

**57° CONVEGNO DI STUDIO DI INGEGNERIA SANITARIA - AMBIENTALE
“AMBIENTE: ISTRUZIONI PER L’USO”**

**GRUPPO DI LAVORO GESTIONE IMPIANTI DI DEPURAZIONE
L’ECONOMIA CIROCLARE APPLICATA AL TRATTAMENTO DELLE ACQUE**

LA MINIMIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE DI FANGHI DI DEPURAZIONE:UNA TECNOLOGIA INNOVATIVA

4 GIUGNO 2019

Maria Cristina Collivignarelli

*Università di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura
mcristina.collivignarelli@unipv.it*



C'è fango e fango....

Questo è il fango che ricopre una strada. E' costituito prevalentemente da sostanze minerali: silice, carbonati, ecc.



Questo è il fango attivo, dei biodepuratori delle acque reflue.

È, sostanzialmente una massa proteica, una massa di microrganismi (biosolidi)



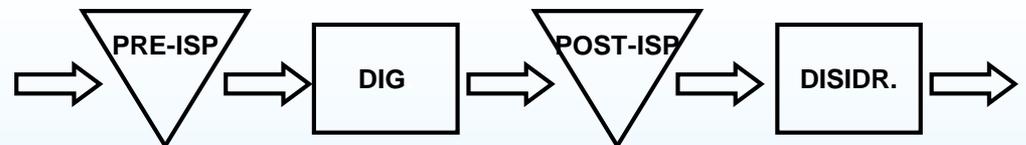
FANGHI DI DEPURAZIONE: DEFINIZIONE E ORIGINE

Secondo la direttiva europea (tuttora vigente) 86/278/CEE, con il termine "fanghi" si intendono:

- 1.i residui provenienti dagli impianti di depurazione di acque reflue domestiche o urbane e da altri impianti di depurazione delle acque reflue che presentano una composizione analoga a quella delle acque reflue domestiche e urbane;
- 2.i residui delle fosse settiche e di altri dispositivi analoghi per il trattamento delle acque reflue;
- 3.i residui provenienti da impianti di depurazione diversi da quelli di cui ai punti 1) e 2).

FANGO PRIMARIO: sedimento già presente in fognatura

FANGO SECONDARIO: "BIOMASSA" che si sviluppa contestualmente alla depurazione biologica dei liquami



LINEA FANGHI:

DOPO DISIDRATAZIONE (20% SECCO): 275 mL/AE.d di fango TQ in uscita

FANGHI DI DEPURAZIONE: LA PROBLEMATICA

DUE RICHIESTE DALLA NORMATIVA:

1. EFFLUENTI SEMPRE MIGLIORI PER ESSERE RIUTILIZZATI

► INCREMENTO DELLA QUANTITÀ E PEGGIORAMENTO DELLA QUALITÀ

2. FANGHI DI “ALTA QUALITÀ” DA INVIARE AL RECUPERO

QUANTITA' DEL FANGO :

AUMENTO per effetto di:

- ESTENSIONE DEL SERVIZIO DI DEPURAZIONE
- LIMITI PIÙ RESTRITTIVI sugli effluenti

DIMINUZIONE per effetto di:

- applicazione di TECNICHE DI DEPURAZIONE A BASSA PRODUZIONE DI FANGO
- prime applicazioni delle TECNICHE DI MINIMIZZAZIONE

QUALITA' del FANGO :

PEGGIORAMENTO dovuto a:

- TRASFERIMENTO DI MAGGIORI (E NUOVI) INQUINANTI dal refluo al fango

MIGLIORAMENTO dovuto a:

- Miglior MONITORAGGIO degli SCARICHI INDUSTRIALI in fognatura
- PRETRATTAMENTI PIÙ EFFICIENTI

FANGHI DI DEPURAZIONE: LA GESTIONE

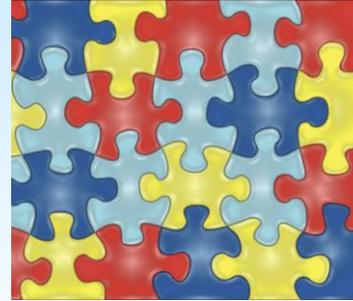
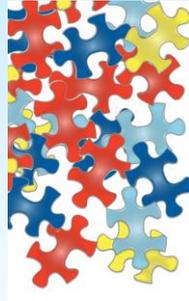
-1. SEGUENDO LE INDICAZIONI DELLE NORMATIVE (EUROPEA E NAZIONALE)

La **gerarchia nella gestione dei rifiuti** di cui all'art. 179 del d.lgs.152/06 prescrive, ovunque possibile, LA RIDUZIONE DELLA PRODUZIONE e privilegia il recupero, prima di materia e poi di energia, rispetto allo smaltimento.



-2. AGENDO SIMULTANEAMENTE IN PIÙ DIREZIONI ► PIANIFICAZIONE

GESTIONE DEI FANGHI = PUZZLE



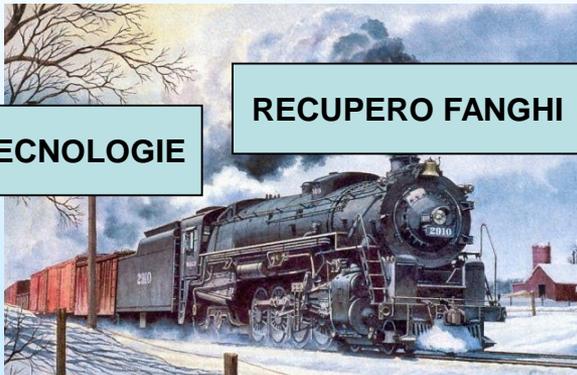
L.Spinosa, IA, Vol.5, n°1/2018

TESSERE DI INQUADRAMENTO

- SISTEMI SOSTENIBILI
- ECONOMIA CIRCOLARE
- REVERSIBILITÀ DEI PROCESSI

TESSERE SPECIFICHE

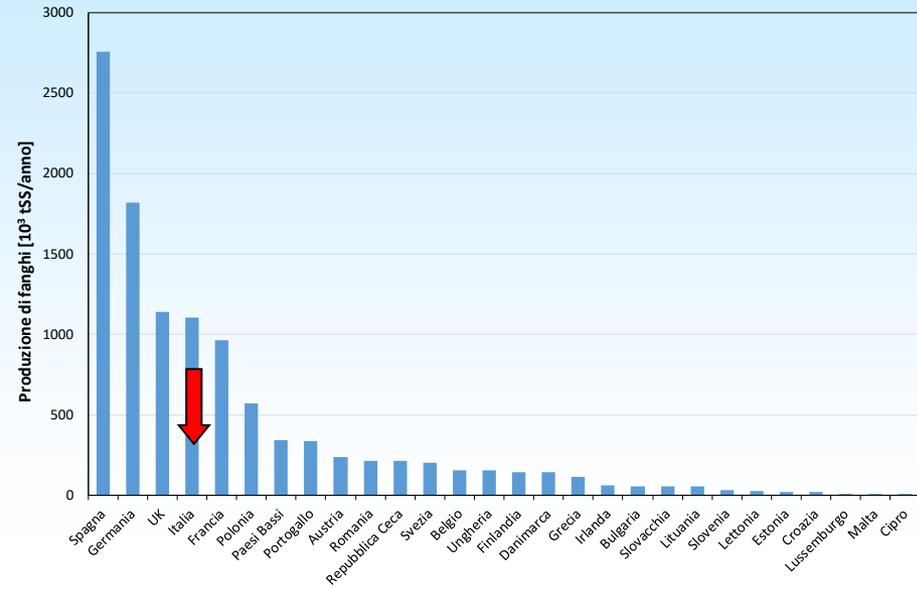
- CONTESTO LOCALE
- EFFETTO LOCOMOTIVA
- OTTIMIZZAZIONE DI SISTEMA
- MINIMIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE
- ASPETTI LOGISTICI
- NORME REALISTICHE
- STANDARDIZZAZIONE
- PROPRIETÀ FISICHE



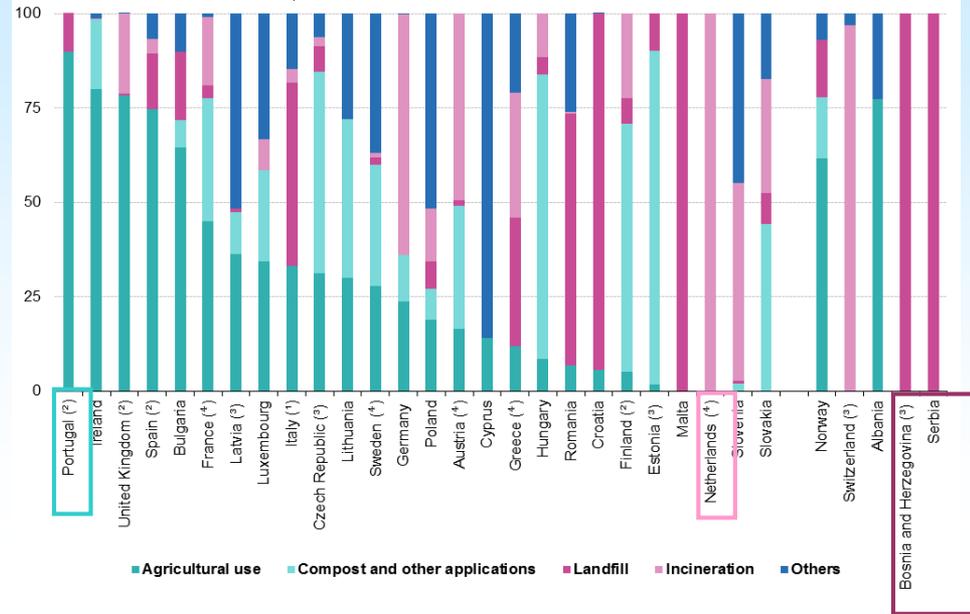
SCELTA DELLE TECNOLOGIE

RECUPERO FANGHI

FANGHI DI DEPURAZIONE: LA PRODUZIONE IN EUROPA

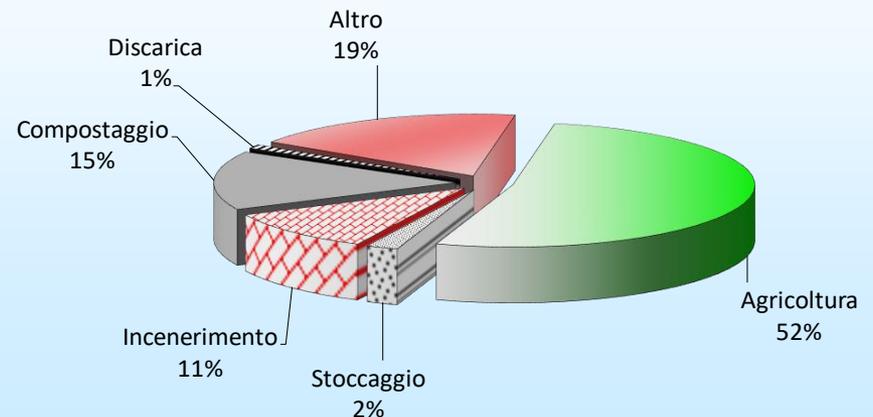
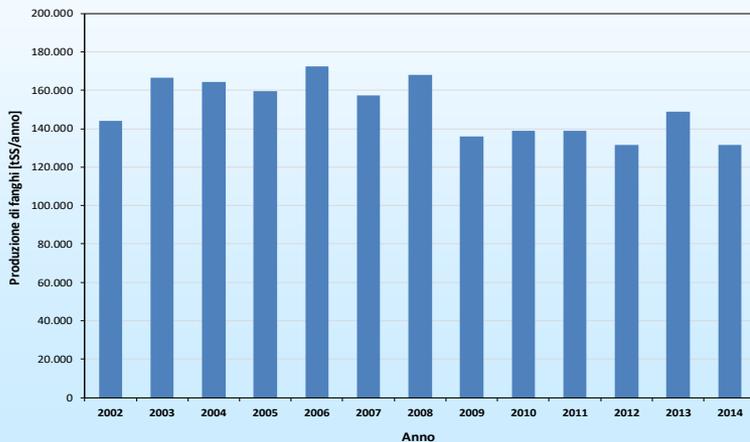


LA PRODUZIONE IN EUROPA:
~ 11.000.000 tSS/anno



PANORAMA ETEROGENEO

IN LOMBARDIA



UNA TECNOLOGIA INNOVATIVA: IL PROCESSO TAMR (THERMOPHILIC AEROBIC MEMBRANE REACTOR):



Combina i vantaggi dei:

1. SISTEMI A MEMBRANA (**MBR**);
2. SISTEMI AD **OSSIGENO PURO**:
3. SISTEMI **TERMOFILI**

COSA TRATTA?



I campi di applicazione del TAMR sono molteplici:

APPLICAZIONE 1: Rifiuti liquidi

APPLICAZIONE 2: Fanghi di depurazione

APPLICAZIONE 3: Rifiuti liquidi + fanghi di depurazione

APPLICAZIONE 4: Digestati liquidi

ALCUNI VANTAGGI

SISTEMI MBR

1. la fattibilità di mantenere (nel sistema) tutta la biomassa idonea per il processo depurativo
2. la capacità di trattenere, all'interno del sistema, composti lentamente biodegradabili (generalmente ad elevato peso molecolare molecole), al fine di garantirne la biodegradazione;
3. il miglioramento della stabilità della qualità dell'effluente
4. la riduzione del volume del reattore biologico.

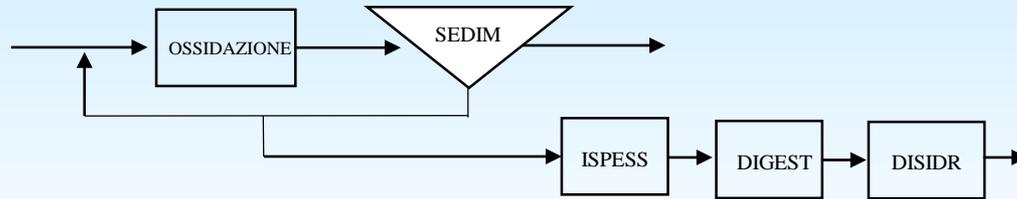
SISTEMI AD OSSIGENO PURO

1. alta concentrazione di ossigeno disciolto nel reattore
2. massimo sfruttamento della capacità degradativa dei microorganismi
3. fiocchi di fango più densi rispetto ad un sistema ad aria "convenzionale"
4. riduzione significativa del volume delle vasche di trattamento
5. maggiore flessibilità in caso di sovraccarico organico

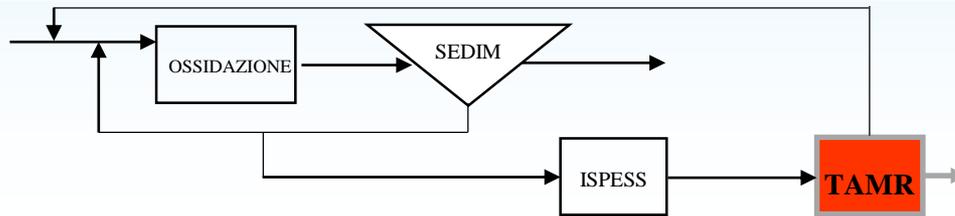
SISTEMI TERMOFILI (AEROBICI ED ANAEROBICI)

1. Elevata velocità di rimozione dei substrati biodegradabili
2. Alto carico organico volumetrico
3. Buone rese di rimozione per molecole sintetiche
4. Produzione specifica di biomassa molto bassa
5. Inibizione degli agenti patogeni
6. Capacità di trattare reflui con elevate concentrazioni di sali
7. Processo flessibile e stabile
8. Recupero di calore
9. Compatibilità dell'effluente termofilo con un trattamento tradizionale biologico

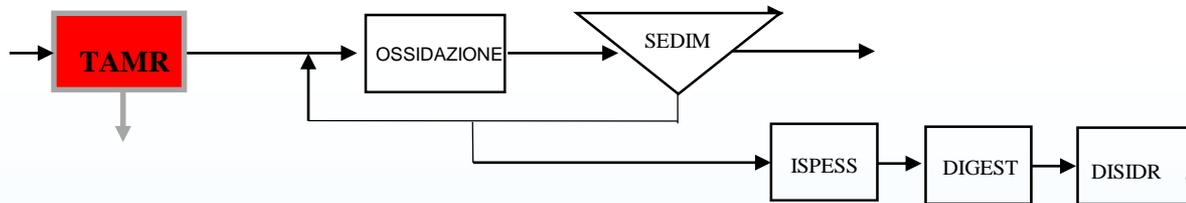
DOVE APPLICARLO?



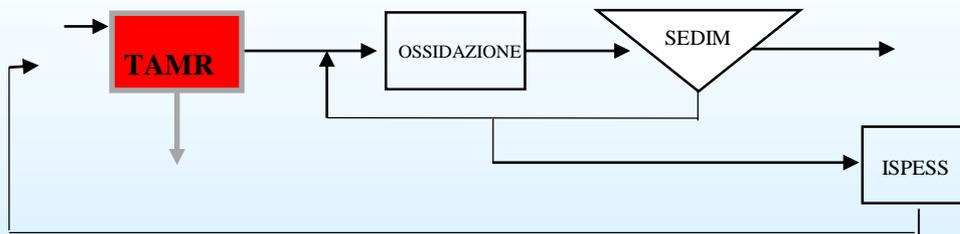
CONFIGURAZIONE 0



CONFIGURAZIONE 1 (fanghi)

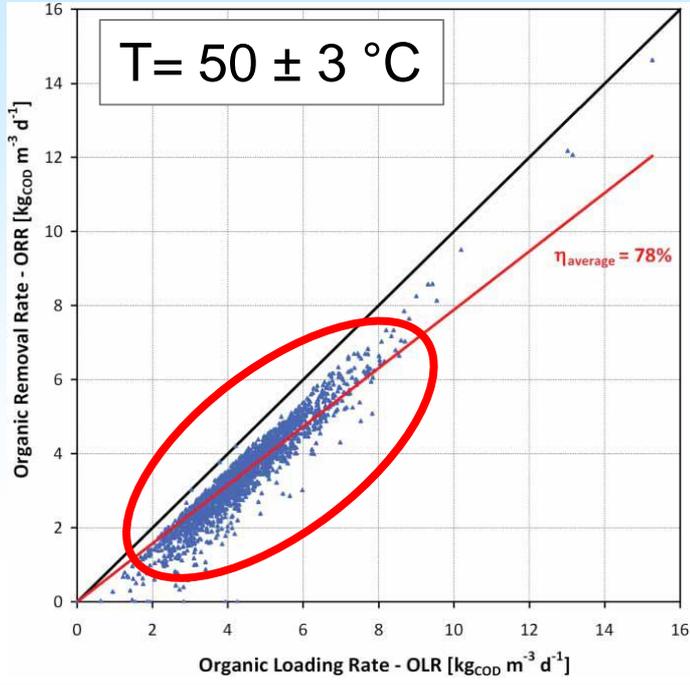


CONFIGURAZIONE 2 (rifiuti liquidi)



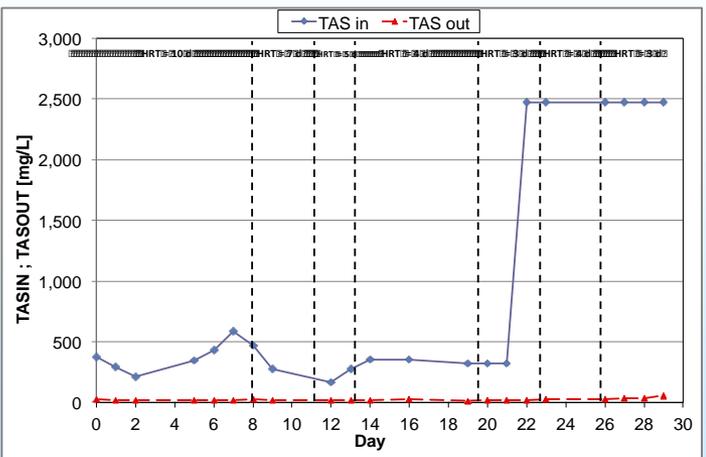
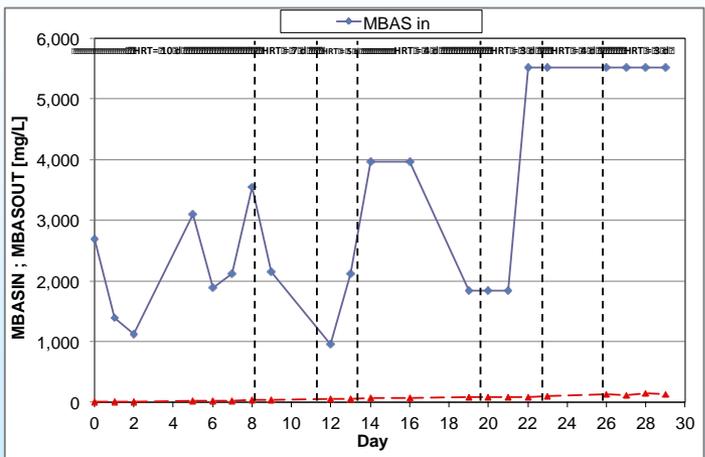
CONFIGURAZIONE 3 (fanghi + rifiuti liquidi)

PROCESSO AD ELEVATE RESE DI RIMOZIONE DEL COD E TENSIOATTIVI



(Collivignarelli *et al.*, Environmental Technology, 2015)

- ✓ La resa media di rimozione è pari al 78%, indipendentemente dai valori di OLR.
- ✓ Anche con significative variazioni di carico COD in ingresso, la rimozione media COD $\geq 74\%$



MBAS (anionici)
 Range: 2.300 – 5.500 mg/L
 $\eta_{\text{medio}} = 98\%$ (indipendente da HRT)

TAS (non-ionici)
 Range: 300 – 2.500 mg/L
 $\eta_{\text{medio}} = 84\%$

PROCESSO STABILE E ROBUSTO

STABILE

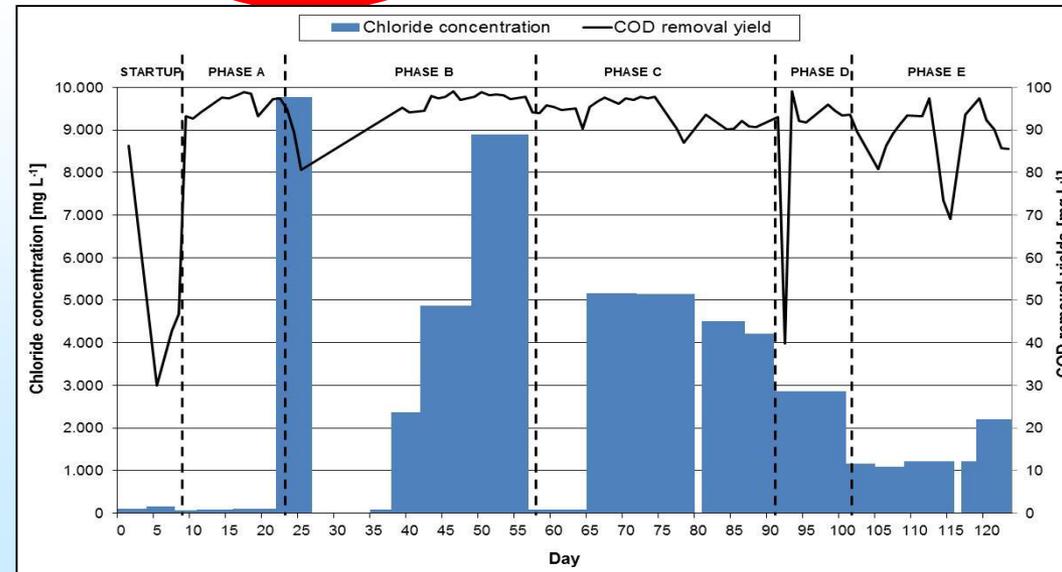
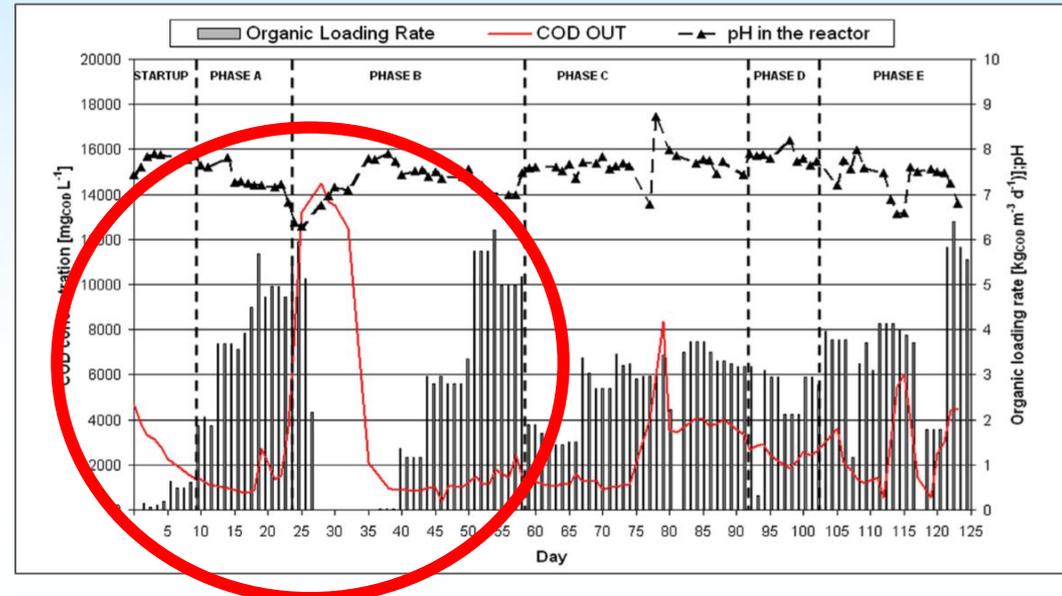
- Cambio completo e repentino di substrato in alimentazione al massimo carico \rightarrow shock della biomassa (diminuzione rapida e importante del pH \rightarrow efficienza del processo)
- Dopo 5-6 giorni si è nuovamente alimentato (senza inoculo) \rightarrow rimozioni confrontabili a prima dello shock

ROBUSTO

- Buone prestazioni anche con concentrazioni di cloruri elevate (sino a 10.000 mg/L)

Nei processi a fanghi attivi incrementi dei cloruri da 150 a 5.000 mg/L \rightarrow riduzioni rimozione COD dal 63% al 95% (Hong et al., 2007)

(Collivignarelli *et al.*, Water Research, 2014)



PROCESSO AD ELEVATI RENDIMENTI DI RIMOZIONE DEI SOLIDI VOLATILI

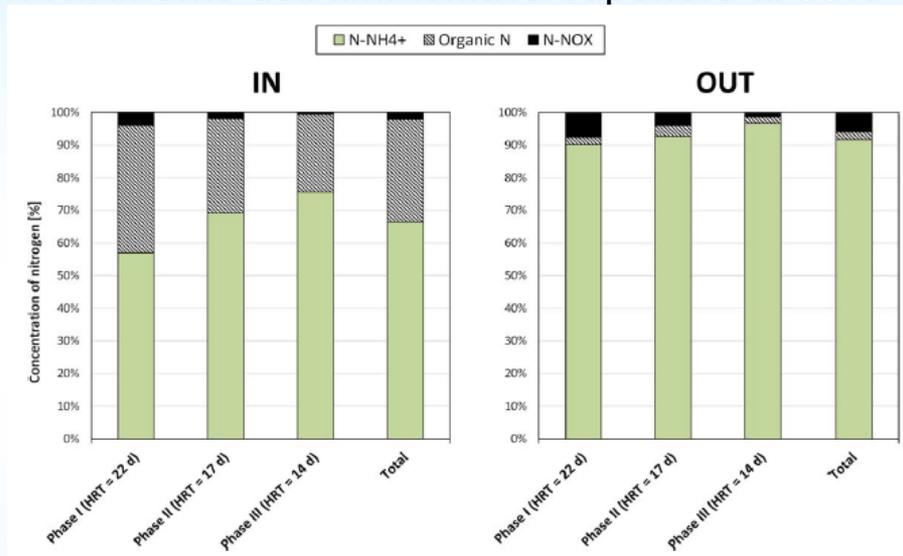
Tecnologie	Riferimenti bibliografici/ Sperimentazioni	Performance (%)	Campi di applicazione
<i>Da letteratura</i>			
Idrolisi enzimatica	Foladori et al. 2010, Yin et al. 2016	<20 (SV); <75 (ST) <16.7 (SST)	Linea acque/ Linea fanghi
Digestione aerobica/anaerobica	Foladori et al. 2010, Di Iaconi et al. 2016	25-54 (SSV)	Linea acque/ Linea fanghi
Digestione termofila aerobica/anaerobica	Foladori et al. 2010, Suvilampi et al. 2003, Kurian et al. 2005, Duncan et al. 2017	50 (SV); 40-45 (SSV); 30 (ST)	Linea acque/ Linea fanghi
<i>Sperimentazioni</i>			
TAMR	Fango municipale e industriale	40-77 (SV)	Linea fanghi
	Fango municipale	68-90 (SV)	Linea fanghi

RECUPERO DEL RESIDUO LIQUIDO

RESIDUO LIQUIDO

1: RECUPERO DELL'AZOTO AMMONIACALE

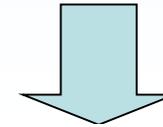
Prove di strippaggio (T 45 °C, pH 9,5 tc 3 ore):
abbattimento dell'ammoniaca superiore al 90%



(Collivignarelli et al., 2017a).

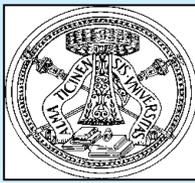
2: RECUPERO DEL CARBONIO ORGANICO

I risultati ottenuti dal test di NUR condotti su una biomassa denitrificante: velocità di denitrificazione analoga a quella ottenuta dosando una fonte di COD rapidamente biodegradabile.



Carbon source	Sludge denitrification rate [mgNO ₃ -N gVSS ⁻¹ h ⁻¹]
TMR permeate	1.9 ± 0.3
Municipal sewage	0.6–1.0 ^a
Readily biodegradable COD	1.0–3.0 ^a
Endogenous respiration	0.2–0.6 ^a

^a Source: Foladori et al., 2010.



**57° CONVEGNO DI STUDIO DI INGEGNERIA SANITARIA - AMBIENTALE
“AMBIENTE: ISTRUZIONI PER L’USO”**

**GRAZIE PER
L’ATTENZIONE**

4 GIUGNO 2019

Maria Cristina Collivignarelli