Struttura Territoriale Veneto e Friuli Venezia Giulia
Via E. Millosevich, 49 - 30173 Venezia Mestre T [+39] 041 2911411 - F [+39] 041 5317321
Pec anas.veneto@postacert.stradeanas.it - www.stradeanas.it

Anas S.p.A. - Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane
Società con socio unico soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A. e concessionaria ai sensi del D.L. 138/2002 (convertito con L. 178/2002)
Sede Legale: Via Monzambano, 10 - 00185 Roma T [+39] 06 44461 - F [+39] 06 4456224
Pec anas@postacert.stradeanas.it
Cap. Soc. Euro 2.269.892.000,00 Iscr. R.E.A. 1024951 P.IVA 02133681003 C.F. 80208450587

S.S. 51 "di Alemagna"
Provincia di Belluno

Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore

PROGETTO ESECUTIVO

COD. VE 9172

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Paolo Mazzalai
Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 626

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Massimo Pietrantoni
Ordine dei Geologi Regione Lazio n. A738

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Alberto Palombarini
Ord. Ingg. Prov. di Padova n°3174

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Dott. Ing. Ettore De Cesbron De La Grennelais
Firmato digitalmente da: Ettore De La Grennelais
Organizzazione: ANAS S.P.A./80208450587
Data: 18/02/2022 13:18:20

CAPOGRUPPO MANDATARIA:
Systra SWS Engineering Spa

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
dott. ing. PAOLO MAZZALAI
ISCRIZIONE ALBO N° 626

MANDANTE:
Net Engineering
Vams Ingegneria

IDROLOGIA ED IDRAULICA
Sistema di drenaggio del corpo stradale
Relazione di Smaltimento Acque Meteoriche

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO: MSVE14 — LIV. PROG.: E — ANNO: 21 — N. PROG.: 03	MSVE-14-E-2103-T00-ID02-IDR-RE-01-B	B	-
	CODICE ELAB.: T00 ID02 IDR RE01		

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	Emissione a seguito di istruttoria ANAS	02.2022	M. CELANO	R. SCHETTINO	P. MAZZALAI
A	Emissione	12.2021	L. PICCIOLI	R. SCHETTINO	P. MAZZALAI

INDICE

1 INTRODUZIONE 3

1.1 Generalità 3

1.2 Oggetto specifico del documento 4

2 RIFERIMENTI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO 5

2.1 Prescrizione degli enti 5

2.1.1 Prescrizioni al progetto definitivo – conferenza dei servizi 5

2.1.2 Prescrizioni al progetto definitivo – V.I.A. 5

3 RIFERIMENTO NORMATIVO 6

3.1 Normativa nazionale e regionale 6

3.2 Dlgs. del 3 aprile 2006 n.152 6

4 DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO 8

4.1 Sistema di raccolta chiuso 8

4.2 Sistema di raccolta aperto 9

5 CONSIDERAZIONI IDROLOGICHE 10

6 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO 11

6.1 Bacini afferenti: ante e post operam 11

6.2 Modello afflussi – deflussi 13

6.3 Collettori di drenaggio 15

6.3.1 Dimensionamento e verifica dei collettori 16

6.4 Caditoie stradali 19
6.4.1 Interasse caditoie 19
6.4.2 Dimensionamento caditoie 20
6.4.3 Verifica Caditoie 22

6.5 Fossi di guardia 23
6.5.1 Verifica idraulica di un fosso di guardia 24

6.6 Presidi idraulici 25
6.6.1 Calcolo della portata di progetto dell'impianto 26
6.6.2 Calcolo della dimensione nominale del disoleatore 26
6.6.3 Dimensionamento dell'impianto 27

7 CONCLUSIONI 29

1 INTRODUZIONE

1.1 GENERALITÀ

Il presente documento intende illustrare le valutazioni di carattere idraulico nell'ambito dell'infrastruttura "**S.S. 51 "di Alemagna" Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore",** codice ANAS VE14, con riferimento alla fase di Progettazione Esecutiva.

Il progetto rientra nell'ambito del Piano Straordinario per l'Accessibilità a Cortina 2021 dove ANAS, nel ruolo di Ente attuatore degli interventi previsti per il potenziamento della viabilità, ha predisposto una serie di interventi sulla S.S. 51 di Alemagna, al fine di eliminare le varie criticità legate alla sicurezza e alla funzionalità della rete stradale.

Figura 1: Ubicazione del tracciato di progetto su ortofoto

Il progetto prevede, come opera principale, la progettazione di una nuova galleria che tra i tratti Ovest, lato Cortina, ed Est, lato Belluno, crei un by-pass viabile, che oggi interessa la cittadina di Tai di Cadore.

Gli interventi previsti, oltre alla galleria, riguardano la formazione di due nuove rotatorie poste agli imbocchi della galleria: la prima, lato Cortina, di concezione ex-nova; la seconda, lato Belluno, che riorganizza in

maniera funzionale sia l'assetto infrastrutturale esistente, che non risulta essere congruo al progetto, che il raccordo nord verso Piave di Cadore.

Opere connesse alla galleria, necessarie alla corretta fruibilità dell'intervento, sono:

- Intersezione svincolo di innesto lato Ovest, direzione Cortina-Nebbiù;
- Rimodulazione della pista ciclabile esistente;
- Intersezione svincolo di innesto lato Est, direzione Belluno-Auronzo;
- Intersezione svincolo nord, direzione Piave di Cadore;
- Sistemazione idrologica dei canali Rio B6, Rio Galghena, Rio Malzago;
- Impianti tecnologici, Opere di sostegno minori ed opere stradali.

Per maggiori approfondimenti, si rimanda ai vari elaborati presentati a corredo del progetto.

1.2 OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO

Il presente documento ha la finalità di riassumere i risultati dello studio idraulico e delle soluzioni adottate per la progettazione della rete di drenaggio e smaltimento delle acque meteoritiche condotto nell'ambito della realizzazione dei lavori della SS 51 "di Alemagna" – Provincia di Belluno – Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore, nell'ambito del "Piano Straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021".

L'attività presuppone lo sviluppo di una serie di tematiche brevemente riassunte di seguito:

- definizione delle portate e dei volumi di pioggia da allontanare dalla piattaforma stradale;
- definizione del sistema di raccolta, convogliamento e scarico finale delle acque di piattaforma;
- individuazione dei recapiti finali;
- definizione delle portate e dei volumi di pioggia da intercettare tramite i fossi di guardia;

Lo studio definisce compiutamente le caratteristiche dimensionali del sistema di drenaggio lungo l'intero percorso in progetto, individuando come recapito finale il reticolo naturale superficiale.

Gli elementi della rete di drenaggio e collettamento a servizio della piattaforma stradale saranno dimensionati con riferimento alla portata cinquantennale.

2 RIFERIMENTI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO

2.1 PRESCRIZIONE DEGLI ENTI

2.1.1 PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – CONFERENZA DEI SERVIZI

In fase di valutazione del Progetto Definitivo, si sono espressi con **pareri favorevoli con prescrizioni pendenti sulla corrente fase di Progetto Esecutivo**, i seguenti enti competenti:

- *Provincia di Belluno - Settore Acque, Ambiente e Cultura*: Compatibilità ambientale dell'opera.
- *Provincia di Belluno - Settore Urbanistica e Mobilità*: Trasporto Pubblico Locale.
- *Regione Veneto - Unità Organizzativa Forestale*: Aspetti autorizzativi; Aspetti idraulici ed idrogeologici.
- *MIBACT Ministero per i beni culturali e le attività culturali e per il turismo*: Prescrizioni di carattere ambientale.
- *BIM Belluno Infrastrutture (Gestione Servizi Pubblici S.p.A.):* prescrizioni su Interferenze.
- *Regole di Tai e Vissà:* Aspetti Progettuali vari.
- *Comune di Pieve di Cadore:* Prescrizioni di carattere amministrativo e progettuale.

Hanno espresso parere favorevole senza prescrizione altri enti, che non hanno rilevato interferenze di quanto in propria gestione con la nuova infrastruttura.

2.1.2 PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – V.I.A.

In fase di valutazione del Progetto Definitivo, la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ha prodotto i seguenti pareri con prescrizioni, espressi dalla Commissione Tecnica di V.I.A. con parere n. 3257 del 31 gennaio 2020:

- Aspetti Progettuali - da recepire in fase di Progettazione Esecutiva: aspetti infrastrutturali e idraulici;
- Aspetti Gestionali - da recepire nella fase precedente la cantierizzazione: aspetti ambientali (vibrazioni, monitoraggi, mitigazioni);
- Mitigazioni - da recepire in fase di cantiere;
- Monitoraggio - da recepire in fase di Progettazione Esecutiva: aspetti organizzativi e gestionali.

3 RIFERIMENTO NORMATIVO

3.1 NORMATIVA NAZIONALE E REGIONALE

- R.D. n°523 del 1904 e ss.mm.ii.;
- D.lqs. n°152 del 2006;
- Dgr n. 2948 del 06 ottobre 2009, Allegato A;
- D.M. 11.03.1988 e Circolare 9.1.1996 n.218/24/3 del Ministero LL.PP.;
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 06/06/2001 - "*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*";
- D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617. C.S.LL.PP.;
- N.T.A. e Linee Guida del Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico;
- Norma UNI 7517;
- Norma UNI EN 858;

3.2 DLGS. DEL 3 APRILE 2006 N.152

I principali temi affrontati dal Testo Unico sulle acque riguardano:

a) individuazione e perseguimento dell'obiettivo di qualità ambientale per le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, le acque di balneazione, le acque dolci idonee alla vita dei pesci e le acque destinate alla vita dei molluschi;

b) tutela dei corpi idrici e disciplina degli scarichi: tutela quantitativa - risparmio idrico; tutela qualitativa-disciplina degli scarichi, tutela delle aree di pertinenza dei corpi idrici;

c) strumenti di tutela: piani di tutela delle acque, autorizzazione agli scarichi, controllo degli scarichi; in particolare vengono enunciati i criteri generali di gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne, stabilendo che le regioni debbano disciplinare i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne non recapitanti in reti fognarie siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari stabilimenti nei quali vi sia il rischio di deposizione di sostanze pericolose sulle superfici impermeabili scoperte.

Per la quantificazione delle acque di prima pioggia si è fatto riferimento al DGR della Regione Veneto n°842 del 15 maggio 2012 " Piano di Tutela delle Acque, D.C.R. n. 107 del 5/11/2009, modifica e approvazione del testo integrato delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque (Dgr n. 141/CR del 13/12/2011)" e successive integrazioni, di cui si riportano i seguenti stralci:

1. I volumi da destinare allo stoccaggio delle acque di prima pioggia e di lavaggio devono essere dimensionati in modo da trattenere almeno i primi 5 mm di pioggia distribuiti sul bacino elementare di riferimento. Il rilascio di detti volumi nei corpi recettori, di norma, deve essere attivato nell'ambito delle 48 ore successive all'ultimo evento piovoso. Si considerano eventi di pioggia separati quelli fra i quali intercorre un intervallo temporale di almeno 48 ore. Ai fini del calcolo delle portate e dei volumi di stoccaggio, si dovranno assumere quali coefficienti di afflusso convenzionali il valore 0,9 per le superfici impermeabili, il valore 0,6 per le superfici semipermeabili, il valore 0,2 per le superfici permeabili, escludendo dal computo le superfici coltivate.

4 DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma è prevista con sistema di drenaggio sia di "tipo chiuso" che di "tipo aperto":

- il sistema chiuso è previsto per la galleria e per la parte nuova degli svincoli (imbocchi e rotonde);
- il sistema di "tipo aperto" è previsto invece per le zone di raccordo con la viabilità esistente.

Per il sistema chiuso è previsto il trattamento qualitativo delle acque prima dello scarico nel recettore finale, oltre che la trattenuta degli sversamenti accidentali, mediante presidi/vasche dedicate.

4.1 SISTEMA DI RACCOLTA CHIUSO

In galleria il sistema di drenaggio prevede la raccolta sia delle acque di piattaforma che di infiltrazione da calotta.

La raccolta dell'acqua di infiltrazione avviene mediante collettori drenanti posti a lato della calotta e sopra l'arco rovescio. Il collettore drenante più profondo (arco rovescio) scaricherà direttamente nei fossi di guardia esterni (o recettori) senza trattamento. I collettori in PVC di drenaggio delle infiltrazioni attorno l'arco superiore scaricheranno nei collettori posti a ciglio strada.

La raccolta della sede stradale avviene tramite pozzetti (appositamente sifonati per esigenze di sicurezza taglia fuoco) che scaricheranno nei collettori principali posti sotto i cigli esterni (banchina). I collettori saranno collegati alle vasche di sicurezza idraulica poste all'esterno della galleria, nelle quali avverrà la trattenuta delle sostanze inquinanti.

Nelle nuove rotonde e nei tratti di imbocco alle gallerie il sistema prevede caditoie con collettori sottostanti che afferiscono prima all'impianto di trattamento e poi a recapito finale.

In ingresso alla vasca di trattamento è ubicato un pozzetto by-pass che scolma verso le vasche di dispersione la seconda pioggia.

Il sistema, quindi, prevede di trattare la prima pioggia e poi di rilasciare nel recapito recettore più vicino l'evento piovoso con TR 50 anni, senza gravare in termini quantitativi e qualitativi sui recapiti superficiali.

4.2 SISTEMA DI RACCOLTA APERTO

Nei tratti di raccordo in cui il corpo stradale si sviluppa in rilevato e i paramenti risultano privi di rinforzi, le acque meteoriche vengono canalizzate ed allontanate dalla sede stradale mediante embrici (a passo variabile) e recapitate nei fossi di guardia a dispersione.

Nei tratti con sviluppo in trincea, l'acqua della carreggiata viene raccolta dalla cunetta alla francese larga al lordo 1,0 m e convogliata, se necessario, nell'apposito tubo sottostante per mezzo di pozzetti (in calcestruzzo con griglia carrabile) disposti lungo lo sviluppo della cunetta. Al di sotto della cunetta e/o del collettore saranno realizzati trincee drenanti in ghiaione e collettori fessurati. In testa alle trincee viene realizzato un fosso di guardia sempre in calcestruzzo finalizzato all'allontanamento delle acque di versante.

5 CONSIDERAZIONI IDROLOGICHE

La verifica e il dimensionamento delle reti è stata condotta assumendo i seguenti parametri idrologici di durata inferiore a 1 ora:

D<1h																	
TR 2		**TR 5**		**TR 10**		**TR 20**		**TR 25**		**TR 50**		**TR 100**		**TR 200**		**TR 500**	
a	**n**	**a**	**n**	**a**	**n**	**a**	**n**	**a**	**n**	**a**	**n**	**a**	**n**	**a**	**n**	**a**	**n**
25	0,44	41	0,43	52	0,43	62	0,42	65	0,42	75	0,42	86	0,42	97	0,42	111	0,42

Tabella 1: Curve di possibilità pluviometrica di progetto

Nello specifico il dimensionamento della rete di drenaggio è stato effettuato considerando come evento di progetto quello con tempo di ritorno di 50 anni.

L'intensità di pioggia sarà contestualizzata alla effettiva durata critica della rete di drenaggio.

6 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO

6.1 BACINI AFFERENTI: ANTE E POST OPERAM

In merito all'invarianza idraulica, escluso il tratto in galleria, nella immagine a seguire si deducono per confronto le aree impermeabili (in verde) nella condizione attuale (stato di fatto) rispetto alla configurazione di progetto.

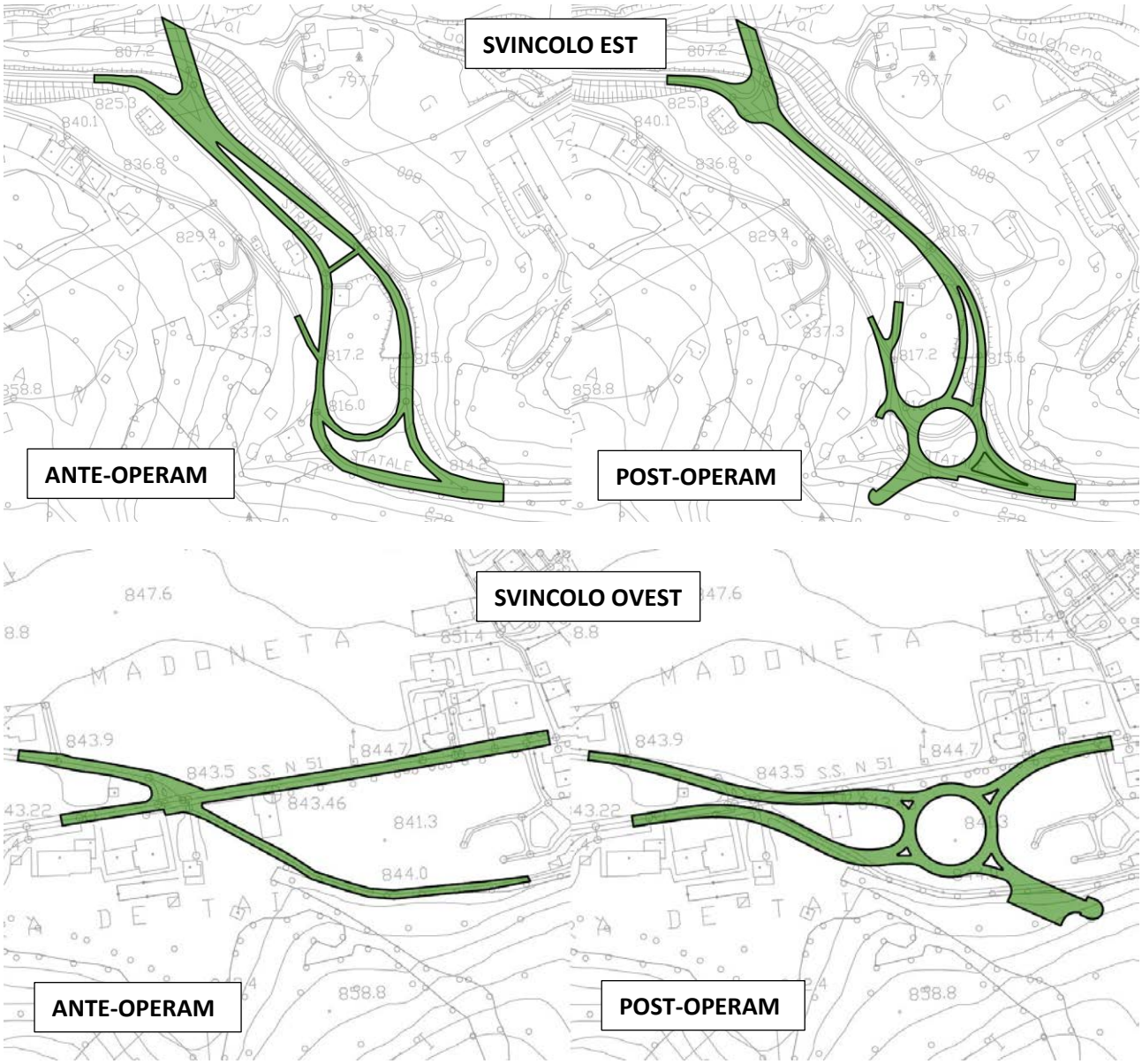

Figura 2: Schema permeabilità svincolo Est e svincolo Ovest

Le aree interessate dall'analisi di invarianza idraulica possono essere sinteticamente raggruppate in due aree: la zona presso l'imbocco Est e quella presso l'imbocco Ovest.

Attualmente non esiste lungo la viabilità di raccordo una rete di drenaggio: i deflussi drenano naturalmente lungo il versante verso i recapiti superficiali.

Dal confronto tra le superfici si evince che:

- presso l'imbocco Ovest l'incremento di superficie impermeabile è pari 4700 m^2;
- presso l'imbocco Est l'incremento di superficie permeabile è pari 500 m^2.

In virtù di tali aree, secondo il DGR. l'intervento è classificato come "*modesta impermeabilizzazione potenziale*", pertanto si dovranno dimensionare gli interventi compensativi al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica.

Le acque di versante sono raccolte tramite fossi di guardia inerbiti collegati al recapito per mezzo di un sistema di tombini circolari.

La raccolta delle acque della nuova piattaforma avviene mediante caditoie e collettori che convogliano verso l'impianto di prima pioggia e sversamento accidentale. All'ingresso dell'impianto è ubicato un pozzetto by-pass che separa la prima dalla seconda pioggia mediante sfioro. La prima pioggia viene trattata nel disoleatore e dissabbiatore, per poi raggiungere il canale recettore (v. planimetrie idrauliche).

Avendo in tutta l'area in esame un coefficiente di permeabilità piuttosto basso pari a 2e-7 m/s, sia nella condizione ante-operam che post-operam, la maggior parte dell'acqua meteorica ruscella verso i canali recettori. Per questo, un modesto incremento dell'area impermeabile non comporta un aumento dei volumi e delle portate in caso di evento meteorico. Nonostante ciò, i fossi di guardia ricavati ai bordi delle scarpate sono inerbiti e permettono l'infiltrazione di parte delle portate che transata al loro interno, mentre, il sistema disoletore-vasca di prima pioggia, permette già di suo, una laminazione della portata dell'acqua di pioggia.

Durante la fase di progettazione definitiva, all'interno delle due principali rotatorie erano state inserite due vasche di dispersione, che sia per la poca efficienza idraulica (bassa permeabilità), sia per una prescrizione di carattere architettonico (disegno unico delle rotatorie) sono state rimosse. Dal punto di vista idraulico, nonostante la loro area fosse di circa 500m^2, la capacità di infiltrazione era pari a circa 0.1 l/s.

6.2 MODELLO AFFLUSSI – DEFLUSSI

Si tratta di modelli che consentono di determinare la risposta idrologica di un bacino (deflussi superficiali e/o sotterranei) in corrispondenza a input di pioggia predefiniti, attraverso la simulazione dei processi che intervengono nella trasformazione degli afflussi di pioggia in deflussi di piena.

Il Metodo della corrivazione (o Metodo Razionale) consente di valutare la portata di piena al colmo sulla base del tempo di corrivazione considerando per ogni sezione una durata critica della pioggia posta uguale al tempo di corrivazione. La durata di pioggia critica per il bacino (o tempo di corrivazione) si determina mediante la seguente formula:

$$t_c = t_e + t_r$$

dove:

- t_c è la durata critica di pioggia;
- t_e 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);
- t_r è il tempo di traslazione lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale").

Il tempo di ingresso in rete t_e viene posto pari a 5 minuti per tenere in conto il forte effetto d'invaso che si ha all'inizio della precipitazione, mentre 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.

Nel caso in esame, date le caratteristiche delle superfici scolanti della rete di drenaggio e per mantenere un adeguato margine di sicurezza unitamente all'esigenza di adottare manufatti economicamente sostenibili, si è adottato un tempo di ritorno TR pari a 50 anni.

Nel presente studio, si è adottato lo ietogramma costante, dedotto dalla curva segnalatrice di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante per tutta la sua durata:

$$\frac{i = a \cdot t^n}{t = a \cdot t^{n-1}}$$

Il valore della portata al colmo dell'idrogramma di piena è stato ottenuto applicando la relazione generale del metodo della corrivazione (formula razionale):

$$Q_c = 2.78 \cdot \varphi \cdot i \cdot S = 2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot {t_c}^{n-1} \cdot S$$

dove

- Q_c è la portata di picco espressa in [m^3/s];
- φ è il coefficiente d'afflusso;
- i_c l'intensità critica di pioggia [mm/ora];
- S la superficie del bacino scolante [m^2].

La portata di progetto dei collettori di raccolta delle acque di piattaforma è stata calcolata applicando il metodo della corrivazione e la formula razionale.

Nelle pagine seguenti sono sintetizzate, in apposite tabelle, le analisi idrauliche per il dimensionamento di canalette e tubazioni di ogni singolo bacino.

Per quanto riguarda la posizione e le quote delle tubazioni, delle canalette e delle vasche si rimanda ai rispettivi elaborati di dettaglio.

6.3 COLLETTORI DI DRENAGGIO

La verifica delle condotte viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di collettore sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = A \cdot k_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- Q è la portata espressa in [m^3/s];
- A è la sezione liquida;
- Ks rappresenta il coefficiente di Strickler;
- R è il raggio idraulico;
- i è la pendenza longitudinale.

Fissati il coefficiente di scabrezza K_s e la pendenza longitudinale i, sì è in grado, con la formula precedente, di determinare la combinazione di diametro e grado di riempimento che danno luogo ad una portata Q pari a quella massima di progetto calcolata con il metodo razionale.

La verifica per il dimensionamento dei collettori viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di collettore sia percorso dalla medesima portata in condizioni di moto uniforme, utilizzando quindi la formula di Gauckler Strickler precedentemente riportata.

Il dimensionamento dei collettori si basa sul calcolo della portata di deflusso generata dall'evento di pioggia mediante il metodo razionale, la cui descrizione è riportata nel paragrafo precedente.

Per la raccolta delle acque di piattaforma sono stati adottati le seguenti tipologie:

- PeAD De315;
- PeAD De630;
- PeAD De355;
- PeAD De450;
- PeAD De500

Per l'effettiva collocazione si rimanda ai rispettivi elaborati di dettaglio (T00ID02IDRPL01A, T00ID02IDRPL02A).

Per semplicità ed economicità di realizzazione è stata adottata, dove possibile, una pendenza longitudinale pari a quella della livelletta stradale cercando di contenere il più possibile i tratti in contropendenza.

Fissati il coefficiente di scabrezza Ks, la pendenza longitudinale i e calcolando la massima portata Q di progetto affluente a ciascun collettore drenante le rispettive superfici stradali, si verificano le condizioni di deflusso all'interno delle condotte in termini di riempimento e velocità.

La formula impiegata è quella di Gauckler-Strickler per il moto uniforme.

Il valore assunto del coefficiente di scabrezza secondo Strickler è pari a $K_s = 80\ m^{1/3}/s$ per le tubazioni in PeAD previste.

6.3.1 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI COLLETTORI

Nelle tabelle seguenti si riportano il dimensionamento e la verifica idraulica dei collettori di drenaggio previsti per il tratto Est e il tratto Ovest.

Tabella 2: Dimensionamento della rete di collettori

ROTATORIA EST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione				Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
N	L [m]	DN int	DN est							
FG	20	329	355	588	186	0,0273	37%	0,120	0,93	OK
EF	16,5	329	355	751	175	0,0329	40%	0,135	0,97	OK
DE	18	329	355	924	171	0,0394	45%	0,150	1,03	OK
CD	33	416	450	1191	163	0,0485	36%	0,152	1,07	OK
BC	33	416	450	1902	149	0,0707	45%	0,188	1,19	OK
AB	15,5	462	500	2806	146	0,1027	49%	0,237	1,35	OK

ROTATORIA EST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione				Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
N	L [m]	DN int	DN est							
IL	21	329	355	237	186	0,0110	23%	0,077	0,72	OK
HI	32	329	355	528	180	0,0388	45%	0,151	1,03	OK
BH	44	416	450	904	171	0,0536	38%	0,161	1,11	OK

ROTATORIA EST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione				Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
N	L [m]	DN int	DN est							
CM	59	329	355	425	175	0,0186	30%	0,101	0,84	OK

ROTATORIA OVEST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione										
N	L [m]	DN int	DN est	Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
EF	15	329	355	240	175	0,0105	24%	0,078	0,65	OK
DE	51,5	329	355	719	163	0,0293	41%	0,137	0,88	OK
CD	15,5	329	355	838	154	0,0322	44%	0,144	0,9	OK
BC	15,5	462	500	2179	151	0,0823	41%	0,193	1,23	OK
AB	7,8	582	630	3582	146	0,1311	38%	0,225	1,38	OK

ROTATORIA OVEST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione										
N	L [m]	DN int	DN est	Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
CG	36	329	355	348	186	0,0161	28%	0,094	0,81	OK
GH	33	416	450	1341	175	0,0587	40%	0,169	1,13	OK

ROTATORIA OVEST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione										
N	L [m]	DN int	DN est	Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
NO	24	329	355	243	175	0,0106	23%	0,076	0,71	OK
MN	46	329	355	584	160	0,0233	34%	0,113	0,89	OK
LM	17	329	355	806	154	0,0310	40%	0,132	0,96	OK
BL	17	416	450	1403	149	0,0522	38%	0,158	1,11	OK

ROTATORIA OVEST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione										
N	L [m]	DN int	DN est	Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
MP	8	329	355	85	186	0,0039	11%	0,039	0,67	OK

ROTATORIA OVEST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione										
N	L [m]	DN int	DN est	Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
LQ	42	329	355	457	171	0,0195	31%	0,100	0,85	OK

ROTATORIA OVEST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione										
N	L [m]	DN int	DN est	Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
GI	8	329	355	631	175	0,0276	38%	0,125	0,94	OK

ROTATORIA NORD-EST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA			
Tubazione				Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]	VERIFICA vmin=0,6 m/s vmax=5,0 m/s
N	L [m]	DN int	DN est							
NO	16	329	355	200	186	0,0093	21%	0,071	0,69	OK
NP	85	416	450	814	171	0,0347	42%	0,141	0,99	OK

6.4 CADITOIE STRADALI

Le precipitazioni che insistono sulle nuove piattaforme stradali dei tratti in trincea saranno raccolte da pozzetti caditoia con griglia in ghisa carrabile delle dimensioni in pianta di 60x60 cm e convogliate alla rete di drenaggio.

La cunetta laterale di scolo sarà ricavata direttamente sulla banchina stradale.

Il calcolo di dimensionamento e verifica dell'interasse delle caditoie è eseguito in modo tale da garantire che la precipitazione con tempo di ritorno di 50 anni riesca a defluire nel collettore fognario, evitando il ristagno dei deflussi sulla piattaforma.

Si adotta la curva di possibilità pluviometrica definita nei paragrafi precedenti e si assume per la precipitazione un tempo di corrivazione pari a 5 minuti. L'intensità critica di precipitazione di progetto calcolata è pari a 186 mm/h.

6.4.1 INTERASSE CADITOIE

In funzione della larghezza della carreggiata B, della pendenza trasversale S_x della stessa e di quella longitudinale S_0 della strada è quindi possibile ricavare le caratteristiche idrauliche della cunetta di raccolta a bordo strada.

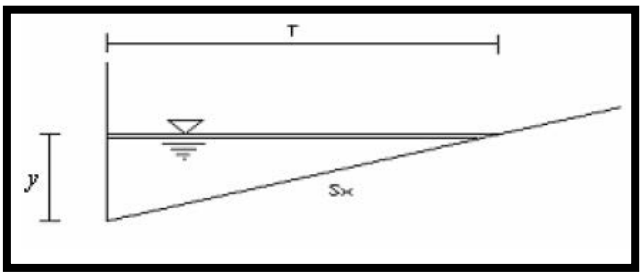

Figura 3: Esempio di cunetta

La portata in cunetta Q [m3/s], che permette di avere un tirante idrico minore dell'altezza del cordolo del marciapiede, è valutata con la formula di Chèzy:

$$Q = \frac{C_f}{n} \cdot S_x^{5/3} \cdot T^{8/3} \cdot S_0^{1/2}$$

dove:

- C_f è una costante pari a 0.376;
- T = massima larghezza ammessa in sommità della sezione bagnata espressa in [m];
- n = coefficiente di scabrezza secondo Manning, pari all'inverso del coefficiente di scabrezza valutato secondo Strickler;
- S_x = pendenza trasversale della cunetta;

- S_0 = pendenza longitudinale della strada;
- y = tirante idrico, ossia l'altezza del pelo libero in corrispondenza del marciapiede.

Calcolata la portata Q, al fine di stabilire il numero di caditoie necessarie, si procede alla determinazione della lunghezza del tratto di strada di progetto che permette di avere, nella corrispondente cunetta il valore di portata massima Q determinato.

Dall'equazione delle portate al colmo del metodo razionale:

$$Q = \phi \cdot i \cdot A = \Phi \cdot i \cdot (B \cdot L)$$

Si ricava la lunghezza del tratto di strada tra due caditoie:

$$L = \frac{Q}{\phi \cdot i \cdot B}$$

Questo vale per l'efficienza della caditoia pari a 1, ovvero tutta la portata scolante sulla cunetta stradale viene intercettata dalla griglia. Se si vuole considerare un'efficienza diversa, l'equazione diventa:

$$L = \frac{\mu \cdot Q}{\phi \cdot i \cdot B}$$

dove μ è l'efficienza della caditoia.

6.4.2 DIMENSIONAMENTO CADITOIE

Il dimensionamento delle luci viene condotto partendo ipotizzando una luce tipologica. Successivamente, inserendo le dimensioni geometriche scelte all'interno delle formule di efflusso è possibile ottenere la portata che viene incanalata all'interno della caditoia, l'efficienza e la luce netta effettiva.

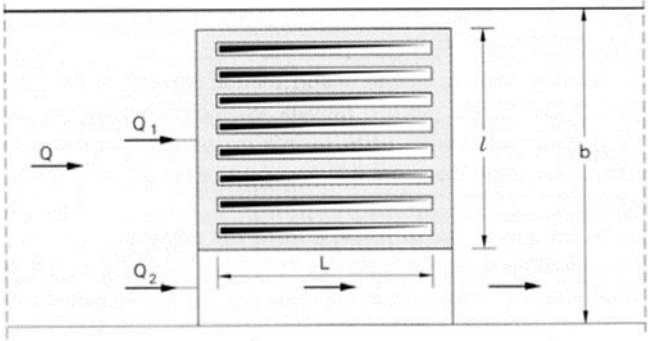

Figura 4: Dimensionamento caditoia

Le luci d'intercettamento a griglia disposte in un avvallamento longitudinale possono avere un funzionamento come sfioratore o come luce sotto battente.

Il primo caso si presenta per tiranti (h) inferiori a 12 cm e risulta che in questo caso la portata incanalata può essere calcolata con la seguente formula:

$$Q = \mu \cdot P \cdot h^{3/2} \quad con \;\; P = 2 \cdot l + L$$

dove:

- μ è un coefficiente pari a 1,66;
- L è la lunghezza della caditoia;
- l è la larghezza della caditoia

Nel funzionamento a luce sotto battente, la portata incanalata può essere calcolata con la seguente formula fornita da McGhee:

$$Q = K \cdot A \cdot h^{1/2}$$

Dove:

- A è l'area netta della bocca;
- k un coefficiente pari a 2,96.

Per un corretto funzionamento della caditoia è necessario che sia verificato che la velocità nella cunetta v, sia minore della velocità limite v_0, pari a:

- per barre perpendicolari alla direzione della corrente

$$v_0 = 1.86 \cdot L^{0.79}$$

- per barre parallele alla direzione della corrente

$$v_0 = 2.54 \cdot L^{0.51}$$

6.4.3 VERIFICA CADITOIE

Portata in cunetta (Q)		
T [m]=	0,85	Massima larghezza in sommità della sezione bagnata
n=	0,014	Coefficiente di scabrezza secondo Manning
S_x=	0,058	Pendenza trasversale della cunetta
S_0=	0,02	Pendenza longitudinale della strada
C_f =	0,376	
Q [m^3/s]=	0,021	Portata della cunetta (m_3/s)

Lunghezza tra una caditoia e l'altra con efficienza x della caditoia		
Q=	0,0214	Portata della cunetta (m_3/s)
eff=	0,7	efficienza della caditoia
Φ=	0,9	Coefficiente di deflusso
i=	316,9468	Intensità di pioggi (mm/h)
A=	189	Area sottesa da una caditoia (m^2)
Larg=	6	Larghezza strada
L=	32	Lunghezza tra una caditoia e l'altra

Predimensionamento tombino (per tiranti < 12cm)		
Q [m^3/s] =	0,021	Portata della cunetta da convogliare
h [m]=	0,05	Massimo tirante sulla cunetta
μ=	1,66	
P [m]=	1,153	Perimetro Bagnato
l [m]=	0,384	Lato caditoia quadrata

Velocità di cattura (per tiranti > 12cm)			
L [m] =	0,600	Lunghezza di cattura	
v_o [m/s]=	1,2423742	Barre perpendicolari alla direzione della corrente	VERIFICATA
v_o [m/s]=	1,9574508	Barre parallele alla direzione della corrente	VERIFICATA
v [m/s]=	1,021	Velocità in cunetta	

Portata captata da tombino (per tiranti < 12cm)		
h [m]=	0,05	Massimo tirante sulla cunetta
L [m]=	0,6	Lato caditoia quadrata
μ=	1,66	
Q [m^3/s] =	0,033	Portata convogliata dalla caditoia

6.5 FOSSI DI GUARDIA

I fossi di guardia rappresentano un'importata opera di difesa del corpo stradale; essi servono per convogliare negli impluvi naturali le acque superficiali che, per la naturale conformazione del terreno, verrebbero altrimenti a raccogliersi ai piedi del rilevato od a invadere le trincee provocando cedimenti di rilevati o delle scarpate delle trincee.

In generale, le sezioni di un fosso di guardia ha forma trapezia e, in taluni casi, triangolare.

La forma trapezia presenta, di norma, una base minore avente lunghezza maggiore a 30 cm, al fine di permettere ai mezzi meccanici di rimuovere i materiali depositati dalla corrente o franati dalle sponde. L'inclinazione viene determinata in funzione della natura del terreno (ove occorre inserire il canale) e dei materiali con cui realizzare il rivestimento. Di norma la scarpa è compresa fra 1/1, ammissibile solo per terreni prevalentemente argillosi, e 2/1 nel caso di terreni sciolti.

Nella pratica delle costruzioni stradali, di solito, si usa rivestire le sponde e il fondo fosso con calcestruzzo magro.

Dal punto di vista del dimensionamento e verifica è opportuno realizzare canali non molto profondi, in modo da mantenere la velocità massima della corrente entro limiti accettabili e contenere, al tempo stesso, le spese di costruzione; è altresì preferibile adoperare una larghezza non eccessiva per evitare che si verifichino velocità troppo basse.

La tipologia di fosso di guardia adottata è FT1, sezione trapezia con inclinazione 1/1, come è illustrato nella figura seguente:

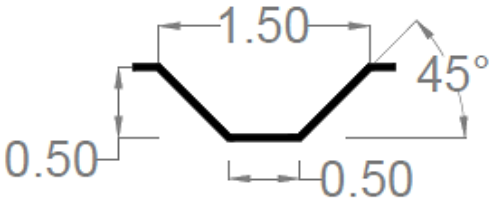

Figura 5: Geometria fosso di guardia - FT1

6.5.1 VERIFICA IDRAULICA DI UN FOSSO DI GUARDIA

La verifica idraulica dei fossi di guardia avviene in condizioni di moto uniforme (utilizzando la curva di probabilità pluviometrica) applicando la formula di Gauckler – Strickler, ampiamente citata nei capitoli precedenti.

Nelle tabelle seguenti si riportano il dimensionamento e la verifica idraulica dei fossi di guardia previsti in difesa del tracciato stradale di progetto.

Tabella 3: Dimensionamento fossi di guardia

FOSSI DI GUARDIA - EST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA		
Tubazione				Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]
N	Bacino	$i_{p\ MIN}$	n						
F.E1	E1	0.006	0.03	38000	131	0.276	71%	0.359	0.89
F.E2	E2	0.060	0.03	7000	131	0.051	14%	0.073	1.21
F.E3	E2, E3	0.026	0.03	10000	119	0.066	20%	0.103	1.06

FOSSI DI GUARDIA - OVEST				CALCOLO PORTATA			VERIFICA IDRAULICA		
Tubazione				Area [m^2]	Intensità [mm/h]	Q [m^3/s]	Grado Riemp.	h [m]	Velocità [m/s]
N	Bacino	$i_{p\ MIN}$	n						
F.O1	O1	0.006	0.03	34000	131	0.247	67%	0.034	0.86
F.O3	O2	0.005	0.03	1000	149	0.008	2%	0.013	0.12

6.6 PRESIDI IDRAULICI

I presidi idraulici fungono da trattamento della prima pioggia e trattenuta dello sversamento accidentale, al fine di assicurare la completa protezione ambientale del territorio secondo le vigenti norme, con particolare riferimento alla salvaguardia dei recapiti finali, rappresentati principalmente da suolo, sottosuolo (falde) e corpi idrici superficiali.

Tanto le vasche di sicurezza quanto le vasche di prima pioggia devono rispondere a tali requisiti.

Il decreto legislativo n°152 del 3 aprile 2006 e le sue successive modifiche ed integrazioni (D.L. 8 novembre 2006, n. 284 con "Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale") si pone al termine dell'iter legislativo per la normativa riguardante l'ambiente. Esso 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 nella sua parte terza. In particolare, esso conferma i vincoli alla dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche provenienti da piazzali e strade, già indicati nel testo unico sulle acque (Dlgs 11 maggio 1999, n.152) e le successive correzioni e integrazioni (Dlgs 18 agosto 2000, n.258).

In conformità a tale quadro normativo e a quanto prescritto nei preliminari pareri degli enti competenti, le acque meteoriche di piattaforma che ricadono in aree ambientalmente sensibili devono subire un processo di separazione e trattamento qualitativo. Le prime piogge e a maggior ragione gli eventuali sversamenti accidentali sono considerati ad alta concentrazione di inquinanti, mentre le seconde piogge sono considerate sostanzialmente "bianche". Le prime piogge devono subire un processo di sedimentazione e disoleazione, al fine dell'abbattimento degli inquinanti.

Il volume dei manufatti effettivamente previsti nel progetto è stato definito in ogni caso tenendo conto dell'esigenza di contenere un eventuale sversamento accidentale da parte di un'autocisterna (40 m^3).

Le vasche di prima pioggia sono previste funzionare in continuo. Esse saranno costituite da comparti separati, per la sedimentazione e la separazione degli olii.

Stante la modularità delle vasche impiegate, gli impianti possono essere realizzati mediante l'accoppiamento di più vasche affiancate tra di loro e connesse mediante collettori a perfetta tenuta idraulica.

La soluzione non prevede impianti di sollevamento.

6.6.1 CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO DELL'IMPIANTO

La portata di progetto degli impianti di presidio è calcolata considerando che la prima pioggia, pari ai primi 5 mm coerentemente a quanto indicato da diverse normative in materia, si concentri in un tempo pari a quello di corrivazione del bacino afferente a ciascun impianto. In tali circostanze tutta la piattaforma stradale del bacino contribuirà a determinare acque di prima pioggia da trattare attraverso l'impianto. Il valore di portata di progetto è pertanto definito attraverso la seguente relazione:

$$Q_p = c\ A\ \frac{h_p}{\delta}$$

dove:

- Q_p è la portata di progetto per l'impianto di prima pioggia;
- C è il coefficiente di deflusso del bacino afferente;
- A è la superficie del bacino;
- h_p è la massima altezza di precipitazione (5 mm);
- δ è il tempo di corrivazione del bacino considerato pari a 15 minuti.

6.6.2 CALCOLO DELLA DIMENSIONE NOMINALE DEL DISOLEATORE

La dimensione nominale NS del disoleatore, così come definita dal punto 3.7 della UNI EN 858-1, viene calcolata mediante la relazione (1) della UNI EN 858-2:

$$NS = Q_p\ f_d$$

dove:

- Q_p è la già calcolata portata di progetto in l/s;
- f_d è il fattore di densità dell'olio inquinante il cui valore minimo raccomandato è specificato dal prospetto 3 della stessa norma riepilogato nella tabella che segue.

La dimensione nominale da assegnare al disoleatore è quella uguale o immediatamente superiore al valore calcolato tramite la suddetta relazione compresa nella lista delle dimensioni preferenziali di cui al punto 5 della UNI EN 858-1.

Classe separatore	Densità dell'olio [g/cm³]		
	Fino a 0,85	Da 0,85 a 0,90	Da 0,9 a 0,95
II	1	2	3
I	1	1,5	2
I-II	1	1	1

Tabella 4: Fattore di densità dell'olio

Tale è la portata che l'impianto deve essere in grado di trattare e che dovrà essere presa come dato fondamentale per il dimensionamento e la fornitura dei dispositivi.

6.6.3 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Il prospetto 5 della UNI EN 858 - 2 dispone che per le aree di raccolta dell'acqua piovana in cui sono presenti piccole quantità di limo, il volume del bacino di sfangamento Vs espresso in m^3 deve risultare:

$$V_S \geq \frac{0{,}1\ NS}{f_d}$$

Al contempo, il punto 6.5.6.2 della UNI EN 858 - 1 dispone che *per i disoleatori gettati in opera di dimensioni nominali non inferiori a NS 150, l'area superficiale del bacino di disoleazione A_d espressa in m^2 e il relativo volume totale V_d espresso in m^3 devono risultare pari a:*

$$A_d \geq 0{,}2\ NS$$

$$V_d \geq 0{,}5\ NS$$

Il pozzetto scolmatore deve garantire l'invio della portata nominale NS alla vasca di sedimentazione, mentre per valori superiori la quota parte eccedente sfiorerà attraverso la soglia collocata nel pozzetto ed inviata alla tubazione di by-pass. Questa sarà dimensionata sulla portata massima Q_c della rete afferente.

Nelle seguenti tabelle si riassumono i dati di progetto dei vari dispositivi di trattamento delle acque di prima pioggia previsti, sulla base dei dati definiti nel capitolo relativo al dimensionamento delle reti e di quanto riportato nel presente capitolo.

Applicando soluzione tecniche compatte tipo a filtri a coalescenza, l'elemento dimensionante è la portata nominale; tuttavia, il volume minimo disponibile deve essere sempre almeno pari a 40 m^3.

Essendo le portate modeste e i volumi dimensionati minori di 40 m^3, si prenderà quest'ultimo valore come dato di riferimento.

Nome vasca ID	Sup. scolante A *ha*	Durata critica d *h*	Portata critica di riferimento Q_r *l/s*	Portata prima pioggia Q_{1p} *l/s*	Volume Prima Pioggia V_{pp} m^3	Fattore densità olio f_d -	Portata nominale NS *l/s*	Volume sedimentatore V_s m^3	Area superficiale disoleatore A_d m^2	Volume disoleatore V_d m^3
OVEST	0.36	0.15	131	19.9	17.91	1	20	2	NS<150	10
EST	0.28	0.15	102	15.5	14.03	1	15	1.5	NS<150	7.5

Nome vasca ID -	Portata nominale NS *l/s*	Sviluppo L *m*	Largh. B *m*	Altezza h -	Area A m^2	Volume V *mc*	Diametro ingresso Ø1 *mm*	Diametro uscita Ø2 *mm*
OVEST	41	14.5	2	1.60	29	46.4	630	600
EST	17	14.5	2	1.85	29	53.65	500	500

Tabella 5: Dimensionamento e verifica degli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia

7 CONCLUSIONI

Il sistema di tipo chiuso prevede di trattare e trattenere l'intero scroscio piovoso TR 50 anni delle nuove superfici impermeabili, senza gravare in termini ne quantitativi e ne qualitativi sui recapiti superficiali.

I collettori afferiscono la prima pioggia e gli sversamenti accidentali all'impianto di trattamento, dove le vasche hanno volume pari a 46 e 53 m^3.

È necessario sottolineare che, data l'elevata impermeabilità dei terreni e il modesto incremento di area impermeabile, è difficile sia la determinazione che l'utilità ed efficienza idraulica stessa di dispositivi compensativi. Possiamo inoltre dire che i fossi di guardia funzionano da trincee drenanti e che le vasche di prima pioggia, dimensionate per 40m^3, volume molto superiore a quello di prima pioggia, attuano un effetto di laminazione sulla portata di punta in arrivo al ricettore finale. Lo stesso effetto sarebbe stato creato dalle vasche poste internamente alle rotatorie, che sono state rimosse per far spazio al "disegno unico delle rotatorie". Rimane da precisare che tali vasche, nate come vasche d'infiltrazione, avrebbero avuto una minima portata infiltrata e avrebbero funzionato da vasche di laminazione e non d'infiltrazione.