

Rapporto Tecnico:

“Analisi dei BTEX in aria ambiente: fonti, normativa, tecnologie per i controlli”



In collaborazione con Arpa Puglia C.R.A.



Pollution S.r.l.

Via Guizzardi, 52 - 40054 Budrio (Bologna) - Italy

Tel +39 051 6931840 - pollution@pollution.it

P.IVA 00694631201 - C.F. 04051900373 - N° R.E.A. 335338

www.pollution.it



INDICE

1. ANALISI DEI BTEX.....	4
1.1 Fonti di inquinamento da BTEX e impatto sulla salute	4
1.2 UNI EN 14662:2015, parti 1, 2 e 3 “Qualità dell’aria, metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di C ₆ H ₆ ”	5
2. CONFRONTO STRUMENTALE: ANALIZZATORE PyxisGC BTEX– CHROMATOTEC GC 866 CENTRALINA ARPA PUGLIA	8
2.1 Analizzatore PyxisGC BTEX	8
2.2 Chromatotec GC 866	9
2.3 Procedura per lo svolgimento dei test	10
2.4 Risultati ottenuti	14
3. CONCLUSIONI.....	24
3.1 Vantaggi PyxisGC BTEX	25
3.2 Applicabilità PyxisGC BTEX	26

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Pre-concentratore e Colonna gas cromatografica MEMS.....	8
Figura 2 - Installazione in cabina del PyxisGC BTEX.....	11
Figura 3 - Stazione Qualità dell'aria - via Alto Adige, Taranto.....	13
Figura 4 - Esterno PyxisGC BTEX.....	25
Figura 5 - Interno PyxisGC BTEX	25
Figura 6 - Sistema Cloud per PyxisGC BTEX	26

INDICE DEI GRAFICI

Grafico 1 - Misura in parallelo del benzene da bombola certificata pre-monitoraggio di 7 settimane (concentrazioni espresse in ug/Nm ³).....	11
Grafico 2 - Misura in parallelo del benzene da bombola certificata post-monitoraggio di 7 settimane (concentrazioni espresse in ug/Nm ³).....	12
Grafico 3 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m ³) Set 1.....	15
Grafico 4 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m ³) Set 1.....	15
Grafico 5 - <i>Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m³) Set 2</i>	16
Grafico 6 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m ³) Set 2.....	16
Grafico 7 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m ³) Set 3.....	17
Grafico 8 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m ³) Set 3.....	17
Grafico 9 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m ³) Set 4.....	18
Grafico 10 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m ³) Set 4.....	18
Grafico 12 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m ³) Set 5.....	19
Grafico 11 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m ³) Set 5.....	19
Grafico 13 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m ³) Set 6.....	20
Grafico 14 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m ³) Set 6.....	20
Grafico 15 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m ³) Set 7.....	21
Grafico 16 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m ³) Set 7.....	21
Grafico 17 - Andamento dell'Equivalenza e della Correlazione delle misurazioni effettuate.....	22

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Componenti presenti negli analizzatori da campo per il Benzene.....	7
Tabella 2 - Dati relativi ad Equivalenza e Correlazione delle misure effettuate	22



1. ANALISI DEI BTEX

1.1 Fonti di inquinamento da BTEX e impatto sulla salute

Il benzene è un idrocarburo che si presenta come un liquido volatile, capace cioè di evaporare rapidamente a temperatura ambiente, incolore e facilmente infiammabile; è il capostipite di una famiglia di composti organici che vengono definiti aromatici, per l'odore caratteristico. Il benzene è un componente naturale del petrolio (1-5% in volume) e dei suoi derivati di raffinazione.

4

Nell'atmosfera la sorgente più rilevante di benzene è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina, nei quali il benzene viene aggiunto al carburante come antidetonante (max 1%), miscelato con altri idrocarburi (toluene, xilene, ecc.) in sostituzione del piombo tetraetile impiegato fino a qualche anno fa. In parte il benzene disperso proviene dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione della benzina.

Durante il rifornimento di carburante dei veicoli si liberano in aria quantità significative del composto tossico, con esposizione a rischio del personale addetto al rifornimento dei veicoli.

Nell'industria il benzene ha trovato in passato largo impiego come solvente, soprattutto a livello industriale e artigianale (produzione di calzature, stampa a rotocalco, ecc.), finché la dimostrazione della sua tossicità e della sua capacità di indurre tumori ha portato ad una legge che ne limita drasticamente la concentrazione nei solventi.

Per lo stesso motivo l'utilizzo in cicli industriali aperti e nella produzione di prodotti di largo consumo (plastiche, resine, detergenti, pesticidi, farmaci, vernici, collanti, inchiostri e adesivi) è stato fortemente limitato ed è regolamentato da precise normative dell'Unione Europea.

Nei prodotti finali il benzene si può ritrovare in quantità molto limitate, anch'esse regolate per Legge, attualmente viene impiegato soprattutto come materia prima per la chimica di sintesi di composti organici come fenolo, cicloesano, stirene e gomma in lavorazioni a ciclo chiuso.

In parte la sua formazione è da attribuirsi a cause naturali come gli incendi boschivi, i residui agricoli o le eruzioni vulcaniche.

Il benzene è facilmente assorbito dal corpo umano quasi esclusivamente per inalazione, mentre è trascurabile la penetrazione attraverso il contatto cutaneo. Si accumula nei tessuti ricchi di grasso (tessuto adiposo, midollo osseo, sangue e fegato), dove viene metabolizzato per essere poi rapidamente eliminato nelle urine e nell'aria espirata.

La capacità cancerogena del benzene è stata dimostrata scientificamente ed è stato classificato dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) in classe 1 come cancerogeno certo per l'uomo. Ne è stata infatti accertata la capacità di causare leucemie acute e croniche, alle concentrazioni presenti in passato negli ambienti di lavoro, con un rischio proporzionale alla dose cumulativa. L'effetto cancerogeno sembra essere legato, come per altre sostanze, all'azione di metaboliti intermedi che si formano nell'organismo.



Alle concentrazioni di benzene presenti attualmente in ambiente urbano, non sono stati osservati effetti tossici sulle cellule del sangue.

Durante la valutazione del rischio va considerata non solo la concentrazione di benzene in atmosfera, in considerazione del limitato tempo di esposizione all'aperto, ma soprattutto l'esposizione in ambienti confinati (inquinamento indoor) e l'introduzione della sostanza attraverso gli alimenti ingeriti.

L'esposizione è soggetta a significative variazioni in rapporto alle stagioni, all'attività fisica all'aperto, alla residenza in prossimità di vie di grande traffico o di sorgenti puntiformi di benzene, ma soprattutto al fumo di sigaretta, attivo e passivo.

1.2 UNI EN 14662:2015, parti 1, 2 e 3

“Qualità dell'aria, metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di C₆H₆”

La norma europea EN14662:2015 specifica un metodo di misurazione semi-continuo per la determinazione della concentrazione del benzene presente in aria ambiente basato su campionamento automatico e analisi mediante gascromatografia.

Il metodo descrive le caratteristiche di prestazione desiderate e stabilisce i criteri minimi richiesti per selezionare un gascromatografo (GC) automatico idoneo, attraverso l'analisi delle prove di omologazione. Esso include inoltre la valutazione dell'idoneità di un analizzatore per l'impiego in un determinato sito in modo da soddisfare i requisiti di qualità dei dati come specificato nell'Appendice I della Direttiva 20018/50/CE e i requisiti durante il campionamento, la calibrazione e la garanzia di qualità d'uso.

Il metodo è applicabile alla determinazione della concentrazione in massa del benzene presente in aria ambiente fino a 50 µg/m³ (15,4 ppb) di benzene. Tale valore rappresenta il livello di concentrazione utilizzato per la prova di omologazione. Altri livelli di concentrazione possono essere utilizzati, a seconda delle concentrazioni presenti in aria ambiente.

Nel capitolo 7 la norma descrive le componenti principali che un gascromatografo deve possedere per la determinazione di benzene in campo:

Trappola di campionamento

Una tipica trappola di campionamento è realizzata in acciaio inossidabile o vetro borosilicato. Essa è confezionata con un sorbente o serie di sorbenti in grado di trattenere quantitativamente il benzene in un volume minimo di aria campionata, necessario per misurare le concentrazioni di benzene pari o inferiori al 10% del limite annuale.



Dispositivo di campionamento

Il dispositivo di campionamento utilizzato può variare da strumento a strumento: in ogni caso, deve essere in grado di fornire un campione di volume noto alle condizioni standard di temperatura e pressione.

Unità di desorbimento termico

A seconda dello strumento utilizzato, l'unità di desorbimento termico può essere disponibile ad uno o doppio stadio di desorbimento del benzene, dalla trappola di campionamento. Il desorbimento viene effettuato riscaldando la trappola all'interno di un periodo di tempo breve mentre passa un flusso di gas carrier (tipicamente azoto). La temperatura, la portata del gas e il tempo sono tutti elementi che devono essere sufficienti per trasferire quantitativamente il benzene intrappolato in una trappola secondaria, una precolonna o nella colonna analitica, a seconda dello strumento.

6

Unità di separazione

L'unità di separazione è costituita da una colonna analitica (separazione) e un forno utilizzato per il riscaldamento della colonna per effettuare la separazione del benzene da (potenziali) interferenti, entro un periodo sufficiente a consentirne la quantificazione a concentrazioni pari o inferiori al 10% del valore limite annuale.

Rivelatore

Il rivelatore consente la quantificazione del benzene a concentrazioni uguali o inferiori al 10 % del valore limite annuale. I rivelatori maggiormente utilizzati sono i rivelatori a ionizzazione di fiamma (FID) e a foto-ionizzazione (PID).

Sistema di elaborazione dati

L'analizzatore sarà dotato di un software che consente l'identificazione e la quantificazione del benzene nei cromatogrammi acquisiti.

Il software deve consentire la rielaborazione dei dati dopo l'acquisizione. L'elaborazione e la rielaborazione dei dati possono essere eseguite in campo utilizzando un computer interno all'analizzatore o esterno.

Inoltre nell'Allegato C della norma EN14662:2015 è riportata una tabella riassuntiva che indica i principali componenti presenti nei tipici analizzatori da campo del Benzene.

Table C.1 — Typical components of benzene analysers

Monitor	1	2	3	4	5	6
Cycle time min	15	15-30	15-30	15-30	15	60
Sorbents	Carbotrap™/ Carbosieves™ SIII	Tenax™ GR	Carbotrap™/ Carbopack™	Porapak™ SuperQ™	Tenax GR™	Carbotrap™/ Carbosieves™ SIII
Sampling	pump/nozzle	pump/MFC	internal pump	pump/MFC	piston pump	Pump / MFC
Bypass	possible	200 ml		possible	pump	no
Temperature °C	ambient	40	10-35	ambient	ambient	-30
Sample amount	500 ml	300 ml	up to 900/1 800 ml	390 ml	100 ml	800 ml
Carrier gas	H ₂	N ₂	N ₂ or H ₂	N ₂ or H ₂	N ₂	He
Desorption:						
Temp. °C	330	230	340	140	180	320
Time	60 s			2,5 min	30 s	60 s
Flow	2 ml/min	11 ml/min	0,5 ml/min			15 ml/min
Injection	350 °C					
Cryo trap	Carbopack™ B					
Stripper column		5 m		CP Sil 5CB. 12 ml. 0,53 mm	1,8 m	
Analytical column	1 µm BGB-2.5 (2,5% Phenyl)	Ultimetall 1 µm CP-Wax52CB	EPA 624 type	CP Wax	1,2 µm AT-5	2 columns: Al ₂ O ₃ - Na ₂ SO ₄ (C2-C5), BP1 (C6+)
- length	9 m	45 m	10 m	25 m	13 m	60m
- diameter	0,2 mm	0,53 mm	0,22 mm	0,53 mm	0,53 mm	0,22mm
Analytical conditions °C	35-180	80	45-140	80	45-60	48-200
Detector	FID	FID	PID or FID	FID	PID 10,6 eV	FID

Tabella 1 - Componenti presenti negli analizzatori da campo per il Benzene

2. CONFRONTO STRUMENTALE: ANALIZZATORE PyxisGC BTEX– CHROMATOTEC GC 866 CENTRALINA ARPA PUGLIA

2.1 Analizzatore PyxisGC BTEX

Lo strumento PyxisGC BTEX monitora in tempo reale i composti organici volatili quali benzene, toluene, etilbenzene e xilene. Il ciclo di analisi utilizzato ha una durata di 15 minuti ed il funzionamento dello strumento si può suddividere in tre diverse fasi, che avvengono in parallelo durante l'intero ciclo:

8



Figura 1 - Pre-concentratore e Colonna gas cromatografica MEMS

Pre-concentrazione: la concentrazione selettiva dei composti di riferimento avviene attraverso un dispositivo MEMS in silicio/vetro opportunamente riempito con un materiale adsorbente. Questa fase ha una durata di 10 minuti ed avviene a temperature inferiori ai 50°C. Un misuratore di flusso consente di campionare costantemente lo stesso volume di gas. Prima della fase di iniezione, il dispositivo si scalda velocemente sopra i 100°C ed il materiale intrappolato viene desorbito ed iniettato nel modulo di separazione

Separazione gascromatografica: i composti desorbiti durante la fase di iniezione arrivano alla colonna gascromatografica, anch'essa basata su tecnologia MEMS. Utilizzando aria ambiente filtrata come gas carrier, la colonna separa i vari composti che eluiscono con tempi diversi verso il modulo finale di rivelazione.

Rivelazione: il detector a fotoionizzazione (PID) quantifica i composti in uscita dalla colonna, in base ai diversi tempi di ritenzione, creando il classico grafico cromatografico. In uscita dal rivelatore è installato un altro misuratore di flusso per monitorare il corretto funzionamento del sistema.

PyxisGC BTEX è dotato di una memoria interna, per l'acquisizione dei dati e dei cromatogrammi. Inoltre PyxisGC BTEX è dotato di un **software Cloud (Pollution Guardian)**, per il monitoraggio in real-time e per la gestione dei dati acquisiti. Inoltre Guardian permette di gestire lo strumento da remoto.



2.2 Chromatotec GC 866

Il ciclo di analisi dell'analizzatore Chromatotec GC 866 è suddiviso in:

Pre-concentrazione: Il campione di gas viene prelevato da una pompa esterna e passa attraverso una trappola, un tubo sottile contenente sostanze porose, la quale trattiene i componenti del gas in base alla loro affinità con queste fasi; ad esempio i gas permanenti e il vapore acqueo non vengono trattenuti.

Separazione gascromatografica: La trappola viene riscaldata per desorbire i composti, il termodesorbimento è fissato a 380°C per 60 s, il campione gassoso successivamente è introdotto nella colonna analitica dal gas carrier. La colonna è situata in un forno a temperatura programmata, con un gradiente che ha inizio con il desorbimento della trappola (fase di iniezione).

Rivelazione: All'estremità della colonna, un rivelatore di fotoionizzazione (PID) genera un segnale elettrico proporzionale alla concentrazione dei componenti del campione mentre eluiscono dalla colonna. Questo segnale elettrico è digitalizzato per essere trasferito alla CPU dove il microprocessore trasferisce i dati (integrazione, calcolo di massa o concentrazione, identificazione del picco).

Tutti i file, come ad esempio i risultati di analisi, i cromatogrammi ed i rapporti di integrazione, sono trasferibili al computer tramite un'uscita RS-232; il segnale digitalizzato è disponibile anche come uscita analogica (0-1 V).

Procedura di controllo qualità per il parametro BTEX applicata da Arpa Puglia:

L'analizzatore per l'identificazione dei BTEX è sottoposto, in automatico, al controllo della deriva di calibrazione (zero-span e span-check) mediante routine che una volta ogni 24 ore genera, attraverso un tubo a permeazione, un campione a concentrazione nota (44,7 µg/min di Benzene).

Se il controllo ha esito positivo non viene generato nessun allarme; altrimenti viene generato un allarme con conseguente verifica in situ delle prestazioni strumentali e della taratura attraverso una bombola di gas certificato. Tale verifica viene comunque effettuata ogni 3 mesi, al fine di controllare preventivamente derive e tarature strumentali; il tutto viene registrato su server e diario di cabina.

2.3 Procedura per lo svolgimento dei test

Le attività di test sono state effettuate nella cabina della Qualità dell'Aria di Arpa Puglia sita a Taranto, in Via Alto Adige; essa è classificata come stazione di traffico.

*“**Stazione di traffico:** stazione situata in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da emissioni provenienti da strade limitrofe (Decisione 2001/752/CE). Pertanto il punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento determinati prevalentemente da emissioni da traffico provenienti da strade limitrofe, con flussi di traffico medio-alti. Tali stazioni sono ubicate in aree caratterizzate da notevoli gradienti di concentrazione. (rif. Linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia).”*

10

Le operazioni di installazione in cabina del PyxisGC BTEX sono state eseguite alla presenza dei tecnici specializzati di ARPA Puglia C.R.A., con strumentazione calibrata preliminarmente.

- **Calibrazione PyxisGC BTEX:** effettuata presso i laboratori di Pollution Analytical Equipment con bombola certificata contenente BTEX a 10 ppm (per ogni componente), collegata ad un sistema di diluizione dedicato per arrivare a concentrazioni pari a 5.00 ppb (15.9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Benzene, 5.00 ppb (18.8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Toluene, 5.00 ppb (21.7 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Etilbenzene e 5 ppb (21.7 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di m,p,o-Xileni. La calibrazione è stata eseguita in data 02/10/2018.
Durante tutto il periodo di test non sono state effettuate ulteriori calibrazioni o check.
- **Calibrazione Chromatotec GC866:** calibrazione effettuata in cabina con bombola certificata a concentrazione di 5.00 ppb (15.9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Benzene, 10.00 ppb (37.6 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Toluene, 5,00 ppb (21.7 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Etilbenzene, 4.80 ppb (20.8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Xilene-m, 4.90 ppb (21.3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Xilene-o, 4.80 ppb (20.8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Xilene-p, resto Azoto. La calibrazione è stata eseguita in data 30/01/2018. Durante il periodo di test lo strumento ha effettuato un auto-check di zero e di span tramite tubo a permeazione come da procedura qualitativa di Arpa Puglia.

Al fine di valutare le prestazioni strumentali del PyxisGC BTEX, sia dal punto di vista qualitativo del dato che della performance sul lungo periodo, il test è stato strutturato secondo i seguenti step:

a) Misura in parallelo di gas da bombola certificata pre e post monitoraggio.

Ad inizio e termine della campagna di misure, è stata collegata, sul sample inlet di entrambi gli strumenti, una bombola a concentrazione di 5.00 ppb (15.9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di Benzene.



Figura 2 - Installazione in cabina del PyxisGC BTEX

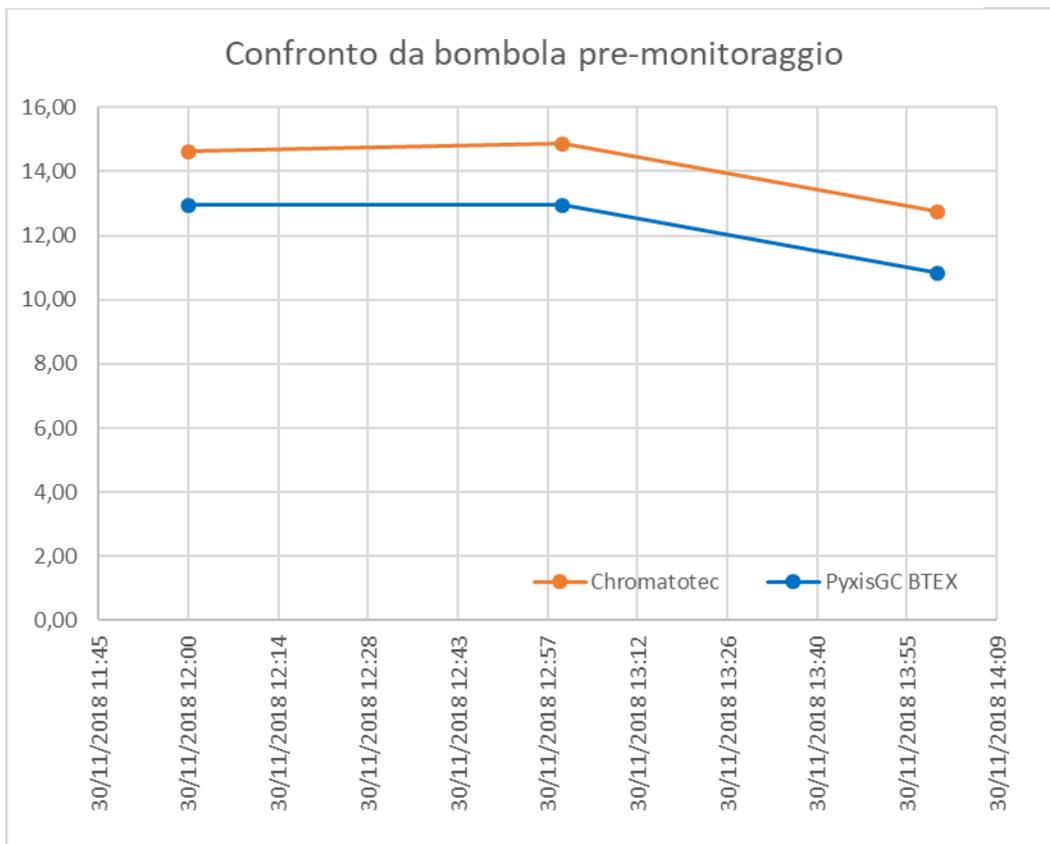


Grafico 1 - Misura in parallelo del benzene da bombola certificata pre-monitoraggio di 7 settimane (concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

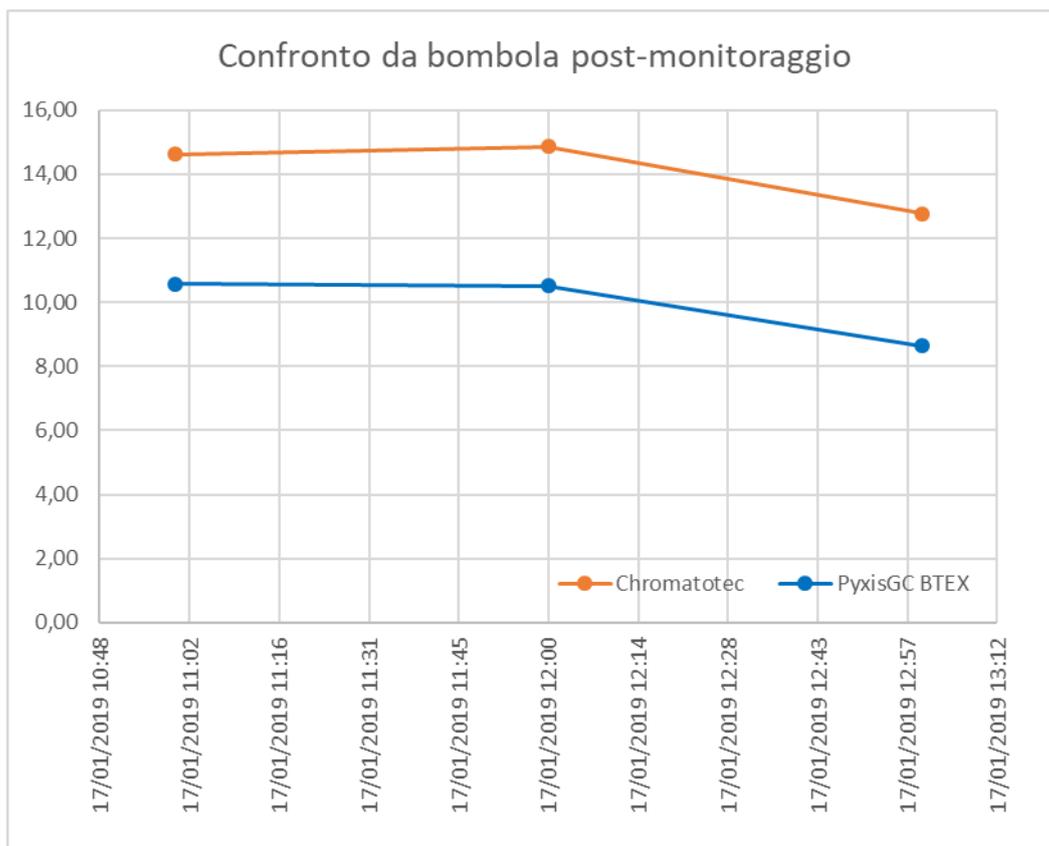


Grafico 2 - Misura in parallelo del benzene da bombola certificata post-monitoraggio di 7 settimane (concentrazioni espresse in ug/Nm3)

- b) Monitoraggio in parallelo con PyxisGC BTEX e Chromatotec GC 866, entrambi installati all'interno della cabina della qualità dell'aria di Arpa Puglia.
Durata del monitoraggio: 7 settimane.



Figura 3 - Stazione Qualità dell'aria - via Alto Adige, Taranto

2.4 Risultati ottenuti

Al termine delle operazioni di misura e monitoraggio in parallelo, sono stati confrontati i dati relativi al Benzene analizzato da entrambi gli strumenti installati nella centralina di ARPA Puglia C.R.A. I dati provenienti dallo strumento Chromatotech sono stati validati da Arpa stessa e quindi confrontati con quelli estratti dall'analizzatore PyxisGC BTEX al fine di valutarne l'equivalenza.

Per la valutazione della deriva strumentale sul lungo periodo, volontariamente non è stato applicato nessun sistema di auto-calibrazione al PyxisGC BTEX, al fine di valutare l'entità della deriva strumentale e in un secondo tempo identificare la migliore soluzione tecnologica per la correzione di questo fattore.

Per annullare l'effetto della diversa calibrazione iniziale dei due strumenti, si è deciso di procedere con l'inserimento di un fattore di risposta del PyxisGC BTEX rispetto allo strumento certificato, calcolato sullo scostamento medio tra i due strumenti di tutte le misure della prima settimana. Tale metodica è peraltro la stessa utilizzata per precedenti interconfronti della tecnologia Pollution con altre, da parte dei laboratori del Joint Research Center Europeo (JRC-Ispra VA) come si evince dal loro test Report all'interno del progetto ENV56 KEY-VOCs - Metrology for VOC indicators in air pollution and climate change (report disponibile a richiesta).

Gli indici utilizzati per effettuare la comparazione tra i risultati strumentali sono:

- **R² (regressione lineare)**: indice che misura la relazione lineare tra due caratteri quantitativi, plottando le misure puntuali dei due strumenti.

- **EQUIVALENZA** = $1 - \frac{|y-x|}{x}$

dove x= misura Arpa (Chromatotec); y= misura Pyxis.

Questo valore è stato ricavato per rendere di facile interpretazione il grado di sovrapposizione delle misure dei due strumenti.

SETTIMANA 1

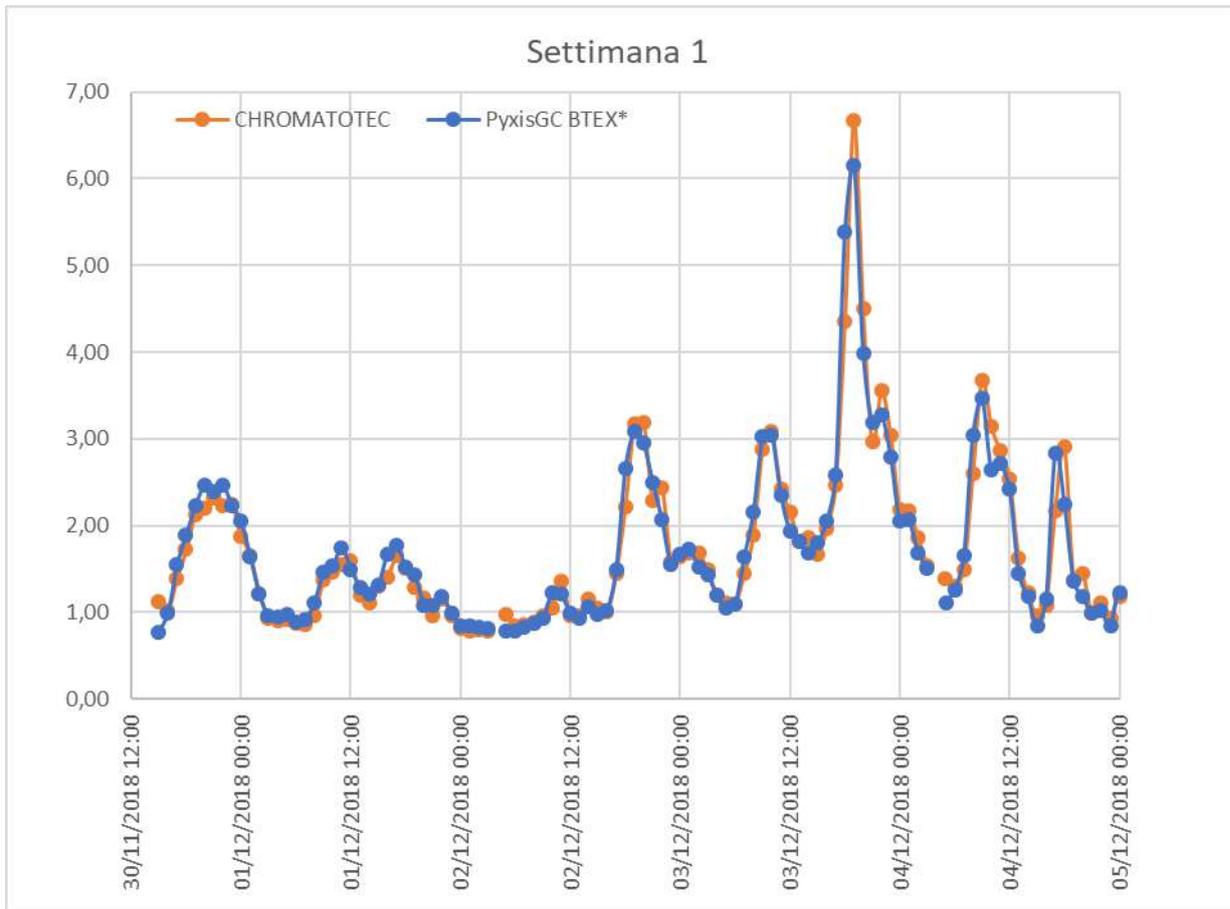


Grafico 3 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m3) Set 1

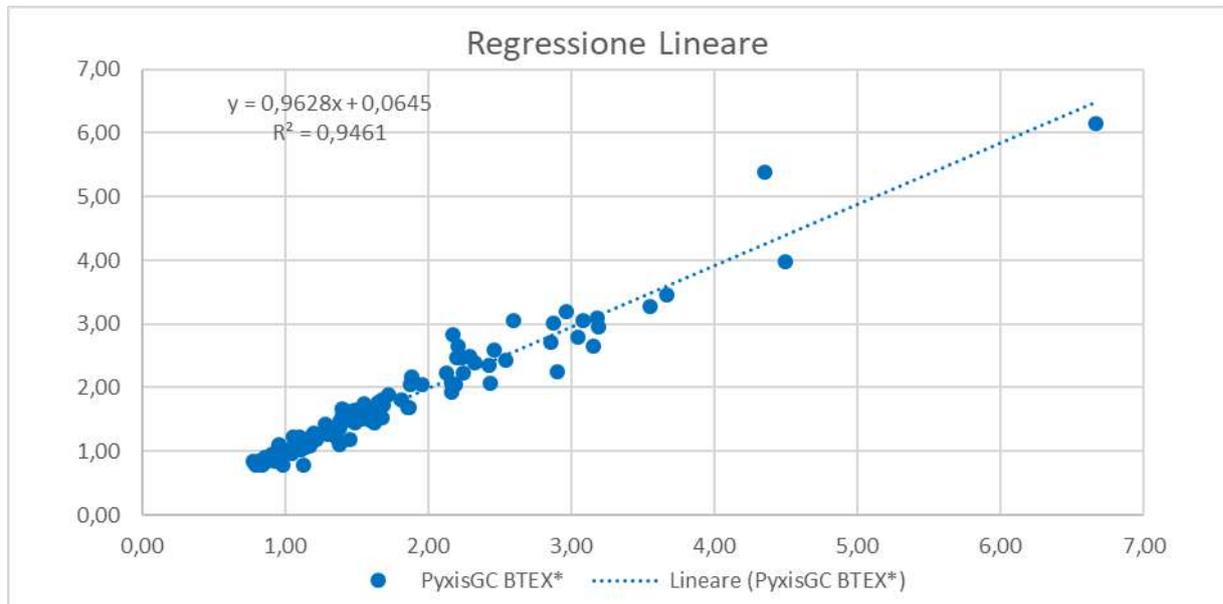


Grafico 4 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m3) Set 1

EQUIVALENZA: 92% ---- R²: 0,9461

SETTIMANA 2

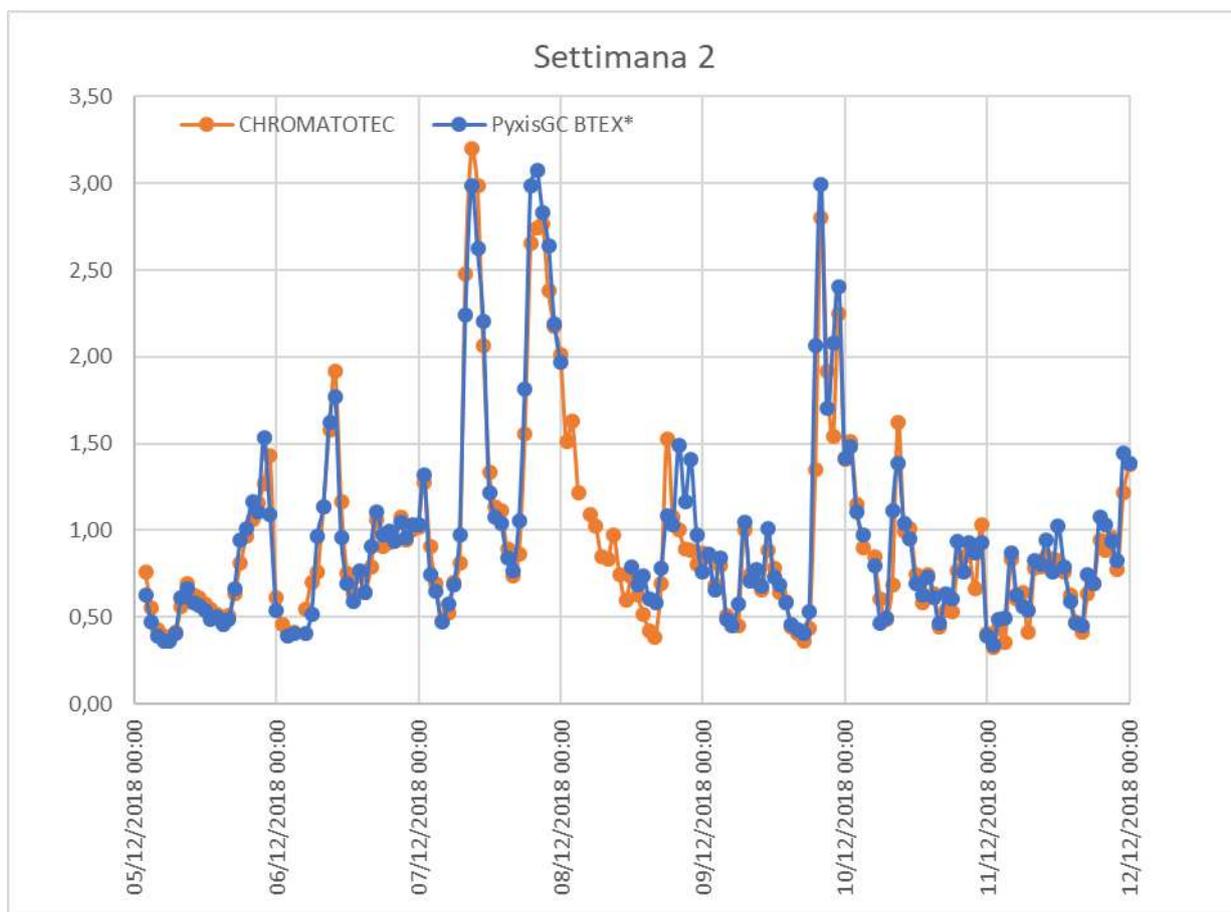


Grafico 5 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m3) Set 2

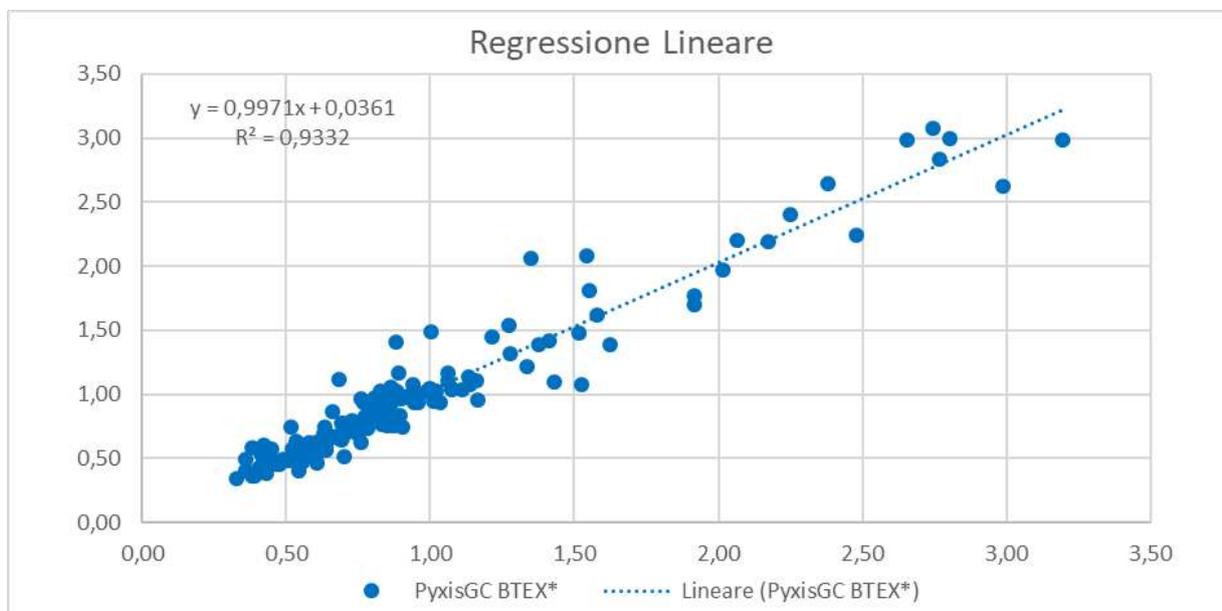


Grafico 6 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m3) Set 2

EQUIVALENZA: 89% ---- R²: 0,9332

SETTIMANA 3

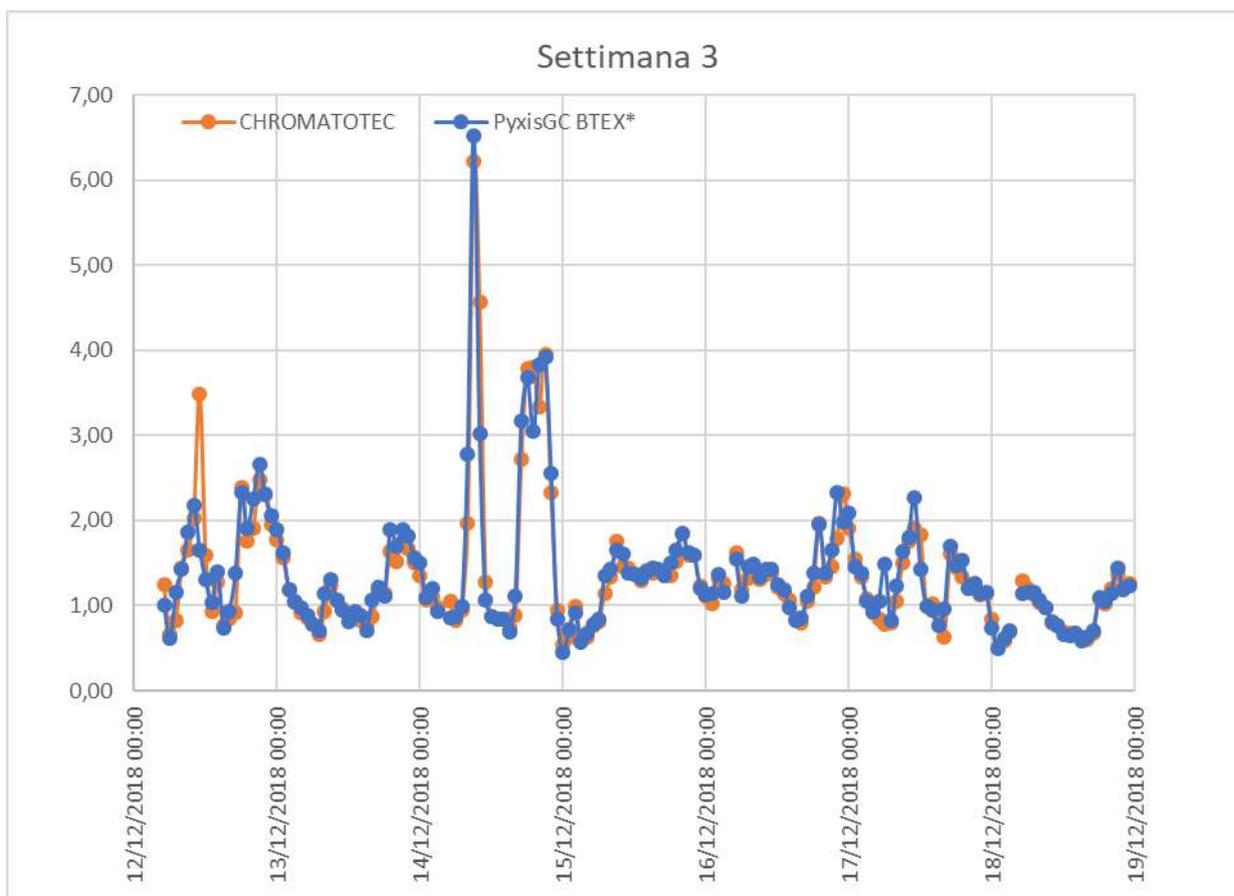


Grafico 7 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m3) Set 3

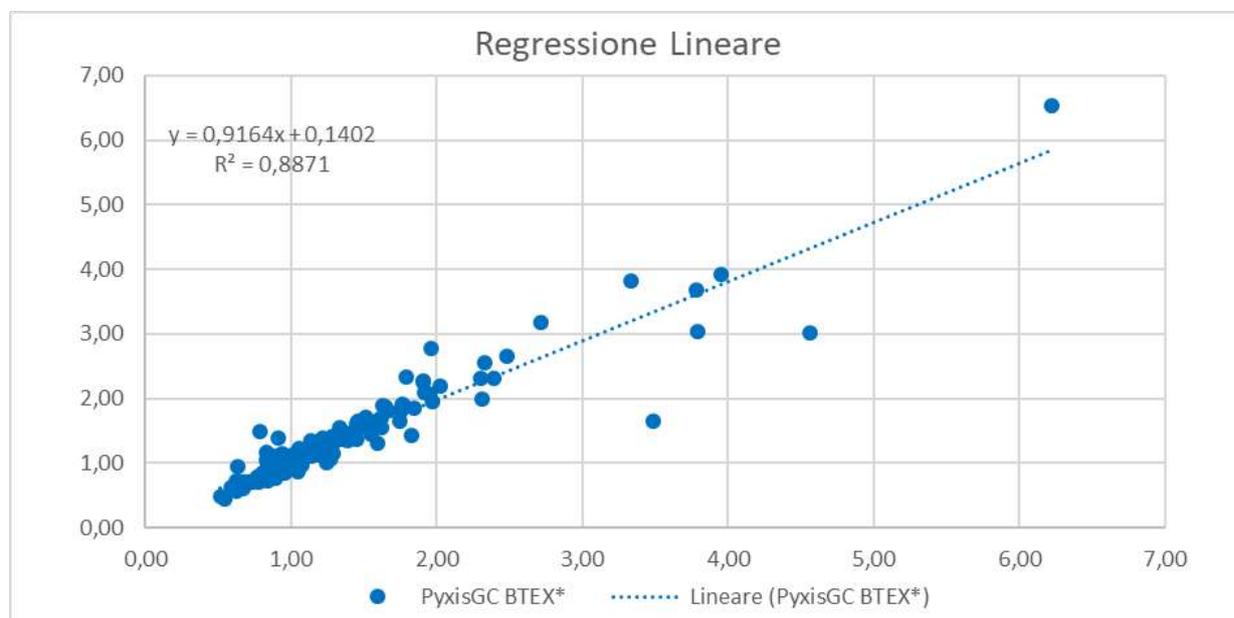


Grafico 8 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m3) Set 3

EQUIVALENZA: 91% ---- R²: 0,8871

SETTIMANA 4

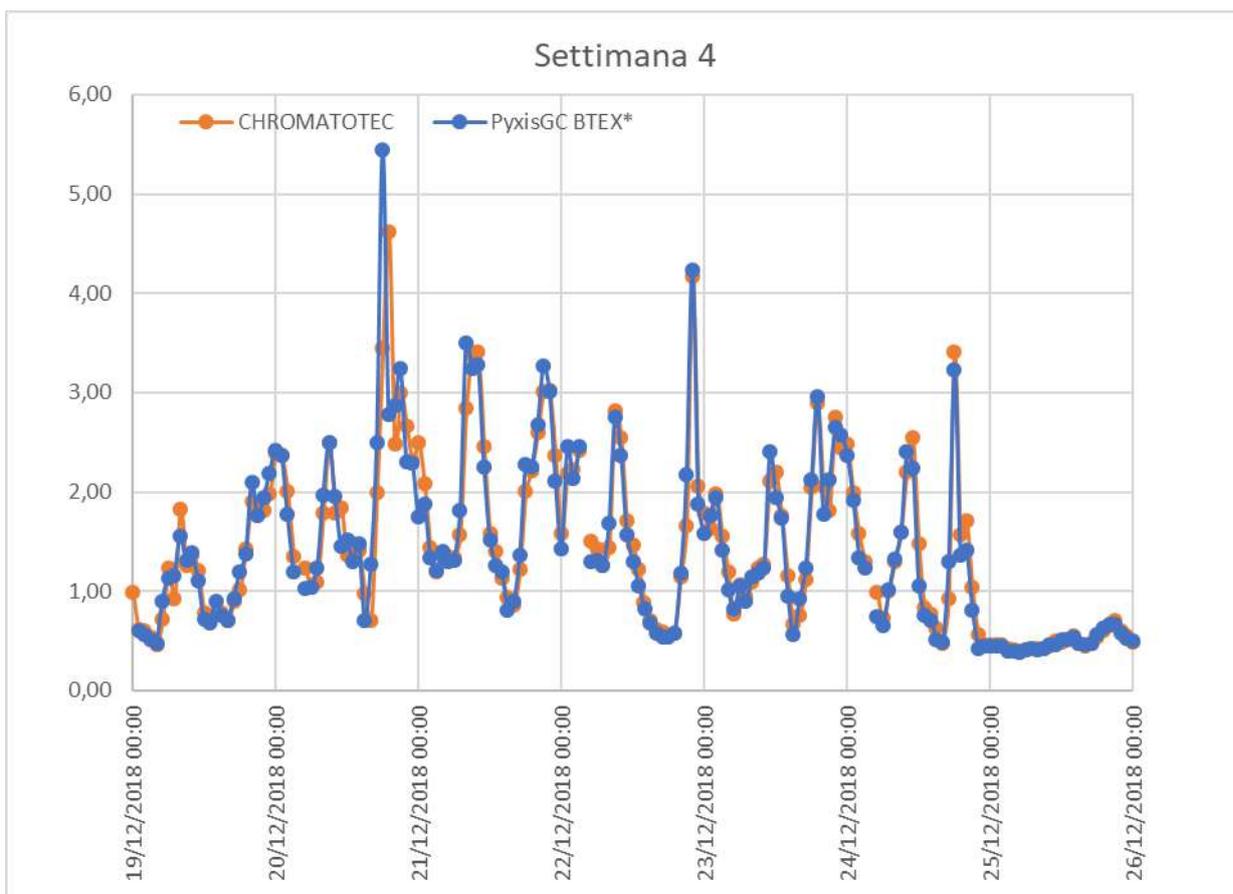


Grafico 9 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m3) Set 4

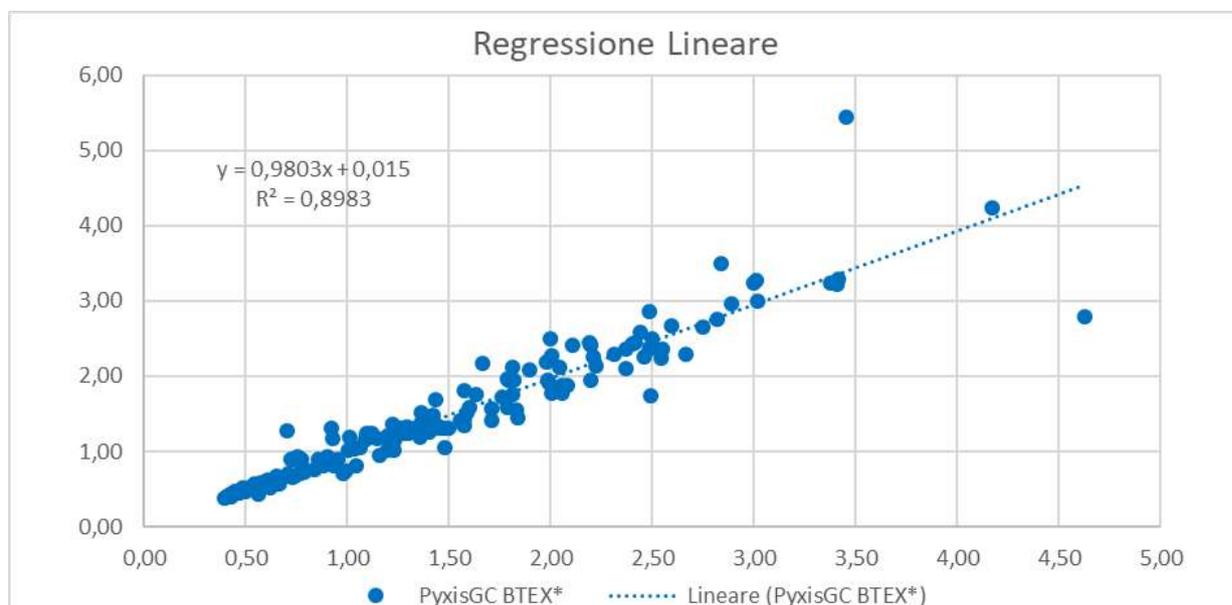


Grafico 10 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m3) Set 4

EQUIVALENZA:91% ---- R²: 0,8983

SETTIMANA 5

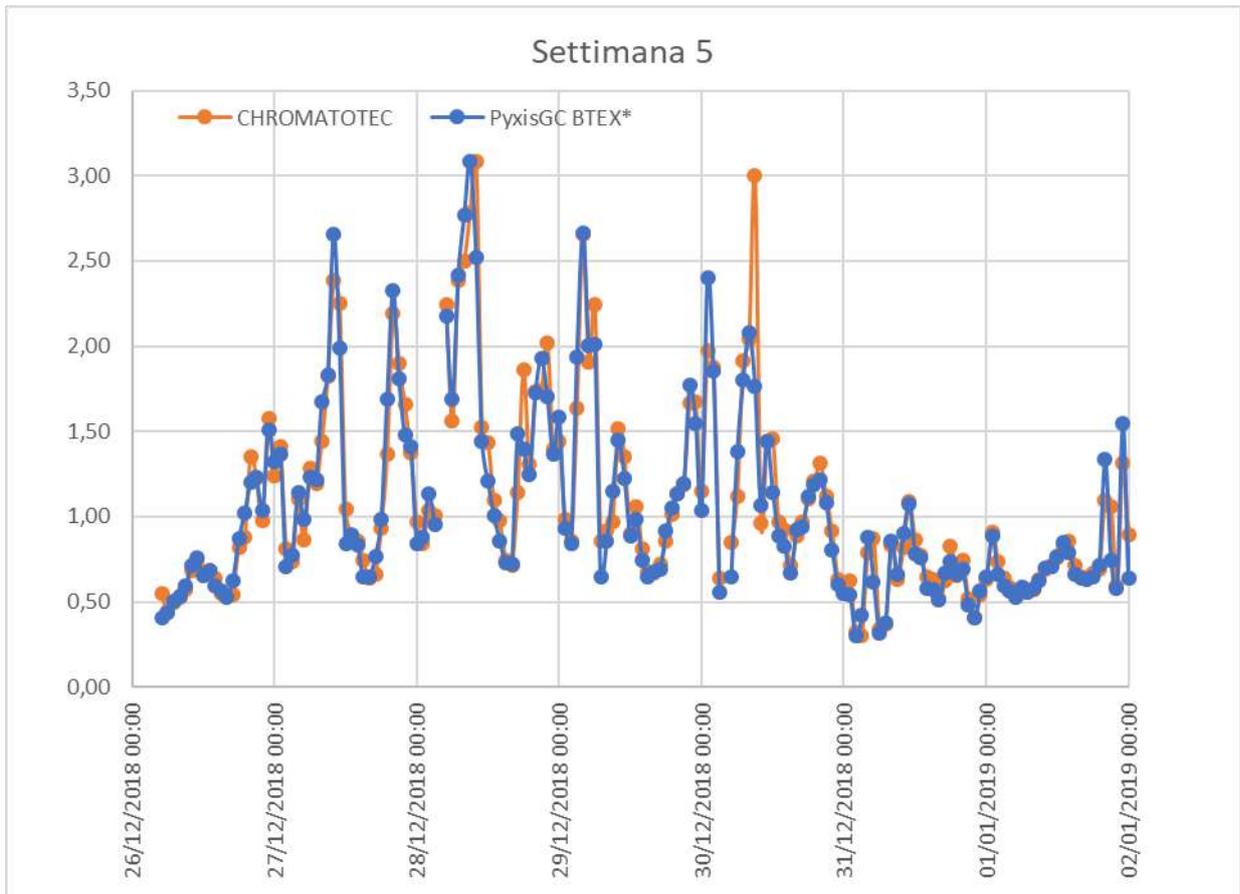


Grafico 12 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m3) Set 5

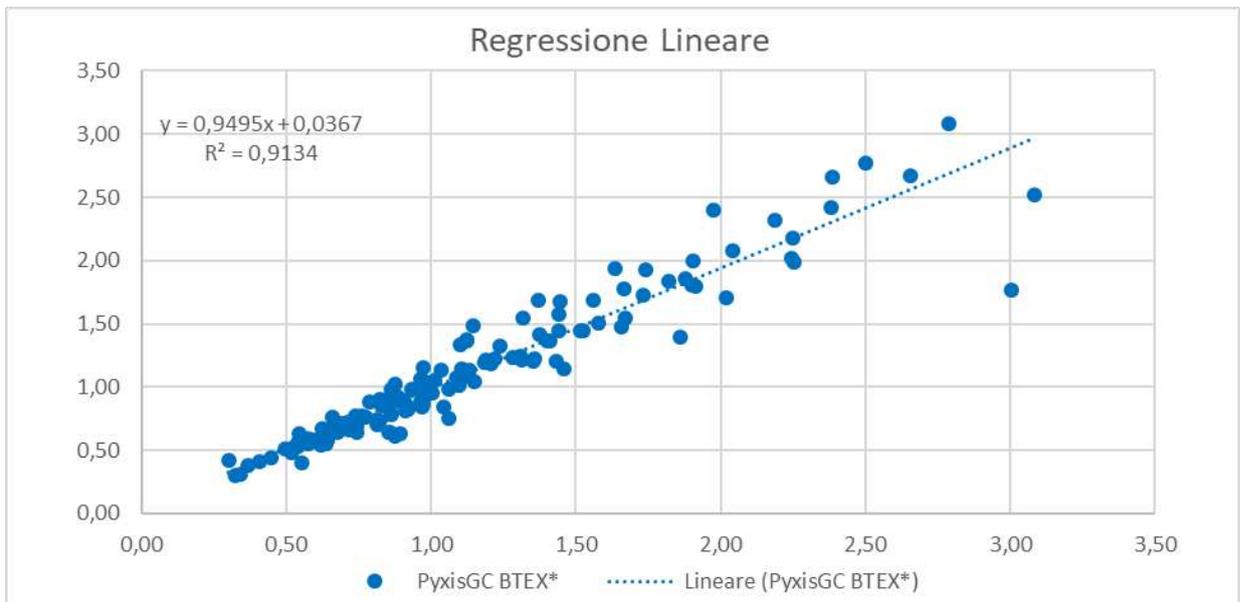


Grafico 11 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m3) Set 5

EQUIVALENZA: 92% ---- R²: 0,9134

SETTIMANA 6

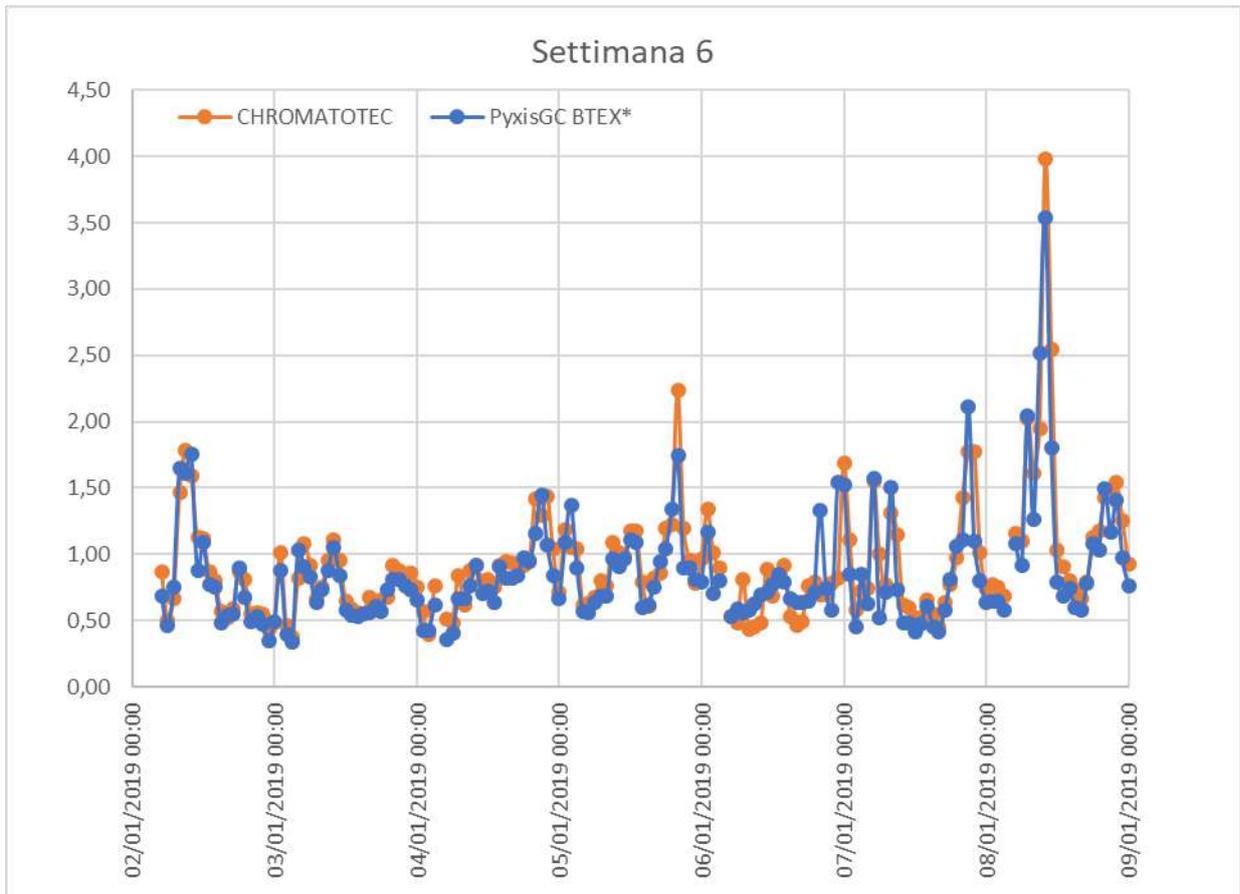


Grafico 13 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m3) Set 6

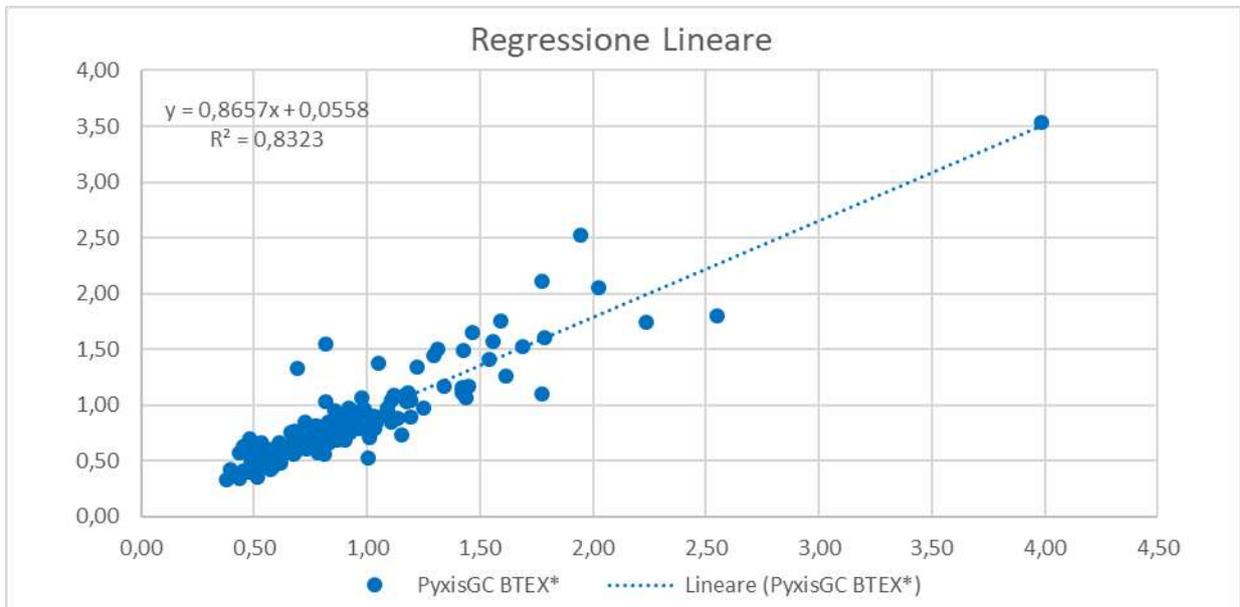


Grafico 14 -Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m3) Set 6

EQUIVALENZA: 85% ---- R²: 0,8323

SETTIMANA 7

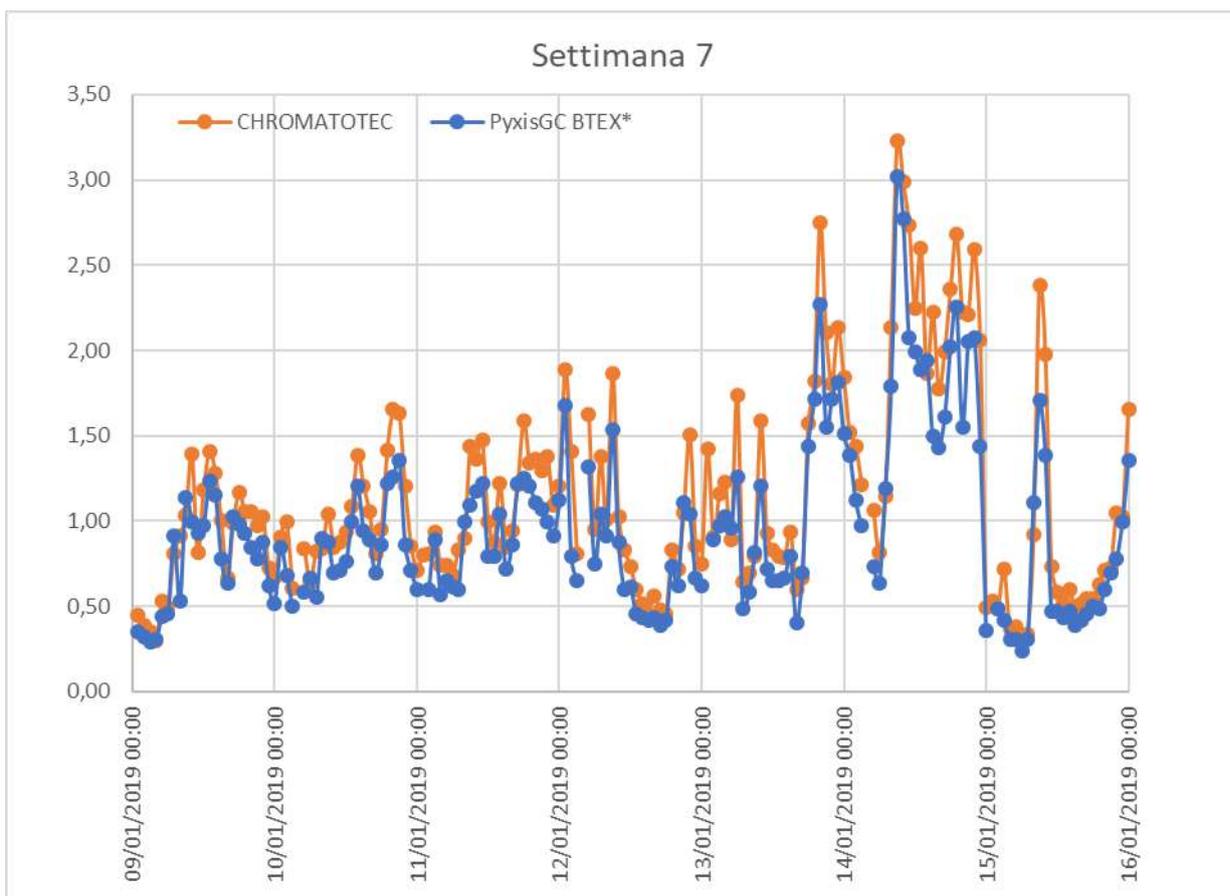


Grafico 15 - Andamento medie orarie Benzene (concentrazioni espresse in ug/m3) Set 7

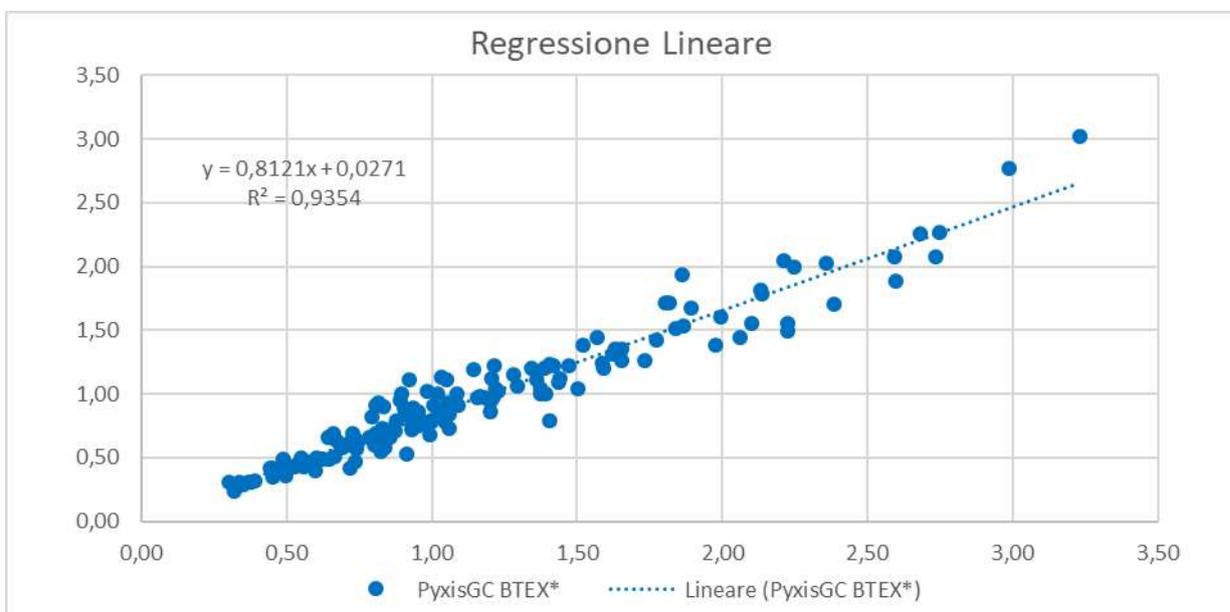


Grafico 16 - Calcolo della regressione lineare tra le misure strumentali (concentrazioni Benzene espresse in ug/m3) Set 7

EQUIVALENZA: 83% ---- R²: 0,9354

Nella tabella ed il grafico sottostanti sono riportati i valori di equivalenza e correlazione (R^2) calcolati in percentuale tra le misure ottenute con entrambi gli strumenti.

SETTIMANA	% EQUIVALENZA	R^2	R^2 %
1	92%	0,9461	95%
2	89%	0,9332	93%
3	91%	0,8871	89%
4	91%	0,8983	90%
5	92%	0,9134	91%
6	85%	0,8323	83%
7	83%	0,9354	94%
MEDIA SUL PERIODO	89%	0,9065	91%

Tabella 2 - Dati relativi ad Equivalenza e Correlazione delle misure effettuate

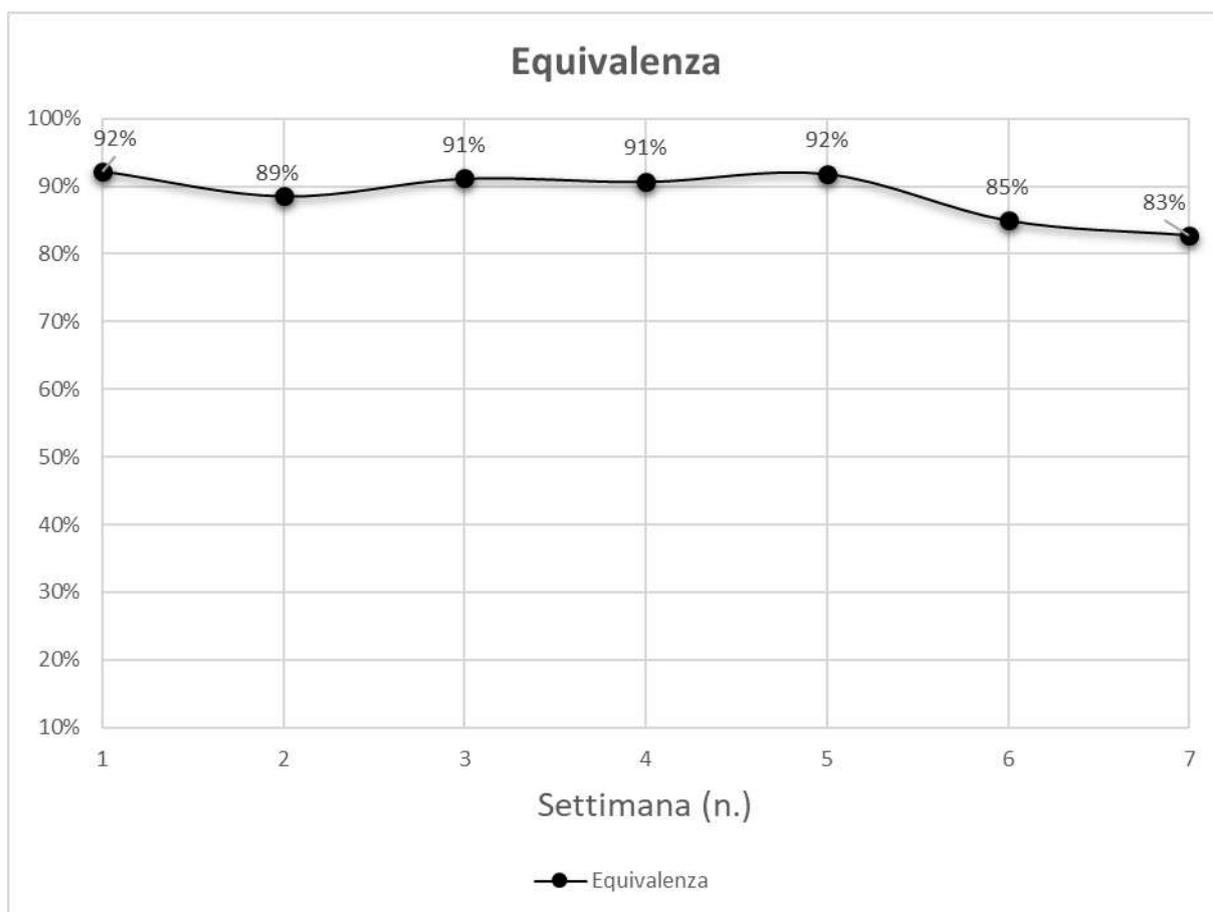


Grafico 17 – Andamento dell'Equivalenza delle misurazioni effettuate

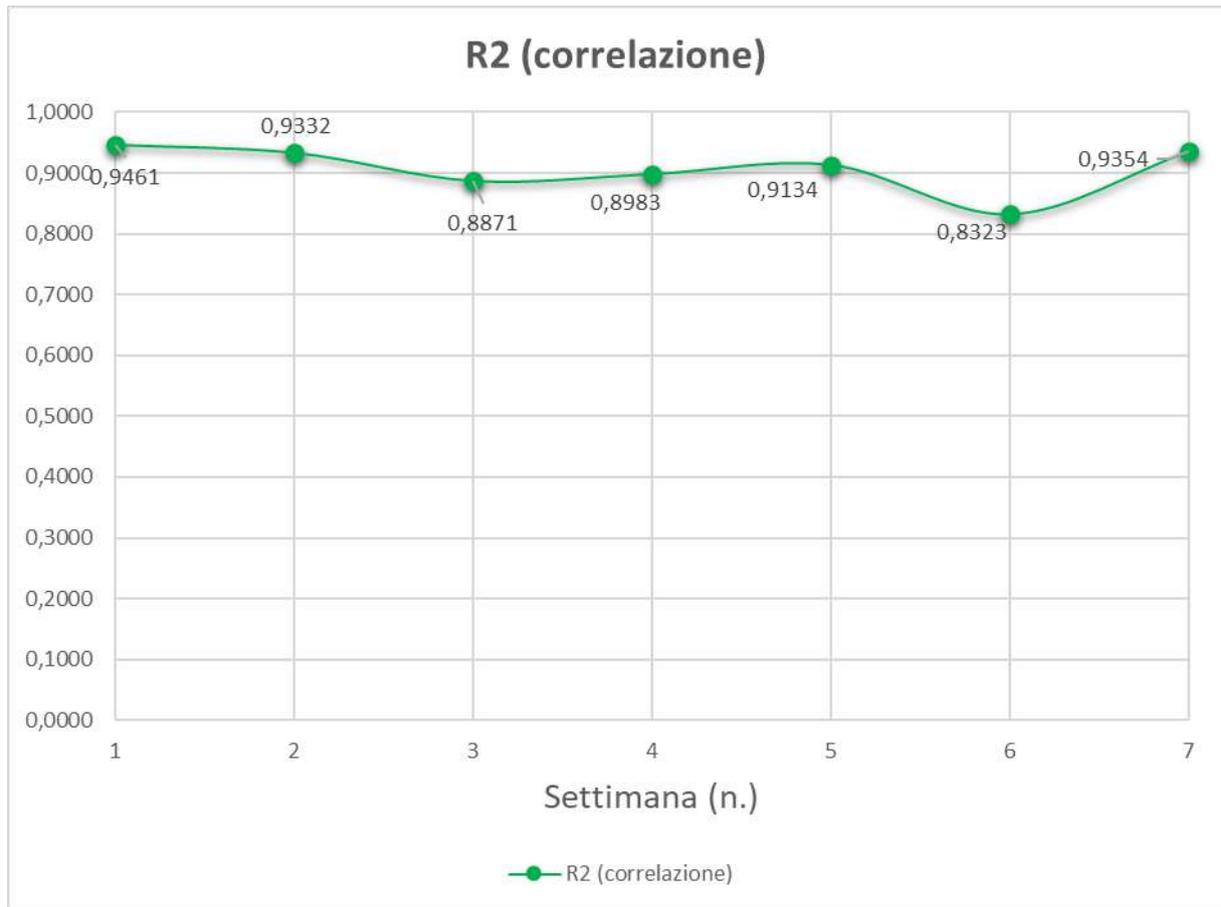


Grafico 18 - Andamento della Correlazione (regressione lineare) delle misurazioni effettuate

Pertanto in base al dato di correlazione media di 0,9065 (91%) si può affermare che i risultati riportati dimostrano l'affidabilità del PyxisGC BTEX e l'accuratezza delle misure ottenute. Inoltre i dati dimostrano come il PyxisGC BTEX segua perfettamente l'andamento delle misure rilevate con la centralina di ARPA Puglia, nonostante non sia mai stato calibrato durante tutto il periodo di test.

3. CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti sono emerse le seguenti osservazioni:

REGRESSIONE LINEARE: Come si evince dai grafici delle singole settimane e dal grafico della regressione lineare totale dell'intera campagna di misure (Grafico 18), i dati dimostrano la perfetta funzionalità strumentale del PyxisGC BTEX e la validità tecnico-analitica dei singoli componenti: sistema di campionamento, pre-concentrazione, iniezione, separazione, rivelazione.

EQUIVALENZA: Dai dati calcolati di Equivalenza, è possibile notare come, fino alla quinta settimana, i valori siano costanti e lineari attorno al 91% (Grafico 17). Nelle successive due settimane di test, si assiste ad uno scostamento dalla linearità.

Questa tendenza può derivare da 2 fattori principali:

- Pre-calibrazione strumentale: entrambi gli strumenti sono stati calibrati in luoghi, tempi, condizioni e utilizzando bombole diverse; questo causa già una diversa condizione di partenza.
- Deriva del detector PID: la mancanza di un sistema di auto-check e auto-calibrazione nel PyxisGC BTEX durante tutto il periodo di 7 settimane, non ha permesso la correzione della naturale deriva del detector.

Correzione della deriva del detector PID:

Dopo aver valutato i dati relativi all'equivalenza, per ottimizzare la performance sul lungo periodo del PyxisGC BTEX, è stato realizzato un sistema di auto-calibrazione effettuata a cadenza programmata al fine di eliminare lo scostamento del dato di equivalenza.

Questo sistema include una bomboletta a concentrazione nota di toluene; il gas viene diluito in maniera controllata con aria ambiente filtrata per raggiungere le basse concentrazioni richieste dallo strumento per effettuare la calibrazione.



Figura 5 - Interno PyxisGC BTEX

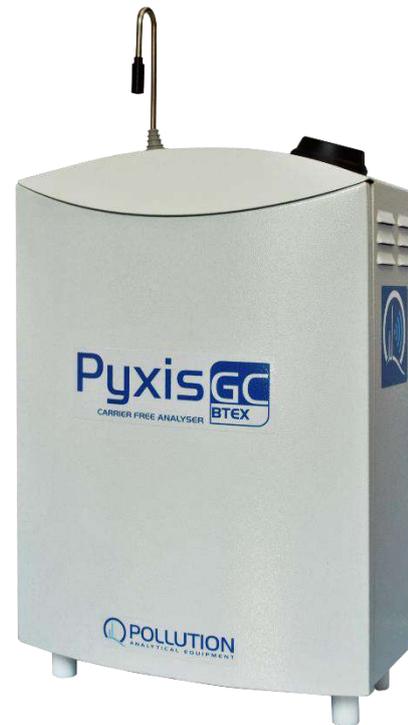


Figura 4 - Esterno PyxisGC BTEX

3.1 Vantaggi PyxisGC BTEX

Installazioni semplici ed adatte a tutti i luoghi

La mancanza di bombole di gas-carrier per il funzionamento dello strumento permette l'installazione della centralina in tutte le possibili allocazioni (pali elettrici, semafori, edifici, scuole, impianti industriali, gallerie, ...).

Inoltre, la miniaturizzazione ed il peso estremamente ridotto di tutto il sistema garantiscono sia una grande praticità d'uso per gli addetti ai lavori che un bassissimo impatto dal punto di vista paesaggistico/ambientale.

Possibilità di creare una rete "smart" on-line e remotizzata

Il software installato nei sistemi PyxisGC BTEX consente di monitorare e gestire i dati acquisiti tramite la piattaforma cloud *POLLUTION GUARDIAN*, accessibile tramite browser web e APP dedicata. Grazie al sistema di comunicazione integrato nel PyxisGC BTEX, è possibile creare un network di centraline, con distanze punto a punto fino a 400 metri.

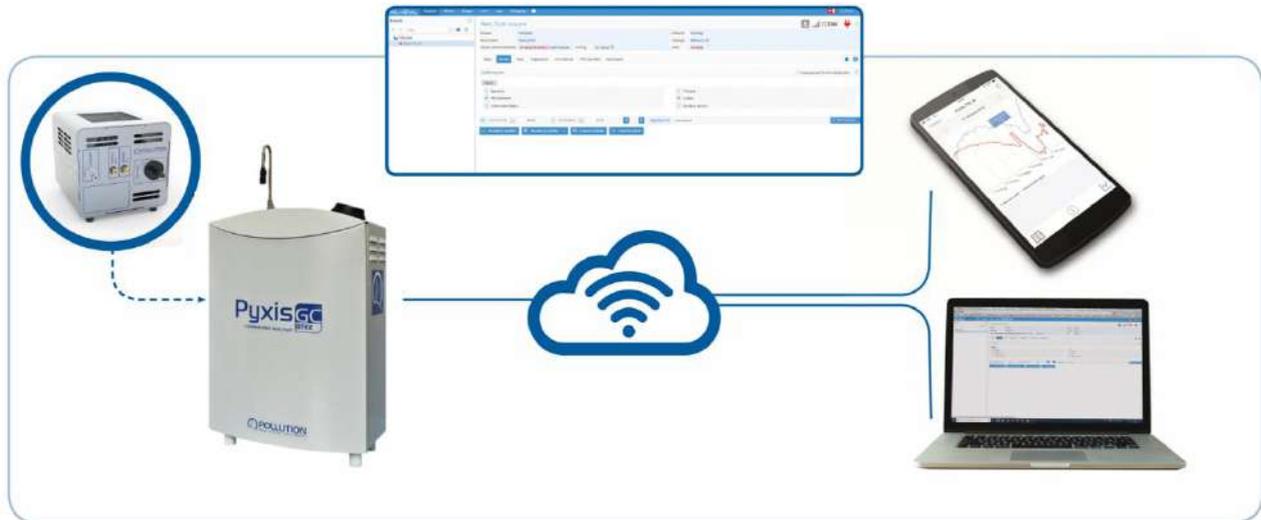


Figura 6 - Sistema Cloud per PyxisGC BTEX

3.2 Applicabilità PyxisGC BTEX

Le caratteristiche del PyxisGC BTEX, emerse nel rapporto, apportano diversi benefici e vantaggi nei possibili campi applicativi di seguito elencati:

- Fence Line Monitoring
- SMART Factory IoT
- SMART CITY
- MONITORAGGI INDOOR
- INSTALLAZIONI DI CARATTERE EMERGENZIALE (incendi, dispersioni accidentali di gas, bonifiche siti contaminati, discariche...)