

**Razionalizzazione del monitoraggio degli impianti di depurazione**

58° Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria – Ambientale

Coordinatore Prof. Carlo Collivignarelli



# Monitoraggio on-line e controllo di processo: alternative, vantaggi svantaggi, costi

Loris Canovi

[Loris.canovi@ireti.it](mailto:Loris.canovi@ireti.it)

Verona, 23 Ottobre 2019

# IRETI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BRESCIA



# Agenda

3

Il Ciclo Idrico Integrato di IRETI

4

Regolazione della Qualità Tecnica del SII

5

Evoluzione gestionale

6

Strumenti di Misura

7

Monitoraggio On-line

10

Monitoraggio Off-line

11

Controllo Avanzato di Processo

14

Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)

22

Indici di funzionalità

25

Manutenzione predittiva – Anomaly Detection

26

Conclusioni



# Ciclo Idrico Integrato di IRETI

La consistenza degli Assets



**m<sup>3</sup>/anno**  
**213.300.000**  
Acqua trattata

Potenzialità di targa [AE]	Liguria	Emilia	Totale
> 100.000	4	5	9
10.000 - 100.000	12	21	33
2.000 - 10.000	4	51	55
< 2000	38	150	188
Imhoff	240	590	830
<hr/>			
Potenzialità [AE] II° e III° Liv.	1.225.785	1.728.087	2.953.872

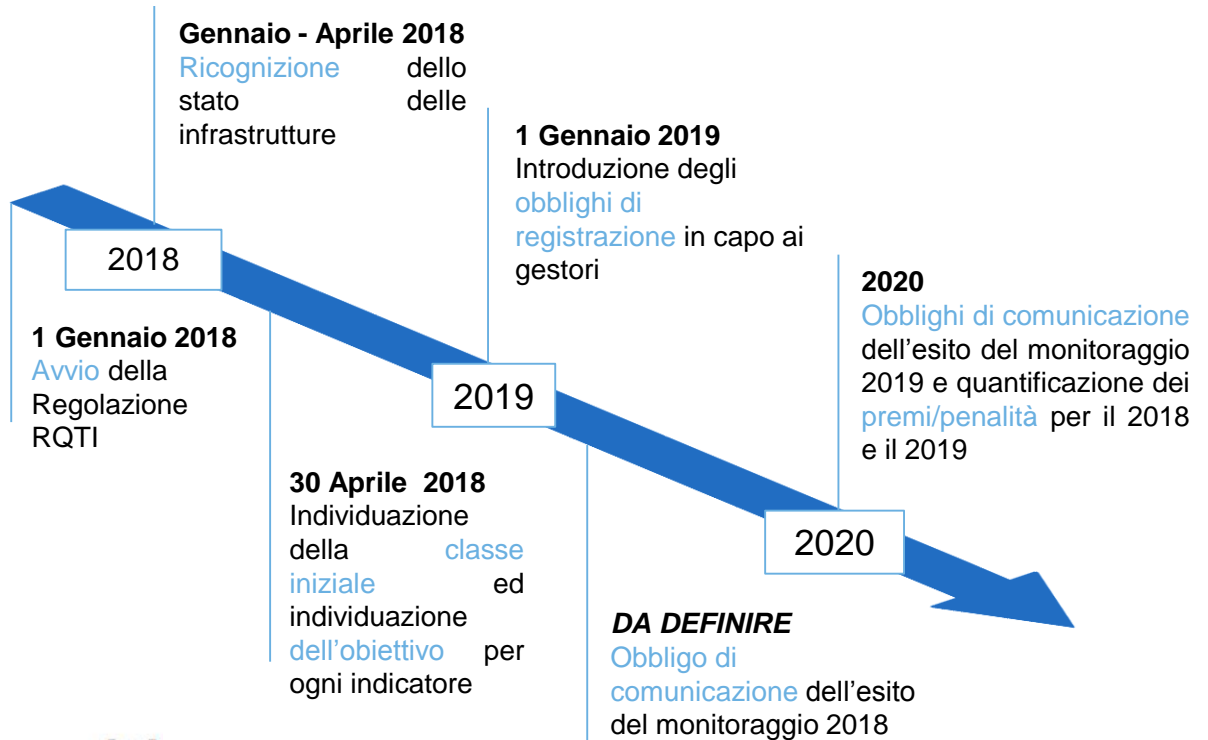
97



# Regolazione della Qualità Tecnica del SII

L'Implementazione graduale della REGOLAZIONE

$$M6^a = \frac{\sum_{imp=1}^{N^*} (C_{imp,DEP-cnc}^a)}{\sum_{imp=1}^{N^*} (C_{imp,DEP-tot}^a)} \quad [\%]$$



Elaborazioni REF Ricerche su Del. 917/17 ARERA



# Evoluzione gestionale

Intelligenza Artificiale a supporto nella gestione degli impianti



Standardizzazione del monitoraggio on-line sui parametri qualitativi

Logiche per il controllo avanzato del processo depurativo



Sviluppo della manutenzione predittiva

# Strumenti di misura

Composizione degli strumenti di misura e analitici presenti sui Depuratori

	STRUMENTO	COMPOSIZIONE (%)
FISICI	EQ	10
	TEMPERATURA	0,4
	PRESSIONE	0,3
	LIVELLO	23
	<b>PORTATA</b>	<b>43</b>
	CONDUCIBILITA'	0,6
CHIMICI	pH	3
	TORBIDITA'	3
	TOC	0,2
	FOSFORO	0,5
	AMMONIACA	1
	NITRATI	2
	REDOX	4
	<b>OSSIMETRI</b>	<b>9,5</b>



1500  
Strumenti



**+ 200 STRUMENTI  
MISURA  
PARAMETRI  
CHIMICI**

**+ 14 %**



# Monitoraggio On-line

Strumento accreditato a supporto dei metodi tradizionali di analisi in laboratorio



Strumentazione  
in loco



- ✓ Dato istantaneo
- ✓ Trend statistico





# Monitoraggio On-line

Strumento accreditato a supporto dei metodi tradizionali di analisi in laboratorio



## Vantaggi

- Migliore qualità dei dati disponibili
- Rapido feedback in caso di anomalia di funzionamento
- Conduzione più efficiente
- Riduzione costi di gestione







# Costi del monitoraggio On-line

Strumento accreditato a supporto dei metodi tradizionali di analisi in laboratorio

## New Capex

- Installazione nuova strumentazione
- Adeguamento dei QE
- Unità di calcolo (PLC) e pannello operatore
- Router trasmissione dati
- Logiche e algoritmi di programmazione (PID)



## New Opex

- Manutenzione strumenti (sia operatore che calibrazioni)
- Formazione continua del personale operante

# Monitoraggio Off-line del fango attivo

**Analisi biologiche per la valutazione dello «stato di salute» dei fanghi attivi e della loro capacità depurativa**

Osservazione microscopica del fango per la determinazione della struttura del fiocco, l'osservazione dei protozoi ciliati e dei batteri filamentosi

## Misure di attività batterica:

1. Capacità di trasformazione dell'ammoniaca (AUR)
2. Capacità di eliminazione dei nitrati e nitriti (NUR)
3. Capacità di defosfatazione (PUR)

Protozoo *Aspidisca Cicada*



Tipo 0041





# Controllo Avanzato di Processo

Logiche per un controllo avanzato e intelligente del processo depurativo

## Perché vengono installate queste nuove logiche di controllo del comparto ossidativo negli impianti?

- Stabilizzazione dell'**efficienza** dell'impianto;
- Riduzione dei **consumi energetici**;
- Rimozione del **fosforo** → l'introduzione delle logiche di controllo avanzato permette la formazione di una biomassa più varia e ricca all'interno della vasca.

Le logiche di controllo dette anche «**controller**»:

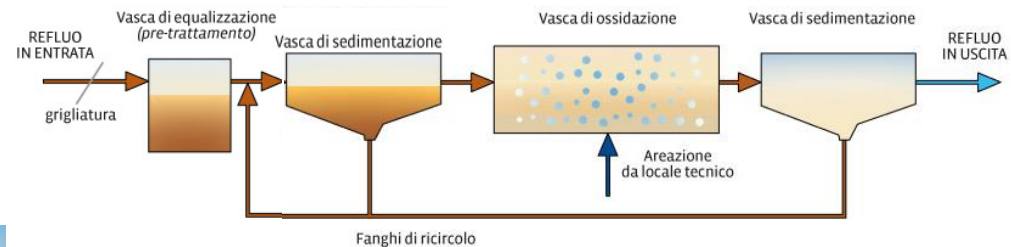
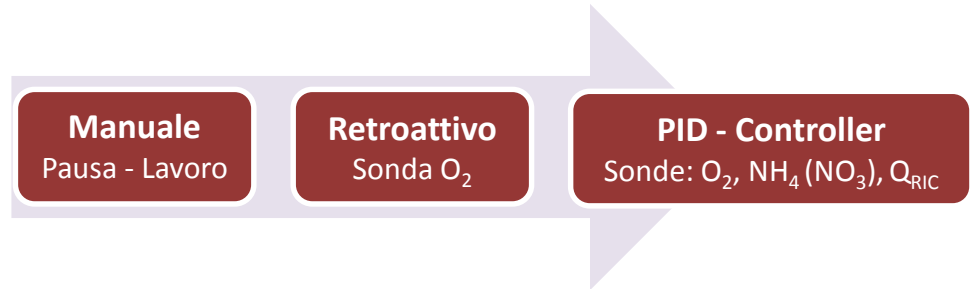
- ✓ Sono applicabili e adattate a tutte le tipologie di impianto;
  - ✓ Raccogliono dati direttamente in campo e in tempo reale – li elaborano e definiscono la regolazione delle componenti seguendo delle sequenze preimpostate;
  - ✓ Si differenziano tra loro per il parametro della reazione che prendono come riferimento o per la regolazione stessa.

# Aerazione in un impianto a Fanghi Attivi



Schematizzazione del controllo dell'aerazione

Evoluzione del  
Controllo  
dell'aerazione



Sono l'evoluzione delle logiche di controllo di base a logiche evolute:

- Sistemi a **feed-back** (controllo a retroazione);
- Sistemi a **feed-forward** (controllo con regolazione anticipata);
- Sistemi a **cascata** (adattativi etc.)



# Logiche di Controllo Avanzato dei Processi

## Controlli PID

Algoritmi di regolazione utilizzati in sistemi di controllo ad **anello chiuso**, cioè a **reazione negativa** o in **controreazione**, dove l'ingresso di controllo è dato dalla somma di tre componenti:

- PROPORZIONALE → valore del segnale di errore
- INTEGRALE → valori passati dal segnale di errore
- DERIVATIVA → velocità di variazione del segnale di errore



## Esempi di strategie di controllo dell'areazione – Logiche di funzionamento

1. *Set-point* fissato per l' $\text{NH}_4$ 
  - Limite sup. **2 ppm** – inizio areazione
  - Limite inf. **0,6 ppm** – stop areazione
2. *Set-point* dinamico per l' $\text{O}_2$  in funzione della **reale necessità** di risposta alla richiesta di aerazione
3. *Set-point* fissato per i **Nitrati**
  - Limite sup. **7,5 ppm** - inizio miscelazione
  - Limite inf. **4,5 ppm** - inizio aerazione



# Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)



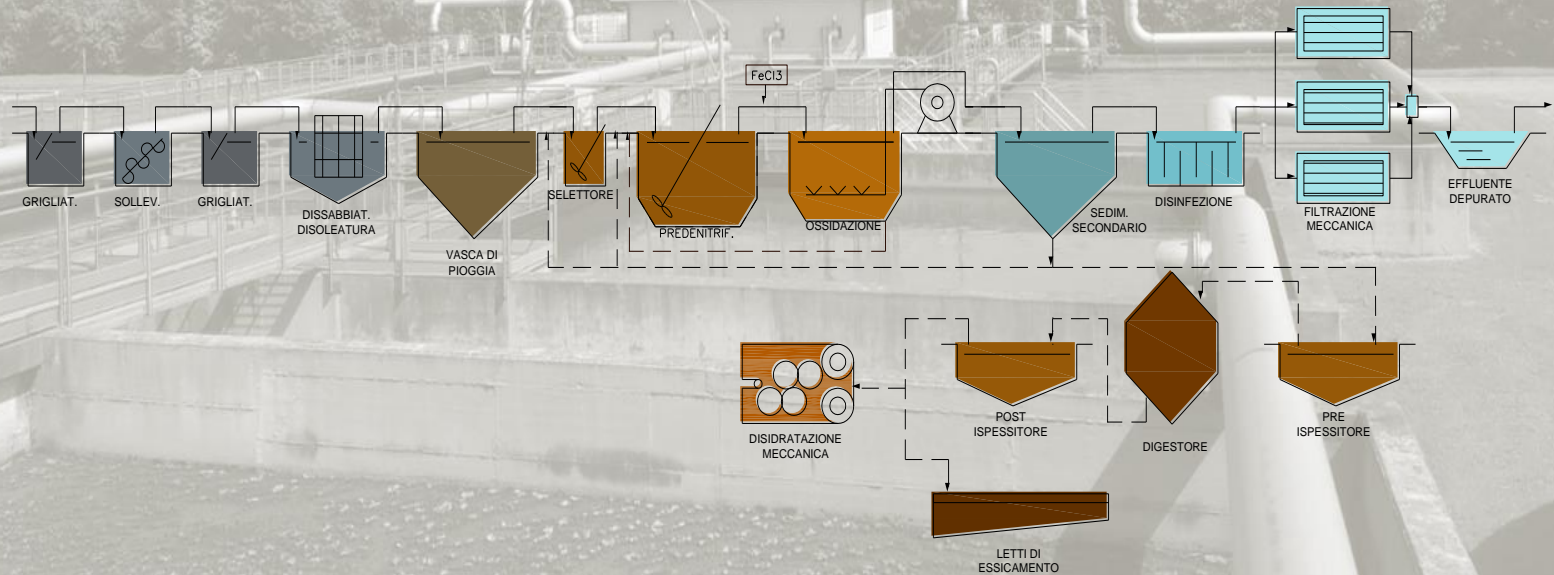
Un esempio di applicazione con analizzatore di  $\text{NH}_4$  a servizio delle logiche di controllo

**Tipologia:** Fanghi attivi con rimozione nutrienti (N, P)

**AE di progetto:** 45.000

**Anno messa in funzione:** 1982

**Anno revamping di potenziamento:** 1998

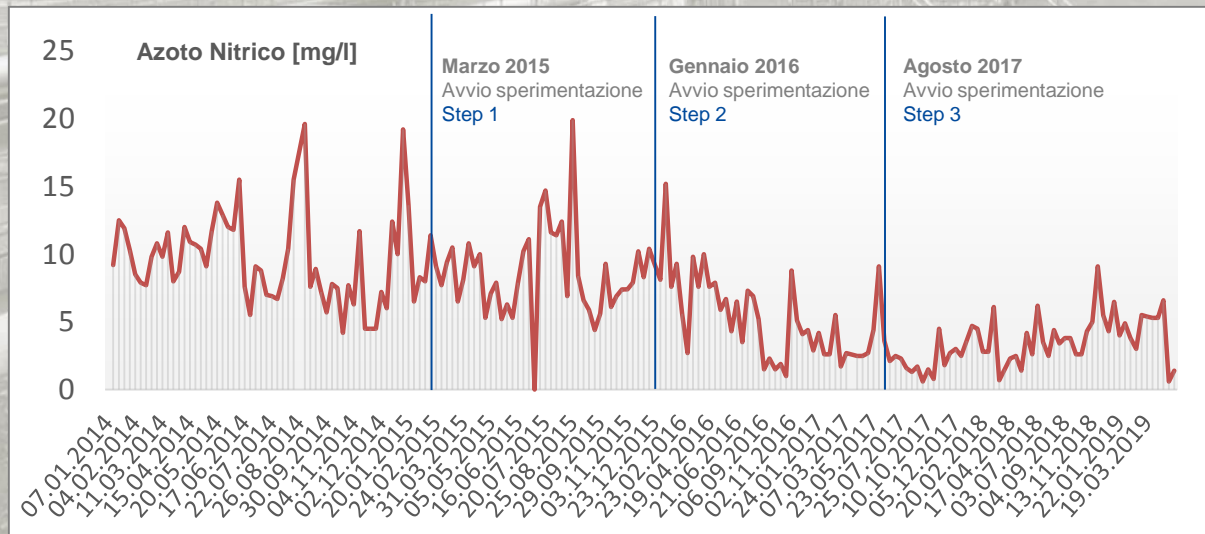
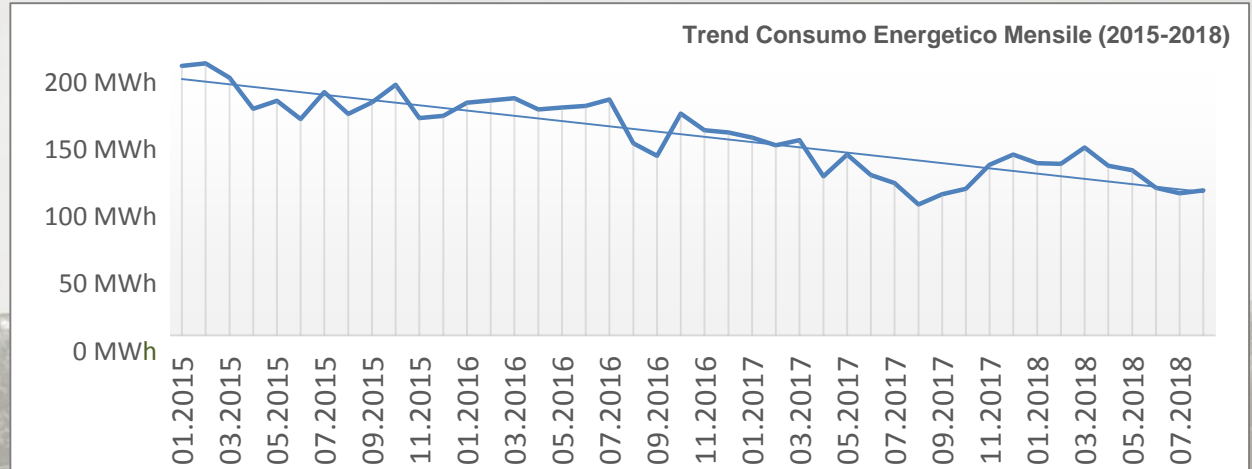




# Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)



Un esempio di applicazione con analizzatore di NH4 a servizio delle logiche di controllo

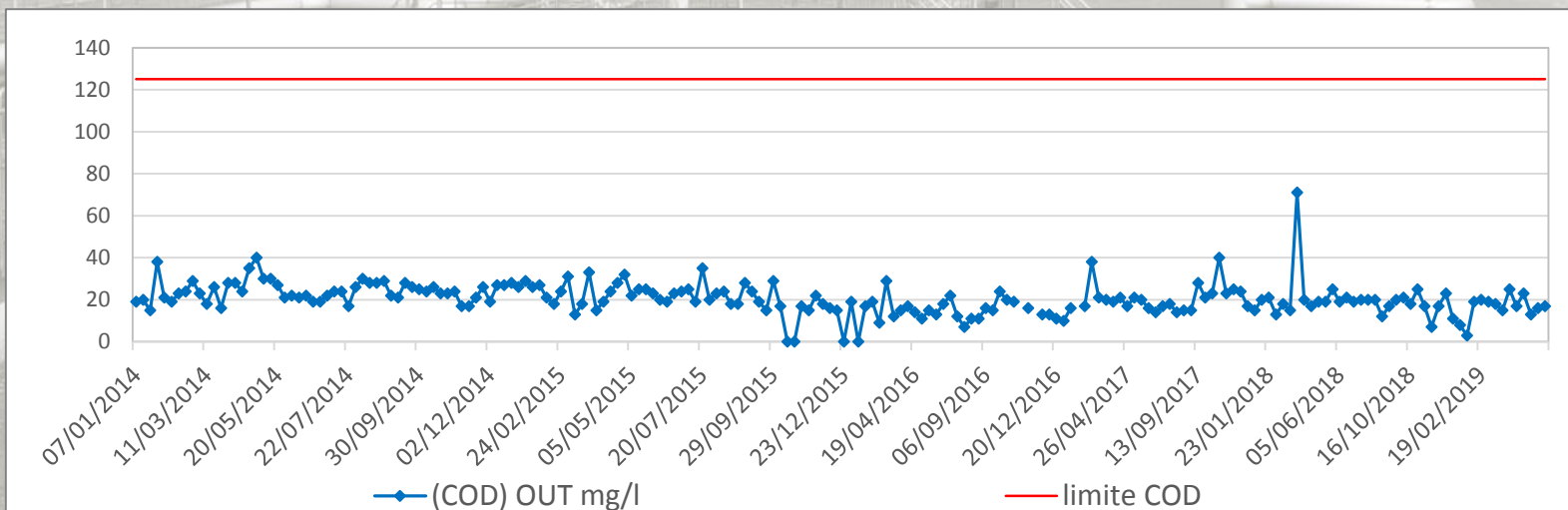
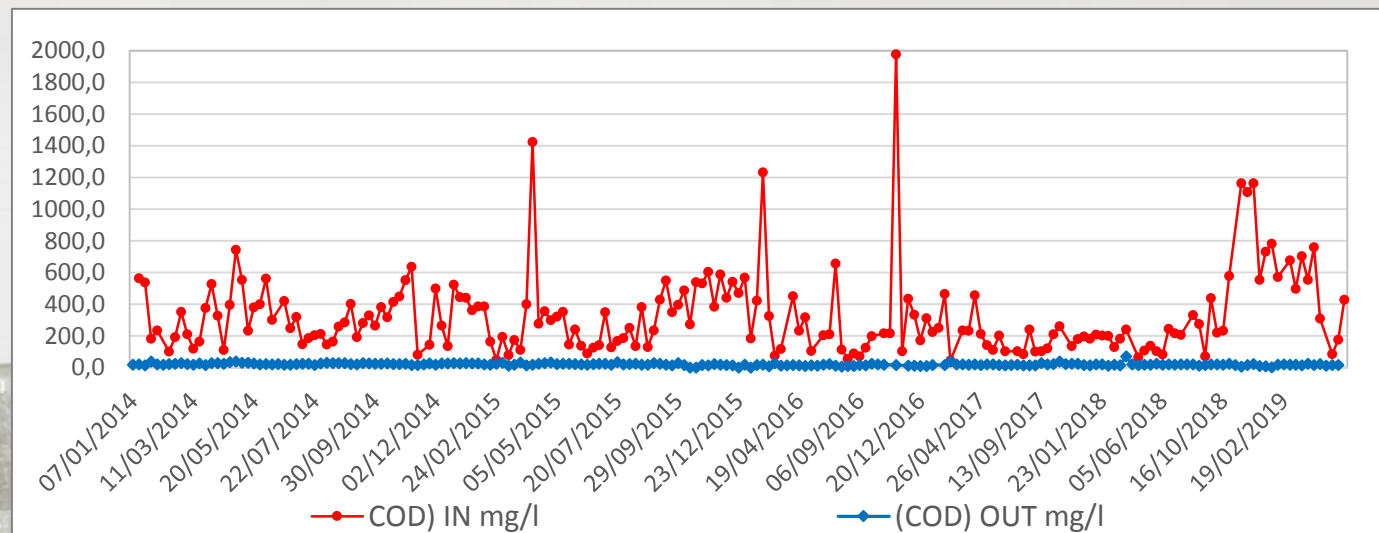




# Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)



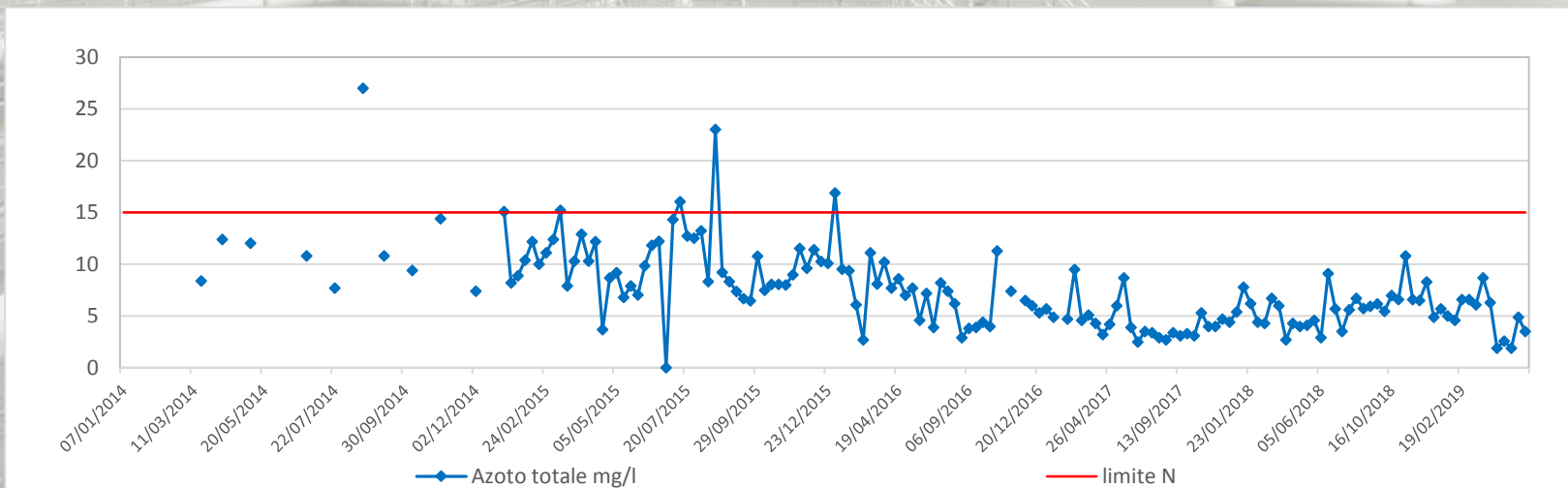
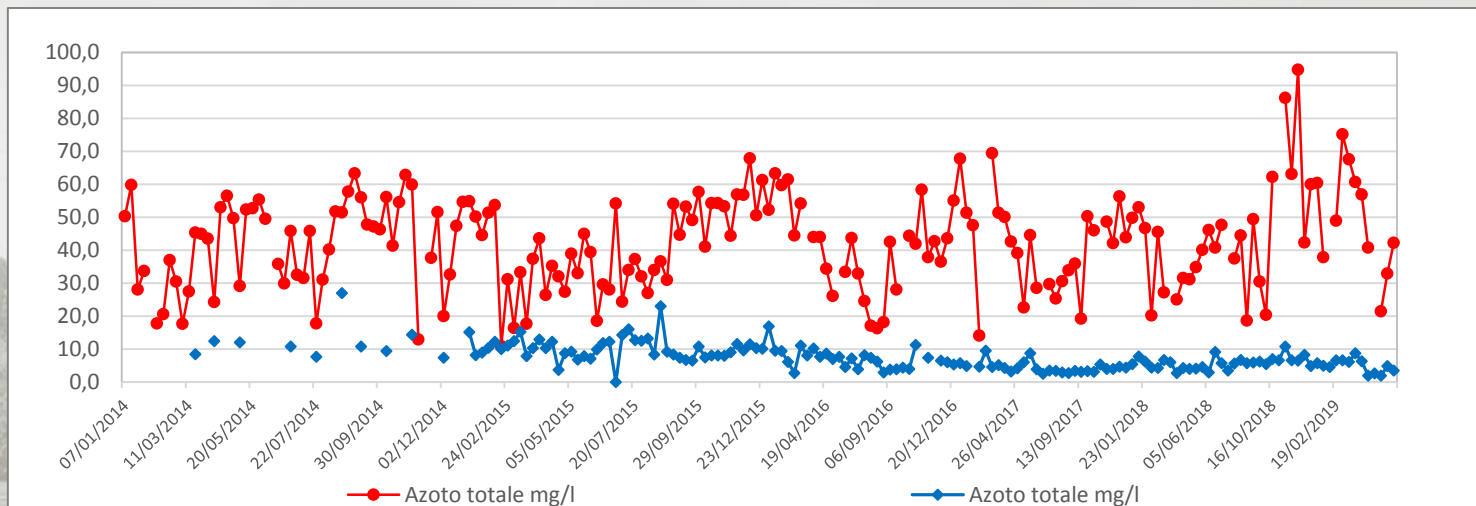
COD



# Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)



$N_{tot}$



# Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)

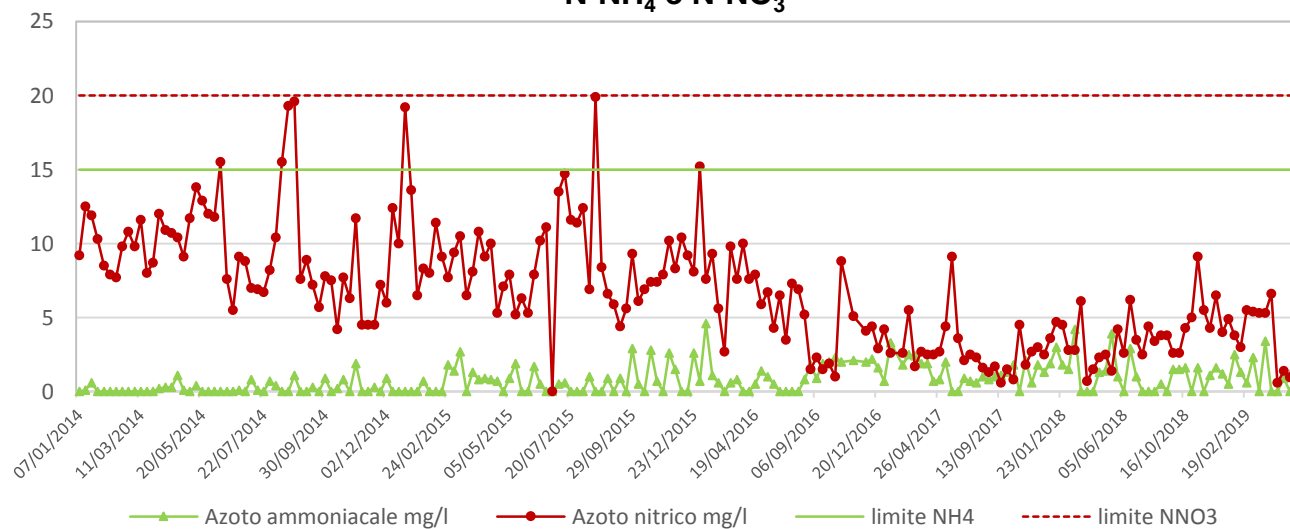


Abbattimenti percentuali medi e concentrazioni di N-NH<sub>4</sub> e N-NO<sub>3</sub>



	2019 (I°)	2018	2017	2016	2015
AE trattati	45007	30477	16264	30824	33618
BOD	99,1	96.8	96.9	95.5	97.5
COD	97,4	89.8	87.1	91.4	90.1
SST	99,0	97.9	95.7	96.5	98.8
N	90,3	84.8	88.2	81.2	71,0
P	93,5	68.8	74.5	78.3	72,8

N-NH<sub>4</sub> e N-NO<sub>3</sub>

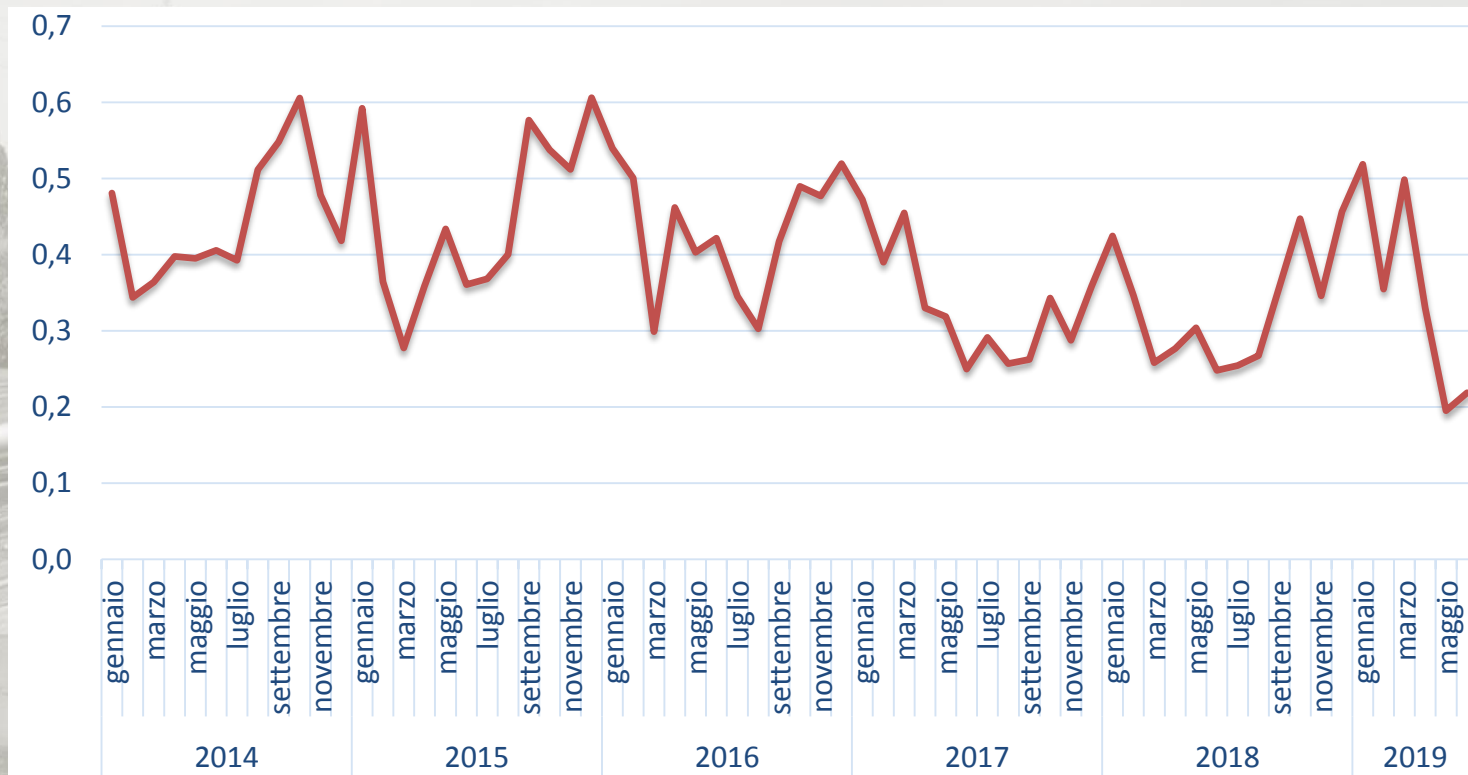




# Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)



Coefficiente kWh/m<sup>3</sup> liquame trattato

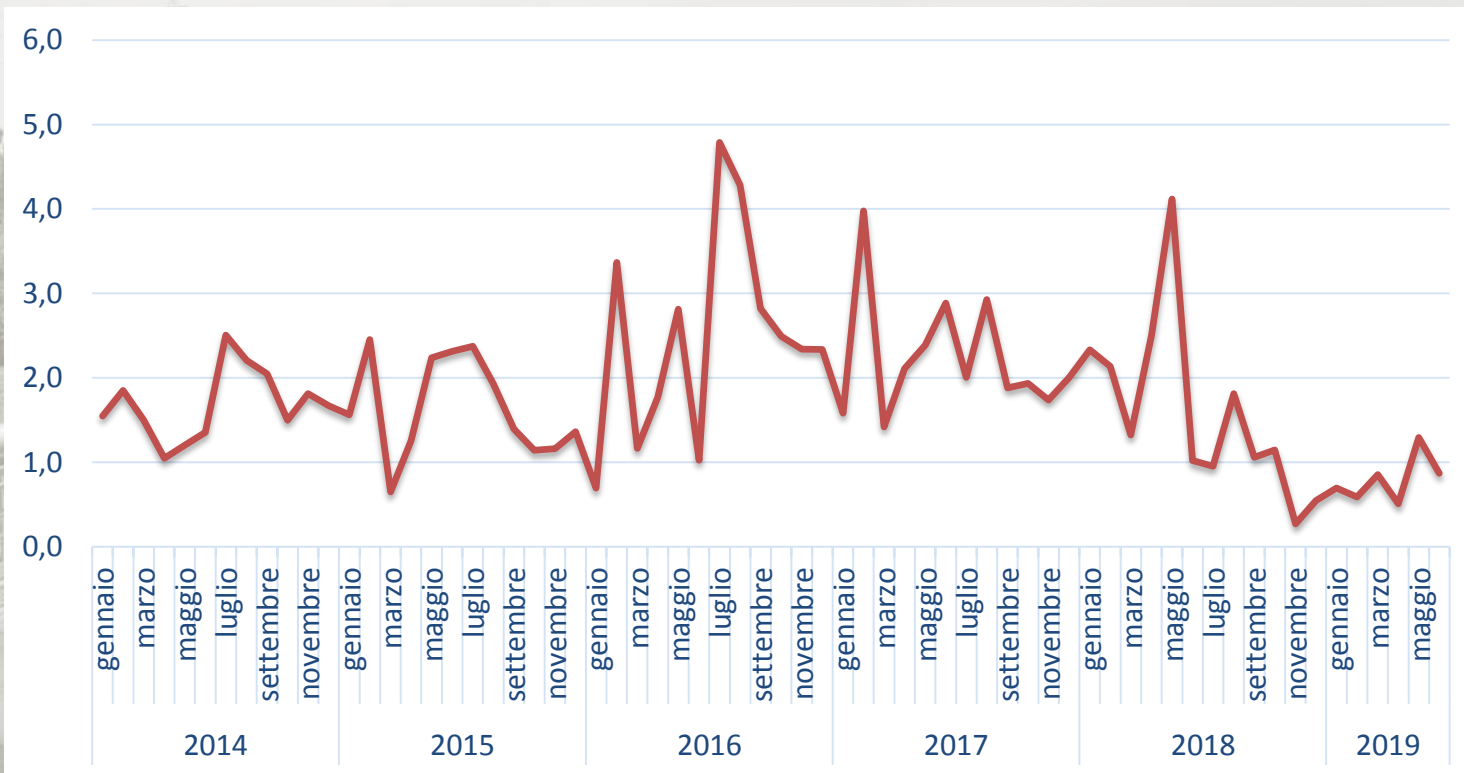




# Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)



Coefficiente kWh/kg COD abbattuto



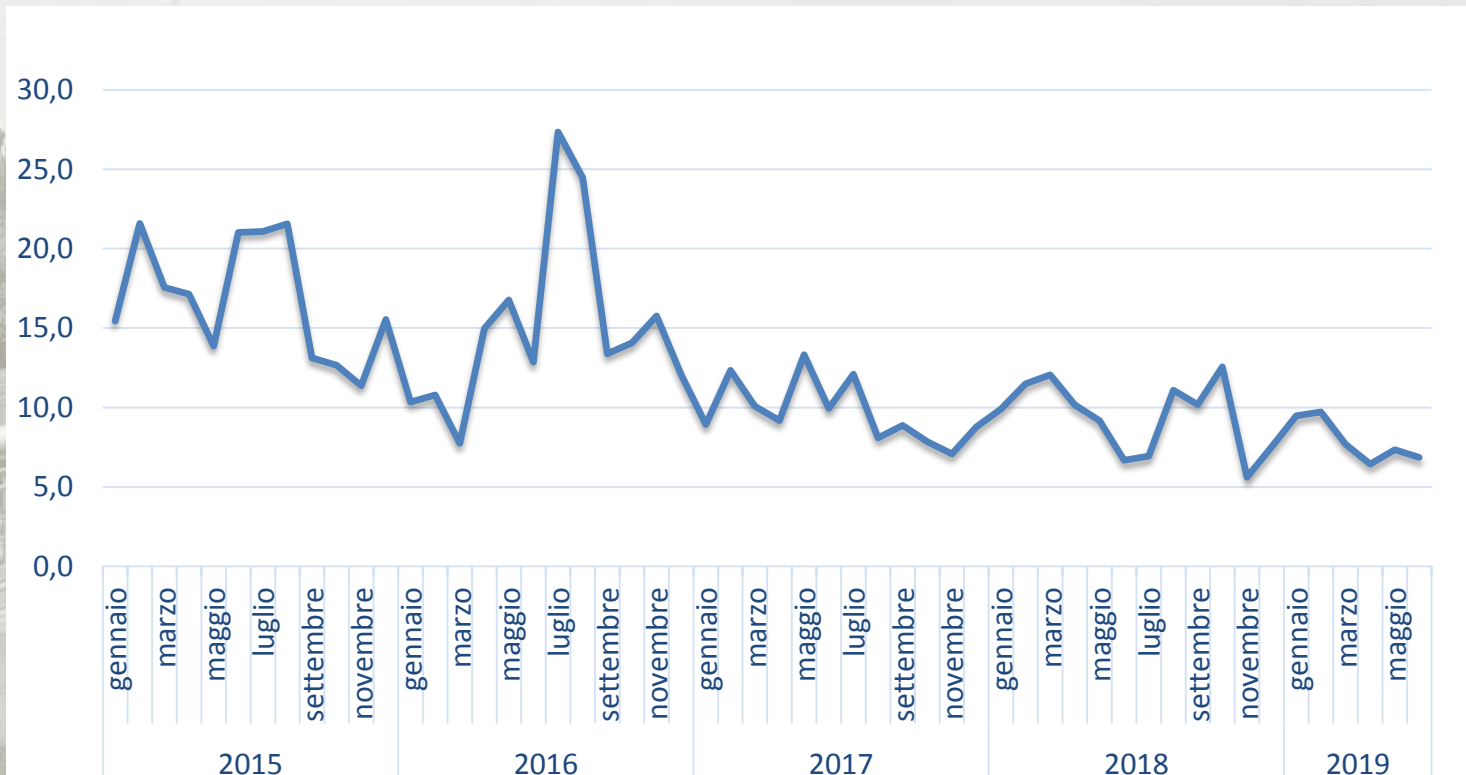




# Caso di esempio: Depuratore di Rubiera (RE)



Coefficiente kWh/kg N abbattuto





# Indici di funzionalità

Indicatori delle condizioni di funzionalità e prestazioni di un impianto di depurazione

Perché usiamo questi  
indici?

Rapida indicazione del  
funzionamento  
dell'impianto

Stima delle migliorie  
apportate dalle nuove  
logiche di controllo

Individuare margini di  
manovra nella gestione  
dell'impianto

*L'aumento della frequenza delle analisi nel periodo pre e post installazione del controller permette di ottenere indici statisticamente più solidi.*



# Indici di funzionalità

Indicatori delle condizioni di funzionalità e prestazioni di un impianto di depurazione

$$D_i = \left[ \left( \frac{\eta_{reale,i}}{\eta_{atteso,i}} \right) * p_{\eta,i} + \left( \frac{C_{atteso,i}}{C_{reale,j}} \right) * p_{C,j} \right]$$

- |                                 |                       |
|---------------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> reale  | Abbattimento reale    |
| <input type="checkbox"/> atteso | Abbattimento atteso   |
| C atteso                        | Concentrazione attesa |
| C reale                         | Concentrazione reale  |
| P <input type="checkbox"/>      | Peso abbattimento     |
| P C                             | Peso concentrazione   |

**$D > 1$  Impianto efficiente**

- ✓ Gestione dei fanghi
- ✓ Consumi energetici
- ✓ Consumi di reagenti e combustibili

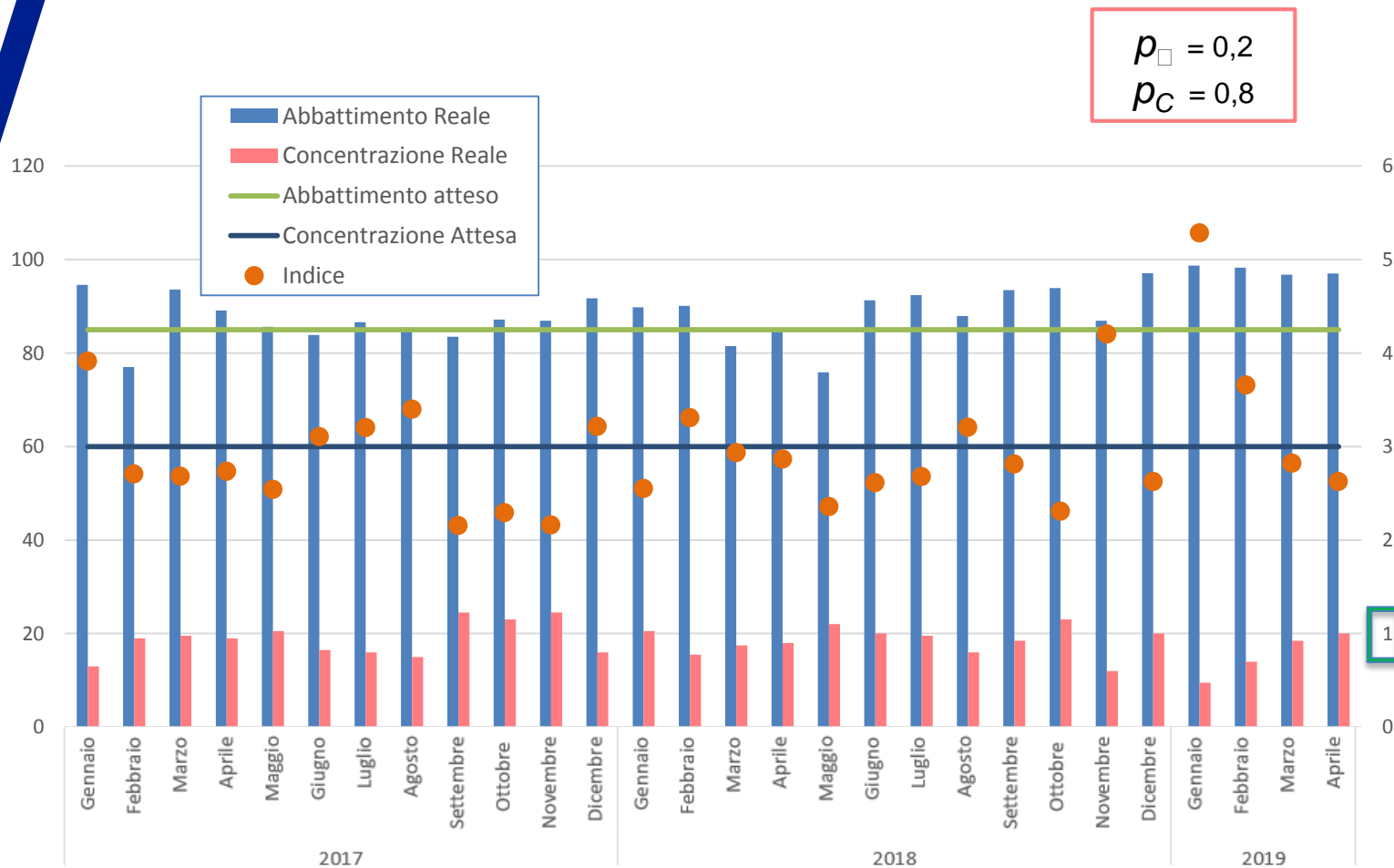




# Indici di funzionalità – Depuratore Rubiera



Indice relativo alla funzionalità dell'impianto di Depurazione di Rubiera - COD





# Manutenzione predittiva – Anomaly Detection

Indice relativo alla funzionalità dell'impianto di Depurazione di Rubiera



## Equipment di importanza strategica:

- Compressori
- Disidratatrici
- Pompe ricircolo
- Pompe sollevamento

**Monitoraggio continuo**



- Assorbimento del motore elettrico
- Numero di accensioni
- Numero di ore di lavoro
- Vibrazioni
- Temperatura di esercizio
- Portata (pompe)
- Pressione (compressori)

**Ottimizzare la manutenzione delle macchine**





# Conclusioni

- Avvio di un percorso di **accreditamento delle misure on-line**
- Maggiori **quantità di dati** e in tempo reale
- **Celerità di risposta** in caso di anomalie di funzionamento
- **Riduzione dei costi** legati ai malfunzionamenti, alle analisi e campioni richieste con urgenza;
- Risposta efficace alla **RQTI**.



**Fondamentali i criteri di gestione e le modalità/frequenze di verifica metrologica degli strumenti on-line**