



COMUNE DI MERONE

PROVINCIA DI COMO

Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone (CO)

LIFE11 ENV/IT/004



**fondazione
cariplo**



**Regione
Lombardia**



PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

SCALE DISEGNO:

Capofila progetto:

in A.T.I. con:



IRIDRA S.r.l.

Via La Marmora, 51 50121 FIRENZE

tel. 055470729 - fax 055475593

Email: lridra@lridra.com - www.lridra.com

STUDIO MAIONE
INGEGNERI ASSOCIATI

BIOSES
INNOVAZIONE - SOSTENIBILITÀ

Studio Frati
geologia applicata

COMMITTENTE:



**PARCO REGIONALE DELLA
VALLE DEL LAMBRO**

20844 Truggio (MB) - Via Vittorio Veneto, 19

3	
2	
1	
REV.	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE

N. ELABORATO

N. TAVOLA

E1 01.1

REDATTO:

Geom. Ivano Filippini

VERIFICATO:

dott.ing. Nicola Martinuzzi

DATA: MARZO 2015

PROGETTISTI:

Dott. ing. Nicola Martinuzzi
Dott. ing. Riccardo Bresciani
Dott. ing. Alessandro Balbo
Dott. Ing. Denis Cerlini
Dott. agr. Giordano Fossi
Dott. Giulio Conte

COORDINAMENTO PROGETTUALE

Dott. ing. Nicola Martinuzzi

IL DIRETTORE TECNICO:

Dr. Fabio Masi

COLLABORATORI:

Ing. Marina Simonetti, Ing. Roberta Romiti
Ing. Giuliano Trentini, Ing. Paolo Arcuri
Geol. Stefano Frati, Arch. Barbara Bonadies



Denis Cerlini

Indice della Relazione

1. RELAZIONE DESCRITTIVA	3
1.1 PREMESSA (OBIETTIVI DEL PROGETTO)	3
1.2 CONSIDERAZIONI IN MERITO A PRESCRIZIONI SUL PROGETTO DEFINITIVO.....	4
1.3 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO	6
1.4 DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE	8
1.5 DESCRIZIONE DEI CRITERI DELLA SCELTA PROGETTUALE ESECUTIVA	10
1.5.1 Descrizione del corpo idrico recettore ed obiettivi depurativi	10
1.5.2 Caratteristiche delle acque di sfioro.....	16
1.5.2.1 Suddivisione eventi A e B	18
1.5.2.2 Caratterizzazione della qualità del refluo per eventi A e B	19
1.5.2.3 Caratterizzazione idraulica evento di scolmo A.....	23
1.5.2.4 Suddivisione eventi A e B dopo il potenziamento del depuratore.....	24
1.5.2.5 Conclusioni.....	25
1.5.3 Criteri di scelta dell'area di ubicazione dell'impianto	26
1.5.4 Descrizione sommaria dell'intervento.....	26
1.5.5 Inquadramento territoriale, caratteristiche del sito e vincoli	27
1.5.5.1 Inquadramento geografico	27
1.5.5.2 Inquadramento catastale	28
1.5.5.3 Vincoli e prescrizioni.....	28
1.5.5.4 Indicazioni geotecniche, geologiche ed idrogeologiche	31
1.5.6 Caratteristiche tecniche degli elementi componenti il sistema di trattamento dello sfioro e opere accessorie	33
1.6 DATI DI PROGETTO E CRITERI DI PROGETTAZIONE	37
1.6.1 Dati di progetto e procedura di dimensionamento trattamenti naturali acque di pioggia.....	37
1.6.2 Trattamenti preliminari acque di scolmo	41
1.6.3 Previsione delle rese depurative e monitoraggio	42
1.7 CRONOPROGRAMMA	46
2. BIBLIOGRAFIA.....	47

1. RELAZIONE DESCRITTIVA

1.1 PREMESSA (OBIETTIVI DEL PROGETTO)

Il presente progetto Esecutivo, che ha lo scopo di contribuire al piano di risanamento delle acque del fiume Lambro, prevede la realizzazione di un sistema di finissaggio, con tecniche naturali, delle acque di sfioro di prima pioggia dell'impianto di depurazione di Merone (CO) che attualmente vengono scaricate direttamente nel fiume, con gravi danni per l'ecosistema.

Il progetto fa parte delle azioni previste nel LIFE11 ENV/IT/004 Lambro vivo "Interventi per il miglioramento delle acque e degli habitat nella Valle del Lambro" (azione B2); inoltre il progetto è stato selezionato dal Bando Cariplo 2011- Lamber risorsa di Brianza — azione 5.

Il Progetto preliminare è stato redatto dal Parco Regionale della Valle del Lambro nel Marzo 2013; in sede di elaborazione della soluzione progettuale è stato coinvolto lo staff direttivo tecnico dell'impianto di depurazione dal momento che il sistema di finissaggio costituirà una sua appendice esterna che dovrà funzionare in sinergia con esso. Il progetto ha subito poi delle modifiche in conseguenza del bando di gara per la progettazione definitiva, pubblicato dal Parco nel marzo 2014; tra le richieste del bando, c'era quella di revisione del progetto preliminare con l'obiettivo di massimizzare le rese depurative in funzione delle aree disponibili e della effettiva qualità delle acque di sfioro. Il Progetto Definitivo è stato approvato con Conferenza di Servizi svoltasi in data 18 Febbraio 2014 presso la sede del Parco.

La nuova proposta prevede l'adozione di un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso specifico per le acque di prima pioggia, che permette anche di accumulare (tramite l'adozione di bocche tarate all'uscita delle vasche) un significativo volume di acqua evitando il ricorso a vasche di equalizzazione in testa; le vasche a flusso sommerso sono potenziate con un impianto di aerazione forzato, di modo da aumentare l'efficienza di rimozione complessiva riducendo le superfici necessarie, dato che le aree a disposizione sono piuttosto limitate. Sono stati anche definiti i trattamenti preliminari idonei a garantire un efficace pre-trattamento delle acque sfiorate, tali sia da preservare i sistemi di fitodepurazione a valle sia da garantire maggiori abbattimenti su sabbie, solidi e carico organico particolato.

In tal modo si riesce a trattare una parte significativa del volume complessivo delle acque sfiorate annualmente, trattando la quota parte più inquinata dell'evento di sfioro e riducendo notevolmente i carichi inquinanti addotti al Fiume Lambro (secondo le stime del presente progetto, sottraendo almeno 140 tCOD/anno); tale misura va di pari passo con l'upgrading del depuratore, che permetterà di ridurre notevolmente gli eventi di sfioro trattando maggiori volumi nel depuratore. Complessivamente si dovrebbe riuscire a sottrarre al Lambro circa 260 tCOD/anno in più rispetto alla situazione attuale.

Accanto al sistema di fitodepurazione a flusso sommerso, si prevedono altre misure aventi l'obiettivo sia di aumentare i rendimenti del sistema, sia di potenziare l'area di intervento a livello ecologico: si è previsto quindi un sistema di fitodepurazione a flusso libero che tratterà sia le acque in uscita dal sistema a flusso sommerso aerato, sia quota parte delle acque del depuratore con l'ottica di mantenere ottimali condizioni nel sistema umido favorendo una elevata biodiversità. La zona umida, ha anche la funzione di aumentare la diversità alla scala di paesaggio, ricreando un ecosistema – quello degli ambienti umidi –

un tempo molto diffuso nelle piane alluvionali dei fiumi lombardi e ora quasi scomparso. L'intervento cercherà di minimizzare l'impatto sull'area boscata esistente, riducendo al minimo il taglio di alberi – taglio che sarà comunque compensato su altre aree – e salvaguardando e riqualificando la fascia di bosco ripario più prossima al fiume. Il design della zona umida sarà finalizzato a salvaguardare le specie arboree di pregio presenti, secondo un accurato rilievo vegetazionale da realizzarsi in fase di progettazione esecutiva.

La scelta di sistemi di trattamento naturali per le acque di sfioro si basa su consolidate esperienze a livello internazionale: sono numerose, infatti, le applicazioni di sistemi naturali per il trattamento degli scolmatori fognari (CSO, "combined sewer overflow"), passando da approcci come quelli statunitensi e australiani di tipo estensivo, che hanno sempre privilegiato gli aspetti della qualità delle acque, specialmente in termini di disinfezione, e quello della fruizione, alle esperienze nord-europee, in particolare nel Regno Unito ed in Germania, estremamente interessanti sia per la qualità finale degli effluenti, che per gli effetti di laminazione ottenuti con un'occupazione di superficie nettamente ridotta.

In sintesi, l'applicazione di sistemi di trattamento naturali consente:

- buone rese depurative
- impatto ambientale nullo;
- inserimento paesaggistico ottimo;
- costi di gestione molto ridotti rispetto ad un sistema convenzionale;

Va inoltre sottolineato che l'intervento in oggetto, ha carattere "multifunzionale", in quanto oltre al trattamento del carico inquinante e alla parziale laminazione dei carichi idraulici, gli interventi previsti sono finalizzati a raggiungere altri obiettivi come la fruibilità dell'area e una sua riqualificazione a livello naturalistico.

1.2 CONSIDERAZIONI IN MERITO A PRESCRIZIONI SUL PROGETTO DEFINITIVO

In base ai pareri, tutti positivi, ricevuti in sede di Conferenza Servizi, di seguito si riportano alcune considerazioni in merito alle prescrizioni ivi contenute.

Ufficio d'Ambito di Como

1. La gestione del sistema di fitodepurazione sarà a carico di A.S.I.L. come gestore del servizio di depurazione, previa stipula di convenzione con il Parco, come sottolineato anche in sede di Conferenza di Servizi;
2. Il prelievo delle acque derivate dal depuratore a fanghi attivi per il mantenimento del deflusso minimo vitale delle zone umide avverrà a valle del punto di prelievo fiscale attuale, e sempre a valle quando la nuova configurazione del sistema di disinfezione sarà ultimata;
3. L'accesso all'area del sistema di fitodepurazione avverrà a mezzo della strada di servizio in terra battuta collegata alla viabilità principale e chiusa a mezzo di una sbarra; in coincidenza di tale ingresso sarà anche predisposta idonea segnaletica atta ad informare eventuali fruitori a piedi delle modalità di accesso all'area. Si evidenzia come l'area che potrebbe essere interessata da danneggiamenti degli impianti elettromeccanici, o che può presentare alcuni pericoli per i fruitori, sarà inclusa nella recinzione del depuratore, quindi non accessibile se non dall'interno del depuratore o dall'area di fitodepurazione mediante cancello normalmente chiuso. Per quanto riguarda l'area di fitodepurazione non si ravvisano elementi di pericolo per eventuali fruitori, né opere che potrebbero essere soggette ad atti di

vandalismo; tutti i pozzetti saranno chiusi mediante chiusini fognari apribili solo mediante chiave, così come il manufatto di alloggiamento del campionatore è chiuso con serratura.

4. Come detto al punto precedente si ritiene sufficiente la recinzione delle aree relative ai componenti elettromeccanici ai fini di preservare l'incolumità di visitatori e permettere l'accesso solo agli addetti alla manutenzione; l'accesso all'area è in ogni caso unico, chiuso mediante sbarra e quindi presidiabile. Non si ritiene quindi necessaria una recinzione dell'area, l'accesso alla quale è impedito dalla presenza del fiume. Dato che il progetto prevede percorsi fruitivi, la presenza di pannelli didattici, di barriere dissuasive e apposita segnaletica laddove si possono presentare potenziali problemi di sicurezza, non si vedono elementi tali da proibire l'accesso all'area. A.S.I.L. rimane in ogni caso responsabile delle modalità di accesso all'area di fitodepurazione, nonché delle modalità di svolgimento di tutte le attività didattiche o naturalistiche che si dovessero sviluppare al suo interno
5. Come evidenziato nel progetto definitivo, l'individuazione del volume di prima pioggia non è stata fatta sulla base della superficie drenata efficace, in quanto il bacino è formato da diversi sottobacini ognuno sotteso da uno sfioratore e quindi il risultato ottenuto rischierebbe di essere fuorviante e di dimensioni tali da renderne insostenibile dal punto di vista tecnico ed economico una sua realizzazione; ma sulla base di una elaborazione dei dati di monitoraggio delle portate e della qualità delle acque in ingresso forniti dal gestore, secondo cui per portate > 1400 m³/h, le concentrazioni di COD sono già al di sotto dei limiti di legge per via della diluizione e possono essere considerate "acque di seconda pioggia". Nel progetto definitivo è già stato quindi evidenziata sia l'impossibilità tecnica che la difficoltà di applicazione della normativa allo sfioratore di testa del depuratore; nel caso presente ogni sottorete è collegata ai collettori principali mediante sfioratore a chiusura che dovrebbe essere dimensionato nel rispetto del regolamento regionale ed eventualmente dotato di vasca di prima pioggia o trattamento equivalente. Per cui il volume da accumulare nella parte finale dei collettori risulterebbe secondo tale assunzione nullo, mentre l'unico obbligo del depuratore consisterebbe nel garantire il trattamento di 750 l/a.e. al giorno, cosa che sarà garantita a seguito dell'upgrading. La normativa vigente è in via di revisione da parte della Regione Lombardia, in ogni caso allo stato attuale vale quanto stabilito all'art.17 del R.R. 3/2006, secondo cui i "Piani d'Ambito determinano le situazioni in cui, in relazione alle caratteristiche della zona servita, non è possibile procedere alla realizzazione delle vasche d'accumulo in conformità all'articolo 15 comma 3 e all'articolo 16, indicando gli interventi (...) idonei a garantire la tutela del corpo idrico interessato dallo scarico dello sfioratore".

Provincia di Como – Ecologia ed Ambiente / ARPA Lombardia

- Si stabilisce che l'impianto di depurazione sarà in grado a seguito dell'up-grading di trattare 3900 m³/h conformemente all'art.15 R.R. 3/2006.
- Il prelievo delle acque derivate dal depuratore a fanghi attivi per il mantenimento del deflusso minimo vitale delle zone umide avverrà a valle del punto di prelievo fiscale attuale, e sempre a valle quando la nuova configurazione del sistema di disinfezione sarà ultimata;
- Il sistema a flusso libero è impermeabilizzato come previsto nel disciplinare descrittivo e prestazionale del Progetto Definitivo e confermato in sede di progettazione esecutiva.

1.3 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO

La corretta gestione e la tutela dall'inquinamento della risorsa idrica sono garantite dalla legge n° 36 (Legge Galli) del 5 gennaio 1994 e dal Decreto Legislativo del 11.05.99 n. 152 (inserito senza variazioni sostanziali all'interno della **Parte Terza, Sezione 2, del Nuovo Codice dell'Ambiente, il Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152, recante "Norme in materia ambientale"**, anche conosciuto come "Codice ambientale", **pubblicato nella G.U. n. 88 del 14/04/2006 - S.O. n. 96**) che detta disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepisce la Direttiva n. 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e la Direttiva n. 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Il D.Lgs. n. 152 oltre a recepire le direttive comunitarie, aggiorna il quadro normativo sulla tutela delle acque abrogando diverse leggi precedenti tra cui la legge 319/76, nota come Legge Merli, che ha disciplinato questo settore per oltre 20 anni affidando alle Regioni il compito di programmare le opere per la depurazione attraverso il Piano Regionale di Risanamento delle Acque (PRRA).

Lo strumento pianificatorio introdotto dal D.L. n. 152 è il "Piano di Tutela", che si distingue dal PRRA perché non ha il compito di individuare le opere necessarie alla depurazione, compito che con la Legge 36/94 è di competenza di Autorità d'Ambito ed Enti gestori. Il Piano di Tutela, di competenza delle Regioni, che devono redigerlo di concerto con l'Autorità di Bacino, ha il compito di definire i seguenti aspetti:

- gli obiettivi di qualità per ciascun corpo idrico, in base ai criteri e ai parametri di cui all'allegato 1 (Monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale);
- i carichi accettabili da ciascun corpo idrico, sulla base della sua capacità di diluizione e autodepurazione, perché sia garantito il raggiungimento dell'obiettivo di qualità;
- le concentrazioni ammissibili degli scarichi che insistono su un determinato corpo idrico, perché non sia superato il carico massimo accettabile;
- le eventuali strategie di interventi per ridurre l'impatto delle fonti inquinanti diffuse e aumentare la capacità autodepurativa dei corpi idrici e del territorio (rinaturalizzazione, fasce tampone o filtro (buffer zones), casse di espansione, stagni di depurazione naturale, gestione delle acque di prima pioggia, ecc.).

L'obiettivo principale del piano di tutela delle acque sarà quello di garantire il raggiungimento di obiettivi di qualità dei corpi idrici, attivando strategie differenti in ragione delle diverse caratteristiche ecologiche e degli eventuali usi: ad esempio, le acque sensibili all'eutrofizzazione, come i laghi, dovranno essere tutelate dall'eccesso di nutrienti, mentre quelle utilizzate per l'approvvigionamento idrico di acqua potabile richiederanno protezione dagli agenti patogeni.

Inoltre la Direttiva 91/271 CEE (e il D.L. n. 152 che la recepisce) stabilisce che tutti gli agglomerati urbani devono essere dotati di rete fognaria e sistema di depurazione; individua diversi trattamenti depurativi (primari, appropriati, secondari e spinti) cui dovranno essere sottoposte le acque reflue, a seconda delle dimensioni dell'agglomerato che produce lo scarico e del grado di sensibilità delle aree soggette allo scarico. Tutti gli scarichi provenienti da agglomerati di dimensioni superiori a 2000 abitanti che scaricano in acque superficiali interne "non sensibili all'eutrofizzazione" devono essere sottoposti ad un trattamento "secondario" (non è sufficiente la sola sedimentazione primaria ma è necessario un processo di ossidazione della sostanza

organica contenuta nei reflui). Fino all'approvazione del piano di tutela da parte delle Regioni, gli scarichi di questi agglomerati devono rispettare i seguenti limiti allo scarico:

Potenzialità impianto in A.E.	2.000 – 10.000	
Parametri ⁽¹⁾	Concentrazione	% di riduzione
BOD ₅ mg/l	25	70-90
COD mg/l	125	75
Solidi Sospesi mg/l	35	90

Tabella 1 – Limiti di emissioni per acque reflue urbane
(Allegato 5 del Testo Unico sulle Acque, D.L. del 11.05.99 n.152)

La Normativa regionale della Lombardia (R.R. n.3 del 24 marzo 2006) disciplina all'art.15 del Capo 3 Titolo 3 anche le acque meteoriche da avviare alla depurazione; secondo il comma 1 di tale articolo gli sfioratori di piena delle fognature miste sono realizzati in modo da lasciar defluire verso l'impianto di trattamento delle acque reflue la portata nera diluita uguale al massimo fra i seguenti valori:

- "salvi i casi di cui al comma 2, apporto di 750 per a.e. al giorno, considerati uniformemente distribuiti nelle 24 ore,....;*
- Rapporto di diluizione pari a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera per gli apporti civili e come media su 12 ore per quelle industriali,.....".*

Gli articoli successivi (16 e 17) normano la realizzazione di vasche di prima pioggia e l'adeguamento dei manufatti di sfioro:

- *"le acque eccedenti gli apporti di cui all'art. 15 scaricate dagli sfioratori di piena sono avviate verso vasche di accumulo a perfetta tenuta per evitare infiltrazione nel sottosuolo";*
- le vasche di accumulo devono essere dotate di un sistema di alimentazione tale da escludere le stesse a riempimento avvenuto, mentre le ulteriori acque sfiorate sono inviate ai recapiti naturali direttamente o previo accumulo in vasca volano.
- le vasche di accumulo devono essere dimensionate considerando 50 mc/ha di superficie scolante impermeabile nel caso di recapito in corpi idrici significativi e 25 mc/ha per i corpi idrici non significativi;
- la superficie scolante impermeabile viene calcolata come prodotto dell'effettiva area scolante con il coefficiente di assorbimento medio ponderale.

I manufatti di sfioro delle acque meteoriche delle reti fognarie di tipo unitario esistenti devono essere adeguati alle prescrizione contenute nell'articolo 15 sopra citato entro il 31 dicembre 2016.

Secondo l'art.17 tali vasche di accumulo devono essere realizzate entro fine 2016 con la modulazione prevista dai Piani d'Ambito e che "i Piani d'Ambito determinano le situazioni in cui, in relazione alle caratteristiche della zona servita, non è possibile procedere alla realizzazione delle vasche d'accumulo in conformità all'articolo 15 comma 3 e all'articolo 16, indicando gli interventi (...) idonei a garantire la tutela del corpo idrico interessato dallo scarico dello sfioratore.

Dall'analisi del R.R. appare immediatamente che l'obbligo di realizzare vasche di accumulo come unica risposta all'inquinamento provocato dagli sfioratori delle reti miste

¹ Le analisi sugli scarichi provenienti da lagunaggio o fitodepurazione devono essere effettuati su campioni filtrati, la concentrazione di solidi sospesi non deve superare i 150 mg/l

sia strategicamente sbagliato da molti punti di vista; d'altronde questo non ha precluso, in alternativa alle vasche, la realizzazione di sistemi naturali, purché previsti dal Piano d'Ambito, (art. 17).

Inoltre si deve aggiungere che il regolamento non è facilmente applicabile agli sfioratori di testa dei depuratori, soprattutto quelli di grosse dimensioni come quello di Merone. La normativa è attualmente in fase di revisione da parte della Regione Lombardia; allo stato attuale l'unico vincolo di legge è che il depuratore deve sottoporre a trattamento 750 l/a.e. al giorno, calcolati secondo la potenzialità riconosciuta del depuratore ed espressa in a.e. L'upgrading consentirà di raggiungere questo obiettivo; come emerso durante un incontro preliminare con ARPAL e Provincia di Como, le portate sfiorate oltre questo limite non sono soggette in tal caso a nessun limite depurativo (ad eccezione dei limiti sulle sostanze pericolose stabilite da Tabella 3° D.L. 152/06). L'obiettivo è quindi di individuare obiettivi depurativi compatibili con l'obiettivo di qualità del Fiume Lambro stabiliti dal Piano di Tutela e più in generale di sottrarre al Fiume Lambro carichi inquinanti significativi riducendo l'impatto dello sfioro.

Nel presente progetto quindi l'individuazione del volume di prima pioggia non è stata fatta sulla base della superficie drenata efficace, in quanto il bacino è formato da svariati sottobacini ognuno sotteso da uno sfioratore e quindi il risultato ottenuto rischierebbe di essere fuorviante; ma sulla base di una elaborazione dei dati di monitoraggio e portate forniti dal gestore, in modo da individuare quella quota parte da trattare in modo da raggiungere obiettivi di qualità, in termini di carico inquinante sottratto al Fiume Lambro, compatibili con il Piano di Tutela e tali da ridurre fortemente l'impatto dello sfioratore sul corpo idrico.

1.4 DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE

L'impianto di depurazione di Merone riceve i reflui urbani (domestici e industriali) di 38 comuni. La popolazione equivalente complessivamente servita è di circa 120.000 A.E. di cui circa il 85% civile e il restante 15% industriale. L'impianto tratta annualmente oltre 15 milioni di metri cubi di liquame provenienti da un'area drenata di 140 km².

I reflui prodotti sono convogliati all'impianto di depurazione da una rete di collettori intercomunali che si estende per circa 76 km. Lungo la rete sono ubicate tre stazioni di sollevamento che consentono di immettere nelle aste principali le acque raccolte a quota più bassa; esse sono situate ad Alserio, Erba e Valbrona.

L'impianto di Merone è di tipo a fanghi attivi a biomassa sospesa. Il sistema di trattamento prevede i seguenti trattamenti:

- grigliatura grossolana;
- sollevamento, con sfioro delle portate in eccesso;
- grigliatura fine;
- dissabbiatura – disoleatura;
- sedimentazione primaria;
- trattamenti biologici: che si dividono in denitrificazione e Ossidazione – nitrificazione;
- sedimentazione secondaria – ricircolo fanghi;
- clorazione;
- scarico finale.

Attualmente l'impianto è dimensionato per trattare una portata media di circa 1800 mc/ora. Sono previste diversi interventi di upgrading mirati ad aumentare la portata trattabile e a migliorarne la qualità, tra cui interventi sulla nitrificazione, l'inserimento di una fase di filtrazione su tela e la conversione dell'attuale disinfezione con cloro in sistema ad UV.

REFLUE DOMESTICHE	INGRESSO	USCITA ATTUALE	USCITA FUTURA
BOD₅ [mg/L] O ₂	116,93	8,40	< 10,00
COD [mg/L] O ₂	333,28	33,68	< 60,00
Solidi sospesi totali [mg/L]	192,20	11,64	< 15,00
Fosforo totale [mg/L] P	4,59	0,95	< 1,00
Azoto ammoniacale [mgN-NH ₄ /L]	20,09	1,84	n.d.
Azoto nitroso [mgN-NO ₂ /L]	0,23	0,21	n.d.
Azoto nitrico [mgN-NO ₃ /L]	1,16	6,48	n.d.
Azoto totale [mgN/L]	30,22	9,58	< 10,00
Tensioattivi totali [mg/L]	5,74	0,43	n.d.
pH	7,73	7,78	n.d.

Tabella 2 – concentrazioni in ingresso ed uscita per le acque reflue domestiche, e previsione futura fornita dal gestore dell'impianto.

Per quanto riguarda le acque di pioggia, il depuratore di Merone è dimensionato per mandare al trattamento una quota parte delle acque di pioggia che convergono all'impianto; la sua attuale capacità di smaltimento consente infatti di trattare fino a 3200 mc/ora (614 l/a.e. considerando la potenzialità di 120.000 a.e.; molto vicino a 750 l/a.e. se si considera ciò che l'impianto tratta realmente e pari a circa 100.000 a.e.). L'eccesso viene riversato nel corpo recettore, il Lambro, dallo sfioratore di testa dell'impianto. Si consideri che, a titolo di esempio, nel 2012 la massima portata sfiorata ha raggiunto i 2500 mc/ora, ovvero al depuratore arrivava una quantità d'acqua superiore di circa i 3/4 rispetto alla sua massima capacità di trattamento.

L'adeguamento dell'impianto di Merone consentirà tra l'altro anche l'innalzamento della potenzialità di trattamento fino a **4000 mc/ora** (800 l/a.e., in pieno rispetto della normativa regionale) con un incremento di 800 mc/ora rispetto alla situazione attuale.

Una ulteriore criticità da considerare è l'impatto degli scarichi del depuratore sul corpo recettore in funzione della portata transitante cui è demandata la diluizione dei carichi immessi. A questo si aggiunge, soprattutto per gli eventi di pioggia estivi, la notevole differenza della temperatura dell'acqua scaricata rispetto a quella del corpo idrico.

TEMPERATURE	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Fiume (medie) °C	6.0	10.0	14.0	20.0	22.0	23.0	22.0	22.0	23.0	17.0	18.0	5.0
Sfioro °C	9.5	-	7.8	12.0	15.9	10.9	-	17.5	11.0	8.2	10.5	-
Differenza	3.5	-	-6.2	-8.0	-6.1	-12.1	-	-4.5	-12.0	-8.8	-7.5	-

Tabella 3 – temperature delle acque del fiume e di quelle sfiorate.

1.5 DESCRIZIONE DEI CRITERI DELLA SCELTA PROGETTUALE ESECUTIVA

Come debitamente descritto nel Progetto Definitivo, i criteri generali che hanno portato alla scelta progettuale effettuata possono essere riportati in sintesi nelle seguenti voci:

1. Obiettivo depurativo in funzione degli obiettivi di qualità del corpo idrico recettore.
2. Capacità di laminazione richiesta in funzione della caratterizzazione idraulica del corpo idrico recettore.
3. Disponibilità e morfologia dell'area.
4. Caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle acque di scolmo da trattare e da laminare.
5. Caratteristiche tecniche del sistema di trattamento: il sistema multistadio di fitodepurazione è stato scelto in quanto ritenuto di maggiore economicità, semplicità realizzativa e gestionale, adeguatezza alle rese depurative previste, affidabilità nelle continuità di ottenimento di un trattamento adeguato, ottimo inserimento paesaggistico e impatto igienico – sanitario.

1.5.1 Descrizione del corpo idrico recettore ed obiettivi depurativi

Il corpo idrico recettore è costituito dal Fiume Lambro.

Il fiume Lambro ha un regime pluvio-nivale: non è cioè alimentato da nevi perenni, ma dalle precipitazioni e dallo scioglimento delle nevi invernali che si accumulano nei rilievi del bacino. La curva delle portate mostra come per soli 110 giorni all'anno la portata superi il valore di 5,00 mc/s: solo in questi periodi di morbida e piena la portata del fiume garantisce una diluzione superiore a 10 volte dello scarico ordinario del depuratore (circa 0,5 mc/s) per meno di un terzo dei giorni dell'anno.

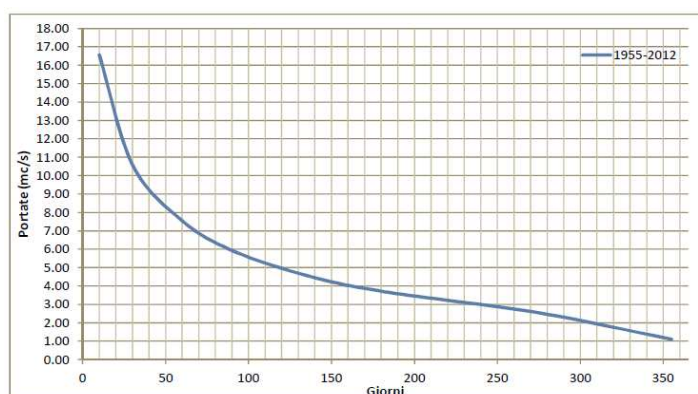


Figura 1 - Curva delle portate del Lambro alla sezione di Lambrugo, calcolata nel periodo 1955-1972 e 2004-2012

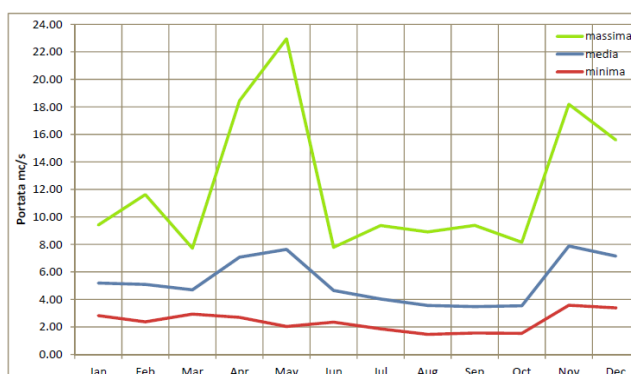
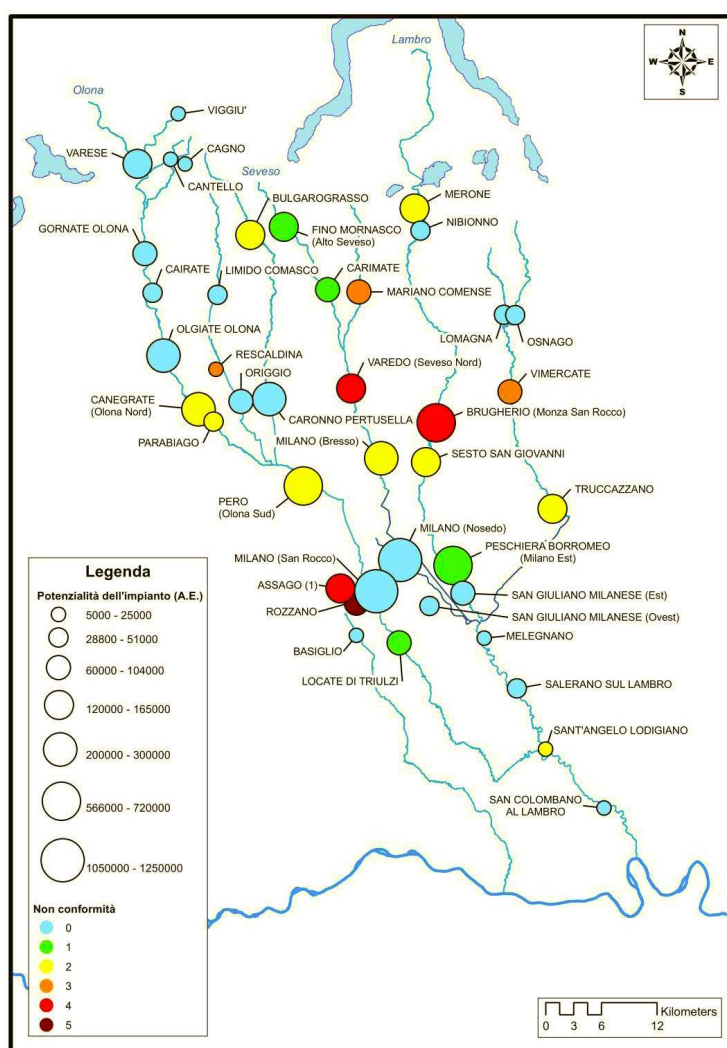


Figura 2 - Portate medie mensili nel periodo 2004-2012

Si osserva come le situazioni più critiche dal punto di vista delle magre sono quelle relative ai mesi di Agosto, Settembre ed Ottobre per i quali sono stati registrati minimi inferiori ai 2 mc/s (valori in questo caso già comprensivi dell'apporto del depuratore) e medi non superiori ai 4 mc/s. I minori problemi sono invece relativi ai mesi di Aprile, Maggio, Novembre e Dicembre, che godono delle minime (>3 mc/s) e medie (>6 mc/s) più abbondanti.

Dal punto di vista della qualità delle acque, si deve innanzitutto sottolineare l'alto grado di pressione che subisce il Fiume Lambro da parte di scarichi civili; come sottolineato anche da Legambiente, il Lambro costituisce una sorta di imbuto di una grande zona che include non solo il Milanese, ma anche parte del Varesotto, del Comasco e della Brianza. Territori che convogliano al Lambro, direttamente o attraverso i bacini confluenti di Olona e Seveso, una quantità di reflui, seppur trattati per gran parte, abnorme in rapporto alle portate naturali dei corsi d'acqua: in un bacino esteso complessivamente per 1980 kmq (l'8,3% della superficie regionale) si concentra una pressione, determinata da insediamenti civili e industriali, pari a quasi la metà dell'intera Regione. In pratica il Lambro in rapporto alla sua portata si fa carico di una intensità di scarichi di acque reflue civili e industriali oltre 11 volte superiore alla media degli altri bacini fluviali della Lombardia. Facendo riferimento alla distribuzione degli impianti per classe di potenzialità emerge che il bacino del Fiume Lambro è quello che presenta la maggior concentrazione di impianti di grosse dimensioni, basti pensare ai due grandi depuratori di Milano, a quello di Peschiera Borromeo e di Monza.



Stato ecologico del fiume Lambro



Figura 3 - Qualità delle acque del Fiume Lambro (dati ARPA, elaborazione Legambiente 2011)

Dal punto di vista della qualità delle acque, dalla figura di cui sopra sembra che il Lambro entri in sofferenza subito a valle dei depuratori di Merone e Nibionno, passando da una seconda classe ad una terza classe di qualità che poi non riesce più a recuperare, passando allo stato pessimo con l'attraversamento dell'hinterland milanese e migliorando leggermente (stato scadente) nell'ultimo tratto prima della confluenza in Po.

Secondo le indagini ante-operam sul tratto interessato dal presente progetto, condotte nell'ambito del progetto LIFE Lambro Vivo, è emerso quanto segue:

- Il contesto ambientale in cui si opera, all'interno del Parco Regionale della Valle del Lambro, nel comune di Merone (CO), nel tratto di fiume Lambro che costeggia, da monte a valle, il depuratore presente, è in genere caratterizzato da un buon grado

di naturalità, con scarsa antropizzazione. Unico elemento d'impatto negativo è la presenza dello scarico del depuratore stesso e dello sfioratore qualche decina di metri più a monte;

- Il monitoraggio della qualità chimico-fisica delle acque ha avuto la finalità di valutare l'impatto dello scarico del depuratore di Merone sul fiume Lambro: la prima stazione di prelievo delle acque, infatti, è stata localizzata a monte dello scarico, ma a valle della roggia Cavolto e del torrente Bevera, i principali tributari del fiume Lambro nel presente tratto, mentre la seconda stazione è stata posta a valle sia dello scarico finale che dello scolmatore del depuratore, entrambi attivi durante le due campagne.
- Dal confronto dei valori ottenuti dell'indice LIMeco, 0.485 e 0.39, per le stazioni di monte e di valle rispettivamente, si nota come la presenza degli scarichi sia responsabile di un sensibile peggioramento qualitativo: infatti, pur essendo stato attribuito un giudizio sufficiente ad entrambe le stazioni, quella di monte è assai prossima al livello BUONO, essendo il limite inferiore pari a 0.50.

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	14/03/2013	21/11/2013
Temperatura dell'acqua	°C	6.80	10.58
Ossigeno disciolto	mg/l	10.66	10.15
Ossigeno disciolto	% di saturazione	93.8	96.6
pH	--	7.96	8.57
Conducibilità elettrica	µS/cm	411	352
Salinità	psu	0.20	0.19
TDS	mg/l	206	246
Azoto ammoniacale	mg/l di N-NH ⁴⁺	<0.08	<0.08
Azoto nitrico	mg/l di N	4.38	1.5
Fosforo totale	P mg/l	<0.1	<0.1
BOD5	O ₂ mg/l	3	9
COD	O ₂ mg/l	12	29
Solfati	SO ₄ mg/l	22	13
Cloruri	Cl mg/l	16	8
Nichel	Ni mg/l	<0.01	<0.01
Rame	Cu mg/l	<0.005	<0.005
Piombo	Pb mg/l	<0.03	<0.01
Zinco	Zn mg/l	0.04	0.02
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	2500	6500

Tabella 5 – Analisi chimico-fisiche e microbiologiche a monte dello scarico del depuratore

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	14/03/2013	21/11/2013
Temperatura dell'acqua	°C	7.33	11.08
Ossigeno disciolto	mg/l	10.15	9.69
Ossigeno disciolto	% di saturazione	89.5	93.3
pH	—	8.16	8.42
Conducibilità elettrica	µS/cm	449	390
Salinità	psu	0.22	0.21
TDS	mg/l	224	273
Azoto ammoniacale	mg/l di N-NH ⁴⁺	0.1	1.02
Azoto nitrico	mg/l di N	4	1.9
Fosforo totale	P mg/l	<0.1	0.1
BOD5	O ₂ mg/l	2	10
COD	O ₂ mg/l	11	30
Solfati	SO ₄ mg/l	16	14
Cloruri	Cl mg/l	15	12
Nichel	Ni mg/l	<0.01	<0.01
Rame	Cu mg/l	<0.005	<0.005
Piombo	Pb mg/l	<0.03	<0.01
Zinco	Zn mg/l	0.08	0.03
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	28000	35000

Tabella 5 – Analisi chimico-fisiche e microbiologiche a valle dello scarico del depuratore

- In generale, dalla lettura dei risultati analitici ottenuti, non si evidenziano condizioni particolari per entrambe le stazioni, difformi da quanto atteso: il grado di ossigenazione è sempre alto, le concentrazioni dei nutrienti (azoto e fosforo) sono comunque importanti sia a monte che a valle, ma incrementano sensibilmente la loro presenza nella stazione di valle. Medesimo ragionamento deve essere fatto per la carica batterica, che a valle degli scarichi cresce di un fattore 10.
- I metalli si mantengono sempre su livelli molto bassi; tra quelli monitorati, il Nichel rientra nell'elenco delle sostanze prioritarie per la definizione di buono stato chimico delle acque superficiali (D.M. 260/2010, All. 1, tab. 1/A): le sue concentrazioni, per tutto il 2003, si sono attestate su livelli molto bassi, al di sotto dello standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo (SQA-MA) pari a 20 µg/l.
- Il piano di monitoraggio ha previsto anche due stazioni di monitoraggio della fauna macrozoobentonica, localizzate presso la stazione Merone monte e la stazione Merone valle. La frequenza di campionamento è stata semestrale e precisamente a marzo e a novembre del 2013; Il monitoraggio ha confermato, per la componente macrobentonica, il quadro ambientale delineato dai dati bibliografici (L. Erba, 2009). La stazione posta a monte del depuratore di Merone, pur indicando un ambiente inquinato o comunque alterato, ospita una comunità di invertebrati piuttosto ricca ed articolata, dove tuttavia mancano le specie più sensibili agli stress ambientali. Ciò determina la classificazione del tratto in classe III di qualità. Tuttavia il punteggio IBE,

pur ricadendo in questa classe di giudizio, si attesta su valori spostati verso il limite superiore della classe. Sebbene nel monitoraggio condotto la stazione sia risultata sempre in classe III, si ritiene possibile che nell'arco di un monitoraggio pluriennale possano verificarsi condizioni in cui l'indice fornisca un giudizio di qualità superiore come ad esempio la classe intermedia III/II o addirittura la classe II. Questo fatto è peraltro confermato dai dati bibliografici esaminati: almeno in tre casi, infatti, il monitoraggio condotto da ARPA Lombardia ha effettivamente rilevato per il tratto in questione la classe di qualità II (ARPA Lombardia, stazione Merone, anno 2009).

A valle del depuratore, invece, sebbene l'indice IBE abbia restituito sempre la classe III di qualità, la struttura e la composizione della matrice macrobentonica evidenziano condizioni peggiori rispetto al tratto di monte. Si tratta comunque di differenze ridotte e tali da non indurre un diverso giudizio di qualità. Il punteggio IBE, infatti, passa da un valore 7 associato alla stazione di monte, al valore di 6, associato alla stazione di valle.

- Dal punto di vista della fauna ittica, il tratto interessato dal campionamento ittico ha fornito dati molto interessanti. Questa zona appare, infatti, colonizzata da una ricca e molto articolata ittocenosi, formata dalla presenza accertata di ben 23 unità sistematiche differenti.

Le conclusioni dello studio indicano un quadro sostanzialmente omogeneo, con un giudizio SUFFICIENTE. Tuttavia per sua caratteristica il monitoraggio chimico e fisico delle acque ha la prerogativa di essere puntiforme limitato nel tempo, descrivendo le condizioni specifiche rilevate al momento del campionamento. Pertanto assume un ruolo di maggior rilevanza il monitoraggio degli elementi biologici che invece descrivono le condizioni medie del corso d'acqua, che influenzano l'evoluzione delle comunità. Da questo punto di vista, per quanto riguarda lo stato della comunità macrobentonica, l'indice IBE ha fornito un quadro peggiore rispetto al LIMeco, evidenziando, per entrambe le stazioni e per l'intera durata del monitoraggio, la classe di qualità III, cui corrisponde un giudizio di "Ambiente inquinato o comunque alterato". Inoltre, pur all'interno della stessa classe di giudizio, sono state rilevate lievi differenze tra la stazione di monte e quella di valle, che indicano una situazione relativamente migliore per quanto riguarda il tratto a monte del depuratore. L'analisi della fauna ittica, invece, ha evidenziato per l'intera area un quadro ittologico ritenuto sufficiente.

In conclusione, l'unico elemento che denota un ambiente inquinato o comunque alterato, nonché un lieve decadimento delle condizioni tra la stazione di monte e quella di valle, è costituito dalla fauna macrobentonica. Nel complesso, quindi, nonostante siano presenti elementi in grado di influenzare negativamente le comunità biologiche e sussistano alcune problematiche legate alla presenza del depuratore, la relativa naturalità delle sponde e del comparto perifluviale nonché la variabilità delle morfologie fluviali che ancora caratterizzano il tratto indagato, consentono, in parte, di compensare le pressioni presenti, e di aumentare la capacità auto depurativa naturale del corso d'acqua.

In base alle considerazioni precedentemente espresse, si ritiene quindi di dover assicurare innanzitutto un buon abbattimento sia di BOD che di SS, prevedendo riduzioni nelle concentrazioni di ingresso del 70-80% per il BOD e del 90% per i SS e garantendo in particolare una protezione del fiume durante i periodi di magra e quando l'attivazione dello sfioratore avviene dopo periodi di tempo secco prolungati.

Inoltre, dato che le concentrazioni variano in funzione dell'evento meteorico, si ritiene di dover garantire un trattamento in continuo, tale da bloccare maggiori inquinanti in termini di quantità di massa e di offrire di conseguenza un maggior livello di protezione ambientale. Il sistema sarà cioè concepito non per trattare un volume di prima pioggia,

bensi una portata di prima pioggia; il sistema a flusso libero consentirà inoltre anche un trattamento delle portate di seconda pioggia, oltre che un affinamento delle prime piogge trattate nello stadio a flusso sommerso.

Dal punto di vista della normativa vigente, come evidenziato anche nei pareri di ARPAL e Provincia di Como, non esistono limiti da rispettare nel caso in cui il depuratore riceva la portata di 3900 m³/h individuata ai sensi dell'art. 15 R.R. 3/2006, ad esclusione delle sostanze pericolose di cui alla Tabella 3 e 3A All.5 Parte III D.L.152/06.

1.5.2 Caratteristiche delle acque di sfioro

L'impianto di trattamento di Merone, in seguito agli interventi di adeguamento già previsti, riuscirà ad inviare al trattamento biologico portate maggiori rispetto alla situazione attuale, assicurando una depurazione adeguata dei reflui durante i periodi di tempo secco; durante i periodi piovosi la portata in arrivo è però molto maggiore della massima che il sistema – anche così adeguato – riesce a trattare, per cui il sistema deve sfiorarne una parte.

E' stata approfondita la raccolta dati sui volumi sfiorati negli ultimi 8 anni; in media si sono avuti **161 gg/y di sfioro**; il volume sfiorato medio è di 2.332.000 m³/y, con una **media evento di 13.500 m³** (pari idraulicamente a circa 70.000 a.e.).

		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
media sfiori	m ³ /g	9.600,00	10.000,00	17.000,00	13.300,00	17.100,00	7.800,00	19.500,00	14.272,34
n° sfiori		122,00	101,00	197,00	143,00	213,00	153,00	146,00	213
Tot sfiorato	m ³ /y	1.171.200	1.010.000	3.349.000	1.901.900	3.642.300	1.193.400	2.847.000	3.545.440

I campioni analizzati, per quanto in numero limitato, possono comunque dare utili indicazioni preliminari sulla qualità delle acque: si osservano ampie oscillazioni del COD con concentrazioni medie di 343 mgCOD/l (120 mg/l-800 mg/l) mentre l'azoto ammoniacale è più costante con valore medio di 12 mg NH₄/l; il carico di COD medio è quindi 4230 KgCOD per evento (circa 32.500 a.e.) e 740 t/anno (976 t/anno nel 2012). In realtà i carichi di COD sono un po' minori se si considera la media pesata, considerando che eventi maggiori hanno concentrazioni minori per diluizione (come correttamente stimato nel preliminare, 518 tCOD/anno per il 2012, il 47% in meno). E' quindi da attendersi un carico medio annuo di circa 400 tCOD/anno.

Con l'up-grading del depuratore, il quadro dei carichi cambierà decisamente: attualmente tratta 120.000 a.e. drenati su un'area di 140 Km² e può ricevere fino a 3200 mc/h (640 l/a.e.). La portata dello sfioratore varia tra 1300 e 2500 m³/h. In seguito il depuratore potrà ricevere 4000 m³/h (800 l/a.e. in linea con il R.R. 3/2006), limitando significativamente le portate sfiorate ed il numero degli sfiori (circa il 35%, secondo alcune nostre stime preliminari sulla base dei dati di sfioro e di funzionamento del depuratore nel 2012, ottenendo un volume medio di 1.400.000 m³/anno distribuito su circa 100 eventi di sfioro; il carico di COD medio sfiorato sarà in questo modo ridotto a circa 220 t/anno (45% in meno), con un carico sottratto medio di 180 t/anno.

Si tratta di volumi sempre molto alti, per i quali potrebbe essere non conveniente dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale prevedere un sistema che li possa trattare tutti; si ritiene sia maggiormente sostenibile trattarne una parte cercando di intercettare la maggior percentuale possibile del carico organico.

Secondo alcuni preliminari calcoli iterativi, un buon compromesso potrebbe essere trattare volumi non maggiori di 5000 m³/giorno e sfiorare le portate maggiori di 1400 m³/h per le quali con molta probabilità le concentrazioni di COD sono già al di sotto dei limiti di legge per via della diluizione. Tali volumi dovrebbero essere trattati limitatamente alla prima parte dell'evento di sfioro, intercettando in tal modo la gran parte degli inquinanti. Secondo tale approccio dovrebbe essere possibile intercettare circa 500-600.000 m³/anno (circa il 40% della media annuale) e circa il 60-70% dei carichi inquinanti.

Per validare ciò, è stato fatto un lavoro di analisi statistica sui dati a disposizione, cercando di caratterizzare meglio lo sfioro su base giornaliera. I dati a disposizione infatti ci danno solamente il volume sfiorato giornalmente e i dati di qualità di alcuni sfiori, ma non il cosiddetto pollutogramma in ingresso allo sfioro.

In base all'analisi condotta sui volumi sfiorati dal 2005 ad oggi, lo sfioro dell'impianto di depurazione di Merone può essere caratterizzato da due tipologie di eventi di scolmo (CSO) diversi:

- Evento A: breve durata (non più di 2 giorni), dopo periodo secco, rapida picco e discesa, tipico da Giugno ad Ottobre

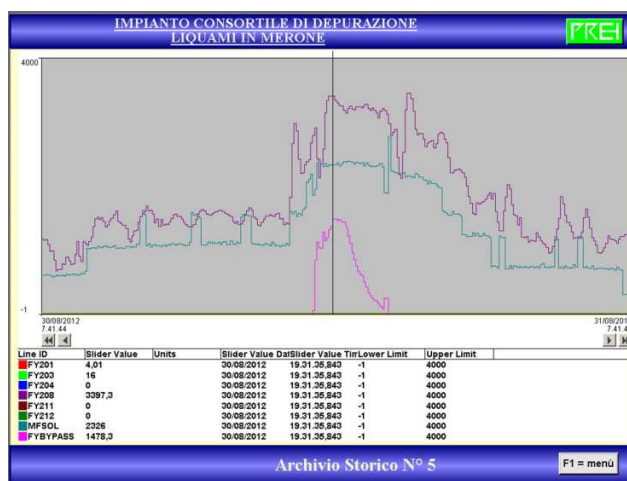


Figura 4 - evento tipo A, figurante le portate in ingresso al depuratore e scolmate (linea verde e magenta, rispettivamente)

- Evento B: lunga durata (quasi continuo), tipico da Novembre a Maggio (si veda Fig.2).

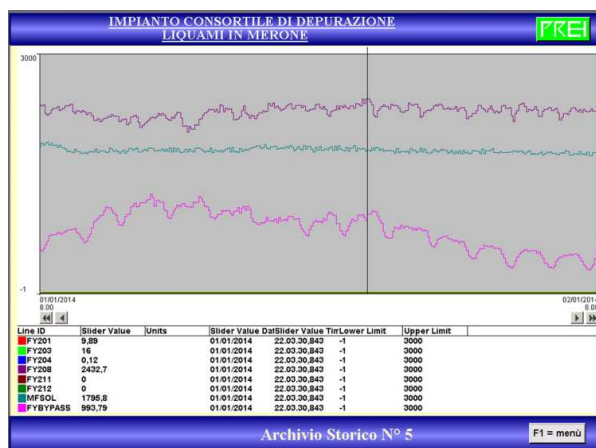


Figura 5: evento tipo B, figurante le portate in ingresso al depuratore e scolmate (linea verde e magenta, rispettivamente)

Lo scopo di questo studio è di caratterizzare gli eventi CSO di Merone in termini di numero di eventi e qualità del refluo, prendendo in considerazione le differenze tra eventi A e B e il futuro miglioramento dell'impianto di Merone (aumento della portata trattabile).

1.5.2.1 Suddivisione eventi A e B

Per la suddivisione degli eventi tra A e B si sono usati i dati di scolmo giornaliero dall'impianto di Merone dal 2006 al 2013. I criteri per la suddivisione tra eventi sono i seguenti:

- Evento A: tempo secco (DP) maggiore di 1 giorno, 2 giorni massimi di scolmo successivi;
- Evento B: tutti gli altri.

Come si vede dalle figure seguenti, la maggioranza degli eventi di scolmo sono catalogabili come B.

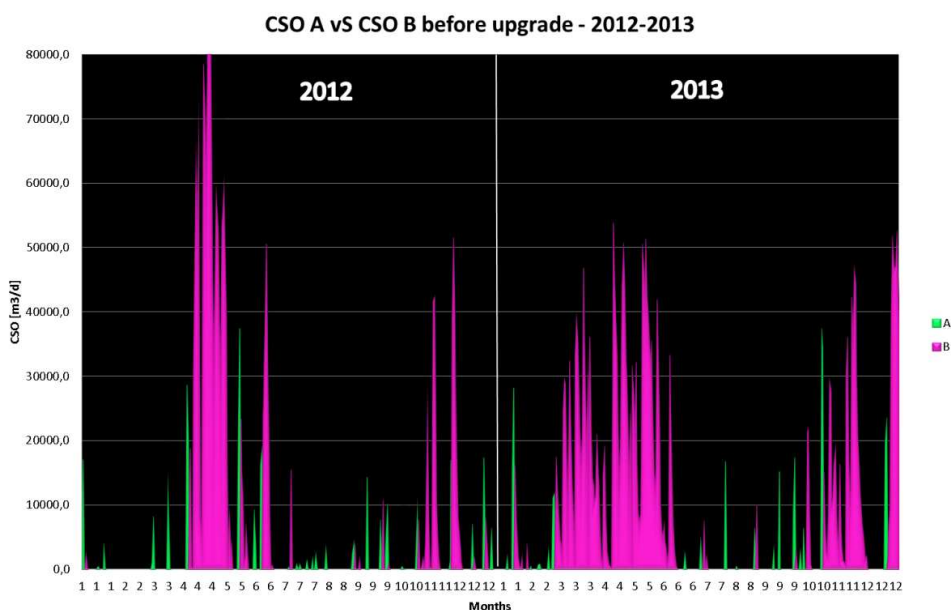


Figura 6: Eventi di scolmo per gli anni 2012 e 2013, suddivisi tra eventi A e B (verde e magenta, rispettivamente).

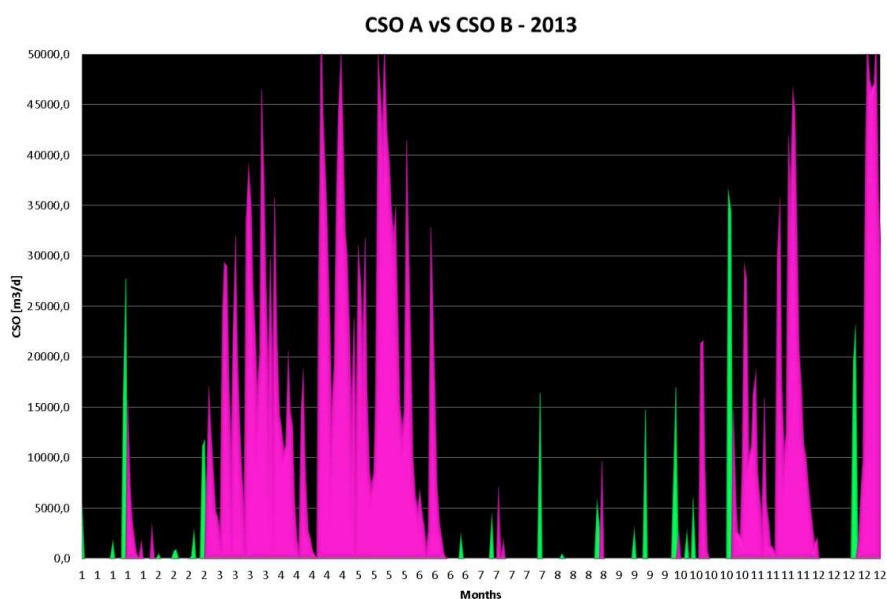


Figura 7: Eventi di scolmo per l'anno 2013, suddivisi tra eventi A e B (verde e magenta, rispettivamente).

La suddivisione tra eventi A e B permette di caratterizzare meglio gli eventi CSO a cui sarà soggetto il futuro impianto di fitodepurazione, come riassunto in Tab.1.

	Tutti	Eventi A	Eventi B
Media [m3/d]	14272	8982	16144
Dev. Standard [m3/d]		9614	14915
Minimo [m3/d]	9	9	10
Massimo [m3/d]	98660	42020	98660
80° percentile [m3/d]		16330	30104
N° eventi medi annui	155	40	115

Tabella 5: Statistiche relative a tutti gli eventi di scolmo, e ai solo eventi A e B.

La portata scolmata media per evento A è inferiore del -37% e del -44% rispetto a quella di tutti gli eventi e all'evento B, rispettivamente. Inoltre, il numero di eventi A è inferiore del -74% e del -65% rispetto a tutti gli eventi e all'evento B, rispettivamente. Questi dati confermano come la suddivisione degli eventi in due categorie differenti sia necessaria per evitare una sovrastima del dimensionamento dell'impianto di fitodepurazione, che avverrebbe qualora si decidesse di considerare tutti gli eventi CSO come di tipo A.

1.5.2.2 Caratterizzazione della qualità del refluo per eventi A e B

Appurato nel paragrafo precedente che la suddivisione tra eventi A e B comporta una non trascurabile differenziazione in termini di volumi da trattare, in questo capitolo si procede con il tentativo di caratterizzare le diverse qualità del refluo per diverse tipologie di scolmo.

Per la caratterizzazione della qualità del refluo scolmato dall'impianto di trattamento di Merone si hanno a disposizione due diversi tipi di set di dati (COD, BOD5, TN, NH4+, NO3-):

- 23 campioni di qualità delle acque di scolmo presi tra il 2012 e il 2013;
- Dati di qualità del refluo in ingresso al depuratore dal 2012 al 2013 su scala quasi giornaliera.

In prima battuta si è cercato di capire se si potessero usare i dati in ingresso al depuratore come dati caratterizzanti anche la qualità dei CSO. Si è quindi stimato l'errore percentuale (PE) tra i valori campionati e i valori in ingresso all'impianto, cercando di correlarli col DP dell'evento. Purtroppo lo scarso numero di dati non ha portato a risultati statisticamente significativi. A titolo di esempio, si riporta in figura seguente il PE tra i valori di COD dei campioni di scolmo e del refluo in ingresso all'impianto correlato col DP; la mancanza di un chiaro andamento crescente (maggiore DP, maggiore carico inquinante atteso) evidenzia lo scarso numero di dati a disposizione.

Anche la suddivisione dei campioni di scolmo tra eventi A e B non comporta un miglioramento significativo in termini di PE, i quali rimangono eccessivamente alti (sopra il 50%) per consentire un ampliamento dei dati di qualità del refluo scolmato coi dati di qualità refluo in ingresso all'impianto.

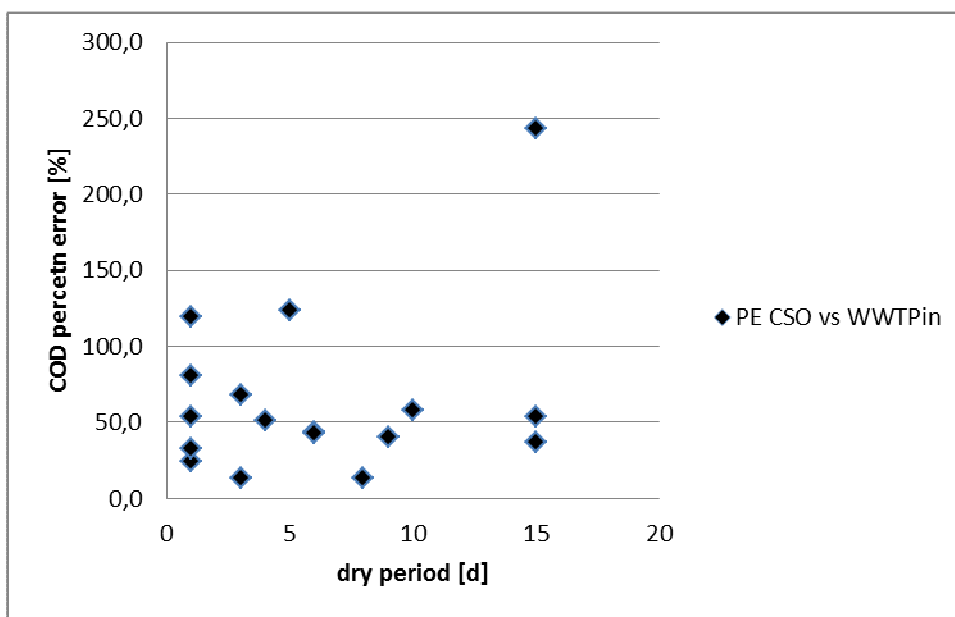


Figura 8: Correlazione tra errore percentuale sul COD tra campioni di refluo scolmato e in ingresso all'impianto di trattamento, e tempo secco.

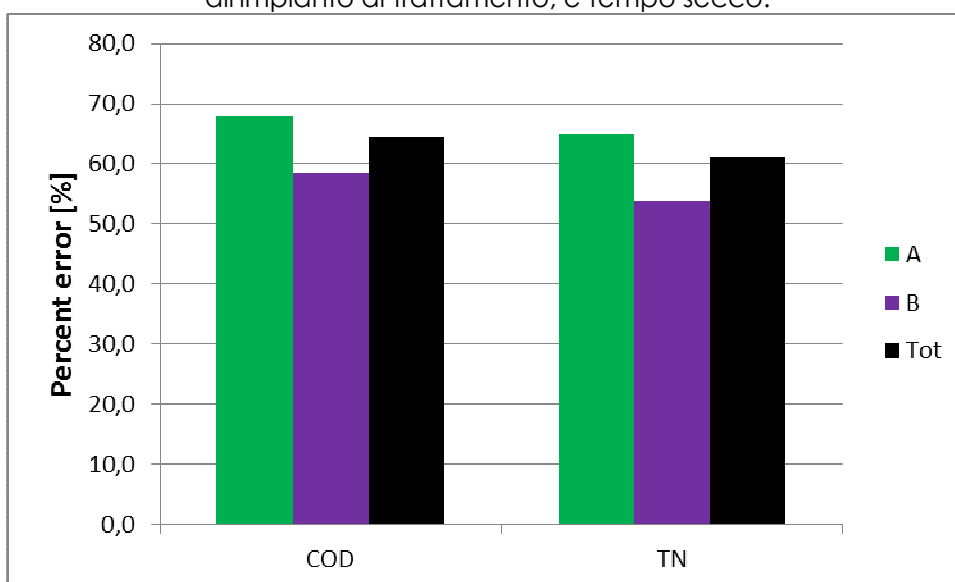


Figura 9: Errore percentuale sul COD e sul TN tra campioni scolmati e in ingresso al depuratore, per le differenti categorie di eventi: A (verde), B (viola) e tutti (nero).

Si è deciso, quindi, di studiare la differenza di carico inquinante del refluo di scolmo tra eventi A e B basandosi solo sui 23 campioni di CSO. L'analisi ha confermato l'ipotesi di maggior carico inquinante dell'evento A dall'evento B in termini di carico organico e solidi sospesi (SS), mentre il carico di azoto non varia significativamente, come mostrato dai valori medi e dal valore al 80° percentile, riportati nelle figure seguenti.

Nella tabella successiva, le statistiche sui carichi organici e SS inquinanti (i valori di azoto sono stati omessi data la bassa variabilità) per i diversi eventi, calcolate dai 23 campioni di refluo scolmato, vengono riassunte.

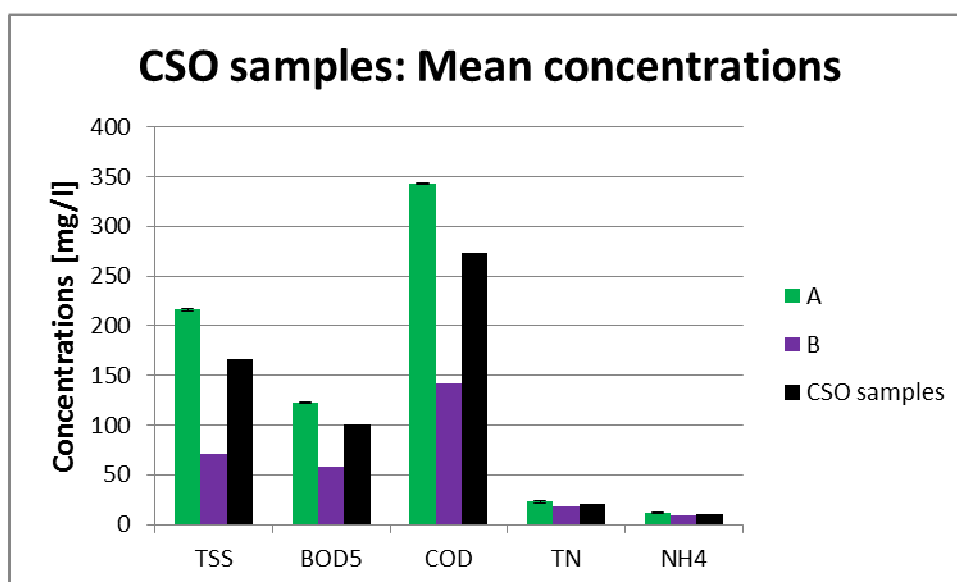


Figura 10: Concentrazioni medie dei diversi fattori inquinanti, calcolate sulla base dei 23 campioni di refluo scolmato, per diverse tipologie di evento: A (verde), B (viola) e tutti (nero).

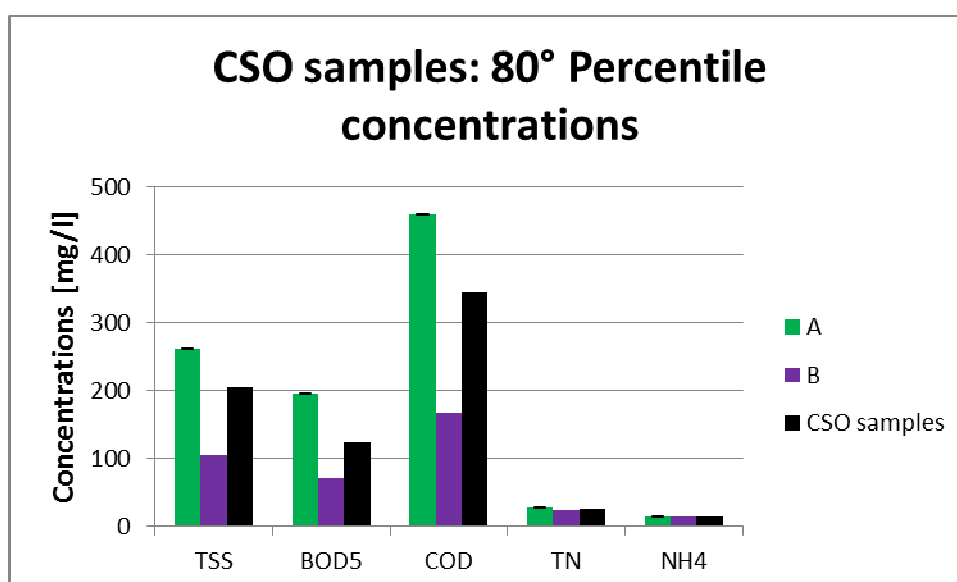


Figura 11: Valori di concentrazione all'80° percentile dei diversi fattori inquinanti, calcolate sulla base dei 23 campioni di refluo scolmato, per diverse tipologie di evento: A (verde), B (viola) e tutti (nero).

	TSS [mg/l]			BOD5 [mg/l]			COD [mg/l]		
	A	B	Tutti	A	B	Tutti	A	B	Tutti
Media	216	71	166	122	59	100	343	141	273
Dev. Standard	145	35	137	66	23	62	183	41	177
Minimo	90	20	20	45	21	21	149	58	58
Massimo	544	120	544	260	98	260	803	194	803
80° percentile	262	104	204	196	71	124	460	167	344

Tabella 5: Statistica sulla qualità del refluo stimato dai 23 campioni di refluo scolmato, per diversi eventi: A (verde), B (viola) e tutti (nero).

I dati ottenuti dall'analisi dei campioni scolmati confermano la necessità di dividere le tipologie di eventi anche dal punto di vista di carico inquinante. Per confermare il minor carico inquinante degli eventi B, si sono analizzati i campioni in ingresso all'impianto di

trattamento differenziati tra eventi A e B, per i soli inquinanti organici e SS, dato il minore impatto dell'azoto. L'analisi conferma il più alto carico inquinante legato agli eventi A, come mostrato nelle figure successive (concentrazioni medie e 80° percentile, rispettivamente).

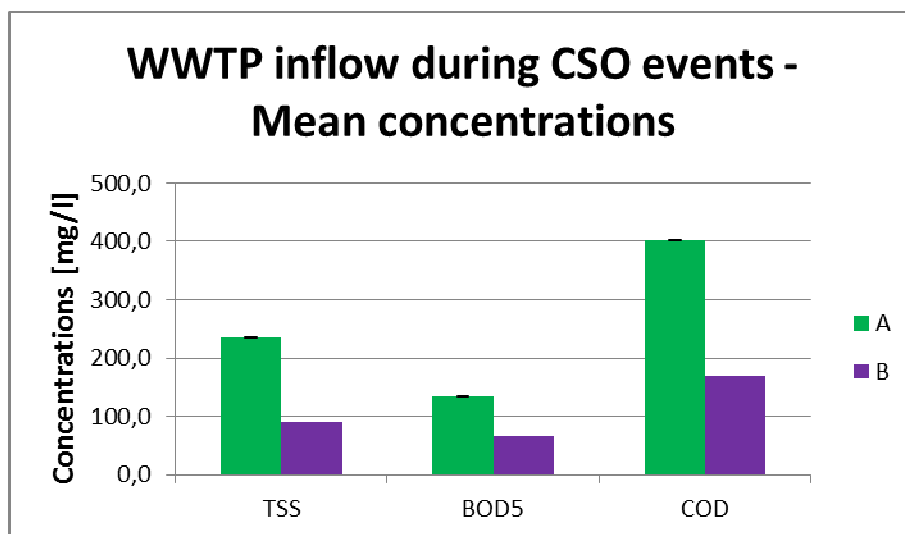


Figura 12: Valori medi di qualità refluo in ingresso al depuratore durante eventi di scolmo di tipo A (verde) e B (viola).

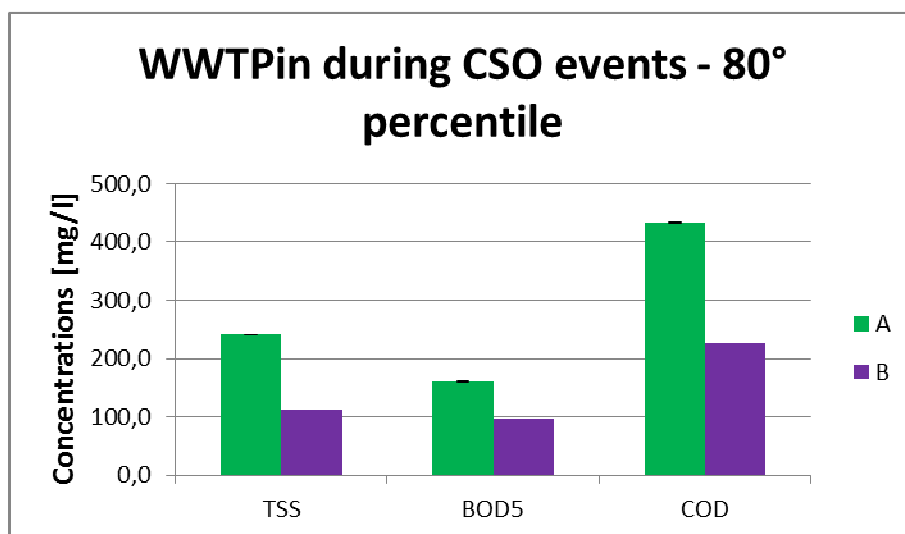


Figura 13: 80° percentile dei valori di qualità refluo in ingresso al depuratore durante eventi di tipo A (verde) e B (viola).

Inerente ai soli eventi di tipo B, si è inoltre analizzata la qualità del refluo in ingresso all'impianto per gli eventi B con giorni di colmo superiori ai 3 e ai 15 giorni. Il confronto tra i valori medi di questi ultimi, i valori medi di qualità inerenti a tutti gli eventi B e a quelli stimati per gli eventi B dai campioni di scolmo è riportato in Fig. 11, mostrando i seguenti interessanti risultati:

- (i) considerando tutti gli eventi, la qualità del refluo in ingresso all'impianto è peggiore, sintomo che i primi 3 giorni di scolmo comportano ancora un dilavamento delle fognature;
- (ii) escludendo gli eventi con giorni consecutivi di scolmo inferiori a 3, i valori di qualità in ingresso all'impianto sono in linea con quelli stimati allo scolmo; (iii) la qualità in ingresso all'impianto non cambia considerevolmente dopo 15 giorni di scolmo, sintomo di un completo dilavamento della fognatura.

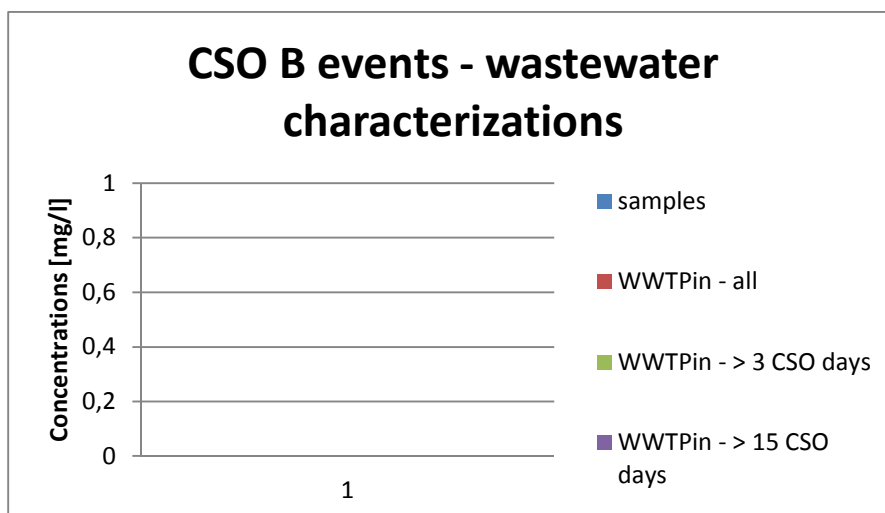


Figura 14: Confronto tra la qualità media del refluo scolmato per gli eventi B (blu) e la qualità media del refluo in ingresso all'impianto per tutti gli eventi B (rosso), dopo 3 giorni di scolmo (verde) e dopo 15 giorni di scolmo (viola).

1.5.2.3 Caratterizzazione idraulica evento di scolmo A

Gli eventi di scolmo di tipo A sono caratterizzati da alto carico inquinante, breve durata e alte portate massime. Essendo gli eventi più impattanti per quanto riguarda l'impatto sul fiume Lambro, in quanto oltretutto accadono con maggiore probabilità nei periodi in cui le portate del Lambro si abbassano, assimilabili come eventi di prima pioggia, una loro maggiore caratterizzazione idraulica è richiesta.

In particolare, è necessario caratterizzarne la durata media per passare da una scala giornaliera a scala oraria. Tale passaggio è necessario per stimare quale quota degli eventi A verrà trattata grazie alla maggiore capacità di trattamento del depuratore, successiva ai lavori di potenziamento dello stesso. Si è, quindi, stimato dai grafici di scolmo su scala oraria (tipo Fig.1) inerenti agli eventi dal 2012 al 2013, le seguenti grandezze per gli eventi di tipo A:

- Portata massima oraria;
- Durata evento.

22 eventi catalogati come di tipo A sono stati analizzati, da cui le statistiche inerenti a durata, portata massima oraria, portata media giornaliera e rapporto tra portata massima e media sono riassunti in tabella seguente. La correlazione tra durata dell'evento e rapporto tra portata massima e portata media, riportata nella figura successiva, evidenzia come l'evento definito come A (2 giorni di scolmo consecutivi) includa eventi intermedi tra eventi di prima pioggia tipici (bassa durata, alto Q_{max}/Q_{med}) ed eventi B (alta durata, Q_{max}/Q_{med} vicino ad 1). Di conseguenza, gli eventi A scelti per il dimensionamento possono essere assunti come sufficientemente cautelativi.

	Durata [h]	Q max [m3/h]	Q med [m3/d]	Qmax/Qmed [-]
Media	9,2	1831	10805	9,1
Dev. Standard	7,2	650	10338	8,2
Minimo	1,0	266	420	1,2
Massimo	24,0	2922	36190	30,9
80° percentile	17,2	2351	15340	13,7

Tabella 5: Statistiche inerenti la caratterizzazione idraulica dell'evento di scolmo di tipo A

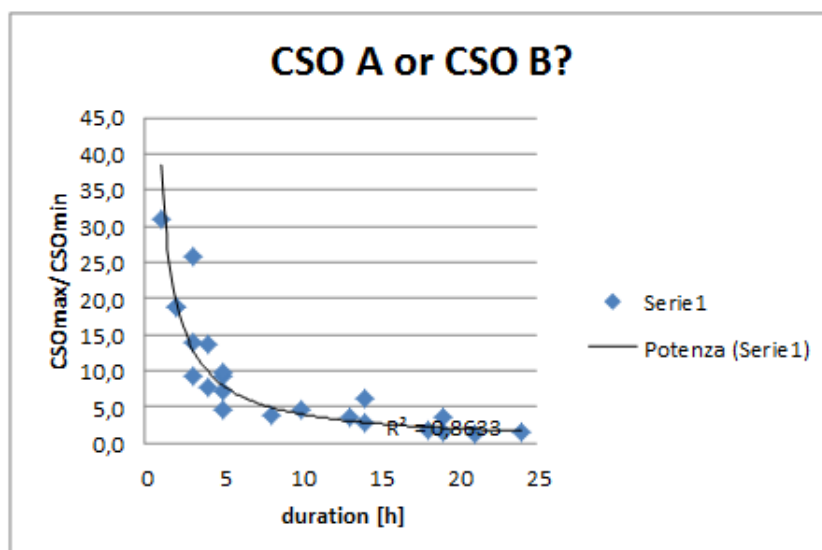


Figura 15: Correlazione tra la durata e il rapporto tra portata max e media per gli eventi di tipo A.

1.5.2.4 Suddivisione eventi A e B dopo il potenziamento del depuratore

La caratterizzazione idraulica degli eventi A svolta al capitolo precedente ha consentito di avere una stima della quota di eventi A che il futuro depuratore sarà in grado di trattare grazie al potenziamento previsto.

E' previsto un futuro potenziamento del depuratore in termini di volumi trattati. In seguito a tale potenziamento, il depuratore sarà in grado di trattare fino a 750 l/giorno per a.e., in linea con il Regolamento Regionale. La capacità del depuratore è di 125.000 a.e., di conseguenza l'impianto di depurazione dovrà ricevere fino a 3906 m³/h. Per la stima delle portate di progetto del sistema di fitodepurazione areato si sono mantenuti tutti i dati di scolmo a disposizione, dal 2006 al 2013, ma assumendo il potenziamento del depuratore. Nel dettaglio, si assumono come eventi di scolmo dopo il potenziamento del depuratore tutti gli eventi di scolmo registrati in passato di cui la portata massima oraria risulti maggiore della portata massima oraria in grado di essere trattata dal depuratore potenziato. Dato che i dati di scolmo dal 2006 al 2013 sono su scala giornaliera, le portate massime orarie sono state stimate assumendo una distribuzione delle portate nel tempo rettangolare, con diversi coefficienti di distribuzione nella giornata (24h/durata evento) funzione delle diverse tipologie portate, come segue:

- coefficiente evento A 8,3
- coefficiente evento B 1,5
- coefficiente portata max in ingresso impianto 1,5

Per il calcolo del coefficiente per l'evento A si è scelta come durata dell'evento il 20° percentile, stimato dalle analisi svolte al paragrafo precedente. Per gli eventi B e per le portate in ingresso all'impianto, si è scelto un valore cautelativo (tipicamente gli eventi B durano almeno un giorno intero, a cui corrisponderebbe un coefficiente pari a 1).

Si è potuto, quindi, avere una stima della quota di eventi A che il futuro depuratore sarà in grado di trattare grazie al potenziamento previsto. Inoltre, la migliore capacità di trattamento del depuratore permetterà di trattare anche una maggiore quantità di eventi di tipo B. Le statistiche inerenti al numero di eventi e alle portate convogliate, per eventi A e B, prima e dopo il potenziamento sono riassunte nella tabella successiva, da

cui è evidente il miglioramento dovuto al potenziamento dell'impianto di trattamento in termini di un minor numero di eventi di scolmo.

	Prima del potenziamento		Dopo potenziamento	
	Evento A	Evento B	Evento A	Evento B
Media [m3/d]	8982	16144	11395	18137
Dev. Stan. [m3/d]	9614	14915	10010	14318
Min [m3/d]	9	10	17	5
Max [m3/d]	42020	98660	40772	80311
80° Perc.[m3/d]	16330	30104	21300	26951
n° eventi med.	40	115	25	62

Tabella 5: Statistiche sugli eventi di scolmo prima e dopo il potenziamento del depuratore.

1.5.2.5 Conclusioni

Sulla base di tale elaborazione si sono così classificati gli eventi di tipo A e B.

Eventi tipo A: dopo diversi giorni di tempo secco, non più di 2 giorni, picco rapido e decrescita successiva, alta concentrazione di inquinanti dovuta soprattutto all'effetto di dilavamento della fognatura, tipici nel periodo Giugno-Ottobre.

Media giornaliera: 11.400 m3/g (80°PERC: 21.300 m3/day), 25 eventi, 285.000 m3/anno

Parametri di qualità:

Media: COD 350 mg/l TSS 220 mg/l NH4 11 mg/l

80°perc: COD 450 mg/l TSS 250 mg/l NH4 15 mg/l

Eventi tipo B: brevi periodi di tempo secco (2-3 gg), spesso continui per diversi giorni, alta diluizione, tipici dei mesi da Novembre a Maggio.

Media giornaliera: 18.100 m3/g (80°PERC: 27.000 m3/g), 62 eventi, 1.115.000 m3/anno

Media: COD 140 mg/l TSS 70 mg/l NH4 9 mg/l

80°perc: COD 165 mg/l TSS 105 mg/l NH4 15 mg/l

Nei dimensionamenti, per i parametri di qualità si assumeranno cautelativamente i valori dati dall'80°percentile.

Assumendo le concentrazioni medie ridotte del 15% per tenere conto dell'influenza degli eventi più intensi caratterizzati da concentrazioni minori, moltiplicate per il carico volumetrico annuo, si ottiene il **carico inquinante dovuto allo sfioratore dopo l'upgrading, pari a 135 t/anno per gli eventi di tipo B e 85 t/anno per gli eventi di tipo A, per un totale di 220 tCOD/anno**

Data la limitata area, non è possibile trattare tutti i volumi d'acqua forniti dagli eventi di scolmo e dal punto di vista degli obiettivi ambientali da raggiungere potrebbe avere anche poco senso, come già sottolineato. Si è deciso, quindi, di trattare solo le prime parti degli eventi (caratterizzati da un maggiore carico inquinante), differenziati tra eventi A ed eventi B, come segue:

- **evento A: portata massima 1430 m3/h, per un massimo di 3,5 ore/giorno (5000 m3/giorno – 98.000 m3/anno - 44 tCOD/anno)**
- **evento B: portata massima 715 m3/h, per un massimo di 12,5 ore/giorno**

(9000 m³/giorno – 466.000 m³/anno - 77 tCOD/anno)

In tal modo si riesce ad intercettare 564.000 m³/anno (40% del totale stimato dopo l'upgrading) e un carico di COD pari a 121 t/anno, che possono essere sottoposti a trattamento secondario.

I trattamenti preliminari invece potrebbero funzionare in continuo sull'intera portata sollevata, e quindi per portate inferiori a 1430 m³/h, per una capacità annuale di circa 1.400.000 m³/anno e 256 tCOD/anno. Supponendo un rendimento di tali pre-trattamenti pari al 20%, si riesce ad intercettare ulteriori 27 tCOD/anno.

Con tale strategia quindi, assumendo un rendimento del 95% del sistema di depurazione per acque di sfioro, il carico rimosso di COD sarebbe pari a 141 tCOD/anno, pari al 64% del carico generato.

1.5.3 Criteri di scelta dell'area di ubicazione dell'impianto

I criteri generali adottati per la scelta del posizionamento dell'impianto sono i seguenti:

- localizzazione dello sfioratore;
- proprietà dell'area; l'area è di proprietà di A.s.i.l.
- usi attuali e futuri dell'area;
- riduzione del rischio idraulico;
- caratteristiche geologiche e idrogeologiche;
- caratteristiche ambientali in generale.

Il sito per l'ubicazione dell'impianto è stato individuato in accordo con la Committenza e con l'ente gestore della depurazione.

1.5.4 Descrizione sommaria dell'intervento

Il sistema di trattamento prevede il seguente schema:

- stazione di sollevamento, necessaria per realizzare i pre-trattamenti ad una quota di maggiore sicurezza e per l'attraversamento della tubazione di scarico del depuratore senza ricorrere a sifoni; portata massima 1430 m³/h;
- grigliatura medio-fine (maglia 6 mm) delle acque di pioggia mediante due filtro-coclea di capacità massima 200 l/s in parallelo installate su due canali in cemento armato, oltre ad un canale di emergenza provvisto di griglia manuale; ogni canale è selezionabile a mezzo di paratoie manuali;
- Dissabbiatura mediante n°2 dissabbiatori longitudinali aerati in parallelo dimensionati su 200 l/s cadauno, muniti di coclee per l'estrazione, la disidratazione e la compattazione delle sabbie;
- Stazione di sollevamento delle acque di prima pioggia (munita di 4 pompe da 100 l/s ognuna con mandata separata e collegata ad un bacino di fitodepurazione, Qmax 400 l/s) per alimentazione del sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale aerato;
- sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale aerato, modificato per acque di pioggia, di estensione pari a 4000 m² e suddiviso in due bacini da 2000 m², a sua volta suddivisi in due settori da 1000 m²;
- sistema di fitodepurazione a flusso libero da 1500 m² avente anche la funzione di favorire l'inserimento paesaggistico e la creazione di biotopi umidi ad elevata biodiversità, collegabile ai percorsi di fruizione della zona.

Sono inoltre previsti nel progetto:

- messa in sicurezza idraulica e controllo dell'erosione della sponda dx del Lambro lungo l'area di intervento, mediante opere di ingegneria naturalistica quali scogliere rinverdate, mantellate o palizzate vive;
- messa in sicurezza idraulica e controllo dell'erosione del nuovo argine a protezione delle vasche di filtrazione, mediante scogliere, nei tratti maggiormente sottoposti a sollecitazione;
- opere di ripulitura, riqualificazione e potenziamento della fascia ripariale mediante inserimento di specie idonee, con l'obiettivo anche di compensare le superfici di bosco interessate dai lavori, e mediante la creazione di un bosco didattico;
- locale tecnico per ospitare quadri di trasformazione da media a bassa tensione, quadri elettrici, interfaccia di controllo PLC;
- tettoia di copertura compressori e quadri elettrici locali sistema aerato.
- installazione campionatori automatici e misuratori di portata in uscita (in ingresso sono già presenti sullo sfioro principale, mentre quanto viene pompato ai trattamenti preliminari e all'impianto di fitodepurazione viene contabilizzato dal PLC)
- bacheche didattiche educative;
- percorsi pedonali in terra battuta e/o ghiaia per consentire la fruizione dell'area.

1.5.5 Inquadramento territoriale, caratteristiche del sito e vincoli

1.5.5.1 Inquadramento geografico

Gli interventi previsti dal seguente progetto sono situati nei comuni di Merone, in provincia di Como, e nel comune di Costa Masnaga in provincia di Lecco. In questo territorio scorre il Fiume Lambro che, dopo l'uscita dal lago di Pusiano e l'immissione dell'emissario del Lago di Alserio, scorre lungo tutta la Brianza assumendo un andamento tortuoso ai piedi delle colline moreniche tipiche del paesaggio brianzolo.

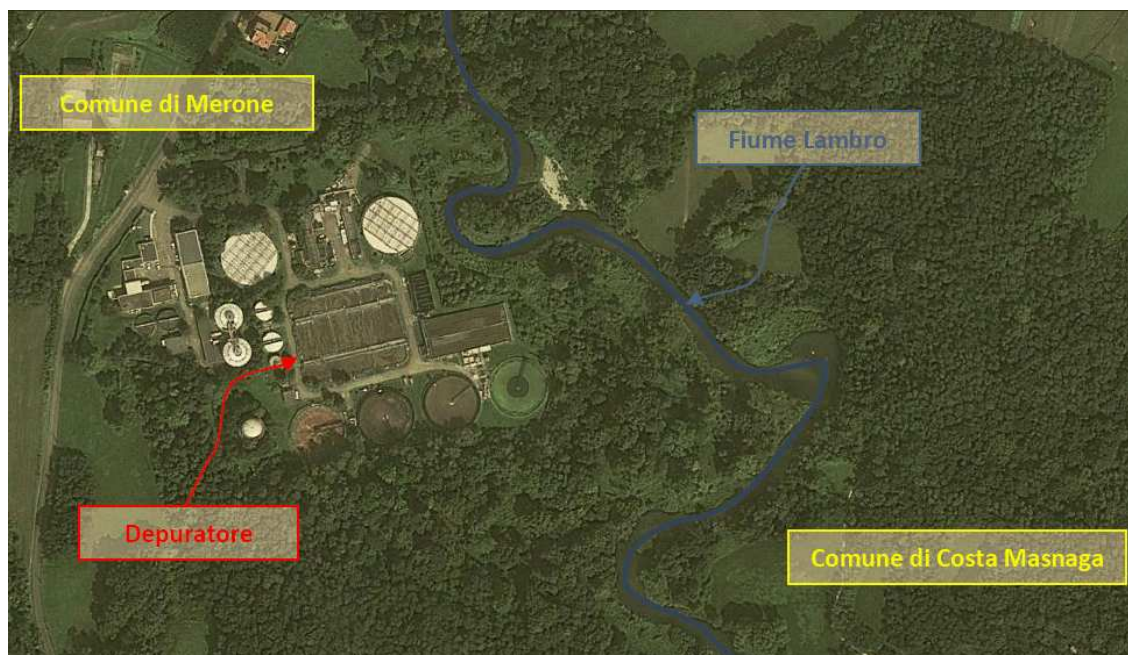


Figura 16 – Inquadramento territoriale dell'area

L'area è compresa tra il fiume Lambro ed il confine del depuratore esistente, posto sulla sponda destra, che sversa nel fiume Lambro sia le acque provenienti dallo scaricatore ordinario, sia le acque di sfioro dello scaricatore di testa del depuratore.

Il fiume Lambro in questo tratto ha un andamento abbastanza sinuoso e la naturalità dell'area ha permesso la meandricazione e la creazione di lanche, aree umide naturali e fasce boscate lungo le sponde fluviali. In questo tratto il Lambro presenta alveo e sponde naturali caratterizzate da una ricca vegetazione riparia spontanea rappresentata da specie autoctone e alloctone.

Sulla sponda destra è presente il depuratore di Merone che sversa nel fiume Lambro sia le acque provenienti dallo scaricatore ordinario, sia le acque di sfioro dello scaricatore di testa del depuratore.

1.5.5.2 Inquadramento catastale

Sono state raccolte le mappe catastali del Comune di Merone e Costa Masnaga al fine di definire le proprietà delle aree in cui ricade il presente progetto (tavola 1.2). tutte le aree risultano già di proprietà di A.S.I.L. S.p.A.

Le particelle interessate dal sistema di fitodepurazione sono le seguenti:

particelle 243 e 250 Foglio 9 del Comune di Merone.

Solo un piccolissimo tratto del canale di restituzione finale ricade nel territorio del Comune di **Costa Masnaga**, nella **particella 365 foglio 2**.

1.5.5.3 Vincoli e prescrizioni

Gli interventi previsti dal progetto devono rispettare i vincoli di:

- PTCP della provincia di Lecco per il Comune di Costa Masnaga
- PTCP della provincia di Como per il Comune di Merone
- PTC Parco Valle Lambro
- PGT Comune di Merone
- PGT Comune di Costa Masnaga
- PAI Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Dall'estratto della tavola dei valori paesistici e ambientali del PTCP di Lecco, si osserva come, nell'area di pertinenza progettuale non si rileva alcun valore paesistico di rilievo, eccettuato aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 art.142 lungo il confine del Lambro.

Secondo il PTCP di Como invece si può osservare che:

- dall'estratto della tavola di sintesi di piano, si osserva come le aree interessate dagli interventi si trovino all'interno degli elementi costitutivi fondamentali della rete ecologica; Le Norme Tecniche di Attuazione del Piano relative al Sistema Paesistico-Ambientale (articoli da 10 a 31) art. 17 ribadisce l'importanza della "conservazione e riqualificazione degli habitat ripariali e delle zone umide"
- dall'estratto della tavola di sintesi del paesaggio del PTCP si osserva come le aree interessate dagli interventi si trovino all'interno di aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 e della L.R. 86/1983 e delle Direttive Comunitarie 92/43/CEE e 79/409/CEE;
- dall'estratto della tavola delle aree protette del PTCP si osserva come le aree interessate dagli interventi si trovino all'interno dell'area parco

Dall'estratto dal Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) del Parco Valle Lambro si osserva come le aree interessate dall'intervento all'interno del sistema delle aree fluviali e lacustri.

Dall'esame del PGT del Comune di Merone (tavola 1.2) ed in particolare della tavola dei vincoli si rileva che:

- le aree interessate dagli interventi ricadano per lo più all'interno di un'area ad ambito di tutela ambientale (art. 36 Dgr n°VII/3851 del 16/03/2001) all'interno delle aree protette del Parco Regionale (Lr. 86/83);
- Insistono in parte delle aree le fasce di rispetto principale e secondaria del Fiume Lambro, secondo quanto stabilito dalle fasce PAI;
- l'area ricade in parte anche all'interno di un'area boscata (D.Lgs. 42/2004 art.142 comma 1 lettera g), come evidente anche dal Piano delle Regole, Tavola 4.

Le stesse evidenze emergono dall'analisi del PGT del Comune di Masnaga, in particolare in merito a fasce di rispetto fluviali e area boscata.

La legge regionale che disciplina e regola le trasformazioni degli ambiti boscati è la d.g.r. 675/2005 e s.m.i.

Un approfondimento merita di essere fatto sulle fasce di protezione PAI e sugli altri vincoli relativi al Fiume Lambro.

Ai sensi del Dlgs 42/04 (Codice dei beni culturali e del paesaggio) sono tutelati fino all'approvazione del piano paesaggistico ai sensi art. 156 del medesimo D.Lgs i corsi d'acqua; secondo la Sentenza del Consiglio di Stato, Sez. VI 4 febbraio 2002 n. 657, su tutte le acque con denominazione "fiume" o "torrente", indipendentemente dalla loro iscrizione nell'elenco delle acque pubbliche previsto dal R.D. 11 dicembre 1933 n. 1775, e quindi in modo particolare sul Fiume Lambro, vige un vincolo paesistico, comprensivo dell'alveo e delle sponde per una fascia di 150 m ai sensi del Dlgs. 42 del 22/01/2004, art 142 (già D.Lgs 490/99 art. 146 e L.431/1985, art.1, lett c).

Lungo il corso del Lambro, nel territorio di Merone, sono vigenti i vincoli definiti dalle Fasce Fluviali definite nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dalla Autorità di Bacino del Po con d.p.c.m. 24 maggio 2001. Con successivo atto (d.p.c.m. 10 dicembre 2004) il Piano è stato rivisto ed è stata approvata una Variante relativa al "Fiume Lambro nel tratto dal Lago di Pusiano alla confluenza con il Deviatore Redefossi".

I criteri di definizione delle Fasce sono stabiliti dalle norme d'attuazione e possono essere descritti nel modo seguente:

- Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'Allegato 3 facente parte integrante delle Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.
- Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'Allegato 3. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno

definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del piano stralcio delle fasce fluviali, per il tracciato di cui si tratta.

- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

Gli interventi consentiti in fascia A e B sono riassunti dall'art 29 e 30 delle NTA; nelle fasce B sono consentiti interventi di ampliamento di impianti di depurazione se questi sono compatibili con i livelli idrici del fiume e se non comportano interferenze con la falda, con le opere di difesa esistenti e con la capacità di drenaggio dell'area stessa.

Il Piano inoltre introduce un segno grafico denominato "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", che sta ad indicare l'esistenza di opere idrauliche programmate per la difesa del territorio (art. 28 NTA PAI). I territori ricadenti in Fascia C e delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" sono soggetti a valutazione del rischio idraulico ai sensi dell'art. 31, comma 5 delle NTA del PAI, in assenza della quale i Comuni sono tenuti ad applicare le norme di fascia B.

A tale scopo, in sede di progettazione definitiva, è stata elaborata apposita relazione idraulica che evidenzia come gli interventi in progetto sono compatibili con il rischio idraulico generato dal Fiume Lambro.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, le opere idrauliche esistenti sul territorio, le competenze sui tratti della rete, ecc., vigono le norme del R.D. 25 luglio 1904 n. 523 (Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie).

In particolare si richiede, ai sensi dell'art.96 del decreto 523, la definizione di una Fascia di rispetto di 10 m su tutti i corsi d'acqua e su ciascun lato degli stessi; in questa fascia sono vietate (lettera f dell'art 96):

"le piantagioni di alberi e di siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimenti del terreno e di metri dieci per le fabbriche e gli scavi".

Più in generale secondo l'art. 168, legge 20 marzo 1985, n. 2248, allegato F:

"Sono lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti:

- a) La formazione di pescaie, chiuse, petraie ed altre opere per l'esercizio della pesca, con le quali si alterasse il corso naturale delle acque. Sono eccettuate da questa disposizione le consuetudini per l'esercizio di legittime ed innocue concessioni della pesca, quando in esse si osservino le cautele od imposte negli atti delle dette concessioni, o già prescritte dall'autorità competente, o che questa potesse trovare conveniente di prescrivere;
- b) Le piantagioni che s'inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringerne la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque;
- c) Lo sradicamento o l'abbruciamento dei ceppi degli alberi che sostengono le ripe dei fiumi e dei torrenti per una distanza orizzontale non minore di nove metri dalla linea a cui arrivano le acque ordinarie. Per i rivi, canali e scolatori pubblici la stessa proibizione è limitata ai piante menti aderenti alle sponde;
- d) La piantagione sulle alluvioni delle sponde dei fiumi e torrenti e loro isole a distanza dalla opposta sponda minore di quella nelle rispettive località stabilita, o determinata dal prefetto, sentite le amministrazioni dei comuni interessati e l'ufficio del genio civile;
- e) Le piantagioni di qualunque sorta di alberi ed arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini, loro banche e sotto banche lungo i fiumi, torrenti e canali navigabili;

- f) Le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi;
- g) Qualunque opera o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso, a cui sono destinati gli argini e loro accessori come sopra, e manufatti attinenti;
- h) Le variazioni ed alterazioni ai ripari di difesa delle sponde dei fiumi, torrenti, rivi, canali e scolatori pubblici tanto arginati come non arginati, e ad ogni altra sorta di manufatti attinenti;
- i) Il pascolo e la permanenza dei bestiami sui ripari, sugli argini e loro dipendenze, nonché sulle sponde, scarpe e banchine dei pubblici canali e loro accessori;
- k) L'apertura di cavi, fontanili e simili a distanza dai fiumi, torrenti e canali pubblici minore di quella voluta dai regolamenti e consuetudini locali, o di quella che dall'autorità amministrativa provinciale sia riconosciuta necessaria per evitare il pericolo di diversioni e indebite sottrazioni di acque;
- l) Qualunque opera nell'alveo o contro le sponde dei fiumi o canali navigabili, o sulle vie alzaie, che possa nuocere alla libertà ed alla sicurezza della navigazione ed all'esercizio dei porti natanti e ponti di barche;
- m) I lavori od atti non autorizzati con cui si venissero a ritardare od impedire le operazioni del trasporto dei legnami a galla ai legittimi concessionari.
- n) Lo stabilimento di molini natanti."

In sostanza è possibile prevedere interventi di ingegneria naturalistica e quindi piantumare le sponde al di sotto del piano campagna, mentre sugli argini fuori terra e nei 4 metri al piede di questi non è possibile effettuare alcuna piantumazione, al di fuori dell'inerbimento.

1.5.5.4 Indicazioni geotecniche, geologiche ed idrogeologiche

Di seguito vengono riassunti i principali aspetti litostratigrafici, geomorfologici, geotecnici ed idrogeologici dell'area al fine di verificare l'eventuale presenza di problematiche di natura geologica da considerare nella progettazione delle nuove opere. Maggiori dettagli sono inclusi nella relazione geologica allegata al presente progetto e realizzata dallo Studio Frati.

· Frane e dissesti

Il problema di instabilità di versante sussiste qualora esistano dei dislivelli in grado di innescare dei movimenti di terreno. Nel caso in esame il sito di intervento è caratterizzato da un assetto morfologico subpianeggiante in corrispondenza del quale è possibile escludere potenziali fenomeni di dissesto attivi o quiescenti.

· Acque sotterranee

Per quanto riguarda l'area in esame, il livello idrico è connesso al F. Lambro. Le indagini realizzate in passato all'interno del depuratore (area mediamente a quote più elevate di quella di intervento) hanno indicato tutte presenza di acqua a profondità variabile ma mediamente tra -0,5 e -1,5 m da p.c. e con valori massimi di circa -3 m.

Le indagini realizzate per il Progetto in esame concordano sostanzialmente con quanto già evidenziato; le misure freaticometriche hanno infatti individuato acqua a quote medie di -2/-2,2 m da p.c. nei sondaggi S1 e S2 e di -1,2/-1,4 m da p.c. negli altri sondaggi. La campagna realizzata in Febbraio 2015 ha evidenziato leggere variazioni del livello della

falda rispetto ai sondaggi eseguiti in fase di progettazione definitiva, con innalzamenti di circa 10-15 cm, come ben dettagliato nella relazione geologica esecutiva.

Le soggiacenze maggiori si osservano nella zona a ridosso dell'impianto esistente, cioè in corrispondenza dei sondaggi S1 e S2, e sono via via minori avvicinandosi al Lambro dove il gradiente della falda è estremamente ridotto e quindi il livello idrico risulta circa coincidente con il livello dell'acqua nel fiume stesso.

· Indagini realizzate

Le indagini geognostiche volte alla ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo e alla caratterizzazione fisico-chimica preliminare dei terreni sono consistite in 6 sondaggi a carotaggio continuo (lunghezza 5 m) con posa di piezometri, esecuzione di prove di permeabilità e prelievo campioni (sottoposti ad analisi granulometrica e analisi chimica.)

In linea generale i sondaggi hanno messo in luce una situazione stratigrafica (tipica dell'ambiente deposizionale in esame) molto disomogenea sia in senso verticale che orizzontale. Si osserva infatti un alternarsi di lenti/orizzonti intercalati tra di loro a differente granulometria: si passa da limi argillosi (con frazione fine di limo+argilla >90%) a ghiaie con sabbie (con frazione fine di limo+argilla <10%) passando per miscele di differenti percentuali granulometriche.

In ogni sondaggio è stato prelevato un campione (a profondità non superiori a 2); essi sono stati sottoposti ad analisi chimica (set DM 10 agosto 2012 n. 161).

I risultati delle analisi chimiche condotte evidenziano come tutti i parametri ricercati presentino una concentrazione al di sotto dei limiti imposti per aree a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A). Dato che il progetto prevede il totale riutilizzo delle terre escavate all'interno del cantiere, non essendo state evidenziate problematiche relative all'inquinamento dei suoli, non è da prevedere alcuna comunicazione ai sensi della legislazione vigente in materia di terre da scavo.

· Indicazioni sulle opere in progetto

Per quanto riguarda le "opere civili" la situazione più gravosa si avrà in corrispondenza della stazione di sollevamento iniziale. La notevole altezza degli sbancamenti, unitamente alla natura dei terreni interessati dagli stessi (alternanze di terreni grossolani e fini) ed alla logistica dei luoghi (presenza di numerose strutture limitrofe e adiacenti) non permettono di prevedere l'esecuzione scavi liberi. Dovranno quindi essere realizzate opere preventive di sostegno scavi che andranno adeguatamente progettate e dimensionate sia sulla base del progetto esecutivo, sia dei terreni presenti, sia della tipologia delle strutture esistenti (es palancole infisse). Inoltre gli scavi saranno interessati, dalla presenza della falda e saranno predisposti sistemi di aggettamento/allontanamento delle acque; nei calcoli esecutivi delle strutture, basati sui parametri geotecnici ricavati in fase di progetto esecutivo, si è tenuto conto della sottospinta idraulica.

Gli altri interventi prevedono invece situazioni meno gravose; si ricorda solamente che nella zona di realizzazione del sistema di fitodepurazione aerato (per la tipologia dei terreni presenti) non si può garantire la completa protezione da infiltrazioni nel sottosuolo (si ritiene quindi necessario realizzare l'impermeabilizzazione delle vasche) mentre per quanto riguarda il sistema a flusso libero si ritiene non possibile non prevedere interazioni con la falda freatica a meno di non prevedere una impermeabilizzazione del fondo.

Considerato il contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito in esame si ritiene l'intervento in esame compatibile con le condizioni geologiche presenti.

1.5.6 Caratteristiche tecniche degli elementi componenti il sistema di trattamento dello sfioro e opere accessorie

La descrizione dettagliata dei vari componenti del sistema di fitodepurazione per il trattamento dello sfioro di testa del depuratore di Merone è riportata nel Disciplinare Descrittivo del Progetto Definitivo consegnato. Si riporta una tabella riassuntiva contenente tutti i criteri di scelta adottati per ogni singolo componente.

Elemento di analisi	Scelta	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Tipologia e geometria impianto	Sistema multistadio di trattamenti naturali in continuo	Massimizzare la capacità di abbattimento in termini di quantità di massa	Laminazione delle portate di piena e riduzione del rischio idraulico	Contenimento dei costi di gestione	Ottimizzare l'inserimento paesaggistico e la fruibilità dell'intervento
	4 vasche in parallelo	Maggiore efficienza nella distribuzione dei flussi	Maggiore efficienza nella gestione dei periodi di arresto necessari per l'ossidazione della biomassa ed il ripristino di ottimali condizioni di conducibilità idraulica dei letti	Maggiore capacità di regolazione ed ottimizzazione del sistema di aerazione	Possibilità di interventi manutentivi senza arrestare l'intero sistema
Trattamenti preliminari	Stazione di sollevamento iniziale	Necessità di sollevamento data la quota molto bassa della fognatura per alimentazione dei trattamenti preliminari	Evitare sifoni idraulici che con acque cariche possono creare problemi di manutenzione	Migliore regolazione idraulica; possibilità di pompare la massima portata sostenibile dai trattamenti successivi	Riduzione di volumi e profondità di scavo per la realizzazione dei manufatti successivi
Trattamenti preliminari	Stazione di sollevamento iniziale: uso di elementi prefabbricati	Minimizzazione dei tempi di apertura dello scavo	Minimizzazione dei tempi di nolo delle attrezzature per sostegno pareti e aggettamento acqua di falda		
Trattamenti preliminari	Grigliatura meccanica: 2 filtro coclea in parallelo e griglia manuale di emergenza	Evitare il trascinamento di materiale grossolano verso gli stadi successivi del processo	Agevolare l'estrazione e l'allontanamento del grigliato		Aumentare le rese depurative trattando tutte le portate in arrivo
Trattamenti preliminari	Dissabbiatore aerato	Rimozione oli, sabbie e terriccio per evitare la riduzione dei volumi utili degli stadi successivi	Aerazione per massimizzare l'efficienza depurativa minimizzando le superfici richieste	Limitazione della diffusione di cattivi odori	Aumentare le rese depurative, trattando tutte le portate in arrivo
Trattamenti preliminari	Stazione di sollevamento alimentazione fitodepurazione con 4 pompe indipendenti, una per letto	Manca di dislivelli per una alimentazione per gravità mediante sifoni autoadescanti, anche in relazione alle elevate superfici da coprire	Necessità di mettere le vasche ad una quota di sicurezza idraulica rispetto al Lambro	Migliore regolazione idraulica e dei tempi di arresto dei letti	Miglior bilancio tra terre escavate e riporti
Trattamenti preliminari	Stazione di sollevamento alimentazione fitodepurazione: uso di elementi	Minimizzazione dei tempi di apertura dello scavo	Minimizzazione dei tempi di nolo delle attrezzature per sostegno pareti e aggettamento		

	prefabbricati		acqua di falda		
Sistema di filtrazione a flusso sommerso	Sistema verticale per acque meteoriche con riempimento a strati di diverse granulometria e accumulo superiore	Elevate rese di abbattimento grazie alle diverse condizioni idrauliche che si instaurano durante il funzionamento	Capacità di equalizzazione e laminazione ; capacità di trattenere grossi volumi in arrivo in tempi brevi	Utilizzo di diverse granulometrie del medium per minimizzare il rischio di fenomeni di occlusione	Trattamento in continuo delle acque di pioggia
	Sistema di aerazione	Aumentare l'efficienza depurativa dell'impianto minimizzando le aree richieste	Aumentare la capacità di regolazione del sistema in funzione dei diversi tipi di eventi di sfioro	Far fronte a sfiori anche continui e ripetuti su diversi giorni, riducendo le problematiche di "clogging"	
Medium di riempimento sistema di filtrazione	Ghiaia fine + ghiaia grossolana per sistema di drenaggio	Scelta della porosità in modo da assicurare una adeguata conducibilità idraulica	Buona efficienza dei processi di rimozione per sedimentazione	Buon supporto per lo sviluppo della comunità di macrofite	Buon supporto per lo sviluppo del biofilm batterico, principale responsabile della rimozione di inquinanti
Sistema di alimentazione fitodepurazione aerata	Sistema di distribuzione con tubi plastici alimentati in pressione	Necessità di pompaggio per realizzare l'opera in sicurezza idraulica	Massima uniformità nella distribuzione del refluo	Ridotto rischio di intasamenti	
Sistema di drenaggio vasche aerate	Tubazione in Pead corrugata micro fessurata	Prelievo effettuato dal fondo vasca	Impedisce l'infiltrazione di materiale grossolano	Permette di effettuare il controllavaggio	
Sistema di distribuzione aria	N°2 Compressori del tipo "positive displacement" con inverter	Minimizzazione consumi energetici	Possibilità di regolazione della portata di aria in funzione dei parametri di ingresso		
Sistema di distribuzione aria	Tubazioni in PVC a pressione per collettori	Minore deformazione all'aumentare delle temperature rispetto al Pead	Maggiore praticità di montaggio		
Sistema di distribuzione aria	Tubazioni dripline non autocompensanti	Già testate in sistemi aerati esistenti	Praticità di installazione e bassi costi	Resistenza allo schiacciamento in corrispondenza degli emittori	
Sistema FWS	Sistema a profondità variabile piantumato con essenze idrofile ed elofite	Finissaggio delle acque trattate allo stadio precedente	Creazione di microhabitat differenziati	Funzioni naturalistiche	
Substrato fondo FWS	terreno vegetale + Ghiaia 5-10 mm	Necessità di offrire un buon substrato per l'attecchimento delle piante	Buon supporto per lo sviluppo del biofilm batterico, principale responsabile della rimozione di inquinanti	Ghiaia per evitare eccessiva risospensione del terreno	
Impermeabilizzazione vasche di filtrazione e FWS	Geomembrana in PeAD	Modesto impatto ambientale rispetto ad altre alternative	Impermeabilizzazione totale del sistema	Alta resistenza meccanica e chimico-fisica	Facilità di modellazione nella posa in opera per vasche con forme regolari
Rivestimento vasche di filtrazione	Utilizzo di TnT	Modesto impatto ambientale rispetto ad altre alternative	Separazione della sabbia dal terreno e protezione superficie geomembrana sul lato esterno.	Biodegradabile	
Rivestimento	Strato di ghiaia	Mitigazione	Minore richiesta di	Difesa	

sponde sistemi aerati		dell'impatto ambientale della geomembrana	manutenzione rispetto ad altre soluzioni (es sponde inerbite)	dall'erosione delle sponde e Impedisce il ruscellamento della terra in caso di forti piogge	
Pozzetti di regolazione	Camere in CIs con regolatore di livello e di flusso	Facile ispezionabilità	Facile manovrabilità del regolatore di livello	Regolatore di flusso permette la regolazione costante del flusso di uscita e l'accumulo di precisi volumi da trattare	
Piantagione per sistemi di filtrazione a flusso sommerso	Phragmites australis, Typha latifolia, Typha Angustifolia, Sparganium Erectum	Forte capacità di sopravvivenza in situazioni ambientali estreme e buona sopportazione di reflui aggressivi e del sistema di insufflazione aria	Ampio utilizzo di queste essenze nelle zone umide costruite a livello internazionale e quindi maggiori garanzie generate dalla maggiore conoscenza scientifica dei comportamenti in svariati scenari	Specie autoctona, di facile ed economica reperibilità	Maggiore sviluppo parte radicale rispetto alle altre macrofite
Piantagione per sistema FWS	Piante acquatiche (varie specie)	buona sopportazione di reflui con caratteristiche variabili e anche aggressive	Ampio utilizzo di queste essenze nelle zone umide costruite a livello internazionale e quindi maggiori garanzie generate dalla maggiore conoscenza scientifica dei comportamenti in svariati scenari	Specie autoctone della zona	
Derivazione quota parte effluente depuratore	Portata 6-12 l/s	Compensazione delle perdite evapotraspirative e mantenimento del sistema costantemente umido	Evitare la diffusione di zanzare e insetti e creazione di un habitat ad elevata biodiversità	Funzionamento wetland come post-trattamento di una quota parte dell'effluente del depuratore	Prelievo a valle del pozzetto di prelievo fiscale del depuratore
Derivazione elettrica	Cabina trasformazione MT-BT prefabbricata	Necessità di derivare corrente da cabina enel piuttosto distante dai manufatti	Prefabbricazione consente velocità di posa e installazione		
Protezione idraulica	Scogliere e scogliere rinverdite	Ottima protezione rispetto alle portate di piena individuate	Buon inserimento ambientale con rinverdimento	Ridotta manutenzione	
Campionamento	Campionatore automatico a 24 bottiglie	Necessità di automazione per prelievo in periodi di pioggia su tutta la durata dell'evento	Possibilità di impostazione di campionamenti proporzionali alla portata	Possibilità di ricostruire il pollutogramma dell'evento in accoppiamento con misure di portata	
Misuratore di portata	Misuratore di portata del tipo ad ultrasuoni	Ridotto ingombro	Facilità di posa	Possibilità di ricostruire il pollutogramma dell'evento in accoppiamento con campionatore automatico	

Sulla superficie interclusa dal laghetto è prevista la realizzazione di un'area boscata di limitata estensione, 600 mq, da attrezzarsi con cartellonistica didattica e opere per la fruizione adeguate ad una frequentazione sia di scolaresche che di semplici visitatori.

Pur con i suoi limiti, dovuti alla limitata estensione, la tipologia di formazione forestale che si vuole richiamare è quella del Querceto-carpineto planiziale, nel quale predominante è il ruolo della Farnia nello strato arboreo, accanto al Carpino bianco, all'Olmo campestre, al Frassino, all'Acer campestre, al Nocciuolo ecc..

Tutte le superfici che corrono in destra al fiume Lambro tra l'alveo e l'impianto di fitodepurazione fino al canale di scarico sono interessate da interventi per la realizzazione di una strutturata fascia di vegetazione riparia tramite la piantagione di talee di salicacee associata alla piantagione di piantine radicate nella parte terminale dell'area di intervento, dove la falda è più superficiale.

La scelta delle specie vegetali è stata fatta cercando di ricostituire tale formazione (ampliandone il numero di specie per finalità didattiche) e optando per delle modalità di impianto a sesti molto ampi (non naturali) per far sì che le piante possano svilupparsi, almeno in parte, secondo le proprie caratteristiche fisionomiche.

Conseguentemente si sono seguiti pochi ma fondamentali criteri:

- o giusto equilibrio tra specie arboree ed arbustive cercando di rappresentare le più importanti specie facenti parte della formazione vegetazionale senza esagerare con la varietà floristica;
- o considerati gli scopi didattici evitare sesti d'impianto troppo fitti che non permettono uno sviluppo significativo dei soggetti, a testimonianza di un risultato che prevede alberi di alto fusto dritti e bene impalcati con la presenza di macchie arbustive (anche monospecifiche) ben sviluppate;
- o presenza esclusiva di specie autoctone o naturalizzate;
- o possibilità di meccanizzazione delle cure colturali per minimizzare gli oneri della manutenzione;
- o utilizzo di materiali naturali per le opere della fruizione.

1.6 DATI DI PROGETTO E CRITERI DI PROGETTAZIONE

1.6.1 Dati di progetto e procedura di dimensionamento trattamenti naturali acque di pioggia

Come già accennato nell'inquadramento legislativo l'articolo 15 del regolamento regionale n°3 del 24 Marzo 2006 definisce il criterio per il calcolo della portata nera diluita da inviare all'impianto di trattamento come segue:

“Gli sfioratori di piena delle reti fognarie di tipo unitario sono realizzati in modo da lasciare direttamente defluire all'impianto di trattamento delle acque reflue urbane la portata nera diluita corrispondente al più elevato dei valori derivanti dall'applicazione dei seguenti criteri:

a) salvi i casi di cui al comma 2, apporto di 750 litri per abitante equivalente al giorno, considerati uniformemente distribuiti nelle 24 ore, determinando in termini idraulici, ossia per rapporto tra il consumo giornaliero medio industriale accertato e la dotazione idrica della popolazione residente, assunta pari a 200 l/abxg, gli a.e. degli scarichi di acque reflue industriali non caratterizzabili in base all'apporto di sostanze biodegradabili;

b) rapporto di diluizione pari a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera per gli apporti civili e come media su 12 ore per quelli industriali, salvo presenza di significativi complessi che lavorino su più turni giornalieri; il rapporto di diluizione è incrementato a 2,5 nel caso gli apporti industriali in termini di abitanti equivalenti, calcolati con il criterio di cui alla lettera a), superino il 50% del totale. [...]”

Il calcolo della portata nera diluita è stato quindi fatto seguendo la metodologia a); si è considerato un numero di abitanti equivalenti pari a 125.000 (potenzialità del depuratore dopo l'upgrading); è risultata una portata da inviare al trattamento pari a 1085 l/s (3900 m³/h).

L'upgrading consentirà di raggiungere questo obiettivo; come emerso durante un incontro preliminare con ARPAL e Provincia di Como, le portate sfiorate oltre questo limite non sono soggette in tal caso a nessun limite depurativo (ad eccezione dei limiti sulle sostanze pericolose stabilite da Tabella 3° D.L. 152/06). L'obiettivo è quindi di individuare obiettivi depurativi compatibili con l'obiettivo di qualità del Fiume Lambro stabiliti dal Piano di Tutela e più in generale di sottrarre al Fiume Lambro carichi inquinanti significativi riducendo l'impatto dello sfioro.

L'individuazione del volume di prima pioggia non è stata fatta sulla base della superficie drenata efficace, in quanto il bacino è formato da svariati sottobacini ognuno sotteso da uno sfioratore e quindi il risultato ottenuto rischierebbe di essere fuorviante; ma sulla base di una elaborazione dei dati di monitoraggio e portate forniti dal gestore, secondo cui per portate > 1400 m³/h, le concentrazioni di COD sono già al di sotto dei limiti di legge per via della diluizione e possono essere considerate “acque di seconda pioggia”.

Dall'analisi dei dati è emerso inoltre che gli eventi possono essere suddivisi in due sottoclassi (denominate Eventi A e B): i primi sono caratterizzati da un tempo secco antecedente di diversi giorni e sono caratterizzati da concentrazioni iniziali decisamente più alte e da una curva di portata che presenta uno o più picchi pronunciato che poi tendono ad esaurirsi; i secondi invece sono caratterizzati da eventi più prolungati nel tempo (anche diverse settimane), con portata di sfioro piuttosto costante e concentrazioni di inquinanti anch'esse piuttosto costanti e sensibilmente ridotte rispetto agli eventi B, spesso molto vicine se non al di sotto dei limiti di legge del depuratore.

Sulla base di ciò si è visto che trattando eventi A fino a 5000 m³/g ed eventi B fino a 9000 m³/g, su base annua permettono di intercettare circa il 40% dei volumi totali sfiorati (dopo l'upgrading del depuratore) e circa il 60-70% dei carichi inquinanti, trovando ampia corrispondenza nel concetto di "volume di prima pioggia" introdotto dal R.R. 3/2006. Le vasche di prima pioggia indicate nel regolamento infatti, secondo alcuni studi pregressi su sfioratori sulla rete (che peraltro hanno un comportamento diverso e sono meno impattanti di uno sfioratore di testa di un depuratore), riescono ad intercettare non più del 30-40% dei volumi di sfioro.

Tale valutazione è stata avvalorata e approfondita in fase di progettazione definitiva con il supporto dell'Ente Gestore del Depuratore di Merone, mediante una analisi statistica delle portate in arrivo all'impianto di Merone, integrata con il nuovo scenario previsto a seguito dell'up-grading del depuratore e delle maggiori portate da esso ricevibili.

I dati di progetto utilizzati sono i seguenti:

Eventi tipo A:

Portata trattata massima giornaliera: 5000 m³/g, considerando nel caso critico di una portata massima pari a 1430 m³/h le prime 3.5 h dell'evento in modo da intercettare i carichi inquinanti maggiori. Una volta raggiunto il volume giornaliero di 5000 m³/g a partire dal momento in cui inizia lo sfioro e nelle 24 h successive, le portate vengono sfiorate dopo i trattamenti preliminari di grigliatura e dissabbiatura.

Per il dimensionamento si sono presi a riferimento le concentrazioni date dall'80°percentile dei campionamenti a disposizione:

COD 450 mg/l

TSS 250 mg/l

NH4 15 mg/l

Eventi tipo B:

Portata trattata massima giornaliera: 9000 m³/g, considerando nel caso critico di una portata massima pari a 1430 m³/h le prime 6 h dell'evento in modo da intercettare i carichi inquinanti maggiori; oppure in alternativa considerando di pompare al sistema una portata di 715 m³/h (alternando i pompaggi tra le vasche 1 e 2), le prime 12,5 h dall'evento. Una volta raggiunto il volume giornaliero di 9000 m³/g a partire dal momento in cui inizia lo sfioro (o meglio a 48 h di distanza dall'inizio di un evento di tipo A che poi continuando passa ad essere evento di tipo B) e nelle 24 h successive, le portate vengono sfiorate dopo i trattamenti preliminari di grigliatura e dissabbiatura.

Per il dimensionamento si sono presi a riferimento le concentrazioni date dall'80°percentile dei campionamenti a disposizione:

COD 165 mg/l

TSS 105 mg/l

NH4 15 mg/l

Per calcolare le concentrazioni di BOD, si è considerato un rapporto **COD/BOD pari a 2.3**, corrispondente all'80°percentile e più cautelativo di quello ottenuto dalla media campionamenti effettuati e pari a 2.8

La progettazione di un impianto di fitodepurazione si basa su modelli e formulazioni empiriche che, per un sicuro utilizzo, necessitano della approfondita conoscenza dei fattori specifici a partire dai quali sono state definite. L'azione di abbattimento degli inquinanti deriva dalla complessa interazione di processi di tipo fisico, biologico, chimico e biochimico. Questi, a loro volta, sono influenzati dalla combinazione di vari fattori tra cui in particolare la temperatura, il tempo di ritenzione idraulica, il carico idraulico, il carico di inquinante applicato, la profondità, la forma e le dimensioni degli impianti, etc. Alcuni parametri progettuali (in particolare le costanti relative alle cinetiche chimiche da cui derivano le stime sulle efficienze di trattamento) sono stati verificati e aggiornati sulla base delle pubblicazioni scientifiche più recenti (vedi bibliografia).

Il sistema di filtrazione verticale è stato dimensionato sulla base dei seguenti dati di progetto

PARAMETRI		Unità di misura
Altezza dello strato di riempimento	1,05	m
Porosità del medium di riempimento (n)	0,35	Ghiaia fine
Free-board	0,8	m
Bocca tarata in uscita	0,03	l/s x m ²

Tabella 4 – Dati per il dimensionamento del sistema di filtrazione verticale

I criteri di dimensionamento di questi sistemi sono basati sul carico idraulico ammesso sul mezzo filtrante e sulla frequenza dello scarico. Dato che le caratteristiche delle acque in ingresso ai sistemi sono estremamente variabili, a causa della variabilità stocastica dell'evento di pioggia, e dato che non si ha sicurezza sul comportamento del trattamento sul lungo periodo, non vengono considerati accettabili criteri di dimensionamento basati su parametri di qualità delle acque.

Un criterio per migliorare la qualità dell'acqua in uscita è la diminuzione della velocità di filtrazione nel medium.

Generalmente la procedura di dimensionamento consiste di due fasi successive:

- Dimensionamento del volume di stoccaggio: si effettua in base alla superficie drenata e all'altezza di prima pioggia considerata.
- Dimensionamento della superficie di filtrazione, calcolata in base alla velocità che si vuole ammettere e al carico idraulico in termini medi annuali.

Nella Tabella 5 sono riportati alcuni criteri generali di dimensionamento provenienti dallo studio di Uhl e Dittmer (2005):

Parametro inquinante da abbattere	Velocità di filtrazione m/s Carico idraulico	Carico idraulico	
		Medio nel lungo termine (m ³ /m ² x anno)	Singolo anno (m ³ /m ² x anno)
BOD/COD	1x10 ⁻⁵	≤ 40	≤50
Azoto	1x10 ⁻⁵	≤ 40	≤50
Fosforo	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	≤ 40	≤50
Metalli pesanti	1x10 ⁻⁵ -3x10 ⁻⁵	≤ 40	≤50
Solidi sospesi	1x10 ⁻⁵ -3x10 ⁻⁵	≤ 40	≤50
Carica batterica	1x10 ⁻⁵	≤ 40	≤50

Tabella 5 - Criteri generali di dimensionamento di zone umide per acque meteoriche (Uhl, Dittmer,2005)

Nel presente caso come si è visto il volume annuo da trattare è pari a circa 500.000-600.000 m³, il che comporterebbe una superficie del sistema superiore a 10.000 m², non compatibile con l'area di intervento.

Avendo definito un'area pari a 4000 m² come sufficiente ad accumulare e trattare su base giornaliera i 5000 m³/g di eventi tipo A (che possono essere considerati come il caso critico su cui effettuare il dimensionamento), si è calcolato il fabbisogno di ossigeno necessario all'abbattimento del carico organico e ammoniacale presente, secondo la nota formula del fabbisogno di ossigeno:

$$DO = (CBOD_{5\text{ in}} - CBOD_{5\text{ out}}) \times Q + 4.6 \times (CNH_{4\text{ in}} - CNH_{4\text{ out}}) \times Q$$

Secondo tale formula, nel caso di evento A pari a 5000 m³/g e considerando come obiettivi depurativi:

C BOD₅ out = 10 mg/l

C NH₄ out = 8 mg/l

Si ottiene un DO = 893.000 gr/g.

Dividendo tale fabbisogno per l'area disponibile, significa dover garantire un carico pari a 223 gr/m² al giorno. Considerando inoltre che nel caso più critico il tempo di riempimento e svuotamento del letto è minore di 24 h (circa 14 h nel caso in cui la portata in arrivo è costantemente la massima e pari a 1430 m³/h), tale fabbisogno è ancora maggiore e pari a circa 400 gr/m² al giorno.

Nei sistemi a flusso sommerso verticale passivi, il trasferimento di ossigeno è pari a 23-60 grO₂/m² secondo varie fonti di letteratura; quindi non sufficiente a garantire gli obiettivi depurativi richiesti. Considerando anche un rateo di trasferimento massimo (ipotesi plausibile data l'alimentazione intermittente del sistema limitata agli eventi di pioggia e quindi preceduta da un tempo di arresto in cui l'ossigeno ha la possibilità di andare ad occupare tutti i pori del sistema di filtrazione in condizioni non sature), questo significa che in condizioni passive (cioè senza aerazione forzata) il sistema è in grado di trattare al massimo circa 1350 m³/giorno.

In sistemi saturi (quali ad esempio i sistemi a flusso orizzontale) tale contributo passivo si riduce a 5-10 grO₂/m².

Si è quindi deciso di potenziare il sistema a flusso sommerso verticale con l'aerazione forzata garantita da 2 compressori. Il sistema rimarrà completamente saturo fino ad un livello di 0.7 m all'interno del medium di riempimento, per garantire la funzionalità del sistema di aerazione a bolle. La bocca tarata consente di trattenere più a lungo le portate in ingresso e di sottoporle ai cicli di aerazione. Il sistema potrà invasare fino a 0.8 m sopra il livello della ghiaia, dopodiché entra in funzione un troppo pieno con stramazzo nella zona umida finale.

I compressori (del tipo "positive displacement compressor") necessari per garantire i rendimenti depurativi attesi devono assicurare una portata massima di aria pari a 5000 m³/h a 300 mbar di pressione; la portata è modulabile tramite inverter e non cambia al variare della pressione. Il dimensionamento della portata d'aria e dei compressori è riassunto nella relazione contenente i calcoli specialistici preliminari.

Grazie alla presenza del sistema di aerazione è possibile anche aumentare notevolmente i carichi per m² trattabili, e pari in questo caso a 150 m³/m² all'anno.

La portata massima scaricabile dal sistema di fitodepurazione è stata fissata sempre seguendo le linee guida tedesche e pari a $0,03 \text{ l/s} \times \text{m}^2$ di superficie filtrante (120 l/s , cioè $432 \text{ m}^3/\text{h}$). In tal modo, considerando una portata massima pari a 400 l/s ($1440 \text{ m}^3/\text{h}$), il volume trattenuto è pari a circa $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ e quindi, su 3.5 h , pari a 3500 m^3 . Solo sulla superficie superiore della ghiaia il sistema è in grado di invasare 3200 m^3 , ai quali si aggiungono i volumi necessari a riempire la parte di letto non satura (pari a circa 400 m^3). In tal modo è verificato il livello massimo raggiungibile dal letto ed inferiore a 0.8 m ; quindi il troppo pieno non entra in funzione e tutto il carico viene sottoposto a filtrazione aerata.

Per quanto riguarda invece il flusso libero, questo è stato dimensionato con l'ottica di assicurare un tempo di ritenzione idraulico minimo ad assicurare un ulteriore affinamento dell'effluente e al tempo stesso assicurare lo sviluppo di un ambiente acquatico ad elevata biodiversità in grado anche di trattare una quota parte dell'effluente del depuratore in periodi di tempo secco.

Considerando per eventi A una portata di $5000 \text{ m}^3/\text{g}$, il tempo di ritenzione idraulico del sistema a flusso libero da 1500 m^2 con altezza d'acqua pari a 0.5 m è pari a 2.7 h ; nel caso di eventi B tale tempo di ritenzione si riduce a 1.5 h . Nel caso invece di derivazione di una portata giornaliera dall'effluente del depuratore pari a $500\text{-}1000 \text{ m}^3/\text{g}$, il tempo di ritenzione risulta pari a $24\text{-}12 \text{ h}$.

Sistema di filtrazione verticale aerato = 4000 m^2
Sistema a flusso libero = 800 m^2

1.6.2 Trattamenti preliminari acque di scolmo

Le acque sfiorate vengono sollevate in testa tramite 3 pompe in serie, capaci di garantire una portata massima di 400 l/s .

Per le portate di pioggia si è scelto di utilizzare come trattamento preliminare una grigliatura automatica con n°2 filtro a coclea (maglia 6 m) in canale, operanti in parallelo e dimensionati su una portata massima di 200 l/s .

Successivamente le acque di pioggia raggiungono un dissabbiatore aerato avente la funzione di sedimentare le sabbie e le particelle medio-fini veicolate in periodo di pioggia dalla fognatura e che altrimenti ridurrebbero i volumi utili di trattamento dello stadio successivo.

Il dissabbiatore è costituito da n°2 unità in parallelo, di larghezza 2 m e lunghezza 13 m , idonei al trattamento di una portata massima di 200 l/s cadauno. Tali caratteristiche assicurano una velocità longitudinale massima del refluo pari a $0,06 \text{ m/s}$ ed un Carico Idraulico Superficiale (CIS) pari a 29 m/h .

Le acque in uscita dal dissabbiatore vengono infine inviate ad una stazione di sollevamento con quattro pompe funzionanti in parallelo, ognuna capace di sollevare 100 l/s , e comandate tramite dei galleggianti. Ogni pompa alimenta un singolo letto di fitodepurazione ed è comandata da un quadro elettrico di controllo alloggiato in un box prefabbricato.

1.6.3 Previsione delle rese depurative e monitoraggio

I rendimenti depurativi delle zone umide artificiali per CSO sono influenzati da molti fattori, per cui non sempre è possibile dichiarare precisi abbattimenti di concentrazione degli inquinanti in ingresso ed in uscita da tali sistemi, ciò nonostante le esperienze di campo evidenziano alti rendimenti di rimozione, in particolare del COD, del BOD e dei SS.

In termini di carichi medi annuali infatti, sono state riscontrate rimozioni del BOD/COD del 60÷80% e degli SS pari al 90%, ed una quasi completa nitrificazione dell'azoto ammoniacale. In questi sistemi infatti avviene una buona nitrificazione dell'azoto (prevalentemente in forma ammoniacale in ingresso ai sistemi filtro), mentre i processi di denitrificazione, a causa dell'ambiente aerobico, sono sostanzialmente trascurabili. È importante sottolineare che i rendimenti depurativi devono sempre essere relazionati a carichi annuali, o comunque in lungo periodo.

Sempre al fine di ricavare i rendimenti dei sistemi naturali di filtrazione a flusso verticale per il trattamento di CSO, sono stati condotti studi sperimentali in laboratorio da Uhl *et al.* (2005). Gli autori hanno studiato la dipendenza dei processi e delle efficienze di trattamento dalle caratteristiche materiali del filtro e dalle condizioni operative al contorno. È stato scoperto che le sabbie con grana di 0/2 mm e additivi di carbonato offrono le migliori condizioni materiali per gli alti rendimenti di abbattimento degli inquinanti. Strozzature artificiali del flusso in uscita con valori costanti di $0.01 \text{ ls}^{-1}\text{m}^{-2}$ sono risultate essere essenziali per mantenere una alta efficienza di trattamento per l'ammonio, il COD ed i batteri fecali.

Dopo ogni riempimento i filtri devono poter svuotarsi per la rigenerazione che si completa in 1-2 giorni. I periodi asciutti troppo lunghi possono alterare le capacità di trattamento a causa della riduzione della popolazione dei batteri nel filtro. Le efficienze di trattamento hanno raggiunto nello studio di Uhl valori medi superiori al 90% per l'ammonio, di circa il 70% per il COD solubile e di circa il 90% per il COD totale. La concentrazione batterica dei microorganismi igienicamente rilevanti è risultata ridotta di 1-2 unità logaritmiche.

Si può ricordare inoltre il lavoro condotto da Dittmer *et al.* (2004), il quale affronta i problemi ancora aperti riguardanti le condizioni ottimali di sfruttamento e di affidabilità degli impianti in condizioni estreme. I risultati di esperimenti condotti in sito e in laboratorio confermano l'alto livello di rimozione degli inquinanti. L'affidabilità di questi sistemi può essere migliorata nel tenere di conto delle condizioni delle acque in ingresso nella gestione del sistema, inoltre il successo di queste misure è legato allo stato della biocenosi nell'impianto. L'aggiornamento è quindi secondo Dittmer indispensabile ed interventi come quello oggetto della presente progettazione non possono che favorire tale processo.

Una esperienza interessante e rappresentativa dell'intervento in esame, in quanto prende in considerazione la stessa tipologia depurativa a flusso sommerso verticale e un refluo di fognatura mista di caratteristiche simili, è quella riportata nel lavoro di Tesi di Phd di Julien Fournel "SYSTEMES EXTENSIFS DE GESTION ET DE TRAITEMENT DES EAUX URBAINES DE TEMPS DE PLUIE", Dicembre 2012.

In tale lavoro viene studiato un sistema dimostrativo per il trattamento delle acque di sfioro, costituito da diverse sezioni differenziate per tipologia di medium di riempimento. Ogni settore è pari a 20 m^2 , per un totale di 180 m^2 . La profondità del medium di

riempimento è pari a 1.1 m, con delle variazioni nella stratigrafia e nella granulometria dei letti. Queste le caratteristiche del refluo di prova in ingresso.

Table 48: Influent concentrations for the CSO phase: major parameters

	TSS (mg/L)	Total COD (mg/L)	Dissolved COD (mg/L)	TKN (mg/L)	N-NH ₄ (mg/L)	pH
Average	758.1	577.8	78.2	30.4	12.1	
Median	90.0	230.6	66.0	25.2	11.7	
SD	1600.8	1097.8	50.3	22.2	9.3	
1st quartile	41.5	92.0	36.0	7.2	2.1	
3rd quartile	166.3	247.3	68.0	27.3	12.1	
(Min-Max)	(20-17318)	(62-14194)	(12-558)	(2.6-410)	(0.04-45.4)	5.8-7.4

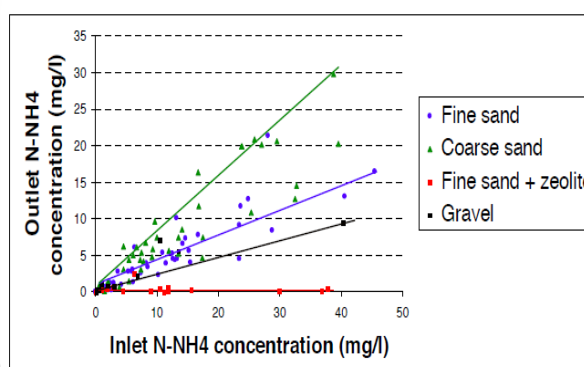
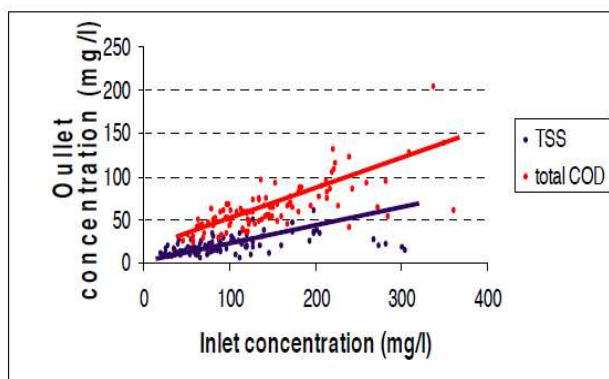
Carichi idraulici annuali ricevuti dal filtro

Pilot	FSZ30	CS30-1	FS30	FS60	G	FSS	CS60	CS30-2	FSZ60
Hydraulic load (m)	48.4	9.4	29.1	50.4	34.3	42.8	31.5	31.5	11
Annual hydraulic load (m/y)	38.7	7.5	23.3	40.3	27.4	34.3	25.2	25.2	8.8

Carichi organici annuali ricevuti dal filtro

	FSZ30	CS30-1	FS30	FS60	G	FSS	CS60	CS30-2	FSZ60
Cumulative load (kg COD)	123.5	47.2	102.9	301.7	33.4	248.5	76.2	558.9	166
Annual load (kg COD/y)	98.8	37.8	82.3	241.4	26.7	198.8	61.0	447.1	132.8

Come si può notare i carichi annuali sono in linea con quelli di progetto. Il carico di COD nell'impianto pilota varia tra 1,4 Kg/m² anno e 22 KgCOD/m² anno; nel nostro caso il range con i valori di progetto è di circa 17 KgCOD/m² anno. Il totale di mc annui massimo per m² trattati è pari a 60 m/anno, in linea con le indicazioni della letteratura. Di seguito di riportano i rendimenti ottenuti durante l'anno di monitoraggio.



Il sistema ha dimostrato abbattimenti del COD variabili tra il 60 e il 90%, e variabili tra il 70 e il 90% per quanto riguarda i solidi sospesi. Il processo di rimozione principale è la filtrazione meccanica, essendo il COD legato al particolato in sospensione. Per quanto riguarda l'ammoniaca, la sua rimozione dipende dal tipo di medium utilizzato ed è massima nel caso di medium con alto potere adsorbente come le zeoliti; in generale comunque non si osservano rimozioni inferiori al 30-40%.

Considerando quindi rimozioni medie dell'ordine del 70% per il COD e del 35% per l'azoto ammoniacale, si possono quindi ipotizzare concentrazioni medie nell'effluente di 90 mgCOD/l e di 13 mg/l di azoto ammoniacale.

Anche la rimozione di metalli e IPA (idrocarburi policiclici aromatici) raggiunge livelli interessanti su un ampio spettro di inquinanti, soprattutto quando in forma particolata che è riconosciuta essere la predominante in uno sfioro di fognatura mista, come si può osservare nei seguenti grafici estratti dalla tesi di Fournel.

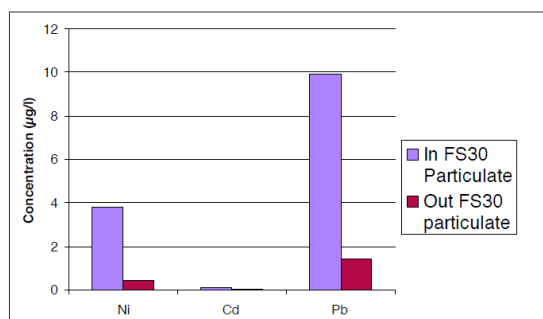


Figure 99: Removal of particulate Ni, Cd and Pb (FS30 filter, June 2011)

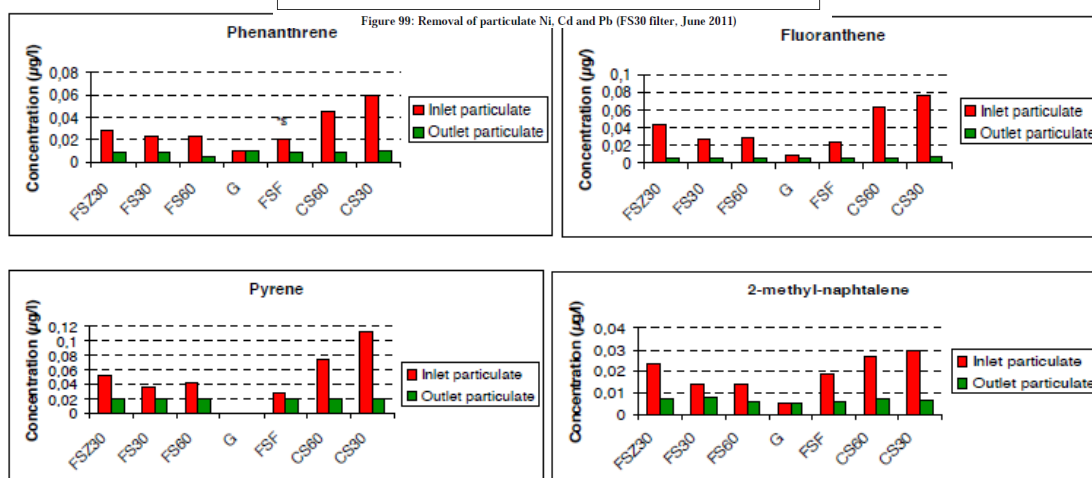


Figure 109: Removal of particulate phenanthrene, fluoranthene, pyrene and 2-methyl-naphthalene

Nel caso presente, il sistema risulta potenziato dal sistema di aerazione e quindi è piuttosto facile prevedere le concentrazioni in uscita per i principali parametri sulla base dell'ossigeno fornito, come meglio dettagliato nei calcoli specialistici esecutivi.

Considerando un abbattimento del 20% nei trattamenti preliminari, è lecito aspettarsi concentrazioni in uscita ed in generale percentuali di rimozione come quelle di seguito indicate:

Rese depurative		rimozione		uscita
BOD ₅ - COD	%	90-95	mg/l	10
BOD ₅ - COD	%	90-95	mg/l	30
Azoto ammoniacale	%	50-90	mg/l	8
SST	%	90-95	mg/l	30

Dato il carattere sperimentale del sistema, questo sarà sottoposto ad un monitoraggio iniziale per verificarne le rese depurative.

I parametri da analizzare sono i seguenti:

COD, TSS, NH₄-N, TN, NO₃, TP, Metalli pesanti (tipologie da decidere in fase di sperimentazione in base ad un primo screening, Oli e grassi, Idrocarburi Policiclici aromatici (IPA) totali.

Numero dei campioni anno da analizzare, tempi di prelievo, durata del monitoraggio saranno decisi successivamente all'elaborazione del progetto esecutivo, implementando apposito protocollo di sperimentazione in base alle prescrizioni ricevute e al budget a disposizione della stazione appaltante e/o del gestore.

I campioni in ingresso saranno prelevati all'inizio dell'evento meteorico, realizzando campioni compositi in base alla portata in arrivo in modo da caratterizzare al meglio le acque di prima pioggia; durante la fase di campionamento sarà misurata tramite strumenti di campo anche la portata in ingresso.

I campioni in uscita dal sistema a flusso libero saranno invece prelevati sempre con compositi che tengano conto della portata in uscita, a partire da un tempo di ritardo rispetto al campione iniziale stimato in base ai tempi di ritenzione del sistema filtrazione + flusso libero, dipendente dalla portata misurata in ingresso. A tal proposito saranno preparate curve indicatrici che leghino la portata in ingresso al tempo di ritenzione complessivo del sistema.

1.7 CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma delle fasi attuative riferisce in merito ai tempi per lo svolgimento delle varie attività.

Prog. Esecutivo					30gg				
Approvazione					15gg				
Affidamento						60gg			
Esecuzione							270gg		
Collaudo								90gg	

Figura 17 – Cronoprogramma

2. BIBLIOGRAFIA

Sistemi di fitodepurazione per acque di sfioro delle fognature miste e acque di drenaggio urbano

- ASCE. 2004. International Stormwater Best Management Practices (SBMP) Database. American Society of Civil Engineers, <http://www.SBMPdatabase.org/>
- Born W., 1999 "Enhanced Storm Water Treatment by a Constructed Wetland Within a Retention Basin." *Proc. the Eighth International Conference on Urban Storm Drainage*. August 30 - September 3, 1999, Sydney, Australia. Edited by IB Joliffe and JE Ball. The Institution of Engineers Australia, The International Association for Hydraulic Research, and The International Association on Water Quality. 1073.
- Brown, W., T. Schueler. 1997. "The economics of stormwater BMPs in the mid-Atlantic region: final report." *Center for Watershed Protection, Silver Spring, MD*.
- Buts L., Thoeye C., De Gueudre G., 2005 "Treatment of CSO water using floating plant beds" 10th International Conference on Urban Drainage Copenhagen, Denmark, August 21-26, 2005
- Caltrans, 2004. "BMP retrofit pilot program – final report, Appendix C3". *California Department of Transportation, Division of Environmental Analysis, Sacramento, CA*.
- Claytor R.A., Schueler, T.R. 1996. "Design of stormwater filtering systems". *Center for Watershed Protection, Silver Spring, MD*.
- Clark S., Rovaneck R., Heaney J., Wright R., Field R., Pitt R., 2001 "Urban wet weather flows" EPA 600/JA-01/307 2001
- Cooper P. F., Job G. D., Green M. B., Shutes R. B. E. (1996) "Reed Beds and constructed wetland for wastewater treatment", pp 212. *Published by WRc Swindon, UK, June 1996*
- Cooper P.F. 1993 "The use of Reed Bed Systems to treat domestic sewage: the European Design and Operation Guidelines for Reed Bed Treatment Systems, in *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*" (Moshiri G.A. Ed.), *Lewis Publisher*.
- Davis, A.P., M. Shokouhian, H. Sharma and C. Minami, 2001, "Laboratory study of biological retention for urban stormwater management" *Water Environment Research*, 73(1), 5-14
- Dittmer U, Meyer D, Langergraber G., 2005 "Simulation of a subsurface vertical flow constructed wetland for CSO treatment". *Water Sci Technol.*;51(9):225-32.
- Dittmer U; Welker A; Schmitt T. G., 2004 "Optimizing the operation of constructed wetlands for the treatment of combined sewer overflows" *Conférence internationale sur les nouvelles technologies en assainissement pluvial N°5, Lyon , FRANCE (07/06/2004)*
- EPA 832-R-93-008, 1993, "Subsurface Flow Constructed Wetlands For WasteWater Treatment" Office Of Water
- EPA 1999 "Stormwater Wetlands" Storm Water Technology Fact Sheet, Office of Water, Washington, D.C.
- EPA 2000 "Free Water Surface Wetlands" Storm Water Technology Fact Sheet, Office of Water, Washington, D.C.
- Green M.B., Martin J.R., 1996 "Constructed reed beds clean up storm overflows on small wastewater treatment works" *Water Environ. Res.*; 68(6):1054-1060.

- Green M.B., 1995 "Experience with establishment and operation of reed bed treatment for small communities in the UK" , *Wetlands Ecology and Management*
- Griffin P., 2003 "Ten years experience of treating all flows from combinedsewerage systems using package plant and constructedwetland combinations" *Water Sci Technol.*; 48(11-12):93-99.
- Henrichs M, Langergraber G, Uhl M. 2007 "Modelling of organic matter degradation in constructed wetlands for treatment of combined sewer overflow." *Sci. Total. Environ.*
- Kaufmann I., Schmit T.G. 2005 "Modelling constructed wetlands for CSO treatment in long-term pollution load simulation", *10th International Conference on Urban Drainage Copenhagen, Denmark, August 21-26, 2005.*
- Kerr-Upal, M., Seasons, M. and Mulamoottil, G. 2000. "Retrofitting a Stormwater Management Facility with a Wetland Component." *Journal of Environmental Science and Health.* 35(8) 1289-1308
- Kline, S.J. 1985. "The purposes of uncertainty analysis." *Jour. of Fluids Engineering* 107:153-160.
- Landphair, H.C., McFalls, J.A., Thompson, D. 2000. "Design methods, selections, and costeffectiveness of stormwater quality structures." *Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, College Station, TX.*
- Ledbetter, W.B. and C.A. Collier. 1988. "Engineering economic and cost analysis", second edition. *Harper & Row, Publishers, Inc. New York, NY, USA.*
- Liebig T., Roedder A., Lloyd S.D., Wong T.H.F., Geiger W.F., Becker M., 1999 "Performance of a Wetland System for Combined Sewer Overflow Treatment." *Proc. the Eighth International Conference on Urban Storm Drainage.* August 30 . September 3, 1999, Sydney, Australia. Edited by IB Joliffe and JE Ball. The Institution of Engineers Australia, The International Association for Hydraulic Research, and The International Association on Water Quality, 874
- Lloyd S.D, Wong T.H.M., Liebig T., Becker M., 1998 "Sediment characteristics in stormwater pollution control pounds" *Proceeding of Hydrastorm '98, 3rd International Symposium on Stormwater Management, Adelaide, Australia, 27-30 september 1998, pp.209-214.*
- Mergent, Inc. 2003. *Mergent municipal & government manual.* Mergent, Inc. New York, NY, USA Fintrend.com, 2004. *InflationData.com.* Financial Trend Forecaster, http://inflationdata.com/inflation/Inflation_Rate/Historicallnflation.aspx.
- Meyer D, Langergraber G., Dittmer U, 2006 "Simulation of sorption process in vertical flow constructed wetland for CSO treatment". *10th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control, Lisbona, Portogallo.*
- Meyer D., Molle P., Esser D., Troesch S., Masi F., Dittmer U. (2013) *Constructed Wetlands for Combined Sewer Overflow Treatment—Comparison of German, French and Italian Approaches.* *Water.*; 5(1):1-12.
- Nuttal. P.M., Boon A.G., Rowell M.R. – Rewiew of the design and managementof constructed wetland - CIRIA ed., London, 1997
- Pitt, R.E., J.G. Voorhees. 1997. "Storm water quality management through the use of detention basins, a short course on storm water detention basin design basics by integrating water quality with drainage objectives". *April 29-30 and May 21-22, University of Minnesota, St. Paul, MN.*

- Rochfort Q.J., Anderson B. C., Crowder A. A., Marsalek J., Watt W. E., 1997 "Field-scale Studies of Subsurface Flow Constructed Wetlands for Stormwater Quality Enhancement". *Water Qual. Res. J. Canada*, 32, 1, 101
- Skinner D., Toth D. "LaGrange County Sewer District Fish Lake/Royer Lake Constructed Wetlands" *IWEA 2005 Annual Conference PowerPoint Presentations*
- Shaver, E. e Baldwin R, 1991. "Sand filter design for water quality treatment." *Delaware Department of Natural Resources and Environmental Control. Dover, DE*
- Shutes R.B.E., Revitt D.M., Mungur A.S., Scholes L.N.L., 1997 " The Design of Wetland Systems for the Treatment of Urban Runoff". *Water Sci. Technol.*, 35, 5, 19
- Southeastern Wisconsin Regional Planning Commission. 1991. "Costs of urban nonpoint source water pollution control measures." *SWRPC, Waukesha, WI, USA.*
- Traver R.G., 2000 "Creating a Wetland Stormwater Best Management Practice - A Retrofit." *Joint Conference on Water Resources Engineering and Water Resources Planning and Management, July 2000, Minneapolis, MN. American Society of Civil Engineers, CD-ROM.*
- Traver R.G., 2002 "Comparison of routing techniques in a stormwater wetlands BMP." *Global Solutions for Urban Drainage, Proc. of the Ninth Int. Conf. on Urban Drainage, Sept 8-13 2002, Portland, OR, CD-ROM.*
- Turner Construction. 2004. "Building cost index, 2004 fourth quarter forecast". New York, NY. <http://www.turnerconstruction.com/corporate/content.asp?d=20>
- Uhl M, Dittmer U., 2005. "Constructed wetlands for CSO treatment: an overview of practice and research in Germany". *Water Sci Technol.*;51(9):23-30.
- Uhl M., Janiczek M., Grobe S., Merkel W. 2005 "Enhanced treatment of CSO with vertical flow sand filters" *10th International Conference on Urban Drainage Copenhagen, Denmark, August 21-26, 2005*
- Umble A.K., Machlan M., Horvath E.C., 2000 " Constructed Wetlands for Treating Combined Sewer Overflows: An Alternative Solution for Implementing the CSO Strategy". *Watershed 2000 Management Conference, July 2000, Vancouver, British Columbia. Water Environment Federation, CD-ROM.*
- USEPA. 1999. "Preliminary data summary of urban stormwater best management practices." *EPA-821-R-99-012, Washington, D.C.*
- Welker A., 2006 "Vertical flow constructed wetlands for enhanced CSO treatment. An alternative for elimination of organic pollutants?" *10th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control, Lisbona, Portogallo.*
- Weiss P.T, Gulliver J.S., Erickson A.J., 2005 "The cost and effectiveness of stormwater management practices" *Final Report 2005-23, Department of Civil Engineering University of Minnesota*
- White K.D., Meyers A.L. 1997 " Above Par Storm-Water Management". *Civil Eng.*, 67, 7, 50.
- Wong T.H.F, Breen P.F. 2002 "Recent advanced in australian practice on the use of constructed wetlands for stormwater treatment" *proceedings of the 9th International Conference on Urban Drainage, Portland, Oregon, USA, 9-13 September 2002.*
- Wong T.H.F., Rodder A., Geiger W.F., 1999 "Predicting the Performance of a Constructed Combined Sewer Overflow Wetland". *Proc. the Eighth International Conference on Urban Storm Drainage. August 30 . September 3, 1999, Sydney, Australia. Edited by IB*

Joliffe and JE Ball. The Institution of Engineers Australia, The International Association for Hydraulic Research, and The International Association on Water Quality, 1947.

Wossink, A., Hunt, B. 2003. "The economics of structural stormwater BMPs in North Carolina". *University of North Carolina Water Resources Research Institute report#UNC-WRRI-2003-344*.

Wozniak R., Dittmer U., Welker A., 2006 "Interaction of oxygen concentration and retention of pollutants in vertical flow constructed wetlands for CSO treatment" *10th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control, Lisbona, Portogallo*.

Young, G.K., Stein, S., Cole, P., Kammer T., Graziano, F., F. Bank. 1995. "Evaluation and management of highway runoff water quality." *United States Department of Transportation, Federal Highway Administration, Pub. No. FHWA-PD-96-032. Washington, D.C.*

- The constructed Wetlands Manual (1998) *Department of Land and Water Conservation New South Wales*.
- Database CWA Constucted Wetlands Association (2006).
- Manuali e Linee Guida 1/2001 ANPA - Dipartimento Prevenzione e Risanamento Ambientali.
- California Stormwater Quality Task Force. 1993. *California Stormwater Best Practices Handbook*, San Diego, CA.
- King County Department of Natural Resources. 1998. "Surface Water Design Manual" Seattle.

Web Pages:

The Friends of Alewife Reservation: www.friendsofalewifereservation.org.

The City of Elkhart: www.elkhartindiana.org

Australian Wetlands: www.wetlands.com.au/index.html

Hallam Wetlands: www.melbournewater.com.au/content/drainage_and_stormwater/

The Rouge River Project: www.rougeriver.com/cso/overview.html

Storm Water Management Planning and Design Manual 2003:
www.ene.gov.on.ca/envision.htm

Stormwater Center: www.stormwatercenter.net/

Ciria : www.ciria.org/suds/index.html

Lago Utterslev Copenhagen : www.rootzone.dk/item_28.html

Elkhart Wetlands : www.nd.edu/~engineer/publications/signatures/2005/overflow.html

Sistemi di fitodepurazione aerati

Clark, M.. 2012. *BNIA Engineered Wetlands Our Airports Stromwater Treatment System*.
http://aci-na.org/sites/default/files/clark_-_aci_wetlands_mrc_final.pdf

Higgins, J.P.. 1997. *Bioreactor Engineered Wetlands (BREW), an Economically Viable Alternative for Wastewater Treatment*. Ontario Ministry of the Environment and Energy Conference. Toronto. Nov. 1997.

Higgins, J., et al. 2010a. *The design & operation of a very large vertical sub-surface flow engineered wetland to treat spent deicing fluids and glycol-contaminated stormwater at Buffalo Niagara International Airport*. In: IWA. 12th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control – October 4-8, 2010 Venice Italy, Volume I. Palombi Editori. San Giovanni Valdarno. Pp. 449-456. ISBN 978-88-6060-300-5 http://www.naturallywallace.com/docs/35_Design%20Operation%20Spent%20Deicing%20Fluids%20Buffalo.pdf

Higgins, J., et al. 2010b. *Developing Engineered Stormwater Wetland technology to better manage stormwater runoff quality*. In: IWA. 12th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control – October 4-8, 2010 Venice Italy, Volume I. Palombi Editori. San Giovanni Valdarno. Pp. 457-464. ISBN 978-88-6060-300-5

Liner, M., Hallahan, F., D.. 2009. Article. *Treating glycol runoff from airport deicing operations*. CE NEWS. February 2009. pp. 36-40. <http://www.cenews.com/magazine-article-cenews.com-2-2009-treating-glycol-runoff-from-airport-deicing-operations-6353.html>

Wallace, S., Liner, M.. (2009) *Design and performance of the wetland treatment system at the Buffalo Niagara International Airport*.

http://www.naturallywallace.com/projects/docs/23_Design%20and%20Performance%20B NIA%2052011.pdf

Wallace, S., Liner, M.. *Underground Treatment Of Airport Deicing Fluid*.

http://naturallywallace.com/docs/102_Water%20Online%20Airport%20Deicing%20Fluid%20Treatment.pdf

Wallace, S.. 2001. *Treatment of cheese processing waste using subsurface flow wetlands*. http://www.naturallywallace.com/docs/55_TREATMENT-OF-CHEESE-PROCESSING-WASTE.pdf

Wallace, S.. 2004. *Engineered Wetlands Lead the Way*.

http://www.landandwater.com/features/vol48no5/vol48no5_1.html

Wallace, S., et al. 2006. *High-rate ammonia removal in aerated engineered wetlands*. In: IWA. 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control – september 23-29, 2006 Lisbon, Portugal, Volume I. PAC – Artes Graficas. Almada. pp. 255-262. ISBN 989-20-0361-6

Wallace, S.. 2009. Article. *Deicing in a green world, Using Engineered Wetlands for Stormwater Treatment*. Airport MAGAZINE. August/September 2009. pp. 16-17.

Wallace, S, et al.. 2011. *Long Term Hydrocarbon Removal Using Treatment Wetlands*. http://naturallywallace.com/docs/108_SPE%20145797%20Wallace%202011.pdf

Idraulica

G. Alfonsi, E. Orsi (1987), "Proporzionamento delle vasche di laminazione per reti fognarie sulla base del metodo cinematico", Idrotecnica, n. 2, Ed. Maggioli, Roma.

Centro Studi Deflussi Urbani, Sistemi di fognatura – Manuale di Progettazione, ed. Hoepli, 2001

Citrini, D., e G. Nosedà, Idraulica, CEA, Milano, 1987.

C. De Michele e R. Rosso Rapporto sulla valutazione delle piene per l'Italia nord occidentale (2001)

Di Fidio M., Fognature – Manuale per progettisti, costruttori, pubbliche amministrazioni, ed. Pirola, 1999

M. Maglionico (2006), "Gli invasi a servizio dei sistemi fognari: vasche di laminazione e di prima pioggia", Ambiente & Sicurezza, n. 9, Ed. Il Sole 24ore Pirola, Milano.

Moisello, U. "Il regime delle piogge intense di Milano", Ingegneria Ambientale, vol. 5, n. 6 (novembre-dicembre 1976), p. 545-561

E. Paris ed Al. (2004), "Rischio idraulico – Interventi per la protezione del territorio - le casse d'espansione", Ed. CISM, Udine.

Paesaggio

Comune di Capiago Intimiano, 2007 – Piano delle Regole ex articoli 10 e 102 L.R. n°12/05. Comune di Capiago Intimiano.

Del Favero R. (a cura di), 2002 - I tipi forestali della Lombardia. Regione Lombardia, Direzione Generale Agricoltura.

ERSAF (Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste della Regione Lombardia), 2003 – Guida per la scelta della pianta in vivaio. www.ersaf.lombardia.it

Pignatti S. (a cura di), 1982 – Flora d'Italia. Edagricole, Bologna.

Provincia di Como, 2006 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. www.provincia.como.it

Regione Lombardia, 2003 – Quaderno per la gestione del verde pubblico. Aree verdi marginali di pianura. Regione Lombardia e Fondazione Minoprio.

Regione Lombardia, 2007 - Direttiva sull'impiego dei materiali vegetali vivi negli interventi di ingegneria naturalistica in Lombardia. D.g.r. n° VII/29567 del 01.07.1997. www.regione.lombardia.it

Regione Lombardia, 2008 – Piano Paesaggistico. Piano Territoriale Regionale. Regione Lombardia.