

autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: BOLOGNA S.LAZZARO - NUOVO SVINCOLO DI PONTE RIZZOLI

NUOVA STAZIONE DI PONTE RIZZOLI E REALIZZAZIONE DELLA COMPLANARE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

SVINCOLO E STAZIONE DI PONTE RIZZOLI

IDROLOGIA E IDRAULICA

SISTEMA DI DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli
Ord. Ingg. Pavia N.1739
**RESPONSABILE IDROLOGIA
E IDRAULICA**

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE


Ing. Federica Ferrari
Ord. Ingg. Milano N. 21082

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496
PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO						RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore:
Codice	Commessa	Lotto, Sub- Cod. Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA		Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	00
11	1439	0001	P	D00	0000	00000	000000	000000	000000	0	IDR	0050	-1	SCALA: -

 <small>gruppo Atlantia</small>	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE				
	Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. 21082				n.	data			
					0	GENNAIO 2017			
					1	MARZO 2018			
					2	-			
REDATTO:		-		VERIFICATO:		-		3	-
								4	-

VISTO DEL COMMITTENTE

autostrade // per l'italia

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Antonio Procopio

VISTO DEL CONCEDEnte



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

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
2.1 NORMATIVA NAZIONALE	3
2.2 NORMATIVA REGIONALE.....	5
2.3 DIRETTIVE AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME RENO	7
3. IDROLOGIA	8
4. INTERFERENZE IDROGRAFICHE	13
4.1 AMBITO DI RIFERIMENTO	13
4.2 TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI.....	15
5. SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE	16
5.1 REQUISITI PRESTAZIONALI	16
5.2 SCHEMA GENERALE DI DRENAGGIO	16
5.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	18
<i>Controllo quantitativo e qualitativo delle acque meteoriche</i>	19
5.4 METODOLOGIA PROGETTUALE PER IL DIMENSIONAMENTO	21
<i>Dimensionamento degli elementi di raccolta</i>	21
<i>Dimensionamento degli elementi di convogliamento</i>	22
5.5 ELEMENTI DI RACCOLTA	23
<i>Sistema di drenaggio in rilevato - Embrici</i>	23
<i>Canaletta grigliata continua</i>	23
<i>Canaletta grigliata puntuale L = 1 m</i>	24
5.6 ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO E LAMINAZIONE.....	25
<i>Collettori circolari in PEAD e PP</i>	25
<i>Fossi di guardia</i>	26
<i>Manufatti di controllo</i>	28
5.7 VERIFICHE DI PROGETTO	29
5.8 IMPIANTI DI TRATTAMENTO	31
5.9 SMALTIMENTO ACQUE NERE	33

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica ed idraulica si riferisce al progetto definitivo del nuovo Svincolo di Ponte Rizzoli facente parte dell'intervento di completamento della complanare Nord di Bologna tra l'uscita autostradale di San Lazzaro e Ponte Rizzoli al lato nord dell'Autostrada A14 Bologna – Bari – Taranto, comunemente denominata "Adriatica".

Il presente documento fornisce gli elementi per il dimensionamento idraulico delle opere di drenaggio, sia longitudinali che trasversali, necessarie all'allontanamento delle precipitazioni dal manto stradale.

Il nuovo svincolo di ponte Rizzoli, situato alla progressiva Km 29+191, consente il collegamento tra la viabilità locale e la complanare Nord e la connessione con il sistema tangenziale di Bologna mediante la realizzazione di due piazzali di esazione, uno a sud e uno a nord dell'autostrada A14.

Il sistema di acque superficiali, interessato dal tracciato autostradale, è composto, in parte, da corsi d'acqua naturali, ma soprattutto da una fitta rete di corsi d'acqua artificiali, di storica memoria, rappresentativi di un importante componente dell'ambiente circostante. Questo antico intreccio di canali rappresenta un elemento determinante per la caratterizzazione del paesaggio agrario ed assolve una funzione strategica per l'economia del territorio, sia in termini di distribuzione delle acque irrigue che di scolo di quelle piovane.

L'ambito territoriale scelto per l'analisi del sistema idrografico è, quindi, quello definito dai bacini imbriferi le cui aste vengono interessate dall'opera in studio; essi appartengono al bacino imbrifero del Fiume Reno.

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 degli interventi di ampliamento della sede autostradale previsti con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

2.1 NORMATIVA NAZIONALE

RD 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

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. 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. 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. Vengono individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione; vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo e l'Autorità di Bacino. Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino.

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.

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; individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio; prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Tale decreto ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. 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. Sostituisce ed integra il DL 152/99.

L'articolo 113 così cita:

Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia

- *Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, disciplinano e attuano:*

- *le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;*
- *i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione;*
- *Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.*
- *Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.*
- *È comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.*

2.2 NORMATIVA REGIONALE

Come visto, il tratto autostradale di interesse ricade interamente all'interno dei confini amministrativi della Regione Emilia-Romagna.

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

LR 9/83

Redazione del piano territoriale regionale per la tutela ed il risanamento delle acque.

“La regione Emilia-Romagna, ai sensi dell' art. 8 della legge 10 maggio 1976, n. 319, si dota di un piano territoriale di risanamento e tutela delle acque articolato per bacini idrografici ed incentrato sugli obiettivi di qualità per ciascun corpo idrico.” (art. 1: Oggetto della legge).

LR 44/95

Riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA) della Regione Emilia-Romagna.

- La Regione, con la presente legge, in attuazione delle disposizioni dell' art. 7 del DLgs 30 dicembre 1992, n. 502 e successive modificazioni, del DL 4 dicembre 1993, n. 496 convertito con modificazioni in Legge 21 gennaio 1994, n. 61 e dell' art. 6 della LR 12 maggio 1994, n. 19, istituisce l'Agenzia regionale per la prevenzione e l' ambiente, di seguito denominata ARPA, ne disciplina l'organizzazione ed il funzionamento e riorganizza le strutture preposte ai controlli ambientali e alla prevenzione collettiva.

- La presente legge disciplina altresì le modalità di coordinamento dell' ARPA con il sistema delle autonomie locali e con il Servizio sanitario dell' Emilia–Romagna, perseguendo l'obiettivo della massima integrazione programmatica e tecnico-operativa.” (art. 1: Oggetto e finalità)

LR 3/99

Riforma del sistema regionale e locale (gli Artt. 98 e seguenti contengono nuove norme in materia ambientale che riformano parte dell'ordinamento regionale precedente).

LR 25/99

Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli enti locali per l'organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani.

LR 1/03

Modifiche ed integrazioni alla L.R. 25/99 (Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli Enti Locali per l'organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani).

Delibera giunta regionale 14 febbraio 2005 n° 286

Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne (artc. 39, DLgs 11 maggio 1999 n°152).

- *Rientra in questo ambito il diffuso e complesso sistema di raccolta ed allontanamento tramite canalizzazioni e condotte dedicate delle acque meteoriche di dilavamento a servizio delle reti stradali ed autostradali, sia della normale sede stradale che delle opere connesse quali ponti gallerie, viadotti svincoli, ecc., ovvero delle pertinenze delle grandi infrastrutture di trasporto (piste aeroportuali, piazzali / banchine portuali, aree adibite ad interporti, reti ferroviarie in galleria, ecc.).*
- *Al punto 7.1 si definisce la tipologia di progetto interessata: “Nuove immissioni: l'esigenza richiamata all'art. 39, lett. b) del decreto di assoggettare tali immissioni a prescrizioni specifiche o ad autorizzazione, s'intende soddisfatta per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento soggetti a valutazione di impatto ambientale (VIA) dalla procedura di VIA stessa”*
- *Al punto 7.2 I così prosegue: “Per le nuove opere ed i nuovi progetti di intervento di cui al precedente punto 7.1 - lettera a), le prescrizioni per il contenimento dell'inquinamento prodotte ... 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”.*
- *Al punto 7.2 II così prosegue: “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... A tal fine si avranno a riferimento seguenti criteri di valutazione: il livello di contaminazione delle portate meteoriche e dei relativi carichi inquinanti sversati, l'estensione del bacino sotteso dalle "altre condotte separate" che si immettono nel corpo recettore, la distribuzione delle ulteriori "altre condotte separate" o delle altre reti di scarico presenti lungo l'asta fluviale nonché le caratteristiche idrologiche e morfologiche del recettore medesimo”.*

- Al punto 7.2 III così prosegue: “Le prescrizioni da adottarsi ai sensi dei precedenti punti I e II avranno a riferimento, di norma, soluzioni progettuali ... 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. Dette soluzioni possono essere finalizzate anche al trattamento mediante la realizzazione di sistemi di tipo naturale i quali la "fito-depurazione" o le "fasce filtro / fasce tampone". (Le linee Guida di tale progettazione è la Delibera di Giunta N°1860 del 18/12/2006 capo IV).”

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”.

2.3 DIRETTIVE 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 m³ 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.”

Per tutti corsi d’acqua si è adattato il criterio di recuperare tali volumi nei fossi; per i corsi d’acqua artificiali si è perseguito, oltre a questo criterio, il principio dell’invarianza.

In linea a quanto indicato dall’Autorità di Bacino, si lamina l’ampliamento di pavimentato di progetto ed il nuovo in termini di **500 m³ di invaso per ogni ettaro di nuova pavimentazione.**

3. IDROLOGIA

Per la determinazione del regime pluviometrico dei corsi d'acqua di interesse 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-piogge al territorio appartenente alle regioni amministrative Emilia-Romagna e Marche.

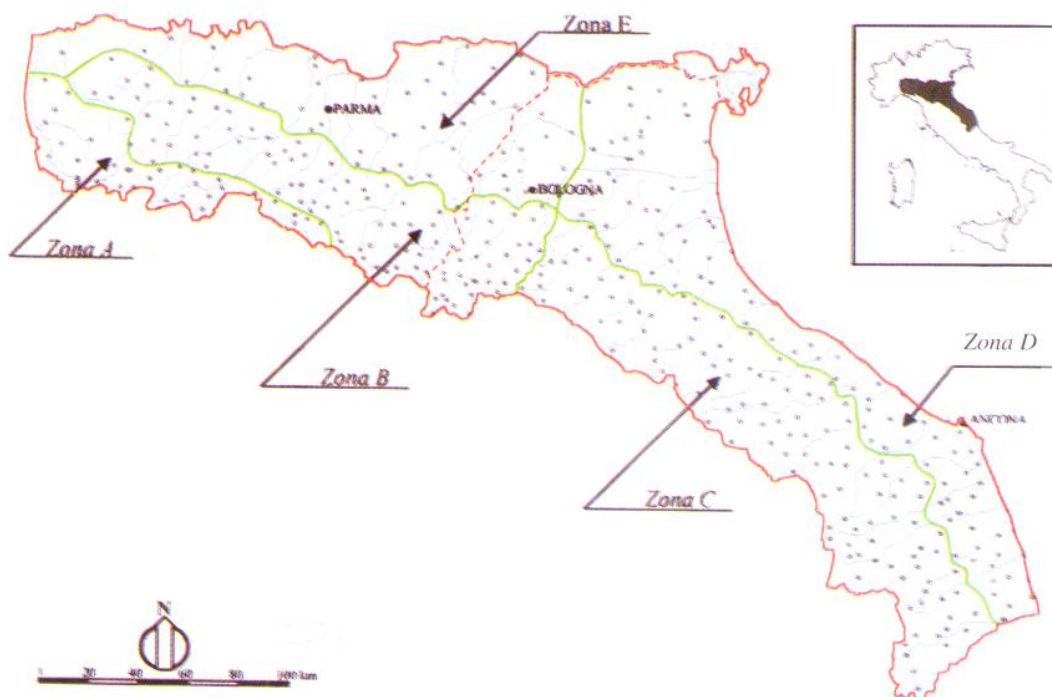
I modelli regionali VAPI si basano sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva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

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

Tabella 3: Parametri delle curve di crescita relative al modello TCEV per le varie durate

Zona	λ	θ	λ_1	η	Note
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
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
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

Figura 2: Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense.



La curva di crescita si ricava invertendo l'espressione (3.1) scritta in funzione del tempo di ritorno, mentre la pioggia indice viene calcolata mediante la (3.2):

$$P(x) = \exp\left[-\lambda_1 \exp(-x \eta) - \lambda \lambda_1^{1/\theta} \exp(-x \eta/\theta)\right] \quad (3.1)$$

$$\mu = m_1 \cdot d \frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (3.2)$$

$m(h24)$ = 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;

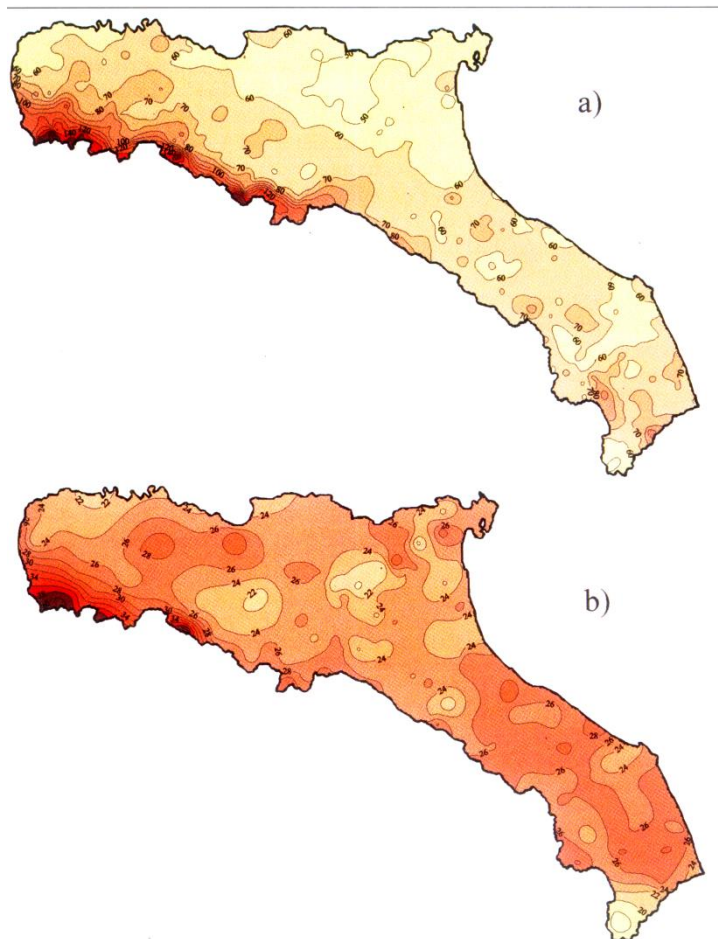
$\gamma = m_G / m(h24) = 0.89$ nella regione esaminata.

Per la determinazione dei parametri m_1 e m_G si fa riferimento alle isolinee riportate in Figura seguente.

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:

$$n = \frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (3.3)$$

Figura 3: Isolinee delle altezze medie di pioggia massime annuali della durata di 1 giorno (a) e 1 ora (b).



Per l'area di intervento, ricadente nella "zona omogenea D", sono stati stimati valori dei parametri m_1 e m_G pari rispettivamente a 24 e 60, mentre il parametro γ , 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 del tempo di ritorno. Si riportano di seguito le tabelle riassuntive dei valori dei parametri a ed n e delle altezze h di precipitazione espresse in millimetri, per i TR di interesse e delle relative curve di possibilità pluviometrica.

Tabella 4: Valori dei parametri delle LSPP per diversi TR

TR	a	n
25 anni	45.52	0.32
50 anni	53.60	0.32
100 anni	61.83	0.32
200 anni	70.25	0.32

Tabella 5: Altezze di pioggia determinate per ciascun tempo di ritorno

durata (ore)	altezza pioggia (mm)			
	Tr=200	Tr=100	Tr=50	Tr=25
1	70.25	61.83	53.60	45.52
3	99.84	87.88	76.18	64.70
6	124.64	109.70	95.10	80.76
12	155.59	136.94	118.71	100.81
24	194.23	170.95	148.19	125.86

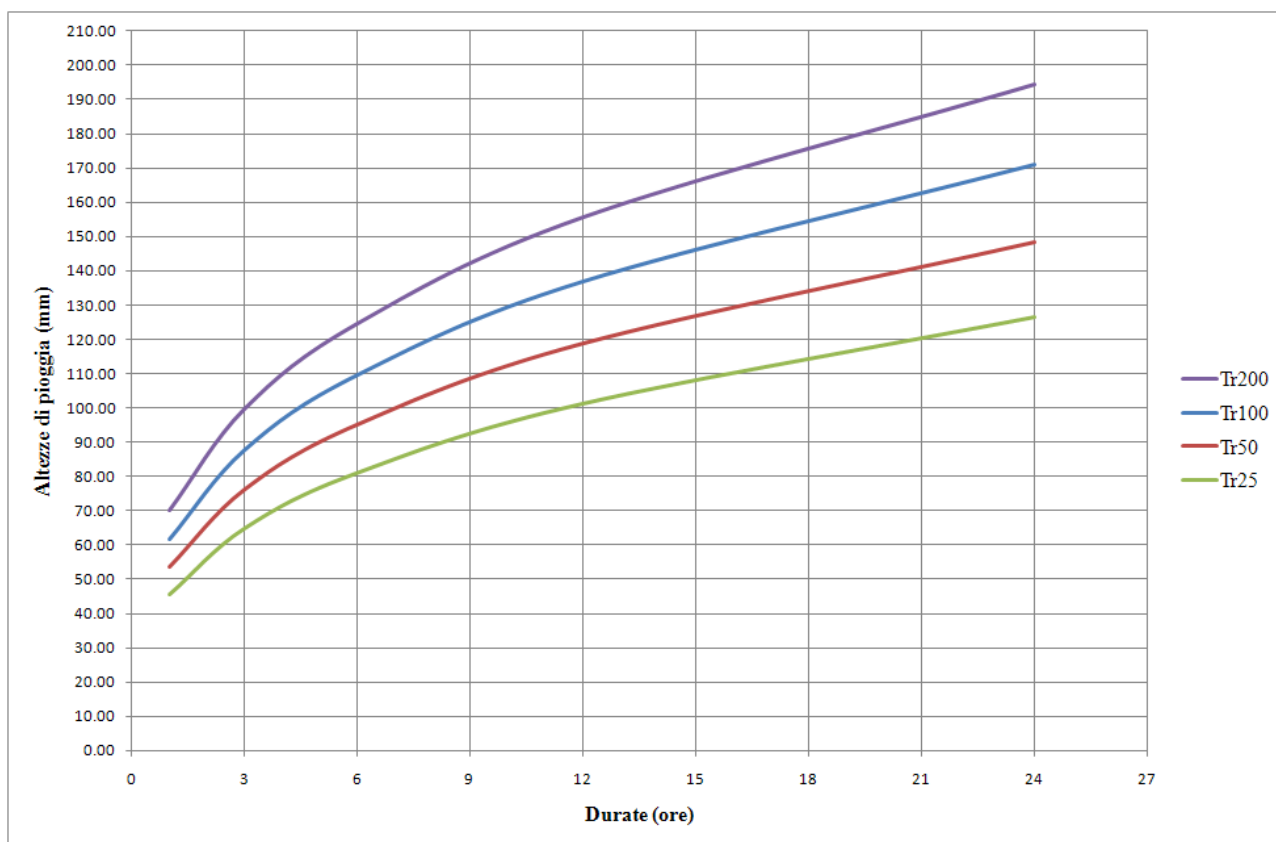


Figura 4: Curve di possibilità pluviometrica per i diversi Tr

Le leggi di pioggia calcolate sono valide per tempi di corrivazione superiori all'ora. Per determinare le leggi di pioggia valide per eventi di breve durata, utilizzate per il dimensionamento del **sistema di drenaggio**, si è utilizzato lo studio di Calenda e 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 ed il passaggio per l'altezza di pioggia oraria si ottiene il valore del parametro n per tempi di pioggia inferiori all'ora pari a **0.515**. In questo caso si utilizzeranno i valori del parametro a relativi alla durata di un'ora.

Tabella 6: Valori dei parametri delle LSPP per diversi TR e durate inferiori all'ora

a	Tr (anni)				n
	25	50	100	200	
1 ora	45.52	53.60	61.83	70.25	0.515

Nel nostro caso quindi avendo scelto di utilizzare un tempo di ritorno di 25 anni per il dimensionamento della rete di drenaggio si ottiene:

Parametro a = 45.52 mm

Parametri n = 0.32 per piogge orarie n = 0.515 per gli scrosci (durata inferiore all'ora).

4. INTERFERENZE IDROGRAFICHE

4.1 AMBITO DI RIFERIMENTO

L'area entro cui si sviluppa lo svincolo di progetto ricade nel bacino idrografico del fiume Reno.

Lo studio idrologico ed idraulico è stato differenziato per sistemi idrografici e per ambiti territoriali al fine di inquadrare il territorio interessato non tanto sotto il profilo del corridoio autostradale bensì sotto il profilo delle sue caratteristiche idrografiche e quindi con riferimento all'entità prevalente del bacino idrografico di riferimento.

Il sistema è quindi organizzato in due classi prevalenti:

- corsi d'acqua di competenza dell'ADB Reno;
- corsi d'acqua artificiali ricadenti nell'area di competenza del Consorzio di Bonifica Renana o privati.

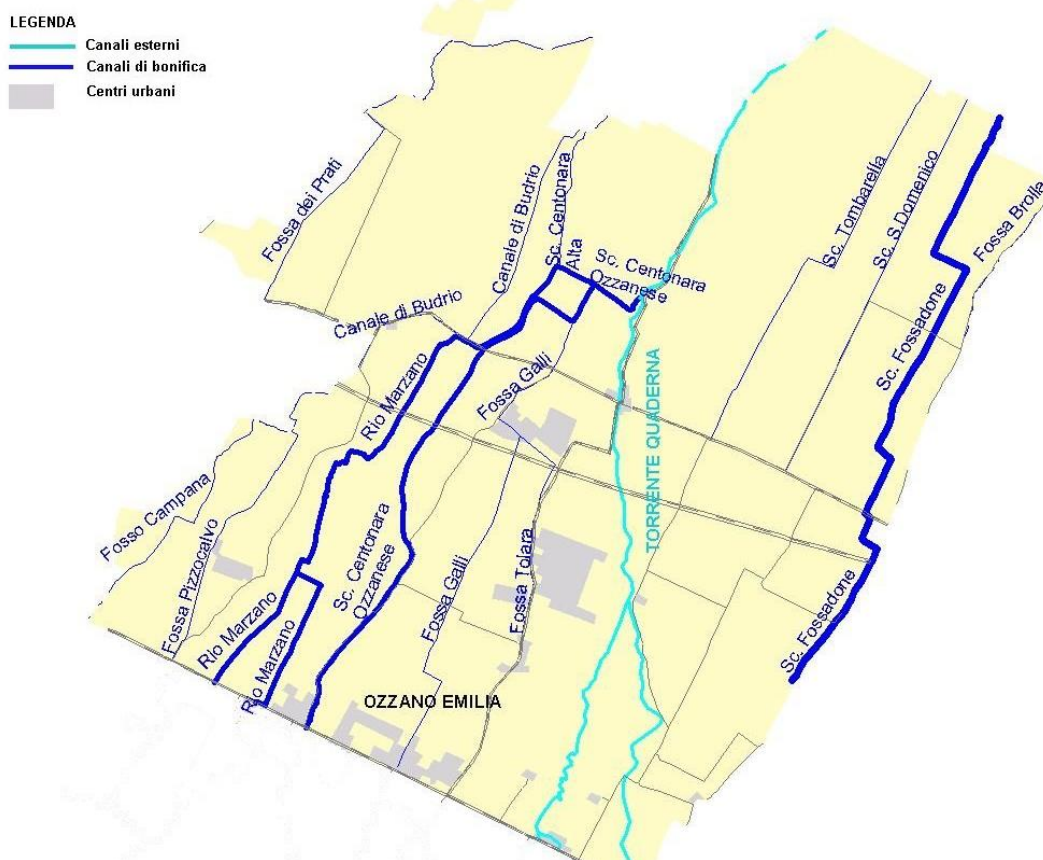
Nello specifico, i corsi d'acqua naturali interferenti con il tracciato autostradale sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 1: Corsi d'acqua di competenza dell'ADB Reno

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA OPERA IDRAULICA ALL'ALTEZZA DELL'A14
AU-VI002	Torrente Quaderna	29+376	ADB Reno	Principale	Viadotto

Per meglio definire gli ambiti di competenza delle interferenze minori si riportano di seguito la mappa del comune interessato dal progetto relativamente alle competenze del Consorzio di Bonifica renana:

Figura 1: Rete idrografica del consorzio di bonifica renana in comune di Ozzano



Nella tabella seguente sono riportati i corsi d'acqua artificiali, di competenza del Consorzio della Bonifica renana o privati, interferenti con il tracciato autostradale.

Tabella 2: Corsi d'acqua artificiali di competenza del Consorzio di Bonifica Renana o Privati

CODICE WBS	NOME	Pk	ENTE GESTORE	RANGO	TIPOLOGIA IDRAULICA	OPERA ALL'ALTEZZA DELL'A14
T025	Fosso 4	29+029	Privato	Minore	Tubazione diam.1000 mm	

Lo svincolo in progetto non interferisce con alcun canale artificiale appartenente al consorzio di Bonifica renana.

4.2 TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI

L'opera di attraversamento del torrente Quaderna è già stata oggetto in passato d'interventi di adeguamento ed è quindi già predisposta per la realizzazione delle opere in progetto.

Gli interventi interessano solamente il Fosso 4 in quanto interferente con le rampe di accesso di entrambi i piazzali di esazione.

In progetto pertanto è previsto il prolungamento a valle del tombino di attraversamento dell'autostrada posto alla progressiva 29+029 e la posa di due brevi tombini a monte. L'intervento non altera l'assetto idraulico esistente in quanto l'adeguamento del tombino esistente avviene mantenendo l'attuale sezione idraulica costituita da un collettore DN1000 in C.A.V.

Per maggiori dettagli si rimanda alle planimetrie idrauliche e ai particolari costruttivi.

5. SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE

Il sistema di drenaggio garantisce la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sulla superficie pavimentata ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito dalle aste di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente e qualitativamente.

5.1 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 autostradale; 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, le acque raccolte dai piazzali ai punti di recapito presidiati, separandole dalle acque esterne che possono essere portate a recapito senza nessun tipo di trattamento;
- 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 500m³/(ha) di nuova superficie impermeabilizzata;
- garantire, ove richiesto dalla normativa vigente, il controllo qualitativo delle acque prima della loro immissione nel ricettore finale.

5.2 SCHEMA GENERALE 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 gli embrici, 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 canalizzazioni a

cielo aperto (fossi di guardia) e da collettori in genere. Tali elementi provvedono al trasferimento delle acque verso i recapiti.

- Elementi di recapito: sono individuati in funzione della vulnerabilità e possono essere diretti (raramente) o nella stragrande maggioranza dei casi presidiati. Sono individuati nei corsi d'acqua naturali, nei canali irrigui e nei fossi di scolo della viabilità esistente.

Il tipo di elemento di raccolta da prevedere sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione che viene considerata. Le sezioni si possono suddividere in due macro categorie: sezione corrente dell'infrastruttura e sezioni singolari (aree di servizio, di esazione, ecc.). La sezione corrente dell'infrastruttura si divide a sua volta, per caratteri costruttivi, in:

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

Nel presente progetto è previsto soltanto il primo caso.

Inoltre, il sistema di drenaggio, a seconda della pendenza trasversale della piattaforma autostradale, si può schematizzare in:

- drenaggio marginale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene in corsia di emergenza (esterno della carreggiata);
- drenaggio centrale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene in corrispondenza della corsia di sorpasso (interno della carreggiata).

Gli elementi costitutivi del sistema di drenaggio sono stati quindi individuati in funzione del tipo di drenaggio (marginale o centrale) e della sezione corrente dell'infrastruttura, secondo lo schema riportato nella seguente tabella; tale schematizzazione resta, comunque, passibile di modifiche laddove esigenze locali del sistema di drenaggio, dell'infrastruttura o dei recapiti le dovessero richiedere.

Tabella 7: schema generale del sistema di drenaggio adottato

Tipo di drenaggio	Sezione autostradale / tangenziale	Elemento di raccolta	Elemento di convogliamento	Elemento di recapito
Marginale in A14	rilevato	Canaletta grigliata continua 40 x 40 cm	Tubazione trasversale in PP	Fosso inerbito
Marginale rampe di svincolo	rilevato	Embrice	-	Fosso inerbito
Piazzale esazione	rilevato	Canaletta grigliata discontinua L = 1m	Scarico ad intervalli regolari nella tubazione sottostante in PEAD	Fosso inerbito

Nel tratto in fregio ai piazzali di esazione è previsto anche il rifacimento e l'adeguamento del sistema di drenaggio autostradale esistente prevedendo la posa lungo il ciglio della corsia di emergenza della carreggiata Nord di una canaletta grigliata continua, in analogia con quanto previsto per l'asse della complanare, e del prolungamento dei collettori trasversali esistenti provenienti dal drenaggio in spartitraffico.

Il tracciato autostradale può, infine, essere suddiviso in due categorie definite in base al tipo di trattamento effettuato dai presidi idraulici prima del recapito nel ricettore finale. Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma a presidi idraulici che consentono il trattamento quali-quantitativo dell'acqua dilavante la piattaforma è denominato "sistema chiuso". Nelle zone in cui è previsto solo il controllo quantitativo delle acque (laminazione) il sistema drenante è denominato "aperto".

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.

5.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il sistema di drenaggio in progetto sfrutta gli scarichi esistenti, che sono stati mantenuti e verificati, evitando di creare nuovi punti di recapito. La situazione esistente nel tratto in progetto è molto variegata e si connette in massima parte alla rete di drenaggio superficiale come fossi e scoline.

Gli elementi per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche delle rampe di svincolo sono costituiti normalmente da embrici a determinati interassi che convogliano le acque nel fosso inerbito al piede.

Lungo la corsia di emergenza della carreggiata Nord dell'A14, invece, è prevista una canaletta grigliata continua in calcestruzzo di dimensioni 40x40cm che mediante un pozzetto prefabbricato

scarica le acque in collettori trasversali in PP di diametro DN500-630 che convogliano le acque al fosso al piede sottopassando il piazzale di esazione; queste tubazioni costituiscono il prolungamento delle tubazioni esistenti provenienti dal drenaggio in spartitraffico.

I piazzali di esazione vengono drenati mediante la posa di canalette grigliate in PEAD discontinue di lunghezza 1m le quali scaricano in collettori longitudinali in PEAD, tali tubazioni successivamente convogliano le acque nei fossi al piede.

Tutti gli elementi sono dimensionati per tempo di ritorno pari a 25 anni.

Controllo quantitativo e qualitativo delle acque meteoriche

Per quanto concerne il controllo quantitativo degli scarichi, i fossi sono stati dimensionati in modo da consentire il recupero di **500 mc/ettaro di nuova superficie pavimentata** come prescritto dalle Norme tecniche del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'autorità di Bacino del fiume Reno.

La laminazione all'interno dei fossi sarà garantita da manufatti di controllo dotati di luce tarata per la regolazione delle portate in uscita.

Per quanto riguarda invece il controllo qualitativo degli scarichi, in ottemperanza alla normativa vigente, il sistema di drenaggio autostradale è stato suddiviso in due categorie: sistema aperto e sistema chiuso.

Il sistema di drenaggio che prevede lo scarico dell'acqua di piattaforma nel recettore finale tramite manufatti per il controllo qualitativo dell'acqua dilavante la piattaforma è denominato "sistema chiuso" mentre il sistema di drenaggio che prevede lo scarico libero dell'acqua di piattaforma nel recettore finale, senza l'interposizione di presidi idraulici per il trattamento delle acque meteoriche, è denominato "sistema aperto".

Gli ambiti in cui è previsto il sistema di tipo chiuso (costituito dal fosso che funge da sedimentatore e dal manufatto di controllo che funziona da disoleatore) sono stati definiti come segue:

1. aree in cui le acque di piattaforma vengono immesse direttamente o in prossimità di corpi idrici superficiali "*significativi*" e di "*interesse*" inseriti nel PTA;
2. aree in cui le acque di piattaforma vengono immesse in ricettori per i quali sono definiti obiettivi di qualità secondo le Norme del PTA;
3. aree in cui le acque di piattaforma vengono immesse in ricettori per i quali si indicano esigenze di tutela e vincoli stabiliti dagli strumenti di pianificazione provinciale (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – PTCP);
4. zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollinare e di pianura – aree di ricarica (articolo 5.2 delle Norme di Attuazione del PTCP).

La rete di drenaggio dello svincolo recapita le acque nel Fosso 4 il quale a sua volta poco più a valle, lungo via Palazzo, confluisce nel torrente Quaderna; essendo quest'ultimo con corso d'acqua soggetto a tutela, secondo le indicazioni contenute nel PTCP, l'intero sistema di drenaggio risulta chiuso.

Lo svincolo non ricade all'interno delle zone di ricarica dell'acquifero pertanto tutti i fossi sono previsti inerbiti.

Essendo previsto un sistema di drenaggio di tipo chiuso, lungo i fossi al piede dei rilevati stradali sono previsti manufatti di controllo in cui avviene il controllo quali-quantitativo delle acque. Per un'ulteriore tutela i piazzali di esazione sono dotati d'impianti prefabbricati per il trattamento della prima pioggia.

Nella figura seguente si riporta la tipologia del manufatto di controllo adottato (tipo 4) che effettua il controllo quali-quantitativo (sistema chiuso) delle acque.

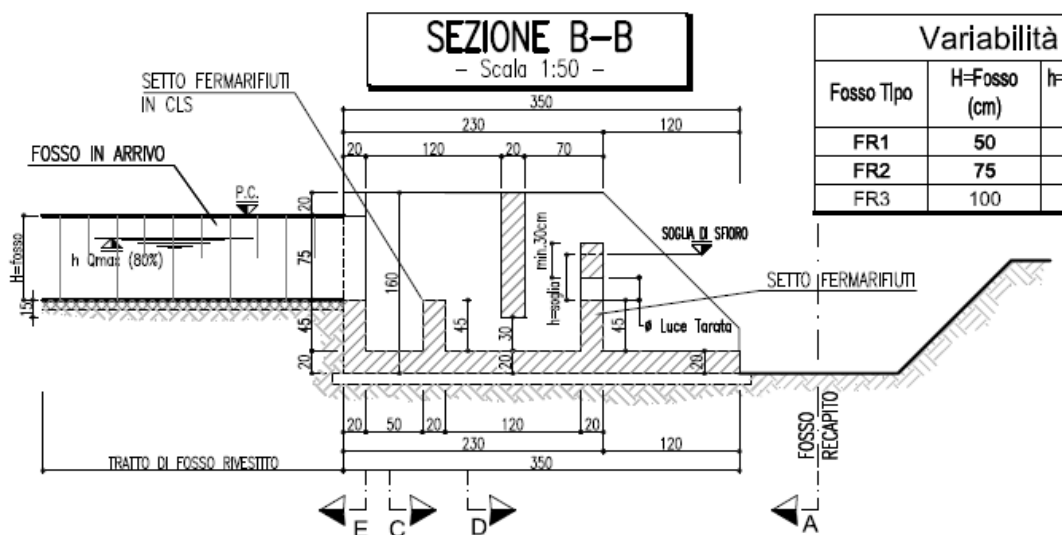


Figura 6: Manufatto per il controllo quantitativo e qualitativo – tipo 4.

5.4 METODOLOGIA PROGETTUALE PER IL DIMENSIONAMENTO

La metodologia di dimensionamento idraulico si differenzia nel caso in cui si considerino gli elementi di raccolta o quelli di convogliamento.

Dimensionamento degli elementi di raccolta

Una volta valutata la situazione locale (rilevato, trincea, viadotto...) si definisce l'elemento di raccolta idoneo. Il dimensionamento consiste allora nello stabilire l'interasse delle caditoie (pozzetti di scarico, embrici, caditoie su viadotti, ecc.).

Il dimensionamento avviene in maniera diversa se si stanno considerando gli elementi di raccolta continui (longitudinali alla carreggiata) o quelli discontinui (elementi puntuali). Nel primo caso si dimensionano gli interassi dei pozzetti di scarico calcolando la portata massima smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana (superficie autostradale scolante) per unità di lunghezza.

Quest'ultima è data dalla formula:

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

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

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:

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

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

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

Dimensionamento degli elementi di convogliamento

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

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

dove:

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

l_i = lunghezza del tronco i -esimo;

v_i = velocità nel tronco i -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

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

dove:

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

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

A area bagnata (m^2);

C contorno bagnato (m);

j pendenza media della condotta (m/m);

$$\mathfrak{R} = \frac{A}{C} \text{ raggio idraulico (m).}$$

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

Per il dimensionamento dei fossi di guardia aventi lunghezze ridotte si è adottato un tempo di corrivazione fisso pari a 15 minuti.

5.5 ELEMENTI DI RACCOLTA

Sistema di drenaggio in rilevato - Embrici

Lungo le rampe di svincolo si utilizza come sistema di raccolta gli embrici.

Il dimensionamento di questi elementi consiste nello stabilire l'interasse massimo in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto delimitato dal cordolo definito al massimo entro la larghezza della banchina.

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

Si ha:

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

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

L'interasse massimo degli embrici è comunque stato posto pari a 30 m, non ritenendosi prudente superare tale valore.

Canaletta grigliata continua

La canaletta grigliata è il principale elemento di raccolta della carreggiata autostradale lato Nord.

Quando la canaletta raggiunge il riempimento massimo ammissibile, l'acqua viene scaricata, tramite un pozzetto, ad un collettore in PP che attraversa la sede autostradale (in minima parte) e la tangenziale, scaricando all'esterno.

La canaletta è prefabbricata e realizzata in C.A. ed ha la dimensione interna di 40 x 40 cm con griglia superiore metallica.

Per il dimensionamento si è posto un riempimento massimo di 32 cm sui 40 totali (pari all'80%).

Con tale riempimento si ha che:

- Area della sezione liquida $A = 0.128 \text{ m}^2$;
- Perimetro bagnato: $P = 1.04 \text{ m}$;
- Raggio idraulico: $R = 0.12308 \text{ m}$;

La portata massima transitante nella canaletta grigliata è stata calcolata con la formula di Strickler avendo posto come parametro di scabrezza il valore di $K_s = 60$ ($n = 0.0167$) ottenendo:

$$\text{Velocità: } V = K_s R^{2/3} i^{0.5} = 14.846 i^{0.5}$$

$$\text{Portata} = 1900 i^{0.5} \text{ [l/s]}$$

Il tratto massimo di autostrada che la canaletta riesce a drenare è quindi dipendente dalla pendenza e dal rapporto tra la massima portata smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0). Nota la pendenza si ha subito la portata che deve essere compatibile con l'apporto meteorico.

Canaletta grigliata puntuale $L = 1\text{ m}$

Per i piazzali di esazione si utilizza, come sistema di raccolta, canalette grigliate puntuali di lunghezza 1 m con scarico ad intervalli regolari in una tubazione sottostante e successivo trasporto nel reticolo previo trattamento mediante sedimentatori – disoleatori prefabbricati..

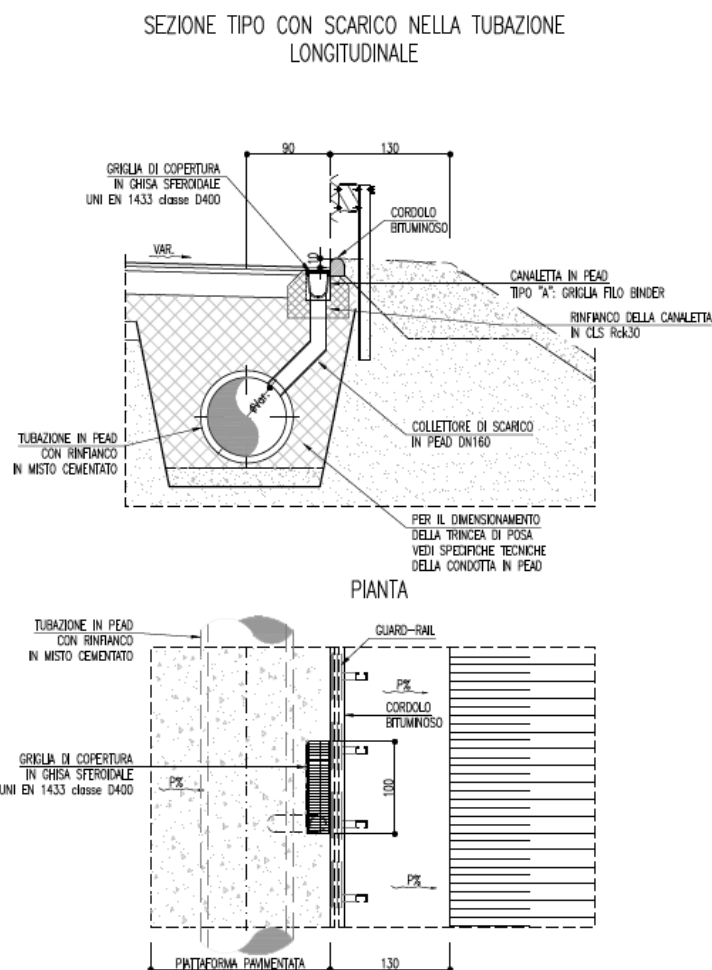


Figura 7: Sezione tipo del sistema di drenaggio con canaletta discontinua.

Il dimensionamento di questi elementi consiste nello stabilire l'interasse massimo delle canalette grigliate puntuali in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto delimitato dal cordolo sino alla larghezza massima della banchina.

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

Si ha:

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

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

L'interasse massimo delle caditoie è stato posto pari a 15 m, non ritenendosi prudente superare tale valore.

5.6 ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO E LAMINAZIONE

Collettori circolari in PEAD e PP

Quando gli elementi di raccolta raggiungono il riempimento massimo, essi scaricano nei collettori sottostanti. Per quanto riguarda l'autostrada 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, ed un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,0125.

Tabella 9: Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8 kN/m^2 e in PP SN 16 kN/m^2

DN	Spessore	Raggio interno
<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>
315	19.5	138.0
400	26.5	173.5
500	33.5	216.5
630	36.0	279.0

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 0,10% e una velocità minima di 0,5 m/s .

Per evitare che i collettori vadano in pressione si è considerato un riempimento massimo dell'80% corrispondente ad una portata di progetto avente tempo di ritorno di 25 anni.

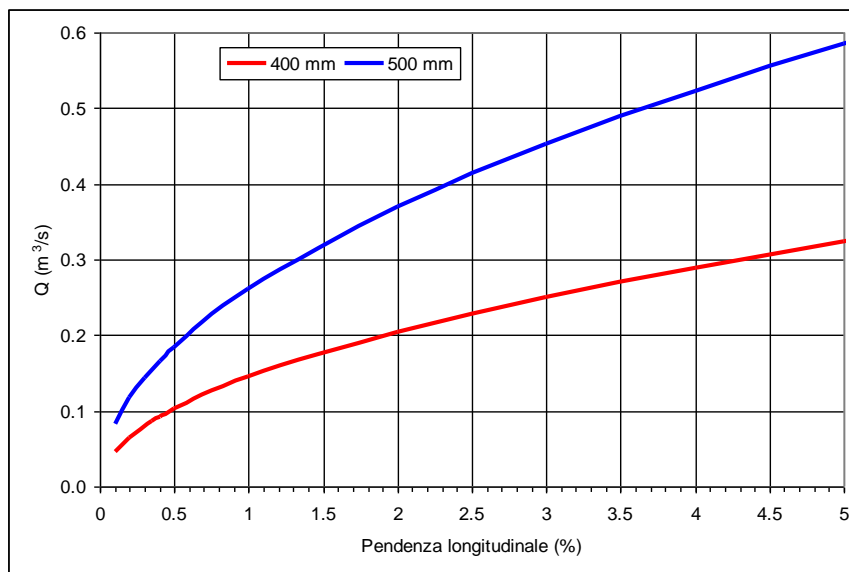


Figura 8: Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 400 e 500 mm

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore si è posto pari a 50 m l'interasse massimo tra due pozzetti.

Fossi di guardia

I fossi di guardia, di norma di forma trapezia, sono sempre inerbiti (F11A-B, FI2, FI3 e FI4) e posti al piede del rilevato stradale al fine che convogliare le acque al recapito finale.

L'acqua di piattaforma è convogliata direttamente al fosso attraverso embrici o collettori di attraversamento. In ogni punto di scarico di embrici o collettori è sempre previsto il rivestimento in CLS del fosso per evitare l'erosione. Il tempo di ritorno di progetto è di 25 anni.

Per quanto riguarda il dimensionamento i fossi assolvono alla funzione di invaso di laminazione e sedimentazione.

La sedimentazione si verifica all'interno dei fossi che, per le basse pendenze dell'ordine del 2 per mille, consentono all'acqua di depositare il materiale in sospensione. Infatti i fossi presentano velocità di progetto inferiori a 1 m/s garantendo la sedimentazione degli inquinanti.

Criteri di dimensionamento

In conseguenza del nuovo svincolo si ha un aumento della portata afferente ai recapiti dovuto all'incremento dell'estensione dell'area impermeabile.

Al fine di limitare le portate scaricate ai ricettori a contributi compatibili con il reticolo si opera la laminazione secondo i criteri definiti dall'Autorità idraulica competente.

I fossi, quindi, sono dimensionati in modo da recuperare un volume minimo di invaso pari a $500\text{m}^3/(\text{ha})$ di nuova superficie pavimentata.

La determinazione delle dimensioni dei fossi di laminazione è stata effettuata tramite l'equazione di continuità o equazione dei serbatoi applicata alla situazione in esame:

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

in cui la variazione del volume invasato al tempo t nel fosso è pari alla differenza tra la portata entrante dovuta all'evento meteorico riversatosi sulla piattaforma in esame e la portata uscente.

Il dimensionamento dei fossi è stato quindi effettuato imponendo l'equilibrio tra la portata drenata entrante nel fosso e la portata uscente (vincolata per vari motivi), verificando l'instaurarsi di un tirante idrico tale da garantire un franco di sicurezza; il tempo di ritorno adottato è di 25 anni.

Il volume che affluisce nel fosso in funzione del tempo è dato da:

$$V_{\text{affl}} = h A$$

con h altezza di pioggia ed A area ridotta drenata.

L'altezza di pioggia [m/h], è data da:

$$h = \frac{a}{1000} t^n$$

Considerando costante la portata in uscita (q), si ha che il volume defluito risulta essere:

$$V_{\text{defl}} = q t$$

Il volume all'interno del fosso in funzione del tempo è quindi dato dalla differenza tra il volume affluito e quello defluito:

$$V_{\text{affl}} - V_{\text{defl}} = h A - q t = A \frac{a}{1000} t^n - q t = V$$

Per determinare la durata dell'evento meteorico che massimizza il volume da invasare, si impone pari a 0 la derivata, in funzione del tempo, della funzione precedente. Si ottiene quindi:

$$A \frac{a n}{1000} t^{n-1} - q = 0$$

Esplicitando la precedente in funzione del tempo si ha:

$$t^* = \left(\frac{1000 q}{A a n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [\text{ore}]$$

Il massimo del volume da invasare è dato quindi da:

$$V_{\text{max}} = A \frac{a}{1000} (t^*)^n - q t^*$$

Si fa notare che l'evento meteorico che massimizza il volume del fosso non è quello che massimizza la portata al colmo (tempo di pioggia uguale al tempo di corrivazione del bacino).

Manufatti di controllo

Il manufatto di controllo ha lo scopo di garantire la regolazione o meno delle portate scaricate nei ricettori e il controllo degli oli scaricati. Sono stati previste due tipologie di manufatti: manufatti di controllo in linea (MCL) e manufatti di controllo terminali (MC). I primi sono dei setti posti tra all'interno dei fossi che permettono di aumentare la capacità di laminazione, i manufatti terminali invece sono posti prima del corpo recettore.

Per il **controllo qualitativo** le prescrizioni da adottarsi hanno a riferimento soluzioni progettuali in grado di sedimentare e disoleare le acque raccolte prima dell'immissione nel corpo ricettore.

Tale sistema tratta gli oli e i solidi sedimentabili in continuo e pertanto è sottoposta a trattamento l'intera portata e non solo la prima pioggia.

La sedimentazione si verifica all'interno dei fossi che, per le basse pendenze dell'ordine del per mille, consentono all'acqua di depositare il materiale in sospensione. Infatti i fossi presentano velocità di progetto inferiori a 1 m/s garantendo la sedimentazione degli inquinanti.

Al fine di controllare lo scarico degli oli nei ricettori, invece, si utilizzano manufatti di controllo che evitano lo sversamento di oli all'interno dei recapiti. Il controllo degli oli immessi nei ricettori è garantito da un setto disoleatore che impedisce all'olio in superficie di confluire nei recapiti. Infatti l'olio avendo un peso specifico inferiore rispetto all'acqua si stabilisce in superficie ed è intercettato dal setto posto immediatamente a monte dello scarico avente la sommità a quota superiore rispetto al massimo riempimento in progetto.

Per il **controllo quantitativo** si è opportunamente dotato tale manufatto di una bocca tarata di sezione rettangolare di opportune dimensioni e di una soglia sfiorante posta alla quota di riempimento all'80% del fosso.

La portata è scaricata nei ricettori entro i limiti attraverso il primo organo di controllo. Lo sfioratore è un organo di sicurezza, in caso di ostruzione della bocca tarata.

Fino a che il tirante all'interno dei fossi è inferiore all'altezza del petto della soglia il funzionamento dello scarico è sotto battente.

La portata massima della bocca tarata può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

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

Essendo $C_q = 0.6$, A l'area della bocca e h il carico sulla sezione contratta (baricentro luce rettangolare).

In sintesi si hanno quattro tipologie di manufatti.

Il **tipo 1** non prevede il setto disoleatore e la modulazione della portata scaricata (scarico diretto). Tale tipologia non è prevista nel presente progetto.

Il **tipo 2** prevede la regolazione della portata, poiché scarica nei canali artificiali o in fogna (controllo qualitativo).

Tale tipologia non è prevista nel presente progetto.

Il **tipo 3** prevede il solo setto disoleatore senza regolazione della portata (controllo quantitativo).

Tale tipologia non è presente nell'infrastruttura in progetto.

Il **tipo 4**, adottato nel presente progetto, prevede sia la regolazione della portata sia il setto disoleatore attuando un controllo quali-quantitativo delle acque.

Il manufatto presenta una larghezza interna in pianta variabile da 1.50 m a 3.00 m.

La lama disoleatrice posta a monte dello scarico consente il passaggio della portata di progetto.

In caso di ostruzione della bocca tarata, quando il tirante supera tale l'altezza, il funzionamento è a stramazzo.

In corrispondenza della portata di progetto il manufatto è in grado di scaricare, a pieno riempimento, tale portata con funzionamento a stramazzo, senza che il fosso esondi nelle campagne circostanti.

La portata massima della soglia sfiorante può essere calcolata con la formula del funzionamento dello sfioratore:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \sqrt{2gh}$$

Essendo μ pari a 0.385 per la larga soglia e pari a 0.415 per lo stramazzo trapezio, L la lunghezza della soglia sfiorante e h il carico sullo sfioratore corrispondente al riempimento del fosso all'80%.

5.7 VERIFICHE DI PROGETTO

In linea con quanto indicato dall'Autorità di Bacino, è stato laminato l'ampliamento di pavimentato di progetto ed il nuovo rispettando il rapporto minimo di invaso pari a 500 m³ per ogni ettaro di nuova pavimentazione. Tale rapporto è espresso in recupero dei volumi attraverso i fossi di guardia, che sono stati dimensionati e verificati, tratta per tratta, rispettando, oltre a questo criterio, il principio dell'invarianza idraulica.

Tabella 10: dimensionamento e verifica a laminazione dei fossi di guardia

Tratta	Lughezza tratta	Tipo di fosso	Incremento pavimentato di progetto	Area totale	Volume minimo richiesto	Portata in uscita	Pendenza	Volume utile	Volume idrico	Volume utile > volume idrico	Volume idrico > volume minimo richiesto
[-]	[m]	[-]	[mq]	[mq]	[mc]	[mc/s]	[%]	[mc]	[mc]	[-]	[-]
fino a MC077/1-4	315,00	FI4	3200,00	11145,00	160,00	0,2396	0,20	240,31	160,79	si	si
fino a MC076/1-4	160,00	FI3	300,00	7388,00	15,00	0,2137	0,20	96,65	54,53	si	si
fino a MCL076/6-4f	80,00	FI2	500,00	3196,00	25,00	0,0813	0,20	62,90	25,62	si	si
fino a MCL076/1-4a	80,00	FI2	300,00	444,00	15,00	0,0856	0,20	62,71	23,42	si	si
fino a MCL076/5-4e	110,00	FI3	350,00	1416,00	17,50	0,0321	0,20	92,34	17,95	si	si
da MCL076/5-4e a MCL076/3-4c	155,00	FI3	1100,00	1193,00	55,00	0,0349	0,20	114,14	94,55	si	si
fino a MCL076/4-4d	40,00	FI3	350,00	374,00	17,50	0,0007	0,20	41,24	30,53	si	si
fino a MCL076/18-4r	165,00	FI3	2275,00	2572,00	113,75	0,0090	0,20	120,32	118,07	si	si
da MCL076/18-4r a MCL076/17-4q	145,00	FI3	0,00	261,00	0,00	0,0168	0,20	111,50	9,98	si	si
fino a MCL076/16-4p	50,00	FI2	300,00	330,00	15,00	0,0009	0,20	43,58	19,17	si	si
da MCL076/16-4p a MCL076/15-4o	145,00	FI2	550,00	637,00	27,50	0,0035	0,20	96,97	27,53	si	si
da MCL076/15-4o a MCL076/14-4n	135,00	FI2	550,00	631,00	27,50	0,0060	0,20	93,15	29,79	si	si
fino a MCL076/13-4m	50,00	FI2	250,00	280,00	12,50	0,0009	0,20	43,59	13,99	si	si
da MCL076/13-4m a MCL076/12-4l	155,00	FI2	370,00	835,00	18,50	0,0149	0,20	101,24	18,71	si	si
da MCL076/12-4l a MCL076/11-4k	150,00	FI2	550,00	1090,00	27,50	0,0312	0,20	99,13	28,04	si	si
fino a MCL076/10-4j	70,00	FI2	700,00	784,00	35,00	0,0025	0,20	57,94	38,68	si	si
da MCL076/10-4j a MCL076/9-4i	135,00	FI2	1750,00	1993,00	87,50	0,0099	0,20	93,40	88,97	si	si
fino a MCL076/8-4h	70,00	FI2	700,00	784,00	35,00	0,0025	0,20	57,94	38,68	si	si
fino a MCL076/7-4g	80,00	FI2	700,00	796,00	35,00	0,0153	0,20	64,74	38,98	si	si

Tabella 11: dimensionamento collettori piazzale

Tratta	quota in	quota fin	Lungh. (m)	DN	Area rid. (m ²)	ii (%)	ta (min)	Q (m ³ /s)	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
PR04	45,78	45,40	50,0	400	800,00	0,76	3,91	0,034	34,9	1,15
PR04	45,40	45,15	43,0	400	1660,00	0,58	5,00	0,066	55,1	1,24
PR04	45,60	45,50	17,0	315	340,00	0,59	3,57	0,014	33,0	0,84
complanare nord	44,30	44,02	75,0	400	1500,00	0,37	4,06	0,062	60,5	1,03
complanare nord	43,92	43,80	30,0	500	2100,00	0,40	5,28	0,083	49,5	1,14
complanare nord	45,35	45,25	17,0	315	340,00	0,59	3,57	0,014	33,2	0,84
complanare nord / PR04	43,80	43,70	40,0	500	2880,00	0,25	5,72	0,108	68,0	1,01
PR04	43,70	43,60	14,0	500	4880,00	0,71	6,38	0,181	67,6	1,71
PR03	46,10	45,90	71,0	400	852,00	0,28	3,38	0,036	47,5	0,81
PR03	45,90	45,65	47,0	400	1604,00	0,53	5,00	0,064	55,2	1,19
PR03	46,30	46,20	12,0	315	240,00	0,83	3,57	0,010	25,9	0,87
complanare sud	44,80	44,60	64,0	400	960,00	0,31	3,38	0,041	49,3	0,87
complanare sud	44,60	44,40	39,0	400	1584,00	0,51	5,00	0,064	55,7	1,17
complanare sud	46,20	46,10	12,0	315	228,00	0,83	3,38	0,010	25,3	0,86
complanare sud / PR03	44,30	44,20	40,0	500	2052,00	0,25	5,55	0,078	54,7	0,94
complanaresud	44,20	44,10	3,0	500	3896,00	3,33	6,26	0,147	37,7	2,90

Tabella 12: dimensionamento embrici

Carreggiata	PK in.	PK fine	ta (min)	q lin (m ³ /s*m)	A (m ²)	Ks	Int.disc (m)
PR01 sin / PR02 des	0+225,00	0+050,00	0,097	0,000283514	0,013	80	20,00
PR02 des	0+050,00	0+120,00	0,138	0,000433019	0,013	80	15,00
PR01 des	0+350,00	0+225,00	0,138	0,000413186	0,013	80	15,00
PR01 des	0+225,00	0+150,00	0,097	0,000283514	0,013	80	20,00
PR01 des	0+140,00	0+020,00	0,138	0,000433019	0,013	80	15,00
complanare sud des	0+100,00	0+190,00	0,187	0,000643835	0,113	80	30,00
complanare nord des	0+260,00	0+150,00	0,187	0,000643835	0,113	80	30,00
PR06 des	0+005,00	0+280,00	0,138	0,000399965	0,013	80	15,00
PR05 des	0+045,00	0+180,00	0,121	0,000338173	0,013	80	15,00
piazzale nord	-	-	0,187	0,000660928	0,113	80	30,00
strada servizio sud	-	-	0,081	0,000238425	0,013	80	25,00

5.8 IMPIANTI DI TRATTAMENTO

Le superfici impermeabili dei piazzali di esazione possono essere fonte d'inquinamento dovuto al dilavamento meteorico. L'acqua piovana scorrendo e convogliandosi, raccoglie sostanze inquinanti quali oli, idrocarburi e sabbie di varia natura più o meno grossolane. Tale evento può interessare direttamente i corsi d'acqua superficiali o le falde acquifere recando danno alle risorse idriche sotterranee.

In Italia, la normativa relativa al disinquinamento è regolata dal Decreto Legislativo n° 152/2006 e successive modifiche con relative norme d' applicazione. Inoltre alcune regioni hanno emanato leggi in funzione delle diverse esigenze locali. Vengono considerate acque di Prima Pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull' intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio ".

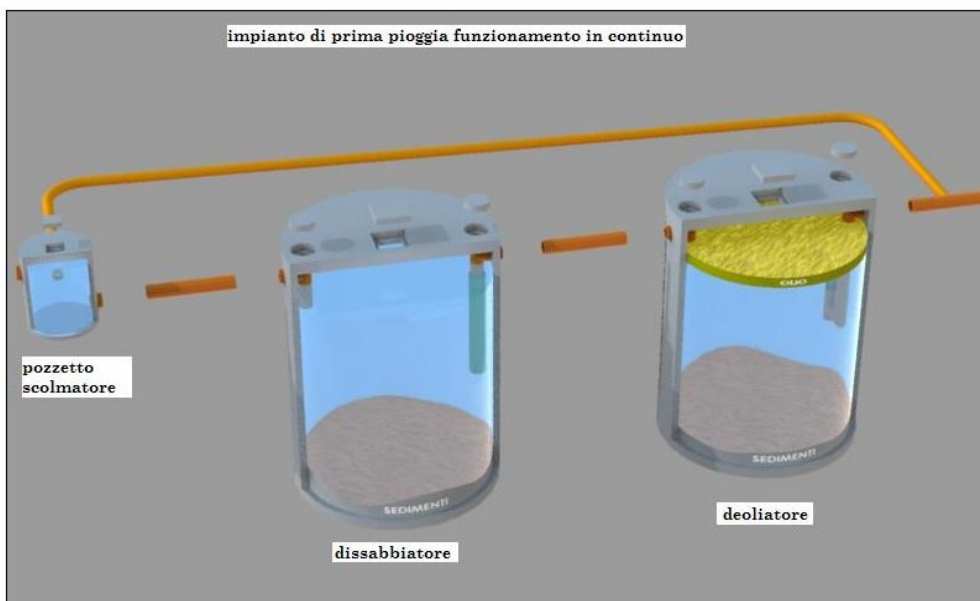


Figura 9: impianto di trattamento

Per i piazzali esposti a rischio inquinamento, quali sono i piazzali delle stazioni di servizio, è previsto un sistema di depurazione costituito da impianti prefabbricati con funzione di sedimentazione e disoleazione.

Di seguito si riporta il funzionamento di tali presidi.

L'acqua da trattare confluisce dapprima nel pozzetto deviatore. Da esso una parte è convogliata verso l'impianto di separazione, mentre la restante defluisce dal troppopieno.

Nel separatore fanghi avviene la rimozione del materiale sedimentabile che si deposita sul fondo della vasca. Una lastra posta in prossimità dell'ingresso, rallentando il flusso in arrivo, facilita il processo di sedimentazione.

Successivamente si ha il passaggio nel separatore oli, in cui la particolare conformazione del tubo in ingresso consente l'uniforme distribuzione del flusso ed il suo ulteriore rallentamento. Le gocce di liquido leggero di dimensioni maggiori, sottoposte alla spinta di gravità, risalgono in superficie e creano uno strato galleggiante di spessore crescente.

Le microparticelle oleose, invece, a causa delle loro piccole dimensioni, sono adsorbite dal filtro a coalescenza, si ingrossano aggregandosi e, raggiunto un dato spessore, salgono in superficie.

L'impianto è dotato di un dispositivo di sicurezza galleggiante (posto in apposito cilindro in PEAD), che, essendo tarato sulla densità dell'acqua, scende all'aumentare dello strato d'olio separato in superficie. Al raggiungimento della quantità massima possibile di olio separata, il galleggiante chiude lo scarico posto sul fondo del separatore, impedendo lo scarico di liquido leggero con l'effluente.

Il dimensionamento del separatore oli avviene in conformità con quanto previsto da norme DIN 1999 ed EN 858. In base a tali norme si ottiene una piovosità pari a 0.0055 l/s/m². Si considera, infatti, come prima pioggia i 5mm iniziali che ricadono nei primi 15 minuti.

La grandezza nominale dell'impianto (l/s) si determina moltiplicando il coefficiente di piovosità per la superficie dell'area scolante (assunto un fattore di densità unitario), come da formula seguente:

$$GN \text{ separatore olii} = S \text{ (m}^2\text{)} \times 0.0055 \text{ l/(s m}^2\text{)}$$

La classe GN, pertanto, rappresenta la massima portata che è in grado di trattare l'impianto di prima pioggia.

Nella tabella seguente vengono riportate, per ciascun piazzale, la portata delle acque meteoriche di prima pioggia e la grandezza nominale dell'impianto di trattamento previsto.

Tabella 13 – Portata prima pioggia

Piazzali	Area pavimentata	Portata Prima pioggia	Impianto trattamento
-	[mq]	[l/s]	[l/s]
Nord	4980	26.4	GN30
Sud	3950	21.7	GN30

5.9 SMALTIMENTO ACQUE NERE

Le acque nere sono raccolte tramite un'apposita rete di collettori e mandate a trattamento il quale è costituito da una fossa Imhoff da 1 abitante equivalente (200 l/giorno).

Una volta trattate, le acque vengono raccolte in una vasca realizzata con un tratto di 10 m di collettore DN1200 in Pead. Questo ha diametro interno pari a 1.03 m, da cui deriva un volume accumulabile pari a 8.33 mc. Considerando l'apporto di un abitante equivalente, la vasca è in grado di contenere le acque nere per circa 42 giorni.

La vasca di stoccaggio dei reflui sarà inoltre dotata di sensore di livello per l'invio dell'allarme al raggiungimento del riempimento dell'80%, in modo da poter programmare le necessarie operazioni di spurgo.

A favore di sicurezza, la vasca sarà comunque svuotata una volta al mese ed il liquame recuperato sarà portato ad un impianto di depurazione dei reflui urbani.