

**STRUTTURA COMPLESSA “Dipartimento territoriale Piemonte Sud Ovest”  
Struttura Semplice H.10.02 “Attività di Produzione Sud Ovest”**

**OGGETTO: Monitoraggi della qualità dell'aria svolti nella frazione San Martino di Barge tra maggio 2022 e gennaio 2023**

<b>Realizzazione del monitoraggio</b>	<b>Bardi Luisella Martini Sara Giordano Lorenzo</b>	<b>Corino Flavio Molineri Paola Pascucci Luca</b>
<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Bardi Luisella</b> <b>Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Martini Sara</b>	
<b>Verifica ed approvazione</b>	<b>Funzione: Responsabile Produzione Nome: Riccardi Ivo</b> <b>Funzione: Responsabile del Dipartimento Nome: Brizio Enrico</b>	

**Arpa Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento territoriale Piemonte Sud Ovest – Struttura Semplice Attività di Produzione**

Via Vecchia di Borgo San Dalmazzo, 11 - 12100 Cuneo - Tel. 01119680111

[dip.cuneo@arpa.piemonte.it](mailto:dip.cuneo@arpa.piemonte.it) - PEC [dip.cuneo@pec.arpa.piemonte.it](mailto:dip.cuneo@pec.arpa.piemonte.it) – [www.arpa.piemonte.gov.it](http://www.arpa.piemonte.gov.it)



**Arpa Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento territoriale Piemonte Sud Ovest – Struttura Semplice Attività di Produzione**  
Via Vecchia di Borgo San Dalmazzo, 11 - 12100 Cuneo - Tel. 01119680111

[dip.cuneo@arpa.piemonte.it](mailto:dip.cuneo@arpa.piemonte.it) - PEC [dip.cuneo@pec.arpa.piemonte.it](mailto:dip.cuneo@pec.arpa.piemonte.it) – [www.arpa.piemonte.gov.it](http://www.arpa.piemonte.gov.it)

# INDICE

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>ANALISI DEI DATI .....</b>	<b>5</b>
<b><i>BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub></i>.....</b>	<b>5</b>
<b><i>MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub></i>.....</b>	<b>10</b>
<b><i>METALLI ED IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</i>.....</b>	<b>14</b>
<b><i>OZONO – O<sub>3</sub></i>.....</b>	<b>20</b>
<b><i>BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>, MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE</i>.....</b>	<b>23</b>
<b>ELABORAZIONI DI APPROFONDIMENTO .....</b>	<b>24</b>
<b>SITUAZIONE METEOROLOGICA .....</b>	<b>32</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>35</b>
<b><i>ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna</i> .....</b>	<b>1</b>
<b><i>ALLEGATO II - Inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi</i>.....</b>	<b>5</b>

## INTRODUZIONE

Il documento illustra le risultanze analitiche dei monitoraggi della qualità dell'aria effettuati nella frazione San Martino di Barge nei periodi compresi dal 27 maggio al 19 luglio 2022 e dal 4 novembre 2022 al 12 gennaio 2023. Tali monitoraggi sono stati programmati in collaborazione con le altre strutture del Dipartimento Piemonte Sud Ovest a seguito delle perduranti segnalazioni di molestia olfattiva attribuita alle attività produttive presenti nella frazione.

Le campagne di misura sono state eseguite, con il laboratorio mobile della qualità dell'aria, nella postazione messa a disposizione dall'Amministrazione nel parcheggio della scuola primaria di via Crocetta. Un precedente monitoraggio della sola frazione PM<sub>10</sub> era stato realizzato nel piazzale antistante la scuola primaria nell'inverno 2013-2014, mentre in quell'occasione il laboratorio mobile era stato collocato in piazza della Stazione, già oggetto di un monitoraggio nel 2004. Il confronto tra i dati di PM<sub>10</sub> delle due postazioni analizzate nel precedente monitoraggio aveva evidenziato valori più elevati nella frazione San Martino<sup>1</sup>, si è pertanto reputato opportuno con questo nuovo monitoraggio approfondire le misure anche degli altri inquinanti in tale sito, peraltro prossimo ad un recettore sensibile.

Il laboratorio mobile del Dipartimento Arpa di Cuneo permette di analizzare i principali inquinanti per i quali sono fissati dei limiti dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, in attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (ozono O<sub>3</sub>, ossidi di azoto NO-NO<sub>2</sub>-NO<sub>x</sub>, monossido di carbonio CO, biossido di zolfo SO<sub>2</sub>, benzene e materiale particolato PM<sub>10</sub>).

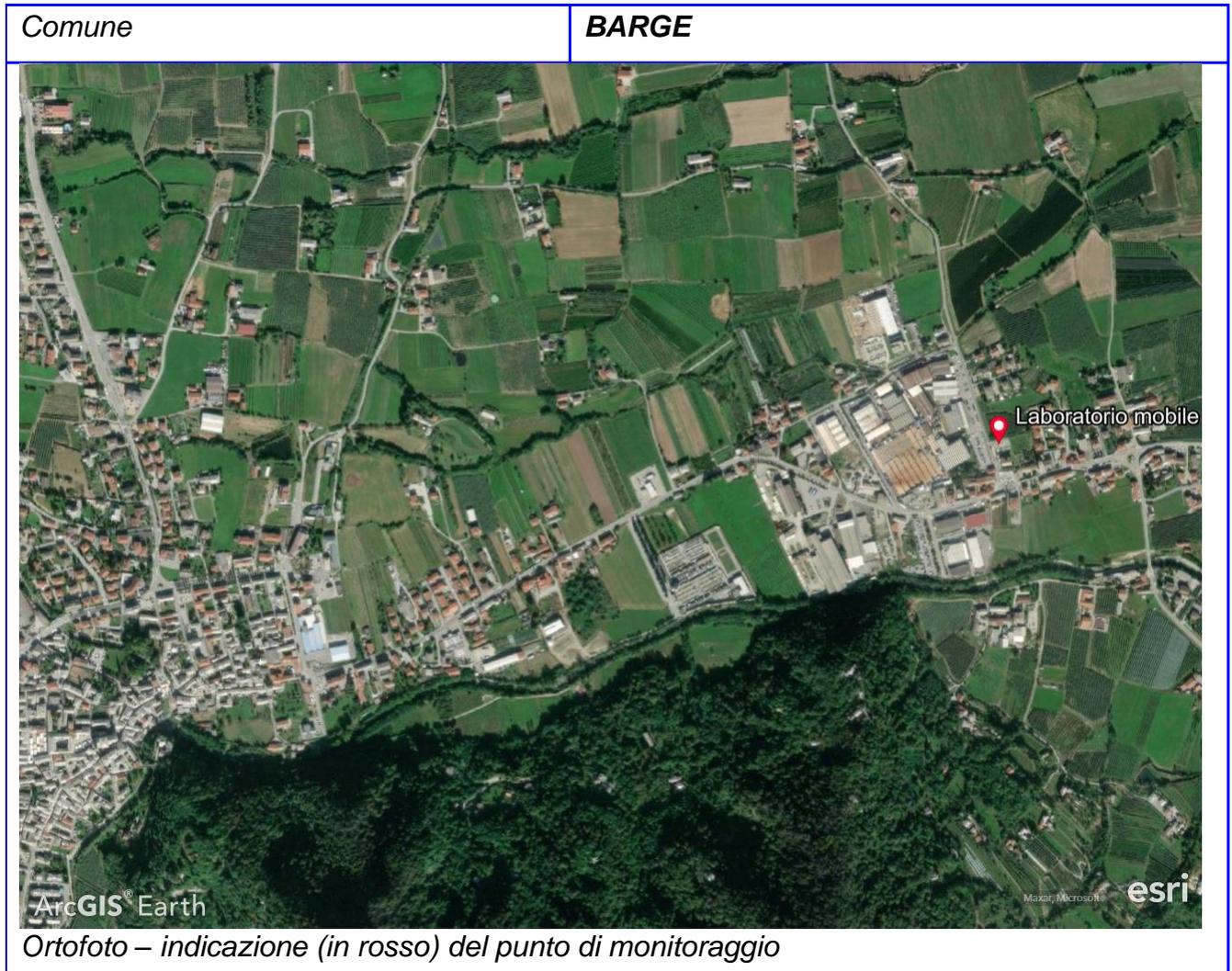
Si ricorda che le indagini svolte con laboratorio mobile ed i campionatori portatili, descrivono in modo puntuale le situazioni di un limitato periodo temporale di acquisizione, producendo dati influenzati dalle condizioni meteo climatiche presenti nel periodo di osservazione. Per questo motivo la descrizione corretta della qualità dell'aria di una specifica località non può far riferimento ai soli monitoraggi eseguiti in loco con campagne effettuate con mezzi mobili. Il ventaglio delle differenti tipologie di qualità dell'aria riscontrabili nelle varie zone degli agglomerati urbani della provincia di Cuneo è invece rappresentato dai dati raccolti da una rete complessa di centraline fisse, quale la rete provinciale di riferimento, facente parte del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria

Nel seguito, una mappa indica la posizione del punto di monitoraggio e una tabella riporta le indicazioni sul sito e sugli strumenti di misura utilizzati. Nel capitolo centrale sono presentati i principali risultati ottenuti per i singoli inquinanti monitorati della qualità dell'aria. Nell'analisi, i dati misurati a Barge sono stati confrontati con quelli registrati, nei medesimi periodi, dalle stazioni della rete fissa. Solamente da tale confronto è possibile trarre considerazioni sul rispetto di limiti normativi che hanno spesso l'intero anno civile come riferimento temporale. Nel capitolo successivo è descritta la situazione meteorologica dei due periodi di monitoraggio, con particolare riferimento agli aspetti che più condizionano i livelli di inquinamento atmosferico, ed è presente un'analisi dei principali parametri meteorologici misurati nel sito dal laboratorio mobile e dalle stazioni della rete meteorografica regionale più prossime.

In allegato è riportata una reportistica contenente le principali informazioni statistiche di ogni inquinante monitorato durante la campagna di misura (concentrazione media, massima oraria ecc...) e, ove possibile, il confronto con i limiti normativi. Un secondo allegato contiene delle schede descrittive delle caratteristiche di ciascuno degli inquinanti della qualità dell'aria monitorati, insieme ai riferimenti normativi in vigore.

<sup>1</sup> <https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/RelazioneQuadranteNordOvest2014.pdf>

La maggior parte delle elaborazioni sono state realizzate con il software R, in particolare con il pacchetto Openair<sup>2</sup>, strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria.



<sup>2</sup> Carslaw, D.C. and K. Ropkins (2012). "openair – an R package for air quality data analysis". Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, pp. 52-61  
Carslaw, D.C. (2015). "The openair manual – open-source tools for analysing air pollution data". Manual for version 1.1-4, King's College London

## LABORATORIO MOBILE

Localizzazione	Barge, località San Martino, via Crocetta
Caratteristiche sito	Sito di fondo urbano - industriale
Coordinate UTM WGS84	X= 369146 m; Y= 4954341 m
Periodo	Dal 27 maggio al 19 luglio '22; dal 4 novembre '22 al 12 gennaio '23



### Strumentazione Laboratorio mobile:

PARAMETRO MISURATO	STRUMENTO	MODELLO	METODO DI MISURA
NO – NO <sub>2</sub>	Analizzatore API	200E	Chemiluminescenza
CO	Analizzatore API	300E	Spettrometria a infrarossi
Benzene, Toluene, Xilene	Analizzatore SYNTECH SPECTRAS	GC955 BTX ANALYSER	Gascromatografia con rilevatore a fotoionizzazione
SO <sub>2</sub>	Analizzatore API	100E	Fluorescenza
O <sub>3</sub>	Analizzatore API	400E	Assorbimento UV
PM <sub>10</sub>	Analizzatore UNITECH	LSPM10	Nefelometria
PM <sub>10</sub>	Campionatore TCR TECORA	Charlie HV-Sentinel PM	Gravimetria
Velocità e direzione vento, radiazione solare globale, temperatura, umidità, pressione	Stazione meteorologica LSI-Lastem		

# ANALISI DEI DATI

## BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>

Per gli ossidi di azoto la normativa per la qualità dell'aria stabilisce, ai fini della protezione della salute umana, dei limiti di concentrazione che riguardano il biossido: uno relativo alla media annuale, pari a 40 µg/m<sup>3</sup>, e l'altro alla media su un'ora, di 200 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 18 volte per anno civile.

Le sequenze temporali delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> misurate con il laboratorio mobile nelle due campagne di monitoraggio eseguite in via Crocetta a San Martino di Barge sono rappresentate nelle figure seguenti insieme ai dati misurati dalle stazioni fisse posizionate nelle città di Cuneo e Cavallermaggiore. Dalle figure 1 e 3 è possibile individuare le oscillazioni che le concentrazioni subiscono nelle diverse ore del giorno a causa delle variazioni dell'attività antropica, con picchi in generale nelle ore di punta del traffico e valori minimi nelle ore notturne. Nelle figure 2 e 4 le sequenze delle medie giornaliere mettono in rilievo nella campagna invernale l'incremento che le concentrazioni hanno subito, in modo particolare nel capoluogo della provincia, prima del Natale e la netta riduzione dei dieci giorni delle vacanze natalizie successive. Evidente è la differenza tra i livelli delle concentrazioni riscontrata nelle due campagne di misura.

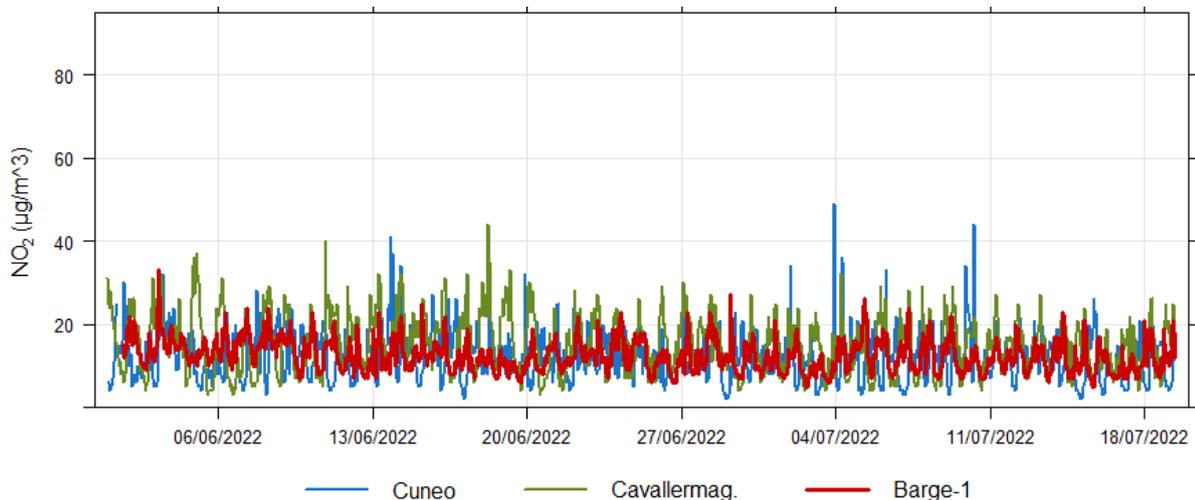


Figura 1) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Barge e presso le stazioni di Cuneo e Cavallermaggiore nella prima campagna di misura.

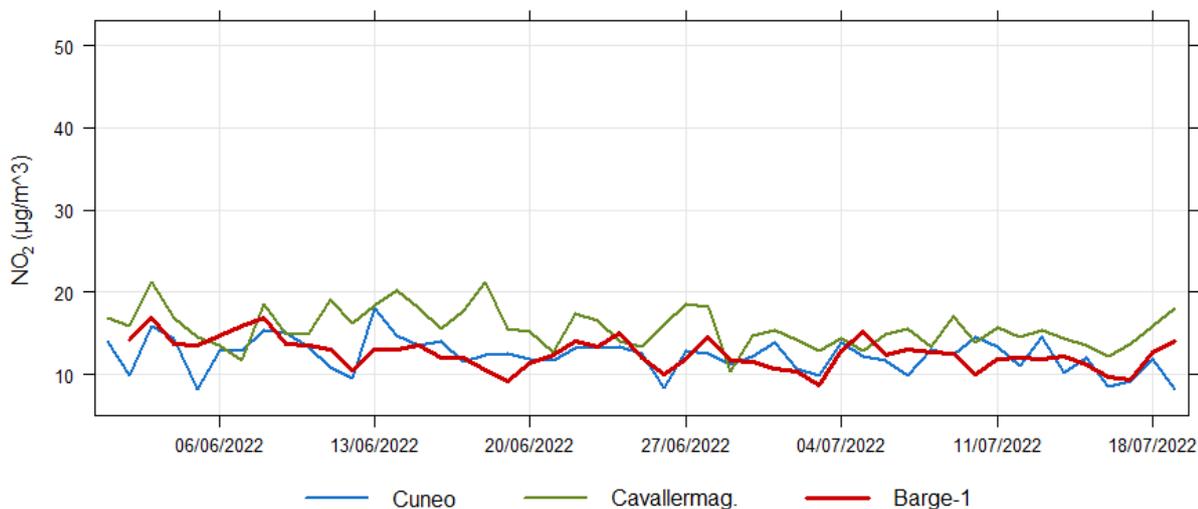


Figura 2) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie giornaliere rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Barge e presso le stazioni di Cuneo e Cavallermaggiore nella prima campagna di misura.

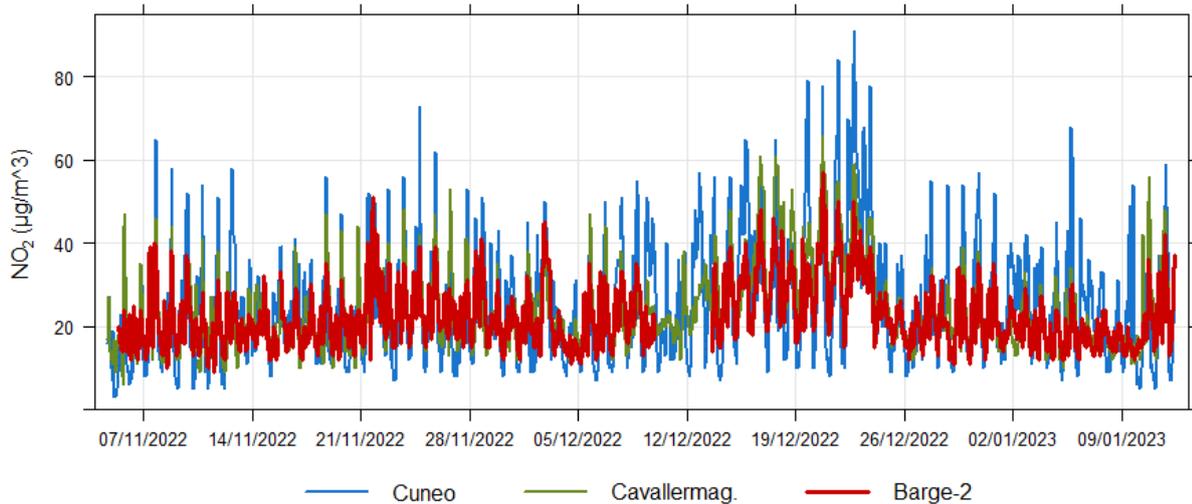


Figura 3) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Barge e presso le stazioni di Cuneo e Cavallermaggiore nella seconda campagna di misura.

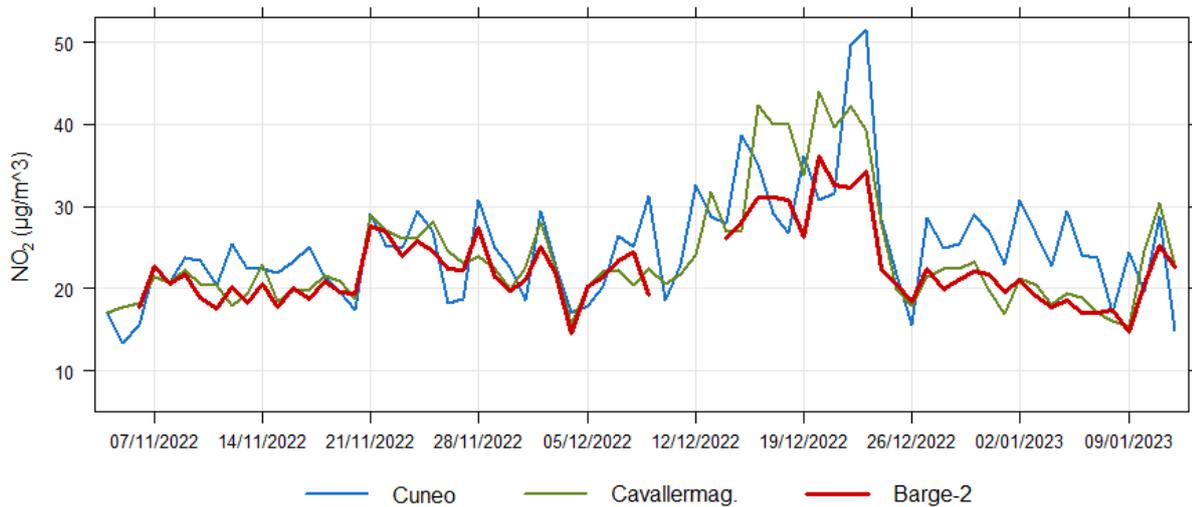


Figura 4) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie giornaliere rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Barge e presso le stazioni di Cuneo e Cavallermaggiore nella seconda campagna di misura.

A differenza delle polveri sottili che si possono considerare inquinanti ubiquitari, gli ossidi di azoto sono più locali, in quanto, a causa della loro breve vita media, subiscono processi di trasporto limitati alla scala spaziale locale. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto maggiormente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità, tuttavia anch'esse risentono delle condizioni dispersive dell'atmosfera. La differenza tra i livelli di concentrazione rilevati nei periodi della due campagne di monitoraggio è infatti da attribuirsi principalmente alla migliore capacità di dispersione dell'atmosfera che caratterizza i mesi estivi ed in particolare alla maggiore altezza dello strato detto "di rimescolamento" ovvero quello strato in cui gli inquinanti si diluiscono.

Nelle figure 5 e 6 le distribuzioni delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> rilevate dal laboratorio mobile a San Martino di Barge nelle due campagne di monitoraggio, sono rappresentate con grafici a box e confrontate con quelle ottenute, negli stessi periodi, da ciascuna stazione della rete fissa della qualità dell'aria della provincia di Cuneo.

Il box plot sintetizza la posizione di tutti i dati ottenuti nella campagna di misura: la scatola (il rettangolo centrale) contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25° e il 75° percentile<sup>3</sup>), la linea orizzontale al suo interno è la mediana e la sua posizione all'interno della scatola 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.

Nelle tabelle sono riportati i valori delle concentrazioni medie, mediane e massime orarie di NO<sub>2</sub> registrate in tutti i punti di misura nei due periodi. Sono indicate anche le tipologie delle diverse stazioni (TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale) definite secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 155 del 2010.

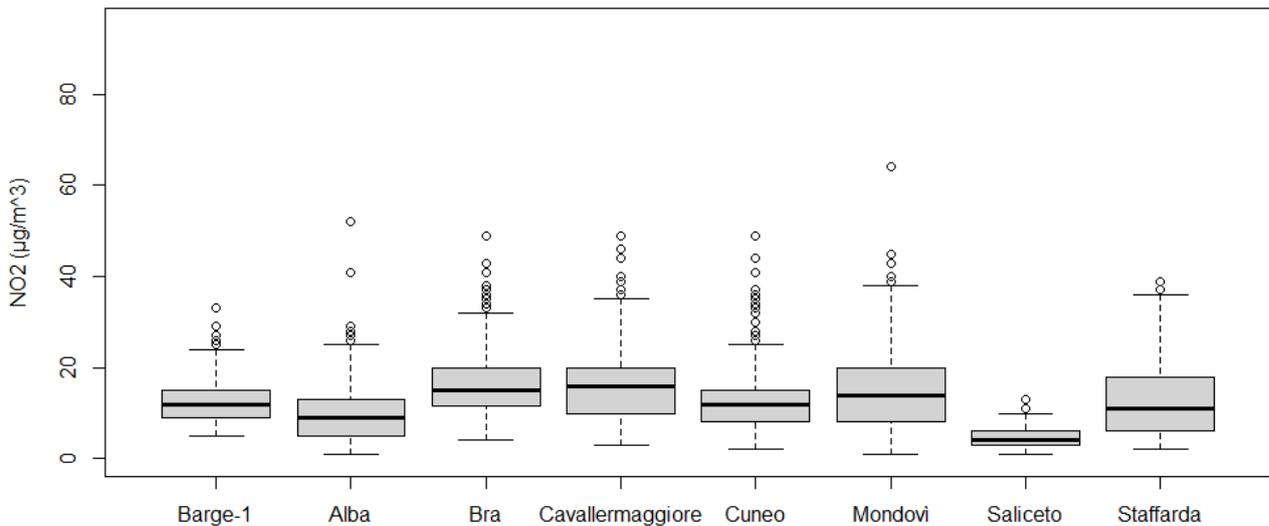


Figura 5) NO<sub>2</sub>: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile a Barge e presso le stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 1° giugno ÷ 19 luglio '22

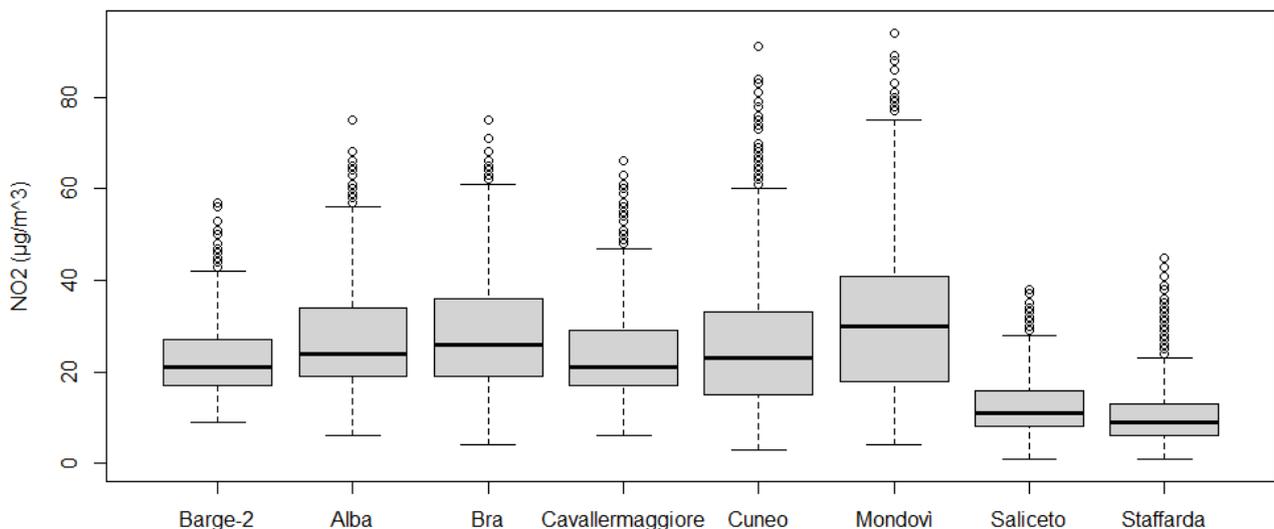


Figura 6) NO<sub>2</sub>: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile a Barge e presso le stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 4 novembre ÷ 12 gennaio '23

<sup>3</sup> Percentile di ordine k (P<sub>k</sub>) 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<sub>k</sub> siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1 giu÷19 lug '22	Barge1	Alba (FU)	Bra (TU)	Cavaller. (FS)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>13</b>	10	16	16	12	15	4	13
Mediana	<b>12</b>	9	15	16	12	14	4	12
Massimo	<b>33</b>	52	49	44	49	64	13	39

Tabella 1) NO<sub>2</sub>: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Barge nella prima campagna e presso le stazioni della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 5 nov '22÷12 gen '23	Barge2	Alba (FU)	Bra (TU)	Cavaller. (FS)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>22</b>	27	28	24	25	31	13	11
Mediana	<b>21</b>	24	26	21	23	30	11	9
Massimo	<b>57</b>	75	75	66	91	94	38	45

Tabella 2 NO<sub>2</sub>: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate a Barge nella seconda campagna e presso le stazioni della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

Dai box plot emerge una distribuzione dei dati compatibile con i dati delle stazioni della provincia di Cuneo, in particolare i test statistici eseguiti evidenziano per il sito di via Crocetta, nel periodo estivo, livelli equivalenti in media a quelli rilevati dalla stazione di fondo urbano collocata a Cuneo e nel periodo invernale, livelli inferiori in media a tutte le stazioni urbane e suburbane della provincia e superiori solamente a quelle rurali.

Relativamente al periodo di misura, il limite normativo orario è stato rispettato, infatti la concentrazione massima oraria è inferiore al limite di 200 µg/m<sup>3</sup> (valore limite da non superare più di 18 volte per anno civile). Il confronto con le stazioni fisse di misura, dove la media annua è ampiamente al di sotto del limite normativo, garantisce, anche per il sito di via Crocetta a San Martino di Barge, il rispetto del limite annuale.

Mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno, sono stati elaborati i giorni medi del biossido di azoto per il sito di via Crocetta a San Martino di Barge che, nei due grafici di sinistra di figura 7, sono confrontati con quelli delle stazioni di monitoraggio urbane della provincia. I giorni medi mostrano l'evoluzione delle concentrazioni orarie nell'arco di una giornata media e dimostrano l'importanza del contributo antropico nei siti urbani, generalmente con due picchi di concentrazione in corrispondenza delle ore di punta del traffico, per lo più intorno alle 8 del mattino ed alle 18-20 di sera, spostato verso le 22 d'estate a San Martino (i grafici sono riferiti all'ora solare).

Le settimane medie del biossido di azoto, rappresentate nel grafico di destra della figura, mostrano la riduzione del fine settimana più evidente nelle stazioni dove maggiore è l'influenza del traffico (es. Mondovì). I valori di via Crocetta si mantengono tra i livelli minimi di tutte le stazioni provinciali.

La fascia colorata dei grafici rappresenta l'intervallo di confidenza al 95% della media.

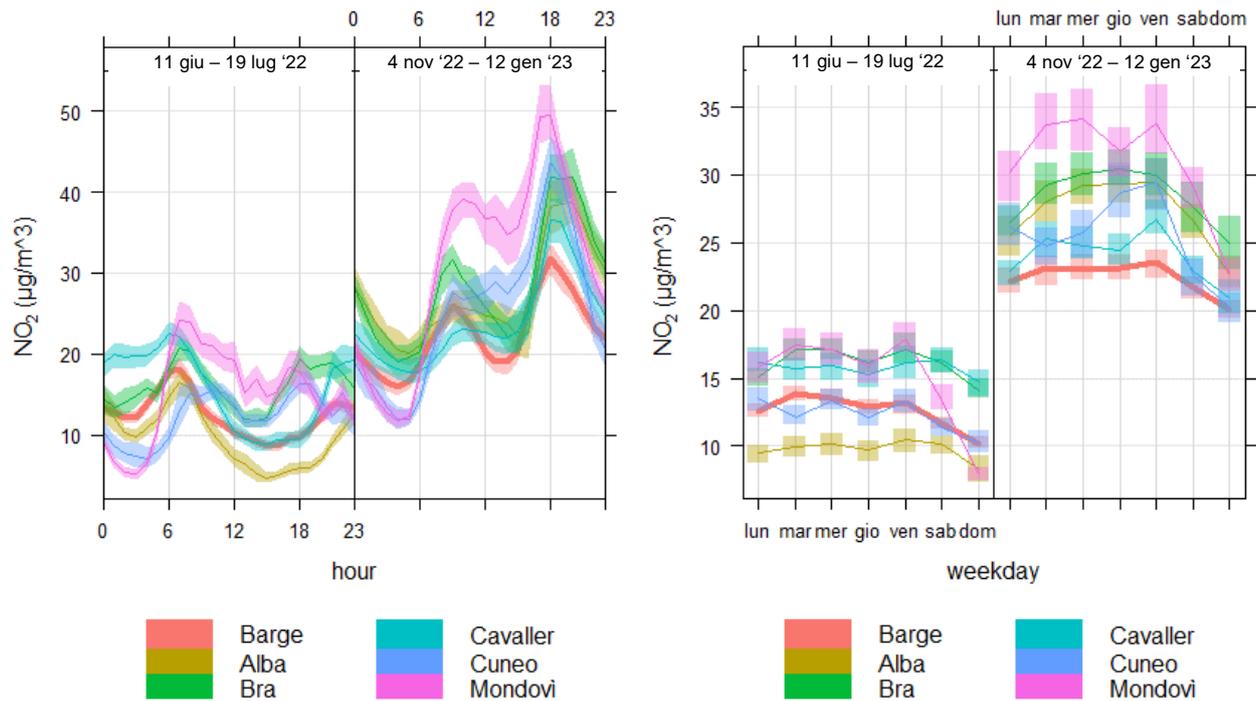


Figura 7) NO<sub>2</sub>: confronto dei giorni medi (a sinistra) e delle settimane medie (a destra) del sito di Barge e delle stazioni della provincia nei due periodi (1° giugno ÷ 19 luglio '22, 4 novembre '22 ÷ 12 gennaio '23).

## MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub>

La normativa vigente per la qualità dell'aria prevede la determinazione della concentrazione media giornaliera di PM<sub>10</sub> eseguita con metodo gravimetrico (condizionamento e pesatura dei filtri con bilancia di precisione prima e dopo il campionamento). Sul laboratorio mobile, oltre ad un campionatore gravimetrico, è presente uno strumento che utilizza la metodica nefelometrica, tecnica basata sulla determinazione dell'intensità della luce diffusa dagli aerosol, che consente di eseguire misure con cadenza oraria.

Generalmente i livelli di concentrazione delle polveri sottili dipendono fortemente dalle condizioni atmosferiche, pertanto, per poter valutare la qualità dell'aria in un sito, è fondamentale confrontare i dati ivi misurati con quelli contemporaneamente rilevati dalle stazioni fisse della rete di monitoraggio. Nella figura 8 le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> misurate nel sito di San Martino di Barge nel corso delle due campagne di misura, sono confrontate con l'intervallo di concentrazioni definito dai dati rilevati dalle stazioni della rete fissa della provincia di Cuneo in cui il particolato viene misurato (banda grigia).

Nel grafico è indicato in rosso il limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> che la normativa prevede non venga superato per più di 35 giorni all'anno. Sono riportati inoltre i millimetri di precipitazione giornaliera cumulata registrati dalla stazione meteorologica di Saluzzo ed un indicatore di presenza di Foehn sul territorio regionale.

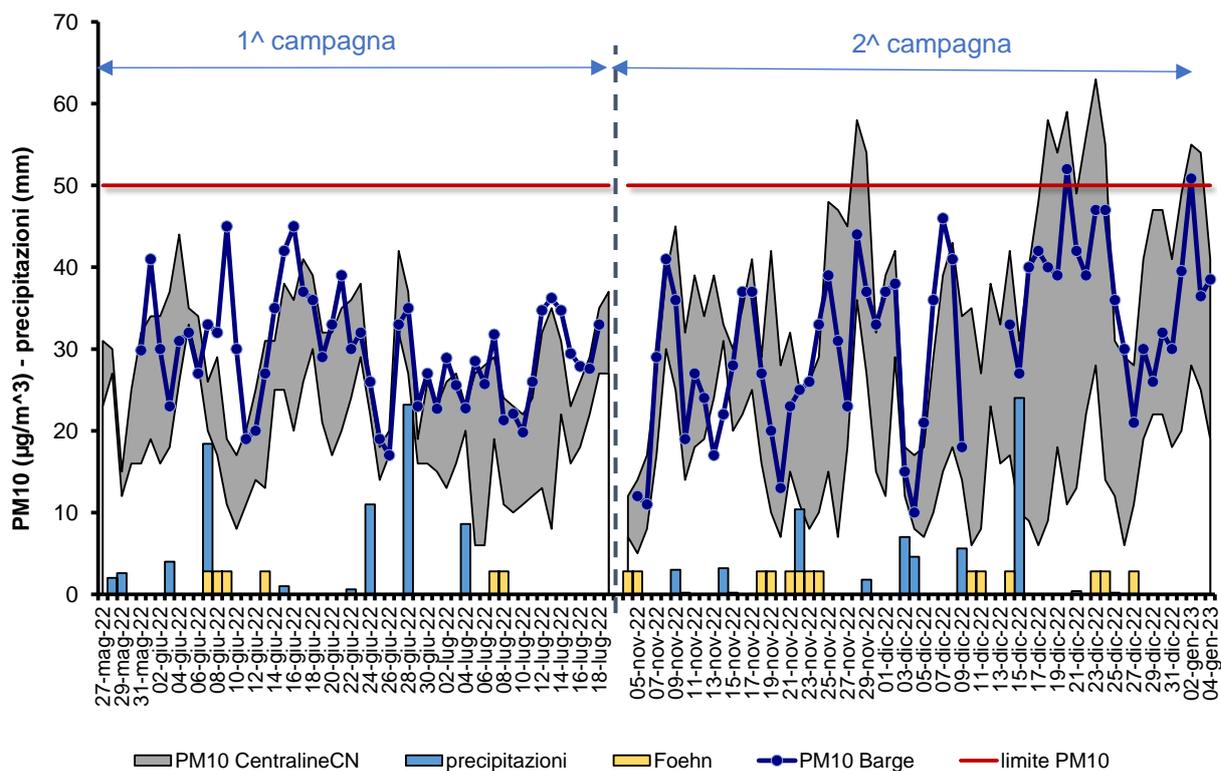


Figura 8) PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie giornaliere rilevate a Barge nella campagna estiva ed in quella invernale; intervallo di concentrazioni definito dai dati delle centraline della provincia di Cuneo (in grigio chiaro); precipitazioni giornaliere registrate dalla stazione meteo di Saluzzo ed episodi di Foehn nella regione.

Da questo grafico si può osservare come, in entrambi i periodi, le variazioni nel tempo delle concentrazioni giornaliere registrate a Barge siano coerenti con gli andamenti dei dati di PM<sub>10</sub> delle altre stazioni della rete fissa. La coerenza tra gli andamenti è legata alle caratteristiche che contraddistinguono il particolato sottile e soprattutto al lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) di questo inquinante che ne consente il trasporto su grandi distanze rendendolo ubiquitario su vasta scala. Questa peculiarità fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. Concentrazioni maggiori sono riscontrate, generalmente, nei mesi freddi

dell'anno; in particolare, i periodi invernali con situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, favoriscono l'accumulo delle polveri e sono perciò caratterizzati da concentrazioni elevate, mentre nei mesi estivi la consistente altezza dello strato di rimescolamento dell'atmosfera consente la diluizione degli inquinanti in volumi molto più ampi, determinando pertanto valori di concentrazione più bassi. Precipitazioni atmosferiche e vento forte sono generalmente efficaci fenomeni di rimozione delle polveri sottili. Sono proprio questa tipologia di eventi che, essendosi verificati con una buona frequenza nei mesi di novembre e dicembre '22, hanno impedito alle polveri di mantenersi per lunghi periodi a livelli elevati, limitando i superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a pochi episodi (figura 8).

Per ciascuna campagna di monitoraggio eseguita a Barge, la distribuzione di tutte le concentrazioni giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  misurate è rappresentata, nella figura seguente, con grafico a box e confrontata con quelle ottenute da ciascuna stazione della rete fissa della provincia di Cuneo nello stesso periodo.

Nelle due tabelle presenti sotto la figura sono riportati il numero di superamenti, le concentrazioni medie, mediane, massime giornaliere e il numero di dati disponibili di  $\text{PM}_{10}$  per ogni punto di misura. Nella tabella è indicata anche la tipologia delle diverse stazioni (TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale) definite secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 155 del 2010.

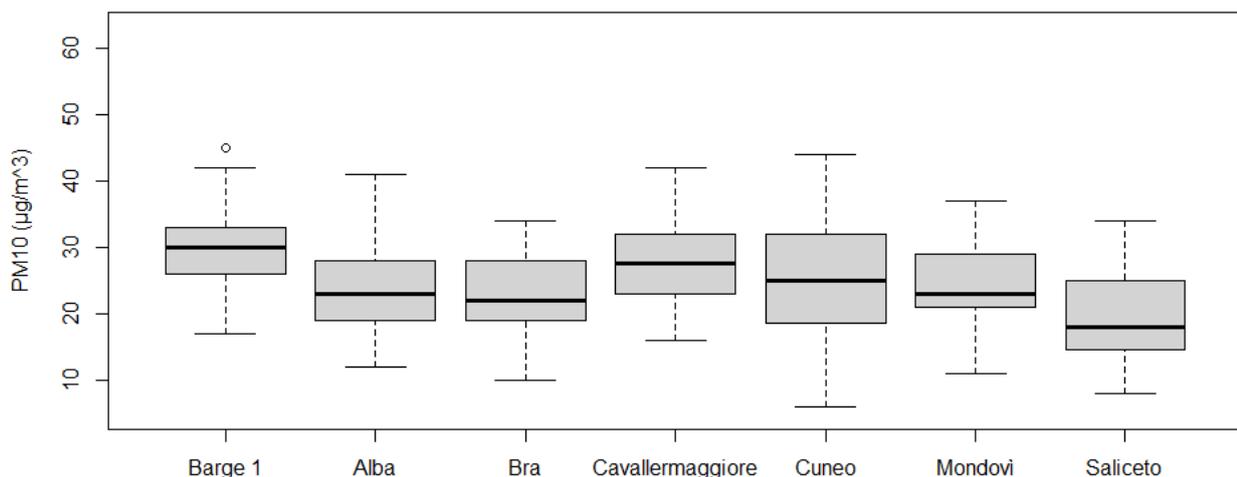


Figura 9)  $\text{PM}_{10}$ : confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate a Barge e nelle stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 31 maggio ÷ 18 luglio '2022

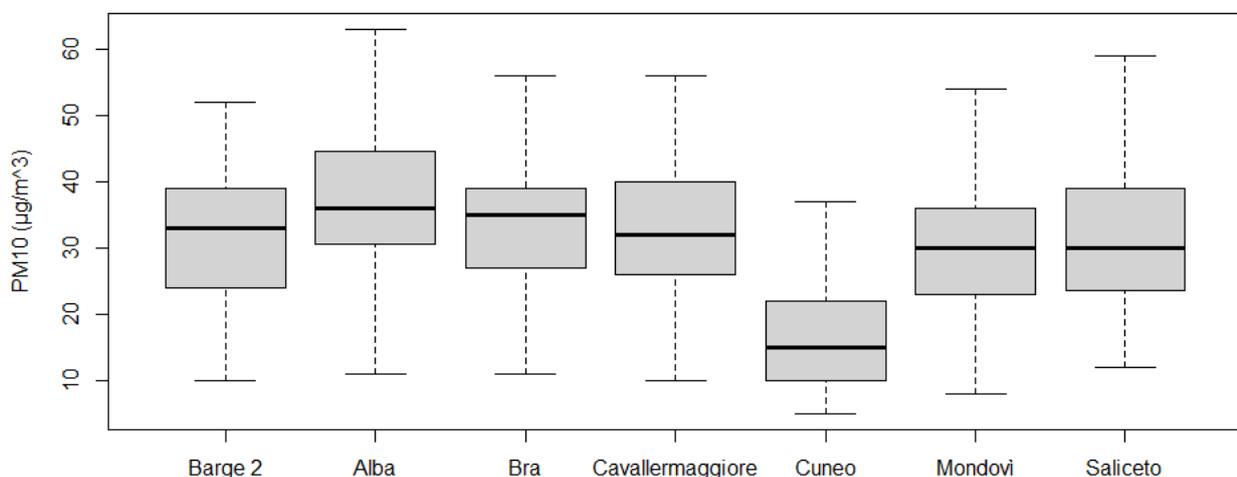


Figura 10)  $\text{PM}_{10}$ : confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate a Barge e nelle stazioni della provincia di Cuneo nel periodo 5 novembre '22 ÷ 4 gennaio '23.

<b>PM<sub>10</sub></b> 31 mag. ÷ 18 lug. '22	<b>Barge</b>	Alba (FU)	Bra (TU)	Cavaller. (FS)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Superamenti limite 50 µg/m <sup>3</sup>	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0
Media (µg/m <sup>3</sup> )	<b>30</b>	24	24	28	25	25	20
Mediana(µg/m <sup>3</sup> )	<b>30</b>	23	22	28	25	23	18
Max (µg/m <sup>3</sup> )	<b>45</b>	41	34	42	44	37	34
Num. dati	49	49	49	46	47	49	48

Tabella 3) PM<sub>10</sub>: confronto tra numero di superamenti del limite giornaliero, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevati nella prima campagna a Barge e presso le stazioni della provincia di Cuneo nei due periodi di misura (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

<b>PM<sub>10</sub></b> 5 nov. '22 ÷ 4 gen. '23	<b>Barge</b>	Alba (FU)	Bra (TU)	Cavaller. (FS)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Superamenti limite 50 µg/m <sup>3</sup>	<b>2</b>	9	3	3	0	3	2
Media (µg/m <sup>3</sup> )	<b>31</b>	37	34	33	16	30	31
Mediana(µg/m <sup>3</sup> )	<b>33</b>	36	35	32	15	30	30
Max (µg/m <sup>3</sup> )	<b>52</b>	63	56	56	37	54	59
Num. dati	57	55	57	54	57	54	55

Tabella 4) PM<sub>10</sub>: confronto tra numero di superamenti del limite giornaliero, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevati nella seconda campagna a Barge e presso le stazioni della provincia di Cuneo nei due periodi di misura (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FS= fondo suburbano, FR= fondo rurale).

I dati misurati a San Martino di Barge, leggermente superiori a quelli delle stazioni della provincia durante la prima campagna, complessivamente indicano per questo sito, una situazione di inquinamento da polveri sottili compatibile con la sua posizione geografica nella zona nord della provincia, infatti i test statistici dimostrano livelli equivalenti in media a quelli misurati nella stazione di fondo suburbano di Cavallermaggiore in entrambe le campagne di misura.

Sebbene le campagne di monitoraggio si riferiscano ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno, la confrontabilità tra le concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate nelle due campagne di monitoraggio a Barge e a Cavallermaggiore permette di considerare la stazione di Cavallermaggiore come rappresentativa anche dei livelli di inquinamento di PM<sub>10</sub> del punto di misura di San Martino di Barge. Ciò estende pertanto la situazione di criticità riscontrata anche nel 2022 a Cavallermaggiore, per il mancato rispetto del limite giornaliero stabilito per il PM<sub>10</sub>, anche al sito di San Martino di Barge.

Tale criticità rientra nella situazione dell'inquinamento da polveri sottili che caratterizza la provincia di Cuneo. Essa presenta livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti ad emissioni locali intense, per lo più dovute al traffico veicolare. La zona nord di pianura e collina della provincia costituisce infatti l'estremo ovest della pianura Padana e pertanto risente dell'inquinamento che, a causa della conformazione orografica e delle emissioni presenti, ristagna e caratterizza tutto il bacino padano. La zona sud della provincia di Cuneo, rispetto a quella a nord, possiede una maggior ventilazione, che permette una migliore diluizione degli inquinanti<sup>4</sup>. Grazie quindi alla sua collocazione geografica, tra le stazioni fisse della provincia, quella di Cuneo è caratterizzata da concentrazioni di polveri sottili più contenute di quelle rilevate dalle centraline fisse presenti a Cavallermaggiore, Alba e Bra che risentono maggiormente dell'inquinamento di fondo del bacino padano. I livelli riscontrati in queste tre stazioni sono generalmente prossimi a quelli rilevati nelle stazioni

<sup>4</sup> Per approfondimenti: [Relazione della qualità dell'aria 2020](#) – Territorio della provincia di Cuneo, Arpa Piemonte

delle città di Asti e Torino. Nonostante il miglioramento, il superamento del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere, avvenuto in tutti gli anni di misura fino al 2017 e nuovamente nel 2020, 2021 (per Bra e Cavallermaggiore) e 2022 (solo Cavallermaggiore), indica ancora, per la zona nord della provincia, una situazione di criticità per il PM<sub>10</sub>. La stazione presente a Mondovì, sebbene sia caratterizzata dalle concentrazioni di fondo contenute tipiche della zona pedemontana, è fortemente influenzata dalle emissioni locali del traffico veicolare a causa della posizione a ridosso di una strada percorsa da un intenso traffico anche di tipo pesante. La stazione di Saliceto, nonostante si trovi in una zona rurale a margine del bacino padano, e pertanto non sia caratterizzata da livelli di fondo elevati, nel periodo invernale risente delle emissioni locali di materiale particolato provenienti dal diffuso utilizzo della biomassa legnosa come combustibile nel riscaldamento domestico.

## **METALLI ED IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI**

Sui filtri di polveri campionati a Barge nei mesi di giugno, novembre e dicembre 2022, dopo la misura gravimetrica della concentrazione di PM<sub>10</sub>, si è proceduto alla determinazione in laboratorio delle concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici (nel seguito IPA) e metalli presenti.

La norma vigente per la qualità dell'aria stabilisce dei valori obiettivo per Arsenico, Cadmio, Nichel e Benzo(a)pirene ed un valore limite per il Piombo, riferiti al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolati come media su un anno civile. Pertanto per queste sostanze la determinazione è costantemente eseguita, su base mensile, per tutte le stazioni della rete fissa della qualità dell'aria dove il campionamento del PM<sub>10</sub> viene effettuato. Negli ultimi anni, a scopo di studio, la determinazione è stata estesa, per tutte le stazioni fisse, alle molecole di Indeno(1,2,3-cd)pirene, Crisene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(a)antracene e Benzo(b+j+k)fluorantene oltre ad altri metalli, quali Cromo, Rame, Vanadio, Zinco, Antimonio, Manganese e Ferro per un numero limitato di centraline.

Tutte le sostanze sopra indicate sono state ricercate anche nei filtri campionati a Barge, aggregando, analogamente alle stazioni fisse della rete, i filtri giornalieri di ciascun mese e ottenendo le concentrazioni medie mensili di giugno, novembre e dicembre 2022.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 5 per gli IPA e nella tabella 6 per i metalli. Le concentrazioni presenti in alcuni campioni, indicate con colore verde ed in corsivo, sono inferiori o prossime al limite di rilevabilità del metodo analitico (Massa campione < LCL/2 + bianco). In particolare, per Arsenico, Cadmio, Antimonio e Vanadio tutti i campioni hanno avuto concentrazioni non quantificabili.

La somma delle concentrazioni di tutte le molecole di IPA (IPA totali) determinate per i campioni di Barge, ed il loro contributo percentuale alle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, sono confrontate con quelle rilevate presso le stazioni fisse della provincia nei grafici di figura 11. Per ciascuno degli IPA determinati e per i metalli presenti in quantità rilevabili nei tre mesi (Piombo, Rame, Manganese, Nichel, Ferro, Cromo e Zinco) le concentrazioni del sito di Barge sono rappresentate nelle figure 12÷15 e confrontate con quelle delle centraline fisse.

Generalmente le concentrazioni di IPA hanno un marcato gradiente stagionale con valori più elevati nei mesi invernali, quando sono maggiori le emissioni e minore la capacità dispersiva dell'atmosfera, e valori molto bassi e uniformi nei vari siti nei mesi estivi, quando le condizioni meteorologiche, oltre a favorire la dispersione degli inquinanti, contribuiscono alla degradazione degli IPA (ad opera di radiazione solare e temperatura). Proprio per questi motivi le concentrazioni di tali composti nelle polveri PM<sub>10</sub> campionate nel mese di giugno, sia a Barge che in tutti gli altri siti della provincia, sono risultate quasi tutte inferiori al limite di quantificazione. Dal grafico di sinistra di figura 11 si può osservare come in tutti i siti di misura le concentrazioni di IPA abbiano assunto il valore maggiore nel mese di dicembre, quando ne è anche aumentato il contenuto percentuale all'interno del PM<sub>10</sub> (grafico di destra). Nel sito di Barge le concentrazioni, del tutto simili nel mese di novembre a quelle della maggior parte delle altre stazioni urbane della provincia (Alba, Bra, Cavallermaggiore e Mondovì), sono più che raddoppiate nel mese di dicembre, raggiungendo i valori molto elevati della stazione di Saliceto, sito che rappresenta una situazione caratterizzata da elevate emissioni provenienti dalla combustione di biomassa legnosa nel riscaldamento domestico. Anche nel 2022 quest'ultimo si conferma come sito della provincia di Cuneo con le concentrazioni più elevate di benzo(a)pirene, tuttavia a partire dal 2018 il limite normativo sulla la media annuale è rispettato anche in questa stazione. Mentre la maggior parte degli IPA è classificata nel gruppo 2B ("possibili cancerogeni per l'uomo"), per il benzo(a)pirene la cancerogenicità è accertata (è classificato nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo"). Per questo motivo tale composto è usato come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA, ed è stabilito un valore obiettivo per la sua concentrazione pari ad 1 ng/m<sup>3</sup>

come media per anno civile. Sebbene i dati di benzo(a)pirene siano disponibili per Barge per soli tre mesi, sulla base dei risultati ottenuti per l'anno 2022 nella stazione di Saliceto e della confrontabilità con i dati di tale stazione, è possibile ipotizzare che anche nel sito di Barge il valore obiettivo annuale sia rispettato.

La coerenza con le stazioni della rete dei dati di IPA di Barge nel mese di novembre, quando la produttività dell'industria locale è stata elevata, fa dedurre che essa non abbia determinato emissioni significative di tali inquinanti e che le elevate concentrazioni registrate dal laboratorio mobile nel mese di dicembre, quando la produttività dell'industria locale di produzione di pastiglie di freni è stata molto limitata (attività sospesa per 21 giorni), siano attribuibili ad altre sorgenti locali che verosimilmente potrebbero essere legate alla combustione della biomassa legnosa.

Altresì dai dati dei metalli misurati a Barge non emergono criticità per la salute pubblica. Dei quattro metalli per cui esistono valori obiettivi o limite, fissati dalla norma al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, solamente Nichel e Piombo sono stati rilevati in concentrazioni superiori alle soglie di quantificazione analitica, ma si tratta di valori molto inferiori agli indicatori normativi vigenti (indicati in rosso nella tabella 6). Nel confronto con i dati misurati presso le stazioni fisse (grafici delle figure 14 e 15) il Piombo non evidenzia a Barge variazioni significative, mentre il Nichel presenta nel solo mese di giugno un valore superiore a quelli misurati nello stesso periodo dalle stazioni della rete. Un comportamento analogo è evidente anche per Ferro e Cromo che nel mese di giugno 2022 hanno registrato a Barge concentrazioni all'incirca doppie rispetto alle altre stazioni. Qualche anomalia, meno marcata, è presente nel mese di giugno anche per Rame e Manganese, mentre lo Zinco a Barge presenta valori pressoché costanti nei tre mesi ma che risultano, nel confronto con le altre stazioni, molto elevati nel mese di giugno (circa un fattore 5), circa doppi nel mese di novembre e leggermente più elevati nel mese di dicembre (e quindi compatibili con la ridotta produttività dell'azienda locale nel mese di dicembre).

Nei filtri di PM<sub>10</sub> campionati in via Crocetta di Barge è pertanto individuata la presenza di alcuni metalli potenzialmente correlabili alle lavorazioni dell'azienda di produzione di pastiglie di freni, ma le concentrazioni in gioco, dell'ordine di quanto rilevato in altri periodi nel territorio provinciale, non sono tali da destare preoccupazioni, mentre gli elementi pericolosi che tipicamente in passato potevano essere contenuti nei materiali di attrito (come Cadmio, Antimonio e Piombo) sono presenti in quantità non rilevabili (Cadmio e Antimonio) o confrontabili (Piombo) con quelle delle altre stazioni della rete.

	Benzo(a) pirene (ng/m <sup>3</sup> )	Indeno(1,2,3- cd)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	Crisene (ng/m <sup>3</sup> )	Benzo(g,h,i) perilene (ng/m <sup>3</sup> )	Benzo(a) antracene (ng/m <sup>3</sup> )	Benzo(b+j+k) fluorantene (ng/m <sup>3</sup> )	IPA totali (ng/m <sup>3</sup> )	IPA totali (% su PM <sub>10</sub> )
<b>Barge – frazione San Martino</b>								
<b>giu-22</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.001
<b>nov-22</b>	0.6	0.9	0.6	0.8	0.7	1.8	5.3	0.020
<b>dic-22</b>	1.8	2.2	1.5	2.2	2.6	3.8	14.2	0.042
<b>Valore obiettivo (media anno civile)</b>	1.0	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 5) IPA: concentrazioni rilevate nei filtri campionati a Barge (con colore verde ed in corsivo, sono indicate le concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità del metodo analitico (LCL)).

	Arsenico (ng/m <sup>3</sup> )	Cadmio (ng/m <sup>3</sup> )	Nichel (ng/m <sup>3</sup> )	Piombo (µg/m <sup>3</sup> )	Antimonio (ng/m <sup>3</sup> )	Cromo (ng/m <sup>3</sup> )	Manganese (ng/m <sup>3</sup> )	Rame (ng/m <sup>3</sup> )	Vanadio (ng/m <sup>3</sup> )	Zinco (ng/m <sup>3</sup> )	Ferro (ng/m <sup>3</sup> )
<b>Barge– frazione San Martino</b>											
<b>giu-22</b>	<i>0.7</i>	<i>0.1</i>	3.1	0.002	<i>0.7</i>	5.69	11.52	13.42	<i>0.7</i>	54.41	850.44
<b>nov-22</b>	<i>0.7</i>	<i>0.1</i>	1.1	0.003	<i>0.7</i>	3.48	5.11	19.23	<i>0.7</i>	57.03	276.99
<b>dic-22</b>	<i>0.7</i>	<i>0.1</i>	<i>0.7</i>	0.005	<i>0.7</i>	2.52	4.72	11.11	<i>0.7</i>	61.88	213.71
<b>Valore obiettivo (media anno civile)</b>	<b>6.0</b>	<b>5.0</b>	<b>20.0</b>	<b>0.5</b>	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 6) Metalli: concentrazioni rilevate nei filtri campionati a Barge (con colore verde ed in corsivo, sono indicate le concentrazioni inferiori o uguali al limite di rilevabilità del metodo analitico (LCL)).

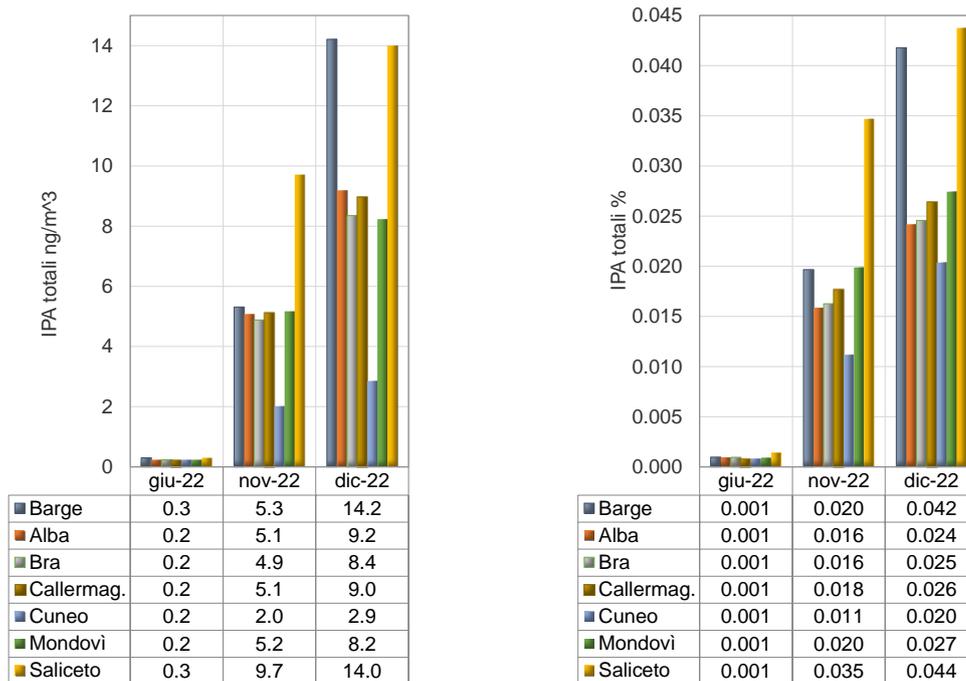


Figura 11) IPA totali (a sinistra) e percentuale di IPA nel PM10 (a destra): Confronto delle medie mensili misurate a Barge e presso le centraline fisse.

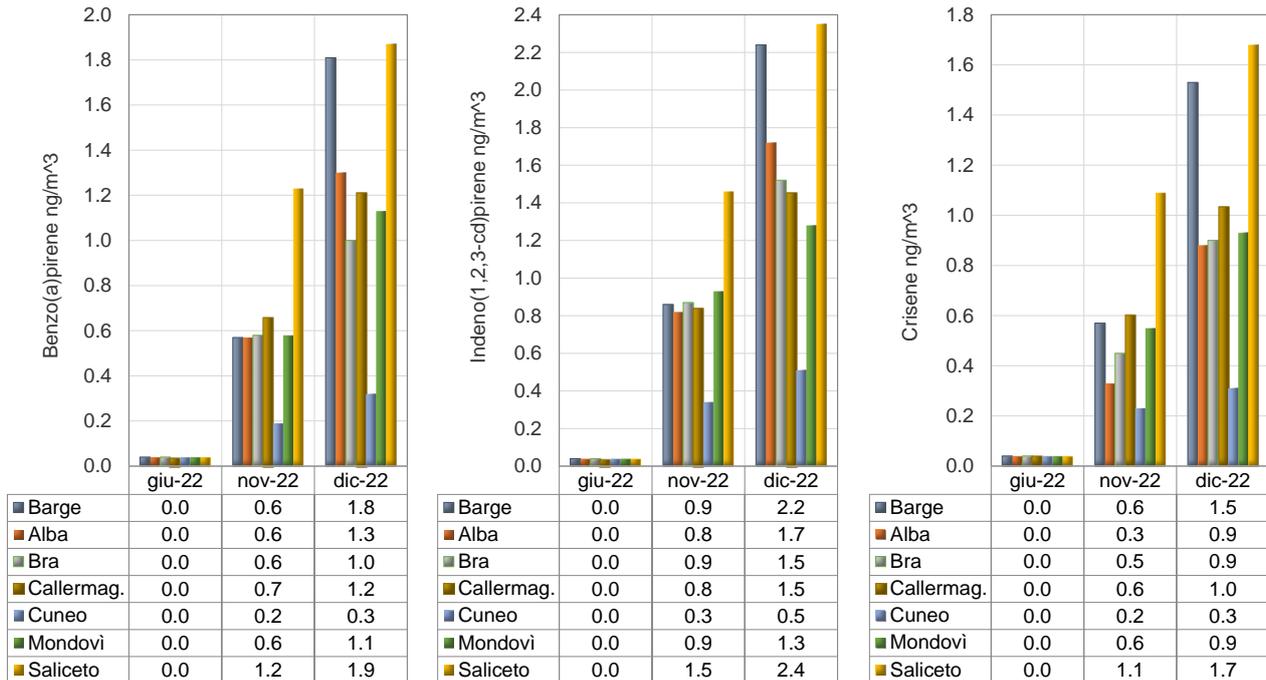


Figura 12) Benzo(a)pirene, Indeno(1,2,3-cd)pirene e Crisene: Confronto delle medie mensili misurate a Barge e presso le centraline fisse.

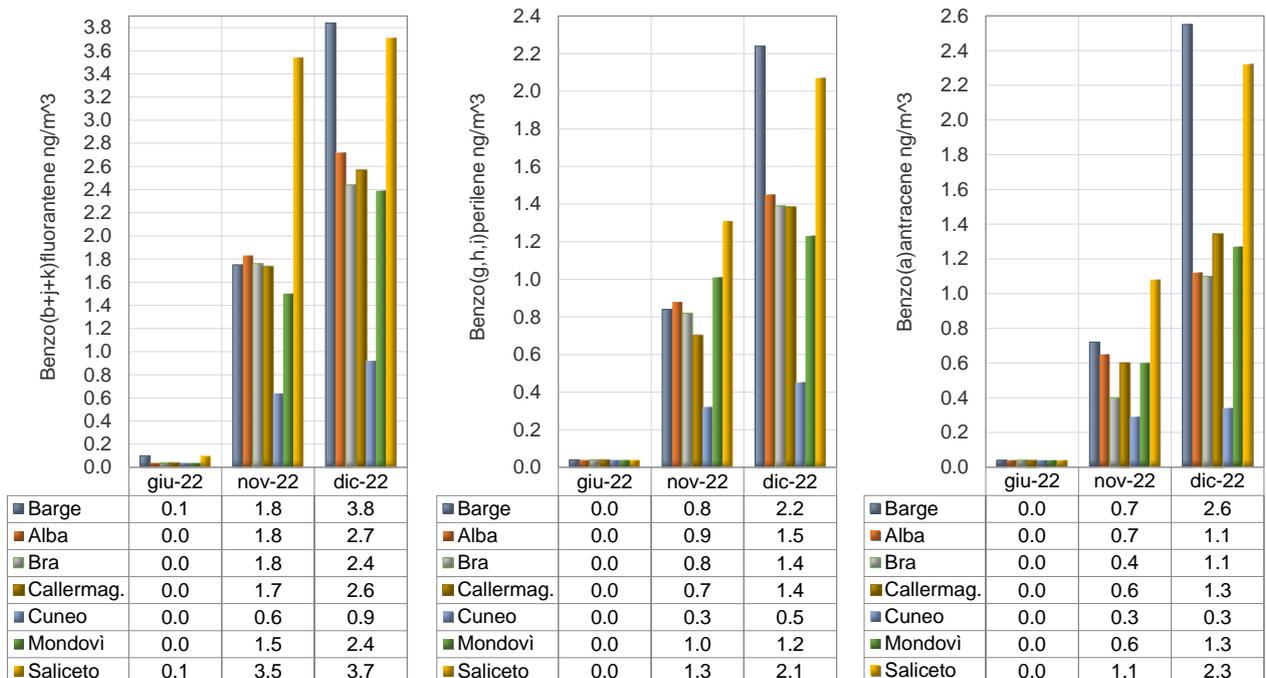


Figura 13) Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene e Benzo(a)antracene: Confronto delle medie mensili misurate a Barge e presso le centraline fisse.

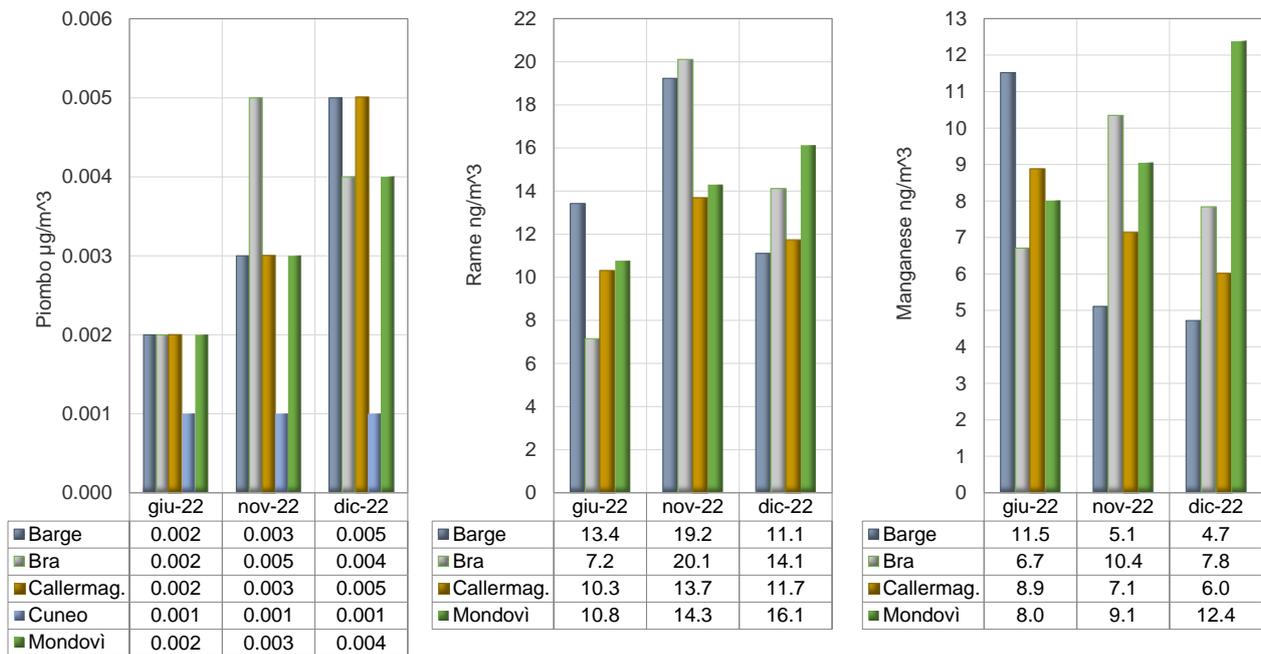


Figura 14) Piombo, Rame e Manganese: Confronto delle medie mensili misurate a Barge e presso le centraline fisse.

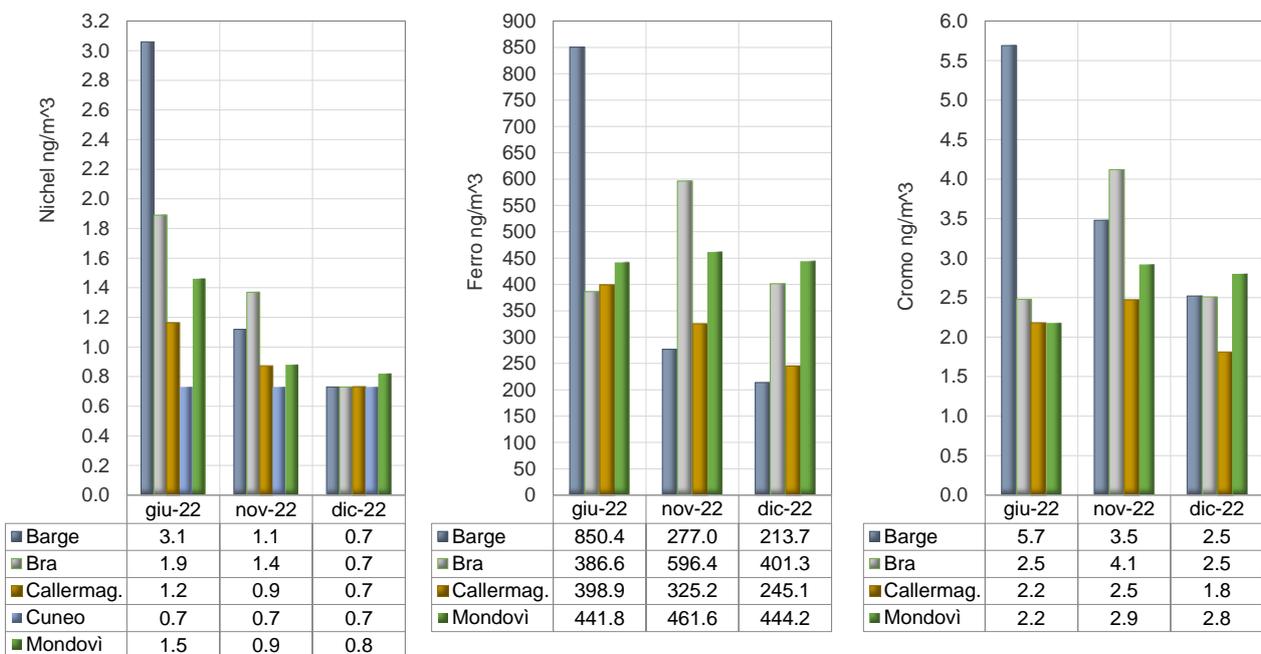


Figura 15) Nichel, Ferro e Cromo: Confronto delle medie mensili misurate a Barge e presso le centraline fisse.

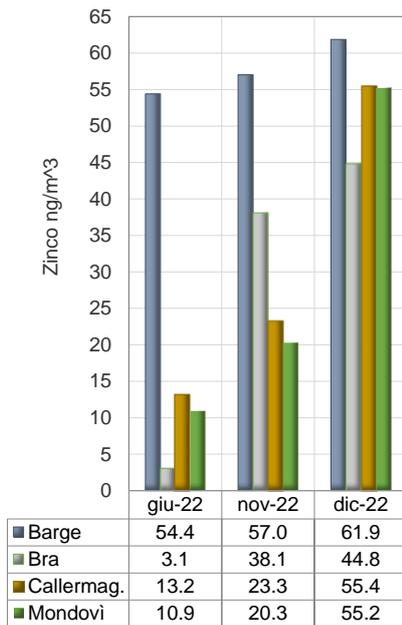


Figura 16) Zinco: Confronto delle medie mensili misurate a Barge e presso le centraline fisse.

## OZONO – O<sub>3</sub>

L'ozono presente nella parte bassa dell'atmosfera è un inquinante secondario, ovvero la sua formazione è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori), quali ossidi di azoto e composti organici volatili, che reagiscono catalizzati da fattori meteorologici, in particolare dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria. Conseguentemente le concentrazioni di questa molecola aumentano dalla tarda mattinata al pomeriggio con l'innalzarsi della temperatura e della radiazione solare. L'ozono presenta inoltre un andamento stagionale in cui la concentrazione inizia a crescere in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi.

Il comportamento giornaliero si può appurare dai singoli grafici della figura seguente, dove sono rappresentati i giorni medi delle concentrazioni di ozono registrate dal laboratorio mobile a Barge e dalla centralina fissa di Alba nei periodi delle due campagne di monitoraggio: è evidente la crescita delle concentrazioni nelle ore centrali della giornata dovute all'aumento dell'insolazione e della temperatura. Dal confronto tra i grafici della campagna estiva e di quella invernale diventa invece palese il comportamento stagionale.

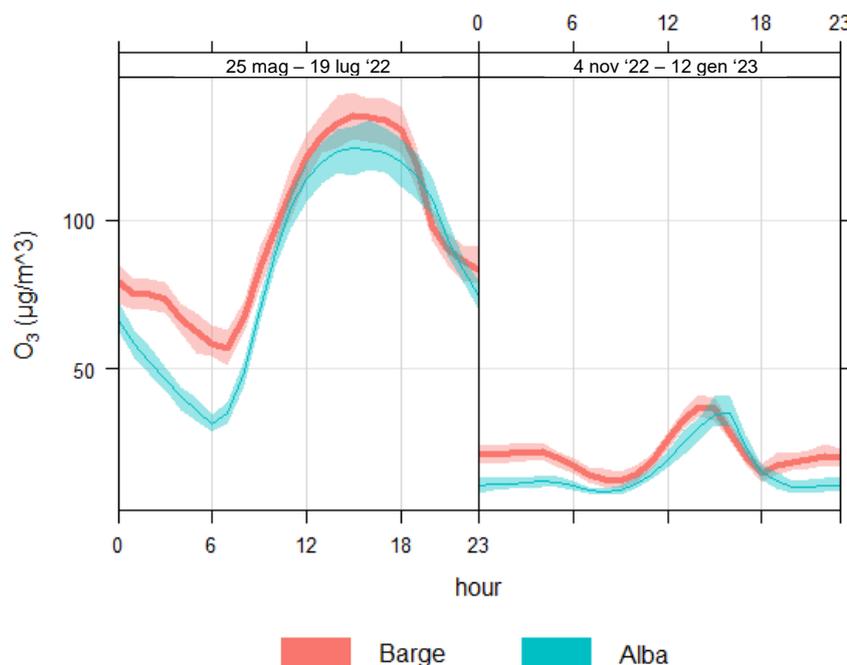


Figura 17) O<sub>3</sub>: giorni medi di Barge ed Alba nelle due campagne di monitoraggio (25 maggio÷19 luglio '22, 4 novembre '22÷12 gennaio '23).

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a 180 µg/m<sup>3</sup> e 240 µg/m<sup>3</sup> rispettivamente. Stabilisce inoltre un valore obiettivo per la protezione della salute umana, che fa riferimento ad una media massima giornaliera su 8 ore, e che è pari a 120 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni, che attualmente viene disatteso in tutte le stazioni della provincia.

Nel corso della campagna estiva di monitoraggio nella provincia di Cuneo sono stati registrati dei superamenti della soglia di informazione nei soli siti di Barge ed Alba. Superamenti dell'obiettivo a lungo termine sono stati riscontrati su tutto il territorio provinciale, dal confronto con le altre stazioni emerge tuttavia come nel sito di Barge essi siano stati particolarmente numerosi. Essi risultano comunque confrontabili o inferiori a quanto registrato nella provincia di Torino. I superamenti della soglia di informazione e del valore obiettivo riscontrati sono indicati nelle tabelle 7 e 8, insieme alle massime

concentrazioni orarie e medie su 8 ore, registrati a Barge e presso le stazioni di fondo della provincia dove l'ozono viene misurato, oltre ad alcune stazioni della provincia di Torino che sono riportate a titolo di esempio.

<b>O<sub>3</sub></b> <i>28 maggio ÷ 18 luglio '22</i>	<b>Barge</b>	Alba (FU)	Cuneo (FU)	Staffarda (FR)	Saliceto (FR)	Torino Lingotto (FU)	Vinovo Volontari (FS)	Orbassano Gozzano (FS)
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	<b>194</b>	188	177	175	170	201	220	214
Superamenti soglia informazione (media oraria >180 µg/m <sup>3</sup> )	<b>13</b>	3	0	0	0	15	48	74
Massima media 8h (µg/m <sup>3</sup> )	<b>176</b>	174	164	161	160	186	205	200
Superamenti obiettivo a lungo termine (max media 8h >120 µg/m <sup>3</sup> )	<b>37</b>	29	27	29	19	33	40	43

Tabella 7) O<sub>3</sub>: confronto tra massime medie orarie, massime medie su 8 ore e numero superamenti di 120 µg/m<sup>3</sup> come media su 8 ore, rilevati a Barge nella prima campagna, presso le stazioni di fondo della provincia di Cuneo e alcune stazioni della provincia di Torino (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FU= fondo urbano, FR= fondo rurale, FS= fondo suburbano).

<b>O<sub>3</sub></b> <i>5 novembre '22 ÷ 11 gennaio '23</i>	<b>Barge</b>	Alba (FU)	Cuneo (FU)	Staffarda (FR)	Saliceto (FR)
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	<b>80</b>	79	86	76	76
Superamenti soglia informazione (media oraria >180 µg/m <sup>3</sup> )	<b>0</b>	0	0	0	0
Massima media 8h (µg/m <sup>3</sup> )	<b>76</b>	64	79	70	72
Superamenti obiettivo a lungo termine (max media 8h >120 µg/m <sup>3</sup> )	<b>0</b>	0	0	0	0

Tabella 8) O<sub>3</sub>: confronto tra massime medie orarie, massime medie su 8 ore e numero superamenti di 120 µg/m<sup>3</sup> come media su 8 ore, rilevati a Barge nella seconda campagna e presso le stazioni di fondo della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

Il grafico di figura 18 rappresenta, per ciascun giorno di misura delle due campagne, le massime concentrazioni medie giornaliere calcolate su 8 ore, per il sito di Barge e per le stazioni fisse della provincia di Cuneo, che vanno confrontate con il valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup>.

Si può notare il buon accordo tra gli andamenti che si può attribuire alla peculiarità dell'inquinamento da ozono, considerato un fenomeno di mesoscala o addirittura transfrontaliero; le principali variazioni delle sue concentrazioni interessano pertanto non la scala locale ma distanze di centinaia e migliaia di chilometri.

Nello stesso grafico si possono confrontare gli andamenti delle concentrazioni di ozono con quello della radiazione solare globale giornaliera misurata dalla stazione meteorologica di Villanova Solaro: sebbene la radiazione non sia l'unica variabile da cui dipende l'ozono emerge abbastanza chiaramente una corrispondenza tra il suo andamento e quello dell'inquinante.

Durante la campagna estiva, come si può vedere anche dal grafico, il numero di superamenti è stato piuttosto elevato, essi sono stati registrati in tutta la seconda decade di giugno ed in tutto il mese di luglio, periodi caratterizzati da valori elevati di radiazione solare e temperatura.

Al termine della campagna invernale, il 9 e 10 gennaio, si nota un picco di ozono che si può invece attribuire ad un'intrusione di aria stratosferica dovuta all'intenso fenomeno di Foehn che si è verificato in quei giorni.

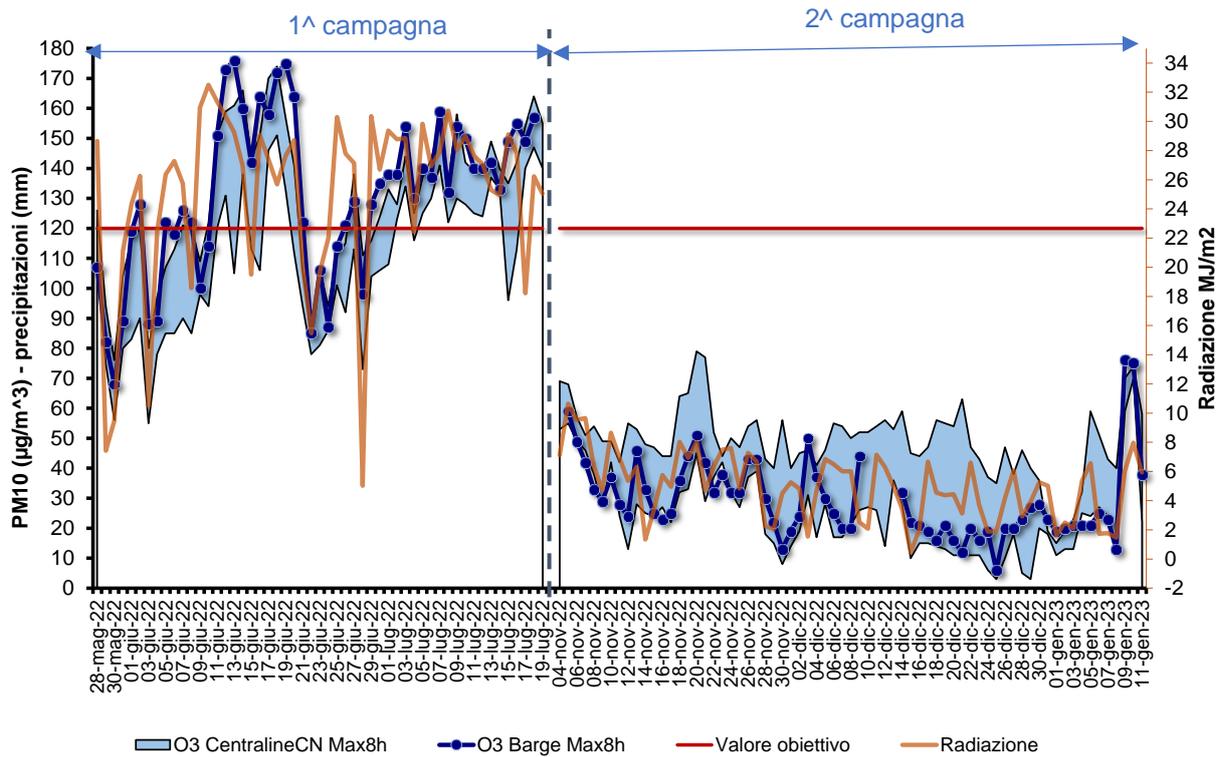


Figura 18)  $\text{O}_3$ : massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per il sito di Barge e per le stazioni fisse della provincia di Cuneo. Radiazione solare globale misurata dalla stazione meteo di Villanova Solaro.

## **BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>, MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE**

Il benzene ed il monossido di carbonio sono due inquinanti la cui emissione è legata principalmente al traffico veicolare, ma i cui quantitativi si sono notevolmente ridotti negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e alle modifiche qualitative delle benzine. Sensibili miglioramenti sono stati riscontrati anche per il biossido di zolfo che ha tra le sue sorgenti il traffico veicolare, in particolare i motori diesel, e che era ritenuto fino agli anni '80 il principale inquinante atmosferico; con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO<sub>2</sub> nell'aria.

Per il **biossido di zolfo** il Decreto Legislativo 155/2010 prevede due classi di limiti per la protezione della salute umana: uno, relativo alla media oraria, pari a 350 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile e l'altro, per la media giornaliera, di 125 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile.

Le concentrazioni orarie misurate con il laboratorio mobile in via Crocetta a Barge, hanno evidenziato una concentrazione massima oraria di 11 µg/m<sup>3</sup> e valori della massima media giornaliera di 8 µg/m<sup>3</sup>. Si tratta pertanto di valori molto inferiori ai limiti normativi ed ormai prossimi ai limiti di rilevabilità strumentali.

Per il **monossido di carbonio** la normativa stabilisce un valore limite per la protezione della salute umana di 10 mg/m<sup>3</sup> come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

In provincia di Cuneo i valori di CO registrati dalla rete delle centraline fisse, molto al di sotto del limite sin dall'inizio delle misure, sono andati diminuendo e le concentrazioni medie su 8 ore si sono assestate negli ultimi sei anni a valori inferiori a 2 mg/m<sup>3</sup>.

Nelle due campagne di Barge i valori rilevati sono confrontabili con quelli rilevati negli stessi periodi dalle stazioni della rete, con una massima concentrazione media su 8 ore pari a 1.7 mg/m<sup>3</sup>. Anche per questo inquinante i livelli sono ormai confrontabili con i limiti di rilevabilità degli strumenti di analisi.

Il Decreto Legislativo 155/2010 riprende per il **benzene** il valore limite per la protezione della salute umana già specificato dalla legislazione precedente di 5 µg/m<sup>3</sup> su base annuale. Tale limite è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le stazioni di traffico. Dal confronto con quanto rilevato presso le altre stazioni della provincia dove questo inquinante viene monitorato, si può desumere che anche in via Crocetta a San Martino di Barge non sussistano rischi di superamento del limite per tale inquinante. Le concentrazioni medie ottenute nei periodi di misura sono pari a 0.2 e 2.1 µg/m<sup>3</sup>.

## ELABORAZIONI DI APPROFONDIMENTO

Nonostante le concentrazioni misurate in via Crocetta a San Martino di Barge nelle due campagne di misura del 2022-2023 non presentino criticità nel confronto con le stazioni di riferimento, nel seguito sono illustrate alcune elaborazioni condotte sui dati allo scopo di indagare ulteriormente la presenza di particolari influenze di fonti locali.

### *Campagna di monitoraggio maggio - luglio 2022*

Le concentrazioni orarie degli inquinanti misurate a San Martino di Barge sono state analizzate in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento. In ciascuno dei due grafici di figura 19 le concentrazioni medie orarie di PM<sub>10</sub> sono state rappresentate in coordinate polari dove ogni punto è identificato da un angolo, che individua la direzione di provenienza del vento, da una distanza dal centro, che indica la velocità del vento, e da un colore che rappresenta, secondo la scala indicata nella legenda a fianco, la concentrazione media di PM<sub>10</sub> corrispondente a quei valori di direzione e velocità del vento.

Grazie alle informazioni fornite dall'azienda locale di produzione di materiale frenante è stato inoltre possibile suddividere i dati in base al funzionamento dell'impianto produttivo.

Dall'elaborazione dei dati della campagna estiva si ricava che nelle ore in cui lo stabilimento era attivo (grafico di destra di figura 19) e il vento proveniva dai settori compresi tra Ovest e Sud Ovest, con velocità comprese tra circa 1 e 2.5 m/s, le concentrazioni di PM<sub>10</sub> mediamente erano le più elevate. Per poter individuare più facilmente le zone sottese ai diversi settori di provenienza del vento, nella figura 20 il grafico in coordinate polari è stato rappresentato sulla mappa del territorio di interesse, facendo coincidere il suo centro con il punto in cui le misure sono state eseguite. Si può osservare come tale situazione corrisponda a vento proveniente dalla direzione dell'industria locale di produzione di pastiglie dei freni.

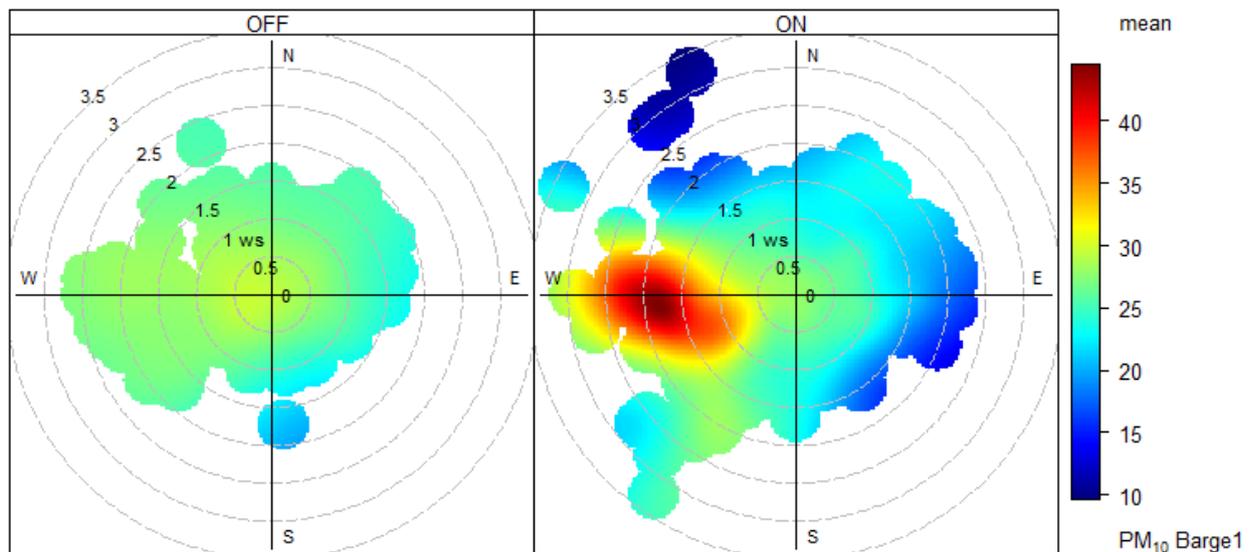


Figura 19) Concentrazioni medie di PM<sub>10</sub> misurate dal laboratorio mobile a San Martino di Barge in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (a sx nelle ore in cui l'azienda locale aveva la produzione sospesa e a destra nelle ore di attività. Periodo 30 maggio ÷ 19 luglio '22)

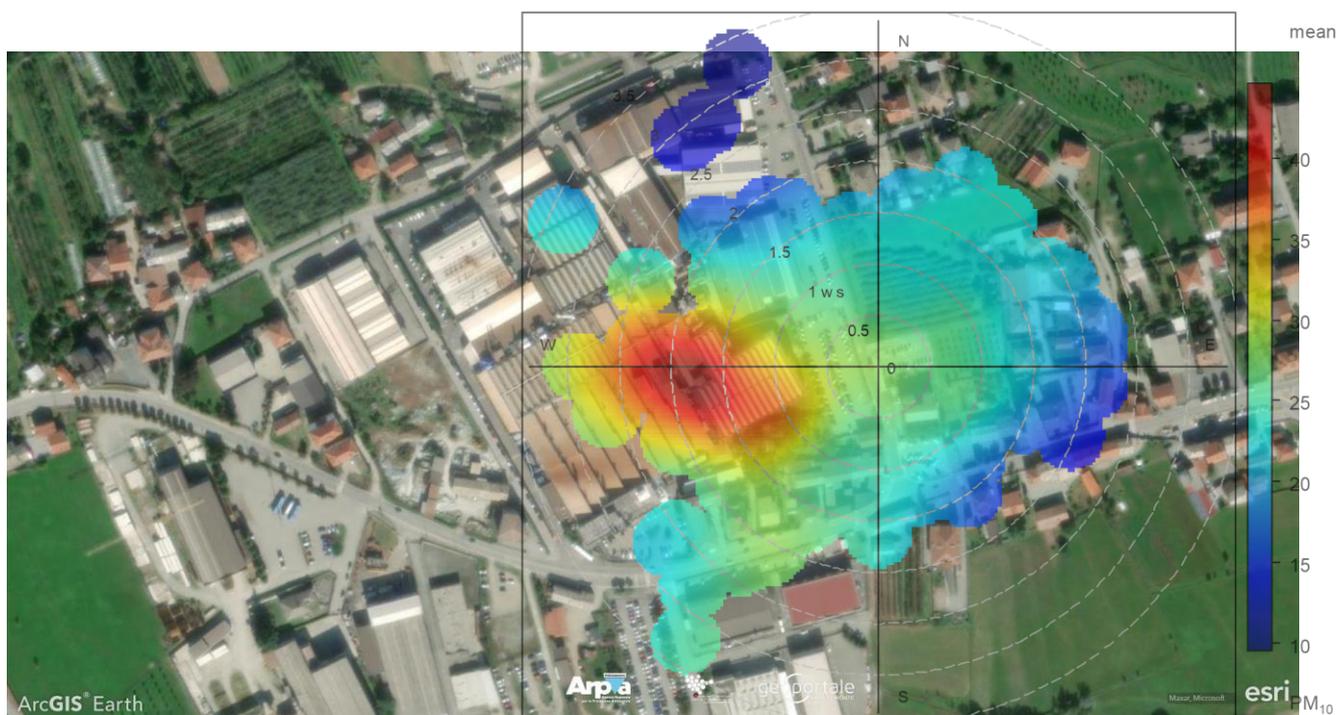


Figura 20) Concentrazioni medie di  $PM_{10}$  misurate dal laboratorio mobile in frazione San Martino di Barge in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (ore in cui l'azienda locale era in attività nel periodo 30 maggio ÷ 19 luglio '22)

L'analisi del giorno medio ottenuto mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno di funzionamento dello stabilimento di Barge (figura 21 grafico di destra) ci dice che i valori più elevati del  $PM_{10}$  si erano mediamente verificati dopo le 19 e fino almeno alle 6 del mattino ovvero nelle ore notturne, che come si potrà vedere dalla rosa dei venti di figura 30 (pag. 34), sono tipicamente le ore in cui il sito di misura è sottovento all'impianto produttivo.

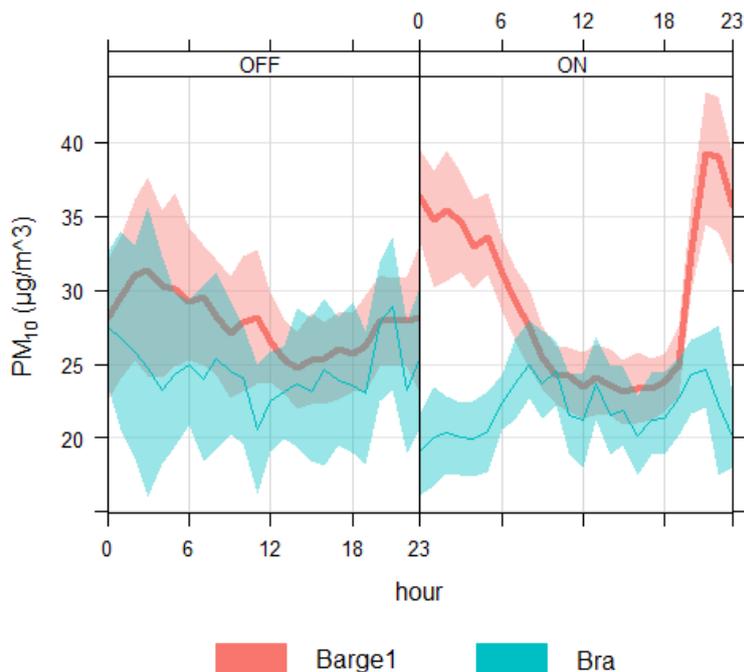
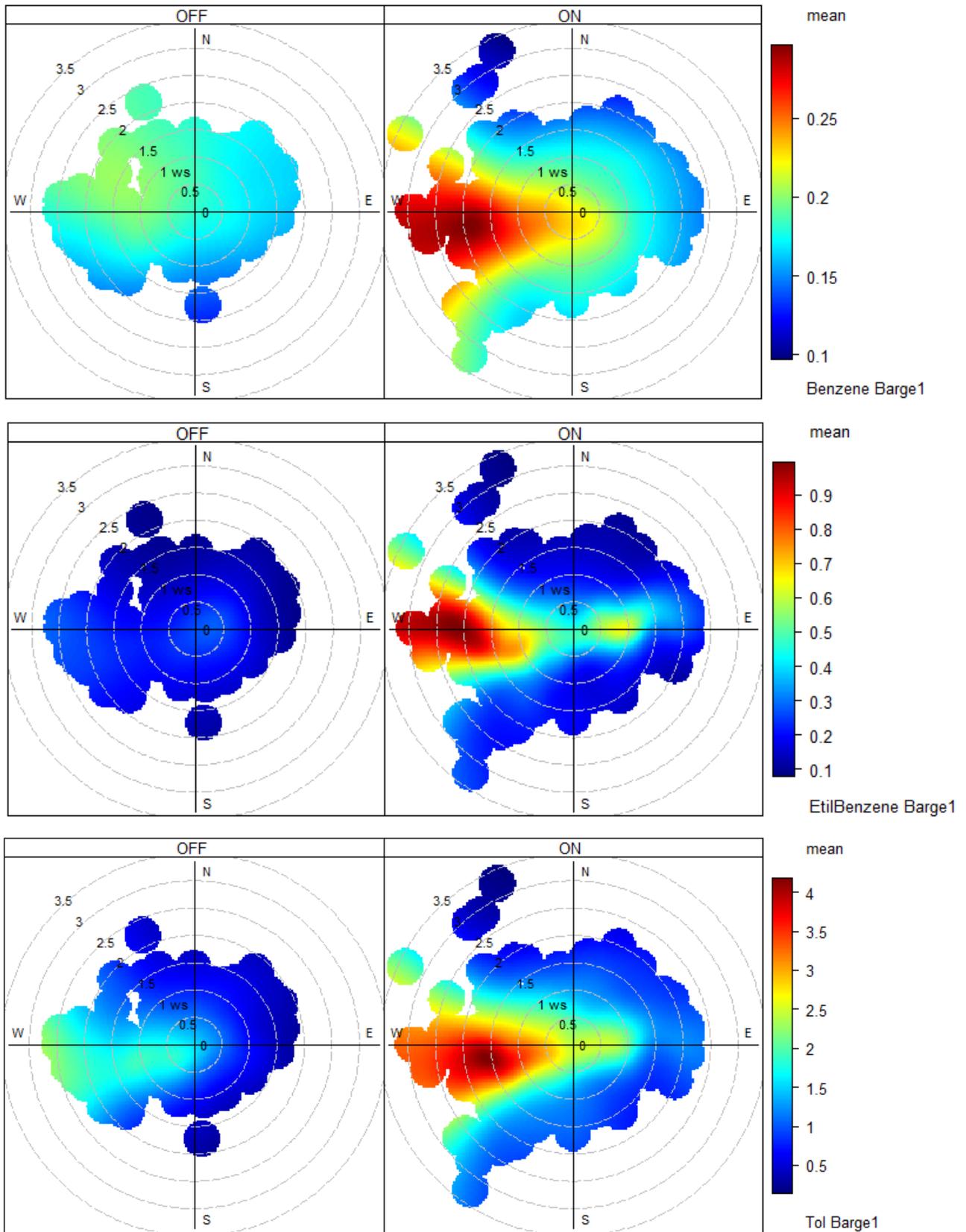


Figura 21)  $PM_{10}$ : confronto tra i giorni medi di Barge e Bra nei casi di stabilimento non operativo (grafico di sinistra) e operativo (grafico di destra)

Analogamente per i composti organici volatili determinati (Benzene, EtilBenzene, Toluene, Meta-Para Xileni, Orto Xileni) di cui generalmente una sorgente importante è il traffico veicolare, i contributi maggiori a San Martino di Barge sono individuati con lo stabilimento operativo e come provenienti da Ovest e Ovest-SudOvest nelle ore notturne, ad eccezione di un picco centrato intorno alle ore 9 (ora solare) proveniente da Est.



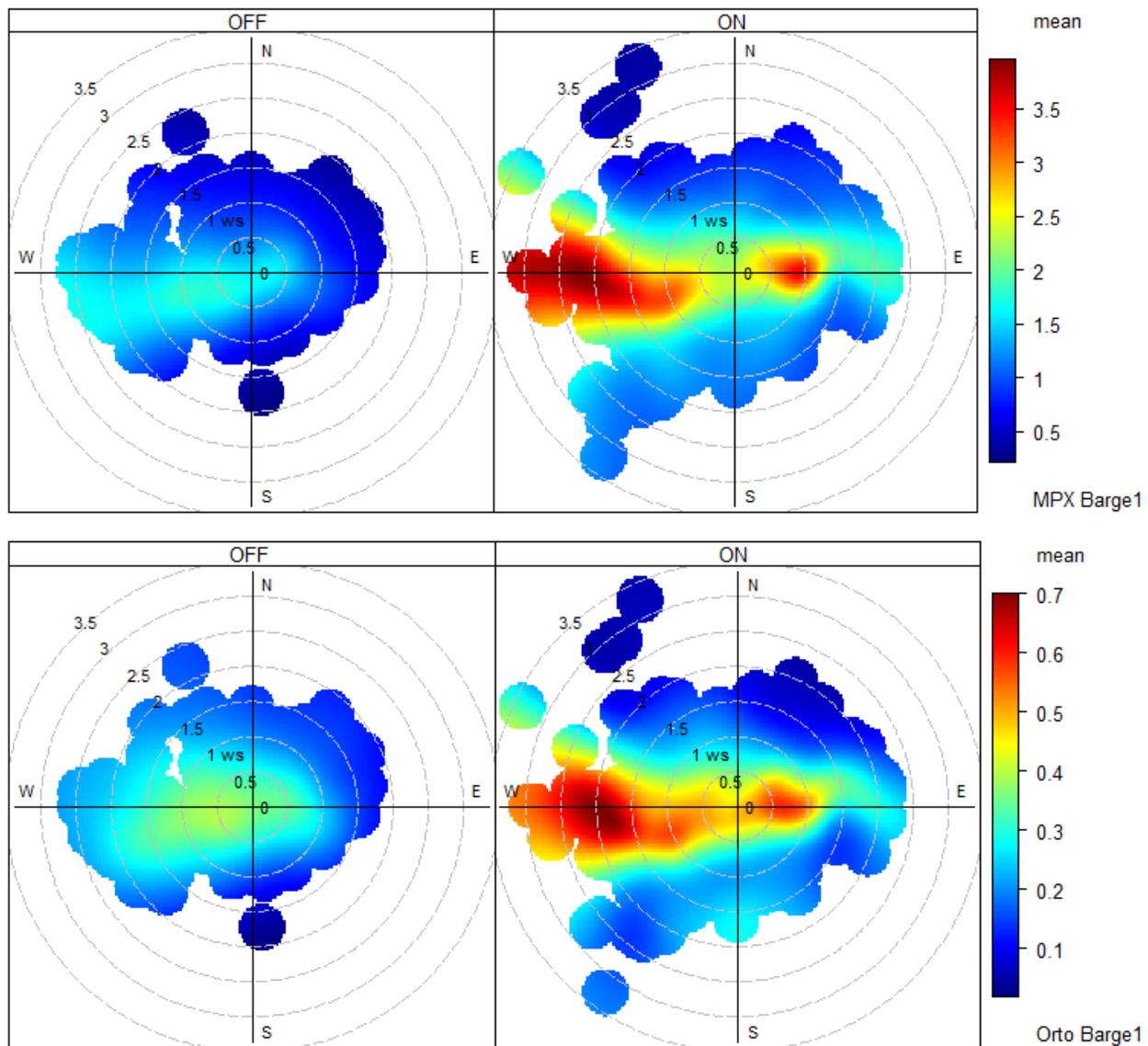


Figura 22) Concentrazioni medie di Benzene, EtilBenzene, Toluene, Meta-Para Xileni e Orto Xileni misurate dal laboratorio mobile a San Martino di Barge in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (a sx nelle ore in cui l'azienda locale aveva la produzione sospesa e a destra nelle ore di attività. Periodo 30 maggio ÷ 19 luglio '22)

### Campagna di monitoraggio novembre 2022 - gennaio 2023

Il periodo invernale è generalmente caratterizzato da maggiori concentrazioni di polveri sottili sia perché maggiori sono le sorgenti attive (impianti di riscaldamento, maggior traffico, differenti processi di formazione di secondario), ma soprattutto perché le diverse condizioni dispersive dell'atmosfera favoriscono l'accumulo degli inquinanti stessi. A differenza di quanto verificato per la campagna estiva è pertanto più complicato riuscire a isolare l'eventuale contributo dell'industria locale di San Martino.

Durante la campagna invernale, oltre alla riduzione della produzione nei fine settimana, le attività produttive sono state sospese per 18 giorni consecutivi a partire dal 15 dicembre. Separando anche per il dataset invernale le ore in cui l'impianto era completamente fermo da quelle in cui l'impianto era in piena produzione si ottengono i seguenti risultati.

Nelle ore con impianto fermo le concentrazioni maggiori di PM<sub>10</sub> mediamente corrispondevano a velocità del vento inferiori a 0.5 m/s e direzioni uniformemente distribuite (grafico di sinistra di figura 23) situazione che generalmente è indice di emissioni rilasciate

a livello del suolo con limitata spinta di galleggiamento, quali quelle del traffico veicolare e del riscaldamento domestico. Nelle ore con impianto attivo (grafico di destra figura 23) le concentrazioni maggiori si erano verificate in corrispondenza di vento da Ovest-SudOvest e velocità superiori a 1 m/s. I grafici polar plot della media pesata (figura 24) dimostrano come i settori di provenienza dei venti da Ovest-SudOvest e SudOvest siano sempre stati per il sito di via Crocetta quelli che maggiormente hanno condizionato le concentrazioni, con contributi maggiori nel caso di impianto attivo.

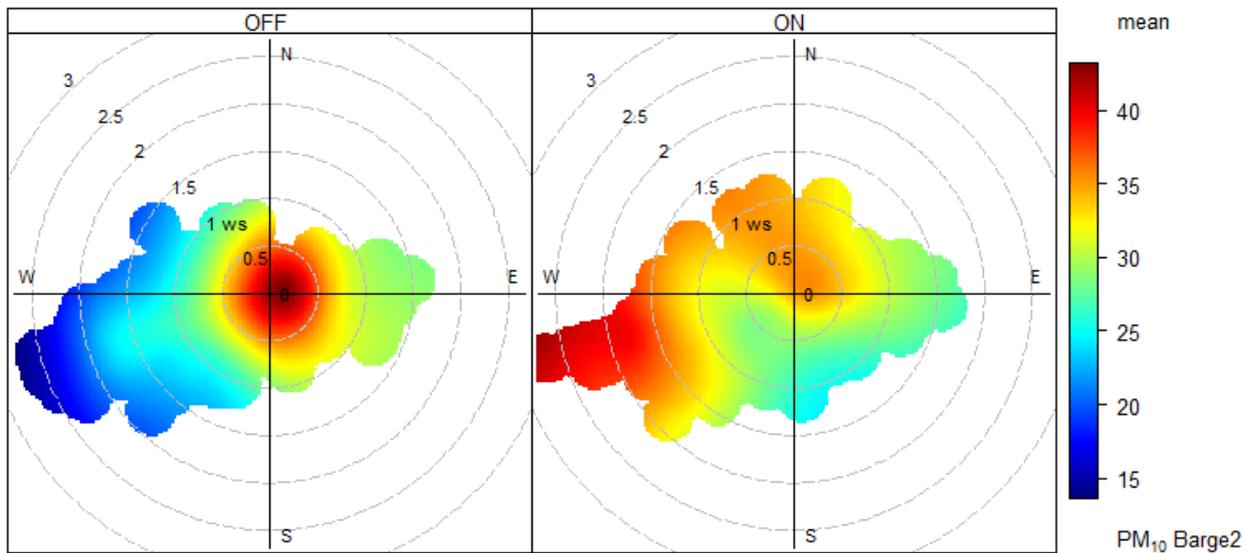


Figura 23) Concentrazioni medie di  $PM_{10}$  misurate dal laboratorio mobile a San Martino di Barge in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (a sinistra nelle ore in cui l'azienda locale aveva la produzione sospesa e a destra nelle ore di attività. Periodo 8 nov '22 ÷ 4 gen '23)

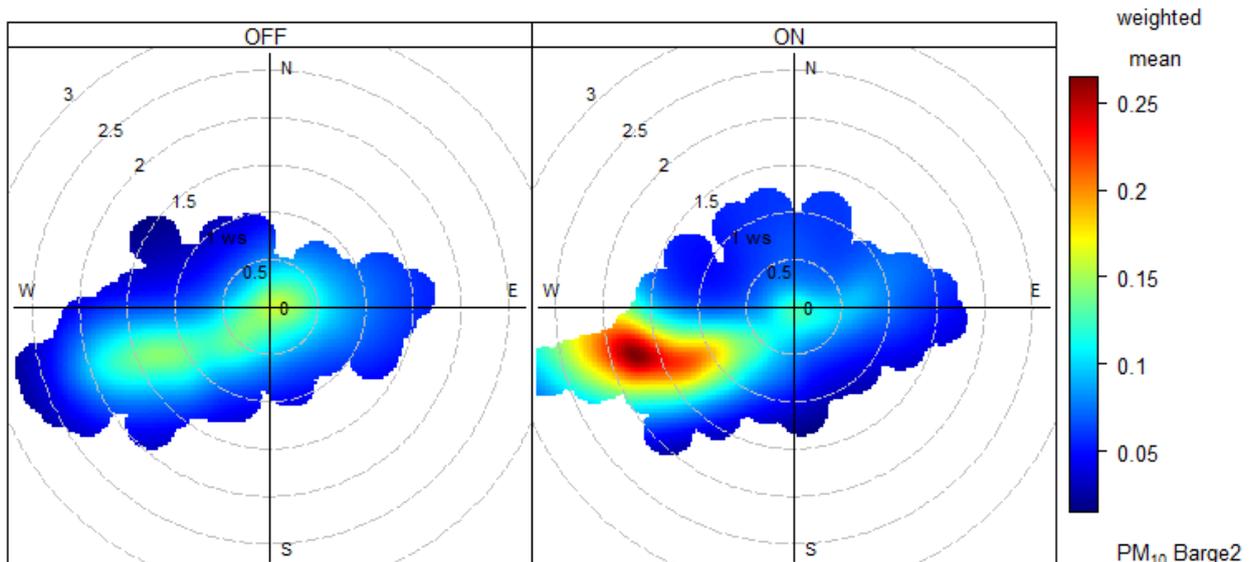
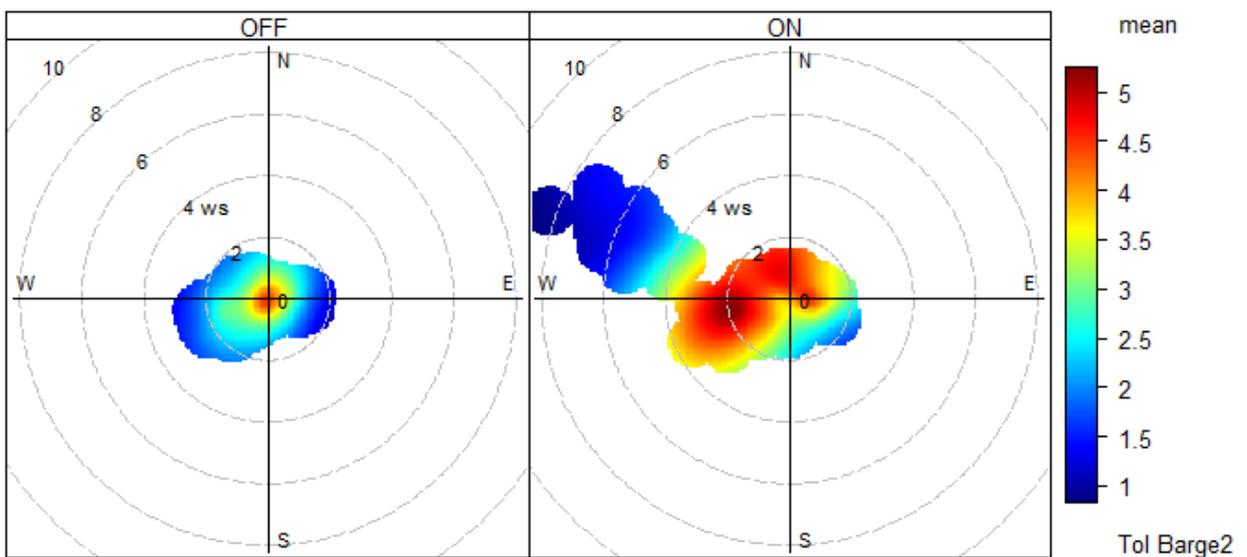
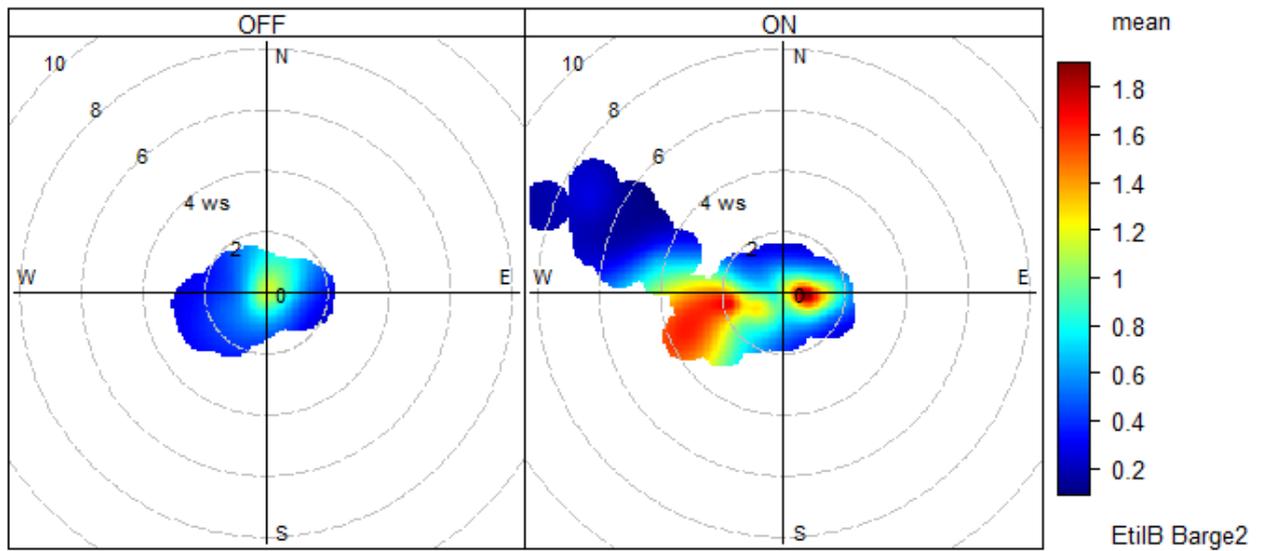
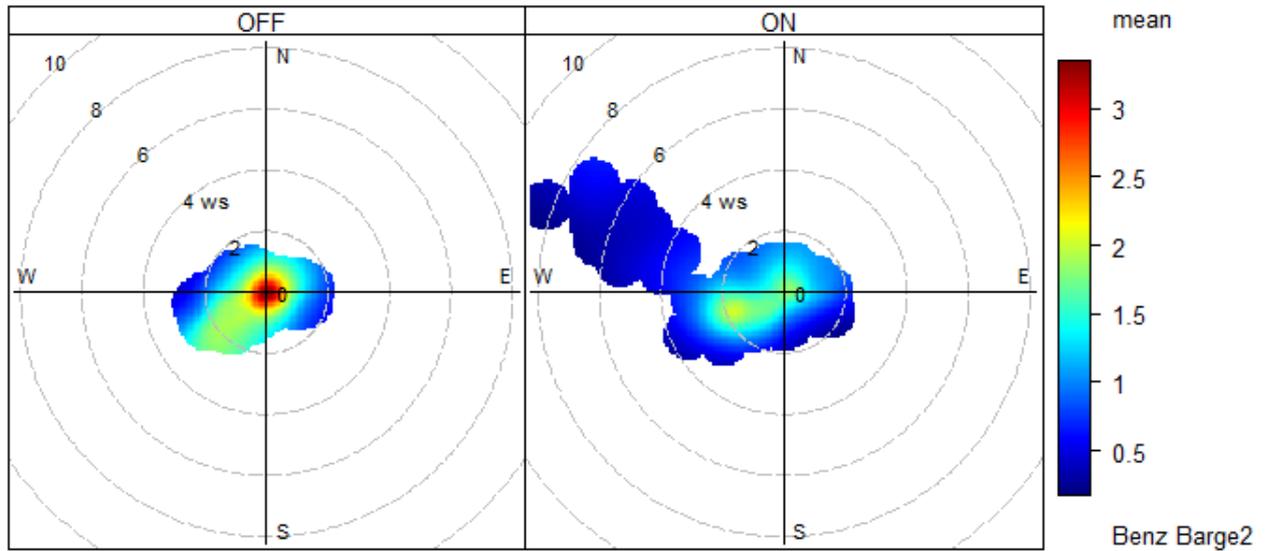


Figura 24) Concentrazioni medie di  $PM_{10}$  pesate sulla frequenza misurate dal laboratorio mobile a San Martino di Barge in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (a sinistra nelle ore in cui l'azienda locale aveva la produzione sospesa e a destra nelle ore di attività. Periodo 8 nov '22 ÷ 4 gen '23)

Come già per la campagna estiva, una situazione analoga è stata riscontrata anche nel periodo invernale per i composti organici volatili. Solamente per il Benzene, come di può osservare nella coppia di grafici più in alto di figura 25, le concentrazioni maggiori erano relative ai giorni di fermo impianto e corrispondenti a ore di calma di vento (attribuibili verosimilmente al traffico veicolare), si individua tuttavia nel grafico di destra il contributo

proveniente dalla direzione Ovest-SudOvest nelle ore di stabilimento operativo. Per tutti gli altri composti è evidente come le concentrazioni maggiori siano corrispondenti a impianto attivo e vento proveniente dalla direzione dello stabilimento.



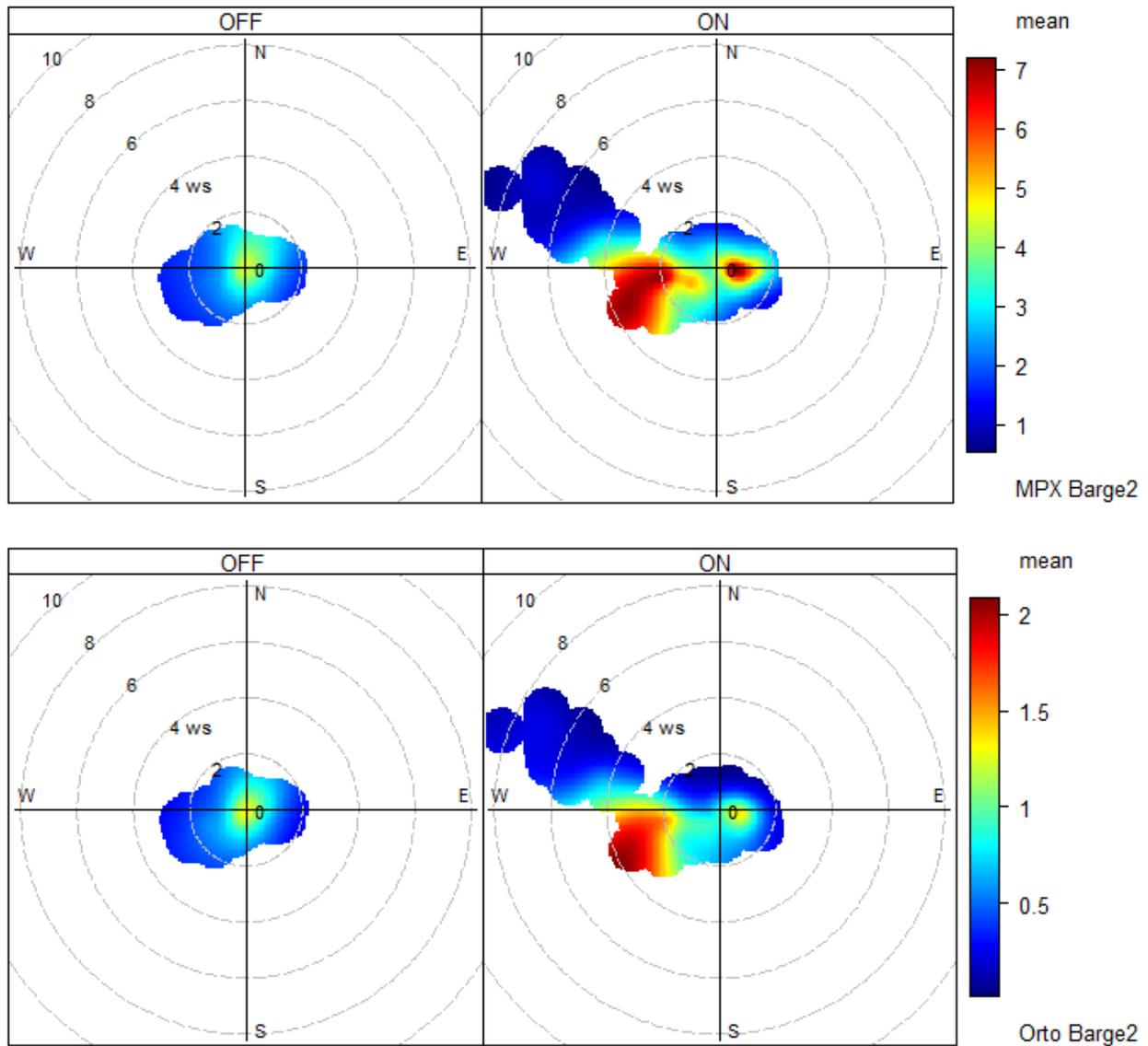


Figura 25) Concentrazioni medie di Benzene, EtilBenzene, Toluene, Meta-Para Xileni e Orto Xileni misurate dal laboratorio mobile a San Martino di Barge in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (a sx nelle ore in cui l'azienda locale aveva la produzione sospesa e a destra nelle ore di attività. Periodo 4 nov '22 ÷ 4 gen '23)

Tali contributi provenienti dalla direzione dell'impianto produttivo, come già anticipato nell'introduzione al capitolo, non hanno tuttavia determinato livelli critici di concentrazioni degli inquinanti rilevati dal laboratorio mobile. Infatti, anche per i composti organici diversi da Benzene e quindi non contemplati dalla normativa della qualità dell'aria i quantitativi in gioco si sono dimostrati simili o di poco superiori a quanto rilevato dalla stazione di Alba (unica altra stazione della provincia in cui è rimasta attiva la misura dei BTEX). Nelle tabelle sono riportati i valori medi dei diversi parametri ottenuti nei due siti per i due periodi di misura e nelle figure ne sono confrontate le distribuzioni delle concentrazioni medie orarie.

	Benzene	EtilBenzene	Toluene	Meta-Para Xileni	Orto Xileni
30 maggio '22 ÷ 19 luglio '23					
San Martino di Barge	0.2	0.5	2.2	2.2	0.4
Alba	0.2	0.3	2.1	1.1	0.4

Tabella 9) Concentrazioni medie di Benzene, EtilBenzene, Toluene, Meta-Para Xileni e Orto Xileni misurate dal laboratorio mobile a San Martino di Barge e Alba nella prima campagna

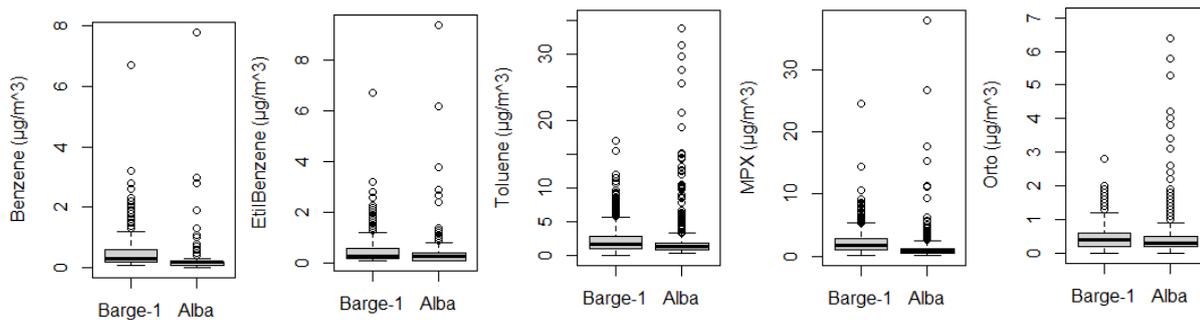


Figura 26) Confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate a Barge e Alba nel periodo della prima campagna

5 novembre '22 ÷ 11 gennaio '23	Benzene	EtilBenzene	Toluene	Meta-Para Xileni	Orto Xileni
San Martino di Barge (µg/m <sup>3</sup> )	2.1	1.1	4.0	4.3	1.0
Alba (µg/Nm <sup>3</sup> )	1.8	0.9	3.5	3.5	1.0

Tabella 10) Concentrazioni medie di Benzene, EtilBenzene, Toluene, Meta-Para Xileni e Orto Xileni misurate dal laboratorio mobile a San Martino di Barge e Alba nella seconda campagna

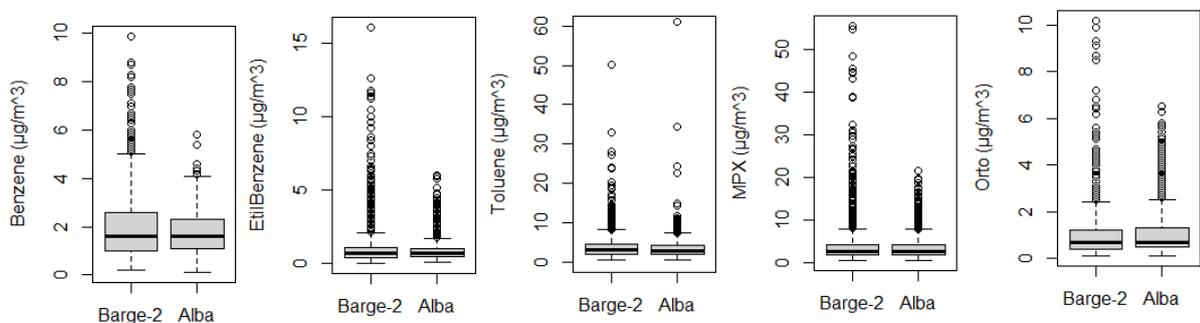


Figura 27) Confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate a Barge e Alba nel periodo della seconda campagna

Come si può osservare dai dati della tabella 11, i valori registrati a Barge sono in generale inferiori alle soglie olfattive che contraddistinguono tali composti e che a loro volta sono di diversi ordini di grandezza inferiori agli AEGL-1 "Acute Exposure Guideline Levels" forniti dall'EPA.

Se il fatto che le concentrazioni medie orarie siano inferiori agli AEGL1 riportati in tabella (riferiti a 1 ora) ne esclude la pericolosità, l'essere inferiore alla soglia olfattiva come media sull'ora non esclude che, per qualche intervallo di tempo, anche molto breve, all'interno della stessa ora, si siano verificate concentrazioni di picco superiori alla soglia di perceibilità dell'odore e che pertanto si sia avvertita la presenza della sostanza. Ciò è in particolar modo possibile per il Toluene che ha una soglia olfattiva molto bassa.

	Benzene	EtilBenzene	Toluene	Meta-Para Xileni	Orto Xileni
Soglia olfattiva <sup>5</sup> (µg/Nm <sup>3</sup> )	9400	805	98	194	1800
EPA AEGL1 <sup>6</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	170000	144000	250000	560000	560000

Tabella 11) Soglie olfattive e AEGL1

<sup>5</sup> Concentrazione oltre la quale la maggioranza delle persone sente l'odore della sostanza. Valori estratti da NAGATA, Cometto-Muniz et Al 2003, da AIHA2013, e da Jon H. Ruth o Hazard Map

<sup>6</sup> AEGL-1 (Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances) è la concentrazione nell'aria (espressa qui come µg/m<sup>3</sup> e riferita a periodi di esposizione di 1 ora), di una sostanza al di sopra della quale si prevede che la popolazione generale, compresi gli individui suscettibili, possa provare notevole disagio, irritazione, o alcuni effetti asintomatici e non sensoriali. Tuttavia, gli effetti non sono disabilitanti e sono transitori e reversibili alla cessazione dell'esposizione.

## SITUAZIONE METEOROLOGICA

Siccome le condizioni meteorologiche influenzano fortemente i livelli delle concentrazioni degli inquinanti, nel seguito sono analizzate le evoluzioni delle situazioni meteorologiche nel corso dei due monitoraggi della qualità dell'aria condotti a Barge.

La campagna di misura estiva è iniziata negli ultimi giorni di maggio 2022, quando in Piemonte sono state registrate le temperature massime più alte del mese sulle località pianeggianti (27 -28 maggio).

In Piemonte giugno 2022 ha avuto una temperatura media di circa 19.5°C, con un'anomalia termica positiva di 3.9°C rispetto alla media del periodo 1971-2000, ed è risultato il secondo mese di giugno più caldo degli ultimi 65 anni, dopo l'eccezionale giugno 2003. I giorni più caldi del mese sono stati il 16 e 17 giugno 2022. Il 1° giugno è stato il giorno mediamente più freddo del mese, mentre il 10 giugno ha registrato le temperature minime più basse. Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state inferiori alla norma degli anni 1971-2000, con 73.8 mm medi e un deficit di 22.3 mm (pari al 23%). Il 28 giugno 2022 è stato il giorno mediamente più piovoso del mese.

Luglio 2022 ha registrato una temperatura media di circa 22.1°C, con un'anomalia termica positiva di 3.4°C rispetto alla media del periodo 1971-2000, risultando il 2° mese di luglio più caldo dal 1958 dopo il 2015. È anche il terzo mese in assoluto più caldo dopo luglio 2015 e agosto 2003. Sul territorio piemontese luglio 2022 ha avuto una precipitazione media di 37.4 mm, con un'anomalia negativa di 23.4 mm (pari al 38%) rispetto alla norma degli anni 1971-2000.

La campagna invernale a Barge è iniziata il 4 novembre 2022. In Piemonte tale mese ha registrato una temperatura media di circa 6.4°C, con un'anomalia termica positiva di 2.2°C rispetto alla norma climatica del periodo 1971-2000, risultando il 7° mese di novembre più caldo dal 1958. Il 30 Novembre stata la giornata più fredda del mese con una media delle temperature minime pari a -1.5°C. Novembre 2022 ha avuto una precipitazione media di 51 mm, con un deficit pluviometrico di 27.6 mm (pari al 35%).

Dicembre 2022 ha registrato una temperatura media di 2.2°C, valore superiore di 0.9°C rispetto alla norma climatica del periodo 1971-2000, risultando il 19° mese di dicembre più caldo degli ultimi 65 anni. I due giorni successivi al Natale sono stati i più caldi del mese mentre il picco del freddo si è manifestato il 12 dicembre. Dicembre 2022 ha avuto una precipitazione media di 79 mm, con un surplus pluviometrico di 24.7 mm (pari a +45%) rispetto alla norma degli anni 1971-2000, e si pone al 17° posto tra i corrispondenti mesi più ricchi di precipitazione degli ultimi 65 anni. Il 15 dicembre si sono verificate precipitazioni a carattere nevoso su gran parte della pianura piemontese. Si sono verificati 28 giorni di nebbia, valore inferiore solo ai 30 episodi giornalieri del 2015.

Il 10 gennaio il territorio piemontese è stato interessato da condizioni di foehn estese anche ai settori pianeggianti; nella maggioranza dei capoluoghi piemontesi è stato registrato il valore di temperatura massima più alto del mese.

Dai dati acquisiti dal laboratorio mobile a Barge nella campagna dell'estate 2022 si ricava che, su base oraria, la temperatura massima del periodo del monitoraggio è stata di 35.5°C, raggiunta il 15 luglio, la media di 25.2°C e la minima di 13.4°C, registrata il 29 maggio.

Nel periodo del monitoraggio invernale la temperatura massima è stata misurata dal laboratorio mobile a Barge il 5 novembre, pari a 20.5°C, la media di 7.2°C e la minima di -3.8°C, raggiunta il 17 dicembre.

Nella figura 28 sono rappresentate le temperature medie, minime e massime giornaliere registrate dal laboratorio mobile nei due periodi di monitoraggio, insieme alla radiazione totale giornaliera misurata dalla stazione meteorologica di Villanova Solaro.

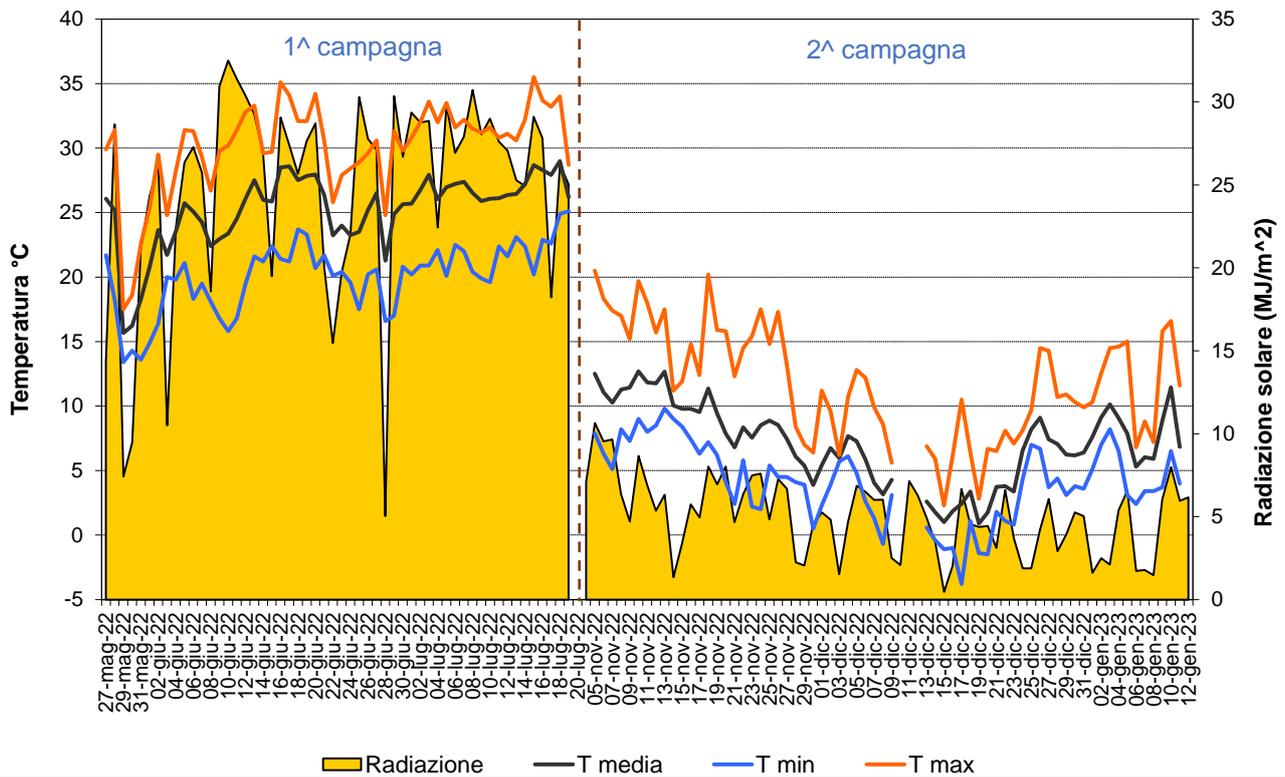


Figura 28) Temperatura dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile nelle due campagne di Barge; totale giornaliero della radiazione solare globale misurata dalla stazione meteorologica di Villanova Solaro.

Nella figura 29 sono riportate, per ciascun giorno, il valore medio, minimo e massimo dell'umidità relativa dell'aria misurate dal laboratorio mobile, insieme alla precipitazione giornaliera cumulata registrata dalla stazione meteorologica di Saluzzo e agli episodi di Foehn sul territorio regionale.

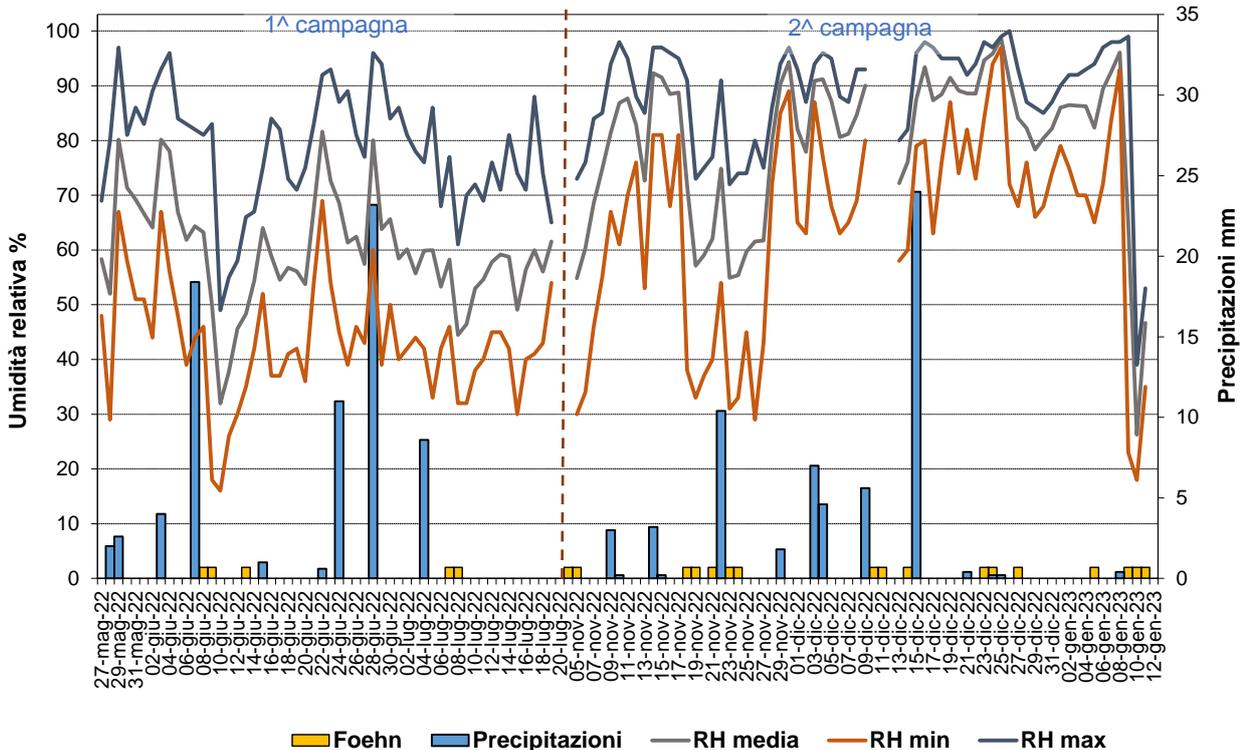


Figura 29) Umidità relativa dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Barge; precipitazione cumulata giornaliera misurata dalla stazione meteo di Saluzzo; episodi di Foehn sul territorio regionale.

In entrambe le campagne di monitoraggio il laboratorio mobile ha evidenziato un regime bimodale dei venti, dovuto alle brezze monte-valle, con una netta prevalenza del vento dai settori compresi tra SudOvest e Ovest nelle ore notturne e vento proveniente dai settori distribuiti tra NordNordEst ed EstSudEst nelle ore diurne. Le frequenze dei settori di provenienza dei venti calcolate per i dati registrati dal laboratorio mobile sono rappresentate nella figura seguente.

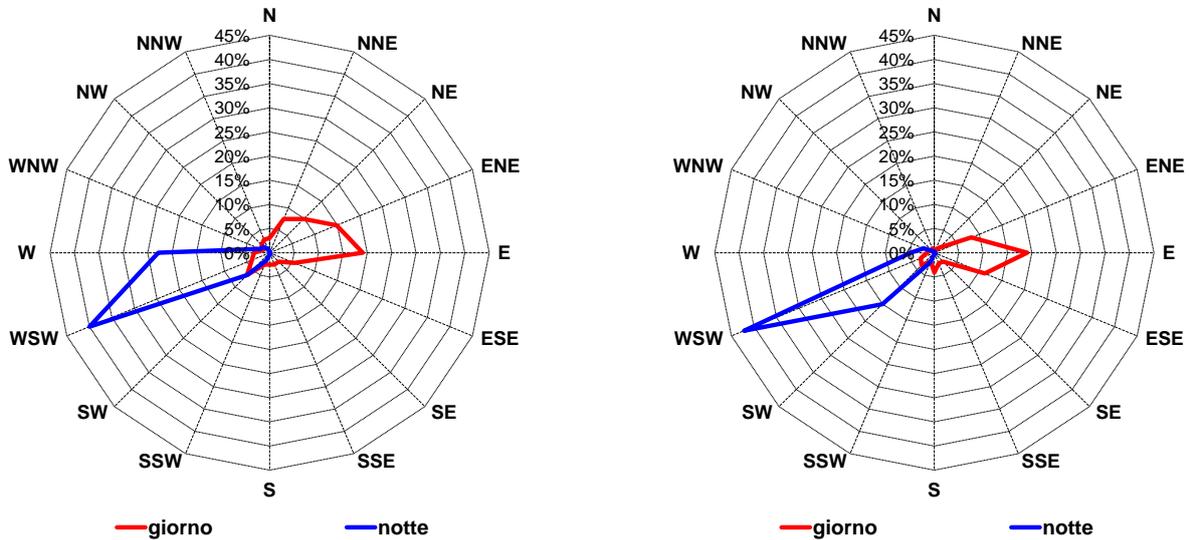


Figura 30) Rose dei venti a San Martino di Barge (a sinistra: periodo: 27 maggio ÷ 19 luglio '22; a destra: periodo: 4 novembre '22 ÷ 12 gennaio '23).

Le frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento sono riportate nella figura 31 per le due campagne di misura. Le calme di vento (velocità inferiore a 0.5 m/s) si sono presentate con un'occorrenza del 15% nella campagna estiva e del 33% nella campagna invernale.

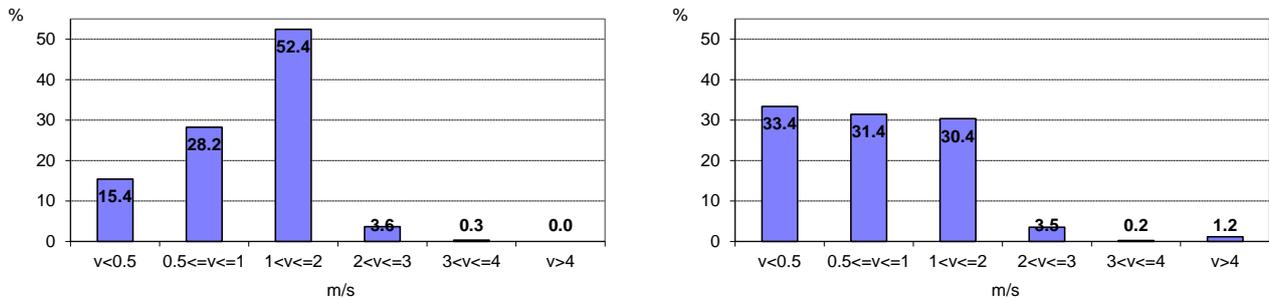


Figura 31) Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento a San Martino di Barge (a sinistra: periodo: 27 maggio ÷ 19 luglio '22; a destra: periodo: 4 novembre '22 ÷ 12 gennaio '23).

## CONCLUSIONI

Nella frazione San Martino del comune di Barge sono state eseguite due campagne di misura della qualità dell'aria in due stagioni differenti, la prima in periodo primaverile-estivo, dal 25 maggio al 19 luglio 2022, e la seconda nella stagione autunno-invernale, ovvero nel periodo compreso tra il 4 novembre 2022 ed il 12 gennaio 2023. Il monitoraggio è stato realizzato con il laboratorio mobile, dotato della strumentazione per la misura dei principali inquinanti per i quali la normativa della qualità dell'aria stabilisce dei limiti (polveri sottili, ossidi di azoto, ozono, biossido di zolfo, monossido di carbonio, benzene ed altri composti organici volatili).

Il laboratorio mobile della qualità dell'aria è stato installato nel parcheggio della scuola primaria di via Crocetta, in prossimità del sito dove nell'inverno 2013-2014 era stato condotto il primo monitoraggio delle polveri PM<sub>10</sub> con campionatore trasportabile della frazione San Martino. Allora la campagna di misura era stata realizzata in parallelo al monitoraggio con il laboratorio mobile installato in Piazza della Stazione nel concentrico di Barge, oggetto già di un primo campionamento nel 2004. Il monitoraggio dell'inverno 2013-2014 aveva evidenziato per il sito di San Martino livelli di concentrazioni di PM<sub>10</sub> nettamente superiori a quelle misurate nello stesso periodo dal laboratorio mobile in piazza della Stazione di Barge e intermedi ai livelli misurati dalle stazioni di Alba e Bra<sup>7</sup>. Collocando nel 2022 il laboratorio mobile nel sito di via Crocetta si è pertanto voluto approfondire l'analisi anche degli altri inquinanti in tale sito, posto a ridosso dell'industria locale di produzione di pastiglie dei freni e prossimo ad un recettore sensibile.

Sebbene ai campionamenti condotti a San Martino di Barge si siano dedicati due campagne di misura per un totale di circa quattro mesi di monitoraggio, si tratta comunque di un periodo limitato rispetto all'intero anno civile cui fanno riferimento i limiti stabiliti dalla normativa, pertanto, considerando anche la forte influenza delle condizioni meteorologiche sui livelli di inquinamento, per poter valutare correttamente la qualità dell'aria del sito, è sempre necessario valutare i dati in riferimento a quanto rilevato dalle stazioni fisse presenti sul territorio.

In analogia a quanto riscontrato su tutto il territorio regionale, in via Crocetta il laboratorio mobile non ha evidenziato criticità per il monossido di carbonio ed il biossido di zolfo. Le concentrazioni di questi inquinanti si sono notevolmente ridotte negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e alle modifiche qualitative dei combustibili.

L'ozono, inquinante tipicamente estivo la cui formazione è favorita da intensa radiazione solare ed elevate temperature, nel sito di San Martino di Barge ha mostrato andamenti coerenti con i dati della rete, con superamenti della soglia di informazione e del valore obiettivo più numerosi rispetto a quelli delle altre stazioni della provincia di Cuneo e più simili a quelli del territorio torinese.

I dati ottenuti per il biossido di azoto nel sito di via Crocetta a San Martino di Barge hanno evidenziato, nel periodo estivo, livelli equivalenti in media a quelli rilevati dalla stazione di fondo urbano collocata a Cuneo e nel periodo invernale, livelli inferiori in media a tutte le stazioni urbane e suburbane della provincia. Relativamente al periodo di misura, il limite normativo orario è stato ampiamente rispettato, infatti la concentrazione massima oraria è inferiore al limite di 200 µg/m<sup>3</sup> (valore limite da non superare più di 18 volte per anno civile). Il confronto con le stazioni fisse di misura, dove la media annua è al di sotto del limite

<sup>7</sup> <https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/RelazioneQuadranteNordOvest2014.pdf>

normativo, garantisce, anche per il sito di via Crocetta a San Martino di Barge, il rispetto del limite annuale.

I dati delle concentrazioni medie orarie dei diversi inquinanti misurati dal laboratorio mobile nel sito di San Martino (tipicamente sottovento all'industria nelle ore notturne a causa del regime di brezza) sono stati messi in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento, oltre che alle informazioni sul funzionamento dell'impianto produttivo dell'azienda locale. Le elaborazioni dei dati delle due campagne hanno permesso di evidenziare per il PM<sub>10</sub> e i composti organici determinati (Benzene, EtilBenzene, Meta-Para Xileni, Toluene, Orto Xileni) contributi provenienti dalla direzione del sito industriale nelle ore di attività dell'azienda. Complessivamente, tuttavia, i quantitativi in gioco per questi composti organici non evidenziano criticità né nel confronto con i dati della stazione di Alba dove gli stessi vengono misurati, né nel confronto con livelli di riferimento per sostanze pericolose. Esse potrebbero tuttavia essere "rilevate" dall'olfatto umano quando si presentassero concentrazioni di breve durata, ma di intensità superiore alla soglia olfattiva.

I dati di PM<sub>10</sub> misurati a San Martino di Barge, leggermente superiori a quelli delle stazioni della provincia durante la prima campagna, complessivamente indicano, per questo sito, una situazione di inquinamento da polveri sottili compatibile con la sua posizione geografica nella zona nord della provincia, infatti, i test statistici dimostrano livelli equivalenti in media a quelli misurati nella stazione di fondo suburbano di Cavallermaggiore in entrambe le campagne di misura.

Sebbene le campagne di monitoraggio si riferiscano ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno, la confrontabilità tra le concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate nelle due campagne di monitoraggio a Barge e a Cavallermaggiore permette di considerare la stazione di Cavallermaggiore come rappresentativa anche dei livelli di inquinamento di PM<sub>10</sub> del punto di misura di San Martino di Barge. Ciò estende pertanto la situazione di criticità riscontrata anche nel 2022 a Cavallermaggiore, per il mancato rispetto del limite giornaliero stabilito per il PM<sub>10</sub>, anche al sito di San Martino di Barge.

Tale criticità rientra nella situazione dell'inquinamento da polveri sottili che caratterizza la provincia di Cuneo. Essa presenta livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti ad emissioni locali intense, per lo più dovute al traffico veicolare. La zona nord di pianura e collina della provincia costituisce infatti l'estremo ovest della pianura Padana e pertanto risente dell'inquinamento che, a causa della conformazione orografica e delle emissioni presenti, ristagna e caratterizza tutto il bacino padano.

L'analisi del contenuto delle polveri campionate a San Martino di Barge ha evidenziato concentrazioni elevate di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nel mese di dicembre '22. Dalla confrontabilità dei risultati con i dati della stazione di Saliceto, è tuttavia possibile ipotizzare per il sito di Barge il rispetto del valore obiettivo annuale fissato dalla normativa per il benzo(a)pirene, (che per la sua cancerogenicità è usato come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA). Considerando inoltre i dati di operatività dell'azienda di produzione dei freni (attività sospesa per 21 giorni nel mese di dicembre) e l'assenza di anomalie di concentrazioni nel mese di novembre, quando l'operatività dell'azienda è stata elevata, si deduce che l'industria locale non abbia determinato emissioni significative di tali inquinanti e che le elevate concentrazioni registrate dal laboratorio mobile nel mese di dicembre siano attribuibili ad altre sorgenti locali che verosimilmente potrebbero essere legate alla combustione della biomassa legnosa.

Altresì dai dati dei metalli rinvenuti nelle polveri sottili campionate a San Martino di Barge non emergono criticità per la salute pubblica. Dei quattro metalli per cui esistono valori obiettivi o limite, fissati dalla norma al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, solamente Nichel e Piombo sono stati rilevati in concentrazioni superiori alle soglie di quantificazione analitica, ma si tratta di valori molto inferiori agli indicatori normativi vigenti. Nei filtri di PM<sub>10</sub> campionati in via Crocetta di

Barge è stata individuata la presenza di alcuni metalli potenzialmente correlabili alle lavorazioni dell'azienda di produzione di pastiglie di freni (ad es. Zinco), ma le concentrazioni in gioco, dell'ordine di quanto rilevato in altri periodi nel territorio provinciale, non sono tali da destare preoccupazioni, mentre gli elementi pericolosi che tipicamente in passato potevano essere contenuti nei materiali di attrito (come Cadmio, Antimonio e Piombo) sono presenti in quantità non rilevabili (Cadmio e Antimonio) o confrontabili (Piombo) con quelle delle altre stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.



## ALLEGATO I - Sintesi dei risultati della campagna

<b>Barge, località San Martino, via Crocetta</b>	
<b>1/06/2022 ÷ 18/07/2022</b>	
<b>1/06/2022 ÷ 18/07/2022</b>	<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	8
Media dei valori orari	5
Massima media oraria	10
Percentuale ore valide	96%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>
<b>1/06/2022 ÷ 18/07/2022</b>	<b>CO (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.1
Massima media giornaliera	0.4
Media dei valori orari	0.2
Massima media oraria	0.6
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	0.1
Media delle medie 8 ore	0.2
Massimo medie 8 ore	0.5
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>
<b>1/06/2022 ÷ 18/07/2022</b>	<b>Benzene (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.1
Massima media giornaliera	0.3
Media dei valori orari	0.2
Massima media oraria	0.8
Percentuale ore valide	96%
<b>1/06/2022 ÷ 18/07/2022</b>	<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	9
Massima media giornaliera	17
Media dei valori orari	13
Massima media oraria	33
Percentuale ore valide	98%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>

<b>28/05/2022 ÷ 18/07/2022</b>	<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	56
Massima media giornaliera	136
Media dei valori orari	96
Massima media oraria	194
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	18
Media delle medie 8 ore	95
Massimo medie 8 ore	176
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>289</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>37</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>13</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>4</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>
<b>31/05/2022 ÷ 18/07/2022</b>	<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	17
Massima media giornaliera	45
Media delle medie giornaliere:	30
Numero giorni validi	49
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>0</b>

<b>Barge, località San Martino, via Crocetta</b>	
<b>5/11/2022 ÷ 11/01/2023</b>	
	<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	1
Massima media giornaliera	8
Media dei valori orari	4
Massima media oraria	11
Percentuale ore valide	85%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>

	<b>CO (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	1.2
Media dei valori orari	0.6
Massima media oraria	2.2
Percentuale ore valide	94%
Minimo medie 8 ore	0.2
Media delle medie 8 ore	0.6
Massimo medie 8 ore	1.7
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>
	<b>Benzene (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.5
Massima media giornaliera	4.8
Media dei valori orari	2.1
Massima media oraria	9.9
Percentuale ore valide	81%
	<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	15
Massima media giornaliera	36
Media dei valori orari	22
Massima media oraria	57
Percentuale ore valide	94%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
	<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	3
Massima media giornaliera	59
Media dei valori orari	21
Massima media oraria	80
Percentuale ore valide	94%
Minimo medie 8 ore	1
Media delle medie 8 ore	21
Massimo medie 8 ore	76
Percentuale medie 8 ore valide	94%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</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>
	<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	52
Media delle medie giornaliere:	31
Numero giorni validi	57
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>2</b>

## ALLEGATO II - Inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi

Il Decreto Legislativo n° 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, definisce “inquinante: qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente” (cioè l'aria esterna presente nella troposfera), “che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso”.

Il quadro normativo sulla qualità dell'aria, a partire da evidenze scientifiche e con approccio conservativo, identifica gli inquinanti per i quali è necessario il monitoraggio al fine di perseguire gli obiettivi di tutela della salute umana e degli ecosistemi.

I parametri monitorati sono i seguenti:

- materiale particolato - PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>
- biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- benzene
- monossido di carbonio (CO)
- metalli pesanti: piombo, arsenico, cadmio, nichel
- IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici): benzo(a)pirene

Le pagine seguenti presentano per ogni inquinante oggetto di monitoraggio, le principali informazioni, facendo riferimento ai seguenti punti:

**Caratteristiche:** elementi distintivi dell'inquinante

**Tipologia:** suddivisione in base all'origine in

- **primario** → emesso direttamente in atmosfera da specifiche fonti
- **secondario** → prodotto come risultato di reazioni chimico-fisiche degli inquinanti primari

**Fonte:**

- **naturale**, emesso in atmosfera ad opera di fenomeni naturali
- **antropica**, generato da attività umane (industriali, civili, ecc...)

**Permanenza spazio-temporale:** ovvero i tempi e l'estensione territoriale coinvolti nella “dispersione” dell'inquinante. Infatti a seguito della loro emissione in atmosfera i composti sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione (secca e umida), e possono subire nel contempo processi di trasformazione chimico-fisica, che possono determinarne la rimozione o la generazione di inquinanti secondari; tutti questi processi condizionano la variabilità nello spazio e nel tempo degli inquinanti in atmosfera.

**Effetti:** descrizione dei principali bersagli sui quali può agire l'inquinante e gli effetti da esso prodotti. Gli inquinanti atmosferici possono produrre effetti nocivi, che variano in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante, delle sue concentrazioni e dei tempi di permanenza in atmosfera.

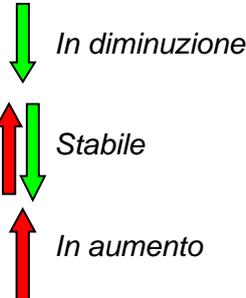
**Misura:** indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

**Situazione:** - condizione attuale  *Criticità assente*

 *Criticità moderata*

 *Criticità elevata*

- andamento negli anni dell'inquinante:



**Limiti normativi:** i limiti indicati dalla normativa cogente, identificati in relazione ai livelli di riferimento così descritti:

**Soglia di informazione:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

**Soglia di allarme:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

**Valore limite:** livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.

**Valori obiettivo:** livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

**Obiettivo a lungo termine:** livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

## MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub> - PM<sub>2.5</sub>

<b>Caratteristiche</b> <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine <b>PM<sub>10</sub></b> si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine <b>PM<sub>2.5</sub></b> comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm.		
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali <b>azione del vento sulla polvere e sul terreno, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, aerosol marino</b> , ecc..., e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le <b>emissioni industriali, il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici e freni, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade)</b> , gli <b>impianti di riscaldamento</b> e la <b>zootecnia</b> rappresentano le fonti più significative.		
<b>Tipologia</b> <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", <b>imnesso direttamente</b> in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da <b>trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVs, NH<sub>3</sub></b> .		
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del <b>lungo tempo di permanenza nell'aria</b> (da giorni a settimane) che ne consente il <b>trasporto su grandi distanze</b> . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.		
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambientale</i> <i>materiali</i>	Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- il PM<sub>10</sub>, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali.</li> <li>- Il PM<sub>2.5</sub>, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare.</li> </ul> Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di <b>malattie dell'apparato respiratorio</b> , quali <b>asma, bronchiti ed enfisemi</b> e anche <b>danni al sistema cardiocircolatorio</b> . Il PM inoltre agisce da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici. Nel 2013 il particolato atmosferico è stato classificato dallo <b>IARC</b> come <b>cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1)</b> . La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione <b>inibendo il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante</b> ; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti. I materiali subiscono danni diretti legati a <b>fenomeni di imbrattamento</b> e fenomeni di <b>corrosione</b> in relazione alla composizione chimica del particolato.		
<b>Misura</b> <i>gravimetrica</i>	Il PM <sub>10</sub> e il PM <sub>2.5</sub> sono determinati mediante campionamento su filtro e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10 µm o 2.5 µm.		
<b>Situazione</b>  	La situazione nell'ultimo decennio è <b>in miglioramento</b> ma continua a rappresentare una delle criticità più significative a livello di bacino padano dove si verificano ancora numerosi superamenti soprattutto del limite giornaliero di 50 µg/m <sup>3</sup> .		
<b>Riferimenti normativi</b> <b>D.Lgs 155/2010</b>	Periodo di mediazione temporale	<b>Valore limite</b>	N° superamenti ammessi
<b>PM10</b>	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 per anno civile
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	
<b>PM2.5</b>	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	

## BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> NO <sub>2</sub>	<p>Gli ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali: <math>N_2 + O_2 \rightarrow 2NO</math>    <math>2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2</math>. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO<sub>2</sub> è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, perché, oltre ad essere tossici, svolgono un ruolo fondamentale nella formazione dello "smog fotochimico". Sono infatti importanti precursori dell'ozono in estate e del PM<sub>10</sub> in inverno.</p>		
<b>Fonte</b> naturale antropica	<p>In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall'<b>attività batterica</b> sui composti dell'azoto, dall'<b>attività vulcanica e dai fulmini</b>: ciò produce un <b>apporto minimo</b> ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai <b>processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione</b>: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il <b>traffico veicolare</b> ne rappresentano la <b>fonte più significativa</b>.</p>		
<b>Tipologia</b> primario secondario	<p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al <b>massimo il 5%</b> degli ossidi di azoto emessi <b>direttamente dalle combustioni in aria</b>. <b>La maggior parte</b> dell'NO<sub>2</sub> presente in atmosfera deriva invece <b>dall'ossidazione del monossido di azoto</b>, ed è quindi di natura secondaria.</p>		
<b>Permanenza spazio temporale</b>	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO<sub>2</sub> e quattro giorni per l'NO.</p>		
<b>Effetti</b> salute ambiente materiali	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO<sub>2</sub> sono dovuti alla sua <b>azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio</b>. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono <b>riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie</b>, quali bronchite cronica e asma, e <b>riduzione della funzionalità polmonare</b>. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti <b>danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi</b> coinvolti, e producono <b>fenomeni corrosivi sui metalli</b> e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un <b>invecchiamento più rapido delle strutture</b>.</p>		
<b>Misure</b> chemiluminescenza	<p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il <b>metodo a chemiluminescenza</b>, che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).</p>		
<b>Situazione</b>  	<p>La situazione <b>è in miglioramento</b> ma continua a rappresentare una delle criticità più significative a livello di bacino padano, oltre che per i superamenti che ancora si verificano nei grossi centri abitati, anche per la sua natura di precursore dello smog fotochimico.</p>		

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi
<b>Biossido di Azoto</b>	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>	18 per anno civile
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-

## OZONO

<b>Caratteristiche</b> $O_3$	L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	È un gas presente nell'atmosfera la cui origine e concentrazione dipende dalla porzione di atmosfera a cui le osservazioni si riferiscono. Negli strati alti dell'atmosfera, la stratosfera, esso è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti direttamente dal sole. A questo livello l'ozono si produce a partire dalla reazione dell'ossigeno con l'ossigeno nascente (O), prodotto dalla scissione della molecola di ossigeno ad opera delle radiazioni ultraviolette. Negli strati di atmosfera più prossimi alla superficie terrestre, la troposfera, l'ozono si può originare dalla presenza di precursori sia naturali (composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante), che antropici (ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane), in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera.
<b>Tipologia</b> <i>secondario</i>	A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche che avvengono in atmosfera tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	L'inquinamento secondario trae generalmente origine da contesti fortemente antropizzati, dove può essere elevata l'emissione di precursori, durante episodi estivi caratterizzati da condizioni meteorologiche stagnanti, quando persistono forte insolazione ed elevate temperature. Gli inquinanti secondari prodotti in queste condizioni possono dar luogo a grandi concentrazioni e fenomeni di accumulo anche a notevole distanze dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	I principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare. Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante. I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono alterazione chimiche che ne compromettono le caratteristiche e la resistenza.
<b>Misura</b> <i>assorbimento caratteristico</i>	La misura dell'ozono sfrutta il metodo basato sull'assorbimento caratteristico che questa molecola presenta verso le radiazioni ultraviolette (UV) ad una lunghezza d'onda di 254 nm (nanometri). La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di $O_3$ ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di $O_3$ è il microgrammo al metro cubo ( $\mu g/m^3$ ).
<b>Situazione</b>  	I superamenti dei riferimenti normativi continuano ad essere significativi a livello europeo nonostante la riduzione di lungo termine osservata negli ultimi 25 anni. Data l'influenza determinante delle condizioni meteorologiche, l'andamento delle concentrazioni di $O_3$ può variare considerevolmente negli anni ed è difficilmente controllabile.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	valore	N° superamenti ammessi
<b>Soglia informazione</b> Protezione della salute umana	Media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Soglia di allarme</b> Protezione della salute umana	Media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>	non più di 3 ore consecutive
<b>Valore obiettivo</b> Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup>	25 volte per anno civile come media su 3 anni
<b>Valore obiettivo</b> Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 µg/m <sup>3</sup> ·h come media sui 5 anni	
<b>Obiettivo a lungo termine</b> Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup>	
<b>Obiettivo a lungo termine</b> Protezione della vegetazione		AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 µg/m <sup>3</sup> ·h	

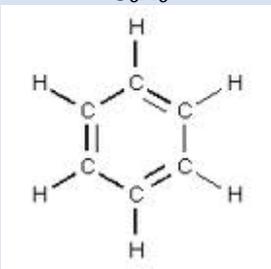
(\*\*) Per AOT40 (espresso in µg/m<sup>3</sup>·h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET)

## BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> SO <sub>2</sub>	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai <b>processi di combustione che utilizzano combustibili fossili</b> (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità, e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa di SO <sub>2</sub> proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel. La concentrazione di SO <sub>2</sub> presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione impianti di <b>riscaldamento domestici</b> , alimentati con combustibili solidi o liquidi.
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale.
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambientale</i> <i>materiali</i>	Il biossido di zolfo è un forte <b>irritante delle vie respiratorie</b> . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio ( <b>asma, tracheiti, bronchiti</b> ) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. Gli ossidi di zolfo sono stati i <b>principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni</b> meteorologiche ( <b>piogge acide</b> ). Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO <sub>2</sub> provoca <b>danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale</b> . L'azione sui <b>materiali</b> interessa maggiormente i <b>metalli</b> , nei quali viene accelerato il <b>fenomeno di corrosione</b> , ed i <b>materiali da costruzione</b> (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, <b>diminuisce la resistenza meccanica dei materiali</b> , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.
<b>Misura</b> <i>fluorescenza</i>	Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale sono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO <sub>2</sub> presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO <sub>2</sub> presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m <sup>3</sup> ).
<b>Situazione</b>  	Il biossido di zolfo ha rappresentato per molti anni uno dei principali inquinanti dell'aria. Oggi il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria) ed il sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito nettamente la sua presenza in atmosfera.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi
Ossido di Zolfo	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup>	24 per anno civile
	1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup>	3 per anno civile

## BENZENE

<p><b>Caratteristiche</b></p> <p><math>C_6H_6</math></p> 	<p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente. Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detergenti, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. È utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>		
<p><b>Fonte</b>  <i>naturale</i>  <i>antropica</i></p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli <b>incendi boschivi</b> e durante le <b>eruzioni vulcaniche</b>, ma le concentrazioni in atmosfera prodotte da queste fonti sono quantitativamente irrilevanti. La fonte principale è di natura antropica. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai <b>gas di scarico degli autoveicoli</b>, in particolare dei veicoli <b>alimentati a benzina</b>: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentata dal <b>fumo di tabacco</b>.</p>		
<p><b>Tipologia</b>  <i>primario</i></p>	<p>È un inquinante primario.</p>		
<p><b>Permanenza spazio temporale</b></p>	<p>Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.</p>		
<p><b>Effetti</b>  <i>salute</i></p>	<p>Il benzene è tossico, molto irritante per pelle, occhi e mucose ed è inserito dall'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra le sostanze con accertato potere <b>cancerogeno per l'uomo</b>. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>		
<p><b>Misura</b>  <i>Gasromatografia PID</i></p>	<p>Le misure sono effettuate mediante un sistema gascromatografico, dotato di rivelatore a fotoionizzazione. L'unità di misura con la quale si misura la concentrazione di benzene è il microgrammo al metro cubo (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>).</p>		
<p><b>Situazione</b></p>  	<p>I livelli in atmosfera di questo inquinante sono notevolmente diminuiti a seguito dell'introduzione, dal luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine e grazie al miglioramento delle performance emissive degli autoveicoli.</p>		
<p><b>Riferimenti normativi</b>  <b>D.Lgs 155/2010</b></p> <p><b>Benzene</b></p>	<p><i>Periodo di mediazione temporale</i></p> <p>Anno civile</p>	<p><b>Valore limite</b></p> <p>5.0 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></p>	<p><i>N° superamenti ammessi</i></p> <p>-</p>

## MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

<b>Caratteristiche</b>  CO	<p>Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico.</p> <p>Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.</p> <p>Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.</p>
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>Le principali fonti naturali sono agli <b>incendi boschivi, le eruzioni dei vulcani, le emissioni da oceani e paludi</b>.</p> <p>La fonte antropica più significativa è rappresentata dal <b>traffico veicolare</b>, in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo e fasi di decelerazione): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti sono gli <b>impianti di riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche, gli inceneritori di rifiuti</b>, per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.</p>
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	<p>Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.</p>
<b>Permanenza spazio temporale</b>	<p>Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano prevalentemente a scala locale, urbana, l'azione inquinante del monossido di carbonio.</p>
<b>Effetti</b> <i>salute</i>	<p>Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossiemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, <b>ad elevate concentrazioni, esiti letali</b>. A <b>basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza</b>. Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate.</p> <p>Sull'ambiente ha effetti trascurabili.</p>
<b>Misure</b> <i>Assorbimento IR</i>	<p>Il CO è analizzato mediante assorbimento di Radiazioni Infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR e la variazione dell'intensità delle IR è proporzionale alla concentrazione di CO. L'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m<sup>3</sup>).</p>
<b>Situazione</b>  	<p>Il CO ha avuto, negli ultimi trent'anni, un nettissimo calo delle concentrazioni rilevate in atmosfera dovuto allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico che ha portato ad un aumento dell'efficienza nei motori e l'introduzione delle marmitte catalitiche. Ciò ha determinato, nonostante il numero crescente degli autoveicoli in circolazione, una riduzione significativa della sua concentrazione.</p>

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi
<b>Monossido di carbonio</b>	Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	-

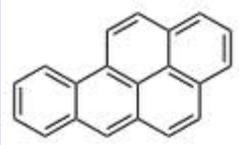
## METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

<b>Caratteristiche</b> Metalli pesanti	I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali, tendono ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) e possono causare effetti negativi, anche gravi, sulla salute umana e sull'ambiente in generale. La scelta normativa di monitorare Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel discende dalla rilevanza che essi manifestano sotto il profilo tossicologico. In atmosfera sono rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali ( <b>eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione</b> ) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle <b>combustioni</b> , dai <b>processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche)</b> e dalle <b>abrasioni dei materiali</b> .
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	I metalli pesanti sono inquinanti primari.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM <sub>10</sub> .
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i>	I metalli pesanti entrano nell'organismo umano principalmente con l'assunzione di cibo e acqua, ma l'apporto dovuto ad inalazione, in determinate realtà, può risultare estremamente significativo. All'esposizione ai metalli pesanti sono associati molteplici effetti sulla salute, con diversi gradi di gravità e condizioni: <b>problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e</b> , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può <b>danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare</b> .
<b>Misura</b> <i>ICP-MS da filtro PM<sub>10</sub></i>	La frazione fine del particolato (PM <sub>10</sub> ) campionato su filtri in fibra di quarzo è sottoposta a mineralizzazione mediante soluzione acida ossidante e sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante tecnica ICP-MS (spettrometria di massa abbinata al plasma accoppiato induttivamente).
<b>Situazione</b>  	Tutti questi metalli sono presenti in concentrazioni molto basse. Con l'introduzione delle benzine verdi (senza piombo) l'inquinamento urbano da piombo, significativo negli anni '70, ha visto una drastica riduzione.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite
<b>Piombo</b>	Anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>
	Periodo di mediazione temporale	<b>Valore obiettivo(*)</b>
<b>Arsenico</b>	Anno civile	6.0 ng/m <sup>3</sup>
<b>Cadmio</b>	Anno civile	5.0 ng/m <sup>3</sup>
<b>Nichel</b>	Anno civile	20.0 ng/m <sup>3</sup>

(\*) valore riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

## IPA - Benzo(a)pirene

<p><b>Caratteristiche</b> Benzo(a)pirene</p> 	<p>Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente.</p> <p>Il termine IPA è l'acronimo di Idrocarburi Policiclici Aromatici, una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida.</p> <p>Gli IPA sono generalmente composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico.</p>
<p><b>Fonte</b> naturale antropica</p>	<p>Queste sostanze si trovano in atmosfera come prodotto di processi di pirolisi e di combustioni incomplete, con formazione di particelle carboniose che li adsorbono e li veicolano.</p> <p>La fonte naturale di questi inquinanti è rappresentata dalle <b>eruzioni vulcaniche e dagli incendi boschivi</b>.</p> <p>Le fonti antropiche sono dovute ai <b>processi di combustione</b> incompleta di materiale organico e all'uso di <b>olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento</b>. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze. Le emissioni dovute al <b>traffico stradale</b> sono infatti una componente dominante nella emissione di IPA e di B(a)P nelle aree urbane, mentre nelle aree rurali un importante contributo deriva dalla combustione della legna.</p>
<p><b>Tipologia</b> primario</p>	<p>È un inquinante primario.</p>
<p><b>Permanenza spazio temporale</b></p>	<p>In genere gli idrocarburi policiclici aromatici presenti nell'aria possono degradarsi reagendo con la luce del sole e con altri composti chimici nel giro di <b>qualche giorno o settimana</b>; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare <b>anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione</b>.</p>
<p><b>Effetti</b> salute</p>	<p>Gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporti vari <b>danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare</b>.</p> <p>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'organo legislativo ha pertanto stabilito un valore obiettivo per tale composto.</p>
<p><b>Misura</b> GC da filtro PM<sub>10</sub></p>	<p>La frazione fine del particolato (PM<sub>10</sub>) contenuta in un volume noto di aria è raccolta su membrana in fibra di vetro o di quarzo; tale membrana è sottoposta ad estrazione con solvente e nell'estratto i singoli composti degli IPA sono quantificati mediante tecnica gascromatografica.</p>
<p><b>Situazione</b></p>  	<p>L'andamento rileva una forte dipendenza stagionale e una situazione peggiore nelle stazioni rurali rispetto a quelle urbane a causa del contributo ascrivibile all'uso del legno come combustibile. L'andamento nel corso degli anni rileva comunque un miglioramento.</p>

<b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	<b>Valore obiettivo(*)</b>
<b>Benzo(a)pirene</b>	Anno civile	1.0 ng/m <sup>3</sup>

(\*) valore riferito al tenore totale di Benzo(a)pirene presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile