

**DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST**  
**Struttura semplice "Attività di Produzione"**

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL  
 LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI MOMPANTERO  
 RELAZIONE TECNICA 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> CAMPAGNA  
 (17 gennaio - 14 febbraio e 6 giugno – 4 luglio 2022)**



SERVIZIO B5.16

PRATICA: F06\_2021\_02907\_007

|              |                                                                         |                     |  |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|--|
| Redazione    | Funzione: Tecnico Struttura<br>Attività di Produzione                   | Data:<br>27/10/2022 |  |
|              | Nome: Roberto Sergi                                                     |                     |  |
| Verifica     | Incarico di Funzione:<br>Monitoraggio qualità dell'aria e Olfattometria | Data:<br>31/10/2022 |  |
|              | Nome: Milena Sacco                                                      |                     |  |
| Approvazione | Funzione: Responsabile Struttura<br>Attività di Produzione              |                     |  |
|              | Nome: Carlotta Musto                                                    |                     |  |

**Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:**

*Roberto Sergi, Struttura Semplice Attività di Produzione del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Nord Ovest*

**Per la gestione tecnica della rete di monitoraggio hanno collaborato:**

*Annalisa Bruno, Elisa Calderaro, Laura Milizia, Francesco Romeo, Milena Sacco, Roberto Sergi, Struttura Semplice Attività di Produzione del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Nord Ovest*

**Le determinazioni analitiche sono state realizzate da:**

*Laboratorio del Dipartimento territoriale Arpa Piemonte Nord Ovest - Sede di Grugliasco*

*Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Mompantero per la collaborazione prestata.*

**Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Regione Piemonte**

**ARPA PIEMONTE**

**Sede centrale di via Pio VII, 9**

**10135 Torino**

|            |                                                                                                    |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO</b>                               |           |
| <b>4</b>   |                                                                                                    |           |
| <b>2</b>   | <b>IL LABORATORIO MOBILE .....</b>                                                                 | <b>5</b>  |
| <b>3</b>   | <b>IL QUADRO NORMATIVO .....</b>                                                                   | <b>5</b>  |
| <b>4</b>   | <b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO .....</b>                                                           | <b>8</b>  |
| <b>4.1</b> | <b>Obiettivi della campagna di monitoraggio .....</b>                                              | <b>8</b>  |
| <b>4.2</b> | <b>Analisi del contesto territoriale .....</b>                                                     | <b>10</b> |
| 4.2.1      | Emissioni sul territorio .....                                                                     | 10        |
| 4.2.2      | Valutazione modellistica annuale dello stato di Qualità dell'Aria .....                            | 13        |
| <b>4.3</b> | <b>Elaborazione dei dati meteorologici .....</b>                                                   | <b>15</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Mompantero .....</b> | <b>21</b> |
| 4.4.1      | Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge .....                             | 21        |
| 4.4.2      | Ossidi di Azoto .....                                                                              | 22        |
| 4.4.3      | Monossido di Carbonio .....                                                                        | 33        |
| 4.4.4      | Benzene e Toluene .....                                                                            | 36        |
| 4.4.5      | Particolato Sospeso (PM <sub>10</sub> ) e (PM <sub>2.5</sub> ) .....                               | 39        |
| 4.4.6      | Ozono .....                                                                                        | 45        |
| 4.4.7      | IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI .....                                                            | 51        |
| 4.4.8      | METALLI .....                                                                                      | 56        |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSIONI .....</b>                                                                           | <b>60</b> |
| <b>6</b>   | <b>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI .....</b>                                    | <b>63</b> |

## 1 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Per inquinamento dell'aria si intende qualsiasi variazione nella sua composizione - determinata da fattori naturali e/o artificiali - dovuta all'immissione di sostanze la cui natura e concentrazione sono tali da costituire pericolo, o quantomeno pregiudizio, per la salute umana o per l'ambiente in generale.

Oggigiorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m<sup>3</sup>) al microgrammo per metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

- emissioni veicolari;
- emissioni industriali;
- combustione da impianti termoelettrici;
- combustione da riscaldamento domestico;
- smaltimento rifiuti (inceneritori e discariche).

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo gruppo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

Nella Tabella 1 sono indicate le fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

La dispersione degli inquinanti nell'atmosfera è strettamente legata alla situazione meteorologica dei siti presi in esame; pertanto, per una completa caratterizzazione della qualità dell'aria in un determinato sito, occorre conoscere l'andamento dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare).

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2020", elaborata congiuntamente dalla Città Metropolitana di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile sui rispettivi siti internet.

Alla medesima pubblicazione si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

**Tabella 1:** Fonti principali e meno rilevanti dei più comuni inquinanti atmosferici.

| INQUINANTE               | Traffico<br>autoveicolare<br>veicoli a benzina | Traffico<br>autoveicolare<br>veicoli diesel | Emissioni<br>industriali | Combustioni fisse<br>alimentate con<br>combustibili<br>liquidi o solidi | Combustioni<br>fisse alimentate<br>con combustibili<br>gassosi |
|--------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| BIOSSIDO DI AZOTO        |                                                |                                             |                          |                                                                         |                                                                |
| BENZENE                  |                                                |                                             |                          |                                                                         |                                                                |
| MONOSSIDO DI<br>CARBONIO |                                                |                                             |                          |                                                                         |                                                                |
| PARTICOLATO<br>SOSPESO   |                                                |                                             |                          |                                                                         |                                                                |
| PIOMBO                   |                                                |                                             |                          |                                                                         |                                                                |
| BENZO(a)PIRENE           |                                                |                                             |                          |                                                                         |                                                                |

|  |                        |
|--|------------------------|
|  | = fonti principali     |
|  | = fonti meno rilevanti |

## 2 IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio della Città Metropolitana di Torino viene realizzato attraverso le stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da Arpa Piemonte.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dai Dipartimenti territoriali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali: ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatore di particolato atmosferico PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

## 3 IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati.

I limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), materiale particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per ossidi di azoto, PM<sub>10</sub>, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

Il **D.Lgs. 155/2010** ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM<sub>2.5</sub> e in particolare un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

Nelle Tabelle 2, 3 e 4 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente. Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2020".

**Tabella 2:** Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

| INQUINANTE                                                                | LIMITE                                                         | PERIODO DI MEDIAZIONE              | VALORE DI RIFERIMENTO                    | SUPERAMENTI CONCESSI | DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ) e OSSIDI DI AZOTO (NO <sub>x</sub> ) | Valore limite orario per la protezione della salute umana      | 1 ora                              | 200 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> ) | 18 volte/anno civile | 1-gen-2010                      |
|                                                                           | Valore limite annuale per la protezione della salute umana     | anno civile                        | 40 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )  | --                   | 1-gen-2010                      |
|                                                                           | Soglia di allarme                                              | 3 ore consecutive                  | 400 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> ) | --                   | --                              |
|                                                                           | Valore limite annuale per la protezione della vegetazione      | anno civile                        | 30 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>x</sub> )  | --                   | 19-lug-2001                     |
| MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)                                                | Valore limite per la protezione della salute umana             | media massima giornaliera su 8 ore | 10 mg/m <sup>3</sup>                     | ---                  | 1-gen-2005                      |
| PIOMBO (Pb)                                                               | Valore limite annuale per la protezione della salute umana     | anno civile                        | 0.5 µg/m <sup>3</sup>                    | ---                  | 1-gen-2005                      |
| PARTICELLE (PM10)                                                         | Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana | 24 ore                             | 50 µg/m <sup>3</sup>                     | 35 volte/anno civile | 1-gen-2005                      |
|                                                                           | Valore limite annuale per la protezione della salute umana     | anno civile                        | 40 µg/m <sup>3</sup>                     | ---                  | 1-gen-2005                      |
| BENZENE                                                                   | Valore limite annuale per la protezione della salute umana     | anno civile                        | 5 µg/m <sup>3</sup>                      | ---                  | 1-gen-2010                      |

**Tabella 3:** Valori limite per ozono e benzo(a)pirene

| INQUINANTE                                           | LIMITE                                                        | PARAMETRO                                                         | VALORE DI RIFERIMENTO                                          | SUPERAMENTI CONCESSI                           | DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|
| OZONO (O <sub>3</sub> )<br>(D.Lgs. 13/08/2010 n.155) | SOGLIA DI INFORMAZIONE                                        | media oraria                                                      | 180 µg/m <sup>3</sup>                                          | -                                              | -                               |
|                                                      | SOGLIA DI ALLARME                                             | media oraria                                                      | 240 µg/m <sup>3</sup>                                          | -                                              | -                               |
|                                                      | VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA         | media su 8 ore massima giornaliera                                | 120 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>                           | 25 giorni per anno civile come media su 3 anni | 2010                            |
|                                                      | VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE          | AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio | 18000 µg/m <sup>3</sup> *h come media su 5 anni <sup>(2)</sup> |                                                | 2010                            |
|                                                      | OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE | AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio | 6000 µg/m <sup>3</sup> *h <sup>(2)</sup>                       |                                                |                                 |
| BENZO(a)PIRENE<br>(D.Lgs. 13/08/2010 n.155)          | OBIETTIVO DI QUALITÀ                                          | media mobile valori giornalieri <sup>(3)</sup>                    | 1 ng/m <sup>3</sup> <sup>(4)</sup>                             | -                                              | -                               |

(1) La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h÷(h-8)

(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e il valore di  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

(3) La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni  $z$  giorni, ove  $z=3\div 6$ ;  $z$  può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso  $z$  deve essere pari a 7.

(4) Il periodo di mediazione è l'anno civile (1° gennaio – 31 dicembre)

**Tabella 4:** Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)

| INQUINANTE | VALORI OBIETTIVO <sup>(1)</sup> |
|------------|---------------------------------|
| Arsenico   | $6.0 \text{ ng}/\text{m}^3$     |
| Cadmio     | $5.0 \text{ ng}/\text{m}^3$     |
| Nichel     | $20.0 \text{ ng}/\text{m}^3$    |

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione  $\text{PM}_{10}$  del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

## 4 LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

### 4.1 Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Mompantero dal Dipartimento Arpa di Torino è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale ed è finalizzata ad avere informazioni sulla qualità dell'aria nel territorio monitorato.

Sono state condotte due campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria, in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo-climatiche.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati della campagna, si ricorda che il monitoraggio effettuato permette di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio della Città Metropolitana, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti.

Le strumentazioni di misura in aria ambiente come quelle installate sulla stazione mobile, infatti, rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato concordato con l'Amministrazione comunale presso la frazione Pietrastretta snc (prospiciente piazzale del Santuario Madonna del Rocciamelone).

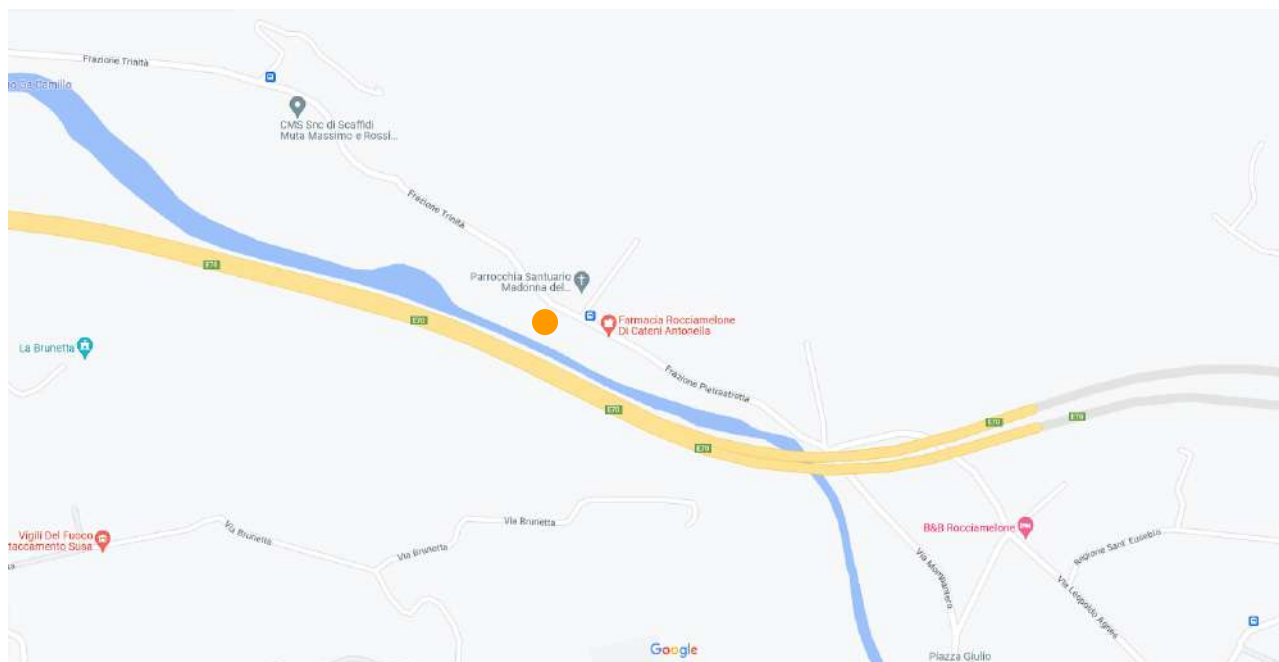
Nella Figura 1 e Figura 2 viene meglio rappresentato il sito nel quale è stato posizionato il laboratorio mobile.

Il sito anzidetto è stato scelto in considerazione delle richieste pervenute da codesto Ente e delle esigenze tecniche e di sicurezza legate alla tipologia delle indagini ambientali effettuate.

La prima campagna è stata condotta tra il **17 gennaio** ed il **14 febbraio 2022** (29 giorni), la seconda dal **6 giugno** al **4 luglio 2021** (29 giorni). Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 18 gennaio al 16 febbraio, per un totale di 27 giorni per quanto riguarda la prima campagna, e dal 7 giugno al 3 luglio (27 giorni) per la seconda.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con il Laboratorio Mobile non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa al sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete della Città Metropolitana di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo. Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

**Figura 1:** Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Mompantero



**Tabella 5** – Specifiche del sito di misura nel Comune di Mompantero

| MEZZO DI MISURA                                             | PERIODO                                                                                                                                          | INDIRIZZO                                  | Coordinate UTM<br>(S.R. WGS84) |                  |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Laboratorio mobile della qualità dell'aria di Arpa Piemonte | <ul style="list-style-type: none"> <li>I CAMPAGNA<br/>17 gennaio – 14 febbraio 2022</li> <li>II CAMPAGNA<br/>6 giugno – 4 luglio 2022</li> </ul> | Frazione Pietrastretta snc MOMPANTERO (TO) | EST:<br>346811                 | NORD:<br>5000777 |

**Figura 2:** Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Mompantero



## 4.2 Analisi del contesto territoriale

Per l'analisi del contesto territoriale vengono di seguito riportate le **stime delle principali sorgenti emissive** ricavate dall'inventario regionale delle Emissioni in atmosfera **IREA** (<http://www.sistemapiemonte.it/fedwinemar/elenco.jsp>) e la **valutazione modellistica dello stato di Qualità dell'Aria** elaborata da Arpa Piemonte ([https://webgis.arpa.piemonte.it/aria\\_modellistica\\_webapp/index.html](https://webgis.arpa.piemonte.it/aria_modellistica_webapp/index.html))

### 4.2.1 Emissioni sul territorio

Per la stima delle principali sorgenti emissive sul territorio comunale è stato utilizzato l'inventario aggiornato al 2015, nel quale la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive, includendo le attività considerate rilevanti per le emissioni atmosferiche. I macrosettori individuati sono i seguenti:

- Centrali elettriche pubbliche, cogenerazione e teleriscaldamento, produzione di energia (elettrica, cogenerazione e teleriscaldamento) e trasformazione di combustibili;
- Impianti di combustione non industriali (commercio, residenziale, agricoltura);
- Combustione nell'industria;
- Processi produttivi;
- Estrazione e distribuzione di combustibili fossili;
- Uso di solventi;
- Trasporto su strada;
- Altre sorgenti mobili e macchinari;
- Trattamento e smaltimento rifiuti;
- Agricoltura;
- Altre sorgenti e assorbimenti.

Per ciascun macro-settore vengono riportate le quantità assolute di emissioni in atmosfera per alcuni inquinanti di qualità dell'aria, espresse in tonnellate/anno.

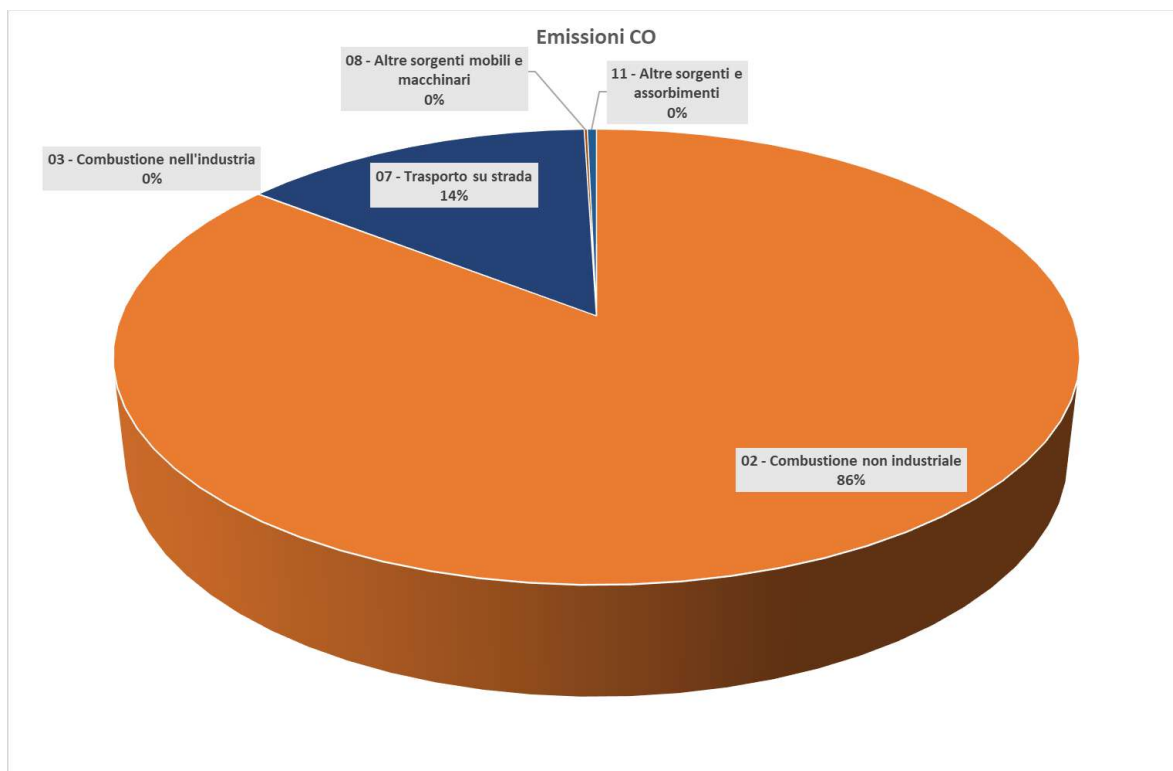
La Tabella 6 riporta i principali contributi emissivi stimati per il Comune di Mompantero espressi in tonnellate/anno e suddivisi per fonti di emissione. Nelle Figure 3, 4, 5 e 6 vengono rappresentati graficamente i contributi delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici.

**Tabella 6:** contributi emissivi stimati per il comune di Mompantero

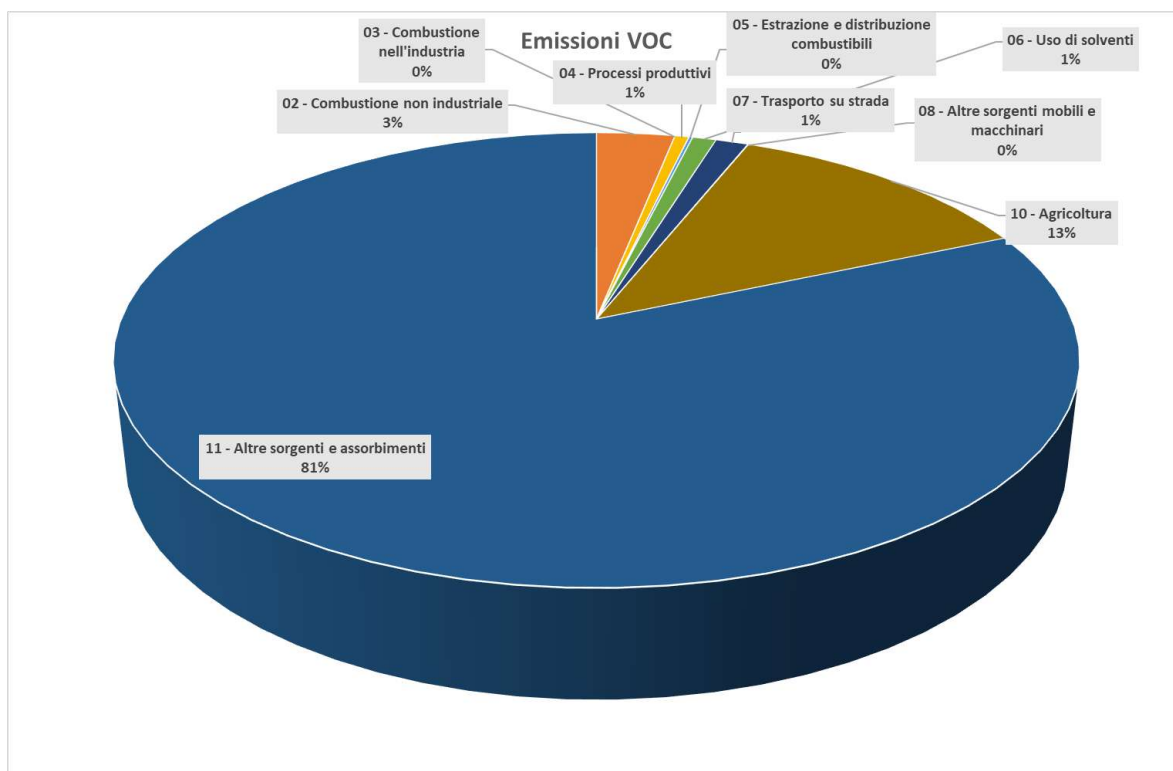
| INQUINANTE | MACROSETTORE |            |             |                              |                                           |                          |                              |                                                 |                                       |                 |                                               |
|------------|--------------|------------|-------------|------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|
|            | 01<br>(*)    | 02<br>(**) | 03<br>(***) | 04<br>Processi<br>produttivi | 05<br>Estraz. e<br>distribuz.<br>combust. | 06<br>Uso di<br>solventi | 07<br>Trasporto<br>su strada | 08<br>Altre<br>sorgenti<br>mobili e<br>macchin. | 09<br>Trattam.<br>Smaltim.<br>rifiuti | 10<br>Agricolt. | 11<br>Altre<br>sorgenti e<br>assorbim<br>enti |
| CO         |              | 46.8258    | 0.0234      |                              |                                           |                          | 7.6532                       | 0.0679                                          |                                       |                 | 0.1993                                        |
| NH3        |              | 0.1181     |             |                              |                                           |                          | 0.0271                       |                                                 |                                       | 2.3427          | 0.0013                                        |
| NMVOC      |              | 4.3877     | 0.0045      | 0.7857                       | 0.20617                                   | 1.3327                   | 1.8322                       | 0.0338                                          |                                       | 17.5690         | 114.7856                                      |
| Nox        |              | 1.8763     | 0.1133      |                              |                                           |                          | 4.0312                       | 0.0181                                          |                                       | 0.0002          | 0.0075                                        |
| PM10       |              | 4.6667     | 0.0016      | 0.0080                       |                                           |                          | 0.6676                       | 0.0011                                          |                                       |                 | 0.0404                                        |
| PM2.5      |              | 4.6167     | 0.0016      | 0.0054                       |                                           |                          | 0.2091                       | 0.0011                                          |                                       |                 | 0.0397                                        |
| SO2        |              | 0.3023     | 0.0009      |                              |                                           |                          | 0.0058                       | 0.0001                                          |                                       |                 | 0.0015                                        |

\*Produzione energia e trasformazione combustibili \*\* Combustione non industriale \*\*\* Combustione nell'industria

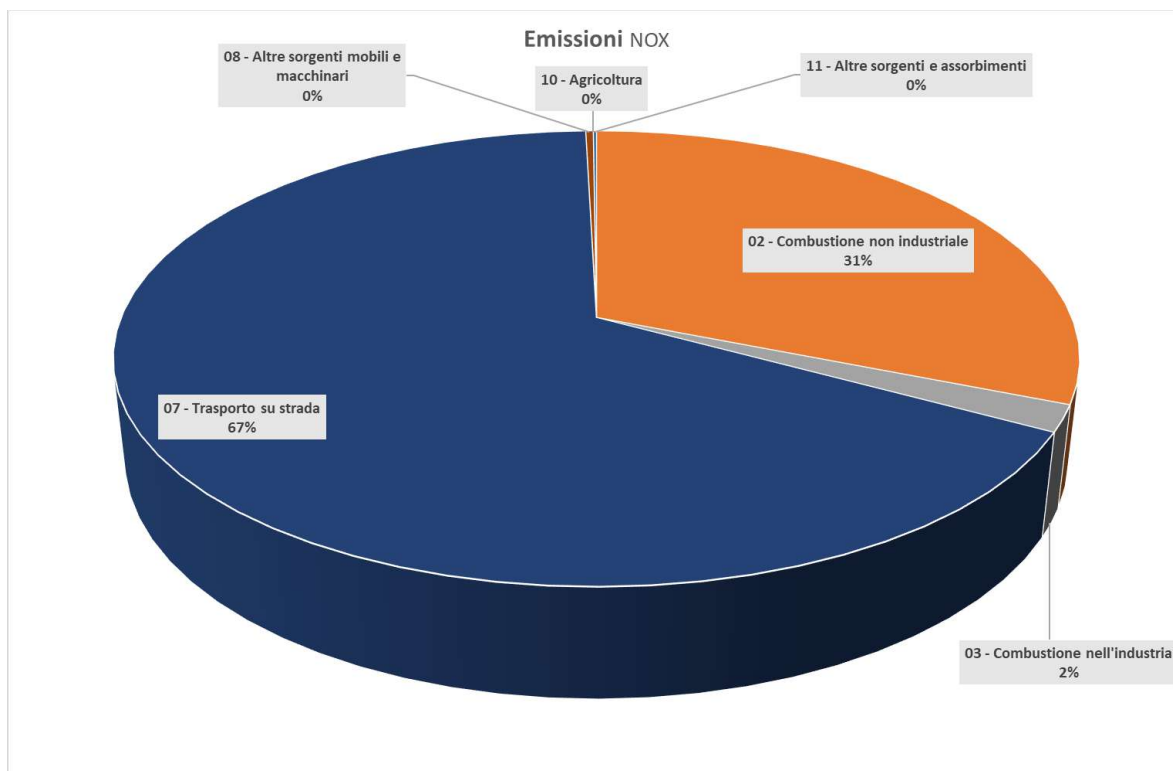
**Figura 3:** stima contributi emissioni di CO nel comune di Mompantero



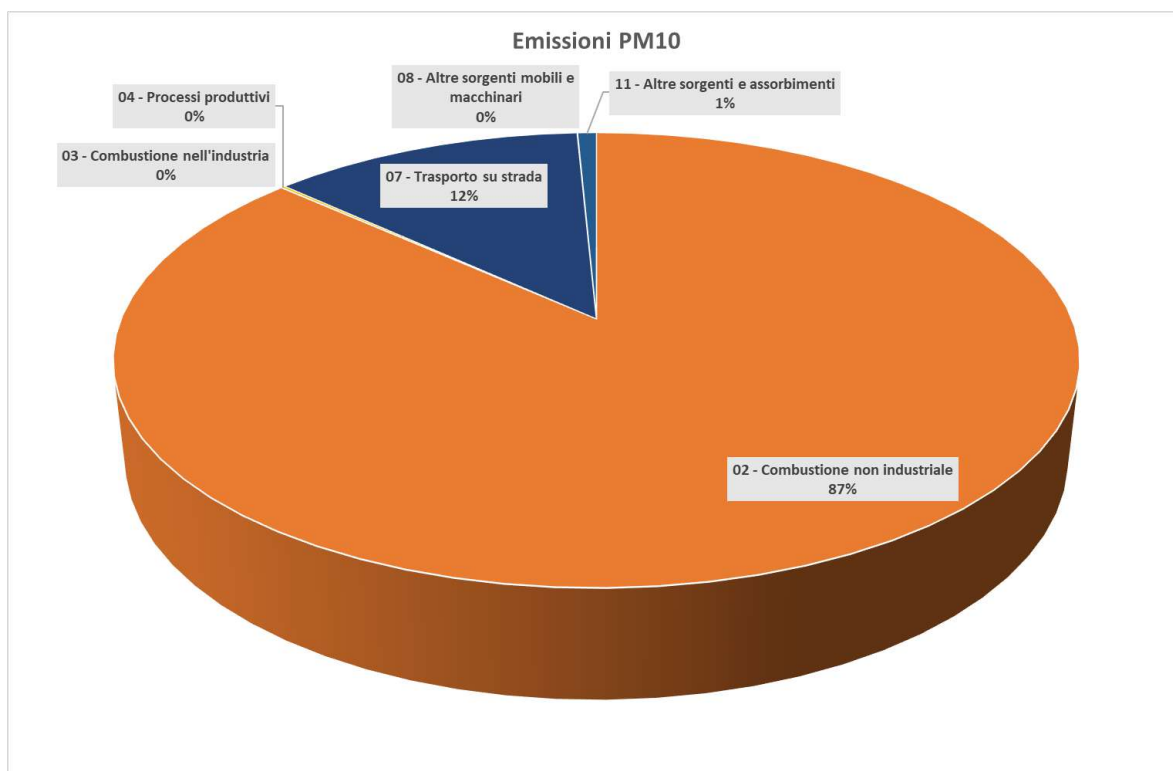
**Figura 4:** stima contributi emissioni di composti organici volatili nel comune di Mompantero



**Figura 5:** stima contributi emissioni di ossidi di azoto nel comune di Mompantero



**Figura 6:** stima contributi emissioni di PM<sub>10</sub> nel comune di Mompantero



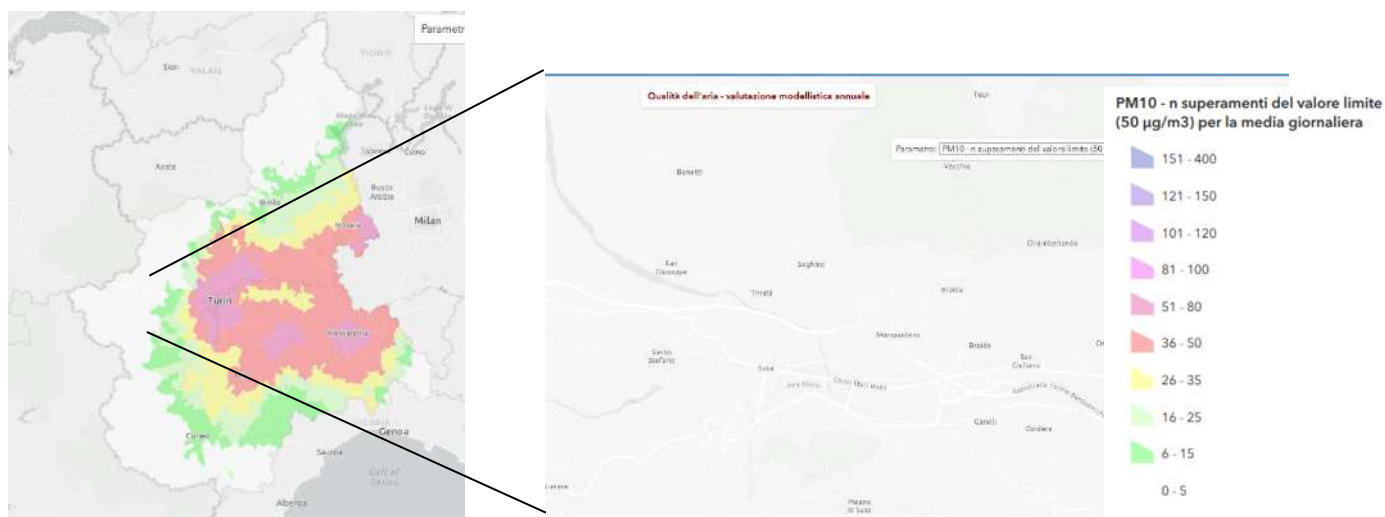
#### 4.2.2 Valutazione modellistica annuale dello stato di Qualità dell'Aria

Il quadro normativo nazionale e comunitario (attualmente rappresentato dal D.Lgs. 155/2010, recepimento della direttiva 2008/50/CE) stabilisce che la valutazione della qualità dell'aria deve essere realizzata utilizzando sia misure effettuate in siti fissi, sia tecniche di valutazione modellistica. Coerentemente con tale quadro normativo la Valutazione modellistica Annuale sullo stato della Qualità dell'aria in Piemonte è stata realizzata con un approccio integrato che sfrutta le differenti tipologie informative disponibili in Regione Piemonte: la prima è rappresentata dalle misure del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) disponibile solamente per un certo numero di localizzazioni spaziali, la seconda dai campi di concentrazione ad alta risoluzione spaziale prodotti dal sistema modellistico di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti in atmosfera messo a punto ed utilizzato operativamente da ARPA Piemonte, dando seguito al mandato ricevuto dal Settore competente della Direzione Ambiente della Regione Piemonte.

La struttura di Arpa che si occupa di modellistica di qualità dell'aria e che svolge anche funzioni di Coordinamento è il **Dipartimento Rischi Naturali e ambientali - Meteorologia, clima e qualità dell'aria**.

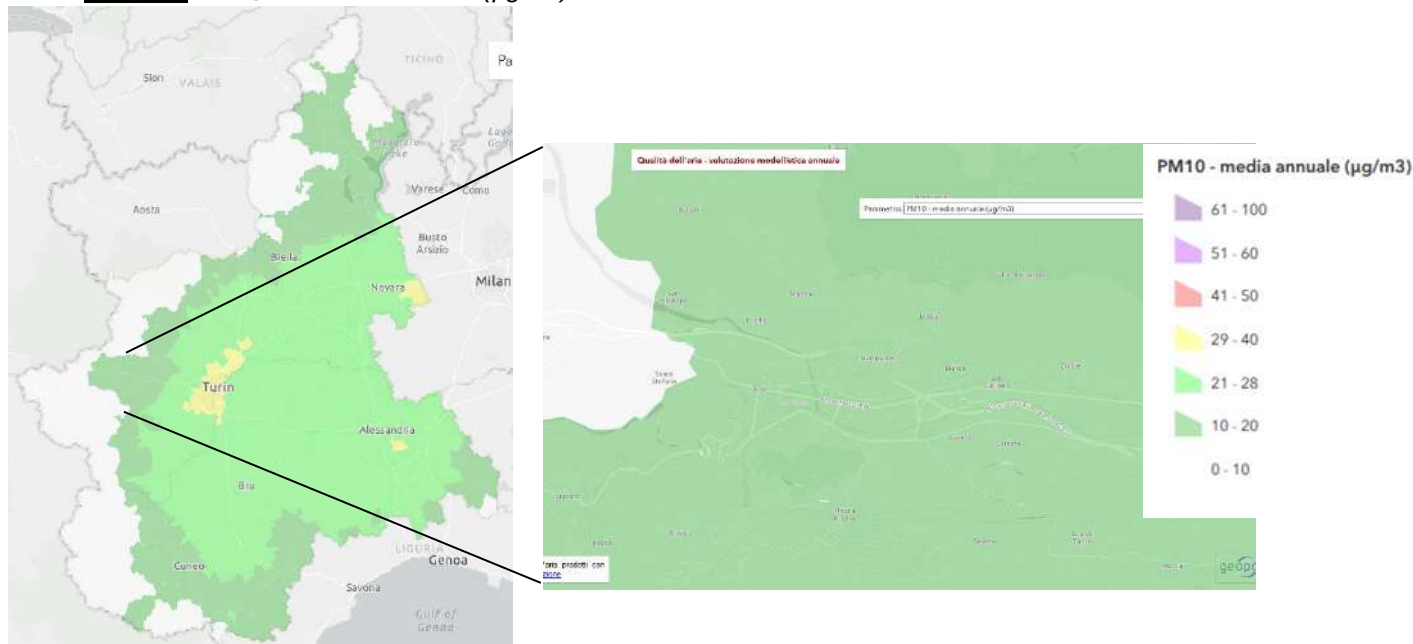
Di seguito vengono proposte le elaborazioni grafiche realizzate dalla suddetta struttura e consultabili sul sito ARPA ([https://webgis.arpa.piemonte.it/secure\\_apps/aria\\_modellistica\\_webapp/index.html](https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/aria_modellistica_webapp/index.html)). Nella Figura 7 viene data evidenza del risultato della valutazione modellistica in relazione al numero di superamenti del valore limite della media giornaliera ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) stabilito per il  $\text{PM}_{10}$ , la cui stima per il territorio del comune di Mompantero per il 2020 è compreso tra i 0 e 5, inferiore ai 35 stabiliti dalla norma.

**Figura 7:**  $\text{PM}_{10}$  - n. superamenti del valore limite ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) per la media giornaliera



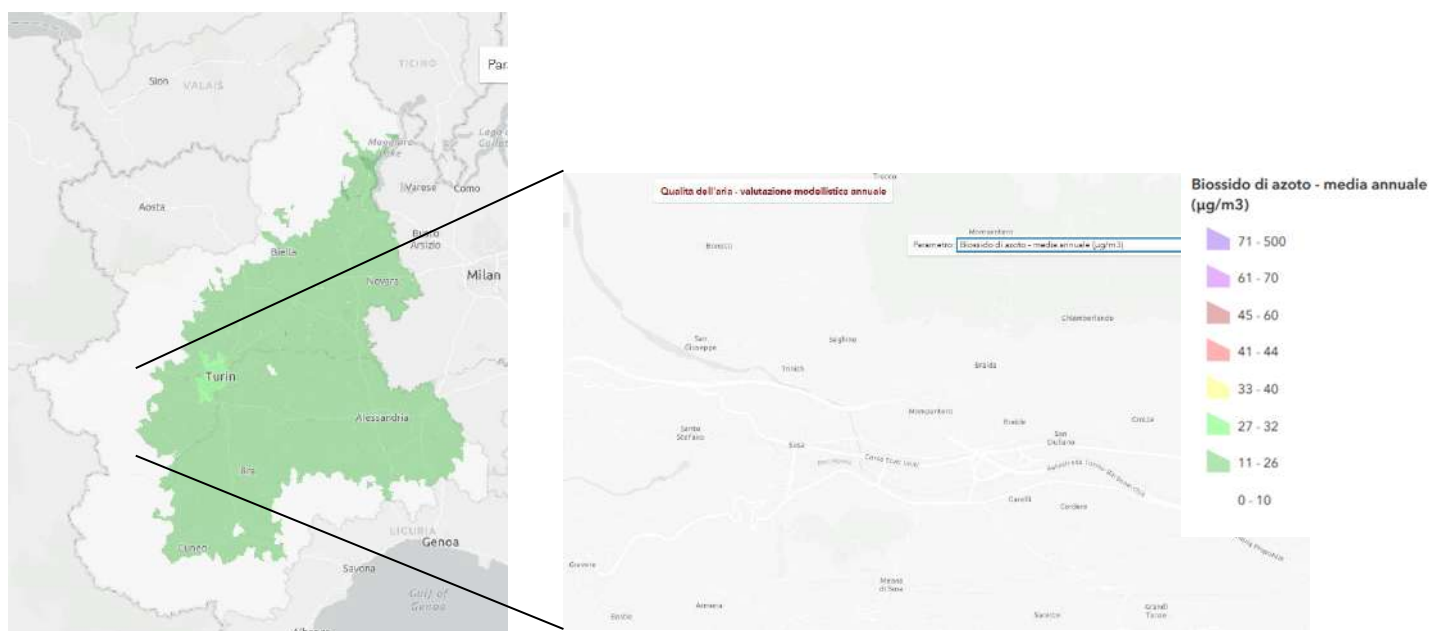
Nella Figura 8 vengono rappresentati i risultati della modellistica in merito alla media annuale del PM<sub>10</sub>, da cui emerge che per Mompantero la media annuale stimata per il 2020 è compresa tra 10 e 20 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al limite di 40 µg/m<sup>3</sup> previsto dalla normativa.

**Figura 8:** PM<sub>10</sub> - media annuale (µg/m<sup>3</sup>)



La Figura 9 mostra la stima della media annuale del 2020 del biossido di azoto che per Mompantero è compresa tra 0 e 10 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al limite di 40 µg/m<sup>3</sup>.

**Figura 9:** NO<sub>2</sub> - media annuale (µg/m<sup>3</sup>)



### 4.3 Elaborazione dei dati meteorologici

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante la campagna di monitoraggio. In particolare, per ognuno dei parametri determinati, si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

|                           |         |                     |
|---------------------------|---------|---------------------|
| pressione atmosferica     | P       | hPa                 |
| direzione vento           | D.V.    | gradi sessagesimali |
| velocità vento            | V.V.    | m/s                 |
| temperatura               | T       | °C                  |
| umidità relativa          | U.R.    | %                   |
| radiazione solare globale | R.S.G.  | W/m <sup>2</sup>    |
| pioggia                   | Pioggia | mm/h                |

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche locali, l'anemologia della val di Cenischia, è caratterizzata, come in ogni valle montana, da un regime caratteristico con ciclo giornaliero che dà origine ai fenomeni della brezza di valle e della brezza di monte.

**Brezza di valle:** al mattino le pareti dei monti si scaldano per effetto dell'insolazione e l'aria ad essi adiacente si scalda, forma cumuli e sale lungo i pendii della valle.

Questa brezza ascendente di aria calda è fortemente turbolenta con capacità di diluizione effettiva degli inquinanti e ha uno spessore notevole (circa 100 metri).

**Brezza di monte:** di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle montagne.

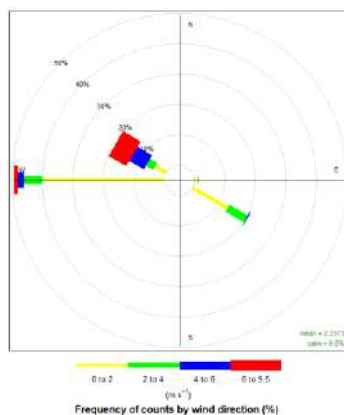
Questa brezza discendente è una lama d'aria molto sottile (circa 10 metri di spessore) che scende lungo i fianchi delle montagne verso il centro della valle e poi si dirige verso lo sbocco della valle stessa con velocità in funzione della pendenza del fondo valle.

Quando vi è una situazione di vento di valle che trascina in quota gli inquinanti vi è un rimescolamento rapido con le masse d'aria presenti in quota che disperdono gli inquinanti, questa situazione è fondamentale per la pulizia dell'aria della valle.

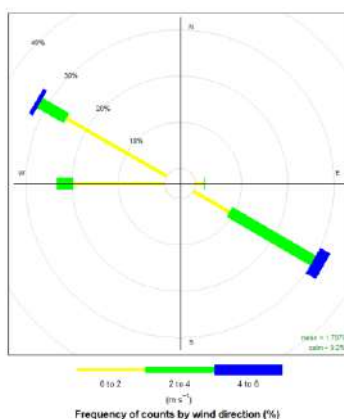
E' importante osservare che la configurazione e la direzione di tali brezze non sono necessariamente conformi con il vento di quota che sposta le masse su grande scala territoriale.

La situazione sopra descritta è comprovata con i grafici relativi al vento (Figure 10, 11, 12 e 13) e in particolare le rose del vento evidenziano come il vento abbia due direzioni di provenienza dominanti: Est-NordEst, Est-SudEst nelle ore diurne e da Ovest-NordOvest, Ovest-SudOvest nelle ore notturne; la maggioranza delle calme di vento si verifica in ore notturne.

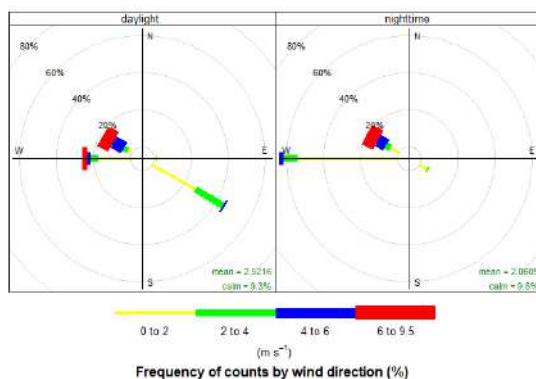
**Figura 10:** Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità – totale (prima campagna)



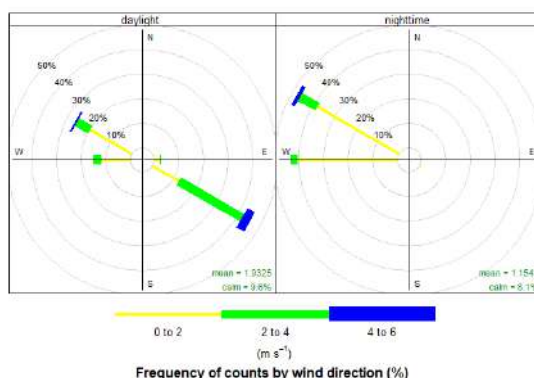
**Figura 11:** Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità – totale (seconda campagna)



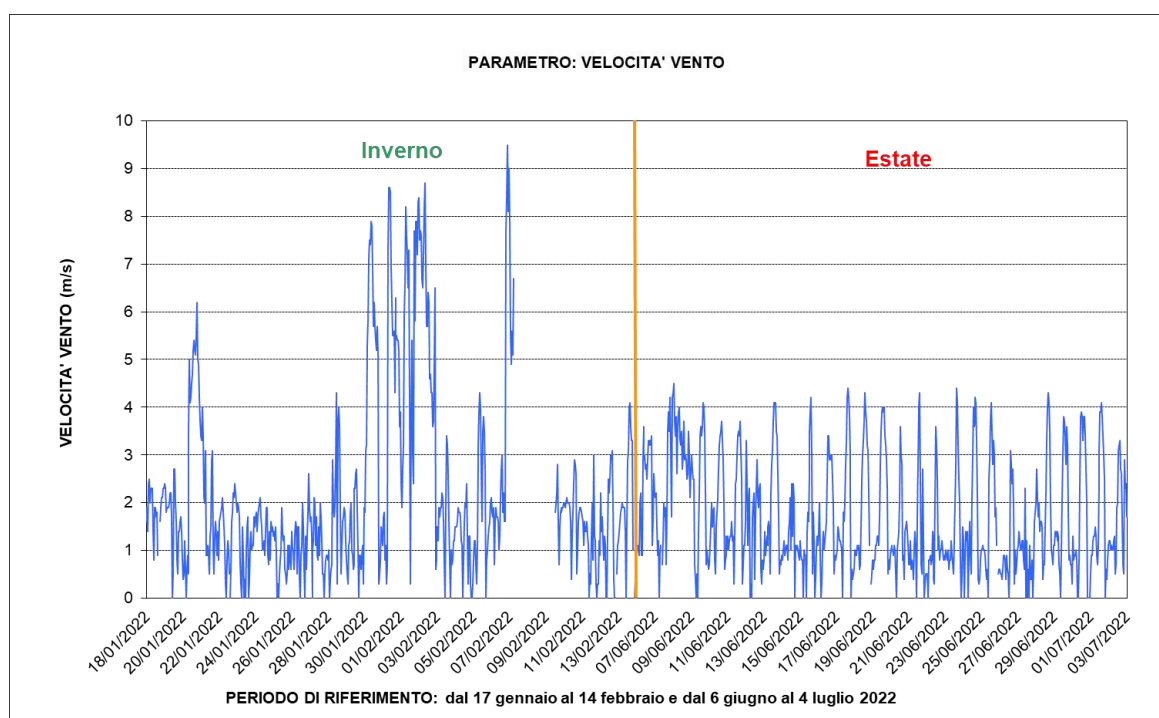
**Figura 12:** Rosa dei venti suddivisa tra ore diurne e ore notturne – prima campagna



**Figura 13:** Rosa dei venti suddivisa tra ore diurne e ore notturne – seconda campagna



**Figura 14:** Velocità Vento



Durante la prima campagna il campo pressorio si è attestato tra 950 e 970 mbar (Figura 15), con picco minimo il 31 gennaio con 948 mbar e picco massimo l'18 gennaio con 973 mbar. Nei giorni della seconda campagna il campo pressorio ha oscillato tra 950 e 960 mbar, con un picco massimo di 963 mbar raggiunto nei giorni 12 e 18 di giugno e un minimo di 948 l'8 giugno.

**Figura 15:** Pressione Atmosferica



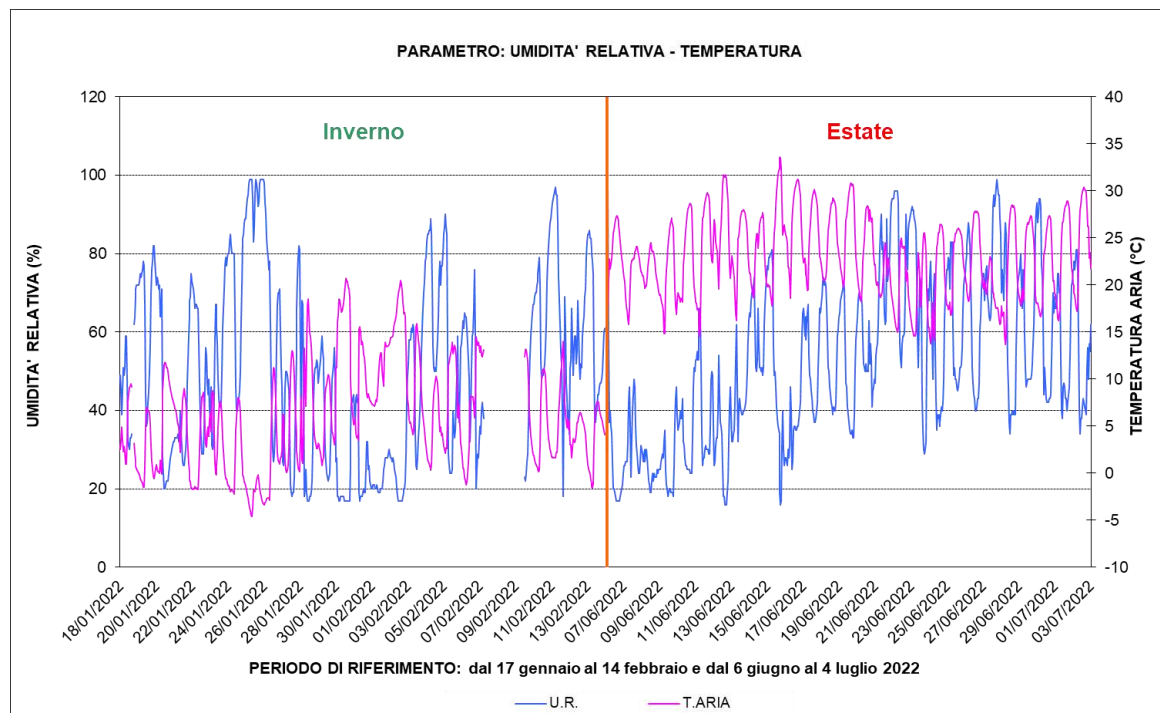
Nel comune di Mompantero, il valore medio della temperatura di tutto il periodo autunnale è stato di 12,8°C (Tabella 7); il valore massimo orario si è raggiunto il 27 ottobre con un valore pari a 20,6°C; nella campagna estiva la media registrata è stata di 22°C con un massimo di 31,2°C il 13 giugno.

**Tabella 7:** Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle campagne di monitoraggio

| PARAMETRI METEO               | RADIAZIONE SOLARE GLOBALE |        | TEMPERATURA |        | UMIDITÀ RELATIVA |        | PRESSIONE ATMOSFERICA |        | PIOGGIA |        | VELOCITA' VENTO |        |
|-------------------------------|---------------------------|--------|-------------|--------|------------------|--------|-----------------------|--------|---------|--------|-----------------|--------|
| U.M.                          | (W/mq)                    |        | °C          |        | %                |        | hPa                   |        | mm      |        | m/s             |        |
|                               | Inverno                   | Estate | Inverno     | Estate | Inverno          | Estate | Inverno               | Estate | Inverno | Estate | Inverno         | Estate |
| Minima media giornaliera      | 44                        | 71     | -2.4        | 19.2   | 23               | 25     | 951.9                 | 950.5  | 0.0     | 0.0    | 0.9             | 1.0    |
| Massima media giornaliera     | 89                        | 140    | 16.6        | 26.6   | 96               | 79     | 971.0                 | 960.7  | 0.0     | 0.1    | 5.7             | 3.2    |
| Media delle medie giornaliere | 66                        | 118    | 5.9         | 23.2   | 51               | 49     | 962.7                 | 955.9  | 0.0     | 0.0    | 2.2             | 1.8    |
| Giorni validi                 | 24                        | 20     | 24          | 20     | 24               | 20     | 24                    | 20     | 24      | 20     | 24              | 20     |
| Percentuale giorni validi     | 89%                       | 74%    | 89%         | 74%    | 89%              | 74%    | 89%                   | 74%    | 89%     | 74%    | 89%             | 74%    |
| Media dei valori orari        | 66                        | 118    | 6.0         | 23.2   | 51               | 49     | 962.7                 | 955.9  | 0.0     | 0.0    | 2.3             | 1.8    |
| Massima media oraria          | 450                       | 865    | 20.7        | 33.6   | 99               | 99     | 973.0                 | 963.0  | 0.0     | 0.4    | 9.5             | 4.5    |
| Ore valide                    | 592                       | 480    | 592         | 480    | 592              | 480    | 592                   | 480    | 581     | 480    | 589             | 477    |
| Percentuale ore valide        | 91%                       | 74%    | 91%         | 74%    | 91%              | 74%    | 91%                   | 74%    | 90%     | 74%    | 91%             | 74%    |

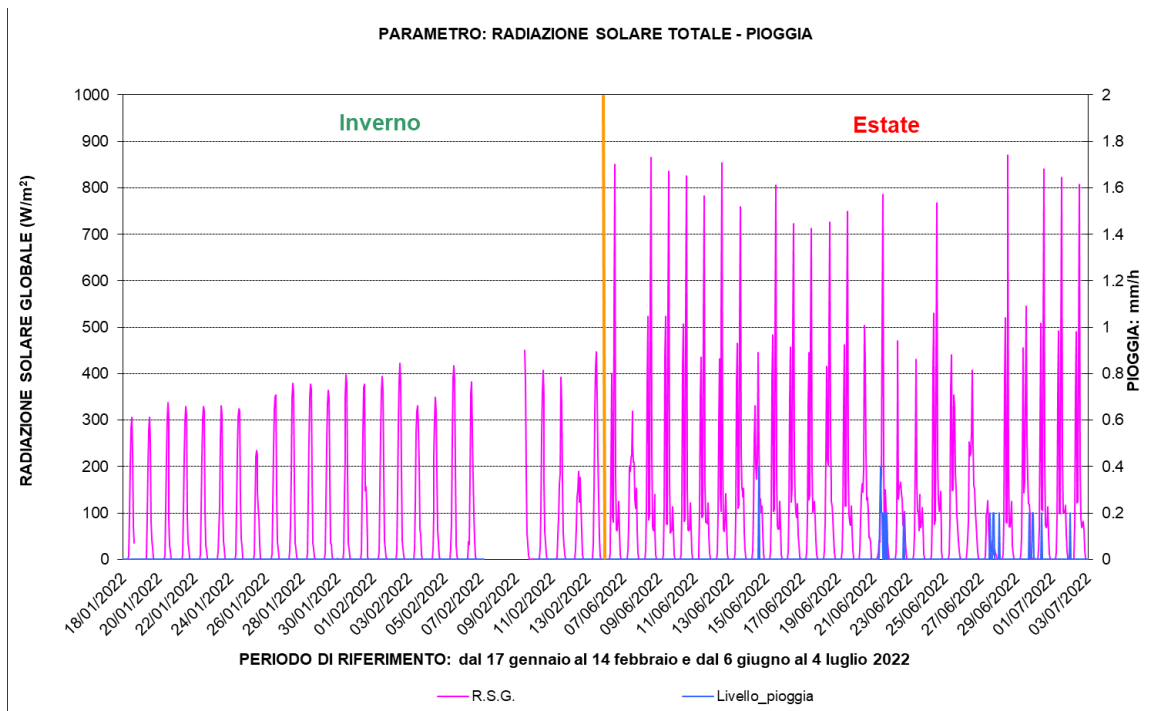
In Figura 16 insieme all'andamento orario della temperatura è riportata anche l'umidità relativa, da cui emerge che tali parametri hanno andamenti speculari: durante il giorno il forte irraggiamento porta ad un abbassamento dei valori di vapore acqueo presente nell'atmosfera, che torna ad aumentare nelle ore notturne.

**Figura 16:** Umidità Relativa - Temperatura aria

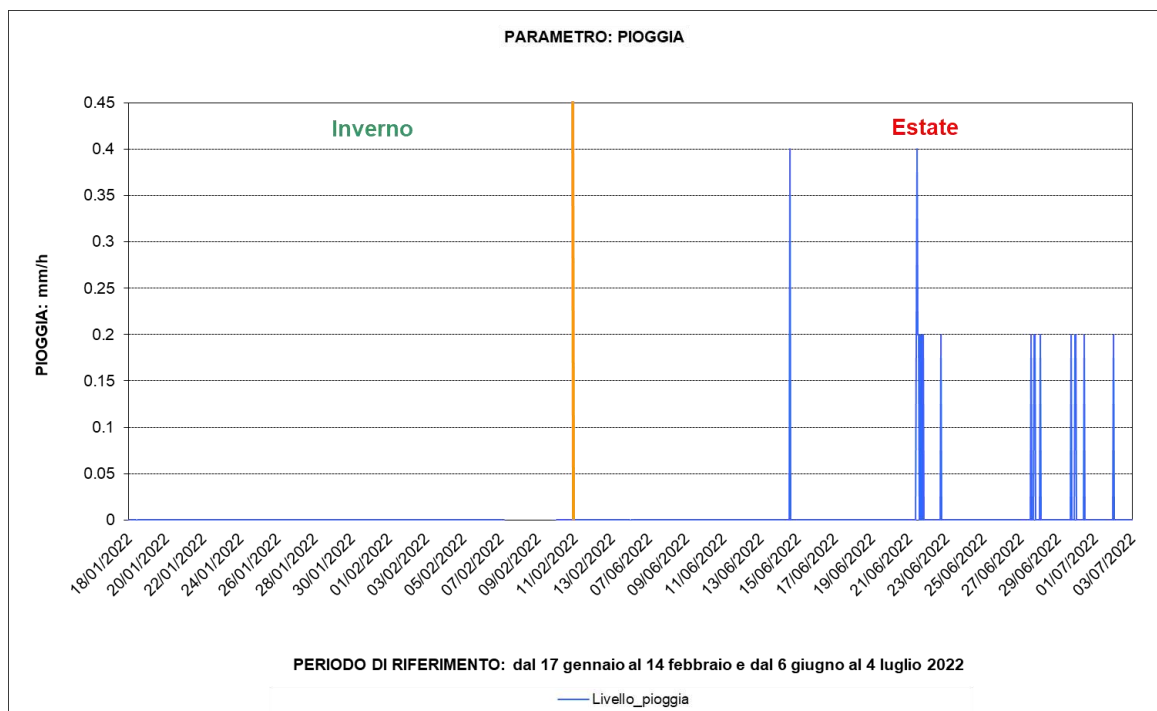


La Figura 17 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni. La prima campagna è stata caratterizzata dall'assenza totale di precipitazioni mentre durante la seconda si sono verificati eventi piovosi di bassa consistenza (Figura 18). Ad eccezione del 28 giugno, quando la copertura nuvolosa si protratta per tutta la giornata determinando un abbassamento della radiazione solare, gli altri eventi sporadici di pioggia verificatisi durante la campagna estiva non hanno inciso in modo significativo sui valori della radiazione solare globale; i valori massimi registrati nel periodo sono variati, a parte poche giornate, tra 700 e 800 W/m<sup>2</sup>. Durante la prima campagna i valori massimi sono variati tra 300 e 400 W/m<sup>2</sup>. La radiazione solare è un parametro significativo nel determinare il grado di stabilità atmosferica; in generale ad elevate intensità della radiazione solare corrisponde un'elevata turbolenza convettiva che favorisce il rimescolamento degli inquinanti; quindi, nel periodo estivo si osservano valori generalmente bassi degli inquinanti primari e di polveri. Essa, tuttavia, favorisce le reazioni chimiche che coinvolgono gli inquinanti presenti in atmosfera e di conseguenza lo sviluppo dell'inquinamento secondario di origine fotochimica, come nel caso dell'ozono, che raggiunge le concentrazioni maggiori proprio durante i mesi di massima radiazione solare.

**Figura 17:** Radiazione Solare Globale e pioggia



**Figura 18:** pioggia



#### 4.4 Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Mompantero

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge di inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

|                                               |                                       |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| NO <sub>2</sub>                               | BIOSSIDO DI AZOTO                     |
| NO                                            | MONOSSIDO DI AZOTO                    |
| O <sub>3</sub>                                | OZONO                                 |
| CO                                            | MONOSSIDO DI CARBONIO                 |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                 | BENZENE                               |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> | TOLUENE                               |
| PM <sub>10</sub>                              | PARTICOLATO SOSPESO PM <sub>10</sub>  |
| PM <sub>2,5</sub>                             | PARTICOLATO SOSPESO PM <sub>2,5</sub> |

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo: <http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/datiarea2.htm> a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

##### 4.4.1 Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti.

Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso quest'Agenzia e può essere inviata su richiesta specifica.

##### Giorno medio

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è stato calcolato il giorno medio che si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio, il valore dell'ora 1:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

In questo modo è possibile non solo evidenziare in quali ore generalmente si verifichi un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti, ma anche fornire informazioni sulla persistenza degli stessi durante la giornata.

#### 4.4.2 Ossidi di Azoto

Gli ossidi di azoto vengono generati da tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile usato.

##### Monossido d'azoto

Benché la normativa non preveda valori limite di concentrazione nell'aria, il monossido di azoto ( $\text{NO}$ ), viene comunque misurato perché, trasformandosi in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresenta uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

Nel corso della prima campagna di monitoraggio i livelli di  $\text{NO}$  (Tabella 8) hanno registrato un valore massimo orario pari a  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; la media dei valori orari risulta pari a  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

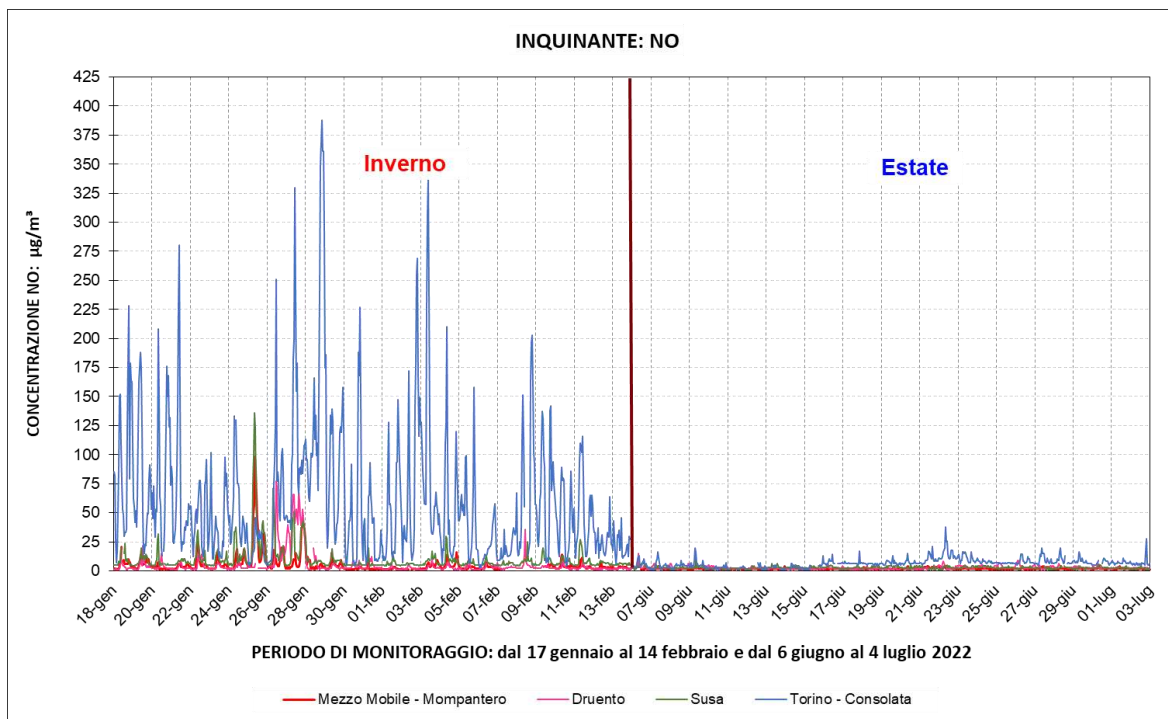
Nella seconda campagna le concentrazioni hanno registrato una media di  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ed un valore massimo orario di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabella 8:** Dati relativi al monossido di azoto ( $\text{NO}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

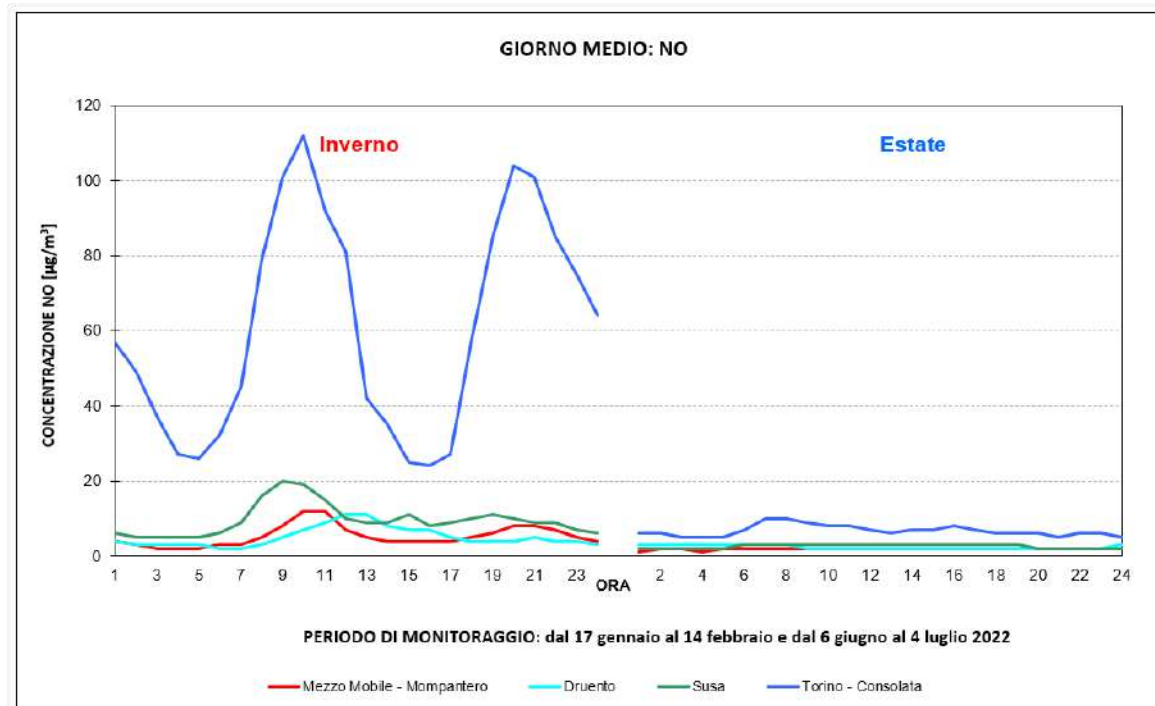
| Monossido di azoto                        | Inverno | Estate |
|-------------------------------------------|---------|--------|
| <u>Minima media giornaliera</u>           | 3       | 1      |
| Massima media giornaliera                 | 9       | 3      |
| <u>Media delle medie giornaliere (b):</u> | 4       | 2      |
| Giorni validi                             | 26      | 27     |
| <u>Percentuale giorni validi</u>          | 96%     | 100%   |
| Media dei valori orari                    | 4       | 2      |
| <u>Massima media oraria</u>               | 46      | 5      |
| Ore valide                                | 627     | 646    |
| <u>Percentuale ore valide</u>             | 97%     | 100%   |

Per quanto riguarda il confronto con altre stazioni della rete della CMT (Figure 19 e 20) la campagna svolta ha evidenziato livelli e andamenti molto inferiori di quelli di Torino-Consolata, stazione di traffico urbano, di poco inferiori a quelli di Susa, stazione di fondo extraurbana, e simili a quelli di Druento (fondo rurale).

**Figura 19:** NO - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa



**Figura 20:** NO - giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



### Biossido d'azoto

Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di “smog fotochimico”.

La formazione di NO<sub>2</sub> è piuttosto complessa, infatti oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare, soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo originato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche che hanno luogo in aria ambiente.

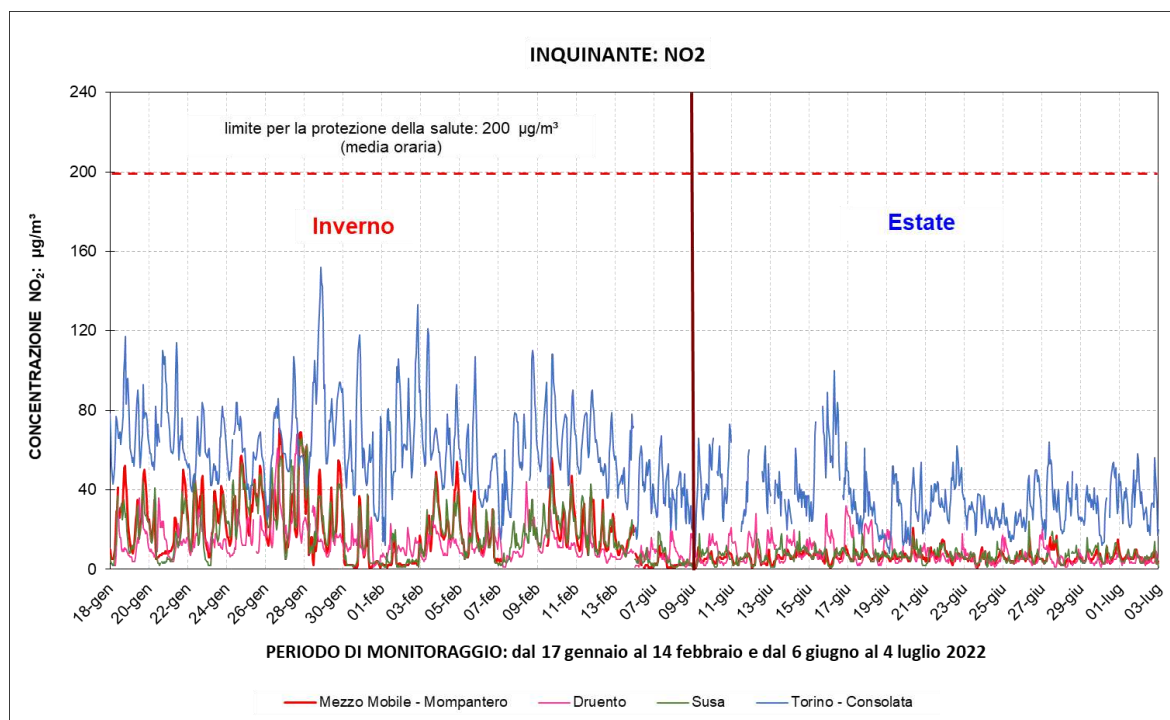
Per quello che riguarda l'NO<sub>2</sub> (Tabella 9), durante le campagne di monitoraggio non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m<sup>3</sup>, essendo la massima media oraria misurata di 71 µg/m<sup>3</sup> (prima campagna) e di 21 µg/m<sup>3</sup> (seconda campagna).

**Tabella 9:** Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/ m<sup>3</sup>)

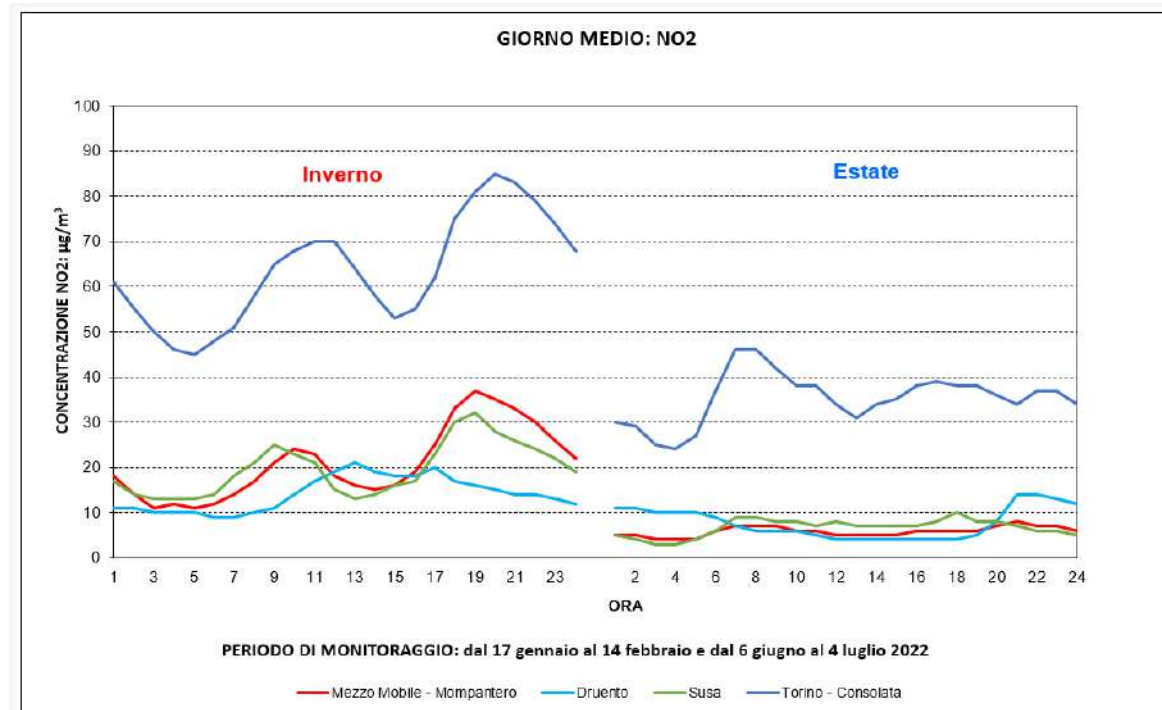
| Biossido di azoto                                                                              | Inverno  | Estate   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| Minima media giornaliera                                                                       | 4        | 3        |
| Massima media giornaliera                                                                      | 35       | 8        |
| Media delle medie giornaliere (b):                                                             | 21       | 6        |
| Giorni validi                                                                                  | 24       | 27       |
| Percentuale giorni validi                                                                      | 89%      | 100%     |
| Media dei valori orari                                                                         | 21       | 6        |
| Massima media oraria                                                                           | 71       | 21       |
| Ore valide                                                                                     | 589      | 646      |
| Percentuale ore valide                                                                         | 91%      | 100%     |
| <u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>                      | <b>0</b> | <b>0</b> |
| <u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u> | <b>0</b> | <b>0</b> |
| <u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>                                             | <b>0</b> | <b>0</b> |
| <u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>                        | <b>0</b> | <b>0</b> |

La Figura 21 e la Figura 22 permettono di confrontare i dati delle campagne condotte con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio: dal confronto emerge che durante la prima campagna sia le medie orarie che il giorno medio di Mompantero presentano concentrazioni molto simili a quelle di Susa, cabina classificata di fondo suburbano, più alte di Druento, cabina di fondo rurale, e più basse di Torino-Consolata, stazione di traffico urbano; nella seconda campagna le concentrazioni risultano di poco inferiori a quelle di Susa e più basse delle stazioni altre stazioni di confronto. In particolare, il profilo del giorno medio del periodo invernale, che presenta le concentrazioni più elevate nel corso dell'anno, mostra nel confronto con la cabina di Susa valori mediamente di poco inferiori fino alle 9; dalle 9 alle 17 il profilo è quasi sovrapposto, mentre nelle ore serali le concentrazioni risultano di poco superiori.

**Figura 21:**  $\text{NO}_2$  - confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Druento, Susa e Torino-Consolata



**Figura 22:**  $\text{NO}_2$  - andamento del giorno medio



Nella Figura 23 e nella Figura 24 vengono rappresentati, come ulteriore strumento di confronto, i box plot delle concentrazioni orarie registrate con il laboratorio mobile e quelle misurate dalle stazioni fisse del territorio della Città Metropolitana di Torino che nel medesimo periodo delle campagne di monitoraggio hanno raggiunto il 90% di dati validi.

Il box plot sintetizza la posizione di tutti i dati orari ottenuti: il rettangolo (la "scatola") è delimitato dal 25° e dal 75° percentile<sup>1</sup> e diviso al suo interno dalla mediana, che evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica, media e mediana coincidono). I segmenti che escono dalla scatola (i "baffi") delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) ed esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati degli inquinanti.

Nella Tabella 10 e nella Tabella 11 sono riportate le concentrazioni medie, mediane e massime registrate durante le due campagne di monitoraggio presso il sito di Mompantero e le stazioni di confronto rappresentate nei box plot. Le tabelle riportano inoltre la tipologia delle stazioni secondo quanto stabilito dal D.Lgs. 155/2010.

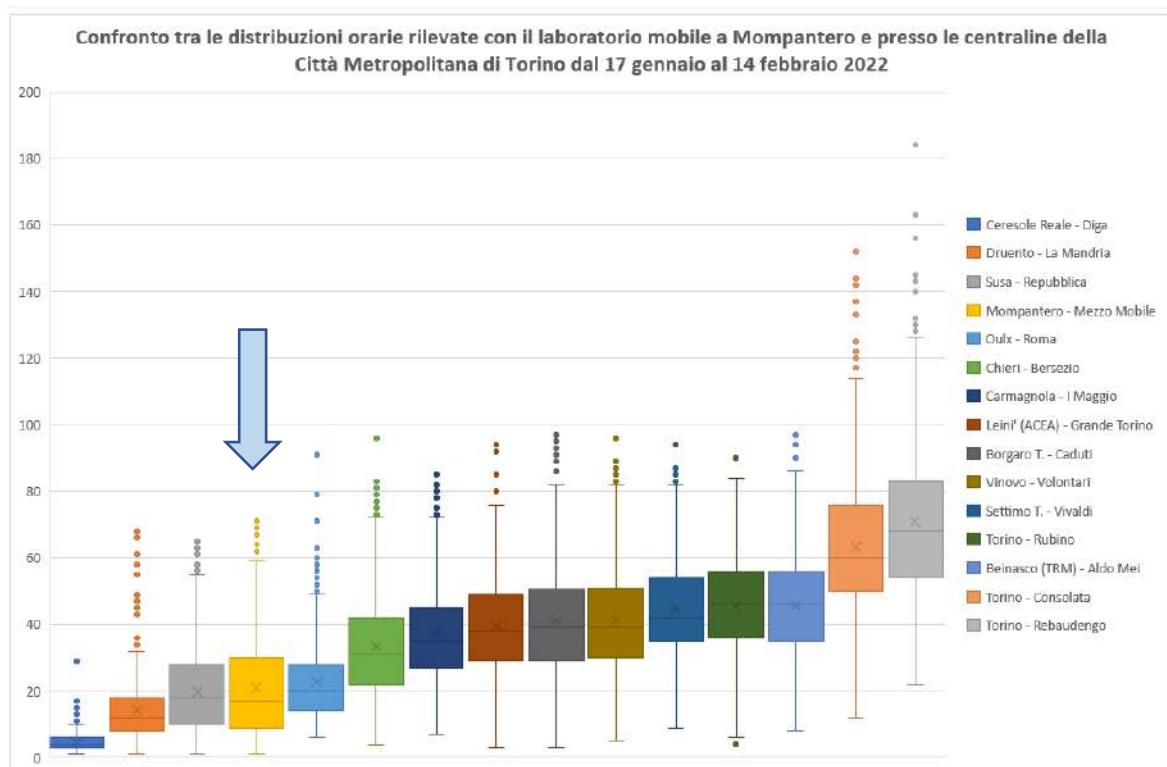
I box plot e gli indicatori relativi ai dati del laboratorio mobile mostrano nella prima campagna una situazione compresa tra la stazione di fondo suburbano di Susa e quella di traffico suburbano di Oulx con concentrazioni superiori a quelle di Ceresole e Druento, di poco superiori alla stazione di Susa ed inferiori a quelle delle altre stazioni. Nella seconda campagna le concentrazioni risultano superiori solo a Ceresole ed inferiori a tutte le altre.

**Tabella 10:** confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime rilevate a Mompantero con il laboratorio mobile e presso le stazioni della rete della Città Metropolitana durante la 1<sup>a</sup> campagna (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FR= fondo-rurale; FS= fondo-suburbano; FU= fondo-urbano; TS= traffico-suburbano; TU= traffico-urbano)

|                                  | Media | Mediana | Massimo |
|----------------------------------|-------|---------|---------|
| Ceresole Reale (FR)              | 5     | 4       | 29      |
| Druento (FR)                     | 14    | 12      | 68      |
| Susa (FS)                        | 20    | 18      | 66      |
| <b>Mompantero - Mezzo Mobile</b> | 21    | 17      | 71      |
| Oulx (TS)                        | 23    | 20      | 91      |
| Chieri (FS)                      | 33    | 31      | 96      |
| Carmagnola (TU)                  | 38    | 35      | 85      |
| Leini (FS)                       | 40    | 38      | 94      |
| Borgaro T. (FS)                  | 41    | 39      | 97      |
| Vinovo (FS)                      | 41    | 39      | 96      |
| Settimo T. (TU)                  | 45    | 42      | 94      |
| Torino – Rubino (FU)             | 45    | 46      | 90      |
| Beinasco (TRM) (FS)              | 46    | 46      | 97      |
| Torino – Consolata (TU)          | 63    | 60      | 152     |
| Torino – Rebaudengo (TU)         | 71    | 68      | 184     |

<sup>1</sup> Percentile di ordine k ( $P_k$ ) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a  $P_k$  siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.

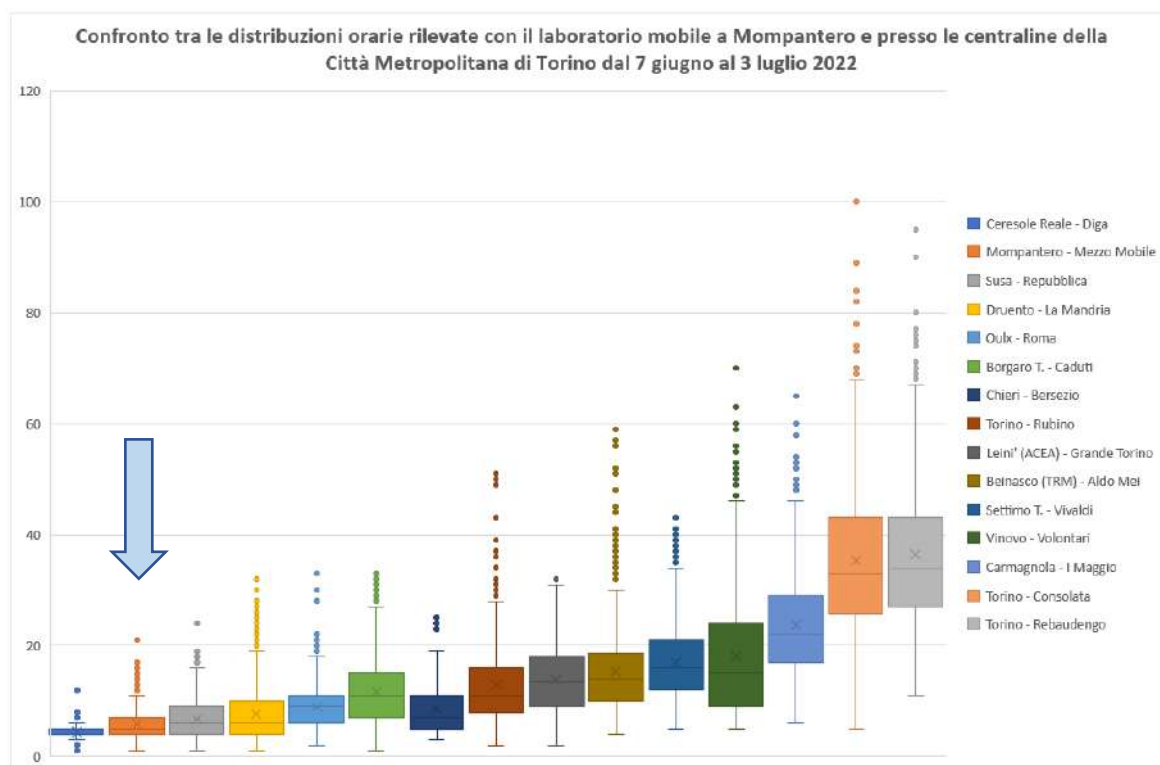
**Figura 23:** box plot dati orari NO<sub>2</sub> - 1<sup>a</sup> campagna



**Tabella 11:** confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime rilevate a Mompantero con il laboratorio mobile e presso le stazioni della rete della Città Metropolitana durante la 2<sup>a</sup> campagna (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FR= fondo-rurale; FS= fondo-suburbano; FU= fondo-urbano; TS= traffico-suburbano; TU= traffico-urbano)

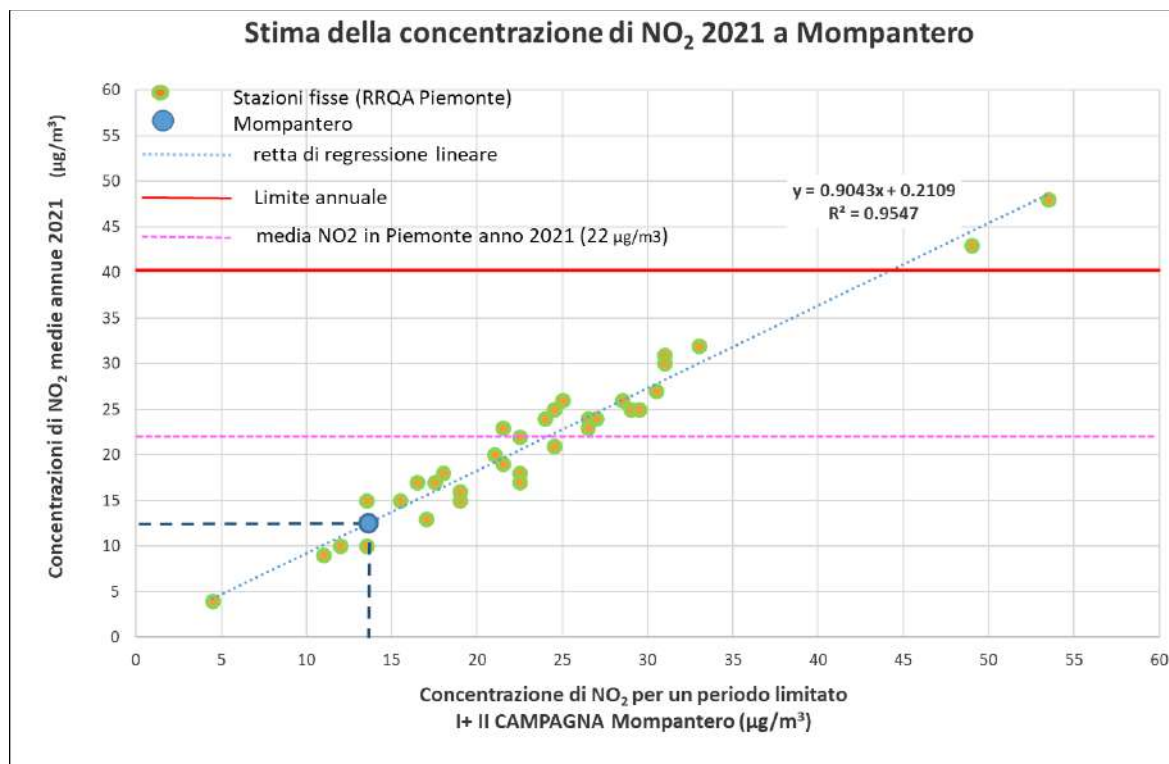
|                                  | Media | Mediana | Massimo |
|----------------------------------|-------|---------|---------|
| Ceresole Reale – Diga (FR)       | 4     | 4       | 12      |
| <b>Mompantero - Mezzo Mobile</b> | 6     | 5       | 21      |
| Susa – Repubblica (FS)           | 7     | 6       | 24      |
| Druento (FR)                     | 8     | 6       | 32      |
| Oulx – Roma (TS)                 | 9     | 9       | 33      |
| Borgaro T. – Caduti (FS)         | 12    | 11      | 33      |
| Chieri (FS)                      | 12    | 10      | 49      |
| Torino – Rubino (FU)             | 13    | 11      | 51      |
| Leini <sup>2</sup> (FS)          | 14    | 13.5    | 32      |
| Beinasco (TRM) (FS)              | 15    | 14      | 59      |
| Settimo T. – Vivaldi (TU)        | 17    | 16      | 43      |
| Vinovo – Volontari (FS)          | 18    | 15      | 70      |
| Carmagnola (TU)                  | 24    | 22      | 65      |
| Torino – Consolata (TU)          | 35    | 33      | 100     |
| Torino – Rebaudengo (TU)         | 36    | 34      | 95      |

**Figura 24:** box plot dati orari  $\text{NO}_2$  - 2<sup>a</sup> campagna



Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale facendo riferimento alle centraline della rete fissa. Sono state prese in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte che nel corso del 2021 e durante i periodi delle due campagne hanno raggiunto il 90% dei dati validi. Rapportando per 34 siti della RRQA il valore della concentrazione media del 2021 di  $\text{NO}_2$ , alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Mompantero, è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 25. Il coefficiente di determinazione  $R^2$  trovato - pari a 0.95 - evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. Con questo metodo è stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Mompantero, riferita al 2021, di  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore al limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tale elaborazione risulta di poco superiore rispetto alla valutazione modellistica annuale, che per il 2020 stima per il territorio del comune di Mompantero una media annuale compresa tra 0 e  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figura 9). Va precisato che il 2020 è stato maggiormente condizionato dall'emergenza sanitaria che ha determinato periodi di riduzione delle attività antropiche, con conseguente diminuzione significativa del traffico veicolare ed altre fonti di inquinamento atmosferico.

**Figura 25:** NO<sub>2</sub> - stima della concentrazione annuale a Mompantero



Nelle figure che seguono (Figure 26 e 29) sono state rappresentate graficamente le elaborazioni della direzione e velocità del vento del sito di Mompantero durante le rispettive campagne di monitoraggio; successivamente questi parametri sono stati messi in correlazione con le concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> misurate (Figure 28 e 31).

Come già evidenziato nel capitolo dedicato ai parametri meteorologici (cfr. pagg 16 e 17 e Figure 10÷13), dalla rosa dei venti ottenuta<sup>2</sup> (Figura 26 e Figura 29) emerge che il vento proviene dai quadranti Est-SudEst, Ovest e Ovest-NordOvest nella stessa direzione della val Cenischia; separando le ore notturne dalle diurne (Figure 27 e 30) si evince il regime di brezza che caratterizza l'anemologia della valle, con venti provenienti prevalentemente da Ovest e Ovest-NordOvest nelle ore notturne (brezza di monte) e nelle ore diurne (brezza di valle) da Est-SudEst, Ovest-NordOvest e Ovest.

Le Figure 28 e 31 evidenziano l'analisi delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento. Nei grafici le concentrazioni di questo inquinante sono state rappresentate in coordinate polari dove ogni punto è identificato da un angolo che rappresenta la direzione di provenienza del vento, da una distanza dal centro che indica la velocità del vento e da un colore che individua la concentrazione media di NO<sub>2</sub> corrispondente a quei valori di direzione e velocità del vento.

Dai grafici si evince che le concentrazioni più elevate si sono verificate in corrispondenza di vento proveniente da Est-SudEst e Ovest-NordOvest e con bassa velocità (0.5-1.5 m/s). La bassa velocità, correlabile con la vicinanza della fonte emissiva, e la direzione di provenienza del vento rendono plausibile correlare un contributo significativo di questo inquinante nel sito di Mompantero ad una fonte dal carattere diffuso: nel caso in questione la fonte più importante è l'autostrada. Dalla scala dei colori che rappresentano la concentrazione media di NO<sub>2</sub> emerge in modo evidente come le

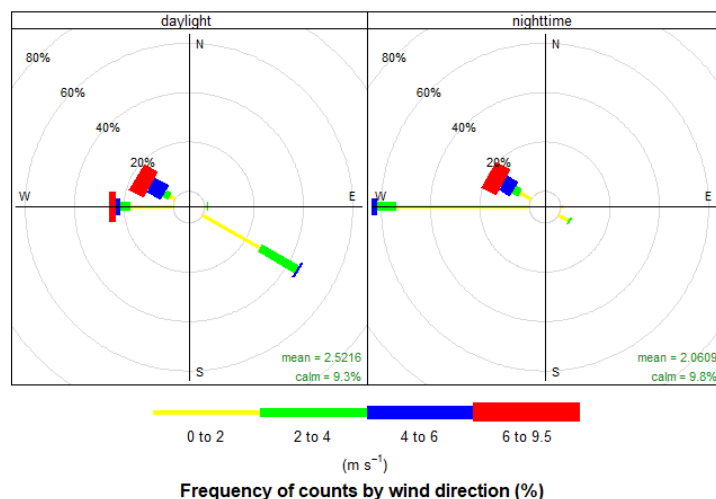
<sup>2</sup> La rosa dei venti rappresenta la percentuale di tempo in cui il vento soffia da un certo angolo e con una data velocità. La velocità è raffigurata dalle differenti larghezze e colore delle palette, secondo la scala indicata sotto la figura. I cerchi grigi indicano le frequenze in percentuale.

concentrazioni della seconda campagna siano molto più basse rispetto alla prima, come caratteristico del periodo estivo.

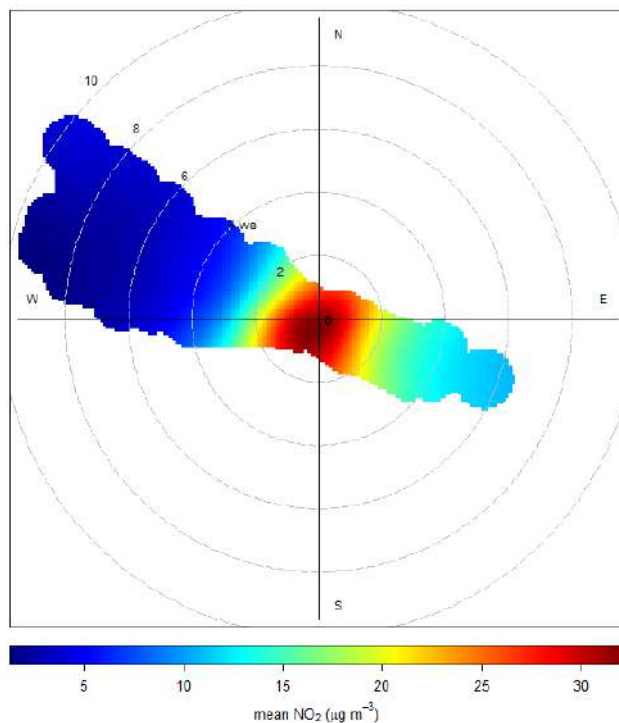
**Figura 26:** Rosa dei venti con le frequenze di velocità e direzione di provenienza del vento registrate dal laboratorio mobile nel sito di Mompantero durante la prima campagna. Nella figura di destra la rosa dei venti è rappresentata nel punto di misura sull'ortofoto della zona.



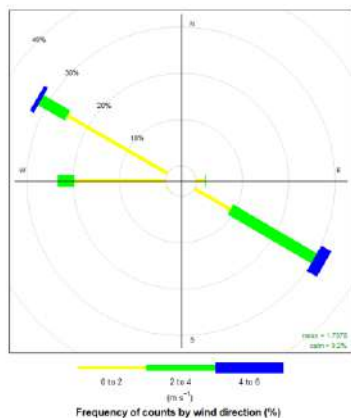
**Figura 27:** Rosa dei venti suddivisa tra ore diurne e ore notturne – prima campagna



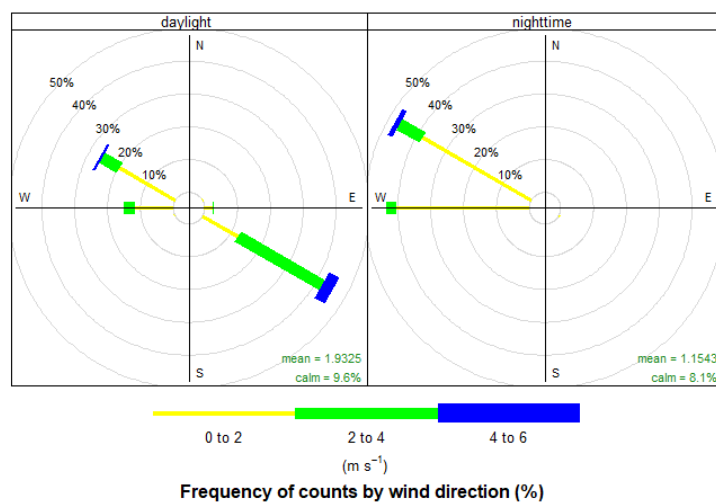
**Figura 28:** Rosa NO<sub>2</sub> - concentrazioni medie in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità – prima campagna



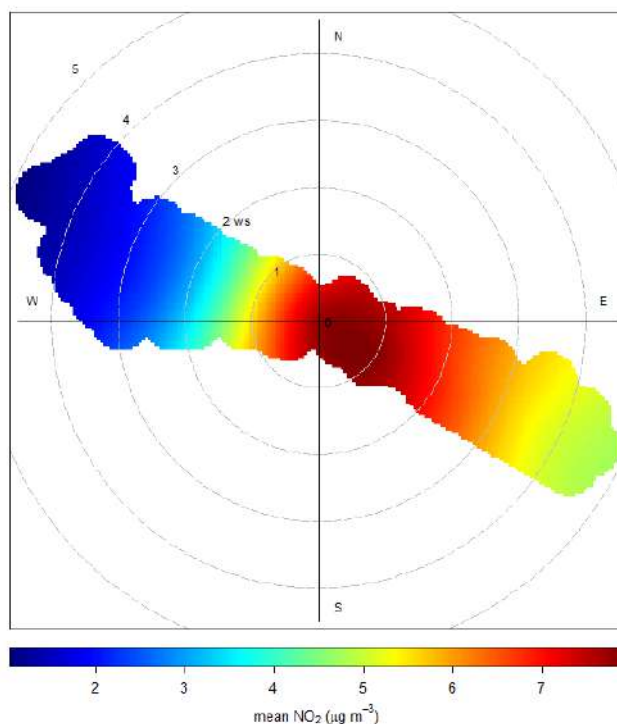
**Figura 29:** Rosa dei venti con le frequenze di velocità e direzione di provenienza del vento registrate dal laboratorio mobile nel sito di Mompantero durante la seconda campagna. Nella figura di destra la rosa dei venti è rappresentata nel punto di misura sull'ortofoto della zona.



**Figura 30:** Rosa dei venti suddivisa tra ore diurne e ore notturne – seconda campagna



**Figura 31:** Rosa NO<sub>2</sub> - concentrazioni medie in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità – seconda campagna



#### 4.4.3 Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ); infatti, si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossi-emoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

Nell'ultimo trentennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori registrati attualmente rispettano ampiamente i limiti normativi.

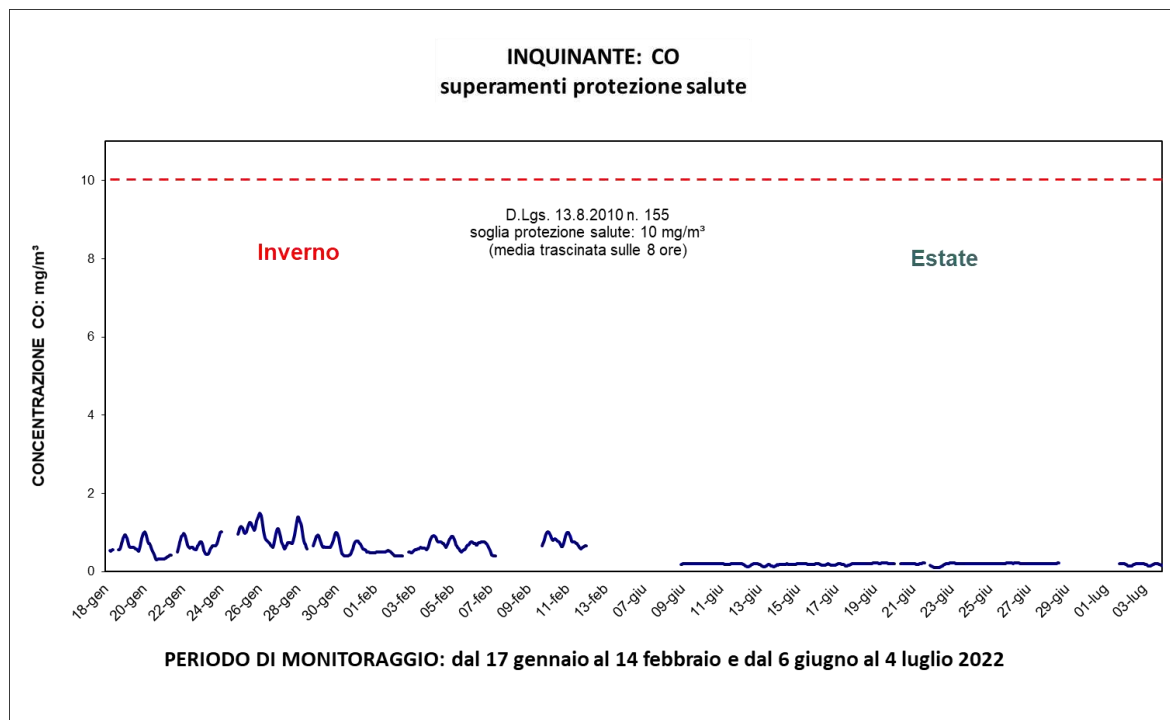
I dati misurati durante le due campagne di Mompantero (Tabella 12) confermano tale andamento osservato su scala regionale.

**Tabella 12:** dati relativi al monossido di carbonio (CO) ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

| Monossido di carbonio ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )                                                              | Inverno | Estate |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|
| Minima media giornaliera                                                                                      | 0.5     | 0.2    |
| Massima media giornaliera                                                                                     | 1.2     | 0.2    |
| Media delle medie giornaliere (b):                                                                            | 0.7     | 0.2    |
| Giorni validi                                                                                                 | 24      | 26     |
| Percentuale giorni validi                                                                                     | 89%     | 96%    |
| Media dei valori orari                                                                                        | 0.7     | 0.2    |
| Massima media oraria                                                                                          | 1.8     | 0.3    |
| Ore valide                                                                                                    | 589     | 637    |
| Percentuale ore valide                                                                                        | 91%     | 98%    |
| Minimo medie 8 ore                                                                                            | 0.3     | 0.1    |
| Media delle medie 8 ore                                                                                       | 0.7     | 0.2    |
| Massimo medie 8 ore                                                                                           | 1.5     | 0.2    |
| Percentuale medie 8 ore valide                                                                                | 90%     | 98%    |
| Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)                                     | 0       | 0      |
| Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10) | 0       | 0      |

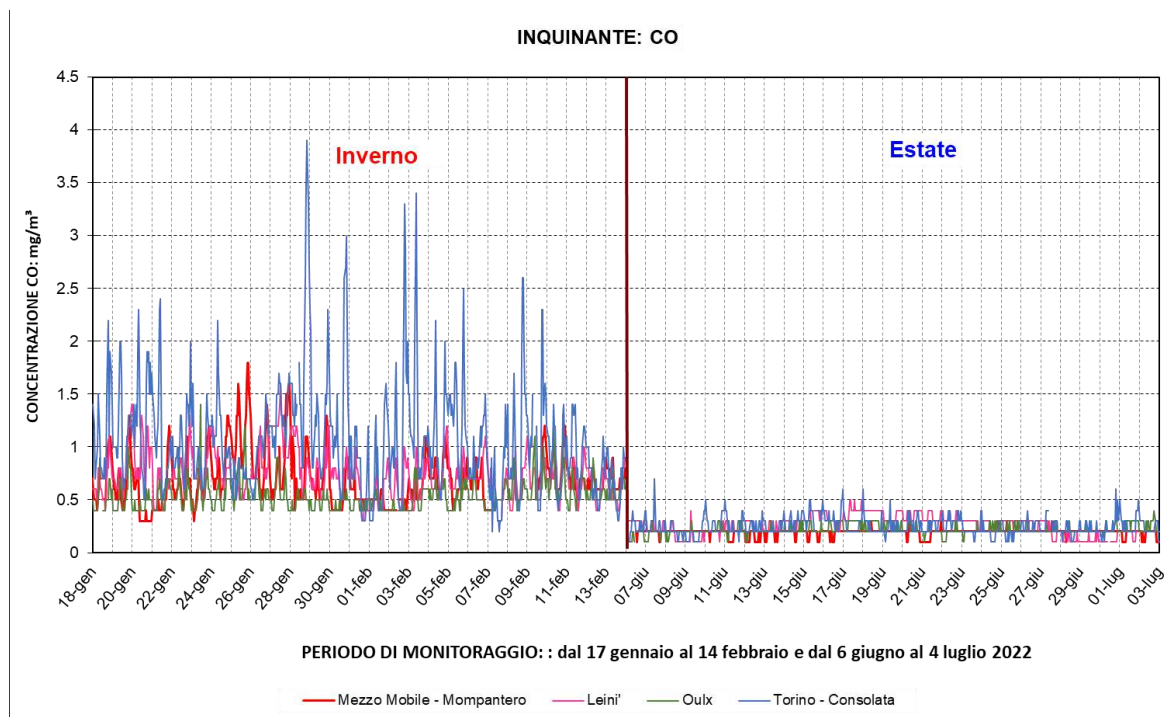
La normativa prevede un limite di  $10 \text{ mg/m}^3$ , calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a  $1.5 \text{ mg/m}^3$  per la prima campagna e  $0.2 \text{ mg/m}^3$  per la seconda (Figura 32); questo limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è stato di 1.8 e  $0.3 \text{ mg/m}^3$  nelle rispettive campagne).

**Figura 32:** CO - confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

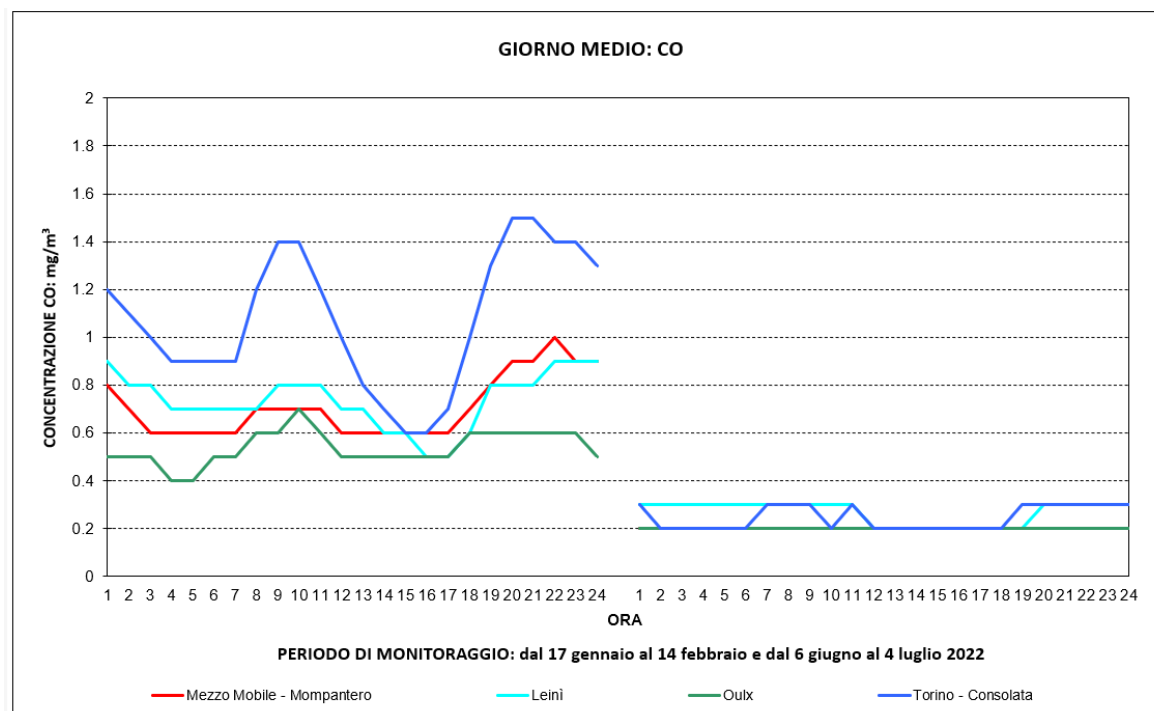


La Figura 34 mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete della Città Metropolitana (Figura 33 e Figura 34) indica concentrazioni superiori a quelle di Oulx (traffico suburbano) ed inferiori a quelle di Leinì, stazione di fondo suburbano, e Torino-Consolata (traffico urbano).

**Figura 33:** CO - andamento medie orarie



**Figura 34:** CO - andamento del giorno medio



#### 4.4.4 Benzene e Toluene

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1° luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) consigliano un valore guida di  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media settimanale.

Durante le campagne di monitoraggio nel Comune di Mompantero per il benzene sono state determinate le concentrazioni medie pari a  $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (inverno) e  $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (estate), mentre le punte massime sono state rispettivamente di 8.7 e  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , come riportato in Tabella 13.

Per il toluene la concentrazione media è risultata essere di 1.6 e  $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante le due rispettive campagne (Tabella 14), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

**Tabella 13:** Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

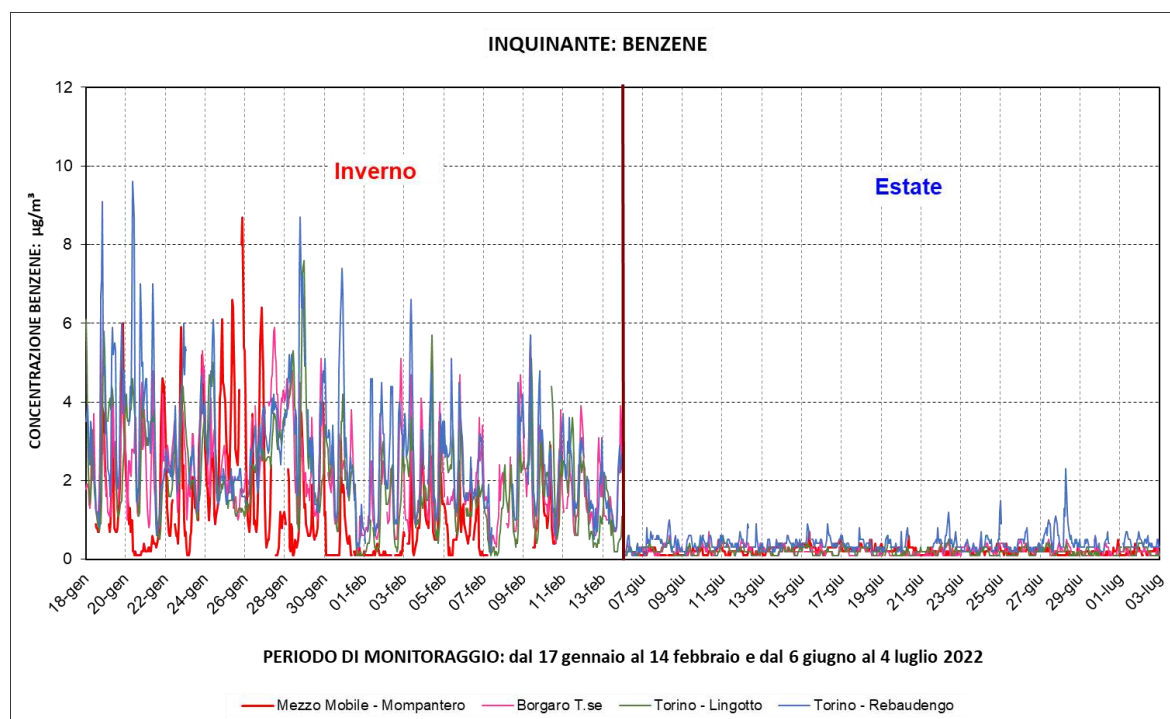
| BENZENE                       | Inverno | Estate |
|-------------------------------|---------|--------|
| Minima media giornaliera      | 0.1     | 0.1    |
| Massima media giornaliera     | 4.3     | 0.3    |
| Media delle medie giornaliere | 1.4     | 0.2    |
| Giorni validi                 | 20      | 26     |
| Percentuale giorni validi     | 74%     | 96%    |
| Media dei valori orari        | 1.4     | 0.2    |
| Massima media oraria          | 8.7     | 0.7    |
| Ore valide                    | 487     | 617    |
| Percentuale ore valide        | 75%     | 95%    |

**Tabella 14:** Dati relativi al toluene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

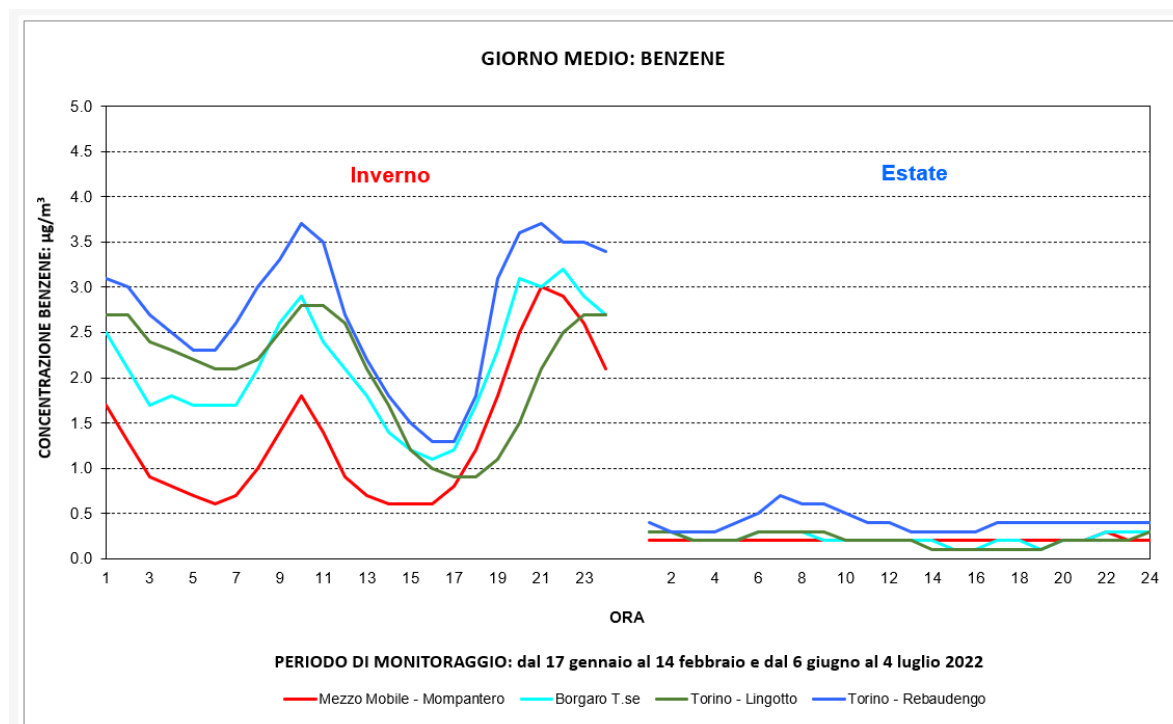
| TOLUENE                       | Inverno | Estate |
|-------------------------------|---------|--------|
| Minima media giornaliera      | 0.1     | 0.3    |
| Massima media giornaliera     | 5.2     | 3.5    |
| Media delle medie giornaliere | 1.5     | 1.3    |
| Giorni validi                 | 19      | 26     |
| Percentuale giorni validi     | 70%     | 96%    |
| Media dei valori orari        | 1.6     | 1.3    |
| Massima media oraria          | 13.2    | 20.4   |
| Ore valide                    | 459     | 617    |
| Percentuale ore valide        | 71%     | 95%    |

Dalla Figura 35 e dalla Figura 36 si osserva che le concentrazioni orarie del benzene presso il sito monitorato risultano mediamente inferiori rispetto a quelle di Borgaro (stazione di fondo suburbano), Torino – Lingotto, stazione di fondo urbano, e di Torino – Rebaudengo, stazione di traffico urbano. A questa tendenza generale fanno eccezione le ore del tardo pomeriggio fino alle 22 della prima campagna quando i valori medi risultano superiori a quelli di Torino – Lingotto.

**Figura 35:** Benzene - andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro, Torino – Lingotto e Torino – Rebaudengo

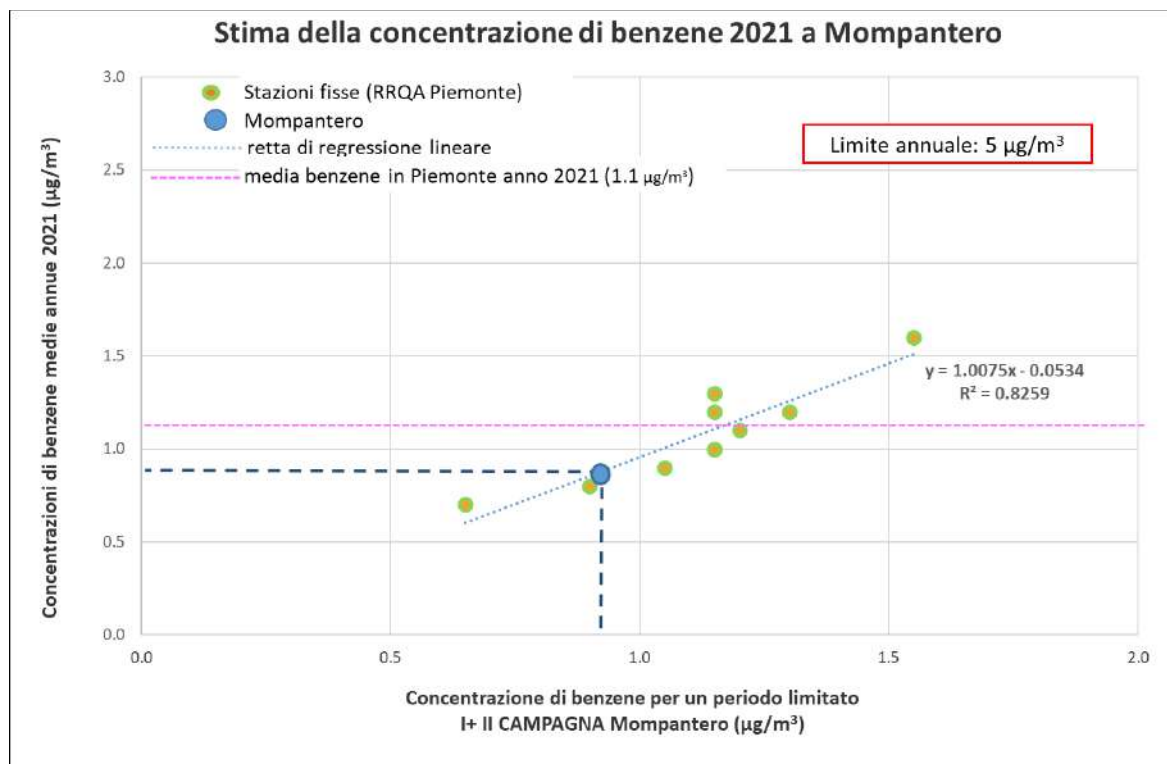


**Figura 36:** Benzene - giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro, Torino – Lingotto e Torino – Rebaudengo – Rebaudengo



La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale facendo riferimento alle centraline della rete fissa. Utilizzando la stessa metodologia descritta per la stima della media annuale del biossido di azoto, sono state prese in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte che nel corso del 2021 e durante i periodi delle due campagne hanno raggiunto il 90% dei dati validi. Rapportando per 10 siti della RRQA il valore della concentrazione media del 2021 di benzene, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Mompantero, è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 37. Applicando tale procedimento, la media annuale stimata per Mompantero è pari a  $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore inferiore al limite.

**Figura 37:** Benzene - stima della concentrazione annuale a Mompantero



#### 4.4.5 Particolato Sospeso ( $\text{PM}_{10}$ ) e ( $\text{PM}_{2.5}$ )

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Il particolato è costituito anche da una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di complessi fenomeni chimico-fisici a carico di precursori originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti, le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazione di polveri nell'aria e le manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma a partire dal D.M. 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato  $\text{PM}_{10}$ , cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a  $10 \mu\text{m}$ , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso.

Inoltre il D.Lgs. 155/2010 ha introdotto, come descritto nel capitolo relativo alla normativa, un valore limite e un valore obiettivo annuale anche per il  $\text{PM}_{2.5}$  (particolato con diametro aerodinamico inferiore ai  $2.5 \mu\text{m}$ ).

## PM<sub>10</sub>

Nel monitoraggio eseguito nel comune di Mompantero tra gennaio e febbraio 2022 si sono registrati per il particolato PM<sub>10</sub> 2 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>, mentre nel periodo estivo non si sono verificati superamenti di tale limite, come indicato in Tabella 15.

Durante la prima campagna il valore medio del periodo rilevato è stato di 30 µg/m<sup>3</sup>, con un valore massimo giornaliero di 82 µg/m<sup>3</sup> registrato il 25 gennaio.

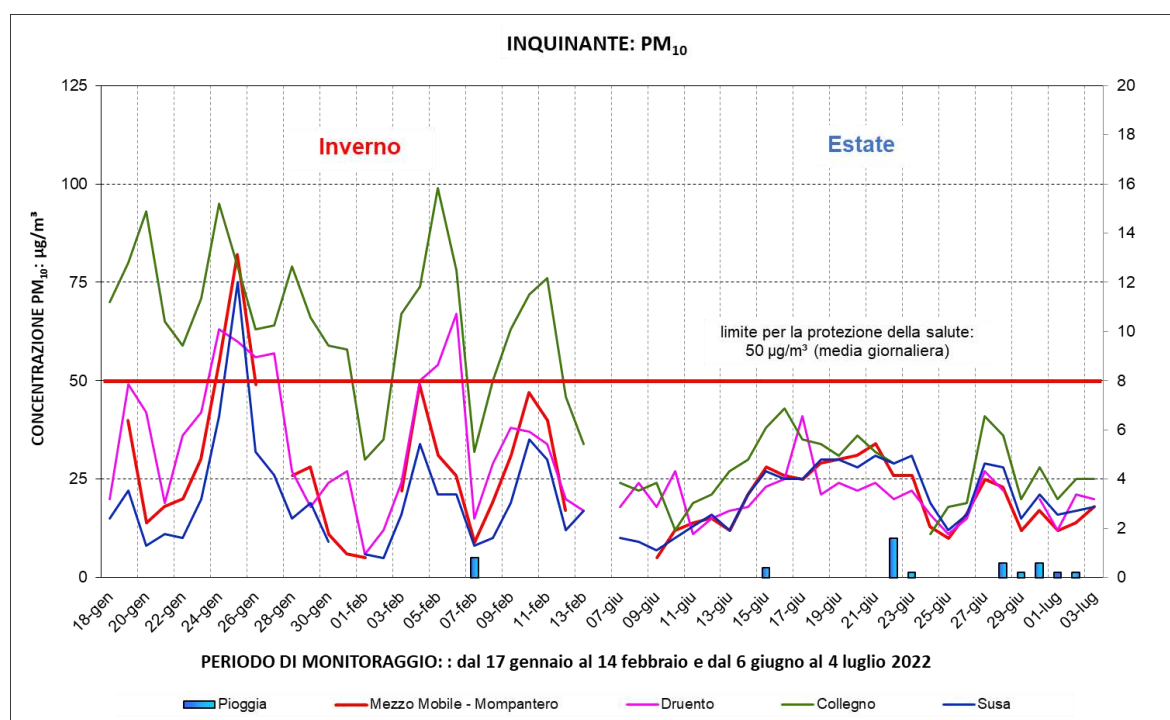
Nel corso della seconda campagna il valore medio è stato di 20 µg/m<sup>3</sup>, con un valore massimo di 34 µg/m<sup>3</sup> registrato il 21 giugno.

**Tabella 15:** Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

| PM10 (µg/m <sup>3</sup> )                                              | Inverno | Estate |
|------------------------------------------------------------------------|---------|--------|
| Minima media giornaliera                                               | 5       | 5      |
| Massima media giornaliera                                              | 82      | 34     |
| Media delle medie giornaliere                                          | 30      | 20     |
| Giorni validi                                                          | 24      | 25     |
| Percentuale giorni validi                                              | 89%     | 93%    |
| Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) | 2       | 0      |

Dal confronto con le concentrazioni di alcune cabine della rete di monitoraggio della CMT, rappresentato nella Figura 38, durante la prima campagna emergono concentrazioni generalmente inferiori a quelle di Collegno (stazione di traffico urbano), di poco inferiori a quelle di Druento (fondo rurale), mentre risultano di poco superiori a quelle di Susa (fondo suburbano); nella seconda campagna si sono registrate rispetto alla prima differenze meno marcate tra le stazioni, trattandosi di un periodo caratterizzato da concentrazioni mediamente inferiori rispetto a quelle del periodo della prima campagna; le concentrazioni sono risultate molto simili a quelle di Susa ed inferiori a quelle di Collegno.

**Figura 38:** Particolato sospeso PM<sub>10</sub> - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

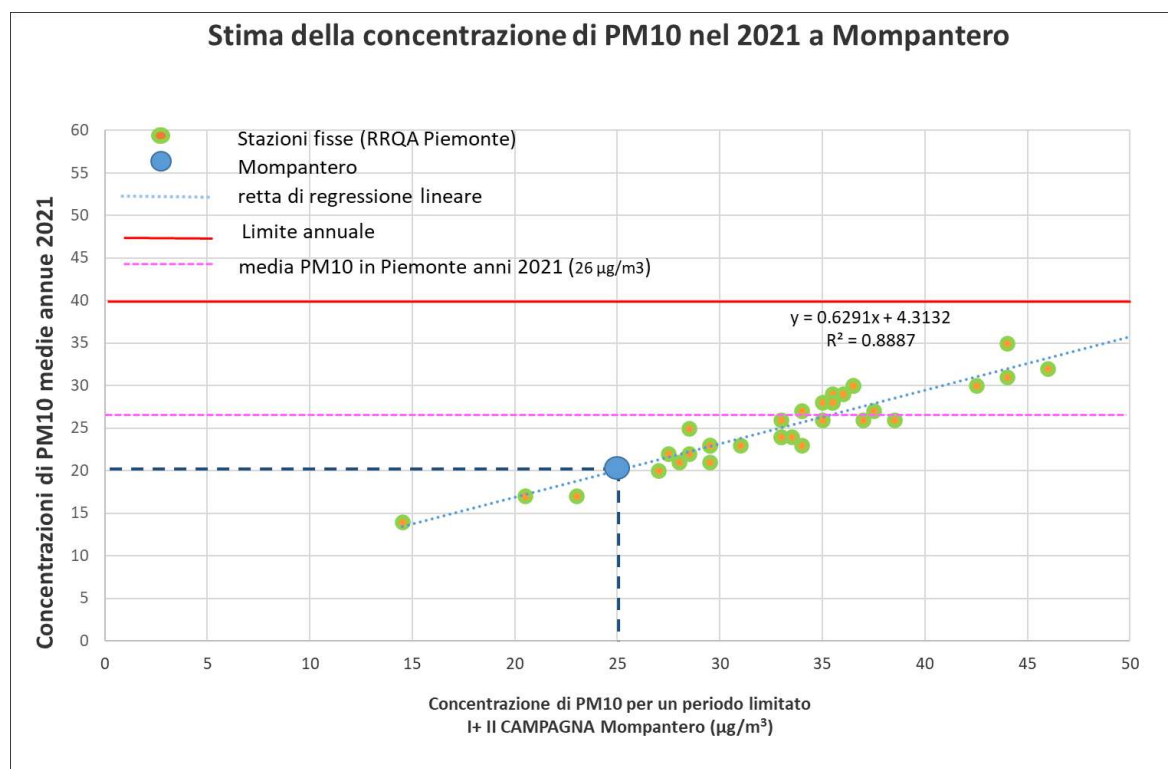


Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM<sub>10</sub> un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m<sup>3</sup>. Anche in questo caso la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia, così come è stato fatto per l'NO<sub>2</sub>, per arrivare a stimare un dato di concentrazione annuale di PM<sub>10</sub> per il sito di Mompantero si può fare riferimento ai dati della rete regionale.

Sono state prese in considerazione le stazioni della RRQA presenti sul territorio regionale e sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM<sub>10</sub>, come media del 2021, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne di misura svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione (Figura 39).

È stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Mompantero, riferita al 2021, pari a 20 µg/m<sup>3</sup>: valore inferiore al limite normativo (40 µg/m<sup>3</sup>). Questo risultato è coerente con quanto emerso nella **valutazione modellistica annuale** (§ 4.2.2) dove la stima della media annuale del PM<sub>10</sub> nel comune di Mompantero durante il 2020 è risultata compresa tra i 10 e 20 µg/m<sup>3</sup>.

**Figura 39:** Particolato sospeso PM<sub>10</sub> - stima della concentrazione annuale a Mompantero



Come già accennato, durante il monitoraggio invernale, vi sono stati 2 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>.

Nella Tabella 16 vengono riportati i dati delle cabine della Città Metropolitana relativi alle medie delle concentrazioni ed al numero di superamenti del predetto limite riferiti ai periodi dei monitoraggi ed al 2021.

Rispetto al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso in oggetto le stazioni più simili come numero di superamenti del livello giornaliero risultano Susa (1 superamento) e Baldissero con 3 superamenti; nel corso del 2021 in queste cabine si sono registrati rispettivamente 5 e 15 superamenti, al di sotto del limite di 35 stabilito dalla legge. Anche la stima della concentrazione annuale di Mompantero (20 µg/m<sup>3</sup>) risulta uguale a quella di Baldissero per il 2021. È dunque presumibile che, se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno, anche nel sito di Mompantero non ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame. Questa ipotesi è inoltre

confermata dalla stima della media annuale. La correlazione statistica per il PM<sub>10</sub> tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero<sup>3</sup>, infatti, evidenzia che sul territorio piemontese il valore limite giornaliero viene rispettato per valori di media annuale inferiori a 24,7 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabella 16:** PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2021

| Stazione                             | periodo I° campagna                |                                                                        | periodo II° campagna               |                                                                        | periodo I° e II° campagna          |                                                                        | anno 2021                            |                                                                        |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                      | media periodo [µg/m <sup>3</sup> ] | Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) | media periodo [µg/m <sup>3</sup> ] | Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) | media periodo [µg/m <sup>3</sup> ] | Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) | media anno 2021 [µg/m <sup>3</sup> ] | Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50) |
| Ceresole Reale - Diga                | 8                                  | 0                                                                      | 18                                 | 0                                                                      | 13                                 | 0                                                                      | 10                                   | 3                                                                      |
| Oulx - Roma                          | 18                                 | 0                                                                      | 23                                 | 0                                                                      | 21                                 | 0                                                                      | 15                                   | 0                                                                      |
| Susa - Repubblica                    | 21                                 | 1                                                                      | 20                                 | 0                                                                      | 21                                 | 1                                                                      | 17                                   | 5                                                                      |
| Pinerolo - Alpini                    | 35                                 | 6                                                                      | 17                                 | 0                                                                      | 26                                 | 6                                                                      | 17                                   | 10                                                                     |
| Baldissero T. (ACEA) - parco         | 24                                 | 3                                                                      | 15                                 | 0                                                                      | 20                                 | 3                                                                      | 20                                   | 15                                                                     |
| <b>Mompantero - Mezzo Mobile (*)</b> | <b>29</b>                          | <b>2</b>                                                               | <b>20</b>                          | <b>0</b>                                                               | <b>25</b>                          | <b>2</b>                                                               | <b>20</b>                            |                                                                        |
| Druento - La Mandria                 | 35                                 | 6                                                                      | 21                                 | 0                                                                      | 28                                 | 6                                                                      | 21                                   | 7                                                                      |
| Ivrea - Liberazione                  | 49                                 | 13                                                                     | 19                                 | 0                                                                      | 34                                 | 13                                                                     | 23                                   | 33                                                                     |
| Leini' (ACEA) - Grande Torino        | 55                                 | 13                                                                     | 22                                 | 0                                                                      | 39                                 | 13                                                                     | 26                                   | 38                                                                     |
| Torino - Lingotto                    | 49                                 | 11                                                                     | 17                                 | 0                                                                      | 33                                 | 11                                                                     | 26                                   | 40                                                                     |
| Borgaro T. - Caduti                  | 53                                 | 12                                                                     | 26                                 | 0                                                                      | 40                                 | 12                                                                     | 27                                   | 33                                                                     |
| Beinasco (TRM) - Aldo Mei            | 53                                 | 12                                                                     | 22                                 | 0                                                                      | 38                                 | 12                                                                     | 27                                   | 39                                                                     |
| Torino - Consolata                   | 64                                 | 6                                                                      | 24                                 | 0                                                                      | 44                                 | 6                                                                      | 28                                   | 30                                                                     |
| Chieri - Bersezio                    | 51                                 | 10                                                                     | 22                                 | 0                                                                      | 37                                 | 10                                                                     | 28                                   | 40                                                                     |
| Torino - Rubino                      | 61                                 | 20                                                                     | 24                                 | 0                                                                      | 43                                 | 20                                                                     | 30                                   | 57                                                                     |
| Settimo T. - Vivaldi                 | 65                                 | 22                                                                     | 23                                 | 0                                                                      | 44                                 | 22                                                                     | 31                                   | 55                                                                     |
| Collegno - Francia                   | 65                                 | 21                                                                     | 27                                 | 0                                                                      | 46                                 | 21                                                                     | 32                                   | 57                                                                     |
| Carmagnola - I Maggio                | 64                                 | 20                                                                     | 29                                 | 0                                                                      | 47                                 | 20                                                                     | 33                                   | 49                                                                     |
| Torino - Rebaudengo                  | 66                                 | 20                                                                     | 26                                 | 0                                                                      | 46                                 | 20                                                                     | 33                                   | 65                                                                     |
| Torino - Grassi                      | 79                                 | 27                                                                     | 26                                 | 0                                                                      | 53                                 | 27                                                                     | 36                                   | 75                                                                     |

\* = media annuale stimata

### PM<sub>2.5</sub>

Il parametro PM<sub>2.5</sub> segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM<sub>10</sub> (vedi Figura 40).

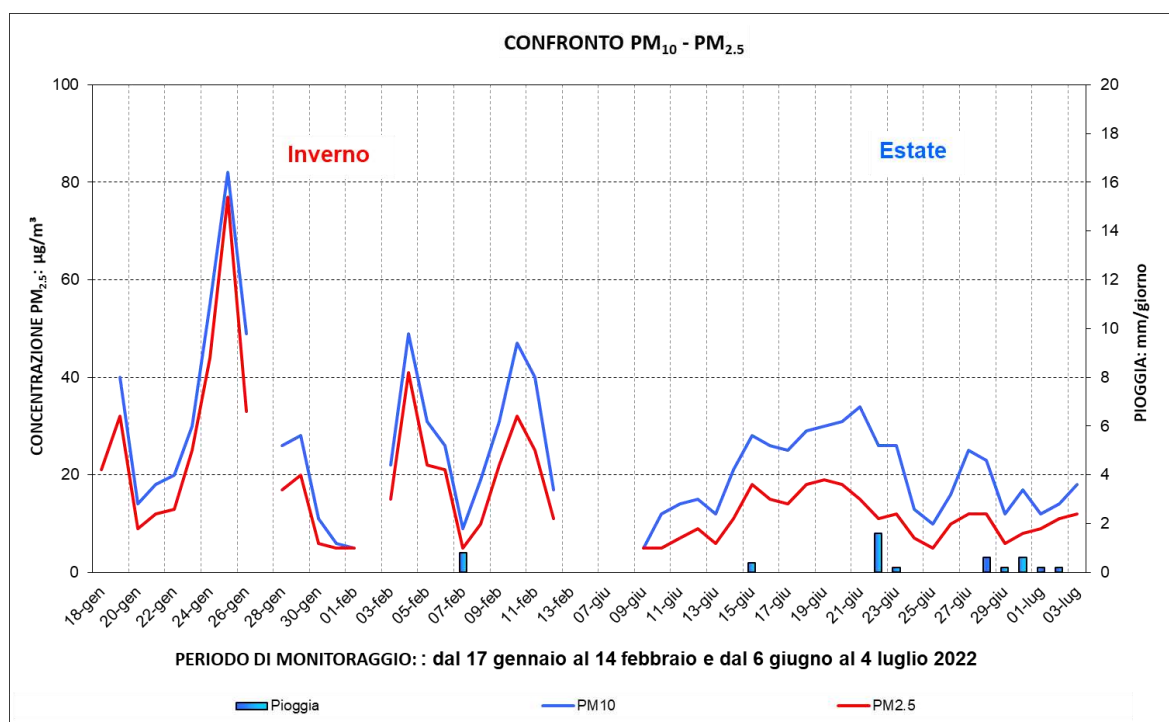
Il valore medio del periodo invernale è stato di 22 µg/m<sup>3</sup>, che corrisponde al 73% della media del PM<sub>10</sub>, una percentuale in linea con il periodo indagato; il valore massimo è stato di 77 µg/m<sup>3</sup>. Durante la seconda campagna, la media registrata è stata di 11 µg/m<sup>3</sup> (55% della media del PM<sub>10</sub>) con un valore massimo di 19 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 17).

<sup>3</sup> Bertello et, al Analisi della correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il PM<sub>10</sub> – La situazione del Piemonte nel quadro europeo – Atti del VII Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico, Roma 2016

**Tabella 17:** Dati relativi al particolato sospeso  $PM_{2.5}$  ( $\mu g/m^3$ )

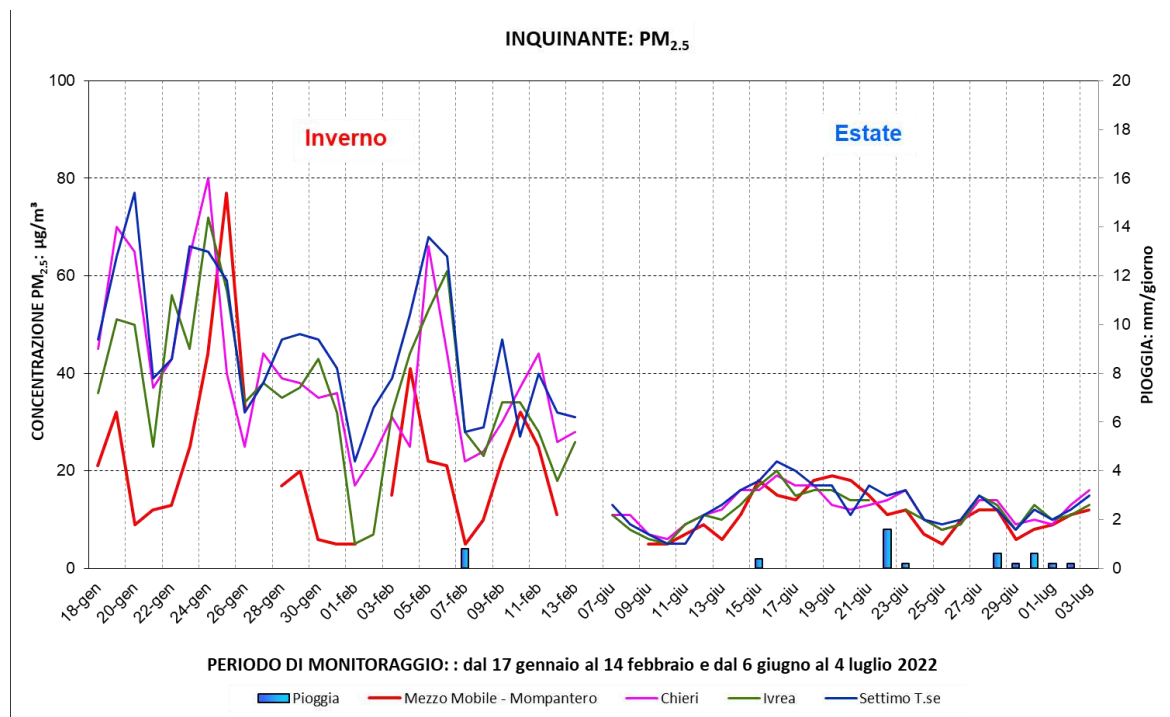
| $PM_{2.5}$ ( $\mu g/m^3$ )    | Inverno | Estate |
|-------------------------------|---------|--------|
| Minima media giornaliera      | 5       | 5      |
| Massima media giornaliera     | 77      | 19     |
| Media delle medie giornaliere | 22      | 11     |
| Giorni validi                 | 24      | 25     |
| Percentuale giorni validi     | 89%     | 93%    |

**Figura 40:** Particolato sospeso  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$ : confronto



Dalla Figura 41 si nota che, in termini relativi, i valori di  $PM_{2.5}$  nel sito di Mompantero sono risultati durante la prima campagna mediamente più bassi, ad eccezione di qualche giornata, rispetto alle stazioni di confronto (Chieri, Ivrea e Settimo T.se). Nella seconda campagna le concentrazioni e gli andamenti hanno registrato differenze meno marcate rispetto alla prima, essendo un periodo di valori bassi dovuti alla maggiore instabilità atmosferica che contribuisce ad una maggiore dispersione degli inquinanti atmosferici ed alla mancanza del contributo del riscaldamento domestico.

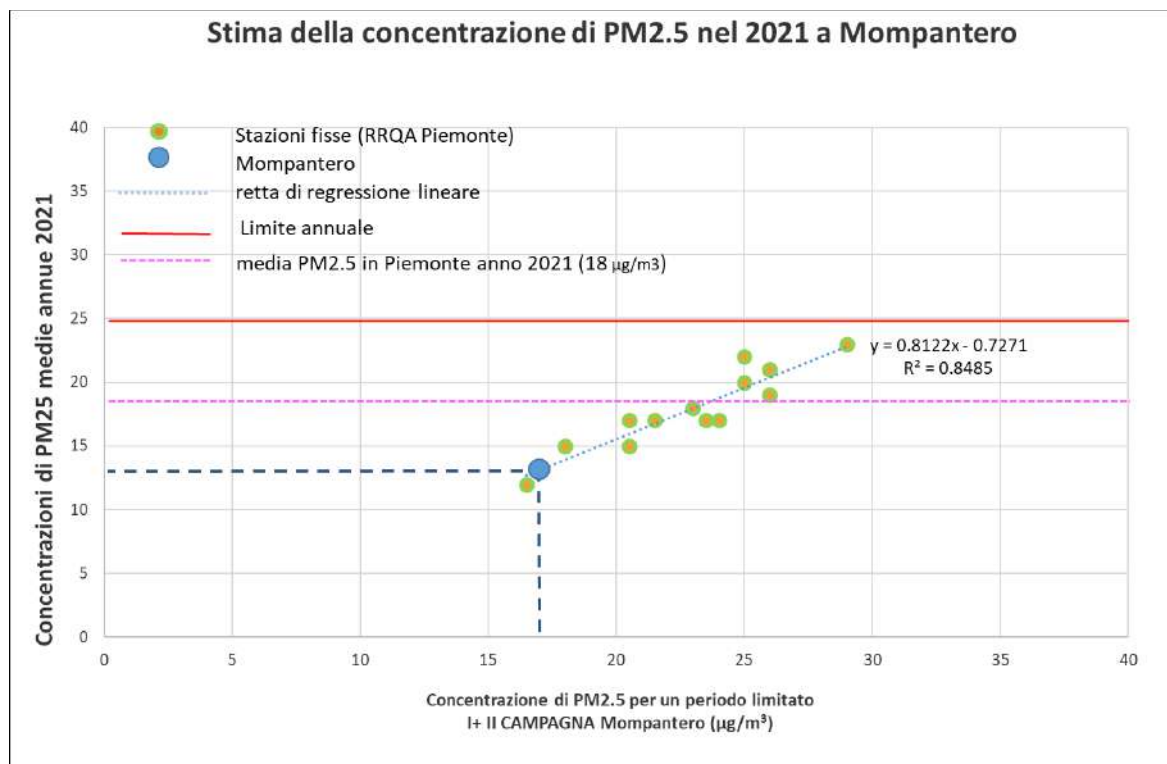
**Figura 41:** Particolato sospeso  $PM_{2.5}$  - confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa



La normativa italiana prevede per il  $PM_{2.5}$  solamente il rispetto di un limite annuale, pari a  $25 \mu g/m^3$ . In termini assoluti la media dei due periodi di monitoraggio, pari a  $17 \mu g/m^3$ , è inferiore al limite annuale che però va calcolato su base annuale. Visto che la durata del monitoraggio a Mompantero è pari a 54 giorni distribuiti nel corso di due stagioni diverse, la media dei valori non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale utilizzando lo stesso metodo impiegato per stimare le medie annuali del biossido di azoto, benzene e  $PM_{10}$ . Applicando tale procedimento la concentrazione media annuale stimata a Mompantero, per il 2021, è pari a  $13 \mu g/m^3$ : valore inferiore al limite normativo ( $25 \mu g/m^3$ ).

**Figura 42:** Particolato sospeso PM<sub>2.5</sub> - stima della concentrazione annuale a Mompantero

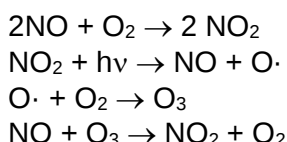


In termini generali per PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>, che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello di territorio metropolitano e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato. Tuttavia, anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

#### 4.4.6 Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e i composti organici volatili (VOC).

In forma semplificata, si possono riassumere nel modo seguente le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante:



L'elevato potere ossidante dell'ozono è in grado di produrre infiammazioni e danni all'apparato respiratorio più o meno gravi, in funzione della concentrazione cui si è esposti, della durata dell'esposizione e della ventilazione polmonare, in particolar modo nei soggetti sensibili (asmatici, bambini, anziani, soggetti aventi patologie respiratorie).

Durante la prima campagna problemi strumentali hanno pregiudicato il corretto monitoraggio di questo inquinante ed i pochi dati disponibili non consentono una valutazione e confronto con altre stazioni e pertanto le considerazioni relative all'ozono sono relative solo alla seconda campagna.

Questo inquinante comunque presenta le maggiori criticità nel periodo caldo dell'anno, quando l'elevata radiazione solare e le alte temperature ne favoriscono la formazione.

Come riassunto nella Tabella 18 nel corso della seconda campagna la media dei valori orari di ozono è stata di  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una massima media oraria di  $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; si sono registrati 3 superamenti su base oraria del livello di informazione pari a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

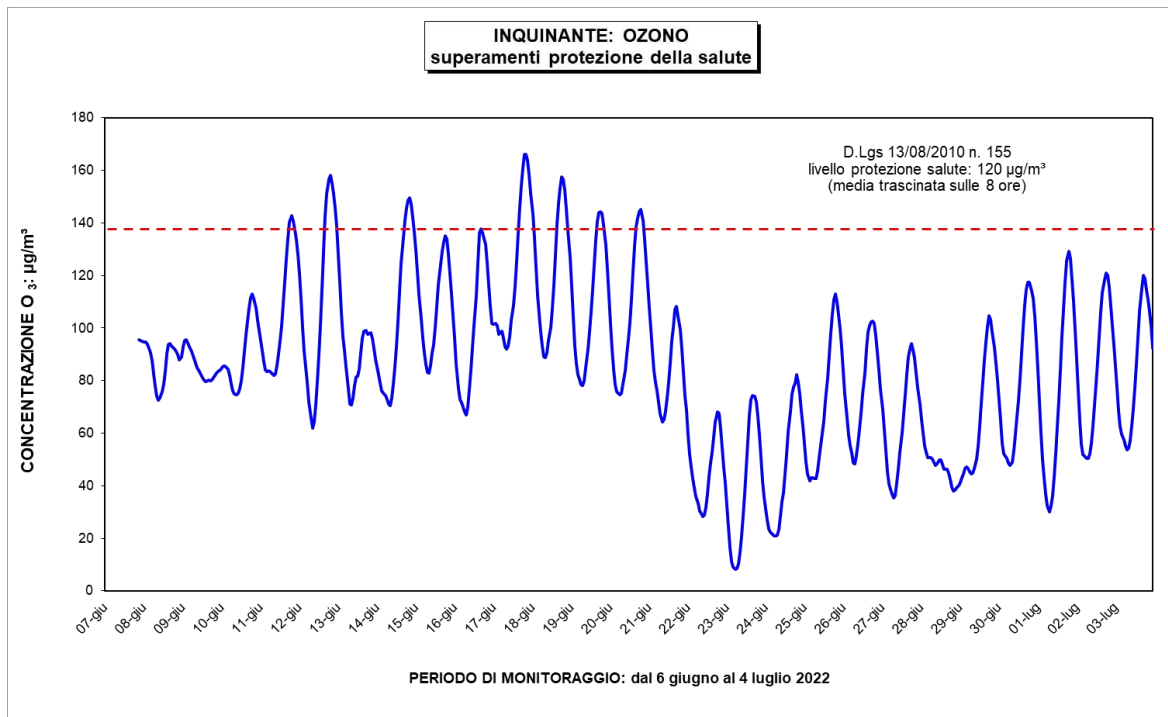
**Tabella 18:** Dati relativi all'ozono ( $\text{O}_3$ ) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

| $\text{O}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )                                                                            | Estate    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Minima media giornaliera                                                                                             | 40        |
| Massima media giornaliera                                                                                            | 127       |
| Media delle medie giornaliere                                                                                        | 85        |
| Giorni validi                                                                                                        | 26        |
| Percentuale giorni validi                                                                                            | 96%       |
| Media dei valori orari                                                                                               | 85        |
| Massima media oraria                                                                                                 | 185       |
| Ore valide                                                                                                           | 636       |
| Percentuale ore valide                                                                                               | 98%       |
| Minimo medie 8 ore                                                                                                   | 8         |
| Media delle medie 8 ore                                                                                              | 85        |
| Massimo medie 8 ore                                                                                                  | 166       |
| Percentuale medie 8 ore valide                                                                                       | 97%       |
| <u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>                                    | <b>89</b> |
| <u>N. di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u> | <b>12</b> |
| <u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>                                                              | <b>3</b>  |
| <u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>                                         | <b>1</b>  |
| <u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>                                                     | <b>0</b>  |
| <u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>                                      | <b>0</b>  |
| <u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>                                      | <b>0</b>  |

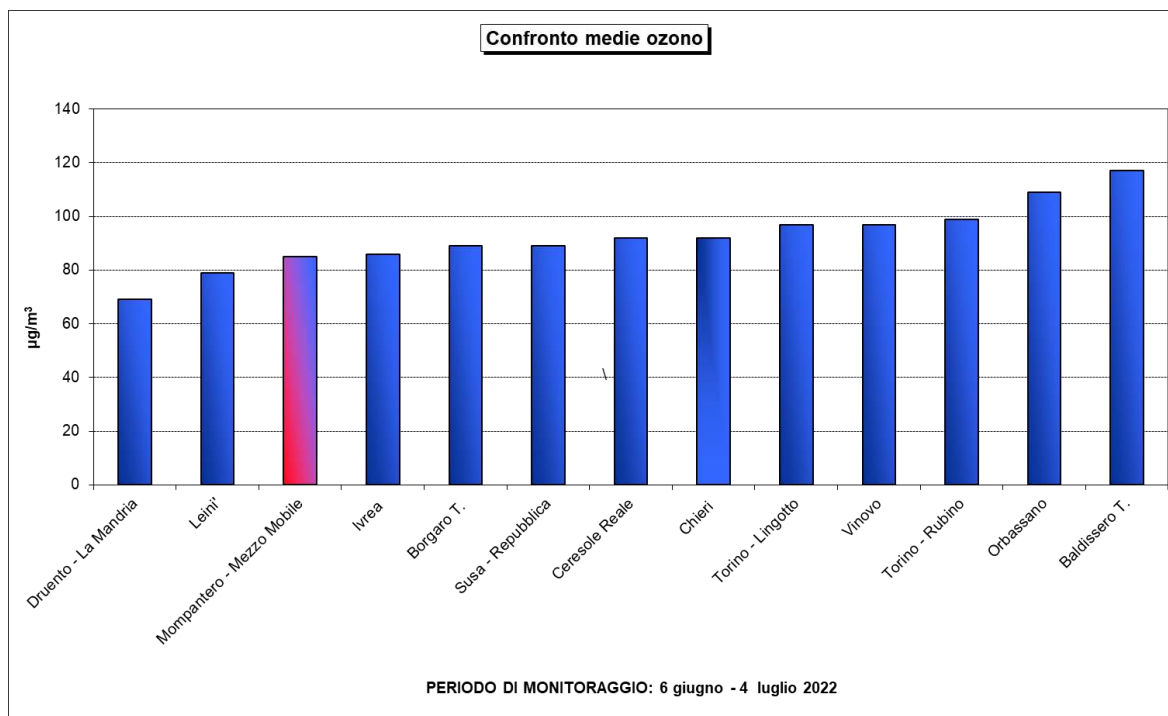
Dal grafico di Figura 43 si nota come, nella campagna di estiva, i valori siano stati 12 volte superiori al livello di protezione della salute su medie di 8 ore ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) per il quale la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni. Nella Figura 45 vengono rappresentati graficamente il numero di superamenti registrato durante il periodo della seconda campagna e quelli registrati nelle cabine del territorio della Città Metropolitana durante il 2021, mentre nella Figura 46 viene data evidenza del numero dei superamenti delle stazioni della CMT degli ultimi 3 anni e della loro media. Il numero di superamenti registrati a Mompantero (12) durante la seconda campagna è uguale a quello di Ceresole e molto vicino a quelli di Druento (11). Inoltre, il grafico della Figura 44, in cui vengono rappresentate le medie dell'ozono durante il periodo della seconda campagna, evidenzia che la media di Mompantero ( $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è quasi uguale a quella di Ivrea ( $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Il grafico del giorno medio di Figura 48 mostra una forte similitudine dei profili tra il sito di Mompantero e quello di Susa. Nel corso del 2021 i superamenti presso la stazione di Ceresole sono stati 21, in quella di Druento 63, ad Ivrea 45 e Susa 49. Ad eccezione di Ceresole, tutte le stazioni della rete della CMT hanno superato il numero massimo di 25 consentito dalla norma come media degli ultimi 3 anni. Si può pertanto presumere che, nel Comune di Mompantero, tale obiettivo sia superato. L'ozono infatti, data l'origine secondaria, è di fatto un inquinante ubiquitario: nei siti più

periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

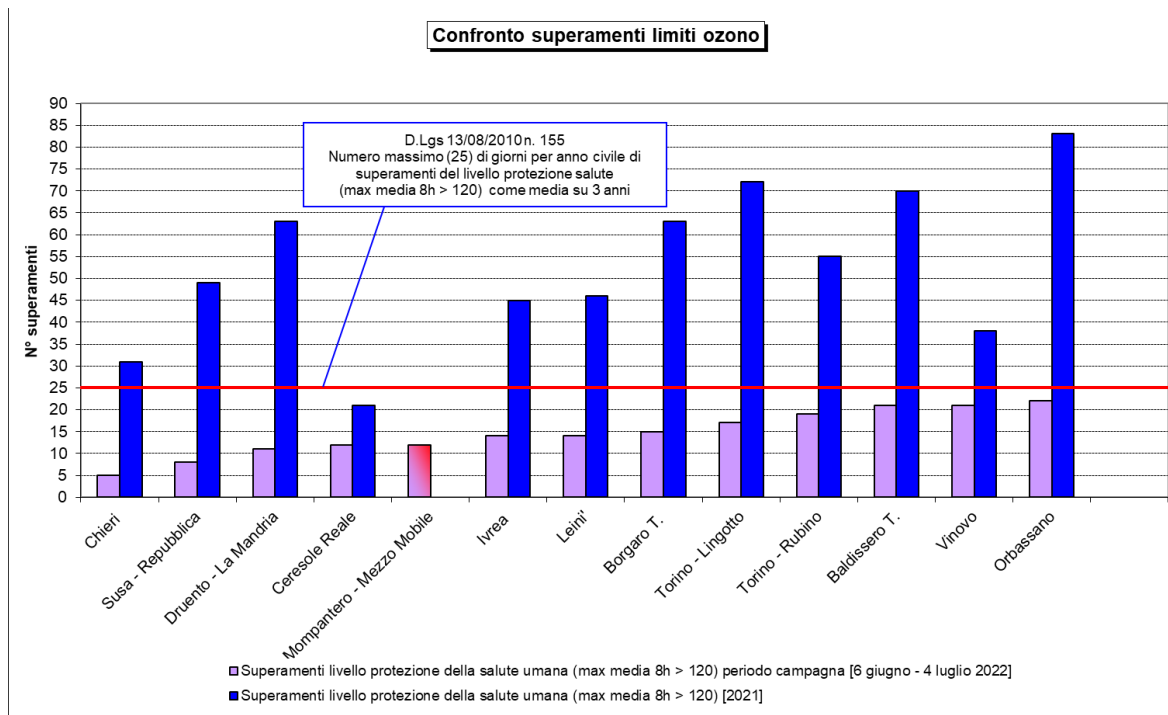
**Figura 43:**  $O_3$  - superamenti protezione della salute umana



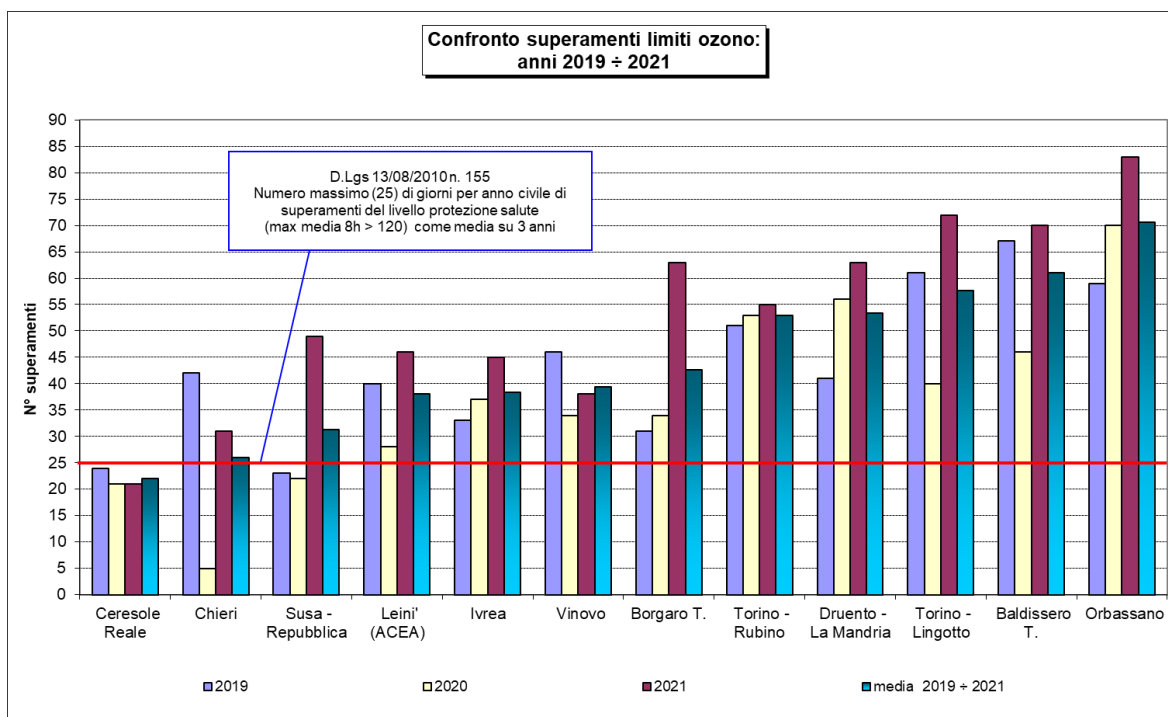
**Figura 44:**  $O_3$  - confronto medie del periodo nelle stazioni della rete Città Metropolitana – 2<sup>a</sup> campagna



**Figura 45:** confronto superamenti livelli protezione della salute umana – periodo 2<sup>a</sup> campagna e 2021

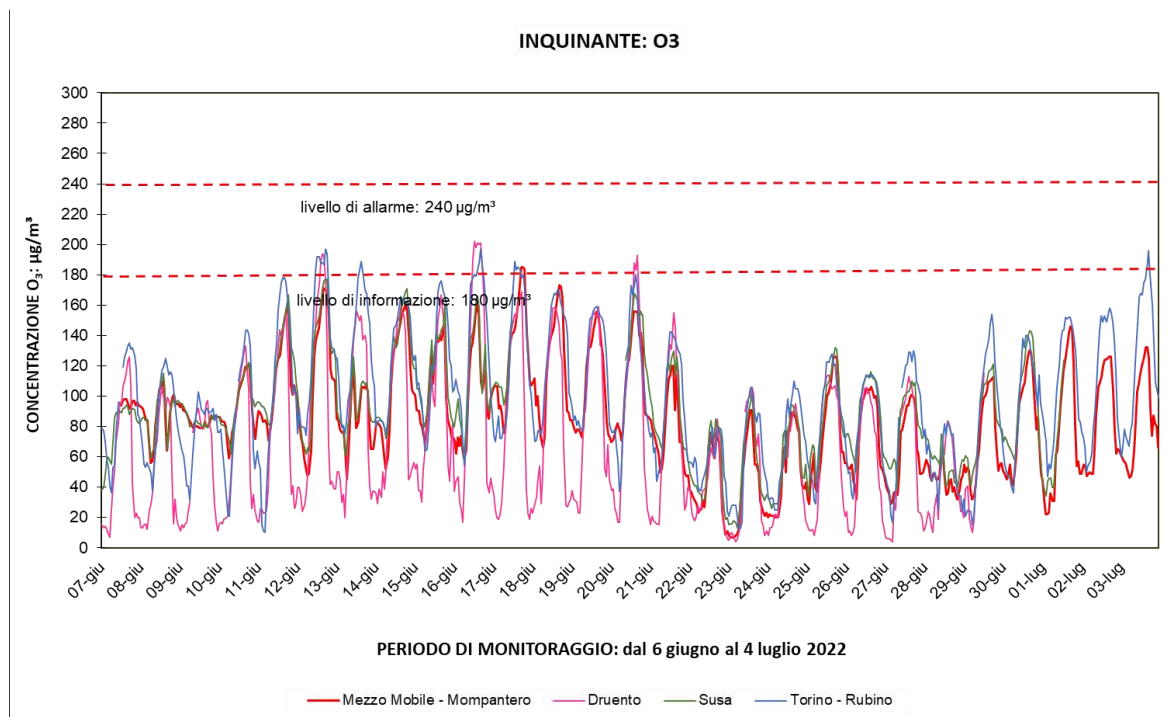


**Figura 46:** confronto superamenti livelli protezione della salute umana rete CMT anni 2019 ÷ 2021

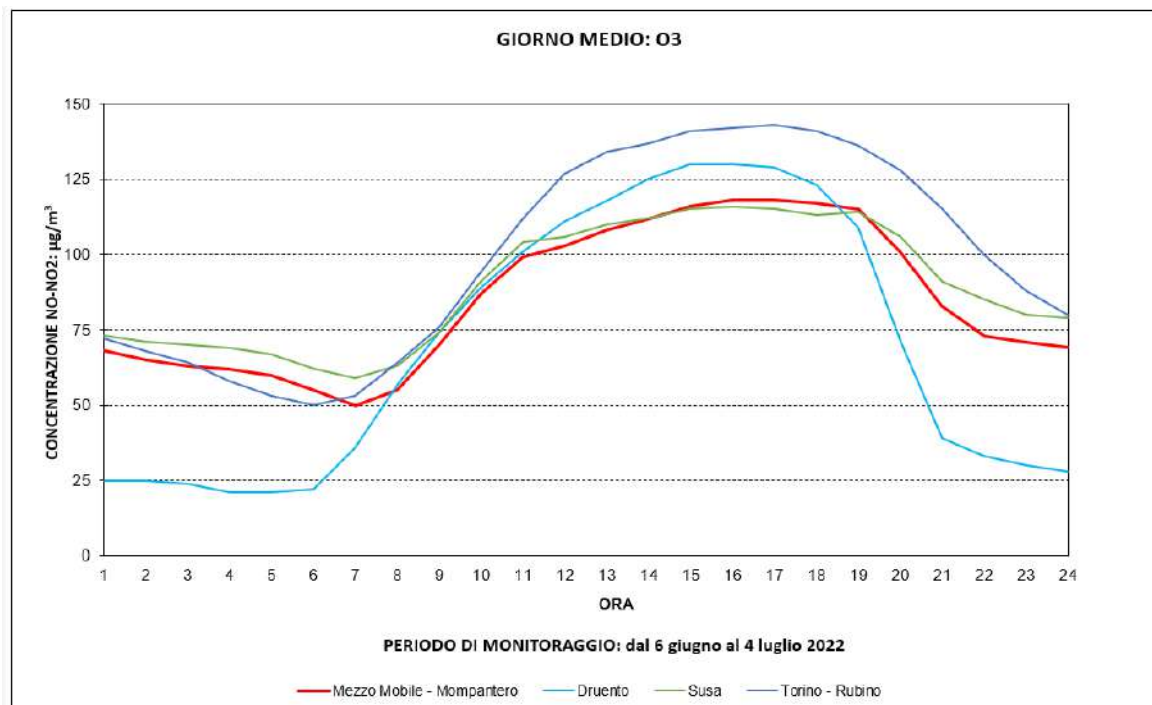


Nella Figura 47 e nella Figura 48 in cui le concentrazioni orarie ed il giorno medio dell'ozono vengono confrontate con le stazioni fisse di Druento (fondo rurale), Susa (fondo suburbano) e Torino-Rubino (fondo urbano) si osserva che i valori registrati a Mompalero nel periodo estivo sono molto simili a quelli di Susa; in modo particolare emerge che i valori minimi, anche nelle ore di minore irraggiamento solare e di minore temperatura, non scendono molto. Questo elemento fa supporre fenomeni di accumulo di ozono che, anche nel caso di Mompalero, si verificano nelle aree in quota delle zone vallive.

**Figura 47:** O<sub>3</sub> - confronto con i limiti di legge

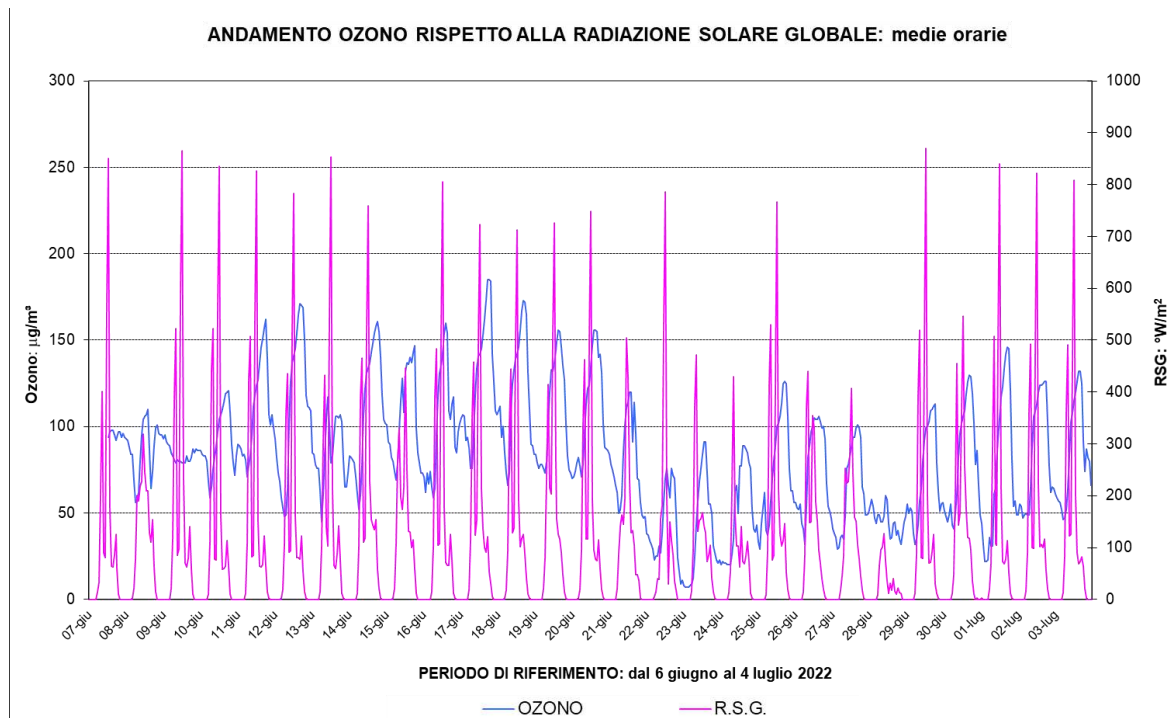


**Figura 48:** Ozono giorno medio

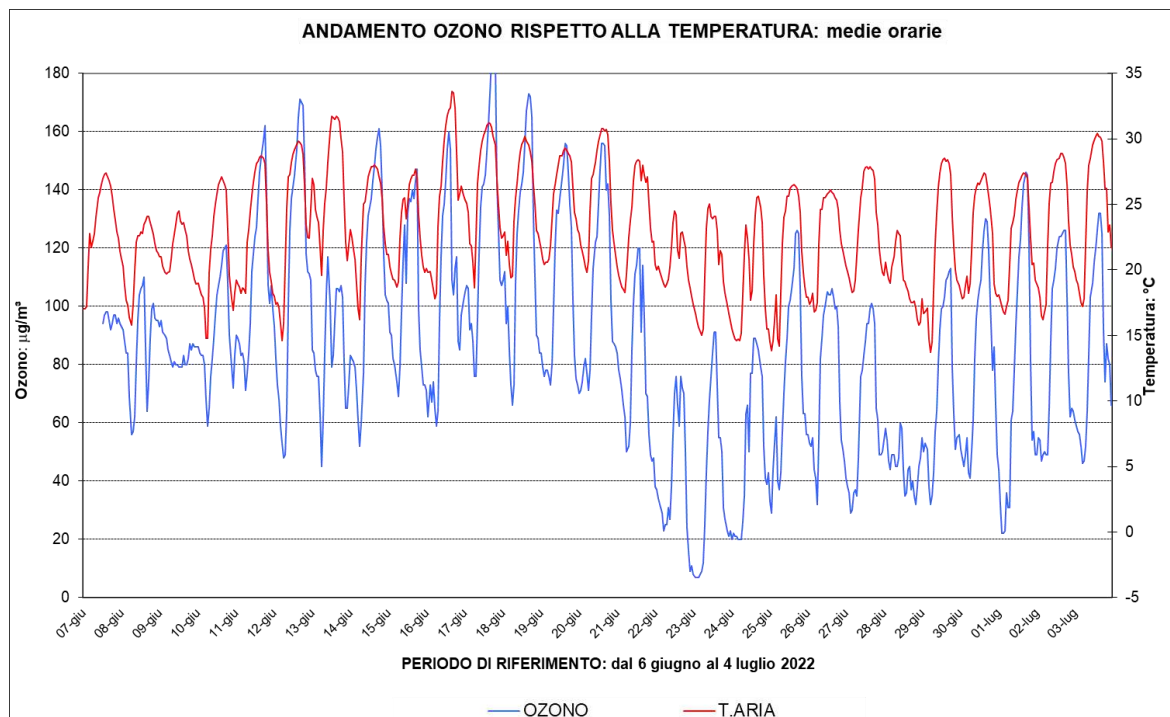


I grafici riportati in Figura 49 e Figura 50 mostrano la stretta correlazione degli andamenti di ozono con i parametri meteo relativi a radiazione solare e temperatura: infatti elevate temperature ed irraggiamento solare favoriscono la formazione di ozono a partire dai suoi precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili.

**Figura 49:**  $O_3$  - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale



**Figura 50:**  $O_3$  - andamento della concentrazione oraria e confronto con temperatura



La formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

#### 4.4.7 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%<sup>4</sup>. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)<sup>5</sup>.

In termini di massa gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

In particolare, il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA. Il D.Lgs. 152/2007 individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)<sup>6</sup> classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana fissa un obiettivo di qualità solo per il benzo(a)pirene qui di seguito riportato.

**Tabella 19:** benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

| BENZO(A)PIRENE                       |                        |                                   |                       |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Riferimento normativo                | Parametro di controllo | Periodo di osservazione           | Valore di riferimento |
| VALORE OBIETTIVO<br>(D.Lgs 155/2010) | media annuale          | Anno<br>(1 gennaio - 31 dicembre) | 1 ng/m <sup>3</sup>   |

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO<sub>2</sub>, Benzene, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Mompantero è pari a due mesi distribuiti nel

<sup>4</sup> European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

<sup>5</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

<sup>6</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

corso dell'anno in stagioni diverse, la media relativa ai due mesi non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare anche in questo caso un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della Città Metropolitana di Torino in cui si determinano gli idrocarburi policiclici aromatici.

#### Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM<sub>10</sub> dei quattro IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1, 2, 3-cd)pirene per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della Città Metropolitana in cui vengono monitorati tali parametri ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi. Dal rapporto con la media dell'anno 2021 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Mompantero, permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

***m<sub>c</sub>*** : media periodo campagne per ogni parametro IPA di Mompantero

***M<sub>c</sub>*** : media stimata anno 2021 per ogni parametro IPA Mompantero

***m<sub>p</sub>*** : media periodo campagne per ogni parametro IPA Città Metropolitana di Torino

***M<sub>p</sub>*** : media anno 2021 per ogni parametro IPA Città Metropolitana di Torino

Dall'analisi dei dati notiamo che, in base alla stima effettuata, la media annuale di Benzo(a)pirene presso il sito di monitoraggio di Mompantero è risultata di 0,53 ng/m<sup>3</sup> inferiore al valore obbiettivo indicato dal D.Lgs 155/2010.

Le quattro specie di IPA monitorati hanno evidenziato, nella prima campagna e nella stima della media annuale, concentrazioni elevate (vedi Figure 51-54). Sia per il Benzo(a)antracene che per il Benzo(a)pirene le contrazioni sono risultate inferiori solo a quelle di Torino-Grassi e Settimo T.se.

In Figura 55 viene riportato il profilo del rapporto percentuale tra la somma delle concentrazioni dei quattro IPA monitorati ed il particolato (IPA tot/PM<sub>10</sub>) riferito ai periodi delle campagne di monitoraggio ed al 2021. Da questa elaborazione grafica emerge che nella prima campagna, durante la quale si sono registrate le concentrazioni più alte di IPA, il rapporto tra questi inquinanti e il PM<sub>10</sub> di Mompantero è il più elevato rispetto a quello delle stazioni della Città Metropolitana di Torino.

Secondo quanto riportato in letteratura<sup>7</sup> questo rapporto è correlabile a diverse tipologie di fonti emissive (traffico, riscaldamento, utilizzo di biomassa): porzioni più elevate di IPA nel particolato indicano la presenza di fonti legate alla combustione di biomassa. Si evidenzia come questo rapporto sia stato durante la campagna invernale superiore a quello di Susa, indicando come nel territorio di Mompantero molto probabilmente il ricorso alla combustione di biomassa per il riscaldamento domestico sia superiore a quello di Susa. Questa ipotesi risulta verosimile considerando che l'abitato di Mompantero è costituito in grande maggioranza da case indipendenti, mentre a Susa sono presenti oltre ad abitazioni singole diversi condomini dove il ricorso all'utilizzo di biomassa per il riscaldamento è meno frequente.

È presumibile, pertanto, che nel sito di Mompantero le concentrazioni di IPA riscontrate siano da correlare alla presenza nel territorio di impianti di riscaldamento domestico alimentati a biomassa.

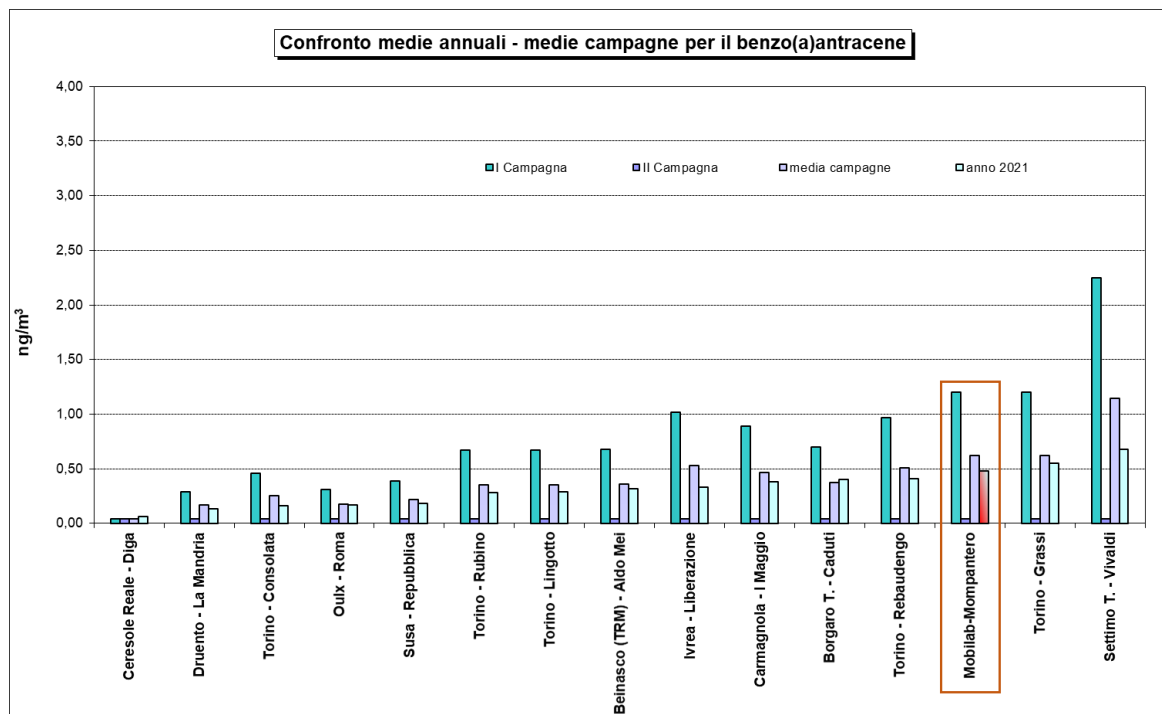
<sup>7</sup> PAH Molecular Diagnostic Ratios Applied to Atmospheric Sources: A Critical Evaluation Using Two Decades of Source Inventory and Air Concentration Data from the UK.

Atmospheric Environment 79 (2013) 271e285: Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air using positive matrix factorization and spatial distribution analysis – (Eunhwa Jang, Mohammed S. Alam, Roy M. Harrison)

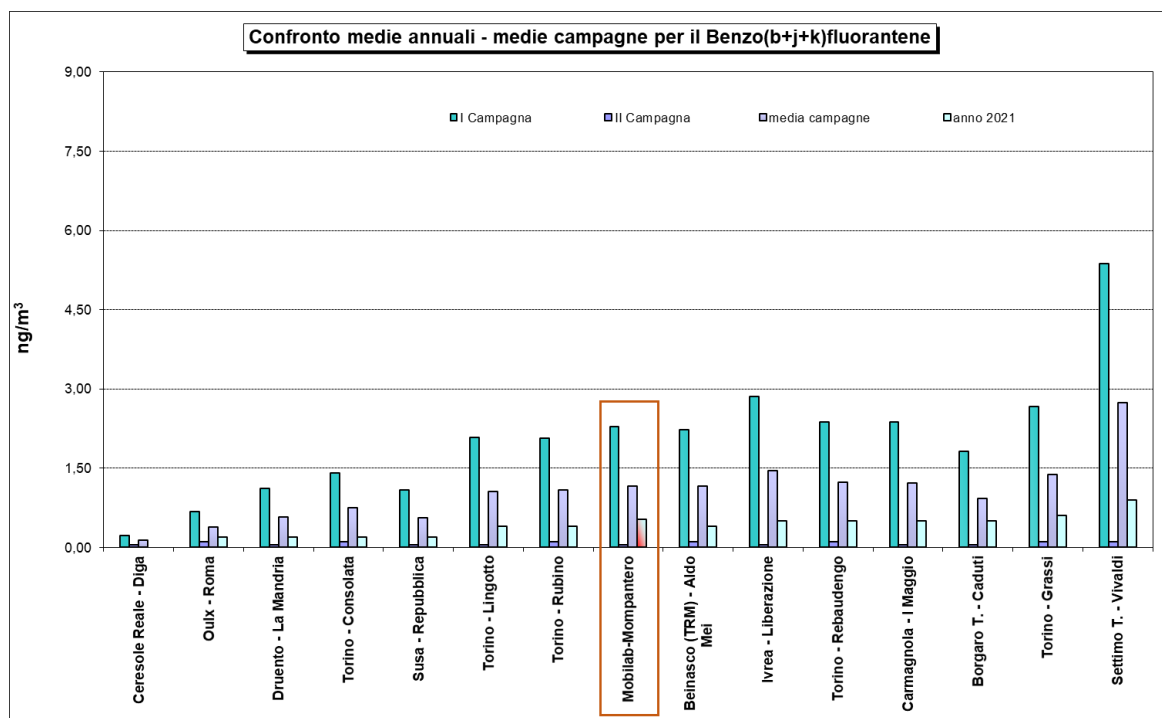
**Tabella 20:** Laboratorio mobile ARPA Mompantero - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio e stima medie annuali

| Lab mobile ARPA Mompantero: concentrazione dei quattro IPA rilevati nel monitoraggio |                                |                                 |                                           |                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                                                                      | Estate<br>[ng/m <sup>3</sup> ] | Inverno<br>[ng/m <sup>3</sup> ] | Media<br>campagne<br>[ng/m <sup>3</sup> ] | Media<br>annuale<br>stimata<br>2021<br>[ng/m <sup>3</sup> ] |
| Benzo(a)antracene (ng/m <sup>3</sup> )                                               | 1,20                           | 0,04                            | 0,62                                      | 0,48                                                        |
| Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m <sup>3</sup> )                                         | 2,28                           | 0,04                            | 1,16                                      | 1,17                                                        |
| Benzo(a)pirene (ng/m <sup>3</sup> )                                                  | 1,26                           | 0,04                            | 0,65                                      | 0,53                                                        |
| Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m <sup>3</sup> )                                          | 1,18                           | 0,04                            | 0,61                                      | 0,50                                                        |
| sommatoria dei quattro IPA (ng/m <sup>3</sup> )                                      | 5,92                           | 0,16                            | 3,04                                      | 2,70                                                        |

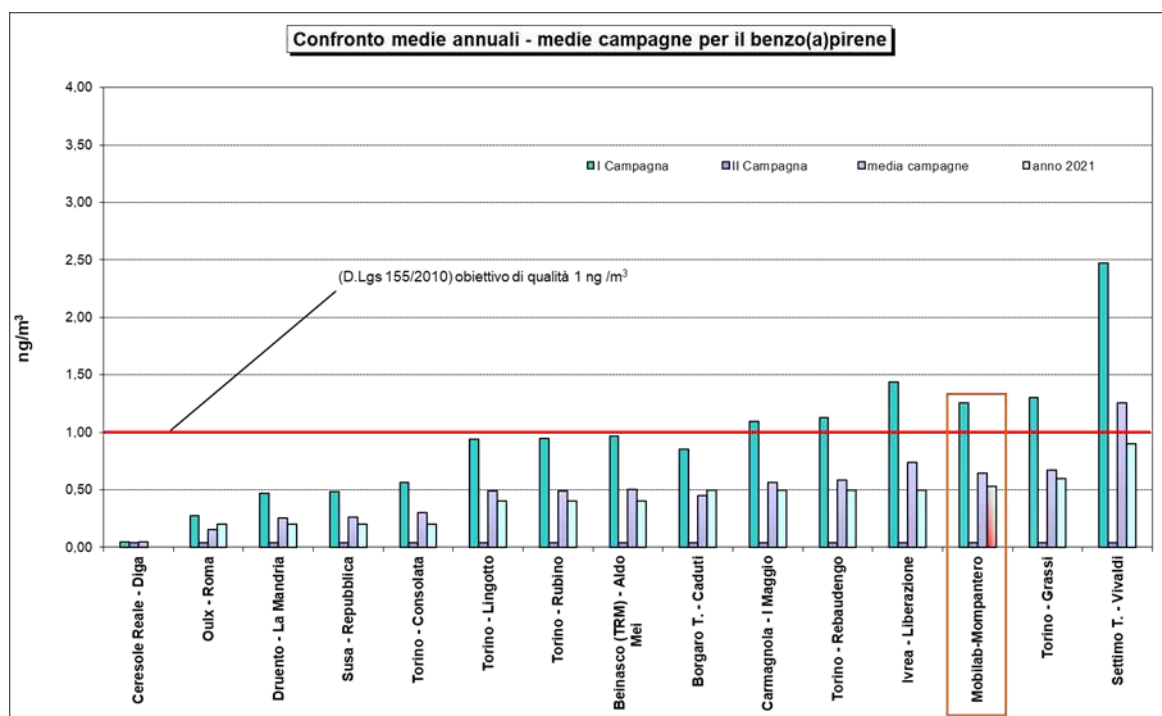
**Figura 51:** Benzo(a)antracene confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



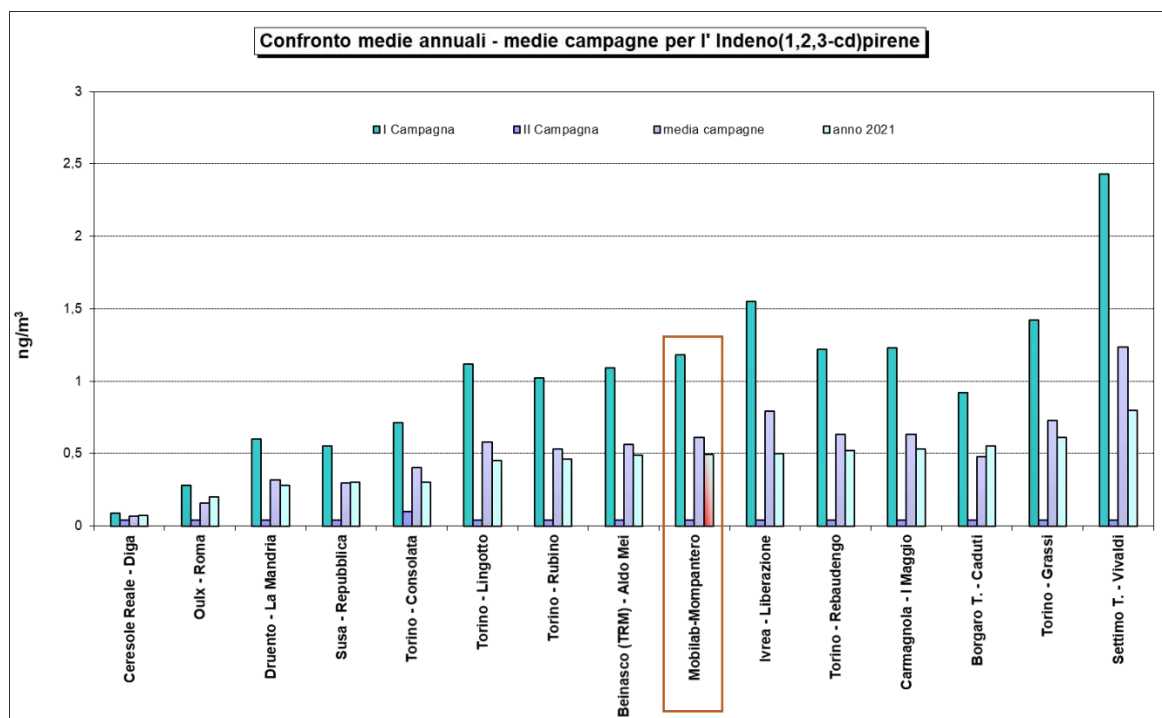
**Figura 52:** Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



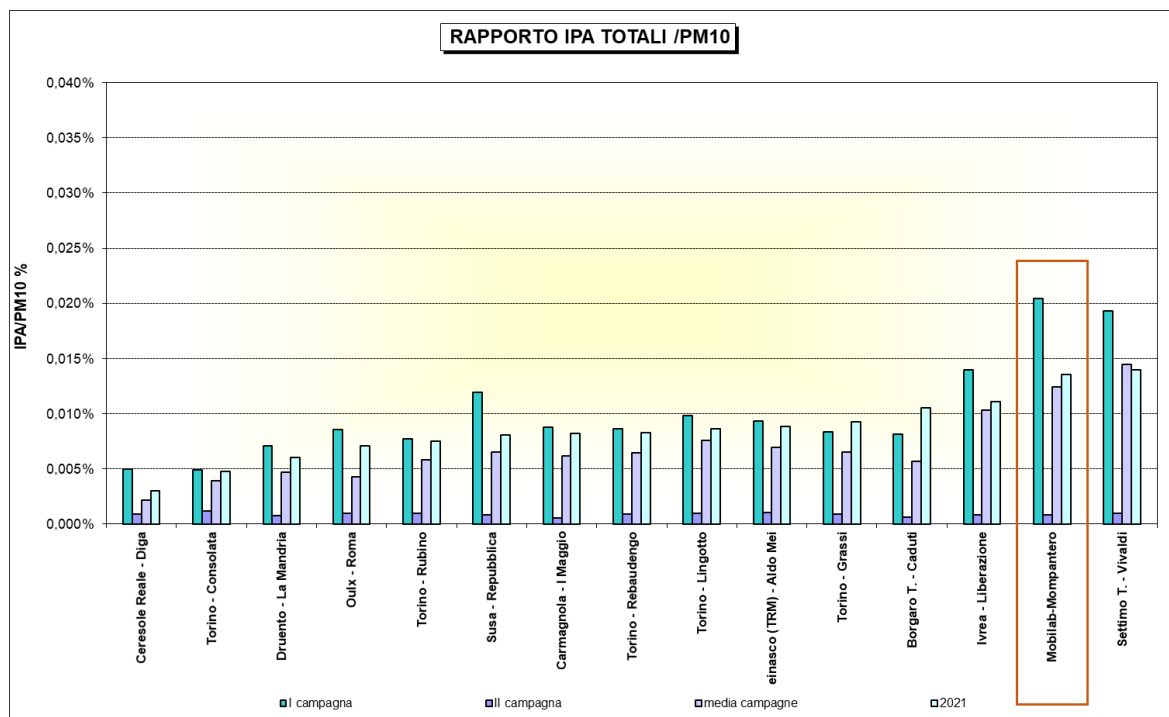
**Figura 53:** Benzo(a)pirene confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



**Figura 54:** Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



**Figura 55:** rapporto IPA totali/PM10 - confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



#### 4.4.8 METALLI

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche. Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di  $\alpha_1$  antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella Tabella 21 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

**Tabella 21:** valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

| PIOMBO (Pb)                                                |                                             |                                                            |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA |                                             |                                                            |
| Periodo di mediazione                                      | Valore limite (condizioni di campionamento) | Data alla quale il valore limite deve essere rispettato    |
| Anno civile                                                | $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$                | 1 gennaio 2005                                             |
| ARSENICO (As)                                              |                                             |                                                            |
| VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE                       |                                             |                                                            |
| Periodo di mediazione                                      | Valore Obiettivo                            | Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato |
| Anno civile                                                | $6 \text{ ng}/\text{m}^3$                   | 31 dicembre 2012                                           |

| CADMIO (Cd)                          |                      |                                                            |
|--------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------|
| VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE |                      |                                                            |
| Periodo di mediazione                | Valore Obiettivo     | Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato |
| Anno civile                          | 5 ng/m <sup>3</sup>  | 31 dicembre 2012                                           |
| NICHEL (Ni)                          |                      |                                                            |
| VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE |                      |                                                            |
| Periodo di mediazione                | Valore Obiettivo     | Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato |
| Anno civile                          | 20 ng/m <sup>3</sup> | 31 dicembre 2012                                           |

Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine, visto che la durata del monitoraggio di Mompantero oggetto della relazione è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori del periodo di campionamento non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della Città Metropolitana di Torino in cui si determinano i metalli.

#### Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM<sub>10</sub> di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As) e piombo (Pb) per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della Città Metropolitana in cui vengono monitorati tali parametri ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi. Dal rapporto con la media dell'anno 2021 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Mompantero permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

**m<sub>c</sub>** : media periodo campagne per ogni metallo Mompantero

**M<sub>c</sub>** : media stimata anno 2021 per ogni metallo Mompantero

**m<sub>p</sub>** : media periodo campagne per ogni metallo Città Metropolitana di Torino

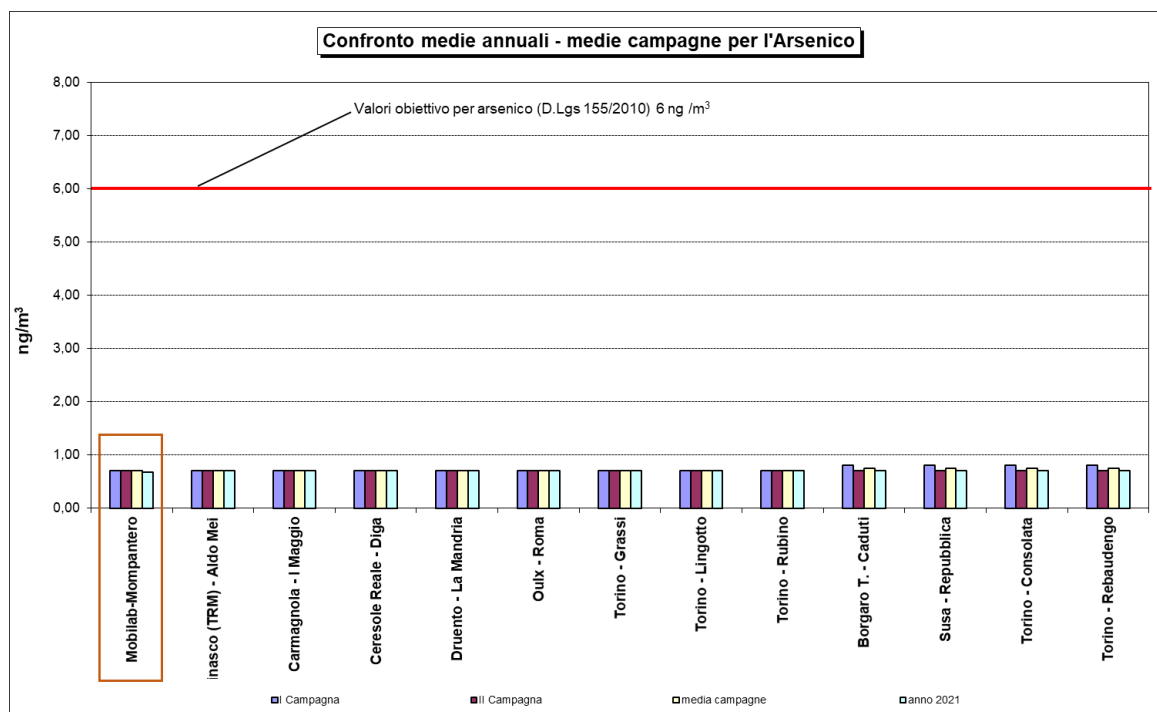
**M<sub>p</sub>** : media anno 2021 per ogni metallo Città Metropolitana di Torino

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, arsenico e cadmio sono omogenee in tutto il territorio Città Metropolitana; per il nichel le concentrazioni del sito di Mompantero sono risultate ad un livello intermedio rispetto alle altre stazioni della rete della Città Metropolitana.

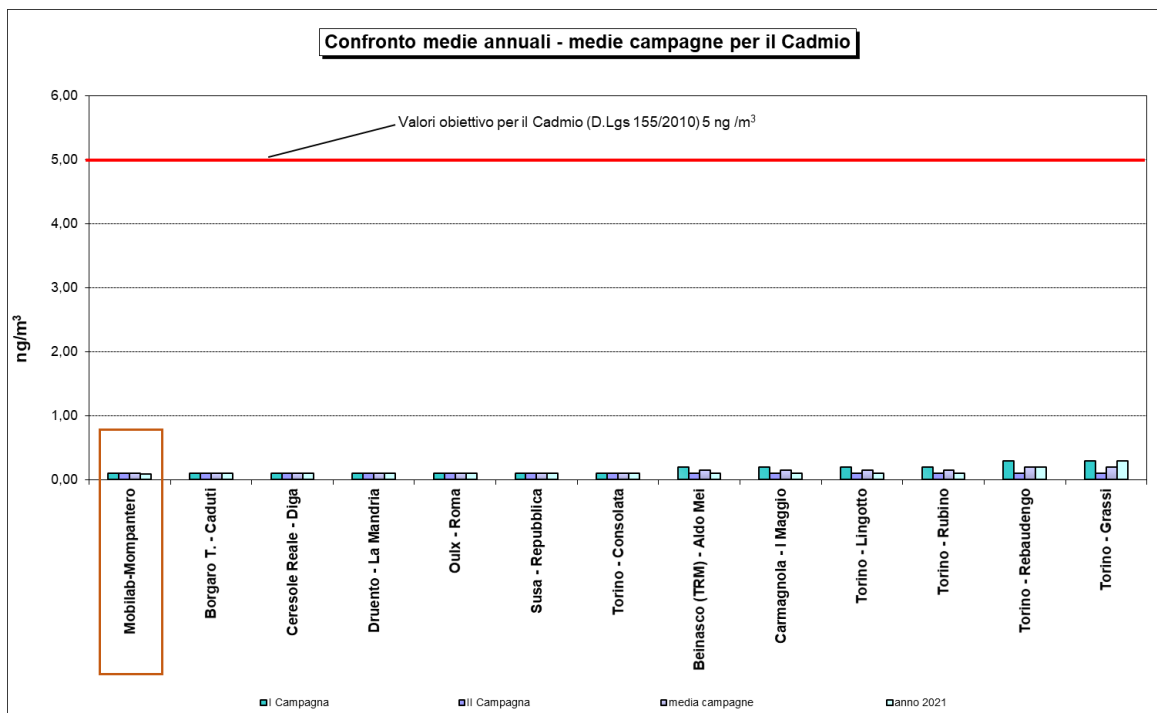
**Tabella 22:** Laboratorio mobile ARPA Mompantero concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio e stima medie annuali

| Lab mobile ARPA Mompantero concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio |                                |                                 |                                           |                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                                                                         | Estate<br>[ng/m <sup>3</sup> ] | Inverno<br>[ng/m <sup>3</sup> ] | Media<br>campagne<br>[ng/m <sup>3</sup> ] | Media<br>annuale<br>stimata<br>2021<br>[ng/m <sup>3</sup> ] |
| Arsenico (ng/m <sup>3</sup> )                                                           | 0,70                           | 0,70                            | 0,70                                      | 0,68                                                        |
| Cadmio (ng/m <sup>3</sup> )                                                             | 0,10                           | 0,10                            | 0,10                                      | 0,09                                                        |
| Nichel (ng/m <sup>3</sup> )                                                             | 1,60                           | 1,70                            | 1,65                                      | 1,58                                                        |
| Piombo (mg/m <sup>3</sup> )                                                             | 0,005                          | 0,002                           | 0,004                                     | 0,003                                                       |

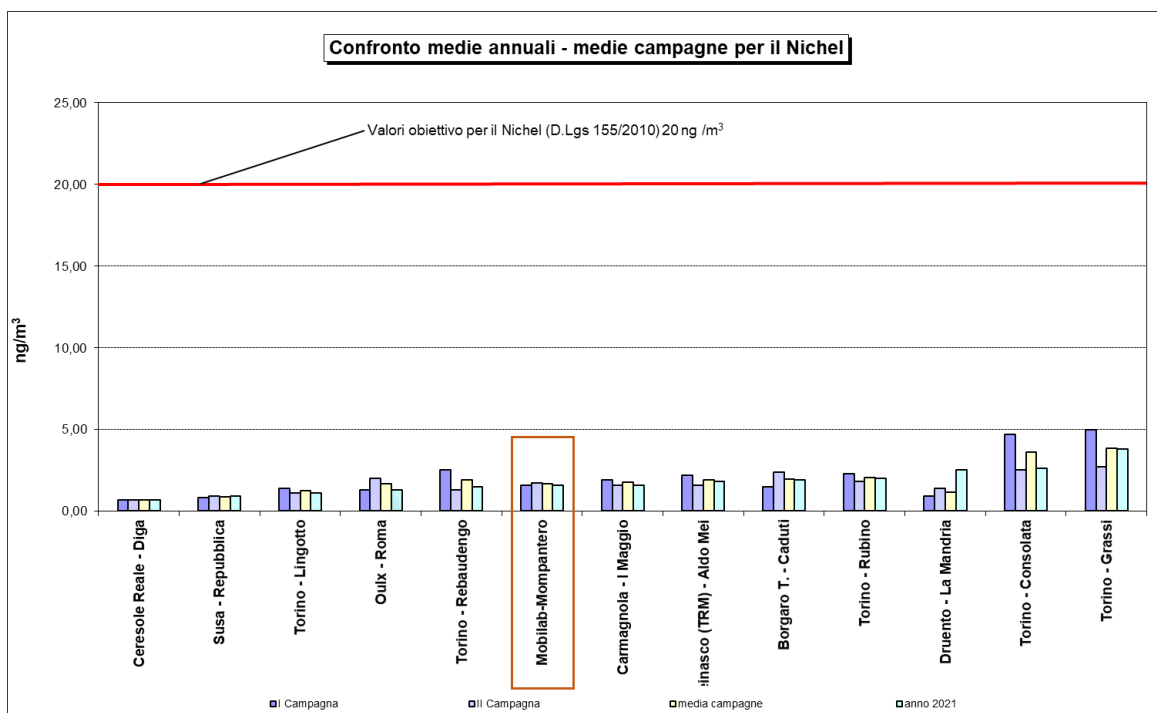
**Figura 56:** Arsenico confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



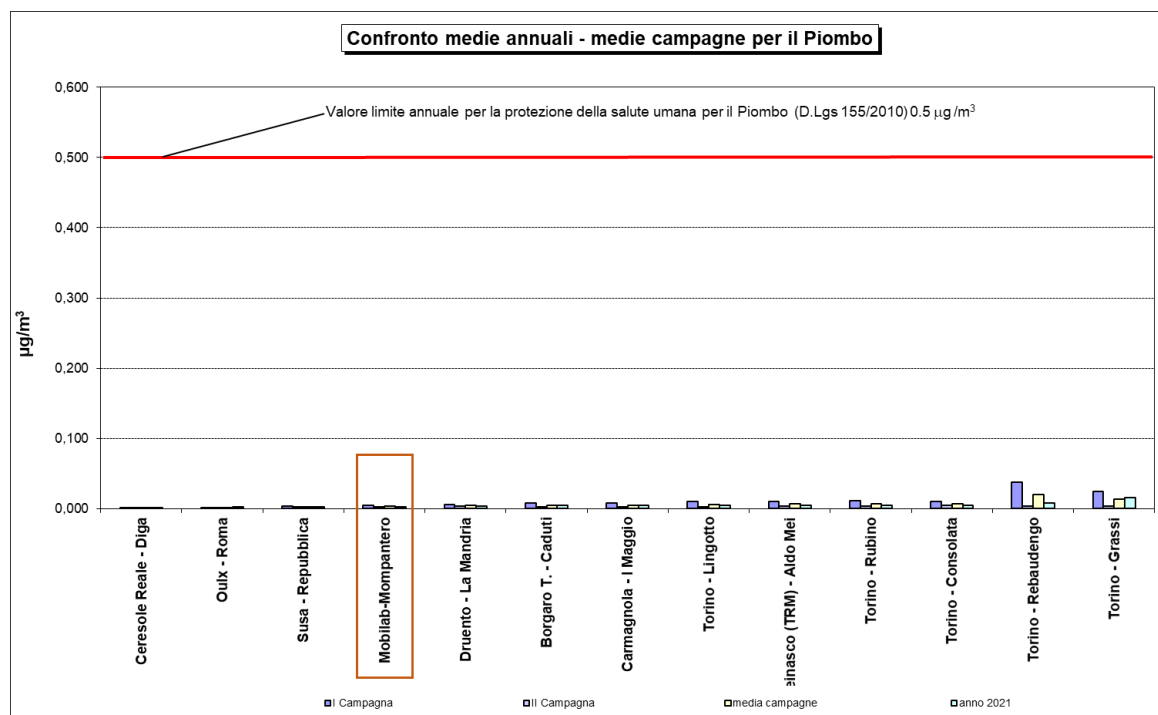
**Figura 57:** Cadmio confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



**Figura 58:** Nichel confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



**Figura 59:** Piombo confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2021 nella Città Metropolitana di Torino



## 5 CONCLUSIONI

Le criticità evidenziate nel territorio di Mompantero a seguito delle campagne di monitoraggio condotte con l'utilizzo del mezzo mobile rispecchiano quelle osservate in siti di valle della Città Metropolitana di Torino. Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti per i quali la normativa prevede tale tipo di limite (biossido di azoto e ozono); sono inoltre rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per biossido di zolfo e monossido di carbonio.

Per il biossido d'azoto non si sono verificati superamenti del valore limite giornaliero; le elaborazioni statistiche, durante la prima campagna, hanno evidenziato una situazione compresa tra la stazione di fondo suburbano di Susa e quella di traffico suburbano di Oulx con concentrazioni superiori a quelle di Ceresole e Druento, di poco superiori alla stazione di Susa ed inferiori a quelle delle altre stazioni. Nella seconda campagna le concentrazioni risultano superiori solo a Ceresole ed inferiori a tutte le altre stazioni della CMT.

Per quanto riguarda i limiti su base annuale previsti dalla normativa per NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>, visto che la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Mompantero non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con il limite stesso. È stato comunque stimato un valore medio annuale sulla base dei valori registrati dalle centraline della rete fissa di monitoraggio ARPA nel 2021; è stato preso a riferimento il 2021 in quanto non è possibile un raffronto con le medie annuali dell'anno in corso. Da tale procedimento, la media annuale di NO<sub>2</sub> stimata per Mompantero è pari a 12 µg/m³, valore che rispetta ampiamente il limite (40 µg/m³).

Lo stesso procedimento di stima del valore annuale è stato utilizzato per il parametro PM<sub>10</sub> a partire dai dati delle due campagne, ottenendo una media annuale stimata di 20 µg/m³ e quindi inferiore al valore limite (40 µg/m³).

Durante il monitoraggio di gennaio/febbraio, per il PM<sub>10</sub> si sono verificati 2 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³, mentre nella seconda campagna non si sono avuti superamenti.

Per quanto riguarda al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso in oggetto le stazioni più simili come numero di superamenti del livello giornaliero risultano Susa (1 superamento) e Baldissero con 3 superamenti; nel corso del 2021 in queste cabine si sono registrati rispettivamente 5 e 15 superamenti, al di sotto del limite di 35 stabilito dalla legge. Anche la stima della concentrazione annuale di Mompantero ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) risulta uguale a quella di Baldissero per il 2021. È dunque presumibile che, se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno, anche nel sito di Mompantero non ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame. Ciò è confermato anche dalla correlazione statistica per il  $\text{PM}_{10}$  tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero, la quale evidenzia che sul territorio piemontese il valore limite giornaliero viene rispettato per valori di media annuale inferiori a  $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (si veda la nota 3).

I profili del periodo della prima campagna (Figura 38), quando sia il contributo degli impianti termici che le condizioni atmosferiche favorevoli all'accumulo del particolato in atmosfera ne determinano livelli di concentrazione più elevati, hanno mostrato concentrazioni generalmente inferiori a quelle di Collegno (stazione di traffico urbano), di poco inferiori a quelle di Druento (fondo rurale), mentre risultano di poco superiori a quelle di Susa (fondo suburbano).

Il parametro  $\text{PM}_{2.5}$  segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il  $\text{PM}_{10}$  (vedi Figura 40). Dai profili delle concentrazioni rilevate durante i monitoraggi (Figura 41), si può notare che, in termini relativi, i valori di  $\text{PM}_{2.5}$  nel sito di Mompantero sono risultati mediamente più bassi, ad eccezione di qualche giornata, rispetto alle stazioni di confronto (Chieri, Ivrea e Settimo T.se).

La normativa italiana prevede per il  $\text{PM}_{2.5}$  solamente il rispetto di un limite annuale, pari a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La stima della concentrazione media annuale per Mompantero, riferita al 2021 ed ottenuta utilizzando la metodologia impiegata per stimare le medie annuali del biossido di azoto e  $\text{PM}_{10}$ , è risultata di  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ : valore inferiore al limite normativo ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La stima della media annuale di benzene è pari a  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore inferiore al limite di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

L'ozono, a differenza degli altri inquinanti, presenta i valori più elevati nel periodo caldo dell'anno. Durante la campagna di monitoraggio di giugno-luglio 2022 si sono verificati 12 superamenti del livello di protezione della salute ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  calcolato come massimo giornaliero della media trascinata sulle 8 ore). Durante la prima campagna problemi strumentali hanno pregiudicato il corretto monitoraggio di questo inquinante ed i pochi dati disponibili non consentono una valutazione e confronto con altre stazioni e pertanto le considerazioni relative all'ozono sono relative solo alla seconda campagna.

Per quanto riguarda il livello di protezione della salute su medie di 8 ore ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni. Nella Figura 45 vengono rappresentati graficamente il numero di superamenti registrato durante il periodo della seconda campagna e quelli registrati nelle cabine del territorio della Città Metropolitana durante il 2021, mentre nella Figura 46 viene data evidenza del numero dei superamenti delle stazioni della CMT degli ultimi 3 anni e della loro media. Il numero di superamenti registrati a Mompantero (12) durante la seconda campagna è uguale a quello di Ceresole e molto vicino a quelli di Druento (11). Inoltre, il grafico della Figura 44, in cui vengono rappresentate le medie dell'ozono durante il periodo della seconda campagna, evidenzia che la media di Mompantero ( $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è quasi uguale a quella di Ivrea ( $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Il grafico del giorno medio di Figura 48 mostra un forte similitudine dei profili tra il sito di Mompantero e la stazione di Susa. Nel corso del 2021 i superamenti presso la stazione di Ceresole sono stati 21, in quella di Druento 63, ad Ivrea 45 e Susa 49. Ad eccezione di Ceresole, tutte le stazioni della rete della CMT hanno superato il numero massimo di 25 consentito dalla norma come media degli ultimi 3 anni. Si può pertanto presumere che, nel Comune di Mompantero, tale obiettivo sia superato. L'ozono infatti, data l'origine secondaria, è di fatto un inquinante ubiquitario:

nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

La formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

Il valore stimato della media annuale del benzo(a)pirene, è pari a 0,53 ng/m<sup>3</sup> valore inferiore al valore obiettivo indicato dal D.Lgs 155/2010. Le quattro specie di IPA monitorati hanno evidenziato, nella prima campagna e nella stima della media annuale, concentrazioni confrontabili con le stazioni più critiche (vedi Figure 51÷54). Sia per il Benzo(a)antracene che per il Benzo(a)pirene le concentrazioni sono risultate inferiori solo a quelle di Torino-Grassi e Settimo T.se. Come emerge nella Figura 55, dove viene rappresentato il profilo del rapporto percentuale tra la somma delle concentrazioni dei quattro IPA monitorati ed il particolato (IPA tot/PM<sub>10</sub>), nella prima campagna il rapporto tra questi inquinanti e il PM<sub>10</sub> di Mompantero è il più elevato rispetto a quello delle stazioni della Città Metropolitana di Torino. Secondo quanto riportato in letteratura questo rapporto è correlabile a diverse tipologie di fonti emissive (traffico, riscaldamento, utilizzo di biomassa): porzioni più elevate di IPA nel particolato indicano la presenza di fonti legate alla combustione di biomassa. Come meglio descritto nel relativo paragrafo si può dedurre che nel sito di Mompantero le concentrazioni di IPA riscontrate siano da correlare alla presenza nel territorio di impianti di riscaldamento domestico alimentati a biomassa.

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati (arsenico, cadmio, nichel e piombo) è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore.

Le criticità evidenziate nel territorio di Mompantero a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del mezzo mobile rispecchiano quelle osservate in siti della Città Metropolitana di Torino caratterizzati da fonti emissive e conformazione territoriale simili.

## 6 APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- Ossidi di azoto

**TELEDYNE API 200 E**

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO<sub>x</sub>.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.5 ppb.

- Ozono

**THERMO SCIENTIFIC 49i**

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O<sub>3</sub> nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

- Monossido di carbonio

**TELEDYNE API 300 E**

Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.

- Particolato sospeso PM10 e PM2.5

**TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo a norma europea.  
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro di diametro 47 mm.

- Stazione meteorologica

**LSI LASTEM**

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.

- Benzene, Toluene, Xileni

**CHROMATOTEC**

**AIR TOXIC GC 866**

Gascromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m<sup>3</sup>;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m<sup>3</sup>;
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m<sup>3</sup>;
- ✓ Campo di misura etilbenzene: 0 ÷ 441 µg/m<sup>3</sup>;