

# Valutazione dei livelli di PM2.5 e PM10 nelle strade urbane: analisi e modelli predittivi

*F. Viola, G. Ala, M. Alqtish, A. Di Fatta, A. Imburgia, S. Licciardi, P. Romano, H. Samadi*

Dipartimento, Ingegneria, Università degli Studi di Palermo  
Viale delle Scienze, Edificio 9, 90128 Palermo

**Parole chiave:** Inquinanti, analisi dei dati, tecniche di monitoraggio

L'inquinamento atmosferico urbano rappresenta una delle principali minacce per la salute pubblica e la sostenibilità ambientale. Tra gli inquinanti più pericolosi si annoverano il particolato fine (PM2.5) e quello più grossolano (PM10), capaci di penetrare nel sistema respiratorio e contribuire a malattie cardiovascolari e respiratorie croniche.

Questo studio, condotto a Palermo, mira a valutare la concentrazione di PM2.5 e PM10 in diversi contesti urbani, analizzando i fattori che influenzano la diffusione di questi inquinanti e proponendo strategie di mitigazione. L'approccio si basa su monitoraggi in tempo reale, analisi statistica e valutazioni delle politiche urbane.

## Contesto e Obiettivi

Sebbene i veicoli elettrici non emettano gas di scarico, contribuiscono comunque all'emissione di particolato a causa dell'usura dei freni, degli pneumatici e dell'abrasione del manto stradale. È quindi necessario un approccio integrato alla mobilità sostenibile, che combini l'adozione dei veicoli elettrici con una pianificazione urbana intelligente.

## Metodologia

L'analisi ha interessato strade ad alto traffico, aree residenziali e zone commerciali, utilizzando sensori a basso costo e stazioni fisse per monitorare PM2.5, PM10 e parametri meteorologici. Sono stati confrontati due sensori:

- **SDS011 con ESP32:** sensore economico basato su tecnologia laser.
- **Davis AirLink PMSA003:** sensore professionale più costoso.

I dati sono stati raccolti da febbraio 2024 a marzo 2025. Le misure mostrano che le strade ad alto traffico superano spesso i limiti di legge, mentre le aree residenziali presentano comunque livelli critici di PM2.5.

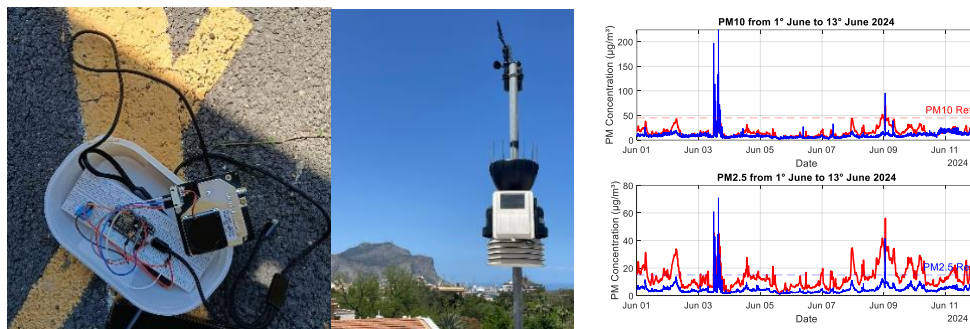


Fig. 1. SDS011 con ESP32, Davis AirLink PMSA003, confronto tra i valori ottenuti con i sensori SDS001 (rosso) e PMSA003 (blu)

## Analisi e Risultati

Le variazioni giornaliere e stagionali del particolato sono state analizzate mediante serie temporali e matrici di correlazione. Le principali correlazioni emerse includono:

**PM2.5 e PM10** mostrano una correlazione molto forte (fino a 0.99), suggerendo una comune origine nei processi di combustione e nell'attività veicolare. **Umidità:** nei mesi più freddi, come

febbraio, l'umidità è positivamente correlata al particolato, probabilmente per via dell'assorbimento di umidità da parte delle particelle, che ne prolunga la permanenza in sospensione. In estate (giugno), questa correlazione si attenua e diventa debolmente negativa. **Temperatura:** generalmente correlata negativamente con il particolato. Nei mesi caldi, temperature elevate favoriscono la dispersione degli inquinanti grazie alla convezione termica. **Velocità del vento:** mostra sempre una correlazione negativa con i livelli di PM, poiché favorisce la dispersione delle particelle. Questo effetto è particolarmente marcato in estate. **Pressione atmosferica:** mostra una correlazione negativa moderata con il PM, suggerendo che condizioni di alta pressione possono facilitare il ristagno degli inquinanti. Queste correlazioni evidenziano l'importanza del contesto meteorologico nella valutazione dell'inquinamento urbano e nella progettazione di modelli predittivi affidabili.

### Previsioni con Modelli Lineari

È stato applicato un modello di regressione lineare per prevedere i livelli di PM sulla base di pressione atmosferica, umidità, temperatura e vento. Il modello ha mostrato discreta capacità predittiva, pur evidenziando limiti in presenza di variazioni improvvise. Il PM2.5 si è dimostrato più difficile da modellare con accuratezza rispetto al PM10. La formula della regressione lineare adottata è:

$$PM = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 H + \beta_3 W + \beta_T T + \epsilon$$

dove: **PM** è la concentrazione prevista di particolato (PM2.5 o PM10), **T** è la temperatura (°C), **H** è l'umidità relativa (%), **P** è la pressione atmosferica (hPa), **W** è la velocità del vento (m/s),  **$\beta_0$**  è l'intercetta (valore previsto di PM quando tutte le altre variabili sono nulle),  **$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$**  sono i **coefficienti di regressione**, che indicano quanto varia la concentrazione di PM per ogni unità di variazione delle rispettive variabili indipendenti,  **$\epsilon$**  è il termine di errore, che rappresenta la componente non spiegata dal modello (fluttuazioni casuali, altri fattori non inclusi).

Il modello è stato implementato usando la funzione fitlm di MATLAB, applicando una **regressione multipla** per ogni mese. I dati sono stati divisi in set di addestramento (primi 10 giorni) e di test (giorni 11 e 12), e le previsioni ottenute sono state confrontate con i valori reali per valutarne l'accuratezza.

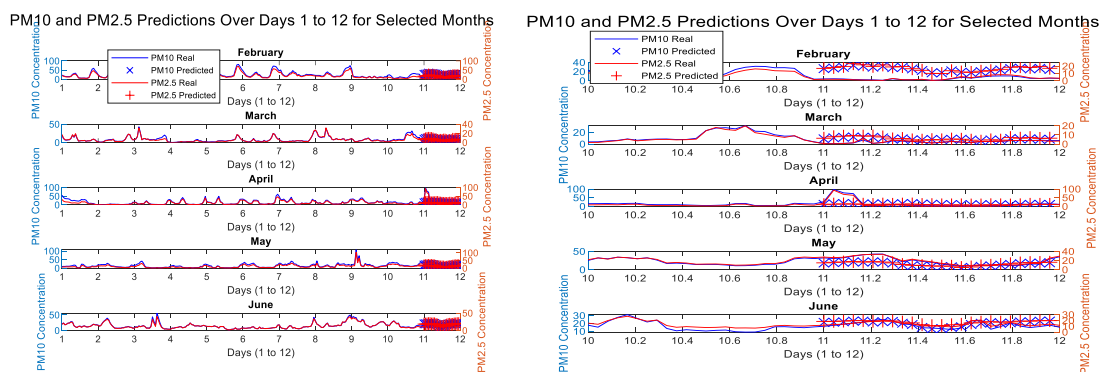


Fig. 2. Predizione con modello di regressione lineare, e zoom per la predizione.

Questo studio è stato condotto nell'ambito del progetto Scalability: Software for Intelligent Mobility (SMILE) del MOST – Sustainable Mobility Center e ha ricevuto finanziamenti dall'Unione Europea Next-GenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COM PONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 – D.D. 1033 17/06/2022, CN00000023).

F. Viola, F. Brugnone, S. Calabrese S. Leva, M. Longo, R. Miceli, , Evaluation Of Pm2.5 And Pm10 Levels In Urban Streets: Analysis, Impacts, And Mitigation Strategies, ICSMARTGRID 2025, 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART GRID May 27-29, 2025, Glasgow, U.K.