

AUTOSTRADA (A4) : TORINO - VENEZIA

TRATTO: MILANO - BERGAMO

ADEGUAMENTO DELLO SVINCOLO DI DALMINE

PROGETTO DEFINITIVO

ADEGUAMENTO SVINCOLO DI DALMINE

IDROLOGIA E IDRAULICA

SISTEMA DI DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA

RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli
Ord. Ingg. Pavia N.1739

RESPONSABILE IDROLOGIA
E IDRAULICA

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Andrea Ceppi
Ord. Ingg. Milano N. A26059

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO

RIFERIMENTO DIRETTORIO

RIFERIMENTO ELABORATO

ORDINATORE

01

Codice Commessa

Lotto, Sub-Prog.
Cod. Appalto

Fase

Capitolo

Paragrafo

W B S

Parte d'opera

Tip.

Disciplina

Progressivo

Rev.

110402

LL00

PD

SV

IDR

DP000

00000

D

I D R

0010

-0

SCALA

-



PROJECT MANAGER:

Ing. Federica Ferrari
Ord. Ingg. Milano N. A21082

REDATTO:

SUPPORTO SPECIALISTICO:

VERIFICATO:

REVISIONE

n.	data
0	NOVEMBRE 2018
1	-
2	-
3	-
4	-

VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Stefano Storoni

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO	4
2.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	4
2.2	NORMATIVA REGIONALE.....	6
3	IDROLOGIA	10
4	SISTEMA DI DRENAGGIO	12
4.1	DIMENSIONAMENTO E DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI DI DRENAGGIO	13
4.1.1	<i>Modello di trasformazione afflussi - deflussi</i>	13
4.1.2	<i>Dimensionamento degli elementi di raccolta</i>	14
4.1.3	<i>Dimensionamento degli elementi di convogliamento</i>	15
4.1.4	<i>Elementi di raccolta</i>	16
4.1.4.1	Canaletta grigliata in PEAD	16
4.1.4.2	Embrici.....	18
4.1.4.3	Caditoia grigliata in PEAD	20
4.1.4.4	Drenaggio viadotti	21
4.1.5	<i>Elementi di convogliamento</i>	22
4.1.6	<i>Fossi di guardia disperdenti</i>	25
4.1.7	<i>Impianti di trattamento delle acque di prima pioggia</i>	28
5	INTERFERENZE IDROGRAFICHE MINORI	32
5.1	DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE IDRAULICHE DEI FOSSI INTERFERENTI.....	38
5.1.1	<i>Verifiche idrauliche opere a Nord dell'autostrada</i>	39
5.1.2	<i>Verifiche idrauliche opere a Sud dell'autostrada</i>	39
	APPENDICE A: VERIFICA DEGLI ELEMENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	43
	APPENDICE B: VERIFICHE DEI FOSSI DI GUARDIA DISPERDENTI	47

Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 1 – UBICAZIONE DELLA CELLA CON CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (DA GEOPORTALE DI ARPA LOMBARDIA)	10
FIGURA 2 – CURVA SEGNALETRICE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER TR=50 ANNI PER DURATE DI PIOGGIA SUPERIORI ALL'ORA (RAPPRESENTAZIONE IN SCALA LOGARITMICA).....	11
TABELLA 3.1 – PARAMETRI DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER TR 50 ANNI.	11
TABELLA 4.1 – QUADRO RIASSUNTIVO SISTEMA DI DRENAGGIO	12
FIGURA 3 - DIMENSIONI DELLA CANALETTA GRIGLIATA IN PEAD IN CASO DI POSA A FILO BINDER E FILO USURA (IN CM).....	16
FIGURA 4 - PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER CANALETTA GRIGLIATA IN PEAD IN FUNZIONE DELLA PENDENZA LONGITUDINALE	17
FIGURA 5 - SEZIONE TIPO DI POSA DELLA CANALETTA GRIGLIATA CONTINUA IN PEAD.....	18
FIGURA 6- PIANTE E SEZIONI DELLE CANALETTE AD EMBRICI	19
FIGURA 7 – TIPOLOGICO DI SCARICO IN CORRISPONDENZA DELLE BARRIERE ANTIFONICHE.....	20
FIGURA 8 – PARTICOLARE TIPOLOGICO IN PIANTE DELLA CADITOIA GRIGLIATA IN PEAD CON SCARICO NEL COLLETTORE LONGITUDINALE	21
FIGURA 9 – PARTICOLARE TIPOLOGICO IN PIANTE DELLA CADITOIA PER LO SMALTIMENTO DA VIADOTTO.....	22
FIGURA 10 – SEZIONE TIPO DI SCARICO DA VIADOTTO	22
TABELLA 2 - DIAMETRI INTERNI DEI COLLETTORI IN PEAD SN 8 kN/M ² E IN PP SN 16 kN/M ²	23
FIGURA 11 – PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD E PP DI DIAMETRO 400 E 500 MM	24
FIGURA 12 – PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD E PP DI DIAMETRO 630 E 800 MM	24
FIGURA 13 – SEZIONE DEL FOSSO DISPERDENTE	25
TABELLA 4.3 - VALORI DI A E M	26
TABELLA 4.4 – RIASSUNTO DEI FOSSI DISPERDENTI	27
TABELLA 6 – DIMENSIONAMENTO IMPIANTI DI PRIMA PIOGGIA	29
FIGURA 14 – PIANTE E SEZIONE DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO DI PRIMA PIOGGIA CON BY-PASS	29
TABELLA 5.1 – PROGRESSIVE E DIMENSIONI TOMBINI SCATOLARI SUL RETICOLO DEI FOSSI PRIVATI	32
TABELLA 5.2 – PROGRESSIVE E DIMENSIONE PROLUNGAMENTO TOMBINO SUL RETICOLO DEI FOSSI DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA MEDIA PIANURA BERGAMASCA	32
FIGURA 15 – MANUFATTI ESISTENTI DELLA ROGGIA COLLEONESCA E DEL FOSSO IRRIGUO PRIVATO, OGGETTO DI PROLUNGAMENTI	33
FIGURA 16 – FOSSO IRRIGUO PRIVATO ESISTENTE TRA LA TANGENZIALE SUD E L'ATTRAVERSAMENTO AUTOSTRADALE ESISTENTE – TRATTI OGGETTO DI ADEGUAMENTO (NUOVA CANALETTA DI PROGETTO).....	34
FIGURA 17 – ROGGIA COLLEONESCA A SUD DELL'AUTOSTRADA A4, OGGETTO DI DEVIAZIONE	35
FIGURA 18 – FOSSO IRRIGUO PRIVATO PARALLELO ALLA ROGGIA COLLEONESCA, POSTO A SUD DELL'AUTOSTRADA A4, OGGETTO DI DEVIAZIONE	36
FIGURA 19 – SCATOLARE ESISTENTE SOTTO LA ROTATORIA DELLA TANGENZIALE SUD, OGGETTO DI PROLUNGAMENTO	37
TABELLA 5.3 – VERIFICA IDRAULICA CANALETTA DI PROGETTO 0.75x1.00M A NORD DELL'AUTOSTRADA.....	39
TABELLA 5.3 – PORTATA A PIENE RIVE DELLA ROGGIA COLLEONESCA	40
TABELLA 5.3 – VERIFICA IDRAULICA DEVIAZIONE DI PROGETTO DELLA ROGGIA COLLEONESCA	41
TABELLA 5.3 – PORTATA A PIENE RIVE DEL FOSSO IRRIGUO PRIVATO PARALLELO ALLA ROGGIA COLLEONESCA	41
TABELLA 5.3 – VERIFICA IDRAULICA DEVIAZIONE DI PROGETTO DEL FOSSO IRRIGUO PRIVATO PARALLELO ALLA ROGGIA COLLEONESCA.....	42

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda le opere di raccolta, convogliamento e smaltimento delle acque di dilavamento meteorico nonché del ripristino nel reticolo idrografico in merito al Progetto Definitivo di adeguamento dello svincolo di Dalmine sull'autostrada A4 Milano – Bergamo. Il progetto di adeguamento prevede la realizzazione di una nuova rampa al fine di collegare direttamente l'autostrada A4 con la Tangenziale Sud di Bergamo, realizzata negli ultimi anni e si colloca al km 168+000 dell'autostrada A4, interessando gli ambiti periurbani dei comuni di Dalmine e di Stezzano, entrambi in provincia di Bergamo.

La realizzazione delle opere in progetto si rende necessaria per realizzare una connessione efficace tra le due infrastrutture, adeguata alla loro importanza nella rete viaria principale della Provincia di Bergamo, ottenendo nel contempo la diversione dei flussi di traffico dall'area urbana di Dalmine.

In accordo con Il Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7 il recapito delle acque meteoriche è rappresentato dal sottosuolo, le acque di piattaforma saranno perciò convogliate tramite gli elementi marginali a dei fossi di guardia disperdenti posti al piede del rilevato stradale.

Per quanto riguarda le interferenze con il reticolo irriguo esistente, sono state risolte alcune interferenze idrografiche con i fossi irrigui e colatori privati presenti nell'area e la Roggia Colleonesca, gestita dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca.

Di seguito dopo l'inquadramento normativo (capitolo 2) e la descrizione delle variabili idrologiche utilizzate (capitolo 3) vengono descritte le tipologie degli elementi del sistema di drenaggio, il loro dimensionamento e i risultati ottenuti (capitolo 4). In Appendice sono riportate le verifiche idrauliche relative alle interferenze idrografiche minori.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

In questo capitolo vengono descritti i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale e regionale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico-idraulico, ambientale e di difesa del suolo, in modo da verificare la compatibilità degli interventi di ampliamento della sede autostradale previsti con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

L'analisi idraulica della viabilità in oggetto è stata condotta nel rispetto dei seguenti riferimenti normativi.

2.1 NORMATIVA NAZIONALE

L. 319/76 (Legge Merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.

La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

L. 431/85 (Legge Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.

Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi (art. 1 comma 1).

Vengono inoltre individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3); vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo (art. 6) e l'Autorità di Bacino (art. 12). Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (artt. 13, 14, 15, 16) e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino (artt. 17, 18, 19).

DL 04-12-1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

DLgs 152/99

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento.

DLgs 152/2006

Ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Tale Decreto legislativo disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Istituisce i distretti idrografici nei quali sarà istituita l'Autorità di bacino distrettuale, che va a sostituire la o le Autorità di Bacino previste dalla legge n. 183/1989. In forza del recente d.lgs 8 novembre 2006, n. 284, nelle more della costituzione dei distretti idrografici di cui al Titolo II della Parte terza del d.lgs. 152/2006 e della revisione della relativa disciplina legislativa con un decreto legislativo correttivo, le Autorità di Bacino di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183, sono prorogate fino alla data di entrata in vigore del decreto correttivo che, ai sensi dell'articolo 1, comma 6, della legge n. 308 del 2004, definisca la relativa disciplina. Fino alla data di entrata in vigore del decreto legislativo correttivo di cui al comma 2-bis dell'articolo 170 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, come inserito dal comma 3, sono fatti salvi gli atti posti in essere dalle Autorità di Bacino dal 30 aprile 2006.

Inoltre l'articolo 113 del medesimo Decreto legislativo, stabilisce, in materia di controllo dell'inquinamento prodotto dal dilavamento delle acque meteoriche, che “..le regioni disciplinano:..b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque di dilavamento ...siano sottoposte a particolari prescrizioni..”, art. 113 comma 1, e che “... i casi in cui può essere richiesto.. siano convogliate e opportunamente trattate.. in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose..”, art. 113 comma 3.

DM 17/01/2018*Nuove norme tecniche delle costruzioni.*

Nel paragrafo 5.1.7.4, denominato “Smaltimento dei liquidi provenienti dall'impalcato”, si prescrive che: “... il progetto del ponte deve essere corredato dallo schema delle opere di convogliamento e di scarico. Per opere di particolare importanza, o per la natura dell'opera stessa o per la natura dell'ambiente circostante, si deve prevedere la realizzazione di un apposito impianto di depurazione e/o decantazione.”

Decreto n. 131 del 16/06/2008

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare - Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 recante: "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto. (GU n. 187 del 11/08/2008 - Suppl. Ordinario n. 189)

Decreto n. 56 del 14/04/2009

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare - Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo" (GU n.124 del 30/05/2009 - Suppl. Ordinario n. 83)

2.2 **NORMATIVA REGIONALE**

Legge regionale n. 21 del 27 dicembre 2010 - Modifiche alla legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche), in attuazione dell'articolo 2, comma 186 bis, della legge 23 dicembre 2009, n. 191.

Legge regionale 27 febbraio 2007, n. 5 - La norma, pubblicata il 2 marzo 2007 sul 2° supplemento ordinario del Burl, agli articoli 6,7,8 apporta modifiche rispettivamente alla l.r. 17/2000 in materia di inquinamento luminoso, modifiche e integrazioni alla l.r. 26/2003 in materia di risorse idriche, oltre a fornire l'interpretazione autentica dell'art. 49, commi 2,3,4 della l.r. 26/2003. La legge è entrata in vigore il 3 marzo 2007.

Deliberazione Giunta regionale del 13 dicembre 2006 - n° 8/3789 - Programma di tutela e uso delle acque - Indicazioni alle Autorità d'Ambito per la definizione degli interventi prioritari del ciclo dell'acqua (l.r. n° 26/2003).

Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 - Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 e relativa "Direttiva per l'accertamento dell'inquinamento delle acque di seconda pioggia in attuazione dell'art. 14, comma 2, del Regolamento Regionale n° 4/2006" (Delibera di Giunta regionale n. 8/2772 pubblicata sul Burl della Regione Lombardia - serie ordinaria del 3 luglio 2006).

L'art. 2 - (Definizioni):

f) "**superficie scolante**" *l'insieme di strade, cortili, piazzali, aree di carico e scarico e di ogni altra analoga superficie scoperta, alle quali si applicano le disposizioni sullo smaltimento delle acque meteoriche di cui al presente Regolamento;*

Art. 3 - (Acque di prima pioggia e di lavaggio soggette a regolamentazione)

1. *La formazione, il convogliamento, la separazione, la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque di prima pioggia sono soggetti alle disposizioni del presente regolamento qualora tali acque provengano:*

a) *da superfici scolanti di estensione superiore a 2.000 mq, calcolata escludendo le coperture e le aree a verde, costituenti pertinenze di edifici ed installazioni in cui si svolgono le seguenti attività:*

- 1) *industria petrolifera;*
- 2) *industrie chimiche;*
- 3) *trattamento e rivestimento dei metalli;*
- 4) *concia e tintura delle pelli e del cuoio;*
- 5) *produzione della pasta carta, della carta e del cartone;*
- 6) *produzione di pneumatici;*
- 7) *aziende tessili che eseguono stampa, tintura e finissaggio di fibre tessili;*
- 8) *produzione di calcestruzzo;*
- 9) *aree intermodali;*
- 10) *autofficine;*
- 11) *carrozzerie;*

b) *dalle superfici scolanti costituenti pertinenza di edifici ed installazioni in cui sono svolte le attività di deposito di rifiuti, centro di raccolta e/o trasformazione degli stessi, deposito di rottami e deposito di veicoli destinati alla demolizione;*

c) *dalle superfici scolanti destinate al carico e alla distribuzione dei carburanti ed operazioni connesse e complementari nei punti di vendita delle stazioni di servizio per autoveicoli;*

d) *dalle superfici scolanti specificamente o anche saltuariamente destinate al deposito, al carico, allo scarico, al travaso e alla movimentazione in genere delle sostanze di cui alle tabelle 3/A e 5 dell'allegato 5 al d.lgs. 152/1999.*

Tale articolo elenca i casi in cui le acque di prima pioggia debbano essere sottoposte a trattamento qualitativo così come previsto dal regolamento stesso; si fa presente che le acque di dilavamento delle superfici stradali/autostradali non sono riportate in tale elenco e, pertanto, esse non sono sottoposte a specifiche prescrizioni.

Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.

D.G.R. 29 marzo 2006 - n. 8/2244 - Approvazione del Programma di tutela e uso delle acque, ai sensi dell'articolo 44 del d.lgs. 152/99 e dell'articolo 55, comma 19 della l.r. 26/2003;

Il Programma di Tutela e Uso delle Acque definitivamente approvato con Delibera di Giunta n. 2244 del 29 marzo 2006. L'Art. 44 - Riduzione delle portate meteoriche drenate, riporta:

"1. Per ridurre l'apporto inquinante derivante dal drenaggio delle acque meteoriche, nell' Appendice G sono riportate le norme tecniche per la programmazione e la progettazione dei sistemi di fognatura, con i riferimenti da assumere per la riduzione delle portate meteoriche circolanti nelle reti fognarie, sia unitarie sia separate, e per la limitazione delle portate meteoriche scaricate nei ricettori. La disciplina delle acque meteoriche da avviare alla depurazione e delle vasche di accumulo delle acque di pioggia è contenuta nel Regolamento per gli scarichi delle acque reflue e delle acque meteoriche.

2. I valori di cui alle predette norme integrano, per le parti interessate, la metodologia per l'elaborazione e la redazione del Piano d'ambito."

Appendice G - Direttive in ordine alla programmazione e progettazione dei sistemi di fognatura, al punto 2.3 Limitazione delle portate meteoriche recapitate nei ricettori mediante vasche volano, riporta:

La critica situazione idraulica di molti corsi d'acqua, inadeguati a ricevere le portate meteoriche urbane e extraurbane, porta ad adottare scelte atte a ridurre le portate meteoriche drenate sia – ove possibile – dalle esistenti aree scolanti, sia – comunque – dalle aree di futura urbanizzazione.

In particolare occorre prevedere l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate meteoriche scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica dei ricettori e comunque entro i seguenti limiti:

- 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile relativamente alle aree di ampliamento e di espansione residenziali o riguardanti attività commerciali o di produzione di beni;

- 40 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile relativamente alle aree già dotate di reti fognarie.

Tali limiti sono da adottare per tutte le aree fognate non ricadenti nelle sotto elencate zone del territorio regionale, sia per le reti unitarie sia per quelle destinate esclusivamente alla raccolta delle acque meteoriche:

- aree situate a nord dell'allineamento pedemontano individuato dai tracciati della strada provinciale Sesto calende – Varese, della strada statale n.342 tra Varese e Como, della strada statale n.369 tra Como, Lecco e Caprino Bergamasco, della strada statale n.342 tra Caprino Bergamasco e Bergamo, dell'autostrada A4 tra Bergamo, Brescia e Peschiera del Garda;

- aree direttamente gravitanti sui laghi o sui fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Mella, Chiese e Mincio;
- aree situate nel settore collinare dell'Oltrepò pavese.

Il Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7 – Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio) riporta:

Art.5 (Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali)

1. *Il controllo e la gestione delle acque pluviali è effettuato, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso.*
2. *La realizzazione di uno scarico delle acque pluviali in un ricettore è dovuta in caso di capacità di infiltrazione dei suoli inferiore rispetto all'intensità delle piogge più intense. Il medesimo scarico deve avvenire a valle di invasi di laminazione dimensionati per rispettare le portate massime ammissibili di cui all'articolo 8.*
3. *Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:*
 - a) *mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;*
 - b) *mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;*
 - c) *scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui all'articolo 8;*
 - d) *scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.*

3 IDROLOGIA

In accordo con l'articolo 11 comma 2 del Regolamento regionale n.7 del 23 novembre 2017 al fine di valutare la sollecitazione pluviometrica sull'area oggetto dell'intervento, sono stati considerati i dati della curva di possibilità pluviometrica per eventi intensi con durata maggiore uguale a un'ora, resi disponibili da Arpa Lombardia. Il tempo di ritorno da considerare per la progettazione è di 50 anni.

L'espressione generale della curva di possibilità pluviometrica utilizzata come base per i calcoli idraulici è la seguente:

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

Dove:

- h [mm] = altezza di pioggia per la durata t dell'evento
- "a" - "n" = parametri rappresentativi del territorio.

In particolare, si sono utilizzati i dati della cella evidenziata nella Figura 1.

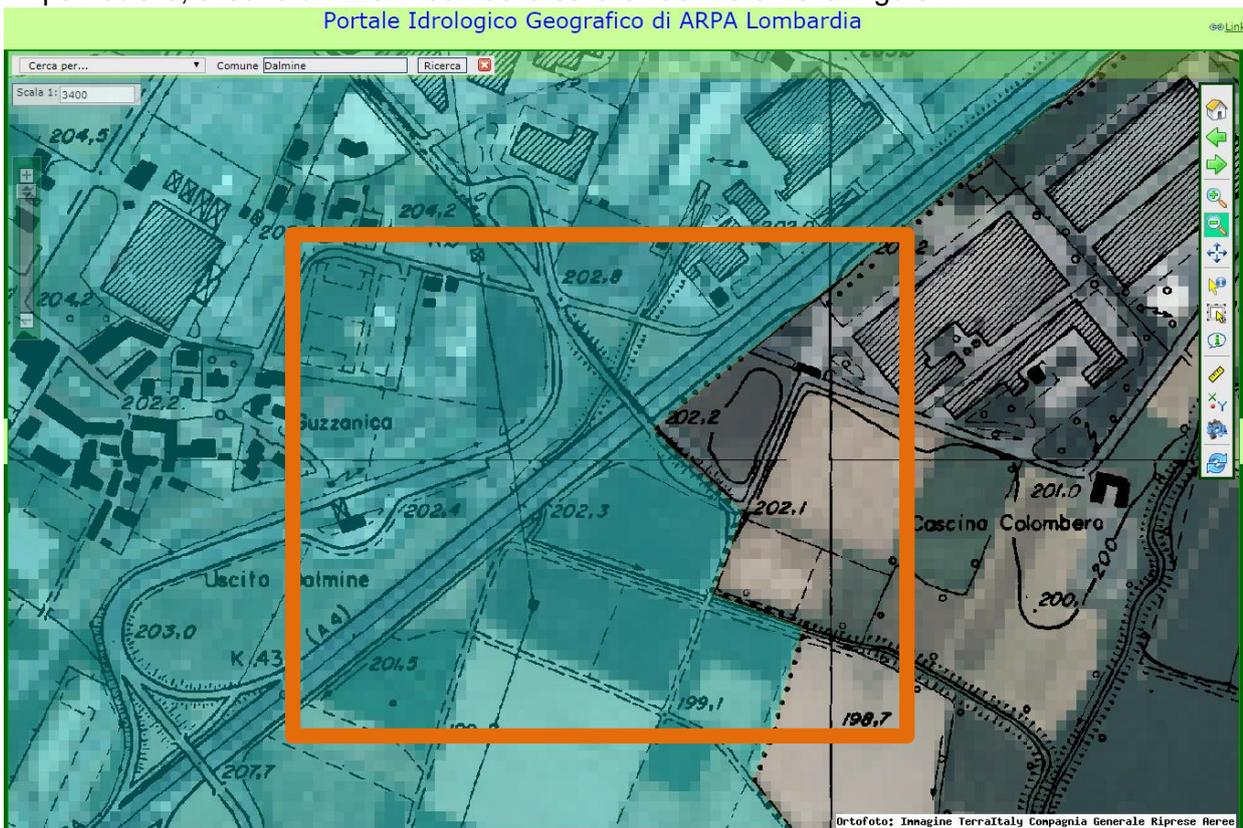


Figura 1 – Ubicazione della cella con curve di possibilità pluviometrica (da GeoPortale di Arpa Lombardia)

Nella Figura 2 è riportata la curva di possibilità pluviometrica per Tr 50 anni (rappresentata in scala logaritmica) per l'area in studio, da cui sono stati ricavati per interpolazione i parametri "a" ed "n", per durate di pioggia superiori all'ora.

In accordo con il Regolamento regionale precedentemente citato, per le durate inferiori all'ora, si possono utilizzare tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore n = 0,5 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

I valori assunti per le successive elaborazioni, per i dimensionamenti di tutti gli elementi del sistema di drenaggio (fossi, collettori ed elementi marginali) sono quindi riassunti in Tabella 3.1.

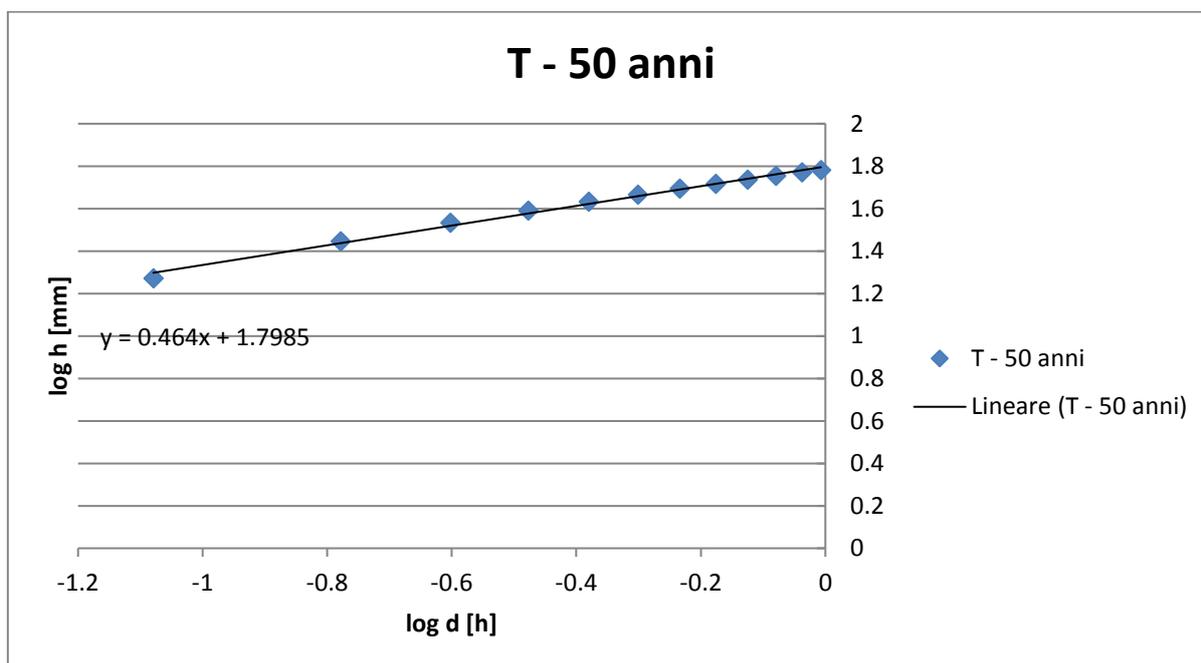


Figura 2 – Curva segnalatrice di possibilità pluviometrica per Tr=50 anni per durate di pioggia superiori all'ora (rappresentazione in scala logaritmica)

Tabella 3.1 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per Tr 50 anni.

TR 50 ARPA	a	n
h<1 ora	60,739	0,5
h>= 1 ora	60,739	0,293

4 SISTEMA DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale e sulle superfici ad esso afferenti ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito, costituito dai fossi di guardia posti ai piedi del corpo stradale, che disperdono nel sottosuolo.

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma stradale lungo le viabilità oggetto della presente relazione è suddiviso in due tipologie:

- di tipo aperto, lungo le rampe di adeguamento dello svincolo di Dalmine, con raccolta e convogliamento delle acque meteoriche nei fossi di guardia disperdenti posti ai piedi del rilevato stradale;
- di tipo chiuso, con raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia scolanti sul piazzale di esazione, nella porzione di pavimentato a Est del casello esistente (porzione oggetto di adeguamento), in conformità con la normativa regionale, e recapito finale delle acque nei fossi di guardia disperdenti posti ai piedi del rilevato stradale.

Gli elementi utilizzati per il sistema di drenaggio possono essere suddivisi in base alla loro funzione; in particolare si ha:

Tabella 4.1 – Quadro riassuntivo sistema di drenaggio

Funzione	Componente	Tipologia
Raccolta	elementi idraulici marginali	embrici caditoie canalette grigliate
Convogliamento	canalizzazioni	collettori
Recapito	opere di dispersione	fossi di guardia
Depurazione	Trattamento acque di prima pioggia	Disoleatori e dissabbiatori

L'elemento di drenaggio da inserire sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione su cui è posto. Le tipologie di sezione previste nel presente progetto possono dividersi in:

- sezione in rilevato;
- sezione in viadotto;
- sezione tra muri;
- piazzale di esazione.

Nei paragrafi seguenti vengono descritti gli aspetti legati alle tipologie previste per le fasi di raccolta, convogliamento e trattamento delle acque meteoriche; nel dettaglio, gli elementi previsti nel presente progetto sono:

- canaletta grigliata in Pead;

- embrici;
- caditoia grigliata in Pead;
- drenaggio viadotti;
- collettori circolari e mezzi tubi;
- fossi di guardia disperdenti;
- impianti di trattamento delle acque di prima pioggia.

4.1 DIMENSIONAMENTO E DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI DI DRENAGGIO

4.1.1 Modello di trasformazione afflussi - deflussi

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

Note le curve di possibilità pluviometrica, si è proceduto alla determinazione delle piogge di progetto ed alla successiva determinazione delle onde di piena di progetto nelle varie situazioni autostradali. In questo caso, per la determinazione delle portate di progetto, è stato adottato il modello di corrivazione utilizzando un ietogramma rettangolare depurato delle perdite idrologiche per infiltrazione e per detenzione superficiale mediante l'applicazione di un coefficiente di deflusso (rapporto tra il volume defluito ed il corrispondente volume di afflusso meteorico) assunto costante durante l'evento.

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

La portata affluente è valutabile attraverso l'applicazione della formula razionale, che restituisce la portata specifica da drenare:

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

dove i_c [mm/h] è l'intensità di pioggia massima per la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione t_c [ore], A [m²] è la superficie del bacino scolante e φ è il coefficiente di deflusso che esprime, a meno delle unità di misura, il rapporto tra il volume affluito alla rete e quello complessivamente affluito al bacino, la formula così scritta restituisce il valore di portata Q in m³/s.

Il valore del coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 1 per le superfici impermeabili e pari a 0.3 per quelle permeabili, secondo quanto indicato nell'art. 11 comma 2 lettera d) del Regolamento regionale n.7 del 23 novembre 2017.

4.1.2 Dimensionamento degli elementi di raccolta

La raccolta dell'acqua di piattaforma può essere effettuata con elementi continui, longitudinali alla carreggiata, o discontinui ad interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione che è quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura.

Nel presente progetto vengono utilizzati come elementi di raccolta le canalette grigliate, le caditoie in pead, gli embrici e le caditoie sui viadotti.

Il dimensionamento avviene in maniera diversa se si stanno considerando gli elementi di raccolta continui (longitudinali alla carreggiata) o quelli discontinui (elementi puntuali).

Nel primo caso si dimensionano gli interassi dei pozzetti di scarico calcolando la portata massima smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana (superficie autostradale scolante) per unità di lunghezza.

Quest'ultima è data dalla formula:

$$q_0 = \varphi b i = \varphi b a t^{n-1}$$

con b larghezza della falda, φ coefficiente di deflusso ed i intensità di pioggia.

In base alla teoria dell'onda cinematica si ha che la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Trascurando il tempo di percorrenza dell'elemento da dimensionare si ha che il tempo di corrivazione è pari al tempo di afflusso da una falda piana che è dato dalla seguente formula:

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

dove:

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

$L_{eff} = b \left[1 + \left(\frac{j_l}{j_t} \right)^2 \right]^{1/2}$ lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato

della carreggiata.

Il rapporto tra la massima portata convogliabile nell'elemento e la massima portata defluente per unità di larghezza definisce l'interasse massimo tra i pozzetti di scarico.

Il dimensionamento dell'interasse degli elementi puntuali (caditoie, embrici, ecc.) si ottiene facendo il rapporto tra la portata massima transitante in un'ipotetica canaletta triangolare delimitata dal manto stradale e dal cordolo, e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0).

In linea generale si ammetterà un allagamento massimo della carreggiata mediamente di circa 1.50-2.00m.

Nel determinare l'interasse massimo degli elementi puntuali si deve tenere conto anche della loro efficienza che è data dal rapporto tra l'acqua che riescono a raccogliere e quella proveniente da monte. L'interasse massimo non deve essere superiore ai 30 m per gli embrici, mentre per i bocchettoni sui viadotti e le caditoie grigliate non deve superare i 20 m; il passo minimo è pari a 10 m per tutti gli elementi di raccolta.

4.1.3 Dimensionamento degli elementi di convogliamento

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

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

dove:

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

l_i = lunghezza del tronco i -esimo;

v_i = velocità nel tronco i -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme.

In particolare si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

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

dove:

Q portata di dimensionamento della canalizzazione (m^3/s);

$k = 1/n$ coefficiente di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$) = coefficiente di Strickler ($m^{1/3}/s$);

A area bagnata (m^2);

C contorno bagnato (m);

j pendenza media della condotta (m/m);

$\Re = \frac{A}{C}$ raggio idraulico (m).

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

4.1.4 Elementi di raccolta

4.1.4.1 Canaletta grigliata in PEAD

La canaletta grigliata continua in PEAD viene applicata nelle sezioni stradali con muri, sul margine esterno delle stesse.

Il sistema di raccolta con canaletta grigliata garantisce una tenuta idraulica perfetta ed impedisce che le acque di piattaforma si mescolino con quelle di versante. Le dimensioni della canaletta sono riportate nella *Appendice A*.

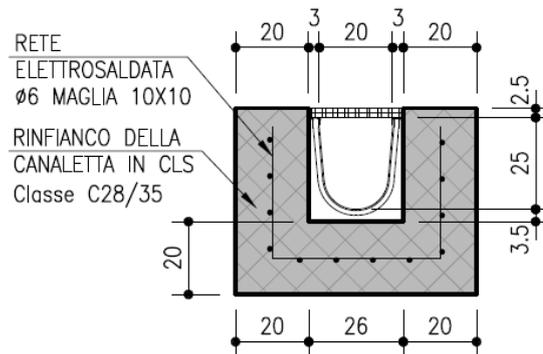


Figura 3 - Dimensioni della canaletta grigliata in PEAD in caso di posa a filo binder e filo usura (in cm)

Dal punto di vista della manutenzione, la griglia impedisce l'ingresso nei collettori dei materiali grossolani. La canaletta è lavabile tramite rimozione della griglia ed utilizzo di una lancia a pressione.

Di seguito si riportano i criteri di dimensionamento della canaletta.

La canaletta è prefabbricata e lo scarico nel collettore sottostante avviene tramite un discendente DN160 in PEAD.

Per il dimensionamento si è posto un riempimento massimo di 20 cm sui 25 totali (80%). Con tale riempimento si ha che:

$$A = 0,0396 \text{ m}^2 \qquad C = 0,5744 \text{ m}$$

La portata massima transitante nella canaletta grigliata è stata calcolata con la formula di Chézy avendo posto come parametro di Strickler il valore di 80 ($n = 0.0125$).

Si ottiene quindi una portata specifica pari a: $Q_{sp} = 0,5326 \text{ m}^3 / \text{s}$

Il tratto massimo di strada che la canaletta riesce a drenare è quindi dato dal rapporto tra la massima portata smaltibile (riportata in Figura 4) in funzione della pendenza longitudinale e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0).

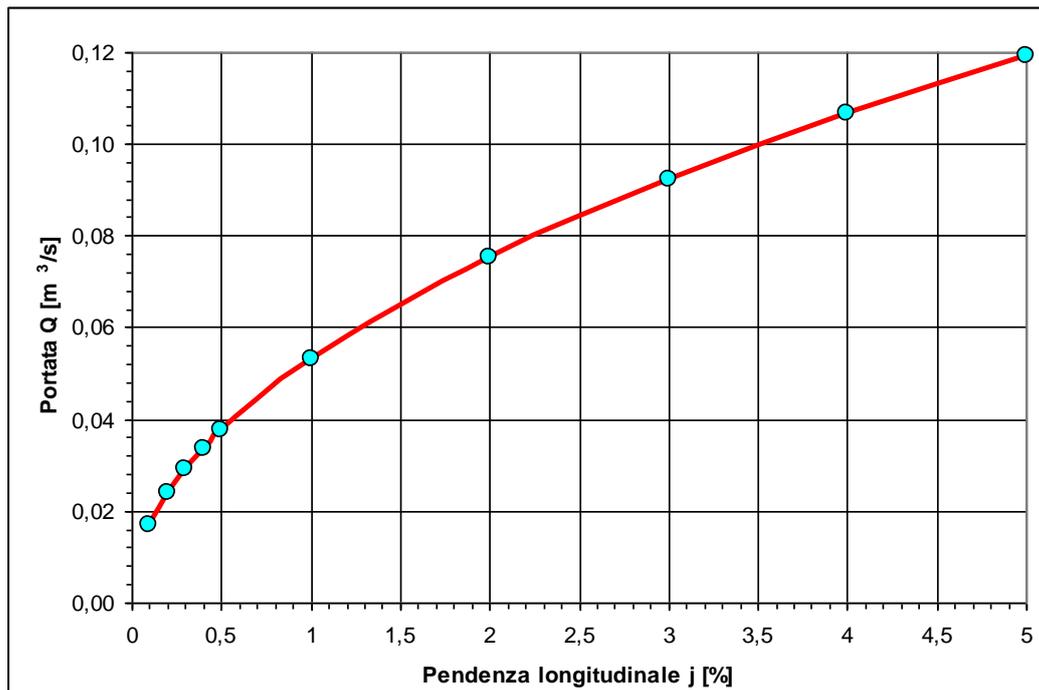


Figura 4 - Portata massima transitante per canaletta grigliata in Pead in funzione della pendenza longitudinale

La portata massima che può portare il discendente può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh}$$

Essendo $C_q = 0.6$, A l'area della sezione del discendente e h il carico sulla sezione contratta.

Considerando h pari a 20 cm si ottiene che il discendente DN160, avente diametro interno pari a 137 mm, è in grado di smaltire una portata pari a 17,5 l/s. Il tratto massimo di strada che il discendente riesce a drenare è quindi dato dal rapporto tra la massima portata smaltibile (17,5 l/s) e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0).

Il passo calcolato con questa seconda metodologia è sempre inferiore a quello calcolato in funzione del massimo riempimento della canaletta grigliata e quindi viene preso come passo per disporre i discendenti.

Di seguito si riporta la sezione di posa con canaletta, discendente e collettore di recapito (Figura 5).

I discendenti delle canalette continue sono stati previsti con interasse di 10-15 m lungo tutto l'intervento. I pozzetti di ispezione sono stati posti ad interasse massimo pari a 50 m.

La tabella con i valori risultati per il dimensionamento delle canalette grigliate in PEAD è riportata in Appendice A.

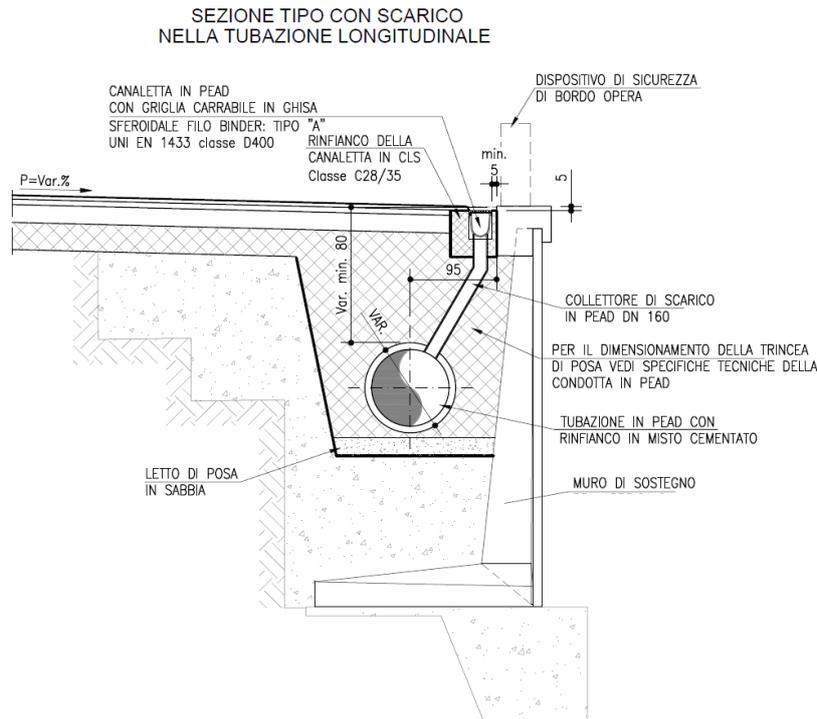


Figura 5 - Sezione tipo di posa della canaletta grigliata continua in PEAD

4.1.4.2 Embrici

Gli embrici vengono utilizzati nelle sezioni in rilevato che recapitano direttamente nei fossi di guardia in terra disperdenti, previsti al piede del rilevato stradale.

Il dimensionamento degli embrici consiste nello stabilire l'interasse massimo in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto limitato di banchina delimitata dall'arginello.

Per il calcolo della portata massima transitante nella banchina si utilizza la formula di Chézy ponendo come parametro di Strickler il valore di 70 ($n = 0.0143$).

Si ha:

$$A = \frac{B^2 j_t}{2}$$

$$C = B \left[j_t + \frac{1}{\cos(\arctg j_t)} \right]$$

Per la viabilità in oggetto si è assunto mediamente un allagamento massimo di 1.50-2.00m. Nella seguente Figura 6 sono illustrate sezioni e pianta delle canalette ad embrici.

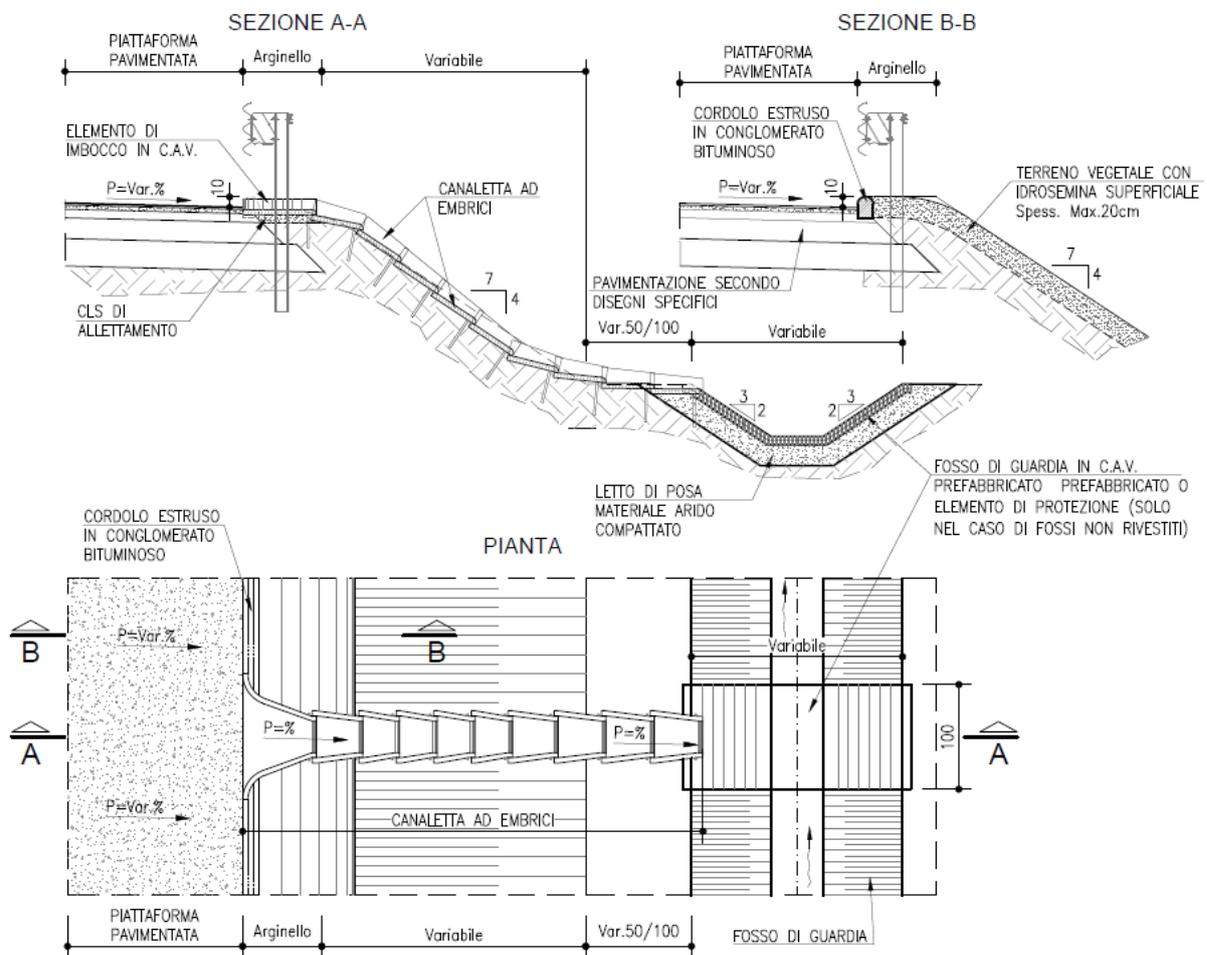


Figura 6- Pianta e sezioni delle canalette ad embrici

In corrispondenza delle barriere antifoniche il sistema di drenaggio è costituito da un'interruzione del cordolo tramite un invito a embrice che convoglia la portata ad un pozzetto prefabbricato di dimensioni 0.70x0.70 m dotato di una caditoia carrabile classe D400 con griglia di dimensioni 0.45x0.45 m. All'interno del pozzetto è collocato un collettore in PEAD DN400 con quota di scarico pari a circa -1.50 m dal ciglio stradale tale cioè da passare sotto alla fondazione della barriera. Sezione e pianta dello scarico in corrispondenza delle barriere antifoniche sono illustrati nella seguente Figura 7.

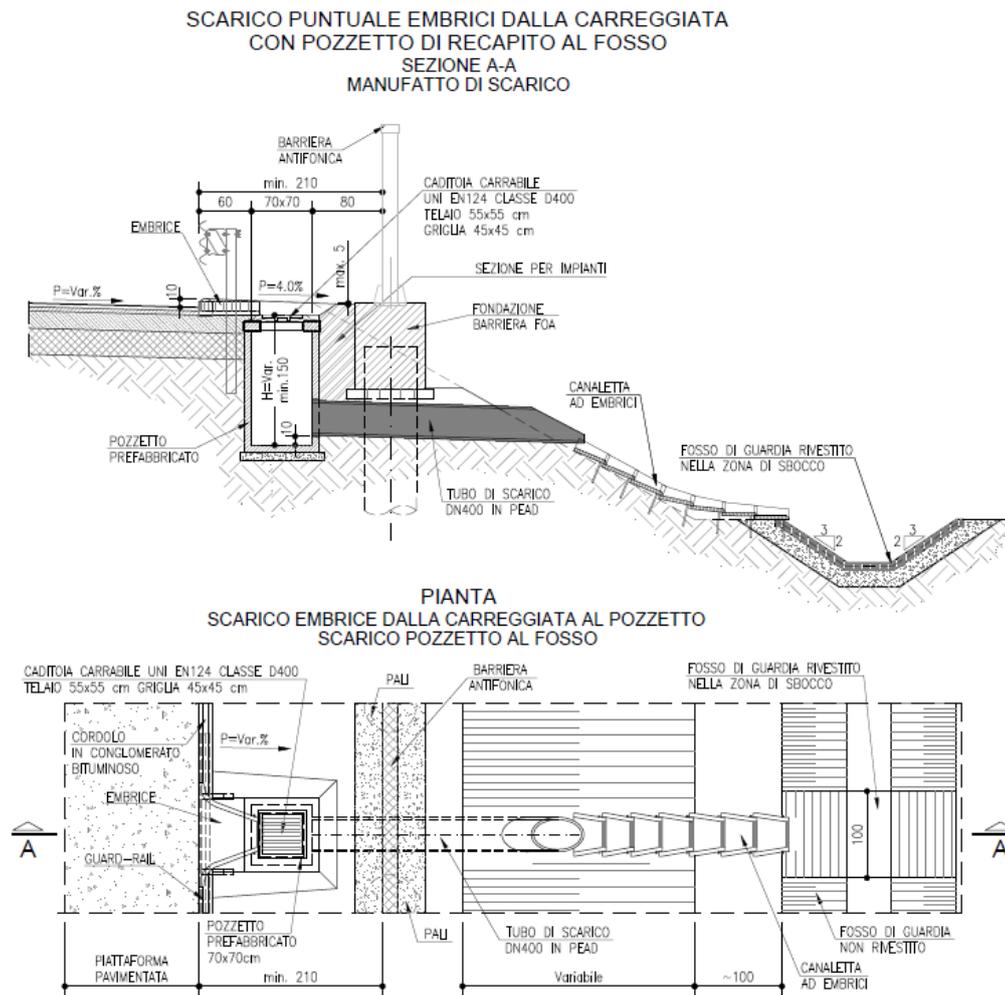


Figura 7 – Tipologico di scarico in corrispondenza delle barriere antifoniche

Gli interassi calcolati degli embrici previsti a progetto sono compresi tra un minimo di 15 metri e un massimo di 30 metri.

La tabella con i valori risultati per il dimensionamento degli embrici è riportata in Appendice A.

4.1.4.3 Caditoia grigliata in PEAD

Viene utilizzata in caso di raccolta sul margine esterno ovvero in corrispondenza della banchina.

Le caditoie grigliate sono costituite da tratti di canaletta grigliata in PEAD di lunghezza pari ad un metro con un discendente DN160 che scarica nel collettore sottostante. Il particolare tipologico in pianta è illustrato in Figura 8 mentre per la sezione di posa si può fare riferimento a quelle illustrate in Figura 5.

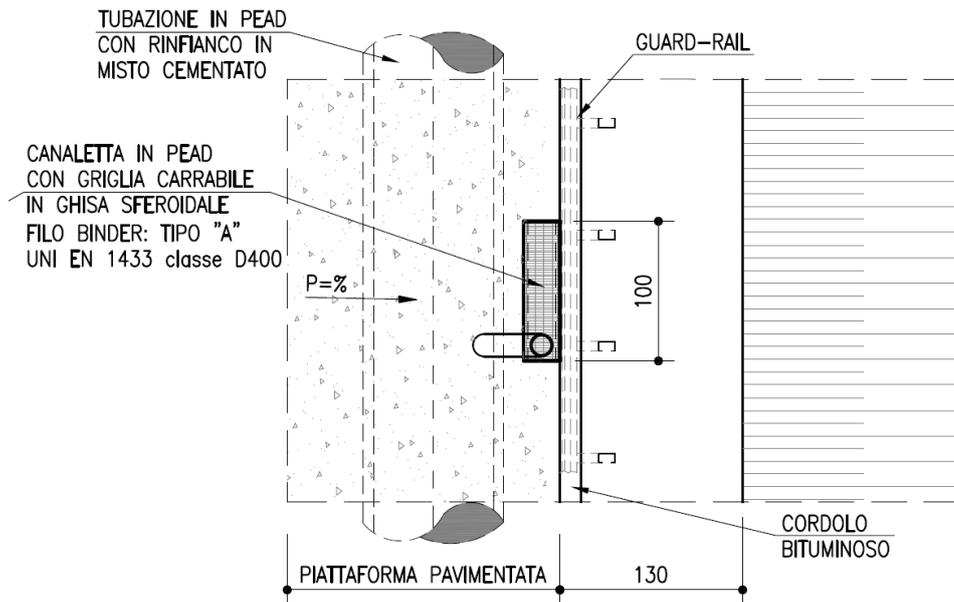


Figura 8 – Particolare tipologico in pianta della caditoia grigliata in PEAD con scarico nel collettore longitudinale

Il dimensionamento del passo delle caditoie è fatto in modo analogo a quanto già detto per il dimensionamento del passo degli embrici.

L'interasse delle caditoie previste a progetto è compreso tra un minimo di 10 metri e un massimo di 20 metri.

La tabella con i valori risultati per il dimensionamento delle caditoie grigliate in PEAD è riportata in Appendice A.

I pozzetti di ispezione lungo il collettore di raccolta longitudinale sono stati posti ad interasse massimo pari a 50 m.

La manutenzione è fatta in modo analogo a quella della canaletta continua, ma risulta meno agevole a causa della discontinuità del sistema.

4.1.4.4 Drenaggio viadotti

Il drenaggio dei due viadotti previsti a progetto viene realizzato tramite caditoie con griglia carrabile classe D400 di dimensioni 0.20 x 0.20 m poste sul ciglio pavimentato, che scaricano nel collettore in PRFV appeso all'opera tramite un discente in PRFV DN160.

Il dimensionamento del passo delle caditoie è fatto in modo analogo a quanto già detto per il dimensionamento del passo degli embrici. Per quanto riguarda i collettori in PRFV si è posto come parametro di Strickler il valore di 80 ($n = 0.0125$).

Il posizionamento degli elementi di drenaggio dovrà essere adattato in modo tale da non interferire con la struttura del viadotto. Pianta e sezione tipologica sono illustrati nelle seguenti Figura 9 e Figura 10.

L'interasse delle caditoie previste a progetto è di 10 metri. La tabella con i valori risultati per il dimensionamento delle caditoie da viadotto è riportata in Appendice A.

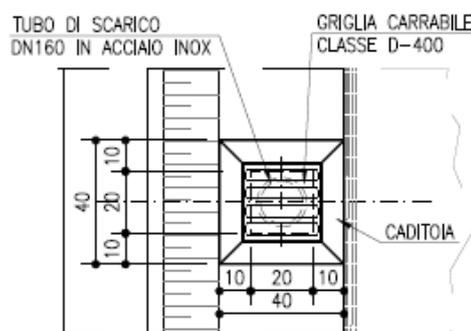


Figura 9 – Particolare tipologico in pianta della caditoia per lo smaltimento da viadotto

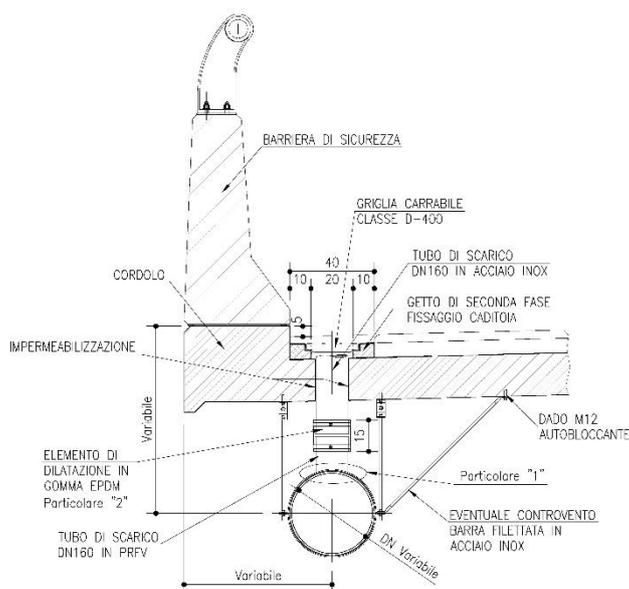


Figura 10 – Sezione tipo di scarico da viadotto

4.1.5 Elementi di convogliamento

Quando gli elementi di raccolta raggiungono il riempimento massimo, essi scaricano nei collettori sottostanti. Per quanto riguarda l'autostrada vengono utilizzati dei collettori in PEAD (polietilene ad alta densità) SN 8 kN/m^2 conformi alla norma UNI 10968 (PrEN 13476-1) per i tubi che viaggiano longitudinalmente alla viabilità, mentre collettori in PP (polipropilene) SN 16 kN/m^2 secondo EN ISO

9969, conformi alla norma UNI 10968, per gli attraversamenti trasversali che necessitano di una resistenza a schiacciamento maggiore essendo soggetti ai passaggi dei veicoli.

Per il dimensionamento si considera il diametro interno (riportato nella Tabella 4.2), ed un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,0125. Nel dimensionamento dei collettori si utilizza la pendenza stradale.

Il diametro minimo da impiegare è il DN400 onde evitare occlusioni, il diametro massimo utilizzato è stato in DN630.

Tabella 4.2 – - Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8 kN/m² e in PP SN 16 kN/m²

DN	Spessore	Raggio interno
<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>
400	26.5	173.5
500	33.5	216.5
630	47.5	267.5

Per evitare che i collettori vadano in pressione, si considera un riempimento massimo dell'80% con la portata di progetto avente tempo di ritorno di 50 anni. Il valore minimo di velocità della corrente da rispettare al fine di evitare sedimentazioni è pari a 0.5 m/s.

In Figura 11 e Figura 12 sono riportate le portate massime smaltibili dai collettori in PEAD ed in PP considerando il valore di riempimento massimo indicato.

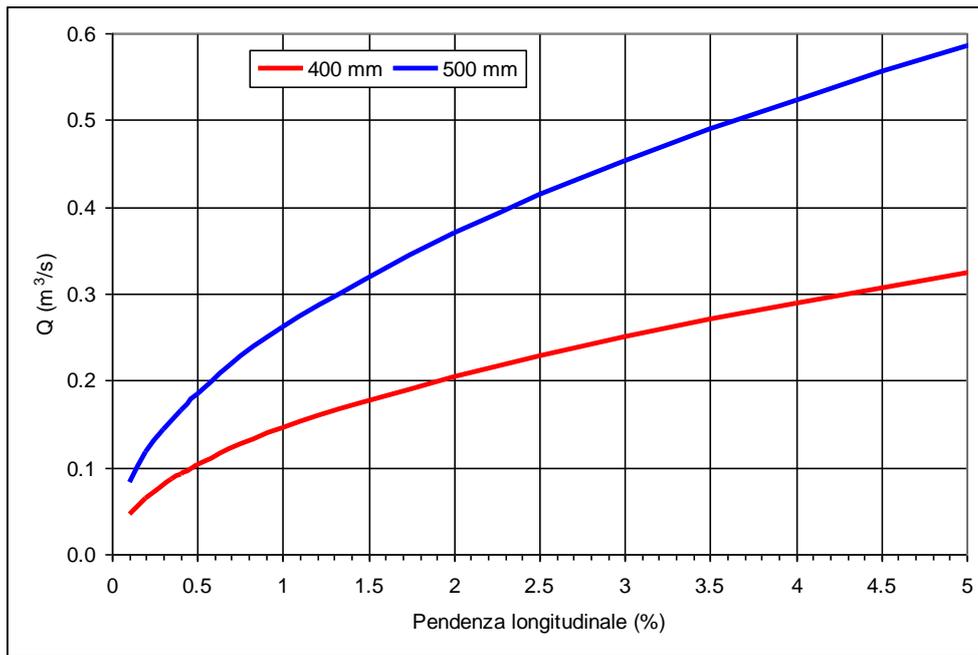


Figura 11 – Portata massima transitante per collettori circolari in Pead e PP di diametro 400 e 500 mm

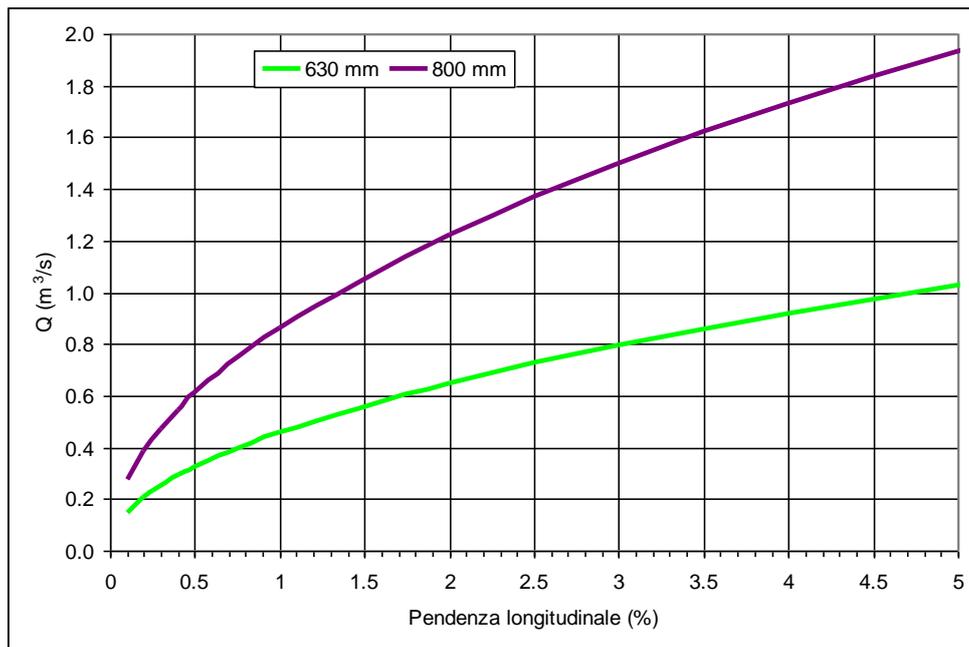


Figura 12 – Portata massima transitante per collettori circolari in Pead e PP di diametro 630 e 800 mm

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore, si pone pari a 50 m l'interasse massimo tra due pozzetti. In caso di parziale occlusione, la condotta si può ripulire utilizzando una lancia a pressione.

La tabella con i valori risultati per il dimensionamento dei collettori è riportata in Appendice A.

4.1.6 Fossi di guardia disperdenti

Le acque di piattaforma stradale sono convogliate, tramite gli embrici o collettori, ai fossi di guardia disperdenti posti al piede del rilevato stradale.

Per la determinazione della portata infiltrata, si ipotizza il moto bidimensionale e piano, nel caso di falda a profondità indefinita.

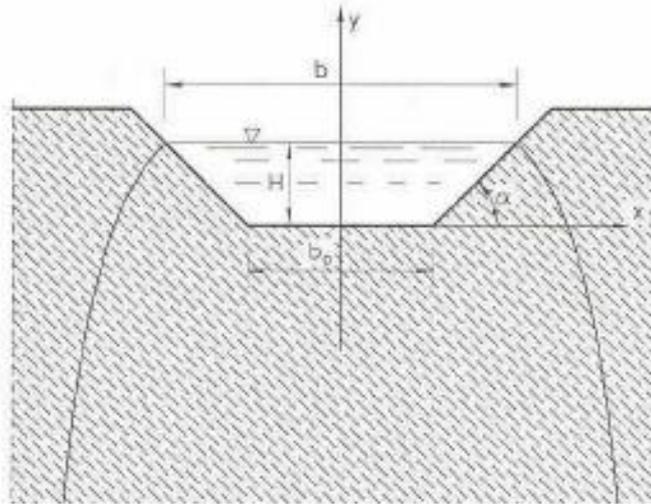


Figura 13 – Sezione del fosso disperdente

La portata q può essere rappresentata dalla seguente relazione:

$$q = \left(\frac{b}{H} + C \right) KH$$

Dove:

- b è la larghezza in superficie;
- H è l'altezza utile;
- α è la pendenza delle scarpate;
- K è il coefficiente di filtrazione;

Dalla relazione geologica e relativi allegati del progetto preliminare (prove di permeabilità, etc.), si stima un valore del coefficiente di permeabilità dei terreni in sito pari a 10^{-5} m/s. Al fine di incrementare la capacità infiltrante dei fossi di guardia di progetto, è stato previsto, sul fondo degli stessi, uno strato di materiale arido.

Il coefficiente C , misura il contributo alla formazione della portata dovuta all'infiltrazione delle sponde. Per la determinazione del coefficiente C , vengono considerati alcuni risultati numerici (V.V.

Vedernikow, 1934) per i valori più comuni per le scarpe n. La distribuzione dei valori di C, al variare di n, si presta ad essere interpolata da una relazione monomia del tipo:

$$C = a \left(\frac{b}{H} \right)^m$$

In Tabella 4.3 stati riportati i valori dei coefficienti a e m, al variare di n, secondo l'interpolazione di Vedernikow; l'ultima colonna indica il valore limite inferiore di b/H.

Tabella 4.3 - Valori di a e m

scarpa n	a	n	b/h
1/1	1.584	0.375	2
3/2	1.332	0.380	3
2/1	1.009	0.448	4

Nel caso in esame la pendenza delle scarpate è costante e pari a 3/2, ad eccezione di un fosso di guarda posizionato a sud dell'asse A4, che, a causa dei vincoli al contorno, avrà una pendenza delle scarpate pari a 1/1.

I fossi, oltre a disperdere la portata in arrivo devono essere in grado di laminarla.

Poiché la portata infiltrata dipende dall'altezza idrica, non assumerà un valore univoco, ma variabile nel tempo, in funzione del grado di riempimento. A sua volta il grado di riempimento in ogni istante temporale dipende della portata recapitata nel fosso fino a quell'istante, quindi dalla durata della precipitazione, e dalla portata infiltrata.

Per il dimensionamento di tali elementi disperdenti è quindi necessario sviluppare un procedimento iterativo che per ogni istante temporale calcoli il grado di riempimento, la portata infiltrata e la portata in arrivo.

L'idrogramma di piena utilizzato per il dimensionamento dei fossi disperdenti è stato calcolato mediante il metodo della corrivazione considerando un evento meteorico di diverse durate (da 60 a 1020 minuti, a seconda dei casi) e i parametri delle LSPP relativi ad un periodo di ritorno di 50 anni. L'evento critico è quello che provoca il grado di riempimento maggiore; il dimensionamento dei fossi disperdenti è stato condotto considerando un franco di sicurezza di 10 cm e un grado di riempimento massimo pari a 85%.

L'ulteriore verifica idraulica da eseguire sui fossi di guardia di progetto è il calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione, che deve essere inferiore a 48 ore, in conformità al Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7.

Nella seguente è riportato il riassunto dei fossi mentre in Appendice B sono riportate le verifiche idrauliche degli stessi.

Tabella 4.4 – Riassunto dei fossi disperdenti

Asse	Intervallo sezioni	Lungh. minima	Base minore	Base maggiore	Altezza fosso H0	Tempo critico Tp	Altezza max h	h/H0 ≤ 85%	t _{svuot} < 48 ore	tipologia fosso
		[m]	[m]	[m]	[m]	[min]	[m]		[ore]	-
A1+A2 Nord autostrada	21_12 (A1)	116	1.50	4.50	1.00	360	0.854	85	12.20	FI4
A1+A2 Nord autostrada	10_1 (A1)	78.00	1.50	4.50	1.00	360	0.817	82	13.80	FI4
A1+A2 Sud autostrada	21_23 (A1-strada)+23_28sx(A1-verde)	108.00	0.75	3.00	0.75	240	0.630	84	9.54	FI2
A1+A2 Sud autostrada	29_32 (A1-verde)	80.00	0.50	2.00	0.50	90	0.137	27	2.74	FI1A
A4	5_13	17.00	1.00	6.50	2.00	480	1.559	78	18.17	FI6
A4+A1	5(A4)_1(A1)	66.00	2.00	11.00	3.00	900	2.541	85	34.89	FI7
A4+esattori	4_9 (A4)	35.00	0.50	2.00	0.75	240	0.530	71	7.58	FI3
A4	11_14	20.00	0.75	2.25	0.50	180	0.406	81	6.87	FI1B
A2+Esattori+tang.Sud	33_36 (A2)	18.00	0.75	2.25	0.50	300	0.393	79	6.71	FI1B
A1+A2+tang.Sud Sud autostrada	23_28 dx (A2)	91.00	1.00	4.00	1.00	300	0.843	84	12.75	FI3
A1+A2+A3 Sud autostrada	23_36(A1)+16_6(A3)	217.00	0.50	5.00	1.50	420	1.198	80	14.53	FI5
A5+A3	1_7(A5)+1_7(A3)	207.00	0.75	3.00	0.75	300	0.615	82	9.37	FI2
A2 Sud autostrada	1_14	120.00	1.50	4.50	1.00	360	0.799	80	13.57	FI4
rot_tang_Sud	rot_tang_Sud	33.00	0.75	3.00	0.750	240	0.624	83	9.47	FI2

Tra i fossi di guardia previsti a progetto, è stato inserito anche una canaletta in cls a sud del rilevato stradale dell'asse A4, al fine di raccogliere le acque di scarpata e allontanarle a Nord dell'asse A4, dove è presente un fosso disperdente.

4.1.7 Impianti di trattamento delle acque di prima pioggia

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma stradale nel piazzale di esazione oggetto di adeguamento, a Est del casello esistente, è di tipo chiuso e prevede la raccolta e il trattamento delle acque di prima pioggia scolanti sul piazzale stesso, in conformità con il Regolamento Regionale Regione Lombardia 24 marzo 2006 n. 4, e recapito finale delle acque nei fossi di guardia disperdenti posti ai piedi del rilevato stradale.

Le portate convogliate dalle canalette e dai collettori che costituiscono il sistema di drenaggio del piazzale di esazione vengono convogliate al fosso di laminazione e quindi al recapito finale secondo due modalità a seconda che si tratti di acque di prima o di seconda pioggia:

- Acque di prima pioggia: tali acque rappresentano la parte più inquinata della portata di deflusso meteorico. Ciò è dovuto essenzialmente alla presenza di sabbia, terriccio ed olii minerali leggeri rilasciati dagli autoveicoli, tanto più in corrispondenza dei cantieri. In ottemperanza al Regolamento Regionale Regione Lombardia 24 marzo 2006 n. 4, le acque di prima pioggia verranno quindi trattate prima dell'immissione nei fossi di guardia disperdenti e quindi nel sottosuolo. Secondo quanto definito dalla normativa, per il calcolo della portata da trattare (portata di prima pioggia), si considerano i primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento, uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio. Si assume che tale valore venga raggiunto dopo un periodo di tempo di 15 minuti di pioggia, pertanto con un'intensità di pioggia (ic) pari a 20 mm/h.
- Acque di seconda pioggia: tale quota parte del deflusso di piattaforma può essere convogliata direttamente al fosso di laminazione e quindi al recapito finale (sottosuolo).

Per il trattamento della portata meteorica vengono quindi previsti degli impianti di trattamento per le acque di prima pioggia con un by-pass per le acque di seconda pioggia.

Il dimensionamento della taglia degli impianti (GN) è stato effettuato in base alla portata di prima pioggia corrispondente a ognuna delle due aree in cui è stato suddiviso il piazzale. I risultati sono illustrati nella seguente Tabella 4.5. In tabella sono illustrati per ogni area la superficie afferente all'impianto, la portata di prima pioggia e la grandezza nominale (GN) dell'impianto di trattamento selezionato.

Tabella 4.5 – – Dimensionamento impianti di prima pioggia

	IMPIANTO 1	IMPIANTO 2
S [m ²]	2012.000	4760.000
S [ha]	0.201	0.476
Q _{pp} [l/s]	11.2	26.4
GN IMPIANTO PP IN CONTINUO	15	30

Gli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia sono costruiti con vasche circolari con fondo piano in calcestruzzo armato ad alta resistenza. L'impianto prevede tre bacini distinti: uno di scolmatura, quello di dissabbiatura e quello di separazione oli con filtro a coalescenza e muniti di dispositivo di scarico con otturatore a galleggiante; questo per impedire la fuoriuscita di oli quando la camera di raccolta è completamente riempita. La copertura è di tipo carrabile, completa di chiusini di ispezione a passo d'uomo in ghisa classe D400.

Nella seguente Figura 14 sono presentate pianta e sezione tipologiche dell'impianto.

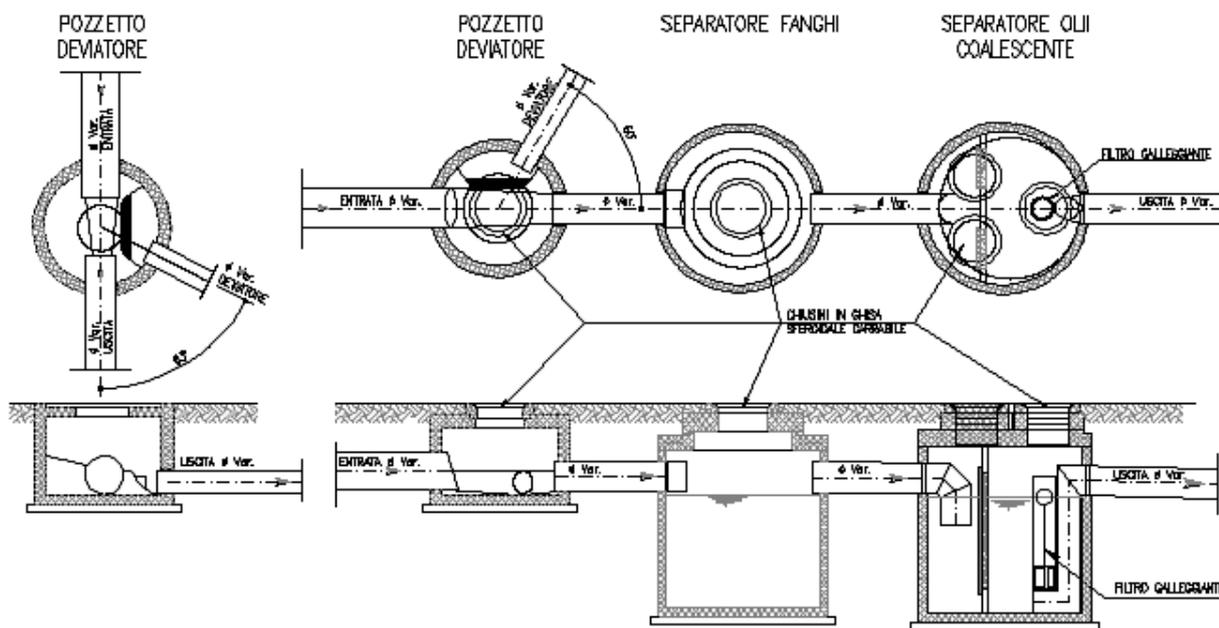


Figura 14 – Pianta e sezione dell'impianto di trattamento di prima pioggia con by-pass

L'inquinamento prodotto dal dilavamento di acque meteoriche è dovuto essenzialmente alla presenza di sabbia, terriccio ed oli minerali leggeri. Le acque provenienti dai diversi punti dei piazzali vengono immesse nel pozzetto scolmatore dove tramite soglie tarate in base alla superficie servita

vengono separate le “acque di prima pioggia” dalle successive che essendo diluite come carico inquinante possono essere inviate direttamente al corpo ricettore attraverso il by-pass.

Le acque di prima pioggia iniziano il trattamento nella sezione di dissabbiatura o di separazione fanghi per un tempo ottimale per consentire la separazione dalle sostanze sedimentabili. Le acque così pretrattate vengono avviate attraverso la sezione di separazione oli, dove subiscono una flottazione delle sostanze leggere. Per le acque di scarico che devono rientrare nei limiti di accettabilità previsti dal Decreto Legislativo n.152 del 03.04.06, scarico in acque superficiali, viene impiegato il filtro a coalescenza. Con questo sistema le microparticelle di oli aderiscono ad un particolare materiale coalescente (effetto di assorbimento) e, dopo essersi unite tra loro aumentano la loro dimensione (effetto di coalescenza), e quindi ne viene favorita la flottazione in superficie. Lo scarico del separatore viene automaticamente chiuso da un otturatore a galleggiante per impedire la fuoriuscita dell'olio quando quest'ultimo arriva ad un determinato livello nella camera di raccolta.

4.1.8 Gestione del sistema di drenaggio delle acque meteoriche e degli eventuali sversamenti accidentali

Per quanto riguarda il piazzale di esazione, l'acqua di dilavamento viene raccolta, convogliata e trattata mediante un impianto prefabbricato di sedimentazione e disoleazione, il quale è in grado di intercettare anche eventuali sversamenti accidentali.

Per quanto concerne invece le rampe di svincolo, Autostrade per l'Italia S.p.A., sulla base di una esperienza pluridecennale, ha strutturato la propria organizzazione in modo tale da gestire le situazioni d'emergenza connesse a sversamenti di sostanze pericolose sulle piattaforme stradali a seguito di incidente in cui rimane coinvolto un veicolo che trasporta dette sostanze in colli/contenitori o sfuse oppure a seguito di perdita di dette sostanze durante la marcia – in assenza di incidente – con rilevazione in ritardo da parte dell'autista stesso o di altro utenti della strada.

Si è pertanto suddivisa la gestione in funzione dei due differenti scenari ipotizzati:

- a) Scenario incidente veicolo: l'attivazione delle misure per il confinamento e la successiva bonifica è immediata e contestuale alla gestione dell'emergenza in considerazione del fatto che l'incolumità degli utenti è direttamente connessa alla presenza delle sostanze inquinanti e pericolose in piattaforma.
- b) Scenario dispersione senza incidente: il gestore autostradale effettua direttamente tramite personale operativo e sistemi di vigilanza a distanza oppure su segnalazione di altri utenti della strada l'individuazione del veicolo che sta disperdendo la sostanza inquinante e contestualmente attiva le procedure di gestione dell'emergenza.

Di seguito si descrive nel dettaglio la procedura operativa in caso di sversamenti accidentali che dovrà essere successivamente adeguata con la struttura dedicata dell'esercizio del gestore autostradale:

1. Attuare le procedure codificate da Autostrade per l'Italia S.p.A. per la gestione dell'emergenza in accordo ai protocolli d'intesa già predisposti con i diversi soggetti istituzionali deputati al coordinamento delle attività di emergenza:

- Polizia Stradale;
- Vigili del Fuoco;
- Prefetti delle Province interessate;
- Protezione Civile;
- ARPA.

2. Accertare la natura del carico sversato e definire attraverso le schede relative alle materie pericolose le cautele da adottare in presenza della sostanza pericolosa identificata comunicando le informazioni ricevute a tutti i soggetti operanti sul luogo dell'emergenza;

3. Richiedere l'intervento di ditte specializzate convenzionate per le azioni di bonifica delle sedi stradali e delle pertinenze da eseguirsi in tempi operativi estremamente limitati per la riapertura al traffico e la bonifica di terreni ed acque con il trattamento e lo smaltimento a norma di legge dei materiali di risulta.

5 INTERFERENZE IDROGRAFICHE MINORI

La viabilità in progetto presenta cinque interferenze con il reticolo idrografico esistente nell'area di studio, costituito sostanzialmente dal reticolo di fossi irrigui e colatori. In corrispondenza delle interferenze saranno realizzati dei prolungamenti delle opere di attraversamento esistenti e delle deviazioni dei canali esistenti per darne l'opportuna continuità idraulica.

I fossi del reticolo irriguo possono essere suddivisi in due gruppi principali: fossi privati e fossi di competenza del Consorzio di Bonifica della Pianura Media Bergamasca (Roggia Colleonesca).

Nelle seguenti tabelle sono presentate progressive e dimensioni delle opere in progetto per i fossi privati (Tabella 5.1) e quelli di competenza del Consorzio di Bonifica della Pianura Media Bergamasca (Tabella 5.2).

Tabella 5.1 – Progressive e dimensioni tombini scatolari sul reticolo dei fossi privati

OPERE	ASSE	PROG.	SEZIONE	
			B	H
			m	m
Prolungamento tombino Fosso irriguo Nord autostrada	Asse A1	0+296.00	0.84	0.60
Prolungamento tombino Fosso irriguo Sud autostrada	Asse A1	0+820.73	2.00	2.00

Tabella 5.2 – Progressive e dimensione prolungamento tombino sul reticolo dei fossi di competenza del consorzio di Bonifica Media Pianura Bergamasca

OPERE	ASSE	PROG.	SEZIONE	
			B	H
			m	m
Prolungamento Roggia Colleonesca (forma non scatolare)	Asse A1	0+300.00	3.33	2.95

La risoluzione delle interferenze idrauliche dei fossi irrigui con il nuovo progetto di adeguamento dello svincolo di Dalmine e l'introduzione di nuove opere idrauliche rispetto al progetto preliminare sono state condivise e coordinate con il Consorzio di Bonifica della Pianura Media Bergamasca, nel corso dell'incontro avvenuto in data 5 giugno 2018.

Per quanto riguarda le interferenze idrauliche a Nord dell'autostrada A4, si riscontra che la configurazione di progetto dell'adeguamento dello svincolo intermodale risulta interferire con due fossi irrigui in attraversamento alla tangenziale sud di Bergamo (come individuato nella Figura 15):

- la roggia Colleonesca;
- un fosso irriguo privato parallelo alla roggia Colleonesca.



Figura 15 – Manufatti esistenti della Roggia Colleonesca e del fosso irriguo privato, oggetto di prolungamenti

Per la risoluzione di tali interferenze, in conformità con le richieste del Consorzio di Bonifica, si prevede il prolungamento dei manufatti sotto la tangenziale di Bergamo con sezioni e pendenza del fondo uguali a quelle dei manufatti esistenti. In particolare, verranno previste: analoghe sezioni per la roggia Colleonesca costituita da un manufatto a volta (con pendenza del fondo pari a 0.466%) e per il canale irriguo in affiancamento, di dimensioni pari a 0.84x0.60 metri (con pendenza del fondo pari a 1.00%).

Relativamente al canale irriguo privato posto in affiancamento alla roggia Colleonesca, tra la tangenziale Sud di Bergamo e fino all'attraversamento autostradale esistente (Figura 16), si prevede l'inserimento di una canaletta ad "U" in cls (dimensioni 0.75x1.00m) da poggiare sul sedime esistente

del canale (nei tratti ove non sono già presenti canalette rettangolari), dimensionata con un valore di portata pari a 600 l/s, secondo quanto indicato e richiesto dal Consorzio (per le verifiche idrauliche si rimanda al capitolo 5.1).



Figura 16 – Fosso irriguo privato esistente tra la tangenziale Sud e l'attraversamento autostradale esistente – tratti oggetto di adeguamento (nuova canaletta di progetto)

Relativamente alla nuova configurazione dello svincolo a Sud dell'attuale sedime dell'autostrada A4, che risulta interferente con la roggia Colleonesca, il relativo stradello di manutenzione e il fosso irriguo privato parallelo ad essi, si concorda con il Consorzio di Bonifica di riproporre la configurazione esistente, costituita da roggia Colleonesca, stradello e canale irriguo, opportunamente deviati a lato del sedime delle nuove rampe.

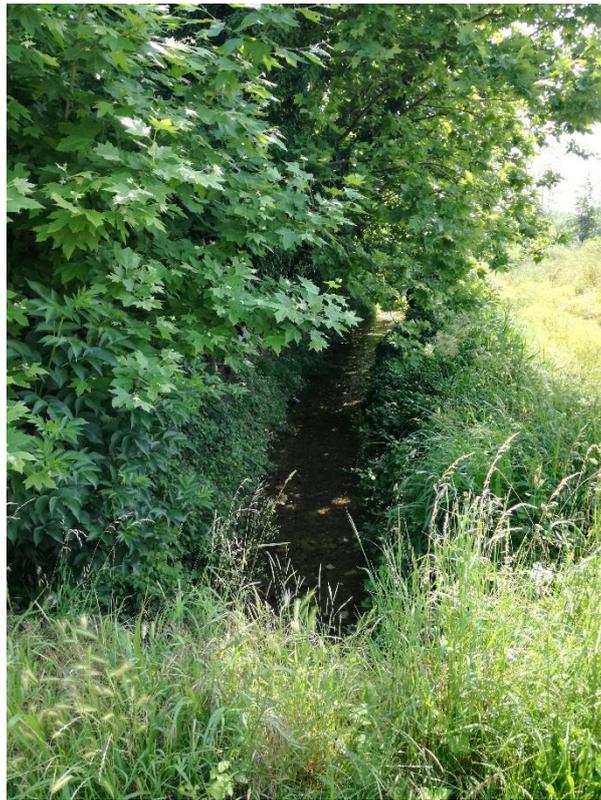


Figura 17 – Roggia Colleonesca a Sud dell'autostrada A4, oggetto di deviazione



Figura 18 – Fosso irriguo privato parallelo alla roggia Colleonesca, posto a Sud dell'autostrada A4, oggetto di deviazione

Entrambe le sezioni idrauliche (Roggia Colleonesca e fosso irriguo privato) dovranno avere le dimensioni dei canali esistenti; inoltre, per la roggia Colleonesca, verrà previsto, per il tratto di deviazione, il rivestimento in cls del fondo e delle sponde fino alla parte bagnata della sezione idraulica; la parte terminale rimarrà in terra e inerbita superficialmente, come richiesto dal Consorzio di Bonifica.

Sul fosso irriguo privato oggetto di deviazione sono state previste inoltre delle paratoie di intercettazione trasversali al canale stesso e dei panconi laterali per l'irrigazione dei terreni esistenti, in analogia allo stato di fatto dei luoghi, come richiesto dal Consorzio di Bonifica.

In fase di Conferenza dei Servizi e/o durante le successive fasi progettuali, andranno discusse con i privati proprietari dei terreni, le posizioni e le tipologie delle paratoie e dei panconi da prevedere per l'irrigazione dei campi.

Anche per il fosso irriguo privato esistente che interferisce con la rotatoria della tangenziale Sud e l'innesto degli assi A1 e A2 del nuovo svincolo di Dalmine, viene previsto il prolungamento dello scatolare esistente con analoghe dimensioni (2.00x2.00m, pendenza 0.494%), prevedendo opportuni raccordi con la roggia Colleonesca nella quale andrà ad innestarsi.



Figura 19 – Scatolare esistente sotto la rotatoria della tangenziale Sud, oggetto di prolungamento

Ad integrazione delle opere idrauliche di risoluzione delle interferenze del reticolo idrografico esistente con il nuovo svincolo di Dalmine, viene previsto, come richiesto dal Consorzio di Bonifica, contestualmente ai lavori di adeguamento dello svincolo, la modifica dell'attuale scarico della vasca di laminazione esistente dell'autostrada (posta a Sud della stessa) nella Roggia Colleonesca, in quanto l'orientamento del tubo di scarico della vasca stessa risulta attualmente contrario al deflusso della roggia stessa.

Si riportano nei paragrafi successivi le verifiche idrauliche delle opere previste a progetto.

5.1 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE IDRAULICHE DEI FOSSI INTERFERENTI

Nel presente paragrafo, sono illustrati i dimensionamenti e le verifiche idrauliche delle nuove opere idrauliche previste a progetto e descritte nel paragrafo precedente:

- nuovo canale prefabbricato in cls, avente dimensioni 0.75x1.00m, per la continuità idraulica del fosso irriguo privato a Nord dell'autostrada;
- nuovo canale in terra, rivestito sul fondo e sulle sponde, secondo le indicazioni del Consorzio di Bonifica, per la continuità della Roggia Colleonesca a Sud dell'autostrada;
- nuovo canale in terra per la continuità del fosso irriguo privato a Sud dell'autostrada.

I prolungamenti dei tombini idraulici previsti a progetto avvengono con sezioni e pendenza del fondo uguali a quelli dei tombini esistenti, pertanto le verifiche idrauliche sono già rispettate.

Il dimensionamento e le verifiche idrauliche delle opere di progetto sopracitate sono valutate confrontando la portata idraulica defluente nel canale nello stato di fatto (portata di progetto) con quella convogliabile dal nuovo canale o dal nuovo manufatto idraulico con un grado di riempimento massimo dello stesso pari a 80%.

Ove il valore della portata di progetto non sia stata comunicata dal Consorzio di Bonifica (come nel caso del dimensionamento del canale prefabbricato a Nord dell'autostrada, pari a 600 l/s), si applica l'ipotesi cautelativa che il canale esistente posto a monte della nuova opera di progetto sia a piene rive, ossia con un grado di riempimento pari al 100% della sezione esistente.

La valutazione della portata di progetto e il dimensionamento delle nuove opere sono eseguite applicando la formula in moto uniforme di Chezy-Strickler:

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

Con:

Q: portata (m^3/s);

$ks = 1/n$ coefficiente di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$);

A = area bagnata (m^2);

C = contorno bagnato (m);

i = pendenza media dell'opera (m/m);

$R=A/C$ raggio idraulico (m).

Il valore di scabrezza ks è stato posto pari a 30 $m^{1/3}/s$ per i canali in terra esistente, 40 $m^{1/3}/s$ per i nuovi canali in terra di progetto, 65 $m^{1/3}/s$ per i nuovi manufatti in cls e per i canali in terra rivestiti in cls.

5.1.1 Verifiche idrauliche opere a Nord dell'autostrada

Come riportato nei paragrafi precedenti, tra le nuove opere idrauliche di progetto a Nord dell'autostrada, si prevede l'inserimento di una canaletta prefabbricata ad "U" in cls (dimensioni 0.75x1.00m) da poggiare sul sedime esistente del canale (nei tratti ove non sono già presenti canalette rettangolari), fino all'attraversamento autostradale esistente. La portata di progetto di dimensionamento è pari a 600 l/s, come indicato dal Consorzio di Bonifica.

Nella Tabella 5.3 si riporta la verifica idraulica della nuova canaletta rettangolare di progetto.

Pendenza Canale	i	0.00348									
Base Maggiore	B	0.75	m								
Base Minore	b	0.75	m								
Altezza Max	H	1.00	m								
Pendenza Sponde	Tg a	0.00									
Angolo sponde	a	0.00	gradi								
Coeff strickler	Ks	65	m ^{1/3} s ⁻¹								
Altezza pelo libero <i>m</i>	Larghezza pelo libero <i>m</i>	Area <i>m²</i>	Perimetro bagnato <i>m</i>	Raggio idraulico <i>m</i>	Portata <i>m³/s</i>	Velocità <i>m/s</i>	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata <i>l/s</i>	
0.564	0.75	0.423	1.878	0.23	0.6004	1.42	0.56	0.88	0.50	600.4	

Tabella 5.3 – Verifica idraulica canaletta di progetto 0.75x1.00m a Nord dell'autostrada

Come si può osservare dalla tabella precedente, il grado di riempimento della nuova canaletta di progetto è pari a 56%.

5.1.2 Verifiche idrauliche opere a Sud dell'autostrada

Per quanto concerne le opere di risoluzione delle interferenze idrografiche a Sud dell'autostrada, si riporta il dimensionamento e le verifiche idrauliche delle deviazioni della Roggia Colleonesca e del fosso irriguo privato parallelo alla roggia stessa.

Le portate di progetto per le verifiche idrauliche delle nuove inalveazioni in terra sono state determinate considerando la portata a piene rive dei canali esistenti, come anticipato nei paragrafi precedenti.

La Roggia Colleonesca, nello stato di fatto, a Sud dell'autostrada, presenta una sezione trapezia in terra, avente dimensioni 6.00x2.00x2.00m e pendenza media del fondo pari a 0.385%. Da tali caratteristiche geometriche si calcola la portata a piene rive e pertanto la portata di progetto della nuova inalveazione:

Pendenza Canale	i	0.00385								
Base Maggiore	B	6.00	m							
Base Minore	b	2.00	m							
Altezza Max	H	2.00	m							
Pendenza Sponde	Tg a	1.00								
Angolo sponde	a	45.00	gradi							
Coeff strickler	Ks	30	m ^{1/3} s ⁻¹							
Altezza pelo libero <i>m</i>	Larghezza pelo libero <i>m</i>	Area <i>m²</i>	Perimetro bagnato <i>m</i>	Raggio idraulico <i>m</i>	Portata <i>m³/s</i>	Velocità <i>m/s</i>	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata <i>l/s</i>
2.000	6.00	8.000	7.657	1.04	15.3346	1.92	1.00	1.00	0.00	15334.6

Tabella 5.4 – Portata a piene rive della Roggia Colleonesca

La portata di progetto della nuova inalveazione è pari a 15.34 m³/s.

La nuova inalveazione di progetto avrà una sezione con dimensioni uguali a quella del canale esistente a monte e sarà rivestita sul fondo e sulle sponde in cls, come richiesto dal Consorzio di Bonifica, fino all'altezza idrica di progetto.

Si riporta nella tabella successiva la verifica idraulica della deviazione di progetto della Roggia Colleonesca.

Pendenza Canale	i	0.00323								
Base Maggiore	B	6.00	m							
Base Minore	b	2.00	m							
Altezza Max	H	2.00	m							
Pendenza Sponde	Tg a	1.00								
Angolo sponde	a	45.00	gradi							
Coeff strickler	Ks	65	m ^{1/3} s ⁻¹							
Altezza pelo libero <i>m</i>	Larghezza pelo libero <i>m</i>	Area <i>m²</i>	Perimetro bagnato <i>m</i>	Raggio idraulico <i>m</i>	Portata <i>m³/s</i>	Velocità <i>m/s</i>	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata <i>l/s</i>
1.410	4.82	4.808	5.988	0.80	15.3366	3.19	0.71	0.84	0.50	15336.6

Tabella 5.5 – Verifica idraulica deviazione di progetto della Roggia Colleonesca

Il grado di riempimento della nuova inalveazione della Roggia Colleonesca è pari al 71% e l'altezza minima di rivestimento in cls del canale è pari a 141 cm.

Il fosso irriguo privato parallelo alla Roggia Colleonesca, nello stato di fatto, a Sud dell'autostrada, presenta una sezione trapezia in terra, avente dimensioni 2.70x0.60x0.70m e pendenza media del fondo pari a 0.240%. Da tali caratteristiche geometriche si calcola la portata a piene rive e pertanto la portata di progetto della nuova inalveazione:

Pendenza Canale	i	0.0024								
Base Maggiore	B	2.70	m							
Base Minore	b	0.60	m							
Altezza Max	H	0.70	m							
Pendenza Sponde	Tg a	1.50								
Angolo sponde	a	56.31	gradi							
Coeff strickler	Ks	30	m ^{1/3} s ⁻¹							
Altezza pelo libero <i>m</i>	Larghezza pelo libero <i>m</i>	Area <i>m²</i>	Perimetro bagnato <i>m</i>	Raggio idraulico <i>m</i>	Portata <i>m³/s</i>	Velocità <i>m/s</i>	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata <i>l/s</i>
0.70	2.70	1.155	3.124	0.37	0.8744	0.76	1.00	1.00	0.00	874.4

Tabella 5.6 – Portata a piene rive del fosso irriguo privato parallelo alla Roggia Colleonesca

La portata di progetto della nuova inalveazione è pari a 0.874 m³/s.

La nuova inalveazione di progetto avrà una sezione con dimensioni analoghe a quella del canale esistente a monte e pari a 3.00x0.75x0.75m, con pendenza delle scarpate pari a 3/2.

Si riporta nella tabella successiva la verifica idraulica della deviazione di progetto del fosso irriguo privato parallelo alla Roggia Colleonesca.

Pendenza Canale	i	0.00205								
Base Maggiore	B	3.00	m							
Base Minore	b	0.75	m							
Altezza Max	H	0.75	m							
Pendenza Sponde	Tg a	1.50								
Angolo sponde	a	56.31	gradi							
Coeff strickler	Ks	40	m ^{1/3} s ⁻¹							
Altezza pelo libero m	Larghezza pelo libero m	Area m²	Perimetro bagnato m	Raggio idraulico m	Portata m³/s	Velocità m/s	H/Hmax	V/Vmax	Q/Qmax	Portata l/s
0.601	2.55	0.993	2.917	0.34	0.8761	0.88	0.80	0.89	0.63	876.1

Tabella 5.7 – Verifica idraulica deviazione di progetto del fosso irriguo privato parallelo alla Roggia Colleonesca

Il grado di riempimento della nuova inalveazione del fosso irriguo privato parallelo alla Roggia Colleonesca è pari al 80%.

APPENDICE A: VERIFICA DEGLI ELEMENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Riportiamo in questo capitolo i tabulati relativi al dimensionamento degli elementi di drenaggio della piattaforma quali canalette grigliate in PEAD, caditoie grigliate in PEAD, embrici e collettori.

- Canalette grigliate in PEAD

Codifica	Asse	PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	i _l (%)	i _t (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Inter. (m)	Passo teorico (m)
Canaletta grigliata PEAD N1	Asse A1	320	264	56.00	19.50	1092.00	3.57	249.02	2.00	6.70	1.35	17.50	10	13
Canaletta grigliata PEAD N2	Asse A1	238	219	19.00	19.50	370.50	4.04	234.04	5.00	5.30	1.27	17.50	10	14
Canaletta grigliata PEAD N3	Asse A1	150	125	25.00	19.00	475.00	5.40	202.42	4.00	2.50	1.07	17.50	15	16
Codifica	Asse	PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	i _l (%)	i _t (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Inter. (m)	Passo teorico (m)
Canaletta grigliata PEAD S1	Asse A1	369	386	17.00	17.50	297.50	4.22	228.90	4.00	4.00	1.11	17.50	15	16

- Embrici

Codifica	Asse	PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	i _l (%)	i _t (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Inter. (m)	Passo teorico (m)
Embrice N1	Asse A4	153	170	17	6.50	110.50	2.35	306.90	1.20	4.50	0.55	52.11	25	94
Embrice N2	Strada esattori	56	78	22	4.50	99.00	2.43	302.03	1.50	2.50	0.38	106.27	30	281
Codifica	Asse	PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	i _l (%)	i _t (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Inter. (m)	Passo teorico (m)
Embrice S1	Asse A1	631.00	827	196	15.20	2979.20	3.09	267.85	0.50	7.00	1.13	21.27	15	19
Embrice S2	Asse A2 + Asse A3	91.78 (A3)	289 (A2)	185	10.30	1905.50	2.54	295.22	0.50	7.00	0.84	21.27	25	25
Embrice S3	Asse A3	0 (A5)	83.25 (A3)	216	9.10	1973.34	2.39	304.51	0.50	7.00	0.77	21.27	25	28
Embrice S4	Asse A5-rotatoria Tang. Sud	139.83 (A5)	Rotatoria Tang. Sud	48.90	8.60	420.54	3.54	250.06	0.50	2.00	0.60	42.44	30	71

- Caditoie grigliate in PEAD

Codifica	Asse	PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m²)	t_a (min)	i (mm/h)	i_l (%)	i_t (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Inter. (m)	Passo teorico (m)
Caditoia canaletta PEAD N1	Asse A1	219	183	36.00	19.00	684.00	4.16	230.76	5.00	4.80	1.22	17.50	10	14
Caditoia canaletta PEAD N2	Asse A1	183	143	40.00	15.75	630.00	5.62	198.43	5.00	2.00	0.87	17.50	20	20
Caditoia canaletta PEAD N3	Asse A4	44	117	73.00	7.00	511.00	2.11	324.16	2.00	7.00	0.63	14.43	20	23
Caditoia canaletta PEAD N4	Asse A4	153	118	35.00	7.00	245.00	2.09	325.20	0.25	7.00	0.63	5.10	10	8
Caditoia canaletta PEAD N5	Strada esattori	24	51	27.00	4.50	121.50	2.39	304.04	1.00	2.50	0.38	17.50	20	46
Caditoia canaletta PEAD N6	Piazzale esazione - A2	839	690	149.00	13.50	2011.50	4.14	231.28	0.90	2.50	0.87	17.50	20	20
Caditoia canaletta PEAD N7	Asse A4	0	44	44.00	11.80	519.20	3.84	240.02	0.50	2.50	0.79	17.50	20	22
Caditoia canaletta PEAD N8	Piazzale esazione - A1	42	125	83.00	18.50	1535.50	4.84	213.76	0.90	2.50	1.10	17.50	15	16
Codifica	Asse	PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m²)	t_a (min)	i (mm/h)	i_l (%)	i_t (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Inter. (m)	Passo teorico (m)
Caditoia canaletta PEAD S1	Asse A1	390	645	255.00	12.70	3238.50	4.14	231.22	2.00	2.50	0.82	17.50	20	21

• Drenaggio viadotti

Codifica	Asse	PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	i _i (%)	i _t (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Inter. (m)	Passo teorico (m)
Caditoia viadotto N1	Asse A1	264	238	26.00	19.50	507.00	3.62	247.45	5.00	7.00	1.34	14.00	10	10
Codifica	Asse	PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	Largh. (m)	Area rid. (m ²)	t _a (min)	i (mm/h)	i _i (%)	i _t (%)	q (l/s m)	Q (l/s)	Inter. (m)	Passo teorico (m)
Caditoia viadotto S1	Asse A1	322	369	47.00	17.50	822.50	3.56	249.48	1.20	5.70	1.21	13.84	10	11

• Collettori

Tratto	Lungh. (m)	Collettore	Pendenza (%)	Area rid. (m ²)	i _i (%)	t _a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
PN1-PN2	15.00	400	2.000	351.00	2.00	3.77	242.18	0.02	0.08	22.64	1.47
PN2-PN3	12.00	400	2.000	585.00	2.00	3.89	238.47	0.04	0.10	29.10	1.69
PN3-PN4	25.00	400	2.000	1072.50	2.00	4.10	232.30	0.07	0.14	39.52	1.99
PN4-PN5	26.00	400	5.000	1579.50	5.00	4.24	228.40	0.10	0.13	37.68	3.07
PN5-PN6	25.00	400	5.000	2067.00	5.00	4.37	225.07	0.13	0.15	43.32	3.29
PN6-PN7	31.00	400	5.000	2671.50	5.00	4.52	221.35	0.16	0.17	49.70	3.50
PN7-PN8	18.00	400	2.000	2671.50	2.00	4.64	218.41	0.16	0.23	65.95	2.45
PN8-scarico	4.00	400	2.000	2671.50	2.00	4.67	217.77	0.16	0.23	65.82	2.45
PN9-PN10	23.00	400	5.000	630.00	5.00	4.96	211.35	0.04	0.08	22.55	2.31
PN10-PN11	13.00	400	1.000	630.00	1.00	5.19	206.57	0.04	0.12	33.62	1.29
PN11-scarico	6.00	400	2.000	1149.20	2.00	5.24	205.56	0.07	0.13	38.41	1.96
PN12-PN13	16.00	400	2.000	161.00	2.00	5.59	199.05	0.01	0.05	14.04	1.10
PN13-PN14	16.00	400	2.000	280.00	2.00	5.81	195.25	0.02	0.06	18.22	1.29
PN14-PN15	19.00	400	2.000	413.00	2.00	6.03	191.65	0.02	0.08	21.87	1.44
PN15-PN16	16.00	400	0.250	525.00	0.25	6.40	186.04	0.03	0.15	41.85	0.72
PN16-PN18	12.00	400	0.500	854.00	0.50	6.58	183.35	0.04	0.16	44.89	1.06
PN17-PN16	25.00	400	0.250	245.00	0.25	2.99	272.28	0.02	0.12	34.26	0.65
PN18-scarico	7.00	400	0.500	854.00	0.50	6.70	181.82	0.04	0.16	44.68	1.05
PN19-PN20	17.00	400	1.000	121.50	1.00	2.91	275.81	0.01	0.06	16.98	0.87
PN20-scarico	4.00	400	1.000	121.50	1.00	2.99	272.26	0.01	0.06	16.86	0.87
PN21-PN11	12.00	400	0.500	330.40	0.50	4.38	224.70	0.02	0.10	30.07	0.86
PN22-PN11	15.00	400	0.500	188.80	0.50	4.75	215.83	0.01	0.08	22.19	0.72
PN23-PN24	40.00	400	0.900	958.50	0.90	6.00	192.01	0.05	0.15	41.83	1.36
PN24-PN28	4.00	400	1.000	2011.50	1.00	6.04	191.39	0.11	0.22	62.91	1.71
PN25-PN26	35.00	400	0.900	580.50	0.90	4.72	216.59	0.03	0.12	33.99	1.23
PN26-PN27	15.00	400	0.900	783.00	0.90	4.91	212.41	0.05	0.14	39.50	1.33
PN27-PN24	20.00	400	0.900	1053.00	0.90	5.14	207.55	0.06	0.16	46.01	1.43
PN28-impianto1	2.00	400	1.000	2011.50	1.00	6.06	191.08	0.11	0.22	62.84	1.71
Impianto1-scarico	5.00	400	1.000	2011.50	1.00	6.11	190.31	0.11	0.22	62.66	1.70
PN29-PN30	18.00	400	0.900	388.50	0.90	5.07	208.88	0.02	0.09	27.11	1.09
PN30-PN31	14.00	400	0.900	647.50	0.90	5.03	209.79	0.04	0.12	35.36	1.26
PN31-PN32	25.00	400	0.500	1110.00	0.50	5.74	196.42	0.06	0.19	54.53	1.15
PN32-PN34	5.00	400	0.500	1535.50	0.50	5.81	195.27	0.08	0.23	67.32	1.23
PN33-PN32	30.00	400	0.900	425.50	0.90	5.37	202.94	0.02	0.10	27.94	1.11

PN34-Impianto2	5.00	630	0.500	4760.00	0.50	5.63	198.35	0.26	0.36	66.95	1.64
PN35-PN36	15.00	400	0.500	1612.25	0.50	5.58	199.25	0.09	0.25	70.90	1.24
PN36-PN34	23.00	630	0.250	3224.50	0.25	5.91	193.52	0.17	0.34	63.83	1.14
PN37-PN36	15.00	400	0.500	1612.25	0.50	6.01	191.96	0.09	0.24	68.92	1.24
Impianto2-PN38	7.00	630	0.500	4760.00	0.50	5.10	208.34	0.28	0.37	69.43	1.65
PN38-scarico	9.00	630	0.500	4760.00	0.50	5.83	194.86	0.26	0.35	66.11	1.63

Tratto	Lungh. (m)	Collettore	Pendenza (-)	Area rid. (m ²)	i _i (%)	t _a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
PS1-PS2	37.00	400	1.200	822.5	1.20	4.74	215.99	0.05	0.13	37.81	1.51
PS2-PS3	21.00	400	4.000	1190	4.00	4.88	212.95	0.07	0.12	33.15	2.57
PS3-scarico	7.00	400	2.000	1190	2.00	4.94	211.69	0.07	0.14	39.78	2.00
PS4-PS5	20.00	400	4.000	406.4	4.00	4.65	218.13	0.02	0.07	19.48	1.90
PS5-PS6	21.00	400	4.000	673.1	4.00	4.87	213.23	0.04	0.09	24.76	2.19
PS6-PS7	21.00	400	4.000	939.8	4.00	5.06	209.11	0.05	0.10	29.06	2.39
PS7-PS8	31.00	400	4.000	1333.5	4.00	5.32	204.04	0.08	0.12	34.43	2.62
PS8-PS9	50.00	400	4.000	1968.5	4.00	5.69	197.27	0.11	0.14	41.72	2.89
PS9-PS10	50.00	400	3.000	2603.5	3.00	6.04	191.49	0.14	0.18	52.30	2.77
PS10-PS11	50.00	400	2.000	3238.5	2.00	6.37	186.38	0.17	0.23	67.64	2.46
PS11-PS12	23.00	500	1.000	3238.5	1.00	6.53	184.16	0.17	0.25	56.94	1.91
PS12-scarico	5.00	500	2.000	3238.5	2.00	6.41	185.76	0.17	0.20	46.52	2.49

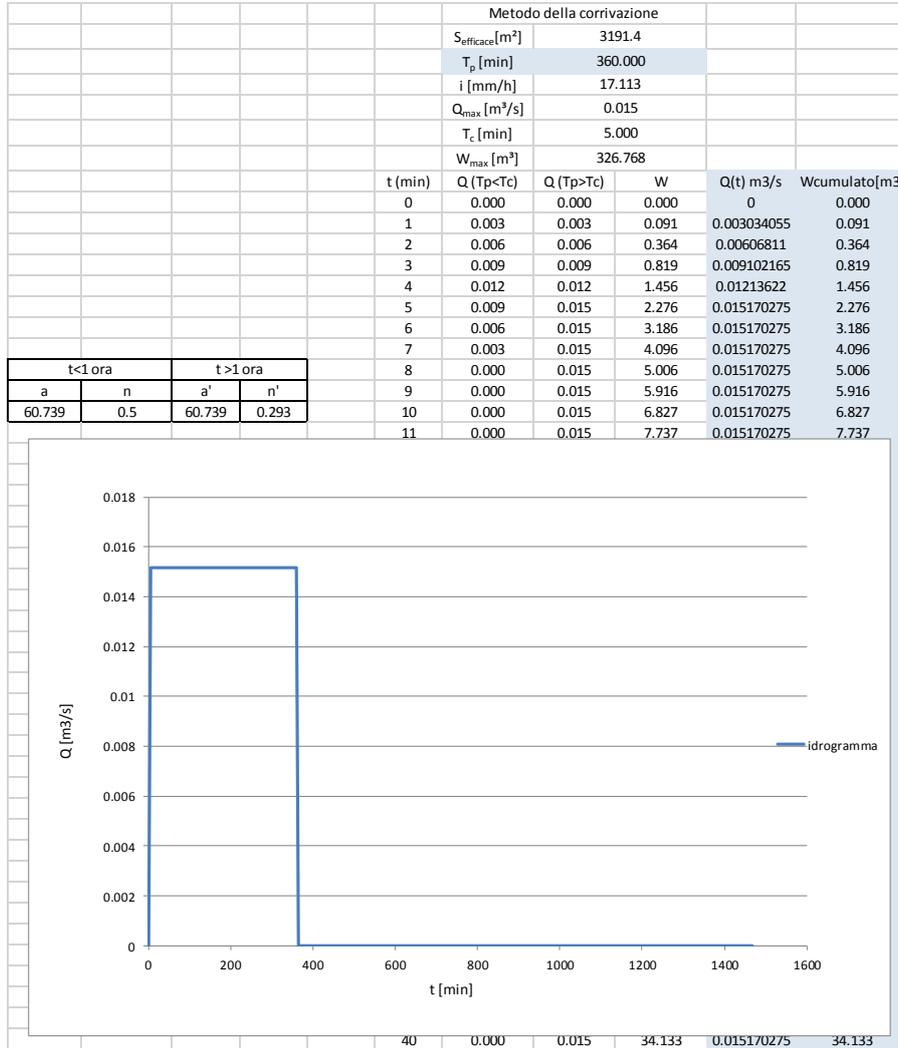
- Mezzi tubi in cls

ZONA NORD AUTOSTRADA		S _{imp}	S _{perm}	S _{efficace}	t _c (min)	Q (l/s)	L (m)	i (-)				
Mezzo tubo N1 Asse A1 - tang. Sud		90	180	144	5	8.416243	50	0.1				
Raggio interno		R	0.1083	m								
Altezza massima		H	0.2165	m								
Area pieno riempimento		A	0.037	m ²								
Coeff. Strickler		Ks	60	m ^{1/3} /s								
Pendenza canale		i	0.1	-								
Altezza pelo libero	Angolo riemp.	Area	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata	Portata	Velocità	Energia	h/D	Ai/A	Froude	
m	j	m ²	m	m	m ³ /s	l/s	m/s	m	-	-	-	
0.0420	104.53	0.005	0.20	0.025	0.0082	8.228	1.64	0.18	0.19	0.14	2.55	

ZONA SUD AUTOSTRADA		S _{imp}	S _{perm}	S _{efficace}	t _c (min)	Q (l/s)	L (m)	i (-)				
Mezzo tubo S1 Asse A1 - tang. Sud		841	636	1031.8	5	60.30472	68	0.1				
Raggio interno		R	0.1083	m								
Altezza massima		H	0.2165	m								
Area pieno riempimento		A	0.037	m ²								
Coeff. Strickler		Ks	60	m ^{1/3} /s								
Pendenza canale		i	0.1	-								
Altezza pelo libero	Angolo riemp.	Area	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata	Portata	Velocità	Energia	h/D	Ai/A	Froude	
m	j	m ²	m	m	m ³ /s	l/s	m/s	m	-	-	-	
0.1220	194.59	0.021	0.37	0.058	0.0609	60.868	2.85	0.54	0.56	0.58	2.60	

APPENDICE B: VERIFICHE DEI FOSSI DI GUARDIA DISPERDENTI

- A1+A2 Nord autostrada - 21_12 (A1)

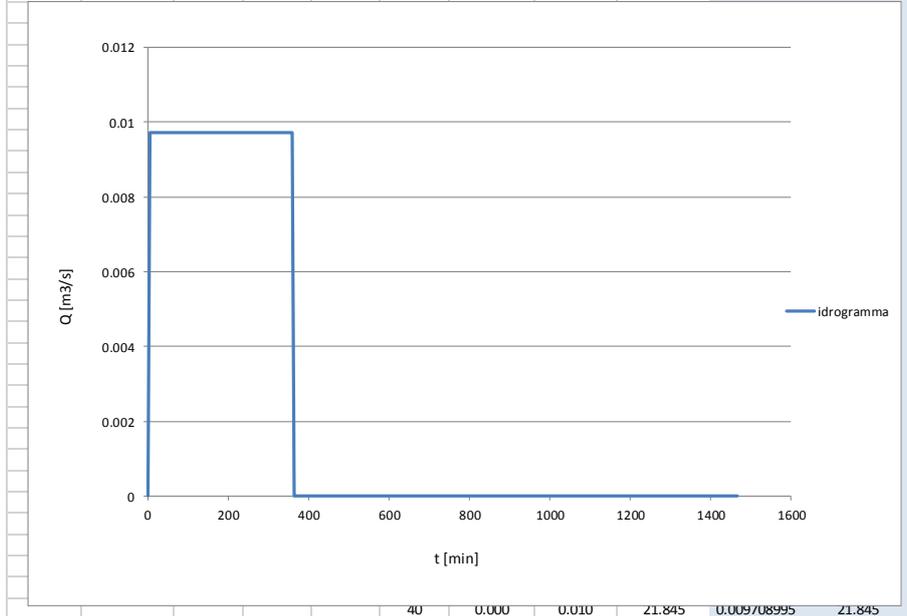


Base minore	b ₀ [m]	1.5			Durata di pioggia		Tp [min]	360					
Altezza	H ₀ [m]	1			Quot max		0.005904	m ³ /s					
Base maggiore	b [m]	4.5			Quot med		0.003	m ³ /s					
Lunghezza	L [m]	116			Wmax		233.246	m ³					
Permeabilità	k [m/s]	0.00001			Franco		0.146	m					
	a	1.3320			Altezza massima h		0.854	m					
	m	0.38			h/H0		0.85						
			t	Q _{in}	Q _{out}	ΔW	W	h	b	b/h			
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
			1.000	0.003	0.000	0.182	0.182	0.001	1.502	1436.724			
			30	0.534	0.53	2.000	0.006	0.002	0.258	0.440	0.003	1.505	596.114
			45	0.625	0.62	3.000	0.009	0.002	0.439	0.879	0.005	1.510	300.002
			90	0.745	0.75	4.000	0.012	0.002	0.619	1.498	0.009	1.517	177.254
			120	0.779	0.78	5.000	0.015	0.002	0.799	2.297	0.013	1.526	116.632
			180	0.820	0.82	6.000	0.015	0.002	0.797	3.093	0.018	1.535	87.364
			240	0.841	0.84	7.000	0.015	0.002	0.794	3.888	0.022	1.544	70.119
			300	0.851	0.85	8.000	0.015	0.002	0.792	4.680	0.026	1.553	58.749
			360	0.854	0.85	9.000	0.015	0.002	0.791	5.471	0.031	1.562	50.687
			420	0.853	0.85	10.000	0.015	0.002	0.789	6.260	0.035	1.570	44.672

- A1+A2 Nord autostrada - 10_1 (A1)

Metodo della corrivazione						
		$S_{\text{efficace}} [m^2]$	2042.5			
		T_p [min]	360.000			
		i [mm/h]	17.113			
		Q_{max} [m ³ /s]	0.010			
		T_c [min]	5.000			
		W_{max} [m ³]	209.132			
	t (min)	$Q (T_p < T_c)$	$Q (T_p > T_c)$	W	$Q(t)$ m ³ /s	W_{cumulato} [m ³]
	0	0.000	0.000	0.000	0	0.000
	1	0.002	0.002	0.058	0.001941799	0.058
	2	0.004	0.004	0.233	0.003883598	0.233
	3	0.006	0.006	0.524	0.005825397	0.524
	4	0.008	0.008	0.932	0.007767196	0.932
	5	0.006	0.010	1.456	0.009708995	1.456
	6	0.004	0.010	2.039	0.009708995	2.039
	7	0.002	0.010	2.621	0.009708995	2.621
	8	0.000	0.010	3.204	0.009708995	3.204
	9	0.000	0.010	3.787	0.009708995	3.787
	10	0.000	0.010	4.369	0.009708995	4.369
	11	0.000	0.010	4.952	0.009708995	4.952

t < 1 ora		t > 1 ora	
a	n	a'	n'
60.739	0.5	60.739	0.293

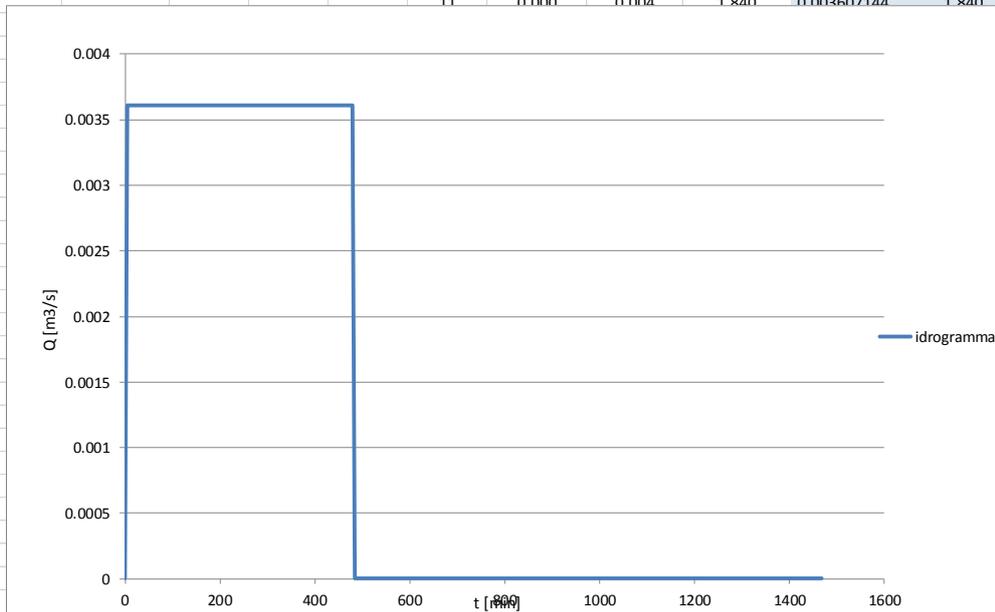


Base minore	b_0 [m]	1.5			Durata di pioggia		T_p [min]	360		
Altezza	H_0 [m]	1			Quot max		0.003860	m ³ /s		
Base maggiore	b [m]	4.5			Quot med		0.002	m ³ /s		
Lunghezza	L [m]	78.00			Wmax		147.734	m ³		
Permeabilità	k [m/s]	0.00001			Franco		0.183	m		
	a	1.332			Altezza massima h		0.817	m		
	m	0.38			h/H0		0.82			
			t	Q_{in}	Q_{out}	ΔW	W	h	b	b/h
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			1.000	0.002	0.000	0.117	0.117	0.001	1.502	1509.334
T_p [min]	Altezza massima h [m]	h/H_0	2.000	0.004	0.001	0.162	0.278	0.002	1.505	633.773
30	0.513	0.51	3.000	0.006	0.001	0.277	0.556	0.005	1.509	318.864
45	0.600	0.60	4.000	0.008	0.001	0.393	0.948	0.008	1.516	188.050
90	0.716	0.72	5.000	0.010	0.001	0.508	1.456	0.012	1.525	123.505
120	0.749	0.75	6.000	0.010	0.001	0.506	1.963	0.017	1.533	92.409
180	0.787	0.79	7.000	0.010	0.001	0.505	2.468	0.021	1.542	74.106
240	0.806	0.81	8.000	0.010	0.001	0.504	2.971	0.025	1.550	62.047
300	0.815	0.82	9.000	0.010	0.001	0.503	3.474	0.029	1.558	53.500
360	0.817	0.82	10.000	0.010	0.001	0.501	3.975	0.033	1.566	47.126
420	0.815	0.81								

• A4 - 5_13

Metodo della corrivazione						
S _{efficace} [m ²]		930				
T _p [min]		480.000				
i [mm/h]		13.963				
Q _{max} [m ³ /s]		0.004				
T _c [min]		5.000				
W _{max} [m ³]		103.669				
t (min)	Q (Tp<Tc)	Q (Tp>Tc)	W	Q(t) m3/s	Wcumulato[m3]	
0	0.000	0.000	0.000	0	0.000	
1	0.001	0.001	0.022	0.000721429	0.022	
2	0.001	0.001	0.087	0.001442858	0.087	
3	0.002	0.002	0.195	0.002164286	0.195	
4	0.003	0.003	0.346	0.002885715	0.346	
5	0.002	0.004	0.541	0.003607144	0.541	
6	0.001	0.004	0.758	0.003607144	0.758	
7	0.001	0.004	0.974	0.003607144	0.974	
8	0.000	0.004	1.190	0.003607144	1.190	
9	0.000	0.004	1.407	0.003607144	1.407	
10	0.000	0.004	1.623	0.003607144	1.623	
11	0.000	0.004	1.840	0.003607144	1.840	

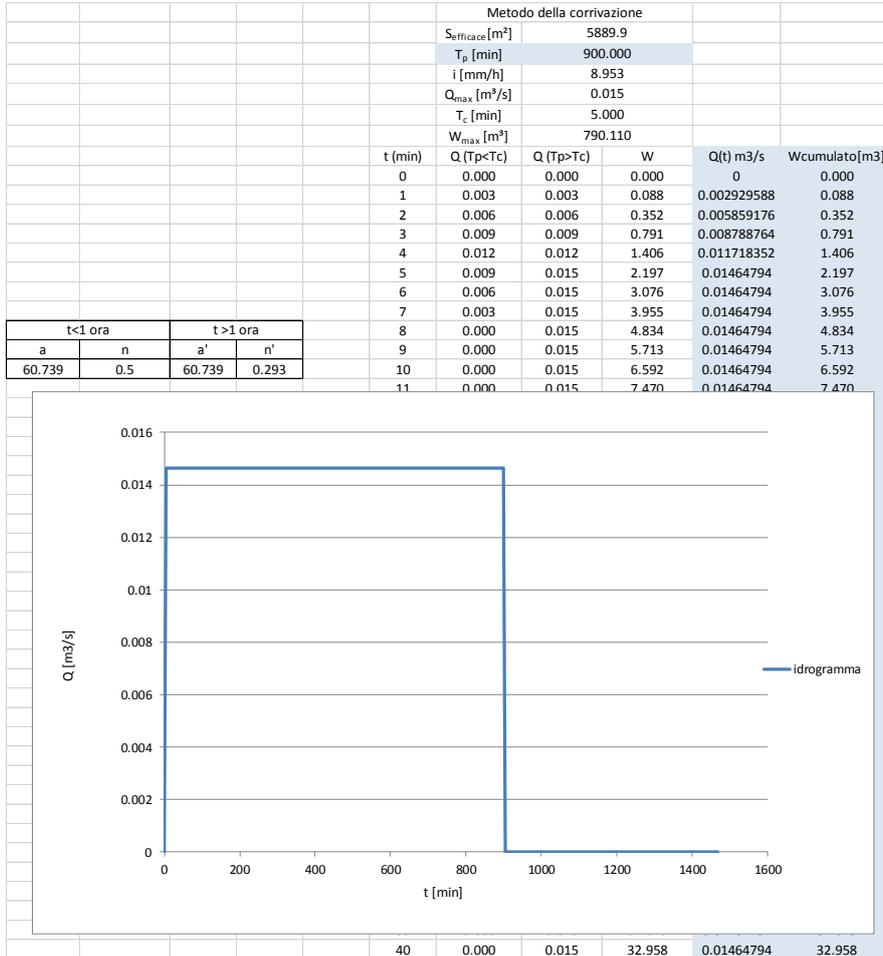
t < 1 ora		t > 1 ora	
a	n	a'	n'
60.739	0.5	60.739	0.293



40	0.000	0.004	8.116	0.003607144	8.116
----	-------	-------	-------	-------------	-------

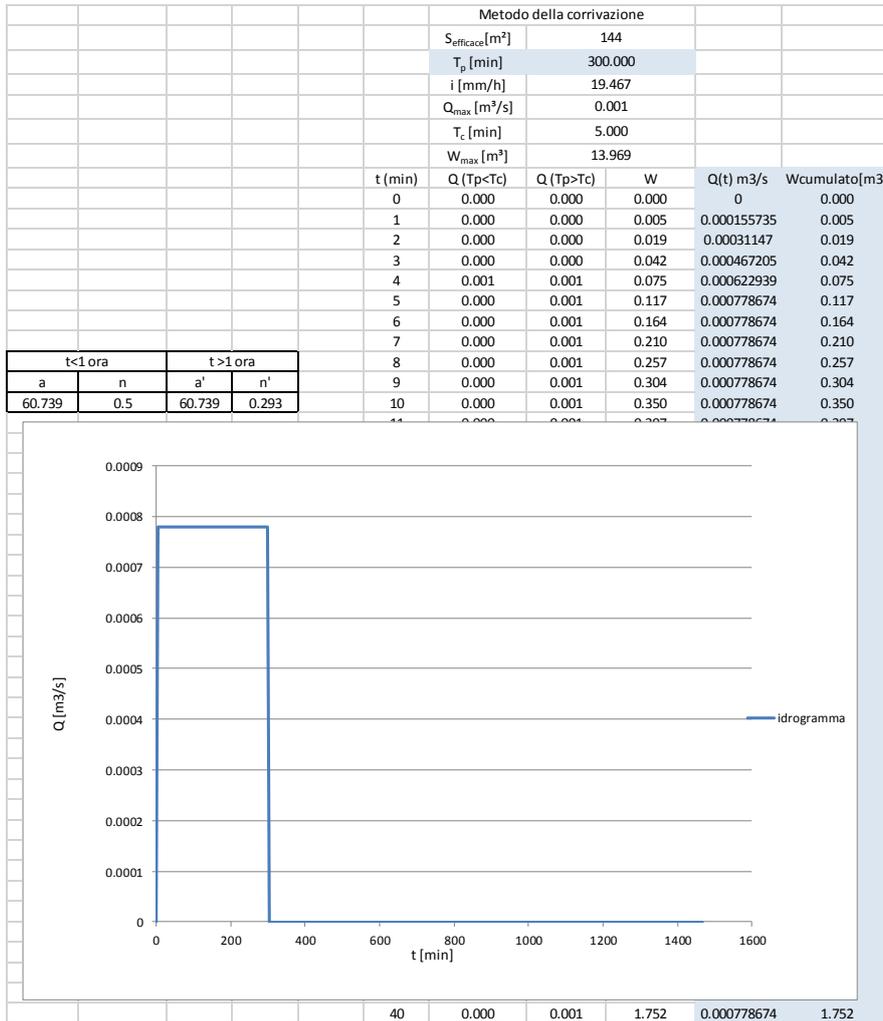
Base minore	b ₀ [m]	1								
Altezza	H ₀ [m]	2			Durata di pioggia	T _p [min]	480			
Base maggiore	b [m]	6.5								
Lunghezza	L [m]	17.00			Quot max		0.001298	m ³ /s		
Permeabilità	k [m/s]	0.00001			Quot med		0.001	m ³ /s		
	a	1.332			Wmax		77.716	m ³		
	m	0.38			Franco		0.304	m		
					Altezza massima h		1.696	m		
					h/H0		0.85	ok		
	t	Q _{in}	Q _{out}	ΔW	W	h	b	b/h		
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
T _p [min]	Altezza massima h [m]	h/H0								
30	1.047	0.52	2.000	0.001	0.000	0.043	0.043	0.003	1.005	395.737
45	1.181	0.59	3.000	0.002	0.000	0.076	0.119	0.007	1.014	145.526
90	1.358	0.68	4.000	0.003	0.000	0.119	0.238	0.014	1.028	74.368
120	1.410	0.71	5.000	0.004	0.000	0.162	0.400	0.023	1.046	45.493
180	1.476	0.74	6.000	0.004	0.000	0.204	0.604	0.034	1.069	31.099
240	1.514	0.76	7.000	0.004	0.000	0.204	0.808	0.045	1.091	23.994
300	1.538	0.77	8.000	0.004	0.000	0.203	1.011	0.056	1.113	19.756
360	1.551	0.78	9.000	0.004	0.000	0.203	1.214	0.067	1.134	16.940
420	1.558	0.78	10.000	0.004	0.000	0.202	1.416	0.077	1.155	14.932
480	1.559	0.78	11.000	0.004	0.000	0.202	1.618	0.088	1.175	13.427
540	1.557	0.78	12.000	0.004	0.000	0.201	1.819	0.098	1.195	12.256
							2.020	0.107	1.215	11.319

• A4+A1 - 5(A4)_1(A1)



Base minore	b ₀ [m]	2			Durata di pioggia	Tp [min]	900			
Altezza	H ₀ [m]	3			Quot max	0.006664	m ³ /s			
Base maggiore	b [m]	11			Quot med	0.005	m ³ /s			
Lunghezza	L [m]	66.00			Wmax	533.560	m ³			
Permeabilità	k [m/s]	0.00001			Franco	0.986	m			
	a	1.332			Altezza massima h	2.014	m			
	m	0.38			h/H0	0.67		ok		
			t	Qin	Qout	ΔW	W	h	b	b/h
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tp [min]	Altezza massima h [m]	h/H0	1.000	0.003	0.000	0.176	0.176	0.001	2.003	1504.917
30	1.426	0.48	2.000	0.006	0.001	0.271	0.447	0.003	2.007	593.749
45	1.648	0.55	3.000	0.009	0.001	0.446	0.893	0.007	2.013	298.719
90	1.959	0.65	4.000	0.012	0.001	0.620	1.513	0.011	2.023	177.483
120	2.059	0.69	5.000	0.015	0.001	0.794	2.307	0.017	2.035	117.403
180	2.195	0.73	6.000	0.015	0.001	0.793	3.100	0.023	2.046	88.145
240	2.287	0.76	7.000	0.015	0.001	0.791	3.891	0.029	2.058	70.829
300	2.353	0.78	8.000	0.015	0.001	0.790	4.681	0.035	2.070	59.382
360	2.403	0.80	9.000	0.015	0.002	0.788	5.469	0.041	2.081	51.251
420	2.441	0.81	10.000	0.015	0.002	0.787	6.256	0.046	2.093	45.176
480	2.470	0.82	11.000	0.015	0.002	0.786	7.042	0.052	2.104	40.466
540	2.493	0.83	12.000	0.015	0.002	0.784	7.826	0.058	2.115	36.705
600	2.510	0.84	13.000	0.015	0.002	0.783	8.609	0.063	2.126	33.634
660	2.522	0.84	14.000	0.015	0.002	0.782	9.391	0.069	2.138	31.078
720	2.531	0.84	15.000	0.015	0.002	0.781	10.172	0.074	2.149	28.918
780	2.537	0.85	16.000	0.015	0.002	0.780	10.952	0.080	2.160	27.067
840	2.540	0.85	17.000	0.015	0.002	0.779	11.730	0.085	2.170	25.465
900	2.541	0.85	18.000	0.015	0.002	0.778	12.508	0.091	2.181	24.063
960	2.541	0.85	19.000	0.015	0.002	0.776	13.284	0.096	2.192	22.827
1020	2.538	0.85	20.000	0.015	0.002	0.775	14.060	0.101	2.203	21.729

- A2+Esattori+tang. Sud – 33_36 (A2)

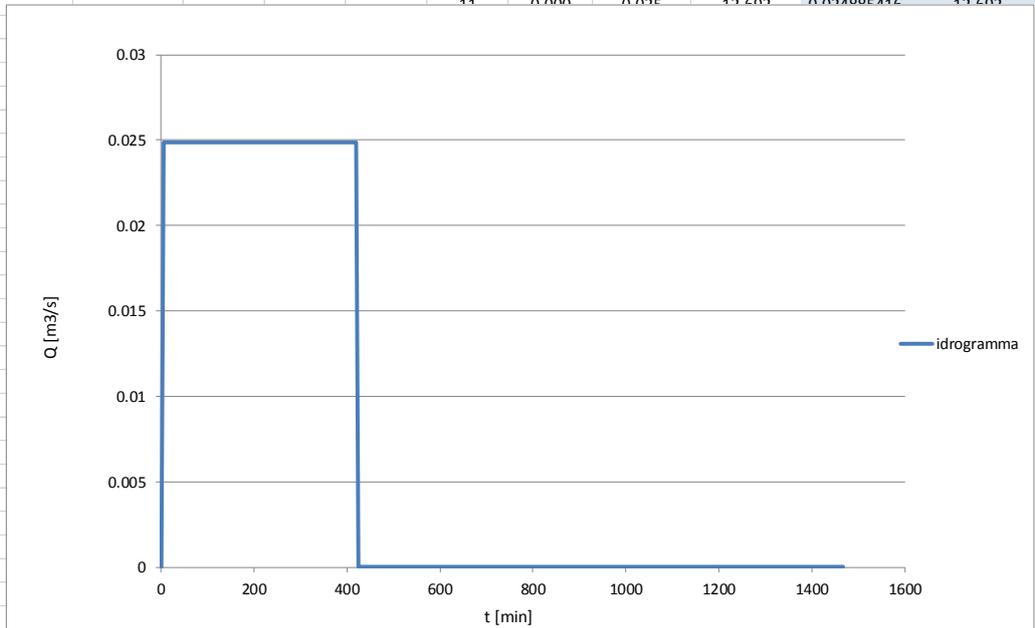


Base minore	b_0 [m]	0.75			Durata di pioggia		T_p [min]	300		
Altezza	H_0 [m]	0.5			Quot max	0.000435			m ³ /s	
Base maggiore	b [m]	2.25			Quot med	0.000			m ³ /s	
Lunghezza	L [m]	18.00			Wmax	8.097			m ³	
Permeabilità	k [m/s]	0.00001			Franco	0.107			m	
	a	1.3320			Altezza massima h	0.393			m	
	m	0.38			h/H0	0.79				
			t	Q_{in}	Q_{out}	ΔW	W	h	b	b/h
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T_p [min]	Altezza massima h [m]	h/H_0	1.000	0.000	0.000	0.009	0.009	0.001	0.751	1086.572
30	0.291	0.58	2.000	0.000	0.000	0.010	0.020	0.001	0.753	514.992
45	0.337	0.67	3.000	0.000	0.000	0.020	0.039	0.003	0.756	259.646
90	0.390	0.78	4.000	0.001	0.000	0.029	0.068	0.005	0.760	151.198
120	0.400	0.80	5.000	0.001	0.000	0.038	0.106	0.008	0.766	98.201
180	0.406	0.81	6.000	0.001	0.000	0.038	0.144	0.011	0.771	73.224
240	0.402	0.80	7.000	0.001	0.000	0.038	0.182	0.013	0.776	58.684
300	0.393	0.79	8.000	0.001	0.000	0.037	0.219	0.016	0.782	49.167

- A1+A2+A3 Sud autostrada – 23_36(A1)+16_6(A3)

Metodo della corrivazione						
Seffica[m²]		5838				
Tp [min]		420.000				
i [mm/h]		15.346				
Qmax [m³/s]		0.025				
Tc [min]		5.000				
Wmax [m³]		625.619				
t (min)	Q (Tp<Tc)	Q (Tp>Tc)	W	Q(t) m3/s	Wcumulato[m3]	
0	0.000	0.000	0.000	0	0.000	
1	0.005	0.005	0.149	0.004977083	0.149	
2	0.010	0.010	0.597	0.009954167	0.597	
3	0.015	0.015	1.344	0.01493125	1.344	
4	0.020	0.020	2.389	0.019908333	2.389	
5	0.015	0.025	3.733	0.024885416	3.733	
6	0.010	0.025	5.226	0.024885416	5.226	
7	0.005	0.025	6.719	0.024885416	6.719	
8	0.000	0.025	8.212	0.024885416	8.212	
9	0.000	0.025	9.705	0.024885416	9.705	
10	0.000	0.025	11.198	0.024885416	11.198	
11	0.000	0.025	12.691	0.024885416	12.691	

t < 1 ora		t > 1 ora	
a	n	a'	n'
60.739	0.5	60.739	0.293

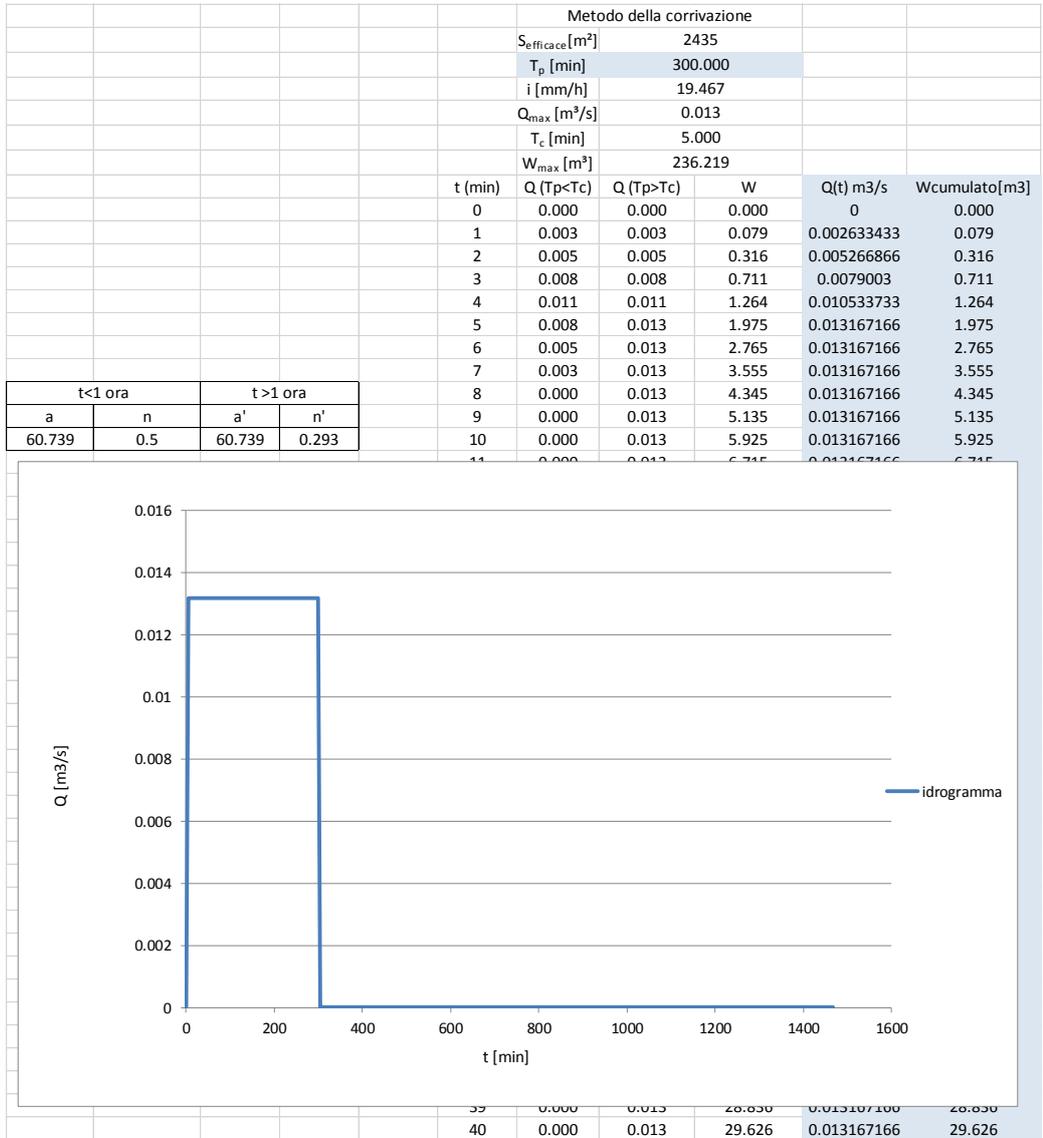


Base minore	b0 [m]	0.5
Altezza	h0 [m]	1.5
Base maggiore	b [m]	5
Lunghezza	L [m]	217.00
Permeabilità	k [m/s]	0.00001
	a	1.3320
	m	0.38

Durata di pioggia	Tp [min]	420
Quot max		0.011004 m³/s
Quot med		0.005 m³/s
Wmax		431.953 m³
Franco		0.317 m
Altezza massima h		1.183 m
h/H0		0.79
		ok

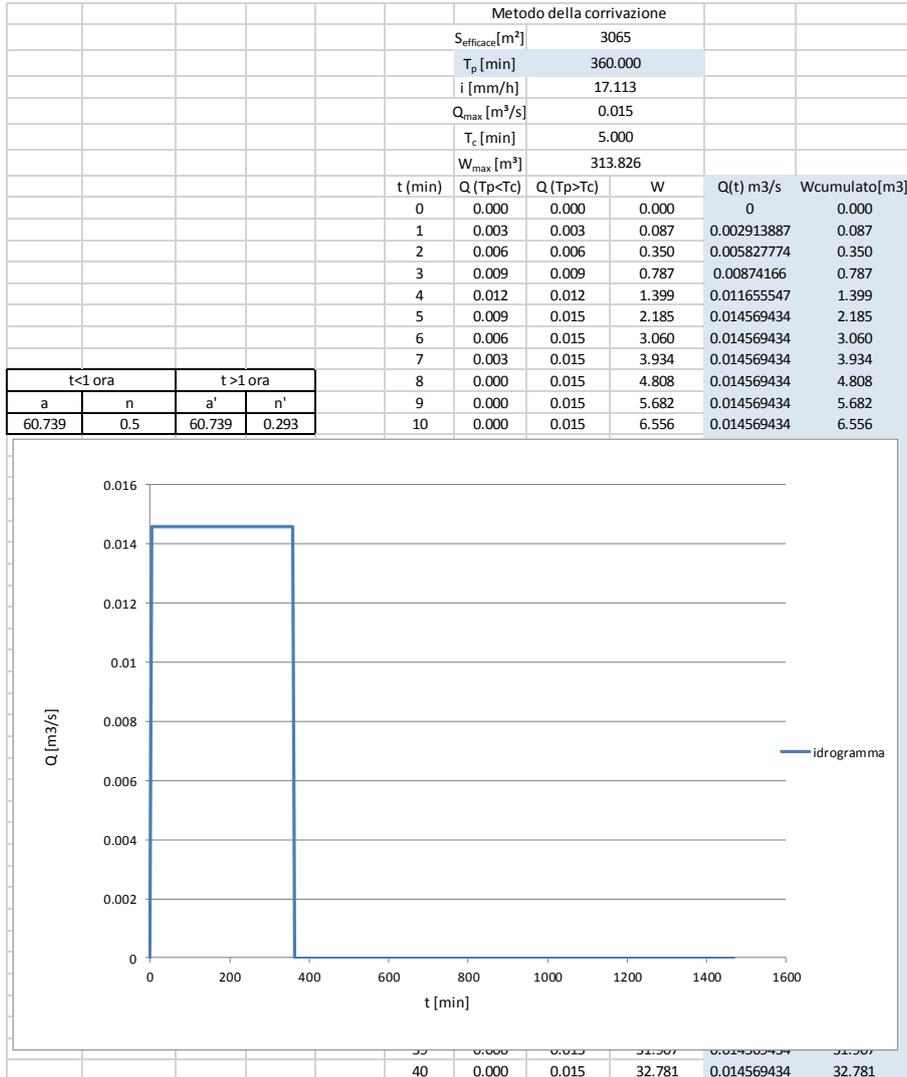
tp [min]	Altezza massima h [m]	h/H0	t	Qin	Qout	ΔW	W	h	b	b/h
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000	0.005	0.000	1.000	0.005	0.000	0.299	0.299	0.003	0.505	184.661
30	0.824	0.55	2.000	0.010	0.001	0.528	0.827	0.008	0.515	68.614
45	0.931	0.62	3.000	0.015	0.001	0.822	1.649	0.015	0.530	35.871
90	1.071	0.71	4.000	0.020	0.001	1.116	2.765	0.024	0.549	22.577
120	1.110	0.74	5.000	0.025	0.001	1.408	4.172	0.036	0.572	15.935
180	1.157	0.77	6.000	0.025	0.002	1.401	5.573	0.047	0.594	12.648
240	1.182	0.79	7.000	0.025	0.002	1.394	6.968	0.058	0.615	10.683
300	1.194	0.80	8.000	0.025	0.002	1.388	8.356	0.068	0.636	9.373
360	1.199	0.80	9.000	0.025	0.002	1.383	9.739	0.078	0.655	8.436
420	1.198	0.80	10.000	0.025	0.002	1.377	11.117	0.087	0.674	7.732

- A5+A3 – 1_7(A5)+1_7(A3)



Base minore	b0 [m]	0.75						
Altezza	H0 [m]	0.75						
Base maggiore	b [m]	3						
Lunghezza	L [m]	207.00						
Permeabilità	k [m/s]	0.00001						
	a	1.332						
	m	0.38						
			Durata di pioggia	Tp [min]	300			
			Quot max	0.006341		m³/s		
			Quot med	0.002		m³/s		
			Wmax	153.248		m³		
			Franco	0.186		m		
			Altezza massima h	0.564		m		
			h/H0	0.75		ok		
	t	Qin	Qout	ΔW	W	h	b	b/h
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.000	0.003	0.000	0.158	0.158	0.001	0.752	739.917
	30	0.429	0.57	2.000	0.005	0.002	0.755	310.589
	45	0.494	0.66	3.000	0.008	0.002	0.755	157.164
	90	0.574	0.77	4.000	0.011	0.002	0.766	93.429
	120	0.594	0.79	5.000	0.013	0.002	0.775	61.948
	180	0.613	0.82	6.000	0.013	0.002	0.784	46.776
	240	0.618	0.82	7.000	0.013	0.002	0.792	37.842
	300	0.615	0.82	8.000	0.013	0.002	0.800	31.952

• A2 Sud autostrada – 1_14



Base minore	b ₀ [m]	1.5								
Altezza	h ₀ [m]	1			Durata di pioggia	Tp [min]	360			
Base maggiore	b [m]	4.5								
Lunghezza	L [m]	120.00			Quot max		0.005856	m ³ /s		
Permeabilità	k [m/s]	0.00001			Quot med		0.003	m ³ /s		
	a	1.332			Wmax		220.497	m ³		
	m	0.38			Franco		0.201	m		
					Altezza massima h		0.799	m		
					h/H0		0.80			
					t	Q _{in}	Q _{out}	ΔW	W	
					0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
									h	
									b	
									b/h	
					1.000	0.003	0.000	0.175	0.175	0.001
					2.000	0.006	0.002	0.240	0.415	0.002
					3.000	0.009	0.002	0.414	0.828	0.005
					4.000	0.012	0.002	0.587	1.415	0.008
					5.000	0.015	0.002	0.759	2.175	0.012
					6.000	0.015	0.002	0.757	2.932	0.016
					7.000	0.015	0.002	0.755	3.687	0.020
					8.000	0.015	0.002	0.753	4.440	0.024
					9.000	0.015	0.002	0.751	5.191	0.028
					10.000	0.015	0.002	0.750	5.941	0.032
										1.502
										1547.328
										653.847
										328.919
										193.793
										127.153
										95.083
										76.219
										63.793
										54.990
										48.425

