

# Un esempio di rilevamento urbano partecipato per il monitoraggio della qualità dell'aria sulla città di Pavia

Daniele Pala<sup>(a)</sup>, Marica Franzini <sup>(a)</sup>, Paolo Marchese<sup>(a)</sup>, Giuseppe Girone<sup>(a)</sup>, Cristina Larizza<sup>(b)</sup>, Riccardo Bellazzi<sup>(b)</sup>, Vittorio Casella <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> DICAR - Università degli Studi di Pavia, via Ferrata 3, 27100 Pavia - [daniele.pala01@universitadipavia.it](mailto:daniele.pala01@universitadipavia.it), (marica.franzini, paolo.marchese, giuseppe.girone, vittorio.casella)@unipv.it

<sup>(b)</sup> DIII - Università degli Studi di Pavia, via Ferrata 1, 27100 Pavia - (cristiana.larizza, riccardo.bellazzi)@unipv.it

## Introduzione

Una cattiva qualità dell'aria è un problema di salute pubblica, che causa gravi problemi come l'asma, il cancro e le malattie cardiache in tutto il mondo. All'inizio di questo decennio, l'Organizzazione mondiale della sanità ha stimato che tre milioni di persone muoiono ogni anno a causa degli effetti dell'inquinamento. Sfortunatamente, sebbene il monitoraggio della qualità dell'aria stia diventando progressivamente un tema di sempre maggiore interesse, nella realtà i mezzi dispiegati per il suo studio sistematico sono ancora largamente insufficienti.

Per colmare parzialmente questa lacuna, l'Università di Pavia ed il Comune di Pavia hanno attivato, nell'ambito del progetto H2020 PULSE, una rete di sensori per il monitoraggio della qualità dell'aria sulla città di Pavia. La rete, composta attualmente da 48 sensori, rappresenta un esempio di rilevamento partecipato in quanto alcuni cittadini si sono liberamente offerti di ospitare, presso la propria abitazione privata, il sensore.

Il contributo descriverà la rete, la strumentazione utilizzata, i parametri rilevati e una sintesi della serie storica ottenuta fino a questo momento.

## Metodo

La città di Pavia è stata ammessa come *pilot* aggiuntivo all'interno del progetto PULSE (*Participatory Urban Living for Sustainable Environments*), un progetto H2020 avente lo scopo di avviare un dialogo collaborativo con una serie di parti interessate in cinque città globali – Parigi, Barcellona, Birmingham, New York e Singapore – per trasformare la salute pubblica da un sistema reattivo a un sistema predittivo, incentrato sia sul rischio che sulla resilienza.

In questo ambito l'esposomica, cioè lo studio della connessione tra salute e fattori a cui le persone sono esposte, gioca un ruolo chiave. Uno degli argomenti più importanti e discussi dell'esposomica è l'influenza della qualità dell'aria sulla salute.

La tecnologia attuale non è in grado di misurare la qualità dell'aria con una risoluzione spaziale e temporale che sarebbe ottimale, tuttavia la scienza e la tecnologia attuali offrono alcune soluzioni come l'uso di sensori a basso costo.

L'approccio basato su reti dense di questo tipo di dispositivi è molto promettente e permette di coinvolgere attivamente i cittadini in un'azione scientifica di interesse pubblico.

In tale ambito l'Università di Pavia, in collaborazione con il Comune, ha pianificato e successivamente realizzato una rete di sensori per il monitoraggio della qualità dell'aria sulla città. Da progetto, i dispositivi sono stati posizionati in prossimità delle scuole e lungo le strade più trafficate; alcuni sensori sono stati collocati su strutture pubbliche, altri in proprietà private appartenenti a cittadini volontari. In Figura 1 è mostrato il progetto della rete: in giallo i dispositivi installati nelle scuole, in rosso quelli collocati in pubblici uffici e in blu quelli montati presso residenze private.

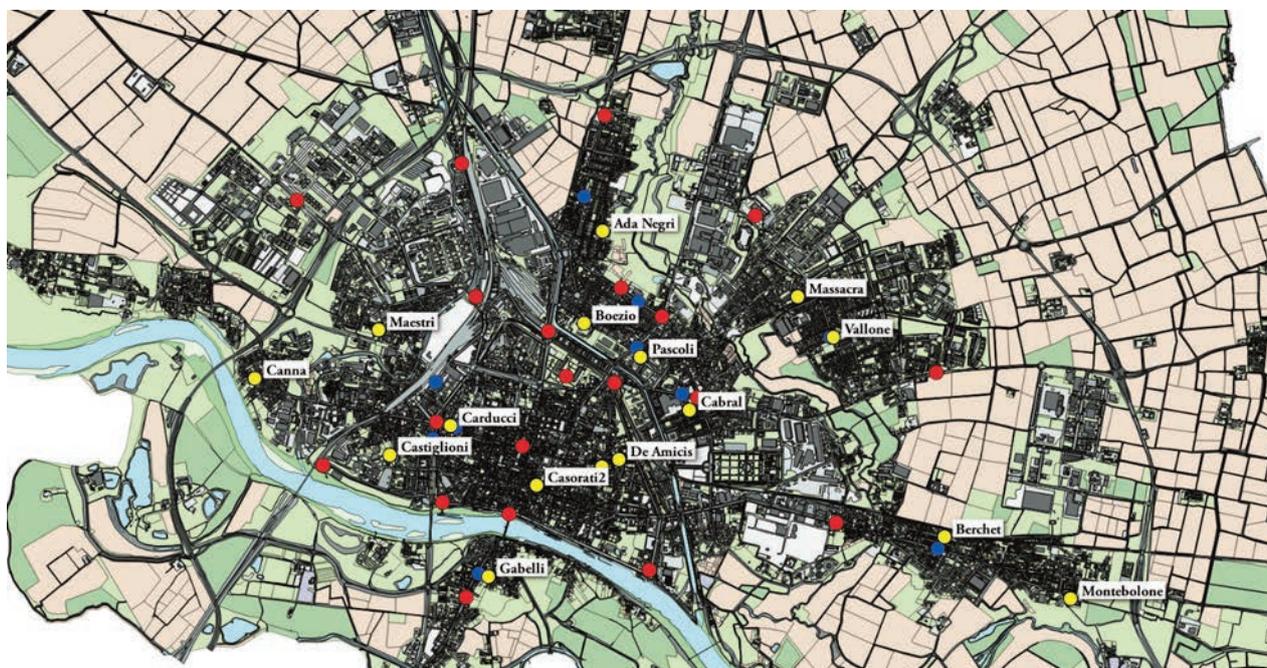


Figura 1. La rete di sensori a basso costo progettata per il controllo della qualità dell'aria sulla città di Pavia.

A partire da settembre 2018, sono stati acquistati e progressivamente installati 48 dispositivi di tipo PurpleAir PA-II (maggiori informazioni al sito <https://www.purpleair.com/sensors>). I sensori registrano numerosi parametri legati sia alla qualità dell'aria che a fattori ambientali come PM1, PM2.5, PM10, temperatura, umidità e pressione. Inoltre, grazie alla presenza di un dispositivo di rete Wi-Fi, forniscono in tempo reale i dati misurati che sono sia scaricabili localmente per successive analisi, sia semplicemente visualizzabili tramite un'interfaccia webGIS proprietaria.

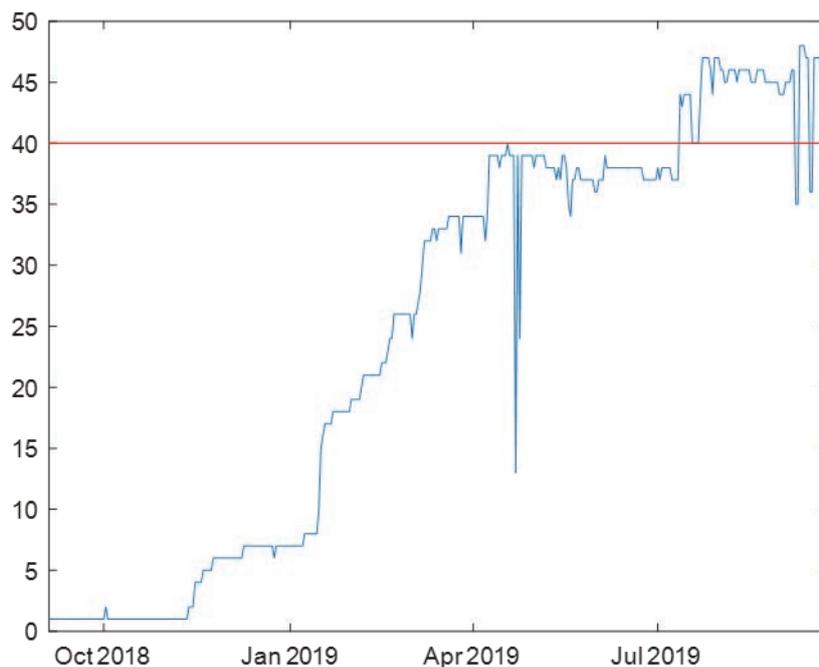
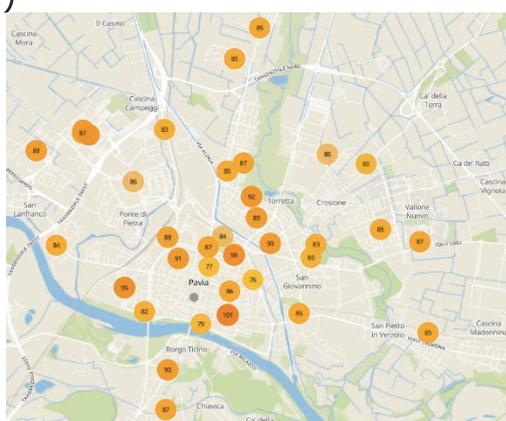


Figura 2. Numero di sensori attivi su Pavia su base giornaliera.

(a)



(b)



Figura 3. (a) La mappa della qualità dell'aria misurata in tempo reale e visibile tramite un'interfaccia webGIS. I dati si riferiscono alla misura del PM10 per il giorno 3 ottobre 2019. (b) Il dettaglio di un sensore installato presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia.



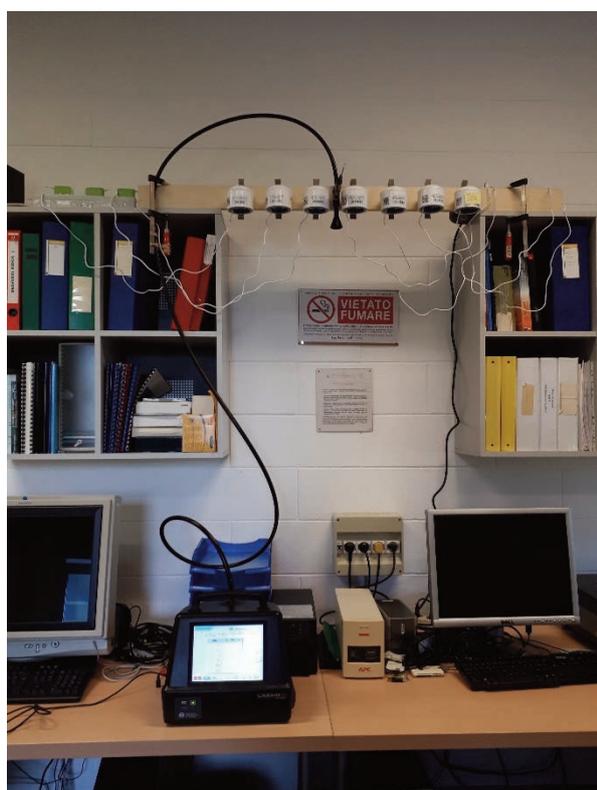
Figure 4. Alcuni esempi di installazione in abitazioni private.

In Figura 2 è riportato il numero di sensori progressivamente installato sulla città su base giornaliera. Si può vedere come, a partire dalla primavera di quest'anno, il loro numero sia progressivamente aumentato fino ad arrivare al completamento del progetto dove tutti e 48 i dispositivi sono correttamente installati. Le fluttuazioni visibili nel grafico sono dovute a temporanee interruzioni di servizio di alcuni dispositivi collocati presso edifici pubblici. Le cause di questi blocchi sono da ricercarsi prevalentemente in problemi connessi alla rete Wi-Fi o ad interruzione di corrente elettrica (soprattutto nei periodi di festività).

In Figura 3a è mostrato un esempio dell'interfaccia webGIS con cui è possibile osservare in tempo reale i parametri misurati dai sensori attivi in quel momento; l'immagine mostra in particolare le misure di PM10 per il giorno 3 ottobre 2019.

In Figura 3b e in Figura 4 sono mostrati alcuni esempi di installazioni sia su strutture pubbliche, in questo caso presso il Laboratorio di Geomatica della Facoltà di Ingegneria (Figura 3b), sia in abitazioni private (Figura 4).

Preliminarmente all'installazione, i sensori a basso costo sono stati testati confrontando i dati acquisiti da loro stessi con quelli ottenuti da un dispositivo ad alta qualità disponibile presso la Fondazione Maugeri di Pavia. Questa attività ha consentito di valutare l'effettiva qualità dei sensori acquistati e contemporaneamente di calibrarli. In Figura 5 è mostrata l'attività di calibrazione e validazione presso il Laboratorio di Geomatica.



*Figure 5. Calibrazione e validazione dei dati acquisiti dai sensori a basso costo rispetto ad un sistema ad alta qualità.*

## Risultati

Nel seguito sono riportati alcune serie temporali ottenute dal sensore PA-P @ P-1, installato presso il Laboratorio di Geomatica dell'Università di Pavia (Figura 3b). Questo sensore, installato per primo nel settembre 2018, permette di valutare l'andamento della qualità dell'aria durante l'ultimo anno.

In Figura 6a è mostrato l'andamento di uno dei parametri più utilizzati per lo studio dell'inquinamento, il PM10. L'immagine mostra i risultati su base giornaliera da settembre 2018 a settembre 2019. L'andamento dei valori mostra chiaramente la stagionalità del fenomeno: un periodo autunnale in cui i valori medi progressivamente aumentano; un periodo invernale in cui l'inquinamento raggiunge i valori massimi; un periodo primaverile/estivo in cui il PM10 cala raggiungendo le concentrazioni minime.

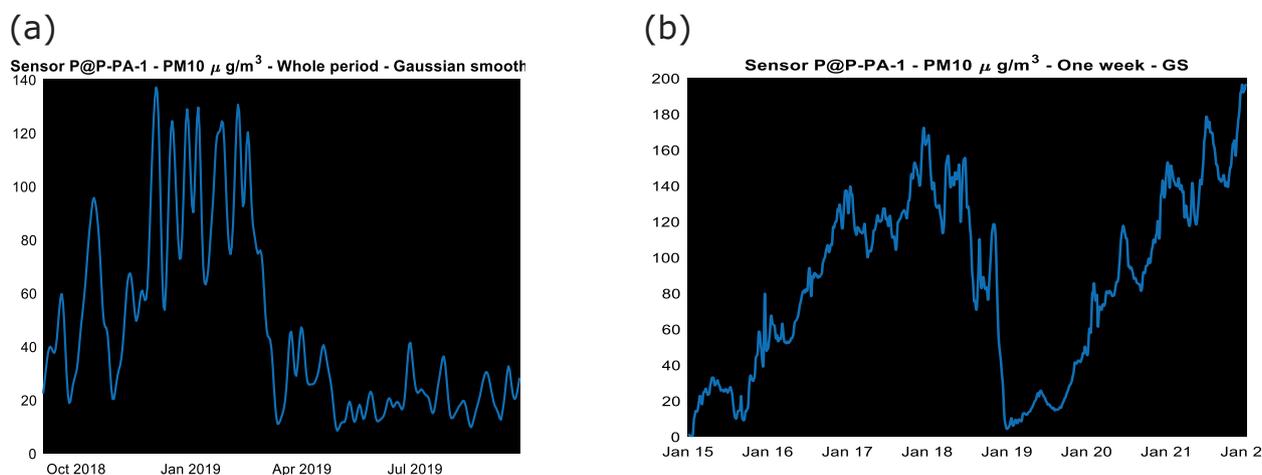


Figure 6. (a) Serie temporale per il valore di PM10 registrato per il periodo di attività del sensore1 PA-P@P-1, da settembre 2018 a settembre 2019. (b) Una settimana di dati nella stagione invernale (gennaio 2019).

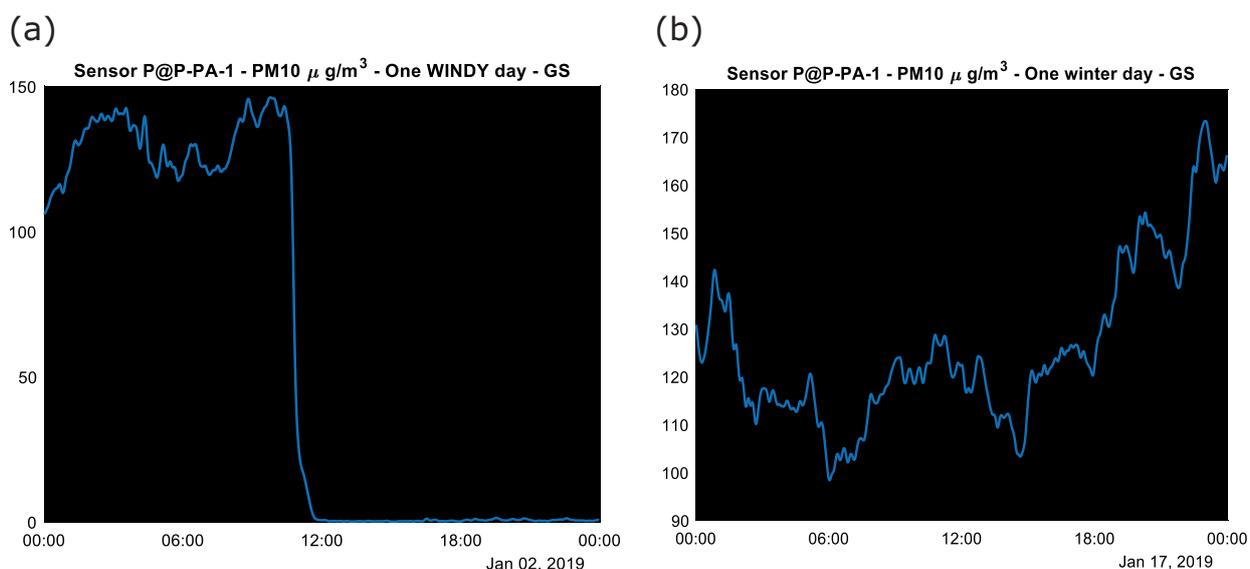


Figure 7. (a) Andamento giornaliero del PM10 per un giorno ventoso (2 gennaio 2019). (b) Andamento giornaliero del PM10 per un giorno normale (17 gennaio 2019).

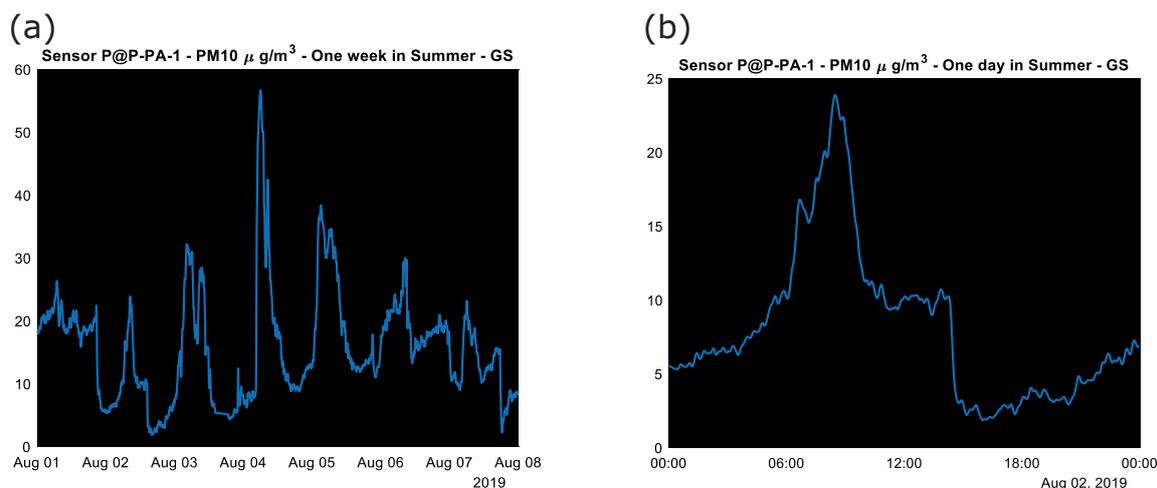


Figure 8. (a) Andamento settimanale del PM10 durante il periodo estivo (agosto 2019). (b) Andamento giornaliero del PM10 per un giorno estivo (2 agosto 2019).

In Figura 6b è mostrata una settimana di dati invernali. La forte diminuzione visibile nella parte centrale della figura è dovuta all'improvviso aumento del vento. Lo scorso inverno è stato osservato più volte che la presenza di un vento abbastanza forte ha quasi annullato l'inquinamento.

La Figura 7 mostra i risultati per due giorni invernali: il primo (Figura 7a) con forte vento verificatosi verso mezzogiorno; la seconda (Figura 7b) è una giornata invernale standard. Infine, la Figura 8 mostra una settimana e un giorno in estate: i valori sono molto più bassi in generale e la trama settimanale (Figura 8a) mostra chiaramente un comportamento periodico quasi quotidiano con diminuzione del PM10 nelle ore notturne e successivo aumento diurno.

## Conclusioni

Nell'ambito del progetto H2020 PULSE, l'Università di Pavia e il Comune di Pavia hanno avviato una collaborazione per la creazione di una rete di sensori a basso costo per il monitoraggio della qualità dell'aria.

Dopo una prima fase di progettazione, a partire dal settembre 2018, 48 dispositivi sono stati installati e attivati sulla città. I sensori, localizzati sia presso strutture pubbliche (scuole e uffici della pubblica amministrazione) sia presso abitazioni private, hanno permesso di analizzare i primi dati di inquinamento atmosferico.

Il presente articolo riporta i dati per un sensore collocato presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia. La stagionalità dei dati è evidente con picchi di inquinamento nella stagione invernale legati ai riscaldamenti accesi durante la stagione fredda. Anche giornalmente sono visibili delle fluttuazioni legate presumibilmente al traffico, con valori minimi notturni.

Le fasi successive dello studio saranno connesse all'analisi dell'andamento spaziale dei valori dell'inquinamento grazie alla densità delle installazioni.