

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA**  
**Lotto funzionale Brescia-Verona**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**IV42 – CAVALCAFERROVIA FERALPI - PK 114 + 576,198**  
**Smaltimento acque meteoriche. Relazione idraulica**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
<b>Consorzio Cepav due</b> Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta)	Valido per costruzione  Data: _____
Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R I	I V 4 2 0 8	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	Gozzi	31/07/18	Piacentini	31/07/18	31/07/18	
B							
C							

CIG. 751447334A File: INOR11EE2RIV4208001A\_02.docx



CUP: F81H9100000008

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 RI IV 420 8 001	Rev. A	Foglio 2 di 17
---------	------------------	-------------	--------------------------------------------	-----------	-------------------

**INDICE**

1	PREMESSA.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
4	DATI IDROLOGICI.....	6
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO .....	8
5.1	CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO .....	8
5.2	TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	8
5.3	CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	9
5.4	DIMENSIONAMENTO DELLE SEZIONI IDRAULICHE .....	9
5.5	CADITOIE .....	11
5.6	EMBRICI.....	12
6	INVARIANZA IDRAULICA.....	13
6.1	DIMENSIONAMENTO BACINI E FOSSI DRENANTI .....	13
7	TABULATI DI CALCOLO .....	14
7.1	CADITOIE E CUNETTE .....	14
7.2	EMBRICI.....	15
7.3	COLLETTORI.....	16
7.4	BACINI E FOSSI DRENANTI.....	17



## 1 PREMESSA

Il tracciato della nuova linea ferroviaria ad Alta Capacità Milano-Verona interferisce con varie viabilità presenti sul territorio.

Si pone pertanto la necessità di realizzare opere di attraversamento che comprendono un'opera d'arte, cioè un cavalcaferrovia o un sottovia, ed un nuovo tratto di strada, che raccorda sui due lati l'opera d'arte alla viabilità esistente; la nuova viabilità si può discostare da quella esistente come andamento planimetrico e/o andamento altimetrico.

In particolare, il presente elaborato tratta alcuni aspetti idraulici, connessi allo smaltimento delle acque di pioggia, relativo alla viabilità IV42.

La pioggia caduta sull'impalcato del cavalcaferrovia viene raccolta da un sistema di caditoie disposte su entrambi i cigli stradali della carreggiata e successivamente convogliata in collettori in acciaio installati al di sotto dell'intradosso della soletta dell'opera. Le tubazioni portano l'acqua verso i manufatti di scarico in prossimità della spalla B; da qui le acque vengono convogliate verso i fossi drenanti posti a base del rilevato mediante collettori in PVC.

Il sistema di scarico della rampa sud è costituito da embrici che convogliano l'acqua di piattaforma verso i fossi orizzontali drenanti alla base del rilevato.

Nella rampa nord, la pioggia caduta sulla piattaforma viene raccolta tramite caditoie disposte su entrambi i cigli stradali e trasportata mediante collettori in PVC fino allo scarico nel bacino drenante.

Per la viabilità in oggetto non è prevista disoleazione in quanto la strada ha caratteristiche di strada comunale locale con traffico ridotto, quindi per essa la normativa non contempla il trattamento. La problematica della depurazione, quindi, non si pone.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RI IV 420 8 001Rev.  
AFoglio  
4 di 17

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione di fa riferimento ai seguenti documenti

### DESCRIZIONE

### CODICE

#### IF00 – ELABORATI DI TRACCIAMENTO LINEA AV/AC

RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO

PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 114+000.000 A KM 118+500.000 TAV. 3

PROFILO LONGITUDINALE DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 113+000.000 A KM 121+800.000 TAV. 2

INOR10EE2ROI0000001

INOR10EE2P5IF0000003

INOR10EE2F5IF0000002

#### IV00 – CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO

PRESCRIZIONI MATERIALI E NOTE GENERALI

STRADE CATEGORIA F2 – CARPENTERIA IMPALCATO – DETTAGLI

INOR11EE24TV0000001

INOR11EE2BZIV00A5001

#### IV42 – CAVALCAFERROVIA FERALPI – PK 114+576,198

PIANTA FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO

SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONE TRASVERSALE

PIANTA TRACCIAMENTO SOTTOSTRUTTURE E PLINTI DI FONDAZIONE

CARPENTERIA SPALLA A

CARPENTERIA SPALLA B

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – CADITOIA CON BOCCACCIO

INOR11EE2P9IV42A0001

INOR11EE2P2IV42A0001

INOR11EE2P2IV42A3001

INOR11EE2BZIV42A6001

INOR11EE2BZIV42A6002

INOR11EE2BYIV00A8001

#### IV00 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO

STRADE DI CATEGORIA F2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 1/2

STRADE DI CATEGORIA F2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 2/2

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 1/3

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 2/3

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 3/3

PARTICOLARI RISOLUZIONE INTERFERENZE CON CANALETTE IRRIGUE

ZONE DI TRANSIZIONE RILEVATO – CAVALCAFERROVIA

SEZIONI TIPO VIABILITA' SECONDARIE. PISTE CICLABILI. PARTICOLARI

INOR11EE2WBIV00C0002

INOR11EE2WZIV00C0001

INOR11EE2BZIV00C8001

INOR11EE2BZIV00C8002

INOR11EE2BZIV00C8003

INOR11EE2BZIV00C8004

INOR11EE2WBIV00C0001

INOR11EE2BZIV00C9001

#### IV42 – RAMPE CAVALCAFERROVIA FERALPI – PK 114+576,198

RELAZIONE TECNICA GENERALE RAMPE

PLANIMETRIA STATO DI FATTO

PLANIMETRIA DI PROGETTO

PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO

PROFILO LONGITUDINALE

DIAGRAMMA DI VISUALE LIBERA E VELOCITA'

SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/2

SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/2

PLANIMETRIA SEGNALETICA

PLANIMETRIA BARRIERE DI SICUREZZA

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. RELAZIONE IDRAULICA

INOR11EE2ROIV42C0001

INOR11EE2P7IV4200001

INOR11EE2P7IV4200002

INOR11EE2P7IV4200003

INOR11EE2F7IV4200001

INOR11EE2D7IV4200001

INOR11EE2W9IV4200001

INOR11EE2W9IV4200002

INOR11EE2P7IV420B001

INOR11EE2P7IV420B002

INOR11EE2RIV420B001



### 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*”
- Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7, Regione Lombardia, “*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*”
- Dgr. n.2948 del 6 ottobre 2009, allegato A, regione Veneto, “*Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici - Modalità operative e indicazioni tecniche*”
- Regolamento Regionale 24 marzo 2006, n. 4, Regione Lombardia, “*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell’articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26*”

#### 4 DATI IDROLOGICI

Le condizioni più critiche, che il sistema idraulico oggetto di studio deve essere in grado di affrontare, sono relative a:

- massima portata che la rete di drenaggio deve essere in grado di smaltire;
- massimo volume che i dispositivi di accumulo e laminazione devono essere in grado di immagazzinare.

Tali condizioni critiche si verificano rispettivamente quando:

- la durata dell'evento meteorico è dell'ordine dei minuti (pari al tempo di corrivazione del sottosistema idraulico in esame);
- la durata dell'evento meteorico è dell'ordine delle ore.

L'analisi pluviometrica viene quindi svolta sia per precipitazioni di durata inferiore all'ora (scrosci), sia per precipitazioni di durata oraria.

Nello studio idrologico relativo al tracciato della linea A.V./A.C., mediante elaborazione statistico-probabilistica delle serie storiche dei dati delle piogge intense, sono stati calcolati, per diversi valori del tempo di ritorno e per le diverse aree lungo il tracciato della linea, i parametri che definiscono le caratteristiche statistiche degli eventi di pioggia estremi.

Tali parametri sono i coefficienti "a" e "n" delle curve di possibilità pluviometrica, espresse mediante la relazione

$$h = at^n$$

con

- h (mm): altezza di precipitazione;
- t (ore): durata di pioggia;
- a (mm/h<sup>n</sup>), n (o n<sub>1</sub> per piogge di durate inferiori all'ora): parametri caratteristici della curva, per tempo di ritorno assegnato.

I valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica tra le chilometriche della linea A.V. all'interno delle quali ricadono le opere oggetto del presente elaborato, derivano dalla Relazione Idrologica ed Idraulica generale. Per quanto riguarda l'opera in oggetto, si riassumono in tabella sottostante i valori dei parametri a e n desunti da tale elaborato.

CAVALCAFERROVIA	T <sub>R</sub> = 25 anni			T <sub>R</sub> = 50 anni		
	a (mm/h <sup>n</sup> )	n (>1h)	n <sub>1</sub> (<1h)	a (mm/h <sup>n</sup> )	n (>1h)	n <sub>1</sub> (<1h)
IV42	48.33	0.248	0.403	53.82	0.244	0.403

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RI IV 420 8 001

Rev.  
A

Foglio  
7 di 17

I dati di pioggia per tempo di ritorno pari a 25 anni sono stati utilizzati per la progettazione degli elementi di drenaggio in piattaforma (caditoie, collettori, cunette, embrici) e per i fossi drenanti e scolanti, mentre i dati di pioggia corrispondenti ad un tempo di ritorno pari a 50 anni sono stati utilizzati nella progettazione del bacino drenante.

## 5 CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO

### 5.1 Calcolo dei coefficienti di deflusso

La precipitazione va depurata della componente destinata ad infiltrarsi nel terreno. Il coefficiente di deflusso esprime dunque la percentuale della pioggia caduta, che contribuisce alla formazione delle portate. I tipi di superficie presi in considerazione ed i relativi coefficienti di deflusso sono riportati nella seguente tabella:

Tipo di pavimentazione	Coefficiente di deflusso
Pavimentazione stradale	1.00
Scarpate erbose	0.60
Fosso di guardia	1.00

I valori assunti sono cautelativamente quelli relativi alle superfici già imbibite, e considerati costanti durante tutto l'evento meteorologico.

Detto  $\varphi_i$  il coefficiente di deflusso relativo alla superficie  $S_i$ , il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori  $\varphi$  si ottiene con una media ponderata:

$$\varphi = \frac{\sum_i \varphi_i S_i}{\sum_i S_i}$$

### 5.2 Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione relativo ad una determinata sezione della rete idraulica è l'intervallo di tempo necessario affinché nella sezione considerata giungano insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino.

Come noto in letteratura, il tempo di corrivazione è dato da:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

- $t_a$  è il tempo di accesso in rete, in secondi, assunto pari a 300 s per la verifica dei fossi scolanti e 120 s per la verifica dei collettori disposti lungo le opere di attraversamento;
- $t_r$  è il tempo di rete, stimabile con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{v_{ri}}$$



dove  $L_i$  (m) è la lunghezza dell' $i$ -esima tubazione della rete di drenaggio a monte della sezione in esame e  $v_{ri}$  (m/s) è la velocità di moto uniforme della corrente transitante nella  $i$ -esima tubazione.

Per il dimensionamento degli elementi di puntuali (caditoie, embrici) è stato calcolato un tempo di corrivazione pari a quello d'accesso mediante la seguente formula:

$$t_a = t_c = 3.26(1.1 - \varphi) \frac{L_{eff}^{0.5}}{j^{\frac{1}{3}}}$$

dove:

$j = \sqrt{j_l^2 + j_t^2}$  pendenza della strada lungo la linea di corrente ( $j_l$  pendenza longitudinale;  $j_t$  pendenza trasversale);

$L_{eff} = b \left[ 1 + \left( \frac{j_l}{j_t} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$  lunghezza del percorso effettivo dell'acqua.

### 5.3 Calcolo delle portate di progetto

Il calcolo della portata da allontanare dalla piattaforma stradale, e quindi della portata che la rete deve essere in grado di recepire, viene effettuato utilizzando il metodo cinematico. Secondo tale metodo, la portata di colmo prodotta da un'intensità di pioggia  $i$  in un bacino di superficie  $S$  è data da:

$$Q = \varphi Si = \varphi Sat_c^{n-1}$$

dove:

- $\varphi$ : coefficiente di deflusso del bacino;
- $S$  (m<sup>2</sup>): superficie del bacino;
- $t_c$  (ore): tempo di corrivazione;
- $i = at_c^{n-1}$  (mm/h): intensità di pioggia per assegnato tempo di ritorno.

### 5.4 Dimensionamento delle sezioni idrauliche

La verifica delle sezioni idrauliche viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di ramo sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando nella determinazione della portata la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = k_s AR^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

- $Q$  (m<sup>3</sup>/s): portata di moto uniforme;
- $A$  (m<sup>2</sup>): area bagnata;
- $k_s$  (m<sup>1/3</sup>/s): coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler;
- $R$  (m): raggio idraulico;

- $i_l$  (m/m): pendenza longitudinale.

Nel caso di un fosso, fissati un coefficiente di scabrezza  $k_s$  ed una pendenza longitudinale  $i_l$ , e note le caratteristiche geometriche della sezione, si è in grado di stimare, mediante la relazione precedente, la portata  $Q$  pari a quella massima di progetto calcolata con il metodo cinematico, definendo quindi il tirante nella sezione idraulica di verifica.

Allo stesso modo, nel caso di una tubazione, fissati un coefficiente di scabrezza  $k_s$  ed una pendenza longitudinale  $i_l$ , si è in grado di stimare, mediante la relazione precedente, di determinare la combinazione di diametro e grado di riempimento che danno luogo ad una portata  $Q$  pari a quella massima di progetto, calcolata con il metodo cinematico.

In tabella sottostante vengono riportati i coefficienti di scabrezza utilizzati:

Materiale	$k_s$ (m <sup>1/3</sup> /s)
Tubazioni in PVC e acciaio	80
Canalette in CAV	70
Fossi in terra	40

Per la determinazione del diametro ottimale si è cercato di mantenere un grado di riempimento della condotta mai superiore all'80%.

I collettori utilizzati per l'impalcato saranno in acciaio. Si riportano di seguito i diametri esterni e interni.

Tubi Acciaio			
DN (mm)	Dest (mm)	sp (mm)	Dint (mm)
150	168.3	4	160.3
200	219.1	4.5	210.1
250	273	5	263
300	323.9	5.6	312.7
350	355.6	5.6	344.4
400	406.4	6.3	393.8
450	457.2	6.3	444.6
500	508	6.3	495.4

I collettori utilizzati per il drenaggio delle acque della rampa nord saranno in PVC, di classe SN4 quelli che corrono lungo il ciglio stradale e di classe SN8 per gli attraversamenti. Si riportano di seguito i diametri esterni e interni per le due classi.

Tubi PVC – classe SN8			Tubi PVC – classe SN4		
DN (mm)	sp (mm)	Dint (mm)	DN (mm)	sp (mm)	Dint (mm)
160	4.7	150.6	160	4	152
200	5.9	188.2	200	4.9	190.2
250	7.3	235.4	250	6.2	237.6
315	9.2	296.6	315	7.7	299.6
400	11.7	376.6	400	9.8	380.4
500	14.6	470.8	500	12.3	475.4
630	18.4	593.2	630	15.4	599.2

## 5.5 Caditoie

Sono state scelte caditoie a griglia 40x40 cm con pozzetto non sifonato sulle rampe e caditoie a griglia 30x50cm sull'opera.

Al fine di valutare l'interasse a cui posizionare tali elementi, è stata valutata la portata defluente dalla piattaforma e confrontata con la massima smaltibile dalla ipotetica cunetta triangolare delimitata dalla banchina.

La portata della cunetta laterale di scolo è stata calcolata mediante la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q_b = k_s A R^{\frac{2}{3}} i_l^{\frac{1}{2}}$$

dove:

- $Q_b$  (m<sup>3</sup>/s): portata che può essere smaltita dalla cunetta stradale;
- $A$  (m<sup>2</sup>): area bagnata;
- $k_s$  (m<sup>1/3</sup>/s): coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler;
- $R$  (m): raggio idraulico;
- $i_l$  (m/m): pendenza longitudinale.

Determinato l'interasse a cui porre le caditoie è stata calcolata l'effettiva porzione di banchina coinvolta nel deflusso e la portata residua non captata dalla caditoia.

In particolare, l'efficienza frontale della caditoia è data dal rapporto tra la portata intercettata frontalmente  $Q_1$  e quella totale  $Q$  proveniente da monte, mediante la relazione:

$$E_0 = \frac{Q_1}{Q} = 1 - \left(1 - \frac{l}{b}\right)^{8/3}$$

con  $b$  larghezza della banchina e  $l$  larghezza della caditoia.

L'efficienza frontale misura la capacità della caditoia di captare il deflusso frontalmente, nel caso in cui la portata  $Q_1$  venga captata integralmente. Perché questo avvenga è però necessario che sia soddisfatta la condizione

$$v_0 = 2.54L^{0.51} > v$$

dove  $v$  è la velocità di deflusso in banchina, calcolata come precedentemente con la formula di Gauckler-Strickler e  $L$  lunghezza della caditoia.

All'efficienza frontale, va sommata l'efficienza laterale, che rappresenta la capacità della caditoia di captare il deflusso lateralmente, la quale si può calcolare come

$$E_1 = \frac{Q_2}{Q} = 1 - E_0$$

Essendo  $Q_2$  la portata che "passa" lateralmente, pari a  $Q - Q_1$ .

Anche in questo caso è possibile calcolare il "rendimento laterale" della caditoia, con la seguente relazione empirica:

$$R_2 = 1 + \frac{0.083v^{1.8}}{jL^{2.3}}$$

È possibile quindi valutare la portata residua, mediante la relazione:

$$Q_{res} = Q - Q_1 - Q_{lat} = Q - Q_1 - Q_2R_2$$

In generale, nella scelta dell'interasse si è cercato di garantire una portata residua inferiore o pari al 25%.

## 5.6 Embrici

Nella rampa sud le acque dilavanti la piattaforma stradale nei tratti in rilevato vengono trasportate nei fossi drenanti ai piedi del rilevato mediante delle luci di sfioro, costituite dai classici embrici stradali.

Al fine di valutare l'interasse a cui posizionare tali elementi, è stata valutata la portata defluente dalla piattaforma e confrontata con la massima smaltibile dalla ipotetica cunetta triangolare delimitata dalla banchina in modo analogo a quanto visto per le caditoie. È stato poi verificato che la portata smaltibile dall'embrice fosse superiore a quella defluente in banchina. Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato, con una approssimazione sufficiente al caso, a quello di una soglia sfiorante a stramazzo. In questo caso la portata di sfioro è data da:

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

con " $C_q$ " coefficiente di portata pari a 0.385, " $L$ " larghezza dell'embrice ed " $h$ " altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice.

## 6 INVARIANZA IDRAULICA

Al fine di non appesantire la rete idrografica esistente a causa della maggiore portata, rispetto alla condizione originale, derivante dall'aumento di superficie pavimentata, occorre prevedere accorgimenti specifici al fine di garantire l'invarianza idraulica del sistema.

L'opera in oggetto poggia su un terreno composto da sabbie e ghiaie, quindi dotato di un valore alto di permeabilità. Lo smaltimento delle acque di piattaforma avverrà per infiltrazione nel sottosuolo, tramite l'utilizzo di bacini o fossi drenanti opportunamente dimensionati.

Il valore di permeabilità è stato cautelativamente assunto pari a  $1 \times 10^{-5}$  m/s.

### 6.1 Dimensionamento bacini e fossi drenanti

Per la determinazione del volume minimo da invasare si è fatto riferimento al metodo delle sole piogge.

Il volume da invasare  $V_i$ , ad un certo tempo  $\theta$ , è dato quindi dalla differenza tra volume entrante  $V_e$  e volume uscente  $V_u$ :

$$V_i = V_e - V_u$$

Il volume entrante  $V_e$  è determinato dall'afflusso meteorico  $h$  (altezza di precipitazione) su di una superficie  $S$ , caratterizzata da un coefficiente di deflusso  $\varphi$ , in un certo tempo di pioggia  $\theta$ :

$$V_e = \varphi \cdot S \cdot h(\theta) = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n$$

mentre il volume uscente  $V_u$  al tempo  $\theta$ , viene calcolato come:

$$V_u = Q_u \cdot \theta = K \cdot A \cdot \theta$$

dove  $K$  [m/s] è il coefficiente di dispersione,  $A$  l'area della vasca.

Il volume da invasare  $V_i$  nel caso di un evento meteorico di durata  $\theta$  sarà pertanto pari a:

$$V_i = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

$V_i$  assumerà, quindi, il suo valore massimo per un evento di precipitazione di durata  $\theta_p$  pari a:

$$\theta_p = \left( \frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

da cui:

$$V_i = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \left( \frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left( \frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

## 7 TABULATI DI CALCOLO

Si riportano di seguito i tabulati relativi al dimensionamento e alla verifica di tutti gli elementi del IV42.

### 7.1 Caditoie e Cunette

Sull'impalcato sono previste delle caditoie 30x50 cm; per ragioni costruttive è stato scelto un interasse massimo di 10,80 m, è stato pertanto verificato tale interasse delle caditoie per la situazione più gravosa caratterizzata da una pendenza longitudinale del 2% e da una pendenza trasversale del 2,5%.

IMPALCATO			
<b>CALCOLO PORTATA DI PROGETTO</b>			
Interasse caditoie	L	10.8	m
Sezione stradale	B	4.250	m
Pendenza longitudinale	$i_l$	0.020	m/m
Pendenza trasversale	$i_t$	0.025	m/m
Area impermeabile	$A_{imp}$	45.90	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{imp}$	1.0	-
Parametri curva LSPP	a	48.330	mm/h <sup>n</sup>
	n	0.403	-
T Accesso = T corrivazione	$t_a = t_c$	144	s
Q deflusso	$Q_p$	4.215	l/s
<b>CALCOLO PORZIONE BANCHINA ALLAGATA</b>			
Q banchina = Q progetto	$Q_b$	4.215	l/s
Allagamento banchina ( $\leq 1m$ )	b	0.85	m
Coeff. di scabrezza	$k_s$	70	m <sup>1/3</sup> /s
<b>CALCOLO EFFICIENZA CADITOIA</b>			
Larghezza caditoia	L	0.300	m
Lunghezza Caditoia	W	0.500	m
Efficienza frontale	$E_0$	0.688	-
Q Captata Frontalmente	$Q_1$	0.003	mc/s
Rendimento frontale	$R_0$	100%	-
Efficienza laterale	$E_1$	0.312	-
Q che passa lateralmente	$Q_2$	0.001	mc/s
	$Q_2$ (%)	31%	-
Rendimento laterale	$R_2$	19%	-
Efficienza totale	E	75%	-
Q captata lateralmente	$Q_{at}$	0.0003	mc/s
Portata residua	$Q_{res}$	0.0011	mc/s
	$Q_{res}$ (%)	25%	-

Per quanto riguarda la rampa nord, dove sono previste caditoie 40x40, è stata inizialmente verificata che la cunetta a bordo strada sopra il tratto della galleria fosse sufficiente a trasportare l'acqua fino alla prima caditoia. Per il dettaglio della cunetta a bordo strada si rimanda all'elaborato INOR11EE2PZIV4208001.

Successivamente posto l'interesse delle caditoie successive a 15 m è stato verificato quest'ultimo. Anche in questo caso è stata valutata la condizione più gravosa (pendenza longitudinale pari al 2% e pendenza trasversale del 2,5%).

**RAMPA NORD - da PK 0+20.000 a PK 0+70.000****CALCOLO PORTATA DI PROGETTO**

Interasse caditoia	L	15.0	m
Sezione stradale	B	4.250	m
Pendenza longitudinale	$i_l$	0.020	m/m
Pendenza trasversale	$i_t$	0.025	m/m
Area impermeabile	$A_{imp}$	63.75	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{imp}$	1.0	-
Parametri curva LSPP	a	48.330	mm/h <sup>n</sup>
	n	0.403	-
T Accesso = T corrvazione	$t_a = t_c$	144	s
Q deflusso	$Q_p$	5.854	l/s

**CALCOLO PORZIONE BANCHINA ALLAGATA**

Q banchina = Q progetto	$Q_b$	5.854	l/s
Allagamento banchina ( $\leq 1m$ )	b	0.96	m
Coeff. di scabrezza	$k_s$	70	m <sup>1/3</sup> /s

**CALCOLO EFFICIENZA CADITOIA**

Larghezza caditoia	L	0.400	m
Lunghezza Caditoia	W	0.400	m
Efficienza frontale	$E_0$	0.763	-
Q Captata Frontalmente	$Q_1$	4.468	l/s
Rendimento frontale	$R_0$	100%	-
Efficienza laterale	$E_1$	0.237	-
Q che passa lateralmente	$Q_2$	1.387	l/s
	$Q_2$ (%)	24%	-
Rendimento laterale	$R_2$	11%	-
Efficienza totale	E	79%	-
Q captata lateralmente	$Q_{lat}$	0.152	l/s
Portata residua	$Q_{res}$	1.235	l/s
	$Q_{res}$ (%)	21%	-

**RAMPA NORD - da PK 0+70.000 a PK 0+ 94,991****CALCOLO PORTATA DI PROGETTO**

Lunghezza tratto	L	25.0	m
Sezione stradale	B	4.250	m
Pendenza longitudinale	$i_l$	0.020	m/m
Pendenza trasversale	$i_t$	0.025	m/m
Area impermeabile	$A_{imp}$	106.25	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{imp}$	1.0	-
Parametri curva LSPP	a	48.330	mm/h <sup>n</sup>
	n	0.403	-
T Accesso = T corrvazione	$t_a = t_c$	144	s
Q deflusso	$Q_p$	9.757	l/s

**CALCOLO PORZIONE BANCHINA ALLAGATA**

Q banchina = Q progetto	$Q_b$	9.760	l/s
Allagamento banchina ( $\leq 1m$ )	b	1.0	m
Coeff. di scabrezza	$k_s$	70	m <sup>1/3</sup> /s

**CALCOLO EFFICIENZA CADITOIA**

Larghezza caditoia	L	0.400	m
Lunghezza Caditoia	W	0.400	m
Efficienza frontale	$E_0$	0.741	-
Q Captata Frontalmente	$Q_1$	7.227	mc/s
Rendimento frontale	$R_0$	100%	-
Efficienza laterale	$E_1$	0.259	-
Q che passa lateralmente	$Q_2$	2.531	mc/s
	$Q_2$ (%)	26%	-
Rendimento laterale	$R_2$	8%	-
Efficienza totale	E	76%	-
Q captata lateralmente	$Q_{lat}$	0.2132	mc/s
Portata residua	$Q_{res}$	2.317744	mc/s
	$Q_{res}$ (%)	24%	-

**7.2 Embrici**

La lunghezza del tratto da drenare è pari a 24 m; si decide di utilizzare due embrici per lato a distanza di 12 m e verificare tale interesse.

**RAMPA SUD - da PK 0+145.391 a PK 0+170.000****CALCOLO PORTATA DI PROGETTO**

Interasse caditoie	d	12.0	m
Sezione stradale	B	4.250	m
Pendenza longitudinale	$i_l$	0.020	m/m
Pendenza trasversale	$i_t$	0.025	m/m
Area impermeabile	$A_{imp}$	51	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{imp}$	1.0	-
Parametri curva LSPP	a	48.330	mm/h <sup>n</sup>
	n	0.403	-
T Accesso = T corrivazione	$t_a = t_c$	144	s
Q deflusso	$Q_p$	4.684	l/s

**CALCOLO PORZIONE BANCHINA ALLAGATA**

Q banchina = Q progetto	$Q_b$	4.680	l/s
Allagamento banchina ( $\leq 1m$ )	b	0.88	m
Coeff. di scabrezza	$k_s$	70	m <sup>1/3</sup> /s

**CALCOLO PORTATA EMBRICE**

Coefficiente di portata	$C_q$	0.385	-
Larghezza embrice	L	1	m
Altezza velo liquido imbocco	h	0.022	m
Portata defluente embrice	$Q_{emb}$	5.576	l/s
$Q_{emb} > Q_p$			VERIFICATO

**7.3 Collettori****IMPALCATO**

Elemento	Nodo In.	Nodo Fin.	L (m)	$i_l$ (%)	$A_{imp}$ (m <sup>2</sup> )	$\varphi_{imp}$	$k_s$ (m <sup>1/3</sup> /s)	DN (mm)	$t_c$ (min)	$Q_{cin}$ (m <sup>3</sup> /s)	Riempimento (%)	v (m/s)
Collettore Acciaio *	V1	DS1	49.4	0.30	210	1.0	80	200	3.38	0.0157	49.5	0.58

\* Valido per entrambi i lati della carreggiata

**RAMPA NORD**

Elemento	Classe	Nodo In.	Nodo Fin.	L (m)	$i_l$ (%)	$A_{imp}$ (m <sup>2</sup> )	$\varphi_{imp}$	$k_s$ (m <sup>1/3</sup> /s)	DN (mm)	$t_c$ (min)	$Q_{cin}$ (m <sup>3</sup> /s)	Riempimento (%)	v (m/s)
Collettore PVC*	SN4	R1	R2	15.0	3.07	106	1.0	80	250	2.18	0.0103	22.0	1.39
Collettore PVC*	SN4	R2	R3	15.0	4.13	170	1.0	80	250	2.32	0.0159	25.5	1.75
Collettore PVC*	SN4	R3	R4	15.0	3.15	234	1.0	80	250	2.47	0.0211	31.5	1.72
Collettore PVC	SN8	R4	R8	5.5	0.4	297	1.0	80	250	2.58	0.0261	66.5	0.85
Collettore PVC	SN4	R8	P1	28.5	3.7	594	1.0	80	250	2.79	0.0498	48.5	2.31
Collettore PVC	SN4	P1	Bacino	3.3	1.0	594	1.0	80	250	2.83	0.0494	75.0	1.38



## 7.4 Bacini e fossi drenanti

### BACINO DRENANTE RAMPA NORD

Superficie disperdente	$S_{\text{bacino}}$	49.0	mq
Area impermeabile	$A_{\text{imp}}$	630.014	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{\text{imp}}$	1.000	-
Area permeabile	$A_{\text{perm}}$	60.000	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{\text{perm}}$	0.60	-
Area totale	$A_{\text{tot}}$	690.0	mq
Coeff. di deflusso medio	$\varphi_{\text{medio}}$	0.965	-
Parametri curva LSPP	a	53.820	mm/hn
	n	0.24	-
Permeabilità	k	0.00	m/s
Portata uscente	$Q_u$	1.76	mc/h
Tempo di pioggia		8	h
Portata entrante	$Q_e$	7.230	mc/h
Volume da invasare	$V_i$	45.432	mc
Altezza utile	h	0.800	m
Volume di progetto	$V_p$	49.254	mc

Il fosso drenante ipotizzato (base 0.75 m, altezza 0.50 m) sarà utilizzato nei tratti ai piedi del rilevato della rampa sud dove l'acqua di piattaforma viene drenata mediante embrici. Il volume minimo richiesto pari a  $0.60 \text{ m}^3/\text{m}$  e quello massimo disponibile è pari a  $0.63 \text{ m}^3/\text{m}$ , la sezione risulta quindi verificata.

### FOSSI DRENANTI RAMPA SUD

Lunghezza tratto	L	1.00	m
Area impermeabile	$A_{\text{imp}}$	4.25	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{\text{imp}}$	1.0	-
Area permeabile	$A_{\text{perm}}$	10.30	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{\text{perm}}$	0.6	-
Base superiore fosso	$b_{\text{sup}}$	1.75	m
Base inferiore fosso	$b_{\text{inf}}$	0.75	m
Altezza fosso	H	0.50	m
Coeff. di deflusso fosso	$\varphi_{\text{fosso}}$	1.00	-
Area bagnata fosso	$A_b$	0.63	mq
Permeabilità	k	1.00E-05	m/s
Parametri curva LSPP	a	0.0483	m/hn
	n	0.248	-
Area totale	$A_{\text{tot}}$	16.300	mq
Coeff. di deflusso	$\varphi_{\text{medio}}$	0.747	-
Tempo di corrvazione	$T_c$	0.08	h
Portata uscente	$Q_u$	0.06	mc/h
Durata critica	$\Theta_w$	3.60	h
Volume massimo invasato	$V_m$	0.60	mc