



La gestione dei fanghi di depurazione acque reflue

Le difficoltà nella gestione e le possibili soluzioni

Massimo Spizzirri

Roma, 9 Maggio 2019

aceq

SITUAZIONE NORMATIVA

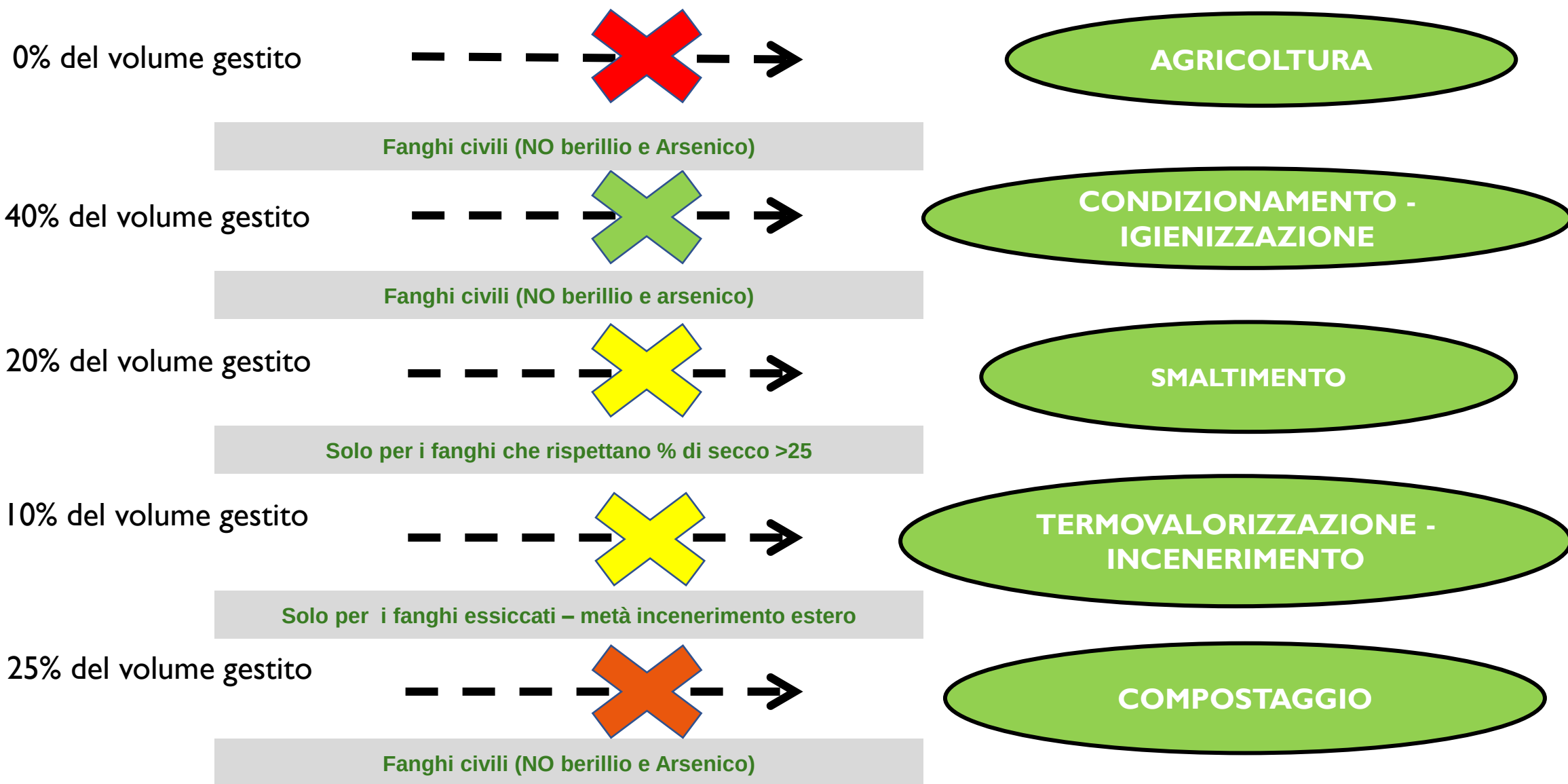
Sentenza n. 1782 del 20/ 07/2018 del TAR Lombardia con cui veniva impugnata la deliberazione della Giunta Lombardia, con la quale la stessa Giunta aveva elevato i livelli di concentrazione massima di alcuni inquinanti per il riutilizzo dei fanghi in agricoltura, introducendo anche limiti sugli idrocarburi, non previsti dalla normativa nazionale, provocando di fatto lo stop allo spandimento dei fanghi in agricoltura in Lombardia;

Decreto Legge, 28 settembre 2018, emanato dal Governo, che ha tamponato una nascente situazione di crisi e che con l'art. 41 ha risolto solo parzialmente alcuni problemi rimanendo impregiudicati tutti gli altri che vincolerebbero l'utilizzabilità in agricoltura per i soli fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue civili.



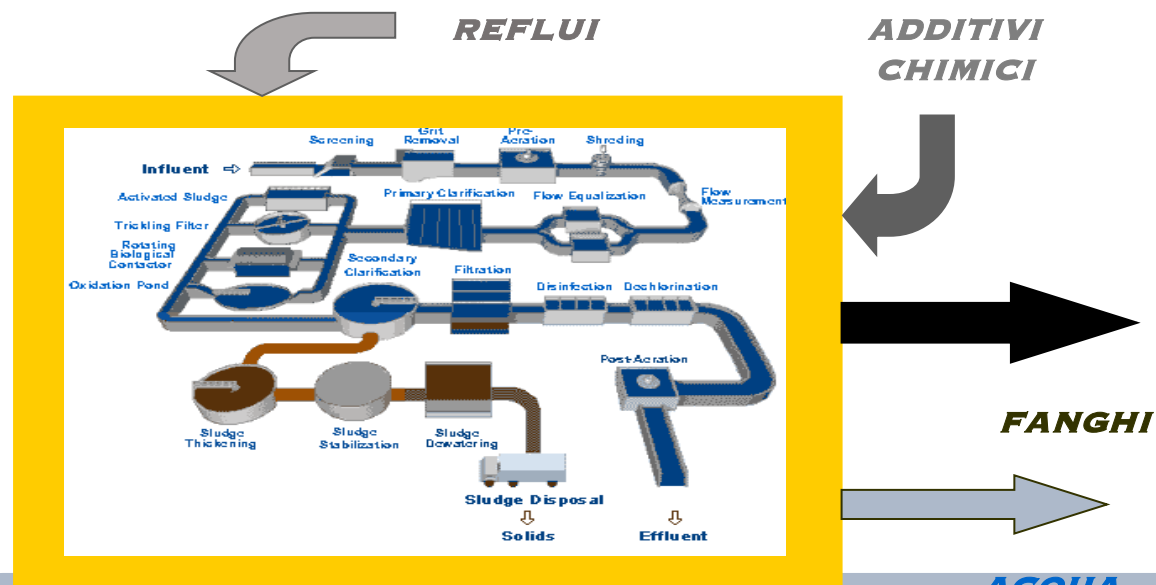
Di fatto pertanto ad oggi, nell'attesa di una nuova disciplina chiara ed organica soprattutto in relazione alla provenienza e ai codici dei fanghi che possono essere ammissibili alle differenti forme di recupero ovviamente sempre nel rispetto dei vincoli imposti dalle direttive comunitarie sui rifiuti (2008/98/EC) garantendo al contempo la protezione del suolo in caso di utilizzo dei fanghi di depurazione in agricoltura (Direttiva 86/278), permane una situazione di incertezza tale da non consentire l'individuazione di una strategia nazionale di gestione dei fanghi che agevoli la pianificazione e la realizzazione di un sistema completo ed autosufficiente.

EFFETTI DELL'ATTUALE SITUAZIONE NORMATIVA SULLA GESTIONE DEI FANGHI



I FANGHI DI DEPURAZIONE

Per poter essere smaltito, il fango deve essere sottoposto a trattamenti per ridurre il volume e per stabilizzarlo, in modo da diminuire oneri di trasporto – smaltimento e garantire uno smaltimento finale privo di inconvenienti.



FINALITA' :

- **Abbattere i Batteri Patogeni**
- **Ridurre la concentrazione di sostanza organica biodegradabile**
- **Eliminare una buona parte dell'acqua presente**

La scelta del ciclo di trattamento più idoneo va eseguita in funzione della tipologia di trattamento della linea acque, delle caratteristiche dei fanghi, dei limiti di accettabilità e delle condizioni ambientali, e richiede inoltre un esame preliminare delle alternative per lo smaltimento finale.

FANGHI PRIMARI E SECONDARI - Origine

DEPURAZIONE ACQUE: PROCESSI DI TIPO FISICO

Riducono essenzialmente il carico inquinante rappresentato dalle sostanze sedimentabili



FANGHI PRIMARI

Originano da un trattamento fisico di decantazione

(sedimentazione primaria)

DEPURAZIONE ACQUE: PROCESSI DI TIPO BIOLOGICO

Grazie all'azione di opportuni microrganismi, anche le sostanze organiche inquinanti disciolte o disperse colloidalmente nelle acque e, in genere, i solidi sospesi non sedimentabili



FANGHI SECONDARI

Originano dal trattamento biologico di decantazione applicato alla miscela acqua depurata-fanghi attivi

(sedimentazione secondaria)

I fanghi risultanti dai processi di depurazione presentano contenuti di acqua dal 95 al 99,5%.

FANGHI PRIMARI E SECONDARI - Caratteristiche

FANGHI PRIMARI (colore grigio – bruno)

- Sostanze inorganiche inerti (sabbie, carbonati, ossidi metallici) ;
- Sostanze organiche difficilmente degradabili (fibre, semi, gomme)
- Sostanze organiche (idrati di carbonio, proteine, grassi), biologicamente instabili e facilmente attaccabili dai microrganismi anaerobi con produzione di gas maleodoranti



- **Altamente putrescibili**
- **Fonte di odori sgradevoli**
- **Ispessibili e disidratabili**
- **Solidi: 3 – 4%**

FANGHI SECONDARI (colore giallo – bruno)

Residui solidi dei processi biologici a biomassa sospesa (fanghi attivi) e a biomassa adesa (letti percolatori e biodischi).
Hanno consistenza fioccosa ed odore scarso.

Sono prevalentemente costituiti da:

- **Microrganismi;**
- **Residui cellulari.**



- **Dotati di attività biologica - fenomeni putrefattivi**
- **Più difficilmente disidratabili**
- **Solidi: 1%**

Possono contenere microrganismi patogeni e devono essere stabilizzati per poter essere manipolati e smaltiti senza creare fastidio o danno agli operatori.

PRODUZIONE FANGHI

Quantitativi pro capite di fanghi prodotti giornalmente in impianti di depurazione per liquami domestici (valutazione eseguita su un apporto pro-capite di SST di 90 g/ab*d e di BOD di 60 g/ab/d).

Tipologia di fanghi	Produzione solidi (*) (gSS/ab*d)	Umidità (uscita sedimentazione)
Sedimentazione primaria	54	93-96 (95)
<i>Impianti a fanghi attivi con sedimentazione primaria</i>		
Fango attivo di supero (Cf=0,20)	30	98,5-99 (99)
Fango misto primario e di supero (Cf=0,20)	84	96-97 (96)
Fango attivo di supero (Cf=0,30)	34	98,5-99 (99)
Fango misto primario e di supero (Cf=0,30)	88	96-97 (96)
<i>Impianti a fanghi attivi senza sedimentazione primaria</i>		
Fango di supero da ossidazione totale (Cf=0,10)	30	98,5-99 (99)
Fango attivo di supero (Cf=0,20)	45	98,5-99 (99)
Fango attivo di supero (Cf=0,30)	49	98,5-99 (99)

(*) Valori di riferimento in letteratura

LINEA FANGHI – Principali processi di trattamento

Ispessimento

- ispessimento a gravità
- ispessimento per flottazione
- ispessimento dinamico centrifugazione o filtrazione

Stabilizzazione

- stabilizzazione per digestione aerobica
- stabilizzazione per digestione anaerobica
- stabilizzazione con calce
- compostaggio

Disidratazione

- centrifuga
- nastro pressa
- filtro pressa
- letti di essiccamento

Essiccamento termico

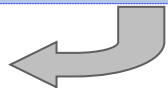
- Essiccatore diretto
- Essiccatore indiretto

LINEA FANGHI – Tipologia di processi

PROCESSI DI SEPARAZIONE

Hanno lo scopo di allontanare parte della fase liquida dalla fase solida dei fanghi

- **ISPESSIMENTO**
- **DISIDRATAZIONE**
- **ESSICCAMENTO TERMICO**



***SURNATANTI
ALLA LINEA ACQUE***

PROCESSI DI CONVERSIONE

Hanno lo scopo di determinare modifiche delle caratteristiche dei fanghi per favorirne i trattamenti successivi finali di recupero

- **STABILIZZAZIONE PER DIGESTIONE**
- **CONDIZIONAMENTO**
- **ESSICCAMENTO (ai fini della valorizzazione)**
- **STABILIZZAZIONE CON CALCE**



**LA MAGGIORE PRODUZIONE DI FANGO (20-30%) IMPORRÀ SEMPRE PIÙ L'APPLICAZIONE DI PROCESSI FINALIZZATI ALLA RIDUZIONE DI VOLUME, IGIENIZZAZIONE E STABILIZZAZIONE DEL FANGO, COMBINANDO PROCESSI DI SEPARAZIONE E CONVERSIONE IN RELAZIONE ALLE MODALITÀ DI VALORIZZAZIONE:
AGRICOLTURA, COMPOSTAGGIO, IMPIANTI WTE**

TECNOLOGIE DISPONIBILI (riduzione/trattamento fanghi)

		PUNTI DI FORZA	PUNTI DI ATTENZIONE
Tecnologie per la riduzione della produzione di fanghi	Ozono	Riduzione ponderale Iter autorizzativo più semplice Semplicità del processo	Tecnologia innovativa
	Lisi Chimica, Termochimica	Riduzione ponderale	Complessità del processo Tecnologia innovativa
	Essiccazione	Forte riduzione ponderale	Complessità del processo Processo energivoro (minimizzato da iniziative di efficienza energetica)* Lungo iter autorizzativo
Impianti di trattamento fanghi	Compostaggio	Stabilità del processo Possibilità di utilizzare altre matrici in caso di riduzione della produzione di fanghi	Restrizioni normative Problematiche odorigene
	Carbonizzazione Idrotermale	Tecnologia non odorigena Stabilità del processo anche in presenza di variazioni delle caratteristiche del fango in ingresso	Evoluzione normativa end-of-waste prodotti Tecnologia innovativa (brevetto)
	Termovalorizzazione/ Cementifici	Stabilità del processo Possibilità di utilizzare altre matrici Tecnologia non odorigena	Limitazioni stringenti sulle caratteristiche del fango Competizione con rifiuti urbani
	Discariche / Trattamenti intermedi per smaltimenti	Possibilità di conferire anche fanghi non recuperabili	Limitazioni stringenti sulle caratteristiche del fango (spesso necessario costoso pretrattamento) Indirizzi regolatori contrastanti Spazi limitati
	Condizionamento - igienizzazione	Attuale disponibilità di spazi	Attenzione al contesto normativo in evoluzione Dipendenza da fattori meteo

TECNOLOGIE PER LA RIDUZIONE DELLA PRODUZIONE DEI FANGHI

FANGO TAL QUALE



(164 trucks)

FANGO TRATTATO IN IMPIANTO



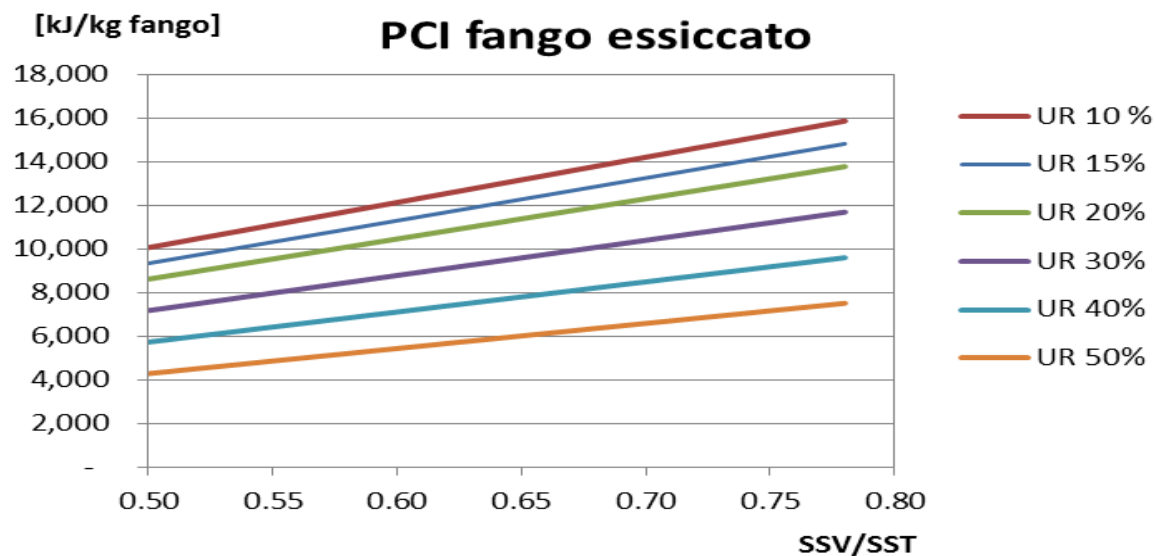
(65 trucks)

Riduzione di volume

Esempio: DS initiali = 25 %, DS finali = 75 %

ESSICCAMENTO TERMICO

Processo in grado di raggiungere tenori di sostanza secca superiori al 90%.
Si ottiene un prodotto stabilizzato e igienizzato, con granulometria omogenea.



L'essiccazione del fango è ottenuta per contatto con un fluido vettore caldo attraverso:

- contatto indiretto: tra il fluido riscaldante e il fango è interposta una superficie attraverso la quale si ha conduzione di calore;
- contatto diretto: il fluido riscaldante è a diretto contatto con il fango;
- contatto misto: il contatto è in parte diretto ed in parte indiretto.

I fanghi portati a temperatura (ca. 180 °C) si liberano dell'acqua legata, interstiziale e capillare.

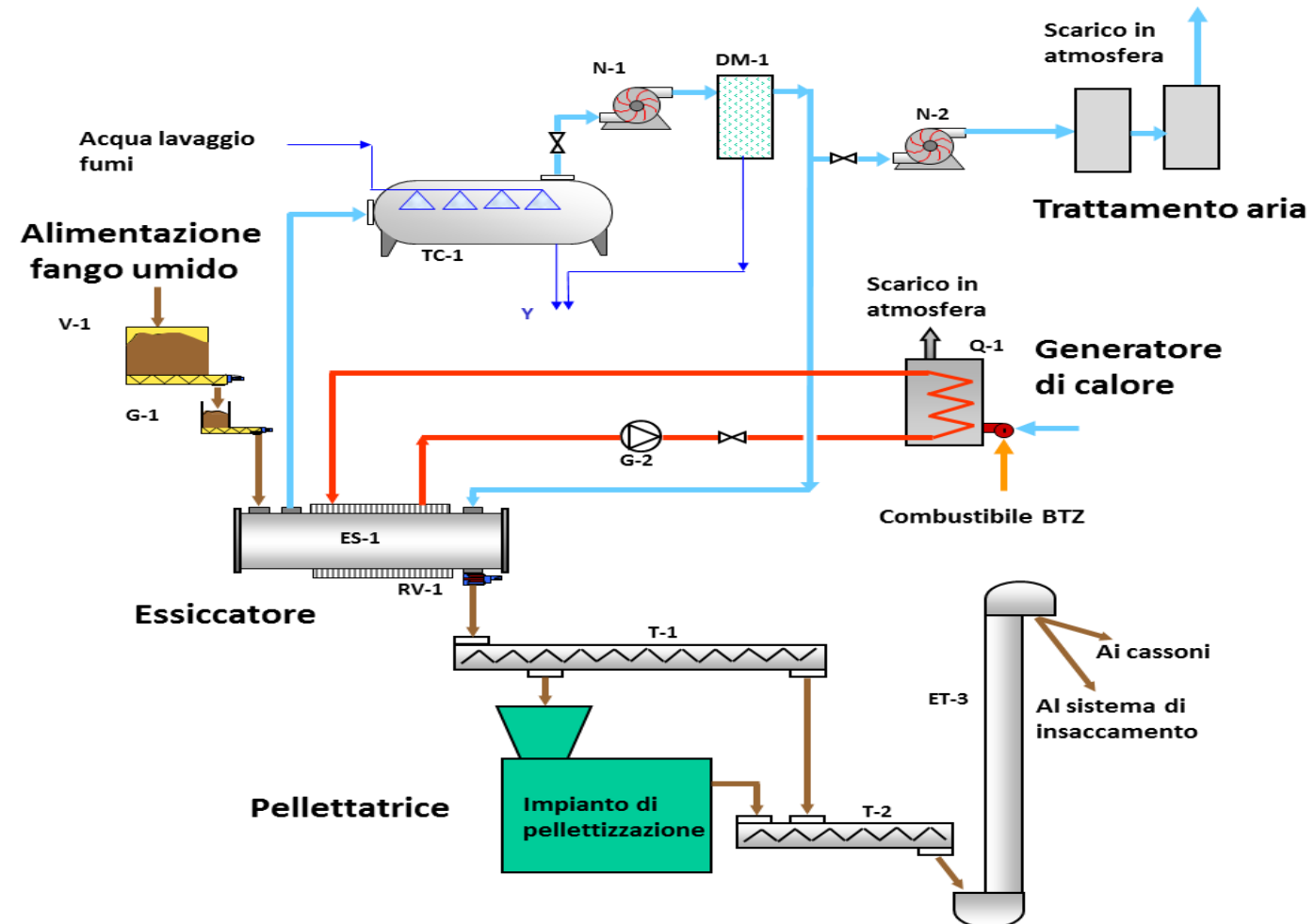
Non si modificano le caratteristiche organiche ed inorganiche del fango.
Ciò può costituire un vantaggio, qualora si preveda un uso agronomico del fango o di valorizzazione energetica (in questo caso è preferibile trattare un fango non stabilizzato)

ESSICCAMENTO TERMICO

Schema di processo essiccamento indiretto a film sottile

LEGENDA

TC-1	Condensatore
DM-1	Demister
ES-1	Essiccatore termico
G-1	Pompa dosatrice tipo mohno
G-2	Pompa circolazione olio
RV-1	Rotocella
N-1	Ventilatore di ricircolo
N-2	Ventilatore di estrazione
Q-1	Centrale termica
V-1	Tramoggia fango umido
→ (blue)	Aria di processo
→ (red)	Olio diatermico
→ (brown)	Fango
→ (purple)	Acqua di lavaggio fumi



ESSICCAMENTO SOLARE

SISTEMI DI ESSICCAMENTO

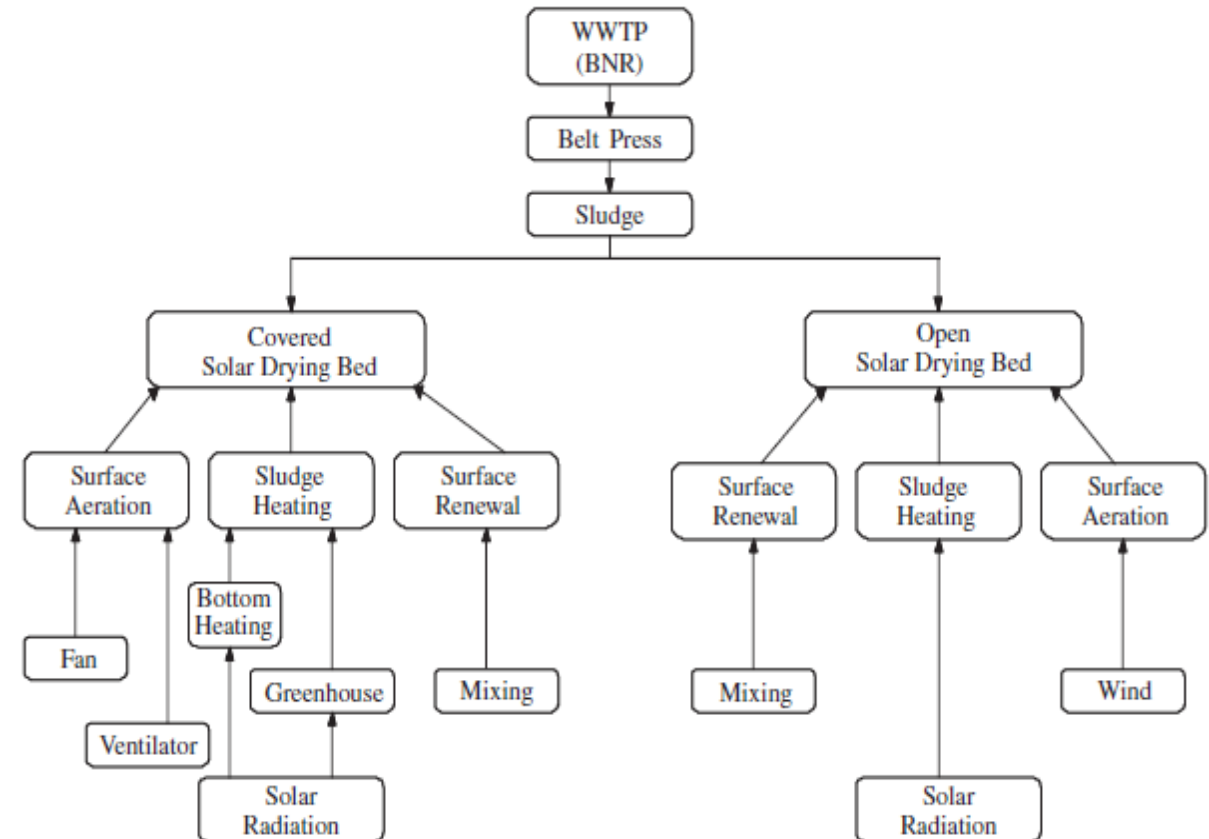
SERRE SOLARI



ALL'APERTO



CRITERI FUNZIONAMENTO



ESSICCAMENTO SOLARE

Vantaggi delle serre solari

- **TEMPERATURA DISIDRATAZIONE FINO A 10-11°C SUPERIORE RISPETTO A QUELLA ESTERNA (VARIABILI DI PROCESSO RADIAZIONE SOLARE E TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA)**
- **CONTROLLO DELLA VELOCITÀ DELL'ARIA CON OPPORTUNO DIMENSIONAMENTO DEI VENTILATORI (CONVEZIONE FORZATA VS CONVEZIONE NATURALE)**
- **PROTEZIONE DALLE PRECIPITAZIONI E DAGLI AGENTI INQUINANTI ESTERNI**
- **POSSIBILE INSERIMENTO DI TRATTAMENTI PER LA RIDUZIONE DELLE ODORI E SOSTANZE PATOGENE (EMISSIONE CONVOGLIATA VS EMISSIONE DIFFUSA)**
- **INTRODUZIONE DI MIXER AUTOMATICO PER L'OMOGENEIZZAZIONE DELLO STRATO DI FANGO**

ESSICCAMENTO SOLARE

Funzionamento di una serra solare

- **CARATTERISTICHE DEL FANGO IN ALIMENTO:** %SS > 20 (RAGGIUNGIBILE CON NORMALI SISTEMI DI DISIDRATAZIONE); ASSENZA DI ELEMENTI ESTRANEI (METALLICI; PIETRE, ETC.)
- **MOVIMENTAZIONE DEL FANGO:** IL FANGO VIENE MOVIMENTATO ALL'INTERNO DELLA SERRA TRAMITE SISTEMI MECCANICI TEMPORIZZATI O AUTOMATIZZATI IN FUNZIONE DI TEMPERATURA/UMIDITA' DI PROCESSO. TALI SISTEMI CONSENTONO L'AVANZAMENTO VERSO LA SEZIONE DI USCITA E IL MESCOLAMENTO DEL FANGO, OMOGENEIZZANDO L'ESPOSIZIONE DI TUTTA LA RISORSA PRESENTE. IL FANGO SI MUOVE LUNGO LA SERRA DIMINUENDO IN PESO E VOLUME
- **TEMPERATURA ARIA NELLA SERRA:** L'IRRAGGIAMENTO SOLARE DETERMINA L'INCRMENTO DI TEPERATURA NELLA SERRA (EFFETTO SERRA)
- **VENTILAZIONE DELLA SERRA:** SI UTILIZZANO VENTILATORI PER LA MOVIMENTAZIONE DELL'ARIA E L'ALLONTANAMENTO DEL VAPOR D'ACQUA GENERATO (ARIA ESAUSTA DI PROCESSO)
- **FONTE DI CALORE AGGIUNTIVA:** PER INCREMENTAREE LE PRESTAZIONI DEL SISTEMA (RISCALDAMENTO VASCA CONTENIMENTO FANGHI)



ESSICCAMENTO SOLARE

L'impianto pilota di Ostia

- **STRUTTURA SERRA:** policarbonato trasparente UV-resistente, spessore 4 mm
- **VASCA DI RACCOLTA FANGHI:** dimensioni 3,75 x 1,76 x 0,3 (h) > superficie 7 m²; volume 2,1 mc
- **ALTEZZA STRATO DI FANGO:** 15 cm > **VOLUME FANGO:** 1 mc
- **CARICO FANGO FRESCO/SCARICO FANGO ESSICCATO:** manuale
- **MATERIALE ISOLAMENTO VASCA:** alluminio-polistirolo resistente all'acqua
- **RIVOLTATORE FANGO:** motore di trazione (0,37 kW) + motore rotazione (0,75 kW)
- **VENTILATORI:** ventilatore ricircolo aria (0,45 kW) + ventilatore estrazione aria (0,11 kW)
- **STRUMENTI DI CONTROLLO:** celle di carico; ammoniaca/temp./umidità aria estratta; temp./umidità aria interna serra; temp./altezza fango; radiazione solare; temp./umidità aria ambiente esterna; consumi energetici impianto pilota;
- **RISCALDAMENTO INTEGRATIVO:** 0,5 kW (fondo) + 2 x 0,12 kW(lati)
- **PANNELLO DI CONTROLLO**



ESSICCAMENTO SOLARE

Piano di monitoraggio

➤ ANALISI FANGHI

- CONTROLLI ATO2: %SS; %VSS; pH – FREQUENZA: GIORNALIERA
- CONTROLLI ELABORI*: %SS; %VSS; pH – FREQUENZA: N.2 CAMPIONI/SETTIMANA
- CONTROLLI ELABORI*: CARATTERIZZAZIONE COMPLETA – FREQUENZA: N.2 CAMPIONI FINE TEST

➤ ANALISI EMISSIONI

- CONTROLLI AGRIBIOECO**: AMMONIACA; ACIDO SOLFIDRICO; SOSTANZE ODORIGENE; POLVERI
FREQUENZA: SETTIMANALE
- CONTROLLI ELABORI*: CLASSI CHIMICHE S.O.V. E SOMMATORIA S.O.V - FREQUENZA: SETTIMANALE

* Laboratorio certificato ACEA

** Laboratorio certificato Esterno

ESSICCAMENTO SOLARE

Considerazioni preliminari primi tests

- **I RISULTATI DEI TEST IN SCALA PILOTA AD OGGI DISPONIBILI DIMOSTRANO CHE IL SISTEMA E' IN GRADO DI RAGGIUNGERE LE SEGUENTI PRESTAZIONI:**

Prova	%SS _{iniziale}	%SS _{finale}	Tempo	Pavimento radiante	H fango _{iniziale} [cm]	H fango _{finale} [cm]	T fango [°C]
TEST 1	20	90	2 settimane	ON	11	2,0	17
TEST 2	28	80	3 settimane	OFF	14	4,5	12

- **IL SISTEMA DI MISCELAZIONE DEI FANGHI RISULTA ADEGUATO ED EFFICIENTE**
- **ELEVATA VELOCITA' DI EVAPORAZIONE IN RELAZIONE AL MODESTO SPESSORE DELLO STARTO DI FANGO**
- **NON SONO STATI RILEVATI PROBLEMI RELATIVAMENTI ALLE CARATTERISTICHE DELLE EMISSIONI**
- **CONSUMI ENERGETICI (DATI SPERIMENTALI DA ELABORARE): LA LETTERATURA TECNICA INDICA 30-60 kWh PER TONNELLATA DI ACQUA EVAPORATA**

ESSICCAMENTO SOLARE

Punti di attenzione

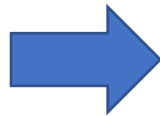
- **L'EFFICIENZA È LEGATA ALLE CONDIZIONI METEO E ALLA STAGIONE (TEMPERATURA, IRRAGGIAMENTO, UMIDITA' RELATIVA, ETC.)**
- **MASSIMO SPESSORE DEL FANGO PARI A 20-30 cm**
- **IL VALORE MASSIMO DELLA SOSTANZA SECCA FINALE, SENZA ULTERIORE AGGIUNTE DI CALORE, SI ATTESTA TRA IL 70-80%**
- **I TEMPI DI ESSICCAMENTO SONO MOLTO LUNGHİ: 7-15 GIORNI IN ESTATE E 20-35 GIORNI IN INVERNO**
- **LA RIDUZIONE DEGLI AGENTI PATOGENI È LIMITATA AL PERIODO ESTIVO, $T_i = 50^{\circ}\text{C}$, PER TEMPI DI DEPOSITO SUPERIORI ALL'ORA**
- **ELEVATI INGOMBRI SUPERFICIALI: IN EUROPA IL TASSO DI EVAPORAZIONE RISULTA PARI A CIRCA 0,6-1,0 ton $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2$. CON AGGIUNTA DI CALORE SI PASSA A CIRCA 3,0-3,5 ton $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2$**

OZONOLISI

Il processo



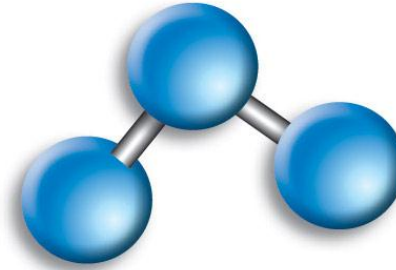
Fango biologico



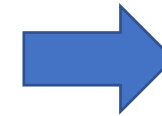
Ozono



O₃



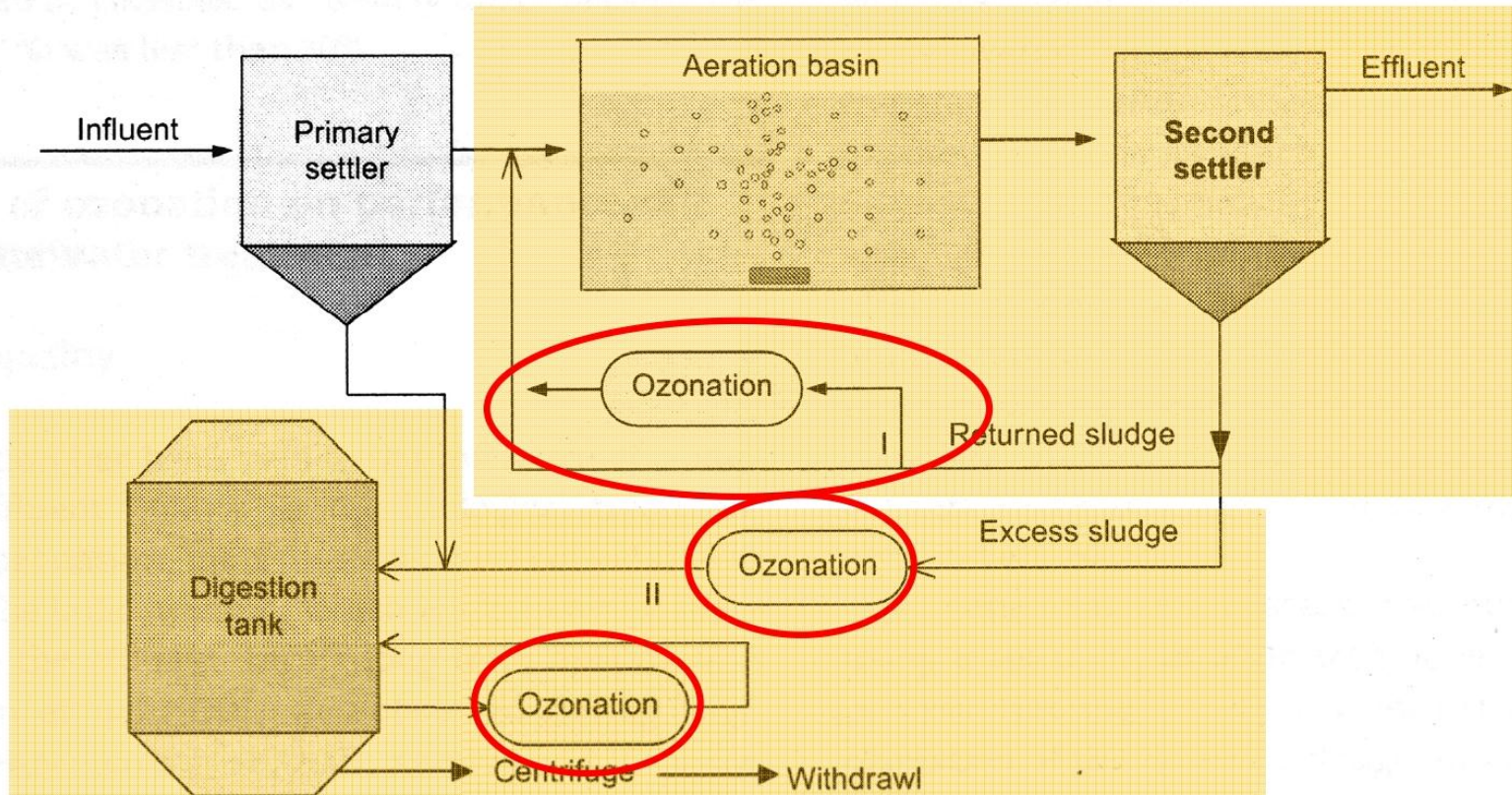
Lisi cellulare



**Rilascio sostanza
organica e nutrienti in
soluzione liquida**

OZONOLISI

Possibili applicazioni



- **LINEA ACQUE:** la reazione di lisi è applicata al fango di ricircolo al reattore biologico dal sedimentatore secondario
- **LINEA FANGHI :** la reazione di lisi è applicata allo spurgo del fango biologico dal sedimentatore secondario o su un ricircolo interno del digestore aerobico o anaerobico dei fanghi

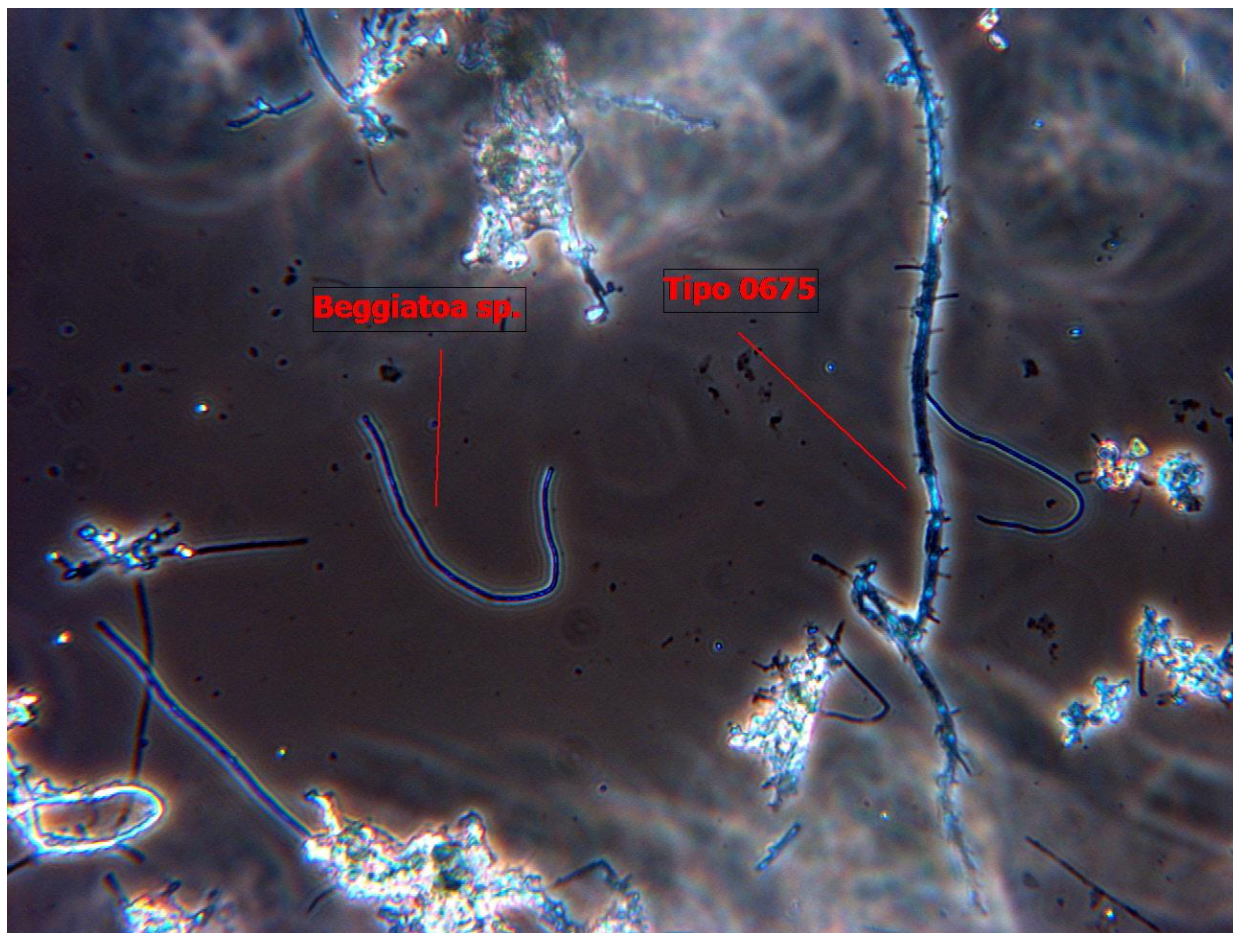
OZONOLISI

L'impianto di Ostia



OZONOLISI

RIDUZIONE DEI BATTERI FILAMENTOSI



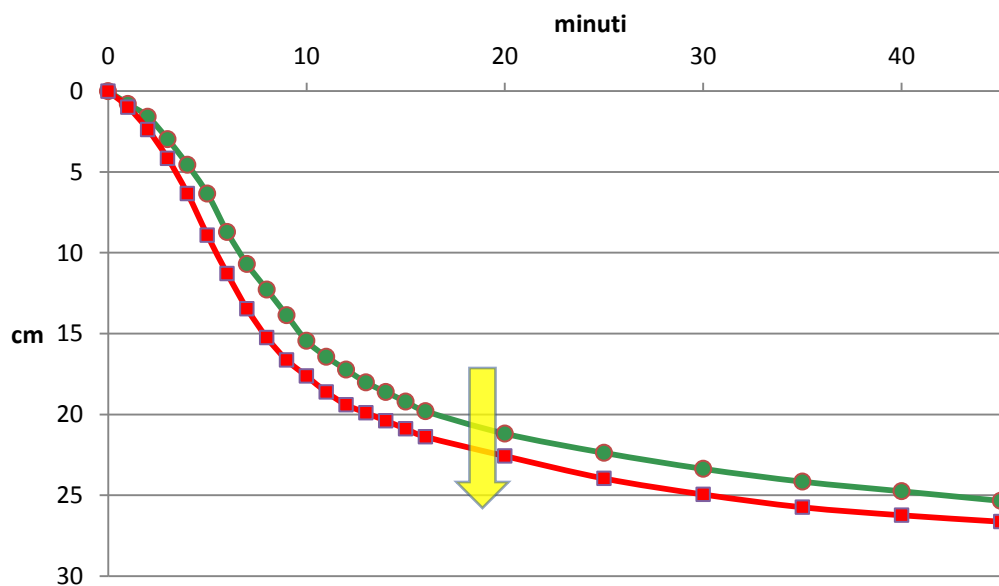
FANGO IN USCITA DALLA STABILIZZAZIONE

Classe	Abbondanza	Osservazione
4	Frequenti	Filamenti osservati in tutti i fiocchi con media densità (da 5 a 20 filamenti per fiocco)
3	Moderati	Filamenti osservati in tutti i fiocchi con bassa densità (da 1 a 5 filamenti per fiocco)

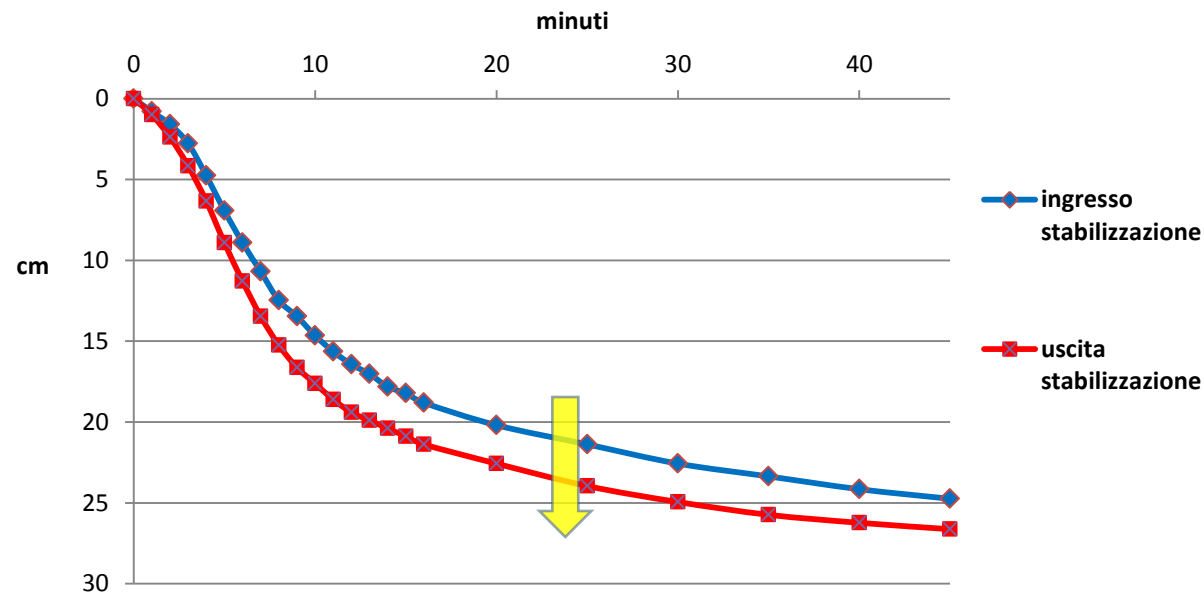
OZONOLISI

MIGLIORAMENTO DELLE CARATTERISTICHE DI SEDIMENTABILITA'

SEDIMENTABILITA' FANGO USCITA STABILIZZAZIONE



CONFRONTO INGRESSO/USCITA STABILIZZAZIONE



DSVI

INGRESSO STABILIZZAZIONE
(ml/g)

149

USCITA STABILIZZAZIONE
(ml/g)

92

CONCLUSIONI

Attivare le soluzioni tecniche atte a ridurre la produzione dei fanghi: stabilizzazione (aerobica, anaerobica), disidratazione, lisi cellulare (termica, termichimica, chimica), essiccamento (termico, solare).

Attivare tavoli tecnici con gestori dei SII, Regioni, Organi Competenti al fine di verificare e promuovere soluzioni di medio e lungo termine alla criticità in essere, quali ad esempio l'emanazione di ordinanze contingibili ed urgenti per la deroga delle tempistiche previste per i Depositi Temporanei dei rifiuti presso gli impianti di produzione.

Attivare studi volti alla ricerca dell'origine, nei fanghi di depurazione dei reflui civili, di quei parametri fortemente limitanti, quali il Berillo ed Arsenico, disciplinati dal Decreto Legge, 28 settembre 2018.

Attivare gare e procedure per lo smaltimento dei fanghi di depurazione attraverso destini transfrontalieri debitamente autorizzati.

Qualunque siano gli indirizzi futuri che verranno tracciati dai nuovi riferimenti normativi, che possano prevedere anche sistemi innovativi di trasformazione delle matrici in prodotti, è comunque necessario prevedere la gestione di un periodo transitorio che tenga conto delle attuali situazioni impiantistiche consentendo al contempo il corretto espletamento del servizio pubblico di depurazione delle acque reflue urbane

