

La produzione di percolato

Introduzione

La produzione di percolato nelle discariche di RSU, risultato dei fenomeni d' infiltrazione e lisciviazione che avvengono all'interno dell'ammasso di rifiuti stoccati, rappresenta da sempre una delle maggiori problematiche di impatto degli impianti di interrimento controllato dei rifiuti sull'ambiente.

Il percolato prodotto si deposita sul fondo delle vasche di stoccaggio per gravità dopodiché è drenato in apposite tubazioni e pompato in cisterne di stoccaggio provvisorio, prima di essere inviato allo stadio di trattamento. La conoscenza dei principi che regolano il processo di formazione del percolato, nonché lo studio previsionale delle sue variazioni quantitative e qualitative è di fondamentale importanza non solo per prevedere e controllare gli impatti sul sottosuolo a medio e lungo termine, bensì anche per procedere alla scelta impiantistica ottimale per il trattamento di depurazione on-site, e per il suo corretto dimensionamento.

Il processo di formazione del percolato in discarica

L'ecosistema di uno scarico controllato presenta caratteristiche molto eterogenee, i microrganismi presenti interagiscono con i vari tipi di substrati disponibili e sono influenzati dai gradienti chimici dei composti organici e inorganici. Per capire al meglio i fondamenti della microbiologia e della biochimica che governano la decomposizione del rifiuto è bene riuscire ad interpretare e distinguere le diverse fasi in cui la decomposizione stessa si esplica.

Sebbene la prima fase di stabilizzazione del rifiuto avvenga in ambiente aerobico, è la digestione anaerobica che domina il processo sia nella durata sia per il ruolo fondamentale che esercita nel processo di biostabilizzazione della matrice organica del rifiuto. Ancor prima che la cella della discarica sia completa, il rifiuto solido umido riceve svariati inoculi di batteri, attinomiceti e funghi, tramite l'apporto di idrometeorite o la deposizione delle sostanze aerodisperse. Questi organismi si sviluppano con una velocità di reazione che dipende dalle condizioni ambientali già presenti nella discarica. La colonizzazione del substrato organico è influenzata dal tasso di umidità, dalla temperatura, dallo stato nutrizionale, dal pH, e dalla massa volumica del materiale presente.

Il processo di biostabilizzazione dei rifiuti è sintetizzabile in quattro stadi:

I. Stadio aerobico

Durante questa prima fase le proteine si degradano dapprima ad amminoacidi, quindi ad anidride carbonica, acqua, nitrati e solfati; i carboidrati si convertono a biossido di carbonio ed acqua e i grassi s'idrolizzano ad acidi grassi e glicerolo. Pertanto, il risultato dell'idrolisi (equazione A.1.1) è la solubilizzazione dei materiali in zuccheri, alcoli e lunghe catene di acidi

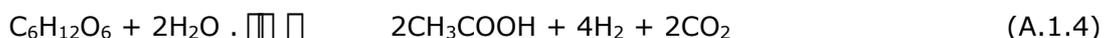
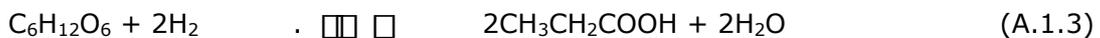
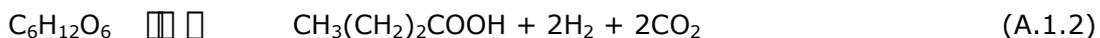
grassi riducendo le dimensioni delle molecole organiche, e di fatto consentendo il trasporto attraverso le membrane cellulari dei microbi.



La cellulosa, che costituisce la parte preponderante della frazione organica dei rifiuti, è degradata a glucosio, che è successivamente utilizzato dai batteri e convertito in CO₂ e H₂O. Questo stadio, data l'esotermicità delle reazioni d'ossidazione biologica, è caratterizzato dal raggiungimento di temperature elevate (60-70 °C). L'aumento della pressione parziale dell'anidride carbonica, che si dissolve in acqua formando un acido debole, oltre a diminuire il pH, può portare in soluzione altre sostanze minerali. Ne consegue che il percolato formatosi in questa prima fase è leggermente acido e normalmente mantiene un elevato contenuto di COD, anche per la presenza delle sostanze organiche parzialmente degradate. È bene comunque osservare che durante questa prima fase decompositiva, i quantitativi di percolato prodotto sono minimi, il rifiuto non ha ancora raggiunto la stabilizzazione idrologica, e il processo tende ad assorbire i liquidi presenti.

II. Secondo stadio anaerobico non metanigeno

Una volta consumato l'ossigeno, hanno inizio i processi biodegradativi come respirazione anaerobica. In questa fase i composti inorganici ossidati (nitrati e solfati) possono essere utilizzati come fonte di ossigeno. Durante questo stadio l'esotermicità della reazione è meno pronunciata rispetto allo stadio precedente. Una gran varietà di prodotti può formarsi dal substrato organico di partenza che è in genere costituito da acidi grassi, zuccheri ed amminoacidi. Dal glucosio si possono formare gli acidi organici volatili acetico, propionico e butirrico, come descritto nelle reazioni A.1.2, A.1.3, A.1.4. Questi acidi e l'anidride carbonica disciolta, la cui formazione continua ad aumentare, accentuano le proprietà acide del percolato, il cui pH è generalmente compreso tra 5,5 e 6,5.

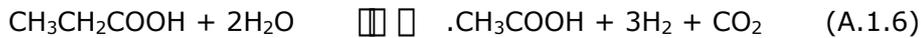
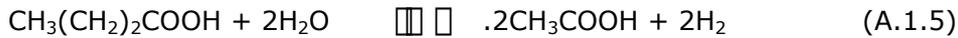


A differenza del metabolismo aerobico durante il quale la conversione della materia organica è quasi sempre portata a termine da un'unica specie di batteri, il metabolismo anaerobico richiede diversi tipi di popolazioni batteriche, ciascuna delle quali ossida parzialmente una determinata classe di composti. Queste prime due fasi si concludono in un lasso di tempo di 5,7 mesi.

III. Stadio anaerobico metanigeno instabile

In questa fase ha inizio il processo di decomposizione anaerobica metanigena, durante la quale i metanigeni, classe batterica molto eterogenea, convertono la sostanza organica

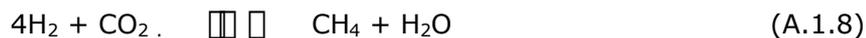
parzialmente degradata in CH₄ e CO₂. Durante questa fase si verifica la conversione in acido acetico delle lunghe catene di acidi grassi volatili.



In conseguenza del consumo di acidi organici, diminuisce la concentrazione di COD nel percolato, il cui pH aumenta fino ad avvicinarsi alla neutralità. Questo comportamento porta ad una riduzione dell'aggressività chimica del percolato e ad una diminuzione delle concentrazioni dei composti inorganici (a causa dell'influenza del pH sulla solubilità). A seguito del consumo di substrati solubili, la produzione di metano dai rifiuti diventa dipendente dall'idrolisi della cellulosa, la quale peraltro contiene la più alta quantità di carbonio effettivamente biogassificabile. La percentuale di metano nella miscela gassosa cresce progressivamente, e pertanto diminuisce la pressione parziale dell'anidride carbonica. Questa terza fase, caratterizzata dal progressivo aumento della frazione volumetrica costituita da metano, dura per un lasso di tempo che va da 3 mesi ad un anno.

IV. Stadio anaerobico metanigeno stabile

Il processo di trasformazione anaerobica della materia organica biodegradabile raggiunge l'equilibrio con frazioni volumetriche costanti di metano e biossido di carbonio. Le equazioni A.1.7 e A.1.8 sintetizzano le funzioni esplicate dai metanigeni.



La percentuale di metano è piuttosto variabile, tuttavia compresa in un range del 45-65%. Possiamo brevemente riassumere tutto in figura A.1.1.

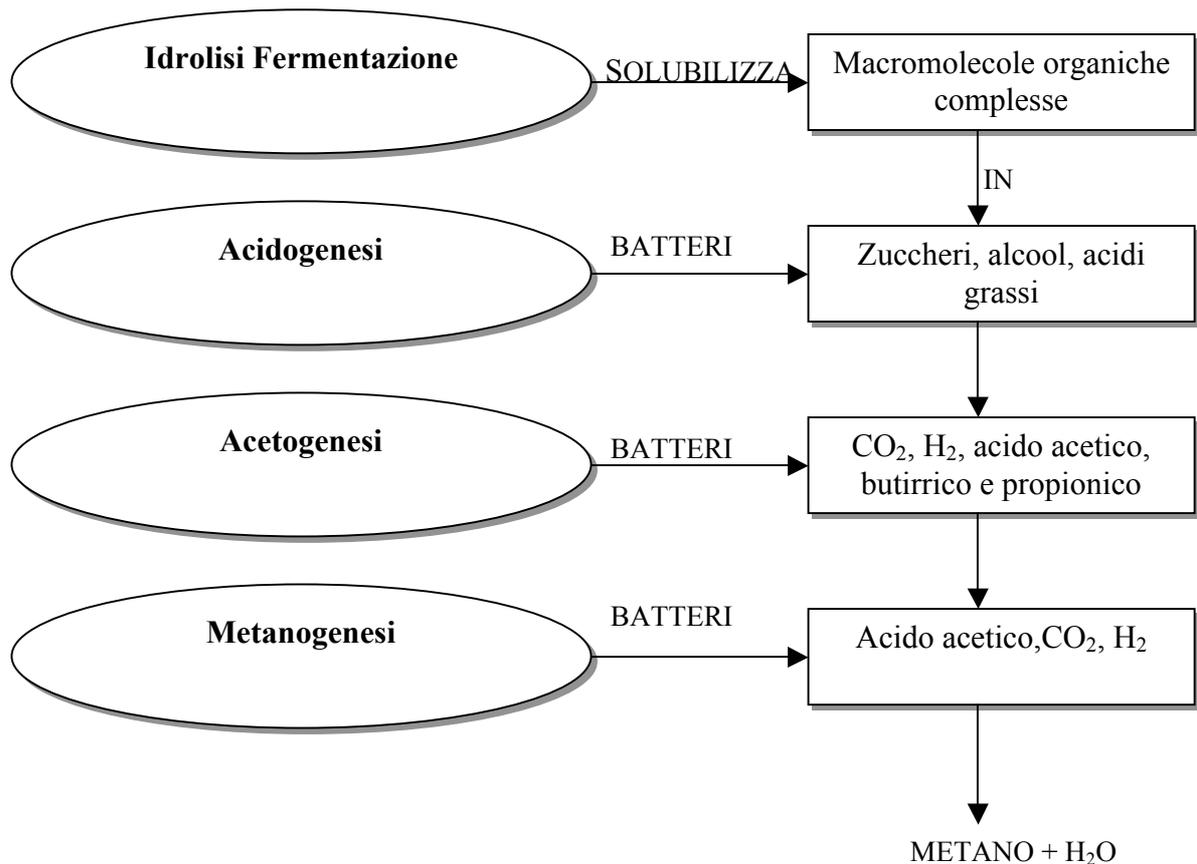


Figura A.1.1 Sequenza di formazione del percolato

Variazioni qualitative

Come emerge dall'analisi del processo di formazione descritto nel paragrafo precedente la qualità del percolato presenta variazioni rilevanti da caso a caso e nel tempo. Oltre alla composizione ed alle caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti, i fattori che maggiormente influenzano la composizione del percolato sono l'età della discarica e quindi il grado di stabilizzazione della sostanza organica, e il bilancio idrico che ha condotto alla formazione di percolato.

In Tab. A.1.3 vengono riportati gli intervalli di variabilità dei principali parametri chimico-fisici ottenuti dall'esame dei dati di letteratura di oltre 70 discariche di R.S.U. in Europa e negli U.S.A. (Andreottola *et al.*, 1989). Altri dati di confronto si ricavano dalla Tab. A.1.2 (Ehrig, 1989) in cui si differenziano i valori massimi e minimi per la fase acida e la fase metanigena. Per altri parametri quali cadmio, rame, nichel e cromo è difficile operare una distinzione tra i campi di oscillazione nella fase acida da quelli in fase metanigena (Tab. A.1.3) Il range dei valori con cui si presentano i vari elementi chimici per le differenti discariche è abbastanza ampia. Le ragioni di una tale differenziazione, pur trattandosi di valori riferiti tutti a discariche per rifiuti solidi urbani, sono le seguenti:

- differenze nell'età dei rifiuti presenti in discarica, con conseguente differenziazione dello stadio di avanzamento in cui si trova il processo di biostabilizzazione;
- differenze nell'analisi merceologica del rifiuto stoccato;
- differenti condizioni meteorologiche in cui sono collocati i siti di stoccaggio;
- differenti modalità di gestione della discarica.

PARAMETRO	Unità di misura	MIN	MAX
Alcalinità	mg CaCO ₃ /l	300	11.500
AOX	µgCl/l	320	3.500
Arsenico	µg/l	5	1.600
azoto ammoniacale (NH ₄ +)	mg/l	1	1.500
azoto nitrico	mg/l	0,1	50
azoto nitroso	mg/l	0,1	25
azoto organico	mg/l	1	2.000
azoto totale	mg/l	50	5.000
BOD ₅	mg/l	100	90.000
Cadmio	µg/l	0,5	140
calcio	mg/l	10	2.500
cianuri	mg/l	0,04	90
cloruri	mg/l	30	4.000
cobalto	µg/l	4	950
COD	mg/l	150	100.000
cromo	µg/l	30	1.600
fenolo	mg/l	0,04	44
ferro	mg/l	0,4	2.200
fosfati	mg/l	0,3	25
fosforo totale	mg/l	0,1	30
magnesio	mg/l	50	1.150
manganese	mg/l	0,4	50
mercurio	µg/l	0,2	170

nichelio	µg/l	20	2.050
pH		5.3	8.5
piombo	µg/l	8	1.020
potassio	mg/l	10	2.500
rame	µg/l	4	1.400
sodio	mg/l	50	4.000
solforati	mg/l	10	1.200
zinco	mg/l	0,05	170

Tabella A.1.3. Range di variabilità dei parametri chimici maggiormente caratterizzanti il percolato di impianti di interrimento controllato per rifiuti solidi urbani. I valori sono stati ricavati da un'indagine eseguita su 70 discariche localizzate in Europa e negli USA (Andreottola et al., 1989; modif.).

PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	FASE ACIDA		FASE METANIGENA	
		MIN	MAX	MIN	MAX
pH		4.5	7.5	7.5	9
COD	mgO ₂ /l	6000	60000	500	4500
BOD ₅	mgO ₂ /l	4000	40000	20	550
solforati	mg/l	70	1750	10	420
calcio	mg/l	10	2500	20	600
magnesio	mg/l	50	1150	40	350
ferro	mg/l	20	2100	3	280
manganese	mg/l	0.3	65	0.03	45
zinco	mg/l	0.1	120	0.03	4
stronzio	mg/l	0.5	15	0.3	7

Tabella A.1.2. Differenziazione dei campi di oscillazione dei parametri qualitativi del percolato tra fase di fermentazione acida e fase metanigena (Ehrig, 1989).

Sebbene i dati riportati nelle Tab. A.1.3 e A.1.2 siano da considerarsi con le dovute cautele e rappresentano dei valori di riferimento su scala globale, è tuttavia interessante far notare che in tutte le discariche è evidente che il passaggio da un ambiente acido ad uno alcalino, a mano a mano che si passa dalla fase acida a quella metanigena, comporta valori di pH che aumentano, e parallelamente diminuiscono il BOD₅ e il COD.

PARAMETRO	U.M	MIN	MAX	PARAMETRO	U.M	MIN	MAX
Cloro	mg/l	100	5000	AOX	µg Cl/l	320	3500
Sodio	mg/l	50	4000	Arsenico	µg/l	5	1600
Potassio	mg/l	10	2500	Cadmio	µg/l	0.5	140
Alcalinità	mg CaCO ₃ /l	300	11500	Cobalto	µg/l	4	950
Ammonio	mg N/l	30	3000	Nichel	µg/l	20	2050
Azoto organico	mg N/l	10	4250	Piombo	µg/l	8	1020
Azoto totale	mg N/l	50	5000	Cromo totale	µg/l	30	1600
Nitrati	mg N/l	0.1	50	Rame	µg/l	4	1400
Nitriti	mg N/l	0	25	Mercurio	µg/l	0.2	50

Tabella A.1.4 Campo di oscillazione dei parametri chimici per i quali non si osserva un trend significativo di concentrazione tra fase acida e fase metanigena (Ehrig, 1989).

Ai fini di una valutazione degli impatti del percolato sul sottosuolo ed in particolare sulle risorse idriche sotterranee, oltreché nell'ambito di considerazioni inerenti al trattamento di depurazione del percolato, vi è da notare che un percolato giovane si presenta con un carico inquinante notevolmente maggiore di uno vecchio. **Infatti, non solo al procedere del processo di biostabilizzazione avviene una diminuzione del carico organico presente nel percolato, altresì diminuisce la concentrazione dei metalli pesanti in soluzione, che precipitano sotto forma d'idrossidi e carbonati a seguito dell'aumentare del valore di pH e del decremento del potenziale redox.** Se si osserva il trend di variazione delle concentrazioni di alcuni parametri al variare dell'età del percolato prodotto, è interessante notare che alcuni di essi presentano andamenti di concentrazione molto simili. In particolare appartengono a queste coppie di parametri: ferro e manganese, conducibilità elettrica e cloruri, conducibilità elettrica e azoto ammoniacale, conducibilità elettrica e carbonati, conducibilità elettrica e potassio, sodio e potassio, magnesio e carbonati, conducibilità elettrica e magnesio, sodio e magnesio.

Quanto le variazioni quantitative di produzione di percolato influiscano sulle caratteristiche qualitative dello stesso è ancora oggi un dibattito aperto. Certamente è noto e si può osservare in tutte le discariche un decremento della temperatura e della conducibilità elettrica nel percolato che si forma a seguito di una precipitazione intensa.

In figura A.1.3 viene rappresentato il profilo temporale delle principali caratteristiche di un percolato da RSU.

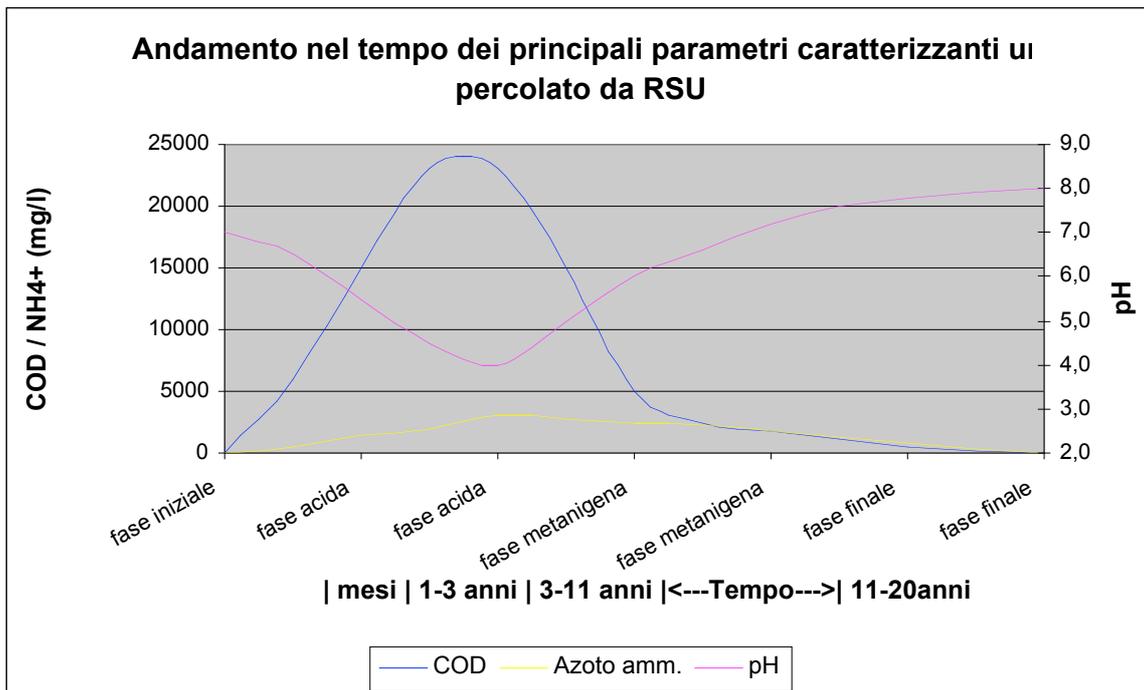


Fig A.1.3