

PROGETTO N.

DATA

**ats**

AUTOSTRADA TORINO SAVONA S.p.A.

gruppo

**autostrade** // per l'Italia

**AUTOSTRADA TORINO – SAVONA S.p.A.**

Corso Trieste nr. 170 – 10024 Moncalieri (TO)

**AUTOSTRADA A6  
TORINO – SAVONA**

**NUOVO SVINCOLO DI CARMAGNOLA SUD**

**Prog. Km 16+664**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**IDROLOGIA – IDRAULICA**

**RELAZIONE IDROLOGICO IDRAULICA**

**spea**  
autostrade

**ingegneria  
europea**

**IL PROGETTISTA :**

Ing. Fulvio DI TADDEO  
Ord. Ingg. Teramo N. 368

**IL DIRETTORE TECNICO :**

Ing. Giampaolo NEBBIA  
Ord. Ingg. Roma N. 12028

RIFERIMENTO ELABORATO										DATA:		REVISIONE								
UNITA'	DIRETTORIO					FILE			n.	data										
	codice commessa	N.Prog.	Fase	serie	n. progressivo	bis	rev.	1			2									
PCM	5	7	0	1	0	8	5	6	P	D	I	D	0	0	1	-	2	MARZO 2008	1	FEBBRAIO 2011
																		SCALA:	2	APRILE 2011

REDATTO:		CONSULENZA:	<b>SO.TEC.</b> SOCIETA' TECNICA DI INGEGNERIA
PROGETTATO:	Ing. Gianluca GALLI	APPROVATO:	Ing. Fulvio Di TADDEO

<b>CAPO COMMESSA</b>	<b>VISTO DELLA COMMITTENTE</b>
Ing. Gianluca GALLI O.I. Roma n° A23243	

**ats**  
AUTOSTRADA TORINO SAVONA S.p.A.

<b>INDICE</b>
---------------

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 REQUISITI PRESTAZIONALI</b> .....	<b>3</b>
<b>2. SISTEMI DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 GENERALITA'</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 COMPONENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2.1 Elementi marginali idraulici</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2.2 Canalizzazioni</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2.3 Ricettori diretti o presidiati</b> .....	<b>6</b>
<b>3. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 ANALISI IDROLOGICA</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1.1 Curve di possibilità pluviometrica</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1.2 Metodo razionale</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1.2.1 Stima del tempo di corrivazione</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2 ANALISI IDRAULICA</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2.1 Elementi marginali</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2.1.1 Sezioni in viadotto</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2.1.2 Embrici</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2.2 Canalizzazioni</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2.3 Recapiti</b> .....	<b>16</b>
<b>4. ALLEGATI</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 VERIFICA PASSO CADITOIE</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2 VERIFICHE EMBRICI</b> .....	<b>21</b>
.....	<b>21</b>
<b>4.3 CALCOLO PORTATA FOSSI E TOMBINI</b> .....	<b>23</b>
<b>4.4 VERIFICA FOSSI</b> .....	<b>24</b>
<b>4.5 VERIFICA FOSSI ESISTENTI</b> .....	<b>25</b>
<b>4.6 VERIFICA TOMBINI</b> .....	<b>26</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione riporta lo studio idrologico ed idraulico, effettuato nell'ambito del Progetto Definitivo di cui all'oggetto, finalizzato al dimensionamento delle diverse componenti del reticolo di drenaggio della piattaforma stradale.

L'obiettivo principale è da leggersi nella descrizione dei sistemi di funzionamento considerati tipologici, fino ad un loro inserimento alle varie realtà individuate in fase di progettazione.

In particolare, vengono descritte le varie fasi di studio seguite a partire dall'Analisi idrologica alla definizione dei sistemi tipo dei drenaggi del corpo autostradale, e alla descrizione dei requisiti prestazionali che i sistemi stessi devono essere in grado di garantire.

Sono altresì specificate, in base agli schemi generali di funzionamento, le geometrie e i posizionamenti degli elementi che consentono la raccolta delle acque di piattaforma fino alla loro restituzione nella rete di drenaggio naturale, in virtù della diversa vulnerabilità delle aree attraversate dall'infrastruttura autostradale.

L'analisi idrologica (Paragrafo 3.1), in particolare, ha permesso di stimare, partendo dalle sollecitazioni meteoriche, la portata defluente nelle diverse porzioni (bacini e sottobacini) in cui il tratto stradale in esame è stato suddiviso.

La carreggiata in progetto è stata infatti suddivisa in differenti bacini, e di essi sono state determinate le caratteristiche geometriche (superficie, lunghezza, direzione di scorrimento e pendenze longitudinale e trasversale, eventuali inversioni dei cigli per variazione dell'assetto planimetrico), che hanno permesso di stimare la relativa portata di dimensionamento applicando una consolidata metodologia di calcolo indiretta.

La sollecitazione meteorica è stata studiata mediante le curve di possibilità pluviometrica dedotte dagli Annali Idrologici ricavati dall'A.P.A.T. (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e dei servizi Tecnici), utilizzando in particolare i dati relativi alla **stazione di Racconigi** (Bacino Maira), opportunamente elaborati con idonee metodologie presenti in letteratura.

Il dimensionamento idraulico (Paragrafo 3.2) degli elementi costitutivi del sistema di drenaggio è stato effettuato con riferimento a differenti tempi di ritorno: 20 anni per gli elementi marginali e 50 anni per le canalizzazioni in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei bacini.

## **1.1 REQUISITI PRESTAZIONALI**

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione autostradale, dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si riscontrano nello studio della rete drenante e devono garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione autostradale, questo è possibile assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale, come da norme vigenti, e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate.

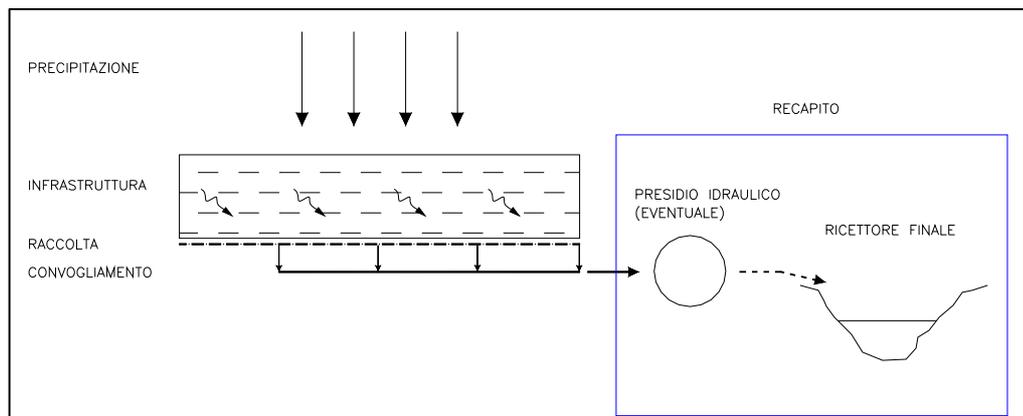
## 2. SISTEMI DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE

### 2.1 GENERALITA'

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale e sulle superfici ad esso afferenti ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito, quest'ultimo costituito da rami di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente e qualitativamente.

Nella situazione attuale il reticolo idrografico esistente non viene modificato, ma semplicemente adattato all'intervento (nuovi fossi di guardia a seguito di allargamento della carreggiata stradale e dell'inserimento del nuovo svincolo, rimodellazione dei fossi esistenti a seguito di pulizia degli stessi, prolungamento dei tombini esistenti ecc.) mantenendo i recapiti attuali.

Il ciclo completo, dalla precipitazione che ricade sulla piattaforma al deflusso negli elementi di raccolta, al trasferimento al ricettore finale è schematizzato nella *Figura 2-1*.



**Figura 2-1:** Ciclo idrologico dalla precipitazione al deflusso nel ricettore finale.

Le funzioni di raccolta, trasferimento e recapito sono svolte dai rispettivi elementi secondo lo schema riportato nella *Tabella 2-1*.

FUNZIONE	COMPONENTE	TIPOLOGIA (ESEMPI)
raccolta	Elementi idraulici marginali	embrici cunette canalette fossi rivestiti (testa trincee) caditoie etc.
convogliamento	canalizzazioni	fossi (rivestiti/non rivestiti) collettori per piattaforma collettori per viadotti collettori in genere etc.
recapito	ricettori diretti o presidiati	corsi d'acqua naturale cavi/fossi irrigui sottosuolo presidi idraulici etc.

**Tabella 2-1:** Corrispondenza tra funzioni ed elementi preposti.

Gli elementi di drenaggio da inserire nell'infrastruttura dipendono strettamente dal tipo di sezione su cui sono posti. La sezione corrente dell'infrastruttura è esclusivamente in rilevato ed in viadotto.

Nei paragrafi seguenti vengono descritti gli aspetti legati alle tipologie previste sia per la fase di raccolta/trasferimento che per i presidi idraulici di controllo qualitativo (riferito sia agli acquiferi che ai corsi d'acqua superficiali). Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato 'sistema chiuso', in quanto permette di ottenere una separazione delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma autostradale da quelle esterne e garantisce la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente e accidentale. Viceversa il sistema in cui il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei ricettori finali, è denominato 'sistema aperto'.

Nel presente progetto, il sistema di drenaggio dello svincolo è di tipo aperto.

## **2.2 COMPONENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO**

### **2.2.1 Elementi marginali idraulici**

Gli elementi marginali costituiscono il sistema primario che ha la funzione di raccolta. Possono essere elementi continui, longitudinali alla carreggiata o discontinui ad interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione: quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura.

### **2.2.2 Canalizzazioni**

Le canalizzazioni rappresentano il sistema secondario, ove gli elementi del sistema primario scaricano, garantendo quella capacità necessaria per evitare rigurgiti in piattaforma che possono dar luogo ad allagamenti localizzati. Inoltre garantiscono il trasferimento del deflusso verso i recapiti.

### **2.2.3 Ricettori diretti o presidiati**

In funzione dei livelli di sensibilità individuati per le componenti acque superficiali e sotterranee, si devono definire gli ambiti di intervento relativi ai potenziali impatti connessi alla fase di esercizio dell'infrastruttura. Alle informazioni quantitative si devono sovrapporre le informazioni qualitative relative sia alla sensibilità degli acquiferi che dei corpi idrici superficiali ricettori.

Gli impatti sono costituiti dalle potenziali ripercussioni sullo stato della falda e delle acque superficiali a seguito del dilavamento della superficie stradale causata dalle acque meteoriche e dagli eventuali sversamenti accidentali di sostanze contaminanti.

Come precedentemente accennato si presentano due situazioni:

1. la prima esclude la possibilità di trattamento delle acque prima dello scarico nel ricettore naturale, dovuta alla morfologia del terreno ed alla presenza di una fitta rete di sottoservizi esistenti. In questo caso il sistema di drenaggio sarà un "sistema aperto", e rispecchierà il sistema di drenaggio esistente.
2. la seconda situazione implica l'inserimento dei recapiti controllati a tutela del territorio prima dello scarico nei ricettori naturali. In questo caso il sistema di drenaggio progettato è un "sistema chiuso".

### 3. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

#### 3.1 ANALISI IDROLOGICA

Il modello di trasformazione afflussi – deflussi descritto nel presente paragrafo ha permesso di valutare, partendo dal dato di pioggia (vedi Paragrafo 3.1.1) la portata defluente in ciascuna delle sezioni di calcolo in cui la carreggiata stradale è stata suddivisa (Paragrafo 3.1.2). La geometria dei singoli bacini ed il verso di scorrimento del drenaggio sono stati valutati sulla base dei profili stradali, considerando in particolare l'andamento della livelletta stradale, le sezioni trasversali, l'andamento dei cigli di ciascuna carreggiata nonché l'orografia del territorio.

##### 3.1.1 Curve di possibilità pluviometrica

La sollecitazione meteorica è stata studiata mediante le curve di possibilità pluviometrica dedotte dagli Annali Idrologici ricavati dall'**A.P.A.T.** (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e dei servizi Tecnici), utilizzando in particolare i dati relativi alla **stazione di Racconigi** (Bacino Maira), opportunamente elaborati con idonee metodologie presenti in letteratura.

In particolare si è fatto riferimento ai dati relativi alle precipitazioni di massima intensità registrate dal pluviografo di Racconigi a partire dall'anno 1951 fino al 1991.

Come noto, negli Annali presi in considerazione sono riportate le serie storiche delle precipitazioni massime annue per durate di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, riassunte in questa sede nella seguente *Tabella 3-1*: da esse si sono quindi ricavate le curve di possibilità pluviometrica nella consueta forma monomia  $h = at^n$  in cui:

- $h$ : altezza di pioggia (mm),
- $t$ : durata della precipitazione (ore),
- $a$  e  $n$  sono i due parametri stimati attraverso l'elaborazione statistica (*metodo di Gumbel*) dei dati di pioggia disponibili ( $0 < n < 1$ ).

Tuttavia, nella progettazione dei sistemi di drenaggio è necessario far riferimento agli eventi meteorici di breve durata: nel caso specifico essi sono commisurati al tempo di risposta relativamente breve (in genere largamente inferiore all'ora) dei bacini e sottobacini in cui la superficie drenata è stata suddivisa.

OSSERVAZIONI AL PLUVIOMETRO

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:		RACCONIGI (CN)				N.B. Valori di input in rosso su sfondo grigio Valori calcolati in nero su fondo bianco				
BACINO :		MAIRA								
QUOTA:		255.00								
Anni di osservazione		41								
Anno	INTERVALLO DI ORE									
	1	3	6	12	24	1	3	6	12	24
	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$
1951	21.80	1.97	33.40	2.02	37.00	18.26	52.00	2.78	73.60	5.57
1952	64.00	1664.46	82.60	2562.58	89.40	2316.19	90.00	1319.99	94.00	518.06
1953	30.00	46.21	37.60	31.61	56.00	216.88	79.60	672.45	107.80	1336.70
1954	15.00	67.28	27.50	20.05	56.40	228.82	76.20	507.68	77.00	33.19
1955	17.80	29.18	21.00	120.52	29.00	150.63	53.60	0.00	73.80	6.56
1956	16.40	46.27	31.60	0.14	35.00	39.35	45.60	65.10	56.40	220.20
1957	17.20	36.03	25.40	43.27	37.00	18.26	55.20	2.35	75.00	14.14
1958	11.00	148.89	17.00	224.34	26.60	215.30	35.40	333.73	77.40	37.96
1959	29.00	33.61	55.00	530.01	65.20	572.49	66.00	152.07	92.00	431.02
1960	15.00	67.28	29.60	5.66	44.00	7.44	72.00	336.05	98.40	737.72
1961	17.69	30.38	27.00	24.78	40.00	1.62	49.20	19.97	54.00	297.18
1962	14.00	84.68	31.00	0.96	44.40	9.78	58.40	22.39	89.40	329.82
1963	16.00	51.87	33.40	2.02	35.80	29.96	43.40	105.44	53.40	318.23
1964	91.00	4596.54	25.00	48.69	32.80	71.79	43.40	105.44	68.60	6.96
1965	11.20	144.05	14.00	323.21	26.20	227.20	37.00	277.83	43.00	797.44
1966	17.00	38.47	24.00	63.65	39.80	2.17	48.80	23.70	61.60	92.91
1967	10.40	163.90	16.80	230.37	28.40	165.72	34.00	386.84	48.00	540.05
1968	17.60	31.38	21.00	120.52	36.60	21.84	50.00	13.46	86.60	235.96
1969	17.00	38.47	22.20	95.61	25.60	245.65	38.80	221.07	51.60	385.69
1970	22.00	1.45	23.40	73.58	28.00	176.18	33.20	418.95	41.20	902.34
1971	16.00	51.87	25.00	48.69	37.00	18.26	59.00	28.43	83.00	138.32
1972	20.20	9.01	43.00	121.48	51.00	94.61	65.40	137.63	69.00	5.01
1973	26.00	7.83	43.00	121.48	64.00	516.51	76.80	535.08	88.40	294.50
1974	15.40	60.87	17.00	224.34	26.40	221.21	47.00	44.47	66.20	25.39
1975	20.00	10.25	29.00	8.87	40.40	0.76	48.00	32.13	68.00	10.49
1976	27.40	17.62	46.80	219.69	49.40	66.05	60.00	40.09	90.80	382.63
1977	29.80	43.53	30.20	3.16	32.00	85.99	58.80	26.33	68.00	10.49
1978	12.20	121.05	26.00	35.74	29.60	136.26	46.80	47.17	67.00	17.97
1979	17.60	31.38	22.00	99.56	31.40	97.48	45.20	71.71	84.00	162.84
1980	14.60	74.00	20.00	143.47	34.00	52.90	45.60	65.10	54.20	290.33
1981	37.20	195.94	45.80	191.05	46.00	22.34	60.20	42.66	82.60	129.07
1982	17.60	31.38	18.00	195.39	19.60	469.73	32.00	469.51	39.20	1026.50
1983	15.00	67.28	16.00	255.30	27.80	181.53	36.40	298.19	59.00	149.79
1984	14.00	84.68	27.00	24.78	39.40	3.51	58.00	18.76	85.40	200.53
1985	26.20	8.99	27.60	19.17	28.00	176.18	28.20	648.63	36.40	1213.76
1986	63.00	1583.87	123.20	8321.44	123.20	6712.01	123.20	4834.66	123.20	2699.94
1987	20.00	10.25	28.60	11.41	44.20	8.57	46.80	47.17	59.60	135.47
1988	22.00	1.45	26.40	31.11	34.20	50.03	39.80	192.33	59.40	140.16
1989	25.40	4.83	36.00	16.18	37.00	18.26	44.40	85.90	65.00	38.93
1990	15.00	67.28	20.20	138.72	30.00	127.08	43.80	97.38	60.00	126.32
1991	25.60	5.75	41.80	96.47	54.40	172.31	73.20	381.49	89.60	337.13

Tabella 3-1: Osservazioni al pluviometro Racconigi (CN) – Fonte A.P.A.T.

Pertanto è stato necessario, applicando una nota metodologia proposta in letteratura<sup>1</sup>, estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti  $r_{\delta}$  fra le altezze di pioggia di durata  $\delta$  inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [Bell 1969]. Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento ai dati disponibili per il pluviografo di Milano Monviso dove, su un campione di 17 anni di osservazioni, sono stati calcolati i rapporti  $r_{\delta}$  dei valori medi delle

<sup>1</sup> Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione prof. S. Artina e altri 1997 ed HOEPLI

massime altezze di pioggia annue di diversa durata  $h_{\delta}$  rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria  $h_1$ , (vedi *Tabella 3-2*).

$\delta$ [min]	1'	2'	3'	4'	5'	10'	15'	30'	45'
$r_{\delta} = h_{\delta} / h_1$	0.13	0.18	0.229	0.272	0.322	0.489	0.601	0.811	0.913

**Tabella 3-2:** Tabella del valore del coefficiente  $r_{\delta}$  in funzione della durata di pioggia  $\delta$ .

Fissato un assegnato tempo di ritorno si è moltiplicata la precipitazione oraria della stazione di Rconigi per i coefficienti  $r_{\delta}$  riportati in *Tabella 3.2*:

$$h_{\delta} = r_{\delta} \cdot h_1 = r_{\delta} \cdot (a \cdot 1^n)$$

Sono state così ottenute le altezze di pioggia nelle stazioni di interesse di assegnato tempo di ritorno per durate comprese fra 1 e 45 minuti.

Al fine di assegnare anche alle curve di possibilità pluviometrica ottenute per durate inferiori all'ora la consueta forma monomia  $h = at^n$  si è quindi proceduto a ricavare i due coefficienti  $a'$  e  $n'$  mediante la regressione ai minimi quadrati effettuata sulla carta logaritmica (in cui le ascisse sono il logaritmo naturale della durata di pioggia  $t$ , e le ordinate sono il logaritmo naturale dell'altezza di pioggia  $h$ ) vincolando la curva valida per  $t < 1$  ora a passare per il valore di altezza di pioggia ottenuto per una durata di pioggia pari ad un'ora. Il coefficiente  $R^2$  che si ottiene dalla regressione lineare assume valori prossimi all'unità (indice di un buon adattamento ai dati) e comunque sempre maggiore di 0,98.

Ripetendo questo procedimento per i diversi tempi di ritorno di interesse sono stati ricavati i valori dei coefficienti  $a'$  e  $n'$  riportati in *Tabella 3-3*.

	Tempo di ritorno [anni]					Validità
	10	20	30	50	100	
$a$ [mm·ore <sup>-n</sup> ]	43.3	52.42	57.68	64.29	73.22	$T_p > 1h$
$n$	0.2431	0.2173	0.2053	0.1927	0.1786	
$a'$ [mm·ore <sup>-n'</sup> ]	58.54	69.80	75.93	84.37	95.29	$T_p < 1h$
$n'$	0.5837	0.5795	0.5751	0.5757	0.5736	

**Tabella 3-3:** Coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica per la stazione di Racconigi.

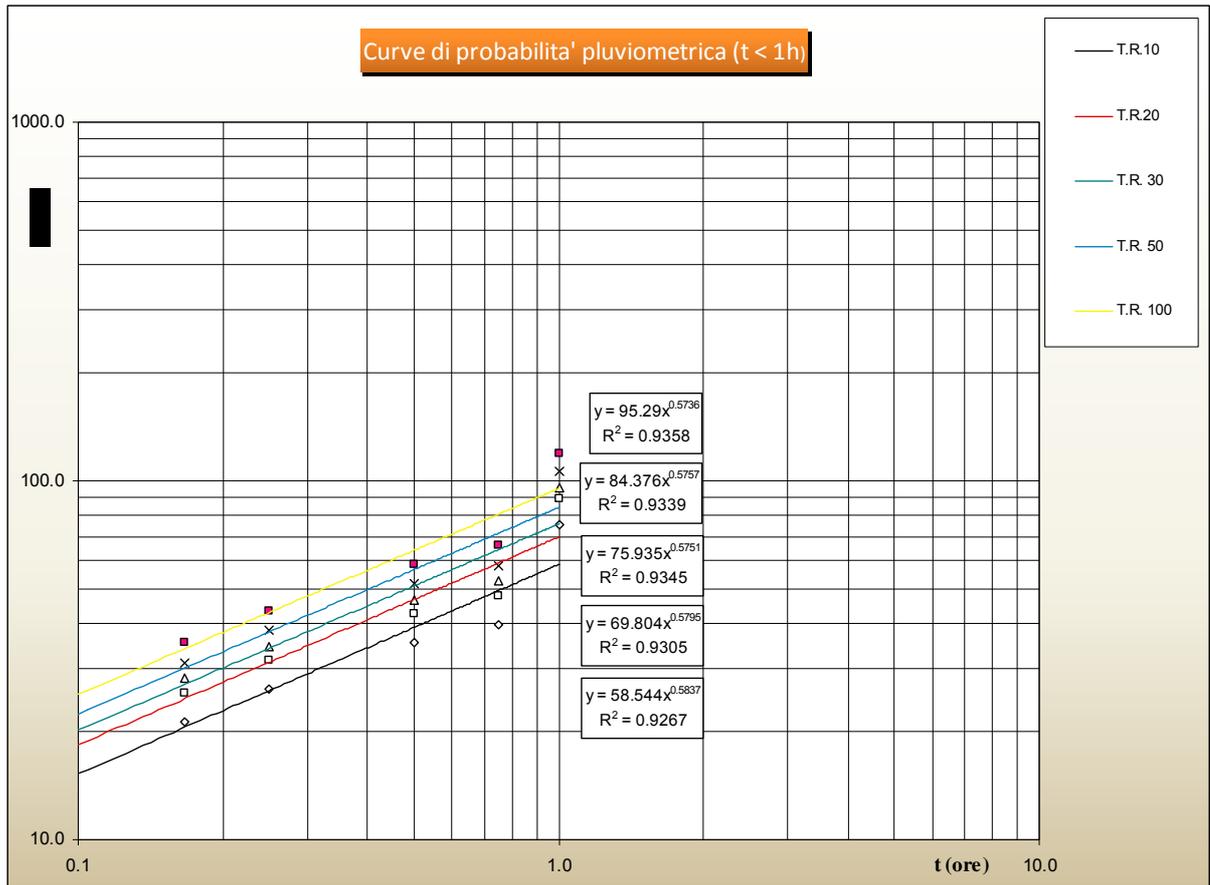


Figura 3-1: Curve di possibilità pluviometrica per la stazione di Racconigi (valide per tempi di pioggia minori di 1h).

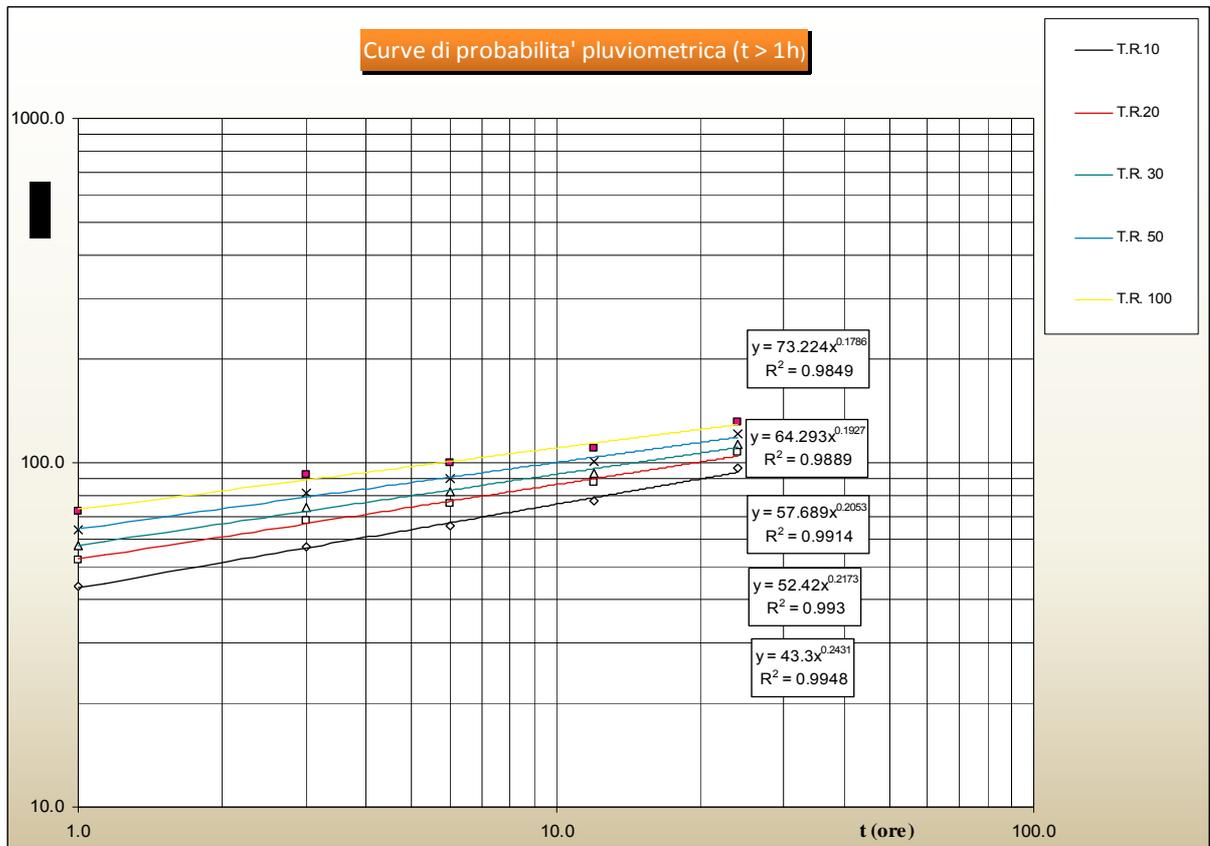


Figura 3-2: Curve di possibilità pluviometrica per la stazione di Racconigi (valide per tempi di pioggia maggiori di 1h).

### 3.1.2 Metodo razionale

Una volta effettuata la stima dei parametri della curva di possibilità pluviometrica si è proceduto al calcolo della massima portata al colmo di piena utilizzando *il metodo razionale (o di corrivazione)* secondo cui, la massima portata al colmo si verifica per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione, ed assume la seguente espressione:

$$Q_c = \frac{1}{3600} \varphi \cdot S \cdot a \cdot t_c^{n-1}$$

dove:

- $Q_c$ : portata critica di dimensionamento delle opere (l/s);
- $S$ : superficie complessiva del bacino ( $m^2$ );
- $a, n$ : parametri della curva di possibilità pluviometrica;
- $\varphi$ : coefficiente di afflusso ( $< 1$ );
- $t_c$ : tempo di corrivazione (ore),  
tempo che impiega la goccia d'acqua "idraulicamente" più lontana a raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Il coefficiente di afflusso  $\varphi$  ha la funzione di stimare l'altezza di pioggia netta  $h_n = h \cdot \varphi$ , ovvero quella parte di pioggia che, una volta depurata dalle diverse perdite, defluisce superficialmente e deve quindi essere allontanata mediante la rete di drenaggio.

Nei bacini presi in considerazione sono presenti tre zone con differenti capacità di infiltrazione: per la carreggiata stradale è stato adottato, a favore di sicurezza,  $\varphi_1 = 1$  (superfici completamente impermeabili poiché pavimentate con conglomerato bituminoso) per le scarpate si è scelto  $\varphi_2 = 0.6$ , infine per superfici piane erbose è stato adottato un coefficiente  $\varphi_3 = 0.3$ . Dove necessario si è quindi proceduto ad effettuare una media dei due valori pesata sulle relative tipologie di copertura:

$$\varphi = \frac{\sum_i (S_i \cdot \varphi_i)}{\sum_i (S_i)}$$

I bacini contribuenti considerati sono quelli corrispondenti alle superfici di competenza dei differenti recapiti finali.

#### 3.1.2.1 Stima del tempo di corrivazione

La durata di pioggia critica per il bacino (*o tempo di corrivazione*) si determina mediante la seguente formula:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove  $t_c$  è la durata critica di pioggia;  $t_a$  è il tempo di entrata in rete, ossia il tempo massimo necessario alle gocce d'acqua per raggiungere la rete di drenaggio dal punto di caduta (il tempo di entrata è funzione, generalmente, della densità della rete di drenaggio e della natura delle superfici scolanti); infine  $t_r$  è il tempo di traslazione lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Per la stima dei tempi di entrata alla rete di drenaggio  $t_a$ , per quanto riguarda una superficie pavimentata, si è applicata la seguente formula proposta dalla *Federal Aviation Administration*:

$$t_a = 3.26(1.1 - C) \frac{L_{eff}^{0.5}}{i^{1/3}}$$

dove:

- $i$ : pendenza della strada lungo la linea di corrente ricavata come risultante delle pendenze trasversali e longitudinali  $i_t$  e  $i_l$ ;
- $L_{eff}$ : lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata;  $L_{eff}$  può essere calcolato sulla base della seguente formula:

$$L_{eff} = L_c \left[ 1 + \left( \frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{0.5}$$

- $C$ : coefficiente di deflusso

Il tempo di traslazione  $t_r$  alla generica sezione può essere valutato con la seguente relazione:

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

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 del tronco  $i$ -esimo.

Appare comunque opportuno precisare che per le superfici stradali che scolano nelle cunette e negli elementi marginali della carreggiata si assume, generalmente, il valore  $t_c = 5$  *minuti* per tenere in conto il forte effetto d'invaso che si ha all'inizio della precipitazione.

## **3.2 ANALISI IDRAULICA**

### **3.2.1 Elementi marginali**

Gli elementi marginali idraulici rappresentano il sistema primario di raccolta delle acque di pioggia. Possono essere elementi continui, longitudinali alla carreggiata, o discontinui con 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.

L'adozione di una determinata tipologia di elemento marginale, avviene in funzione della tipologia della sezione stradale:

- per le sezioni stradali in rilevato, l'elemento marginale è costituito da embrici con scarichi nel fosso di raccolta al piede del rilevato, ad opportuni interassi;
- per le sezioni in viadotto, gli stessi scaricano tramite caditoie confluenti in canali collettori in acciaio ancorati all'intradosso dell'impalcato;

Il tempo di ritorno di riferimento assunto per il dimensionamento idraulico degli elementi marginali riportati nei paragrafi seguenti è pari a 30 anni.

#### **3.2.1.1 Sezioni in viadotto**

Le acque che precipitano sui viadotti defluiscono longitudinalmente sul bordo della pavimentazione, in una canaletta ideale delimitata lateralmente dal cordolo dell'impalcato ed inferiormente dalla superficie pavimentata. I deflussi vengono scaricati, tramite caditoie poste al margine della carreggiata, in un collettore in acciaio longitudinale ancorato all'impalcato. Le caditoie hanno un interasse di circa 25 m ed il collettore è una tubazione in Acciaio DN200.

L'interasse delle caditoie, viene calcolato in modo tale da evitare che si verifichino allagamenti eccessivi della carreggiata (vedi allegato).

La portata affluente nella canaletta, per unità di lunghezza della carreggiata risulta pari a:

$$q = \frac{1}{3600} \varphi \cdot B \cdot a \cdot t_c^{n-1}$$

dove:

- $\varphi$ : coefficiente di afflusso;
- $B$ : larghezza della carreggiata,  $B = 10.50$  m, (considerando i punti di maggiore larghezza della carreggiata);
- $t_c$ : tempo di corrivazione ( $t_c = 5$  min);
- $a, n$ : parametri della curva di possibilità pluviometrica calcolati per un tempo di ritorno di 30 anni.

### 3.2.1.2 Embrici

La sezione in rilevato, in un sistema aperto, prevede la raccolta delle acque ricadenti sulla piattaforma tramite gli embrici e il convogliamento per mezzo di fossi di guardia al piede del rilevato (vedi tav. particolari idraulici).

Le acque defluenti sulla piattaforma stradale, inizialmente raccolte dal cordolo laterale e vengono successivamente trasferite ai fossi di guardia tramite embrici, il cui funzionamento idraulico può essere assimilato a quello di una soglia sfiorante e pertanto la portata captata dagli embrici viene data dalla seguente formula:

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

nella quale:

- $C = 0,42$  è il coefficiente di deflusso;
- $L$  è la larghezza dell'embrice;
- $h$  è l'altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice.

La determinazione del passo degli embrici (interasse) deve essere calcolato al fine di evitare che si verifichino allagamenti eccessivi della carreggiata.

In particolare è stato verificato il passo degli embrici nelle sezioni caratteristiche della piattaforma stradale, quali: sezione esistente in rettilo, rampa monodirezionale in accostamento all'autostrada, rampa monodirezionale e bidirezionale. In ognuno dei casi, è stato verificato il passo degli embrici in corrispondenza della pendenza longitudinale minima e massima.

La distanza di posizionamento o “interasse” tra gli embrici si ricava tramite il rapporto  $Q/q$  che risulta variabile da 28 a 80 m (vedi elaborati di calcolo riportati negli allegati). Si è scelto comunque di fissare cautelativamente l’interasse degli embrici pari a 25 m.

### 3.2.2 Canalizzazioni

Le canalizzazioni rappresentano il sistema di raccolta secondario, ove gli elementi del sistema primario scaricano, garantendo quella capacità necessaria per evitare rigurgiti in piattaforma che possono dar luogo ad allagamenti localizzati. Essi garantiscono inoltre il trasferimento della portata defluente verso i recapiti. Nel dimensionamento delle canalizzazioni si è assunto un tempo di ritorno di riferimento pari a 50 anni.

Tutte le canalizzazioni della rete di drenaggio sono state verificate nella sezione posta immediatamente a monte del recapito. Altre sezioni di calcolo sono state posizionate immediatamente a monte di confluenze significative, in modo da provvedere al corretto dimensionamento di ciascun ramo delle canalizzazioni.

Per ciascuna sezione di chiusura dei bacini idrologici è stato effettuato il calcolo della portata critica  $Q_c$  attraverso la formula razionale (vedi par.3.1.2). Quindi, una volta definita la sollecitazione idrologica, si è proceduto al dimensionamento delle canalizzazioni.

Al fine di verificare sia il dimensionamento dei fossi di guardia che delle condotte è stata utilizzata la formula di Chezy:

$$Q = A\chi\sqrt{R_H \cdot i}$$

dove:

- $A$ , area della sezione idrica;
- $\chi$  fattore di scabrezza ( $m^{1/2} \cdot s^{-1}$ ) che, secondo la formulazione di Gauckler – Strickler assume la forma:  $\chi = c \cdot R_H^{1/6}$  dove  $c$  si assume pari a 60  $m^{1/3}/s$  nel caso di superfici erbose ed un valore pari a 70  $m^{1/3}/s$  nel caso di tubazioni in cemento.
- $R_H$ : raggio idraulico della sezione;
- $i$ : pendenza.

In particolare, per le condotte non deve essere superato un coefficiente di riempimento del 70% mentre per i fossi, deve essere mantenuto un franco di sicurezza di 10 cm.

La sezione tipica dei fossi è quella trapezia di larghezza totale 2.25 m, altezza 0.50 m, base 0.75 m e inclinazione delle sponde 3 su 2 (denominati FI 3). Le verifiche idrauliche, sono state effettuate in corrispondenza della sezione terminale di fine intervento.

All'interno delle canalizzazioni vengono trattati anche i tombini, in particolare, nel progetto in esame vengono inseriti n°7 tombini DN 100 e n° 2 nuovi intubamenti DN 800 e DN 100.

In particolare, sono state effettuate le verifiche idrauliche dei 2 nuovi intubamenti, in quanto sono quelli soggetti al passaggio di una maggiore portata.

Dalle verifica, effettuate applicando la formula di Chezy e riportate negli allegati, si evidenzia che per l'intubamento DN 800 è necessario garantire una pendenza del 3% mentre nel caso dell'intubamento DN 1000, bisogna garantire una pendenza del 2%.

### **3.2.3 Recapiti**

I recapiti, sono i punti di confluenza della rete di drenaggio della piattaforma autostradale all'interno del reticolo idrografico esistente.

In particolare, è nata la necessità di verificare che le sezioni di allaccio dei fossi esistenti, fossero compatibili con le nuove portate di progetto. A tal fine, dopo aver effettuato un sopralluogo delle aree interessate all'intervento, è stato rilevato che i fossi attuali hanno sezione trapezia ( vedi Foto 1 e 2). Tali fossi sono caratterizzati da una base minore variabile tra 50 cm e 60 cm ed un altezza media di circa 60 cm.

La verifica idraulica, riportata nel paragrafo 4.5, è stata effettuata applicando la formula di Chezy (riportata nel precedente paragrafo). Risulta evidente dai risultati che al passaggio delle nuove portate di piena, si garantisce un franco di almeno 10 cm al fosso esistente.



FOTO 1: FOSSO ESISTENTE

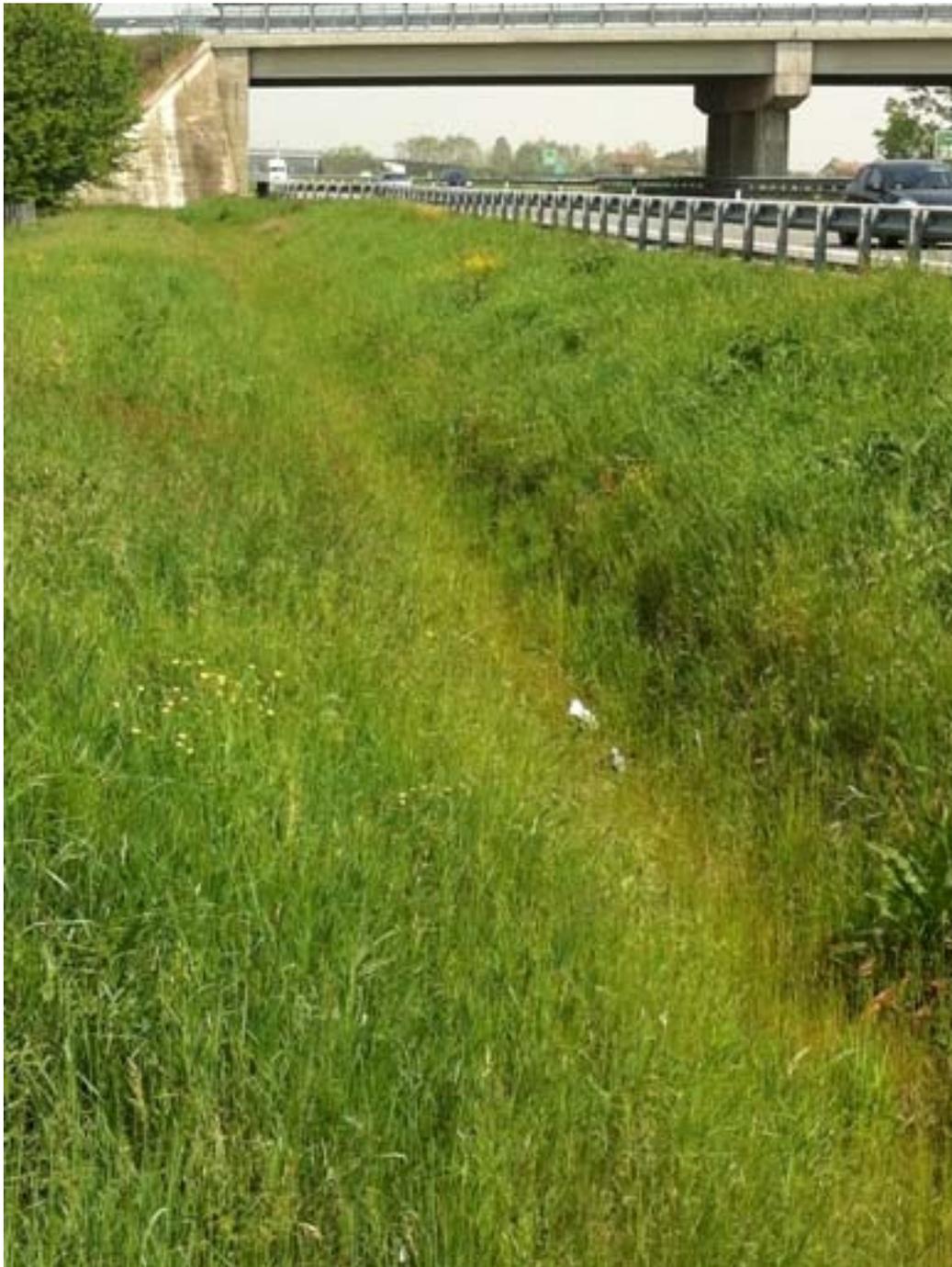


FOTO 2: FOSSO ESISTENTE

I progetto corrente non modifica l'aspetto idrologico/idraulico dell'area di intervento, non causando l'insorgere di criticità idrauliche, ovvero, non peggiora eventuali criticità già oggi esistenti.

## 4. ALLEGATI

## 4.1 VERIFICA PASSO CADITOIE

## Calcolo degli elementi idraulici marginali:

## Dati di progetto

				CAVALCAVIA	
				L=10.5/2	
LARGHEZZA					
Pendenza trasversale	$S_T$			0.025	0.025
Pendenza longitudinale	$S_L$			0.048	0.029
Pendenza effettiva	$S_e$			0.054	0.038
Larghezza della superficie scolante	m	$L_0$		5.250	5.250
Lunghezza effettiva del percorso scolante	m	$L_p$		11.309	8.025
Parametro di Strickler	$m^{1/3}/s$	ks	70		
Parametri caratteristici del moto sulla pavimentazione	$m^{1/3}/s$	$\alpha$		11.068	11.068
	m		2.00		
Coefficiente di deflusso	C		1.00		
Tempo di ritorno	TR	anni	30		
Parametri della curva di possibilità pluviometrica	a	$mm/h^n$	75.930		
	a	$m/s^n$	0.001		
	n		0.5751		
Tempo di corrivazione	s	$T_c$	300.00		
Portata defluente massima dalla falda stradale per unità di lunghezza (METODO RAZIONALE)	$q_0$	l/s		0.6856	0.4865

## Caditoie con griglia (McGhee)

				L=10.5+A(Amax=1.34)	
Coefficiente sistema S.I.	$\kappa$		2.960		
Lunghezza caditoia	L	m	0.4		
Larghezza caditoia	W	m	0.4		
Numero barre	n		10.000		
Spessore Barre	s		0.017		
Area libera della luce	A	m	0.092		
Battente idrico che insiste sulla caditoia	h	m		0.03	0.03
Portata intercettata	Q	l/s		47.17	47.17
Portata intercettata ridotta del 30%	$Q_r$	l/s		33.02	33.02
Passo delle caditoie	$X_c$	m		48.16	67.87

## 4.2 VERIFICHE EMBRICI

### Calcolo degli elementi idraulici marginali:

#### Dati di progetto

				ESISTENTE IN RETTIFILO		RAMPA MONOD. IN ACCOSTAMENTO AUTOSTRADA		RAMPA MONODIREZIONALE		RAMPA BIDIREZIONALE	
				L=33.25/2		L=40.65/2		L=6+A (Amax=2.7)		L=10.5+A(Amax=1.34)	
LARGHEZZA											
Pendenza trasversale		$S_T$		0.025	0.025	0.025	0.025	0.700	0.700	0.700	0.700
Pendenza longitudinale		$S_L$		0.007	0.002	0.019	0.006	0.035	0.002	0.048	0.013
Pendenza effettiva		$S_e$		0.026	0.025	0.031	0.026	0.701	0.700	0.702	0.700
Larghezza della superficie scolante	m	$L_0$		16.625	16.625	20.325	20.325	8.700	8.700	11.840	11.840
Lunghezza effettiva del percorso scolante	m	$L_p$		17.229	16.678	25.529	20.921	8.711	8.700	11.867	11.842
Parametro di Strickler	$m^{1/3}/s$	ks	70								
Parametri caratteristici del moto sulla pavimentazione	$m^{1/3}/s$	$\alpha$		11.068	11.068	11.068	11.068	58.566	58.566	58.566	58.566
Coefficiente di deflusso	m		2.00								
Tempo di ritorno	C		1.00								
Parametri della curva di possibilità pluviometrica	TR	anni	30								
	a	$mm/h^n$	75.930								
	a	$m/s^n$	0.001								
	n		0.5751								
Tempo di corrivazione	s	$T_c$	300.00								
Portata defluente massima dalla falda stradale per unità di lunghezza (METODO RAZIONALE)	$q_0$	l/s		1.0445	1.0111	1.5477	1.2684	0.5281	0.5274	0.7195	0.7179

**Canalette ad Embrice (soglia sfiorante)**

				L=33.25/2		L=40.65/2		L=6+A (Amax=2.7)		L=10.5+A(Amax=1.34)	
Sezioni											
Coefficiente	Cq		0.350								
Altezza effettiva	h'	m		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Larghezza Embrice	L	m	0.4								
Portata intercettata	Q <sub>E</sub>	l/s		44.060	44.060	44.060	44.060	44.060	44.060	44.060	44.060
Passo delle caditoie	X <sub>E</sub>	m		42.18	43.58	28.47	34.74	83.43	83.53	61.24	61.37

### 4.3 CALCOLO PORTATA FOSSI E TOMBINI

#### Dati di progetto

Tratto	PORTATA TOMBINI: ASSI A-B			PORTATA TOMBINI: ASSI C-D			PORTATA FOSSI: : ASSI A-B			PORTATA FOSSI: : ASSI C-D					
	PIATTAF.	RILEVATO	SUP.PIANE												
Sezioni condotta															
Superficie	13642.0	7241.0	17761.0	17009.0	7151.0	13008.0	17988.0	9012.0	19444.0	21021.0	7592.0	14651.0			
Parametro di Strickler	$m^{1/3}/s$	ks	70												
		m	2.00												
Coefficiente di deflusso	C		1.00												
Tempo di ritorno	TR	anni	50												
Parametri della curva di possibilità pluviometrica	a	$mm/h^n$	87.340												
	a	$m/s^n$	0.001												
	n		0.5757												
Tempo di corrvazione	s	$T_c$	300.00												
Portata defluente massima dalla falda stradale per unità di lunghezza	l/s	q		949.92	302.52	371.02	1184.37	298.76	271.73	1252.54	376.51	406.18	1463.73	317.19	306.05

TOMBINI			ASSI A-B	ASSI C-D
Portata defluente (P.S.)	l/s	q	1623.46	1754.86

FOSSI			ASSI A-B	ASSI C-D
Portata defluente (P.S.)	l/s	q	2035.22	2086.97

#### 4.4 VERIFICA FOSSI

**VERIFICA FOSSO: ASSI A-B** **Q 2035.2** l/s

##### SCALA DELLE PORTATE MOTO UNIFORME

Parametro di Strickler      ks    m<sup>1/3</sup>/s    60  
    Bmin    0.75    m  
    Bmax    2.25    m  
    hmax    0.5      m

N°	h m	Bmax' m	Cmax' m	A m <sup>2</sup>	P m	R m	χ	i %	P.R. %	Q l/s	V m/s
0	0.01	0.78	0.00	0.00	0.00	6.08	81.05	0.015	0.02	96.66	24.47
1	0.05	0.90	0.01	0.02	0.02	1.46	63.92	0.015	0.10	224.77	9.46
2	0.10	1.05	0.03	0.06	0.07	0.88	58.79	0.015	0.20	389.37	6.77
3	0.15	1.20	0.07	0.10	0.15	0.69	56.43	0.015	0.30	582.27	5.75
4	0.20	1.35	0.13	0.16	0.26	0.60	55.04	0.015	0.40	806.80	5.21
5	0.25	1.50	0.20	0.22	0.41	0.54	54.12	0.015	0.50	1063.93	4.86
6	0.30	1.65	0.29	0.29	0.59	0.50	53.45	0.015	0.60	1354.05	4.63
7	0.35	1.80	0.40	0.38	0.80	0.47	52.95	0.015	0.70	1677.35	4.46
8	0.40	1.95	0.52	0.47	1.04	0.45	52.56	0.015	0.80	2033.94	4.33
9	0.45	2.10	0.66	0.57	1.32	0.44	52.25	0.015	0.90	2423.87	4.22
10	0.50	2.25	0.81	0.69	1.63	0.42	51.99	0.015	1.00	2847.19	4.14

**VERIFICA FOSSO: ASSI C-D** **Q 2087.0** l/s

##### SCALA DELLE PORTATE MOTO UNIFORME

Parametro di Strickler      ks    m<sup>1/3</sup>/s    60  
    Bmin    0.75    m  
    Bmax    2.25    m  
    hmax    0.5      m

N°	h m	Bmax' m	Cmax' m	A m <sup>2</sup>	P m	R m	χ	i %	P.R. %	Q l/s	V m/s
0	0.01	0.78	0.00	0.00	0.00	6.08	81.05	0.015	0.02	96.66	24.47
1	0.05	0.90	0.01	0.02	0.02	1.46	63.92	0.015	0.10	224.77	9.46
2	0.10	1.05	0.03	0.06	0.07	0.88	58.79	0.015	0.20	389.37	6.77
3	0.15	1.20	0.07	0.10	0.15	0.69	56.43	0.015	0.30	582.27	5.75
4	0.20	1.35	0.13	0.16	0.26	0.60	55.04	0.015	0.40	806.80	5.21
5	0.25	1.50	0.20	0.22	0.41	0.54	54.12	0.015	0.50	1063.93	4.86
6	0.30	1.65	0.29	0.29	0.59	0.50	53.45	0.015	0.60	1354.05	4.63
7	0.35	1.80	0.40	0.38	0.80	0.47	52.95	0.015	0.70	1677.35	4.46
8	0.40	1.95	0.52	0.47	1.04	0.45	52.56	0.015	0.80	2033.94	4.33
9	0.45	2.10	0.66	0.57	1.32	0.44	52.25	0.015	0.90	2423.87	4.22
10	0.50	2.25	0.81	0.69	1.63	0.42	51.99	0.015	1.00	2847.19	4.14

#### 4.5 VERIFICA FOSSI ESISTENTI

**VERIFICA FOSSO ESISTENTE: ASSI A-B** **Q 2035.2** l/s

**SCALA DELLE PORTATE MOTO UNIFORME**

Parametro di Strickler	ks	m <sup>1/3</sup> /s	60
	Bmin	0.5	m
	Bmax	2	m
	hmax	0.6	m

N°	h m	Bmax' m	Cmax' m	A m <sup>2</sup>	P m	R m	χ	i %	P.R. %	Q l/s	V m/s
0	0.01	0.53	0.00	0.00	0.00	5.22	79.02	0.01	0.02	57.14	21.36
1	0.05	0.63	0.01	0.02	0.01	1.32	62.82	0.01	0.08	143.95	8.53
2	0.10	0.75	0.03	0.04	0.05	0.83	58.16	0.01	0.17	266.32	6.27
3	0.15	0.88	0.06	0.08	0.12	0.67	56.08	0.01	0.25	416.49	5.42
4	0.20	1.00	0.10	0.12	0.21	0.59	54.88	0.01	0.33	596.14	4.97
5	0.25	1.13	0.16	0.17	0.32	0.54	54.09	0.01	0.42	805.73	4.69
6	0.30	1.25	0.23	0.23	0.46	0.50	53.53	0.01	0.50	1045.43	4.50
7	0.35	1.38	0.31	0.30	0.63	0.48	53.11	0.01	0.58	1315.35	4.36
8	0.40	1.50	0.41	0.38	0.82	0.46	52.78	0.01	0.67	1615.52	4.25
9	0.45	1.63	0.52	0.47	1.04	0.45	52.52	0.01	0.75	1945.97	4.17
10	0.50	1.75	0.64	0.56	1.28	0.44	52.31	0.01	0.83	2306.73	4.10
11	0.55	1.88	0.78	0.67	1.55	0.43	52.13	0.01	0.92	2697.80	4.05
12	0.60	2.00	0.92	0.78	1.85	0.42	51.98	0.01	1.00	3119.19	4.00

**VERIFICA FOSSO ESISTENTE: ASSI C-D** **Q 2087.0** l/s

**SCALA DELLE PORTATE MOTO UNIFORME**

Parametro di Strickler	ks	m <sup>1/3</sup> /s	60
	Bmin	0.5	m
	Bmax	2	m
	hmax	0.6	m

N°	h m	Bmax' m	Cmax' m	A m <sup>2</sup>	P m	R m	χ	i %	P.R. %	Q l/s	V m/s
0	0.01	0.53	0.00	0.00	0.00	5.22	79.02	0.01	0.02	57.14	21.36
1	0.05	0.63	0.01	0.02	0.01	1.32	62.82	0.01	0.08	143.95	8.53
2	0.10	0.75	0.03	0.04	0.05	0.83	58.16	0.01	0.17	266.32	6.27
3	0.15	0.88	0.06	0.08	0.12	0.67	56.08	0.01	0.25	416.49	5.42
4	0.20	1.00	0.10	0.12	0.21	0.59	54.88	0.01	0.33	596.14	4.97
5	0.25	1.13	0.16	0.17	0.32	0.54	54.09	0.01	0.42	805.73	4.69
6	0.30	1.25	0.23	0.23	0.46	0.50	53.53	0.01	0.50	1045.43	4.50
7	0.35	1.38	0.31	0.30	0.63	0.48	53.11	0.01	0.58	1315.35	4.36
8	0.40	1.50	0.41	0.38	0.82	0.46	52.78	0.01	0.67	1615.52	4.25
9	0.45	1.63	0.52	0.47	1.04	0.45	52.52	0.01	0.75	1945.97	4.17
10	0.50	1.75	0.64	0.56	1.28	0.44	52.31	0.01	0.83	2306.73	4.10
11	0.55	1.88	0.78	0.67	1.55	0.43	52.13	0.01	0.92	2697.80	4.05
12	0.60	2.00	0.92	0.78	1.85	0.42	51.98	0.01	1.00	3119.19	4.00

## 4.6 VERIFICA TOMBINI

**VERIFICA TUBO DN 800 - CAVALCAVIA ESISTENTE N°25** **Q 1623.5** l/s

### SCALA DELLE PORTATE MOTO UNIFORME

Parametro di Strickler ks m<sup>1/3</sup>/s 70

N°	h m	α rad	A m <sup>2</sup>	D m	P m	R m	χ	i %	P.R. %	Q l/s	V m/s
0	0.01	0.45	0.00	0.80	0.18	0.01	30.34	0.030	0.01	0.51	0.43
1	0.04	0.90	0.01	0.80	0.36	0.03	38.11	0.030	0.05	10.01	1.07
2	0.08	1.29	0.03	0.80	0.51	0.05	42.60	0.030	0.10	43.51	1.66
3	0.12	1.59	0.05	0.80	0.64	0.07	45.39	0.030	0.15	101.31	2.14
4	0.16	1.85	0.07	0.80	0.74	0.10	47.41	0.030	0.20	182.52	2.55
5	0.20	2.09	0.10	0.80	0.84	0.12	48.98	0.030	0.25	285.50	2.91
6	0.24	2.32	0.13	0.80	0.93	0.14	50.24	0.030	0.30	408.16	3.22
7	0.28	2.53	0.16	0.80	1.01	0.15	51.29	0.030	0.35	548.03	3.50
8	0.32	2.74	0.19	0.80	1.10	0.17	52.17	0.030	0.40	702.36	3.74
9	0.36	2.94	0.22	0.80	1.18	0.19	52.91	0.030	0.45	868.15	3.96
10	0.40	3.14	0.25	0.80	1.26	0.20	53.53	0.030	0.50	1042.12	4.15
11	0.44	3.34	0.28	0.80	1.34	0.21	54.05	0.030	0.55	1220.76	4.31
12	0.48	3.54	0.31	0.80	1.42	0.22	54.47	0.030	0.60	1400.28	4.45
13	0.52	3.75	0.35	0.80	1.50	0.23	54.81	0.030	0.65	1576.54	4.56
14	0.56	3.96	0.38	0.80	1.59	0.24	55.07	0.030	0.70	1745.01	4.64
15	0.60	4.19	0.40	0.80	1.68	0.24	55.23	0.030	0.75	1900.58	4.70
16	0.61	4.27	0.41	0.80	1.71	0.24	55.27	0.030	0.77	1952.37	4.71
17	0.70	4.84	0.47	0.80	1.94	0.24	55.22	0.030	0.88	2189.98	4.70
18	0.72	5.00	0.48	0.80	2.00	0.24	55.12	0.030	0.90	2221.38	4.66
19	0.76	5.38	0.49	0.80	2.15	0.23	54.76	0.030	0.95	2239.55	4.54
20	0.80	6.28	0.50	0.80	2.51	0.20	53.53	0.030	1.00	2084.24	4.15

**VERIFICA TUBO DN 1000 - CAVALCAVIA ESISTENTE N°25** **Q 1754.9** l/s

### SCALA DELLE PORTATE MOTO UNIFORME

Parametro di Strickler ks m<sup>1/3</sup>/s 70

N°	h m	α rad	A m <sup>2</sup>	D m	P m	R m	χ	i %	P.R. %	Q l/s	V m/s
0	0.01	0.40	0.00	1.00	0.20	0.01	30.34	0.020	0.01	0.46	0.35
1	0.04	0.90	0.01	0.80	0.36	0.03	38.11	0.020	0.05	8.17	0.87
2	0.08	1.15	0.03	1.00	0.57	0.05	42.67	0.020	0.08	40.24	1.37
3	0.12	1.41	0.05	1.00	0.71	0.08	45.50	0.020	0.12	94.37	1.77
4	0.16	1.65	0.08	1.00	0.82	0.10	47.57	0.020	0.16	171.32	2.11
5	0.20	1.85	0.11	1.00	0.93	0.12	49.20	0.020	0.20	270.20	2.42
6	0.24	2.05	0.14	1.00	1.02	0.14	50.53	0.020	0.24	389.73	2.69
7	0.28	2.23	0.18	1.00	1.12	0.16	51.65	0.020	0.28	528.34	2.93
8	0.32	2.41	0.22	1.00	1.20	0.18	52.61	0.020	0.32	684.23	3.16
9	0.36	2.57	0.25	1.00	1.29	0.20	53.43	0.020	0.36	855.43	3.36
10	0.40	2.74	0.29	1.00	1.37	0.21	54.15	0.020	0.40	1039.79	3.54
11	0.44	2.90	0.33	1.00	1.45	0.23	54.77	0.020	0.44	1235.00	3.71
12	0.48	3.06	0.37	1.00	1.53	0.24	55.31	0.020	0.48	1438.61	3.86
13	0.52	3.22	0.41	1.00	1.61	0.26	55.79	0.020	0.52	1648.03	3.99
14	0.56	3.38	0.45	1.00	1.69	0.27	56.19	0.020	0.56	1860.46	4.11
15	0.60	3.54	0.49	1.00	1.77	0.28	56.54	0.020	0.60	2072.98	4.21
16	0.61	3.60	0.51	1.00	1.80	0.28	56.65	0.020	0.61	2149.00	4.25
17	0.70	3.96	0.59	1.00	1.98	0.30	57.15	0.020	0.70	2583.32	4.40
18	0.72	4.05	0.61	1.00	2.03	0.30	57.23	0.020	0.72	2678.19	4.42
19	0.76	4.24	0.64	1.00	2.12	0.30	57.35	0.020	0.76	2856.65	4.46
20	0.80	4.43	0.67	1.00	2.21	0.30	57.41	0.020	0.80	3016.00	4.48
21	0.84	4.64	0.70	1.00	2.32	0.30	57.39	0.020	0.84	3150.52	4.47
22	0.88	4.87	0.73	1.00	2.43	0.30	57.30	0.020	0.88	3252.75	4.44
23	0.92	5.14	0.76	1.00	2.57	0.29	57.09	0.020	0.92	3311.63	4.38
24	0.96	5.48	0.77	1.00	2.74	0.28	56.72	0.020	0.96	3305.75	4.27
25	1.00	6.28	0.79	1.00	3.14	0.25	55.56	0.020	1.00	3085.53	3.93