

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

### LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO, IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014 RELAZIONE

NV - IDRAULICA

NV12 – NUOVA VIABILITA' VIA GAUDELLO KM 15+135.17

Relazione idraulica smaltimento acque di piattaforma

APPALTATORE	PROGETTAZIONE
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV SCALA:

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	R	I	N	V	1	2	0	2	0	0	1	A	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	TRAPANESE	14/06/18	MARTUSCELLI	15/06/18	PIAZZA	15/06/18	MARTUSCELLI	
									30/06/18

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>2 di 44</b>

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO.....</b>	<b>11</b>
4.1	IL METODO DELL'INVASO .....	11
4.1.1	Sezioni chiuse.....	13
4.1.2	Sezioni aperte .....	16
4.2	IL METODO CINEMATICO .....	18
<b>5</b>	<b>COMPONENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO STRADALE.....</b>	<b>22</b>
5.1	MODALITÀ DI SMALTIMENTO .....	22
5.2	DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DI DRENAGGIO .....	22
5.2.1	Embrici stradali.....	22
5.2.2	Lunghezza della caditoie ed efficienza .....	23
5.2.3	Verifica degli elementi di margine.....	25
5.2.4	Condotte di drenaggio stradale.....	27
5.2.5	Fossi disperdenti.....	30
5.2.6	Trincee disperdenti.....	34
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO.....</b>	<b>38</b>
6.1	DRENAGGIO STRADALE SULLE VIABILITÀ IN PROGETTO.....	38
<b>7</b>	<b>RISULTATI .....</b>	<b>39</b>
7.1	RISULTATI DEL DIMENSIONAMENTO.....	ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>							
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>								<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>3 di 44</b>		

**8    APPENDICE 1: VERIFICA DEI FOSSI DISPERDENTI .....44**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>4 di 44</b>

## 1 **PREMESSA**

Scopo della presente relazione è il dimensionamento idraulico dei manufatti atti al collettamento ed allo smaltimento delle acque di piattaforma della nuove viabilità NV12.

La strada è classificata come strada di categoria C, ai sensi dell'art. 2 del Codice della Strada (D. Lgs. 285/92 e suoi aggiornamenti successivi). Si tratta cioè di strada a carreggiata unica con corsie e banchine pavimentate.

Nel seguito, dopo aver riportato le normative di riferimento adottate, si riportano:

- Inquadramento dell'area in cui ricade il tracciato stradale;
- Definizione degli eventi pluviometrici critici considerati per il dimensionamento dei manufatti;
- Criteri utilizzati per il dimensionamento dei manufatti;
- Dimensionamento idraulico dei manufatti;
- Verifiche.

La fase di progettazione è stata svolta sulla base delle prescrizioni del Manuale di progettazione RFI/Italferr in riferimento alla portata di progetto (tempo di ritorno pari a 25 e 100 anni) ed al metodo di calcolo per il dimensionamento del sistema di drenaggio (metodo del volume d'invaso). La progettazione fa inoltre riferimento al Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni (Direttiva 2007 /60/CE - D.Lgs n.49/201 O) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, dal D. M. 1401 del 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e dalla successiva Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 contenente le istruzioni per l'applicazione delle Norme stesse.

Il tronco in progetto della nuova linea ferroviaria si sviluppa per circa 13,7 km, partendo dalla località Gaudello, in direzione sud, circonda lungo il limite sud l'abitato di Acerra deviando verso ovest e rimanendo all'esterno del tracciato della SS 162 e successivamente riprende la direzione sud seguendo il tracciato della Al fino all'altezza della loc. Murillo Fatigati.

I bacini idrografici interessati, pertanto, sono quello del canale dei Regi Lagni e di un affluente del canale principale, il Lagno dello Spirito Santo. Quest'ultimo nella toponomastica della zona si ritrova anche con il nome di Fosso Carmignano.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>5 di 44</b>

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Per la definizione geometrico-funzionale della viabilità sono state adottate le disposizioni legislative di seguito elencate.

- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: "Nuovo codice della strada";
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada";
- D.M. 05/11/2001: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- D.M. 22/04/2004: "Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»";
- D.M. 19/04/2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- D.M. 18/02/1992: "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D.M. 03/06/1998: "Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale";
- D.M. 21/06/2004: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale";
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21/07/201 O: "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali";
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000: "Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione";
- CNR - Bollettino Ufficiale - Norme Tecniche - Anno XXIX - N.178: "Catalogo delle pavimentazioni stradali".
- D.P.C.M. 23.03.1990, "Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183";
- legge 253/1990, "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989, n. 183";

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione tecnica</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>NV.12.0.2.001</td> <td>A</td> <td>6 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.12.0.2.001	A	6 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.12.0.2.001	A	6 di 44								

- D.P .R. 07 .O 1.1992, "Atto di indirizzo e coordinamento per determinare i criteri di integrazione e di coordinamento tra le attività conoscitive dello Stato, delle autorità di bacino e delle Regioni per la redazione dei piani di bacino";
- D.P .R. 18 Luglio del 1995, "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino";
- legge 3 agosto 1998, n. 267 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 180/1998 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- D.P.C.M. 29 settembre 1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del DL 180/1998";
- legge 365/2000, "Conversione in legge, con modificazioni, del DL 279/2000, recante misure urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato in materia di protezione civile nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000" (decreto Soverato);
- direttiva 2007 /60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni;
- D. Lgs. 23 49/2010, "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla predisposizione dei piani di gestione dei rischi di alluvioni"

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 7 di 44

### 3 ANALISI IDROLOGICA

Per la definizione delle portate transitanti nei sistemi di drenaggio si utilizza il metodo dell'invaso, a partire dalla curva di probabilità pluviometrica relativa ad un tempo di ritorno pari a 100 anni per la piattaforma ferroviaria e a 25 anni per la piattaforma stradale (come da prescrizioni del manuale RFI/Italferr).

Questa analisi utilizza la legge di probabilità pluviometrica adottata dall'Autorità di Bacino della Campania Centrale, che esprime l'intensità di pioggia per assegnato tempo di ritorno e assegnata durata come:

$$I_d(d, T, z) = \frac{I_0}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{(C+D \cdot z)}} \cdot K_T \quad (1)$$

dove  $d_c$  rappresenta la durata di pioggia definita critica,  $d$  è la durata di pioggia di riferimento,  $z$  è la quota media di bacino oggetto di studio e  $K_T$  è il coefficiente di crescita col periodo di ritorno  $T$ . I tre parametri  $I_0$ ,  $C$  e  $D$  da adottare, variano a seconda della zona idrologicamente omogenea in cui si trova il bacino, così come riportato nella Tabella 1:

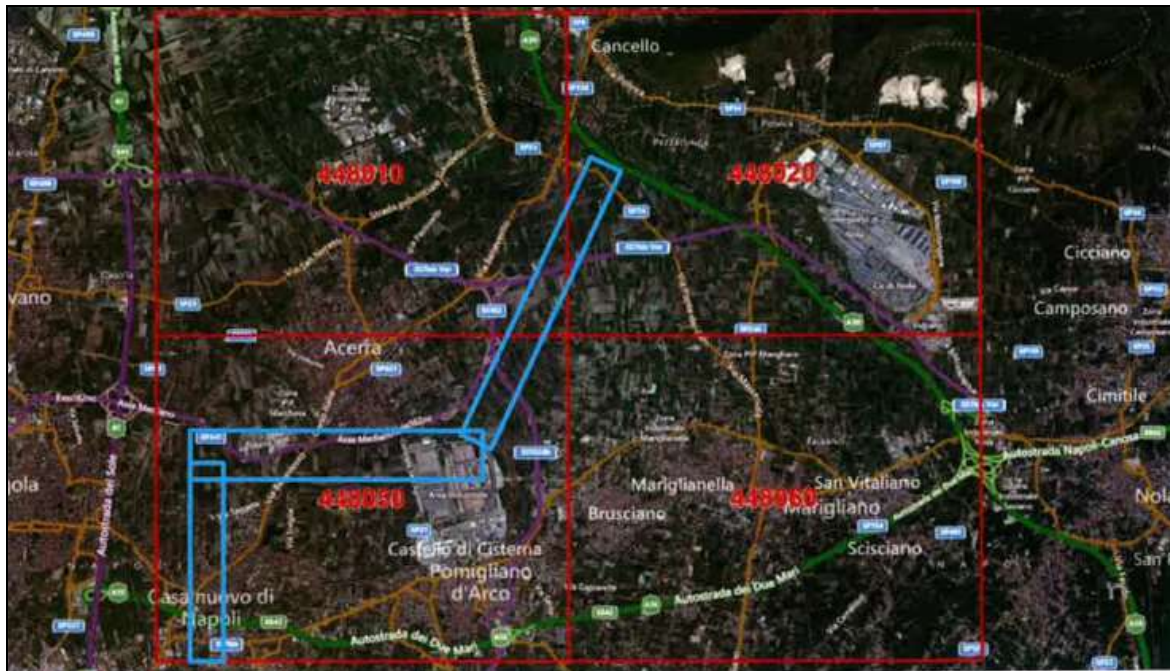
**Tabella 1 : parametri della legge di probabilità pluviometrica.**

AREA OMOGENEA	M( $I_0$ )	$d_c$	C	D 10 <sup>5</sup>
C1	68.81	0.2842	0.7580	-14.5
C2	123.96	0.0956	0.7310	-14.4
C3	86.07	0.1980	0.7580	-2.4
C4	77.10	0.3661	0.7995	3.6077
C5	85.00	0.3034	0.7621	9.6554
C6	83.80	0.3312	0.7031	7.7381

T	10	20	50	100
$K_T$	1.63	2.03	2.61	3.07

L'intera area di intervento ricade per la parte nord nella regione idrologicamente omogenea "C3 - pedemontana" (tav. 448020) e per la parte più a sud nell'area "C2 - entroterra" (tav. 448010 e 448050), come dimostrato di seguito dove è riportato l'inquadramento dell'area di intervento sul reticolo CTR 1:10.000 (cfr. Figura 1):

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>		



**Figura 1 : l'inquadramento dell'area di intervento sul reticolo CTR 1:10.000**

Utilizzando quindi questi parametri e queste formulazioni sono state calcolate le intensità di pioggia in funzione delle diverse durate dell'evento, per i tempi di ritorno di 25 e 100 anni; la quota media  $z$  di riferimento per la zona è stata presa pari a 30 m slm.

I risultati sono riportati nella tabella sottostante; una volta ottenuta l'intensità e conoscendo la durata dell'evento siamo in grado di ottenere anche la relativa altezza di pioggia.

**Tabella 2 : Intensità e altezze di pioggia per la zona omogenea C2 - Tr25 e Tr100**

Zona C2	Durate di pioggia						
	5	10	15	20	30	45	60
<b>Tr25</b>							
Intensità	169.6	128.1	104.6	89.2	70.1	54.2	44.8
H pioggia	14.1	21.3	26.1	29.7	35.0	40.6	44.8
	Durate di pioggia						
<b>Tr100</b>							
Intensità	240.0	181.2	147.9	126.2	99.1	76.6	63.3
H pioggia	20.0	30.2	37.0	42.1	49.6	57.5	63.3



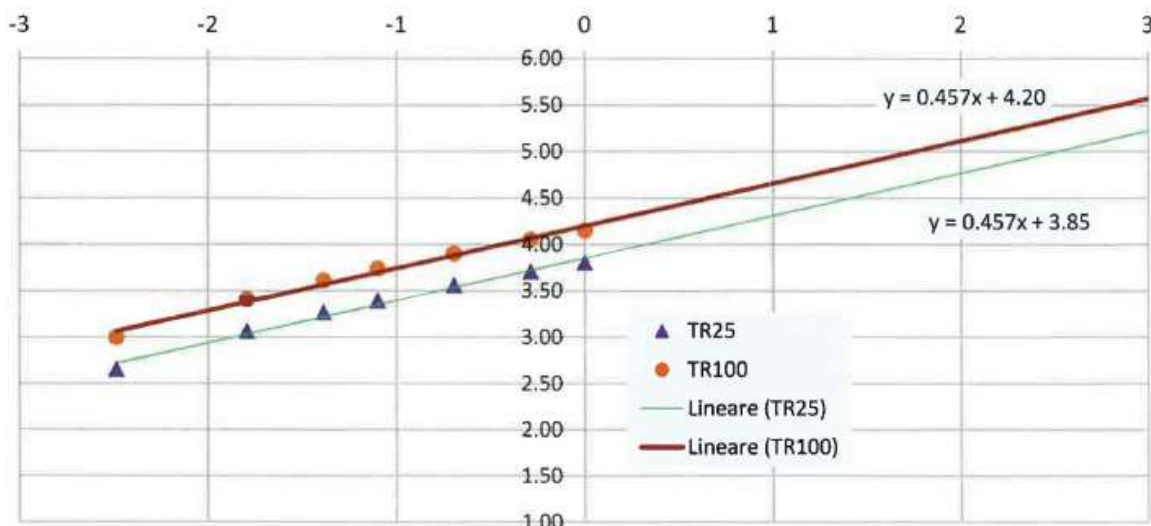
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.      ROCKSOIL S.p.A.									
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
				IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.12.0.2.001	A	9 di 44

**Tabella 3 : Intensità e altezze di pioggia per la zona omogenea C3- Tr25 e Tr100**

Zona C3	Durate di pioggia						
Tr25	5	10	15	20	30	45	60
Intensità	143.1	117.5	100.5	88.3	71.8	56.9	47.7
H pioggia	11.9	19.6	25.1	29.4	35.9	42.7	47.7
	Durate di pioggia						
Tr100	5	10	15	20	30	45	60
Intensità	202.4	166.3	142.2	124.9	101.6	80.5	67.4
H pioggia	16.9	27.7	35.6	41.7	50.8	60.4	67.4

Come si evince dalle tabelle sono state utilizzate piogge con durate pari a o inferiori all'ora, in quanto le aree afferenti della piattaforma ferroviaria e stradale sono caratterizzate da tempi di risposta dell'ordine di pochi minuti.

Queste altezze di pioggia sono state poi rappresentate in un diagramma bilogarithmico rappresentato in Figura 2 per l'area omogenea C2; in ascissa è riportato il logaritmo della durata di pioggia e in ordinata il logaritmo della relativa altezza:



**Figura 2 : Curva biparametrica sul piano bilogarithmico per l'area omogenea C2**

Sul piano bilogarithmico i dati riportati possono essere interpolati da una retta di tipo lineare avente le seguenti equazioni:

- TR 25:  $y=0.457x+3.85$
- TR 100:  $y=0.457x+4.20$

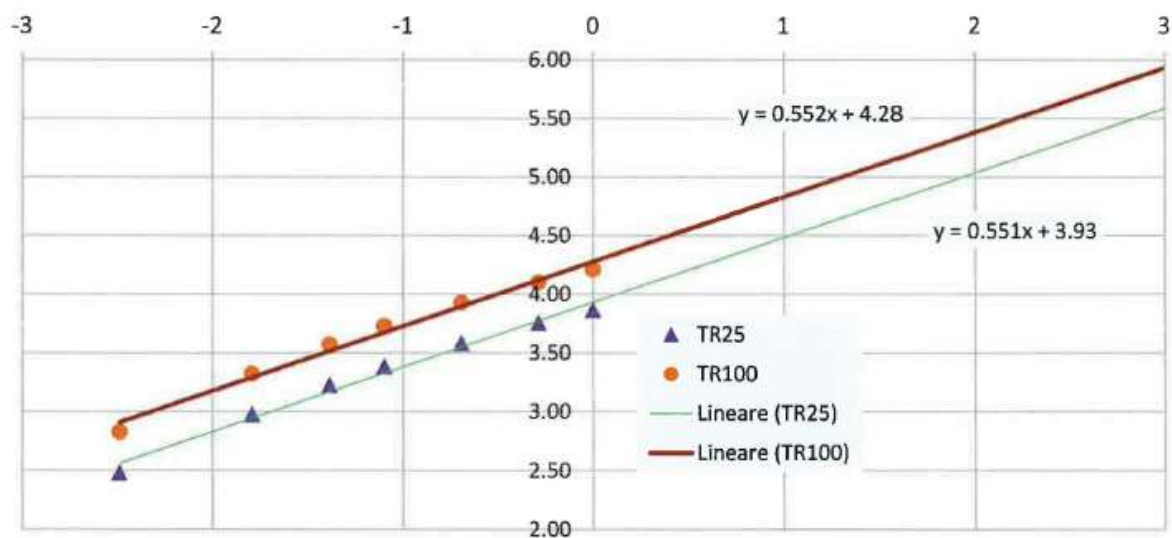
Si ottengono così delle curve di possibilità pluviometrica pari a:

- TR25:  $h = 47.16 \cdot t_p^{0.458}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. PAGINA A 10 di 44

- TR100:  $h = 66.65 \cdot t_p^{0.457}$

Lo stesso procedimento è stato svolto per l'area omogenea C3 e i risultati ottenuti sono i seguenti:



**Figura 3 : Curva biparametrica sul piano bilogaritmico per l'area omogenea C3**

- TR 25:  $y=0.552x+4.28$
- TR 100:  $y=0.551x+3.93$

Si ottengono così delle curve di possibilità pluviometrica pari a:

- TR 25:  $h = 51.04 \cdot t_p^{0.551}$
- TR 100:  $h = 72.21 \cdot t_p^{0.552}$

La viabilità in esame, NV10, ricade nella zona idrologicamente omogenea C3.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 11 di 44

## 4 METODOLOGIA DI CALCOLO

La verifica idraulica di condotte, canalette e fossi di guardia per lo smaltimento delle acque di piattaforma è stata condotta mediante il metodo dell'invaso a fronte dell'elevata affidabilità e della vasta diffusione di tale approccio semplificato.

Per il dimensionamento delle componenti del sistema di drenaggio stradale è possibile anche utilizzare il metodo cinematico che consente di determinare la portata di piena relativa al bacino a monte della componente analizzata.

### 4.1 IL METODO DELL'INVASO

Tale metodo tratta il problema del moto vario in maniera semplificata: assegna all'equazione del moto la semplice forma del moto uniforme ed assume come equazione di continuità quella detta "dei serbatoi" per simulare, concettualmente, l'effetto d'invaso.

Tale metodologia sfrutta per il calcolo delle portate le capacità d'invaso della rete. Le ipotesi alla base del metodo sono stazionarietà e linearità, che comportano l'invarianza nel tempo delle trasformazioni che il bacino compie sugli input (afflussi) e la validità del principio di sovrapposizione degli effetti.

In fase di calcolo si ipotizza che il riempimento delle condotte avvenga in modo sincrono e che nessun canale determini fenomeni di rigurgito in tratti di canale a monte. Il metodo si fonda sull'equazione di continuità.

La superficie scolante  $S$  sia solcata da un collettore avente sezione d'area  $A$  e pendenza  $i$  (Figura 4).

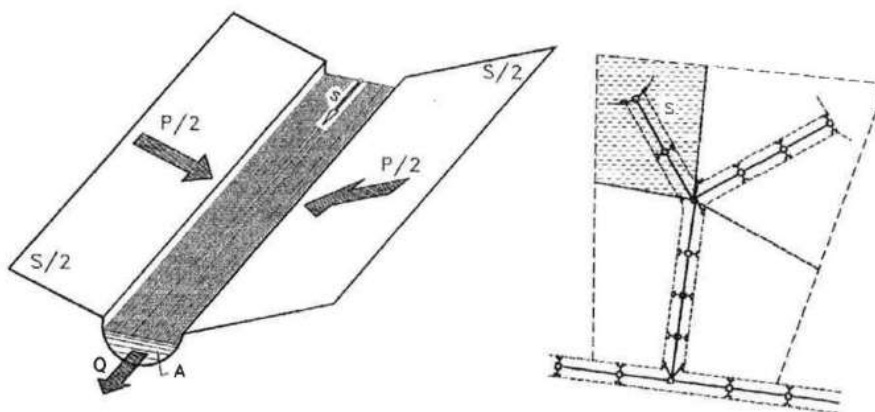


Figura 4 : Schema per il calcolo delle portate con il metodo dell'invaso.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 12 di 44	

La condizione di continuità si esprime scrivendo:

$$p - Q = \frac{dV}{dt} \quad (2)$$

dove:

- $p = j \varphi S$  è la cosiddetta portata di afflusso meteorico efficace ai fini del ruscellamento superficiale in cui  $j$  è l'intensità di pioggia,  $\varphi$  è il coefficiente d'afflusso e  $S$  è l'area del bacino sotteso. In particolare  $j = a \cdot \tau^{n-1}$  è l'intensità di pioggia costante sulla durata  $\tau$  della precipitazione;
- $V$  è il volume invasato a monte della sezione di chiusura;
- $Q$  è la portata transitante nella sezione di chiusura.

L'integrazione dell'equazione di continuità e del moto fornisce una relazione tra  $Q$  ed in particolare permette di calcolare il tempo di riempimento  $t_r$  del collettore, cioè il tempo necessario per passare da  $Q=0$  a  $Q=Q_0$ , essendo  $Q_0$  il valore della portata massima che il canale può smaltire. Sulla base del confronto tra  $\tau$  e  $t_r$  si può fare una verifica delle dimensioni del canale, risultando:

- insufficiente se  $t_r < \tau$ ;
- corretto se  $t_r \geq \tau$ .

Se si assume che il fenomeno di trasformazione di piogge in portate possa considerarsi in lenta evoluzione nel tempo e nello spazio, il moto vario può essere descritto da una successione di stati di moto uniforme. L'equazione del moto è data, allora, dalla nota espressione di Gauckler-Strickler:

$$v = K_s \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

dove:

- $K_s$  = coefficiente di attrito di Gauckler-Strickler;
- $R_H$  = raggio idraulico;
- $i$  = pendenza del canale.

Dall'identità  $Q=A \cdot v$  si ottiene poi la scala delle portate:

$$Q = c \cdot A^\alpha \quad (4)$$

Tale equazione insieme con quella di continuità descrive il processo di riempimento e di svuotamento di un serbatoio ideale controllato da una speciale luce di scarico che trae dal moto uniforme la sua legge di deflusso.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		<b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
		IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.12.0.2.001	A	13 di 44				

Per poter procedere all'integrazione, occorre esprimere il volume  $V$  in funzione della variabile  $Q$ . Il problema è trattato assumendo che il volume  $V$  sia linearmente legato all'area  $A$  della sezione bagnata, come d'altronde impone l'ipotesi del moto uniforme. Si assume cioè, con un certo errore nel confronto con la realtà, che il volume d'invaso sia concentrato unicamente nel collettore e non sulla superficie scolante.

In queste ipotesi, detti  $V_0$  e  $A_0$  rispettivamente il volume massimo e la massima area, si può scrivere:

$$\frac{V}{V_0} = \frac{A}{A_0} \quad (5)$$

Inoltre, dalla scala delle portate ottenuta, si ha:

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{A}{A_0}\right)^\alpha \quad (6)$$

Da cui si ottiene:

$$V = V_0 \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (7)$$

Andando ad inserire quest'espressione nell'equazione di continuità si ottiene l'espressione integrabile:

$$dt = \frac{V_0}{\alpha Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \cdot \frac{Q^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{p-Q} dQ \quad (8)$$

#### 4.1.1 Sezioni chiuse

Per le sezioni chiuse è ammissibile una relazione lineare fra volume e portata, assumendo  $\alpha=1.0$  (Figura 5).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 14 di 44

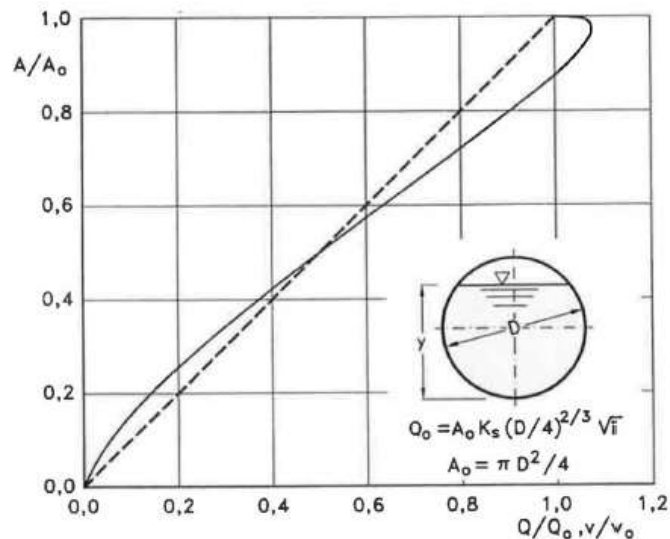


Figura 5 : Andamento della portata in funzione della sezione liquida della condotta.

Quindi l'Equazione (8), avendo fatto la classica definizione:

$$dt = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \frac{dQ}{p-Q} \quad (9)$$

Posto  $p$  costante, l'equazione integrata nell'intervallo  $t_2 - t_1$  dà:

$$t_2 - t_1 = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{p-Q_1}{p-Q_2} \quad (10)$$

Per  $t_1=0$  e  $Q_1=0$ , si ha il tempo di riempimento  $t_r$  necessario, a partire dalle condizioni di condotta vuota, per raggiungere il valore massimo  $Q_0$ :

$$t_r = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{p}{p-Q_0} = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \quad (11)$$

Con:

$$\varepsilon = \frac{p}{Q_0} \quad (12)$$

Nota la relazione  $h = a \cdot \tau^n$  per una prefissata intensità  $j = a \cdot \tau^{n-1}$ , si ha:

$$\varepsilon = \frac{p}{Q_0} = \frac{j \varphi S}{Q_0} = \varphi \frac{S a \tau^{n-1}}{Q_0} \rightarrow \tau = \left( \frac{\varepsilon Q_0}{\varphi S a} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (13)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 15 di 44

La condizione  $t_r = \tau$  dà modo di ottenere:

$$V_0 = Q_0 \left( \frac{\varepsilon Q_0}{\varphi S a} \right)^{\frac{1}{n-1}} \cdot \left( \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \right)^{-1} \quad (14)$$

Ed anche, ricordando che  $u = Q_0/S$ ,

$$V_0 = \frac{S}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \cdot u \cdot \left( \frac{\varepsilon u}{\varphi a} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (15)$$

dalla quale, definito  $v_0 = V_0/S$  come volume specifico si ha:

$$u = \varepsilon^{\frac{-1}{n}} \left( \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \cdot \frac{\varphi a^{\frac{1}{n}}}{v_0^{\frac{(1-n)}{n}}} \quad (16)$$

La condizione  $du/d\varepsilon=0$  consente di calcolare il valore di  $\varepsilon=p/Q_0$  relativo all'evento che sollecita, noto l'esponente  $n$ , in maggior misura la rete. Si ottiene:

$$n = 1 + (\varepsilon - 1) \cdot \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \quad (17)$$

da cui può dedursi, con un'approssimazione sufficiente nell'intervallo 0.25 - 0.50 dei valori di  $n$ , il desiderato valore di  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = 3.94 - 8.21n + 6.23n^2 + \dots \quad (18)$$

Esprimendo  $v_0$  in  $m^3/ha$ ,  $S$  in  $ha$ ,  $a$  in  $mm/ora$ , e  $u$  in  $l/s ha$  si ha:

$$u = 10^{\frac{1}{n}} \cdot 0.278 \varepsilon^{\frac{-1}{n}} \cdot \left( \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \cdot \frac{\varphi a^{\frac{1}{n}}}{v_0^{\frac{(1-n)}{n}}} \quad (19)$$

Raggruppando con la posizione:

$$K_c = \left( \frac{10\varphi a}{\varepsilon \cdot 3.6^n} \right)^{\frac{1}{1-n}} \cdot \frac{1}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (20)$$

le grandezze legate al carattere climatico del luogo ( $a$  e  $n$ ), direttamente e nel parametro  $\varepsilon$ , e allo stato della superficie scolante ( $\varphi$ ), l'equazione diventa:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 16 di 44	

$$u = \left( \frac{K_c}{v_0} \right)^{\frac{1-n}{n}} \quad (21)$$

L'equazione, per l'evidenza accordata al volume specifico  $v_0$ , si presta principalmente allo svolgimento pratico del calcolo.

#### 4.1.2 Sezioni aperte

Per le sezioni aperte è ammissibile una relazione lineare fra volume e portata, assumendo  $\alpha=1.5$ . Quindi l'equazione precedente, avendo fatto la classica definizione:

$$z = \frac{Q}{p} \quad (22)$$

integrata tra  $t_1$  e  $t_2$ , effettuando uno sviluppo in serie della funzione  $z$  (variabile tra 0 e 0,98):

$$t_2 - t_1 = \frac{V_0 p^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{\alpha Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \cdot \int_{z_1}^{z_2} \frac{z^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{1-z} dz = \frac{V_0 p^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \cdot \left[ \frac{1}{z_2^{\alpha}} \zeta_{\alpha}(z_2) - \frac{1}{z_1^{\alpha}} \zeta_{\alpha}(z_1) \right] \quad (23)$$

avendo posto:

$$\zeta_{\alpha}(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{k\alpha+1} \quad (24)$$

serie sicuramente convergente per  $z < 1$ .

In particolare, per  $t_1=0$ ,  $z_1=0$  (cioè  $Q_1=0$ ) e  $z_2 = Q_0/p$ , si ottiene il tempo di riempimento  $t_r$ :

$$t_r = \frac{V_0}{p} \cdot \left( \frac{p}{Q_0} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot z^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \zeta_{\alpha}(z) = \frac{V_0}{p} \cdot \zeta_{\alpha}(z) = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \zeta_{\alpha}(z) \quad (25)$$

I valori della funzione  $\zeta_{\alpha}(z)$  sono stati riassunti in Tabella 4 al variare di  $\alpha$ :



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>			<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>RI</b>	<b>NV.12.0.2.001</b>
					REV.	PAGINA
					<b>A</b>	<b>17 di 44</b>

Tabella 4 : Valori di  $\zeta_{\alpha}(z)$  in funzione di  $\alpha$ .

$z$	$\xi_1(z)$	$\xi_{1,25}(z)$	$\xi_{1,5}(z)$	$\xi_{1,75}(z)$	$\xi_2(z)$
0	1	1	1	1	1
0,10	1,0536	1,0475	1,0427	1,0388	1,0355
0,20	1,1157	1,1023	1,0917	1,0831	1,0760
0,30	1,1889	1,1665	1,1489	1,1347	1,1230
0,40	1,2770	1,2435	1,2171	1,1960	1,1787
0,50	1,3862	1,3379	1,3006	1,2708	1,2464
0,60	1,5271	1,4589	1,4068	1,3655	1,3318
0,70	1,7198	1,6231	1,5499	1,4924	1,4460
0,75	1,8482	1,7317	1,6440	1,5756	1,5205
0,80	2,0116	1,8690	1,7627	1,6800	1,6138
0,84	2,1814	2,0109	1,8847	1,7871	1,7093
0,87	2,3447	2,1468	2,0011	1,8889	1,7998
0,90	2,5579	2,3231	2,1516	2,0203	1,9164
0,92	2,7447	2,4769	2,2824	2,1342	2,0172
0,94	2,9922	2,6798	2,4545	2,2836	2,1493
0,96	3,3518	2,9733	2,7024	2,4983	2,3387
0,98	3,9895	3,4903	3,1375	2,8738	2,6691

Dall' equazione sopra ricavata, imponendo la condizione critica per cui il tempo di pioggia sia uguale al tempo di riempimento ( $\tau=t_r$ ), si deduce, con semplici passaggi, l'espressione del coefficiente udometrico:

$$u = \frac{Q_0}{S} = z[\zeta_{\alpha}(z)]^{\frac{n-1}{n}} \cdot \frac{(\varphi\alpha)^{\frac{1}{n}}}{v_0^{\frac{1-n}{n}}} \quad (26)$$

avendo assunto come volume specifico  $v_0=V_0/S$  cioè il volume d'invaso dell'intero sistema, pari alla somma del volume contenuto nei collettori e diffuso sulla superficie scolante (fossi minori, avvallamenti, ecc .. ), immaginato distribuito sull'intera superficie del bacino.

Si può allora determinare, con la condizione  $du/dz=0$  (essendo  $z$  l'unica variabile), quale sia il valore di  $z$  (dipendente dall'intensità di precipitazione) che rende massimo il coefficiente udometrico  $u$ . Lo svolgimento dei passaggi porta ad una espressione implicita di  $z$  di non agevole manipolazione. Alcuni calcoli offrono la possibilità di dare, con un'approssimazione più che soddisfacente, la seguente forma alla funzione di  $z$ :

$$z[\zeta_{\alpha}(z)]^{\frac{n-1}{n}} = (\lambda_1\alpha + \lambda_2)n \quad (27)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.12.0.2.001	A	18 di 44

e di fornire, quindi, un'espressione semplificata dell'equazione che definisce il coefficiente udometrico. Esprimendo  $[a]=\text{metri}\cdot\text{giorni}^{-n}$  e  $[v_0]=\text{metri}$ , e il coefficiente udometrico  $[u]=\text{litri}/\text{secondo}\cdot\text{ettaro}$ , l'equazione che definisce il coefficiente udometrico diventa:

$$u = (26\alpha + 66)n \cdot \frac{(\varphi\alpha)^{\frac{1}{n}}}{v_0 n} \quad (28)$$

## 4.2 IL METODO CINEMATICO

La schematizzazione alla base del metodo si basa su tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q = 278 \frac{\varphi S h}{\tau_c} = 278 \varphi S i \quad (29)$$

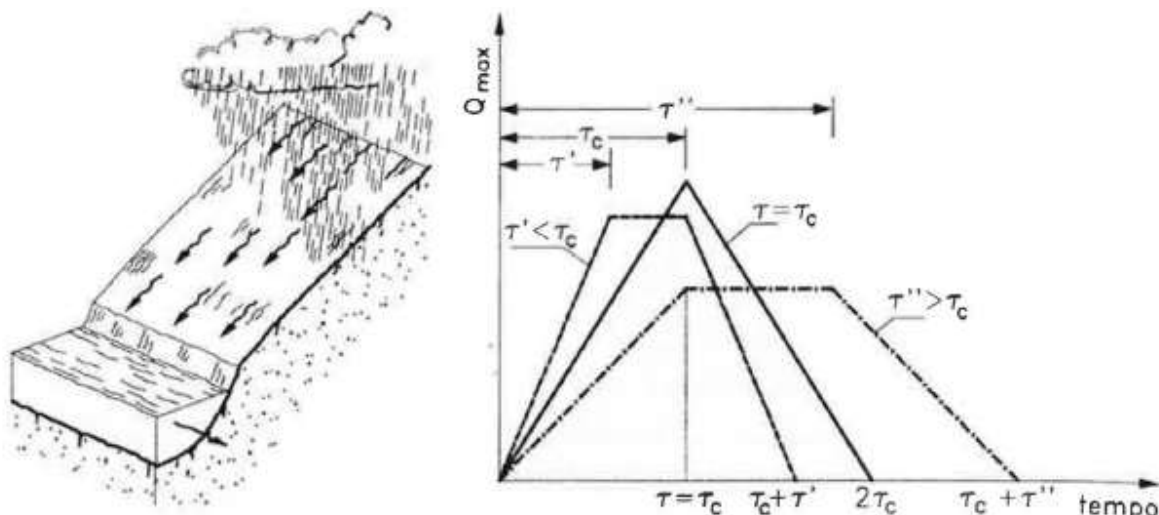
In cui:

- $Q$  portata di piena ( $\text{m}^3/\text{sec}$ );
- $\varphi$  coefficiente di deflusso, assunto pari a 0.90 per le superfici pavimentate, come da indicazioni del manuale di progettazione RFI/Italferr;
- $h$  altezza di pioggia (m) per una precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione;
- $i$  intensità di pioggia (m/ore);
- $S$  area del bacino ( $\text{km}^2$ );
- $\tau_c$  tempo di corrivazione (ore), da individuare.

Il valore di  $h$  rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione  $\tau_c$ : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo  $\tau_c$  solo una parte del bacino  $S$  contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella Figura 6 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 19 di 44

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assume la forma triangolare.



**Figura 6 : Metodo cinematico, idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.**

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione  $\tau_c$  può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura considerata. In particolare, dopo aver individuato la rete di drenaggio sottesa dalla sezione di chiusura ed aver delimitato i sottobacini contribuenti in ogni ramo della rete, per determinare il tempo di concentrazione  $\tau_c$  si fa riferimento alla somma:

$$\tau_c = \tau_a + \tau_r \quad (30)$$

ove  $\tau_a$  è il tempo d'accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dalla condotta posta all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo, e  $\tau_r$  è il tempo di rete.

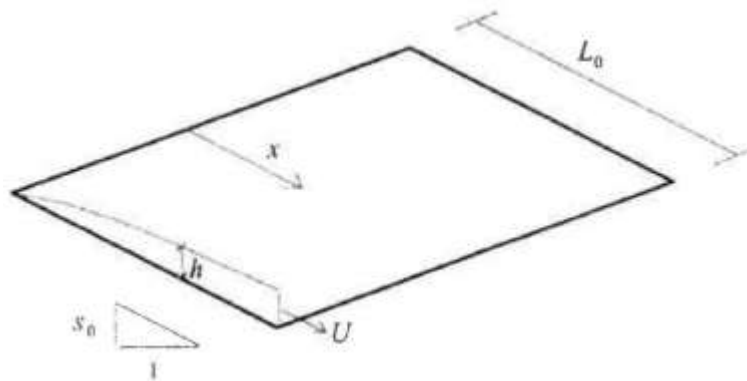
Il tempo di residenza in rete  $\tau_r$ , è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria. Pertanto il tempo di rete sarà dato dall'espressione:

$$\tau_r = \sum_i \frac{L_i}{V_i} \quad (31)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 20 di 44

La piattaforma stradale è schematizzabile come una superficie scolante piana. Dunque per il calcolo del tempo d'accesso alla rete si fa riferimento alla formulazione di Wooding, che ha fornito la soluzione esatta delle equazioni che regolano il deflusso su una superficie scolante interessata da pioggia netta di intensità costante nel tempo e nello spazio ( $i$  costante), partendo da condizioni iniziali di superficie asciutta e non interessata da immissioni nella sua sezione iniziale.

La schematizzazione del deflusso su una superficie piana prevede i seguenti parametri: la lunghezza  $L_0$ , la pendenza  $s_0$ , la velocità media della portata  $U$ , il tirante idrico  $h$  e la portata defluente per unità di ampiezza (Figura 7).



**Figura 7 : Schema di superficie piana scolante.**

Secondo Wooding, il tempo di accesso viene definito in questo modo:

$$t_{PC} = \left( \frac{L_0}{\alpha a^{m-1}} \right)^{\frac{1}{n(m-1)+1}} \quad (32)$$

In cui i parametri  $\alpha$  e  $m$  sono definiti come:

$$\alpha = K_s \cdot s_0^{\frac{1}{2}} m \quad (33)$$

$$m = 2\alpha = K_s \cdot s_0^{\frac{1}{2}} \quad (34)$$

Dove  $K_s$  è il coefficiente di Gauckler Strickler, definito a seconda della superficie secondo i valori della Tabella 2.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>21 di 44</b>

**Tabella 5 : Parametri di resistenza per deflusso superficiale.**

SUPERFICIE	MOTO LAMINARE $K_0$	MOTO TURBOLENTO $K_S [m^{1/3}/s]$
Cemento o asfalto	24 + 108	70 + 100
Sabbia	30 + 120	60 + 100
Ghiaia	90 + 400	30 + 80
Argilla o Limo	100 + 500	30 + 80
Vegetazione sparsa	1000 + 4000	20 + 70
Prato con erba bassa	3000 + 10000	5 + 10
Terreno incolto	7000 + 40000	2 + 5

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 22 di 44

## 5 COMPONENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO STRADALE

In questo capitolo vengono illustrati i criteri di dimensionamento dei manufatti utilizzabili per il drenaggio delle acque di piattaforma.

### 5.1 MODALITÀ DI SMALTIMENTO

L'intervento in progetto prevede la raccolta delle acque di piattaforma con modalità differenti a seconda della tipologia della sezione stradale in ogni singolo tratto:

- nei tratti in trincea la raccolta e l'allontanamento delle acque di piattaforma viene effettuato mediante cunette ubicate in corrispondenza della banchina stradale;
- nei tratti in rilevato la raccolta delle acque di piattaforma viene effettuata mediante embrici con scarico nei fossi di guardia localizzati al piede del rilevato stradale; nei tratti in cui tale soluzione non sia possibile, sono previste caditoie a griglia con scarico mediante collettori in PEaD nel fosso di guardia più vicino.

### 5.2 DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DI DRENAGGIO

#### 5.2.1 Embrici stradali

Nei casi in cui il tracciato stradale sia in rilevato, l'allontanamento delle acque dalla piattaforma è affidato alle canalette ad embrice disposte ad interassi regolari lungo la scarpata. L'acqua viene raccolta dalla sede stradale mediante le cunette laterali, per sfiorare poi all'interno dell'embrice ed essere recapitata nei fossi disperdenti ai lati del rilevato.

Si assume che tali elementi possano essere posizionati ad un interasse minimo di 10 m.

Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato, con una approssimazione sufficiente al caso, a quello di una soglia sfiorante. In questo caso la portata di sfioro è data dalla:

$$Q = C_q \cdot h \pi L \cdot \sqrt{2gh} \quad (35)$$

con "C<sub>q</sub>" coefficiente di portata pari a 0.35, "L" larghezza dell'embrice ed "h" altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice.

Gli embrici utilizzati sono tutti a sezione trapezoidale di dimensione 50cm x 50cm, prefabbricati e realizzati in cls vibrato.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 23 di 44

### 5.2.2 Lunghezza della caditoie ed efficienza

Nei tratti lungo i quali non è possibile scaricare le acque di dilavamento mediante embrici, verranno posizionati in banchina pozzetti caditoia 50x50, sovrastati da una griglia, in ghisa carrabile, collegati da tubazioni in PEaD, le cui modalità di dimensionamento sono descritte nei paragrafi successivi. La cunetta laterale di scolo sarà ricavata direttamente sulla banchina stradale.

Il calcolo di dimensionamento e verifica dell'interasse delle caditoie è eseguito in modo tale da garantire che la precipitazione con tempo di ritorno di 25 anni riesca a defluire nel collettore fognario, evitando il ristagno dei deflussi sulla piattaforma.

Il problema relativo al calcolo della lunghezza "L" da assegnare alla caditoia per poter assicurare il drenaggio della portata "Q" è stato affrontato nell'ipotesi di moto gradualmente vario con portata decrescente e con energia specifica costante lungo il percorso sulla grata, ipotizzando inoltre che la stessa abbia apertura orizzontali rispetto al senso del moto nella cunetta stradale. In tali ipotesi, assumendo una grata piana di larghezza "l" con un carico "y", l'equazione del moto può scriversi nella forma:

$$H = y + \frac{Q^2}{2g l^2 y^2} = cost \quad (36)$$

dalla quale, posto  $q = Q / l$  e sapendo che:

$$q = y \cdot \sqrt{2g \cdot (H - y)y} \quad (37)$$

si deduce l'espressione che consente di determinare, per  $y = 0$ , la lunghezza "L" da assegnare alla grata:

$$\frac{L}{H} = \frac{1}{2 \cdot C \cdot p} \cdot \left[ \operatorname{sen}^{-1} \sqrt{\frac{y_0}{H} + 3} + 3 \cdot \sqrt{\frac{y_0}{H} \cdot \left(1 - \frac{y_0}{H}\right)} \right] \quad (38)$$

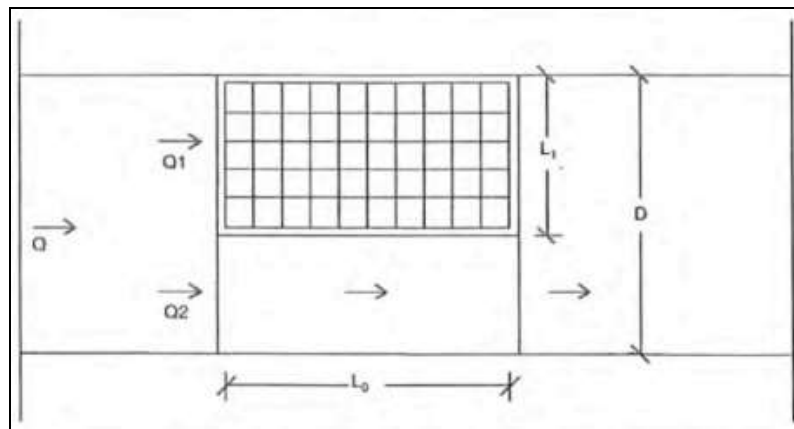
in cui:

- H = energia specifica sulla grata;
- $y_0$  = battente idrico nella sezione iniziale di ingresso alla grata;
- C = coeff. di contrazione (assunto pari a 0,50);

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. PAGINA A 24 di 44

- $p$  = frazione efficace dell'area della griglia, rapporto tra la superficie totale delle fessure e la superficie complessiva della grata, assunto pari a 0.6.

Note queste quantità si può procedere a determinare l'efficienza della caditoia, pari al rapporto fra la portata intercettata  $Q_1$  e quella proveniente da monte  $Q$ .



**Figura 8 : schema di deflusso in prossimità di una caditoia**

L'efficienza dipende, oltre che dalle dimensioni e dal tipo di bocca che controlla l'afflusso, dal valore della portata  $Q$  e da quello delle pendenze longitudinali e trasversali della strada. Indicando con  $L$  la larghezza della grata, ipotizzando che la portata  $Q_1$  fluente nella sezione  $L$  affluisca alla caditoia e quella  $Q_2$ , fluente nella sezione  $D-L$  prosegua a valle, l'applicazione dell'Equazione (38) porta alla seguente definizione dell'efficienza:

$$E_0 = \frac{Q_1}{Q} = 1 - \frac{Q_2}{Q} = 1 - \left(1 - \frac{L}{D}\right)^{\frac{10}{3}} \quad (39)$$

Che fornisce la frazione della portata  $Q$  che viene captata dalla caditoia, alla condizione che questa sia in grado di poterla derivare. La capacità di derivazione viene fatta dipendere dalla velocità  $v$  con la quale l'acqua perviene alla caditoia, si indica infatti un valore limite,  $v_0$ , oltre il quale la portata  $Q_1$  non viene captata tutta. Questo valore limite dipende dalla lunghezza  $L$  della grata e dalla sua configurazione, allora:

- per grate a barre normali alla direzione della corrente:  $v_0 = 1.86L^{0.79} \quad (40)$

- per grate a barre parallele alla direzione della corrente:  $v_0 = 2.54L^{0.51} \quad (41)$



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 25 di 44

Indicata con  $Q_1^*$  (frazione di  $Q_1$ ) la portata frontale intercettata dalla grata, accanto all'efficienza della caditoia data da  $E_1 = Q_1^*/Q$ , si definisce efficienza o rendimento della grata  $R_1$  il rapporto  $R_1 = Q_1^*/Q_1$  ed è  $R_1=1$  quando la frazione  $Q_1$  defluente nella larghezza  $L$  è integralmente catturata dalla grata. Questo accade quando la velocità  $v$  è minore o uguale alla  $v_0$  secondo la relazione sperimentale seguente:

$$R_1 = \frac{Q_1^*}{Q_1} = 1 - 0.3(v - v_0) \quad (42)$$

Ovviamente con  $R_1=1$  e  $Q_1=Q_1^*$  per  $v \leq v_0$ . La portata laterale  $Q_2$  che sfugge alla cattura, data anch'essa come rapporto a  $Q$ , è allora fornita dalla semplice formula:

$$\frac{Q_2}{Q} = 1 - E_0 \quad (43)$$

Anche una parte della portata laterale può essere intercettata in funzione dei valori della velocità  $v$  e della lunghezza  $L$ . indicata con  $Q_2^*$  la portata derivata, il rendimento  $R_2$  rispetto a  $Q_2$  è dato dalla relazione empirica:

$$R_2 = \frac{Q_2^*}{Q_2} = \left(1 + \frac{0.83 v^{1.8}}{JL^{2.3}}\right)^{-1} \quad (44)$$

L'efficienza totale della grata allora è data da:

$$E = \frac{Q_1^* + Q_2^*}{Q} = R_1 E_0 + R_2 (1 - E_0) \quad (45)$$

Per un'efficienza maggiore del 85% la griglia è idonea a captare le acque defluenti dalla piattaforma.

### 5.2.3 Verifica degli elementi di margine

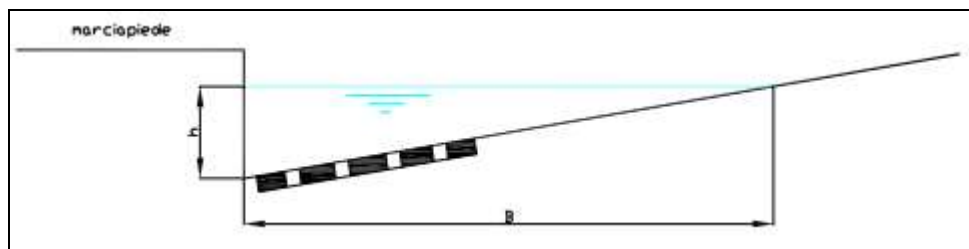
La conformazione della piattaforma stradale consente il deflusso delle acque meteoriche verso il margine della carreggiata stradale, presso il ciglio si origina quindi un'area di deflusso a forma triangolare che interessa la banchina stradale. Le condizioni di deflusso idrico lungo il margine stradale sono determinate dalle pendenze longitudinali e trasversali del corpo stradale, tali parametri individuano quindi la capacità di deflusso che può ottenersi lungo il ciglio.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>26 di 44</b>

La capacità idraulica lungo il margine stradale è limitata dalla larghezza massima ammissibile per il velo idrico in piattaforma che evidentemente non deve interessare in alcun modo la parte carrabile della piattaforma stradale. La verifica degli elementi di margine consiste quindi nel rapportare la capacità idraulica del margine stradale per i diversi sottotratti stradali, distinti sulla base dei valori di pendenza longitudinale e alla larghezza di piattaforma drenata, all'apporto meteorico specifico, ovvero alla stima della portata meteorica afferente per metro lineare di piattaforma stradale. Dagli esiti di tale confronto si ricava l'interasse massimo al quale devono porsi gli elementi di raccolta delle acque meteoriche (embrici, caditoie) per evitare il rischio che il deflusso idrico possa interessare anche il traffico veicolare.

Il calcolo del deflusso idrico in banchina viene eseguito considerando una sezione di deflusso triangolare, delimitata dal cordolo laterale e dal piano stradale inclinato, Figura 9.

In funzione della larghezza della banchina B, della pendenza trasversale J della stessa e di quella longitudinale i della strada è quindi possibile ricavare le caratteristiche idrauliche della cunetta di raccolta a bordo strada.



**Figura 9 : Schema della cunetta stradale**

Il moto che si instaura viene assimilato al moto uniforme, con riferimento alla portata Q [m<sup>3</sup>/s] che compete alla sezione terminale del tratto compreso tra due scarichi. In base alla formula di Gauckler-Strickler, assumendo un coefficiente di scabrezza K<sub>s</sub> di 80 m<sup>1/3</sup>/s per la pavimentazione asfaltata, è possibile determinare la portata massima smaltibile dalla cunetta:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (46)$$

Considerando che la base B della cunetta interessa tutta la banchina, che la pendenza trasversale sia del 2.5% (3.7% massimo in curva), e nota la pendenza longitudinale del tratto di strada in esame, si possono facilmente determinare i valori di velocità e portata tramite le seguenti relazioni:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 27 di 44

$$v = 0.63 \cdot K_s \cdot J^{\frac{2}{3}} \cdot B^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (47)$$

$$Q = 0.315 \cdot K_s \cdot J^{\frac{5}{3}} \cdot B^{\frac{5}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (48)$$

Valide nell'ipotesi che  $J < 10\%$ .

Considerando la geometria della sede stradale e ipotizzando un allagamento della sede stradale che interessi l'intera banchina, si ottiene la portata convogliabile per ogni tratto stradale.

La portata drenata viene determinata tramite il metodo dell'invaso, descritto nel Paragrafo 4.1.2 per il dimensionamento delle sezioni aperte.

Considerando i parametri delle CPP forniti dall'analisi idrologica (Paragrafo 3) con periodo di ritorno di 25 anni, in funzione del tempo di corrivazione  $t_c$  [h], del coefficiente d'afflusso  $\phi$ , si ottengono l'intensità di precipitazione massima prevista  $i$  [mm/h], il coefficiente udometrico  $u$  [l/s/ha] e la portata drenata dalla piattaforma stradale  $Q_{drenata}$  [l/s].

Sull'ipotesi che il tempo critico sia pari al tempo di riempimento della sezione della cunetta, viene pertanto ricavato il valore del coefficiente udometrico  $u$ , e quindi la portata:

$$Q_{drenata} = u \cdot S \quad (49)$$

Dividendo il valore della massima portata transitabile in banchina per la portata drenata, si ottiene l'interasse tra gli scarichi. Tale interasse deve essere tale per cui gli elementi di raccolta (embrici e caditoie) siano in grado di smaltire la portata in arrivo, come spiegato nei precedenti paragrafi.

#### **5.2.4 Condotte di drenaggio stradale**

I collettori che ricevono i contributi meteorici dalle caditoie poste a bordo strada sono delle condotte in PEAD di diametro variabile da un minimo di DN 300 ad un massimo di DN 500 con rigidità anulare SN 8 (8 kN/m<sup>2</sup>). In generale saranno posati sotto la banchina. Gli spessori di ricoprimento minimi per le condotte sono pari ad 1 m. Per tutte le condotte è previsto un rinfianco in ghiaietto.

I collettori sono ispezionabili mediante pozzetti d'ispezione disposti con un interasse massimo pari a 25 m. L'interasse può essere ridotto in particolari casi, ad esempio, in corrispondenza di curve planimetriche particolarmente accentuate nelle quali si è ritenuto opportuno disporre i pozzetti d'ispezione con un interasse inferiore onde evitare di posare

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>28 di 44</b>

le condotte con una curvatura incompatibile con le loro caratteristiche strutturali con conseguente riduzione della tenuta idraulica.

Il dimensionamento idraulico delle condotte di drenaggio delle acque di piattaforma stradale è stato eseguito mediante il metodo del volume d'invaso precedentemente esposto nel Paragrafo 4.1.1.

La metodologia seguita ha previsto l'individuazione dei parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori all'ora, in quanto le aree afferenti della piattaforma stradale sono caratterizzate da tempi di risposta dell'ordine di qualche minuto. La determinazione delle portate all'interno di ciascun tratto è stata eseguita imponendo per il coefficiente udometrico, in favore di sicurezza, un tempo di riempimento della singola canaletta pari al tempo di pioggia ( $t_r = t_p$ ).

Note la pendenza e le dimensioni delle condotte di drenaggio è stato calcolato il tirante idrico che si instaura all'interno delle canalette in condizioni di moto uniforme.

Il dimensionamento idraulico è soddisfatto se le configurazioni geometriche scelte sono tali da consentire lo smaltimento delle portate afferenti con un grado di riempimento massimo dell' 80 %.

Nell'applicazione del metodo dell'invaso viene definito il coefficiente udometrico:

$$u = \frac{Q_M}{S} = z [\zeta_\alpha(z)]^{\frac{n-1}{n}} \cdot \frac{(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{w^{\frac{(1-n)}{n}}} \quad (50)$$

- $u$  [ $l \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ] = coefficiente udometrico
- $w$  [m] =  $W_M/S$  = invaso specifico ( $W_M$  volume invasato dal sistema bacino-rete a monte della sezione di chiusura,  $S$  area del bacino)
- $a$  [ $m \text{ h}^{-n}$ ] e  $n$  [-] = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica
- $\varphi$  [-] = coefficiente di afflusso medio

in particolare vengono utilizzati i seguenti parametri:

- Volume specifico piccoli invasi per la piattaforma  $w_0 = 0.003 \text{ m}$ ;
- Coefficiente di afflusso per la piattaforma  $\varphi_p = 0.9$ ;
- Coefficiente di afflusso per le aree permeabili  $\varphi = 0.4$ ;
- Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler del PEAD  $K_s = 80 \text{ s/m}^{1/3}$ ;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>			<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>RI</b>	<b>NV.12.0.2.001</b>
					REV.	PAGINA
					<b>A</b>	<b>29 di 44</b>

- Larghezza piattaforma  $L$  (variabile in base alla categoria della strada).

La portata lungo la canaletta viene quindi calcolata moltiplicando il coefficiente udometrico per la superficie del bacino afferente alle varie sezioni prese in esame.

Determinata la portata defluente, il tirante idrico che s'instaura all'interno delle condotte è calcolato mediante l'equazione del moto uniforme secondo *Gauckler-Strickler*:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (51)$$

dove:

- $K_s$  coefficiente di scabrezza secondo *Gauckler-Strickler* ( $m^{-1/3}s$ );
- $A$  area bagnata ( $m^2$ );
- $R_h$  raggio idraulico (m);
- $i$  pendenza del fondo.

Nota il tirante idrico si può verificare il grado di riempimento ed il franco di sicurezza.

Per la valutazione del volume invasato  $W_M$  dal sistema bacino-rete a monte della sezione da dimensionare (compreso anche il volume del collettore in progetto):

$$W_M = w_0 S + \sum_i W_i + W_l \quad (52)$$

La sommatoria  $\sum_i W_i$  è estesa a tutti i collettori  $i$  (già dimensionati) a monte del collettore  $l$  da dimensionare.

- $w_0$  = volume specifico (ovvero per unità di superficie) dei piccoli invasi e del velo idrico superficiale.
- $W_i = L_i A_i$  = volume invasato nel collettore  $i$ -esimo ( $L_i$  è la lunghezza del collettore,  $A_i$  l'area bagnata quando vi defluisce la portata di progetto  $Q_{Mi}$  già calcolata per il collettore  $i$ )
- $W_l = L_l A_l$  = volume invasato nel collettore  $l$  in progetto; da determinare per tentativi ( $L_l$  è la lunghezza nota del collettore in progetto,  $A_l$  l'area bagnata incognita, da determinare per tentativi)

La procedura iterativa è descritta di seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 30 di 44

1. Fissato il tempo di ritorno T si determinano i coefficienti a, n della curva di possibilità pluviometrica:  $i(\tau) = a \cdot \tau^{n-1}$ .
2. Si stima il coefficiente di afflusso  $\phi$ , calcolato come media pesata sulle aree permeabili e impermeabili.
3. Si fissa un valore di tentativo per il volume d'invaso  $W_I$  del collettore da dimensionare: ad esempio si può predimensionare il collettore, ipotizzare un valore del tirante idrico (o del diametro), e quindi un'area bagnata  $A_I \rightarrow W_I = L_I A_I$ .
4. Si fissa il volume specifico  $w_0$  dei piccoli invasi e si calcola con la (44) il volume invasato  $W_M$  nel sistema bacino-rete a monte della sezione in progetto, e finalmente l'invaso specifico  $w = W_M/A$ .
5. Si calcola il coefficiente udometrico u con la (43) (o con l'equazione 21), quindi la massima portata al colmo  $Q_M = u \cdot S$ . Si dimensiona la tratta per la portata  $Q_M$ , e si calcola il volume  $W_I$  invasato. Il dimensionamento è terminato se questo  $W_I$  è pari al volume assunto al punto 3. In caso contrario, si assume quest'ultimo valore per  $W_I$  e si reitera il calcolo dal punto 4.

Affinchè le condotte siano verificate, deve risultare che, trattandosi di sole fognature per acque bianche:

- le velocità massime siano inferiori di 5 m/s;
- le velocità minime siano maggiori di 0.5 m/s;
- il grado di riempimento sia inferiore all'80%;

### **5.2.5 Fossi disperdenti**

In alcune delle zone interessate dalla realizzazione della nuova linea ferroviaria non è stato possibile individuare un corpo idrico superficiale da poter utilizzare come recapito delle acque di piattaforma; per questo motivo nelle aree poste in un contesto territoriale di campagna il drenaggio degli afflussi meteorici viene svolto da un sistema costituito da embrici (o da sistemi caditoie-condotte, nel caso in cui fossero presenti dei marciapiedi) i quali scaricano in fossi di guardia disperdenti. I fossi disperdenti che ricevono i volumi meteorici sono dimensionati per garantire la laminazione temporanea e la dispersione dei volumi; tali fossi non hanno un recapito in un corpo idrico superficiale, sono pensati in piano, cioè senza pendenza longitudinale e di conseguenza sono stati dimensionati in modo tale da garantire l'invaso temporaneo e la dispersione di tutti i volumi in arrivo.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>31 di 44</b>

Il fosso disperdente è rivestito da uno strato di 0.3 m di ghiaia avvolta in uno strato di geotessuto in modo tale che sia facilitata la dispersione nel suolo dei volumi meteorici in arrivo.

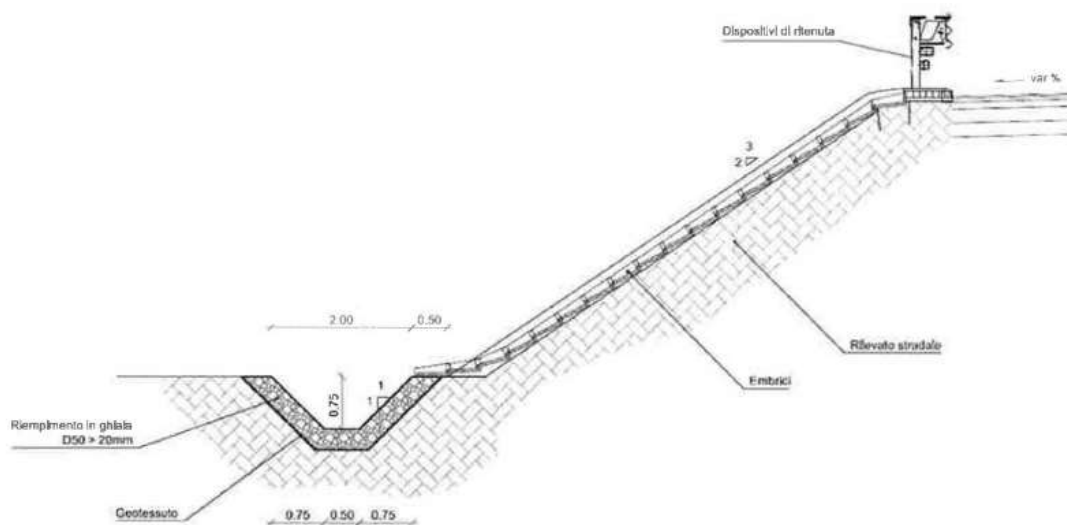


Figura 10 : Sistema di drenaggio stradale, embrice e fosso di guardia.

La portata dispersa dai fossi per infiltrazione è stata stimata con riferimento allo schema di moto filtrante riportato in Figura 10 che quantifica la portata dispersa per un fosso di lunghezza unitaria con la seguente formula:

$$q = \left( \frac{B}{H} + C \right) \cdot K \cdot H \quad (53)$$

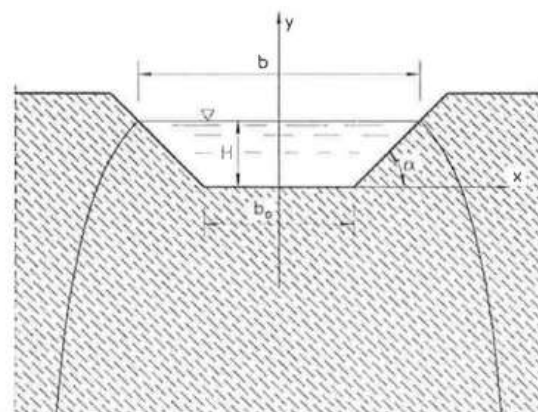


Figura 11 : Schema del funzionamento del fosso disperdente.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 32 di 44

Dove:

- $b_0$  larghezza di fondo del fosso;
- $H$  l'altezza utile;
- $n$  pendenza delle scarpate;
- $K$  coefficiente di filtrazione;
- $C$  coefficiente che misura il contributo della formazione della portata dovuta all'infiltrazione sulle sponde, stimata con una relazione monomia del tipo  $C = a(b/H)^m$ , in cui  $a$  ed  $m$ , al variare di  $n$  sono visibili nella tabella sottostante:

**Tabella 6 : valori di  $a$  ed  $m$  al variare di  $n$**

scarpa $n$	$a$	$m$	$\frac{b}{H}$
1/1	1,584	0,375	2
3/2	1,332	0,380	3
2/1	1,009	0,448	4

Dai risultati disponibili dalle indagini geologiche, la permeabilità dei territori interessati dal presente progetto può variare molto e dunque è stato valutato caso per caso quale valore del coefficiente di permeabilità adottare.

La dimensione dei diversi fossi drenanti è stata calcolata tenendo conto sia della loro capacità disperdente che della capacità d'invaso. I volumi di invaso sono calcolati sottraendo al volume in arrivo, determinato a partire dalle curve di possibilità pluviometrica, le portate disperse nel sottosuolo. Il calcolo del volume di laminazione  $\Delta V$  necessario per laminare la portata in arrivo dalla piattaforma è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie  $S$ , al variare del tempo di pioggia  $t_p$  (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$\Delta V(t_p) = V_e(t_p) - V_u(t_p) \quad (54)$$

con:

$$V_e = a \cdot t_p^n \cdot \varphi \cdot S \quad (55)$$

valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso. Il calcolo dell'andamento temporale dei volumi drenati nel sottosuolo a dispersione ( $V_u$ ), è stato effettuato seguendo lo schema riportato nel paragrafo precedente



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 33 di 44

associandogli un'efficienza pari al 50% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine:

$$V_u = \eta \cdot \left( \frac{B}{H} + C \right) \cdot K \cdot H \cdot L \cdot t_p \quad \text{con } \eta = 50\% \quad (56)$$

Sono stati dunque adottati i seguenti valori:

- S massima superficie afferente al singolo fosso, intesa sia come superficie della piattaforma sia come superficie esterna.
- a coefficiente della curva di possibilità pluviometrica per un  $T_R$  pari a 100 anni ( $mm/ore^{-n}$ );
- n coefficiente della curva di possibilità pluviometrica per un  $T_R$  pari a 100 anni;

Per laminare e disperdere il volume meteorico in ingresso al fosso, calcolato con i dati sopra riportati, è stato dimensionato un fosso disperdente trapezoidale, con sponde aventi pendenza 1 su 1, avente sezione variabile, con pendenza longitudinale nulla; di seguito si riportano le dimensioni standard adottate:

**Tabella 7 : dimensioni delle sezioni tipologiche dei fossi disperdenti del drenaggio di piattaforma**

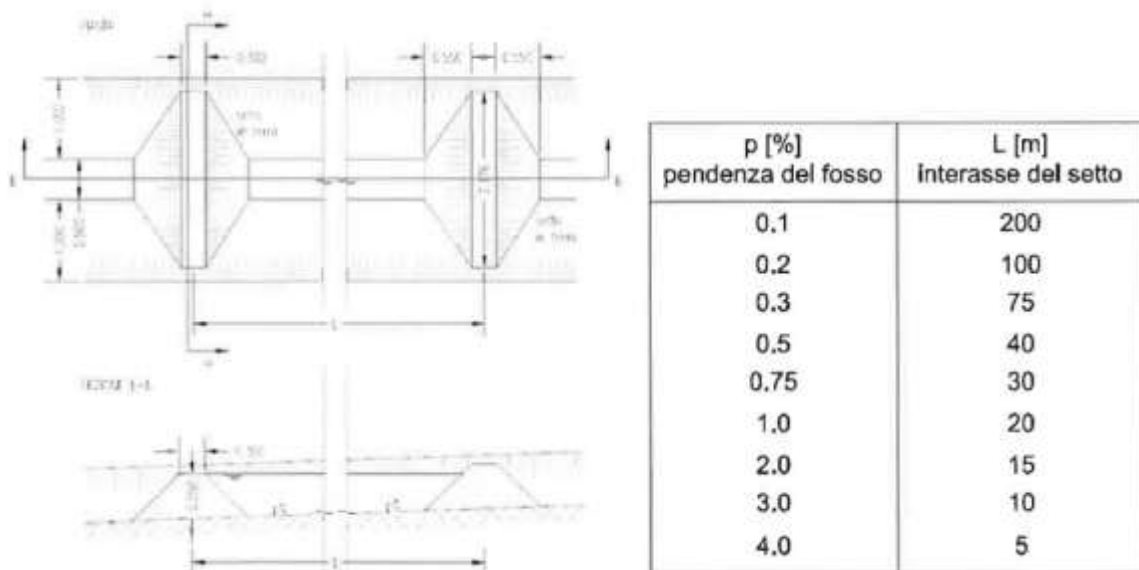
CODICE FOSSO	TIPO SEZIONE	Base minore $b_0$ (cm)	Base maggiore B (cm)	Altezza $H_r$ (cm)
FT1	Sezione trapezia sponde 1/1	50	150	50
FT2	Sezione trapezia sponde 1/1	70	210	70
FT3	Sezione trapezia sponde 1/1	100	300	100
FT4	Sezione trapezia sponde 1/1	120	360	120

Il fosso disperdente deve essere in grado di ricevere e mantenere al suo interno i volumi in arrivo per svolgere la sua funzione di laminazione e dispersione della portata. Di conseguenza, nei casi in cui vi sia una certa pendenza longitudinale del terreno e quindi del fosso, è necessario ostacolare l'innescò del deflusso delle portate al suo interno e contrastare la riduzione dell'invaso dovuta alle pendenze longitudinali del fosso di guardia. A questo fine si prevede di realizzare degli opportuni setti di ripartizione in terra da posizionare all'interno del fosso di guardia in modo da garantire il necessario volume di invasò.

Per la valutazione del volume di invasò disponibile viene quindi mediata l'area bagnata tra due setti di ripartizione, cioè tra la sezione terminale del fosso (fosso pieno) e la sezione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>34 di 44</b>

iniziale dello stesso; così facendo è possibile determinare il volume di invaso al variare della pendenza e dell'interasse dei setti (Figura 12).



**Figura 12 : Setti lungo i fossi disperdenti.**

Si ritiene opportuno controllare periodicamente (ogni sei mesi o in concomitanza di eventi meteorici eccezionali) i fossi disperdenti. Dal punto di vista manutentivo va tagliata periodicamente la vegetazione, in modo da mantenerne l'altezza fra 10 e 20 cm, vanno inoltre rimossi gli eventuali sedimenti e sanati eventuali fenomeni erosivi.

### **5.2.6 Trincee disperdenti**

Dove non è stato possibile individuare un corpo idrico superficiale come recapito per le acque di piattaforma e dove la pendenza abbastanza elevata del terreno esistente non permetteva la realizzazione di fossi disperdenti, è stata creata una trincea disperdente al fine di immagazzinare le acque meteoriche e disperderle poi nel sottosuolo.

Le trincee previste sono realizzate con moduli parallelepipedi in materiale plastico con volume di ritegno pari al 90% del volume totale. I moduli sono componibili per realizzare la trincea delle volute dimensioni; sono inoltre carrabili per ricoprimenti minimi di 1 m e vengono avvolti esternamente con geotessile per evitare il trasferimento del materiale all'interno della trincea. Il rinterro viene effettuato con materiale di elevate capacità drenanti ben costipato (ghiaia, ghiaietto).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>35 di 44</b>	

La portata dispersa dalla trincea per infiltrazione è stata stimata con riferimento allo schema di moto filtrante che quantifica la portata dispersa attraverso una superficie effettiva calcolata secondo la seguente formula:

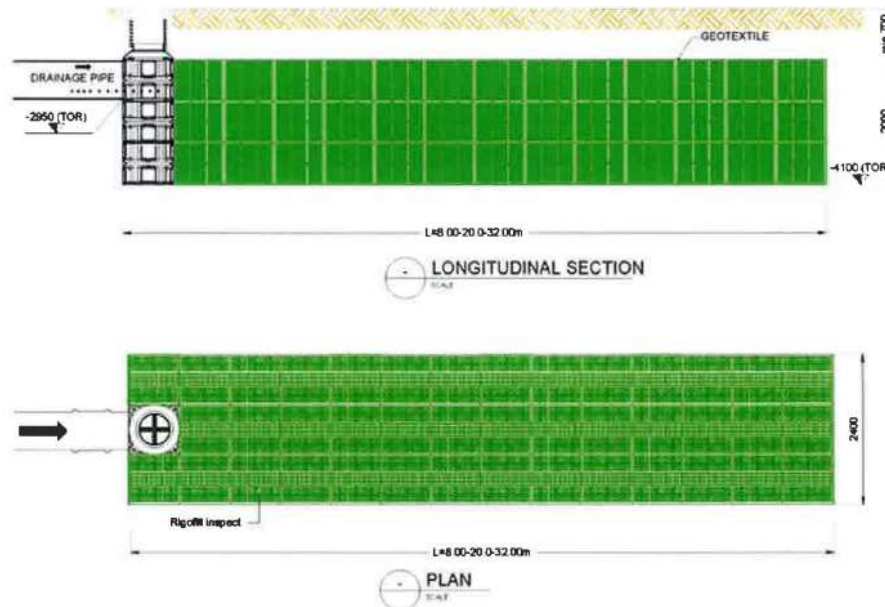
$$q = K \cdot j \cdot A' = K \cdot j \cdot (L \cdot B + 2(L + B)H) \quad (57)$$

dove:

- $A'$  area efficace;
- $H$  l'altezza utile;
- $J$  gradiente idraulico pari a 1/1;
- $K$  coefficiente di filtrazione;
- $L$  lunghezza trincea;
- $B$  larghezza trincea;



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b> PAGINA <b>36 di 44</b>



**Figura 13 : Tipologico di trincea drenante con moduli in materiale plastico**

Dai risultati disponibili dalle indagini geologiche, la permeabilità dei territori interessati dal presente progetto può variare molto e dunque è stato valutato caso per caso quale valore del coefficiente di permeabilità adottare. La dimensione delle diverse trincee drenanti è stata calcolata tenendo conto sia della loro capacità disperdente che della capacità d'invaso. I volumi di invaso sono calcolati sottraendo al volume in arrivo, determinato a partire dalle curve di possibilità pluviometrica, le portate disperse nel sottosuolo.

Il calcolo del volume di laminazione  $\Delta V$  necessario per laminare la portata in arrivo dalla piattaforma è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie  $S$ , al variare del tempo di pioggia  $t_p$  (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$\Delta V(t_p) = V_e(t_p) - V_u(t_p) \quad (58)$$

con:

$$V_e = a \cdot t_p^n \cdot \varphi \cdot S \quad (59)$$

valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso. Il calcolo dell'andamento temporale dei volumi drenati nel sottosuolo a dispersione ( $V_u$ ), è stato effettuato seguendo lo schema riportato nel paragrafo precedente associandogli un'efficienza pari al 50% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>37 di 44</b>

$$V_u = \eta \cdot K \cdot j \cdot (L \cdot B + 2(L + B)H) \cdot t_p \quad \text{con } \eta = 50\% \quad (60)$$

Sono stati dunque adottati i seguenti valori:

- $S$  massima superficie afferente al singolo fosso, intesa sia come superficie della piattaforma sia come superficie esterna.
- $a$  coefficiente della curva di possibilità pluviometrica per un  $T_R$  pari a 100 anni ( $mm/ore^{-n}$ );
- $n$  coefficiente della curva di possibilità pluviometrica per un  $T_R$  pari a 100 anni.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.12.0.2.001	A	38 di 44

## 6 DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO

### 6.1 DRENAGGIO STRADALE SULLE VIABILITÀ IN PROGETTO

Nella Tabella sottostante si riassumono i tipi di drenaggio della piattaforma stradale.

**Tabella 8 : Drenaggio di piattaforma stradale sulle viabilità in progetto**

Viabilità	Sistema di drenaggio	Recapito
NV 12	embrici e condotte	FOSSI DISPERDENTI e TRINCEA DISPERDNTE

La rete di fognatura in progetto ricalca lo schema classico di rete utilizzato per l'evacuazione delle acque meteoriche dal corpo stradale, adattato alle esigenze del progetto.

La viabilità NV12 in esame si sviluppa in rilevato tra le pk 0+260.00 e 1+120.00, dove l'allontanamento delle acque di piattaforma è affidato alle canalette ad embrice disposte lungo il rilevato stesso, mentre tra le pk 0+0.00 e 0+260.00 si presenta un tratto in trincea dove invece saranno disposte delle condotte al di sotto del piano stradale.

La strada è di tipo C ed ha le seguenti caratteristiche:

- Carreggiata 3.50 m;
- Banchina 1.25 m;

L'acqua che scorre sulla piattaforma stradale viene raccolta ai lati della strada mediante cunette ricavate direttamente dalla banchina pavimentata. Queste portano l'acqua verso gli embrici o le caditoie che poi sfociano all'interno dei recapiti finali.

Non essendoci un recapito in cui scaricare le acque della piattaforma, si è fatto riferimento a fossi disperdenti posizionati lungo i due lati del tracciato stradale.

In corrispondenza della rotatoria 2, intersezione con la SP 498 (ex ss 162), viene definito una ulteriore sistema di condotte che, data la pendenza longitudinale del tracciato, viene convogliato all'interno di una tirncea disperdnte posta al di sotto della rotatoria.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>39 di 44</b>

## 7 RISULTATI

### 7.1 CANALETTE A EMBRICE

Tra le pk 0+260.00 e 1+120.00 in rilevato il calcolo delle portate idrologiche afferenti al singolo embrice è stato effettuato con riferimento alla procedura del metodo dell'invaso per sezioni aperte, come precedentemente illustrato nel Paragrafo 4.1.2. Da queste si è potuto dimensionare l'interasse degli embrici, verificando che con quell'interasse la portata defluente in cunetta fosse maggiore della portata affluente dalla carreggiata.

L'interasse degli embrici è risultato di 50m, come riassunto in Appendice 1. Gli embrici utilizzati sono tutti a sezione trapezoidale di dimensione 50x50, prefabbricati e realizzati in cls vibrato.

### 7.2 CADITOIE

Tra le pk 0+0.00 e 0+260.00 si prevedono caditoie in ghisa sferoidale UNI EN 124 Classe D400 di dimensioni 50x50.

Il calcolo della portata idrologica ha comportato l'individuazione di:

- Aree permeabili, computate in corrispondenza delle scarpe della trincea stradale, con coefficiente di deflusso  $\varphi=0.4$ ;
- Aree impermeabili, definite dalla piattaforma stradale, con coefficiente di deflusso  $\varphi=0.9$ ;

dati i parametri della CPP (relativi alla zona omogenea C3), le pendenze longitudinali e trasversali della sede stradale, si sono ricavati i valori della portata affluente a ciascun tratto compreso fra due caditoie riassunti nella tabella riportata nell'Appendice 1: verifica dei manufatti del sistema di drenaggio. L'interasse fra le caditoie è risultato di 50 m.

Si è valutata quindi l'efficienza di tali elementi a captare la portata in arrivo, come illustrato nelle tabelle dell' Appendice 1: verifica dei manufatti del sistema di drenaggio, le grate presentano tutte un'efficienza totale maggiore dell' 80%.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>40 di 44</b>

### 7.3 CONDOTTE DI DRENAGGIO

Si è dunque definito il sistema di condotte atto a raccogliere l'acqua del tratto in trincea del tracciato della viabilità in esame.

Il dimensionamento dei collettori, viene effettuato seguendo la procedura illustrata precedentemente, fa riferimento al metodo dell'invaso per sezioni chiuse, ipotizzando che ciascun tratto di collettore sia percorso tutto dalla stessa portata, in condizioni di moto uniforme, calcolata mediante la formula di Gauckler-Strickler.

La pendenza longitudinale si assume pari a quella delle livellette del tracciato stradale.

I collettori sono delle condotte in PEAD di diametro variabile da un minimo di DN 300 ad un massimo di DN 500 con rigidità anulare SN8 (8 kN/m<sup>2</sup>). Si è assunto un coefficiente di scabrezza  $K_s = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

I risultati del dimensionamento e delle verifiche venono riportati in Appendice 1: verifica dei manufatti del sistema di drenaggio.

### 7.4 FOSSI DISPERDENTI

Il dimensionamento dei recapiti finali (fossi disperdenti) fa riferimento alla procedura descritta nel Paragrafo 5.2.5. Essi sono risultati essere di dimensioni pari a quelle del fosso tipo Ft 1.

### 7.5 TRINCEA DISPERDENTE

Il dimensionamento del recapito finale per le acque della rotatoria 2, trincea disperdente, viene effettuato secondo la procedura esposta precedentemente.

Il sistema disperdente è composto da strutture reticolari in polipropilene, materiale completamente riciclabile, a forma di parallelepipedo, componibili e sviluppabili sia in orizzontale che in verticale, di dimensioni, per singolo modulo, di 80x80x66 cm.

In corrispondenza dell'imbocco della tubazione verrà predisposto un pozzetto che consenta il raccordo delle tubazioni stesse (standard DN 200, speciali da DN 250 a DN 600), l'ispezionabilità e l'aerazione delle trincee.

La trincea dovrà essere opportunamente rivestita con fogli di materiale geosintetico che consenta la dispersione dell'acqua evitando l'intasamento delle maglie plastiche.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>41 di 44</b>

Per il dimensionamento, oltre alla superficie da drenare e ai dati pluviometrici della zona, si è fatto riferimento a:

- Indagine geologica (stratigrafia e permeabilità del terreno in m/s, relativi alla relazione IF0E 00D78 RHGE0005 001 C).
- Profondità del massimo livello di falda (distanza minima da osservarsi da fondo trincea 1 m).
- Disponibilità di spazio per la trincea.
- Distanza da strutture sotterranee non isolate (valore di sicurezza circa 6 m) o da fondazioni (minima distanza ai fini della dispersione pari a  $1,5xH$  in cui  $H$  = profondità fondazione dal solo punto di vista della capacità della trincea disperdente).

Di particolare importanza risulta essere lo studio del massimo livello della falda. In corrispondenza dell'area in progetto ricadono alcuni punti di pelieve e carotaggio, secondo i quali il massimo livello di falda non supera i 2.5 m durante i mesi invernali (aprile-ottobre), più piovosi.

Con la rigidità anulare di  $16 \text{ Kn/m}^2$  delle condotte di drenaggio e prevedendo un forte costipamento del materiale di rinfranco delle stesse con materiale debolmente cementato, lo strato di ricoprimento minimo è di 60 cm dalla generatrice superiore del tubo.

Con queste informazioni il posizionamento della trincea drenante rispetta il vincolo relativo al distanziamento minimo col massimo livello di falda, come riassunto nella tabella seguente:

quota di sbocco tubazioni [m]	livello massimo della falda [m]	altezza modulo trincea [m]	quota fondo trincea [m]	distanza falda-trincea [m]
1.45	3.1	0.66	2.11	<b>1</b>

Si riportano nell' Appendice 2 i risultati e le verifiche relative al dimensionamento della trincea drenante.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 42 di 44

## 8 APPENDICE 1: VERIFICA DEI MANUFATTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Nuova viabilità NV12

**Tabella 9 : Tabella dei risultati del calcolo della portata in cunetta per la viabilità NV12**

elemento	pk		j%	i <sub>long</sub> %	A [m <sup>2</sup> ]	ks	B[m]	y0 [m]	A [m]	Rh [m]	v [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]
<i>rettifilo</i>	0.0	67.3	0.025	0.02	319.4375	80	1.25	0.031	0.0195	0.016	0.796	0.01554
<i>rettifilo</i>	67.3	260.0	0.025	0.004	915.5625	80	1.25	0.031	0.0195	0.016	0.356	0.00695
<i>rettifilo</i>	260.0	338.9	0.025	0.0063	374.775	80	1.25	0.031	0.0195	0.016	0.446	0.00872
<i>curva</i>	338.9	640.0	0.07	0.0063	4667.05	80	1.25	0.088	0.0547	0.044	0.887	0.04851
<i>curva</i>	640.0	886	0.07	0.0025	3813	80	1.25	0.088	0.0547	0.044	0.559	0.03056
<i>curva</i>	886	1120	0.07	0.0025	2223	80	1.25	0.088	0.0547	0.044	0.559	0.03056

**Tabella 10 : calcolo portata afferente alla singola caditoia/embrice**

elemento	pk		A [m <sup>2</sup> ]	L <sub>tot</sub> [m]	L <sub>interasse</sub> [m]	A <sub>caditoia</sub> [m <sup>2</sup> ]	v <sub>0</sub> [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	u[l/s ha]	Q[l/s]	Q[m <sup>3</sup> /s]
<i>rettifilo-caditoia</i>	0.0	67.3	319.4375	67.25	50	237.5	0.00411	50.42	1.197	0.00120
<i>rettifilo-caditoia</i>	67.3	260.0	915.5625	192.75	50	237.5	0.00411	50.42	1.197	0.00120
<i>rettifilo-embrice</i>	260.0	338.9	374.775	78.90	50	237.5	0.00411	50.42	1.197	0.00120
<i>curva-embrice</i>	338.9	640.0	4667.05	301.10	50	775.0	0.00353	50.42	3.907	0.00391
<i>curva-embrice</i>	640.0	886	3813	246.00	50	775.0	0.00353	50.42	3.907	0.00391
<i>curva-embrice</i>	886	1120	2223	234.00	50	475.0	0.00576	50.42	2.395	0.00239

**Tabella 11 : dimensionamento lunghezza della griglia e calcolo efficienza**

elemento	pk		l <sub>grata</sub> [m]	L[m]	H[m]	C	p	L[m]	E0	v0[m/s]	R1	R2	Etot
<i>rettifilo</i>	0.0	67.3	0.5	0.5	0.028	0.5	0.6	0.10	0.7	1.08	1.0	0.01	0.7
<i>rettifilo</i>	67.3	260.0	0.5	0.5	0.010	0.5	0.6	0.02	0.7	1.08	1.0	0.04	0.8

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione tecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>NV.12.0.2.001</b>	REV. <b>A</b>	PAGINA <b>43 di 44</b>

**Tabella 12 : Tabella dei risultati della verifica della rete di condotte della viabilità Via Gaudiello**

codice	sezione tipo	D <sub>interno</sub> [mm]	L [m]	i	Ks [m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	A <sub>imp</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>perm</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>tot</sub> [m <sup>2</sup> ]	φ <sub>tot</sub>	w <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /ha]	u [l/s ha]	Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	h/D	h [cm]	v [m/s]	Franco [cm]
<b>C_1</b>	Ø250	234	143.60	0.004	80	933.10	0.00	933.10	0.90	80.10	313.15	0.03	0.48	11.24	0.87	12.16
<b>C_2</b>	Ø250	234	143.60	0.004	80	933.10	0.00	933.10	0.90	80.10	313.15	0.03	0.48	11.24	0.87	12.16
<b>C_1_rot</b>	Ø250	234	47.34	0.010	80	545.41	207.80	753.21	0.76	45.57	424.47	0.03	0.56	13.10	1.27	10.30
<b>C_2_rot</b>	Ø250	234	50.43	0.010	80	545.41	207.80	753.21	0.76	46.34	416.19	0.03	0.6	12.94	1.26	10.46
<b>C_3_rot</b>	Ø250	234	11.00	0.010	80	1090.82	415.60	1506.42	0.76	77.85	225.24	0.03	0.58	13.62	1.29	9.78

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.12.0.2.001	REV. A	PAGINA 44 di 44	

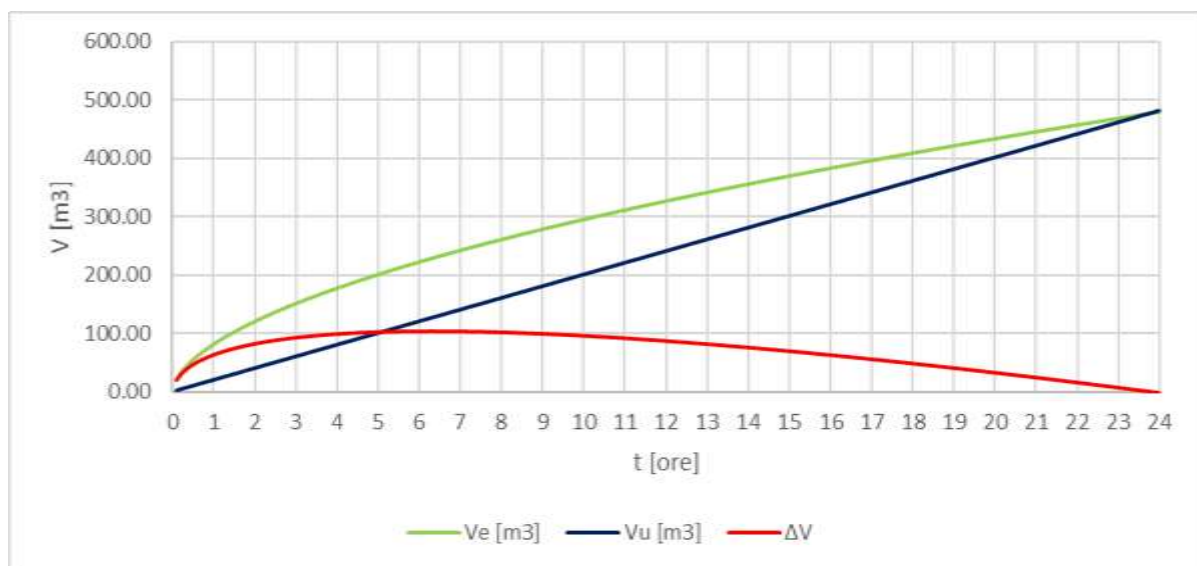
## 9 APPENDICE 2: VERIFICA DELLA TRINCEA DRENANTE

Nuova viabilità NV12

**Tabella 13 : Tabella dei risultati della verifica e dimensionamento della trincea disperdente**

A <sub>tot bacino</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>imp</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>perm</sub> [m <sup>2</sup> ]	$\varphi_{\text{medio}}$	H [m]	B [m]	L [m]	K [m/s]	% vuoti	V <sub>necessario</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>utile</sub> [m <sup>3</sup> ]
6690.51	1090.82	415.6	0.7	0.66	12	12.8	8.3E-05	90	102.58	102.953

La trincea drenante è in grado di smaltire la portata massima, con periodo di ritorno di 100 anni, proveniente dal sistema di condotte.



**Figura 14: volume laminato dalla trincea disperdente**