

# AEROSOL ATMOSFERICO, NUOVI STRUMENTI DI MISURAZIONE

NELLO STUDIO DELL'IMPATTO AMBIENTALE E SANITARIO DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO SONO RILEVANTI LE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE. GRAZIE ALLO SVILUPPO DELLA TECNOLOGIA, STRUMENTI INNOVATIVI CONSENTONO OGGI MISURAZIONI QUANTITATIVE DI AEROSOL A PARTIRE DA 3 NANOMETRI.

**L**e particelle aerodisperse di dimensioni comprese nel range che va da pochi nanometri a 10 micrometri sono ormai da anni di grande interesse sia per la comunità scientifica, visto il loro importante impatto ambientale e sanitario, sia per le attività industriali visto il loro impiego nelle nanotecnologie.

Il particolato atmosferico, come è noto, risulta tra i principali fattori di rischio ambientale per la salute: numerosi studi hanno infatti mostrato rilevanti implicazioni tossicologiche nei confronti dei soggetti potenzialmente esposti alla loro inalazione. Inoltre, l'esistenza di una stretta correlazione fra inquinamento da polveri e incidenza di malattie (riduzione della funzionalità polmonare, asma, bronchiti croniche ecc.), ospedalizzazioni e tassi di mortalità nelle aree urbane è confermata da numerosi studi.

In particolare, all'interno dell'organismo umano, il sistema respiratorio è l'apparato che risulta maggiormente impattato dall'aerosol atmosferico, e la dimensione delle particelle è la caratteristica fondamentale per comprenderne la capacità di penetrazione nelle vie aeree. Un altro importante impatto dell'aerosol atmosferico è certamente legato al clima. La composizione delle particelle può infatti influire sulla capacità di assorbire o riflettere parte della radiazione solare, al punto tale da influenzare il bilancio radiativo dell'atmosfera.

Il materiale particolato non è prodotto soltanto da attività antropiche – traffico, combustione di legna e suoi derivati, attività produttive e di servizio, attività legate all'agricoltura – ma è anche il risultato di processi, attivati dalla radiazione solare e/o a opera delle condizioni termodinamiche dell'atmosfera, di trasformazione delle sostanze dalla fase gassosa a quella solida. Benché a oggi la misura della sua concentrazione in massa sia un parametro considerato ormai di routine, e sia

FIG. 1  
STRUMENTI  
DI MISURA

Schema dello strumento  
Condensation particle  
counter (CPC).

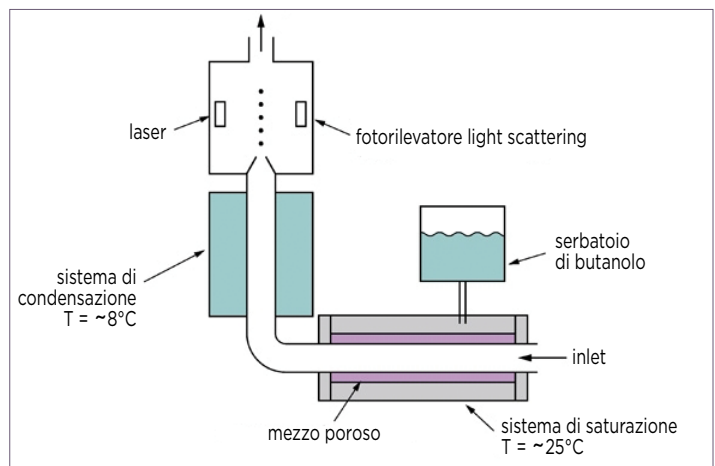
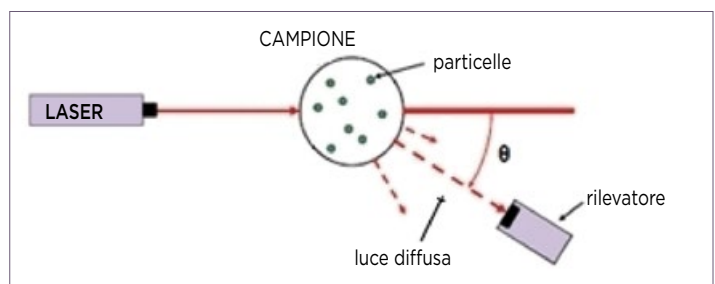


FIG. 2  
STRUMENTI  
DI MISURA

Schema dello strumento  
Optical particle counter  
(OPC).



eseguita tramite campionatori automatici su supporti idonei attraverso diversi principi di misura – *beta attenuation*, *light scattering*, *tapered element oscillating microbalance* – la misura delle concentrazioni numeriche e delle sue distribuzioni nei vari canali dimensionali risulta una determinazione ancora affetta da incertezza elevata.

Pur essendo nota l'evidenza della presenza di particelle in atmosfera di qualche nanometro già da studi della fine dell'800, di fatto solo l'attuale sviluppo della tecnologia ha permesso di avere misurazioni quantitative di aerosol suddiviso nelle diverse dimensioni, a partire da 3 nm.

Di seguito è descritta una sintesi dei principali strumenti, ormai di più comune impiego, per la misura della concentrazione numerica delle particelle "fini", generalmente intese come quelle

con diametro inferiore a 1  $\mu\text{m}$ , e ultrafini, inferiori invece a 0.1  $\mu\text{m}$ .

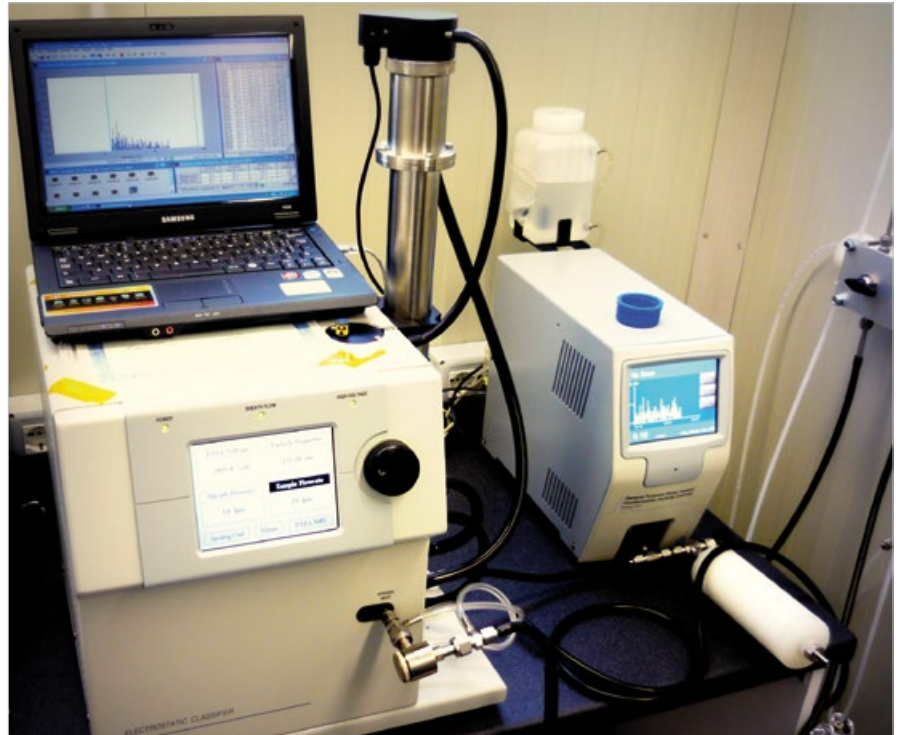
## I principali strumenti per la misura del particolato atmosferico

I Cpc (*Condensation Particle Counter*, figura 1) vengono normalmente impiegati per il conteggio del numero delle particelle di aerosol con diametro ottico maggiore di qualche nanometro. Il principio di misura è il seguente: l'aria aspirata viene dapprima saturata con il vapore del fluido di lavoro (butanolo o acqua), quindi entra in un condensatore, costituito da un tubo mantenuto a bassa temperatura dal raffreddamento delle pareti; qui il vapore di gas saturo si raffredda per conduzione e convezione, raggiungendo così una supersaturazione del fluido.

In base al grado di supersaturazione, le particelle crescono per condensazione del vapore sulle particelle stesse. Queste “gocce” sono quelle che vengono contate da un rilevatore ottico.

Gli Opc (*Optical Particle Counter*, figura 2) sono in grado di rilevare particelle con dimensioni superiori a qualche centinaio di nanometri, sfruttando le loro proprietà ottiche. Un fascio di luce laser investe il campione d'aria, aspirato in continuo all'interno della camera del sistema, successivamente un diodo rileva la luce diffusa dalle particelle che attraversano il raggio; ogni impulso rilevato corrisponde al passaggio di una particella. Dall'intensità dell'impulso si risale poi alla dimensione dell'aerosol che sarà funzione del suo diametro ottico, ossia il diametro di una particella sferica con lo stesso indice di rifrazione della particella presa in considerazione. Oltre alla concentrazione numerica totale questi strumenti permettono anche di misurare le particelle in diversi range dimensionali.

Gli strumenti che però consentono una analisi dettagliata della concentrazione numerica in un numero elevato di canali dimensionali, quindi uno studio della distribuzione dimensionale dell'aerosol da pochi nanometri a 1  $\mu\text{m}$ , sono quelli che utilizzano il principio di misura della *mobilità elettrica delle particelle* (la capacità di particelle cariche come ioni, elettroni o protoni, di muoversi attraverso un mezzo – gas, solido o liquido solvente – in risposta all'azione di un campo elettrico). Il diametro misurato è quindi espresso in termini di *mobilità elettrica equivalente*, ossia il diametro di una particella sferica che ha la stessa velocità di migrazione della particella rilevata in un campo elettrico costante. L'implementazione tecnica di tale metodologia prevede la scansione temporale di valori ben determinati di mobilità elettrica (attraverso i *Differential Mobility Analyzer*, Dma, figura 3), e la misura della concentrazione dell'aerosol, avente tale mobilità, mediante un contatore a condensazione, Cpc. Il Dma è costituito da due cilindri, uno interno all'altro, sui quali è applicata una differenza di potenziale. L'aria campionata passa attraverso i due cilindri e le particelle, precedentemente caricate secondo una precisa distribuzione,



1

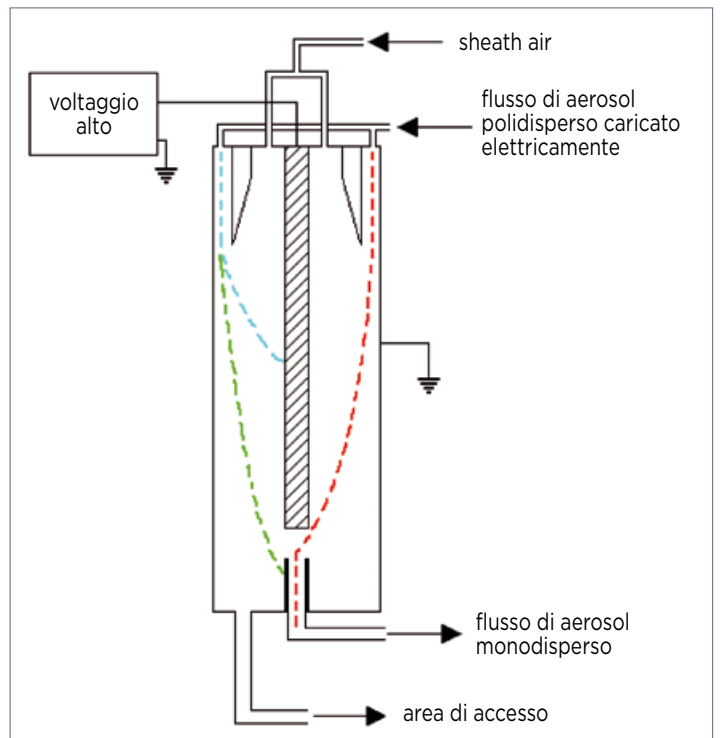


FIG. 3  
STRUMENTI  
DI MISURA

Schema di un analizzatore a mobilità differenziale. La linea rossa indica il tragitto di una particella diretta al Condensation particle counter (CPC). La linea verde e la linea blu indicano il tragitto di particelle con mobilità elettrica non idonea per essere rivelate.

vengono attratte alle pareti del cilindro interno in funzione della loro mobilità elettrica, della velocità del flusso dell'aria campione e della tensione applicata ai cilindri. Le particelle possono poi raggiungere un'apertura posta all'estremità del sistema e essere dunque selezionate in base al loro diametro di mobilità elettrica. La caratterizzazione dimensionale per mobilità elettrica richiede quindi che sia nota la carica delle particelle, in tal

modo è possibile determinare in modo accurato la dimensione di queste ultime. Per ottenere tale distribuzione di cariche, l'aerosol atmosferico è sottoposto a frequenti collisioni con una miscela di ioni – in alcuni strumenti prodotti dal decadimento di sostanze radioattive, per esempio  $^{85}\text{Kr}$  – al fine di giungere a uno stato di equilibrio di cariche con gli ioni atmosferici, la cui distribuzione segue quella di Boltzmann. Le particelle vengono poi rilevate attraverso un Cpc,

1 Esempio di strumentazione dotata di sorgente radioattiva per la misura della distribuzione dimensionale delle particelle.

posto a valle del Dma. L'accoppiamento di un Dma e di un Cpc consente dunque di determinare la concentrazione numerica e la distribuzione dimensionale delle particelle in un particolare intervallo (che può essere in parte deciso dall'operatore a seconda del modello utilizzato) il spesso rientra tra pochi nm e 600 nm, con una risoluzione temporale molto alta, generalmente da cinque a dieci minuti.

Il dispositivo Dma prevede spesso l'utilizzo di fonti radioattive – utili per caricare le particelle secondo la distribuzione di Boltzmann – le cui movimentazioni, trasporti e stoccaggi sono controllati da severe normative valide anche per i materiali sigillati. Per ovviare a tale limitazione è possibile utilizzare analizzatori di aerosol privi di sorgenti radioattive, che forniscono una nota distribuzione del numero di cariche elettriche per mezzo di caricatori. Le particelle cariche vengono poi introdotte all'interno di un condensatore cilindrico (costituito da due elettrodi) e la loro separazione, in funzione della mobilità elettrica, è analoga a quanto già descritto per il Dma. L'unica differenza strumentale rilevante è la presenza di più elettrodi, su cui si depositano le particelle con diversa mobilità elettrica trasferendo la carica portata. La corrente misurata dai singoli elettrodi è funzione del numero di particelle depositate e della portata di campionamento. Anche in questo

caso il diametro rilevato è in termini di mobilità elettrica. Altri sistemi di misura prevedono neutralizzatori a raggi x collegati a uno spettrometro a mobilità elettrica.

Questi due ultimi sistemi – a caricatore o a raggi x – possono essere considerati strumenti utili per superare problemi connessi a costose misure legate alla sicurezza, e alle restrizioni legali dei neutralizzatori radioattivi, consentendone l'utilizzo in più siti senza problemi di trasporto.

Alcuni di questi sistemi possono fornire misure con risoluzioni temporali molto alte, anche inferiori al minuto (arrivando addirittura a un secondo), consentendo di visualizzare distribuzioni di particelle e i loro possibili cambiamenti di concentrazione (numero di particelle/cm<sup>3</sup>) in tempi brevissimi.

Esistono inoltre strumenti che, oltre a misurare le distribuzioni dimensionali, possono raccogliere le particelle di aerosol delle diverse classi dimensionali su supporti, e permettere successivamente l'analisi chimica in laboratorio.

Tali sistemi possono essere adatti per applicazioni che richiedono un ampio intervallo dimensionale di misura, da decine di nanometri fino a 10 µm e brevi tempi di risposta, sia nel settore della qualità dell'aria sia in quello delle emissioni da fonti fisse e mobili. Sistemi di questa tipologia sono generalmente costituiti da caricatori

unipolari, impattori elettrici inerziali multistadio ed elettrometri multi-canale. Il principio di misura prevede che il flusso campionato passi attraverso un caricatore, dove le particelle vengono caricate elettricamente da un flusso di ioni prodotti da una scarica elettrica. Nel corpo centrale dello strumento, ogni singolo impattore inerziale – che classifica le particelle in base al loro diametro aerodinamico – è collegato a un elettrodo amplificatore di corrente. Le particelle cariche, associate a uno specifico stadio, producono quindi una corrente, che viene registrata dal corrispondente canale dell'elettrometro. Il valore di corrente di ogni canale è proporzionale al numero di particelle raccolte, quindi alla loro concentrazione, ed è associato a un definito intervallo dimensionale.

I metodi di misura descritti forniscono una panoramica dei principali strumenti a oggi disponibili per lo studio della distribuzione dimensionale delle particelle. È importante tuttavia considerare che il sistematico sviluppo nella ricerca, l'incalzante sviluppo della tecnologia e la conseguente frequente immissione sul mercato di nuovi prodotti, rendono il quadro informativo relativo a tali strumenti in continua evoluzione.

**Silvia Ferrari, Arianna Trentini, Vanes Poluzzi**

Ctr Aree urbane Arpae Emilia-Romagna

## PREMIO AL GEOPORTALE ARPAE

### ARPAE RICEVE PREMIO “INNOVAZIONE PER IL TERRITORIO 2017”



*Il Comitato scientifico della Conferenza Esri Italia assegna all'Agenzia il premio per il progetto “Il Geoportale di Arpae”.*

Il 10 e 11 maggio si è tenuta a Roma la Conferenza Esri Italia 2017, la manifestazione più articolata e completa a livello nazionale nel settore delle tecnologie geospaziali. Il Comitato

scientifico della conferenza ha assegnato ad Arpae Emilia-Romagna il premio *Innovazione per il Territorio 2017* per il progetto *Il Geoportale di Arpae*. Si tratta di un prestigioso riconoscimento dell'azienda leader mondiale nella produzione di software GIS (Geographic Information System) per il lavoro svolto in questi anni dall'Agenzia nell'ambito del *web mapping* e della condivisione della cartografia tematica digitale. La consegna del premio da parte di Bruno Ratti, presidente di Esri Italia, è avvenuta il 10 maggio, nel corso della conferenza, ed è stato ritirato da Monica Carati e Rosalia Costantino (Unità

Cartografia e GIS della Direzione tecnica) e da Francesco Filippini (Servizio Sistemi informativi).

Il nuovo [Geoportale di Arpae](http://www.arpae.it), presentato alla manifestazione e recentemente pubblicato sul sito istituzionale ([www.arpae.it](http://www.arpae.it)), rappresenta il rinnovamento tecnologico del precedente Portale cartografico, che dal 2005 costituisce l'infrastruttura istituzionale per la pubblicazione dei dati geografici raccolti ed elaborati nell'ambito delle diverse attività istituzionali dell'Agenzia.

Lo strumento è pensato per i tecnici che utilizzano abitualmente i sistemi GIS, ma anche per i cittadini che desiderano conoscere, nel loro insieme, le attività in ambito ambientale svolte da Arpae e localizzate su tutto territorio regionale.

I prodotti cartografici riguardano attualmente i temi Acque di transizione, Acque sotterranee, Acque superficiali, AIA impianti, Aria, Clima, Coltive, Depurazione, Energia, Mare, Meteo, Rifiuti, Rischio industriale, Subsidenza, Sedi Arpae. Ogni singolo strato cartografico è corredato da una scheda di metadati che lo descrive in dettaglio secondo lo standard internazionale ISO 19115 come indicato dalla direttiva Inspire.