

Una strategia per ottimizzare la digestione aerobica: un processo ciclico

Jackie Lauer, INVENT Environmental Technologies, Inc.

Un'idea sbagliata comune per la digestione aerobica è che il processo debba essere aerato per il 100% del tempo di digestione. Ridefinendo questa prospettiva, si è scoperto che l'alternanza tra miscelazione e miscelazione con aerazione si rivela più efficace ed efficiente dal punto di vista energetico. Grazie alla possibilità di spegnere e accendere l'aria, il sistema crea fasi aerobiche e anossiche che consentono un'ulteriore riduzione dei nutrienti, una migliore disidratazione e una maggiore distruzione dei fanghi volatili. Ciò favorisce la respirazione endogena e la nitrificazione. Esistono molte tecnologie diverse per la digestione aerobica e spesso è necessario combinare più tipi di apparecchiature per ottenere il processo ciclico. Fortunatamente, esistono sistemi in grado di eseguire la miscelazione e l'aerazione disaccoppiate con un solo dispositivo.

1. Definizione di digestione aerobica

La digestione aerobica è un processo di trattamento delle acque reflue utilizzato per trattare fanghi attivi di scarto o una miscela di fanghi. Le applicazioni tipiche producono un fango in grado di soddisfare i requisiti per i biosolidi di Classe B e i tempi di ritenzione variano solitamente da 40 a 60 giorni. La distruzione dei fanghi è principalmente una funzione diretta dell'età e della temperatura dei fanghi, come mostrato nella Figura 1 (Metcalf & Eddy, 2014).

I digestori aerobici possono raggiungere condizioni termofile che garantiscono reazioni biochimiche più rapide e riducono il tempo di ritenzione da 20 a 40 giorni. Le condizioni termofile possono garantire una maggiore riduzione di batteri e virus, soddisfare i requisiti di classe A per i biosolidi quando si opera a 55° C o più e ridurre i requisiti energetici rispetto alla digestione aerobica convenzionale.

Nonostante i vantaggi della digestione aerobica, in questo articolo non si parlerà ulteriormente delle condizioni termofile e ci si concentrerà solo sul processo di digestione aerobica tradizionale.

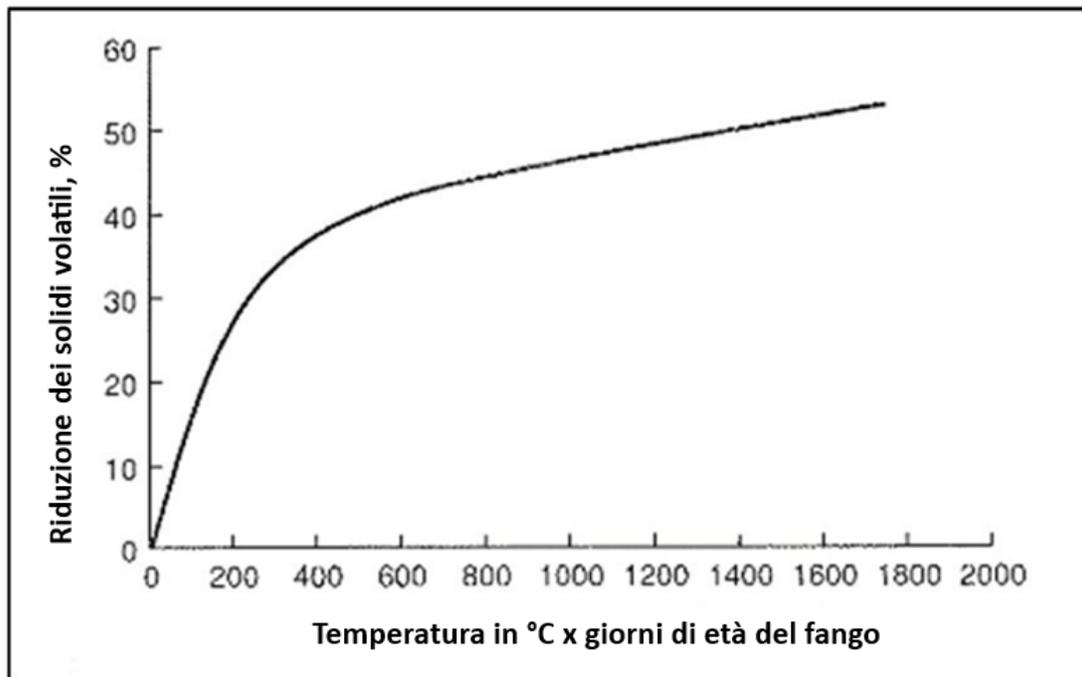


Figura 1: Riduzione dei solidi volatili in un impianto di digestione aerobica in funzione della temperatura e dell'età dei fanghi

La digestione aerobica è la degradazione del fango organico in presenza di ossigeno. L'ossigeno viene introdotto nel bacino o nella vasca per consentire ai microrganismi presenti nel fango di convertire il materiale organico in anidride carbonica e acqua, e l'ammoniaca e le specie amminiche in azoto. I cambiamenti biochimici in un digestore aerobico seguono le seguenti equazioni:

Distruzione della biomassa: $Biomassa + Ossigeno \rightarrow Anidride Carbonica + Acqua + Bicarbonato di Ammonio$

Nitrificazione: $Bicarbonato di Ammonio + Ossigeno \rightarrow Nitrati + Idrogeno + Acqua$

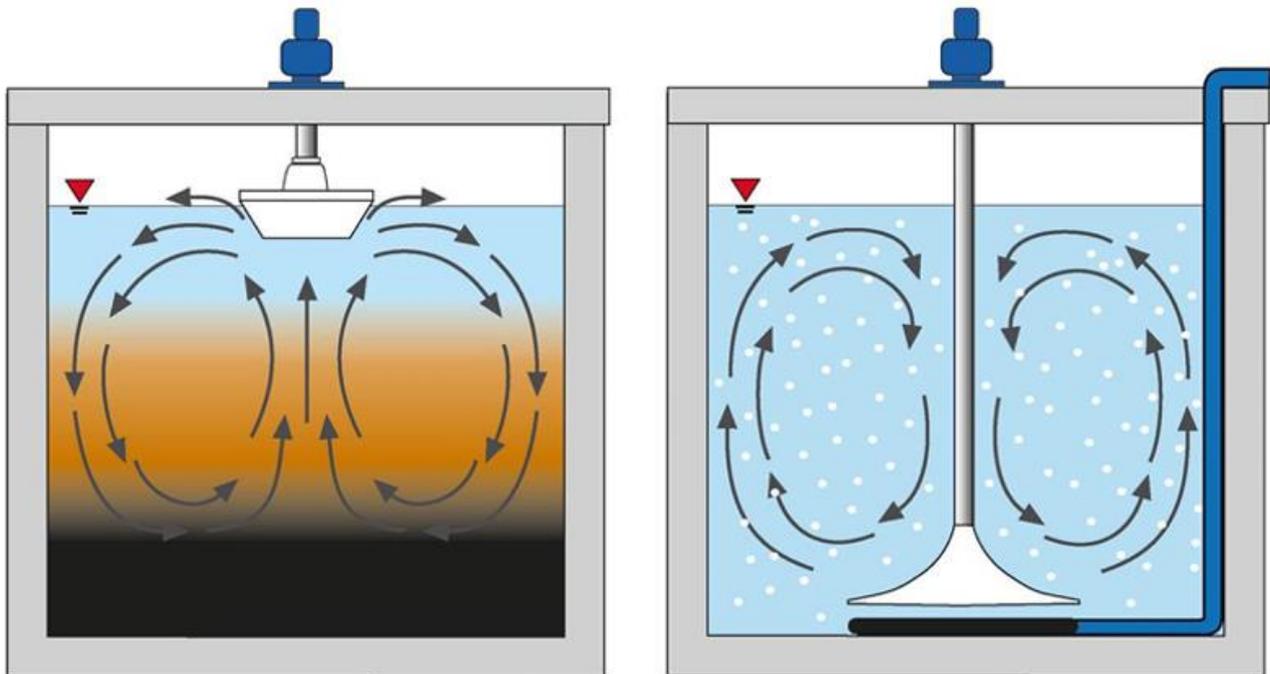
Equazione complessiva: $Biomassa + Ossigeno \rightarrow Anidride Carbonica + Acqua + Acido Nitrico$

Denitrificazione: $Biomassa + Nitrati \rightarrow Anidride Carbonica + Azoto + Ammoniaca + Idrossido$

Processo completo: $Biomassa + Ossigeno \rightarrow Anidride Carbonica + Azoto + Acqua$

La digestione aerobica è simile al processo convenzionale a fanghi attivi, ma ha tempi di ritenzione più lunghi senza l'apporto di acque reflue grezze, cioè di nutrimento per i microrganismi. Quando non c'è un nuovo apporto di sostanze organiche per i microrganismi, questi moriranno e diventeranno il nutrimento per altri batteri nel serbatoio, riducendo la concentrazione di solidi organici nel fango. Questo processo è noto come respirazione endogena. La digestione aerobica ha anche la capacità di nitrificare in determinate condizioni. Le operazioni tipiche sono controllate dal pH; tuttavia, è possibile utilizzare altri parametri per controllare il processo.

2. Tecnologie attuali



Distribuzione dell'ossigeno con miscelazione insufficiente - scarsa prestazione di depurazione

Distribuzione dell'ossigeno con buona miscelazione e omogeneizzazione - eccellenti prestazioni di depurazione

Figura 2: Aeratore di superficie vs. Miscelatore/Aeratore iperbolico

Dal momento che per il processo di digestione aerobica sono necessarie sia l'aria che la miscelazione, le apparecchiature tipiche possono includere l'aerazione a bolle grosse, l'aerazione a getto, l'aerazione superficiale e l'aerazione a bolle fini. Per poter effettuare entrambe le operazioni, miscelazione e miscelazione con aerazione, spesso è necessario utilizzare più dispositivi.

Esistono tecnologie in grado di eseguire la miscelazione e la miscelazione durante l'aerazione, eliminando la necessità di due sistemi diversi. Per la capacità di passare dalla miscelazione alla miscelazione durante l'aerazione, il sistema di miscelazione e aerazione **INVENT HYPERCLASSIC®** si è dimostrato adatto all'applicazione. Il sistema consente di miscelare e aerare meccanicamente i digestori aerobici. L'aria può essere spenta mentre si continua a mescolare, creando condizioni anossiche per consentire la denitrificazione. Questo sistema offre un controllo ottimale di un processo che un tempo era poco flessibile e presenta notevoli vantaggi rispetto ad altri sistemi, come ad esempio gli aeratori di superficie (vedi Fig. 2).

3. Il parametro Alpha

Con una percentuale di solidi sospesi nei fanghi (MLSS) pari o superiore al 2%, è necessaria una miscelazione meccanica a causa della viscosità del liquido, poiché l'aria da sola non è sufficiente a garantire la miscelazione. All'aumentare della percentuale di solidi, vi è una correlazione con la diminuzione del valore alfa. Il valore alfa è l'interferenza con l'efficienza di trasferimento dell'ossigeno e i dati indicano che esiste una forte correlazione tra la viscosità del fluido e l'efficienza di trasferimento dell'ossigeno. Nell'articolo "Digester Aeration Design at High Solids Concentration" (Progettazione dell'aerazione del digestore in presenza di un'elevata concentrazione di solidi), la ricerca ha dimostrato che con diffusori a bolle fini, il valore Alpha scende sotto lo 0,1 intorno al 3% di MLSS (Schoenenberger, Shaw, Redmon, 2003).

Quando il valore Alpha scende al di sotto di 0,1, può portare a condizioni anaerobiche indesiderate che causano odori e schiume, il sistema di miscelazione e aerazione **HYPERCLASSIC**[®] fornisce valori Alpha più elevati poiché la natura meccanica del dispositivo spinge l'ossigeno più in profondità nei fiocchi di fango. Il valore Alpha per solidi fino al 5% può essere di circa 0,27 per questo sistema di miscelazione e aerazione. Ciò è dovuto alla miscelazione meccanica, che consente la distribuzione dell'aria in tutta la vasca, e al sistema che fornisce una bolla di dimensioni medio-piccole per un migliore trasferimento dell'ossigeno. Il processo può essere controllato tramite il dispositivo **ALPHAMETER**[®], sviluppato appositamente per ottimizzare il risultato del processo di depurazione.

4. Ciclo alternato con miscelazione e miscelazione contemporanea all'aerazione

A differenza della sovra-aerazione dovuta alla miscelazione aerata continua convenzionale, un sistema di miscelazione e aerazione disaccoppiato consente di controllare l'intero processo di digestione aerobica attraverso l'apporto di ossigeno e/o la miscelazione. Per controllare il processo di digestione aerobica è necessario stabilire diversi parametri, sia il tempo che l'ORP (potenziale di riduzione dell'ossidazione) possono essere utilizzati per controllare il ciclo tra la miscelazione e la miscelazione durante l'aerazione insieme al pH.

Poiché la riduzione dei solidi è in genere l'obiettivo principale della digestione aerobica, le variazioni del pH determinano la capacità di distruggere la biomassa. Quando il pH si abbassa, diventa necessaria l'aggiunta di alcalinità per combattere la scarsa disidratazione del fango. Quando l'aria viene spenta, l'alcalinità può essere ripristinata attraverso la distruzione dei nitrati (denitrificazione). Questo ciclo di spegnimento/accensione dell'aria può ridurre il fabbisogno di sostanze chimiche necessarie per i sistemi ad aerazione continua.

La nitrificazione può anche essere uno degli obiettivi principali della digestione aerobica ed è vantaggiosa quando l'ammoniaca nel prodotto digerito è un problema per la testa dell'impianto. A partire dalla miscelazione e dall'aerazione, la biomassa del sistema si distrugge creando anidride carbonica, acqua e bicarbonato di ammonio. Se l'aria viene ancora introdotta nel sistema, la nitrificazione può ora avvenire convertendo l'ammonio in nitrato, idrogeno e acqua. Se l'aria è sempre presente, questo processo continuo può abbassare il pH e consumare alcalinità. Ora, introducendo lunghi periodi di sola miscelazione, il digestore aerobico diventa essenzialmente anossico/anaerobico, con zero ossigeno nell'intero bacino.

Questo ciclo dà inizio al processo di denitrificazione in cui il nitrato si combina con l'idrogeno della nitrificazione per formare azoto e acqua e, in presenza di biomassa, crea anche anidride carbonica e ammoniaca.

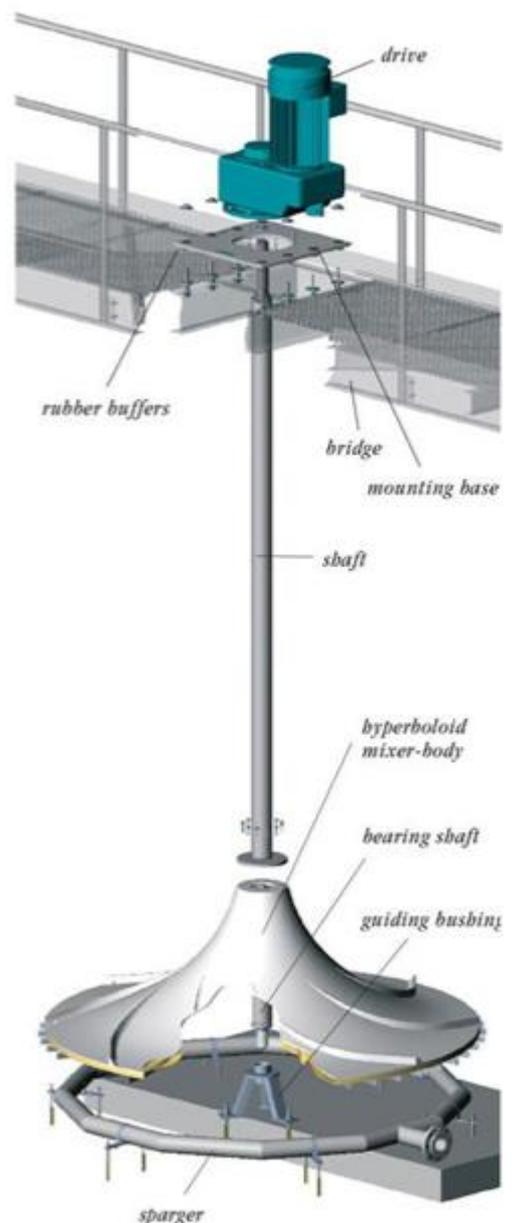
La denitrificazione ripristina il pH restituendo alcalinità al sistema. Una volta ripristinato il pH, i digestori aerobici possono attivare l'aria e ricominciare il ciclo. Alla fine del processo, il risultato è che il digestato ha fino al 20% di ammoniaca in meno che ritorna alla testa dell'impianto.

5. Il sistema di miscelazione e aerazione HYPERCLASSIC®

Una panoramica

Consentendo all'operatore di avere un maggiore controllo sul processo di digestione aerobica, gli impianti hanno la possibilità di ridurre i costi, il fabbisogno di sostanze chimiche e di aumentare il risparmio energetico con la digestione aerobica ciclica. Con il sistema di miscelazione e aerazione **HYPERCLASSIC®**, l'energia di miscelazione viene dissipata nel punto di introduzione dell'aria, creando una superficie di bolle d'aria costantemente rinnovata quando l'aria è attivata e mantenendo una miscelazione sufficiente quando l'aria è disattivata. Questo crea l'ambiente ideale per un risultato aerobico ciclico. Il sistema è dotato di un corpo del miscelatore iperbolicoide che non si intasa e presenta nervature di trascinamento integrate per un'accelerazione ottimale del fluido. La contropressione e l'efficienza di aerazione sono costanti e non si deteriorano nel tempo, consentendo di attivare e disattivare l'aria quando necessario. Anche con un MLSS elevato, il sistema di miscelazione e aerazione è robusto e facile da mantenere e far funzionare. Il sistema richiede solo una manutenzione sopra l'acqua del motoriduttore montato a secco e un'ispezione della guida inferiore montata sul pavimento della vasca ogni pochi anni.

Il sistema è in grado di funzionare a livelli d'acqua variabili, con la possibilità di svuotare completamente la vasca o il bacino senza danneggiare il sistema durante la decantazione o la rimozione dei fanghi. Questo rende il processo di decantazione semplice e snello, grazie alla continua miscelazione dei fanghi anche quando il livello dell'acqua diminuisce. Una miscelazione intensa è importante per evitare la sedimentazione sul fondo del serbatoio e, in caso di miscelazione insufficiente, si possono verificare gradienti di ossigeno. Poiché il corpo del miscelatore del sistema di miscelazione e aerazione **HYPERCLASSIC®** è installato vicino al fondo della vasca, si evitano i gradienti di ossigeno e si crea un fango omogeneo. L'aria viene generata dall'anello diffusore posto sotto il corpo del miscelatore. L'aria fuoriesce e incontra la parte inferiore del corpo del miscelatore, dalla forma unica, dotata di tunnel di dispersione e di speciali alette di taglio. Mentre il corpo del miscelatore ruota, l'aria nei tunnel di dispersione si mescola intensamente con l'acqua di scarico, creando una dissoluzione di bolle da grossolane a fini da parte delle alette di taglio. Il flusso principale trasporta quindi queste bolle radialmente verso l'esterno e le distribuisce nell'intera vasca.



6. Le applicazioni nel mondo reale

Per qualsiasi tecnologia, le applicazioni e i dati reali dimostrano se un sistema funziona. Il sistema di miscelazione e aerazione **HYPERCLASSIC**[®] è stato installato in digestori di tutto il mondo, dimostrando di essere un'applicazione adatta alla digestione aerobica ciclica. Negli Stati Uniti sono state effettuate diverse installazioni di digestione aerobica con successo. I digestori aerobici con questi sistemi di miscelazione e aerazione più vecchi degli Stati Uniti sono in funzione dal 2006 presso l'impianto di depurazione di Jacksonville Beach. I digestori aerobici di Jacksonville Beach trattano fino al 3% di solidi in tre vasche circolari e forniscono un'alimentazione di qualità costante al processo di disidratazione dei fanghi. I fanghi trattati continuano a soddisfare in modo efficiente gli standard di Classe B e gli operatori sono molto soddisfatti della loro scelta e del conseguente trattamento delle acque reflue.



Figura 4: impianto di depurazione di Jacksonville, Florida

Un'altra installazione si trova all'estero, a Meridian, CO. Si tratta di un sistema di laguna a digestione aerobica completato nel 2020 con due sistemi di miscelazione e aerazione **HYPERCLASSIC**[®]. L'operatore ha la possibilità di farli funzionare con facilità a diverse profondità d'acqua e l'odore è minimo o nullo quando ci si trova direttamente sopra il bacino. I fanghi vengono trattati al 2,5% di solidi con una capacità dimezzata rispetto al progetto precedente. Ciò ha contribuito a ridurre i costi energetici e ad aumentare le prestazioni del processo.



Figura 5: impianto di depurazione di Meridian, Colorado

7. Riassunto

Il processo ciclico utilizzato nella digestione aerobica si è dimostrato efficace sia nella riduzione dei solidi che nella nitrificazione. Il sistema di miscelazione e aerazione **INVENT HYPERCLASSIC®** si è dimostrato idoneo in installazioni reali anche ad alte percentuali di solidi. Grazie alla possibilità di attivare e disattivare l'aria durante la miscelazione, il sistema offre flessibilità all'operatore e all'operazione. La comprovata robustezza in oltre 25 anni di funzionamento, il dimensionamento solido e l'affidabilità meccanica del sistema lo rendono la scelta migliore per gli impianti digestori aerobici.

8. Letteratura

Metcalf & Eddy Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Tsuchihashi, R., & Stensel, H. D. (2014). Ingegneria delle acque reflue: Trattamento e recupero delle risorse (5. Aufl.). McGraw-Hill Professional. 2014.

Schoenenberger, M., Shaw, J., & Redmon, D. (2003). Progettazione dell'aerazione del digestore ad alte concentrazioni di solidi. Presentazione alla 37a conferenza annuale dell'Associazione degli operatori del Wisconsin.