

*regione* Piemonte  
*provincia* Cuneo  
*comune* Guarene

**LAVORI DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO  
DELLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO DELLE  
ACQUE DI RUSCELLAMENTE IN LOC. C.  
SCAVINI  
PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO**

**RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA**

*commitente* **Amministrazione Comunale di Guarene**  
Piazza Roma n. 6  
12050 Guarene (CN)

*data* Dicembre 2018

**Ing. Sergio Sordo**  
Corso Langhe n. 10  
12051 Alba (CN)  
Tel 0173 364823  
sordosergio@srstudio.info



769

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO

Dott. Ing. Sergio Sordo

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA DETERMINAZIONE DELLE PORTATE METEORICHE CON ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO.....</b>	<b>5</b>
3.1	VALUTAZIONE DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA CON IL METODO TCEV DELLA REGIONE PIEMONTE .....	5
3.2	DELIMITAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI .....	7
3.3	DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE .....	8
3.4	DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE MEDIO DI DEFLUSSO .....	9
3.5	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA D'ACQUA METEORICA .....	10
<b>4</b>	<b>VERIFICA IDRAULICA DELLE TUBAZIONI ESISTENTI E DIMENSIONAMENTO OPERE IN PROGETTO .....</b>	<b>11</b>
4.1	VERIFICA IDRAULICA COLLETTORI ESISTENTI .....	13
4.2	VERIFICA IDRAULICA COLLETTORI IN PROGETTO .....	15

## **1 PREMESSA**

La presente relazione viene redatta dallo scrivente Ing. Sergio Sordo, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo al n. A769, su incarico dell'Amministrazione Comunale di Guarene, al fine di fornire tutti gli elementi idrologici ed idraulici necessari alla progettazione definitivo-esecutiva dei lavori per il miglioramento delle condizioni di deflusso delle acque di ruscellamento in località C. Scavini, in Comune di Guarene.

Il presente intervento si inserisce in un contesto più ampio di lavori di miglioramento idraulico che interesseranno l'intero versante ad Ovest del Comune di Guarene. Tale area, infatti, è stato oggetto negli ultimi decenni di una intensa attività edificatoria, spesso non accompagnata da una corretta regimazione delle acque meteoriche. In tempi recenti la zona è stata interessata da vasti e ripetuti allagamenti causati da eventi meteorici brevi, intensi e concentrati, sempre più frequenti, che hanno evidenziato la necessità impellente di intervenire al fine di risolvere la criticità.

L'intervento in progetto prevede la sistemazione idraulica del tratto intubato che si sviluppa lungo via Boella nella zona immediatamente a valle di C. Scavini, per una lunghezza complessiva dell'ordine dei 55 m e consente di realizzare un miglioramento idraulico delle condizioni di deflusso rispetto alla situazione attuale. Le opere previste sono dimensionate con riferimento alla portata di progetto avente tempo di ritorno di 20 anni.

## **2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO**

L'area oggetto di intervento è localizzata nella porzione Ovest del Comune di Guarene; dal punto di vista morfologico essa può essere classificata come collinare, con la presenza di alcune zone pianeggianti ai piedi dei versanti.

Nel seguito si riporta un estratto della Base Dati Territoriale di Riferimento Enti (B.D.T.R.E.) edizione 2018 ed una foto aerea (Google Earth 2017) con l'individuazione della zona di intervento.

LAVORI DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO DELLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO DELLE ACQUE DI  
RUSCELLAMENTO IN LOC. C. SCAVINI

*Fig. 2.1. Localizzazione area di intervento su BDTRE 2018.*



*Fig. 2.2. Localizzazione area di intervento su foto aerea (Google Earth, 2017).*

### **3 METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA DETERMINAZIONE DELLE PORTATE METEORICHE CON ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO**

La valutazione delle portate meteoriche viene eseguita a partire dalla stima dell'altezza di precipitazione che può verificarsi sulla superficie scolante per una definita durata. Il dimensionamento delle opere in progetto viene eseguito con riferimento alle portate aventi tempo di ritorno di 20 anni.

#### **3.1 VALUTAZIONE DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA CON IL METODO TCEV DELLA REGIONE PIEMONTE**

La legge di distribuzione di probabilità del valore atteso a doppia componente, nota come TCEV (Two Component Extreme Value), rappresenta la distribuzione del massimo valore in un dato intervallo di tempo di una variabile casuale distribuita secondo una miscela di due esponenziali, quando il numero di occorrenze di una stessa variabile, in detto intervallo, segue la legge di Poisson.

La stima dei parametri della distribuzione TCEV può essere effettuata utilizzando sia una serie di valori che eccedono un prefissato livello di soglia, sia una serie di valori massimi in un prefissato intervallo di tempo generalmente assunto, in Idrologia, pari ad un anno. Detta stima può anche essere effettuata utilizzando tecniche di regionalizzazione dei parametri.

Tali tecniche sono tra l'altro necessarie quando si vuole interpretare il comportamento statistico di una variabile idrologica, della quale non si dispone di osservazioni nella località di interesse.

Per il caso in oggetto si fa riferimento allo studio relativo alla "*Regionalizzazione delle piogge*" redatto con modello TCEV a cura dell'Assessorato Regionale Tutela del Suolo – Settore OO.PP. Difesa Assetto Idrogeologico della Regione Piemonte. Tale modello studia in modo statistico le massime altezze di precipitazione con assegnato tempo di ritorno e durata pari a 1-24 ore e 1-5 giorni sul territorio piemontese.

La procedura permette di determinare il tempo di ritorno associato ad una data altezza di pioggia che si è verificata su un'area caratterizzata dalla propria altitudine media e dal fatto di essere contenuta in una particolare zona pluviometricamente omogenea.

La medesima procedura può essere anche applicata nell'ordine inverso per determinare un'altezza di precipitazione di assegnato tempo di ritorno.

La valutazione avviene attraverso due passaggi matematici.

Il primo consiste nel definire il parametro E, corrispondente alla media delle altezze massime di precipitazione registrate in un dato intervallo di tempo. La funzione che definisce tale parametro varia da zona a zona, per cui sono state definite per la regione Piemonte 6 aree pluviometricamente omogenee (Fig. 3.1.1.), a cui corrispondono le seguenti funzioni caratteristiche:

- ZONA OMOGENEA 1:  $E_1 = 30,86 \cdot t^{(0,412+0,00024 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 2:  $E_2 = 25,37 \cdot t^{(0,469+0,00023 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 3:  $E_3 = 22,62 \cdot t^{(0,3377+0,000178 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 4:  $E_4 = 36,58 \cdot t^{(0,504+0,000186 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 5:  $E_5 = 18,37 \cdot t^{(0,827-0,000075 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 6:  $E_6 = 16,07 \cdot t^{(0,69-0,00007 \cdot Z)/1,38}$

dove t corrisponde alla durata della pioggia considerata (ore) e Z all'altitudine (m s.l.m.).

Dal rapporto tra l'altezza di pioggia misurata XT e il valore E si ricava  $X^1 = XT/E$ .

Introducendo quest'ultimo parametro nelle seguenti funzioni, che descrivono le 3 curve di crescita caratteristiche di altrettante aree in cui è stata suddivisa la regione Piemonte, si ottiene la probabilità di non superamento SZ:

- ZONA PLUVIOMETRICA 1:  $SZ1 = e^{(-15,81-19,452 \cdot X^1 - 1,885 \cdot 7,179 \cdot X^1)}$
- ZONA PLUVIOMETRICA 2:  $SZ2 = e^{(-20,38-25,078 \cdot X^1 - 2,231 \cdot 8,498 \cdot X^1)}$
- ZONA PLUVIOMETRICA 3:  $SZ3 = e^{(-43,35-53,35 \cdot X^1 - 3,684 \cdot 14,21 \cdot X^1)}$

Dal parametro SZ si ricava infine il tempo di ritorno di un determinato evento TR dalla seguente relazione:

$$TR = \frac{1}{1 - SZ}$$

Applicando a ritroso le stesse funzioni si può ricavare l'altezza di precipitazione di assegnato tempo di ritorno da utilizzare poi nel calcolo delle portate tramite il metodo razionale.

Introducendo nel modello di regionalizzazione TCEV il valore del tempo di pioggia e quello del relativo tempo di ritorno, si ottiene l'altezza di pioggia cercata.

Il versante in analisi ricade nell'area pluviometricamente omogenea n. 3.

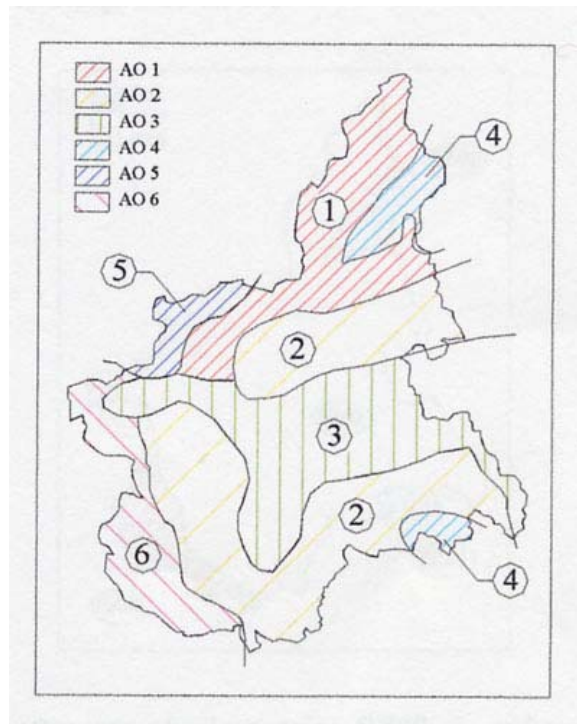


Fig. 3.1.1. Aree pluviometricamente omogenee della Regione Piemonte.

### 3.2 DELIMITAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

La delimitazione dei bacini idrografici di interesse viene effettuata utilizzando come supporto cartografico la Base Dati Territoriale di Riferimento Enti (BDTRE) edizione 2018 ed il DTM ICE della Regione Piemonte.

I bacini individuati e le relative sezioni di chiusura sono rappresentati nella Fig. 3.2.1.

Bacino	Sezione di chiusura	Superficie [km <sup>2</sup> ]
A	a-a	0.110
B	b-b	0.320

Tab. 3.2.1. Estensione dei bacini individuati.

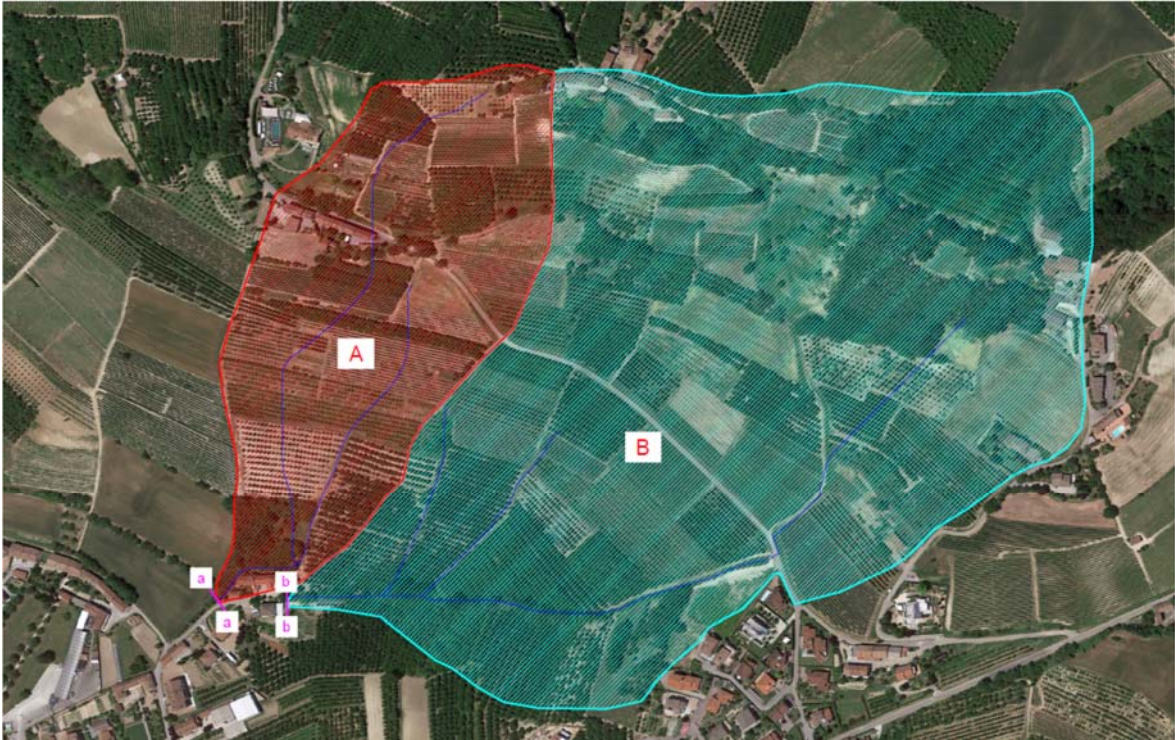


Fig. 3.2.1. Delimitazione bacini scolanti A e B su foto aerea.

### 3.3 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Le durate di pioggia critiche per i bacini, da considerare nei calcoli idrologici, sono quelle corrispondenti ai rispettivi tempi di corrivazione, ovvero il tempo necessario affinché tutta la superficie sottesa dalla prefissata sezione di chiusura contribuisca al deflusso.

Tra le molteplici formule per il calcolo del tempo di corrivazione disponibili nella letteratura tecnica sono state utilizzate quelle aventi un campo di applicazione compatibile con le caratteristiche dei bacini in esame:

Ventura:

$$T_c = 0.1272 \left( \frac{S}{\frac{h_{\max} - h_{\min}}{L \cdot 1000}} \right)^{0.5}$$

Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(S \cdot L)^{0.33}}{\left( \frac{h_{\max} - h_{\min}}{L \cdot 1000} \right)^{0.5}}$$



Ogrosky:

$$T_c = 0.914 \frac{h_{\min}^{0.15}}{(h_{\max B} - h_{\min})^{0.38}}$$

Dove la simbologia adottata ha i seguenti significati:

$T_c$  = tempo di corrivazione [ore];

$S$  = superficie bacino [Km<sup>2</sup>];

$L$  = lunghezza asta principale [Km];

$h_{\max}$  = altitudine massima asta [m s.l.m.];

$h_{\min}$  = altitudine sezione di chiusura [m s.l.m.];

$h_{\max B}$  = altitudine massima bacino [m s.l.m.].

Il tempo di corrivazione che viene attribuito a ciascun bacino/sottobacino in esame è stato assunto pari a quello ottenuto dalla media delle formule utilizzate.

Con riferimento ai bacini idrografici e alle relative sezioni di chiusura individuate nella Fig. 3.2.1 si ottiene:

Bacino	Sezione di chiusura	Tempo corrivazione $T_c$ [ore]
A	a-a	0.15
B	b-b	0.19

Tab. 3.3.1. Tempi di corrivazione medi dei bacini individuati.

### 3.4 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE MEDIO DI DEFLUSSO

La valutazione del coefficiente medio di deflusso viene effettuata sul versante indagato mediante l'analisi morfologica del territorio, della coltre vegetale e dell'antropizzazione.

Il coefficiente medio di deflusso che viene assunto per i calcoli è:

$$\phi = 0.4$$

### 3.5 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA D'ACQUA METEORICA DA SMALTIRE

Nota l'intensità di precipitazione, per un'assegnata superficie scolante  $S$  caratterizzata da un coefficiente di deflusso  $\Phi$ , la portata defluente è data dall'espressione:

$$Q = \phi S j$$

con:

$Q$  = portata meteorica defluente;

$\phi$  = coefficiente di deflusso;

$S$  = superficie del bacino;

$j$  = intensità pluviometrica.

Applicando il modello TCEV con il tempo di corrivazione del bacino calcolato precedentemente e a cui competono le condizioni idrologiche critiche per il bacino stesso, si calcolano le altezze di pioggia ( $h$ ) corrispondenti al caso in esame.

Con riferimento allo scenario attuale e alle sezioni di chiusura considerate, individuate nella Fig. 3.2.1, si ottengono i seguenti valori di altezza di pioggia di progetto aventi tempo di ritorno di 20 anni:

Bacino	Sezione di chiusura	Altezza di pioggia $h$ [mm]
A	a-a	27.94
B	b-b	26.61

Tab. 3.5.1. Altezze di pioggia critiche per i bacini considerati con tempo di ritorno pari a 20 anni.

Si determinano, quindi, le portate meteoriche defluenti considerando il tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino e supponendo che l'intensità sia ragionevolmente costante durante tale breve periodo.

Bacino	Sezione di chiusura	Portata $T_{R20}$ [m <sup>3</sup> /s]
A	a-a	2.28
B	b-b	4.98

Tab. 3.5.2. Portate con tempo di ritorno pari a 20 anni dei bacini considerati.

### Portate defluenti nello scenario attuale

Le portate defluenti nello scenario attuale nel collettore oggetto di intervento sono inferiori rispetto alla portata di progetto con tempo di ritorno pari a 20 anni a causa della presenza di restringimenti in corrispondenza delle sezioni di imbocco (a-a e b-b).

La sezione di imbocco a-a del tratto intubato, realizzata in c.a., presenta un'apertura avente sezione rettangolare con larghezza di 50 cm ed altezza di 45 cm ed è dotata di una griglia superiore. Si stima che la portata meteorica in arrivo dal bacino di monte che è in grado di defluire attraverso la sezione di imbocco del tratto intubato è pari a  $1.30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La sezione di imbocco b-b del tratto intubato, è costituita da una tubazione in conglomerato cementizio avente un diametro interno pari a 600 mm ed una pendenza stimata pari al 10%. La portata meteorica in arrivo dal bacino di monte che è in grado di defluire attraverso la sezione di imbocco del tratto intubato è pari a  $1.99 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tale valore è stato definito utilizzando la formula di Prandtl-Colebrook (cap. 4).

La portata defluente nel collettore oggetto di intervento, nello scenario attuale, è quindi pari a  $3.29 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1.30 + 1.99 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

## **4 VERIFICA IDRAULICA DELLE TUBAZIONI ESISTENTI E DIMENSIONAMENTO OPERE IN PROGETTO**

Il calcolo della portata defluente nei condotti esistenti/in progetto viene eseguito in condizioni di moto uniforme utilizzando la formula di Prandtl - Colebrook, che calcola la portata in tubazioni a riempimento completo.

L'utilizzo di tale formula permette di studiare il moto dell'acqua nelle condotte anche quando il regime del moto non è assolutamente turbolento ma semplicemente turbolento.

Infatti in idraulica le due denominazioni descrivono regimi fluidi diversi; le formule pratiche comunemente usate presuppongono che il moto sia assolutamente turbolento e quindi che le variazioni di velocità e di viscosità dell'acqua non influenzino il coefficiente d'attrito.

E' ben noto tuttavia che nelle tubazioni di uso comune, per velocità minori al metro al secondo, il regime non è assolutamente turbolento ma, per valori normali di viscosità dell'acqua, semplicemente turbolento.

L'espressione della formula di Prandtl - Colebrook è la seguente:

$$V = \left[ -2 \log \left( \frac{2.51 \nu}{D \sqrt{2gJD}} + \frac{\varepsilon_e}{3.71D} \right) \right] \sqrt{2gJD}$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V$$

con:  $V$  = velocità di scorrimento

$D$  = diametro interno del tubo

$J$  = pendenza motrice

$Q$  = portata defluente

$\nu$  = viscosità cinematica del liquido

$\varepsilon_e$  = scabrezza di esercizio

$g$  = accelerazione di gravità

Il valore di  $\varepsilon_{\text{esercizio}}$  assume il significato di scabrezza equivalente, che tiene in conto non solamente il valore relativo al materiale costituente la condotta, ma anche le perdite localizzate relative ai giunti, alle curve ed ai pozzetti.

Per le condotte realizzate in materiali plastici (PVC, PE, etc.) e per quelle in conglomerato cementizio con rivestimento interno in materiali plastici e/o resine si assume  $\varepsilon_{\text{esercizio}} = 0.1$  mm, mentre per quelle in calcestruzzo si assume  $\varepsilon_{\text{esercizio}} = 2$  mm.

Utilizzando tale formula, nota la pendenza, è possibile calcolare la portata smaltibile dalla tubazione in oggetto, in condizioni di riempimento completo.

Il valore a sezione completamente riempita non rappresenta quello massimo smaltibile dalla condotta in quanto la massima portata si ha con un'altezza d'acqua nella tubazione pari al 93% del diametro (Fig. 4.1.).

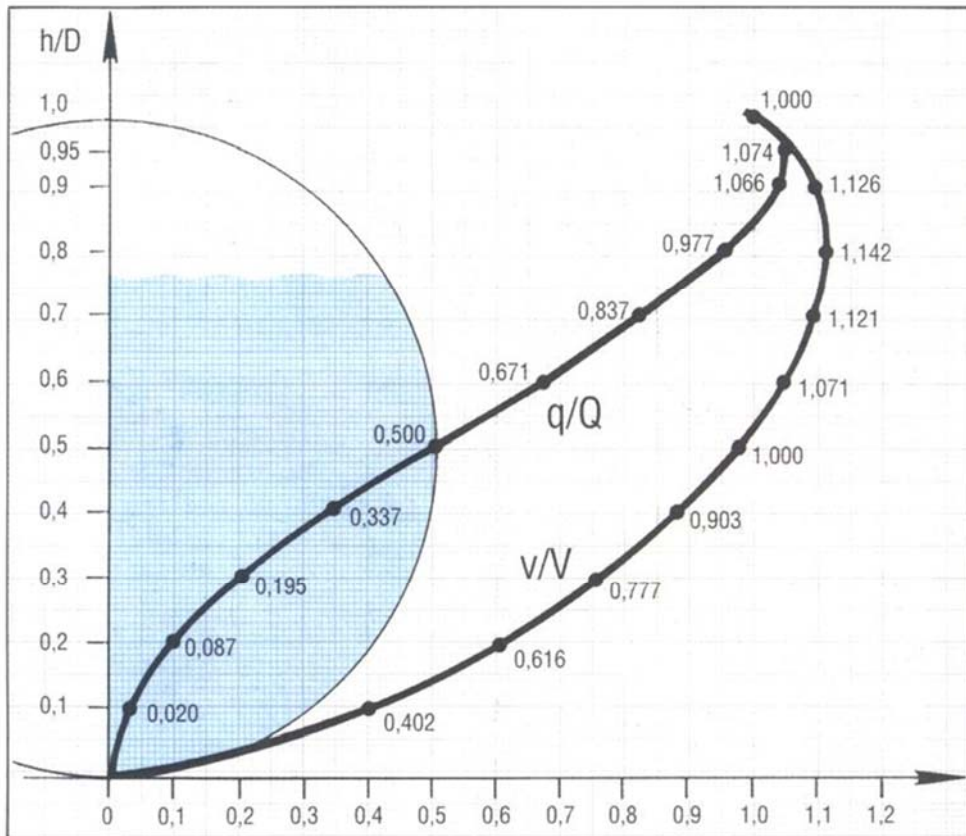


Fig. 1 Scala dei deflussi

Fig. 4.1. Scala dei deflussi in tubazione a sezione circolare.

#### 4.1 VERIFICA IDRAULICA COLLETTORI ESISTENTI

In Fig. 4.1.1. è riportato lo schema planimetrico con l'indicazione delle opere esistenti per la regimazione delle acque meteoriche. I fossi a cielo aperto sono rappresentati in blu, mentre i tratti intubati in ciano.



Fig. 4.1.1. Planimetria schematica opere esistenti

La verifica idraulica delle tubazioni esistenti viene effettuata utilizzando la metodologia precedentemente descritta (formula di Prandtl-Colebrook).

Le tubazioni esistenti sono realizzate in conglomerato cementizio, pertanto si assume una scabrezza di esercizio pari a 2 mm.

Si ottiene:

Tubazione	Diametro int. [mm]	Pendenza [m/m]	$Q_{\max}$ tubaz. [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{TR20}$ [m <sup>3</sup> /s]	Verificata?
1	1000	0.02	3.42	2.28	SI
2	1000	0.07	6.41	4.98	SI
3	800	0.05	3.01	7.26	NO
4	600	0.05	1.41	7.34	NO

Tab. 4.1.1. Verifica idraulica collettori esistenti.

Nella tubazione 4 è stata considerata anche l'immissione laterale presente in corrispondenza del pozzetto, la cui portata è stata quantificata pari a 0.08 m<sup>3</sup>/s.

Le analisi eseguite evidenziano che le tubazioni 3 e 4 non sono idonee a smaltire né la portata di progetto con tempo di ritorno di 20 anni, né la portata in arrivo da monte nello scenario attuale (pari a 3.29 m<sup>3</sup>/s). L'intervento in progetto ne prevede pertanto la sostituzione con collettori idraulicamente idonei.

#### 4.2 VERIFICA IDRAULICA COLLETTORI IN PROGETTO

Il progetto prevede la sostituzione dei collettori 3 e 4 con tubazioni in conglomerato cementizio turbocentrifugato di diametro interno pari a 1000 mm, rivestite internamente con resine poliuretatiche o epossidiche e completi di anello di tenuta elastomerico.

La verifica idraulica delle tubazioni in progetto viene effettuata utilizzando la metodologia precedentemente descritta (formula di Prandtl-Colebrook) con riferimento la portata di progetto avente tempo di ritorno di 20 anni; tale portata, infatti, verrà utilizzata come base per la progettazione dei lavori futuri che saranno realizzati sia nella zona a monte che in quella a valle della zona oggetto del presente progetto.

Le tubazioni in progetto sono realizzate in conglomerato cementizio rivestito internamente con resine, pertanto si assume una scabrezza di esercizio pari a 0.1 mm.

Si ottiene:

<b>Tubazione</b>	<b>Diametro int. [mm]</b>	<b>Pendenza [m/m]</b>	<b>Q<sub>max</sub> tubaz. [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Q<sub>TR20</sub> [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Verificata?</b>
3	1000	0.05	7.51	7.26	SI
4	1000	0.05	7.51	7.34	SI

*Tab. 4.2.1. Verifica idraulica collettori in progetto.*

Le tubazioni in progetto risultano pertanto idraulicamente idonee a collettare la portata di progetto avente tempo di ritorno pari a 20 anni e, a maggior ragione, la portata in arrivo da monte nello scenario attuale.