

Fitodepurazione del percolato



L'impianto in corso di realizzazione è situato presso le discariche Taglietto 1 e 2 del Consorzio Smaltimento

RSU di Rovigo □ Fabio Masi^o - Francesco Bertin^{oo} - Maria Dei Svaldi^{ooo} Valerio Frazzarin^{oooo} - Eugenio Boschini^{ooooo}

Il sistema di trattamento del percolato attraverso la fitodepurazione rappresenta una opzione mai sperimentata in Italia, ma adottata con successo in diverse realtà del Nord Europa e Nord America che presenta numerosi vantaggi. La semplicità di realizzazione e di conduzione dell'opera, il trattamento in loco, il modesto fabbisogno energetico e i bassi costi di gestione rendono questo sistema più conveniente rispetto ad altre soluzioni tradizionali. Inoltre il valore estetico e paesaggistico di questi impianti li rende sicuramente tra le soluzioni più efficaci da adottare in ambienti particolari come le discariche al fine di riqualificare aree altrimenti degradate. L'articolo descrive nelle sue linee essenziali le caratteristiche del progetto pilota di fitodepurazione del percolato proveniente dalle discariche di Taglietto 1 e 2 gestite dal Consorzio Rifiuti di Rovigo e situate nel Comune di Villadose in provincia di Rovigo.

Introduzione

Il presente lavoro riguarda il progetto definitivo del trattamento del percolato proveniente dalle discariche Taglietto 1 e Taglietto 2 gestite dal Consorzio Smaltimento RSU di Rovigo, mediante la Ecogest Srl, e situate nel Comune di Villadose in provincia di Rovigo.

Nell'Aprile 2005 l'elaborazione di uno studio di fattibilità ha permesso in accordo con la committente, Consorzio di Smaltimento Rsu di Rovigo ed Ecogest Srl, l'individuazione della soluzione migliore sotto il profilo tecnico, economico ed ambientale; tale soluzione è risultata essere un impianto di depurazione naturale del tipo multistadio. Il percolato trattato viene successivamente ricircolato all'interno delle discariche, realizzando in tal modo un sistema a ciclo chiuso. Lo schema dell'impianto è quello riportato nella figura 1.

Relazione

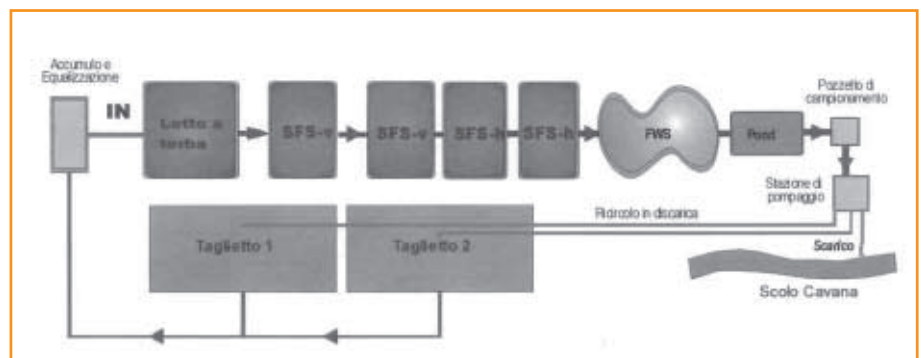
Sulla base dei buoni rendimenti osservati in impianti di fitodepurazione per il trattamento del percolato di discarica [1-11] e considerato che il quantita-

tivo di percolato da trattare giornalmente è piuttosto ridotto (circa 40 mc/g) si è deciso di adottare un sistema di fitodepurazione di tipo multistadio (tale da garantire una elevata rimozione di un ampio spettro di inquinanti) caratterizzato da un alto coefficiente areale per mc di reflujo trattato in modo da ottenere alti tassi di evapotraspirazione ed un elevato tempo di ritenzione idraulica tale da rimuovere anche gli inquinanti maggiormente persistenti.

I serbatoi di accumulo predisposti dal committente, della capienza di circa 1000 mc, permetteranno il trattamento di una quantità giornaliera costante di percolato, tramite l'utilizzo di una stazione di sollevamento comandata da un timer.

Si è ritenuto di collocare in testa al sistema di trattamento un letto di filtrazione a torba. Il funzionamento di tale letto è stato mutuato dai sistemi a flusso

Figura 1 - Schema dell'impianto proposto per la discarica



sommerso verticale: il percolato filtra lentamente attraverso un primo strato di torba avente la funzione primaria di abbattere gli odori del percolato, per poi percolare attraverso uno strato di sabbia grossolana. Tale letto viene inoltre mantenuto saturo per circa 30 cm partendo dal fondo, in modo da instaurare una componente di moto orizzontale attraverso uno strato di ghiaia fine. Tale sistema nel suo complesso svolge le funzioni di abbattere buona parte del carico organico e dei solidi sospesi in ingresso; il funzionamento a flusso verticale permette inoltre un primo step di nitrificazione dell'azoto ammoniacale e successiva parziale denitrificazione nello strato sul fondo a flusso orizzontale.

Il percolato in uscita viene quindi trattato prima in due sistemi a flusso sommerso verticale posti in serie aventi la funzione di completare il processo di nitrificazione dell'ammoniaca, e successivamente in due sistemi a flusso sommerso orizzontale posti in serie per la denitrificazione. Come ultimo stadio di affinamento si è previsto un sistema a flusso libero, che presenta spiccate efficienze nella rimozione di eventuali batteri patogeni e permette una ottimale riossigenazione delle acque dopo il passaggio in sistemi anossici come i vassoi a flusso sommerso orizzontale.

Il refluo viene alla fine inviato agli



impianti di irrigazione da predisporre in coincidenza delle discariche Taglietto 1 e 2, realizzando sostanzialmente un sistema a ciclo chiuso. I coefficienti di irrigazione per superficie bagnata vengono mantenuti al minimo in modo da massimizzare l'evapotraspirazione del percolato nello strato di terreno posto a ricoprimento (capping).

Descrizione dell'area di ubicazione dell'impianto

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

- localizzazione delle discariche;
- condizioni di viabilità della zona adia-

cente al fine di ottimizzare i costi di realizzazione e facilitare la gestione;

- usi attuali e futuri dell'area;
- caratteristiche geologiche e idrogeologiche;
- caratteristiche ambientali in generale.

Localizzazione del sito in cui verrà realizzato l'impianto

L'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto di fitodepurazione si colloca nelle discariche Taglietto 0 e Taglietto 1.

Nell'area sono presenti numerosi laghetti artificiali di differenti dimensioni, in passato utilizzati per la pesca sportiva, alcuni dei quali interrati, per lo più alimentati dalle acque meteoriche e dalla risalita di acque di falda superficiale e hanno una profondità media di 2,5 metri. Le vasche componenti l'impianto di fitodepurazione saranno per buona parte ricavate all'interno di due di questi laghetti, che verranno preliminarmente svuotati e impermeabilizzati. Le due vasche finali e il sistema a flusso libero saranno invece posizionati in una striscia di terra posta tra i bacini, derivante dal completo interrimento di uno dei laghetti esistenti. Lo stagno di accumulo finale sarà ricavato da una porzione di un altro laghetto, previa modellazione e impermeabilizzazione del fondo.



Inserimento paesaggistico dell'impianto e fruibilità dell'area

Il progetto prevede che:

- tutti i manufatti in cemento armato (pozzetti di servizio, stazioni di sollevamento) siano completamente interrati e chiusi;
- le vasche di fitodepurazione e lo stagno finale di accumulo siano impermeabilizzate in modo da non creare interferenze con l'ambiente circostante (suolo e sottosuolo);
- le specie vegetali utilizzate per il sistema di fitodepurazione e per l'inserimento paesaggistico siano autoctone;
- le sponde delle vasche di fitodepurazione vengano inerbite, in modo da realizzare una minore discontinuità fra il sistema naturale e l'impianto stesso;
- le aree vengano soggette a rimodellamento in modo da raccordarsi con i profili morfologici caratteristici delle aree confinanti; parte delle zone soggette a rimodellamento e a movimentazione di suolo verranno inerbite ai fini di ripristino.

L'impermeabilizzazione dei bacini viene effettuata tramite l'utilizzo di una geomembrana in PEAD dello spessore di 2 mm; inoltre, ove è prevista la posa del manto a profondità superiori a 1,5 m, si prevede la messa in opera di uno strato di argilla dello spessore 30 cm, mentre al di sopra del telo viene posto uno strato di terreno vegetale e ghiaia per i sistemi a specchio libero (per i sistemi a flusso sommerso è prevista la posa di un medium di riempimento di altezza mai inferiore a 0,8 m).

Allo stesso modo tutti i manufatti in cemento armato, i pozzetti di servizio ed i collegamenti idraulici, se realizzati a regola d'arte (cioè prevedendo l'utilizzo di apposite vernici di rivestimento e curando la perfetta sigillatura dei giunti), escludono qualsiasi problema di fuoriuscita dei liquami nel suolo e nel sottosuolo.

Aspetti sanitari: effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sulla salute dei cittadini e misure adottate

Carica batterica

Per quanto riguarda l'aspetto microbiologico dell'effluente, dall'analisi

della letteratura internazionale esistente e dalle nostre esperienze dirette, la rimozione dei batteri coliformi risulta decisamente efficace (90-99.999%): il continuo passaggio attraverso micrositte aerobici ed anaerobici nelle rizosfere e nel mezzo di riempimento sembra comportare uno stress per quei microrganismi non metabolicamente adattati a tenori diversi di ossigeno, provocando una drastica diminuzione delle colonie fino alla loro pressoché totale scomparsa. Inoltre, durante il passaggio dei reflui attraverso il medium avvengono processi di adsorbimento, filtrazione meccanica e sedimentazione che contribuiscono all'abbattimento degli stessi microrganismi, nutrienti e dei metalli pesanti in tracce.

Anche l'apparato radicale sembra avere un ruolo attivo nell'abbattimento dei patogeni, infatti, in alcuni recenti studi si riporta che le radici producono dei metaboliti aventi effetto antibiotico sulla flora patogena.

Il sistema di fitodepurazione in progettazione ha un tempo di ritenzione totale di circa 17 giorni, di cui 1 nei sistemi a flusso sommerso verticale, 10 nel sistema a flusso sommerso orizzontale e 6 nel sistema a flusso libero; inoltre il tempo di ritenzione dello stagno finale è di circa 25 gg. In virtù di tempi di ritenzione così elevati è lecito aspettarsi l'abbattimento pressoché totale della carica batterica.

Aerosol, cattivi odori, proliferazione di insetti

Nei sistemi a flusso sommerso il re-

fluo, ad eccezione della fase di avvio, scorre completamente sotto la superficie del letto; questo previene lo sviluppo di cattivi odori, la formazione di vettori di agenti patogeni (come gli aerosol) e la proliferazione di insetti. L'inserimento di sistemi di filtrazione a sabbia in testa all'impianto, e soprattutto del primo stadio a torba, permette l'eliminazione delle esalazioni del percolato. Gli stadi finali a flusso libero sono stati inseriti come affinamento e per facilitare l'evapotraspirazione; la qualità chimico-biologica dell'acqua in tali stadi è comunque già tale da evitare qualsiasi problema legato alla diffusione di aerosol e cattivi odori.

Dati di progetto e criteri di progettazione

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

Tabella 1 - Parametri di calcolo per impianto di depurazione

Parametri di calcolo impianto di fitodepurazione	Unità di misura
Qg (Portata giornaliera)	40 m3/d
Temperatura minima invernale dei rifiuti	6°C
Profondità dei letti verticali a torba	1.30m
Profondità dei letti a flusso verticale (VF)	1.10m
Profondità dei letti a flusso orizzontale (HF)	0.70m
Gradiente idraulico dei letti (S)	0.010
Pendenza del fondo dei letti a flusso sommerso (HF)	1%
Porosità del medium nei sistemi HF (n)	0.35 Ghiaia diametro 8 mm
Conducibilità idraulica teorica sistemi HF (ks)	500m3/m2 d
Altezza media del sistema a flusso libero FWS	0.5m
Carico organico in ingresso come COD	1100mgO2/lt
Carico azotato in ingresso come N-NH4+	1000Mg/l

efficienze di trattamento) sono stati verificati e aggiornati sulla base delle pubblicazioni scientifiche più recenti. Sulla base dell'esperienza di zone umide costruite realizzate in Italia [12], il modello di Reed, Crites & Middlebrooks si è rivelato migliore per i sistemi a flusso sommerso orizzontale e libero ed è quindi stato utilizzato per la previsione dei rendimenti dello stadio a flusso sommerso orizzontale e dello stadio a flusso libero. Per dimensionare la vasca a flusso sommerso verticale si è fatto ricorso alla metodologia EPA [13] ed alle linee guida di progettazione suggerite da vari autori [14]. I parametri utilizzati per il calcolo delle superfici necessarie nella configurazione impiantistica ipotizzata sono riportati nella **Tabella 1**.

Previsione delle rese depurative

Le concentrazioni degli inquinanti previste in uscita, riportate nella tabella 2, sono state calcolate in base ai modelli matematici tarati e validati e comparando i risultati ottenuti con i dati di monitoraggio a disposizione su impianti di fitodepurazione per il trattamento del percolato di discarica.

In tale stima non si è considerato l'affinamento della qualità dello scarico ottenibile nello stagno finale di accumulo, avente un tempo di ritenzione totale di circa 25 gg. Non si sono neppure considerati gli effetti benefici dei fenomeni evapotraspirativi: l'impianto è in realtà caratterizzato da un elevato tasso di evapotraspirazione, che varia da un minimo del 20% rispetto alla portata in ingresso fino a valori attesi del 50-65% nei mesi estivi.

Tabella 2 - Concentrazioni previste in uscita, confrontate con i limiti richiesti per scarico in acque superficiali dal D.L. 152/99

Parametro	U.M.	Out	Tab. 3 D.L.152/99
COD	mg/l	40	160
N-NH4+	mg/l	10	15
N-NO3-	mg/l	15	20
SST	mg/l	10	80
Fe(III)	mg/l	1	2

Modalità di avvio dell'impianto

L'avviamento dell'impianto avverrà una volta che sia stato eseguito il collaudo funzionale, in particolare sull'impermeabilizzazione dei bacini e sulle componenti elettromeccaniche; i letti potranno essere riempiti utilizzando l'acqua derivante dallo svuotamento del laghetto da cui avrà origine lo stagno finale; tale operazione, oltre a permettere i collaudi funzionali sulla tenuta dell'impermeabilizzazione, consentirà la piantumazione delle specie vegetali. Ad avvenuta radicazione delle stesse potrà essere avviato lo start-up dell'impianto.

La fase di avvio dell'impianto avverrà in maniera incrementale, cioè aumentando la portata progressivamente in modo da raggiungere la massima efficienza dell'impianto, coincidente con il massimo sviluppo degli apparati radicali delle essenze vegetali e con la stabilizzazione delle colonie batteriche responsabili dei vari processi di degradazione. In maggior dettaglio le portate trattate saranno le seguenti nei vari periodi della sperimentazione:

mesi n. 1 e 2: 10 m³/giorno
 mesi n. 3 e 4: 20 m³/giorno
 mesi n. 4 e 5: 30 m³/giorno
 mesi n. 6 e 7: 40 m³/giorno

Si prevede una fase di avvio della durata di sette mesi, nella quale nei primi 2 mesi saranno adottati all'impianto 10 mc di percolato, prevedendo incrementi di 10 mc ogni 2 mesi.

In questa fase l'impianto sarà oggetto di un intenso monitoraggio: si prevede almeno un campione in ingresso e uscita ogni 2 settimane (il prelievo verrà effettuato presso gli appositi pozzetti di ispezione), su cui verranno analizzati da laboratori accreditati e/o dall'ARPAV (previo affidamento dell'incarico da parte dei gestori dell'impianto) i seguenti parametri:

pH (acidità); COD (domanda chimica di ossigeno); TOC (carico organico totale); BOD5 (richiesta biochimica di ossigeno); SST (solidi sospesi totali); NH4+-N (azoto ammoniacale espresso come N); Ntot (azoto totale); NO3- -N

(azoto nitrico espresso come N); Ptot (fosforo totale); metalli pesanti (Hg, Cd, Fe, Cr totale e Cr esavalente, Cu, Ni, Zn, Pb); Escherichia Coli; Saggio di tossicità acuta (nel caso si ottenessero risultati negativi, si andranno a ricercare in dettaglio gli agenti ecotossici seguendo la lista delle sostanze dell'Allegato A del D.M. 367/2003 "Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152).

La periodicità di raccolta dei campioni (circa 15 giorni) dipende dall'effettivo tempo di ritenzione idraulica (ovvero dal periodo di tempo trascorso dal percolato all'interno dell'impianto fino a raggiungere il pozzetto finale di campionamento); sostanzialmente si vuole campionare l'acqua in ingresso ed in uscita dall'impianto in modo da poter correlare effettivamente le due aliquote raccolte osservando come risponde l'impianto ad eventuali variazioni di portata e di composizione chimica della soluzione acquosa.

Si eseguiranno inoltre misure di portata idraulica del percolato trattato mediante due misuratori elettromagnetici di portata posizionati in ingresso ed in uscita dell'impianto di fitodepurazione. I misuratori di portata avranno lo scopo precipuo di valutare l'effettiva capacità evapotraspirativa dell'impianto in tutte le stagioni, in modo tale da calibrare alla perfezione le modalità di ricircolo per l'irrigazione del capping delle discariche e di tendere quanto più possibile all'ottenimento di un ciclo chiuso con assenza di scarico in acque superficiali (scarico zero). La misurazione di portata servirà inoltre come strumento di controllo in continua dell'effettiva tenuta idraulica dell'impianto.

Durante tutta la fase di avvio dell'impianto non si prevede comunque nessuno scarico, ma solo il ricircolo all'interno delle discariche.

In conclusione, il programma di ricerca consentirà di stabilire l'effettiva ido-

neità del trattamento allo scarico in acque superficiali (Tab. 3/All.5 D.Lgs 152/99), di stabilire il tempo di ritenzione idraulica ottimale per il trattamento (in termini di quantità di percolato da trattare giornalmente) e la verifica della possibilità di mantenere un ciclo chiuso evitando lo scarico in acque superficiali (analisi della capacità evapotraspirativa del sistema fitodepurazione/discariche).

Conclusioni

La gestione del percolato è spesso una delle voci più onerose nel bilancio economico degli impianti di discarica per RSU/RSA. Le soluzioni tradizionalmente utilizzate sono la depurazione in sito attraverso impianti tradizionali di tipo biologico o chimico/fisico, oppure il semplice trasporto ad impianti di depurazione terzi. La fitodepurazione rappresenta una soluzione innovativa sul panorama nazionale e di sicuro interesse per diverse ragioni: rispetto alle soluzioni tradizionali è generalmente più economica, di più facile gestione e manutenzione e consente un inserimento ambientale e paesaggistico assai migliore. Per contro questa soluzione richiede maggiori disponibilità di superfici dedicate.

Bibliografia

1. Cooper P. - Reed beds & Constructed Wetlands for wastewater treatment - Landfill leachate - WRc Swindon, p. 149-153, 1996.
2. Johnson, K.D., C.D. Martin, G.A. Moshiri, and W.C. McCrory, 1999, Performance of a Constructed Wetland Leachate Treatment System at the Chunchula Landfill, Mobile County, Alabama, in Constructed Wetlands for the Treatment of Landfill Leachates, Chapter 5, G. Mulamootil, E.A. McBean, and F. Rovers, eds., CRC Press, Boca Raton, FL.
3. Loer J., Wetzstein D., Julik J., Kadlec R.H.- An integrated natural system for leachate treatment - IAWQ Specialist Group On The Use Of Macrophytes In Water Pollution Control: Newsletter n° 16, p.12-14, 1997.
4. Martin C.D., Moshiri G.A., Miller C.C.- Mitigation of landfill leachate incorporating in-series constructed wetlands of a closed-loop design - in Constructed Wetlands for Water Quality Improvement, Moshiri G.A. Ed., Lewis Publisher, London, p.473-477, 1993.
5. Martin C.D., Keith D. Johnson K.D. and Moshiri G.A. Performance of a Constructed Wetland Leachate Treatment System at the Chunchula Landfill, Mobile County, Alabama Water Science and Technology Vol 40 No 3 pp 67-73 (c) IWA Publishing 1999
6. Robinson H., Walsh T., Martin Carville M., Advanced Leachate Treatment at Buckden Landfill, Huntingdon, CIWM Annual Conference & Exhibition 2002 UK 2002
7. Sloop G.M., Kozub D.D., Liehr S.K. - Use of constructed wetlands for treating high ammonia nitrogen landfill leachate - Preprints of 5th International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control, Vienna, IAWQ ed., vol. 2, XII/2 , 1996.
8. Staubitz W.W., Surface J.M., Steenhuis T.S., et al. - Potential use of constructed wetlands to treat landfill leachate - in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, Hammer D.A. Ed., Lewis Pu-

blisher, London, p.735-743, 1989.

9. Surface J.M., Peverly J.H., Steenhuis T.S., Sanford W.E.-, Effect of season, substrate composition and plant growth on landfill leachate treatment in a constructed wetland - in Constructed Wetlands for Water Quality Improvement, Moshiri G.A. Ed., Lewis Publisher, London, p.461-473, 1993.
 10. Trautmann N.M., Martin J.H., Porter K.S., Hawk K.C.- Use of artificial wetlands for treatment of municipal solid waste landfill leachate - in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, Hammer D.A. Ed., Lewis Publisher, London, p.245-253, 1989.
 11. Urbanc Bercic O., - Investigation into the use of constructed reedbeds for municipal waste dump leachate treatment - Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research and Control, v.29, p.289-294, 1994.
 12. Masi F., Bendoricchio G., Conte G., Garuti G., Innocenti A., Franco D., Pietrelli L., Pineschi G., Pucci B., Romagnolli F. - Constructed wetlands for wastewater treatment in Italy: State-of-the-art and obtained results, Conference Proceedings of the IWA 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Orlando, 979-985, 2000.
 13. USEPA - Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment. EPA 832-R-93-001, U.S. EPA Office of Water (WH547), 1993..
 14. Brix H., - Design Criteria for a two-stage constructed wetland, in Preprints of Proceedings of the 5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, IX/6, 15-19 Sept. 1996, Vienna, Austria
- °Iridra srl - masi@iridra.com
 °°ANSAC - francescobertin@ansac.it
 °°°Maria Dei Svaldi - Nord-Est Controlli srl - maria.deisvaldi@nordestcontrolli.it
 °°°°Valerio Frazzarin - Ecogest Srl - direttore@ecogestsrl.it
 °°°°°Eugenio Boschini - Consorzio Smaltimento RSU Rovigo -boschini.rsu@virgilio.it