



# COMUNE DI CAPALBIO

## Provincia di Grosseto

### PIANO ATTUATIVO INERENTE CENTRO SPORTIVO TURISTICO BALNEARE CHIARONE Località Chiarone, Capalbio



PROGETTISTA:

**ARCH. DANIELE BARTOLETTI**

Castiglione della Pescaia  
via della Libertà n. 3  
58043 Grosseto

COMMITTENTE:

**S.A.C.R.A. spa**  
Strada Litoranea Burano 17  
Loc. Chiarone - 58011 Capalbio  
Grosseto - Italy

P.I. 06199470151

OGGETTO:

## STUDIO IDRAULICO

- A. Relazione Idraulica
- B. Tavola 1 Bacini
- C. Tavola E2 Attuale
- D. Tavola E4 Interventi

DATA:

GIUGNO 2016

AGG. :

# TAVOLA 20

IL TECNICO:

**Prof. Ing. Stefano Pagliara**  
**Ing. Massimo Ascoli**

Ing. STEFANO PAGLIARA  
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA  
N° 1200 Sezione A  
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE  
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE



COMMITTENTE:

**S.A.C.R.A. spa**



# COMUNE DI CAPALBIO



Pericolosità idraulica di alcune aree  
comprese tra la ferrovia Pisa-Roma e  
i Paduli della Tagliata e del Chiarone

Relazione



I tecnici:

Prof. Ing. Stefano Pagliara  
Dott. Ing. Massimo Ascoli

Data:

**Marzo 2015**

Versione:

**1.0**





## Studio Idrologico idraulico

### **1. PREMESSA**

Il presente lavoro ha lo scopo di verificare la pericolosità idraulica di alcune aree di proprietà della S.A.C.R.A. S.P.A. sulle quali la società ha propositi d'intervento specifici. Queste sono:

1. L'area compresa tra la linea ferroviaria Pisa-Roma e il Canale scaricatore della Bassa, tra i poderi Burano 5 e Burano 12, dove vi è l'intenzione di spostarci un tratto della S.p. 68.
2. L'area che il Regolamento Urbanistico ha destinato a parcheggio situato vicino al sottopasso ferroviario della strada di Macchiatonda.
3. Tutti i ponticelli campestri situati sul Canale della Tagliata e sul Collettore delle Acque Basse di Levante.
4. L'area D6.2 destinata dal Regolamento Urbanistico a Centro Sportivo Turistico Balneare – Chiarone, ubicata a ridosso del Torrente Chiarone in località Graticciaia.

Nella stesura dello studio si è fatto riferimento ai seguenti documenti della Regione Toscana e del Comune di Capalbio:

- P.A.I. Piano di assetto idrogeologico
- L.R.T. n°21 del 21/05/2012 “Disposizioni urgenti di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua” – (agg. L.R. 28/11/12 n. 64 e L.R. 28/10/13 n. 60).
- Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme (Accordo di collaborazione scientifica fra Regione Toscana e Università di Firenze - DGRT n. 1133 del 11/12/12)
- Relazioni idrauliche facenti parte del Regolamento Urbanistico di Capalbio.

### **2. DESCRIZIONE DELL'AREA OGGETTO DELLO STUDIO**

L'area oggetto di studio è quella compresa a nord dalla ferrovia Pisa Roma, a est dal Torrente Chiarone, a Ovest dal confine comunale e a sud dal cordone dunale costiero. Questa vasta area che si estende su di un litorale di oltre 10 km e una larghezza di circa 1 km., comprende al centro l'oasi naturalistica del Lago di Burano, a ponente il Padule di Tagliata e Macchiatonda e a levante il Padule del Chiarone.

La maggior parte dell'area è depressa con quote assolute al di sotto del livello del mare, costituita da suoli torbosi dello spessore compreso tra i 3.5 m. a ponente e i 12 m. al Chiarone.

I due paduli scolano solo a mezzo di due impianti idrovori verso il Lago di Burano, sul quale sversano liberamente anche il Fosso Melone a ponente e il Canale scaricatore della Bassa a levante.

In occasione delle maggiori piogge esondano il Fosso Melone ed il Torrente Chiarone andando a riempire il padule di Tagliata il primo e quello omonimo il secondo. I due impianti idrovori essendo dotati di pompe di limitata potenza e portata ( $P=45$  kW –  $Q=625$  l/s –  $H=3.5$  m.), riescono a ricondurre in alveo le acque solo dopo settimane di lavoro.

Le aree d'interesse per la Società si trovano a quote relativamente alte per quanto riguarda il parcheggio ( 2 ÷ 3 m.s.l.m.) e l'area lungo la ferrovia compresa tra i poderi Burano 5 e 12 ( tra 3 e 6 m.s.l.m.), le altre 2 sono invece all'interno dei paduli (ponticelli).

### **3. DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI**

I bacini che contribuiscono al rischio idraulico delle aree in oggetto sono riportati in Tav. 1, di cui solo alcuni hanno un proprio corso d'acqua, il 7 non avendone uno specifico è stato dato il nome del toponimo più rappresentativo, La Torba; essi sono:

N°	Bacino	Area km <sup>2</sup>
1	Torrente Chiarone	35.89
2	Canale della Bassa	34.58
3	Canale scaricatore della Bassa	5.61
4	Collettore Acque Basse di Levante	3.92
5	Fosso Melone	44.41
6	La Torba (scolante nel 7)	2.88
7	Canale della Tagliata	6.11
8	Lago di Burano	4.22

### **4. MODELLO IDROLOGICO**

#### 4.1 Pluviometria

Per definire il regime pluviometrico della zona in oggetto e trovare quindi gli idrogrammi di piena relativi ai vari tempi di ritorno, s'è fatto riferimento al recente studio svolto dall'Università di Firenze circa la Regionalizzazione delle piogge in Toscana. Da questo una volta definiti i vari bacini si individua la pioggia media su di essi (CPC) per i vari tempi di ritorno, del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

con  $t$  espresso in ore ed  $h$  in millimetri di pioggia.

Nel nostro caso si è scelto come bacino quello che abbraccia tutti gli 8.

Le curve di possibilità climatica calcolate per diversi valori del tempo di ritorno sono:

*Tabella Curve segnalatrici per vari tempi di ritorno per le stazioni considerate*

<b>Tempo di ritorno (anni)</b>	<b>parametro a</b>	<b>parametro n</b>
200	89	0.373
30	63.5	0.305

#### 4.2 Pluviogramma di progetto

Per quanto riguarda la definizione della pioggia di progetto, nella pratica ingegneristica vengono adottati ietogrammi cosiddetti "sintetici", tali cioè da non rappresentare il reale andamento dell'evento pluviometrico, ma in grado di introdurre nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi una variabilità temporale della pioggia che dia luogo a risultati che si possano ritenere cautelativi. La legge di distribuzione che si introduce rappresenta, in tal modo, quello che si definisce "ietogramma di progetto". Nella letteratura tecnica esistono diverse metodologie per la definizione del suddetto "ietogramma di progetto", mentre in molti paesi la scelta del tipo di ietogramma è fissata da apposite normative, cosa del tutto assente nel nostro paese.

Nel caso in esame, tra le varie procedure disponibili si è utilizzata quella basata su uno ietogramma noto come tipo "Chicago", che ha come caratteristica principale il fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica di assegnato periodo di ritorno. Questo pluviogramma, qualunque sia la sua durata, contiene al suo interno tutte le piogge massime di durate inferiori. Questo fatto lo rende idoneo a rappresentare le condizioni di pioggia critica indipendentemente dalla durata complessiva della pioggia adottata.

Lo ietogramma è stato poi ragguagliato per tener conto dell'estensione del bacino imbrifero mediante la metodologia Wallingford (NERC, 1985).

#### 4.3 Trasformazione afflussi - deflussi

Per la determinazione degli idrogrammi di piena in corrispondenza delle sezioni di chiusura di tutti i bacini esaminati, si è utilizzato un algoritmo di calcolo che, per la trasformazione afflussi-deflussi, si basa sull'impiego dell'idrogramma sintetico di Clark (Clark, 1945). Tale metodo schematizza il processo di trasformazione mediante un canale ed un serbatoio lineari entrambi.

#### 4.4 Modello dell'infiltrazione

Per simulare le perdite di bacino è stato adottato, il metodo SCS- CURVE NUMBER (SCS, 1972), che è basato sulle curve di precipitazione e perdita cumulate in cui in funzione del tipo di suolo, del suo uso e del grado di imbibizione dello stesso, viene calcolato istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre il deflusso.

Tale metodo è molto diffuso, soprattutto grazie alla notevole mole di dati reperibili in letteratura per la sua applicazione: esso permette di calcolare l'altezza di pioggia persa fino ad un dato istante attraverso la valutazione dell'altezza di pioggia massima immagazzinabile nel suolo a saturazione (S), il cui valore viene determinato attraverso un parametro detto CN (*runoff Curve Number*) il quale è funzione della natura del terreno, del tipo di copertura vegetale dello stesso e del corrispondente grado di imbibizione.

La classificazione dei suoli secondo la natura del terreno da un punto di vista idrogeologico è riportata nella seguente *tabella A*.

*Tabella A* Classificazione litologica dei suoli secondo SCS

GRUPPO	DESCRIZIONE
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili.

B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Una volta definito il tipo di suolo, si determina il valore del CN corrispondente al tipo di copertura (vegetale e non) attraverso l'uso della *tabella B*.

*Tabella B* Parametri CN relativi a AMC II per le quattro classi litologiche e per vari tipi di uso del suolo

	A	B	C	D
Terreno coltivato				
Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	80
Praterie				
Buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati				

Terreno sottile sottobosco povero senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabi- lità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali				
impermeabilità media	77	85	90	92
65%				
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade				
Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

I valori riportati nella *tabella C* sono relativi a condizioni medie di umidità del terreno antecedenti l'evento, definite attraverso il valore della precipitazione totale nei cinque giorni precedenti l'evento stesso (*Antecedent Moisture Condition* classe II - che in sigla viene indicata come AMC II).

Tabella C - Condizioni di umidità antecedenti individuate in base alla precipitazione totale nei 5 giorni precedenti (mm)

CLASSE AMC	STAGIONE DI RIPOSO	STAGIONE DI CRESCITA
I	< 12.7	< 35.5
I	12.7 ÷ 28.0	35.5 ÷ 53.3
III	>28.0	> 53.3

L'individuazione della classe AMC viene effettuata con i valori riportati in tabella C, mentre per condizioni diverse dal valore di CN valido per AMC II valgono le seguenti espressioni:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.38 - 0.0138CN_{II}}$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

Per la valutazione della litologia e dell'uso del suolo si è fatto riferimento alla cartografia informatizzata regionale (codici Corine Land Cover).

In base alla geologia ed all'uso del suolo come sopra descritti e allo stato d'imbibizione del terreno, sono risultati i seguenti valori dei parametri CN :

N°	Bacino	CN (I)	CN(II)	CNIII)
1	Torrente Chiarone	57	76	88
2	Canale della Bassa	61	78	89
3	Canale Scaricatore della Bassa	51	71	85
4	Collettore Acque Basse di Levante	64	81	91
5	Fosso Melone	61	78	89
6	Canale della Tagliata	64	81	91
7	La Torba	61	78	89
8	Lago di Burano	64	81	91

Dai valori del parametro CN, per la determinazione della pioggia netta, è stata utilizzata l'espressione:

$$P_n = (P_g - I_a)^2 / (P_g - I_a + S)$$

dove :

$P_n$  = pioggia netta in mm;

$P_g$  = pioggia grezza in mm;

$I_a$  = perdita iniziale in mm;

$S$  = altezza di pioggia massima immagazzinabile nel suolo in condizioni di saturazione (capacità di ritenzione potenziale) in mm.

Il valore di  $S$  da introdurre viene determinato in funzione del parametro CN secondo l'espressione seguente:

$$S = 25.4 ((1000/CN) - 10)$$

La perdita iniziale  $I_a$  è quella che si manifesta prima dell'inizio dei deflussi superficiali. Nella letteratura tecnica è riconosciuta l'esistenza di una correlazione positiva fra la perdita iniziale  $I_a$  e la capacità di ritenzione potenziale  $S$ , tramite la seguente espressione:

$$I_a = \beta S$$

dove  $\beta$  è un coefficiente adimensionale assunto uguale a **0,10** invece di 0.20 della formulazione classica.

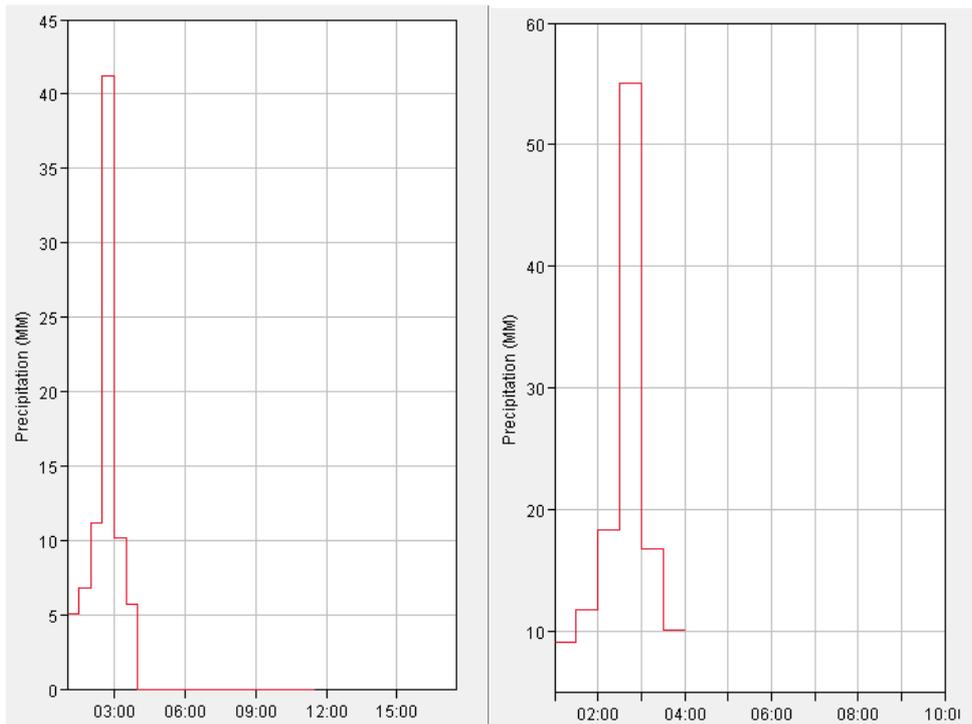
## **4.5 Portate di piena**

### **4.5.1 Fosso Melone**

Il Fosso Melone interessa la parte di ponente della Laguna e la realizzazione di un parcheggio in Dx idraulica a valle del ponte della ferrovia.

Le sezioni di calcolo sono riportate nella figura seguente e i calcoli idraulici in Appendice 1.

Gli ietogrammi tipo Chicago ragguagliati all'area mediante la metodologia di Wallingford per i 2 tempi di ritorno sono i seguenti:

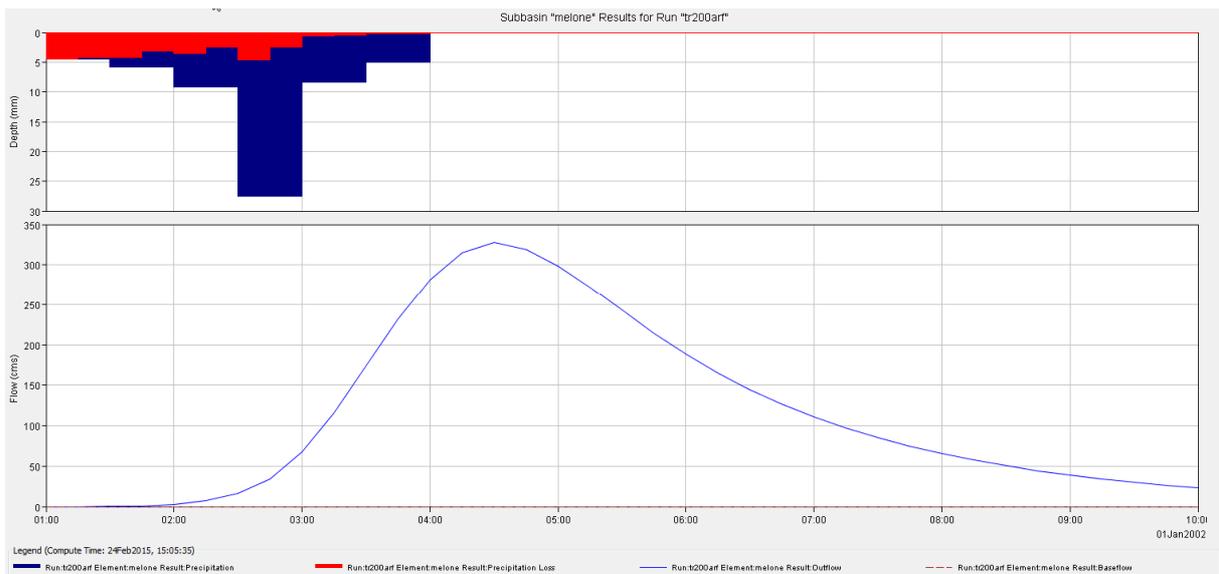


Ietogrammi (Tr30 e 200 anni)

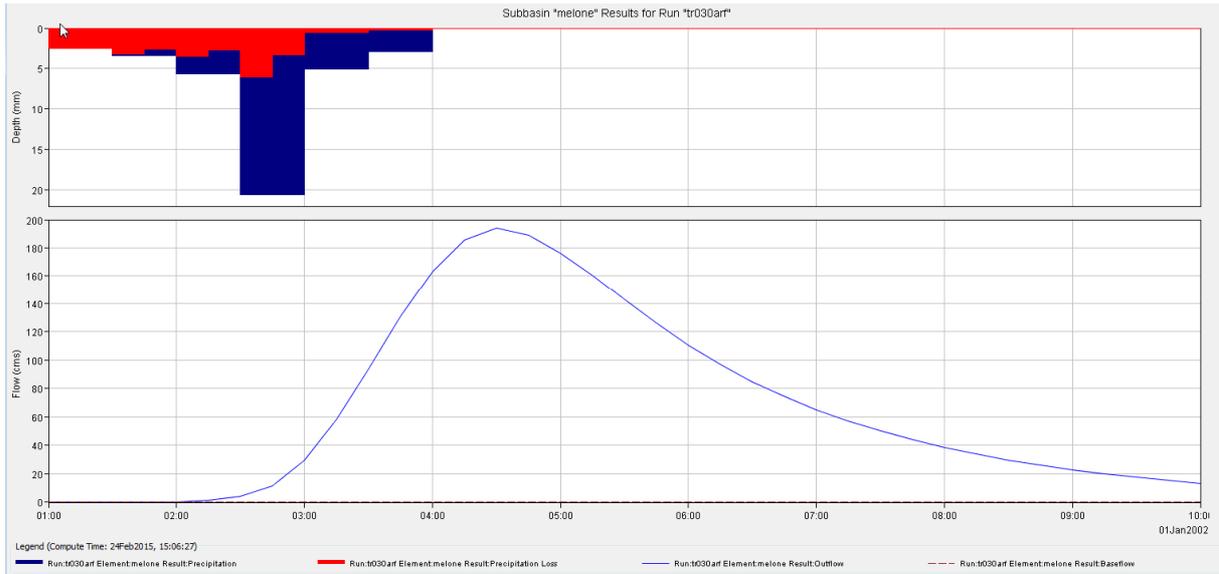
Il Bacino del F. Melone ha una superficie di 44.41 kmq mentre il tempo di corrivazione risulta pari a 1.8 ore. Il CN in condizione AMCIII risulta pari a 89.

La portata massima alla ferrovia risulta pari a 340 mc/s (Tr=200 anni).

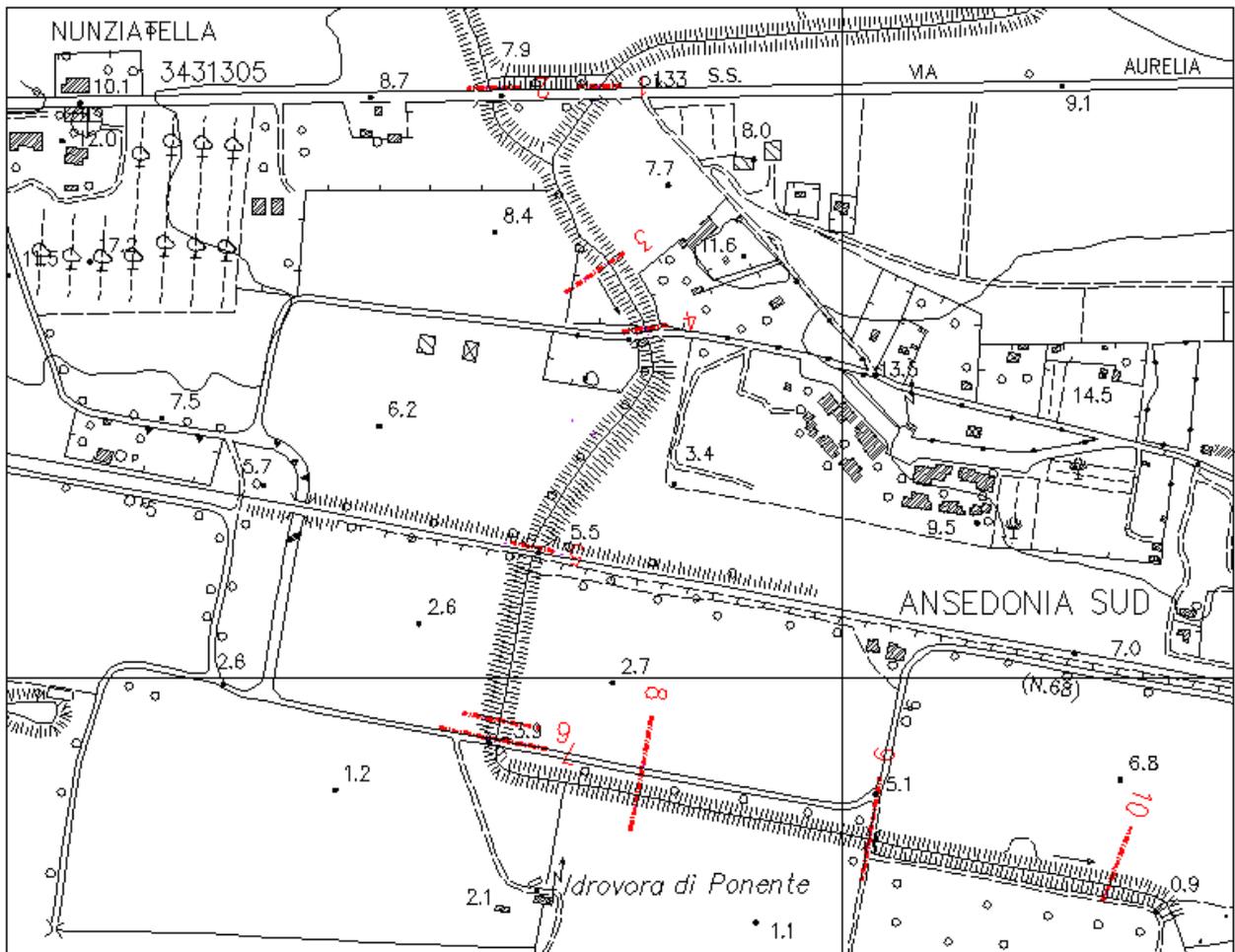
Gli idrogrammi ottenuti risultano:



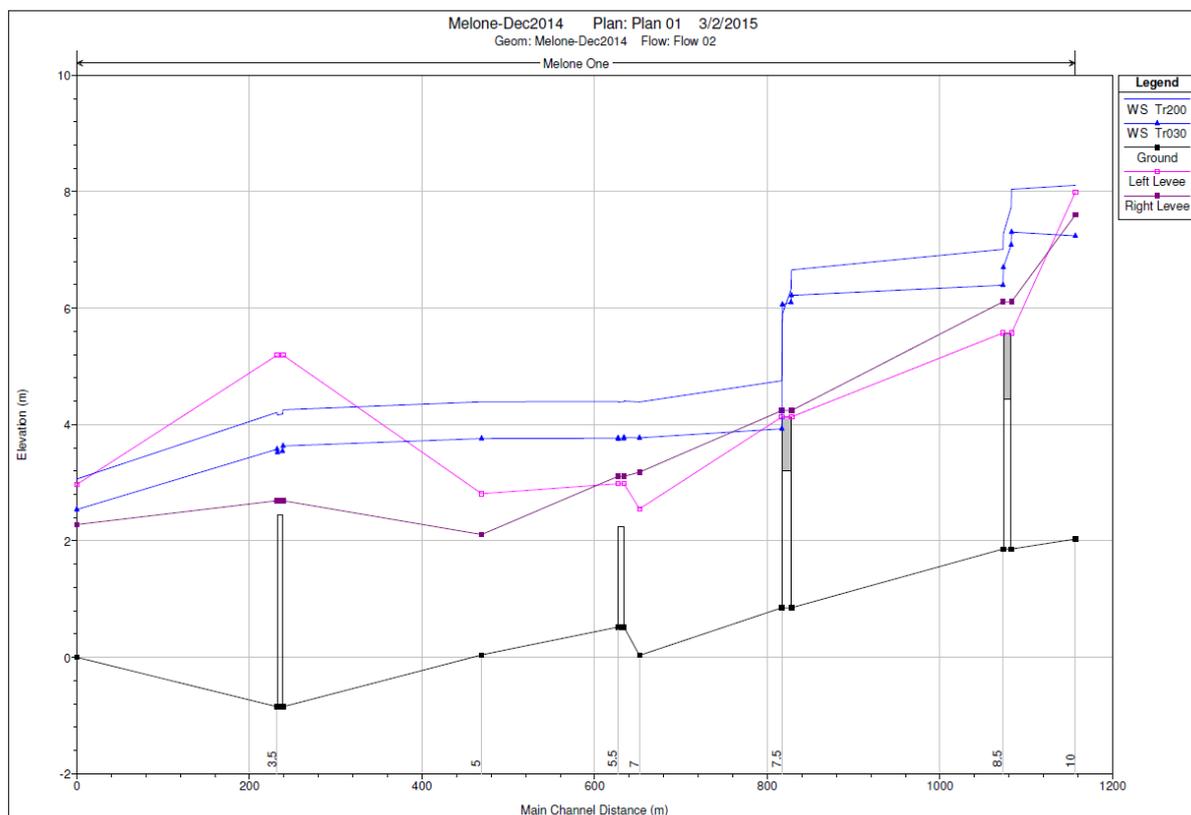
Idrogramma F. Melone Tr=200 anni



Idrogramma F. Melone Tr=30 anni



Sezioni di calcolo F.Melone



*Profilo longitudinale F.Melone per Tr=200 e 30 anni*

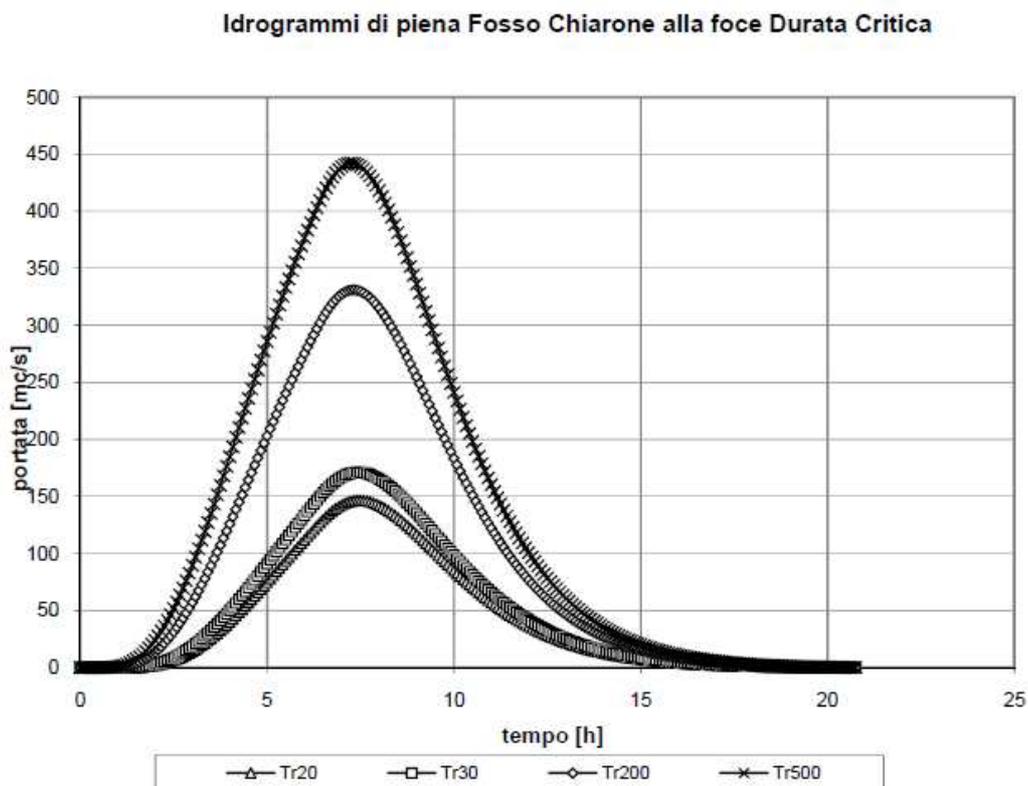
Si hanno esondazioni diffuse, come verrà mostrato in seguito sono riportate nella tavola E1.

In appendice 1 si ha il dettaglio dei calcoli idraulici.

#### 4.5.2 Torrente Chiarone

Il Torrente Chiarone è stato studiato per il RU comunale da Idrostudio. Le nuove curve segnalatrici non hanno modificato gli idrogrammi di piena in maniera apprezzabile.

Questi sono riportati nella figura seguente.



*Da Idrostudio (studi comunali per la redazione del RU)*

Il Bacino del T. Chiarone ha una superficie di 70.47 kmq mentre il tempo di corrivazione risulta pari a 6.34 ore. Il CN in condizione AMCIII risulta pari a 88.5.

La portata massima nel tratto di foce risulta pari a 330.92 mc/s (Tr=200 anni).

Anche il calcolo idraulico è riportato negli stessi elaborati da cui si evincono le portate di piena che esondano nel tratto finale e che danno luogo alle esondazioni riportate nella tav. E2.

## 5. MODELLAZIONE IDRAULICA

### 5.1 Modellazione monodimensionale

Il calcolo in alveo è stato effettuato a moto permanente considerando il moto gradualmente vario della corrente.

Per il calcolo del profilo di rigurgito è stato usato un modello matematico alle differenze finite, HEC-RAS distribuito pubblicamente dal Department of The Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center - 609 Second Street Davis, CA 95616-4687.

Tale modello permette il calcolo del profilo di piena nel caso di correnti gradualmente variate in fiumi, torrenti o canali. Esso può prevedere la presenza di ostacoli quali ponti e stramazzi. La procedura di calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione dell'energia con le perdite di carico valutate mediante l'equazione di Manning.

Come coefficiente di scabrezza “**n**” è stato assunto un valore pari a **0,030**.

I calcoli, in dettaglio, sono riportati in appendice.

### 5.2 – Simulazione delle inondazioni

Le simulazioni sono state effettuate per lo stato attuale, per gli interventi di cui ai punti da 1 a 3. Nelle aree di pianura, laddove il corso d'acqua esonda e le pendenze del terreno sono basse, il modello matematico utilizzato per la simulazione è quello bidimensionale in moto vario dovuto a Pagliara (1996-2015). Esso schematizza il flusso bidimensionale a superficie libera mediante il sistema alle derivate parziali, iperbolico, non lineare, delle equazioni complete di De Saint Venant.

Le equazioni di continuità e del moto nelle due direzioni possono essere scritte nel modo seguente:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \tau_x = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \tau_y = 0 \quad (3)$$

con:

$$\tau_x = \frac{\rho g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (7)$$

$$\tau_y = \frac{\rho g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (8)$$

in cui  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $x$  ed  $y$  sono le coordinate spaziali,  $t$  il tempo,  $h$  l'altezza d'acqua,  $u$  e  $v$  le componenti della velocità nelle due direzioni,  $M = u \cdot h =$  flusso nella direzione  $x$ ;  $N = v \cdot h =$  flusso della corrente nella direzione  $y$ ,  $H$  è la quota della superficie libera,  $n$  il coef-

ficiente di scabrezza di Manning,  $\rho$  la densità dell'acqua mentre  $\tau_x$  e  $\tau_y$  sono gli sforzi tangenziali al fondo, rispettivamente nelle direzioni x ed y.

Il metodo usato per la formulazione numerica delle equazioni (6-8) è quello originariamente proposto da Iwasa (Iwasa et alii, 1980) e usa uno schema alle differenze finite di tipo esplicito.

Sono presenti nel modello due diversi tipi di condizioni al contorno. La prima è quella che considera una condizione al contorno in cui il flusso  $M=N=0$ , mentre la seconda considera la possibilità di far defluire la portata in arrivo verso l'esterno della mesh considerata.

Il fronte della corrente è trattato in modo tale che quando l'altezza d'acqua è minore di un prefissato valore (p.e. 0.001 m), il flusso nella rispettiva cella è assunto pari a zero. Particolari equazioni sono usate nel modello, nel caso in cui si abbia un gradino od un salto di fondo fra due celle adiacenti.

Le simulazioni numeriche sono state effettuate per Tempi di ritorno pari a 200 anni.

I risultati sono riportati nelle tavole E1, E2, E3.

In tali tavole sono rappresentate le aree inondate per ciascuna simulazione effettuata con l'indicazione dei tiranti idrici massimi raggiunti nei vari punti (inviluppo dei tiranti idrici), ciò significa che i tiranti idrici indicati nelle tavole rappresentano le massime altezze idriche raggiungibili in ciascun punto considerato, anche se tali altezze idriche si verificano in tempi diversi e cioè l'inviluppo.

## **6. AREE INDAGATE - RISULTATI**

### **6.1 - Spostamento della S.P. 68**

Per quanto riguarda lo spostamento della strada che corre lungo la ferrovia nella parte di levante della laguna è stato condotto il calcolo delle esondazioni massimizzandole per ottenere il massimo rischio idraulico nelle aree di interesse. I risultati sono riportati nella Tav.E2.

L'unica parte soggetta ad allagamenti è quella più a levante vicino al passaggio dello scaricatore della Bassa sotto la linea ferroviaria, fino a metà tra i poderi Burano V e Burano VI. Il tirante idrico arriva al massimo a 40 cm. sul piano campagna, solo in piccole aree.

In questo caso lo spostamento della strada risulta attuabile previa risoluzione del rischio in tale piccola zona.

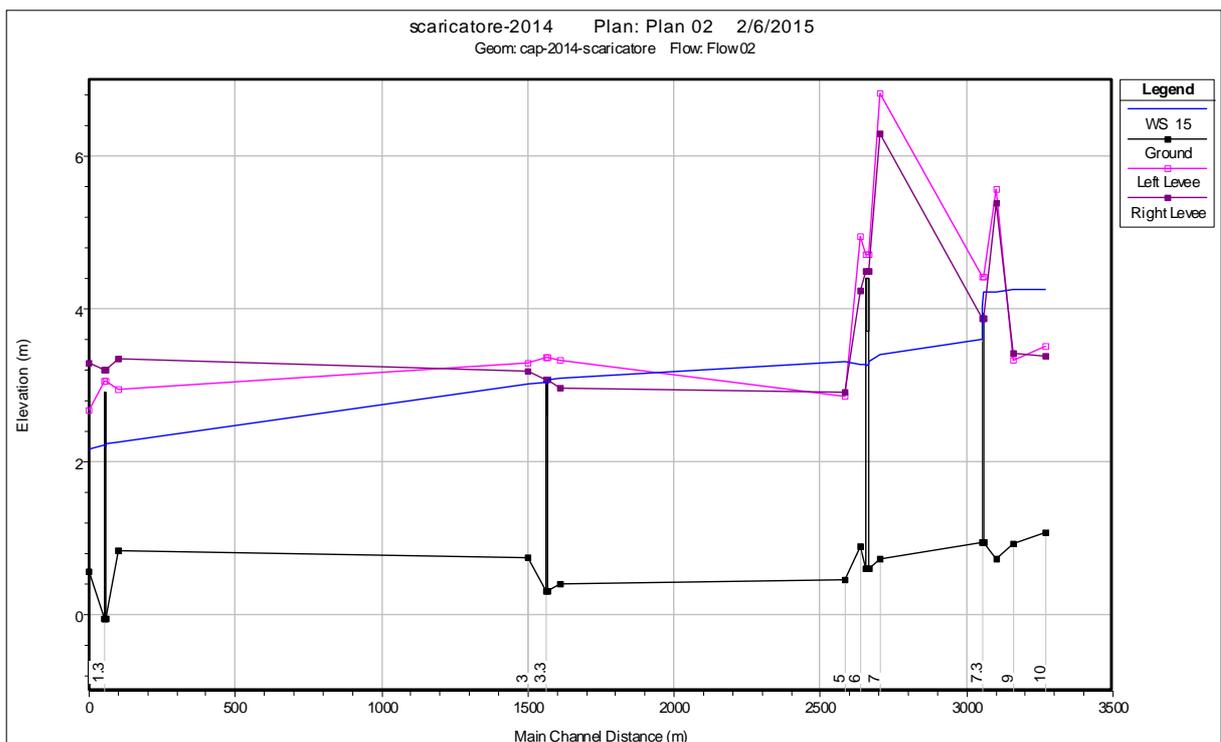
Le sezioni di calcolo sono indicate nella figura seguente:



Canale scaricatore della Bassa (sezione di Calcolo)

Lo scaricatore della bassa ha una portata idrologica molto piccola essendo il bacino imbrifero estremamente limitato, 5.61 km<sup>2</sup>. Prende però una parte delle acque di esondazione del Canale della Bassa, che passa a monte dello stesso, allorquando questo non riesce a smaltire la propria portata in occasione del Chiarone in piena..

Si può quindi considerare una portata di massima piena 200ennale stimata in circa 15 mc/s.



Profilo longitudinale F.Scaricatore della Bassa (15 mc/s)

Gli allagamenti da esso derivanti sono riportati nella Tav. E2.

In appendice 2 è riportato il dettaglio dei calcoli idraulici.

## **6.2 - Parcheggio al sottopasso di Macchiatonda**

L'area tratteggiata in cui è stato previsto il parcheggio risulta non interessata dalla piena del Fosso Melone con  $Tr=200$  anni. Le esondazioni sono riportate nella tavola E1.

## **6.3 – Ponticelli nel padule del Chiarone**

Oltre alle copiose esondazioni del F. Chiarone e dello Scaricatore della bassa è stata considerata una pioggia avente tempo di ritorno  $Tr=200$  anni sul bacino di levante in modo da poter simulare il ristagno e il conseguente allagamento dell'area. Le idrovore sono state considerate alla loro capacità massima che peraltro, nel caso di eventi a così alto tempo di ritorno, risulta trascurabile. Nella Tavola E2 sono riportate le massime quote raggiunte per effetto delle esondazioni sopra descritte.

Si ha una quota assoluta dell'acqua pari a +0.6 m .s.l.m. ( $Tr=200$  anni).

Il fenomeno esondativo è caratterizzato da velocità molto piccole e risulta avere quindi le caratteristiche di un allagamento statico in cui il livello molto lentamente arriva alla quota massima.

## **6.4 – Ponticelli nel padule della Tagliata e Macchiatonda**

Oltre alle esondazioni del F. Melone è stata considerata una pioggia avente tempo di ritorno  $Tr=200$  anni sul bacino di ponente in modo da poter simulare il ristagno e il conseguente allagamento dell'area. Le idrovore, come per la parte di levante, sono state considerate alla loro capacità massima che peraltro, nel caso di eventi a così alto tempo di ritorno, risulta trascurabile.

Nella Tavola E3 sono riportate le massime quote raggiunte per effetto delle esondazioni sopra descritte.

Si ha una quota assoluta dell'acqua pari a +0.8 m .s.l.m. ( $Tr=200$  anni).

Il fenomeno esondativo, anche in questo caso, è caratterizzato da velocità molto piccole e risulta avere quindi le caratteristiche di un allagamento statico in cui il livello molto lentamente arriva alla quota massima.

## 6.5 - Zona D6.2, Centro Sportivo Turistico Balneare - Chiarone

L'area in oggetto è compresa tra l'argine destro del Torrente Chiarone, la strada comunale di Graticciaia, il Collettore delle acque basse di levante e la duna.

Tale area subisce gli effetti immediati delle esondazioni del T. Chiarone all'uscita dal ponte della ferrovia. I risultati sono evidenziati nelle tav. E2, dove è evidenziata solo l'esondazione in Toscana dovuta alla metà della portata idrologica; l'altra metà va nel Lazio.

La lama d'acqua esondante si attesta alla quota assoluta di + 1.90 m.s.l.m. sul Chiarone per scemare a di + 1.22 m.s.l.m. all'altezza della strada comunale e attestarsi a +0.60 tra qui e il lago di Burano come detto al punto 6.3 per i ponticelli.

Il progetto prevede la realizzazione di una arginatura che delimita l'area del campeggio su tre lati, lasciando un franco di piena 60 cm. Cosicché quello lungo la strada comunale avrà la sommità posta a +1.82 m.s.l.m., quello parallelo al Chiarone a +2.50 e quello trasversale a scendere a +2.50 a 1.82. (Per esigenze della proprietà l'area delimitata è maggiore di quella strettamente necessaria da salvaguardare, estendendosi fin nei pressi del Collettore delle acque basse di levante. Sia l'argine lato Chiarone che quello lato strada comunale, andranno ad attestarsi alla duna. Quello vicino al Chiarone e quello vicino al Collettore verranno realizzati a partire da una distanza di 10 m. da detti corsi d'acqua. La testa sarà larga almeno 2 metri e i fianchi con scarpa di circa 3/2. Il piede andrà perciò da 8.5 m. lato strada a 10.5 m. lato Chiarone, intermedio tra i due. Le opere di mitigazione consistono in un area di laminazione (scavo di circa 60 cm per un volume utile di circa 7000 mc con scarico Ø400 nella fossa stradale) e realizzazione di tubazioni Ø600/30 m. di passaggio al di sotto della strada comunale nel tratto compreso tra la S.P. 68 e il collettore delle acque basse di levante.

Le aree interessate dagli allagamenti sono talmente estese in ambo le regioni che l'incremento di rischio è veramente risibile. In sinistra l'area si estende per circa 4550 m. fino al lago di Burano per una larghezza di 550 m. cioè circa 2.5 km<sup>2</sup>. Anche in destra si è ritenuta simile vista la conformazione del territorio, cosicché l'area allagata assomma a 5 km<sup>2</sup>.

A favore della sicurezza, ammettendo che coll'esclusione dell'area arginata, l'area allagata non aumenti d'estensione cioè si consideri come un contenitore a pareti verticali, coll'esclusione dell'area di m. 310x290 occupata dalla parte arginata, pari a circa 0.09 km<sup>2</sup>, il battente d'acqua si può stimare che sia aumentato di  $dh = [1 - (5 - 0.09) / 5] * 100 = 1.8\%$ . Ciò significa che nella piana la quota che nello stato modificato è stata valutata +0.60 m., nello stato attuale è  $0.6 * (1 - 0.018) = 0.59$  m., (1 cm.), mentre sulla strada di Graticciaia è  $1.22 * (1 - 0.018) = 1.20$  m. (2 cm.); sugli Argini del Chiarone  $1.9 * (1 - 0.018) = 1.87$  m. (3 cm.). Parimenti nella parte laziale.

Per la parte in Toscana l'aumento di rischio rimane tutto all'interno della Proprietà S.A.C.R.A., eccettuata la strada comunale di Graticciaia, per la quale comunque si hanno 2 cm. soli in più del battente idrico.

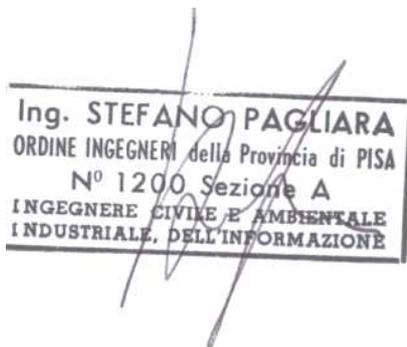
## 7. CONCLUSIONI

Questa relazione ha studiato e caratterizzato in termini di rischio idraulico i seguenti punti:

- 1) Studio di un'area destinata a parcheggio in Dx idraulica del F. Melone a valle della Ferrovia: per tale area è stata dimostrata l'assenza di rischio idraulico per  $Tr=200$  anni.
- 2) Studio del rischio idraulico di un'area lungo la ferrovia (zona di levante) per spostamento strada provinciale 68: per tale area il rischio idraulico è localizzato nelle vicinanze dello scaricatore delle basse nel tratto più vicino al suo passaggio attraverso il rilevato ferroviario.
- 3) Quote dei ponticelli nelle aree depresse di levante e di ponente: per tali aree le esondazioni riportano livelli di massima quota per  $Tr=200$  anni pari rispettivamente a +0.8 m.s.l.m. (area di ponente) e +0.6 m.s.l.m. (area di levante).
- 4) Area in Dx Chiarone con previsione di campeggio: per tale area la Tav.E2 riporta lo stato attuale con livelli di massima quota per  $Tr=200$  anni pari a +1.20 m.s.l.m., dovuto principalmente alle esondazioni del Torrente Chiarone e la tavola E4 riporta lo stato di progetto. L'aggravio del rischio idraulico va da 3 cm sugli argini del Chiarone per attestarsi ad 1 cm. nella parte pianeggiante.

Pisa, Marzo 2015

Prof. Ing. Stefano Pagliara

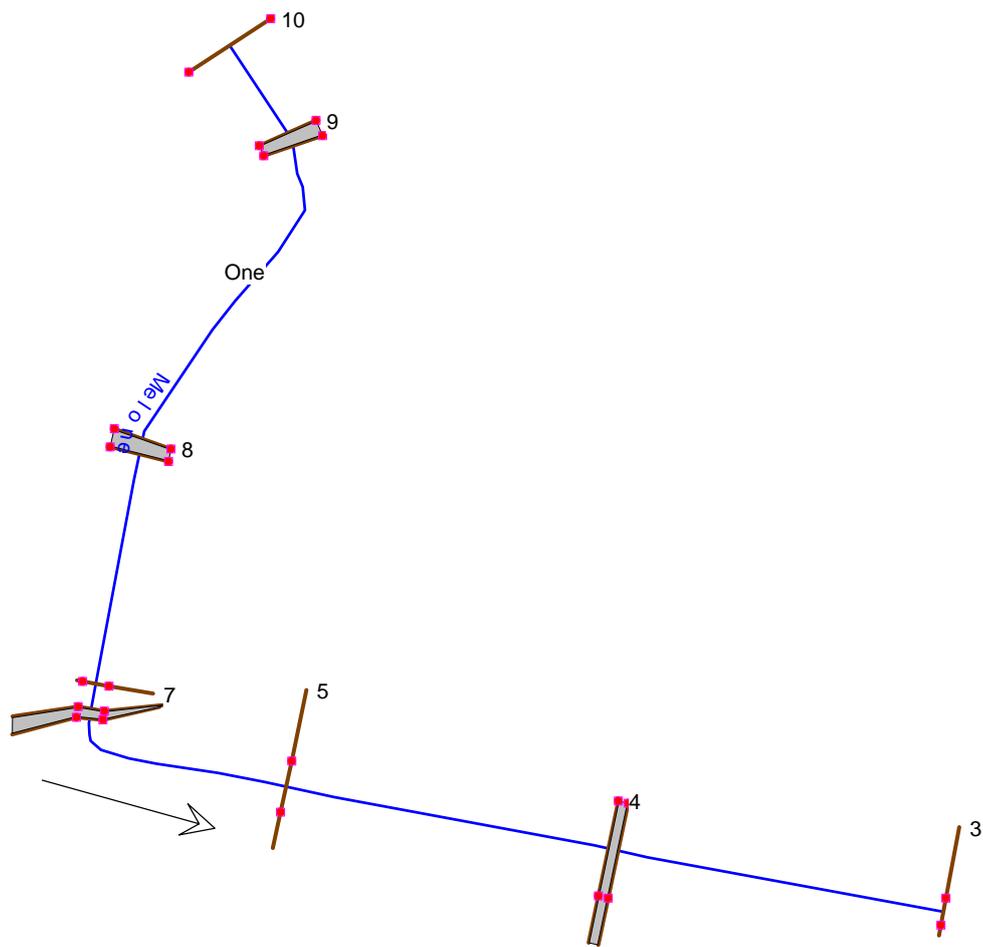


Dott. Ing. Massimo Ascoli



App.1  
Stato attuale

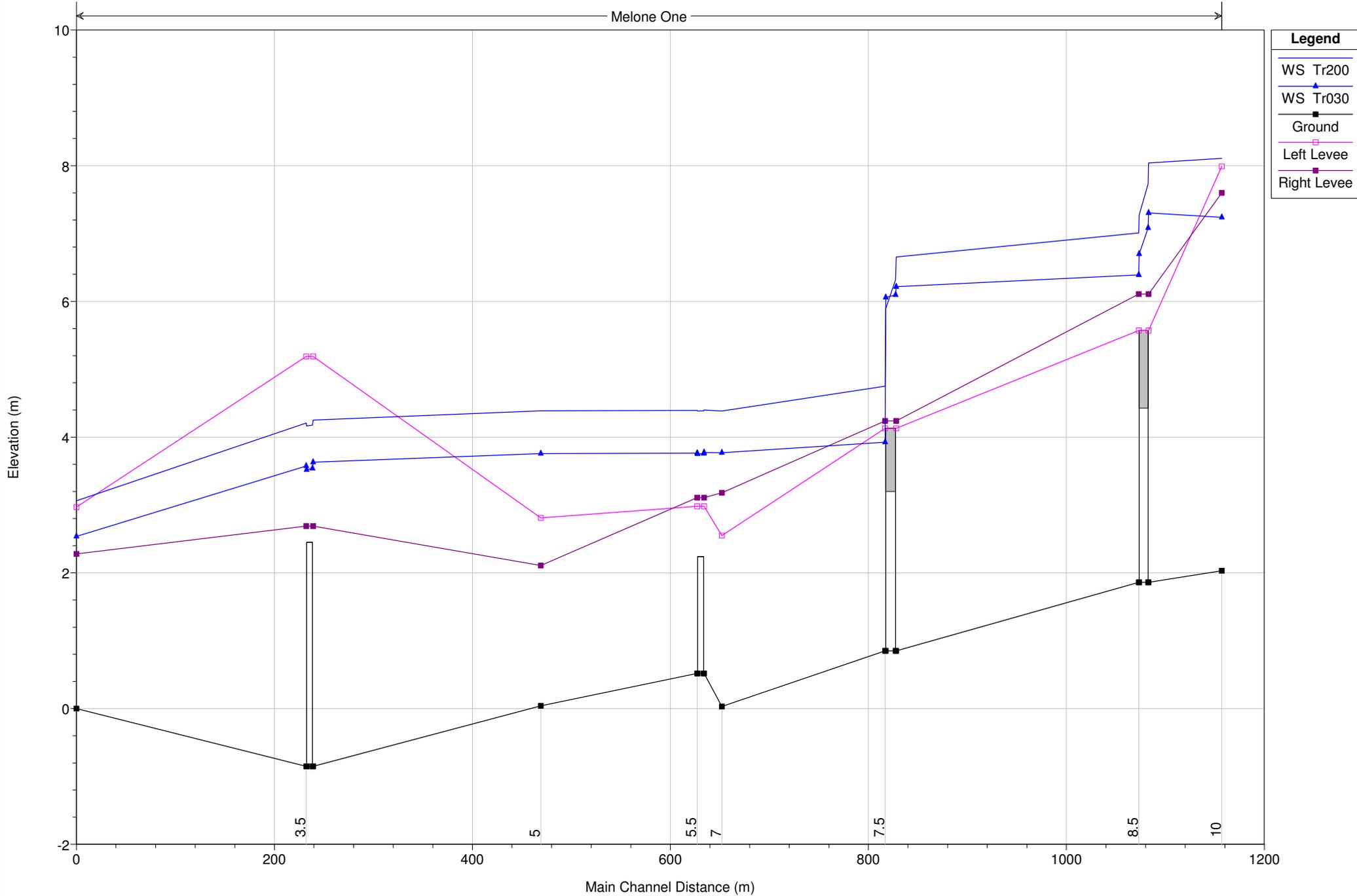
F.Melone  
Q200=340 mc/s  
Q30=195 mc/s



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

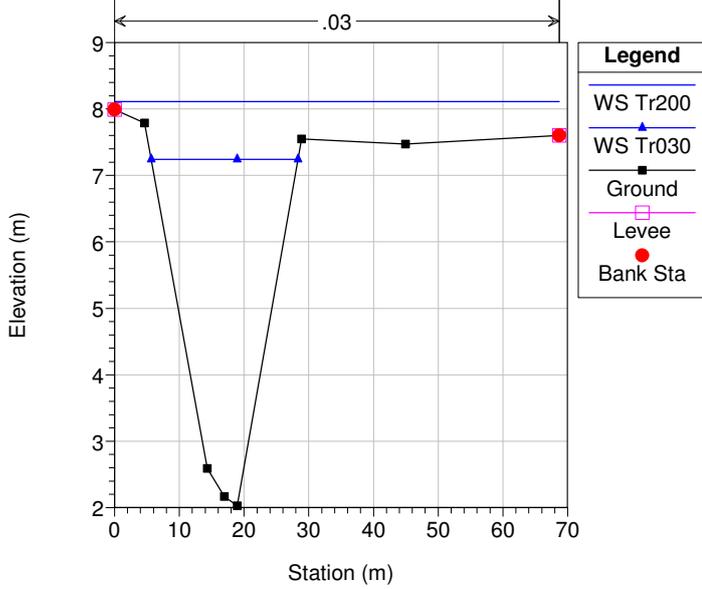
Melone One



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

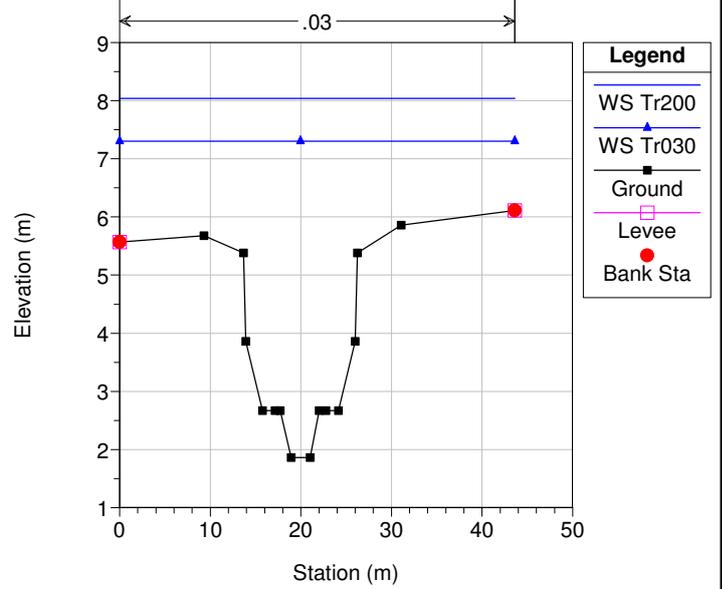
River = Melone Reach = One RS = 10 sez. 3



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

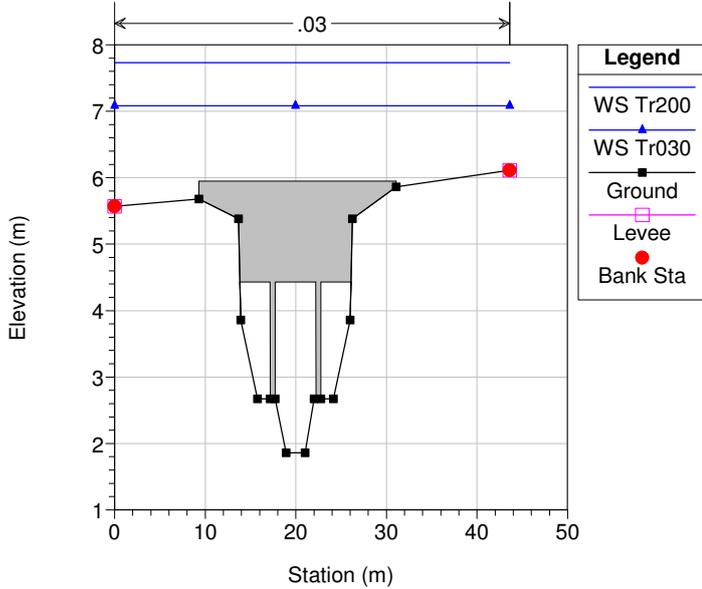
River = Melone Reach = One RS = 9 sez. 4 - a monte di ponte



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

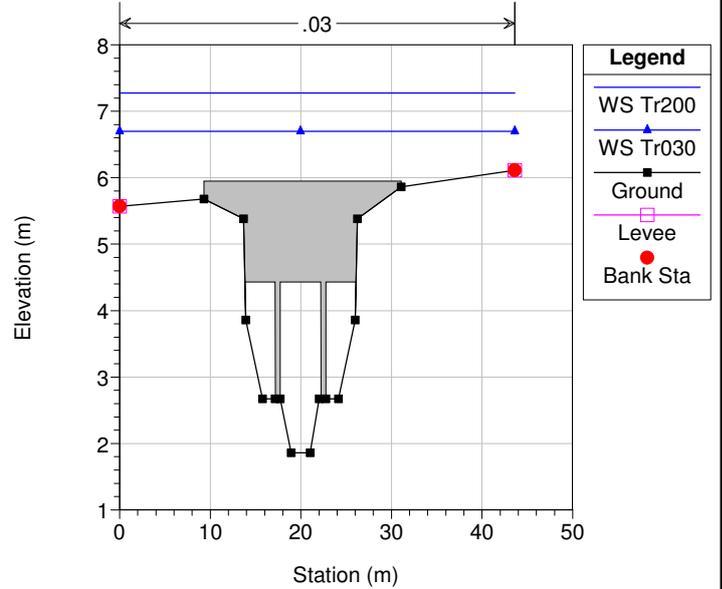
River = Melone Reach = One RS = 8.7 BR



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

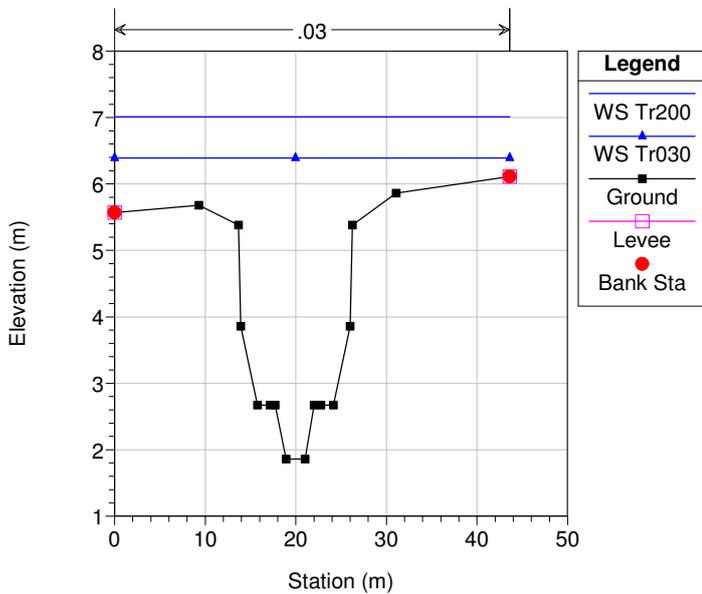
River = Melone Reach = One RS = 8.7 BR



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

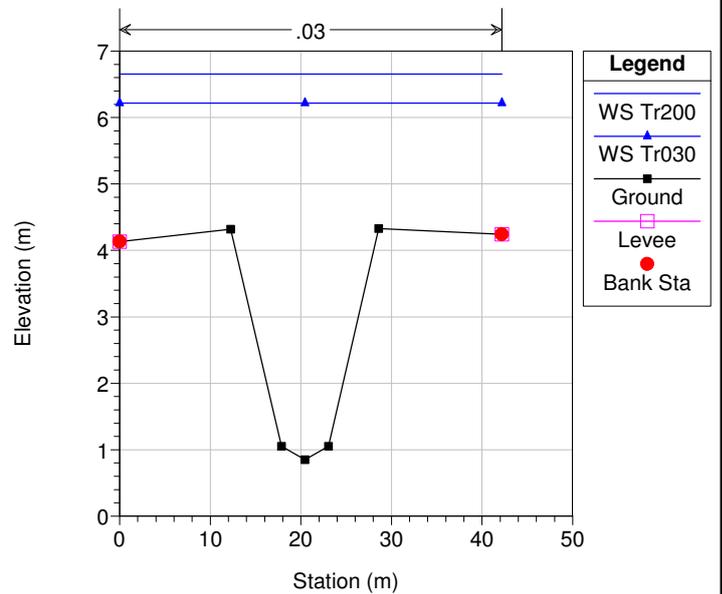
River = Melone Reach = One RS = 8.5 sez. 4 - a valle di ponte



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

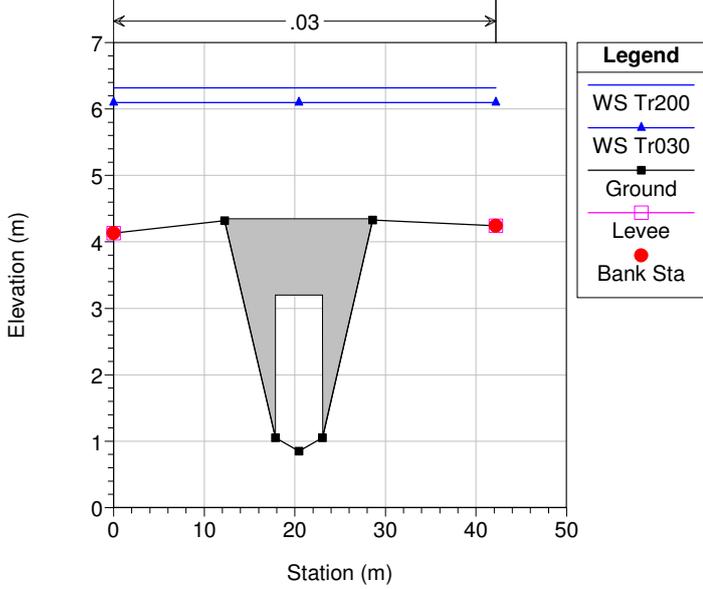
River = Melone Reach = One RS = 8 sez. 5 - a monte di ponte



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

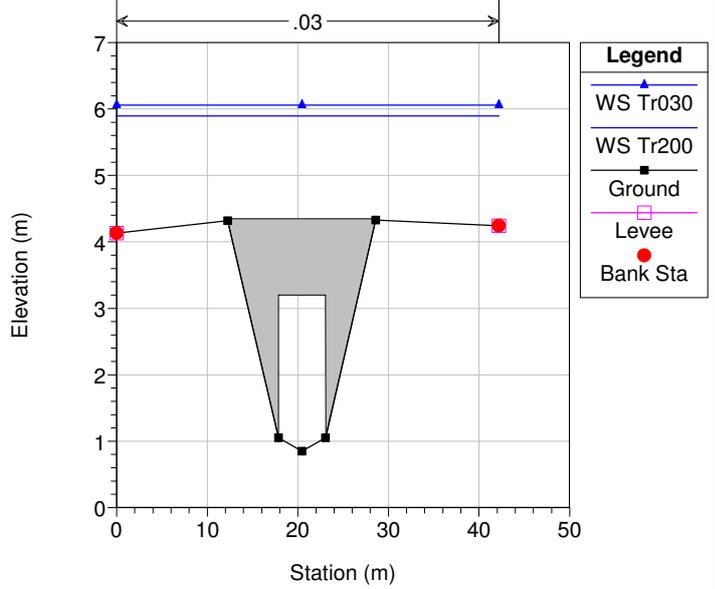
River = Melone Reach = One RS = 7.7 BR



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

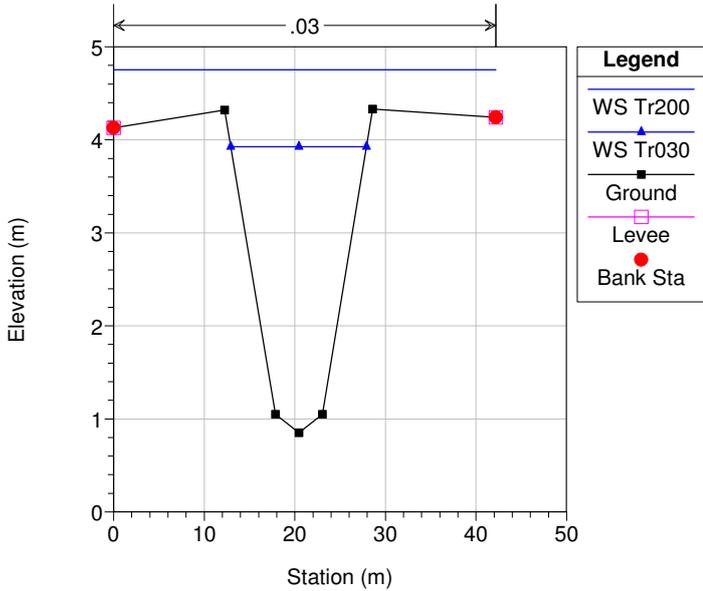
River = Melone Reach = One RS = 7.7 BR



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

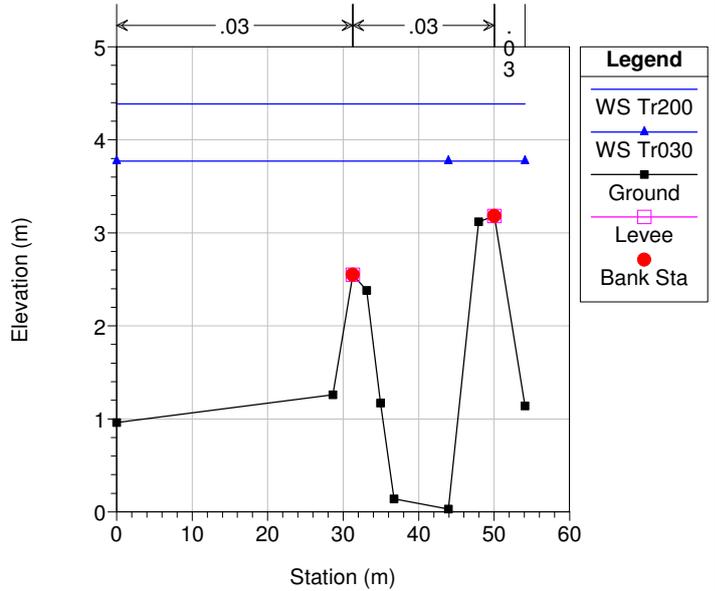
River = Melone Reach = One RS = 7.5 sez. 5 - a valle di ponte



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

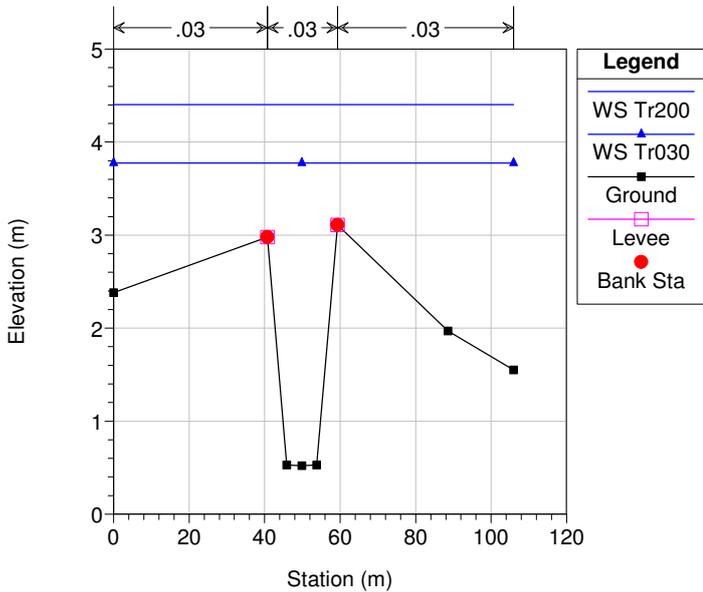
River = Melone Reach = One RS = 7 sez. 6



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

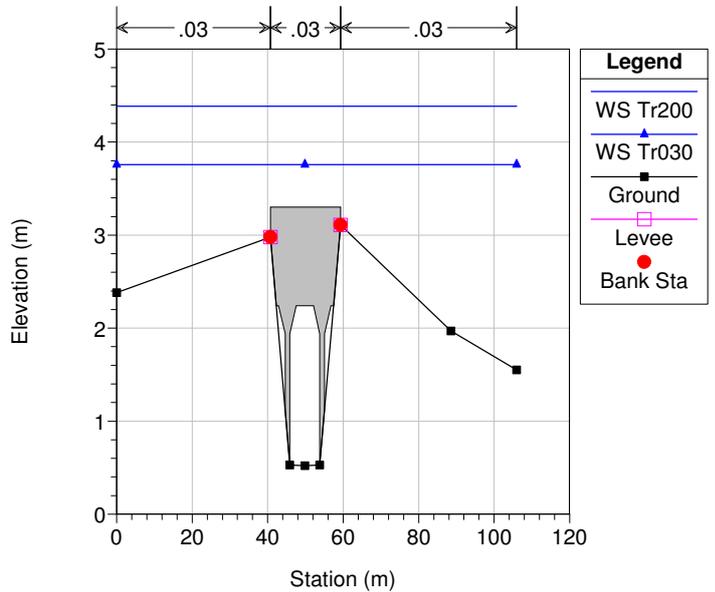
River = Melone Reach = One RS = 6 sez. 7 - a monte di ponte



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

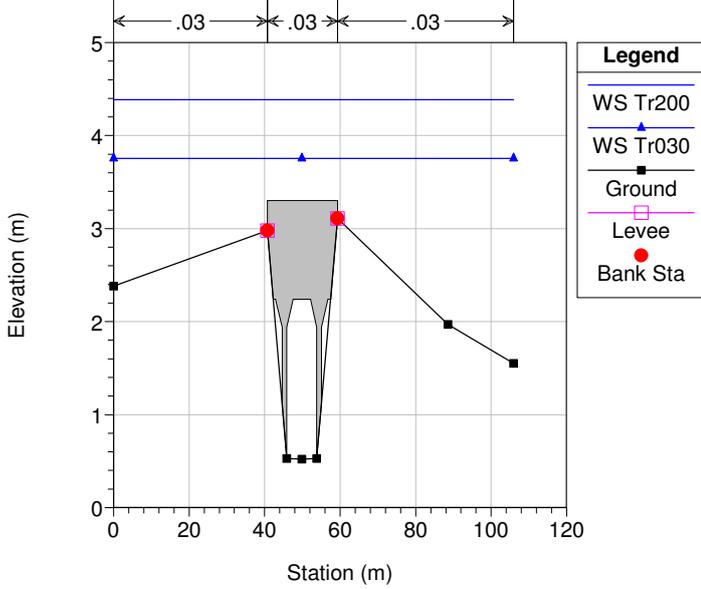
River = Melone Reach = One RS = 5.7 BR



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

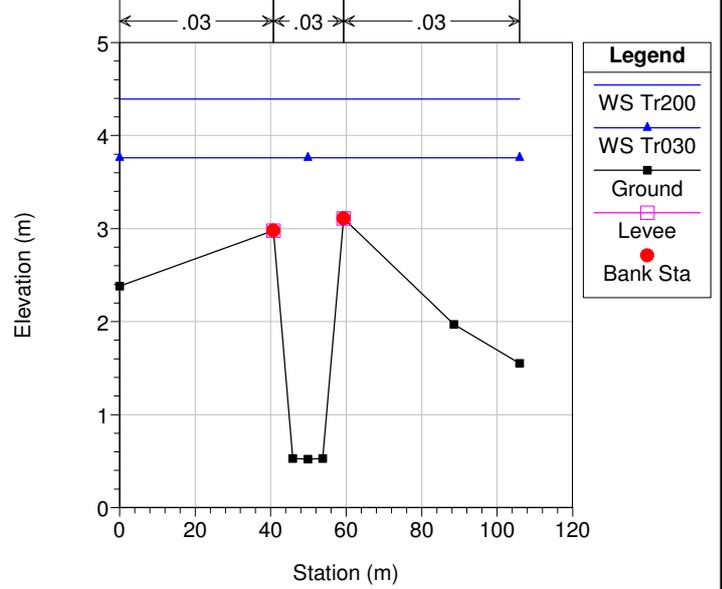
River = Melone Reach = One RS = 5.7 BR



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

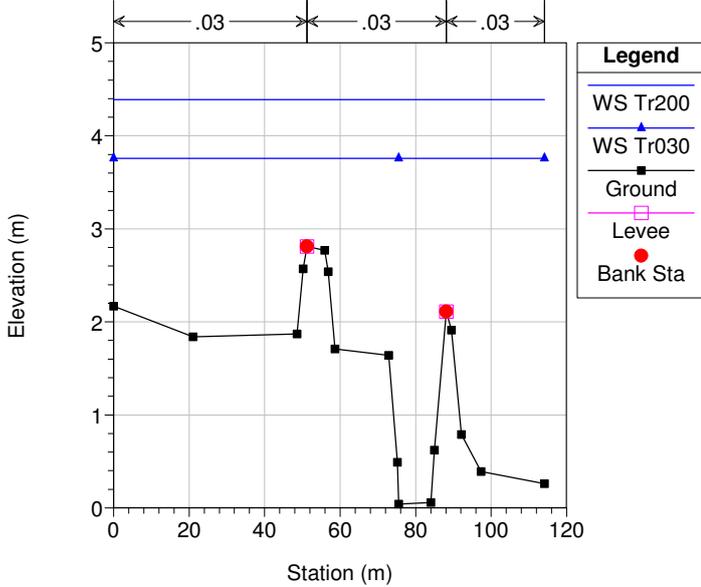
River = Melone Reach = One RS = 5.5 sez. 7 - a valle di ponte



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

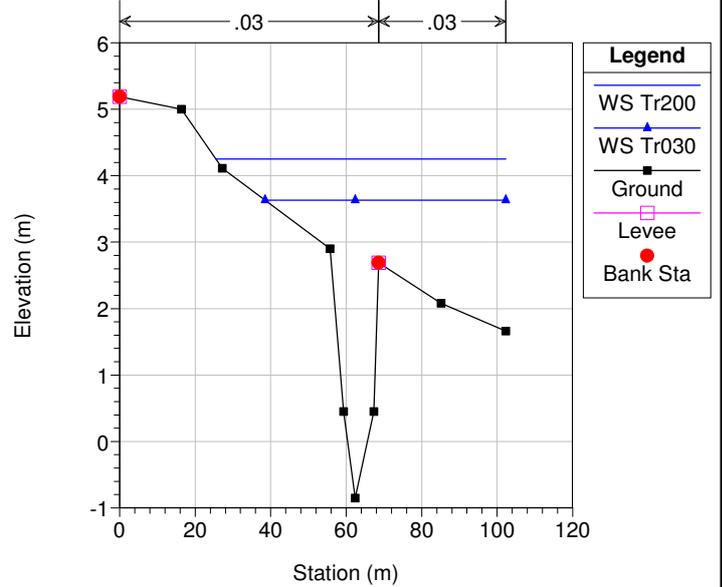
River = Melone Reach = One RS = 5 sez. 8



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

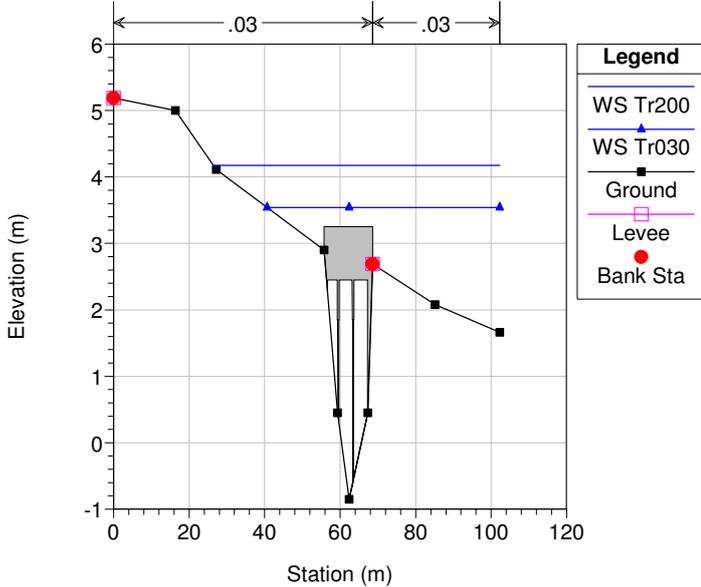
River = Melone Reach = One RS = 4 sez. 9 - a monte di ponte



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

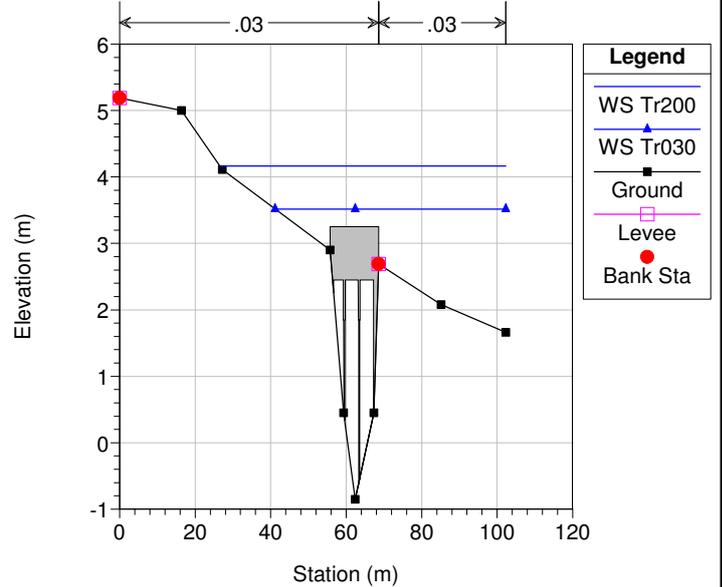
River = Melone Reach = One RS = 3.7 BR



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

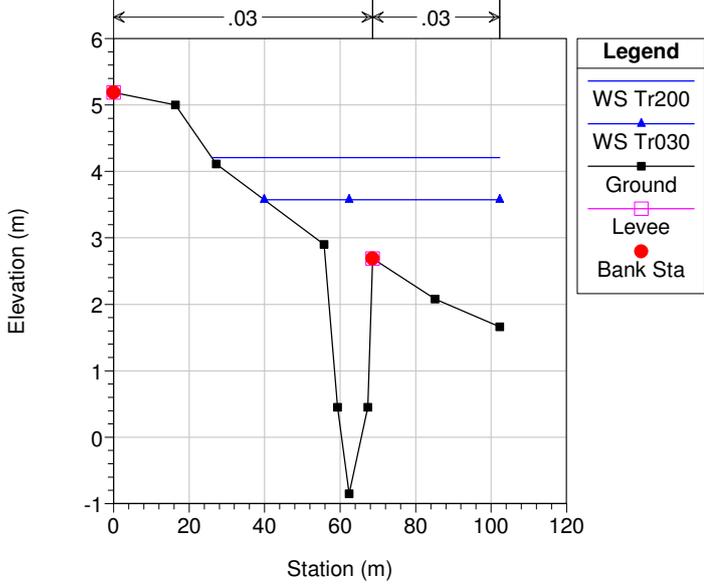
River = Melone Reach = One RS = 3.7 BR



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

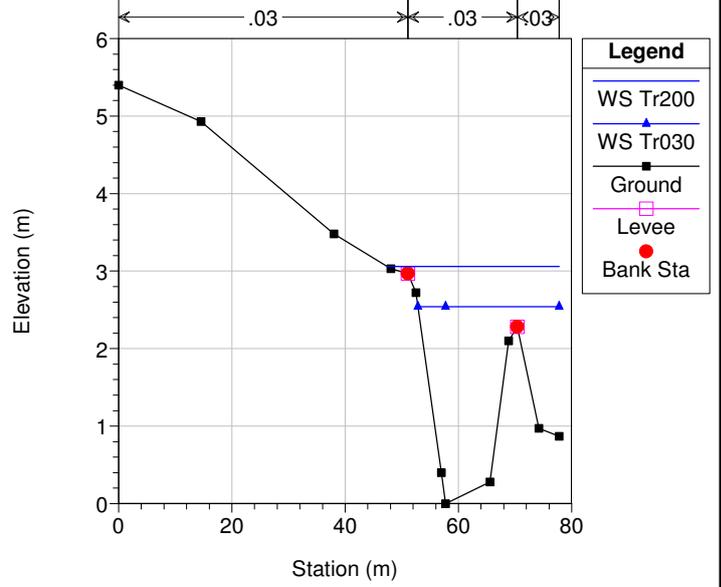
River = Melone Reach = One RS = 3.5 sez. 9 - a valle di ponte



Melone-Dec2014 Plan: Plan 01 3/2/2015

Geom: Melone-Dec2014 Flow: Flow 02

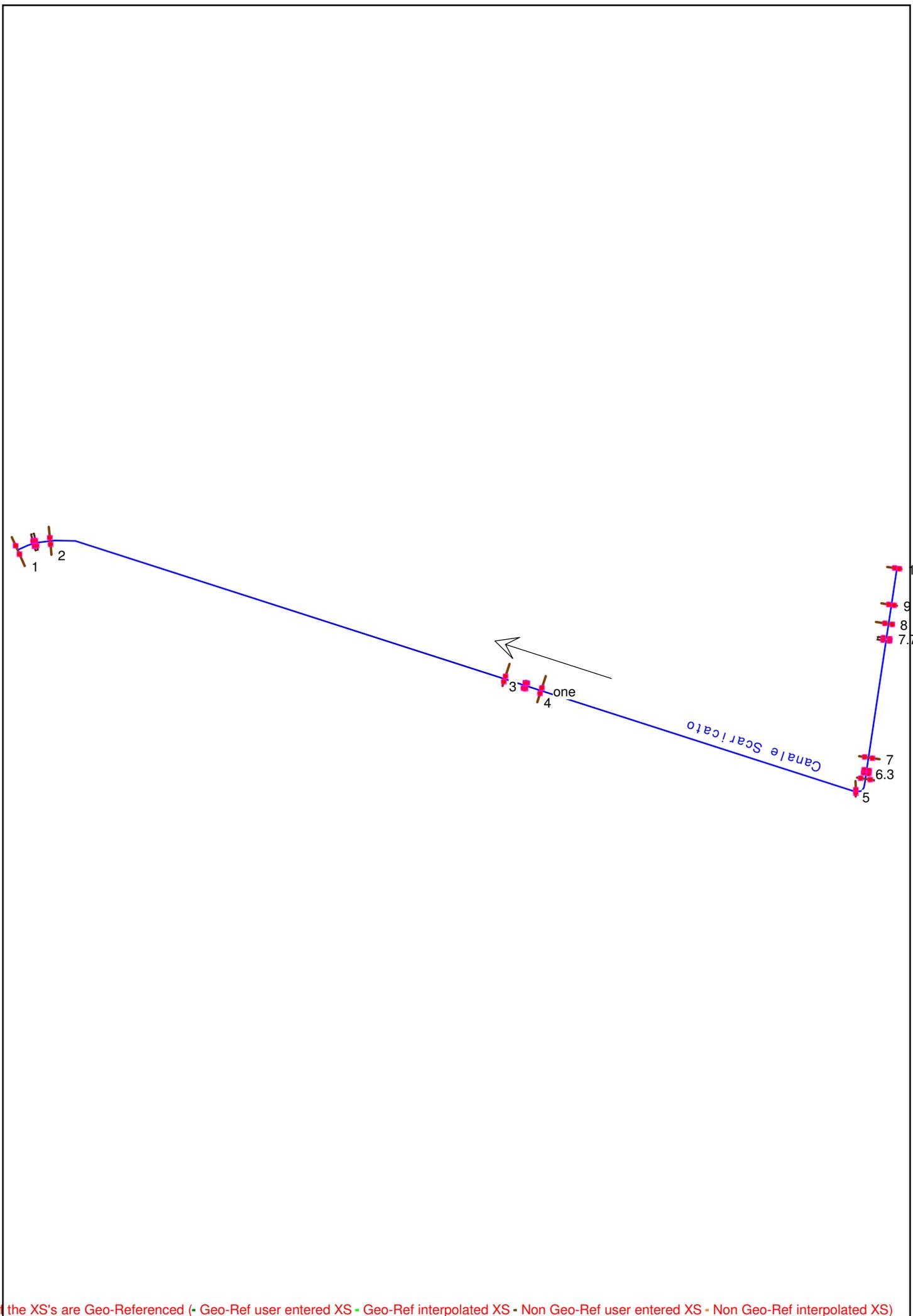
River = Melone Reach = One RS = 3 sez. 10



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
One	10	Tr200	340.00	2.03	8.11	7.07	8.57	0.004545	3.02	112.47	68.69	0.75
One	10	Tr030	194.00	2.03	7.24	5.93	7.66	0.002001	2.87	67.50	22.67	0.53
One	9	Tr200	340.00	1.86	8.04	6.72	8.35	0.001488	2.47	137.82	43.60	0.44
One	9	Tr030	194.00	1.86	7.31	6.14	7.48	0.001123	1.83	105.85	43.60	0.38
One	8.7	Bridge										
One	8.5	Tr200	340.00	1.86	7.01	6.72	7.69	0.005236	3.66	92.97	43.60	0.80
One	8.5	Tr030	194.00	1.86	6.39	6.14	6.83	0.005167	2.94	65.99	43.60	0.76
One	8	Tr200	340.00	0.85	6.66	5.31	6.97	0.001443	2.50	135.88	42.18	0.44
One	8	Tr030	194.00	0.85	6.22	4.73	6.36	0.000746	1.65	117.42	42.18	0.32
One	7.7	Bridge										
One	7.5	Tr200	200.00	0.85	4.75	4.75	5.41	0.008798	3.60	55.63	42.18	1.00
One	7.5	Tr030	130.00	0.85	3.93	3.93	4.91	0.008045	4.40	29.56	14.99	1.00
One	7	Tr200	200.00	0.03	4.38	2.55	4.46	0.000322	1.22	169.09	54.09	0.22
One	7	Tr030	130.00	0.03	3.77	2.55	3.82	0.000274	0.98	135.91	54.09	0.19
One	6	Tr200	200.00	0.52	4.40	3.11	4.44	0.000250	1.09	229.09	105.91	0.20
One	6	Tr030	130.00	0.52	3.77	3.11	3.81	0.000311	1.05	162.57	105.91	0.21
One	5.7	Bridge										
One	5.5	Tr200	200.00	0.52	4.39	3.11	4.44	0.000253	1.09	228.18	105.91	0.20
One	5.5	Tr030	130.00	0.52	3.76	3.11	3.80	0.000318	1.06	161.41	105.91	0.21
One	5	Tr200	200.00	0.04	4.39	2.11	4.41	0.000081	0.61	335.43	114.08	0.11
One	5	Tr030	130.00	0.04	3.76	2.11	3.77	0.000074	0.50	263.56	114.08	0.10
One	4	Tr200	200.00	-0.85	4.25	3.11	4.35	0.000855	1.29	141.33	76.79	0.32
One	4	Tr030	130.00	-0.85	3.63	2.74	3.72	0.001000	1.34	97.37	63.77	0.34
One	3.7	Bridge										
One	3.5	Tr200	200.00	-0.85	4.21	3.11	4.32	0.000916	1.32	138.09	76.28	0.33
One	3.5	Tr030	130.00	-0.85	3.57	2.74	3.67	0.001102	1.41	93.76	62.42	0.36
One	3	Tr200	200.00	0.00	3.06	2.90	3.81	0.006003	4.00	52.96	30.48	0.89
One	3	Tr030	130.00	0.00	2.54	2.40	3.12	0.006001	3.54	39.25	24.97	0.87

App.2  
Stato attuale

Canale scaricatore delle Basse  
 $Q=15 \text{ mc/s}$

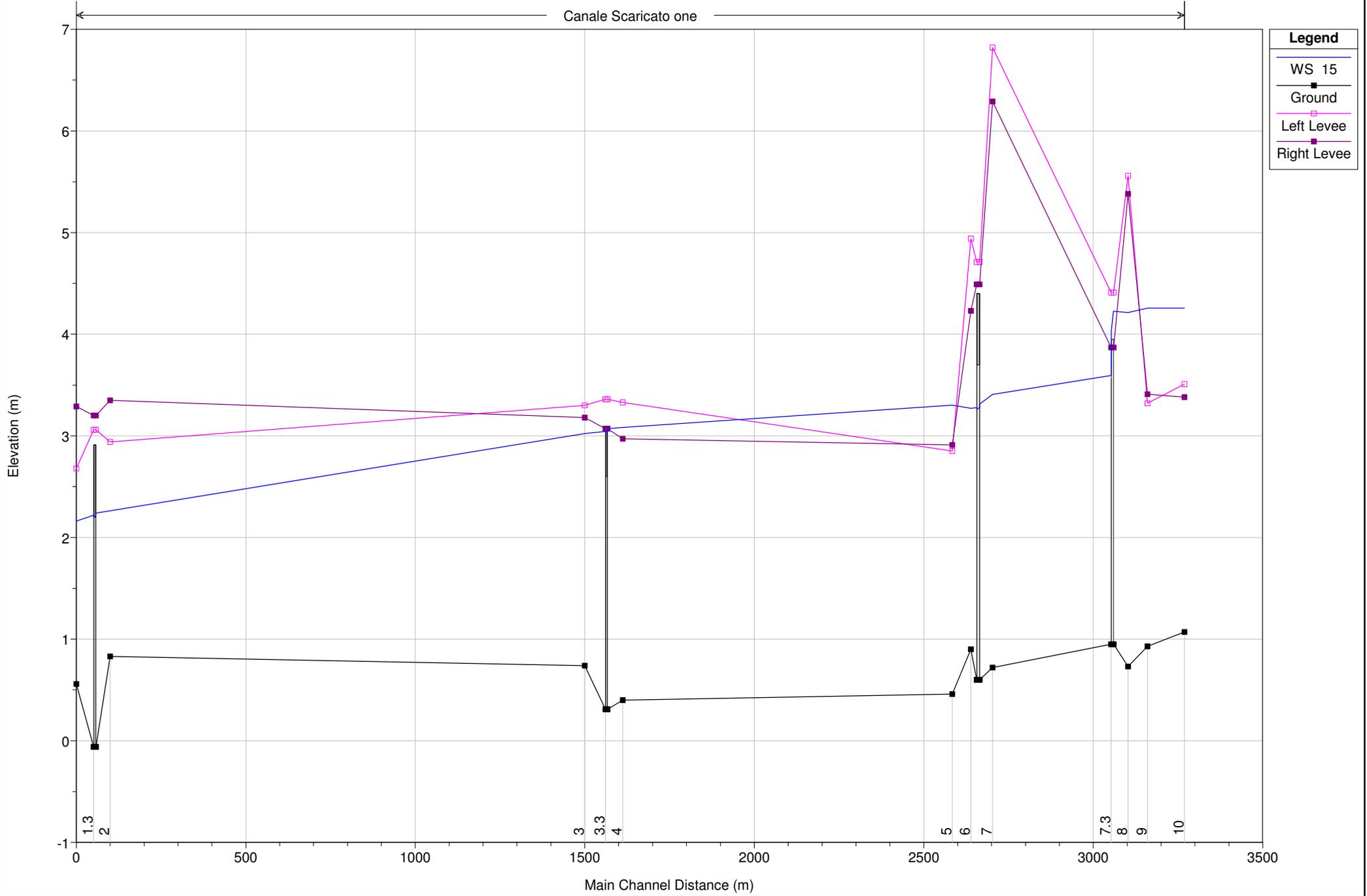


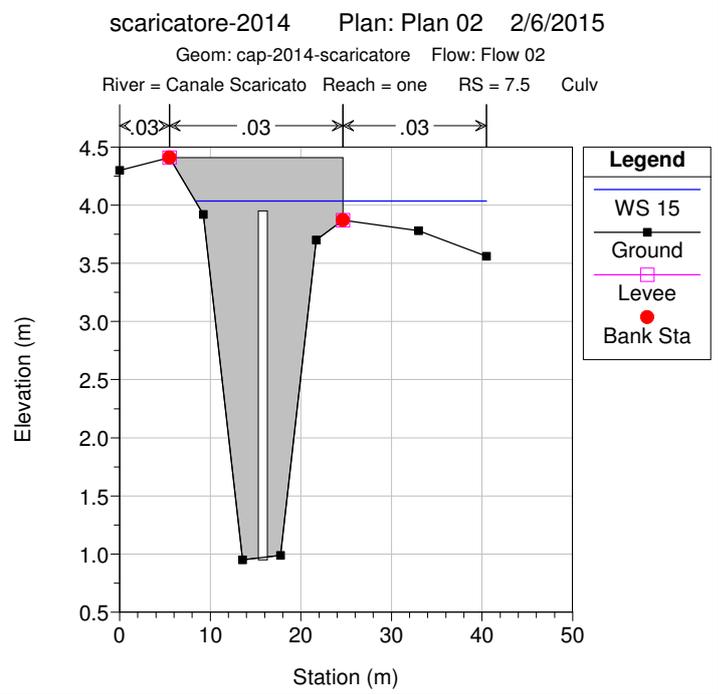
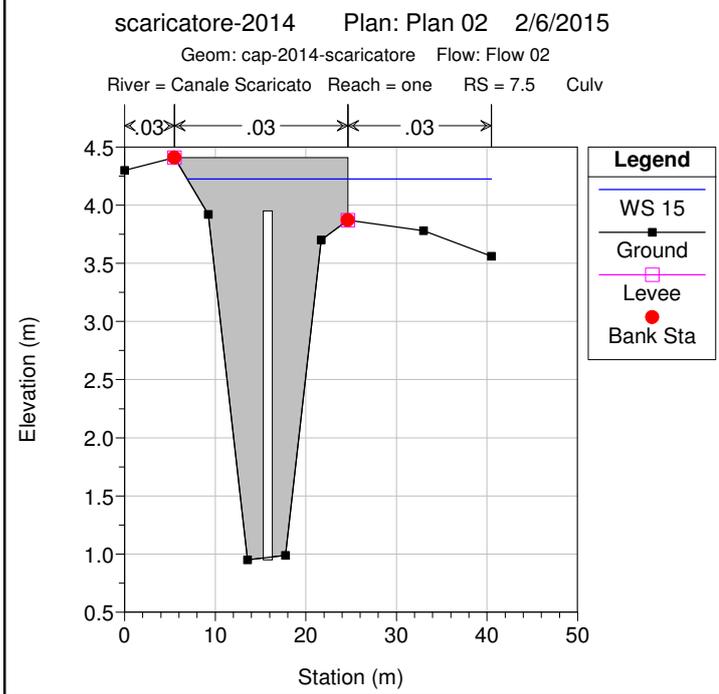
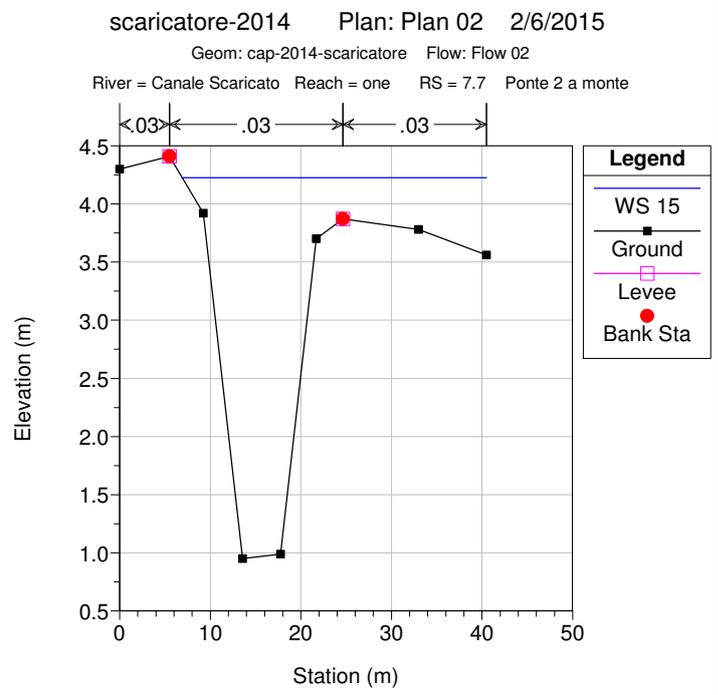
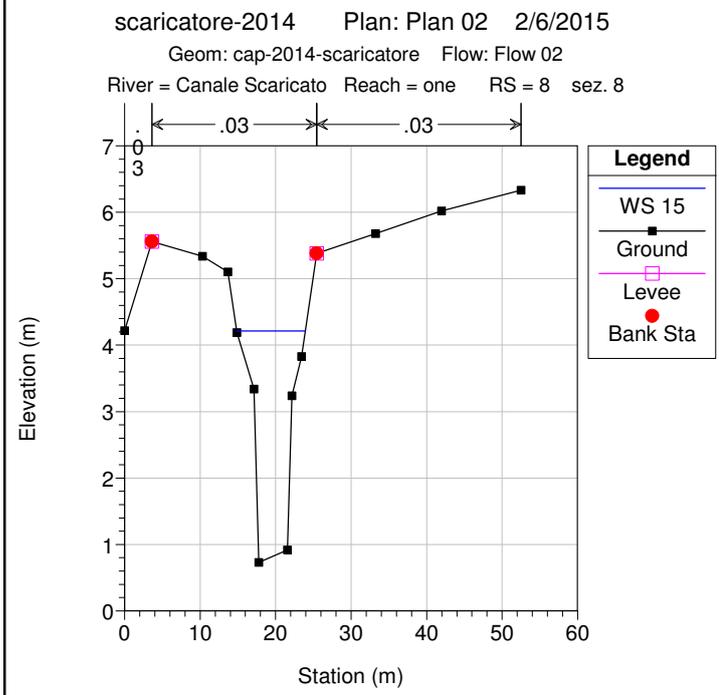
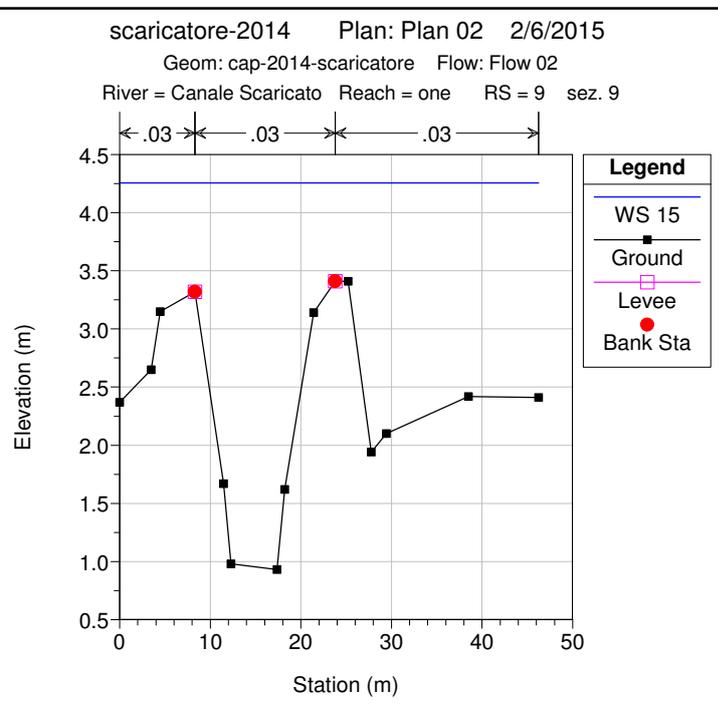
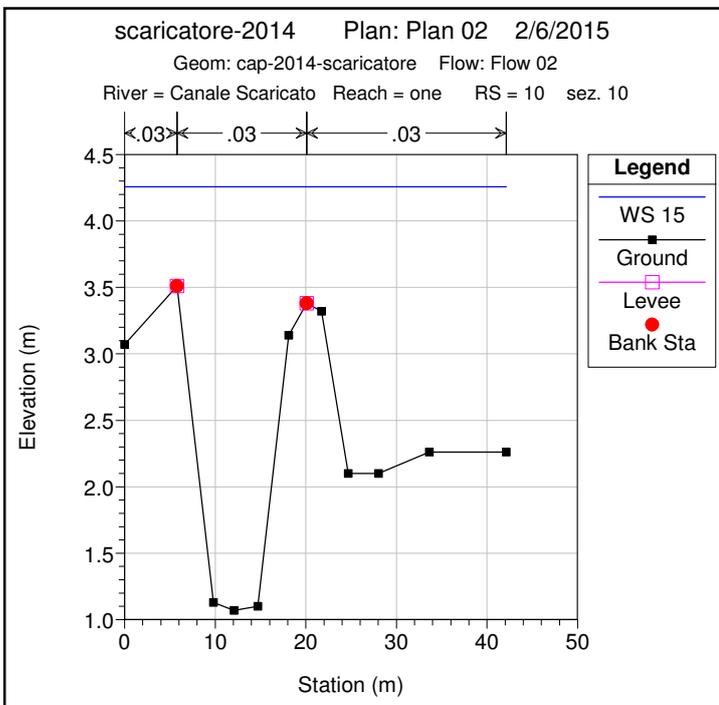
None of the XS's are Geo-Referenced (• Geo-Ref user entered XS • Geo-Ref interpolated XS • Non Geo-Ref user entered XS • Non Geo-Ref interpolated XS)

scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

Canale Scaricato one

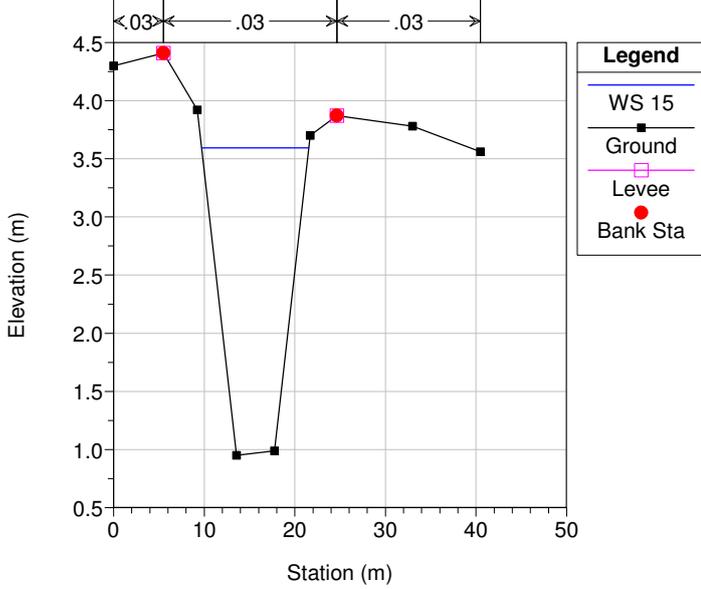




scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

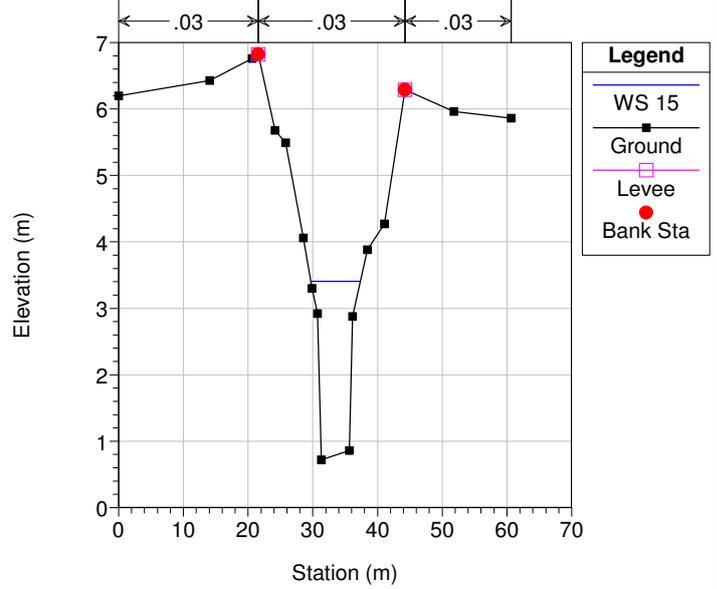
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 7.3 Ponte 2 a valle



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

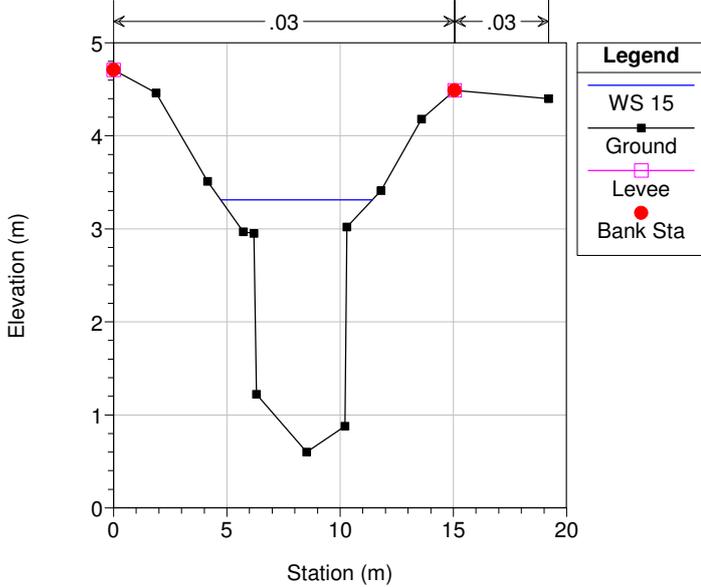
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 7 sez. 12



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

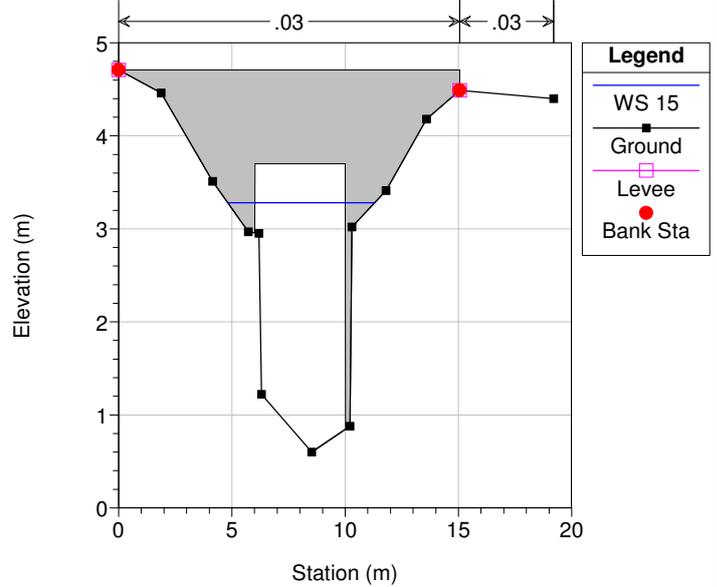
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 6.7 Ponte 4 a monte



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

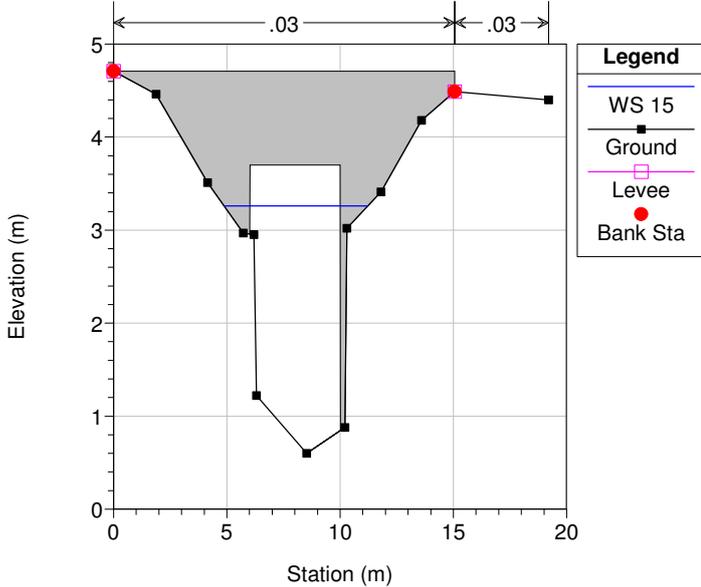
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 6.5 BR



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

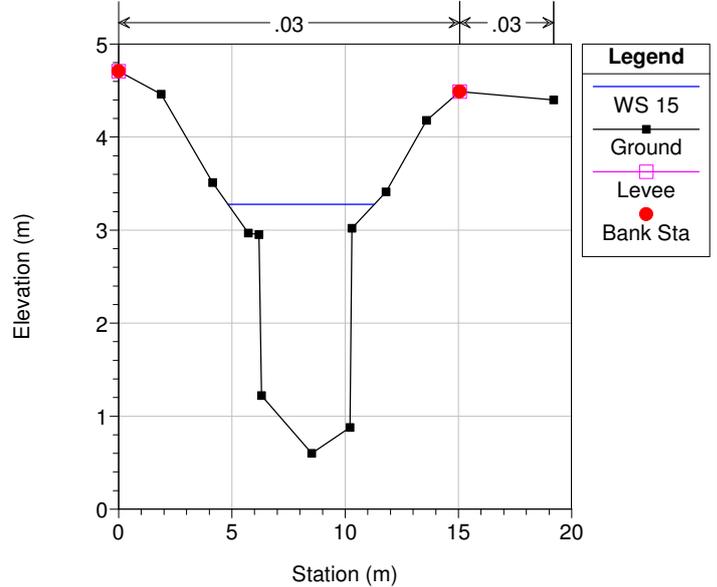
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 6.5 BR



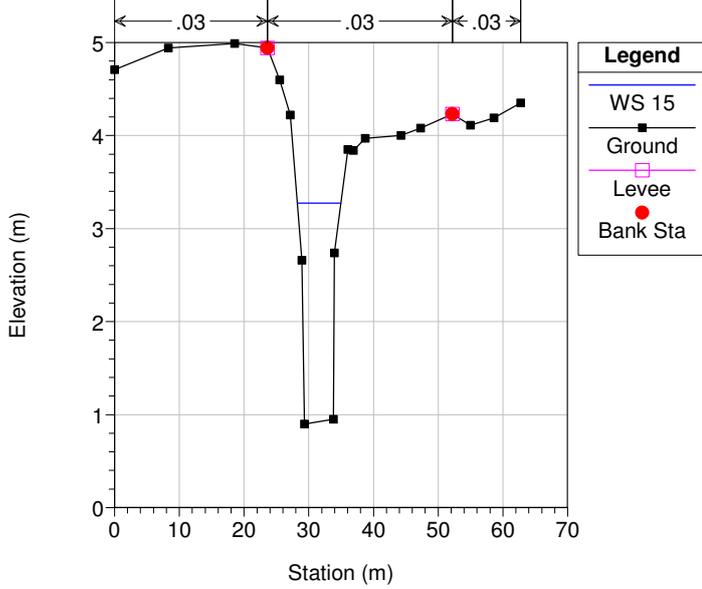
scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

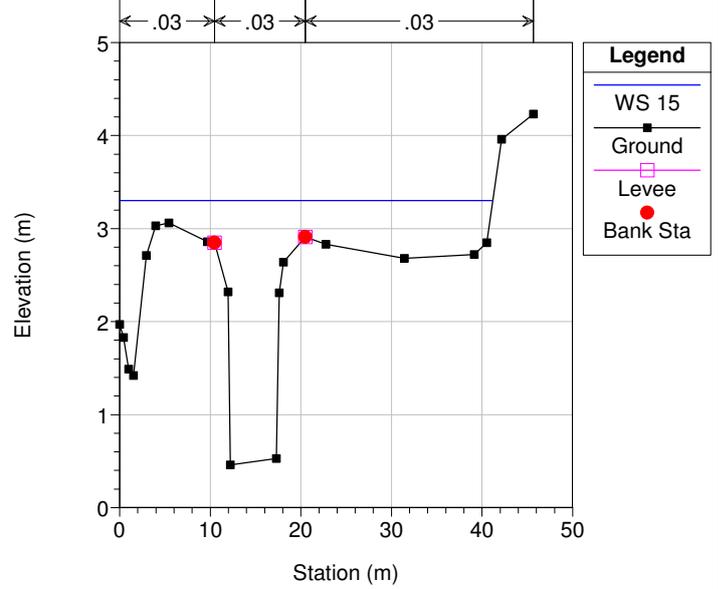
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 6.3 Ponte 4 a valle



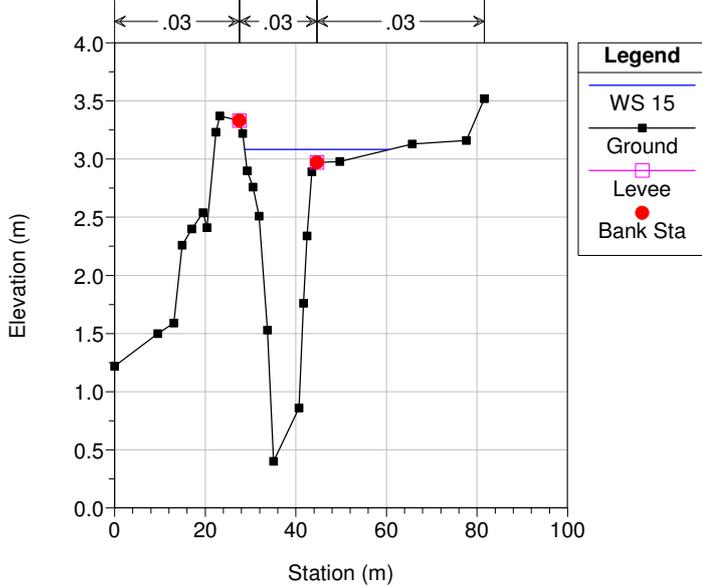
scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015  
 Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02  
 River = Canale Scaricato Reach = one RS = 6 sez. 13



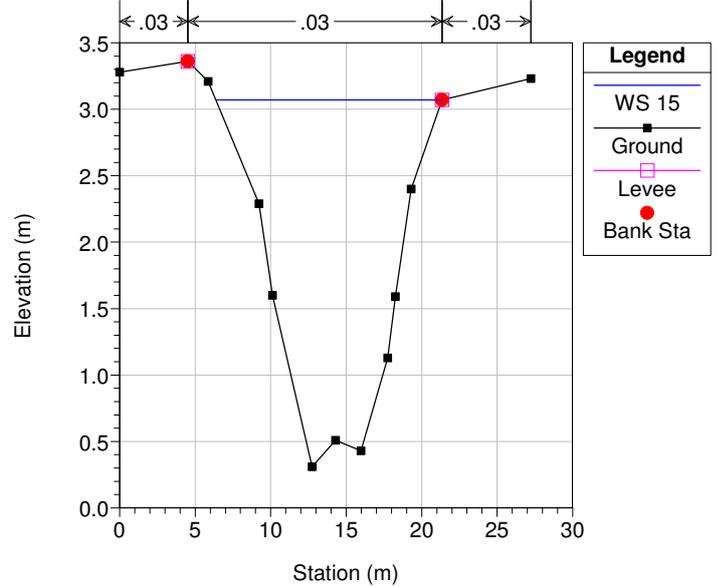
scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015  
 Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02  
 River = Canale Scaricato Reach = one RS = 5 sez. 14



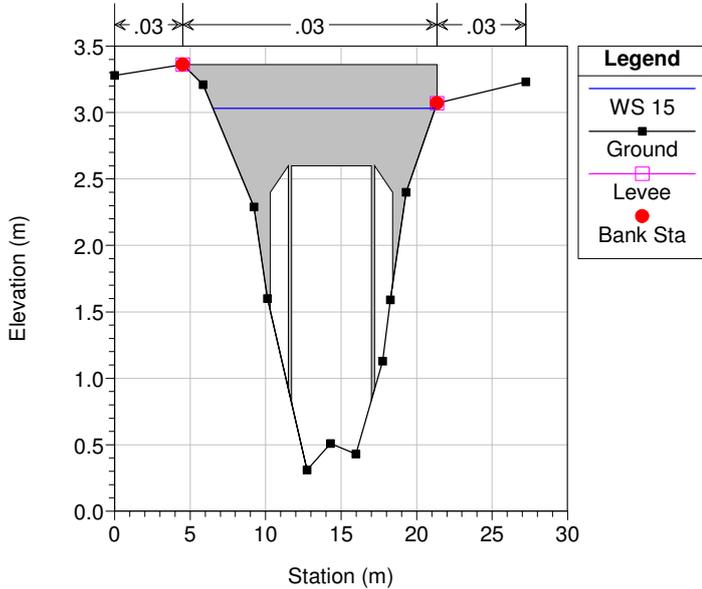
scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015  
 Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02  
 River = Canale Scaricato Reach = one RS = 4 sez. 15



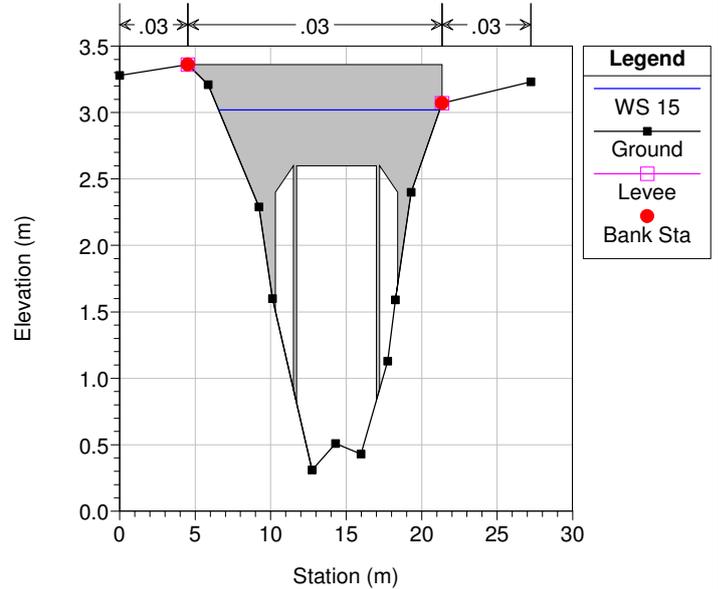
scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015  
 Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02  
 River = Canale Scaricato Reach = one RS = 3.7 Ponte 5 a monte



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015  
 Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02  
 River = Canale Scaricato Reach = one RS = 3.5 BR



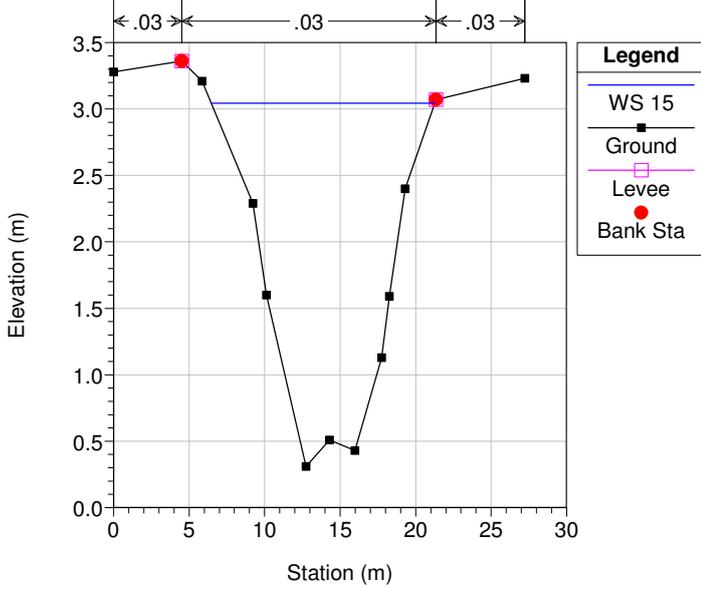
scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015  
 Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02  
 River = Canale Scaricato Reach = one RS = 3.5 BR



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

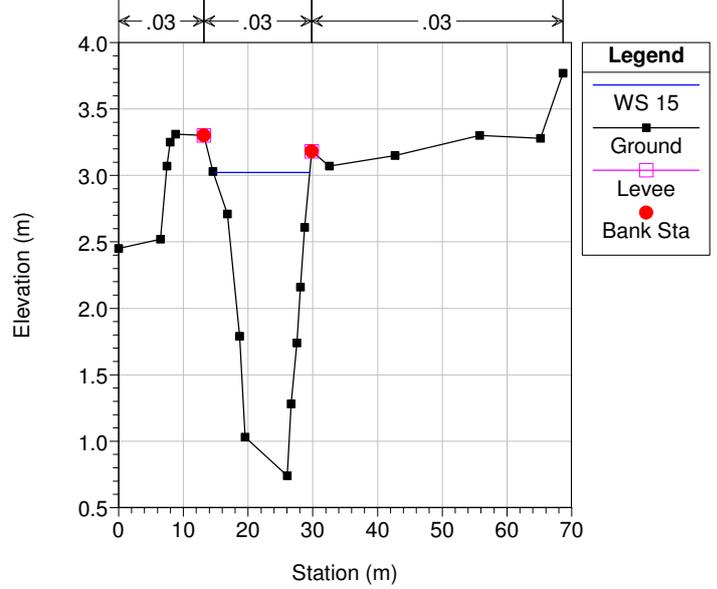
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 3.3 Ponte 5 a valle



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

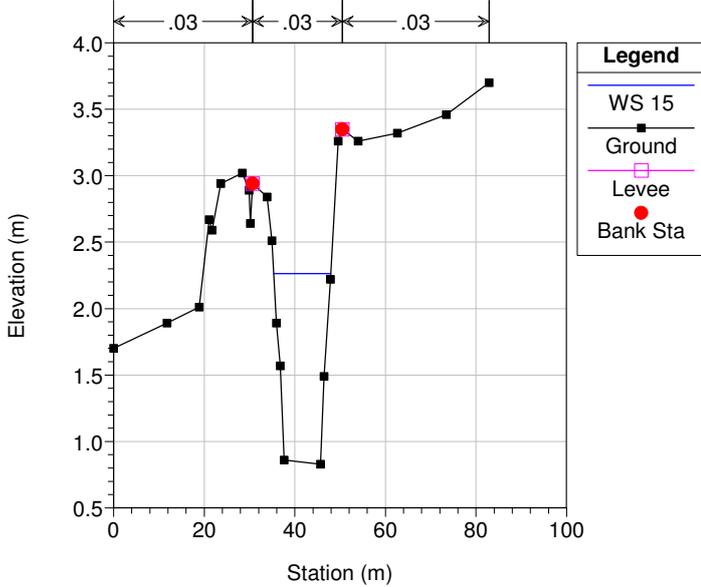
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 3 sez. 16



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

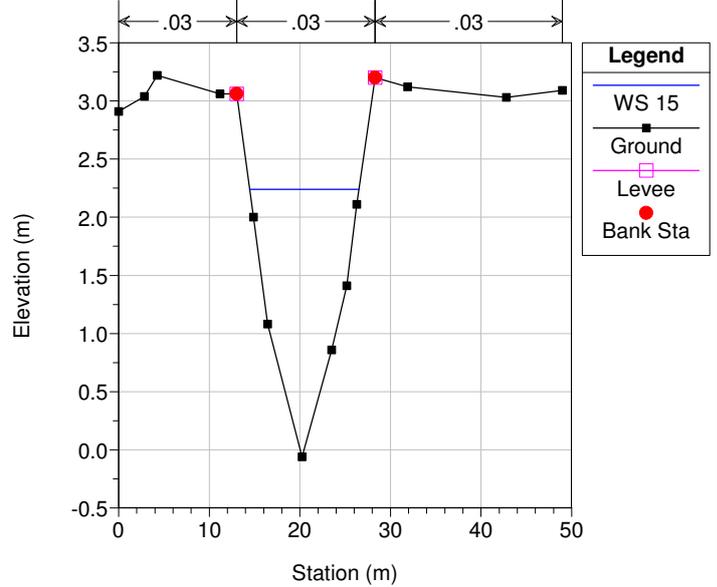
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 2 sez. 17



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

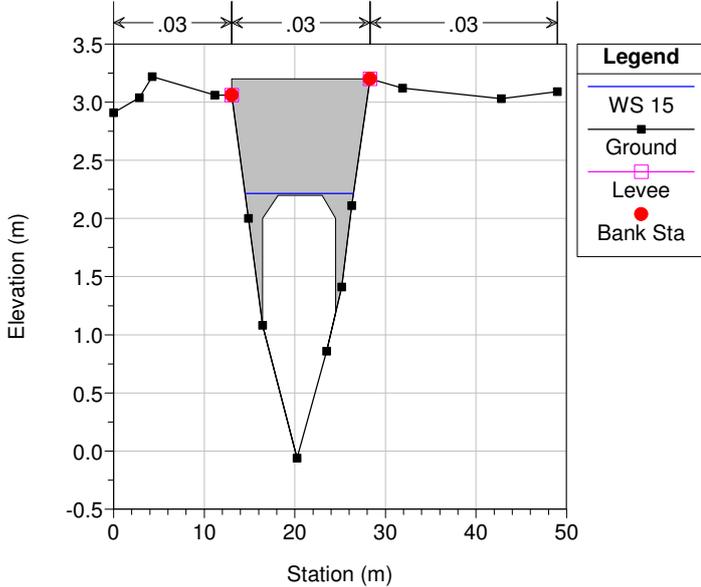
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 1.7 Ponte 6 a monte



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

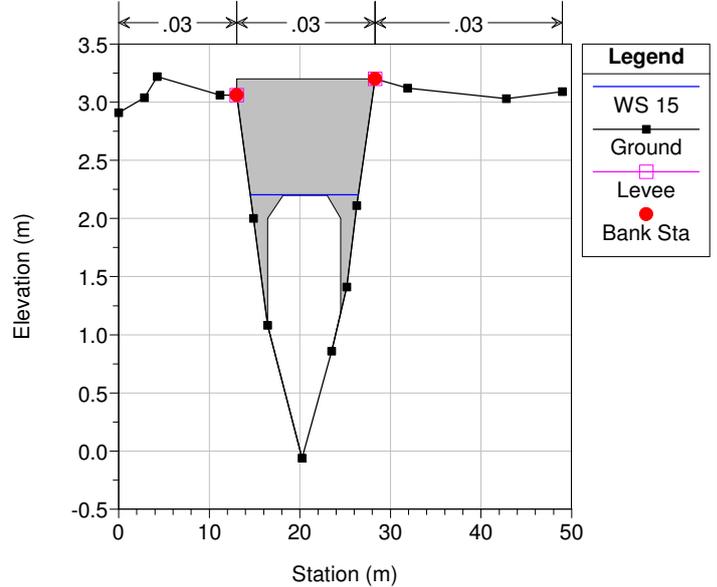
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 1.5 BR



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

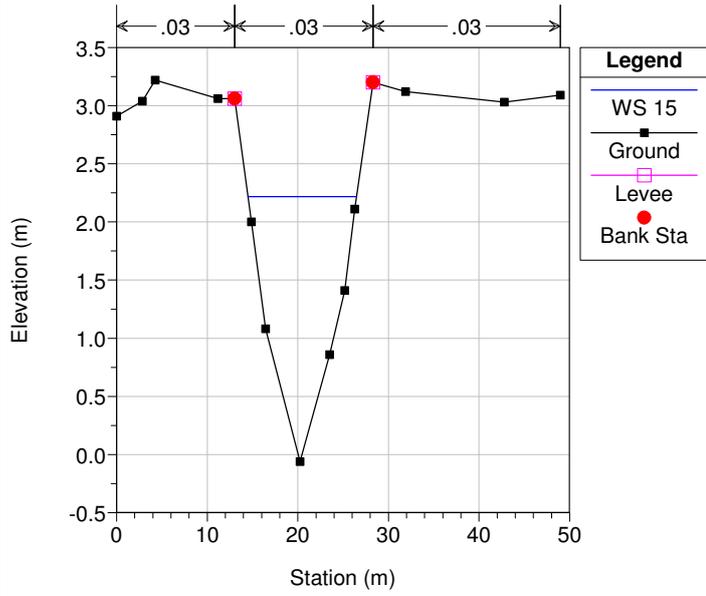
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 1.5 BR



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

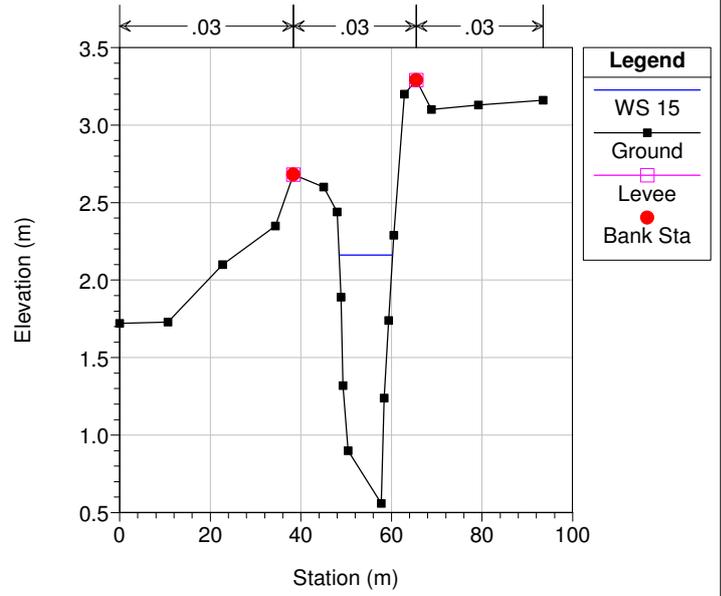
River = Canale Scaricato Reach = one RS = 1.3 Ponte 6 a valle



scaricatore-2014 Plan: Plan 02 2/6/2015

Geom: cap-2014-scaricatore Flow: Flow 02

River = Canale Scaricato Reach = one RS = 1 sez. 18



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
one	10	15	15.00	1.07	4.26	1.98	4.26	0.000014	0.21	80.02	42.13	0.04
one	9	15	15.00	0.93	4.26	1.86	4.26	0.000012	0.19	88.21	46.22	0.04
one	8	15	15.00	0.73	4.21	1.96	4.25	0.000465	0.86	17.45	9.07	0.20
one	7.7	15	15.00	0.95	4.23	1.94	4.24	0.000098	0.44	37.96	33.59	0.11
one	7.5		Culvert									
one	7.3	15	15.00	0.95	3.59	1.94	3.62	0.000253	0.71	21.02	11.82	0.17
one	7	15	15.00	0.72	3.41	1.84	3.47	0.000844	1.10	13.58	7.65	0.26
one	6.7	15	15.00	0.60	3.31	1.98	3.42	0.001903	1.44	10.42	6.70	0.37
one	6.5		Bridge									
one	6.3	15	15.00	0.60	3.28	1.98	3.39	0.001986	1.47	10.19	6.47	0.37
one	6	15	15.00	0.90	3.27	1.96	3.35	0.001191	1.27	11.79	6.71	0.31
one	5	15	15.00	0.46	3.30	1.45	3.31	0.000175	0.54	36.12	41.18	0.13
one	4	15	15.00	0.40	3.08	1.47	3.10	0.000271	0.66	23.81	31.87	0.18
one	3.7	15	15.00	0.31	3.07	1.42	3.09	0.000246	0.65	22.92	15.01	0.17
one	3.5		Bridge									
one	3.3	15	15.00	0.31	3.04	1.42	3.07	0.000256	0.67	22.53	14.82	0.17
one	3	15	15.00	0.74	3.02	1.66	3.05	0.000333	0.72	20.81	14.91	0.19
one	2	15	15.00	0.83	2.26	1.53	2.32	0.000921	1.05	14.27	12.63	0.32
one	1.7	15	15.00	-0.06	2.24	1.24	2.28	0.000585	0.93	16.12	12.07	0.26
one	1.5		Bridge									
one	1.3	15	15.00	-0.06	2.22	1.24	2.26	0.000611	0.95	15.86	11.99	0.26
one	1	15	15.00	0.56	2.16	1.45	2.22	0.001000	1.10	13.62	11.81	0.33