

**SERVIZIO IDRICO INTEGRATO:
INNOVAZIONE E NEUTRALITÀ ENERGETICA
OBIETTIVO SOSTENIBILITÀ**

20.09.2024 – LIFE SOURCE HOTEL, BERGAMO

Nuova direttiva acque: un controllo di processo per la sostenibilità del depuratore a 360°



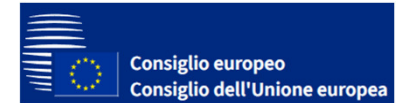
Ing. Maurizio Mastretta
Ing. Francesca Bellamoli

ETC Sustainable Solutions

SERVIZIO IDRICO INTEGRATO:
INNOVAZIONE E NEUTRALITA' ENERGETICA
OBIETTIVO SOSTENIBILITA'

20.09.2024

LIFE SOURCE HOTEL, BERGAMO

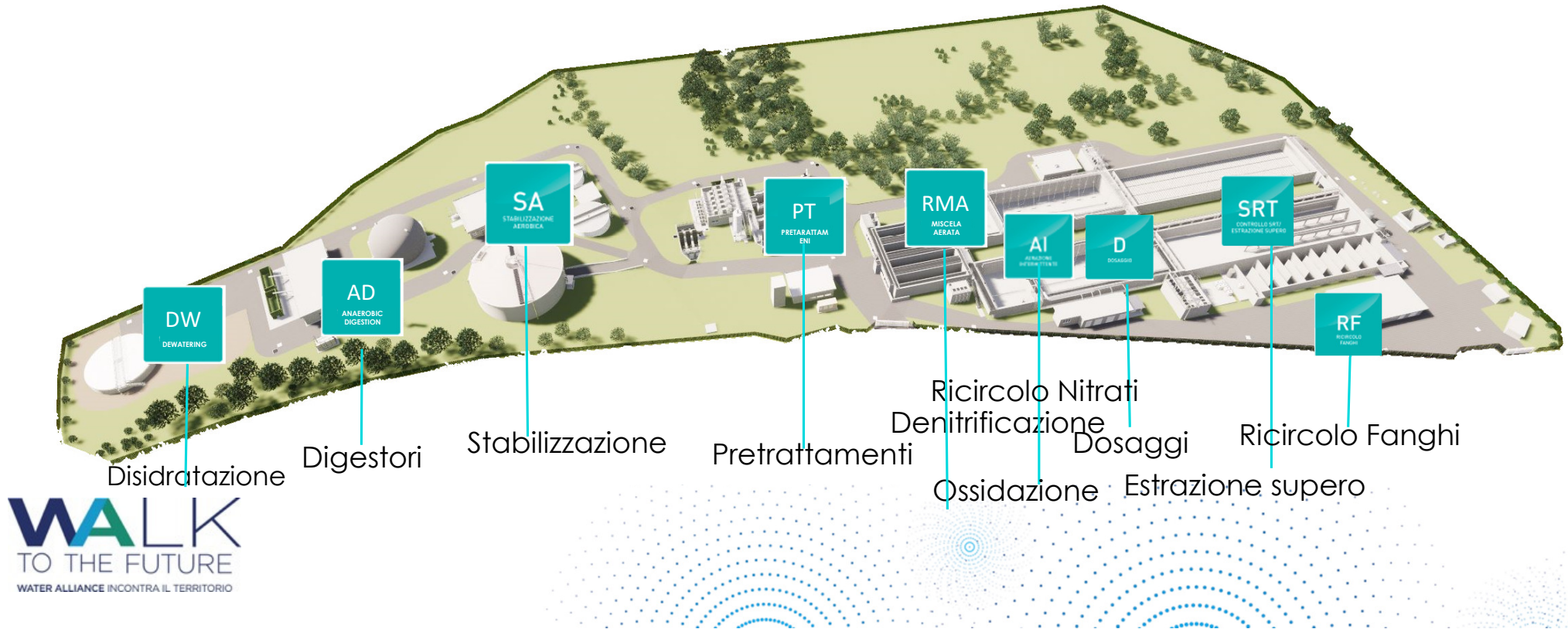


La nuova direttiva acque reflue pone diverse sfide e nuovi obblighi per i gestori del Servizio Idrico Integrato:

- Estensione della direttiva a tutti gli agglomerati con 1.000 abitanti equivalenti (a.e.) o più, rispetto ai 2 000 a.e. dell'attuale direttiva;
- Abbassamento soglie del trattamento terziario per rimozione fosforo e azoto;
- Introduzione trattamento quaternario per rimozione microinquinanti;
- Riutilizzo acque reflue;
- Neutralità energetica degli impianti con autoproduzione energia elettrica o approvvigionamento da fonti rinnovabili;
- Monitoraggio costante degli inquinanti presenti nelle acque reflue.

COME AFFRONTARE LA SFIDA DELLA NEUTRALITA' ENERGETICA?

Una prima soluzione, innovativa quanto al tempo stesso semplice è quella di affidarsi ad un controllo di processo, grazie all'installazione di sonde e strumentazione per controllare in maniera ottimale le utenze, facendole lavorare al set-point ottimale in ogni condizione di carico!



Dov'è l'innovazione?

L'innovazione consiste nel fatto di guardare al depuratore a 360°, nella sua globalità...

Si è sempre puntato alla riduzione dei consumi energetici del comparto biologico (maggiormente energivoro) andando ad ottimizzare l'aerazione con l'introduzione di aerazione intermittente, gestione dei ricircoli, minimizzazione del consumo dei mixer con l'aerazione pulsata, ecc...

Il nuovo passo a cui un controllore di processo evoluto deve tendere è quello di ottimizzare i consumi energetici nel rispetto delle rese di abbattimento, massimizzare la produzione di biogas in caso di impianti con digestione anaerobica e minimizzare i consumi di gas serra



Massimizzazione della produzione di biogas:

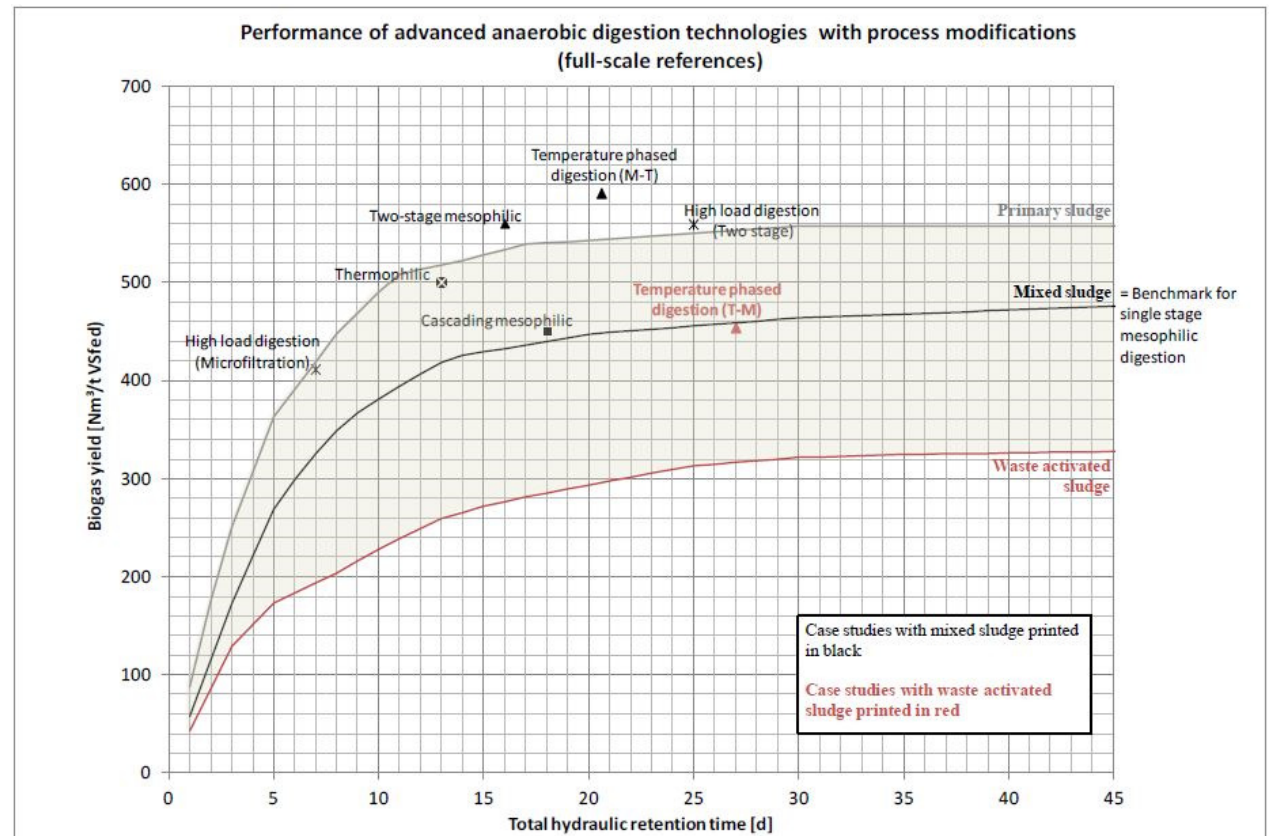
- monitorando l'impianto tramite l'analisi di specifici KPIs
- ottimizzando i parametri di funzionamento dei digestori tramite controllo di processo

La **produzione specifica di biogas (SGP)** di un impianto di digestione anaerobica è calcolata come **volume di biogas prodotto rispetto ai solidi volatili in ingresso alla digestione**.

Dipende da:

- tempo di ritenzione idraulica nel digestore
- condizioni di temperatura.

Nella figura a lato è riportata la variazione tipica, da letteratura, della produzione specifica di biogas rispetto all'HRT (tempo di ritenzione), per diversi tipi di fango e per condizioni mesofile (35-40°C) e termofile (>55°C). Per fanghi misti e HRT di 25-30 giorni, è attesa una produzione specifica pari a circa 0.45 Nm³/kgTVS.

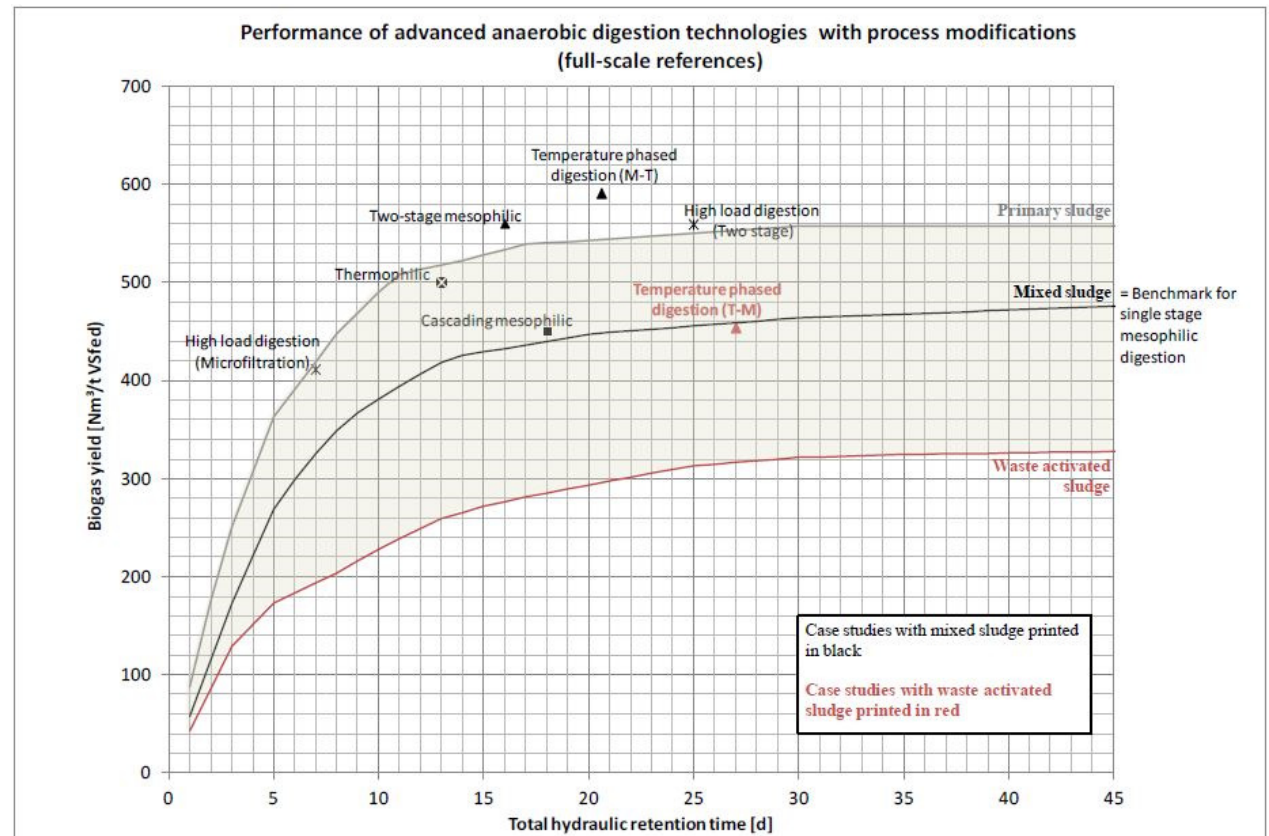


EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA LINEA FANGHI

Per il corretto sviluppo di batteri metanigeni mesofili la **temperatura** dovrebbe essere:

- il più possibile costante nel range 35-40 °C
- con variazioni giornaliere non più alte di 0.5°C e variazioni nell'arco di un mese non più ampie di 3°C

Variazioni più ampie possono causare stress nella biomassa, che deve adattarsi ad un range diverso di temperature, adattamento che può richiedere un tempo pari o superiore al tempo di ritenzione.

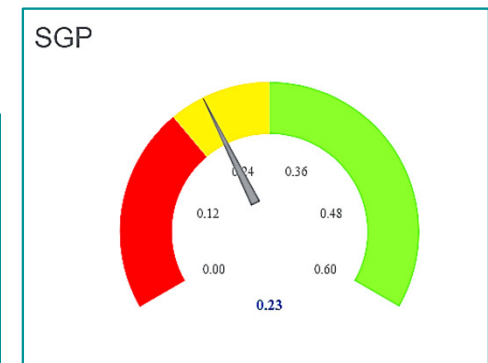
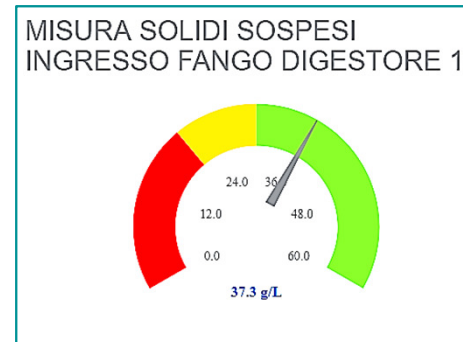


KPIs PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEI DIGESTORI ANAEROBICI

L'approfondita formazione tecnica e la conoscenza dei processi depurativi, hanno permesso a ETC di ideare e sviluppare degli indici di performance (KPI) pensati appositamente per un'efficace valutazione della funzionalità dei comparti di digestione anaerobica.

L'analisi di questi indici consente di :

- identificare precocemente l'insorgere di situazioni che possono portare ad anomalie gestionali
- implementare un **Decision Support System** che allerti l'operatore in caso di problemi e indichi le azioni da mettere in atto



sistema automatico che generi un allarme in modo che l'operatore possa controllare l'impianto e che possa suggerire all'operatore il problema in corso

DATI NECESSARI

Misure in continuo:

- Solidi sospesi totali in ingresso alla digestione
- Portata di fango ispessito in ingresso al digestore
- Temperatura nel digestore
- Portata di biogas prodotto

Misure aggiuntive:

- Solidi totali volatili in ingresso alla digestione
- Contenuto di metano nel biogas

Primo studio di ricerca e sviluppo

effettuato su impianto presso un gestore del servizio idrico, due linee di digestione anaerobica, grande variabilità tra estate e inverno

Dallo studio si è stimato un possibile incremento teorico della produzione di biogas pari al 15%.

In partenza

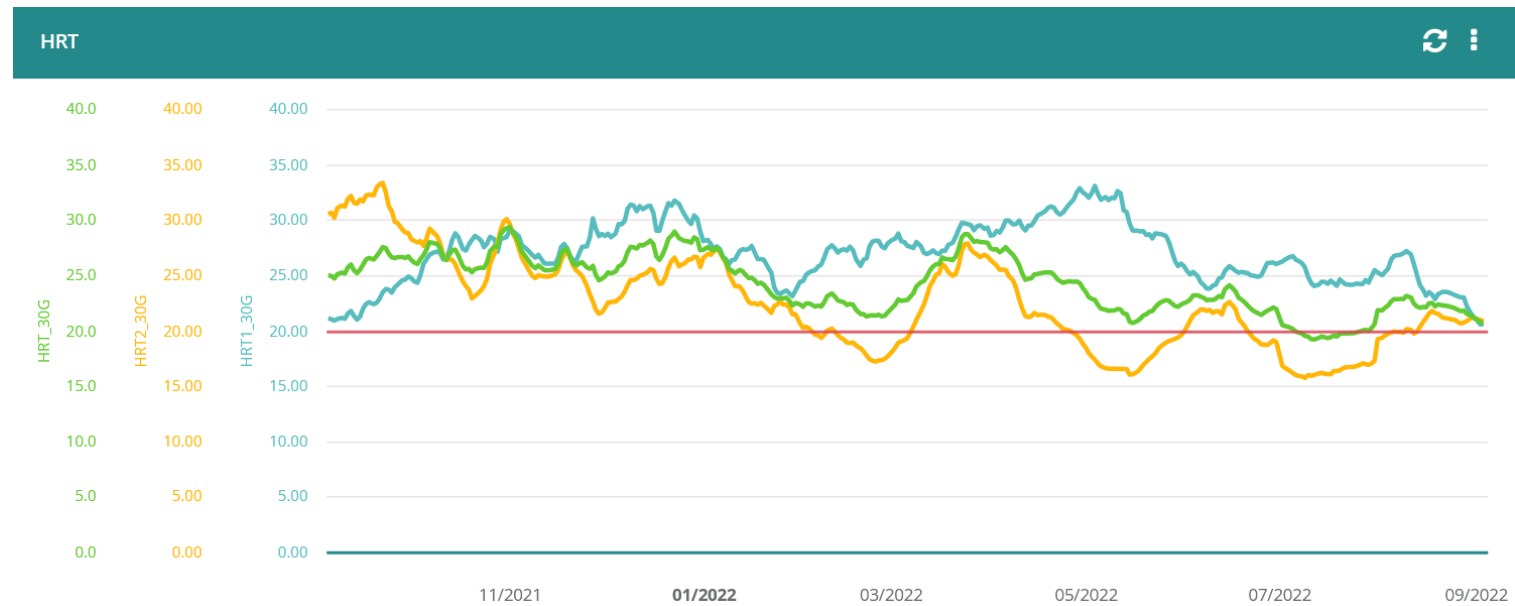
studio per possibile futura applicazione in campo su un impianto di Uniacque.

KPIs PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEI DIGESTORI ANAEROBICI

TEMPO DI RITENZIONE (HRT)

Calcolato come media mobile su 30 giorni.

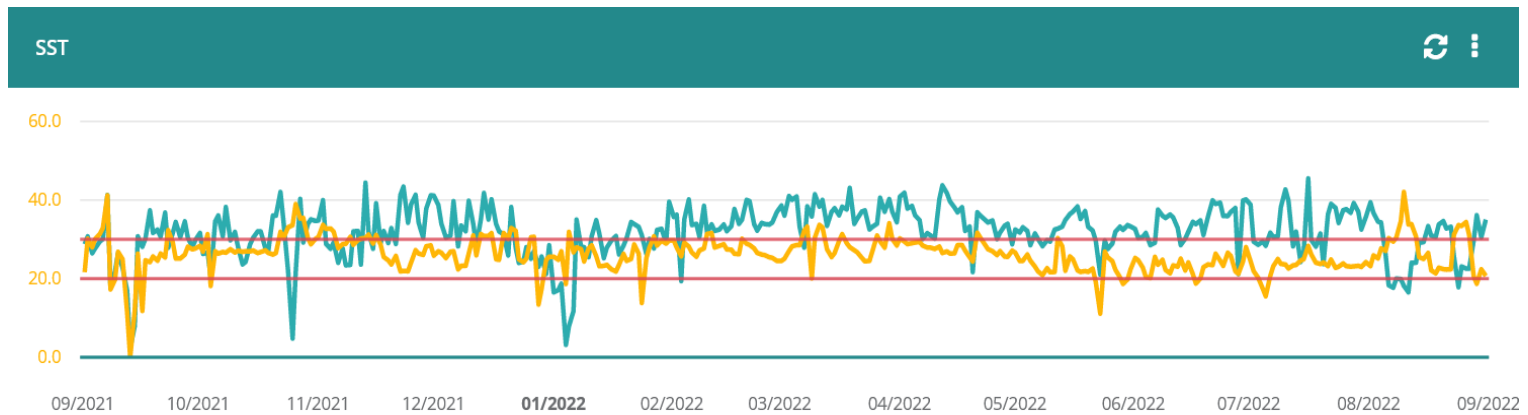
Se l'HRT scende sotto la soglia di 20 giorni, può essere un problema di **eccessiva diluizione** oppure di **carico eccessivo**, a seconda del valore degli SST in ingresso



KPIs PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEI DIGESTORI ANAEROBICI

SST IN INGRESSO

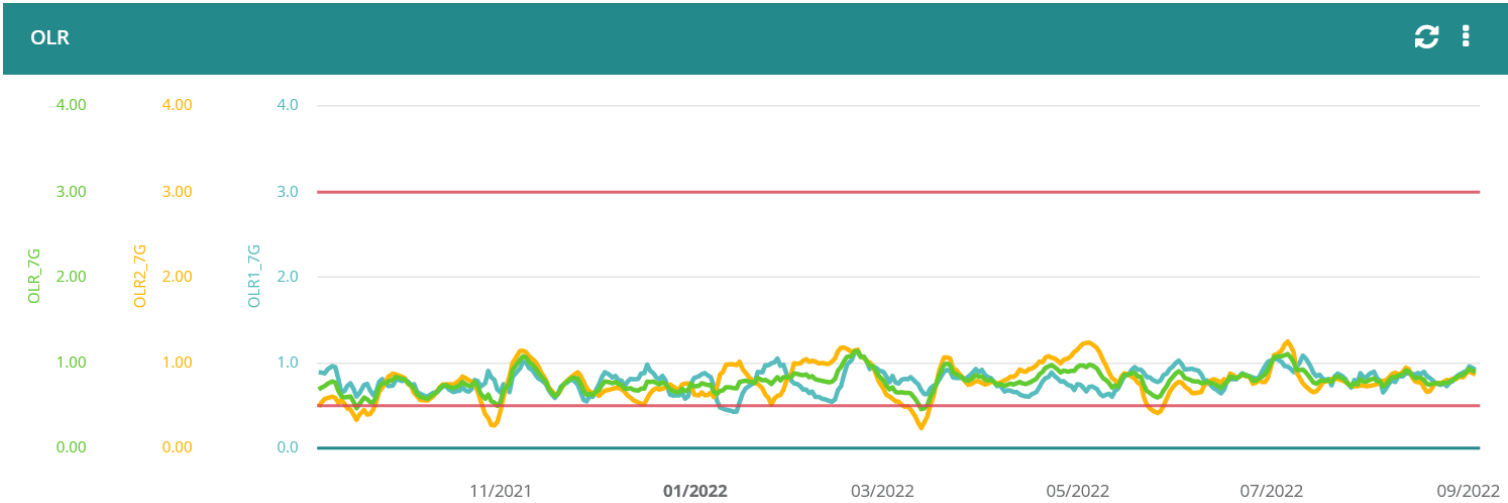
- Soglia bassa, qui posta pari a 20 gSST/L, per allarme di **eccessiva diluizione**.
- Soglia alta, qui pari a 30 gSST/L, che attiva l'allarme di **eccessiva diluizione** solo in caso di HRT troppo basso.



KPIs PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEI DIGESTORI ANAEROBICI

CARICO ORGANICO VOLUMETRICO (OLR)

Viene calcolato l'OLR medio settimanale (media mobile dei 7 giorni precedenti) e vengono impostate due soglie per il **carico eccessivo** e per il **carico troppo basso**

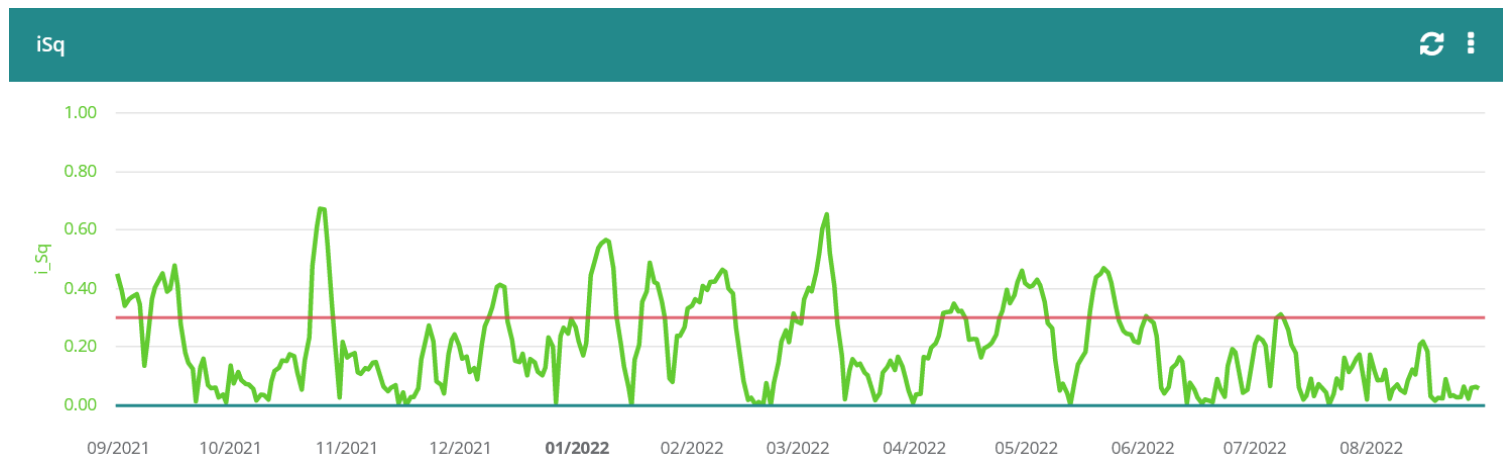


INDICE DI SQUILIBRIO

Il calcolo dell'OLR separato per le due linee permette di fare delle considerazioni su quanto l'impianto è caricato in modo equilibrato. È possibile calcolare un indice di squilibrio basato sull'OLR:

$$i_{Sq} = \frac{|OLR_1 - OLR_2|}{\max(OLR_1, OLR_2)}$$

in cui è possibile impostare una soglia di allarme che avvisi di riequilibrare il carico alle due linee.

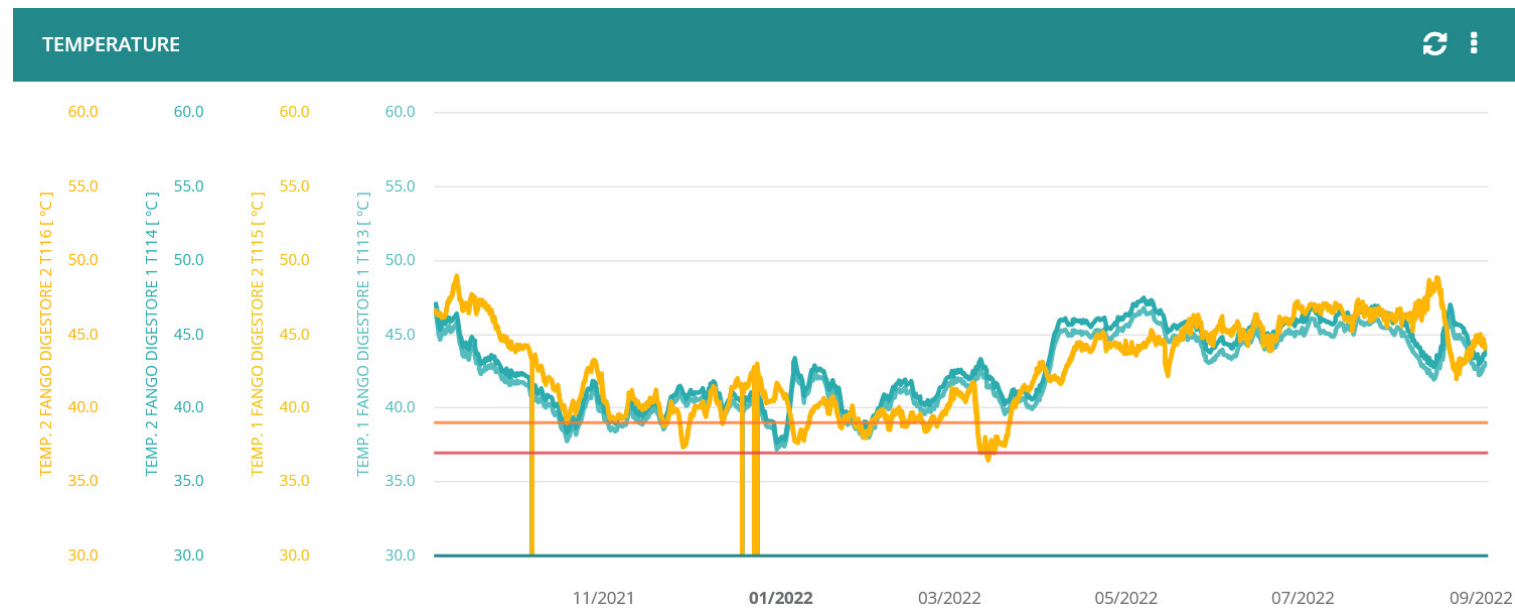


KPIs PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEI DIGESTORI ANAEROBICI

TEMPERATURA

Soglia bassa (37°C) per l'allarme di temperatura bassa;

Soglia alta (39°C) per l'avviso di temperatura non ottimale

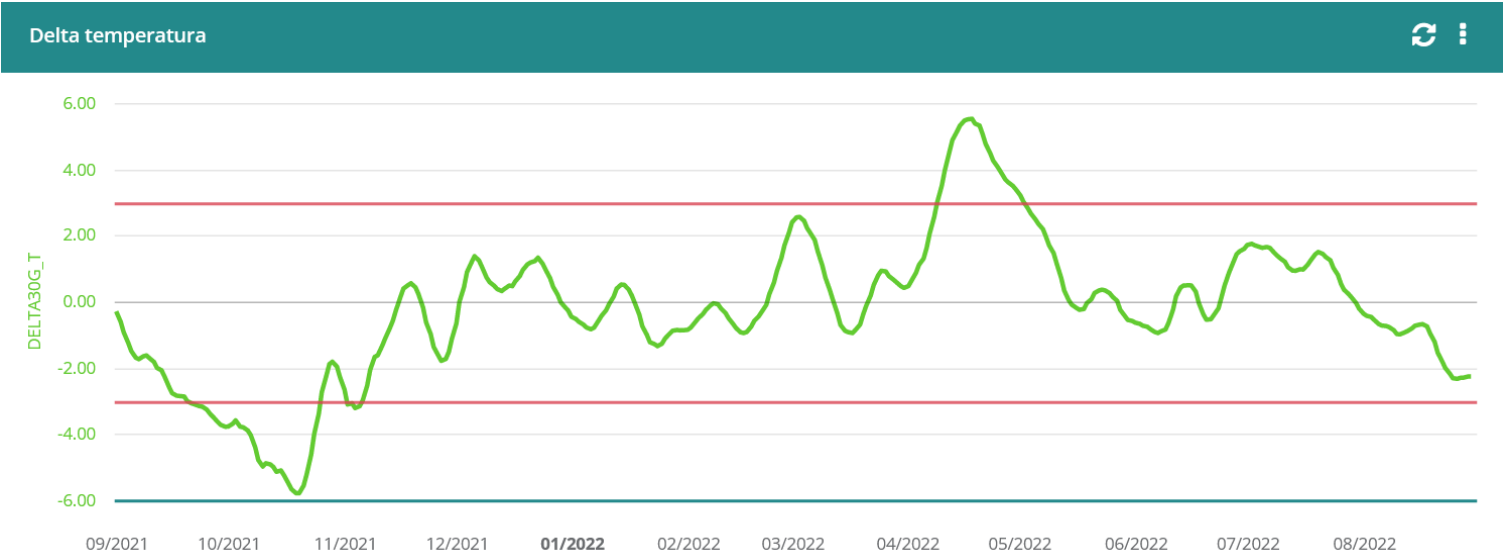


KPIs PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEI DIGESTORI ANAEROBICI

VARIAZIONE DI TEMPERATURA

discesa della temperatura di circa 3°C nell'arco di un mese: allarme di diminuzione di temperatura troppo rapida

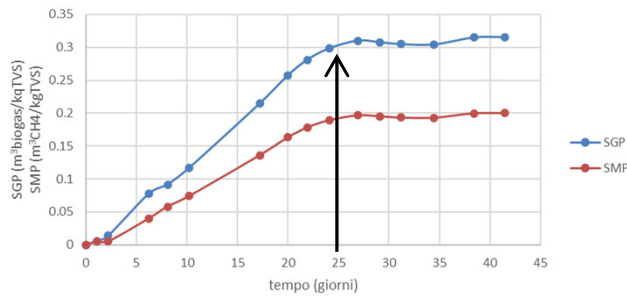
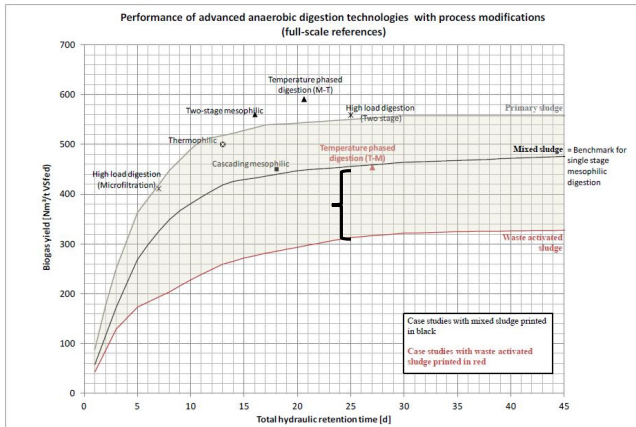
aumento di più di 3°C: allarme di aumento di temperatura troppo rapido



PRODUZIONE SPECIFICA DI BIOGAS (SGP)

Volume di biogas prodotto rispetto ai solidi volatili in ingresso alla digestione.

Qui scende durante l'autunno, quando la diminuzione di temperatura nel digestore è molto rapida. Risale poi durante l'inverno, quando la temperatura è costante, ma ha una rapida diminuzione in aprile in corrispondenza dell'aumento repentino della temperatura. Durante l'estate ci sono stati problemi di basso HRT e probabilmente anche problemi legati al basso pH in digestione, risultanti in una diminuzione della SGP rispetto a quella che si potrebbe raggiungere con temperature così elevate.



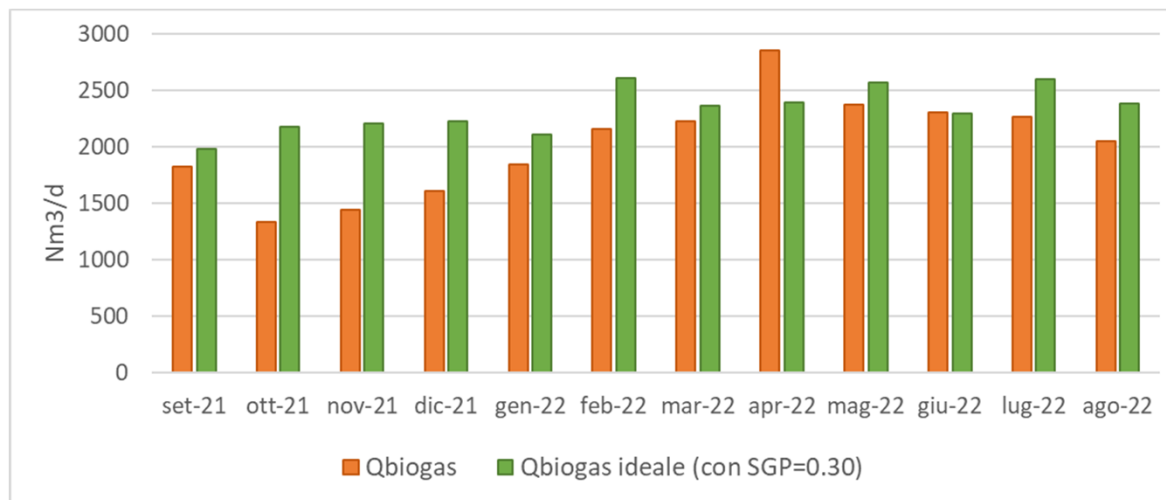
SGP



KPIs PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEI DIGESTORI ANAEROBICI

PRODUZIONE SPECIFICA DI BIOGAS (SGP)

Produzione di biogas media mensile effettivamente ottenuta, rispetto a quella che si sarebbe potuto ottenere con una SGP pari a 0.30 Nm³/kgSSV.

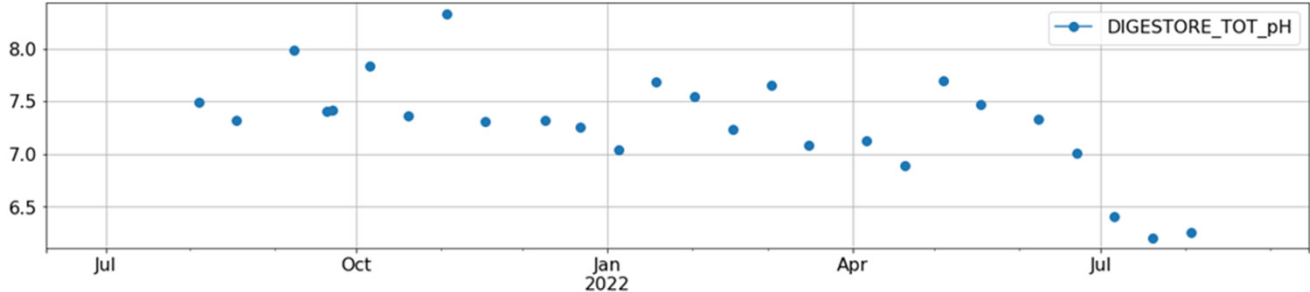


possibile incremento teorico della produzione di biogas pari al 15%.

KPIs PER LA VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEI DIGESTORI ANAEROBICI

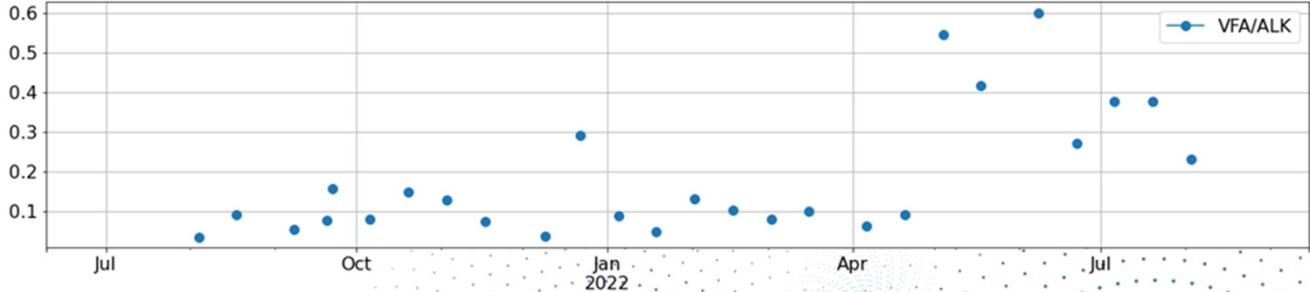
pH

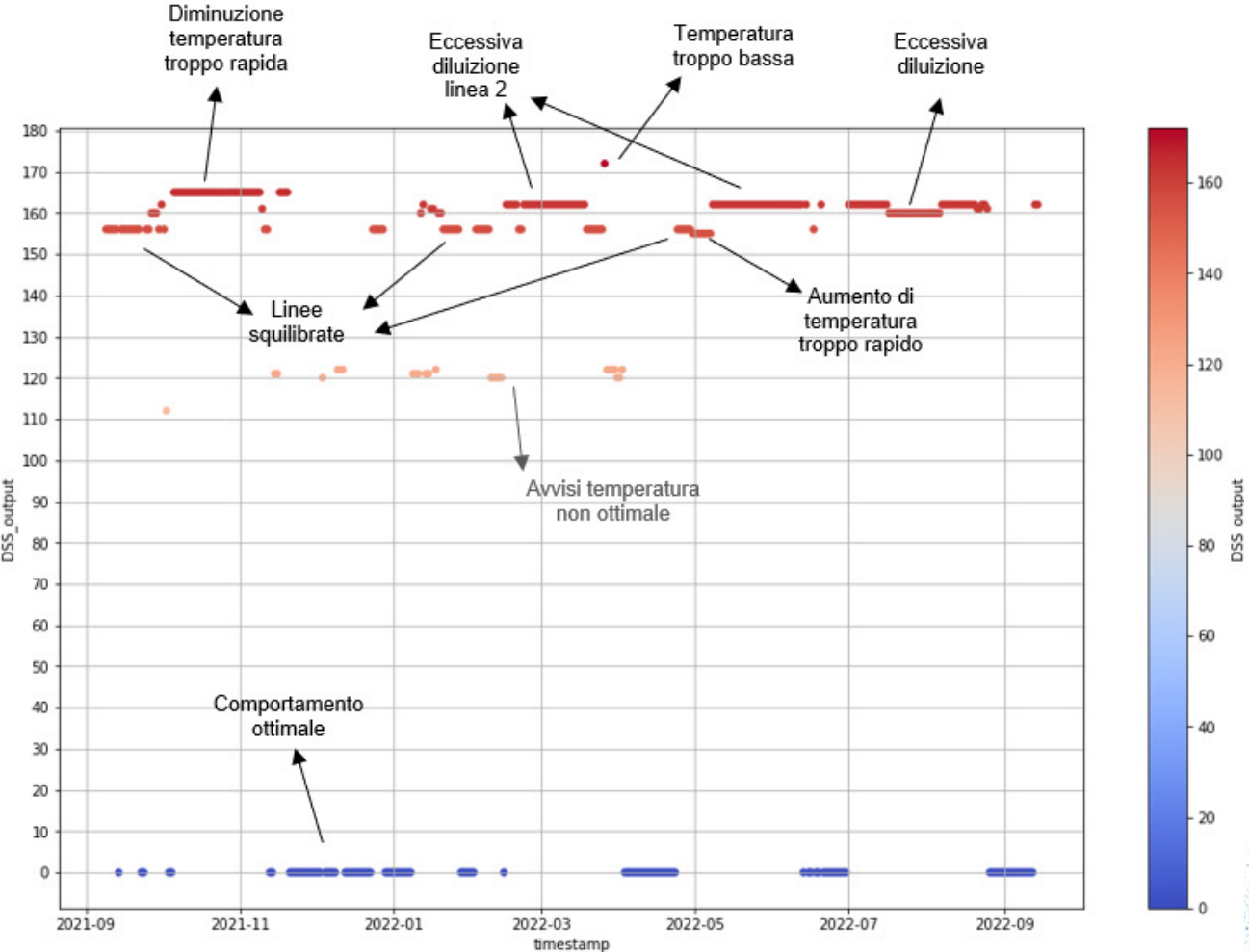
- Difficoltà dell'inserimento automatico delle analisi di laboratorio nel sistema



VFA/ALCALINITA'

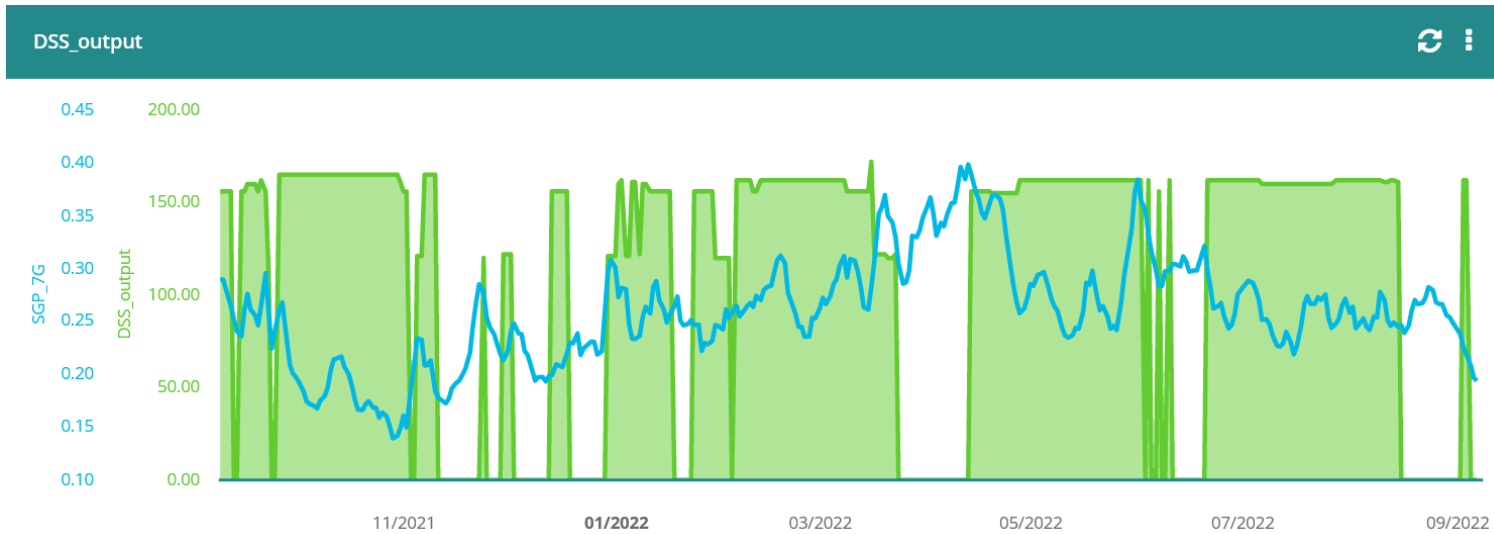
- Difficoltà dell'inserimento automatico delle analisi di laboratorio nel sistema



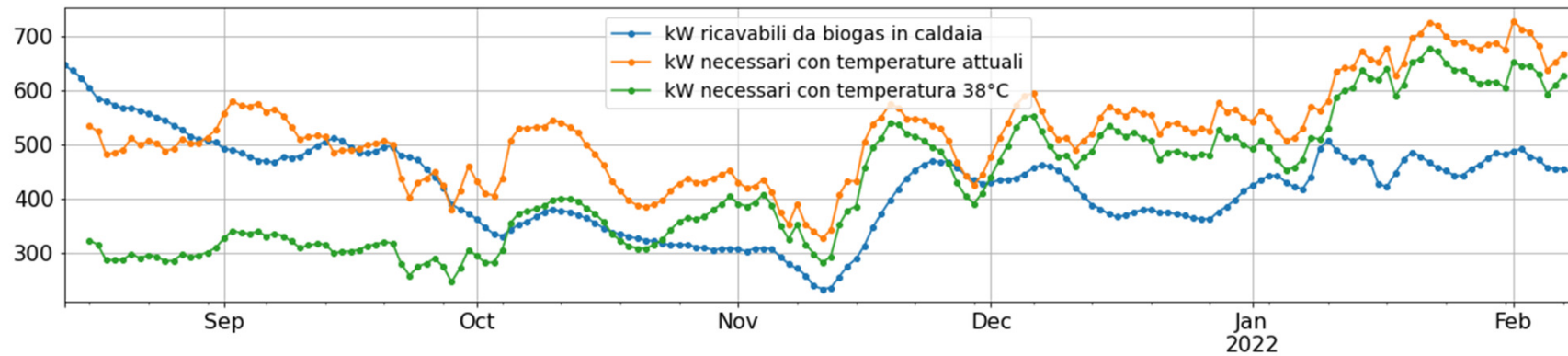


Legenda:

- 110: AVVISO CARICO TROPPO BASSO
- 111: AVVISO CARICO TROPPO BASSO Linea 1
- 112: AVVISO CARICO TROPPO BASSO Linea 2
- 120: AVVISO TEMPERATURA NON OTTIMALE
- 121: AVVISO TEMPERATURA NON OTTIMALE Linea 1
- 122: AVVISO TEMPERATURA NON OTTIMALE Linea 2
- 155: ALLARME AUMENTO DI TEMPERATURA TROPPO RAPIDO
- 156: ALLARME LINEE SQUILIBRATE
- 160: ALLARME ECCESSIVA DILUIZIONE
- 161: ALLARME ECCESSIVA DILUIZIONE Linea 1
- 162: ALLARME ECCESSIVA DILUIZIONE Linea 2
- 165: ALLARME DIMINUZIONE DI TEMPERATURA TROPPO RAPIDA
- 170: ALLARME TEMPERATURA TROPPO BASSA
- 171: ALLARME TEMPERATURA TROPPO BASSA Linea 1
- 172: ALLARME TEMPERATURA TROPPO BASSA Linea 2
- 180: ALLARME CARICO ECCESSIVO
- 181: ALLARME CARICO ECCESSIVO Linea 1
- 182: ALLARME CARICO ECCESSIVO Linea 2



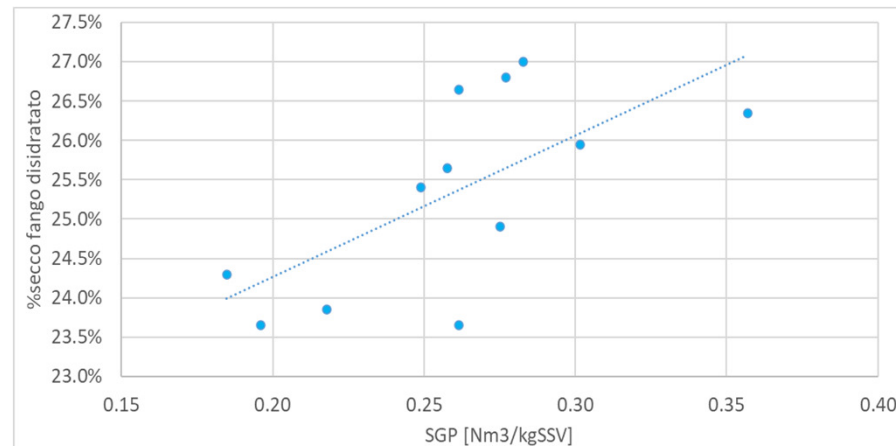
È interessante notare che la segnalazione di un allarme corrisponde ad una diminuzione della SGP dopo poco tempo (si veda ad esempio il periodo di aprile-maggio in cui viene segnalato un aumento di temperatura troppo rapido), o comunque ad un valore di SGP non ottimale (ad esempio nel periodo estivo).



- Quando la linea arancione si trova sopra a quella blu, significa che è necessario integrare con metano da rete esterna.
- In estate la linea arancione si trova sovrapposta a quella blu e a volte sotto (la differenza è il biogas inviato in torcia). Se si mantenesse una temperatura inferiore, durante il periodo estivo si avrebbe a disposizione una potenza residua che può essere convertita in potenza elettrica tramite un cogeneratore.
- Durante il periodo invernale è in ogni caso necessario, nelle condizioni attuali di ispessimento, fare ricorso al metano da rete.

Oltre ai vantaggi legati ad una maggior produzione di biogas, che può essere valorizzato sia in caldaia per il riscaldamento del digestore, sia in un cogeneratore per la produzione di energia elettrica e termica, l'aumento della SGP (produzione specifica di fango) permette una riduzione dei fanghi grazie a due effetti:

- **Maggiore abbattimento degli SSV in digestione:** i solidi volatili rimossi sono legati alla quantità di biogas prodotto, tramite un coefficiente pari a circa $1.16 \text{ kgSSVrim/Nm}^3\text{biogas}$. Ad esempio, il passaggio da una produzione specifica di biogas di $0.42 \text{ Nm}^3/\text{kgTVS}$ ad una produzione di $0.45 \text{ Nm}^3/\text{kgTVS}$ corrisponde ad una percentuale di rimozione degli SSV che passa dal 49% al 52%.
- **Maggiore efficienza della disidratazione meccanica:** la percentuale di secco in uscita è correlata alla SGP: più il digestore lavora bene, più si ottiene un fango facile da disidratare.



Pacchetti di logiche di controllo:

- **Ottimizzazione temperatura:** regolando l'alimentazione di biogas o metano in caldaia, permette di mantenere una temperatura ottimale all'interno del digestore. Due sottopacchetti:
 - **Ottimizzazione temperatura**
 - **Attivazione metano da rete**
- **Ottimizzazione carico:** permette di regolare la portata in ingresso a due linee di digestione anaerobica in modo equilibrato e con una percentuale di secco adeguata. Due sottopacchetti:
 - **Controllo carico complessivo**
 - **Controllo dell'equilibrio tra le linee**



Input:

- temperatura digestore
- temperatura in ingresso
- portata in ingresso
- pressione/altezza nel gasometro

Output:

- percentuale di funzionamento della caldaia
- segnale digitale di on/off del riscaldamento
- posizione valvola a tre vie per l'alimentazione da metano o biogas



Input:

- SST in ingresso alle singole linee di digestione
- portata in ingresso alle singole linee di digestione

Output:

- segnale digitale di consenso al carico della digestione
- segnale digitale di consenso al carico linea 1
- segnale digitale di consenso al carico linea 2