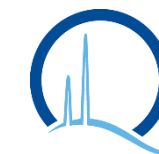




POLLUTION

ANALYTICAL EQUIPMENT

THE ANSWER TO YOUR ON-SITE DETECTION CHALLENGES



ECOMONDO 2025

**Soluzione analitica completa
per il monitoraggio del
processo di upgrading**

Riccardo Boarelli

Segment Manager Energy - Quality&Process
GC Product Specialist

Inquinanti nel biogas



Il **biogas** prodotto dalla fermentazione anaerobica di FORSU e rifiuti agro-zootecnici generalmente contiene **alte concentrazioni di composti inquinanti** (~migliaia mg/Sm³).

I filtri a carboni attivi sono il metodo più diffuso per eliminare le impurezze dal biogas prima della fase di upgrading a biometano.

Non esiste un modo semplice per **capire quando i filtri a carboni attivi (CA) cominciano a saturare**, riducendo la loro capacità di rimuovere i VOC (e non solo).

Filtri a carboni attivi saturi lasciano passare gli inquinanti che possono causare i seguenti problemi:

- **Impiantistici:** Danneggiamento impianto upgrading a valle
- **Ambientale:** Venting VOC in atmosfera
- **Qualità biometano**
- **Sicurezza**

Qualità Biometano



La presenza dei VOC e H₂S influisce negativamente sulla qualità del biometano

La normativa di riferimento UNI/TS 11537:2024 indica che il biometano immesso in rete «***non deve presentare caratteristiche tali da annullare o coprire l'effetto delle sostanze odorizzanti ammesse all'impiego dalle norme tecniche vigenti***»

Concentrazione delle componenti terpeniche

Al momento della stesura di questo documento, la letteratura tecnico-scientifica disponibile indica che condizioni di odorizzabilità e caratterizzazione olfattiva positive possono essere ottenute, con 32 mg/Sm³ di THT, per un biometano con concentrazioni di limonene equivalente ≤ 9 ppm mol.¹³⁾ (52mg/Sm³).

Qualità Biometano



La norma tecnica UNI/TR 11722:2018, ora inclusa nella UNI/TS 11537:2024 aveva già indicato i principali composti di interesse e alcune modalità di analisi

Sostanze mascheranti

Al momento della redazione del presente documento sono note le seguenti sostanze:

- *Terpeni tra i quali:*
 - *α -pinene*
 - *β -pinene*
 - *limonene*
 - *carene*
- Butanone
- Cumene

come mascheranti o comunque interferenti con le sostanze odorizzanti e in grado di ridurre l'efficacia dell'odorizzazione ai fini della sicurezza¹⁾.

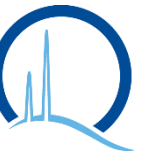
Indicazioni per l'analisi delle componenti citate

Il gas da sottoporre ad analisi deve essere conservato in recipienti in alluminio o altri materiali in grado di garantire la rappresentatività (qualità e stabilità) del campione sino al momento dell'esecuzione delle analisi.

La metodologia di campionamento ed analisi per la determinazione di terpeni, butanone e cumene è la UNI EN ISO 16017.

Il contenuto totale delle componenti terpeniche deve essere espresso come limonene equivalente determinato in base alla UNI EN ISO 16017.

Sviluppo Prototipo: Analizzatore Online VOC



Per i primi produttori di biometano il problema dei VOC divenne sempre più rilevante e spinse la ricerca in soluzioni.

Nel 2018 viene realizzato il **primo prototipo di Analizzatore Online VOC** per Gruppo S.E.S.A.

Situazione del cliente

Analisi dei VOC quotidiane eseguite in laboratorio da personale qualificato

- Strumentazione occupata
- Lunghi tempi di attesa
- Costi elevati

Letteratura scientifica del tempo piuttosto limitata sull'analisi di VOC nel Biogas

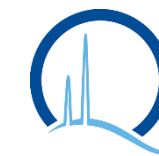
Obiettivo

Sistema di monitoraggio on-line dei VOC per capire quando sostituire i carboni attivi per la purificazione del biogas



Ottimizzare il cambio dei filtri a carboni attivi data l'elevata incidenza sui costi operativi dell'impianto

Monitoraggio on-line dei VOC



RICHIESTA

Ottimizzazione dei sistemi di abbattimento delle impurezze nel biogas



PROBLEMA

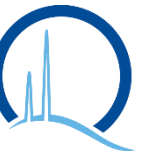
Come eseguire un'analisi efficace sui VOC in matrice biogas?



Soluzione:
Micro Gascromatografo

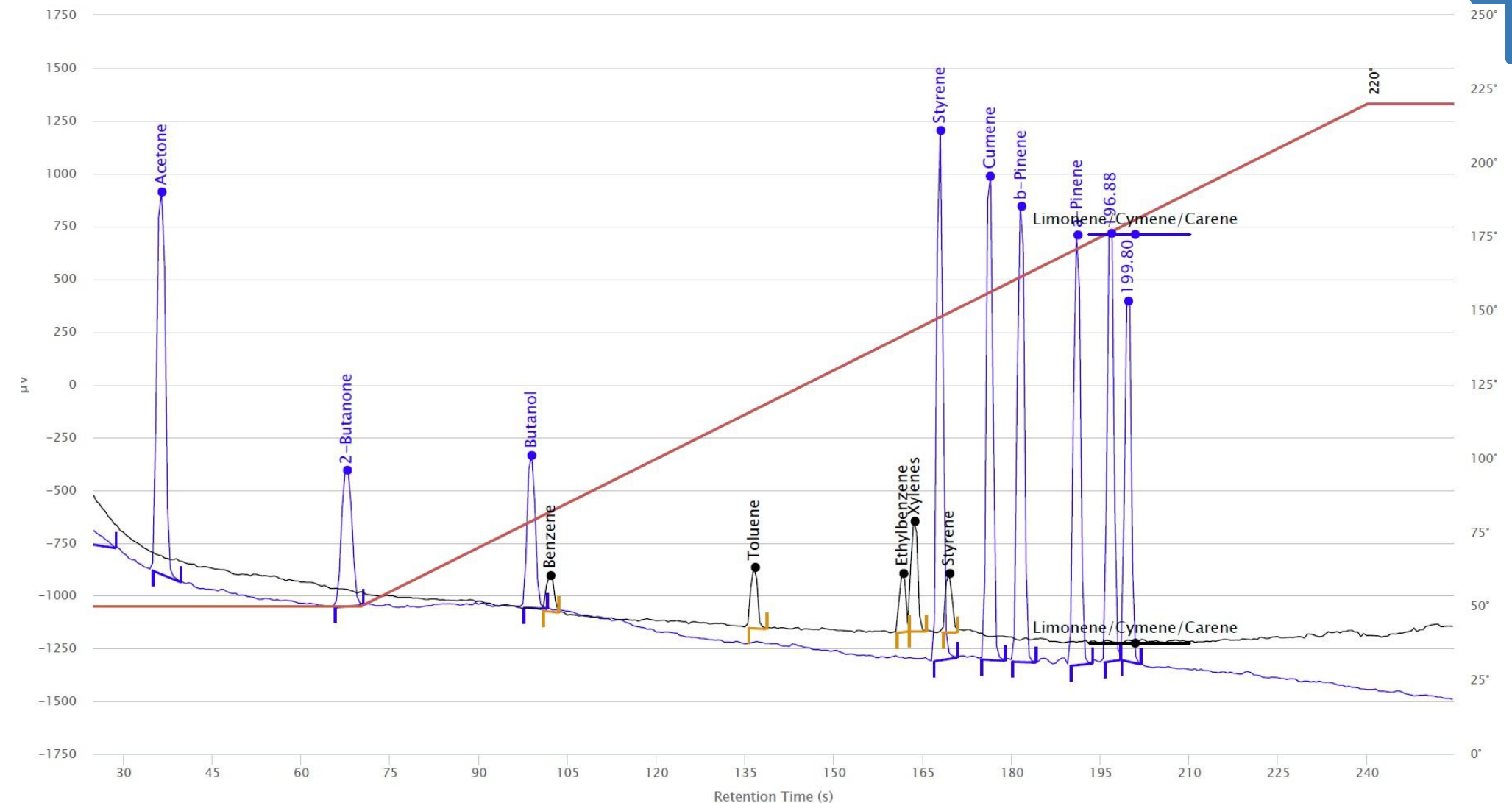


Risultati analitici preliminari



VOC più significativi presenti nel Biogas (da analisi di laboratorio)

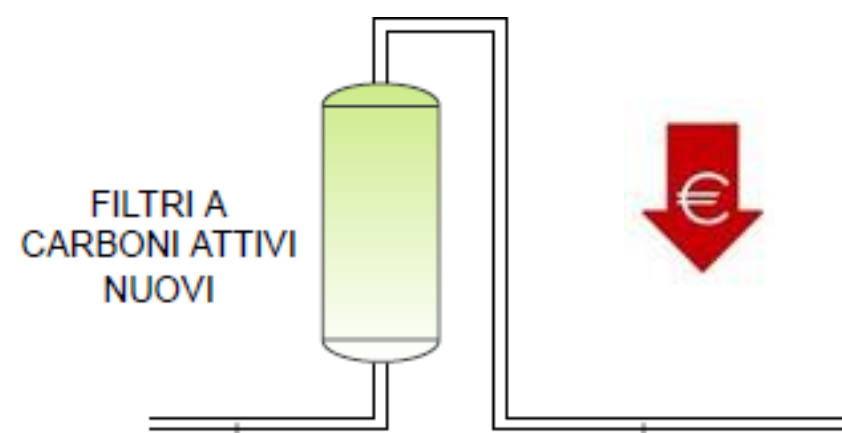
- **Acetone:** è segnale di problemi all'interno del digestore anaerobico, in particolare legati alla salute dei batteri.
- **MEK (2-butanone):** particolarmente importante se il sistema di upgrading è a membrane.
- **Alcoli:** sono sempre presenti nel biogas agricolo e anche se abbastanza solubili in acqua, possono superare i sistemi di abbattimento e arrivare ai CA.
- **Aromatici e terpeni:** sono i composti con la concentrazione maggiore (fino 2000 ppm), hanno un forte impatto odoroso:
 - **Styrene**
 - **Benzene**
 - **Cumene**
 - **α & β pinene**
 - **Limonene**
 - **p-Cymene**



Il cromatogramma mostra l'analisi dei VOC con concentrazioni variabili tra 10 ppm (benzene) e 140 ppm (acetone).
Micro GC Inficon Fusion è stato comparato con un GC da laboratorio, dando gli stessi risultati.

Ottimizzazione del processo di upgrading

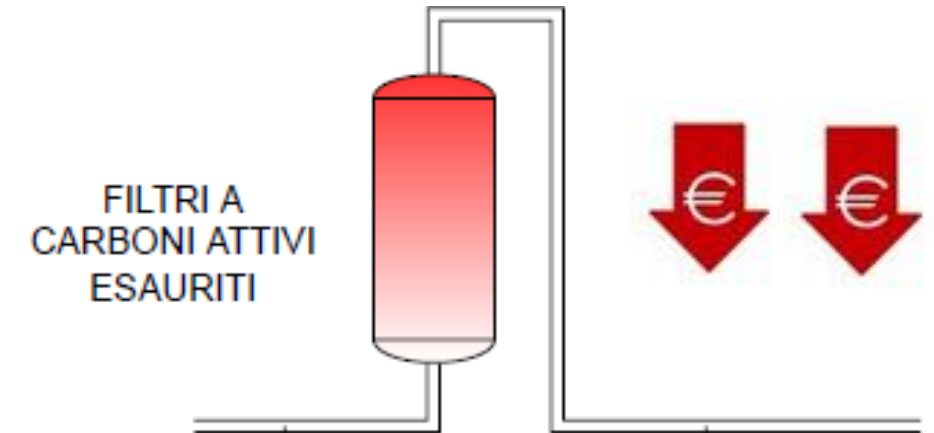
Possiamo vedere come in poco più di due settimane il filtro si satura e permetta il passaggio di tutti i VOC che sono nel biogas. Il periodo di massima efficienza per il cambio filtro è evidenziato in verde nel grafico.



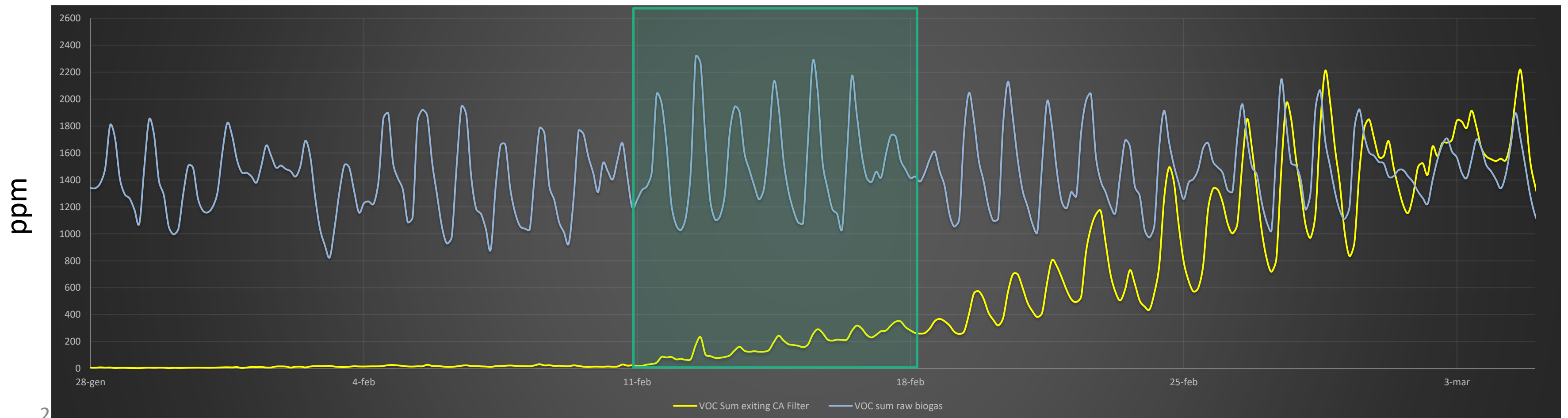
Sostituzione anticipata



Sostituzione corretta con massima resa

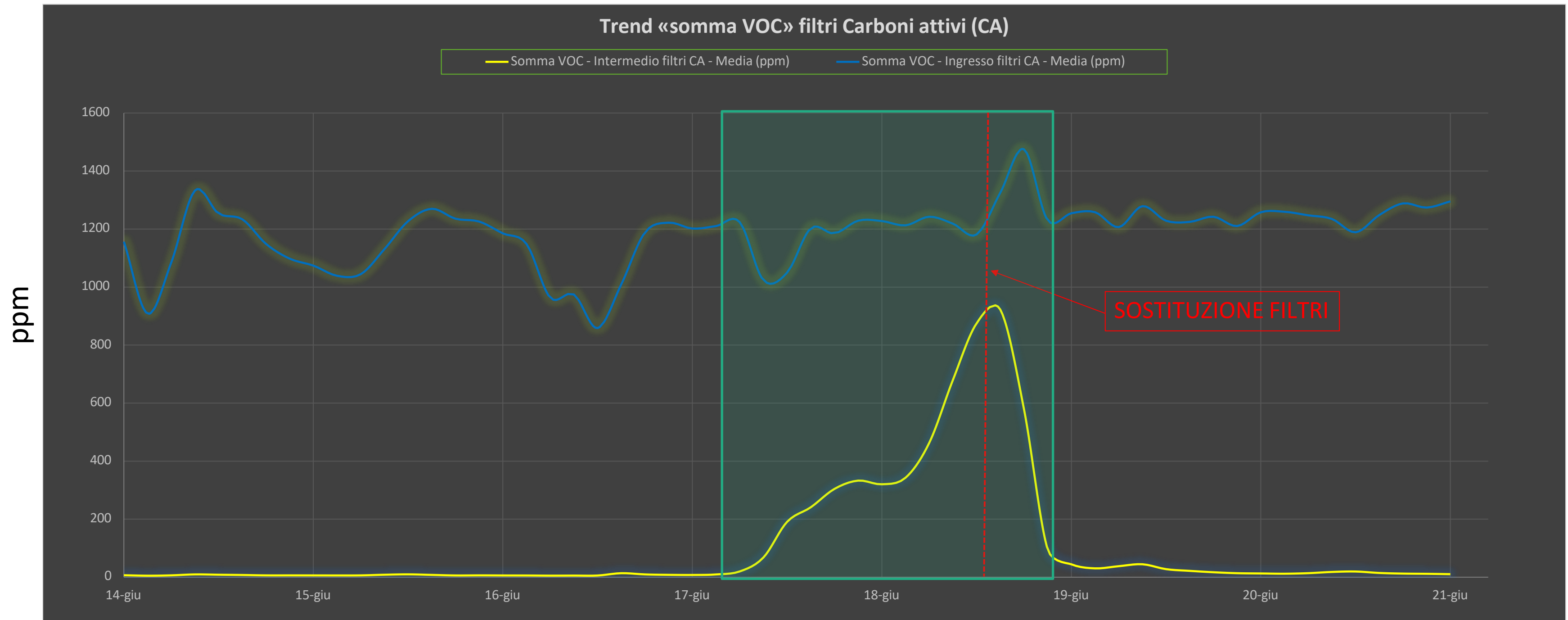


Sostituzione tardiva, impianto a rischio

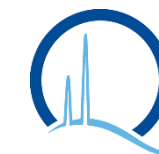


Ottimizzazione del processo di upgrading

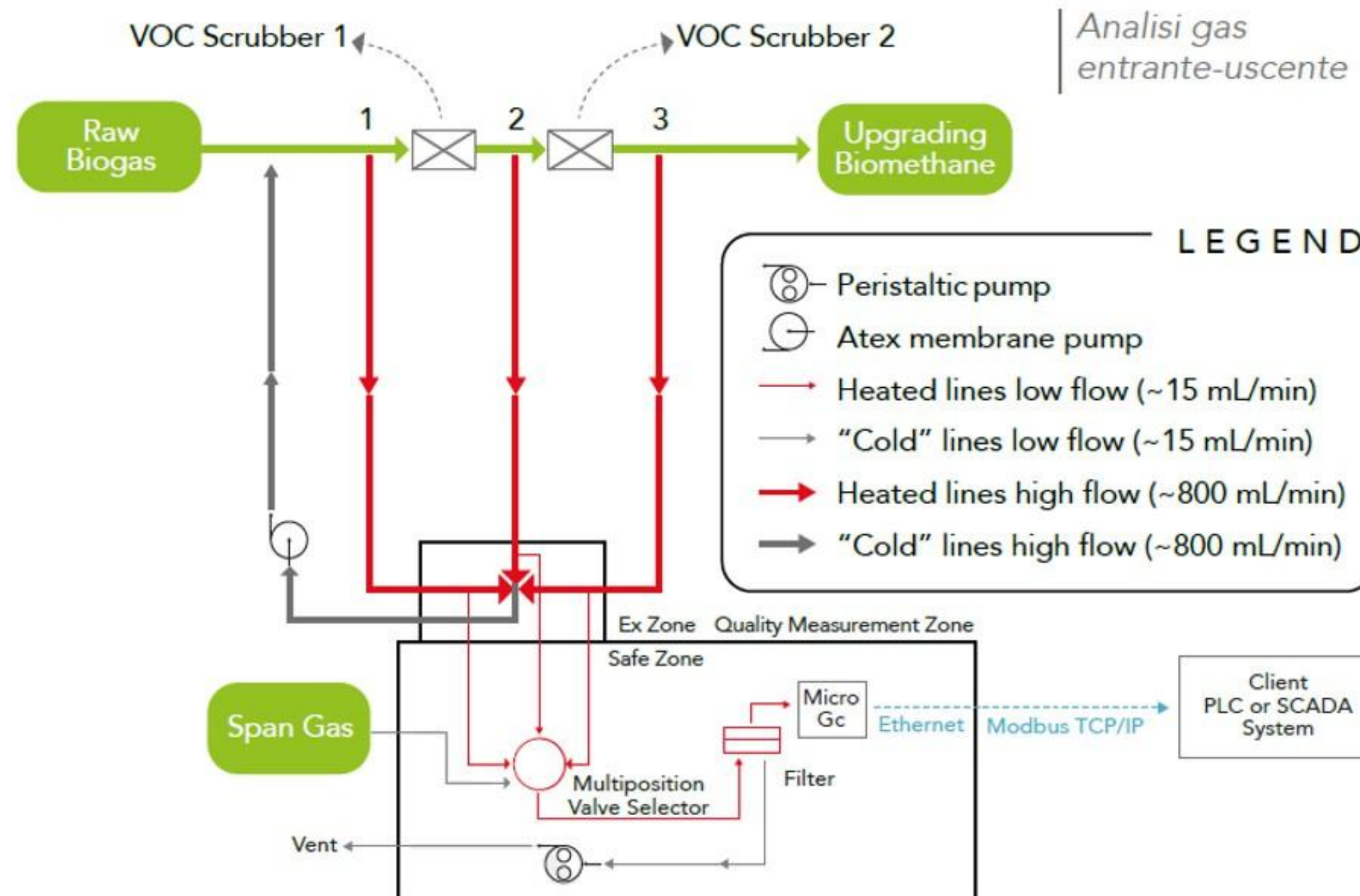
In questo altro caso studio, vediamo come in poco più di due giorni il filtro si satura e permetta il passaggio di tutti i VOC che sono nel biogas. Questo dipende da vari fattori, tra cui la dimensione del filtro, la portata e la quantità di VOC entranti. Quest'ultimo parametro non è costante nel tempo.



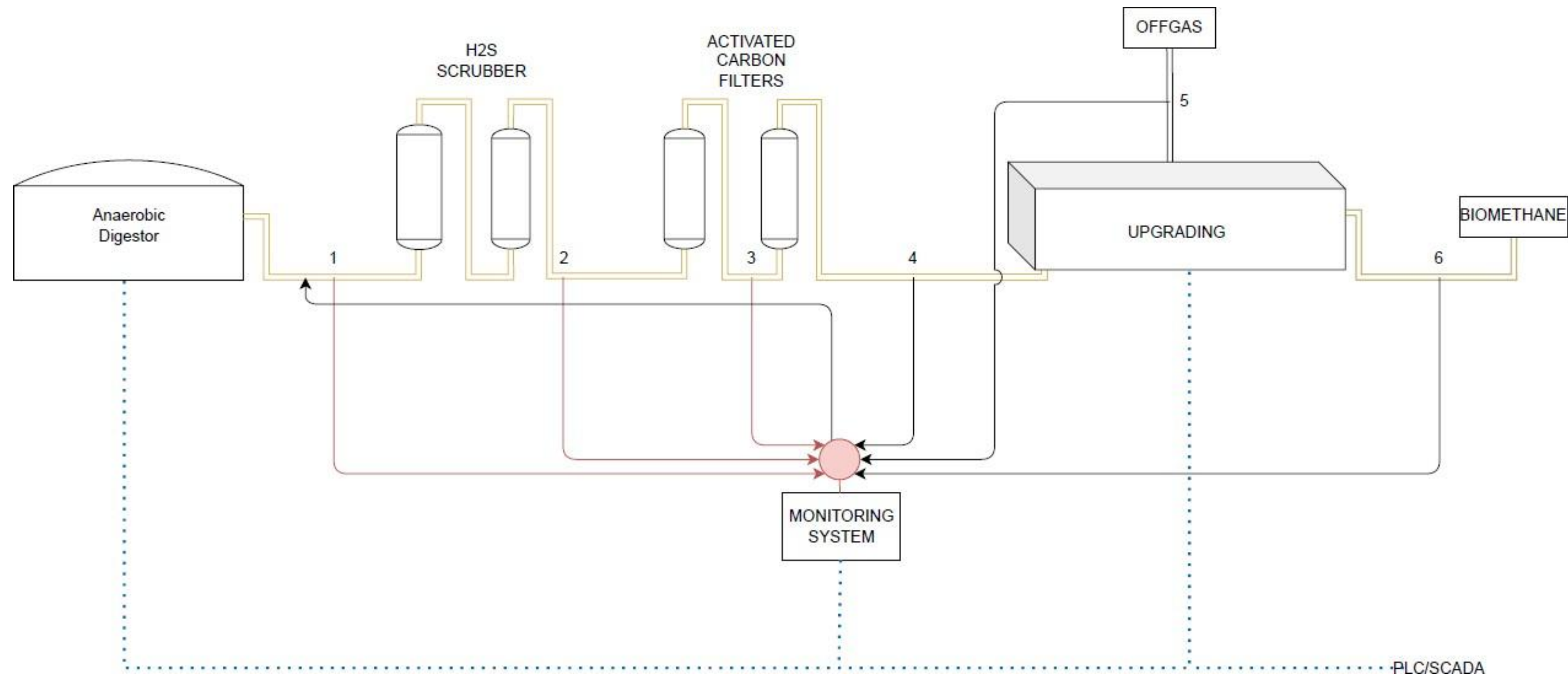
Ottimizzazione del sistema di campionamento



- **High flow** (fast loop): la corrente di gas fresco flussa continuamente attraverso tutte le linee di campionamento (6) - grazie a una pompa a membrana dedicata - e viene ricircolata a monte dei filtri per evitare perdite di metano in atmosfera.
- **Low flow**: la parte interna del sistema di campionamento presenta una valvola multi-posizione che collega in sequenza le linee di campionamento al Micro GC. L'umidità e le impurità sono separate dal flusso di campione da un filtro e da una pompa peristaltica per lo spurgo dell'acqua di condensa



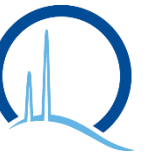
Posizionamento nell'impianto di upgrading



1. Analisi H₂S e O₂ biogas prima primo filtro H₂S
2. Analisi VOC biogas prima filtro carboni attivi VOC
3. Analisi VOC biogas dopo primo filtro a carboni VOC

4. Analisi VOC biogas uscente carboni attivi
5. Analisi qualità CO₂ oppure venting CH₄ in atmosfera
6. Analisi qualità del Biometano

Il Prototipo



Prototipo del sistema di analisi VOC installato nel primo impianto di SESA (2018 e ancora funzionante):

Remote Control Box (RCB)

- Da/a SCADA/PLC System
- Da/a Pollution Guardian

MicroGC Fusion

(MPF) Multi Position
Flamable Heated
Gas Sampler -
Sistema di
campionamento
biogas

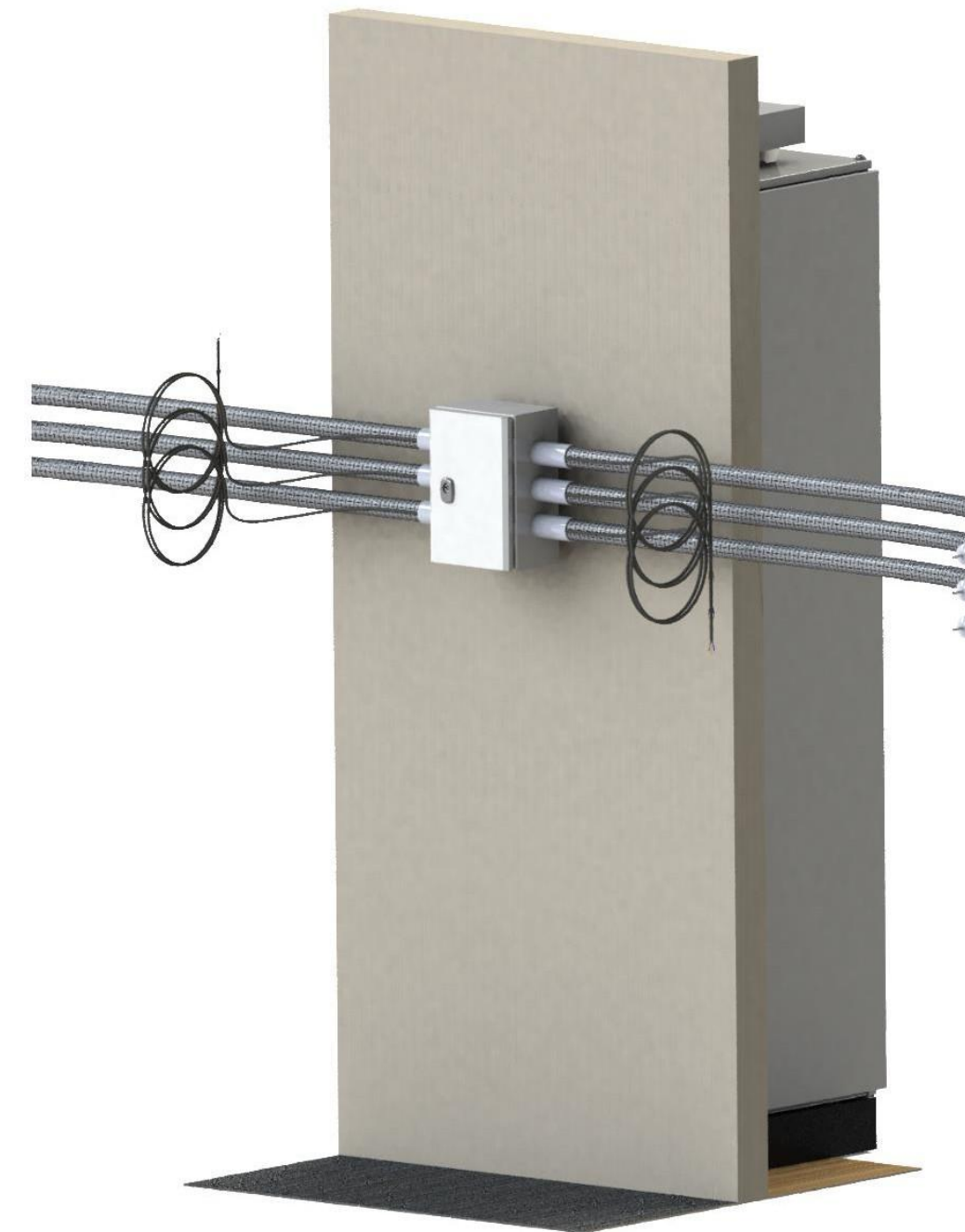
Soluzione analitica per il processo di upgrading



Parametro	Simbolo	Unità di Misura	Sensibilità	Range	Valore limite Norma 11537	Basic	Ideal	Premium
VOC - Mascheranti (es. Limonene)	VOC	ppmv	≤ 1	0 – 10.000	-	•	•	•
Indice di Wobbe	WI	MJ/Sm3	-	-	$47,31 \leq x \leq 52,33$		•	•
Potere Calorifico Superiore	PCS	MJ/Sm3	-	-	$34,95 \leq x \leq 45,28$		•	•
Potere Calorifico Inferiore	PCI	MJ/Sm3	-	-	-		•	•
Densità Relativa	D _r	-	-	-	$0,555 \leq x \leq 0,7$		•	•
Metano	CH ₄	%mol	$< 0,001$	0 - 100	-		•	•
Anidride Carbonica	CO ₂	%mol	$< 0,001$	0 - 100	$\leq 2,5$		•	•
Solfuro di idrogeno	H ₂ S	mg/Sm3	$\leq 2,5$	0 – 10.000	$\leq 3,5$		•	•
Contenuto di zolfo	H ₂ S COS	mg/Sm3	$\leq 2,5$	0 – 10.000	$\leq 3,5$		•	•
Ossigeno	O ₂	%mol	$< 0,001$	0 – 100	$\leq 0,6$			•
Azoto	N ₂	%mol	$< 0,001$	0 – 100	-			•
Ossido di carbonio	CO	%mol	$< 0,001$	0 – 100	$\leq 0,1$			•
Idrogeno	H ₂	% vol	$< 0,01$	0 – 100	≤ 1			•

Ottimizzazione del processo di upgrading

Versione Indoor



Ottimizzazione del processo di upgrading



Versione Outdoor

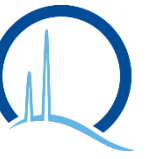


Ottimizzazione del processo di upgrading

Versione Outdoor



Impianti in attività

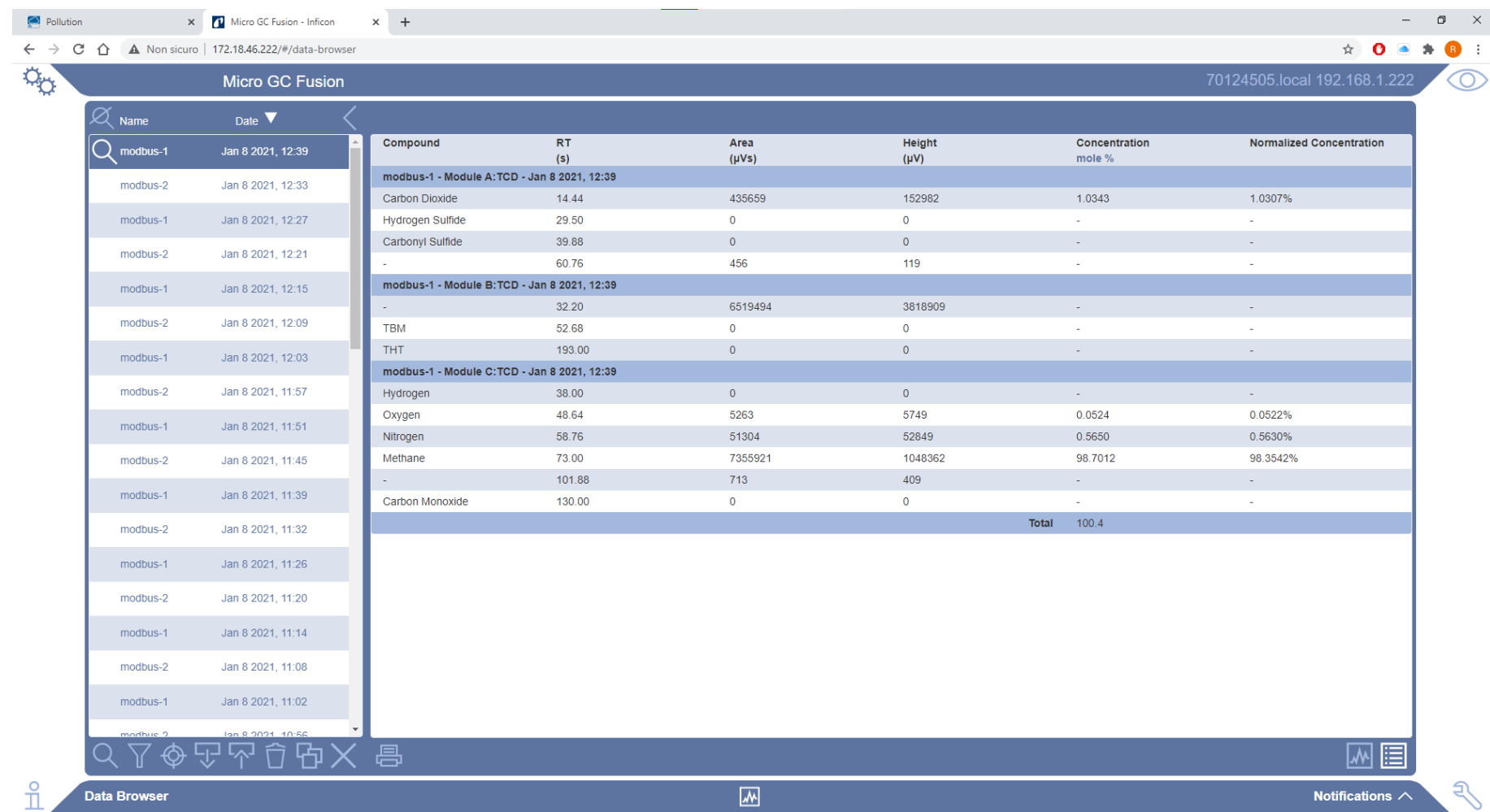
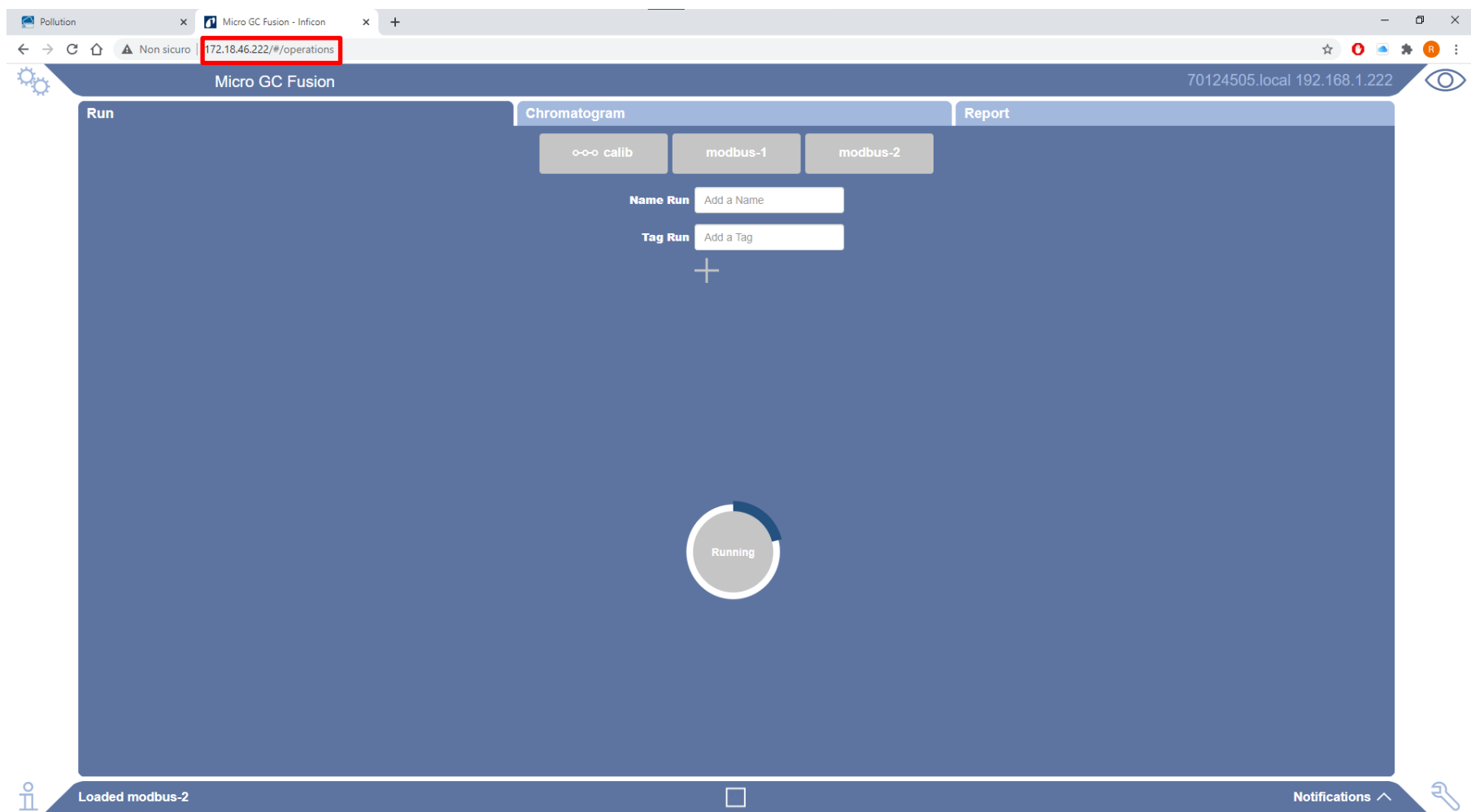


Sono **alcune decine** gli impianti attualmente in funzione con il sistema di monitoraggio con microGC per gli impianti di upgrading.

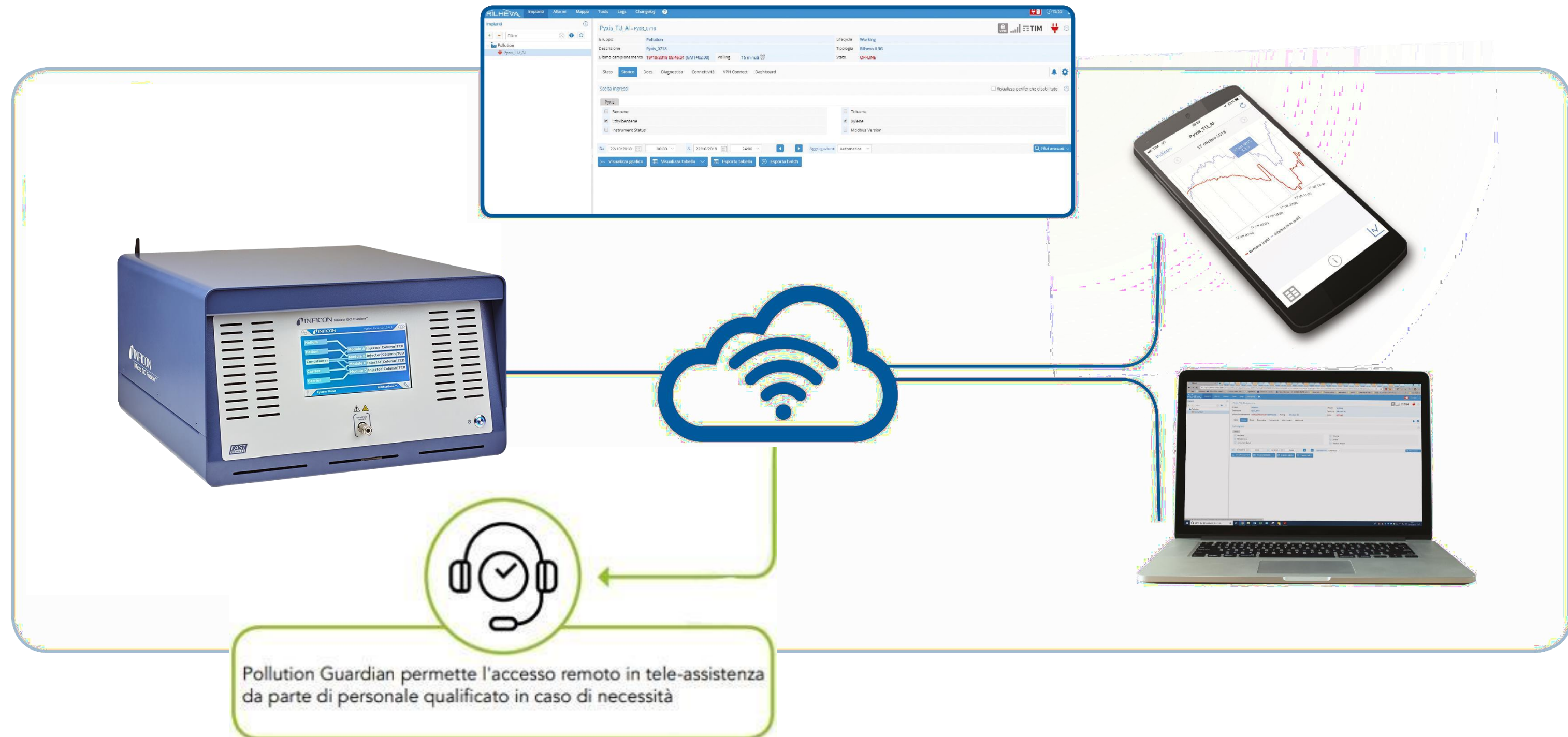
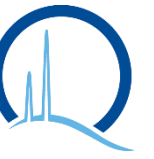


Software Web-Server senza licenza

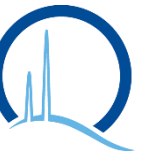
Una volta connessi, è possibile utilizzare normalmente il SW di gestione dell'analizzatore. Si ha infatti la piena funzionalità di tutte le parti del SW, dalla diagnostica al database.



Pollution Guardian: Cloud based software



Cloud Pollution Guardian



La connessione alla piattaforma è possibile sia con PC che con dispositivi mobili con la relativa App.

- Nella schermata principale si possono vedere i dati dell'ultima analisi effettuata.
- Con i comandi si accede allo storico dati, le dashboard personalizzate e si può accedere allo strumento tramite connessione VPN.
- È possibile configurare allarmi per ogni parametro (min e/o max) scegliendo anche il metodo di notifica dell'allarme (sms, mail, notifica su App, ecc..).

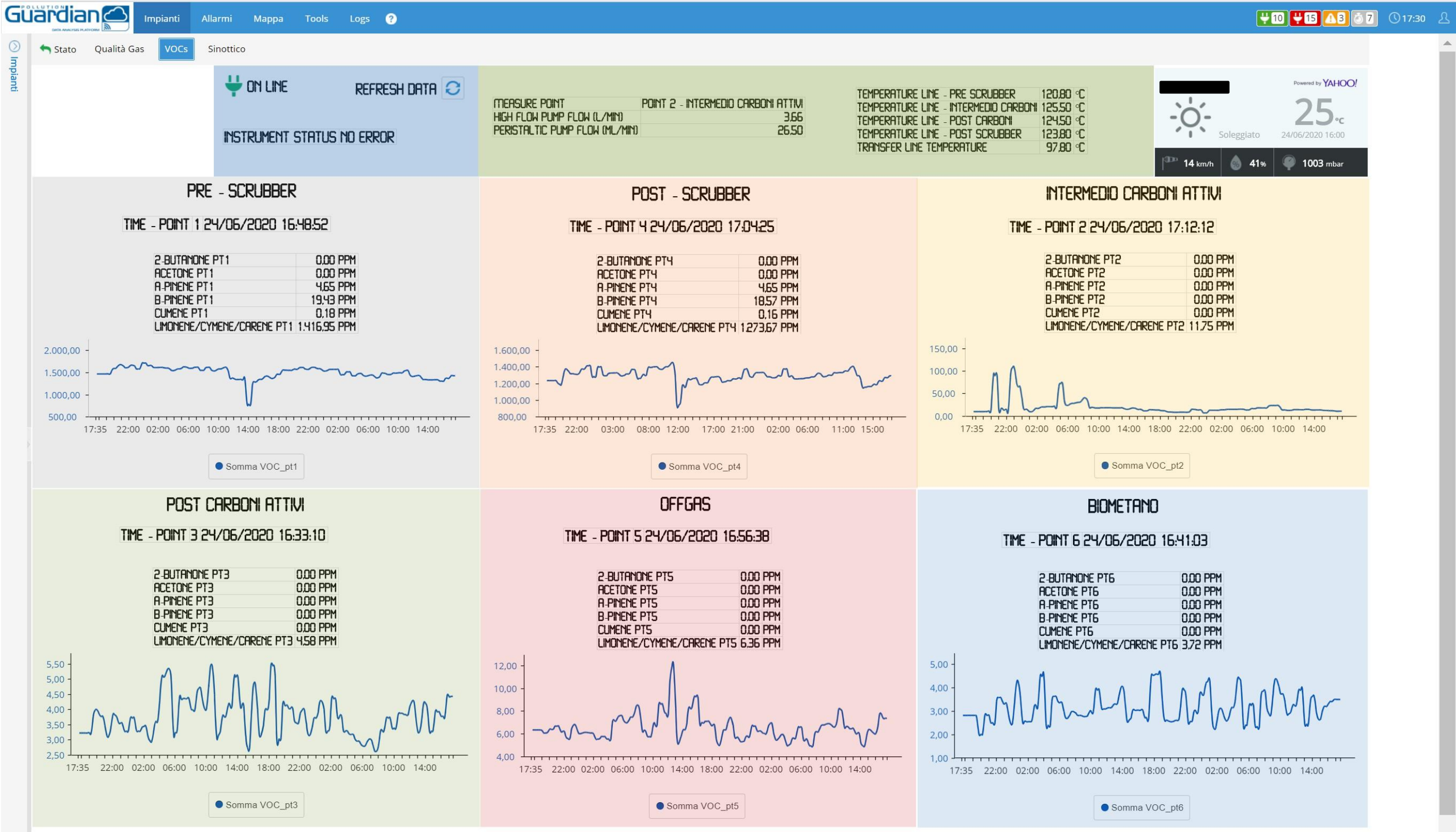
The screenshot displays the 'Stato' (Status) page of the Cloud Pollution Guardian web application. The page is titled 'Biometano Foglia - Foglia Umberto' and features a navigation bar with tabs for 'Stato', 'Storico', 'Docs', 'Connettività', 'VPN Connect', and 'Dashboard'. The 'Stato' tab is active, showing a table of measurements. The table is divided into two columns: 'Segnale' (Signal) and 'Valore' (Value), with a third column for 'UM' (Unit of Measure). The measurements are listed in two groups, each with a 'Segnale' header. The first group includes parameters like 2-Butanone, a-Pinene, Carbon Dioxide, Carbonyl Sulfide, High Flow Pump Flow (L/min), Hydrogen, Instrument Status, Lower Heating Value, Methane, Oxygen, Power ON, Temperature Line - Post Carboni, Temperature Line - Post Scrubber, and Transfer Line Temperature. The second group includes Acetone, b-Pinene, Carbon Monoxide, Cumene, Higher Heating Value, Hydrogen Sulfide, Limonene/Cymene/Carene, Measure Point, Nitrogen, Peristaltic Pump flow (mL/min), Relative Gas Density, Temperature Line - Intermedio Carboni, Temperature Line - Pre Scrubber, and Wobbe Index. The 'Valore' column shows numerical values, and the 'UM' column shows the units. The 'Instrument Status' is 'No Error'. The 'Measure Point' is 'Point 3 - Dopo carboni attivi'. The 'Power ON' status is 'OFF'. The 'Temperature Line - Post Carboni' is 114,80 °C. The 'Temperature Line - Post Scrubber' is 114,50 °C. The 'Transfer Line Temperature' is 92,30 °C. The 'Acetone' value is 0,00 ppm. The 'b-Pinene' value is 0,00 ppm. The 'Carbon Monoxide' value is 0,00 %. The 'Cumene' value is 0,00 ppm. The 'Higher Heating Value' is 36,67 MJ/Sm3. The 'Hydrogen Sulfide' value is 0,00 ppm. The 'Limonene/Cymene/Carene' value is 6,30 ppm. The 'Nitrogen' value is 0,62 %. The 'Peristaltic Pump flow (mL/min)' is 21,75. The 'Relative Gas Density' is 0,5771. The 'Temperature Line - Intermedio Carboni' is 114,00 °C. The 'Temperature Line - Pre Scrubber' is 109,80 °C. The 'Wobbe Index' is 48,32 MJ/Sm3.

Segnale	Valore	UM
2-Butanone	0,00	ppm
a-Pinene	0,00	ppm
Carbon Dioxide	37,45	%
Carbonyl Sulfide	0,00	ppm
High Flow Pump Flow (L/min)	2,25	
Hydrogen	0,04	%
Instrument Status	No Error	
Lower Heating Value	33,05	MJ/Sm3
Methane	61,14	%
Oxygen	0,75	%
Power ON	OFF	
Temperature Line - Post Carboni	114,80	°C
Temperature Line - Post Scrubber	114,50	°C
Transfer Line Temperature	92,30	°C

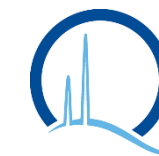
Segnale	Valore	UM
Acetone	0,00	ppm
b-Pinene	0,00	ppm
Carbon Monoxide	0,00	%
Cumene	0,00	ppm
Higher Heating Value	36,67	MJ/Sm3
Hydrogen Sulfide	0,00	ppm
Limonene/Cymene/Carene	6,30	ppm
Measure Point	Point 3 - Dopo carboni attivi	
Nitrogen	0,62	%
Peristaltic Pump flow (mL/min)	21,75	
Relative Gas Density	0,5771	
Temperature Line - Intermedio Carboni	114,00	°C
Temperature Line - Pre Scrubber	109,80	°C
Wobbe Index	48,32	MJ/Sm3

- 

Cloud Pollution Guardian



Versione portatile per Service e Laboratori

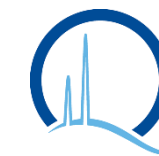


Caratteristiche principali:

- Alcuni operatori del settore (come il reparto Service dei costruttori di impianti di upgrading) hanno espresso la necessità di poter effettuare analisi in tempo reale sugli impianti in tutte le fasi: dalla prima accensione alle attività manutenzioni straordinarie. Anche in questo caso sarebbe ottimale poter contare su un **unico analizzatore in grado di misurare tutti i più importanti gas**.
- Il **Micro GC Fusion** si presta bene a questa attività perchè è semplice da usare grazie ad alcune caratteristiche peculiari:
 - Compatto e leggero
 - Solo 5 minuti dall'accensione all'analisi
 - Screen frontale per eseguire le analisi “click&run”
 - Connessione WiFi
 - Versatile su molteplici tipologie di gas



Versione portatile per Service e Laboratori



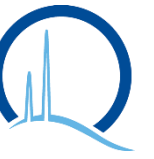
Qui troviamo alcuni esempi di **test in campo** in varie configurazioni a seconda delle necessità analitiche. Molto facile il suo funzionamento ed estremamente robusto.

Si posiziona il micro GC vicino al **punto di analisi**, si collegano i tubi e si lancia l'analisi. Dopodiché ci si **collega tramite WiFi o tramite Cloud** da una posizione più confortevole per l'operatore e si possono **seguire gli andamenti** in posizione sicura.

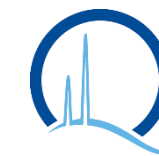
Il collegamento permette la **comunicazione dei risultati in tempo reale** e il **supporto remoto da parte di altri operatori specializzati**.



Versione portatile per Service e Laboratori



Versione portatile per Service e Laboratori



2 bombolette ricaricabili di accumulo del carrier gas (He o Ar) fino a 100 bar. Autonomia di 70-100 ore di analisi in continuo. È possibile alimentare il GC con bombole di carrier gas esterne per prolungare il periodo di analisi.

Filtro di tipo Genie. Protegge il GC da liquidi e particolato potenzialmente presenti nel gas campione.

Connessione WiFi Direct fino a 20 metri dallo strumento.

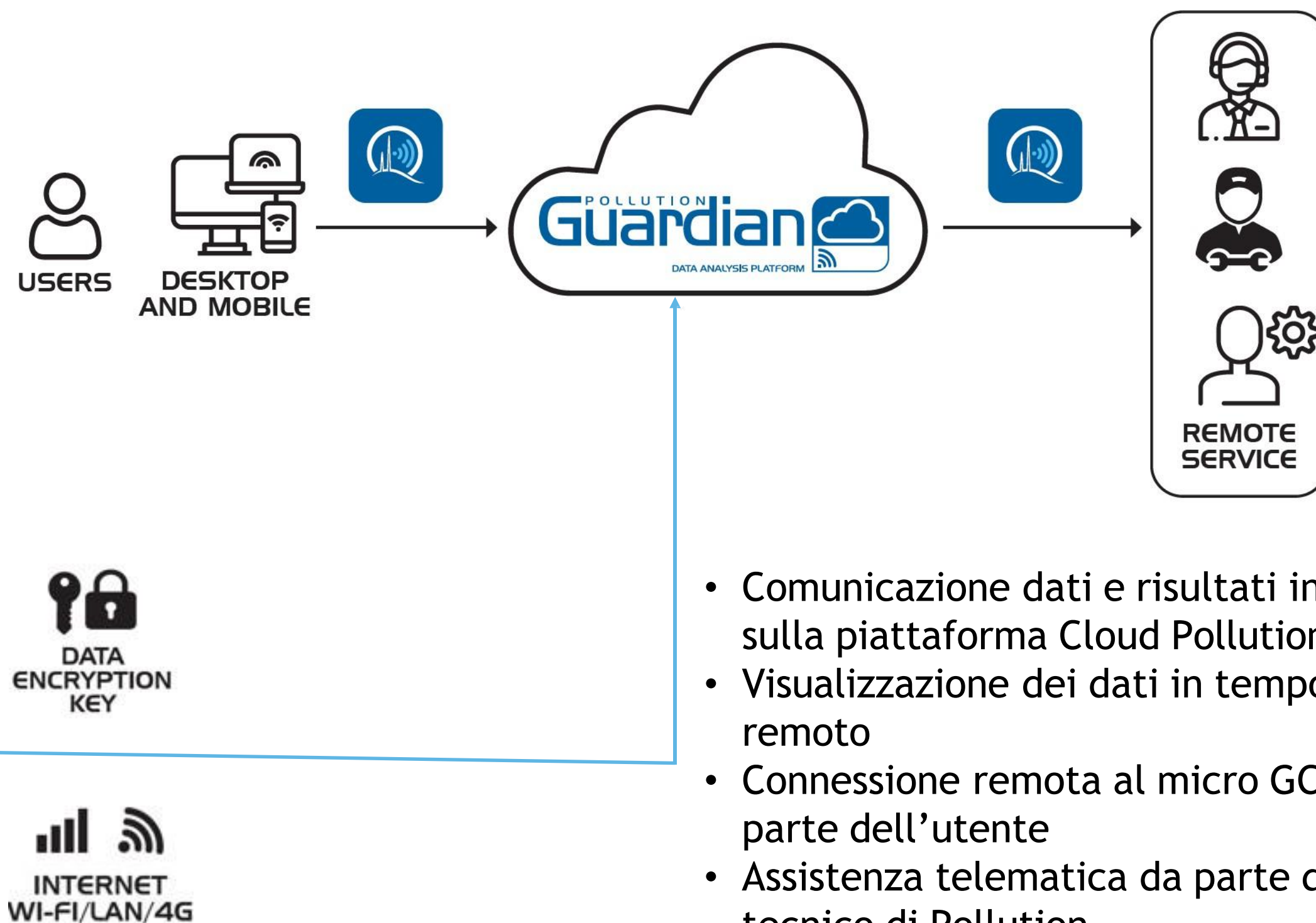
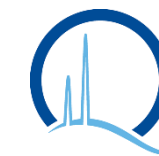


Remote Control Box: sistema di connessione che consente di accedere allo strumento remotamente (SIM interna)



Pompa di sovra-campionamento ad alto flusso (4 L/min) per campionamenti a distanza

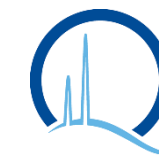
Versione portatile per Service e Laboratori



- Comunicazione dati e risultati in automatico sulla piattaforma Cloud Pollution Guardian
- Visualizzazione dei dati in tempo reale da remoto
- Connessione remota al micro GC con VPN da parte dell'utente
- Assistenza telematica da parte di personale tecnico di Pollution
- Accesso ai dati tramite App su smartphone

Ci sono domande?

Per approfondimenti sono a disposizione!



Ci troviamo al PAD.D5 Stand 508

Riccardo Boarelli

riccardo.boarelli@pollution.it

+39 331 6359909

www.pollution.it
pollution@pollution.it