



Strategie di gestione dei fanghi di supero: stato dell'arte e applicazioni pratiche

Corsista
Marco Buttazoni

Relatore
Prof. Ing. Daniele Goi

INTRODUZIONE

In questo lavoro si intende fornire una visione sullo stato dell'arte dei vari metodi attualmente a disposizione per il trattamento e per lo smaltimento dei fanghi di depurazione.

La presente ricerca si focalizza dunque, di fatto, sui "residui", la cui corretta gestione risulta essere di fondamentale importanza nel nuovo paradigma di "economia circolare" incoraggiato e incentivato anche a livello europeo: la gestione dei rifiuti gioca un ruolo centrale proprio in questo concetto.

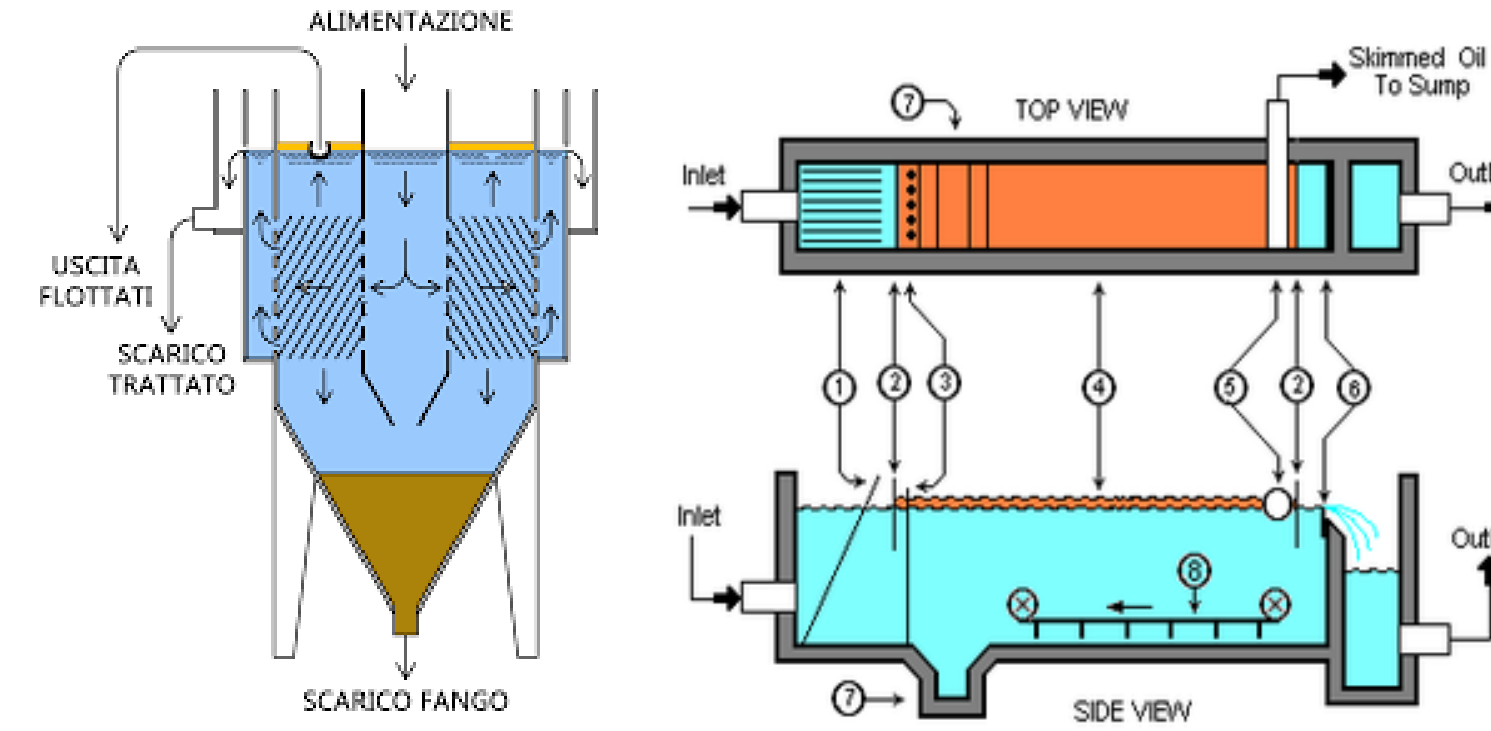
Al giorno d'oggi è più che mai attuale infatti la problematica del corretto smaltimento dei fanghi a tutti i livelli, dai dibattiti politici alle evidenze pratico-operative dei gestori del Servizio Idrico Integrato, alle scoperte della comunità scientifica del settore. A questo proposito sono ormai tutti d'accordo nell'affermare che all'interno di un impianto di depurazione la gestione, il trattamento e lo smaltimento di questi fanghi possono essere responsabili fino al 50% dei costi operativi totali dell'impianto, e fino al 40% delle emissioni di gas serra.

ISPESSENTAMENTO E DISIDRATAZIONE DEI FANGHI

L'obiettivo principale di entrambi i trattamenti è la riduzione del contenuto d'acqua nel fango e, di conseguenza, del suo volume. L'ispessimento del fango viene usato principalmente nei trattamenti primari, nei processi a fanghi attivi e in quelli con filtri percolatori e ha notevoli implicazioni sia sulla progettazione che sul funzionamento dei digesteri. La disidratazione invece, effettuata sul fango digerito, influenza notevolmente le operazioni di trasporto e i costi finali di smaltimento del fango. In entrambi i casi, comunque, la rimozione d'acqua impatta fortemente sui processi a cui va incontro il fango, in quanto il suo comportamento meccanico dipende, evidentemente, dal suo contenuto di solidi.

ISPESSENTAMENTO

- **Ispessimento per gravità** – Gli ispessitori a gravità sono molto simili ai serbatoi dei sedimentatori: presentano una pianta circolare, vengono alimentati dal centro della vasca e il prelievo del fango ispessito avviene dal fondo, mentre la rimozione del surnatante dal perimetro superficiale (raccomandati tassi di caricamento pari a 20 – 30 m³/m² · d).



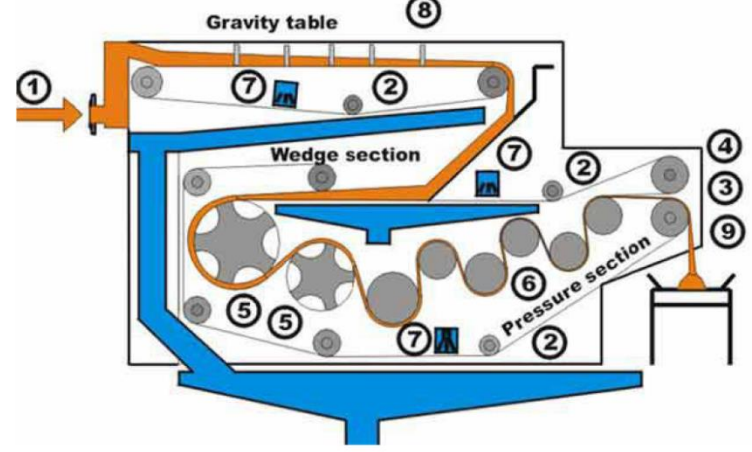
- **Ispessimento per flottazione ad aria** – In questo processo l'aria viene forzata in una soluzione e mantenuta ad elevata pressione: sotto tali condizioni l'aria rimane disciolta. Quando avviene la depressurizzazione l'aria in soluzione viene rilasciata formando piccole bolle le quali, risalendo, trasportano le particelle di fango verso la superficie. I tassi di caricamento dei solidi utilizzati nella progettazione dei serbatoi per la flottazione ad aria disciolta sono solitamente più elevati rispetto ai valori utilizzati nel caso di quelli a gravità.

CONDIZIONAMENTO DEL FANGO

Viene effettuato prima della disidratazione e influenza direttamente l'efficienza dei processi: ha lo scopo di modificare le dimensioni, la distribuzione, l'interazione reciproca e le cariche superficiali delle particelle di fango e può essere realizzato attraverso l'utilizzo di sostanze chimiche inorganiche (calce, cloruro ferrico, etc.), organiche (acrilammide, etc.) o mediante trattamenti termici.

NASTROPRESSE

Il processo inizia con il posizionamento del fango su di un nastro dove l'acqua libera percola (grazie soltanto alla forza di gravità) attraverso i pori delle tele. Successivamente il fango viene inviato verso una zona a bassa pressione (nota anche come zona di cuneo) dove viene leggermente pressato fra due nastri rilasciando la rimanente acqua libera ancora presente al suo interno. Infine, nella zona ad elevata pressione, il fango viene progressivamente compresso fra due nastri in modo tale da rilasciare l'acqua interstiziale.



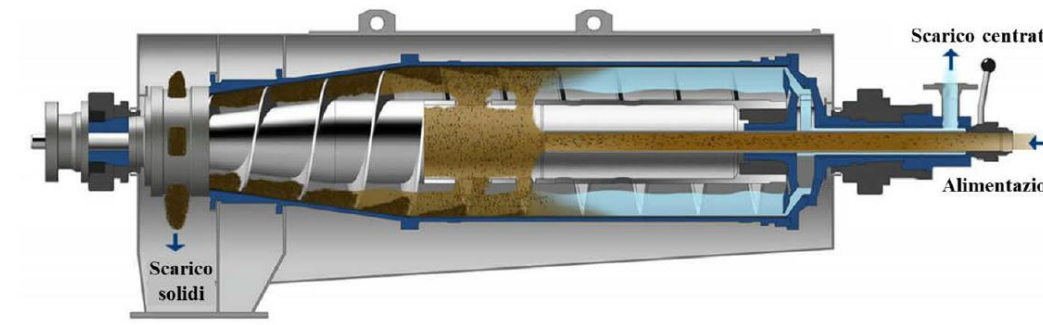
FILTROPRESSE

Le filtropresse operano cicli che possono durare dalle 3 alle 5 ore, ognuno dei quali può essere suddiviso in tre fasi:

1. **Riempimento:** il fango pompato viene immesso negli spazi vuoti fra piastre consecutive della filtropressa. La pressione di pompaggio per il riempimento è sufficiente anche per avviare immediatamente il processo di separazione preliminare solido/liquido all'interno delle tele filtranti;
2. **Filtrazione alla massima pressione:** durante questa fase la pressione applicata può raggiungere anche i 170 kPa (che equivalgono a 17 atm);
3. **Scarico del fango disidratato.**

CENTRIFUGHE

La centrifugazione è un metodo per forzare la separazione solido-liquido per mezzo, appunto, della forza centrifuga. Durante la prima fase, nota come «chiarificazione», le particelle solide del fango sedimentano ad una velocità molto più elevata di quella che avrebbero depositandosi per semplice gravità; successivamente, nella seconda fase, si verifica la compattazione e il fango perde parte della sua acqua capillare sotto l'azione prolungata della centrifugazione. Infine, dopo questo periodo di tempo, il fango può essere rimosso dal processo.



LETTI DI ESSICCAMENTO

Con questa tecnologia l'acqua viene rimossa tramite evaporazione e percolazione: il processo prevede un serbatoio, solitamente rettangolare, con pareti in muratura (o in cemento) e fondo in calcestruzzo all'interno del quale avviene il drenaggio dell'acqua del fango. Oltre alle caratteristiche fisiche del fango, anche le condizioni climatiche influenzano notevolmente l'efficienza di questo tipo di processo: la disidratazione naturale può infatti favorire in maniera considerevole anche la rimozione di organismi patogeni grazie all'esposizione alla luce solare. Quando il contenuto dei solidi raggiunge circa il 30% il fango è pronto per essere tolto dai letti di essiccamento in modo tale, così, da evitare difficoltà associate ad una rimozione tardiva.



ESSICAZIONE TERMICA

Questo processo è uno dei modi più efficienti e flessibili per riuscire a ridurre l'umidità dai fanghi disidratati di natura industriale e urbana: può infatti essere utilizzata per diverse tipologie di fanghi, primari o digestati, in cui viene consigliato un contenuto di solidi in ingresso pari al 15 – 30% (ottenuto attraverso precedente disidratazione meccanica). L'essiccazione termica consiste nel riscaldamento del fango all'interno di un ambiente sigillato ermeticamente, con conseguente evaporazione e raccolta dell'umidità (il liquido evaporato condensa e viene inviato in testa all'impianto di depurazione); i fanghi vengono prelevati dagli essiccatoi sottoforma di pellet di diametro medio pari a 2 – 5 mm e con un contenuto di solidi superiore al 90%.

INCENERIMENTO

L'incenerimento rappresenta il processo di stabilizzazione dei fanghi che fornisce la loro più elevata riduzione di volume: il volume delle ceneri residue è infatti, solitamente, meno del 4% rispetto a quello del fango in ingresso. Il processo distrugge le sostanze organiche e gli organismi patogeni attraverso la combustione ottenuta in eccesso di ossigeno; gli inceneritori devono però essere muniti di efficienti sistemi di filtraggio in grado di ridurre in maniera significativa l'emissione di gas inquinanti in atmosfera.

OSSIDAZIONE UMIDA

Il processo si basa sulla capacità della materia organica presente in un liquido di ossidarsi ad una temperatura compresa nell'intervallo 100 – 374°C (punto critico dell'acqua): la temperatura di 374°C limita la presenza d'acqua in forma liquida, anche ad elevate pressioni. L'ossidazione ad umido è estremamente efficiente nella distruzione della materia organica della matrice per concentrazioni di solidi comprese fra 1 – 20% in quanto vi è, in questi casi, materiale organico sufficiente per aumentare la temperatura interna del reattore (attraverso la generazione di calore) senza la necessità di fornire energia da fonti esterne.

ALTRI METODI PER LA TRASFORMAZIONE E LO SMALTIMENTO DEI FANGHI

In seguito alla crescente urbanizzazione mondiale, soprattutto negli ultimi decenni, si è assistito ad una crescita esponenziale di grandi aree metropolitane; questo ha reso inevitabile l'introduzione di imponenti vincoli anche per quanto riguarda i metodi alternativi per lo smaltimento dei fanghi. Considerando infatti i costi di trasporto, ma soprattutto il grande impatto ambientale dovuto al traffico pesante, è evidente come siano necessarie alcune alternative di trattamento dei fanghi che ne consentano una gestione ottimale direttamente all'interno dell'impianto di depurazione: questo scenario giustifica, in effetti, la considerazione di processi quali l'incenerimento o l'ossidazione ad umido.

STABILIZZAZIONE BIOLOGICA DEI FANGHI

Il fango di supero al suo stato "naturale" (fango grezzo) contiene molti organismi patogeni, è facilmente putrescibile e per questo può sviluppare velocemente odori sgradevoli e molto invasivi. I processi di stabilizzazione si sono sviluppati proprio con lo scopo di stabilizzare la frazione biodegradabile del materiale organico presente nel fango in modo da ridurre il rischio di putrefazione e diminuire, al contempo, la concentrazione di patogeni al suo interno.

DIGESTIONE AEROBICA

Il processo di digestione aerobica presenta grosse somiglianze con il più classico processo a fanghi attivi. Quando viene interrotto l'apporto di nuovo substrato ai microrganismi, quest'ultimi si trovano costretti a consumare le proprie riserve energetiche per mantenersi in vita: questa è la cosiddetta fase endogena dove, in assenza di cibo esterno, la massa cellulare biodegradabile (circa il 75-80% del totale) viene ossidata aerobicamente e trasformata in anidride carbonica (CO₂), ammoniaca ed acqua.

DIGESTIONE ANAEROBICA

La digestione anaerobica è una combinazione, in sequenza, di vari processi fermentativi (in ambiente anaerobico) nei quali l'ultima fase è la fermentazione metanogenica (produzione di biogas).

Esempio applicativo a scala di laboratorio: valutare l'aumento nella produzione di biogas in seguito ad alcuni pretrattamenti fisico-chimici su fanghi di depurazione

M. Mainardis, M. Buttazoni, F. Gievers, C. Vance, F. Magnolo, D. Goi. "Life cycle assessment of sewage sludge pretreatment for biogas production: from laboratory tests to full-scale applicability", (2021). Journal of Cleaner Production.

SMALTIMENTO IN DISCARICA

Rappresenta una tecnica per lo smaltimento dei fanghi dove, utilizzando metodi ingegneristici, si è in grado di confinare tali "residui" entro la minor area e volume possibili, ricoprendoli giornalmente o, se necessario, ad intervalli di tempo minori con uno strato di terra. Con questa soluzione non c'è alcuna possibilità di un eventuale recupero di nutrienti, e all'interno delle celle entro cui è confinato il fango avviene una biodegradazione anaerobica con conseguente generazione di numerosi sottoprodotti, tra cui il metano. In generale si afferma che la possibilità di smaltimento dei fanghi nelle discariche dipende, oltre che dalle proprietà del fango stesso, anche dalle caratteristiche del sito in esame.

