



**LE OPERE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PER UN NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE**

Pier Luigi Carci

Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile - Università degli Studi di Roma Tre
Via Vito Volterra,62 - 00154 Roma
Tel: +39. 0655173414 - Fax: +39. 0655173441
E-mail: carci@fenice.dsic.uniroma3.it

Con la collaborazione di:

Lorena Schibuola, Marco Salomone, Marina Vitale

Batimat s.r.l. – Società di Ingegneria
Via E. Bava, 24 - 10124 Torino
Tel: +39. 0118128507 – Fax: +39. 0118129132
E-mail: bmtsrl@tin.it

<u>0</u>	<u>PREMESSA</u>	3
<u>1</u>	<u>OPERE PER LA SALVAGUARDIA DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE</u>	4
<u>1.1</u>	<u>IL SISTEMA DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA</u>	4
<u>1.1.1</u>	<u>L'inquadramento normativo</u>	4
<u>1.1.2</u>	<u>Acque di piattaforma: caratterizzazione</u>	6
<u>1.1.3</u>	<u>Criteri generali per lo smaltimento delle acque di piattaforma</u>	11
<u>1.1.4</u>	<u>Descrizione delle componenti del sistema di trattamento</u>	12
<u>1.1.5</u>	<u>Attività di manutenzione</u>	17
<u>2</u>	<u>DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE A VERDE</u>	18
<u>2.1</u>	<u>CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE</u>	19
<u>2.2</u>	<u>INTERVENTI TIPO</u>	20
<u>2.2.1</u>	<u>Intervento Tipo A</u>	20
<u>2.2.2</u>	<u>Intervento Tipo B</u>	21
<u>2.2.3</u>	<u>Fasce in prossimità dei corsi d'acqua</u>	23
<u>2.3</u>	<u>INTERVENTI IN AREE COMPLESSE</u>	25
<u>2.3.1</u>	<u>Area casello</u>	25
<u>2.3.2</u>	<u>Area di svincolo e attraversamento Marmoraire</u>	26
<u>2.3.3</u>	<u>Area di pertinenza del sistema di trattamento delle acque di piattaforma</u>	27
<u>2.3.4</u>	<u>Rotatoria di raccordo con la S.P.1</u>	28
<u>2.4</u>	<u>INSERIMENTO DELLE SISTEMAZIONI SPONDALI</u>	28
<u>2.5</u>	<u>INDICAZIONI PER LA MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE</u>	29

0 **PREMESSA**

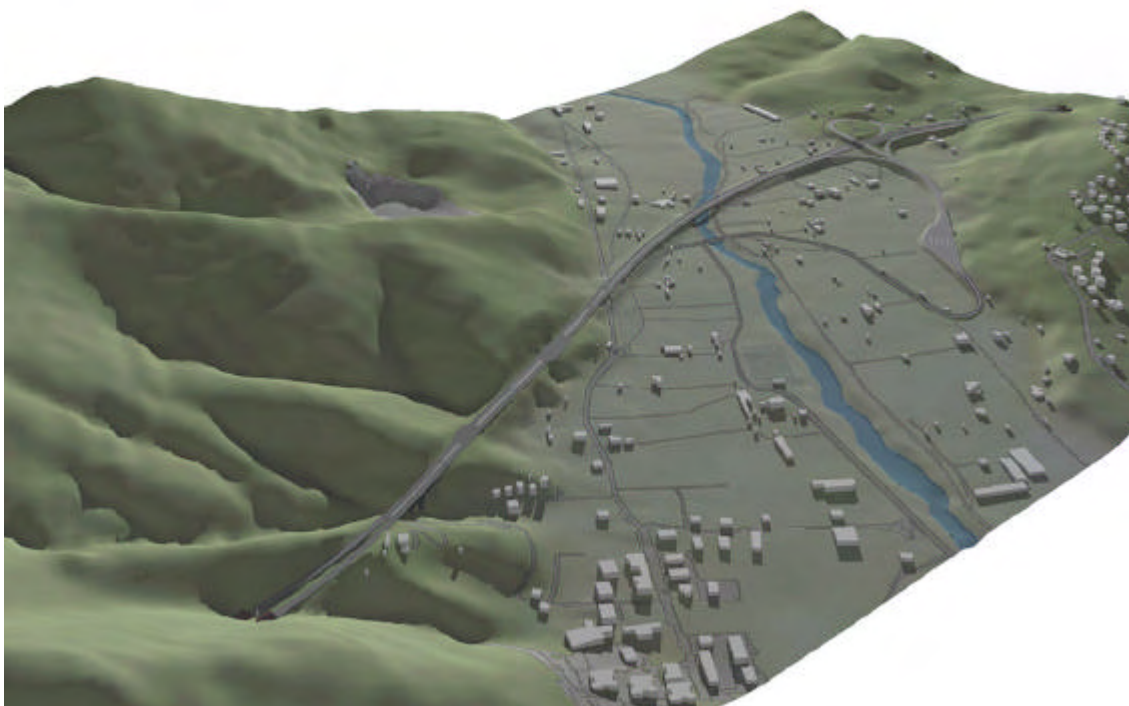
Le opere di mitigazione presentate si riferiscono al progetto del nuovo svincolo autostradale di Borghetto S. Spirito, lungo l'autostrada A10 Savona-Ventimiglia.

Lo svincolo è finalizzato a migliorare l'accessibilità all'autostrada sia dai vicini centri della costa, tramite la viabilità costiera S.S. 1 Aurelia, sia dai paesi dell'entroterra tramite la S.P. n. 1 che si dirama dalla prima.

Il futuro svincolo è localizzato nel tratto a mezza costa dell'A10, compreso tra il viadotto Varatella e l'imbocco della galleria Monte Castellaro, a monte del centro abitato di Borghetto ed in posizione intermedia rispetto ai caselli di Pietra Ligure ed Alberga.

La nuova opera ricade in una zona di fondovalle poco a monte dell'abitato di Borghetto, in un'area agricola a bassa densità abitativa, altamente produttiva e di pregio paesaggistico. La piana alluvionale interferita è intensamente sfruttata dagli acquedotti dei comuni limitrofi.

In questo contesto emerge dunque la necessità che le opere di mitigazione per la salvaguardia della risorsa idrica e le opere a verde costituiscano una componente strettamente integrata al progetto.



Il nuovo svincolo di Borghetto S. Spirito.

1 OPERE PER LA SALVAGUARDIA DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

1.1 Il sistema di trattamento delle acque di piattaforma

Il traffico e la manutenzione delle strade sono frequentemente all'origine di diverse tipologie di impatto, fra cui quello derivante dallo smaltimento delle acque di dilavamento della superficie stradale. Allo stato attuale dell'arte, nel nostro paese, non esiste né una banca dati che documenti le caratteristiche qualitative delle acque di piattaforma, né un'esperienza progettuale significativa.

Il presente studio si è quindi ispirato all'esperienza progettuale maturata in altri paesi, adattata al contesto ambientale locale ed al quadro normativo nazionale.

1.1.1 L'inquadramento normativo

Allo stato attuale una normativa che tratti in modo specifico lo smaltimento delle acque di piattaforma stradale, non è stata ancora creata. Anche la legge regionale della Regione Liguria n.43/1995 non stabilisce specifiche prescrizioni per questo particolare tipo di reflu. A livello nazionale l'unico riferimento normativo è rappresentato dal D. Lgs. 11 maggio 1999, n.152 e successive integrazioni, da cui si possono individuare le seguenti indicazioni:

1. Attualmente per gli scarichi sul suolo vale la tabella 4 dell'allegato 5 al D. Lgs. 152/99. Tale tabella è l'unica che può essere modificata dalla Regione anche in senso meno restrittivo.
2. Non è comunque consentito scaricare sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo i composti di cui al punto 2.1.1 dell'allegato 5 del D. Lgs. 152/99. Tra questi si rilevano in particolare: olii minerali persistenti ed idrocarburi di origine petrolifera persistenti, materie persistenti che possono galleggiare, restare in sospensione andare a fondo e che possono disturbare ogni tipo di utilizzazione delle acque.
3. È vietato lo scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo fatta eccezione per le acque meteoriche convogliate in reti fognarie separate.
4. Dal D. Lgs. 152/99 sembra che l'ottenimento della qualità richiesta dalla tabella possa essere in questo caso raggiunto anche diluendo la prima pioggia con le acque di seconda pioggia, in quanto sono acque non prelevate appositamente per tale scopo.
5. Per l'apertura di un nuovo scarico è sempre necessaria l'autorizzazione.
6. Nell'area di rispetto di un pozzo (raggio minimo 200 m) non è consentito scaricare le acque bianche provenienti da piazzali e strade.
7. Le regioni disciplinano:
 - a) Le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;
 - b) 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;
 - c) I casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio siano opportunamente trattate;

d) Fra le varie strutture o attività, le opere viarie, ferrovie ed in genere infrastrutture di servizio che ricadono all'interno delle zone di rispetto.

8 E' vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.

Il D. Lgs. 152/99 afferma infine, come principio generale, la necessità di classificare tutti i tipi di scarico, di stabilire dei criteri di qualità e di richiedere comunque un'autorizzazione per ogni tipo di scarico.

1.1.2 Acque di piattaforma: caratterizzazione

La qualità delle acque di piattaforma è estremamente variabile in funzione delle condizioni locali di emissione; si possono pertanto individuare i principali contributi all'origine della presenza di agenti inquinanti. I dati di letteratura provenienti da indagini effettuate in diversi siti europei e nordamericani delineano un quadro delle sorgenti, riportate nella seguente tabella.

Agenti inquinanti	Principali fonti di emissione
Elementi particellari	Logorio della pavimentazione Operazioni di manutenzione Atmosfera
Nitrati e fosfati	Fertilizzanti provenienti dalle fasce di pertinenza Atmosfera
Piombo	Gas di scarico Consumo pneumatici (additivi minerali) Oli lubrificanti, grassi Consumo cuscinetti
Zinco	Consumo pneumatici (additivi minerali) Olio motore (additivi stabilizzanti) Elementi complementari della strada (barriere, segnali stradali, ecc.)
Ferro	Ruggine carrozzeria Elementi complementari della strada (barriere, segnali stradali, ecc.) Parti mobili del motore Oli lubrificanti
Rame	Rivestimenti metallici Consumo cuscinetti, boccole e ferodi Parti mobili del motore Fungicidi e pesticidi usati nelle operazioni di manutenzione
Cadmio	Consumo pneumatici (additivi minerali) Applicazione di insetticidi
Cromo	Rivestimenti metallici Parti mobili del motore Consumo dei ferodi
Cobalto	Oli lubrificanti
Nickel	Gas di scarico dei motori Oli lubrificanti Rivestimenti metallici Consumo delle boccole e dei ferodi
Manganese	Parti mobili del motore
Bromo	Gas di scarico dei motori
Cianuro	Sostanze agglutinanti usate nei sali disgelanti
Sodio, Calcio	Sali disgelanti Grassi
Cloro	Sali disgelanti
Solfati	Spillamento e perdite di lubrificanti Antigelo, Fluidi idraulici Bitumi flussati
PCB	Insetticidi a base di PCB
Batteri patogeni	Rifiuti vari, sostanze organiche putrescibili
Gomma	Consumo dei pneumatici
Amianto	Consumo frizione e freni
Grassi, Idrocarburi	Oli lubrificanti a base di n-paraffine Antigelo, Fluidi per comandi idraulici
IPA	Gas di scarico

Tabella 1 - Sorgenti dei principali agenti inquinanti

Gli agenti inquinanti presenti nelle acque di piattaforma si possono suddividere nelle seguenti classi di parametri:

- metalli pesanti, associati al traffico e prodotti dal consumo di parti dei veicoli;
- nutrienti; per lo più di origine atmosferica;

- sali, soprattutto cloruri; provenienti dalle operazioni di spargimento di sali disgelanti, effettuate durante i mesi invernali;
- idrocarburi; derivanti dalla cessione di fluidi da parte dei veicoli e da prodotti di combustione.

La documentazione reperibile in letteratura consente di individuare i livelli medi di concentrazione dei parametri inquinanti più frequenti al fine di inquadrare l'ordine di grandezza del problema.

I valori riportati nella Tabella 2 sono frutto di campagne di monitoraggio effettuate negli ultimi vent'anni lungo tracciati autostradali europei e statunitensi e rappresentano una banca dati aggiornata su i livelli di concentrazione attesi nelle acque di piattaforma. Tali livelli di concentrazione sono posti in relazione ai limiti di scarico nei suoli in conformità con le soglie previste dalla Tabella 4 Allegato 5 del D.Lgs.152/99.

	pH	SST	COD	N tot	N am	P tot	Fe	Mn	Ni	Pb	Cu	Zn	As	Cd	
	[/]	[mg/l]	[mgO ₂ /l]	[mgN/l]	[mgNH ₄ /l]	[mgP/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mgH ₂ S/l]	[mg/l]	[mg/l]	
<i>Tab 4 All.5 D.Lgs.152</i>	6-8	25	100	15	5	2	2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,5	0,05	0,02	
Tolosa (1998) [1]	high way	6,9	/	90	5	1,3	0,7	0,38	0,19	0,05	0,04	0,09	0,73	/	0,03
Nantes (1999) Avg. 125 events [2]	rural ADT 12.000	7,3	71	103	2,3	/	/	/	/	/	0,058	0,045	0,356	/	0,001
Comparison highway versus urban runoff (FHWA '90) [3]	Urban (ADT > 30.000)	/	/	114	1,83	/	0,40	/	/	/	0,4	0,54	0,329	/	/
	rural (ADT < 30.000)	/	/	49	0,87	/	0,16	/	/	/	0,08	0,22	0,08	/	/
N-E Portugal (1999) Avg. 50 events [4]	mountain road ADT =6.000	6,4	19,3	/	/	/	/	/	/	0,0108	0,0107	0,172	/	/	
Caltrans [5]	1999 2000	/	76	100	1,8	1,1	0,18	2,31	/	0,008	0,031	0,029	0,147	0,0014	0,0003
WSDOT 2000 [6]	ADT 18000	/	53,6	26,2	/	/	0,05	/	/	/	0,0056	0,021	/	/	0,0003
	ADT 101000	/	208,6	19,7	/	/	0,31	/	/	/	0,0497	0,041	0,278	/	0,0011
Minnesota 1976 – 1983 [7]	ADT 42000	7,6	12	69	2,8	/	0,5	0,381	/	0,007	0,0437	0,013	0,031	0,0039	0,00435
	ADT 65000	7,3	151,8	123,9	2,95	/	0,74	8,725	/	0,015	0,8592	0,059	0,293	0,0034	0,00384
	ADT 82000	7,7	139,4	92,5	3,3	/	0,51	4,937	/	0,007	0,5115	0,027	0,220	0,003	0,0025
	ADT 114000	7,8	118,3	207,0	2,39	/	0,562	4,162	/	0,010	0,2073	0,047	0,174	0,019	0,0017

Tabella 2 - Caratterizzazione qualitativa delle acque di piattaforme autostradali

Dal confronto con i limiti previsti dal Decreto si può osservare quanto segue:

- superamento frequente della soglia di accettabilità per i solidi sospesi e talvolta per il valore di COD;
- i parametri di inquinamento associati ai nutrienti non superano in nessun caso i limiti di legge, i valori di concentrazione si assestano tra il 20 e il 50 % della soglia di accettabilità;
- situazione talora critica per i valori di concentrazione di ferro, piombo e rame;
- episodico superamento delle soglie per lo zinco ed il cadmio.

I principali fenomeni all'origine di tali livelli di inquinamento sono:

- la deposizione degli inquinanti;
- il lavaggio della pavimentazione stradale ad opera delle acque meteoriche.

L'ampiezza dei range di concentrazione dei parametri monitorati è funzione dei numerosi fattori che dominano i processi di deposizione e trasporto.

L'approccio modellistico che mira ad interpretare i dati di qualità e a simulare i fenomeni reali ha individuato i seguenti fattori di influenza:

legati al traffico:

- intensità di traffico media sul tracciato, espressa in termini di numero medio di veicoli in transito lungo il tracciato (ADT, average daily traffic), o come numero di veicoli presenti durante l'evento piovoso (VDS, vehicles during storm). Il traffico è sicuramente un fattore determinante in quanto è all'origine di molti inquinanti presenti sulla superficie stradale;
- distribuzione del parco autoveicoli, in particolare il rapporto tra veicoli leggeri e pesanti (questi ultimi responsabili di un più elevato livello di emissioni) e la distribuzione dei carburanti impiegati (ai veicoli alimentati a motore Diesel compete un carico inquinante superiore);
- livello del servizio (numero e ampiezza corsie);
- fattori di rallentamento (presenza di caselli, aree di servizio; elementi di morfologia stradale quali curve, ecc.);
- velocità media dei veicoli, fattore che condiziona il livello di emissioni;

legati alle caratteristiche pluviometriche:

- durata del tempo secco antecedente l'evento di pioggia (o ADP, antecedent dry period), che definisce la disponibilità di sostanze presenti sulla piattaforma stradale;
- durata dell'evento di pioggia, che regola la diluizione del carico inquinante;
- volume ed intensità di pioggia, che rendono possibile l'asportazione del materiale depositato.

La correlazione dei fattori indicati con i livelli di concentrazione è in genere non lineare, dal momento che esiste un'evidente dipendenza tra alcuni fattori, ed è difficile esplicitare relazioni funzionali in grado di prevedere le concentrazioni dei parametri inquinanti.

Numerosi studi hanno riscontrato una correlazione fra i Solidi Sospesi Totali e le concentrazioni di COD, metalli pesanti e nutrienti [13][14]. I metalli pesanti sono presenti sia nella fase liquida sia in quella sospesa anche se, in generale, oltre il 90% in massa è riscontrabile nella frazione solida [13][14]. La distribuzione dei metalli nelle differenti fasi dipende comunque dal Ph, dalla composizione della frazione solida e dal tempo di residenza ed in generale è funzione di numerosi fattori. In particolare è stato riscontrato che la maggiore percentuale in massa di Piombo, Zinco, Rame e Cadmio è associato alla frazione con diametro maggiore di 0,2 mm [13][14][15].

1.1.3 Criteri generali per lo smaltimento delle acque di piattaforma

L'area di progetto è caratterizzata, nella parte di fondovalle, da affioramenti di formazioni recenti (*alluvioni non terrazzate, fluviale recente e medio*) che formano essenzialmente delle alternanze di sabbie-limose, limi-sabbiosi ed argille-limose in livelli plurimetrici lentiformi, superficialmente ricoperti da un livello materiale più permeabile ghiaioso – sabbioso.

All'interno delle ghiaie delle alluvioni recenti ed attuali, aventi spessore dal p.c. compreso tra 5÷10 m (complesso idrogeologico superficiale), è presente un tipico acquifero di subalveo la cui alimentazione è garantita principalmente dalle acque apportate dal Torrente Varatella e dal Rio Marmoraira mentre risultano secondari gli apporti dai versanti; l'acquifero in questo spessore superficiale ha le caratteristiche di una falda freatica.

Oltre i 10 m di profondità è ipotizzabile la presenza di un acquifero multistrato in cui il deflusso avviene all'interno dei livelli sabbioso-limosi più permeabili, confinati dai livelli limosi e argillosi poco o nulla permeabili, senza escludere la possibilità di locali falde in pressione.

Nell'area del progetto la falda è mediamente presente alla quota dell'alveo del fiume (circa quota 14,00 m. s.l.m.) ed è soggetta alle escursioni stagionali in rapporto diretto con le precipitazioni atmosferiche nel bacino a monte e quindi con gli apporti del fiume; le misure effettuate nei piezometri posti in opera hanno fatto registrare un range di variazione della soggiacenza da -2,4 a -8 m. E' possibile ipotizzare che la piezometria naturale, attualmente alterata dalle numerose captazioni presenti nella zona, abbia un andamento generale verso il fondovalle, divergente rispetto all'asse costituito dal Torrente Varatella.

I due complessi acquiferi sono direttamente connessi e presentano una vulnerabilità, valutata con il metodo DRASTIC, da *molto alta ad alta*.

Il fondovalle del torrente Varatella è intensamente sfruttato dalle società acquedottistiche dei comuni di Borghetto S. Spirito, Boissano e Loano ed il tracciato in progetto attraversa le fasce di rispetto di alcuni pozzi.

La complessità della tematica impone, pertanto, di applicare linee di intervento specifiche in relazione a:

- presenza di vincoli normativi specifici;
- vulnerabilità e sensibilità delle componenti ambientali;
- tipologia di infrastruttura;
- livelli di emissione previsti.

Nel caso in esame l'area di progetto ricade per gran parte all'interno delle fasce di rispetto di pozzi idropotabili in un contesto idrogeologico vulnerabile.

In relazione ai vincoli presenti sul territorio ed alle vulnerabilità e sensibilità delle componenti ambientali coinvolte, le scelte progettuali sono state orientate verso le seguenti tipologie:

- Rete di raccolta impermeabile delle acque di piattaforma degli assi 1, 4 e 5, nei tratti ricadenti all'interno delle fasce di rispetto;
- Sistema di trattamento delle acque di piattaforma raccolte dalla rete impermeabile composto dai seguenti componenti:
 - a) Sedimentatore - disoleatore;
 - b) Filtro a sabbia;

c) Fossi a letto filtrante (biofiltri) nei tratti esterni alle fasce di rispetto o ricadenti in aree che idrogeologicamente non interferiscono con le opere di captazione.

1.1.4 Descrizione delle componenti del sistema di trattamento

Sedimentatore – disoleatore

La portata di dimensionamento è stata scelta sulla base dei seguenti criteri:

- assicurare il trattamento del primo flusso, intendendo con “primo flusso” la porzione di volume di pioggia contenente la maggior parte del carico inquinante,
- assicurare lo smaltimento delle acque di piattaforma in condizione di precipitazione intensa.

Il dimensionamento delle opere idrauliche minori è stato effettuato prendendo in considerazione la serie storica delle precipitazioni di durata di 10' e, in particolare, la precipitazione più gravosa.

Il sedimentatore è stato dimensionato facendo riferimento alla precipitazione media; le portate in ingresso al sedimentatore – disoleatore sono state determinate applicato il metodo razionale:

$$Q_{\max} = f \cdot S \cdot \frac{h}{t}$$

dove :

f: coefficiente di afflusso – deflusso

S: superficie scolante

h: altezza critica di pioggia

t: tempo di corrivazione

Le superfici scolanti sono state calcolate considerando unicamente le aree pavimentate.

Gli ingressi del sedimentatore-disoleatore, rispettivamente ingresso Nord e Sud, raccolgono le acque dalle seguenti superfici scolati:

- Superficie Nord (assi 1, 4, 5, lato autostrada) $\cong 17000 \text{ m}^2$
- Superficie Sud (asse 1, lato Varatella) $\cong 5800 \text{ m}^2$

Il coefficiente di afflusso-deflusso adottato è pari a 0,9.

L'altezza di pioggia media è pari a 12,4 mm.

Il tempo di corrivazione è stato stimato come il rapporto fra la lunghezza dell'asta *L* e la velocità di riferimento $v \cong 1 \text{ m/s}$; le due aste di riferimento sono state assunte con lunghezza $L=500 \text{ m}$.

Si sono quindi ricavate le seguenti portate:

- $Q_{\text{Nord}} \cong 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{Sud}} \cong 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Il dimensionamento del sedimentatore è stato effettuato applicando la nota legge di Stokes, che permette di calcolare la velocità di sedimentazione:

$$v_s = \frac{(r_s - r_l) \cdot g \cdot D^2}{18 \cdot \mu}$$

dove :

r_s : densità della particella

r_l : densità dell' acqua

D : diametro della particella

μ : viscosità cinematica dell' acqua

Ponendo come obiettivo la separazione delle particelle con diametro $d \geq 0,2$ mm, si è calcolata la velocità di sedimentazione, $v_s = 0,011$ m/s; considerando il caso più gravoso in cui la particella è posta sul pelo libero in corrispondenza dell'altezza massima (1 m), il tempo di sedimentazione (*tempo di caduta verticale*) risulta pari a: $t_s = h/v_s = 91$ s.

Si è quindi scelta una superficie del sedimentatore tale da assicurare un carico idraulico superficiale $C_{is} = Q_{in}/S$ minore o uguale alla velocità di sedimentazione. Le particelle con velocità di sedimentazione inferiore sono trattenute solo in parte, in dipendenza dell'altezza di introduzione nella zona di ingresso.

Il sedimentatore, con forma ad arco tale da ridurre l'occupazione di suolo e favorire l'inserimento dell'opera, risulta lungo 30 m con lunghezza utile, per ingresso, rispettivamente di 10 m per quello Sud, 20 m per quello Nord, ed una sezione rettangolare 2,00 X 1,00 m.

In corrispondenza dei due ingressi è stata posta una griglia per il trattenimento delle frazioni più grossolane (griglie in acciaio in 4 elementi 1,00 X 0,70, interasse 2 cm) ed un canale di by-pass.

La disoleazione è assicurata dai setti posti nella vasca ubicata a valle del sedimentatore ed a monte del filtro che garantiscono l'accumulo della frazione oleosa risalita in superficie.

Filtro a sabbia

Il filtro a sabbia, essenzialmente un filtro rapido, è dimensionato in funzione del volume di prima pioggia.

L'acqua di piattaforma, dopo aver transitato nel sedimentatore-disoleatore, viene distribuita sul filtro a sabbia attraverso il gabbione che consente di prevenire fenomeni erosivi del fondo.

Il letto filtrante è costituito da uno strato di 0,5 m di sabbia silicea lavata con diametro efficace $d_{10} = 0,5 - 1$ mm e da un sottostante strato di ghiaia, separato da un tessuto non tessuto (400 g/m^2), all'interno del quale sono posti i tubi di raccolta (tubi fessurati in PVC, sezione a tunnel, $d = 100 - 200$ mm) che colleghino le acque trattate allo scarico.

L'impermeabilizzazione del fondo è assicurata da una geomembrana impermeabile in polietilene rinforzato.

La capacità di invaso del filtro è stata definita in base al volume di prima pioggia, stimato considerando i primi 5 mm di precipitazione.

La capacità filtrante, variabile nel tempo, è stata stimata mediante la seguente [15]:

$$Q_i = K \cdot A \cdot i$$

dove :

Q_i = portata inf filtrata

K = conducibilità idraulica = $1 \cdot 10^{-3}$ m/ s

$$i = \frac{h_{\max}}{2 \cdot \text{spessore filtro}} = 1$$

A = area = 140 m^2

da cui scaturisce $Q_i = 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le portate di ingresso superiori alla capacità filtrante verranno scolmate nel canale di troppo pieno.

Allo scopo di favorire l'inserimento paesaggistico dell'opera, è stata prevista una copertura delle sponde con una struttura cellulare plastica con riempimento in pietrisco.

Le opere descritte sono state inserite in un'area a ridosso del corpo autostradale, all'interno di un tratto in curva; data la scarsa disponibilità di superficie è stata studiata una struttura planimetrica che permettesse di ridurre l'occupazione di suolo (Fig. 1).

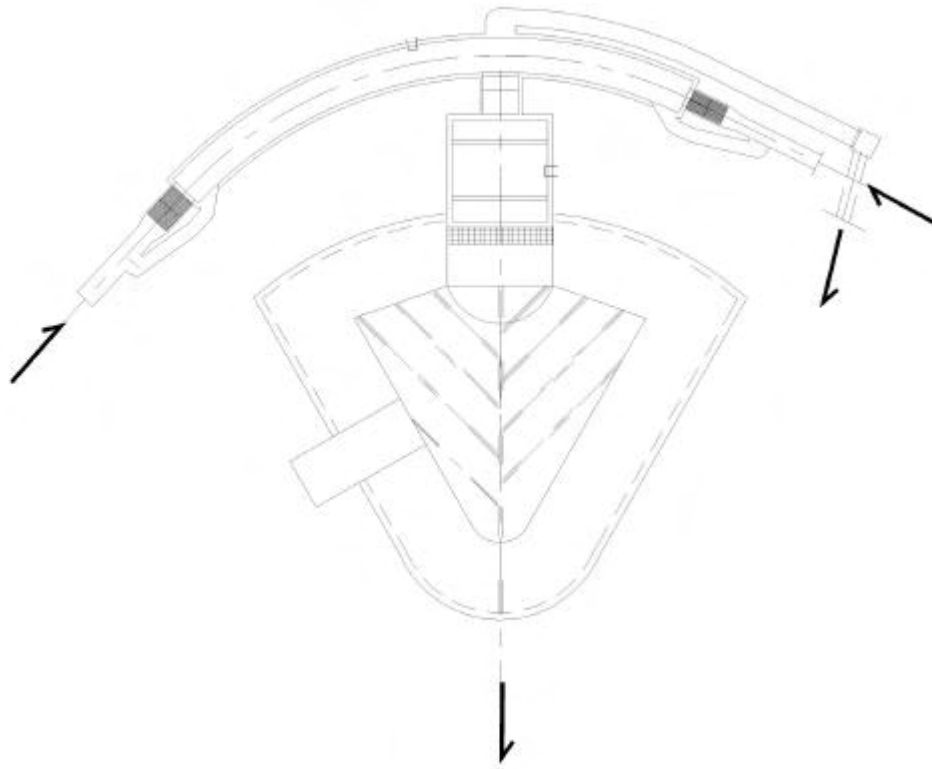


Figura 1 - Schema di funzionamento del sistema sedimentatore – disoleatore – filtro a sabbia

Biofiltri

Con biofiltro si intende un canale o una trincea inerbita che realizza sia la raccolta sia il trattamento delle acque di ruscellamento stradale.

La copertura inerbita in un biofiltro ha lo scopo di rallentare il flusso ed intrappolare gli inquinanti, richiede scarsa manutenzione e rappresenta sicuramente, tra le soluzioni al problema delle acque di piattaforma, quella esteticamente meno impattante.

Il sistema di trattamento consente una buona rimozione dei solidi sospesi, 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;
- ✓ bioassorbimento.

Nel caso in esame sono state previste opere in terra a sezione trapezia (Fig. 2) il cui fondo è costituito da un primo strato di terreno vegetale franco sabbioso ed un secondo strato di sabbia ($d_{10}=0.5-1$ mm), separato da un geotessile non tessuto (200g/m^2). Il fondo e le sponde sono inerbiti con specie in grado di assicurare un tappeto continuo anche in condizioni di alternanza di periodi di sommersione e periodi di secca.

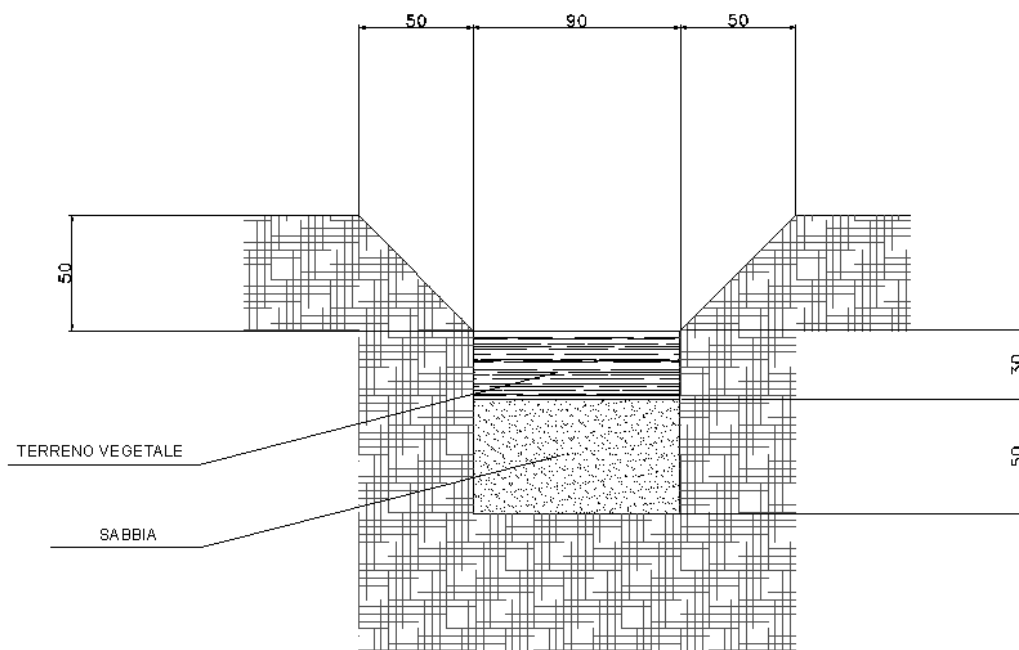


Figura 2 - Sezione biofiltro

Inerbimento e piantumazione

I criteri per la scelta delle specie erbacee per l'inerbimento dei biofiltri sono i seguenti:

- *in grado di adattarsi ad una alternanza di condizioni di sommersione (con conseguente scarsa disponibilità di ossigeno nella zona radicale) e di aridità;*
- *in grado di ridurre sensibilmente il volume di acqua infiltrata attraverso l'assorbimento radicale e la traspirazione fogliare;*
- *resistenti all'inquinamento;*
- *capaci di favorire l'abbattimento di elementi tossici, quali i metalli pesanti, attraverso processi di assorbimento;*
- *stabilizzatrici del substrato: in grado cioè di imbrigliare il substrato, prevenendone l'intasamento, attraverso lo sviluppo delle radici negli spazi vuoti;*
- *con buona facilità di attecchimento;*
- *con ridotta necessità di manutenzione;*

Efficienza del sistema

Il sistema previsto per il trattamento delle acque di piattaforma trova, anche se con soluzioni realizzative differenti, ampio riscontro in letteratura.[8][9][10][11].

La rimozione dei solidi sospesi e dei contaminanti ad essi associati avviene attraverso una prima sedimentazione all'interno del sedimentatore e, successivamente, sulla superficie del filtro a sabbia; il particolato più fine viene rimosso all'interno del letto filtrante.

Le frazioni oleose, o comunque con peso specifico inferiore all'acqua, vengono trattenute nel disoleatore.

Il livello di efficienza del sistema è variabile in funzione della pluviometria locale e della composizione stessa delle acque di piattaforma. Un ordine di grandezza del livello di efficienza di abbattimento previsto è riportato nella tabella di seguito:

Inquinanti	Efficienza (%)
TSS	60-90
TN	20-40
TP	0-80
COD	40-70
Pb	40-80
Zn	40-80

**Tabella 3 - Range di abbattimento atteso per il sistema di sedimentazione e filtrazione-
Urban best management practices for nonpoint source pollution, 1999.**

Il sistema di trattamento previsto ha altresì la funzione di contenimento degli sversamenti accidentali; eventuali liquidi inquinanti possono infatti essere trattenuti all'interno del disoleatore e delle porosità del filtro a sabbia.

Il livello di abbattimento del biofiltro è strettamente legato alle condizioni climatiche locali che intervengono sulla capacità depurativa della frazione vegetale. I sistemi monitorati hanno comunque fatto registrare range di abbattimento significativi [14].

1.1.5 Attività di manutenzione

Sedimentatore – disoleatore

- Ispezioni periodiche, almeno mensili nella fase iniziale di vita dell'opera, eventuale manutenzione specialmente dopo lunghe o intense precipitazioni o attività di manutenzione sulla carreggiata:
- pulizia delle griglie;
- rimozione del sedimento dal sedimentatore;
- rimozione del sedimento e della frazione oleosa dal disoleatore.

Filtro a sabbia [9] [10]

- Ispezioni periodiche, almeno mensili nella fase iniziale di vita dell'opera, eventuale manutenzione specialmente dopo lunghe o intense precipitazioni o attività di manutenzione sulla carreggiata:
- rimozione dei sedimenti dalla superficie del filtro;
- rimozione di eventuale vegetazione spontanea;
- verifica del tempo di svuotamento del filtro a sabbia con cadenza almeno semestrale e dopo eventi piovosi particolarmente lunghi o intensi; in caso di tempi superiori alle 72 h, rimozione del sedimento superficiale, rimescolamento del letto filtrante ed eventuale riporto di sabbia;
- sostituzione dello strato di sabbia a seguito di intasamenti ripetuti del filtro, e comunque dopo 2-5 anni, a seconda delle osservazioni scaturite dalle operazioni di manutenzione.

Biofiltri [13] [14]

- Rimozione dei sedimenti durante i mesi estivi, localmente dove coprono l'inerbimento ed in genere se raggiungono uno spessore maggiore di 10 cm;
- Durante i mesi estivi manutenzione e sfalcio del tappeto erboso, rimozione delle specie spontanee che possono costituire interferenza al deflusso o all'infiltrazione;
- Ispezioni periodiche, specialmente dopo lunghe o intense precipitazioni o attività di manutenzione sulla carreggiata:
- rimozione sedimenti e immondizia;
- in caso di fenomeni di erosione inerbimento o consolidamento temporaneo del fondo.

2 DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE A VERDE

Gli interventi previsti sono indirizzati alla salvaguardia e al recupero degli habitat attraverso misure di prevenzione, di mitigazione, di compensazione, di miglioramento e di ripristino. E' prevista la costituzione di aree verdi filtro connesse al paesaggio, al fine di mitigare gli impatti sul paesaggio.

Sono stati ipotizzati tre categorie di interventi:

- interventi applicati all'intera infrastruttura, rientranti nelle opere di ripristino e riconducibili a degli interventi tipo;
- interventi organizzati per aree complesse, individuate o perché in prossimità di ricettori sensibili o perché l'articolazione stessa delle aree (generalmente le aree intercluse fra le infrastrutture) richiedeva un approccio non standardizzato;
- interventi di ingegneria naturalistica che prevedono l'impiego di materassi Reno e di scogliere per il recupero delle sponde dei rii.

Con gli interventi di ripristino, il progetto di sistemazione a verde prevede il recupero dei tratti in rilevato ed in trincea mediante idrosemina da eseguirsi nella stagione più propizia con una miscela composta da acqua, supporto organico, concime, semi, collante biodegradabile. In tale modo è possibile la costituzione della copertura vegetale senza dover effettuare il riporto di dello strato superficiale di coltura. Con un'unica operazione infatti viene sparso il materiale di propagazione e il substrato necessario all'attecchimento. Per le scarpate particolarmente estese è previsto il consolidamento, oltre che con idrosemina, anche con appropriate specie arbustive e tappezzanti.

Gli interventi per le aree complesse si connotano più come proposte di ricucitura delle aree di pertinenza dell'autostrada con il paesaggio e riguardano:

- Area casello: interventi di mascheramento e di stabilizzazione dello strato superficiale del pendio;
- Area dello svincolo e dell'attraversamento del Marmoraira: ricucitura col paesaggio agrario ed interventi di permeabilità territoriale;
- Area del sistema di trattamento delle acque di piattaforma: interventi di riqualificazione e inserimento paesaggistico degli impianti tecnologici;
- Rotonda di raccordo con la S.P.1.: intervento estetico di verde ornamentale.

2.1 Criteri generali di progettazione

Per la progettazione delle opere a verde sono stati adottati i seguenti criteri:

- scelta delle specie in sintonia con i caratteri ecologici della stazione;
- scelta delle specie predisposte alla funzione richiesta;
- scelta delle specie con valenza anche estetica;
- stratificazione verticale;
- diversità floristica;
- diversità di forme ecologiche;
- diversità di fenologia;
- complessità strutturale orizzontale;
- bassa manutenzione.

La stratificazione verticale prevede la presenza di specie erbacee, specie arbustiva ed arboree di diversa altezza.

La diversità di forme ecologiche prevede la presenza di specie con diverso habitus e disposte in modo tale da dare origine a strutture complesse.

La scelta di specie a fenologia diversa garantisce tempi e ritmi di fioritura scalari nel tempo.

La complessità orizzontale è intesa per le fitocenosi nel loro insieme e prevede l'alternanza spaziale di aree a prato con macchie di arbusti.

La progettazione della sistemazione a verde rispetta i vincoli imposti dagli standard di sicurezza per l'incolumità del traffico. Per questo motivo, data l'esiguità degli spazi idonei all'inverdimento, sono state escluse le specie arboree che potrebbero invadere la carreggiata in seguito a schianti o all'eccessivo sviluppo della massa vegetale.

In ogni caso, è prevista una fascia di rispetto di 2 metri dal ciglio strada, nella quale non è prevista la messa a dimora di specie arbustive.

2.2 Interventi tipo

Gli interventi adottati per i ripristini sono i seguenti.

Tipologia infrastruttura	Tipologia intervento	Codice
Rilevato di altezza < 6 m	Inerbimento tecnico	A
Rilevato di altezza > 6 m	Macchie arbustive	B
Trincea poco profonda	Inerbimento tecnico	A
Trincea con profondità > 6 m	Macchie arbustive	B
Fasce di pertinenza dei corsi d'acqua	Macchia boscata naturaliforme	C

2.2.1 Intervento Tipo A

Descrizione

INTERVENTO TIPO A: INERBIMENTO TECNICO Tipologia infrastrutturale: rilevato di altezza < 6 m - trincea bassa Descrizione intervento: Rimodellamento scarpate Idrosemina Superficie totale dell'intervento tipo A: 13314 m ² Per l'idrosemina sono contemplati i prodotti: acqua, miscuglio sementi, collante, concime, mulch.			
Prodotto	Descrizione	Composizione	Dosaggio
MISCUGLIO	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra commutata</i> <i>Festuca rubra Novorubra</i> <i>Festuca pratensis</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Agrostis tenuis</i> <i>Trifolium hybridum</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Vicia sativa</i> <i>Achillea millefolium</i>	8% 10% 25% 15% 10% 5% 4% 6% 5% 1% 2% 2% 4% 2% 1%	30gr/m ²
COLLANTE SINTETICO	Stabilizzatore tridimensionale ecologico del suolo, biodegradabile e anallergico che elimina l'erosione idrica ed eolica, riduce del 40% la diminuzione di germinabilità.	a base di polibutadiene	10gr/m ²
CONCIME	Organico minerale	7/5/6	150gr/m ²
MULCH	Stabilizzatore che forma sul terreno uno strato fibroso, favorisce la distribuzione omogenea delle sementi e genera condizioni favorevoli alla germinazione	Fibra naturale di cellulosa	100gr/m ²

2.2.2 Intervento Tipo B

Descrizione

INTERVENTO TIPO B: MACCHIE ARBUSTIVE

Le aree cespugliate rivestono un'importanza fondamentale nel contesto in esame, pertanto si qualificano sia come interventi di mitigazione visiva che di riqualificazione del paesaggio.

Tipologia infrastrutturale: rilevato di altezza > 6 m - trincea profonda

Descrizione intervento:

- Riprofilatura delle scarpate;
- Fase 1: idrosemina tecnica su tutta la superficie (secondo le modalità descritte nella categoria degli interventi A);
- Fase 2: messa a dimora di specie arbustive consolidanti come da tipologia d'impianto.

La messa a dimora delle specie arbustive avverrà per gruppi sul 40% della superficie interessata, con **sesto d'impianto 0.8m*0.8m** con le modalità rappresentate nella planimetria dello schema d'impianto (**densità d'impianto piante/ha: 15.626**)

Superficie totale intervento tipo B : 7666 m²

Superficie totale intervento tipo B (fase 1-idrosemina): **7666 m²**

Superficie totale intervento tipo B (fase 2- impianto arbusti): **3066 m²**

Arbusti intervento tipo B: **4791 n° piante**

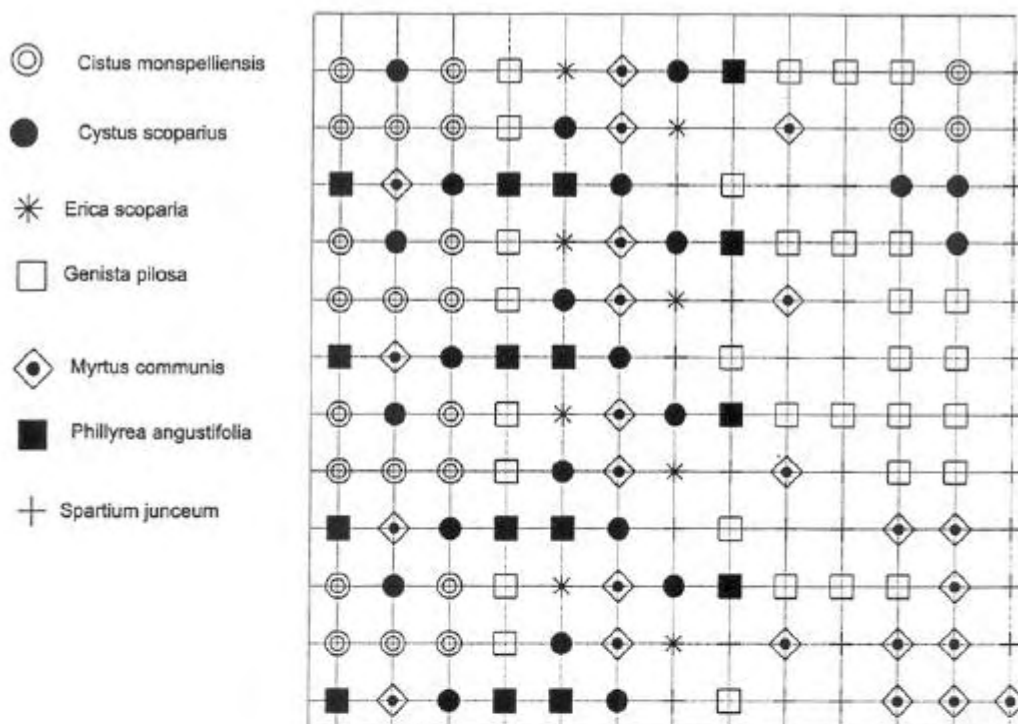
Specie arbustive da mettere a dimora per il consolidamento delle scarpate sono:

Codice	Specie:	Altezza (cm)
Cm	<i>Cistus monspelliensis</i>	30-50
Cs	<i>Cytisus scoparius</i>	30-50
Es	<i>Erica scoparia</i> ,	30-50
Gp	<i>Genista pilosa</i>	30-50
Lv	<i>Ligustrum vulgare</i>	30-50
Mc	<i>Myrtus communis</i>	30-50
Pa	<i>Phillyrea angustifolia</i>	30-50
Sj	<i>Spartium junceum</i>	30-50

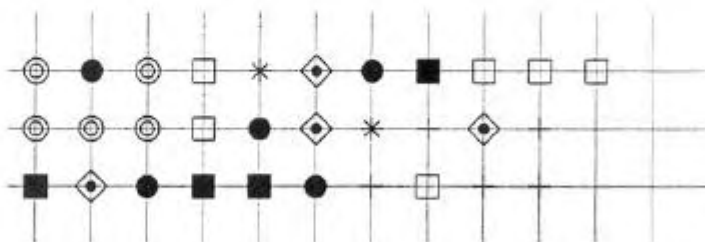
Quadro riassuntivo delle quantità

Scheda tipo: impianto intervento B (100 m ²)			
Specie	Composizione	Sesto d'impianto	Q.tà
<i>Cistus monspelliensis</i>	15%	0.80*0.80	23
<i>Cytisus scoparius</i>	15%	0.80*0.80	23
<i>Erica scoparia</i>	5%	0.80*0.80	8
<i>Genista pilosa</i>	20%	0.80*0.80	31
<i>Myrtus communis</i>	15%	0.80*0.80	24
<i>Phillyrea angustifolia</i>	10%	0.80*0.80	16
<i>Spartium junceum</i>	20%	0.80*0.80	31
Totale	100%		156

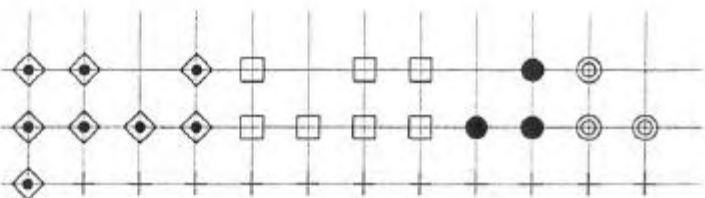
Figura 4 - Macchie cespugliate – Tipologico B



Modulo 1



Modulo 2



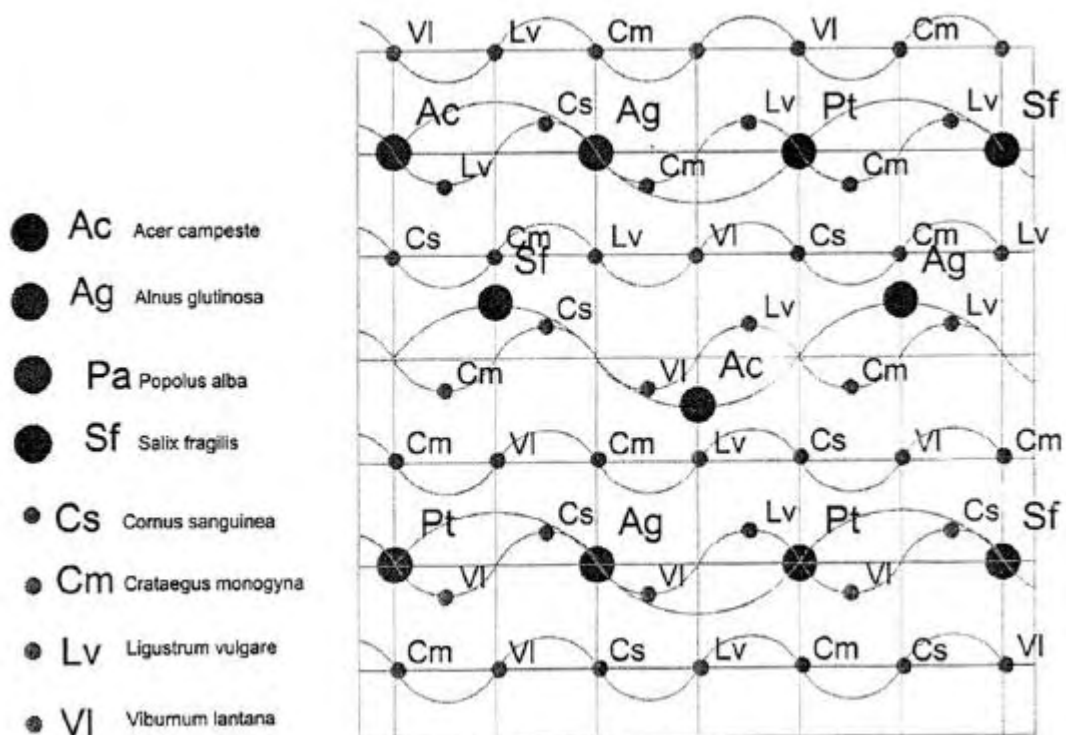
2.2.3 Fasce in prossimità dei corsi d'acqua

INTERVENTO TIPO C: MACCHIA BOSCATATA NATURALIFORME		
Descrizione intervento:		
realizzazione di una fasciaboscata con specie igrofile. Tali aree rivestono un'importanza fondamentale sia dal punto della mitigazione visiva sia della riqualificazione ecologica. Sono impianti da realizzare con le tecniche della forestazione naturalistica. Per tale motivo è stato scelto un sesto d'impianto 3.00m*3.00m a file alterne per le specie arboree, e 1.50m*1.50m per le specie arbustive , su tutta la superficie, con le modalità rappresentate nella planimetria dello schema d'impianto.		
<ul style="list-style-type: none"> • Fase 1: idrosemina tecnica su tutta la superficie (secondo le modalità descritte nella categoria degli interventi A); • Fase 2: messa a dimora di specie arboree (sul 30% delle superficie) ed arbustive (sul 70% della superficie) idonee per interventi di recupero ambientale in ambito fluviale. <p>Le specie vegetali da mettere a dimora saranno o in fitocelle o in pani di terra; per alcune specie è compatibile l'uso della talea (<i>Salix fragilis</i>, <i>Ligustrum vulgare</i>).</p>		
Superficie totale intervento tipo C: 3050 m ²		
Densità di impianto specie arboree n° piante/ha: 1111		
Densità di impianto specie arbustive n° piante/ha: 4.444		
Superficie intervento tipo C (fase 1): 3050 m²		
Superficie intervento tipo C (fase2) specie arboree: 915 m ²		
Superficie intervento tipo C (fase2) specie arbustive: 2135 m ²		
Numero piante specie arboree intervento tipo C: n°102		
Numero piante specie arbustive intervento tipo C: n° 949		
Codice	Specie arboree:	Altezza (cm)
Ac	<i>Acer campestre</i>	125-150
Ag	<i>Alnus glutinosa</i>	250-300
Pa	<i>Populus alba</i>	300-350
Sf	<i>Salix fragilis</i>	125-150
	Specie arbustive:	Altezza (cm)
Cs	<i>Cornus mas</i>	80-100
Cm	<i>Crataegus monogyna</i>	80-100
Lv	<i>Ligustrum vulgare</i>	80-100
VI	<i>Viburnum lantana</i>	80-100

Quadro riassuntivo delle quantità

Scheda tipo: impianto intervento C (100 m ²)			
Specie arboree	Composizione	Sesto d'impianto	Q.tà
<i>Acer campestre</i>	25%	3.00*3.00	2
<i>Alnus glutinosa</i>	25%	3.00*3.00	3
<i>Populus alba</i>	25%	3.00*3.00	3
<i>Salix fragilis</i>	25%	3.00*3.00	3
Totale	100%		11
Specie arbustive	Composizione	Sesto d'impianto	Q.tà
<i>Cornus mas</i>	20%	1.50*1.50	9
<i>Crataegus monogyna</i>	30%	1.50*1.50	13
<i>Ligustrum vulgare</i>	25%	1.50*1.50	11
<i>Viburnum lantana</i>	25%	1.50*1.50	11
Totale	100%		44

Figura 5 - Tipologia d'impianto C: Macchia boscata naturaliforme



2.3 Interventi in aree complesse

2.3.1 Area casello

Descrizione intervento:

L'intervento prevede opere di ripristino, di recupero ambientale, di consolidamento e protezione contro l'erosione della scarpata sovrastante il piazzale della barriera di esazione.

Tale intervento riguarderà le superfici rimodellate e quelle in cui la pendenza naturale sia tale da rappresentare un fattore di rischio.

In particolare gli interventi per il recupero consistono in:

- Realizzazione di una fascia naturaliforme con tecniche proprie dell'ingegneria naturalistica. In particolare si rendono necessarie le seguenti attività:
 1. rivestimento della scarpata con pannelli di rete metallica ancorati a mezzo di bulloni di ancoraggio di lunghezza opportuna;
 2. realizzazione di fosso di guardia a monte e canalette tipo embrici per la raccolta delle acque di ruscellamento;
 3. realizzazione di palizzate in legname con talee di *Salix purpurea* e piantine di arbusti per ottenere dei terrazzamenti tali da consentire l'insediamento delle specie arboreo-arbustive. La palizzata sarà realizzata a mezzo di barre metalliche di lunghezza opportuna e sciaveri della lunghezza minima di 2 m. Riempimento della medesima con terreno agrario, stesa di geotessuto e messa a dimora delle specie vegetali;
 4. inerbimento tecnico come previsto nell'intervento tipo A.
- Impianto di siepe arboreo arbustiva a mascheramento dell'area del casello.

Elenco e quantità materiale vegetale (Area casello)				
Intervento	Elenco specie	Sesto d'impianto	m ²	Q.tà
Fascia naturaliforme	<i>Salix purpurea</i>	0.1 m	460	4600
Siepe arboreo-arbustiva	<i>Acacia dealbata</i>	10m	64	31
	<i>Myrtus communis</i>	0.8m*0.8m	250	390
	<i>Rosa canina</i>	0.5m*0.5m	500	2000
	<i>Juniperus sp.</i>	0.8m*0.8m	250	390
	<i>Laurus nobilis</i>	0.8m*0.8m	250	390
	<i>Arbutus unedo</i>	1.50m*1.50m	250	111

2.3.2 Area di svincolo e attraversamento Marmoraire

Descrizione intervento:

L'intervento prevede opere di ripristino e di recupero ambientale in chiave paesaggistica.

Gli interventi per il recupero dell'area prevedono:

- Riprofilatura delle scarpate;
 - Fase 1: inerbimento tecnico su tutta la superficie (secondo le modalità descritte nella categoria dell'intervento A);
 - Fase 2: messa a dimora di specie arboree ed arbustive consolidanti secondo le tipologie d'impianto di seguito descritte
1. **Area arborata:** realizzazione nell'isola interna al cappio di svincolo di un'area arborata a *Olea europea* (sesto d'impianto 10m*10m), e riproposizione dell'olivo nell'isola esterna ma con formazione di un gruppo (sesto d'impianto 8.00m*8.00m).
 2. **Macchie arboreo-arbustive:** realizzazione di masse vegetali mediante la messa dimora di specie arboree di 3° grandezza e specie arbustive medio-grandi con funzione preminentemente paesaggistica, previo inerbimento tecnico.
 3. **Fascia arbustiva:** messa a dimora di specie arbustive e tappezzanti consolidanti e ornamentali, previo inerbimento tecnico.
 4. **Macchia boscata naturaliforme:** intervento tipo C
 5. **Siepe naturaliforme:** realizzazione di un elemento tipico del paesaggio agrario tradizionale costituito da uno strato di arbusti bassi con sesto di impianto molto denso.

Elenco e quantità materiale (Area di svincolo e attraversamento Marmoraire)				
Intervento	Elenco specie	Sesto d'impianto	m ²	Q.tà
Inerbimento tecnico (Intervento tipo A)	Intervento tipo A	30gr/m ²	117.000	117.000 m ²
Area arborata	<i>Olea europea</i>	10m*10m 8m*8m	-	19 3
Macchie arboreo-arbustive	<i>Olea europea</i> <i>Arbutus unedo</i> <i>Viburnum tinus</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Ilex aquifolium</i>	8m*8m 3m*3m 2m*2m 2m*2m 2m*2m	-	9 15 7 7 7
Fascia arbustiva	<i>Cytisus scoparius</i> <i>Genista pilosa</i> <i>Myrtus communis</i> <i>Rosa canina</i> <i>Spartium junceum</i>	0.8m*0.8m 0.8m*0.8m 0.8m*0.8m 0.5m*0.5m 0.8m*0.8m	1.000 1.000 1.000 835 1.000	1563 1563 1563 3.340 1563
Macchia boscata naturaliforme	Intervento tipo C	-	-	-
Siepe naturaliforme	<i>Laurus nobilis</i>	1.00m*1.00m	35	35

2.3.3 Area di pertinenza del sistema di trattamento delle acque di piattaforma

Descrizione intervento:

Gli interventi sono tesi essenzialmente al mascheramento degli impianti tecnologici.

Fase 1: inerbimento tecnico (tipo B) su tutta la superficie, mediante un miscuglio per prati umidi di basse quote. Il preparato per l'idrosemina prevede l'uso dei seguenti prodotti: acqua, miscuglio sementi, collante, concime, mulch.

Fase 2: messa a dimora di specie arbustive di media grandezza con funzione ornamentale

Fase 3: chiusura parziale (90ml) del sistema di trattamento delle acque di piattaforma mediante una recinzione in legname.

Elenco e quantità materiale vegetale (Area di pertinenza del sistema di trattamento delle acque di piattaforma)

Fase1: inerbimento tecnico (tipoB)

Superficie 1495 m²

Prodotto	Descrizione	Composizione	Dosaggio
MISCUGLIO	<i>Festuca rubra</i> <i>Festuca pratensis</i> <i>Agrostis tenuis</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Trisetum flavescens</i> <i>Alopecurus pratensis</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Trifolium hybridum</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Medicago lupulina</i> <i>Carum carvi</i> <i>Sanguisorba minor</i> <i>Onobrychis sativa</i> <i>Lathyrus pratensis</i> <i>Achillea millefolium</i>	14% 24% 2% 3% 10% 5% 12% 2% 1% 3% 0.5% 2% 5% 4% 2% 2% 2% 2% 1% 1% 2.5%	30gr/m ²
COLLANTE SINTETICO	Stabilizzatore tridimensionale ecologico del suolo, biodegradabile e anallergico che elimina l'erosione idrica ed eolica, riduce del 40% la diminuzione di germinabilità.	a base di polibutadiene	10gr/m ²
CONCIME	Organico minerale	7/5/6	150gr/m ²
MULCH	Stabilizzatore che forma sul terreno uno strato fibroso, favorisce la distribuzione omogenea delle sementi e genera condizioni favorevoli alla germinazione	Fibra naturale di cellulosa	100gr/m ²

Fase2: messa a dimora di gruppi di specie arbustive

Categoria specie vegetale	Elenco specie	Sesto d'impianto	m ²	Q.tà
Arbusti grandi	<i>Prunus spinosa</i>	3m*3m	103	10
Arbusti di media dimensione	<i>Pyracantha coccinea</i> <i>Viburnum tinus</i>	2m*2m 2m*2m	52 51	13 13

2.3.4 Rotatoria di raccordo con la S.P.1

Descrizione intervento:

L'intervento prevede opere di ripristino delle scarpate dell'area interclusa tra il tratto di viabilità di raccordo con la S.P.1 e la S.P. stessa, mediante l'intervento tipo B.

Il ripristino prevede l'impiego di specie consolidatrici appartenenti alla macchia mediterranea; per quanto riguarda l'area della rotatoria, data la ridotta estensione della superficie si è optato per e la realizzazione di un'isola verde di arredo arricchita con specie erbacee perenni di tipo tappezzante.

Pertanto gli interventi previsti sono:

INTERVENTO TIPO B: MACCHIE ARBUSTIVE**Descrizione intervento:**

Le aree cespugliate rivestono un'importanza fondamentale negli interventi mitigazione visiva e di riqualificazione del paesaggio.

Le attività necessarie per la realizzazione di trincee e rilevati appartenenti a tale tipologia d'intervento sono:

- Riprofilatura delle scarpate;
- Consolidamento scarpate mediante macchie arbustive (intervento tipo B)
- Messa a dimora nella rotatoria di specie tappezzanti, organizzate per settori, divisi mediante setti i quali, garantendo la separazione degli apparati radicali delle diverse specie, consentono di contenere la competizione intraspecifica.

Elenco e quantità materiale vegetale (rotatoria di raccordo con la S.P.1)

Superficie 78.5 m²

Categoria specie vegetale	Elenco specie	Sesto d'impianto	m ²	Q.tà
Erbacee perenni	<i>Armeria maritima</i>	0.3m*0.3m	13	150
	<i>Convallaria sp</i>	0.3m*0.3m	18	200
	<i>Delphinium sp</i>	0.3m*0.3m	13	150
	<i>Digitalis purpurea</i>	0.3m*0.3m	18	200
	<i>Festuca glauca</i>	0.3m*0.3m	4.5	50
	<i>Geranium</i>	0.3m*0.3m	12	132

2.4 Inserimento delle sistemazioni spondali

Descrizione intervento:

Il progetto prevede per il Rio Marmoraira la sistemazione dell'asta allo scopo di assicurare il rispetto dei franchi minimi, previsti dalla normativa vigente, e la riqualificazione delle attuali sponde mediante l'uso di materassi Reno.

Essi verranno raccordati al piano campagna mediante riporto di terreno vegetale sul quale si procederà all'inerbimento tecnico tipo B.

Per il Torrente Varatella è prevista una sistemazione mediante scogliera con massi naturali di II categoria intasati con cls.. Tale sistemazione idraulica verrà raccordata al piano campagna mediante riporto di terreno vegetale e inerbimento tecnico di tipo B, per una superficie complessiva di circa 6500 m².

4. B sono riportate le sezioni tipo degli interventi.

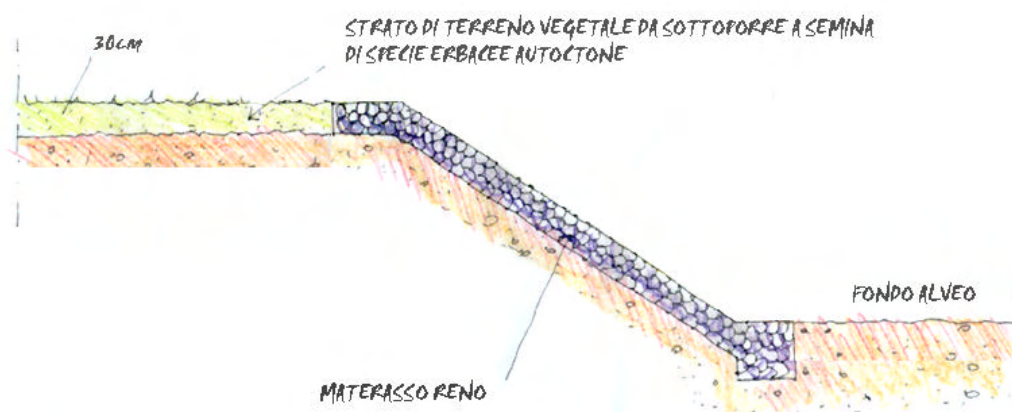


Figura 6 - Sezione tipo Rio Marmoraire

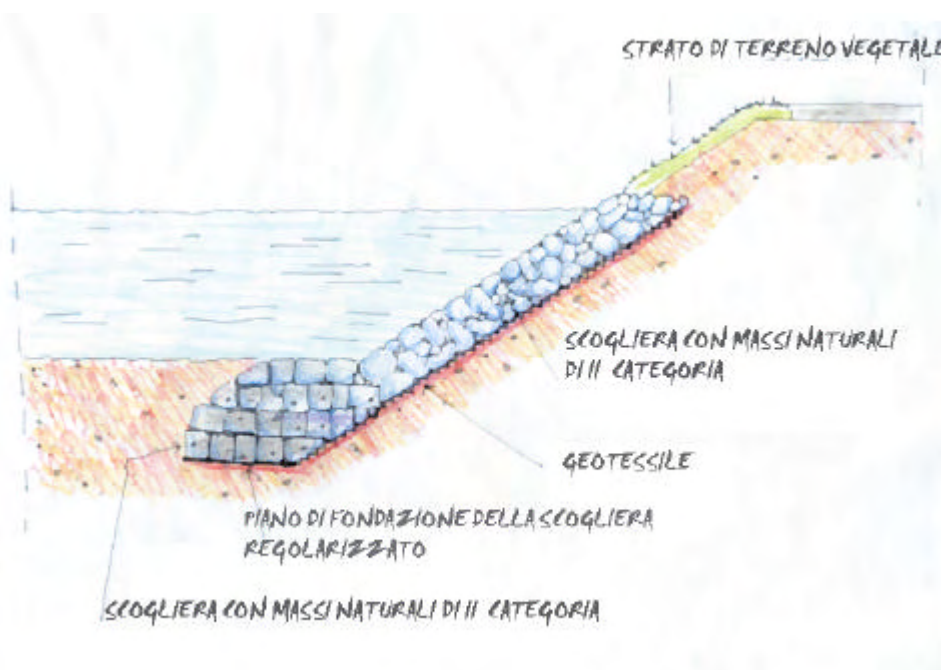


Figura 7 - Sezioni tipo Torrente Varatella

2.5 Indicazioni per la manutenzione delle opere a verde

Per la gestione delle opere a verde si deve prevedere un piano pluriennale di manutenzione che comprende le seguenti operazioni:

irrigazioni;

ripristino conche e rincalzo;

taglio erba;

concimazioni;

potature;

eliminazione e sostituzione delle piante morte;

difesa dalla vegetazione infestante;

*ripristino della verticalità delle piante;
controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere.*

La manutenzione delle opere dovrà avere inizio immediatamente dopo la messa a dimora (o la semina) di ogni singola pianta e di ogni parte di tappeto erboso

Ogni nuova piantagione dovrà essere curata con particolare attenzione fino a quando non sarà evidente che le piante, superato il trauma del trapianto (o il periodo di germinazione per le semine), siano ben attecchite e siano in buone condizioni vegetative.

Riferimenti bibliografici:

[1] Nadia Longhini “Quali sono le caratteristiche delle acque chiare, luride e meteoriche”

Ecole Polytechnique federale de Lausanne, 1998

[2] “Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway”, in The Science of the Total Environment, 1999

[3] Barrett, Malina, “Use of Vegetative Controls for Treatment of Highway Runoff”, CRWR Online Report, Texas, 1997

[4] “Highway runoff and potential for removal of heavy metals in an infiltration pond in Portugal” , in The Science of the Total Environment, 1999

[5] “Caltrans Storm Water Management Program”, in the Journal for Surface Water Quality Professionals, California, 2000

[7] “Prediction and Characterisation of Highway Stormwater Runoff Quality” , The Research & Development Branch, Ministry of Transportation, Ontario

[8] Urban best management practices for nonpoint source pollution –Point and non point source programs water quality division Wyoming department of environment-1999;

[9] Evaluation of performance of permanent runoff controls: Summary and conclusion – Barret, Keblin, Walsh, Malina Center for water research in water resources, University of Texas-1997; [10]The effectiveness of permanent highway runoff control: sedimentation/infiltration system, Barret, Keblin, Walsh, Malina Center for water research in water resources, University of Texas-1997;

[11]National conference on urban runoff management, EPA 1995.

[12] Evaluation of pollutant loading in the runoff waters from major rural highway , M. Legret, C. Pagotto – The science of the Environment – 1999.

[13] Highway Runoff Manual - Washington State Department of transportation – 2001

[14] Vegetated stormwater facility maintenance - Washington State transportation commission – 2000.

[15] Application of the Washington, DC, Sand filter for Urban Runoff Control- DC Environmental Regulation Administration – 1999.

[16] I presidi per la tutela dei corpi idrici dagli inquinanti da piattaforma stradale, Tesi di Laurea – M- Seren Tha – 2001.