



## Provincia di Parma

### **SERVIZIO AMBIENTE PARCHI SICUREZZA E PROTEZIONE CIVILE PROGETTO DEFINITIVO**

#### **PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DAL RISCHIO DI ESONDAZIONE DEL CAVO VIOLA IN AREA URBANA - NEL COMUNE DI BUSSETO**

FINANZIAMENTO DELL'OPERA	IMPORTO	NOTE
Finanziamento Ministero annualità 2008	€ 635.000,00	

### **- RELAZIONE TECNICA -**

Tavola: <b>ALLEGATO 1</b>	Titolo: <b>RELAZIONE TECNICA</b>	
------------------------------	-------------------------------------	--

<b>AMM.NE PROVINCIALE DI PARMA</b> <b>P.LE DELLA PACE, 1 - 43121 PARMA</b>  <b>PROGETTISTA</b> dr.ing. Gabriele Alifracò  dr.ing. Michele Giordani  <b>SICUREZZA IN FASE PROGETTUALE</b> Ing. Francesco Mele	<b>ATTO DI APPROVAZIONE:</b>  <b>VISTO</b>  IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO dr.ing. Michele Giordani
---	--



AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI PARMA

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

*Servizio Ambiente, Difesa del Suolo e Tutela del Territorio*



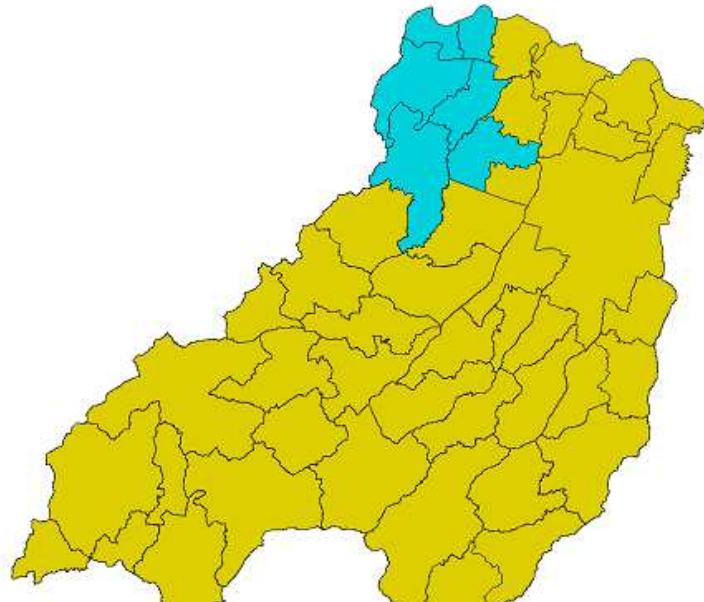
I - 000279  
Prima provincia  
certificata

COMUNE DI BUSSETO

## **PIANO INTEGRATO DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DELLA BASSA OVEST**

LAVORI DI ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA  
DEL CAVO VIOLA  
COMUNE DI BUSSETO

Relazione Tecnica e Quadro Economico



PROGETTO DEFINITIVO

Progettista

Ing. Gabriele Alifraco

## **PREMESSE**

A seguito degli eventi meteorologici intensi manifestatisi nei mesi invernali e primaverili degli ultimi anni si sono riscontrati in numerose regioni della Bassa Parmense Ovest consistenti problemi riguardanti lo smaltimento delle acque di scolo nei corpi idrici della rete principale e secondaria.

Nello specifico si sono verificate esondazioni nelle reti scolanti secondarie a seguito di precipitazioni che, tuttavia, non hanno superato il tempo di ritorno di 10 anni.

Le problematiche evidenziate confermano la condizione di forte fragilità del territorio della provincia di Parma, riconosciuto come uno dei più dissestati a livello nazionale sotto il profilo idrogeologico nonché sotto il profilo idraulico sia negli alvei principali che in quelli secondari.

Il progressivo e costante aumento dei terreni urbanizzati ha comportato un incremento del coefficiente di deflusso con conseguente aumento delle portate. La rete idraulica minore in alcune situazioni e per eventi meteorici significativi non appare più in grado di smaltire adeguatamente le portate e i volumi generati.

A seguito di indagini svolte sul territorio della pianura parmense ovest e dalle segnalazioni raccolte, l'Amministrazione Provinciale di Parma ha attivato nel giugno 2007 un tavolo tecnico costituito dai principali soggetti agenti nella Bassa Ovest al fine di individuare, secondo condivisi criteri di priorità, le opere più urgenti per la messa in sicurezza idraulica di tale regione del territorio provinciale. Gli interventi così individuati sono stati inseriti in uno specifico Piano Integrato di riduzione del rischio idraulico nella Bassa Ovest Parmense.

Tra le criticità emerse nel contesto urbano di Busseto, è apparsa particolarmente gravosa la situazione idraulica nel settore est dell'abitato stesso, lungo la Strada comunale di Sanboseto. La presenza del Cavo Viola, ormai di sezione insufficiente a smaltire regolarmente le acque di drenaggio, mette in costante rischio di esondazione l'intero quartiere est del centro abitato di Busseto.

Al fine di ridurre tale rischio idraulico, la Provincia di Parma, in accordo con il Comune di Busseto, ha formulato richiesta di finanziamenti al Ministero dell'Ambiente e della Difesa del Suolo per €. 635.000,00.

Il finanziamento è stato interamente concesso dal Ministero con decreto n.DEC/DDS/2008/0855 del 10/11/2008, nell'ambito del Programma di interventi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico - annualità 2008.

## **Descrizione stato attuale**

A monte dell'abitato di Busseto confluiscono numerosi canali di bonifica provenienti da sud, che, giunti in prossimità della linea ferroviaria Parma-Cremona, attraversano, tubati, prevalentemente in direzione sud-nord il capoluogo per poi tornare in superficie a valle del centro urbano stesso.

La topografia dei luoghi, l'uso promiscuo dei canali, ossia l'uso irriguo, di bonifica (con funzione di convogliamento delle acque drenanti dai terreni agricoli di monte), nonché la ricezione delle acque bianche delle fognature urbane, hanno portato nel tempo a confermare una situazione di evidente precarietà del sistema idraulico con periodici fenomeni di allagamento.

Il Viola è un cavo, in passato con funzioni di irrigazione, tubato mediante una condotta in cls del diametro di 0,80 m della pendenza circa dello 0,15 – 0,2 %, che ha origine all'incrocio con via Musini e via Vivaldi.

Nel tempo il cavo Viola ha perso le originarie funzioni a sostegno dell'attività agricola assumendo funzioni di fognatura con la ricezione e transito di acque drenanti da parte del settore urbano sud-est dell'abitato di Busseto.

Il Cavo Viola è quindi divenuto, in passato, il recapito delle acque di drenaggio, generate dai complessi residenziali ed industriali presenti fra la Via Musini a nord, via Pallavicino ad ovest e la linea ferroviaria a sud.

Le ridotte dimensioni del cavo e i numerosi allacci con i condotti limitrofi convoglianti in esso le acque drenate di parte dell'abitato di Busseto, fanno sì che, anche al manifestarsi di brevi ed intensi fenomeni meteorologici, si possano manifestare fenomeni di allagamento lungo l'intera via Musini e nello stesso centro urbano di Busseto.

Inoltre, la ridotta pendenza e la raccolta anche di drenaggi dei terreni agricoli ad est del centro abitato, dove il cavo naturalmente corre, riduce ulteriormente la capacità di scorrimento dello stesso per effetto dei possibili rigurgiti.

L'analisi idraulica del canale nella parte tubata (D 800 mm) porta ad ipotizzare una portanza di circa 550-600 l/s.

Da uno studio commissionato dal Comune di Busseto sulla rete idrica urbana, emerge che nel cavo Viola al momento dell'indagine confluivano acque provenienti da:

- Via Vivaldi (residenziale);
- parte dell'area residenziale nel lato Nord di Via Musini;
- circa 4,1 ha di aree industriali;
- parte dell'area residenziale a Sud della Via Musini.

Attualmente il Comune di Busseto ha riferito che gli insediamenti produttivi sono stati dotati di sistemi propri di laminazione sgravando, in tal modo, la rete idraulica urbana che diviene, in tal modo recettore prevalentemente degli insediamenti residenziali.

## **Proposta di intervento**

La proposta progettuale è rivolta alla realizzazione di una vasca di laminazione di circa 13.000 metri cubi in grado di laminare le portate eccedenti la portata naturalmente transitante nel cavo Viola. La vasca si svilupperà in direzione Nord-Sud, tra la strada provinciale SP91 per Sanboseto e la strada provinciale SP11 per Roncole Verdi, per una lunghezza di circa 380 metri, una sezione in testa di circa 16 metri e una profondità media di 3,50 metri. La vasca avrà la funzione di laminazione del Cavo Viola e, in caso di necessità, fungerà da diversivo e invaso di laminazione anche per il cavo Torto. Tale soluzione progettuale ha il vantaggio di poter anche smaltire i volumi invasati scaricando in entrambi i canali, a seconda dei livelli idrometrici e delle condizioni di valle.

Le principali lavorazioni consistono in:

- pulizia e risanamento del tratto di cavo Viola a monte e a valle della cassa di laminazione per consentirne l'agevole allontanamento delle acque;
- formazione di una cassa di espansione sul Cavo Viola, a valle dell'abitato;
- realizzazione di manufatto di invaso e di scarico della cassa nel cavo Viola;
- realizzazione di manufatto di invaso e di scarico della cassa nel cavo Torto;
- Costruzione di n.2 impianti di sollevamento per svuotamento cassa. Previsto generatori ausiliario.

Si prevede, inoltre, di intervenire in testa al cavo Viola, nel punto in cui lo stesso esce dal tratto coperto, al fine di adeguare e ottimizzare l'esistente presa di magra è deviare le acque miste presenti all'impianto di depurazione.

## **Gli obiettivi del progetto**

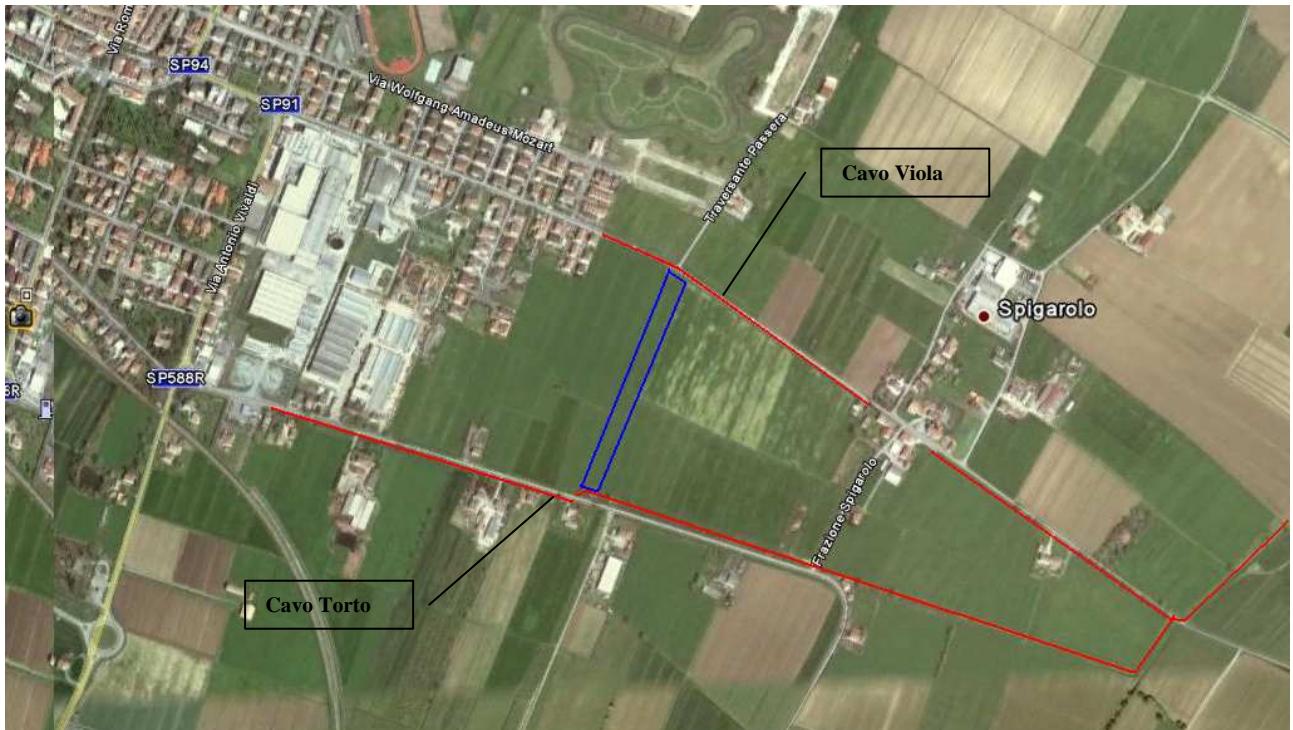
Il territorio urbano ed extra urbano ad esso circostante risulta infatti caratterizzato da un complesso reticolto di torrenti, rii, canali. In diverse occasioni, nel corso di eventi meteorologici anche non particolarmente violenti, si sono evidenziati problemi idraulici con ripercussioni oltre che sui corsi d'acqua stessi anche sulla rete fognaria cittadina.

La messa in sicurezza dell'abitato di Busseto necessita, pertanto, di interventi volti all'adeguamento e razionalizzazione della rete idraulica sia interna che esterna all'abitato di Busseto.

L'obiettivo è, quindi, la realizzazione di opere che vadano ad abbattere il rischio di esondazioni e allagamenti, specie all'interno e nelle vicinanze del centro urbano per effetto di una insufficiente capacità di smaltimento delle portate e dei volumi apportati dal bacino idrografico di pertinenza.

Sulla scorta delle criticità sopra indicate la presente progettazione si traduce nella realizzazione di una vasca di accumulo dei volumi provenienti prevalentemente dal capoluogo attraverso il canale Viola, localizzata a est, lungo via Musini. Tale vasca viene inserita in un areale già naturalmente depresso e soggetto a possibili allagamenti in caso di portate significative provenienti dal reticolo drenante urbano e una cattiva ricezione dello stesso cavo Viola.

Va, infine, presa in esame la presenza lungo la SP 11 – strada provinciale di Busseto del cavo Torto. La realizzazione di una vasca di laminazione tra i due canali (Torto e Viola – che scorrono in parallelo a circa 400 metri di distanza), consente di valutare la soluzione di un invaso che metta in comunicazione i due cavi fungendo sia da laminazione di entrambi che da diversivo.



## PLUVIOMETRIA E IDROLOGIA

### Pluviometria

Nella progettazione di opere idrauliche orientate al controllo e mantenimento delle portate, è prioritariamente indispensabile procedere alla stima della portata massima prevedibile che le solleciterà nel corso della loro vita prevista.

La portata, nella maggior parte dei casi, è originata dalle precipitazioni meteoriche e, più in generale, dipende dalle caratteristiche molto variabili, sia nel tempo che nello spazio, delle trasformazioni che l'acqua subisce durante il suo ciclo idrologico.

In genere, è possibile riconoscere due tipi di problemi, a seconda del tipo di informazioni di cui si dispone:

- stima della portata di piena di progetto direttamente dall'analisi probabilistica di osservazioni dirette di portata fatte in passato nel sito;
- stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi.

In numerosi casi pratici, come nel caso del presente progetto, si dispone solo delle precipitazioni meteoriche in alcuni punti del bacino. In tali casi la portata viene stimata simulando il processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino idrografico.

Al fine di poter dimensionare opportunamente l'intervento oggetto del presente elaborato si rendono necessarie alcune valutazioni sulle risultanze delle analisi ideologiche disponibili e concernenti le sollecitazioni pluviometriche, attraverso il metodo di Gumbel.

A tal scopo si sono utilizzati i dati pluviometrici relativi alla stazione meteorologica di Fidenza tratti dagli Annali Idrologici dell'ex Servizio Idrografico Italiano.

Per la determinazione delle altezze critiche di pioggia con il metodo di Gumbel, relative al bacino idrografico del Rio Bergnola, il cui spartiacque morfologico è riportato negli annessi stralci cartografici si è provveduto alla individuazione, dall'esame degli Annali del Servizio Idrografico Italiano, delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

I dati, riferiti alla stazione pluviometrica di Fidenza, riguardano 33 anni di osservazioni, dal 1961 al 2006.

Stazione Pluviometrica di Fidenza						
caso	anno	Altezze di pioggia (mm) per le durate di				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	1961	53.0	64.8	68.4	68.4	74.4
2	1962	69.0	69.0	69.0	69.0	69.0
3	1965	20.4	23.4	29.0	38.0	39.4
4	1966	16.0	22.8	26.0	34.2	56.8
5	1968	36.0	40.6	42.6	46.4	64.6
6	1972	40.0	44.8	44.8	45.2	54.0
7	1973	16.0	34.6	45.2	78.0	87.2
8	1974	10.4	15.4	22.6	32.8	55.0
9	1975	10.8	18.2	32.6	56.0	79.2
10	1976	18.8	36.2	49.2	71.0	83.2
11	1978	35.6	44.8	49.4	53.8	71.2
12	1979	33.0	35.2	60.0	83.4	140.0
13	1980	28.8	32.4	32.4	35.0	69.4
14	1982	25.0	26.2	33.4	55.8	63.0

15	1983	13.0	20.8	28.4	50.2	71.0
16	1984	24.0	31.4	32.2	43.4	61.4
17	1985	19.6	30.4	32.4	43.8	58.2
18	1986	22.0	26.6	32.0	47.2	49.4
19	1987	11.0	18.0	22.0	29.6	36.6
20	1988	18.0	34.0	38.8	43.4	62.8
21	1989	19.0	39.2	44.2	68.8	82.4
22	1990	11.6	19.6	28.8	37.2	50.4
23	1991	15.6	25.0	43.8	64.2	81.0
24	1992	13.8	25.4	37.0	44.6	65.6
25	1993	35.4	88.0	98.4	98.4	138.8
26	1994	16.2	23.4	31.8	46.2	63.0
27	1997	45.4	46.8	46.8	50.8	50.8
28	1998	18.6	29.2	38.8	40.4	40.4
29	1999	28.6	51.2	59.6	59.8	59.8
30	2000	14.8	23.4	30.0	37.4	56.6
31	2004	31.2	47.6	54.2	54.2	54.2
32	2005	46.0	46.6	46.6	64.4	83.2
33	2006	27.8	32.2	56.4	59.2	77.8

Il legame fra altezza di pioggia e grado di probabilità ovvero tempo di ritorno espresso in anni viene ricercato adattando una distribuzione doppia esponenziale (Gumbel) a ciascuna delle serie storiche corrispondenti ad una diversa durata di precipitazione.

La probabilità di superamento è:

$$F(Q) = e^{-e^{-x}}$$

dove x=Variabile ridotta è uguale a :

$$(-\ln(-\ln F(Q)))$$

Il valore che può assumere la portata Q è uguale a:

$$Q = A + B \cdot x$$

dove A e B sono coefficiente da determinare mediante regressione lineare e precisamente:

A = intersezione dell'asse delle Y della retta che interpola gli N valori costituenti la serie in esame;  
B = pendenza della suddetta retta.

Al fine della determinazione delle frequenze cumulate, una volta ordinati i valori massimi annuali in ordine crescente, si è associato al valore che occupa il posto i-esimo nella scala crescente, la probabilità.

$$F(Q) = \frac{i}{N+1}$$

Per le distribuzioni proposte il coefficiente di asimmetria (coeff. di Skewness) è riportato di seguito:

<b>Coefficiente di Asimmetria</b>				
h 1 ora	h 3 ore	h 6 ore	h 12 ore	h 24 ore
1.074	1.172	1.177	0.807	1.372

Nell'analisi dei dati si è tenuto conto dei dati estremi in quanto, come dimostrato da Beard (1974), si tratta di un criterio che conduce a risultati più accurati.

Un primo giudizio sull'accettabilità della distribuzione teorica rispetto a quella reale è stata effettuata mediante esame visivo basato su cartogrammi probabilistici.

Se i dati individuati da punti sul diagramma, si dispongono intorno alla retta teorica, l'andamento è da ritenere soddisfacente.

A tale proposito risulta significativo, come trasposizione numerica, l'esame del valore del coefficiente di correlazione (c.c.). Valori prossimi all'unità depongono per un buon adattamento dei dati alla retta teorica. Per una rigorosa valutazione della bontà dell'adattamento, significativa è la stima dei coefficienti di asimmetria.

Il criterio di valutazione preferibile ai soliti test classici (del  $\chi^2$  e del t di Student) è quello basato sulla capacità di riprodurre il coefficiente di asimmetria ( $\alpha$ ) delle massime precipitazioni annuali.

In genere una sottostima del suddetto coefficiente conduce ad una sottostima del valore della grandezza idrologica per tempi di ritorno elevati e viceversa.

Il valore del coefficiente di asimmetria non è noto, ma si ottiene mediante stime delle serie storiche.

La validità del modello è quindi controllata mediante confronto di  $\alpha$  stimato con il valore teorico previsto.

Per verificare se gli scarti di  $\alpha$  dal valore teorico siano o no significativi, occorre conoscere la media  $M(\alpha)$  e lo scarto quadratico medio  $\sigma(\alpha)$  del coefficiente di asimmetria al variare di N.

Non si respinge la distribuzione di Gumbel se, con un livello di significatività del 5%, si ha:

$$[M(\alpha) - \alpha] \leq 2 \sigma(\alpha)$$

$$\alpha = N^{0.5} \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^3}{\left[ \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \right]^{\frac{3}{2}}}$$

Dove:

$N$  = numero dati

$Y_i$  = valore i-esimo della grandezza idrologica in esame

$\bar{Y}$  = media dei valori

I valori di  $M(\alpha)$  e  $\sigma(\alpha)$  al variare di N sono stati determinati da Matalas et alii (1975) mediante tecniche di generazione dei dati (vedi Tabella 38)

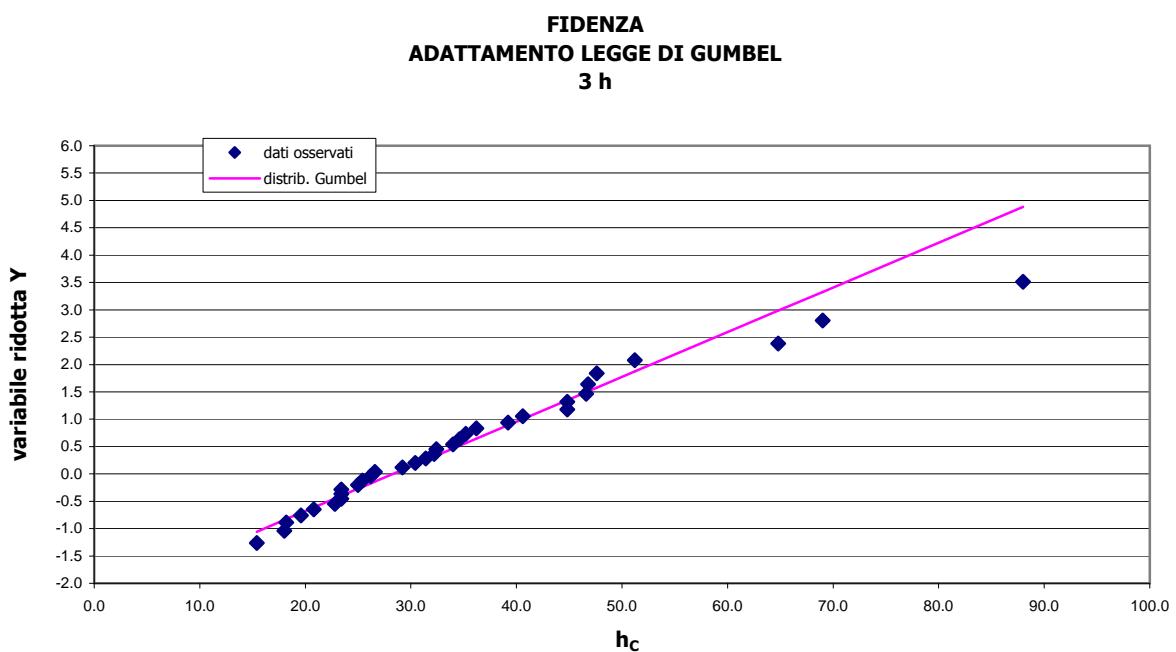
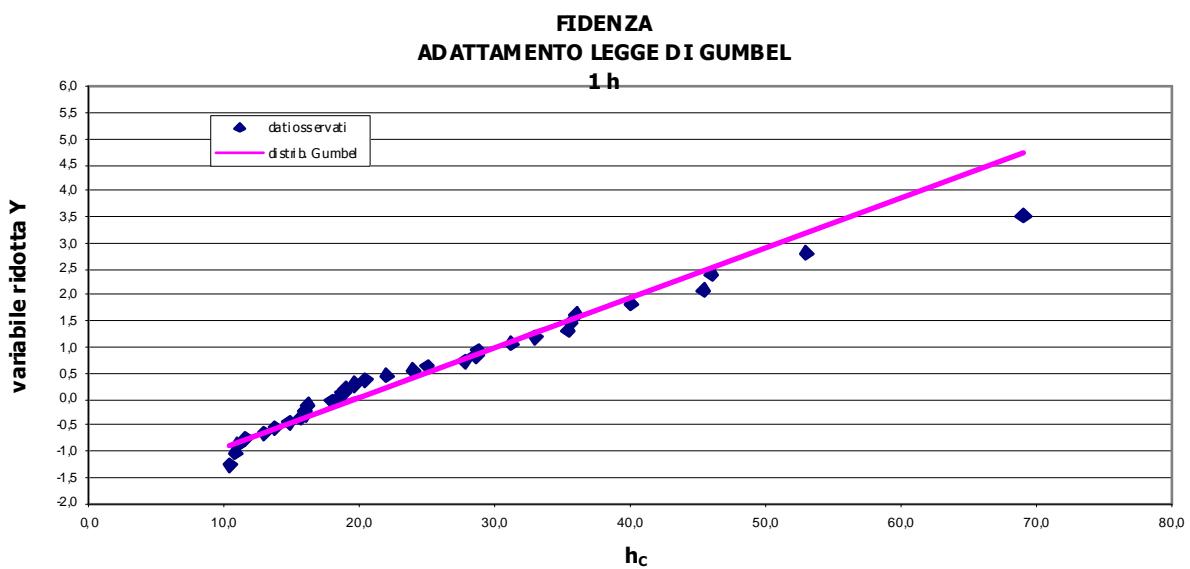
Il buon adattamento nel campo dei valori più elevati delle portate viene invece verificato considerando che il Rischio  $R_n$  ( $X_n$ ) non sia troppo piccolo, ad esempio inferiore al 5%

$$R_n(X_n) \text{ è uguale ad: } 1 - \left[ 1 - \frac{1}{TR(x)} \right]^n$$

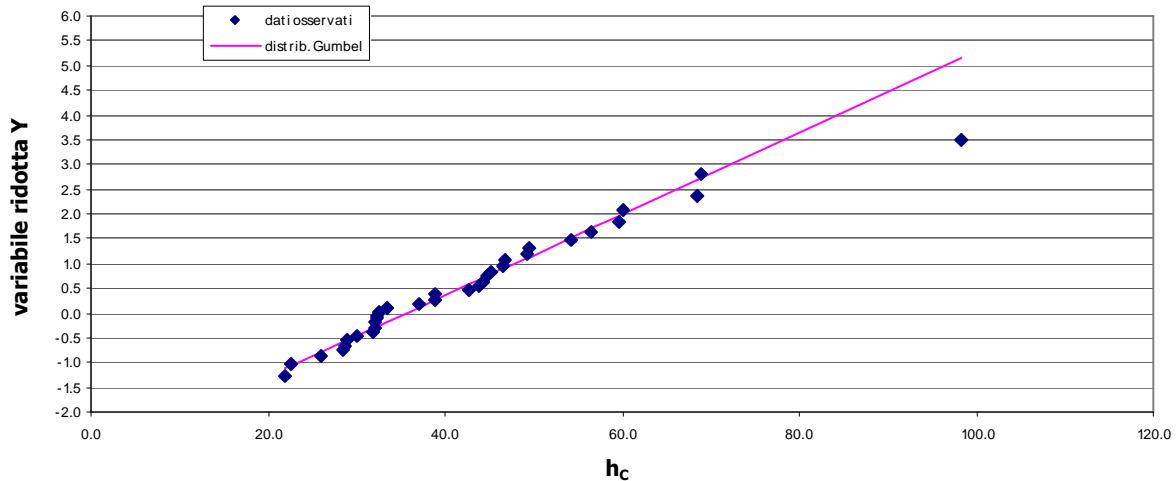
	<b>h 1 ora</b>	<b>h 3 ore</b>	<b>h 6 ore</b>	<b>h 12 ore</b>	<b>h 24 ore</b>
A	19,229	27,984	35,264	45,558	58,117
B	11,802	13,707	13,672	13,879	18,669
C.C.	0,984	0,979	0,976	0,995	0,942
$\alpha$	1,42	1,50	1,52	0,89	1,74

Nella tabella vengono rappresentati in funzione del tempo di ritorno (in anni) le altezze di pioggia ad esso associato.

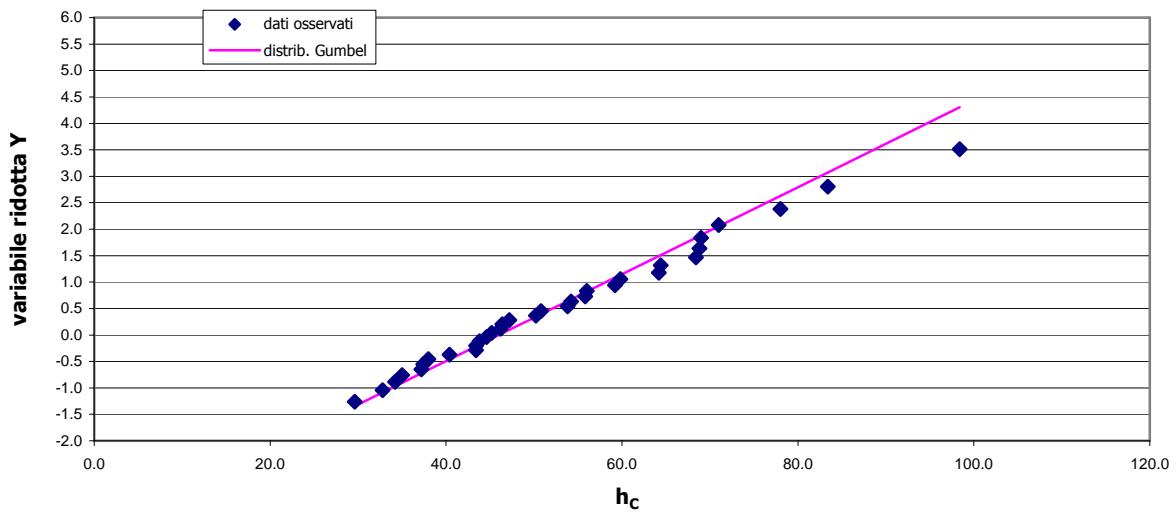
GUMBELL					
$T_R$	$h1$	$h3$	$h6$	$h12$	$h24$
<b>5</b>	<b>36.93</b>	<b>48.54</b>	<b>55.77</b>	<b>66.38</b>	<b>86.12</b>
<b>10</b>	<b>45.79</b>	<b>58.83</b>	<b>66.03</b>	<b>76.79</b>	<b>100.13</b>
<b>25</b>	<b>56.98</b>	<b>71.83</b>	<b>78.99</b>	<b>89.95</b>	<b>117.83</b>
<b>50</b>	<b>65.28</b>	<b>81.47</b>	<b>88.61</b>	<b>99.71</b>	<b>130.96</b>
<b>100</b>	<b>73.52</b>	<b>91.04</b>	<b>98.16</b>	<b>109.41</b>	<b>144.00</b>



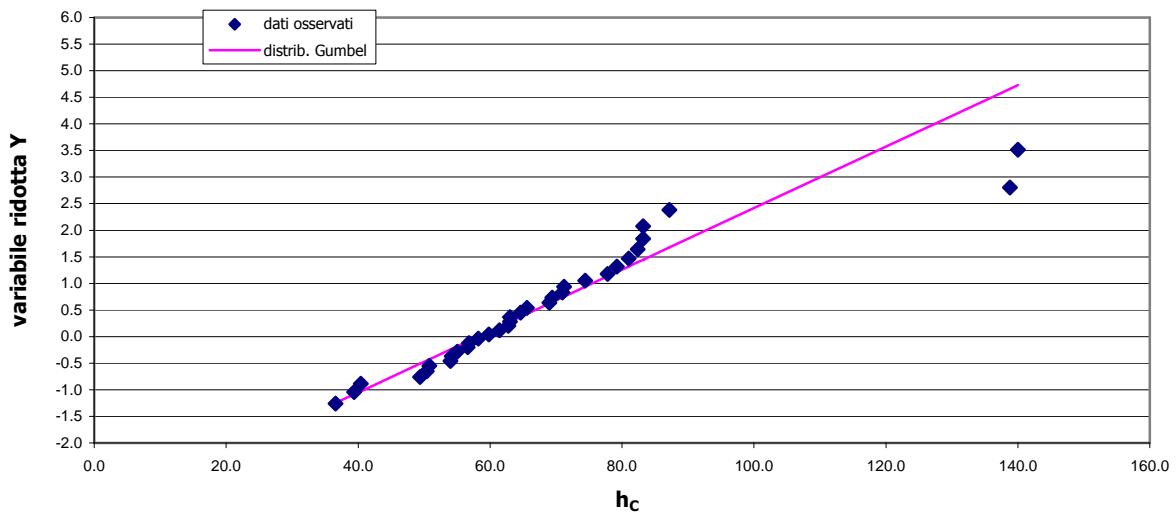
**FIDENZA**  
**ADATTAMENTO LEGGE DI GUMBEL**  
**6 h**



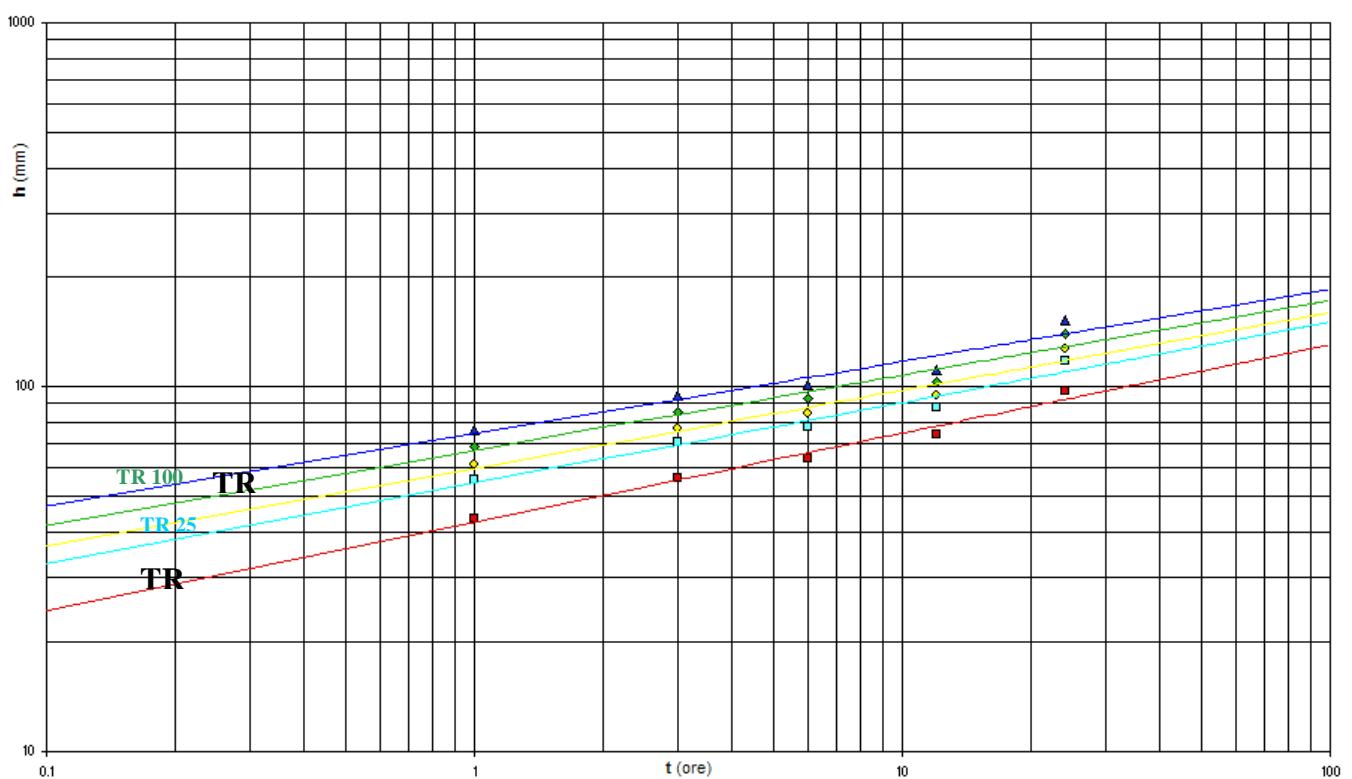
**FIDENZA**  
**ADATTAMENTO LEGGE DI GUMBEL**  
**12 h**

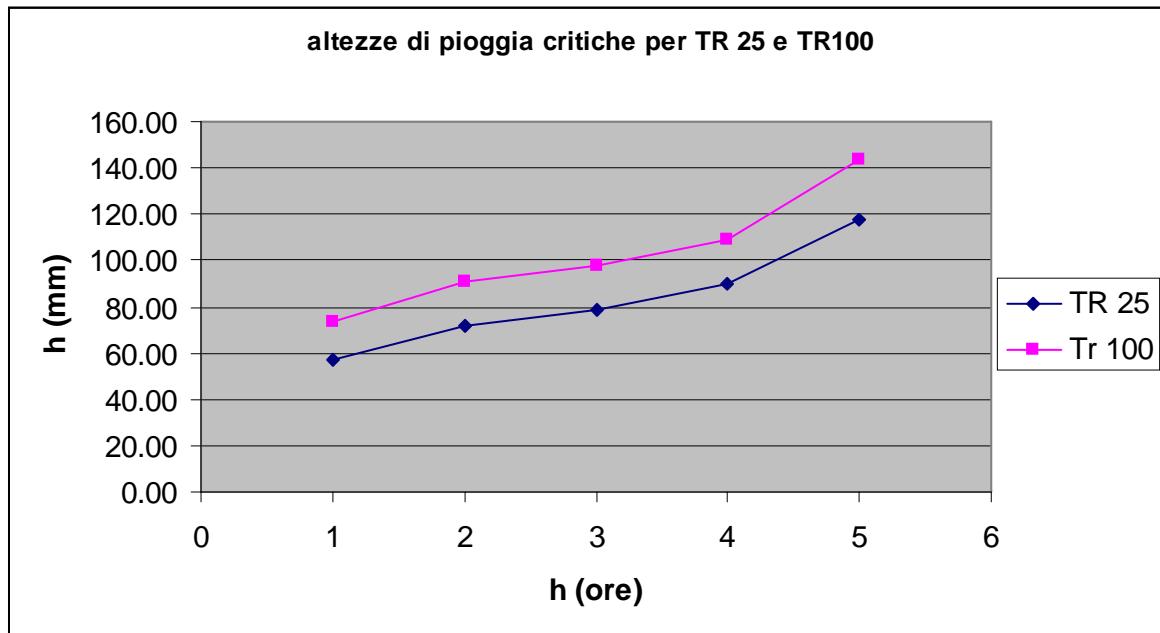
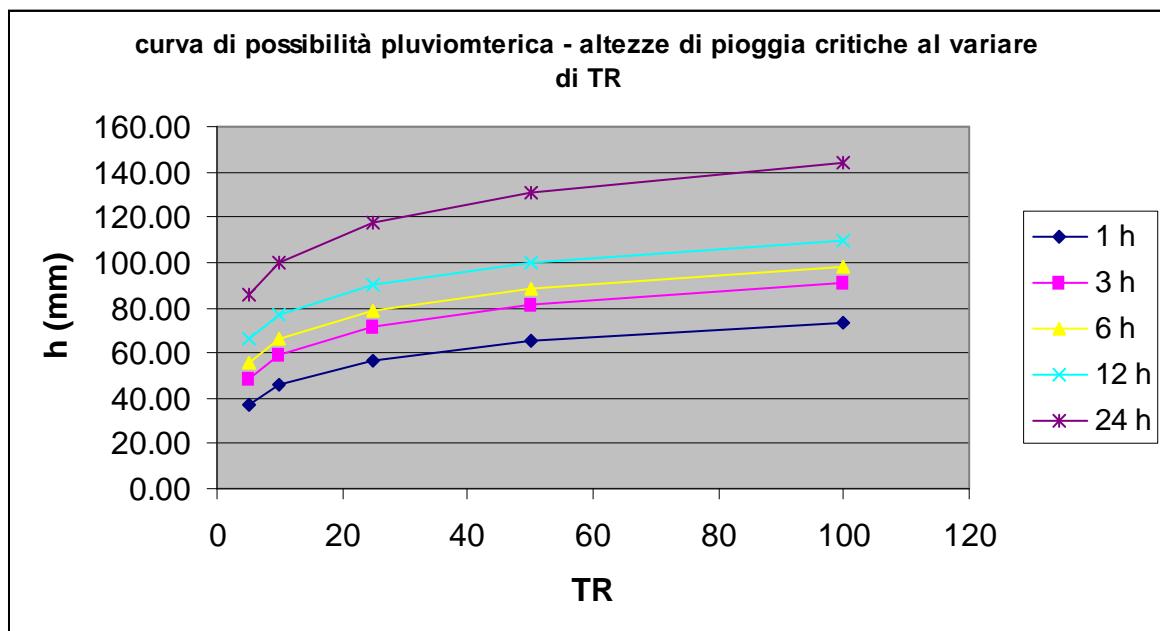


**FIDENZA**  
**ADATTAMENTO LEGGE DI GUMBEL**  
**24 h**



**Curve di probabilità pluviometrica**





Dall'esame delle tabelle di calcolo e dei grafici, assumendo per l'areale oggetto di studio, come condizione cautelativa, la situazione rappresentante i valori di pioggia più elevati, si possono dedurre i valori della portata massima Q<sub>max</sub>.

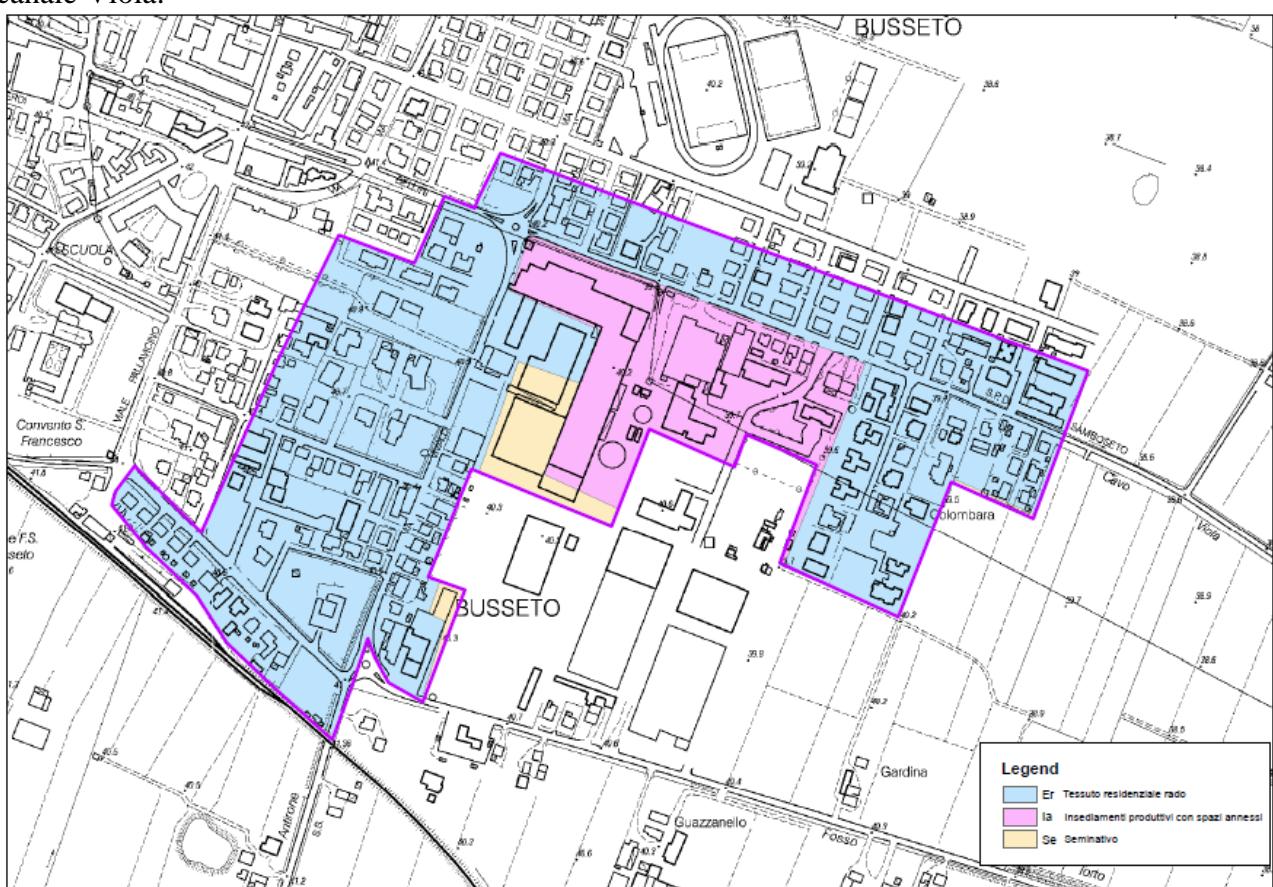
Per la stima della portata critica di progetto si ritiene sufficientemente cautelativo adottare le piogge con TR 25 anni.

## L'uso dei suoli

Al fine di stimare correttamente la portata defluente nel canale Viola sono stati esaminati gli usi del territorio scolante nel proprio bacino idrografico. Lo studio è stato svolto attraverso l'analisi delle foto satellitari nonché da un approfondimento ad hoc realizzato per la Provincia di Parma (“Individuazione Territoriale dei bacini Idrografici della Provincia di Parma ed ubicazione dei principali scarichi delle fognature pubbliche” approvato con D.G.P. n° 614 del 28/07/2000).

Per il calcolo della portata è stato calcolato il coefficiente di permeabilità  $\phi$  dell'intero bacino, quale media ponderata dei coefficienti delle singole tipologie di suolo (agricolo, verde pubblico e privato, residenziale, industriale, viabilità).

Sono state individuate le diverse tipologie di utilizzo del suolo (agricolo, verde, residenziale, ecc) calcolandone la superficie sfruttata e il relativo coefficiente di permeabilità. L'immagine a seguire riporta le principali tipologie di suolo nell'area urbana di Busseto principalmente drenante nel canale Viola.



La tabella seguente sintetizza le principali macroaree relative agli usi prevalenti con il rispettivo coefficiente di impermeabilità:

<i>Tipologia</i>	<i>Superficie (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Coeff.</i>
seminativo-agricolo	41800	0,1
verde	47475	0,3
residenziale	114450	0,5
insediamento industriale	40603	0,7
viabilità	21264	1
<b>TOTALE</b>	<b>265592</b>	

Tabella 1

La media ponderata delle aree delle diverse superfici moltiplicate per i rispettivi coefficienti porta alla determinazione del coefficiente udometrico dell'intero bacino:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 \times A_1 + \dots + \varphi_i \times A_i}{A_{tot}} = 0,47$$

## Calcolo delle portate

Non essendo disponibili dati sperimentali sulle portate transitanti nel corso d'acqua oggetto di studio, si opta per un'analisi delle portate di piena secondo quanto già ampiamente fatto per i corsi d'acqua della Bassa Parmense e Reggiana e nel territorio della provincia di Pavia (Dinamica Fluviale "Valutazione delle piene" – **Consiglio Nazionale Ricerche P.F. Conservazione del Suolo** - 1982). Non si ritiene quindi di applicare modellistica senza avere dati sperimentali.

Per la determinazione dei tempi di corrievazione e della portata massima (portata di piena) del bacino idrografico, essendo lo stesso considerato piccolo per estensione, si adottano le seguenti relazioni matematiche:

$$t_c (\text{ore}) = 15' + \frac{L}{v}$$

con  $v$  funzione della pendenza del bacino, nel caso oggetto di studio lo si assume pari a 0,6 m/s, per effetto della limitata pendenza del bacino.

$$Q_{\max} (\text{m}^3/\text{sec}) = \frac{\Psi \times \varphi \times h_c \times S}{360 \times t_c}$$

dove le variabili del bacino sono:

$t_c$  (ore)= tempo di corrievazione;

$S$  (Ha)= area del bacino idrografico sotteso dalla sezione di misura;

$L$  (km) = lunghezza dell'asta valliva principale;

$\Psi$  = coefficiente funzione del TR;

$\varphi$  = coefficiente di permeabilità;

$h_c$  = altezza di pioggia critica, funzione del TR;

Per la determinazione della portata massima del bacino idrografico, si assume, data la sua limitata estensione, il valore dell'altezza critica  $h_{crit}(t, T)$ , corrispondente ad un tempo di ritorno  $T$  assegnato anni e per una durata  $t$  corrispondente al tempo di corrievazione calcolato  $t_c$ .

Dall'esame delle anesse tabelle di calcolo e dei grafici, si possono rispettivamente rilevare i valori e l'andamento delle altezze critiche di pioggia  $h_c$  riferite ai tempi di ritorno  $T$  (anni) ed al tempo di durata  $t$  (ore).

Il Tempo di corrievazione del bacino in esame risulta essere pari a:

$$t_c = 34' = 0,56 \text{ ore.}$$

Assunto inoltre:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 \times A_1 + \dots + \varphi_i \times A_i}{A_{tot}} = 0,47$$

La portata risulta pertanto:

$$\text{Per TR25 } Q_{\max} (m^3/\text{sec}) = \frac{\Psi \times \varphi \times h_c \times S}{360 \times t_c} = 1,66 \text{ m}^3/\text{s}$$

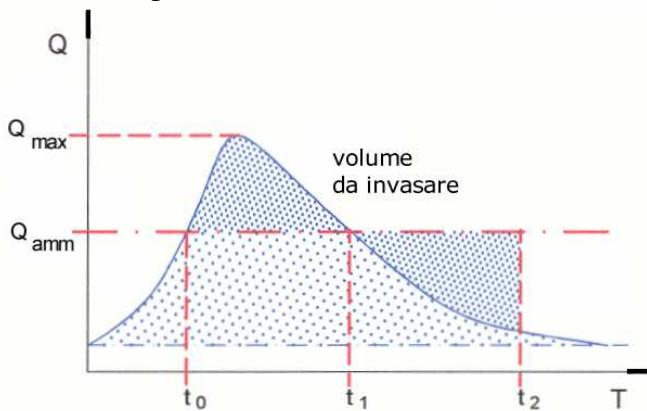
$$\text{Per TR100 } Q_{\max} (m^3/\text{sec}) = \frac{\Psi \times \varphi \times h_c \times S}{360 \times t_c} = 2,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

con  $\Psi$  = coefficiente di ritardo, funzione del TR =  $0,24+0,15 \cdot \log(T) = 0,45$  per TR25  
e  $\Psi = 0,54$  per TR100 (vedi CNR pubblicazione n°165 del 1982).

## DIMENSIONAMENTO VASCA DI LAMINAZIONE E OPERE ACCESSORIE

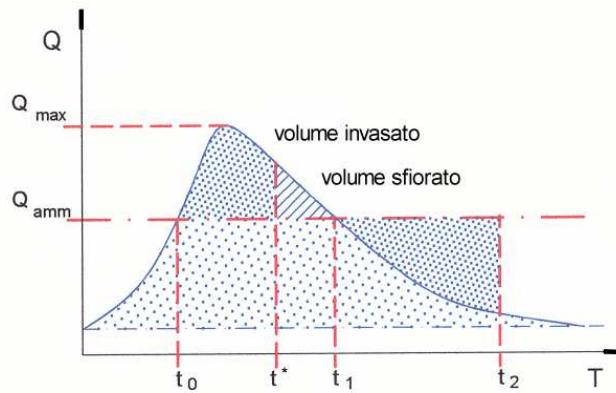
L'espansione dei centri abitati comporta una trasformazione di parte del territorio che, con costruzioni ed opere di urbanizzazione, si trasforma da terreno permeabile in terreno scarsamente permeabile alterando, dunque, il coefficiente di afflusso che è un elemento determinante per la stima della portata di piena. La conseguenza di ciò si risente nei tronchi terminali della rete dove le dimensioni degli specchi non sono più sufficienti per lo smaltimento delle varie portate di piena. Un criterio utilizzabile per risolvere il problema è quello di inserire, a monte dei tronchi critici, delle vasche di laminazione dell'onda di piena.

Il principio di funzionamento si basa sul concetto della continuità, pertanto limitando la portata in uscita occorrerà un volume  $V$  da invasare per tutto il tempo che la portata in ingresso supera il valore della portata ammissibile a valle.



Dopo il tempo  $t_1$  il volume precedentemente invasato sarà restituito a valle.

Quando non sia possibile realizzare tutto il volume di laminazione, per mancanza di aree da assoggettare a tale servizio, la parte eccedente può essere sfiorata verso un "elemento" di accumulo provvisorio (Depressione naturale, campagna, ecc.).



Per il dimensionamento idraulico dell'opera occorre individuare:

- l'altezza rispetto al fondo della soglia di attivazione dello sfioro;
- la lunghezza della soglia di sfioro.

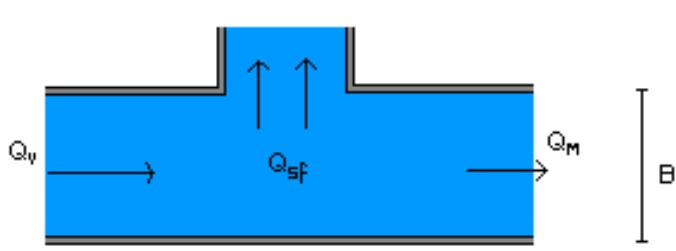
Nel caso maggiormente sfavorevole di portate causate da eventi di pioggia TR100 anni ( $Q=2,48 \text{ m}^3/\text{s}$ ), assunto di consentire il deflusso lungo l'asta del canale di una portata non superiore agli  $600-700 \text{ l/s}$  (vedi di seguito) e di invasare, di conseguenza, la portata eccedente pari a circa  $Q=1,78 \text{ m}^3/\text{s}$  e per un tempo di 2 ore, è necessario poter disporre di un volume di invaso di circa  $13.000 \text{ m}^3$

Al fine di non impattare sul territorio circostante con un area invasabile eccessivamente estesa si è optato per realizzare una vasca di profondità media pari a circa  $3,50 \text{ m}$  rispetto al piano campagna, in modo da avere una superficie di bacino di circa  $6.400 \text{ mq}$ .

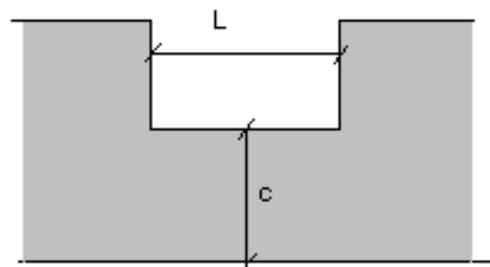
La vasca viene alimentata attraverso uno sfioratore laterale del Cavo Viola.

Lo sfioratore laterale, cioè la lunghezza  $L$  dello stramazzo e la soglia  $c$  a partire dalla quale lo stesso sfioratore entra in funzione, è dimensionato adottando le seguenti ipotesi di progetto:

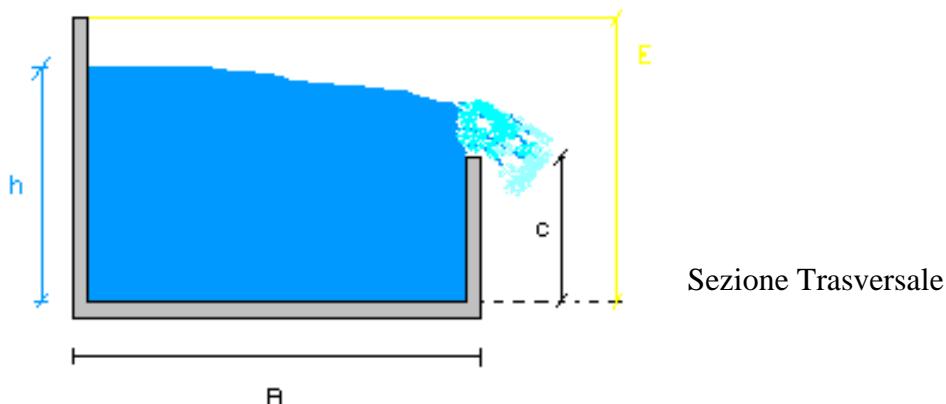
- alveo rettangolare in prossimità dello stramazzo;
- alveo a debole pendenza ( $i < i_c$ ,  $h_u < k$ );
- energia della corrente ( $E$ ) costante lungo lo stramazzo.



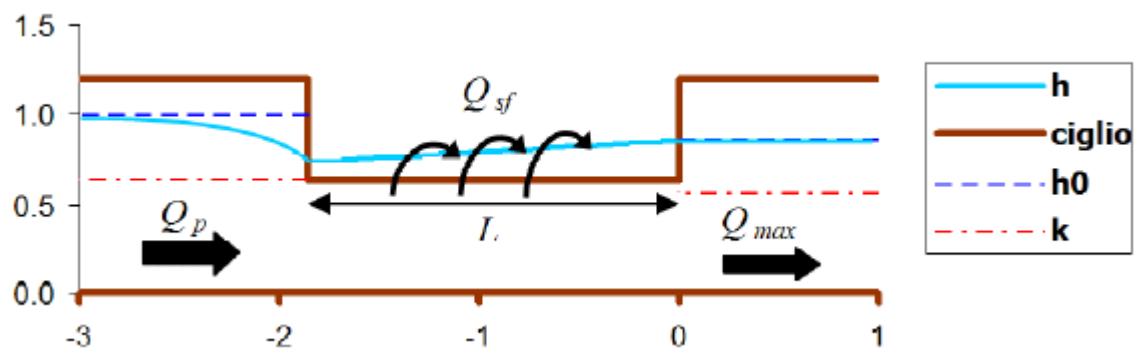
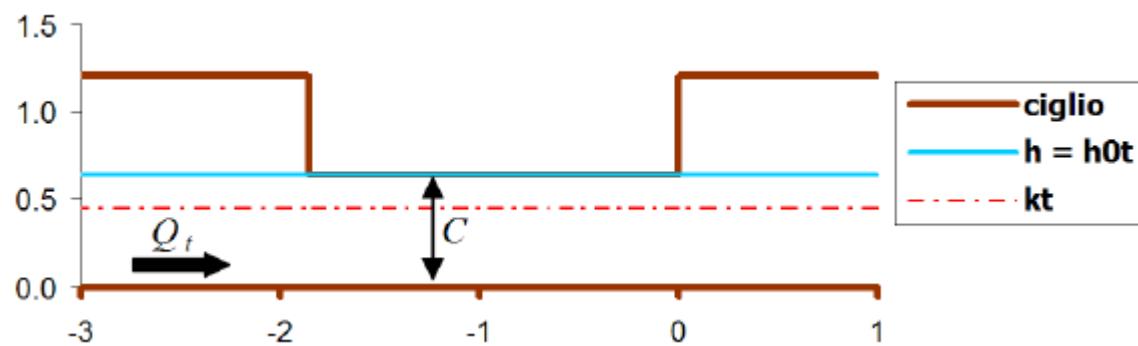
Sezione Longitudinale



Sezione Longitudinale



Sezione Trasversale



Verifica dell'ipotesi di corrente lenta all'infinito a valle ( $h_u > k$ )

$$Q_v = h_v \cdot B \cdot k_s \cdot \left( \frac{B \cdot h_v}{B + 2 \cdot h_v} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$k = \sqrt[3]{\frac{Q_v^2 \cdot \alpha}{g \cdot B^2}}$$

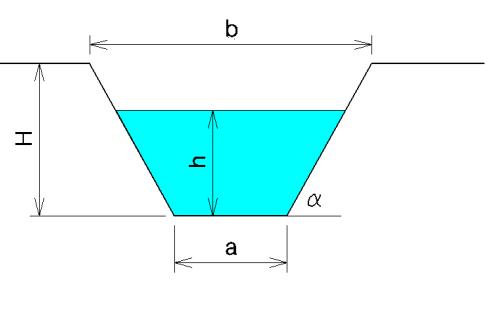
Le condizioni al contorno sono vincolanti per il dimensionamento dello sfioro e del volume di laminazione.

Nel caso specifico del cavo Viola la presenta in località Sanboseto di un tratto coperto con tubo in cls condiametro  $\varnothing$  700 mm vincola la portata transitante nel canale a circa 600 -700 l/s.

Il tratto di canale scoperto tra l'abitato di Busseto e la vasca di progetto (per una lunghezza di circa 130 m) ha una sezione media di circa  $A=1,87 \text{ m}^2$  (sezione simil-trapezia con larghezza fondo  $B_1=0,70 \text{ m}$ , larghezza in sommità  $B_2= 2,70 \text{ m}$  e altezza  $H=1,20 \text{ m}$  circa), e una pendenza media dello 0,16%.

In tali condizioni la portata transitabile è di circa  $2,00 \text{ m}^3/\text{s}$ .

<b>H</b>	<b>1,10</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	<b>0,70</b>	[m]
<b>b</b>	<b>2,70</b>	[m]
<b>h</b>	<b>1,10</b>	[m]
<b>p</b>	<b>0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>1,15</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



Dove m (coeff. Kutter) è dedotto dai seguenti dati tabellari:

Tipo di canale	Bazin $\gamma (\text{m}^{1/2})$	Kutter $m (\text{m}^{1/2})$
Pareti di cemento perfettamente lisciato. Pareti di legno piallato. Pareti metalliche, senza risalti nei giunti.	0.06	0.12
Stessi materiali ma in presenza di curve.	0.10	0.18
Pareti di cemento non perfettamente lisciato. Muratura di mattoni molto regolare. Pareti metalliche con chiodatura ordinaria.	0.16	0.20-0.25
Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata. Pareti di legno grezzo eventualmente con fessure.	0.23-0.36	0.35-0.55
Pareti di cemento solo in parte intonacate. Muratura irregolare o di pietrame. Terra regolarissima senza vegetazione.	0.46	0.55-0.75
Terra abbastanza regolare. Muratura vecchia, in condizioni non buone, con depositi di limo al fondo.	0.60-0.85	0.75-1.25
Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	1.30	1.50
Terra in cattive condizioni. Corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia.	1.75	2.00
Canali in abbandono con grande vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo oppure scavati in roccia con sporgenze.	2.00-2.30	3.00

Da cui ne deriva:

Inclinazione scarpata a	$47^\circ 7'$
Contorno bagnato	$3,673 \text{ [m]}$
Area di deflusso	$1,8700 \text{ [m}^2]$
Raggio idraulico	$0,509 \text{ [m]}$

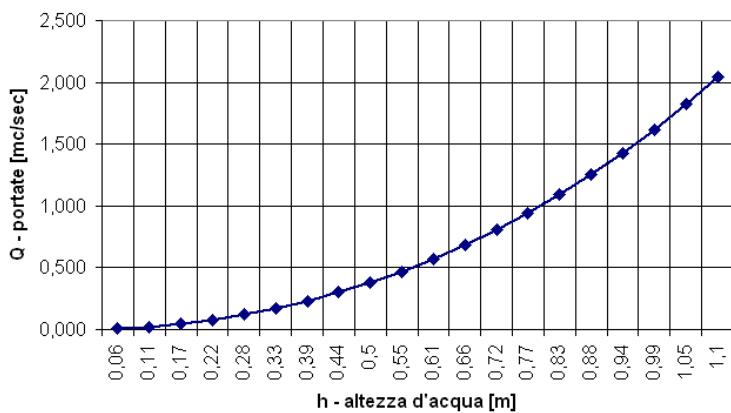
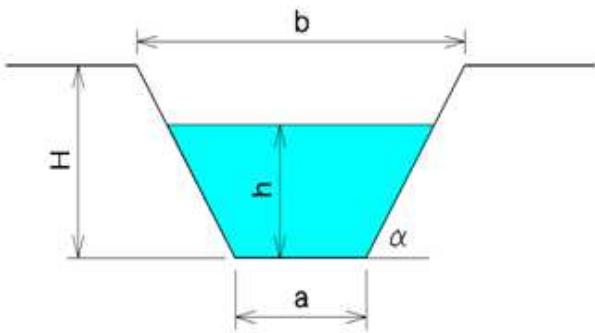
Portata	$Q = A V$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c \sqrt{R_i p}$	dove	c = coefficiente di attrito R <sub>i</sub> = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{R_i}}{m + \sqrt{R_i}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

Dall'elaborazione dei dati di cui sopra si ottiene:

$$c = 38,29$$

$$V = 1,09 \quad [\text{m/sec}]$$

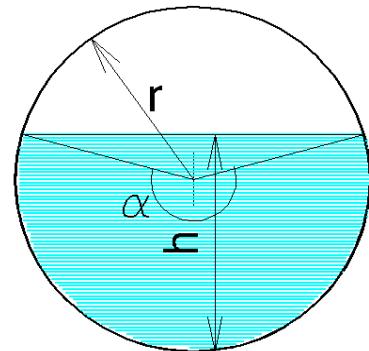
$$Q = 2,043 \quad [\text{m}^3/\text{sec}]$$



h [m]	Q[m³/sec]
0,06	0,006
0,11	0,021
0,17	0,046
0,22	0,079
0,28	0,120
0,33	0,170
0,39	0,230
0,44	0,299
0,50	0,379
0,55	0,469
0,61	0,570
0,66	0,682
0,72	0,806
0,77	0,943
0,83	1,092
0,88	1,254
0,94	1,430
0,99	1,620
1,05	1,824
1,10	2,043

Per quanto riguarda il tratto tubato con  $\varnothing 700$  mm risulta:

<b>d</b>	$\rightarrow$	<b>0,70</b>	DIAMETRO [m]
<b>r</b>	$\rightarrow$	<b>0,35</b>	[m]
<b>h</b>	$\rightarrow$	<b>0,7</b>	[m]
<b>p</b>	$\rightarrow$	<b>0,3%</b>	Pendenza
<b>m</b>	$\rightarrow$	<b>0,2</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



#### DATI RISULTANTI

$$\text{Contorno bagnato } Pb = 2\pi \left( \frac{\alpha}{360^\circ} r \right) \rightarrow 2,199 \text{ [m]}$$

$$\text{Area di deflusso } A = 1/2 r^2 \left( \frac{\pi \alpha}{180^\circ} - \sin \alpha \right) \rightarrow 0,3848 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Raggio idraulico } Ri = \frac{A}{Pb} \rightarrow 0,175 \text{ [m]}$$

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
---------	----------	------	--

Velocità di deflusso	$V = c \sqrt{R_i p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
----------------------	----------------------	------	--

Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter
-------------------------	--	------	------------------------------------

#### RISULTATI

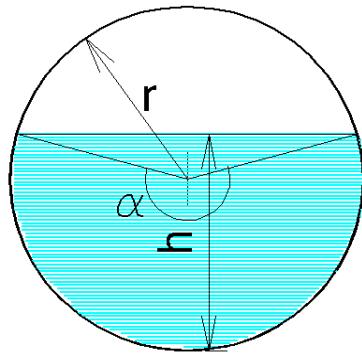
<b>c</b>	$\rightarrow$	<b>67,65</b>
<b>V</b>	$\rightarrow$	<b>1,55</b> [m/sec]
<b>Q</b>	$\rightarrow$	<b>0,597</b> [m <sup>3</sup> /sec]

**CAPACITA' DI SMALTIMENTO**  
**Del condotto Ø 700 in cls in loc. Spigarolo**  
**per varie altezze d'acqua**

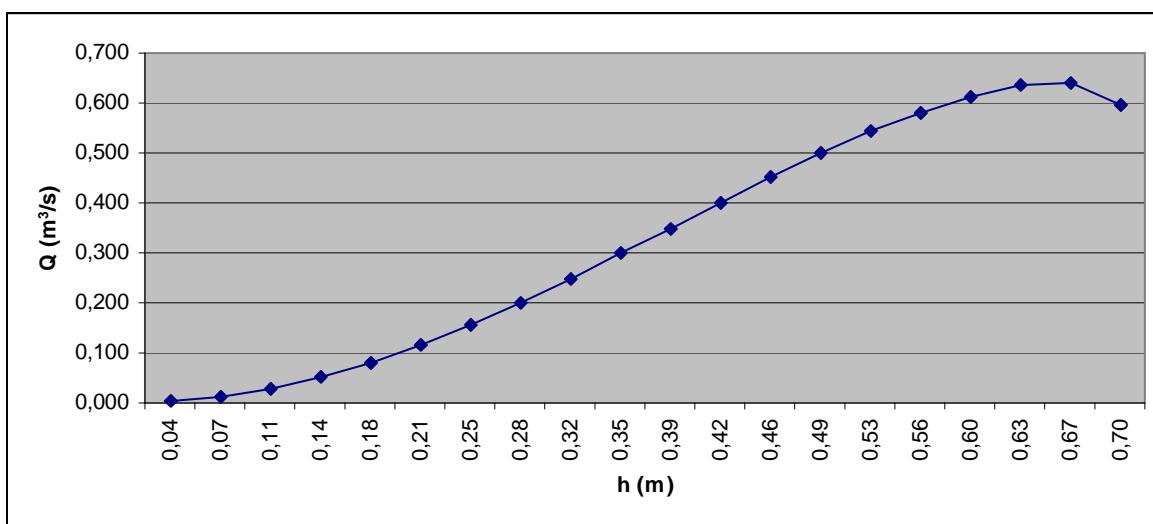
CARATTERISTICHE SEZIONE

<b>d</b>	<b>0,70</b>	DIAMETRO [m]
<b>p</b>	<b>0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>0,2</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0,04	0,003
0,07	0,012
0,11	0,028
0,14	0,052
0,18	0,081
0,21	0,117
0,25	0,157
0,28	0,201
0,32	0,249
0,35	0,298
0,39	0,349
0,42	0,400
0,46	0,451
0,49	0,499
0,53	0,543
0,56	0,582
0,60	0,614
0,63	0,635
0,67	0,640
0,70	0,597



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente



Il tratto tubato del cavo Viola in località Spigarolo (con D700 mm in cls) limita la portata del cavo Viola a circa 640l/s.

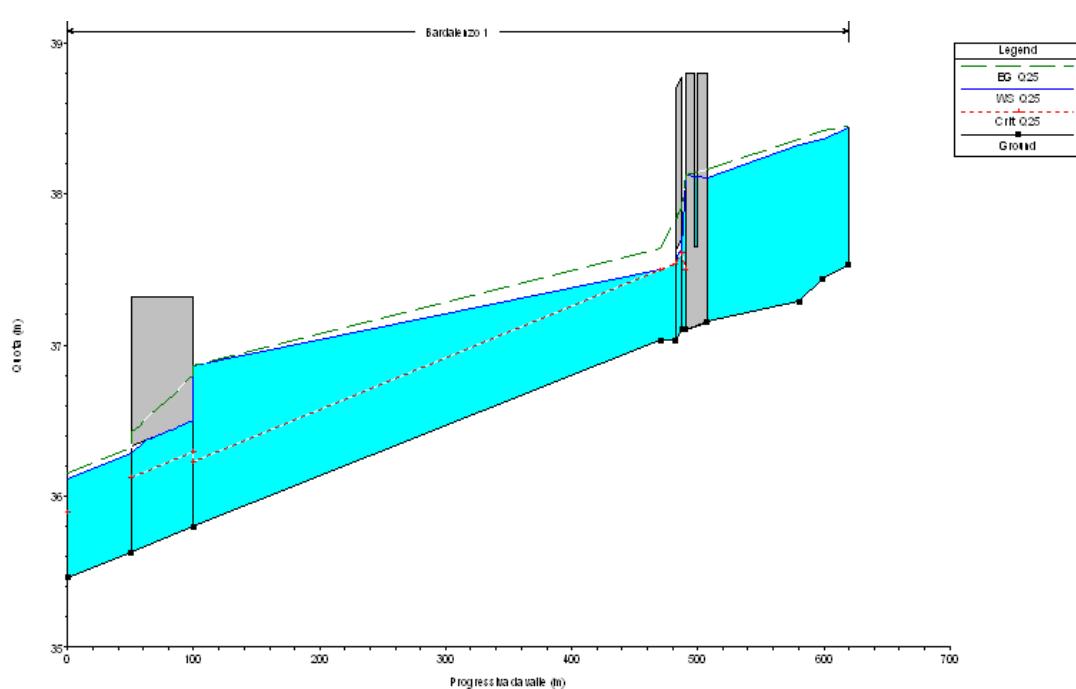
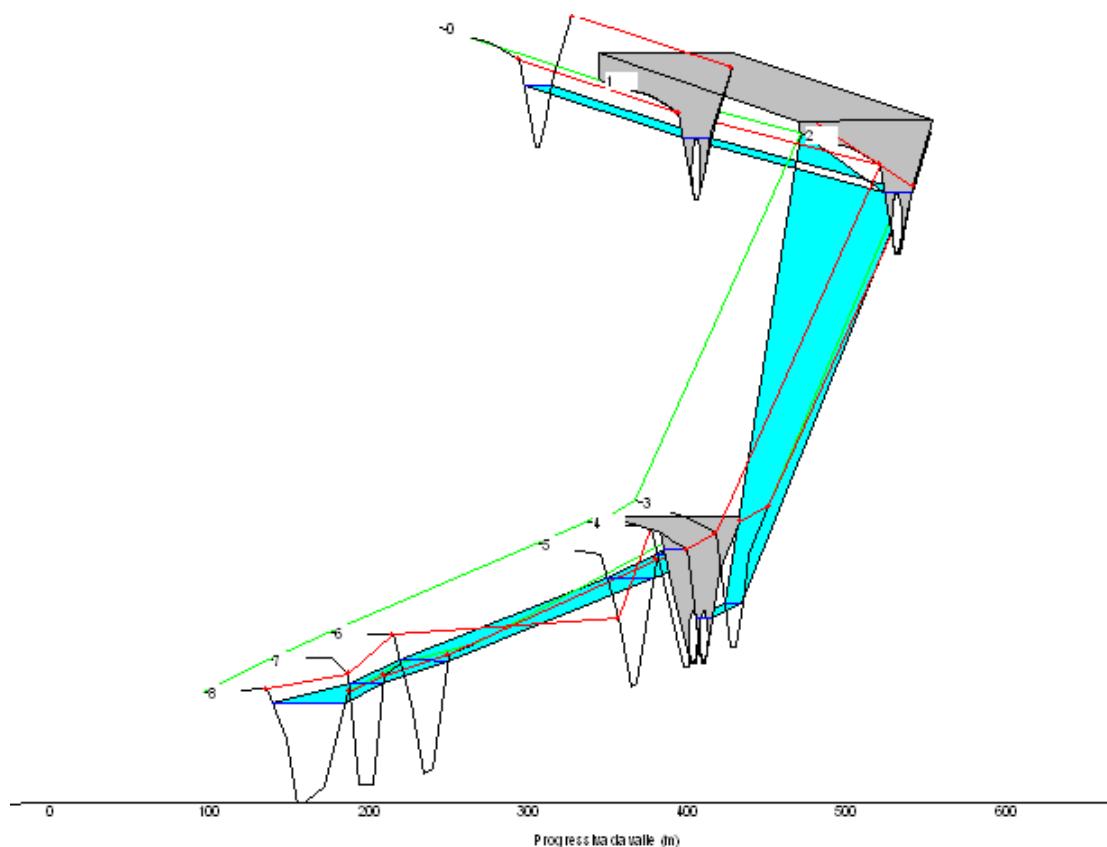
Sulla scorta di tali risultanze si osserva che la portata limite di 680 l/s viene raggiunta con la quota idrometrica  $h=0,65$  m da fondo canale.

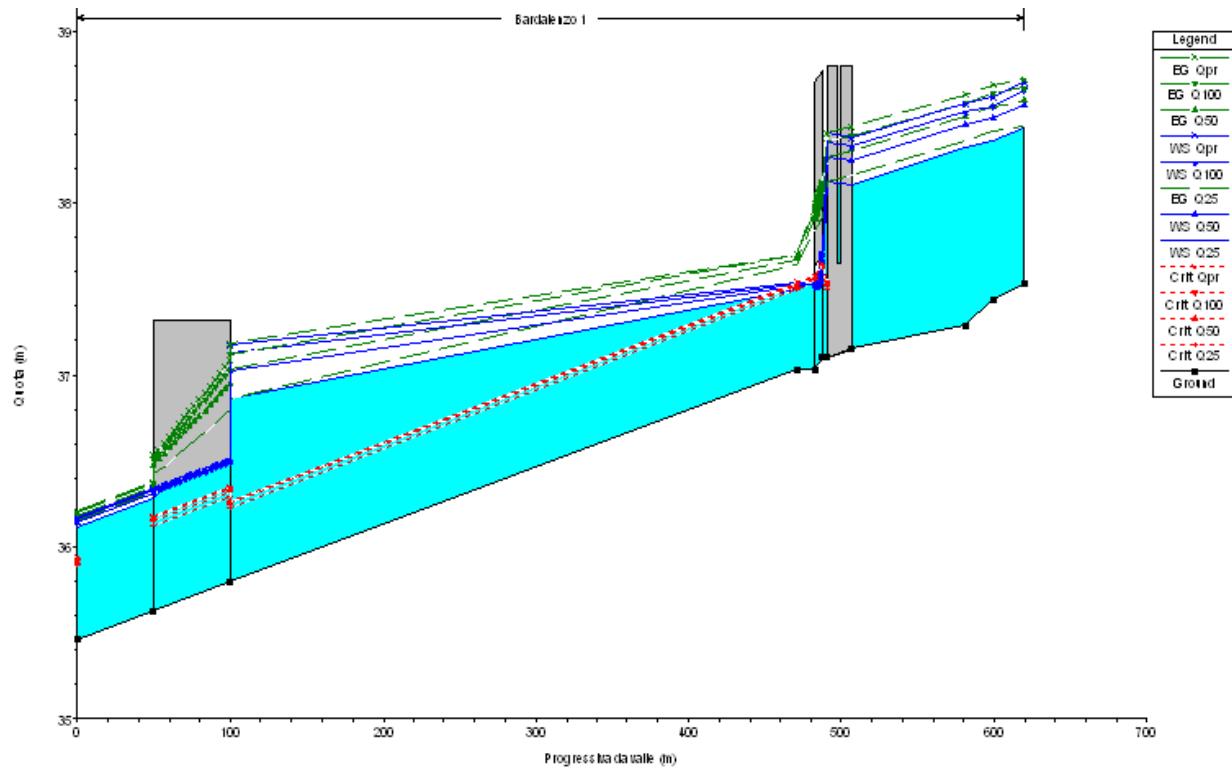
Serve pertanto dimensionare uno sfioro laterale sul Canale Viola con quota sfioro  $h= 0,65$  m da fondo canale e lunghezza di 3,00 m. La portata scaricata sarà di circa  $1,75 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Il dimensionamento del manufatto di sfioro del Cavo Viola nella cassa di laminazione di progetto è stato verificato mediante modellazione con sistema HEC-RAS.

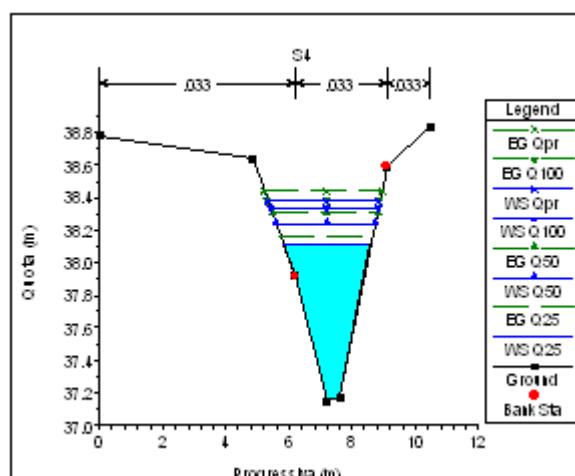
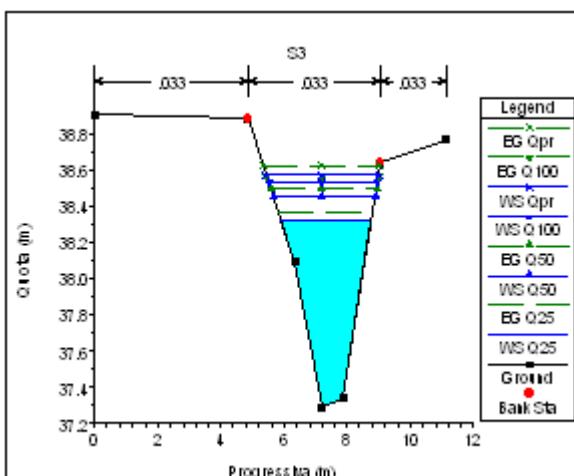
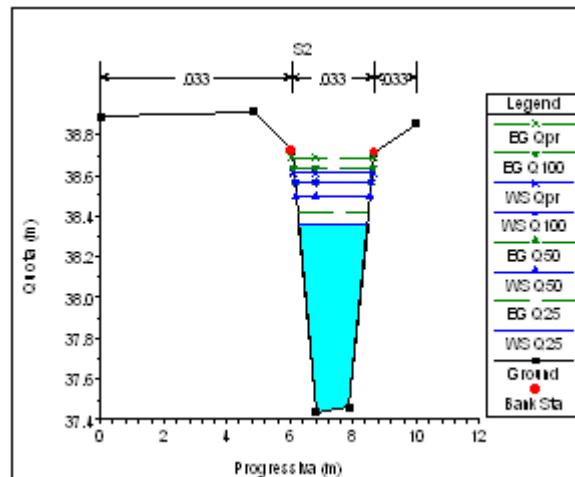
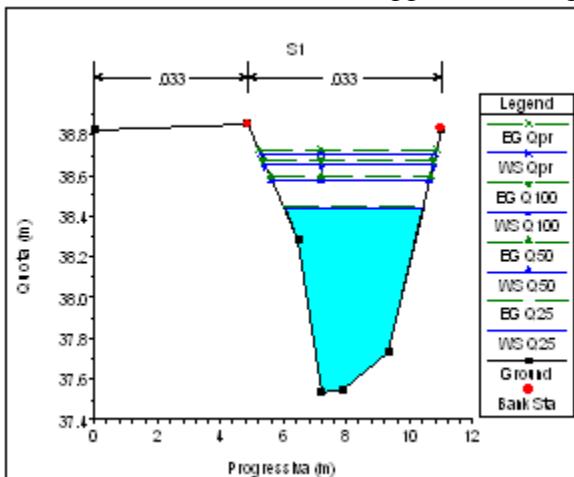
Le ridotte pendenze di fondo e il conseguente regime idraulico in corrente lenta richiedono la presenza di una bocca tarata immediatamente a valle dello sfioro mediante strozzatura con condotto del diametro di 700 mm (condizione posta anche dalla esistente tominatura in loc. Sanboseto).

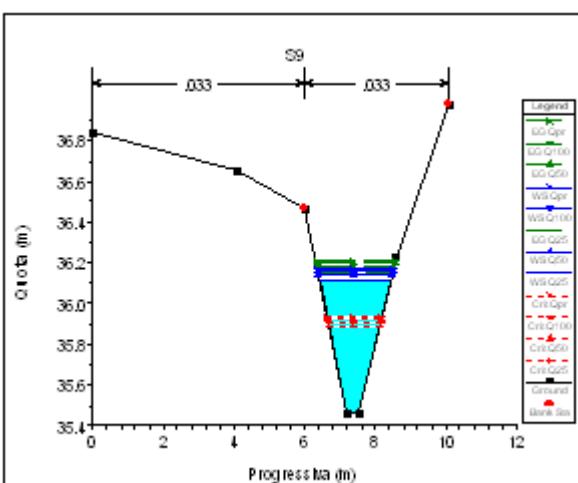
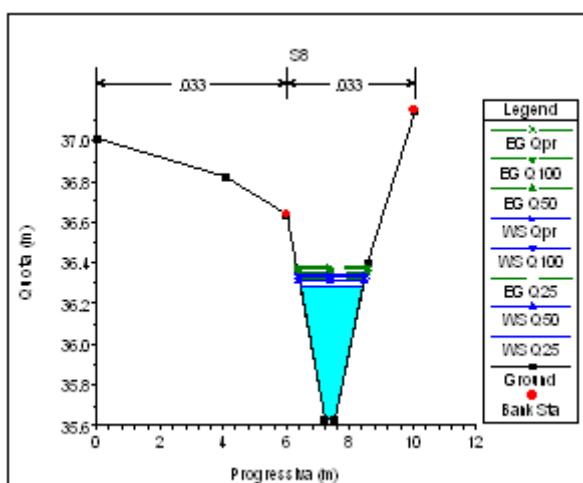
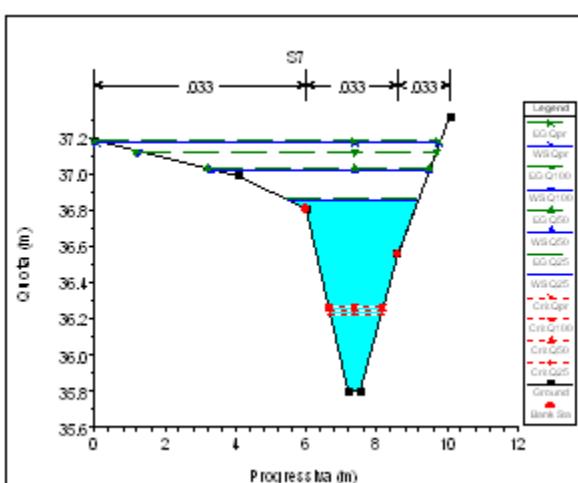
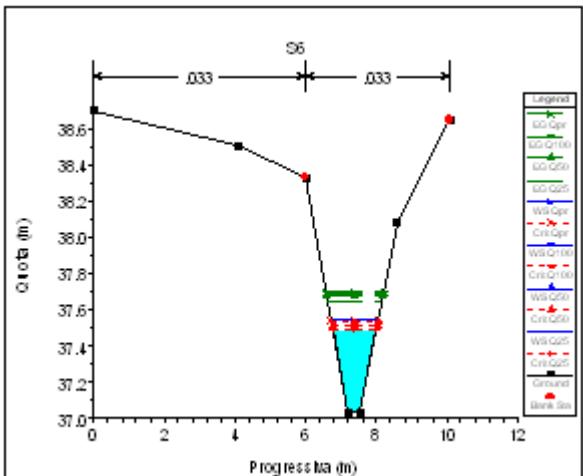
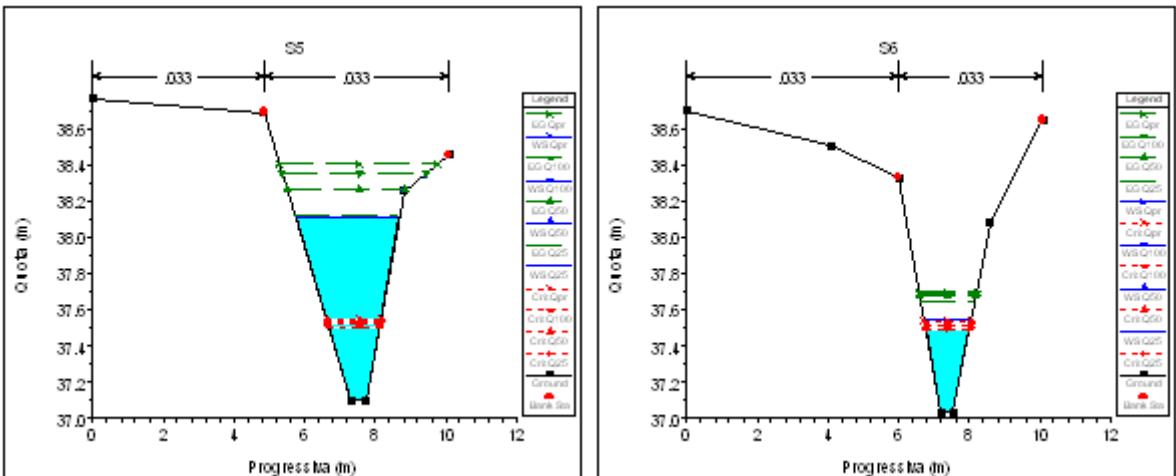
Di seguito i grafici delle simulazioni effettuate sul Cavo Viola.





Sezioni cavo Viola nel tratto oggetto di indagine.





Per quanto riguarda il Cavo Torto, lo stesso verrà dotato di analogo manufatto di sfioro nella cassa di laminazione.

Dovendo la cassa assicurare la laminazione essenzialmente delle portate del cavo Viola, il manufatto regolatore sul Torto, pur avendo tale canale una sezione e portata maggiori, avrà una soglia di sfioro delle medesime dimensioni con soglia di altezza pari a 0,80 m dal fondo canale. Tale condizione è dettata dalla necessità di privilegiare la laminazione del Cavo Viola maggiormente causa di tracimazioni negli eventi pluviometrici intensi.

## OPERE

### Cassa di laminazione

#### a) Movimenti di terra

La realizzazione della cassa di laminazione prevede l'escavo di terreno.

La parte superiore dello sbancamento verrà recuperata per ricostituire lo strato superficiale fertile della cassa di laminazione L'area oggetto di intervento è di tipo agricolo.

Dalla caratterizzazione storica non si riscontrano utilizzi diversi da quello attuale, in particolare si è provveduto alla consultazione di visure catastali dalle quali risulta che le aree in oggetto sono sempre state ad uso agricolo con colture variabili dal seminativo al frutticolo; non risultano con ciò utilizzi diversi che possano configurare la necessità di indagini o analisi specifiche.

#### b) Manufatti

- Realizzazione di n.2 pozzeroni interrati in c.a., eseguiti in opera, per l'alloggiamento delle pompe atte alla regimazione della cassa: lungo cavo Viola e cavo Torto;
- Realizzazione di manufatto in c.a. per accoglimento dei quadri elettrici di azionamento pompe, con relative condotte interrate per l'alloggiamento dei necessari cavi elettrici;
- Realizzazione cavi di carico e scarico mediante scatolare;
- Realizzazione di manufatti di sfioro dal Canale Viola e dal cavo Torto;
- Realizzazione di pozzetto prefabbricato per alloggiamento pompe;

#### c) Impianti e forniture

- Fornitura delle pompe idrovore di sollevamento (stazione Cavo Viola: n.2 + n.1R ; stazione Cavo Torto: n.1 + n.1R)
- Fornitura e installazione di tutte le opere elettromeccaniche (quadri elettrici, tubazioni, organi di manovra, sistemi di monitoraggio e controllo);
- Fornitura di griglie selettive;

## **CONCLUSIONI**

La vasca di laminazione sarà in grado di ricevere e provvisoriamente immagazzinare il volume eccedente in caso di eventi intensi, oggi responsabile di allagamenti dell'area urbana oggetto di studio del presente elaborato progettuale, per effetto di fenomeni di rigurgito, e della strada provinciale di Samboseto.

L'interconnessione Cavo Viola – vasca – Cavo Torto consentirà di invasare e smaltire le acque nel recettore che risulterà maggiormente idoneo alla recezione.

La vasca avrà pendenza verso Nord.

Va, inoltre, segnalato che il Comune di Busseto ha già imposto a lotti industriali e artigianali posti a sud di via Musini di dotarsi di vasche di stoccaggio delle acque meteoriche al fine di alleggerire il cavo Viola dagli attuali carichi idraulici. Sulla base di tali prescrizioni è stato possibile ridurre la superficie originariamente drenante e, conseguentemente ridurre la stima della portata del Cavo Viola.

Assumendo una portata di punta, in condizioni di eventi meteorologici intensi, con TR 100 anni, è necessario poter disporre di un volume di invaso pari alla condizione maggiormente sfavorevole, ovvero un volume accumulabile in un evento di pioggia della durata pari 2 ore.

In simili condizioni l'invaso è dimensionato con un volume di circa 13.000 m<sup>3</sup>.

Stante la scarsa quota di fondo del canale Viola rispetto al piano campagna circostante, al fine di poter immagazzinare un volume sufficiente per laminare le onde di piena e impedire i suddetti allagamenti, è necessario realizzare una cassa con quota fondo inferiore al fondo canale.

La profondità dell'invaso è dell'ordine dei 3,50 m, cosicché la superficie coperta dalla vasca è di circa 6.400 mq.

L'alimentazione della vasca avverrà, pertanto, per stramazzo, mentre la fase di svuotamento, dapprima sarà gravità e successivamente per sollevamento mediante adeguato impianto di sollevamento.

Saranno realizzati due impianti di sollevamento.

L'impianto di valle (lungo cavo Viola) sarà dotato di tre pompe da 115-120 l/s ciascuna, di cui due funzionanti in parallelo e una terza di riserva.

L'impianto di monte (lungo cavo Torto) sarà dotato di due pompe da 230 l/s ciascuna, di cui una di riserva.

La proposta di inserire tre pompe con portata minore nella prima stazione di sollevamento è dettata dalla necessità di poter azionare anche una sola pompa in caso di limitati volumi invasati.

## **QUADRO ECONOMICO**

Lavori		356.394,94
Oneri di Sicurezza		15.000,00
<b>TOTALE LAVORI</b>		<b>371.394,94</b>
Somme a Disposizione		
IVA (21%)		77.992,94
incentivi di progettazione art. 92 D.lgs 163/2006		7.427,90
Spese Generali (indagini archeologiche, pubblicazione, atti amministrativi, procedimento, gara,ecc...)		7.000,00
Accordi Bonari		9.000,00
Espropri, servitù, occupazioni temporanee		150.000,00
Imprevisti		12.184,22
<b>Totale Somme a Disposizione</b>		<b>263.605,06</b>
<b>TOTALE GENERALE</b>		<b>635.000,00</b>

Il Progettista  
Ing. Gabriele Alifraco