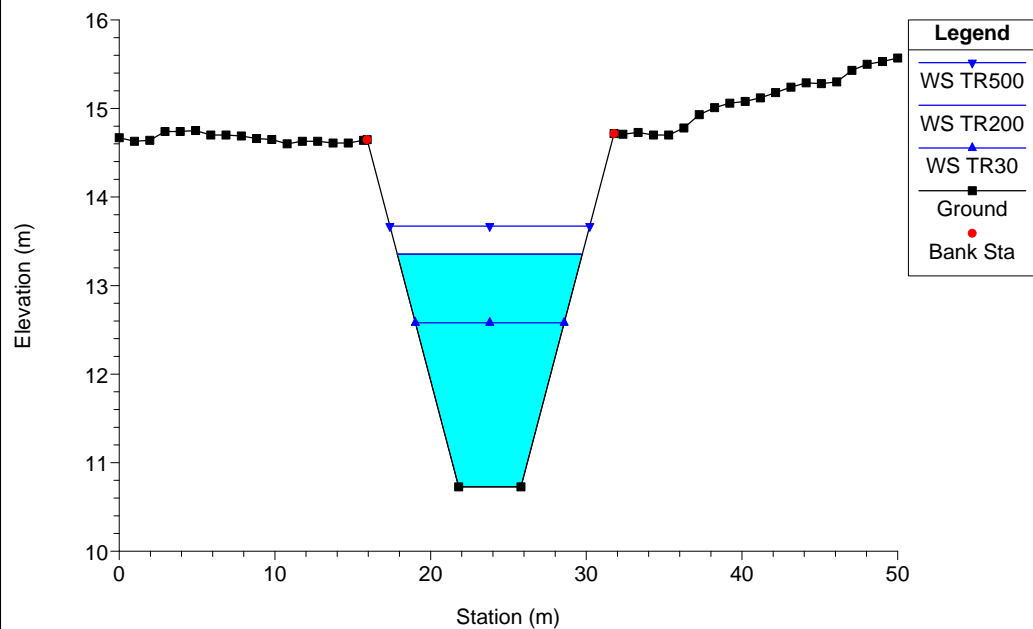
ALLEGATO 3

***Simulazione moto permanente Post
Operam in HEC-RAS***

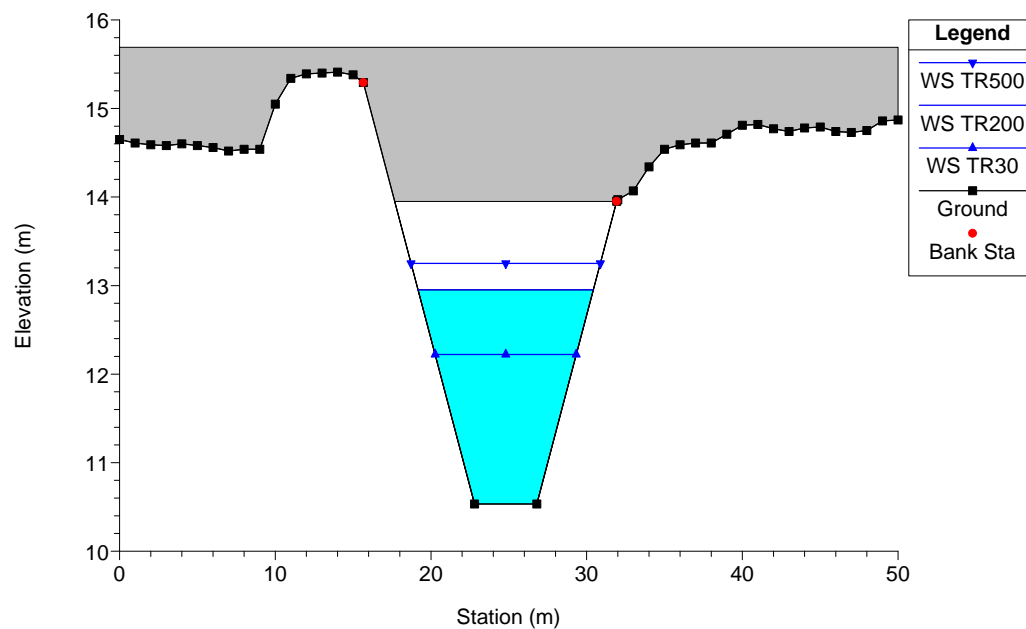
PROFILO LONGITUDINALE TRATTO A



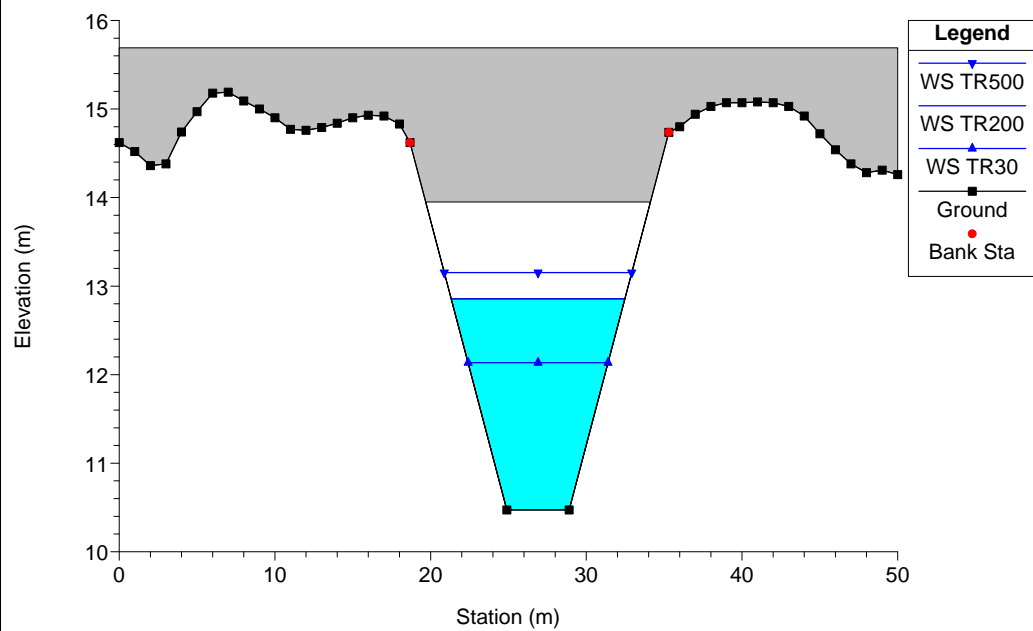
RS = 495.6076 SEZ. TRASVERSALE A1.1



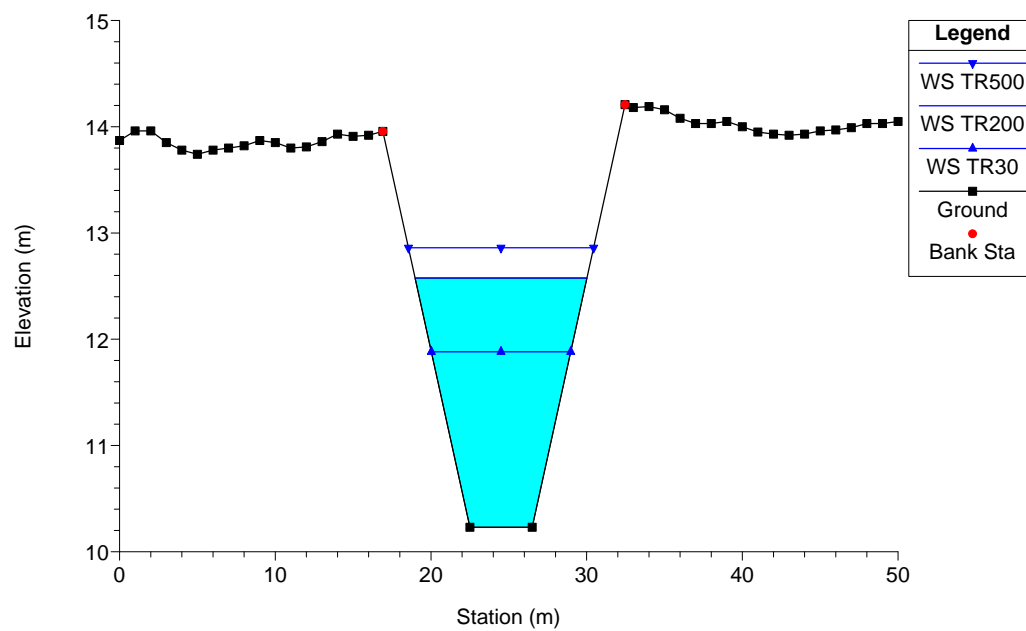
RS = 457 BR P01



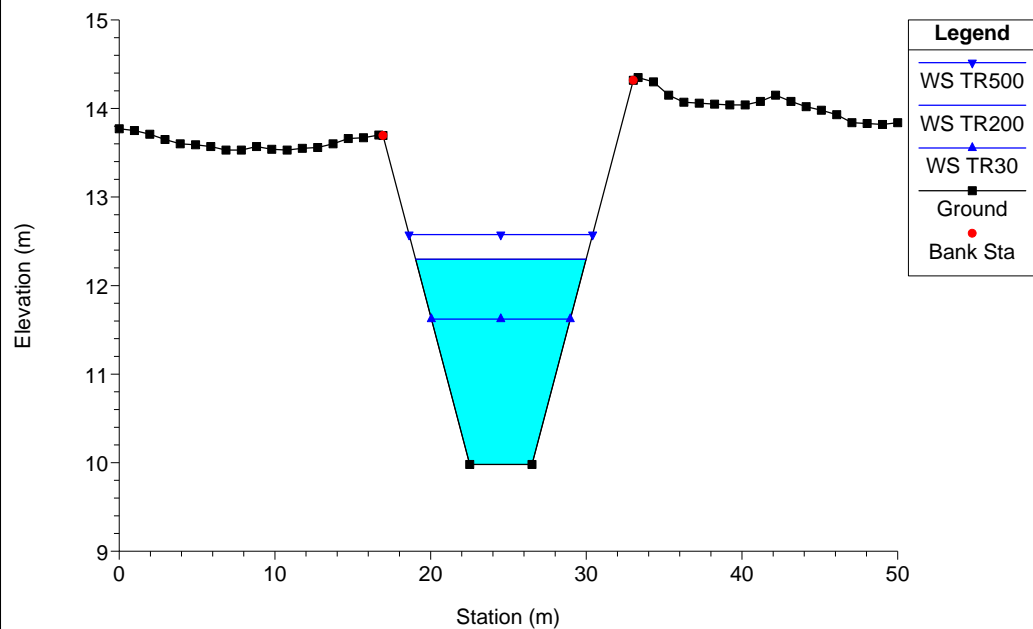
RS = 457 BR P01



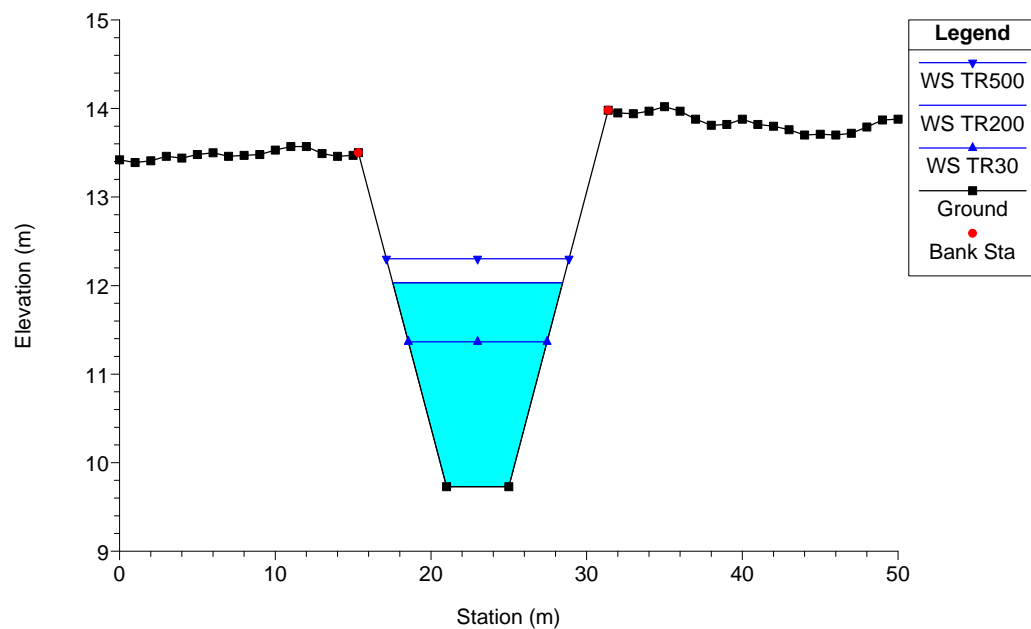
RS = 396.3214 SEZ. TRASVERSALE A1.4



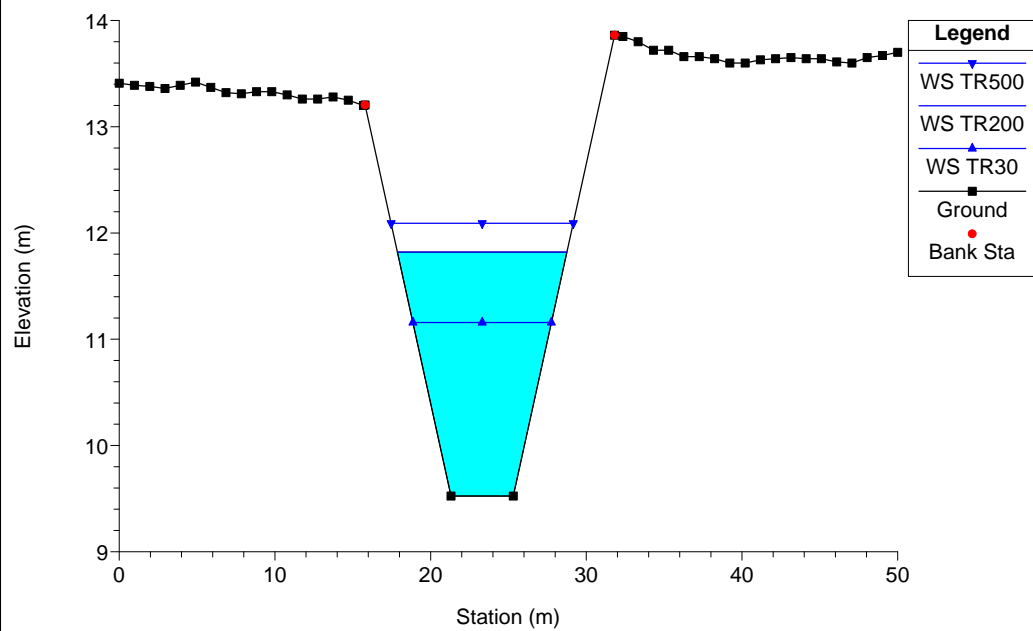
RS = 346.2156 SEZ. TRASVERSALE A1.5



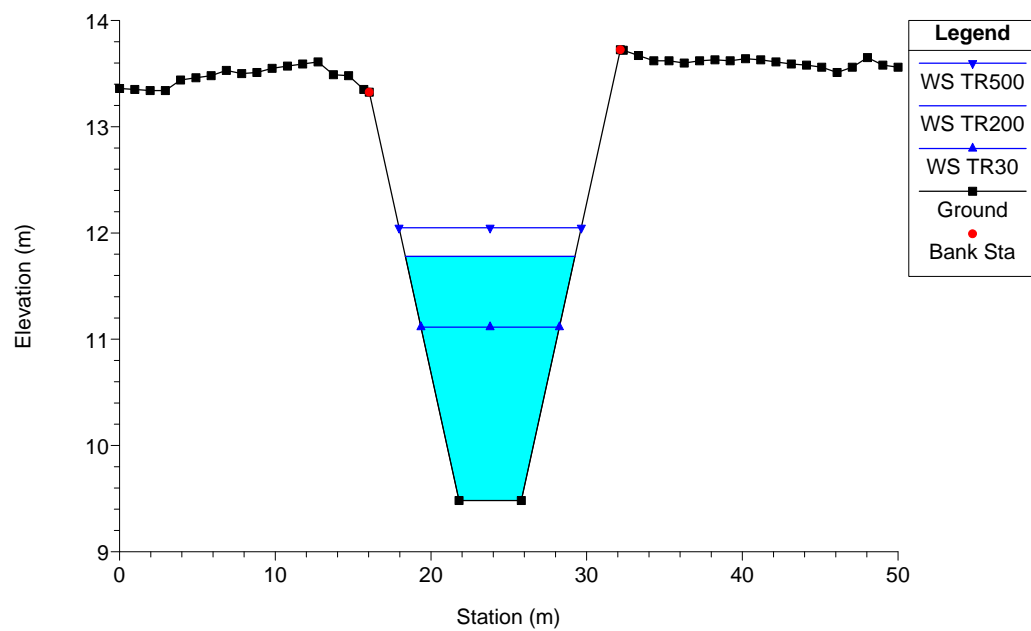
RS = 296.1098 SEZ. TRASVERSALE A1.6



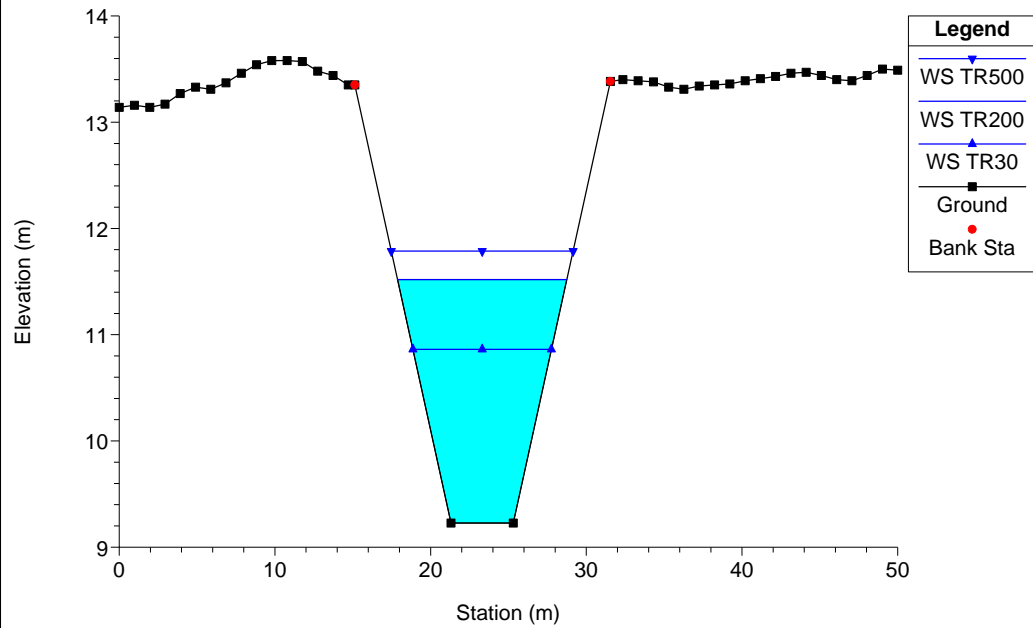
RS = 255.434 SEZ. TRASVERSALE A1.7



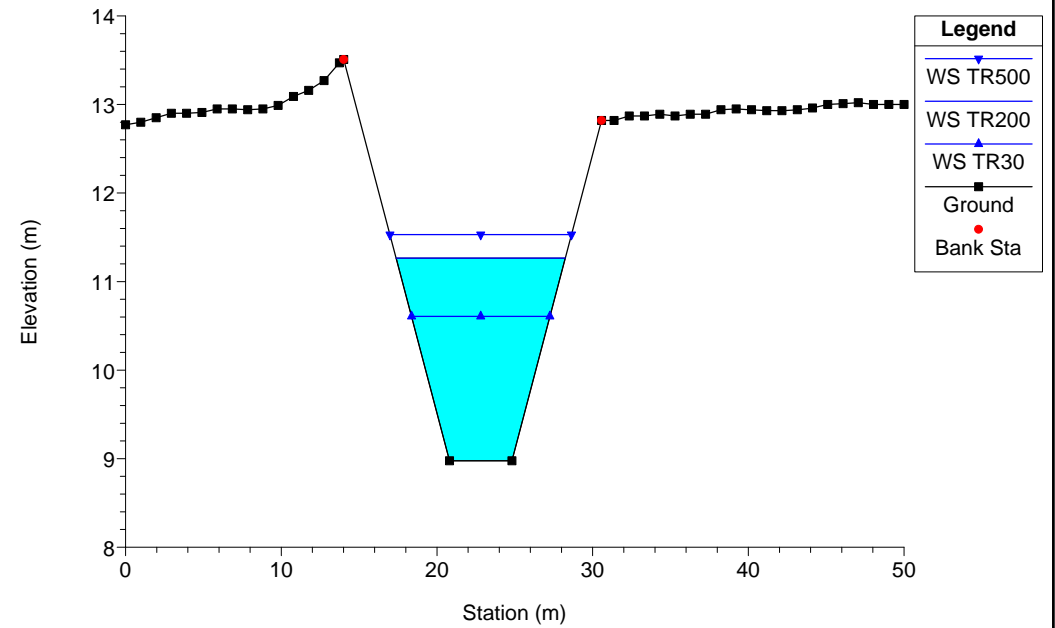
RS = 246.7928 SEZ. TRASVERSALE A1.8



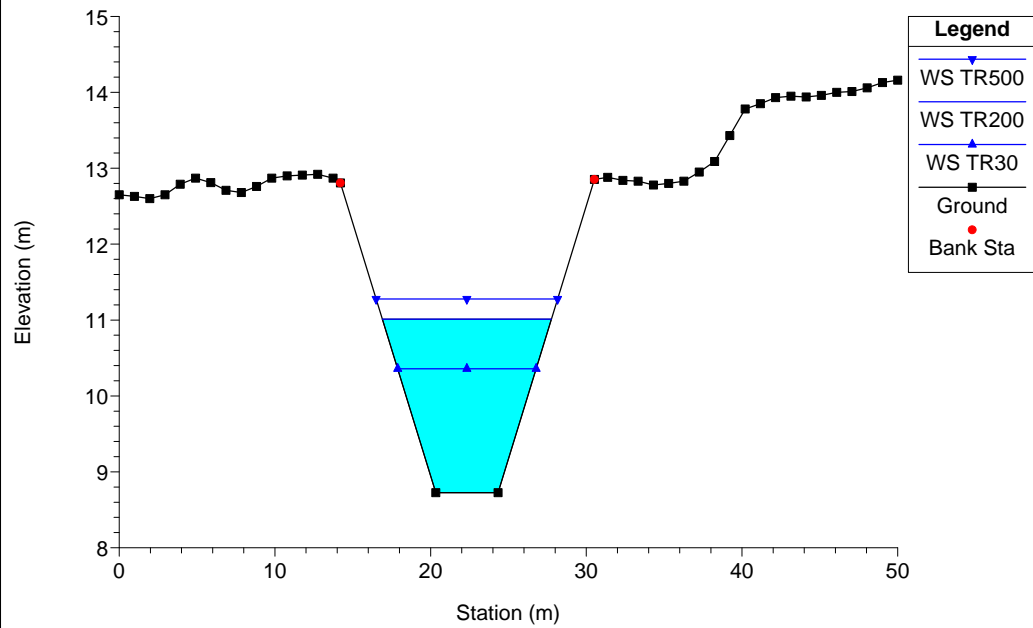
RS = 195.898 SEZ. TRASVERSALE A1.9



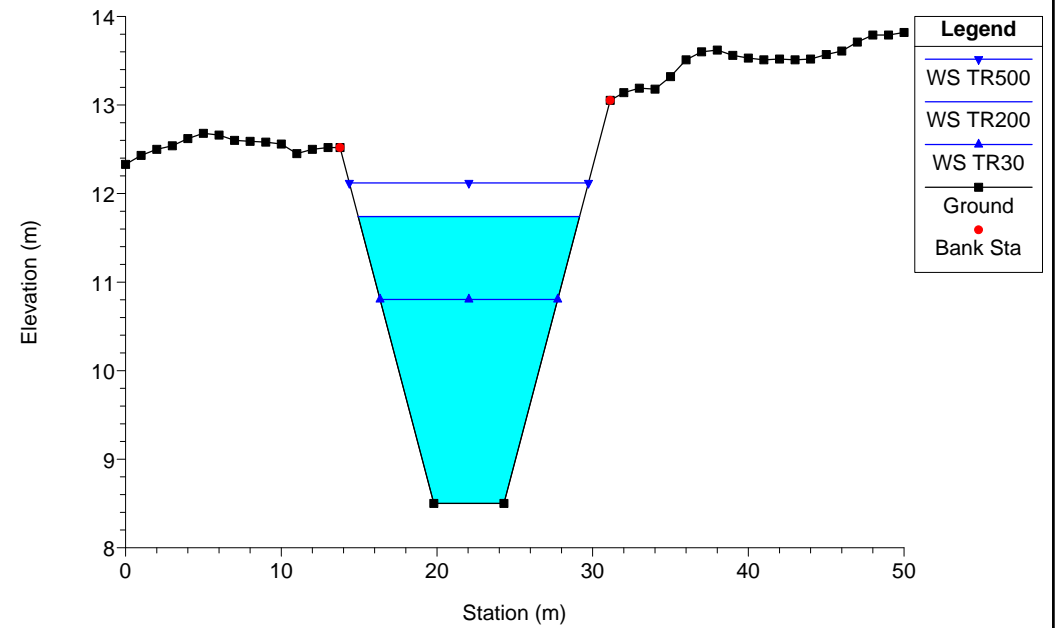
RS = 145.7922 SEZ. TRASVERSALE A1.10



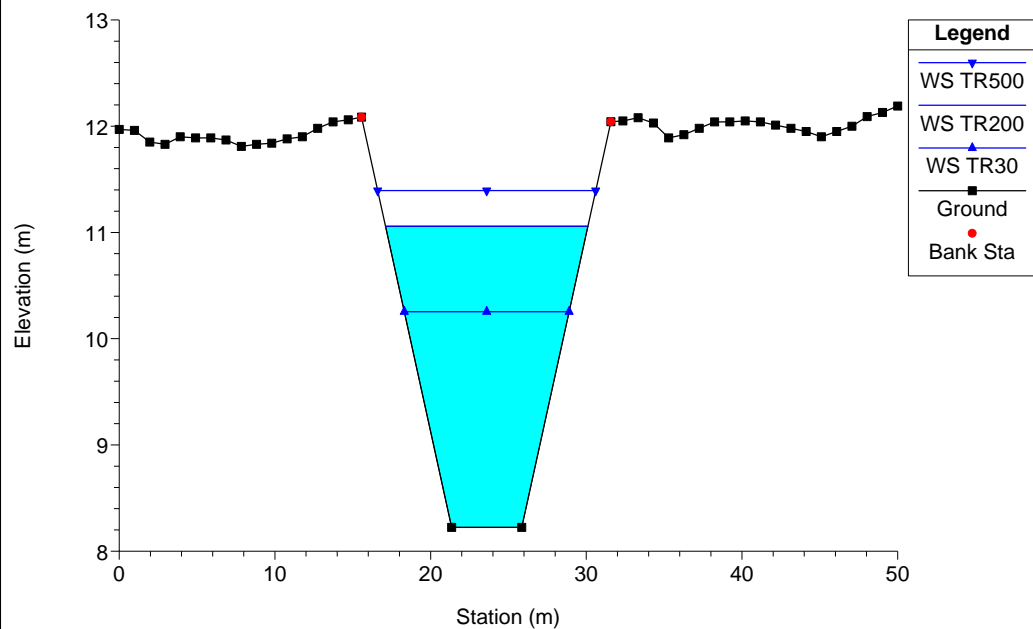
RS = 95.68635 SEZ. TRASVERSALE A1.11



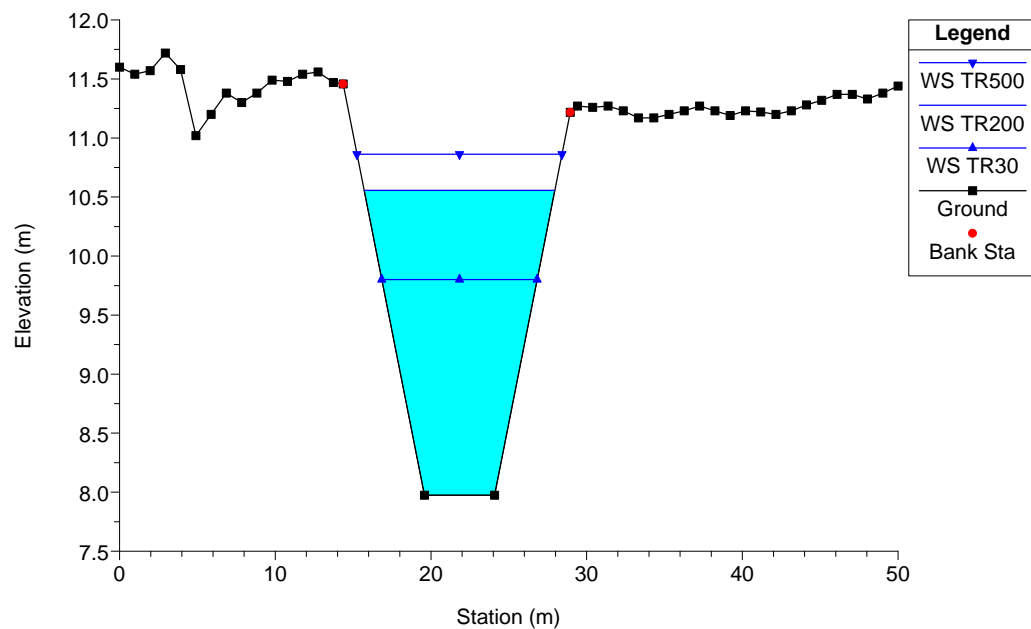
RS = 50.43471 SEZ. TRASVERSALE A1.12



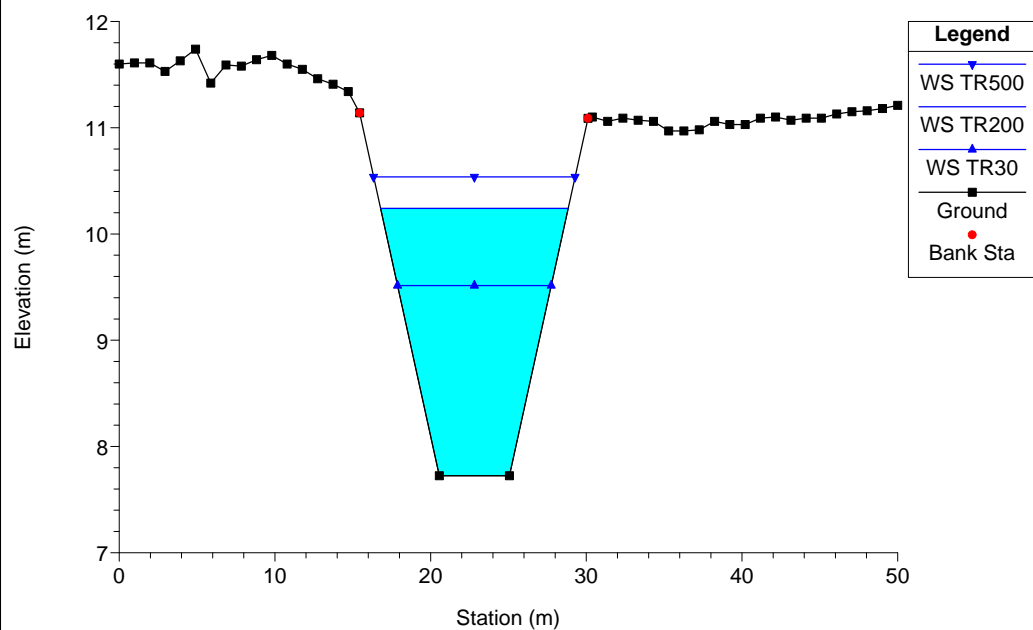
RS = 544.2451 SEZ. TRASVERSALE A2.13



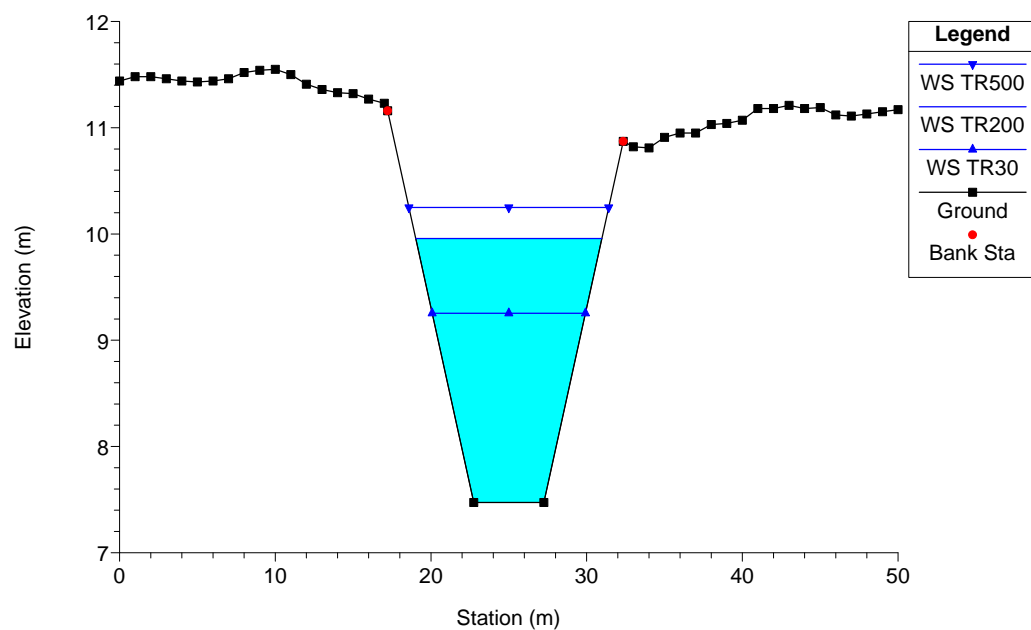
RS = 494.1394 SEZ. TRASVERSALE A2.14



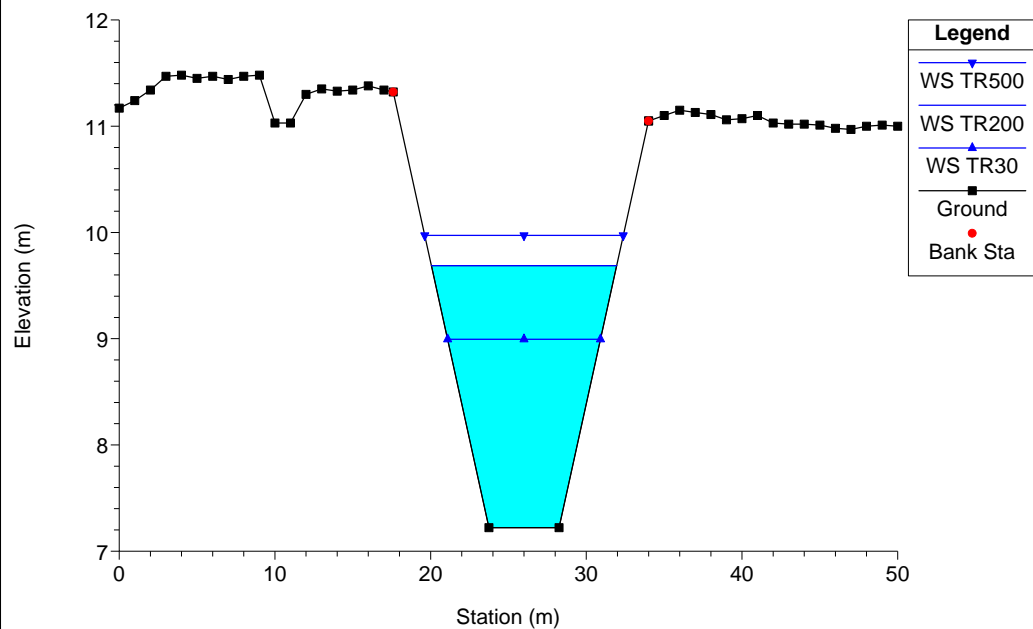
RS = 444.0335 SEZ. TRASVERSALE A2.15



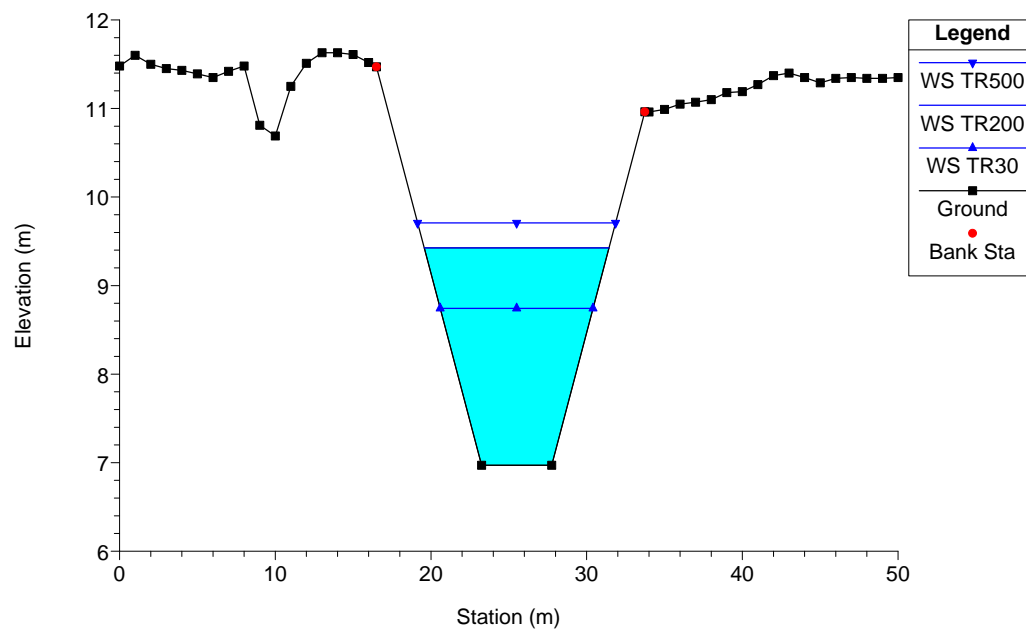
RS = 393.9276 SEZ. TRASVERSALE A2.16



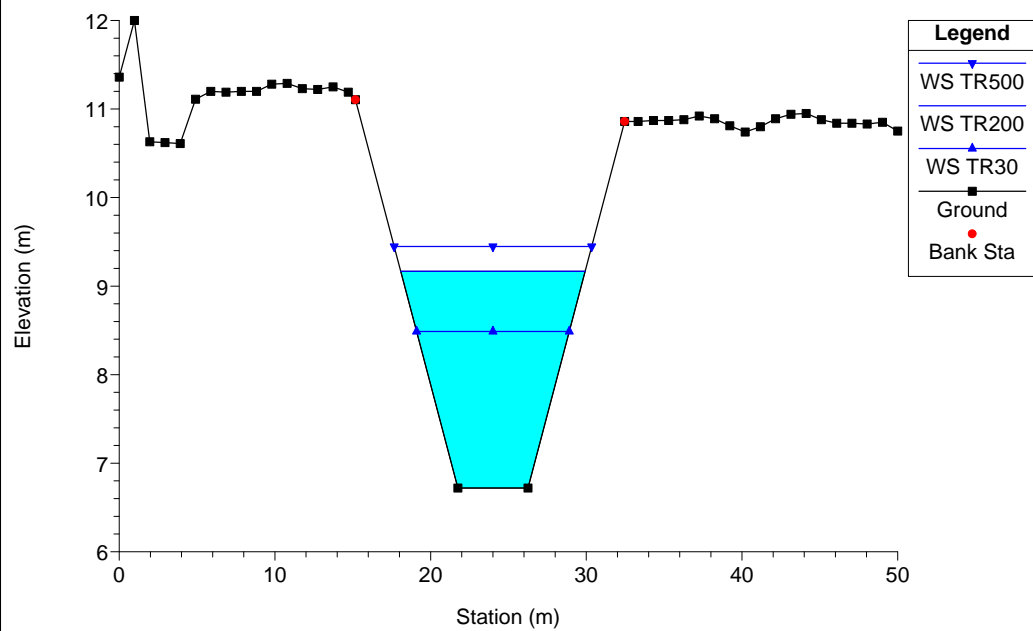
RS = 343.8218 SEZ. TRASVERSALE A2.17



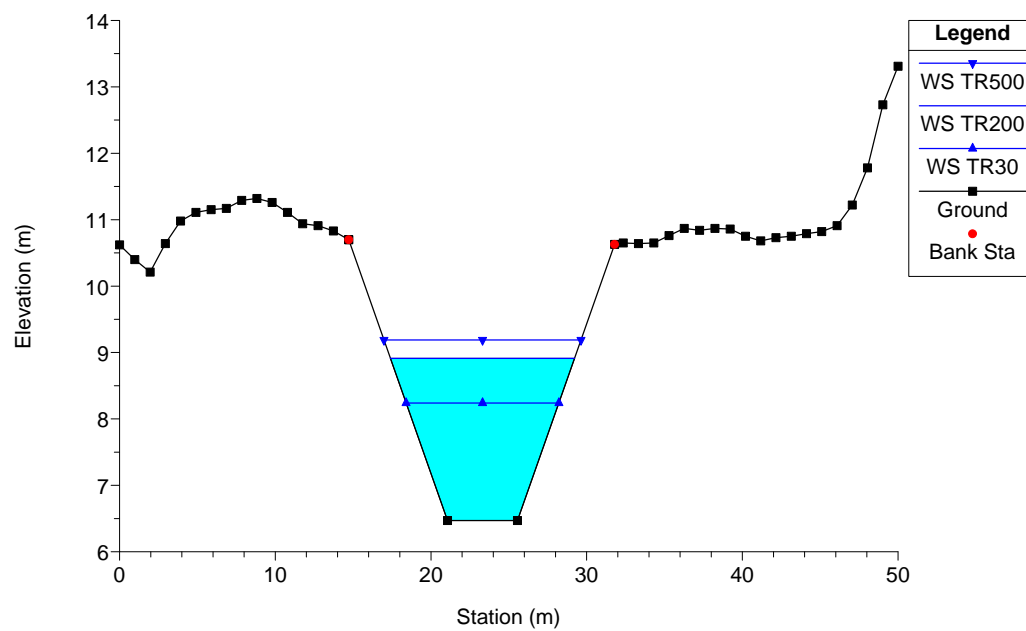
RS = 293.7159 SEZ. TRASVERSALE A2.18



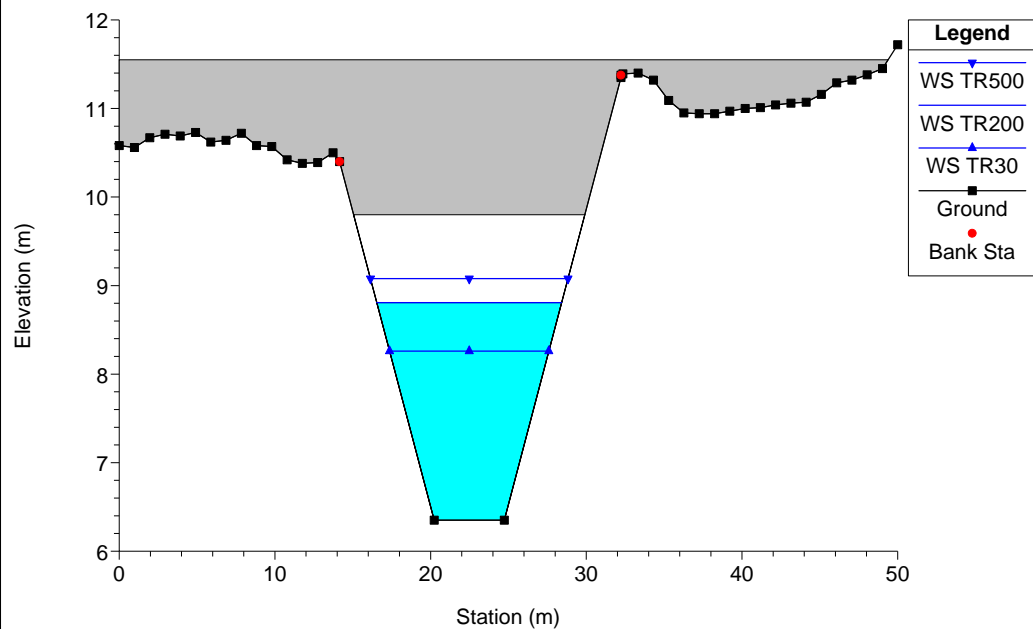
RS = 243.61 SEZ. TRASVERSALE A2.19



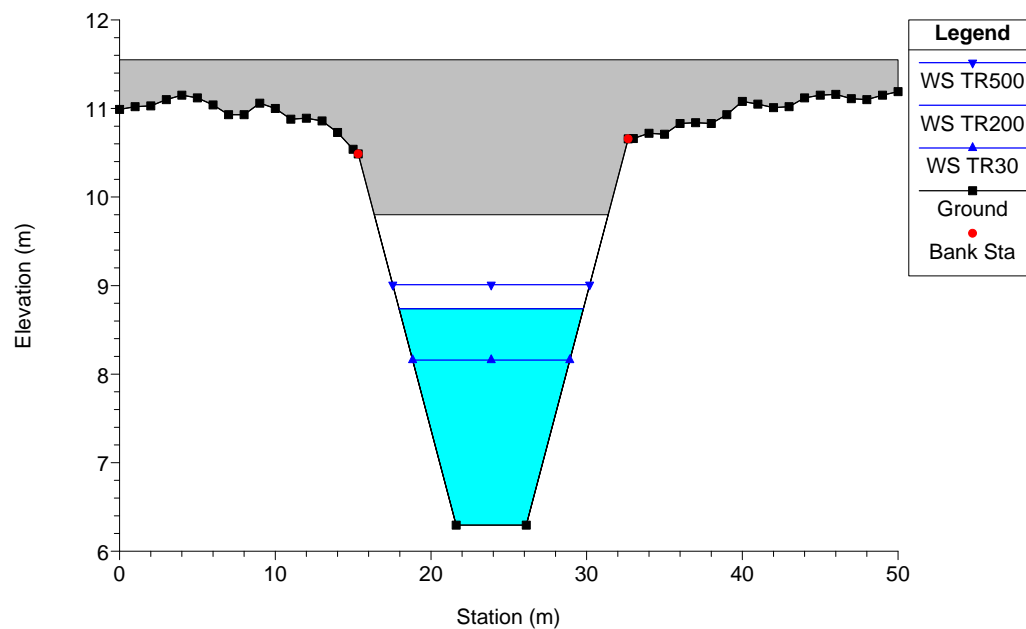
RS = 193.5042 SEZ. TRASVERSALE A2.20



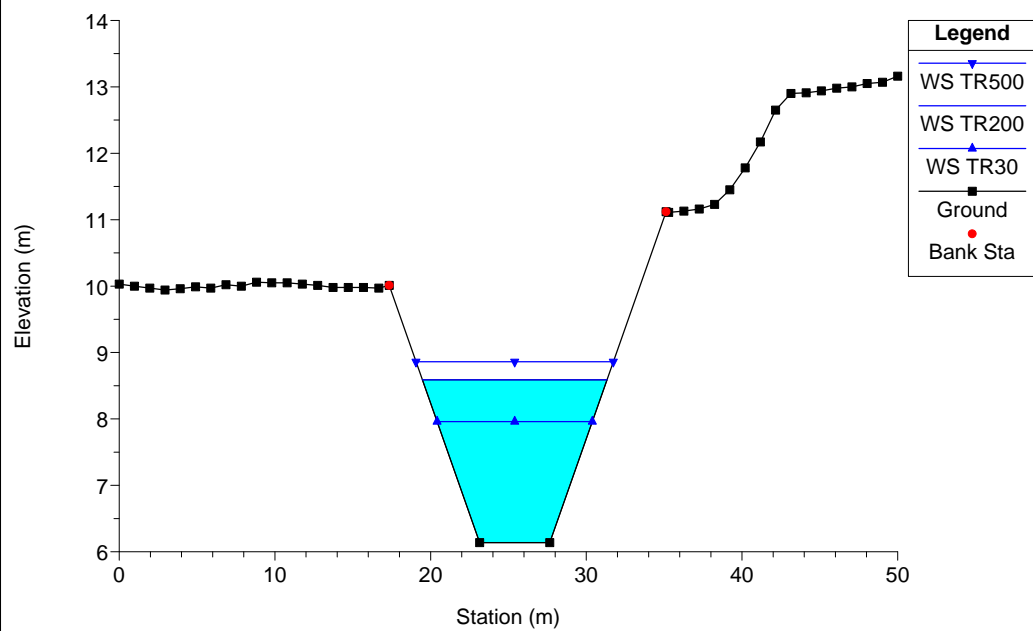
RS = 169 BR P03



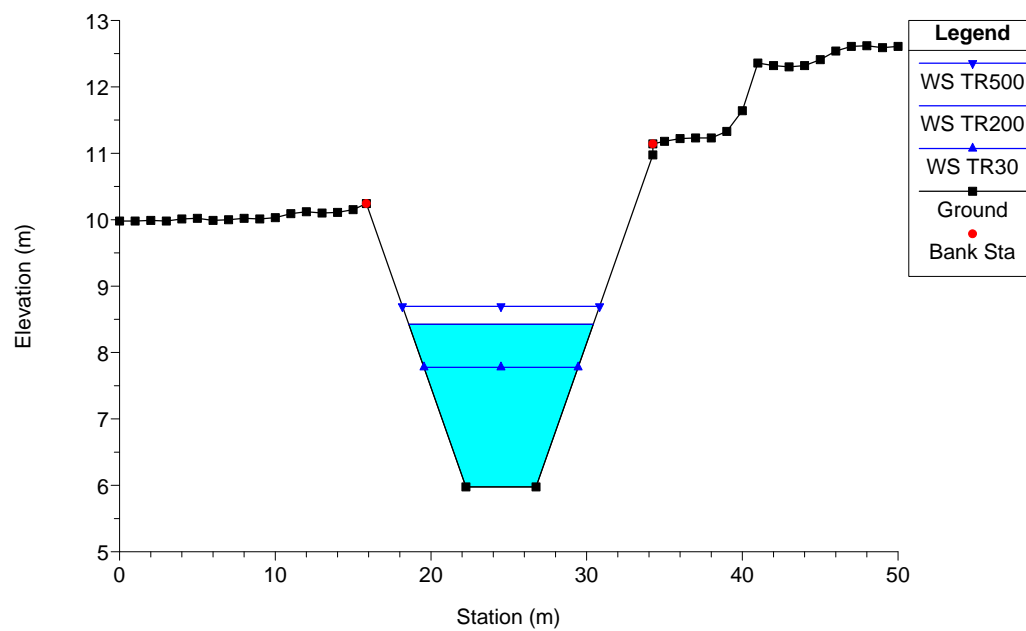
RS = 169 BR P03



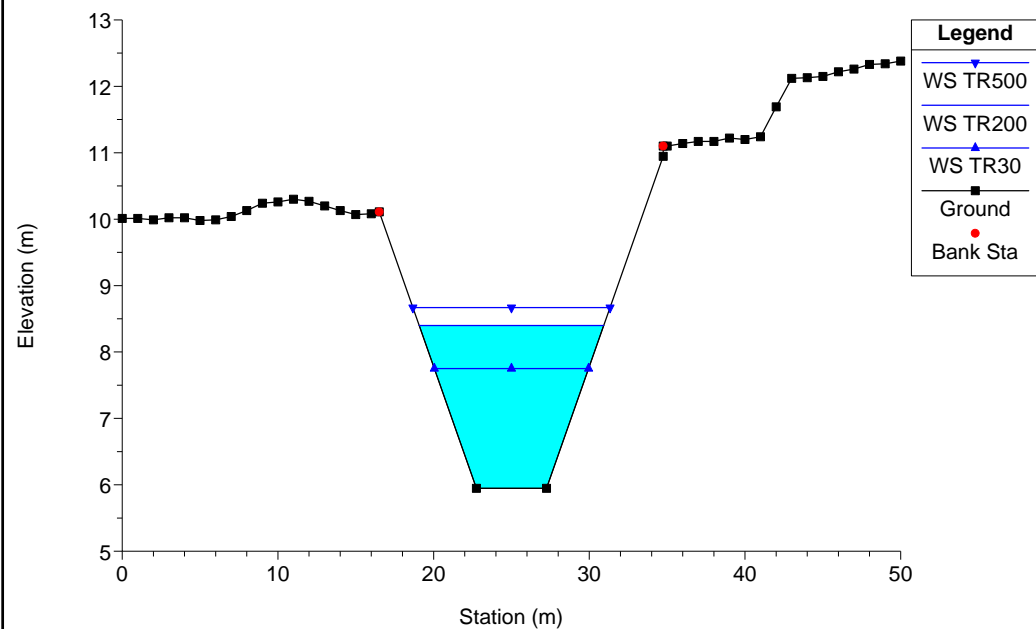
RS = 127.0607 SEZ. TRASVERSALE A2.23



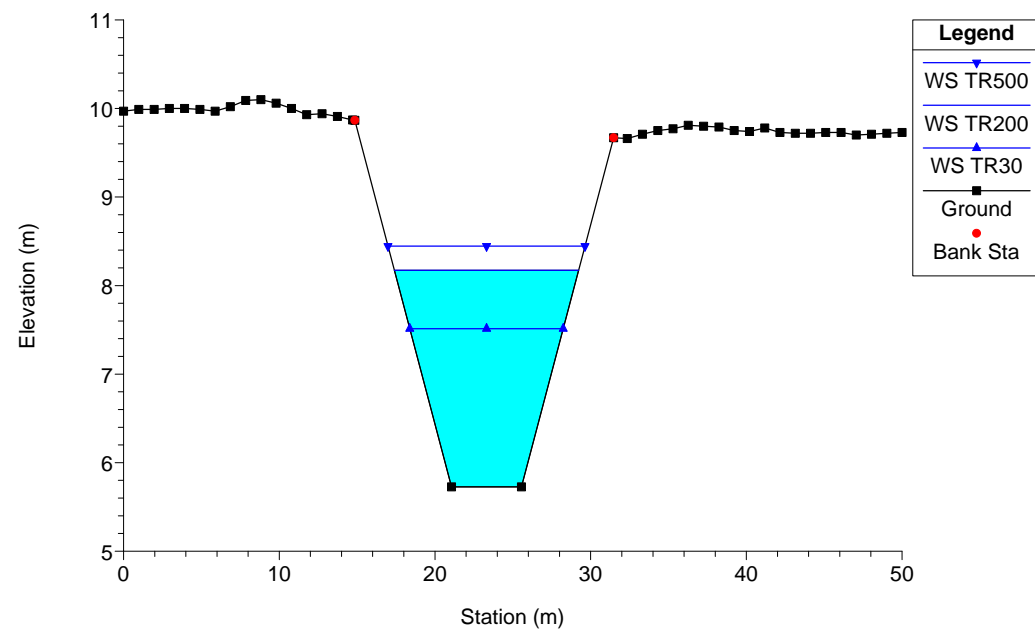
RS = 94.75268 SEZ. TRASVERSALE A2.24



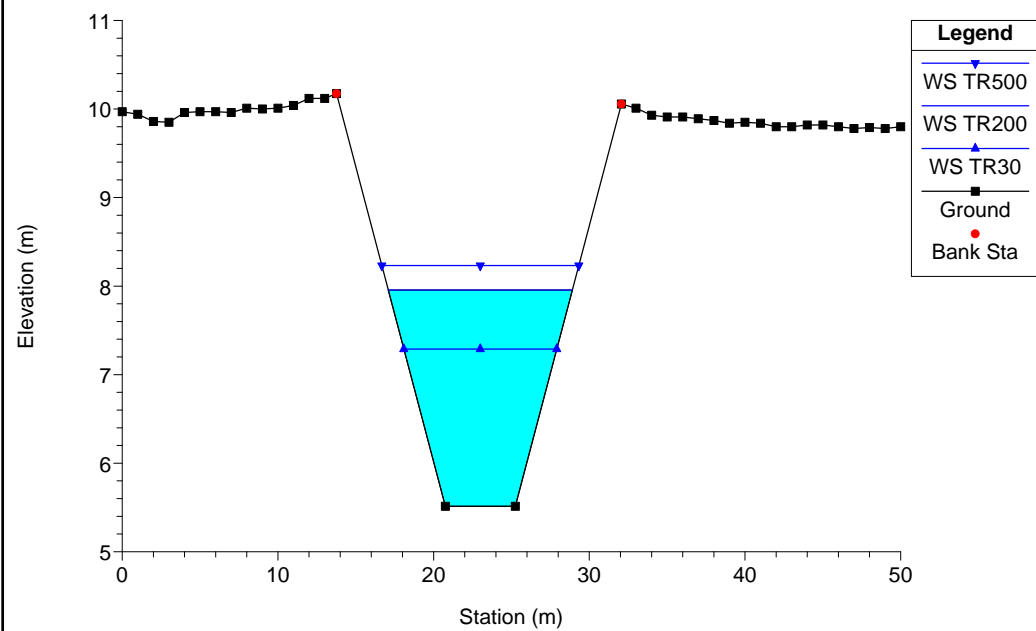
RS = 89.11573 SEZ. TRASVERSALE A2.25



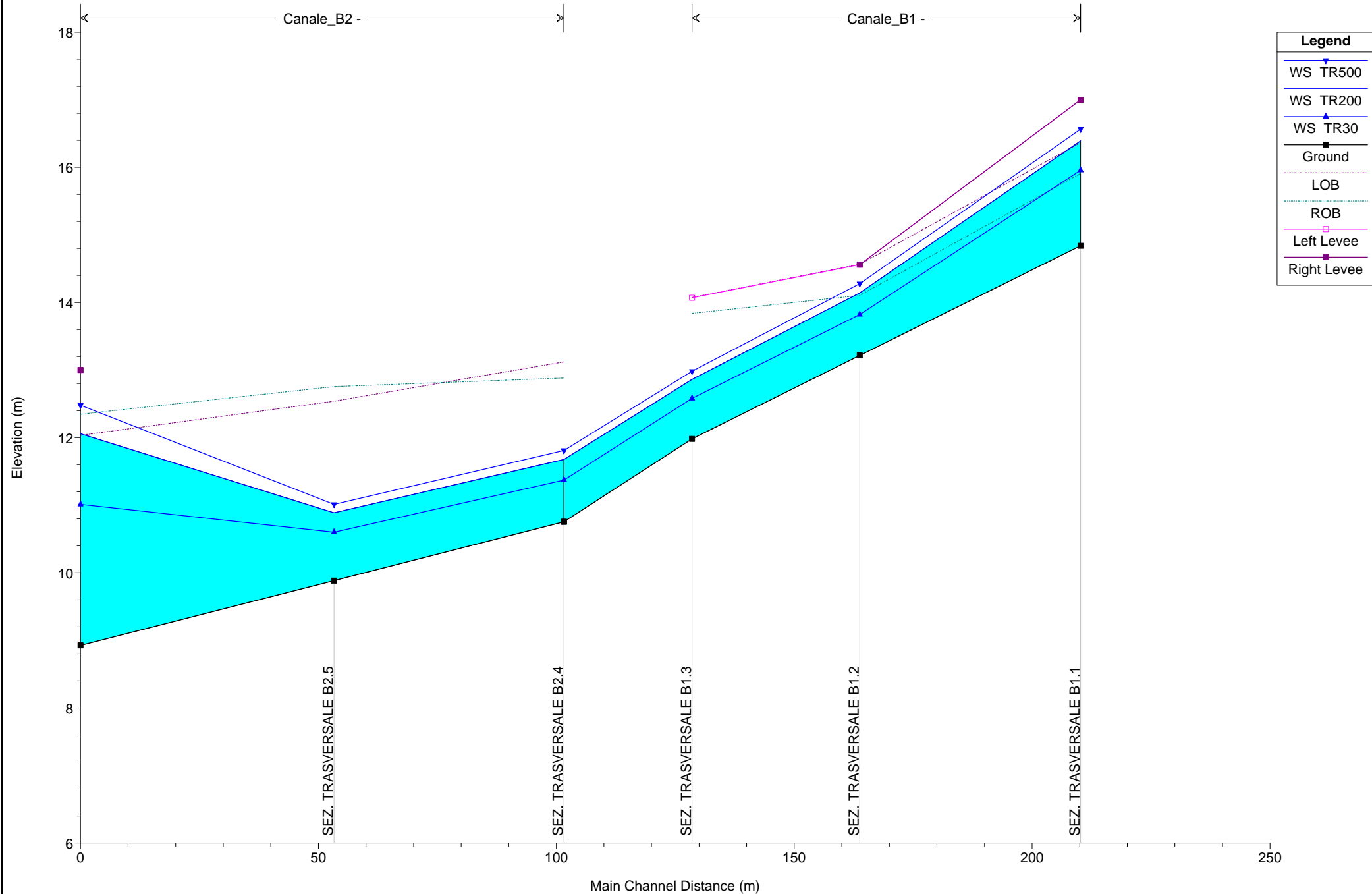
RS = 44.97799 SEZ. TRASVERSALE A2.26



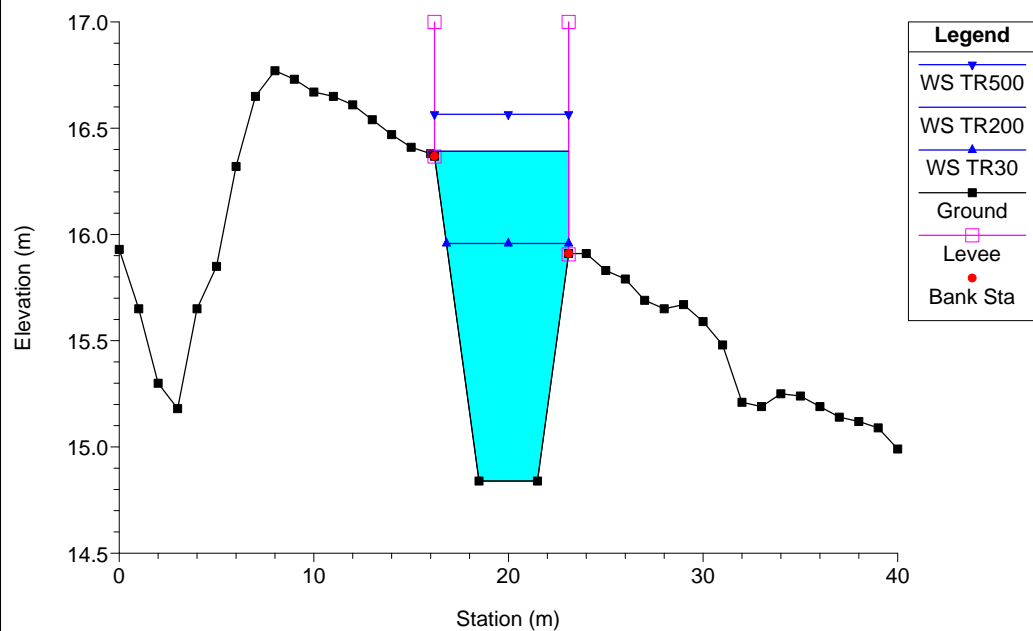
RS = 2.296814 SEZ. TRASVERSALE A2.27



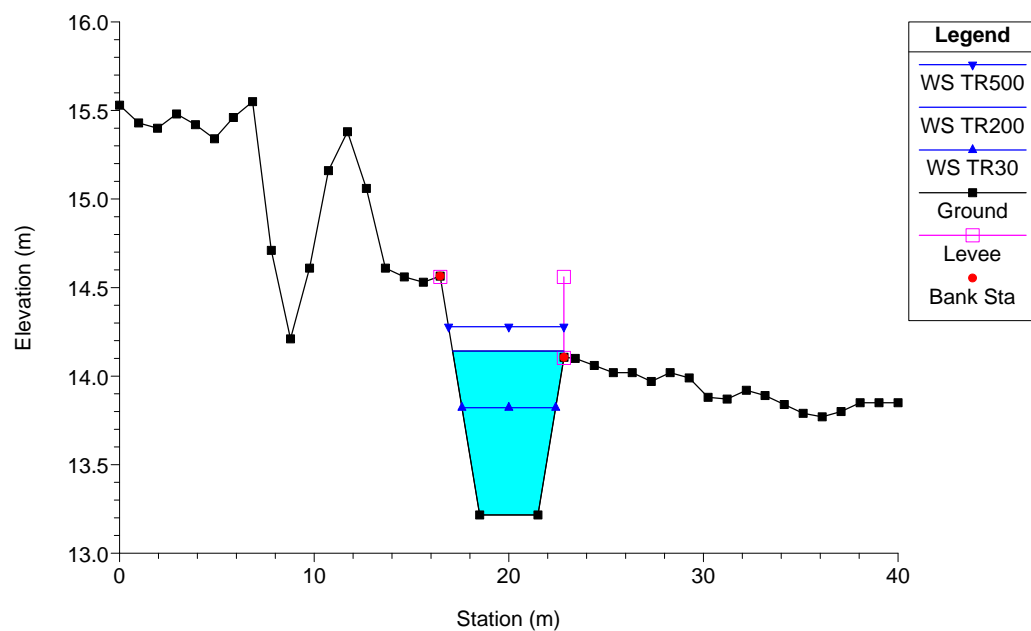
PROFILO LONGITUDINALE TRATTO B



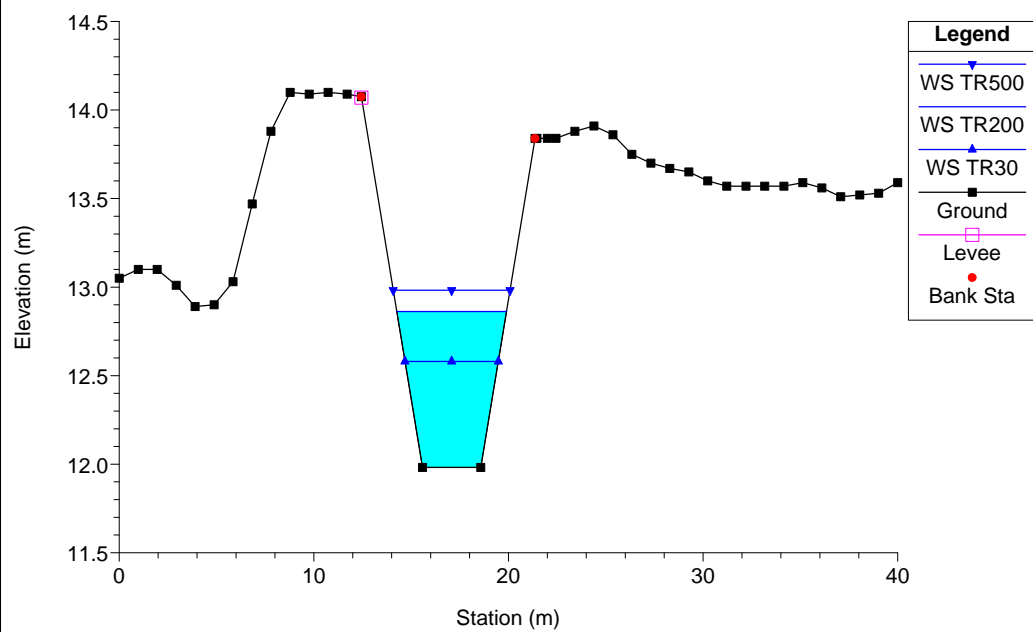
RS = 108.5698 SEZ. TRASVERSALE B1.1



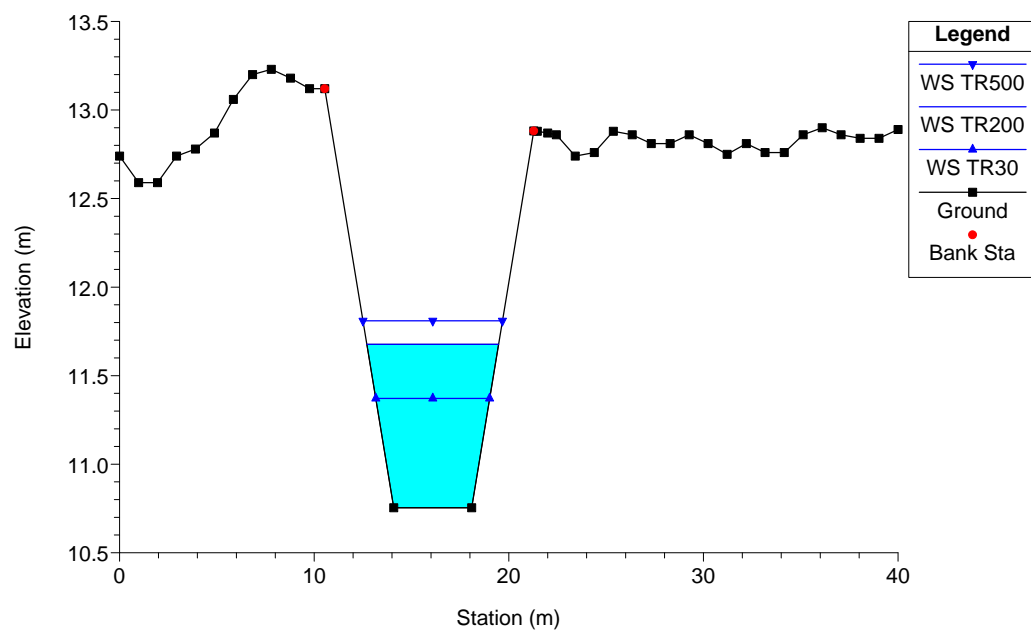
RS = 62.1558 SEZ. TRASVERSALE B1.2



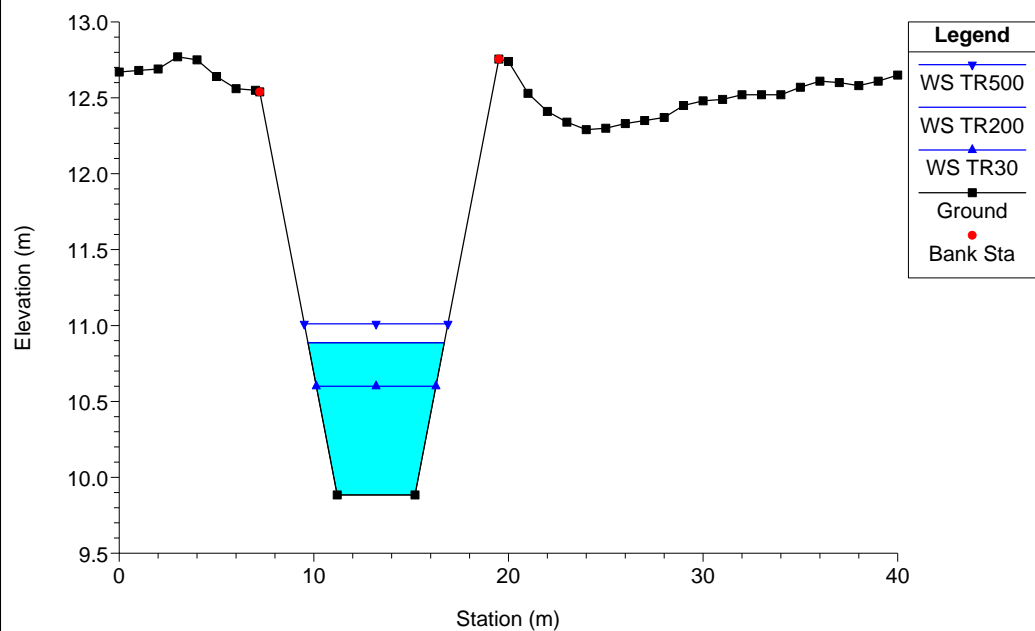
RS = 26.90679 SEZ. TRASVERSALE B1.3



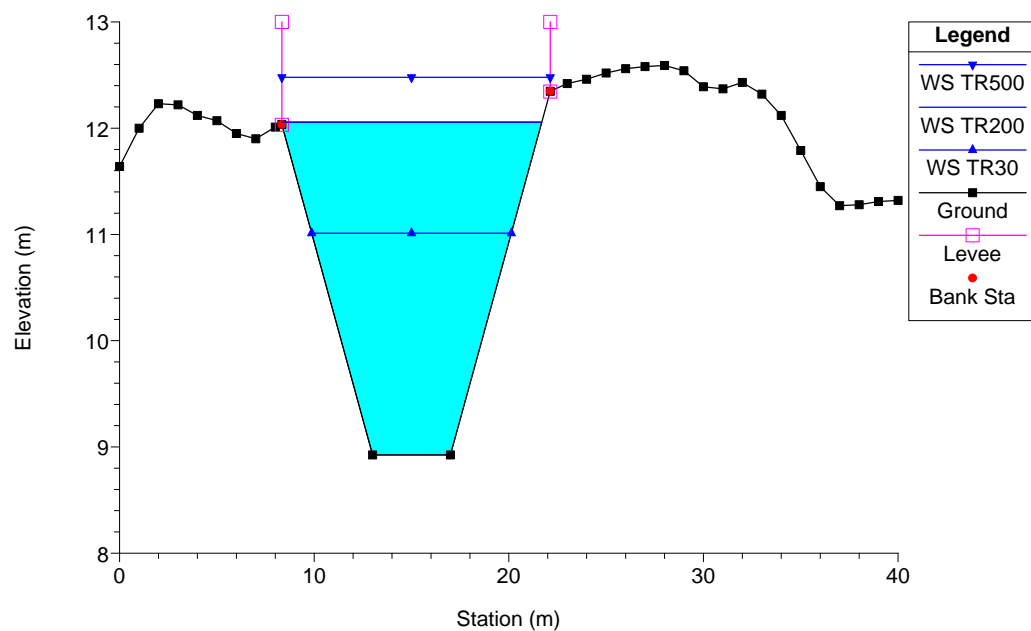
RS = 144.9995 SEZ. TRASVERSALE B2.4



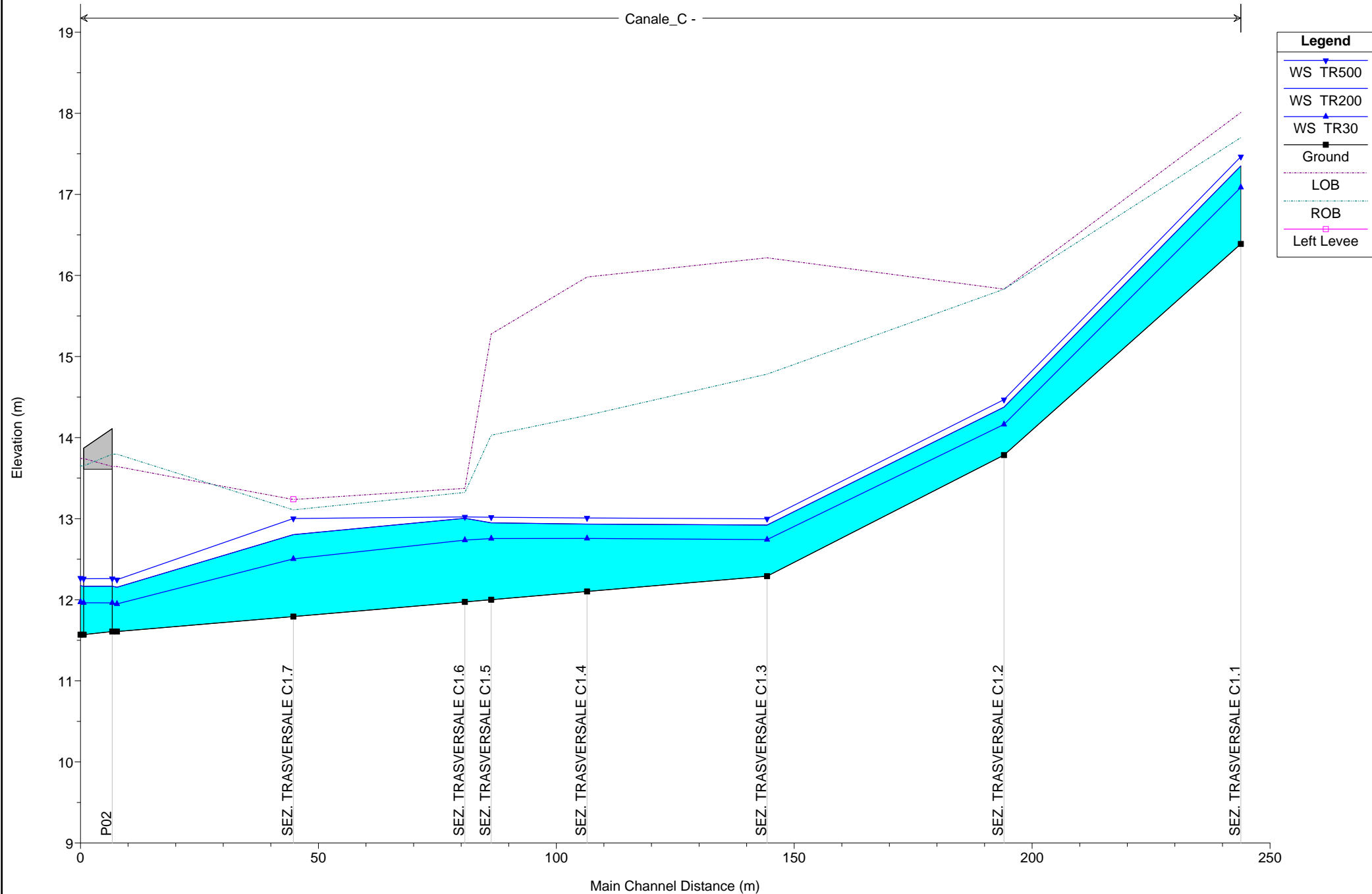
RS = 96.66628 SEZ. TRASVERSALE B2.5



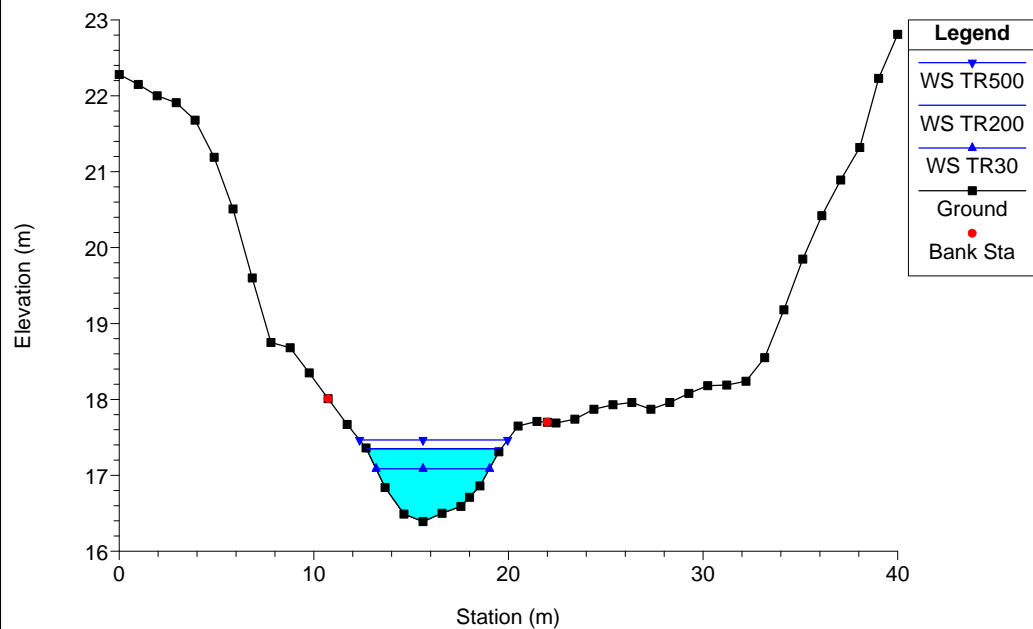
RS = 43.38449 SEZ. TRASVERSALE B2.6



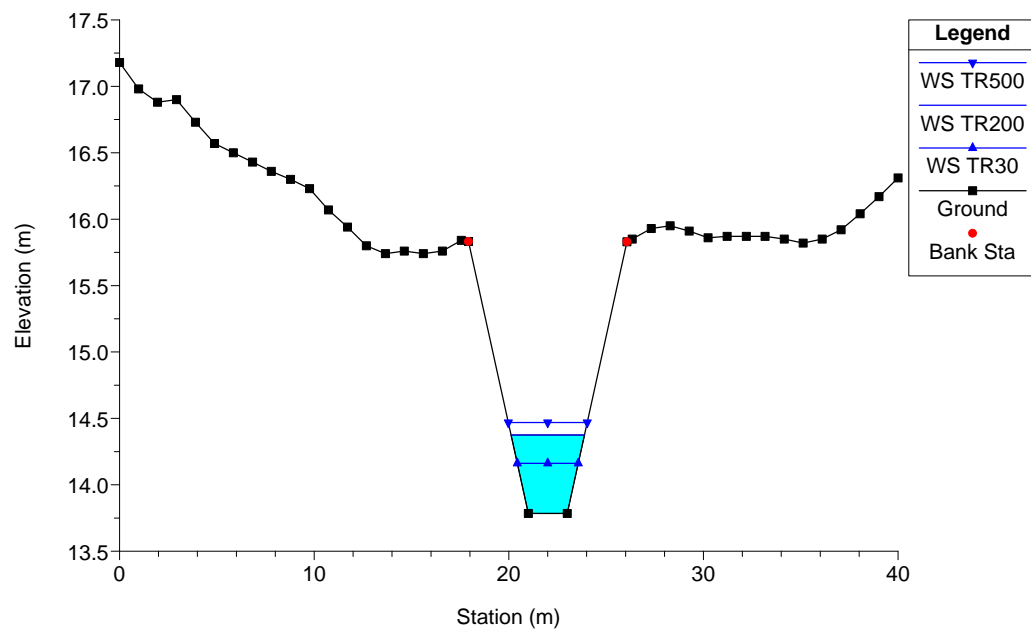
PROFILO LONGITUDINALE TRATTO C



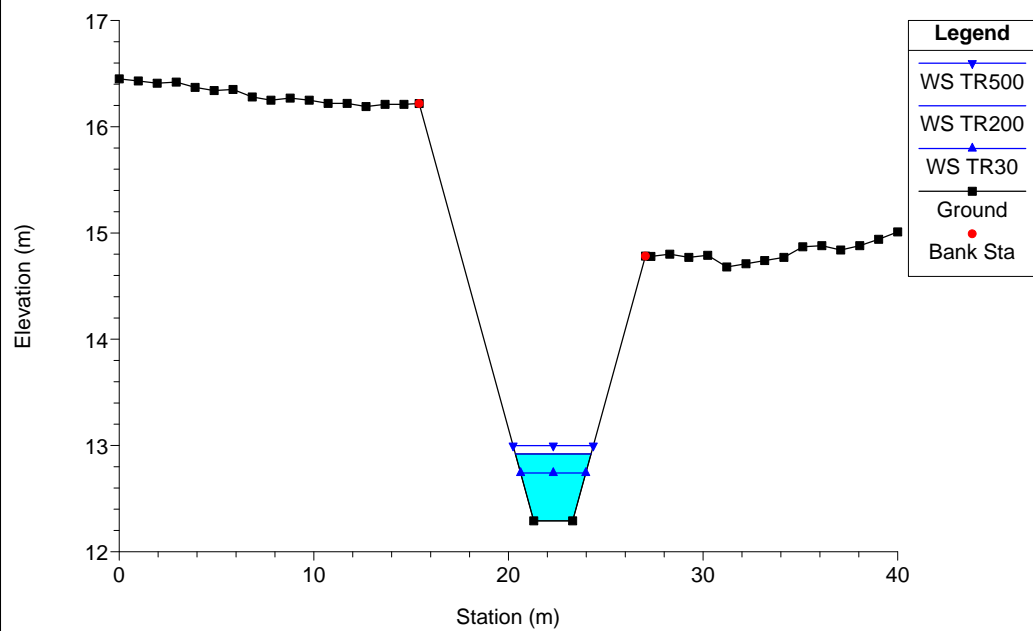
RS = 248.9029 SEZ. TRASVERSALE C1.1



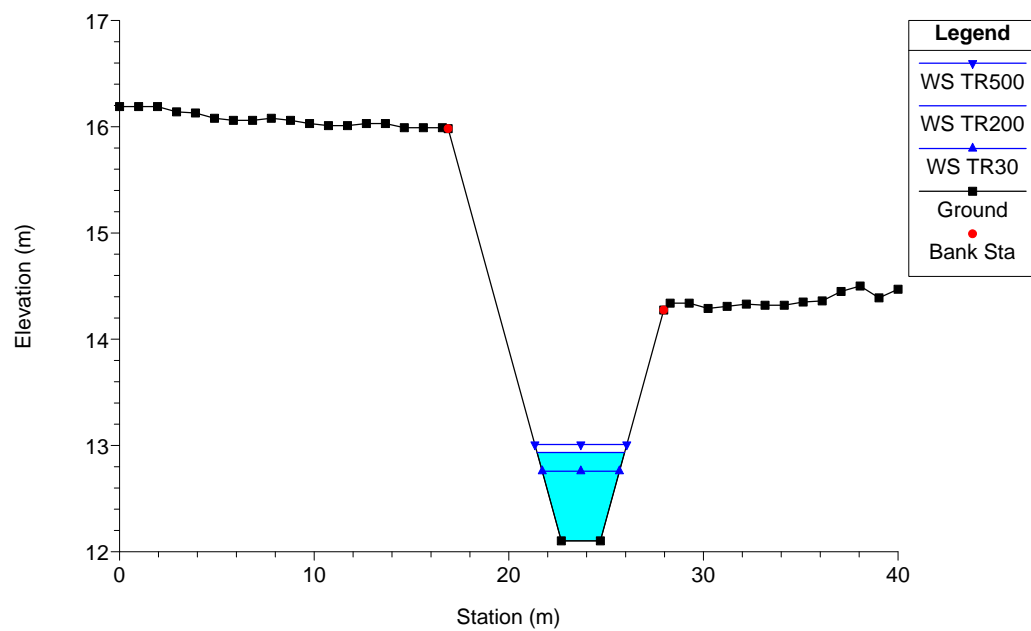
RS = 199.1223 SEZ. TRASVERSALE C1.2



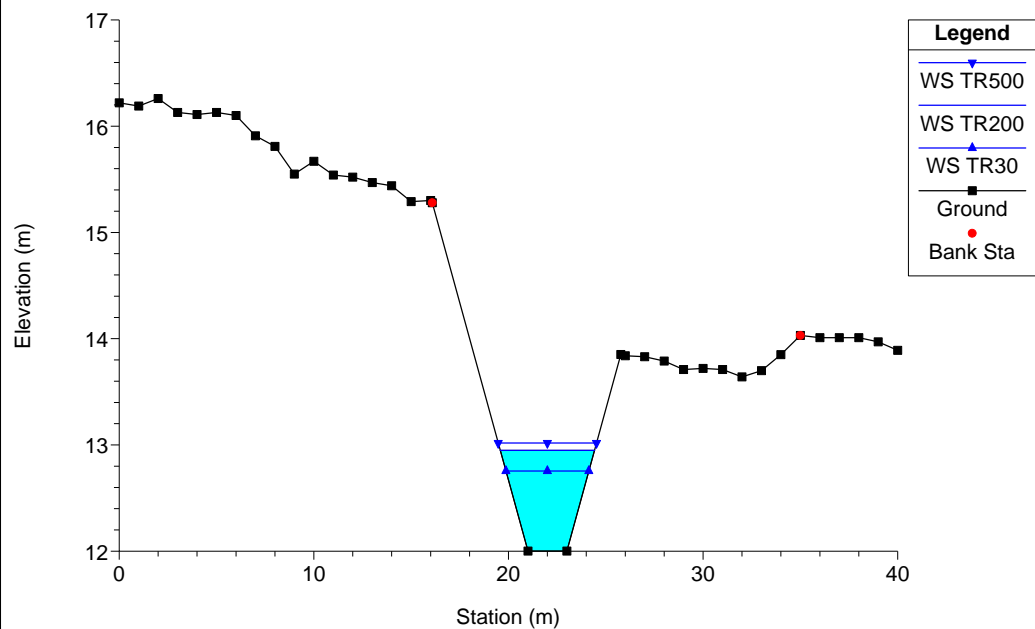
RS = 149.3417 SEZ. TRASVERSALE C1.3



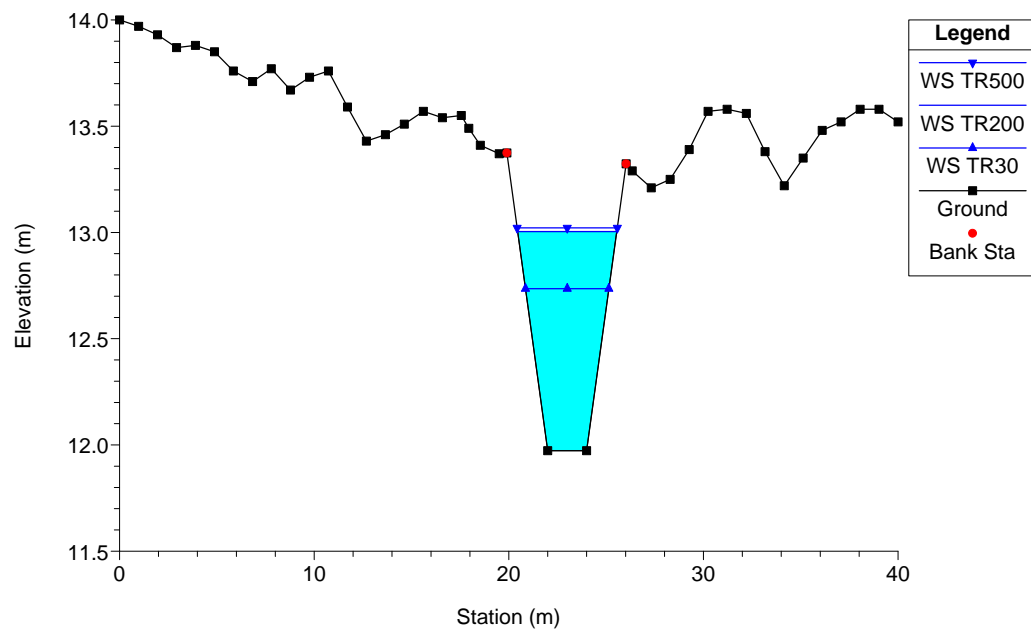
RS = 111.4997 SEZ. TRASVERSALE C1.4



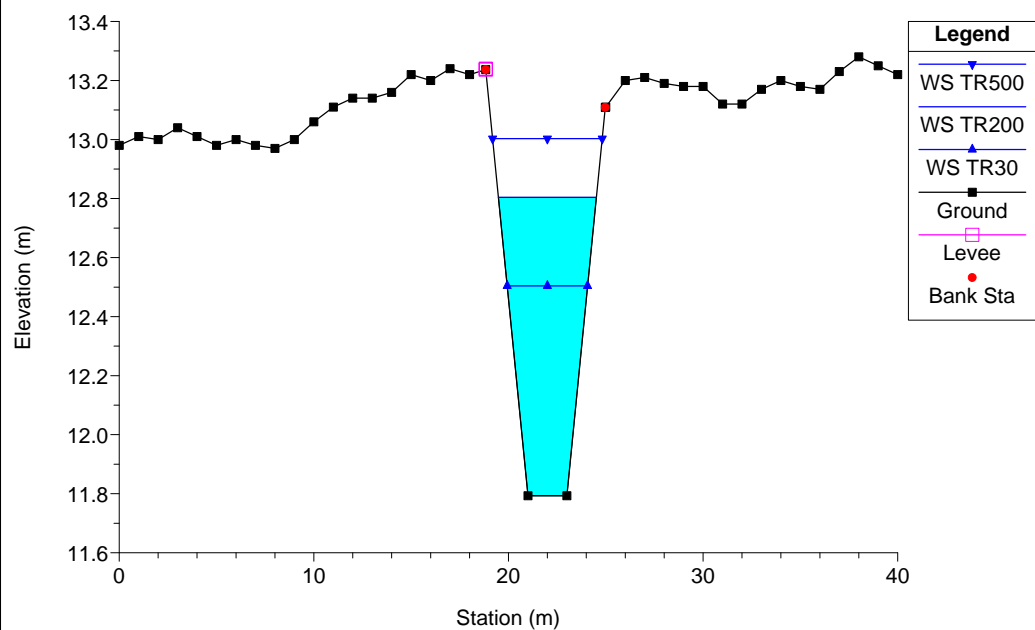
RS = 91.35685 SEZ. TRASVERSALE C1.5



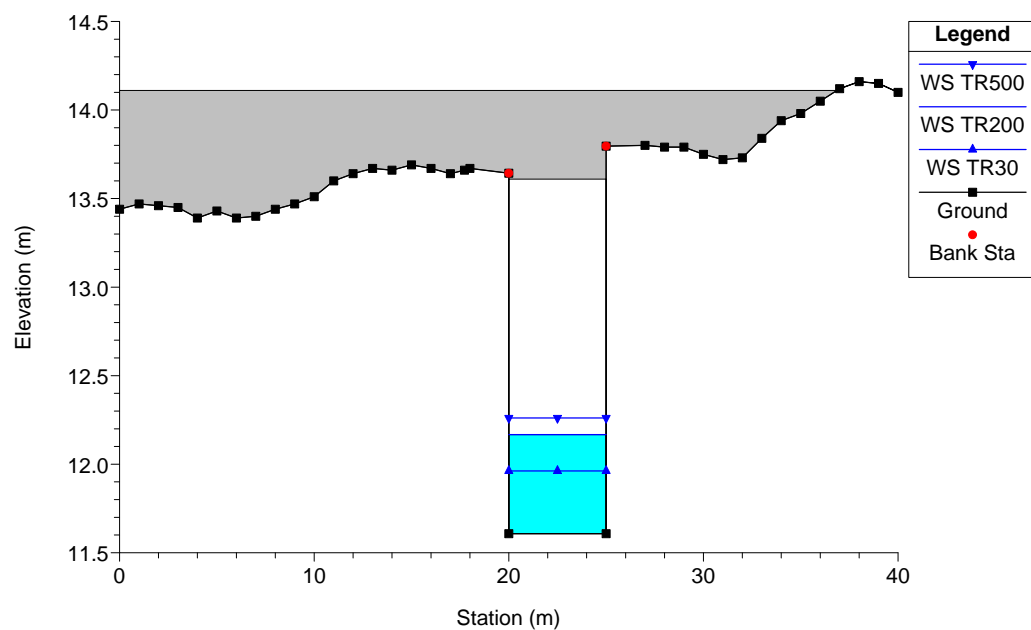
RS = 85.80972 SEZ. TRASVERSALE C1.6



RS = 49.78063 SEZ. TRASVERSALE C1.7



RS = 12 BR P02



RS = 12 BR P02

