

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE
TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA INFORMATICA

Progettazione e sviluppo di componenti per la piattaforma
AirQino dedicata al monitoraggio della qualità dell'aria

Candidato
Edoardo D'Angelis



 Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per la BioEconomia
Dipartimento di Scienze Bio-Agroalimentari

Relatori
Prof. Andrew D. Bagdanov
Prof. Pietro Pala

Correlatori
Dott. Walter Nunziati
Dott.ssa Alice Cavaliere

Anno Accademico 2020/2021

Contesto

L'inquinamento atmosferico è uno dei principali problemi che interessano le aree urbanizzate.

- ▶ Può portare a problemi di salute causati dall'esposizione a lungo termine a sostanze nocive (PM, NO₂, CO₂, O₃)
- ▶ Il monitoraggio è essenziale per la tutela della salute pubblica
 1. Con reti regionali di rilevamento fisse, gestite da ARPA (DLgs. n.155 del 13/08/2010)
 2. Con nuove reti di sensori *low cost* ad alta portabilità per l'acquisizione di misure aggiuntive, anche a minor precisione (es. **AirQino**)

La piattaforma AirQino (1/3)

- ▶ Monitoraggio ambientale ad alta precisione
- ▶ Configurabile ed estendibile
- ▶ Dati in tempo reale



Figura: Una centralina AirQino

<https://airqino.magentaLab.it>

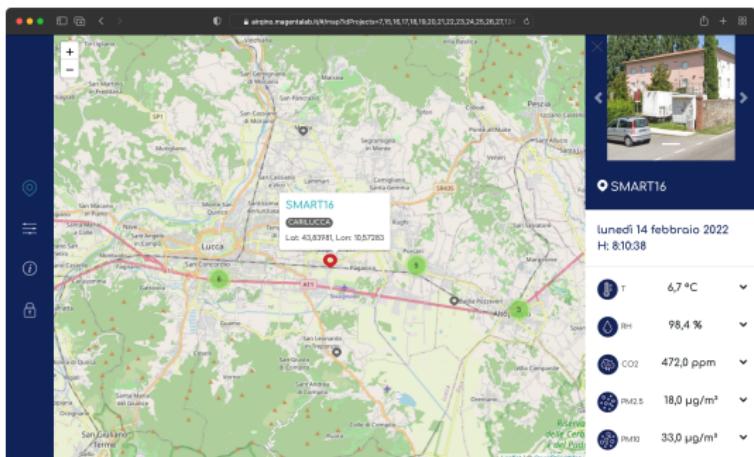


Figura: Pagina web AirQino

La piattaforma AirQino (2/3)

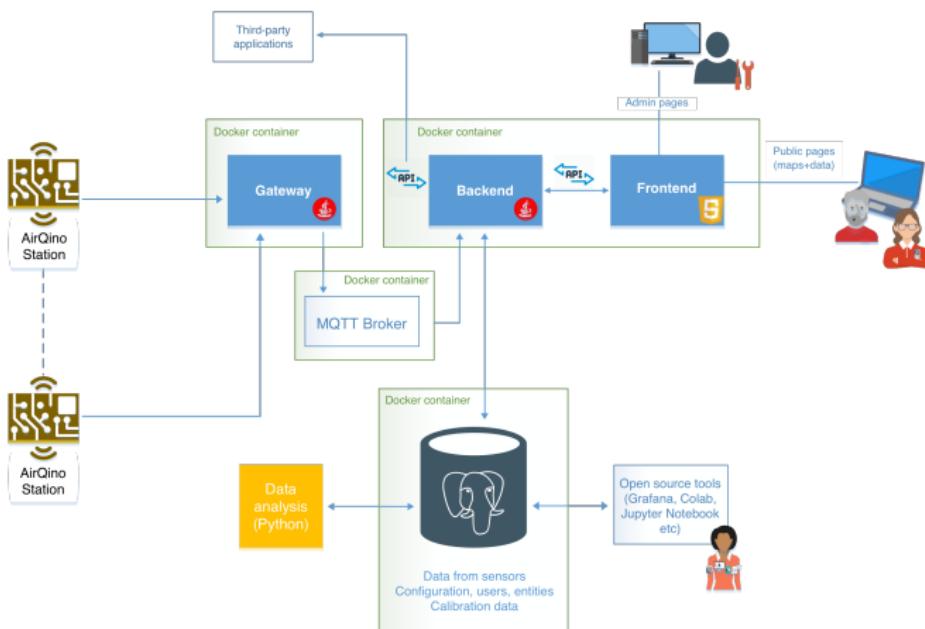


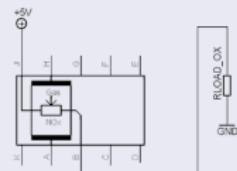
Figura: Architettura della piattaforma

La piattaforma AirQino (3/3)

MiCS-2714 per NO₂



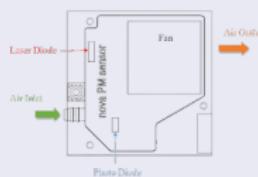
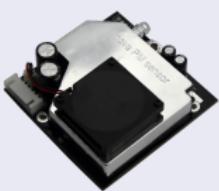
(a) Sensore



(b) Circuito

- ▶ Di tipo MOS
- ▶ Basato su ossidoriduzione
- ▶ Uscita in *counts*

SDS011 per PM_{2.5} e PM₁₀



(c) Sensore

(d) Componenti

- ▶ Basato su principio di diffusione ottica
- ▶ Uscita in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ▶ Più costoso

Obiettivi

- ▶ Sviluppi tecnologici alla piattaforma
 1. Miglioramento dell'**affidabilità** dei dati provenienti dai sensori
 2. Riduzione dei **tempi di risposta** dal database
- ▶ Studio e confronto tra diverse tecniche volte a migliorare l'accuratezza del processo di **calibrazione** dei sensori (sia NO₂ che PM)
- ▶ Sviluppo di un'**interfaccia web** per facilitare la calibrazione *massiva* di centraline

Replica del database (1/2)

Replica

Tutti i dati del database vengono copiati e distribuiti su un altro spazio fisico. La nuova istanza agisce come nodo secondario.

Vantaggi:

- ▶ Maggiore **affidabilità**
- ▶ Miglioramento delle **prestazioni**
- ▶ Maggiore **sicurezza** dei dati

Svantaggi:

- ▶ Mantenimento
- ▶ Implementazione
- ▶ Costo

Replica del database (2/2)

Streaming replication

Funzionalità che consente di replicare i dati in tempo reale da una istanza di database Postgres a un'altra

- ▶ Replica di sola lettura
- ▶ Basata su **WAL**
- ▶ Automazione con Docker

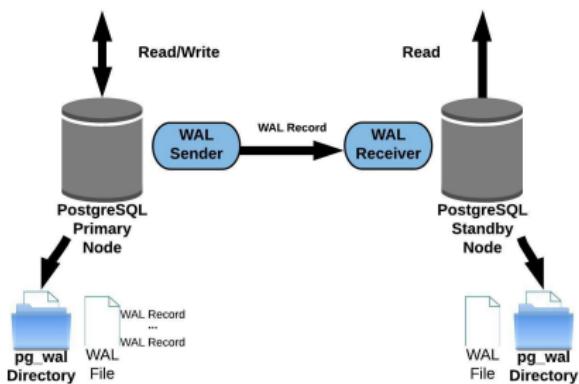


Figura: Streaming replication

Ottimizzazione di query temporali (1/2)

Continuous aggregates

Funzionalità di **Timescale** per aggregare dati in tempo reale in maniera incrementale

- ▶ Miglioramento delle **performance**
- ▶ Aggiornamento automatico in background dei dati aggregati
- ▶ Risparmio di **spazio**

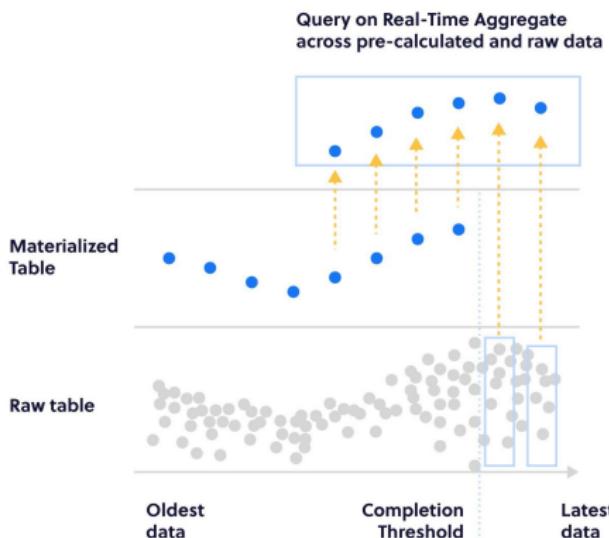


Figura: Continuous aggregates

Ottimizzazione di query temporali (2/2)

Tempi di risposta della query per estrarre la media oraria di NO₂ dell'ultima settimana da tutte le centraline **AirQino**:

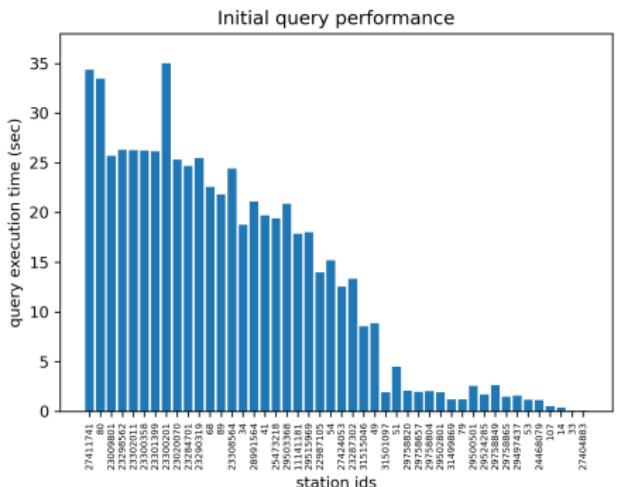


Figura: Prima dell'ottimizzazione

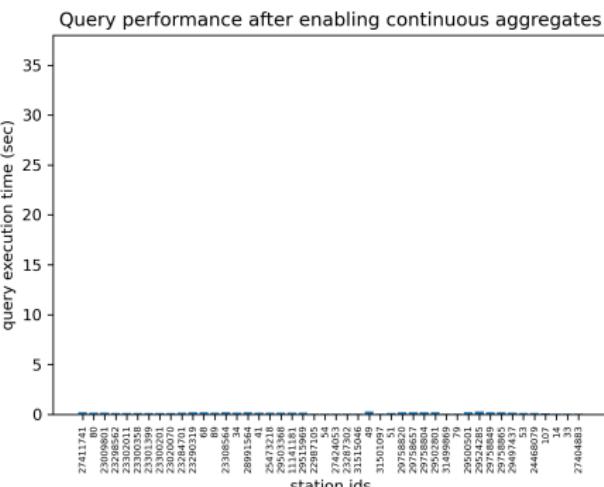


Figura: Dopo l'ottimizzazione

Calibrazione (1/4)

Procedura per ogni sensore (NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10})

1. Preprocessamento e creazione di un dataset (dati della centralina AirQino SMART16 e di riferimento ARPAT)
2. Allineamento temporale e ricampionamento
3. Scatterplot del segnale di riferimento e del segnale del sensore
4. Analisi dei residui
5. Applicazione di tredici diversi modelli di regressione (sia lineare che non lineare)
 - ▶ Su tutto il dataset
 - ▶ Con cadenza mensile
6. Valutazione della performance in termini di R^2 e $RMSE$
7. Validazione del modello più performante

Calibrazione (2/4)

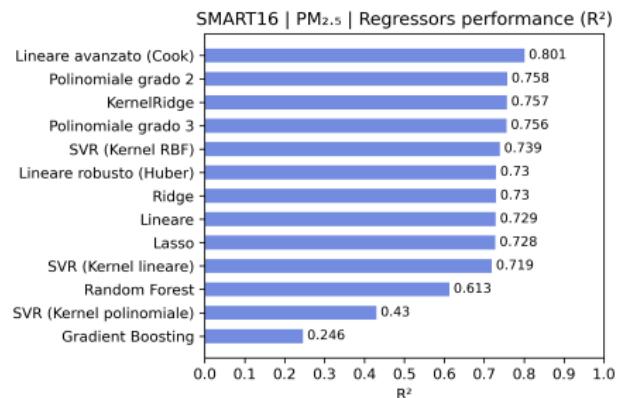


Figura: Risultati (R^2)

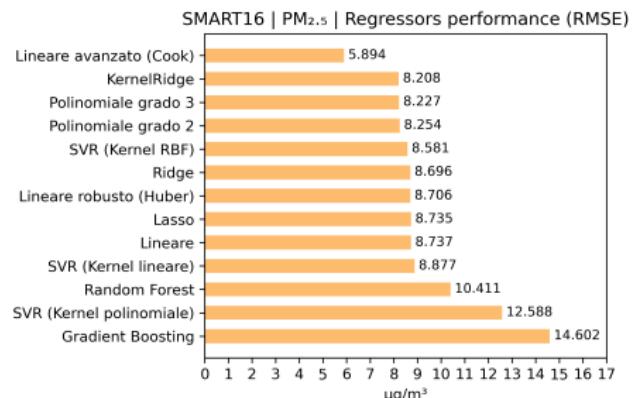


Figura: Risultati (RMSE)

Calibrazione (3/4)

Distanza di Cook

aaa

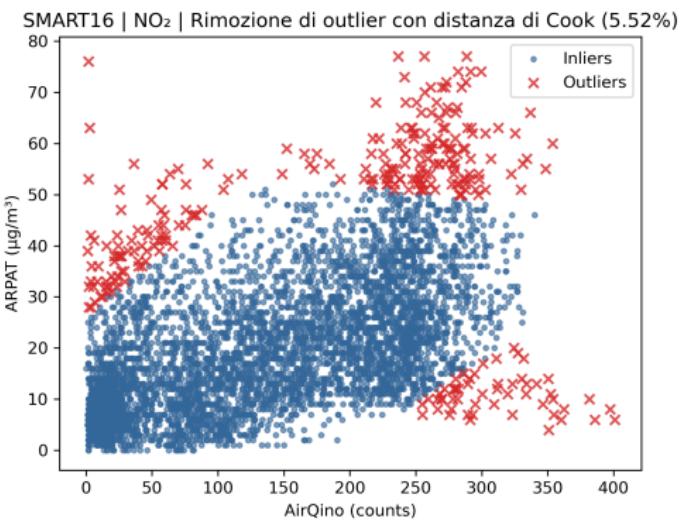


Figura: aaa

Calibrazione (4/4)

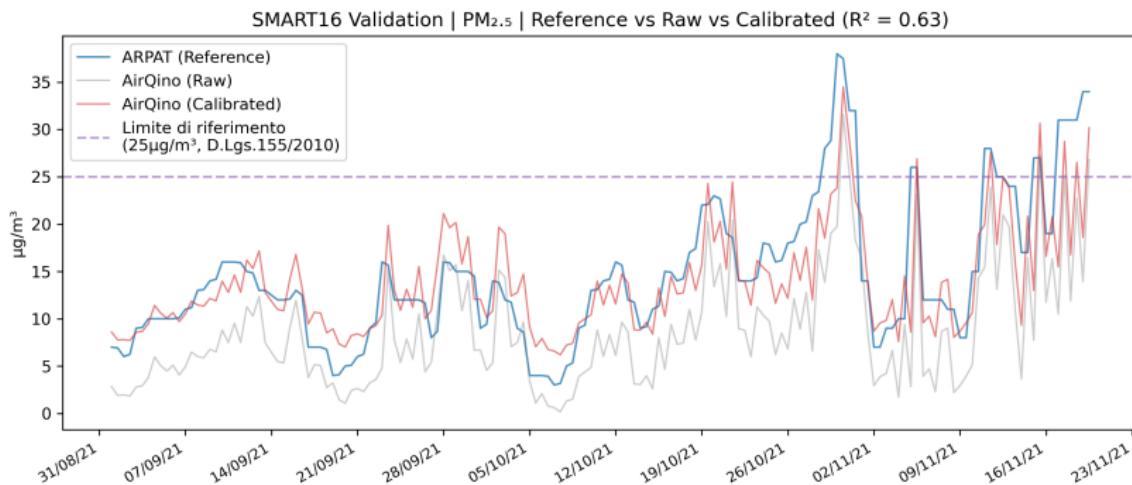


Figura: Confronto tra l'andamento temporale delle concentrazioni di PM_{2.5} misurate dalla stazione AirQino calibrata e non calibrata con riferimento alla stazione ARPAT di Capannori (LU) - medie a otto ore

Interfaccia

Conclusioni e sviluppi futuri