

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"

	CZV0796_F0
<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SITO AL3
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CODICE

C G 0 0 0 0 P R I V S C Z C 4 S D 8 3 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'

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito</p>		
AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_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	8
2.3 Determinazione delle Portate di calcolo.....	9
3 Dimensionamento della rete di drenaggio	10
3.1 Sezioni Tipo.....	10
3.2 Verifica idraulica dei canali di drenaggio.....	11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_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 AL3.

L'area oggetto d'interesse ricade nel territorio comunale di Messina, e dal punto di vista idrologico si inserisce nell'area territoriale tra il bacino del torrente Fiumedinisi e Capo Peloro.

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 d'intercettazione delle acque superficiali.

1 Descrizione delle opere in progetto

Il sito di deposito AL3 ha una capacità complessiva (in condizioni definitive) di circa 130.000 m³. Tale sistemazione prevede, fondamentalmente, il riempimento della cava esistente, e già parzialmente sistemata, con la risagomatura delle sponde. Lungo i piani di raccordo inclinati è previsto il posizionamento di canali di drenaggio atti a ricevere le acque del versante afferente, che sversano in canali principali che costeggiano l'intero sito.

Il sottobacino di calcolo relativo al sito AL3 ha un'estensione pari a circa 0,11 km², con una quota massima di 178 m s.l.m. e minima di 68 m s.l.m., quest'ultima in corrispondenza della fiumara Di Tono.

Vista la modesta estensione del sito, si è previsto un sistema di drenaggio da ubicare esclusivamente nella parte periferica del sito, senza l'inserimento di canali che attraversano il corpo del sito di recupero.

La morfologia dei luoghi ha condizionato la posizione della rete di drenaggio, che è stata ubicata totalmente all'interno del sito AL3. Comunque, data la notevole pendenza dei piani di sistemazione, ed onde evitare la posa in opera di canali con elevate pendenze longitudinali, si è previsto l'inserimento di salti di fondo che consentono di limitare la pendenza al 15%.

Tutte le acque intercettate, sia ricadenti direttamente sul sito che nel bacino afferente, saranno trasportate nella fiumara di Tono mediante un apposito canale realizzato con tecniche d'ingegneria naturalistica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Infatti, 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.

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, sono stati acquisiti i dati di pioggia della stazione pluviometrica più prossima all'area d'intervento, quindi sulla base delle caratteristiche morfometriche del bacino si è proceduto al calcolo delle portate di piena per vari tempi di ritorno

2.1 Caratteristiche del bacino in studio

L'area del sito di recupero AL3 ricade nell'area territoriale tra il bacino del torrente Fiumedinisi e Capo Peloro.

L'area territoriale compresa tra il bacino idrografico del torrente Fiumedinisi e Capo Peloro è ubicata nella porzione nord-orientale estrema della Sicilia e si estende per una superficie complessiva di 174,50 Km² circa.

L'intera area ricade all'interno della provincia di Messina. I cinque territori comunali che rientrano all'interno dell'area sono: Alì, Alì Terme, Itala, Messina, Scaletta Zanclea. I centri abitati dei Comuni sopra citati ricadono tutti all'interno dell'area.

Nell'area territoriale compresa tra il bacino idrografico del torrente Fiumedinisi e Capo Peloro sono presenti 49 bacini idrografici con foce sul versante ionico. Questi bacini, che hanno un'estensione che raramente è maggiore di 10 Km², hanno una forma a "foglia".

I reticoli idrografici si presentano ben articolati nei tratti montani dove una serie di rami fluviali

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

secondari, ad andamento contorto di breve lunghezza ed a notevole pendenza, hanno inciso il territorio formando una serie di valli strette ed incassate.

L'andamento dei corsi d'acqua principali nella parte valliva è sostanzialmente rettilineo, di lunghezza piuttosto breve, che non supera i 9 km, e mediamente è di 4-5 km.

L'elevata pendenza delle aste principali (in media 10-15 %) e le superfici modeste dei bacini fanno sì che i tempi di corrivazione siano quasi sempre inferiori ad un'ora.

La rete idrografica naturale è interessata da evidenti fenomeni erosivi dovuti, oltre che alla natura dei terreni attraversati, anche da eventi neotettonici, come il sollevamento dell'area tuttora in atto, che provocano un'erosione regressiva con estensione delle testate dei bacini verso monte e riflessi anche lungo il versante.

2.2 Inquadramento Pluviometrico dell'Area

2.2.1 Determinazione delle altezze di pioggia

L'analisi idrologica dipende dalla caratterizzazione pluviometrica del sito d'interesse, pertanto si è proceduto al censimento delle stazioni pluviometriche più prossime all'area in oggetto, e la più idonea è risultata quella di Santo Saba.

Tale stazione presenta un numero di anni di osservazioni sufficienti alla caratterizzazione dell'area. Per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica si è adottato il modello a doppia componente.

Secondo tale metodo, la Sicilia è stata suddivisa in tre sottozone pluviometriche omogenee, e l'area in esame ricade nella Sottozona Nord –Est (denominata B).

L'equazione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene mediante la seguente espressione:

$$h_{t,T} = x'_{t,T} \cdot m_c$$

ove:

- $x'_{t,T}$ è una variabile funzione del tempo di ritorno (T_r), della durata della precipitazione (t), e della sottozona omogenea. Per la sottozona B, la variabile si ottiene mediante la seguente espressione:

$$x'_{t,T} = 0.5135 - 0.002264 t + (0.000198 t^2 + 0.00329 t + 1.0508) \log T_r$$

- m_c è la media campionaria esprimibile in funzione della durata della precipitazione (t) e dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
		AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_F0	<i>Rev</i> F0

parametri “a” ed “n” che caratterizzano ciascuna stazione pluviometrica:

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

Per quanto sopra, la curva di probabilità pluviometrica si esprime con la seguente espressione:

$$h_{(Tr)} = x'_{t,T} \cdot a \cdot t^n$$

I valori delle costanti “a” ed “n” sono elencati per ciascuna stazione pluviometrica del territorio siciliano.

Nella seguente tabella, si riportano i valori delle altezze di precipitazione (in mm) per una pioggia di durata oraria al variare del tempo di ritorno:

STAZIONE PLUVIOM.	a [mm]	n	tc [h]	Tr= 10		Tr= 20		Tr= 50		Tr= 100		Tr= 200		Tr= 300	
				xt,T	h [mm]	xt,T	h [mm]	xt,T	h [mm]	xt,T	h [mm]	xt,T	h [mm]	xt,T	h [mm]
S. Saba	39	0.28	1	1.57	61.1	1.88	73.4	2.30	89.8	2.62	102.17	2.94	114.55	3.12	121.79

Altezze di pioggia orarie per la stazione pluviometrica Santo Saba

Come emerge dai paragrafi seguenti, il tempo di corrivazione del sottobacino AL3 (la cui superficie è pari a circa 0.11 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:

- $h_{t,T}$ 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
$$tc = 0.066 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

- 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 $tc = 0.108 \frac{(AL)^{1/3}}{i^{0.5}}$
- Ventura $tc = 0.1272 \frac{A^{0.5}}{i^{0.5}}$
- Di Stefano e Ferro $tc = 0.3716 A^{0.6}$

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=	6.06 minuti	0.10 ore
Kirpich	tc=	5.16 minuti	0.09 ore
Viparelli: Velocità=	1.20 m/sec	tc=	8.33 minuti 0.14 ore
Pezzoli	tc=	4.62 minuti	0.08 ore
Ventura	tc=	5.83 minuti	0.10 ore
Di Stefano e Ferro	tc=	5.83 minuti	0.10 ore
MEDIA	tc=	5.97 minuti	0.10 ore
SI FISSA IL VALORE DI	tc=	10.00 minuti	0.17 ore

Tempo di corrivazione del sottobacino AL3

Il tempo di corrivazione calcolato è pari ad 5,97 minuti, ai fini della determinazione delle portate di piena si è assunto un valore pari a 10 minuti.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
		AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_F0

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 :

T_r	a [mm]	n	t_c [h]	h [mm]	ic [mm/h]	Q [m ³ /s]	Coeff. Udom. [m ³ /s x km ²]
10	61.10	0.3860	0.17	30.60	183.58	3.82	35.70
20	73.40	0.3860	0.17	36.76	220.54	4.59	42.88
50	89.80	0.3860	0.17	44.97	269.81	5.61	52.46
100	102.17	0.3860	0.17	51.16	306.98	6.39	59.69
200	114.55	0.3860	0.17	57.36	344.18	7.16	66.92
300	121.79	0.3860	0.17	60.99	365.93	7.61	71.15

Portate di Piena

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

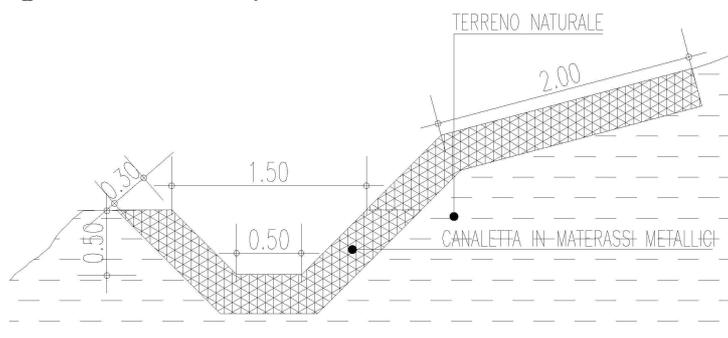
Inoltre, la suddetta tabella riporta il coefficiente udometrico (portata di piena sull'unità di superficie) che è stato adottato per la determinazione delle portate di calcolo relative a ciascun lato della rete dei canali di drenaggio.

3 Dimensionamento della rete di drenaggio

3.1 Sezioni Tipo

Come chiaramente illustrato negli elaborati grafici, il sistema di drenaggio comprende 2 tipologie di sezioni differenti.

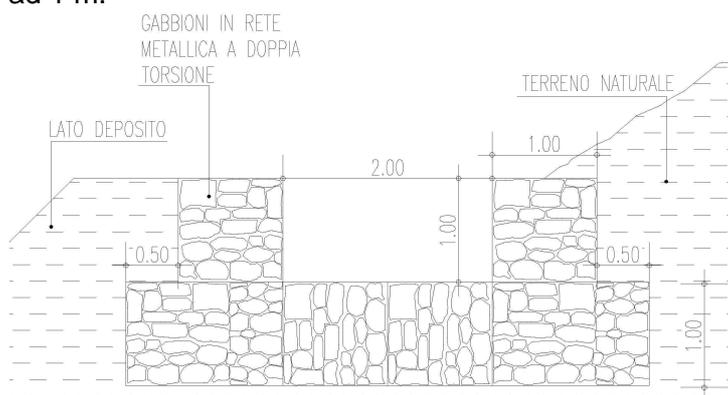
- **Sezione tipo "2"** - Si tratta di una cunetta a sezione trapezia realizzata in materassi tipo "Reno", con larghezza del fondo pari a 0.50 m



Sezione Tipo 2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

- **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:

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

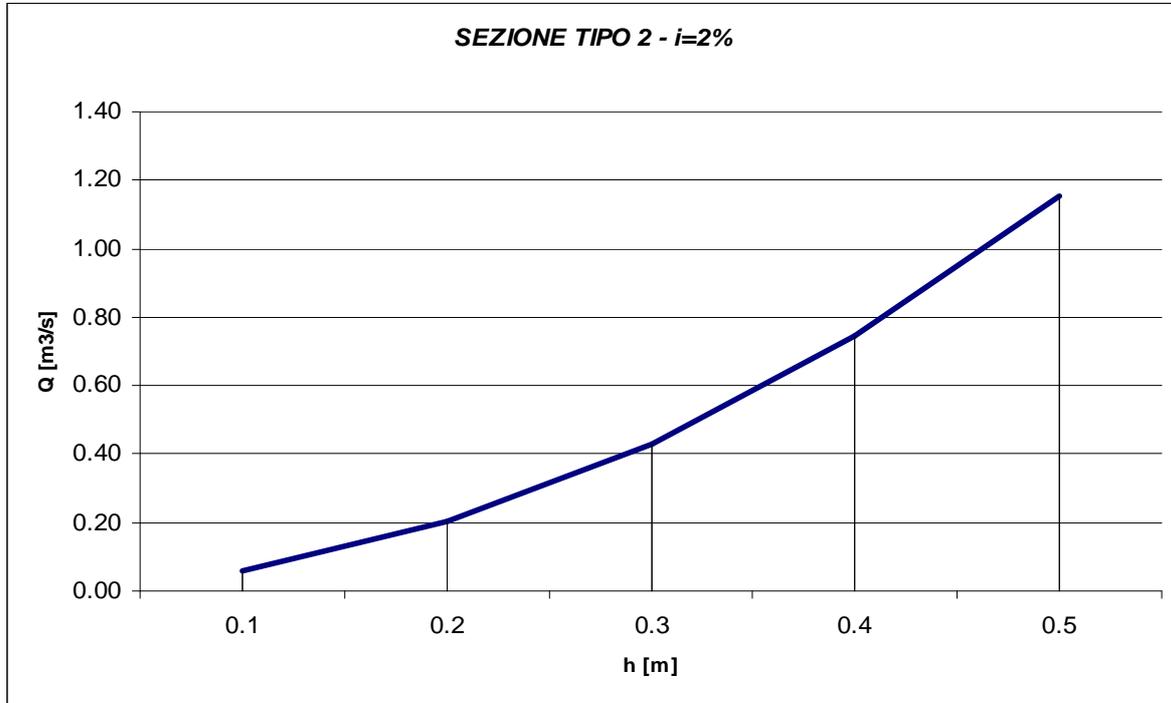
nella quale:

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

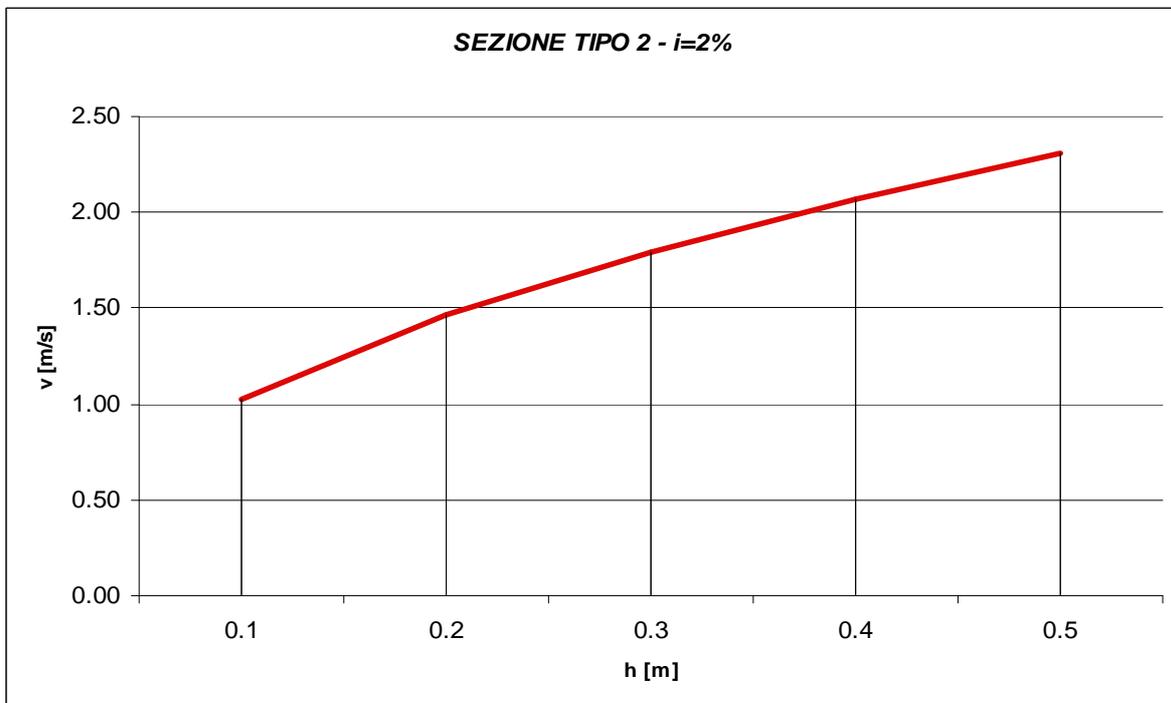
		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito</p>		
AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_F0		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

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.

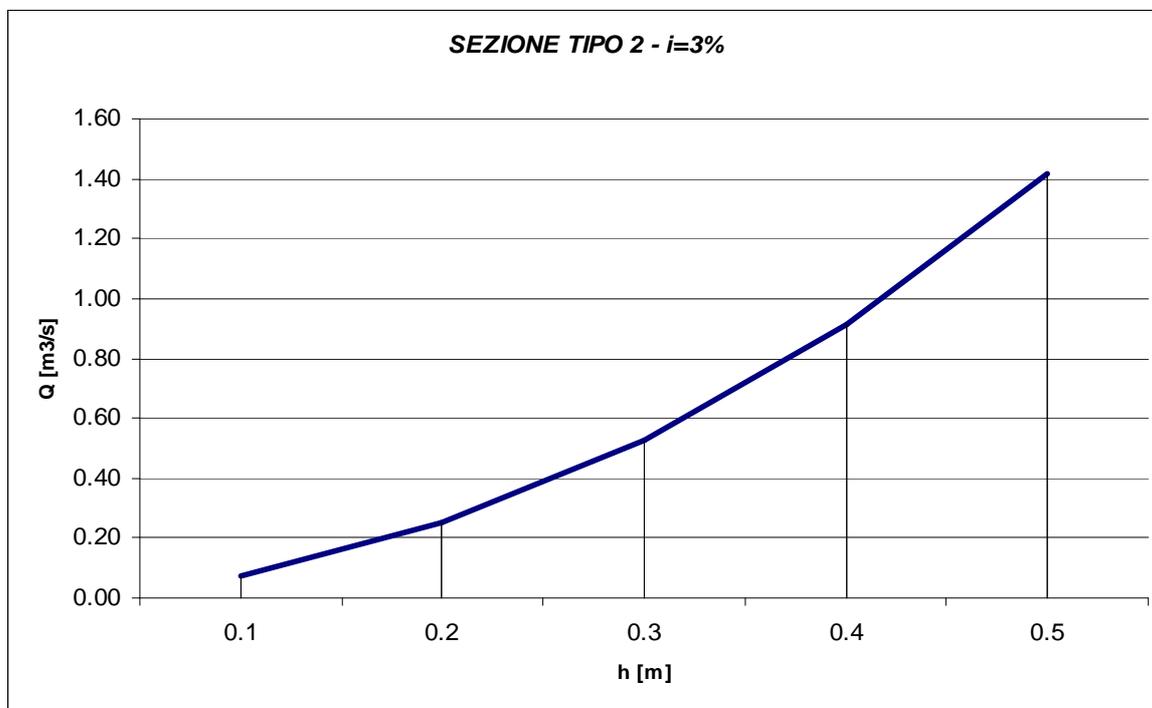
Nei seguenti diagrammi si riportano le suddette curve per le sezioni tipo impiegate.



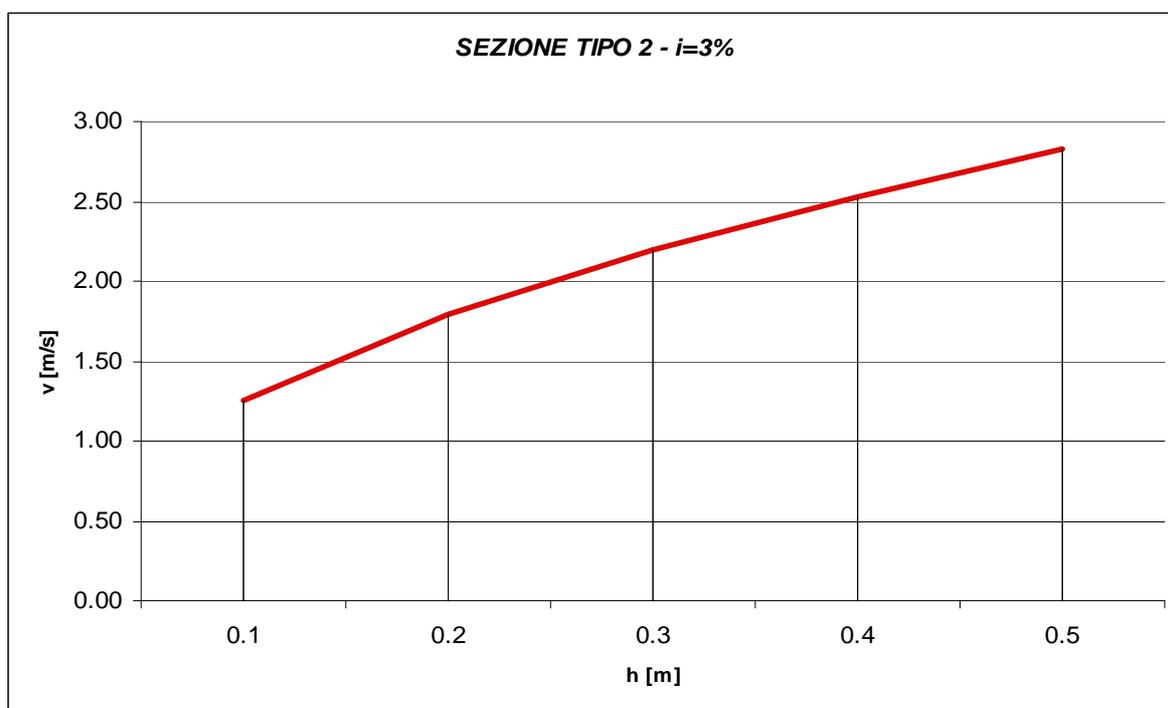
Sezione Tipo 2 – $i=2\%$ - Scala delle Portate



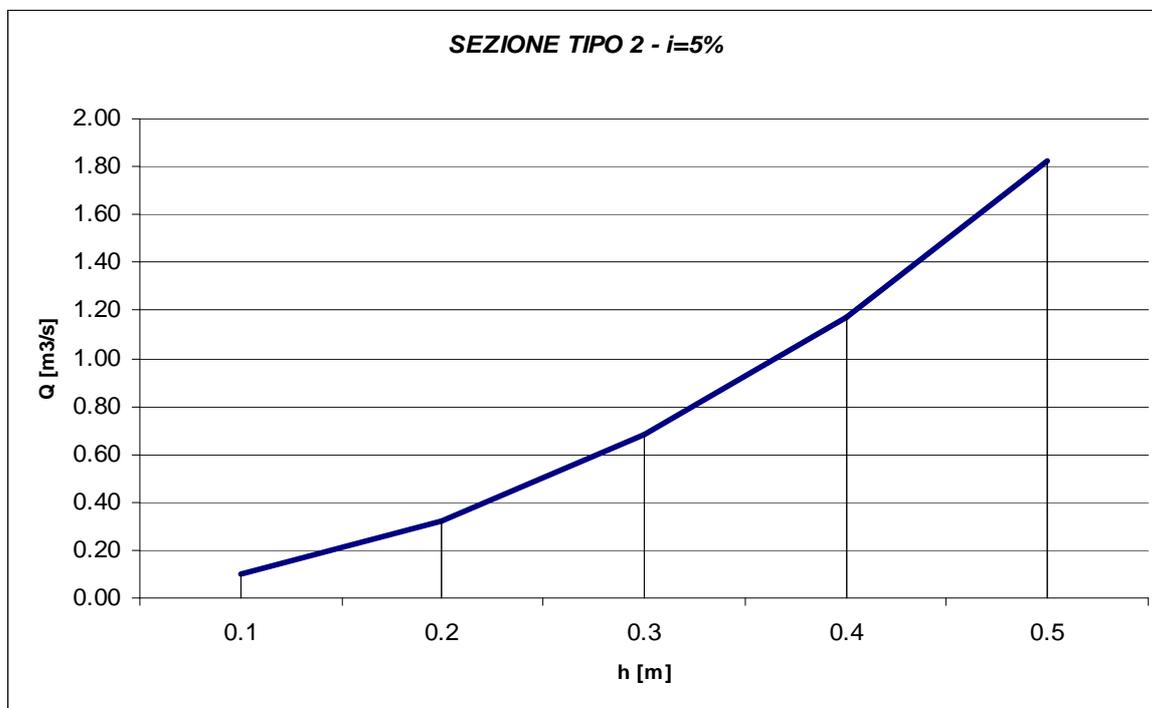
Sezione Tipo 2 – $i=2\%$ - Scala delle Velocità



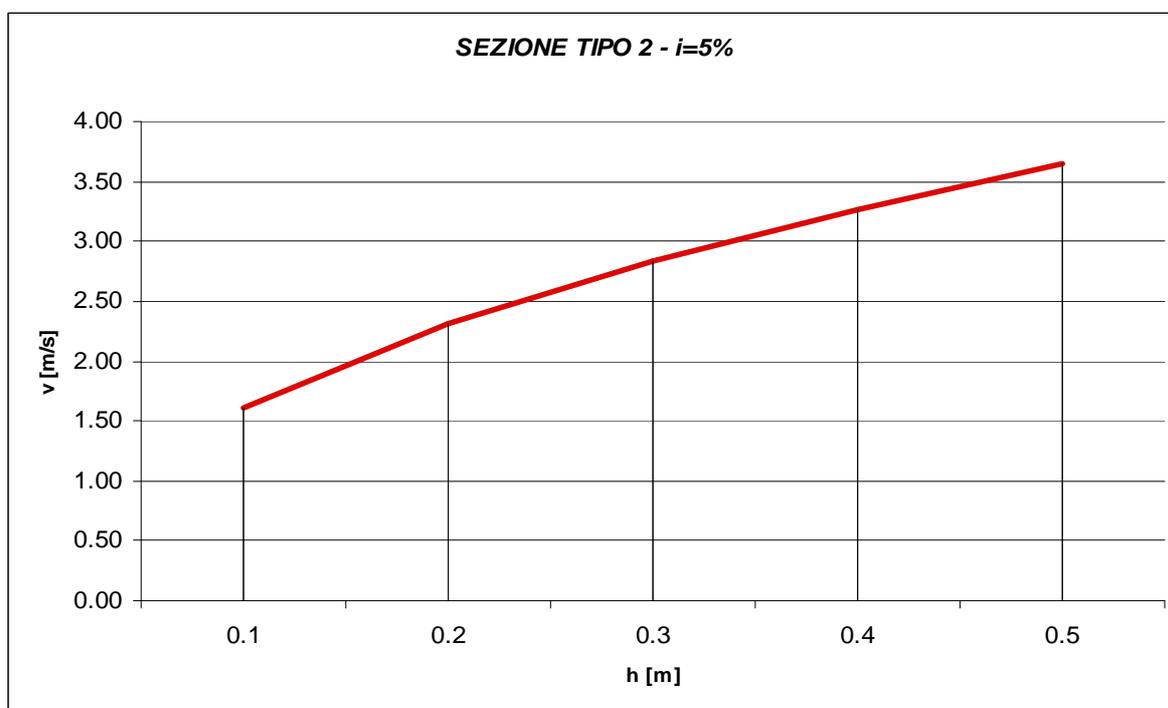
Sezione Tipo 2 – $i=3\%$ - Scala delle Portate



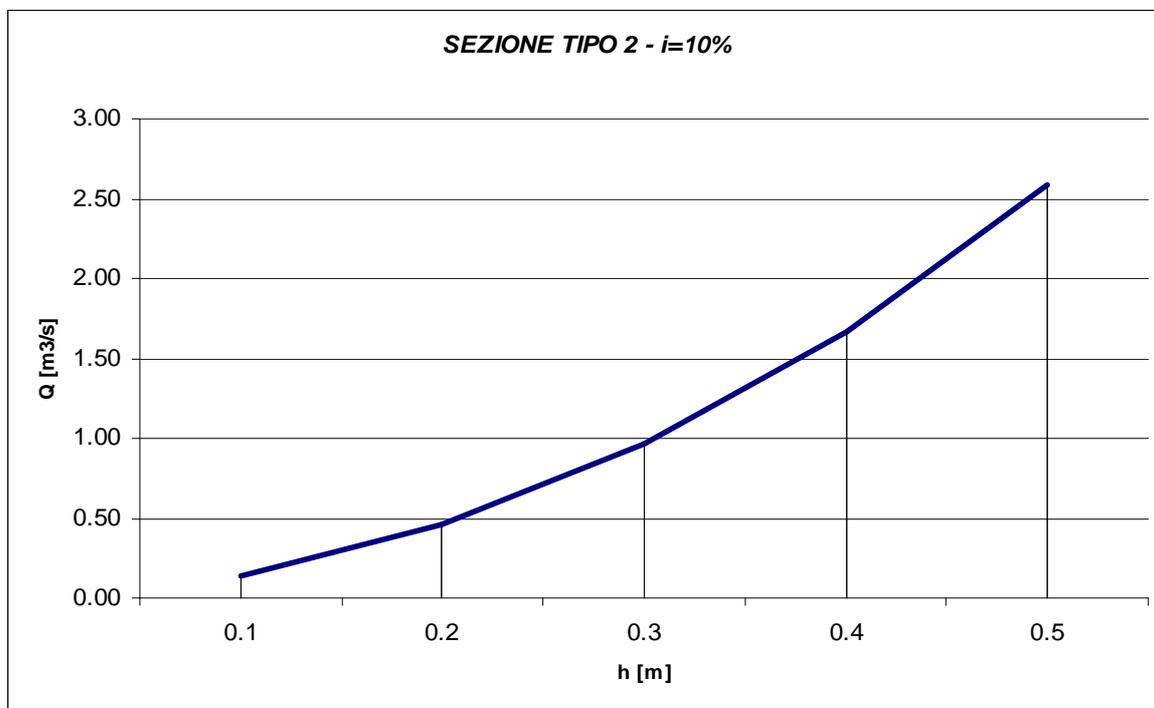
Sezione Tipo 2 – $i=3\%$ - Scala delle Velocità



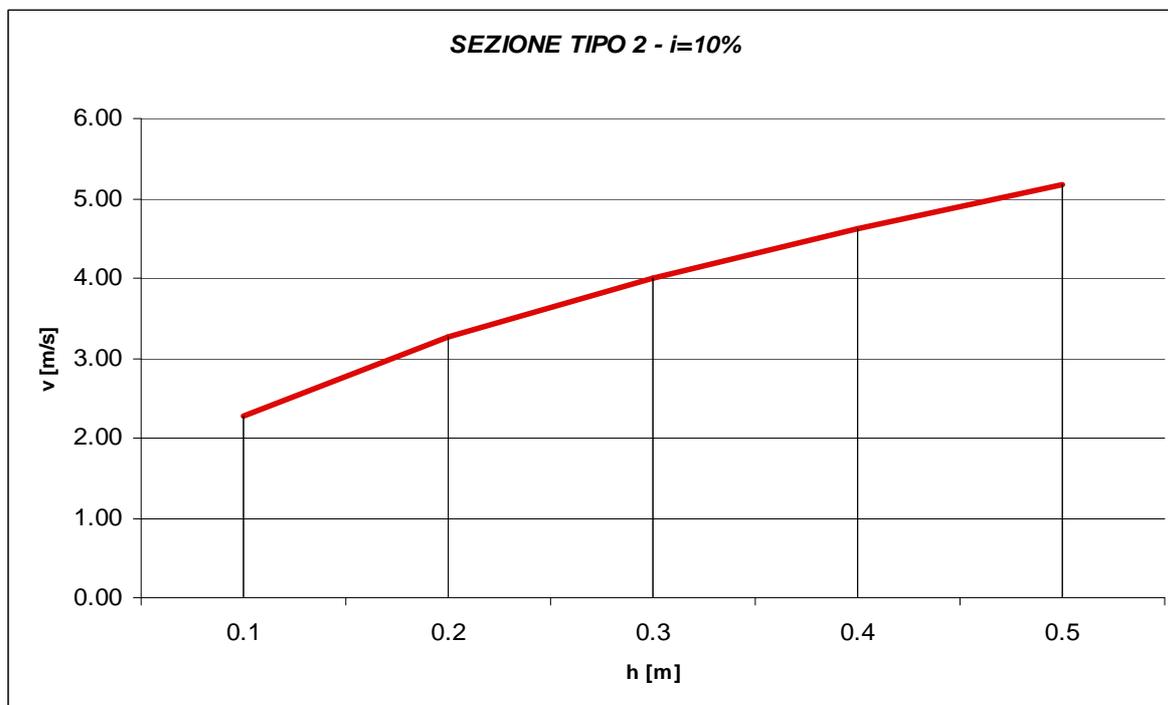
Sezione Tipo 2 – $i=5\%$ - Scala delle Portate



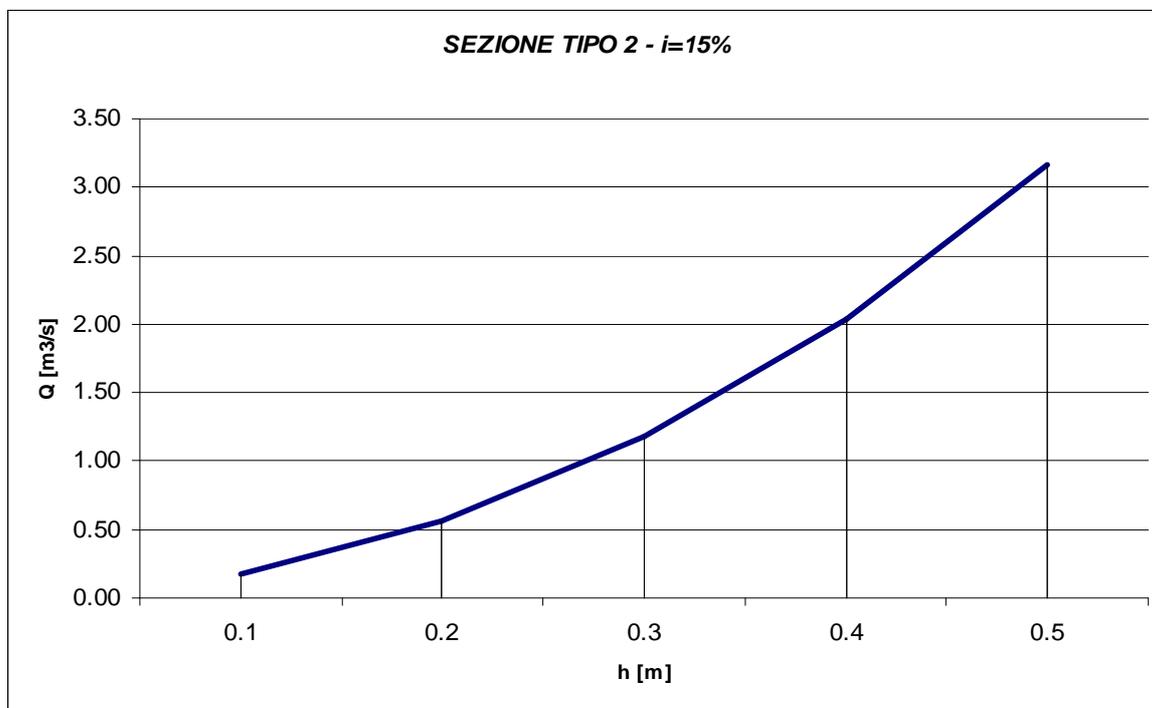
Sezione Tipo 2 – $i=5\%$ - Scala delle Velocità



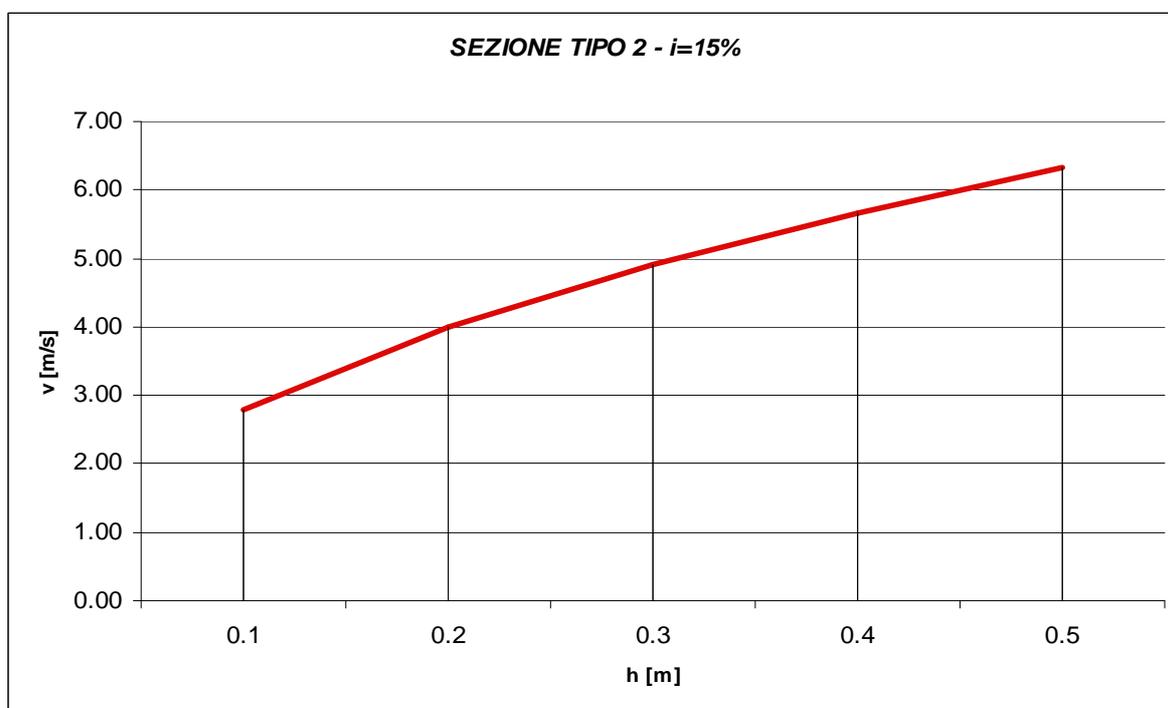
Sezione Tipo 2 – $i= 10\%$ - Scala delle Portate



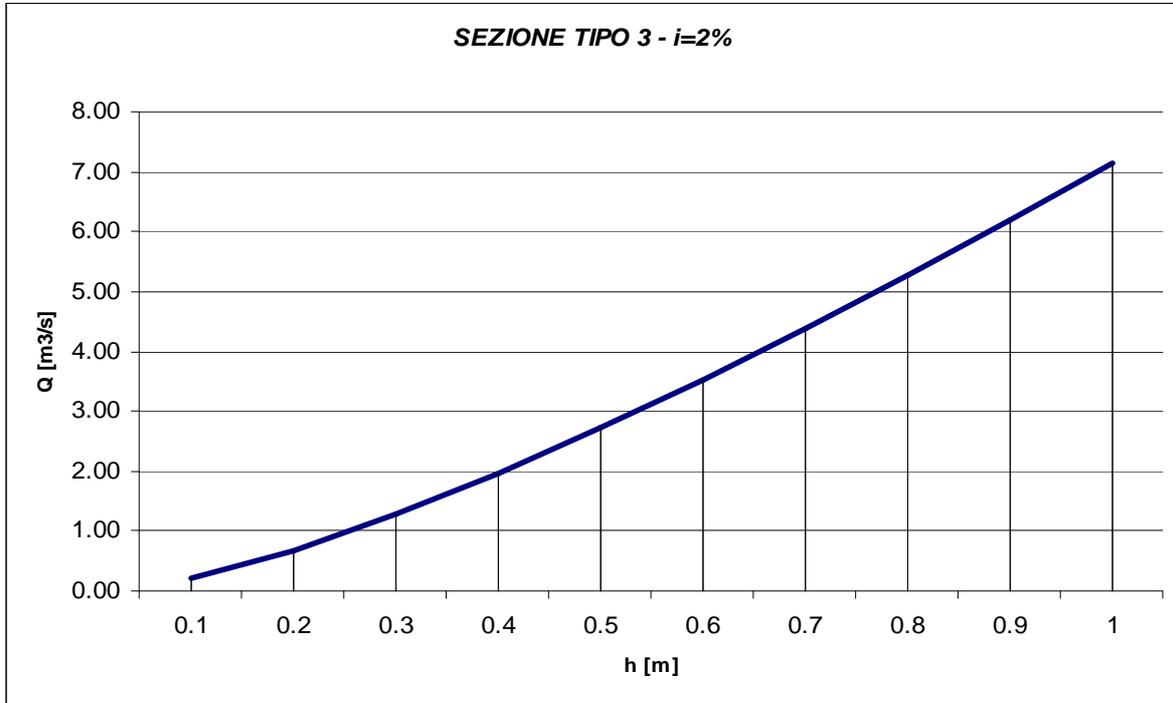
Sezione Tipo 2 – $i= 10\%$ - Scala delle Velocità



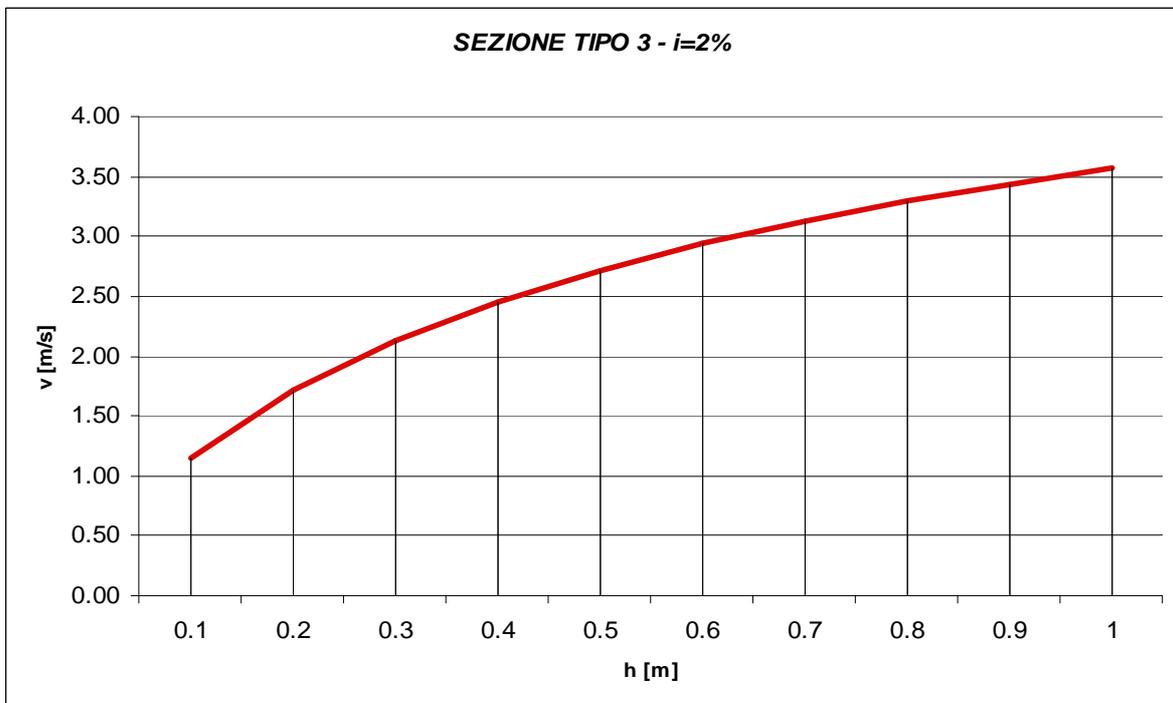
Sezione Tipo 2 – $i= 15\%$ - Scala delle Portate



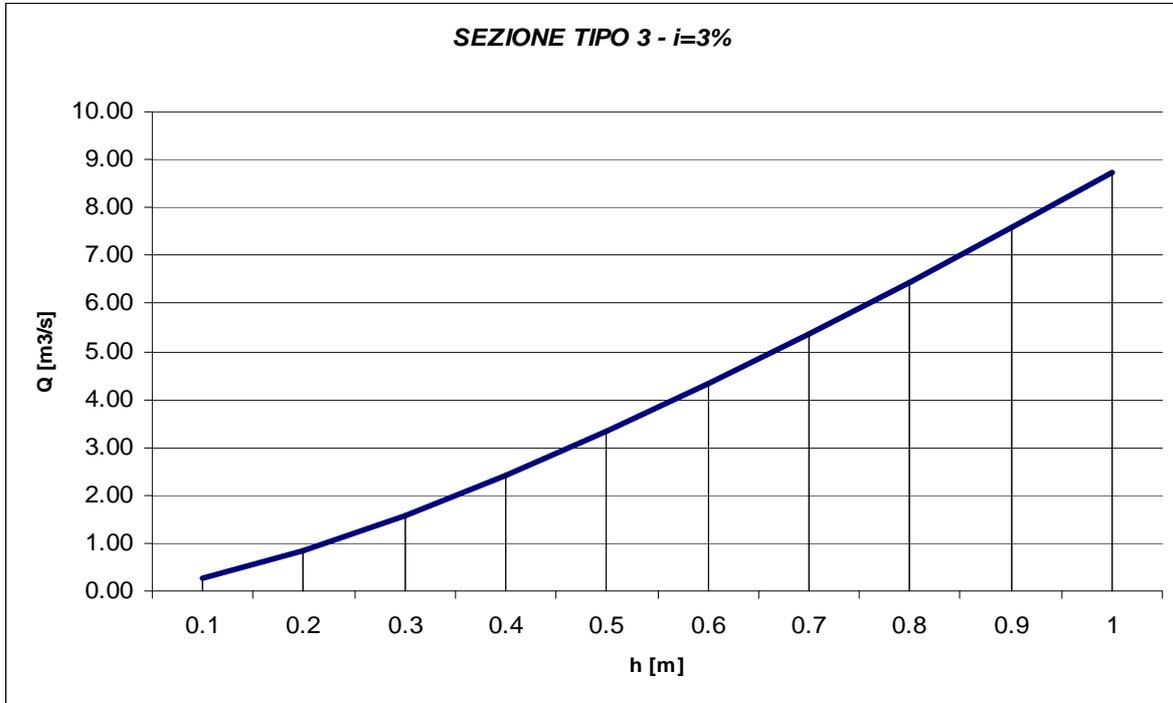
Sezione Tipo 2 – $i= 15\%$ - Scala delle Velocità



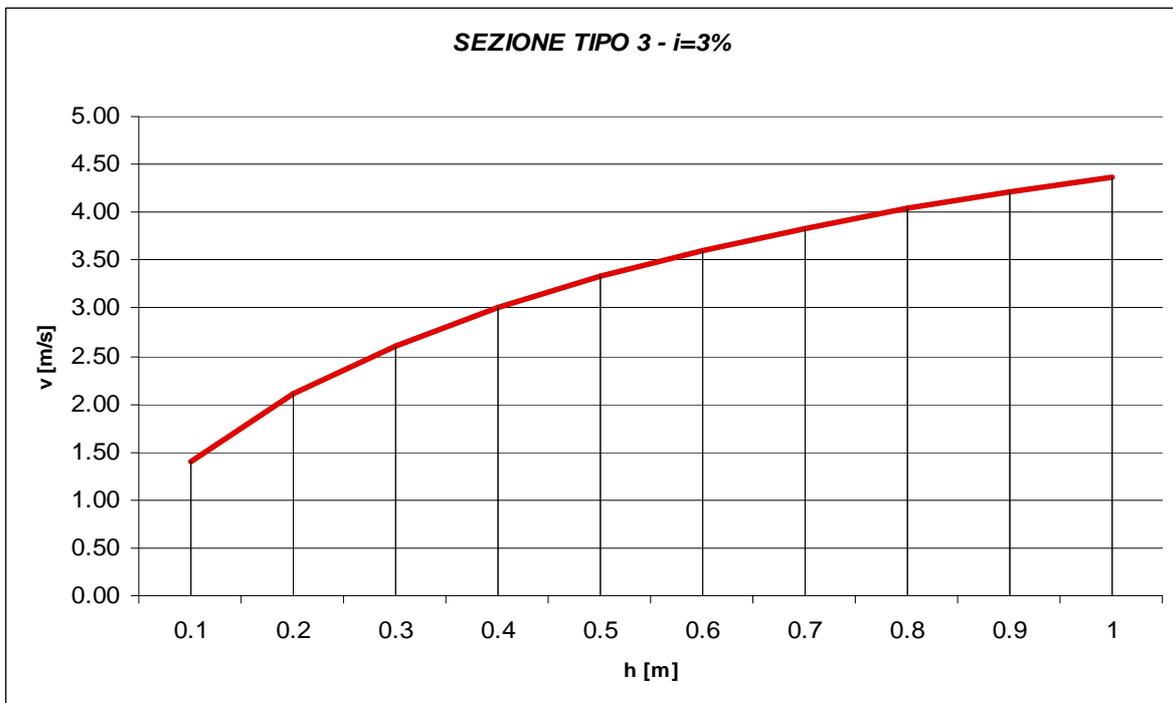
Sezione Tipo 3 – $i=2\%$ - Scala delle Portate



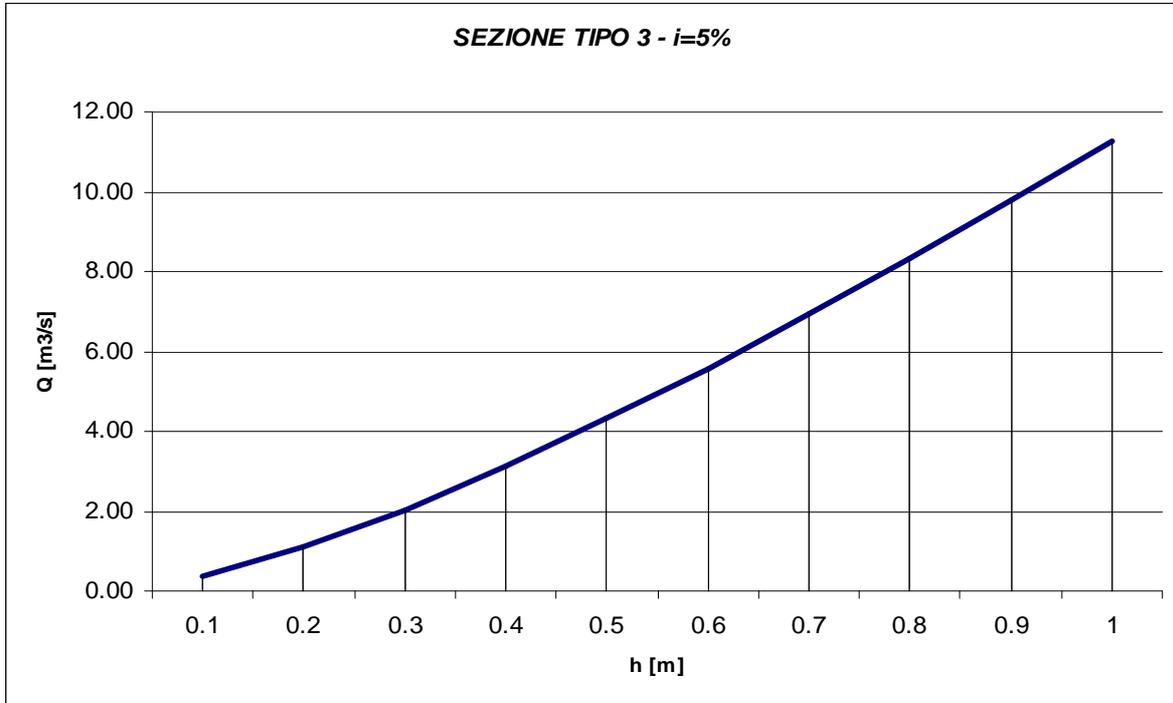
Sezione Tipo 3 – $i=2\%$ - Scala delle Velocità



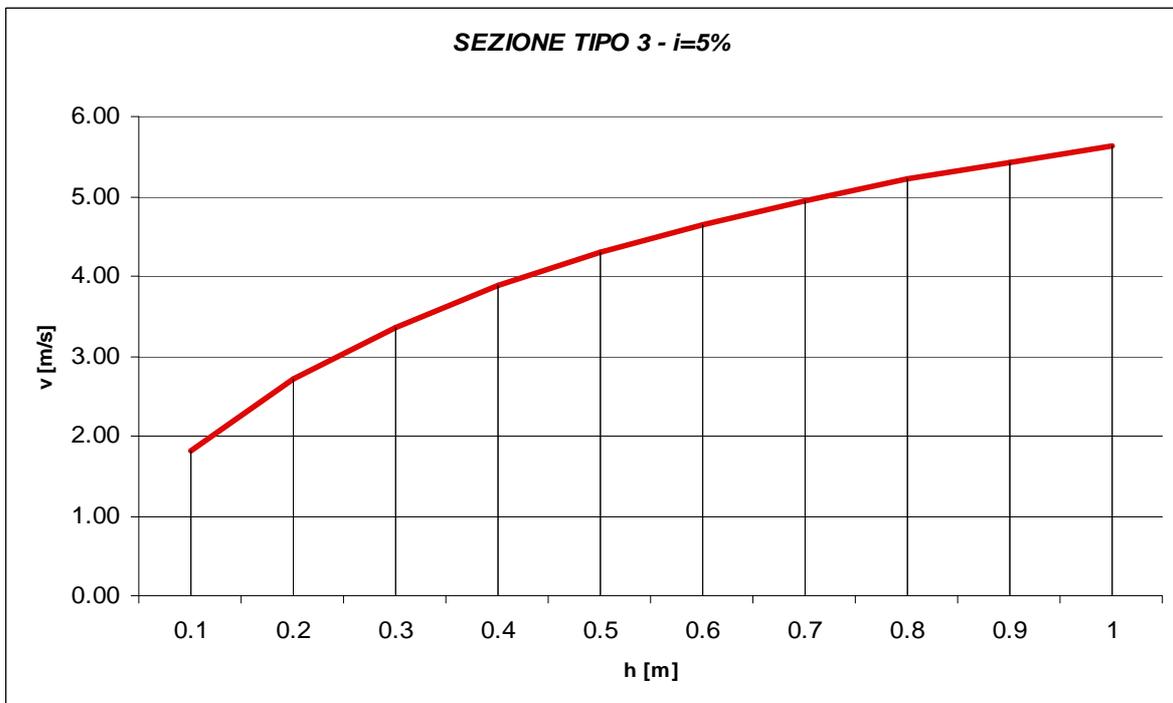
Sezione Tipo 3 – $i=3\%$ - Scala delle Portate



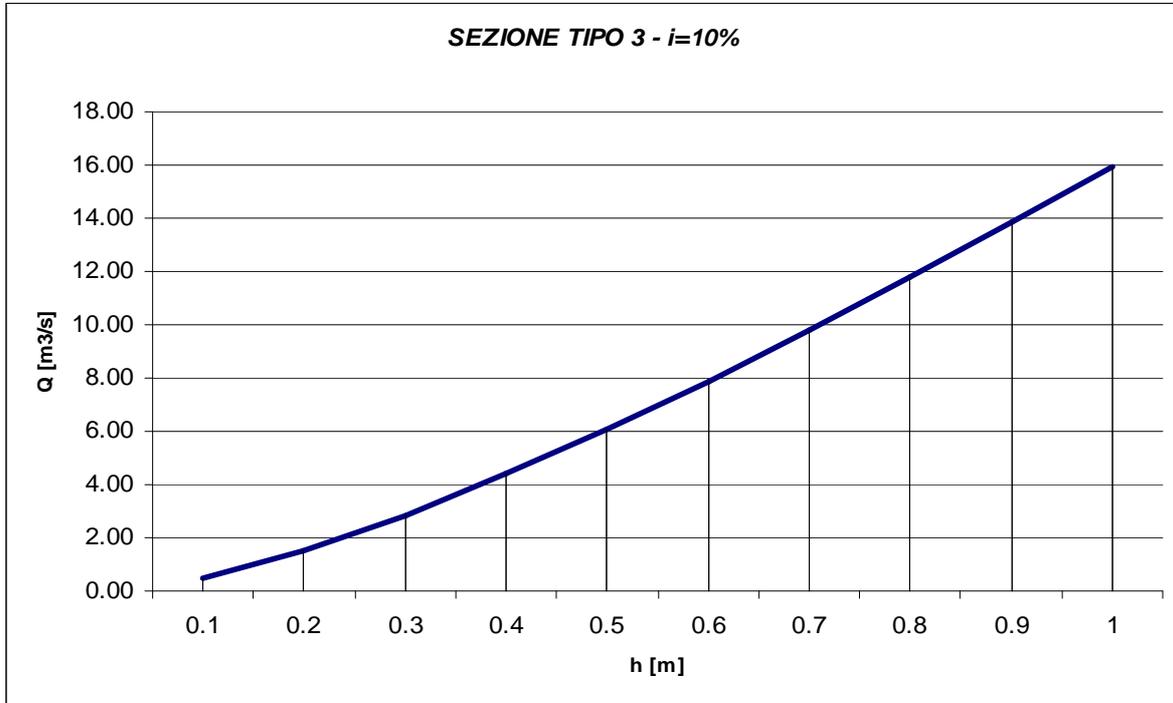
Sezione Tipo 3 – $i=3\%$ - Scala delle Velocità



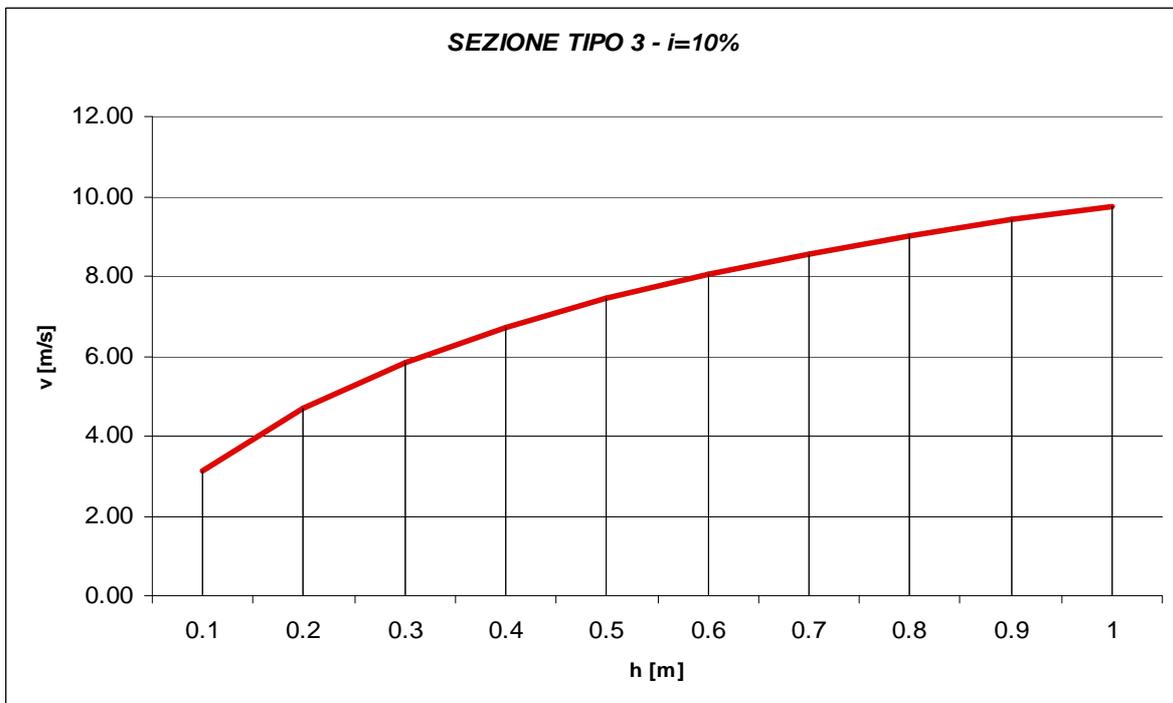
Sezione Tipo 3 – i= 5% - Scala delle Portate



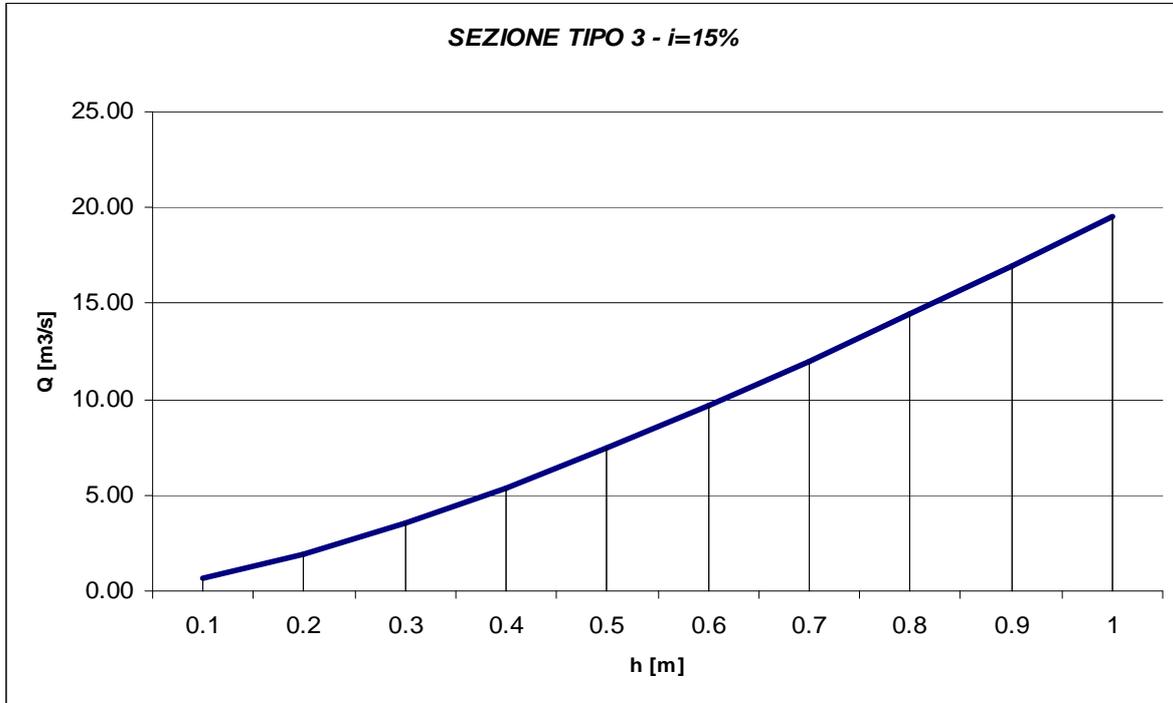
Sezione Tipo 3 – i= 5% - Scala delle Velocità



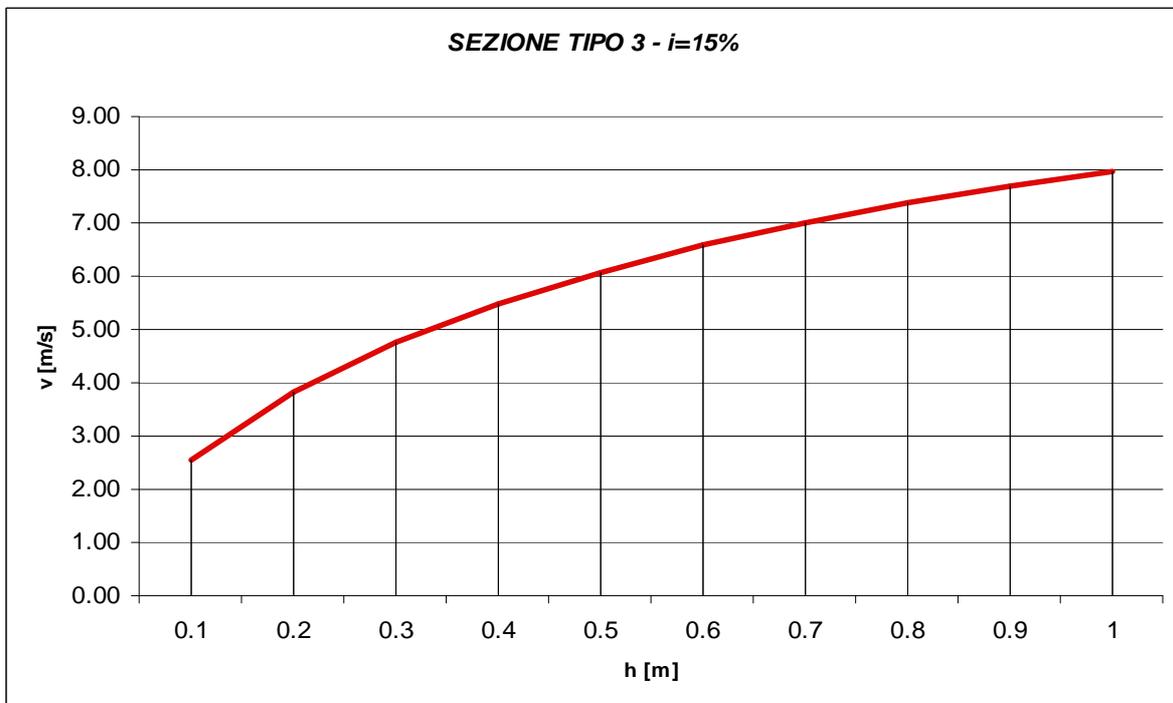
Sezione Tipo 3 – $i= 10\%$ - Scala delle Portate



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



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



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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
		AL3 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0796_F0	<i>Rev</i> F0

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.

AL3	SEZIONE TIPO "2"								
Tratto	Superficie m ²	Portata di Calcolo m ³ /s	Pendenza %	H [m]	B [m]	A [m ²] m ²	P [m] [m]	R [m] [m]	v [m/s] [m/s]
A1-A2	11 521	0.60	6.20%	0.25	1.00	0.19	1.21	0.16	3.23
A3-A4	12 450	0.65	15.00%	0.20	0.91	0.14	1.08	0.13	4.55
A4-A2	20 385	1.07	1.50%	0.49	1.47	0.48	1.88	0.26	2.22

Tabella 3.1. Verifica del canale tipo 2

SEZIONE TIPO "3"									
Tratto	Superficie m ²	Portata di Calcolo m ³ /s	Pendenza %	H [m]	B [m]	A [m ²] m ²	P [m] [m]	R [m] [m]	v [m/s] [m/s]
A2-A5	116 843	6.13	9.00%	0.37	2.00	0.74	1.55	0.48	8.26

Tabella 3.2. Verifica del canale tipo 3