



# VARIANTE ALLA S.S. 16 ADRIATICA Bellaria–Rimini–Riccione–Misano

tra il Km 193+000 al Km 220+000

## PROGETTO DEFINITIVO DG 4/99

### IDROLOGIA E IDRAULICA

### RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA E DI CALCOLO



Ingegneria europea

**Mandataria del Raggruppamento Temporaneo di Imprese costituito da:**



Ingegneria europea

**IL PROGETTISTA**

Ing. Michele Parrella  
Ord. Ingg. Avellino N.933

**IL DIRETTORE TECNICO**

Ing. Maurizio Torresi  
Ord. Ingg. Milano N.16492



**STUDIO T.I.** S.c.a.r.l.

**IL PROGETTISTA**

Ing. Regolo Poluzzi  
Ord. Ingg. Bologna N.4271

**IL PROGETTISTA**

Ing. Gianluigi Venerandi  
Ord. Ingg. Rimini N.188



**SITECO**

**IL PROGETTISTA**

Ing. Rodolfo Biondi  
Ord. Ingg. Modena N.1256

**IL DIRETTORE TECNICO**

Ing. Rodolfo Biondi  
Ord. Ingg. Modena N.1256



Progettazione Integrata Ambiente S.r.l.

**IL PROGETTISTA**

Ing. Filippo Giancola  
Ord. Ingg. Roma N.18193

**IL DIRETTORE TECNICO**

Ing. Francesco Ventura  
Ord. Ingg. Roma N.14660

RIFERIMENTO ELABORATO

DIRETTORIO			FILE			
codice commessa	N.Prog.		unita'	n. progressivo		
15003002			IDR200			

DATA:  
MAGGIO 2009

SCALA:

REVISIONE

n.	data
-	-

VISTO DELLA COMMITTENTE



# INDICE

---

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. SISTEMI DI DRENAGGIO CORPO STRADALE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO.....</b>	<b>4</b>
3.1 ANALISI IDROLOGICA.....	4
3.1.1 <i>Curve di possibilità pluviometrica.....</i>	<i>4</i>
3.1.2 <i>Metodo razionale.....</i>	<i>4</i>
3.1.2.1 Stima del tempo di corrivazione.....	5
3.2 ANALISI IDRAULICA.....	7
3.2.1 <i>Elementi marginali.....</i>	<i>7</i>
3.2.1.1 Canaletta grigliata.....	7
3.2.1.2 Embrici.....	9
3.2.1.3 Cunette triangolari.....	9
3.2.2 <i>Canalizzazioni.....</i>	<i>10</i>
3.2.3 <i>Recapiti.....</i>	<i>11</i>
<b>4. CONTROLLO DEGLI SCARICHI.....</b>	<b>13</b>
4.1 CONTROLLO QUALITATIVO DEGLI SCARICHI.....	13
4.2 CONTROLLO QUANTITATIVO DEGLI SCARICHI.....	14
4.2.1 <i>Manufatti di scarico delle vasche.....</i>	<i>17</i>
<b>ALLEGATO A – DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI LAMINAZIONE.....</b>	<b>18</b>

## 1. **PREMESSA**

La presente relazione riferisce dello studio idrologico ed idraulico, effettuato nell'ambito del Progetto Definitivo in epigrafe, finalizzato al dimensionamento delle diverse componenti del reticolo di drenaggio della piattaforma stradale.

L'analisi idrologica (Capitolo 3.1) ha permesso di stimare, partendo dalle sollecitazioni meteoriche, la portata defluente nelle diverse porzioni (bacini e sottobacini) in cui le due carreggiate della S.S. 16 "Adriatica" sono state suddivise.

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

La sollecitazione meteorica è stata studiata mediante le curve di possibilità pluviometrica elaborate dall'Autorità di Bacino del Marecchia – Conca nell'ambito del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, utilizzando in particolare le curve relative alle stazioni di Rimini, opportunamente elaborate, con idonee metodologie di letteratura, al fine di estenderne la validità anche per durate di pioggia inferiori all'ora.

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

Per i recapiti maggiormente vulnerabili dal punto di vista idraulico è stato possibile definire la più idonea tipologia del presidio di controllo quali-quantitativo.

## **2. SISTEMI DI DRENAGGIO CORPO STRADALE**

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si riscontrano nello studio della rete drenante e devono soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche, evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione stradale: questo è possibile assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale, come da norme vigenti, e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare, ove necessario, tutte le acque di piattaforma ai punti di recapito presidiati.

Gli elementi di drenaggio da inserire nell'infrastruttura dipendono strettamente dal tipo di sezione su cui sono posti. I tipi di sezione corrente dell'infrastruttura sono:

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

Un'importante componente del sistema di drenaggio delle acque meteoriche è costituita dal controllo quantitativo e qualitativo; in funzione delle caratteristiche dell'idrografia interferita e della sensibilità del ricettore, per lo smaltimento possono essere impiegati presidi atti a modulare le portate scaricate e/o controllare i parametri qualitativi.

Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato "sistema chiuso", in quanto permette di ottenere una separazione delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale da quelle del reticolo idrografico esterno e garantisce la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente e accidentale. Viceversa il sistema in cui il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei recettori finali è denominato "sistema aperto".

### 3. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

#### 3.1 Analisi idrologica

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

##### 3.1.1 Curve di possibilità pluviometrica

Nella definizione delle curve di possibilità pluviometrica si è fatto riferimento a quelle elaborate da Consorzio di Bonifica della Provincia di Rimini, con i dati di pioggia aggiornati al 2004.

Le curve sono fornite nella consueta forma monomia  $h = at^n$  in cui:

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

I valori dei coefficienti a ed n, e a' ed n' relativi a tempi di pioggia rispettivamente superiori ed inferiori ad un'ora, sono riportati in tabella 1:

		Tempo di ritorno (anni)				VALIDITA'
		25	50	100	200	
a	[mm/ore <sup>n</sup> ]	50.43	56.96	63.44	69.90	per $t_p > 1$ ora
n	[-]	0.261	0.258	0.255	0.252	
a'	[mm/ore <sup>n</sup> ]	54.94	62.50	72.45	77.52	per $t_p < 1$ ora
n'	[-]	0.776	0.808	0.823	0.856	

Tabella 1 – Coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica per la stazione di Rimini

##### 3.1.2 Metodo razionale

Una volta effettuata la stima dei parametri della curva di possibilità pluviometrica si è proceduto al calcolo della massima portata al colmo di piena utilizzando *il metodo*

razionale (o di corrivazione) secondo cui la massima portata al colmo si verifica per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione, ed assume la seguente espressione:

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

dove:

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

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

Nei bacini presi in considerazione sono presenti due zone distinte con differenti capacità di infiltrazione: per la carreggiata stradale è stato adottato, a favore di sicurezza,  $\varphi_1 = 1$  (superfici completamente impermeabili poiché pavimentate con conglomerato bituminoso) mentre per le scarpate si è scelto  $\varphi_2 = 0.6$  (valore usualmente adottato in letteratura per le superfici non rivestite). Si è poi proceduto ad effettuare una media dei due valori pesata sulle relative tipologie di copertura:

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

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

### 3.1.2.1 Stima del tempo di corrivazione

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

$$t_c = t_a + t_r$$

Dove  $t_c$  è la durata critica di pioggia;  $t_a$  è il tempo di entrata in rete, ossia il tempo massimo necessario alle gocce d'acqua per raggiungere la rete di drenaggio dal punto di caduta (il

tempo di entrata è funzione, generalmente, della densità della rete di drenaggio e della natura delle superfici scolanti); infine  $t_r$  è il tempo di traslazione lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo (“asta principale”). Per la stima dei tempi di entrata alla rete di drenaggio, per quanto riguarda una superficie pavimentata, si è applicata la seguente formula proposta dalla *Federal Aviation Administration*:

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

Dove:

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

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

- $C$ : coefficiente di deflusso

Risolvendo la precedente equazione con le grandezze in gioco, ed a favore di sicurezza, si è applicato un tempo di entrata in rete costante pari a 3,00 minuti.

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

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

dove:

- $N$ : numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;
- $l_i$ : lunghezza del tronco  $i$ -esimo;
- $v_i$ : velocità del tronco  $i$ -esimo.

Essendo il tempo di corrivazione dipendente dalla velocità, a sua volta dipendente dalla portata, è evidente che la verifica di ogni collettore è da eseguire con un calcolo iterativo,

In particolare vengono calcolate le varie grandezze in gioco in diversi passi. Ad ogni passo si confronta il valore del grado di riempimento con il passo precedente ed in funzione di tale confronto si opera il passo successivo ( a crescere o a diminuire h). Il calcolo converge generalmente in 4 o 5 passi.

## **3.2 Analisi idraulica**

### **3.2.1 Elementi marginali**

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

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

- per sezioni stradali in trincea l'elemento marginale è costituito dalle cunette triangolari a margine della carreggiata e dalla canaletta grigliata al centro;
- per le sezioni stradali in rilevato se il sistema è aperto l'elemento marginale è costituito dagli embrici a margine e dalla canaletta grigliata al centro;
- per le sezioni stradali in rilevato, in cui il sistema di drenaggio sia da considerarsi chiuso, l'elemento marginale è costituito, invece, dalla canaletta grigliata sia al centro che al margine della carreggiata.

Il tempo di ritorno di riferimento assunto per il dimensionamento idraulico degli elementi marginali riportati nei paragrafi seguenti è pari a 25 anni.

#### **3.2.1.1 Canaletta grigliata**

La canaletta grigliata viene utilizzata per raccogliere l'acqua di piattaforma nelle seguenti situazioni:

- lungo il margine esterno nel caso in cui si è in rilevato in presenza di barriere fonoassorbenti o muro di sostegno;
- lungo il margine interno, sia in rilevato che in trincea;

La canaletta è prefabbricata e realizzata in PEAD. Per le dimensioni della canaletta si rimanda alle tavole dei particolari idraulici.

Quando la canaletta raggiunge il riempimento massimo ammissibile, l'acqua viene mandata, tramite un pozzetto ad un collettore in PEAD che viaggia parallelamente alla strada. Nel caso in cui la strada sia a raso o si abbia un rilevato modesto in presenza di



barriera fonoassorbente, l'acqua raccolta dalla canaletta viene scaricata direttamente nel fosso di guardia.

Lo scarico dalla canaletta grigliata al collettore sottostante avviene tramite un discendente DN160 sempre in PEAD.

La canaletta ha dimensioni interne indicative pari a cm 20x25 (H)

Per il dimensionamento si è posto un riempimento massimo di 20 cm sui 25 totali (80%), ottenendo quindi un valore dell'area bagnata  $A$  pari a 0.040mq e un valore del contorno bagnato pari a 0.60 m.

Ponendo come parametro di Strickler il valore di 80 e considerando una pendenza longitudinale media  $i$  della piattaforma pari a 0.1% si ha che la portata  $Q_a$  defluente nella canaletta che si forma a margine della carreggiata è pari a 16.6 l/s.

Considerando, nel caso in esame, una carreggiata larga 11.00 m, la portata affluente nell'asola per unità di lunghezza della carreggiata risulta pari a:

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

dove:

- $\varphi$ : coefficiente di afflusso ( $\varphi = 1$ , poiché si è presa in considerazione la sola carreggiata);
- $B$ : larghezza della carreggiata,  $B=11.00$  m;
- $t_c$ : tempo di corrivazione ( $t_c=t_a= 3$  min);
- $a, n$  parametri della curva di possibilità pluviometrica calcolati per un tempo di ritorno di 25 anni.

Sostituendo nella formula razionale risulta, quindi,  $q = 0.328$  l/(s·m), portata unitaria affluente nell'asola dalla carreggiata.

Il tratto massimo di strada che la canaletta riesce a drenare è quindi dato dal rapporto tra la massima portata smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza ( $q_0=0.326$  l/s) ed è pari a 50 m circa; si è scelto di fissare cautelativamente **l'interasse dei punti di scarico pari a 25 m.**

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

$$Q = C_q A \sqrt{2gh} \quad (3.1)$$

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

Considerando  $h$  pari a 24 cm si ottiene che il discendente DN160, avente diametro interno pari a 137 mm, è in grado di smaltire una portata pari a 19,2 l/s. Ponendo l'interasse dei discendenti pari a 25 m tale valore non viene superato, garantendo lo scarico delle acque in sicurezza.

Il dimensionamento delle condotte sottostanti è stato effettuato come descritto nel paragrafo 3.2.2.

### 3.2.1.2 Embrici

La sezione in rilevato, in un sistema aperto, prevede la raccolta delle acque ricadenti sulla piattaforma tramite gli embrici e il convogliamento per mezzo di fossi di guardia al piede del rilevato (vedi tav. particolari idraulici). In un primo momento l'acqua che defluisce sulla piattaforma è incanalata dal cordolo laterale; in corrispondenza dell'embrice l'acqua segue il percorso creato dall'embrice stesso e defluisce nel fosso al piede.

L'interasse degli embrici deve essere calcolato al fine di evitare che si verifichino allagamenti eccessivi della carreggiata. Supponendo una sezione di deflusso con una larghezza massima  $b$  di 1.75 m dal cordolo esterno della carreggiata, una pendenza trasversale della carreggiata  $j$  pari a 2.5%, ed una pendenza longitudinale  $i$  pari a 0.1%, un coefficiente di scabrezza di *Gauckler – Strickler* pari a  $70 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  si ha che la portata  $Q_a$  defluente nella sezione triangolare che si forma a margine della carreggiata è poco più di 6,5 l/s. La portata defluente per unità di larghezza della carreggiata  $q$  è del tutto analoga a quella calcolata nel precedente paragrafo, e risulta quindi pari a  $0.326 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m})$ . L'interasse da assegnare agli embrici si ricava tramite il rapporto  $Q_a/q$  e risulta pari a 19.9 m circa. Si è scelto di fissare cautelativamente **l'interasse degli embrici pari a 15 m**.

### 3.2.1.3 Cunette triangolari

Nelle sezioni in trincea la raccolta delle acque è assicurata dalla cunetta triangolare, elemento longitudinale continuo localizzato ai bordi esterni della corsia di emergenza, per i tratti in rettilineo e sul bordo della carreggiata interna dei tratti in curva.

E' stata verificata una cunetta triangolare caratterizzata da una larghezza della sezione di deflusso di 75 cm e da un'altezza pari a 10 cm.. Ad essa è stato assegnato un coefficiente

di scabrezza di Gauckler – Strickler pari a  $60 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ; inoltre si è considerata una carreggiata con pendenza longitudinale  $i=0,1\%$ .

Per il dimensionamento si è considerato un riempimento massimo pari a 14 cm, avendo considerato i 10 cm della cunetta più i 4 cm dell'usura drenante, ottenendo i seguenti valori dei parametri geometrici:

- area bagnata A                    0.0721 mq
- contorno bagnato C            0.9463 m

Si ha che la portata  $Q_a$  defluente nella canaletta che si forma a margine della carreggiata è pari a 24.1 l/s.

Il tratto massimo di strada che la cunetta riesce a drenare è quindi dato dal rapporto tra la massima portata smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza ( $q_0=0.326 \text{ l/s}$ ) ed è pari a 74 m circa; si è scelto di fissare cautelativamente **l'interasse dei punti di scarico pari a 25 m**, tenendo così conto di eventuali riduzioni della capacità d'efflusso delle cunette dovuta ad intasamento.

### 3.2.2 Canalizzazioni

Le canalizzazioni rappresentano il sistema di raccolta secondario, costituiti essenzialmente da fossi di guardia del tipo “fossi filtro” e da collettori in PEHD, ove gli elementi del sistema primario scaricano, garantendo quella capacità necessaria per evitare rigurgiti in piattaforma che possono dar luogo ad allagamenti localizzati. Essi garantiscono inoltre il trasferimento della portata defluente verso i recapiti. Nel dimensionamento delle canalizzazioni si è assunto un tempo di ritorno di riferimento pari a 50 anni e un grado di riempimento massimo intorno al 75%.

Per i fossi al piede, si è proceduto a calcolare dapprima la portata critica  $Q_c$  per ciascuna sezione di chiusura e quindi si è proceduto a dimensionare il fosso assegnandogli la dimensione fra quelle disponibili che permette far defluire in moto uniforme la portata critica  $Q_c$  con un grado di riempimento non superiore a 0.8.

Le dimensioni dei fossi utilizzate sono:

Fosso tipo 1	$B_1 = 0,75 \text{ m}$	$B_2 = 2,25 \text{ m}$	$H = 0,50 \text{ m}$
Fosso tipo 1	$B_1 = 1,125 \text{ m}$	$B_2 = 3,375 \text{ m}$	$H = 0,75 \text{ m}$

Dove  $B_1$  è larghezza del fosso alla base e  $B_2$  è la larghezza al ciglio.

Per tutti i fossi è stato adottato un coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strickler pari a  $40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ;

Per le tubazioni si è invece fatto riferimento a tubi in PEHD (Acciaio per i tratti in corrispondenza dei cavalcavia) con diametro interno pari al diametro nominale e coefficiente di scabrezza pari a  $85 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ .

Nell'Allegato B sono riportate tutte le sezioni di calcolo utilizzate; per ciascuna sezione sono riportate:

- le caratteristiche del bacino idrologico, quali sezione iniziale, sezione finale, sezione di recapito, lunghezza, pendenze longitudinale trasversale della carreggiata, superficie complessiva delle scarpate inerbite;
- il valore della portata critica  $Q_c$  calcolati per un tempo di ritorno pari a 50 anni;
- la tipologia della sezione di chiusura
- la tipologia della canalizzazione (CR, CA o CT se si tratta di una condotta con canaletta grigliata, cabaletta su cavalcavia, cunetta triangolare, e F se si tratta di un fosso), le sue dimensioni, il valore del coefficiente di scabrezza assegnato alla canalizzazione;

### 3.2.3 Recapiti

I recapiti sono i punti di confluenza della rete di drenaggio della piattaforma stradale all'interno del reticolo idrografico esistente. Il tempo di ritorno di riferimento assunto nelle verifiche idrauliche dei recapiti è pari a 100 anni.

Sono stati privilegiati i recapiti costituiti dai corsi d'acqua di dimensioni notevoli, in cui il contributo di portata proveniente dal drenaggio della piattaforma stradale rappresenta una percentuale minima dell'officiosità idraulica del corso d'acqua stesso. Ciò al fine non causare l'insorgere di criticità idrauliche, ovvero di peggiorare eventuali criticità già oggi esistenti a prescindere dai contributi di portata provenienti dal drenaggio della piattaforma stradale.

Tuttavia, in alcuni tratti, è stato necessario ricorrere in questo anche a corsi d'acqua minori sia a causa dell'andamento orografico del territorio, sia della sfavorevole interazione con questo da parte delle carreggiate in progetto. Si è anche cercato di non convogliare la portata nel reticolo di drenaggio per tratti eccessivamente lunghi, in modo da evitare la concentrazione in pochi punti di eccessivi valori di portata; preferendo cioè

individuare una quantità di recapiti sufficiente a creare una restituzione di tipo diffuso sul territorio.

Per ciascun recapito si è provveduto a calcolare la portata critica  $Q_c$  applicando al bacino idrologico la formula razionale (vedi paragrafo 3.1.2), e considerando un tempo di ritorno pari a 100 anni ed un tempo di corrivazione pari a quelli ricavati dal calcolo delle canalizzazioni (vedi allegato B).

Sempre per un  $T_r$  di 100 anni si è provveduto a dimensionare ove necessario, i dispositivi di controllo quantitativo delle portate (vasche di laminazione, vedi paragrafo 4.2).

## 4. CONTROLLO DEGLI SCARICHI

I due tipi di controllo degli scarichi a presidio dei corpi idrici interessati dagli stessi sono:

- Controllo di tipo qualitativo;
- Controllo di tipo quantitativo;

### 4.1 Controllo qualitativo degli scarichi

La tipologia del presidio idraulico è stata individuata sulla base dei valori locali di potenziale contributo inquinante dell'infrastruttura e di sensibilità del recettore finale, cercando di adottare criteri flessibili al fine di evitare insufficienze o sovradimensionamenti dei presidi che risulterebbero comunque dannosi.

In particolare si sono previsti "**fossi filtro**" in corrispondenza di tutti i recapiti interessati.

I *fossi filtro* assolvono contemporaneamente la funzione di rete di raccolta, di sistema di trattamento e di sistema di smaltimento delle acque di piattaforma. Con il termine biofiltro si intende un canale (con fondo sia impermeabile che permeabile) inerbito con particolari specie arboree che realizza sia la sedimentazione (pendenze di fondo pari allo 0.1% circa), sia l'invaso, sia il trattamento delle acque di dilavamento. Tali canali sono realizzati con l'adeguamento dei fossi ordinari (tra cui, ove necessario, gli interventi di impermeabilizzazione). Particolare importanza assume la copertura vegetale, la quale ha il compito di rallentare il flusso e di intrappolare gli inquinanti.

Il sistema di trattamento consente una buona rimozione dei solidi sospesi e degli idrocarburi, e risulta parzialmente efficace sui parametri disciolti. Tale situazione è legata alla capacità di infiltrazione del suolo e alla quantità di sostanza organica presente, in grado di fissare gli inquinanti prima che raggiungano le acque sotterranee. I meccanismi di rimozione che intervengono sono: adsorbimento, sedimentazione, filtrazione e bioassorbimento.

Il ruolo della copertura vegetale è fondamentale per l'efficienza dei sistemi di biofiltrazione, in generale, le specie erbacee per l'inerbimento dei biofiltri devono rispondere alle seguenti caratteristiche:

- adattarsi ad una alternanza di condizioni di sommersione (con conseguente scarsa disponibilità di ossigeno nella zona radicale) e di aridità;
- ridurre sensibilmente il volume di acqua infiltrata attraverso l'assorbimento radicale e la traspirazione fogliare;
- resistere all'inquinamento;

- favorire l'abbattimento di elementi tossici, quali i metalli pesanti, attraverso processi di assorbimento;
- stabilizzare il substrato, prevenendone l'intasamento, attraverso lo sviluppo delle radici negli spazi vuoti;
- avere facilità di attecchimento e ridotta necessità di manutenzione.

I fossi filtro necessitano di operazioni sistematiche di manutenzione (almeno una volta l'anno) che consistono in operazioni di pulizia e spurgo, per evitare l'interrimento e la conseguente riduzione della capacità di invaso.

## 4.2 Controllo quantitativo degli scarichi

Il sistema di raccolta e scarico delle acque di drenaggio della piattaforma stradale prevede la realizzazione, in corrispondenza della maggior parte dei punti di recapito, di **vasche di laminazione** al fine di limitare la portata scaricata ad un valore massimo idraulicamente compatibile con i corsi d'acqua ricettori.

Il progetto di una vasca di laminazione consiste essenzialmente nella determinazione della capacità minima che essa deve avere al fine di invasare temporaneamente l'onda di piena e nel dimensionamento degli organi di scarico della portata in uscita. Questa capacità equivale al volume massimo invasato che si verifica (come risulta dalla prima delle (4.2)) quando la portata in uscita dall'invaso diventa uguale a quella in entrata.

Il processo di laminazione nel tempo  $t$  è descritto matematicamente dal seguente sistema di equazioni:

$$\begin{aligned} Q_i(t) - Q_u(t) &= \frac{dW(t)}{dt} \\ Q_u(t) &= Q_u[h(t), t] \\ W(t) &= W[h(t)] \end{aligned} \tag{4.2}$$

dove  $Q_i(t)$  rappresenta la portata in ingresso alla vasca,  $Q_u(t)$  quella uscente,  $W(t)$  il volume invasato,  $h(t)$  il livello dell'acqua nella vasca; la prima equazione del sistema è l'equazione di continuità applicata all'invaso di laminazione, la seconda rappresenta la legge d'efflusso e dipende dalla geometria dell'organo di scarico, la terza è la legge d'invaso e dipende dalla forma della vasca.

La determinazione del volume della vasca di laminazione può essere fatta attraverso l'integrazione numerica del sistema (4.2) per diverse durate di pioggia, ricercando l'evento critico per la vasca. Le fasi in cui si articola questa determinazione sono:

- definizione della bocca d'efflusso e conseguente individuazione della legge d'efflusso  $Q_u(t)$ ;
- considerare vari eventi meteorici possibili di diversa durata, in funzione del prefissato tempo di ritorno, e valutare per ognuno di essi il volume massimo  $W$  risolvendo il sistema (4.2);
- calcolare il massimo valore  $W_{max}$  tra tutti i volumi massimi prima calcolati.

Nella pratica ingegneristica la determinazione del volume della vasca di laminazione viene in realtà effettuata attraverso metodi approssimati riportati in letteratura basati su alcune ipotesi semplificative del fenomeno.

Nel caso in esame per la determinazione dei volumi necessari per la laminazione è stato necessario tenere conto sia delle indicazioni fornite dal Consorzio di bonifica della Provincia di Rimini in merito alla massima portata scaricabile nei ricettori per ettaro di superficie drenata, sia della effettiva disponibilità delle aree destinate alla realizzazione delle vasche, da valutare sia in termini di superfici di esproprio che il funzione dei movimenti di terra (scavi e rinterri) correlati.

La prima fase del lavoro è consistita quindi nell'individuazione di un valore di riferimento del volume laminato per unità di superficie drenata che soddisfi sia le necessità idrauliche del sistema di drenaggio sia le indicazioni sopra descritte.

Ipotizzando diversi valori di portata in uscita dallo scarico, compatibili con organi di scarico di dimensioni tali da non essere soggetti a continuo intasamento e che garantiscano una portata uscente costante, è stato quindi determinato il tempo di pioggia critica che rende massimo il volume di invaso secondo la formula del metodo cinematico.

Una volta noto il tempo di pioggia si è ricavato l'idrogramma da laminare considerando:

- pioggia calcolata con un tempo di ritorno di 100 anni (curve di possibilità pluviometrica di Rimini);
- ietogramma di progetto rettangolare;
- coefficiente di deflusso  $\phi$  pari a 1;
- idrogramma unitario istantaneo calcolato con il metodo della corrivazione.

L'idrogramma finale in ingresso alla vasca viene poi ottenuto attraverso la convoluzione dell'idrogramma unitario istantaneo considerando la superficie del bacino idrografico drenato. La laminazione di questo idrogramma è stata successivamente effettuata applicando le equazioni della laminazione (4.2), mentre la portata in uscita  $Q_u$  è stata considerata costante in virtù degli organi di regolazione che si intende adottare (vedi par. 4.2.1).



Analizzando i risultati ottenuti variando la portata in uscita dalla vasca si è individuato un intervallo di variazione del volume laminato per unità di superficie drenata ( $W/A$ ) che soddisfi tutte le esigenze presenti; nel dettaglio, a volumi specifici laminati pari a 300÷500 mc/ha corrispondono coefficienti idrometrici della portata in uscita pari a 40÷60 l/s ha, in linea con le indicazioni fornite dalle normative tecniche regionali.

La seconda fase del lavoro è consistita invece nella definizione del volume da assegnare alle vasche di laminazione, calcolato in base alla superficie stradale drenata, al valore del volume specifico precedentemente definito e all'effettiva disponibilità in adiacenza dei corsi d'acqua ricettori di aree da destinare alla laminazione.

Una volta definiti i volumi delle vasche, invertendo le formule caratteristiche del metodo della corrivazione, è stata determinata la portata scaricata dalla singola vasca.

I risultati ottenuti con la metodologia esposta sono riportati in Allegato A indicando, per ciascuna vasca:

- il numero identificativo della vasca;
- il recapito in cui scarica;
- la sezione indicativa di inizio vasca;
- la superficie afferente alla vasca;
- il coefficiente di deflusso;
- il tempo di corrivazione
- la portata massima, in l/s, in ingresso alla vasca per  $T=100$  anni;
- la portata specifica (per unità di superficie drenata in ettari) da scaricare;
- la portata da scaricare al ricettore, in l/s;
- il tempo critico della vasca
- il volume della vasca;

Nei casi in cui il tracciato stradale insista su aree destinate alla laminazione delle portate della piattaforma della limitrofa autostrada, la vasca di laminazione sarà realizzata tenendo conto anche del volume della vasca di laminazione dell'autostrada che verrà eliminata.

#### 4.2.1 *Manufatti di scarico delle vasche*

Le vasche di laminazione in progetto sono dotate di un manufatto di regolazione della portata posizionato sul fondo, dimensionato per garantire lo scarico, in condizioni di sicurezza, della portata uscente calcolata, e di uno sfioratore di emergenza costituito da uno stramazzo a larga soglia.

Il regolatore di portata viene installato immediatamente a monte della sezione di controllo, all'interno di una camera in cls munita di griglia di protezione che evita il passaggio di materiale grossolano in arrivo alla vasca e l'intasamento della bocca di sfioro.

Il processo di regolazione della portata avviene grazie ad un galleggiante solidale alla lama di parzializzazione a sua volta incernierata sulla piastra di fissaggio. Il galleggiante, seguendo il variare del livello idrico di monte, fa ruotare la lama che parzializza la luce di deflusso mantenendo costante la portata scaricata a valle.

In situazioni di emergenza (eventi meteorici con tempo di ritorno superiore a 100 anni, otturazione parziale o totale dello scarico di fondo), quando la luce di fondo non è più in grado di scaricare le portate in ingresso che eccedono quelle invasabili, entra in funzione uno scaricatore di superficie costituito da uno stramazzo a larga soglia.

Nel manufatto di controllo posto a valle della vasca di laminazione è posta una paratia mobile che può essere chiusa in caso di sversamento accidentale impedendo che le sostanze inquinanti si diffondano nel reticolo naturale.

## ***ALLEGATO A – DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI LAMINAZIONE***

**OPERE DI DRENAGGIO VARIANTE ALLA S.S. 16 ADRIATICA  
tra il Km 192+200 ed il Km 220+107**

**DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI LAMINAZIONE**

VASCA	RECAPITO	SEZIONE INIZIO VASCA	SUPERFICIE AFFERENTE (ha)	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	TEMPO DI CORRIVAZIONE (sec - min)		PORTATA AFFERENTE (l/s)	PORTATA SPECIFICA AL RICEETTORE (l/s ha)	PORTATA AL RICEETTORE (l/s)	TEMPO CRITICO VASCA (h : min)	VOLUME VASCA (mc)
V1	Rio Pircio	9	1,965	1,00	1.972	32,87	439	50,00	98,3	2 h : 32 min	812
V2	Rio Pircio	10	1,365	1,00	2.058	34,30	298	50,00	68,3	2 h : 39 min	561
V3	Fontanaccia	108	1,535	1,00	2.198	36,63	324	50,00	76,8	2 h : 41 min	626
V4	Fontanaccia	101	0,270	1,00	723	12,05	102	50,00	13,5	2 h : 28 min	120
V5	Fontanaccia	108	1,440	1,00	2.924	48,73	262	50,00	72,0	2 h : 46 min	562
V6	Brancona	197	3,110	0,78	2.205	36,75	513	50,00	121,8	2 h : 41 min	992
V7	Brancona	194	3,988	0,83	2.033	33,88	729	50,00	165,7	2 h : 39 min	1364
V8	Sortie	362	0,840	1,00	365	6,08	451	50,00	42,0	2 h : 25 min	381
V9	Bubriolo	386	0,540	1,00	478	7,97	252	50,00	27,0	2 h : 26 min	243
V10	Bubriolo	390	1,220	1,00	1.431	23,85	322	50,00	61,0	2 h : 34 min	520
V11	Generale Marecchia	487	1,349	0,57	842	14,03	269	50,00	38,7	2 h : 30 min	341
V12	Generale Marecchia	498	1,650	0,61	1.052	17,53	312	50,00	50,3	2 h : 32 min	439
V13	Padulli	589	2,150	1,00	885	14,75	728	50,00	107,5	2 h : 30 min	947
V14	Mavone piccolo braccio sx (1)	606	0,578	1,00	1.002	16,70	183	50,00	28,9	2 h : 30 min	253

**OPERE DI DRENAGGIO VARIANTE ALLA S.S. 16 ADRIATICA  
tra il Km 192+200 ed il Km 220+107**

**DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI LAMINAZIONE**

VASCA	RECAPITO	SEZIONE INIZIO VASCA	SUPERFICIE AFFERENTE (ha)	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	TEMPO DI CORRIVAZIONE (sec - min)		PORTATA AFFERENTE (l/s)	PORTATA SPECIFICA AL RICEVITTORE (l/s ha)	PORTATA AL RICEVITTORE (l/s)	TEMPO CRITICO VASCA (h : min)	VOLUME VASCA (mc)
V15	Mavone piccolo braccio sx (2)	616	1,317	1,00	1.400	23,33	352	50,00	65,9	2 h : 34 min	563
V16	Mavone piccolo	639	2,063	0,82	2.068	34,47	367	50,00	84,2	2 h : 39 min	692
V17	Grotta Rossa	722	2,273	1,00	581	9,68	958	50,00	113,6	2 h : 26 min	1018
V18	Ex Torrente Ausa	788	1,700	1,00	570	9,50	724	50,00	85,0	2 h : 26 min	762
V19	Secondo Macanno	844	1,600	1,00	464	7,73	758	50,00	80,0	2 h : 26 min	722
V20	Secondo Macanno	855	2,190	1,00	393	6,55	1132	50,00	109,5	2 h : 26 min	992
V21	Rodella braccio sx	933	0,760	1,00	1.072	17,87	233	50,00	38,0	2 h : 32 min	331
V22	Rodella braccio sx	942	5,031	1,00	745	12,42	1864	50,00	251,5	2 h : 28 min	2233
V23	Roncasso	1021	1,000	1,00	1.579	26,32	251	50,00	50,0	2 h : 35 min	423
V24	Roncasso	1029	1,260	1,00	1.763	29,38	298	50,00	63,0	2 h : 37 min	527
V25	Marano	1075	1,280	1,00	809	13,48	454	50,00	64,0	2 h : 28 min	566
V26	Marano	1090	1,580	1,00	820	13,67	557	50,00	79,0	2 h : 30 min	698
V27	Marano-Melo	1106	0,960	1,00	911	15,18	320	50,00	48,0	2 h : 30 min	422
V28	Rio Melo	1159	1,540	1,00	846	14,10	534	50,00	77,0	2 h : 30 min	680

**OPERE DI DRENAGGIO VARIANTE ALLA S.S. 16 ADRIATICA  
tra il Km 192+200 ed il Km 220+107**

**DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI LAMINAZIONE**

VASCA	RECAPITO	SEZIONE INIZIO VASCA	SUPERFICIE AFFERENTE (ha)	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	TEMPO DI CORRIVAZIONE (sec - min)		PORTATA AFFERENTE (l/s)	PORTATA SPECIFICA AL RICEVITORE (l/s ha)	PORTATA AL RICEVITORE (l/s)	TEMPO CRITICO VASCA (h : min)	VOLUME VASCA (mc)
<b>V29</b>	Raibano	1210	1,220	1,00	415	6,92	613	50,00	61,0	2 h : 26 min	<b>552</b>
<b>V30</b>	Raibano (2)	1218	0,320	1,00	249	4,15	210	50,00	16,0	2 h : 25 min	<b>146</b>
<b>V31</b>	Raibano (3)	1230	1,680	1,00	625	10,42	682	50,00	84,0	2 h : 28 min	<b>751</b>
<b>V32</b>	Raibano (4)	1281	1,020	1,00	563	9,38	437	50,00	51,0	2 h : 26 min	<b>458</b>
<b>V33</b>	Alberello	1323	0,476	1,00	662	11,03	188	50,00	23,8	2 h : 28 min	<b>212</b>
<b>V34</b>	Alberello	1326	0,500	1,00	403	6,72	255	50,00	25,0	2 h : 26 min	<b>226</b>
<b>V35</b>	Alberello (2)	1367	0,495	1,00	428	7,13	245	50,00	24,8	2 h : 26 min	<b>224</b>
<b>V36</b>	Alberello (3)	1414	3,220	1,00	1.886	31,43	736	50,00	161,0	2 h : 37 min	<b>1337</b>
<b>V37</b>	Rio Agina	1469	1,580	1,00	2.070	34,50	344	50,00	79,0	2 h : 39 min	<b>649</b>
<b>V38</b>	Molino Misano	1540	2,525	1,00	1.136	18,93	751	50,00	126,2	2 h : 32 min	<b>1096</b>
<b>V39</b>	Molino Misano	1586	1,430	1,00	888	14,80	484	50,00	71,5	2 h : 30 min	<b>630</b>