

UNO STUDIO SULL'EFFICACIA DEI SENSORI LOW COST DI PM₁₀

IL CIRCOLO DI LEGAMBIENTE ALTA PADOVANA E ARPA VENETO HANNO CONDOTTO UNO STUDIO PER VALUTARE L'EFFICACIA TECNICA DEL MONITORAGGIO DEL PM₁₀ CON I SENSORI LOW COST, STRUMENTI DI MISURA PER LA QUALITÀ DELL'ARIA, ACCESSIBILI ALLA CITTADINANZA. IMPORTANTI SONO LA TEMPERATURA E L'UMIDITÀ RELATIVA.

Una pratica sempre più diffusa di *citizen science*, promossa anche dall'Agenzia europea per l'ambiente [1] riguarda la misura di alcuni parametri della qualità dell'aria mediante l'impiego di sensori a basso costo. Tali iniziative, sempre più numerose in ambito nazionale ed europeo, rappresentano un utile strumento informativo di integrazione dei dati ufficiali di qualità dell'aria, nonché un mezzo di sensibilizzazione dei cittadini al tema ambientale attraverso la partecipazione diretta.

Tra i sensori a basso costo più diffusi per la matrice aria vi sono certamente quelli deputati alla misura del particolato atmosferico (PM₁₀ e PM_{2,5}), basati su principi ottici e i cui dati sono spesso visibili in rete in piattaforme dedicate alla *citizen science*.

Uno dei limiti di questo tipo di sensori per il particolato riguarda la tendenza alla sovrastima delle misure quando l'umidità dell'aria supera il 75% [2], condizione piuttosto frequente nei mesi invernali in pianura Padana.

Il presente articolo riporta gli esiti della sperimentazione condotta da Legambiente circolo Alta padovana con l'Unità organizzativa monitoraggio aria dell'Arpav per valutare l'efficacia di alcuni accorgimenti tecnici, in particolare legati al controllo dell'umidità relativa in ingresso al sensore, finalizzati al miglioramento delle prestazioni di questi monitor *low cost*. I dati di tali sensori, basati sul principio ottico del laser *scattering*, sono stati confrontati con uno strumento di riferimento certificato ai sensi del Dlgs 155/2010, e attivo in una centralina della rete di monitoraggio regionale di Arpav.

Per la valutazione dei risultati ci si è avvalsi anche degli esiti dello studio condotto da Arpav [3] su sensori *low cost* della stessa



1

tipologia di quelli impiegati nella presente sperimentazione.

Materiali e metodi

Ai fini della presente sperimentazione sono stati utilizzati come sensori *low cost* per la determinazione delle polveri PM₁₀, alcuni dispositivi molto diffusi nelle piattaforme di *citizen science*. Ogni sensore è stato accoppiato a un misuratore di temperatura e umidità relativa.

I sensori, acquistati e gestiti da Legambiente, a seguito di un accordo stipulato con Arpav, sono stati affiancati a un campionario sequenziale Tecora Skypost che utilizza il metodo di riferimento per la determinazione del particolato previsto dal Dlgs 155/2010, ovvero il metodo EN 12341:2014 (metodo gravimetrico).

Nel presente studio, per migliorare le prestazioni dei sensori, riducendo l'umidità in prossimità della camera di misura, sono stati utilizzati due dispositivi uguali, equipaggiati uno con



2

un riscaldatore standard (costituito da un Ptc5 volt 40 °C, da ora in poi sensore sonda riscaldata 1) e l'altro munito di un riscaldatore "pilotato", in grado di mantenere l'umidità relativa approssimativamente al di sotto del 70% (Nettigo Air Monitor versione Nam 0.3.2, da ora in poi sensore sonda riscaldata 2).

Dopo una prima fase di controllo, per verificare il funzionamento e la risposta in concentrazione dei sensori, si è proceduto con la campagna di misura, effettuata dal

1 Stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Alta Padovana dove si è svolta la sperimentazione.

2 Il sensore di polveri acquistato da Legambiente.

26 ottobre 2021 al 31 dicembre 2022, che ha visto impiegati in parallelo lo strumento gravimetrico Tecora e i sensori *low cost* (equipaggiamento standard e con sistema riscaldante). La sperimentazione è stata effettuata presso la stazione Arpav di "Alta Padovana" ubicata nel comune di Santa Giustina in Colle (PD).

di umidità relativa dei sensori con sonda riscaldata, rispetto al sensore standard. Quest'ultimo infatti fa registrare, in circa 3 giorni su 4, un massimo di umidità relativa maggiore del 75%, cioè al di fuori del range ottimale di misura dello strumento. Al contrario, nei due sensori muniti di sonda riscaldata, in oltre 3 giorni su 4 si misura una umidità relativa

percentuale di picco inferiore al 75%. L'efficienza delle due sonde riscaldate è quindi buona e piuttosto comparabile tra i due strumenti in parallelo poiché le distribuzioni relative ai due sensori con la sonda riscaldata sono confrontabili. Per quanto concerne le misure, effettuate dai sensori ogni 5 minuti, si è anche indagato sulla possibilità che la sonda

Risultati

La prima verifica in campo è stata quindi relativa alla effettiva capacità dei due sensori equipaggiati con la sonda riscaldata di abbassare l'umidità relativa dell'aria all'ingresso della camera di misura, rispetto a un sensore dello stesso tipo, sprovvisto di tale accessorio (cioè nella sua configurazione di base, come viene venduto sul mercato). Il grafico in *figura 1* evidenzia, per ciascun monitor, la distribuzione dei valori di umidità relativa massima giornaliera determinati nel corso della campagna.

Dal grafico in *figura 1* è possibile osservare una differenza, piuttosto marcata, tra le distribuzioni dei massimi

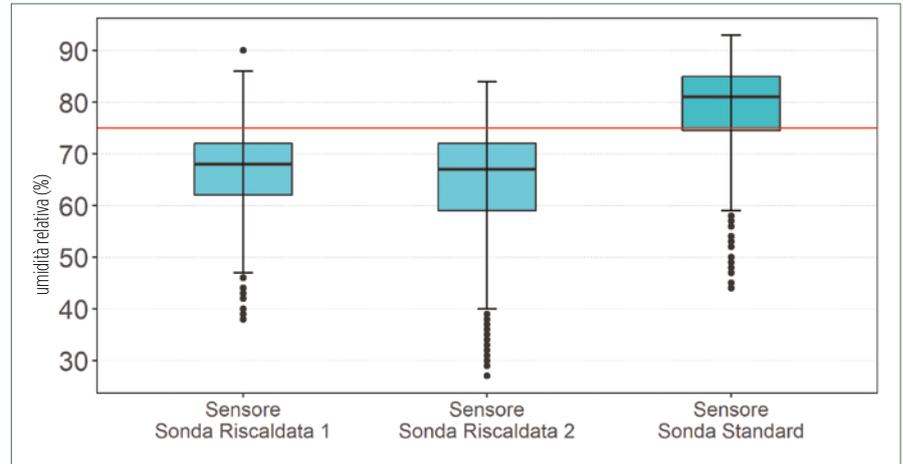


FIG. 1 UMIDITÀ RELATIVA

Confronto tra le diverse sonde di prelievo, distribuzione dei massimi giornalieri di umidità relativa misurata da tre diversi sensori, uno standard e due con sonda riscaldata.

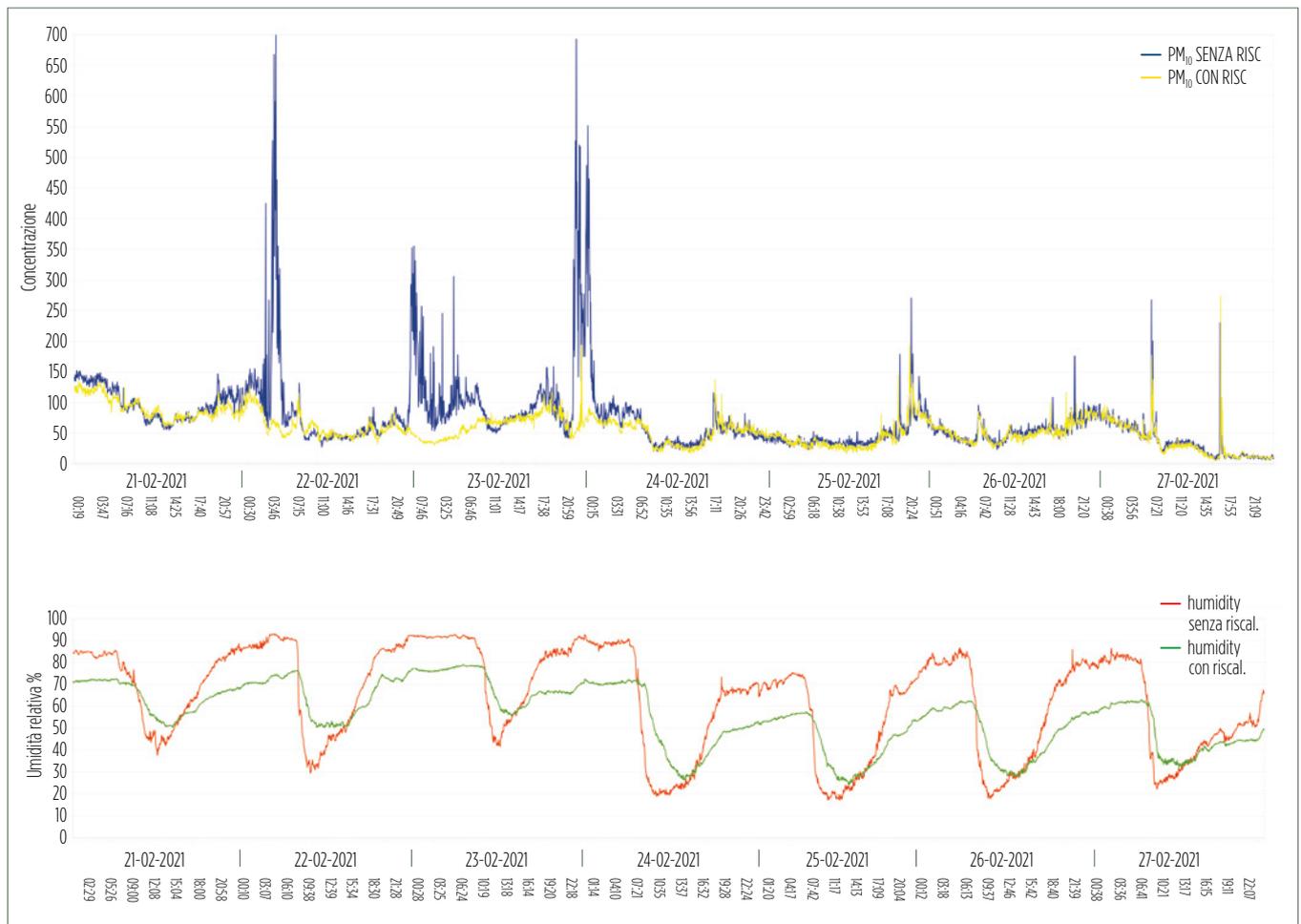


FIG. 2 PM₁₀ E UMIDITÀ RELATIVA

Andamenti del PM₁₀ (sopra) e dell'umidità relativa (sotto) misurati dal sensore con sonda riscaldata (linea gialla in alto, linea verde in basso) e da quello non riscaldata (linea blu in alto, linea rossa in basso).

riscaldata potesse ridurre la sovrastima del PM₁₀ in corrispondenza di valori di umidità molto elevati. In figura 2, nella parte superiore, sono riportate le concentrazioni di PM₁₀ registrate in un periodo di circa una settimana da due sensori in parallelo, uno con sonda riscaldata (linea gialla) e uno senza (linea blu). Nella parte bassa della figura sono riportati i valori di umidità relativa misurati rispettivamente dal sensore con sonda riscaldata (in verde) e senza sonda riscaldata (in rosso).

Nel grafico si possono osservare, nei primi giorni di misura, in corrispondenza con valori di umidità ambientale vicini al 90%, dei picchi di concentrazione di PM₁₀ fino a diverse centinaia di µg/m³, rilevati dal sensore senza sonda riscaldata. Tali picchi di PM₁₀ sono praticamente assenti nelle rilevazioni del monitor con sonda riscaldata, che ha mantenuto l'umidità in entrata alla camera di misura sempre sotto l'80%. Nei giorni successivi, come si può vedere nella parte destra della figura, quando l'umidità relativa massima ambientale era leggermente più bassa, il fenomeno dei picchi elevati è sostanzialmente assente e i due monitor hanno avuto un andamento quasi totalmente sovrapponibile. Questo fa supporre che la sovrastima del PM₁₀ si possa rilevare per valori effettivamente molto elevati di umidità, oltre l'80%, e che, in questi casi, l'utilizzo della sonda riscaldata sia efficace. Al contrario, per valori inferiori di umidità la presenza o l'assenza della sonda riscaldata non sembra incidere le performance di misura dei sensori.

Un ulteriore obiettivo della sperimentazione era indagare se i monitor con sonda riscaldata, tenendo conto dei dati mediati sulle 24 ore, presentassero delle distribuzioni di concentrazione significativamente diverse dal monitor senza sonda riscaldata; inoltre è stato verificato se tutti e tre i monitor mostrassero delle distribuzioni del dato medio giornaliero confrontabili con lo strumento certificato di Arpav. Il grafico in figura 3 mostra il confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni medie giornaliere misurate per circa un anno di funzionamento in parallelo dei 3 sensori *low cost*, rispetto a quella dello strumento certificato di riferimento.

I tre monitor *low cost*, indipendentemente dal tipo di sonda, mostrano una distribuzione dei dati piuttosto confrontabile. Si osserva tuttavia che, in particolare i due sensori con la sonda riscaldata, hanno distribuzioni sovrapponibili, mentre il sensore con la sonda standard (non riscaldata) presenta

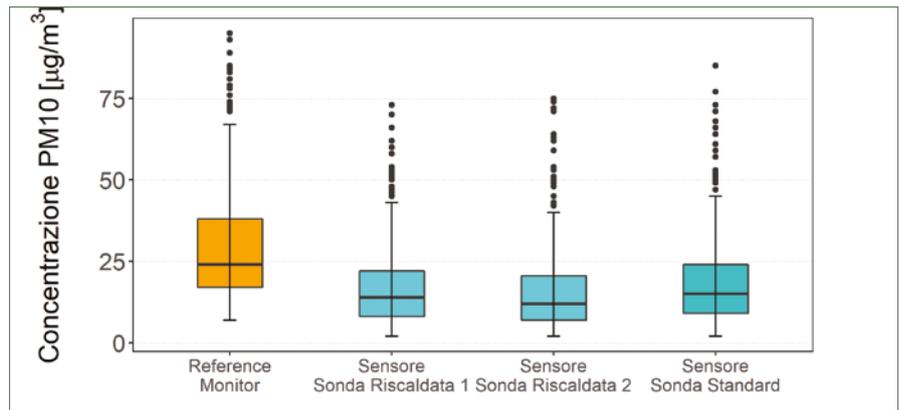


FIG. 3 PM₁₀
Distribuzione delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀, confronto tra i diversi monitor.

una distribuzione lievemente spostata verso valori più alti.

Se si confrontano i dati dei sensori *low cost* con quelli del campionatore gravimetrico di riferimento, si osserva invece una significativa differenza nelle distribuzioni: le misure secondo il metodo certificato del campionatore gravimetrico mostrano indicatori statistici visibilmente più elevati di quelli dei sensori. Dal presente studio emerge quindi, per tutti i sensori *low cost* utilizzati in campo, con e senza sonda riscaldata, una sottostima delle concentrazioni di PM₁₀ rispetto allo strumento di riferimento, pur mantenendo, nel breve periodo, una buona potenzialità nel monitorare gli andamenti (incrementi e diminuzioni) delle concentrazioni del particolato.

Conclusioni

La sperimentazione ha previsto l'uso di tre sensori *low cost*, di cui due equipaggiati con sonda di prelievo riscaldata con il fine di abbassare l'umidità atmosferica del campione e migliorare la lettura del laser *scattering*, impiegato come principio di funzionamento di tali sensori.

Nel corso del presente studio, è stata innanzitutto verificata e confermata

l'efficacia della sonda riscaldata nel mantenere l'umidità dell'aria all'interno dell'intervallo di funzionamento ottimale dei sensori. Questi ultimi hanno dimostrato delle buone potenzialità nel monitorare gli andamenti delle concentrazioni di PM₁₀, mentre hanno presentato ancora delle criticità nell'accuratezza delle misure, la quale risente, significativamente, delle condizioni di elevata umidità relativa. I sensori con la sonda riscaldata, mantenendo l'umidità relativa controllata (<75%), possono presentare, in ogni caso, delle potenzialità nella misura di fenomeni di breve durata. Inoltre, l'utilizzo di un numero elevato di tali sensori in una stessa area può contribuire a incrementare le informazioni riguardo i livelli di inquinanti in situazioni specifiche, per emissioni localizzate e per comprendere meglio le fluttuazioni delle concentrazioni di particolato nell'arco delle 24 ore (variazioni giorno/notte).

Silvia Rebeschini¹, Giovanna Marson¹,
Luca Zagolin¹, Franco Sarto²,
Felice Cervellin²

1. Arpa Veneto

2. Legambiente Circolo Alta Padovana

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Eea, European environment agency, *Assessing air quality through citizen science*, Eea Report No. 19/2019, www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science.

[2] Wang Y., Li J., Jing H., Zhang Q., Jiang J., Biswas P., "Laboratory evaluation and calibration of three low-cost particle sensors for particulate matter measurement", *Aerosol Science and Technology*, vol. 49, no. 11, pp. 1063-1077, 2015.

[3] Zagolin L., Marson G., De Bortoli A., "Potenzialità e limiti nell'utilizzo di sensori low-cost per la misura del particolato atmosferico PM₁₀ in aria ambiente", Arpav - Servizio Osservatorio regionale aria, novembre 2020, www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/Aria-Sensori-lowcost_Report-2020.pdf