

# COMPOSIZIONE DEL PM E STUDI DI SOURCE APPORTIONMENT

LO STUDIO DEL PARTICOLATO IN 6 STAZIONI DI MONITORAGGIO HA CONSENTITO DI RICOSTRUIRE LA NATURA DELLE FRAZIONI CHE LO COMPONGONO E, TRAMITE ANALISI DI SOURCE APPORTIONMENT, HA PERMESSO DI INDIVIDUARE, SEPPUR CON MARGINI DI INCERTEZZA, LE PRINCIPALI SORGENTI E I PROCESSI DI FORMAZIONE.

**I**l bacino del Po rappresenta un'area critica per la qualità dell'aria, in quanto spesso vengono superati gli standard normativi fissati dall'Unione europea per le polveri fini e l'ozono e, localmente, per il biossido di azoto e il benzo(a)pirene. Si tratta di una zona densamente popolata e altamente industrializzata, in cui tonnellate di polveri e gas precursori (tra cui ossidi di azoto e ammoniaca) vengono emesse annualmente in atmosfera da un'ampia varietà di fonti inquinanti, principalmente legate al traffico, al riscaldamento domestico, all'industria, alla produzione di energia e all'agricoltura. Come ormai è noto è un'area complessa in cui le condizioni meteorologiche e le caratteristiche morfologiche un efficiente rimescolamento delle masse d'aria, rendendo difficile la dispersione degli inquinanti.

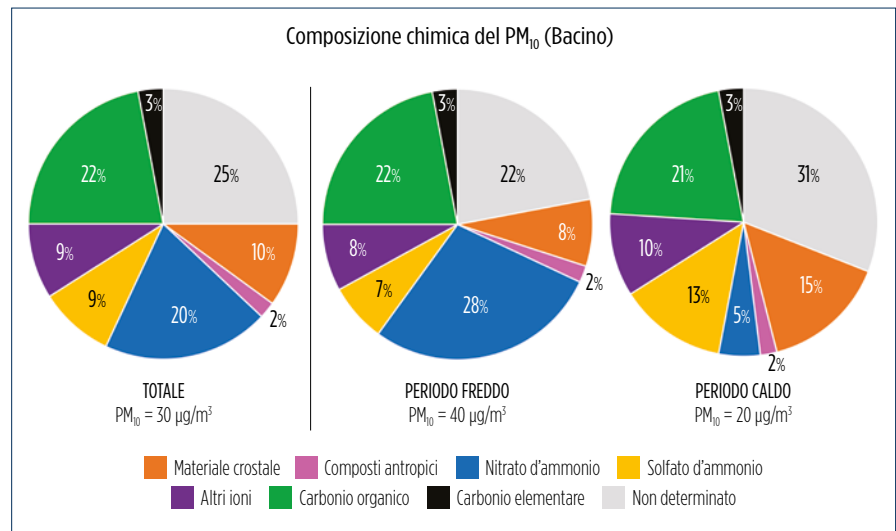
Nell'ambito del progetto Prepair, è stata creata una rete di misura per la caratterizzazione chimica del PM<sub>10</sub> sulla base di stazioni di monitoraggio già esistenti. Tale rete è composta da quattro siti di fondo urbano – Torino, Milano, Vicenza e Bologna – e uno di fondo rurale – Schivenoglia (MN) – ai quali si è aggiunto in seguito il sito suburbano di Cavallermaggiore (CN) collocato in un'area caratterizzata prevalentemente da attività agricole e zootecniche, allo scopo di approfondire il contributo del particolato secondario assieme al sito rurale. I risultati che vengono presentati in questo articolo derivano dal report

intermedio (quello finale è previsto per fine ottobre 2024) e riguardano le analisi chimiche e statistiche effettuate sui dati raccolti quotidianamente nel primo quadriennio del progetto, 1° aprile 2018 - 31 marzo 2022.

Come si vede dalla *figura 1*, le frazioni principali che compongono il PM<sub>10</sub> sono mediamente risultate essere il secondario inorganico, che rappresenta quasi il 30% del PM<sub>10</sub>, di cui il 20% come nitrato d'ammonio e circa il 10% come solfato d'ammonio e la frazione carboniosa (che è circa il 25% del PM<sub>10</sub>, di cui oltre il 20% come carbonio organico e il restante

come carbonio elementare). Seguono la componente crostale e altri ioni solubili (entrambi intorno al 10% del PM<sub>10</sub>) e i composti antropogenici (<5% del PM<sub>10</sub>). Le analisi effettuate hanno permesso di ricostruire oltre il 70% della massa; la frazione non determinata è composta principalmente da materia organica (escluso il carbonio che viene invece quantificato), dall'acqua e da altri atomi leggeri non quantificabili dalle analisi effettuate.

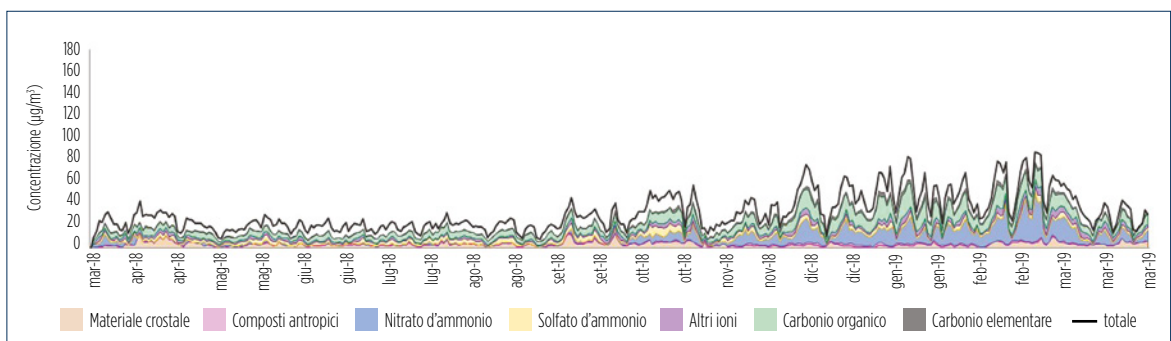
La composizione chimica del PM<sub>10</sub> è molto variabile durante il corso dell'anno solare (*figura 2*). La frazione carboniosa e il nitrato d'ammonio



**FIG. 1** COMPOSIZIONE PM<sub>10</sub>  
Composizione chimica media del PM<sub>10</sub> calcolata come media delle stazioni speciali del progetto nel quadriennio 1° aprile 2018 - 31 marzo 2022 e durante la stagione calda e fredda.

**FIG. 2**  
ANDAMENTO  
COMPONENTI PM<sub>10</sub>

Andamento temporale giornaliero medio sul bacino delle componenti nel quadriennio 1 aprile 2018 - 3 marzo 2022.



presentano i massimi durante la stagione invernale: quest'ultimo arriva a rappresentare fino a oltre il 50% della massa del PM<sub>10</sub>, il solfato d'ammonio presenta concentrazioni assolute tendenzialmente costanti durante l'anno, mentre la frazione crostale ha il contributo maggiore nella stagione estiva e rappresenta una frazione importante della massa del PM<sub>10</sub> in corrispondenza di fenomeni di trasporto di sabbia da regioni desertiche.

Le analisi statistiche di *source apportionment* hanno permesso un ulteriore passo avanti nello studio della caratterizzazione dell'inquinamento nella pianura Padana, in quanto hanno dato modo di individuare, seppur con margini di incertezza, le principali sorgenti e i processi di formazione del particolato nei siti recettori analizzati: tali analisi sono dette appunto "modelli al recettore". Il modello scelto è la *Positive matrix factorization* (Pmf) che è stata applicata sull'intero bacino padano, unendo tutti i giorni di campionamento di tutti i 5 siti in un unico database. In sintesi sono stati trovati 7 fattori comuni a tutti i ricettori, caratterizzati dallo stesso profilo chimico (figura 3):

- suolo (ovvero la componente legata alla risospensione di polvere dal suolo)
- sale (aerosol derivante dallo spray marino)
- traffico (combustione e usura meccanica, ovvero i freni e le parti meccaniche dei mezzi stradali)
- combustione di biomassa

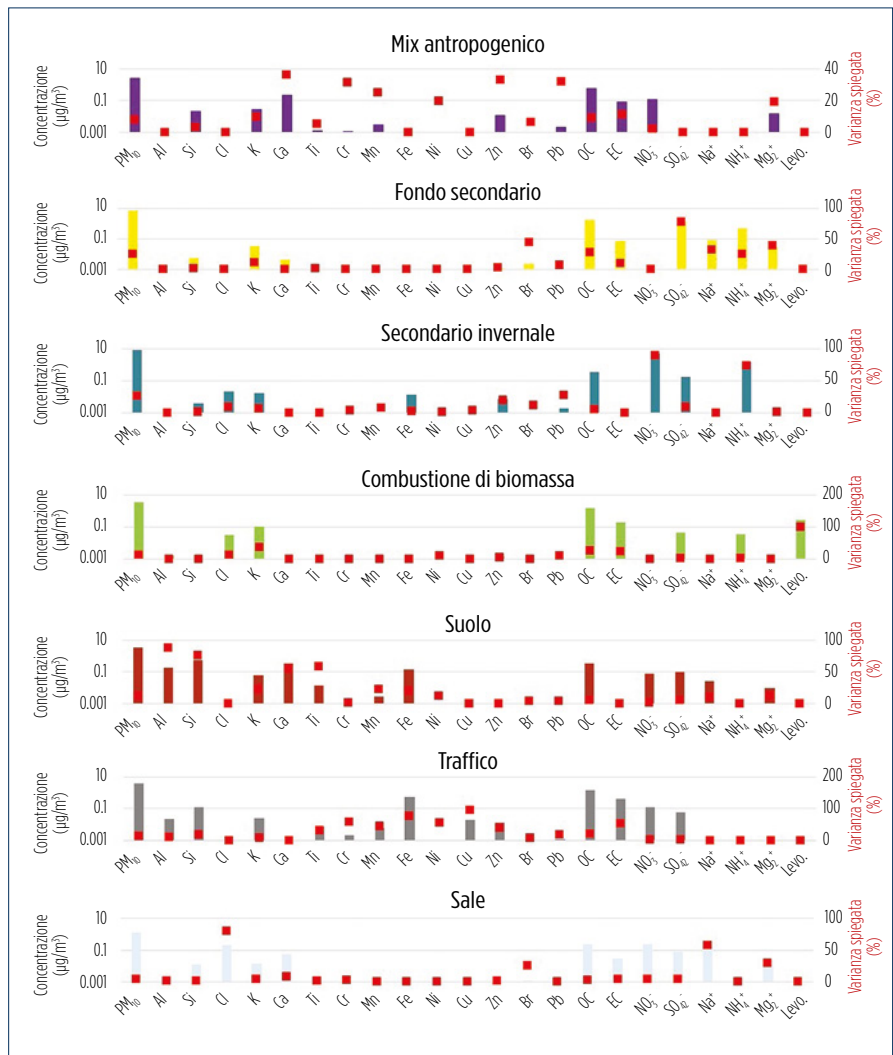


FIG. 3 PROFILI PMF  
 Profili dei 7 fattori risolti dall'analisi Pmf, ovvero la composizione di ciascun fattore in termini di concentrazione assoluta di ciascuna specie (istogrammi) e la varianza della specie (punto rosso) spiegata dal fattore stesso.



FOTO: LORENZO GAUDEZI - FLICR - CC BY-NC-ND 2.0

- mix antropogenico (ovvero un fattore che raccoglie il contributo di diverse attività produttive e di servizio)
- fondo secondario (un fattore di origine secondaria caratterizzato prevalentemente dal solfato d'ammonio e da carbonio organico, probabilmente attribuibile a un fondo di larga scala)
- secondario invernale (un fattore di origine secondaria caratterizzato prevalentemente dal nitrato d'ammonio e presente soprattutto durante la stagione fredda).

I due fattori di origine naturale, suolo e sale marino, spiegano complessivamente più del 15% della massa di PM<sub>10</sub> ricostruita. Il suolo presenta un contributo superiore al 10%, mentre il sale marino ha un contributo attorno a circa il 5%. Tra i fattori primari di origine antropica, traffico e combustione di biomassa hanno un contributo molto simile, superiore al 10%.

La componente secondaria rappresenta circa il 50% della massa totale di PM<sub>10</sub> ed è ripartita in egual misura nei due fattori che la caratterizzano: secondario invernale e fondo secondario. Per quanto riguarda queste ultime componenti, nel confronto tra i risultati della Pmf e l'analisi di speciazione chimica, occorre tener presente che il solfato d'ammonio e il nitrato d'ammonio sono trattati come specie chimiche uniche nel bilancio di massa, mentre nei fattori ottenuti dalla Pmf sono presenti, oltre alla specie principali, altre specie chimiche che vanno a incrementare il contributo percentuale di questo profilo. Risulterebbe particolarmente utile cercare di attribuire tali componenti alle sorgenti che sono responsabili della loro formazione in atmosfera, ma questa operazione presenta purtroppo notevoli difficoltà e non è di competenza dei modelli al recettore, che infatti non riescono a identificare le sorgenti che producono tale componente. Il modello è in grado però di scomporla in due fattori ognuno con peculiari caratteristiche chimiche e un proprio andamento temporale: il fondo secondario risulta arricchito di una componente carboniosa che sta probabilmente a indicare che il solfato d'ammonio si può essere formato anche molto lontano dal recettore, arricchendosi quindi anche di altre specie chimiche durante un processo di invecchiamento; il secondario invernale presenta un andamento stagionale ed è caratterizzato prevalentemente dal nitrato d'ammonio.

In generale, i contributi delle diverse sorgenti sono piuttosto uniformi sul bacino (figura 4). Le sorgenti che

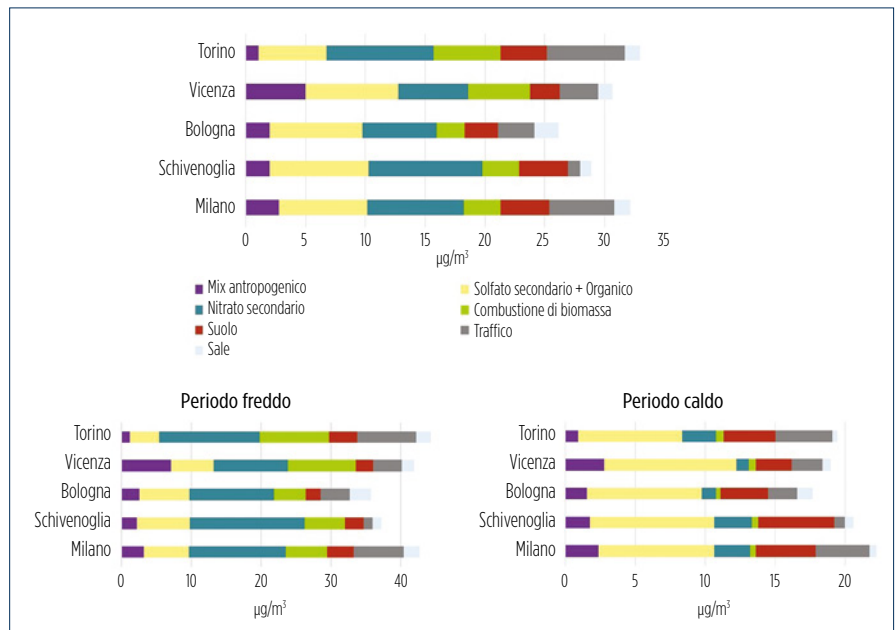


FIG. 4 SORGENTI

Contributo delle diverse sorgenti risolte al PM<sub>10</sub> nei diversi siti su tutto il quadriennio nel periodo caldo (15 aprile-14 ottobre) e in quello freddo (15 ottobre-14 aprile). Si notino le diverse scale.

I siti non sono direttamente confrontabili perché per massimizzare il numero dei dati si è deciso di non considerare la contemporaneità delle misure.

mostrano la variabilità maggiore sono il traffico veicolare e il mix antropogenico. La variabilità associata al traffico è legata alla presenza di Schivenoglia, che è un sito rurale a forte connotazione agricola (è caratterizzato da frequenti episodi di risollevario locale).

Il mix antropogenico, seppur quantitativamente poco importante, è fortemente locale: il sito di Vicenza è quello con il contributo maggiore poiché la stazione è vicina a diverse sorgenti produttive antropiche, tra cui anche industrie pesanti metallurgiche (le concentrazioni dei parametri normati sono risultate comunque sempre inferiori ai limiti normativi).

Infine, seppur non sia possibile confrontare direttamente i siti, sia perché per massimizzare il numero dei dati si è deciso di non considerare la contemporaneità delle misure sia perché non tutti i siti sono della medesima tipologia, osservando i valori assoluti delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, si notano valori di concentrazione inferiori a Bologna sia nel periodo caldo sia in quello freddo, mentre le stazioni di Torino e Milano presentano i valori più elevati in entrambe le stagioni. Questo potrebbe derivare dal fatto che Bologna è posta ai margini inferiori del bacino padano, in un'area orograficamente un po' più aperta e soggetta a un maggior ricircolo dell'aria rispetto agli altri siti, mentre Torino (situata a ridosso delle Alpi all'estremo ovest del bacino padano, in un territorio maggiormente chiuso) e

Milano sono caratterizzate da un impatto antropico maggiore.

A oggi un'analisi del trend temporale non è ancora possibile, poiché sarebbe necessario disporre di una serie storica più lunga sulla quale applicare analisi specifiche; inoltre la pandemia di Covid-19 ha prodotto una discontinuità nella serie temporale, in quanto le azioni intraprese per limitare il diffondersi della malattia hanno avuto un impatto su molti inquinanti. Confrontando però i risultati della rete di misura di Prepair con quelli del sito di Milano, la cui serie di dati parte nel 2013, è possibile vedere come il traffico veicolare mostri un trend in diminuzione da diversi anni, al netto appunto delle particolarità del 2020. Tale calo è visibile anche dall'analisi della composizione chimica grazie allo studio del comportamento del tracciante tipico del traffico, il rame, e dal carbonio elementare.

**Eleonora Cuccia<sup>1</sup>, Arianna Trentini<sup>2</sup>**

1. Arpa Lombardia
2. Arpae Emilia-Romagna

Gruppo di lavoro: Cristina Colombi, Umberto Dal Santo, Mariolina Franciosa, Guido Lanzani, Federico Petrosino, Daniela Vincenzi (Arpa Lombardia), Dimitri Bacco, Vanes Poluzzi, Fabiana Scotti (Arpae Emilia-Romagna), Luisella Bardi, Annalisa Bruno, Roberta De Maria, Marilena Maringo, Milena Sacco (Arpa Piemonte), Silvia Pistollato, Luca Zagolin (Arpa Veneto), Tiziana Magri, Henri Diémoz (Arpa Valle D'Aosta)