

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

## ***Relazione per la prova finale***

***«Descrizione dell'impianto di depurazione Ca' Nordio e confronto fra i coagulanti per l'abbattimento del fosforo nelle acque reflue.»***

Tutor universitario: Prof. Martina Roso

Laureando: Davide Bardaro

Padova, 15/09/2023

Aumento dei consumi di  
acqua globali.

Maggiore consapevolezza e  
sensibilizzazione sull'ambiente.

Aumento e **sviluppo** dei WWTPs.  
**Limiti** di emissioni sempre più severi.

Necessità di rimuovere **azoto** e **fosforo** per **evitare**  
**l'eutrofizzazione** dei corpi idrici.

Fanghi attivi per  
rimuovere N

**Coagulanti chimici** per  
rimuovere P

**Tabella 1. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane**

PARAMETRI (MEDIA GIORNALIERA) (1)	POTENZIALITÀ IMPIANTO IN A.E. (ABITANTI EQUIVALENTI)			
	2.000 - 10.000		> 10.000	
	Concentrazione (mg/l)	% di riduzione	Concentrazione (mg/l)	% di riduzione
BOD <sub>5</sub> (senza nitrificazione) (2)	25	70-95 (5)	25	80
COD (3)	125	75	125	75
Solidi sospesi (4)	35 (5)	90 (5)	35	90

**Tabella 2. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili**

PARAMETRI (MEDIA ANNUA)	POTENZIALITÀ IMPIANTO IN A.E.			
	10.000 - 100.000		> 100.000	
	Concentrazione (mg/l)	% di riduzione	Concentrazione (mg/l)	% di riduzione
Fosforo totale (P) (1)	2	80	1	80
Azoto totale (N) (2)(3)	15	70-80	10	70-80

«Dlgs 152/06, allegato 5 alla 3<sup>a</sup> parte (Testo Unico Ambientale)»



(1) Descrizione dell'impianto di depurazione Ca' Nordio



(2) Confronto fra i coagulanti chimici per l'abbattimento del fosforo:  $\text{FeCl}_3$  e PAC



(3) I Sali dei Lantanidi:  $\text{CeCl}_3$  e  $\text{LaCl}_3$



Informazioni: impianto di depurazione a fanghi attivi, AcegasApsAmga (gruppo Hera)

Data di costruzione: 1980 linea 1, 2007 linea 2, 2010 linea 3

Provenienza acque: Padova, Saonara, Noventa Padovana

Classificazione dei reflui: urbani

Abitanti equivalenti: 197'000

**Due metodi diversi per l'abbattimento dell'azoto nell'impianto:**



## ESSICCAZIONE DEI FANGHI

passaggio dal 30-40% al 70% di secco



Essiccazione meccanizzata: **BIODRYER**

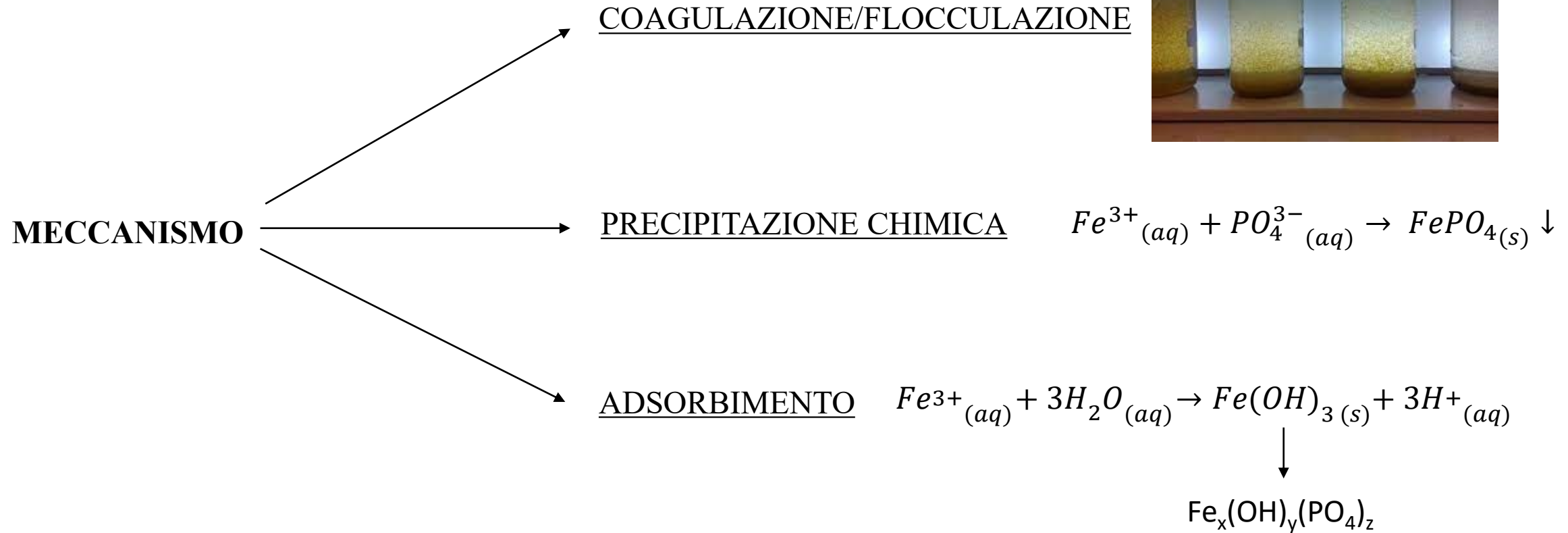


Essiccazione naturale: **SERRA SOLARE**



Utilizzo dei **SALI MINERALI A CATIONI POLIVALENTI**

Esempi: **PAC, FeCl<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>**



- Confronto PAC (10%) e  $\text{FeCl}_3$  (40%)
- Prelievo campioni: vasche biologiche linea BIO



TEST SVI=  $111 \frac{\text{ml}}{\text{g}}$



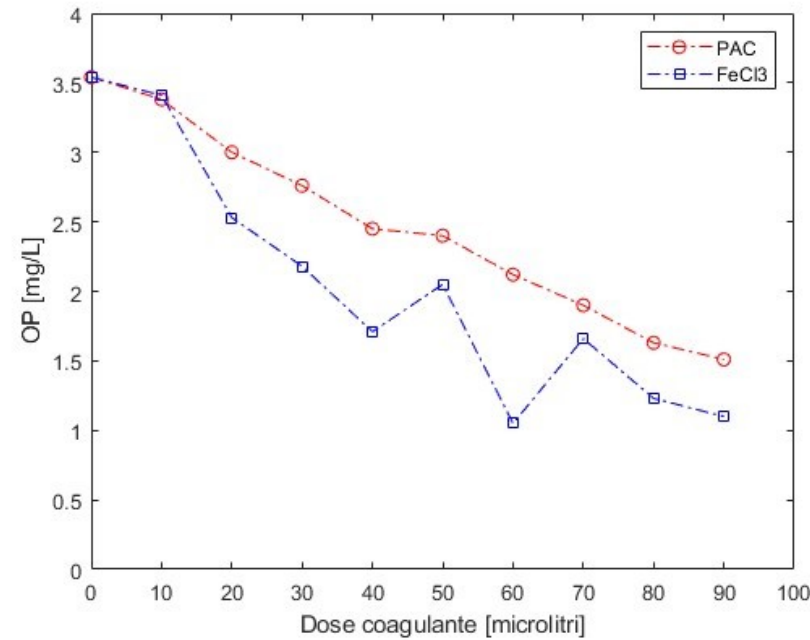
18 campioni da 900ml

9 dosaggi crescenti per  
coagulante

## 1° TENTATIVO:

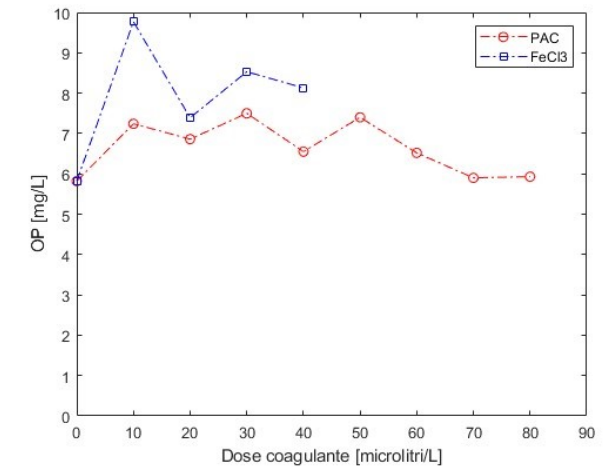
I fosfati nel refluo prelevato risultavano già abbattuti, nonostante la sospensione dei dosaggi di  $\text{FeCl}_3$  da 60h.

## 2° TENTATIVO:

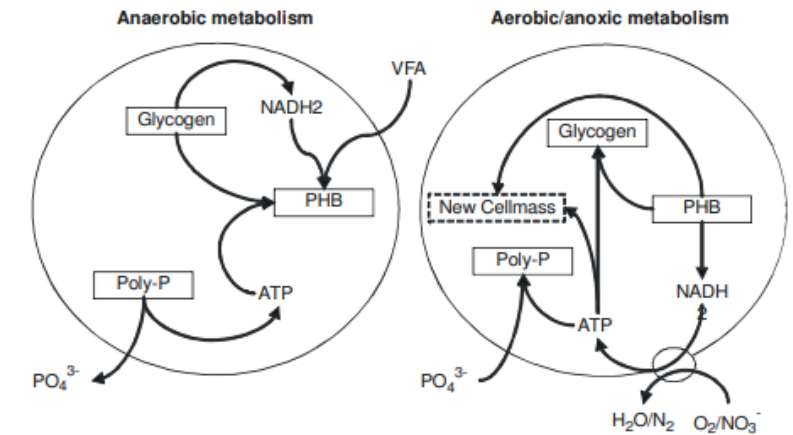


$\text{FeCl}_3$  più efficiente del PAC, a parità di dosaggio (è più concentrato).

## 3° TENTATIVO:



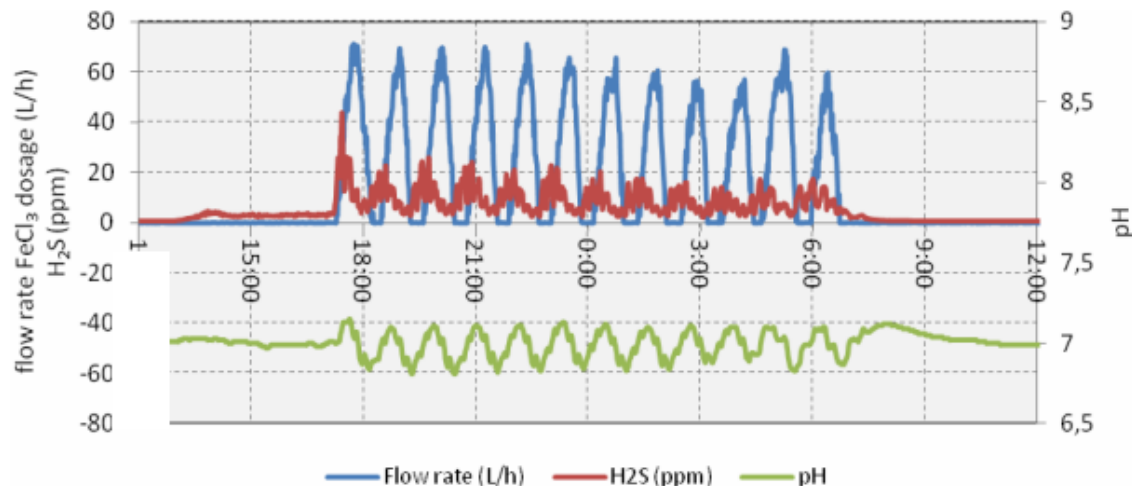
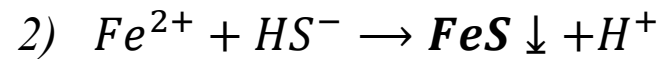
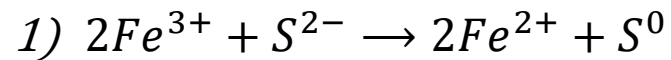
Presenza dei batteri PAO.



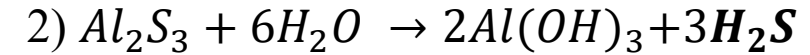
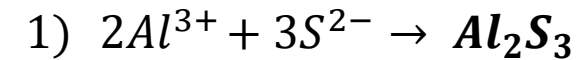


PRESENZA DI SOLFURI ( $H_2S$ ) NEL BIOGAS → RISCHIO CORROSIONE

**FeCl<sub>3</sub>** limita il rilascio:

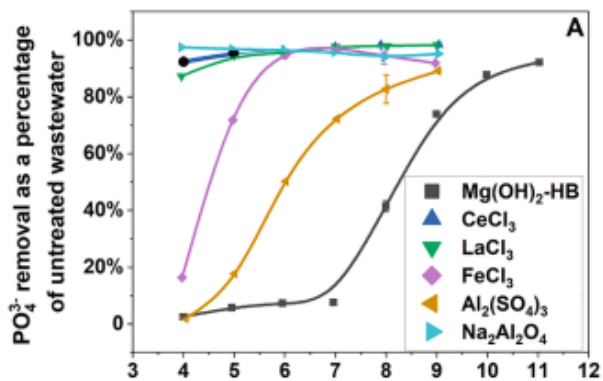


**PAC** non riesce ad abatterli:

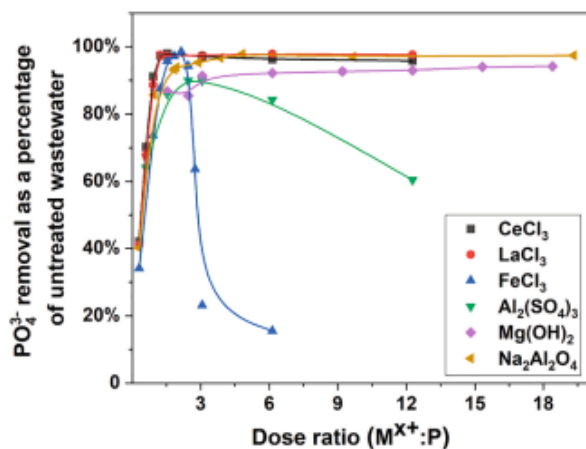


Estremamente reattivo  
in soluzione acquosa

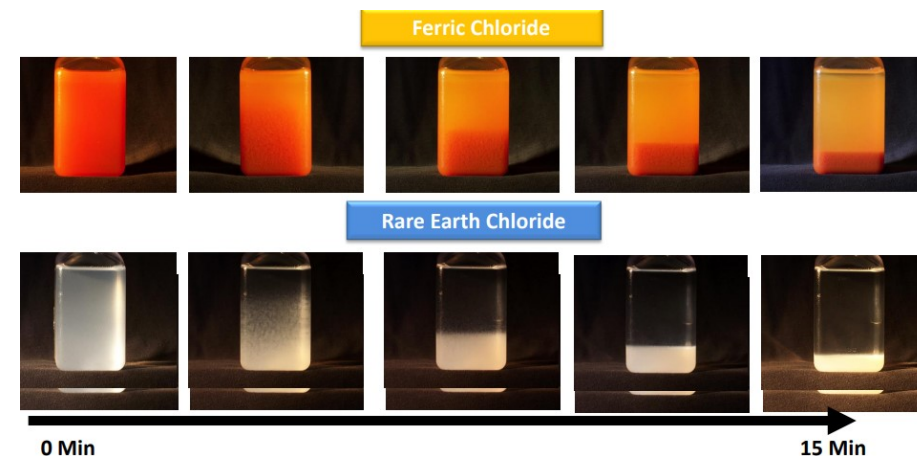
	RE100	RE300	PHOSLOCK	ECOLOGIX
AZIENDA	Neo Water treatment (USA)	Neo Water treatment (USA)	Phoslock Environmental Technologies (AU)	Ecologix Environmental Systems (USA)
COMPOSIZIONE	33% w/w di $\text{RECl}_3$	40.5% w/w di $\text{RECl}_3$	5% di La e 95% Bentonite	28% di REO (oxide)



**Non sono particolarmente influenzati dal pH.**



**Rapporti ottimali bassi:**  
[ $\text{M}^{3+}:\text{P}=1$ ] è  $\text{CeCl}_3[1.2] = \text{LaCl}_3[1.2]$



**Solidi più densi e compatti:** riduzione del volume di fango prodotto e velocità di sedimentazione maggiore.

Coagulant	Alkaline or acid reagent		Sludge Cost <sup>∇</sup>	Coagulant Cost <sup>∆</sup>	Total Cost <sup>∆</sup>
	Before coagulation <sup>∂</sup>	After coagulation <sup>∆, ∇</sup>			
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	\$493,316	\$109,203	\$1,249,696	\$1,231,310	\$3,083,525
$\text{CeCl}_3$	-	\$329,576	\$2,130,622	\$8,673,579	\$11,133,776
$\text{LaCl}_3$	-	\$318,451	\$2,191,920	\$12,655,236	\$15,165,607
$\text{FeCl}_3$	\$145,380	\$449,864	\$3,199,471	\$1,488,645	\$5,283,359
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	\$392,822	\$392,153	\$3,532,547	\$2,094,398	\$6,276,919
$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	-	\$99,392	\$4,025,280	\$2,223,070	\$6,347,742

**Problema: costo dei coagulanti elevato**

**COAGULAZIONE / FLOCCULAZIONE** →

**Al<sup>3+</sup>** ha un **potere coagulante maggiore** di Fe<sup>3+</sup>.

**ABBATTIMENTO FOSFORO** →

**Al(OH)<sub>3</sub>** ha un **miglior potere adsorbente** di Fe(OH)<sub>3</sub>.

Essendo PAC (10%) e FeCl<sub>3</sub> (40%) acquistati a prezzi simili (0.230 e 0.238€/kg), risulta **più economico** l'uso del **cloruro ferrico** (più concentrato).

$$C_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 120\text{g/L (63.6g di Al}^{3+}\text{)}$$

$$C_{\text{FeCl}_3} = 560\text{g/L (193.8g di Fe}^{3+}\text{)}$$

**ABBATTIMENTO SOLFURI** →

**FeCl<sub>3</sub>**, a differenza del PAC, riesce ad **abbattere i solfuri**.

**SALI DEI LANTANIDI** →

**Migliori prestazioni**, per il **legame diretto REPO<sub>4</sub>** preferito all'adsorbimento degli idrossidi RE(OH)<sub>3</sub>.

**Problema dei costi** del coagulante, per **difficoltà di estrazione e limitato numero di fornitori**.