

## L'aria è migliore ai piani alti degli edifici?

*Due campagne di misura nel progetto Supersito avevano l'obiettivo di valutare la variabilità in verticale dell'inquinamento principalmente legato al traffico. È stato riscontrato un gradiente verticale significativo per alcuni inquinanti, soprattutto per  $PM_{2,5}$ ,  $NO_2$  e carbonio elementale.*

Durante gli ultimi anni sono stati fatti notevoli sforzi per caratterizzare la variabilità orizzontale degli inquinanti a scala locale, in particolare urbana, e gli studi epidemiologici si sono giovati di questi approfondimenti per il miglioramento della caratterizzazione dell'esposizione personale. D'altra parte, in letteratura non si trova un'analoga quantità di indagini volte a una migliore caratterizzazione della variabilità verticale degli inquinanti e i pochi studi disponibili non evidenziano risultati del tutto consistenti.

Di seguito vengono presentati i principali risultati ottenuti durante due campagne di misura condotte nell'ambito del progetto Supersito, aventi come obiettivo proprio la valutazione della variabilità in verticale di alcuni inquinanti associati alla presenza di traffico [1]: nello specifico, il particolato fine ( $PM_{2,5}$ ) e ultrafine (Ufp), il biossido di azoto ( $NO_2$ ), i Btex (benzene, toluene, etil-benzene e xilene). Per quanto riguarda il particolato fine, le misure hanno riguardato sia la massa totale, che la sua composizione chimica; inoltre, è stata valutata anche la concentrazione e la distribuzione dimensionale del numero delle particelle ultrafini, di diametro inferiore a 100 nm.

Le campagne di misura sono state effettuate a Bologna e sono durate 15

giorni: la prima campagna è stata condotta nel periodo invernale (tra il 20 febbraio e il 6 marzo 2015), la seconda nel periodo estivo (tra il 28 maggio e l'11 giugno 2015), per cercare di caratterizzare il comportamento nelle due stagioni. Il sito di misura è uno dei palazzi sede della Regione Emilia-Romagna, in particolare quello situato in Viale Aldo Moro 52 a Bologna: si tratta di un edificio di circa 70 metri di altezza (per un totale di 17 piani), che si trova in prossimità di una strada caratterizzata da elevato traffico (oltre 40.000 veicoli/giorno). L'edificio è di forma regolare e nella parte rivolta verso la strada trafficata sono presenti dei piccoli balconi, dove sono stati posti gli strumenti di misura. Nello specifico, sono stati selezionati il secondo, il quinto, il decimo e il sedicesimo piano, che corrispondono, rispettivamente, ad altezze di circa 15, 26, 44 e 65 metri rispetto al livello del terreno. Inoltre, sono state fatte anche misure all'altezza del piano stradale (in particolare a 2 metri dal suolo) in corrispondenza dei balconi. La strumentazione di misura utilizzata è stata molto importante, visto l'obiettivo di monitorare simultaneamente gli inquinanti nei vari punti lungo la verticale e ha richiesto un considerevole sforzo organizzativo. Nello specifico, sono stati utilizzati 5 Skypost PM,

uno a ciascuno dei 4 piani individuati più quello sul piano stradale, per raccogliere il particolato fine e avere così i valori della relativa massa. I filtri sostituiti quotidianamente nei punti di prelievo al piano terra, al quinto e al sedicesimo piano hanno fornito, inoltre, i campioni per la successiva analisi della composizione chimica. La speciazione è stata effettuata in sequenza ogni 3 giorni, uno per i metalli, uno per gli ioni (nitrato, solfato, ammonio) e uno per il carbonio (elementale, organico e totale): questo protocollo implica che, a fronte di 15 valori di concentrazione giornaliera di  $PM_{2,5}$  sono disponibili soltanto 5 valori di concentrazione per le differenti specie chimiche in ognuna delle due campagne di misura. Le particelle ultrafini sono state conteggiate utilizzando due campionatori di tipo Fmps, uno posizionato al piano terra ed uno al sedicesimo piano. Infine,  $NO_2$  e Btex sono stati misurati attraverso campionatori diffusivi passivi di tipo Radiello, posizionati a ciascun piano dell'edificio e al livello del piano stradale. I campioni raccolti sono stati analizzati successivamente ed è stato ottenuto un valore integrato nel tempo della concentrazione di questi inquinanti durante ciascuna campagna. La distribuzione della strumentazione utilizzata nelle campagne di misura è riportata in *figura 1*.

Pur tenendo conto delle limitazioni associate alla specificità del sito di misura e al netto della strumentazione effettivamente disponibile e funzionante durante il periodo della campagna, i risultati ottenuti mettono in evidenza

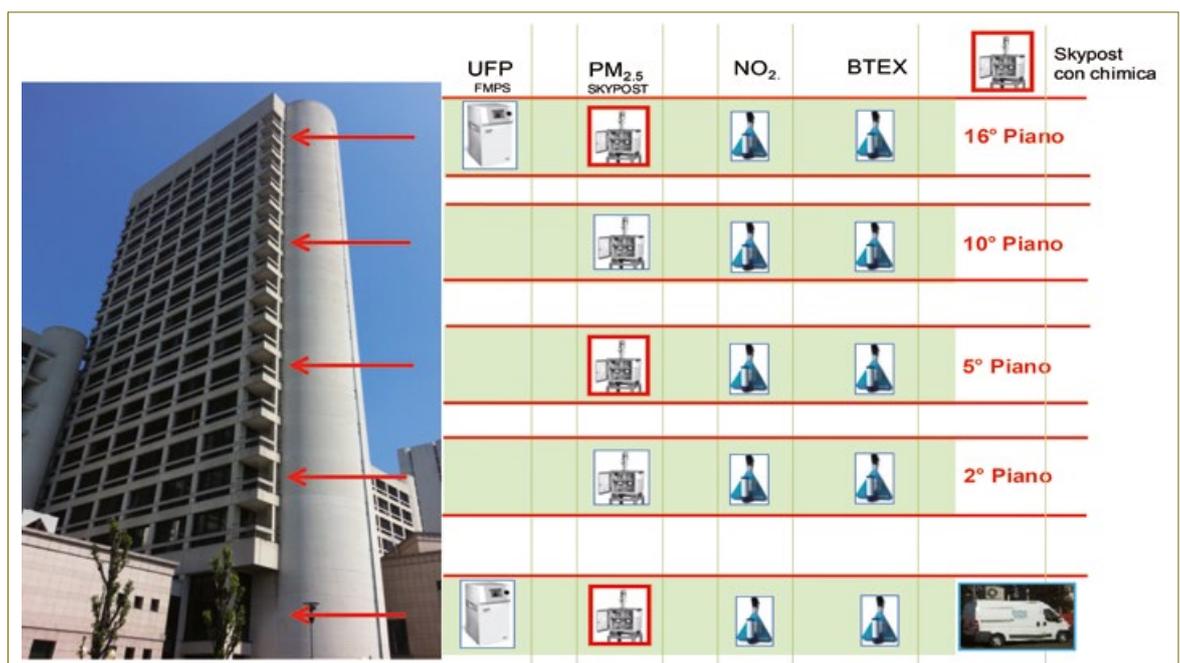


FIG. 1  
MISURE  
DEL GRADIENTE  
VERTICALE

La strumentazione  
utilizzata nelle campagne  
di misura.

diverse situazioni caratterizzate dalla presenza di un chiaro gradiente verticale per alcuni inquinanti. In generale, le misure dei vari inquinanti mostrano che quelli invernali sono più elevati di quelli estivi, a parte alcune isolate eccezioni (per i metalli K, Ni, V, La).

I risultati specifici mostrano che per il PM<sub>2,5</sub> è presente una debole diminuzione della concentrazione salendo verso l'alto in entrambe le stagioni: il valore medio al sedicesimo piano è inferiore del 4% (in estate) e dell'11% (in inverno) rispetto al valore medio rilevato alla superficie; considerando l'andamento relativo a tutti e 5 i livelli, si vede come in entrambe le stagioni sia presente una diminuzione monotona della concentrazione. Per quanto riguarda la composizione del particolato, sono presenti situazioni abbastanza diverse tra le varie specie chimiche che lo compongono, che rendono difficile un'analisi complessiva esaustiva, anche tenendo conto del campione abbastanza ridotto di misure, come detto in precedenza. Per diversi metalli la cui presenza non è associabile al traffico, la concentrazione rimane praticamente costante lungo la verticale (ad es. K, As, V, La). Al contrario, per Fe e Sn, che sono, invece, due tipici elementi in traccia associati alla presenza

di veicoli (ad es. nei freni e nei copertoni) è presente un gradiente verticale in diminuzione sia in inverno, che in estate. D'altra parte, in nessuna delle due stagioni si riscontra alcuna rilevante variazione lungo la verticale per gli ioni e neppure per il carbonio totale e per la componente organica (quest'ultima rappresenta la percentuale decisamente più rilevante del carbonio totale).

Si può, invece, mettere in evidenza la presenza di un gradiente verticale più pronunciato per il carbonio elementale, anch'esso associabile a emissioni primarie da traffico come anche i metalli Fe e Sn citati in precedenza. Per quanto riguarda le particelle ultrafini, non si può parlare di profilo verticale, in quanto sono disponibili soltanto le misure a 2 livelli per entrambe le stagioni: in ogni caso, il numero medio delle Ufp al sedicesimo piano rappresenta circa un terzo del numero medio conteggiato al livello del terreno in entrambe le stagioni. Per tutti componenti gassosi considerati in questa indagine (NO<sub>2</sub> e i Btex) si riscontra una notevole diminuzione della concentrazione con la quota. Il maggior tasso di diminuzione si riscontra per il biossido di azoto, la cui concentrazione al sedicesimo piano rappresenta il 74% (in inverno) e il 39% (in estate) in meno

rispetto alla concentrazione superficiale. Considerando sempre la diminuzione tra il sedicesimo piano e il livello del terreno, anche per i Btex la diminuzione rimane compresa tra il 35% e il 50% in entrambe le stagioni. Va messo in evidenza come per NO<sub>2</sub> l'andamento ai 5 livelli risulta effettivamente una diminuzione monotona in entrambe le stagioni e diventa molto rilevante ai due piani più alti in inverno. D'altra parte, per i Btex si osserva un leggero incremento della concentrazione al secondo piano rispetto al livello del terreno e valori di concentrazione molto simili tra il quinto e il sedicesimo piano, con valori leggermente più elevati al decimo piano.

**Stefano Marchesi, Stefano Zauli Sajani, Annamaria Colacci, Vanes Poluzzi**

Arpae Emilia-Romagna

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

[1] Zauli Sajani S., Marchesi S., Trentini A., Bacco D., Zigola C., Rovelli S., Ricciardelli I., Maccone C., Lauriola P., Cavallo D.M., Poluzzi V., Cattaneo A., Harrison R.M., 2018, "Vertical variation of PM<sub>2,5</sub> mass and chemical composition, particle size distribution, NO<sub>2</sub>, and BTEX at a high rise building", *Environmental Pollution*, 235, 339-349.14.

