

## Sistemi per il monitoraggio delle emissioni in atmosfera

Elisa Laino\*, Valentina Lupi\*

L'inquinamento atmosferico, definito come "ogni modificazione dell'aria atmosferica dovuta all'introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente" [1], può essere valutato attraverso un Sistema di Monitoraggio delle Emissioni (SME) in atmosfera

Una sostanza inquinante immessa in atmosfera da una sorgente in un dato punto a un dato istante e con determinate modalità di emissione, per effetto di fenomeni quali il trasporto per azione del vento o la dispersione per effetto dei moti turbolenti dei bassi strati dell'atmosfera, si distribuisce nell'ambiente, diluendosi in un volume di aria di dimensioni variabili in funzione delle condizioni atmosferiche presenti. L'inquinamento atmosferico così generato è funzione, oltre che dei fenomeni che hanno luogo durante il trasporto delle sostanze in atmosfera e delle condizioni atmosferiche, anche delle caratteristiche emissive delle sorgenti di inquinanti in atmosfera.

Le sostanze inquinanti derivano principalmente da sorgenti emissive quali il traffico, il riscaldamento che utilizza combustibili fossili e le emissioni da sorgenti industriali. Nel seguito ci si limiterà ad analizzare le metodologie di monitoraggio e controllo delle emissioni generate da sorgenti industriali, che sono funzionali inoltre anche al controllo delle condizioni operative di un impianto.

## Sorgenti industriali e parametri monitorati

Le emissioni totali di un complesso o di un'unità sono costituite oltre che dalle emissioni convogliate, anche da quelle diffuse e fuggitive. Per emissioni convogliate si intendono le emissioni generate da ogni tipo di condotto; le emissioni fuggitive sono invece risultanti da una perdita graduale di tenuta di una parte delle apparecchiature designate a contenere un fluido (gassoso o liquido); mentre le emissioni diffuse derivano da un contatto

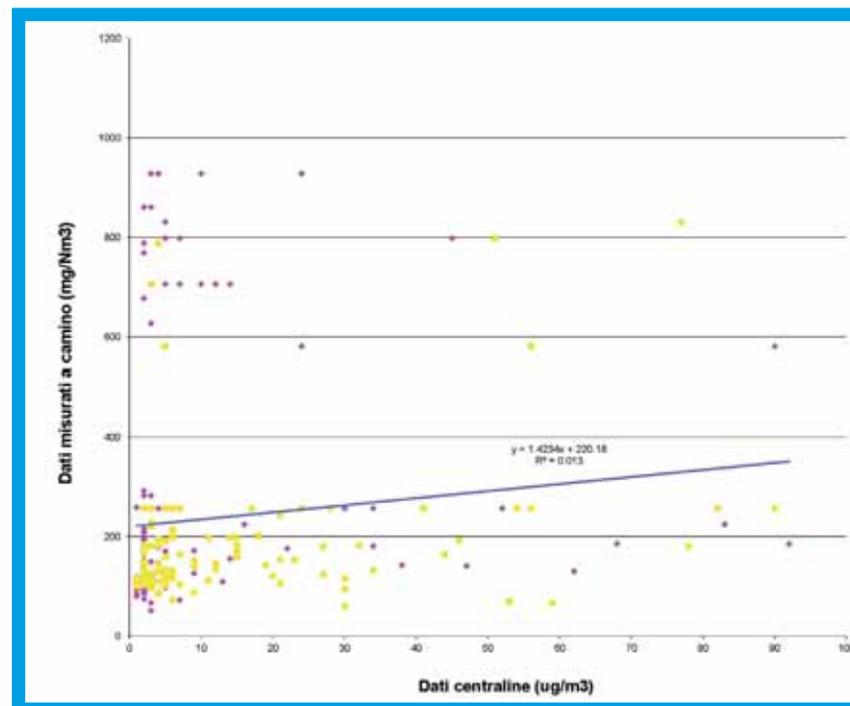


Figura 1 - NO<sub>x</sub> - confronto tra dati monitorati a camino e misure di qualità dell'aria da centraline

diretto di sostanze volatili o polveri leggere con l'ambiente. Si può parlare quindi di sorgenti di emissione localizzate e distribuite.

Una sorgente è definita localizzata quando per essa è possibile definirne esattamente la collocazione spaziale, mentre è definita distribuita una sorgente che per sua caratteristica intrinseca necessita di un trattamento statistico per la sua stima. Tipicamente le emissioni di origine industriale sono localizzate (camini), ma va valutato se la loro localizzazione e la conseguente quantificazione dell'emissione per singola sorgente risponda a criteri di economicità della caratterizzazione relativamente alla sua importanza.

La scelta dei parametri da monitorare per ciascuna tipologia di sorgente dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nell'impianto. In generale, il monitoraggio deve fornire

informazioni sulle emissioni e sulle loro variazioni nel tempo.

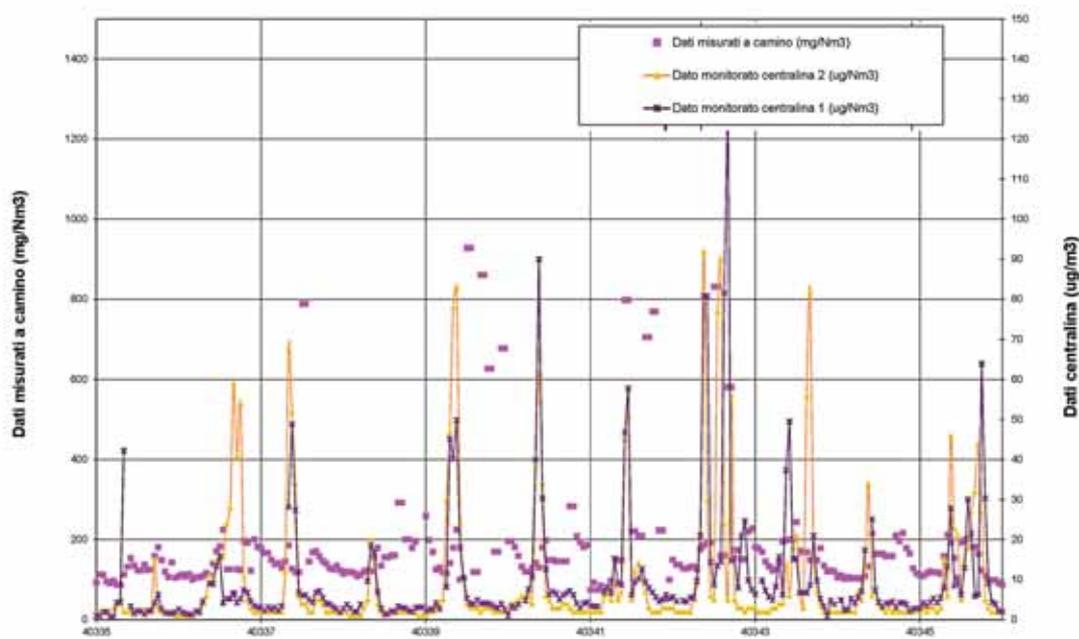
## Parametri soggetti a monitoraggio

Concentrazioni  
Si riferiscono ai principali inquinanti emessi da ciascuna sorgente, vengono espresse come massa per unità di volume (mg/m<sup>3</sup>) o volume per unità di volume (es. ppm), sono definite in un tempo medio, valore orario o giornaliero, permettono il controllo del corretto funzionamento di un processo o di una tecnologia di abbattimento allo scarico.

Portate La scelta del periodo di tempo di definizione delle portate è legata al tipo di impatto dell'emissione sull'ambiente: un intervallo di tempo breve (es. kg/h) è scelto per esprimere un carico inquinante di breve periodo ad esempio per emissioni da processi in continuo e per valutazione dell'impatto di emissioni che richiedono uno stretto controllo; un intervallo

di tempo lungo (kg/a) è invece scelto nel caso di carico inquinante di lungo periodo per esempio per rapporti periodici sullo stato dell'ambiente. Unità di misura specifiche e fattori di emissione possono basarsi sull'unità di prodotto (kg/t di prodotto) e quindi essere usate per comparare processi differenti tra loro, consentendo di valutare anche i trend.

Oppure possono basarsi sull'unità di input (per esempio g/GJ) ed essere usate specialmente per processi di combustione indipendenti dalle dimensioni del processo; possono anche essere usate per valutare l'efficienza dell'impianto di abbattimento (per esempio bilancio di massa g (in)/g(out)). Unità di misura relative all'effetto termico espresse come temperatura (per esempio °C) per valutare ad esempio l'efficienza di combustione di un inceneritore. Altre unità di misura relative al valore di emissione espresse come velocità (per



dell'ambiente circostante il sito di impianto, dai limiti normativi di emissione [1] e di qualità dell'aria [2] e dall'entità delle emissioni rispetto ai limiti normativi. Inoltre ai fini del monitoraggio delle emissioni in atmosfera, è importante l'accuratezza della misura del dato che ha un impatto notevole sui risultati di carico totale dell'emissione e il campionamento dei dati che deve essere rappresentativo (nel tempo e nello spazio) ed effettuato appropriatamente. Le modalità di effettuazione del monitoraggio delle emissioni in atmosfera sono prescritte da alcune normative (per esempio la normativa relativa ai grandi impianti di combustione). Infine,

Figura 2 - Correlazione: emissioni NO<sub>x</sub> da camino - concentrazioni NO<sub>x</sub> rilevate da centraline

esempio m/s) per valutare la velocità di flusso del gas; oppure tempo di permanenza (per esempio s) per valutare la completezza della combustione in un inceneritore. Unità di misura normalizzate  
Tengono conto di parametri ausiliari per esprimere i dati in condizioni normalizzate (0°C, 1 atmosfera), relativamente a un certo contenuto d'acqua (secco/umido) e a una concentrazione di ossigeno di riferimento (che varia in base alla tipologia di sorgente di emissione monitorata).

### Monitoraggio delle emissioni in atmosfera

Un sistema di monitoraggio delle emissioni (SME) assicura, in genere sotto la responsabilità del gestore dell'impianto e/o su richiesta degli Enti competenti, nelle diverse fasi di vita di un impianto, un efficace controllo delle emissioni in atmosfera



di inquinanti dalle sorgenti emissive. Il SME deve garantire un monitoraggio conforme alla normativa applicabile all'impianto in esame, alle linee guida di settore per l'identificazione delle migliori tecniche disponibili (MTD) e alle linee guida internazionalmente

riconosciute, come le linee guida dell'US Environmental Protection Agency. Al fine di pianificare un SME, è necessario identificare i parametri da monitorare che dipendono dallo specifico processo produttivo di impianto, dalle caratteristiche

il monitoraggio delle emissioni permette anche di effettuare un confronto tra dati monitorati a camino e misure di qualità dell'aria da centraline al fine di valutare l'effettiva correlazione tra livelli di qualità dell'aria e contributo dell'impianto, come mostrano le Figure 1 e 2.

Tabella 1 - Principali inquinanti monitorati e principio di misura ad essi associato [3]

Inquinanti	Identificazione	Principi di misura per il monitoraggio in continuo	Campo di misura
Ossigeno (O <sub>2</sub> )		Paramagnetico	0-10/25 %vol.
		Ossido di zirconio	0-10/25 %vol.
Monossido di Carbonio (CO)	Totale	Ndir	0-75 mg/m <sup>3</sup>
		Ftir	0-75 mg/m <sup>3</sup>
Ossidi di Azoto (NO <sub>x</sub> )	Somma di NO e NO <sub>2</sub> espressi come NO <sub>2</sub>	NO (Ndir)	0-200 mg/m <sup>3</sup>
		NO <sub>2</sub> (Ndir)	0-80 mg/m <sup>3</sup>
		NO (Ftir)	0-200 mg/m <sup>3</sup>
		NO <sub>2</sub> (Ftir)	0-40 mg/m <sup>3</sup>
		NO (Nduv)	0-50 mg/m <sup>3</sup>
Ossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	Somma di SO <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub> espressi come SO <sub>2</sub>	Ndir	0-75 mg/m <sup>3</sup>
		Ftir	0-75 mg/m <sup>3</sup>
		Nduv	0-75 mg/m <sup>3</sup>
Polveri	Totale	Diffrazione luce	0-0,5 mg/m <sup>3</sup>
		Estinzione luce	0-20 mg/m <sup>3</sup>
		Raggi Beta	0-0,15 mg/m <sup>3</sup>
		Triboelettrico	0-15 mg/m <sup>3</sup>
		Process-Photomer	0-0,2 mg/m <sup>3</sup>
Vapor Acqueo (H <sub>2</sub> O)	Totale	Ndir	0-40% vol.
		Ftir	0-40% vol.

## Monitoraggio delle emissioni

Esistono i seguenti metodi di monitoraggio delle emissioni:

- misure dirette in continuo o discontinue (periodiche e sistematiche);
- calcoli sulla base di parametri operativi o fattori di emissione;
- metodi predittivi.

Le misure relative alle emissioni diffuse e fuggitive normalmente vengono basate su calcoli, mentre per le emissioni convogliate si possono effettuare misure dirette in continuo o discontinue sulla base anche delle indicazioni riportate nel Bref comunitario e sulla base dei valori limite di emissione, associati a una determinata categoria di impianto e di sorgente, come eventualmente autorizzati.

## Misure dirette in continuo o discontinue

Le tecniche di monitoraggio e controllo per le misure dirette variano secondo le applicazioni

e possono essere suddivise in due tipologie: continue e discontinue.

Le tecniche di monitoraggio continue o Cems (Continuous Emission Monitoring System) consistono nell'utilizzo di strumenti di lettura continua fissati in situ (o durante l'attività) o nell'utilizzo di strumenti di lettura continua fissati online (o estrattivi). Il vantaggio principale derivante dall'applicazione di questa metodologia risiede nel fatto che vengono acquisiti in modo continuo dati puntuali. D'altro canto la metodologia presenta degli svantaggi, poiché comporta costi più elevati rispetto ai metodi discontinui. Per quanto riguarda le misure discontinue, queste vengono effettuate mediante l'utilizzo di strumenti o analizzatori portatili installati nel luogo della misura oppure mediante analisi di laboratorio effettuate su campioni prelevati da strumenti fissi, in situ e online. Gli analizzatori utilizzati devono essere certificati, tarati, validati

e verificati periodicamente. Gli strumenti per il monitoraggio delle emissioni, oltre a differenziarsi sulla base della tipologia di monitoraggio (continua o discontinua), si differenziano anche a seconda dell'inquinante monitorato. Per esempio, per il particolato atmosferico vengono utilizzate stazioni di misura per la raccolta e successiva determinazione gravimetrica, mediante campionamento su membrana in fibra di quarzo con specifica pompa di prelievo dotata di sistema autoregolante di portata volumetrica. Il sistema è dotato di un preselettore che garantisce l'integrità del campione raccolto ed è in grado di separare la frazione di particolato di interesse (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> ecc.). La determinazione degli ossidi di azoto, invece, può avvenire tramite fotometria misurando la radiazione chemiluminescente emessa per reazione fra l'ossido di azoto (NO) e l'ozono (O<sub>3</sub>) prodotto all'interno dello strumento stesso. La

determinazione degli ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>) avviene quindi previo passaggio dell'aria da analizzare attraverso un convertitore posto prima della camera di misura che trasforma il biossido di azoto in monossido di azoto. Per semplice differenza l'analizzatore calcola il tenore di NO<sub>2</sub>. La misurazione del monossido di carbonio, invece, può avvenire tramite misura spettrofotometrica infrarossa del monossido. Le interferenze vengono eliminate mediante apposito filtro interno di correlazione. La Tabella 1 riporta i principali inquinanti generalmente monitorati sulla base della tipologia di impianto, il principio di misura e il campo di misura a essi associati.

## Calcoli sulla base di parametri operativi e fattori di emissione

Con le tecniche di monitoraggio indiretto che si basano sul calcolo di parametri operativi o di fattori di emissione, le emissioni convogliate sono calcolate come prodotto del volume dei fumi emessi per la concentrazione media dell'inquinante nel periodo di riferimento. Nello specifico possono essere individuati quattro gruppi di metodologie di tipo indiretto. Il primo gruppo riguarda l'utilizzo di parametri sostitutivi, ovvero di quantità misurabili o calcolabili che possono essere strettamente rapportate a misure convenzionali di inquinante. Le emissioni di anidride solforosa possono in alternativa, per esempio, essere valutate mediante metodo stechiometrico diretto, sulla base del consumo annuo di combustibile e del quantitativo di zolfo contenuto in esso. Il secondo gruppo riguarda l'utilizzo di bilanci di massa che possono essere usati per la stima delle emissioni nell'ambiente

# Da sempre le riviste leader nel settore dell'elettronica e dell'automazione

provenienti da un intero sito o da un singolo processo. La procedura considera gli ingressi, gli accumuli, le uscite e la generazione o distruzione della sostanza interessata e la differenza tra queste quantità rappresenta lo scarico nell'ambiente. I bilanci di massa sono particolarmente utili e vengono applicati nei processi di combustione in cui le emissioni di inquinante possono essere determinate sulla base di calcoli stechiometrici. Per alcuni inquinanti, quando parte della materia in ingresso viene trasformata, è difficile applicare il metodo del bilancio di massa, in alternativa può essere calcolata la concentrazione media emessa sulla base di campagne di analisi delle emissioni a camino eseguite in modalità discontinua. Un terzo gruppo di metodologie indirette per la stima delle emissioni riguarda l'utilizzo di equazioni teoriche e complesse o modelli. Le stime così ottenute possono basarsi ad esempio sulle proprietà fisico/chimiche della sostanza e su relazioni matematiche. Un ultimo gruppo riguarda i fattori di emissione che altro non sono se non numeri che possono essere moltiplicati per un parametro caratteristico di una attività o per i dati di smaltimento di un impianto per stimarne le emissioni. I fattori di emissione vengono applicati supponendo che tutte le unità industriali della stessa linea di produzione abbiano modelli di emissione simili. Questi fattori sono ampiamente usati per la determinazione dei carichi di piccoli impianti o per la determinazione di emissioni fuggitive.

#### Metodi predittivi

In alcuni tipi di impianto non è possibile effettuare misure

dirette e come alternativa si può ricorrere a sensori software che stimano, per mezzo di modelli di processo, i dati di emissione a partire da misure di portate, flussi e temperature, più facilmente rilevabili e accessibili.

I modelli utilizzati per i sensori software sono basati sui dati sperimentali, riuscendo a predire un comportamento futuro estrapolandolo dal comportamento passato. Un indubbio vantaggio presentato da questo tipo di tecniche consiste nell'economicità delle stesse e nella rapidità dei tempi di realizzazione rispetto all'implementazione di un sistema di monitoraggio diretto. Tuttavia, queste tecniche, non possono del tutto sostituire le misure dirette, in continuo o meno e vanno a svolgere per lo più funzioni di completamento o di complementarietà a queste tecniche.

#### Conclusioni

Monitorare le emissioni a camino per impianti industriali è un utile strumento di controllo dei parametri di impianto e risulta importante nella definizione di un sistema di gestione ambientale di un'attività permettendo anche una verifica puntuale della conformità delle emissioni alla normativa applicabile di riferimento.

#### RIFERIMENTI

- [1] DLgs Governo n. 152 del 03/04/2006 Norme in materia ambientale.
- [2] DLgs Governo 13/08/2010 n. 155 Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
- [3] Elementi per l'emanazione delle linee guida per l'identificazione delle migliori tecniche disponibili (8 giugno 2004).



**FIERA MILANO  
MEDIA**

Per maggiori informazioni potete contattare il Sales Manager:  
Giuseppe De Gasperi - tel. +39 02 4997.6527  
email: giuseppe.degasperis@fieramilanomedia.it

[www.ilb2b.it](http://www.ilb2b.it) - [www.fieramilanomedia.it](http://www.fieramilanomedia.it)