

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

Rilevato di Linea III Valico da pk 29+064,72 a pk 29+491,39

Relazione idraulica reticolo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R I	R I 1 2 0 X	0 0 2	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	ALPINA <i>Adriano Fara</i>	27/09/2013	COCIV <i>[Signature]</i>	27/09/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/09/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX
-----------	--

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo	Foglio 3 di 39

INDICE

INDICE.....		3
1. PREMESSA		5
2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE		6
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI.....		6
4. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....		8
5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO		9
6. PORTATA DI PROGETTO		11
6.1. Portate al colmo		11
6.2. Portata di smaltimento piattaforma.....		14
7. VERIFICHE IDRAULICHE		15
7.1. Verifiche delle inalveazioni.		15
7.1.1. Fosso 4		17
7.1.2. Fosso 6		18
7.1. Verifiche dei canali di gronda del fosso 6		19
7.2. Verifiche dei gradoni del fosso 4		23
7.3. Verifica dei tombini		23
7.1. Verifica protezioni dell'alveo		24
7.1.1. Metodo di Calcolo		24
7.1.2. Risultati		24
8. OPERE PROVVISORIALI.....		25
8.1. Portata di progetto		25
8.1.1. <i>Periodo di ritorno</i>		25
8.1.2. <i>Metodo della portata indice</i>		26
8.2. Verifica del tombino provvisorio.....		27
9. CONCLUSIONI		27
ALLEGATO 1		29

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica
reticolo

Foglio
4 di 39

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo</p>	<p>Foglio 5 di 39</p>

1. PREMESSA

La presente relazione riporta le verifiche idrauliche dei canali che interferiscono con la wbs RI12 dalla pk 29+100 alla pk 29+491.

In tale tratto sono presenti tre canali secondari denominati nel seguito “fosso 4”, “fosso 5”, “fosso 6” appartenenti al reticolo idrografico minore del torrente Scrivia; gli attraversamenti dei canali sono posti rispettivamente alle pk 29+150, pk 29+351, pk 29+496 della linea AC Milano –Genova in zona Libarna nel Comune di Serravalle Scrivia (AL).

I canali in oggetto sono tutti affluenti in sinistra del Rio Pradella oggetto della wbs IN11.

Lo studio è finalizzato alla verifica di compatibilità idraulica degli attraversamenti e delle sistemazioni d'alveo nell'ambito del progetto esecutivo della tratta A.V./A.C. Milano-Genova Terzo valico dei Giovi.

Sono previsti i seguenti attraversamenti:

Fosso 4: tombino circolare ϕ 1500, ferrovia

Fosso 5: tombino circolare ϕ 1500, viabilità (oggetto della wbs NV20)

Fosso 5: tombino circolare ϕ 1500, ferrovia

Fosso 6: tombino circolare ϕ 2000, ferrovia e piazzola elisoccorso

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con DPCM del 24/5/01, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

Le verifiche e il dimensionamento idraulico delle opere sono state condotte mediante verifiche idrauliche a carattere puntuale con la portata 200-ennale in accordo con le norme del Piano.

Lo studio ha dimostrato la compatibilità idraulica dell'intervento.

Il progetto esecutivo oggetto della presente relazione risponde a quanto previsto nel precedente livello di progettazione definitiva; in questa ulteriore fase sono stati sviluppati gli elaborati conformemente al livello progettuale esecutivo per fornire i necessari elementi di dettaglio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 6 di 39

2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE

In fase di approvazione del Progetto Definitivo del Terzo valico dei Giovi – linea AV/AC Milano-Genova – con delibera CIPE 80/2006 non sono presenti prescrizioni specifiche relative all'intervento oggetto della presente relazione.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

La normativa idraulica di riferimento per il versante padano è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con DPCM del 24 maggio 2001, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

Il PAI è sovraordinato a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti e costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscano con il reticolo idrografico.

Esso fornisce i valori delle portate di piena da assumere alla base delle verifiche idrauliche per alcune sezioni significative del reticolo idrografico padano; fornisce altresì le indicazioni per il calcolo delle portate di piena nelle sezioni non indagate sulla base delle curve di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno elaborate per tutto il territorio di competenza.

Il PAI contiene inoltre i criteri a cui attenersi per il dimensionamento delle opere in funzione della tipologia e dei vincoli esistenti.

I criteri adottati nel dimensionamento idraulico delle opere tengono conto delle norme di attuazione del PAI e degli indirizzi e delle indicazioni emerse nel corso dei colloqui con il competente Ufficio provinciale del Genio Civile di Alessandria della Regione Piemonte.

Da un punto di vista generale, per quanto riguarda la viabilità, si distinguono i casi di adeguamento della viabilità esistente e di realizzazione di nuova viabilità.

Nei casi in cui l'adeguamento della viabilità esistente, pur se a raso, si limita ad un semplice intervento di manutenzione senza interferenze con l'attuale assetto idraulico dell'alveo e delle aree adiacenti, non è prevista alcuna sistemazione idraulica, anche se l'intervento dovesse ricadere in area inondabile.

Nei casi in cui tale adeguamento comporti invece la realizzazione di opere interferenti con il corso d'acqua e/o con le sponde (muri di sostegno, argini, sbalzi ecc.), e nei casi di realizzazione di nuovi tratti di viabilità e/o nuovi attraversamenti, l'intervento previsto, pur nel rispetto dei vincoli imposti dalla progettazione stradale, è stato comunque orientato a garantire il deflusso della portata 200-ennale in condizioni di sicurezza lungo tutto il tronco del corso d'acqua interessato, anche attraverso una nuova sistemazione dell'alveo e delle sponde.

Da un punto di vista generale le sistemazioni idrauliche sono limitate allo stretto necessario alla funzionalità dell'opera nel rispetto dell'attuale configurazione dei corsi d'acqua interferenti; si è verificato che gli interventi non comportassero in nessun caso restringimenti di alveo e non inducessero in generale effetti peggiorativi sul regime idraulico del corso d'acqua, con particolare riferimento agli effetti indotti sulla sponda opposta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo	Foglio 7 di 39

Al fine di preservare le opere dai possibili fenomeni erosivi della corrente, le fondazioni dei muri d'argine e delle opere in alveo in sono impostate ad una quota adeguatamente inferiore alla quota minima del fondo alveo (Talweg) e, quando necessario, protette con strutture elastiche quali scogliere di massi naturali, materassi tipo "Reno" o gabbioni, mantenendo per quanto possibile la naturalità dell'alveo e delle sponde.

Lungo i tratti di viabilità di cui è previsto l'adeguamento è stata effettuata la verifica idraulica dei manufatti di attraversamento esistenti al fine di individuare quelli ritenuti sufficienti al deflusso della portata 200-ennale, che possono pertanto essere mantenuti, e quelli di cui è opportuno prevedere il rifacimento perché insufficienti.

Il criterio adottato è quello di un franco minimo di 0.5 m rispetto all'intradosso per ponti, ponticelli e scatolari per i corsi d'acqua significativi (con superficie del bacino sotteso superiore a 0.2 Km²) e di un rapporto d'invaso inferiore a 0.75 per i manufatti di attraversamento dei corsi d'acqua minori (superficie del bacino inferiore a 0.2 Km²).

Nel caso di nuovi attraversamenti, per i corsi d'acqua secondari, in mancanza di specifiche indicazioni contenute nel P.A.I. o fornite direttamente dagli Uffici tecnici competenti, si è assunta quale dimensione minima dei manufatti di attraversamento una tubazione Ø 1500.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 8 di 39

4. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Fosso 4

Il fosso 4, è un canale secondario molto piccolo, affluente di sinistra del Rio Pradella, nel tratto interessato dall'intervento il fosso ha andamento est- ovest

L'area complessiva del bacino sotteso alla sezione di interferenza con la linea è di circa 0.02 km²; il suo territorio appartiene amministrativamente al Comune di Serravalle Scrivia.

Il bacino presenta una forma arrotondata, con quote comprese tra 234 m s.l.m. e 255 m s.l.m.; il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di un asta principale di lunghezza pari a circa 120 m, e pendenza media pari al 17%. Il bacino non risulta urbanizzato.

L'alveo naturale è caratterizzato in tale tratto da sezioni irregolari non molto incise, la pendenza longitudinale dell'asta è dell'ordine del 5%.

Fosso 5

Il fosso 5, è un canale secondario, affluente di sinistra del Rio Pradella, in un primo tratto al piede del versante il fosso ha andamento est-ovest, poi devia verso nord costeggiando la strada comunale in adiacenza ai capannoni industriali; dopo un breve tratto devia ancora verso ovest, e dopo aver sottopassato la zona industriale, recapita nel Rio Pradella.

L'area complessiva del bacino sotteso alla sezione di interferenza con la linea è di circa 0.07 km²; il suo territorio appartiene amministrativamente al Comune di Serravalle Scrivia.

Il bacino presenta una forma allungata, con quote comprese tra 230 m s.l.m. e 300 m s.l.m.; il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di un asta principale di lunghezza pari a circa 510 m, e pendenza media pari al 14%. Il bacino non risulta urbanizzato.

Fosso 6

Il fosso 6, è un canale secondario, affluente di sinistra del Rio Pradella avente andamento sud-nord; è posizionato al piede della scarpata della strada provinciale 161, subito a monte dell'accesso alla zona industriale il fosso devia verso ovest e dopo aver sottopassato un capannone, recapita nel Rio Pradella.

L'area complessiva del bacino sotteso alla sezione di interferenza con la linea è di circa 0.2 km²; il suo territorio appartiene amministrativamente al Comune di Serravalle Scrivia.

Il bacino presenta una forma arrotondata, con quote comprese tra 232 m s.l.m. e 400 m s.l.m.; il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di un asta principale di lunghezza pari a circa 590 m, e pendenza media pari al 18%. Il bacino non risulta urbanizzato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 9 di 39

5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Fosso 4

Per la sistemazione del fosso 4 è prevista la posa di una canaletta prefabbricata in cemento armato, e la realizzazione di un tombino circolare $\phi 1500$ di attraversamento della ferrovia.

Il tombino circolare incrocia la linea A.C alla pk 29+150, sarà realizzato con tubazioni in cls del diametro 1500 mm, la lunghezza complessiva è pari a circa 55 m, la pendenza longitudinale è pari al 5,4%.

L'asse del tombino ricalca l'andamento planimetrico dell'incisione, indi per cui l'attraversamento della linea ferroviaria avviene in modo non perpendicolare.

La sistemazione dell'alveo eseguita per circa 70m a monte del tombino consiste nella posa di una canaletta prefabbricata trapezoidale delle seguenti dimensioni: base minore 1.5m, base maggiore 2.75 m, altezza 1.25, con pendenza di posa del 5.4%

La sistemazione dell'alveo eseguita per circa 40 m a valle del tombino consiste nella posa di una canaletta prefabbricata rettangolare di dimensioni 2.95x1.25 m, con pendenza del 4%.

Le canaline verranno posate su uno strato di cls magro dello spessore di 10 cm e raccordate al terreno circostante mediante ritombamento.

Nel tratto di immissione del rio Pradella la sponda è molto acclive e presenta un dislivello pari a circa 8 metri; allo scopo di dissipare la velocità e l'energia posseduta dalla corrente, in tale tratto è stata prevista una sistemazione del tipo a gradoni caratterizzata da 5 salti di fondo di altezza pari a 1,1 m.

Fosso 5

Per la descrizione dell'intervento inerente il fosso5 si rimanda alla wbs NV20; la presente relazione concerne solamente il tombino circolare che sottopassa la ferrovia.

Il tombino circolare, sarà realizzato con tubazioni in cls del diametro 1500 mm, la lunghezza complessiva è pari a circa 20 m, la pendenza longitudinale è pari al 1,7%.

Fosso 6

Per l'inalveazione del fosso 6 è prevista la posa di una canaletta prefabbricata in cemento armato, e la realizzazione di un tombino circolare $\phi 2000$ di attraversamento della ferrovia.

Il tombino circolare incrocia la linea A.C alla pk 29+496, sarà realizzato con tubazioni in cls del diametro 2000 mm, la lunghezza complessiva è pari a 75 m, la pendenza longitudinale è pari al 1,0%.

Il tombino in oggetto sottopassa la linea ferroviaria e la piazzola elisoccorso, l'attraversamento della linea avviene in modo perpendicolare, a valle della stessa al di sotto del piazzale elisoccorso è presente un pozzetto di curvatura, e al di fuori del piazzale è presente un tratto di canalina che dopo aver ricevuto il contributo del canale di gronda di valle, si riporta sull'allineamento esistente del fosso.

La sistemazione dell'alveo eseguita per circa 40 m a monte del tombino e 70 m a valle consiste nella posa di una canaletta prefabbricata trapezoidale delle seguenti dimensioni: base minore 2.0m, base maggiore 2.8 m, altezza 1.55 m. La canalina verrà posata su uno strato di cls magro dello spessore di 10 cm e raccordata al terreno circostante mediante ritombamento.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo	Foglio 10 di 39

Subito a monte del tombino ferroviario è presente un manufatto di immissione del canale di gronda posto sul versante ad ovest, mentre l'immissione del canale di gronda est avviene circa 25 metri a valle dell'attraversamento.

Il canale di gronda ovest è caratterizzato da una sezione trapezia delle seguenti dimensioni: base minore 2.0 m, base maggiore 4.0 m, altezza 1.0, realizzata in massi cementati; mentre per la sistemazione del canale di gronda ovest è prevista una sezione di dimensioni: base minore 0.5m, base maggiore 1.5 m, altezza 0.5 m.

Dal punto di vista realizzativo sarà eseguita la regolarizzazione del piano di appoggio mediante la posa di un geotessile bitumato del peso uguale o superiore a 500gr/m² che garantirà l'impermeabilizzazione della sezione e la disposizione dei massi cementati per uno spessore variabile da 30 a 70 cm a seconda delle dimensioni della sezione.

Essendo i canali di gronda posati sul versante compreso tra la linea ferroviaria e la provinciale 161; allo scopo di dissipare la velocità e l'energia posseduta dalla corrente a causa della forte acclività, è stata prevista una sistemazione del tipo a gradoni caratterizzata da salti di fondo di altezza pari a 1,0 m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo

6. PORTATA DI PROGETTO

6.1. Portate al colmo

Data la mancanza di osservazioni dirette dei deflussi naturali (idrometria), nella valutazione delle portate massime probabili del corso d'acqua intercettato, si è fatto necessariamente riferimento a schemi di calcolo basati su una determinazione indiretta, a partire dalle curve di possibilità climatica caratteristiche dei rispettivi bacini.

Le curve di possibilità climatica vengono espresse nella seguente forma:

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

Dove:

h = altezza di pioggia

t = tempo

a, n = costanti

Le costanti delle CPP, per i diversi tempi di ritorno, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km², utilizzate per i bacini, sono le seguenti:

a 50	n 50	a 200	n 200	a 500	n 500
67.86	0.384	84.20	0.381	94.99	0.379

Tabella 1 – Valori di a,n delle CPP

Il calcolo della portata al colmo è stato eseguito secondo il “metodo razionale”.

La caratterizzazione idrologica di piena per un bacino idrografico viene eseguita ragguagliando il valore di pioggia intensa per prefissato tempo di ritorno assegnato allo stesso bacino e successivamente attraverso un metodo di correlazione afflussi - deflussi si calcola il valore della portata. In tali casi vengono attribuiti alle piene gli stessi tempi di ritorno delle precipitazioni che le hanno generate.

Tale metodo di correlazione afflussi-deflussi è basato sull'ipotesi che la portata massima in un bacino, dovuta a precipitazioni di intensità costante nel tempo, si ha per eventi di durata pari al tempo di corrivazione t_c del bacino stesso e si verifica dopo il tempo t_c dall'inizio del fenomeno.

Il calcolo della portata avviene mediante l'applicazione della formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

S = superficie del bacino (km²);

c = coefficiente di deflusso valutato in base a considerazioni di tipo generale;

h = altezza massima di precipitazione per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 12 di 39

Si è precedentemente osservata la necessità di valutare il tempo di corrivazione del bacino in esame allo scopo di definire la durata critica dell'evento di pioggia da considerare nell'applicazione del metodo razionale, considerando come tempo minimo di corrivazione 10 minuti.

La formula adottata per la stima di tale valore è quella di Tournon che necessita come dati di input di alcuni valori relativi alle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche dei bacini definiti alle rispettive sezioni di chiusura.

Per i bacini in esame i dati caratteristici sono riassunti di seguito:
(Tra parentesi è indicata la posizione della sezione di chiusura)

Bacino 4

S (km ²)	0.02
L (km)	0.12
Pendenza media asta i (%)	5.0
Pendenza media bacino i _m (%)	5.7

Bacino 5

S (km ²)	0.07
L (km)	0.51
Pendenza media asta i (%)	14.0
Pendenza media bacino i _m (%)	15.0

Bacino 6 (subito a monte del tombino ferroviario)

S (km ²)	0.20
L (km)	0.59
Pendenza media asta i (%)	18.0
Pendenza media bacino i _m (%)	45.0

Sottobacino 6.1 (canale principale a monte dell'immissione del canale di gronda est)

S (km ²)	0.17
L (km)	0.56
Pendenza media asta i (%)	14.9
Pendenza media bacino i _m (%)	45.0

Sottobacino 6.2 (canale di gronda ovest)

S (km ²)	0.03
L (km)	0.34
Pendenza media asta i (%)	53.4
Pendenza media bacino i _m (%)	53.4

Sottobacino 6.3 (canale di gronda est)

S (km ²)	0.01
L (km)	0.28
Pendenza media asta i (%)	58.7
Pendenza media bacino i _m (%)	58.7

Bacino 6.4 (canale principale a valle dell'immissione del canale di gronda est)

S (km ²)	0.22
L (km)	0.69
Pendenza media asta i (%)	12.6
Pendenza media bacino i _m (%)	45.0

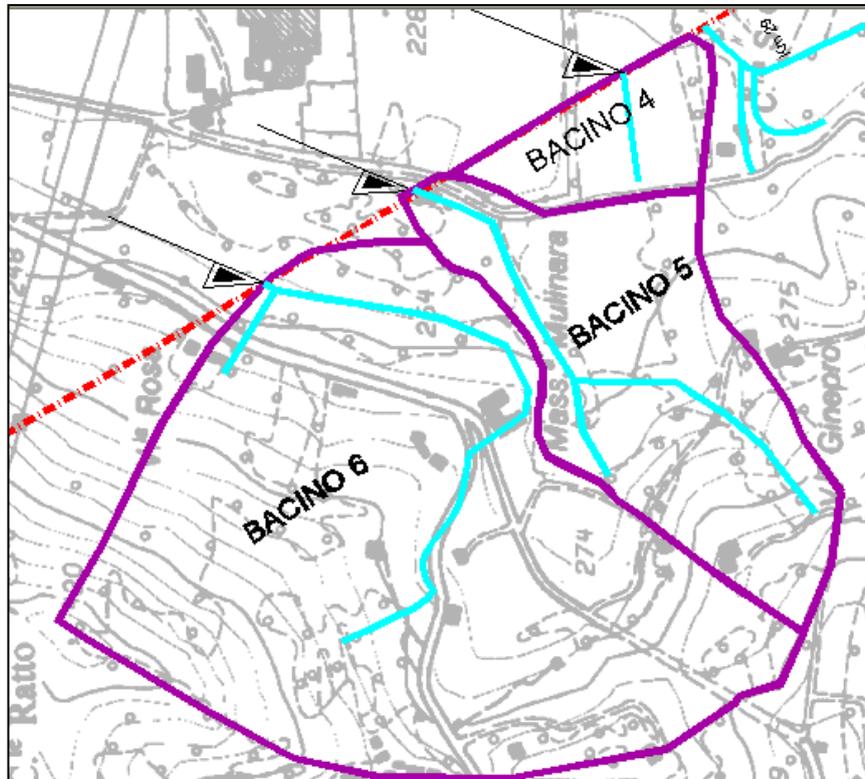


Figura 1 – Delimitazione dei bacini

La pendenza dell'asta principale è stata determinata utilizzando la relazione del Fornari che permette la determinazione di tale parametro dal valore della pendenza dei singoli tratti, utilizzando la media pesata:

$$i = (\sum_{k=1}^n l_k \sqrt{i_k})^{-1} * L$$

dove l_k ed i_k sono rispettivamente la lunghezza e la pendenza dei singoli tratti omogenei in cui l'asta principale si considera divisa.

Formula di Tournon:

$$t_c = 0,396 \cdot \frac{L}{i} \frac{A}{L^2 \cdot \frac{i_m}{i}} \quad [ore]$$

Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Bacino 4	Bacino 5	Bacino 6	Bacino 6.1	Bacino 6.2	Bacino 6.3	Bacino 6.4
[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]
15.4	12.3	15.9	15.0	10.0	10.0	16.7

Tabella 2 – Valori del tempo di corrivazione dei bacini

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 14 di 39

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente delicata e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Esso ha un significato “sintetico”, essendo mediato su tutto il comprensorio in esame: esprime globalmente il rapporto fra i deflussi, che attraversano la sezione di chiusura in un intervallo definito nel tempo, e gli afflussi meteorici.

Tale parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, adattandoli alle effettive caratteristiche del bacino in studio, anche in base all'esperienza.

Per il caso in esame è stato adottato un coefficiente pari a 0,8.

Le portate idrologiche risultanti per i differenti bacini in corrispondenza del tempo di ritorno Tr200, sono riassunte in tabella 3:

Bacino 4	Bacino 5	Bacino 6	Bacino 6.1	Bacino 6.2	Bacino 6.3	Bacino 6.4
[m ³ /s]						
0.87	3.60	8.53	7.60	1.05	0.46	9.11

Tabella 3– Valori di portata al colmo TR200

6.2. Portata di smaltimento piattaforma

Per il calcolo della portata al colmo derivante dallo smaltimento delle acque di piattaforma del rilevato ferroviario si rimanda alla relazione idraulica della wbs RI12.

L'apporto complessivo per i vari fossi è pari a:

Fosso 4 0.163 m³/s (a monte tombino)

Fosso 5 0.000 m³/s

Fosso 6 0.052 m³/s (a monte tombino)

0.923 m³/s (a valle tombino)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 15 di 39

7. VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche riguardano il calcolo dei livelli idrici e delle velocità che si instaurano nei fossi prima e dopo la realizzazione dell'opera in progetto in corrispondenza della portata al colmo con tempo di ritorno 200 anni.

La base geometrica

Per lo studio idraulico è stato condotto un rilievo celerimetrico, da cui sono state ricavate:

14 sezioni trasversali per il fosso 4

12 sezioni trasversali per il fosso 6

Scabrezze

Non avendo operato uno studio specifico riguardante la granulometria e le condizioni morfologiche dell'alveo, per quanto riguarda la definizione del coefficiente di scabrezza da utilizzare nel modello, sono stati presi a riferimento gli standard Italferr.

Per il tratto di alveo esaminato sono stati quindi considerati coefficienti di Strickler, pari a $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i canali in terra, pari a $400 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i canali rivestiti in massi e pari a $67 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i canali in calcestruzzo.

7.1. Verifiche delle inalveazioni.

In conseguenza del fatto che la sistemazione di progetto dell'incisione principale è del tipo a gradoni, sono stati considerati due differenti approcci: quello della verifica puntuale in moto uniforme con pendenza del gradone pari al 3% per il fosso 4 e pari all'1% per il fosso 6 e quello in cui l'inalveazione viene trattato come un vero e proprio manufatto di dissipazione a gradoni.

Quest'ultimo approccio è stato considerato anche in virtù del fatto che l'altezza di moto uniforme difficilmente si realizzerà in tale tratto di canale avendo i gradoni lunghezza limitata.

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente in condizioni di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, χ [$\text{m}^{1/2} \text{s}^{-1}$] il coefficiente di attrito, A [m^2] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza dell'alveo.

Le pendenze medie dell'alveo sono state calcolate sulla base dei rilievi di dettaglio o sulla base cartografica disponibile alle diverse scale.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [$\text{m}^{-1/3} \text{s}$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione della natura dell'alveo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo</p>	<p>Foglio 16 di 39</p>

La determinazione della profondità di moto uniforme sarebbe valida per pendenza non troppo elevate, solitamente si considera il 10% come limite di applicabilità; per quanto riguarda lo stato di fatto il metodo è stato applicato anche se tale limite viene superato.

7.1.1. Fosso 4

Stato di fatto

Sono state indagate 2 sezioni trasversali.

Le pendenze medie sono state calcolate considerando tratti di alveo della lunghezza pari a 50 m con la sezione in esame posta al centro di tale tratto.

Il coefficiente di scabrezza K_s adottato è pari a 30.

In tabella 4 sono riassunti i valori delle variabili idrauliche di interesse.

Sezione	Q bacino	Pendenza	Altezza moto uniforme (ho)	Energia di moto uniforme (Eo)	Altezza critica (K)	Tipo di corrente	Velocità
	m ³ /s	%	m	m	m		m/s
3	0.87	4.25	0.169	0.765	0.313	Corrente Veloce	3.42
13	0.87	42.05	0.162	0.798	0.281	Corrente Veloce	3.53

Tabella 4 – Variabili idrauliche delle sezioni esistenti del fosso4

La corrente di moto uniforme è una corrente di tipo veloce ($h < k$) con valori del battente ampiamente contenuti all'interno delle sponde e valori della velocità elevati.

Progetto

Sono state indagate le 2 differenti sezioni trasversali in progetto.

Il coefficiente di scabrezza K_s adottato è pari a 67.

In tabella 5 sono riassunti i valori delle variabili idrauliche di interesse

Sezione	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Pendenza	Altezza moto uniforme (ho)	Energia di moto uniforme (Eo)	Altezza critica (K)	Tipo di corrente	Velocità
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%	m	m	m		m/s
Trapezia 1.50X1.25	0.87	0	0.87	5.4	0.143	0.904	0.314	Corrente veloce	3.87
Ret. 2.95x1.50	0.87	0.16	1.03	4.0	0.116	0.581	0.232	Corrente veloce	3.02

Tabella 5 – Variabili idrauliche delle sezioni di progetto del fosso4

Anche nella configurazione di progetto la corrente di moto uniforme è una corrente di tipo veloce ($h < k$) con valori del battente ampiamente contenuti all'interno delle sponde e valori della velocità abbastanza elevati.

Confronto

In tabella 6 vengono confrontati i valori delle variabili idrauliche dello stato di fatto e di progetto.

Sezione Stato di fatto	Sezione Progetto	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Pendenza Stato di fatto	Pendenza Progetto	ho Stato di fatto	ho progetto	Velocità Stato di fatto	Velocità Progetto
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m	m	m/s	m/s
3	Trapezia 1.50X1.25	0.87	-	0.87	4.25	5.4	0.169	0.143	3.42	3.87
13	Ret. 2.95x1.50	0.87	0.16	1.03	42.05	4.0	0.162	0.116	3.53	3.02

Tabella 6 – Confronto tra le variabili idrauliche nello stato di fatto e di progetto del fosso4

I livelli di moto uniforme di progetto sono leggermente inferiori rispetto a quelli dello stato di fatto, la velocità della corrente si mantiene abbastanza elevata, tali valori risultano tuttavia compatibili con la sezioni in calcestruzzo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo		Foglio 18 di 39

7.1.2. Fosso 6

Stato di fatto

Sono state indagate 2 sezioni trasversali in corrispondenza dell'incisione principale.

Le pendenze medie sono state calcolate considerando tratti di alveo della lunghezza pari a 50 m con la sezione in esame posta al centro di tale tratto.

Il coefficiente di scabrezza Ks adottato è pari a 30.

In tabella 7 sono riassunti i valori delle variabili idrauliche di interesse.

Sezione	Q bacino	Pendenza	Altezza moto uniforme (ho)	Energia di moto uniforme (Eo)	Altezza critica (K)	Tipo di corrente	Velocità
	m ³ /s	%	m	m	m		m/s
3	7.6	1.0	1.383	1.583	1.287	Corrente Lenta	1.98
6	9.1	2.53	1.155	1.491	1.229	Corrente Veloce	2.57

Tabella 7 – Variabili idrauliche delle sezioni esistenti del fosso 6

I valori del battente sono ampiamente contenuti all'interno delle sponde, tra le due sezioni esiste un passaggio tra corrente lenta e veloce con formazione di risalto idraulico.

Progetto

E' stata indagata la sezione trasversale in progetto per le due differenti portate considerate.

Il coefficiente di scabrezza Ks adottato è pari a 67.

In tabella 8 sono riassunti i valori delle variabili idrauliche di interesse

Sezione	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Pendenza	Altezza moto uniforme (ho)	Energia di moto uniforme (Eo)	Altezza critica (K)	Tipo di corrente	Velocità
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%	m	m	m		m/s
Trap. 2.0x1.55	7.60	0.00	7.60	1.0	0.823	1.711	1.083	Corrente veloce	4.18
Trap. 2.0x1.55	9.11	0.98	10.09	1.0	0.990	2.027	1.294	Corrente veloce	4.51

Tabella 8 – Variabili idrauliche delle sezioni di progetto del fosso 6

La corrente di moto uniforme è una corrente di tipo veloce ($h < k$) con valori del battente ampiamente contenuti all'interno delle sponde e valori della velocità abbastanza elevati.

Confronto

In tabella 9 vengono confrontati i valori delle variabili idrauliche dello stato di fatto e di progetto.

Sezione Stato di fatto	Sezione Progetto	Q Stato di fatto	Q Progetto	Pendenza Stato di fatto	Pendenza Progetto	ho Stato di fatto	ho progetto	Velocità Stato di fatto	Velocità Progetto
		m ³ /s	m ³ /s	%	%	m	m	m/s	m/s
3	Trapezia 2.0X1.55	7.6	7.6	1.0	1.0	1.383	0.823	1.98	4.18
6	Trapezia 2.0X1.55	9.1	10.09	2.5	1.0	1.155	0.990	2.57	4.51

Tabella 9 – Confronto tra le variabili idrauliche nello stato di fatto e di progetto del fosso 6

I livelli di moto uniforme di progetto sono inferiori rispetto a quelli dello stato di fatto, la velocità della corrente si mantiene abbastanza elevata, tali valori sono tuttavia compatibili con la resistenza all'abrasione della sezione trapezia in calcestruzzo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo

7.1. Verifiche dei canali di gronda del fosso 6

A causa degli elevati dislivelli da superare, le sistemazioni dei canali di gronda afferenti al fosso 6 sono state previste del tipo a gradoni.

L'approccio di calcolo considerato è quello valido per i veri e propri manufatti di dissipazione a gradoni, tale approccio è stato considerato anche in virtù del fatto che l'altezza di moto uniforme difficilmente si realizzerà in tale tratto di canale avendo i gradoni lunghezza limitata.

L'inalveazione del tipo a gradoni viene assimilata ad un opera di dissipazione del tipo a scalinata. Le formule esposte nel seguito non sarebbero a rigore applicabili al caso in esame in quanto derivano da esperimenti di laboratorio eseguiti su opere aventi gradini piani. Essendo la pendenza longitudinale contenuta entro un valore dell' 1%, si ritiene tuttavia che la trattazione fornisca risultati di un ordine di grandezza molto simile al reale.

In generale si possono avere due regimi di moto: "regime di vena" e "regime di corrente areata". Nel primo caso la corrente forma un risalto idraulico su ogni gradino, che si comporta quindi come una piccola vasca di dissipazione, mentre nel secondo caso, che si verifica per le portate e le pendenze più elevate, la corrente scorre lungo la gradinata.

Regime di Vena

Secondo le esperienze riportate in letteratura le condizioni perché si verifichi il regime "di vena" sono le seguenti:

$$- \quad h/l < 0.2$$

Dove:

h: larghezza gradino

l: salto del gradino

$$- \quad \frac{K}{h} < 0.0916 \cdot \frac{h^{-1.276}}{l}$$

Dove:

K: Altezza critica della corrente

Una stima delle caratteristiche della corrente si può ottenere dalle formule sperimentali ricavate da Rand (1955):

$$\frac{d_1}{h} = 0.54 \cdot \frac{k^{1.275}}{h}$$

$$\frac{d_2}{h} = 1.66 \cdot \frac{k^{0.81}}{h}$$

$$\frac{L_d}{h} = 4.3 \cdot \frac{k^{0.81}}{h}$$

$$\frac{L_r}{d_1} = 8 * Fr_1 - 1.5$$

Dove le grandezze hanno significato riportato in Fig.3, mentre Fr_1 è il numero di Froude della sezione 1.

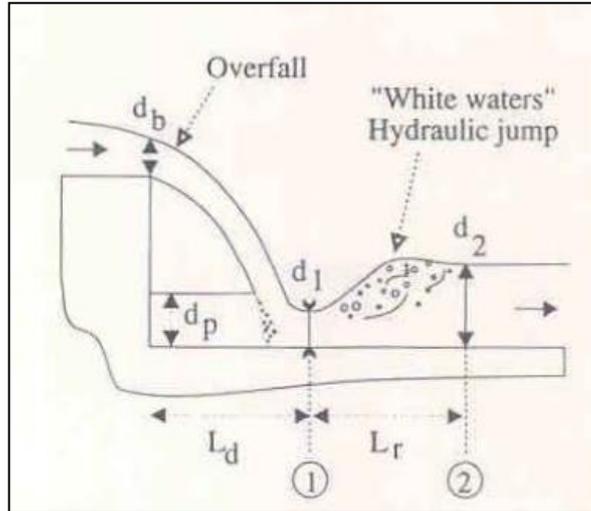


Figura 2 – Tacche delle sezioni del rilievo celerimetrico

Quando la lunghezza $L_d + L_r$ sono inferiori alla lunghezza complessiva L del gradino si verifica un risalto completo.

Regime di corrente areata

Le condizioni perché si verifichi il regime "areato" sono che l'altezza critica della corrente risulti superiore al valore caratteristico Y_{ccr} definito dall'equazione:

$$\frac{y_{ccr}}{h} = 1.057 - 0.465 \frac{h}{L} \quad \text{valida per } (0.2 \leq \frac{h}{L} \leq 1.25)$$

Una stima delle caratteristiche della corrente si può ottenere sulla base delle seguenti espressioni, valide per canale rettangolare largo:

$$\frac{Y_{90}}{y_c} = \sqrt[3]{\frac{f_e}{8 \cdot (1 - C_e)^3 \cdot \text{sen} \alpha}}$$

$$\frac{y_0}{y_c} = \sqrt[3]{\frac{f_e}{8 \cdot \text{sen} \alpha}}$$

$$\frac{V}{V_c} = \sqrt[3]{\frac{8 \text{sen} \alpha}{f_e}}$$

essendo:

- h: altezza gradino;
- L: lunghezza gradino;
- α : l'angolo della gradinata rispetto all'orizzontale;
- y_0 : l'altezza idrica corrispondente alla zona uniforme;

y_c : l'altezza critica;

Y_{90} : l'altezza d'acqua comprensiva del sopraelevamento dovuto alla presenza d'aria (profondità alla quale la concentrazione d'aria è pari al 90%), che deve essere inferiore ad h ;

Ce: la concentrazione media d'aria come volume d'aria per unità di volume della miscela di acqua (tabellata in letteratura in funzione dell'angolo α – Tabella 10)

Ce in funzione dell'angolo α

);

f_e : il coefficiente d'attrito, calcolabile dalla seguente relazione

$$\frac{f_e}{f} = 0.5 \cdot \left(1 + \tanh 0.628 \cdot \frac{0.514 - C_e}{C_e(1 - C_e)} \right)$$

essendo f il coefficiente d'attrito per il caso in cui venga trascurata l'aerazione della corrente. (per calcoli di primo orientamento e con pendenze elevate viene suggerito il valore di f pari a 1)

V : velocità della corrente nella zona uniforme;

V_c : velocità critica.

ANGOLO α RISPETTO ALL'ORIZZONTALE	C_e
0,0°	0,0
7,5°	0,1608
15,0°	0,2411
22,5°	0,3100
30,0°	0,4104
37,5°	0,5693
45,0°	0,6222
60,0°	0,6799
75,0°	0,7209

Tabella 10 – Valori del coefficiente C_e in funzione dell'angolo α

Risultati

Canale di gronda Ovest (sezione trapezia 2.0x1.0)

Dati di input:

$h = 1\text{m}$;

$L = 6.0\text{m}$;

$Q = 1.05\text{ m}^3/\text{s}$

$K = 0.289\text{ m}$

Ne deriva che:

$h/L = 0.16$

$$K < K_{cr} = 0.0916 \cdot \frac{h^{-1.276}}{l} \cdot h$$

$K_{cr} = 0.90$

Risultano soddisfatte le condizioni per cui si verifica il regime di vena.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo

Foglio
22 di 39

Si ottengono i seguenti risultati:

$d_1=0.11$ m
 $d_2=0.60$ m
 $L_d=1.6$ m
 $L_r=2.5$ m

Essendo $L_d+L_r = 4.1 < 6.0$, il risalto avviene in modo completo, si verifica quindi la massima dissipazione di energia.

Dividendo la portata per l'area bagnata, si ricavano le velocità nella sezione 1 e 2.

$V_1= 4.5$ m/s
 $V_2 = 0.7$ m/s

La velocità della corrente lenta V_2 a valle del risalto è nettamente inferiore, l'energia viene dissipata in modo completo.

Canale di gronda Est (sezione trapezia 0.5x0.5)

Dati di input:

$h= 1$ m;
 $L= 3.0$ m;
 $Q=0.46$ m³/s
 $K=0.348$ m
 $Y_o =0.185$ m
 $h/L = 0.33$

Si riportano di seguito i risultati principali applicati al caso in esame:

Q totale (l/s)	460
h (m)	1.0
L (m)	3.0
h/L	0.33
y _{ccr} (m)	0.90
alfa (rad)	0.3
alfa (gradi)	18.4
C _e	0.272
f	1.0
f _e	0.8
y ₀ (m)	0.19
y _c (m)	0.27
y ₉₀ (m)	0.25
V _c (m/s)	1.6
V (m/s)	3.2

Tabella 11 - Verifica canale gronda Est

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 23 di 39

La velocità in uscita è inferiore a quella in ingresso, e risulta inferiore a 5 m/s, valore ritenuto critico per quanto concerne l'erosione dei manufatti.

7.2. Verifiche dei gradoni del fosso 4

Valgono le stesse considerazioni del paragrafo precedente:

Si riportano di seguito i risultati principali applicati al caso in esame:

Q totale	1030
h	1.1
L	3.0
h/L	0.37
yccr	0.98
alfa [rad]	0.4
alfa[grad]	20.1
Ce	0.272
f	1.0
fe	0.8
y0	0.11
yc	0.17
y90[m]	0.15
Vc[m/s]	1.2
V [m/s]	2.9

Tabella 12 - Verifica gradoni del fosso 4

7.3. Verifica dei tombini

La verifica è stata eseguita in moto uniforme per i dettagli del metodo si veda par. 7.1.1.

Fosso	Sezione	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Pendenza	Altezza moto uniforme (ho)	Altezza critica (K)	Tipo di corrente	Velocità	Rapporto di riempimento (h/H)	Franco intradosso
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%	m	m		m/s	%	m
4	Circolare 1500	0.87	0.16	1.03	5.4	0.272	0.514	Corrente veloce	4.701	18.1	1.23
5	Circolare 1500	3.60	-	3.60	1.7	0.704	0.988	Corrente veloce	4.419	46.9	0.80
6	Circolare 2000	8.53	0.05	8.58	1.0	1.171	1.421	Corrente veloce	4.489	58.6	0.83

Tabella 12 - Verifica dei tombini

I rapporti di riempimento risultano inferiori al 75% e il franco rispetto al piano viabile è superiore a 1,0 m come prescritto dal PAI.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 24 di 39

7.1. Verifica protezioni dell'alveo

7.1.1. Metodo di Calcolo

Nei casi in cui sia necessario realizzare delle opere di protezione delle sponde o del fondo di un corso d'acqua con strutture permeabili, deformabili e isolate, quali le scogliere in pietrame sciolto, gabbioni, o materassi Reno, occorre determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento.

Si tratta cioè di determinare le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media v .

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica v_{cr} che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente d della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione

$$v_{cr} = k d^{0.5}$$

con v_{cr} espresso in m/s e d in metri.

Il coefficiente k assume valori variabili fra 4 e 8; nella comune pratica progettuale si assume per $k=5^1$.

Quando k supera il valore di 8 si determinano le condizioni di movimento del singolo masso: pertanto, per il dimensionamento di massi cementati sul fondo dell'alveo, cautelativamente si assume un valore di k pari a 8.

Assumendo come velocità critica la velocità della corrente e risolvendo l'espressione secondo d , si ottiene la dimensione minima del masso da utilizzare nel caso esaminato.

La velocità che interessa è quella al fondo: nel caso in cui il battente idrico sia molto maggiore della dimensione del materiale la velocità al fondo può essere assunta pari al 75% della velocità media; nel caso in cui invece la dimensione del materiale sia confrontabile con la profondità della corrente è bene assumere come velocità al fondo la velocità media.

Analogamente alle soluzioni con massi naturali, sarà possibile fare ricorso a sistemi di gabbioni di dimensioni tali da garantire i pesi corrispondenti ai dimensionamenti precedentemente indicati, privilegiando la dimensione standard 1.0x1.0x2.0 m o materassi Reno di spessore pari a 0.5 m.

7.1.2. Risultati

Canale di gronda Est

Al fine del calcolo del diametro minimo viene assunta la massima velocità di progetto che si instaura nella sezione trapezia, pari a 3.2 m/s.

Il diametro minimo dei massi per garantire la stabilità (considerando un coefficiente $k=8$) risulta pari a $d=0,16m$.

Essendo i massi in progetto di volume medio pari a $0.3 m^3$ la protezione spondale risulta verificata.

¹ L. Da Deppo-C. Datei-P. Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua, Cortina edizioni, Padova 1997.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 25 di 39

Canale di gronda Ovest

Al fine del calcolo del diametro minimo viene assunta la massima velocità di progetto che si instaura nella sezione trapezia, pari a 4.5 m/s (velocità prima della dissipazione).

Il diametro minimo dei massi per garantire la stabilità (considerando un coefficiente $k=8$) risulta pari a $d=0,3m$.

Essendo i massi in progetto di volume medio pari a $0.3 m^3$ la protezione spondale risulta verificata.

8. OPERE PROVVISORIALI

Per quanto riguarda il fosso 6, poiché il tombino $\varnothing 2000$ di progetto non è in sede al canale esistente, la continuità idraulica è garantita anche durante le fasi realizzative dell'opera di attraversamento. Non risulta, quindi, necessario, realizzare opere idrauliche provvisoriali.

Per quanto riguarda il fosso 4, per garantire le continuità del reticolo idrografico durante la realizzazione del manufatto di attraversamento ferroviario, si prevede la seguente fasistica realizzativa:

- 1 il posizionamento di un tubo provvisorio DN500 in prossimità del tombino da realizzare, in modo da ridurre al minimo gli scavi
- 2 la realizzazione del tombino privo dei muri di imbocco
- 3 la realizzazione dei muri di imbocco previo posizionamento di un ulteriore tubo provvisorio all'interno del tombino precedentemente realizzato; in tal modo si può procedere alla realizzazione dei muri di imbocco all'asciutto.

8.1. Portata di progetto

8.1.1. *Periodo di ritorno*

Per il dimensionamento delle opere provvisoriali è stata utilizzata una portata di progetto con tempo di ritorno pari a 5 anni.

Secondo quanto riportato nella Direttiva Tecnica n.4 "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" assunta dell'Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione di Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 e aggiornata con deliberazione n.10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006, "il tempo di ritorno della piena da assumere per le valutazioni idrauliche delle opere provvisoriali è quello in cui la probabilità di essere raggiunta o superata una volta nel periodo temporale corrispondente alle fasi di costruzione non è superiore alla probabilità che ha la portata di progetto di essere raggiunta o superata una volta nel periodo di vita dell'opera".

Il rischio di insufficienza di opera, ovvero la probabilità che un evento con periodo di ritorno T venga raggiunto e superato negli N anni di vita prevista dell'opera, viene definito come:

$$R_{N,T} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Considerando una durata di realizzazione del tombino non superiore a 6 mesi e una durata di vita dell'opera pari a 100 anni, si ottiene che la probabilità di superamento della piena di progetto con periodo di ritorno pari a 200 anni nel corso della vita dell'opera è superiore alla probabilità che una piena con periodo di ritorno di 5 anni venga superata nel periodo di costruzione dell'opera stessa. Si riporta di seguito il calcolo del rischio di insufficienza dell'opera in fase provvisoria e in fase definitiva.

T VITA [ANNI]	T RITORNO [ANNI]	RISCHIO
0.5	5	0.11
100	200	0.39

Tabella 2 – Rischio di insufficienza dell'opera durante in periodo di vita della stessa e in fase di realizzazione

Pertanto l'assunzione di eventi con periodo di ritorno di 5 anni per il dimensionamento delle opere provvisorie è assolutamente cautelativa ed è in linea con la normativa vigente.

8.1.2. Metodo della portata indice

Per il calcolo della portata di progetto con periodo di ritorno di 5 anni è stato utilizzato il metodo della portata indice, proposto all'interno del Progetto VAPI.

Tale metodo assume che all'interno di una zona omogenea, la portata al colmo massima annuale relativa ad una assegnata sezione fluviale si possa definire come:

$$Q_T = Q_i \cdot X_t$$

Dove:

- $Q(T)$: portata al colmo massima annuale relativa alla sezione i e con tempo di ritorno T
- Q_i : portata indice
- X_t : fattore di crescita regionale; rappresenta il quantile adimensionale valido per l'intera regione

Una regione viene definita omogenea quando tutti i siti in essa contenuti sono caratterizzati dalla stessa distribuzione di probabilità dei colmi di piena massimi annuali, a meno di un fattore di scala.

Secondo il Progetto VAPI, il bacino in esame rientra nella regione C – Appennino Nord-Occidentale e bacini Tirrenici (tale bacino abbraccia i bacini liguri con foce lungo il litorale Tirreno ed i bacini padani dallo Scrivia al Taro).

Il fattore di crescita è espresso dalla formula seguente (Modello probabilistico GEV)

$$X_t = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left(1 - e^{-k \cdot y_T} \right)$$

Dove

$$y_T = -\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)$$

Per la zona in esame i parametri ε , α e k assumono i seguenti valori
 $\varepsilon=0.643$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo

$$\alpha=0.377$$

$$K=-0.276$$

Il fattore di crescita X_t assume il valore di 1.34.

La portata indice viene definita secondo una regressione lineare semplice:

$$Q_i = Q(1) \cdot A^m$$

Dove, per l'area in esame, i parametri $Q(1)$ e m assumono i seguenti valori:

- $Q(1) = 5.2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{Km}^{-2m}$
- $m = 0.750$
- A rappresenta la superficie del bacino in Km^2 .

Il bacino in esame ha, nella configurazione di stato di fatto, una superficie pari a 0.02 Km^2 , al quale corrisponde una portata indice $Q_i = 0.28 \text{ m}^3/\text{s}$ e una portata di progetto per un periodo di ritorno di 5 anni $Q_5 = 0.37 \text{ m}^3/\text{s}$.

8.2. Verifica del tombino provvisorio

Il dimensionamento idraulico delle opere provvisorie è stato effettuato mediante la formula di Chezy, descritta nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tombino Circolare $\phi 500$ in cls

Sono stati considerati i seguenti dati di input:

Pendenza $i = 3.7\%$
 Portata $Q = 0.37 \text{ m}^3/\text{s}$
 Scabrezza $K_s = 67$

L'altezza di moto uniforme che ne deriva è pari a 0.3 m , con una velocità pari a 3.4 m/s , il rapporto di riempimento è pari al 0.6% e un franco rispetto all'estradosso pari a 0.2 m .

9. CONCLUSIONI

L'intervento di sistemazione del reticolo idrico minore interferente con la wbs R112 risulta "idraulicamente compatibile", la riprofilatura degli alvei e l'inserimento di una tombinatura di sufficienti dimensioni creano situazioni migliorative dal punto di vista idraulico.

Il le sezioni trasversali in cemento armato e in massi cementati mettono al riparo da rischi di erosioni dovute all'alta velocità dell'acqua.

La pendenza longitudinale viene rettificata e portata a livelli inferiori a quella esistente allo scopo di contenere le velocità entro valori accettabili; il salto di quota che ne deriva è assorbito mediante opere di dissipazione che consente alla corrente in uscita di raggiungere livelli di velocità congrui con le necessità di proteggere i manufatti dall'erosione.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica
reticolo

Foglio
28 di 39

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RI-RI12-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo</p>	<p>Foglio 29 di 39</p>

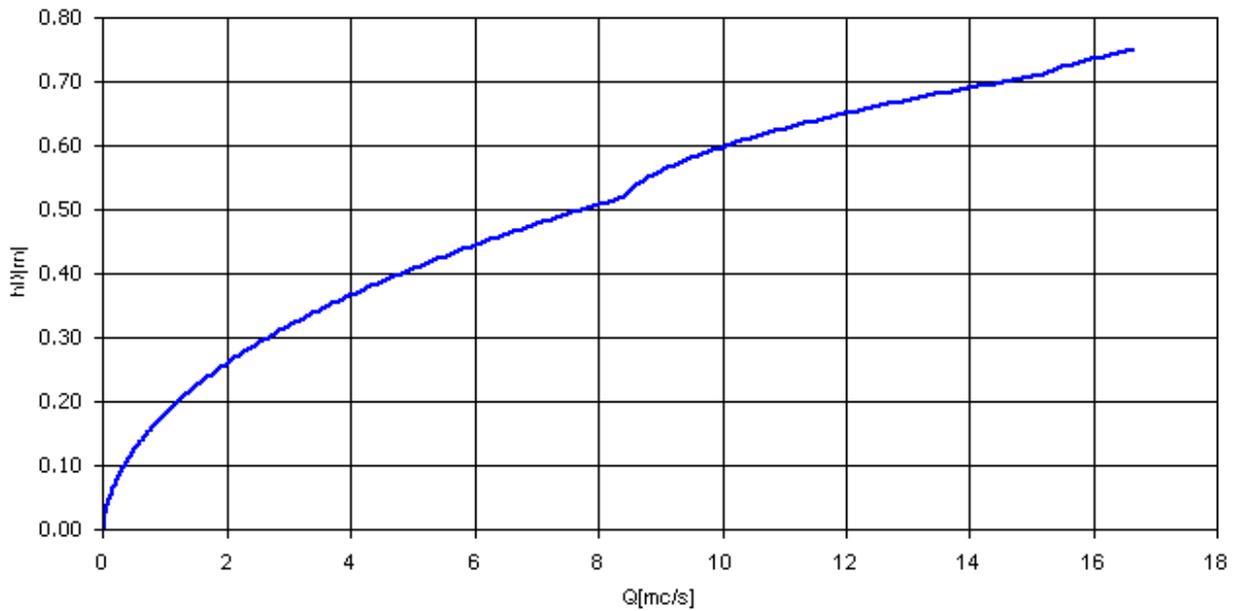
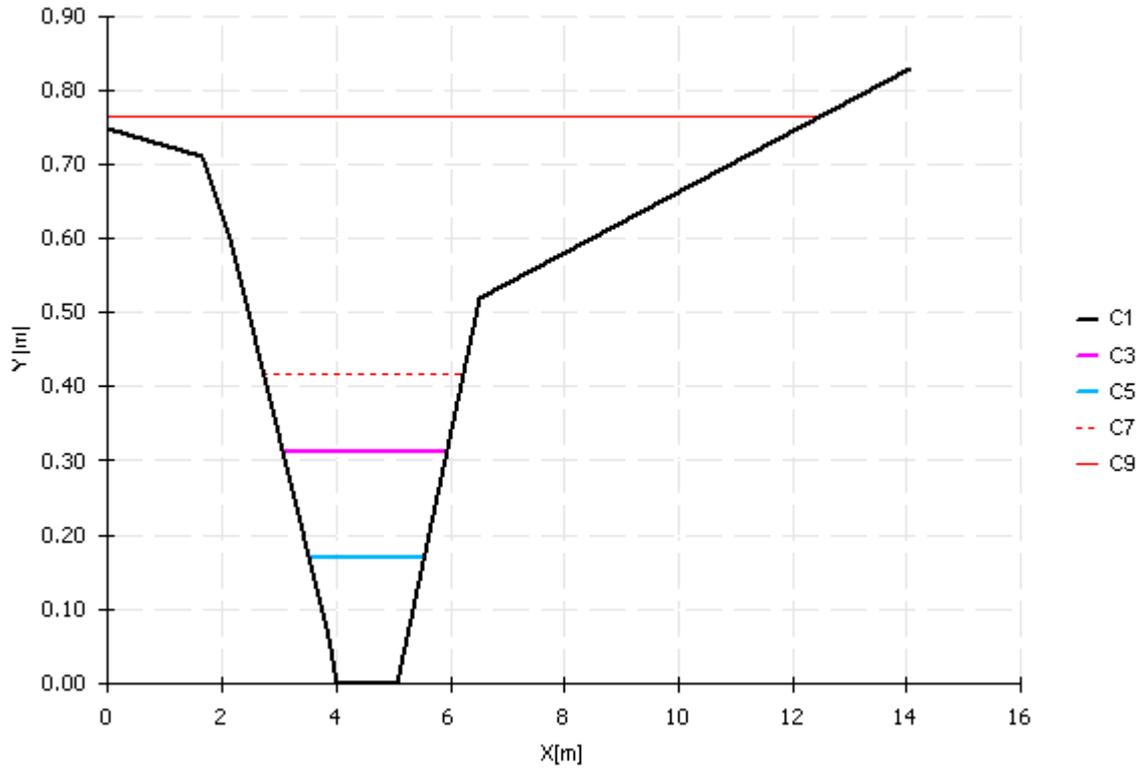
ALLEGATO 1

SCALE DI DEFLUSSO

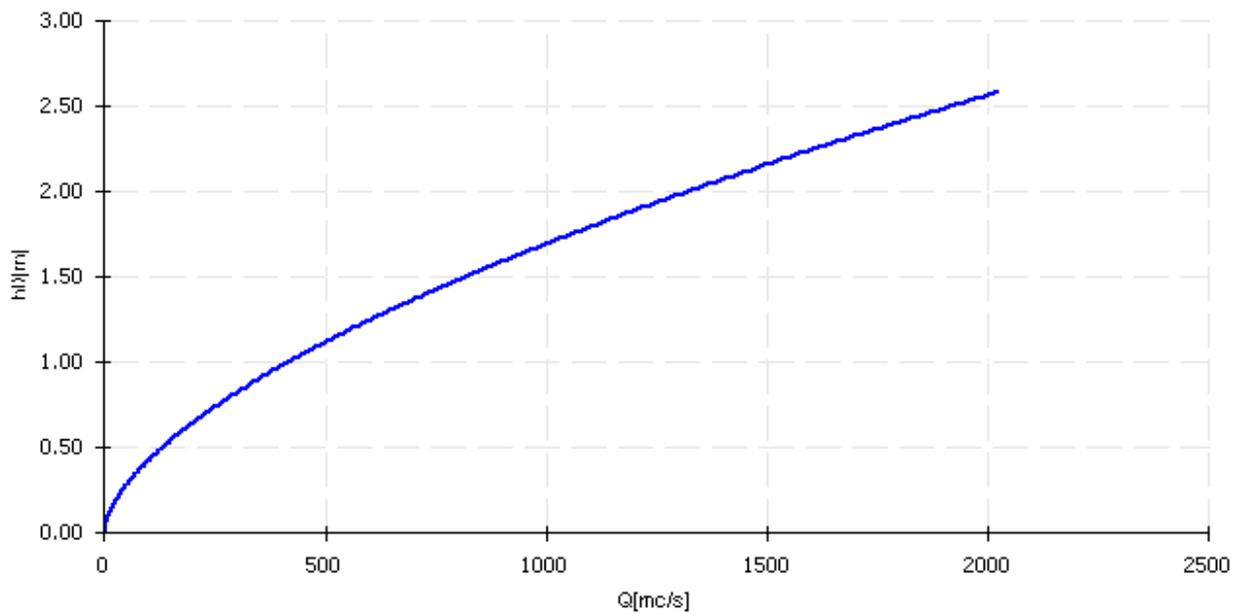
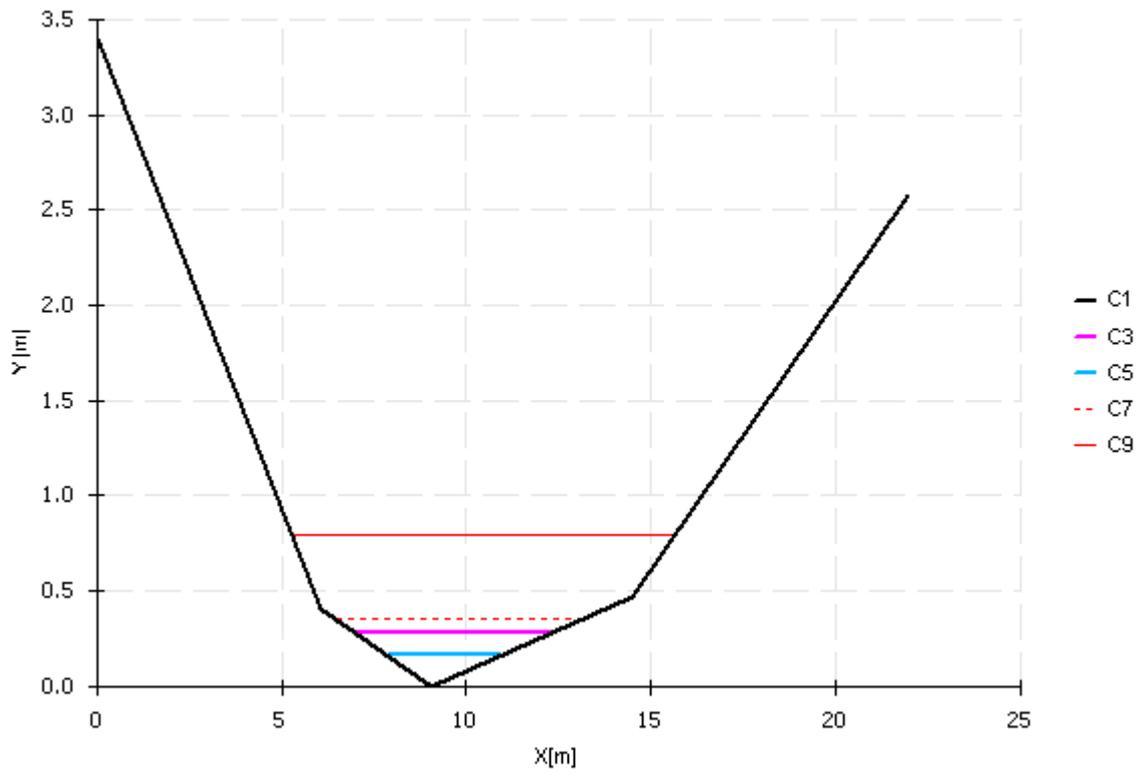
Legenda.

- C1 Alveo
- C3: Altezza critica (k)
- C5: Altezza di moto uniforme (ho)
- C7 Energia di moto uniforme
- C9 Energia critica

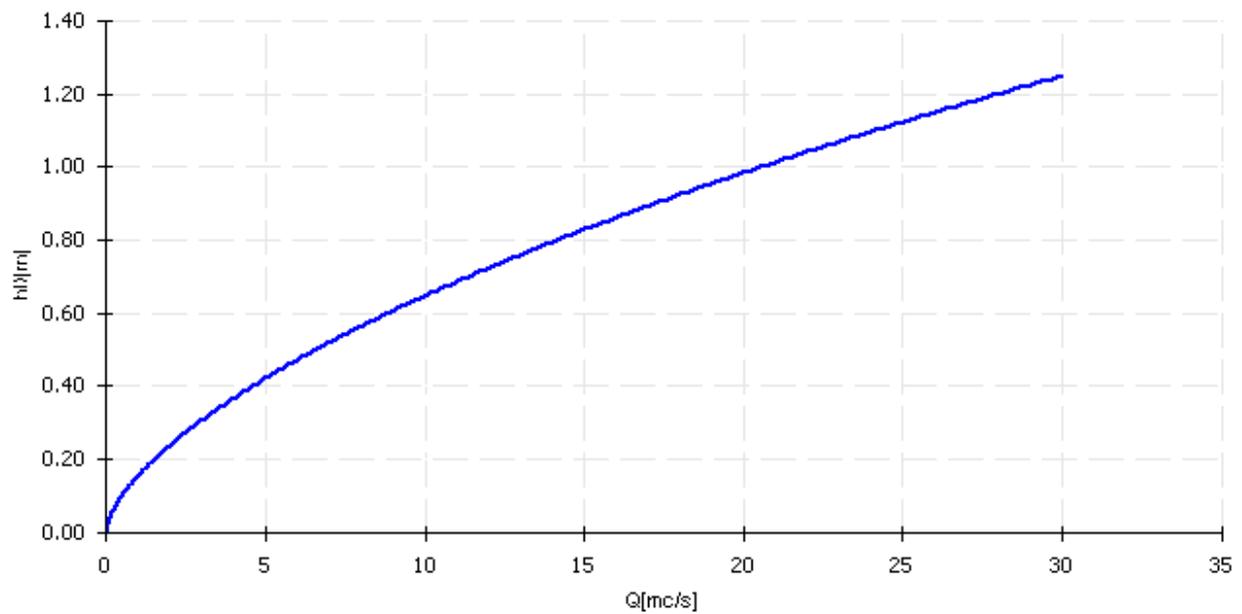
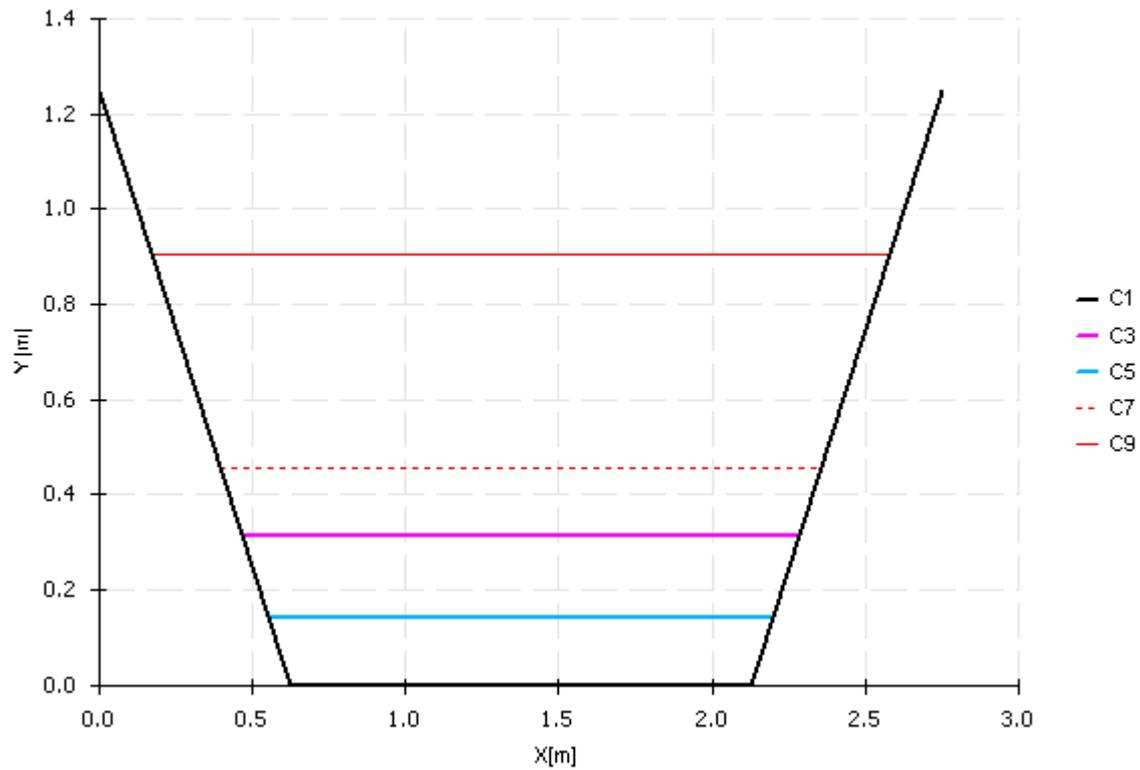
Fosso 4 - Sezione 03



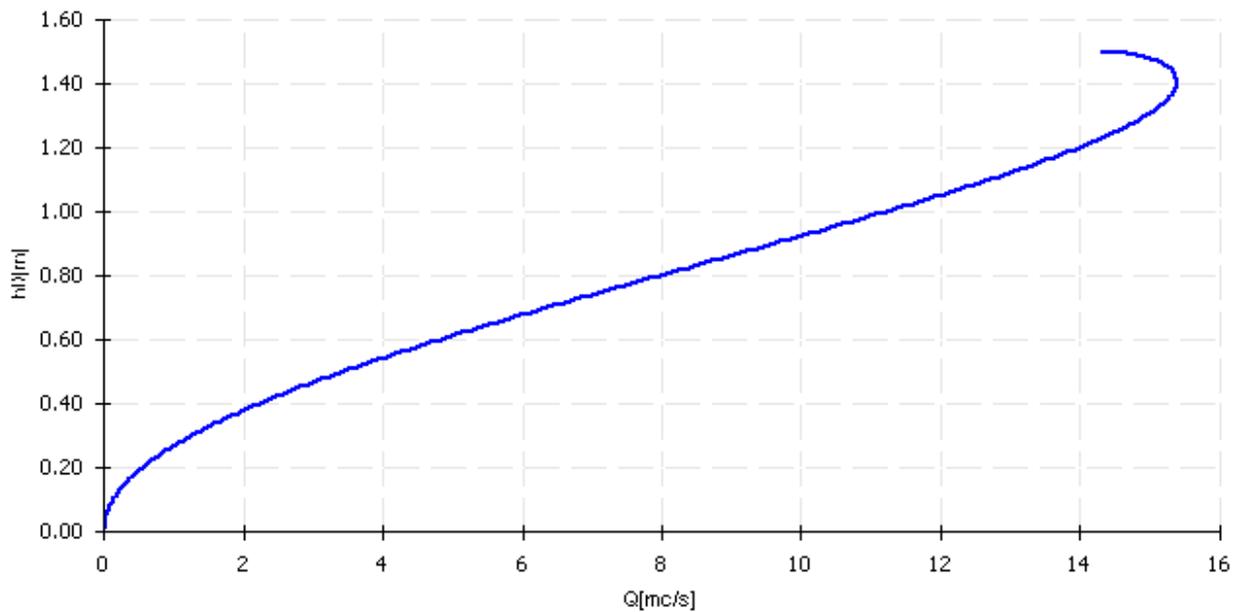
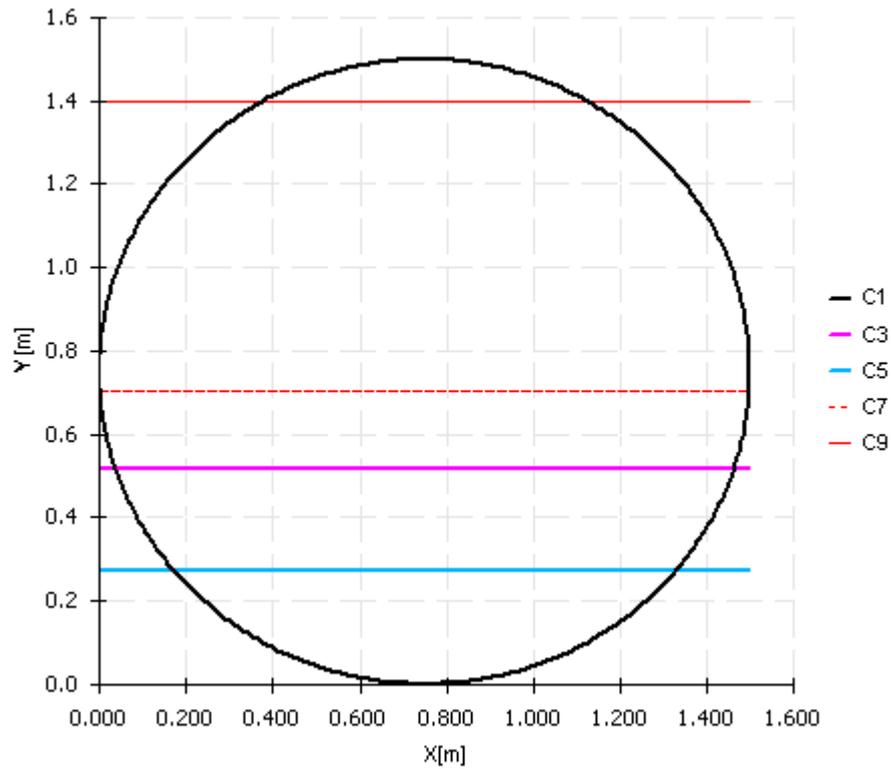
Fosso 4 - Sezione 13



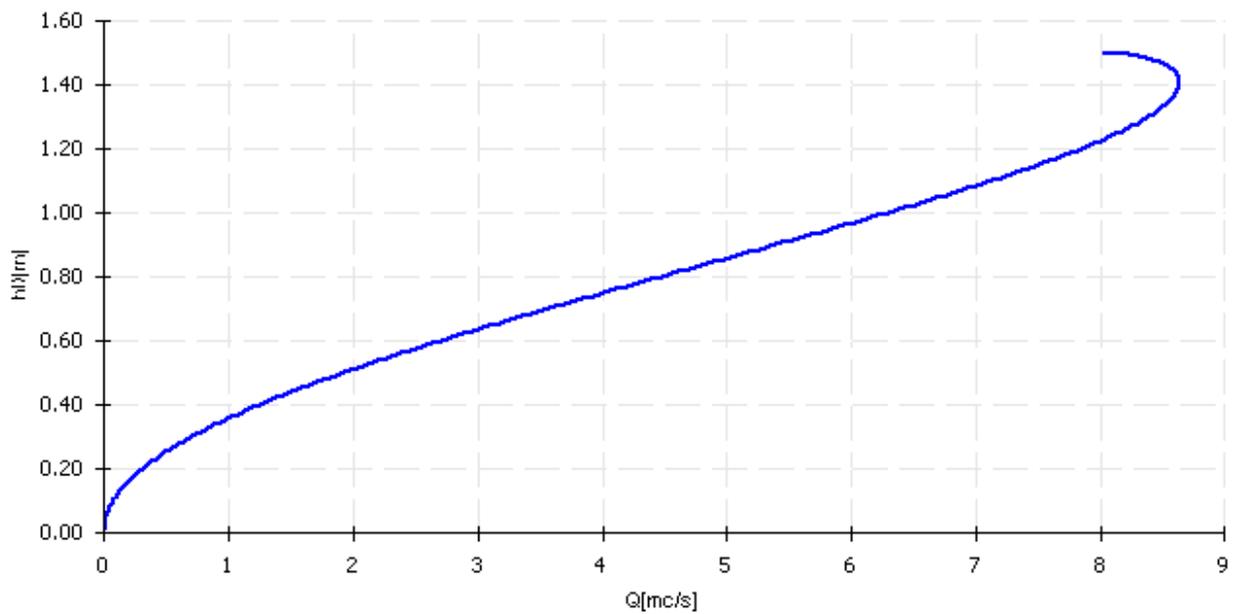
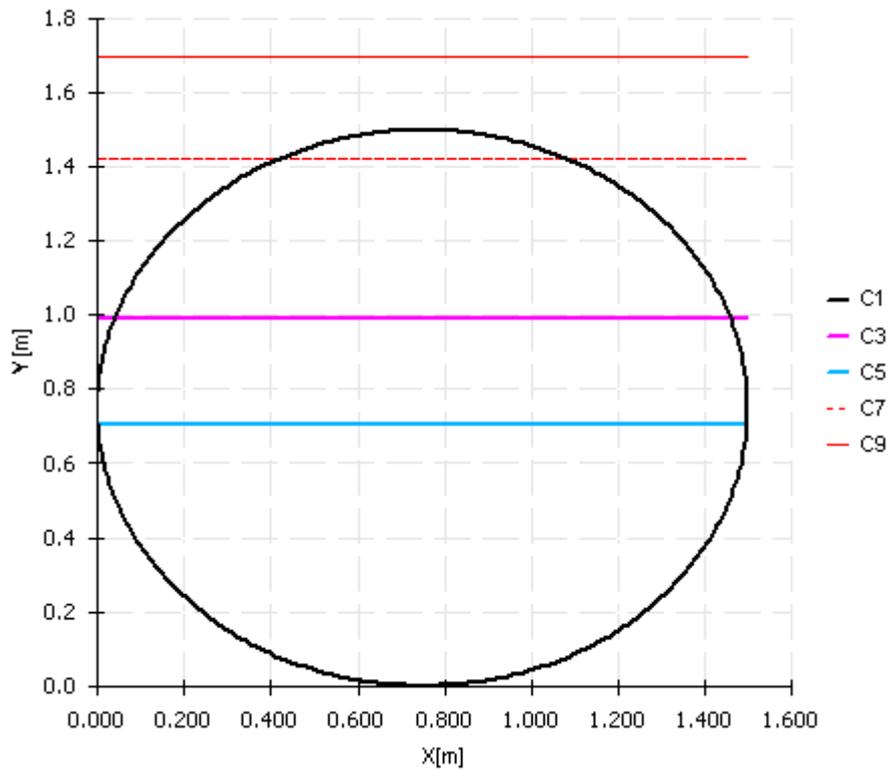
Fosso 4 - Sezione trapezia 1.5x1.25 m



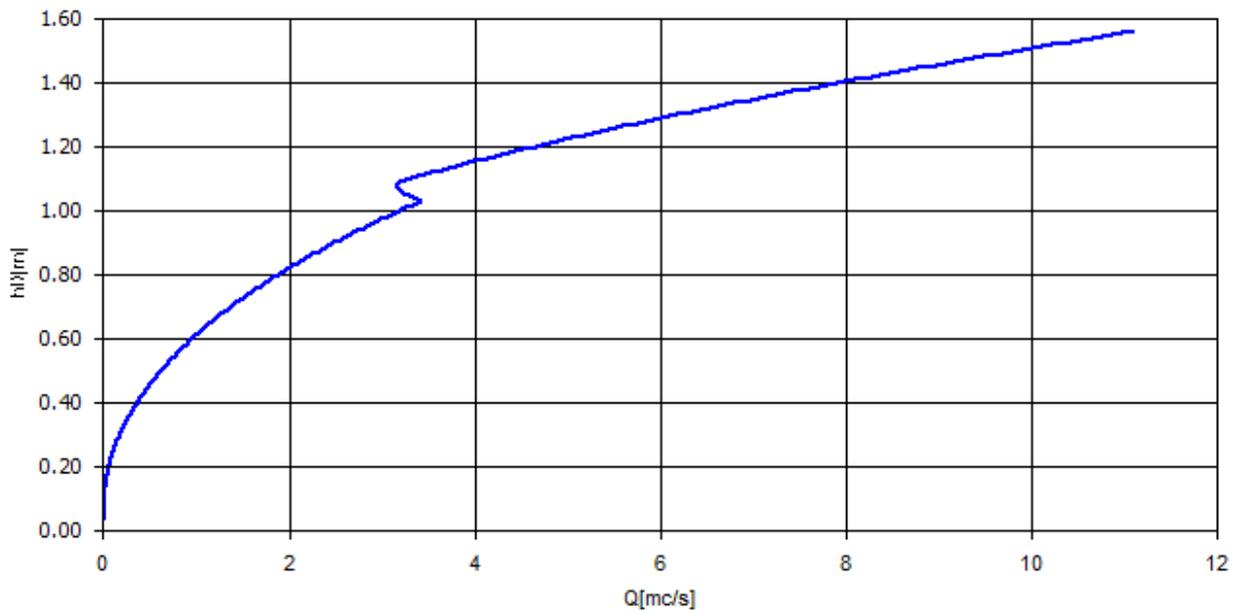
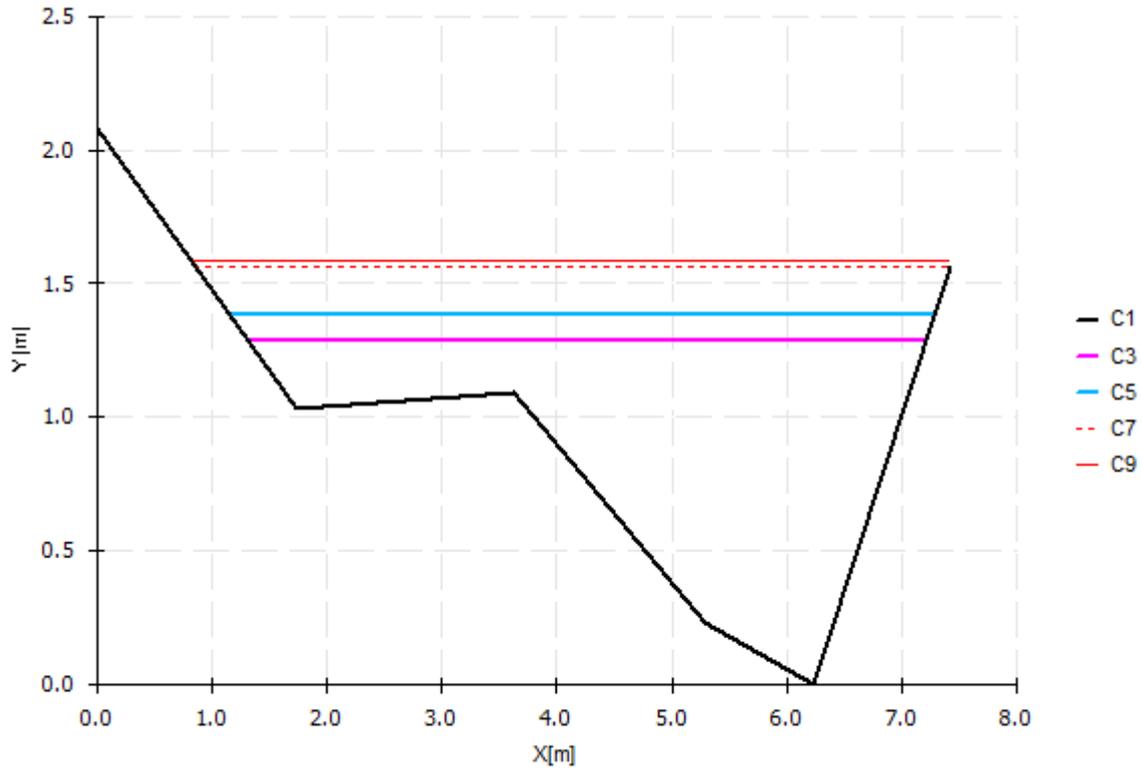
Fosso 4 - Sezione Circolare D=1,5 m



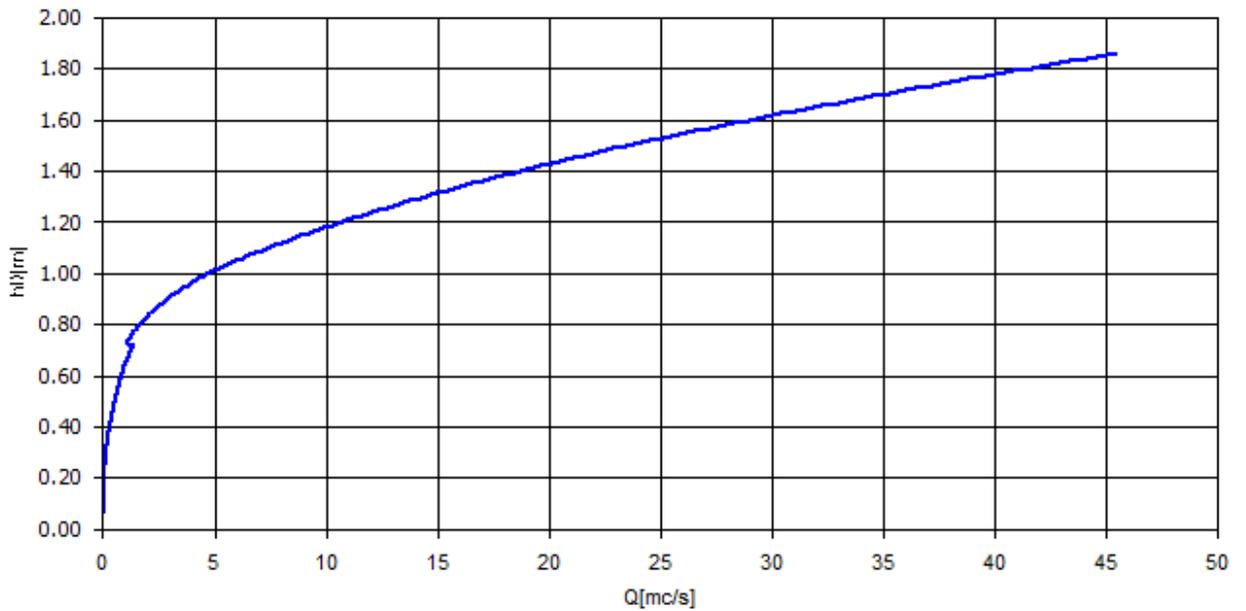
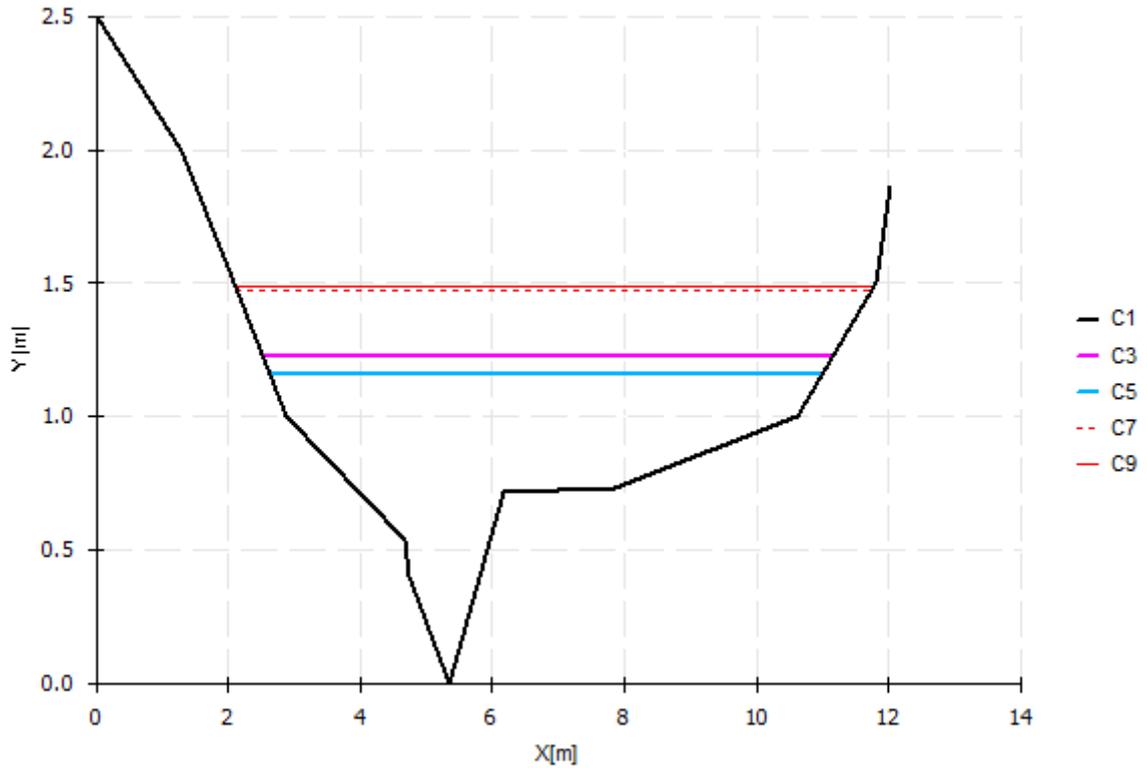
Fosso 5 - Sezione Circolare D=1,5 m



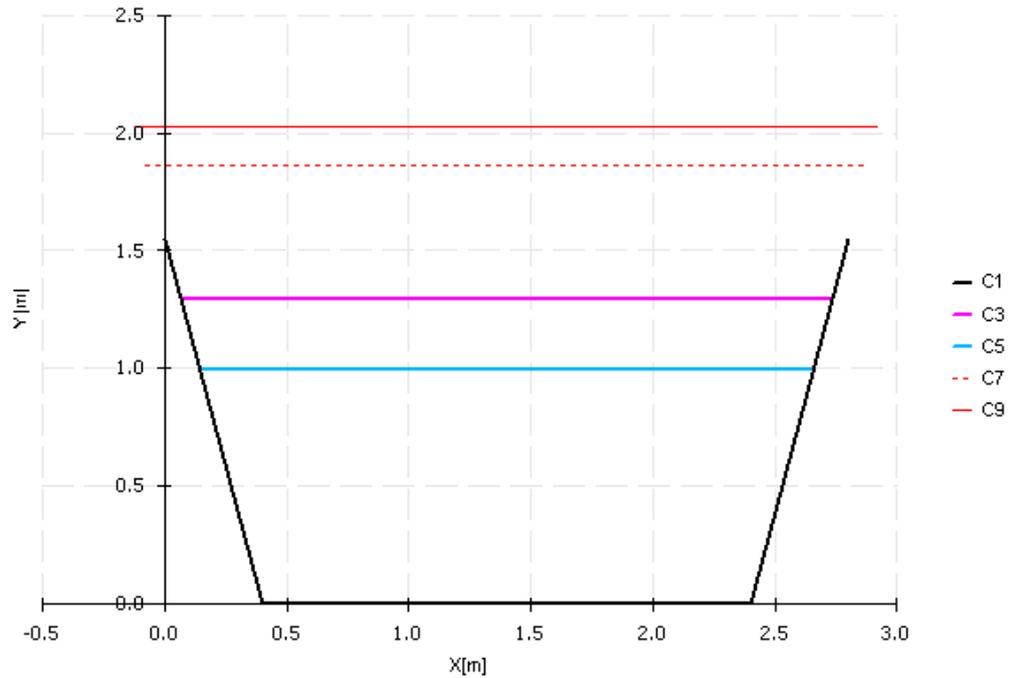
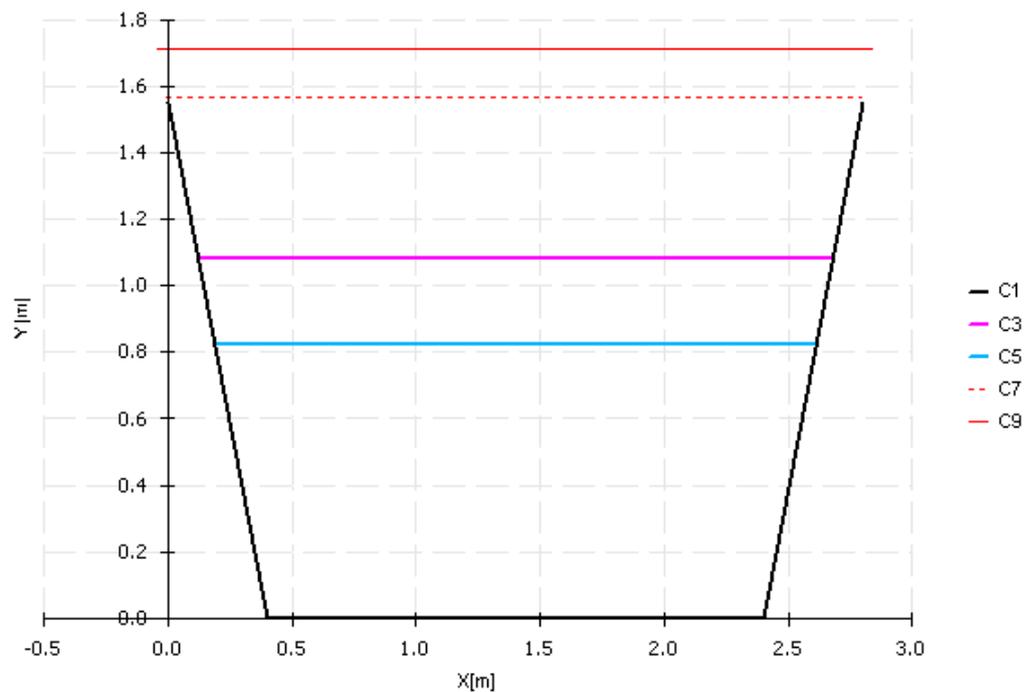
Fosso 6 - Sezione 03

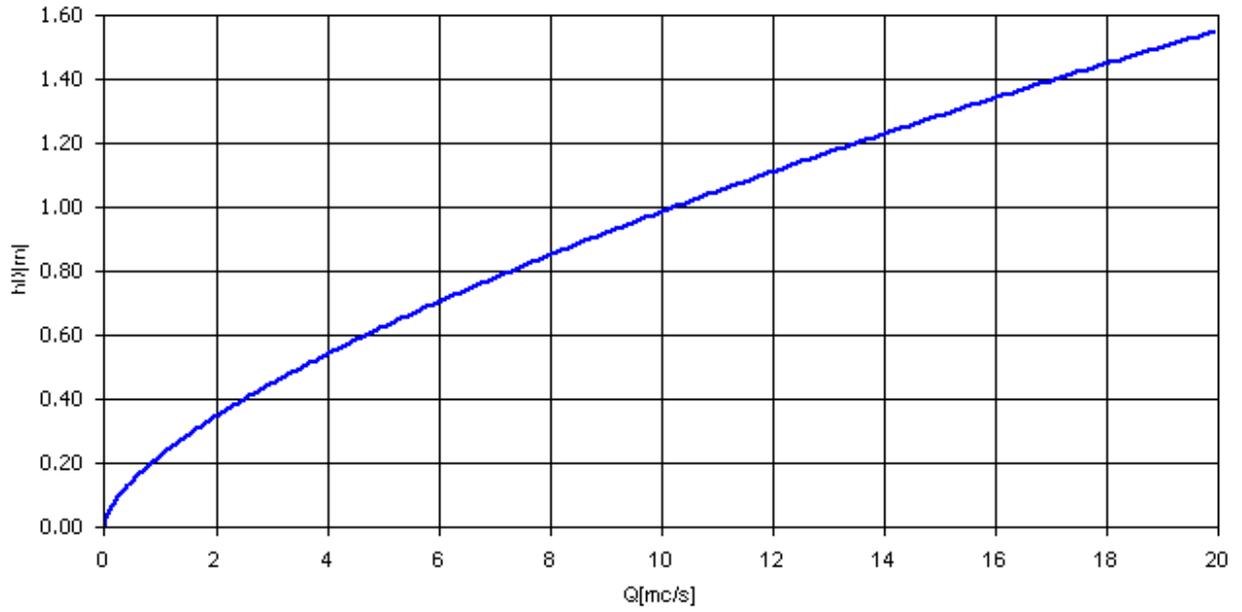


Fosso 6 - Sezione 06



Fosso 6 - Sezione trapezia 2.0x1.55 m

 $Q=10.1 \text{ m}^3/\text{s}$  $Q=7.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 



Fosso 6 - Sezione Circolare D=2,0 m

