

# Esperienze in progetti regionali di valutazione dell'aria indoor

Stefano Marchesi ([smarchesi@arpae.it](mailto:smarchesi@arpae.it))

Unità Epidemiologia Ambientale

Struttura Tematica Ambiente Prevenzione Salute

Arpae Emilia Romagna

# il monitoraggio dell'aria indoor è un'attività molto complicata...

- Assenza di protocolli standardizzati e di limiti normativi (al di fuori degli ambiti industriali)
- Molteplicità di inquinanti (agenti fisici, chimici e biologici) con effetti diversi sulla salute: il rischio sanitario è più legato alla durata dell'esposizione o al livello di concentrazione degli inquinanti?
- Varietà degli ambienti indoor (abitazioni, uffici, strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, ...), locali destinati ad attività sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, ...), mezzi di trasporto
- Difficoltà nella valutazione dell'impatto delle attività indoor e delle abitudini individuali (monitoraggio nelle abitazioni private?)
- Variabilità delle sorgenti (riscaldamento/condizionamento, cottura cibi, fumo, materiali di costruzione, arredi, prodotti per la pulizia, stampanti, ...)
- Tecnologia degli strumenti di misura

# monitoraggio nell'ambito di attività progettuali

- Progetto Supersito
- Progetto CCM Carceri
- Progetto Life Gioconda
- Progetto Interreg-CE AWAIR

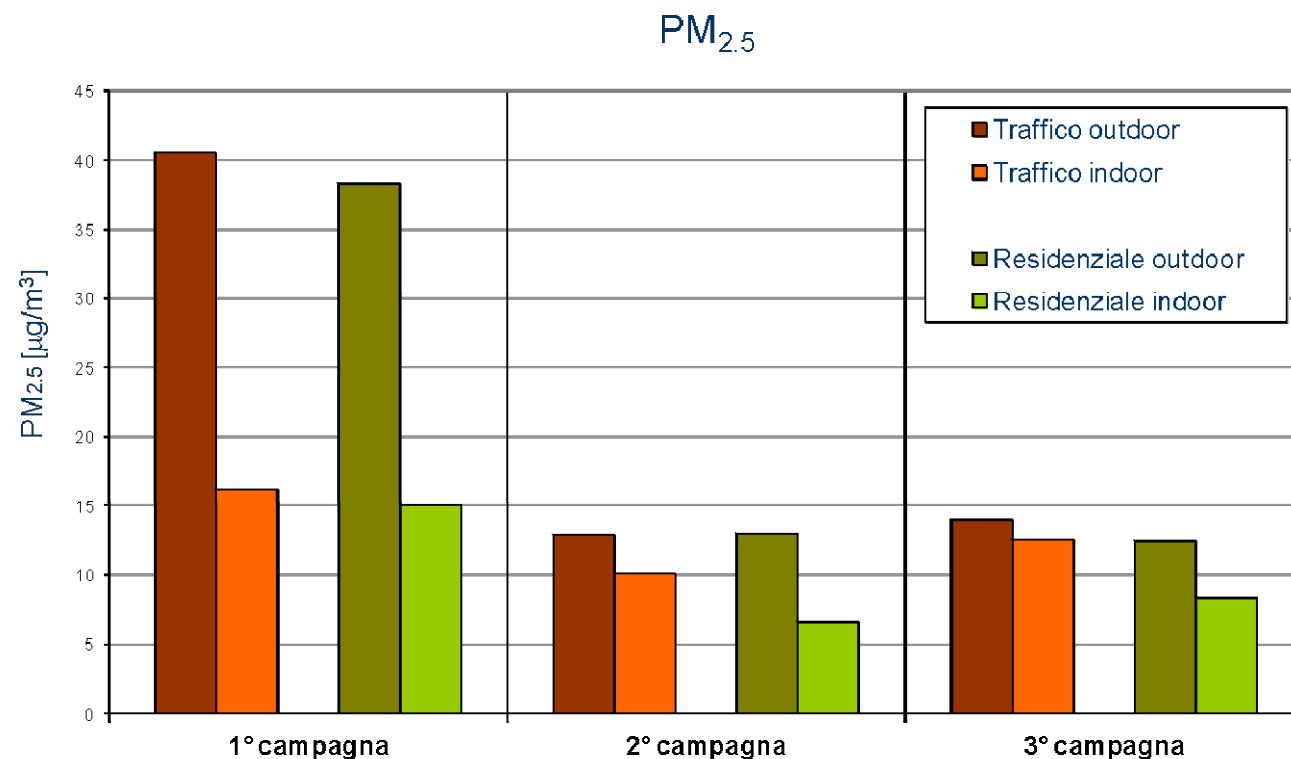
# Progetto Supersito

- LP5 «Campagne di misura intensive in ambienti indoor»
- Obiettivo molto preciso: «...caratterizzazione dell'esposizione della popolazione in ambiente indoor agli inquinanti tipici dell'ambiente outdoor...»
- Questioni epidemiologiche:
  - variazione del rischio sanitario associato alla residenza in ambito urbano (traffico vs residenziale; fronte/retro di un edificio)
  - variazione del rischio sanitario associato all'esposizione al particolato in estate e in inverno
- Inquinanti:
  - particolato fine ( $PM_{2.5}$ ): concentrazione in massa e composizione chimica
  - particelle ultrafini (UFP, 10-100 nm): numero e distribuzione dimensionale

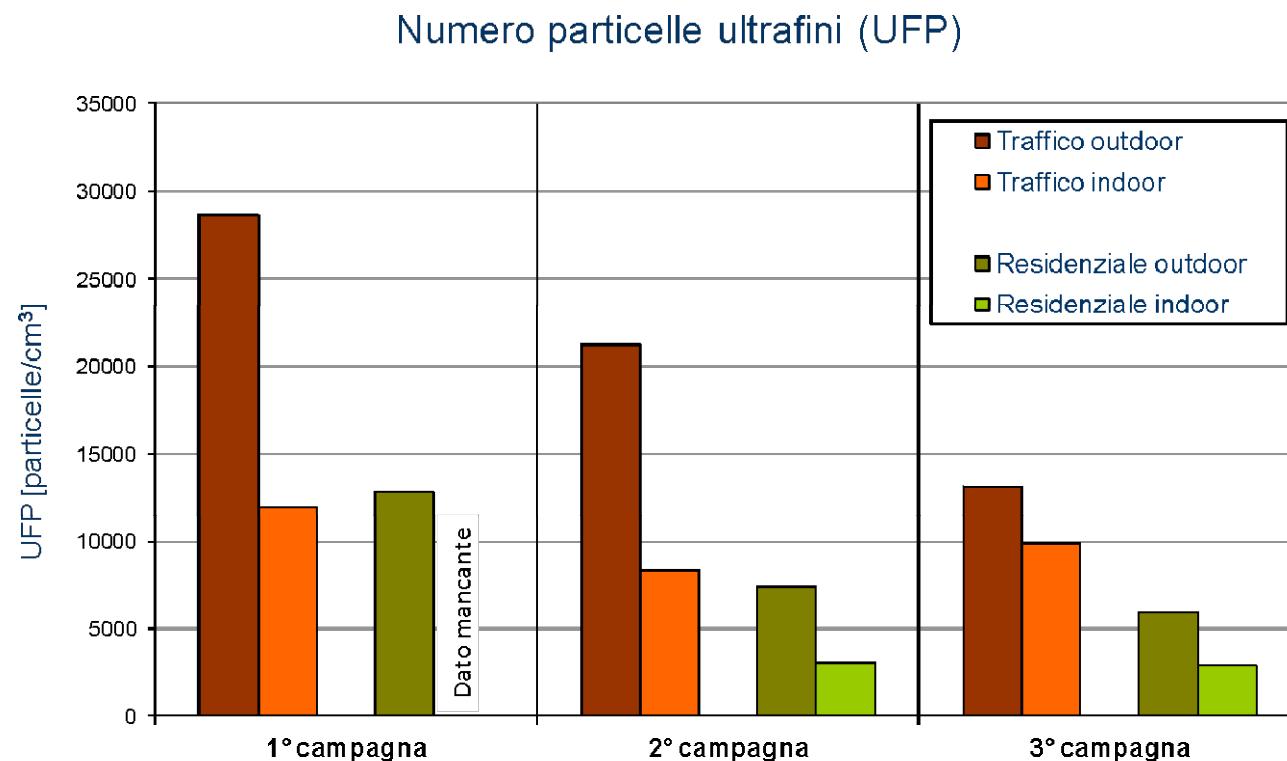
l'obiettivo molto preciso ha imposto forti limitazioni operative...

- **monitoraggio contestuale indoor e outdoor**
- edifici dalle caratteristiche simili
- nessuna sorgente di inquinamento indoor
- nessun sistema di riscaldamento o raffreddamento
- nessun occupante
- nessun arredo (tranne la strumentazione)
- edifici «sigillati» → flusso d'aria controllato dall'esterno
- ➔ nessun approfondimento specifico su fattori quali la ventilazione naturale, l'efficienza di penetrazione dell'aria esterna, la velocità di deposizione/risospensione delle particelle

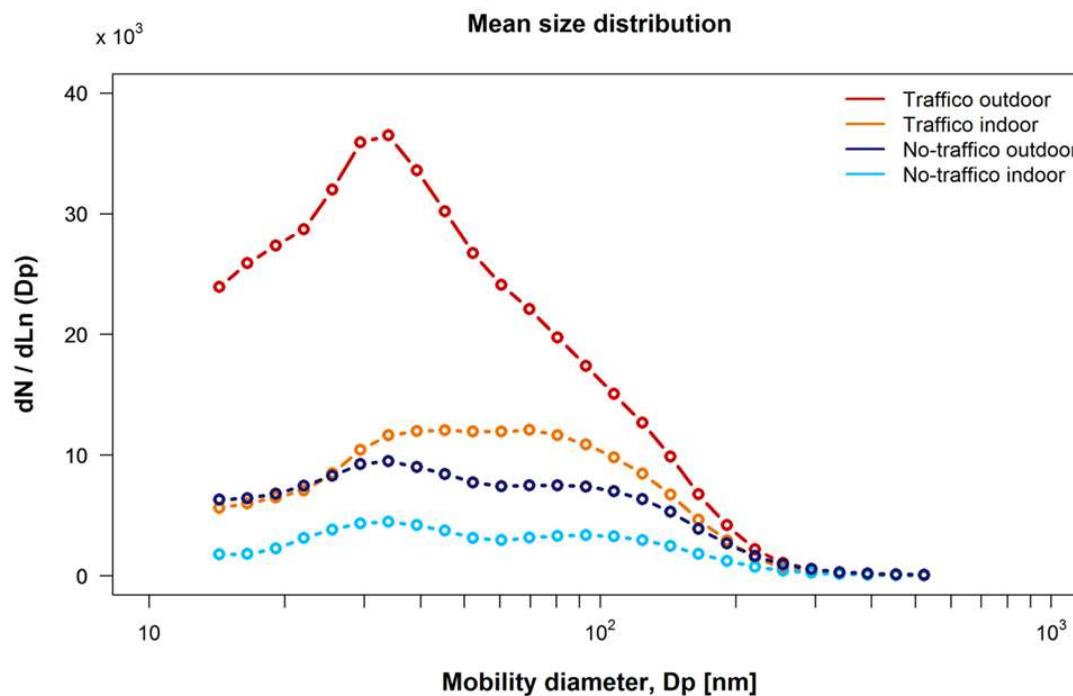
# zona residenziale vs traffico concentrazione media di PM<sub>2.5</sub>



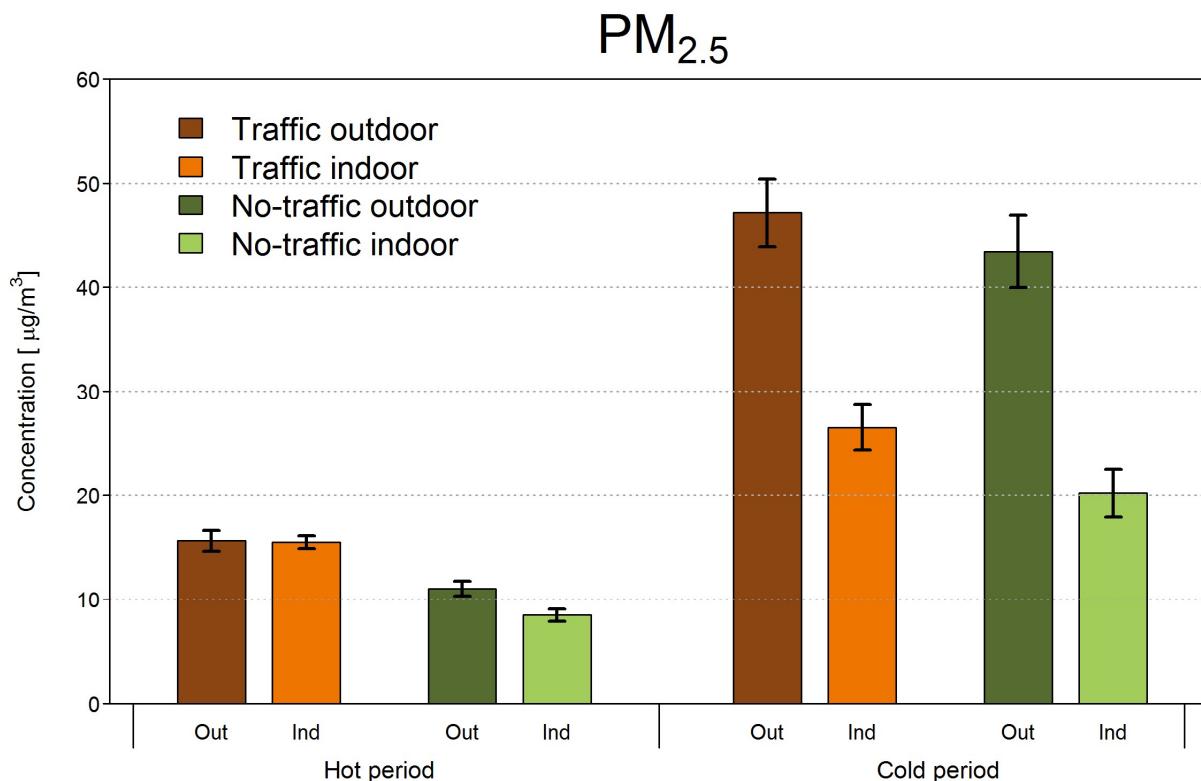
# zona residenziale vs traffico concentrazione media di UFP



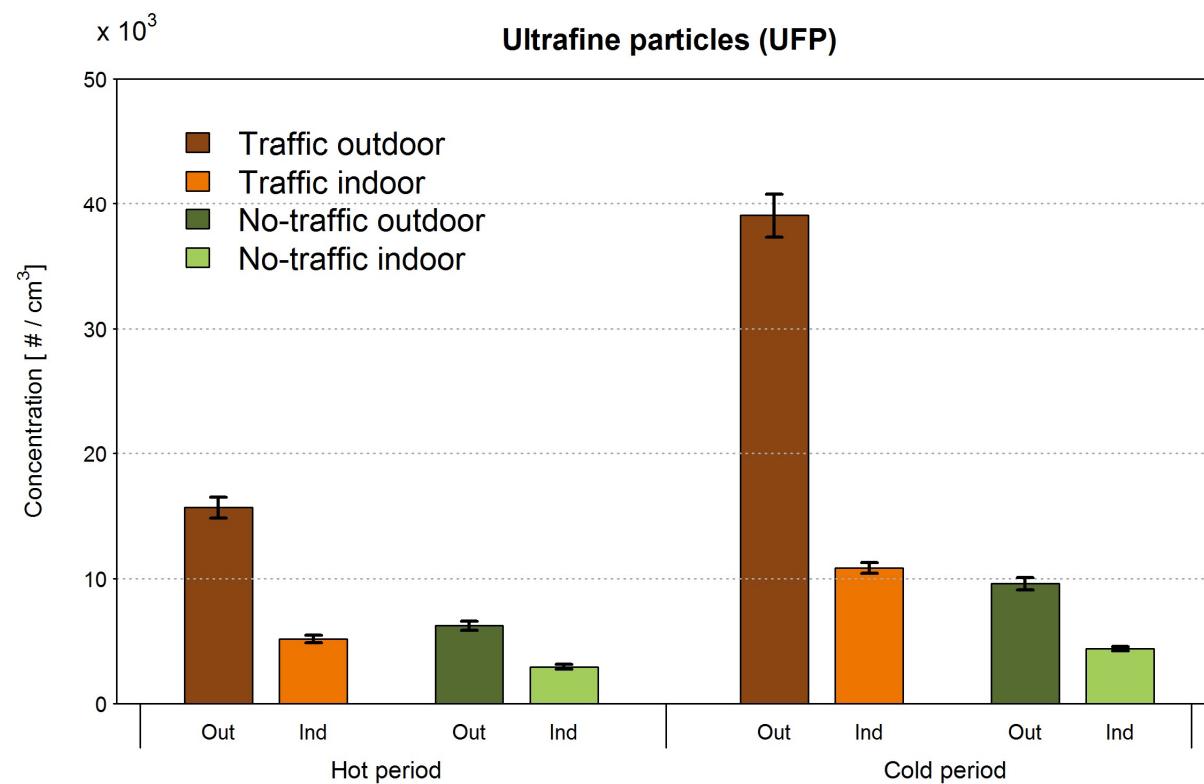
# zona residenziale vs traffico distribuzione dimensionale media delle particelle



# fronte vs retro di un edificio concentrazione media di PM<sub>2.5</sub>

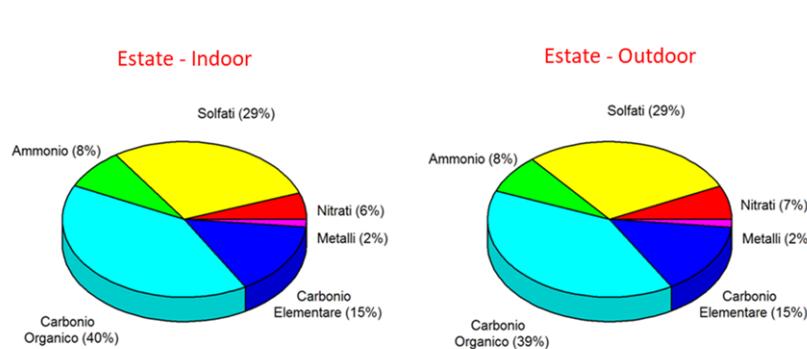


# fronte vs retro di un edificio concentrazione media di UFP

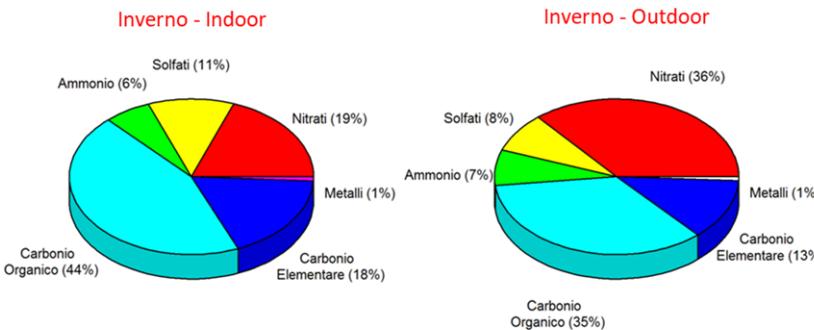


# estate vs inverno composizione chimica del PM<sub>2.5</sub>

Nitrato: più alto in inverno  
(+29% outdoor, +13% indoor)



Solfato: più alto in estate  
(+21% outdoor, +18% indoor)



...nonostante le forti limitazioni progettuali,  
emergono differenze indoor/outdoor

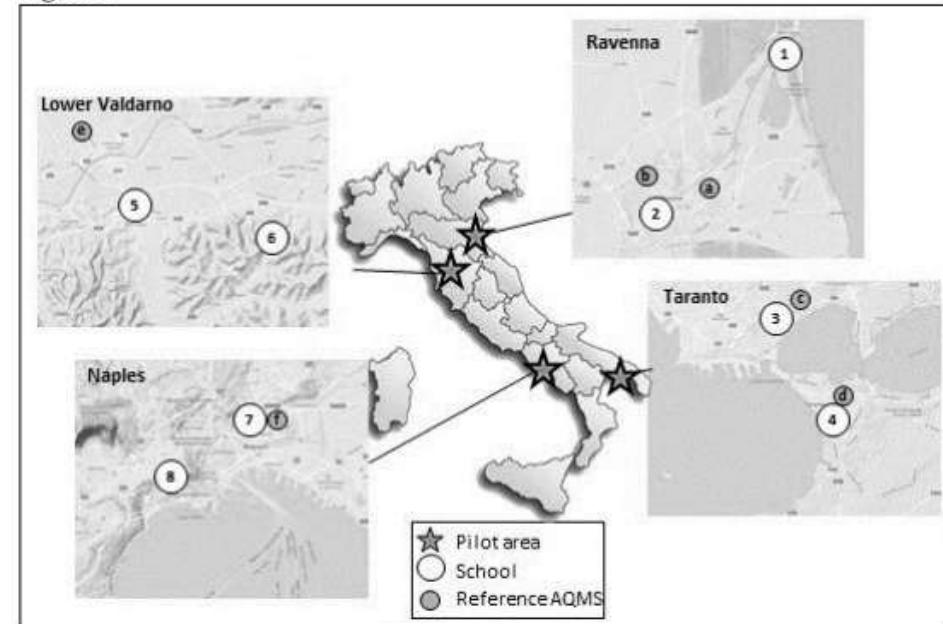
- Effetto protettivo dell'edificio dagli inquinanti outdoor
  - Concentrazioni medie indoor nel sito di traffico più alte delle concentrazioni medie outdoor nel sito residenziale
  - Variabilità dell'esposizione residenziale fronte/retro di un edificio paragonabile alla variabilità dell'esposizione traffico/residenziale
  - Fattori di infiltrazione invernali significativamente inferiori rispetto al periodo estivo → un incremento unitario della concentrazione ambientale determina un incremento maggiore delle concentrazioni indoor d'estate
  - Rilevante differenza stagionale nella speciazione chimica: nitrati ↑ inverno, solfati ↑ estate
- ➔ misclassificazione dell'esposizione negli studi epidemiologici?

# Progetto Life Gioconda



- Analisi delle concentrazioni indoor e outdoor di BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene) in 8 scuole italiane, 2 in ciascuna delle aree coinvolte (Ravenna, basso Valdarno, Napoli, Taranto)
- Periodo: **inverno 2014** (24/11-1/12/2014 e 2-9/12/2014), **estate 2015** (13-20/5/2015 e 21-28/5/2015)

Figure 1



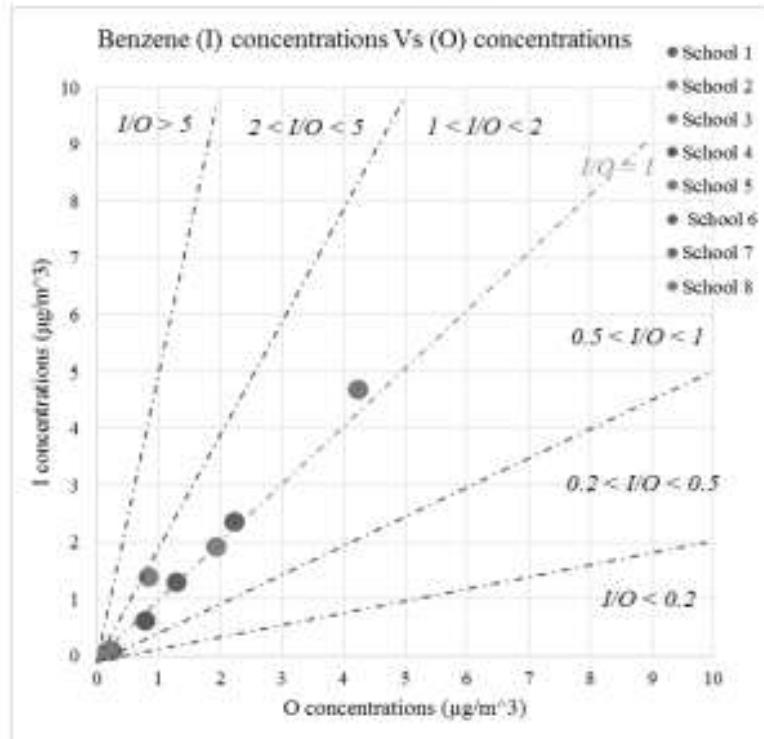
# disegno sperimentale del monitoraggio

- Piano di monitoraggio comune e condiviso
- Campionatori passivi (Radiello) → misura integrata nel tempo
- In ciascuna delle 8 scuole, 3 punti di monitoraggio indoor (aula diverse e almeno un corridoio) e 2 punti di monitoraggio outdoor (giardino o aree di accesso)
- Sistema di condizionamento dell'aria non attivo durante il monitoraggio (nessun vincolo sulla ventilazione degli ambienti monitorati)
- Una stazione di riferimento appartenente alla rete locale per il monitoraggio della qualità dell'aria selezionata per ciascuna scuola (confronto)

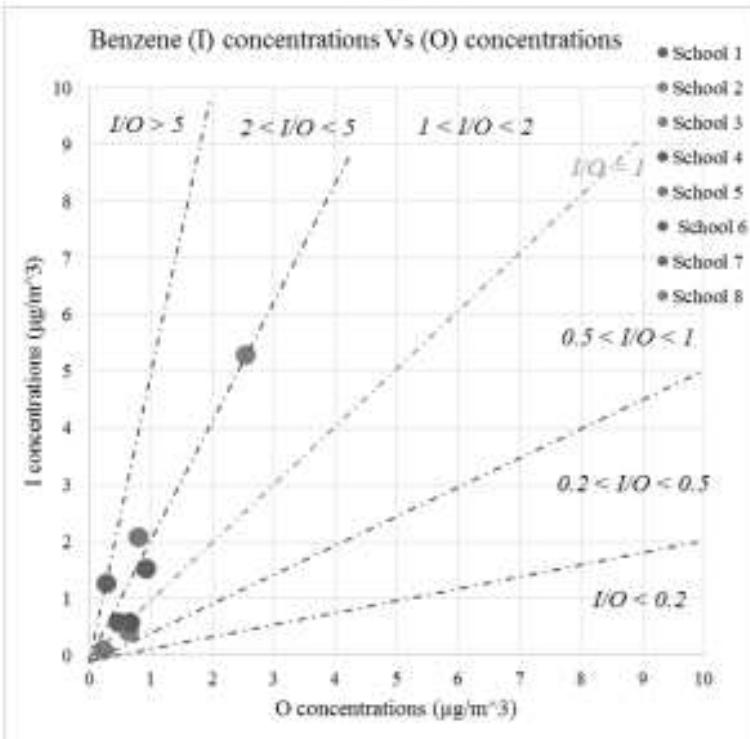
# distribuzione del rapporto I/O per il benzene

**Figure 4**

Winter



Summer





# Progetto CCM-Carceri

- Titolo: «La presa in carico del paziente affetto da patologie complesse negli istituti penitenziari - Profili epidemiologici e contesto ambientale»
- Monitoraggio del microclima (T, RH) e della qualità dell'aria (PM<sub>2.5</sub>, COV, CO)
- Microclima (PMV): generali condizioni di leggero freddo invernale, condizioni neutre estive

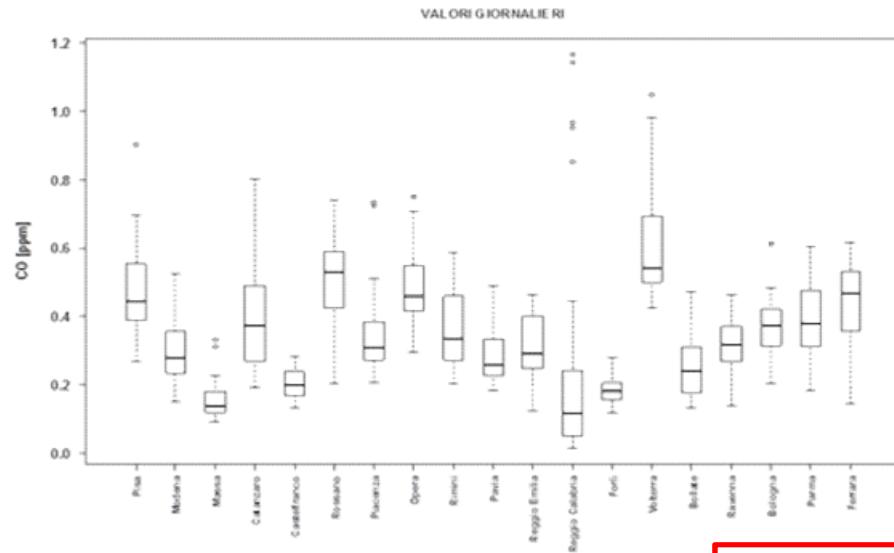
il monitoraggio ha comportato numerose difficoltà

- Ambiente con specificità molto rilevanti
- Scelta della strumentazione → compromesso tra la qualità della misura e vincoli pratici della collocazione (campionamento prolungato, ridotte possibilità di controllo, assenza di calibrazione)
- Campionamento in aree comuni → corridoi delle sezioni detentive, in posizione mediana per consentire la definizione di un livello di esposizione “comune” (no singola cella, troppo specifica della condizione sperimentata dall’individuo)

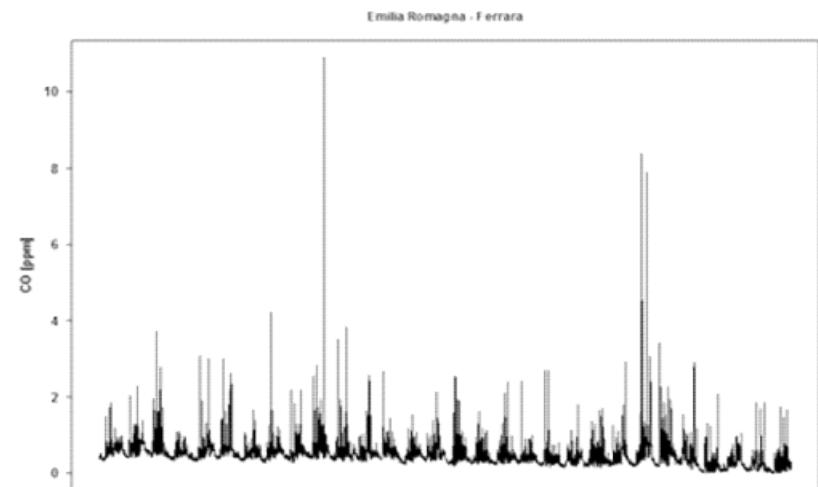


# monossido di carbonio - CO

distribuzione dei valori giornalieri nel mese di aprile 2016  
in tutti gli istituti penitenziari



andamento temporale a cadenza di 1 minuto  
nel mese di aprile 2016 a Ferrara

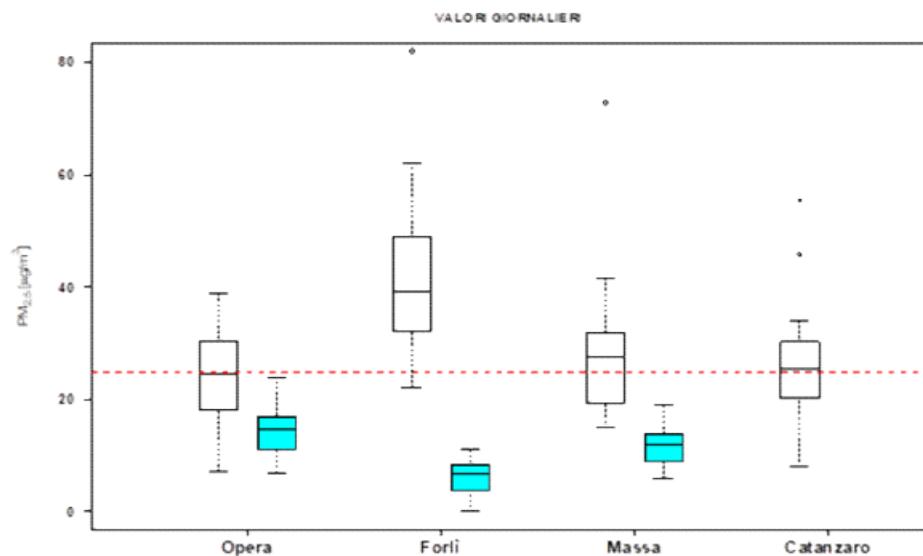


valori OMS:

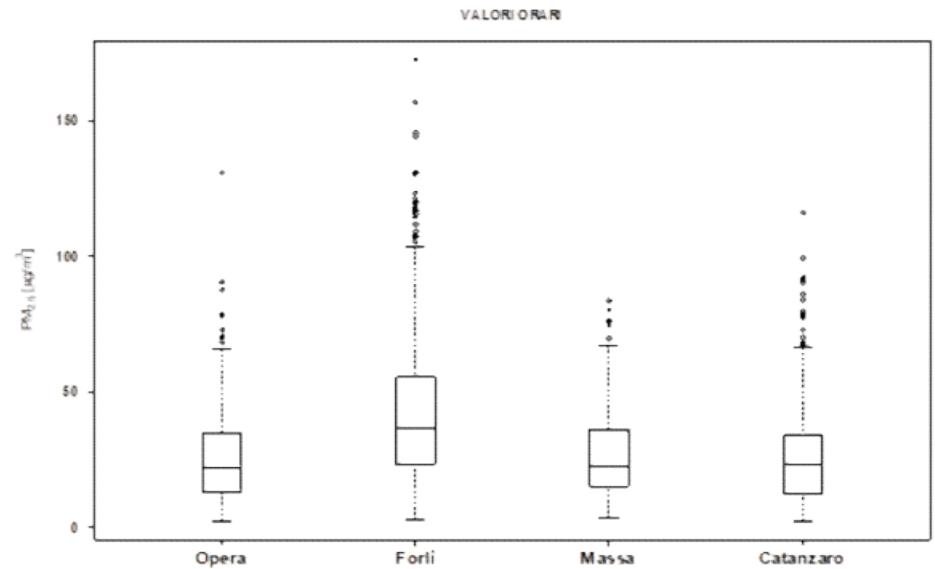
- 90 ppm su 15 minuti
- 30 ppm su un'ora
- 6 ppm su 24 ore

# particolato fine - PM<sub>2.5</sub>

distribuzione dei valori giornalieri nei 4 istituti penitenziari



distribuzione dei valori orari nei 4 istituti penitenziari



in **azzurro** la distribuzione dei valori in una centralina di riferimento (non disponibile a CZ)

# Progetto Interreg-CE AWAIR

- AWAIR: “EnvironmentAI integrated, multilevel knoWledge and approaches to counteract critical AIR pollution events, improving vulnerable citizens quality of life in Central Europe Functional Urban Areas”
- Deliverable DT2.2.8: testare l’efficacia di un protocollo di ventilazione all’interno di edifici scolastici per ridurre l’esposizione dei bambini a PM e NO<sub>2</sub> in presenza di episodi acuti di inquinamento (sono denominati SAPE: Severe Air Pollution Episode).
- Azioni di adattamento (spesso trascurate, ma meno sito-specifiche e meno critica da un punto di vista politico)
- Perché i bambini? I bambini sono un gruppo vulnerabile e sono un target ottimale per le attività educative previste dal progetto

# scuole coinvolte nell'attività di monitoraggio



Comune di Parma  
Scuola Primaria e Secondaria  
di Primo Grado «Cocconi»  
Periodo: 8/1-12/2/2020



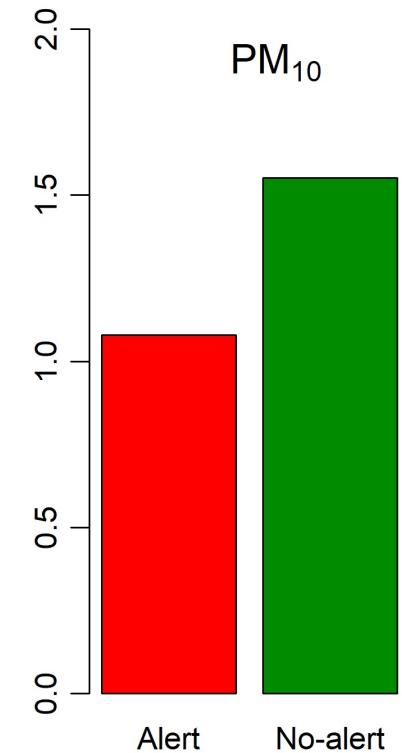
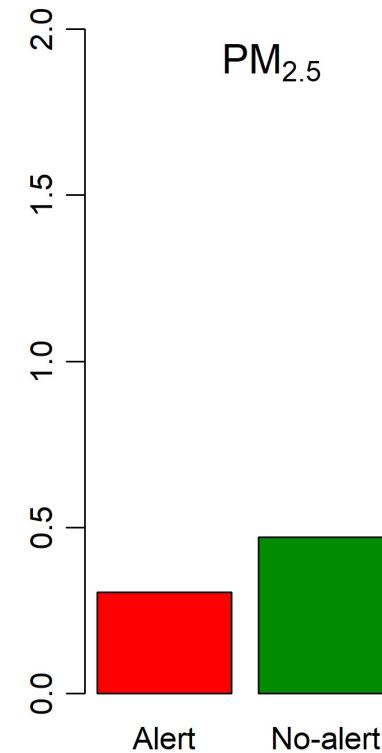
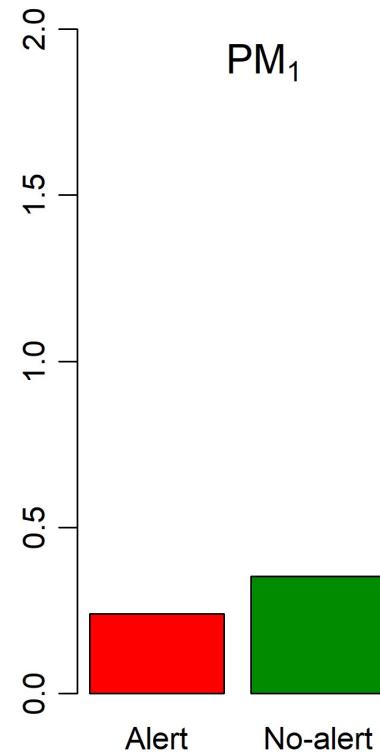
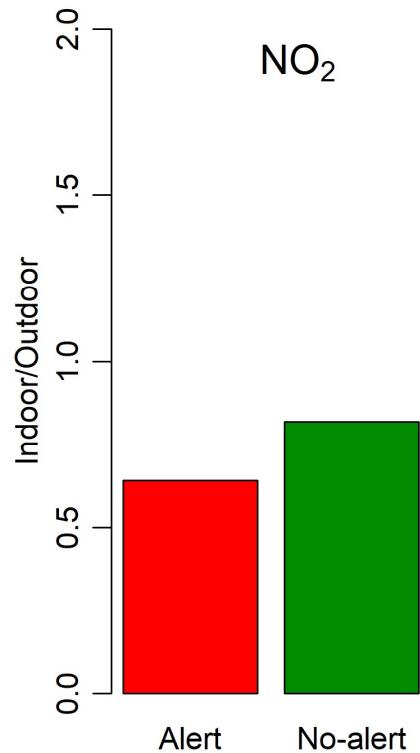
Comune di Sorbolo (PR)  
Scuola Primaria «Sorbolo e  
Mezzani»  
Periodo: 29/1-5/3/2020



# protocolli di ventilazione

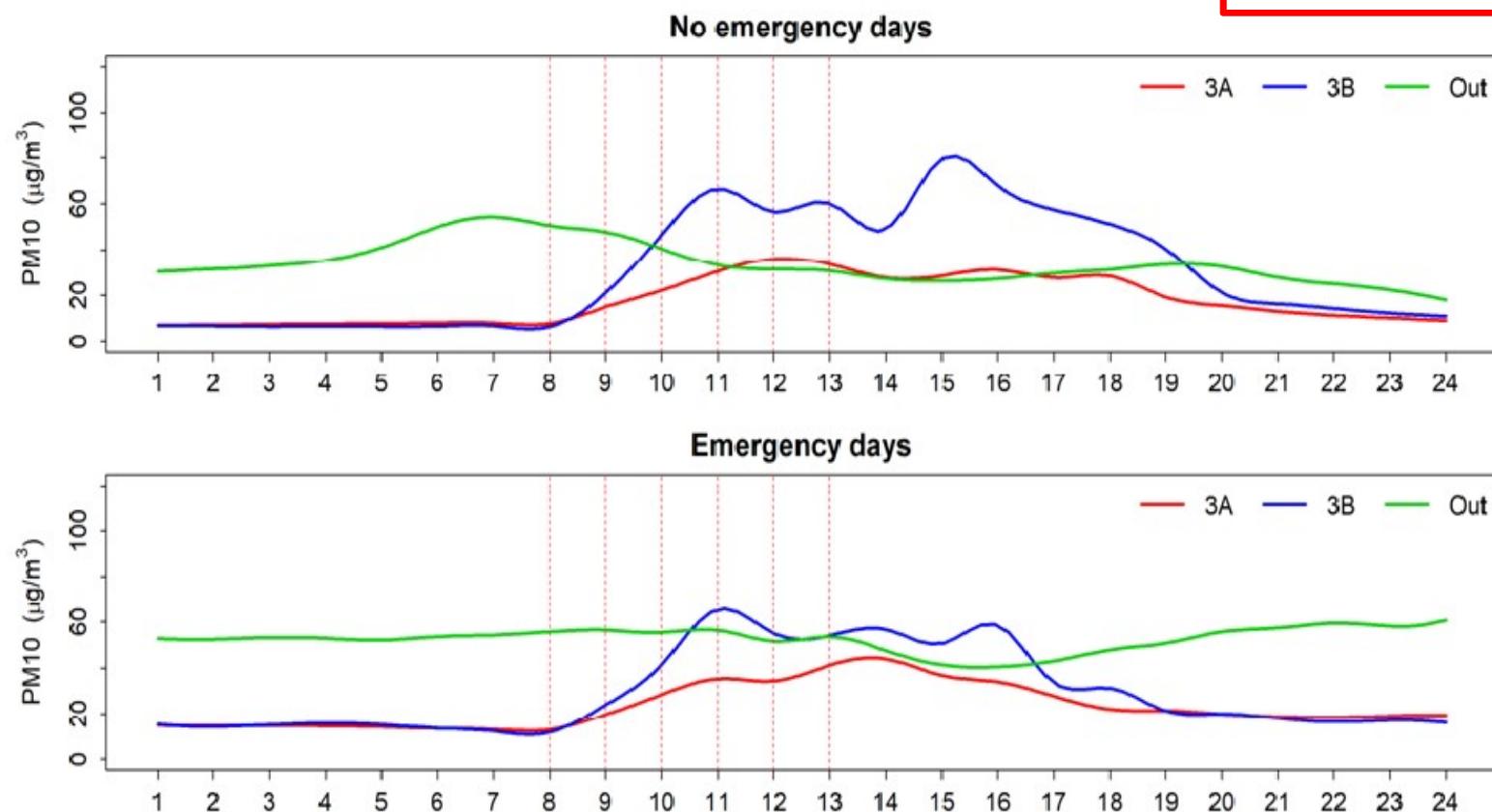
- **Protocollo 1:** Porte e finestre aperte all'inizio delle lezioni e a ogni pausa
- **Protocollo 2:** Porte sempre aperte e finestre aperte soltanto durante la pausa di ricreazione a metà mattina
- **Protocollo 3:** Come il precedente + accensione del purificatore d'aria
  
- L'evento SAPE viene comunicato agli insegnanti via whatsapp il pomeriggio precedente al giorno in cui il modello QA di Arpaе prevede una concentrazione di PM<sub>10</sub> superiore a 50 µg/m<sup>3</sup>

# I/O ratio nella scuola di Parma



# giorno tipico del PM<sub>10</sub>

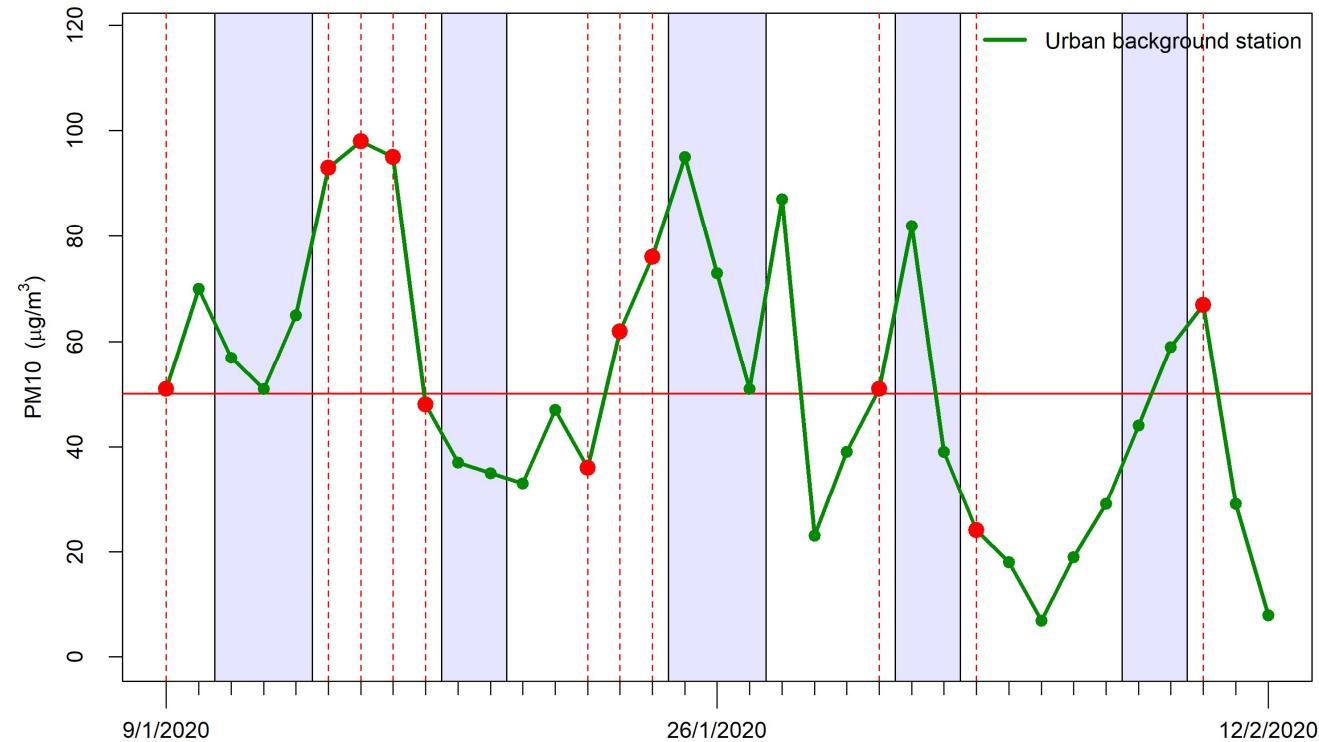
3A - Protocollo 1  
3B - Protocollo 3



# Limitazioni

- Compilazione del diario delle attività della classe piuttosto carente
- Numerose attività al di fuori dell'aula “principale”
- Comportamenti diversi dei bambini (e delle maestre)
- Necessità di una (inter-)calibrazione del sensore, idealmente nello stesso ambiente scolastico, che non è stata possibile
- Alcuni sensori si sono dimostrati troppo scadenti (ad es., rumore di funzionamento, picchi ad alta frequenza, etc.)
- Previsione non ottimale degli eventi SAPE da parte del modello Arpae per la qualità dell'aria

# Stazione di Cittadella (fondo urbano di Parma)



# Concludendo...

- E' necessario definire un obiettivo chiaro e preciso per le attività di monitoraggio in ambiente indoor
- Il disegno sperimentale risulta sempre molto vincolante
- I risultati che si ottengono sono poco generalizzabili
- Breve termine (no lungo termine)
- Approccio epidemiologico? Molto difficile, necessario un protocollo specifico
- Quali inquinanti monitorare? Gli inquinanti caratteristici dell'ambiente outdoor oppure si considerano anche le sorgenti indoor?
- Quali strumenti utilizzare a seconda dei casi?
- Quale tipologia di ambienti indoor? No abitazioni private; anche ambiti quali uffici o scuole presentano notevoli criticità di carattere operativo