

# Progetto inSINergia in Toscana: Determinazione dei livelli di PFASs nella frazione PM10 e della distribuzione dimensione delle nanoparticelle in aria ambiente

Bianca Patrizia Andreini\*, Marina Rosato\*, Bini Elisa\*, Chiara Collaveri\*, Fiammetta Dini\*, Stefano Fortunato\*, Agostini Andrea°, Cristiano Baiocchi °, Michele Mazzetti°, Pierro Lucia°, Roberto Signorini°

*\*ARPAT – Settore Centro Regionale Tutela della Qualità dell'Aria*

*°ARPAT- Laboratorio Area Vasta Costa*

*AIDII- 42° Congresso Nazionale di Igiene Industriale e Ambientale  
Bologna – CNR Area della Ricerca. 17-19 giugno 2026*



- **Il Progetto**
- **SIN in Toscana**
- **Monitoraggi in Toscana: PFAS e conteggio di nanoparticelle e loro distribuzione dimensionale in aria ambiente**

## Il Progetto

Il Progetto ***inSiNergia*** è un progetto operativo pilota di iniziativa strategica nazionale finanziata dal **Piano Nazionale per gli Investimenti Complementari (PNC)** nell'ambito del programma:

### **E.1 SALUTE, AMBIENTE, BIODIVERSITA' E CLIMA**

**Linea 1.2** :Sviluppo e implementazione di 2 specifici programmi operativi pilota per la definizione di modelli di intervento integrato salute-ambiente-clima in siti contaminati selezionati di interesse nazionale

**Modello di Intervento:** “Valutazione dell'esposizione di popolazione agli inquinanti organici persistenti, metalli e PFAS ed effetti sanitari, con particolare riferimento alle popolazioni più suscettibili”

**Partecipanti:** 9 regioni italiane per un totale di 13 siti SIN nazionali.

**Ente capofila:** Regione Veneto

## 13 SITI SIN NAZIONALI

9 REGIONI COINVOLTE

2 SITI SIN REGIONE TOSCANA



## Obiettivo Generale

Il progetto mira a:

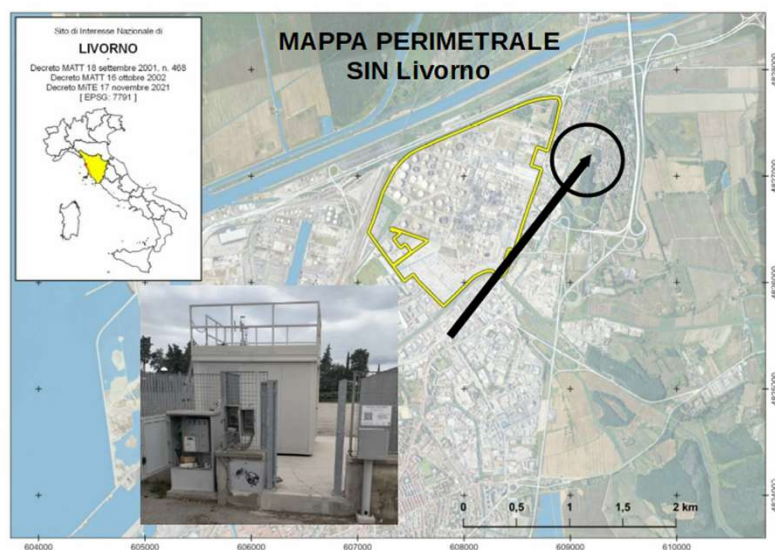
- definire e implementare un approccio comune su tutto il territorio nazionale per la valutazione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti organici persistenti, ai metalli e ai PFAS presenti nei Siti di Interesse Nazionale per le bonifiche, nonché per l'analisi del rischio per la salute umana derivante da tale esposizione.
- creazione di un network interregionale di strutture e competenze per l'effettuazione di studi di biomonitoraggio umano.

## Obiettivi specifici:

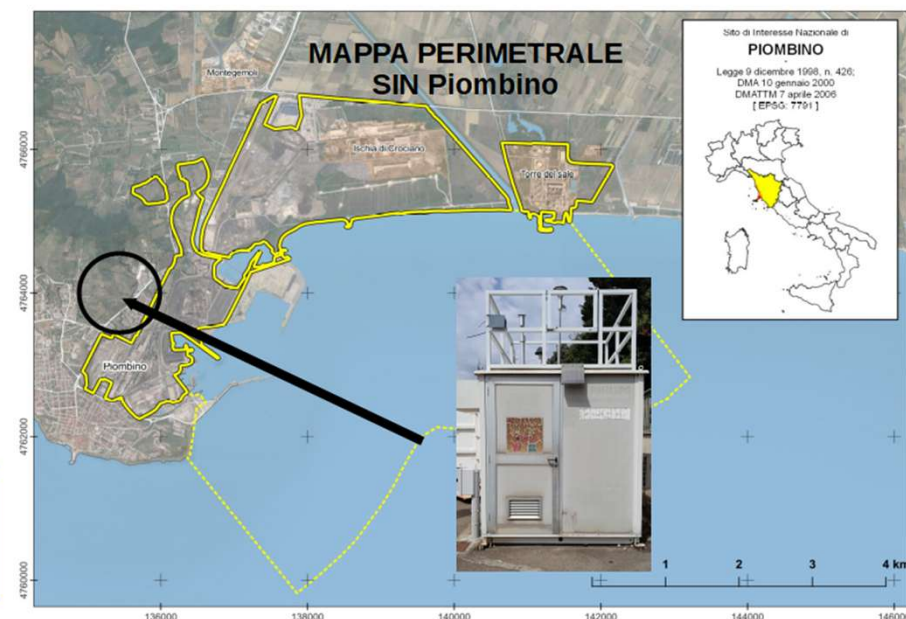
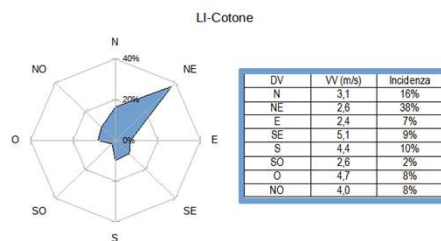
1. Implementazione di azioni standardizzate all'interno dei SIN
2. Caratterizzazione del profilo di contaminazione dei SIN e individuazione dei contaminanti di interesse prioritario dell'area
3. Valutazione dell'esposizione e del rischio
4. Formulazione e verifica di ipotesi eziologiche
5. Formulazione scenari di esposizione
6. Costituzione network centri ed esperti in biomonitoraggio
7. Comunicazione del rischio e community engagement

| <b>1. Implementazione di azioni standardizzate all'interno dei SIN</b>                                                                 | proporre alle Regioni partecipanti un approccio standardizzato a tutte le azioni intraprese al fine di procedere con una metodologia che sia omogenea in ciascun SIN per output del progetto comparabili tra di loro consentendo una lettura di sintesi di tutti i SIN partecipanti                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2. Caratterizzazione del profilo di contaminazione dei SIN e individuazione dei contaminanti di interesse prioritario dell'area</b> | comporre un quadro conoscitivo sistematico e aggiornato sul profilo di contaminazione dei SIN delle Regioni partecipanti, attraverso l'utilizzo di strumenti omogenei e condivisi per la raccolta e la sintesi delle informazioni disponibili e <b>l'effettuazione, ove necessario, di campagne di monitoraggio ambientale ad hoc secondo metodologie standardizzate</b> |
| <b>3. Valutazione dell'esposizione e del rischio</b>                                                                                   | sviluppare un approccio comune alla valutazione dell'esposizione e del rischio per la salute umana attraverso la conduzione di studi di biomonitoraggio umano                                                                                                                                                                                                            |
| <b>4. Formulazione e verifica di ipotesi eziologiche sull'associazione tra esposizione ed effetti sanitari</b>                         | sviluppare un approccio comune per l'effettuazione di indagini epidemiologiche volte a valutare l'associazione tra l'esposizione ai contaminanti e biomarcatori dello stato di salute o esiti di salute                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

- SIN in Toscana**



**Stazione di LI-STAGNO  
(INDUSTRIALE FONDO)**



**Stazione di LI-COTONE  
(INDUSTRIALE)**

## Piano campionamenti delle matrici ambientali:

**Aria**-Acque profonde (piezometri)-Suolo (sedimenti)- Scarichi- Alimenti origine vegetale e animale

### PROGRAMMA CAMPIONAMENTI CAMPAGNE INDICATIVE STAGIONALI

| SITO SIN              | PARAMETRO        | ESTATE                                | AUTUNNO                                    | INVERNO                                       | PRIMAVERA                         |
|-----------------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
| LIVORNO<br>LI-STAGNO  | PFASs nel PM10   | GIUGNO-AGOSTO 2025<br>[settimane 1-6] | SETTEMBRE-NOVEMBRE 2025<br>[settimane 2-7] | DICEMBRE 2025-GENNAIO 2026<br>[settimane 2-5] | MARZO 2026 [settimane 1-3]        |
|                       | METALLI nel PM10 |                                       |                                            |                                               |                                   |
|                       | IPA nel PM10     |                                       |                                            |                                               |                                   |
|                       | BTEX             | MONITORAGGIO IN CONTINUO              |                                            |                                               |                                   |
|                       | ALDEIDI-RADIELLO | APRILE-MAGGIO 2026*                   |                                            |                                               |                                   |
|                       | NANO PARTICELLE  | APRILE-MAGGIO 2026*                   |                                            |                                               |                                   |
| PIOMBINO<br>LI-COTONE | PFASs nel PM10   | GIUGNO-AGOSTO 2025<br>[settimane 5-8] | SETTEMBRE-NOVEMBRE 2025<br>[settimane 1-5] | DICEMBRE 2025-GENNAIO 2026<br>[settimane 1-4] | MARZO-APRILE 2026 [settimane 2-5] |
|                       | ALDEIDI-RADIELLO | APRILE-MAGGIO 2026*                   |                                            |                                               |                                   |
|                       | NANO PARTICELLE  | APRILE-MAGGIO 2026*                   |                                            |                                               |                                   |

\* Il MONITORAGGIO SI CONCLUDERA' NEL 2026 CON LE 4 CAMPAGNE STAGIONALI

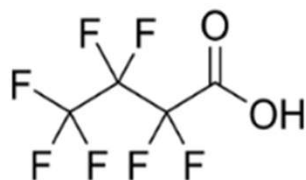
## Campionamento di PM10 giornaliero su filtro di quarzo, metodo UNI EN 12341

| INQUINANTI MONITORATI SU FILTRI PM10  |                                           |                               |
|---------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| <i><b>PFASs (6 specie)</b></i>        | <i><b>IPA</b></i> Somma IPA (7 congeneri) | <i><b>METALLI PESANTI</b></i> |
|                                       | <b>Benzo (a) Pirene *</b>                 | <b>As, Cd, Ni, Pb *</b>       |
| PFBA (Acido PerfluoroButanoico)       | Benzo (a) antracene                       | <b>Cu e V</b>                 |
| PFBS (Acido PerfluoroButanSolfonico)  | Benzo (b) fluorantene                     |                               |
| PFPeA (Acido PerfluoroButanSolfonico) | Benzo (k) fluorantene                     |                               |
| PFHxA (Acido PerfluoroEsanoico)       | Benzo (j) fluorantene                     |                               |
| PFOS (Acido PerfluoroOttanSolfonico)  | Dibenzo (a,h) antracene                   |                               |
| PFOA (Acido PerfluoroOttanoico)       | Indeno (1,2,3-cd) pirene                  |                               |

\* monitoraggio previsto dalla normativa vigente (Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n. 155) di cui valori limite/obiettivo

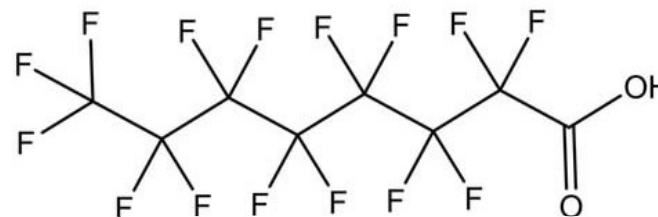
## Risultati PFAS su PM10

- Soltanto la molecola PFBA (Acido perfluoroButanoico), PFAS a catena corta, è stata riscontrata in entrambi i siti SIN. I livelli sono comunque molto bassi e prossimi al LOQ sperimentale del metodo in via di sviluppo.
- Solo in un campione settimanale relativo al sito SIN di Livorno è stato identificato il PFOA in quantità comunque inferiore a 2 pg/m<sup>3</sup>.
- I valori determinati sono del tutto preliminari ma in linea con quelli riscontrabili in letteratura che individuano PFBA come uno dei PFASs a catena corta più comune nei campioni di polveri



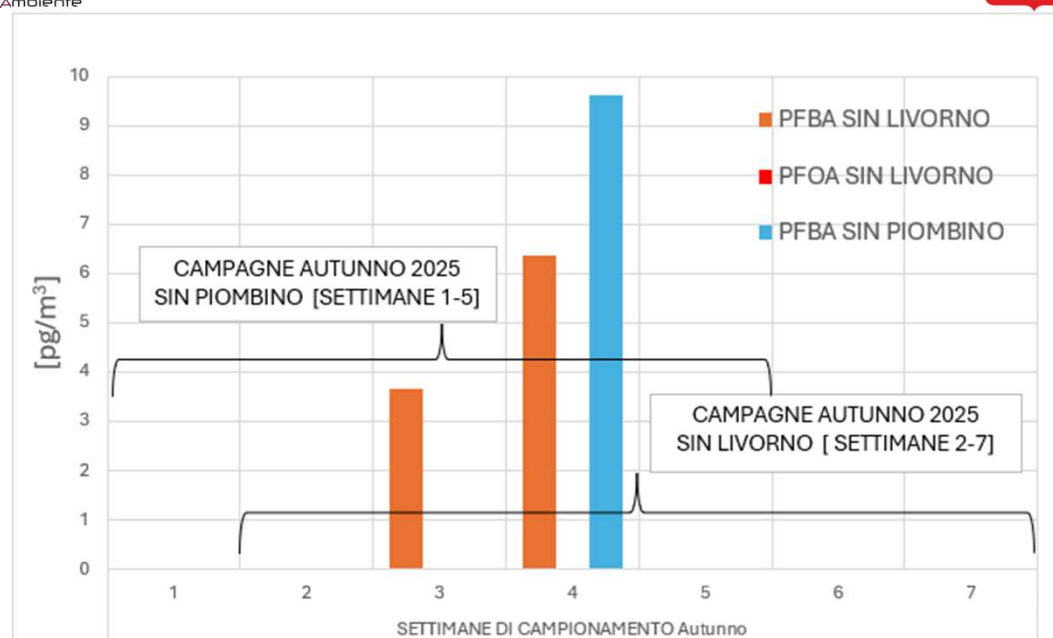
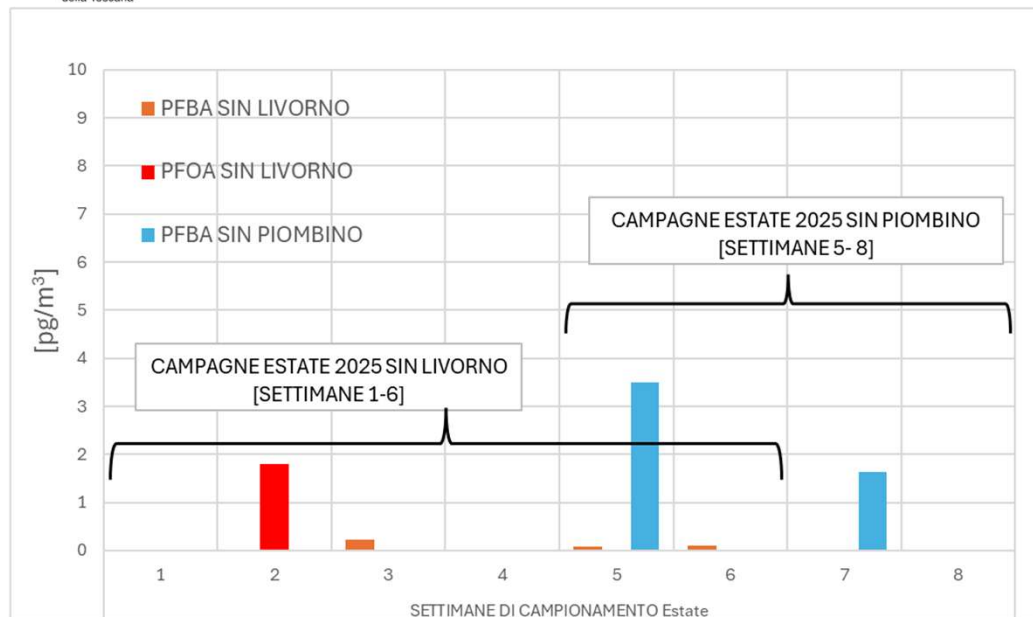
**PFBA**

(Acido perfluoro Butanoico)



**PFOA**

(Acido perfluoro Ottoanoico)



i valori medi settimanali non hanno mai superato 2 pg/m<sup>3</sup> per il SIN di Livorno e 4 pg/m<sup>3</sup> per SIN di Piombino, mentre nell'autunno i valori medi stimati sono risultati un po' più elevati per entrambi i siti ma comunque sempre rispettivamente inferiori a 7 pg/m<sup>3</sup> per SIN Livorno e 10 pg/m<sup>3</sup> per SIN Piombino.

Solo in un campione settimanale relativo al sito SIN di Livorno è stato identificato il PFOA in quantità comunque inferiore a 2 pg/m<sup>3</sup>.

# Nanoparticelle

**Quando:** Primi 2 mesi di monitoraggio in continuo di ultrafini a Livorno aprile e maggio 2026

**Dove:** Tre postazioni

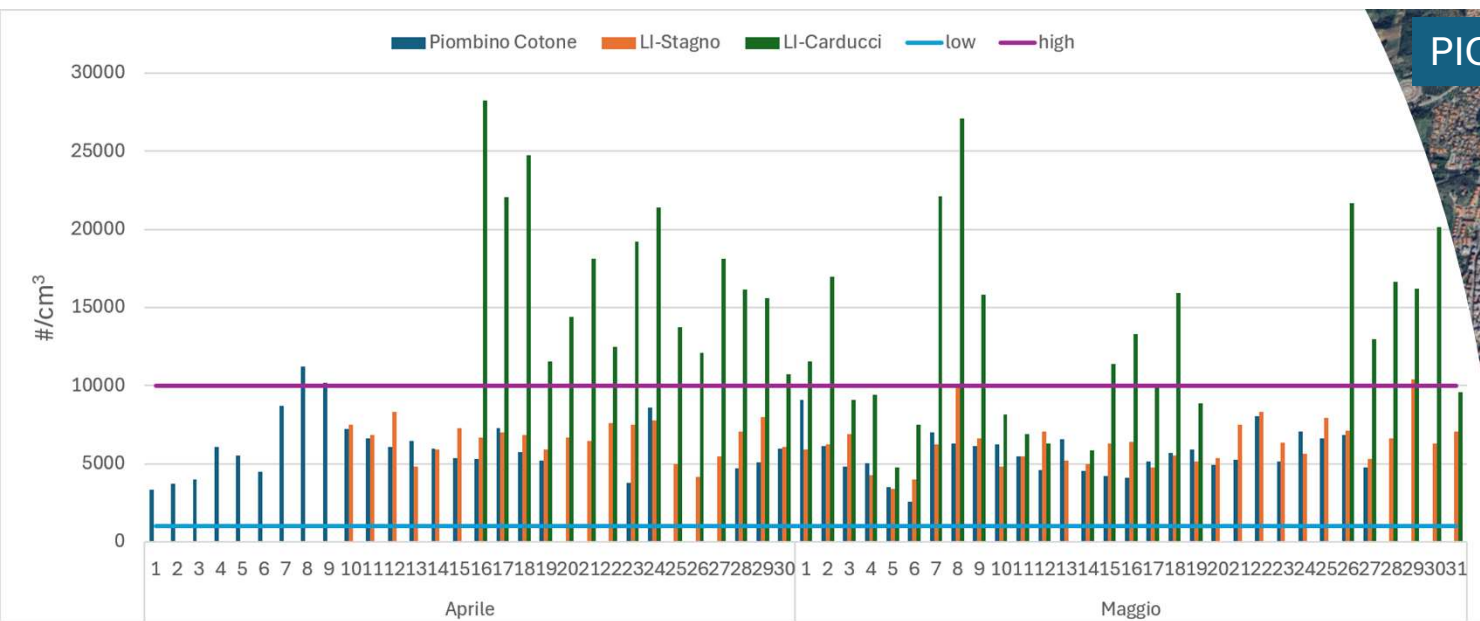
- LI Stagno (SMPS)
- LI Carducci (CPC)
- LI Cotone a Piombino (CPC)

**Cosa: N totali nelle 3 postazioni**

Medie giornaliere e medie orarie cfr con valori OMS

Giorno tipo

Distribuzioni nelle 3 postazioni



## PIOMBINO COTONE FONDO



## Medie giornaliere

- Le linee guida WHO 2021 indicano alcuni valori di riferimento per poter valutare il livello delle particelle ultrafini in aria:
- Medie giornaliere inferiori a 1.000 particelle/cm<sup>3</sup> sono da considerare valori bassi
- Medie giornaliere superiori a 10.000 particelle/cm<sup>3</sup> sono da considerare valori alti



## LI-STAGNO FONDO



## Valori orari

Le linee guida WHO 2021 definiscono anche per le medie orarie un valore di riferimento per considerare il livello delle particelle ultrafini in aria:

- Medie orarie superiori a 20.000 particelle/cm<sup>3</sup> si possono considerare come livelli alti

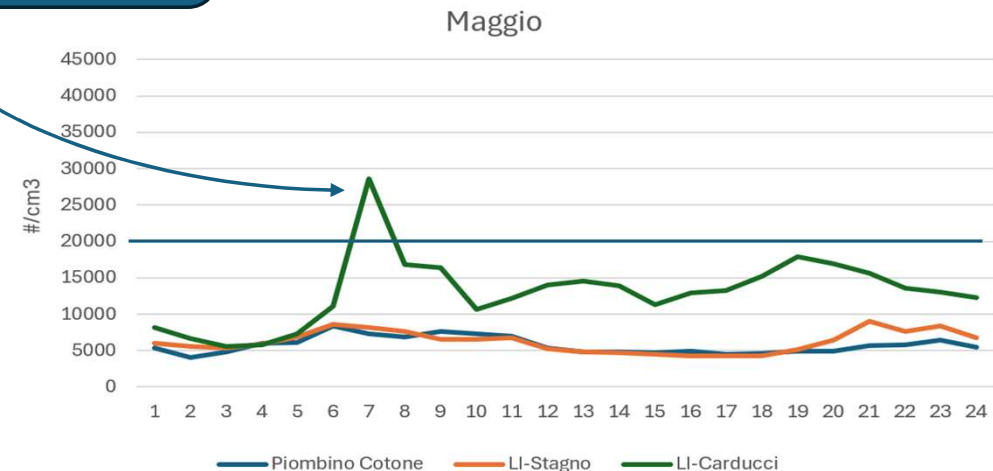
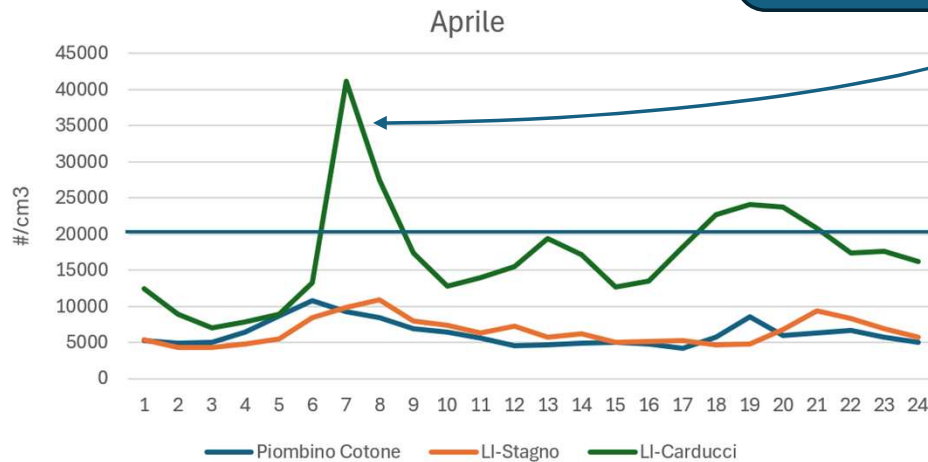
Nella stazione di traffico il 20% delle medie orarie è sopra 20.000

| Medie orarie               | Carducci | Stagno | Cotone |
|----------------------------|----------|--------|--------|
| n valide                   | 887      | 1191   | 1124   |
| > 20.000 #/cm <sup>3</sup> | 175      | 9      | 14     |
| %                          | 20       | 1      | 1      |

Nelle stazioni di fondo prossime ai SIN le medie orarie sopra 20.000 sono sporadiche

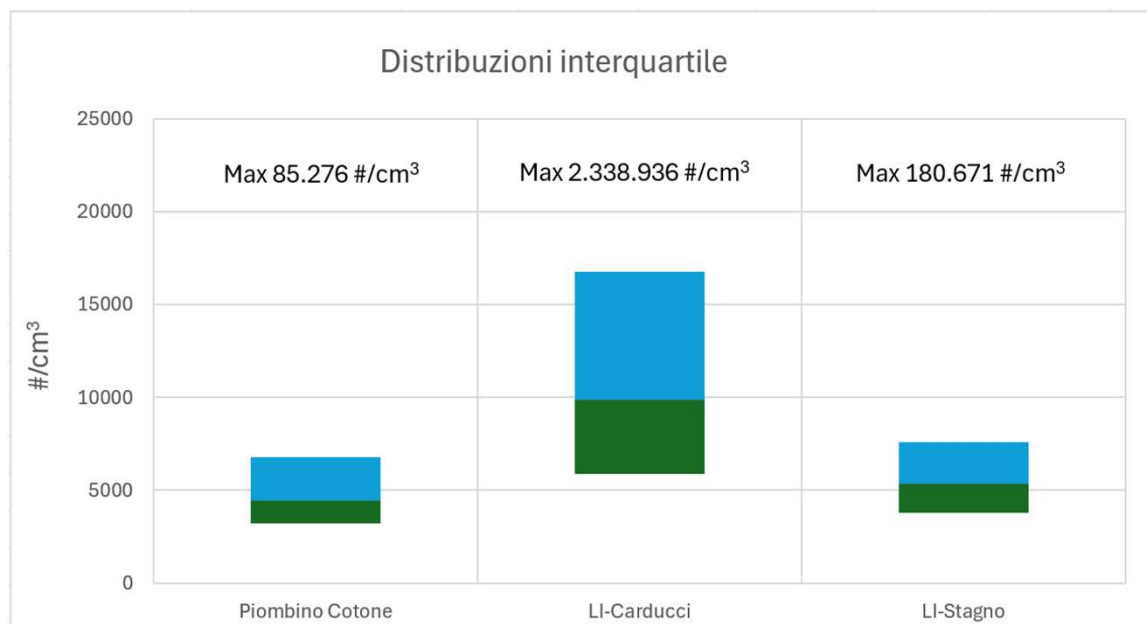
### Giorno tipo

I livelli più alti si collocano nell'ora di punta mattutina



## Range delle medie minuto

| <b>Distribuzione</b> | <b>Piombino Cotone</b> | <b>LI-Carducci</b> | <b>LI-Stagno</b> |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------|
| minimo               | 1346                   | 0                  | 887              |
| 25°percentile        | 3239                   | 5857               | 3779             |
| mediana              | 4464                   | 9890               | 5378             |
| 75° percentile       | 6786                   | 16748              | 7592             |
| massimo              | 85276                  | 2338936            | 180671           |



# Piombino Cotone

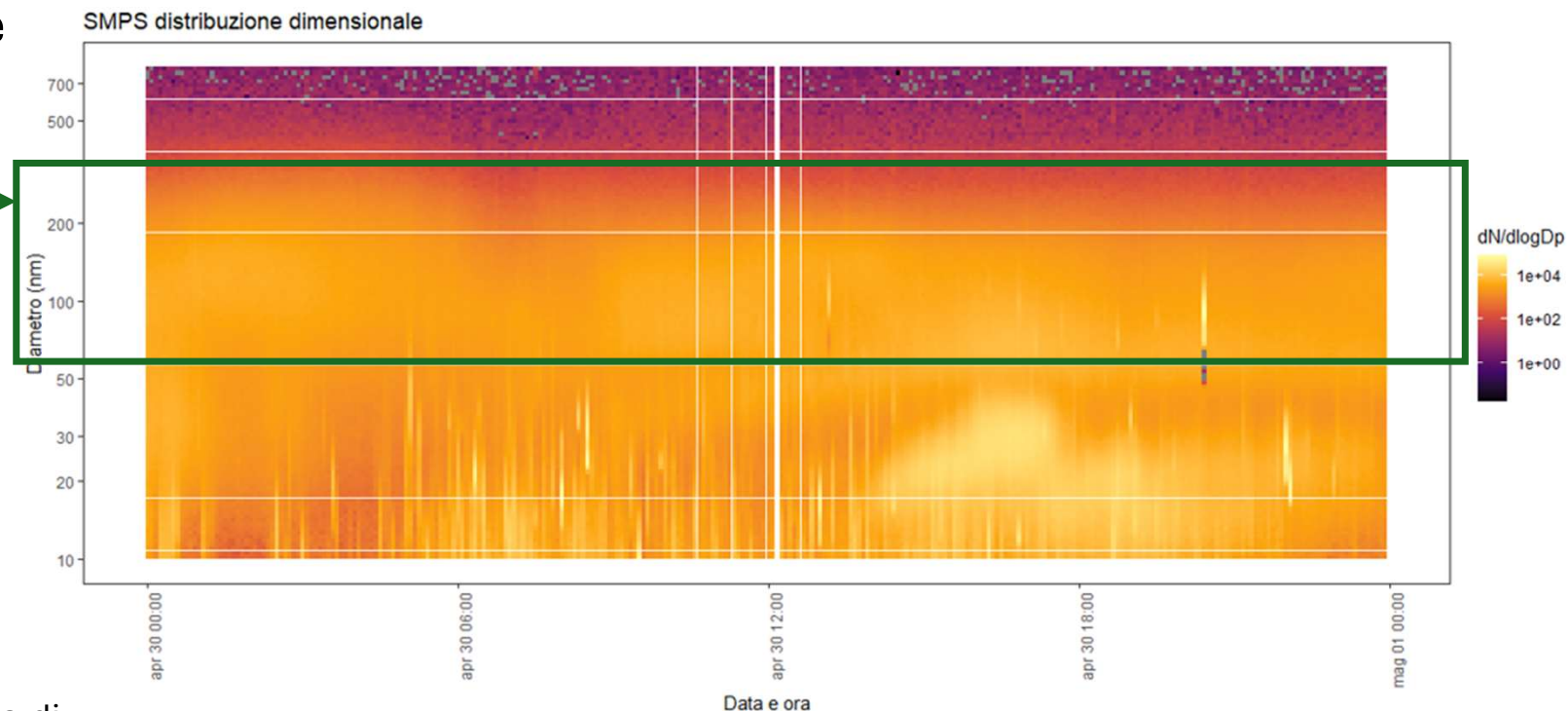
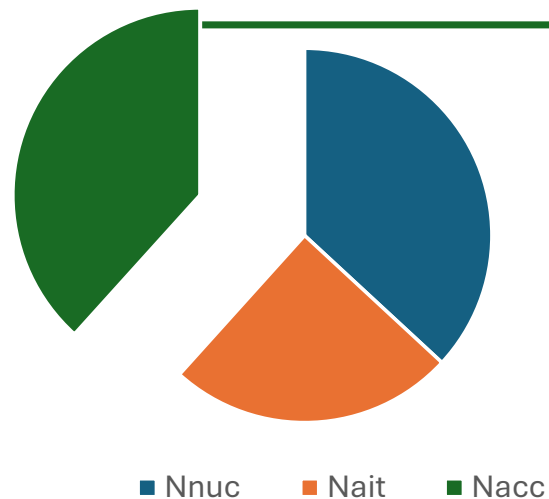


Per il sito di Piombino Cotone le concentrazioni medie più elevate, intorno alle 9.000 particelle per  $\text{cm}^3$  come media su 10 minuti, si hanno per basse intensità del vento e per venti di provenienza est in direzione dell'area del SIN prospiciente al porto.

# Approfondimento su SMPS – Stazione di LI-Stagno

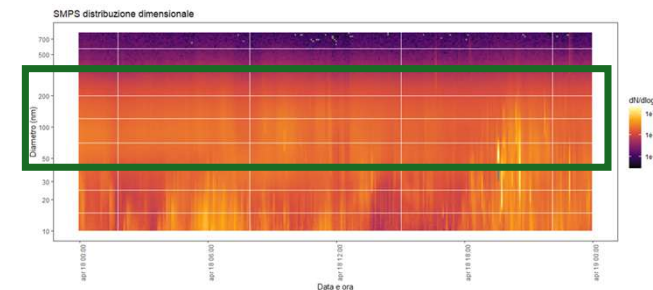
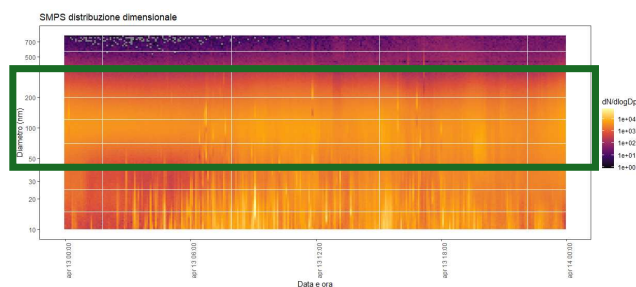
- Moda nucleazione- Aitken- accumulo
- DNDLogDp alcuni esempi

## Moda di accumulazione (100-300 nm)



Nella fascia 100-300 si ha una moda di accumulo sempre presente, con livelli omogenei che non presentano brusche variazioni anche se possono cambiare da un giorno all'altro. Rappresenta il contributo al fondo urbano delle varie sorgenti ed è formato da particelle accresciute dalla loro persistenza in atmosfera

## Intensità della moda di accumulo in giorni diversi



# .Conclusioni

- concludere le analisi dei PFAS su PM10 e confrontarsi con gli altri Partecipanti per verifiche sul metodo

Completare campionamenti e analisi di aldeidi in aria

Raccogliere e analizzare i dati di tutto il 2026 sul numero totale della nanoparticelle nei due SIN e sulla distribuzione dimensionale

*Grazie per l'attenzione*

ARPAT – Settore Centro Regionale Tutela della Qualità dell'Aria

<https://www.arpat.toscana.it/aria-qualita/>

*AIDII- 42° Congresso Nazionale di Igiene Industriale e Ambientale  
Bologna – CNR Area della Ricerca. 17-19 giugno 2026*