

VERSO STRUMENTI INNOVATIVI DI MONITORAGGIO

È IL CASO DELLO STRUMENTO MINIATURIZZATO MESSO A PUNTO DAL CNR, IN COLLABORAZIONE CON IL CONSORZIO PROAMBIENTE, CHE CONSENTE UN MONITORAGGIO CAPILLARE DEL BENZENE E DEI COMPOSTI AROMATICI, GARANTENDO LA RILEVAZIONE DEI PARAMETRI A LIVELLI MOLTO BASSI DI CONCENTRAZIONE.

Il problema delle emissioni nocive prodotte da sorgenti urbane (in special modo traffico veicolare e attività industriali) rappresenta da sempre una fonte di preoccupazione per la salute dei cittadini, soprattutto nelle aree più densamente popolate e maggiormente industrializzate.

Per garantire condizioni di vita salubri e sicure, la possibilità di effettuare monitoraggi capillari e continui dei principali parametri che definiscono la qualità dell'aria rappresenta una stringente necessità.

In questo contesto, uno dei più pericolosi inquinanti atmosferici è il benzene – formula chimica C_6H_6 – un idrocarburo aromatico prodotto dalla combustione incompleta di composti ricchi di carbonio, le cui principali sorgenti emmissive possono essere identificate con le industrie petrolchimiche, i gas di scarico delle automobili, le stazioni di servizio, il fumo di sigaretta ecc. Il benzene è riconosciuto agente cancerogeno di classe 1 dalla Iarc (*International Agency for Research on Cancer*), e il suo valore limite (VL) annuale di esposizione non deve superare i $5 \mu g/m^3$ (pari a 1,5 parti per miliardo o ppb).

Per poter effettuare un monitoraggio capillare delle emissioni di benzene, risulta essere di primaria importanza la possibilità di disporre di un elevato numero di strumenti di analisi, ed è perciò fondamentale che questi possano fornire dati precisi e affidabili a costi contenuti. Altro requisito è l'elevata sensibilità, in considerazione del basso VL imposto dalle normative vigenti. Per venire incontro a questi requisiti,



1

presso la sede di Bologna dell'Istituto per la microelettronica e i microsistemi (Imm) del Consiglio nazionale delle ricerche (Cnr) e in collaborazione con il Consorzio Proambiente, è stato sviluppato un innovativo strumento miniaturizzato in grado di rilevare in tempo reale la concentrazione di benzene in aria con livelli di sensibilità estremamente bassi (frazioni di ppb). Lo strumento è inoltre in grado di rilevare la presenza di composti aromatici omologhi al benzene, quali il Toluene ($C_6H_5-CH_3$), l'Etil-benzene ($C_6H_5-CH_2CH_3$) e lo Xilene ($C_6H_4-CH_3CH_3$), sostanze non riconosciute cancerogene ma comunque nocive per l'uomo a causa della loro più o meno elevata tossicità.

Il dispositivo realizzato si basa sul principio analitico della Gas-Cromatografia (GC), sviluppato a partire dai primi del '900 e che rappresenta tuttora la tecnica più usata per la rilevazione di singoli composti che si trovano all'interno di miscele complesse (come appunto il benzene in aria atmosferica).

Il cuore di un sistema GC è costituito dalla cosiddetta "colonna di separazione", che convenzionalmente è un tubo che può raggiungere lunghezze anche di alcune decine di metri, riempito con una apposita fase chimica detta "fase stazionaria". Tramite un sistema di iniezione e un gas di trasporto (tipicamente elio o azoto) la miscela attraversa la colonna GC e i singoli composti verranno separati sulla base della loro interazione con la fase, uscendo

in tempi diversi dalla colonna stessa. A valle della colonna, un opportuno detector sarà perciò in grado di rilevare singolarmente i composti della miscela e di quantificare la loro concentrazione. Se l'applicazione specifica lo richiede (ad esempio quando è necessario garantire livelli di sensibilità molto spinti) è possibile "pre-concentrare", all'interno di un volume ridotto e per un tempo prestabilito, la miscela da analizzare in modo tale da aumentare la quantità di campione iniettato in colonna e poter rilevare sostanze presenti in atmosfera a concentrazioni molto basse. Due sono gli aspetti maggiormente innovativi dello strumento sviluppato da Cnr-Imm Bologna e Proambiente (chiamato miniGC) e che lo differenziano dagli strumenti convenzionali:

- l'utilizzo delle tecnologie di fabbricazione dei dispositivi a semiconduttore - che vengono comunemente impiegate per realizzare componenti elettronici, microprocessori, memorie ecc. - per fabbricare componentistica miniaturizzata in silicio da impiegare all'interno di uno strumento gas-cromatografico. In particolare, miniGC presenta al suo interno due componenti micro-lavorati: la cartuccia di pre-concentrazione selettiva per la cattura e il rilascio di composti aromatici (raffigurata a sinistra nella *foto 1*) e la colonna di separazione cromatografica (raffigurata a destra)
- non è richiesto l'utilizzo di bombole esterne (costose e ingombranti) per la fornitura di gas di trasporto, poiché esso

1 Cartuccia di pre-concentrazione (a sinistra) e colonna di separazione (a destra) entrambe in silicio micro-lavorato, di dimensioni confrontabili con quelle di una moneta da 2 euro.

2 Foto di un dispositivo miniGC attualmente sotto test presso i laboratori di Cnr-Imm Bologna.

è ottenuto campionando aria ambiente tramite una pompa di prelievo e filtrandola opportunamente. Per quanto riguarda invece il detector, miniGC impiega un rivelatore miniaturizzato a fotoionizzazione (PID – Photo Ionization Detector) commerciale prodotto dalla ditta IonScience, che ha dimostrato una elevata sensibilità verso i composti BTEX e una buonissima stabilità temporale della risposta. Queste caratteristiche hanno permesso di ridurre notevolmente le dimensioni e il consumo dello strumento, aumentandone la facilità di installazione e di impiego senza andare a scapito delle prestazioni. Lo strumento miniGC è inoltre costituito da tre schede elettroniche per il controllo dei parametri dei suoi blocchi elementari (pre-concentratore, colonna GC e rivelatore PID), da un'ulteriore scheda per la loro sincronizzazione, da componentistica in acciaio inossidabile lavorata meccanicamente per garantire le interconnessioni fluidiche fra i vari blocchi e da alcuni componenti commerciali.

Una immagine di un miniGC, attualmente impiegato da Proambiente per campagne di misura di benzene presso l'Area della Ricerca di Bologna, è riportata in *foto 2*, mentre le specifiche tecniche dello strumento sono riassunte nella *tabella 1*. Uno strumento analogo è in test presso JRC (*Joint Research Centre*) di Ispra (Varese) all'interno del Progetto Europeo Key-VOCs.

Per quanto riguarda la gestione dello strumento, l'acquisizione dei dati e la loro elaborazione, miniGC è equipaggiato con un mini-PC *embedded* "ACME Arietta G25" che temporizza l'inizio di ogni ciclo di misura, acquisisce il cromatogramma (successione di picchi di benzene, toluene, etilbenzene e xilene) in tempo *wpicchi*, correlando la loro altezza con la concentrazione dello specifico composto. Al mini-PC ACME Arietta G25 è associato un indirizzo Ip che permette,

tramite una semplice connessione via web, di visualizzare lo storico delle misure dei composti Btex, e in particolare:

- l'andamento in tempo reale del cromatogramma relativo alla misura di Btex attualmente in corso
- il trend giornaliero delle concentrazioni misurate di Btex (vedi *figura 1*), in cui sono riportate le concentrazioni di benzene e toluene espresse in ppb). Il medesimo tipo di visualizzazione riportato in *figura 1*, si può ottenere anche installando su un qualunque dispositivo Android l'apposita app Btex-GC sviluppata presso Cnr-Imm Bologna. Le dimensioni estremamente ridotte di miniGC, il suo bassissimo consumo di potenza, la sua elevatissima sensibilità e la semplicità della

elaborazione e visualizzazione dei dati di misura rendono quindi lo strumento estremamente adatto a essere impiegato in svariate applicazioni di monitoraggio ambientale (qualità dell'aria *outdoor* e *indoor*, luoghi confinati, emissioni industriali, sicurezza...) e in special modo dove sia richiesta la presenza di una rete di monitoraggio caratterizzata da una elevata risoluzione spaziale e temporale.

Antonella Poggi^{1,2}, Stefano Zampolli¹, Gian Carlo Cardinali¹, Ivan Elmi¹, Luca Masini¹, Enrico Cozzani², Francesco Suriano²

¹ Cnr-Imm

² Proambiente srl

TAB. 1
MONITORAGGIO
DELL'ARIA

Specifiche tecniche di miniGC.

SOSTANZE RILEVATE	BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene)
TEMPI DI ANALISI	15-60min, configurabili dall'utente
DETECTOR	PID (lampada 10.6eV)
COLONNA GC	Impaccata, lunghezza=60cm
TEMPERATURA COLONNA	Fino a 180°C
GAS DI TRASPORTO E FLUSSO	Aria ambiente filtrata, <20mL/min
LIMITE DI RILEVABILITÀ	0.25ppb di Benzene, ciclo di misura 15min
FLUSSO DI CAMPIONAMENTO	100-250 mL/min
DIMENSIONI E PESO	12x11x6.5 cm ³ , 1.9 kg
CONSUMO DI POTENZA	12V, 10W (picco 24W)
TEMPERATURA DI LAVORO	10-30°C



FIG. 1
MONITORAGGIO
DELL'ARIA

Trend giornaliero delle concentrazioni (espresse in parti per miliardo) di benzene e toluene.

