



Processo Anammox per digestato da FORSU e fanghi : risultati e criteri di dimensionamento

Scaglione D., Lotti T., Ficara E., Malpei F.

Politecnico di Milano – DICA sez. ambientale

Milano, 12 ottobre 2015

- 12 **Professori** (in 2015)
 - 3 ordinari
 - 3 associati
 - 6 ricercatori

- 12 **Assegnisti di ricerca e dottorandi**
 - 15 Post-doc
 - 7 PhD students

- 7 **Personale tecnico-amministrativo**
 - 4 tecnici di laboratorio
 - 2 segretarie
 - 1 bibliotecario



RESEARCH AREAS

■ AIR

- Air Pollution Control and Air Quality Assessment

■ WATER

- Water Quality Management
- Water and WW Technology: >50% of total activity

■ SOLID WASTE MANAGEMENT

- Performance assessment of MSW treatment plants
- Life Cycle Assessment (LCA) of integrated waste management

■ CONTAMINATED SOIL REMEDIATION

- Health risk assessment
- Remediation technologies evaluation and development



Staff

Prof. Francesca Malpei (responsabile)

Prof. Elena Ficara

Ing. Davide Scaglione

Ing. Isabella Porqueddu

dott.sa Nadia Margariti

Ing. Aronne Teli

Ing. Tommaso Lotti

PhD student: ing. Viola Corbellini, ing. Tugui Yuan

Strutture:

Laboratorio A. Rozzi (Cremona)

Laboratorio di Ingegneria Ambientale (Milano)

Impianti pilota ubicati in aziende agr. e industrie

Reattori a scala lab da 1 a 20L

www.fabbricabioenergia.polimi.it

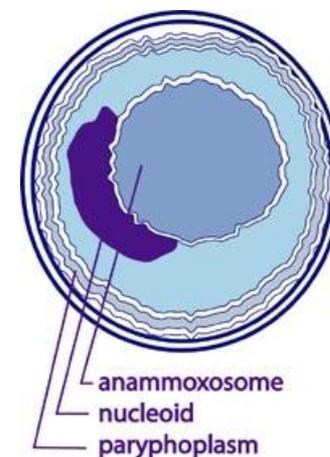
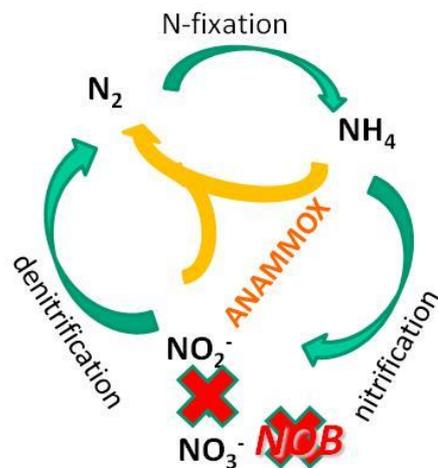




Anammox - Rimozione autotrofa dell'azoto

I batteri **ANAMMOX**: i nuovi attori nel ciclo dell'azoto

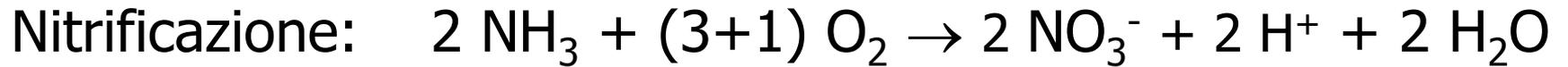
Ossidano l'azoto ammoniacale (in condizioni anossiche) usando il nitrito come accettore di elettroni



Ingombri minori e **riduzione dei costi di gestione di circa il 50%** rispetto ai biologici convenzionali (Van Hulle et al. 2010)



RIMOZIONE CONVENZIONALE DELL'AMMONIO



RIMOZIONE AUTOTROFA DELL'AMMONIO

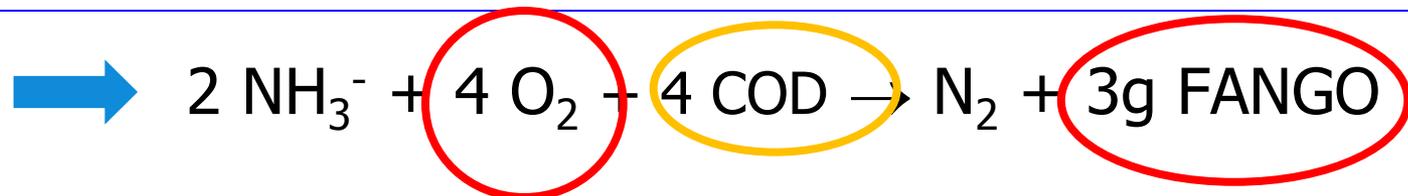
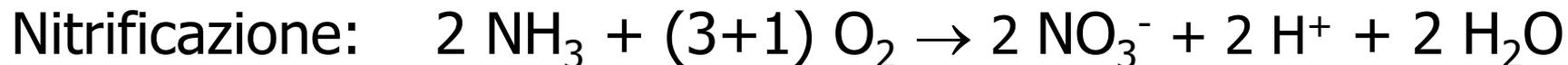




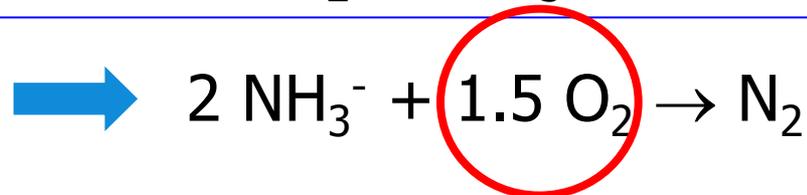
€ Costi €

Mancati guadagni

RIMOZIONE CONVENZIONALE DELL'AMMONIO

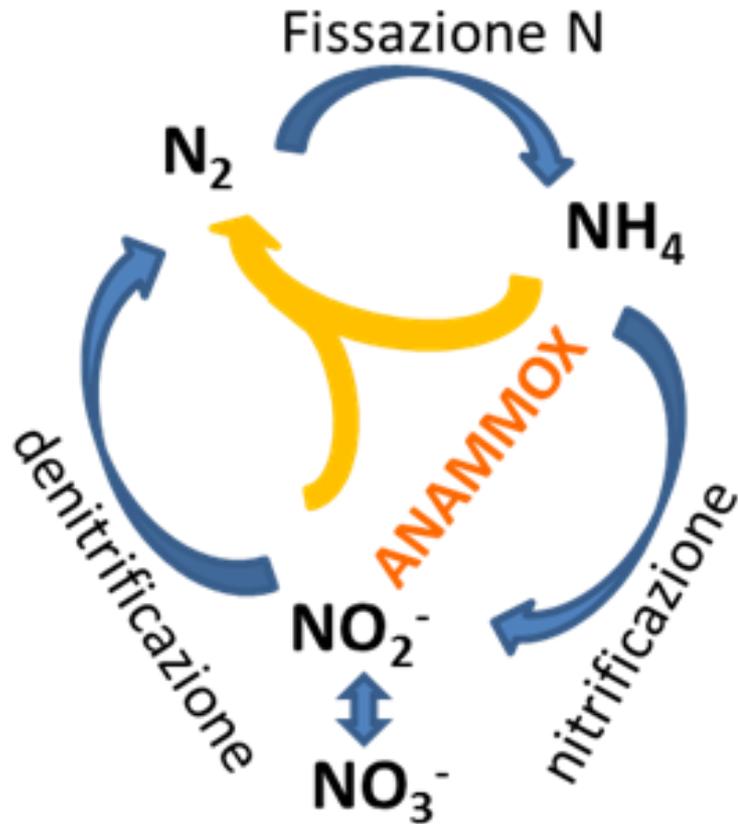


RIMOZIONE AUTOTROFA DELL'AMMONIO





Confronto convenzionale vs innovativo



PROs:

Meno Ossigeno → meno **energia**

No consumo BOD → piu' **Biogas**

Autotrofo → meno **fango di supero**

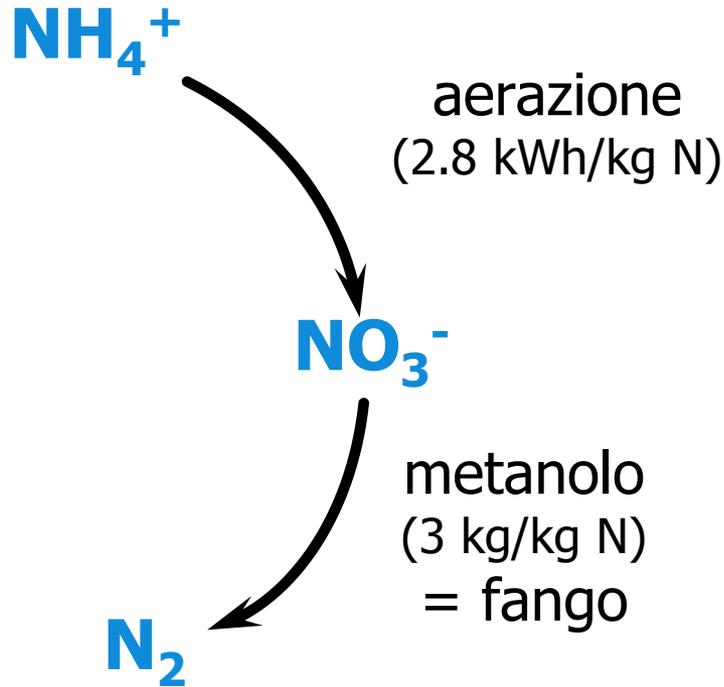
CONs:

- Necessita' di fermare la nitrificazione a nitrito (NO_2^-)
 - Batteri a crescita lenta (circa 10 volte minore degli eterotrofi)
- Necessita' di sistemi efficienti di ritenzione della biomassa



Confronto convenzionale vs innovativo

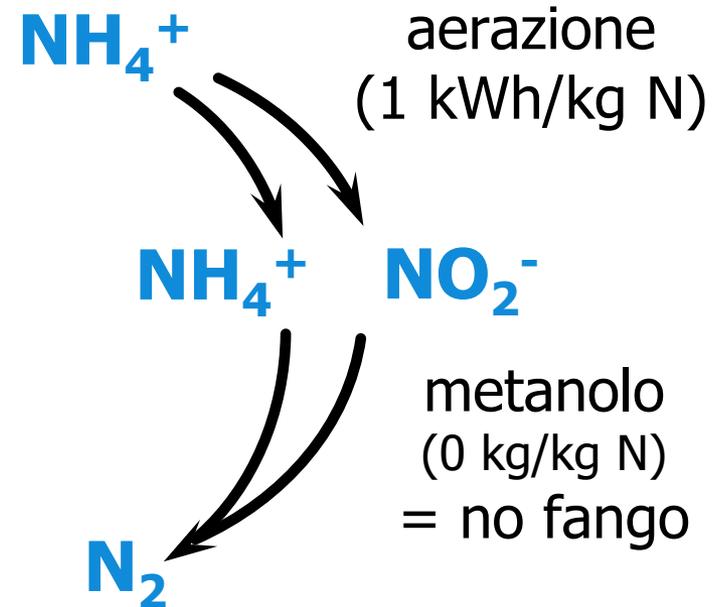
Nitrificazione/ Denitrificazione



3-5 €/kg N

>4.7 ton CO₂/ton N

Nitritazione/ Anammox



1-3 €/kg N

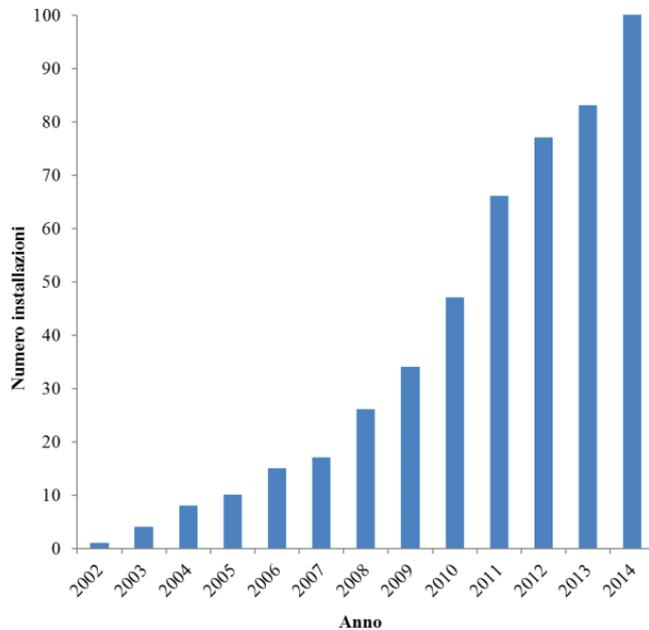
0.7 ton CO₂/ton N

Applicazioni del processo anammox

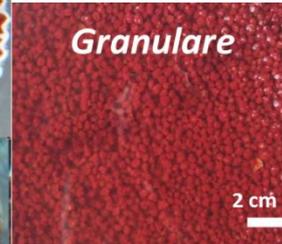
Il processo si applica a reflui con alti tenori di ammonio e bassi rapporti COD/N:

- trattamento digestati di fanghi di depurazione civili (sulla frazione liquida)
- trattamento di acque reflue dell'agroindustria (a valle di digestione anaerobica)

Oltre 100 impianti a scala reale nel mondo



Diverse tecnologie e forme di aggregazione della biomassa





Obiettivo:

Valutazione trattabilità separato liquido digestato da FORSU con biomassa Anammox tramite prove batch



Attività svolte:

- Definizione metodo sperimentale
- Test trattabilità con refluo sintetico a diversi livelli di salinità
- Caratterizzazione chimico/fisica reflui trattati
- Serie di test di trattabilità con separato liquido di impianto di Zinasco e Voghera (partner ALAN srl)
- approfondimenti su effetto cloruri e salinità con confronto dati di letteratura
- Forniti dati per valutazione LCA

Risultati inclusi in un lavoro più ampio che verrà presentato al convegno mondiale IWA della Digestione Anaerobica in Cile a novembre (AD14)



Prove batch con misura manometrica N₂ prodotto

Prove batch di attività in doppio:

- Volume totale 330 mL
- **pH 7.5** (buffer HEPES)
- Condizioni anossiche
- Incubatore Termostato (**35 °C**)
- Agitazione con piastra basculante
- Inoculo: **biomassa granulare anammox**



Misura della variazione della pressione interna mediante il trasduttore di pressione *OxiTop[®]-C Measuring Head*

Si ottengono:

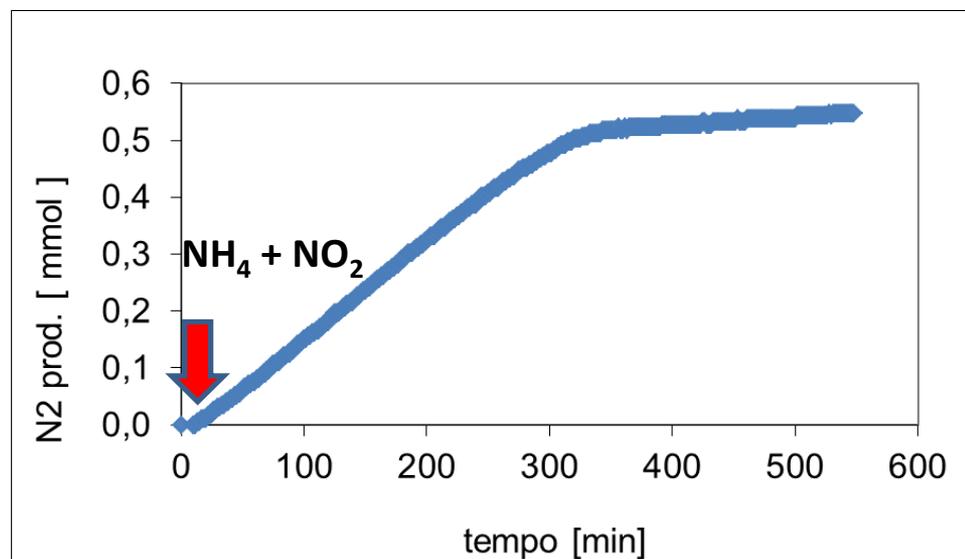
- l'attività massima specifica;
- la percentuale di inibizione rispetto al bianco (anammox + soluzione sintetica)
- la resa di conversione

(Scaglione et al. 2009; Lotti et al. 2012)





Test effettuati



Iniezioni successive ogni giorno per 4-6 giorni sui seguenti campioni :

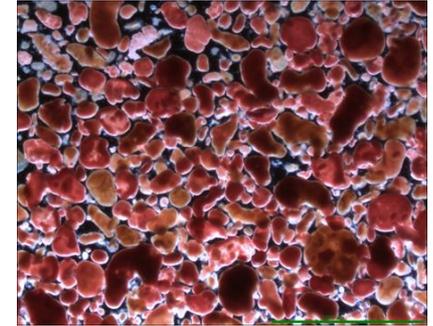
- Separato liquido impianto di **Zinasco** (IN e OUT depuratore aziendale SBR)
- Separato liquido **Voghera** in modalità codigestione fanghi-FORSU (luglio 2014)
- Separato liquido **Voghera** in modalità solo FORSU (settembre 2014)

Sono stati inoltre effettuati **test con refluo sintetico per verificare effetto salinità**



Prove di trattabilità con biomassa anammox granulare

- 3 replicati su campione Voghera (1 modalità codigestione)
- 2 replicati su Zinasco (ingresso e uscita depuratore)
- 6 prove con refluo sintetico a diversi valori di conducibilità
- Ogni serie di prove in doppio della durata di una settimana

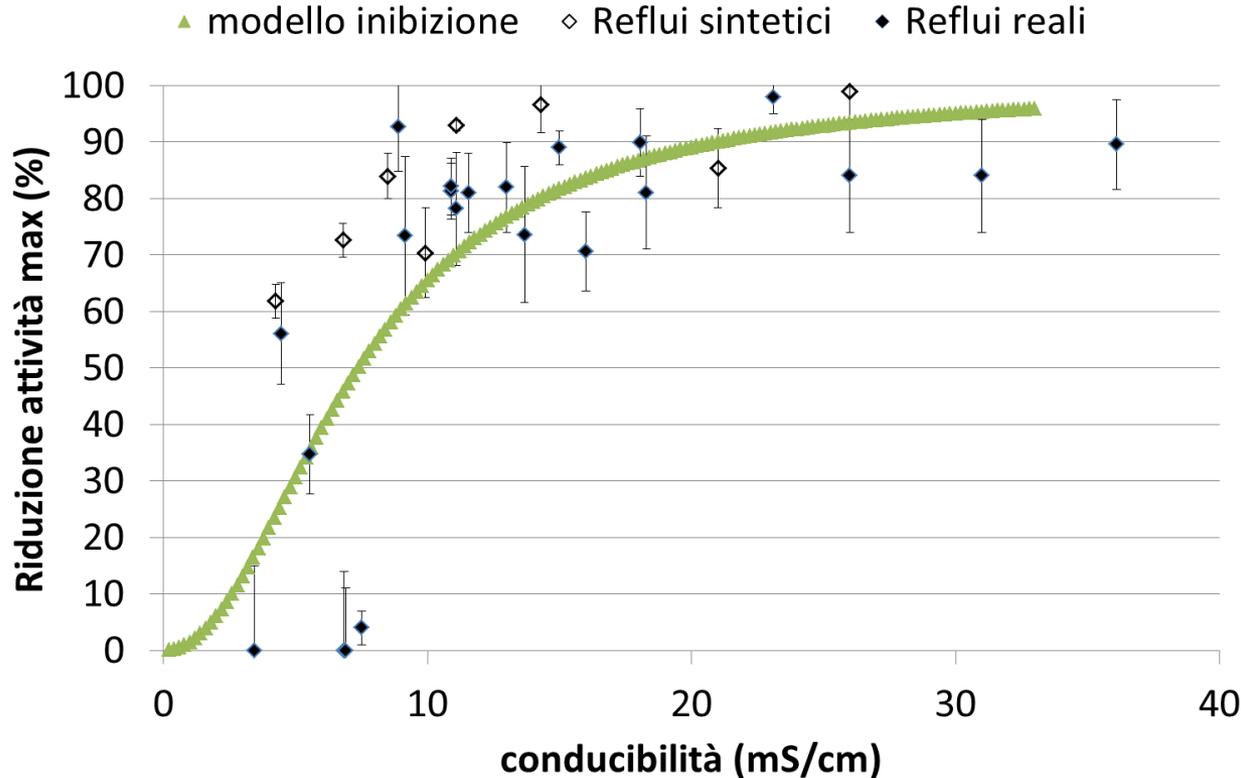


Confermata trattabilità del separato liquido del digestato, sia in modalità codigestione, che 100% FORSU.

- Attività ridotta (inibizione dovuta a salinità), ma costante durante i 7 giorni di prova: **nessuna inibizione progressiva a breve termine**
- **Rimozione di oltre il 90% dell'azoto (presente in forma solubile) in tutti i test**
- Attività specifiche **0.08 a 0.23 kg-N/kg-VSS/d**



Effetto salinità a breve termine - approfondimento



Modello esteso (S-shaped)
inibizione non competitiva

$$I(\%) = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{Cond.}{7.32}\right)^{2.1}} \cdot 100$$

- Inibente principale a breve termine risulta essere la **salinità** (riduzione attività per valori superiori a 5-7 mS/cm e 1 g/L di cloruri)
- Da studi di letteratura i batteri anammox in forma granulare hanno **capacità di adattamento** ad elevate concentrazioni saline (fino a oltre 30 mS/cm)



Specifiche fornite per studio LCA

- Ipotesi impianto granulare anammox (PN/AMX) con pretrattamento aerobico (AER)

- Efficienza di rimozione $N-NH_4 = 90\%$

- Carico volumetrico $1 \text{ kgN}/\text{m}^3_{\text{reattore}}/\text{d}$



- **Dati riferiti a kgN rimosso** ricavati da studi effettuati su impianti a scala reale di simile configurazione o ricavati da misure sperimentali Politecnico (progetto BRAIN)

- Dati refluo influente ed effluente da sperimentazione CITY WISE NET

- Consumi elettrici $1.86 \text{ kWh}/\text{kgNrim}$ (Abma et al. 2010)

- Emissioni in atmosfera :

N_2O trascurabile per AER e $1.33\% \text{ Nrim}$ per PN/AMX (Kampschreur et al. 2009)

NO trascurabile per AER e $0.008\% \text{ Nrim}$ per PN/AMX (Kampschreur et al. 2009)

NH_3 $0.07\% \text{ Nrim}$ per AER e trascurabile per PN/AMX (Scaglione et al. 2014)



Criteri di dimensionamento

Rateo di rimozione azoto in prove batch preliminari a breve termine:

Rimozione specifica anammox (dato ottenuto da test su refluo Alan)

0.10 kg-N/kg-VSS/d

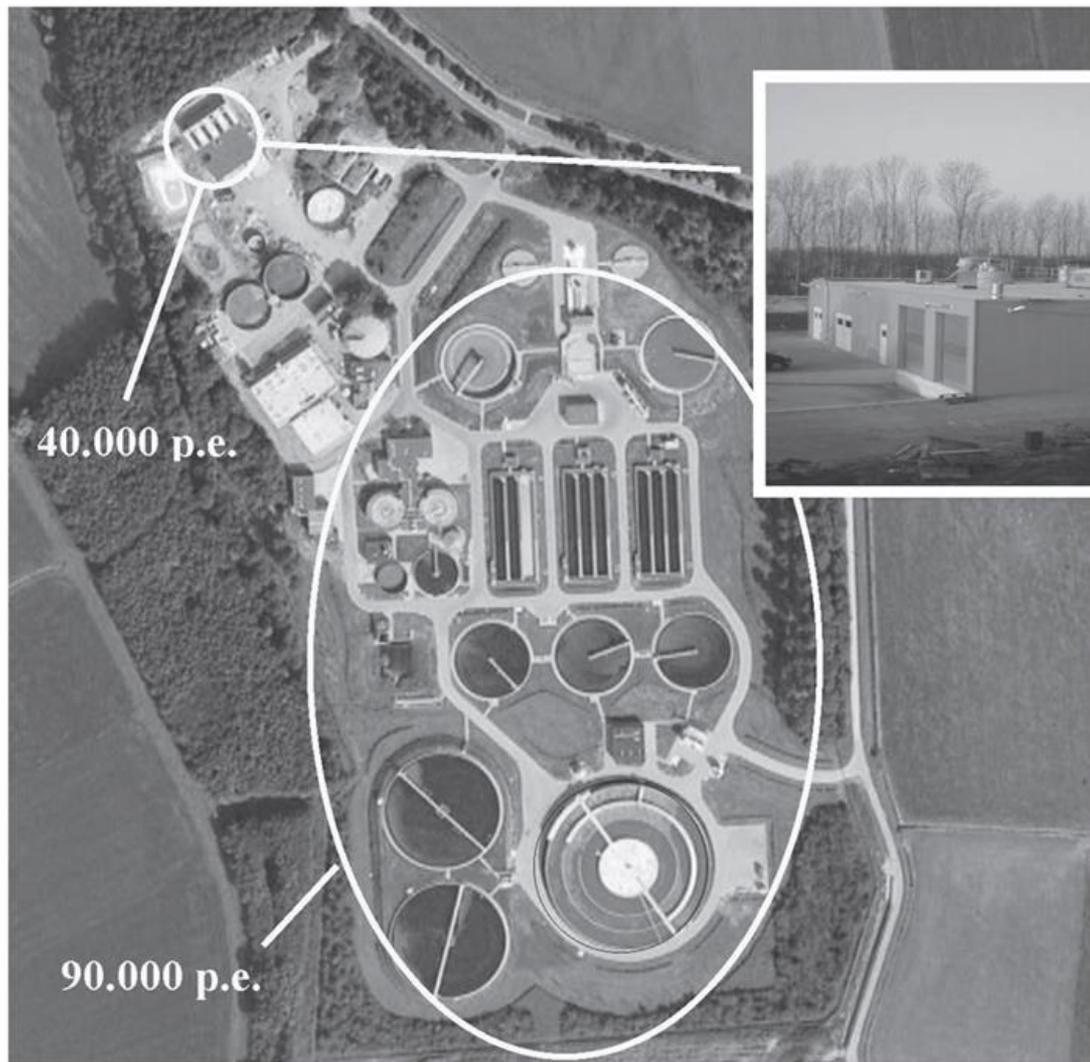
Hp Concentrazione **biomassa anammox granulare** in vasca = **8 kg-VSS/m³**



Rateo vol. di rimozione azoto in reattore = 0.8 kg-N/m³/d (range 0.5-1.5)

Volume reattore anammox per trattare carico N di impianto Alan di Zinasco \approx 150 m³

Esempio impianto anammox a scala reale (Olburgen, NL)



Trattamento
surnatante **fanghi
depuratore** e
digestato **scarti
lavorazione patate**

Risparmiata 85% superficie
rispetto a impianto
convenzionale

Efficienza media rimozione N
ultimi 5 anni: 92%

Ratei rimozione fino a 2.5
kgN/mc/d

Fonte Paques



In sintesi

La frazione liquida di digestato da FORSU e FORSU + fanghi risulta trattabile con **processo anammox**

Possibili criticità (alta salinità) in caso di 100% FORSU con ricircolo del surnatante in fase di pretrattamento

Efficienze di **rimozione dell'azoto di oltre il 90%**

Riduzione dei consumi energetici e dei costi di gestione di circa il 50% rispetto a processi biologici convenzionali con impianti più compatti

In corso prove in continuo a scala laboratorio e pilota





POLITECNICO
DI MILANO

Davide Scaglione
 Davide.scaglione@polimi.it

**Dip. Ing. Civile ed
Ambientale (DICA)**

**Sezione
Ambientale**



Per approfondimenti:

- Lotti T., Scaglione D., Teli A., Canziani R., Ficara E., Malpei F.
Rimozione completamente autotrofa dell'azoto con batteri anammox:
passato, presente e futuro. Ingegneria dell'Ambiente

Rimozione dell'azoto con il processo anammox (Lotti. T. e Scaglione D.)
scaricabile gratuitamente dal sito www.fabbricabioenergia.polimi.it