

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
RI – RILEVATI  
RI61 - RILEVATO FERROVIARIO DAL KM 31+840,00 AL KM 32+130,00  
SISTEMAZIONI IDRAULICHE  
Relazione idraulica smaltimento acque**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Guido Fratini Data: Settembre 2021	ing. Enrico Piovano iscritto all'ordine degli ingegneri di Torino n.9273L Data: Settembre 2021		-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	RI	RI	6	1	0	4	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data Settembre 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
A	EMISSIONE	E. Giorgetti	Settembre 2021	A. Gardani	Settembre 2021	P. Galvanin	Settembre 2021	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RIRI6104001A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 2 di 18

## INDICE

1	DESCRIZIONE GENERALE .....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	3
3	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
4	PARAMETRI DI RIFERIMENTO .....	4
4.1	Idrologia .....	4
4.2	Coefficienti di deflusso .....	4
5	DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA.....	5
5.1	Descrizione del sistema.....	5
5.2	Dimensionamento degli elementi di drenaggio.....	7
5.2.1	Modello di trasformazione afflussi-deflussi .....	7
5.2.2	Dimensionamento degli elementi di raccolta .....	7
5.2.3	Dimensionamento degli elementi di convogliamento .....	10
6	SISTEMA DI LAMINAZIONE.....	12
6.1	Dimensionamento fossi di guardia di laminazione .....	13
6.2	Manufatti di controllo e regolazione della portata .....	17

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 3 di 18

## 1 DESCRIZIONE GENERALE

Oggetto della presente relazione è l'analisi del sistema di drenaggio del tratto in rilevato RI61, compreso tra il km 31+840.00 e il km 32+130.00 della Linea AV/AC Torino – Venezia - Tratta Verona - Padova - Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza. Dal punto di vista idraulico tale intervento è strettamente connesso all'intervento precedente, denominato RI60, che si sviluppa tra il km 31+633.65 e il km 31+840, con cui condivide una canaletta rettangolare in piattaforma, che ha inizio nel presente tratto e scarica nella WBS 60, ed il fosso di guardia di laminazione, che ha inizio nella RI61, per poi scaricare in un manufatto di regolazione e scarico posto nella RI60 alla pk 31+735.00.

Il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria della linea AV/AC di progetto, delle aree ad essa afferenti (scarpata e stradello) e della semi-piattaforma lato B.P. della Linea Storica (L.S.) esistente in affiancamento prevede la raccolta e il convogliamento della portata meteorica verso i fossi di guardia posti al piede del rilevato. Tali fossi di guardia sono stati progettati in modo tale da laminare la portata meteorica e restituirla al reticolo idrografico esistente conformemente al limite di 5 l/s per ettaro imposto dalla normativa vignete (DGRV 2948/2009) e dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (ApV) Ente Gestore del reticolo idrico interferito nell'area di interesse.

Il recapito ultimo delle acque meteoriche per il tratto compreso, posto alla pk 31+735.00 circa nel tratto RI60 precedente, è rappresentato da un fosso al piede della viabilità esistente, oggetto anche dell'intervento di attraversamento della linea IN57.

Per quanto riguarda le difformità rispetto al progetto definitivo di rimanda all'elaborato di confronto PD/PE.

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

IN1710EI2BZRI0006001 – Dettagli smaltimento acque di piattaforma

IN1710EI2BZRI0006002 – Dettagli manufatti di regolazione

IN1712EI2PZRI6104001A - Planimetria idraulica e sezione di scarico

## 3 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi utilizzati per la presente progettazione vengono riassunti di seguito:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n.152, “*Norme in materia ambientale*”
- D. Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4, “*Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale*”
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.11633 del 7/1/1974
- Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto DGRV 6 ottobre 2009 n. 2948, “*Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici*” e in particolare l'Allegato A, “*Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione di nuovi strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche*”.
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili RFI (Ed. 2017)

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
<b>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</b>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 4 di 18

## 4 PARAMETRI DI RIFERIMENTO

### 4.1 Idrologia

La previsione quantitativa delle piogge nell'area di interesse è stata realizzata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica individuante la relazione che intercorre tra il tempo di pioggia (t) e l'altezza d'acqua piovuta (h), secondo la seguente formulazione:

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

nella quale i termini a ed n sono parametri dipendenti dal tempo di ritorno specificato.

Il tempo di ritorno utilizzato come riferimento è TR = 100 anni, in linea con quanto prescritto nel manuale di progettazione RFI, parte II sezione 3.

Volendo determinare le portate che comportano la crisi del sistema di drenaggio occorre fare riferimento agli eventi pluviometrici di breve durata e forte intensità. Per definire le altezze di precipitazione corrispondenti a tali eventi pluviometrici vengono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica (CPP), elaborate a partire dalle registrazioni di altezza di pioggia effettuate nelle stazioni pluviometriche.

Per la tratta Verona-Vicenza sono stati ottenuti i seguenti parametri della curva di possibilità pluviometrica:

Tabella 1 - Parametri a e n per durate superiori e inferiori all'ora, per tempo di ritorno pari a 100 anni

Stazioni ArpaV	da pk (km)	a pk (km)	Tr= 100 anni			
			<1h		1-24h	
			a (mm/ore <sup>n</sup> )	n (a-dim.)	a (mm/ore <sup>n</sup> )	n (a-dim.)
Verona Parco Adige Nord	0+000	3+050	102.34	0.60	78.22	0.17
Buttapietra (Verona sud)	3+050	4+105	86.75	0.62	81.64	0.13
50% Buttapietra 50%Arcole	4+105	13+775	94.28	0.62	85.94	0.13
Colognola ai colli	13+755	18+710	84.48	0.54	78.70	0.18
Arcole	18+710	26+010	101.76	0.62	90.07	0.13
Lonigo	26+010	32+975	99.50	0.57	85.05	0.12
Brendola	32+975	42+310	87.62	0.51	71.79	0.25
S.Agostino Vicenza	42+310	44+250	66.97	0.39	69.30	0.23

Nella tratta oggetto della presente Relazione si fa riferimento ai valori della stazione di Lonigo.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologica (IN1711EI2RGID00000040).

### 4.2 Coefficienti di deflusso

La riduzione dell'afflusso ( $\varphi$ ) alla rete si considera dovuta principalmente a impermeabilità e ritardo, che variano a seconda della densità delle costruzioni e della topografia della zona.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E I2 RI RI6104 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 5 di 18</p>

Come indicato dalla normativa regionale (Allegato A alla DGR 2948 del 6 ottobre 2009) si utilizza un coefficiente di deflusso  $\phi = 0.9$  per le aree pavimentate,  $\phi = 0.6$  per le scarpate dei rilevati,  $\phi = 0.2$  per le superfici permeabili e  $\phi = 0.1$  per le aree agricole.

Si calcolano quindi le superfici afferenti efficaci come:  $A_{eff} = \phi A$ .

## 5 DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

### 5.1 Descrizione del sistema

Il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria, per le tratte in rilevato, prevede la raccolta e il convogliamento della portata meteorica che scorre sul sub-ballast impermeabile verso i fossi di guardia posti al piede del rilevato.

Il convogliamento delle acque di piattaforma ai fossi di guardia per la semi-piattaforma relativa al B.P. della linea AV/AC avviene tramite canalette ad embrice poste ad interasse di 15 m.

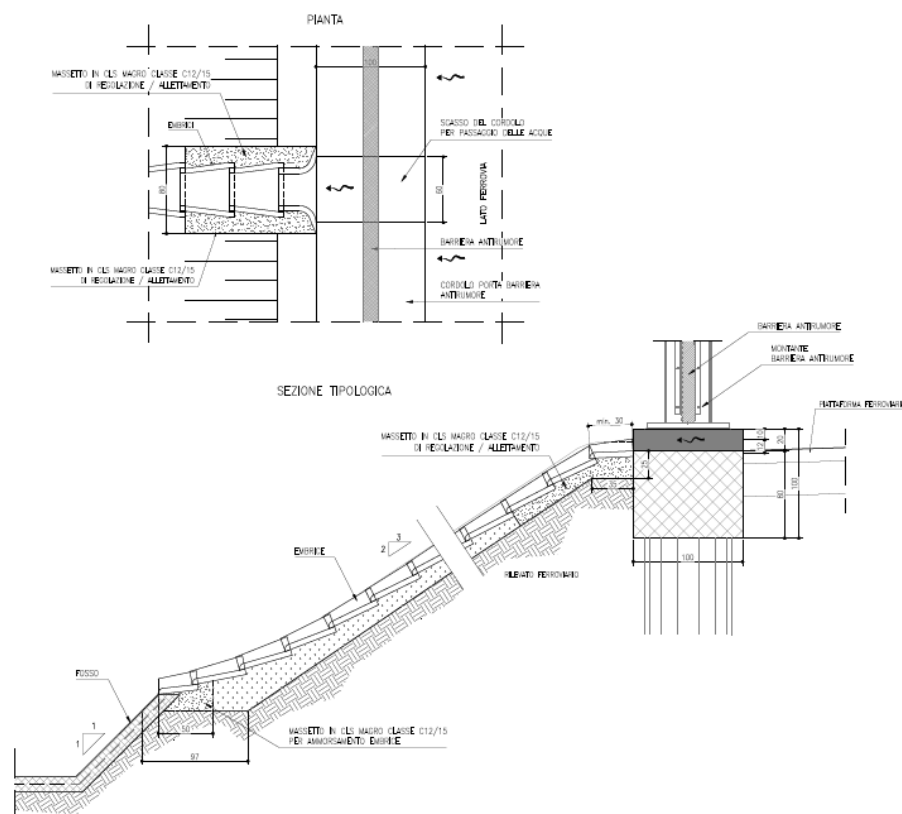


Figura 1 – Canalette ad embrice

Le acque meteoriche relative alla semi-piattaforma lato B.D. della linea AV/AC e della semi-piattaforma lato B.P. della L.S. esistente sono raccolte in una canaletta rettangolare tipo “CR” di dimensioni 0.4x0.4 m dotata di griglia metallica classe D400 posata con la pendenza della linea al centro della sezione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E I2 RI RI6104 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 6 di 18</p>

Ogni 200 m circa, le canalette scaricano la portata meteorica raccolta nei fossi al piede tramite un collettore in PVC SN8 De400 controtubato in un De500 in PEAD PE100 SN10 e una canaletta ad embrici, come illustrato nella seguente sezione.

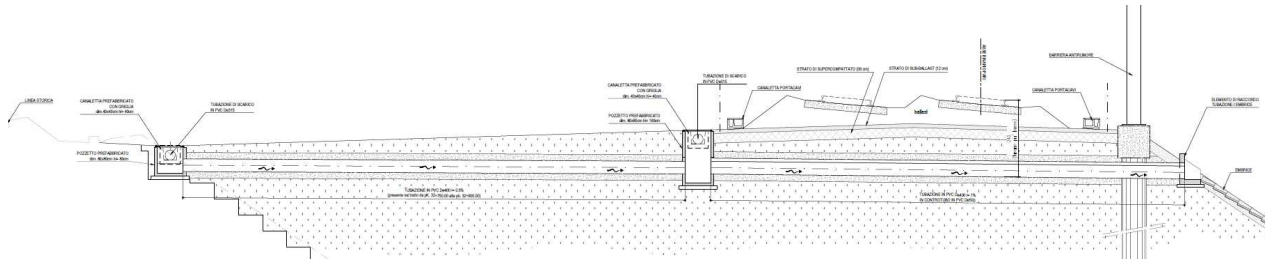


Figura 2 – Dettaglio di scarico della canaletta rettangolare posta nell'area interclusa tra linea di progetto e linea storica.

Lo scarico dalle canalette CR nei collettori avviene tramite un tratto di tubo in PVC SN8 De 315 e un pozzetto in cls prefabbricato di dimensioni 0.8x0.8 m come illustrato nella seguente immagine.

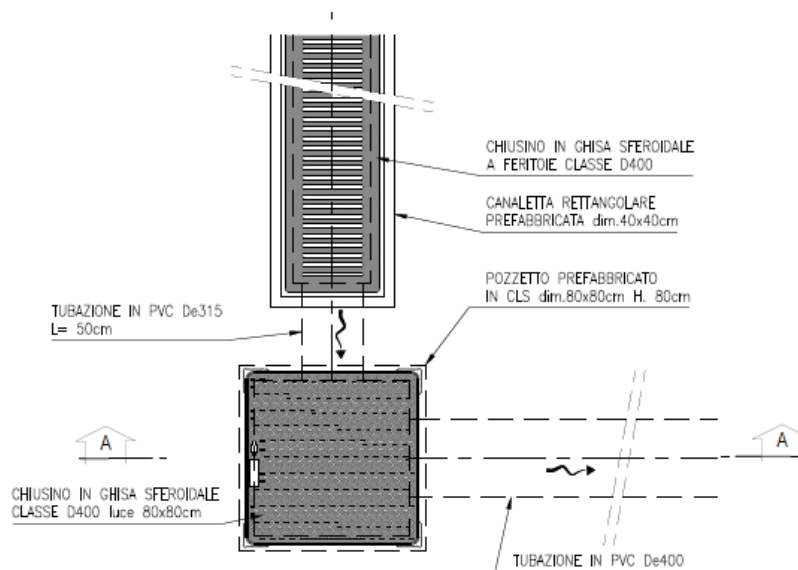


Figura 3 – Dettaglio di scarico della canaletta centrale nel pozzetto 0.8x0.8 m.

Per i dettagli costruttivi dei singoli elementi si faccia riferimento all'elaborato IN1710E12BZRI0006001 – Dettagli smaltimento acque di piattaforma.

I fossi di guardia previsti nel presente progetto hanno la funzione di convogliamento e laminazione della portata meteorica scaricata dalla piattaforma, della portata relativa alle scarpate e della portata relativa allo stradello ferroviario. Lo stradello, di larghezza 3 m, sarà infatti realizzato con una pendenza trasversale dell'1% verso il fosso di guardia di laminazione. Lo scarico nel recettore finale avverrà tramite un manufatto di regolazione dotato di bocca tarat. Lo stradello ferroviario si mantiene alla quota della testa dei fossi di laminazione.

Di seguito si illustrano gli elementi di drenaggio (embrici, canalette, collettori). Il sistema di laminazione, costituito dai fossi di guardia laminanti e dai manufatti di regolazione della portata è descritto nel successivo capitolo 6.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 7 di 18

## 5.2 Dimensionamento degli elementi di drenaggio

### 5.2.1 Modello di trasformazione afflussi-deflussi

La determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura dei sottobacini ferroviari è stata effettuata mediante l'applicazione di un modello afflussi-deflussi. L'importanza di tale informazione risiede nella necessità di dimensionare correttamente i manufatti idraulici atti a convogliare le acque, in riferimento alla capacità idraulica dei ricettori finali.

Note le curve di possibilità pluviometrica, si è proceduto alla determinazione delle piogge di progetto ed alla successiva determinazione delle onde di piena di progetto.

In questo caso, per la determinazione delle portate di progetto, è stato adottato il modello di corrivazione utilizzando un ietogramma rettangolare depurato delle perdite idrologiche per infiltrazione e per detenzione superficiale mediante l'applicazione di un coefficiente di deflusso (rapporto tra il volume defluito ed il corrispondente volume di afflusso meteorico) assunto costante durante l'evento.

Il modello adottato ammette due parametri fondamentali, uno per ciascuno dei due fenomeni citati in precedenza (infiltrazione e trasformazione afflussi netti - deflussi): il coefficiente di deflusso (equivalente al coefficiente di assorbimento orario nella nomenclatura del metodo italiano) e il tempo di corrivazione del bacino. Detti parametri hanno un preciso significato fisico e sono basilari per poter raggiungere una rappresentazione abbastanza accettabile del fenomeno delle piene.

La portata affluente ( $Q_{critica}$ ) è valutabile attraverso l'applicazione della formula razionale, che restituisce la portata specifica da drenare:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_c \cdot A}{3600 \cdot 1000}$$

dove  $i_c$  [mm/h] è l'intensità di pioggia massima per la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione  $t_c$  [ore],  $A$  [m<sup>2</sup>] è la superficie del bacino scolante e  $\varphi$  (§ 4.2) è il coefficiente di deflusso che esprime, a meno delle unità di misura, il rapporto tra il volume affluito alla rete e quello complessivamente affluito al bacino, la formula così scritta restituisce il valore di portata  $Q$  in m<sup>3</sup>/s.

### 5.2.2 Dimensionamento degli elementi di raccolta

La raccolta dell'acqua di piattaforma, per i tratti in rilevato, è realizzata tramite canalette ad embrice, ovvero elementi discontinui posti ad interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione che è quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura.

Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato a quello di una soglia sfiorante; la portata sfiorata  $Q$  [m<sup>3</sup>/s] può essere definita come:

$$Q = C_q L h \sqrt{2gh}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 8 di 18

nella quale:

- $C_q = 0,385$  è il coefficiente di deflusso;
- $L$  [m] rappresenta la larghezza di imbocco dell'embrice (pari a 0.6 m)
- $h$  [m] rappresenta l'altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice.

Si è imposto un tempo di corrivazione minimo pari a 5 minuti poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

In Tabella 2 sono state riportate le tabelle di dimensionamento degli embrici. In particolare, è stata calcolata la portata sfiorata e, dal rapporto tra quest'ultima e la portata drenata determinata con la formula razionale per unità di lunghezza, il passo minimo degli embrici al variare del tracciato. Viene ritenuto accettabile un allagamento massimo di 1.40 m a partire dal cordolino che delimita la piattaforma che porta ad un interasse di progetto per gli embrici pari a 15 m.



<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  					
<b>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Progetto IN17</td> <td style="width: 15%;">Lotto 12</td> <td style="width: 40%;">Codifica Documento E I2 RI RI6104 001</td> <td style="width: 10%;">Rev. A</td> <td style="width: 15%;">Foglio 9 di 18</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 9 di 18
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 9 di 18		

Tabella 2 – Dimensionamento interasse embrici

<b>Calcolo deflusso</b>		
<b>Sezioni</b>		
Larghezza piattaforma drenata [m]	W	6.50
Pendenza trasversale sub-ballast [m/m]	i	0.03
Angolo sulla verticale [grad]	q	88.28
Larghezza sub-ballast allagato [m]	b	1.40
Altezza d'acqua massima ammissibile [m]	h	0.04
Pendenza ferroviaria longitudinale [m/m]	p	0.0054
Area di deflusso [m <sup>2</sup> ]	Ad	0.03
Raggio idraulico banchina [m]	R	0.02
Coefficiente di Strickler sub-ballast [m <sup>1/3</sup> /s]	Ks	80.00
Portata longitudinale convogliata dalla banchina [l/s]	Q	12.90
Velocità di deflusso in cunetta [m/s]	v	0.44

<b>Calcolo interassi scarico</b>		
<b>Coefficienti c.p.p.</b>	a [mm/h]	99.50
<b>Lonigo</b>	n	0.57
Durata precipitazione [min]	T <sub>c</sub>	5
Coefficiente di laminazione	e	1.00
Coefficiente di afflusso	j	1.00
Intensità precipitazione [mm/h]	i	287
Coefficiente udometrico [l/s/ha]	u	797
Portata drenata/m [l/sm]	Q	0.52
<b>INTERASSE SCARICHI [m]</b>		<b>24.9</b>

<b>Progetto</b>	<b>15</b>
<b>INTERASSE ELEMENTI DI RACCOLTA [m]</b>	

<b>Verifica interasse embrici</b>		
Carico idrico [m]	h	0.04
Coeff di contrazione	C <sub>q</sub>	0.385
Larghezza embrice [m]	L	0.6
Portata sfiorata embrice [l/s]	Q	8.80
<b>Interasse embrici [m]</b>	<b>Xe</b>	<b>17.00</b>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 10 di 18

### 5.2.3 Dimensionamento degli elementi di convogliamento

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento (collettori, mezzi tubi, canalette) è dato dal confronto tra la portata transitante, ovvero la portata meteorica critica calcolata tramite la formula razionale, e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Quest'ultimo in questo caso è pari alla somma del tempo di afflusso (pari a 5 minuti) e del tempo di traslazione ( $t_r$ ) lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo di traslazione si ottiene quindi dalla formula:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

dove:

$N$  = numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;

$l_i$  = lunghezza del tronco  $i$ -esimo;

$v_i$  = velocità nel tronco  $i$ -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare, si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{\Re} j = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:  $Q$  rappresenta la portata di dimensionamento dell'elemento ( $m^3/s$ );  $k = 1/n$  il coefficiente di scabrezza di Strickler ( $m^{1/3}/s$ ) con  $n=0.015$  per gli elementi in cls e pari a 0.011 per i collettori in materiale plastico;  $A$  l'area bagnata ( $m^2$ );  $C$  il contorno bagnato ( $m$ );  $j$  la pendenza media della condotta ( $m/m$ );  $\Re = \frac{A}{C}$  il raggio idraulico ( $m$ ).

Per ottenere la velocità di percorrenza del singolo tratto basta dividere la portata  $Q$  per l'area bagnata  $A$ .

Per i collettori è stato considerato un riempimento massimo del 75% per canalette e collettori e pari al 40% per i mezzi tubi. La velocità deve risultare compresa tra un minimo di 0.5 m/s per evitare sedimentazioni e 5 m/s come indicato nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.11633 del 7/1/19.

Nelle seguenti tabelle vengono presentati i risultati dei dimensionamenti relativi alle canalette, ai relativi collettori di scarico in PVC, e al mezzo tubo Ø300 posto sulla banca del rilevato.

Nelle tabelle viene riportata anche le canalette RI60-CR01-AVBD, che inizia nella presente WBS, ma scarica nel tratto RI60.

Le verifiche dei collettori di scarico del sistema di laminazione sono riportate nel relativo capitolo.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 									
<b>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</b>		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 11 di 18					

Tabella 3 – Dimensionamento canalette centrali tipo CR che recapitano nel fosso RI60-FR02-AVBP

	pk monte	pk valle	Area imp	Area totale efficace	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	R pieno riemp.	v pieno riemp.	T traslaz. singolo ramo	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Q <sub>critica</sub>	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m]	[m/s]	[min]	[min]	[min]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[-]	[m/s]
<b>RI60-CR01-AVBD</b>	31933.0	31739.0	2331.88	2098.69	0.40	0.40	0.0054	194.00	5.00	0.13	1.28	2.53	2.53	7.53	0.141	0.205	0.299	0.12	0.75	1.18
<b>RI61-CR01-AVBD</b>	32130.0	31936.0	2331.88	2098.69	0.40	0.40	0.0054	194.00	5.00	0.13	1.28	2.53	2.53	7.53	0.141	0.205	0.299	0.12	0.75	1.18

Tabella 4 – Dimensionamento mezzo tubo Ø300 sulla banca del rilevato

	Area imp	Area semi-perm	Area totale efficace	Diametro Commerciale	Pendenza	Lunghezza	Ks	T ingresso	V pieno riempim.	T traslaz. singolo ramo	Max T traslaz.	T corrivaz.	Q <sub>critica</sub>	Q <sub>max</sub> riempim.	h riempim.	Rapporto di riempim.	Angolo riempim.	Area bagnata	Velocità (m/s)
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[mm]	[m/m]	[m]	[m <sup>1/3</sup> /s]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[min]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[-]	[grad]	[m <sup>3</sup> ]	[m/s]
<b>mezzo tubo Ø300 banca</b>	97.5	120	159.8	300	0.0054	15.00	67	5.0	0.87	0.29	0.29	5.29	0.0124	0.031	0.091	0.30	133.9	0.02	0.68

Tabella 5 – Dimensionamento collettori di scarico canalette centrali

	Diametro Commerciale	Pendenza	Lunghezza (m)	MATERIALE	Ks	T ingresso	V pieno riempim.	T traslaz. singolo ramo	Max T traslaz.	T corrivaz.	Q <sub>critica</sub>	Q <sub>max</sub> riempim.	h riempim.	Rapporto di riempim.	Angolo riempim.	Area bagnata	Velocità
	[mm]	[m/m]	[m]		[m <sup>1/3</sup> /s]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[min]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[-]	[gradi]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]
<b>De315 PVC scarico canaletta nel pozzetto 80X80</b>	315	0.025	0.50	PVC	91	5.0	2.57	0.003	2.53	7.53	0.141	0.185	0.197	0.65	215.4	0.050	2.83
<b>T01 - De400 PVC scarico canaletta centrale interasse 200 m</b>	400	0.010	14.00	PVC	91	5.0	1.91	0.12	2.65	7.65	0.141	0.221	0.222	0.58	198.2	0.07	2.02

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 12 di 18

## 6 SISTEMA DI LAMINAZIONE

I fossi di guardia posti al piede del rilevato con funzione di laminazione sono stati dimensionati nell'intento di invasare le acque meteoriche raccolte sulla nuova infrastruttura garantendo lo scarico nei recettori finali nel rispetto dei limiti concessi dalla normativa regionale in relazione al principio dell'invarianza idraulica.

Nella tratta in oggetto lo scarico limite consentito è di 5 l/s/ha imposto dalla normativa vignete (DGRV 2948/2009) e dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (ApV) Ente Gestore del reticolo idrico interferito nell'area di interesse. Un manufatto di regolazione delle portate posto a valle dell'invaso garantisce che la portata scaricata non superi il valore imposto.

I volumi di laminazione hanno il compito di ridurre i picchi di portata che si verificano nei sistemi di drenaggio riducendoli a valori compatibili con i recapiti posti a valle. Nel caso specifico dell'opera in progetto l'incremento di portata dovuto alla impermeabilizzazione viene assorbito dal sistema di drenaggio attraverso l'invaso nei fossi, le cui dimensioni sono legate quindi non alla sola funzione di convogliare le acque afferenti al recapito stabilito ma anche a quella di invaso dei volumi che eccedono la capacità del recettore finale.

In corrispondenza della WBS in oggetto si prevedono dei fossi rivestiti in cls di sezione trapezia di tipologia con base minore 2 m, altezza 1.25 m e sponde inclinate al 1/1. I fossi sono localizzati tra il rilevato e lo stradello ferroviario in modo da convogliare e laminare tutte le acque meteoriche afferenti alla linea AC/AV in progetto. Il dimensionamento è stato effettuato considerando il metodo cinematico (Alfonsi e Orsi, 1987). Ai fossi viene data una leggera pendenza longitudinale, pari allo 0.1% che facilita il transito della portata verso il punto di scarico e lo svuotamento del fosso stesso.

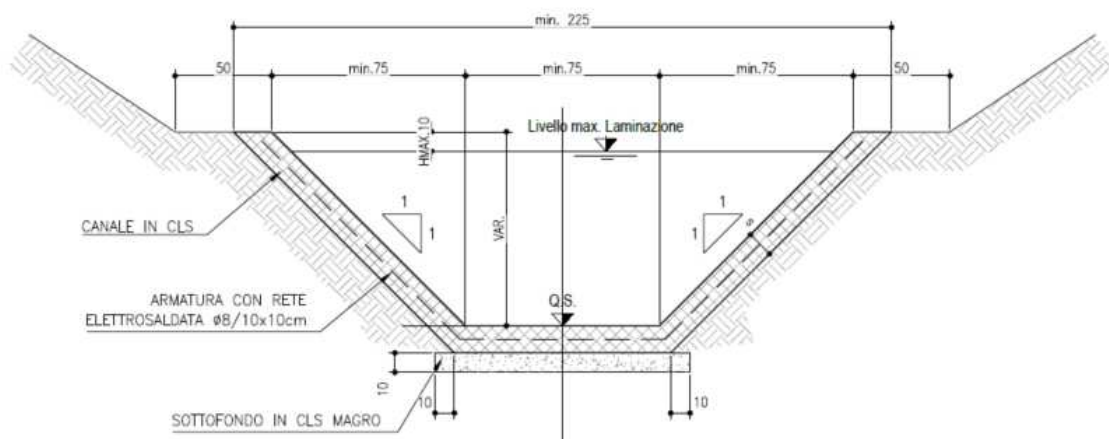


Figura 4 – Sezione tipologia dei fossi di laminazione.

La regolazione della portata in uscita è effettuata tramite dei manufatti in cls dotati di bocca tarata dimensionata in modo tale da garantire lo scarico dei 5 l/s ha impermeabile.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E I2 RI RI6104 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 13 di 18</p>

Il fosso di laminazione al servizio del tratto in oggetto della relazione scarica nel tratto RI60 precedente, nel manufatto di tipo “MC2” alla pk 28+735.00, per lo scarico finale nel fosso al piede della viabilità esistente, oggetto anche dell’intervento di attraversamento della linea IN57, mediante un collettore in PVC DN400.

Per i dettagli costruttivi di tali manufatti si faccia riferimento all’elaborato IN1710EI2BZRI0006002A – Dettagli manufatti di regolazione e alle tabelle riportate in IN1712EI2PZRI6104001A - Planimetria idraulica e sezione di scarico. Pianta e Sezione longitudinale tipo è riportata nella seguente immagine.

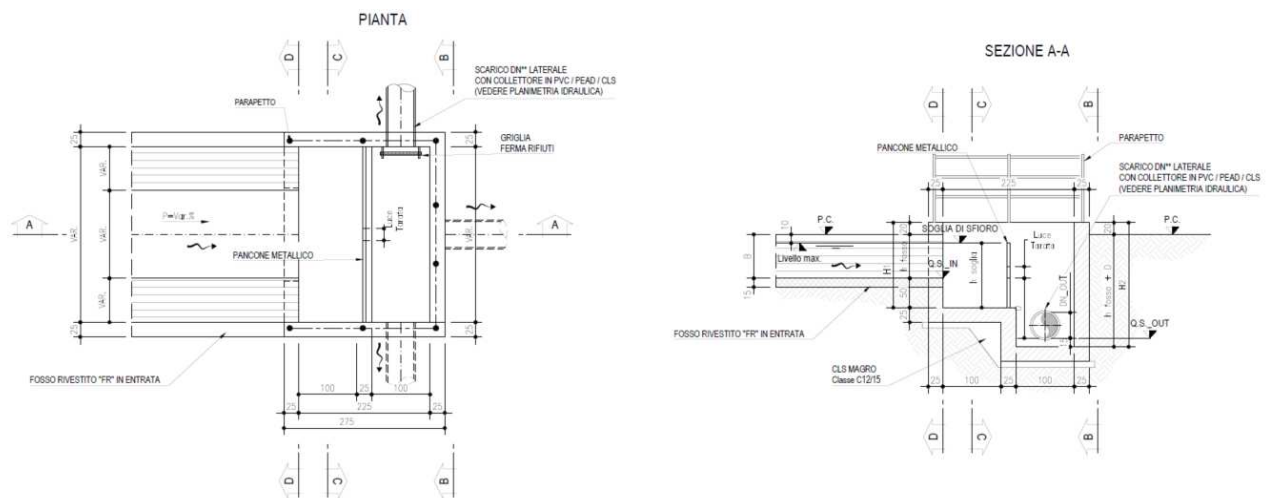


Figura 5 – Pianta e sezione tipologia dei manufatti di regolazione e scarico tipo “MC2”.

## 6.1 Dimensionamento fossi di guardia di laminazione

Il dimensionamento del volume da accumulare è stato eseguito mediante il metodo cinematico (Alfonsi e Orsi, 1987):

$$W_m = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^n + \frac{t_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{1-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - Q_u \cdot \theta_w - Q_u \cdot t_c$$

dove:

- S = superficie del bacino scolante;
- $\varphi$  = coefficiente di afflusso del bacino scolante;
- a,n = parametri della curva di possibilità pluviometrica per Tr=100 anni;
- $t_c$  = tempo di corrivazione
- $Q_u$  = portata massima scaricabile per il principio dell’invarianza idraulica;
- $\theta_w$  = durata critica del bacino di laminazione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 14 di 18

La durata critica per la laminazione si determina con metodo iterativo tramite la relazione:

$$n \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + \frac{(1-n) \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - Q_u = 0$$

Il tempo di corrivazione viene calcolato sommando il tempo di afflusso, convenzionalmente assunto pari a 5 minuti, e il tempo di rete, calcolato sul tratto più lungo con il massimo riempimento. Questa assunzione semplificativa risulta a favore di sicurezza in quanto per riempimenti maggiori la velocità risulta maggiore e di conseguenza risulta minore il tempo di percorrenza: a tempi minori corrisponde una maggiore intensità di pioggia.

Si è tenuta anche in considerazione a riduzione del volume di laminazione dovuta alla pendenza dei fossi. Per fare questo è stato calcolato l'integrale della sezione del fosso A tra 0 e L\*:

$$\begin{aligned}
A &= aX^2 + bX \\
X &= h_0 - \frac{i(\%)l}{100} \\
V^* &= \int_0^{L^*} \left[ a \left( h_0 - \frac{i(\%)l}{100} \right)^2 + b \left( h_0 - \frac{i(\%)l}{100} \right) \right] dl \\
&= a \left( h_0^2 L^* + \frac{i(\%)^2}{10000} \cdot \frac{L^{*3}}{3} - \frac{1}{100} h_0 i(\%) L^{*2} \right) + b \left( h_0 L^* - \frac{i(\%)}{200} L^{*2} \right)
\end{aligned}$$

con:

$$\begin{aligned}
se \frac{h_0 - Y_u}{\frac{i(\%)}{100}} < L &\rightarrow L^* = \frac{h_0 - Y_u}{\frac{i(\%)}{100}} \\
se \frac{h_0 - Y_u}{\frac{i(\%)}{100}} > L &\rightarrow L^* = L
\end{aligned}$$

dove:

- L lunghezza di laminazione
- $Y_u$  è l'altezza di moto uniforme effettiva del fosso
- i la pendenza del fosso in %
- $h_0$  l'altezza utile del fosso, pari all'altezza totale meno il franco di sicurezza assunto pari a 10 cm
- a il coefficiente angolare delle sponde del fosso (pari a 1 data la tipologia del fosso con sponde all'1/1)
- b la base minore del fosso

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
<b>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</b>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 15 di 18

Sottraendo al volume disponibile  $V^*$  così calcolato il volume di moto uniforme calcolato su  $L^*$  si ottiene il volume disponibile per la laminazione.

$$V_{disp\ laminazione} = V^* - A_{bagnata} \cdot L^*$$

A partire da questo dato è possibile ricavare il  $V_{totale\ utile}$  del fosso, dato dalla somma tra il volume disponibile per la laminazione e il volume di moto uniforme calcolato sulla lunghezza totale di laminazione  $L$ .

$$V_{totale\ utile} = V_{disp\ laminazione} + A_{bagnata} \cdot L$$

Il  $V_{totale\ utile}$  dovrà essere confrontato con il  $V_{totale\ idrico}$  del fosso, dato dalla somma del  $V_{laminazione}$  e del volume di moto uniforme calcolato sulla lunghezza totale di laminazione.

$$V_{totale\ idrico} = V_{laminazione} + A_{bagnata} \cdot L$$

Dovrà risultare:

$$V_{totale\ utile} > V_{totale\ idrico}$$

In Tabella 6 si riportano progressive di monte e valle dei fossi, dimensioni, pendenza e quote di scorrimento di monte e di valle dei fossi presenti nella WBS in oggetto della relazione. In Tabella 7 sono presentati i risultati ottenuti per il dimensionamento, alle aree impermeabili sono state aggiunte le rispettive aree relative ai tratti di canalette centrali con recapito nello specifico fosso.

Il fosso RI60-FR02-AVBP inizia nella presente WBS, ma è al servizio anche della precedente RI60.

Tabella 6 – Fosso di laminazione

	pk. monte	pk. valle	Base minore	Altezza	Base maggiore	Q f.s. monte	Q f.s. valle	Pendenza
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m/m]
<b>RI60-FR02-AVBP</b>	32127	31737	2	1.25	4.5	41.40	41.01	0.001

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 16 di 18

Tabella 7 – Dimensionamento fosso di laminazione

	Lungh. laminazione L	tempo di rete (=L/v)	tc=ta+tr	Largh. imp (piattaforma + stradello)	Lungh. totale imp	Area imp.	Largh media scarpata	Area scarp.	Atotale intervento	Area totale efficace	Q invarianza	Qout bocca tarata	Qw	Wm	Yu	A	L* lungh. fosso lam	Vol. moto uniforme *	V*	Vol. disp lam	Vtot utile Fosso	Vtot idrico Fosso	Check Vfosso	
	[m]	[h]	[h]	[m]	[m]	[mq]	[m]	[mq]	[mq]	[mq]	[mc/s]	[mc/s]	[h]	[mc]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]
<b>RI60-FR02-AVBP</b>	390	0.518	0.602	9.5	390	9950.9	12	4680	14630.9	11763.8	0.007	0.0073	5.4	1058.4	0.017	0.04	390.0	13.7	1105.5	1091.9	1105.5	1072.1	OK	



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 17 di 18	

## 6.2 Manufatti di controllo e regolazione della portata

Il rilascio delle acque di piattaforma avverrà in modo controllato attraverso manufatti appositamente progettati che garantiscono la regolazione delle portate laminate in uscita dal sistema.

Il controllo della portata in uscita avviene attraverso una luce opportunamente dimensionata applicando la formula della portata effluente da luce a battente:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

nella quale:

- $\mu = 0,6$  è il coefficiente di contrazione;
- $A$  [m<sup>2</sup>] rappresenta la sezione del foro =  $\pi D^2/4$ , con  $D$  [m] diametro del foro;
- $h$  [m] rappresenta il carico idraulico sulla luce =  $H-D/2$ , con  $H$  [m] altezza del pelo libero nel manufatto.
- $g$  [m/s<sup>2</sup>] è l'accelerazione di gravità.

Una volta individuato il bacino afferente si calcola la massima portata scaricabile e con la formula appena descritta si ricava il valore del diametro della luce effluente.

Al di sopra della bocca tarata è collocata una soglia di sfioro di sicurezza di altezza pari a:

$$h_{soglia} = 0.50 + h_{utile\ fosso}$$

definita in base alla geometria del manufatto. La funzione della soglia è quella di garantire il deflusso della portata in arrivo verso valle in caso di ostruzione della bocca tarata, in modo tale da evitare allagamenti concentrati in corrispondenza e/o appena a monte del manufatto di laminazione.

Di seguito sono presentati i risultati relativi al manufatto RI60-MC2.02-AVBP posto nella WBS precedente 60, ma al servizio del fosso relativo anche al presente tratto . Le grandezze presentate per i manufatti MC2 sono le seguenti: nome del fosso in ingresso, progressiva del manufatto, altezza del fosso in ingresso [m], larghezza interna manufatto [m], altezza interna camera di ingresso [m], altezza della soglia di sfioro [m], dimensioni della bocca tarata [m], altezza della camera di uscita [m], diametro del collettore in uscita [m],  $\Delta$  tra quota in ingresso e quota in uscita [m], quota di scorrimento del fosso in ingresso [m s.l.m.], quota di scorrimento del collettore in uscita [m s.l.m.], portata in uscita effettiva in base alle dimensioni della bocca tarata prescelta [m<sup>3</sup>/s].

Nella successiva Tabella 9 sono presentate le verifiche relative al collettore di scarico del manufatto.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
<b>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</b>		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI6104 001	Rev. A	Foglio 18 di 18

Tabella 8 -Manufatto di controllo tipo MC3

	FOSSO IN INGRESSO	pk.	h fosso in ingresso	L - Larghezza manufatto	Hi1- Altezza interna camera IN	Altezza soglia di sfioro	Diametro bocca tarata	Hi2 - Altezza interna camera OUT	Diametro collettore in uscita	D IN - OUT	Q.s. IN	Q.s. OUT	Qout bocca tarata
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[mc/s]
RI60-MC2.02-AVBP	RI60-FR02-AVBP	31737	1.25	4.5	1.95	1.65	0.06	1.80	400	0.20	41.01	40.81	0.007

Tabella 9 -Dimensionamento collettore di scarico

	Collettore	Diametro Commerciale	Pendenza	Lunghezza (m)	MATERIALE	Ks	T ingresso	V pieno riempim.	T traslaz. singolo ramo	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempim.	h riempim.	Rapporto di riempim.	Angolo riempim.	Area bagnata	Velocità
		[mm]	[m/m]	[m]		[m <sup>3</sup> /s]	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[min]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[-]	[gradi]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]
RI60-MC2.02-AVBP	T03	400	0.001	11.00	PVC	91	5.0	0.60	0.30	0.30	5.30	0.007	0.070	0.085	0.22	112.2	0.019	0.39