



# SMART-EE-PLANTS

## SMART - EE - PLANTS

### IL PROGETTO SMART - EE - PLANTS:

Prof. ing. Giuseppe Mancini

ing. Marco Morello SIDRA

Prof. ing. Natalia Trapani

#### PARTNER

-  **SIDRA S.p.A.**
-  **AMAP S.p.A. gestione ciclo idrico integrato**
-  **ACQUAENNA s.c.p.a.**
-  **IPPOCRATE AS SRL**
-  **ECOCONTROL SUD SRL**
-  **UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA**
-  **UNIVERSITA' KORE DI ENNA**
-  **UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PALERMO**



**Programma Operativo  
Complementare (P.O.C.)  
2014/2020 della Regione  
Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330**





# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci



Università  
di Catania



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT360000330

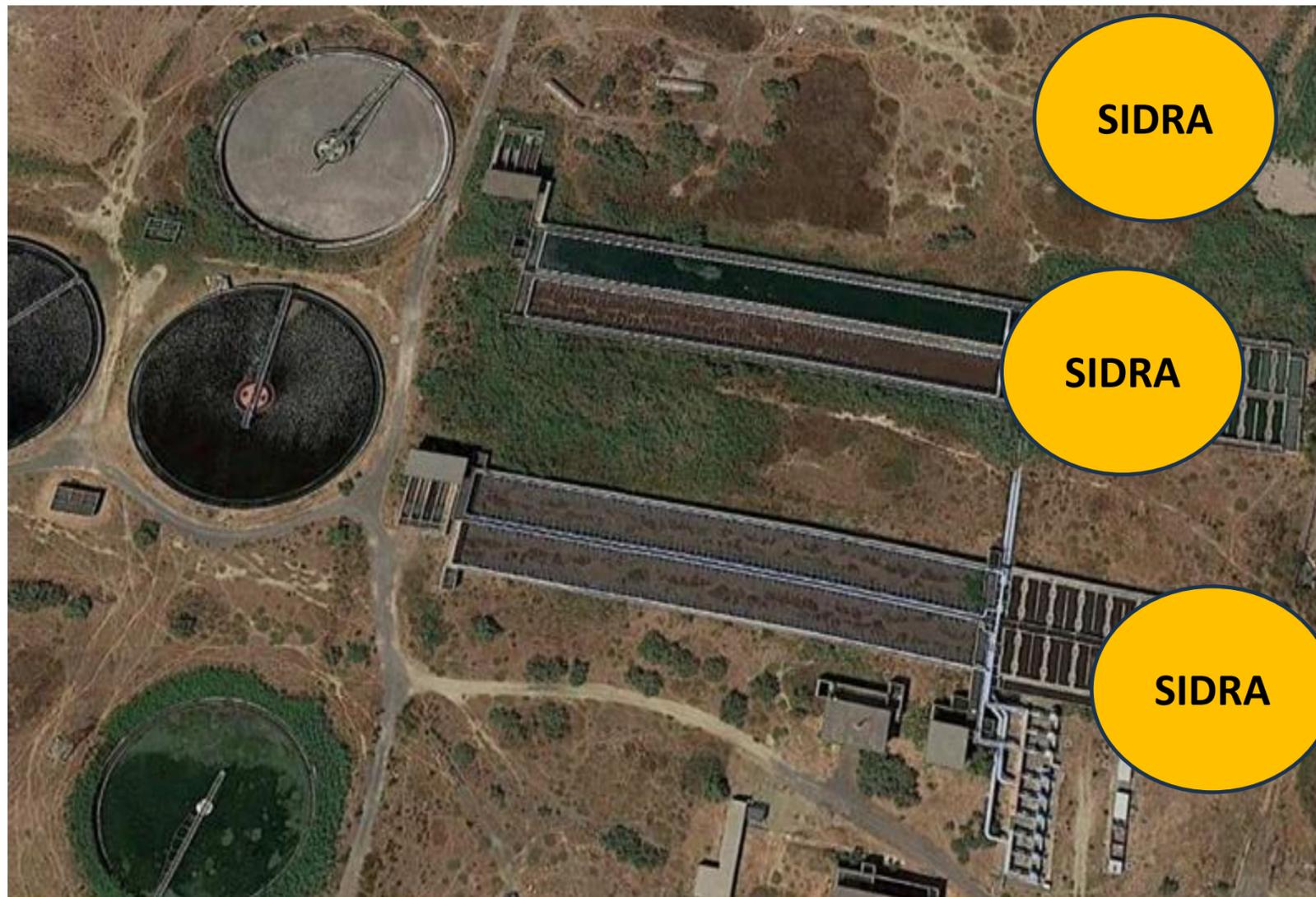
L'impianto è progettato per la gestione del carico di **320.000 abitanti equivalenti (A.E.)**.

Il trattamento biologico secondario delle acque reflue urbane avviene in un sistema a fanghi attivi secondo lo schema convenzionale MLE:

- 3 reattori biologici paralleli per le acque urbane
- 2 sedimentatori secondari

I reflui, dopo essere stati pretrattati, sono processati in reattori biologici:

- **A pistone (plug - flow)**
- Realizzati con schema di **denitrificazione - nitrificazione**



Vista aerea della sezione di trattamento secondario dell'impianto di depurazione Sidra s.p.a.



# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci



Università  
di Catania



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT360000330



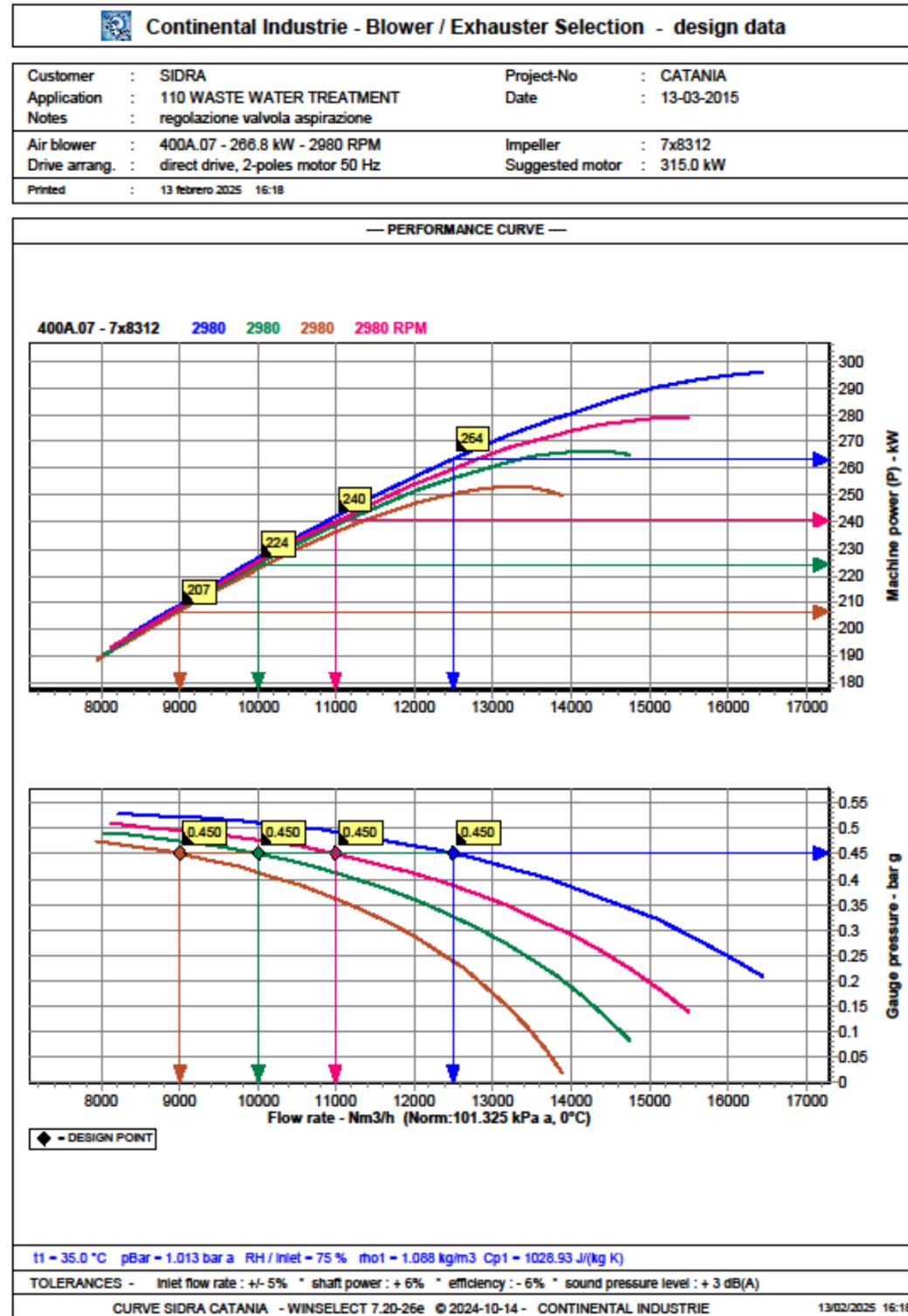
Il sistema di aerazione è costituito da:

- Soffiante centrifuga multistadio che alimenta tre condotte di trasporto;
- Ogni condotta forma un anello in ogni linea del reattore;
- Ciascun anello a sua volta fornisce l'aria a circa 200 gruppi di diffusori ceramici
- Complessivamente circa **600 valvole di regolazione** dell'aria insufflata



# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci:

## curve caratteristiche soffianti



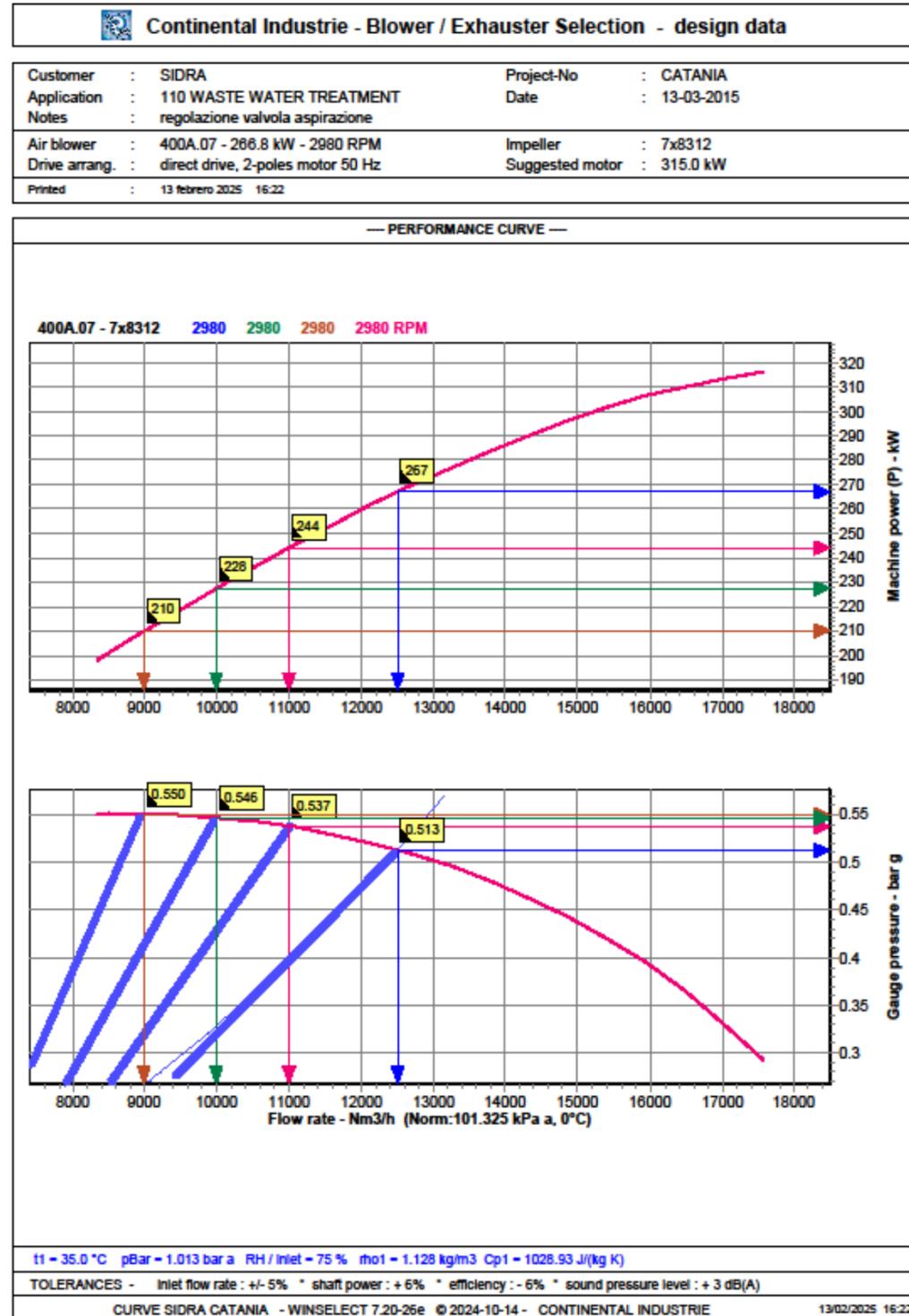
### Regolazione in aspirazione

- Possibilità di regolare la valvola di aspirazione;
- Intervallo di regolazione potenza macchina 207 - 264 kW;
- Intervallo di regolazione motore 246 - 314 kW;
- Risparmio potenziale fino a 68 kWh pari al 20 % della potenza nominale del motore;
- Si traduce in un potenziale risparmio massimo di 595.680 kWh/anno (89.000€/anno)



# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci:

## curve caratteristiche soffianti

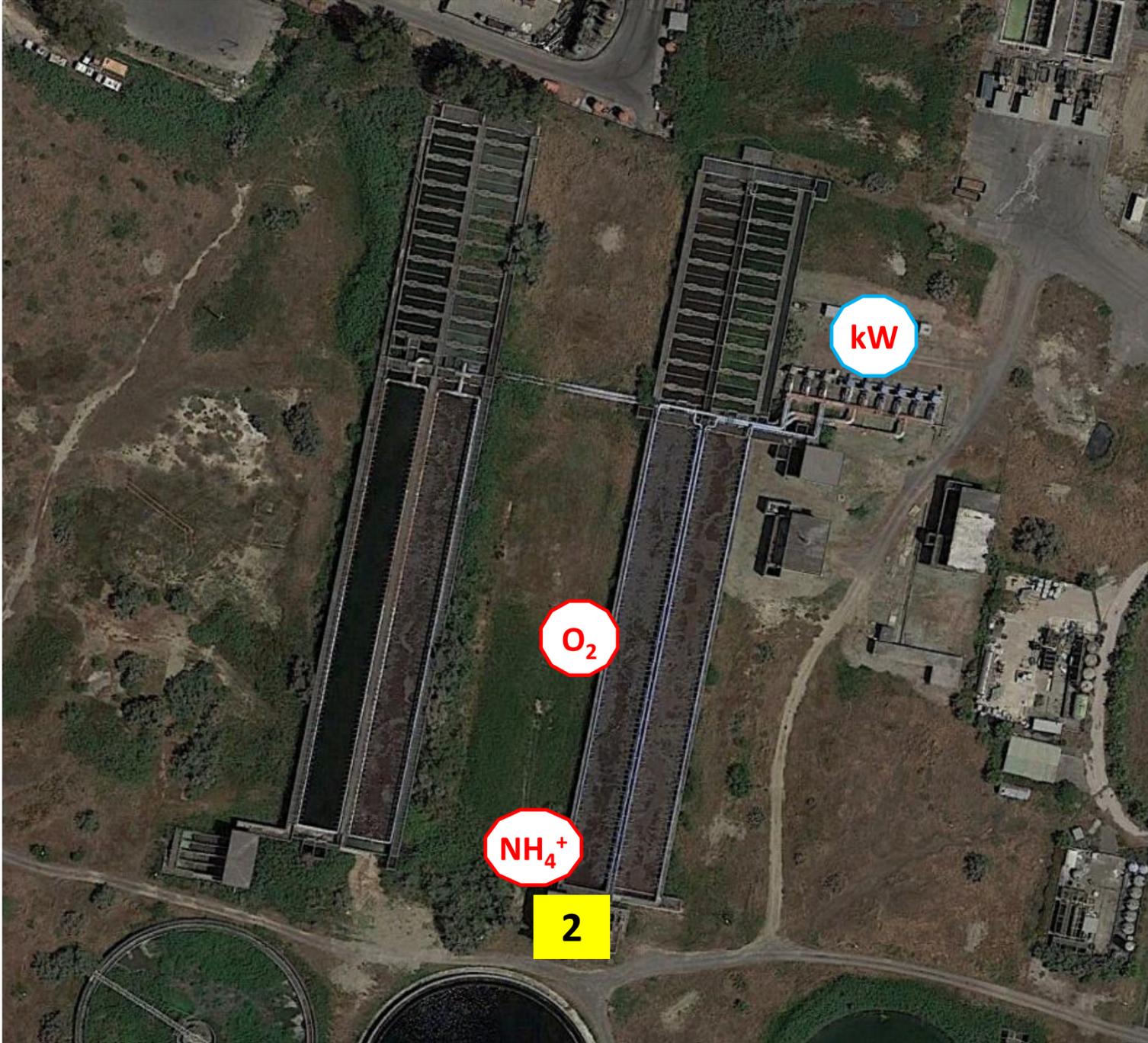


### Regolazione in mandata

- Possibilità di regolare la valvola di mandata;
- Regolazione meno efficiente;
- Rischio fenomeni di pompaggio;
- Da applicare per la corretta distribuzione dell'ossigeno nelle 3 linee



# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci: sensoristica

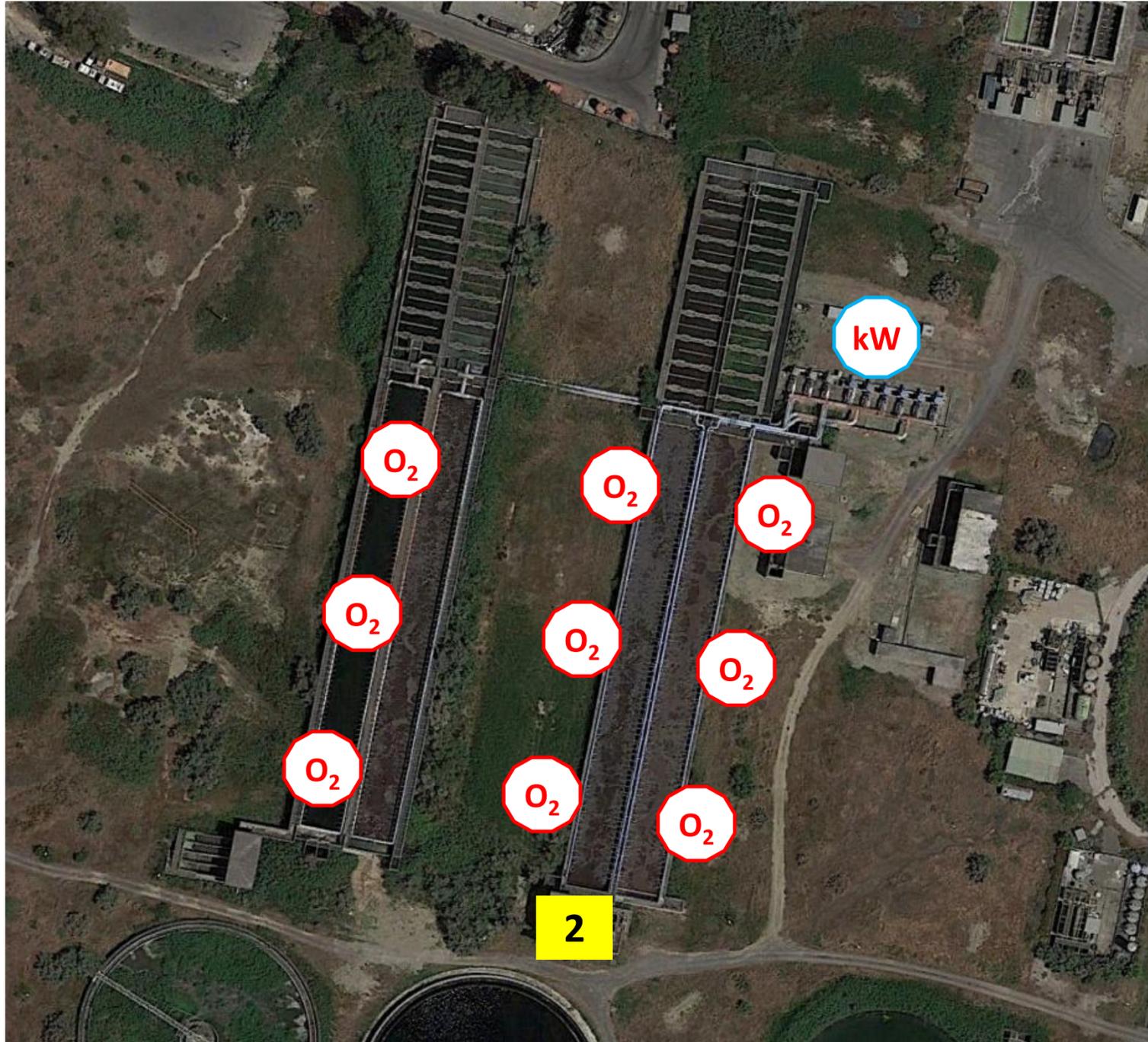


## Monitoraggio pre Smartee:

- Una sola sonda dell'ossigeno a centro linea 2;
- misura SST linea 2;
- misura ammoniacale e  $\text{NO}_x$  a fine vasca;



# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci: sensoristica

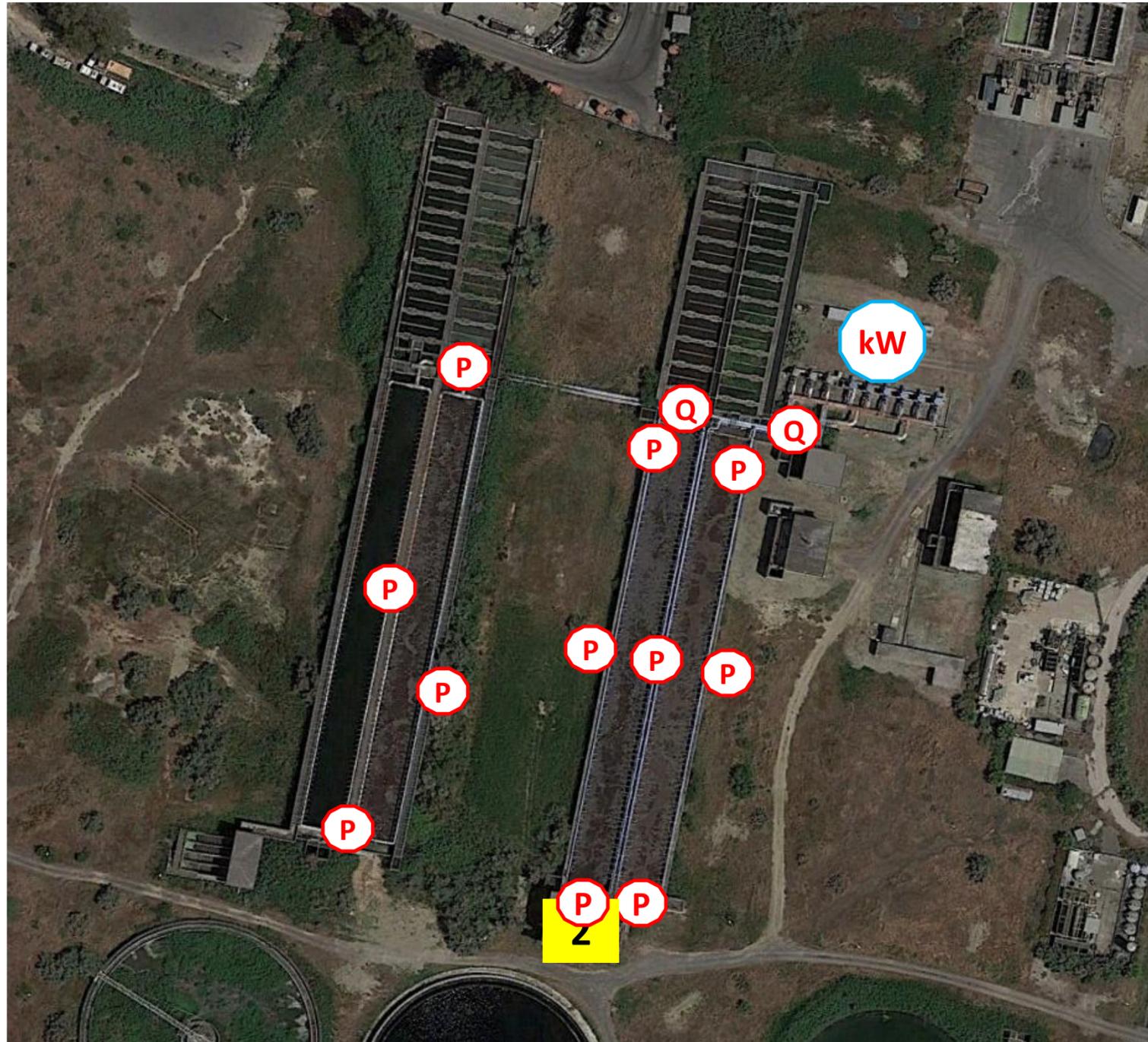


## Impianto di taglia grande:

- Suddivisione "ideale" della vasca ossidativa in 3 sotto - sezioni
- Installazione di sonde di ossigeno disciolto in ogni sotto - sezione
- Analisi della distribuzione longitudinale dell'ossigeno
- Migliore distribuzione dell'ossigeno nelle linee;
- Minimizzazione insufflazione aria attraverso la regolazione delle valvole di aspirazione e mandata



# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d'Arci: sensoristica



## Monitoraggio Sistema di aerazione:

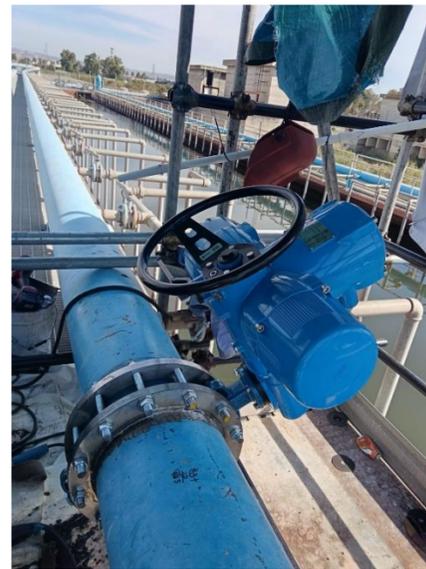


- Monitoraggio pressioni condotte aria;
- Monitoraggio portata massica aria;
- Monitoraggio pressione relativa soffiante tra filtra e valvola di mandata;
- Monitoraggio vibrazioni cuscinetti soffiante e motore





# SIDRA s.p.a. – Catania, c.da Pantano d’Arci: attuatori



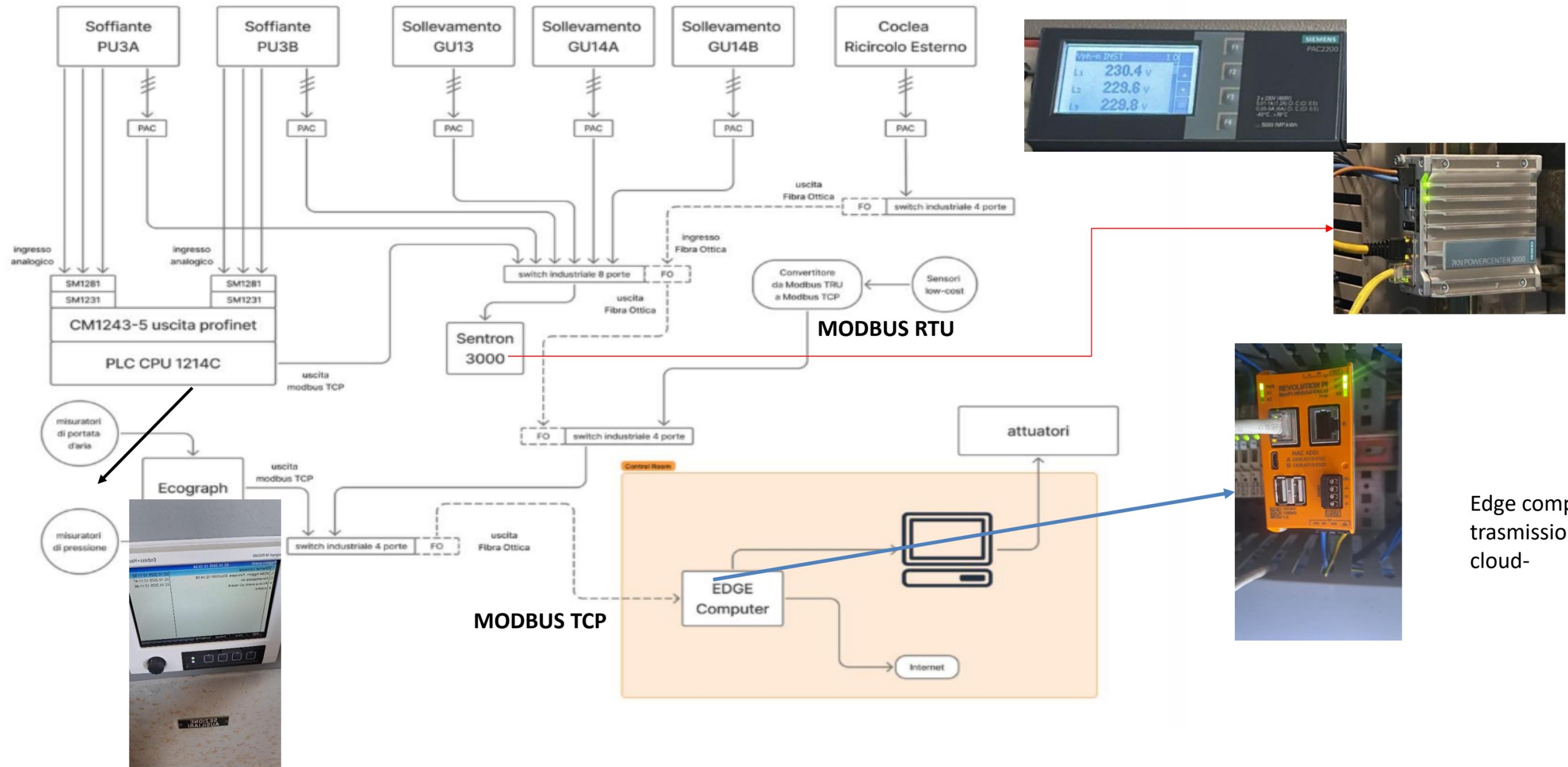
Per agevolare e ottimizzare la regolazione della terza sezione delle line sono state installate sulle condotte principali valvole con attuatori;

Gli attuatori possono essere regolati in funzione dell’ammoniaca garantendo comunque un flusso minimo necessario per mantenere in sospensione il fango





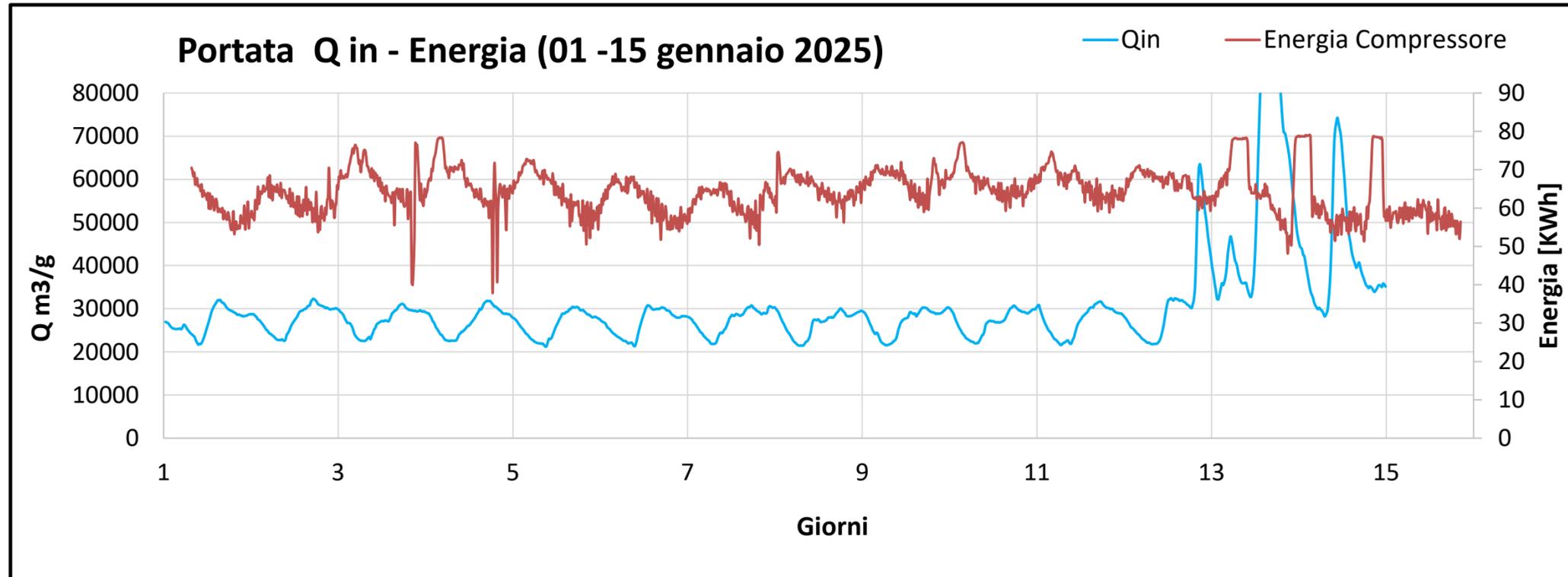
# Schema concettuale rete di monitoraggio



Edge computer per la trasmissione dati in cloud-

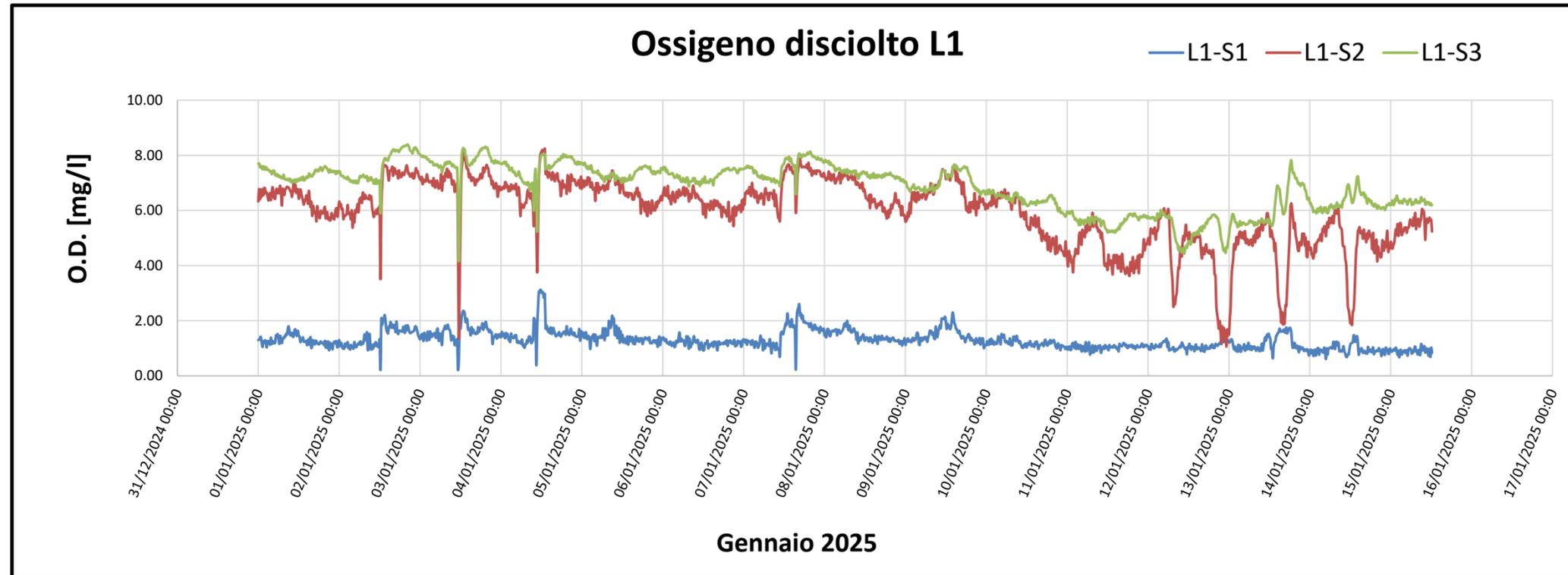


# Sensoristica: Portata vs consumi energetici

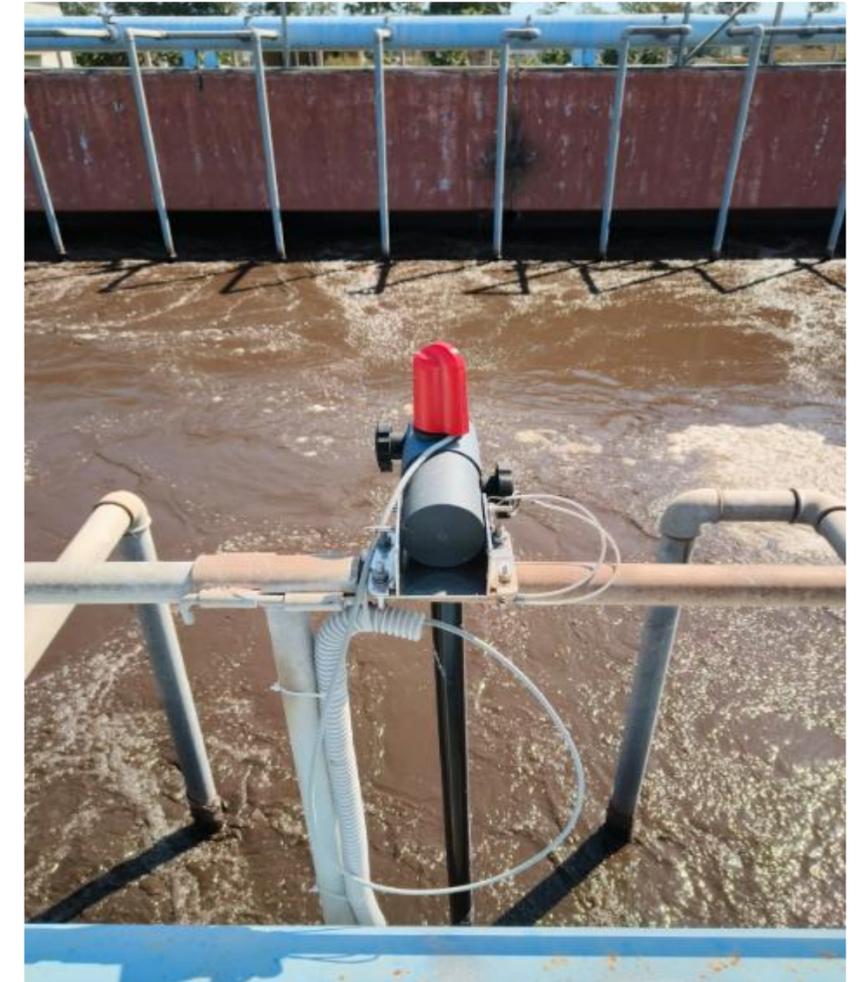




# Sensoristica: l'ossigeno disciolto linea 1

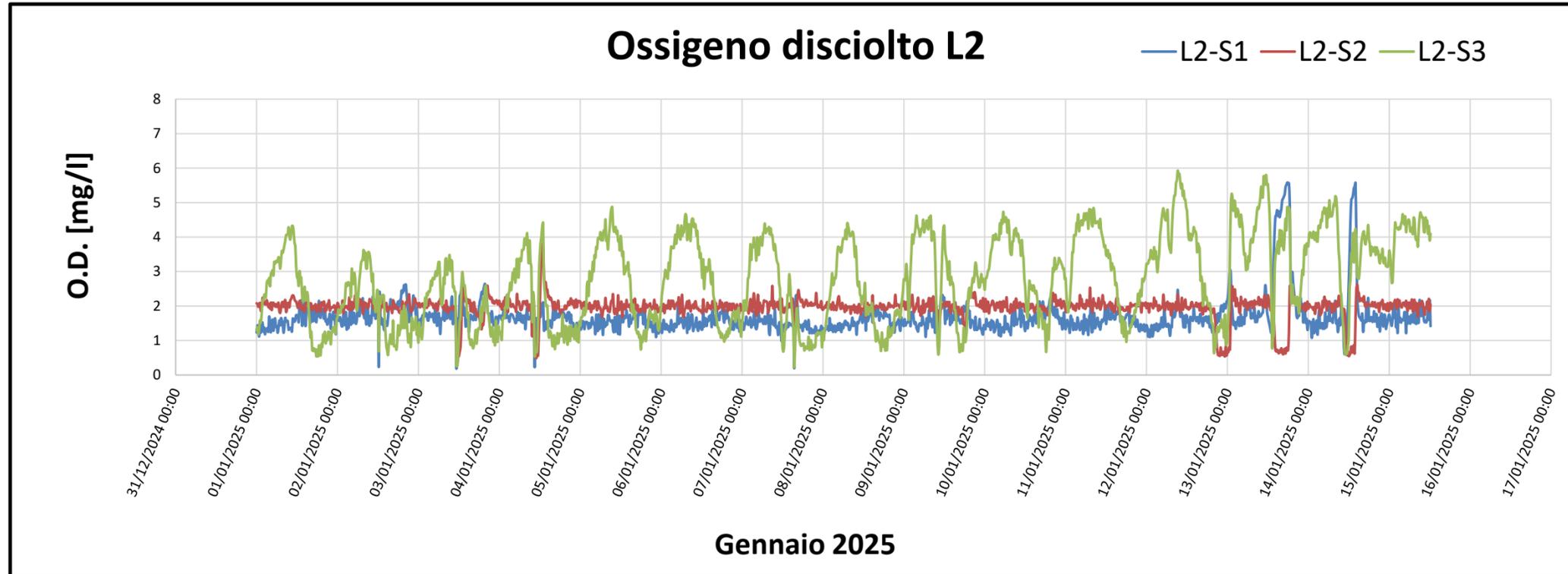


ECESSO DI OSSIGENO PER INEFFICIENTE DISTRIBUZIONE





# Sensoristica: l'ossigeno disciolto linea 2

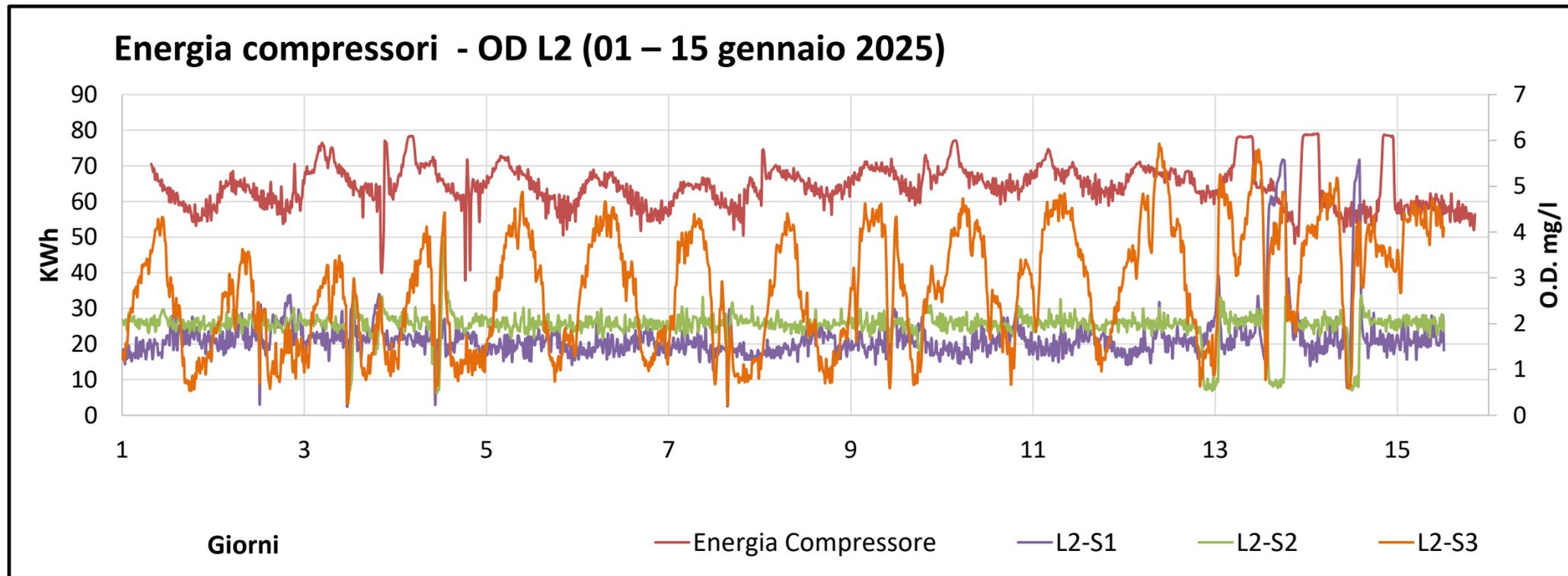


REGOLAZIONE ASPIRAZIONE TRAMITE CONTROLLORE PI OD L2 – S2.

**ECCESSO OSSIGENO SEZIONE 3**

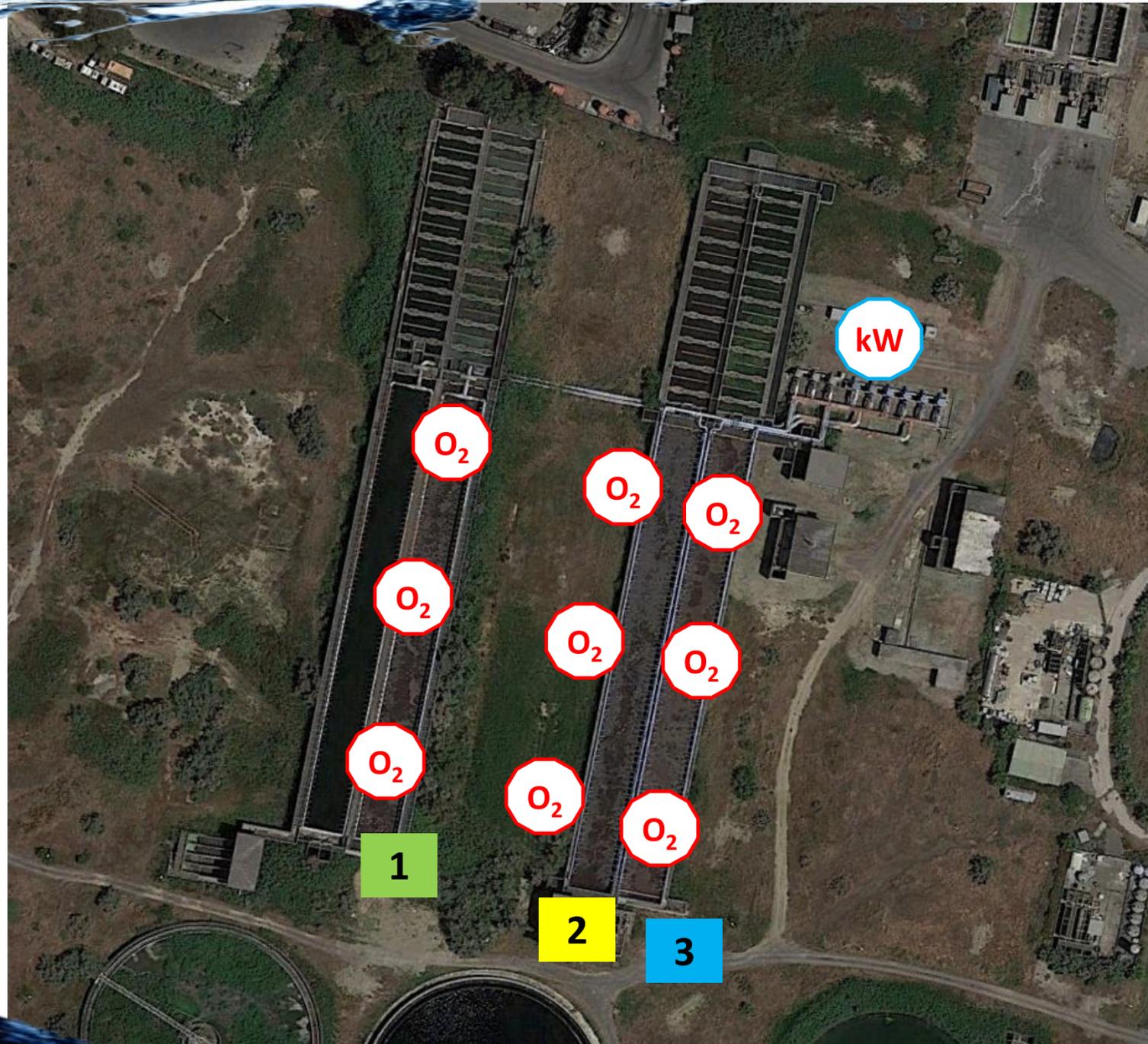


# Ossigeno vs consumi energetici



- L'implementazione del Sistema di monitoraggio e controllo sviluppato ha consentito la minimizzazione dell'insufflazione di aria nella sezione tre di ogni linea agendo sugli attuatori installati e indirettamente sulla valvola di aspirazione come effetto della corretta redistribuzione dell'ossigeno in tutte le sezioni a monte





## Impianto di taglia grande:

- Suddivisione "ideale" della vasca ossidativa in 3 sotto - sezioni
- Installazione di sonde di ossigeno disciolto in ogni sotto - sezione
- Ricerca di correlazioni tra concentrazione di ossigeno disciolto in vasca e consumi energetici delle soffianti del sistema di aerazione

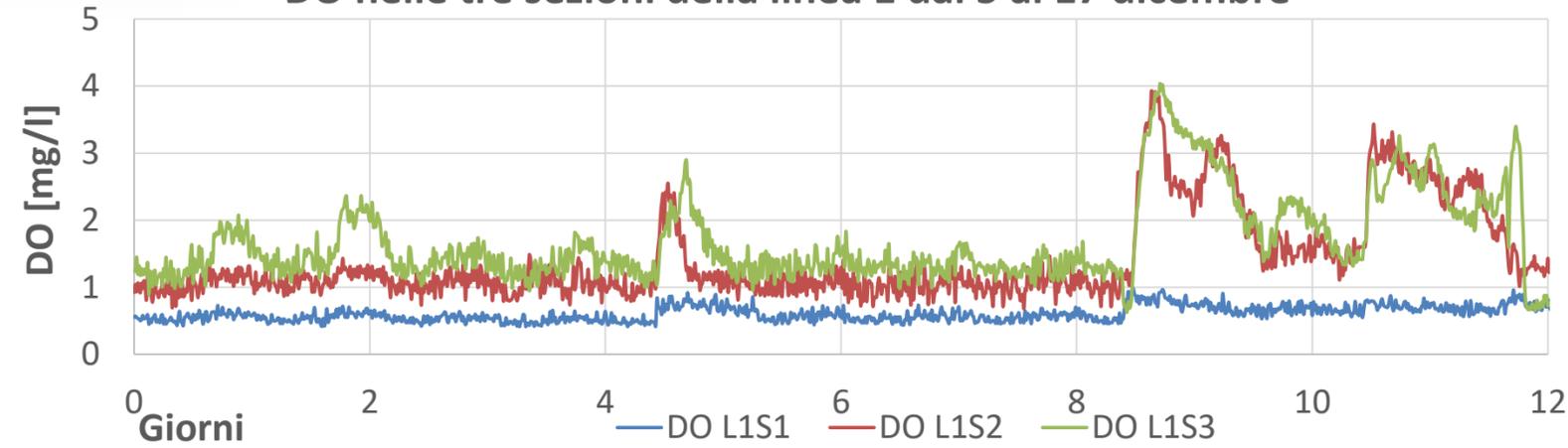


# SMART-EE-PLANTS

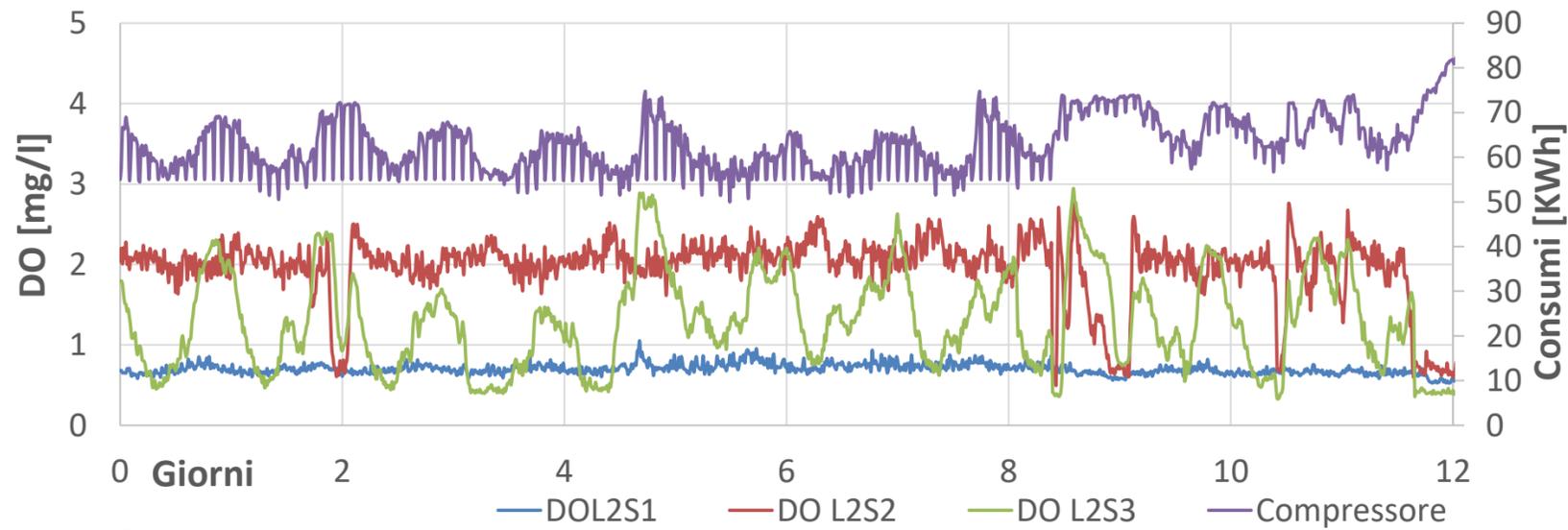


Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 0801000000330

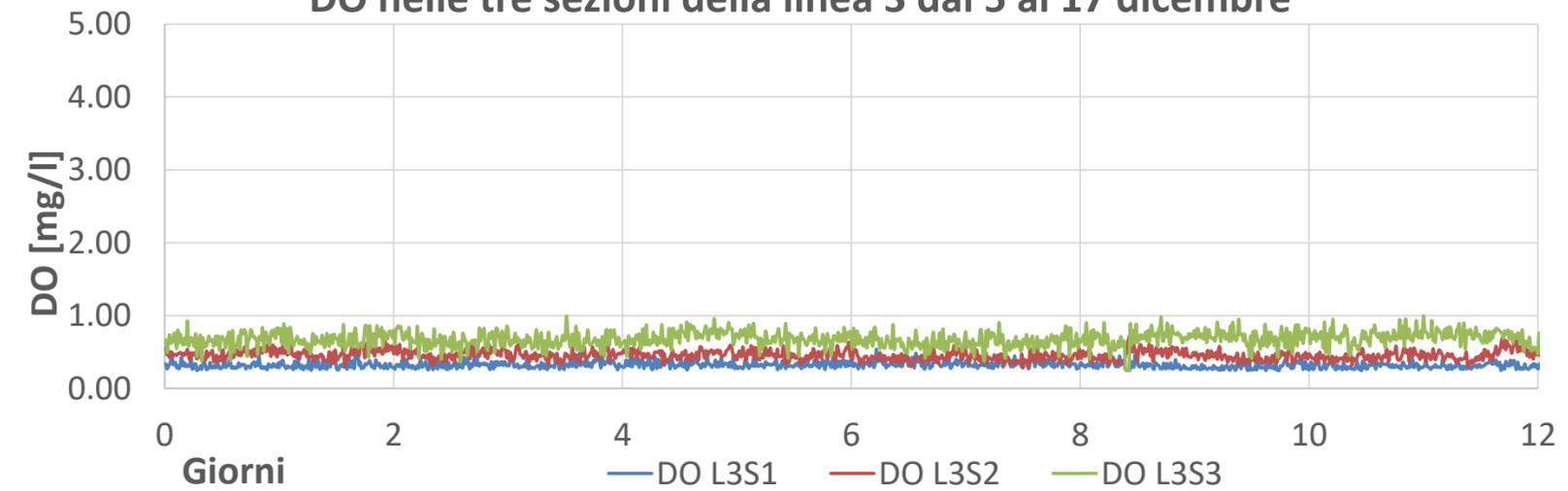
### DO nelle tre sezioni della linea 1 dal 5 al 17 dicembre



### DO nelle tre sezioni della linea 2 dal 5 al 17 dicembre



### DO nelle tre sezioni della linea 3 dal 5 al 17 dicembre



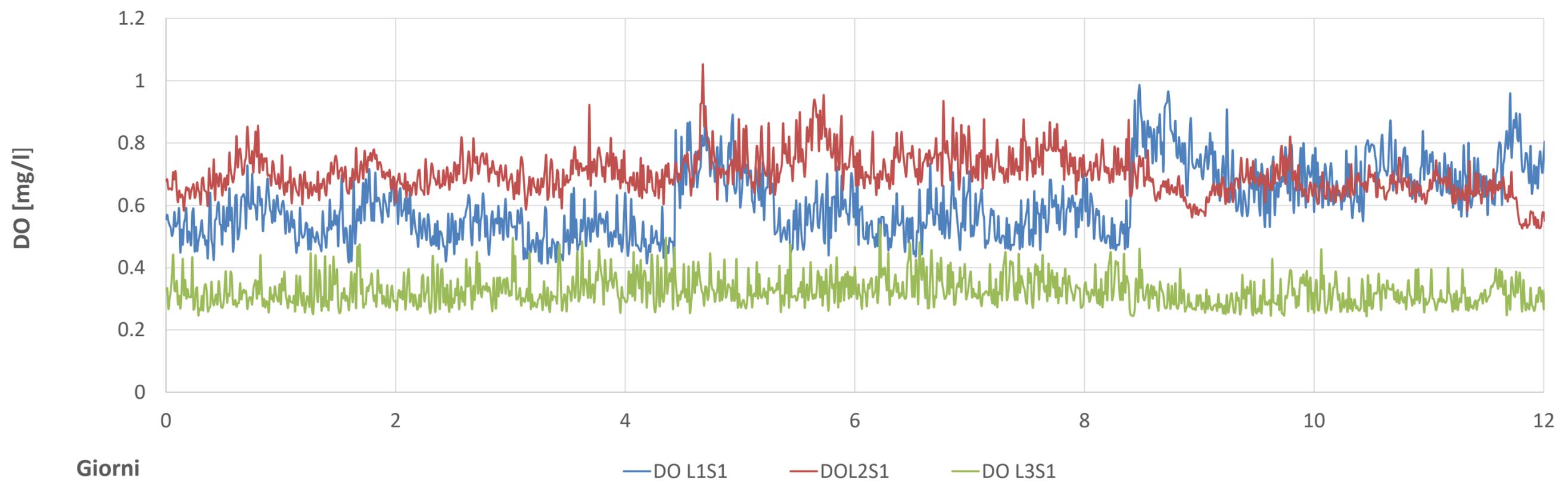


# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

### DO nelle sezioni 1 delle tre linee dal 5 al 17 dicembre



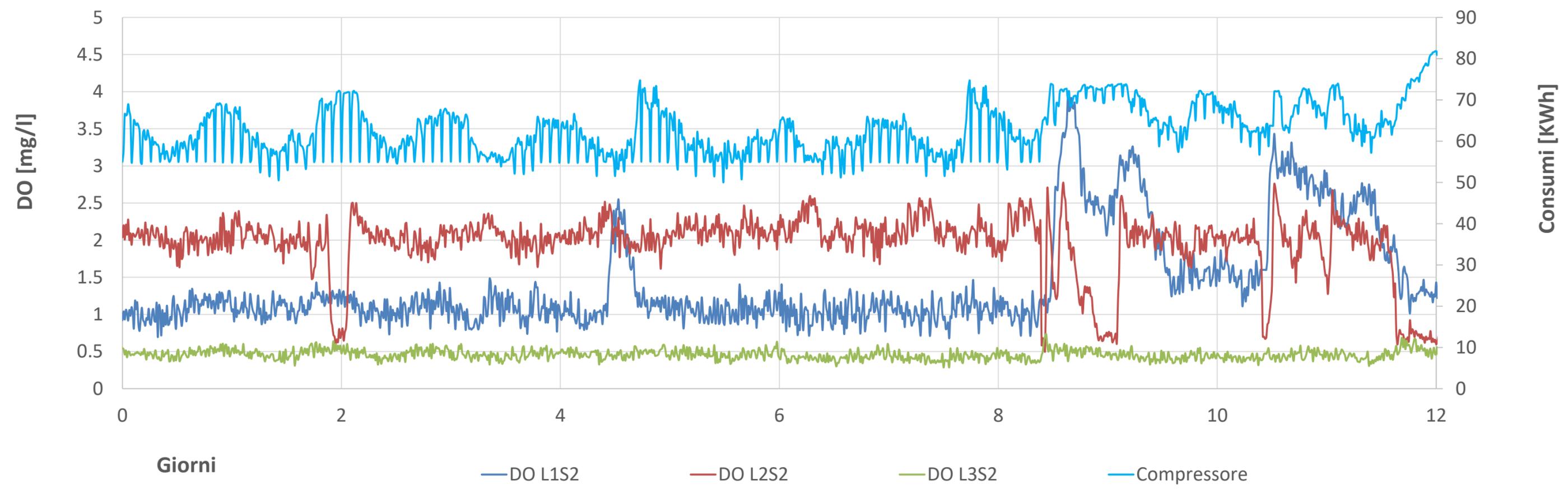


# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08078600000330

### DO nelle sezioni 2 delle tre linee dal 5 al 17 dicembre





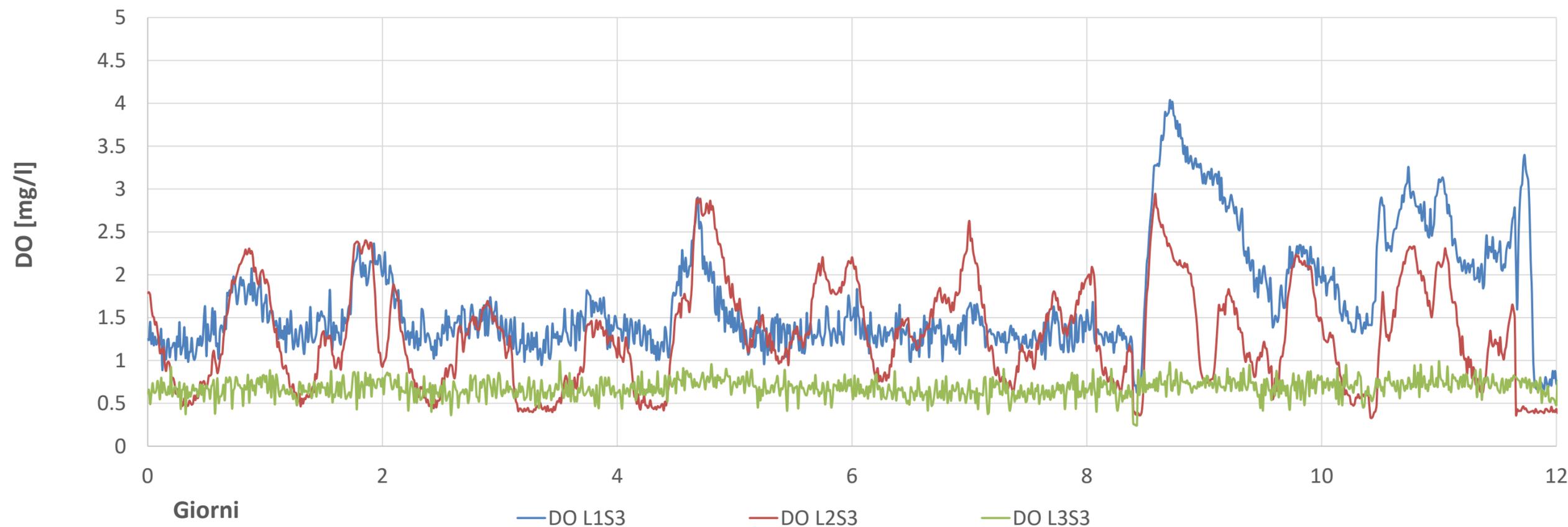
# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

SMART-EE-PLANTS

DO nelle sezioni 3 delle tre linee dal 5 al 17 dicembre





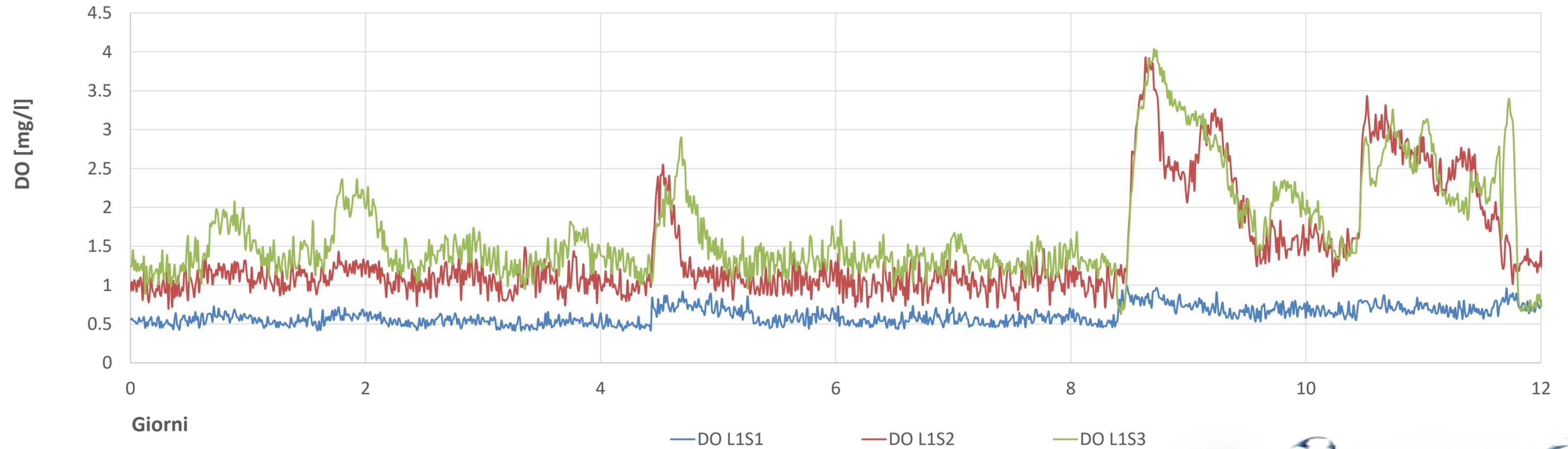
# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

SMART - EE - PLANTS

DO nelle tre sezioni della linea 1 dal 5 al 17 dicembre



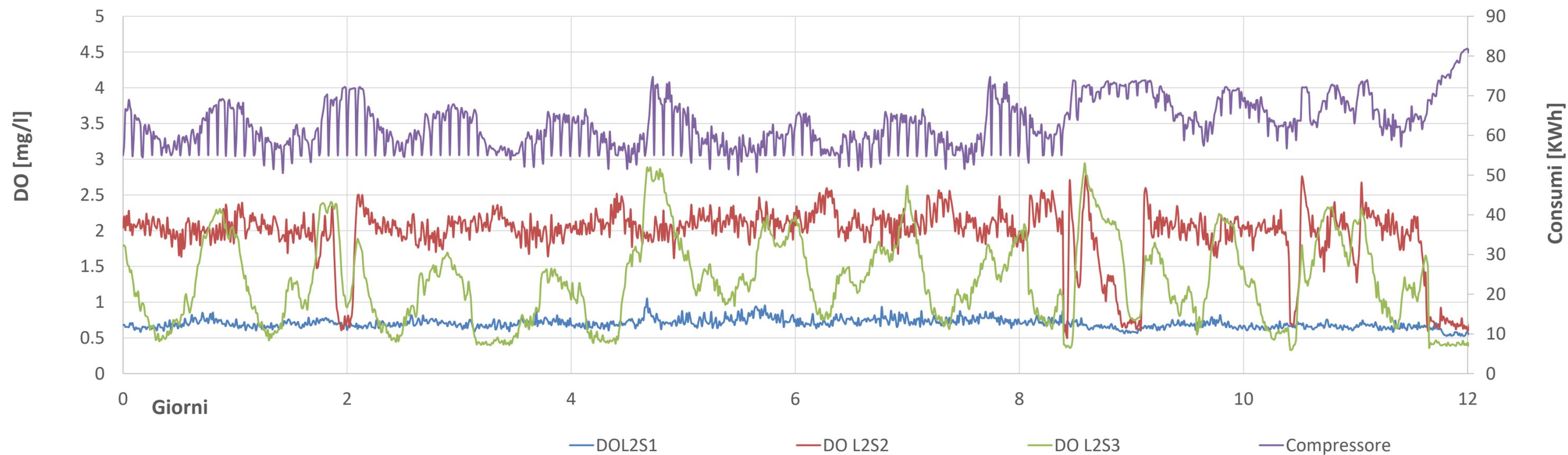


# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000389

### DO nelle tre sezioni della linea 2 dal 5 al 17 dicembre



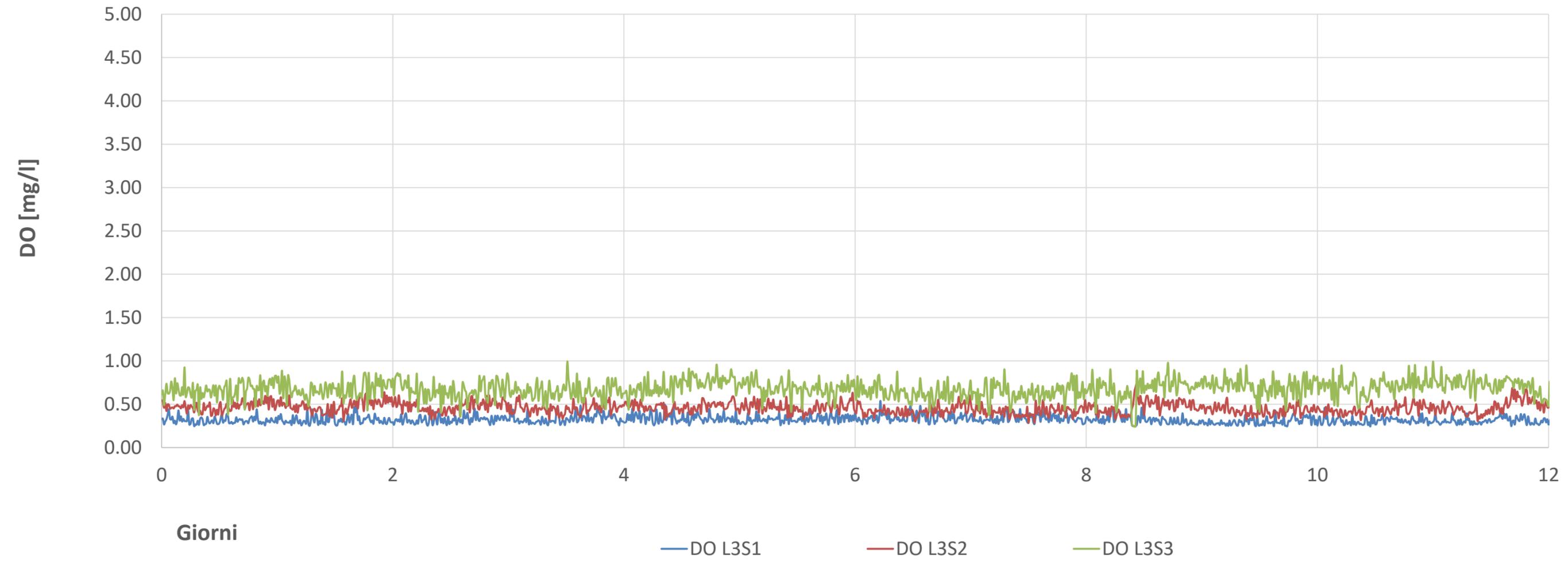


# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3688000000

### DO nelle tre sezioni della linea 3 dal 5 al 17 dicembre





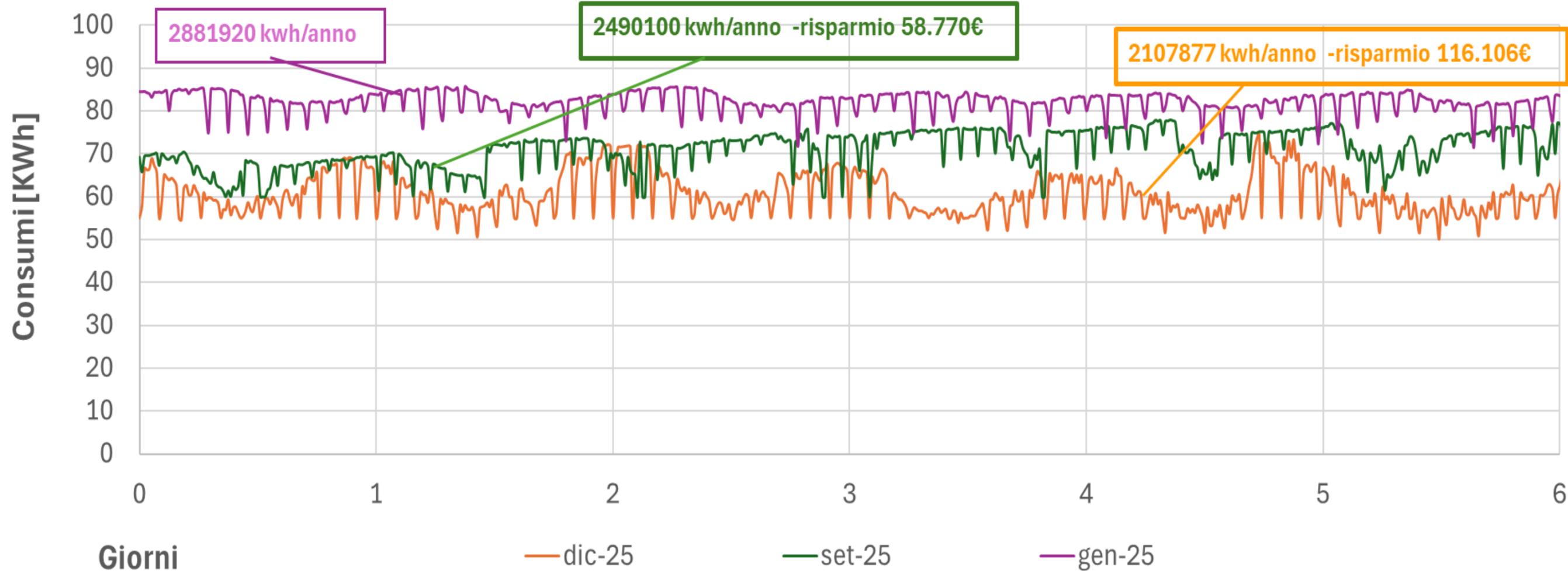
# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT360000330

SMART-EE-PLANTS

## Consumi del compressore al variare degli scenari





# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

SMART-EE-PLANTS

## Modello Predittivo per la Gestione della Manutenzione del Compressore

Gruppo di lavoro (Università di Catania):  
Prof. Ing. Natalia Trapani, Dott. Ing. Gabriele Manno, Dott. Ing.  
Leonardo Longo, Dott. Ing. Graziano Lacagnina

Dott. Ing. Marco Morello (Sidra S.p.A)



## Modello Predittivo per la Gestione della Manutenzione del Compressore

**Manutenzione Predittiva:** Approccio proattivo basato sul monitoraggio per prevedere i guasti

### Obiettivi:

- 1) Sviluppare una strategia utilizzando dati di sensori raccolti in 1 mese
- 2) Ridurre la dipendenza da un singolo criterio e aumentare la robustezza rispetto ad outlier isolati

### Metodologia:

- Analisi delle vibrazioni per la rilevazione precoce dei difetti attraverso modelli di Machine Learning supervisionati e non supervisionati
- Sviluppo di modelli di Ensemble Learning per migliorare la robustezza del modello

### Risultati del Modello:

- Analisi dei Cluster – Machine Learning non supervisionato per identificare regimi operativi
- Classificazione delle osservazione secondo il grado di scostamento rispetto alle condizioni operative nominali
- Indice di Salute della Macchina costruito a partire dagli eventi di degrado
- Modello ML supervisionato
- Pianificazione proattiva della manutenzione



# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT360000330

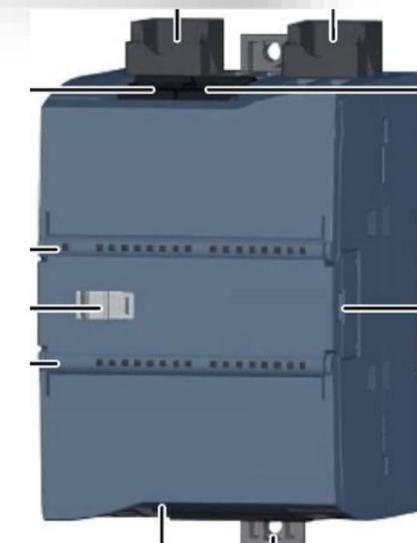
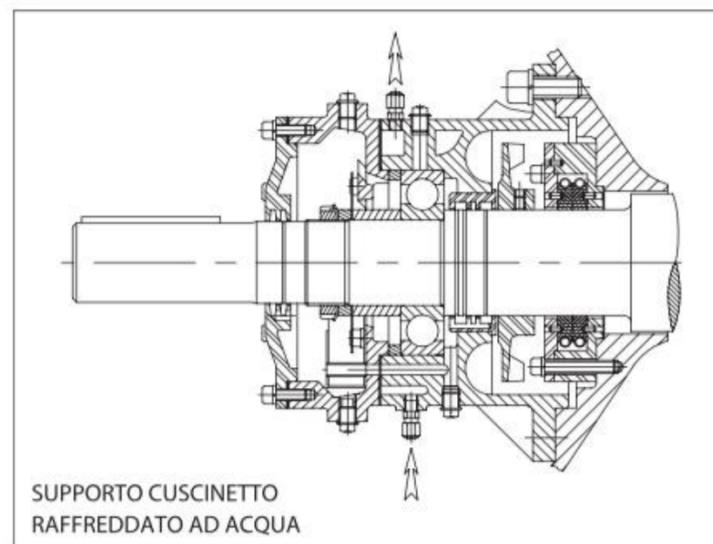
## Dataset e sistemi di acquisizione dei dati

### Sensori vibrazioni:

Sensori: VIB1, VIB2, VIB3

Parametri: vRMS, aRMS, aPeak, DKW

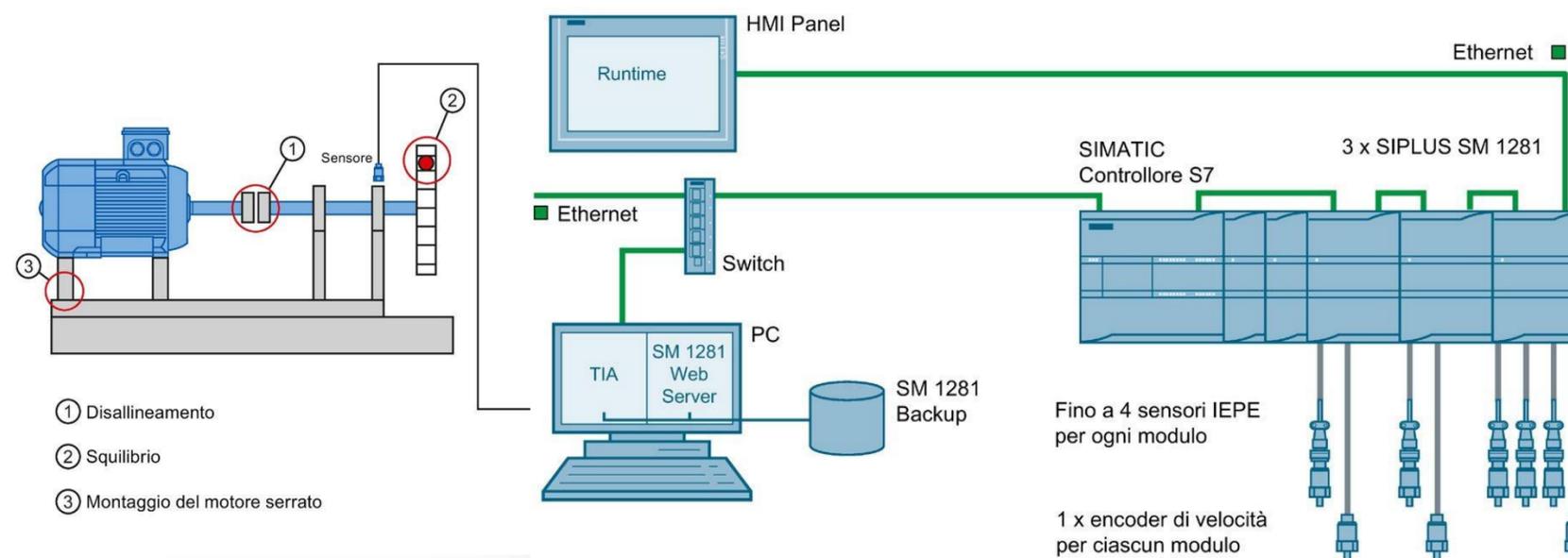
Valori: mean, min, max



### Sistema di Controllo PI: Apertura Valvola (mA)

Consumi: KWh (da Contatore)

Periodo di Riferimento: 29/09/2025 - 29/10/2025





# SMART-EE-PLANTS



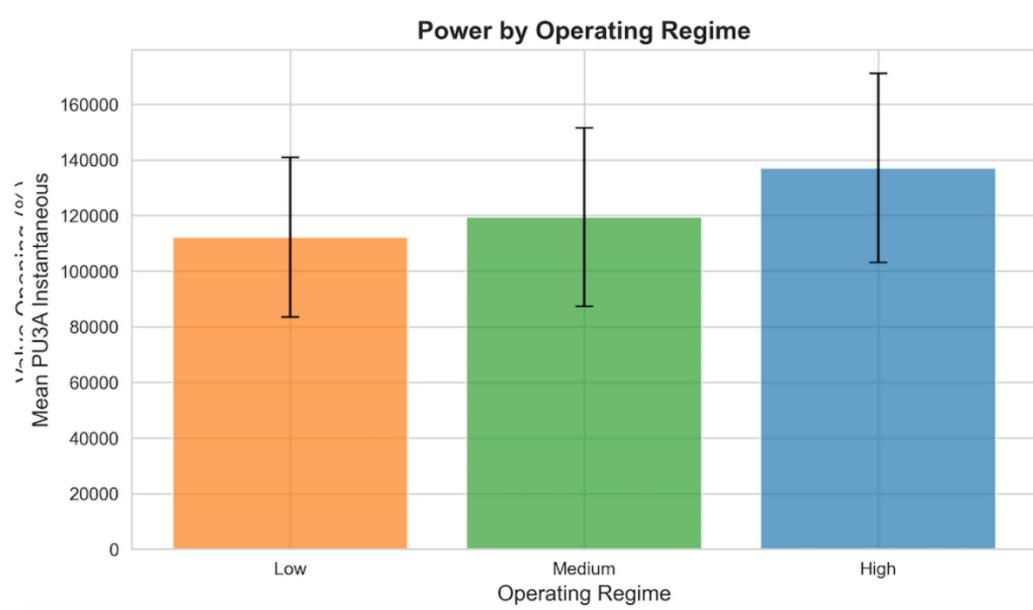
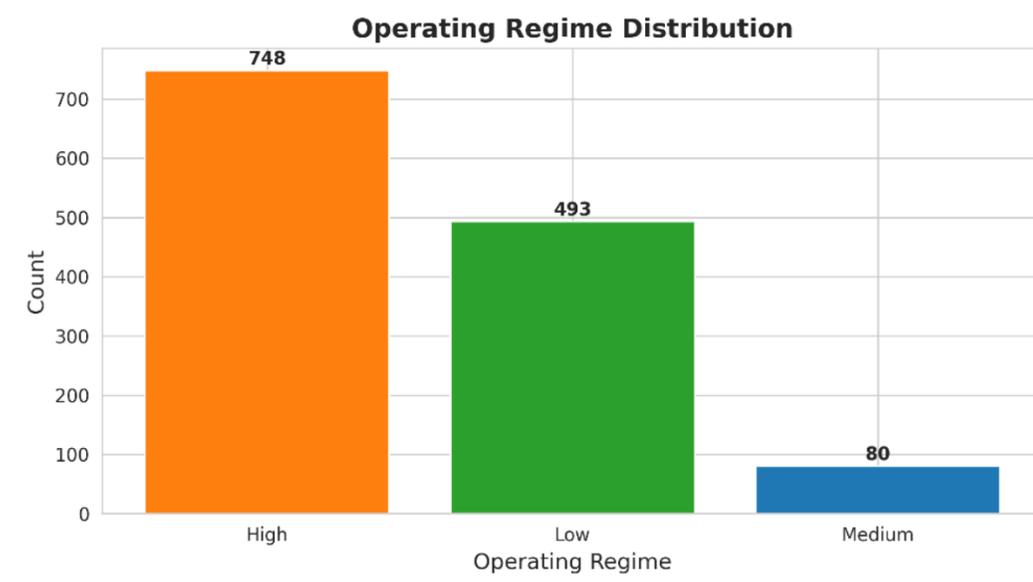
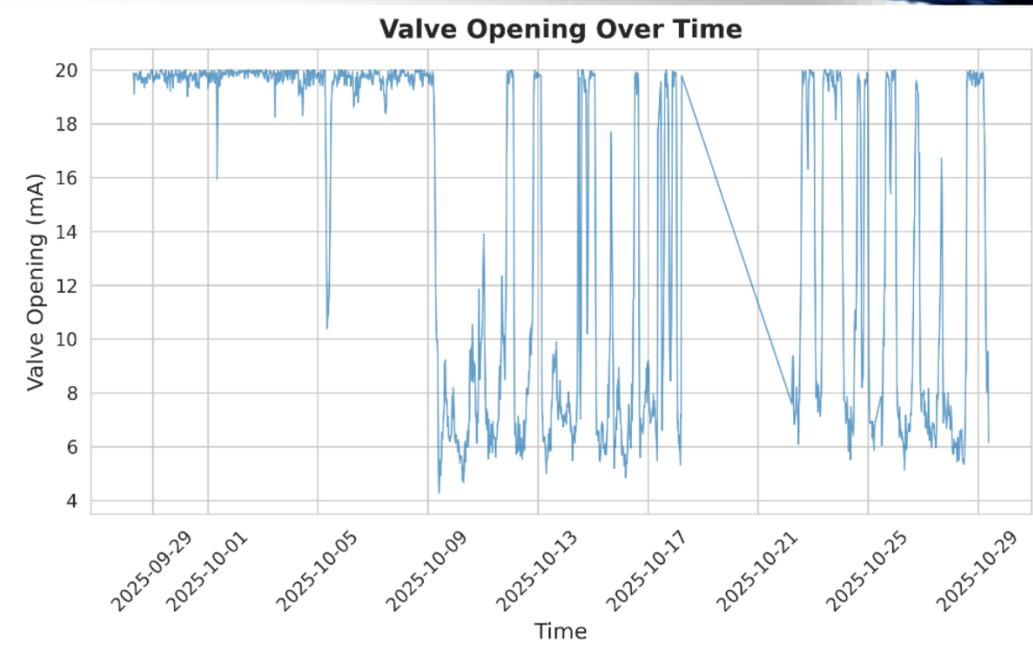
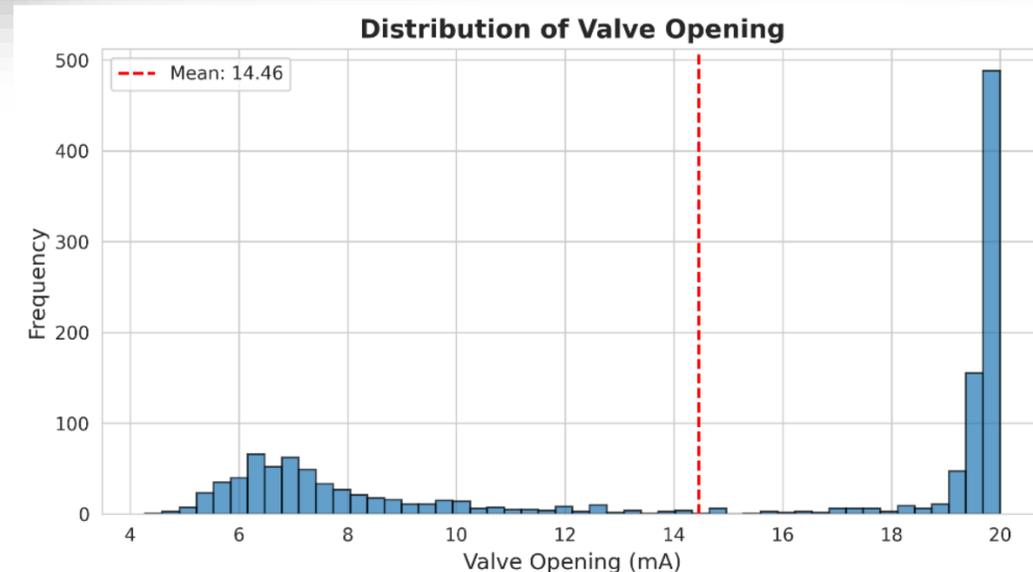
Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

## Individuazione dei Regimi Operativi dai Dati di Apertura della Valvola

L'apertura della valvola rivela tre regimi operativi distinti:

- Stato Alto (valvola completamente aperta)
- Stato Basso
- brevi transizioni attraverso uno stato Medio

**Il regime Alto corrisponde a periodi di elevata domanda sul compressore (elevato consumo kWh)**





# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
 Progetto n. 08CT3600000330

## Caratterizzazione dei Dati dei Sensori delle Vibrazioni

L'analisi temporale dei sensori di vibrazione rivela una significativa anomalia

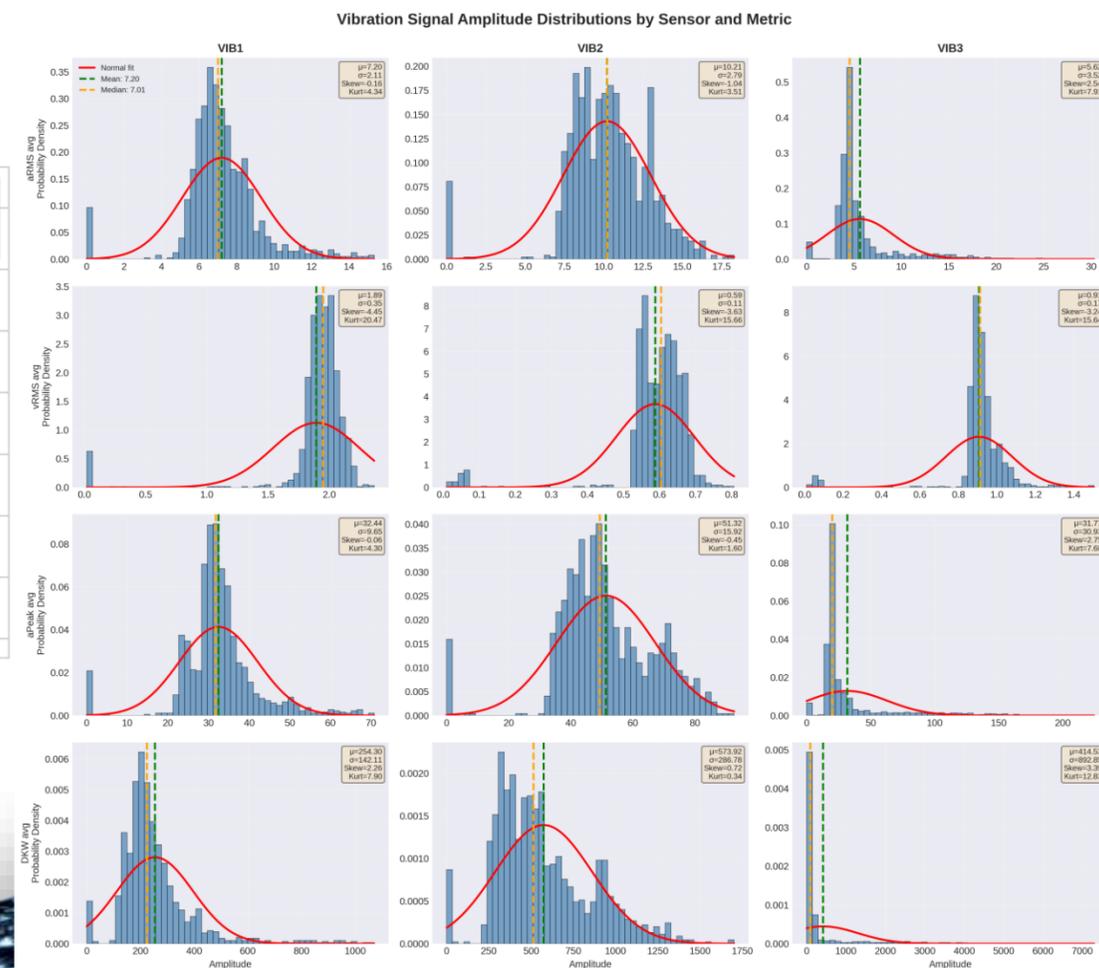
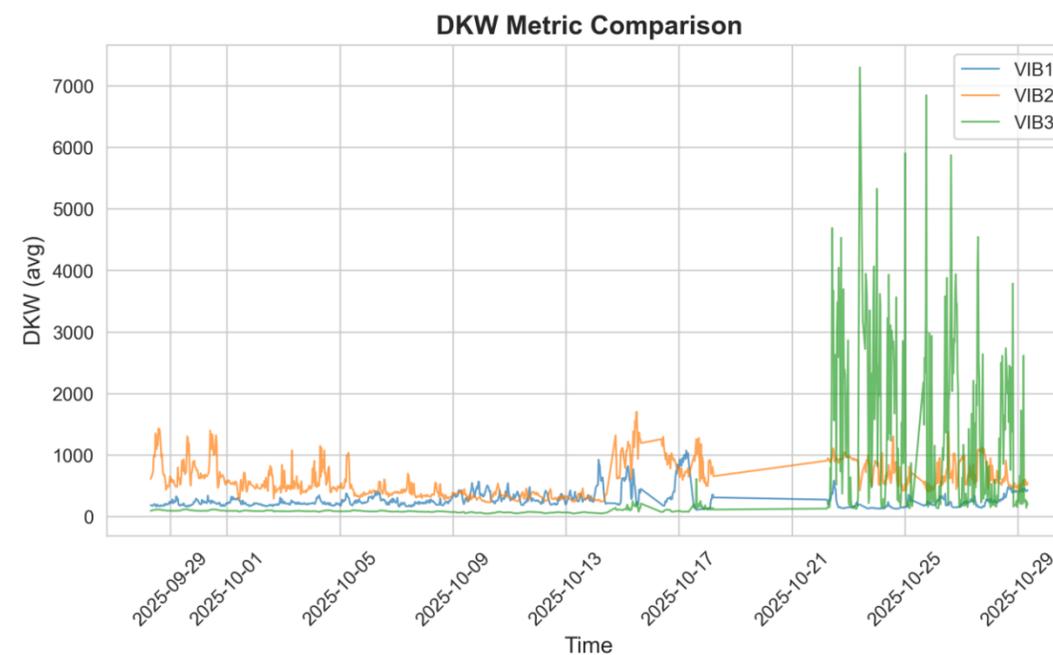
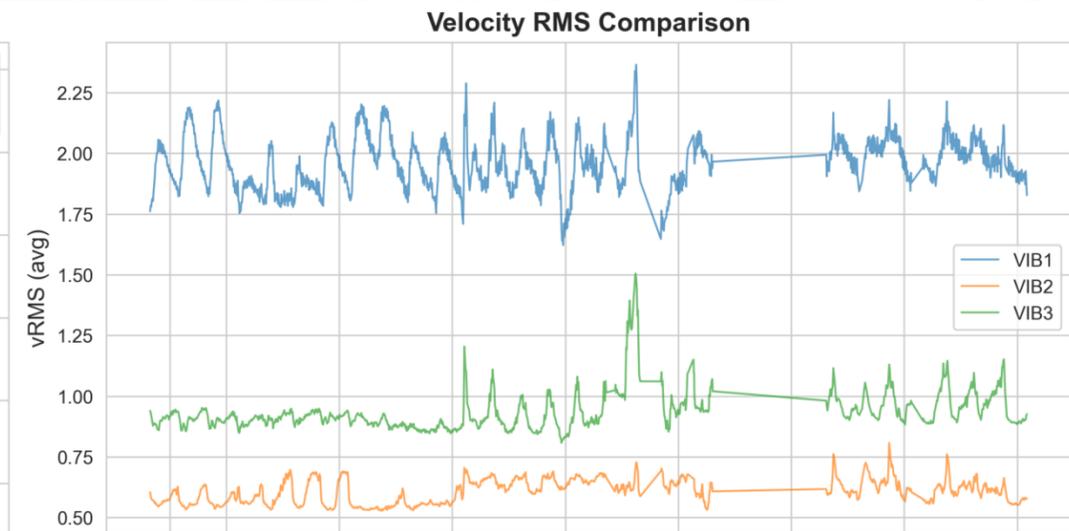
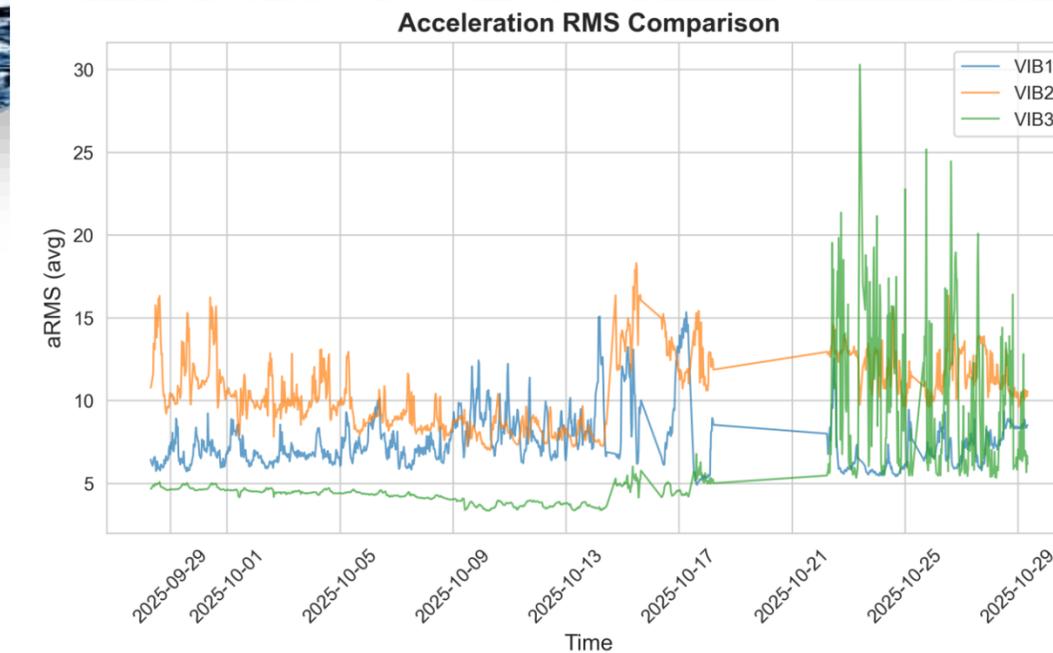
- VIB1 e VIB2 rimangono relativamente stabili
- VIB3 mostra picchi estremi in accelerazione e altri parametri, specialmente tra il 20 e il 27 Ottobre

Le distribuzioni non sono perfettamente normali:

- Presenza di asimmetria (skewness)
- Multimodalità (più modi)

→ il compressore opera in diversi stati operativi distinti, ciascuno con una propria firma vibrazionale caratteristica

Questa osservazione motiva l'uso dell'analisi di clustering per identificare formalmente questi stati





# SMART-EE-PLANTS

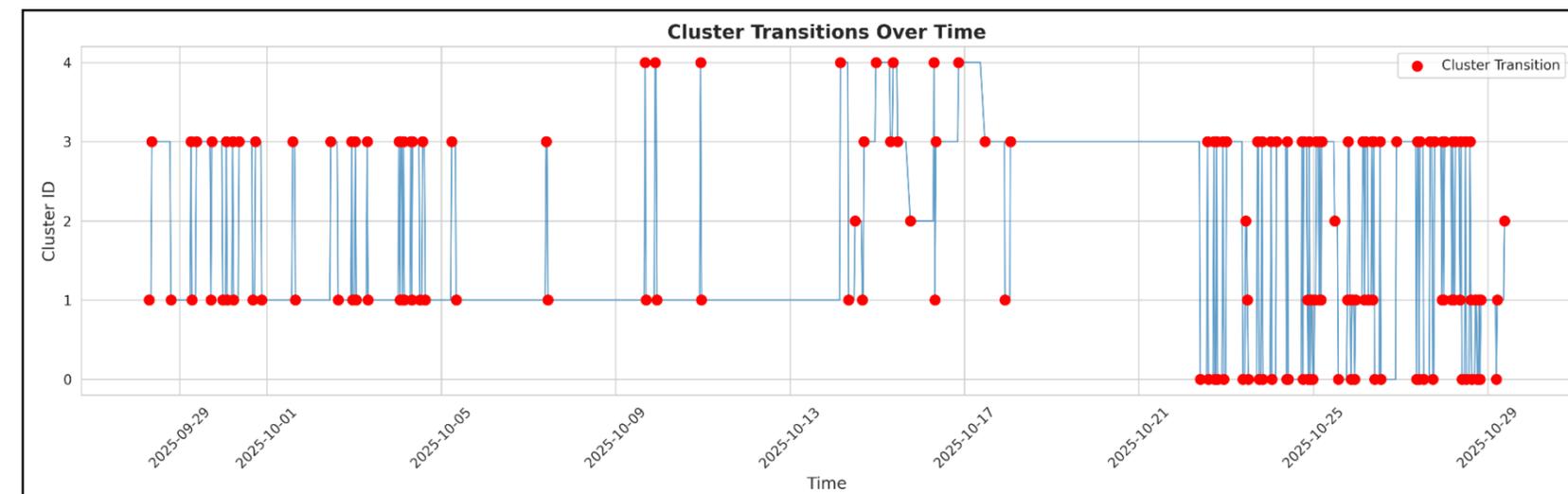
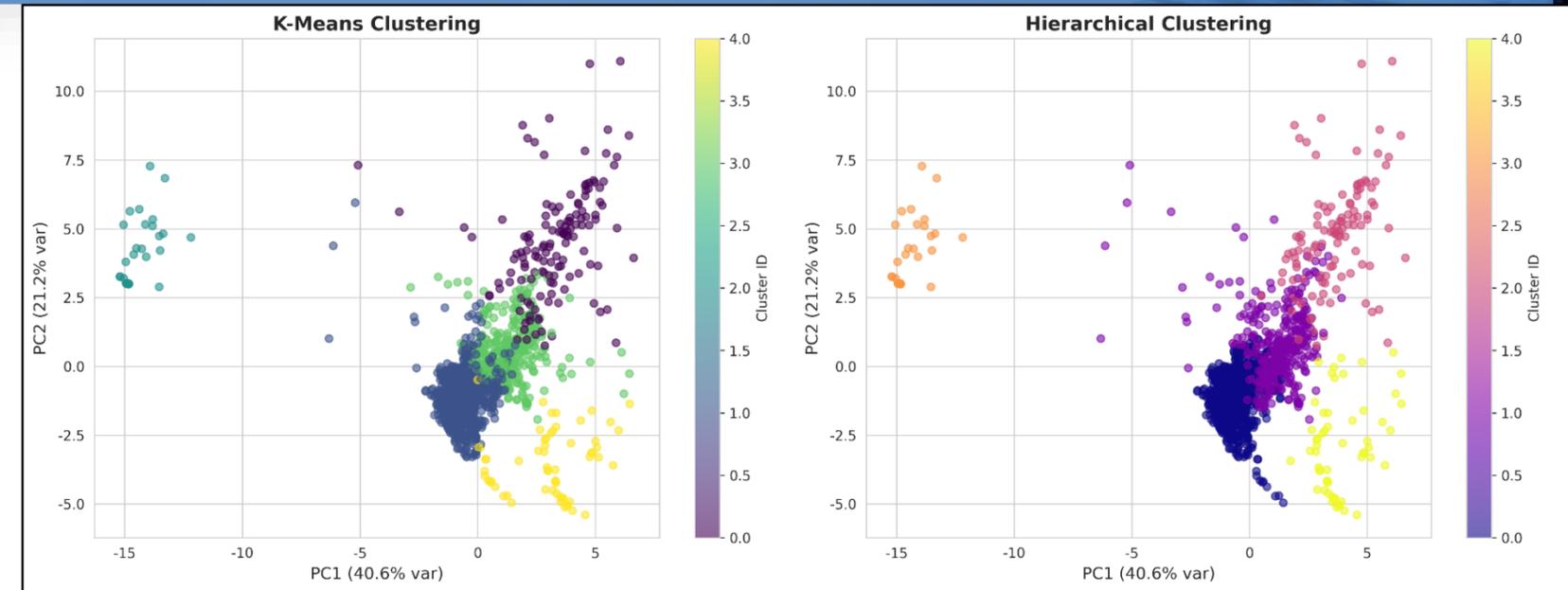


Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

## Analisi dei Cluster: Individuazione Stati di Funzionamento Nominali, Degrado e Guasto

ID	# Dati (%)	Caratteristiche Principali	Stato
0	10.4	<b>Alta Vibrazione / Degrado:</b> Vibrazioni VIB3 estremamente elevate, alto consumo energetico, alta apertura valvola. Rappresenta gli eventi di degrado	G
1	55.3	<b>Normale Basso Carico:</b> Basso apertura valvola, basso consumo, vibrazioni stabili. Secondo stato più comune	N
2	3.1	<b>Anomalia Bassa Potenza:</b> Potenza e vibrazioni molto basse, probabilmente stato di idle o standby. Segnato da DBSCAN come rumore	N
3	26.6	<b>Normale Alto Carico:</b> Alta apertura valvola, consumo moderato, vibrazioni stabili. Stato operativo più comune	N
4	4.5	<b>Vibrazione Moderata:</b> Vibrazioni VIB1 e VIB2 elevate, bassa apertura valvola. Possibile precursore del degrado	D

G: Guasto, D: Degrado, N: Nominale



**Cluster 0 (Alta Vibrazione / Degrado) appare quasi esclusivamente nella seconda metà del dataset, successivamente alla prima comparsa del Cluster 4 (Vibrazione Moderata)**



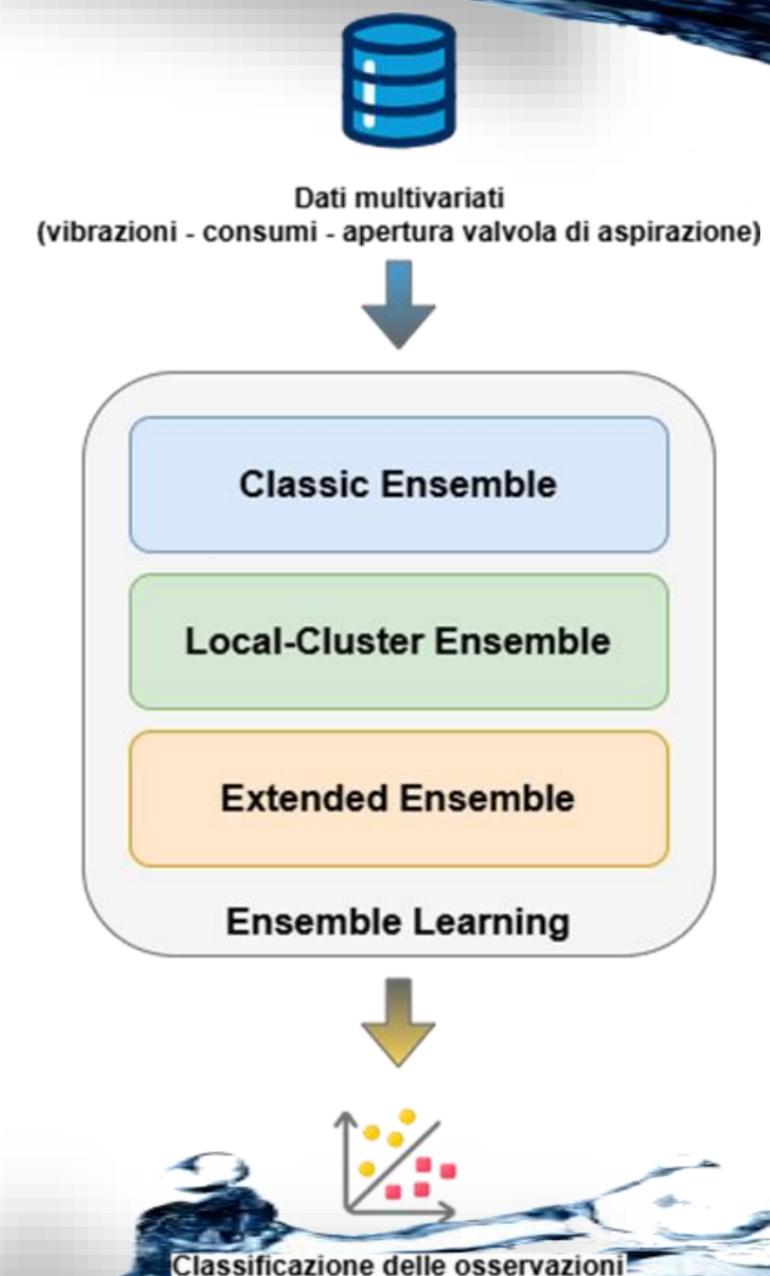
## Anomaly detection con Ensemble Learning

Utilizzo di tecniche di *Ensemble Learning*, per evitare assunzioni parametriche sulla distribuzione dei dati e combinare più modelli di anomaly detection.

Sono stati sviluppati tre distinti ensemble:

- **Classic Ensemble**, basato su modelli globali (PCA, One-Class SVM, Isolation Forest);
- **Local-Cluster Ensemble**, focalizzato su strutture e densità locali (Local-Outlier Factor, DBSCAN, Isolation Forest);
- **Extended Ensemble**, che combina componenti globali e locali (PCA, One-Class SVM, Local-Outlier Factor, Isolation Forest).

**Meccanismo di aggregazione:** Ogni modello produce uno score normalizzato. Gli score vengono aggregati tramite una strategia di soft voting, ottenendo per ciascun istante un valore complessivo che riflette la deviazione congiunta rilevata dai modelli.





# SMART-EE-PLANTS

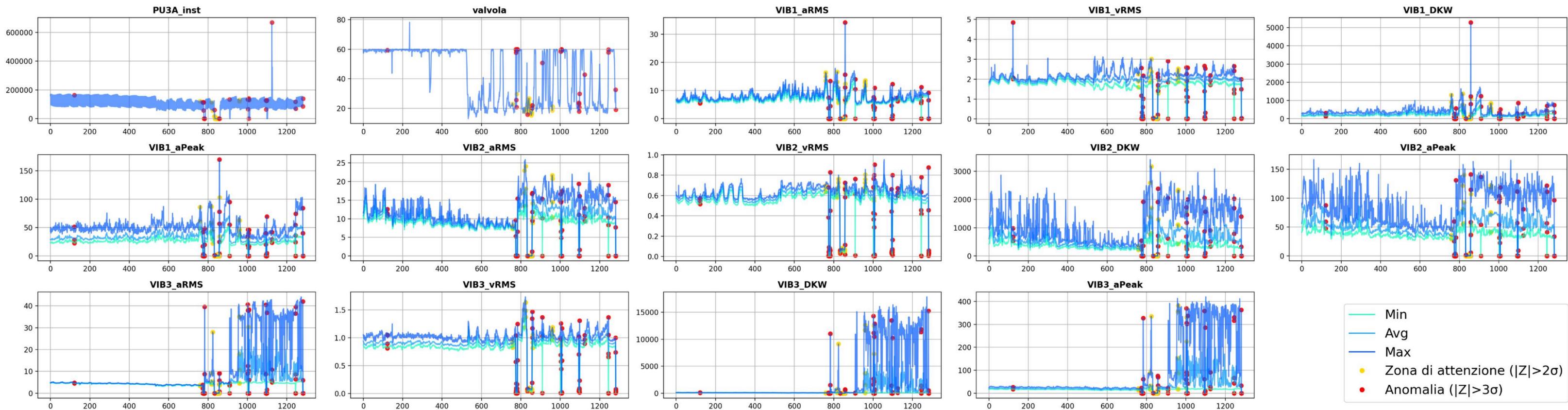


Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT360000330

SMART-EE-PLANTS

## Ensemble Learning e aggregazione degli score

### Extended Ensemble





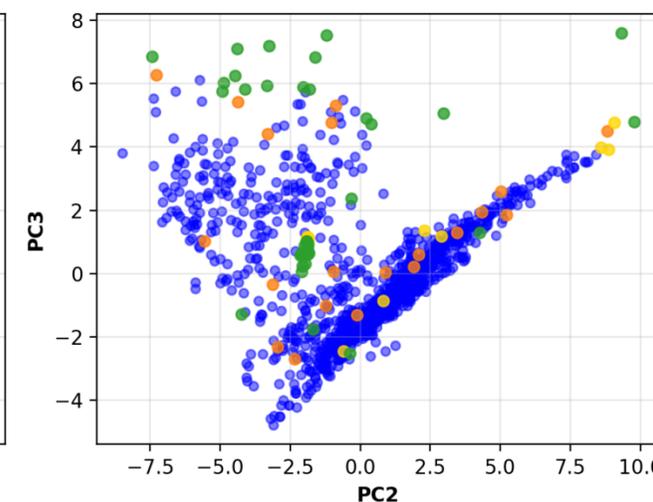
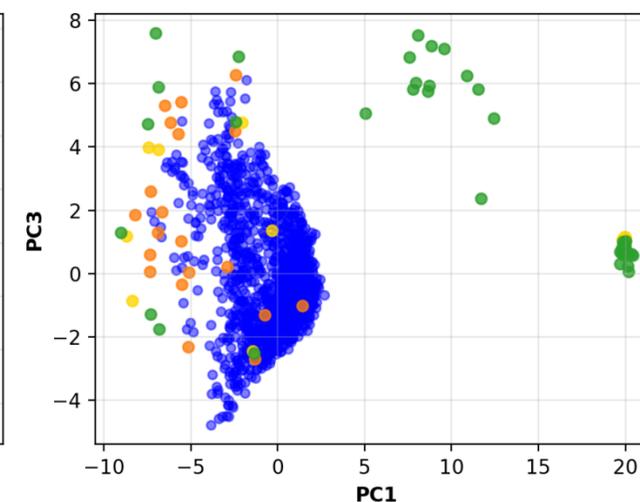
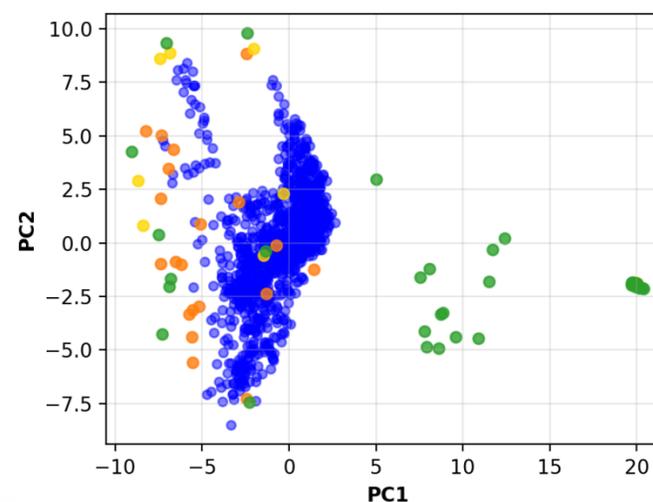
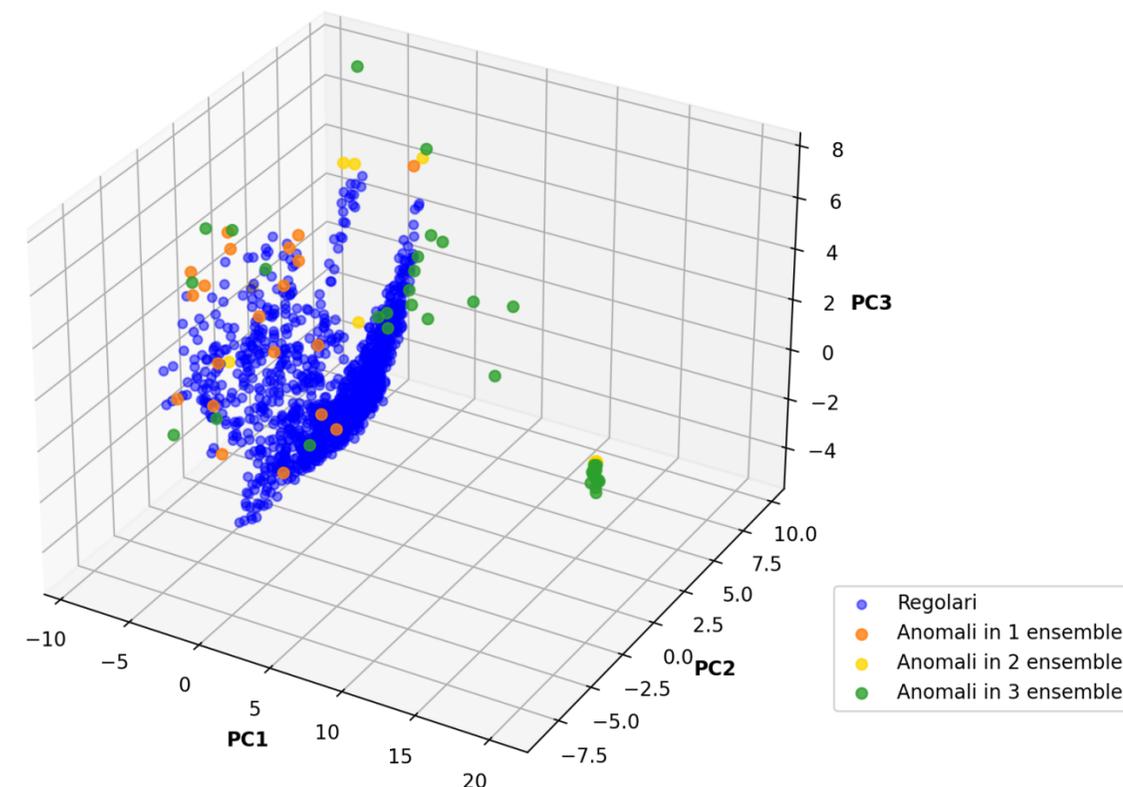
# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
 Progetto n. 08CT360000330

## Ensemble Learning e aggregazione degli score

Coppia di modelli	Intersezione	Unione	Jaccard
Classic – Extended	62	68	0.912
Classic – Local-Cluster	40	71	0.566
Extended – Local-Cluster	41	70	0.585
Tripla dei modelli	45	83	—



$$J(A, B) = \frac{\mathcal{O}_A \cap \mathcal{O}_B}{\mathcal{O}_A \cup \mathcal{O}_B}$$



# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

## Costruzione dell' Health index col Metodo Non Supervisionato Isolation Forest

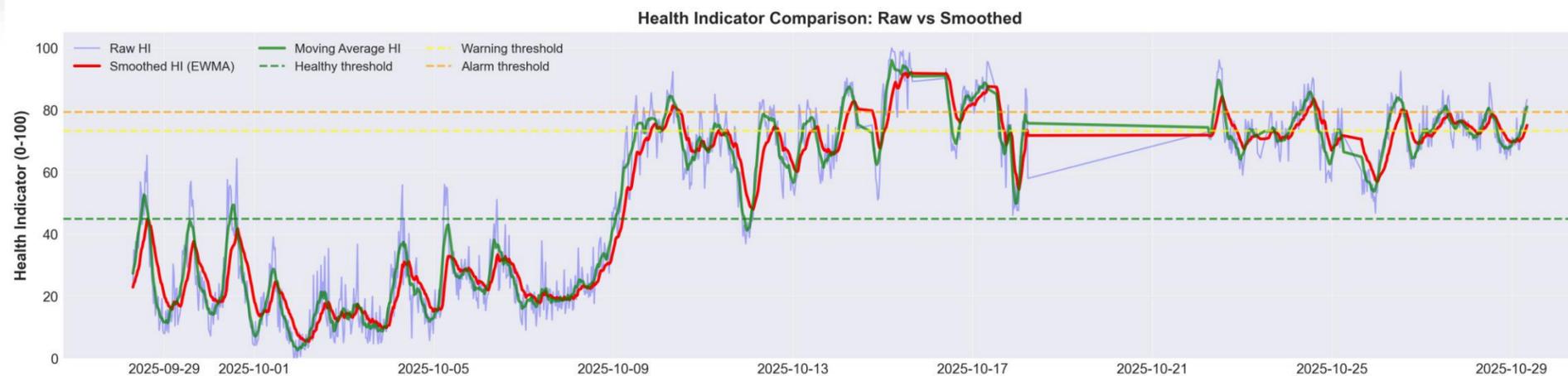
### Metodo di Machine Learning non Supervisionato Isolation Forest per la Rilevazione Anomalie (Anomaly Detection)

Assegnazione di Probabilità di Anomalia e calcolo **Health Index** =  $(1/\text{Anomaly Score}) * 100$

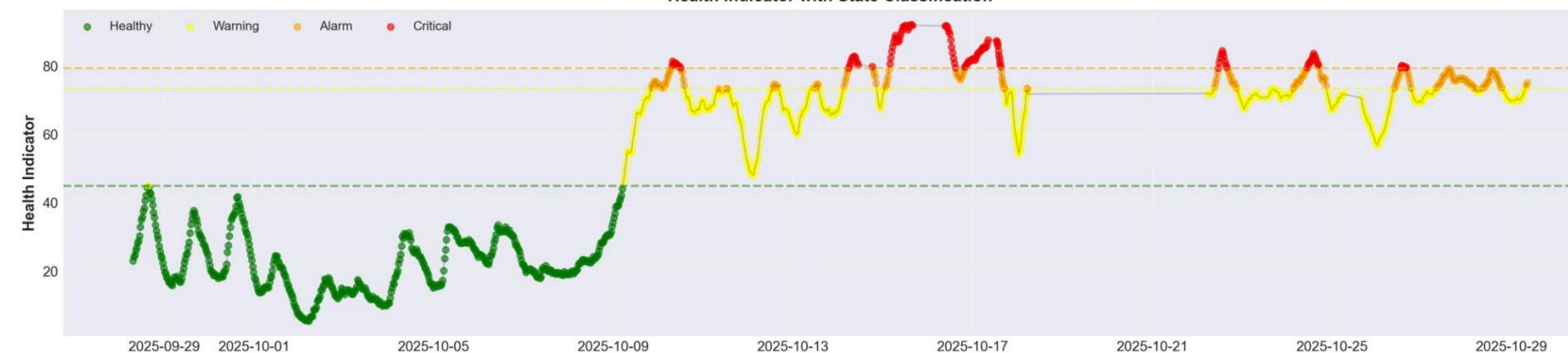
### Training sul 30% Dati Iniziali in Stato Nominale

- **Andamento monotono:** l'HI mostra un andamento crescente chiaro e monotono, partendo da valori bassi durante il periodo iniziale di salute e aumentando significativamente con lo sviluppo del guasto intorno al 10-15 ottobre
- **Classificazione dello stato:** in base alla distribuzione dell'HI, abbiamo classificato lo stato di salute della macchina in quattro stati (percentile 25, 50, 75): Sano (13,5%), Attenzione (61,5%), Allarme (15,0%) e Critico (10,1%).

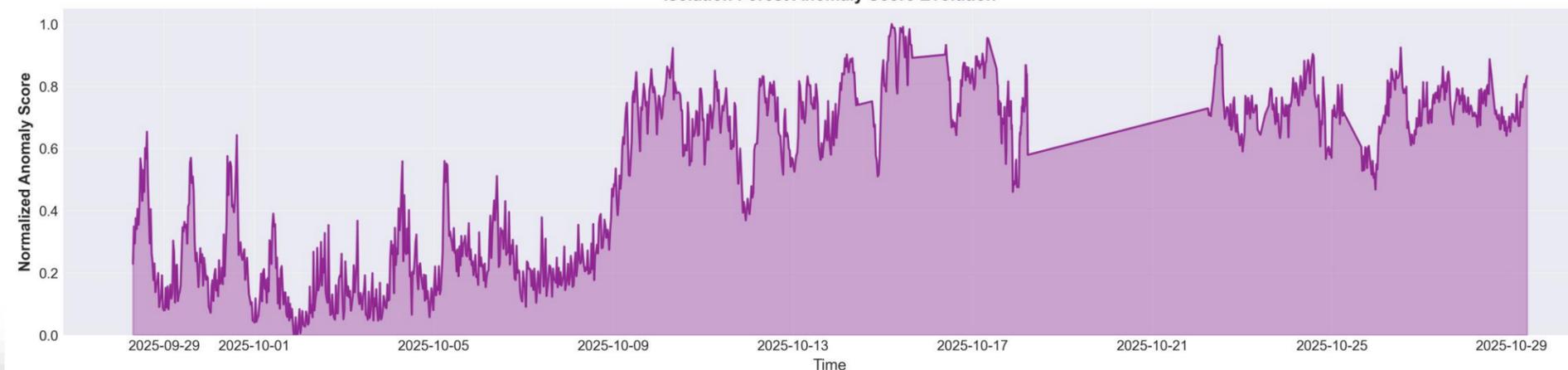
Isolation Forest-Based Health Indicator Evolution



Health Indicator with State Classification



Isolation Forest Anomaly Score Evolution





# SMART-EE-PLANTS



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330

## Stima della Probabilità di Guasto col Metodo Supervisionato Random Forest

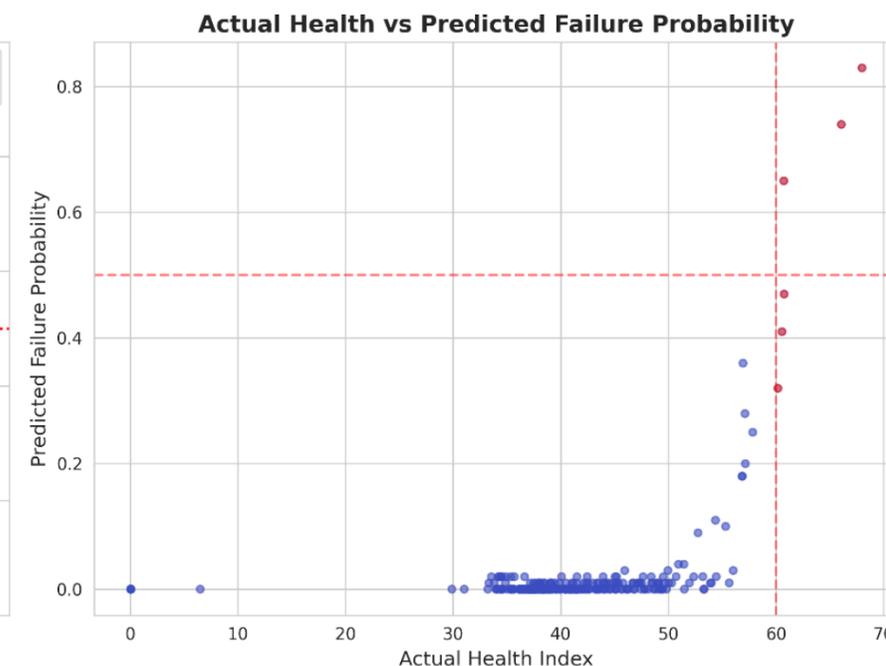
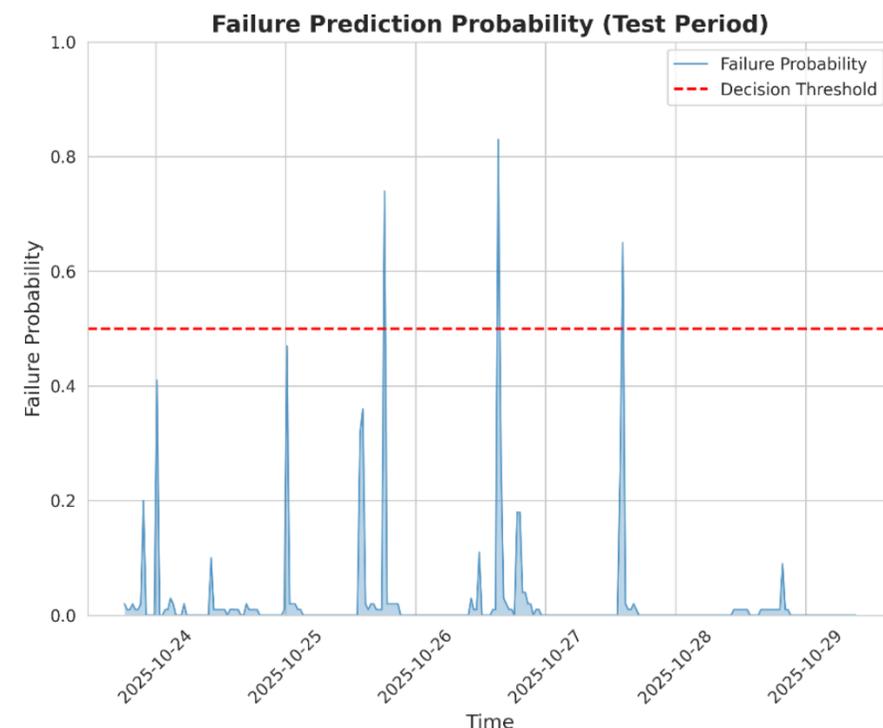
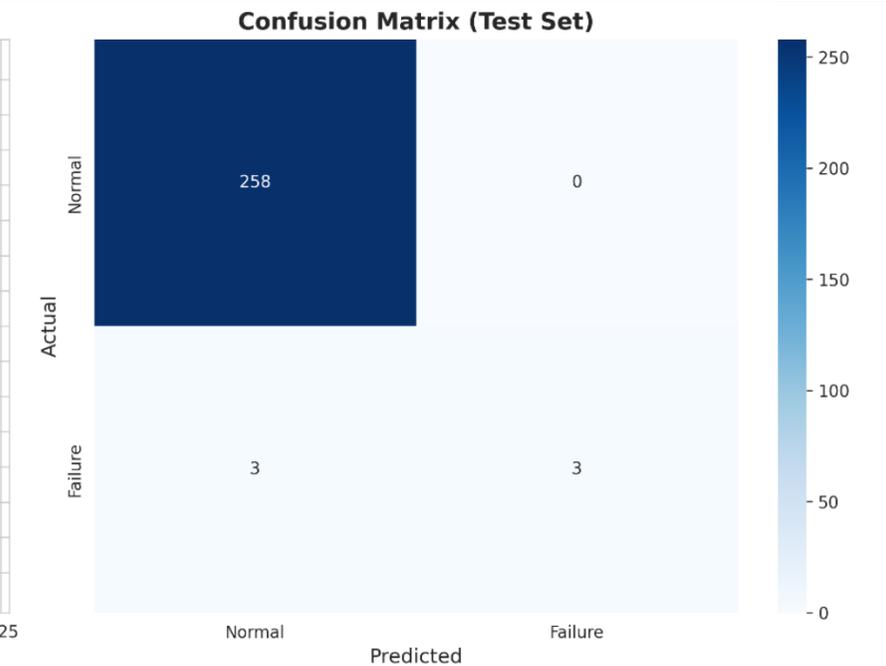
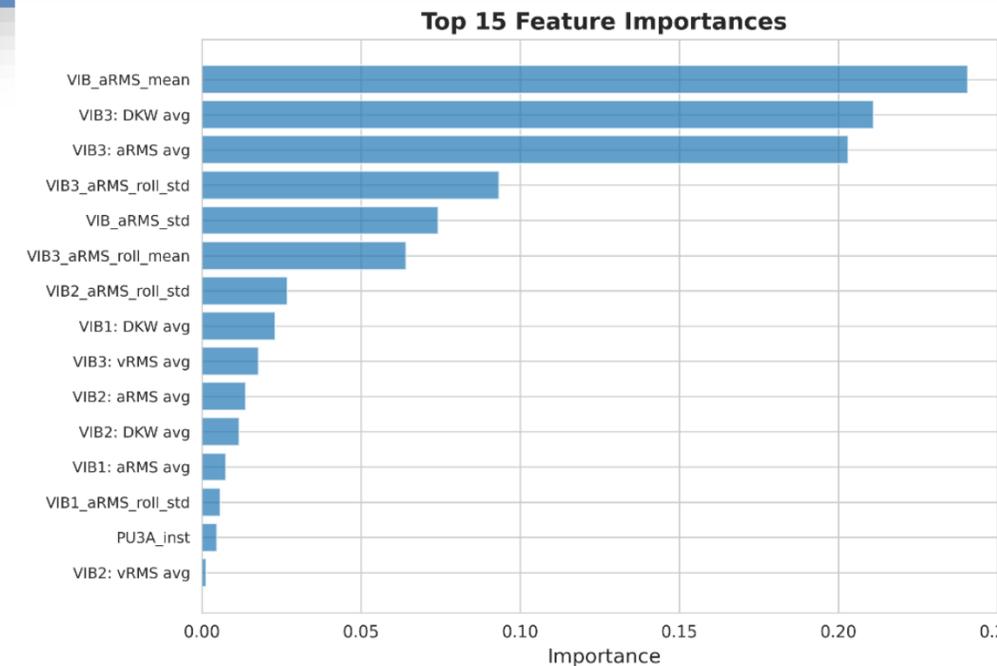
Dalla Random Forest è possibile stimare le probabilità di Guasto come dalla probabilità di appartenere alla classe di Guasto (Health Index superiore a 60)

80% dei dati è stato utilizzato per l'addestramento e il restante 20% è stato riservato ai test.

Il modello ha ottenuto:

- un'accuratezza del test del 98,9% (ovvero la percentuale di tutte le previsioni corrette)
- una precisione di 100% (ovvero la percentuale di guasti previsti che si sono rivelati guasti effettivi)
- una recall del 50% (ovvero la percentuale di guasti effettivi identificati correttamente), indicando che ha individuato metà dei guasti effettivi nel set di test
- Punteggio ROC-AUC di 0,999

Le caratteristiche più importanti per la previsione dei guasti sono state l'accelerazione media su tutti i sensori (VIB\_aRMS\_mean) e le metriche DKW e aRMS del sensore VIB3



19

Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



# NUOVI OBIETTIVI DELLA UE NEL TRATTAMENTO E RIUSO DELLE ACQUE REFLUE

**Prof. Ing. Gaspare Viviani**

# EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO EUROPEO

## Captazione



### Acque di approvvigionamento:

- **Direttiva 2020/2184**

## Potabilizzazione



## Adduzione e distribuzione



*già attive*

*in corso*



## Scarico in

### Qualità dei corpi ricettori:

- **Direttiva 2025/2360** (sul monitoraggio e la resilienza del suolo)
- **Proposta di Direttiva COM(2022) 540** (acque)

## Depurazione



### Acque reflue:

- **Direttiva 2024/3019** (trattamento acque reflue)
- **Regolamento 2020/741** (riuso)



## Fognatura

# EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO ITALIANO

**Captazione acqua**



**Acque di approvvigionamento:**

- D.Lgs. 18/2023 (integrato dal D.Lgs 102/2025)

**Potabilizzazione**



**Adduzione e distribuzione**



*già attive*

*in corso*

**Scarico in corpo idrico**



**Qualità dei corpi ricettori:**

- D.Lgs 152/2006 e s.m.i. – parte III (acque)
- D.Lgs 152/2006 e s.m.i. – parte IV (suoli)
- D.D.L. su corpi idrici (non predisposto)
- D.D.L. su suoli (non predisposto)

**Acque reflue:**

- D.Lgs 152/2006 e s.m.i. – parte III (scarichi)
- D.M. 185/2003 (riuso)
- Schema D.P.R. sul riuso delle acque reflue (approvato da CdM il 5/11/25)
- D.D.L. sul trattamento delle acque reflue (non predisposto)



**riutilizzo**

**Regolamentazione**

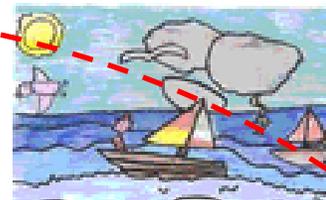
# OBIETTIVI E PROBLEMATICHE APERTE

**Captazione  
acqua**



- maggiori garanzie della sicurezza per la salute umana
- effetti dei cambiamenti climatici

**Scarico in  
corpo idrico  
ricettore**



- controllo dei microinquinanti per protezione della salute e dell'ambiente

**Potabilizzazione**



**OBIETTIVI:**

- economia circolare
- protezione salute e ambiente

**Adduzione e  
distribuzione**



- riuso acque reflue
- recupero fanghi
- maggiori prestazioni energetiche impianti

**Depurazione**



**Fognatura**



# EVOLUZIONE DELLA DISCIPLINA DEGLI SCARICHI

## STATO ATTUALE

(D.lgs. 152/06, parte terza)

Disciplina degli scarichi basata sul critério tabellare, con limiti su:

- emissioni (scarichi fognari), differenziati in funzione della provenienza degli scarichi e del tipo e uso del corpo ricettore;
- Immissioni: per la definizione dello stato di qualità dei corpi idrici ricettori, con parametri di tipo fisico, chimico e biologico, scelti in funzione dell'uso.

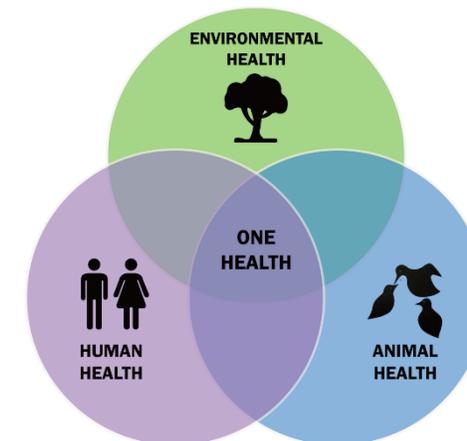
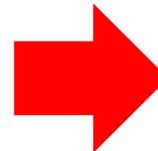


*bersaglio  
(immissione)*

*sorgente  
(emissione)*

## SITUAZIONE FUTURA

Protezione della **salute umana e dell'ambiente** mediante il contenimento della presenza di **macro e micro-inquinanti** nei corpi ricettori, e controllo delle potenziali sorgenti inquinanti (fognature, depurazione) con **criteri di rischio**.



Visione "**one-health**" dello stato di salute umana, animale e ambientale

## PRINCIPALI NOVITA' PER LA GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE

### ➤ Normativa europea:

- **Direttiva EU 2024/3019** sui nuovi limiti per lo scarico delle acque reflue urbane, in sostituzione della Direttiva 91/271/UE dal 1/1/2025
- **Regolamento UE 2020/741** sul riutilizzo delle acque reflue in agricoltura



## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Perché una nuova Direttiva ?

**obiettivi già raggiunti** con l'attuale Direttiva 271/91/CE:

- 98% acque reflue UE **raccolto** adeguatamente, 92% **trattato** adeguatamente
- miglioramento della **qualità dei corpi idrici** a seguito interventi di depurazione

➔ **si può quindi puntare a nuovi obiettivi:**

- riduzione dell'**inquinamento residuo** da fonti urbane (nutrienti, microinquinanti, acque di pioggia)
- allineamento ai principi del **Green Deal europeo** (riduzione gas a effetto serra – GHG, riduzione consumi energetici, promozione economia circolare con recupero reflui e fanghi)
- miglioramento livello di **governance** (applicazione del principio "chi inquina paga", uso di fognature come fonte di informazione per la salute pubblica – WBE)



## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Interventi strutturali e programmatici:

- **sistemi fognari** per agglomerati con più di 1000 AE entro 2035 (oggi 2000 AE)
- adozione per > 100.000 AE di "**Piani integrati di gestione delle acque reflue urbane**" entro 2030, con valutazione con potenzialità > 10.000 AE e < 100.000 AE del contributo inquinante prodotto dalle acque di pioggia (*stormwater overflows*) con > 2% carico acque nere

## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Nuovi limiti allo scarico:

- **trattamenti secondari** per agglomerati superiori a 1000 AE (entro 2030) e a 2000 AE (entro 2027) (oggi 2000 AE)
- **trattamenti terziari** (deN + deP) per gli impianti con > 150.000 AE (30% dei carichi prodotti entro 2033, 70% entro 2036, 100% entro 2025) e per > 10.000 AE per scarichi in aree sensibili (oggi solo per aree sensibili)
- **trattamenti quaternari**: per > 150.000 AE (20% entro 2033, 60% entro 2039, 100% entro 2045), con rispetto dei limiti per microinquinanti in aree a rischio per salute e ambiente (corpi idrici a uso consumo umano, acque balneazione, laghi, fiumi con rapporto diluizione <1/10, aree sede di acquacoltura) → valutazione rischio (oggi non previsti)

## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Limiti tabellari (All.1, parte C):

#### - **Tabella 1:** → **trattamenti secondari**

- **BOD (25 mg/l)**
  - **COD (125 mg/l)**
  - **SST (35 mg/l)**
  - **TOC (37 mg/l)**
- } ≡ **D.lgs. 152/2006**

#### - **Tabella 2:** → **trattamenti terziari**

- **N (10 mg/l > 10.000 AE, 8 mg/l > 150.000 AE) (15-10 in D.lgs. 152/2006)**
- **P (0,7 > 10.000 AE, 0,5 > 150.000 AE) (2-1 in D.lgs. 152/2006)**

#### - **Tabella 3:** → **trattamenti quaternari**

- **rimozione (minimo 80%) di microinquinanti (diclofenac, carbamazepina, etc.)**

## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Chi pagherà i trattamenti quaternari ?

- principio **responsabilità estesa produttore** (*EPR:Extended Producer Responsibility*): per prodotti immessi nel mercato in Allegato III (medicinali, cosmetici):
  - i produttori dovranno farsi carico dei costi dei trattamenti quaternari (almeno 80%) e dei controlli e monitoraggi
  - esenzioni per produzione < 1 t/anno o accertata assenza di rilasci di microinquinanti a fine vita

## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Applicazione dell'analisi di rischio:

- ❖ Entro 2027 valutazione del rischio per ambiente e salute umana (**Sanitation Safety Plan**) (entro 2027), per scarichi in corpi idrici a uso consumo umano, acque balneazione, laghi, fiumi con rapporto diluizione  $<1/10$ , aree sede di acquacoltura.
- ❖ Eventuale adozione di  **misure**  per farvi fronte, comprese realizzazione di sistemi fognari, trattamenti secondari, terziari e quaternari, **anche ove non obbligatori**.



**Ricorso alla valutazione del rischio già presente in campo sanitario/ambientale**

## CRITERI DI QUALITA' AMBIENTALI EUROPEI BASATI SULLA GESTIONE DEL RISCHIO

### UE:

- **WSP (Water Safety Plan)** per i servizi idrici e l'acqua destinata al consumo umano (Direttiva 2020/2184/UE)
- **WRSP (Water Reused Safety Plan)** per la gestione e il riutilizzo delle acque reflue (Regolamento UE 2020/741)
- **Risk-based approach** per l'analisi della qualità dei suoli e delle acque sotterranee (Direttiva UE "Soil Monitoring Law")
- **SSP (Sanitation Safety Plan)** per il trattamento e scarico delle acque reflue (Direttiva UE 2024/3019)

### Italia:

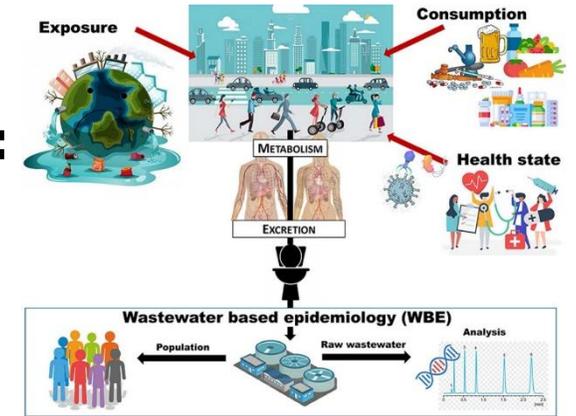
- **PSA (Piano di sicurezza dell'acqua)** per i servizi idrici e l'acqua destinata al consumo umano (Direttiva 2020/2184 e D.Lgs 18/2023);
- **Piano di Gestione dei Rischi (PGR)** per il riuso acque reflue (Regolamento EU N. 741/2020, DDL in corso);
- **AdR (Analisi di Rischio)** per suoli e acque sotterranee (siti contaminati) (D.lgs. 152/2006 parte IV titolo V)

- ?

## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Il monitoraggio dei reflui in fognatura:

- applicazione della **WBE (Wastewater Based Epidemiology)** per:
  - virus SARS-CoV-2 e varianti
  - virus influenza e altri
  - agenti patogeni emergenti
  - contaminanti che destano preoccupazione
  - qualsiasi parametro di interesse per la salute
  - per agglomerati con  $> 100.000$  AE monitoraggio della **resistenza agli antimicrobici** in/out impianti depurazione e reti fognarie
  - istituzione di un **sistema nazionale di cooperazione e coordinamento** per il monitoraggio.
- La metodica **Wastewater-Based Epidemiology (WBE) (Daughton, 2001)** si basa sulla ricerca di sostanze e organismi indicatori di patogenesi nelle acque reflue, in cui questi sono restituiti attraverso il metabolismo umano.



## APPLICAZIONE DELLA WBE A UNIPA

### Temi affrontati nelle ricerche:

- 1) monitoraggio predittivo della presenza di **SARS-COV-2**
- 2) indagine sulla presenza di **droghe** e dei relativi **metaboliti** in due impianti di depurazione siciliani, per la stima del loro consumo
- 3) valutazione della presenza e destino dei **radionuclidi** di origine sanitaria (iodio 131)



Dipartimento di Scienze per la Promozione della Salute e Materno Infantile, Scuola di Medicina e Chirurgia, Università di Palermo



Azienda Ospedaliera Universitaria  
Policlinico Paolo Giaccone  
di Palermo

## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Rispetto della neutralità energetica:

- obiettivi di **copertura energetica del consumo totale** di energia da fonti rinnovabili (generata in loco o altrove per conto dei gestori degli impianti), per > 10.000 AE del:
  - **20% entro 2030**
  - **40% entro 2035**
  - **70% entro 2040**
  - **100% entro 2045**

### Controllo della produzione del gas climalteranti (GHG) :

- produzione nei reattori con processi biologici (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O)

## LA NUOVA DIRETTIVA 2024/3019

### Rispetto dei principi dell'"economia circolare":

#### a) riutilizzo acque reflue e fanghi:

- obbligo di promuovere interventi di **riutilizzo irriguo** reflui ai sensi del Regolamento 2020/741

#### b) gestione fanghi:

- rispetto della gerarchia dei rifiuti (riuso → recupero di materia → recupero di energia → smaltimento)

## PRINCIPALI NOVITA' PER LA GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE

### ➤ Normativa europea:

- **Direttiva EU 2024/3019** sui nuovi limiti per lo scarico delle acque reflue urbane, in sostituzione della Direttiva 91/271/UE dal 1/1/2025
- **Regolamento UE 2020/741** sul riutilizzo delle acque reflue in agricoltura



# IL REGOLAMENTO EU N. 2020/741 PER IL RIUSO IRRIGUO

La **Tabella 1** del Regolamento riporta **4 classi di qualità delle acque affinate**, con i possibili utilizzi e le tecniche di irrigazione consentiti per ciascuna classe.

Differenziazione in funzione del **tipo di coltura**, del suo **uso** e della modalità di **irrigazione**.

Tabella 1 — Classi di qualità delle acque affinate e tecniche di irrigazione e utilizzi agricoli consentiti



Classe minima di qualità delle acque affinate	Categoria di coltura (*)	Tecniche di irrigazione
A	Tutte le <u>colture alimentari da consumare crude</u> la cui parte commestibile è a diretto contatto con le acque affinate e le piante da radice da consumare crude	Tutte
B	<u>Colture alimentari da consumare crude</u> la cui parte commestibile è <u>prodotta al di sopra del livello del terreno</u> e non è a diretto contatto con le acque affinate, colture alimentari trasformate e colture non alimentari, comprese le colture utilizzate per l'alimentazione di animali da latte o da carne	Tutte
C	<u>Colture alimentari da consumare crude</u> la cui parte commestibile è <u>prodotta al di sopra del livello del terreno</u> e non è a diretto contatto con le acque affinate, colture alimentari trasformate e colture non alimentari, comprese le colture utilizzate per l'alimentazione di animali da latte o da carne	Irrigazione a goccia (**) o altra <u>tecnica di irrigazione che eviti il contatto diretto con la parte commestibile della coltura</u>
D	<u>Colture industriali</u> , da energia e da sementi	Tutte le tecniche di irrigazione (***)

(\*) Se lo stesso tipo di coltura irrigata rientra in più categorie della tabella 1, si applicano le prescrizioni della categoria più rigorosa.  
 (\*\*) L'irrigazione a goccia (o irrigazione localizzata) è un sistema di microirrigazione capace di somministrare acqua alle piante sotto forma di gocce o di sottili flussi d'acqua. L'acqua viene erogata a bassissima portata (2-20 litri/ora) sul terreno o direttamente al di sotto della sua superficie da un sistema di tubi di plastica di piccolo diametro dotati di ugelli denominati «emettitori» o «gocciolatori».  
 (\*\*\*) Nel caso di tecniche di irrigazione che imitano la pioggia, occorre prestare particolare attenzione alla protezione della salute dei lavoratori o degli astanti. A tal fine si devono porre in essere le adeguate misure preventive.

**N.B: il Regolamento usa il termine "affinate" per tutte le tipologie di reflui (da A a D)**

## IL REGOLAMENTO EU N. 2020/741: i limiti tabellari

In **Tab. 2 requisiti minimi di trattamenti e qualità** delle acque reflue:

- limiti solo su **4 parametri (E.coli, BOD, TSS, torbidità)**.
- trattamenti di **affinamento (filtrazione)** solo per classe A

Tabella 2 — Prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura

qualità ↑

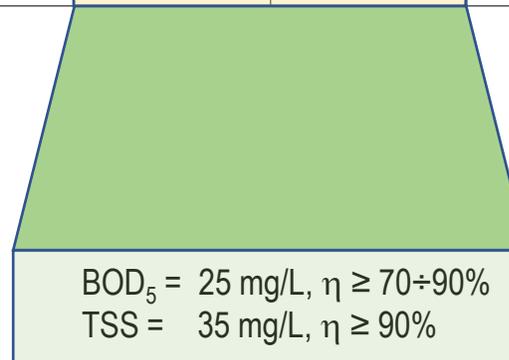
Classe di qualità delle acque affinate	Obiettivo tecnologico indicativo	Prescrizioni di qualità				
		<i>E. coli</i> (numero/100 ml)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	TSS (mg/l)	Torbidità (NTU)	Altro
A	Trattamento secondario, filtrazione e disinfezione	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1 000 ufc/l se vi è rischio di diffusione per via aerea Nematodi intestinali (uova di elminti): ≤ 1 uovo/l per irrigazione di pascoli o colture da foraggio
B	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 100	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	–	
C	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 1 000			–	
D	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 10 000	–			

## IL REGOLAMENTO EU N. 2020/741: i limiti tabellari

**Confronto tra limiti Regolamento 2020/741 e limiti D.lgs. 152/2006 (scarico nei corpi idrici):  
necessità affinamento ?**

Tabella 2 — Prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura

Classe di qualità delle acque affinate	Obiettivo tecnologico indicativo	Prescrizioni di qualità				
		<i>E. coli</i> (numero/100 ml)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	TSS (mg/l)	Torbidità (NTU)	Altro
A	Trattamento secondario, filtrazione e disinfezione	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1 000 ufc/l se vi è rischio di diffusione per via aerea Nematodi intestinali (uova di elminti): ≤ 1 uovo/l per irrigazione di pascoli o colture da foraggio
B	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 100	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	–	
C	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 1 000			–	
D	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 10 000			–	



limiti tab.1  
all.5 D.lgs.  
152/2006

➤ **Rispetto di limiti più esigenti di quelli della Tab.1 all.5 D.lgs. 152/2006 solo per classe A  
→ **necessità di "impianto di affinamento" con relativo "gestore".****

# IL REGOLAMENTO EU N. 2020/741: i limiti tabellari

**Confronto tra limiti Regolamento 2020/741 e limiti del D.M. 185/2003:  
più o meno restrittivi ?**

Tabella 2 — Prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura

Classe di qualità delle acque affinate	Obiettivo tecnologico indicativo	Prescrizioni di qualità				
		E. coli (numero/100 ml)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	TSS (mg/l)	Torbidità (NTU)	Altro
A	Trattamento secondario, filtrazione e disinfezione	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	Legionella spp.: < 1 000 ufc/l se vi è rischio di diffusione per via aerea Nematodi intestinali (uova di elminti): ≤ 1 uovo/l per irrigazione di pascoli o colture da foraggio
B	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 100	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	–	
C	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 1 000			–	
D	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 10 000	–			

D.M. 185/2003						
Nessuna distinzione tra i vari usi		≤ 10 (in 80% dei campioni)  ≤ 100 (in 100% dei campioni)	≤ 20 mg/l	≤ 10 mg/l	-	Salmonella: assenti

**Limiti più restrittivi per la classe A (BOD), meno restrittivi per le altre classi (= Tab.1 D.lgs. 152/20006).**

## PRINCIPALI NOVITA' DEL REGOLAMENTO EU N. 2020/741

- Passaggio da irrigazione "illimitata" (D.M.185/2003: limiti unici per tutti gli usi) a irrigazione "limitata" (classi da A a D: limiti differenziati in funzione degli usi, > o < di quelli del 185/2003)
- Passaggio da un criterio di qualità ambientale basato sul metodo "tabellare" (non superamento di limiti fissati per un set di parametri chimici, fisici, biologici) a uno basato sulla "analisi di rischio" (AdR) (non superamento di un rischio massimo per i possibili bersagli)



- ❖ L'applicazione dell'AdR rende sito-specifico l'utilizzo delle acque reflue, richiedendo però una profonda conoscenza dei reflui, del loro uso, del destino delle sostanze in essi presenti e dei possibili potenziali bersagli (biotici, abiotici, umani, animali, vegetali)
- ❖ Necessità di maggiori controlli sugli impianti e sull'utenza finale

## **IL REGOLAMENTO EU N. 2020/741: l'analisi di rischio**

Per l'utilizzo delle acque reflue è richiesta la redazione di un **Piano di Gestione dei Rischi (PGR) (WRSP: Water Reused Safety Plan)** connessi al riutilizzo delle acque affinate, al fine di assicurare l'assenza di rischi per l'**ambiente** o per la **salute umana o animale**.

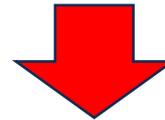
Il **PGR** deve tenere in conto l'**intero sistema idrico**, dalla fonte delle acque reflue sino al punto di utilizzo, tenendo conto dei reali soggetti coinvolti e individuando i pericoli per ambiente e salute.

**Riferimenti** per la redazione dei PGR:

- **WRSP (Water Reused Safety Plan) dell'OMS**
- **Comunicazione Commissione europea 2022/C 298/01**
- **Regolamento delegato UE 2024/1765 che integra il Reg. 2020/741**
- **ISO 16075-1:2015, ISO 20426:2018)**

## LA GESTIONE DEL RISCHIO NEL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE

Come misure preventive finalizzate alla riduzione del rischio possono essere previste "**barriere**" (trattamenti aggiuntivi, limitazioni colture irrigate o periodo irriguo, etc.), il cui effetto va valutato con una nuova valutazione dei "rischi residui". Possibile anche un approccio "**multibarriera**", che prevede molteplici misure preventive e barriere, garantendo una gestione del rischio più affidabile rispetto a una singola misura o barriera.



L'AdR può comportare la necessità di applicazione di **limiti più stringenti e/o interventi strutturali/non strutturali impegnativi** (trattamenti, modalità gestionali, etc.).

Questo anche nei casi di **classi di qualità B, C, D** caratterizzati da limiti tabellari pari a quelli della **Tab.1 All.5 del D.lgs. 152/2006**

## COSA STA FACENDO L'ITALIA ?

Disegno D.P.R. "Regolamento sul riutilizzo delle acque reflue affinate, nonché di esecuzione del Regolamento (UE) 2020/741"  
(approvato da CdM il 5/11/25 → Conferenza Stato-Regione)

- esteso al riuso irriguo, civile non potabile, industriale, ambientale
- sostituirà il D.M. 185/2003
- previsti limiti tabellari differenziati per i 4 tipi di usi

### Contenuti:

- introduzione dell'**analisi di rischio** (→ Regolamento 741/2020)
- integrazione dei **limiti** del Regolamento 741/2020 con rimozione N, P, salinità e Salmonelle
- apparente possibilità di fare ricorso a impianti idonei per lo scarico in corpi idrici (**trattamenti secondari**)
- probabile necessità di trattamenti **terziari** (deN, deP, disinfezione spinta) o persino **quaternari** (rischio di presenza di microinquinanti)

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE: trattamento acque reflue**

**Profondi cambiamenti già in atto nella normativa europea e italiana sulla gestione delle acque reflue:**

- passaggio da una strategia di controllo delle acque reflue mediante **macrodescrittori** (BOD, COD, SST) a uno di controllo dei **microinquinanti** di potenziale danno per la qualità dei corpi idrici e per la salute;
- valutazione del "**rischio**" e conseguente introduzione di **sistemi "barriera" più esigenti**;
- maggiore **sostenibilità** degli impianti di trattamento (autonomia energetica, controllo GHG, recupero reflui e fanghi);
- necessità di **investimenti** nel settore e di rispetto di **tempi rapidi**;
- revisione sin d'ora delle **opere in corso di esecuzione** (anche per far fronte alle Procedure di Infrazione) per adeguarle alla nuova Direttiva.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE: riuso acque reflue

- Passaggio da riuso con irrigazione **“illimitata”** (limiti unici per tutti gli usi) a riuso con irrigazione **“limitata”** (limiti differenziati in funzione degli usi), quindi più **sito-specifica**
- L'applicazione dell'AdR, che rende **sito-specifico** l'utilizzo delle acque reflue, tuttavia richiede una **profonda conoscenza** dei reflui, del loro uso e del sito di utilizzo
- Ciò richiede **maggiori controlli** sugli impianti e sull'utenza finale e possibili **interventi strutturali/gestionali superiori** a quelli oggi necessari per il rispetto del D.M. 185/2003 e dei nuovi limiti tabellari previsti dal Regolamento 2020/741 per le classi da A a D
- Possibile necessità di trattamenti di affinamento, con distinzione tra **impianto di depurazione** e **impianto di affinamento** spesso inesistente e fuorviante.



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

***Grazie per l'attenzione ...***



**Prof. Gaspare Viviani**

*Dipartimento di Ingegneria*

*Università degli Studi di Palermo*

*[gaspare.viviani@unipa.it](mailto:gaspare.viviani@unipa.it)*

19

Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



**“La necessità di adeguamento degli impianti di depurazione alla luce della nuova Direttiva sul trattamento delle acque reflue”**

**Prof. Michele Torregrossa**



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



Gazzetta ufficiale  
dell'Unione europea

IT  
Serie L

2024/3019

12.12.2024

DIRETTIVA (UE) 2024/3019 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 27 novembre 2024

- 35 ARTICOLI
- 8 ALLEGATI



**Entrata in vigore  
1 GENNAIO 2025**





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## PERCHÉ UNA NUOVA DIRETTIVA?

Il cambiamento climatico, l'incremento dell'urbanizzazione e l'emergere di nuovi contaminanti, imponeva una necessaria revisione profonda delle misure adottate in precedenza.

La **Direttiva 2024/3019** si inserisce in questo contesto, con l'obiettivo dichiarato di ridurre la presenza di nutrienti ed elementi pericolosi nei corpi idrici, integrare nuove classi di contaminanti come microinquinanti, farmaci e PFAS, rafforzare la resilienza degli impianti agli eventi climatici estremi e allineare le politiche di trattamento agli obiettivi del **Green Deal Europeo**.

L'introduzione di **obblighi differenziati per trattamento secondario, terziario e quaternario** risponde alla necessità di **elevare il livello qualitativo degli effluenti** e garantire una tutela più avanzata dell'ambiente e della salute pubblica.



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## LIVELLI DI DEPURAZIONE:

- «**trattamento primario**»: trattamento delle acque reflue urbane mediante un **processo fisico o chimico, o entrambi**, che comporti la **sedimentazione dei solidi sospesi**, ovvero mediante altri processi a seguito dei quali il **BOD** delle acque reflue in ingresso sia ridotto almeno del **20 % prima dello scarico** e i **solidi sospesi totali** delle acque reflue in ingresso siano ridotti almeno del **50 %**;
- «**trattamento secondario**»: trattamento delle acque reflue urbane mediante un processo che in genere comporta il **trattamento biologico con sedimentazione secondaria** o un altro processo che riduce la **materia organica biodegradabile** proveniente dalle acque reflue urbane;
- «**trattamento terziario**»: trattamento delle acque reflue urbane mediante un processo che riduce l'**azoto o il fosforo, o entrambi**, ivi presenti;
- «**trattamento quaternario**»: trattamento delle acque reflue urbane mediante un processo che riduce un ampio spettro di **microinquinanti** ivi presenti.

## Trattamento secondario

Scarichi provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano acque reflue di agglomerati di **2.000 a.e. o più soddisfino, prima dello scarico nei corpi idrici recettori, i requisiti pertinenti per il trattamento secondario** di cui all'allegato I, parte B e Tabella 1.

**2.000 < A.E. < 150.000**

Tabella 1

PARAMETRI	CONCENTRAZIONE	PERCENTUALE MINIMA DI RIDUZIONE
Richiesta biochimica di ossigeno (BOD <sub>5</sub> a 20C) senza nitrificazione	25 mg/l O <sub>2</sub>	70-90 40 (*)
Richiesta chimica di ossigeno (COD) senza nitrificazione	125 mg/l O <sub>2</sub>	75
Carbonio organico totale (TOC)	37 mg/l	75
Solidi sospesi totali	35 mg/l	90

(\*)

- acque situate in regioni d'alta montagna (altitudine >1.500 m s.l.m.);
- acque marine profonde, per agglomerati <150 000 a.e. situati in regioni ultraperiferiche meno popolate ai sensi dell'articolo 349 TFUE, dove la topografia e la geografia del territorio rendono difficile l'applicazione di un trattamento biologico efficace;
- acque provenienti da piccoli agglomerati con un numero di a.e. compreso di 1 000 o più ma inferiore a 2 000, situate in regioni con clima freddo in cui è difficile applicare un trattamento biologico efficace date le basse temperature se la temperatura media trimestrale dell'acqua ai punti di ingresso è inferiore a 6°C.

## Trattamento secondario

Scarichi provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano acque reflue di agglomerati di **2.000 a.e. o più soddisfino, prima dello scarico nei corpi idrici recettori, i requisiti pertinenti per il trattamento secondario** di cui all'allegato I, parte B e Tabella 1.

**2.000 < A.E. < 10.000**

Tabella 1

PARAMETRI	CONCENTRAZIONE	PERCENTUALE MINIMA DI RIDUZIONE	TAB. 1 All. 5, P.III, D.Lgs. 152/06	
			Concentrazione	% minima di riduzione
Richiesta biochimica di ossigeno (BOD <sub>5</sub> a 20C) senza nitrificazione	25 mg/l O <sub>2</sub>	70-90 (*)	25 mg/l O <sub>2</sub>	80
Richiesta chimica di ossigeno (COD) senza nitrificazione	125 mg/l O <sub>2</sub>	75	125 mg/l O <sub>2</sub>	75
Carbonio organico totale (TOC)	37 mg/l	75	n.d.	-
Solidi sospesi totali	35 mg/l	90	35 mg/l	90

## Trattamento secondario

Per gli agglomerati con un numero di a.e. di 2.000 o più ma inferiore a 10.000 che scaricano in acque costiere quali definite dalla direttiva 2000/60/CE e che applicano un trattamento appropriato conformemente all'articolo 7 della direttiva 91/271/CEE al 1 gennaio 2025, l'obbligo non si applica fino al 31 dicembre 2037.

*«Trattamento appropriato» = trattamento delle acque reflue urbane mediante, un processo e/o un sistema di smaltimento che dopo lo scarico garantisca la conformità delle acque recipienti ai relativi obiettivi di qualità e alle relative disposizioni della presente direttiva e di altre direttive comunitarie pertinenti.*



**2.000 < A.E. < 10.000**

## Trattamento secondario

Per gli agglomerati che scaricano acque reflue urbane in aree meno sensibili di cui all'articolo 6, paragrafo 1, della direttiva 91/271/CEE al 1 gennaio 2025, gli obblighi di cui al paragrafo 1, primo comma, si applicano a partire dal 31 dicembre 2037.



**2.000 < A.E. < 10.000**

## Trattamento secondario

Entro il **31 dicembre 2035**, gli Stati membri provvedono affinché gli scarichi provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano acque reflue urbane di agglomerati con un **numero di a.e. di 1.000 o più ma inferiore a 2.000** soddisfino, prima dello scarico nei corpi idrici recettori, i requisiti pertinenti per il **trattamento secondario** di cui all'allegato I, parte B e Tabella 1.



**1.000 < A.E. < 2.000**



Gli Stati membri possono derogare al termine prefissato.

Se, al 1° gennaio 2025, il numero degli agglomerati con scarichi delle acque reflue urbane sottoposti a trattamento secondario sul loro territorio, o il carico generato sia:

- < 50% degli agglomerati o <50% del carico: **8 anni** (12 per Bulgaria, Croazia e Romania)
- < 25% degli agglomerati o <50% del carico: **10 anni** (14 per Bulgaria, Croazia e Romania)

Qualora gli Stati membri deroghino ai termini di cui al primo comma, questi provvedono affinché il loro primo programma nazionale di attuazione comprenda:

- a) il numero di agglomerati con un numero di a.e. di 1.000 o più ma inferiore a 2.000 privi di trattamento secondario al 1° gennaio 2025
- b) un piano che specifichi gli investimenti necessari per raggiungere la piena conformità per tali agglomerati entro i termini prorogati;
- c) le motivazioni tecniche o economiche che giustifichino le proroghe dei termini di cui al primo comma.

## Trattamento terziario

«Trattamento terziario» = trattamento delle acque reflue urbane mediante un processo che riduce l'**azoto** o il **fosforo**, o entrambi, ivi presenti.



Pre-Denitrificazione

Nitrificazione

Post-Denitrificazione

Processi Anammox



Rimozione biologica

Rimozione chimica

## Trattamento terziario

Gli Stati membri provvedono affinché gli scarichi provenienti dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano acque reflue urbane con un carico di

**A.E. > 150.000**

e che non applicano il trattamento terziario al 1 gennaio 2025 soddisfino, prima dello scarico nei corpi idrici recettori, i requisiti pertinenti per il trattamento terziario in conformità dell'allegato I, parte B e Tabella 2, entro il **31 dicembre** di:



**Tabella 2, allegato I, parte B, per A.E.>150.000**

PARAMETRI	CONCENTRAZIONE	PERCENTUALE MINIMA DI RIDUZIONE
Fosforo totale	0,5 mg/l	90
Azoto totale	8 mg/l	80

# Trattamento terziario

Tabella 2, allegato I, parte B, per A.E.>150.000

per A.E.>100.000

PARAMETRI	CONCENTRAZIONE	PERCENTUALE MINIMA DI RIDUZIONE	TAB. 2 All. 5, P.III, D.Lgs. 152/06	
			Concentrazione	% minima di riduzione
Fosforo totale	0,5 mg/l	90	1 mg/l	80
Azoto totale	8 mg/l	80	10 mg/l	70-80

Ipotesi:  
 $P_0 = 8 \text{ mg/l}$   
 $\rightarrow \eta = 93,75\%$

Ipotesi:  
 $N_0 = 50 \text{ mg/l}$   
 $\rightarrow \eta = 84\%$

Ipotesi:  
 $P_0 = 8 \text{ mg/l}$   
 $\rightarrow \eta = 87,5\%$

Ipotesi:  
 $N_0 = 50 \text{ mg/l}$   
 $\rightarrow \eta = 80\%$

**C'è un consistente incremento di rendimento richiesto per la rimozione del fosforo!**

## Trattamento terziario

Gli Stati membri provvedono affinché gli scarichi provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano acque reflue urbane in provenienza da agglomerati con

**A.E. > 10.000**

che ricadono in aree sensibili all'eutrofizzazione, i requisiti pertinenti per il trattamento terziario di cui all'allegato I, parte B e tabella 2, entro il **31 dicembre** di:



**Tabella 2, allegato I, parte B, per  $10.000 < A.E. < 150.000$**

PARAMETRI	CONCENTRAZIONE	PERCENTUALE MINIMA DI RIDUZIONE
Fosforo totale	0,7 mg/l	87,5
Azoto totale	10 mg/l	75

# Trattamento terziario

**Tabella 2, allegato I, parte B, per 10.000<A.E.<150.000**

**per 10.000<A.E.<100.000**

PARAMETRI	CONCENTRAZIONE	PERCENTUALE MINIMA DI RIDUZIONE	TAB. 2 All. 5, P.III, D.Lgs. 152/06	
			Concentrazione	% minima di riduzione
Fosforo totale	0,7 mg/l	87,5	2 mg/l	80
Azoto totale	10 mg/l	75	15 mg/l	70-80

**Ipotesi:**  
 $P_0 = 8 \text{ mg/l}$   
 $\rightarrow \eta = 91,25\%$

**Ipotesi:**  
 $N_0 = 50 \text{ mg/l}$   
 $\rightarrow \eta = 80\%$

**Ipotesi:**  
 $P_0 = 8 \text{ mg/l}$   
 $\rightarrow \eta = 75\%$

**Ipotesi:**  
 $N_0 = 50 \text{ mg/l}$   
 $\rightarrow \eta = 70\%$

**L'incremento di rendimento richiesto per la rimozione del fosforo risulta ancora più elevato!**

Scarico in aree sensibili all'eutrofizzazione

Tabella 2, allegato I, parte B, per  $10.000 < A.E. < 150.000$



**IMPIANTI BNR per rimozione di N e P + tratt. chimico per rimozione spinta di P**

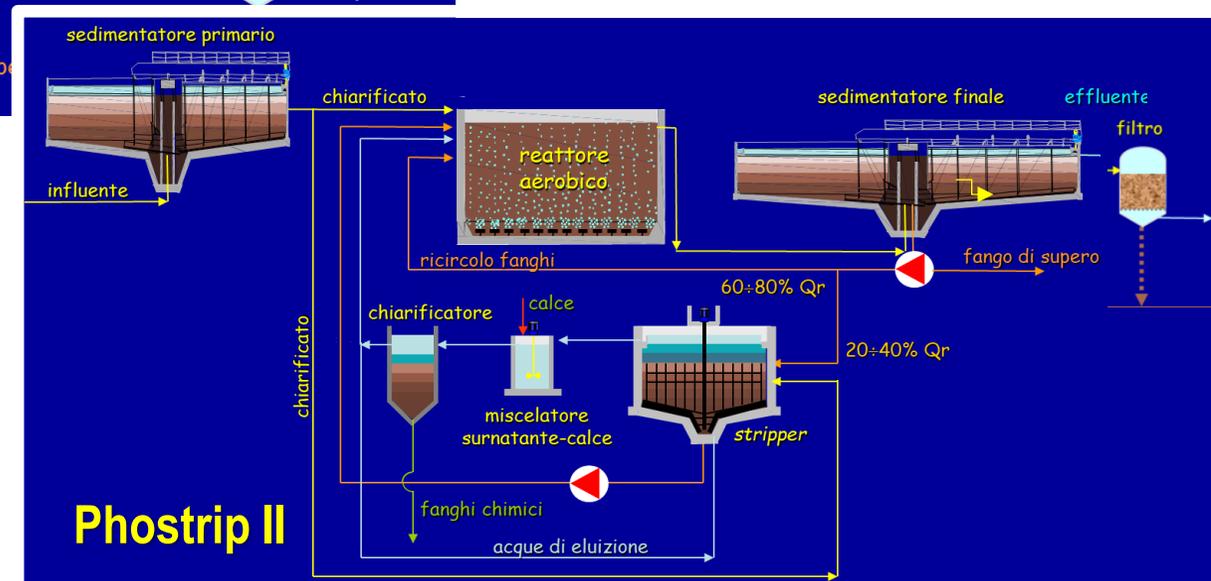
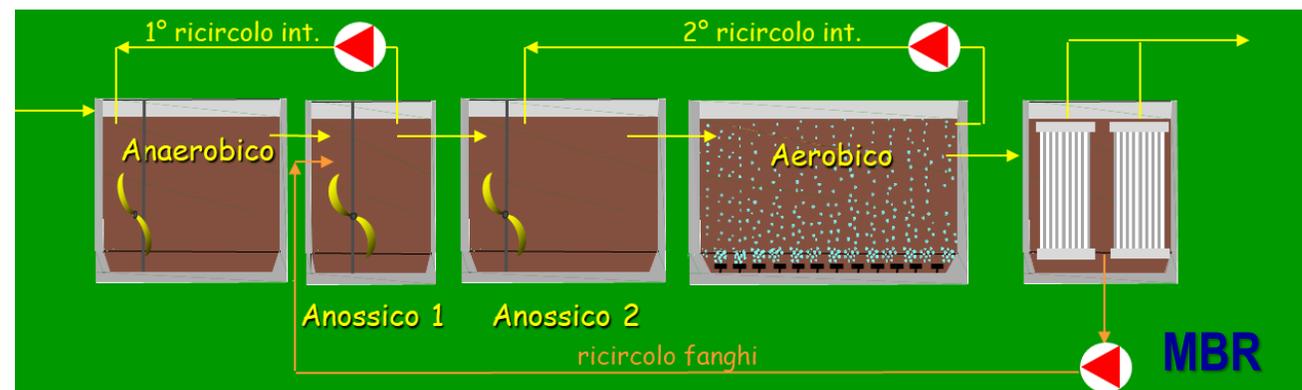
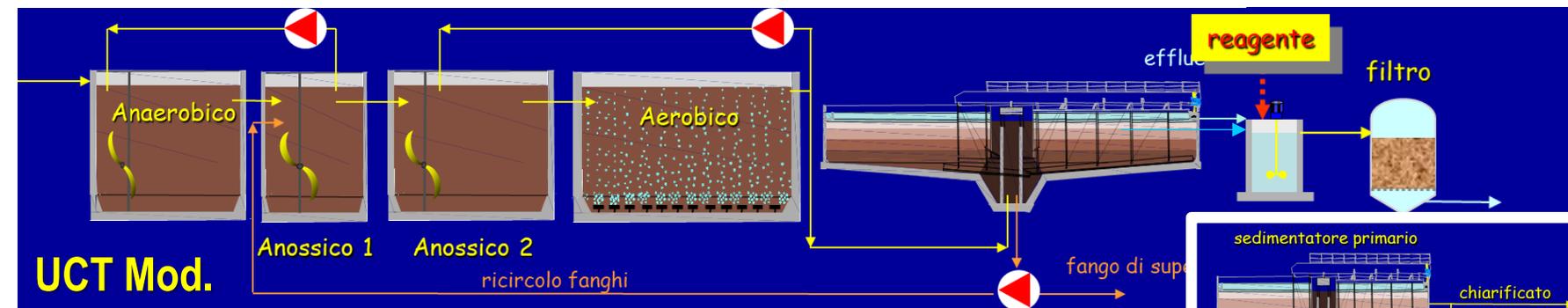
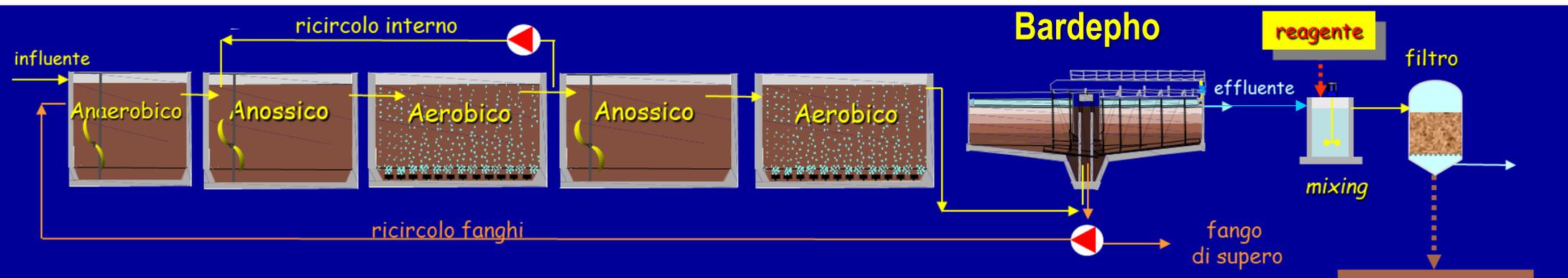
Scarico in qualunque corpo idrico ricettore

Tabella 2, allegato I, parte B, per  $A.E. > 150.000$

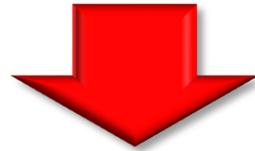


**IMPIANTI BNR per rimozione di N e P + tratt. chimico per rimozione >>> spinta di P**

# Trattamento terziario



**PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI**



**NECESSITÀ DI VOLUMI BEN MAGGIORI O DI MASSA DI FANGO ATTIVO MAGGIORE**

+

**INCREMENTO DELLA FORNITURA DI OSSIGENO**

+

**USO DI CHEMICALS**

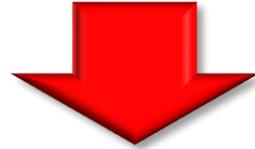
+

**FILTRAZIONE**

+

**MAGGIORE COMPLESSITÀ DI ESERCIZIO**

PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI



**NECESSITÀ DI VOLUMI BEN MAGGIORI O DI MASSA DI FANGO ATTIVO MAGGIORE**

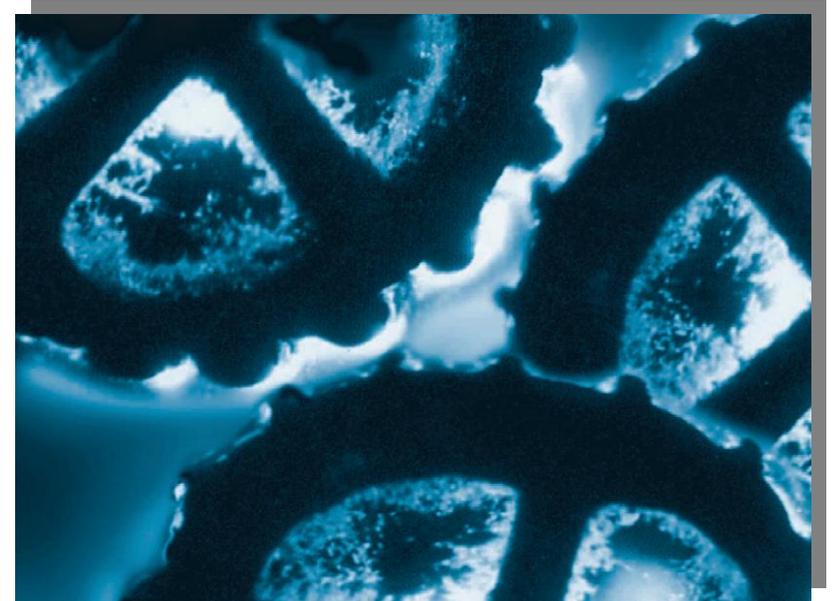
PER IL CONTENIMENTO DI VOLUMI SI PUÒ FARE RICORSO:

- **AI SISTEMI IBRIDI (BIOMASSA SOSPESA + ADESA)**

IFAS

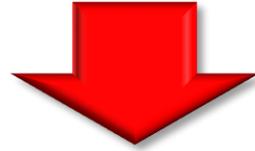
# Trattamento terziario

## Tecnologia IFAS Integrated **Fixed-film** **Activated** **Sludge**



IFAS

PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI



**NECESSITÀ DI VOLUMI BEN MAGGIORI O DI MASSA DI FANGO ATTIVO MAGGIORE**

PER IL CONTENIMENTO DI VOLUMI SI PUÒ FARE RICORSO:

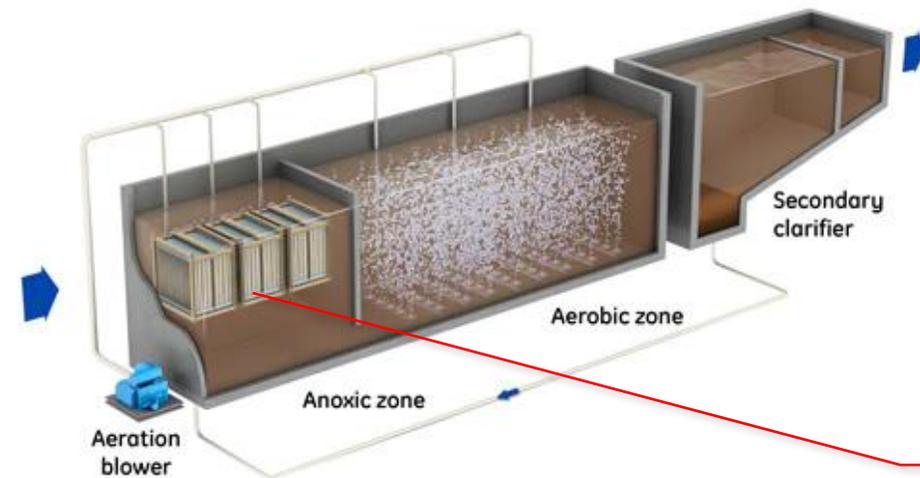
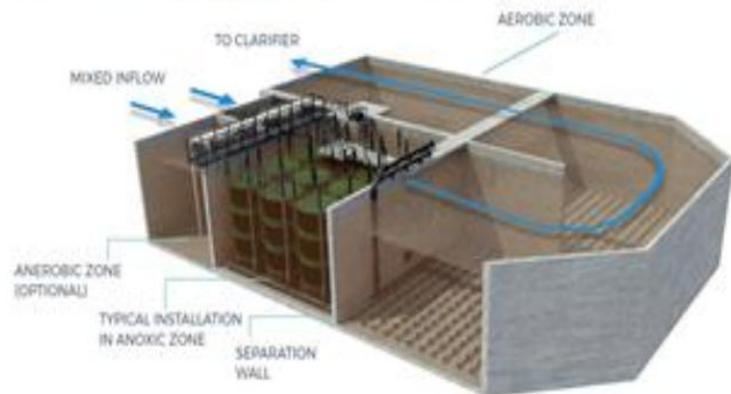
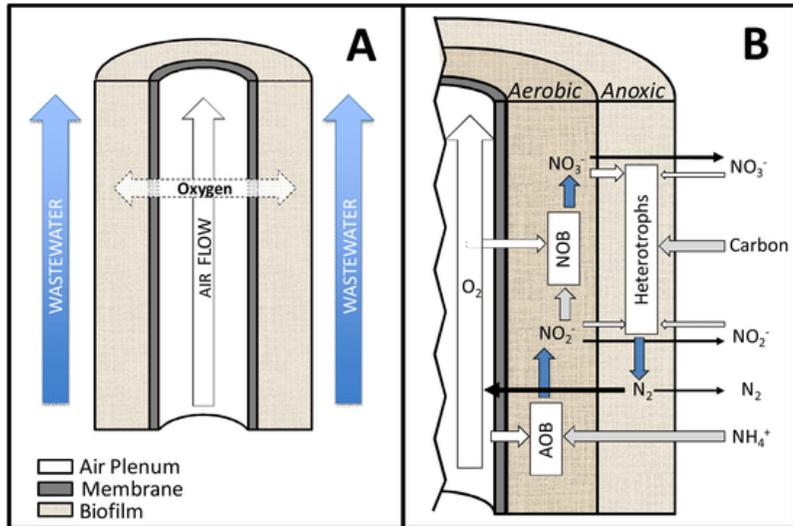
- AI SISTEMI IBRIDI (BIOMASSA SOSPESA + ADESA)

IFAS

MABR

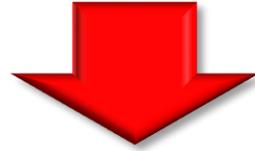
# Trattamento terziario

## Tecnologia MABR Membrane Aerated Biofilm Reactor



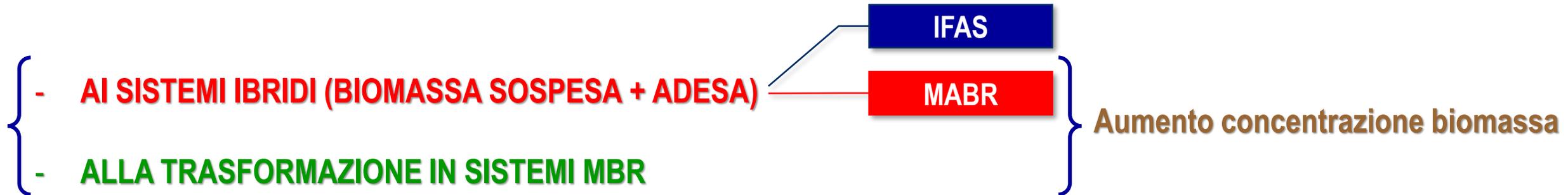
**MABR**

PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI

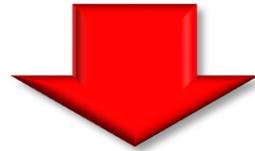


**NECESSITÀ DI VOLUMI BEN MAGGIORI O DI MASSA DI FANGO ATTIVO MAGGIORE**

PER IL CONTENIMENTO DI VOLUMI SI PUÒ FARE RICORSO:

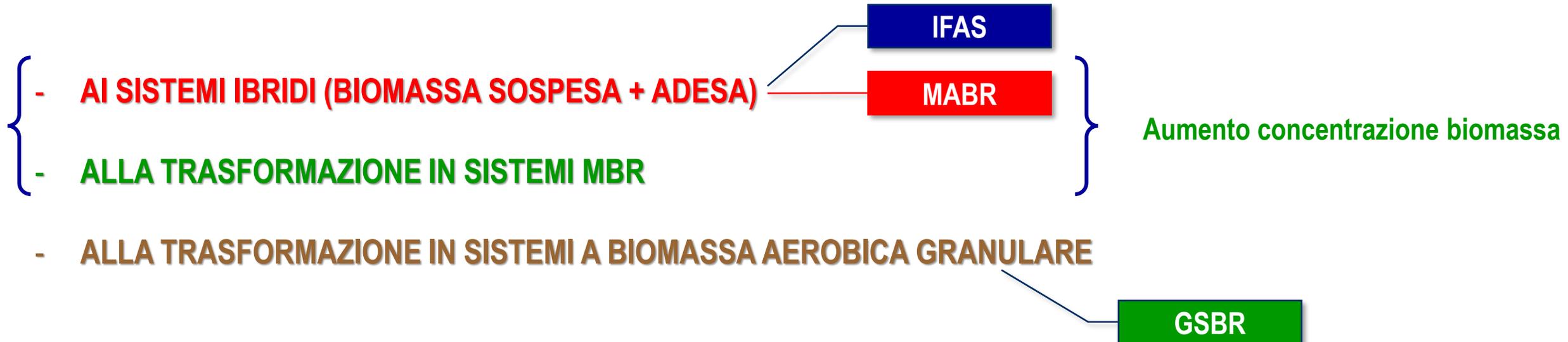


PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI



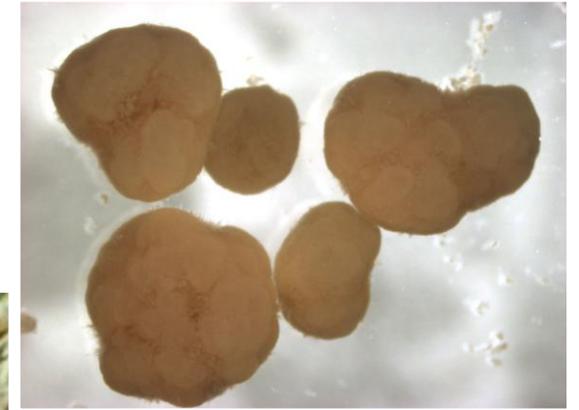
NECESSITÀ DI VOLUMI BEN MAGGIORI O DI MASSA DI FANGO ATTIVO MAGGIORE

PER IL CONTENIMENTO DI VOLUMI SI PUÒ FARE RICORSO:

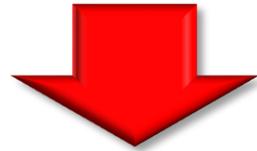


# Trattamento terziario

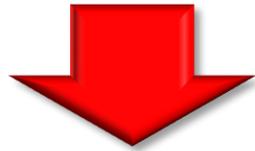
## Tecnologia GSB Granular Sequencing Batch Reactor



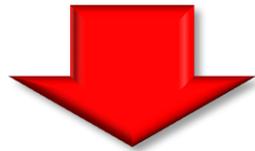
**PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI**



**INCREMENTO DELLA FORNITURA DI OSSIGENO**

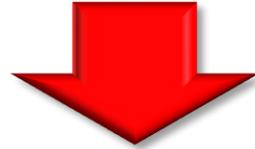


**MAGGIORI CONSUMI DI ENERGIA**

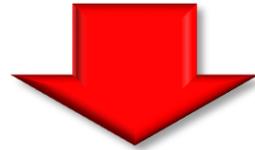


**NECESSITÀ DI OTTIMIZZARE LA FORNITURA DI OSSIGENO,  
UTILIZZANDO SISTEMI DI AERAZIONE PIÙ EFFICIENTI E AUTOREGOLATI**

PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI



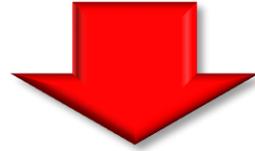
USO DI CHEMICALS



- SCELTA OTTIMALE DEGLI AGENTI CHIMICI
- USO DI SISTEMI AUTOREGOLATI DI DOSAGGIO
- USO DI SENSORISTICA ON LINE

**NOTA: NEL CASO DEGLI IMPIANTI MBR MASSIMA ATTENZIONE ALLA PRECIPITAZIONE CHIMICA CHE PUÒ COMPORTARE LO «SCALING» DELLE MEMBRANE**

**PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI**



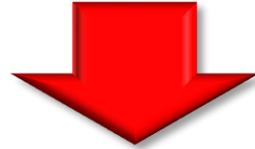
**FILTRAZIONE**

**IN QUESTE CIRCOSTANZE, RISULTA ESSERE UN**

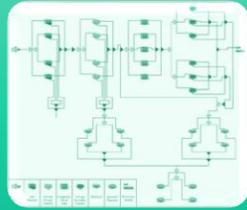
**TRATTAMENTO ESSENZIALE**

**SIA PER LA RIMOZIONE DEL FOSFORO MA ANCHE PER IL  
MANTENIMENTO DI BASSI LIVELLI DI SOLIDI NELL'EFFLUENTE.**

**PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI**



**MAGGIORE COMPLESSITÀ DI ESERCIZIO**



**USO DI MODELLI DI SIMULAZIONE  
A SCOPO PREVISIONALE**

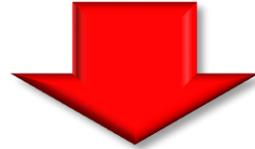


**NECESSITÀ DI UN ELEVATO  
LIVELLO DI TELECONTROLLO E  
AUTOMAZIONE (sistemi SCADA)**



**PERSONALE CON COMPETENZE  
PIÙ ELEVATE**

PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI ESISTENTI



... E I FANGHI DI SUPERO?

**NITRIFICAZIONE E DENITRIFICAZIONE  
NE FAVORISCONO UNA MINORE  
PRODUZIONE**



**LA PRECIPITAZIONE CHIMICA DEL  
FOSFORO COMPORTA UNA MAGGIORE  
PRODUZIONE**

### TRATTAMENTO QUATERNARIO: LA NUOVA FRONTIERA DELLA DEPURAZIONE

Il **trattamento quaternario** necessario per rimuovere i microinquinanti dalle acque reflue urbane comporterà costi aggiuntivi, connessi ad esempio al monitoraggio e al costo di nuove attrezzature da installare in taluni impianti di trattamento delle acque reflue urbane.

Entro il **31 dicembre 2030** gli Stati membri stilano un elenco delle aree del loro territorio nazionale nelle quali la concentrazione o l'accumulo di microinquinanti derivanti dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane rappresenta un rischio per l'ambiente o per la salute umana.

Gli Stati membri riesaminano tale elenco nel **2033**, e successivamente **ogni sei anni** e all'occorrenza lo aggiornano.

Gli Stati membri provvedono affinché gli scarichi provenienti dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano acque reflue urbane con un carico di **150.000 a.e. o più** soddisfino, prima dello scarico nei corpi idrici recettori, i requisiti pertinenti per il trattamento quaternario di cui all'allegato I, parte B e Tabella 3.



Indicatori	Percentuale minima di rimozione in rapporto al carico dell'affluente
<p><b>Sostanze che possono inquinare l'acqua anche a basse concentrazioni:</b></p> <p>a) Categoria 1 (sostanze che possono essere trattate molto facilmente):</p> <p><b>Amisulpride</b>  <b>Carbamazepina</b>  <b>Citalopram</b>  <b>Claritromicina</b>  <b>Diclofenac</b>  <b>Idroclorotiazide</b>  <b>Metoprololo</b>  <b>Venlafaxina</b></p> <p>b) Categoria 2 (sostanze che possono essere eliminate con facilità):</p> <p><b>Benzotriazole</b>  <b>Candesartan</b>  <b>Irbesartan</b>  <b>Miscela di 4-metilbenzotriazolo e 5-metilbenzotriazolo</b></p>	<p style="font-size: 2em; color: red;"><b>80 %</b></p> <p style="color: red;"><u>Nota</u></p> <p>La percentuale di rimozione minima viene calcolata sul flusso in condizioni di tempo secco per almeno <b>6 sostanze</b>; il numero delle sostanze di <i>Categoria 1</i> deve essere il doppio di quello della <i>Categoria 2</i></p>

Gli Stati membri provvedono affinché gli scarichi provenienti dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano acque reflue urbane con un carico di **150.000 a.e. o più** soddisfino, prima dello scarico nei corpi idrici recettori, i requisiti pertinenti per il trattamento quaternario di cui all'allegato I, parte B e Tabella 3, entro il **31 dicembre** di:



Se scaricano in:

- a) bacini idrografici per i punti di captazione di acque destinate al consumo umano
- b) acque di balneazione;
- c) aree in cui si svolgono attività di acquacoltura.

Oppure se scaricano in **aree individuate in base a una valutazione dei rischi** per l'ambiente o per la salute umana associati allo scarico di microinquinanti nelle acque reflue urbane:

- a) laghi;
- b) fiumi con rapporto di diluizione inferiore a 10;
- c) aree in cui occorre un trattamento supplementare per ottemperare alle prescrizioni delle direttive comunitarie sullo stato dei corpi idrici;
- d) zone speciali di conservazione e zone speciali di protezione;
- e) acque costiere;
- f) acque di transizione;
- g) acque marine.

Gli Stati membri provvedono affinché gli scarichi provenienti dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano acque reflue urbane con un carico maggiore di **10.000 a.e.** soddisfino, prima dello scarico nei corpi idrici recettori, i requisiti pertinenti per il trattamento quaternario di cui all'allegato I, parte B e Tabella 3, entro il **31 dicembre** di:



### RIUSO

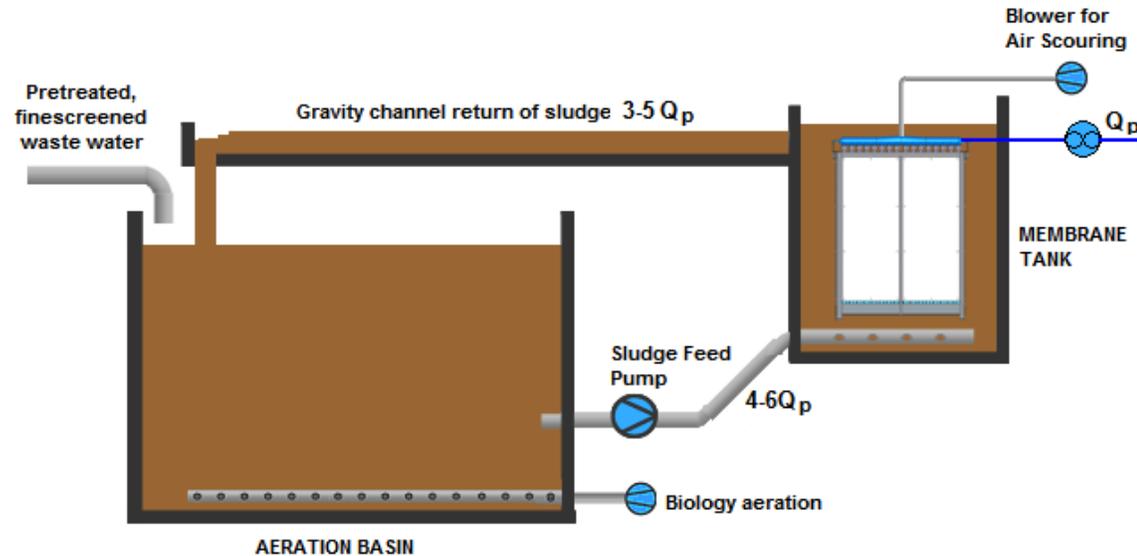
Fatte salve le altre disposizioni del presente articolo, al fine di garantire che il **riutilizzo delle acque reflue urbane trattate** sia sicuro per l'ambiente e per la salute umana, gli Stati membri provvedono affinché, se del caso, le acque reflue urbane riutilizzate o di cui è previsto il riutilizzo siano trattate conformemente ai requisiti per il trattamento quaternario di cui all'allegato I, parte B e tabella 3.

Gli Stati membri provvedono affinché si tenga conto dell'esito delle **valutazioni del rischio** effettuate a norma del regolamento (UE) **2020/741** qualora le acque reflue urbane trattate siano riutilizzate a fini agricoli.

## TECNOLOGIE DISPONIBILI

Trattamenti biologici avanzati e loro efficienza nella rimozione dei contaminanti emergenti

### Processi MBR



### MBR INTEGRATI

AOP-MBR o MBR-AOP

MBR-NF o MBR-RO

BioFilm/ Bioentrapped MBR

Reattori Aerobici Granulari + MBR

Bioreattori con Distillazione a membrana MD-BR

MBR enzimatici

MBR-GAC o PAC-MBR

UASB - MBR

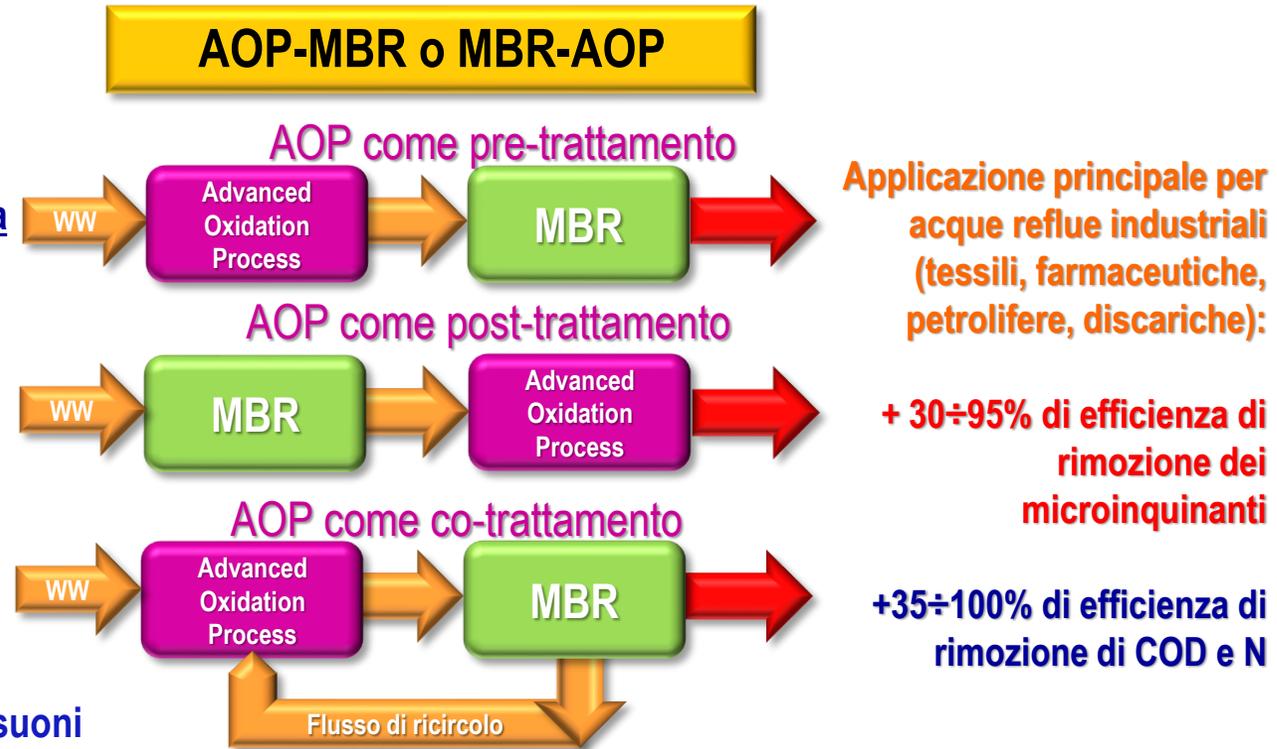
Elettrocoagulazione-MBR

..... - MBR

# Trattamento quaternario

## Processi di Ossidazione Avanzata AOP:

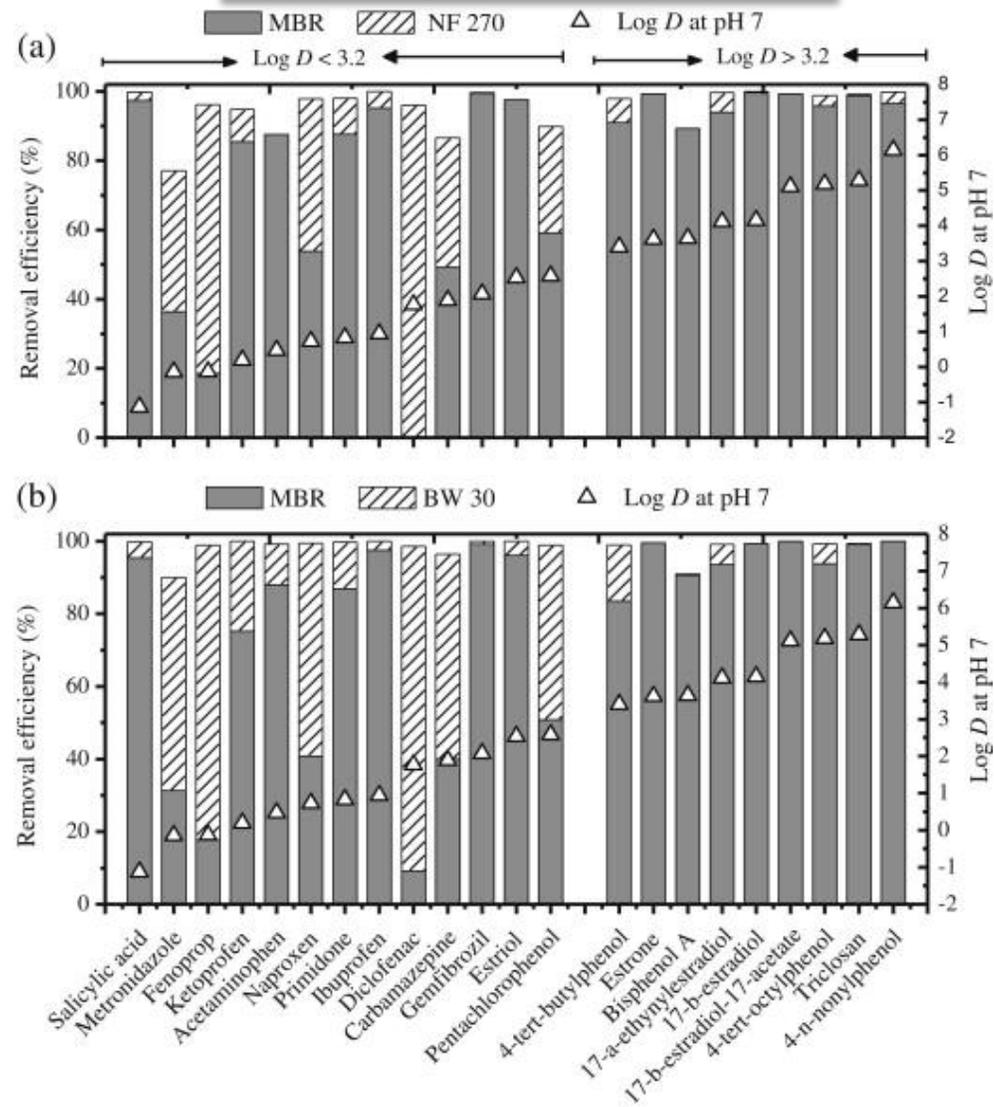
- Ossidazione con aria umida
- Ossidazione elettrochimica
- Ossidazione Fenton
- Coagulazione elettrochimica
- Ozonizzazione
- Ozonizzazione catalitica
- Ossidazione fotocatalitica
- Ossidazione ad ultrasuoni
- Ossidazione catalitica ad ultrasuoni



# Trattamento quaternario

MBR-NF o MBR-RO

Rimozione di  
composti  
farmaceutici

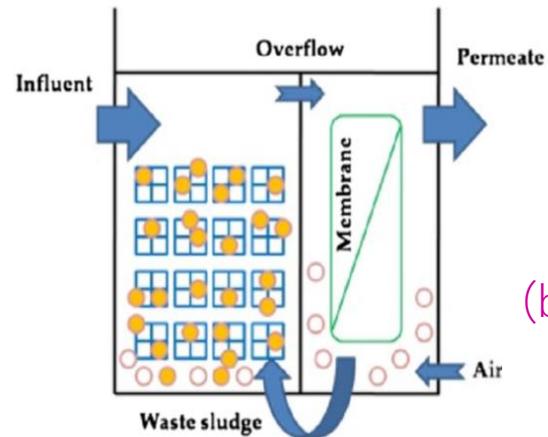
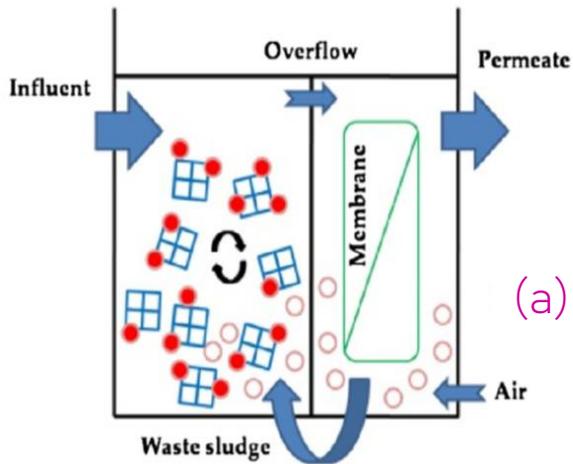


MBR+Nanofiltrazione

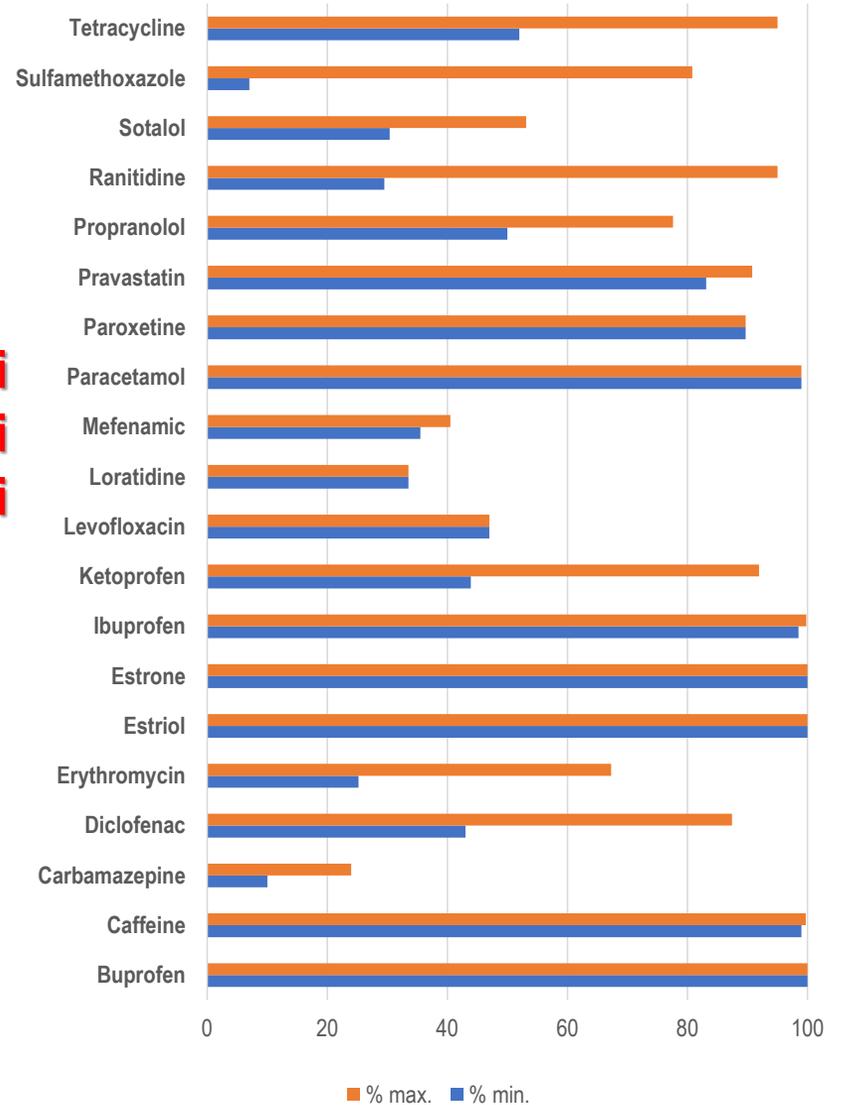
MBR+Osmosi Inversa

# Trattamento quaternario

## BioFilm/ Bioentrapped MBR

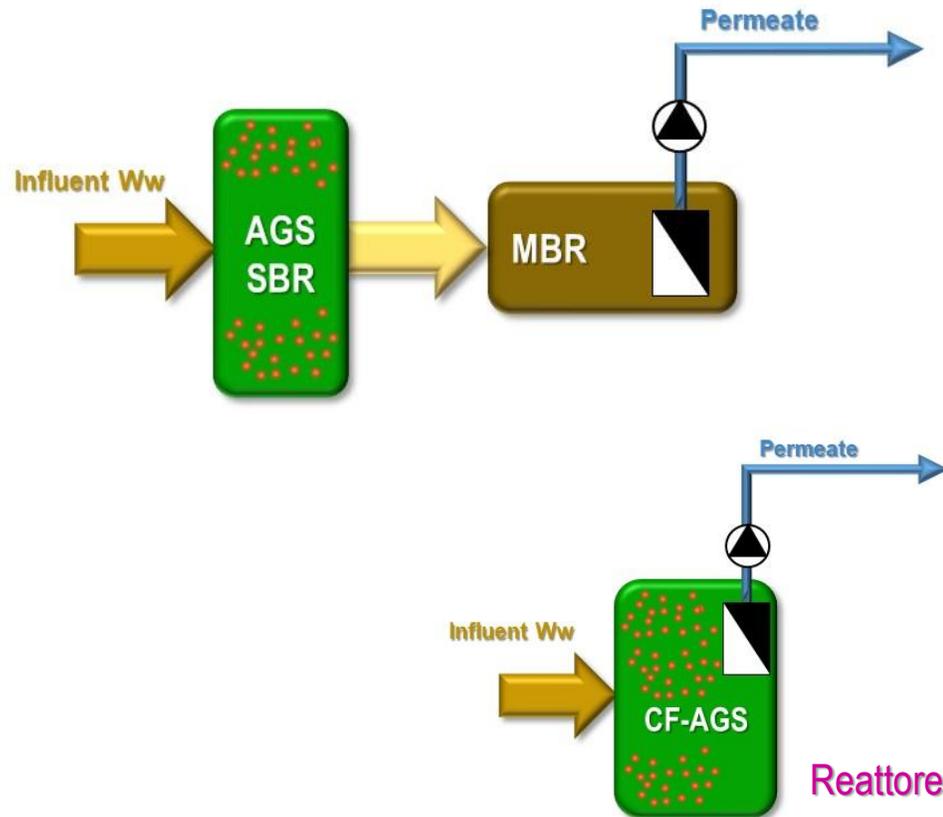


**Rimozione di  
composti  
farmaceutici**

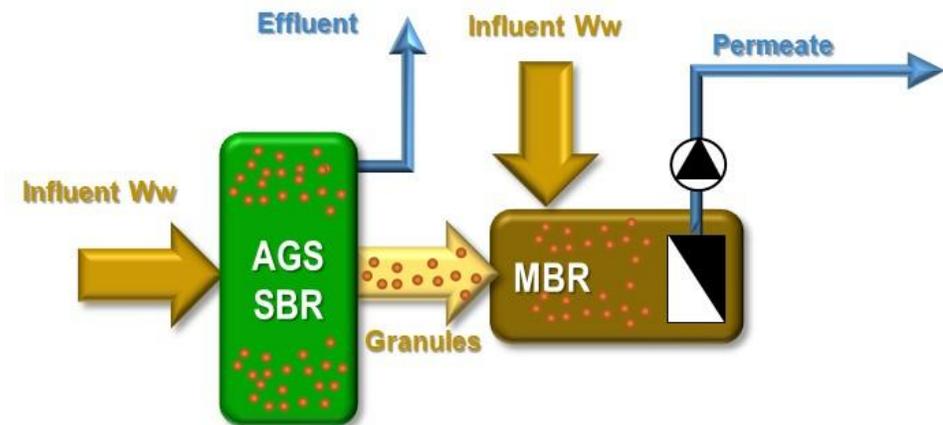


## Biomasse Aerobiche Granulari - MBR

MBR alimentato con l'effluente di un reattore aerobico granulare SBR



Biomassa aerobica granulare coltivata in reattore separato SBR e liquame alimentato nell'MBR

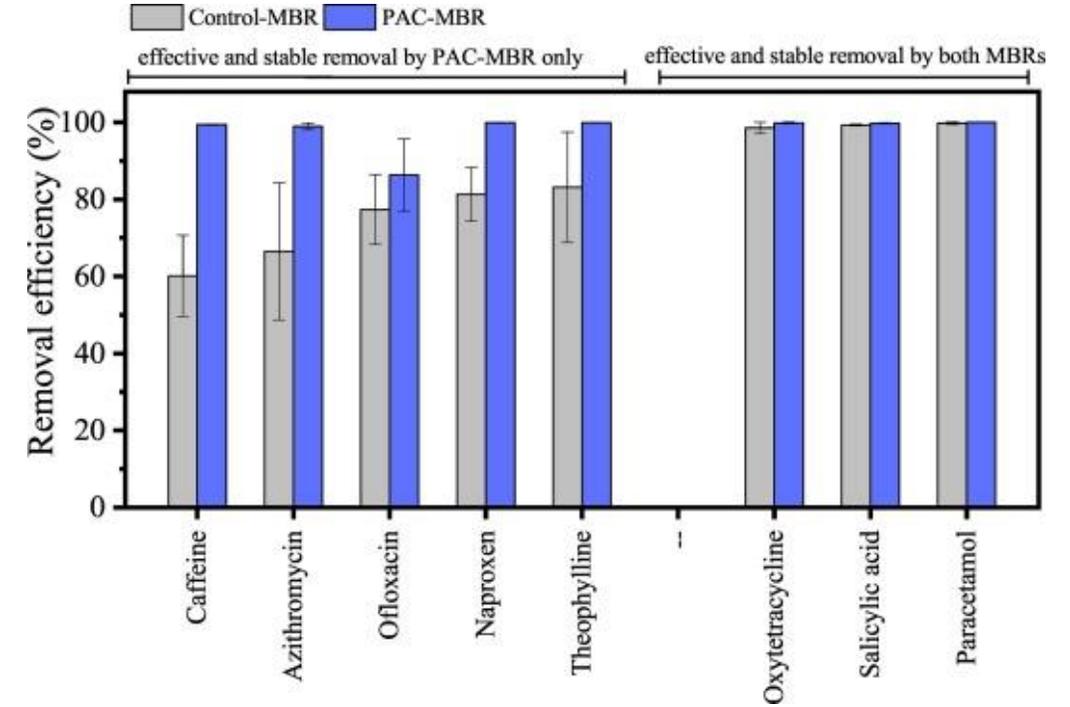
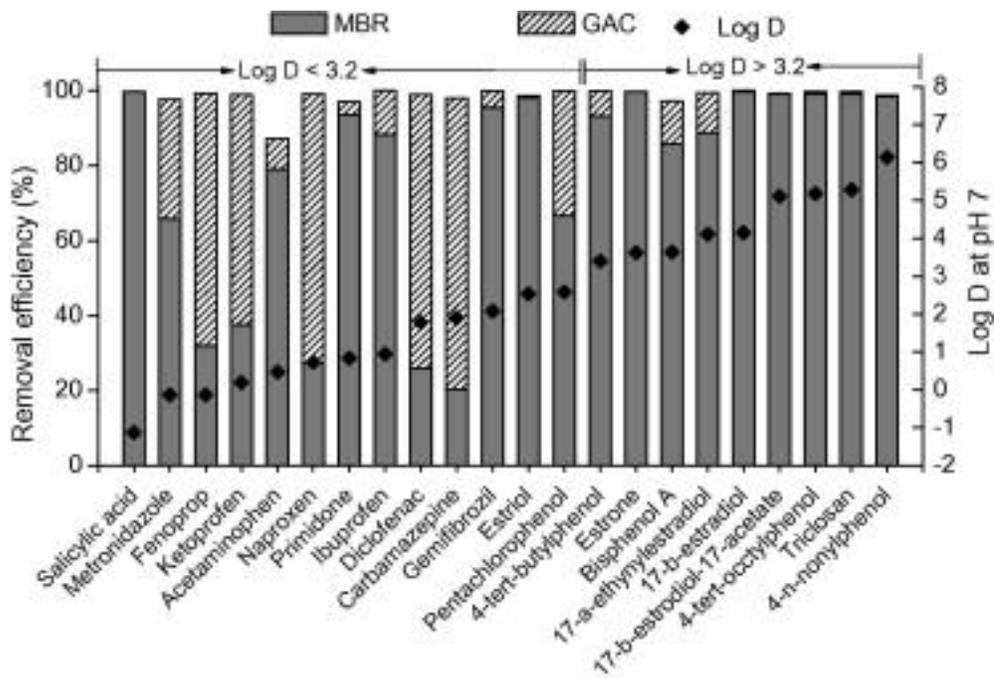
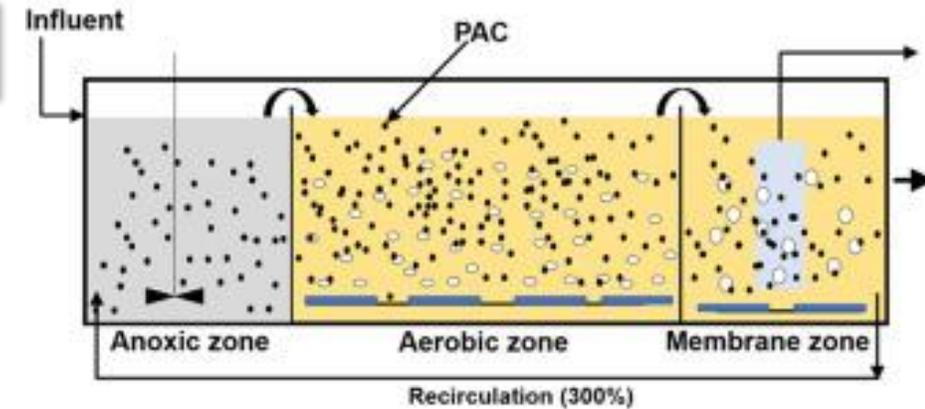


Reattore a flusso continuo a biomassa aerobica granulare con granuli a diretto contatto con le fibre di membrana

# Trattamento quaternario

## MBR – GAC o MBR - PAC

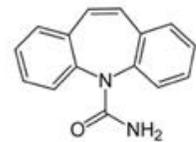
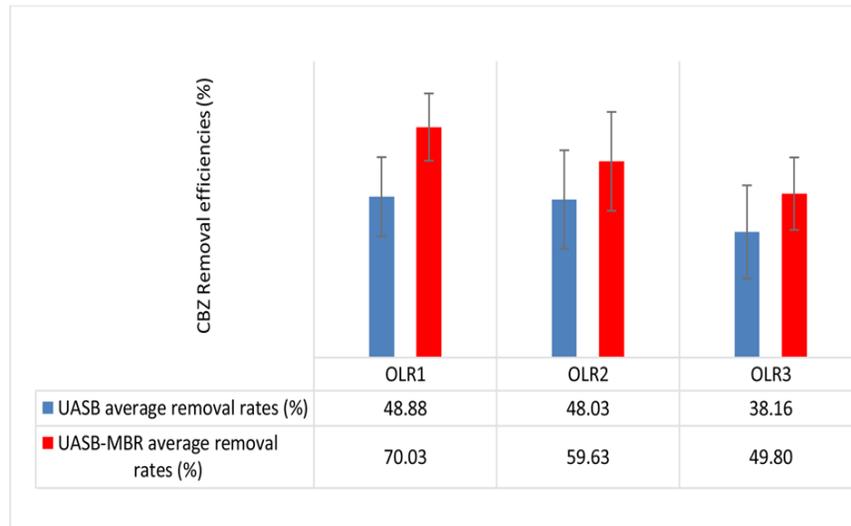
Il carbone attivo granulare (GAC) ha dimostrato di raggiungere con successo i livelli trattati di sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) richiesti, con cicli operativi di almeno due mesi tra la rigenerazione. Un'alternativa è dosare carbone attivo in polvere (PAC) nella linea a fanghi attivi di ritorno (RAS), ma questo ovviamente si aggiunge ai residui solidi (fanghi).



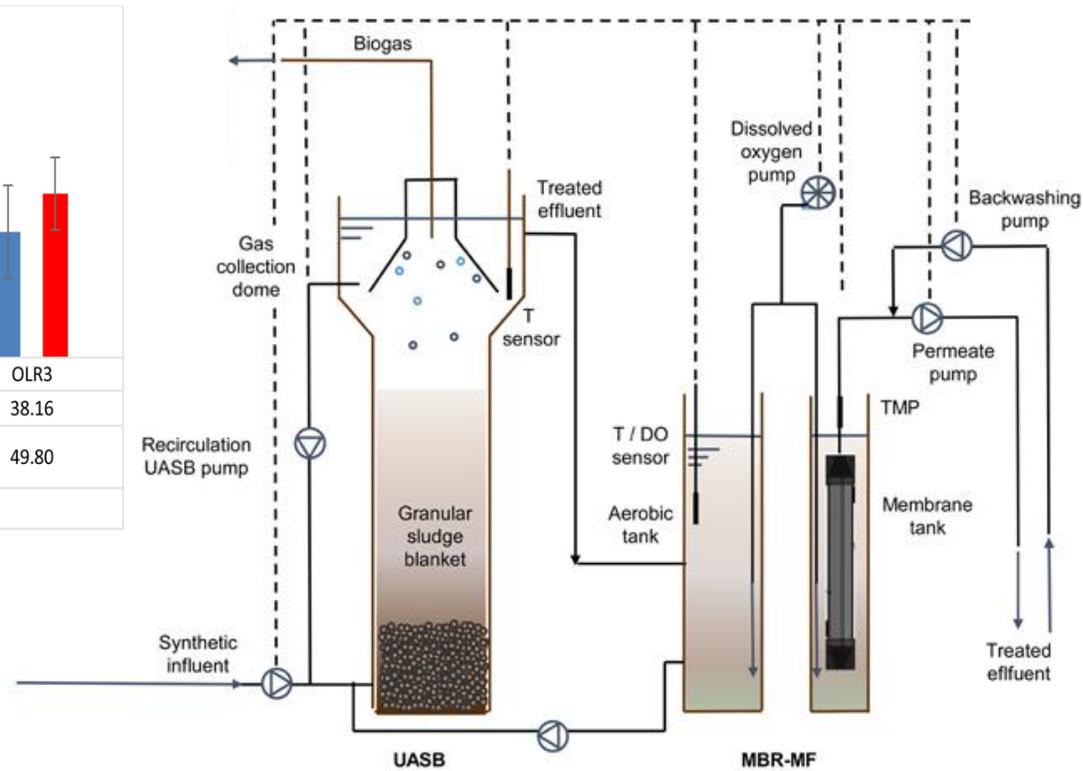
# Trattamento quaternario

## UASB - MBR

### Rimozione della Carbamazepina



Carbamazepine -CBZ



### TRATTAMENTO QUATERNARIO: CHI PAGHERÀ ?



Viene applicato il principio «chi inquina paga», sancito all'articolo 191, paragrafo 2, TFUE



## RESPONSABILITÀ ESTESA DEL PRODUTTORE DI MICROINQUINANTI

## Trattamento quaternario

### TRATTAMENTO QUATERNARIO: CHI PAGHERÀ ?

SETTORI COINVOLTI:  
FARMACEUTICO E COSMETICO.



Entro il **31/12/2028**, i produttori che immettono sul mercato i prodotti medicinali o cosmetici (che rappresentano la fonte principale dei microinquinanti presenti nelle acque reflue urbane) dovranno assumersi una responsabilità estesa, facendosi carico dell'**80%** dei costi per il trattamento quaternario (artt. 9 e 10).

## Trattamento quaternario

### TRATTAMENTO QUATERNARIO: CHI PAGHERÀ ?

SETTORI COINVOLTI:  
FARMACEUTICO E COSMETICO.



Entro il **31/12/2028**, i produttori che immettono sul mercato i prodotti medicinali o cosmetici (che rappresentano la fonte principale dei microinquinanti presenti nelle acque reflue urbane) dovranno assumersi una responsabilità estesa, facendosi carico dell'**80%** dei costi per il trattamento quaternario (artt. 9 e 10).

# CONCLUSIONI

## Implicazioni operative e strategiche per gli impianti

**Gli effetti della direttiva vanno ben oltre la tecnologia.**

**Gli impianti dovranno cambiare il proprio assetto gestionale, adottando modelli digitali e sostenibili.**

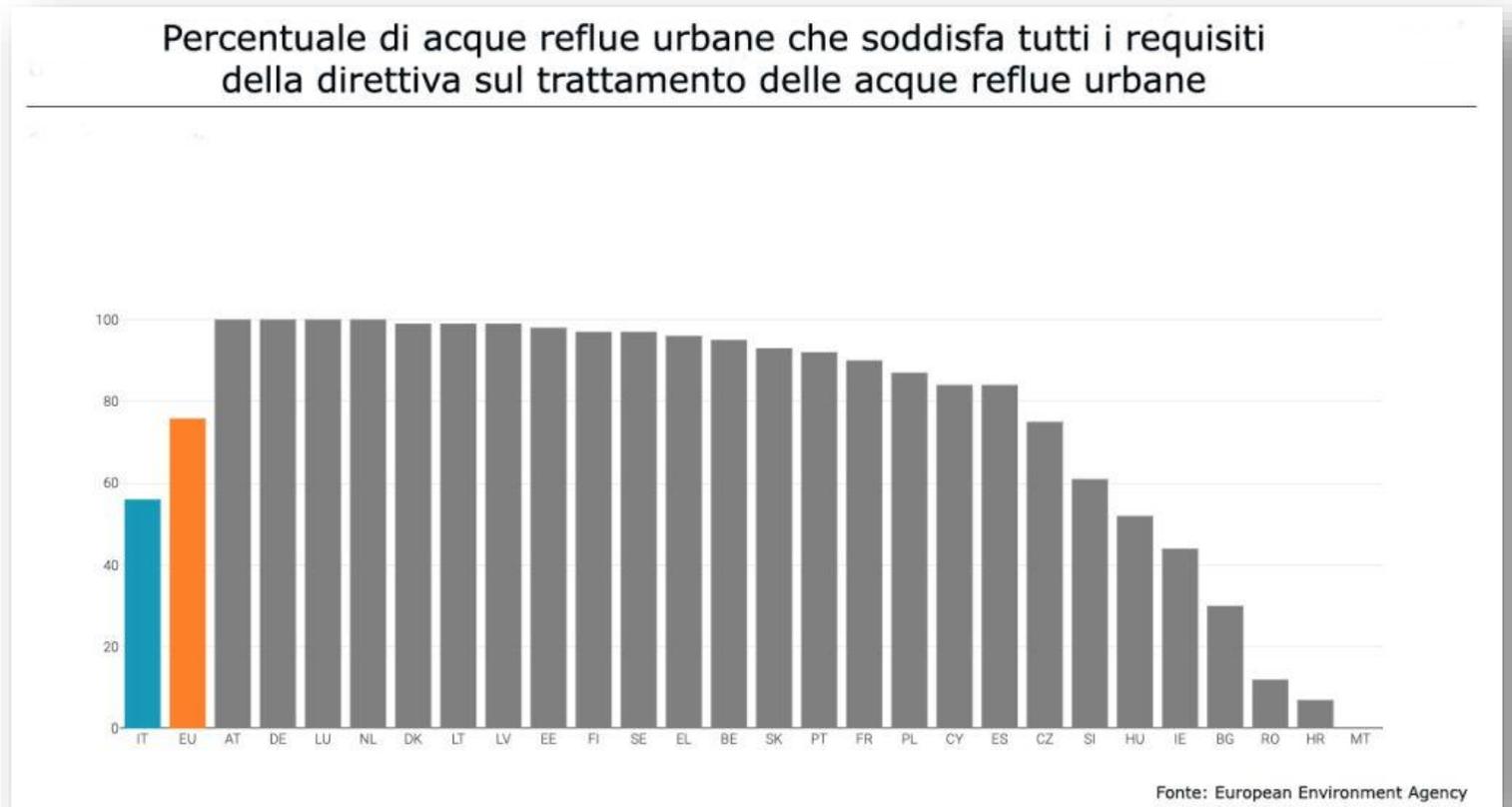
**Saranno richiesti audit approfonditi per identificare le criticità, l'installazione di sistemi di monitoraggio SCADA, l'adozione di soluzioni low-carbon (come cogenerazione o fotovoltaico), la formazione continua del personale e una rinegoziazione dei contratti con fornitori secondo criteri di performance.**

# CONCLUSIONI

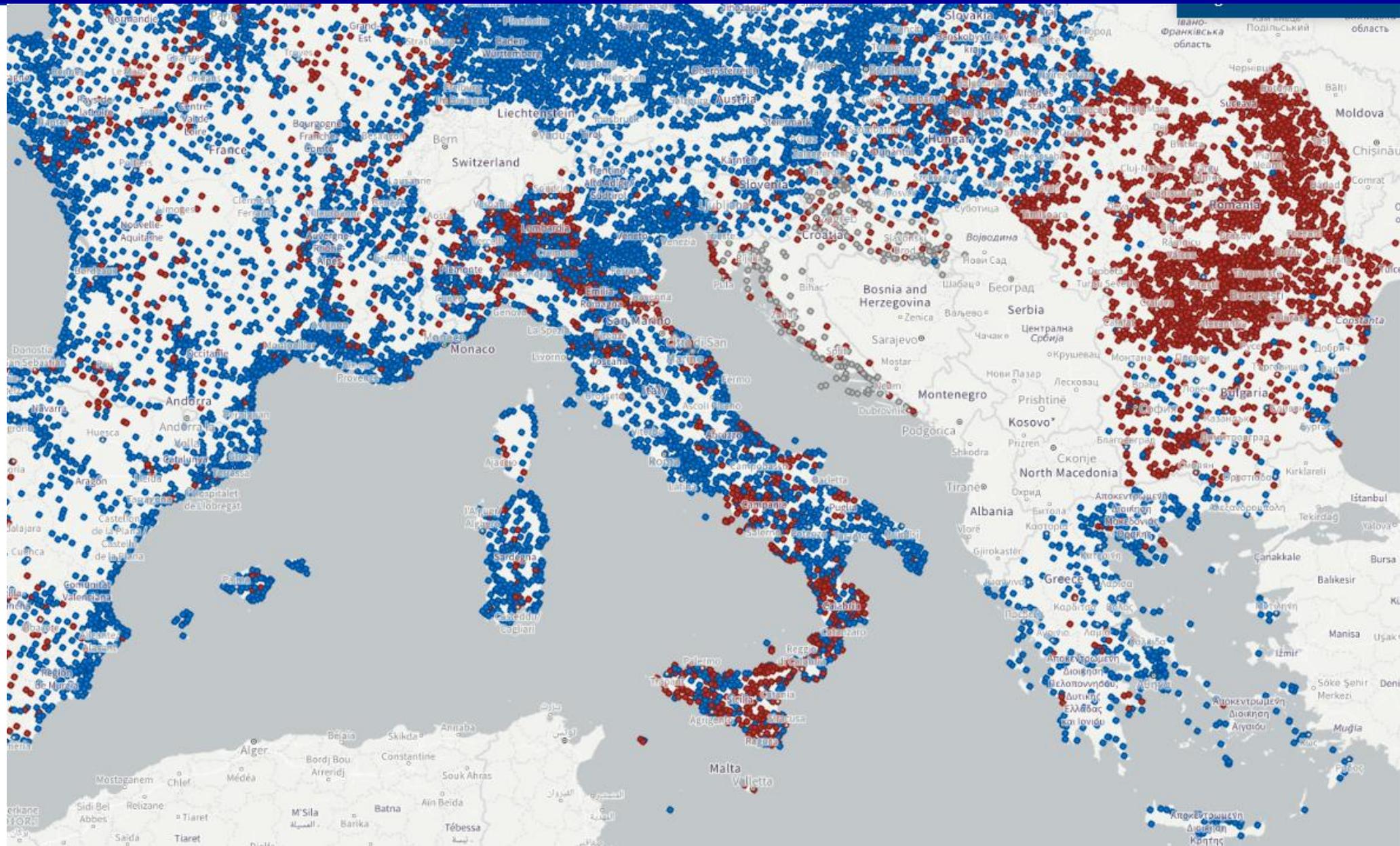
## Il punto di partenza...

Secondo le ultime valutazioni fatte, il tasso di conformità della depurazione in Italia è complessivamente pari al **56 %**, al di sotto della media UE del **76 %**.

A livello nazionale, gli scarichi di acque reflue urbane contribuiscono in modo significativo a una qualità dell'acqua **non buona nel 45,8%** dei corpi idrici superficiali, tra fiumi, laghi e costieri.



# CONCLUSIONI



# CONCLUSIONI

## OPPORTUNITÀ PER IL SETTORE: NON SOLO OBBLIGHI

Sebbene la direttiva introduca **oneri considerevoli**, essa apre anche a **nuove opportunità concrete e strategiche** per il settore del trattamento acque.

Gli impianti virtuosi, infatti, potranno **accedere con maggiore facilità a bandi e fondi strutturali europei**, destinati all'ammodernamento delle infrastrutture e all'integrazione di tecnologie pulite.

La valorizzazione dei **fanghi di depurazione**, tramite digestione anaerobica o altri processi innovativi, consentirà di trasformare un residuo critico in risorsa energetica (**biogas**) o agronomica (fertilizzanti organici), contribuendo all'**economia circolare**.

# CONCLUSIONI

## OPPORTUNITÀ PER IL SETTORE: NON SOLO OBBLIGHI

Sul piano della **reputazione ambientale**, le aziende che adotteranno in anticipo i nuovi standard potranno posizionarsi come **best practice** di settore, con vantaggi competitivi tangibili nelle relazioni con enti pubblici, stakeholder territoriali e clienti sensibili alla sostenibilità.

L'adozione di protocolli **ESG (Environmental, Social and Governance)** diventerà una leva trasversale non solo per l'accesso a strumenti finanziari agevolati, ma anche per attrarre investimenti e migliorare la percezione del marchio aziendale.

Inoltre, l'evoluzione normativa stimolerà la nascita di **nuove professionalità tecniche e digitali** legate al trattamento avanzato, alla gestione dei dati ambientali e alla manutenzione predittiva.

Ciò avrà un impatto positivo sul mercato del lavoro e sull'indotto industriale, contribuendo a creare filiere locali specializzate e resilienti.

## CONCLUSIONI

La Direttiva certamente porrà alla maggior parte degli Stati membri forti pressioni per la crescente necessità di investimenti.

È una sfida difficile da affrontare, dal punto di vista sociale, economico, organizzativo.

Il settore del S.I.I., per quanto riguarda la depurazione dei reflui urbani, attraverserà anni di transizione e di incertezze in attesa degli interventi risolutivi, soprattutto nelle aree rimaste economicamente più deboli.

Può essere considerata, però, come un'opportunità di crescita per le aziende del S.I.I., con salti di qualità sostanziali in termini di competenza tecnica e digitale, di capacità gestionali e nell'interfacciamento tra aziende e utenti.

Inoltre, ne beneficeranno sia l'ambiente urbanizzato che quello naturale, soprattutto per il controllo degli scolmi causati dalle precipitazioni estreme e per la riduzione dei carichi rilasciati nei corpi idrici ricettori.

# 19

Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



*Università degli Studi di Palermo - Dipartimento di Ingegneria  
Aula G. Capito - viale delle Scienze - Ed. 7, Palermo*

# Grazie per l'attenzione



**Università  
degli Studi  
di Palermo**

**Prof. Michele Torregrossa**  
*michele.torregrossa@unipa.it*

**dj** dipartimento  
di ingegneria  
unipa



# Gli interventi per l'adeguamento alla Direttiva 2024/3019 degli impianti di trattamento delle acque reflue nel panorama Siciliano

*Prof. Fabio Fatuzzo*

*Commissario Straordinario Unico per la Depurazione e il Riutilizzo delle acque reflue*

# Contenuti

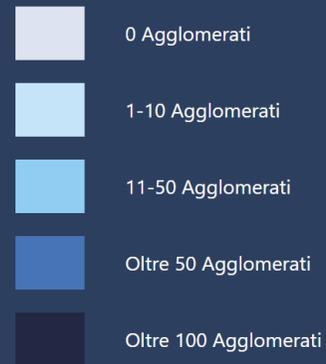
- Le infrazioni e le deleghe del Commissario Straordinario Unico Per la Depurazione ed il Riutilizzo delle Acque Reflue
- Gli interventi del CSU e le sfide attuali e future: tra promozione/implementazione del riutilizzo e predisposizione alla nuova direttiva (senza ulteriori costi!)
- ADEGUAMENTO ALLA NUOVA DIRETTIVA 3019/2024 → focus su impatto di articoli specifici e possibili attività preparatorie
- Caso studio Castelvetro
- Caso studio Catania

# Cosa fa il CSU alla Depurazione ed al Riuso

Direttiva **91/271/CEE** per violazioni legate agli obblighi di raccolta e trattamento delle acque reflue urbane, in particolare riguardo a: Applicazione degli **articoli 3 e 4**

Procedure d'infrazione aperte e sentenze della Corte di Giustizia UE evidenziano che l'Italia **non ha assicurato sistemi di collettamento e fognatura conformi** (articolo 3) né **trattamenti secondari adeguati dei reflui urbani raccolti** (articolo 4) in centinaia di casi.

## MAPPA DEGLI INTERVENTI IDRICI IN ITALIA



Guarda le PROCEDURE DI INFRAZIONE [↗](#)

## LE PROCEDURE CONTRO L'ITALIA

1. Infrazione **2004/2034** - condanna a pagamento sanzione pecuniaria (C-251/17)
2. Infrazione **2009/2034** - condanna (C-85/13)
3. Infrazione **2014/2059** - condanna
4. Infrazione **2017/2181** - fase istruttoria

<https://commissariounicodepurazione.it/>

# Altre competenze del CSU nel Decreto legge del 17 ottobre 2024 n.153

## **Art. 3** Misure urgenti per la gestione della crisi idrica

Il CSU può esercitare compiti di coordinamento e di gestione degli interventi di riuso delle acque reflue, ove funzionali a garantire un utilizzo razionale delle risorse idriche e a contrastare situazioni di crisi delle risorse stesse, nel rispetto delle previsioni di cui al regolamento [\*\(\( UE \) 2020/741 del Parlamento europeo e del Consiglio\*\)](#), del 25 maggio 2020, come modificato dal regolamento delegato [\*\(\( UE \) 2024/1765 della Commissione\*\)](#), dell'11 marzo 2024, nonché di quelle stabilite ai sensi dell'[articolo 99 del decreto legislativo n. 152 del 2006](#), **senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica.**

**Sono necessarie misure integrative che possano abilitare operativamente le deleghe del CSU sul riuso irriguo, in modo da poter operativamente sfruttare le potenzialità**

# In sintesi ed in semplici parole, mandato, «mission» e priorità del Commissario si riassumono in:

1. Uscire dall'infrazione comunitaria, su scala nazionale, nel minor tempo possibile e nella migliore sostenibilità tecnica, economica, ambientale e sociale
2. Promuovere ed implementare il riutilizzo delle acque reflue, **senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica**
3. Predisporre gli interventi, almeno concettualmente e comunque al meglio possibile, ai dettami della nuova direttiva 3019/2024, **senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica**

**La nuova direttiva 3019/2024: diretto impatto prossimo futuro sugli interventi realizzati dal CSU. Ad esempio (ma non solo) per (slide 1/2):**

- **Articolo 5 «Piani integrati di gestione delle acque reflue urbane» →**
  - ***può avere impatto su sistemi di fognatura ed integrazione con sistema complessivo di drenaggio urbano (e.g. carico da scolmatori di fognatura mista) → necessario forte coordinamento con Comuni***
- **Articolo 7 «Trattamento terziario» →**
  - ***predisporre, almeno concettualmente, capitolo ed elaborato per integrazione con maggiore rimozione di azoto e fosforo***
- **Articolo 8 «Trattamento quaternario» →**
  - ***predisporre, almeno concettualmente, capitolo ed elaborato per integrazione con trattamenti per rimozione (80% target) contaminanti emergenti***

**La nuova direttiva 3019/2024: diretto impatto prossimo futuro sugli interventi realizzati dal CSU. Ad esempio (ma non solo) per (slide 2/2):**

**- Articolo 11 «Neutralità energetica»**

- ***Predisporre in fase progettuale stime di proiezioni di consumi e recupero/produzione energetica possibili, anche con calcoli semplificati e parametrici***

**- Articolo 15 «Riutilizzo dell'acqua e scarichi di acque reflue urbane»**

Promozione del riutilizzo delle acque reflue urbane ... anche in considerazione dei trattamenti terziari e quaternari (**Articolo 8 «Trattamento quaternario»**)

- ***Predisporre in fase di progettazione un capitolo (almeno concettuale) di possibile schema di riutilizzo agricolo e/o industriale e/o civile e/o ambientale***

**- Articolo 20 : «Trattamento terziario» e «Fanghi e recupero di risorse» (azoto e fosforo)**

- ***Per impianti oggetto di modifiche di cui all'articolo 7, prevedere impatto su contenuto dei nutrienti nei fanghi di depurazione***

# Focus sul riuso

- Perché il riuso irriguo delle acque reflue depurate era complesso (e non attuato): **lo scenario al 2019**, potenzialità e barriere
- **Gli interventi del CSU** ed il potenziale riutilizzo dei reflui trattati
- **Casi studio:**
  - Caso studio Castelvetro per riutilizzo irriguo
  - Caso studio Catania per riutilizzo irriguo e/o industriale
- **Proposta metodologica**

# Premessa «storica»: potenzialità e barriere in Sicilia – recenti studi scientifici (2019) coordinati da UNICT



Article

How to Overcome Barriers for Wastewater  
Agricultural Reuse in Sicily (Italy)?

Delia Ventura <sup>1</sup>, Simona Consoli <sup>1</sup>, Salvatore Barbagallo <sup>1</sup>, Alessia Marzo <sup>2,\*</sup>,  
Daniela Vanella <sup>1</sup>, Feliciano Licciardello <sup>1</sup> and Giuseppe L. Cirelli <sup>1</sup>

Secondo lo STUDIO UNICT del 2019, il **volume potenziale di acque reflue depurate prodotto** dagli impianti collegati ai distretti irrigui era stimato pari a **163 milioni di m<sup>3</sup> anno<sup>-1</sup>**, mentre il **deficit idrico** era stimato pari a **66 milioni di m<sup>3</sup> anno<sup>-1</sup>**



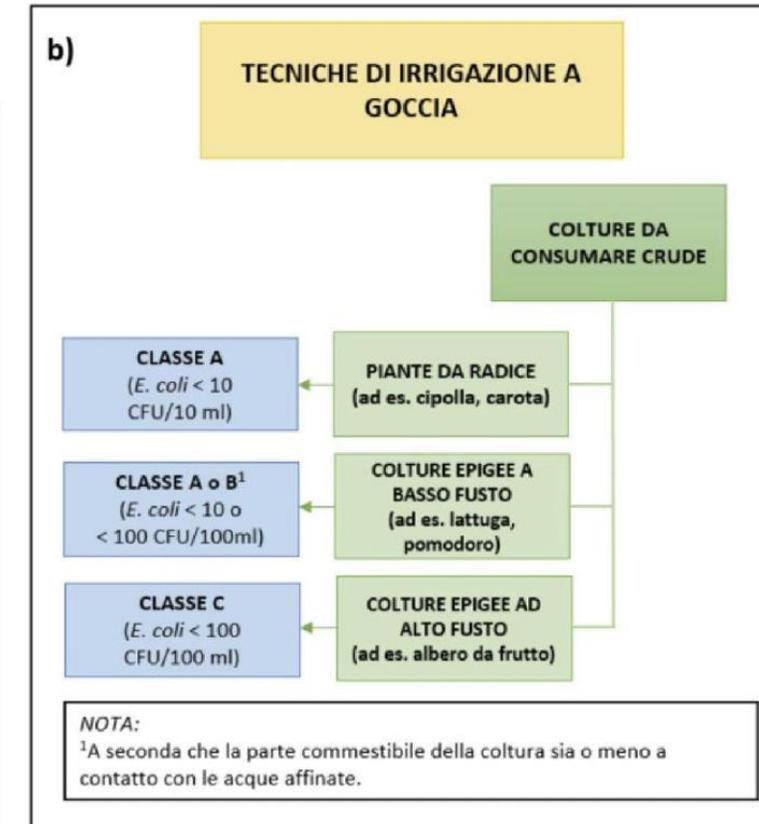
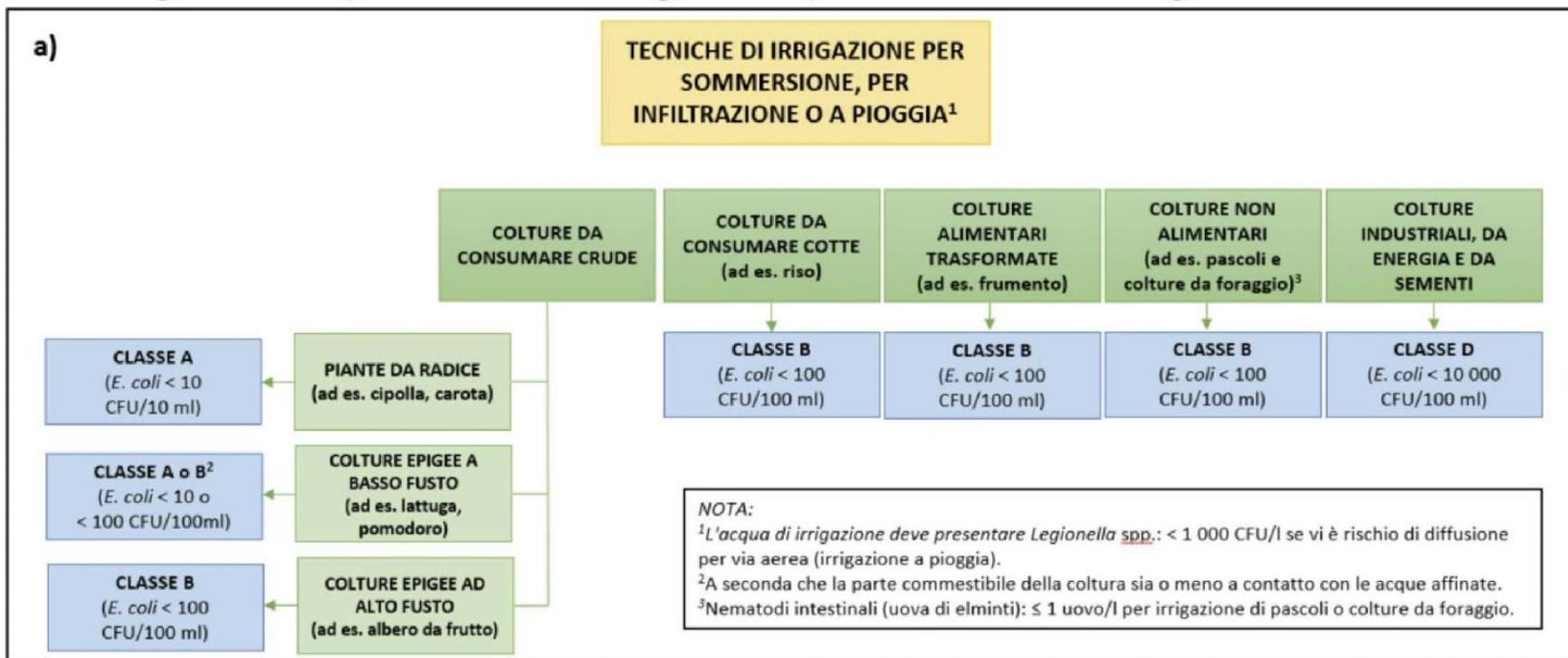
La **qualità** delle acque reflue depurate **non era adeguata** al riutilizzo irriguo per la maggior parte dei casi considerati!

# Anche in casi di adeguata qualità delle acque depurate, le principali barriere al riuso:

- Legislazioni restrittive (DM 185/03) → **potenzialmente superata grazie al nuovo regolamento europeo e relativi decreti attuativi. La Regione Sicilia, ha già la legge attuativa**
- Percezione pubblica del riutilizzo delle acque reflue depurate in relazione alla sicurezza sanitaria ed ambientale → **potenzialmente superabile con attenzione a trasparenza e comunicazione dei piani di gestione del rischio**
- Elevata distanza e pendenza sfavorevole tra gli impianti di depurazione e le aree irrigabili → **gestione in impianti decentralizzati**
- Costi di monitoraggio e distribuzione (costruzione e manutenzione) → **???**
- Necessità di immagazzinare in sicurezza acque reflue trattate durante i periodi autunno-invernali, dal momento che la produzione di acque reflue trattate è continua durante tutto l'anno, mentre la domanda di irrigazione è generalmente concentrata durante la stagione di crescita delle colture nei periodi di siccità-estate → **riutilizzo e scarico non più molto distanti con la 3019/2024 per grandi impianti**

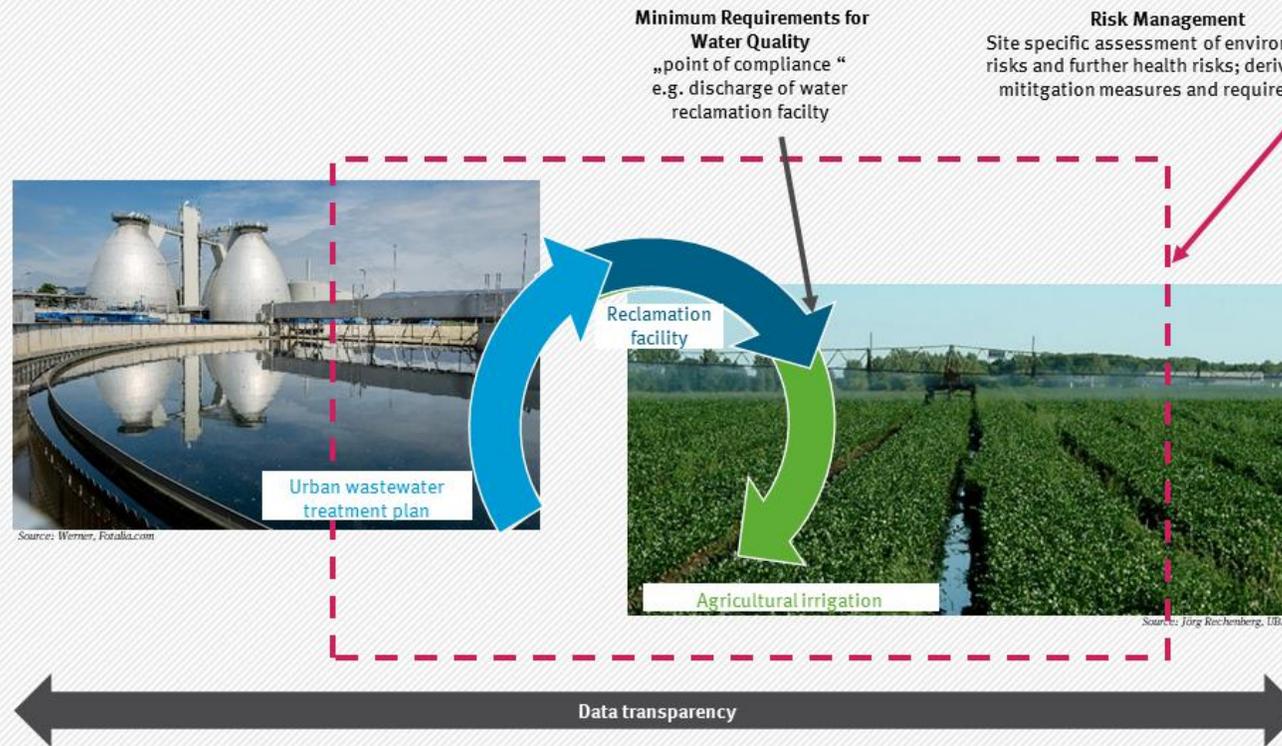
# Il nuovo regolamento: maggiore chiarezza e potenziale facilitazione del riuso irriguo

esempi di schemi per la selezione della classe delle acque affinate (conformemente al regolamento) per a) sistemi di irrigazione aperti o b) sistemi di irrigazione localizzati



# Approccio basato sul rischio sanitario ed ambientale

## Scope of the EU Regulation on Water Reuse



Source: German Environment Agency (UBA)

**Maggiori sono i dati monitoraggio della qualità dell' acqua → più accurata ed affidabile è analisi rischio sanitario ed ambientale**

# Nel prossimo futuro: qualità per lo scarico (EU 2024/3019) e per il riuso (EU 2020/741)

Qualità dell'acqua	2024/3019	2024/3019	2020/741	2020/741
Parametro	Concentrazione (mg/L o numero/100 mL)	Percentuale minima di riduzione in rapporto al carico dell'affluente	Concentrazione (mg/L o numero/100 mL)	Percentuale minima di riduzione in rapporto al carico dell'affluente (%)
BOD <sub>5</sub>	25	70-90	A ≤ 10 - B,C,D 25	70-90
COD	125	75		
TOC	37	75		
TSS	35	90	A ≤ 10 - B,C,D 35	90
P <sub>TOT</sub>	0.7 (<150K AE) - 0.5 (>150K AE)			
N <sub>TOT</sub>	10 (<150K AE) - 8 (>150K AE)			
E.coli			≤ 10 (classe A) - 100 (classe B) - 1000 (classe C) - 10000 (classe D)	
NTU			≤ 5	
Legionella			≤ 1000 ufc/L	
Nematoidi			≤ 1 uovo/L	

2024/3019				
Microinquinanti	Nome della sostanza	Numero CAS	Percentuale minima di riduzione in rapporto al carico dell'affluente * trattamento terziario per impianti > 150 000 AE	Categoria
1 (trattabile con grande facilità)	Amisulpride	71675-85-9	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Carbamazepina	298-46-4	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Citalopram	59729-33-8	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Claritromicina	81103-11-9	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Diclofenac	15307-86-5	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Idroclorotiazide	58-93-5	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Metoprololo	37350-58-6	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Ventafaxina	93413-69-5	80	Pharmaceuticals
2 (eliminabile con facilità)	Benzotriazolo	95-14-7	80	Additives
2 (eliminabile con facilità)	Candesartano	139481-59-7	80	Pharmaceuticals
2 (eliminabile con facilità)	Irbesartano	138402-11-6	80	Pharmaceuticals
2 (eliminabile con facilità)	Miscela 4-metilbenzotriazolo / 5-metilbenzotriazolo	29878-31-7 / 136-85-6	80	Additives

**Fino al punto di consegna i trattamenti aggiuntivi per i impianti medio-grandi saranno molto limitati o nulli anche per riuso in classe A**

# IN SICILIA

Il 06 febbraio 2024 è stato pubblicato il Decreto Attuativo della **legge regionale 22 marzo 2022** in attuazione di quanto previsto dall'articolo 2 della l.r. 22 marzo 2022, in accordo con il Regolamento (UE) 2020/741 del 25 maggio 2020 del Parlamento europeo e del Consiglio, recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua.

## **Il decreto disciplina:**

- a) il riutilizzo delle acque reflue urbane affinate ai fini irrigui;**
- b) il riutilizzo delle acque reflue urbane affinate ai fini industriali;**
- c) il riutilizzo delle acque reflue urbane affinate ai fini civili;**
- d) il riutilizzo delle acque reflue urbane affinate ai fini ambientali.**

**Con specifico riferimento al riutilizzo a fini industriali s'intende:**

- Acque antincendio;\***
- Acque di processo; \***
- Acque di lavaggio; \***
- Acque per i cicli termici dei processi industriali; \***

# Piano di gestione dei rischi per il riutilizzo d acque reflue- Depuratore

Caso Studio – San Benedetto del Tronto

Caso studio – Fregene – ACEA

Caso studio – Castelvetrano – TRAPANI

Caso studio – Castel San Pietro – HERA



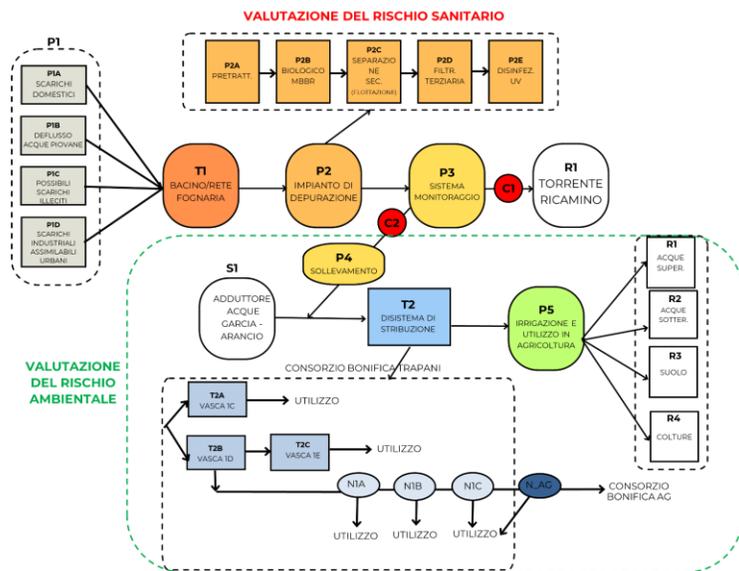
Regione Siciliana

Assessorato regionale dell'energia e dei servizi di pubblica utilità

Dipartimento regionale dell'acqua e dei rifiuti

IL DIRIGENTE GENERALE

**AUTORIZZAZIONE ALLO SCARICO, CON FINALITÀ DI RIUTILIZZO AGRICOLO CON CLASSE C, AI SENSI DELL'ART. 6 DEL D.M. 185/03, DELL'ART. 124 DEL D. LGS. N. 152/06 E SS.MM.II. E DELL'ART. 8 DEL D.A. N. 6/GAB DEL 6/2/2024, PER L'IMPIANTO DI DEPURAZIONE SITO IN VIA ERRANTE VECCHIA A SERVIZIO DEL COMUNE DI CASTELVETRANO (TP).**



- a) le acque reflue urbane in uscita dall'impianto di depurazione di via Errante Vecchia a servizio del comune di Castelvetrano (TP), potranno essere scaricate con finalità di riutilizzo per scopi irrigui, con classe C, di cui alla classificazione del Regolamento CE 2020/741, con sistema di irrigazione a goccia, nel rispetto delle prescrizioni minime di qualità dell'acqua di cui alle tabelle 1, 2 e 3 sezione 2 dell'allegato 1 del D.A. n. 6/GAB del 06/02/2024, oltre ad i parametri della tabella allegata al D.M. 185/2003, per un volume annuo potenziale stimato in 7.446.000 m<sup>3</sup> (850 mc/h);
- b) ai sensi dell'allegato 1 – Sezione 2 Tabella 2 del D.A. n. 6/GAB del 06/02/2024 "Classi di qualità e prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura", per la classe di qualità delle acque affinate oggetto della presente autorizzazione, classe C, devono essere rispettati i seguenti limiti:

- Escherichia coli ≤ 1000 (UFC/100mL);
- BOD<sub>5</sub> ≤ 25 (mg/L);
- TSS ≤ 35 (mg/L);
- N tot 35 (mg/L)
- P tot ≤ 10 (mg/L);
- Salinità ≤ 10 (gr/L)
- Salmonella assente;
- Legionella spp ≤ 1000 (UFC/L);
- Nematodi intestinali ≤ 1 uovo/L;
- Tabella allegata al D.M. n°185/03 per i rimanenti parametri;

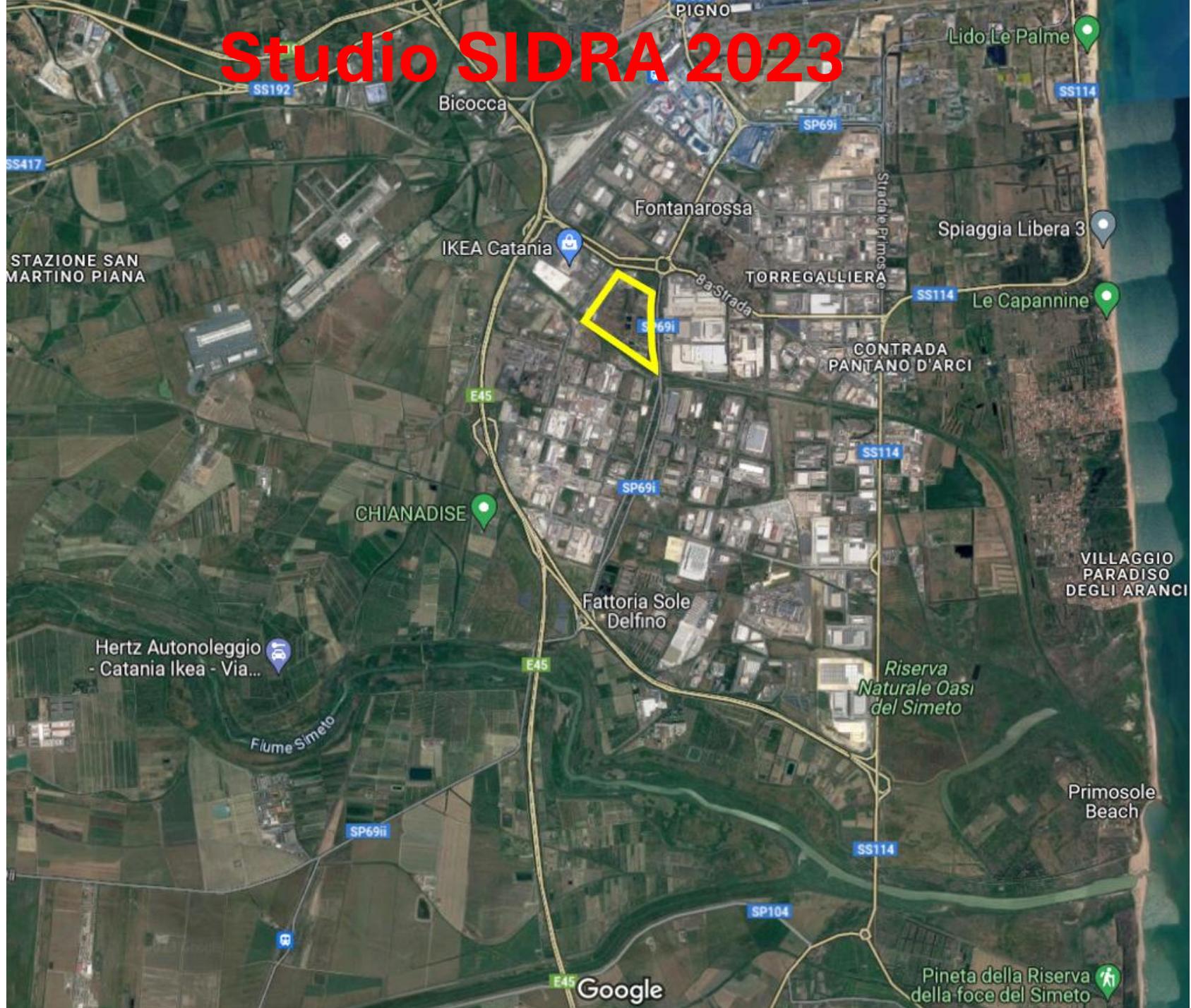
- c) le "Frequenze minime delle attività di monitoraggio delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura", per la classe di qualità delle acque affinate oggetto della presente autorizzazione, classe C, dovranno rispettare la Tab.3 dell'allegato 1 – Sezione 2 del D.A 6/GAB;
- d) l'immissione delle portate a riutilizzo irriguo avverrà nell'adduttore diramazione ovest del Sistema Garcia-Arancio che alimenta sia gli impianti irrigui del Consorzio di Bonifica 3 Agrigento che quelli del Consorzio di Bonifica 1 – Trapani e interessa i territori comunali di Sambuca di Sicilia, Sciacca, Menfi, Santa Margherita Belice, Partanna e Castelvetrano, (in particolare l'acqua affinata alimenterà e sarà stoccata nelle vasche 1C, 1D, 1E);
- e) per tutti i parametri chimico-fisici, i valori limite sono da riferirsi a valori medi su base annua. Il riutilizzo deve comunque essere immediatamente sospeso ove, nel corso dei controlli sia superato il valore puntuale di qualsiasi parametro della tabella allegata al D.M. n°185/03, ad eccezione di *Escherichia coli*, Azoto totale e fosforo totale;
- f) a seguito della sospensione, il riutilizzo può essere riattivato solo dopo che il valore puntuale del parametro o dei parametri per cui è stato sospeso sia rientrato al di sotto del valore limite in almeno tre controlli successivi e consecutivi;

- Potenzialità Depuratore 54320 AE
- Portata media oraria in tempo asciutto 560 m<sup>3</sup>/h
- Esigenza di produrre acqua affinata di classe C (irrigazione di uliveti e vigne)



COMMISSARIO  
STRAORDINARIO UNICO  
PER LA DEPURAZIONE

# Studio SIDRA 2023



## RISORSE/APPROVIGIONAMENTI\*

dati annuali 2021

## FABBISOGNI

Q scaricata

ALTA QUALITA'

ACQUE SUD 3'800'000±10% m3



365 d lavorativi 252 d lavorativi  
ST MICROELETTRONICS, ENEL GREEN POWER, IKEA,  
SAPIO, LPE, GEST.IMM.

RETE CITTADINA/  
SERBATOIO GIUSTI 800'000±10% m3



365 d lavorativi 252 d lavorativi 252 d lavorativi  
SIBEG, PFIZER,ZOETIS, EREDI BELFIORE

CAMPI POZZI



POZZO MILISINNI 200'000±10% m3



252 d lavorativi  
TUTTE LE ALTRE: PARMALAT, MEDIA PLAST,  
ACCIAIERIE DI SICILIA, DUSTY SRL, INALME,  
MARR, TRATOS CAVI  
**232.596 m3 (I+C)**

ALTRE FORNITURE (Altri  
pozzi/conferimento con  
cisterne/altro)

600'000 m3



Altre industrie del territorio non servite  
attualmente da SIDRA

AREA ZIC



# Studio SIDRA 2023

# STUDIO ENEA ED UNICT

**Il fabbisogno idrico irriguo, per i distretti irrigui del comprensorio della Piana di Catania, è valutabile in circa  $211 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> con riferimento alla superficie irrigabile, e in circa  $80 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> sulla base della superficie effettivamente irrigata. A fronte dei volumi disponibili dalle fonti di approvvigionamento idrico del comprensorio si rileva una marcata carenza di disponibilità di risorse idriche per l'area della Piana di Catania. In Inverno, il fabbisogno idrico (irrigazione supplementare) per l'area irrigua della Piana di Catania, gestita dall'ex Consorzio di Bonifica n. 9, risulta pari a  $11,2 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>**

**Studio SIDRA 2023**



COMMISSARIO  
STRAORDINARIO UNICO  
PER LA DEPURAZIONE ED IL  
RIUSO DELLE ACQUE REFLUE



### AGGLOMERATO CATANIA

Portata reflui urbani\*  
33'866'160 m3/anno *attuale*  
54'891'985 m3/anno *dopo II fase ampliamento*



### Area ZIC

Portata scarichi industriali\*  
26'113'925 m3/anno *attuale*  
32'618'590 m3/anno *al 2027*

REGOLAMENTO UE 2020/741  
Recepimento NAZIONALE (bozza decreto, Marzo 2023)

PROGETTO COMMISSARIO (ID 33393)

RIUSO IRRIGUO



FABBISOGNO IRRIGUO ESITVO  
80'000'000 m3/anno  
FABBISOGNO IRRIGUO INVERNALE  
11'000'000 m3/anno  
FABBISOGNO IRRIGUO MASSIMO  
211'000'000 m3/anno

AFFINAMENTO (Trattamenti quaternari)

D.Lgs n. 152 /2006, PARTE III  
All. 5, Tab. 3 (a meno dei fluoruri)

PROGETTO NUOVA LINEA INDUSTRIALE  
1. pre-trattamenti. 2. chimico-fisico. 3. trattamenti secondari. 4. filtrazione terziaria. 5. disinfezione UV

OPZIONE B

UF+NF

Adsorbimento  
selettivo Bo

RIUSO INDUSTRIALE  
EFFLUENTE SIMIL ACQUE POZZI  
FABBISOGNO INDUSTRIALE  
200'000 m3/anno

OPZIONE C

UF+RO

RIUSO INDUSTRIALE  
EFFLUENTE SIMIL ACQUE SUD  
FABBISOGNO INDUSTRIALE  
3'800'000 m3/anno

OPZIONE A

Adsorbimento su  
zeolite

D.Lgs n. 152 /2006, PARTE III  
All. 5, Tab. 3

SCARICO IN ACQUE SUPERFICIALI



\*comprensiva delle acque di infiltrazione da falda

# Azioni necessarie per supporto a pianificazione, programmazione ed implementazione a scala regionale

Per ogni depuratore considerato:

0- analisi risorse/fabbisogni sito specifica

1- valutazioni tecnico, economiche ed ambientali, opere ed interventi di interconnessione ed accumulo con infrastrutture/reti irrigue

2- stima CAPEX ed OPEX ed analisi sostenibilità

3- stesura ed approvazione convenzioni e protocolli di intesa tra gestore depurazione, infrastrutture irrigue ed utilizzatore

4- affidamento progettazioni e lavori opere di cui al punto 1

5- stesura Piani di Gestione del Rischio Sanitario ed Ambientale

6- avvio istruttorie autorizzative





COMMISSARIO  
STRAORDINARIO UNICO  
PER LA DEPURAZIONE ED IL  
RIUSO DELLE ACQUE REFLUE

**GRAZIE**

*Prof. Fabio Fatuzzo*

*Commissario Straordinario Unico per la Depurazione e il Riutilizzo delle acque reflue*

19

Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



# L'efficientamento energetico e di processo degli impianti di trattamento delle acque reflue: risultati del Progetto SMART-EE-PLANTS

## Daniele Di Trapani



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## La nuova Direttiva UE 2024/3019

- ✓ Estensione dell'ambito di applicazione ( $\geq 1000$  AE)
- ✓ Trattamenti avanzati obbligatori (terziario entro 2039 per carico  $\geq 150.000$  AE e quaternario entro 2045)
- ✓ **Neutralità energetica**
- ✓ **Riduzione delle emissioni di gas serra**
- ✓ Utilizzo biogas
- ✓ Monitoraggio e salute pubblica (sorveglianza periodica di inquinanti chimici, microplastiche, agenti patogeni e resistenza antimicrobica)

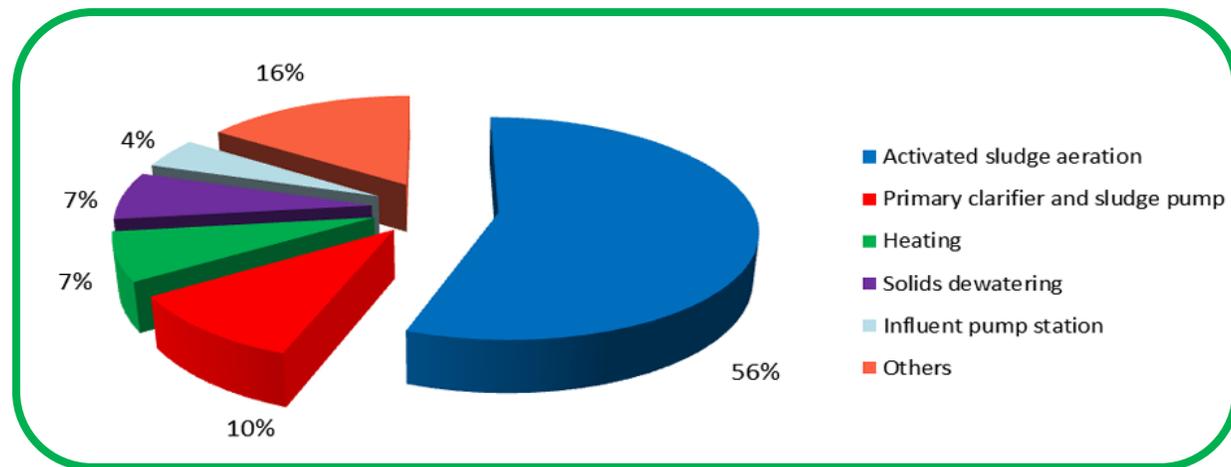
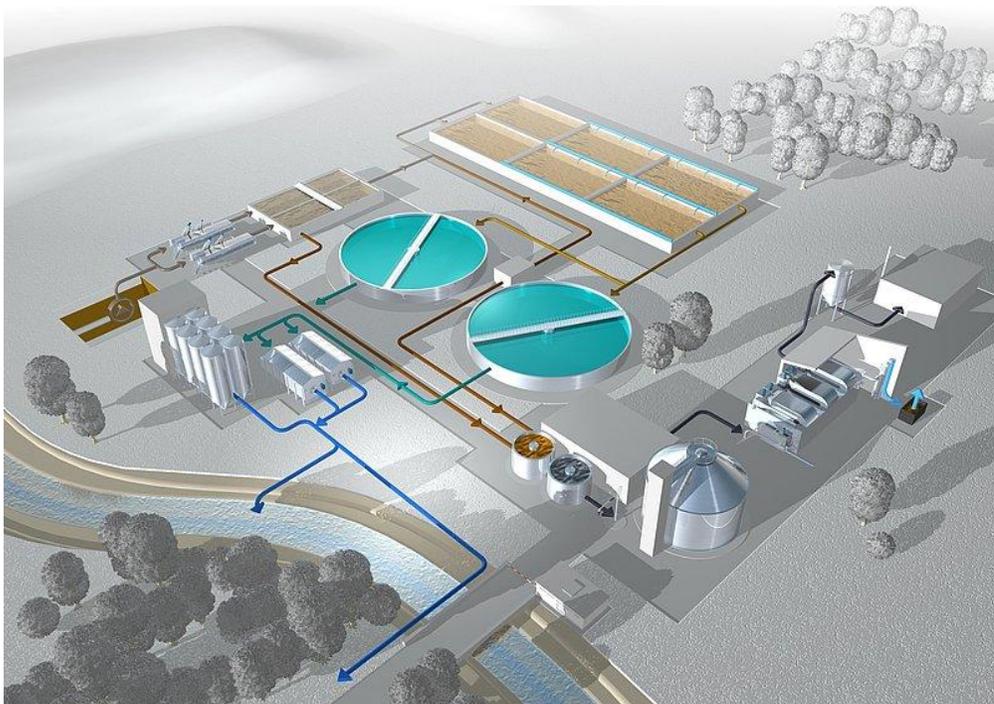




# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## I consumi energetici negli impianti di trattamento delle acque reflue



### Fattori che influenzano i consumi energetici degli impianti

- tecnologia di trattamento utilizzata;
- dimensione e scala dell'impianto;
- carico inquinante in ingresso;
- livello di trattamento richiesto;
- efficienza delle apparecchiature;
- modalità di gestione dell'impianto

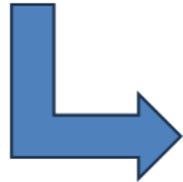


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Il Progetto SMART-EE Plants

Approccio contaminativo tra tecnologie delle microelettronica, della sensoristica, della modellazione, del controllo di processo



Esperienza di ricercatori, tecnici e gestori del Servizio Idrico (SI) provenienti dalle diverse aree geografiche della regione



Efficientamento energetico degli impianti di depurazione presenti sull'intero territorio siciliano



SMART - EE- PLANTS



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Obiettivi

- ✓ Studiare l'effetto di un controllo "smart" della fase di aerazione in termini di:
  - riduzione dei consumi energetici
  - performance di processo

Studio condotto su impianto prototipale appositamente realizzato nell'ambito del  
progetto SMART-EE PLANTS

PERIODO 1: aerazione gestita mediante "set-point" dell'ossigeno (più fasi con diversi set point)

PERIODO 2: funzionamento a cicli alternati con aerazione intermittente



Università  
degli Studi  
di Palermo

dj  
dipartimento  
di ingegneria  
unipa





PLC

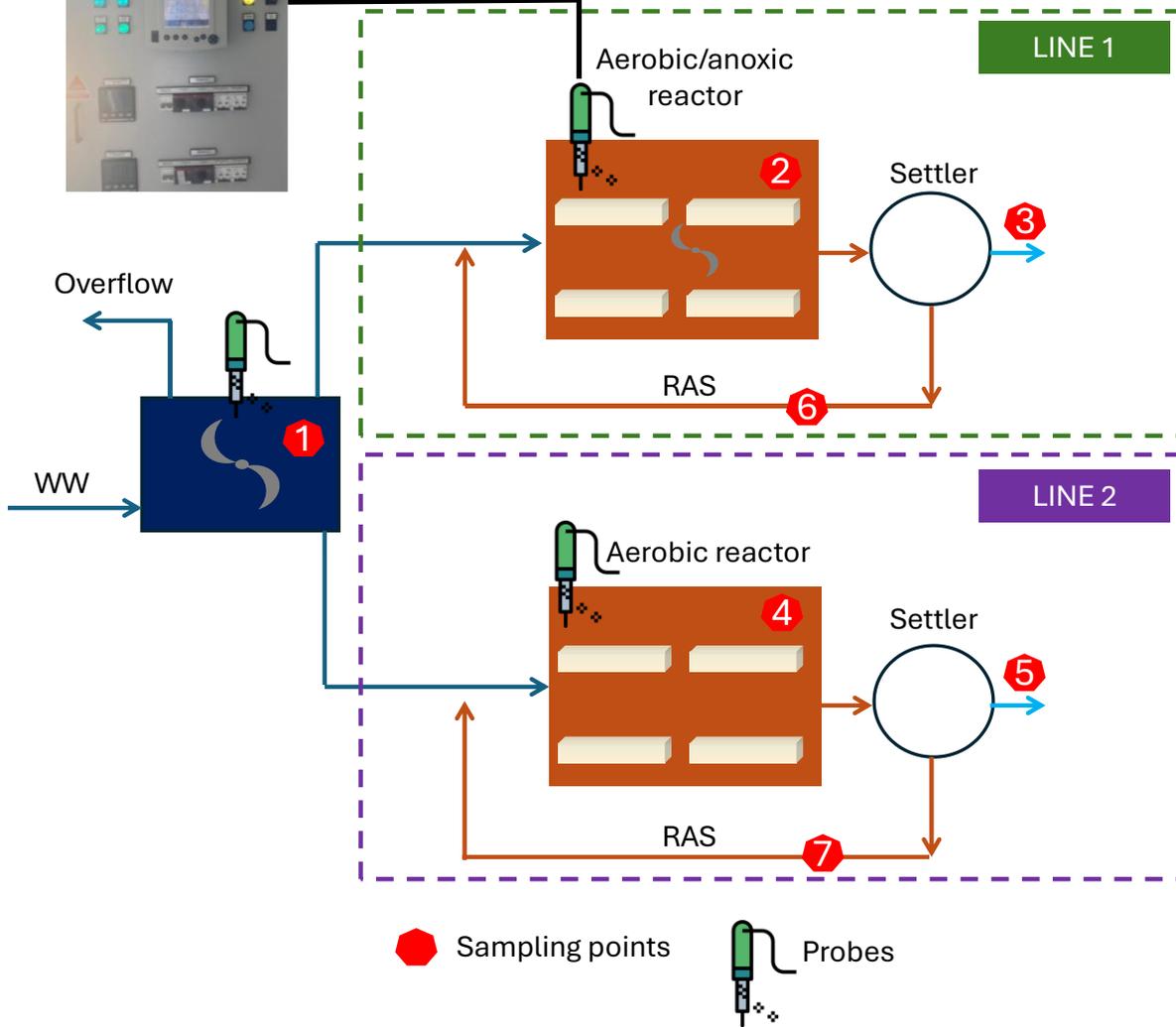


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Il prototipo sperimentale



- ✓ Due linee in parallelo
- ✓ Tipologia di processo CAS
- ✓ Linea 1 controllo di processo tramite PLC
- ✓ Monitoraggio in continuo tramite sonde
- ✓ Alimentazione con refluo reale



Università degli Studi di Palermo

dij dipartimento di ingegneria unipa



POC SICILIA 14-20

FESR SICILIA 2014-2020





# SMART-EE-PLANTS

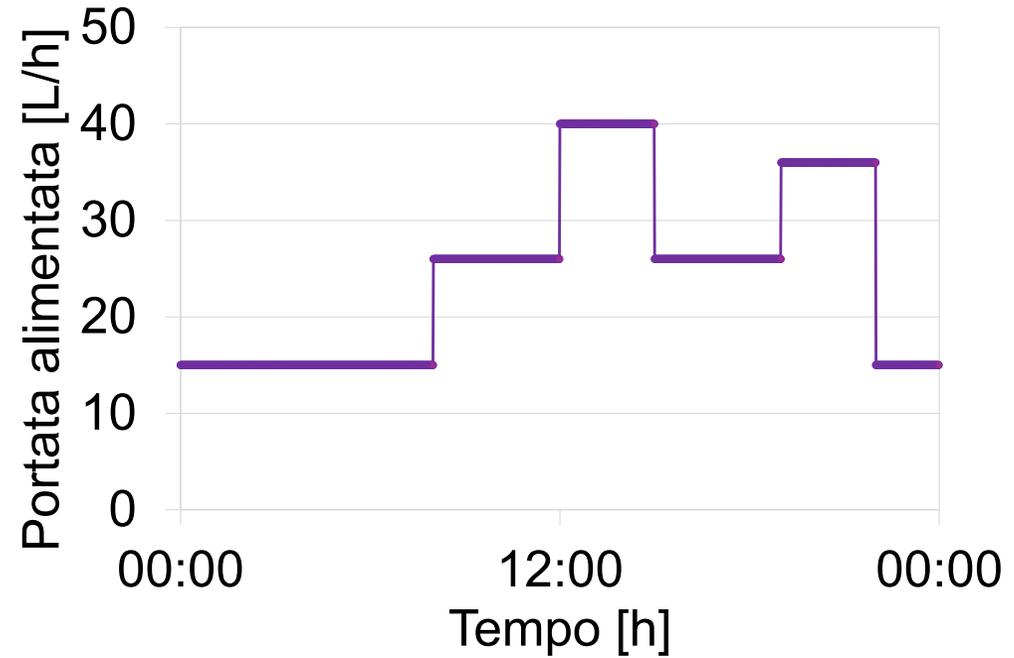
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Il prototipo sperimentale



Portata media trattata per linea:  
25 L/h





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Il prototipo sperimentale



Reattori dotati di coperchi per l'accumulo e il campionamento dell'off-gas





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Articolazione della campagna sperimentale

### PERIODO 1



LINEA 1 – Controllo feedback  $O_2$

- a) Fase 1:  $2,5 \text{ mg/L} < O_2 < 3 \text{ mg/L}$
- b) Fase 2:  $1,5 \text{ mg/L} < O_2 < 2 \text{ mg/L}$
- c) Fase 3:  $0,5 \text{ mg/L} < O_2 < 1 \text{ mg/L}$

LINEA 2 – Aerazione Continua

### PERIODO 2



LINEA 1 – Cicli Alternati

- a) Fase 1: Ciclo a tempi fissi
- b) Fase 2: Ciclo controllato da sonde

LINEA 2 – Aerazione Continua

**AMAP**  
S.p.A.



Università  
degli Studi  
di Palermo

**dij**  
dipartimento  
di ingegneria  
unipa



**POC**  
SICILIA 14-20

**FESR**  
SICILIA 2014-2020





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Caratteristiche del refluo influente

Simbolo	Descrizione	Unità di misura	Valore
COD <sub>TOT</sub>	Domanda chimica di ossigeno	mg/L	405
COD <sub>s</sub>	COD solubile	mg/L	105
BOD <sub>5</sub>	Richiesta biochimica di ossigeno	mg/L	156
TN	Azoto totale	mg/L	37
N-NH <sub>4</sub>	Azoto ammoniacale	mg/L	28
TP	Fosforo totale	mg/L	5.5
PO <sub>4</sub>	Ortofosfato	mg/L	4.3
TSS	Solidi sospesi totali	g/L	0.5

Prelievo refluo a valle del sedimentatore primario

Concentrazioni medie tipiche di un refluo «medio»

Carico del fango = 0.3 kgBOD/kgSST giorno

**AMAP**  
S.p.A.

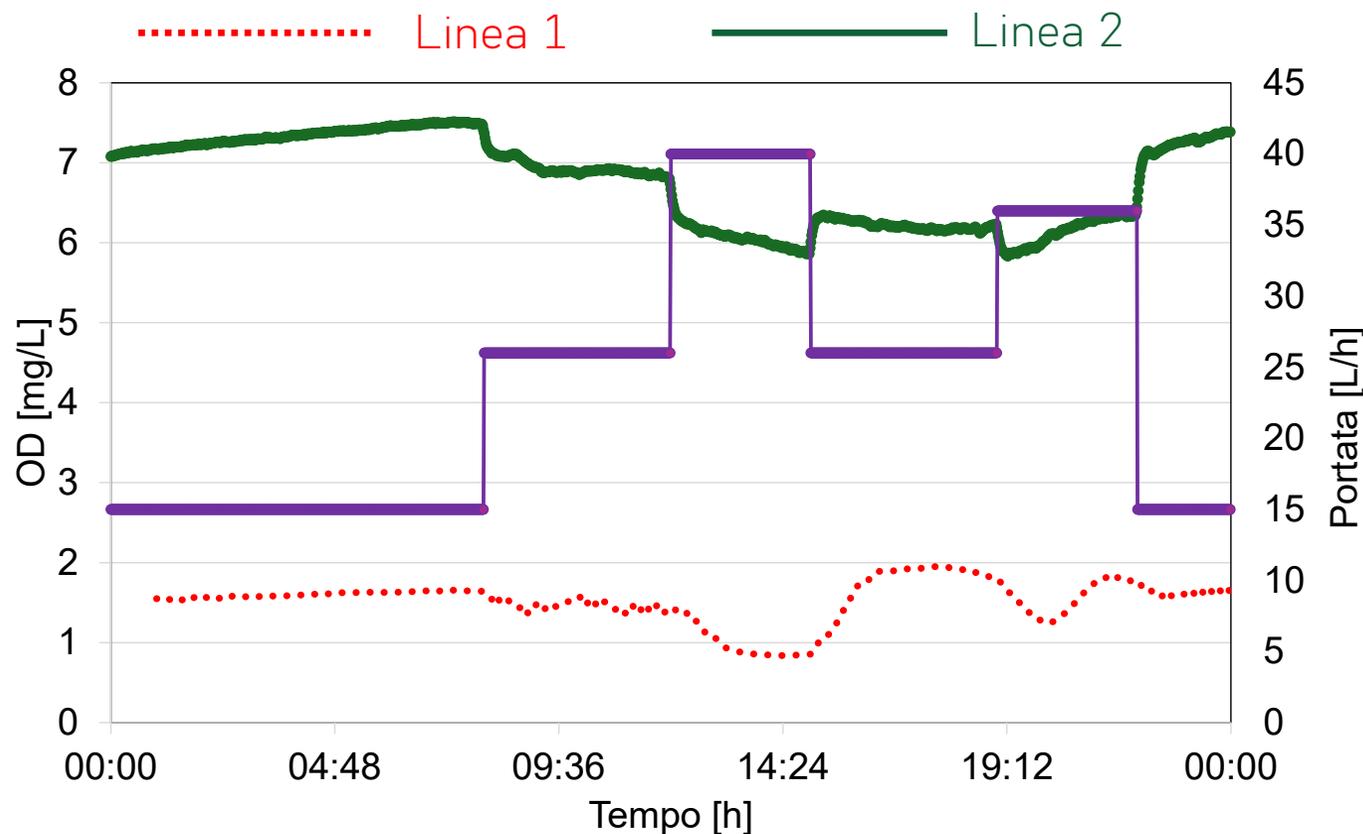


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Risultati: concentrazioni di ossigeno disciolto



## Periodo 1 Fase 2

### Linea 1 – set point

- min 1,5 mg/L
- max 2 mg/L

### Linea 2 – nessun controllo



Università  
degli Studi  
di Palermo



dipartimento  
di ingegneria  
unipa





# SMART-EE-PLANTS

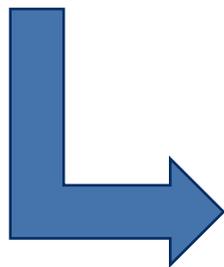
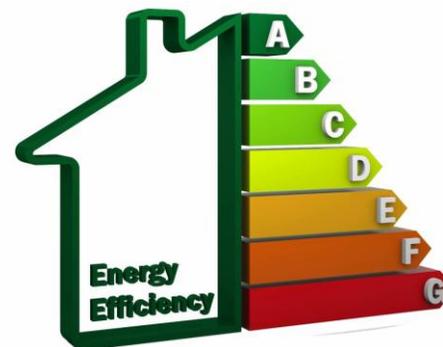
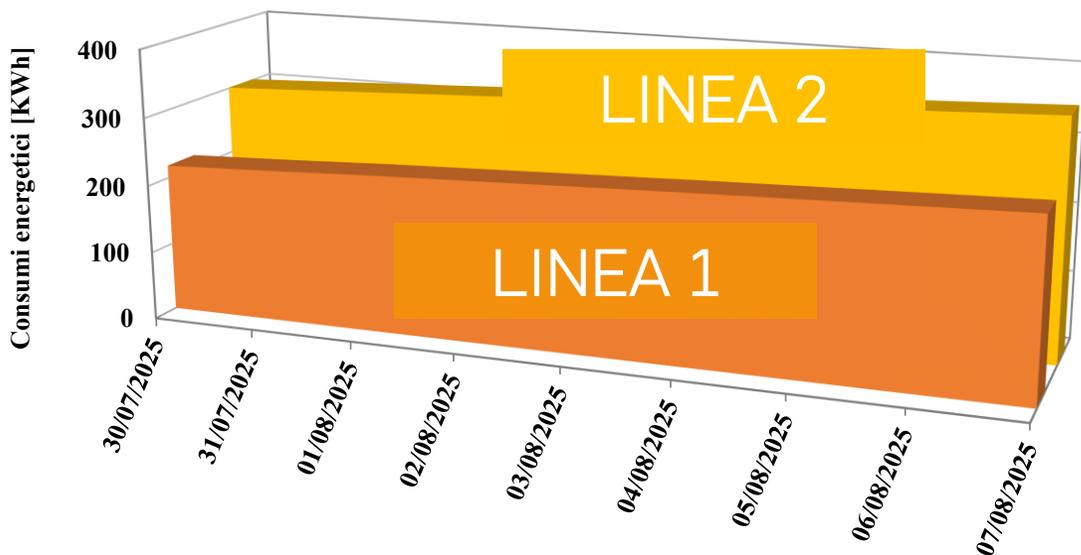
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Risultati: i consumi energetici

## Periodo 1 - Fase 1

Set-point O.D. 2,5-3 mg/L



**RIDUZIONE DEI CONSUMI LINEA 1 ~ 26%**



# SMART-EE-PLANTS

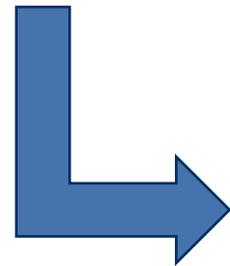
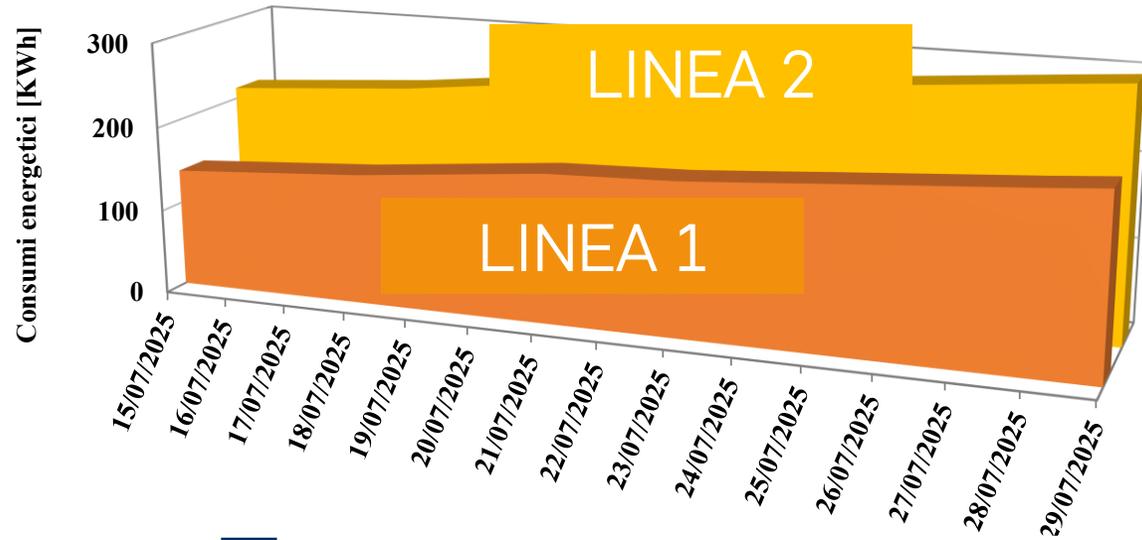
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Risultati: i consumi energetici

## Periodo 1 – Fase 2

Set-point O.D. 1,5-2 mg/L



**RIDUZIONE DEI CONSUMI LINEA 1 ~ 30.3%**



# SMART-EE-PLANTS

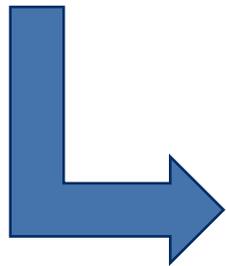
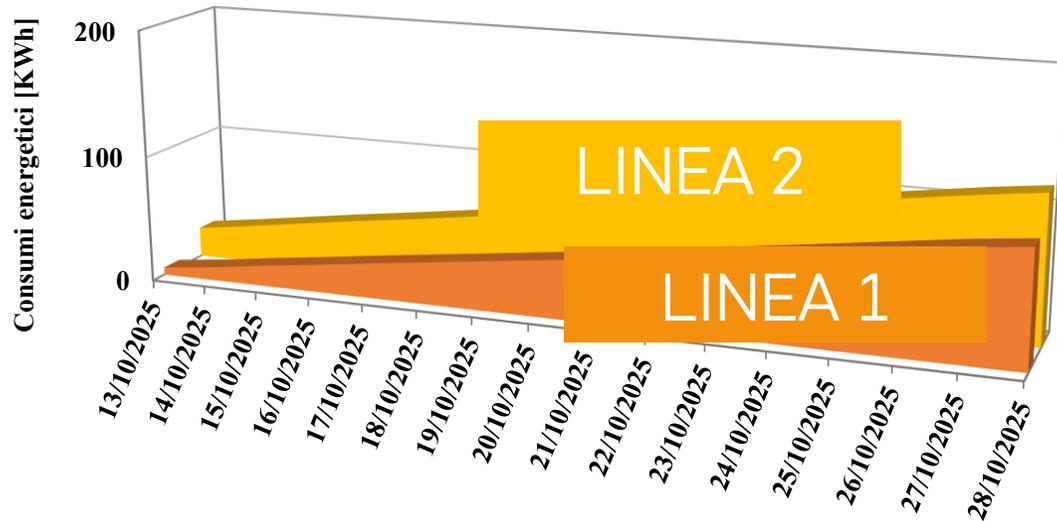
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Risultati: i consumi energetici

## Periodo 1 – Fase 3

Set-point O.D. 0,5-1 mg/L



**RIDUZIONE DEI CONSUMI LINEA 1 ~ 33.99%**



Università degli Studi di Palermo

dj dipartimento di ingegneria unipa



POC SICILIA 14-20

FESR SICILIA 2014-2020





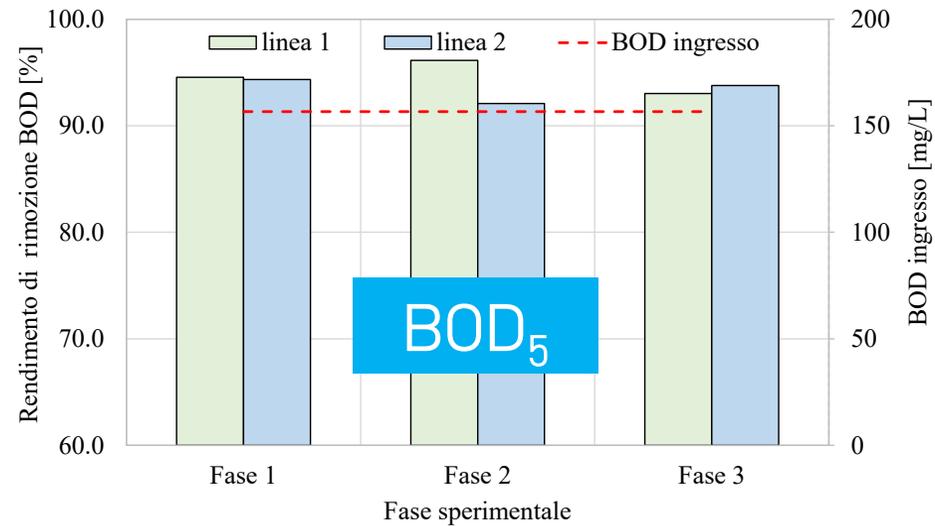
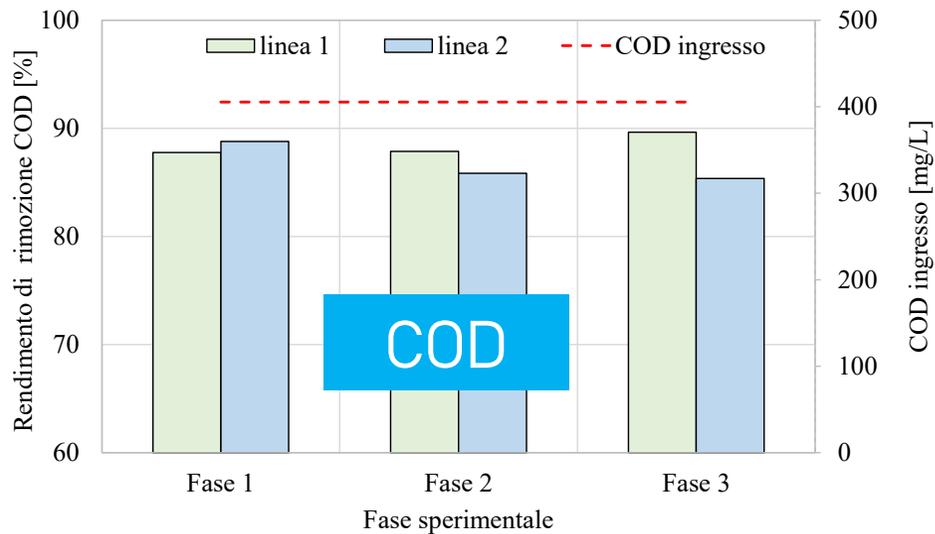
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Risultati: rimozione della sostanza organica

## Periodo 1



Ottime rese di processo, nessun impatto negativo dovuto al controllo dell'ossigeno



Università degli Studi di Palermo

dij dipartimento di ingegneria unipa



POC SICILIA 14-20

FESR SICILIA 2014-2020





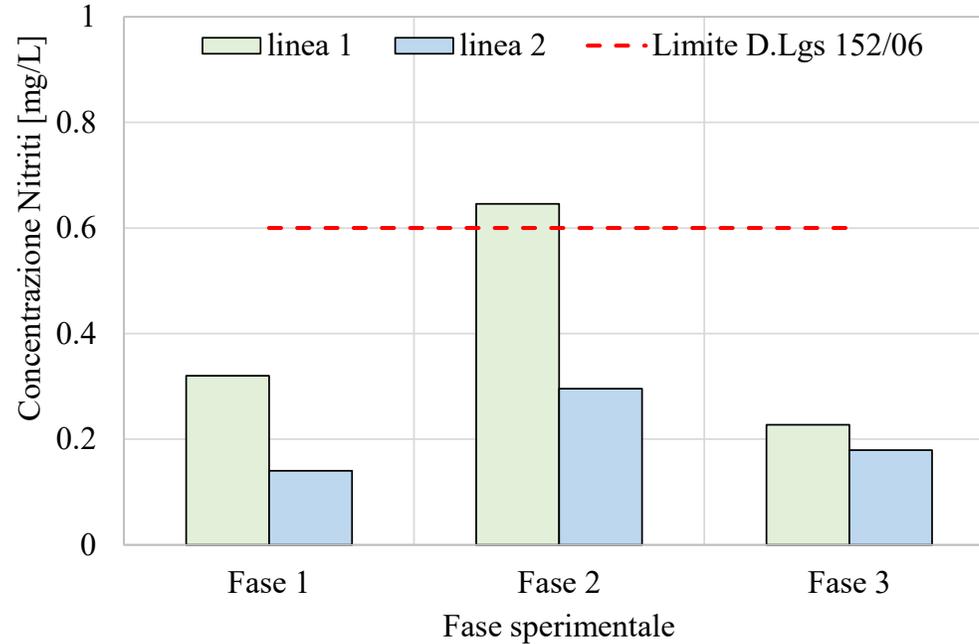
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Risultati: le forme dell'azoto

### Periodo 1



**NO<sub>2</sub>-N**

Maggiore accumulo di nitriti in Linea 1 – possibile disturbo della nitrificazione





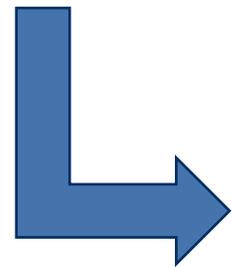
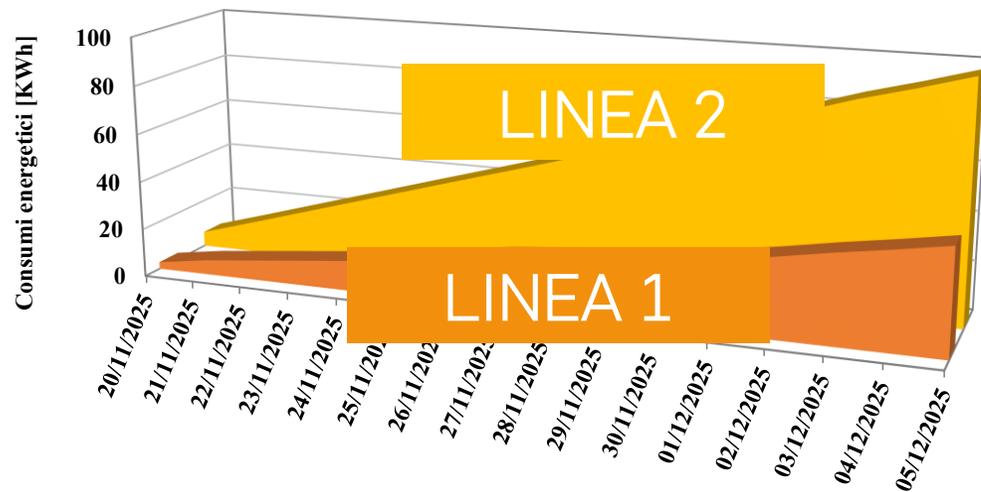
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



Risultati: i consumi energetici

Periodo 2 – Fase 1 (cicli alternati tempi fissi)



**RIDUZIONE DEI CONSUMI LINEA 1 ~ 58%**



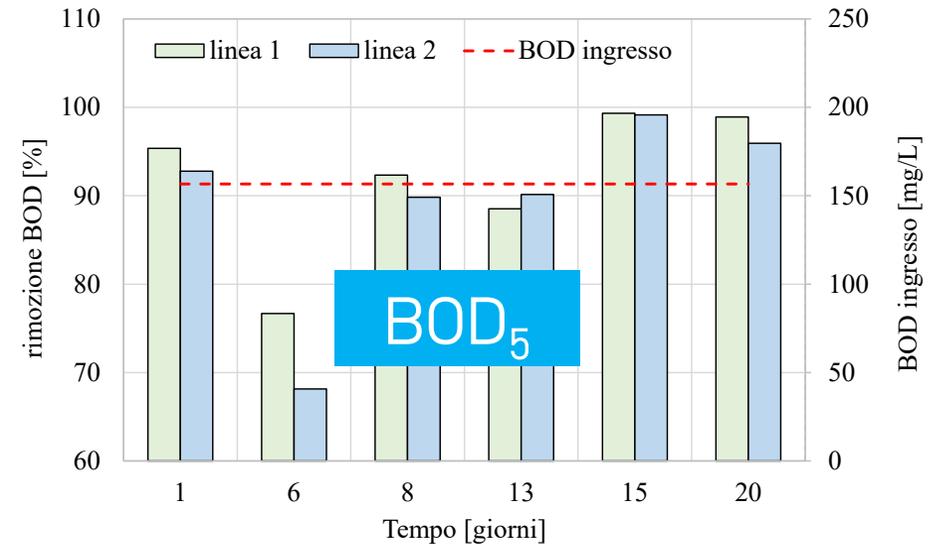
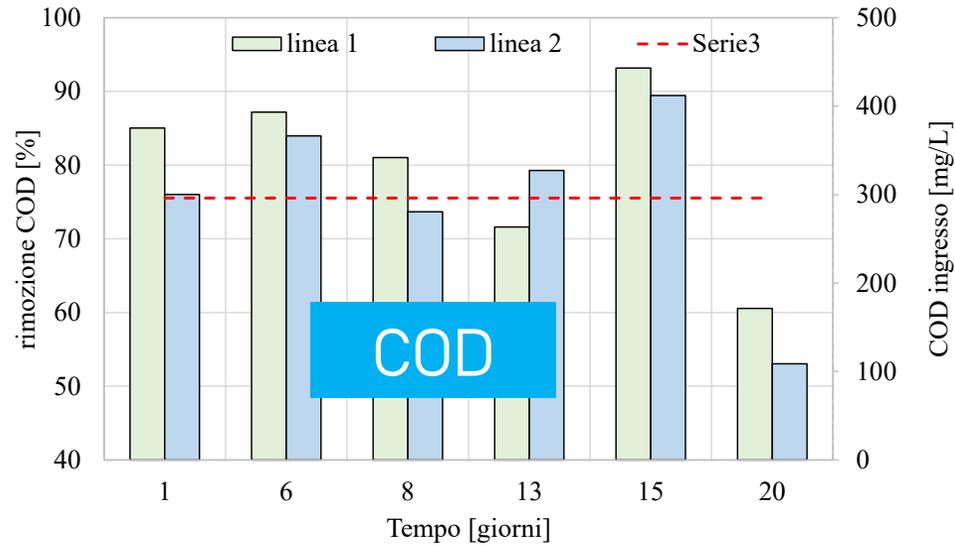
Università degli Studi di Palermo





Risultati: rimozione della sostanza organica

## Periodo 2 – Fase 1 (cicli alternati tempi fissi)



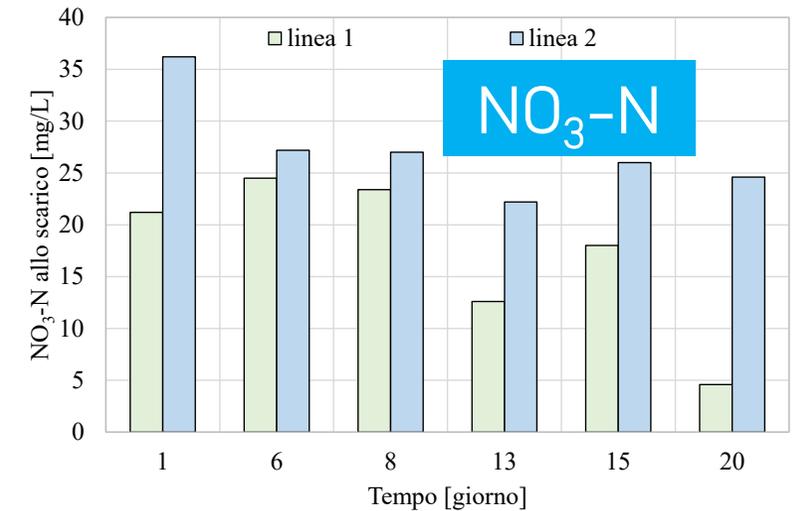
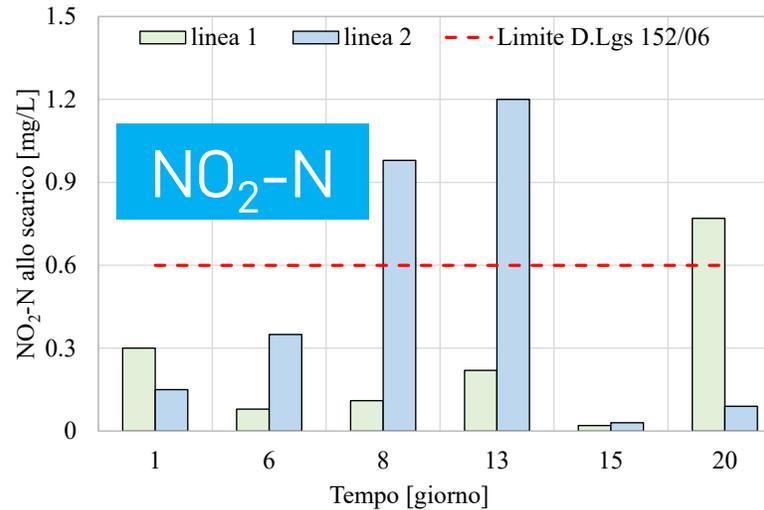
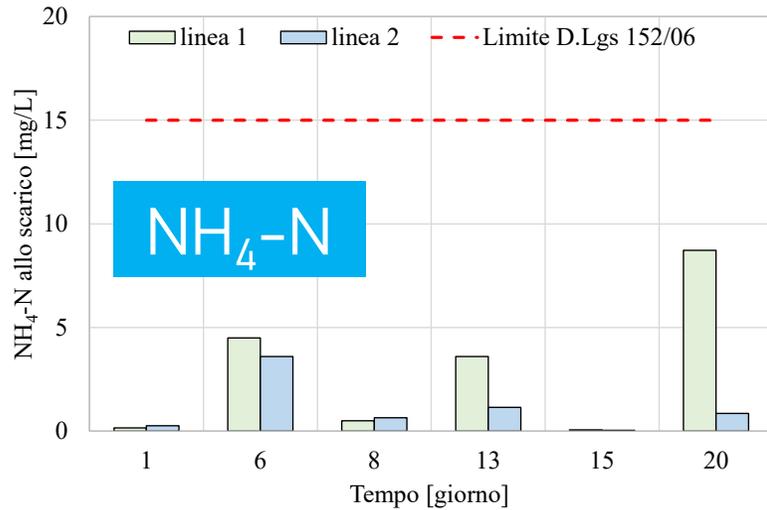
Ottime rese di processo, nessun impatto negativo dovuto all'aerazione alternata





## Risultati: le forme dell'azoto

### Periodo 2 – Fase 1 (cicli alternati tempi fissi)



Ottimo comportamento di processo in Linea 1 con cicli alternati





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Conclusioni e prospettive – Periodo 1

- ✓ Sensibili riduzioni dei consumi energetici della fase biologica con controllo dell'ossigeno
- ✓ Possibili disturbi sulla nitrificazione, specialmente impostando un set-point molto basso (accumulo di nitriti...emissioni di  $N_2O$ ??)



NECESSITÀ DI UN “TRADE-OFF” TRA RISPARMIO ENERGETICO E  
PERFORMANCE DI PROCESSO





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Conclusioni e prospettive – Periodo 2 cicli alternati

- ✓ Significative riduzioni dei consumi energetici
- ✓ Ottima rimozione di substrati organici e buon comportamento sulle forme azotate



NECESSITÀ DI OTTIMIZZAZIONE DELL'ALTERNANZA TRA FASE AERATA E FASE  
NON AERATA – CONTROLLO MEDIANTE SONDE ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ...)





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

*Grazie per l'attenzione*



[daniele.ditrapani@unipa.it](mailto:daniele.ditrapani@unipa.it)



**19**  
Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



# Monitoraggio e controllo dei GHG prodotti dagli impianti di depurazione: l'esperienza del progetto SMART-EE-PLANTS

Ing. Alida COSENZA

Programma Operativo Complementare (POC)  
2014/2020 della Regione Siciliana  
Progetto n. 08CT3600000330  
"Smartee-Plants: Smart Energy-Efficiency  
wastewater treatment Plants"





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Introduzione - inquadramento generale

- ✓ Estensione dell'ambito di applicazione ( $\geq 1000$  AE)
- ✓ Trattamenti avanzati obbligatori (terziario entro 2039 per carico  $\geq 150.000$  AE e quaternario entro 2045)
- ✓ **Neutralità energetica**
- ✓ **Riduzione delle emissioni di gas serra**
- ✓ Utilizzo biogas
- ✓ Monitoraggio e salute pubblica (sorveglianza periodica di inquinanti chimici, microplastiche, agenti patogeni e resistenza antimicrobica)





# SMART-EE-PLANTS

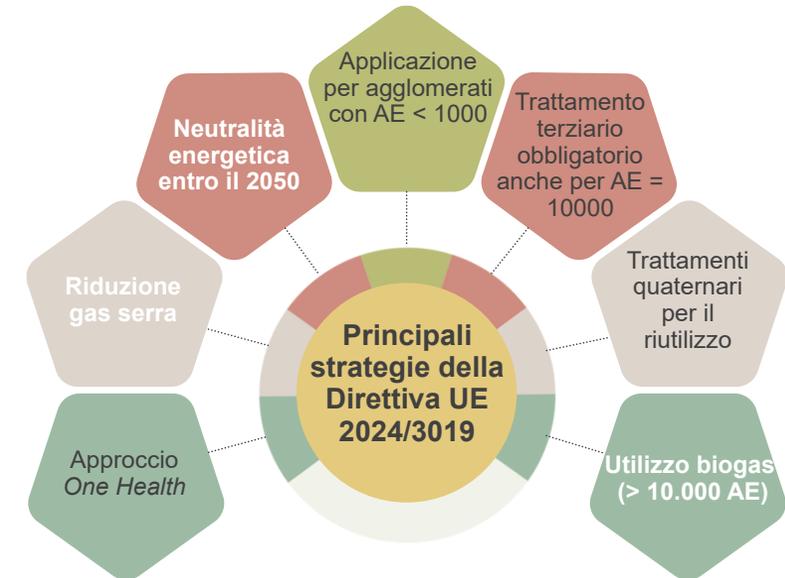
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Introduzione - inquadramento generale

*(44) Le emissioni di gas a effetto serra dovrebbero essere monitorate, se del caso, per mezzo di analisi, calcoli o modellizzazioni.*



Articolo 21  
**Controlli**



1. Gli Stati membri provvedono affinché le autorità competenti o gli organismi abilitati controllino:

d) i gas a effetto serra, compresi almeno  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  emessi dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano un carico di 10 000 a.e. o più, mediante analisi, calcoli e modellizzazioni, se opportuno;



**SMAR**  
ottimizzare la gestione

Perché?

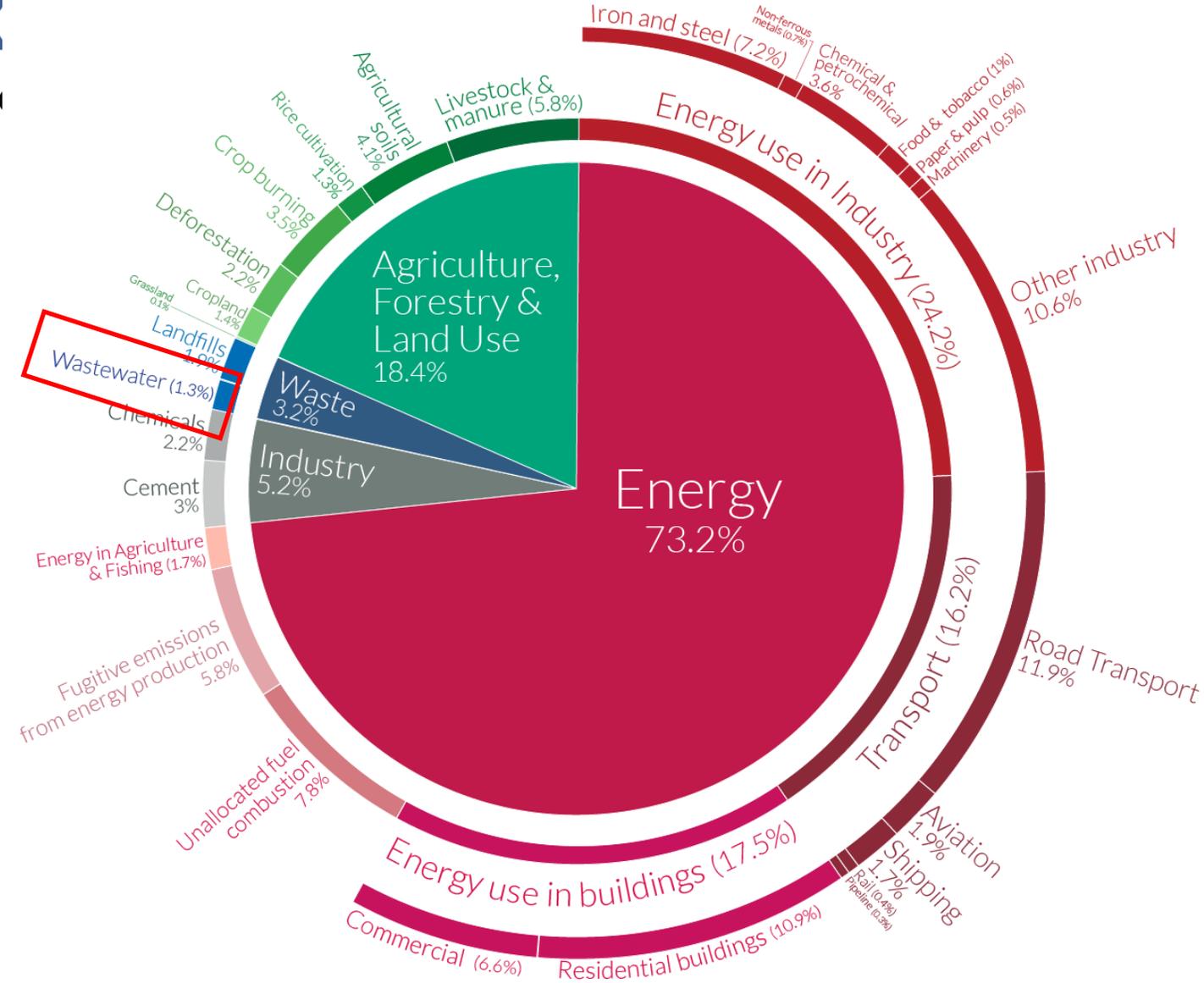
34,45 milioni di tonnellate CO<sub>2eq</sub>/anno

1.3% delle emissioni antropogeniche in Europa

# Global greenhouse gas emissions by sector

Our World in Data

This is shown for the year 2016 – global greenhouse gas emissions were 49.4 billion tonnes CO<sub>2eq</sub>.



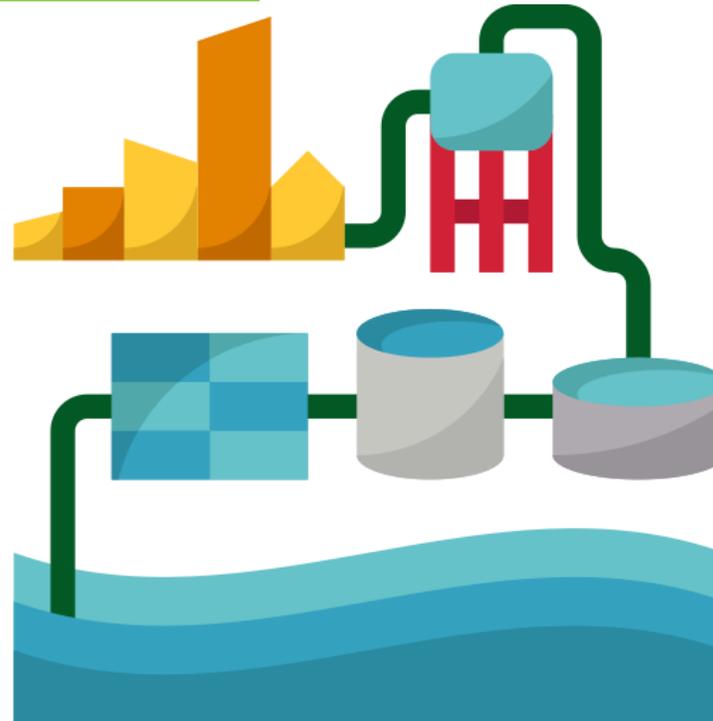


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Introduzione – le emissioni nella depurazione

Emissioni dirette



Emissioni indirette

Emissioni derivate



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Introduzione – origine delle emissioni

Emissioni dirette

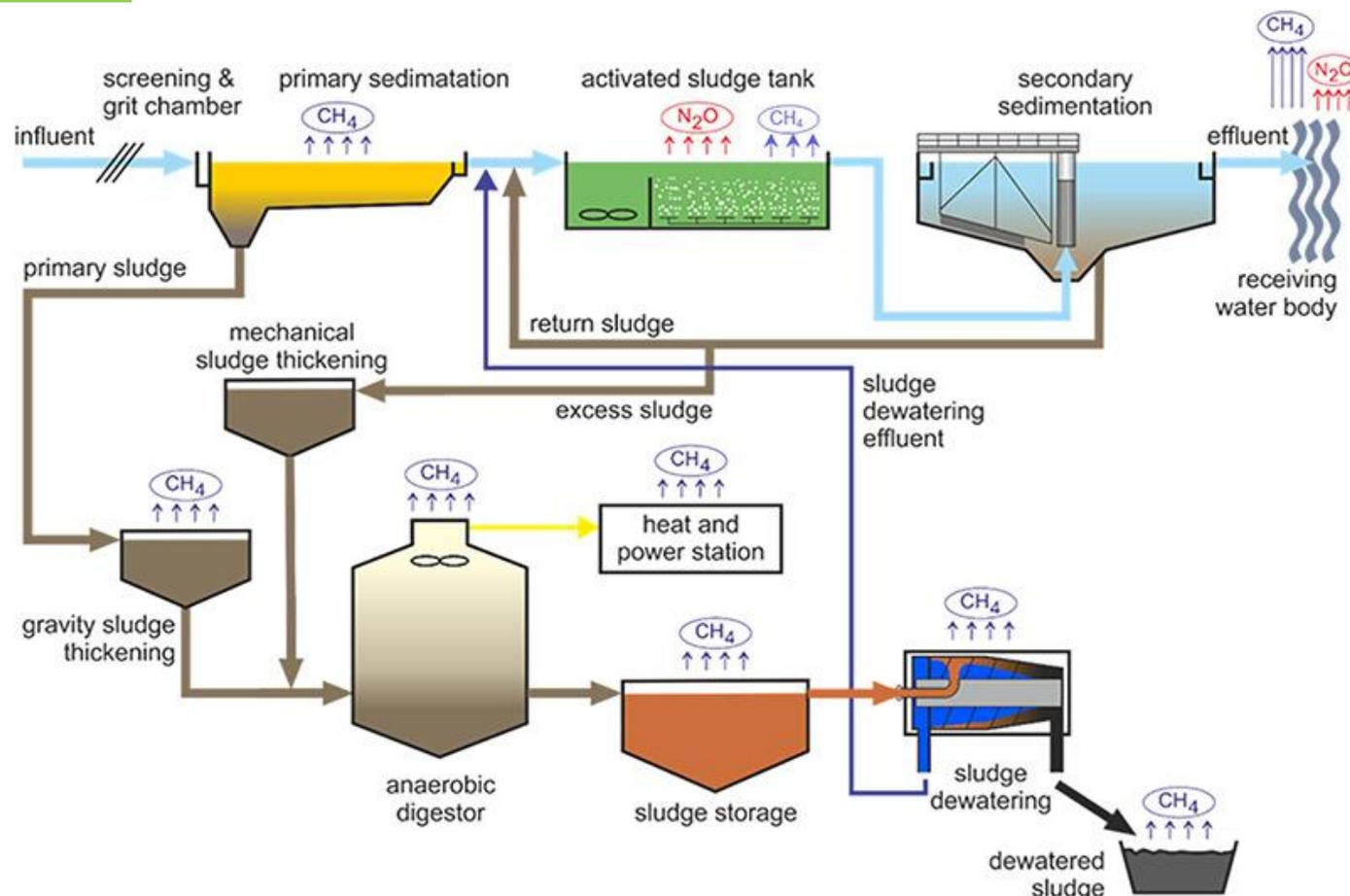
$\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$

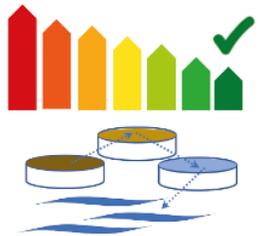
Emissioni indirette

$\text{CO}_2\text{eq}$  per consumo di energia  
o trasporto

Emissioni derivate

$\text{CO}_2\text{eq}$  per scarico inquinanti





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Il progetto SMART-EE-PLANTS



Individuazione di strategie operative mirate alla riduzione delle emissioni di gas serra prodotti dagli impianti di depurazione dei reflui urbani





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Cosa è stato fatto?

Monitoraggio e riduzione della produzione di gas serra da due impianti:

1. Prototipo sperimentale alimentato con refluo reale
2. Impianto di depurazione del Comune di Casteldaccia



- Misura  $N_2O$  disciolto e gassoso
- Rilevamento dei consumi energetici delle apparecchiature
- Quantificazione del carbon footprint



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Il prototipo sperimentale



Reattori dotati di coperchi per l'accumulo e il campionamento dell'off-gas

- ✓ 2 Linee in parallelo
- ✓ Tipologia di processo CAS
- ✓ Linea 1 controllo di processo tramite PLC
- ✓ Monitoraggio in continuo tramite sonde
- ✓ Refluo reale (portata media 25 L/h)



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Il prototipo sperimentale

### Fasi operative

#### PERIODO 1

LINEA 1 – Controllo feedback  $O_2$

- a) Fase 1:  $2,5 \text{ mg/L} < O_2 < 3 \text{ mg/L}$
- b) Fase 2:  $1,5 \text{ mg/L} < O_2 < 2 \text{ mg/L}$
- c) Fase 3:  $0,5 \text{ mg/L} < O_2 < 1 \text{ mg/L}$

LINEA 2 – Aerazione Continua

#### PERIODO 2

~~LINEA 1 – Cicli Alternati~~

- ~~a) Fase 1: Ciclo a tempi fissi~~
- ~~b) Fase 2: Ciclo controllato da sonde~~

~~LINEA 2 – Aerazione Continua~~

Nessuna misura gas



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## L'impianto di Casteldaccia



- ✓ Portata media nera 97 m<sup>3</sup>/h
- ✓ 2 Linee in parallelo
- ✓ Trattamento CAS
- ✓ Linea 2 controllo di processo
- ✓ Monitoraggio in continuo tramite sonde

Nuova installazione sistema di aerazione + mixer

Linea 2 - controllata



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## L'impianto di Casteldaccia

### Fasi operative

### Variazione dei tempi di aerazione e di non aerazione

	Ore aerazione/giorno	Ore non aerazione/giorno
Scenario 0	24	0
Scenario 1	16	8
Scenario 2	13	11
Scenario 3	11	13



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Prelievo campioni gas

### Campionamento gas

1. Off gas spazio di testa
2. Campioni liquidi per misura gas disciolti
3. Misura della velocità di uscita dell'off-gas



Analisi N<sub>2</sub>O gassoso e disciolto a mezzo di un gas cromatografo dotato di detector a cattura di elettroni (ECD)



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Prelievo campioni



## Fasi di trattamento dei campioni liquidi





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Prelievo campioni gas



Prelievo campioni in continuo



Prelievo campioni discreti

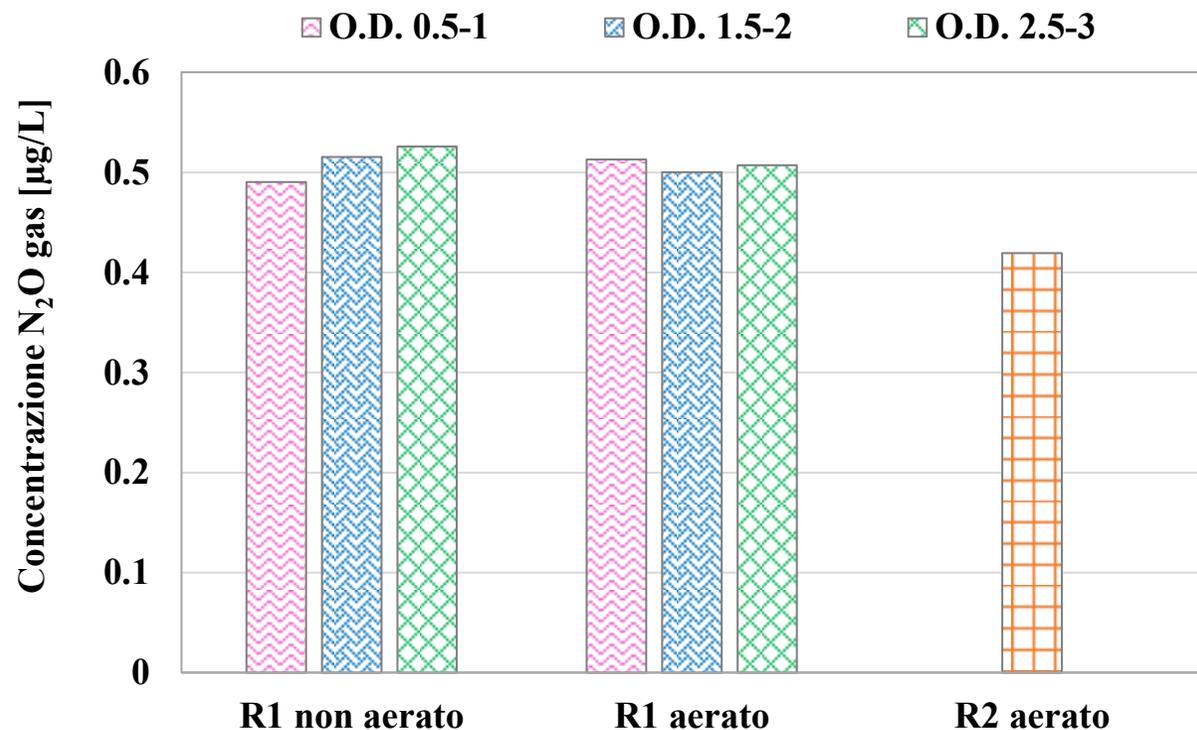




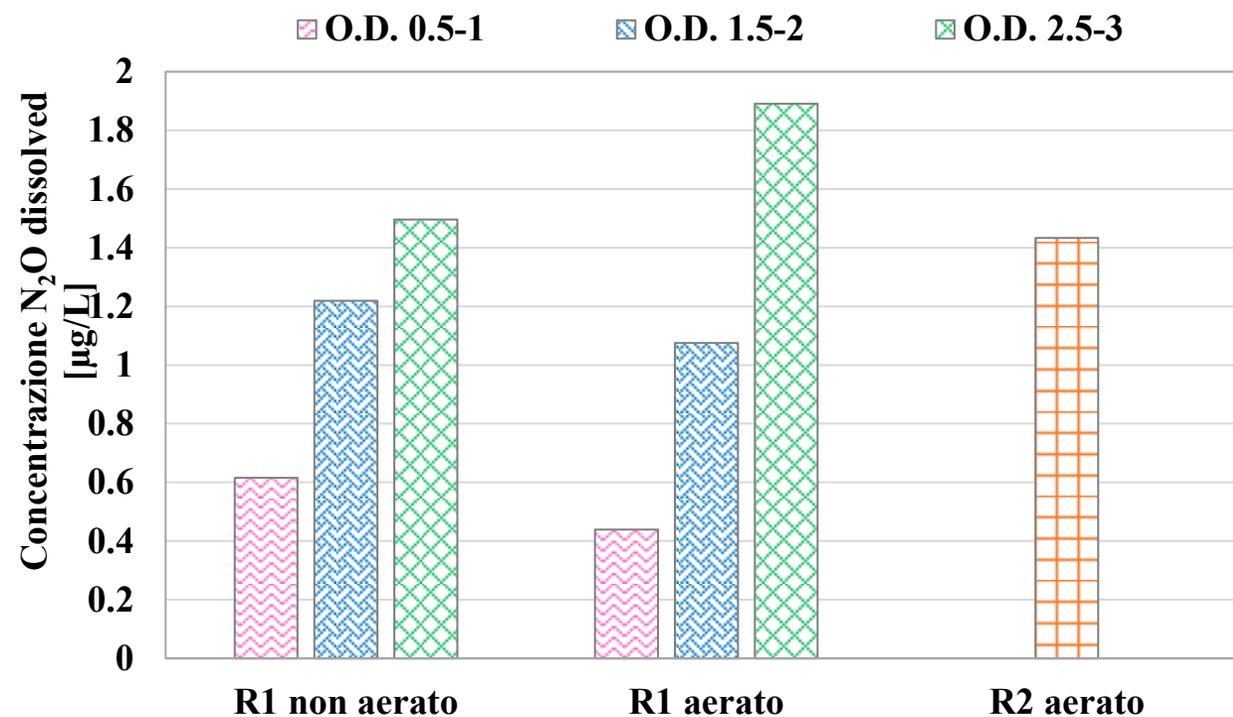
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Risultati – prototipo sperimentale



Emissioni gassose paragonabili per tutte le fasi



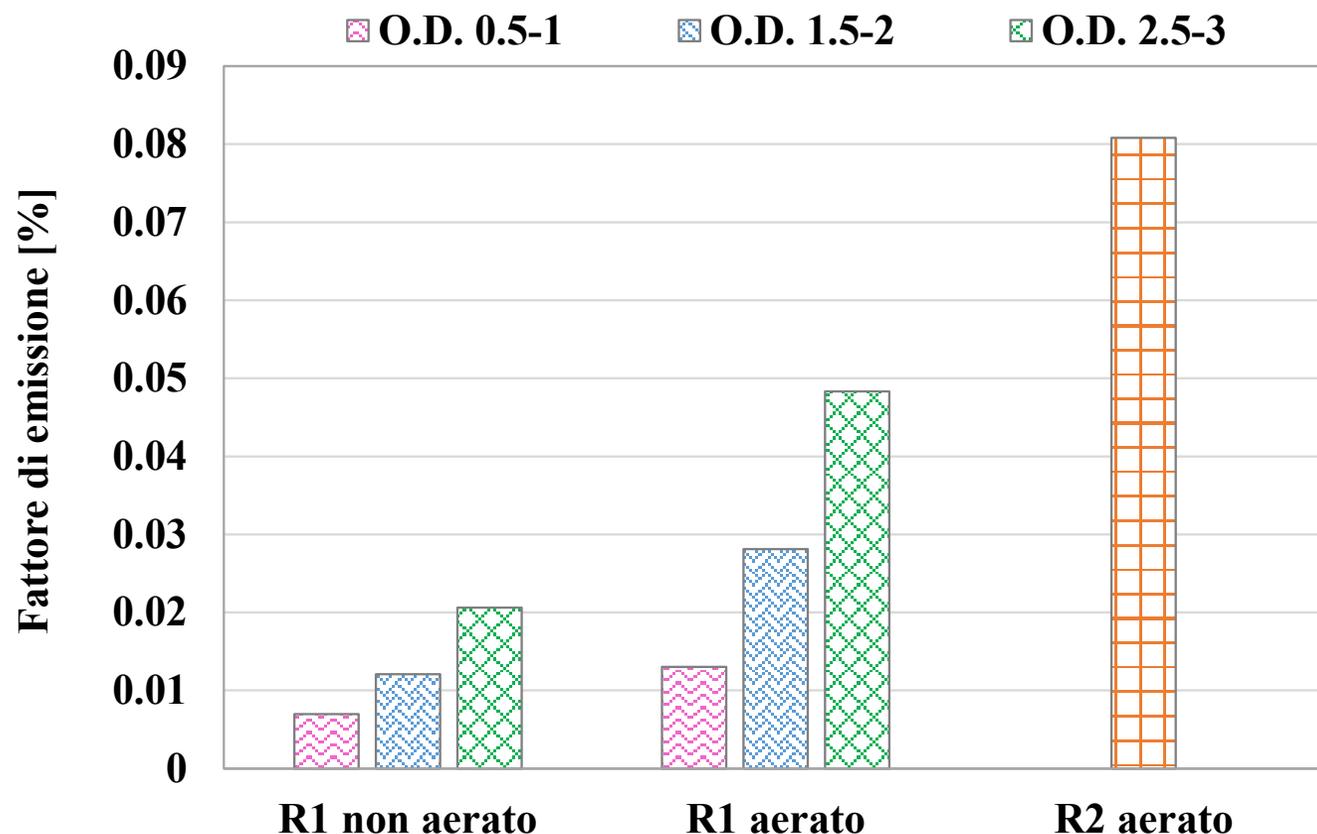
Emissioni liquide crescenti al crescere del set-point



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Risultati – prototipo sperimentale



Fattore di emissione espresso come percentuale di N influente emesso sottoforma di  $N_2O$

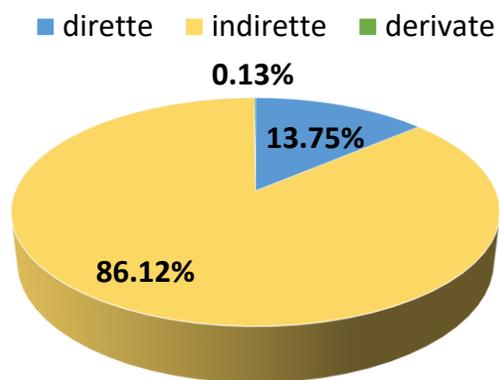
- Sostanziale riduzione del fattore di emissione nella fase aerobica
- Valori del fattore di emissione molto inferiori rispetto ai valori di letteratura



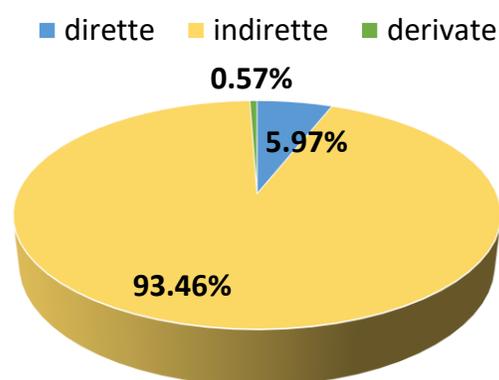
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

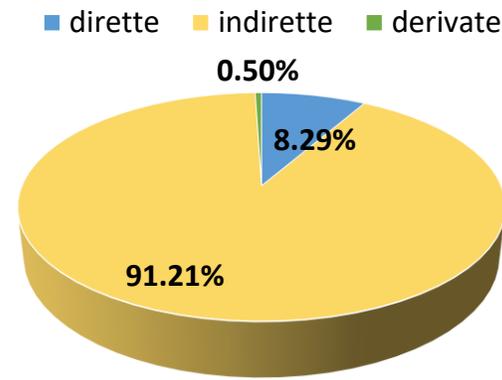
## Risultati – prototipo sperimentale



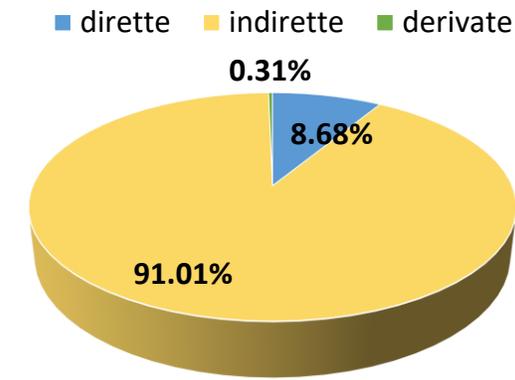
set-point O.D. 0.5-1 mg/L



set-point O.D. 1.5-2 mg/L



set-point O.D. 2.5-3 mg/L



aerazione continua

- Le emissioni di GHG sono dovute maggiormente al consumo energetico (indirette)
- Intervenire sull'efficientamento delle apparecchiature o la riduzione del loro tempo di funzionamento può contribuire ad una sostanziale riduzione delle emissioni
- La piccola scala dell'impianto comporta una sovra utilizzo energetico



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

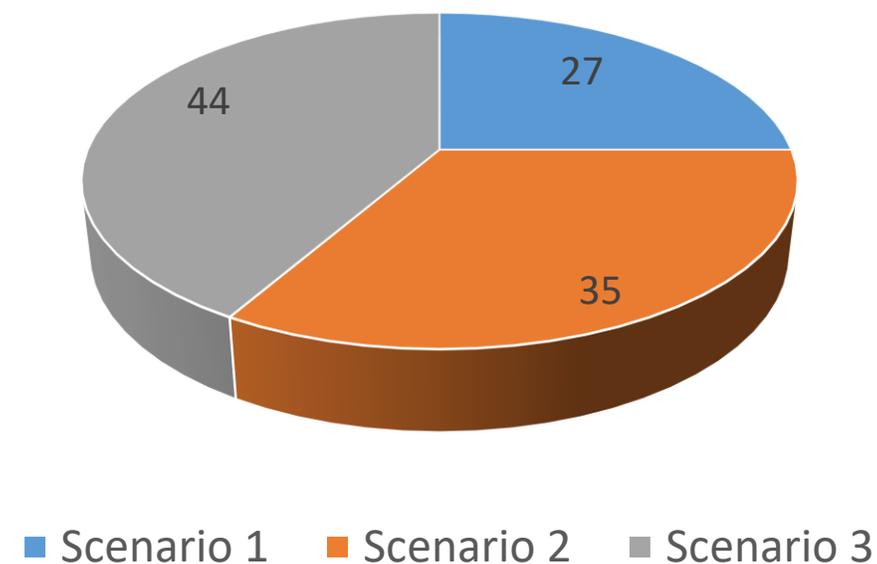
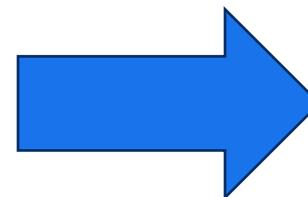
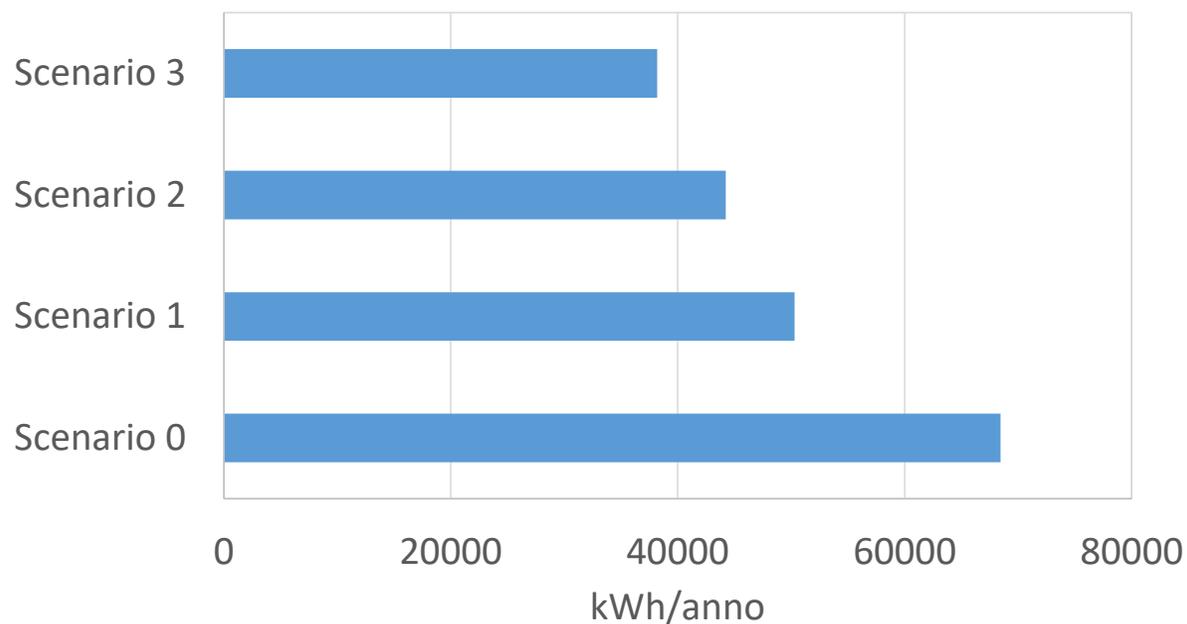
## Risultati – impianto di Casteldaccia

Analisi eseguita  
la linea 2

Analisi scenari consumi per la linea 2 dell'impianto di depurazione di Casteldaccia sottoposta a controllo dell'aerazione

➤ Riduzione del consumo energetico intervenendo sul tempo di aerazione

➤ Riduzione percentuale dei consumi energetici rispetto allo Scenario 0



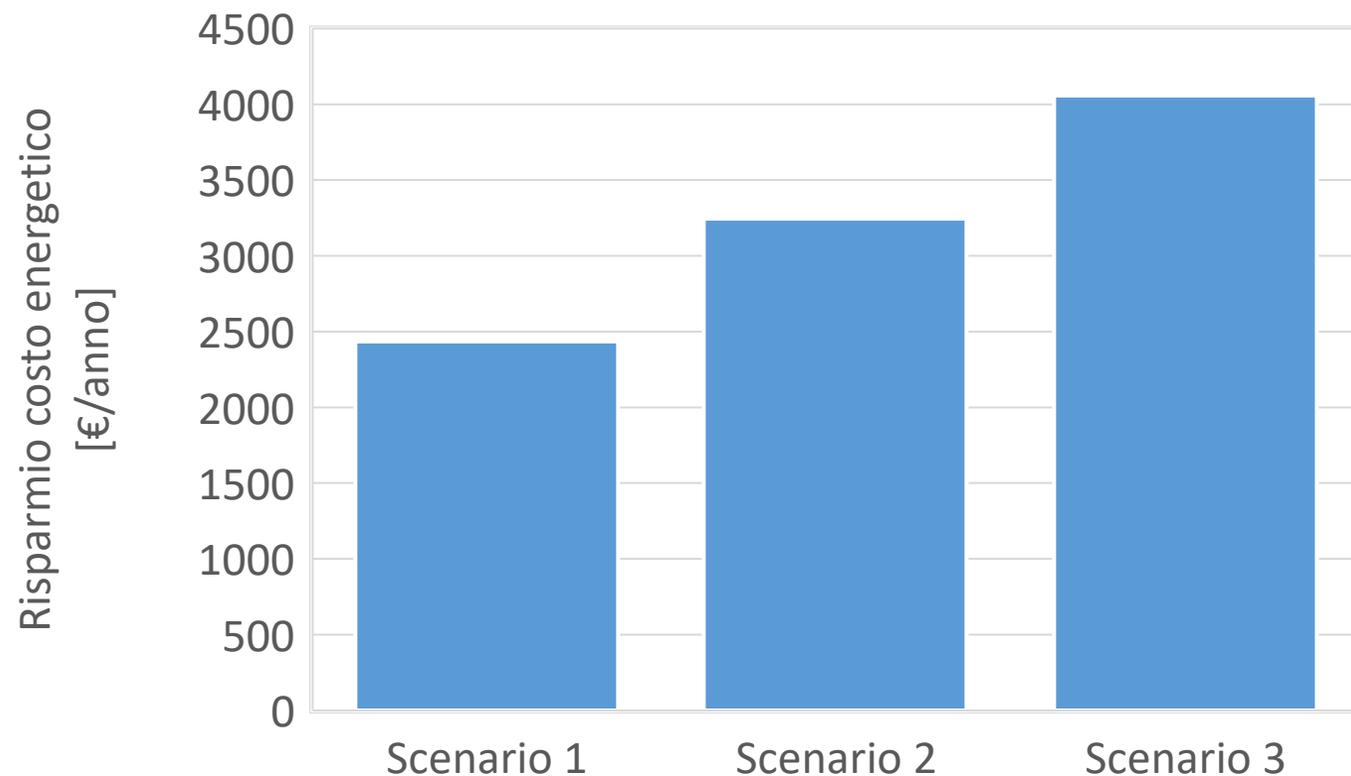


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Risultati – impianto di Casteldaccia

Analisi eseguita  
la linea 2



➤ Riduzione dei costi operativi fino a 8000 €/anno per la fornitura di energia della sola parte biologica



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Conclusioni

---



- Intervenire sui tempi di aerazione in un sistema convenzionale può contribuire alla riduzione (fino al 55%) delle emissioni indirette
- Le emissioni dirette costituiscono fino all'8% delle emissioni totali
- La riduzione delle emissioni totali deve essere analizzata insieme alla qualità dell'effluente
- Approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili potrà contribuire alla riduzione del CF degli impianti analizzati

**19**  
Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



# Risparmio energetico ed emissioni di gas serra: analisi modellistica dell'impianto di Casteldaccia (PA)

Davide Mattioli, Gianpaolo Sabia, Luigi Petta - ENEA SSPT-EC-AR

# Introduzione e contesto normativo



Obbligo trattamento agglomerati  $\geq 1.000$  AE

Piani integrati di gestione per aree di drenaggio agglomerati  $\geq 100\ 000$  A.E

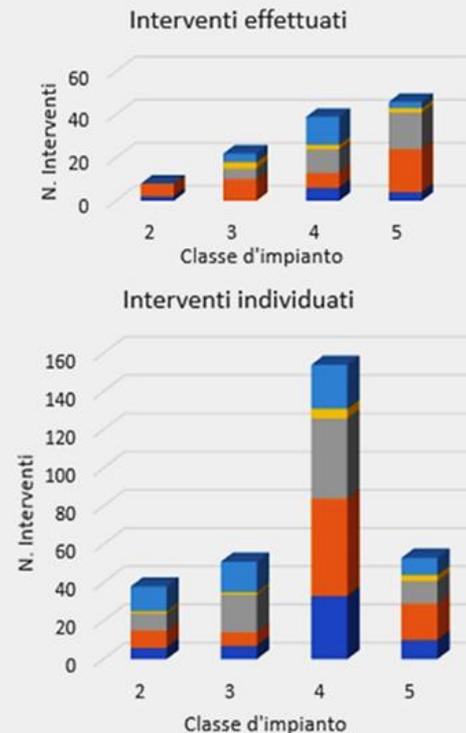
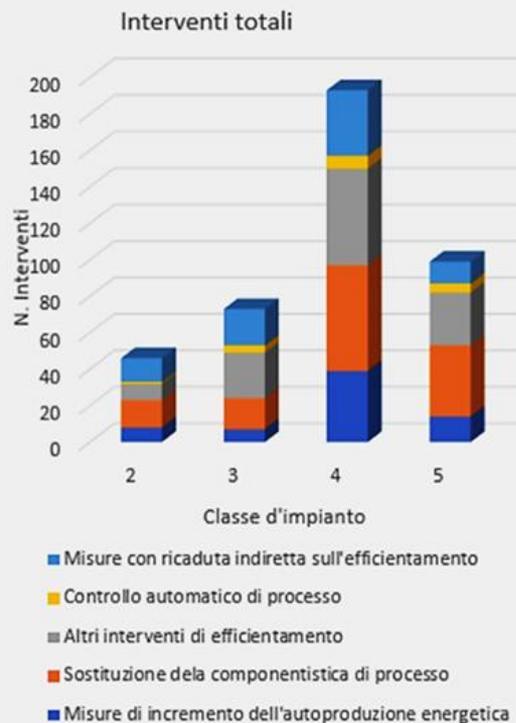
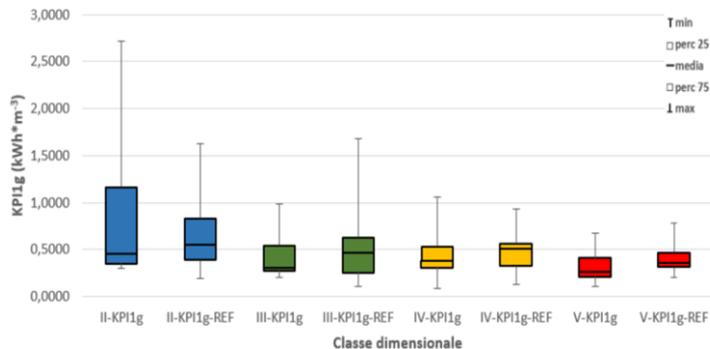
Trattamento terziario per impianti  $\geq 150.000$  AE ( $\geq 10.000$  AE in aree sensibili)

Trattamento quaternario microinquinanti in impianti  $\geq 150.000$  AE ( $\geq 10.000$  AE in aree sensibili)

Neutralità energetica impianti  $\geq 10.000$  AE

Promozione riutilizzo acque non convenzionali (es. acque reflue trattate, acque piovane)

# Stato dell'arte degli impianti italiani



# Caso studio



Ottimizzazione come strategia incrementale

Caso studio: impianto di Casteldaccia

Approccio: modellazione dinamica (BioWin)

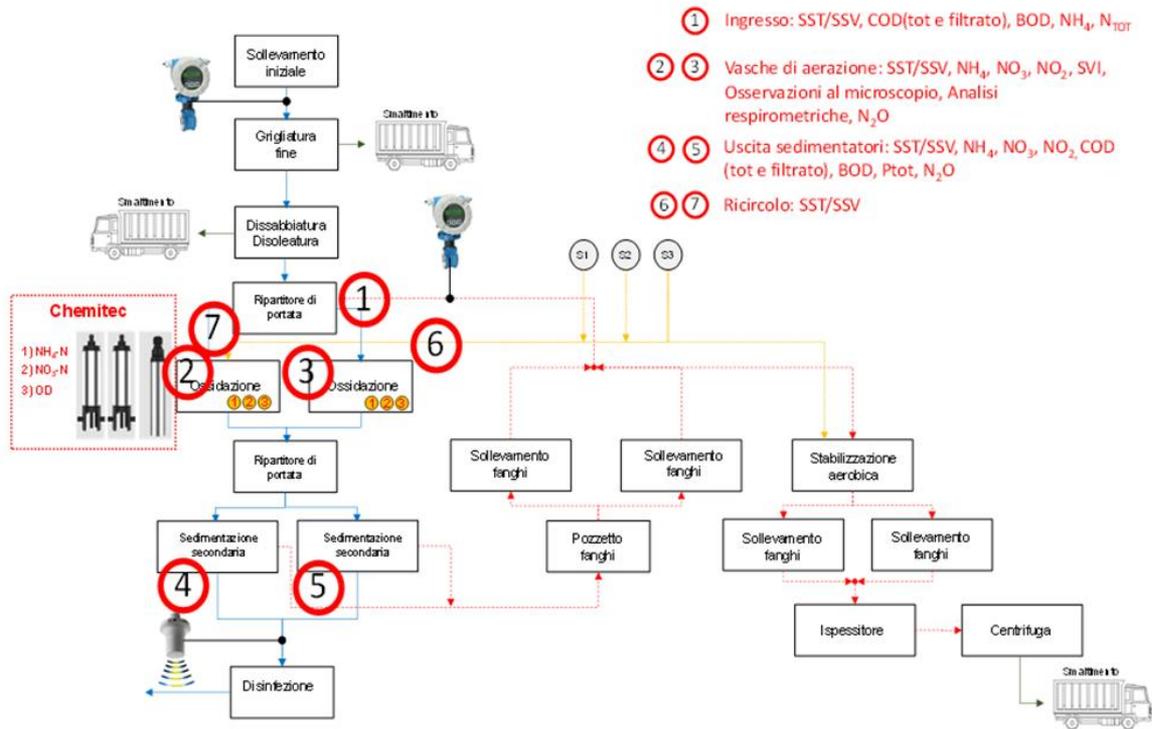
Focus: energia + emissioni GHG

# Impianto oggetto della modellazione



1. Vasca di laminazione portate
2. Ingresso reflui - sollevamento
3. Modulo compatto pretrattamento
4. Trattamento biologico
5. Sedimentazione secondaria
6. Digestione aerobica
7. Letti di essiccamento
8. Disidratazione

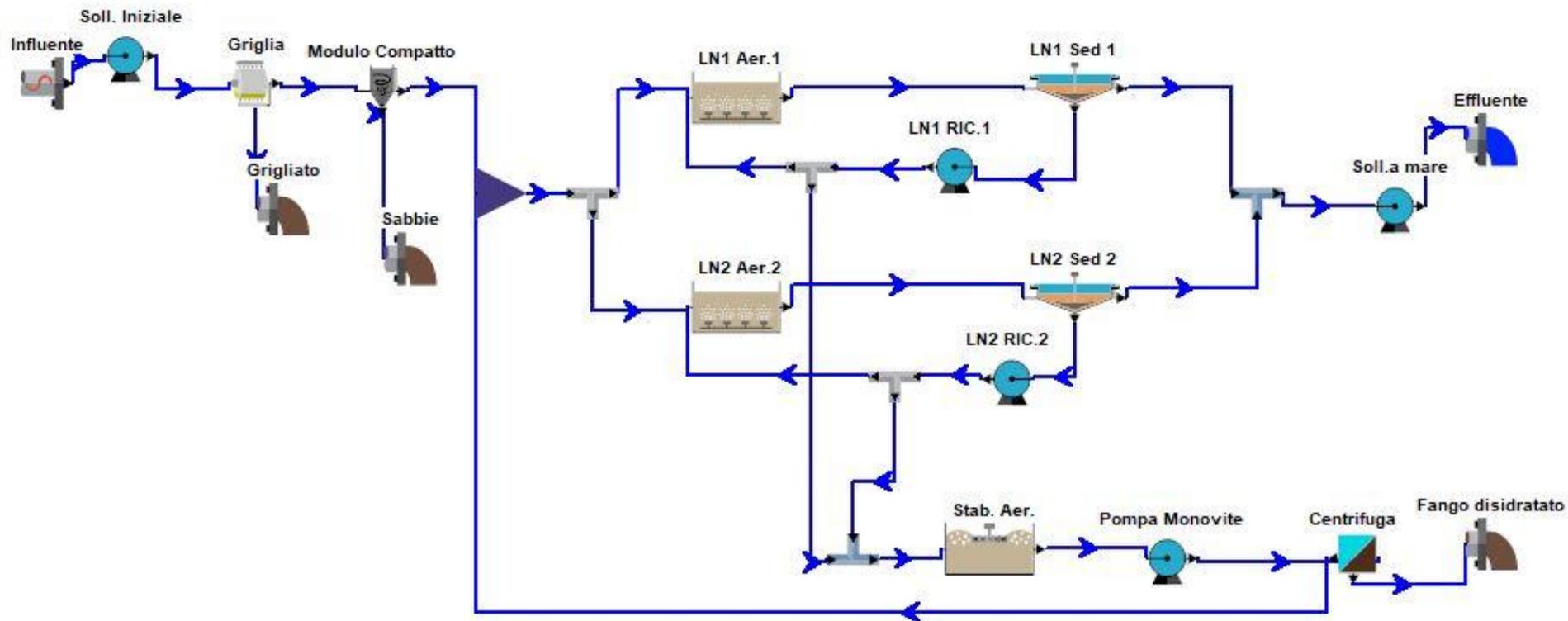
# Interventi di upgrading



# Introduzione e contesto

Parametro	Progetto	Attuale
Potenzialità	15.100 AE	~25.000 AE
Portata media	~115 m <sup>3</sup> /h	~230 m <sup>3</sup> /h
Volume vasche ossidazione	2 × 450 m <sup>3</sup>	-
Volume sedimentatori II	2 × 218 m <sup>3</sup>	-

# Layout dell'impianto modellato



# Calibrazione del modello

## Caratteristiche dell'influente (luglio 2024)

Parametro	Valore	Unità
COD totale	654	mg/L
COD solubile	202	mg/L
BOD <sub>5</sub>	271	mg/L
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	38	mg/L
TN	54	mg/L
SST	600	mg/L

## Frazionamento COD - parametri modificati

Parametro	Default	Calibrato
Fbs (rapidamente biodegradabile)	0,16	0,08
Fus (solubile non biodegradabile)	0,05	0,03
Fup (particolato non biodegradabile)	0,13	0,13
Fna (ammoniacale/TKN)	0,66	0,73

# Modellazione delle emissioni di N<sub>2</sub>O

Ossidazione dell'idrossilammina (AOB)  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{NO}_2^-$   
alta concentrazione di ammoniaca, ossigeno non limitante

Denitrificazione autotrofa (AOB) -  $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O}$   
Bassa concentrazione di ossigeno, accumulo di nitriti

Denitrificazione eterotrofa incompleta (OHO) -  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \leftrightarrow \text{N}_2$   
presenza di acido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ), scarsità substrato carbonioso

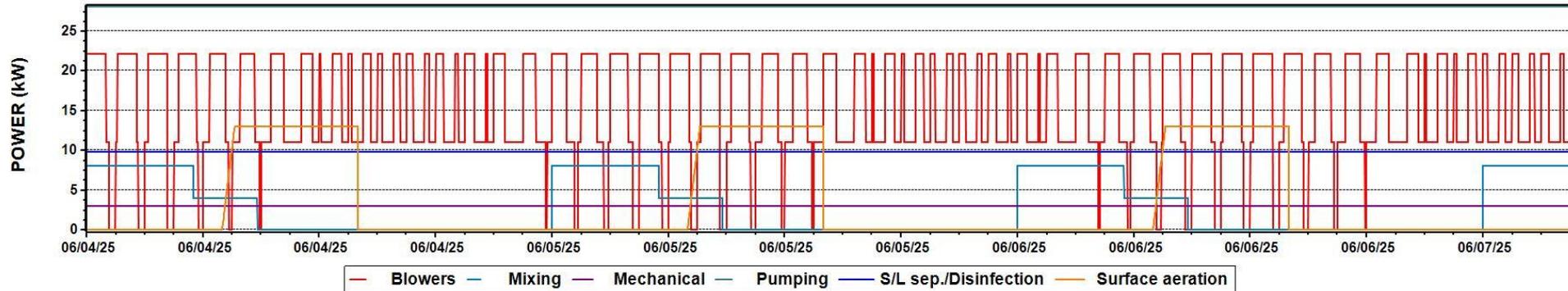


# Scenari simulati

Scenario	Distribuzione carichi	Controllo aerazione	MLSS target
Baseline	65% LN1, 35% LN2	Cicli fissi (70/20 - 60/35 min)	Attuale (~5-6 gTSS/L)
Scenario 1	50% - 50%	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 4-8 mg/L	Attuale
Scenario 2	50% - 50%	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 3-6 mg/L	Attuale
Scenario 3	50% - 50%	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 7-10 mg/L	Attuale
Scenario 1bis	50% - 50%	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 4-8 mg/L	Ridotto (~3 gVSS/L)
Scenario 2bis	50% - 50%	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 3-6 mg/L	Ridotto (~3 gVSS/L)

# Baseline: bilancio energetico

Power Demand

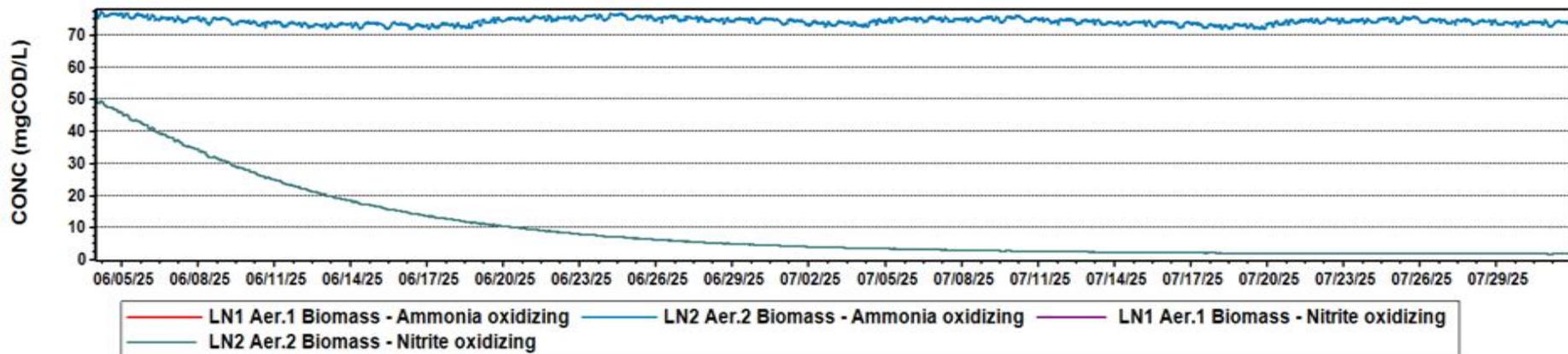


# Comparazione scenari energetici

Categoria	Baseline	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Soffianti (kWh/d)	374	284	313	285
$\Delta$ vs Baseline	-	-24%	-16%	-24%
Miscelazione (kWh/d)	57	103	113	103
$\Delta$ vs Baseline	-	+81%	+98%	+81%
Altri <sup>1</sup> (kWh/d)	1066	1060	1061	1062
$\Delta$ vs Baseline	-	-0,6%	-0,5%	-0,4%
Totale (kWh/d)	1497	1447	1487	1450
$\Delta$ vs Baseline	-	-3,3%	-0,7%	-3,1%

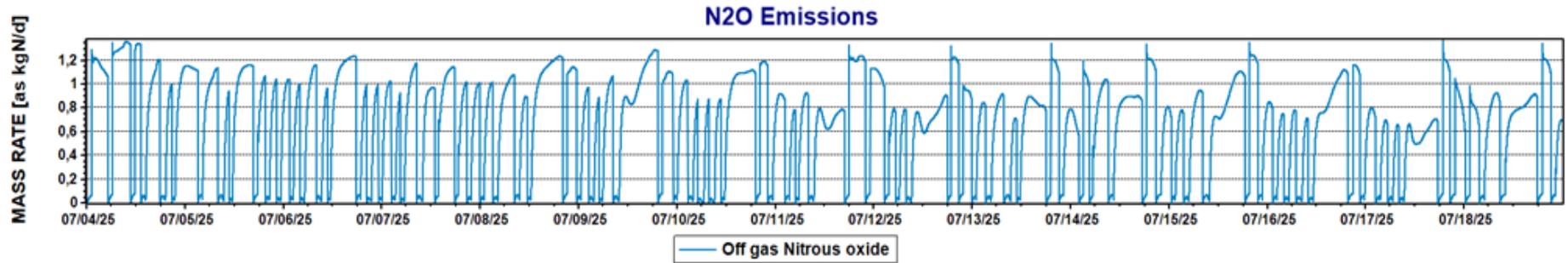
<sup>1</sup> Altri: pompaggi, movimentazione organi meccanici, separazione S/L, linea fanghi

# Effetti sulla biomassa

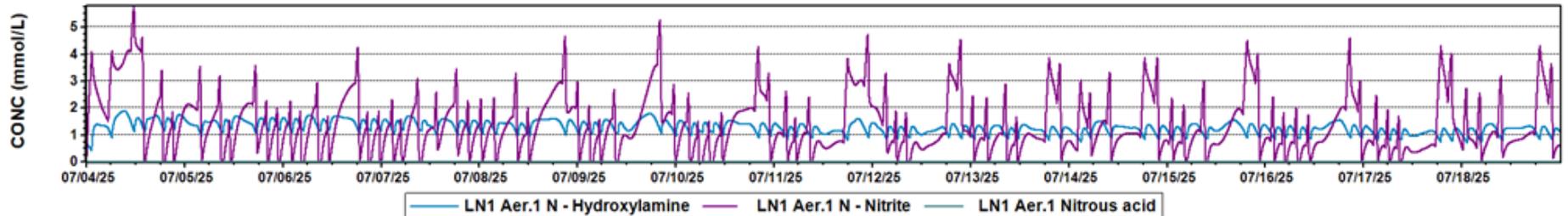


# Emissioni di N<sub>2</sub>O

*Emissioni di protossido di azoto dello Scenario 1*



*Concentrazioni di nitriti, acido nitroso e idrossilammina nel comparto aerobico*



# Confronto complessivo scenari

Parametro	Baseline	Scen. 1	Scen. 2	Scen. 3	Scen. 1bis	Scen. 2bis
Soffianti (kWh/d)	374	284	313	285	297	307
$\Delta$ Soffianti	-	-24%	-16%	-24%	-21%	-18%
Soffianti + Mix (kWh/d)	431	387	426	388	405	418
$\Delta$ Soffianti + Mix	-	-10%	-1%	-10%	-6%	-3%
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> effluente (mg/L)	2,68	0,16	0,15	0,13	0,22	0,26
TN effluente (mg/L)	8,89	9,73	8,23	12,13	9,58	8,19
N <sub>2</sub> O (kgN/d)	0,79	1,41	1,45	1,42	0,80	0,70
$\Delta$ N <sub>2</sub> O	-	+78%	+84%	+80%	+1%	-11%
Bilancio netto (kgCO <sub>2</sub> eq/d)	-	+259	+280	+261	-6	-83

# Conclusioni

- I margini di ottimizzazione dell'aerazione in impianti sovraccarichi sono limitati
- Consumi anomali, come il pompaggio a mare, possono mascherare l'effetto degli interventi di efficientamento dell'aerazione
- L'ottimizzazione dell'aerazione può essere controproducente in termini di emissioni climalteranti: la modellazione dinamica consente di verificare l'impatto prima di intervenire
- Strategie combinate (controllo sull'ammonio + gestione della biomassa) possono consentire risparmi energetici senza incremento delle emissioni, migliorando anche la qualità dell'effluente



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



Unione Europea  
FESR



Repubblica Italiana



Regione Siciliana



PO FESR Sicilia  
2014-2020



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana

Progetto n. 08CT3600000330

“Smartee-Plants: Smart Energy-Efficiency wastewater treatment Plants”



SMART - EE- PLANTS



**19**  
Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



# La gestione a cicli alternati come soluzione per l'upgrading degli impianti di trattamento: l'esperienza del Progetto SMART-EE-PLANTS

Prof. Ing. G. Di Bella. Ing R. Campo

*Università Degli Studi di Enna «Kore»*



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## SOMMARIO

- L'**aerazione intermittente** come strategia efficace per la **rimozione biologica dell'azoto**
- Il caso studio dell'impianto di depurazione di Gagliano Castelferrato (EN): **rimozione biologica dell'azoto** in un processo depurativo ad **aerazione intermittente**.
- Il problema del rapporto **Carbonio/Azoto (C/N)** nella rimozione biologica dell'azoto.
- Strategie operative e tecnologie per **efficientare** la rimozione biologica dell'azoto da reflui caratterizzati da basso **C/N**.
- Richiamo del processo convenzionale per la **rimozione biologica dell'azoto**.
- Risultati ottenuti a **scala di laboratorio** e in **pieno campo**

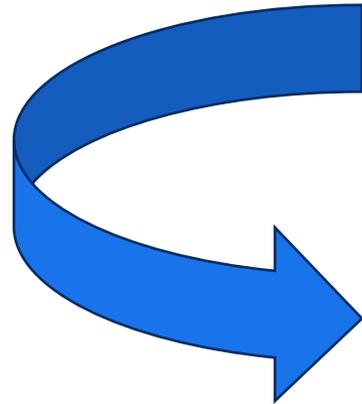


# SMART-EE-PLANTS

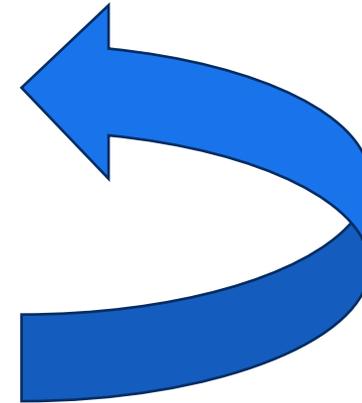
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## AERAZIONE INTERMITTENTE

### Rimozione Combinata di Carbonio e Azoto



### Risparmio Energetico



#### OPPORTUNITA'

- Risparmio planimetrico
- Risparmio energia
- Minore produzione di fango di supero

#### RISCHI

- Possibile selezione metabolica di batteri filamentosi → disfunzioni di processo
- Limitazione in denitrificazione in caso di reflui con basso C/N



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## IL RAPPORTO C/N: un problema se basso!!

La **rimozione biologica dell'azoto** è convenzionalmente mediata da microrganismi aerobici autotrofi ammonio-ossidanti (**AOB**) che convertono l'ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ) in nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )....

... e da microrganismi aerobici autotrofi nitrito-ossidanti (**NOB**) che convertono il nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) in nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

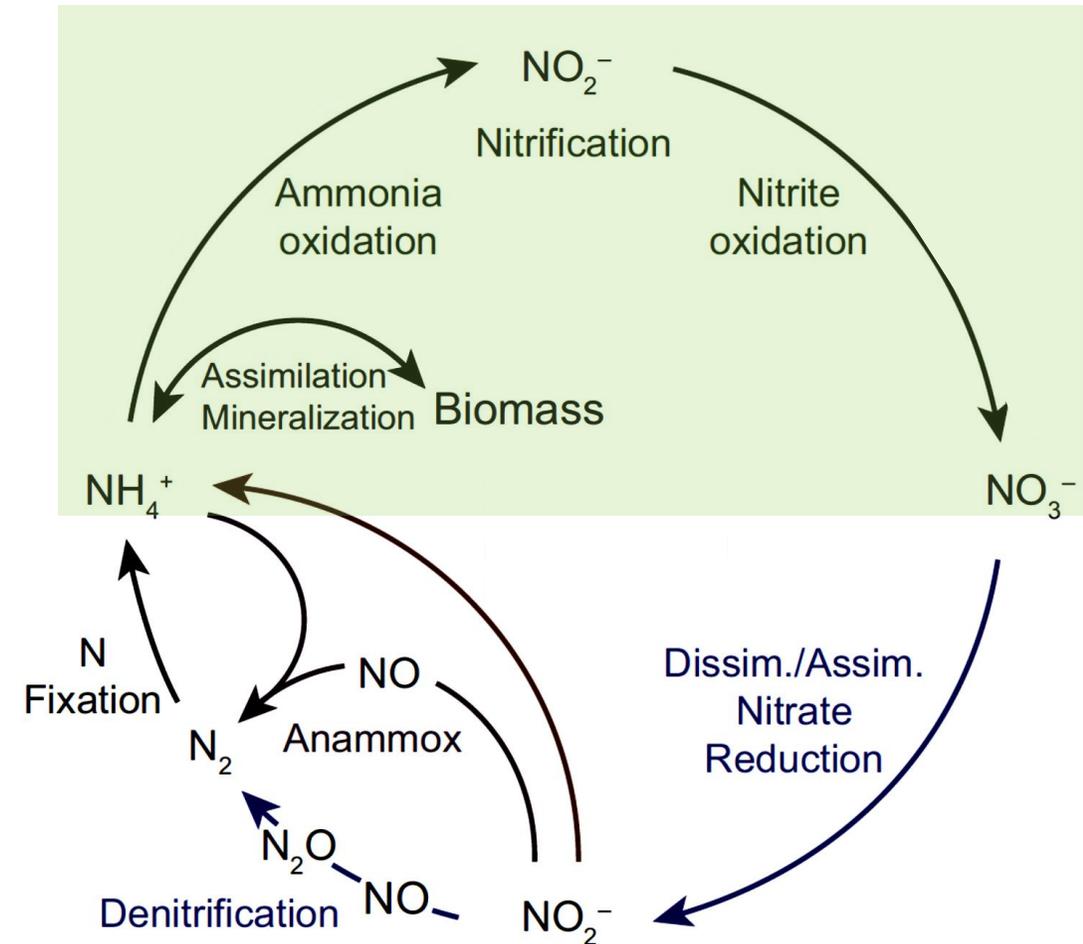


Figure adapted from Daims et al. (2016)

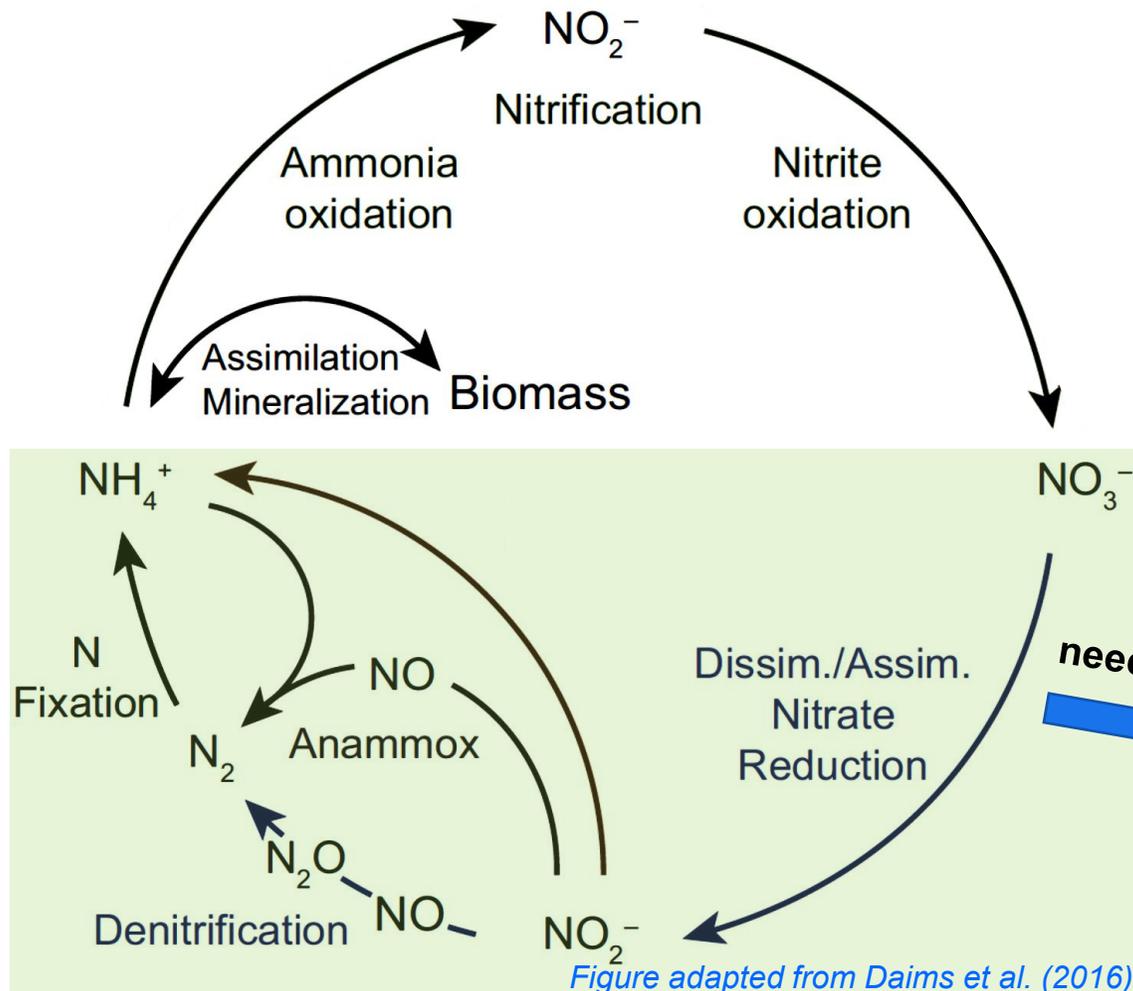


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

IL RAPPORTO C/N: un problema se basso!!

In uno step successivo, i nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ) prodotti vengono ridotti ad azoto molecolare ( $\text{N}_2$ ) da microrganismi facoltativi eterotrofi (**OHO**) in ambiente anossico.



needs...  $\frac{2.86}{(1-Y_{\text{OHO}})} \left[ \frac{\text{gCOD}}{\text{gNO}_3\text{-N}} \right]$

$Y_{\text{OHO}} = 0.67 \text{ gCOD}_x/\text{gCOD}_{\text{rem}}$ ; Henze et al. (2015)

Figure adapted from Daims et al. (2016)

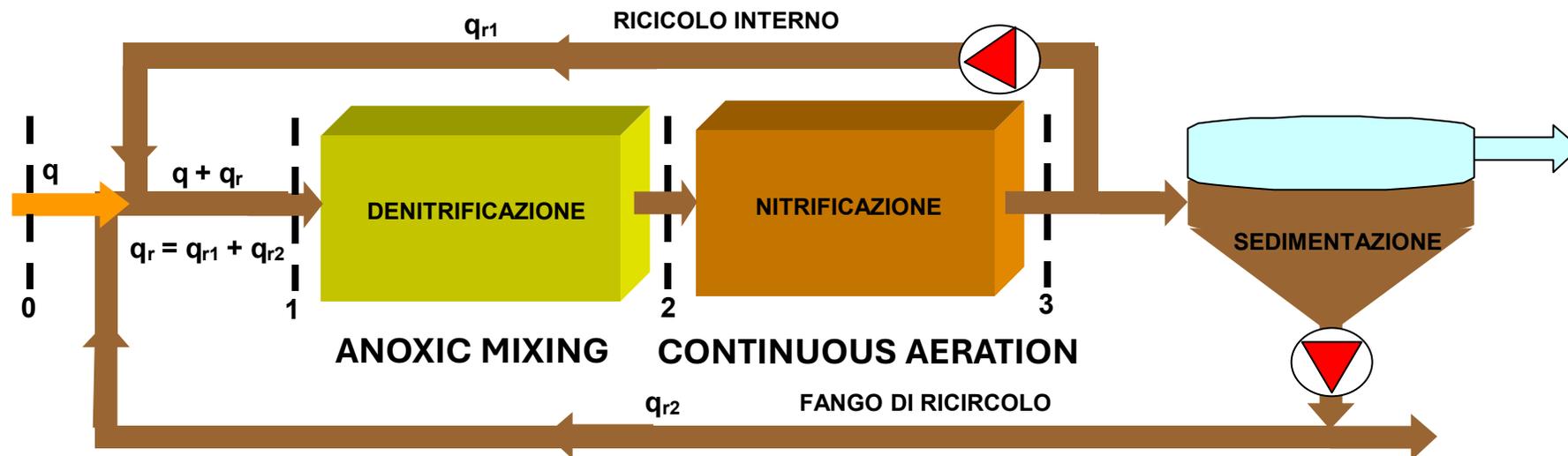


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## IMPIANTI CONVENZIONALI per la rimozione di C e N

A livello impiantistico la rimozione biologica dell'azoto richiede l'implementazione di appropriate unità di trattamento. Essendo un processo a due stadi, occorrono un bacino di ossidazione dell'ammonio a nitriti e nitrati (**nitrificazione**) e un bacino di riduzione dei nitrati ad azoto molecolare (**denitrificazione**).





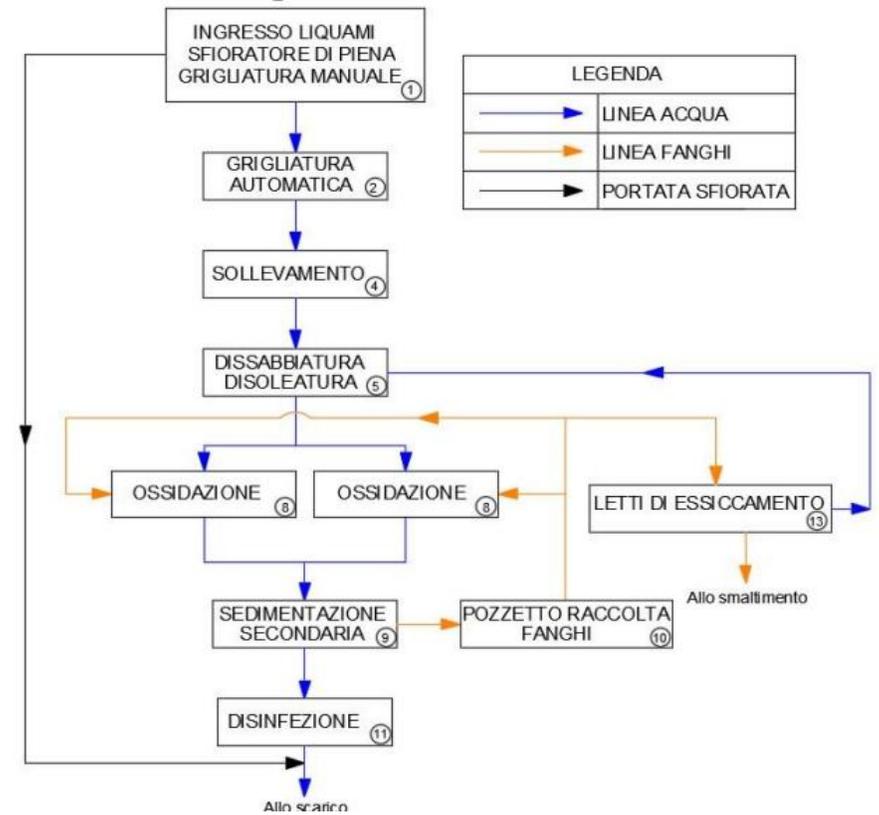
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## L'IMPIANTO DI GAGLIANO CASTELFERRATO (EN)



Programma Operativo Complementare (P.O.C.) 2014/2020 della Regione Siciliana												
Progetto n. 08CT3600000330												
"Smartee-Plants: Smart Energy Efficiency wastewater treatment Plants"												
Scheda Benchmarking dei consumi energetici per tutti gli impianti gestiti dalle tre Società del SH												
Impianto di depurazione di ... Gagliano Castelferrato												
ACQUAENNA S.p.A												
Gestore												
Località / Indirizzo												
Comuni serviti												
Ricettore												
Dati di Dimensionamento												
Abitanti equivalenti												
5000												
Portata di Progetto (m <sup>3</sup> /anno)												
456220												
Portata Effettiva (m <sup>3</sup> /anno)												
138232,8												
Produzione fanghi (kg/anno)												
6800 (anno 2022)												
Tipologia acque trattate												
ACQUE REFLUE URBANE												
Dati sui consumi energetici												
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2020	38747	34998	38747	37498	38747	37498	38747	38747	37498	38747	37498	38747
Portata trattata [m <sup>3</sup> /mese]	207	280	343,0	184	307	208	94	45	333	98	68	68
SST influente [mg/l]	44	30	<1	<3	6,1	9,8	3	<3	19	9,3	n.r.	10
SST effluente [mg/l]	363	251	372	184	340	500	240	160	100	550	120	120
BOD influente [mg/l]	16	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	5	n.r.	<5
BOD effluente [mg/l]	443	296	187	469	739	682	622	547	884	1001	272	272
COD influente [mg/l]	18	31	<10	<10	41	22	11	64	13	11	n.r.	<10
COD effluente [mg/l]	47,6	58										4,6
NH <sub>4</sub> influente [mg/l]	2,8											5,52
NH <sub>4</sub> effluente [mg/l]												0,284



ANNO	BOD <sub>in</sub>	COD <sub>in</sub>	N-NH <sub>4in</sub>	BOD/N influente	COD/N influente
	mg/L	mg/L	mg/L		
2020	255	550	55	5,0	10,1
2021	261	417	81	3,2	5,1
2022	240	462	91	2,6	5,0
2023	376	274	85	3,2	4,22



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

I.D. di GAGLIANO: il problema dei bassi rapporti C/N

Effetto combinato di sistemi fognari di **tipo unitario** (acque nere + acque di pioggia) →  
effetto diluizione delle acque reflue in tempo di pioggia...

... Incremento del

tempo di percorrenza in

fognatura

verosimilmente

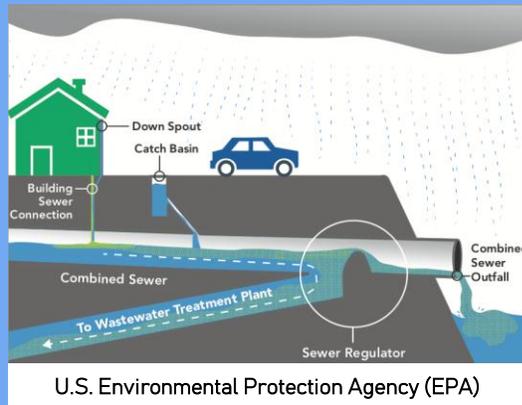
associato alla

diminuzione delle

portate fluenti a causa

della **crescente siccità**

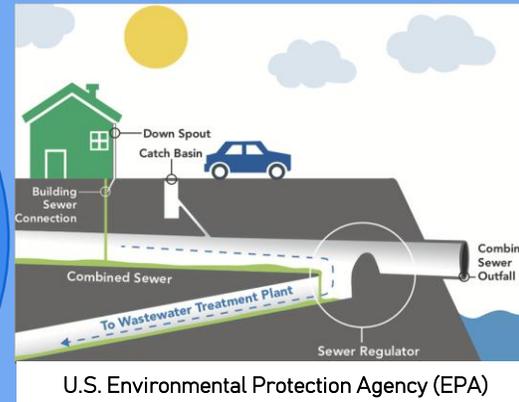
## FOGNATURE UNITARIE



**DILUIZIONE**

(low C and low N)

## SICCITA'



**AMMONIFICAZIONE**

(very low C – high N)

Low

C/N

**Wastewater**

(3 - 4 gbCOD/gTN)



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## IL RAPPORTO C/N: conseguenze «biologiche»

Nel caso di reflui a basso rapporto **C/N** vi è una limitazione da **e-donatore** che ostacola il processo di denitrificazione eterotrofa.

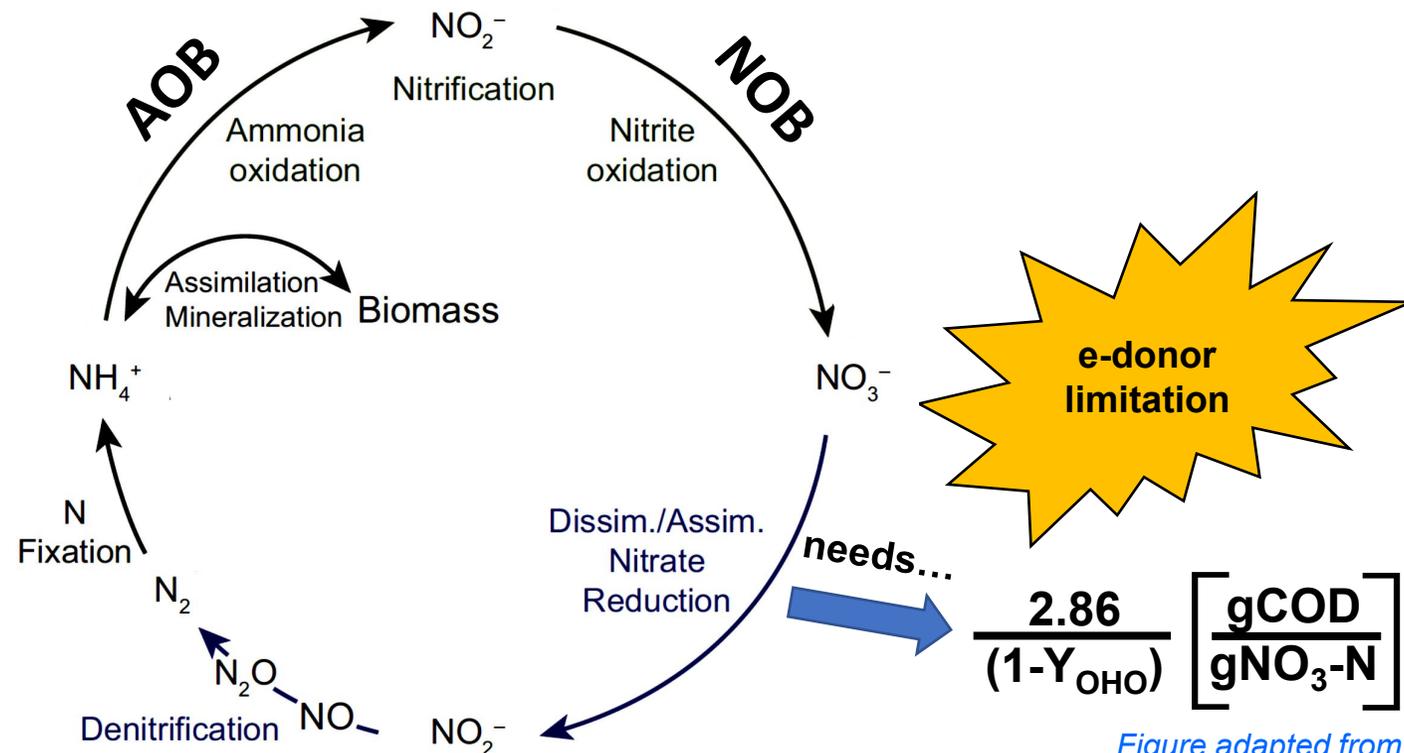


Figure adapted from Daims et al. (2016)



# SMART-EE-PLANTS

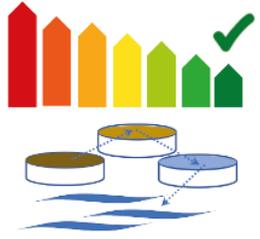
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## IL PROGETTO: studio di laboratorio di AI applicate/applicabili a Gagliano

Lo studio è stato condotto con refluo sintetico preparato sulla base della “baseline” in input presso l’impianto di Gagliano (EN).

- **STEP 1:** analisi del funzionamento di un impianto convenzionale a fanghi attivi (CAS), per la rimozione del BOD.
- **STEP 2:** analisi del processo intermittente con “strategia intermittente ON/OFF” per la rimozione, nella stessa vasca, di carbonio e azoto.

Days	STEP	Phase	Aer. ON	Aer. OFF	C/N
1-49	STEP 1	CA	$\infty$ min	0 min	3,5
50-105	STEP2,a	IA <sub>temp</sub>	60 min	45 min	3,5
	STEP2,b		85 min	65 min	3,5
	STEP2,c		80 min	80 min	5



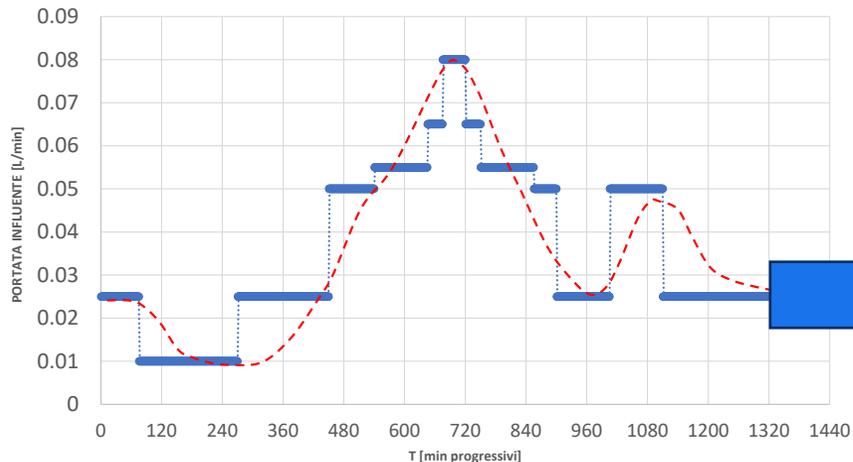
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

IL PROGETTO: impianto pilota a scala di laboratorio



ANDAMENTO GIORNALIERO PORTATE



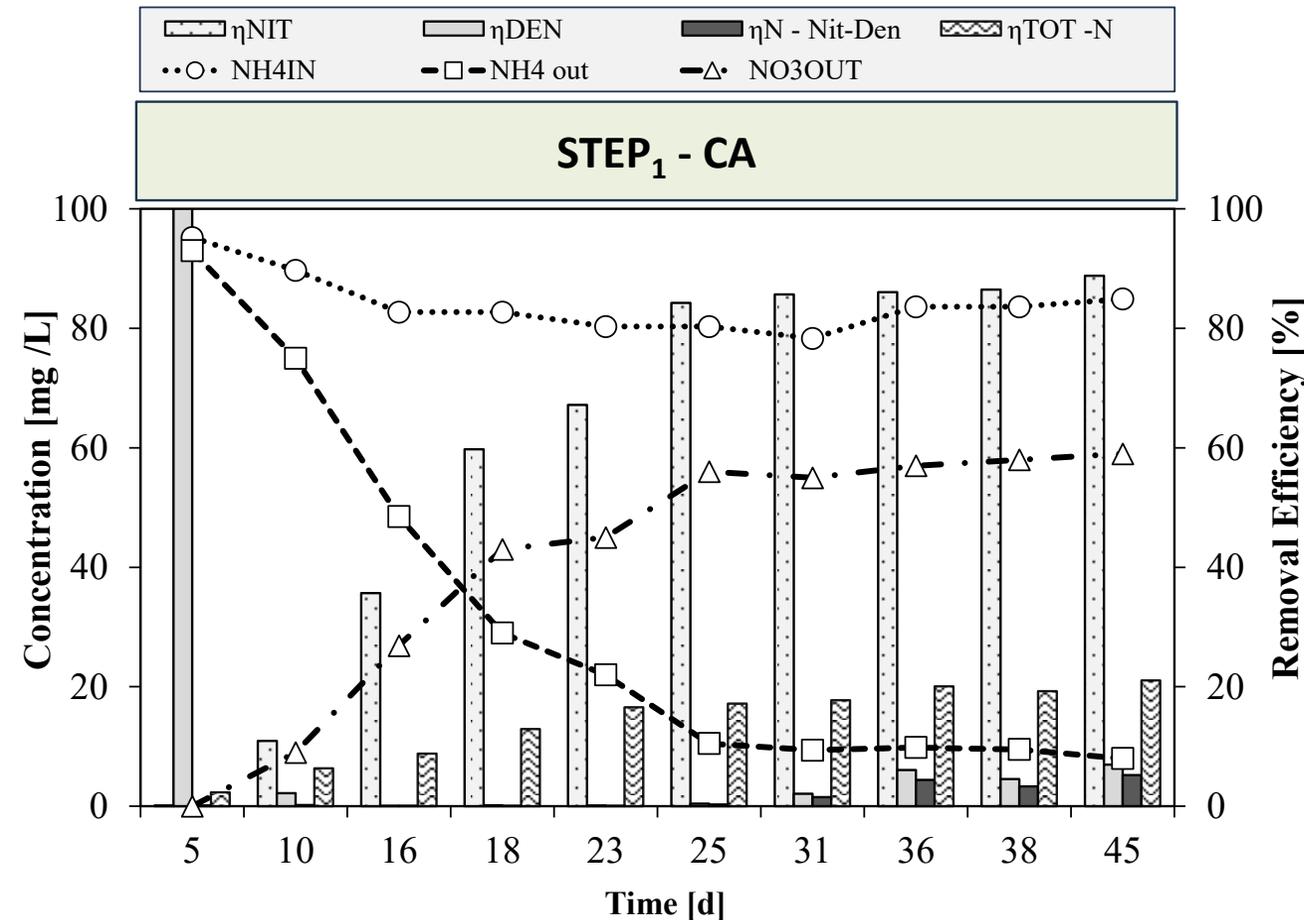


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI DI LAB: STEP 1 (aerazione continua)

STEP	Phase	Aer. ON	Aer. OFF	C/N
STEP 1	CA	$\infty$ min	0 min	3,5



$\eta_{NIT} \approx 88$   
 $\eta_{DEN} \approx 4\%$   
 $\eta_{N_{tot}} \approx 18\%$

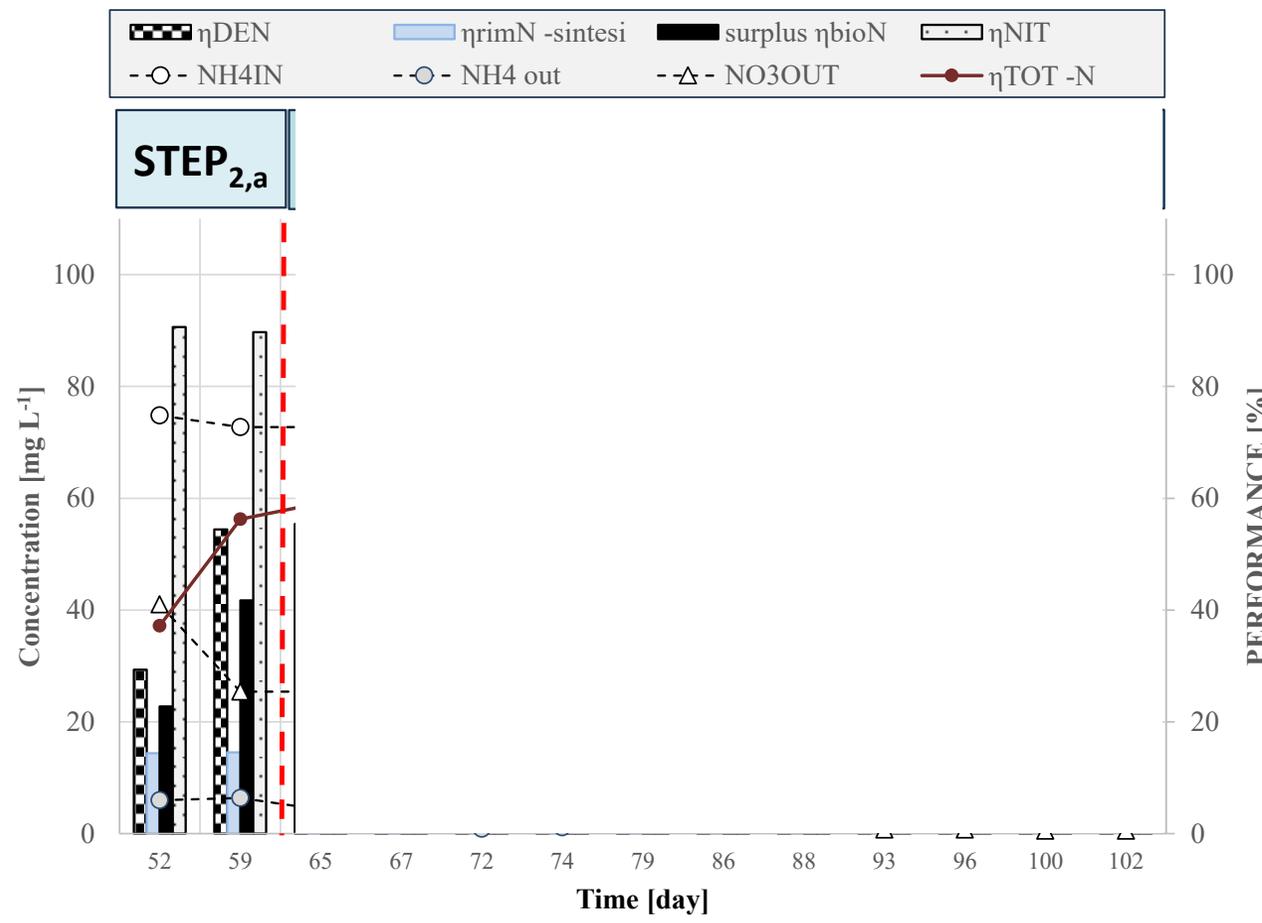


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI DI LAB: STEP 2A (Aerazione Intermittente 60'/45')

STEP	Phase	Aer. ON	Aer. OFF	C/N
STEP 2a	IA <sub>temp</sub>	60 min	45 min	3,5



$$\eta_{NIT} \approx 90\%$$

$$\eta_{DEN} \approx 30-50\%$$

$$\eta_{Ntot} \approx 56\%$$

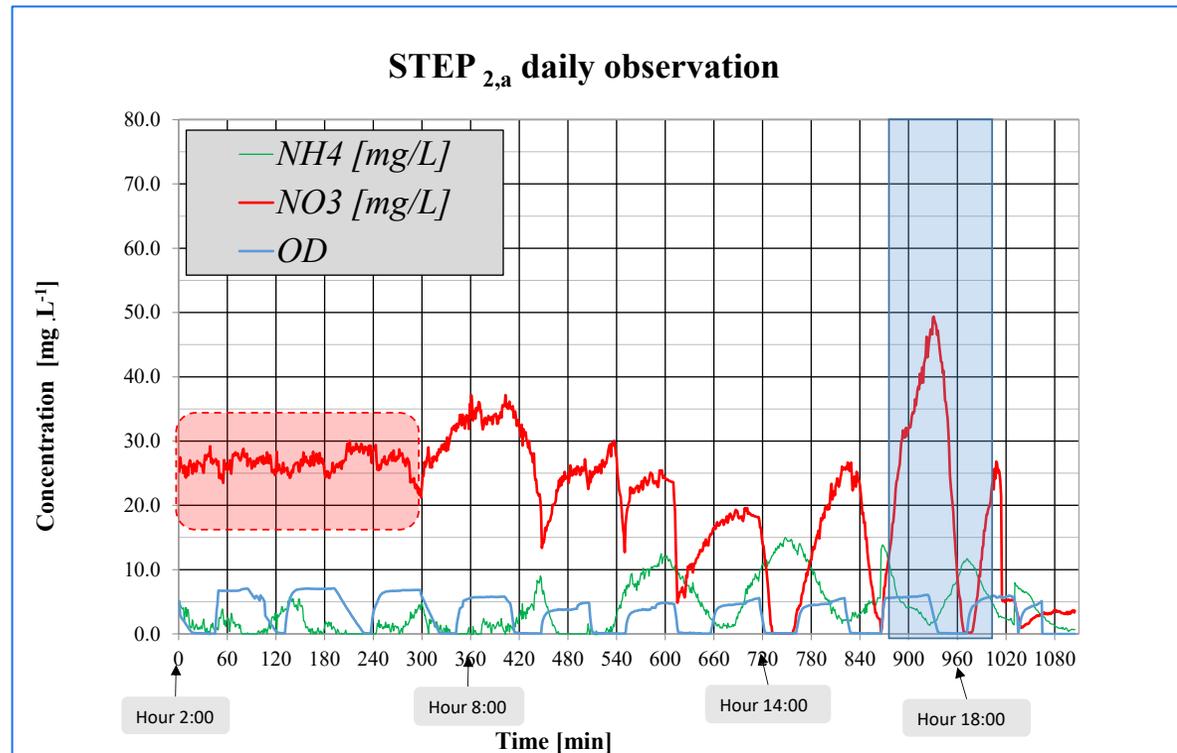


# SMART-EE-PLANTS

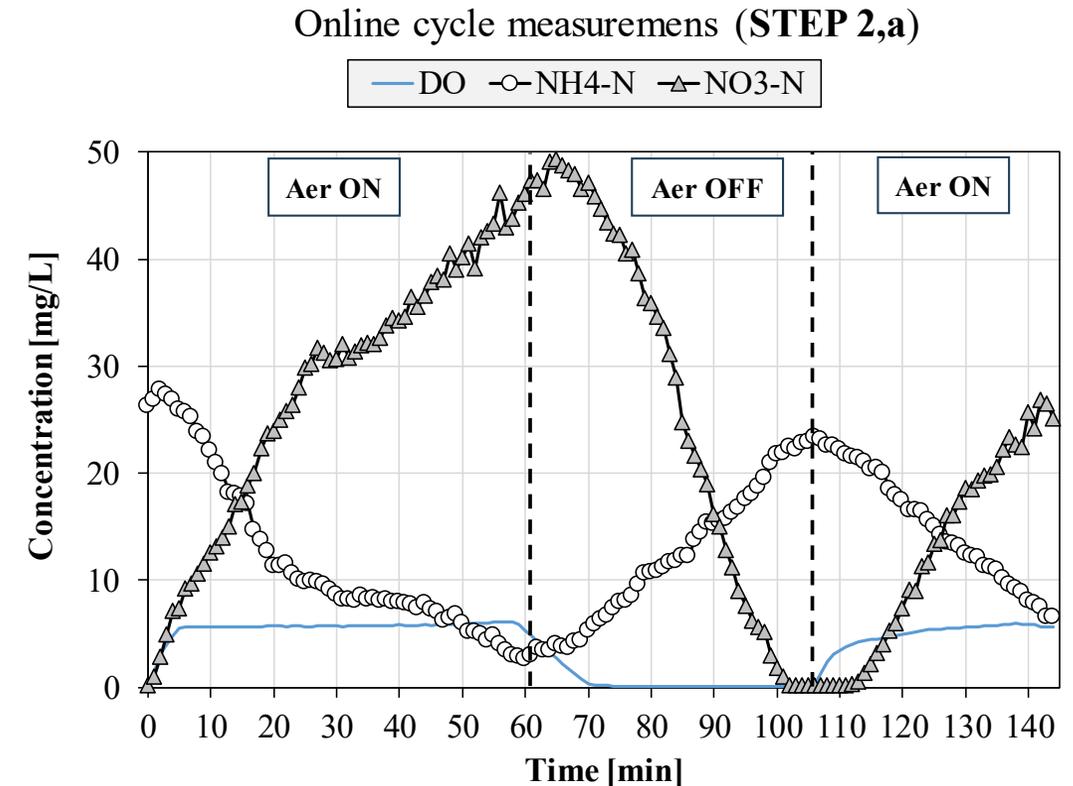
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI DI LAB: STEP 2A (Aerazione Intermittente 60'/45')

### Registrazioni Sonde STEP 2a



Ciclo giornaliero (24 h)



Zoom ciclo

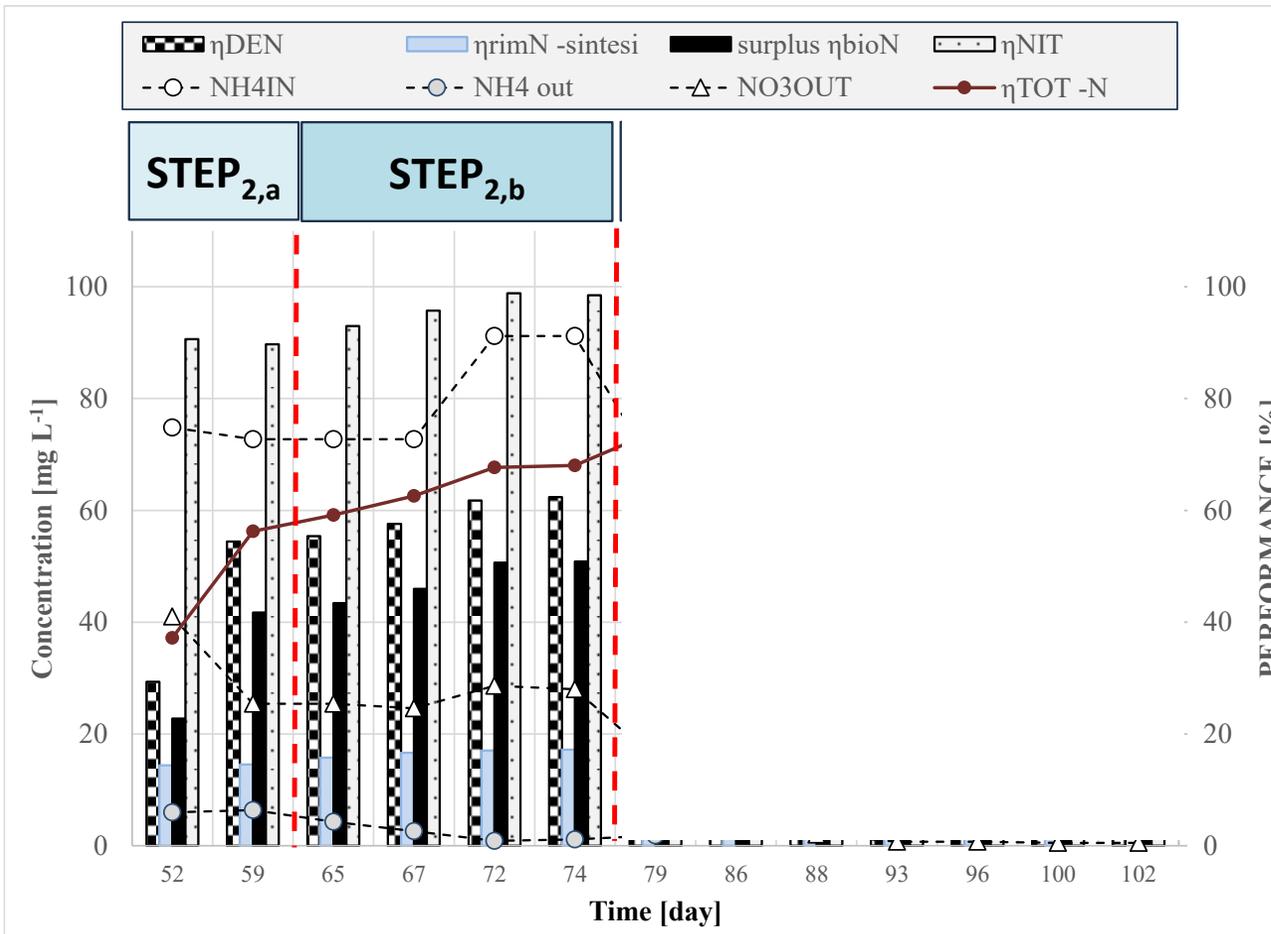


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI DI LAB: STEP 2B (Aerazione Intermittente 85'/65')

STEP	Phase	Aer. ON	Aer. OFF	C/N
STEP 2b	IA <sub>temp</sub>	85 min	65 min	3,5



$$\eta_{NIT} \approx 98\%$$

$$\eta_{DEN} \approx 60\%$$

$$\eta_{Ntot} \approx 68\%$$

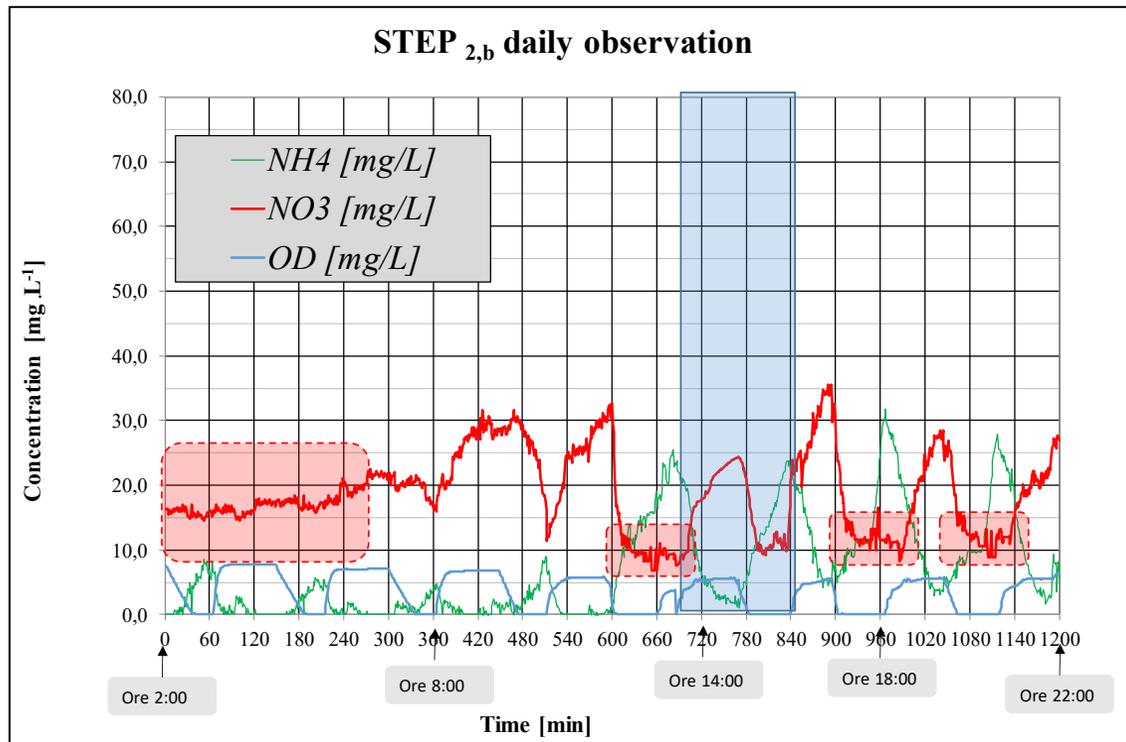


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

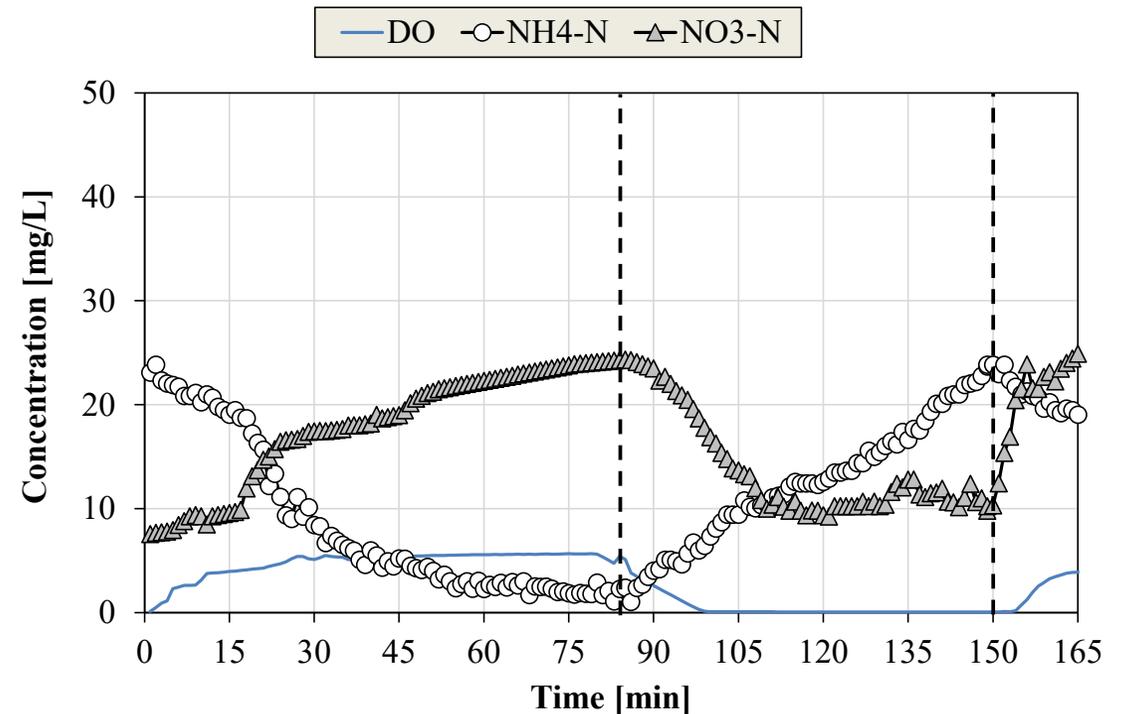
## RISULTATI DI LAB: STEP 2B (Aerazione Intermittente 85'/65')

### Registrazioni Sonde STEP 2b



Ciclo giornaliero (24 h)

### Online Cycle Measurement (STEP2,b)



Zoom ciclo

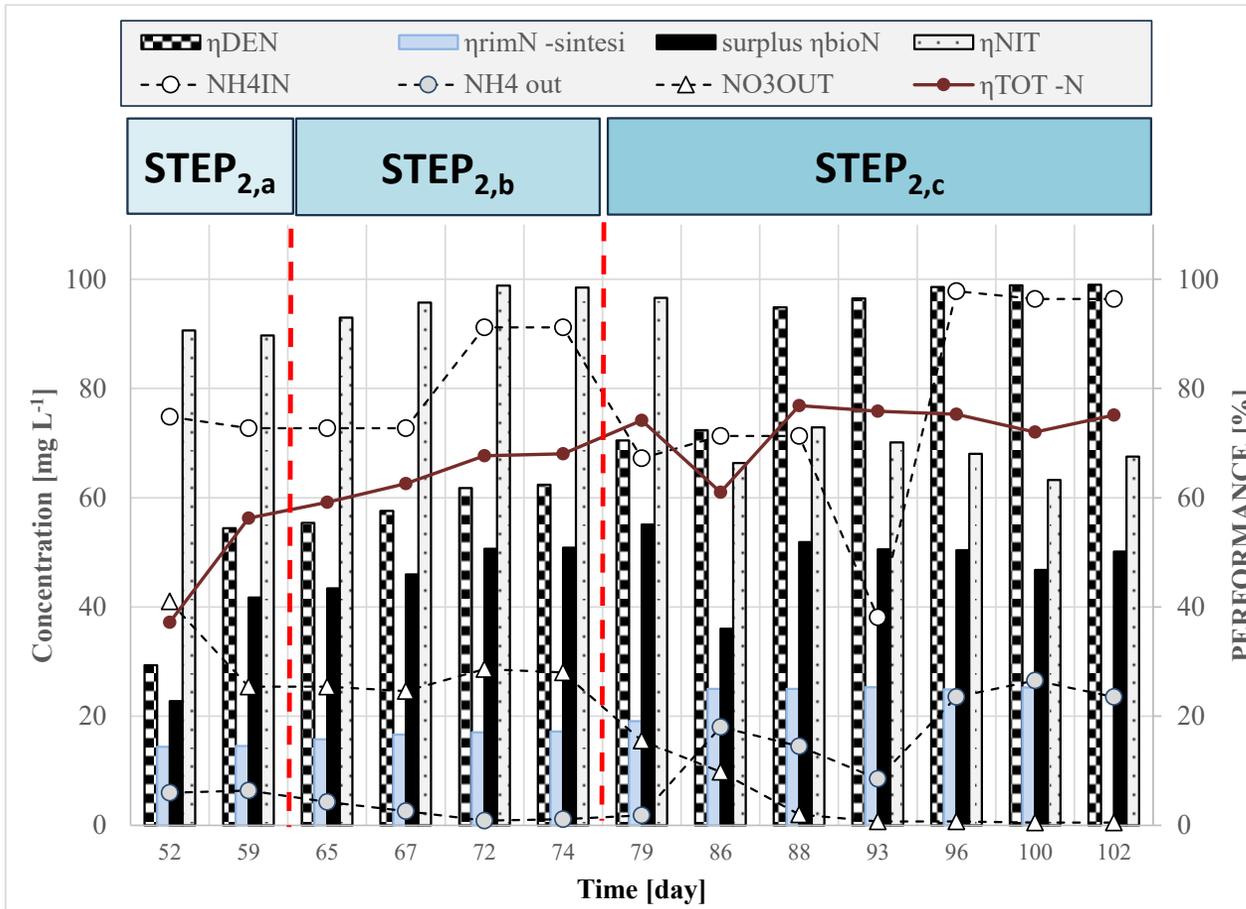


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI DI LAB: STEP 2c (Aerazione Intermittente 80'/80')

STEP	Phase	Aer. ON	Aer. OFF	C/N
STEP 2c	IA <sub>temp</sub>	80 min	80 min	5



$\eta_{NIT} \approx 65\%$

$\eta_{DEN} \approx 98\%$

$\eta_{Ntot} \approx 66\%$

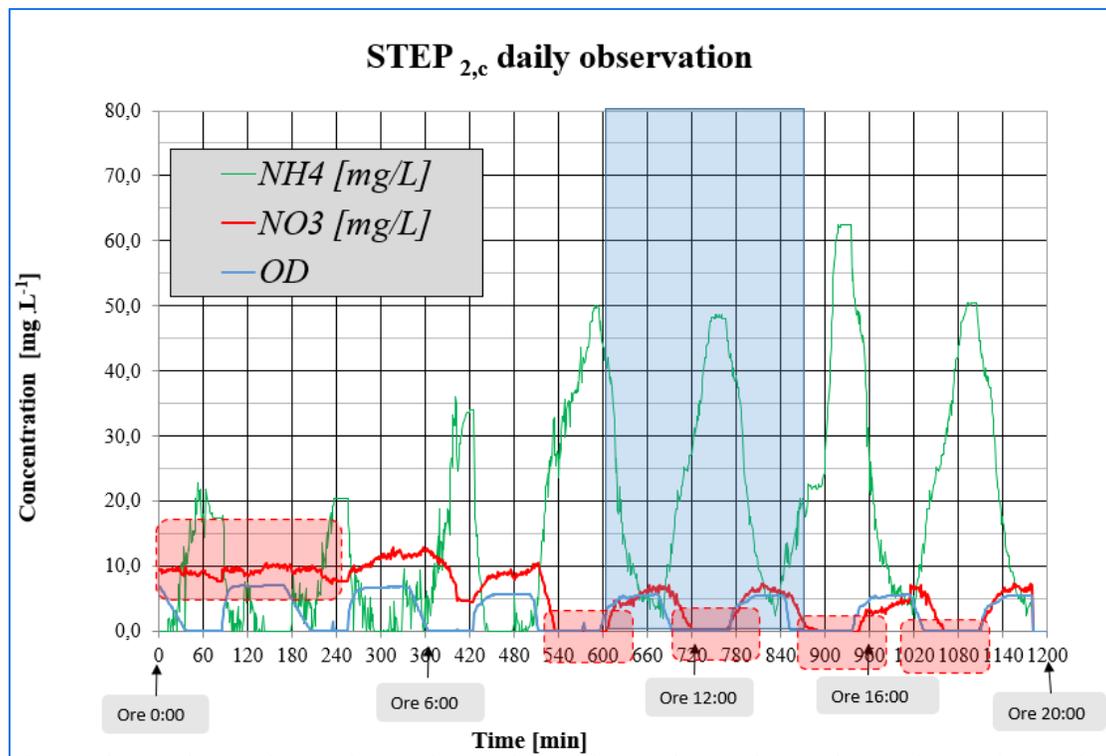


# SMART-EE-PLANTS

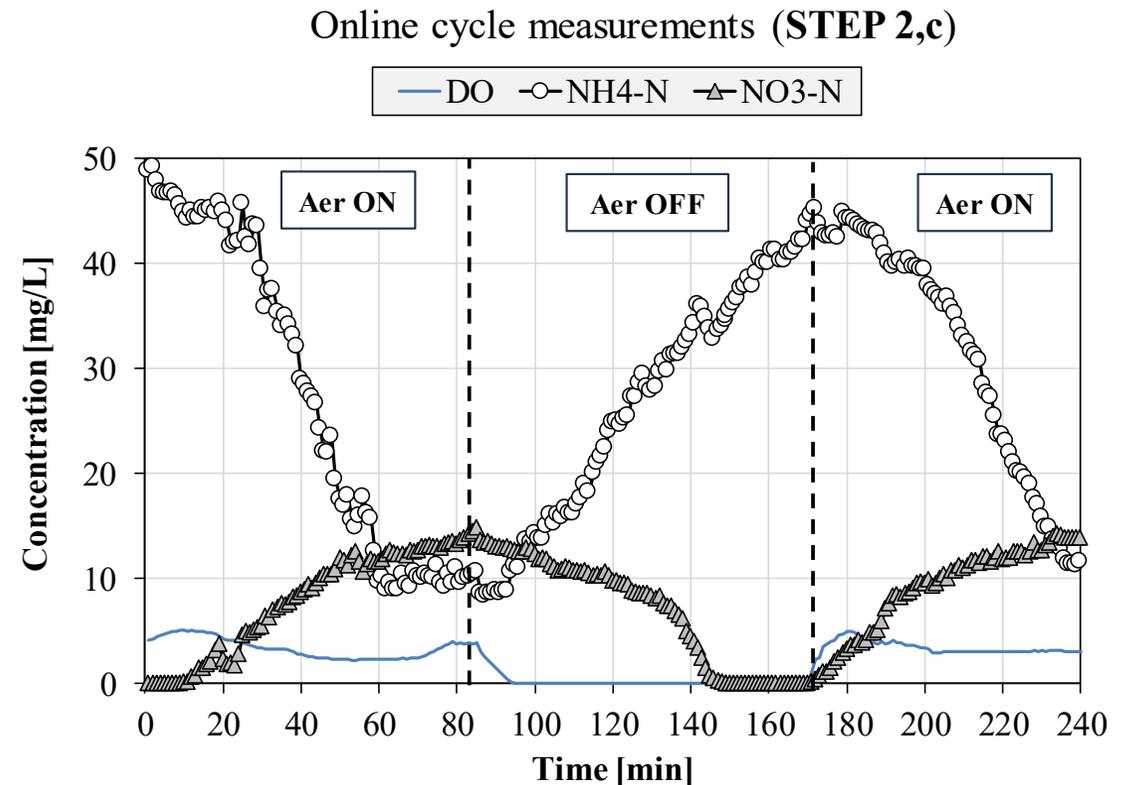
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI DI LAB: STEP 2c (Aerazione Intermittente 80'/80')

### Registrazioni Sonde STEP 2c



Ciclo giornaliero (24 h)



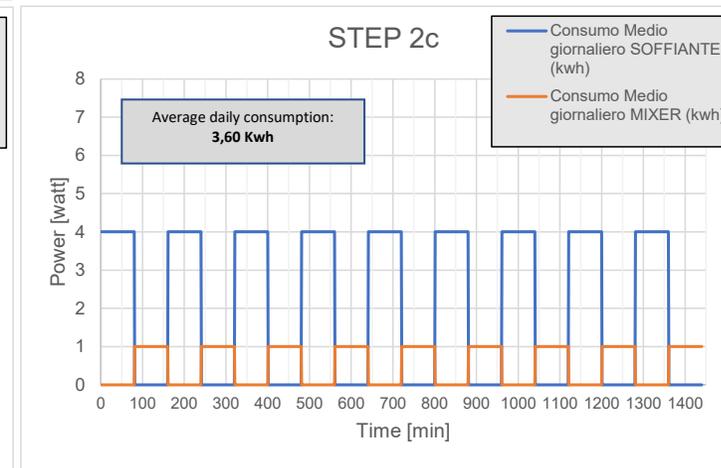
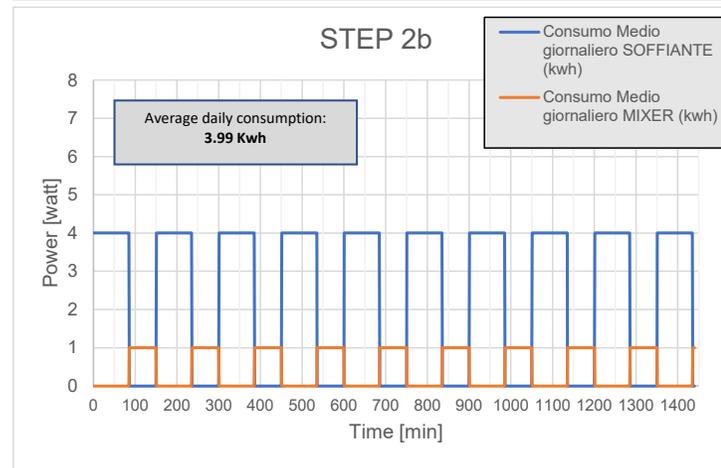
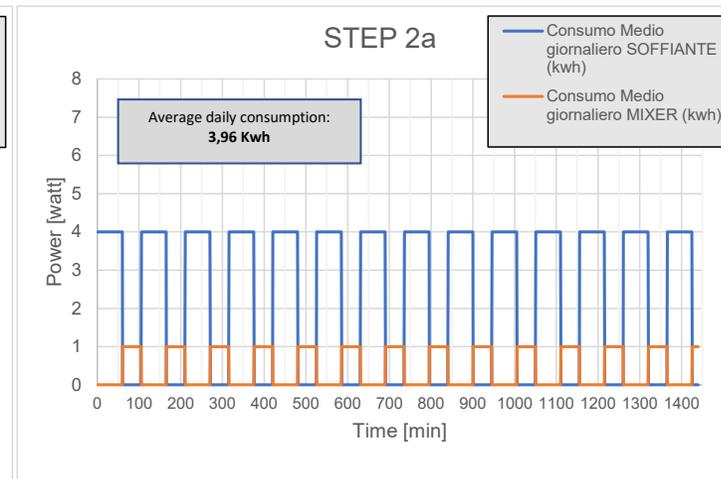
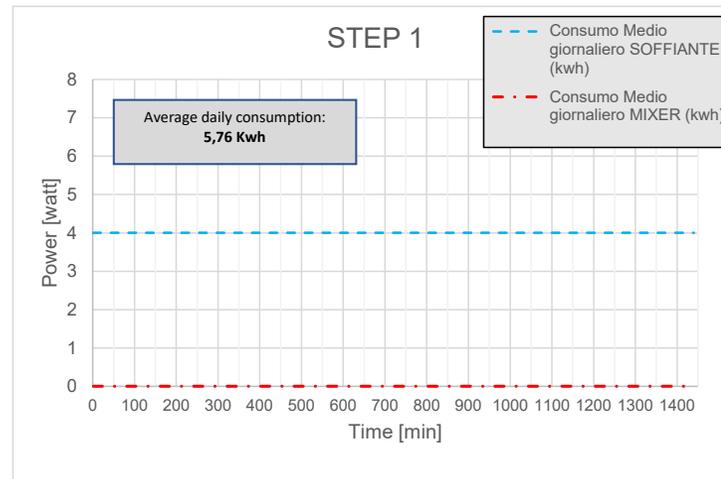
Zoom ciclo



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI DI LAB: risparmio energetico





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI DI LAB: STEP 3 (Aerazione Intermittente con controllo SONDE)

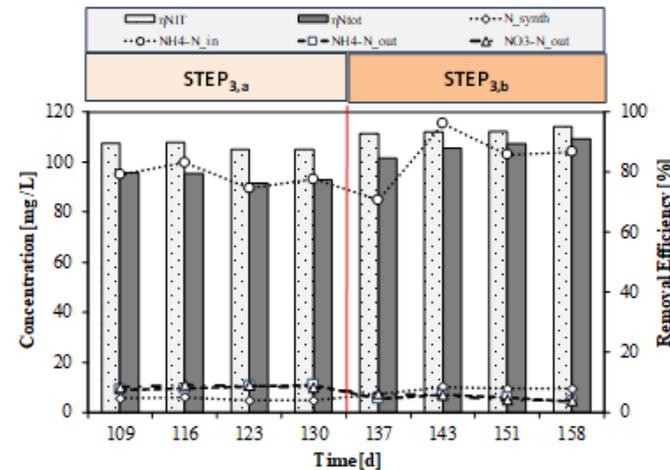
Operational days	STEP	Phase	Sub-phase	AERATION		C/N
				ON (min)	OFF (min)	
0-49	STEP 1	CA	--	$\infty$	0	3,5
50-63			Step2,a	60	45	3,5
64-77	STEP 2	IA <sub>T</sub>	Step2,b	85	65	3,5
78-105			Step2,c	80	80	5
106-133			Step3,a	Set points control SET A1 (NO <sub>3</sub> -N = 10 mg/L; NH <sub>4</sub> -N = 30 mg/L)	Set points control SET A1 (NO <sub>3</sub> -N = 30 mg/L; NH <sub>4</sub> -N = 10 mg/L)	3,5
134-160	STEP 3	IA <sub>P</sub>	Step3,b	Set points control SET A2 (NO <sub>3</sub> -N = 5 mg/L; NH <sub>4</sub> -N = 20 mg/L)	Set points control SET A2 (NO <sub>3</sub> -N = 20 mg/L; NH <sub>4</sub> -N = 5 mg/L)	5



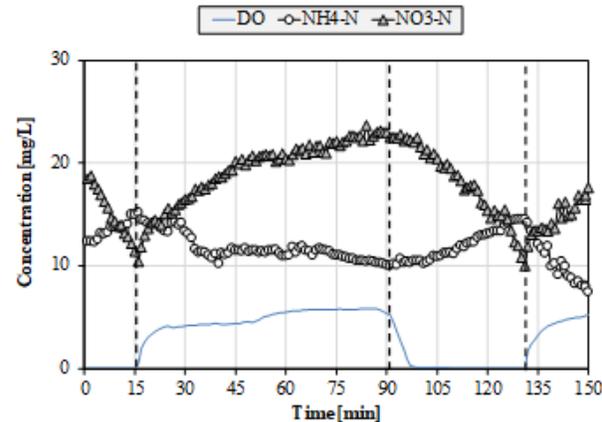
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

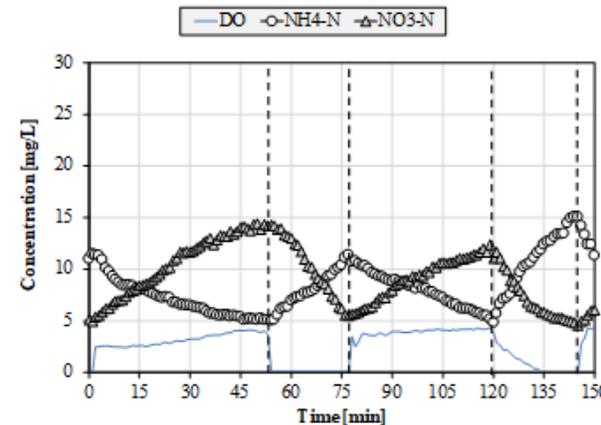
## RISULTATI DI LAB: STEP 3 (Aerazione Intermittente con controllo SONDE)



Online cycle measurements (STEP3,a)



Online cycle measurements (STEP3,b)



$\eta_{NIT} \approx 88\%$   
 $\eta_{DEN} \approx 83\%$   
 $\eta_{Ntot} \approx 79\%$

$\eta_{NIT} \approx 92\%$   
 $\eta_{DEN} \approx 88\%$   
 $\eta_{Ntot} \approx 86\%$



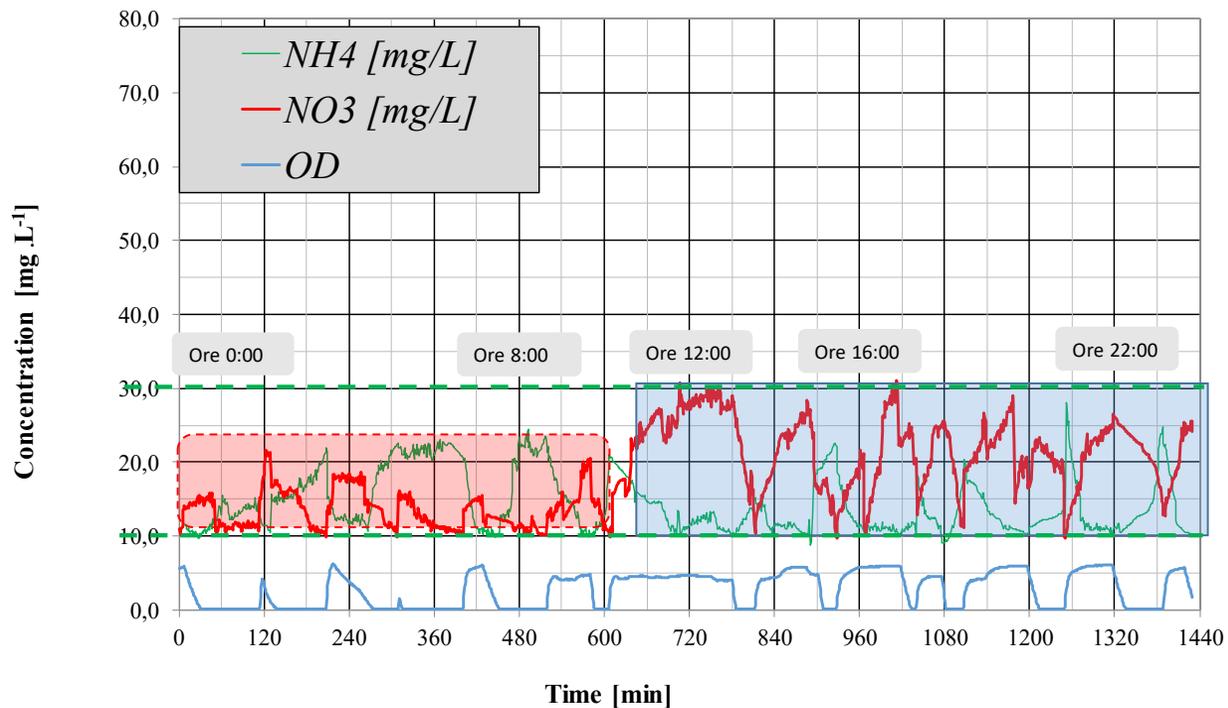
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

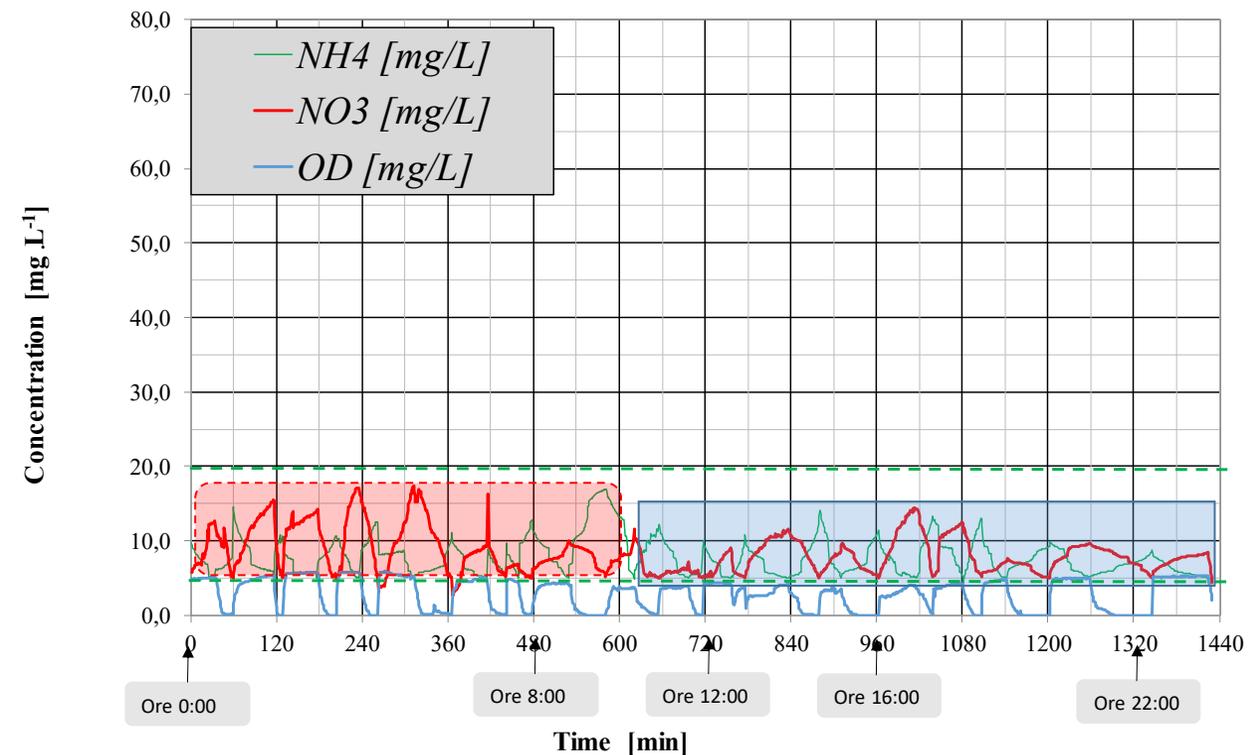
## RISULTATI DI LAB: STEP 3 (Aerazione Intermittente con controllo SONDE)

### Registrazioni Sonde STEP 3

STEP <sub>3,a</sub> daily observation



STEP <sub>3,b</sub> daily observation





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

RISULTATI FULL SCALE: l'uso del DIMOSTRATORE di progetto



From fixed Timing

...to...

Automatic Control



Nitrogen removal ↑

Energy efficiency ↑



Nitrogen removal ↑↑↑

Energy efficiency ↑↑↑



# SMART-EE-PLANTS

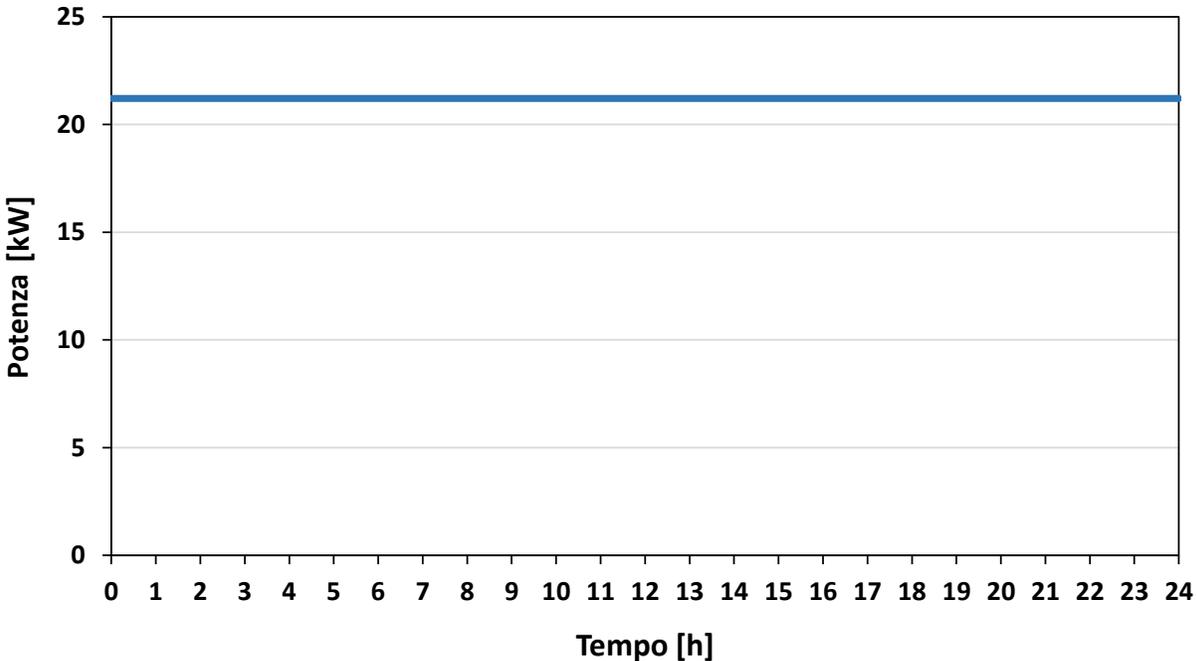
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

RISULTATI FULL SCALE: monitoraggio in aerazione continua (C/N =2,5)

## CONSUMI ENERGETICI

Potenza assorbita dal sistema di aerazione

— Aer. Continua



Parametro	Valore	U.M.
Potenza assorbita sistema di aerazione (airjet) per singolo reattore biologico (Valore medio annuo)	21,21	kW
Costo unitario energia (PUN - Prezzo Unitario Nazionale)	0,1420	€
Numero di reattori biologici a fanghi attivi	2	-
Tempo complessivo annuo aerazione in continuo	8760	h/anno
Consumo energetico medio annuo	371.685	kWh/anno
<b>Costo medio annuo energia</b>	<b>52.768</b>	<b>€/anno</b>



# SMART-EE-PLANTS

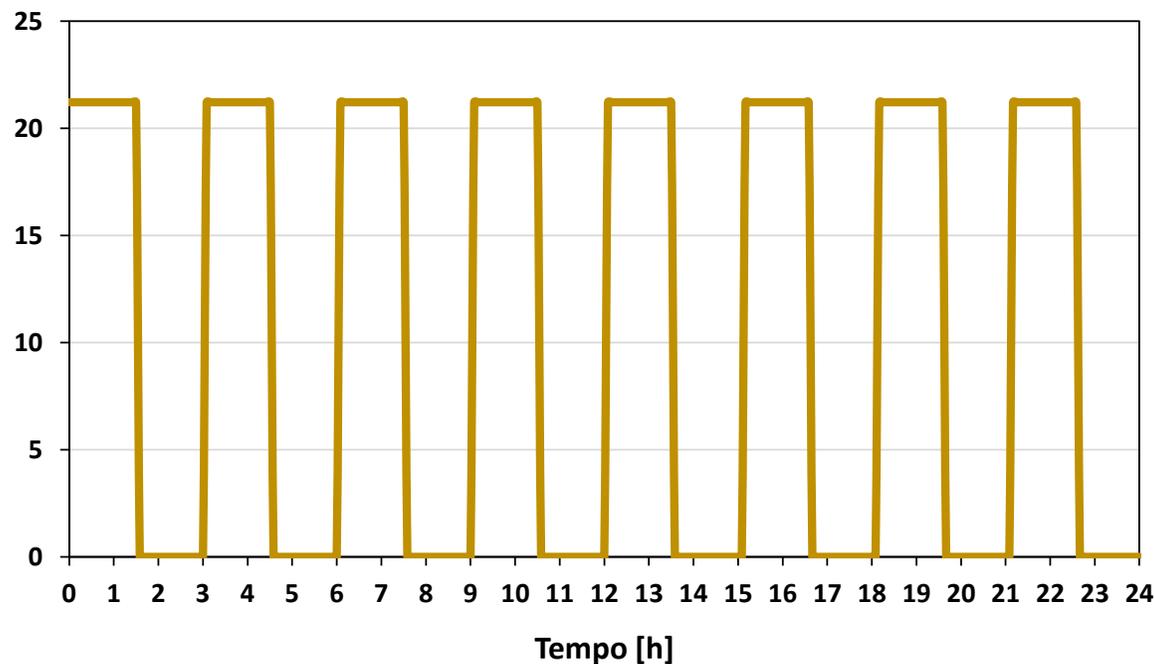
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

RISULTATI FULL SCALE: monitoraggio in aerazione intermittente 90'/90' (C/N =2,5)

## CONSUMI ENERGETICI

Potenza assorbita dal sistema di aerazione

— Aer. intermittente (90on-90off)



Parametro	Valore	U.M.
Potenza assorbita sistema di aerazione (airjet) per singolo reattore biologico (Valore medio annuo)	21,21	kW
Costo unitario energia (PUN - Prezzo Unitario Nazionale)	0,1420	€
Numero di reattori biologici a fanghi attivi	2	-
Tempo complessivo annuo Aer. Intermittente	4380	h/anno
Consumo energetico medio annuo	185.842	kWh/anno
<b>Costo medio annuo energia</b>	<b>26.384</b>	<b>€/anno</b>
<b>Consumo risparmiato rispetto ad Aer. Continua</b>	<b>185.842</b>	kWh/anno
<b>Costo risparmiato rispetto ad Aer. Continua</b>	<b>26.384</b>	<b>€/anno</b>
<b>Percentuale di risparmio economico</b>	<b>50</b>	<b>%</b>



# SMART-EE-PLANTS

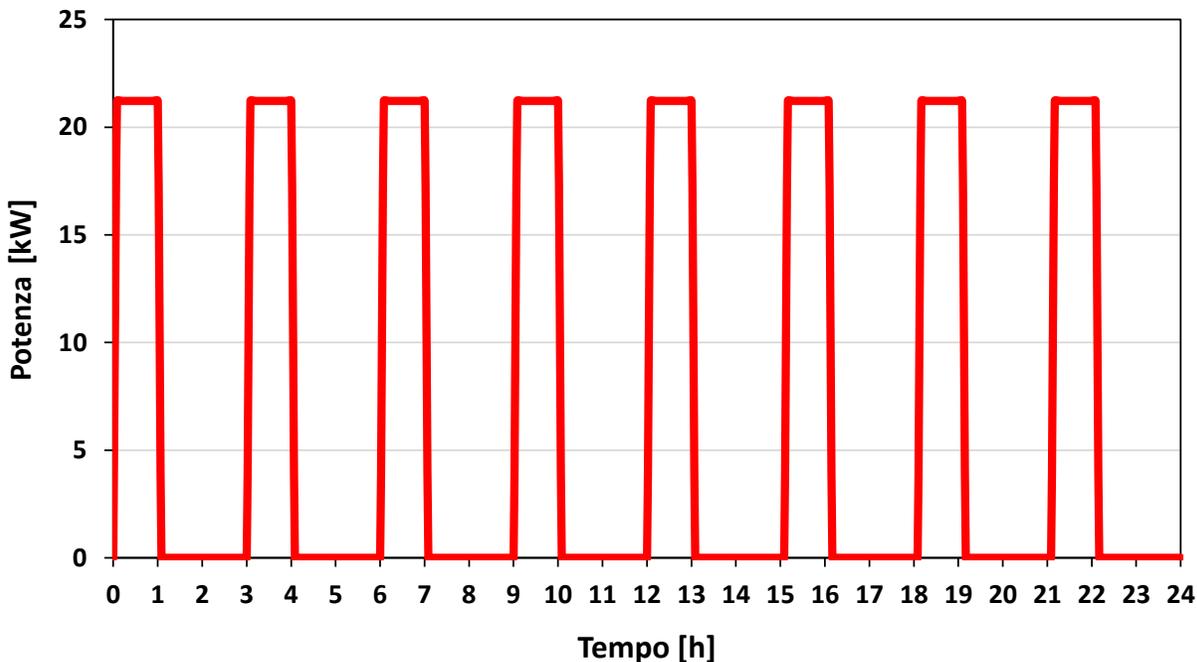
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

RISULTATI FULL SCALE: monitoraggio in aerazione intermittente 60'/120' (C/N =2,5)

## CONSUMI ENERGETICI

Potenza assorbita dal sistema di aerazione

— Aer. Intermittente (60on-120off)



Parametro	Valore	U.M.
Potenza assorbita sistema di aerazione (airjet) per singolo reattore biologico (Valore medio annuo)	21,21	kW
Costo unitario energia (PUN - Prezzo Unitario Nazionale)	0,1420	€
Numero di reattori biologici a fanghi attivi	2	-
Tempo complessivo annuo Aer. Intermittente	2920	h/anno
Consumo energetico medio annuo	123.895	kWh/anno
<b>Costo medio annuo energia</b>	<b>17.589</b>	<b>€/anno</b>
<b>Consumo risparmiato rispetto ad Aer. Continua</b>	<b>247.790</b>	<b>kWh/anno</b>
<b>Costo risparmiato rispetto ad Aer. Continua</b>	<b>35.178</b>	<b>€/anno</b>
<b>Percentuale di risparmio economico</b>	<b>67</b>	<b>%</b>



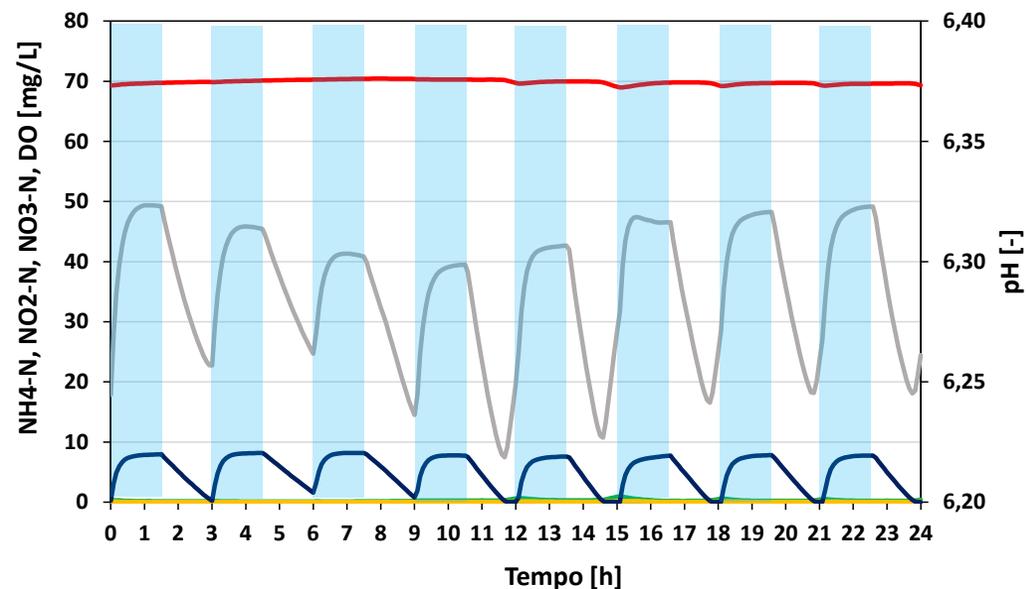
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI FULL SCALE: monitoraggio aerazione intermittente

Rimozione N - Aer. Intermittente (90min\_ON - 90min\_OFF)

— NH4-N — NO2-N — NO3-N — DO — pH — ON Aer.



$\eta_{\text{NIT}} \approx 99,5 \%$ ;  $\eta_{\text{DEN}} \approx 5,2 \%$ ;  $\eta_{\text{TN}} \approx 16 \%$

$\approx$  il 78% del TN rimosso è per  $N_{\text{ass.het}}$ .

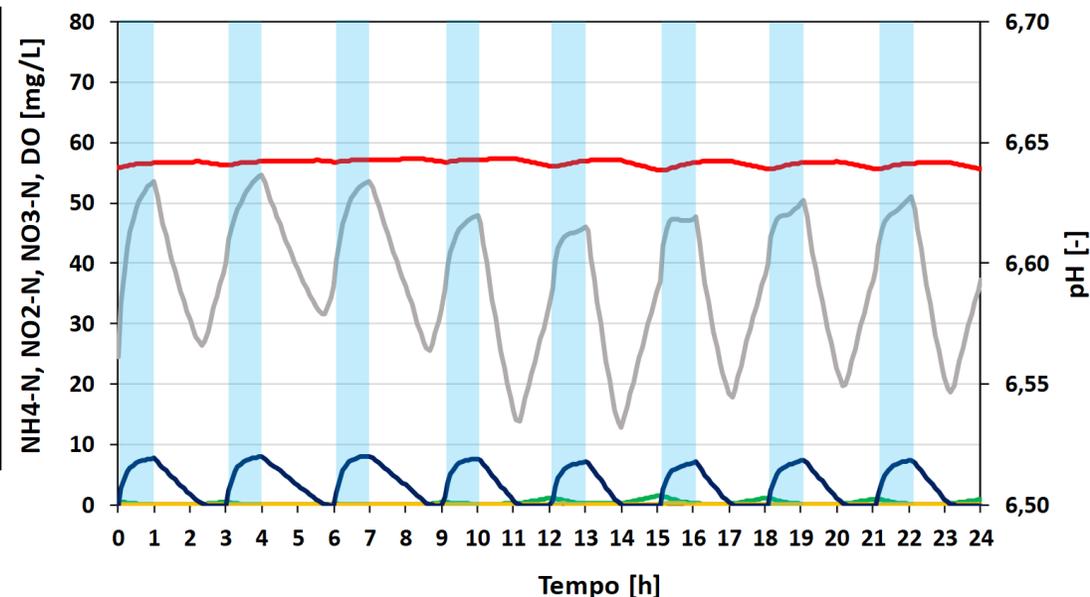
Forte limitazione  
in  
denitrificazione  
per carenza di  
e-donatore



$C/N = 2,5$

Rimozione N - Aer. Intermittente (60min\_ON - 120min\_OFF)

— NH4-N — NO2-N — NO3-N — DO — pH — ON Aer.



$\eta_{\text{NIT}} \approx 99,1 \%$ ;  $\eta_{\text{DEN}} \approx 22,5 \%$ ;  $\eta_{\text{TN}} \approx 31 \%$

$\approx$  il 40% del TN rimosso è per  $N_{\text{ass.het}}$ .



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## STRATEGIE OPERATIVE

### Da dati monitorati

- *Aggiunta di Carbonio Esterno*: Il dosaggio di reagenti organici (e.g., acido acetico, metanolo, etc.) è oneroso ma ampiamente applicato dai gestori per incrementare il **rapporto C/N** e potenziare l'efficienza di rimozione dell'azoto in denitrificazione.

### Da dati proiettati/simulati

- *Gestione del DO*: Il controllo accurato dell'ossigeno disciolto, mantenendo condizioni **microaerobiche** ( $DO < 1 \text{ mg/L}$ ), è applicato per favorire i batteri AOB rispetto ai NOB.
- *Vantaggio Economico*: Questa strategia permette la parziale rimozione dell'azoto via nitrito, riducendo la richiesta di e-donatore (COD) di **circa il -40%** e comportando un risparmio energetico di **circa il -25%**

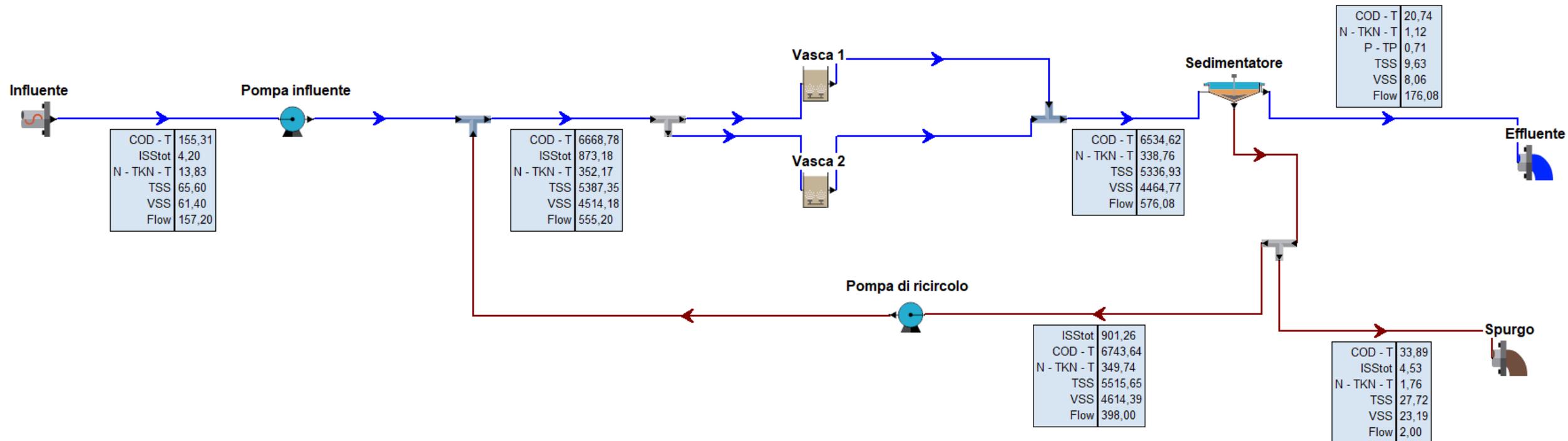


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

RISULTATI FULL SCALE: proiezione/simulazione Biowin®

Layout Biowin® del WWTP di Gagliano Castelferrato



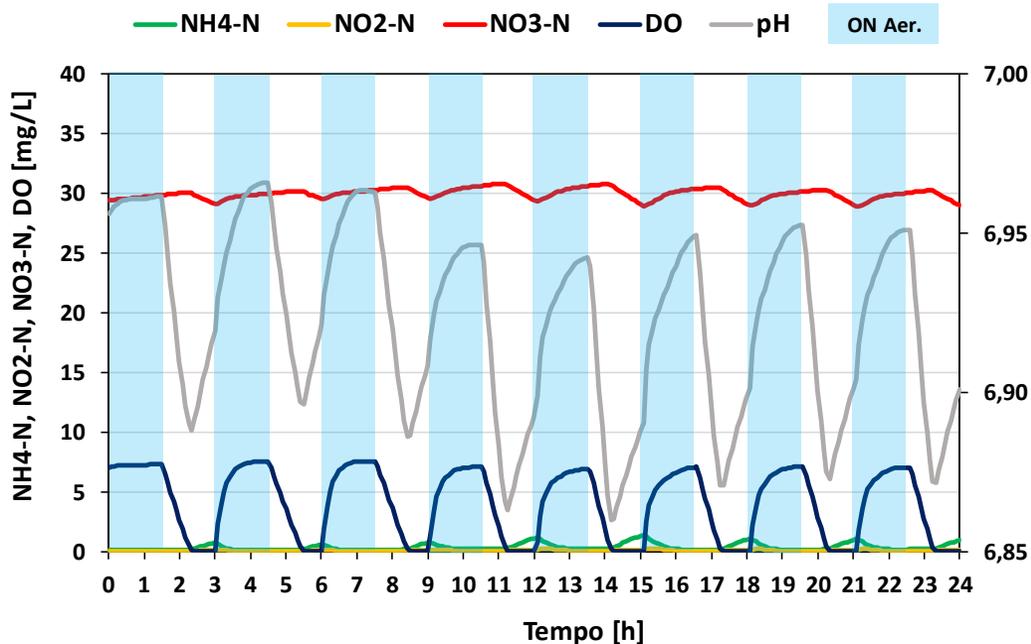


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI FULL SCALE: proiezione/simulazione Aerazione Intermittente (C/N 5.5)

Rimozione N - Aer. Intermittente (90min\_ON - 90min\_OFF)



$\eta_{\text{NIT}} \approx 99\%$ ;  $\eta_{\text{DEN}} \approx 48\%$ ;  $\eta_{\text{TN}} \approx 59\%$

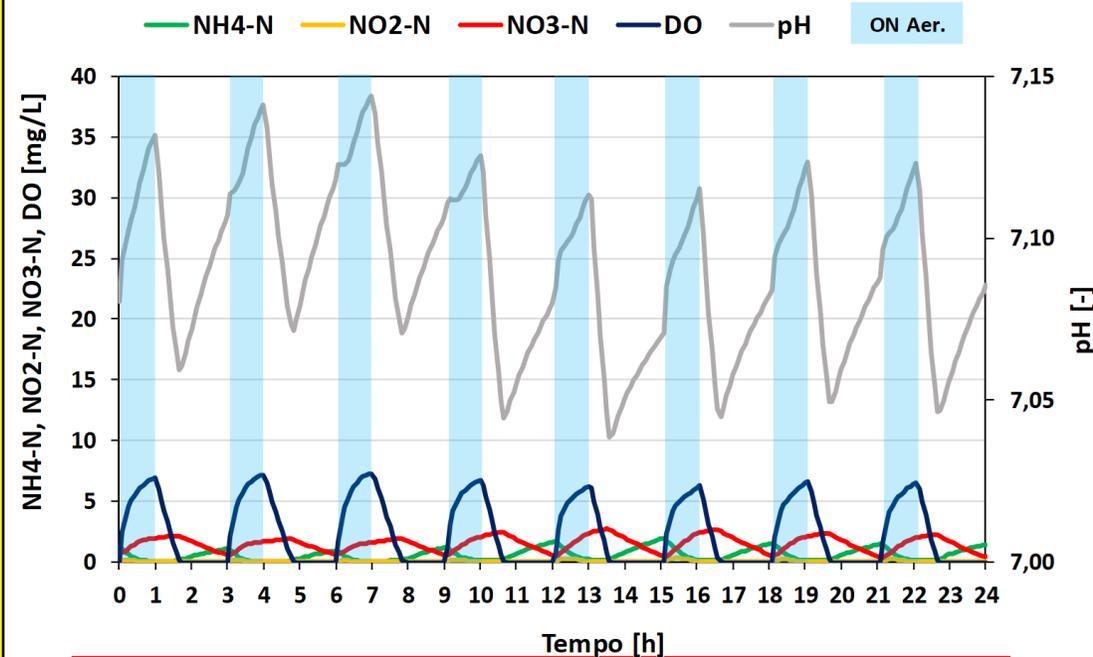
$\approx$  il 46% del TN rimosso, per  $N_{\text{ass.het.}}$

Dosaggio di carbonio esterno

$C/N = 5,5$

Superamento della limitazione da e-donatore in fase di denitrificazione

Rimozione N - Aer. Intermittente (60min\_ON - 120min\_OFF)



$\eta_{\text{NIT}} \approx 98\%$ ;  $\eta_{\text{DEN}} \approx 97,5\%$ ;  $\eta_{\text{TN}} \approx 91\%$

$\approx$  il 30% del TN rimosso, per  $N_{\text{ass.het.}}$

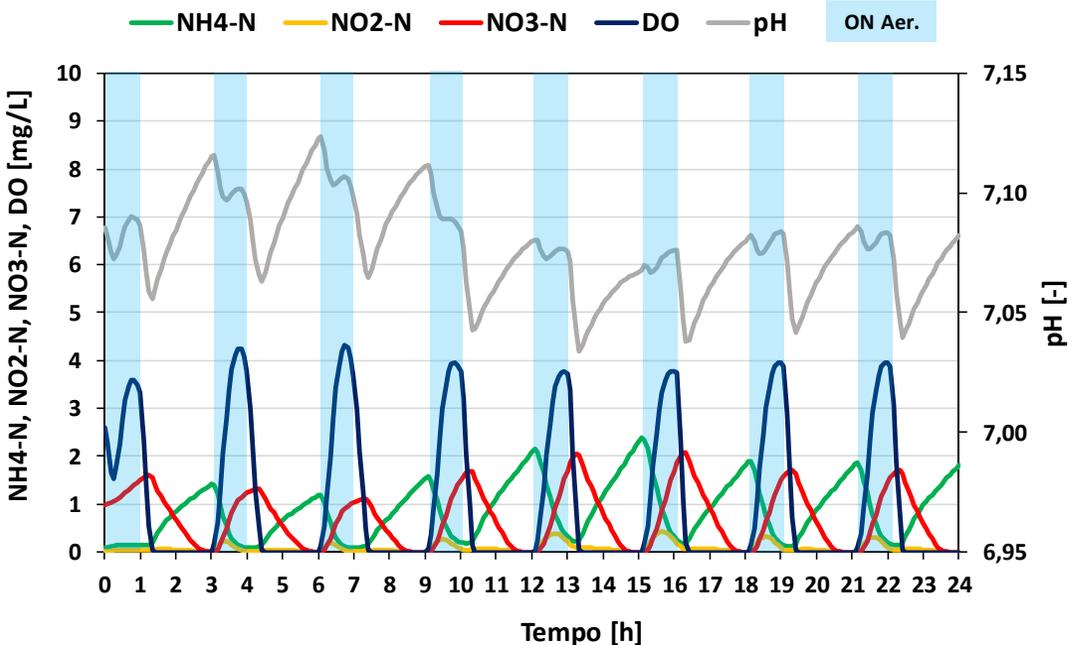


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI FULL SCALE: proiezione/simulazione Aerazione Intermittente e PID (C/N 5.5)

Rimozione N - Aer. Intermittente (60min\_ON - 120min\_OFF)



$\eta_{\text{NIT}} \approx 97,1\%$ ;  $\eta_{\text{DEN}} \approx 98,7\%$ ;  $\eta_{\text{TN}} \approx 91,2\%$

$\approx$  il 30% del TN rimosso, per  $N_{\text{ass.het.}}$

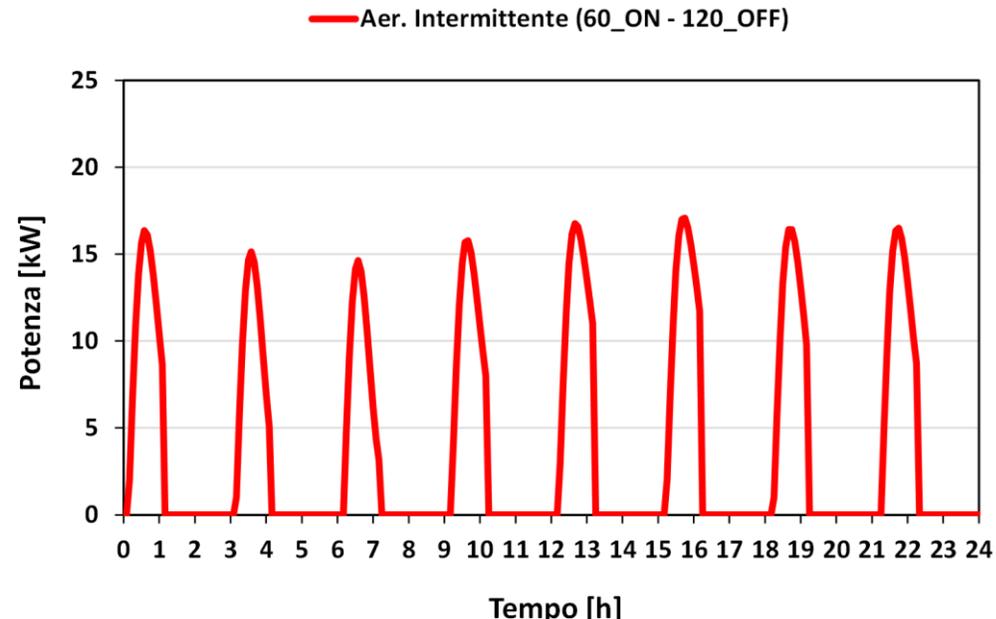
C/N = 5,5

+  
PID  
controllo DO nel  
range 3-4 mg/L

↓  
Mantenimento di  
elevate  
efficienze di  
rimozione di N

+  
ulteriore  
risparmio  
energetico/  
economico

Potenza assorbita dal sistema di aerazione



Consumo medio annuo energetico	57.578	kWh/anno
Costo medio annuo energia	8.174	€/anno
Consumo risparmiato risp. CA	314.107	kWh/anno
Costo risparmiato risp. CA	<b>44.593</b>	<b>€/anno</b>
Percentuale di risparmio	<b>85</b>	<b>%</b>



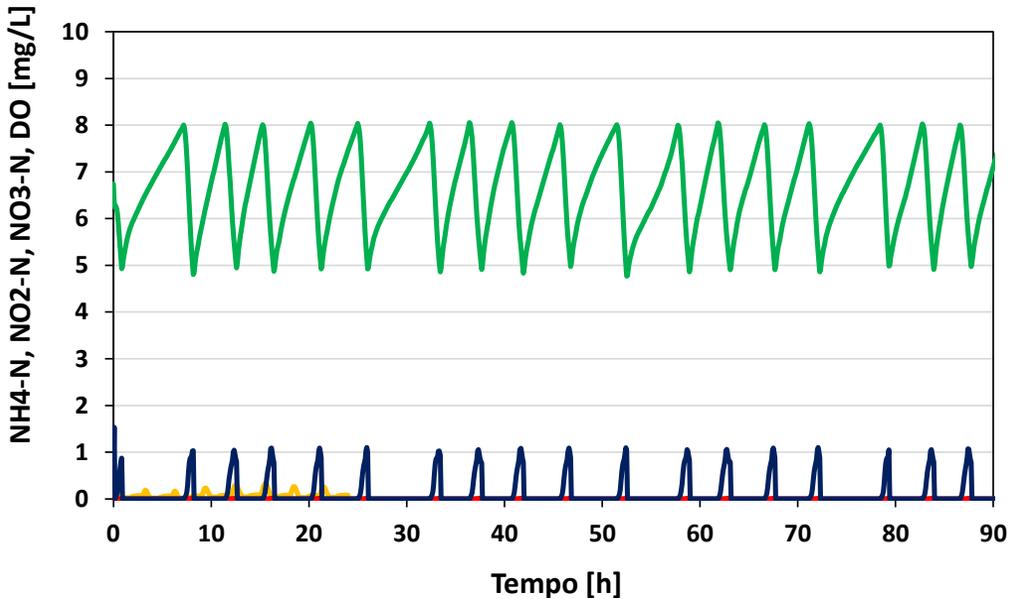
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## RISULTATI FULL SCALE: simulazione AI + PID DO in microaerobico + controllo $\text{NH}_4\text{-N}$ e $\text{NO}_x\text{-N}$

Rimozione N - Aer. Intermittente  
(microaerobico + controllo  $\text{NH}_4\text{-N}$  e  $\text{NO}_x\text{-N}$ )

—  $\text{NH}_4\text{-N}$  —  $\text{NO}_2\text{-N}$  —  $\text{NO}_3\text{-N}$  — DO



$\eta_{\text{NIT}} \approx 86\%$ ;  $\eta_{\text{DEN}} \approx 99\%$ ;  $\eta_{\text{TN}} \approx 87\%$

$\approx$  il 30% del TN rimosso, per  $N_{\text{ass.het.}}$

$C/N = 2,5$

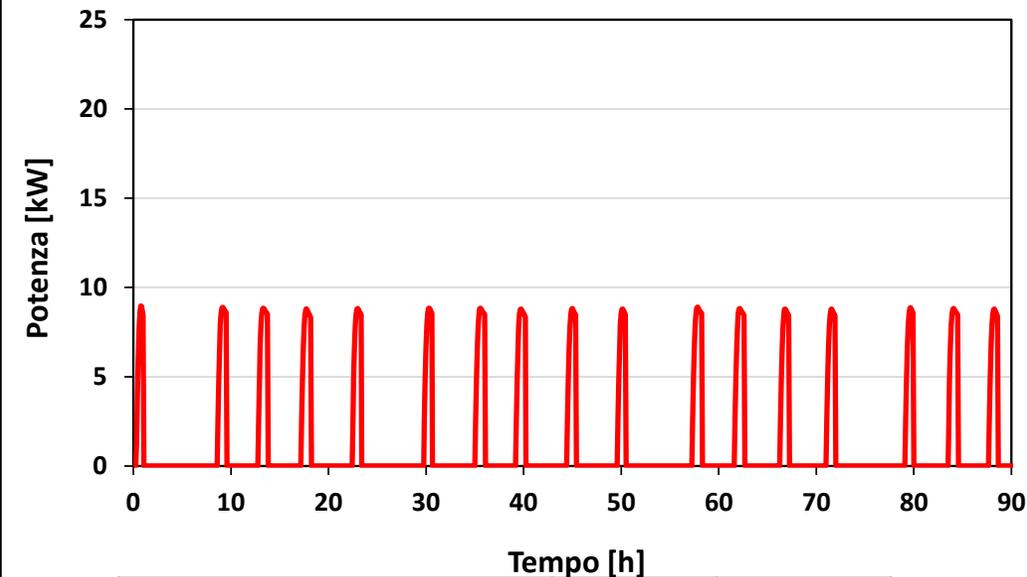
+  
PID per controllo DO  
in **microaerobico**  
( $<1\text{mg/L}$ )  
+  
controllo processo su  
 $\text{NH}_4\text{-N}$  e  $\text{NO}_x\text{-N}$



Mantenimento di  
elevate efficienze di  
rimozione di N  
+  
ulteriore risparmio  
energetico/  
economico

Potenza assorbita dal sistema di aerazione

—  $C/N 2,5 + \text{PID (DO)} + \text{Controllo } \text{NH}_4\text{-N e } \text{NO}_x\text{-N}$



Consumo medio annuo energetico	22.876	kWh/anno
Costo medio annuo energia	3.248	€/anno
Consumo risparmiato risp. CA	348.808	kWh/anno
Costo risparmiato risp. CA	<b>49.520</b>	<b>€/anno</b>
Percentuale di risparmio	<b>94</b>	<b>%</b>



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## CONCLUSIONI FINALI: monitoraggio dimostratore + modello

- **Rapporto C/N Ideale** ( $\geq 4,5-5,5$ ): La strategia intermittente può essere gestita con la sola temporizzazione, ma solo se il refluo in ingresso ha una qualità poco variabile.
- **Gestione della Variabilità** (C/N ideale): Per i reflui variabili (es. giorno-notte), l'equalizzazione del refluo può rendere i processi di nitro-denitrificazione più omogenei e compensare la variabilità.
- **Rapporto C/N Basso** ( $\leq 3,5$ ): La semplice temporizzazione non è sufficiente e non garantisce l'efficienza richiesta; la strategia intermittente risulta eccessivamente limitata.
- **Controllo Avanzato** (C/N basso): È necessario passare a strategie di gestione più specifiche che prevedano il controllo dell'ossigeno disciolto e del processo biologico di rimozione dell'azoto entro set-point di  $\text{NH}_4\text{-N}$  e  $\text{NO}_x\text{-N}$  impostabili.
- **Obiettivo del Controllo Avanzato**: Il controllo del processo mira a limitare l'attività biologica degli NOB in modo da rimuovere l'azoto parzialmente **via nitrito** ( $\approx\text{-40\% COD}$  e  $\approx\text{-25\% consumo energetico}$ )



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

## **Acknowledgments**

*«Ringraziamo il Dott. PIETRO VACCARO per il supporto nella modellazione dei processi*

*FABIO BARTUCCIO (ACQUAENNA SCpA), per la disponibilità e il supporto per l'interfacciamento da remoto e la gestione dei dati acquisiti in pieno campo*

19  
 Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



SMART-EE-PLANTS

Presso C/O  
 Università degli Studi di Palermo - Dipartimento di Ingegneria - Aula G. Capità - viale delle Scienze - Ed. 7, Palermo

*È previsto il rilascio di n.5 CFP per gli Ingegneri iscritti all'Ordine territoriale che avranno partecipato all'evento formativo per l'intera durata.*

I PARTNER



# La valutazione dei rischi nel riuso irriguo delle acque reflue

**Francesco Fatone**

Ordinario di Ingegneria Chimica-Ambientale - Università Politecnica delle Marche

Water Europe Expert in the Common Implementation Strategy, Fellow International Water Association

Struttura del Commissario Straordinario Unico per la Depurazione



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE



Co-funded by  
the European Union



# Contenuti

- Prospettive prossime future:
  - Riutilizzo vs scarico – confronto EU 2020/741 e EU 2024/3019
  - Il riutilizzo nel Piano Europeo di Resilienza Idrica
- I piani di gestione del rischio: casi studio in piena scala in Italia
- Cosa sta facendo la R&D&I europea? Un contributo delle azioni di innovazione europee Horizon Europe: WATERUN e CARDIMED



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE



Co-funded by  
the European Union



# Scarico (EU 2024/3019) vs riuso (EU 2020/741)

Qualità dell'acqua	2024/3019	2024/3019	2020/741	2020/741
Parametro	Concentrazione (mg/L o numero/100 mL)	Percentuale minima di riduzione in rapporto al carico dell'affluente	Concentrazione (mg/L o numero/100 mL)	Percentuale minima di riduzione in rapporto al carico dell'affluente (%)
BOD <sub>5</sub>	25	70-90	A ≤ 10 - B,C,D 25	70-90
COD	125	75		
TOC	37	75		
TSS	35	90	A ≤ 10 - B,C,D 35	90
PTOT	0.7 (<150K AE) - 0.5 (>150k AE)			
NTOT	10 (<150K AE) - 8 (>150K AE)			
E.coli			≤ 10 (classe A) - 100 (classe B) - 1000 (classe C) - 10000 (classe D)	
NTU			≤ 5	
Legionella			≤ 1000 ufc/L	
Nematoidi			≤ 1 uovo/L	

2024/3019				
Microinquinanti	Nome della sostanza	Numero CAS	Percentuale minima di riduzione in rapporto al carico dell'affluente * trattamento terziario per impianti > 150 000 AE	Categoria
1 (trattabile con grande facilità)	Amisulpride	71675-85-9	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Carbamazepina	298-46-4	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Citalopram	59729-33-8	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Claritromicina	81103-11-9	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Diclofenac	15307-86-5	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Idroclorotiazide	58-93-5	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Metoprololo	37350-58-6	80	Pharmaceuticals
1 (trattabile con grande facilità)	Venlafaxina	93413-69-5	80	Pharmaceuticals
2 (eliminabile con facilità)	Benzotriazolo	95-14-7	80	Additives
2 (eliminabile con facilità)	Candesartano	139481-59-7	80	Pharmaceuticals
2 (eliminabile con facilità)	Irbesartano	138402-11-6	80	Pharmaceuticals
2 (eliminabile con facilità)	Miscela 4-metilbenzotriazolo / 5-metilbenzotriazolo	29878-31-7 / 136-85-6	80	Additives

**Fino al punto di consegna i trattamenti aggiuntivi per i impianti medio-grandi saranno molto limitati o nulli anche per riuso in classe A**



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE



Co-funded by  
the European Union



**BUILDING A WATER-SMART ECONOMY THAT LEAVES NO ONE BEHIND, SUPPORTS EU COMPETITIVENESS AND ATTRACTS INVESTORS**

	<b>Recommendation on the Water Efficiency First principle, guidelines and EEA report on the untapped water efficiency potential.</b>	<b>2025-2026</b>
	<b>Support the uptake of water reuse practices also beyond agriculture and review the Water Reuse Regulation.</b>	<b>2026-2028</b>
	<b>Public water supply:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Support leakage reduction and infrastructure modernisation and deep data assessment.</li> </ul>	<b>2025-2028</b>
	<b>Agriculture:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximise the use of CAP Strategic Plans for water resilience through knowledge sharing and innovative solutions promoted by the EU CAP network, the European Innovation Partnership (EIP-AGRI), as well as improved and independent farm advisory services.</li> <li>• In the next programming period, continue to incentivise farmers to improve the environmental and climate performance of their holdings, including towards better water management.</li> </ul>	<b>2025-2026</b>
	<b>Industry and Energy:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Launch a pilot project to promote water efficiency, including waterless and closed water cycle technologies, in selected industrial clusters.</li> <li>• Include water usage among the parameters of a common Union scheme to rate the sustainability of data centres and propose water consumption minimum performance standards.</li> <li>• Public-private initiative to achieve a technological breakthrough in feasible and affordable methods for dry cooling, if the right partners are found.</li> </ul>	<b>2025-2026</b>
	Promote an exchange of best practices on freshwater balances, accounting of water flows, water efficiency, and smart water metering across all economic sectors	As from 2025
	Assess the quality of the data available on water and, where appropriate, submit a legislative proposal for the introduction of new environmental economic account modules for water accounts.	By the end of 2026





Research and  
Innovation

# Water Resilient Europe: a contribution from EU research Framework Programmes

Report on Objective 2 - Building a water-smart economy  
together with citizens and economic actors in a way that  
supports EU competitiveness, is attractive to investors and  
supports a thriving EU water industry

edited by Francesco Fatone



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE



Co-funded by  
the European Union



# COMING SOON: Quaderno ISTISAN

## Documento in preparazione su caso studio reale

### Gestione del rischio nel riutilizzo delle acque reflue affinate per fini irrigui secondo il nuovo DPR:



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

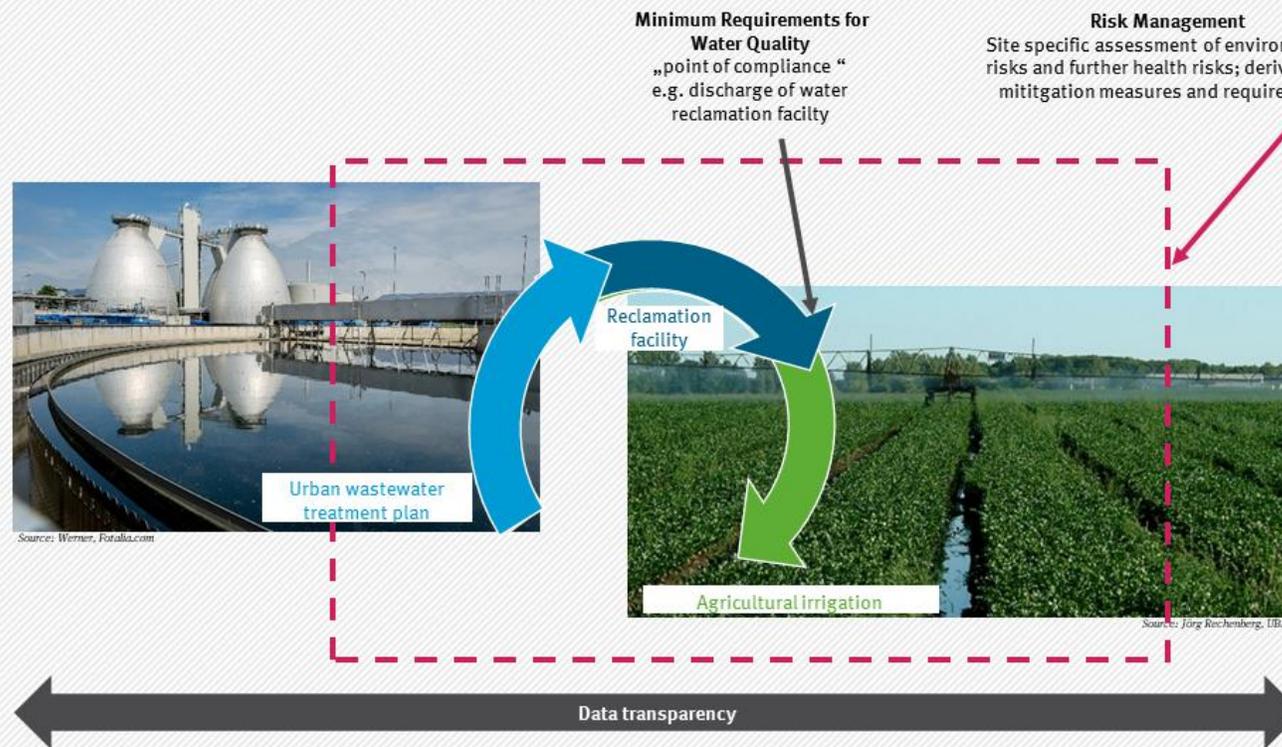


Co-funded by  
the European Union



# Approccio basato sul rischio sanitario ed ambientale

## Scope of the EU Regulation on Water Reuse



Source: German Environment Agency (UBA)

**+ dati monitoraggio qualità → + analisi rischio accurata e affidabile**

# Fasi per lo sviluppo del Piano di riutilizzo delle acque reflue (JRC, 2022)



Technical Guidance  
Water Reuse Risk Management for  
Agricultural Irrigation Schemes in Europe

14/05/2022  
Giovanni Di

2022



**MODULO I**

KRM1: descrizione del sistema

KRM2: soggetti coinvolti e ruoli

KRM3: Individuazione dei pericoli

KRM4: Vie di esposizione e bersagli

**MODULO II**

KRM5: Valutazione del rischio

KRM6: Prescrizioni supplementari

KRM7: Misure preventive

KRM8: Sistema di controllo e qualità

KRM9: Sistema di monitoraggio ambientale

KRM10: Gestione delle emergenze

KRM11: Coordinamento e comunicazione

**MODULO III**

**MODULO IV**



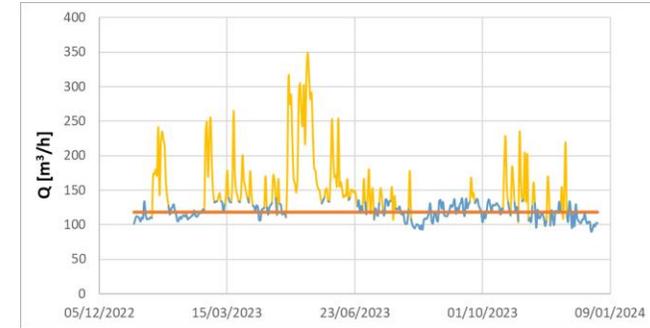
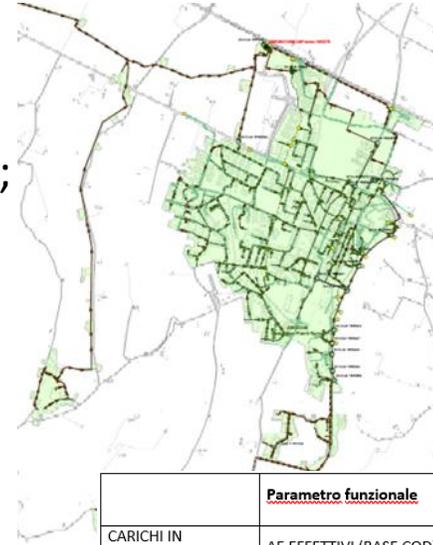
# KRM1: DESCRIZIONE DEL SISTEMA

## Include:

- Descrizione del bacino fognario e tipologia di scarichi (domestici, industriali, etc...) così come riportato nelle autorizzazioni allo scarico;
- Descrizione dell'impianto di depurazione e delle varie unità di processo;
- Caratterizzazione qualitativa delle acque reflue in ingresso e in uscita;
- Identificazione del punto di conformità;
- Descrizione dei sistemi di accumulo;
- Descrizione dei sistemi di distribuzione;
- Descrizione dei sistemi di irrigazione;
- Descrizione dei sistemi di irrigazione;
- Previsione dei quantitativi di acqua da riutilizzare e periodo di utilizzo
- Descrizione delle matrici ambientali circostanti



Obiettivo: Raccogliere dati conoscitivi per la valutazione dei rischi

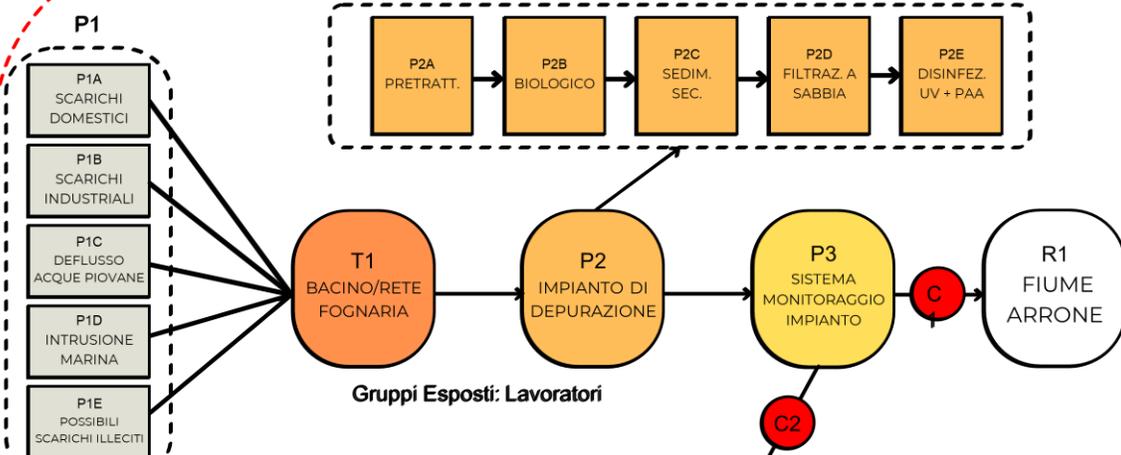


	<u>Parametro funzionale</u>	<u>Valori teorici/tipici</u>	<u>Valore di esercizio effettivo</u>	<u>Nota</u>
CARICHI IN INGRESSO	AE EFFETTIVI (BASE COD)	25000 (da Progetto)	10332 (base carico medio COD)	
GRIGLIATURA FINE	Portata max cad. (m3/h)	720 (scheda tecnica)	348.9	
DISSABBIATURA	HRT alla portata media (s)	> 20-30	185	
DENITRO-NITRO	Volumetria specifica biologico (L/A <sub>Eff</sub> )	100-200	243	BIOLOGICO FLESSIBILE, CON BUONA CAPACITA' RESIDUA DI TRATTAMENTO, CONDIZIONI OPERATIVE TIPICHE PER BASSO CARICO ORGANICO
	OLR (kgBOD5/m3/d)	0.5-1	0.24	
	NLR (kgN/m3/d)	0.1-0.5	0.1	
PRE-DENITR.	HRT portata media (h)	> 0.5-1.5	5.8	
NITR.	HRT portata massima osservata (h)	> 1	2.0	
	HRT portata media (h)	> 1.0-3.0	15.5	
	HRT portata massima osservata (h)	> 2	5.2	
	F:M (kgBOD5/kgMLVSS d)	0.2-0.6	0.1	
SEDIMENTAZIONE II	OD (mg/L)	1.5-2	2	
	CIS alla portata media (m3/m2/h)	< 0.5-1	0.22	
	HRT alla portata media (h)	5 – 9	10	
	HRT alla portata di punta (h)	2 – 3	2	
	CIS alla portata massima reale (m3/m2/h)	< 1.3	0.56	
DISINFEZIONE	Dosaggio acido peracetico	In funzione della classe di riuso	Log removal osservata media 3.5	Interventi strutturali potrebbero essere necessari per ottenere classi di qualità migliore

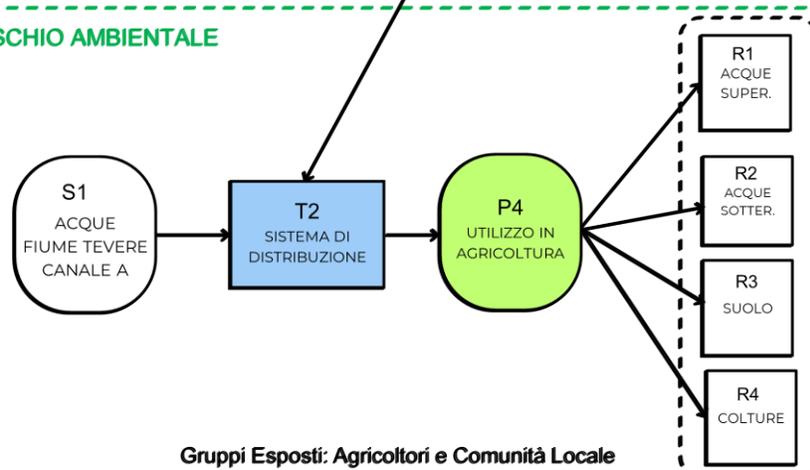
# KRM1: DESCRIZIONE DEL SISTEMA

## Discretizzazione del sistema e Codificazione dei Nodi

### VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO



### VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTALE

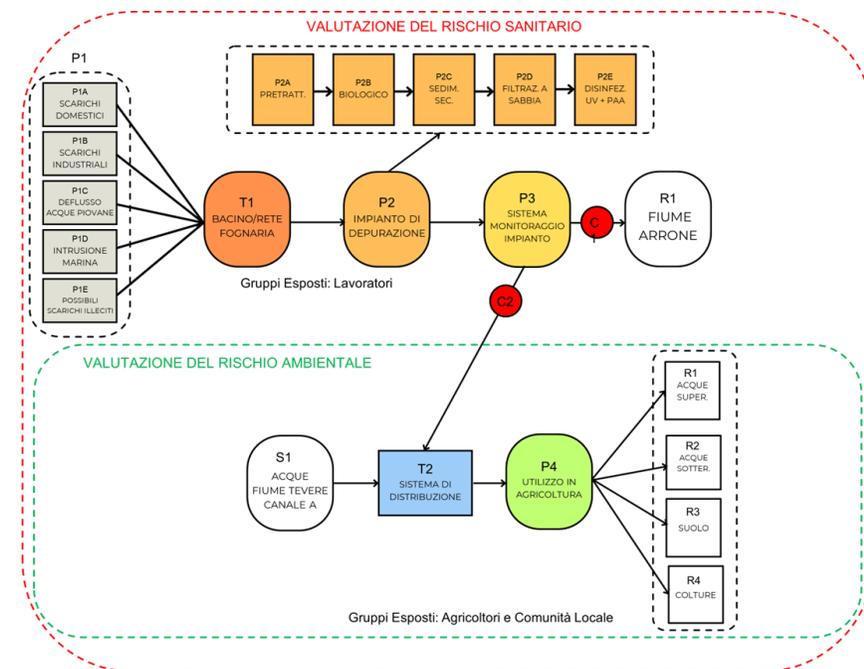


Identificazione dei rischi in ogni nodo del sistema di riuso

Identificazione delle responsabilità nella gestione dei rischi

# KRM2: IDENTIFICAZIONE DEI SOGGETTI COINVOLTI, RUOLI E RESPONSABILITA'

Elemento del sistema di riutilizzo	Nodi nella schematizzazione a blocchi	Attore	Ruolo	Responsabilità nella gestione del rischio
Bacino e rete fognaria	P1, T1	Water utility	Gestore della rete fognaria	Controllo della qualità degli scarichi in rete fognaria, compresa la verifica degli scarichi eventualmente non autorizzati, nulla osta idraulico per l'autorizzazione
		Comune/Provincia/Regione	Autorità Competente con poteri decisionali riguardo l'autorizzazione allo scarico	Autorizzazione allo scarico di reflui che non compromettano il riutilizzo
		Arpa	Controllo del rispetto dei parametri normativi	Controllo agli scarichi degli impianti a servizio dei siti industriali
Impianto di depurazione Castel San Pietro Terme	P2	Water Utility	Gestore dell'impianto di depurazione	Identifica e gestisce i rischi nell'impianto di depurazione
Punto di conformità	C1	Arpa	Controllo del rispetto dei parametri normativi	Controllo per validazione e verifica del monitoraggio dei rischi
		Water Utility	Auto-controllo del rispetto dei parametri normativi	Auto-controllo per validazione e verifica del monitoraggio dei rischi



# KRM3: IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI E DEI POTENZIALI EVENTI PERICOLOSI

## PERICOLI

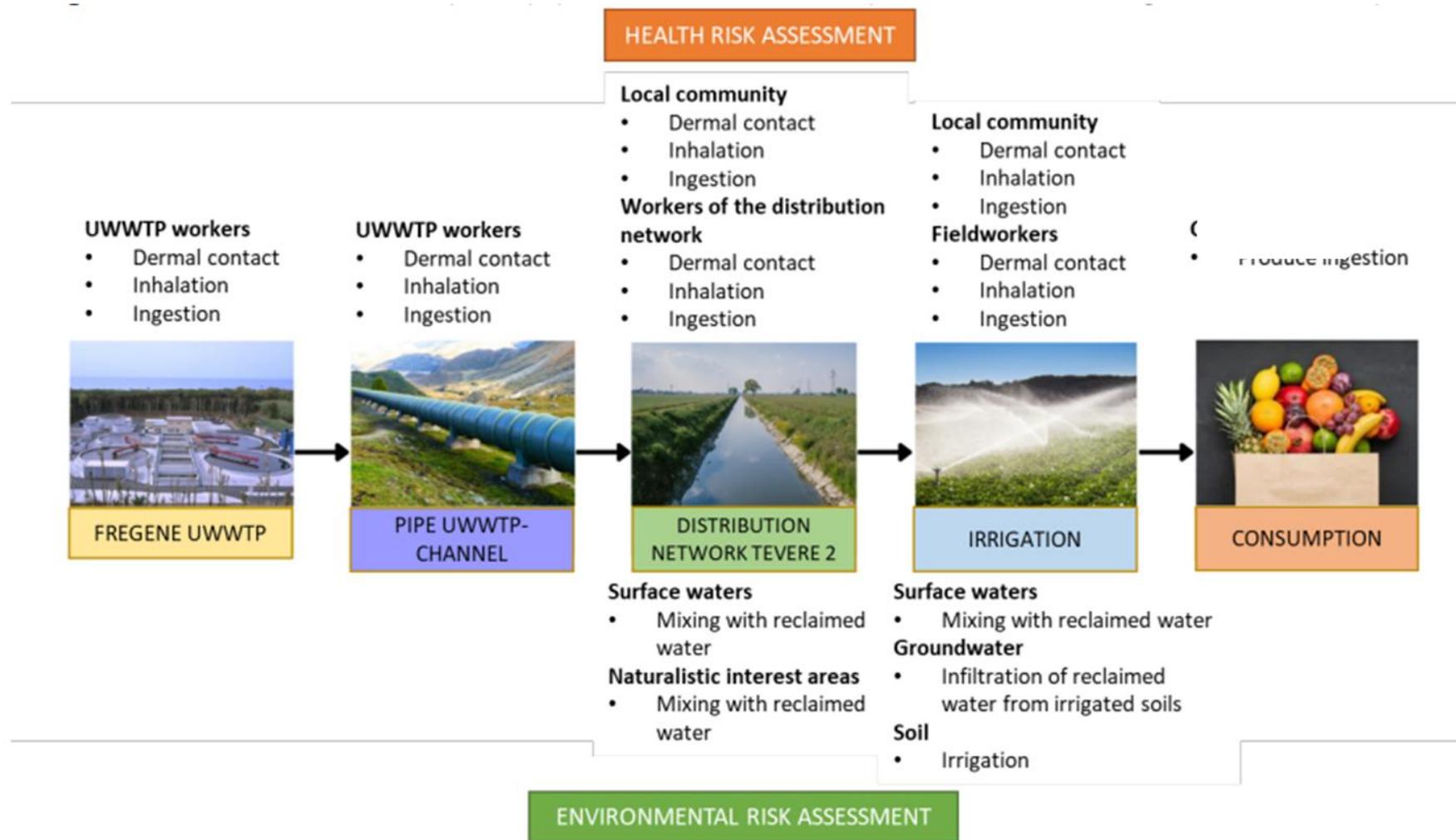
*Parametri regolamentati dal DM 185/2003 e DL 39/2023*

Gruppo	Parametro	Unità di misura	DM 185/2003	DL 39/2023 (Classe A)	Tipologia pericolo
Macro-inquinanti	pH		6-9.5	-	Chimico/Fisico
	SAR		10	-	
	Conducibilità elettrica	µS/cm	3000	-	
	Salinità	psu	-	10	
	Materiali grossolani		Assenti	-	
	Solidi sospesi totali	mg/L	10	10	
	BOD <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	20	10	
	COD	mgO <sub>2</sub> /L	100	-	
	Torbidità	NTU	-	5	
Tensioattivi totali	mg/L	0.5	-		
Nutrienti	Fosforo totale	mgP/L	2	1	Chimico
	Azoto totale	mgN/L	15	10	
Parametri microbiologici	Escherichi coli	UFC/100mL	10	10	Microbiologico
	Salmonella		Assente	Assente	
	Legionella spp	UFC/L	-	1000	
	Nematoidi Intestinali	Uovo/L	-	1	

## EVENTI PERICOLOSI

CODICE NODO	DESCRIZIONE NODO	EVENTO PERICOLOSO (Potenziale o Ricontrato) + CONSEGUENZE	Evidenze a supporto dell'attribuzione della gravità dell'impatto (scenario peggiore)
Tutti i nodi	Tutti i nodi	RISCONTRATO - Interruzioni di servizio/Inefficienza delle unità che necessitano di energia elettrica (pompe, UV) dovute a black-out/interruzione di energia elettrica di almeno un'ora.	Frequenza stimata (qualche evento per anno) <b>da registro di conduzione</b>
Tutti i nodi	Tutti i nodi	POTENZIALE - Interruzione del servizio causato da eventi catastrofici o calamità naturali, oppure di incidente	Evento poco probabile (periodo d'osservazione: 3 anni) ma che non si può escludere che avvenga in futuro. I trend sui cambiamenti climatici potrebbero avere impatto sulla ripetibilità (es. alluvioni)
Tutti i nodi	Tutti i nodi	POTENZIALE - Rischio di mancata comunicazione tra le diverse parti responsabili del sistema di riuso	Evento plausibile, soprattutto in certe circostanze che possono realisticamente verificarsi

# KRM4: IDENTIFICAZIONE DELLE VIE DI ESPOSIZIONE E BERSAGLI



# KRM5: VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO E AMBIENTALE

## Costruzione delle matrici di rischio

### Analisi di Rischio Sanitario

Tabella 32 - Matrice utilizzata per il calcolo del rischio sanitario nel sistema di riuso

MATRICE DI RISCHIO		Gravità del pericolo (G)					
		Insignificante	Basso	Moderato	Elevato	Catastrofico	
		1	2	3	4	5	
Probabilità di accadimento (P)	Raro	1	1	2	3	4	5
	Poco probabile	2	2	4	6	8	10
	Moderato	3	3	6	9	12	15
	Probabile	4	4	8	12	16	20
	Quasi certo	5	5	10	15	20	25
R = P x G		< 6	6 - 9	10 - 15	> 15		
Livello di rischio		Rischio Basso	Rischio Medio	Rischio Alto	Rischio Molto Alto		



Soggetti esposti:

- Agricoltori
- Comunità Locale

### Analisi di Rischio Ambientale

Tabella 46 - Criteri per la valutazione del rischio ambientale (Australia Guidelines for Water Recycling 2006).

Probabilità di accadimento	GRAVITA'				
	Insignificante	Minore	Moderato	Maggiore	Catastrofico
Raro (1)	Basso	Basso	Basso	Alto	Alto
Improbabile (2)	Basso	Basso	Moderato	Alto	Molto alto
Possibile (3)	Basso	Moderato	Alto	Molto alto	Molto alto
Probabile (4)	Basso	Moderato	Alto	Molto alto	Molto alto
Quasi certo (5)	Basso	Moderato	Alto	Molto alto	Molto alto



Ricettori Ambientali

# KRM5: VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO E AMBIENTALE

GRAVITÀ DEL PERICOLO (G)		
Livello	Descrittore	Descrizione
1	Insignificante	Impatto non significativo o non rilevabile.
2	Minore	Potenzialmente dannoso per l'ecosistema locale, con impatti locali contenuti nel sito. Impatti ambientali reversibili a breve termine. Nessun cambiamento rilevabile a livello ecologico. Può essere facilmente gestito, ma richiede comunque un'azione immediata per minimizzare gli impatti. Ad esempio, una piccola perdita di acqua riciclata (idonea per l'irrigazione forestale) in un torrente vicino, che provoca alcuni impatti negativi (ad esempio, l'odore) o un lieve stress per le piante autoctone (ad esempio, le piante autoctone sensibili al fosforo). Alcune alterazioni gestibili del normale uso o scarico.
3	Moderato	Potenzialmente dannoso per gli ecosistemi a livello regionale, con impatti limitati al sito circostante. Possibili impatti minori sulle aree adiacenti. Impatti ambientali a medio termine, generalmente reversibili. Se l'evento dovesse verificarsi, gli impatti ambientali potrebbero essere prontamente contenuti o mitigati (ad esempio, l'eutrofizzazione di un corso d'acqua dovuta al deflusso quando viene irrigato con acqua riciclata). Modifica significativa della normale perturbazione, con ripercussioni sul normale utilizzo o scarico, aumento del monitoraggio.
4	Maggiore	Potenzialmente letale per l'ecosistema locale, ma con potenziali impatti esterni al sito. Impatti ambientali a medio e lungo termine. Potenzialmente reversibili nell'arco di diversi anni. Impatto significativo sugli ecosistemi. Se l'evento dovesse verificarsi, gli impatti ambientali sarebbero difficili da contenere o mitigare (ad esempio, grandi morie di pesci, morte diffusa di flora e fauna). Modifica significativa della normale perturbazione, con ripercussioni sul normale utilizzo o scarico. Possibile cessazione dell'uso. È necessario un elevato livello di monitoraggio.
5	Catastrofico	Potenzialmente letale per l'ecosistema regionale o per le specie minacciate; impatti diffusi in loco e fuori sito. Danno catastrofico, se l'evento dovesse verificarsi, gli impatti ambientali sarebbero estremamente difficili, se non impossibili, da contenere o mitigare (ad esempio, impatti catastrofici su aree Patrimonio dell'Umanità, o specie, popolazioni o comunità ecologiche identificate come minacciate). Guasto grave del sistema che porta alla cessazione dell'utilizzo.



PERICOLO	GRAVITA'
Azoto	3 - Moderato
Fosforo	3 - Moderato
Residui della disinfezione	3 - Moderato
Salinità (TDS, Conducibilità)	3 - Moderato
Boro	3 - Moderato
Cloruro	3 - Moderato
Sodio	3 - Moderato
Composti inorganici (es. metalli)	3 - Moderato
Micro-contaminanti organici (es., emergenti, pesticidi)	3 - Moderato

PROBABILITA' DI ACCADIMENTO		
Livello	descrittore	Descrizione
A	Raro	Può verificarsi solo in circostanze eccezionali. Può verificarsi una volta ogni 100 anni
B	Improbabile	Potrebbe verificarsi entro 20 anni o in circostanze insolite
C	Possibile	Potrebbe verificarsi o dovrebbe verificarsi entro un periodo di 5-10 anni
D	Probabile	Probabilmente si verificherà entro un periodo compreso tra 1 e 5 anni
E	Quasi certo	Si prevede che si verifichi con la probabilità di più occorrenze entro un anno

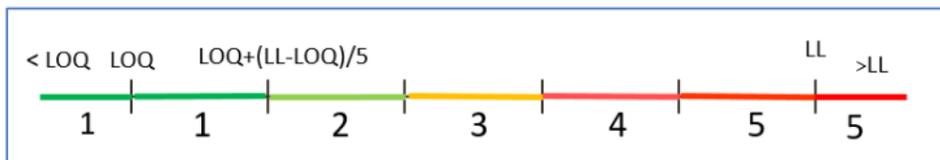


Ottenibile mediante:

- Compilazione check lists per individuazione stato di manutenzione delle infrastrutture civili e meccaniche;
- Consultazione del registro di conduzione;
- Analisi di conformità normativa
- Analisi FMEA

Criteri diversi si possono applicare per la valutazione del rischio sanitario e del rischio ambientale

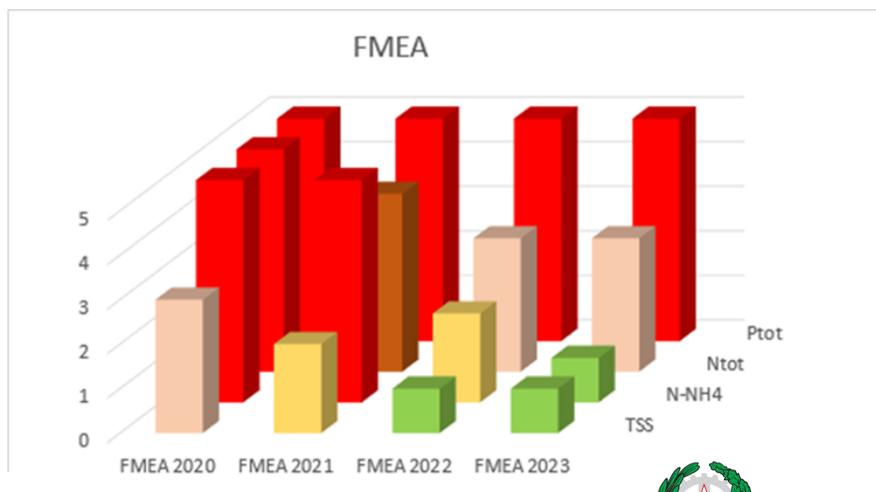
# KRM5: VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO E AMBIENTALE



FMEA index	Calculation Formula
I.FMEA = 1	$P95 < LOQ + (LL-LOQ)/5$
I.FMEA = 2	$LOQ+(LL-LOQ)/5 \leq P95 < LOQ+(2/5) \times (LL-LOQ)$
I.FMEA = 3	$LOQ+(2/5) \times (LL-LOQ) \leq P95 < LOQ+(3/5) \times (LL-LOQ)$
I.FMEA = 4	$LOQ+(3/5) \times (LL-LOQ) \leq P95 < LOQ+(4/5) \times (LL-LOQ)$
I.FMEA = 5	$LOQ+(4/5) \times (LL-LOQ) \leq P95 < LL$
I.FMEA = 5	$P95 > LL$



- Utilizza dati di campagne di monitoraggio
- Fornisce informazioni riguardo la possibilità che un dato parametro sia presente a concentrazioni prossime il limite di legge
- Permette di individuare gli inquinanti da attenzionare per la gestione del rischio



# KRM5: VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO E AMBIENTALE

Check of registers annotated with malfunctions events and discussion with technical operator

PRETRATTAMENTI	<u>Grigliatura grossolana</u>	<input type="checkbox"/>	non presente
		*	più unità in parallelo ridondanti nella stessa sezione di impianto (specificare il numero) n°2
		*	presente bypass
		*	pulizia automatica della griglia
		<input type="checkbox"/>	in TLC: <u>specificare parametri</u>
	<u>Grigliatura fine</u>	<input type="checkbox"/>	non presente
		*	più unità in parallelo ridondanti nella stessa sezione di impianto (specificare il numero) n°3
		*	presente bypass
		*	<u>pulizia automatica della griglia</u>
		<input type="checkbox"/>	presente singola con pulizia automatica (specificare metodo di pulizia)
	<u>Sollevamento iniziale</u>	<input type="checkbox"/>	in TLC, <u>specificare parametri</u>
		<input type="checkbox"/>	non presente
		*	più unità in parallelo ridondanti nella stessa sezione di impianto (n. 2)
		*	<u>funzionamento manuale / automatic</u>
		*	logica di funzionamento (in continuo, temporizzazione, livello): livello
	<u>Equalizzazione</u>	<input type="checkbox"/>	in TLC, <u>specificare parametri</u>
		<input type="checkbox"/>	non presente
		*	<u>funzionamento manuale / automatic</u>
		*	logica di funzionamento (in continuo, temporizzazione, livello): livello
		<input type="checkbox"/>	in TLC, <u>specificare parametri</u>
	<u>Dissabbiatura</u>	<input type="checkbox"/>	non presente
		*	estrazione delle sabbie con pompe
		<input type="checkbox"/>	estrazione delle sabbie con eiettore
		*	<u>vasca rettangolare</u>
<input type="checkbox"/>		<u>vasca aerata a pista</u>	
*		più unità in parallelo ridondanti nella stessa sezione di impianto: n°2	
<input type="checkbox"/>		in TLC, <u>specificare parametri</u>	
<u>Disoleatura</u>	<input type="checkbox"/>	non presente	
	<input type="checkbox"/>	Static	
	*	con <u>insufflaggio di aria</u>	
	*	<u>vasca rettangolare</u>	
	<input type="checkbox"/>	<u>vasca aerata a pista</u>	
	*	più unità in parallelo ridondanti nella stessa sezione di impianto: n°2	
	<input type="checkbox"/>	in TLC, <u>specificare parametri</u>	



- Uso di check-list
- Annotazione della frequenza di accadimento di un dato evento pericoloso

# ANALISI E GESTIONE DEI RISCHI – APPROCCIO SEMIQUANTITATIVO

## Costruzione delle matrici di rischio

IDENTIFICAZIONE DEL SITO			IDENTIFICAZIONE DEGLI EVENTI PERICOLOSI E DEI PERICOLI ASSOCIATI				RISCHIO PRELIMINARE			MISURE DI CONTROLLO ESISTENTI		RISCHIO RESIDUALE			PIANO DI MIGLIORAMENTO
CODICE NODO	SUB-SISTEMA	DESCRIZIONE NODO	EVENTO PERICOLOSO (Potenziale o Ricontrato)+ CONSEGUENZE	Evidenze a supporto dell'attribuzione della probabilità/possibilità di accadimento	Evidenze a supporto dell'attribuzione della gravità dell'impatto (scenario peggiore)	GRUPPI ESPOSTI	PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO	GRAVITÀ DEL PERICOLO	RISCHIO	MISURE DI CONTROLLO ESISTENTI	OSSERVAZIONI DI SUPPORTO	PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO	GRAVITÀ DEL PERICOLO	RISCHIO	NECESSITÀ / OPPORTUNITÀ DI MISURE INTEGRATIVE
										5. Protocollo di comunicazione per il maltempo	(KRM10). Si prevede monitoraggio crescita algale nei serbatoi. Analisi di conformità normativa evidenziano la capacità dell'impianto di rispettare i limiti per l'azoto				
P2D		Biologico	RISCONTRATO - Superamenti COD, BOD, Azoto e fosforo per insufficiente ossidazione/nitrificazione e problemi di sedimentabilità del fango per bassi valori di ossigeno disciolto legati a insufficiente aerazione o malfunzionamento diffusori / soffianti / compressori.	Avvenuto in passato (periodo d'osservazione: 3 mesi). Plausibile che si ripetano le condizioni che generano l'evento	Mancato rispetto dei limiti normativi per le seguenti classi di parametri: Macro-inquinanti, Nutrienti	Agricoltori Comunità Locale	4	3	12	1. Sonde per monitoraggio processi ossidativi biologici (OD, ORP, pH, nitrati, ecc) 2. On-off e controllo funzionamento attrezzatura elettromeccanica 3. Allarmi 4. Monitoraggio parametri di sedimentabilità da parte dei laboratori interni 5. Manutenzione periodica sistema di areazione 6. sovradimensionamento sistema aerazione 7. Protocolli operativi addizionali e per gestione emergenza (KRM/KRM10) 8. Piano di comunicazione	In caso di valori anomali segnalati da rete sensori su effluente in uscita e presenza di allarmi che segnalano malfunzionamento, la fornitura di acqua affinata viene interrotta. Manutenzioni periodiche riducono la probabilità di accadimento. Analisi FMEA conferma il continuo rispetto dei limiti di normativa	1	3	3	
P2D/P2E		Biologico/Sedimentazione Secondaria	RISCONTRATO - Elevati TSS in uscita con concentrazioni superiori per le classi B, C, D	Avvenuto in passato (periodo d'osservazione: 1 anno). Plausibile, soprattutto in certe circostanze che possono realisticamente verificarsi	Mancato rispetto dei limiti normativi per le seguenti classi di parametri: Macro-inquinanti, Nutrienti, Patogeni	Agricoltori Comunità Locale	3	5	15	1. Sonde per monitoraggio processi ossidativi biologici (OD, ORP, pH, nitrati, ecc) e qualità effluente in uscita 2. Controllore di processo OSCAR 3. On-off e controllo funzionamento attrezzatura elettromeccanica 4. Allarmi 5. Monitoraggio parametri di sedimentabilità da parte dei laboratori interni 6. Monitoraggio SST in uscita impianto 6. Piano di emergenza per riuso e procedure operative addizionali (KRM8) per sospensione riuso	In caso di valori anomali segnalati da rete sensori su effluente in uscita la fornitura di acqua affinata viene interrotta. La filtrazione abbatte solidi in uscita prima della disinfezione. In ogni caso, analisi FMEA conferma il continuo rispetto dei limiti di normativa per la produzione di acqua nelle classi B, C, D	1	5	5	1. Installazione sonde torbidità e TSS in uscita impianto
P2E	IMPIANTO DI DEPURAZIONE	Sedimentazione Secondaria	RISCONTRATO - Elevati TSS in uscita con concentrazioni superiori per la classe A che possono compromettere l'efficienza della disinfezione	Avvenuto in passato (periodo d'osservazione: 3 mesi). Evento avvenuto ripetutamente	Mancato rispetto dei limiti normativi per le seguenti classi di parametri: Macro-inquinanti, Nutrienti, Patogeni	Agricoltori Comunità Locale	5	5	25	1. Sonde per monitoraggio processi ossidativi biologici (OD, ORP, pH, nitrati, ecc) e qualità effluente in uscita 2. Controllore di processo OSCAR 3. On-off e controllo funzionamento attrezzatura elettromeccanica 4. Allarmi 5. Monitoraggio parametri di sedimentabilità da parte dei laboratori interni 5. Monitoraggio SST in uscita impianto 6. Pianodi emergenza per riuso e procedure operative addizionali (KRM8) per sospensione riuso 7. Programmi di manutenzione interne componenti elettromeccaniche	Le misure di controllo esistenti non permettono un controllo efficace dei solidi in uscita in accordo con i limiti previsti per la classe A	5	5	25	1. Installazione unità di filtrazione

# KRM7: MISURE PREVENTIVE

MISURE DI CONTROLLO ESISTENTI		RISCHIO RESIDUALE			PIANO DI MIGLIORAMENTO
MISURE DI CONTROLLO ESISTENTI	OSSERVAZIONI DI SUPPORTO	PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO	GRAVITÀ DEL PERICOLO	RISCHIO	NECESSITÀ / OPPORTUNITÀ DI MISURE INTEGRATIVE
<b>Pr. Protocollo di comunicazione per il rischio</b>					
	(KRM10). Si prevede monitoraggio crescita algale nei serbatoi. Analisi di conformità normativa evidenziano la capacità dell'impianto di rispettare i limiti per l'azoto				
<ol style="list-style-type: none"> <li>Sonde per monitoraggio processi ossidativi biologici (OD, ORP, pH, nitrati, ecc)</li> <li>On-off e controllo funzionamento attrezzatura elettromeccanica</li> <li>Allarmi</li> <li>Monitoraggio parametri di sedimentabilità da parte dei laboratori interni</li> <li>Manutenzione periodica sistema di aereazione</li> <li>sovradimensionamento sistema aereazione</li> <li>Protocolli operativi addizionali e per gestione emergenza (KRM8/KRM10)</li> <li>Piano di comunicazione</li> </ol>	In caso di valori anomali segnalati da rete sensori su effluente in uscita e presenza di allarmi che segnalano malfunzionamento, la fornitura di acqua affinata viene interrotta. Manutenzioni periodiche riducono la probabilità di accadimento. Analisi FMEA conferma il continuo rispetto dei limiti di normativa	1	3	3	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Sonde per monitoraggio processi ossidativi biologici (OD, ORP, pH, nitrati, ecc) e qualità effluente in uscita</li> <li>Controllore di processo OSCAR</li> <li>On-off e controllo funzionamento attrezzatura elettromeccanica</li> <li>Allarmi</li> <li>Monitoraggio parametri di sedimentabilità da parte dei laboratori interni</li> <li>Monitoraggio SST in uscita impianto</li> <li>Piano di emergenza per riuso e procedure operative addizionali (KRM8) per sospensione riuso</li> </ol>	In caso di valori anomali segnalati da rete sensori su effluente in uscita la fornitura di acqua affinata viene interrotta. La filtrazione abbate solidi in uscita prima della disinfezione. In ogni caso, analisi FMEA conferma il continuo rispetto dei limiti di normativa per la produzione di acqua nelle classi B, C, D	1	5	5	1. Installazione sonde torbidità e TSS in uscita impianto
<ol style="list-style-type: none"> <li>Sonde per monitoraggio processi ossidativi biologici (OD, ORP, pH, nitrati, ecc) e qualità effluente in uscita</li> <li>Controllore di processo OSCAR</li> <li>On-off e controllo funzionamento attrezzatura elettromeccanica</li> <li>Allarmi</li> <li>Monitoraggio parametri di sedimentabilità da parte dei laboratori interni</li> <li>Monitoraggio SST in uscita impianto</li> <li>Pianodi emergenza per riuso e procedure operative addizionali (KRM8) per sospensione riuso</li> <li>Programmi di manutenzione interne componenti elettromeccaniche</li> </ol>	Le misure di controllo esistenti non permettono un controllo efficace dei solidi in uscita in accordo con i limiti previsti per la classe A	5	5	25	1. Installazione unità di filtrazione

IDENTIFICAZIONE DEL RISO		IDENTIFICAZIONE DELL'EVENTO/INCIDENTO/CAUSA/PERICOLO/CAVITÀ				RISCHIO RESIDUALE			MISURE DI CONTROLLO ESISTENTI			MISURE DI CONTROLLO ESISTENTI			RISCHIO RESIDUALE			PIANO DI MIGLIORAMENTO			
CLASSIFICAZIONE	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	CAUSAZIONE	EFFETTO	

# KRM8: PROTOCOLLI OPERATIVI E DI CONTROLLO

*Procedure operative/gestionali aggiuntive per la gestione dei rischi durante il riutilizzo agricolo*

COMPONENTE DEL SISTEMA	ATTIVITÀ' di CONTROLLO/PROCEDURA OPERATIVA-GESTIONALE
Rete di distribuzione	Controllo visivo periodico della presenza di perdite o contaminazioni
Rete di distribuzione	Operazioni di spurgo/lavaggio della rete pre e post stagione irrigua per evitare l'incremento della carica microbica, incrostazioni ed intasamenti per sviluppo biomassa o crescita algale;
Rete di distribuzione	Utilizzo delle acque affinate entro le successive 48 h; Altrimenti procedere allo svuotamento delle condotte/canalette;
Sistemi di irrigazione	Implementazione di un sistema di gestione della distribuzione irrigua delle acque affinate che tenga conto dei fabbisogni irrigui delle colture praticate, delle caratteristiche morfologiche (pendenze, giaciture) e pedologiche dei campi da irrigare, per stabilire corretti turni irrigui e volumi di adacquamento, evitando fenomeni indesiderati (ristagni idrici, ruscellamento superficiale, danni su colture);
Sistemi di irrigazione	Implementazione di canali di comunicazione con gli utilizzatori finali adeguati a criteri di rapidità di attivazione delle misure gestionali soprattutto in caso di manifestazione degli eventi critici
Sistemi di irrigazione	Lavaggi e/o spurghi stagionali pre e post stagione irrigua
Sistemi di irrigazione	Uso di segnaletica che indichi che l'acqua non è potabile
Sistemi di irrigazione	Adeguate e continua formazione degli utilizzatori

In tale sezione si indicano anche programmi di manutenzione ordinaria (già esistenti o da creare per la gestione dei rischi)



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

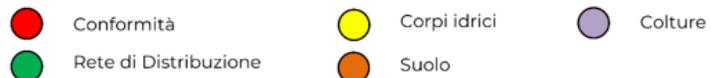


Co-funded by  
the European Union

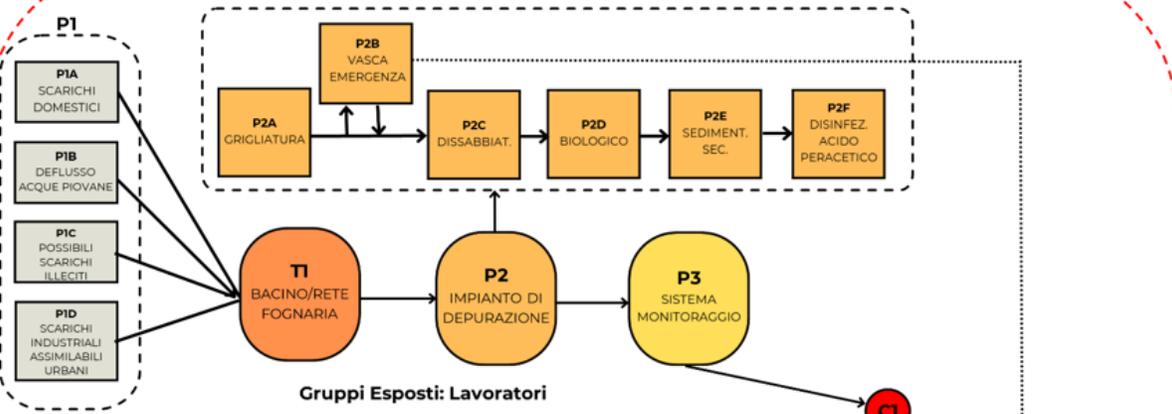


# KRM9: MONITORAGGIO

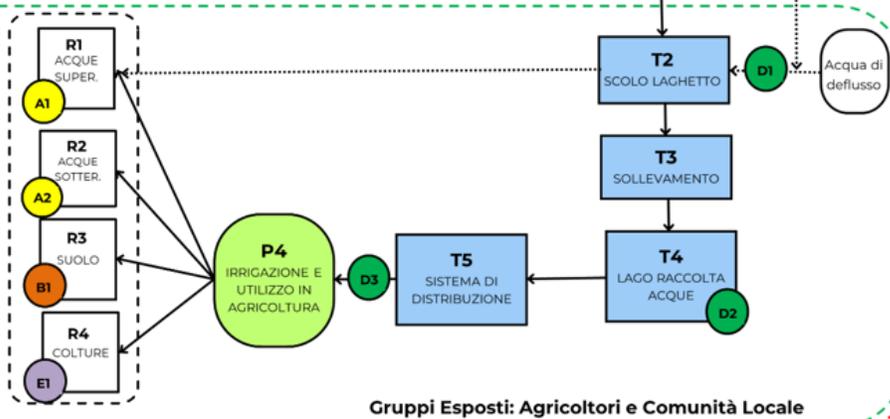
## Punti di monitoraggio



### VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO



### VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTALE



PUNTO DI MONITORAGGIO	DESCRIZIONE	SOGGETTO PREPOSTO
C1	Punto di conformità e di consegna acqua affinata	Gestore impianto di depurazione ARPA
D1	Altre acque presenti nel sistema di distribuzione	Consorzio di bonifica
D2	Acque del laghetto/invaso di raccolta acque affinate	Consorzio di bonifica
D3	Punto più lontano della rete di distribuzione	Consorzio di bonifica
A1	Acque superficiali	ARPA
A2	Acque profonde	ARPA
B1	Suolo	ARPA
E1	Colture	USL

# KRM9: MONITORAGGIO

Per ogni punto di monitoraggio indicare soggetto responsabile e frequenza di campionamento

Punti di monitoraggio

- Conformità
- Rete di Distribuzione
- Corpi idrici
- Suolo
- Colture

## VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO

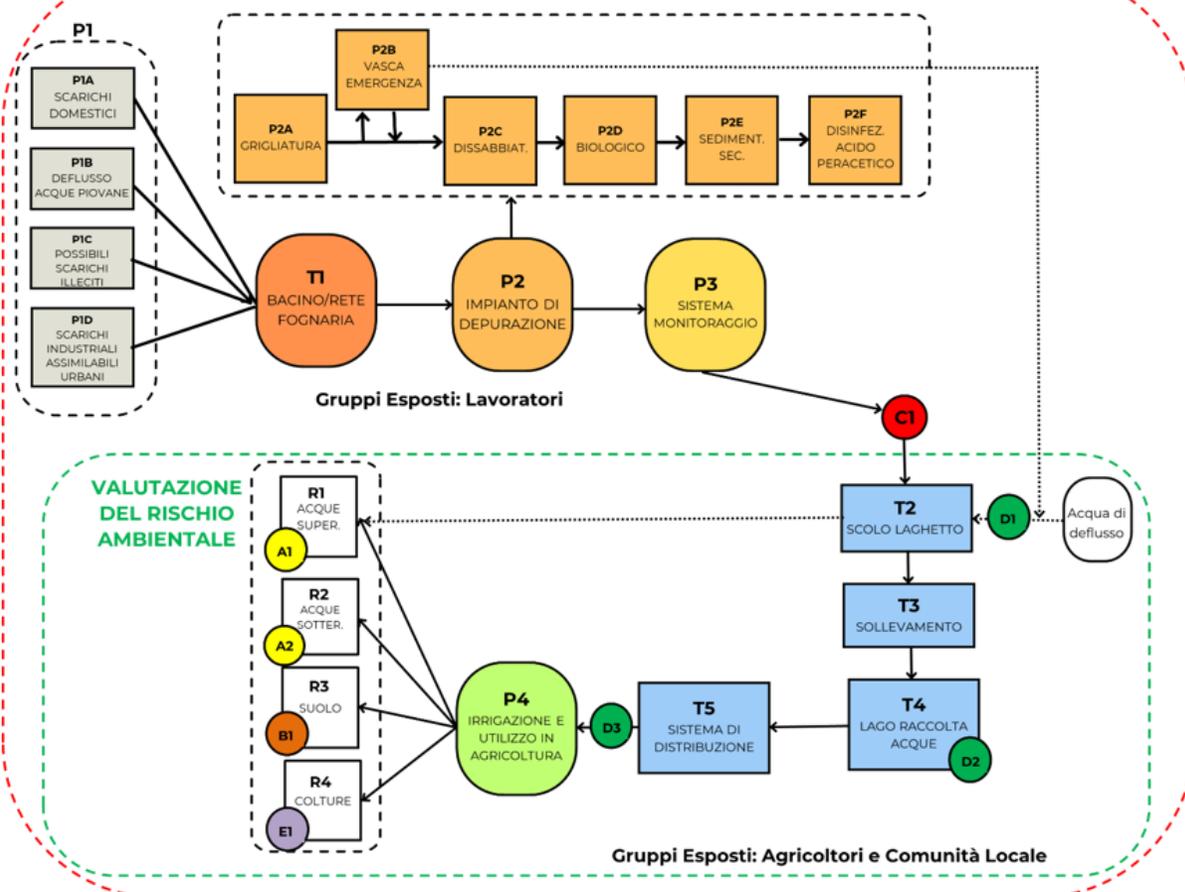


Tabella 1 – Frequenza minima monitoraggio nel punto di conformità (C1) dei parametri regolamentati

Parametro da monitorare	Frequenza di monitoraggio	Punto di Campionamento	Soggetto preposto
Salinità	Due volte al mese*	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Fosforo totale	Bisettimanale*	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Azoto totale	Bisettimanale*	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
BOD <sub>5</sub>	Bisettimanale*	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Solidi sospesi totali (SST)	Bisettimanale*	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
E. Coli	Bisettimanale*	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Nematodi intestinali*	Due volte al mese**	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Salmonella	Due volte al mese*	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Legionella	Due volte al mese*	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Tensioattivi totali	bimensile durante l'intera annualità**	Ingresso impianto/ Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Nichel	bimensile durante l'intera annualità**	Ingresso impianto/ Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione
Parametri elencati nel DM185/2003	Bimensile durante stagione irrigua – altrimenti quadrimestrale	Punto di conformità Uscita Impianto	Gestore impianto di depurazione

\* Durante stagione irrigua

\*\* La frequenza può essere variata in base alle risultanze dei monitoraggi e aggiornamenti dell'analisi di rischio

# KRM10: GESTIONE DELLE EMERGENZE

Evento	Procedura da implementare	Soggetti responsabili
Interruzioni del servizio causate da eventi catastrofici, calamità naturali o in caso di incidente	- Comunicazione di divieto di prelievo acqua affinata	Gestore impianto di depurazione
Malfunzionamenti impiantistici, eventualmente anche non ascrivibili al Gestore (es. black-out per mancanza alimentazione elettrica, eccessive portate in ingresso, ingressi anomali da rete fognaria, etc) che dovessero comportare la variazione delle capacità di trattamento dell'impianto di depurazione secondo quanto richiesto dal DL 39/2023 e dal DM 185/2003	- Comunicazione di divieto di prelievo acqua affinata	Gestore impianto di depurazione
Ingresso di scarichi anomali da rete fognaria, anche accertati attraverso notifica degli Enti.	- Comunicazione di divieto di prelievo acqua affinata	Gestore impianto di depurazione
Necessità manutentive ordinarie e/o straordinarie che dovessero comportare la variazione delle capacità di trattamento dell'impianto di depurazione	- Comunicazione di divieto di prelievo acqua affinata	Gestore impianto di depurazione
Effettuazione di interventi manutentivi urgenti, ovvero non programmabili	- Comunicazione di divieto di prelievo acqua affinata	Gestore impianto di depurazione
Evento piovoso con attivazione degli scolmatori o scolo della vasca di emergenza (mancato trattamento della portata influente) sul canale di presa delle acque affinate (canale scolo laghetto)	- Comunicazione di divieto di prelievo acqua affinata per irrigazione - Ripresa dell'attività irrigua a partire da 24 ore successive al termine dell'evento piovoso	Gestore impianto di depurazione

impostazione di protocolli per gestire incidenti ed emergenze

# KRM11: COMUNICAZIONE

impostazione di meccanismi di coordinamento e comunicazione

Evento	Comunicazione	Soggetti responsabili	Soggetti destinatari della comunicazione
Il valore puntuale di uno dei parametri <b>E. Coli</b> , <b>Legionella spp</b> , <b>Nematodi intestinali</b> risulta superiore al limite di legge fissato per acqua di classe D	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comunicazione di divieto di prelievo acqua affinata al rilievo del superamento</li> <li>2. Comunicazione di ripresa dell'attività irrigua appena ristabilita la condizione di conformità legislativa</li> </ol>	Gestore impianto di depurazione	<p>Consorzio di Bonifica Arpa <a href="#">Emilia Romagna</a></p>
Non conformità <b>Salinità</b> , <b>indice SAR / Conducibilità / Cloruri</b> (ovvero il valore puntuale del parametro Cloruri superiori a 1200 mg/l, oppure la Conducibilità elettrica superiori a 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , oppure il SAR superiore a 10, oppure la salinità superiore al valore di 10 psu)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comunicazione di divieto di prelievo di acqua affinata al rilievo del superamento</li> <li>2. Comunicazione di ripresa dell'attività irrigua appena ristabilita la condizione di conformità legislativa</li> </ol>	Gestore impianto di depurazione	<p>Consorzio di Bonifica Arpa <a href="#">Emilia Romagna</a></p>
Si rileva la presenza di <b>Salmonella</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comunicazione di divieto di prelievo acqua affinata al rilievo del superamento</li> <li>2. Comunicazione di ripresa dell'attività irrigua appena</li> </ol>	Gestore impianto di depurazione	<p>Consorzio di Bonifica Arpa <a href="#">Emilia Romagna</a></p>

GESTORE DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE	Personale di riferimento
<b>Orario di lavoro</b> (Lun-Ven / 8.00 – 16.00)	Impianti area .....  Sig. xxxxx (tel. Xxxxx / email)  o suo delegato  Sig. xxxxx (tel. Xxxxx / email).
<b>Fuori orario di lavoro</b>	Coordinatori reperibili rintracciabili al numero della <b>Sala Telecontrollo Tell.</b>
CONSORZIO DI BONIFICA	Personale di riferimento
<b>Orario di lavoro</b> (Lun-Ven / 8.00 – 16.00)	Ruolo  Sig. xxxxx (tel. Xxxxx / email)  o suo delegato  Sig. xxxxx (tel. Xxxxx / email).
<b>Fuori orario di lavoro</b>	Rif. Reperibilità

# Piani di gestione del rischio: dall'innovazione dimostrativa europea alle applicazioni reali

## 1. *Esperienza nell'ambito del Progetto EU H2020 – Digital Water City*

✓ *Caso studio - Peschiera Borromeo – CAP*

## 2. *Piano di gestione dei rischi per il riuso delle acque reflue - focus Depuratore (UNIVPM-UNIBO)*

✓ *Caso studio – Fregene – ACEA*

✓ *Caso Studio – San Benedetto del Tronto – CIIP*

✓ *Caso studio – Castelvetro – TRAPANI*

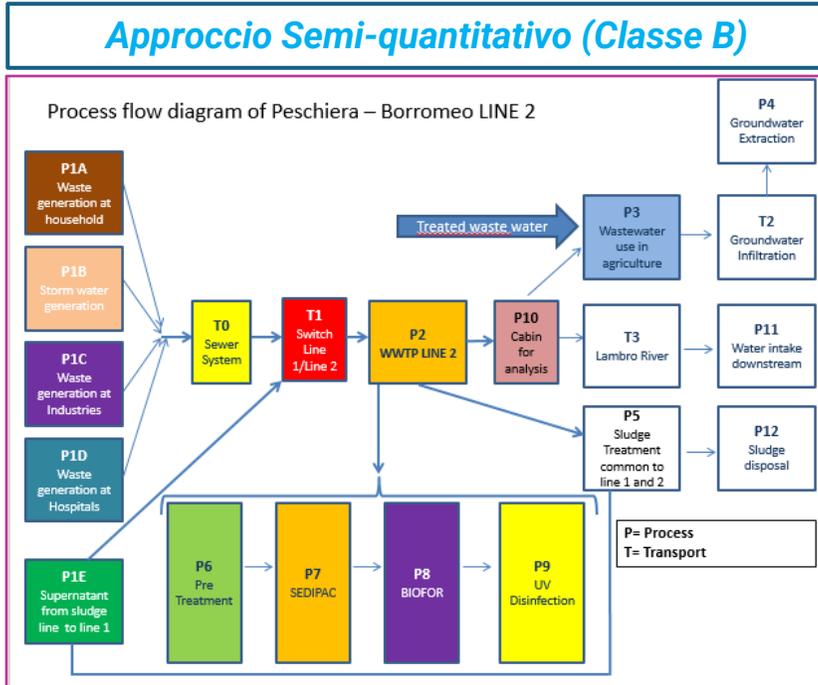
✓ *Caso studio – Castel San Pietro Terme – HERA*

✓ *Caso studio riuso industriale in attività cantiere – WEBUILD con AMAP e ACQUAENNA*



# 1. Esperienza nell'ambito del Progetto EU H2020 – Digital Water City

✓ Caso studio - Peschiera Borromeo – CAP



LINE 2 RISK MATRIX PESCHIERA-BORROMEO WWTP FOR AGRICULTURAL IRRIGATION WATER REUSE (Class B reclaimed water quality)																							
NODE P-Process T-Transport	VVTP SECTION	HAZARDS	PRELIMINARY RISK ASSESSMENT							RESIDUAL RISK				INTEGRATIVE CONTROL MEASURES									
		HAZARDOUS EVENT (Potential or found events able to introduce one or more specific hazards)	OBSERVATIONS (Based on bibliographic notes, operative personnel, monitoring data, inspections, users complaints)	MICROBIOLOGICAL	CHEMICAL	FISICAL	RADIOLOGICAL	REUSE SERVICE INTERRUPTION	LIKELIHOOD	SEVERITY	SCORE	RISK RATING	EXISTING CONTROL MEASURES		BIBLIOGRAPHIC NOTES - CONSIDERATIONS RELATED TO THE STATISTICAL TREATMENT OF DATA (from D.11 e D1.3)	LIKELIHOOD	SEVERITY	SCORE	RISK RATING				
P1	WWTP INLET	P1A Domestic Wastewater	Hazardous pathogens (reported in literature) and hazardous substances (tab 3/A, Part III all.5 D.Lgs. 152/06) in the influent	Anomalous discharges have been detected (solvents, glues) that affect treatment efficiency Lab analysis and flows are registered in the daily register of the plants "Registro Giornaliero di Funzionamento Impianto (RGFI)" Lack of sufficient information to carry out a risk assessment for each subsection P1A, P1B, P1C, P1D, P1E Literature data on pathogens occurrence in wastewater	x	x	x	x	x	5	8	40	Very High hazard or hazardous event potentially resulting in serious illness or injury, or even loss of life and/or will lead to major investigation by regulator with prosecution likely	<ul style="list-style-type: none"> <li>P2 Treatments</li> <li>24h weekly sampling (after the fine screen) for laboratory analysis (frequency 3-4 times/month) of parameters required for the minimum quality of reclaimed water class B</li> <li>Presence of outlet probes</li> <li>Equipment maintenance and personal training procedures</li> <li>Maintenance contracts with companies</li> <li>Environmental Protection Agency controls</li> <li>Non-compliance procedure for water quality</li> <li>Emergency procedure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>From 2017 to 2021, the influent fluctuations of COD, total nitrogen, ammonium nitrogen, total phosphorus, BOD5 and total suspended solids parameters (due to seasonal variations, meteorological events, the hourly composition of the wastewater, etc.) resulted well smoothed by treatments, indicating a good resilience of the WWTP</li> <li>In compliance with the EU Regulation, it resulted that the cumulative frequencies of quality requirements for E. coli, regarding the quality class B of our interest, was achieved for 69.9% of the time from 2017 to 2021 and for 87.4% of the time from 2020 to 2021</li> </ul>	1	8	8	Medium Risk illness or injury and/or may lead to legal complaints and/or major regulatory non-compliance (downgrading of refined water quality by 2 classes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integration of DSS: 1, 3, 6, 9, 11, 12, 13, 15</li> <li>Control room input and output sensor data management to effectively modulate treatments</li> <li>Upgrading of the disinfection system</li> <li>In the medium to long term, building of water reservoirs to avoid reuse service interruption</li> <li>Periodic samplings and analysis on industrial discharges</li> <li>Periodic samplings and analysis on wastewaters from S. Raffaele Hospital</li> <li>Periodic investigation on toxic, persistent and for emerging non-regulated compounds (e.g. heavy metals and persistent organic contaminants, pharmaceuticals and personal care products, pesticides and herbicides, industrial chemicals)</li> <li>Periodic investigation on emerging pathogens</li> </ul>			
		P1B Stormwater																					
		P1C Industrial Wastewater																					
		P1D Hospital Wastewater																					
		P1E Supernatant from sludge line to line 1																					
P1	WWTP INLET (est quarters of Milan, Q max: 8,854 m3/h)	Emerging pathogens in wastewater	Observed from Preliminary Studies reported in 3.2.2.2 paragraph of D1.3 Literature data on pathogens occurrence in wastewater	x						5	8	40	Very High hazard or hazardous event potentially resulting in serious illness or injury, or even loss of life and/or will lead to major investigation by regulator with prosecution likely	<ul style="list-style-type: none"> <li>P2 Treatments</li> <li>24h weekly sampling (after the fine screen) for laboratory analysis (frequency 3-4 times/month) of parameters required for the minimum quality of reclaimed water class B</li> <li>Presence of outlet probes</li> <li>Equipment maintenance and personal training procedures</li> <li>Maintenance contracts with companies</li> <li>Environmental Protection Agency controls</li> <li>Non-compliance procedure for water quality</li> <li>Emergency procedure</li> </ul>					1	8	8	Medium Risk illness or injury and/or may lead to legal complaints and/or major regulatory non-compliance (downgrading of refined water quality by 2 classes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integration of DSS: 1, 3</li> <li>Control room input and output sensor data management to effectively modulate treatments</li> <li>Upgrading of the disinfection system</li> <li>In the medium to long term, building of water reservoirs to avoid reuse service interruption</li> <li>Periodic samplings and analysis on industrial discharges</li> <li>Periodic samplings and analysis on wastewaters from S. Raffaele Hospital</li> <li>Periodic investigation on toxic, persistent and for emerging non-regulated compounds (e.g. heavy metals and persistent organic contaminants, pharmaceuticals and personal care products, pesticides and herbicides, industrial chemicals)</li> <li>Periodic investigation on emerging pathogens</li> </ul>

Semi-quantitative risk assessment matrix

		SEVERITY (S)				
		Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
LIKELIHOOD (L)	Very unlikely	1	2	4	8	16
	Unlikely	2	4	8	16	32
	Possible	3	6	12	24	48
	Likely	4	8	16	32	64
	Almost Certain	5	10	20	40	80
Risk Score R = (L) x (S)		<6	7-12	13-32	>32	
Risk level		Low Risk	Medium Risk	High Risk	Very High Risk	

1. Piano di miglioramento infrastrutturale
2. Piano di miglioramento relativo all'EWS

Fonte: Susanna Murtas – ECOMONDO 2024



CENTRO NAZIONALE SICUREZZA DELLE ACQUE

# 1. Esperienza nell'ambito del Progetto EU H2020 – Digital Water City

✓ Caso studio - Peschiera Borromeo – CAP

Fonte: Susanna Murtas –  
ECOMONDO 2024

## Approccio Quantitativo - QMRA

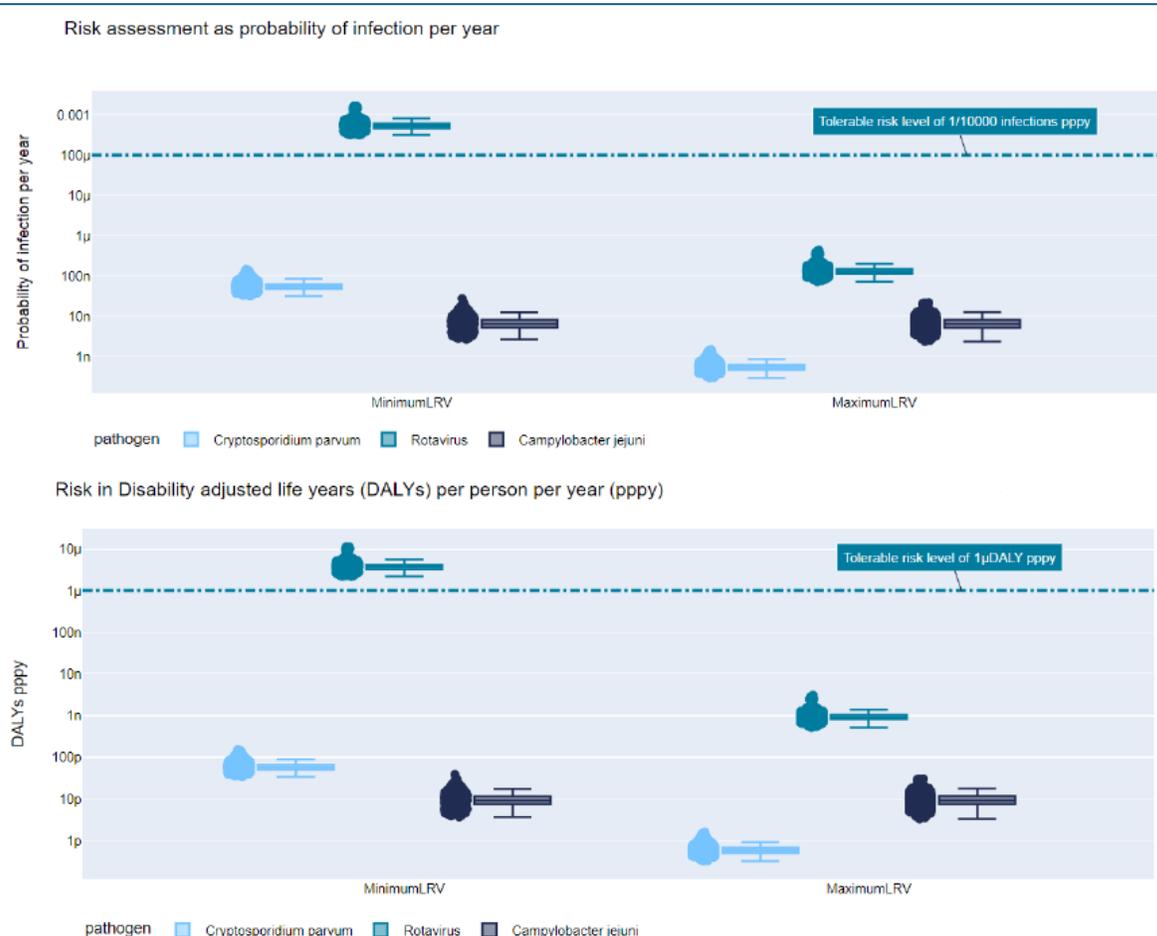


Figure 60: Risk expressed in Probability of Infection (up) and DALYS (down) for workers with drip irrigation in the case of maximum log removals (MaximumLMV) and minimum log removals (MinimumLMV) of pathogens.

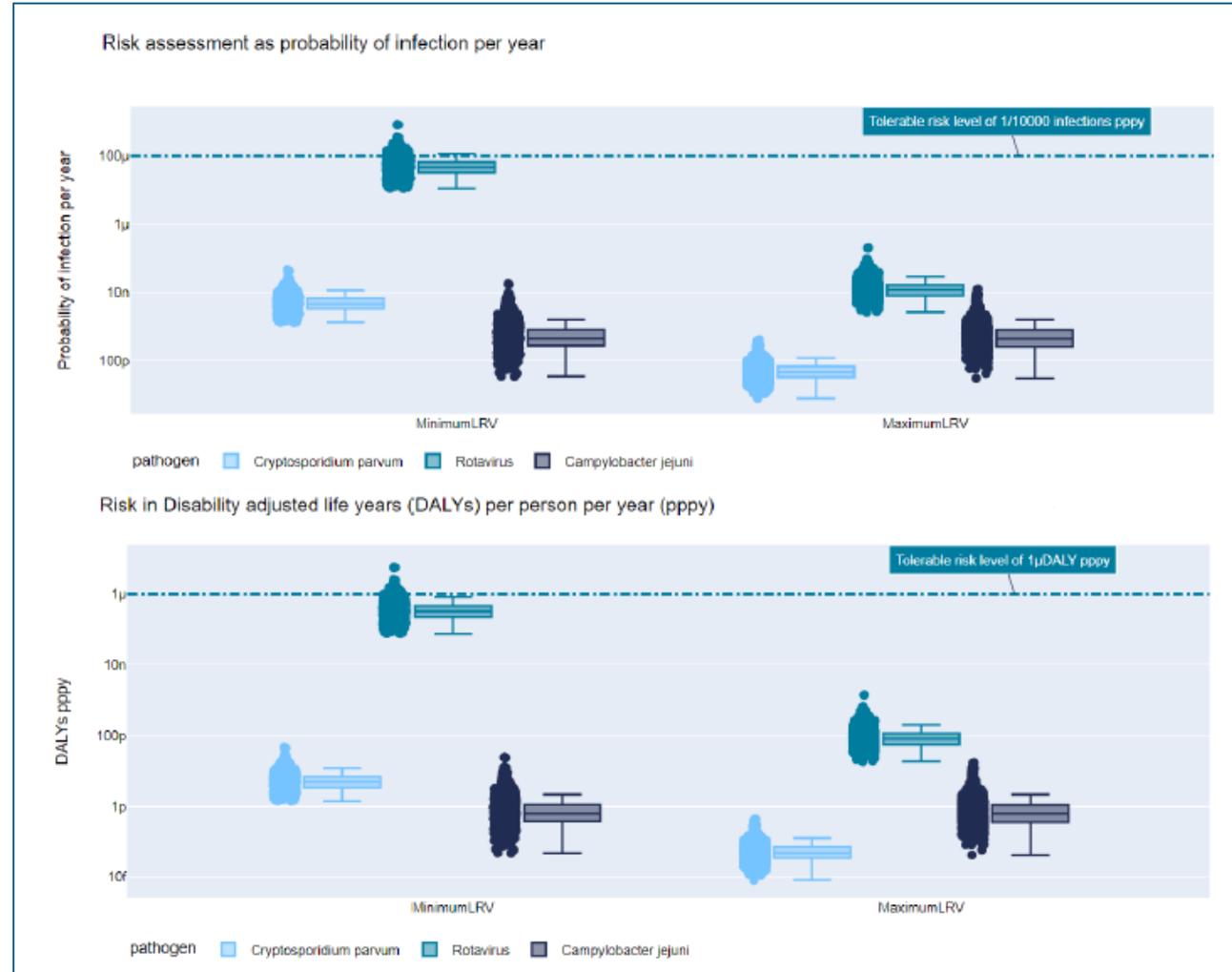


Figure 63: Risk expressed in Probability of Infection (up) and DALYS (down) for local community with drip irrigation in the case of maximum log removals (MaximumLMV) and minimum log removals (MinimumLMV) of pathogens.

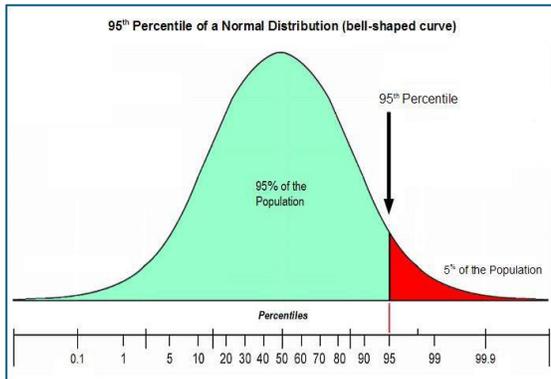
# 1. Esperienza nell'ambito del Progetto EU H2020

## – Digital Water City

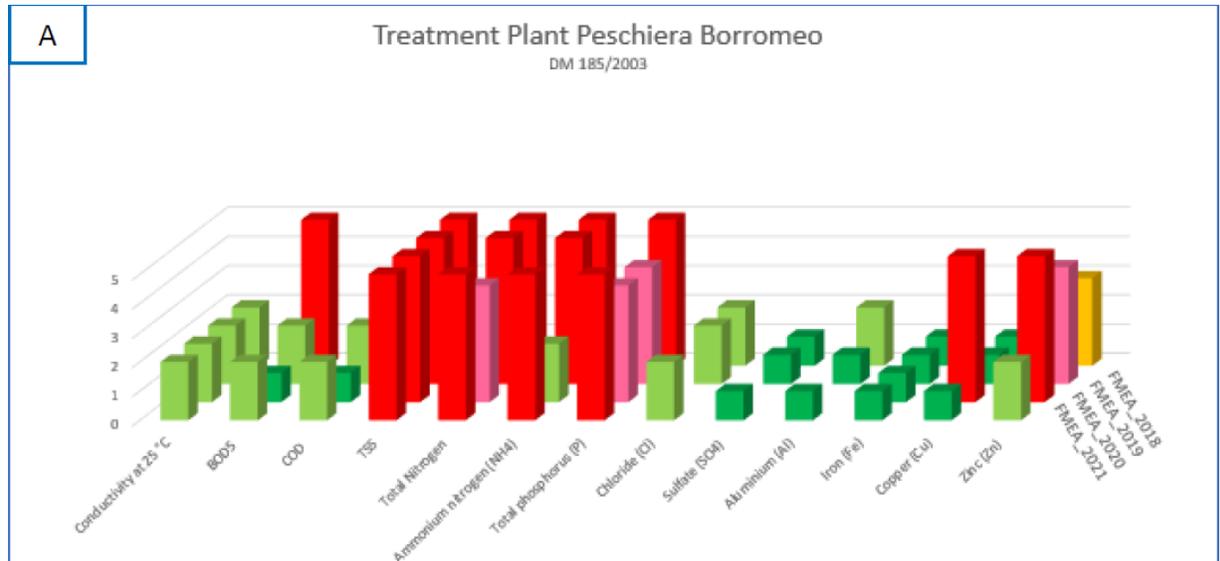
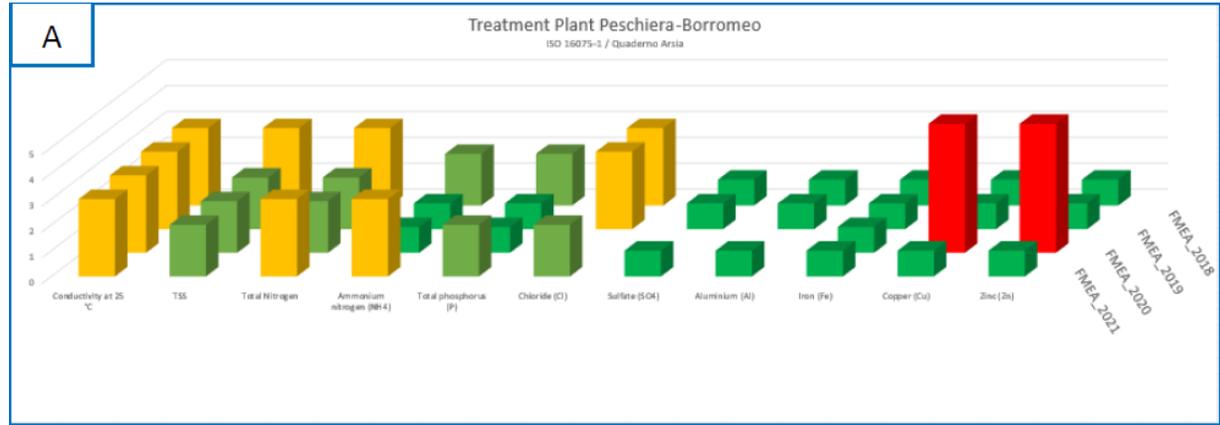
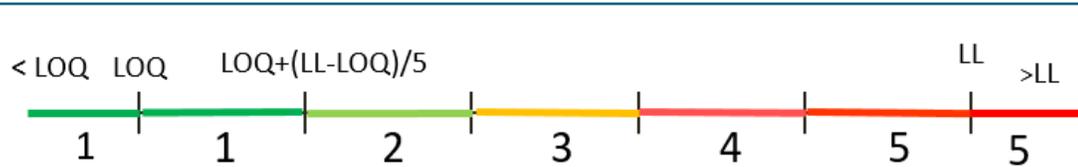
✓ Caso studio - Peschiera Borromeo – CAP

### Approccio Quantitativo - QCRA

1. Hazard identification
2. Hazard characterization
3. Exposure assessment
4. Risk characterization



Modello FMEA (*Failure Modes-Effects Analysis*) applicato alla serie di dati storici 2018-2021 con limiti di LOQ e LL (ISO 16075-1:2020 e DM185) non ha mostrato elementi di criticità tali da giustificare il completamento dello studio.



Fonte: Susanna Murtas –  
ECOMONDO 2024

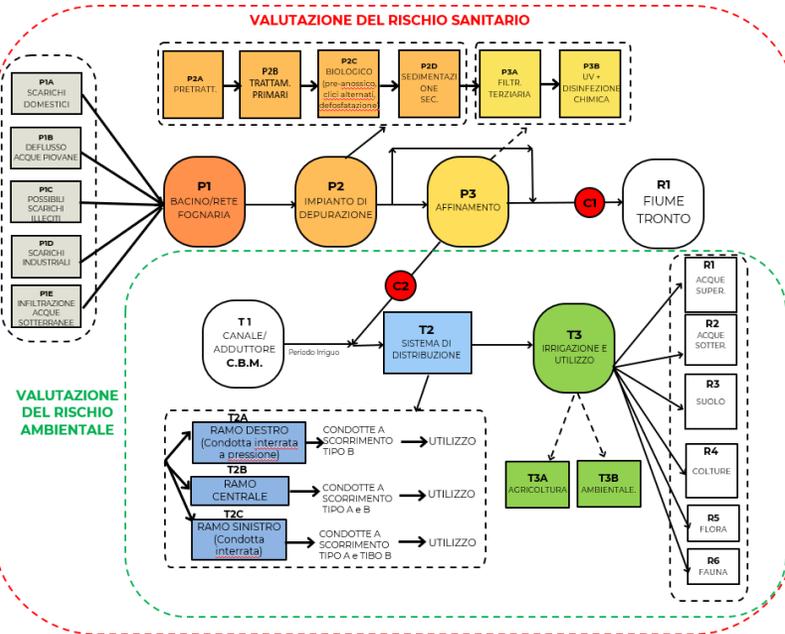
# Piano di gestione dei rischi per il riuso delle acque reflue- Depuratore

Caso Studio – San Benedetto del Tronto – CIIP Spa

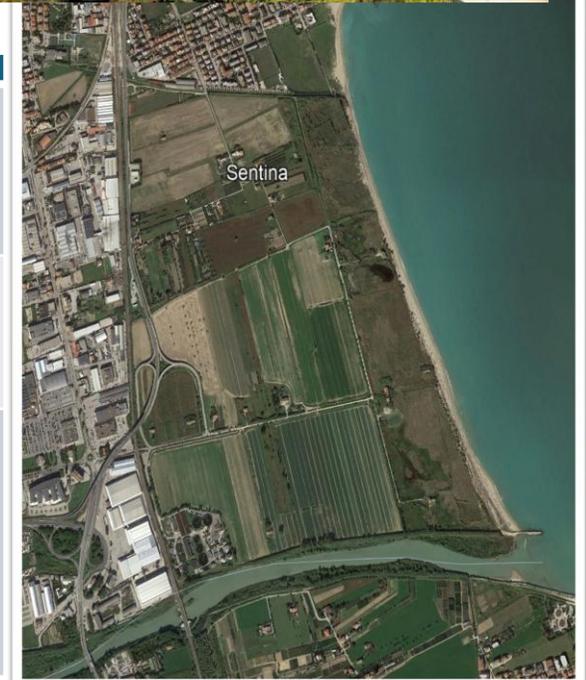
Caso studio – Fregene – ACEA

Caso studio – Castelvetro – TRAPANI

Caso studio – Castel San Pietro – HERA



Parametro	Rischio rilevato	Misura integrativa prevista	Metodo di validazione
<b>Tensioattivi Totali</b>	Presenza di elevate concentrazioni di tensioattivi totali in uscita impianto	-Interruzione riuso in caso di rilevamento misure anomale (superiore al 100% del limite di legge)	- Monitoraggio mensile del parametro in ingresso/uscita impianto al fine di ottenere informazioni su origine
<b>Fosforo Totale</b>	Concentrazioni di fosforo totale sporadicamente superiori al limite	Monitoraggio del parametro fosforo totale al fine di diagnosticare problematiche legate alla sua rimozione con conseguente interruzione riuso	- Monitoraggio settimanale del parametro $P_{tot}$ in impianto e rete di distribuzione - Monitoraggio crescita algale
<b>Parametri microbiologici (E. Coli; Nematoidi intestinali)</b>	Non raggiungimento della Classe A	Potenziamento sistema di disinfezione mediante aumento del dosaggio di acido peracetico	- Monitoraggio dei parametri E. Coli, Salmonella spp, Legionella spp, Nematoidi intestinali - Validazione del processo mediante verifica rimozioni logartmiche di E. Coli, Colifagi, Spore di Clostridium perfringens



- Potenzialità Depuratore 180000 AE
- Portata media in tempo di secco 20000 m3/d
- Esigenza di produrre acqua affinata di classe A (irrigazione di uliveti, vigne, ortaggi)
- Esigenza di riutilizzo ambientale per alimentazione di aree umide e habitat naturali



ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

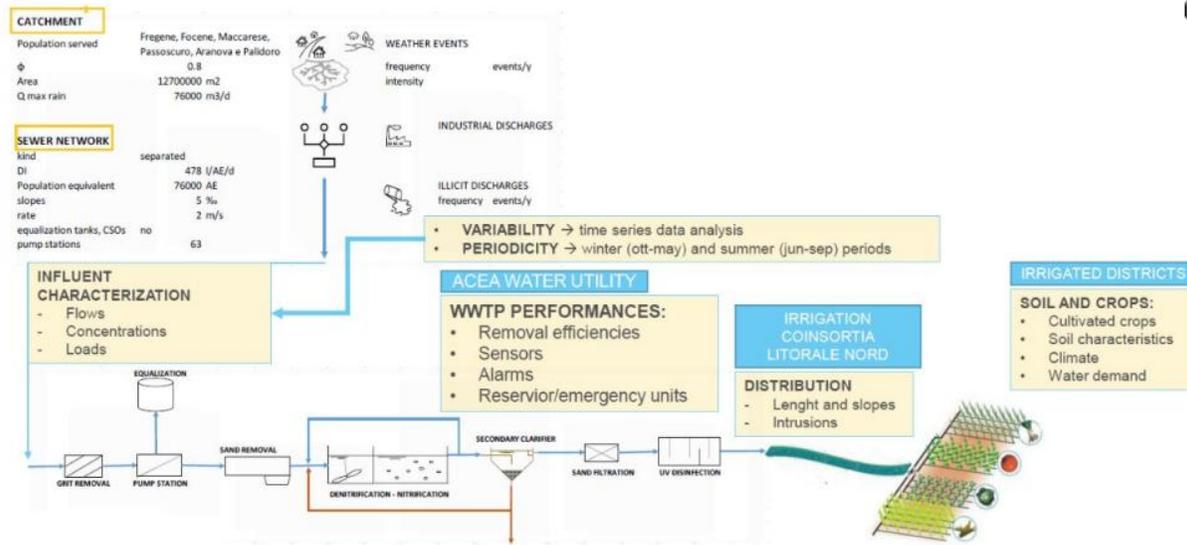
# Piano di gestione dei rischi per il riuso delle acque reflue- Depuratore

Caso Studio – San Benedetto del Tronto – CIIP SpA

Caso studio – Fregene – ACEA

Caso studio – Castelvetro – TRAPANI

Caso studio – Castel San Pietro – HERA



- Potenzialità Depuratore 76000 AE
- Portata media in regime secco 13200 m3/d
- Esigenza di produrre acqua affinata di classe A (irrigazione di uliveti, vigne, ortaggi)

	Rischio rilevato	Misura integrativa prevista	Metodo di validazione
Parametri microbiologici	Non raggiungimento della Classe A causa ridotta efficienza in disinfezione	Potenziamento sistema di disinfezione tramite installazione di disinfezione UV	- Monitoraggio del parametro E. Coli  - Validazione mediante verifica rimozioni logartmiche di E. Coli, Colifagi, Spore di Clostridium perfringens ad avvio processo
Fosforo totale	Elevate concentrazioni di fosforo in uscita all'impianto con superamento dei limiti di legge per il riuso (1 mg/L)	Implementazione processo di rimozione fosforo mediante dosaggio reagenti chimici	Monitoraggio del parametro fosforo totale con frequenza mensile
Azoto Totale	Concentrazioni di azoto totale in uscita all'impianto prossime ma inferiori al valore limite per riuso (10 mg/L)	- Monitoraggio del parametro azoto totale al fine di diagnosticare problematiche legate alla sua rimozione.  - utilizzo di strumentazione per misurazioni on-line che permettano di interrompere immediatamente la distribuzione di acqua non conforme	Monitoraggio del parametro azoto totale con frequenza settimanale per calibrazione e validazione della misura dei sensori



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

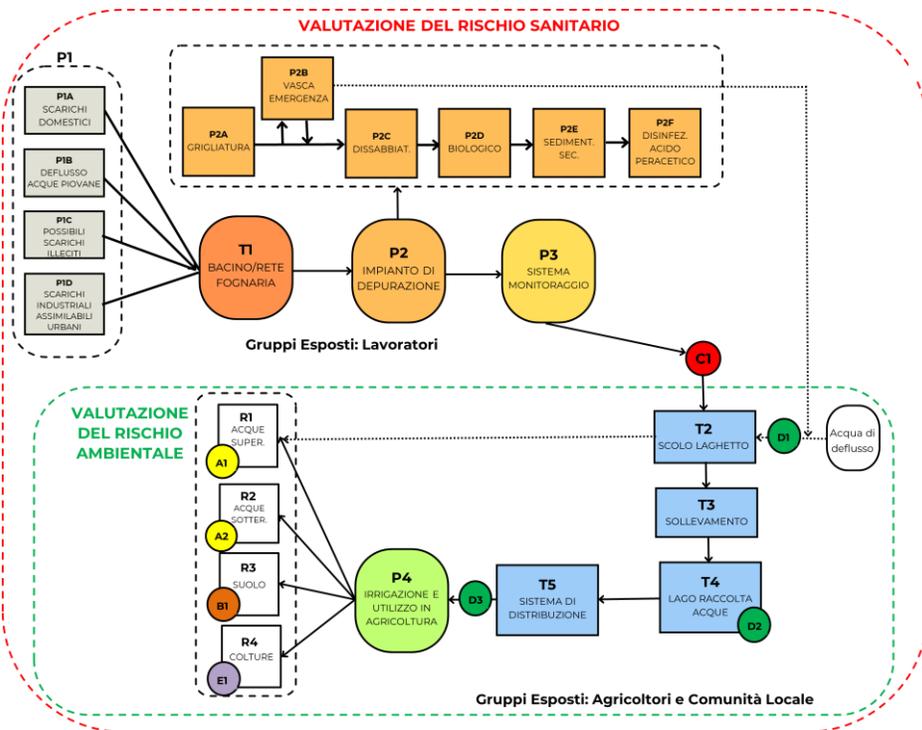
# Piano di gestione dei rischi per il riuso delle acque reflue- Depuratore

Caso Studio – San Benedetto del Tronto – CI

Caso studio – Fregene – ACEA

Caso studio – Castelvetro – TRAPANI

Caso studio – Castel San Pietro Terme – HER



- Potenzialità Depuratore 25000 AE
- Portata media giornaliera 4280 m<sup>3</sup>/d
- Valutazione in corso sulla classe di riuso raggiungibile (A,B,C o D)

Parametro	Rischio rilevato	Misura integrativa prevista	Note
Parametri microbiologici	Non raggiungimento della Classe A causa ridotta efficienza in disinfezione	- Potenziamento sistema di disinfezione mediante aumento del dosaggio di acido peracetico o installazione disinfezione UV	Solo per classe A
		- installazione unità di filtrazione	
Parametri microbiologici	Non raggiungimento della Classe B, C, D causa ridotta efficienza in disinfezione	- Potenziamento sistema di disinfezione mediante aumento del dosaggio di acido peracetico	Per classi B, C, D
		- Comunicazione di sospensione del riutilizzo	
Solidi Sospesi Totali	Non raggiungimento dei requisiti per Classe A	- Installazione unità di filtrazione - Installazione sonde on-line per misura di torbidità e TSS in continuo	Solo per classe A
BOD <sub>5</sub>	Non raggiungimento dei requisiti per Classe A	- Installazione unità di filtrazione	Solo per classe A
Cloruri	Concentrazione elevate dei cloruri in acqua reflua	- utilizzo di strumentazione on-line per misura valori di conducibilità	Per tutte le classi
		- sospensione della consegna delle acque affinate qualora al punto di consegna si verifichi il superamento dei seguenti valori limite: Cloruri 1200 mg/l, Conducibilità elettrica 3.000 µS/cm, SAR 10	
Tensioattivi Totali	Presenza di elevate concentrazioni di tensioattivi totali in uscita impianto	- Interruzione riuso in caso di rilevamento misure anomale (superiore al 100% del limite di legge)	Per tutte le classi
Nichel	Presenza di elevate concentrazioni di Nichel in uscita impianto	- Interruzione riuso in caso di rilevamento misure anomale (superiore al 100% del limite di legge)	Per tutte le classi



# Piano di gestione dei rischi per il riutilizzo d acque reflue- Depuratore

Caso Studio – San Benedetto del Tronto

Caso studio – Fregene – ACEA

Caso studio – Castelvetrano – TRAPANI

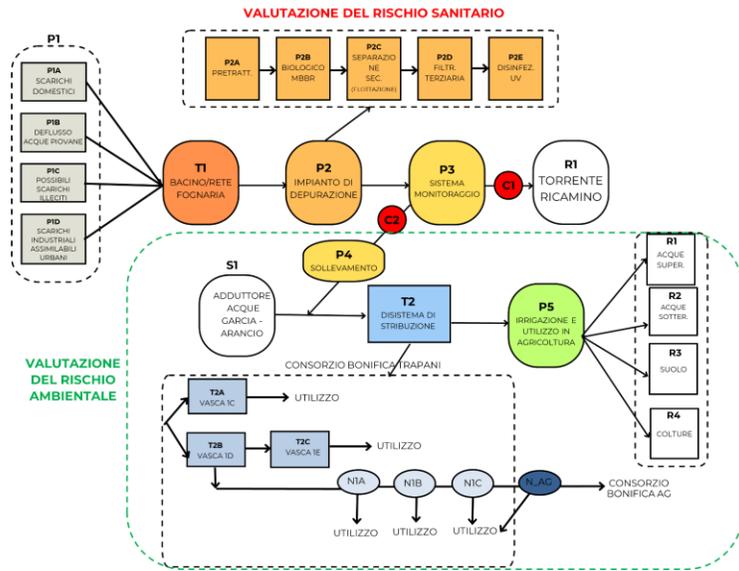
Caso studio – Castel San Pietro – HERA



Regione Siciliana  
Assessorato regionale dell'energia e dei servizi di pubblica utilità  
Dipartimento regionale dell'acqua e dei rifiuti

IL DIRIGENTE GENERALE

**AUTORIZZAZIONE ALLO SCARICO, CON FINALITÀ DI RIUTILIZZO AGRICOLO CON CLASSE C, AI SENSI DELL'ART. 6 DEL D.M. 185/03, DELL'ART. 124 DEL D. LGS. N. 152/06 E SS.MM.II. E DELL'ART. 8 DEL D.A. N. 6/GAB DEL 6/2/2024, PER L'IMPIANTO DI DEPURAZIONE SITO IN VIA ERRANTE VECCHIA A SERVIZIO DEL COMUNE DI CASTELVETRANO (TP).**



- a) le acque reflue urbane in uscita dall'impianto di depurazione di via Errante Vecchia a servizio del comune di Castelvetrano (TP), potranno essere scaricate con finalità di riutilizzo per scopi irrigui, con classe C, di cui alla classificazione del Regolamento CE 2020/741, con sistema di irrigazione a goccia, nel rispetto delle prescrizioni minime di qualità dell'acqua di cui alle tabelle 1, 2 e 3 sezione 2 dell'allegato 1 del D.A. n. 6/GAB del 06/02/2024, oltre ad i parametri della tabella allegata al D.M. 185/2003, per un volume annuo potenziale stimato in 7.446.000 m<sup>3</sup> (850 mc/h);
- b) ai sensi dell'allegato 1 – Sezione 2 Tabella 2 del D.A. n. 6/GAB del 06/02/2024 "Classi di qualità e prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura", per la classe di qualità delle acque affinate oggetto della presente autorizzazione, classe C, devono essere rispettati i seguenti limiti:

- Escherichia coli ≤ 1000 (UFC/100mL);
- BOD<sub>5</sub> ≤ 25 (mg/L);
- TSS ≤ 35 (mg/L);
- N tot 35 (mg/L)
- P tot ≤ 10 (mg/L);
- Salinità ≤ 10 (gr/L)
- Salmonella assente;
- Legionella spp ≤ 1000 (UFC/L);
- Nematodi intestinali ≤ 1 uovo/L;
- Tabella allegata al D.M. n°185/03 per i rimanenti parametri;

- c) le "Frequenze minime delle attività di monitoraggio delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura", per la classe di qualità delle acque affinate oggetto della presente autorizzazione, classe C, dovranno rispettare la Tab.3 dell'allegato 1 – Sezione 2 del D.A 6/GAB;
- d) l'immissione delle portate a riutilizzo irriguo avverrà nell'adduttore diramazione ovest del Sistema Garcia-Arancio che alimenta sia gli impianti irrigui del Consorzio di Bonifica 3 Agrigento che quelli del Consorzio di Bonifica 1 – Trapani e interessa i territori comunali di Sambuca di Sicilia, Sciacca, Menfi, Santa Margherita Belice, Partanna e Castelvetrano, (in particolare l'acqua affinata alimenterà e sarà stoccata nelle vasche 1C, 1D, 1E);
- e) per tutti i parametri chimico-fisici, i valori limite sono da riferirsi a valori medi su base annua. Il riutilizzo deve comunque essere immediatamente sospeso ove, nel corso dei controlli sia superato il valore puntuale di qualsiasi parametro della tabella allegata al D.M. n°185/03, ad eccezione di *Escherichia coli*, Azoto totale e fosforo totale;
- f) a seguito della sospensione, il riutilizzo può essere riattivato solo dopo che il valore puntuale del parametro o dei parametri per cui è stato sospeso sia rientrato al di sotto del valore limite in almeno tre controlli successivi e consecutivi;

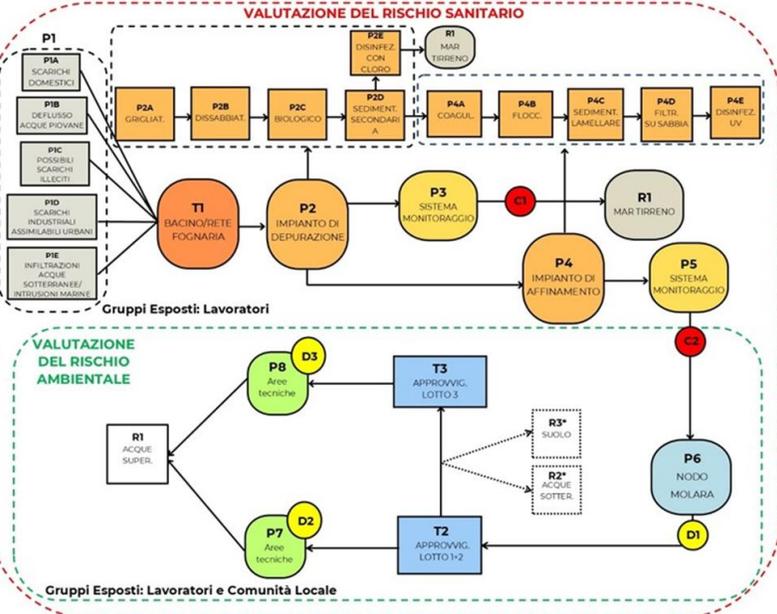
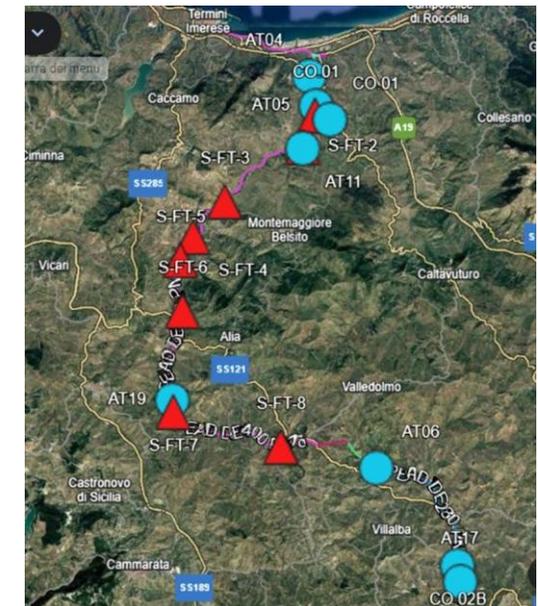
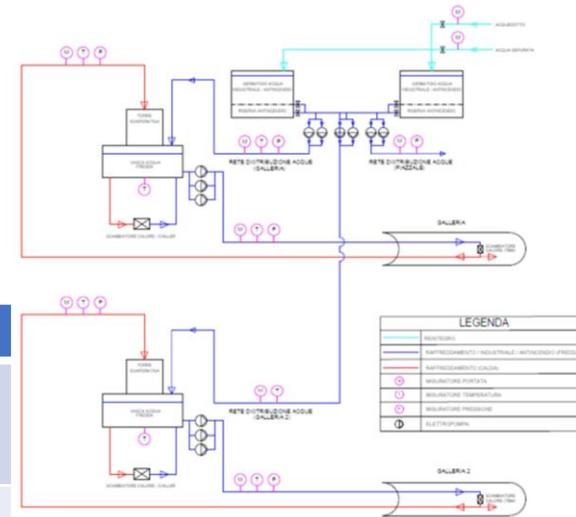
- Potenzialità Depuratore 54320 AE
- Portata media oraria in tempo asciutto 560 m<sup>3</sup>/h
- Esigenza di produrre acqua affinata di classe C (irrigazione di uliveti e vigne)



COMMISSARIO  
STRAORDINARIO UNICO  
PER LA DEPURAZIONE

# Piano di gestione dei rischi per il riuso delle acque reflue- Depuratore

Caso Studio – Termini Imerese – Webuild

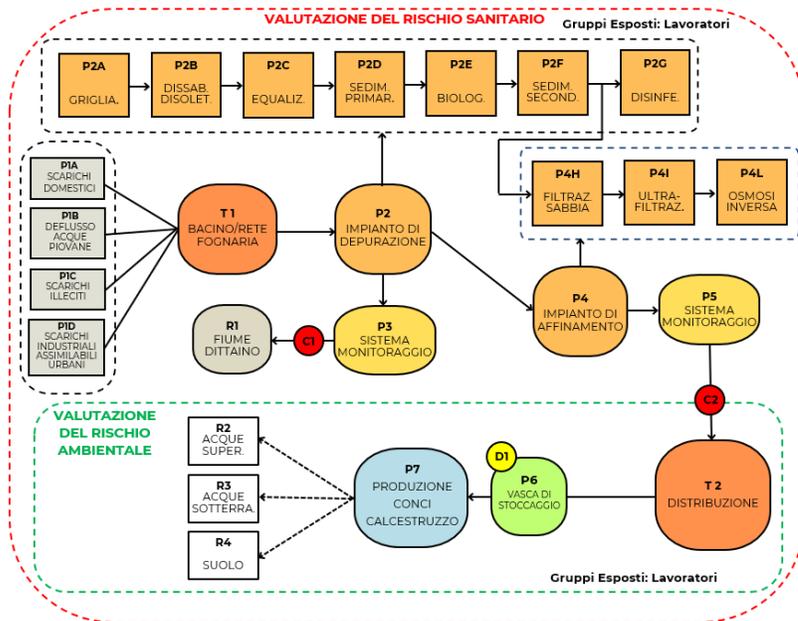


Parametro	Rischio rilevato	Misura integrativa prevista	Metodo di validazione
Parametri microbiologici	Non raggiungimento del limite richiesto per riuso industriale	- Installazione unità di filtrazione - Installazione unità di disinfezione UV	- Monitoraggio dei parametri E. Coli
Solidi Sospesi Totali	Solidi sospesi in uscita impianto con concentrazioni superiori al limite di legge	- Realizzazione di unità di chiariflocculazione - Installazione unità di filtrazione	- Monitoraggio del parametro SST
BOD <sub>5</sub>	Concentrazioni di BOD <sub>5</sub> in uscita superiore al limite di legge	- Realizzazione di unità di chiariflocculazione - Installazione unità di filtrazione	- Monitoraggio del parametro BOD <sub>5</sub>
Fosforo Totale	Concentrazioni di fosforo totale in uscita all'impianto superiore al limite di legge	- Realizzazione di unità di chiariflocculazione con rimozione chimica del fosforo	- Monitoraggio del parametro P <sub>tot</sub>
Tensioattivi Totali	Presenza di elevate concentrazioni di tensioattivi totali in uscita impianto, ma comunque inferiori al limite di legge.	- Realizzazione di unità di chiariflocculazione	- Monitoraggio del parametro tensioattivi totali

- Potenzialità Depuratore 30000 AE
- Portata media in tempo di secco 230 m3/h
- Esigenza di produrre acqua affinata per **riuso industriale**:
  - i) Circuito chiuso: raffreddamento delle macchine scavatrici TBM;
  - ii) Circuito aperto: lavaggi, produzione calcestruzzi, produzione malte bicomponente, antincendio, condizionamento del terreno e cannoni abbatti-polveri

# Piano di gestione dei rischi per il riuso delle acque reflue- Depuratore

Caso Studio – Dittaino (Enna) – AcquaEnna

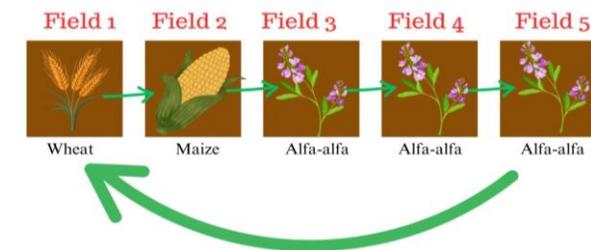
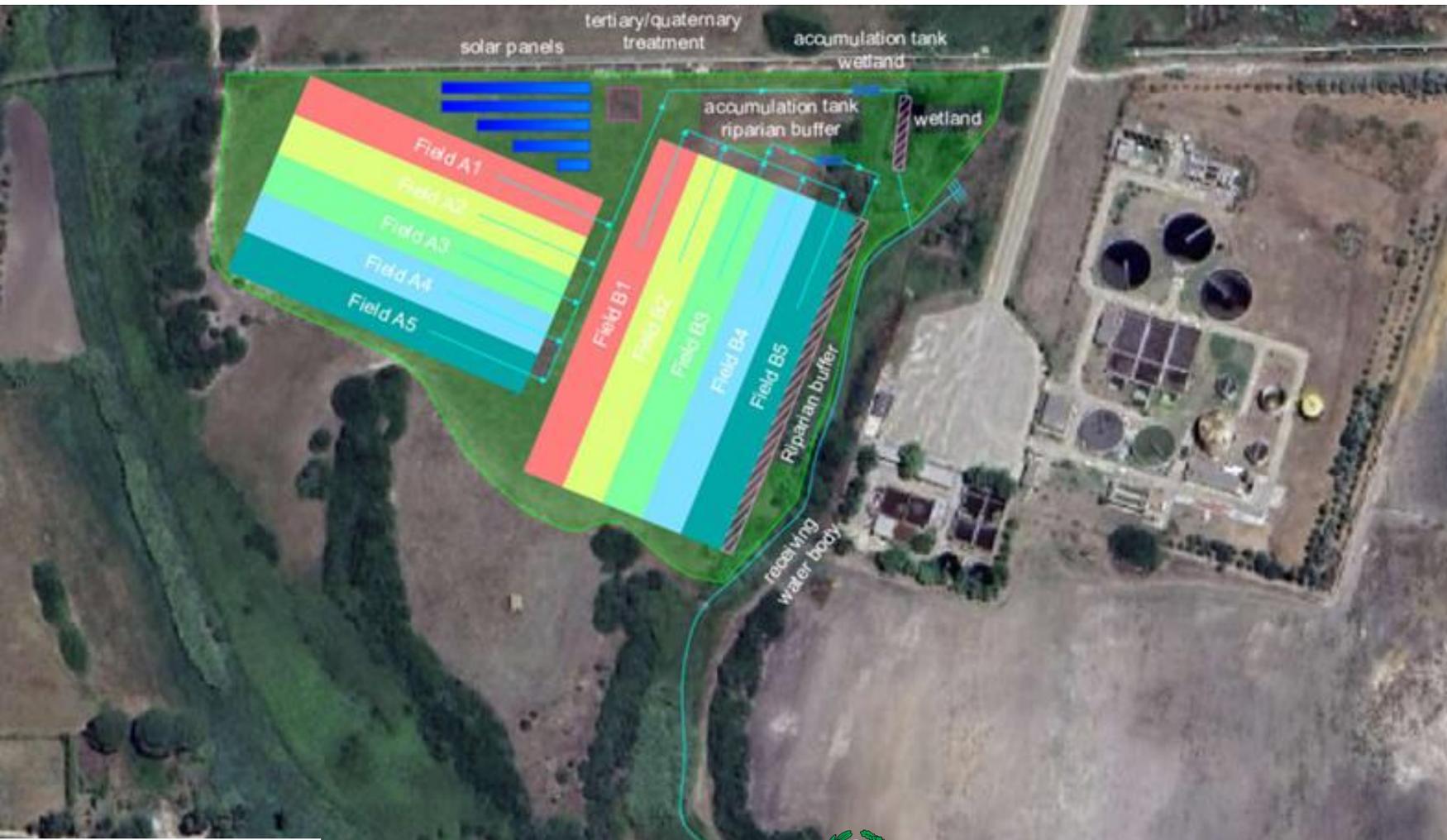


- Potenzialità Depuratore 9558 AE
- Portata media in tempo di secco 605 m3/d
- Esigenza di produrre acqua affinata per **riuso industriale**:
  - i) Produzione concii di calcestruzzo;

Parametro	Rischio rilevato	Misura integrativa prevista	Metodo di validazione
Parametri microbiologici	Non raggiungimento del limite richiesto per riuso industriale	- Installazione unità di ultrafiltrazione - Installazione unità di Osmosi Inversa	- Monitoraggio dei parametri E. Coli
BOD <sub>5</sub>	Concentrazioni di BOD <sub>5</sub> in uscita superiore al limite di legge	- Miglioramento della gestione del reattore biologico - Installazione unità filtro a sabbia - Installazione unità di ultrafiltrazione	- Monitoraggio del parametro BOD <sub>5</sub>
Fosforo Totale	Concentrazioni di fosforo totale in uscita all'impianto superiore al limite di legge	- Installazione unità di ultrafiltrazione - Installazione unità di osmosi inversa	- Monitoraggio del parametro P <sub>tot</sub>
Tensioattivi	Presenza di elevate concentrazioni di tensioattivi totali in uscita impianto, oltre limite di legge.	- Installazione unità di ultrafiltrazione - Installazione unità di osmosi inversa	- Monitoraggio del parametro tensioattivi totali
Aldeidi	Presenza di aldeidi tossiche in ingresso che possono interferire con i processi biologici e rappresentare un rischio per la salute.	- Installazione unità di osmosi inversa	- Monitoraggio del parametro aldeidi totali
Fenoli totali	Concentrazioni superiori ai limiti normativi, con potenziale impatto tossico sull'ecosistema e sui trattamenti biologici.	- Installazione unità di osmosi inversa	- Monitoraggio del parametro fenoli totali

# Alghero case - efficienza energetica e impronta carbonio

## FIVE YEARS ROTATIONAL SCHEME





Water Research  
Volume 290, 15 February 2026, 125133



# A Bayesian probabilistic framework for next-generation chemical risk assessment: The case of PFOA in crops irrigated with treated wastewater

Federica Simonetti <sup>a</sup>  , Nicoló Ciuccoli <sup>a</sup>, Ankur Ankan <sup>b</sup>, Marco Mancini <sup>c</sup>, Mario Castellani <sup>c</sup>,  
Massimiliano Sgroi <sup>a</sup>, Francesco Fatone <sup>a</sup>, Valentina Migliorati <sup>d</sup>  



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE



Water and Waste Environmental Engineering



COMMISSARIO  
STRAORDINARIO UNICO  
PER LA DEPURAZIONE



Co-funded by  
the European Union



Technology & Innovation



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



## Towards stormwater reuse risk management plans: Methodology and catchment scale evaluation of QMRA

Bartosz Szelag<sup>a,c</sup>, Lucia De Simoni<sup>a,\*</sup>, Adam Kiczko<sup>b,\*</sup>, Massimiliano Sgroi<sup>a,\*</sup>, Anna Laura Eusebi<sup>a</sup>, Francesco Fatone<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Science and Engineering of Materials, Environment and Urban Planning - SIMAU, Polytechnic University of Marche, via Brecce Bianche 12, 60131 Ancona, Italy

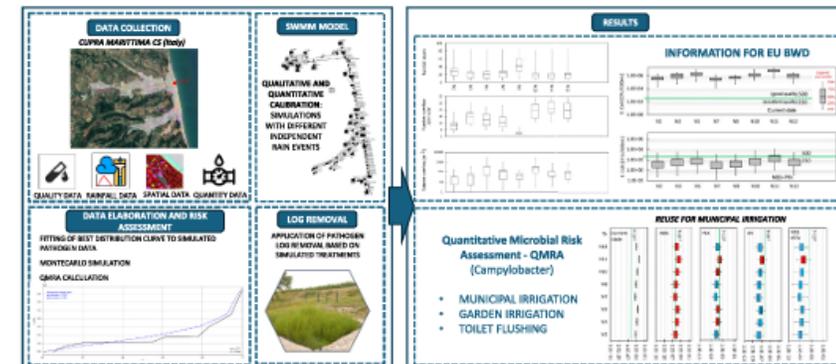
<sup>b</sup> Institute of Environmental Engineering, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), Poland

<sup>c</sup> Kielce University of Technology, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, Kielce 25-314, Poland

### HIGHLIGHTS

- New methodology to calculate QMRA using SWMM simulation of stormwater
- Risk assessment was evaluated for municipal/garden irrigation and toilet flushing
- *E. coli*, frequency and volume of overflow can be used to describe bathing water profile
- Overflows treatment by NBS and disinfection reduces risk and *E. coli* concentration
- Outcomes of risk assessment used to support decision for stormwater management

### GRAPHICAL ABSTRACT



# WATERUN - Risk management tool & guidance for decision making

## RISK TOOL: QMRA AND QCRA CALCULATION

The image displays the WATERUN software interface, which is used for QMRA and QCRA calculations. The interface is divided into several windows and panels:

- QMRA SWMM 1.3 (Left Panel):** Contains data input fields, QMRA settings, and exposure options. A red box highlights the "Preventive Measures Options: LogReduction values" section, which includes a table for selecting measures and their log reduction values.
- Resampling settings (Top Middle Window):** Allows users to select the type of plot (e.g., histogram), the node, and the distribution (e.g., empirical). A green dashed box highlights the "Please select the module" dialog, which offers options for QMRA, QCRA, or Quit.
- PNEC SWMM 1.0 (Middle Right Window):** Used for input from SWMM, including selecting SWMM variables and nodes. An orange arrow points from the "Please select the module" dialog to this window.
- QCRA (Right Panel):** Displays the QCRA results, including a plot of concentrations. A red box highlights the "Include removal" checkbox and the "Bioretention systems" method selection.

At the bottom of the interface, there is a red text overlay that reads: "EVALUATION OF THE REDUCTION OF THE HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISK AFTER THE IMPLEMENTATION OF DIFFERENT GI FOR URBAN WATER RUNOFF TREATMENT PROCESSES >> EVALUATION OF DIFFERENT SCENARIOS".

# WP5: Risk management tool & guidance for decision making

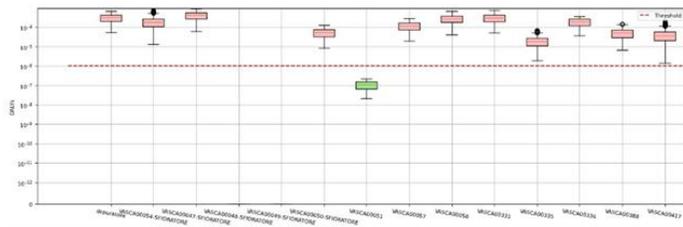
## APPLICATION OF RISK TOOL

CUPRAMARITTIMA CS (COASTAL CITY, IN THE PROVINCE OF ASCOLI PICENO, IN THE SOUTH OF MARCHE REGION – ITALY)

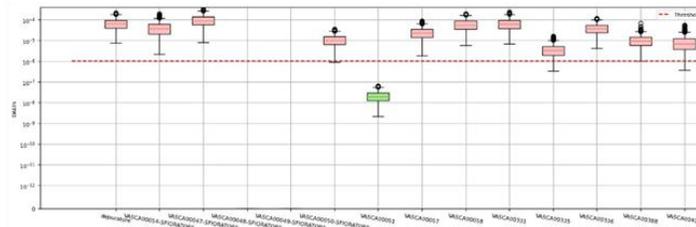
## QMRA TOOL

OUTPUT DATA >> FIRST TEST: CUPRA MARITTIMA CS (ITALY) for the evaluation of **reuse of harvested stormwater produced by CSO** (Combined Sewer Overflow) for **Municipal irrigation** and considering **Campylobacter** as reference pathogen (DALY)

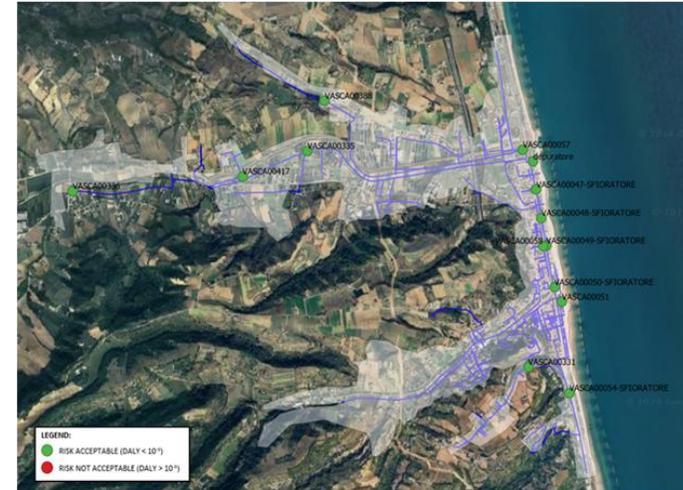
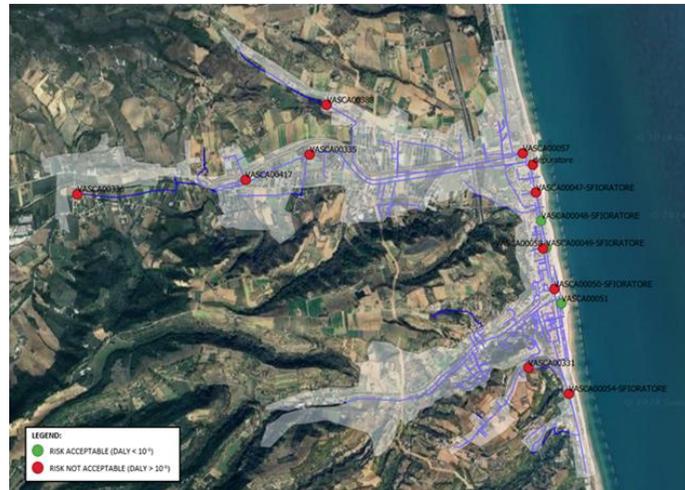
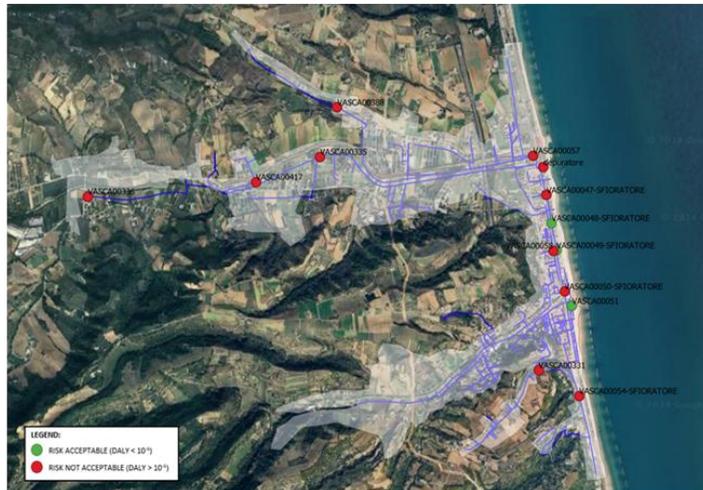
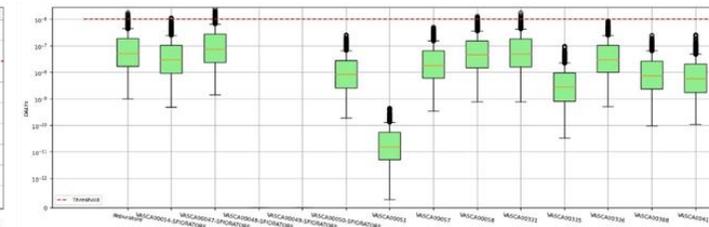
SCENARIO 0: CURRENT STATE



SCENARIO 1: application of NBS



SCENARIO 2: Implementation of NBS and UV disinfection





**19**  
Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO  
**SMART-EE-PLANTS**  
UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



Presso C/O  
Università degli Studi di Palermo - Dipartimento di Ingegneria - Aula G. Capità - viale delle Scienze - Ed. 7, Palermo

È previsto il rilascio di n.5 CFP per gli Ingegneri iscritti all'Ordine territoriale che avranno partecipato all'evento formativo per l'intera durata.

I PARTNER



# GRAZIE

## Francesco Fatone

Ordinario di Ingegneria Chimica-Ambientale - Università Politecnica delle Marche

Water Europe Expert in the Common Implementation Strategy, Fellow International Water Association

Struttura del Commissario Straordinario Unico per la Depurazione



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE



Co-funded by  
the European Union



19

Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

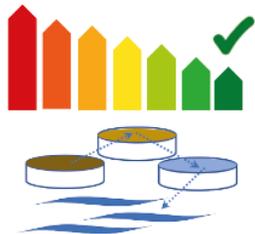
## SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



# Interventi di riduzione e di valorizzazione dei fanghi di depurazione

## Prof. Santo Fabio Corsino



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## La Direttiva UE 2024/3019 – La gestione dei fanghi

La **Direttiva (UE) 2024/3019** promuove un approccio più circolare e sostenibile dell'intero ciclo idrico.

Particolare attenzione viene posta anche sui **fanghi**, attraverso l'adozione di soluzioni atte a favorire la loro valorizzazione ed impedirne che l'eccessiva contaminazione ne impedisca o ostacoli il riutilizzo.

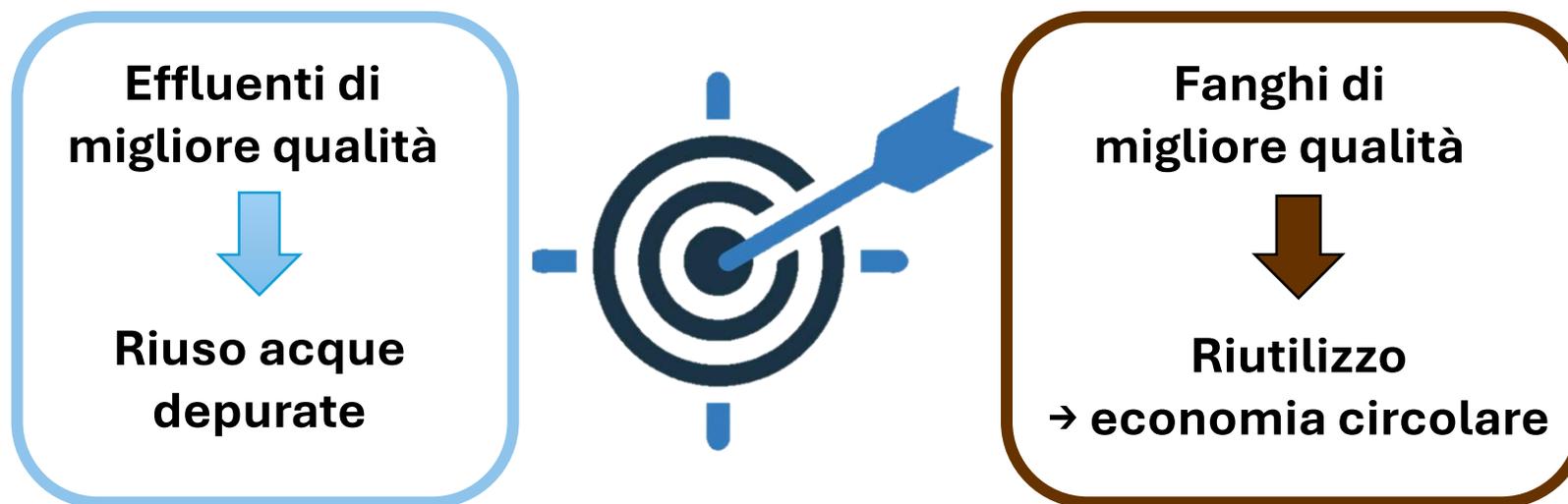




# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

Problematica di non semplice gestione...



- **Maggiore produzione** di fanghi (depurazione più spinta, estensione del servizio depurazione);
- **Peggioramento della qualità** dei fanghi (effetto di trasferimento per contaminanti non biodegradabili).



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

**Direttiva 2008/98/CE - Direttiva Europea 2018/851/EC**

«Gestione dei fanghi migliorata per allinearla...all'articolo 4 della **direttiva 2008/98/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio».



- **Minimizzazione;**
- **Riduzione;**
- **Riutilizzo;**
- **Valorizzazione;**
- **Smaltimento.**



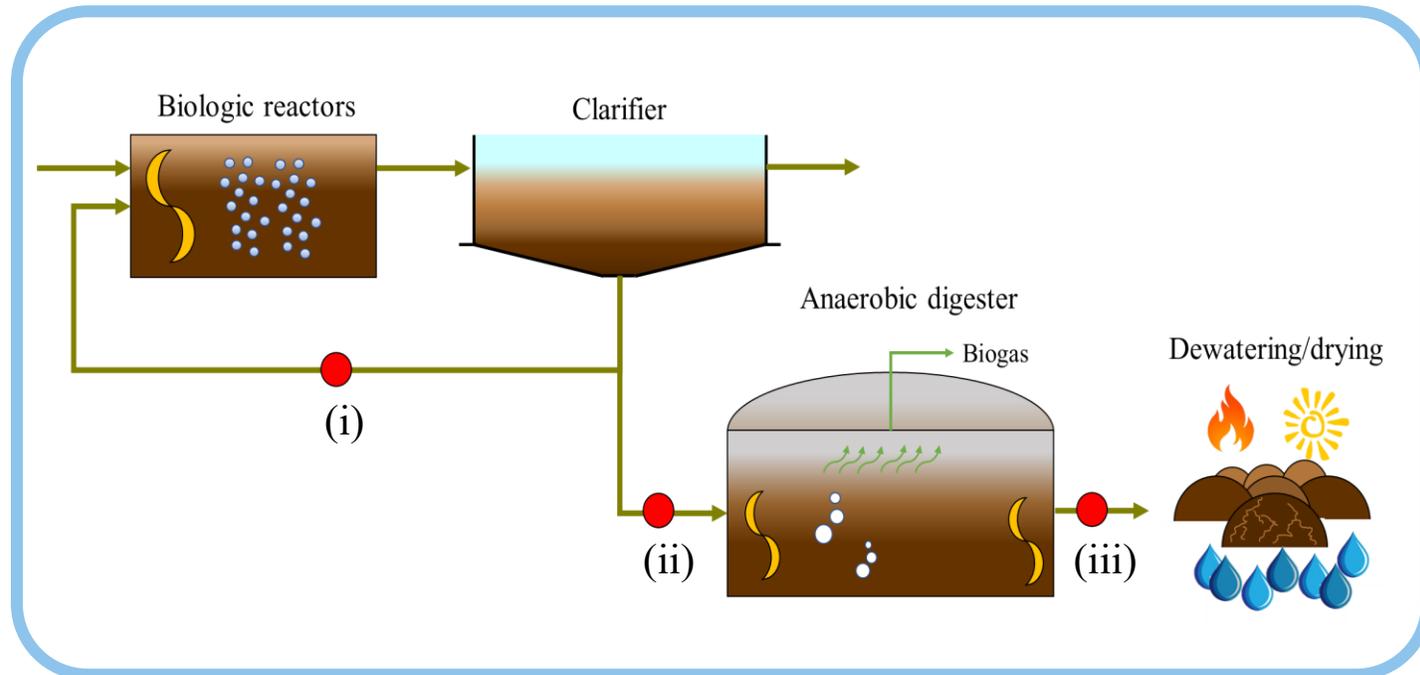
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Minimizzazione e riduzione dei fanghi

### Classificazione delle tecnologie

- 1. Minimizzazione:** applicate sulla linea acque, intervengono nel processo di produzione del fango.
- 2. Riduzione:** applicate sulla linea fanghi sui fanghi già prodotti;
  - a monte della digestione anaerobica;
  - interventi sulla disidratazione.





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Classificazione delle tecnologie di minimizzazione/riduzione

### Meccanici

- Sonicazione
- Centrifuga di lisi-ispessimento
- Mulini a sfere
- Omogeneizzatori ad alta pressione
- Getto/collisione ad alta pressione
- Disintegrazione rotore-statore
- Disidratazione avanzata

### Biologici

- Processi basati su ASSR
  - OSA
  - Biminex
  - UTN
- MBR, IFAS, AGS, Anammox

### Chimici

- Ozonizzazione
- Clorazione
- Disaccoppianti chimici
- Ossidazione umida
- Fenton / foto Fenton
- Ossidazione elettrochimica

### Termici

- Idrolisi termica
- Combustione
- Pirolisi
- Gassificazione
- Essiccazione



# SMART-EE-PLANTS

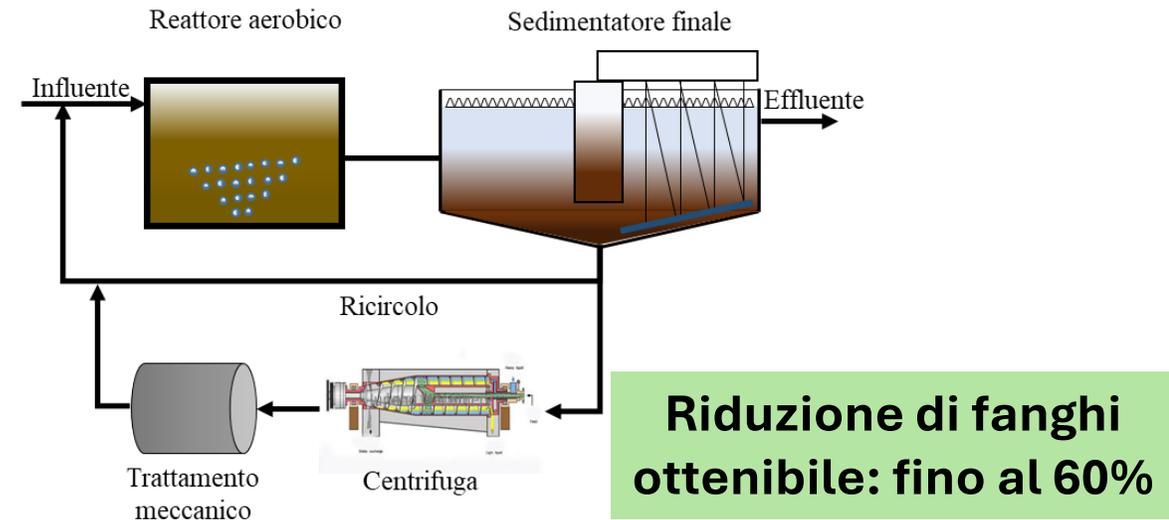
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Metodi meccanici

Viene fornita **energia** sottoforma di pressione o movimento.

Lo scopo è migliorare la solubilizzazione dei fanghi grazie alla **disgregazione dei fiocchi** e alla **disintegrazione della parete cellulare** dei batteri (metodi meccanici-biologici).

In generale, la disgregazione dei fiocchi è il processo meno energivoro (preferibile), mentre per ottenere la disintegrazione delle cellule è necessario un maggiore consumo.



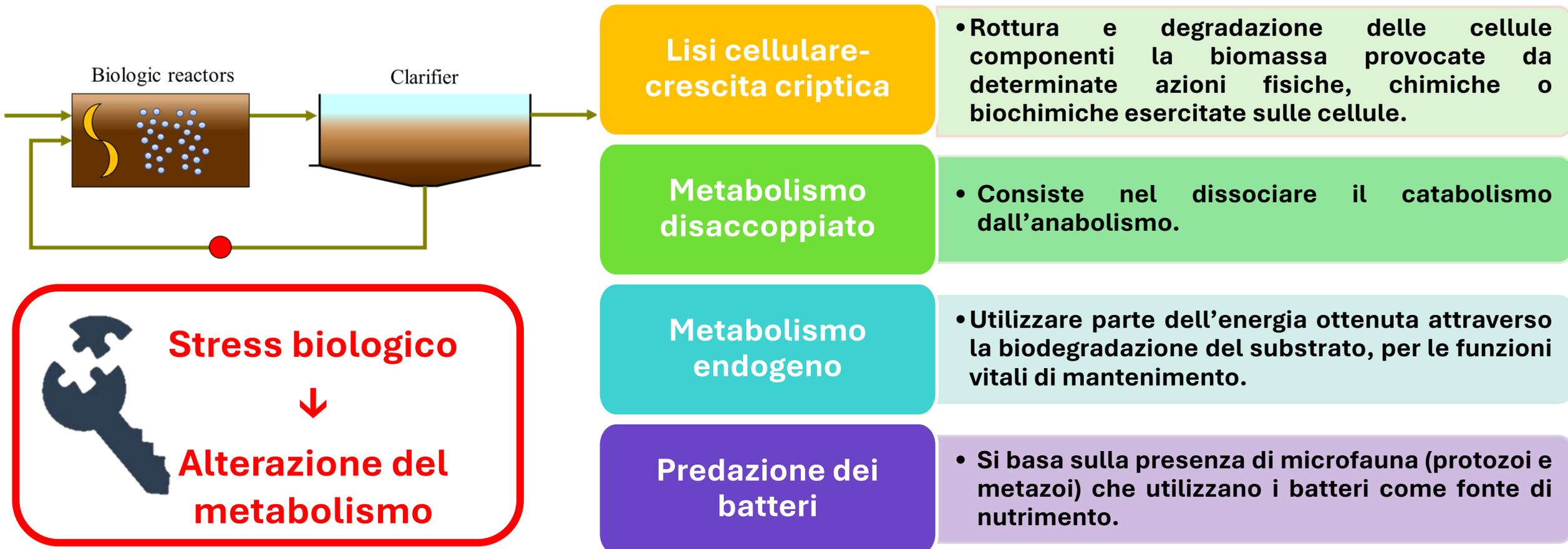
Vantaggi		Svantaggi
Applicazioni full-scale		Usura delle componenti
Riduzione filamentosi batteri		Poco economico per fanghi con bassi SST
Bassi tempi di contatto		Peggioramento disidratabilità del fango



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Metodi biologici

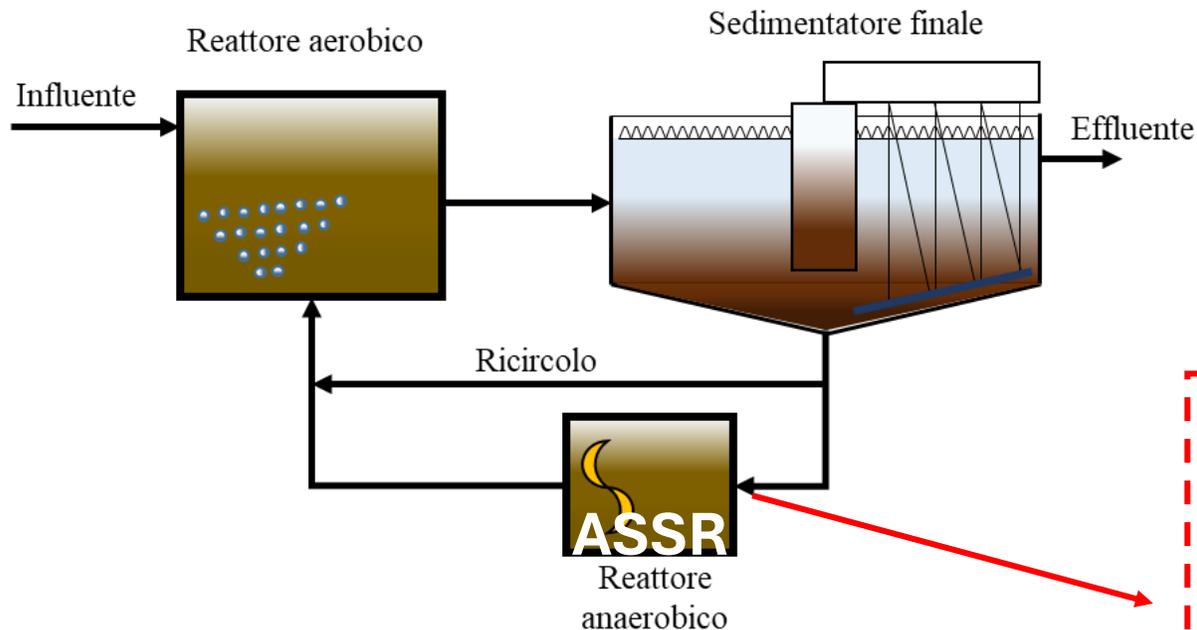




# SMART-EE-PLANTS

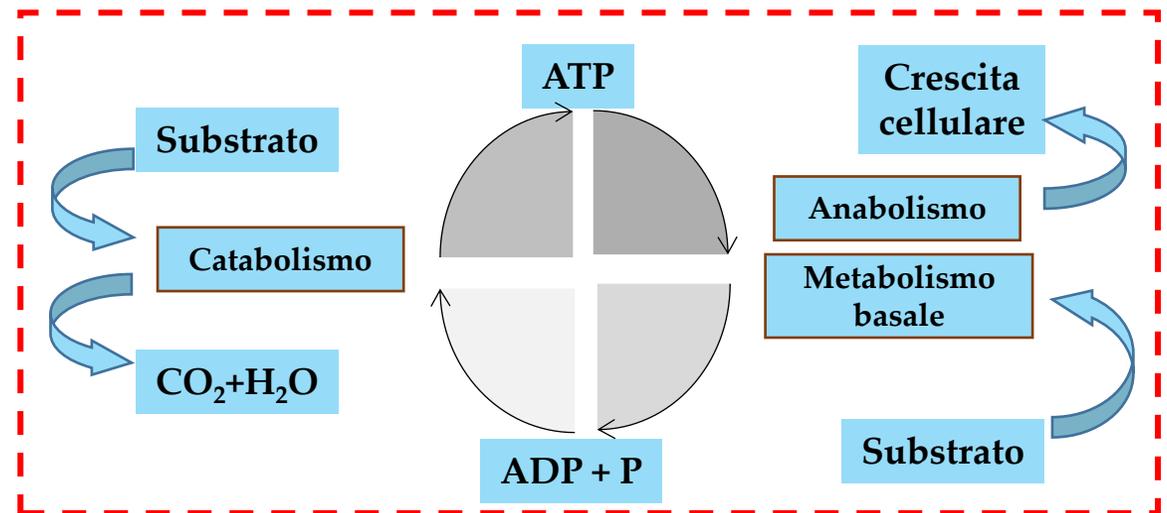
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Metodi biologici: il metabolismo disaccoppiato – processi ASSR (OSA)



**Riduzione di fanghi  
ottenibile: fino al  
50%**

**Tempi di esposizione nel  
ASSR  
6-10 ore**

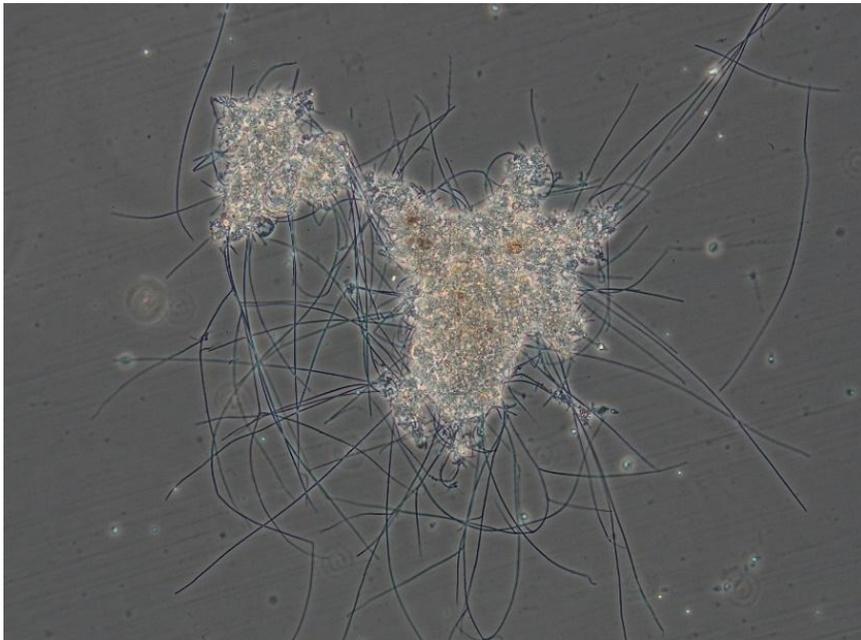




# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Metodi biologici: il metabolismo disaccoppiato – processi ASSR (OSA)



**Rischio bulking filamentoso**

Vantaggi	Svantaggi
Applicazioni in full-scale	Rischio sviluppo batteri filamentosi mixotrofici
Possibilità di ridurre i costi di investimento	Elevati tempi di residenza idraulica nel reattore anaerobico
Bassi costi di esercizio	Peggioramento performance biologiche se AET molto alti
Rimozione biologica del fosforo	Riduzione produzione fanghi non elevatissima (10-50%)



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

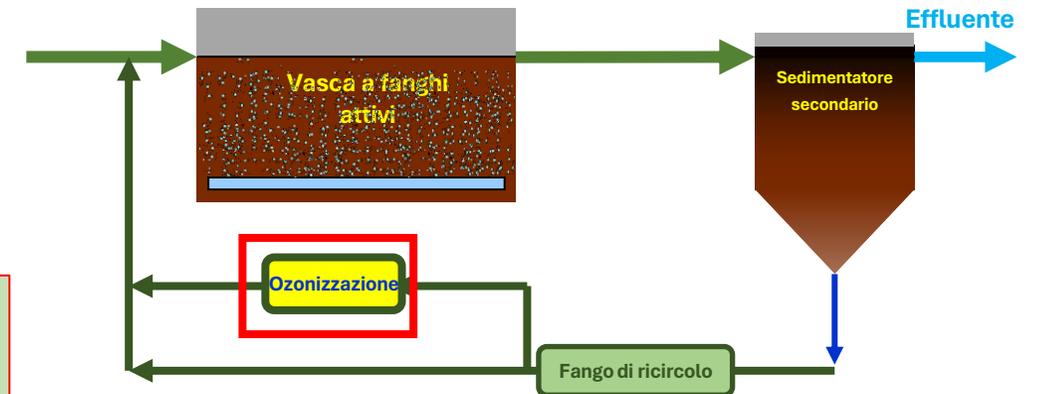
## Metodi chimici

- Disaccoppiamento metabolico - agenti disaccoppianti (linea acque);
- Lisi cellulare (linea acque e fanghi):
  - Ozonolisi;
  - $H_2O_2$ ;
  - Cl.

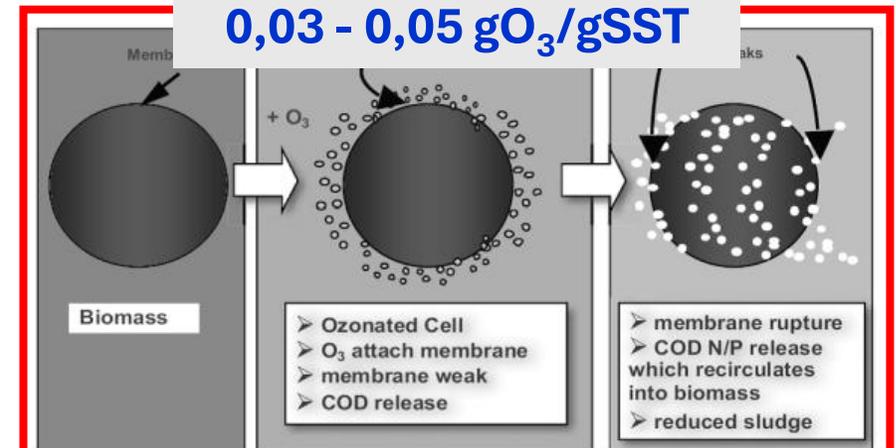
**Riduzione di fanghi  
ottenibile: fino al 90%**

Vantaggi	Svantaggi
Costi variabili in funzione dell'agente ossidante	Rischio formazione sottoprodotti ( $\rightarrow Cl_2$ )
Miglioramento sedimentabilità	Necessità di riscaldare il fango ( $\rightarrow H_2O_2$ )
Semplicità impiantistica	Rischio peggioramento sedimentabilità

## Ozonolisi



**Dosaggio di ozono:  
0,03 - 0,05 gO<sub>3</sub>/gSST**





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

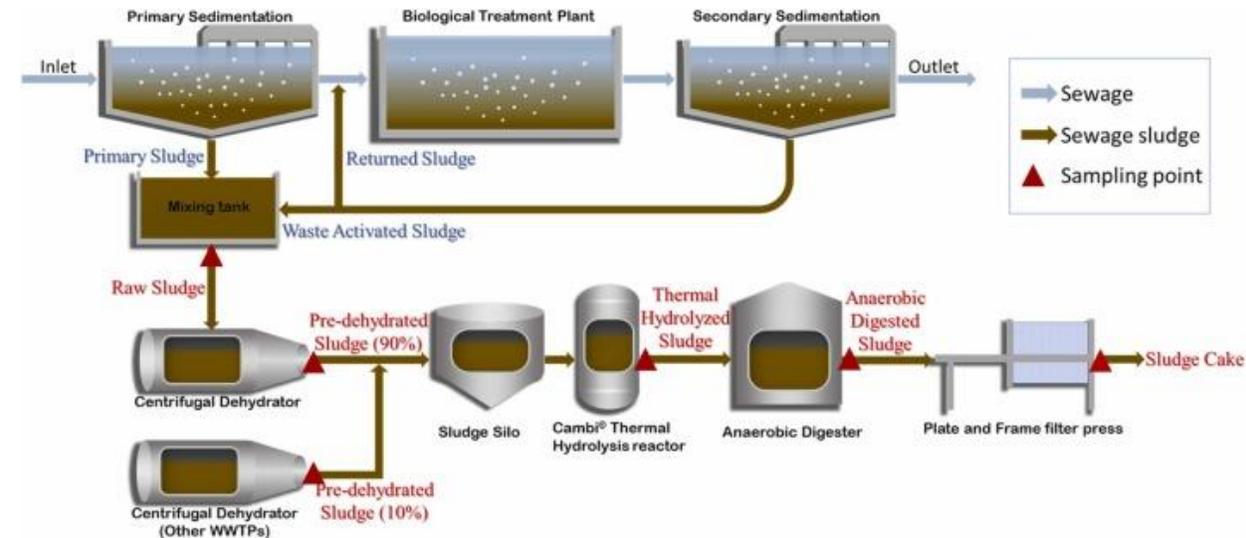
## Metodi termici

L'idrolisi termica (THP) comporta l'esposizione dei fanghi a **temperature elevate** ( $> 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) allo scopo di danneggiare i fiocchi di fango e indurre la **lisi cellulare**.

L'idrolisi termica può portare a una rapida riduzione dei fanghi (55%) insieme a una migliore disidratazione.

Il **processo Cambi** è un trattamento di idrolisi termica ad alta temperatura e pressione, seguito da un rilascio rapido di pressione, che rompe le cellule e solubilizza la materia organica dei fanghi, rendendoli più biodegradabili e facilmente disidratabili, aumentando così l'efficienza della digestione anaerobica, la produzione di biogas e l'igienizzazione finale.

## Processo CAMBI





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Interventi di riduzione in linea fanghi

**Digestione anaerobica:** impiego di tecnologie meccaniche/termiche/chimiche al fine di aumentare la biodegradabilità del fango ed ottenere rese di digestione più elevate.

**Disidratazione:** uso di apparecchiature tecnologicamente avanzate capaci di ottenere livelli di disidratazione maggiori (es.: centrifughe ad alta concentrazione che consentono un incremento del tenore di secco rispetto a queste ultime di 5-8 punti percentuali); messa a punto di apparecchiature in grado di ottenere elevate percentuali di secco grazie ad una particolare efficienza della fase di compressione finale.

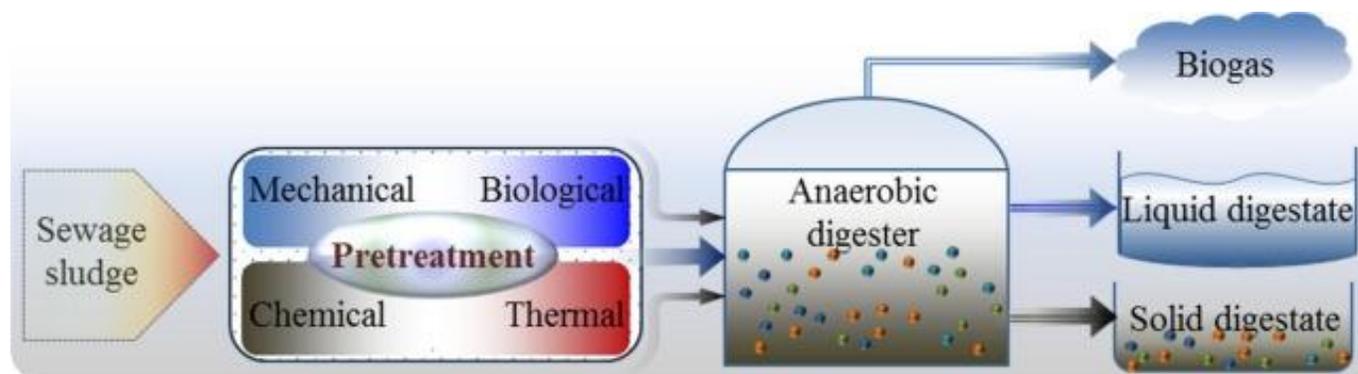
**Essiccamento termico:** i fanghi vengono portati a una temperatura di circa 120°C, alla quale si liberano l'acqua interstiziale e quella capillare, o fino a 180°C, alla quale si libera pure l'acqua legata. Si possono ottenere tenori di secco del 90%.



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Pre-trattamento del fango a monte della digestione anaerobica



Riduzione

+

Valorizzazione



**Favorire l'idrolisi dei fanghi e la produzione di composti solubili ottimali per il processo di digestione anaerobica.**

- Idrolisi termica;
- Ultrasonificazione;
- Omogeneizzazione ad alta pressione;
- Disgregazione meccanica;
- Ossidazione a umido (*wet oxidation*);
- Idrolisi acida o alcalina;
- Pretrattamento con ozono;
- Pretrattamenti biologici con uso di enzimi.

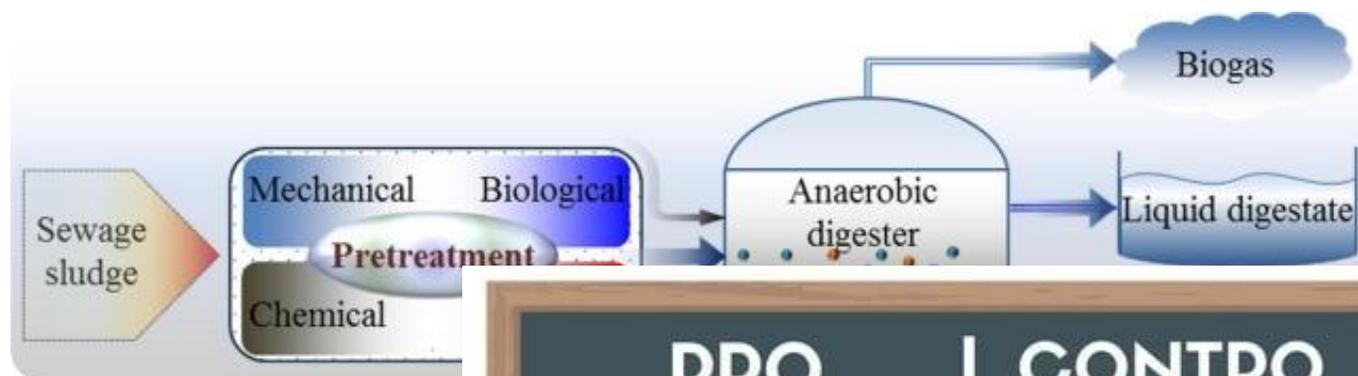




# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Pre-trattamento del fango a monte della digestione anaerobica



Riduzione

+

Valorizzazione



### PRO

- riduzione fango 10-20%;
- maggiore produzione di biogas (+50%);
- migliore disidratabilità del fango;
- Minor consumo di agenti condizionanti;

### CONTRO

- maggiore apporto di substrati (COD, N, P) alla linea liquami con i surnatanti;
- tecnologie più complesse;
- maggiori oneri operativi;



**Favorire l'idrolisi dei fanghi e la produzione di composti solubili ottimali per il processo di digestione anaerobica.**



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Disidratazione spinta dei fanghi

Obiettivi: ridurre ancor di più l'umidità dei fanghi e a rendere più agevole e sicura l'operatività

### Filtropresse verticali



- (1) Filtrazione: quando le piastre a membrana si chiudono, il fango viene pompato nelle camere e il filtrato viene rimosso attraverso il tessuto filtrante.
- (2) Estrusione: l'acqua ad alta pressione entra nelle membrane e le fa comprimere verso il pannello di fango per far fuoriuscire ulteriore filtrato.
- (3) Lavaggio: l'acqua di lavaggio viene pompata nella camera e permette di lavare il pannello di fango prima di essere scaricata.
- (4) Essiccazione: un flusso d'aria passa attraverso il filtro per ridurre l'umidità del filtro e svuotare la camera del filtrato.
- (5) Scarico del pannello: al termine del processo di asciugatura, i nastri spingono il pannello che viene scaricato da entrambi i lati delle membrane.

Parametro operativo	HVPF
Dimensione piastre (mm)	1000x550 – 6020x1500
Max numero piastre	2 – 30
Superficie filtrante (m <sup>2</sup> )	1 – 270
Volume max (m <sup>3</sup> )	0,05 – 12,15
Potenza installata (kW)	7,5 – 67



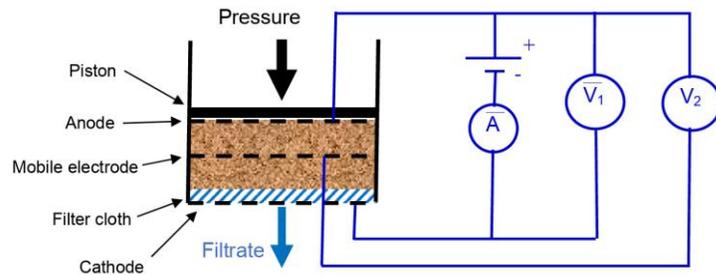
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Disidratazione spinta dei fanghi

Obiettivi: ridurre ancor di più l'umidità dei fanghi e a rendere più agevole e sicura l'operatività

### Elettro-disidratazione



**Tenore di solidi finale > 40-45%**

### Ridotti consumi

0,25÷0,35 kWh/L acqua  
separata (0,90÷1,10 kWh/L)

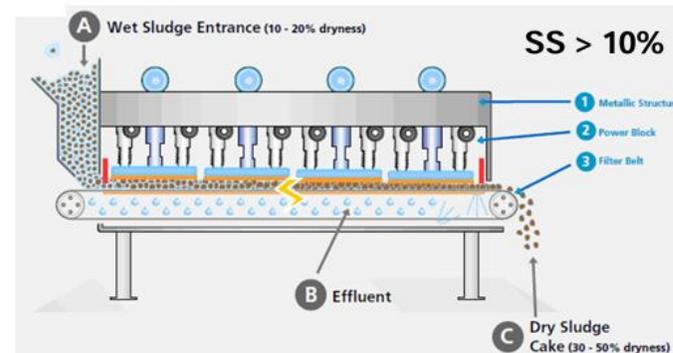
Corrosione



### CINETIK® (Ovivo, USA)



L'elettro-disidratazione dei fanghi è una tecnologia che applica un campo elettrico ai fanghi per favorire la rimozione dell'acqua tramite elettroosmosi ed elettro-filtrazione, aumentando il contenuto di solidi secchi rispetto alla sola deidratazione meccanica.



Il fango, caricato negativamente, va verso l'elettrodo positivo (anodo) mentre le molecole d'acqua vanno verso l'elettrodo negativo (catodo), dove vengono poi rimosse attraversando il tessuto filtrante che copre l'elettrodo.



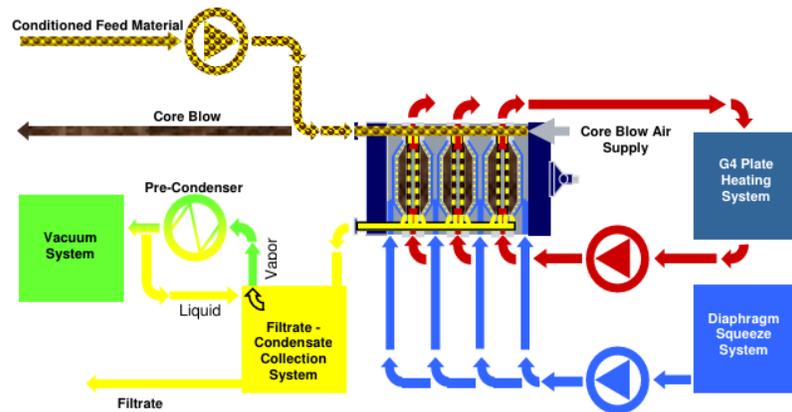
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

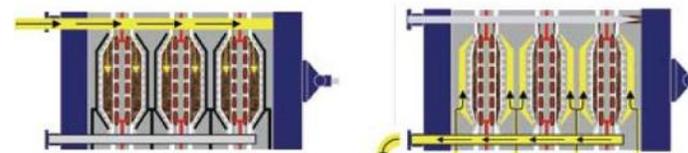
## Disidratazione spinta dei fanghi

Obiettivi: ridurre ancor di più l'umidità dei fanghi e a rendere più agevole e sicura l'operatività

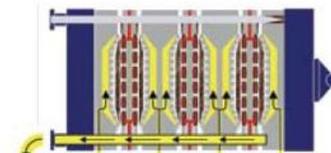
### Filtropresse a membrana sottovuoto a bassa temperatura (J-Vap)



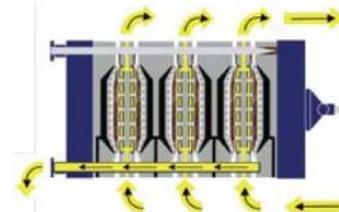
SS 99%



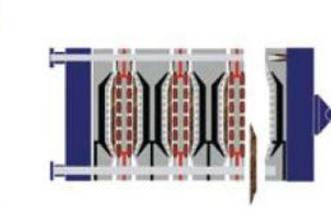
Alimentazione fango



Strizzamento diaframma



Calore (38°C) e vuoto



Scarico del pannello



800 mm J-VAP Filter Press  
15 ft<sup>2</sup> (0.42 m<sup>2</sup>) thru 20 ft<sup>2</sup> (0.57 m<sup>2</sup>)

A patented process technology • USA Pat 5558773  
licensed by Bertrams Dehydrat AG, Switzerland



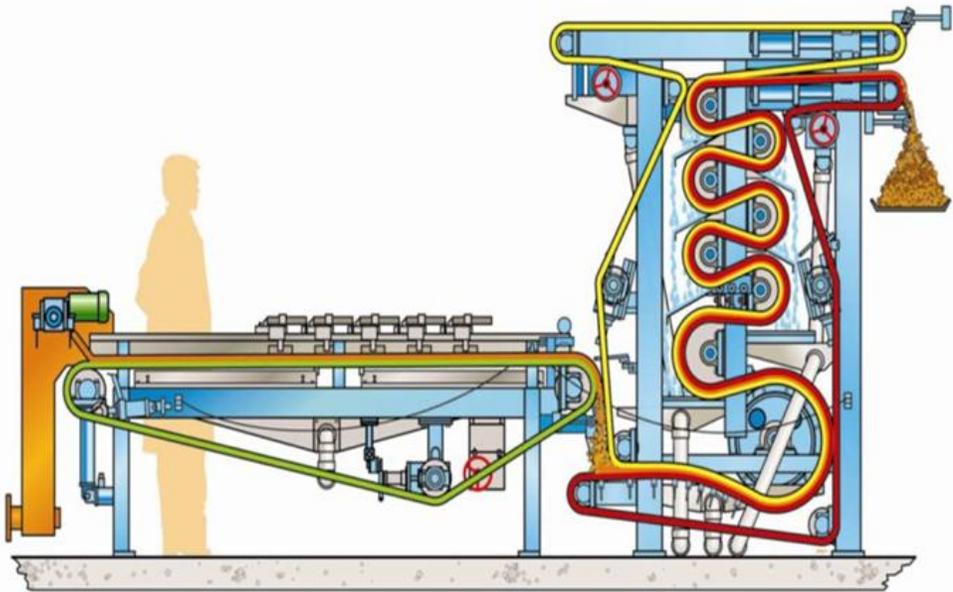
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Disidratazione spinta dei fanghi

Obiettivi: ridurre ancor di più l'umidità dei fanghi e a rendere più agevole e sicura l'operatività

### Nastropresse – Modello 2VP



Esso utilizza un **gradiente di pressione** che, iniziando da bassi valori e aumentando gradualmente, evita picchi di pressione e riduce la tendenza all'estrusione del pannello di fango. Inoltre, la struttura di questo modello consente di non bagnare il pannello di fango a causa della caduta del filtrato da aree e rulli adiacenti.

A differenza delle altre nastropresse, che spesso necessitano di essere sollevate a causa del punto di scarico del fango posto in basso, il modello 2VP ha la zona dello scarico ad altezza elevata e non richiede costose piattaforme o scale che ostacolano l'accesso dell'operatore. Questo permette di ridurre i costi di installazione e semplifica il layout della struttura.



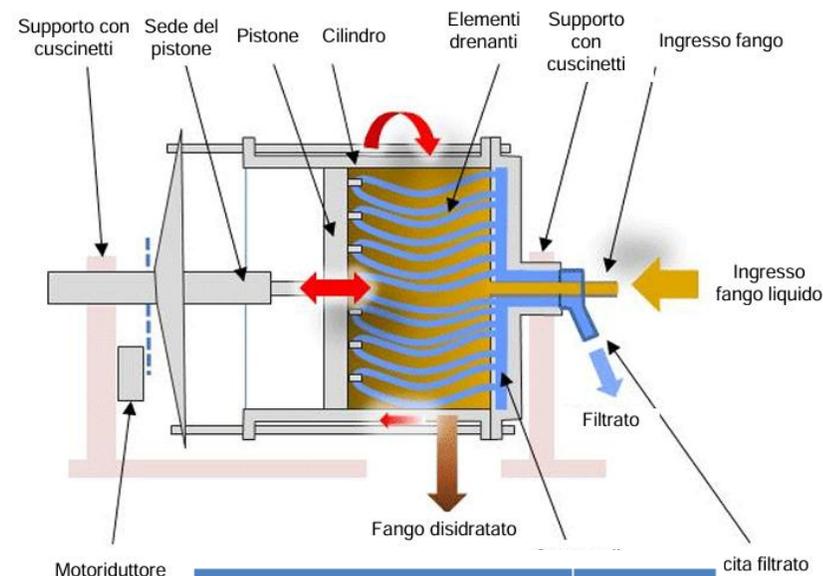
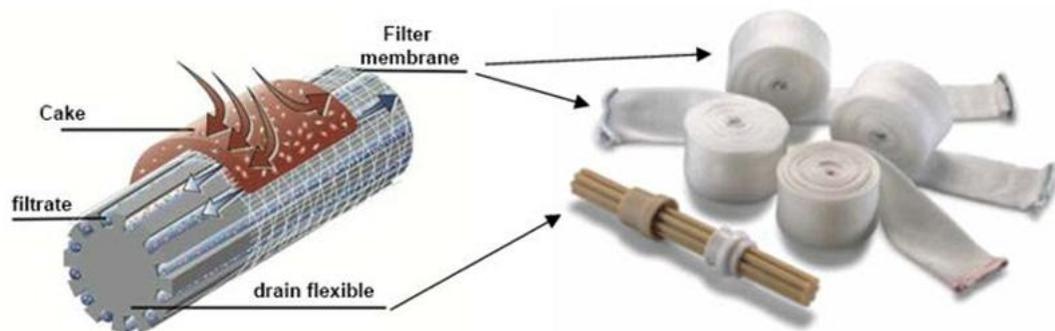
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Disidratazione spinta dei fanghi

Obiettivi: ridurre ancor di più l'umidità dei fanghi e a rendere più agevole e sicura l'operatività

### Filtropresse a maniche



Parametro operativo	Valore
Portata fango (kgSS/h)	100 – 800
Portata fango (m <sup>3</sup> /ciclo)	80
Area filtrante (m <sup>2</sup> )	82
Tempo di processo (min)	70 – 120
Potenza (kW)	17 – 48



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Essiccamento

### Conduttivo



il calore è trasferito tramite una superficie riscaldata (es. **essiccatori a dischi, a pale, a film sottile**)

### Convettivo



il fango viene a contatto con un gas caldo (aria o vapore), che favorisce l'evaporazione dell'acqua (es. **essiccatori a nastro, tamburo rotante, letto fluidizzato**).

### Solare



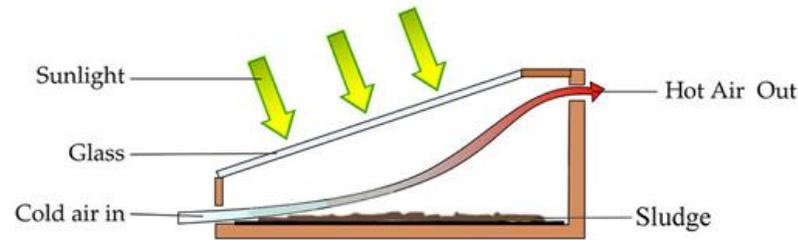
sfrutta l'energia solare in serre o strutture dedicate, spesso per piccole/medie portate.



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Essiccamento solare



- Riduzione della quantità di fanghi da 3 a 4 volte
- Stoccaggio dei fanghi prima dello smaltimento finale
- Funzionamento completamente automatizzato
- Utilizzo di energie rinnovabili
- Processo a ridotta impronta di carbonio
- Sistema facile da integrare nell'ambiente circostante riducendo così l'impatto ambientale
- Controllo degli odori
- Sanificazione dei fanghi

### Art. 2 – Uso fonti rinnovabili

2. Gli Stati membri provvedono affinché, a livello nazionale, l'energia totale annua da fonti rinnovabili quale definita all'articolo 2, paragrafo 1, della direttiva (UE) 2018/2001, generata in loco o altrove da parte o per conto dei proprietari o dei gestori degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane che trattano un carico di 10 000 a.e. o più, indipendentemente dal fatto che tale energia sia utilizzata in loco o altrove dai proprietari o gestori di tali impianti, sia equivalente almeno:

- a) al 20 % del consumo totale annuo di energia di tali impianti entro il 31 dicembre 2030;
- b) al 40 % del consumo totale annuo di energia di tali impianti entro il 31 dicembre 2035;
- c) al 70 % del consumo totale annuo di energia di tali impianti entro il 31 dicembre 2040;
- d) al 100 % del consumo totale annuo di energia di tali impianti entro il 31 dicembre 2045.



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Essiccamento solare – solar greenhouse drying bed



*doc Huber*



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Essiccamento solare – solar greenhouse drying bed



*ID Caltanissetta – Cammarella*



*Impianto sperimentale UNIPA*



**SS > 95%**



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Valorizzazione dei fanghi

### Riutilizzo agronomico

- Spandimento diretto;
- Compostaggio;
- Biochar (carbone vegetale).

### Produzione prodotti secondari

- Integrazione fanghi in materiali edili;
- Miscelazione con RS per produzione CSS;
- Pellet per combustione.

### Recupero di materia

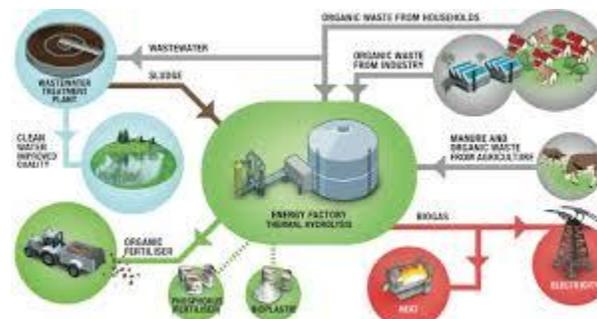
- Recupero di nutrienti (fosforo);
- Recupero di metalli;
- Produzione di additivi (uso di frazioni minerali).

### Soluzioni integrate e circolari

- Bioraffinerie;
- Bioflocculanti;
- Produzione di acidi organici, biopolimeri, fertilizzanti.

### Recupero di energia

- Digestione anaerobica;
- Incenerimento con recupero energetico;
- Pirolisi/gasificazione;



**Biorefinery approach**



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

Per un corretto recupero è necessario monitorare e migliorare la qualità dei fanghi

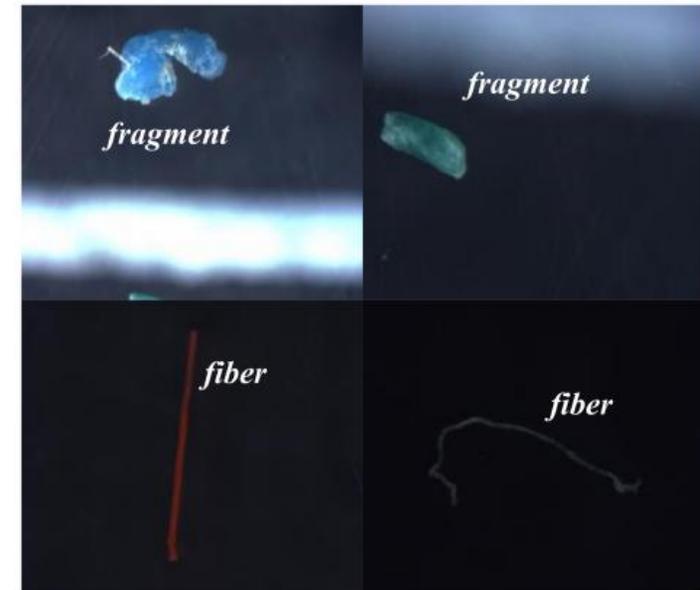
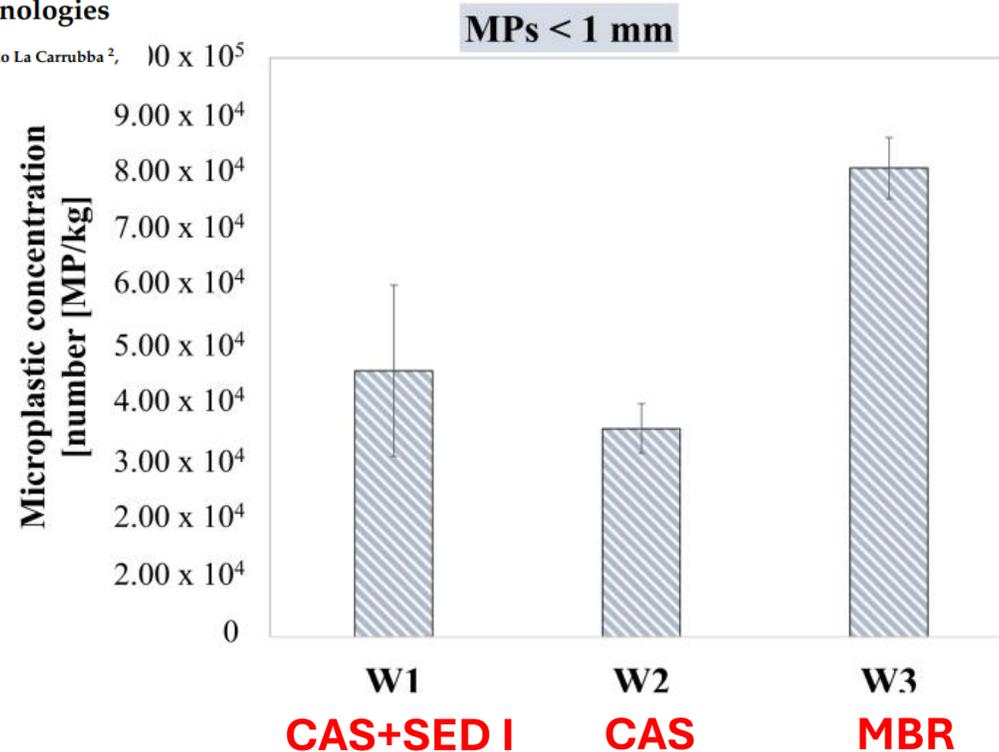


Article

Occurrence of Microplastics in Waste Sludge of Wastewater Treatment Plants: Comparison between Membrane Bioreactor (MBR) and Conventional Activated Sludge (CAS) Technologies

Gaetano Di Bella <sup>1,\*</sup>, Santo Fabio Corsino <sup>2</sup>, Federica De Marinis <sup>2</sup>, Francesco Lopresti <sup>2</sup>, Vincenzo La Carrubba <sup>2</sup>, Michele Torregrossa <sup>2</sup> and Gaspare Viviani <sup>2</sup>

**Microplastiche!**

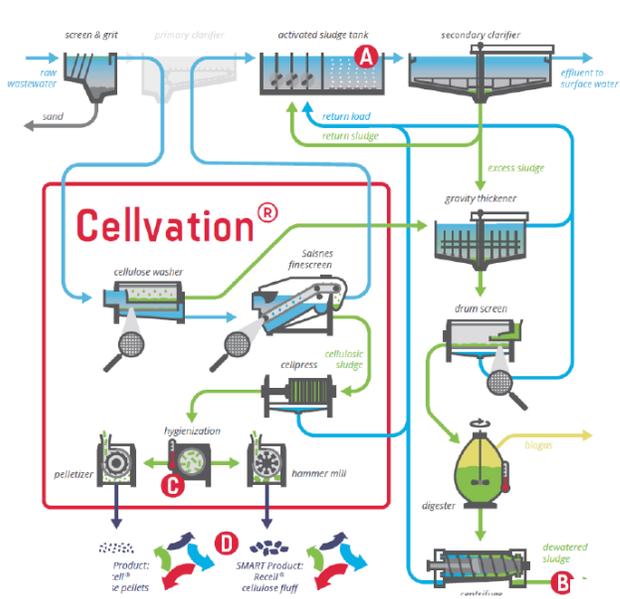




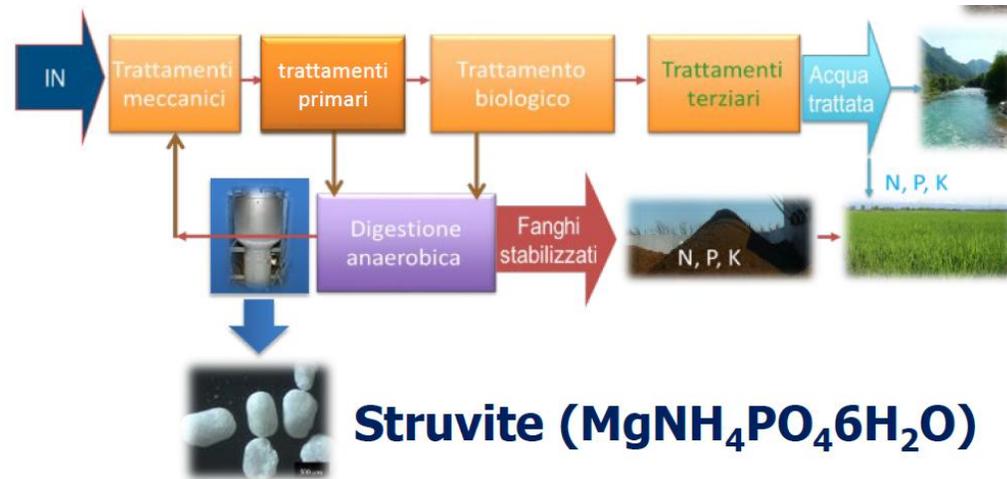
# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

## Recupero di materia – cellulosa, fosforo, PHA, ALE



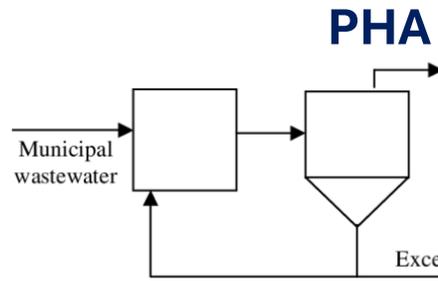
**Cellulosa**



**Struvite ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ )**

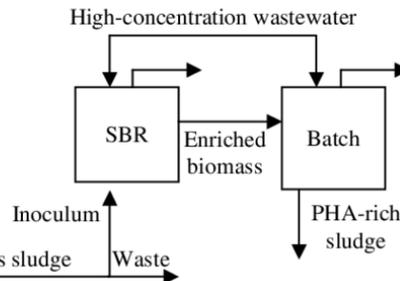


Activated sludge process



**PHA**

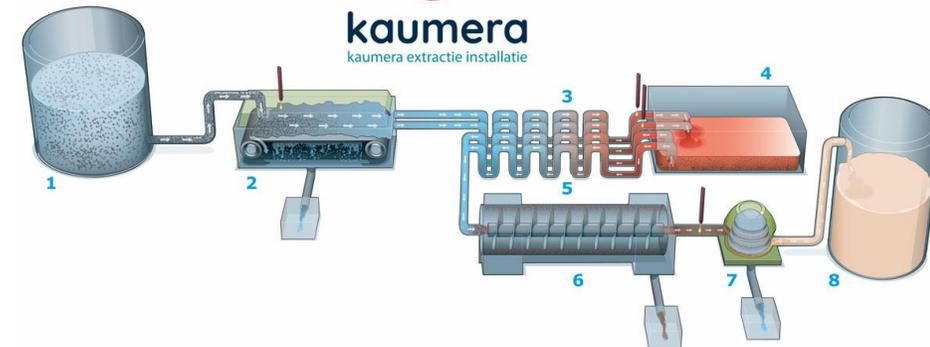
PHA production process



**Alginati-like**



**kaumera**  
kaumera extractie installatie





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione

- ✓ Oggi è indispensabile considerare la problematica in tutti i suoi aspetti;
- ✓ Non limitarsi ad un'unica soluzione ma avere un approccio integrato;
- ✓ Diverse soluzioni tecnologiche già attuabili, altre da perfezionare;
- ✓ Necessario miglioramento qualità del fango;



- ✓ Implementare interventi localizzati sul singolo impianto (minimizzazione/qualità);
- ✓ Interventi opportunamente pianificati nel territorio (recupero materia/energia).



# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



*Grazie per l'attenzione*

19  
Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

# SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



ING. GIOVANNI SCIORTINO  
Amministratore Unico AMAP S.p.A.

L'esperienza di AMAP S.p.A. nell'adeguamento degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



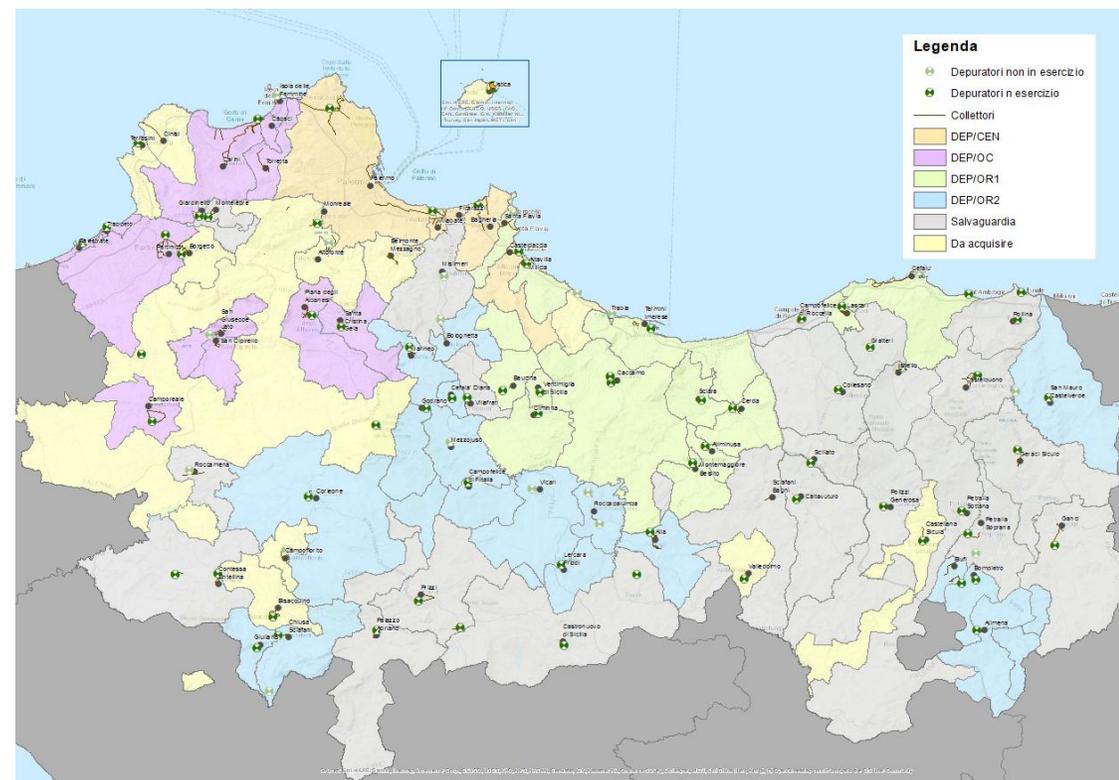
## Presentazione dell'Azienda

AMAP S.p.A., gestore unico del Servizio Idrico Integrato nei Comuni della Città Metropolitana dal 2021, è un'azienda a capitale interamente pubblico, che conta in totale **60 Comuni Soci**. Attualmente gestiti 48 compresa la Città di Palermo e gli ulteriori Comuni entro il 31 Dicembre 2026.

Circa **40 ID gestiti ed in esercizio**, per un totale di **oltre 1.000.000 A.E.** compresi quelli in conduzione esterna

### Servizio Depurazione

- 1 Unità di coordinamento (UC\_DCA);
- 4 Unità Operative (DEP/OC, DEP/CEN, DEP/OR1, DEP/OR2);
- 1 Unità di manutenzione (MID);
- 1 Unità di laboratorio (LAB).



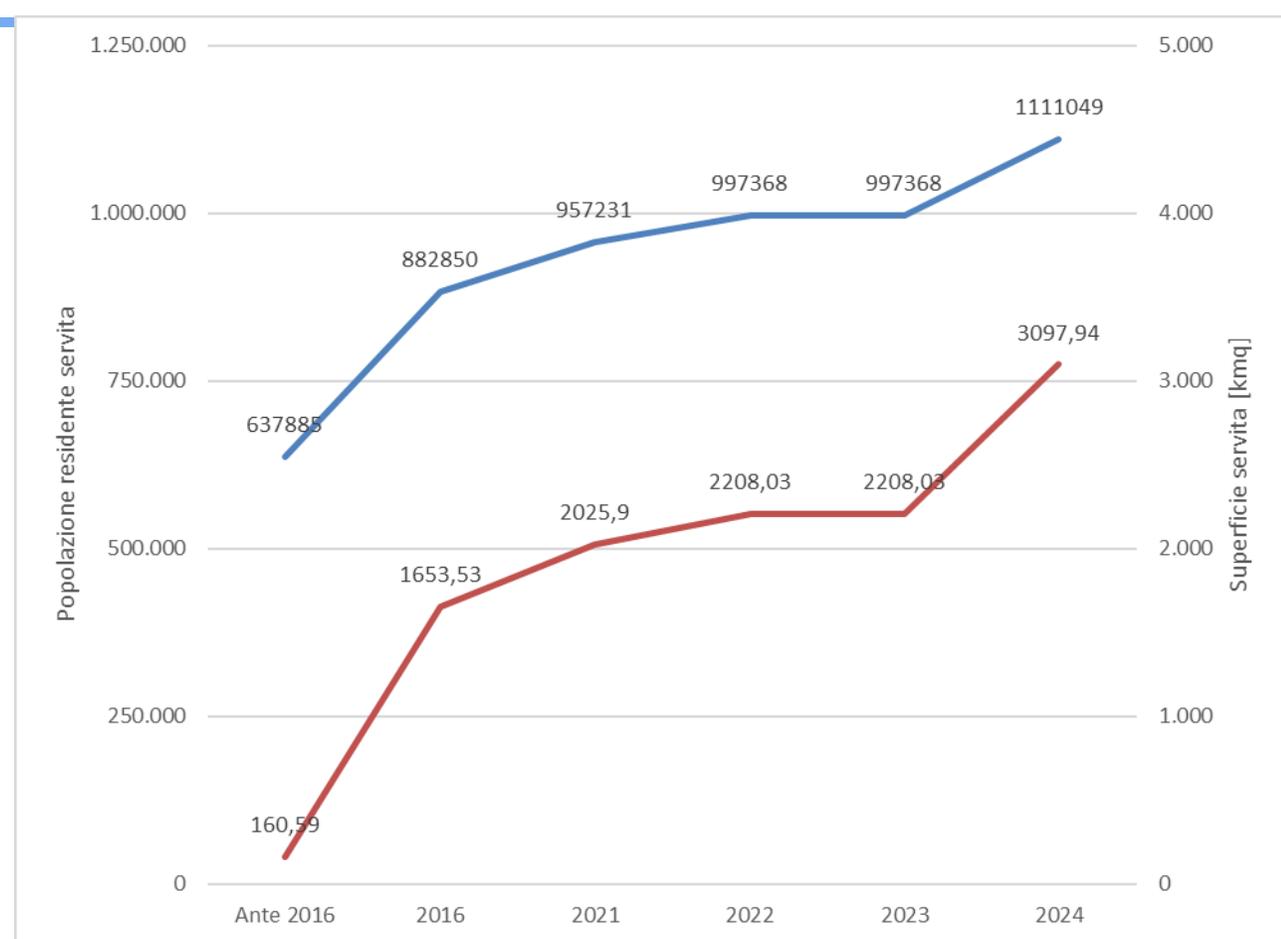
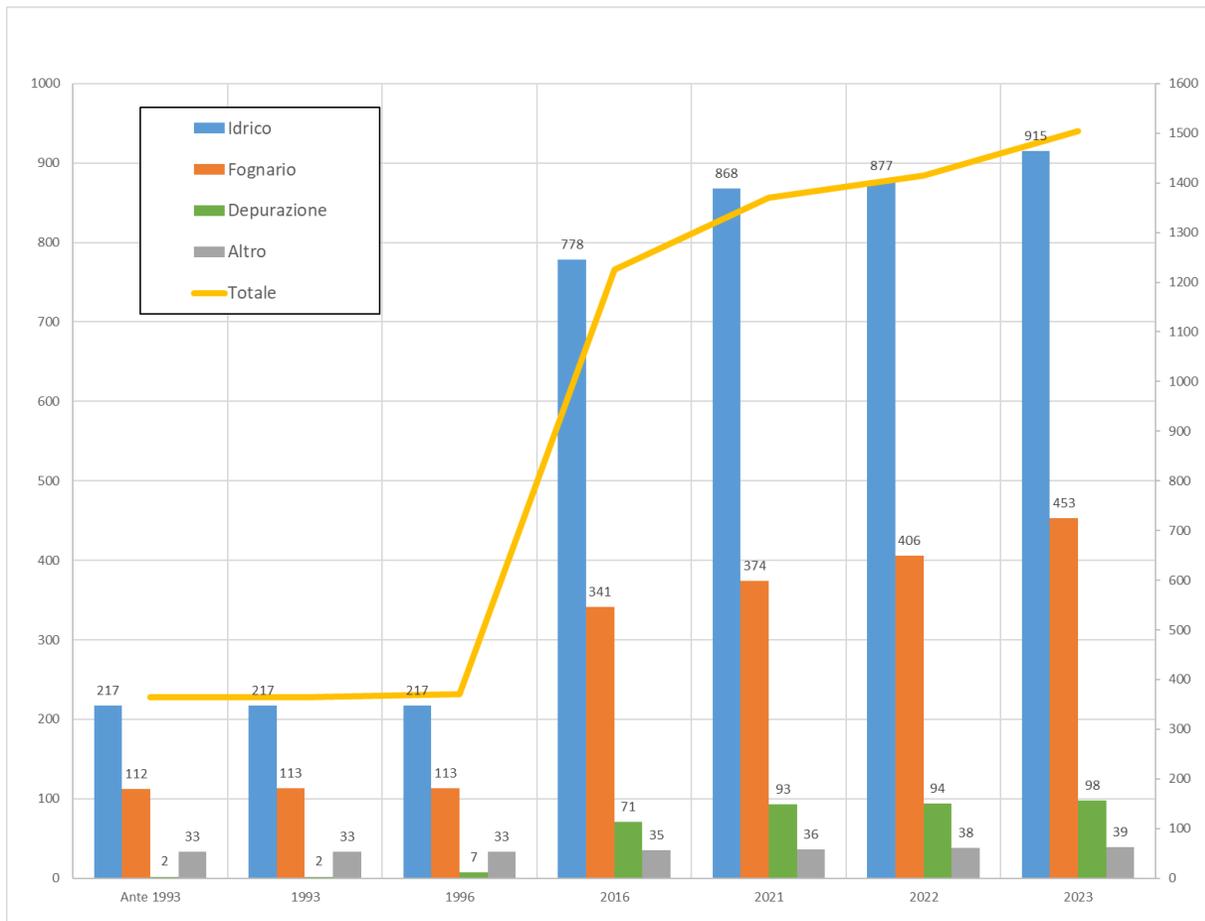


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Il perimetro gestionale di AMAP S.p.A.





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Criticità impiantistiche

### Criticità impiantistiche più frequentemente rilevate:

- Vetustà generale.
- Inadeguatezza dei dispositivi di protezione collettiva.
- Inadeguatezza delle condizioni fisiche delle opere civili e delle apparecchiature elettro-meccaniche.
- Assenza o inadeguatezza dei comparti di pretrattamento.
- Inadeguatezza dei sistemi di aerazione dei comparti biologici.
- Inadeguatezza degli impianti elettrici.
- Totale inadeguatezza degli impianti di trattamento acque reflue.





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Interventi di adeguamento puntuali degli impianti

### Interventi di manutenzione straordinari e di adeguamento degli impianti:

- Adeguamento e potenziamento dei dispositivi di protezione collettiva (sostituzione dei parapetti ammalorati, installazione di nuovi parapetti, sostituzione scale, grigliati e camminamenti, ecc.).
- Manutenzione straordinaria delle opere civili dei comparti di trattamento e sostituzione di piping, fitting ed elettropompe.
- Adeguamento dei comparti di pretrattamento con installazione di nuove griglie e manutenzione straordinaria dei dissabbiatori (pulizia profonda, manutenzione delle opere civili, sostituzione del corredo elettromeccanico).
- Installazione di sistemi di diffusione aria a bolle fini e di compressori o soffianti con inverter.
- Manutenzione straordinaria degli impianti elettrici.
- Fornitura di moduli compatti di depurazione (impianti di Vicari e Mezzojuso).





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Adeguamento generale degli impianti

Progetti di adeguamento degli impianti di depurazione a cura di altre Stazioni appaltanti:

- Adeguamento degli ID di Acqua dei Corsari (lavori in corso di esecuzione) e Fondo Verde (in fase di progettazione), ad opera del Commissario Straordinario Unico alla Depurazione.
- Adeguamento degli ID di Casteldaccia, Corleone, Bolognetta e Ventimiglia di Sicilia, di cui AMAP è soggetto attuatore di II livello, con fondi a valere sul PNRR.

Piani degli interventi con fondi propri:

- Attuazione di piani di intervento per ciascuno degli impianti dati in conduzione esterna all'RTI Siram-Cogei.

Altre linee di intervento sugli impianti:

- Progetti di ricerca finanziati con fondi europei e regionali: Wider Uptake (ID di Corleone e Marineo) e Smartee Plants (ID di Casteldaccia).



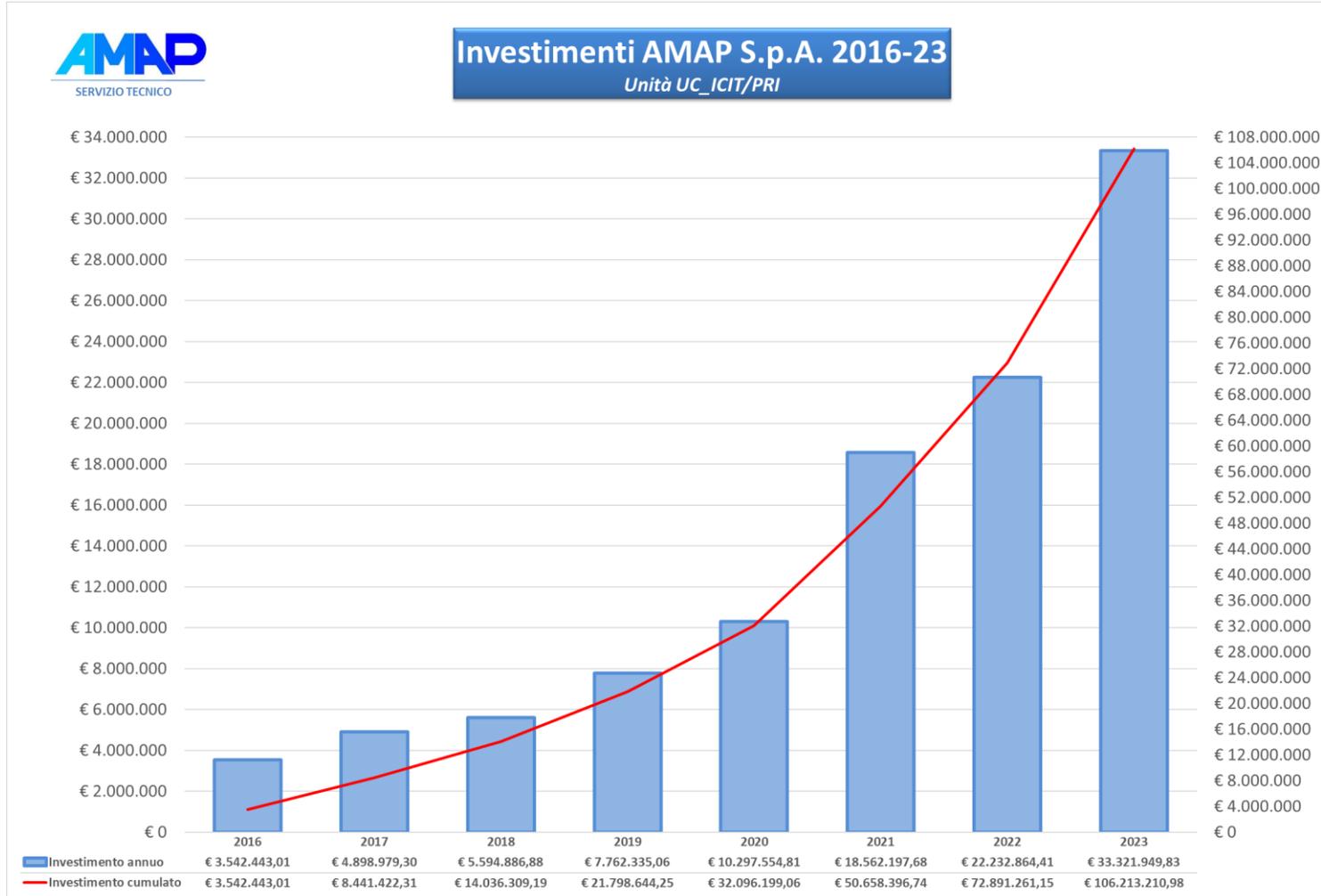


# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## *Gli investimenti AMAP e la loro evoluzione*





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Interventi nell'ambito del progetto di ricerca Smartee Plants

### Investimenti sull'impianto di depurazione di Casteldaccia:

- Potenziamento del comparto di ossidazione biologica.
- Installazione dei mixer nelle vasche di ossidazione.
- Potenziamento del comparto di ricircolo dei fanghi.

### Risultati e benefici:

- Implementazione ottimizzata dei cicli alternati di ossidazione-denitrificazione.
- Maggiore affidabilità nel rispetto dei limiti tabellari allo scarico, con particolare riferimento ai composti dell'azoto.
- Riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Strategie di attuazione e linee di finanziamento PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza)

M2C4-I4.1 - Adeguamento e rinnovo funzionale del potabilizzatore Jato – Intervento A2-51

M2C4-I4.1 - Impianto di potabilizzazione Sorgente Presidiana – Intervento A1-38

M2C4-I4.2 - Completamento della nuova rete idrica di Palermo: condotte di alimentazione primaria dei serbatoi, rinnovo piping dei serbatoi e rete di distribuzione in dx Oreto

M2C4-I4.4 - Adeguamento dell'impianto di depurazione di Bolognetta e realizzazione tronco fognario

M2C4-I4.4 - Adeguamento dell'impianto di depurazione di Casteldaccia

M2C4-I4.4 - Adeguamento dell'impianto di depurazione di Corleone

M2C4-I4.4 - Adeguamento e potenziamento dell'impianto di depurazione di Ventimiglia di Sicilia





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Ulteriori innovazioni nella gestione degli impianti

### Interventi innovativi nella gestione degli impianti:

- Installazione di impianti di **trattamento terziario al fine del riuso** dei reflui depurati, presso: Acqua dei Corsari, Fondo Verde, Carini (adeguamento e potenziamento dell'esistente), Corleone (ripristino dell'esistente), Partinico, Balestrate.
- Realizzazione di **impianti fotovoltaici** presso gli ID di Acqua dei Corsari, Carini (in itinere) e Fondo Verde (in fase progettuale).
- Installazione di un Impianto di **bio-essiccamento** presso l'ID di Acqua dei Corsari.
- Ripristino e implementazione dei **sistemi di telecontrollo** esistenti (ID Acqua dei Corsari, nell'ambito dell'adeguamento dell'impianto elettrico) e pianificazione di sistemi ex novo negli altri impianti pi  sensibili.
- Installazione di un **sistema di monitoraggio** dei livelli nei serbatoi di **stoccaggio dell'ipoclorito**.
- Installazione di un **sistema di monitoraggio** dell'attivazione degli **scaricatori di piena** di tutti gli impianti.





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Impianto fotovoltaico presso ID Acqua dei Corsari

L'impianto fotovoltaico è costituito da n° 6 generatori fotovoltaici composti da n° 480 moduli fotovoltaici e da n° 13 inverter installati sulla copertura di alcuni edifici all'interno dell'area del depuratore (cabine, uffici, magazzini, etc.).

La potenza totale di picco è di **196,8 kW** per una produzione stimata di **258.636,1 kWh** annui distribuiti su una superficie totale di circa **972 m<sup>2</sup>**.



### Obiettivi:

- Risparmio energetico.
- Riduzione delle emissioni annuali di inquinanti in atmosfera.

Previsto un ritorno dell'investimento a circa 2,2 anni.





# SMART-EE-PLANTS

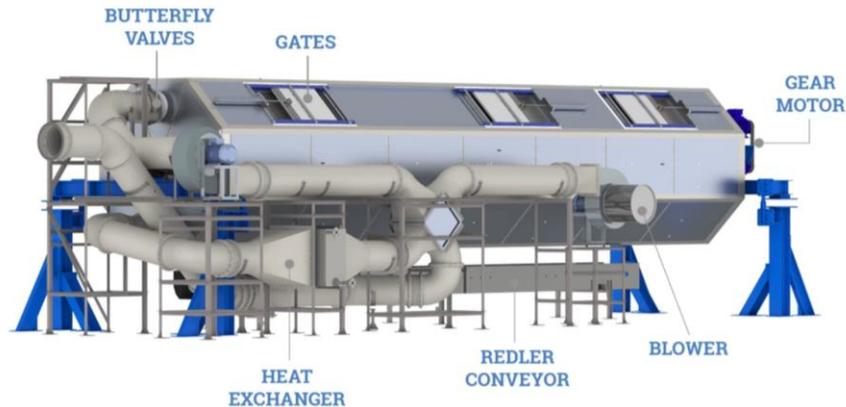
ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Linea di Bio-essiccamento presso ID Acqua dei Corsari

Il Bio-essiccamento è il procedimento attraverso il quale il materiale biodegradabile viene rapidamente riscaldato attraverso il naturale metabolismo batterico, per ridurre l'umidità e di conseguenza ridurne il peso complessivo.

L'**obiettivo** è quello di ridurre il quantitativo di fanghi disidratati prodotti dal depuratore che, allo stato attuale, ha una produzione annuale di fanghi CER 190805 dell'ordine di 10.000 tonnellate, utilizzando tecnologie innovative, completamente automatizzate, predisposte per la futura implementazione di un ulteriore trattamento di pirolisi per la **produzione di Biochar**.





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Linea di Bioessiccamento presso ID Acqua dei Corsari

Il modulo installato consente di trattare fino a 1.000 ton/anno di fanghi biologici disidratati, portando il **contenuto di secco** dal **20-25%** in uscita dalla disidratazione meccanica, al **75-80%** in uscita dal BioDryer, con una **riduzione** del fango da smaltire a circa **350 ton/anno**.



Processo di pirolisi - raggiungimento percentuale secco 90%

Il Biochar è un residuo ad alto contenuto di carbonio e a grana fine, privo di agenti patogeni e contaminanti, che viene prodotto dai rifiuti organici attraverso i processi di pirolisi.

E' utilizzato, nell'ottica dell'economia circolare, principalmente per migliorare le funzioni del suolo come ammendante.





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



## Sostenibilità energetica e ambientale nel S.I.I. - SFIDE ED OPPORTUNITA'



### 4 assi principali di intervento nel SII:

- EFFICIENZA ENERGETICA** nelle attività e nelle infrastrutture del SII
- RECUPERO DI ENERGIA E DI MATERIA** energia elettrica e termica, materia e diffusione di energia da fonti rinnovabili per l'alimentazione degli impianti del servizio idrico integrato
- RIUSO DELL'ACQUA TRATTATA** (ad esempio a fini agricoli e industriali)
- RIDUZIONE DELL'UTILIZZO DELLA PLASTICA** mediante la promozione del consumo di acqua potabile anche tramite l'installazione di fontanelle ad elevate qualità



### RIUSO ACQUE REFLUE DEPURATE

Il riutilizzo dell'acqua contribuisce a limitare la pressione sulle acque superficiali e sotterranee e a promuovere una gestione idrica più efficiente, in linea con gli obiettivi del Green Deal europeo (iniziative strategiche che mirano ad avviare l'UE sulla strada di una transizione verde, con l'obiettivo ultimo di raggiungere la neutralità climatica (emissioni zero) entro il 2050). Il riutilizzo delle acque reflue depurate diventa di importanza cruciale in realtà di scarsità idrica, problema crescente in Europa.

### Regolamento Europeo Reg.741/2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua

Il regolamento Europeo sul riutilizzo delle acque reflue Reg.EU 741/2020 (applicazione giugno 2023), stabilisce prescrizioni minime in materia di qualità, gestione dei rischi e monitoraggio delle acque affinché il riutilizzo dell'acqua sia sicuro

### L.R.n.4 del 22 marzo 2022 Norme in materia di riutilizzo delle acque reflue urbane.

La Regione Sicilia, in applicazione delle disposizioni dell'Unione Europea, garantisce il riuso delle acque reflue urbane trattate per gli usi irrigui nonché per altri usi - Emanazione decreto assessoriale per la definizione degli usi e la disciplina del riutilizzo delle acque reflue depurate





# SMART-EE-PLANTS

ottimizzare la gestione energetica negli impianti di depurazione



L'esperienza di AMAP S.p.A. nell'adeguamento degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane

*Grazie per l'attenzione*

ING. GIOVANNI SCIORTINO

Amministratore Unico AMAP S.p.A.



**19**  
Dicembre 2025

EVENTO DI CHIUSURA DEL PROGETTO

# SMART-EE-PLANTS

UN CONTRIBUTO ALL'EFFICIENTAMENTO DI PROCESSO  
ED ENERGETICO DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE  
PER IL RISPETTO DELLA DIRETTIVA 2024/3019



Presso C/O

Università degli Studi di Palermo - Dipartimento di Ingegneria - Aula G. Capità - viale delle Scienze - Ed. 7, Palermo

## il Progetto SMART-EE-PLANTS per l'adeguamento degli impianti di trattamento tra sfide e opportunità



EVENTO ORGANIZZATO NELL'AMBITO DEL PROGETTO SMART-EE-PLANTS: SMART ENERGY-EFFICIENCY WASTEWATER TREATMENT PLANTS FINANZIATO DAL PROGRAMMA OPERATIVO COMPLEMENTARE (POC) 2014-2024 DELLA REGIONE SICILIANA - PROGETTO N. 08CT3600000330

## ACQUAENNA S.C.P.A.

---

- Acquaenna S.c.p.A. si è aggiudicata la gara per la gestione del Servizio Idrico Integrato nell'Ambito Territoriale Ottimale di Enna per la durata di 30 anni, gara bandita nell'agosto del 2003, aggiudicazione nell'ottobre 2004, fine prevista della convenzione 2034.
- La società è stata consolidata dal gruppo Iren il 31 Maggio 2023 con socio di **maggioranza IRETI S.p.a. che detiene circa il 51%**



## IL TERRITORIO

---

L'Ambito territoriale ottimale di Enna è composto dai 20 comuni appartenenti alla provincia di Enna, una popolazione di circa 165.000 abitanti con circa 75.000 utenti serviti.

La dimensione media dei Comuni serviti è di circa 8.000 abitanti:

- ✓ 8 Comuni contano una popolazione residente inferiore ai 5.000 abitanti;
- ✓ 9 Comuni contano una popolazione residente tra 5.000 e 15.000 abitanti;
- ✓ solo 2 Comuni (Enna e Piazza Armerina) superano i 15.000 abitanti.

L'insufficienza di fonti di approvvigionamento idropotabile (pozzi e sorgenti circa per il 60%) necessita di essere compensata con l'acquisto di acqua all'ingrosso da Siciliacque.

## DATI DI CONSISTENZA

Comparto	Consistenza	
Acquedotto	Rete idrica	1.057 km
	Sorgenti	34 unità
	Pozzi	65 unità
	Serbatoi	87 unità
	Stazioni di sollevamento	29 unità
Servizio Fognario e Depurazione	Rete fognaria	557 km
	Impianti di sollevamento	25 unità
	Impianti di depurazione	20 unità

# Investimenti Depurazione

## Investimenti in corso di realizzazione

### Linee di finanziamento

- **Patto per il Sud**
- **MASE**

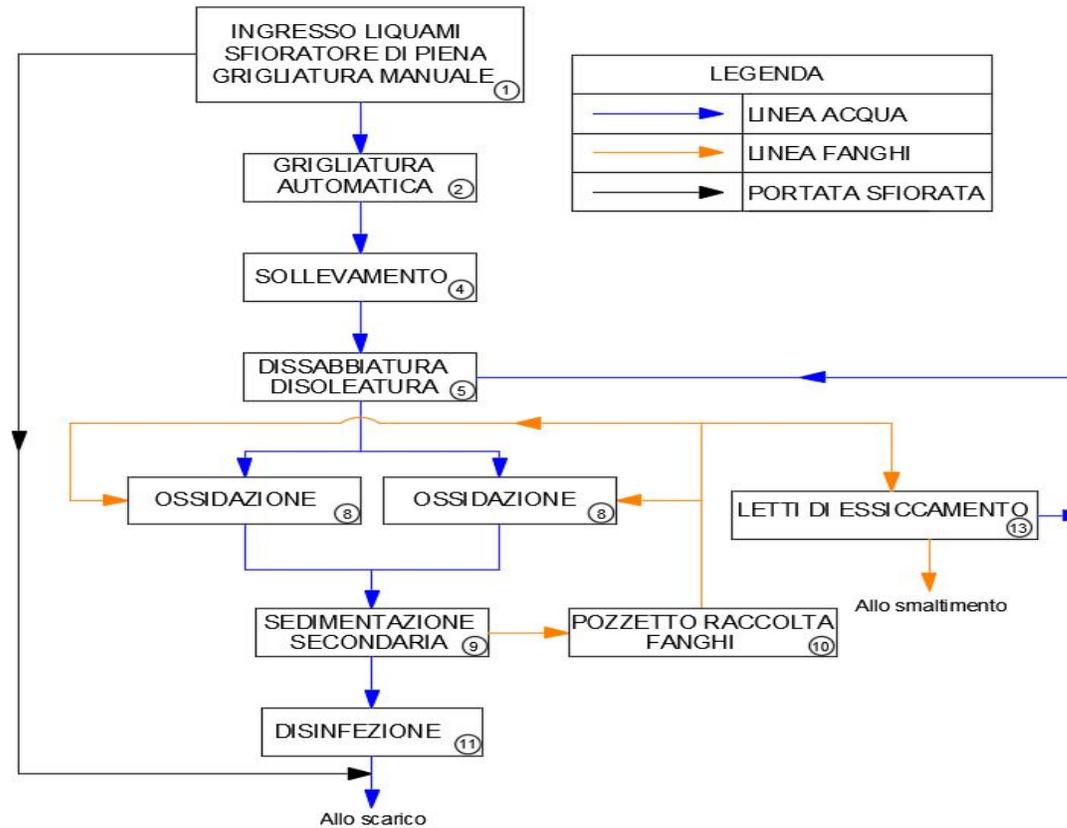
Descrizione	WBS BUDGET	Pianificato MTI4
AIDONE CANALOTTO (COMPLETO)	C7AI2-S020-01	523.482
ENNA SIRIERI	C7AI2-S020-01	2.500.000
PIETRAPERZIA FAVARA	C7AI2-S020-01	775.818
REGALBUTO PIETRASANTA (COMPLETO)	C7AI2-S020-01	203.745
TROINA SAN MICHELE (COMPLETO)	C7AI2-S020-01	429.107
TROINA SCHIDDACI	C7AI2-S020-01	1.132.628
LEONFORTE CASTELLACCIO	C7AI2-S020-01	1.800.000
PIETRAPERZIA ROCCHE	C7AI2-S020-01	750.000
NICOSIA MAMMAFIGLIA	C7AI2-S020-01	750.000

## Comune di Gagliano, Depuratore contrada Pellizzeri

Potenzialità pari a 5.000 A.E.. Si tratta di un impianto a fanghi attivi (a biomassa sospesa) a schema cosiddetto “semplificato” ovvero senza sedimentazione primaria.



# SCHEMA DEI FLUSSI



# COMPARTO BIOLOGICO

Vasca di ossidazione con le sonde installate



## COMPARTO BIOLOGICO

Nel corso del monitoraggio, la vasca di ossidazione afferente al comparto biologico dell'impianto di depurazione di Gagliano è stata interessata dall'avaria, più volte manifestatasi, del sistema di aerazione sommersa.



Vasca di ossidazione durante l'intervento

# ELENCO SENSORI E APPARECCHIATURE INSTALLATE PER IL MONITORAGGIO

Tipologia di apparecchiatura	Quantità	Installazione
Elettrodo di misura dell'ammoniaca (ionoselettivo, ISE)	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influyente impianto</li> <li>• Reattore biologico</li> </ul>
Elettrodo di misura del nitrato (ISE)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reattore biologico</li> </ul>
Elettrodo di misura dell'ossigeno disciolto (ottico)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reattore biologico</li> </ul>
Elettrodo di misura del potenziale di ossidoriduzione (elettrochimico)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reattore biologico</li> </ul>
Elettrodo di misura del pH (elettrochimico)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reattore biologico</li> </ul>
Elettrodo di misura solidi sospesi totali	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reattore biologico</li> <li>• Uscita sedimentatore finale</li> </ul>
Centralina di acquisizione e trasmissione dati verso server dedicato	1	
Misuratore di portata per liquidi	2-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influyente impianto</li> <li>• Ricircoli fanghi (es. sedimentatore, ricircolo interno)</li> </ul>

## CONCLUSIONI

---

**Grazie al monitoraggio effettuato nell'ambito del progetto SMART-EE-PLANTS è stato possibile individuare margini di efficientamento energetico del presidio depurativo ottenendo, al contempo, una migliore performance depurativa, anche attraverso l'attuazione dell'aerazione a cicli alternati, a seguito dell'avvenuta installazione dei mixer.**