

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**



**FACOLTA' D'INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**(CLASSE DELLE LAUREE SPECIALISTICHE IN INGEGNERIA PER  
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO, CLASSE N. 38/S)**

**DIPARTIMENTO DI**

**INGEGNERIA IDRAULICA GEOTECNICA ED AMBIENTALE**

**SINTESI DELL'ELABORATO**

**CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL PERCOLATO DA  
DISCARICA E TRATTAMENTO CON IL PROCESSO FENTON**

RELATORE

CH.MO PROF. ING. GIANPAOLO ROTONDO

CORRELATORE

ING. BRUNO BRANCATO

CANDIDATO

DI GIULIO DANILO

MATR. 324/182

**ANNO ACCADEMICO 2010-2011**

## **SINTESI DELL'ELABORATO.**

Il percolato da discarica è certamente uno degli inquinanti di più difficile rimozione. Come tutte le acque di rifiuto ad alto carico, anche per il percolato, i trattamenti tradizionali possono non essere sufficienti ad ottenere un effluente a norma, per varie ragioni. Innanzitutto il percolato, avendo origini e composizioni diverse, ha una estrema variabilità di tipologie di inquinanti. In secondo luogo gli impianti si trovano a lavorare su un COD praticamente non più biodegradabile, o su quantità di ammoniaca presenti che richiedono volumi di nitrificazione e denitrificazione paragonabili a quelli di impianti civili con qualche migliaio di abitanti equivalenti. Altra problematica è legata ai cloruri, spesso di quattro o cinque volte superiori ai limiti di scarico e completamente intrattabili. Inoltre vi è il problema della presenza di sostanze tossiche (metalli, diossine, PCB, etc.) che possono inibire i microorganismi nel comparto biologico. Si utilizzano allora trattamenti di tipo fisico-chimico (osmosi inversa, evaporazione, processo Fenton) che separano l'acqua dall'inquinante, accoppiati ad una fase di omogeneizzazione del rifiuto e ad impianti di tipo tradizionale. Ma andiamo per ordine e cominciamo a definire il percolato e la sua formazione in discarica. Il percolato è un'acqua di rifiuto complessa ed altamente inquinata, che si sviluppa quantitativamente in relazione a fattori esterni come l'apporto idrico e fattori interni come umidità iniziale e produzione e consumo di acqua durante la biodegradazione dei rifiuti, e da fattori progettuali come la copertura finale. Le caratteristiche organolettiche del percolato variano in relazione all'età della discarica. In discariche giovani il percolato è giallo-verde, in quelle vecchie il colore è bruno-nerastro. In discariche con età variabile dai due ai tre anni l'odore è tipico di idrogeno solforato, che in seguito regredisce gradualmente per lasciare il posto ad odore di muffa. Il

carico inquinante è massimo nei primi anni (2 o 3) per poi registrare una progressiva diminuzione. 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: con una fase di degradazione aerobica (limitata nel tempo relativamente alla disponibilità di ossigeno: si producono CO<sub>2</sub>, acqua, acidi volatili e alcali) ed una anaerobica (con una fase acidogenica, una intermedia e l'altra metanigena; con abbassamento pH, formazione CO<sub>2</sub> e metano)
- Solubilizzazione dei sali
- Lisciviazione di materia: il processo per cui gli elementi solubili del rifiuto, per effetto dello scorrimento e della percolazione delle acque, vengono trasportati o migrano negli strati più profondi.

Per quanto concerne l'inquinante trattato nel caso dell'impianto di Crotone, tenendo conto sia di riscontri analitici effettuati sul campo che delle informazioni presenti in letteratura, al fine di uniformare ed introdurre un riferimento comune di valutazione dell'idoneità dei processi depurativi, si sono assunti i seguenti valori di portate e medie di inquinante percolato considerando 12 h/d di attività.

*Tabella 1*

<i>PARAMETRO</i>	<i>UM</i>	<i>VALORE</i>
Portata idraulica max all'impianto	m <sup>3</sup> /giorno	300
Portata idraulica max all'impianto	m <sup>3</sup> /h	25
Concentrazione BOD5	Mg/l	5.000
Concentrazione COD	Mg/l	10.000
Concentrazione N-TKN	Mg/l	3.500
Concentrazione N-NO <sub>3</sub>	Mg/l	200
Concentrazione Fe ed altri metalli	Mg/l	200
Concentrazione SST	Mg/l	480

Si hanno i seguenti carichi giornalieri degli inquinanti, in corrispondenza delle concentrazioni sopra riportate.

*Tabella 2*

Quantità BOD <sub>5</sub>	Kg/d	1.500
Quantità COD	Kg/d	300
Quantità N-TKN	Kg/d	25
Quantità N-NO <sub>3</sub>	Kg/d	5.000
Quantità Fe ed altri metalli	Kg/d	10.000
Quantità SST	Kg/d	3.500

L'effluente finale del depuratore dovrà soddisfare i requisiti minimi relativi allo scarico in acque marine costiere, ovvero essere conforme alla *Tab. 3-all. 5 del DL 152/2006* (Parte III), e successive disposizioni integrative, correttive ed aggiornamenti. Per lo scarico in Tab. 3 non esistono prescrizioni particolari per l'azoto totale N<sub>tot</sub>. Quest'ultimo è la somma dell'azoto di Kjeldhal (Azoto organico + Azoto ammoniacale N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + l'azoto nitroso N-NO<sub>3</sub>). *In merito all'efficienza di disinfezione, in conformità con le prescrizioni dell'allegato 5 del D.L. 152/06, si adotta un limite non superiore ai 5000 UFC/100ml.*

Motivazioni di carattere ambientale ed economico, di semplicità gestionale e costruttiva, hanno indicato nell'ossidazione catalitica in umido (reazione di Fenton) il trattamento più idoneo alle circostanze in oggetto, soprattutto per la sua efficacia nella rimozione dei polifenoli ed altre sostanze tossiche, COD e solidi sospesi, dei metalli, del fosforo e delle sostanze colloidali.

Si tratta, come detto, di una ossidazione catalitica in umido (a pH 2,5-4,5) delle sostanze organiche contenenti anelli aromatici disciolte nel rifiuto. Si esegue poi una operazione di coagulazione seguita da una precipitazione per sedimentazione dei fiocchi formatisi durante il suddetto processo. La coagulazione avviene tramite la riduzione del potenziale Z ad opera di ioni o colloidali di carica elettrica opposta, ad un livello inferiore a quello delle forze attrattive di Van der Waals, e tramite l'aggregazione delle particelle formando nuclei che incorporano le particelle colloidali in sospensione. Il dimensionamento delle due linee occorrenti per far avvenire le due fasi è proprio effettuato in base alle esigenze delle fasi stesse. La demolizione acida delle molecole organiche complesse avviene mediante l'aggiunta di acido solforico e, se necessario, di acqua ossigenata e

cloruro ferroso (catalizzatore). Il trattamento ha lo scopo di ridurre drasticamente la quantità di molecole organiche non biodegradabili, di tensioattivi e un'aliquota delle sostanze organiche come COD per ossidazione chimica in umido. Il pH si mantiene acido nel range 2,5-4,5.

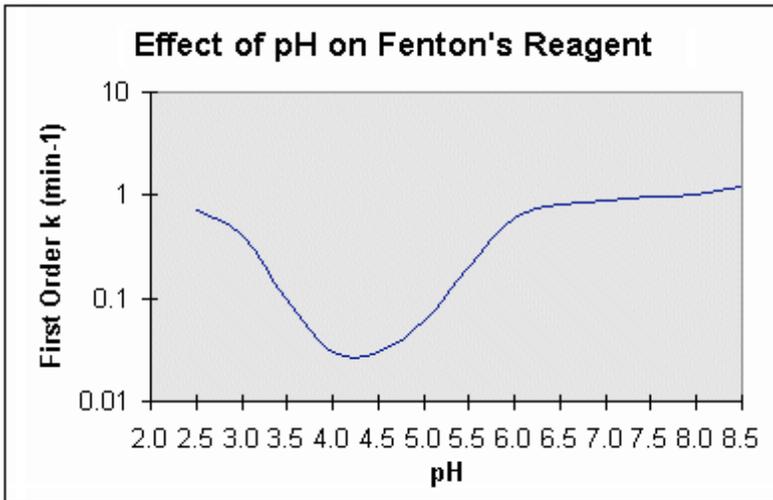


Figura 1.

La reazione caratteristica è del tipo red-ox. Il meccanismo della reazione, postulato di Haber e Weiss nel 1934, può essere così rappresentato:



Tale meccanismo che avviene in ambiente acido rivela l'effettivo agente ossidante, il radicale HO·.

In questo tipo di reazioni chimiche avviene uno scambio di elettroni tra un atomo ed un altro o sostanza che li cede (sostanza ossidata) ed un'altra che li acquisisce (sostanza ridotta). Nei trattamenti di reflui industriali può accadere che la forma ossidata di una sostanza sia meno nociva della formula ridotta, o viceversa: in questi casi conviene ossidare o ridurre le suddette sostanze.

I principali reagenti sono l'ossigeno, l'ozono, l'acqua ossigenata, il cloro e l'ipoclorito di sodio, il solfato e cloruro ferroso, idonei, questi ultimi, anche come coagulanti. L'ossidazione-riduzione si può effettuare con impianti con reattore batch o CSTR: tuttavia, per ottimizzare il processo, occorre prevedere un controllo automatico con logica "feedback" utilizzando come strumento una coppia di elettrodi platino-calomelano collegati ad un potenziometro (redoximetro), per misurare il potenziale

di ossido-riduzione (potenziale redox), e comandare il dosaggio del reagente fino al set-point desiderato.

L'effluente in uscita dalla ossidazione catalitica in umido non è, comprensibilmente, pronta per lo smaltimento in corpo ricettore. Infatti il Fenton ha una buona efficacia con inquinanti tossici, con molecole complesse (che diventano più biodegradabili) e con il COD, ma l'effluente presenta ancora una elevata concentrazione di ammoniaca e livelli di BOD<sub>5</sub> non ancora accettabili. Si rende dunque indispensabile passare il liquame per un trattamento biologico per la biodegradazione del carbonio organico e dell'azoto TKN e nitrico, oltre ovviamente a predisporre una sezione di trattamento dei fanghi biologici e chimici di supero per la riduzione del tenore di acqua in essi presente, costituita dalle unità di accumulo, ispessimento e disidratazione con filtropressa a nastro.

Comparato ai più utilizzati trattamenti chimico-fisici di Osmosi Inversa ed Evaporazione, il Fenton presenta notevoli vantaggi, soprattutto sotto il punto di vista economico e del risparmio di energia. Il costo principale è infatti costituito dai reagenti chimici. Più in generale il processo Fenton garantisce migliori prestazioni che hanno il proprio punto debole nella scarsa efficacia nell'abbattimento dell'ammoniaca, soprattutto in presenza di liquami provenienti da discariche di elevata età.

Una soluzione al problema dell'ammoniaca potrebbe essere costituita dagli impianti di tipo "Demon", già diffusi in Europa ma ancora non utilizzati in Italia su larga scala. La scelta tecnologica, prevede fondamentalmente una filiera composta da tre momenti: il trattamento chimico-fisico, il processo "Demon" vero e proprio e la procedura di affinamento con il bioreattore a membrana (MBR). Si sfrutta un particolare batterio (Anammox, acronimo di ANaerobic AMMonium OXidation) in grado di ossidare l'ammonio ad azoto gassoso per cortocircuitare il ciclo dell'azoto, che a sua volta permette di raggiungere risparmi energetici finora mai raggiunti. In questo caso i limiti consentono lo scarico dell'effluente in superficie.

In chiusura diciamo che, alle poche alternative di trattare efficacemente un percolato da discarica, bisogna associare nuove tecnologie per un efficace depurazione di questo insidioso inquinante che risulta il più temuto dalle popolazioni che vivono nei pressi di discariche, per il suo odore ed il suo aspetto, oltre che per la sua effettiva pericolosità, specialmente di inquinamento di falde acquifere.

Le strade di evaporazione ed osmosi inversa sembrano poco percorribili per varie ragioni, principalmente economiche ed energetiche. La soluzione a breve-medio termine potrebbe essere utilizzare dunque un processo fisico-chimico di tipo Fenton in combinazione con un impianto Demon, per accoppiare la economicità e la flessibilità del Fenton alle caratteristiche di ossidazione dell'ammonio ad azoto gassoso, con notevole risparmio energetico.