

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 Prof. Ing. G. Umiltà Ordine Ing. Palermo n°1729</p>  <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"

<p><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> SRA5 - RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p>	<p>CZV0845_F0</p>
--	-------------------

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

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

NOME DEL FILE: CZV0845_F0

revisione interna: __

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

INDICE

INDICE	3
Premessa	5
1 Descrizione delle opere in progetto	5
2 Analisi Idrologica.....	6
2.1 Caratteristiche del bacino in studio	6
2.2 Inquadramento Pluviometrico dell'Area.....	7
2.2.1 Determinazione delle altezze di pioggia.....	7
2.2.2 Determinazione del tempo di corrivazione	9
2.3 Determinazione delle Portate di calcolo	10
3 Dimensionamento della rete di drenaggio	11
3.1 Sezioni Tipo.....	11
3.2 Verifica idraulica dei canali di drenaggio	11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Premessa

La presente relazione riferisce in merito al dimensionamento delle opere idrauliche per il drenaggio delle acque meteoriche ricadenti nel sito di recupero denominato SRA5.

L'area oggetto d'interesse ricade nel territorio comunale di Valdina, e dal punto di vista idrologico interessa il bacino idrografico del Torrente Caracciolo.

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 SRA5 ha una capacità complessiva (in condizioni definitive), pari a circa 1.450.000 m³.

La sistemazione idraulica della rete di drenaggio a servizio del sito SR5 è concettualmente più semplice rispetto a quelle previste per gli altri depositi.

Infatti, il SRA5 presenta un unico piano inclinato con pendenza pari a circa 1%, con orientamento Ovest-Est.

Pertanto, è stato previsto l'inserimento di un canale di drenaggio da ubicare al piede del versante, capace di intercettare tutte le acque ricadenti nel sottobacino (di estensione pari a 0.20 km²).

Le acque intercettate saranno destinate direttamente al Torrente Caracciolo, mediante un canale a cielo aperto con pendenza longitudinale pari a circa lo 1,2%.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

meteoriche ricadenti nel relativo bacino di calcolo e di trasportarle al corpo idrico ricettore finale.

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 la sistemazione del Torrente Caracciolo, che contiene tutte le grandezze significative allo scopo.

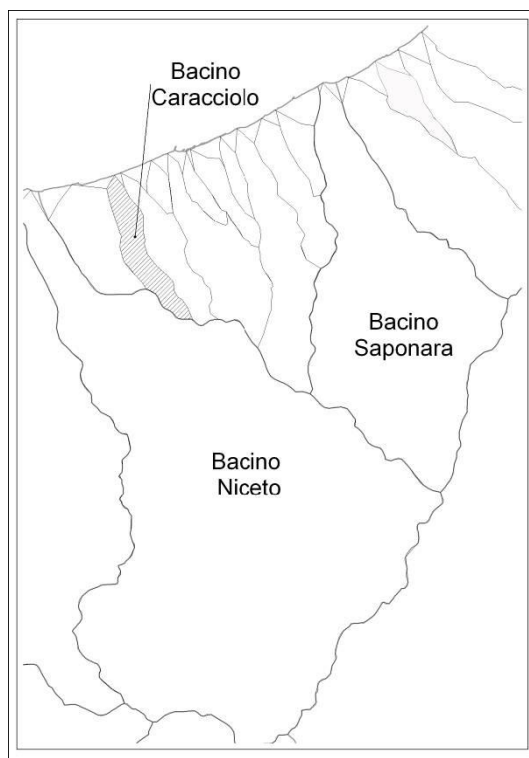
Sulla base delle caratteristiche morfometriche del bacino, e determinate le curve di probabilità pluviometrica, si è proceduto al calcolo delle portate di piena per vari tempi di ritorno.

2.1 Caratteristiche del bacino in studio

Il bacino idrografico d'interesse è quello del Torrente Caracciolo, le cui caratteristiche principali sono illustrate nel seguito.

Il torrente Caracciolo si sviluppa per una lunghezza di circa 4.9 km all'interno di un bacino con estensione pari 2.43 km² (quota massima dell'asta circa 275 m s.l.m.m.).

Il bacino fa parte di un gruppo di bacini delimitati a nord dal bacino del torrente Saponara e a sud dal bacino del torrente Niceto.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Nel tratto vallivo del bacino 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.

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.

2.2 Inquadramento Pluviometrico dell'Area

2.2.1 Determinazione delle altezze di pioggia

Le stazioni pluviometriche in prossimità del bacino, per cui si dispone di serie di dati di lunghezza significativa sono Milazzo, Monforte S. G. e Calvaruso (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 stazione di Milazzo ha peso trascurabile. E' stata quindi effettuata un'analisi delle precipitazioni intense delle stazioni pluviometriche Monforte S. G. e Calvaruso.

Di tali stazioni si hanno a disposizione le serie dei massimi annuali di precipitazione per le durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per i periodi riportati nella Tabella 2.I.

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
40	Monforte S. G.	320	no	1971	2002	31

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 dei tempi di corruzione ridotti, 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 dai test statistici applicati e dai grafici di Figura 2.1.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

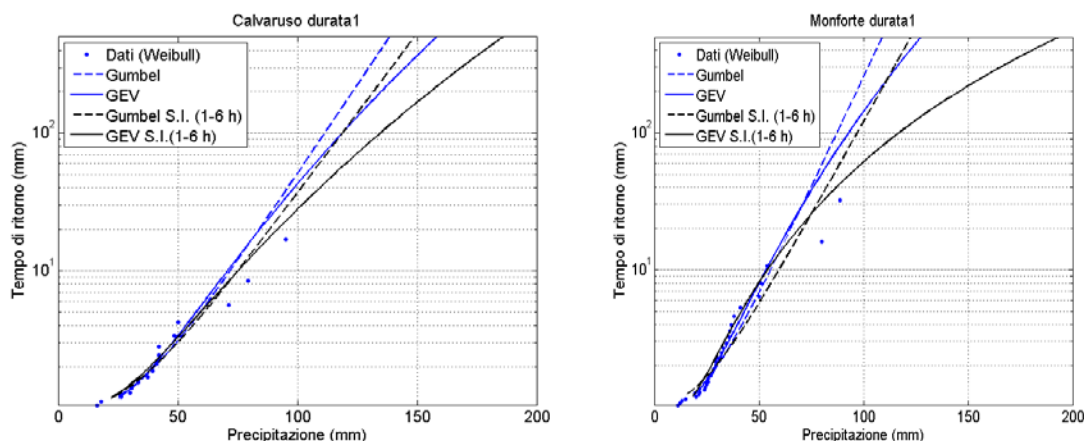


Figura 2.1 Bontà di adattamento di varie distribuzioni ai massimi annuali di durata un'ora.

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. Per il calcolo delle portate al colmo è stato impiegato il valore di media pesata tra le precipitazioni relative alle singole stazioni, secondo i pesi (determinati tramite spazializzazione IDW) riportati nella stessa tabella.

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	0.44	38.19	75.23	91.70	101.83	115.20	134.58	155.54	168.60
Monforte S.G.	0.56	27.27	54.15	69.05	79.16	93.66	117.06	145.68	165.31
Media pesata		32.07	63.43	79.02	89.13	103.14	124.77	150.02	166.76

Come emerge dai paragrafi seguenti, il tempo di corrivazione del sottobacino SRA5 (la cui superficie è pari a circa 0.20 km²) 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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia associata ad un evento meteorico di durata inferiore all'ora pari a t , ed al tempo di ritorno T_r ;
- $h_{60,T}$ è l'altezza di pioggia oraria per dato tempo di ritorno T_r ;
- 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
$$t_c = 0.066 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$
- Pezzoli
$$t_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$
- Viparelli
$$t_c = \frac{L}{v}$$
 "v" è la velocità fittizia pari a 1.2 m/s
- Pasini
$$t_c = 0.108 \frac{(AL)^{1/3}}{i^{0.5}}$$
- Ventura
$$t_c = 0.1272 \frac{A^{0.5}}{i^{0.5}}$$
- Di Stefano e Ferro
$$t_c = 0.3716A^{0.6}$$

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

Tempo di corrivazione:			
Pasini	$t_c =$	26.06 minuti	0.43 ore
Kirpich	$t_c =$	13.95 minuti	0.23 ore
Viparelli: Velocità=	1.00 m/sec	$t_c =$	10.63 minuti 0.18 ore
Pezzoli	$t_c =$	16.82 minuti	0.28 ore
Ventura	$t_c =$	27.26 minuti	0.45 ore
Di Stefano e Ferro	$t_c =$	8.49 minuti	0.14 ore
MEDIA	$t_c =$	17.20 minuti	0.29 ore

Tempo di corrivazione del sottobacino SRA5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

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
T_r	a	n	t_c	h	ic	Q	Coeff. Udom.
	[mm]	--	[h]	[mm]	[mm/h]	[m ³ /s]	[m ³ /s x km ²]
10	54.15	0.3860	0.29	33.43	116.61	4.53	22.67
20	69.05	0.3860	0.29	42.63	148.70	5.78	28.91
50	93.66	0.3860	0.29	57.83	201.70	7.84	39.22
100	117.06	0.3860	0.29	72.27	252.09	9.80	49.02
200	145.68	0.3860	0.29	89.94	313.72	12.20	61.00
300	165.31	0.3860	0.29	102.06	355.99	13.84	69.22

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.

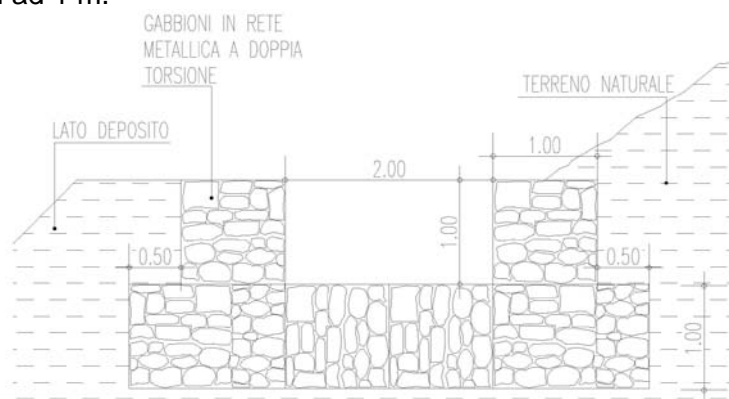
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Codice documento CZV0845_F0.docx_F0	Rev F0	Data 31/05/2012

3 Dimensionamento della rete di drenaggio

3.1 Sezioni Tipo

Come chiaramente illustrato negli elaborati grafici, il sistema di drenaggio prevede una sola tipologia di sezione

- **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.



Sezione Tipo 3

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:

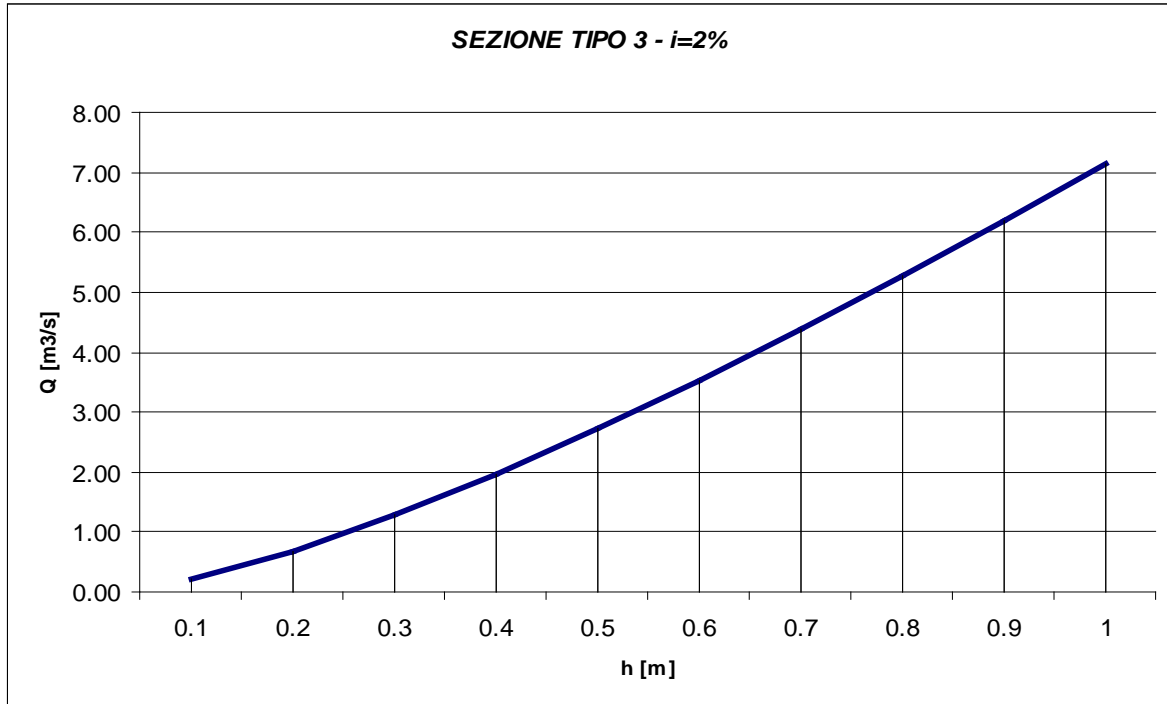
- K_s è il coefficiente di resistenza secondo Gauckler Strickler pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- R il raggio idraulico (m);

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito</p>		
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

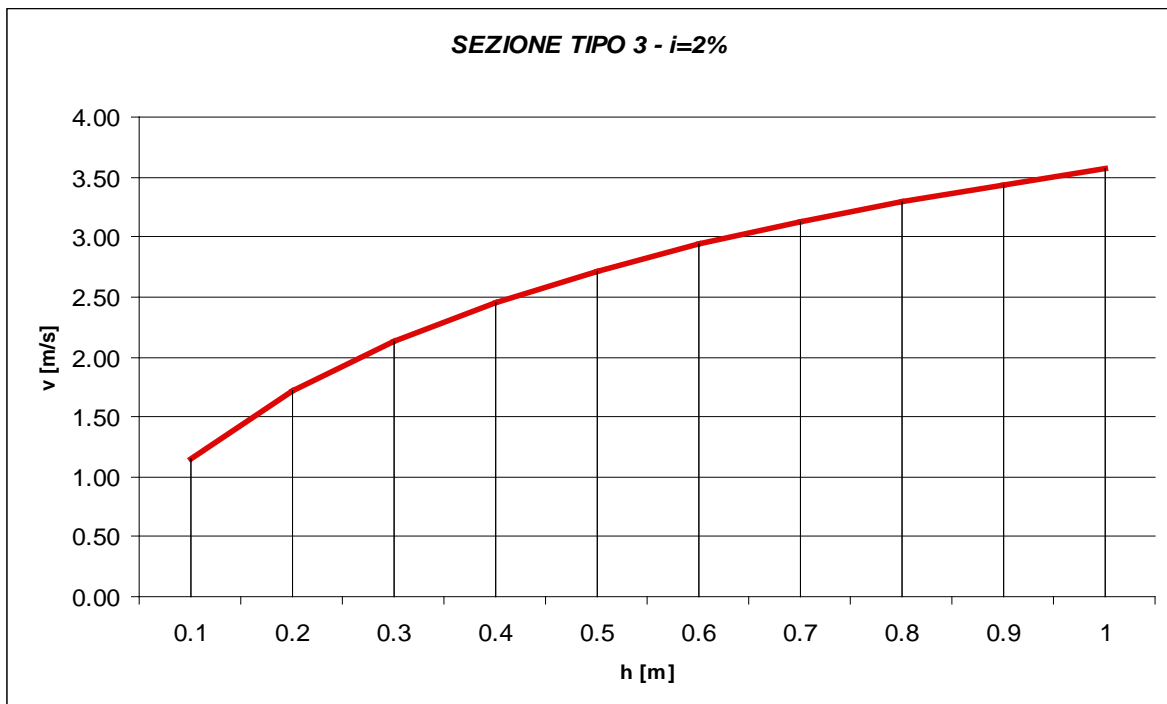
- A l'area della sezione bagnata (m^2);
- i la pendenza longitudinale del canale (%). I valori limite imposti sono lo 1,5% ed il 15%.
 Ove necessario, per garantire il rispetto di tali condizioni, si è prevista l'interposizione di salti di fondo da realizzare in gabbioni.

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.

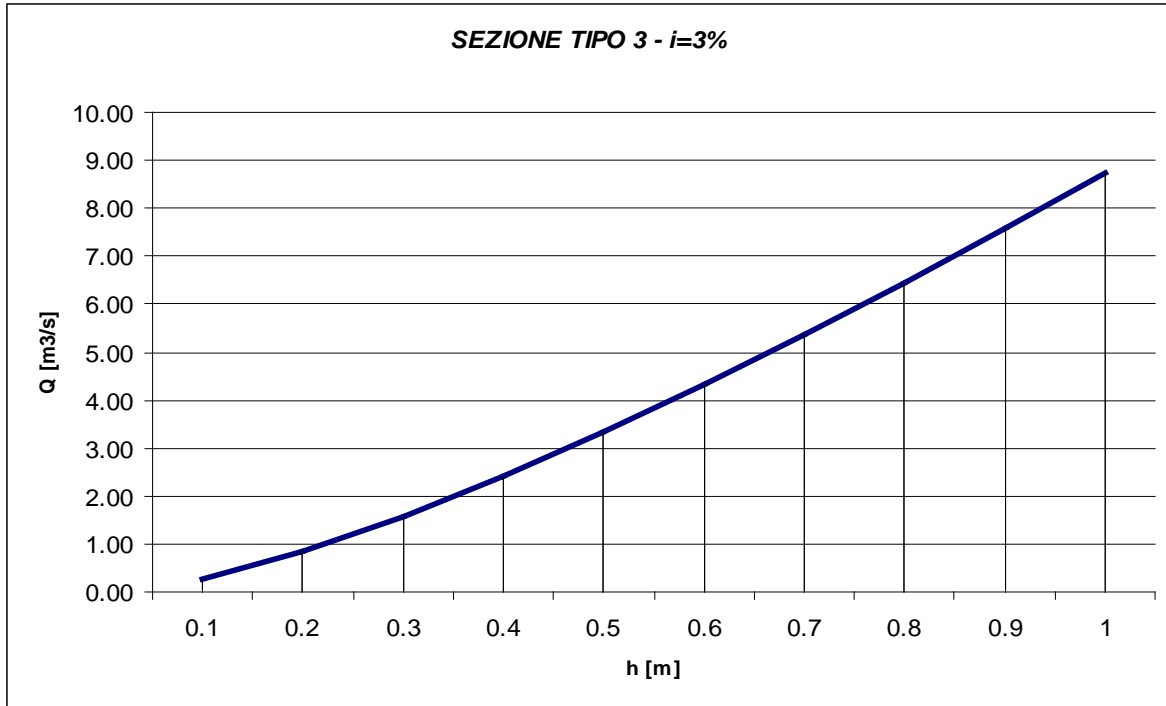
Nei seguenti diagrammi si riportano le suddette curve per le sezioni tipo impiegate.



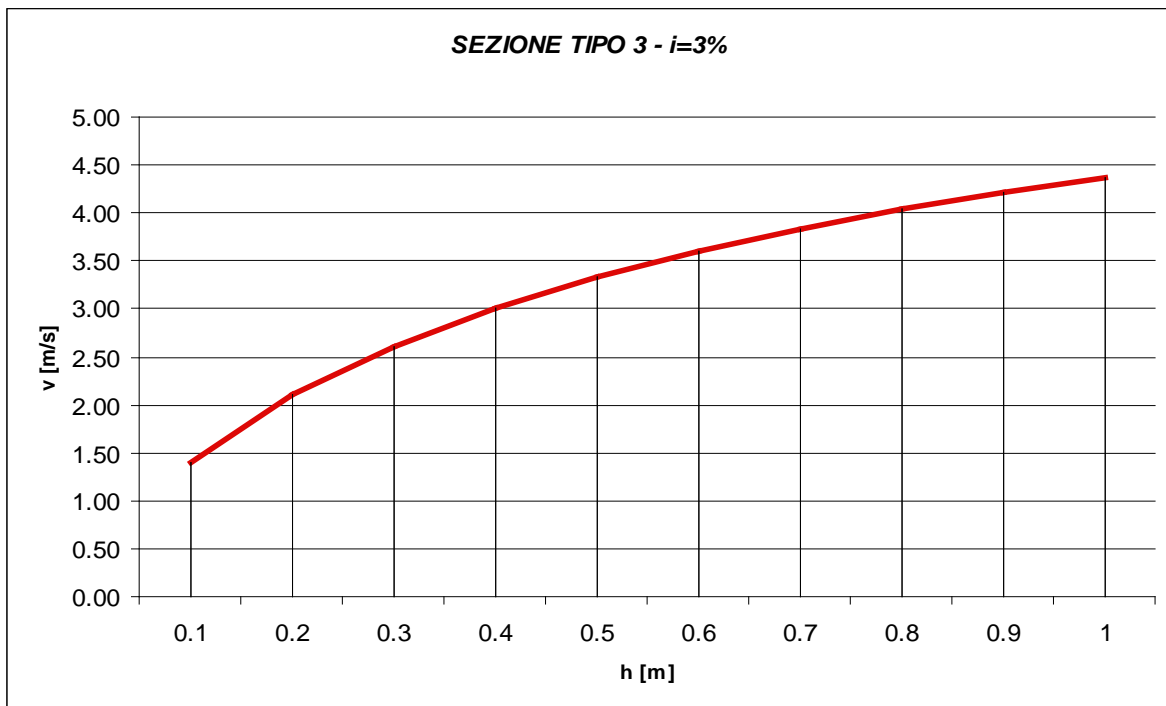
Sezione Tipo 3 – i= 2% - Scala delle Portate



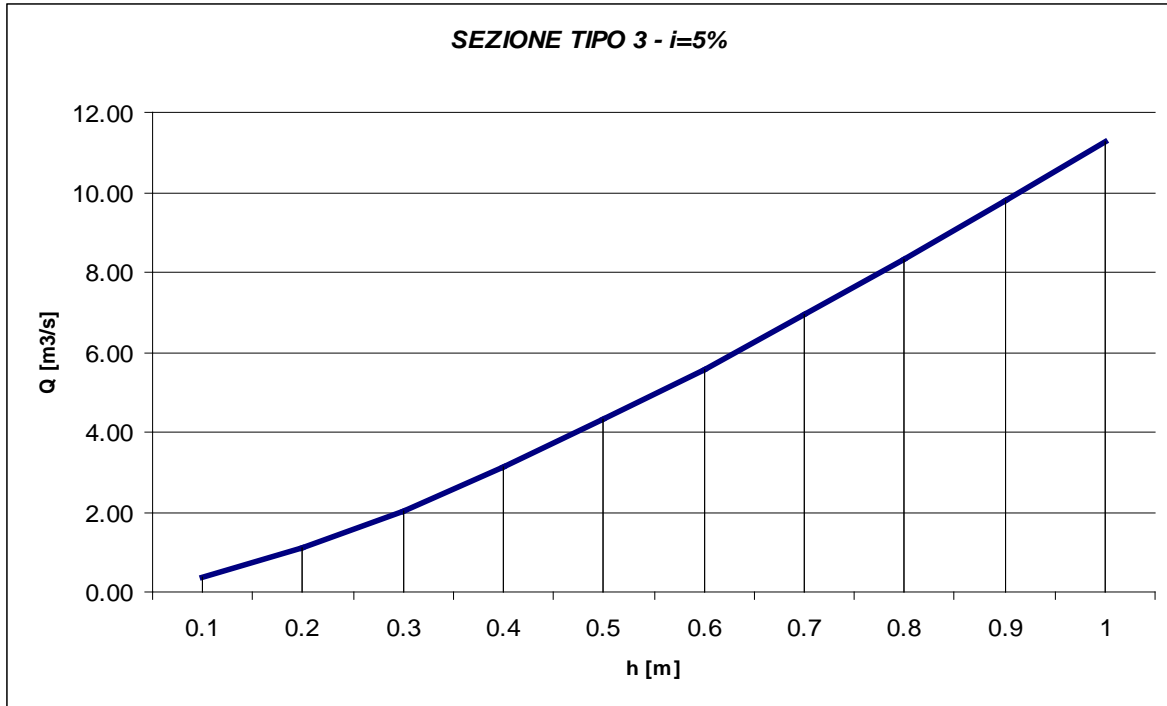
Sezione Tipo 3 – i= 2% - Scala delle Velocità



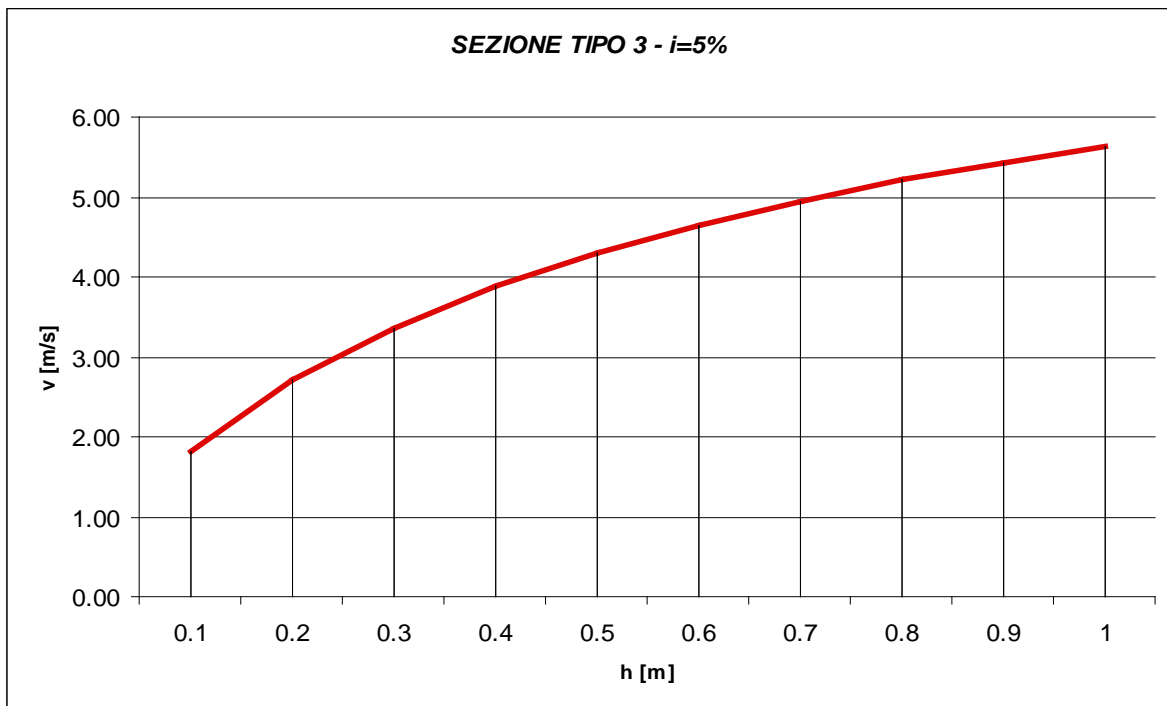
Sezione Tipo 3 – $i=3\%$ - Scala delle Portate



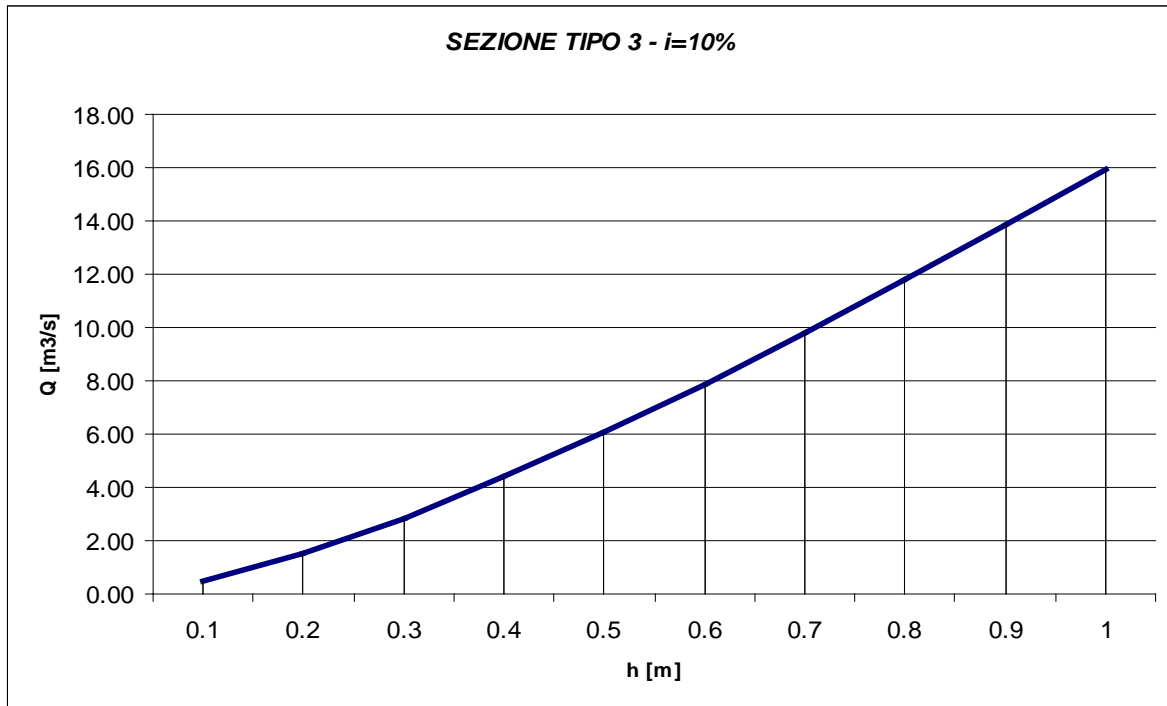
Sezione Tipo 3 – $i=3\%$ - Scala delle Velocità



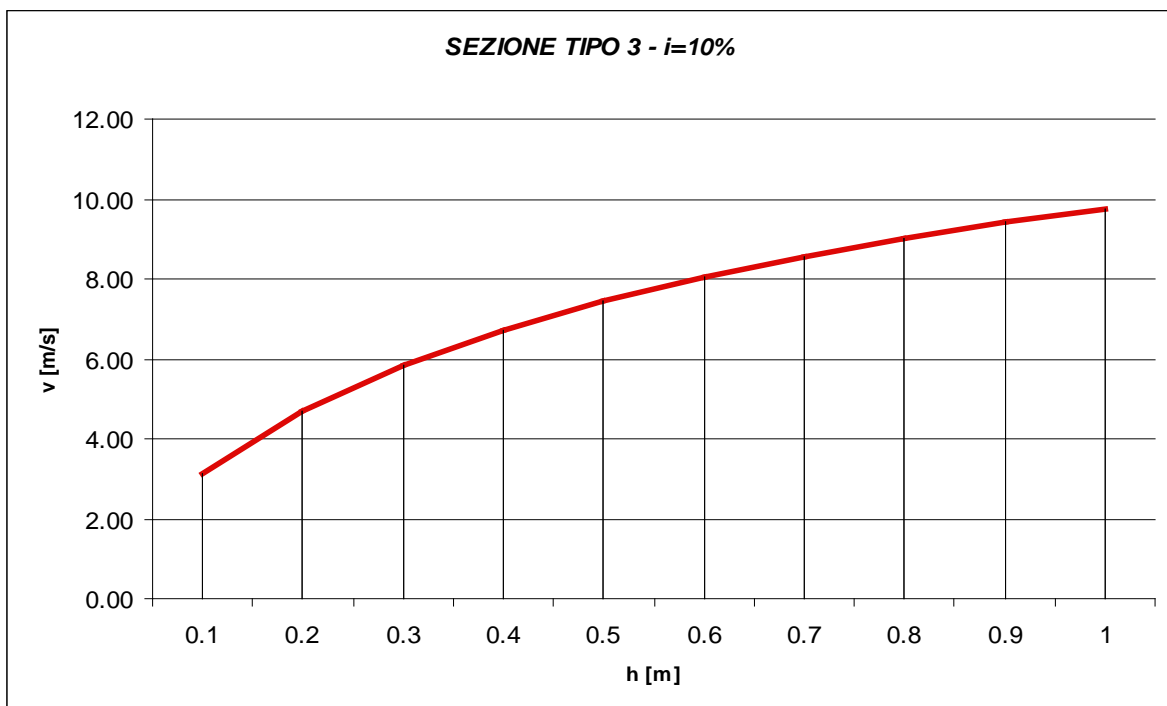
Sezione Tipo 3 – i= 5% - Scala delle Portate



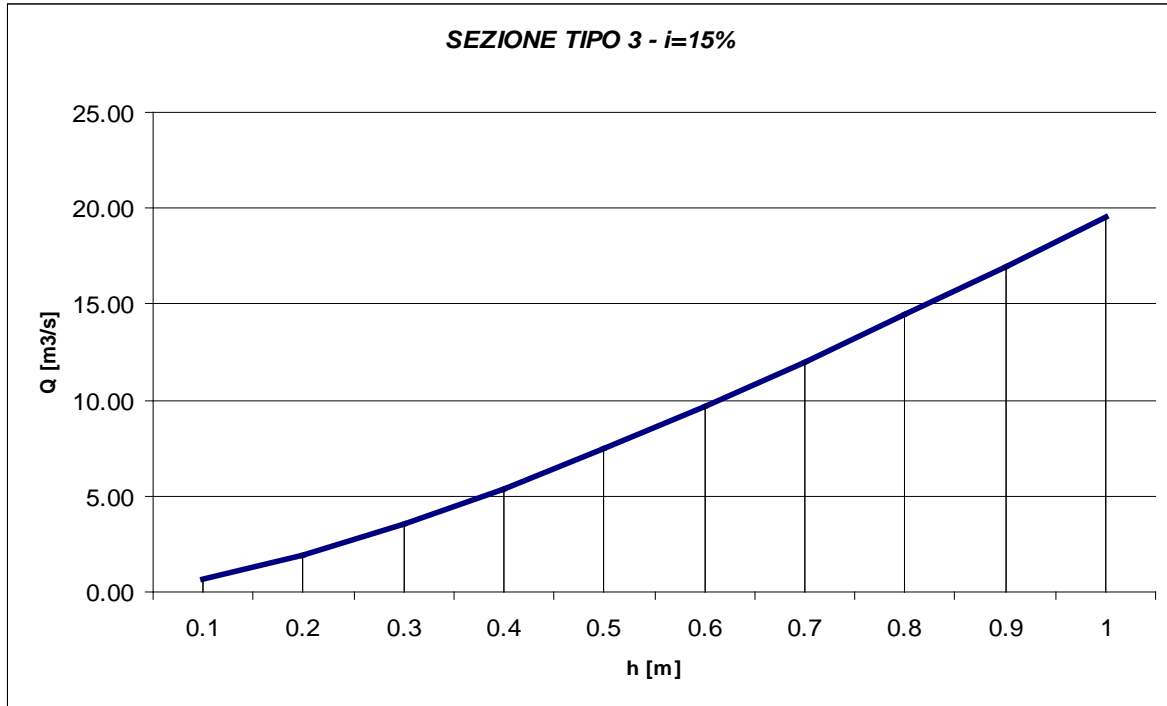
Sezione Tipo 3 – i= 5% - Scala delle Velocità



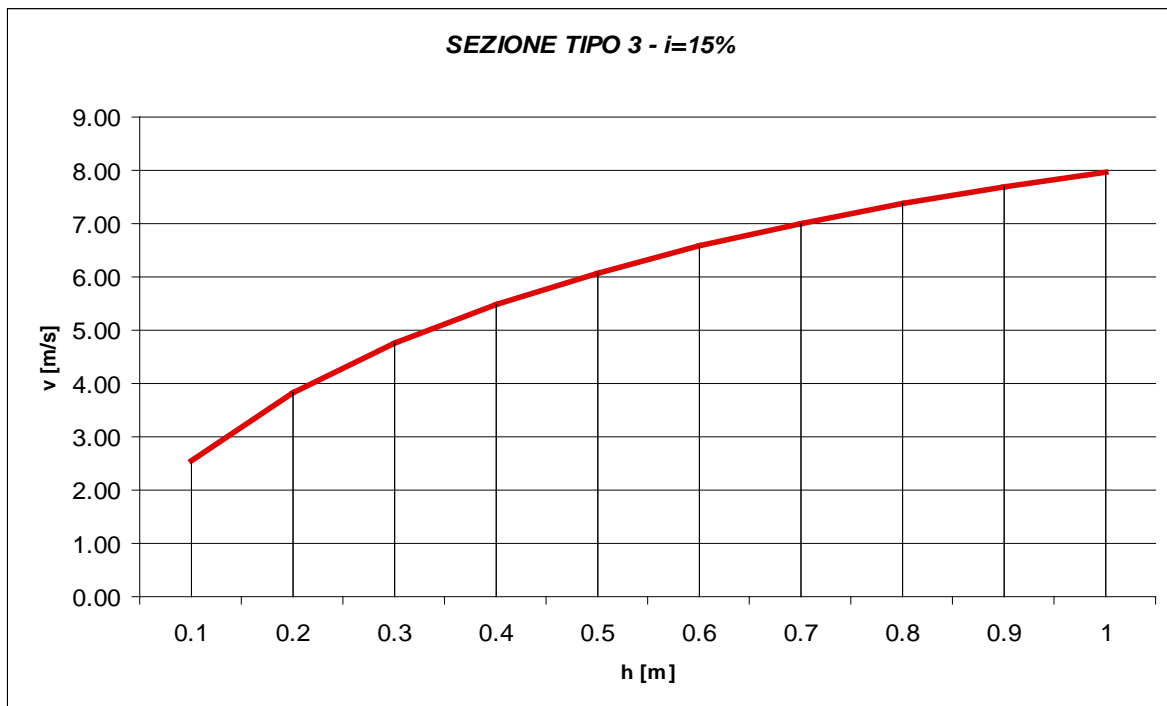
Sezione Tipo 3 – $i= 10\%$ - Scala delle Portate



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



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



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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA5 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0845_F0.docx_F0		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

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.

SRA5	SEZIONE TIPO "3"								
Tratto	Superficie m ²	Portata m ³ /s	Pendenza %	H [m]	a' [m]	A m ²	P [m]	R [m]	v [m/s]
A1-A2	63 258	2.48	2.00%	0.47	2.00	0.94	2.94	0.32	2.64
A3-A2	9 926	0.39	4.00%	0.11	2.00	0.22	2.22	0.10	1.73
A2-caracciolo	73 184	2.87	1.00%	0.66	2.00	1.33	3.33	0.40	2.17