

# *Il monitoraggio diffuso degli inquinanti con microsensori IoT a Portici e Procida*

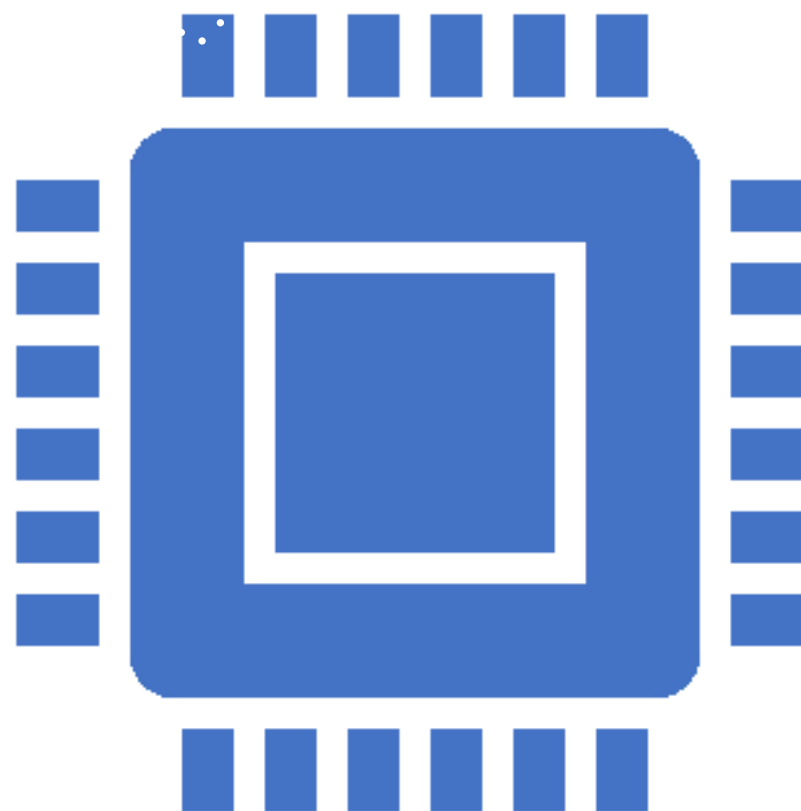
Saverio De Vito, Girolamo Di Francia

Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili

Divisione Fotovoltaico e Smart Devices

Lab. Applicazioni Fotovoltaiche e Sensoristiche

- [saverio.devito@enea.it](mailto:saverio.devito@enea.it), [girolamo.difracia@enea.it](mailto:girolamo.difracia@enea.it)



**ENEA**

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

## Activities locations & Laboratories



Portici Research Centre

Innovative Devices  
TERIN-FSD-DIN  
Paola Delli Veneri

PV Systems and Sensors  
Applicatons  
TERIN-FSD-SAFS  
Girolamo Di Francia



Foggia lab (c/o Bonassisa- Blab)

Engineering for PV  
Industry  
TERIN-SFD-IIF  
Mario Tucci



Casaccia Research Centre

Division permanent  
employees:

62

41 researchers

21 technicians



## # 1) Sensors system and AI integration

- ✓ Sviluppo Ecosistemi Intelligent IoT
- ✓ Modelli Digital Twin di Ambienti Urbani e Infrastrutture Critiche
- ✓ Modellazione e Sviluppo Strumenti GIS  
PV (& Agri-PV) planning and feasibility with GIS

### Trasferimento Tecnologico:

**Smart Photovoltaics:** PV Plants Data Analytics for O&M (T.E.A. TEK SpA)

**Health and Urban Environment:** MONICA™ personal exposure monitor (VIASAT SpA, Solerzia srl)

**Industry 4.0 Aerospace:** Composite Surface contamination detection device: (demonstrated to IRT Saint Exupéry)

**Critical Infrastructure:** Drinking Water quality monitoring for infrastructure management (IDEA srl)



# AQ: Vicini o lontani dall' impatto zero?

- E' indubbio che l' Qualità dell' aria che respiriamo è in costante miglioramento da decenni
- Molti parametri nelle nostre città permangono fuori soglia EU in periodi particolari
- Nuove ricerche scientifiche hanno spostato molto più in basso le soglie per l' impatto sulla salute cambiando lo scenario in maniera sostanziale

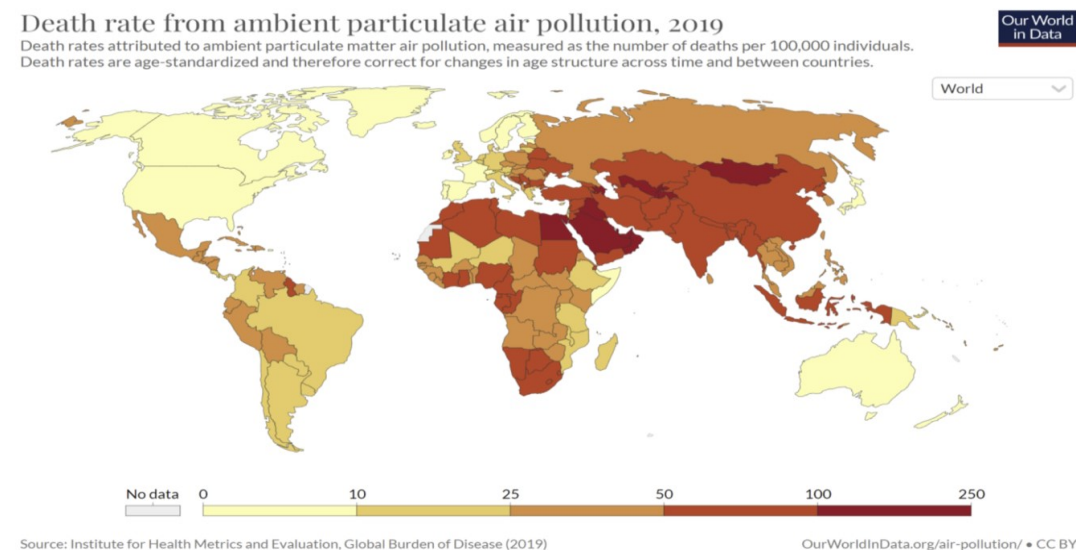
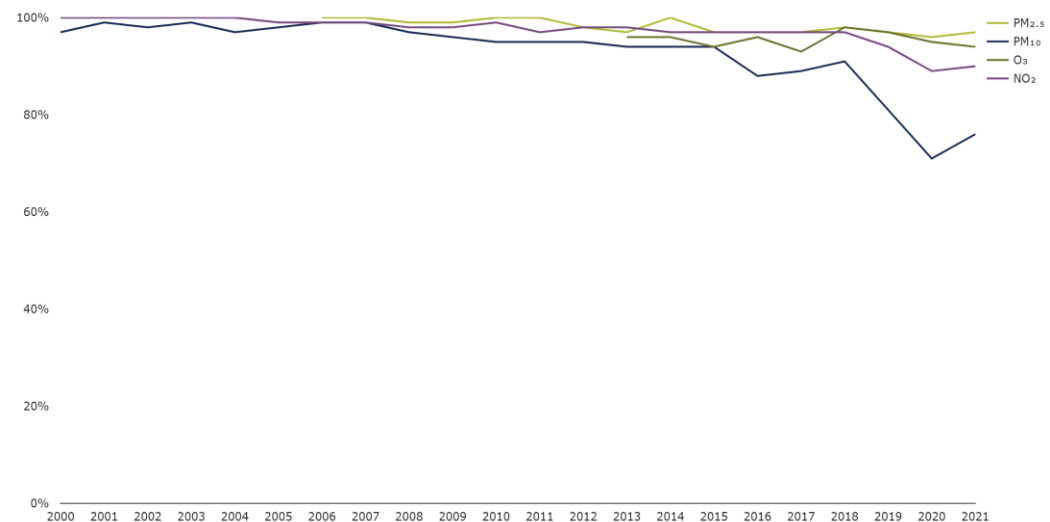
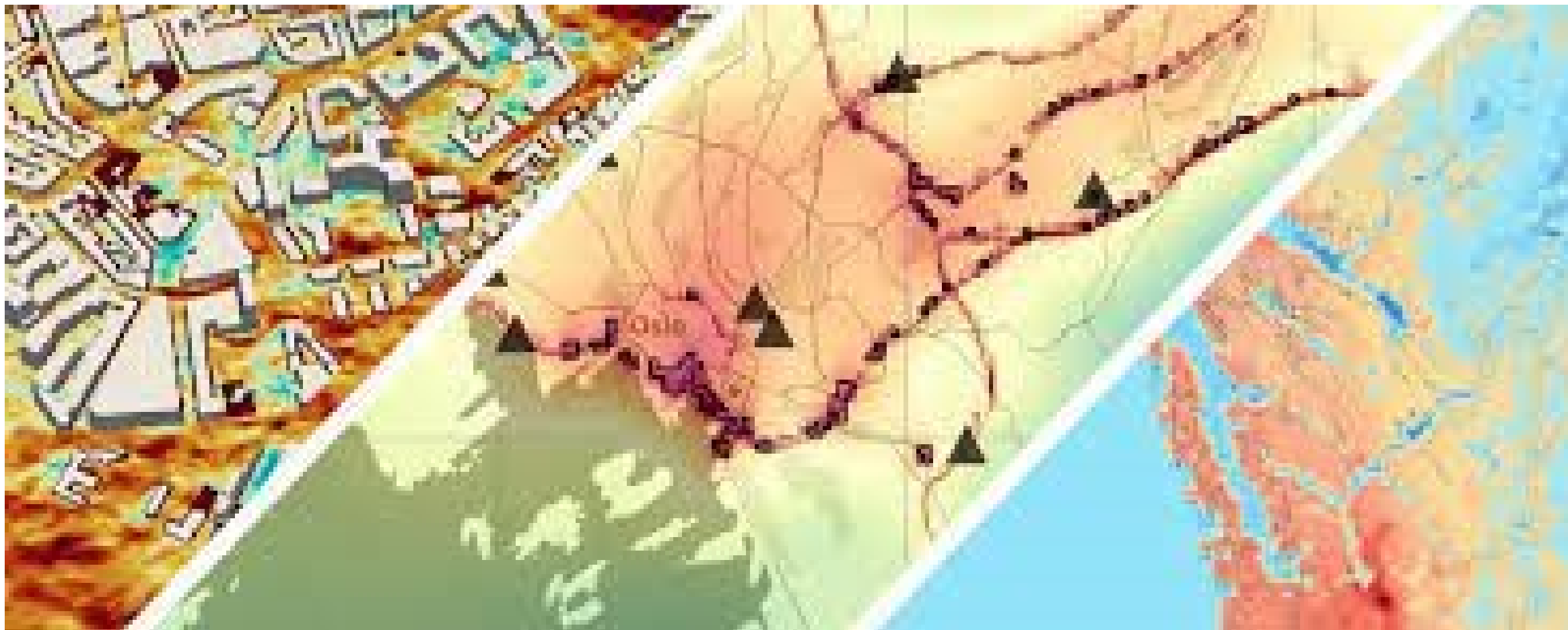


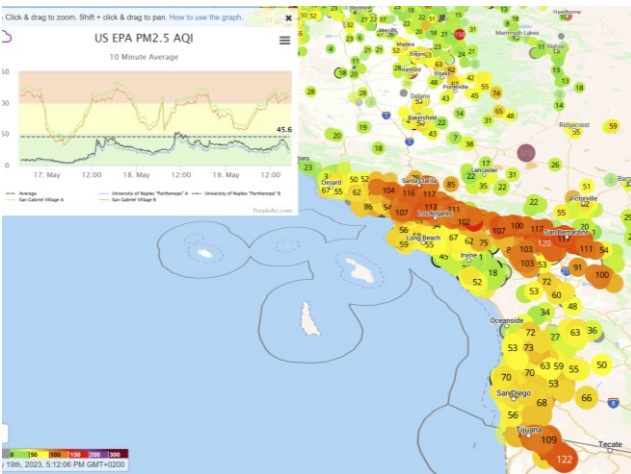
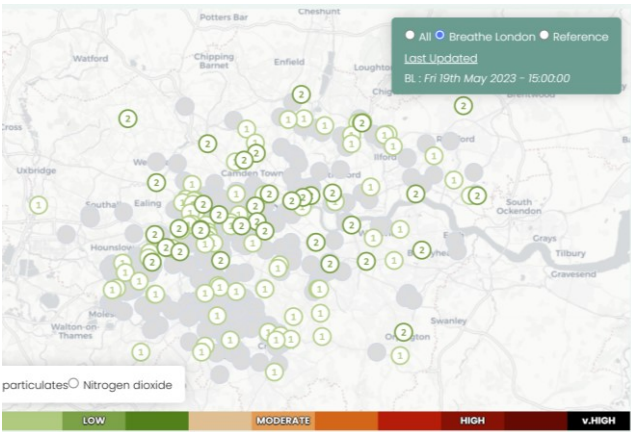
Figure 2. Urban population exposed to air pollutant concentrations above 2021 WHO air quality guidelines, EU-27



# AQ: come e dove?







# Sistemi di monitoraggio low cost

- Nell' ultimo decennio sono stati introdotti sistemi ad accuratezza inferiore che per costi e dimensioni possono integrare le reti esistenti per ottenere quella densità spaziale non ottenibile con le stazioni convenzionali.
- Basate sul matrimonio tra sensori low cost e tecnologie IoT la loro accuratezza è però oggetto di preoccupazione per l' amministratore ed il legislatore al punto di emettere standard ad-hoc per questi sistemi

Breathe London Community Programme



Round 3 - now open!

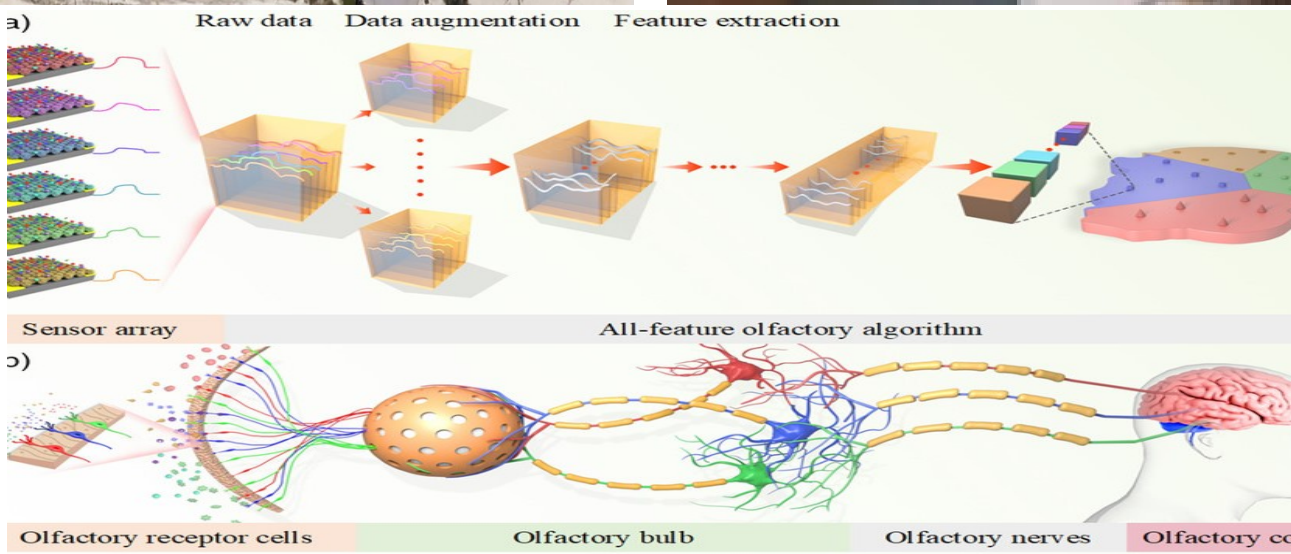


# IL ruolo dell' AI

L' intelligenza artificiale ha un ruolo fondamentale nell' estrarre dati alla massima accuratezza possibile.

Letteralmente è possibile addestrare i sistemi low cost per apprendere dalle centraline regolative.

Un quinquennio fa, ARPAC ed ENEA hanno dunque deciso di collaborare per sviluppare e testare questi concetti in vista di possibili integrazioni della rete di monitoraggio

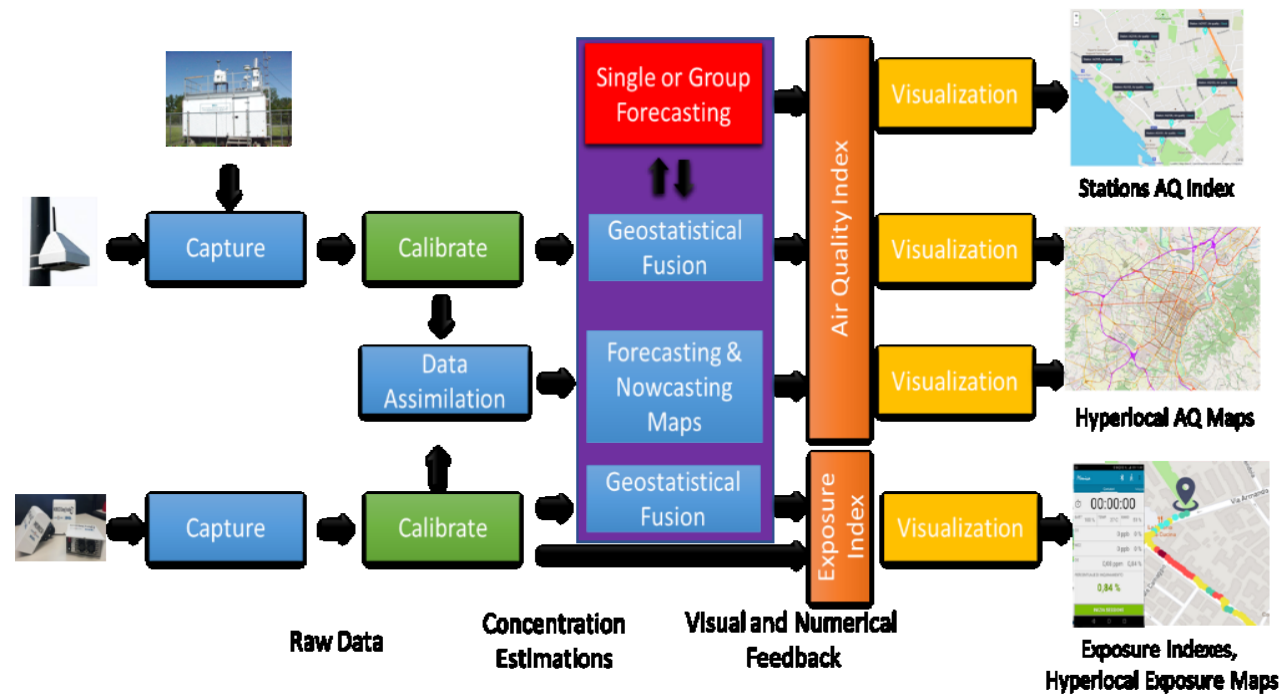




# ENEA MONICA™ IoT Ecosystem



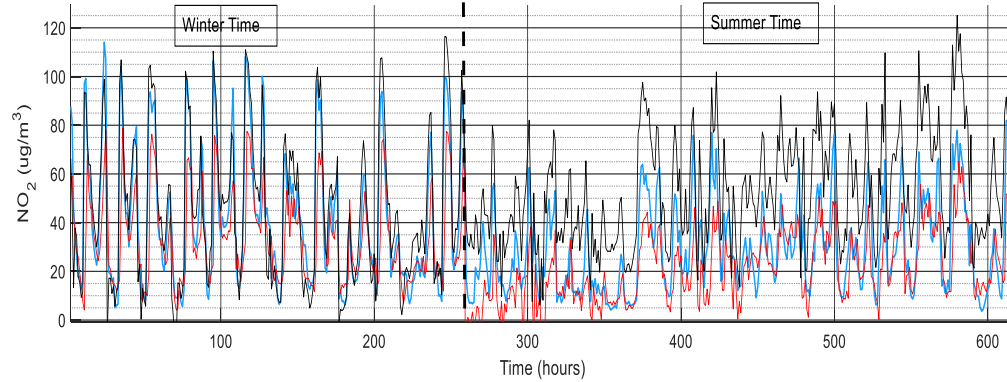
Calibrato per NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO + PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>  
Con applicazione per Smartphone Android



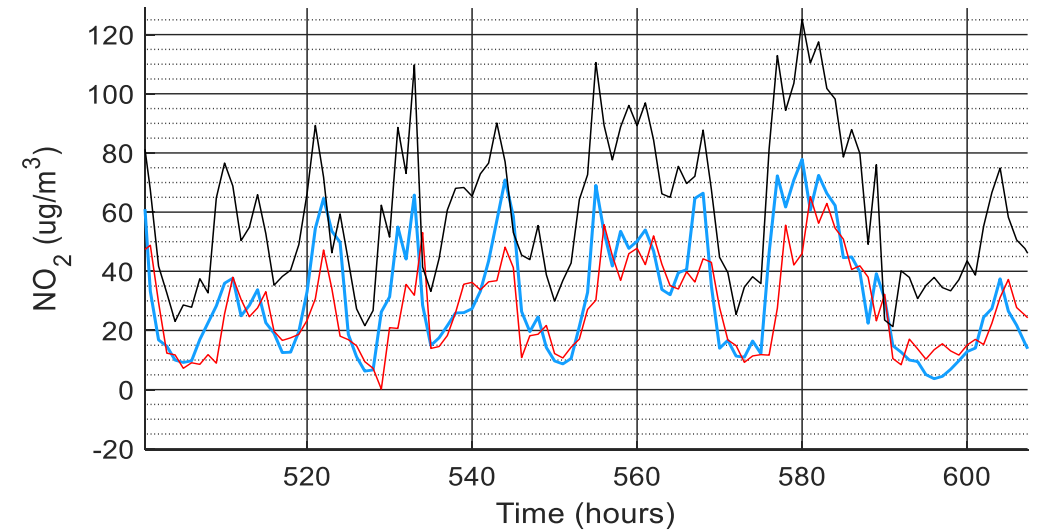


# Accuratezza

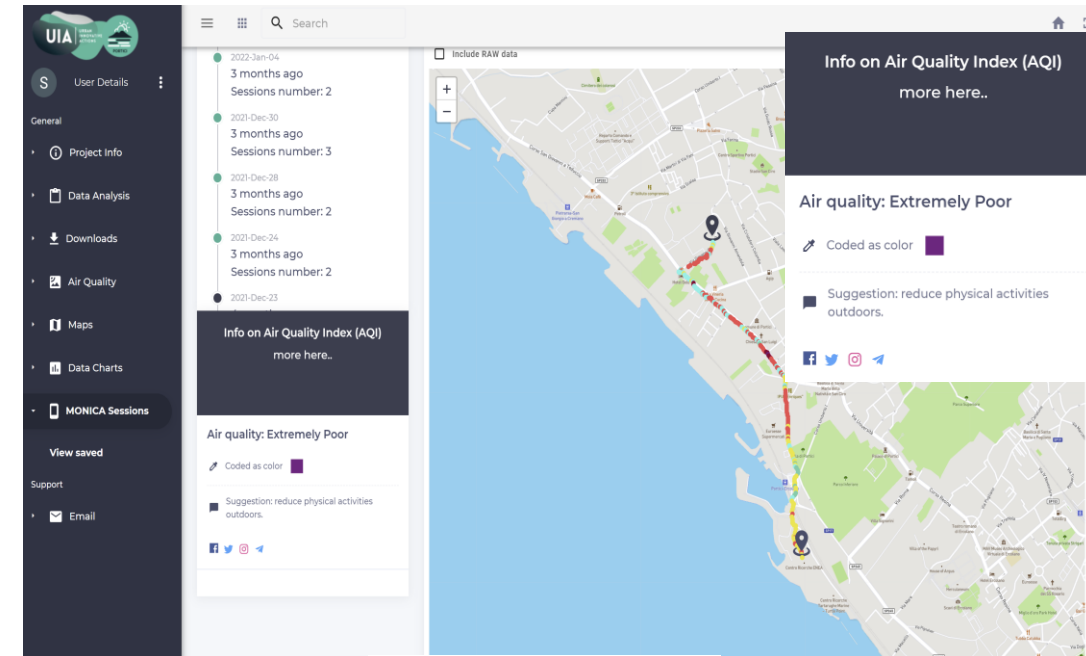
- Ricalibrazione ogni 6 mesi
- Uso di centraline remote per la calibrazione per riduzione costi per lungo periodo
- Rispetto normative mCERT UK e EU



NO2 Estimation problem results (remote calibration approach in bold yellow)			
Test set Time & duration	MAE (ug/m3)	R <sup>2</sup>	MRSE
( 1 Wk Winter + 3 Wks Summer)	<b>10.16 (1.47)</b>	<b>0.72 (0.05)</b>	<b>14.38 (2.95)</b>
	39.60 (22.72)	-3.19 (5.46)	45.88 (25.40)
1 Week Winter (CV'd)	<b>11.93 (3.44)</b>	<b>0.82 (0.04)</b>	<b>16.83 (5.56)</b>
	11.00 (9.74)	0.89 (0.34)	14.90 (13.02)
3Wks Summer	<b>8.93 (1.05)</b>	<b>0.91 (0.03)</b>	<b>11.67 (1.42)</b>
	53.72 (29.50)	-10.3 (3.90)	54.92 (29.05)



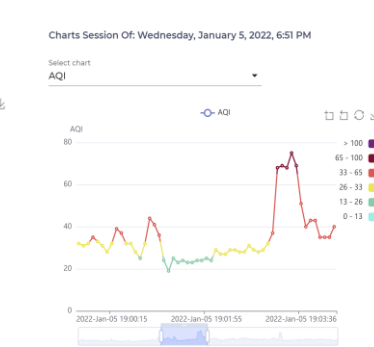
# UIA AirHeritage Project



Air Quality Statistics

**Moderate**  
Average AQI during session

Pollutant	MIN	MEAN	MAX	Unit
PM1	7	12.62	39	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
PM2.5	11	20.74	56	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
PM10	13	26.98	70	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
NO2	9.37	76.63	136.12	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
CO	0.04	0.39	1.9	[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]

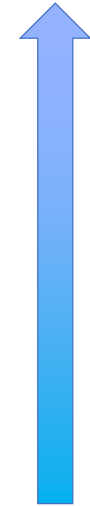


# A Hierarchical AQ Monitoring Network

Pervasivity



- 1 Stazione ARPAC di grado regolativo
- 1 Stazione Mobile ARPAC
- 7 Stazioni Fisse IoT
- 30 Rivelatori Personali



Accuracy



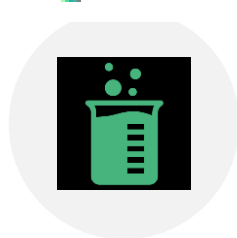
# Canali informativi AirHeritage



OPPORTUNISTIC AQ AND EXPOSURE DATA FORM 30+ LOW COST AIR QUALITY MULTISENSORS SYSTEMS



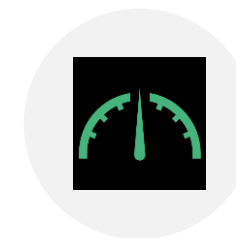
CONTINUOUS AQ DATA STREAMS FROM 7 FIXED LCAQMS



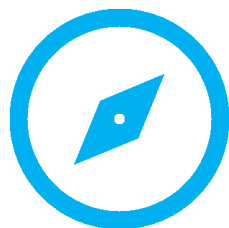
PREDICTIVE DATA FROM THE AH 3D CHEMICAL TRANSPORT MODEL



REGULATORY GRADE AQ DATA FROM MOBILE AQ MONITORING STATIONS CAMPAIGNS



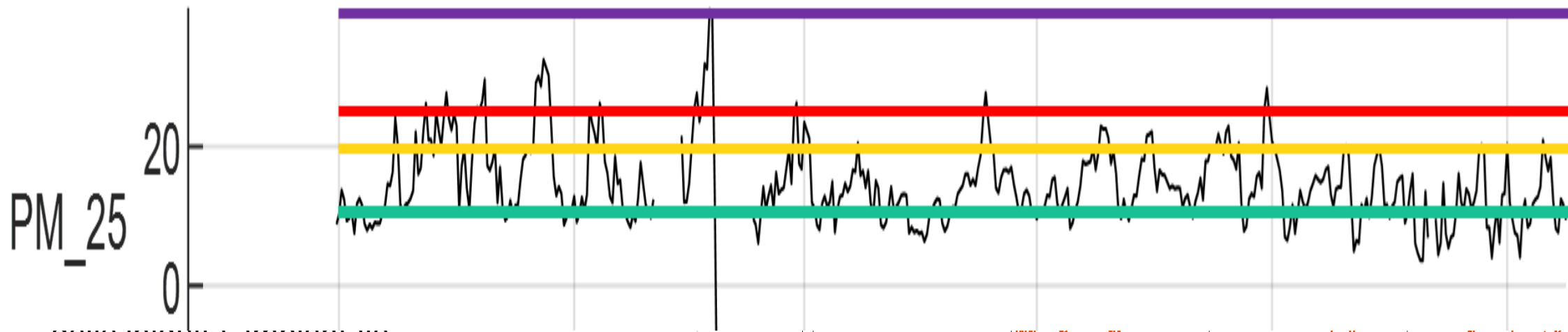
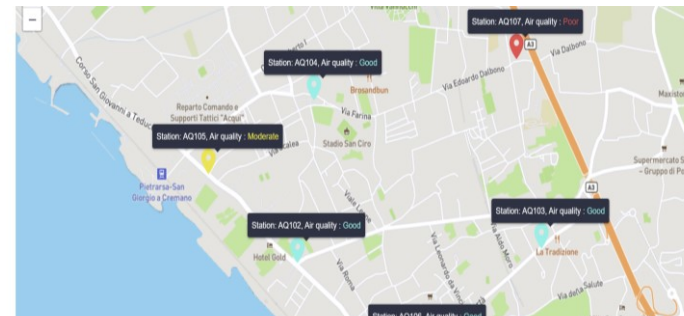
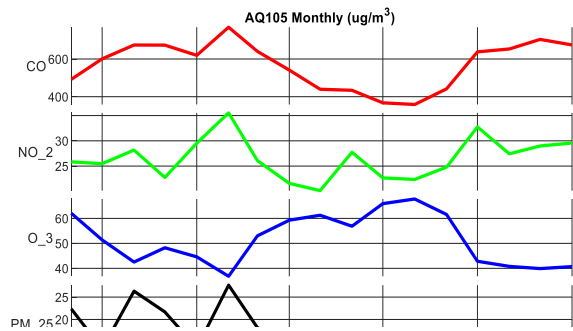
CONTINUOUS DATA COMING FROM REGULATORY FIXED STATION



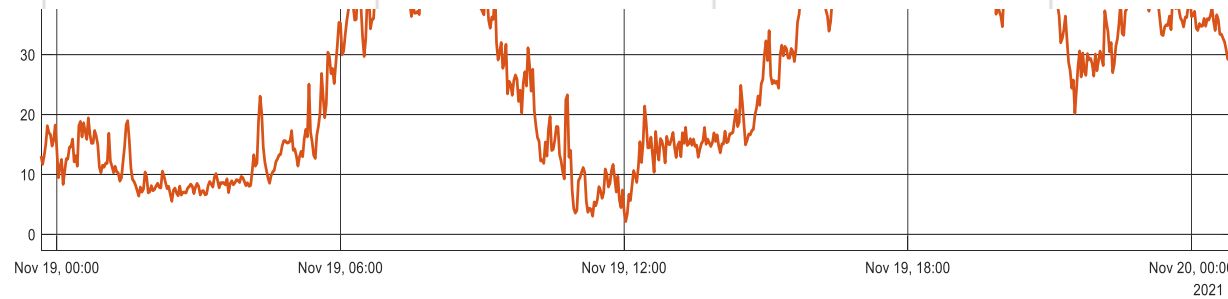
5 canali con differenti caratteristiche (accuracy, space and time resolution, targets)  
Un incubo comunicativo con risultati apparentemente contraddittori



# Risultati a Portici (1)



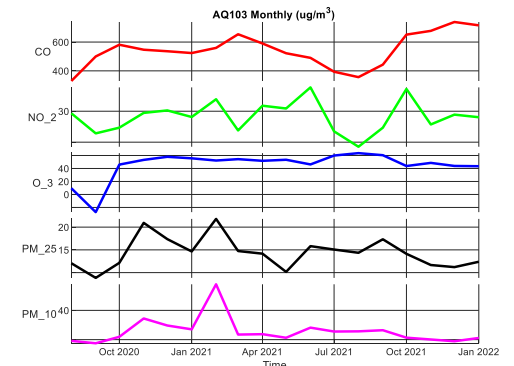
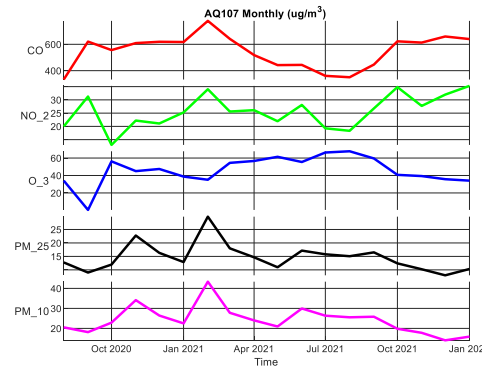
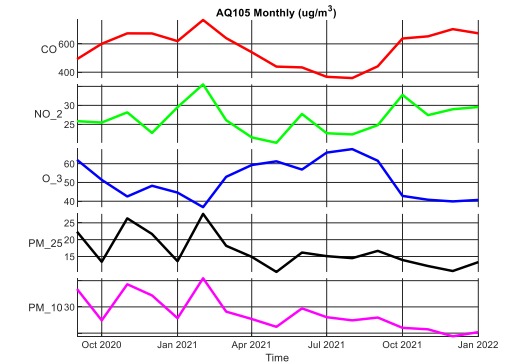
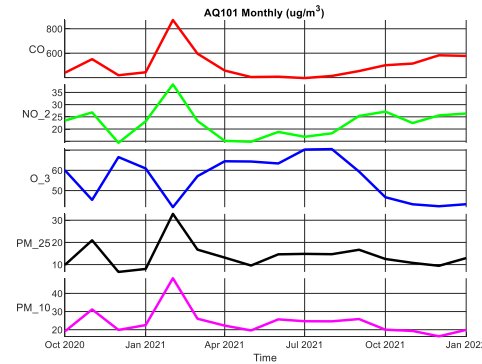
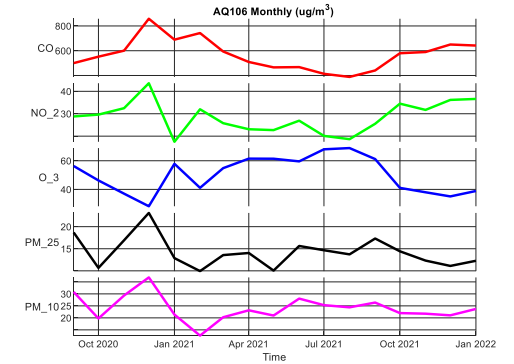
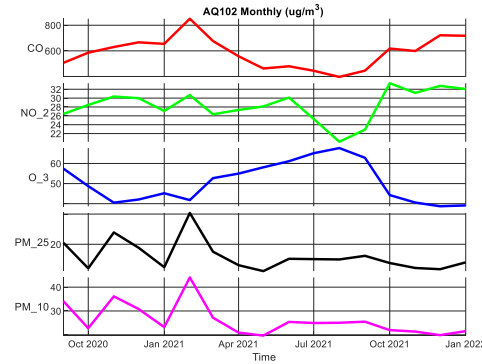
inquinamento ambientale



2021

# Comparazione andamento mensile

- Individuazione dei mesi meno e più inquinati per ciascuna delle centraline
- Individuazione di andamenti di modo comune
- Individuazione di anomalie nella singola località





## Medie Annuali 2021

	101	102	103	104	105	106	107
CO (ug/m3)	480.95	<b>580.68</b>	552.58	571.07	566.70	533.04	548.14
NO2 (ug/m3)	21.46	28.22	<b>28.48</b>	25.78	26.26	27.50	25.38
PM10 (ug/m3)	22.93	25.49	25.79		<b>26.91</b>	23.52	24.33
PM2.5 (ug/m3)	13.68	15.56	14.70		<b>16.15</b>	13.84	14.75

P.Riccia e Via Libertà (Alta) mostrano valori relativamente più alti (NO2: 10%+)

Villa comunale quelli relativamente più bassi.



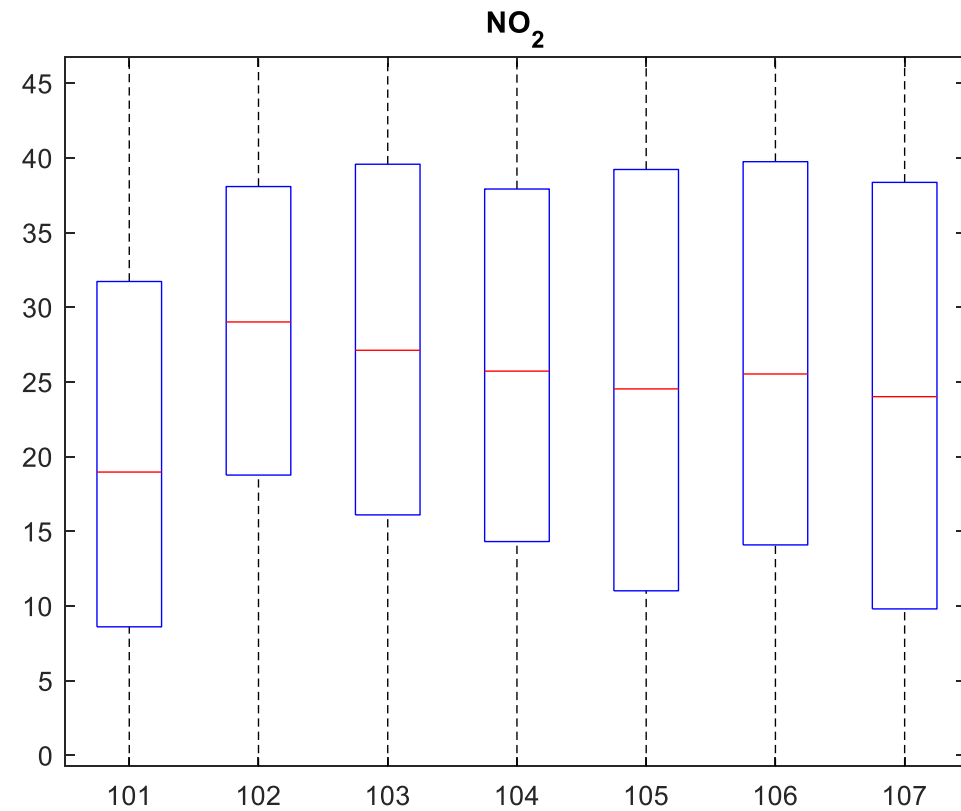
European Union  
European Regional Development Fund



RÉGION  
NORD-PAS DE CALAIS



# Comparazione Annuale NO<sub>2</sub>





An aerial photograph of a road and a body of water, with a person's hand holding a device in the foreground. The image is split horizontally by a black bar containing white text.

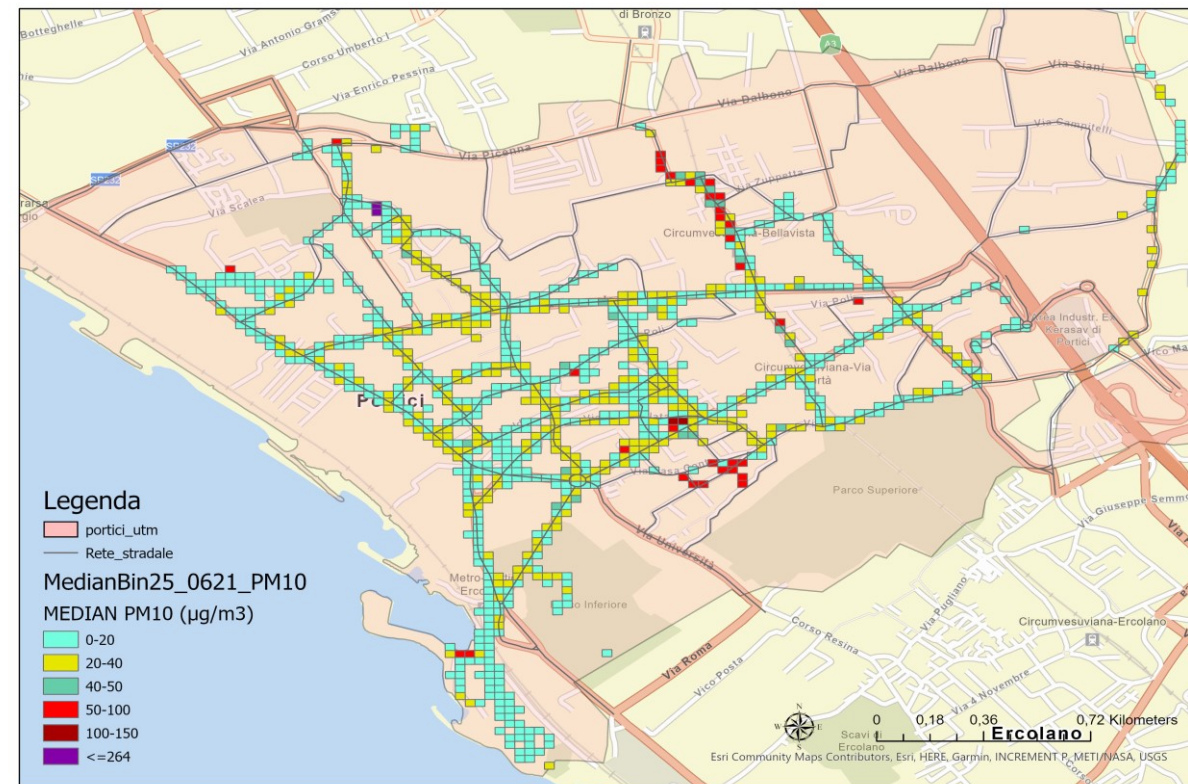
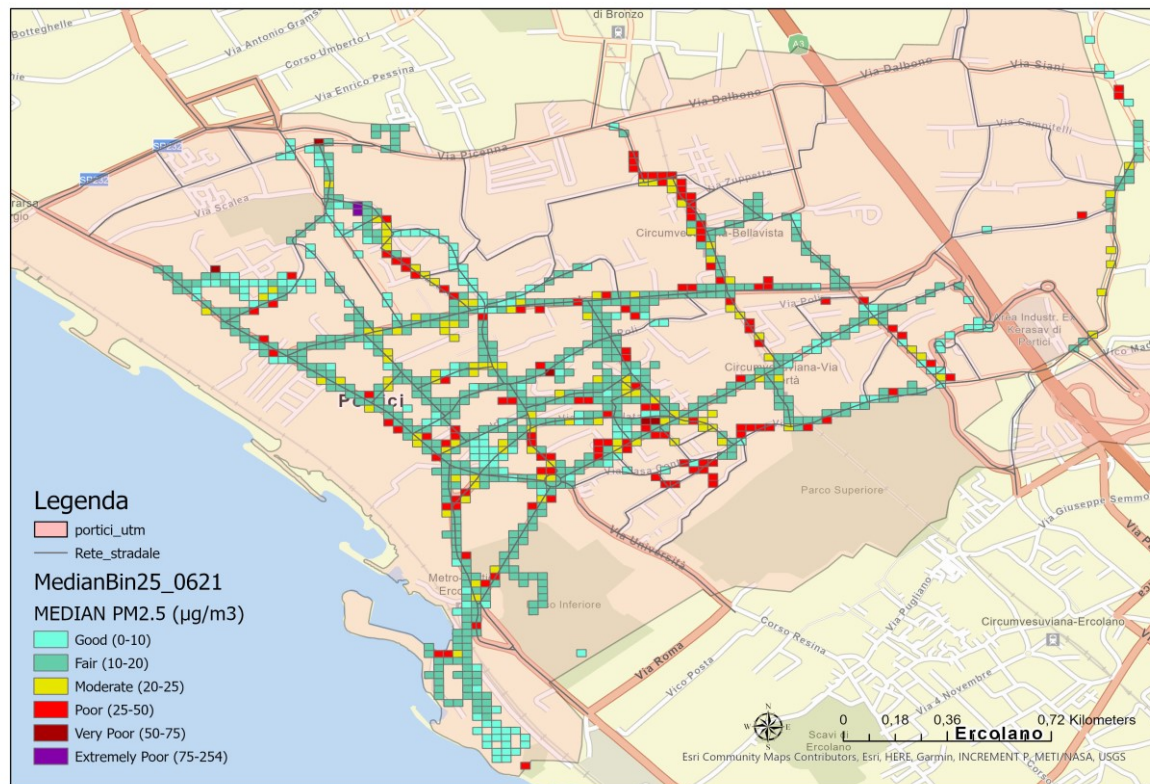
# AirHeritage e le campagne di monitoraggio cittadino

# Metodologia





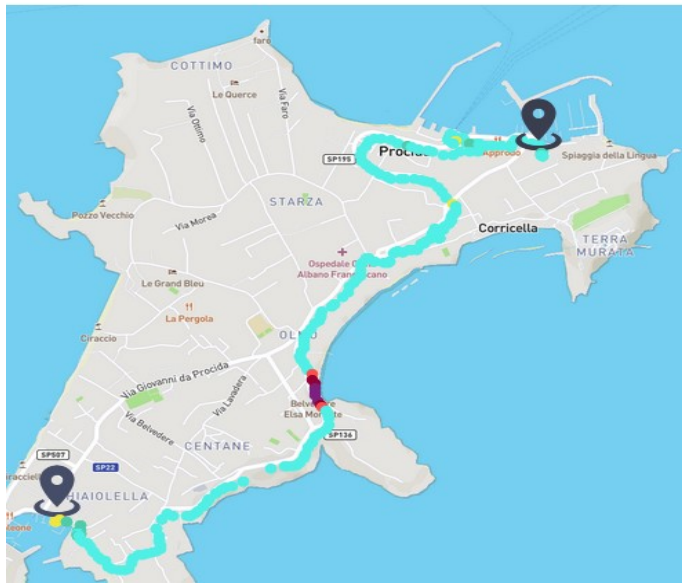
# Mobile Stations Results



- MAPPE AD ALTA RISOLUZIONE SPAZIALE (25X25M) REALIZZATE USANDO DATI CONDIVISI DAI CITTADINI CHE HANNO UTILIZZATO IL MONICA
- SVILUPPO E UTILIZZO DI UN INDICE DELLA QUALITÀ DELL' ARIA «CUCITO» SU APPLICAZIONI IN TEMPO REALE
- INDIVIDUATI HOTSPOT ATTESI SU AREE DI TRAFFICO SIGNIFICATIVO E INATTESI

# Imparare a leggere i dati

🕒 Session n.: 1 @ 18:36  
started on Monday, September 19, 2022 at 6:36 PM



Spostandosi anche di pochi metri, incontrando un mezzo pesante su di una salita, o di converso passeggiare per una discesa in una strada frequentata solo di mattina (ad esempio) possiamo registrare dati anche in **contrasto** con quelli delle centraline regolatorie.

**I dati di questi dispositivi rappresentano l' hic et nunc!**

Rappresentano dunque la sorgente ideale per

- valutare l' esposizione personale lungo un tragitto e.....
- se opportunamente mediati contribuire a costruire mappe ad alta risoluzione

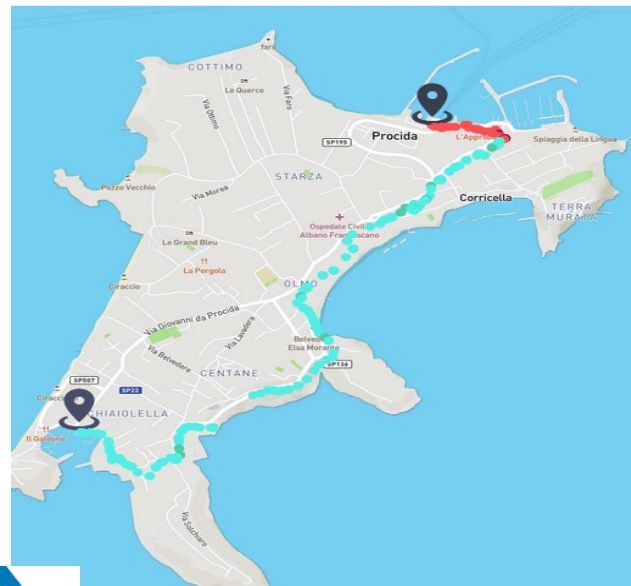


# Risultati a Procida

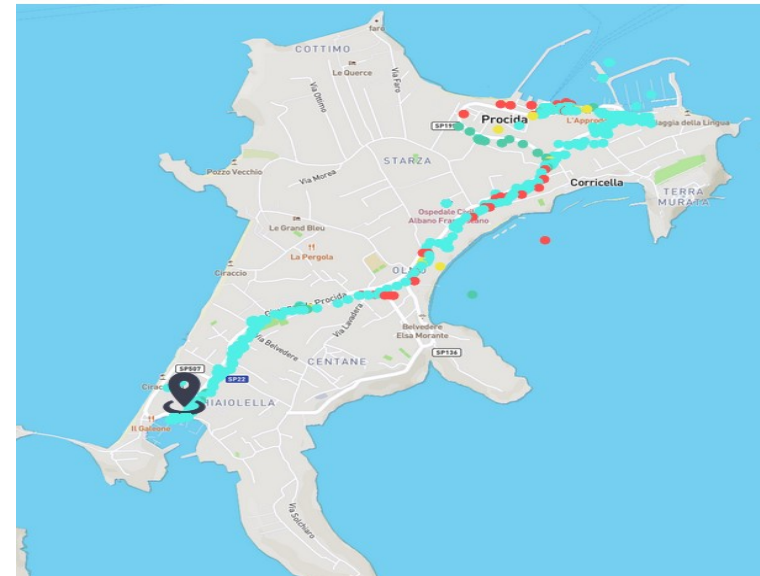
Numero limitato di partecipanti e misure totalmente opportunistiche

Si riscontrano con una certa regolarità aree di accumulo inquinanti temporaneo presso la zona porto anche in giorni favorevoli per una rimozione degli inquinanti

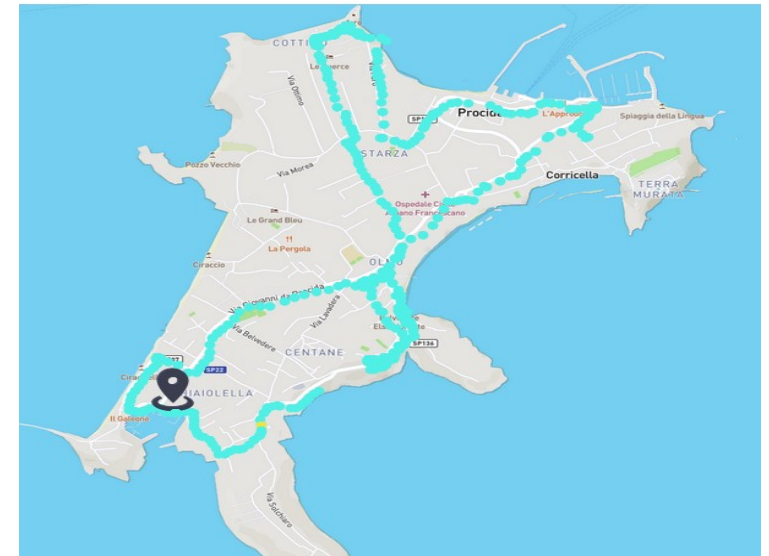
Session n.: 1 @ 18:13  
started on Sunday, September 4, 2022 at 6:13 PM



Session n.: 1 @ 09:01  
started on Saturday, September 10, 2022 at 9:01 AM



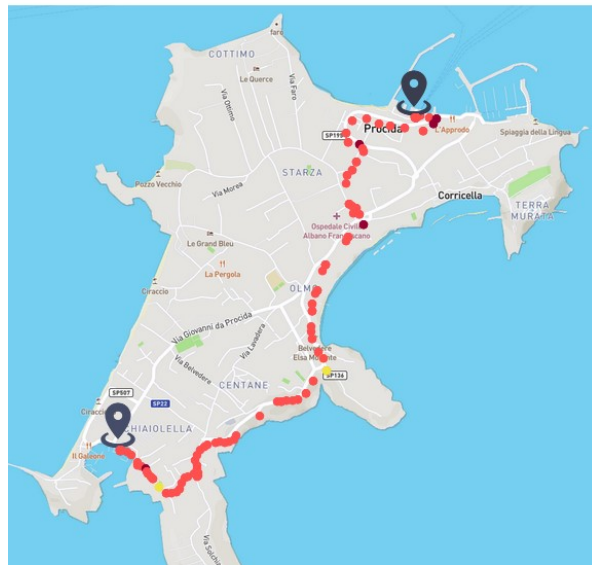
Session n.: 1 @ 16:50  
started on Saturday, September 17, 2022 at 4:50 PM



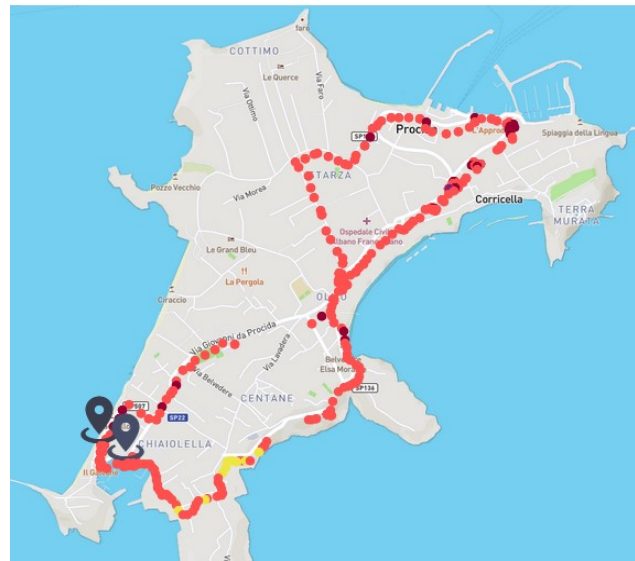
# Risultati a Procida

Anche le misure mobili evidenziano la presenza di giorno (qui siamo a ottobre) in cui l'inquinamento permane significativo in molte aree dell'isola.

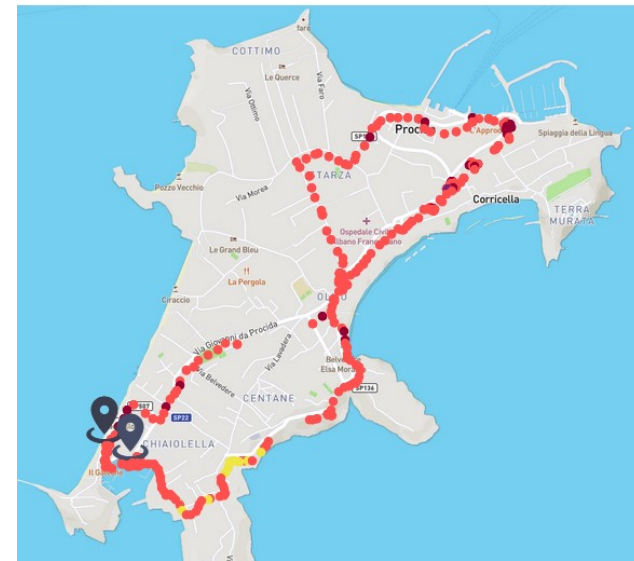
🕒 Session n.:1 @ 07:32  
started on Saturday, October 8, 2022 at 7:32 AM



🕒 Session n.: 1 @ 11:43  
started on Monday, October 31, 2022 at 11:43 AM



🕒 Session n.: 1 @ 11:43  
started on Monday, October 31, 2022 at 11:43 AM



# Conclusioni



- I sistemi multisoensoriali low cost se opportunamente addestrati con tecniche AI possono raggiungere e ottenere gli standard richiesti dall' UE per...
- ....essere da complemento alla rete convenzionale e fornire informazioni ad alta risoluzione spazio temporale (Esposizione personale, Mappe di concentrazione)
- Portici (e Procida) sono state tra i primi esempi a scala cittadina in Italia per la sperimentazione di queste tecnologie
- I sistemi hanno mostrato la capacità di produrre le informazioni richieste grazie al coinvolgimento di cittadini e amministrazione.
- Una volta consapevoli, come cittadini ed amministratori possiamo contribuire in maniera significativa al miglioramento delle condizioni della qualità dell' aria e quindi della qualità della vita di residenti e turisti aggiungendo una nuova gemma, quella dell' aria pulita, alle bellezze della nostra città.

# Una storia di successo

Il Trasferimento tecnologico a

- Solerzia srl (applicazioni fisse)
- Viasat SpA (applicazioni mobili)



AMBITI APPLICATIVI PRINCIPALI:

**VERIFICA E TRACCIAMENTO  
DELLE COLTIVAZIONI**

**MONITORAGGIO COOPERATIVO  
DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**

**IntellyGreen** 

La Gestione Intelligente di  
ciò che ci circonda 

 IntellyGreen può integrare MONCA, la Centralina di Monitoraggio ambientale sviluppata in collaborazione con Enea ed in concessione esclusiva.



# Grazie per l'Attenzione

Saverio De Vito, Girolamo Di Francia

Lab. Applicazioni Fotovoltaiche e Sensoristiche

[saverio.devito@enea.it](mailto:saverio.devito@enea.it),  
[girolamo.difrancia@enea.it](mailto:girolamo.difrancia@enea.it)



**Dr. Ettore Massera**  
Sensors  
Characterization



**Dr. Elena Esposito**  
AI & Data Curing



**Eng. Sergio Ferlito**  
AI & IoT Ecosystems  
Design



**Dr. Grazia Fattoruso**  
Geomatics and AQ  
Modeling



**Dr. Fabrizio Formisano**  
IoT Devices Design



**Giuseppe Loffredo**  
IoT Device Development



**Dr. Saverio De Vito**  
Project Scientific  
Coordinator



**Dr. Girolamo Di Francia**  
Lab. Head

• ...e Antonio Del Giudice (IoT Devices & Logistics), Gerardo D' Elia (AI & Logistics)

