

# AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA – BARI - TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE – BOLOGNA SAN LAZZARO


## POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA INTERVENTI DI COMPLETAMENTO DELLA RETE VIARIA DI ADDUZIONE LUNGO SAVENA LOTTO 3

### PROGETTO DEFINITIVO

|  |
|--|
| <p><b>VIABILITÀ LUNGO SAVENA</b></p> <p><b>IDROLOGIA E IDRAULICA</b></p> <p><b>SISTEMA DI DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA</b></p> |
| <p><b>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA</b></p>   |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>IL PROGETTISTA SPECIALISTICO</b></p> <p>Ing. Paolo De Paoli<br/>Ord. Ingg. Pavia n. 1739<br/>Responsabile Idraulica</p> | <p><b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE<br/>PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b></p> <p>Ing. Fabio Serrau<br/>Ord. Ingg. Bologna n. 6007/A</p> | <p><b>IL DIRETTORE TECNICO</b></p> <p>Ing. Gianluca Salvatore Spinazzole<br/>Ord. Ingg. Milano n. A26796<br/>T. A. Strade</p> |
|---|---|---|

| CODICE IDENTIFICATIVO |                               |      |                        |           |       |               |                       |            |             |      | Ordinatore<br>-- |
|-----------------------|-------------------------------|------|------------------------|-----------|-------|---------------|-----------------------|------------|-------------|------|------------------|
| RIFERIMENTO PROGETTO  |                               |      | RIFERIMENTO DIRETTORIO |           |       |               | RIFERIMENTO ELABORATO |            |             |      |                  |
| Codice Commessa       | Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto | Fase | Capitolo               | Paragrafo | WBS   | PARTE D'OPERA | Tipo                  | Disciplina | Progressivo | Rev. |                  |
| 111454                | 0000                          | PD   | IN                     | IDR       | DP000 | 00000         | R                     | IDR        | 0030        | 0    | SCALA<br>-       |

|   |  |             |                         |  |           |            |  |
|---|--|-------------|-------------------------|--|-----------|------------|--|
|  | PROJECT MANAGER:                                 |             | SUPPORTO SPECIALISTICO: |  | REVISIONE |            |  |
|   | Ing. Fabio Serrau<br>Ord. Ingg. Bologna n. 6007/ |             |                         |  | n.        | data       |  |
|   |  |             |                         |  | 0         | MARZO 2022 |  |
|   |  |             |                         |  | 1         |            |  |
| REDATTO:  |  | VERIFICATO: |                         |  |           |            |  |
|   |  |             |                         |  |           |            |  |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>VISTO DEL COMMITTENTE</b></p>  <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL<br/>PROCEDIMENTO<br/>Ing. Fabio Visintin</p> | <p><b>VISTO DEL CONCEDENTE</b></p>  <p><b>Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili</b><br/>DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE, LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO A RETE<br/>E I SISTEMI INFORMATIVI</p> |
|---|--|

## Sommario

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | PREMESSA.....   | 3  |
| 2     | INQUADRAMENTO NORMATIVO .....   | 4  |
| 2.1   | NORMATIVA NAZIONALE .....   | 4  |
| 2.2   | NORMATIVA REGIONALE .....   | 6  |
| 2.3   | NORMATIVA LOCALE: AUTORITA DI BACINO .....                              | 8  |
| 2.4   | CRITERI DI PROGETTAZIONE .....  | 8  |
| 3     | INQUADRAMENTO DEL PROGETTO .....  | 9  |
| 4     | INQUADRAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA ..... | 11 |
| 4.1   | REQUISITI PRESTAZIONALI .....   | 11 |
| 4.2   | SCHEMA DI DRENAGGIO.....  | 11 |
| 4.3   | DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO .....                              | 12 |
| 5     | ANALISI IDROLOGICA .....  | 17 |
| 6     | DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO .....                          | 21 |
| 6.1   | CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO .....                                 | 21 |
| 6.2   | DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI RACCOLTA .....                        | 22 |
| 6.2.1 | <i>Canaletta grigliata continua in PEAD</i> .....                       | 22 |
| 6.2.2 | <i>Caditoie grigliate 50*50</i> .....                                   | 23 |
| 6.2.3 | <i>Elementi di raccolta sul viadotto</i> .....                          | 25 |
| 6.3   | DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO .....                  | 25 |
| 6.4   | DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE .....                          | 28 |

## Indice delle Tabelle e delle Figure

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 3-1: COROGRAFIA DELL'INTERVENTO - IN GIALLO L'ASSE LUNGOSAVENA ED IN ROSSO IL III LOTTO IN PROGETTO .....        | 9  |
| FIGURA 2: PLANIMETRIA GENERALE DELLA NUOVA VIABILITÀ LUNGO SAVENA III LOTTO .....                                       | 10 |
| FIGURA 4-1: DETTAGLIO SCARICO DA CANALETTA GRIGLIATA CONTINUA A CONDOTTA DI SCARICO IN PEAD .....                       | 13 |
| FIGURA 4-2: DETTAGLIO SCARICO ACQUE DI PIATTAFORMA IN CANALE DI LAMINAZIONE MEDIANTE COLLETTORE DI SCARICO .....        | 13 |
| FIGURA 4-3: DETTAGLIO RACCOLTA ACQUE METEORICHE VIADOTTO – LATO SPARTITRAFFICO .....                                    | 14 |
| FIGURA 4-4: DETTAGLIO RACCOLTA ACQUE METEORICHE VIADOTTO – LATO MARCIAPIEDE.....  | 14 |
| FIGURA 4-5: DETTAGLIO SEZIONE CANALE RIVESTITO, IMPIEGATO PER LA LAMINAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE .....               | 15 |
| FIGURA 4-6: DETTAGLIO MANUFATTO DI CONTROLLO E DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE .....                              | 16 |
| FIGURA 5-1: ZONE OMOGENEE CON RIFERIMENTO REGIME DI FREQUENZA DELLE PIOGGE INTENSE .....                                | 18 |
| FIGURA 5-2: ISOLINEE DELLE ALTEZZE MEDIE DI PIOGGIA MASSIME ANNUALI DELLA DURATA DI 1 GIORNO (A) E 1 ORA (B) .....      | 19 |
| FIGURA 6.1 – PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER CANALETTA GRIGLIATA IN PEAD IN FUNZIONE DELLA PENDENZA LONGITUDINALE ..... | 23 |
| FIGURA 6-2: SCHEMA CADITOIA A GRIGLIA .....   | 24 |
| FIGURA 6-3. PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD E PP DI DIAMETRO 315 E 400 MM.....             | 27 |
| FIGURA 6-4. PORTATA MASSIMA TRANSITANTE PER COLLETTORI CIRCOLARI IN PEAD E PP DI DIAMETRO 500 E 630 MM.....             | 27 |

## Appendici

|                    |   |
|--------------------|---|
| APPENDICE A: ..... | 1 |
| APPENDICE B: ..... | 1 |
| APPENDICE C: ..... | 1 |
| APPENDICE D: ..... | 1 |

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce parte integrante del progetto definitivo della “Nuova viabilità Lungo Savena Lotto 3”.

Scopo della presente relazione è quello di trattare gli aspetti idrologici ed idraulici inerenti al sistema di drenaggio delle acque di piattaforma della rete stradale in progetto.

Più specificamente, questa relazione si articola nei seguenti corpi tematici:

- Inquadramento normativo;
- Inquadramento del progetto;
- Inquadramento del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma;
- Analisi idrologica;
- Dimensionamento del sistema di drenaggio.

## 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, regionale e provinciale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico-idraulico e ambientale, in modo da verificare la compatibilità della nuova viabilità con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

### 2.1 NORMATIVA NAZIONALE

Di seguito vengono riportate le principali leggi nazionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

- RD 25/07/1904 n° 523 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”.
- Regio Decreto Legislativo 30/12/1923, n° 3267 “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”. La legge introduce il vincolo idrogeologico.
- DPR 15/01/1972 n° 8 “Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici”.
- L. 64/74 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- 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.
- DPR 24/7/1977 n° 616 “Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni”.
- 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).
- L. 142/90 “Ordinamento delle autonomie locali”.
- 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”.
- DPR 14/4/94 “Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.
- DPR 18/7/95 “Approvazione dell’atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino”.
- DPCM 4/3/96 “Disposizioni in materia di risorse idriche” (direttive di attuazione della Legge Galli).
- Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112 “Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59”
- DPCM 29/9/98 “Atto di indirizzo e coordinamento per l’individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all’art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180”. Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

- L. 267/98 (Legge Sarno) “Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania”. La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio (art. 1).
- DL 152/99 “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”.
- DL 258/00 “Disposizioni correttive e integrative del DL 152/99”.
- L. 365/00 (Legge Soverato) “Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000”. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile (art. 1); individua la procedura per l’adozione dei progetti di Piano Stralcio (art. 1-bis); prevede un’attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2).
- 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 14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni". Il decreto si compone di due articoli e precisamente dell’articolo 1 con cui viene approvato il testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni ad eccezione delle tabelle 4.4.III e 4.4.IV e del Capitolo 11.7. Le nuove norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005.

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.”

Successivamente con il DM 06/05/2008 "Integrazioni al decreto 14 gennaio 2008" sono stati approvati il capitolo 11.7 e le tabelle 4.4.III e 4.4.IV del testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni allegato al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

- 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)

Si riportano inoltre gli estremi di alcune leggi riguardanti la progettazione e la verifica dei ponti stradali:

- L. 532/1904. "Testo unico sulle opere idrauliche. Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali".
- D. Min. LL.PP 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

"Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione e all'esercizio del ponte.

L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema e al grado di elaborazione del progetto.

Una cura particolare è da dedicare, in ogni caso, al problema delle escavazioni dell'alveo ed alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle.

La trattazione dei citati problemi dovrà avvenire nel rispetto del testo unico 25 luglio 1904, n. 523 e successivi aggiornamenti." (Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali – par. 2.4)

- Circ. LL.PP. n° 34233 del 25/02/1991. "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali"

.... gli elementi del ponte, quali le opere di sostegno, di difesa ed accessorie, quando interessino l'alveo di un corso d'acqua, specie se di qualche importanza, dovranno far parte di un progetto unitario.

Nel caso in cui l'opera di attraversamento sia costituita, oltre che dal ponte vero e proprio, anche da uno o due rilevati collocati in alveo, dovranno essere valutate quali modifiche possono prodursi a monte dell'opera in conseguenza della riduzione della luce libera rispetto a quella primitiva.....

La quota idrometrica e il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto anche in considerazione della tipologia dell'opera e delle situazioni ambientali ...

## 2.2 NORMATIVA REGIONALE

I principali riferimenti normativi di scala regionale che sono stati considerati per la progettazione sono:

- Delibera della giunta regionale 14 febbraio 2005 n. 286. “Attuazione al D.lgs 152/1999”

Ha per oggetto la tutela delle acque, tra cui, art.1, comma 1 c), le acque meteoriche e di lavaggio delle aree esterne di cui all'art. 39 del decreto legislativo citato.

L'art.2 comma III definisce:

“Altre condotte separate”: sistema di raccolta ed allontanamento dalle superfici impermeabili delle acque meteoriche di dilavamento costituito da canalizzazioni a tenuta o condotte dedicate non collegate alla rete fognaria delle acque reflue urbane e disgiunte fisicamente e funzionalmente dagli insediamenti e dalle installazioni dove si svolgono attività commerciali o di produzione di beni. Rientrano in questo ambito, ad esempio, i sistemi a tale scopo adibiti delle reti stradali ed autostradali e delle relative opere connesse (ponti, gallerie, viadotti, svincoli, ecc.).

L'art.7.2 – La gestione delle acque di prima pioggia e delle acque meteoriche di dilavamento:

I – Per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento di cui al precedente punto 7.1 – lettera a) (opere soggette e VIA), le prescrizioni per il contenimento dell'inquinamento prodotte dalle acque di prima pioggia derivanti dalle “altre condotte separate” possono trovare applicazione nei casi in cui tali acque siano immesse direttamente o in prossimità di corpi idrici superficiali “significativi” e di “interesse” inseriti nel PTA.

II – Per i corpi idrici diversi da quelli richiamati al precedente punto I l'adozione di specifiche prescrizioni per la gestione delle acque di prima pioggia legate alle immissioni delle condotte di cui trattasi è determinata sulla base delle esigenze di tutela e protezione dei corpi idrici ricettori stabilite dagli strumenti di pianificazione provinciale (Piano territoriale di Coordinamento provinciale - PTCP), secondo i criteri di valutazione richiamati al precedente punto I.

III – Le prescrizioni da adottarsi ai sensi dei precedenti punti I e II avranno a riferimento, di norma, soluzioni progettuali di tipo strutturato che garantiscano la raccolta ed il convogliamento delle acque di prima pioggia in idonei bacini di raccolta e trattamento in grado di sedimentare le acque raccolte prima dell'immissione nel corpo ricettore. Trattamenti aggiuntivi (quali ad esempio la disoleatura) saranno prescritti in ragione della destinazione d'uso e di attività delle aree sottese dall'“altre condotte separate” che danno origine alle predette immissioni. Dette soluzioni possono essere finalizzate anche al trattamento dell'acqua di prima pioggia mediante la realizzazione di sistemi di tipo naturale, quali la “fito-depurazione” o le “fasce filtro/fasce tampone”.

IV – Riguardo al diffuso sistema di raccolta allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento dalle reti stradali ed autostradali e delle relative opere connesse, l'eventuale applicazione delle prescrizioni per la gestione delle acque di prima pioggia, di cui ai precedenti punti I e II, s'intende riferita esclusivamente alle canalizzazioni/condotte a tenuta responsabili delle immissioni diretta nei corpi recettori, con esclusione delle “cunette bordo strada” in terra adibite all'allontanamento delle acque meteoriche dalla sede stradale. Al riguardo, sono fatte salve le disposizioni regionali emanate ai sensi dell'art. 21 del decreto in materia di aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano.

- Delibera giunta regionale 18 dicembre 2006 n. 1860

Tale delibera concerne “Linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione alla deliberazione G.R. del 14 febbraio 2005 n° 286”. Contiene specifiche Linee guida attuative in merito, tra gli altri aspetti, agli orientamenti tecnici di riferimento “per la scelta e la progettazione dei sistemi di gestione delle acque di prima pioggia da altre condotte separate con particolare riferimento a quelle asservite alla rete viaria”.

- Piano di Tutela delle Acque (PTA)

Approvato dall'Assemblea Legislativa con Deliberazione n. 40 del 21 dicembre 2005, sul BUR - Parte Seconda n. 14 del 1 febbraio 2006 si dà avviso della sua approvazione, mentre sul BUR n. 20 del 13 febbraio 2006 si pubblicano la Delibera di approvazione e le norme.



## 2.3 NORMATIVA LOCALE: AUTORITÀ DI BACINO

- Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Reno con delibera n 1/1 del 06.12.2002, approvato, per il territorio di competenza, dalla Giunta Regionale Emilia-Romagna con deliberazione n. 567 del 07.04.2003, pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia- Romagna n.70 (PII) del 14.05.2003.
- Linee guida per la progettazione dei sistemi di raccolta delle acque piovane per il controllo degli apporti nelle reti idrografiche di pianura, allegato a) alla deliberazione n. 1/3 del 1 agosto 2013.

## 2.4 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Si definiscono i seguenti criteri progettuali.

### Autorità di Bacino del fiume Reno

- Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Reno con delibera n 1/1 del 06.12.2002, approvato, per il territorio di competenza, dalla Giunta Regionale Emilia-Romagna con deliberazione n. 567 del 07.04.2003, pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia- Romagna n.70 (PII) del 14.05.2003.

Così cita:

*“Al fine di non incrementare gli apporti d’acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, per le aree ricadenti nel territorio di pianura e pedecollina indicate nelle tavole del “Titolo II Assetto della Rete Idrografica” i Comuni prevedono nelle zone di espansione, per le aree non già interessate da trasformazioni edilizie, la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto [...]. Le caratteristiche funzionali dei sistemi di raccolta sono stabilite dall’Autorità idraulica competente con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione [...]. L’Autorità idraulica competente è l’ente o gli enti a cui sono assegnate dalla legislazione vigente le funzioni amministrative relative alla realizzazione di opere, rilascio concessioni, manutenzione e sorveglianza del corso d’acqua considerato.”*

- Linee guida per la progettazione dei sistemi di raccolta delle acque piovane per il controllo degli apporti nelle reti idrografiche di pianura, allegato a) alla deliberazione n. 1/3 del 1 agosto 2013.

*Le Linee guida indicano come portata limite di scarico nei corpi ricettori una portata compresa tra 10l/s e 15l/s per ettaro di superficie impermeabile.*

### Consorzio di Bonifica Renana

*Il Consorzio di Bonifica di Renana (Ente gestore dello Scolo Zenetta di Quarto), in occasione degli incontri preliminari ha autorizzato lo scarico nello scatolare dello Scolo Zenetta di Quarto di 15 l/s\*ha per superficie impermeabilizzata.*

**In linea a quanto indicato dall’Autorità di Bacino del Reno e a quanto autorizzato dal Consorzio di Bonifica Renana, si lamina l’ampliamento di pavimentato di progetto in termini di 500 m<sup>3</sup> di invaso per ogni ettaro di nuova pavimentazione con una portata massima allo scarico di 15 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata.**

### 3 INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

L'asse Lungosavena è una strada di scorrimento appartenente alla “grande rete” viabilistica definita dal Piano Regionale dei Trasporti (PRIT) 1998 – 2010, che, in prosecuzione verso Nord dell'asse costituito dalla Strada di Fondovalle Savena (FVS) Loiano – Rastignano, dalla Variante alla SP 65 per l'attraversamento dell'abitato di Rastignano, dalla Strada IN870, e dai viali Vighi e Cavina, collega l'uscita 12 della Tangenziale di Bologna (quartiere Mazzini) con la Trasversale di Pianura in comune di Granarolo, permettendo il collegamento diretto con la tangenziale di vari poli generatori e attrattori di traffico, quali il centro commerciale Centronova, la Poligrafici Editoriale (Resto del Carlino), la zona industriale di via dell'Industria, l'insediamento polifunzionale CAAB, e gli abitati di Castenaso (Frazione Villanova ) e di Granarolo.

In particolare, il III lotto rappresenta il collegamento fra la Rotatoria Giovanni Sabadino degli Arienti, dove si conclude il I lotto già realizzato, e Via dell'Industria dove inizia il II lotto, anch'esso già realizzato, per una lunghezza complessiva di circa 2 km (v. figure seguenti).

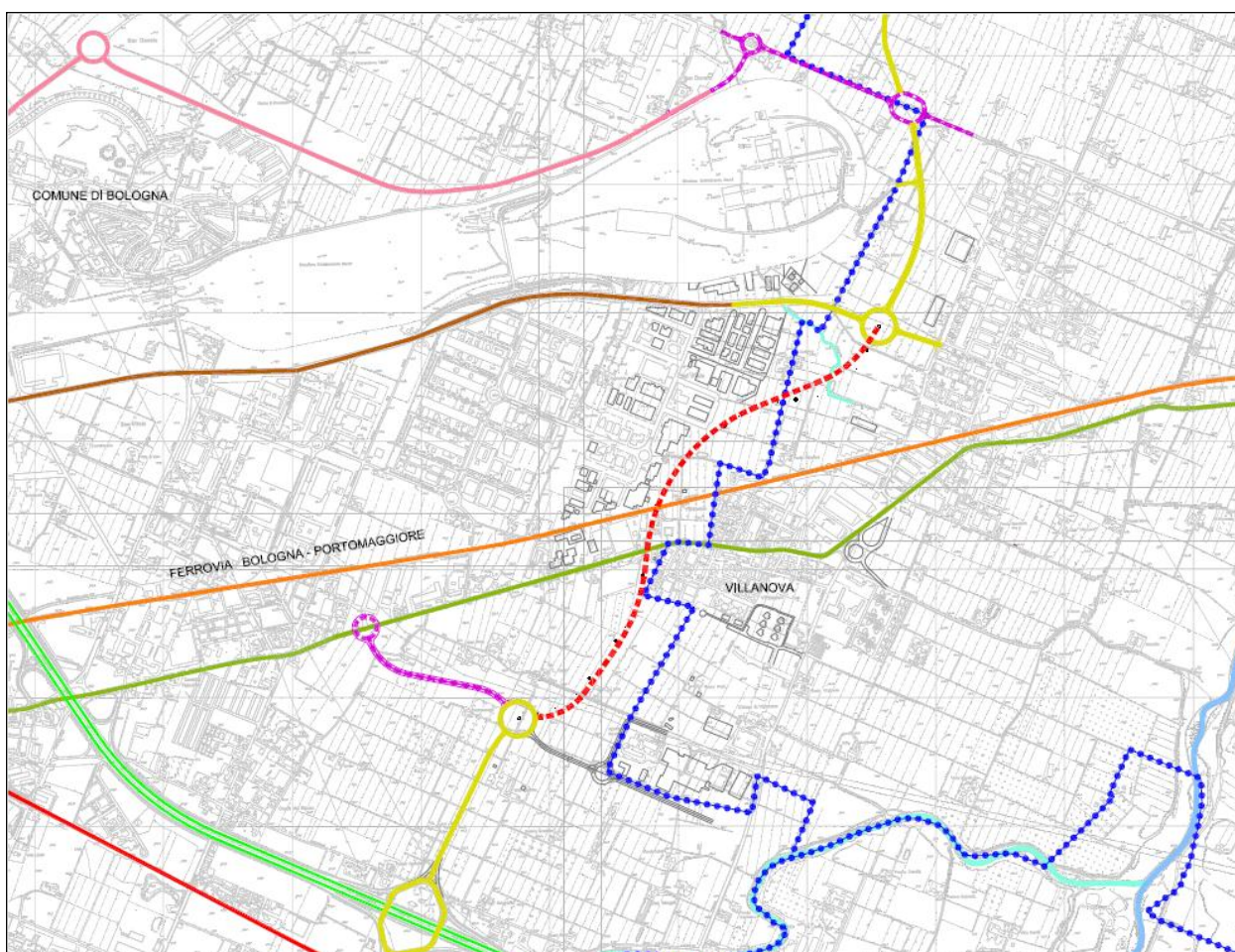


Figura 3-1: Corografia dell'intervento - in giallo l'asse Lungosavena ed in rosso il III lotto in progetto

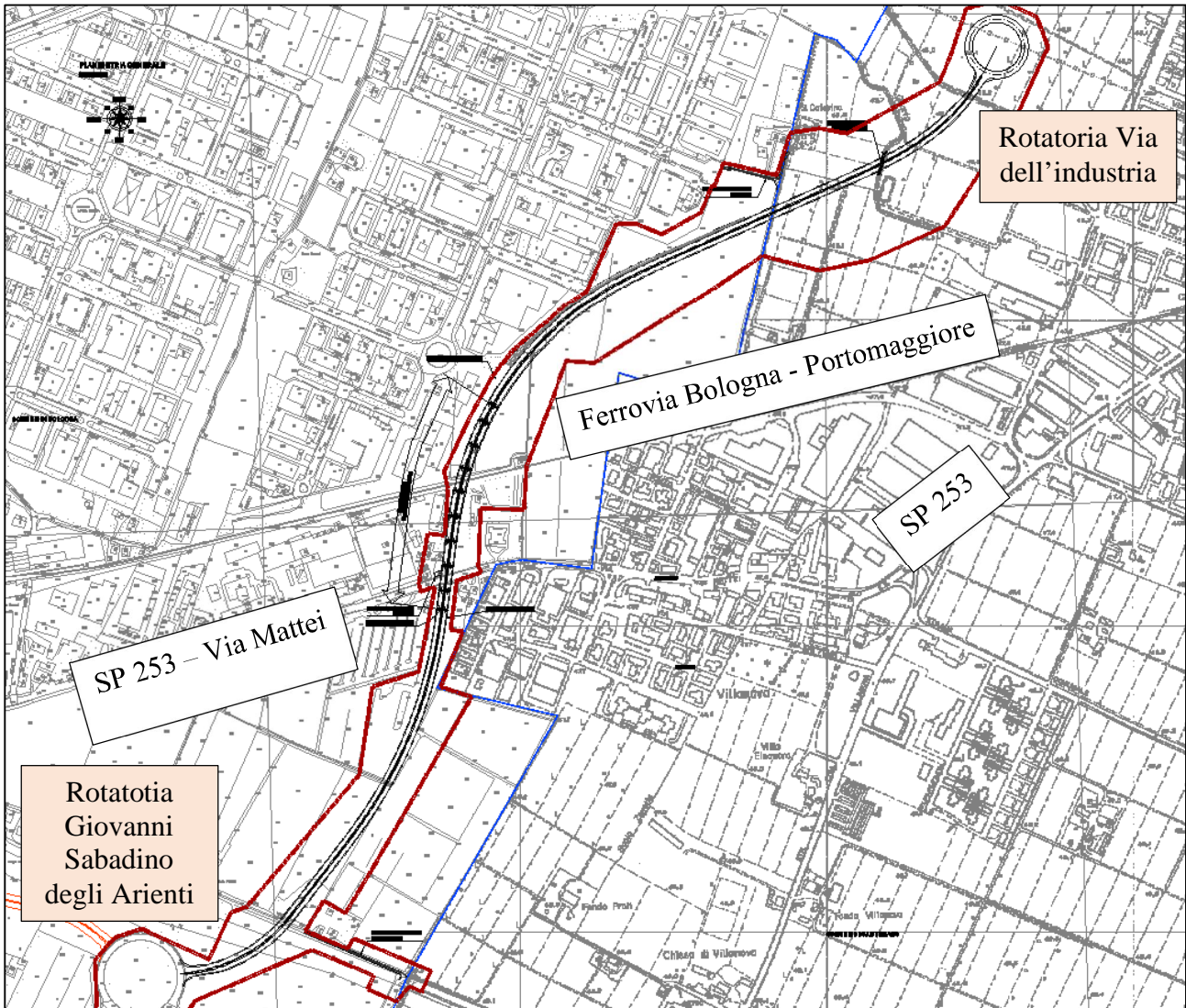


Figura 2: Planimetria generale della nuova viabilità Lungo Savena III lotto

## 4 INQUADRAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

### 4.1 REQUISITI PRESTAZIONALI

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante e soddisfano i seguenti requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque evitando la formazione di ristagni sulla pavimentazione stradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare, ove necessario, tutte le acque raccolte dalla piattaforma ai punti di recapito presidiati;
- laminare le acque di piattaforma relative alle nuove superfici pavimentate in ottemperanza alle *Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico* che impongono il recupero di 500m<sup>3</sup>/(ha) di nuova superficie impermeabilizzata; il limite allo scarico è posto pari a 15l/s per ettaro;
- garantire il controllo qualitativo delle acque prima della loro immissione nel ricettore finale.

### 4.2 SCHEMA DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio è suddiviso in tre parti fondamentali:

- **Elementi di raccolta:** costituiscono il sistema primario, possono essere elementi continui marginali alla carreggiata o discontinui, ad interassi dimensionati in modo da limitare i tiranti idrici in piattaforma garantendo la sicurezza degli utenti. Rientrano negli elementi di raccolta le canalette grigliate e le caditoie grigliate.
- **Elementi di convogliamento:** rappresentano un sistema secondario, a valle degli elementi di raccolta. Gli elementi del sistema primario scaricano nel sistema secondario; si garantisce così la funzionalità del sistema primario e si evitano rigurgiti in piattaforma ottimizzando la sicurezza dell'infrastruttura. Gli elementi di convogliamento sono costituiti da collettori e da canalizzazioni a cielo aperto (fossi rivestiti e non). Tali elementi provvedono al trasferimento delle acque verso i recapiti e, nel caso dei fossi, alla laminazione delle portate.
- **Elementi di recapito:** sono individuati nei corsi d'acqua naturali, nei canali irrigui, nei fossi di scolo e nelle reti fognarie della viabilità esistente.

Prima dello smaltimento nei recapiti può essere necessario convogliare l'acqua in un punto di controllo, ossia in un presidio idraulico (manufatto di controllo) che prevede il rilascio di una portata minima attraverso un dispositivo di regolazione, favorendo la sedimentazione e la disoleazione mediante un processo meccanico di separazione tramite un setto verticale.

Gli elementi utilizzati per il sistema di drenaggio possono essere suddivisi in base alla loro funzione: in particolare si hanno le tipologie di elementi presentati in Tabella 4-1.

Tabella 4-1. Tipologie di elementi di raccolta e convogliamento

| Funzione       | Componente                   | Tipologia   | T <sub>R</sub> progetto |
|----------------|------------------------------|---|-------------------------|
| Raccolta       | elementi idraulici marginali | embrici<br>caditoie<br>canalette grigliate<br>cunette triangolari | 25 anni                 |
| Convogliamento | canalizzazioni               | fossi di guardia<br>collettori                                    | 25 anni                 |

Il tipo di elemento di raccolta da prevedere sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione che viene considerata. La sezione corrente dell'infrastruttura si divide, per caratteri costruttivi, in:

- sezione in rilevato;
- sezione in trincea;
- sezione in viadotto;

Gli elementi primari e secondari di raccolta e convogliamento sono ottimizzati sulla base dello studio delle sezioni stradali, delle planimetrie e dei profili di progetto.

### 4.3 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma si articola in due parti:

- Tratto Sud, da pk 0 a pk 0+000 a pk 0+947.39
- Tratto Nord, da pk 0+947.39 a pk 2+111.65

Nel tratto Sud, le acque di piattaforma della strada e della pista ciclabile vengono intercettate mediante un sistema di raccolta acque costituito da canalette grigliate e caditoie e convogliate, mediante una rete di collettori, nei fossi di laminazione che corrono al piede della strada. I fossi di laminazione del tratto Sud sono complessivamente 3 e sono costituiti da canali rivestiti di larghezza pari a 3m o 4m (Tipologia CR-1 e CR-2). Lungo i fossi di laminazione e nel loro punto terminale sono previsti dei manufatti di controllo che svolgono la doppia funzione di regolazione delle portate in uscita e trattamento di sedimentazione e disoleazione delle acque di piattaforma.

Le acque in uscita dai fossi di laminazione del tratto Sud vengono scaricate all'altezza della Rotatoria Giovanni Sabadino degli Arienti, nella fognatura esistente che corre sotto a via Marescotti, che costituisce il recapito finale della rete di drenaggio del tratto Sud.

Anche nel caso del tratto Nord, le acque di piattaforma della strada vengono intercettate mediante un sistema di raccolta acque costituito da canalette grigliate e caditoie e convogliate, mediante una rete di collettori nei fossi di laminazione che corrono al piede della strada. I fossi di laminazione del tratto Nord sono complessivamente 4, di cui 3 costituiti da canali rivestiti di larghezza pari a 4m (Tipologia CR-1) ed 1 costituito da un fosso rivestito di larghezza totale 4m (Tipologia FR-4). Anche nel tratto Nord lungo i fossi di laminazione e nel loro punto terminale sono previsti i manufatti di controllo.

Le acque in uscita dai fossi di laminazione del tratto Nord vengono scaricate nel sistema dello Scolo Zenetta di Quarto, che costituisce il recapito finale della rete di drenaggio del tratto Nord ed è in gestione al Consorzio della Bonifica Renana. Nello specifico, lo scarico avviene in corrispondenza

del tombino  $\varnothing 1000$  dello Zenetta superficiale e in corrispondenza dello scatolare esistente dello Scolo Zenetta.

Nei tratti in cui la pendenza trasversale della carreggiata stradale è verso l'interno, ovvero l'acqua ruscella verso lo spartitraffico, e nel tratto in cui sono previste le terre armate, sono state predisposte delle canalette continue grigliate in PEAD che raccolgono le acque di piattaforma e le scaricano nella condotta in PEAD che corre interrata sotto la canaletta.

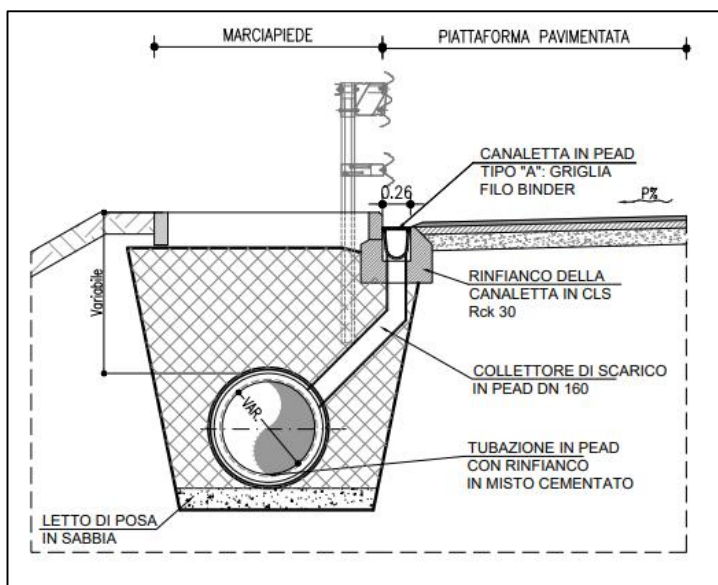


Figura 4-1: Dettaglio scarico da canaletta grigliata continua a condotta di scarico in PEAD

Nei tratti in cui la pendenza trasversale della carreggiata stradale è verso l'esterno, ovvero l'acqua ruscella verso il marciapiede, le acque di piattaforma vengono raccolte da singole caditoie grigliate 50\*50, scaricate in pozzetti in CAV e convogliate mediante condotta di scarico nei fossi di laminazione posti al piede della strada. Dove l'altezza del rilevato lo richiede, le condotte non scaricano direttamente nel fosso al piede, bensì scaricano in canalette ad embrici disposte lungo la scarpata del rilevato.

**SCARICO PUNTUALE DALLA CARREGGIATA**

SCALA 1:50

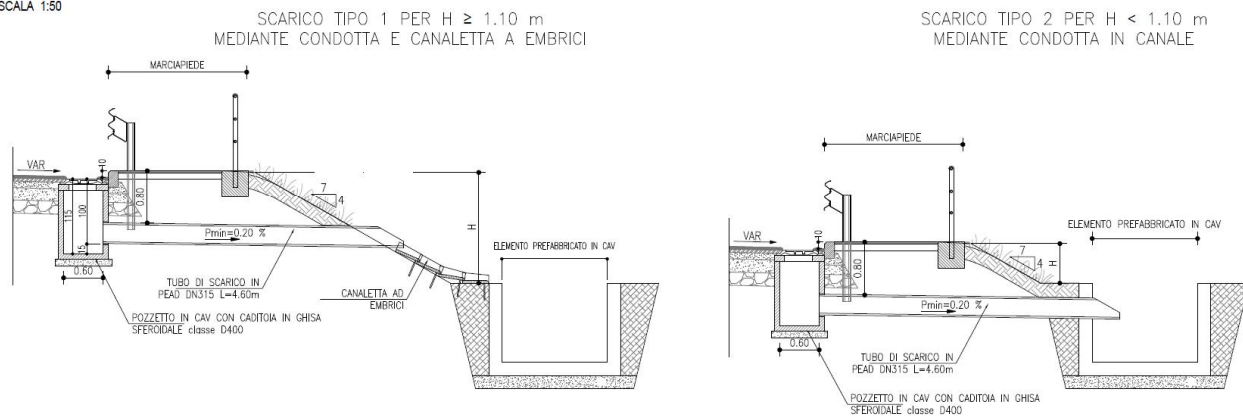


Figura 4-2: Dettaglio scarico acque di piattaforma in canale di laminazione mediante collettore di scarico

Lungo il viadotto la raccolta delle acque di piattaforma è svolta da griglie carrabili (lato spartitraffico), o da elementi di raccolta acque grigliati (lato marciapiede). Le acque raccolte vengono scaricate in un collettore in PRFV ancorato al controvento superiore della struttura metallica dell'impalcato.

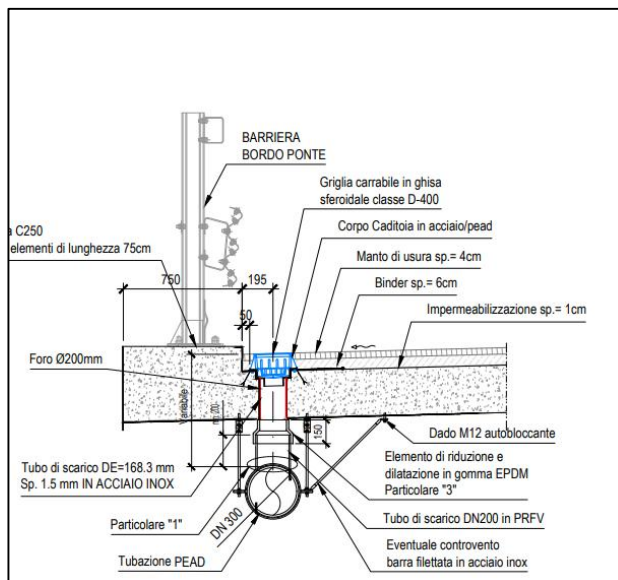


Figura 4-3: Dettaglio raccolta acque meteoriche viadotto – lato spartitraffico

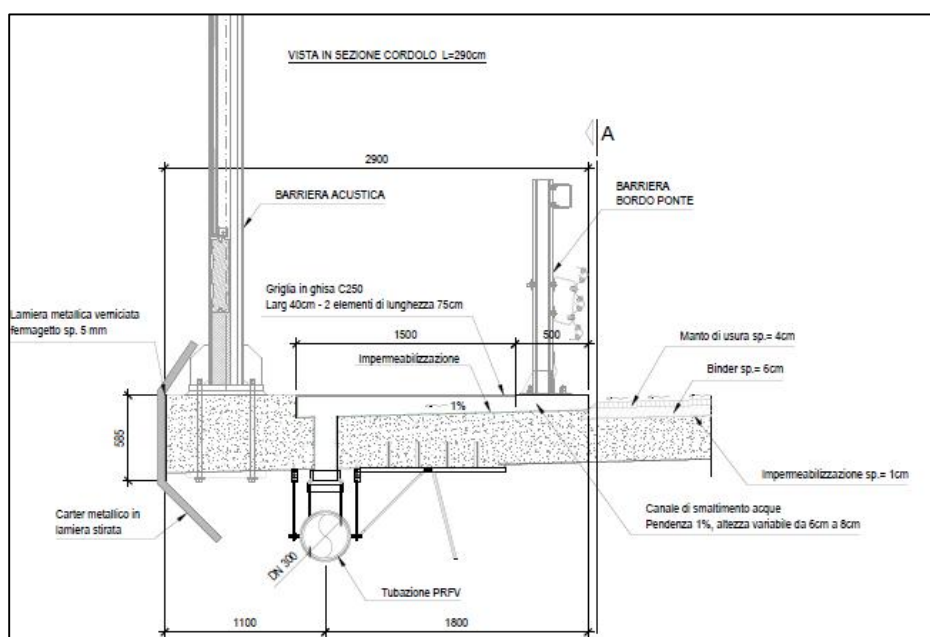


Figura 4-4: Dettaglio raccolta acque meteoriche viadotto – lato marciapiede

Come sopra accennato, al fine di ridurre e controllare le portate di smaltimento acque della piattaforma stradale, prima che vengano immesse nei recapiti finali (fognatura di Via Marescotti e sistema dello Scolo Zenetta di Quarto) si è reso necessario garantire la laminazione delle portate, predisponendo dei canali e dei fossi di guardia, previsti ai piedi del rilevato stradale e appositamente dimensionati. I medesimi concetti sono stati attuati anche per le viabilità di ricucitura VL001 e VL004, che rappresentano le uniche viabilità secondarie impermeabili.

Diversamente da quanto previsto in fase di progettazione definitiva, in fase di progettazione esecutiva i fossi e i canali di laminazione si presentano di dimensioni maggiori e rivestiti. Questa

scelta progettuale nasce da nuove esigenze, determinate da modifiche al progetto in questa fase di progettazione.

Nello specifico, l'aggiunta della pista ciclabile ha comportato un aumento dell'area pavimentata con conseguente aumento dei volumi da laminare e quindi la necessità di prevedere dei canali di dimensioni superiori rispetto ai fossi trapezi previsti originariamente.

Inoltre, l'aggiunta del marciapiede lungo entrambi i lati della strada in progetto, non permette più l'impiego di canalette ad embirici, ma richiede di scaricare nei fossi mediante condotte di scarico. Al fine di scongiurare il rischio di rigurgiti lungo le condotte di scarico, si è reso necessario prevedere un approfondimento della quota di fondo dei fossi e al fine limitare la loro estensione superficiale si è optato per l'impiego di canali.

Infine, poiché lungo gran parte del tracciato i fossi si presentano pensili o il rilevato risulta basso, si è ritenuto necessario prevedere il rivestimento dei fossi e dei canali, al fine di evitare la saturazione del substrato stradale e scongiurare pertanto il verificarsi di cedimenti.

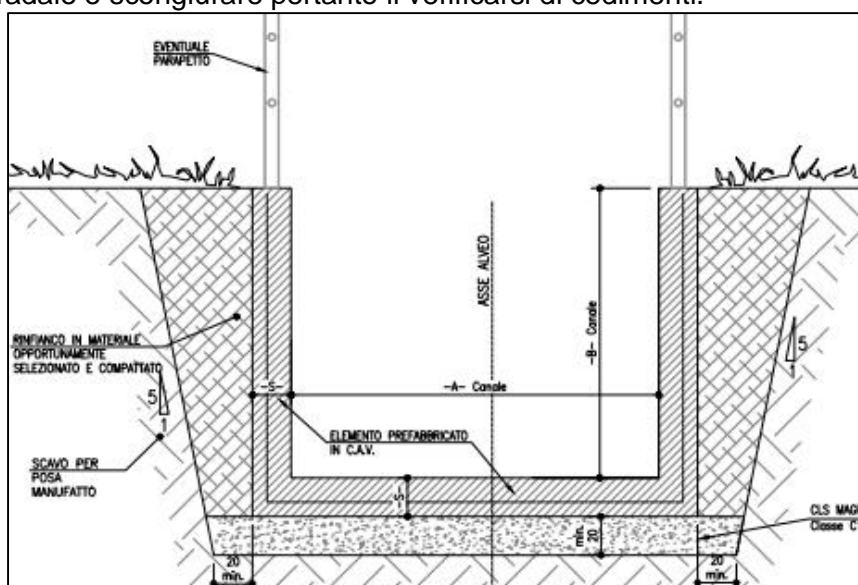


Figura 4-5: Dettaglio sezione canale rivestito, impiegato per la laminazione delle acque meteoriche

Il rilascio delle acque di piattaforma avviene in modo controllato mediante manufatti di controllo. Nello specifico, tali manufatti svolgono la duplice funzione di controllo delle portate in uscita e di trattamento delle acque in arrivo. Infatti, questi manufatti sono dotati di due setti, un setto che garantisce la sedimentazione delle acque ed un setto per la disoleazione delle acque.

Non è stato possibile regolare le portate in uscita mediante bocca tarata, poiché il valore delle portate di scarico in uscita dai fossi risulta essere troppo basso per richiedere l'impiego di una bocca tarata. Al fine di scongiurare il rischio di otturazione della bocca, in questi casi, è preferibile demandare il controllo delle portate ad un regolatore di portata a galleggiante.

I manufatti di controllo sono infine dotati di uno sfioratore di troppo pieno posto ad una quota pari al massimo grado di riempimento del fosso di laminazione. Tale sfioratore consente comunque lo scarico con un tirante idrico compreso nel 20% di altezza libera del fosso qualora si otturi il regolatore di portata.



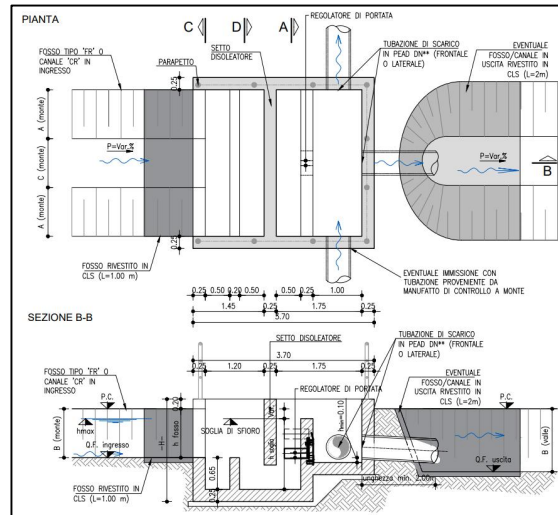


Figura 4-6: Dettaglio manufatto di controllo e di trattamento delle acque meteoriche

Per maggiori dettagli sul funzionamento della rete di drenaggio delle acque di piattaforma, si rimanda agli elaborati grafici di progetto contrassegnati dal codice IDR.

## 5 ANALISI IDROLOGICA

Per la determinazione del regime pluviometrico nell'area di progetto si è fatto riferimento ai risultati ricavati nell'ambito dello studio “*La valutazione delle piogge intense su base regionale*” (A. Brath, M. Franchini, 1998) di seguito descritto.

Lo studio citato ha come oggetto la definizione del Metodo VAPI al territorio appartenente alle regioni amministrative Emilia-Romagna e Marche.

I modelli regionali VAPI si basano sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee, all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita.

In particolare, l'area in esame è stata suddivisa in 5 zone omogenee, come mostrato nelle figure seguenti, per le quali valgono i seguenti valori dei parametri della curva di crescita:

*Tabella 5-1: Parametri delle curve di crescita relativo al modello TCEV per varie durate*

| Zona   | <b>I</b> | <b>q</b> | <b>I<sub>1</sub></b> | <b>h</b> | <b>Note</b>                       |
|--------|----------|----------|----------------------|----------|-----------------------------------|
| Zona A | 0.109    | 2.361    | 24.70                | 4.005    | Valida per tutte le durate        |
| Zona B | 1.528    | 1.558    | 13.65                | 4.651    | Valida per d = 1 ora              |
|        |          |          | 19.35                | 5.000    | Valida per d = 3 ore              |
|        |          |          | 26.20                | 5.303    | Valida per d = 6 ore              |
|        |          |          | 39.20                | 5.706    | Valida per d ≥ 12 ore ed 1 giorno |
| Zona C | 1.528    | 1.558    | 13.65                | 4.615    | Valida per d = 1 ora              |
|        |          |          | 14.70                | 4.725    | Valida per d = 3 ore              |
|        |          |          | 20.25                | 5.046    | Valida per d = 6 ore              |
|        |          |          | 25.70                | 5.284    | Valida per d ≥ 12 ore ed 1 giorno |
| Zona D | 0.361    | 2.363    | 29.00                | 4.634    | Valida per tutte le durate        |
| Zona E | 0.044    | 3.607    | 13.60                | 3.328    | Valida per d = 1 ora              |
|        |          |          | 19.80                | 3.704    | Valida per d = 3 ore              |
|        |          |          | 23.65                | 3.882    | Valida per d = 6 ore              |
|        |          |          | 30.45                | 4.135    | Valida per d ≥ 12 ore ed 1 giorno |

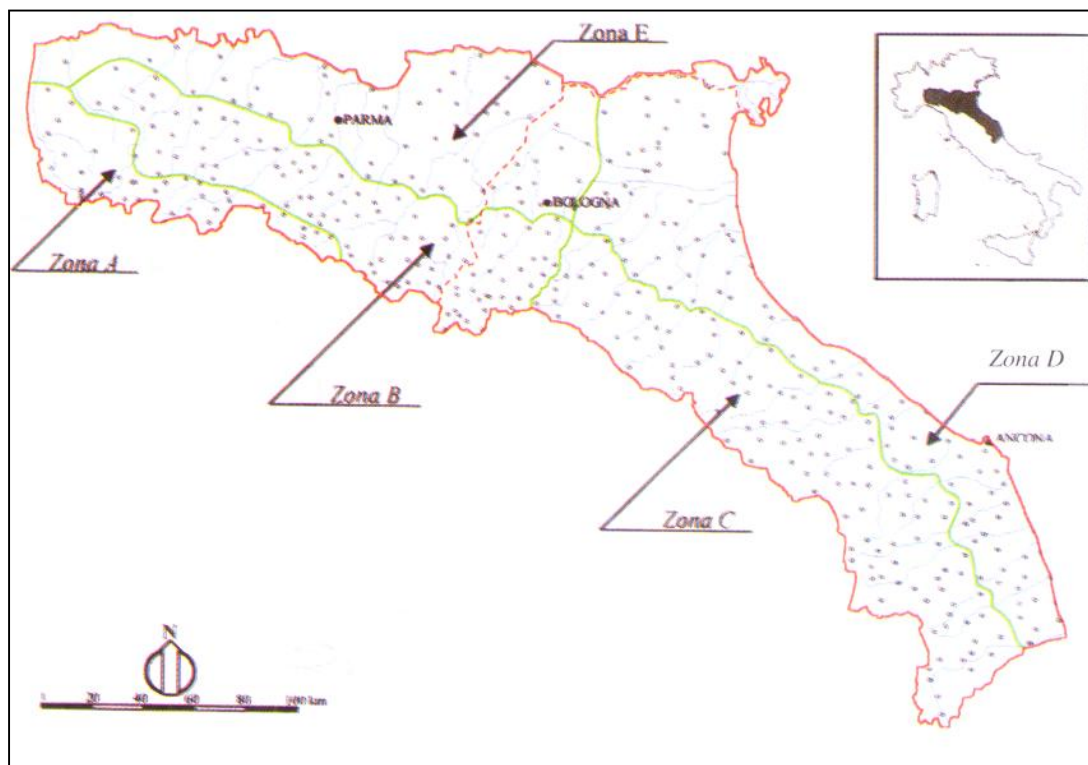


Figura 5-1: Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense

La curva di crescita si ricava invertendo l'Equazione 5-1 scritta in funzione del tempo di ritorno, mentre la pioggia indice viene calcolata mediante l'Equazione 5-2.

Equazione 5-1

$$P(x) = \exp \left[ - I_1 \exp(-xh) - I I_1^{1/q} \exp(-xh/q) \right]$$

Equazione 5-2

$$m = m_1 \times d^{\frac{\ln(m_G) - \ln(g) - \ln(m_1)}{\ln(24)}}$$

- $m(h24)$  = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione di durata  $d$  (24 ore);
- $m_G$  = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione giornaliera;
- $m_1$  = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione in 1 ora;
- $g = m_G / m(h24) = 0.89$  nella regione esaminata.

Per la determinazione dei parametri  $m_1$  e  $m_G$  si fa riferimento alle isolinee riportate nella figura seguente.

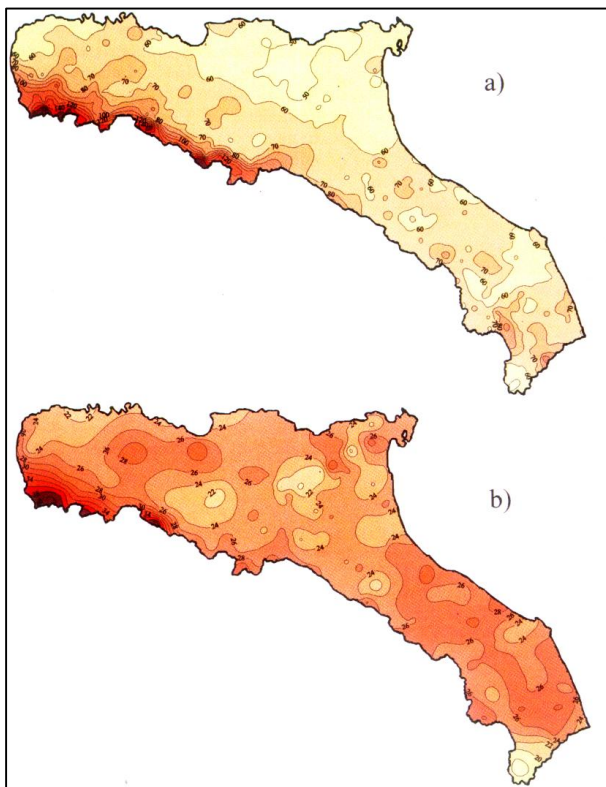


Figura 5-2: Isolinee delle altezze medie di pioggia massime annuali della durata di 1 giorno (a) e 1 ora (b)

In conclusione, si ricava che il parametro  $a$  delle LSPP è pari al prodotto del coefficiente  $m_1$  per la curva di crescita, mentre il parametro  $n$  è pari a:

Equazione 5-3

$$n = \frac{\ln(m_G) - \ln(g) - \ln(m_1)}{\ln(24)}$$

Per l'area di intervento, ricadente nella "zona omogenea E", sono stati stimati valori dei parametri  $m_1$  e  $m_G$  pari rispettivamente a 24 e 60, mentre il parametro  $g$ , che, come dimostrato da numerosi studi, risulta poco variabile da sito a sito, assume il valore di 0.89.

Dalle formule sopra riportate, si ottiene un valore del parametro "n" uguale per tutte le durate considerate e per tutti i tempi di ritorno, mentre il parametro "a" varia sia in funzione della durata sia del tempo di ritorno. Per Al fine di avere, per ogni tempo di ritorno, un unico valore di "a", si è operata un'interpolazione dei valori per le diverse durate, minimizzando gli scarti.

La tabella seguente riporta il valore del parametro "n" e i valori del parametro "a", calcolati per i diversi tempi di ritorno e validi per le diverse durate, nonché i valori del parametro "a" interpolati, indipendenti dalla durata dell'evento di pioggia.

Tabella 5-2: Valori dei parametri delle LSPP per diversi  $T_R$ , per durate superiori all'ora

| a           | $T_R$ (anni) |       |       |       |
|-------------|--------------|-------|-------|-------|
|             | 25           | 50    | 100   | 200   |
| 1 ora       | 45.43        | 53.22 | 63.31 | 77.01 |
| 3 ore       | 43.25        | 50.25 | 59.31 | 71.63 |
| 6 ore       | 42.36        | 49.05 | 57.69 | 69.44 |
| 12 ore      | 41.24        | 47.51 | 55.63 | 66.66 |
| Interpolato | 42.68        | 49.40 | 58.10 | 69.91 |
|             |              |       |       | n     |
|             |              |       |       | 0.32  |

Le leggi di pioggia calcolate sono valide per tempi di corrivazione superiori all'ora. Per il dimensionamento del sistema di drenaggio, si è reso necessario fare riferimento ad eventi di breve durata. Per determinare le leggi di pioggia valide per eventi di breve durata si è utilizzato lo studio di *Calenda ed altri (1993)* basato su un campione di 8 anni di dati di pioggia registrati al pluviometro di Roma Macao. Questo studio evidenzia come il rapporto tra l'altezza di pioggia di 5 minuti e quella oraria sia pressoché costante in tutta Italia e pari a 0.278. Imponendo questa condizione si ottiene il valore del parametro  $n$  per tempi di pioggia inferiori all'ora pari a 0.515.

Tabella 5-3: Valori dei parametri delle LSPP per diversi  $T_R$

| TR   | 5     | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   | 200   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a    | 30.61 | 36.75 | 40.45 | 45.43 | 53.22 | 63.31 | 77.01 |
| n<1h | 0.515 | 0.515 | 0.515 | 0.515 | 0.515 | 0.515 | 0.515 |
| n>1h | 0.32  | 0.32  | 0.32  | 0.32  | 0.32  | 0.32  | 0.32  |

Nell'ambito del presente progetto, sia la rete di smaltimento acque sia i fossi di laminazione sono stati dimensionati per tempo di ritorno pari a 25 anni.

Qui di seguito si riportano i parametri utilizzati per tempo di ritorno 25 anni.

Tabella 5-4: Valori dei parametri delle LSPP per  $T_R=25$ anni

| <b>Parametri LSPP</b> |                      |       |                      |       |
|-----------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| Tr                    | t < 1 ora            |       | t ≥ 1 ora            |       |
|                       | a'                   | n'    | a                    | n     |
| anni                  | mm/ ora <sup>n</sup> | -     | mm/ ora <sup>n</sup> | -     |
| 25                    | 45.43                | 0.515 | 45.43                | 0.320 |

## 6 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

La metodologia di dimensionamento idraulico si differenzia se stiamo considerando gli elementi di raccolta o quelli di convogliamento. Qui di seguito si illustra la metodologia di calcolo della portata di progetto, la procedura di dimensionamento degli elementi di raccolta (canalette continue, caditoie ed elementi di raccolta sul viadotto) e degli elementi di convogliamento (condotte).

### 6.1 CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO

Al fine di dimensionare gli elementi di raccolta e quelli di convogliamento, si rende necessario determinare la portata di progetto, ovvero la massima portata defluente sulla superficie stradale scolante per tempo di ritorno  $T_r=25$  anni.

In particolare, la massima portata defluente dalla falda piana per unità di lunghezza è data dalla formula:

Equazione 6-1

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

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

Il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1 per le superfici pavimentate, 0.6 per le trincee ed i rilevati e 0.3 per le zone inerbite.

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:

Equazione 6-2

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

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.

Si è comunque imposto un tempo di corrivazione minimo pari a 3 minuti, poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

Il dimensionamento degli elementi di raccolta consiste nello stabilire l'interasse delle caditoie (punti di scarico della canaletta continua, caditoie grigliate, caditoie su viadotti, ecc.). Tale interasse deriva dal confronto tra la massima portata smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana (superficie stradale scolante) per unità di lunghezza.

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento è fatto facendo il confronto tra la portata di progetto e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. In questo caso il tempo di corrivazione è pari alla somma del tempo di afflusso (Equazione 6-2) 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 seguente formula:

*Equazione 6-3*

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

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.

## 6.2 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI RACCOLTA

### 6.2.1 Canaletta grigliata continua in PEAD

La canaletta grigliata continua è prefabbricata ed è realizzata in PEAD.

La canaletta grigliata viene utilizzata per raccogliere l’acqua di piattaforma e quando la canaletta raggiunge il riempimento massimo ammissibile, l’acqua viene mandata ad un collettore in PEAD che viaggia parallelamente alla strada. Lo scarico dalla canaletta grigliata al collettore sottostante avviene tramite un discendente DN160 sempre in PEAD.

Per dimensionare il passo degli scarichi, si effettua una doppia verifica.

La prima verifica prevede di calcolare la portata massima transitante nella canaletta grigliata e di verificare che la massima portata defluente dalla falda piana sia inferiore a quella massima convogliabile dalla canaletta. La seconda verifica invece riguarda il discendente, cioè la portata captata dalla canaletta grigliata deve essere inferiore a quella che il discendente è in grado di smaltire.

Per quanto concerne la prima verifica, 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 ( $n = 0.0125$ ).

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

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

Si ottiene quindi una portata specifica (per pendenza longitudinale=100%) 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 6.1 in funzione della pendenza longitudinale) e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza ( $q_0$ ).

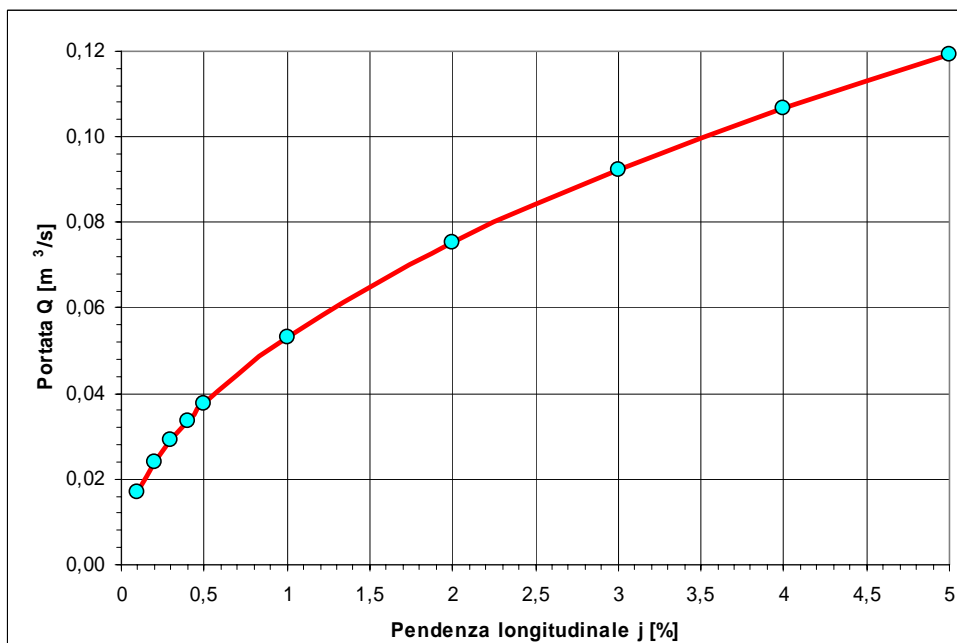


Figura 6.1 – Portata massima transitante per canaletta grigliata in Pead in funzione della pendenza longitudinale

Per quanto riguarda la seconda verifica, la portata massima che può smaltire il discendente può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

Equazione 6-4

$$Q = C_q A \sqrt{2 g h}$$

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 ( $q_0$ ).

Calcolato il passo delle caditoie mediante le due metodologie, ovvero in funzione del massimo riempimento della canaletta grigliata e in funzione della massima portata smaltita dal discendente, si adotta il minore dei due valori ottenuti, imponendo comunque un passo massimo pari a 25 m, non ritenendosi prudente superare tale valore. I pozzetti di ispezione invece sono stati posti ad interasse pari a 50 m.

### 6.2.2 Caditoie grigliate 50\*50

La caditoia si presenta grigliata e di dimensioni interne 50\*5cm; le acque intercettate dalla caditoia trovano recapito in un pozzetto prefabbricato in C.A.V. e allontanate per lo più da una tubazione che scarica nei fossi di laminazione al piede del rilevato stradale o, in alcuni casi, da una rete di tubazioni sotterranee di diametro variabile.

Per quanto concerne questo elemento di raccolta, l'interasse tra due caditoie successive viene determinato verificando che la portata che la caditoia è in grado di intercettare sia maggiore della portata di deflusso in entrata.

Per determinare la portata che le singole opere di intercettazione sono in grado di ricevere, è necessario determinare l'altezza della corrente in cunetta. Partendo dalla relazione di Gaukler-Strickler, per cunette che presentano la sponda esterna praticamente verticale, nell'ipotesi che il raggio idraulico si confonda con il tirante, la relazione base di Strickler può essere modificata ed invertita per determinare il tirante:



Equazione 6-5

$$h = \left[ \frac{S_c}{(0.375 \cdot S_L^{0.50} \cdot K_s)} \right]^{3/8} Q_d^{3/8}$$

dove:

- $S_c$ , pendenza trasversale della cunetta posta pari alla pendenza trasversale della strada in assenza di cunetta in cls prefabbricata;
- $S_L$ , pendenza longitudinale della cunetta pari alla pendenza longitudinale della strada;
- $K_s$ , coefficiente di scabrezza pari a  $70 \text{ mm}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$  per superficie stradale asfaltata;
- $Q_d$  portata di deflusso.

La portata che la caditoia in progetto è in grado di intercettare è stata calcolata con la relazione seguente:

Equazione 6-6

$$Q_{\text{opera}} = 1.66 \cdot P \cdot h^{3/2} \text{ (ASCE e WEF, 1992)}$$

dove  $h$  è il tirante in canaletta e  $P$  il perimetro attivo della griglia pari a:

Equazione 6-7

$$P = 2 \cdot (L + W - n \cdot s)$$

dove:

- $W$  ed  $L$  sono larghezza e lunghezza della griglia;
- $n$  ed  $s$ , numero e spessore delle barre rispettivamente pari a 11 e 15 cm
- Per caditoie 50x50  $P$  risulta pari a 1.56.

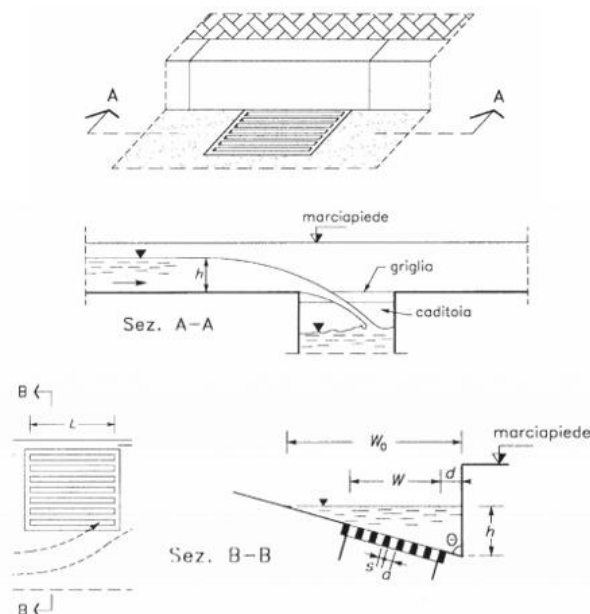


Figura 6-2: Schema caditoia a griglia

Si è quindi calcolata la portata massima che la singola caditoia è in grado di intercettare, considerando, inoltre, che la griglia abbia un'efficienza pari al 70% ( $Q_{U,EFF}$ ).

Il tratto massimo di strada che la singola caditoia riesce a drenare è stato determinato uguagliando la massima portata defluente dalla falda piana, calcolata mediante l'Equazione 6-1 e la portata massima che la singola caditoia è in grado di intercettare, calcolata secondo il metodo sopra riportato.

L'interasse massimo delle caditoie grigliate 50\*50 è comunque stato posto pari a 20 m, non ritenendosi prudente superare tale valore.

### 6.2.3 Elementi di raccolta sul viadotto

Sul viadotto in progetto, lo smaltimento delle acque di piattaforma è garantito dalla presenza di caditoie grigliate o elementi di raccolta grigliati che intercettano le acque di piattaforma e le scaricano in un collettore sottostante ancorato al controvento superiore della struttura metallica dell'impalcato.

Per quanto concerne questi elementi di raccolta, l'interasse tra due caditoie successive viene determinato verificando che la portata che il discendente sia in grado di smaltire sia maggiore della portata di deflusso in entrata.

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

*Equazione 6-8*

$$Q = C_q A \sqrt{2 g h}$$

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

Poiché il battente  $h$  sopra il discendente non è di facile stima ed è funzione del carico che si crea sopra la caditoia stessa, è stato ipotizzato che il discendente parta dalla sommità della caditoia e che il battente corrisponda con l'altezza della corrente che si viene a formare sopra la caditoia stessa. Ovvero, come visto per la caditoia grigliata 50\*50, è stata calcolata l'altezza della corrente in cunetta mediante l'Equazione 6-5 sopra riportata

Dal rapporto tra la massima portata smaltibile dal discendente stesso e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza ( $q_0$ ) si ottiene la distanza massima fra i bocchettoni del viadotto, pari a 10 m.

### 6.3 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO

Come precedentemente accennato, il dimensionamento degli elementi di convogliamento è stato condotto confrontando la portata di progetto con quella massima ammissibile dall'elemento in questione.

Per quanto riguarda la portata massima ammissibile nell'elemento di convogliamento, questa è stata calcolata facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Chèzy:

*Equazione 6-9*

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

$Q$ = portata convogliata dalla condotta ( $m^3/s$ );

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

$A$ = area bagnata ( $m^2$ );

$C$ = contorno bagnato ( $m$ );

$j$ = pendenza media della condotta ( $m/m$ );

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

Il valore del coefficiente di scabrezza  $k$  utilizzato per tubazioni in materiale plastico PRFV, PP e PEAD; è pari a  $80 m^{1/3}/s$ .

Mediante il metodo descritto al paragrafo 6.1, è stata calcolata la portata massima di progetto per ogni singolo tratto della rete, partendo da monte verso valle e determinando per ogni tratto della rete l'area drenata e il tempo di corrivazione. Quindi, mediante l'Equazione 6-9 si è calcolata la portata sostenuta dall'elemento di convogliamento, ovvero, fissata la pendenza longitudinale  $i$  del collettore, si è determinato il diametro  $D$  della condotta che consenta di convogliare una portata  $Q$  inferiore a quella massima di progetto e nello specifico, in modo che il grado di riempimento sia inferiore al 80%  $\rightarrow h/D < 0.80$ . Inoltre, è stato verificato che la velocità minima nei collettori sia pari a 0.5 m/s.

Per quanto riguarda la nuova viabilità sono utilizzati dei collettori in PEAD (Polietilene ad alta densità) SN 8  $kN/m^2$  conformi alla norma UNI 10968 (Pr EN 13476-1) per i tubi che longitudinali 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.

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno (riportato nella tabella seguente), identico per le due tipologie di tubi precedentemente citati. Il diametro minimo utilizzato è pari a DN315.

Tabella 6-1: Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8  $kN/m^2$  e in PP SN 16  $kN/m^2$

| <b>DN</b>   | <b>Spessore</b> | <b>Raggio interno</b> |
|-------------|-----------------|-----------------------|
| <i>(mm)</i> | <i>(mm)</i>     | <i>(mm)</i>           |
| 315         | 43              | 136                   |
| 400         | 26.5            | 173.5                 |
| 500         | 33.5            | 216.5                 |
| 630         | 47.5            | 267.5                 |
| 800         | 61              | 339                   |
| 1000        | 74              | 426                   |
| 1200        | 85              | 515                   |

Per quanto concerne le condotte in PRFV utilizzate nel tratto del viadotto, il diametro interno dei collettori è sempre pari a 300mm.

Nel dimensionamento dei collettori si è utilizzata la pendenza stradale. Per i tratti molto pianeggianti e nel caso in cui il collettore è in contropendenza rispetto alla livelletta stradale si è posta una pendenza minima dello 0.20%.

In Figura 6-4, sono riportate le portate massime smaltibili dai collettori in PEAD ed in PP considerando il riempimento massimo detto in precedenza.

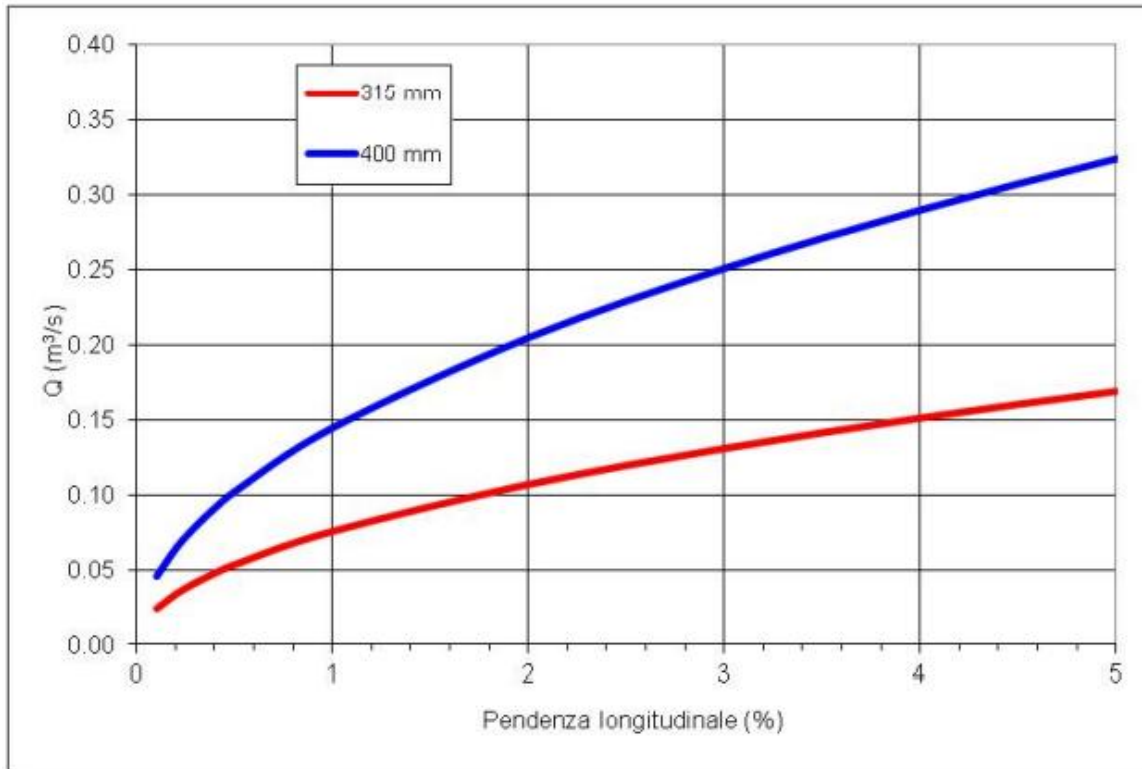


Figura 6-3. Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 315 e 400 mm

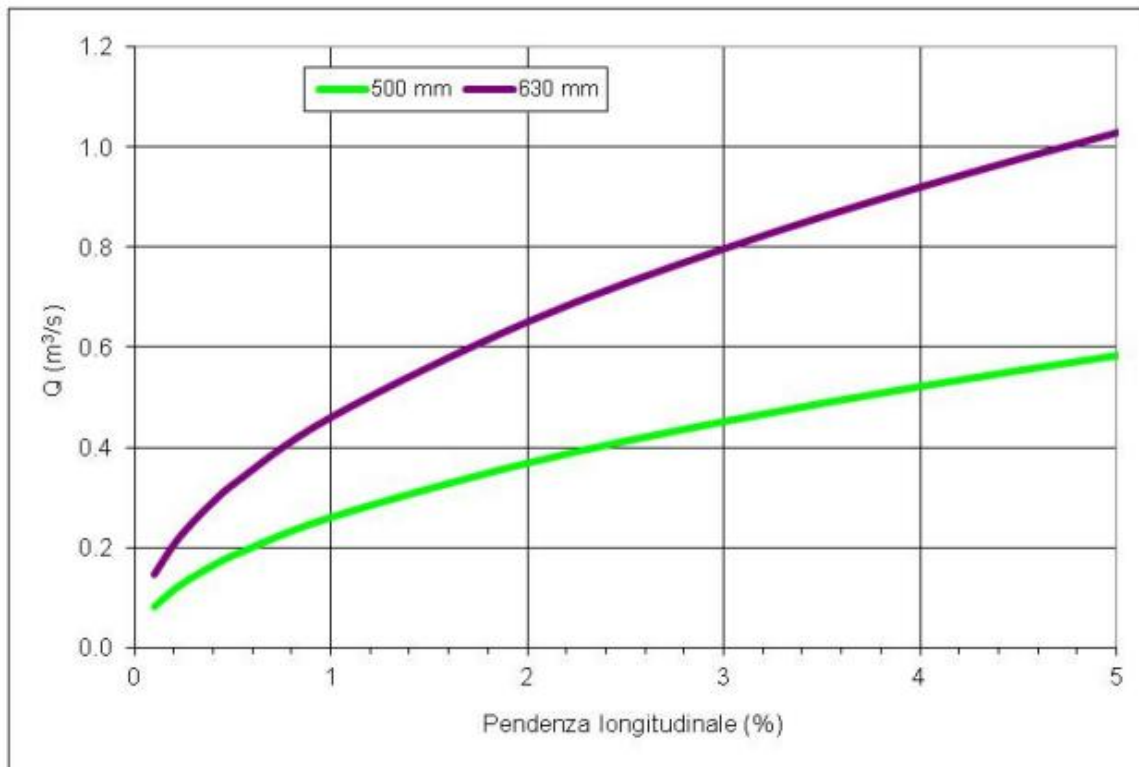


Figura 6-4. Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 500 e 630 mm

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore si è predispongono pozzetti di ispezione alle estremità di ogni collettore e aventi comunque un interasse massimo di 50 m.

#### 6.4 DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI LAMINAZIONE

Al fine di ridurre e controllare le portate di smaltimento acque, prima che vengano immesse nei recapiti finali (fognatura di Via Marescotti e scatolare dello Scolo Zenetta di Quarto) si è reso necessario garantire la laminazione delle portate nei fossi di guardia, previsti ai piedi del rilevato stradale e appositamente dimensionati.

In accordo con quanto riportato nel paragrafo 2.4, sono stati rispettati i due seguenti criteri:

- 500 m<sup>3</sup> di invaso per ogni ettaro di nuova pavimentazione;
- portata massima allo scarico di 15 l/s per ettaro di superficie pavimentata.

È da evidenziare che l'intervento in oggetto è completamente nuovo e non costituisce un ampliamento di un'area esistente, pertanto, la laminazione delle portate, volta a garantire una portata massima di 15l/s\*ha di superficie impermeabile, è stata applicata all'intera area di progetto.

La laminazione è governata da tre equazioni fondamentali:

1. L'equazione di continuità della vasca

*Equazione 6-10*

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

dove:

$Q_e(t)$  = portata entrante nella vasca, variabile nel tempo, dipendente dall'evento pluviometrico e dalle caratteristiche del bacino e della rete drenante;

$Q_u(t)$  = portata in uscita dalla vasca, variabile nel tempo e dipendente dalle caratteristiche dello scarico;

$W(t)$  = volume invasato nella vasca all'istante t.

2. L'equazione che rappresenta il legame, esclusivamente geometrico, esistente tra il volume invasato nella vasca e livello idrico nella stessa:

*Equazione 6-11*

$$W(t) = W(h(t))$$

3. L'equazione che rappresenta il legame tra portata in uscita e il tempo.

*Equazione 6-12*

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

La risoluzione del sistema di equazioni è possibile affrontarla con metodi differenti; nel caso specifico la laminazione nei fossi guardia è stata studiata secondo il metodo delle sole piogge.

Il modello delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante. Ovvero, il metodo di dimensionamento sulla base delle sole piogge fornisce una valutazione del volume di invaso della vasca sulla base della sola curva di possibilità pluviometrica e della portata massima che si vuole in uscita dalla vasca. Il dimensionamento dei fossi di laminazione è stato condotto nel rispetto del principio di invarianza

idraulica, che impone un determinato valore di portata allo scarico per ogni ettaro di superficie drenata. Nel caso in esame è stata imposta una portata in uscita costante, pari a 15 l/s\*ha di superficie pavimentata.

Con questa ipotesi il volume entrante nella vasca per effetto di una pioggia di durata  $\vartheta$  risulta:  
*Equazione 6-13*

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot h(\vartheta) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \vartheta^n \quad [m^3]$$

Dove:

$n$  = esponente della curva di possibilità climatica [-];  
 $a$  = coefficiente della curva di possibilità climatica [m/ora<sup>n</sup>];  
 $\varphi$  = coefficiente di deflusso [-];  
 $S$  = superficie scolante [m<sup>2</sup>];  
 $\vartheta$  = durata evento di pioggia [ore].

Nello stesso tempo  $\vartheta$ , il volume uscito dalla vasca sarà:  
*Equazione 6-14*

$$W_u = Q_u \cdot \vartheta \quad [m^3]$$

Dove:

$Q_u$  := portata in uscita [m<sup>3</sup>/ora]

Il volume invasato nel serbatoio sarà dunque:

*Equazione 6-15*

$$W_m = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \vartheta^n - Q_u \cdot \vartheta \quad [m^3]$$

Il volume da assegnare alla vasca è il valore massimo  $W_m$  di questo volume, che si ottiene per una precipitazione di durata  $\vartheta_w$  critica per la vasca.

La durata  $\vartheta_w$  è localizzata ove è massima la distanza verticale tra le due curve,  $W_e$  e  $W_u$ . Esprimendo matematicamente tale condizione di massimo si trova:

*Equazione 6-16*

$$\vartheta_w = \left( \frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [ore]$$

e quindi:

*Equazione 6-17*

$$W_m = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left( \frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left( \frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [m^3]$$

I fossi di guardia sono stati dimensionati per un evento meteorico con tempo di ritorno  $T_r=25$  anni, verificando il grado di riempimento massimo.

L'acqua della piattaforma stradale è convogliata direttamente al fosso attraverso condotta e nei tratti in rilevato attraverso un sistema condotta-embrice. Al fine di scongiurare fenomeni di rigurgito, nei tratti in cui lo scarico è assolto esclusivamente dalla condotta, è stato verificato che la quota della

---

generatrice superiore del tubo sia posta al di sopra del massimo livello che si instaura nel fosso per tempo di ritorno 25 anni.

Il rilascio delle acque di piattaforma avviene in modo controllato mediante manufatti di controllo dotati di regolatore di portata a galleggiante. Inoltre, tali manufatti saranno dotati di setti per effettuare un trattamento di sedimentazione e disoleazione delle acque.

Non è stato possibile regolare le portate in uscita mediante bocca tarata, poiché il valore delle portate di scarico in uscita dai fossi risulta essere troppo basso per richiedere l'impiego di una bocca tarata circolare di diametro almeno pari a DN200. Al fine di scongiurare il rischio di otturazione della bocca, in questi casi, è preferibile demandare il controllo delle portate ad un regolatore di portata.

I manufatti di controllo sono infine dotati di uno sfioratore di troppo pieno posto ad una quota pari al massimo grado di riempimento del fosso. Tale sfioratore consente comunque lo scarico con un tirante idrico compreso nel 20% di altezza libera del fosso qualora si otturi il regolatore di portata.

---

## **APPENDICE A: VERIFICHE ELEMENTI DI RACCOLTA**



## CANALLETTE GRIGLIATE CONTINUE IN PEAD

|              | PK inizio | PK fine | Lungh.<br>(m) | Largh. (m) | Area rid. (m <sup>2</sup> ) | t <sub>a</sub> (min) | i (mm/h) | i <sub>l</sub> (%) | i <sub>t</sub> (%) | q (l/s m) | Q (l/s) | Interasse (m) |
|--------------|-----------|---------|---------------|------------|-----------------------------|----------------------|----------|--------------------|--------------------|-----------|---------|---------------|
| <b>CGR1</b>  | 19.37     | 232.00  | 212.63        | 13         | 2764.19                     | 3.198                | 188.319  | 0.83%              | 5.00%              | 0.68      | 0.145   | 25.00         |
| <b>CGR2A</b> | 419.32    | 521.00  | 101.68        | 13         | 1321.84                     | 4.026                | 168.408  | 0.35%              | 2.50%              | 0.61      | 0.062   | 25.00         |
| <b>CGR2B</b> | 521.00    | 710.87  | 189.874       | 13         | 2468.362                    | 4.418                | 160.990  | 3.63%              | 2.50%              | 0.58      | 0.110   | 25.00         |
| <b>CGR3</b>  | 710.87    | 559.30  | 151.574       | 13         | 1970.462                    | 4.026                | 168.408  | 0.35%              | 2.50%              | 0.61      | 0.092   | 25.00         |
| <b>CGR4A</b> | 1087.00   | 1312.87 | 225.87        | 12         | 2710.44                     | 3.964                | 169.683  | 3.90%              | 2.97%              | 0.57      | 0.128   | 25.00         |
| <b>CGR6</b>  | 1858.00   | 2095.00 | 237           | 12         | 2844                        | 3.420                | 182.279  | 0.02%              | 3.60%              | 0.61      | 0.144   | 10.00         |
| <b>CGR5</b>  | 1087.00   | 1312.87 | 225.87        | 12         | 2710.44                     | 3.964                | 169.683  | 3.90%              | 2.97%              | 0.57      | 0.128   | 25.00         |
| <b>CGR4B</b> | 1312.87   | 1474.89 | 162.02        | 12         | 1944.24                     | 3.648                | 176.665  | 0.20%              | 2.97%              | 0.59      | 0.095   | 25.00         |

### CADITOIE GRIGLIATE 50\*50

|                      | PK inizio | PK fine | Lungh.<br>(m) | Largh. (m) | Area rid. (m <sup>2</sup> ) | t <sub>a</sub> (min) | i (mm/h) | i <sub>l</sub> (%) | i <sub>t</sub> (%) | q (l/s m) | Q (l/s) | Interasse (m) |
|----------------------|-----------|---------|---------------|------------|-----------------------------|----------------------|----------|--------------------|--------------------|-----------|---------|---------------|
| <b>Caditoia PC-A</b> | 0.00      | 55.83   | 55.834        | 13         | 725.842                     | 4.055                | 167.830  | 0.83%              | 2.50%              | 0.61      | 0.034   | 15.00         |
| <b>Caditoia PC-B</b> | 55.83     | 232.00  | 176.166       | 13         | 2290.158                    | 3.198                | 188.319  | 0.83%              | 5.00%              | 0.68      | 0.120   | 20.00         |
| <b>Caditoia PC-C</b> | 232.00    | 555.00  | 323           | 13         | 4199                        | 4.026                | 168.408  | 0.35%              | 2.50%              | 0.61      | 0.196   | 20.00         |
| <b>Caditoia PC-D</b> | 1327.00   | 1478.00 | 151           | 12         | 1812                        | 3.648                | 176.665  | 0.20%              | 2.97%              | 0.59      | 0.089   | 20.00         |
| <b>Caditoia PC-E</b> | 1478.00   | 1896.00 | 418           | 12         | 5016                        | 3.864                | 171.800  | 0.20%              | 2.50%              | 0.57      | 0.239   | 20.00         |
| <b>Caditoia PC-F</b> | 1896.00   | 2078.00 | 182           | 12         | 2184                        | 3.420                | 182.279  | 0.02%              | 3.60%              | 0.61      | 0.111   | 20.00         |
| <b>Caditoia PC-G</b> | 2078.00   | 2116.60 | 39            | 9          | 351                         | 3.000                | 194.242  | 0.02%              | 3.60%              | 0.49      | 0.019   | 15.00         |

## CADITOIE IN VIADOTTO

|                                   | PK inizio | PK fine | Lungh.<br>(m) | Largh. (m) | Area rid. (m <sup>2</sup> ) | t <sub>a</sub> (min) | i (mm/h) | i <sub>r</sub> (%) | i <sub>t</sub> (%) | q (l/s m) | Q (l/s) | Interasse (m) |
|-----------------------------------|-----------|---------|---------------|------------|-----------------------------|----------------------|----------|--------------------|--------------------|-----------|---------|---------------|
| <b>Caditoia viadotto<br/>CV 1</b> | 957.87    | 714.00  | 243.87        | 11.7       | 2853.279                    | 4.192                | 165.156  | 3.63%              | 2.50%              | 0.54      | 0.131   | 10.00         |
| <b>Caditoia viadotto<br/>CV 2</b> | 957.87    | 1078.87 | 121           | 12.25      | 1482.25                     | 3.797                | 173.266  | 1.96%              | 2.97%              | 0.59      | 0.071   | 10.00         |

---

## **APPENDICE B:**

### **VERIFICHE ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO**

| <b>Asse principale Sud</b> |           |         |            |                          |                             |                    |                      |          |                       |       |            |            |
|----------------------------|-----------|---------|------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|----------|-----------------------|-------|------------|------------|
| Pozzetto di origine        | PK inizio | PK fine | Lungh. (m) | Diametro collettore (mm) | Area rid. (m <sup>2</sup> ) | i <sub>r</sub> (%) | t <sub>a</sub> (min) | i (mm/h) | Q (m <sup>3</sup> /s) | h (m) | Riemp. (%) | Vel. (m/s) |
| PC1                        | 47.10     | 32.10   | 15.00      | 315                      | 434.33                      | 0.83%              | 4.06                 | 167.83   | 0.011                 | 0.07  | 25.8       | 0.87       |
| PC2                        | 32.10     | 32.10   | 8.00       | 315                      | 564.33                      | 0.20%              | 4.06                 | 167.83   | 0.032                 | 0.21  | 75.8       | 0.68       |
| PC3                        | 22.10     | 32.10   | 10.00      | 315                      | 130.00                      | 0.21%              | 4.06                 | 167.83   | 0.006                 | 0.08  | 30.0       | 0.47       |
| PC4                        | 12.10     | 22.10   | 10.00      | 315                      | 130.00                      | 0.20%              | 4.06                 | 167.83   | 0.006                 | 0.08  | 29.5       | 0.46       |
| P50                        | 32.10     | 32.10   | 11.00      | 400                      | 600.60                      | 0.20%              | 4.27                 | 163.62   | 0.042                 | 0.20  | 58.0       | 0.74       |
| P51                        | 16.37     | 31.37   | 17.30      | 315                      | 439.40                      | 0.20%              | 4.59                 | 158.08   | 0.010                 | 0.10  | 36.5       | 0.51       |
| P52                        | 45.60     | 31.37   | 12.40      | 315                      | 161.20                      | 0.20%              | 4.03                 | 168.41   | 0.008                 | 0.08  | 30.0       | 0.46       |
|                            |           |         |            |                          |                             |                    |                      |          |                       |       |            |            |
| P1                         | 204.16    | 162.01  | 42.15      | 400                      | 872.95                      | 0.35%              | 3.97                 | 169.60   | 0.041                 | 0.17  | 48.1       | 0.91       |
| P2-A                       | 162.01    | 162.01  | 15.30      | 315                      | 1071.85                     | 3.50%              | 4.08                 | 167.31   | 0.050                 | 0.11  | 40.4       | 2.26       |
| P2-B                       | 162.01    | 112.01  | 50.00      | 400                      | 650.00                      | 0.50%              | 3.20                 | 188.32   | 0.034                 | 0.14  | 39.3       | 0.99       |
| P3                         | 112.01    | 65.51   | 46.50      | 400                      | 1254.50                     | 0.80%              | 3.76                 | 174.03   | 0.061                 | 0.16  | 47.5       | 1.37       |
| P4                         | 65.51     | 65.51   | 8.29       | 315                      | 1254.50                     | 5.00%              | 3.81                 | 172.90   | 0.060                 | 0.11  | 40.8       | 2.71       |
| PC5                        | 65.51     | 65.51   | 4.90       | 500                      | 1254.50                     | 0.20%              | 3.91                 | 170.74   | 0.059                 | 0.22  | 50.2       | 0.81       |
| MC001/1-b                  | 55.83     | 55.83   | 31.70      | 315                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.009                 | 0.09  | 32.8       | 0.5        |
|                            |           |         |            |                          |                             |                    |                      |          |                       |       |            |            |
| PC7                        | 209.00    | 249.00  | 40.00      | 315                      | 260.00                      | 0.20%              | 4.03                 | 168.41   | 0.012                 | 0.11  | 40.9       | 0.54       |
| PC6                        | 249.00    | 249.00  | 5.00       | 315                      | 520.00                      | 0.20%              | 4.03                 | 168.41   | 0.024                 | 0.17  | 61.6       | 0.64       |
|                            |           |         |            |                          |                             |                    |                      |          |                       |       |            |            |
| P11                        | 435.87    | 485.87  | 50.00      | 315                      | 865.20                      | 0.35%              | 5.37                 | 146.40   | 0.035                 | 0.18  | 66.3       | 0.87       |
| P10                        | 485.87    | 521.00  | 35.13      | 400                      | 1321.84                     | 0.35%              | 5.98                 | 138.99   | 0.051                 | 0.19  | 55.0       | 0.96       |
| P9-B                       | 521.00    | 521.00  | 13.50      | 400                      | 1321.84                     | 0.20%              | 6.27                 | 135.80   | 0.050                 | 0.22  | 64.4       | 0.77       |
| P5                         | 685.87    | 635.87  | 50.00      | 315                      | 975.00                      | 3.78%              | 4.79                 | 154.73   | 0.042                 | 0.10  | 35.9       | 2.21       |
| P6                         | 635.87    | 585.87  | 50.00      | 315                      | 1625.00                     | 2.47%              | 5.18                 | 149.00   | 0.067                 | 0.14  | 53.1       | 2.15       |
| P7                         | 585.87    | 535.87  | 50.00      | 400                      | 2275.00                     | 0.59%              | 5.81                 | 140.99   | 0.089                 | 0.23  | 66.2       | 1.33       |
| P8                         | 535.87    | 521.00  | 14.00      | 500                      | 2457.00                     | 0.20%              | 6.07                 | 138.03   | 0.094                 | 0.29  | 66.6       | 0.90       |
| P9-A                       | 521.00    | 521.00  | 13.50      | 500                      | 2457.00                     | 0.20%              | 6.32                 | 135.35   | 0.092                 | 0.29  | 66.4       | 0.90       |
| MC002/1-a                  | 249.00    | 249.00  | 32.00      | 315                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.021                 | 0.15  | 56.3       | 0.63       |

| Pozzetto di origine | PK inizio | PK fine | Lungh. (m) | Diametro collettore (mm) | Area rid. (m <sup>2</sup> ) | i <sub>i</sub> (%) | t <sub>a</sub> (min) | i (mm/h) | Q (m <sup>3</sup> /s) | h (m) | Riemp. (%) | Vel. (m/s) |
|---------------------|-----------|---------|------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|----------|-----------------------|-------|------------|------------|
| <b>MC003/1-a</b>    | 249.00    | 221.10  | 25.00      | 315                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.032                 | 0.20  | 75.2       | 0.68       |
| <b>P12</b>          | 221.10    | 198.06  | 25.00      | 315                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.032                 | 0.20  | 75.2       | 0.68       |
| <b>P13</b>          | 198.06    | 149.90  | 50.00      | 315                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.032                 | 0.20  | 75.2       | 0.68       |
| <b>P15</b>          | 149.90    | 103.00  | 50.00      | 315                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.032                 | 0.20  | 75.2       | 0.68       |
| <b>P17</b>          | 103.00    | 55.83   | 50.00      | 315                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.032                 | 0.20  | 75.2       | 0.68       |
| <b>P19</b>          | 55.83     | -       | 25.00      | 400                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.041                 | 0.19  | 55.8       | 0.73       |
| <b>P20</b>          | -         | -       | 43.00      | 500                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.083                 | 0.27  | 61.4       | 0.88       |
| <b>P21</b>          | -         | -       | 29.00      | 500                      | -                           | 0.20%              | 0.00                 | 0.00     | 0.083                 | 0.27  | 61.4       | 0.88       |
|                     |           |         |            |                          |                             |                    |                      |          |                       |       |            |            |
| <b>P42</b>          | 684.50    | 634.50  | 50.00      | 315                      | 992.86                      | 3.63%              | 4.80                 | 154.66   | 0.043                 | 0.10  | 36.5       | 2.19       |
| <b>P43</b>          | 634.50    | 584.50  | 50.00      | 315                      | 1642.86                     | 2.50%              | 5.18                 | 148.97   | 0.068                 | 0.14  | 53.2       | 2.16       |
| <b>P44</b>          | 584.50    | 559.30  | 25.00      | 400                      | 1967.86                     | 1.10%              | 5.44                 | 145.59   | 0.080                 | 0.18  | 50.7       | 1.65       |
| <b>P45</b>          | 559.30    | 559.30  | 2.50       | 500                      | 1967.86                     | 0.20%              | 5.44                 | 145.59   | 0.080                 | 0.26  | 59.7       | 0.87       |
|                     |           |         |            |                          |                             |                    |                      |          |                       |       |            |            |
| <b>V1</b>           | 947.39    | 714.39  | 233.00     | 300                      | 1462.50                     | 1.56%              | 6.46                 | 133.91   | 0.054                 | 0.14  | 46.0       | 1.71       |
| <b>V3</b>           | 947.39    | 714.39  | 233.00     | 300                      | 1462.50                     | 1.56%              | 8.82                 | 115.15   | 0.047                 | 0.13  | 42.3       | 1.65       |
| <b>V5</b>           | 812.87    | 713.87  | 99.00      | 300                      | 1316.25                     | 0.60%              | 10.32                | 106.71   | 0.039                 | 0.15  | 49.9       | 1.10       |
| <b>V7</b>           | 812.87    | 713.87  | 99.00      | 300                      | 1316.25                     | 0.60%              | 11.84                | 99.81    | 0.036                 | 0.14  | 47.9       | 1.08       |
|                     |           |         |            |                          |                             |                    |                      |          |                       |       |            |            |
| <b>PC-A</b>         | 0.00      | 55.83   | 15.00      | 315                      | 195.00                      | 0.20%              | 4.06                 | 167.83   | 0.009                 | 0.10  | 36.0       | 0.51       |
| <b>PC-B</b>         | 55.83     | 232.00  | 20.00      | 315                      | 260.00                      | 0.20%              | 4.06                 | 167.83   | 0.012                 | 0.11  | 41.1       | 0.55       |
| <b>PC-C</b>         | 232.00    | 555.00  | 20.00      | 315                      | 260.00                      | 0.20%              | 4.06                 | 167.83   | 0.012                 | 0.11  | 41.1       | 0.55       |

| <b>Asse principale Nord</b> |                  |                |                   |                                 |                                  |                          |                            |                 |                            |              |                   |                   |
|-----------------------------|------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|-------------------|-------------------|
| <b>Pozzetto di origine</b>  | <b>PK inizio</b> | <b>PK fine</b> | <b>Lungh. (m)</b> | <b>Diametro collettore (mm)</b> | <b>Area rid. (m<sup>2</sup>)</b> | <b>i<sub>i</sub> (%)</b> | <b>t<sub>a</sub> (min)</b> | <b>i (mm/h)</b> | <b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>h (m)</b> | <b>Riemp. (%)</b> | <b>Vel. (m/s)</b> |
| P22                         | 1112.87          | 1162.87        | 50.00             | 315                             | 600.00                           | 3.60%                    | 4.37                       | 161.91          | 0.027                      | 0.08         | 29.1              | 1.93              |
| P23                         | 1162.87          | 1212.87        | 50.00             | 315                             | 1250.00                          | 3.60%                    | 4.72                       | 155.86          | 0.054                      | 0.11         | 42.0              | 2.34              |
| P24                         | 1212.87          | 1262.87        | 50.00             | 315                             | 1900.00                          | 3.60%                    | 5.05                       | 150.94          | 0.080                      | 0.14         | 52.4              | 2.58              |
| P25                         | 1262.87          | 1312.87        | 50.00             | 315                             | 2550.00                          | 3.60%                    | 5.35                       | 146.71          | 0.104                      | 0.17         | 61.9              | 2.74              |
| P26                         | 1312.87          | 1312.87        | 9.00              | 315                             | 2550.00                          | 3.60%                    | 5.41                       | 145.99          | 0.103                      | 0.17         | 61.7              | 2.74              |
| P27                         | 1112.87          | 1162.87        | 50.00             | 315                             | 910.44                           | 3.60%                    | 4.32                       | 162.80          | 0.041                      | 0.10         | 36.5              | 2.18              |
| P28                         | 1162.87          | 1212.87        | 50.00             | 315                             | 1510.44                          | 3.60%                    | 4.66                       | 156.93          | 0.066                      | 0.13         | 46.7              | 2.45              |
| P29                         | 1212.87          | 1262.87        | 50.00             | 315                             | 2110.44                          | 3.60%                    | 4.97                       | 152.04          | 0.089                      | 0.15         | 56.2              | 2.65              |
| P30                         | 1262.87          | 1312.87        | 50.00             | 315                             | 2710.44                          | 3.60%                    | 5.27                       | 147.78          | 0.111                      | 0.18         | 65.0              | 2.78              |
| P31                         | 1312.87          | 1312.87        | 7.00              | 400                             | 5260.44                          | 3.60%                    | 5.31                       | 147.30          | 0.215                      | 0.23         | 65.5              | 3.28              |
|                             |                  |                |                   |                                 |                                  |                          |                            |                 |                            |              |                   |                   |
| P32                         | 1336.93          | 1386.93        | 50.00             | 315                             | 644.98                           | 0.30%                    | 4.71                       | 156.05          | 0.028                      | 0.16         | 60.2              | 0.78              |
| P33-A                       | 1386.93          | 1386.93        | 14.00             | 315                             | 765.49                           | 0.20%                    | 5.06                       | 150.80          | 0.032                      | 0.21         | 75.8              | 0.68              |
| P33-B                       | 1386.93          | 1436.93        | 50.00             | 400                             | 430.39                           | 0.30%                    | 3.65                       | 176.66          | 0.021                      | 0.12         | 34.9              | 0.72              |
| P34                         | 1436.93          | 1474.89        | 37.96             | 400                             | 757.14                           | 0.30%                    | 4.42                       | 160.98          | 0.034                      | 0.16         | 45.2              | 0.82              |
| P35                         | 1474.89          | 1474.89        | 9.00              | 500                             | 757.14                           | 0.30%                    | 4.60                       | 157.79          | 0.033                      | 0.14         | 32.5              | 0.81              |
| PC9                         | 1474.89          | 1474.89        | 3.00              | 500                             | 757.14                           | 0.30%                    | 4.67                       | 156.77          | 0.033                      | 0.14         | 32.4              | 0.81              |
|                             |                  |                |                   |                                 |                                  |                          |                            |                 |                            |              |                   |                   |
| P41                         | 1865.58          | 1915.58        | 50.00             | 315                             | 720.00                           | 0.20%                    | 4.65                       | 156.97          | 0.031                      | 0.20         | 74.4              | 0.67              |
| P36                         | 2085.08          | 2044.53        | 50.00             | 315                             | 719.04                           | 0.20%                    | 4.66                       | 156.91          | 0.031                      | 0.20         | 73.0              | 0.67              |
| P37-A                       | 2044.53          | 2044.53        | 11.58             | 315                             | 719.04                           | 0.40%                    | 4.88                       | 153.47          | 0.031                      | 0.15         | 56.8              | 0.89              |
| P37-B                       | 2044.53          | 1995.23        | 49.30             | 315                             | 591.60                           | 0.20%                    | 4.67                       | 156.65          | 0.026                      | 0.18         | 65.0              | 0.66              |
| P38-A                       | 1995.23          | 1995.23        | 12.50             | 315                             | 591.60                           | 0.40%                    | 4.92                       | 152.81          | 0.025                      | 0.14         | 50.7              | 0.85              |
| P38-B                       | 1995.23          | 1944.88        | 50.35             | 315                             | 604.20                           | 0.20%                    | 4.70                       | 156.20          | 0.026                      | 0.18         | 64.7              | 0.65              |
| P39                         | 1944.88          | 1915.58        | 29.30             | 400                             | 955.80                           | 0.20%                    | 5.37                       | 146.45          | 0.039                      | 0.19         | 55.5              | 0.73              |
| P40                         | 1915.58          | 1915.58        | 8.30              | 500                             | 1675.80                          | 0.20%                    | 5.54                       | 144.31          | 0.067                      | 0.23         | 53.3              | 0.83              |
| PC10                        | 1915.58          | 1915.58        | 3.20              | 500                             | 1675.80                          | 0.20%                    | 5.60                       | 143.51          | 0.067                      | 0.23         | 53.3              | 0.83              |

| Pozzetto di origine | PK inizio | PK fine | Lungh. (m) | Diametro collettore (mm) | Area rid. (m2) | il (%) | ta (min) | i (mm/h) | Q (m3/s) | h (m) | Riemp. (%) | Vel. (m/s) |
|---------------------|-----------|---------|------------|--------------------------|----------------|--------|----------|----------|----------|-------|------------|------------|
| <b>V9</b>           | 959.22    | 1078.87 | 110.00     | 300                      | 1482.25        | 1.30%  | 4.90     | 153.09   | 0.063    | 0.16  | 52.9       | 1.66       |
| <b>V11</b>          | 959.22    | 1078.87 | 110.00     | 300                      | 1482.25        | 1.30%  | 6.03     | 138.41   | 0.057    | 0.15  | 49.8       | 1.62       |
| <b>PC-D</b>         | 1327.00   | 1478.00 | 20.00      | 315                      | 240.00         | 0.20%  | 3.90     | 171.12   | 0.011    | 0.11  | 41.1       | 0.55       |
| <b>PC-E</b>         | 1478.00   | 1896.00 | 20.00      | 315                      | 240.00         | 0.20%  | 3.90     | 171.12   | 0.011    | 0.11  | 41.1       | 0.55       |
| <b>PC-F</b>         | 1896.00   | 2078.00 | 20.00      | 315                      | 240.00         | 0.20%  | 3.90     | 171.12   | 0.011    | 0.11  | 41.1       | 0.55       |
| <b>PC-G</b>         | 2078.00   | 2116.60 | 15.00      | 315                      | 135.00         | 0.20%  | 3.37     | 183.48   | 0.007    | 0.09  | 32.1       | 0.48       |
| <b>MC004/1-c</b>    | 1864.00   | 1864.00 | 2.00       | 400                      | -              | 1.00%  | 0.00     | 0.00     | 0.013    | 0.07  | 20.2       | 0.97       |
| <b>MC004/2-a</b>    | 1864.00   | 1864.00 | 2.00       | 400                      | -              | 1.00%  | 0.00     | 0.00     | 0.001    | 0.02  | 6.4        | 0.47       |
| <b>MC005/1-b</b>    | 1864.00   | 1864.00 | 2.00       | 400                      | -              | 1.00%  | 0.00     | 0.00     | 0.033    | 0.11  | 31.9       | 1.26       |
| <b>MC006/1-a</b>    | 1912.00   | 1912.00 | 2.00       | 400                      | -              | 1.00%  | 0.00     | 0.00     | 0.010    | 0.06  | 18.0       | 0.90       |
| <b>MC007/1-a</b>    | 1887.00   | 1887.00 | 2.00       | 400                      | -              | 1.00%  | 0.00     | 0.00     | 0.004    | 0.04  | 11.5       | 0.69       |



---

## **APPENDICE C: TABELLE POZZETTI**

| Asse principale Sud |             |             |          |          |          |          |             |                      |             |     |              |            |
|---------------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------------------|-------------|-----|--------------|------------|
| Codice manufatto    | Progressiva | Quota testa | Quota A  | Quota B  | Quota C  | Quota D  | Quota fondo | Altezza pozzetto (H) | Al recapito | DN  | Ricoprimento | Base fosso |
|                     |             | m s.l.m.    | m s.l.m. | m s.l.m. | m s.l.m. | m s.l.m. | m s.l.m.    | m                    | m s.l.m.    | mm  | m            | m s.l.m.   |
| PC1                 | 47.10       | 47.46       | 46.35    | -        | -        | -        | 46.20       | 1.26                 | 46.22       | 315 | 0.80         | -          |
| PC4                 | 12.10       | 47.16       | 46.05    | -        | -        | -        | 45.90       | 1.26                 | 46.03       | 315 | 0.80         | -          |
| PC3                 | 22.10       | 47.25       | 46.03    | -        | 46.03    | -        | 45.88       | 1.37                 | 46.00       | 315 | 0.91         | -          |
| PC2                 | 32.10       | 47.36       | 46.00    | 46.22    |          | 46.00    | 45.85       | 1.51                 | 45.98       | 315 | 1.04         | -          |
| P50                 | 31.37       | 47.81       | 45.98    | 46.57    | 45.98    | 46.80    | 45.98       | 1.83                 | 45.96       | 400 | 1.43         | -          |
| P51                 | 48.37       | 47.95       | 46.84    | -        | -        | -        | 46.84       | 1.11                 | 46.80       | 315 | 0.80         | -          |
| P52                 | 19.37       | 47.71       | 46.59    | -        | -        | -        | 46.59       | 1.12                 | 46.57       | 315 | 0.80         | -          |
| P1                  | 204.16      | 48.80       | 47.90    | -        | -        | -        | 47.90       | 0.90                 | 47.75       | 400 | 0.50         | -          |
| P2-A                | 162.01      | 48.70       | 47.75    | 47.75    | -        | -        | 47.75       | 0.95                 | 47.22       | 315 | 0.63         | -          |
| P2-B                | 162.01      | 48.70       | 47.75    | -        | 47.75    | -        | 47.75       | 0.95                 | 47.50       | 400 | 0.55         | -          |
| P3                  | 112.01      | 48.43       | 47.50    | -        | 47.22    | -        | 47.50       | 0.93                 | 47.13       | 400 | 0.52         | -          |
| P4                  | 65.51       | 48.09       | 47.13    | -        | 47.13    | -        | 47.13       | 0.96                 | 46.72       | 315 | 0.64         | -          |
| PC5                 | 65.51       | 47.57       | 46.72    |          | 46.72    | -        | 46.57       | 1.00                 | 46.71       | 500 | 0.35         | 46.15      |
| MC001/1-b           | 60.00       | -           | 46.15    | -        |          | -        |             | -                    | 46.09       | 315 | -            |            |
| PC7                 | 209.00      | 48.25       | 47.14    | -        | -        | -        | 46.99       | 1.26                 | 47.06       | 315 | 0.80         |            |
| PC6                 | 249.00      | 48.49       | 47.06    | 47.06    | -        | -        | 46.91       | 1.58                 | 47.05       | 315 | 1.12         | 46.47      |
| P11                 | 435.87      | 48.28       | 47.46    | -        | -        | -        | 47.46       | 0.82                 | 47.29       | 315 | 0.50         | -          |
| P10                 | 485.87      | 48.10       | 47.20    | -        | 47.29    | -        | 47.20       | 0.90                 | 47.08       | 400 | 0.50         | -          |
| P9-B                | 521.00      | 47.98       | 47.08    | -        | 47.08    | -        | 47.08       | 0.90                 | 47.05       | 400 | 0.50         | 46.50      |
| P5                  | 685.87      | 51.28       | 50.47    | -        | -        | -        | 50.47       | 0.81                 | 48.57       | 315 | 0.50         | -          |
| P6                  | 635.87      | 49.49       | 48.57    | -        | 48.57    | -        | 48.57       | 0.92                 | 47.34       | 315 | 0.60         | -          |
| P7                  | 585.87      | 48.30       | 47.26    | -        | 47.34    | -        | 47.26       | 1.04                 | 46.96       | 400 | 0.64         | -          |
| P8                  | 535.87      | 47.94       | 46.86    | -        | 46.96    | -        | 46.86       | 1.08                 | 46.84       | 500 | 0.58         | -          |
| P9-A                | 521.00      | 47.98       | 46.84    | -        | 46.84    | -        | 46.84       | 1.14                 | 46.81       | 500 | 0.64         | 46.50      |
| MC002/1-a           | 249.00      | -           | 46.47    | -        | -        | 46.47    | 46.47       | -                    | 46.41       | 315 | -            | 46.36      |
| MC003/1-a           | 249.00      | -           | 46.36    | 46.41    | 46.36    | -        | 46.36       | -                    | 46.31       | 315 | -            | -          |
| P12                 | 221.10      | 48.16       | 46.31    | -        | 46.31    | -        | 46.31       | 1.85                 | 46.26       | 315 | 1.54         | -          |
| P13                 | 198.06      | 48.43       | 46.26    | -        | 46.26    | -        | 46.26       | 2.17                 | 46.16       | 315 | 1.86         | -          |
| P15                 | 149.90      | 48.62       | 46.16    | -        | 46.16    | -        | 46.16       | 2.46                 | 46.06       | 315 | 2.15         | -          |
| P17                 | 103.00      | 48.80       | 46.06    | -        | 46.06    | -        | 46.06       | 2.74                 | 45.96       | 315 | 2.43         | -          |
| P19                 | 55.83       | 48.69       | 45.96    | 46.09    | 45.96    | -        | 45.81       | 2.88                 | 45.91       | 400 | 2.33         | -          |
| P20                 | -           | 48.87       | 45.91    | 45.96    | 45.91    | -        | 45.76       | 3.11                 | 45.82       | 500 | 2.46         | -          |
| P21                 | -           | 49.28       | 45.82    | -        | 45.82    | -        | 45.82       | 3.46                 | 45.77       | 500 | 2.96         | -          |
| P42                 | 684.50      | 51.04       | 50.23    | -        | -        | -        | 50.23       | 0.81                 | 48.41       | 315 | 0.50         | -          |
| P43                 | 634.50      | 49.23       | 48.41    | -        | 48.41    | -        | 48.41       | 0.82                 | 47.16       | 315 | 0.50         | -          |
| P44                 | 584.50      | 48.10       | 47.08    | -        | 47.16    | -        | 47.08       | 1.02                 | 46.80       | 400 | 0.62         | 46.64      |
| P45                 | 559.30      | 47.79       | 46.79    | 46.80    | -        | -        | 46.79       | 1.00                 | 46.79       | 500 | 0.50         | 46.63      |

| Asse principale Nord |             |             |          |          |          |          |             |                      |             |     |              |            |
|----------------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------------------|-------------|-----|--------------|------------|
| Codice manufatto     | Progressiva | Quota testa | Quota A  | Quota B  | Quota C  | Quota D  | Quota fondo | Altezza pozzetto (H) | Al recapito | DN  | Ricoprimento | Base fosso |
|                      |             | m s.l.m.    | m s.l.m. | m s.l.m. | m s.l.m. | m s.l.m. | m s.l.m.    | m                    | m s.l.m.    | mm  | m            | m s.l.m.   |
| P22                  | 1112.87     | 54.34       | 53.53    | -        | -        | -        | 53.53       | 0.81                 | 51.73       | 315 | 0.50         | -          |
| P23                  | 1162.87     | 53.10       | 51.73    | -        | 51.73    | -        | 51.73       | 1.37                 | 49.93       | 315 | 1.06         | -          |
| P24                  | 1212.87     | 50.94       | 49.93    | -        | 49.93    | -        | 49.93       | 1.01                 | 48.13       | 315 | 0.70         | -          |
| P25                  | 1262.87     | 49.10       | 48.13    | -        | 48.13    | -        | 48.13       | 0.97                 | 46.33       | 315 | 0.66         | -          |
| P26                  | 1312.87     | 47.36       | 46.05    | -        | 46.33    | -        | 46.05       | 1.31                 | 45.73       | 315 | 1.00         | -          |
| P27                  | 1112.87     | 54.14       | 53.33    | -        | -        | -        | 53.33       | 0.81                 | 51.53       | 315 | 0.50         | -          |
| P28                  | 1162.87     | 52.90       | 51.53    | -        | 51.53    | -        | 51.53       | 1.37                 | 49.73       | 315 | 1.06         | -          |
| P29                  | 1212.87     | 50.74       | 49.73    | -        | 49.73    | -        | 49.73       | 1.01                 | 47.93       | 315 | 0.70         | -          |
| P30                  | 1262.87     | 48.90       | 47.93    | -        | 47.93    | -        | 47.93       | 0.97                 | 46.13       | 315 | 0.66         | -          |
| P31                  | 1312.87     | 47.15       | 45.64    | 46.13    | 45.73    | -        | 45.64       | 1.51                 | 45.39       | 400 | 1.11         | 43.74      |
| P32                  | 1336.93     | 46.50       | 45.69    | -        | -        | -        | 45.69       | 0.81                 | 45.54       | 315 | 0.50         | -          |
| P33-A                | 1386.93     | 45.49       | 44.59    | -        | 45.54    | -        | 44.59       | 0.90                 | 44.56       | 315 | 0.59         | -          |
| P33-B                | 1386.93     | 45.49       | 44.59    | -        | 44.56    | -        | 44.59       | 0.90                 | 44.44       | 400 | 0.50         | -          |
| P34                  | 1436.93     | 44.99       | 44.09    | -        | 44.56    | -        | 44.09       | 0.90                 | 43.98       | 400 | 0.50         | -          |
| P35                  | 1474.89     | 45.06       | 43.85    | 43.98    | -        | -        | 43.85       | 1.30                 | 43.82       | 500 | 0.71         | -          |
| PC9                  | 1474.89     | 44.74       | 43.82    | -        | 43.82    | -        | 43.67       | 1.07                 | 43.81       | 500 | 0.42         | 43.58      |
| P41                  | 1865.58     | 44.21       | 43.40    | -        | -        | -        | 43.40       | 0.81                 | 43.30       | 315 | 0.50         | -          |
| P36                  | 2085.08     | 44.18       | 43.37    | -        | -        | -        | 43.37       | 0.81                 | 43.27       | 315 | 0.50         | -          |
| P37-A                | 2044.53     | 44.28       | 43.27    | 43.27    | -        | -        | 43.27       | 1.01                 | 43.22       | 315 | 0.70         | -          |
| P37-B                | 2044.53     | 44.28       | 43.27    | -        | 43.22    | -        | 43.27       | 1.01                 | 43.17       | 315 | 0.70         | -          |
| P38-A                | 1995.23     | 44.27       | 43.17    | 43.17    | -        | -        | 43.17       | 1.10                 | 43.12       | 315 | 0.79         | -          |
| P38-B                | 1995.23     | 44.27       | 43.17    | -        | 43.17    | -        | 43.17       | 1.10                 | 43.07       | 315 | 0.79         | -          |
| P39                  | 1944.88     | 44.11       | 43.03    | -        | 43.12    | -        | 43.03       | 1.08                 | 42.97       | 400 | 0.68         | -          |
| P40                  | 1915.58     | 44.25       | 42.90    | 42.97    | -        | 43.30    | 42.90       | 1.35                 | 42.88       | 500 | 0.85         | -          |
| PC10                 | 1915.58     | 43.87       | 42.88    | -        | 42.88    | -        | 42.73       | 1.14                 | 42.87       | 500 | 0.49         | 42.58      |
| MC006/1-a            | 1912        |             | 42.58    | -        | -        | -        | -           | -                    | 42.56       | 400 | -            | -          |
| P48                  | 1912        | 43.83       | 40.04    | -        | 42.56    | -        | 39.89       | 3.94                 | 40.03       | 400 | 3.39         | -          |
| MC007/1-a            | 1887        |             | 42.63    | -        | -        | -        | -           | -                    | 42.61       | 400 | -            | -          |
| P49                  | 1887        | 43.83       | 40.05    | -        | 42.61    | -        | 39.90       | 3.93                 | 40.03       | 400 | 3.38         | -          |

---

## **APPENDICE D:**

### **VERIFICHE FOSSI DI LAMINAZIONE**

| Recapito | Tratto i-esimo | Recapito e Tratto i-esimo | Lungh. | Largh. Incr. pav. | Area Incr. pav. | Area scarp. | Largh fosso | Area fosso | Area tot. Progetto | Area tot. Progressiva | Q tot Progetto (No lamin.) | Q tot Progressivo | Qout lamin. (15l/sha) | Qout lamin. Progressivo (15l/sha) | Qout lamin. Applicato | t*    | Vol lamin. Progressivo | Vol min (500mc/ha di incr. pav.) | Check Vol 500 mc/ha | Vol lamin. | Fosso | i     | L* lungh. fosso lam | Vdisp fosso* | Altezza fosso | Altezza Tirante | Check Vfosso | Q sfioro | Largh. MC | Largh. Sfiore | h1 sfioro | Check h |
|----------|----------------|---------------------------|--------|-------------------|-----------------|-------------|-------------|------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------|------------------------|----------------------------------|---------------------|------------|-------|-------|---------------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|----------|-----------|---------------|-----------|---------|
| [-]      | [-]            | [-]                       | [m]    | [m]               | [mq]            | [mq]        | [m]         | [mq]       | [mq]               | [mq]                  | [mc/s]                     | [mc/s]            | [mc/s]                | [mc/s]                            | [mc/s]                | [ore] | [mc]                   | [mc]                             | [-]                 | [mc]       | [-]   | [%]   | [m]                 | [mc]         | [m]           | [m]             | [mc]         | [mc/s]   | [m]       | [m]           | [m]       | [-]     |
| 001/1    | a              | 001/1a                    | 63     | 28.8              | 2802.4          | 58.59       | 4           | 252        | 3089.6             | 3089.6                | 0.076                      | 0.076             | 0.0046                | 0.0046                            | 0.0046                | 4.29  | 152.11                 | 140.12                           | OK                  | 152.11     | CR1-C | 0.50  | 63                  | 161.9        | 1.5           | 0.8             | OK           | 0.005    | 4         | 4             | 0.008     | OK      |
| 001/1    | b              | 001/1b                    | 63     | 28.8              | 2295.4          | 58.59       | 4           | 252        | 2582.6             | 5672.1                | 0.064                      | 0.140             | 0.0039                | 0.0085                            | 0.0085                | 4.29  | 279.3                  | 254.9                            | OK                  | 127.15     | CR1-C | 0.50  | 63                  | 161.9        | 1.5           | 0.8             | OK           | 0.009    | 4         | 4             | 0.012     | OK      |
| 002/1    | a              | 002/1a                    | 464    | 12.94             | 11470.16        | 1140        | 4           | 1856       | 14010.2            | 14010.160             | 0.346                      | 0.346             | 0.0172                | 0.0210                            | 0.0210                | 4.29  | 689.8                  | 573.5                            | OK                  | 689.75     | CR1-A | 0.05  | 464                 | 712.7        | 0.85          | 0.5             | OK           | 0.021    | 4         | 4             | 0.021     | OK      |
| 003/1    | a              | 003/1a                    | 290    | 12.94             | 5978.28         | 870         | 3           | 870        | 7370.3             | 7370.3                | 0.182                      | 0.529             | 0.0111                | 0.0111                            | 0.0111                | 4.29  | 362.9                  | 298.9                            | OK                  | 362.86     | CR2-B | 0.05  | 290                 | 458.9        | 1             | 0.6             | OK           | 0.011    | 3         | 3             | 0.017     | OK      |
| 004/1    | a              | 004/1a                    | 300    | -                 | 3133            | 320         | 4           | 1200       | 4525.0             | 4525.000              | 0.112                      | 0.112             | 0.0047                | 0.0068                            | 0.0068                | 4.29  | 222.8                  | 156.7                            | OK                  | 222.78     | CR1-B | 0.200 | 300                 | 360.0        | 1             | 0.6             | OK           | 0.007    | 4         | 4             | 0.010     | OK      |
| 004/1    | b              | 004/1b                    | 300    | 12                | 3600            | 450         | 4           | 1200       | 5070.0             | 9595.0                | 0.125                      | 0.237             | 0.0054                | 0.0144                            | 0.0144                | 4.29  | 472.4                  | 180.0                            | OK                  | 249.61     | CR1-B | 0.200 | 300                 | 360.0        | 1             | 0.6             | OK           | 0.014    | 4         | 4             | 0.016     | OK      |
| 004/1    | c              | 004/1c                    | 175    | 12                | 2100            | 262.5       | 4           | 700        | 2957.5             | 12552.5               | 0.073                      | 0.310             | 0.0032                | 0.0188                            | 0.0188                | 4.29  | 618.0                  | 105.0                            | OK                  | 145.60     | CR1-B | 0.200 | 175                 | 297.5        | 1             | 0.6             | OK           | 0.019    | 4         | 4             | 0.020     | OK      |
| 004/2    | a              | 004/2a                    | 21     | 12                | 252             | 0           | 4           | 84         | 336.0              | 336.000               | 0.008                      | 0.008             | 0.0004                | 0.0005                            | 0.0005                | 4.29  | 16.5                   | 12.6                             | OK                  | 16.54      | CR1-B | 0.20  | 21                  | 48.6         | 1             | 0.6             | OK           | 0.001    | 4         | 4             | 0.002     | OK      |
| 006/1    | a              | 006/1a                    | 183    | 24                | 4392            | 183         | 4           | 732        | 5233.8             | 5233.800              | 0.129                      | 0.129             | 0.0066                | 0.0079                            | 0.0079                | 4.29  | 257.7                  | 219.6                            | OK                  | 257.67     | CR1-B | 0.20  | 183                 | 305.2        | 1             | 0.6             | OK           | 0.008    | 4         | 4             | 0.011     | OK      |
| 007/1    | a              | 007/1a                    | 232    | -                 | 1002            | 928         | 3.25        | 754        | 2312.8             | 2312.800              | 0.057                      | 0.057             | 0.0015                | 0.0035                            | 0.0035                | 4.29  | 113.9                  | 50.1                             | OK                  | 113.86     | FR4   | 0.20  | 232                 | 142.3        | 1             | 0.6             | OK           | 0.003    | 3.25      | 3.25          | 0.007     | OK      |
| 005/1    | a              | 005/1a                    | 390    | 24                | 9417            | 313         | 4           | 1560       | 11164.8            | 11164.800             | 0.276                      | 0.276             | 0.0141                | 0.0167                            | 0.0167                | 4.29  | 549.7                  | 470.9                            | OK                  | 549.67     | CR1-B | 0.10  | 390                 | 631.8        | 1             | 0.6             | OK           | 0.017    | 4         | 4             | 0.018     | OK      |
| 005/1    | b              | 005/1b                    | 368    | 24                | 8952            | 400.2       | 4           | 1472       | 10664.1            | 21828.920             | 0.264                      | 0.540             | 0.0134                | 0.0327                            | 0.0327                | 4.29  | 1074.7                 | 447.6                            | OK                  | 525.02     | CR1-B | 0.10  | 368                 | 612.4        | 1             | 0.6             | OK           | 0.033    | 4         | 4             | 0.028     | OK      |
| 008/1    | a              | 008/1a                    | 90     | 4                 | 450.6           | 117         | 1.5         | 135        | 601.8              | 601.800               | 0.015                      | 0.015             | 0.0007                | 0.0009                            | 0.0009                | 4.29  | 29.6                   | 22.5                             | OK                  | 29.63      | F11   | 0.05  | 90                  | 36.2         | 0.5           | 0.4             | OK           | 0.001    | 1.5       | 1.5           | 0.005     | OK      |
| 009/1    | a              | 009/1a                    | 84     | 4                 | 418.9           | 109.2       | 1.5         | 126        | 560.0              | 560.020               | 0.014                      | 0.014             | 0.0006                | 0.0008                            | 0.0008                | 4.29  | 27.6                   | 20.9                             | OK                  | 27.57      | F11   | 0.05  | 84                  | 34.0         | 0.5           | 0.4             | OK           | 0.001    | 1.5       | 1.5           | 0.005     | OK      |