

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.
SACYR S.A.U.
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

<p>IL PROGETTISTA</p> <p>Prof. Ing. G. Umiltà Ordine Ing. Palermo n°1729</p> <hr/>  <p>Ing. E. Pagani Ordine Ing. Milano n°15408</p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE PROJECT MANAGER (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale Ing. G. Fiammenghi</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato Dott. P. Ciucci</p>
--	--	--	--

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

		CZV0871_F0
<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA	
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE E PRODUZIONE INERTI	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SITI RECUPERO AMBIENTALE	
<i>Titolo del documento</i>	SRA8 - RELAZIONE IDRAULICA	

CODICE	C	G	0	0	0	0	P	R	I	V	S	C	Z	C	4	S	D	7	5	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	Emissione finale	E. FAZIO	P. COSENZA	G. UMITLA'

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

INDICE

INDICE	3
Premessa	5
1 Descrizione delle opere in progetto	5
2 Analisi Idrologica.....	6
2.1 Caratteristiche del bacino in studio	7
2.2 Inquadramento Pluviometrico dell'Area	8
2.2.1 Determinazione delle altezze di pioggia.....	8
2.2.2 Determinazione del tempo di corrivazione	10
2.3 Determinazione delle Portate di calcolo.....	11
3 Dimensionamento della rete di drenaggio	12
3.1 Sezioni Tipo.....	12
3.2 Verifica idraulica dei canali di drenaggio.....	14
4 Serbatoio di Piena.....	31
4.1 Dimensionamento del serbatoio	31
4.2 Dimensionamento degli scarichi	32
4.3 Dimensionamento della capacità del serbatoio	40
5 Compatibilità con il PAI vigente.....	43

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

Premessa

La presente relazione riferisce in merito al predimensionamento delle opere idrauliche per il drenaggio delle acque meteoriche ricadenti nel sito di recupero denominato SRA8, sia per la condizione provvisoria che per quella definitiva.

L'area oggetto d'interesse ricade nel territorio comunale di Villafranca Tirrena, e dal punto di vista idrologico si inserisce nei bacini idrografici dei Torrenti Saponara e Calvaruso.

Nel seguito, dopo una breve descrizione delle opere idrauliche in progetto, si illustra:

- l'analisi idrologica preliminare finalizzata alla determinazione delle altezze di pioggia e le portate di progetto per vari tempi di ritorno;
- la verifica idraulica delle opere di regimazione delle acque superficiali.

1 Descrizione delle opere in progetto

Il sito di deposito SRA8 avrà una duplice valenza, e precisamente per un periodo di tempo limitato (condizione temporanea) sarà utilizzato per il deposito di sabbie e ghiaie da riutilizzare per i rinascimenti costieri, mentre nella condizione definitiva ospiterà le terre e le rocce da scavo provenienti dalle gallerie autostradali e dalle stazioni ferroviarie.

La capacità del sito sarà pari a 2.365.000 m³ per la condizione temporanea, e di 750.000 m³ nella condizione definitiva a regime.

Le sistemazioni previste, per le due condizioni, differiscono notevolmente per ciò che riguarda le quote finali degli abbancamenti, e pertanto è stato necessario procedere ad una doppia progettazione del reticolo di drenaggio, per ciascuna delle due condizioni.

Nell'ambito dello studio idraulico condotto, è emerso che l'area oggetto d'interesse ricade in parte nel bacino idrografico del T. Saponara ed in parte in quello del torrente Santa Caterina (affluente del Torrente Calvaruso).

Come è emerso dallo studio idrologico ed idraulico condotto sul torrente Calvaruso, le condizioni di dissesto in cui versa il T. Santa Caterina, e la morfologia dei luoghi d'intervento unitamente alla pressione antropica, non consentono il rilascio delle acque intercettate in tale corso d'acqua, e pertanto si prevede il rilascio nel torrente Saponara.

Come emerge chiaramente dal PAI della regione Sicilia del torrente Saponara, nel tratto vallivo non sono state individuate aree a rischio idraulico. Ciò nonostante, e tenendo conto degli eventi che lo hanno interessato nel 2011, si è previsto di realizzare un "Serbatoio di Piena", posto a valle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

dello schema di drenaggio del SRA8, aumentando il grado di sicurezza dell'intero sistema e scongiurando un aggravio delle condizioni di deflusso attuali del corso d'acqua.

Tale opera, ubicata nella parte valliva dell'area a quota 50 m s.l.m., avrà la funzione di ricevere le acque provenienti da monte e, quindi, di consentirne il rilascio in tempi differenti dal fenomeno meteorico e comunque compatibilmente con la capacità di trasporto del T. Saponara.

Inoltre, sempre a vantaggio di sicurezza, è stato previsto il rilascio delle acque a valle di tutti gli attraversamenti ferroviari e stradali, in modo tale da minimizzare le interferenze e da annullare l'incremento del rischio d'insufficienza idraulica di tali opere.

La rete di drenaggio si compone di:

- **Canali di gronda**, posti a monte del sito, atti ad intercettare le acque provenienti dal versante montano del sottobacino e quindi evitare l'ingresso di queste acque all'interno dell'area di deposito;
- **Canali secondari**, direttamente ubicati all'interno del sito, che intercettino le acque di scorrimento sul corpo della discarica;
- **Canali principali**, che si sviluppano parallelamente al sito di recupero (a monte ed a valle), nei quali vengono destinate le acque provenienti dai canali secondari e/o di gronda.

La rete di drenaggio così schematizzata consente, nel suo complesso, d'intercettare tutte le acque meteoriche ricadenti nel relativo bacino di calcolo e di trasportarle al corpo idrico ricettore finale.

Le acque intercettate dalla suddetta rete di drenaggio saranno recapitate al Serbatoio di Piena che consentirà una laminazione delle portate al colmo, a protezione del tratto vallivo del bacino.

2 **Analisi Idrologica**

Il dimensionamento del reticolo di regimazione delle acque superficiali necessita dello studio delle caratteristiche idrologiche dell'area, e quindi della determinazione delle portate di calcolo.

Per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica, si è fatto riferimento allo studio idrologico condotto per il bacino del Torrente Calvaruso, che contiene tutte le grandezze significative allo scopo.

Sulla base delle caratteristiche morfometriche del bacino, e determinate le curve di probabilità pluviometrica, si è proceduto al calcolo delle portate di piena per vari tempi di ritorno.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

2.1 Caratteristiche del bacino in studio

Il torrente Calvaruso si origina ad una quota di circa 863 metri s.l.m e la sua asta principale si sviluppa per circa 9 Km attraversando i comuni di Serro, Calvaruso, e Villafranca Tirrena.

All'interno del bacino si evidenzia un affluente principale: il vallone Santa Caterina all'altezza della frazione che si diparte da quota 800 metri s.l.m e raggiunge il T. Calvaruso all'interno del centro abitato di Villafranca Tirrena, a valle dell'autostrada PA-ME.

Nel tratto vallivo sono presenti vari insediamenti urbani e sono presenti, inoltre, importanti infrastrutture viarie: l'asta principale è attraversata dai ponti della S.S. 113, della linea ferroviaria ME-PA, dell'autostrada A20 ME-PA.

Il torrente Santa Caterina, affluente in sinistra del torrente Calvaruso in prossimità della sezione di foce, si sviluppa per una lunghezza di circa 7 km all'interno di un bacino con estensione pari 4.5 km² (quota massima dell'asta a 670 m s.m.m.)

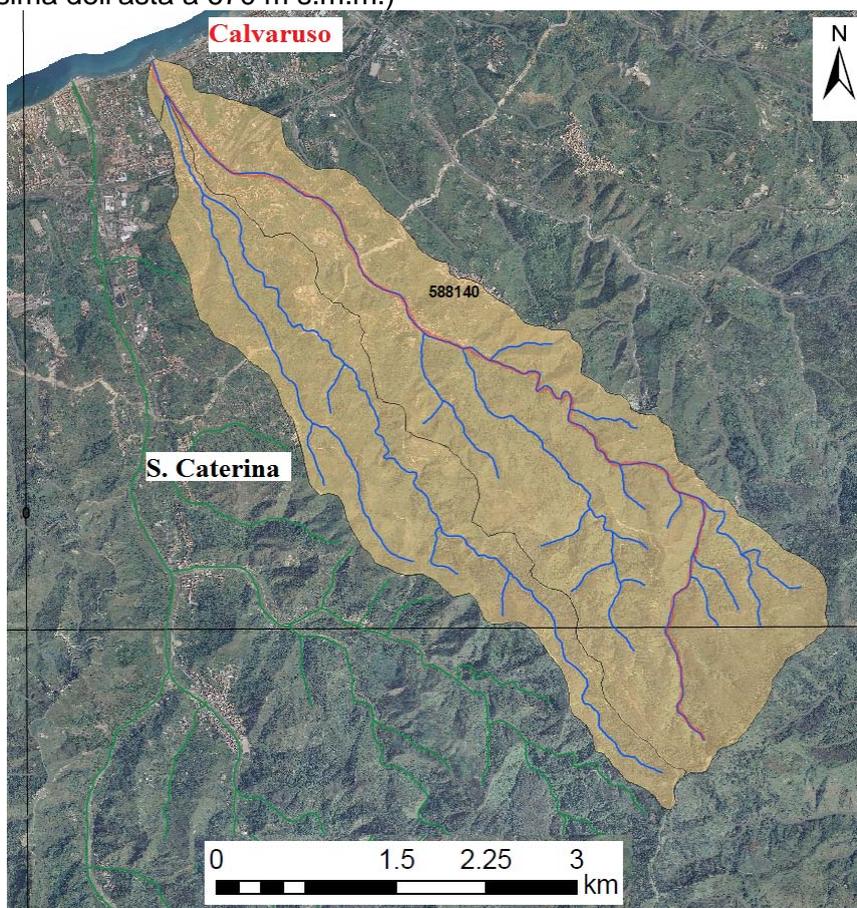


Figura 2.1. – Bacini dei Torrenti Santa Caterina e Calvaruso.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

In questa fase di studio si è proceduto ad effettuare numerosi sopralluoghi di dettaglio per rilevare i principali attraversamenti presenti lungo l'asta principale e valutare le condizioni attuali del sistema idrografico.

Come richiamato in precedenza, il sottobacino relativo al sito di deposito SRA8 ricade in parte nel bacino del torrente Saponara ed in parte nel T. Calvaruso, ed ha un'estensione pari a circa 0.15 km². Il sottobacino, dal punto di vista altimetrico, si sviluppa fra le quote 200 e 50 m s.l.m., e la lunghezza del percorso idraulicamente più sfavorevole è pari a circa 1355 m.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche morfometriche del sottobacino:

DATI SUL SOTTOBACINO DELLA SRA8	
Superficie scolante	A= 0.15 Km ²
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L= 1355.00 m
Quota massima	zmax= 200.00 m
Quota minima	zmin= 50.00 m
Quota media	Zmed= 125.00 m
Pendenza media	i= 11%

Caratteristiche morfometriche del sottobacino del sito SRA8

2.2 Inquadramento Pluviometrico dell'Area

2.2.1 Determinazione delle altezze di pioggia

Le stazioni pluviometriche in prossimità del bacino complessivo del torrente Calvaruso, per cui si dispone di serie di dati di lunghezza significativa, sono: Calvaruso, S. Saba, Monforte S. G., Camaro, Messina (Ist Geof. e Oss.) e Ganzirri (rete Osservatorio delle Acque).

Da un'analisi dell'influenza di tali stazioni (tramite il metodo Inverse Distance Weighted) sull'area d'interesse, si è ricavato che la stazioni di S. Saba, Monforte S. G., Messina e Ganzirri hanno peso trascurabile. E' stata quindi effettuata un'analisi delle precipitazioni intense delle stazioni pluviometriche Calvaruso e Camaro. Di tali stazioni si hanno a disposizione i dati dei massimi annuali di precipitazione per le durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per i periodi riportati nella Tabella 2.1.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

Tabella 2.I. Stazioni pluviometriche considerate.

Codice ODA	Nome	Quota [m s.m.m.]	Attiva	Anno inizio	Anno fine	N° Oss.
10	Calvaruso	135	no	1972	2002	16
3350	Camaro	568	no	1929	2005	57

A tali serie di dati sono stati adattati vari modelli probabilistici (Gumbel, Generalized Extreme Value, Gumbel Scala Invariante Modello e GEV Scala Invariante). In particolare, alla luce del ridotto tempo di corrivazione, l'invarianza di scala è stata ipotizzata per l'intervallo di durata 1-6 ore. Il modello GEV Scala Invariante è quello che meglio si presta ad interpretare i dati, come risulta da test statistici applicati e dall'esame dei grafici di Figura 2.2.

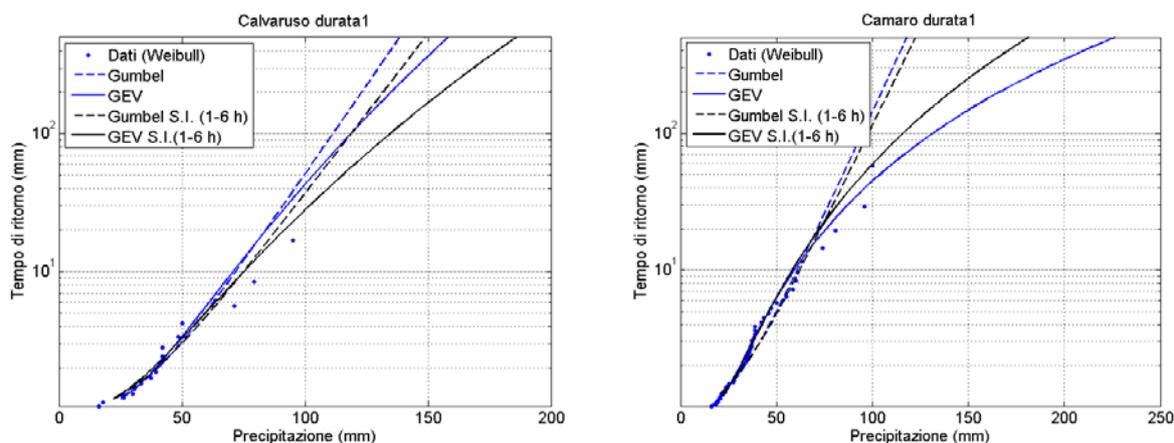


Figura 2.2 Bontà di adattamento di varie distribuzioni ai massimi annuali di durata un'ora.

Per le curve di probabilità pluviometrica è stata utilizzata l'espressione monomia

$$h=at^n$$

essendo h l'altezza di pioggia in mm, t la durata in ore e a ed n parametri dipendenti dal tempo di ritorno.

Dal modello GEV Scala Invariante risultano i valori del parametro a delle curve di probabilità pluviometrica riportati in Tabella 2.II, per vari tempi di ritorno.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

Tabella 2.II. Parametro a delle curve di probabilità pluviometrica per vari tempi di ritorno

Stazione	PESO	Tempo di ritorno (anni)							
		2	10	20	30	50	100	200	300
Calvaruso	0.70	38.19	75.23	91.70	101.83	115.20	134.58	155.54	168.60
Camaro	0.30	31.31	58.22	72.43	81.87	95.16	116.11	141.05	157.79
Media pesata		36.13	70.13	85.92	95.84	109.19	129.04	151.19	165.36

Come emerge dai paragrafi seguenti, il tempo di corrivazione del sottobacino SRA8 è inferiore all'ora, pertanto per una corretta stima dell'altezza di pioggia sarà necessario adottare la nota formula di Bell:

$$h_{t,Tr} = h_{60,Tr} \cdot (t/60)^s$$

in cui:

- $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia associata ad un evento meteorico di durata inferiore all'ora pari a t , ed al tempo di ritorno Tr ;
- $h_{60,T}$ è l'altezza di pioggia oraria per dato tempo di ritorno Tr ;
- s è un coefficiente variabile, che per la Sicilia assume il valore pari a 0,386 (Vito Ferro)

2.2.2 Determinazione del tempo di corrivazione

La stima del tempo di corrivazione (t_c) è strettamente dipendente dalle caratteristiche morfologiche del bacino, e per la sua determinazione sono state adottate diverse espressioni tutte tarate per bacini di piccole dimensioni.

In particolare si è proceduto all'impiego delle seguenti espressioni, con ovvio significato dei simboli:

- Kirpich
$$tc = 0.066 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$
- Pezzoli
$$tc = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$
- Viparelli
$$tc = \frac{L}{v}$$
 "v" è la velocità fittizia pari a 1.2 m/s
- Pasini
$$tc = 0.108 \frac{(AL)^{1/3}}{i^{0.5}}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

- Ventura $tc = 0.1272 \frac{A^{0.5}}{i^{0.5}}$
- Di Stefano e Ferro $tc = 0.3716A^{0.6}$

Dall'applicazione delle suddette espressioni sono stati ricavati i valori del tempo di corrivazione (tc), e quindi si è assunto il valore medio quale parametro da porre a base dei calcoli idraulici.

Tempo di corrivazione:			
Pasini		tc=	11.45 minuti 0.19 ore
Kirpich		tc=	11.74 minuti 0.20 ore
Viparelli: Velocità=	1.20 m/sec	tc=	18.82 minuti 0.31 ore
Pezzoli		tc=	13.44 minuti 0.22 ore
Ventura		tc=	8.88 minuti 0.15 ore
Di Stefano e Ferro		tc=	7.14 minuti 0.12 ore
MEDIA		tc=	11.91 minuti 0.20 ore

Tempo di corrivazione del sottobacino SRA8

2.3 Determinazione delle Portate di calcolo

Sulla base dei parametri sopra determinati, per il calcolo delle portate di progetto si è adottata la nota formula razionale, che ben si presta per i piccoli bacini.

$$Q_{\max,T} = \frac{\Phi \cdot A \cdot h_{Tr}}{360 \cdot t_c}$$

Essendo:

- A l'area del bacino in ha;
- h_{Tr} l'altezza di pioggia in mm di durata pari al tempo di corrivazione, per il tempo di ritorno T_r ;
- t_c il tempo di corrivazione espresso in ore;
- Φ il coefficiente di deflusso (assunto pari a 0.70).

Nella seguente tabella si riportano i valori delle portate di piena, al variare del tempo di ritorno T_r :

Deflusso	C= 0.70		MEDIA				Coeff. Udometrico
	a	n	tc	h	ic	Q	Coeff. Udom.
T_r	[mm]	--	[h]	[mm]	[mm/h]	[m ³ /s]	[m ³ /s x km ²]
10	70.13	0.3860	0.20	37.57	189.24	5.52	36.80
20	85.92	0.3860	0.20	46.03	231.85	6.76	45.08
50	109.19	0.3860	0.20	58.50	294.65	8.59	57.29
100	129.04	0.3860	0.20	69.13	348.21	10.16	67.71
200	151.19	0.3860	0.20	81.00	407.98	11.90	79.33
300	165.36	0.3860	0.20	88.59	446.22	13.01	86.76

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

Portate di Piena

Ai fini del dimensionamento della rete di drenaggio si è adottato un valore del tempo di ritorno pari a 50 anni.

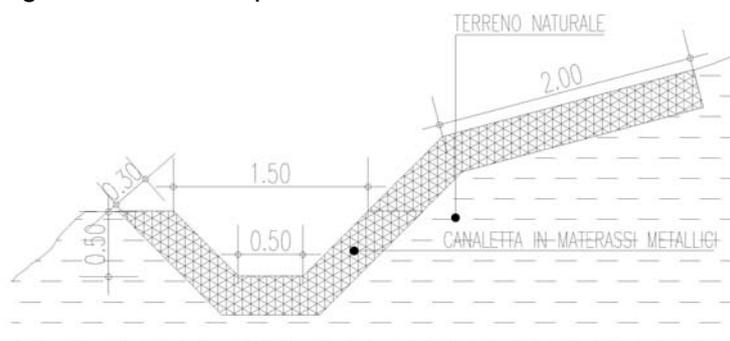
Inoltre, la suddetta tabella riporta il coefficiente udometrico (portata di piena sull'unità di superficie) che è stato adottato per la determinazione delle portate di calcolo relative a ciascun lato della rete dei canali di drenaggio.

3 Dimensionamento della rete di drenaggio

3.1 Sezioni Tipo

Come chiaramente illustrato negli elaborati grafici relativi alle due condizioni previste (provvisoria e definitiva), il sistema di drenaggio prevede 3 tipologie di sezioni differenti.

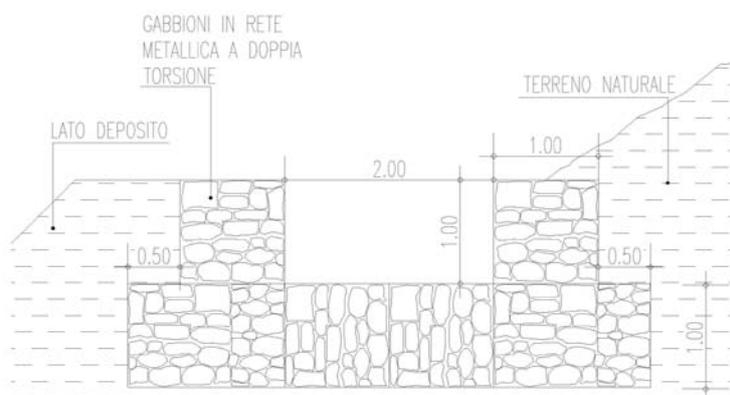
- **Sezione tipo “2”** - Si tratta di una cunetta a sezione trapezia realizzata in materassi tipo “Reno”, con larghezza del fondo pari a 0.50 m



Sezione Tipo 2

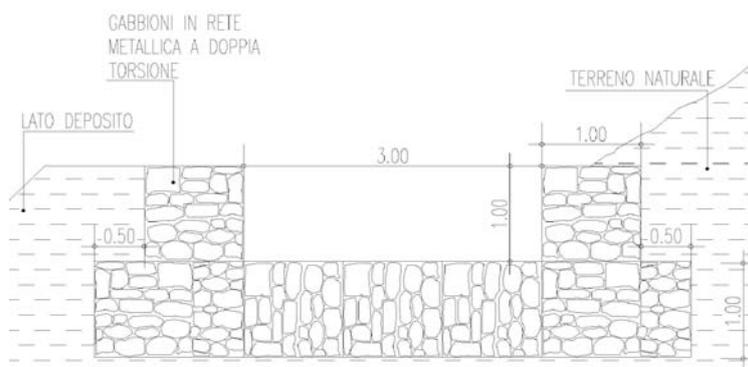
- **Sezione tipo “3”** - Si tratta di una cunetta realizzata in materassi tipo “Reno”, con larghezza del fondo pari a 2m (dimensione materasso), e sezione rettangolare con altezza massima pari ad 1 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">08/06/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	A	08/06/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
A	08/06/2012						



Sezione Tipo 3

- **Sezione tipo “4”** - Si tratta di una cunetta realizzata in materassi tipo “Reno”, con larghezza del fondo pari a 3m, e sezione rettangolare con altezza massima pari ad 1 m.



Sezione Tipo 4

Per quanto concerne le modalità di realizzazione delle canalizzazioni, è prevista preventivamente la realizzazione dei canali a servizio della sistemazione provvisoria, e del canale di recapito delle acque al Serbatoio di Piena.

A seguito dell'allontanamento delle sabbie, temporaneamente depositate nel sito SRA8, si prevederà a rimodellare il sito così come previsto per la sistemazione definitiva a lungo termine.

Le opere di drenaggio relative alla prima condizione, saranno quindi rimosse e si potrà prevedere il reimpiego dei materiali per la realizzazione della rete definitiva.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

3.2 Verifica idraulica dei canali di drenaggio

La verifica idraulica dei canali è stata condotta con riferimenti ai tratti più svantaggiati, considerando: la portata di piena, e la pendenza longitudinale dell'opera.

La portata di pioggia che confluisce ad ogni canale è stata calcolata come il prodotto tra il coefficiente udometrico (sopra richiamato) e l'area della superficie scolante pertinente al canale in esame:

$$Q_i = u \cdot S_i$$

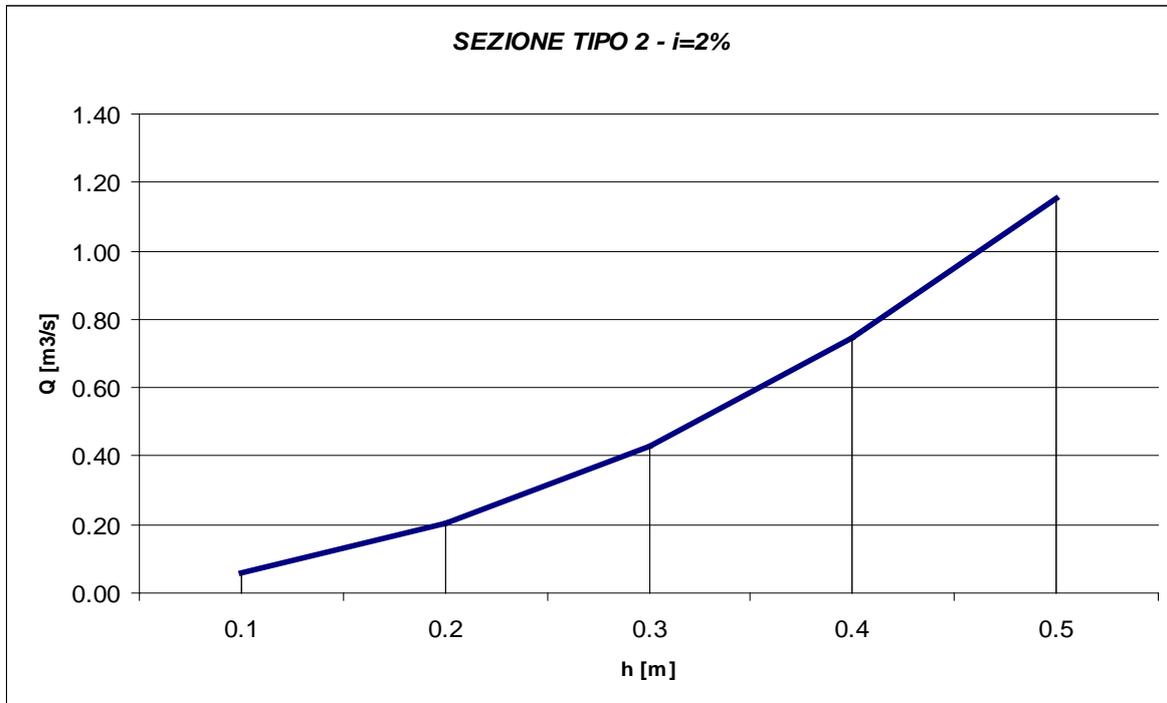
La verifica idraulica è stata condotta in condizioni di moto uniforme adottando la relazione di Chezy nella forma:

$$Q_i = K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot A$$

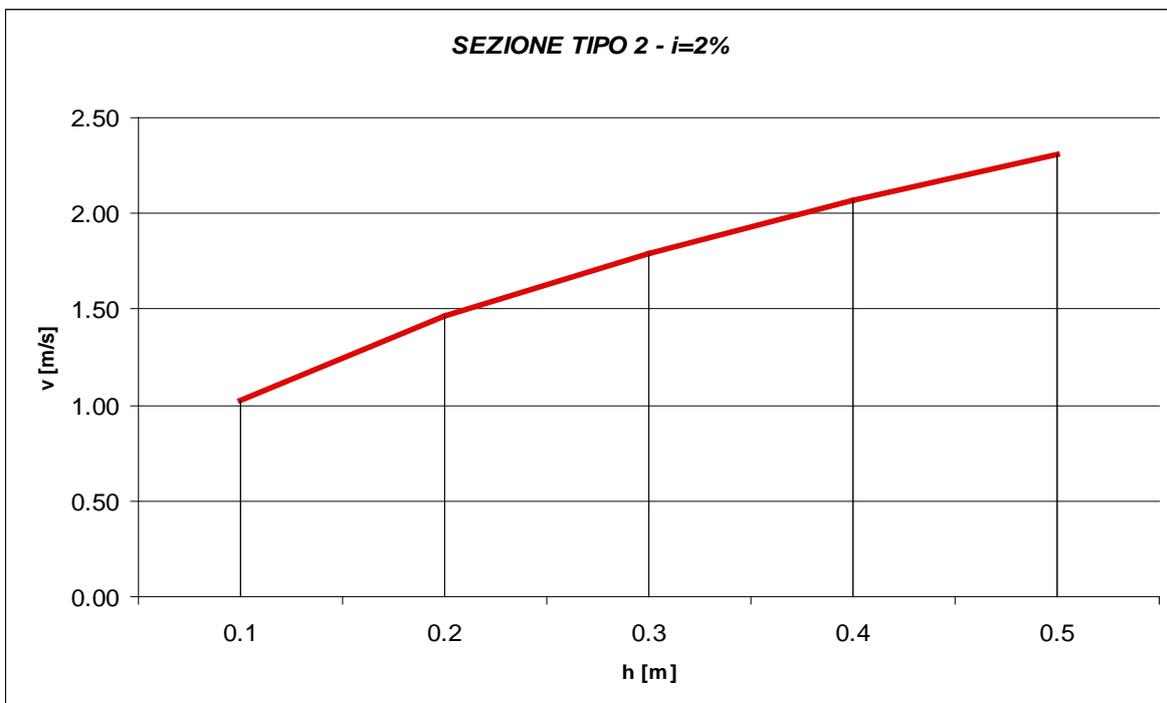
nella quale:

- K_s è il coefficiente di resistenza secondo Gauckler Strickler pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- R il raggio idraulico (m);
- A l'area della sezione bagnata (m^2);
- i la pendenza longitudinale del canale (%). I valori limite imposti sono lo 1,5% ed il 15%.
Ove necessario, per garantire il rispetto di tali condizioni, si è prevista l'interposizione di salti di fondo da realizzare in gabbioni.

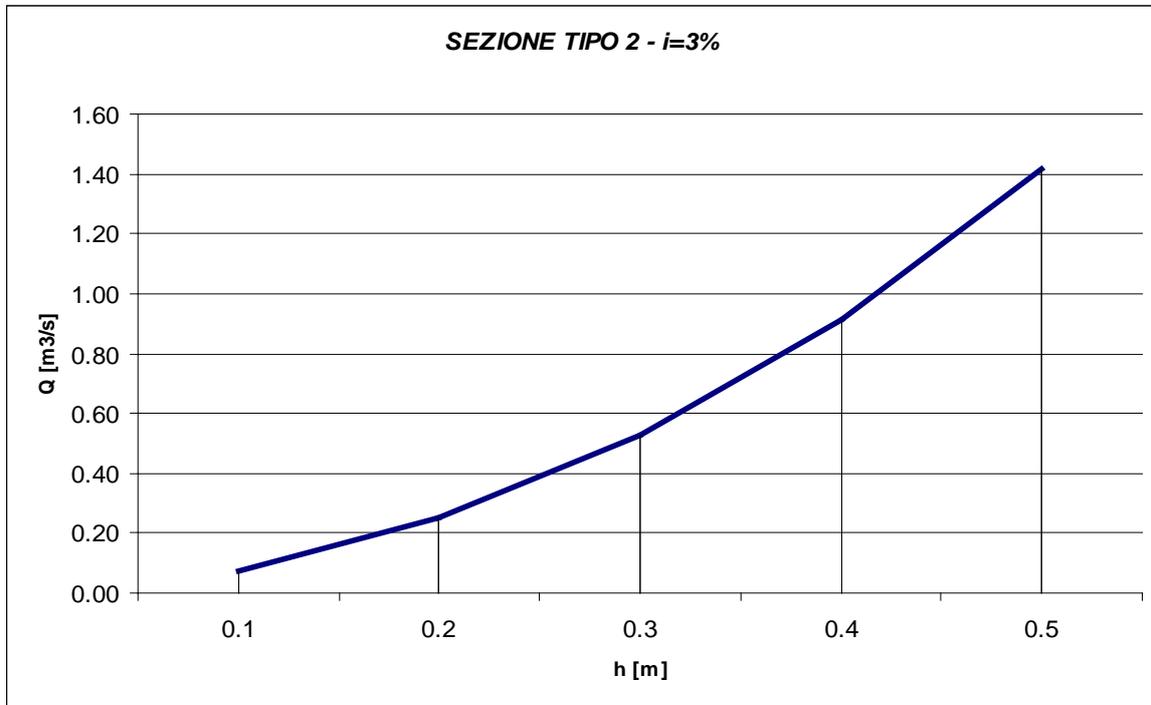
Mediante la suddetta espressione di Chezy, si è proceduto al tracciamento delle curve ***h-Q*** (tirante idraulico – portata di deflusso), e ***h-v*** (tirante idraulico – velocità della corrente), al variare della pendenza longitudinale del canale.



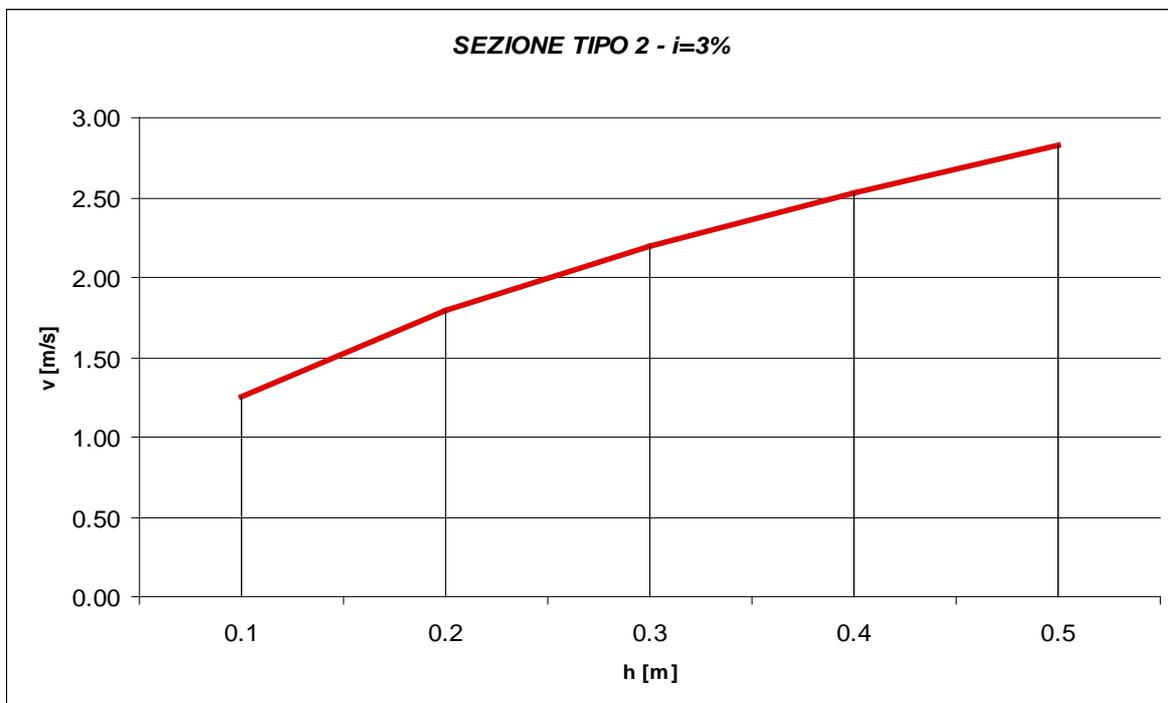
Sezione Tipo 2 – $i=2\%$ - Scala delle Portate



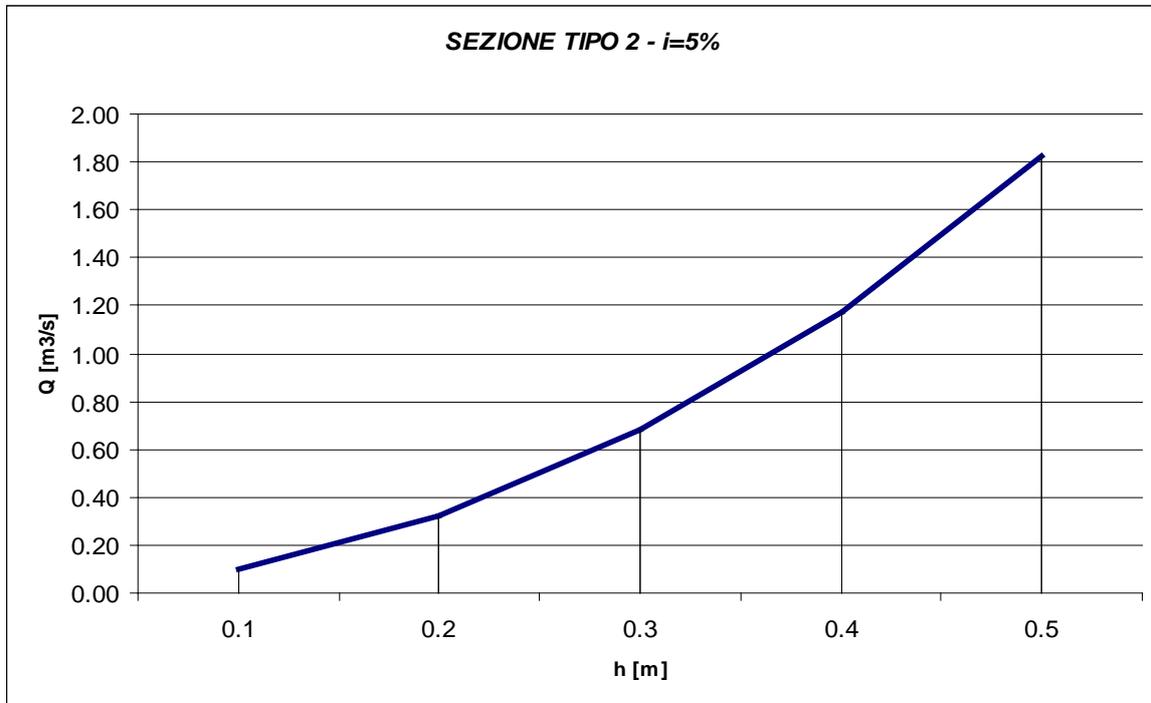
Sezione Tipo 2 – $i=2\%$ - Scala delle Velocità



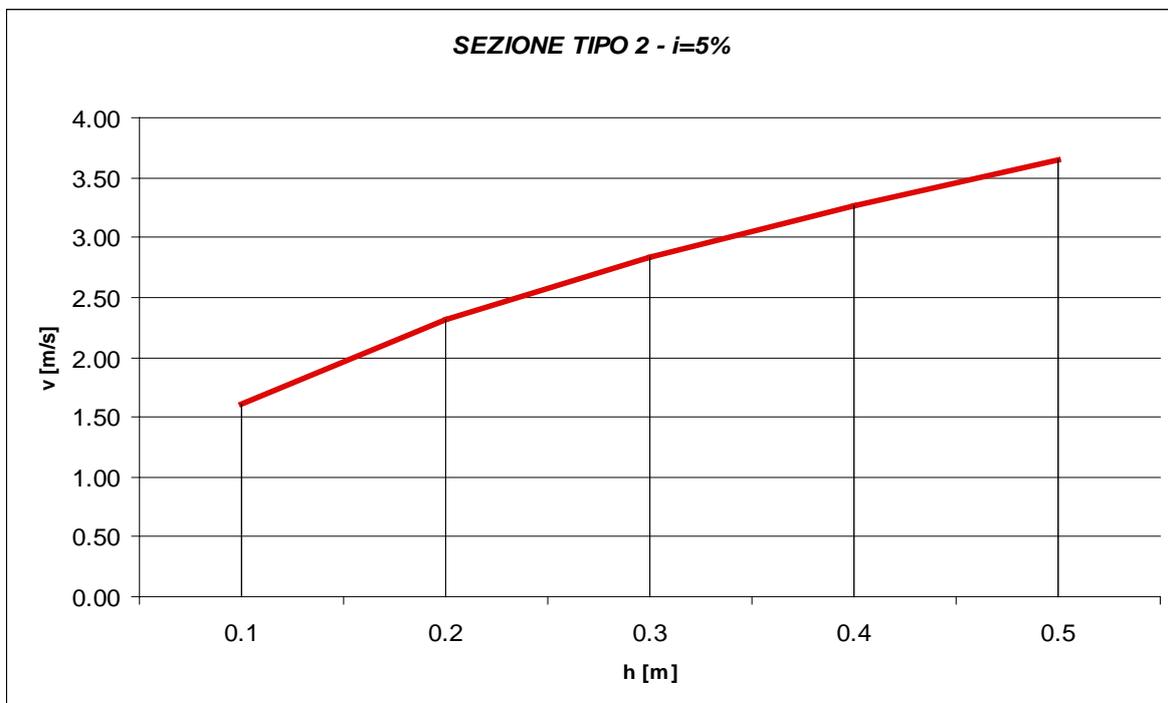
Sezione Tipo 2 – $i=3\%$ - Scala delle Portate



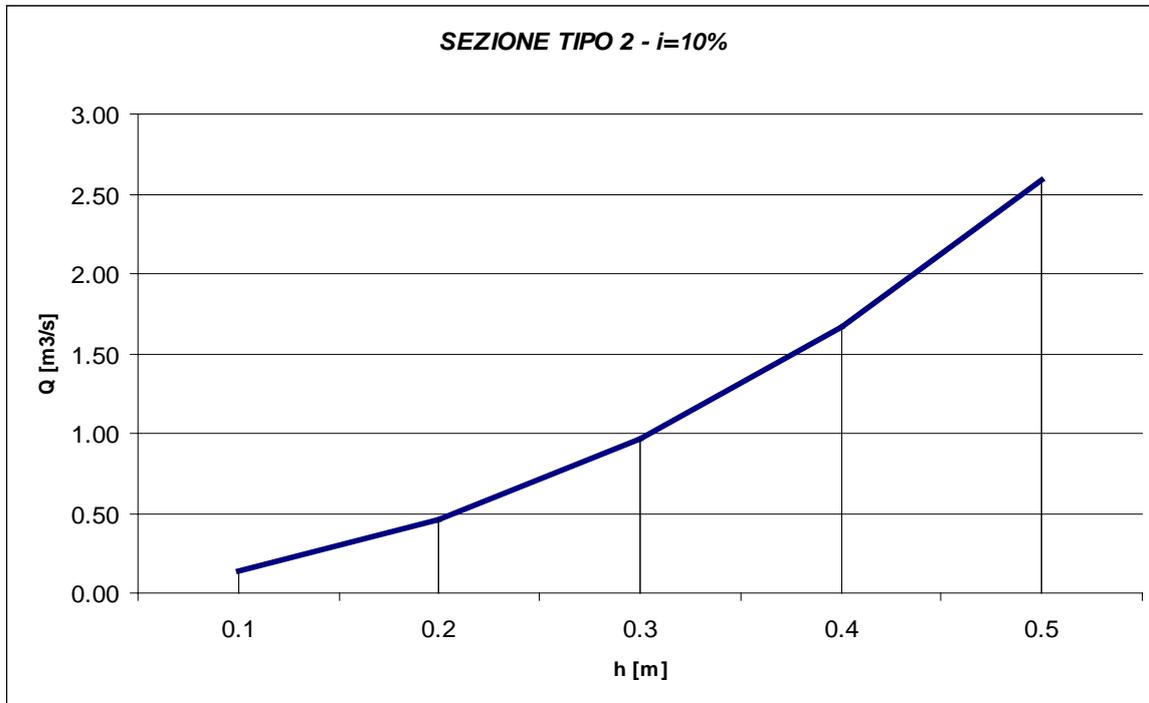
Sezione Tipo 2 – $i=3\%$ - Scala delle Velocità



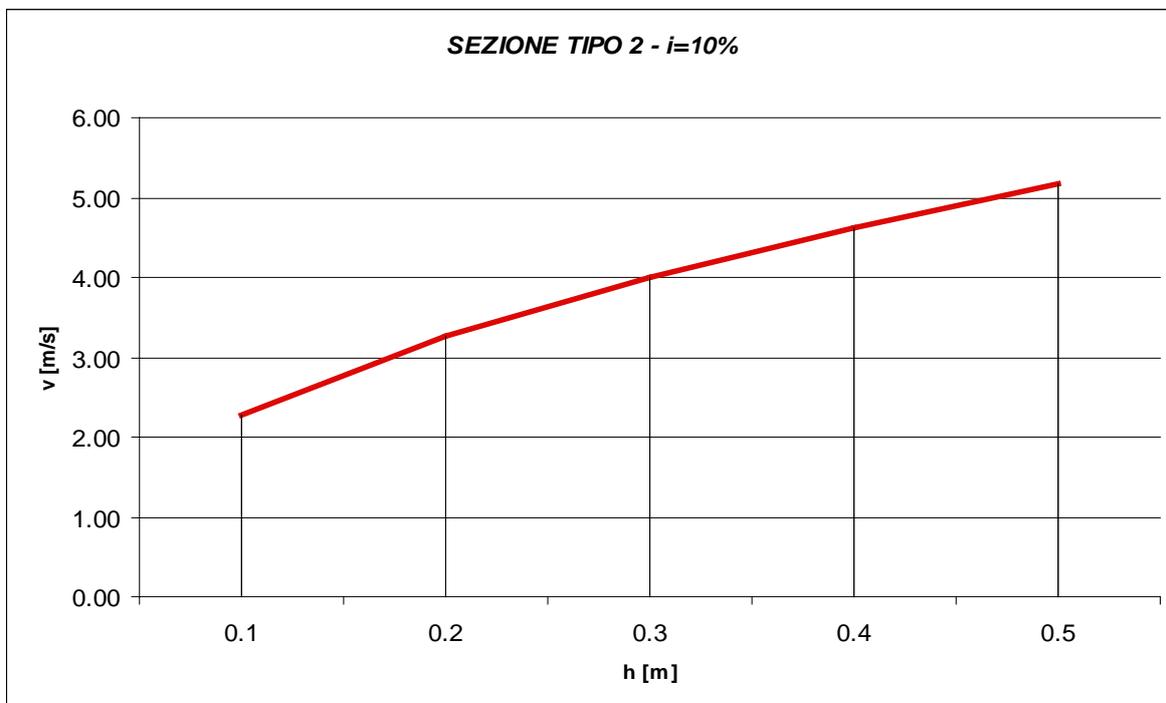
Sezione Tipo 2 – $i=5\%$ - Scala delle Portate



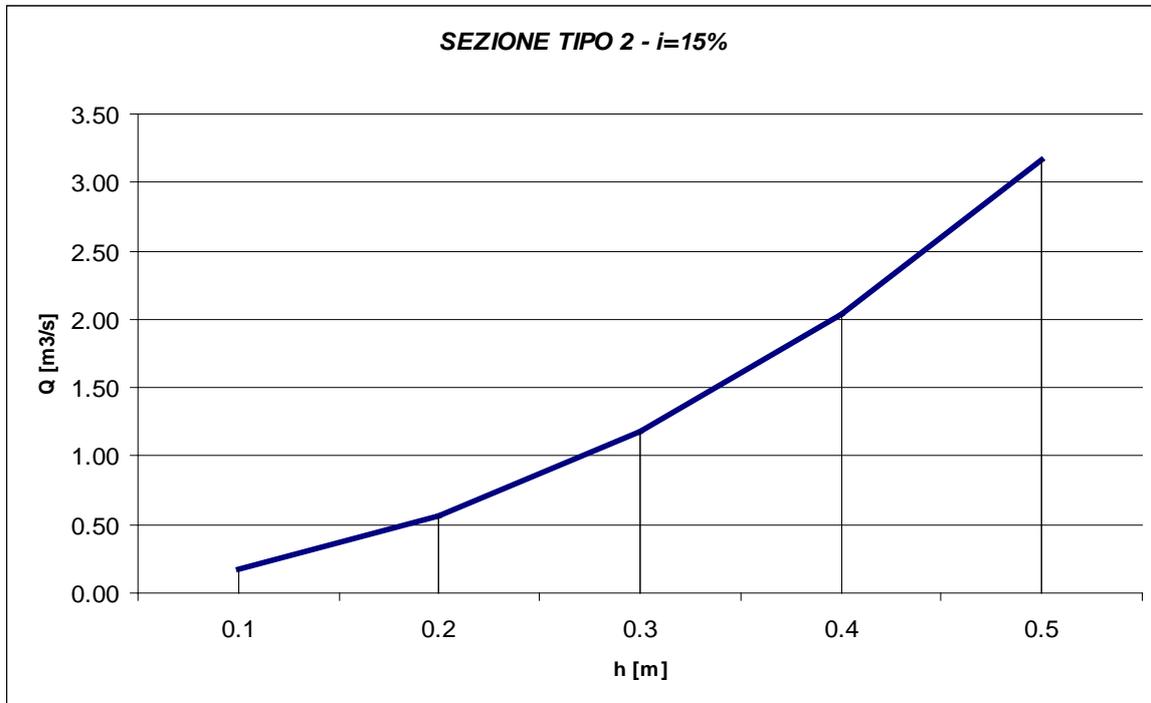
Sezione Tipo 2 – $i=5\%$ - Scala delle Velocità



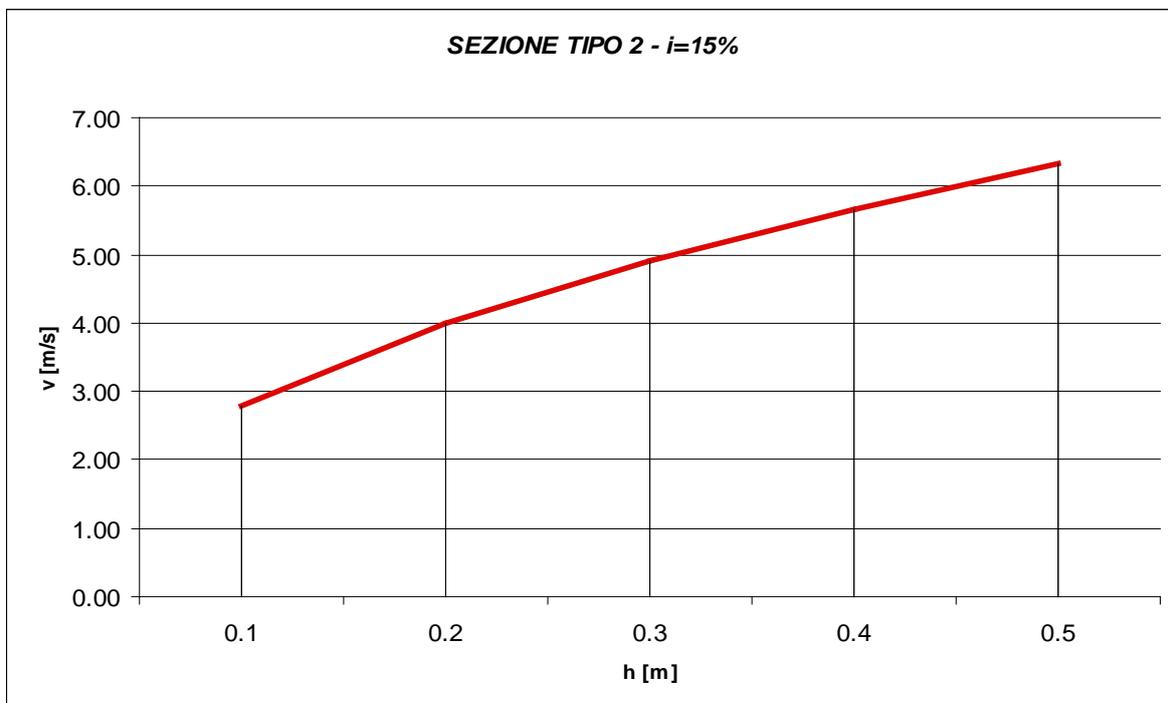
Sezione Tipo 2 – $i= 10\%$ - Scala delle Portate



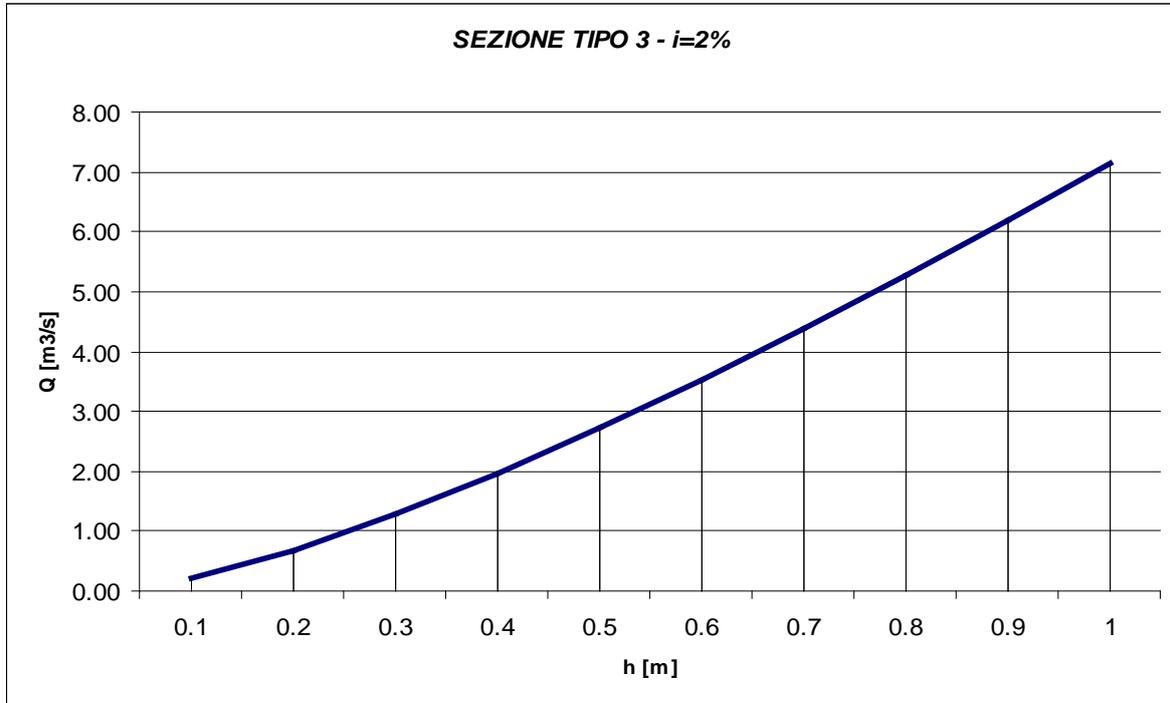
Sezione Tipo 2 – $i= 10\%$ - Scala delle Velocità



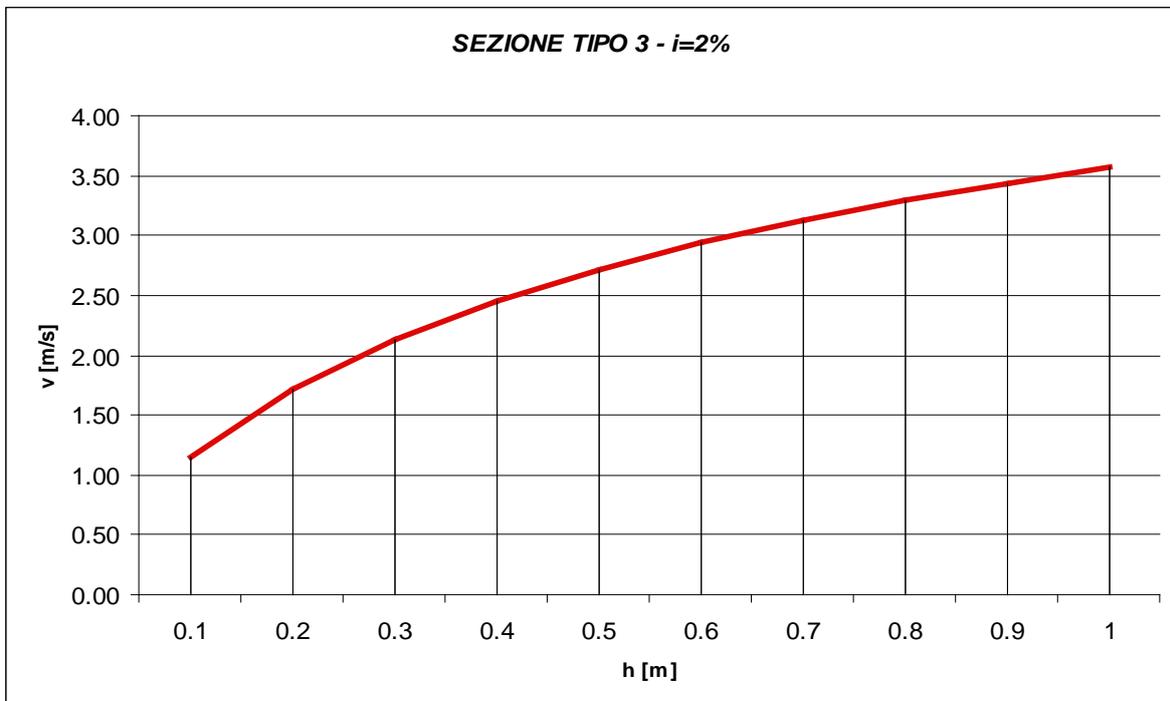
Sezione Tipo 2 – $i= 15\%$ - Scala delle Portate



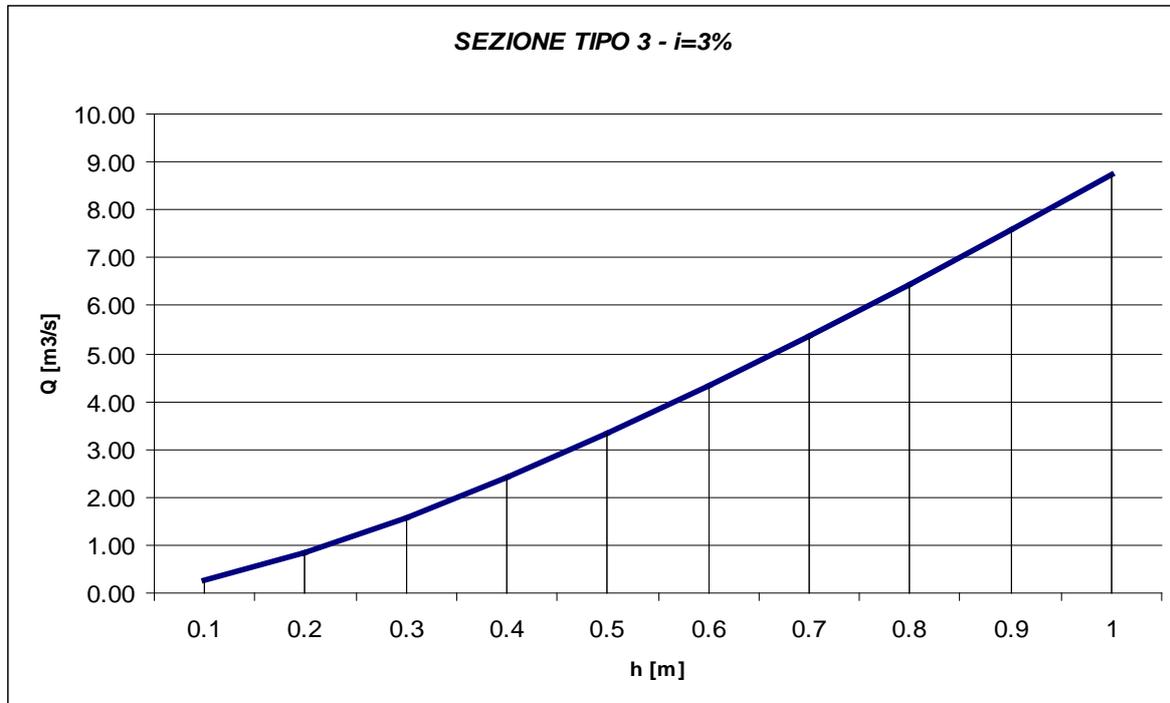
Sezione Tipo 2 – $i= 15\%$ - Scala delle Velocità



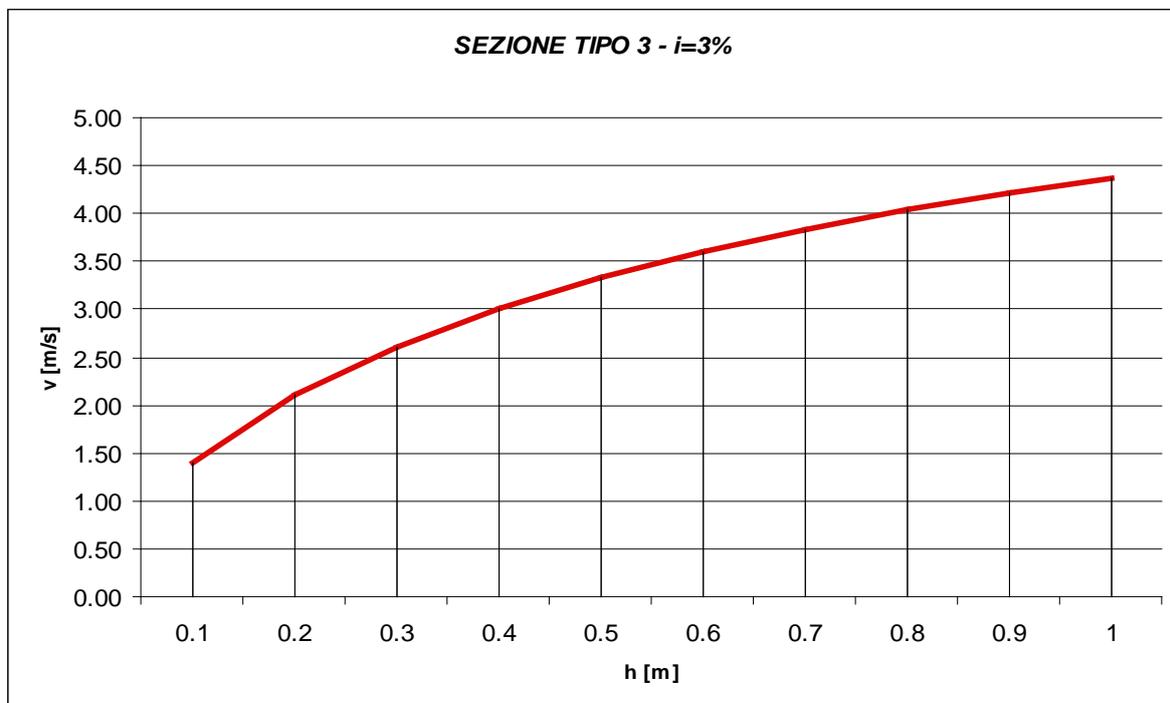
Sezione Tipo 3 – $i=2\%$ - Scala delle Portate



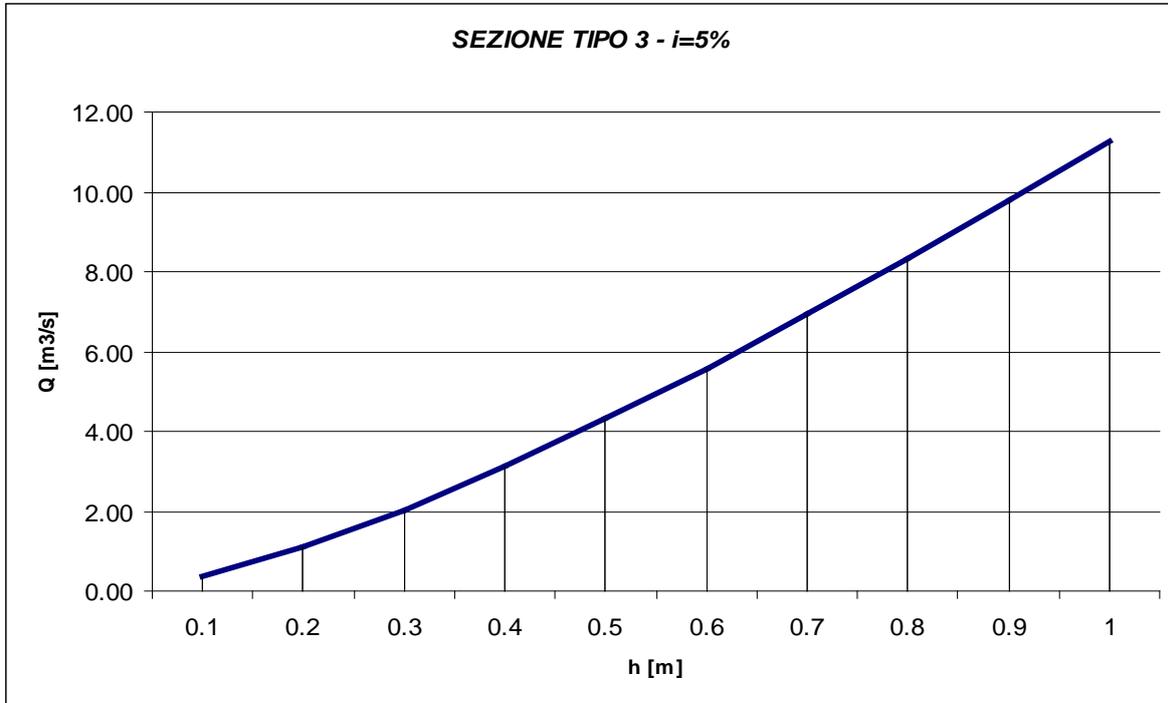
Sezione Tipo 3 – $i=2\%$ - Scala delle Velocità



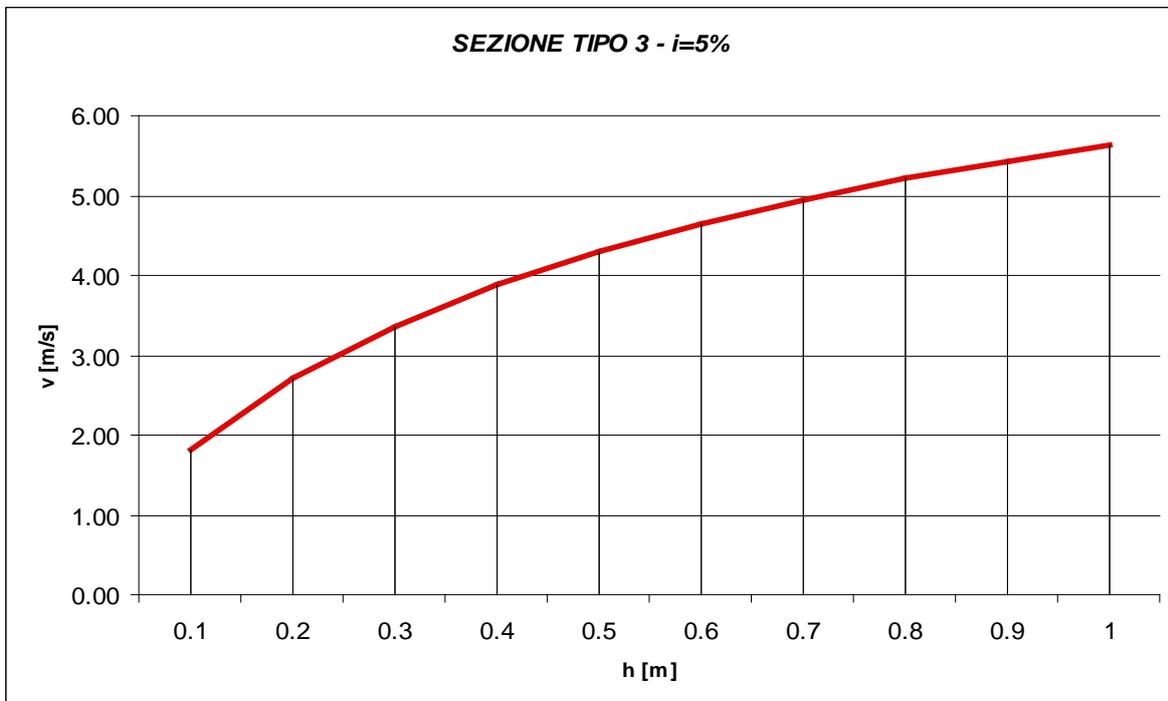
Sezione Tipo 3 – $i=3\%$ - Scala delle Portate



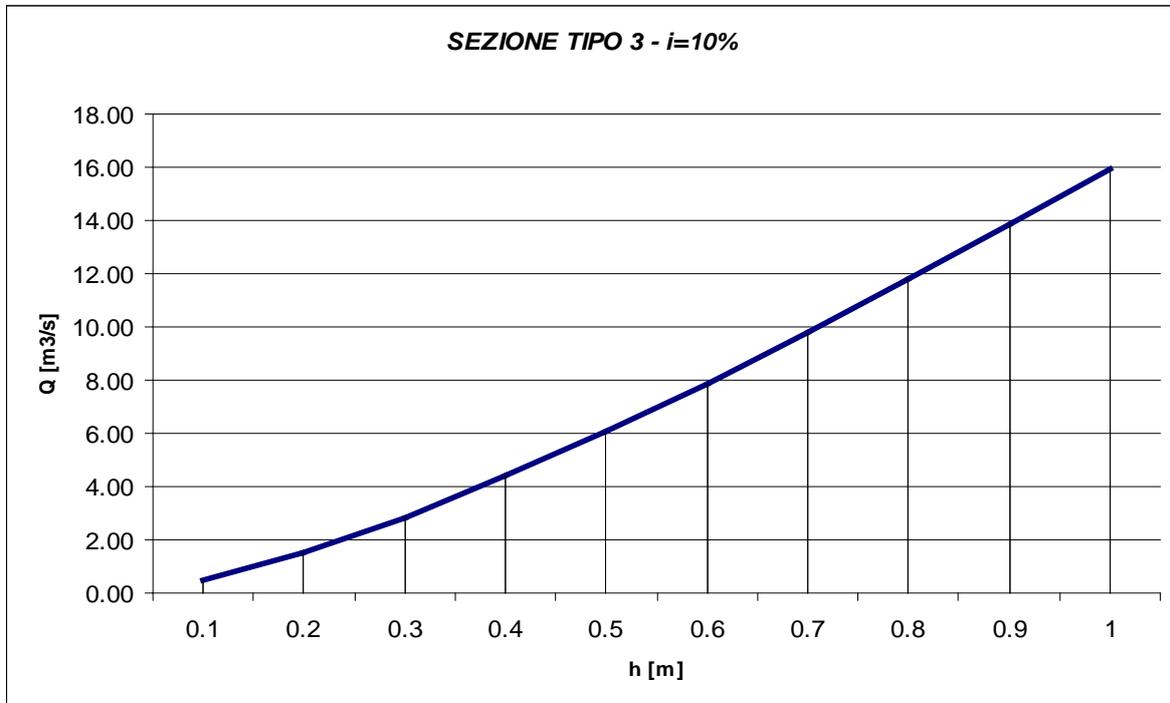
Sezione Tipo 3 – $i=3\%$ - Scala delle Velocità



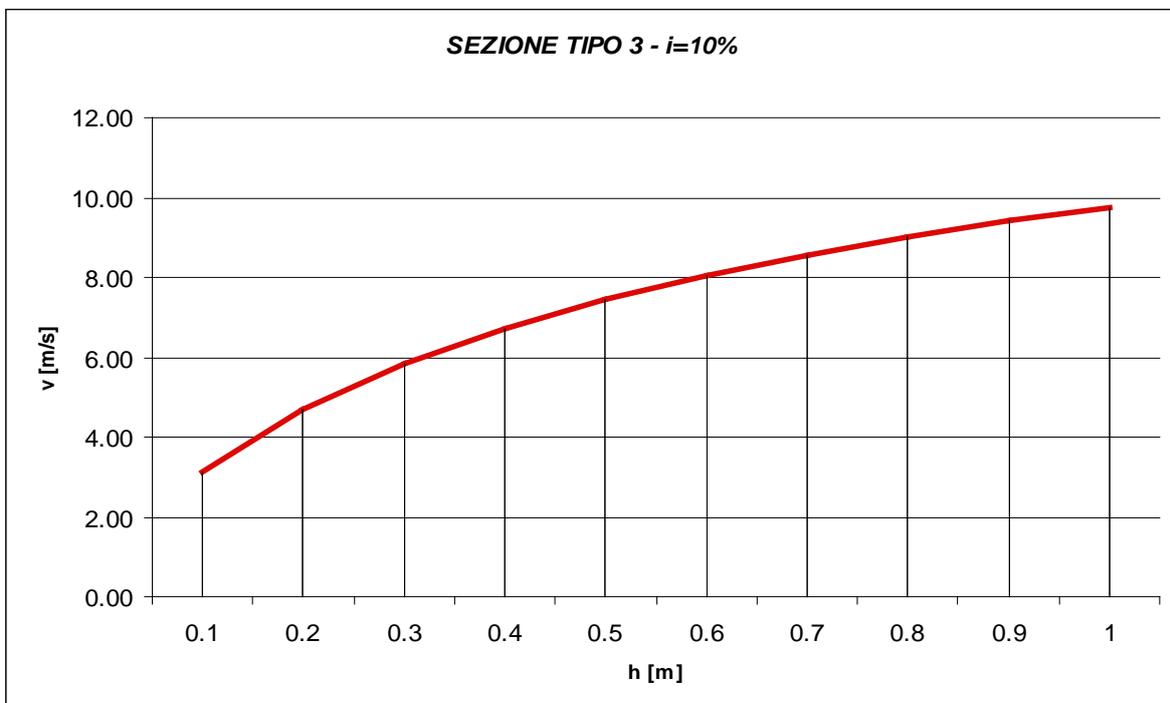
Sezione Tipo 3 – $i=5\%$ - Scala delle Portate



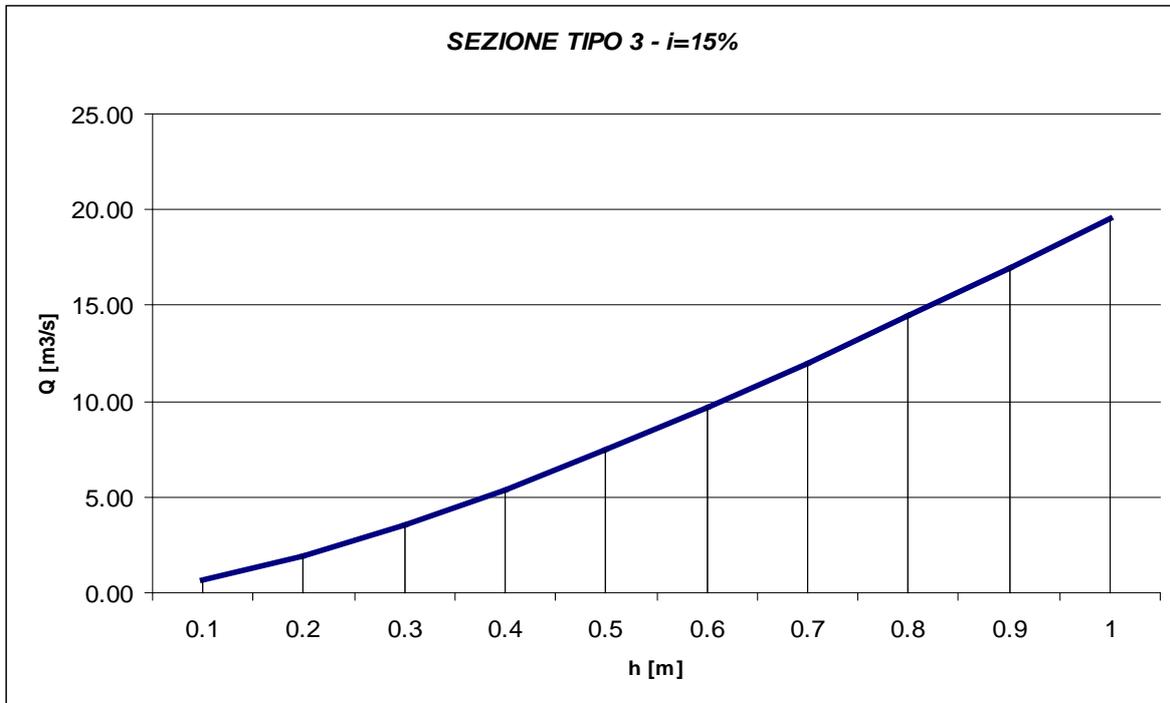
Sezione Tipo 3 – $i=5\%$ - Scala delle Velocità



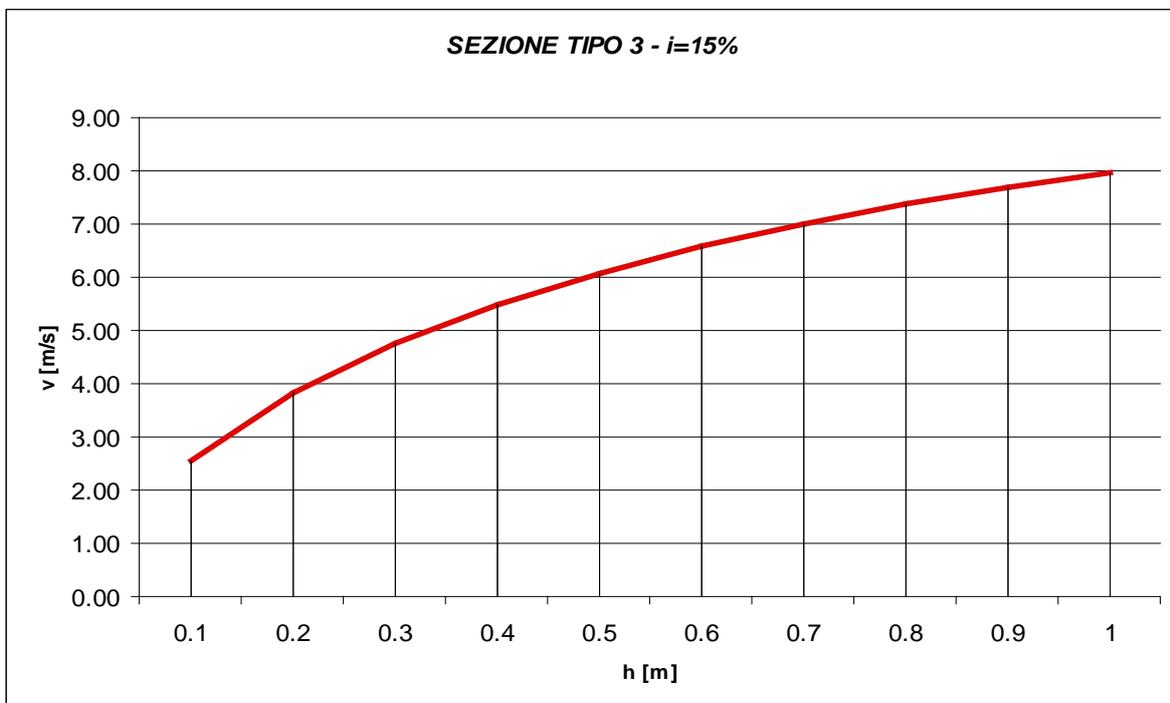
Sezione Tipo 3 – $i= 10\%$ - Scala delle Portate



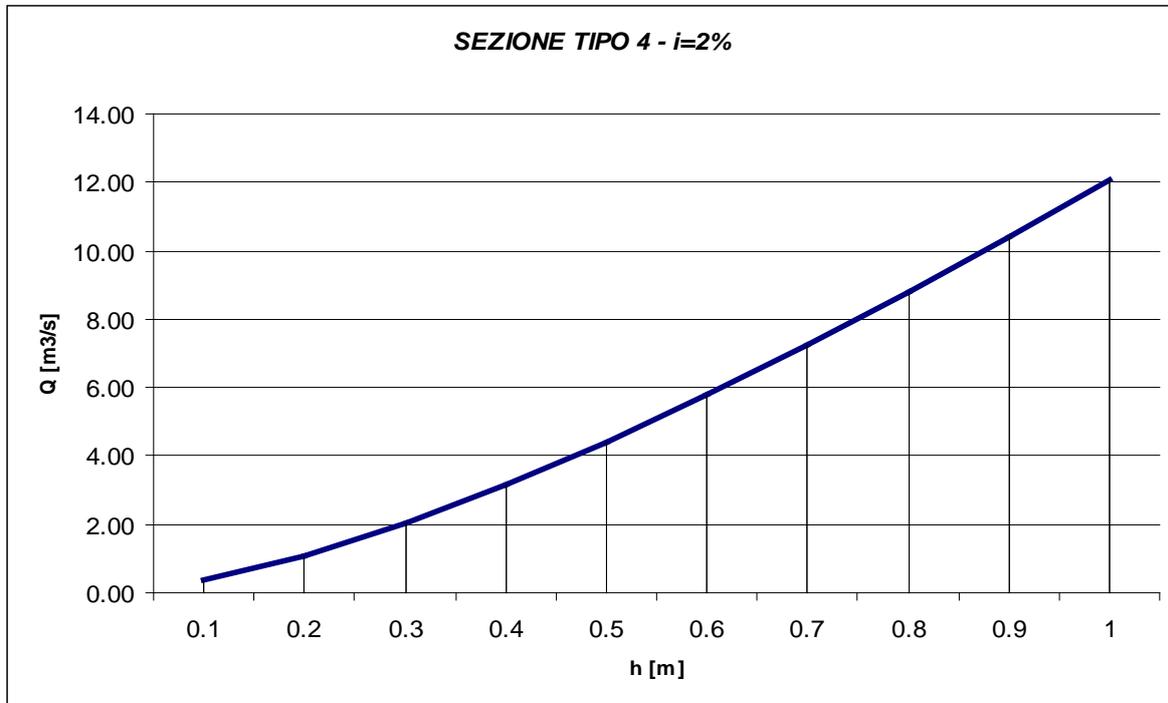
Sezione Tipo 3 – $i= 10\%$ - Scala delle Velocità



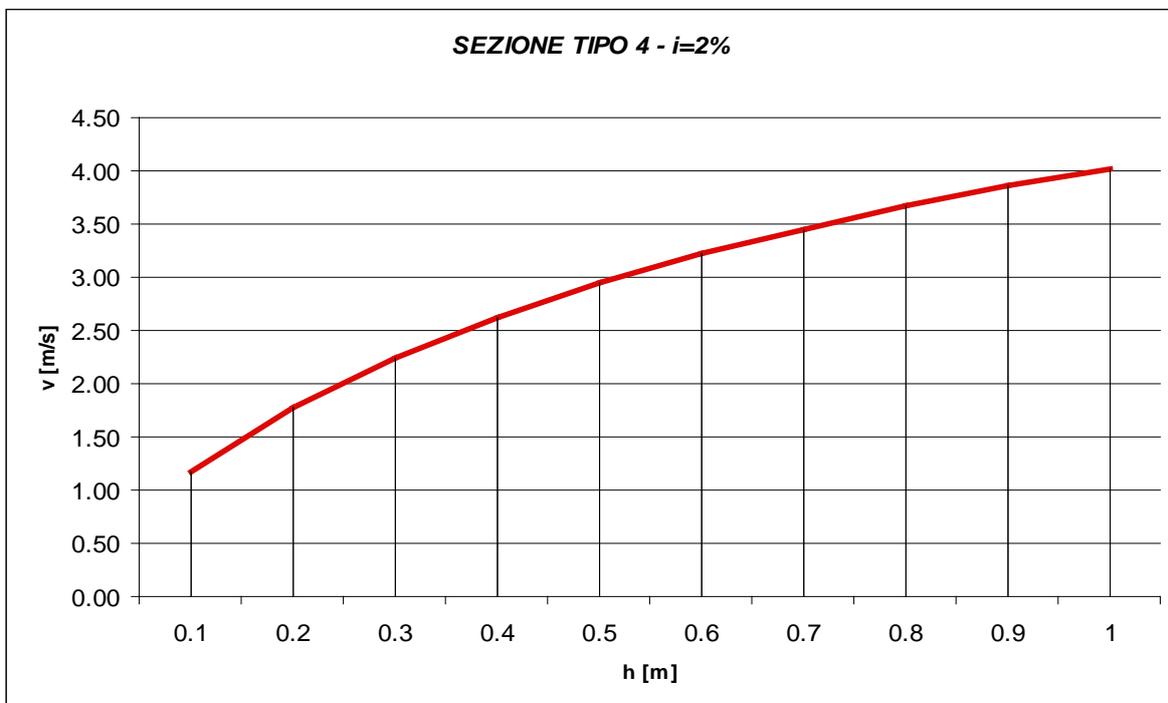
Sezione Tipo 3 – $i= 15\%$ - Scala delle Portate



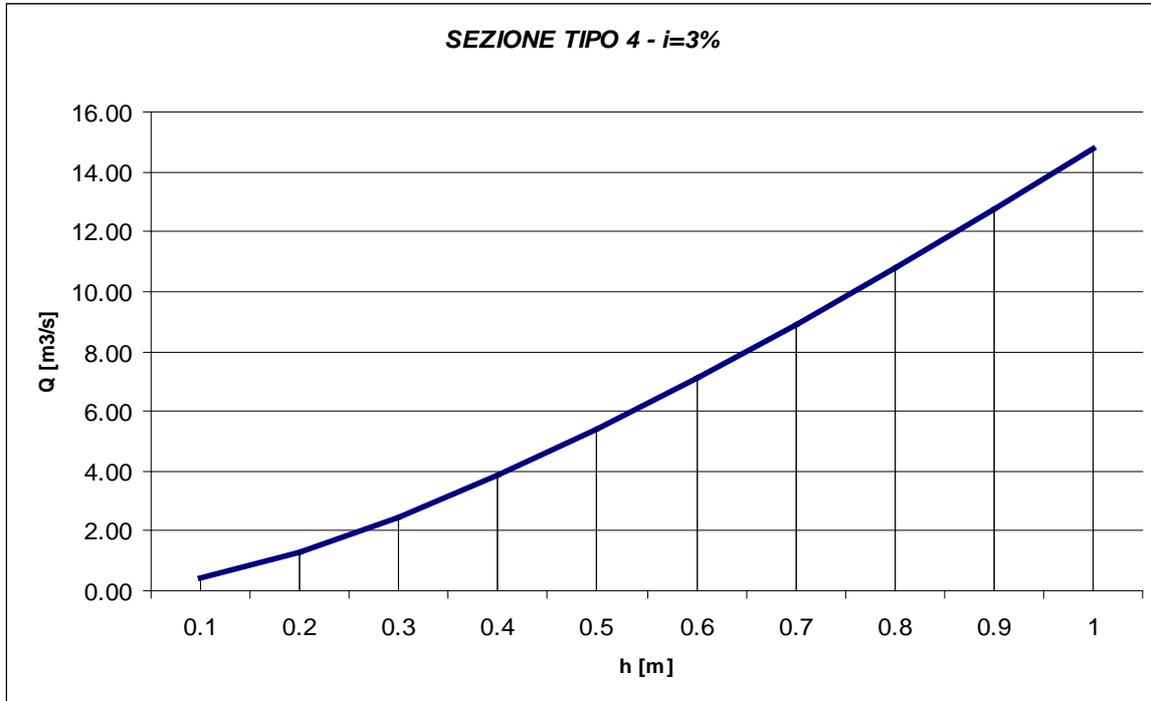
Sezione Tipo 3 – $i= 15\%$ - Scala delle Velocità



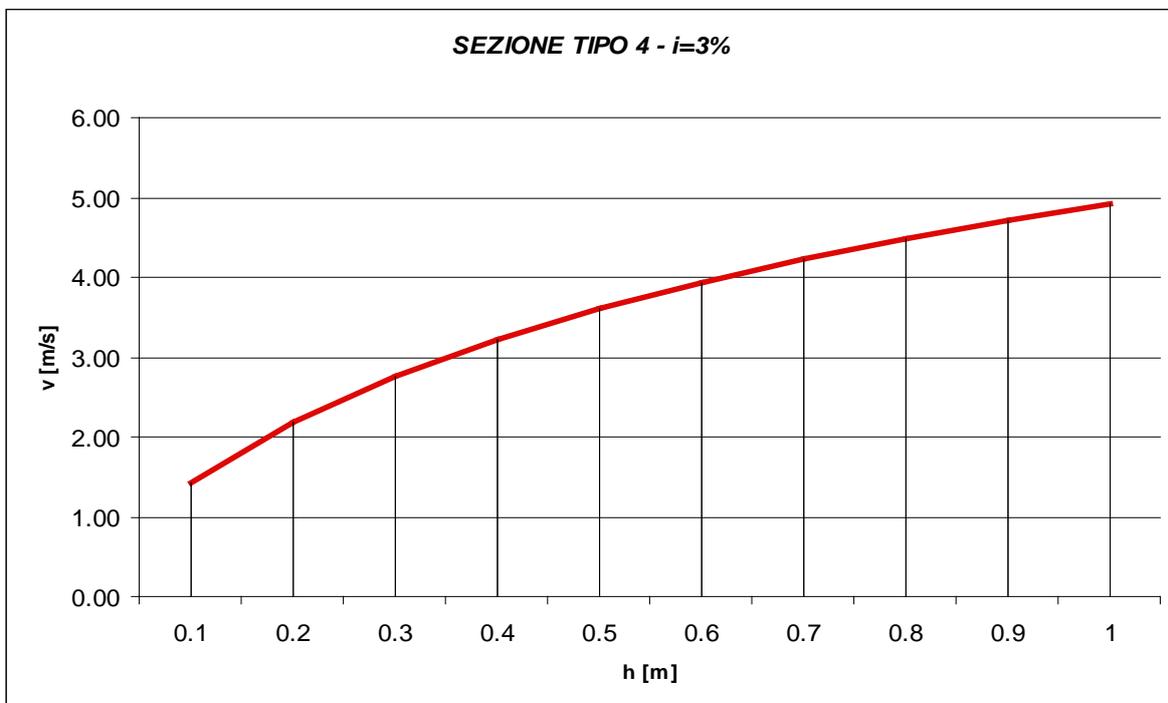
Sezione Tipo 4- $i=2\%$ - Scala delle Portate



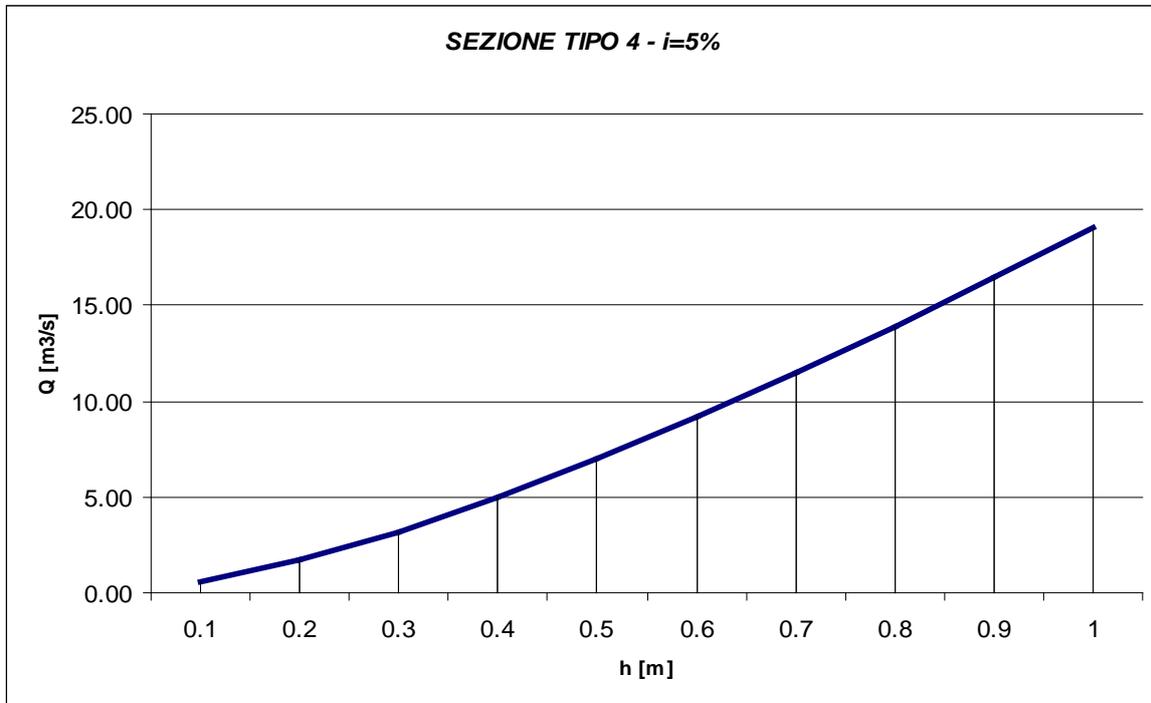
Sezione Tipo 4 $i=2\%$ Scala delle Velocità



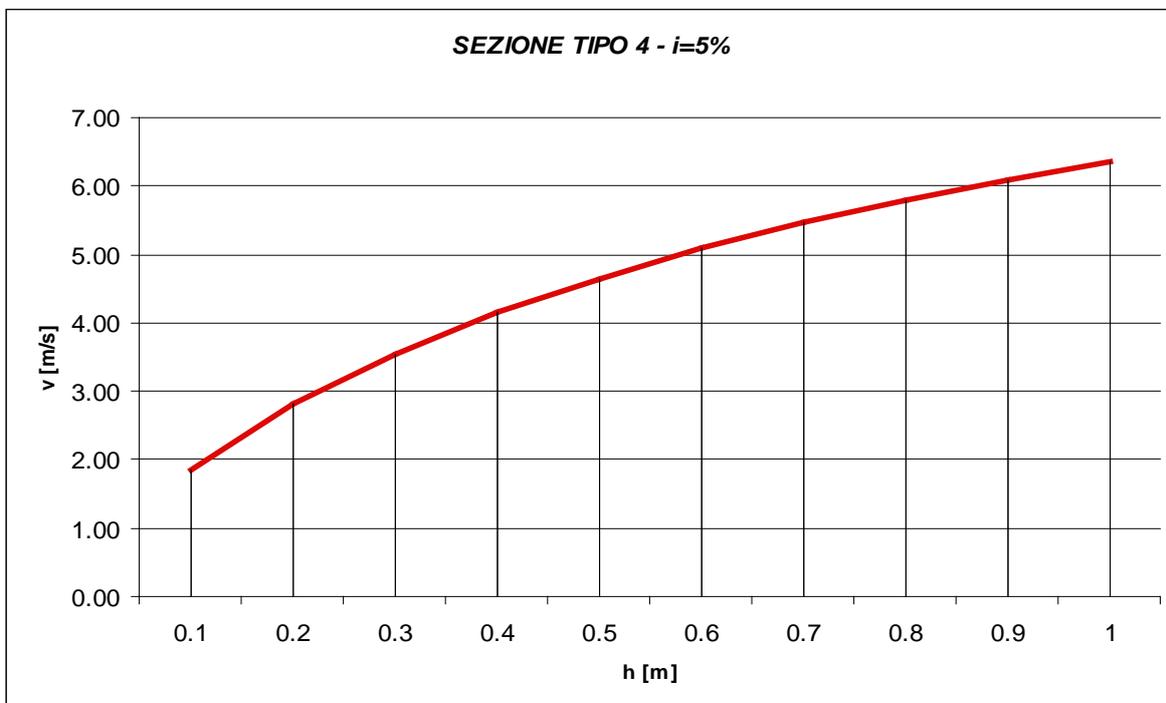
Sezione Tipo 4 - $i=3\%$ Scala delle Portate



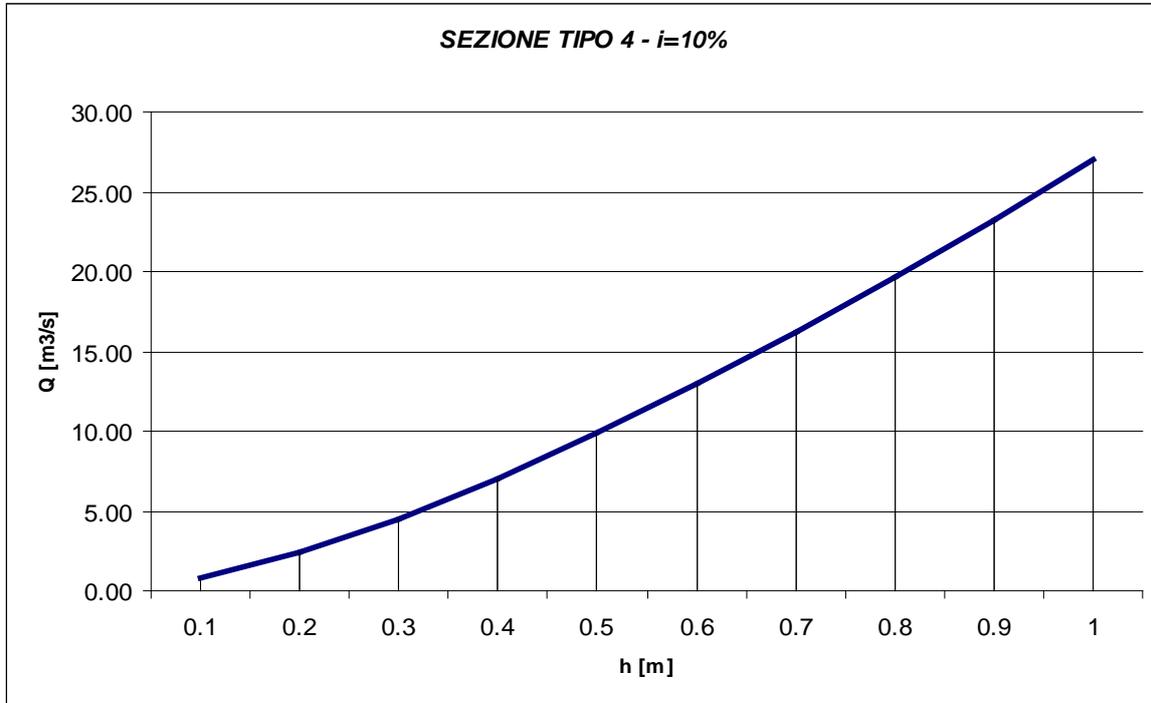
Sezione Tipo 4 $i=3\%$ Scala delle Velocità



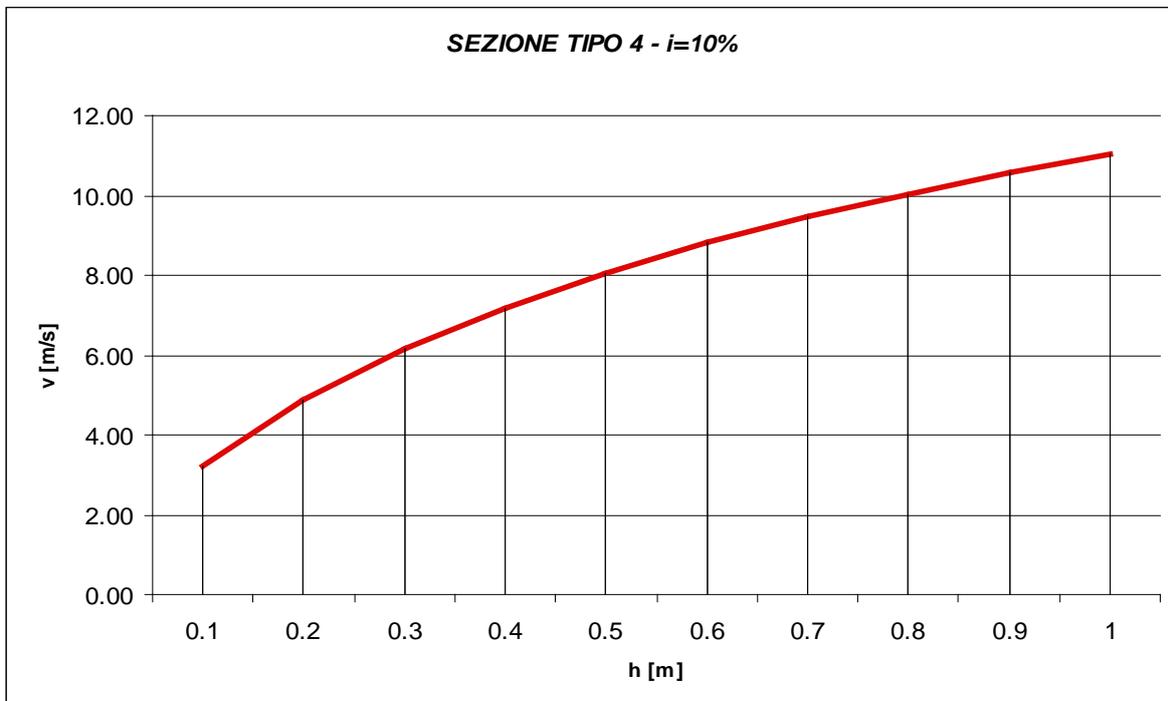
Sezione Tipo 4 - i= 5% Scala delle Portate



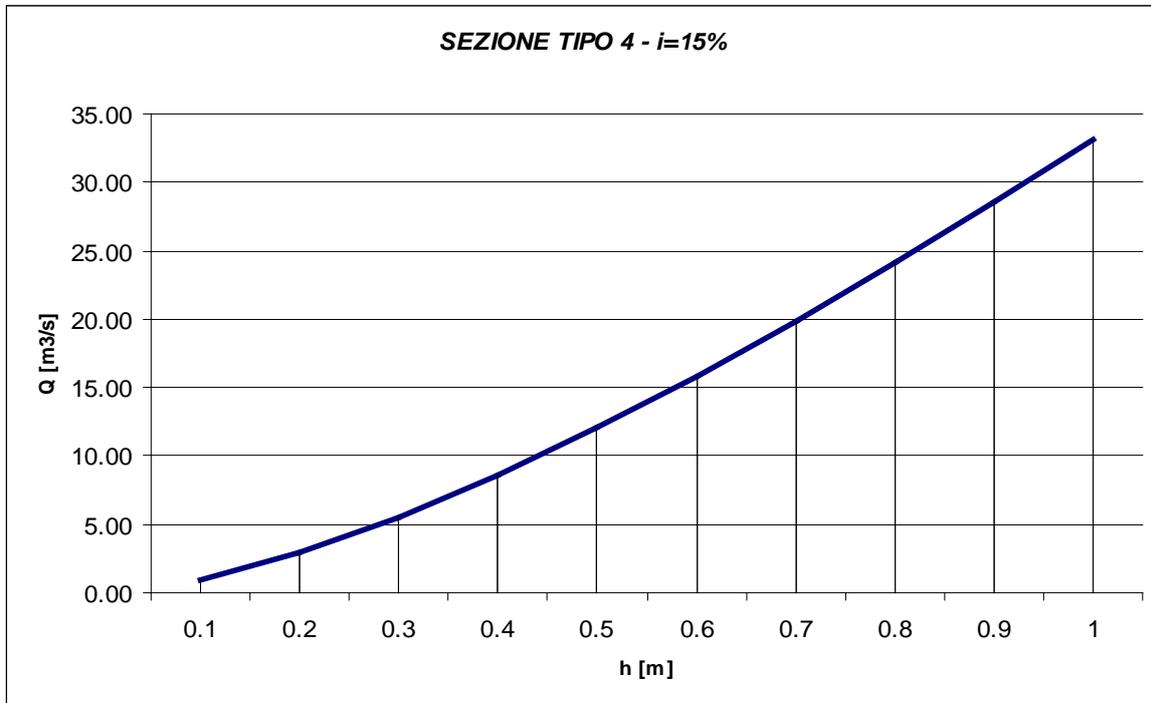
Sezione Tipo 4 i= 5% Scala delle Velocità



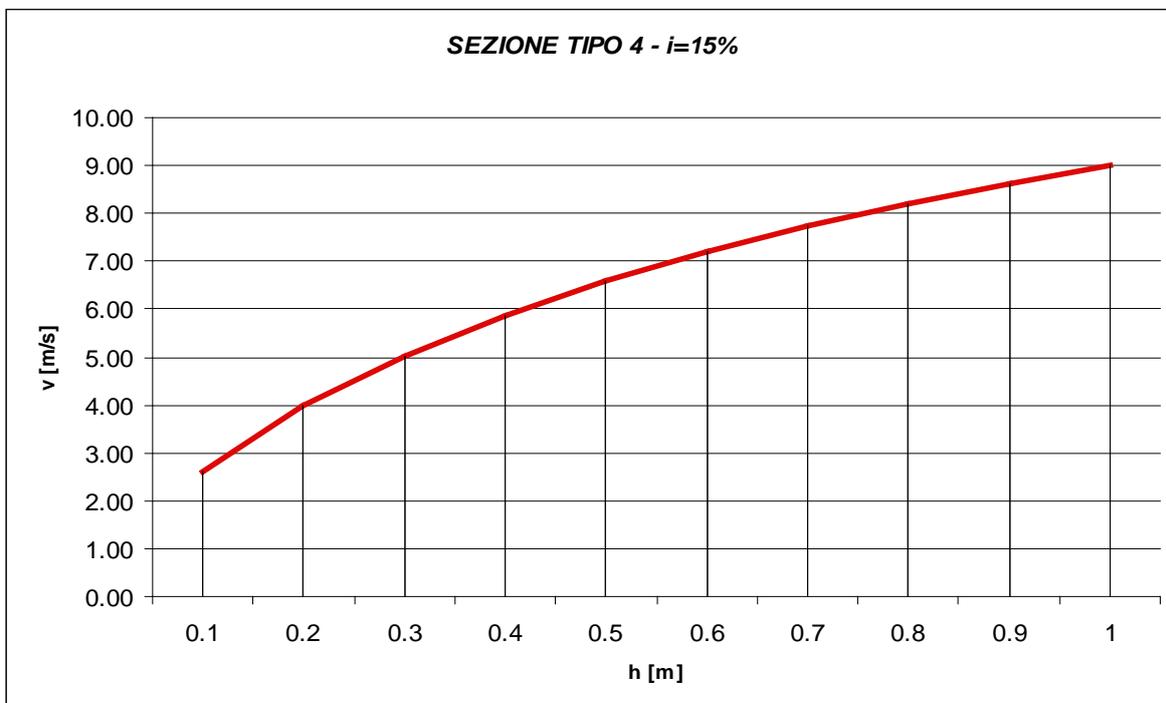
Sezione Tipo 4- $i= 10\%$ Scala delle Portate



Sezione Tipo 4 $i= 10\%$ Scala delle Velocità



Sezione Tipo 4 - $i=15\%$ Scala delle Portate



Sezione Tipo 4 $i=15\%$ Scala delle Velocità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A

Sulla base della capacità di trasporto dei canali di progetto, illustrata in forma grafica nelle immagini precedenti, si è proceduto alla verifica di ciascun tratto della rete di drenaggio.

Nelle seguenti tabelle si riportano i calcoli di verifica effettuati, dalle quali si evince che le verifiche sono pienamente soddisfatte.

SISTEMAZIONE PROVVISORIA

SEZIONE TIPO "3"									
Tratto	Superficie	Portata di Calcolo	Pendenza	H	B [m]	A [m ²]	P [m]	R [m]	v [m/s]
	m ²	m ³ /s	%	[m]	[m]	m ²	[m]	[m]	[m/s]
A1-A2	53 572	3.07	2.00%	0.54	2.00	1.09	3.09	0.35	2.82
A2-C1	67 024	3.84	3.00%	0.55	2.00	1.10	3.10	0.35	3.47
A4-C1	92 976	5.33	1.50%	0.89	2.00	1.78	3.78	0.47	2.97

Tabella 3.1. SISTEMAZIONE PROVVISORIA - Verifica del canale tipo 3

SISTEMAZIONE DEFINITIVA

SEZIONE TIPO "2"									
Tratto	Superficie	Portata di Calcolo	Pendenza	H	B [m]	A [m ²]	P [m]	R [m]	v [m/s]
	m ²	m ³ /s	%	[m]	[m]	m ²	[m]	[m]	[m/s]
A1-A2	5 699	0.33	2.00%	0.26	1.02	0.20	1.23	0.16	1.66
A2-A3	14 299	0.82	2.00%	0.42	1.34	0.39	1.69	0.23	2.12

Tabella 3.2. SISTEMAZIONE PROVVISORIA - Verifica del canale tipo 2

SEZIONE TIPO "3"									
Tratto	Superficie	Portata di Calcolo	Pendenza	H	B [m]	A [m ²]	P [m]	R [m]	v [m/s]
	m ²	m ³ /s	%	[m]	[m]	m ²	[m]	[m]	[m/s]
B1-B2	33 949	1.95	2.00%	0.40	2.00	0.80	2.80	0.28	2.45
B2-A4	58 555	3.35	2.00%	0.58	2.00	1.16	3.16	0.37	2.90
A3-A4	30 144	1.73	2.00%	0.37	2.00	0.73	2.73	0.27	2.35
A4-C3	88 699	5.08	3.00%	0.67	2.00	1.35	3.35	0.40	3.78

Tabella 3.3. SISTEMAZIONE PROVVISORIA - Verifica del canale tipo 3

SEZIONE TIPO "4"									
Tratto	Superficie	Portata di Calcolo	Pendenza	H	B [m]	A [m ²]	P [m]	R [m]	v [m/s]
	m ²	m ³ /s	%	[m]	[m]	m ²	[m]	[m]	[m/s]
B3-C	150 000	8.59	2.00%	0.64	3.00	1.93	3.28	0.59	4.46

Tabella 3.4. SISTEMAZIONE PROVVISORIA - Verifica del canale tipo 4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

4 Serbatoio di Piena

4.1 Dimensionamento del serbatoio

La rete di drenaggio sopra descritta (per entrambe le condizioni) intercetta tutte le acque meteoriche ricadenti nel relativo bacino di calcolo, e consente il trasporto al serbatoio di piena posto a quota 50 m s.l.m.

Al fine di ridurre le portate naturalmente transitanti nel Torrente Saponara, il rilascio delle acque sarà regolato mediante l'interposizione di un "Serbatoio di Piena". Tale opera, ubicata nella parte valliva dell'area a quota 50 m s.l.m., avrà la funzione di ricevere le acque provenienti da monte e, quindi, di consentirne il rilascio in tempi differenti dal fenomeno meteorico e comunque compatibilmente con la capacità di trasporto del T. Saponara.

Il dimensionamento del serbatoio di piena è stato effettuato, in analogia a quanto previsto per la rete di drenaggio, considerando un tempo di ritorno di 50 anni, e quindi (sulla base dei parametri idrologici sopra indicati), e considerando un bacino di superficie di 15ha, la massima portata di piena in ingresso risulta pari a 8,59 m³/s.

Al fine di effettuare il rilascio delle acque in un istante successivo alla piena transitante nel Torrente Saponara, il Serbatoio di piena sarà dotato di uno scarico di fondo di piccole dimensioni che consentirà un rilascio graduale e controllato delle acque invase nel serbatoio.

In fase di progettazione esecutiva, compatibilmente con il piano di manutenzione delle opere, sarà possibile valutare l'inserimento di un organo d'intercettazione (paratoia) posto in corrispondenza dello scarico di fondo, in modo tale da operare manualmente il vuotamento del serbatoio.

In questa fase di progettazione, onde evitare malfunzionamenti del sistema, si è optato per non prevedere l'organo d'intercettazione, adottando uno scarico di fondo di modeste dimensioni che consentirà un rilascio controllato delle acque.

L'opera in progetto sarà costituita da:

- Argini in terra stabilizzata (Argilla – Calce), che saranno sempre, pressoché, incassati nel terreno onde evitare la realizzazione di strutture pensili di notevole altezza;
- Sistema di scarichi di fondo senza regolazione, che consentiranno il vuotamento della vasca durante i fenomeni meteorici.
- Scarico di superficie, dimensionato per consentire l'allontanamento dell'intera portata al colmo (Tr=300 anni), e quindi senza considerare il contemporaneo funzionamento dello scarico di fondo;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

Nel paragrafi seguenti sono illustrati i dettagli dei metodi adottati, e dei risultati ottenuti, i cui dati posti a base del dimensionamento sono:

Superficie del bacino alla sezione di calcolo	15 ha
Tempo di corrivazione	0,20 h
Tempo di ritorno posto a base dei calcoli	50 anni
Parametro "a" della CPP	109.19 mm/h ⁿ
Parametro "n" della CPP	0,386
Coefficiente di deflusso	0,80
Massima portata in uscita dalla cassa di espans.	1,5 m ³ /s

Come meglio illustrato nel seguito, solo ai fini del dimensionamento del serbatoio di piena, si è adottato un tempo di ritorno di 50 anni, mentre tutte le altre opere sono state dimensionate per un tempo di ritorno di 300 anni, e quindi capaci di affrontare e smaltire le relative portate al colmo.

4.2 Dimensionamento degli scarichi

Il serbatoio di piena in progetto dovrà essere dotato di tutte le apparecchiature di scarico necessarie, sia per il vuotamento del serbatoio che per l'allontanamento della portata di piena in ingresso, nel caso in cui l'evento si verifichi a serbatoio pieno.

Allo scopo il serbatoio sarà dotato di uno scarico di fondo e di uno scarico di superficie.

Date le modeste dimensioni dell'opera, ed onde evitare un appesantimento dei manufatti di scarico, si è prevista la realizzazione di un unico manufatto, da ubicare a valle del serbatoio, che riceverà le acque provenienti dagli scarichi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

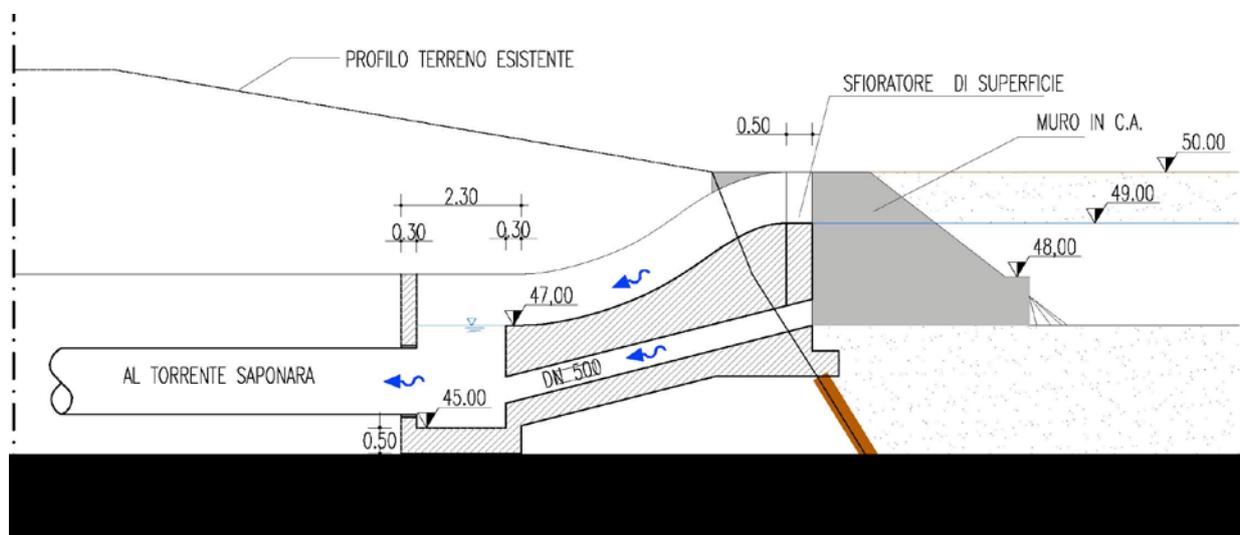


Tabella 4.1. Manufatto di scarico

Lo scarico di fondo del serbatoio sarà direttamente collegato con il suddetto pozzetto, dal quale si dipartirà la tubazione unica di scarico atta a recapitare le acque al Saponara.

Lo stesso pozzetto riceverà le acque provenienti dallo sfioratore di superficie, che quindi saranno allontanate sempre tramite la suddetta tubazione di scarico.

Nel seguito si riporta una breve descrizione del dimensionamento delle varie opere di scarico.

Scarico di Fondo

Come richiamato in precedenza, onde evitare l'installazione di una paratoia per l'intercettazione delle acque invase nel serbatoio, si è previsto di realizzare uno scarico di fondo di piccole dimensioni che consenta il rilascio di una modesta portata al torrente Saponara. Tale dispositivo consentirà di laminare le piene in ingresso al serbatoio, e di consentire il rilascio delle acque invase in un istante successivo al fenomeno di piena.

Per il dimensionamento dello scarico di fondo si è imposta una portata in uscita pari ad 1.5 m³/s, e quindi si è proceduto al calcolo del diametro della tubazione da adottare.

Il dimensionamento della tubazione è stato effettuato considerando due differenti condizioni: a pelo libero (fase iniziale del processo di riempimento del serbatoio), in pressione (condizione di regime). Per il funzionamento a pelo libero è stato considerato il regime di moto uniforme, con la ben nota formula di Chezy

$$Q = \chi A \sqrt{Ri}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

dove

- Q è la portata in m^3/s ;
- χ è il coefficiente di scabrezza $\chi = \xi R^{1/6}$
- A è l'area della sezione della condotta in m^2 ;
- R il raggio idraulico in m;
- i è la pendenza del canale.

La condotta di scarico, inoltre, è stata verificata anche per comportamento in pressione. Espresa la cadente J con la formulazione di Strickler si è proceduto alla determinazione del diametro di calcolo risolvendo l'equazione del moto (fra la sezione di monte e quella di valle), e l'equazione di continuità

$$H = 0,5 \frac{v^2}{2g} + JL + \frac{v_c^2}{2g} \quad \text{equazione del moto}$$

$$Q = v \cdot A \quad \text{equazione di continuità}$$

dove

- H è il carico totale da dissipare [m];
- v è la velocità di deflusso dell'acqua all'interno della tubazione [m/s];
- g è l'accelerazione gravitazionale [m/s^2];
- J la cadente piezometrica [m/m];
- L la lunghezza della condotta [m];
- v_c è la velocità allo sbocco in atmosfera [m/s].

Per tale condizione di funzionamento, considerando l'adozione di una tubazione DN500, la portata massima che può defluire a valle della cassa di espansione è pari a circa $1.4 m^3/s$.

La legge di efflusso del sistema dello scarico di fondo è riportata in forma grafica nel seguente diagramma, che contiene anche l'equazione della curva che sarà adottata per il calcolo del volume della cassa di espansione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

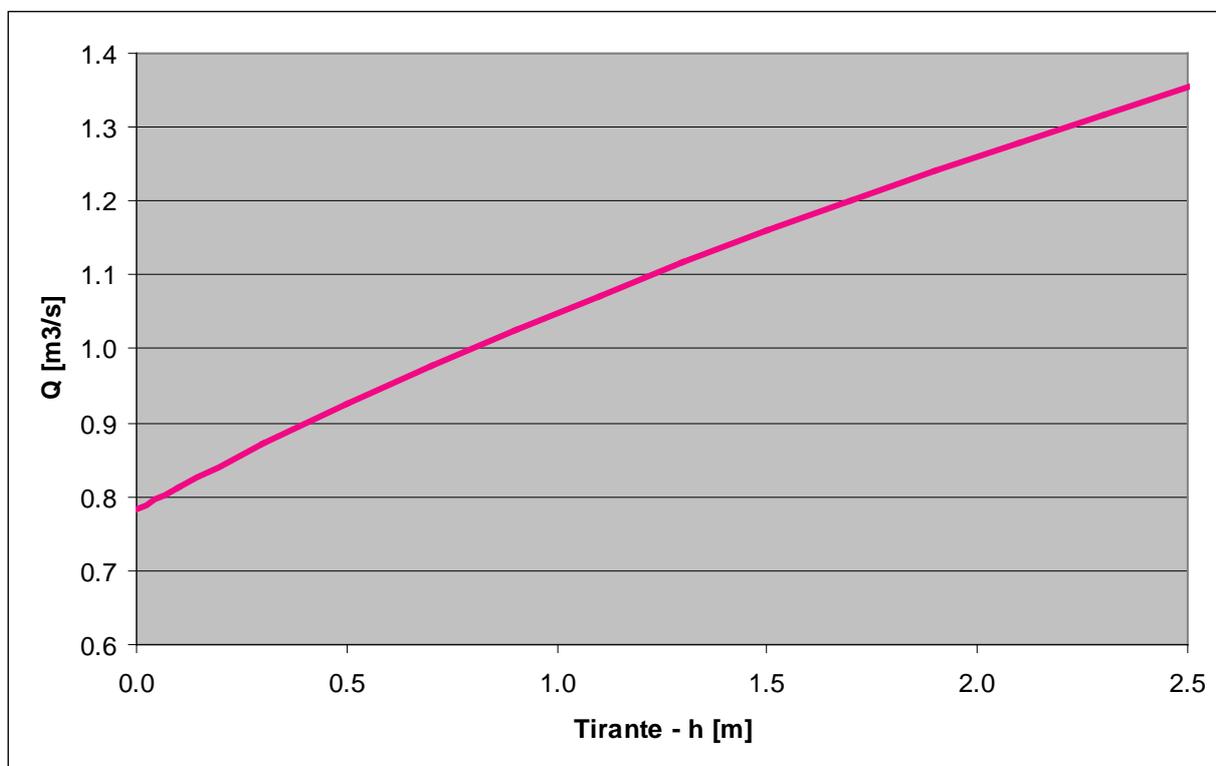


Figura 4.2 Legge di efflusso dello scarico di fondo con funzionamento in pressione

E' bene precisare che, tale tubazione consentirà il deflusso della suddetta portata di 1.5 m³/s in condizioni di massimo invaso; resta inteso che quando il livello idrico all'interno del serbatoio sarà inferiore rispetto al massimo invaso (47 m slm) la portata scaricata sarà sempre inferiore al suddetto valore limite.

Si evidenzia inoltre che al valore massimo della portata in uscita, e per le dimensioni dello scarico, corrisponde una velocità di deflusso pari a circa 6,9 m/s, che è perfettamente compatibile con le caratteristiche del materiale impiegato.

Scarico di Superficie

Il serbatoio di piena dovrà essere dotato di uno sfioratore di superficie capace di allontanare le portate eventualmente eccedenti la capacità d'invaso del serbatoio stesso.

Tale sfioratore ha il compito di smaltire un'eventuale piena che sorprendesse l'impianto a lago già invaso, e quindi riveste un compito di importanza essenziale per la sicurezza dell'impianto, dati i gravissimi pericoli cui darebbe luogo un'eventuale tracimazione delle acque.

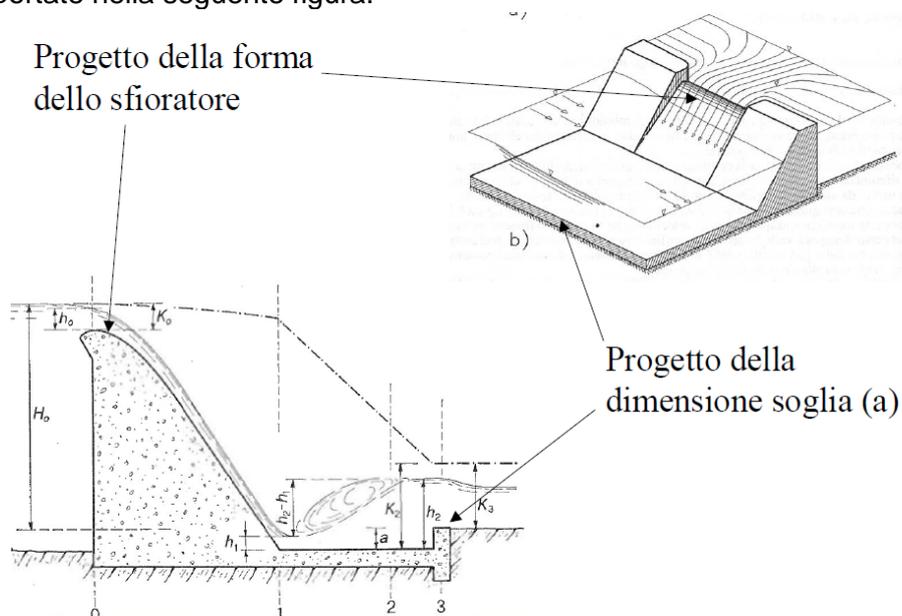
Per il dimensionamento di tale sfioratore sono state effettuate le seguenti ipotesi:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

- La portata di progetto da smaltire è stata determinata considerando un tempo di ritorno di 300 anni. Infatti, come previsto dalle specifiche tecniche di Ponte Sullo Stretto, si è adottato un tempo di ritorno di 200 anni per le sistemazioni fluviali, ma nel caso in esame, vista la particolarità del sistema, si è previsto di aumentare il tempo di ritorno sia per il dimensionamento del serbatoio che per lo scarico di superficie.;
- Il serbatoio si considera completamente invasato;
- Non è stato considerato il contributo dello scarico di fondo (nel caso specifico sempre aperto) per l'allontanamento delle acque.

Nel caso in oggetto, essendo l'argine in terra (argilla-calce), la parte tracimante è stata prevista nella parte centrale dello sbarramento, a valle della quale uno scivolo consente il recapito delle acque al manufatti di scarico di valle.

Per quanto riguarda il dimensionamento geometrico dello sfioratore si è fatto riferimento alle grandezze riportate nella seguente figura:



Lo sviluppo dello sfioratore è stato determinato considerando, quale profilo della soglia sfiorante, quello di Creager – Scimeni.

Per il tracciamento del profilo dello sfioratore Creager, si può utilizzare l'equazione in termini adimensionali:

$$y = 0.47 \cdot x^{1.8}$$

in cui

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

$$y=Y/H \quad e \quad x = X/H$$

con H il carico della soglia.

Per la determinazione della lunghezza dello sfioratore, nota la portata da smaltire (13.01 m³/s), è stata adottata la seguente espressione:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

Ove:

- μ è il coefficiente di efflusso dello sfioratore posto pari a 0.47;
- L è la lunghezza dello sfioratore in metri;
- h è il carico sullo stramazzo in metri;
- g è l'accelerazione gravitazionale pari a 9,81 m/s².

Come sopra richiamato, le ipotesi poste a base del dimensionamento dello sfioratore di superficie sono molto cautelative, e quindi comportano un'opera di notevoli dimensioni. Onde evitare di appesantire ulteriormente la geometria delle opere (sia dello scarico di superficie che del serbatoio stesso), è stato previsto di mantenere un franco, fra la quota sommitale dell'argine ed il massimo carico sullo stramazzo, non superiore a 20 cm.

Infatti, aumentare ulteriormente tale franco comporterebbe uno sviluppo ancora maggiore dello sfioratore di superficie e/o un ulteriore approfondimento del serbatoio di piena stesso.

Sulla base delle suddette ipotesi, e mediante l'espressione sopra richiamata, è stata calcolata una lunghezza dello sfioratore pari a 9.00 m.

Si evidenzia, inoltre, che nel caso di annullamento totale del franco, e quindi con un carico sullo stramazzo pari ad 1.00 m, sarebbe possibile smaltire una portata pari a circa 20 m³/s.

Manufatto di Scarico

Come indicato in precedenza, entrambe le opere di scarico del serbatoio di piena recapitano le acque ad un manufatto di scarico, dal quale si diparte una tubazione che consentirà l'allontanamento delle acque ed il recapito al torrente Saponara in prossimità della foce ed a valle di tutti gli attraversamenti esistenti.

Tale tubazione sarà quindi a servizio dello scarico di fondo e dello scarico di superficie.

Per quanto sopra, il funzionamento di tale condotta potrà essere essenzialmente di due tipi, uno a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

pelo libero per l'allontanamento delle acque provenienti dallo scarico di fondo (condizione frequente), e l'altro in pressione per il rapido scarico delle acque provenienti dallo sfioratore di superficie (condizione eccezionale).

Le suddette condizioni, proprio per le differenze di moto che le caratterizzano, comportano esigenze specifiche, che si è cercato di fare conciliare al fine di prevedere una sola tubazione di scarico, senza il ricorso ad altre linee di condotte o apparecchiature idrauliche.

Per il dimensionamento idraulico della tubazione è stata considerata, inizialmente, la condizione di regime di moto in pressione (funzionamento dello scarico di superficie), e quindi è stata risolta l'equazione del moto considerando le seguenti grandezze:

- $H_m = 47$ m s.l.m. – quota del massimo livello all'interno del manufatto di scarico;
- $H_v = 3.70$ m s.l.m. – quota allo scarico in prossimità della foce del torrente Saponara;
- $L = 1.342$ m – sviluppo della condotta fra il manufatto di scarico ed il punto di rilascio.

Per la determinazione delle perdite di carico continue è stata adottata l'espressione di Hazen – Williams

$$Y = J L = \frac{10.675 Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}} L$$

Ove:

- Y è la perdita di carico complessiva;
- J è la cadente;
- L è lo sviluppo del tratto in m;
- Q è la portata di calcolo in m^3/s ;
- C è il coefficiente di scabrezza posto pari a 120 per tubazioni in Polipropilene;
- D è il diametro interno della tubazione, in metri;

Mediante l'applicazione della suddetta espressione, si è proceduto al dimensionamento del diametro della tubazione, che dovrà essere pari a 1.400 mm.

Determinato il suddetto diametro commerciale, è stata calcolata la velocità di deflusso (per la condizione eccezionale, ossia con il funzionamento dello scarico di superficie) che è pari a circa 10 m/s.

E' bene precisare che tale velocità, per quanto elevata e comunque compatibile con il materiale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

previsto, si verificherà solo in eventi eccezionali e sicuramente discontinui. Tali condizioni non comporteranno un'usura della tubazione che, quindi, potrà svolgere la sua funzione per l'intero periodo di funzionamento.

Resta inteso che il tracciato della tubazione di scarico, illustrato nella seguente figura, dovrà avere un andamento sempre discendente per consentire il trasporto delle acque anche in regime di moto a pelo libero.



Tabella 4.3. Tracciato della tubazione di scarico alla foce del T. Saponara

Per quanto attiene allo scarico delle acque provenienti dallo scarico di fondo (1.500 l/s), la suddetta tubazione da 1400 mm dovrà consentire il trasporto a pelo libero delle acque. Prevedendo la posa della tubazione con una pendenza minima del 1%, il deflusso della portata proveniente dallo scarico di fondo avverrà con un grado di riempimento della tubazione pari a circa il 32% (tirante pari a circa 350 mm).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

In definitiva, le scelte sopra descritte consentiranno di fruire dello scarico di fondo sia per le acque provenienti dallo scarico di superficie, che per quelle provenienti dallo scarico di fondo del serbatoio.

4.3 Dimensionamento della capacità del serbatoio

Le ipotesi di calcolo sulla base delle quali è stato effettuato il dimensionamento dell'opera sono:

- un idrogramma in ingresso triangolare con portata di picco in corrispondenza del tempo di corrivazione τ_c del bacino sotteso;
- una portata massima in uscita $Q_u = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ pari al massimo valore di portata convogliabile dall'alveo a valle dell'opera.

Il dimensionamento del volume del serbatoio di piena è un'operazione complessa che richiede un certo numero d'iterazioni per il raggiungimento della soluzione ottimale; pertanto si è proceduto in più fasi, nel seguito descritte.

Il primo tentativo di dimensionamento è stato effettuato adottando il "**Metodo Cinematico**" (trattazione di Alfonsi e Orsi).

Le ipotesi di tale modello sono:

- intensità di pioggia costante durante l'evento meteorico;
- curve aree tempi lineare;
- vuotamento della vasca a portata costante (laminazione ottimale).

Sotto queste ipotesi si può scrivere l'espressione del volume **V** invasato nella vasca in funzione della durata della pioggia **t**, del tempo di corrivazione **T₀**, della portata massima in uscita **Q_u**, del coefficiente di deflusso ϕ , dell'area **A** del bacino, e dei parametri **a** ed **n** della curva di probabilità pluviometrica.

$$V = \phi \cdot A \cdot a \cdot t^n + T_0 \cdot Q_u^2 \cdot \frac{t^{1-n}}{\phi \cdot A \cdot a} - Q_u \cdot t - Q_u \cdot T_0$$

Imponendo la condizione di massimo per il volume **V**, quindi derivando la suddetta espressione rispetto alla durata **t** ed eguagliandola a zero, è stato calcolato il valore della durata critica **t_v**, alla quale corrisponde il massimo volume da assegnare alla vasca.

Con l'ausilio di un computer di calcolo sono state determinate le seguenti grandezze:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

<i>Durata Critica</i>	t_v	0.8	h
<i>Portata al colmo in ingresso</i>	Q_{max}	8.59	m^3/s
<i>Portata relativa alla durata critica</i>	Q_{tv}	3.64	m^3/s
<i>Portata massima in uscita</i>	Q_u	1.5	m^3/s
<i>Rapporto di Laminazione</i>	Q_u/Q_{max}	0.17	--
<i>Volume della cassa di espansione a quota 26.00</i>	V	5 567	m^3

Tabella 4.4 Risultati del dimensionamento con il metodo cinematico

Con l'adozione del suddetto metodo è stato possibile dimensionare la cassa di espansione, e quindi procedere al tracciamento planimetrico dell'opera per l'individuazione della curva aree-volumi dell'opera.

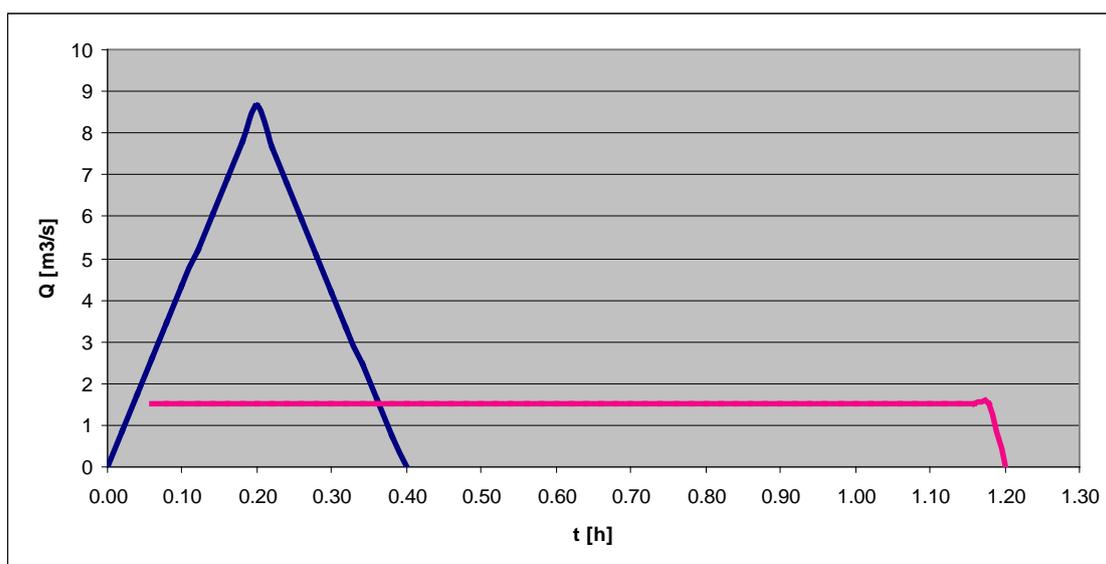


Tabella 4.5 Diagramma del processo di laminazione metodo cinematico

Appare rilevante fare osservare che tale metodo, nelle sue ipotesi di base, da un lato considera in maniera largamente cautelativa gli apporti meteorici, e dall'altro non tiene conto dell'effettiva legge d'efflusso degli scarichi in progetto.

Infatti, secondo lo studio idrologico effettuato, l'intensità di pioggia (considerata costante) posta a base del dimensionamento è pari a 295m/h, ed il coefficiente di deflusso del bacino è pari a 0,7 (ossia superficie prevalentemente impermeabile – condizione particolarmente cautelativa). Tali dati, risultano particolarmente cautelativi, e pertanto conducono a dimensioni della vasca rilevanti, ma comunque sempre a vantaggio di sicurezza del sistema.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

D'altro canto, la laminazione ottimale (portata in uscita costante) è un concetto teorico non fisicamente riproducibile con la costruzione dell'opera. Le opere di scarico previste (cfr. paragrafi precedenti) presentano una legge d'efflusso variabile in funzione della quota piezometrica all'interno della vasca, così come illustrato nel relativo diagramma.

Tutto ciò premesso, nota la relazione volumi invasati – altezza piezometrica (all'interno della vasca), e la legge di efflusso dello scarico di fondo, è stato possibile perfezionare i calcoli di dimensionamento rimuovendo l'ipotesi di laminazione ottimale.

Ferme restando le ipotesi cautelative relative agli afflussi, si è proceduto iterativamente alla determinazione del volume della vasca da invasare in funzione dell'effettiva legge d'efflusso dello scarico.

In particolare si è proceduto con il metodo delle differenze finite (mediante foglio di calcolo computerizzato) per valutare, al variare della durata dell'evento, l'effettiva legge fra il volume in ingresso e quello in uscita, secondo la nota relazione:

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

Ove:

- $Q_e(t)$ è la portata in ingresso alla vasca al generico tempo t ;
- $Q_u(t)$ è la portata in uscita dalla vasca, dipendente dal tipo di scarico impiegato;
- $V(t)$ è il volume invasati nella vasca al generico istante t .

La relazione funzionale fra il volume invasato ed il livello idrico h nell'invaso è:

$$V(t) = V(h(t))$$

che dipende esclusivamente dalla geometria della vasca.

La combinazione delle suddette relazioni, risolte iterativamente, ha consentito la risoluzione del problema, che è illustrata in forma grafica nel seguente diagramma:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

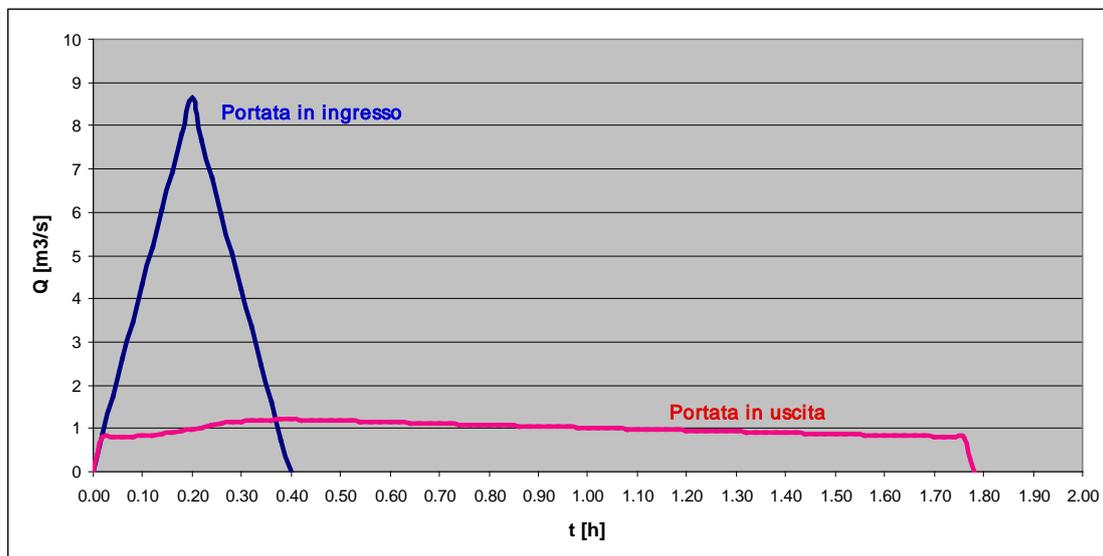


Tabella 4.6 Diagramma del processo di laminazione

Con il metodo delle differenze finite, si è determinato un volume complessivo della vasca pressoché pari a 4900 m³.

Considerando i risultati dei due metodi applicati si è deciso di prevedere la realizzazione di un'opera la cui capacità d'invaso complessivo è pari a circa 6.000 m³, quindi con volume superiore rispetto ai risultati di calcolo ottenuti con i due metodi sopra esposti.

5 **Compatibilità con il PAI vigente**

L'area territoriale oggetto d'interesse ricade nell'ambito del bacino idrografico del Torrente Saponara.

La Regione Sicilia ha pubblicato il Piano per l'assetto idrogeologico relativo la bacino del PAI, nel quale sono riportate tutte le caratteristiche morfometriche del bacino ed i calcoli idraulici condotti sull'asta fluviale.

Come emerge chiaramente dalla relazione del suddetto PAI, le verifiche idrauliche condotte non hanno portato a perimetrazioni di aree di rischio idraulico del torrente Saponara, conseguenti alle portate relative ai tempi di ritorno 50, 100 e 300 anni. Infatti dallo studio PAI risulta che per i tre tempi di ritorno, in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, il tirante idrico si mantiene significativamente al di sotto della quota d'imposta degli impalcati.

Le suddette conclusioni delle attività di studio condotte nel PAI, fanno riferimento ai tre seguenti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA8 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0871_F0.docx_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 08/06/2012

valori di portata:

1. Tr = 50 anni 196,61 m³/s;
2. Tr = 100 anni 251,27 m³/s;
3. Tr = 300 anni 345,13 m³/s.

Appare evidente come il sistema in progetto determini sicuramente dei benefici a tutto il tratto vallivo del Torrente Saponara.

Infatti, l'inserimento di un Serbatoio di Piena, che consente lo smorzamento delle portate di piena, ed il rilascio massimo di una portata pari ad 1.5 m³/s non aggrava sicuramente il regolare deflusso delle portate transitanti nel Saponara.

Anche l'ordine delle portate di progetto, rispetto alle portate di calcolo rilevate nel PAI, appare alquanto ininfluenza per il sistema e quindi del tutto trascurabili.

Tutto ciò premesso, ed in considerazione degli eventi calamitosi verificatisi nel novembre 2011, si è comunque previsto di rilasciare le acque provenienti dal serbatoio di piena in prossimità della foce del Saponara, onde annullare totalmente il possibile incremento di rischio idraulico del corso d'acqua, a causa del sistema in progetto.