

Tecnologie di trattamento del percolato

Corso di “*Gestione dei Rifiuti Solidi*”

Dipartimento IMAGE

dott. ing. Luca Alibardi

a.a.2004-2005

INTRODUZIONE

Il percolato proveniente dalle discariche controllate è un'acqua di rifiuto complessa ed altamente inquinata. L'inquinamento del percolato è il risultato dei processi biologici, chimici e fisici che si svolgono all'interno delle discariche, insieme alla composizione dei rifiuti e al regime idrico della discarica.

In generale le **caratteristiche quantitative** del percolato sono influenzate da fattori esterni come l'apporto idrico (meteorico, superficiale, sotterraneo) e da fattori interni come l'umidità iniziale, la produzione e consumo di acqua durante la biodegradazione dei rifiuti, da fattori progettuali come la copertura finale.

Le **caratteristiche qualitative** dipendono invece più strettamente dalla composizione dei rifiuti, in particolare dalla componente organica biodegradabile e dal contenuto di ione ammonio e di metalli.

INTRODUZIONE

Una caratteristica di questa acqua di rifiuto è il cambiamento di alcuni componenti e di parametri di qualità, al variare delle condizioni biologiche della discarica.

La scelta del tipo di trattamento per un liquame, quale è il percolato, è fortemente collegata con le sue caratteristiche fisico-chimiche e biologiche.

Proprio la variabilità nel tempo delle caratteristiche del percolato rende difficoltosa la scelta di un trattamento appropriato, che possa garantire l'esercizio e l'efficacia, per tutto il periodo di gestione della discarica.

QUALITA' DEL PERCOLATO NEL TEMPO

Il concorso di fattori come la composizione dei rifiuti e l'andamento nel tempo delle reazioni biologiche e chimico-fisiche in discarica, fa sì che le caratteristiche qualitative del percolato siano fortemente variabili.

I meccanismi che regolano il trasferimento di massa dai rifiuti all'acqua percolante, da cui si origina il percolato, possono essere divisi in tre categorie:

- Idrolisi e Degradazione Biologica.
- Solubilizzazione di Sali.
- Lisciviazione di Materia.

QUALITA' DEL PERCOLATO NEL TEMPO

FASE DI DEGRADAZIONE AEROBICA:

Limitata nel tempo in funzione della disponibilità di ossigeno per i batteri. In questa fase i Carboidrati sono convertiti a CO₂ ed Acqua, i Grassi idrolizzati ad Acidi grassi e Glicerolo e ulteriormente degradati ad Acidi volatili e Alcali, la Cellulosa degradata a Glucosio e a sua volta a CO₂ ed Acqua.

La fase di degradazione aerobica è solitamente breve e non vi è produzione sostanziale di percolato.

QUALITA' DEL PERCOLATO NEL TEMPO

DEGRADAZIONE ANAEROBICA: fase acidogenica

Nella fase iniziale della degradazione anaerobica, vi è la formazione fermentativa di acidi grassi volatili e la produzione di CO_2 , con conseguente diminuzione del pH. Si hanno elevate concentrazioni di ioni inorganici (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) per la lisciviazione di materiale facilmente solubile, la diminuzione dei solfati che diventano solfuri metallici di ferro, manganese o altri metalli pesanti, solubilizzati nella fermentazione acida.

Le caratteristiche del percolato in questa fase sono:

Alti valori di BOD_5 ($>10.000\text{mg/l}$), alti rapporti BOD_5/COD ($>0,7$), pH in campo acido (5-6) e ammoniaca (500-1000mg/l) derivante dall'idrolisi e dalla fermentazione dei composti proteici.

QUALITA' DEL PERCOLATO NEL TEMPO

DEGRADAZIONE ANAEROBICA: fase intermedia

In questa fase vi è la lenta crescita dei batteri metanigeni che potrebbe essere inibita da eccessi di Acidi volatili (6.000-16.000 mg/l). Aumenta la produzione di metano, cala la produzione di idrogeno e anidride carbonica e si alza il pH. Cresce la concentrazione dei solfati per le condizioni riducenti biologiche. L'aumento del pH, porta ad una diminuzione della solubilità dei metalli e del Calcio. L'Ammoniaca viene lisciviata perché non è convertita in ambiente anaerobico (nitrificazione solo in condizioni aerobiche).

Il percolato avrà quindi valori di BOD₅ inferiori come il rapporto BOD₅/COD (0,5 - 0,3) e crescita del pH.

QUALITA' DEL PERCOLATO NEL TEMPO

DEGRADAZIONE ANAEROBICA: fase metanigena

Nella fase metanigena i batteri metanigeni continuano la degradazione della sostanza organica con la produzione di Metano. Il pH si attesta a condizioni di neutralità (6-8, min-max per i batteri)

Le caratteristiche del percolato sono di pH attorno alla neutralità, basse concentrazioni di Acidi Volatili e di Solidi Disciolti che si traduce in bassi valori di BOD_5 e bassi valori di BOD_5/COD ($<0,2$). L'Ammoniaca continua ad essere rilasciata per le condizioni anaerobiche ancora presenti.

QUALITA' DEL PERCOLATO NEL TEMPO

Parametro (mg/ l)	(Ehrig, 1990)				(Kruse, 1994)					
	fase acida		fase metanigena		fase acida		fase intermedia		fase metanigena	
	intervallo	media	intervallo	media	intervallo	media	intervallo	media	intervallo	media
pH	4,5 - 7	6	7,5 - 9	8	6,2 - 7,8	7,4	6,7 - 8,3	7,5	7,0 - 8,3	7,6
COD	6.000 - 60.000	22.000	500 - 4.500	3.000	950 - 40.000	9.500	700 - 28.000	3.400	460 - 8.300	2.500
BOD5	4.000 - 40.000	13.000	20 - 550	180	600 - 27.000	6.300	200 - 10.000	1.200	20 - 700	230
TOC	1.500 - 25.000	7.000	200 - 5.000	1.300	350 - 12.000(2)	2.600(2)	300 - 1.500(2)	880(2)	150 - 1.600(2)	660(2)
AOX (µg/ l)	540 - 3.450	1.674	524 - 2.010	1.040	260 - 6.200	2.400	260 - 3.900	1.545	195 - 3.500	1.725
org. N1)	10 - 4.250	600	10 - 4.250	600						
NH4-N1)	30 - 3.000	750	30 - 3.000	750	17- 1.650	740	17- 1.650	740	17- 1.650	740
TKN1)	40 - 3.425	1.350	40 - 3.425	1.350	250 - 2.000	920	250 - 2.000	920	250 - 2.000	920
NO2-N1)	0 - 25	0,5	0 - 25 0	0,5						
NO3-N1)	0,1 - 50	3	0,1 - 50	3						
SO4	70 - 1.750	500	10 - 420	80	35 - 925	200	20 - 230	90	25 - 2.500	240
Cl	100 - 5.000	2.100	100 - 5.000	2.100	315 - 12.400	2.150	315 - 12.400	2.150	315 - 12.400	2.150
Na1)	50 - 4.000	1.350	50 - 4.000	1.350	1 - 6.800	1.150	1 - 6.800	1.150	1 - 6.800	1.150
K1)	10 - 2.500	1.100	10 - 2.500	1.100	170 - 1.750	880	170 - 1.750	880	170 - 1.750	880
Mg	50 - 1.150	470	40 - 350	180	30 - 600	285	90 - 350	200	25 - 300	150
Ca	10 - 2.500	1.200	20 - 600	60	80 - 2.300	650	40 - 310	150	50 - 1.100	200
tot. P1)	0,1 - 30	6	0,1 - 30	6	0,3 - 54	6,8	0,3 - 54	6,8	0,3 - 54	6,8
Cr1)	0,03 - 1,6	0,3	0,3 - 1,6	0,3	0,002 - 0,52	0,155	0,002 - 0,52	0,155	0,002 - 0,52	0,155
Fe	20 - 2.100	780	3 - 280	15	3 - 500	135	2 - 120	36	4 - 125	25
Ni1)	0,02 - 2,05	0,2	0,02 - 2,05	0,2	0,01 - 1	0,19	0,01 - 1	0,19	0,01 - 1	0,19
Cu1)	0,004 - 1,4	0,08	0,004 - 1,4	0,08	0,005 - 0,56	0,09	0,005 - 0,56	0,09	0,005 - 0,56	0,09
Zn	0,1 - 120	5	0,03 - 4	0,6	0,05 - 16	2,2	0,06 - 1,7	0,6	0,09 - 3,5	0,6
As1)	0,005 - 1,6	0,16	0,005 - 1,6	0,16	0,0053 - 0,11	0,0255	0,0053 - 0,11	0,0255	0,0053 - 0,11	0,0255
Cd1)	0,0005 - 0,14	0,006	0,0005 - 0,14	0,006	0,0007 - 0,525	0,0375	0,0007 - 0,525	0,0375	0,0007 - 0,525	0,0375

TRATTAMENTI DEL PERCOLATO

Nel progetto di un impianto di trattamento del percolato si devono tenere in considerazione oltre che le caratteristiche del percolato da trattare, anche dei seguenti aspetti:

- Concentrazioni limite da rispettare.
- Bassa richiesta di risorse ed energia.
- Limitata generazione di residui
- Basso impatto ambientale
- Funzionamento semplice, affidabile, efficiente ed economico

TRATTAMENTI BIOLOGICI DEL PERCOLATO

Il trattamento biologico del percolato è un processo a basso costo in cui la sostanza organica è convertita ad Anidride carbonica, Acqua e Biomassa. In generale se le sostanze inquinanti possono essere trattate con processi biologici, è sconsigliato l'uso di processo chimico-fisici, più costosi. In alcuni casi però difficile è il raggiungimento degli standard di legge solo tramite trattamento biologico e si deve prevedere un processo integrato.

La trattabilità biologica del percolato dipende dal rapporto BOD_5/COD ($>0,5$) e dalla presenza di sostanze inibenti l'attività batterica (Metalli, Solfuri, Cloruri, Fenoli, Cianuri...)

All'aumentare dell'età della discarica l'attenzione si sposta verso la rimozione dell'ammoniaca. (N.B. la denitrificazione necessita di un substrato organico)

TRATTAMENTI BIOLOGICI DEL PERCOLATO

Per il dimensionamento di un impianto di trattamento biologico si devono tenere in considerazione i seguenti punti:

- Produzione di schiume nelle sezioni aerobiche.
- Sedimentazione di solidi e composti che possono ostruire parti dell'impianto.
- Bassa temperatura del percolato per la lunga permanenza nelle vasche biologiche.
- Bassa concentrazione di fosforo nei percolati.
- Bassa concentrazione di BOD_5 e alta di ammoniaca nei percolati vecchi.
- Presenza di composti refrattari.

TRATTAMENTI BIOLOGICI DEL PERCOLATO

Trattamento biologico combinato con reflui urbani

Se entrambe le acque di rifiuto possono essere trattate separatamente con sistemi biologici, ogni loro combinazione può essere trattata con gli stessi sistemi.

Si devono tener conto di alcuni accorgimenti. Se la portata di percolato è aggiunta alla portata di liquame trattato senza alcun cambiamento, si verifica un aumento di carico e un conseguente aumento della produzione di effluente e di fango. L'aumento in oltre potrebbe ridurre drasticamente il tasso di nitrificazione con tossicità da ammoniacca. Allora si devono mantenere le stesse condizioni di carico che si avrebbero senza l'aggiunta del percolato. Ancora una restrizione si può verificare nella fase di denitrificazione se il contenuto organico è usato come fonte di carbonio: il percolato di vecchie discariche ha basso contenuto organico biodegradabile.

Il trattamento dei reflui urbani combinato con il trattamento del percolato è ormai una tecnologia collaudata e ben funzionante se l'impianto di trattamento è progettato e gestito accuratamente. In oltre si evidenzia una maggiore stabilità e una maggiore funzionalità rispetto a sistemi di trattamento esclusivo del percolato.

TRATTAMENTI BIOLOGICI DEL PERCOLATO

Trattamenti biologici aerobici.

I **lagunaggi aerobici** si dimostrano sistemi semplici, economici ed affidabili, caratteristiche richieste per il trattamento del percolato. Tale tecnologia può portare a rendimenti di abbattimento del 98-99% per BOD e COD e superiori al 90% per l'ammoniaca. I lunghi tempi di ritenzione permettono uno sviluppo batterico anche a basse temperature e rimozione anche delle sostanze difficilmente biodegradabili.

I trattamenti a **fanghi attivi** hanno tempi di ritenzione inferiori per la maggiore concentrazione di fango che comunque necessita di una successiva sedimentazione. Anche in questo caso vi sono i vantaggi della rimozione del BOD e dell'ammoniaca, che diventa parametro molto importante all'invecchiare della discarica.

La gestione dell'impianto diventa difficoltosa all'invecchiare del percolato in quanto diminuiscono i carichi organici, rimangono alti i livelli di ammoniaca, varia il pH verso la basicità. Si deve pertanto considerare in maniera molto attenta le variazioni del pH, le fasi di nitrificazione e de-nitrificazione e le variazioni di temperatura.

Gli impianti a **dischi biologici** e a **letti percolatori** richiedono minori consumi energetici e risultano più efficaci per la nitrificazione in presenza di biomassa adesa. Anche la temperatura può non interferire i processi perché normalmente questi impianti sono coperti.

TRATTAMENTI BIOLOGICI DEL PERCOLATO

Trattamenti biologici anaerobici.

I **lagunaggi anaerobici** sono buoni pre-trattamenti del percolato soprattutto per smorzare le punte quali-quantitative influenzando positivamente sui successivi trattamenti. Garantiscono anche una buona rimozione del COD (80-90%) ma sono totalmente inefficaci nella rimozione dell'Azoto ammoniacale.

I **digestori anaerobici** sono stati di recente oggetto di studio e si è dimostrato come temperature di 25°C consentano buone velocità di degradazione. Anche i reattori UASB permettono rendimenti di abbattimento del COD intorno al 90% con percolati giovani in ingresso con 10,000 - 20,000 mg COD/l.

Il vantaggio principale di un pretrattamento o un trattamento anaerobico sono la bassa richiesta di energia.

L'effluente dei processi anaerobici ha comunque residui ancora elevati di BOD_5/COD ($>0,3$) e di COD ($>1000-4000$ mg/l) che spesso richiedono un successivo trattamento.

TRATTAMENTI BIOLOGICI DEL PERCOLATO

IN SINTESI i trattamenti biologici sono molto efficaci nel ridurre i composti organici biodegradabili (BOD) e la maggior parte di quelli totali (COD). Anche nel caso di basse concentrazioni di sostanza organica e $BOD5/COD < 0,2$ si ha una riduzione del COD fino al 50%.

In oltre si ha il vantaggio della ossidazione dello ione ammonio e la trasformazione ad Azoto gassoso dei nitrati e dello ione ammonio (nitrificazione e de-nitrificazione)

Lo svantaggio è la dipendenza dalla temperatura e dal pH.

TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI DEL PERCOLATO

I trattamenti Chimico-Fisici agiscono principalmente nella separazione e concentrazione degli inquinanti. Il concentrato deve poi essere ulteriormente trattato (incenerito, depositato in discarica o altro trattamento).

In generale non esiste un solo trattamento da solo efficace nel raggiungere gli obiettivi di scarico.

TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI DEL PERCOLATO

FLOCCULAZIONE

Processo di precipitazione chimica con l'aggiunta di agenti flocculanti quali Calce, Sali di Ferro o Alluminio.

La rimozione di COD risulta scarsa in presenza di sostanza organica di basso peso molecolare (<5000g/mol...piccola) quindi in presenza di percolati in fase acida (acidi organici a basso peso molecolare). Migliore è il trattamento di percolati vecchi (40-60%) ma non si ha trattamento della componente ammoniacale.

La flocculazione deve essere utilizzata in combinazione con altri trattamenti.

TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI DEL PERCOLATO

ADSORBIMENTO

Il processo di adsorbimento è stato indicato come il più idoneo nel trattamento del percolato garantendo rimozioni del COD superiori all'85%. In realtà questo è possibile per percolati vecchi e già trattati. Il processo di adsorbimento è fortemente legato alle dimensioni delle molecole. Molecole troppo piccole (acidi grassi volatili) non sono intrappolate, molecole troppo grandi (acidi umici) ostruiscono i pori diminuendo la capacità adsorbente.

Devono essere previsti combinazioni con trattamenti biologici o di precipitazione chimica per diminuire il carico di acidi volatili o composti umici.

TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI DEL PERCOLATO

OSSIDAZIONE CHIMICA

Gli ossidanti più idonei sono il Perossido d'Idrogeno (H_2O_2) accoppiato agli UV come catalizzatori, e l'Ozono.

E' un processo molto efficace per la rimozione del COD e degli AOX. Non raggiunge l'ossidazione completa ma riduce notevolmente la frazione biorefrattaria, favorendo un successivo trattamento biologico.

TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI DEL PERCOLATO

OSSIDAZIONE AD UMIDO

Processo ad alta temperatura (150°-360°C) ed elevate pressioni (30-250 bar) per consentire il contatto tra sostanza da ossidare e ossigeno in fase liquida. Si ottengono rapporti BOD₅/COD fino a 0,9. Indipendentemente dai rapporti in ingresso.

OSMOSI INVERSA

Sono stati ottenuti buoni rendimenti di rimozione del COD, anche superiori al 90%, e dell'Azoto Ammoniacale, circa 80% su percolati in fase metanigena. Le molecole organiche piccole non riescono ad essere trattate e si necessita di un trattamento biologico. Lo svantaggio è quello di ottenere un eluato concentrato, solitamente ricircolato in discarica.

TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI DEL PERCOLATO

EVAPORAZIONE

Utilizzato per la separazione della fase liquida da sostanze solide (ST 20-40%) e di sostanze organiche ed inorganiche.

Il distillato può però essere ricco di vapori di ammoniaca e di composti clorurati. E' un processo interessante per la compattezza e l'indipendenza dalle caratteristiche del percolato.

STRIPPING

Utilizzato per il passaggio dell'Ammoniaca dalla fase liquida alla fase gassosa, posizionato a valle di trattamenti inefficaci per la rimozione dell'ammoniaca appunto. Lo svantaggio principale è la necessità di spostare il pH a valori di 11-12 con l'aggiunta di calce e quindi controllo nella gestione. Si è applicato tale trattamento a casi reali ma sembra avere grossi inconvenienti rispetto il trattamento biologico.

TRATTAMENTI DEL PERCOLATO

Spesso gli impianti di trattamento del percolato sono progettati con combinazione di diversi trattamenti unitari. Uno schema di possibili combinazioni è riportato in figura.

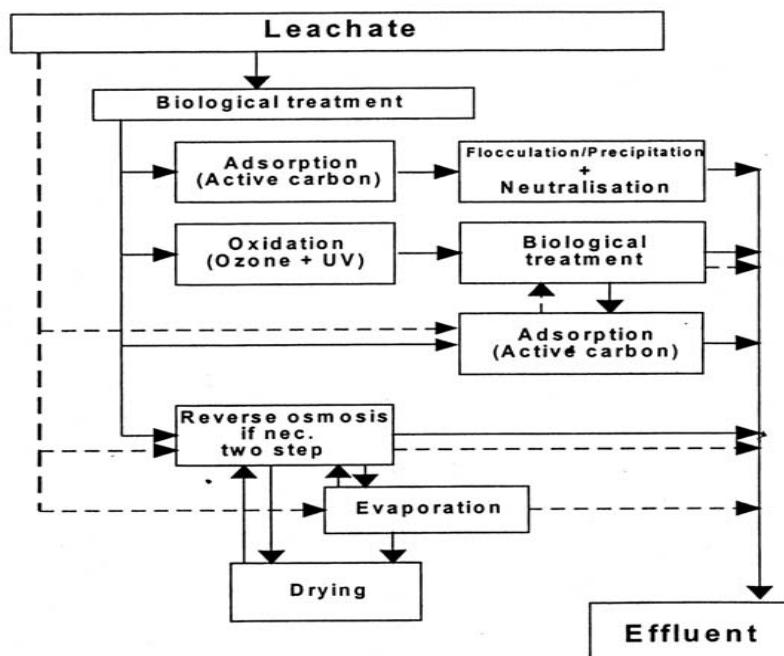


Figura 7. Schema di metodi e di combinazioni spesso usati per il trattamento del percolato (secondo EHRIG ET AL., 1998)