

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

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI VILLASTELLONE
RELAZIONE 1ª e 2ª CAMPAGNA
(16 gennaio – 14 febbraio 2020 e 29 aprile – 3 giugno 2021)**



CODICE DOCUMENTO: F06_2019_02853_010

Redazione	Funzione: Tecnico Struttura Attività di Produzione	Data: 23/09/2021	Firma:
	Nome: Roberto Sergi		
Verifica e approvazione	Funzione: Responsabile Struttura Attività di Produzione		
	Nome: Ivana Bottazzi		

ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento territoriale Piemonte Nord Ovest - Struttura Semplice Attività di Produzione

Via Pio VII n. 9 – 10135 Torino Tel. 011-19680111 – fax 011-19681441

P.E.C.: dip.torino@pec.arpa.piemonte.it

L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo “Supporto Tematismo Qualità dell’Aria” del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte Annalisa Bruno, Elisa Calderaro, Laura Milizia, Francesco Romeo, Milena Sacco, Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente Ivana Bottazzi.

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

1	CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	3
2	IL LABORATORIO MOBILE	4
3	IL QUADRO NORMATIVO	4
4	LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	7
4.1	Obiettivi della campagna di monitoraggio	7
4.2	Analisi del contesto territoriale	10
4.2.1	Emissioni sul territorio	10
4.2.2	Valutazione modellistica annuale dello stato di Qualità dell'Aria	13
4.3	Traffico veicolare	15
4.4	Elaborazione dei dati meteorologici	21
4.5	Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Villastellone	25
4.5.1	Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge	25
4.5.2	Ossidi di Azoto	26
4.5.3	Monossido di Carbonio	33
4.5.4	Benzene e Toluene	36
4.5.5	Particolato Sospeso (PM ₁₀) e (PM _{2.5})	39
4.5.6	Ozono	46
4.5.7	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	50
4.5.8	METALLI	55
5	CONCLUSIONI	59
6	APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	61

1 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

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

Oggigiorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m³) al microgrammo per metro cubo (µg/m³).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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

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

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

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

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

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

	= fonti principali
	= fonti meno rilevanti

2 IL LABORATORIO MOBILE

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

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

Il laboratorio mobile è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali: ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatore di particolato atmosferico PM₁₀ e PM_{2.5}, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

3 IL QUADRO NORMATIVO

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

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

I limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀ e PM_{2.5}, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

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

Il **D.Lgs. 155/2010** ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2.5} e in particolare un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

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

Tabella 2: Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4 LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

4.1 Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Villastellone dal Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale - prot. n° 10605 del 20/11/2019, prot. ARPA n° 102433 del 20/11/2019, ed è finalizzata ad avere informazioni sulla qualità dell'aria nel territorio monitorato.

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

Si precisa che nel corso del 2020 e inizio 2021 la programmazione delle campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile è stata sensibilmente condizionata dall'emergenza sanitaria in corso che ha determinato periodi di riduzione delle attività antropiche, con conseguente diminuzione significativa del traffico veicolare ed altre fonti di inquinamento atmosferico. Durante tali periodi si è pertanto stabilito di non effettuare campagne monitoraggio che sarebbero risultate poco significative per la caratterizzazione dei siti relativamente alla qualità dell'aria. Pertanto le campagne sono state svolte in periodi non condizionati in modo significativo dai predetti fattori.

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

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

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per la campagna di monitoraggio, concordato con l'Amministrazione comunale, è quello già utilizzato nel corso della precedente campagna e precisamente in via Assom 2. Nelle **Figure 1, 2 e 3** viene meglio rappresentato il sito nel quale è stato posizionato il laboratorio mobile.

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

La prima campagna è stata condotta dal **16 gennaio al 14 febbraio 2020** (30 giorni), la seconda dal **29 aprile al 3 giugno 2021** (36 giorni).

Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno pertanto dal 17 gennaio al 13 febbraio 2020 (28 giorni) per quanto riguarda la prima campagna, e dal 30 aprile al 2 giugno (34 giorni) per la seconda.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con il Laboratorio Mobile non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa al sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete della Città Metropolitana di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

In accordo con l'Amministrazione comunale si è deciso, considerando la tipologia del sito in esame, di valutare quantitativamente il flusso veicolare nel corso della campagna. A tal fine è stato posizionato un conta traffico adiacente al sito di campionamento con il laboratorio mobile, come indicato nelle **Figure 2 e 3**.

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

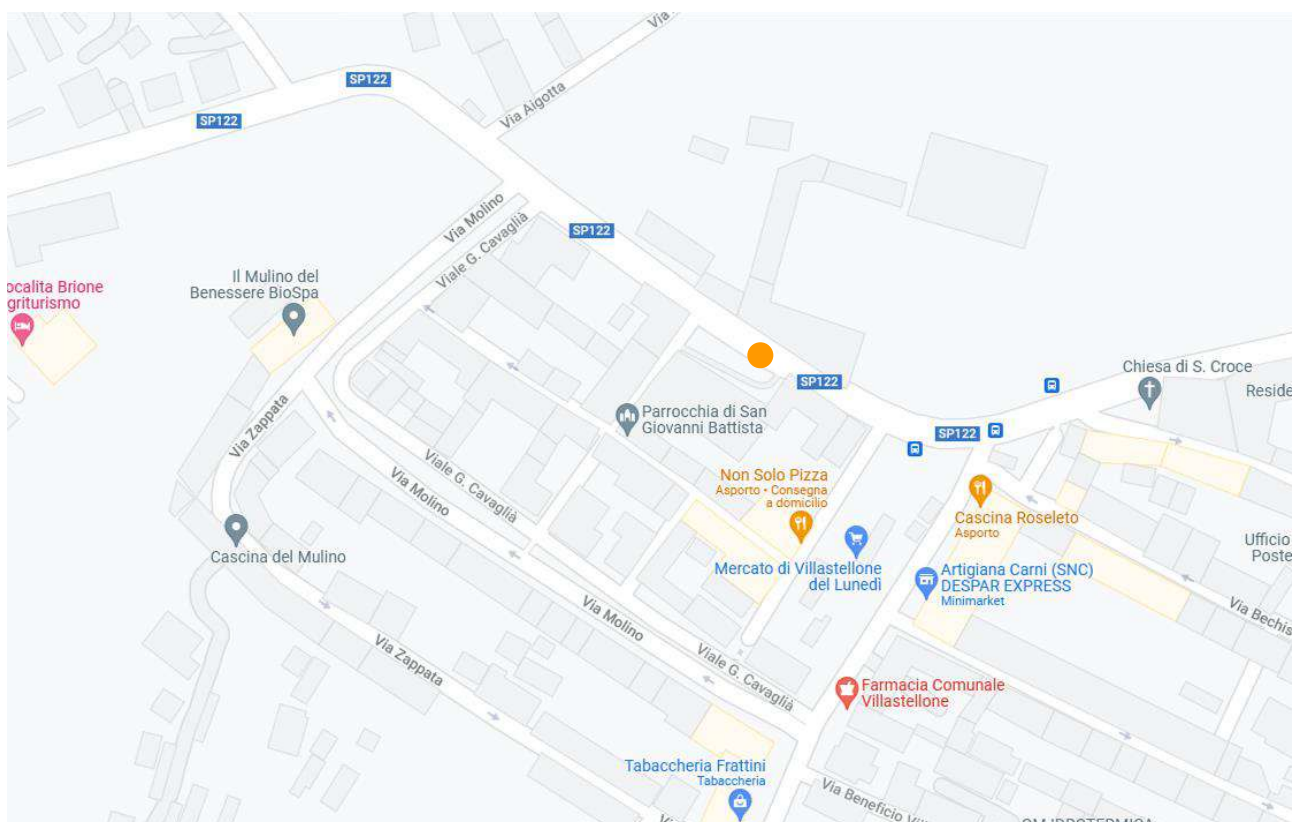
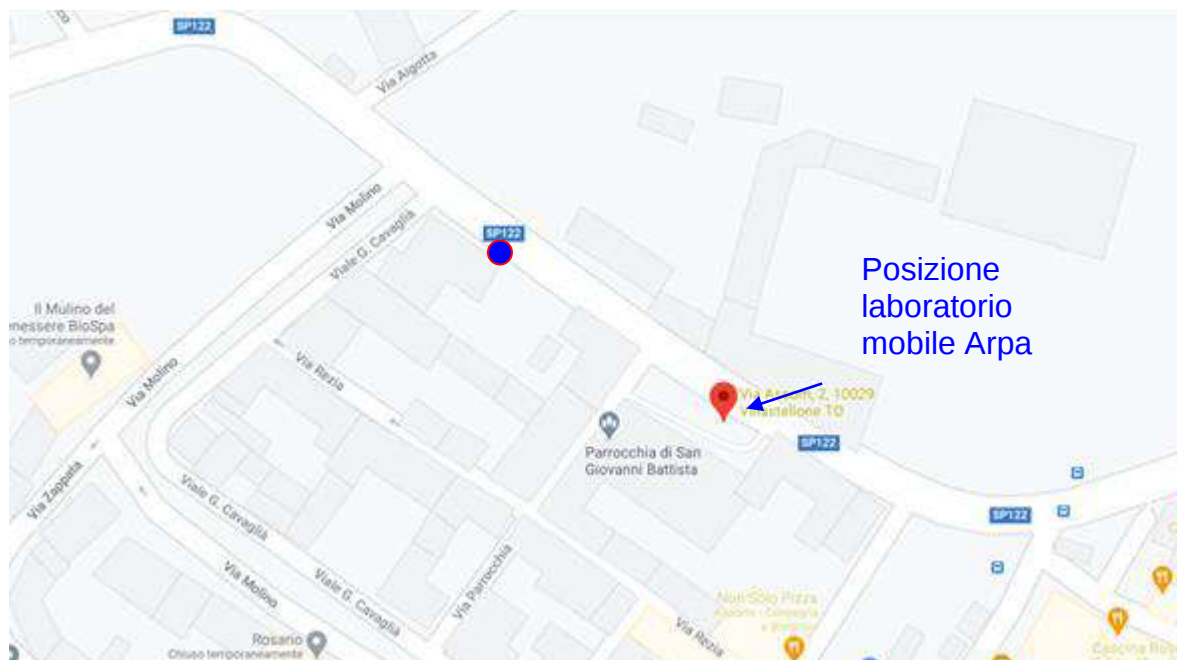


Tabella 5 – Specifiche del sito di misura nel Comune di Villastellone

MEZZO DI MISURA	PERIODO	INDIRIZZO	Coordinate UTM (S.R. WGS84)	
Laboratorio mobile della qualità dell'aria di Arpa Piemonte	- I CAMPAGNA 16 gennaio – 14 febbraio 2020 - II CAMPAGNA 29 aprile – 3 giugno 2021	Via Assom 2 VILLASTELLONE (TO)	EST: 400583	NORD: 4975188

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



● = sito di rilevamento flussi di traffico veicolare

Figura 3: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Villastellone



● = sito di rilevamento flussi di traffico veicolare

4.2 Analisi del contesto territoriale

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

4.2.1 Emissioni sul territorio

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

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

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

La **Tabella 6** riporta i principali contributi emissivi stimati per il Comune di Villastellone espressi in tonnellate/anno e suddivisi per fonti di emissione. Nelle **Figure 4, 5, 6 e 7** vengono rappresentati graficamente i contributi delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici.

Tabella 6: contributi emissivi stimati per il comune di Villastellone

INQUINANTE	MACROSETTORE										
	01 (*)	02 (**)	03 (***)	04 Processi produttivi	05 Estraz. e distribuz. combust.	06 Uso di solventi	07 Trasporto su strada	08 Altre sorgenti mobili e macchin.	09 Trattam. Smaltim. rifiuti	10 Agricolt.	11 Altre sorgenti e assorbim enti
CO	2.5580	55.2361	4.4640				113.7688	3.7531			0.2733
NH3		0.1320					0.7951	0.0024		129.7495	
NMVOC	0.3200	5.4806	0.8585	5.4031	3.8368	26.8664	21.6386	1.2483		77.0130	4.3164
Nox	7.6743	6.1839	21.6334	0.0000			90.6330	9.4460		1.0327	0.0129
PM10	0.0469	5.2541	0.3056	0.0409		1.6067	10.3371	0.5260		0.3400	0.2240
PM2.5	0.0469	5.1979	0.3056	0.0277		1.6001	3.7807	0.5260		0.1025	0.2240
SO2	0.0313	0.5229	0.1717				0.1111	0.0302			0.0027

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

Figura 4: stima contributi emissioni di CO nel comune di Villastellone

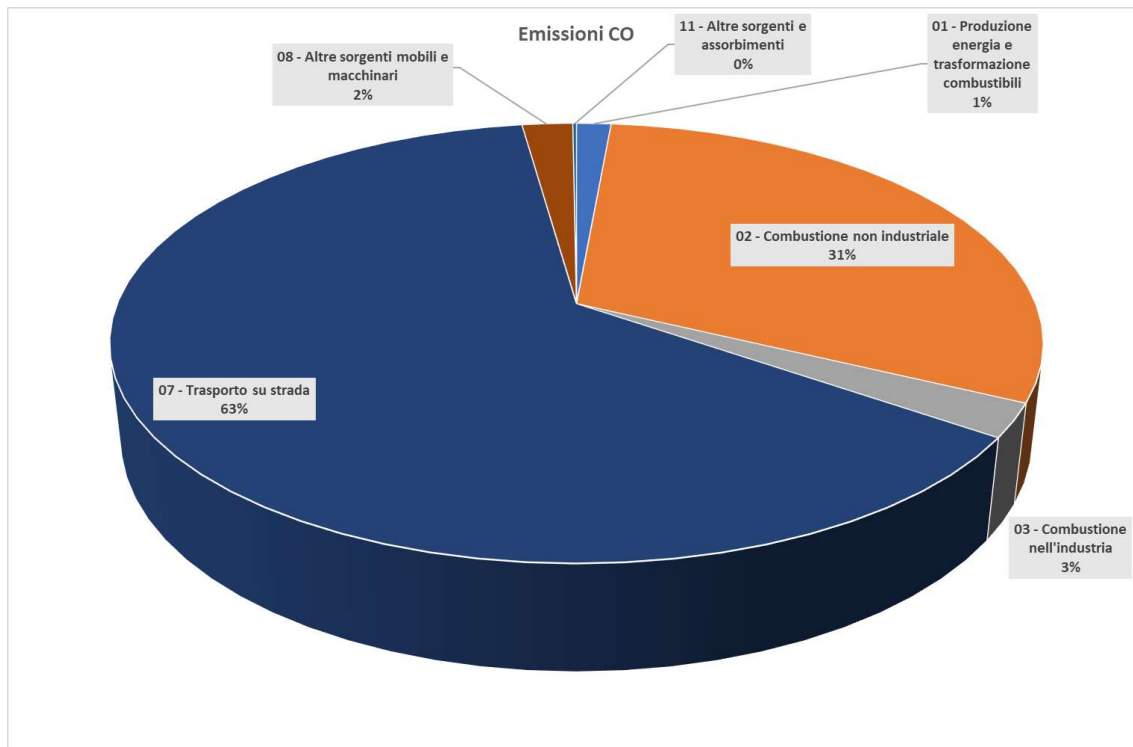


Figura 5: stima contributi emissioni di composti organici volatili nel comune di Villastellone

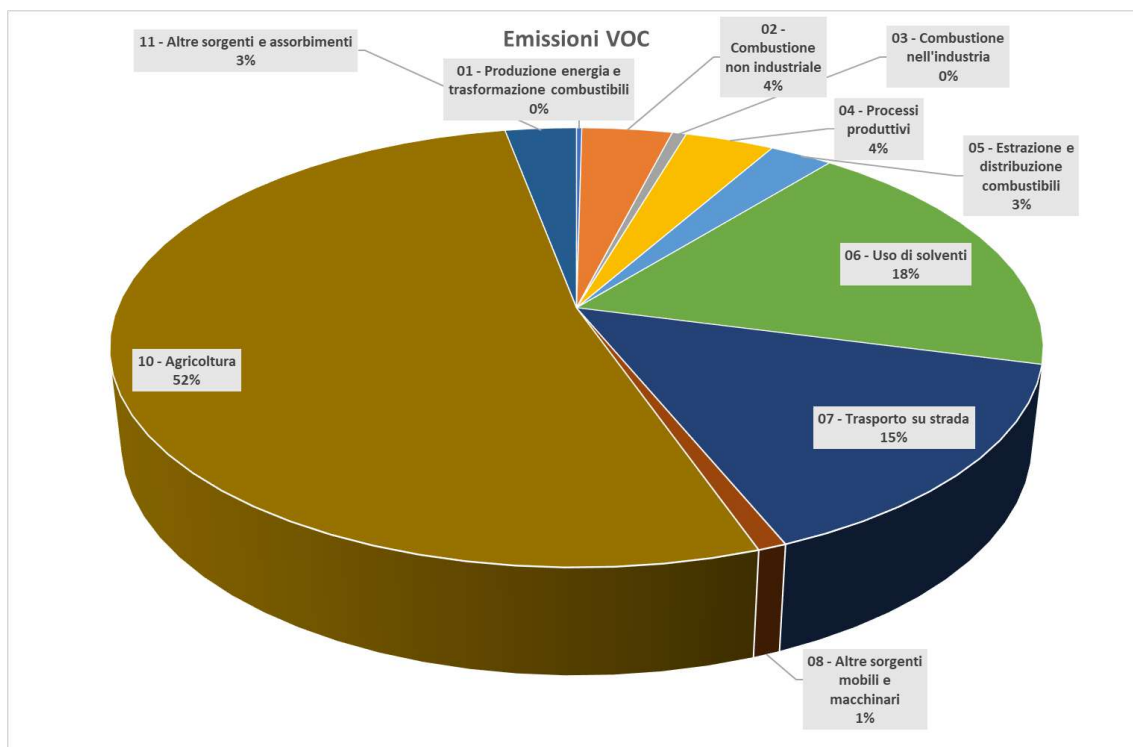


Figura 6: stima contributi emissioni di ossidi di azoto nel comune di Villastellone

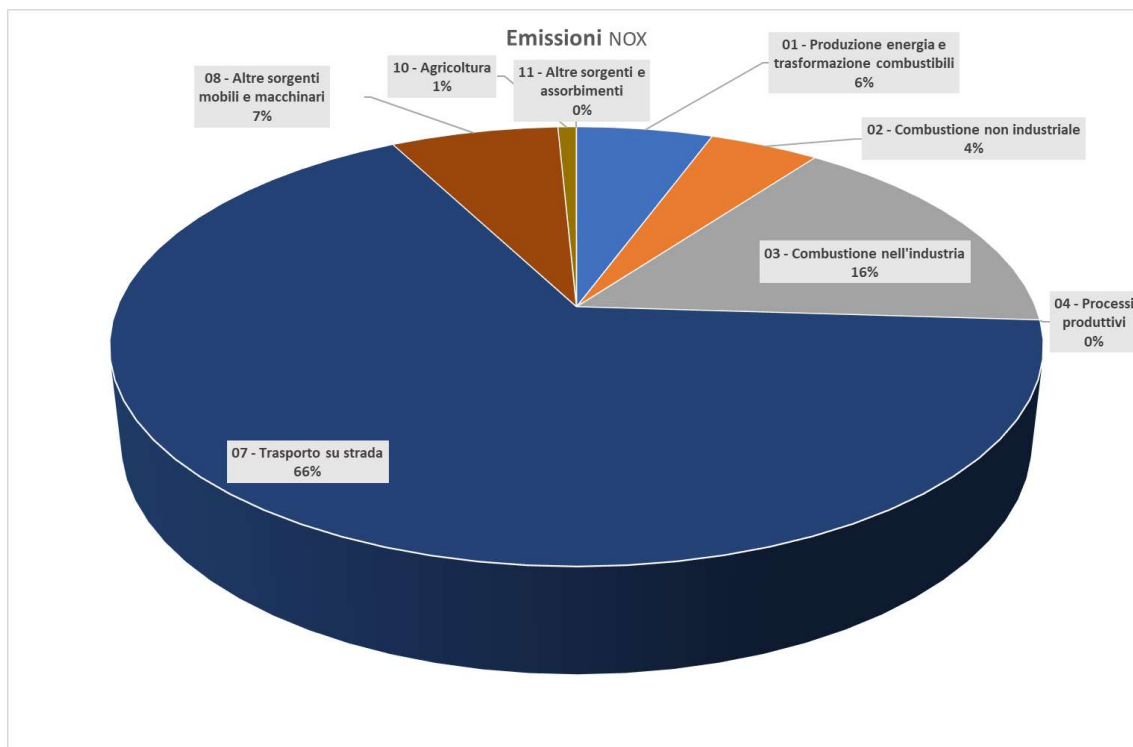
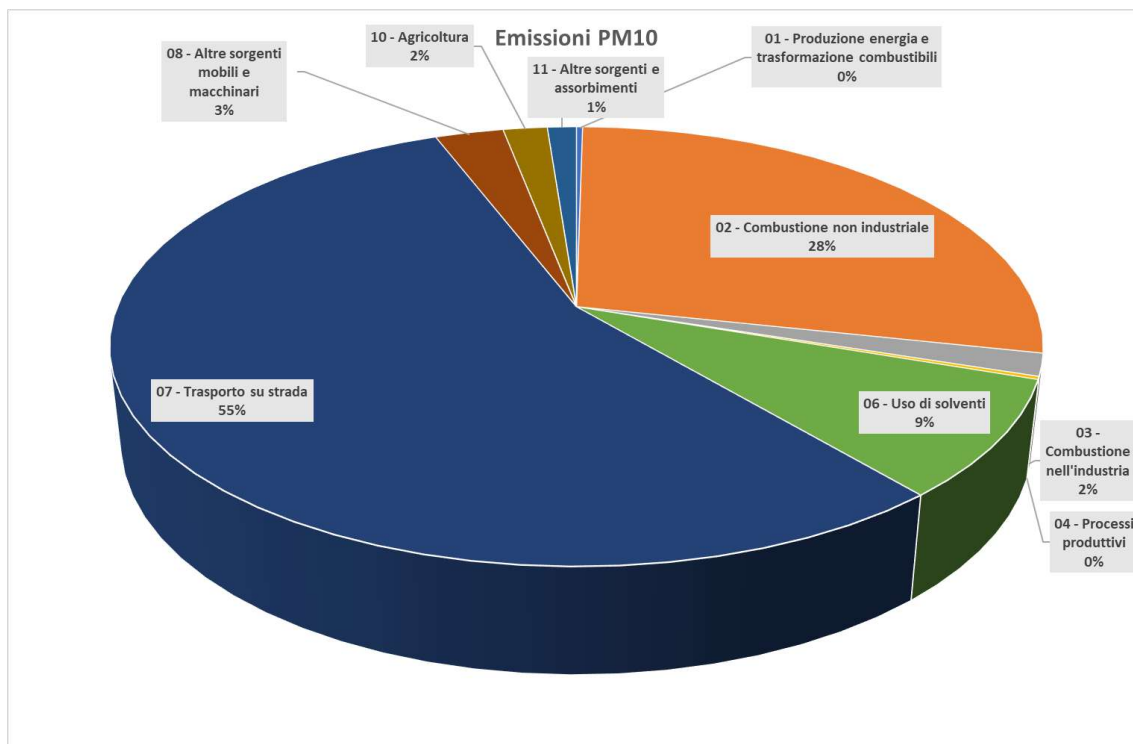


Figura 7: stima contributi emissioni di PM₁₀ nel comune di Villastellone



4.2.2 Valutazione modellistica annuale dello stato di Qualità dell'Aria

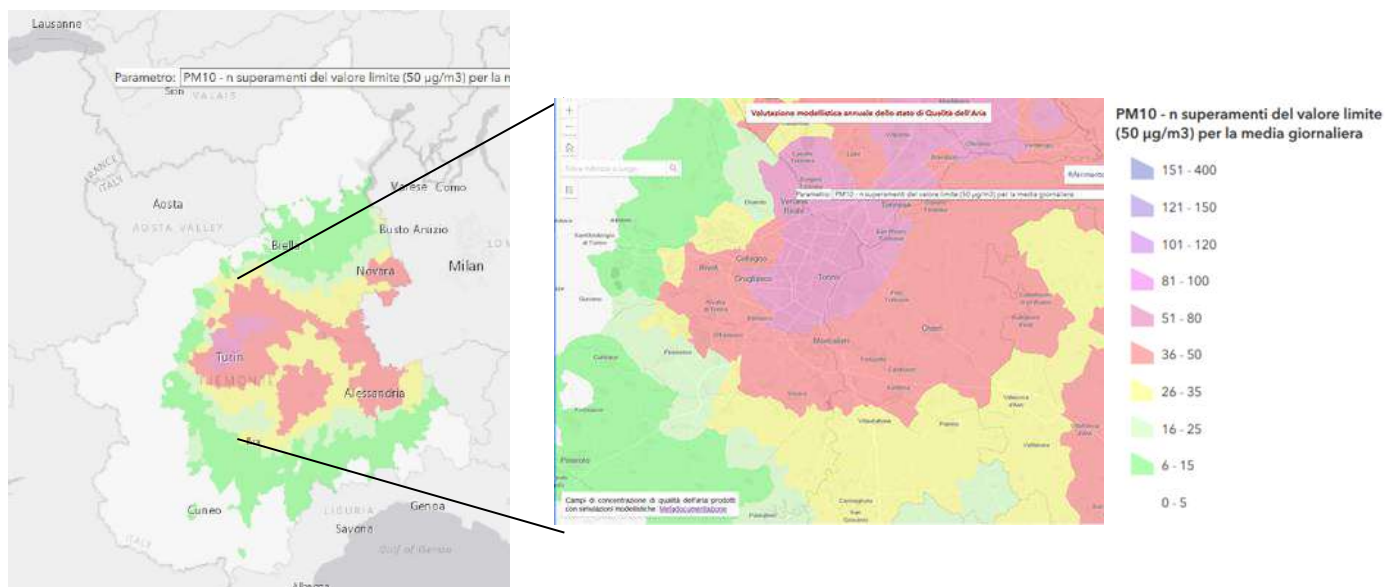
Il quadro normativo nazionale e comunitario (attualmente rappresentato dal D.Lgs. 155/2010, recepimento della direttiva 2008/50/CE) stabilisce che la valutazione della qualità dell'aria deve essere realizzata utilizzando sia misure effettuate in siti fissi, sia tecniche di valutazione modellistica. Coerentemente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

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

Di seguito vengono proposte le elaborazioni grafiche realizzate dalla suddetta struttura e consultabili sul sito ARPA (https://webgis.arpa.piemonte.it/aria_modellistica_webapp/index.html).

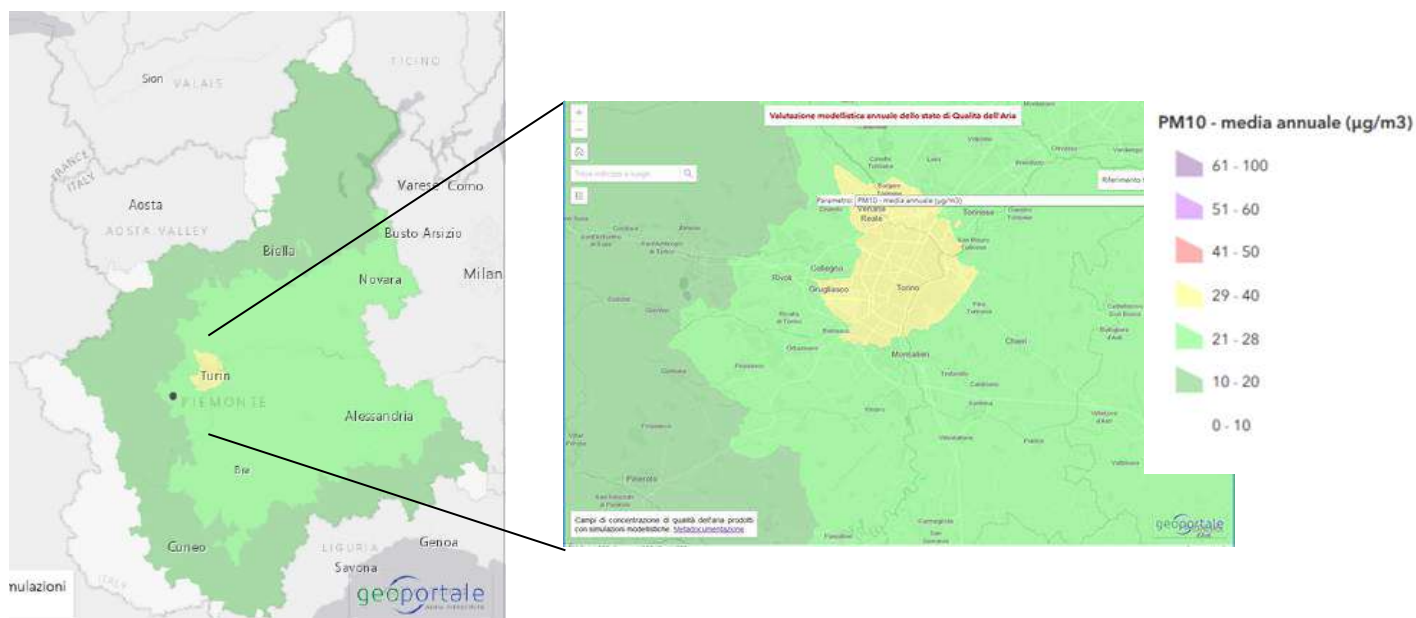
Nella **Figura 8** viene data evidenza del risultato della valutazione modellistica in relazione al numero di superamenti del valore limite della media giornaliera ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stabilito per il PM_{10} , la cui stima per il territorio del comune di Villastellone è compreso tra i 26 e 35, inferiore o uguale ai 35 stabiliti dalla norma.

Figura 8: PM_{10} - n. superamenti del valore limite ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per la media giornaliera



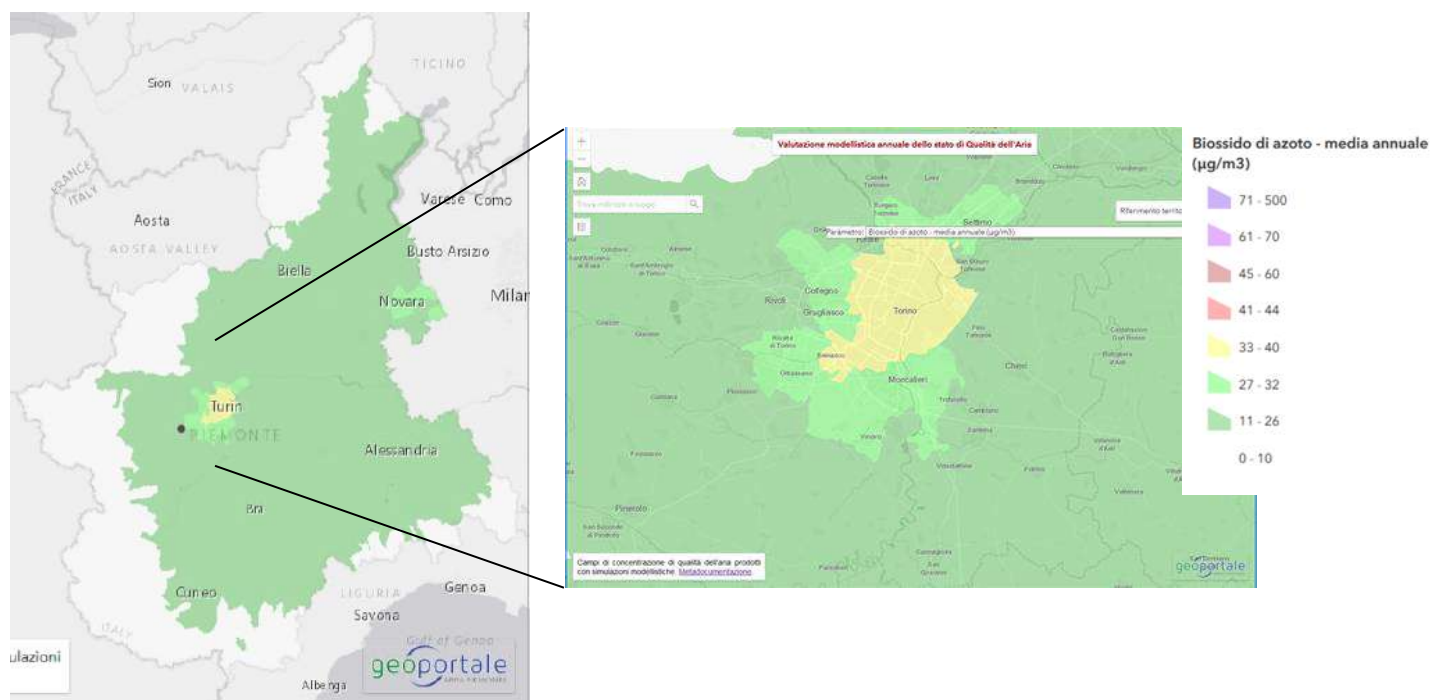
Nella **Figura 9** vengono rappresentati i risultati della modellistica in merito alla media annuale del PM_{10} , da cui emerge che per Villastellone la media annuale stimata per il 2019 è compresa tra 21 e $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa.

Figura 9: PM_{10} - media annuale ($\mu g/m^3$)



La **Figura 10** mostra la stima della media annuale del biossido di azoto che per Villastellone è compresa tra 11 e 26 $\mu g/m^3$, inferiore al limite di 40 $\mu g/m^3$.

Figura 10: NO_2 - media annuale ($\mu g/m^3$)



4.3 Traffico veicolare

Per meglio comprendere la persistenza degli inquinanti da traffico veicolare nel sito di posizionamento del laboratorio mobile si è provveduto a conteggiare i passaggi di veicoli leggeri e pesanti lungo l'asse stradale di via Assom all'altezza del sito di monitoraggio con il laboratorio mobile.

Il conta traffico utilizzato nei rilevamenti è della ditta GmbH modello Viacount II ed è sostanzialmente un apparecchio per il monitoraggio del traffico composto da un sensore radar "Doppler" da 24.165 GHz con memoria dati integrata e orologio in tempo reale; il sensore radar misura i movimenti dei veicoli di una corsia o direzione di marcia oppure di entrambe le direzioni di marcia. In particolare lo strumento determina la lunghezza, la velocità, il senso di marcia, l'ora e data dei veicoli che attraversano il fascio radar.

Le classi dei veicoli in funzione della lunghezza sono le seguenti:

Classi	lunghezza
motocicli;	< 2,26 m
automobili;	da 2,27 m a 4,82 m
transporter;	da 4,83 m a 5,84 m
autocarri;	da 5,85 m a 9,01 m
autotreni;	> 9,02 m

Prendendo come riferimento le "Le linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia" dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) si è potuto classificare il sito di Villastellone in funzione dei flussi di traffico e delle caratteristiche stradali.

I rilievi di traffico hanno evidenziato che il numero medio giornaliero di passaggi veicolari lungo via Torino è stato di **11013** veicoli/giorno nel periodo invernale e **10860** nel periodo primaverile; come termine di confronto in Torino presso corso Vittorio Emanuele II° - arteria stradale con tre corsie per senso di marcia - all'altezza di C.so Inghilterra i passaggi giornalieri medi rilevati nel corso di una campagna invernale sono stati pari a **16.070** veicoli/giorno.

In base alle Linee guida APAT sopracitate (capitolo 4 - tipologia e numero delle stazioni per la valutazione dell'esposizione della popolazione negli agglomerati - nota 1), i valori riscontrati di **11013** e **10860** veicoli/giorno indicano una condizione di alto volume di traffico, essendo i passaggi giornalieri superiori ai 10.000 veicoli/giorno.

Dall'analisi dei dati di traffico nel corso delle campagne di monitoraggio si possono trarre le seguenti considerazioni:

- 1) si sono rilevati sull'asse viario preso in considerazione flussi veicolari quantitativamente di elevata entità (**Figure 11 e 12**); nell'analisi dei flussi elaborati in base al giorno della settimana non emergono differenze apprezzabili nella distribuzione lungo la settimana con una consistente diminuzione del passaggio dei veicoli durante la domenica, sia nella prima che nella seconda campagna (vedi **Figura 13 e Figura 14**);

Figura 11: andamento orario traffico veicolare

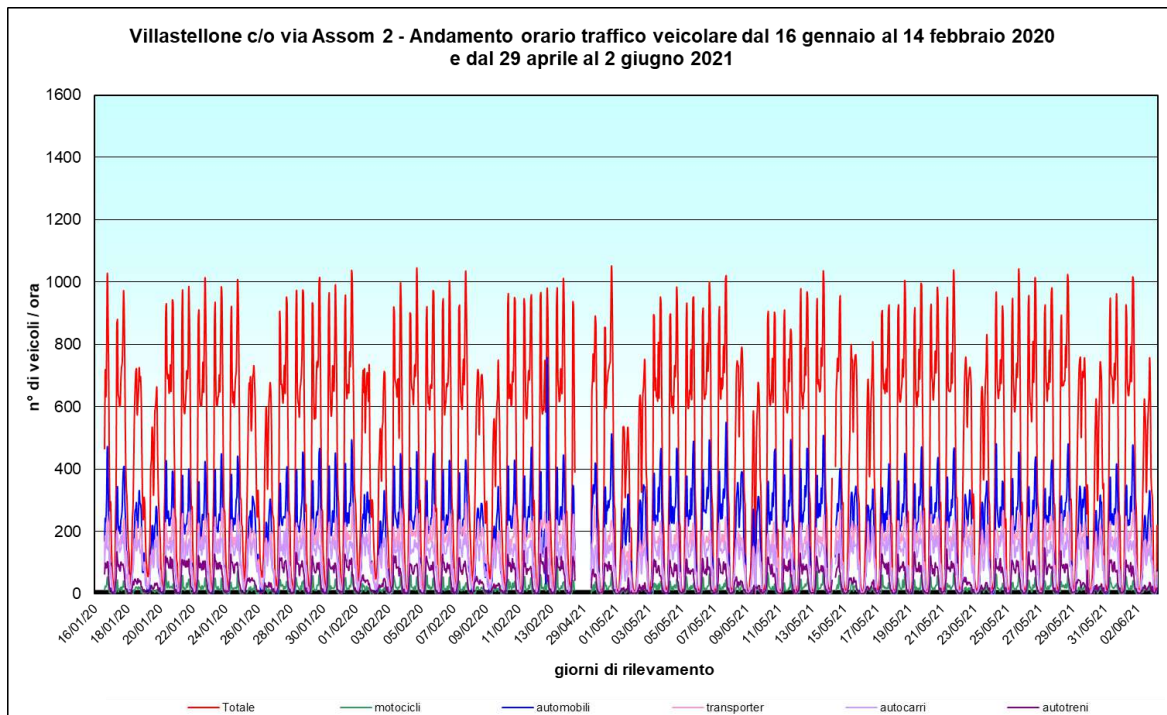


Figura 12: andamento giornaliero (solo giorni completi)

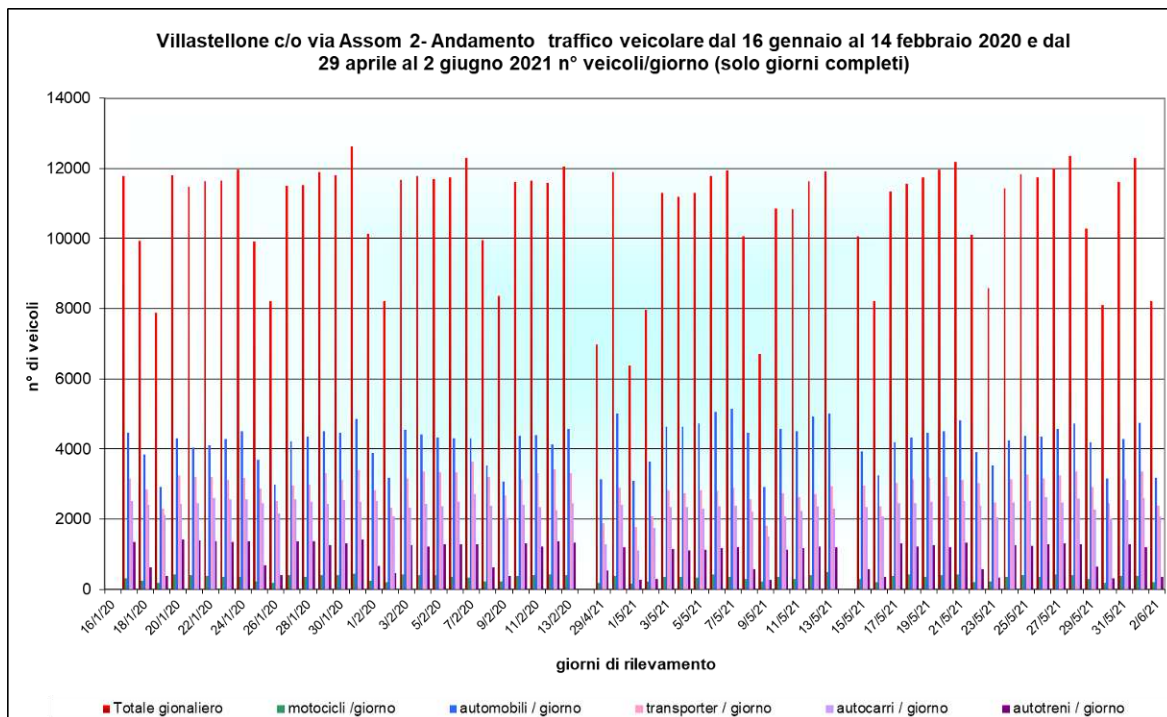


Figura 13: traffico veicolare grafico settimanale – Villastellone c/o via Assom 2 (solo giorni completi) – prima campagna

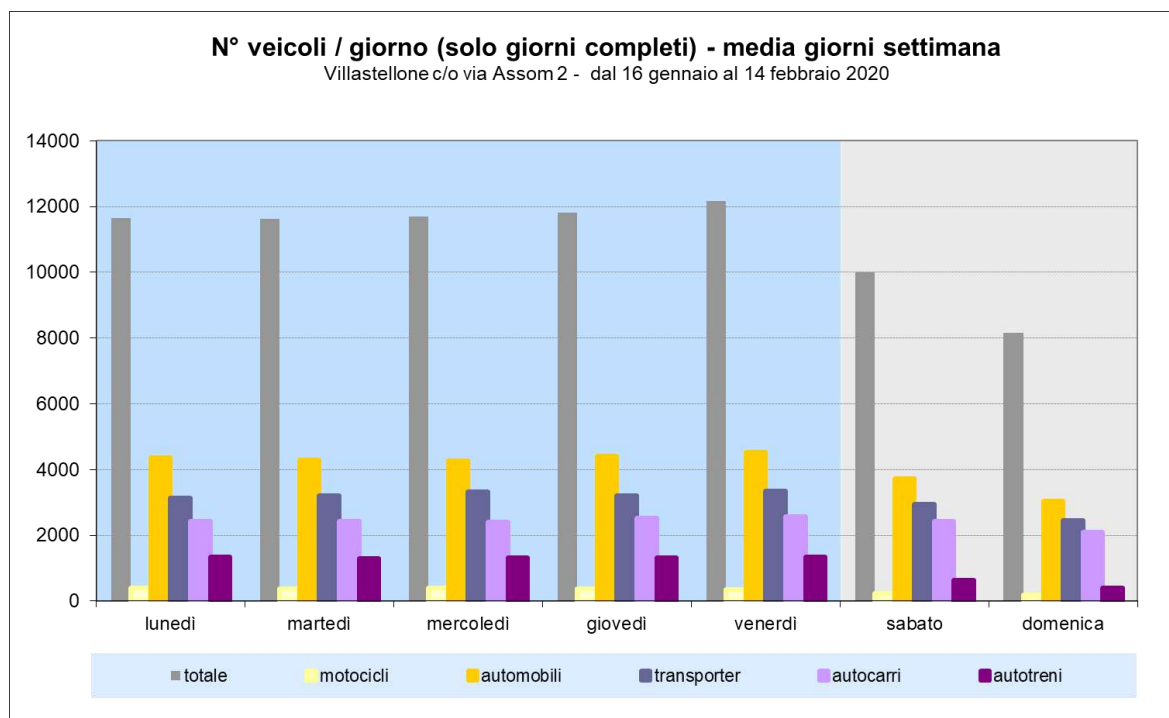
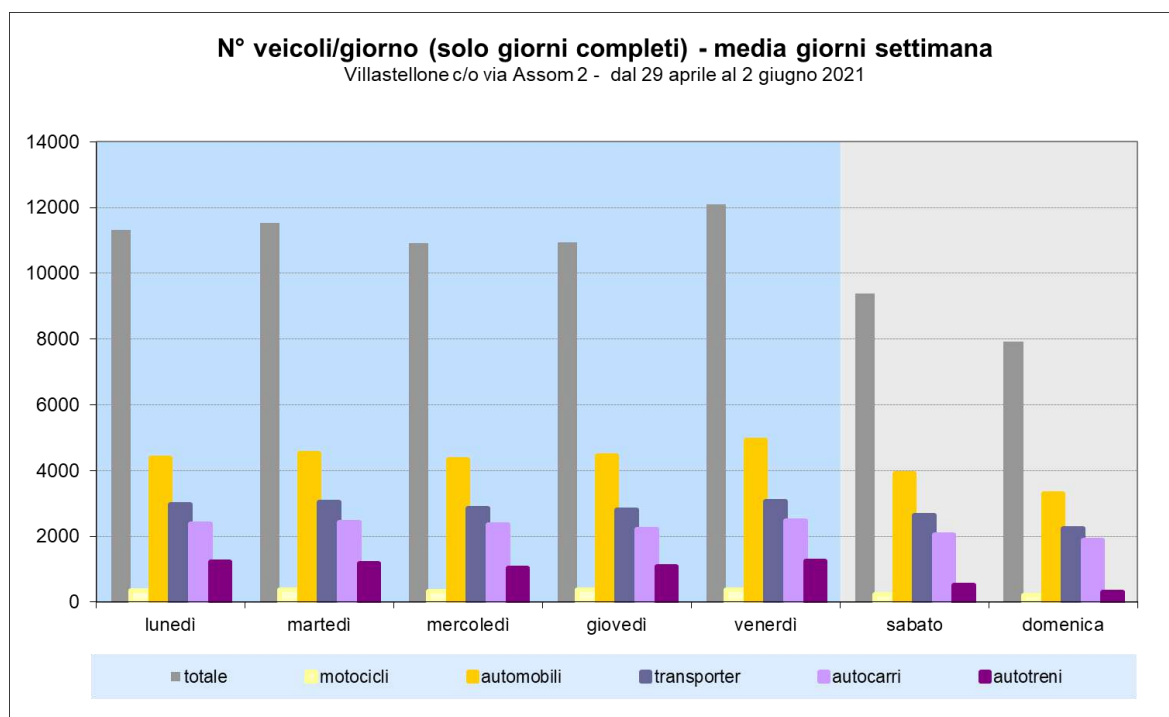


Figura 14: traffico veicolare grafico settimanale – Villastellone c/o via Assom 2 (solo giorni completi) – seconda campagna



- 2) il traffico veicolare nel tratto monitorato di via Assom è un traffico con velocità media. La velocità media dei veicoli registrata nei due periodi è stata di 41,2 e 42,9 Km/h;
- 3) le percentuali di veicoli pesanti e di veicoli di trasporto commerciale (transporter, che di norma hanno motori diesel) in transito lungo l'asse viario considerato sono risultate molto significative sia durante la prima campagna (**Figura 15**) sia durante la seconda (**Figura 16**);

Figura 15: traffico veicolare – Villastellone c/o via Assom 2 - valutazione di frequenza – 1^a campagna

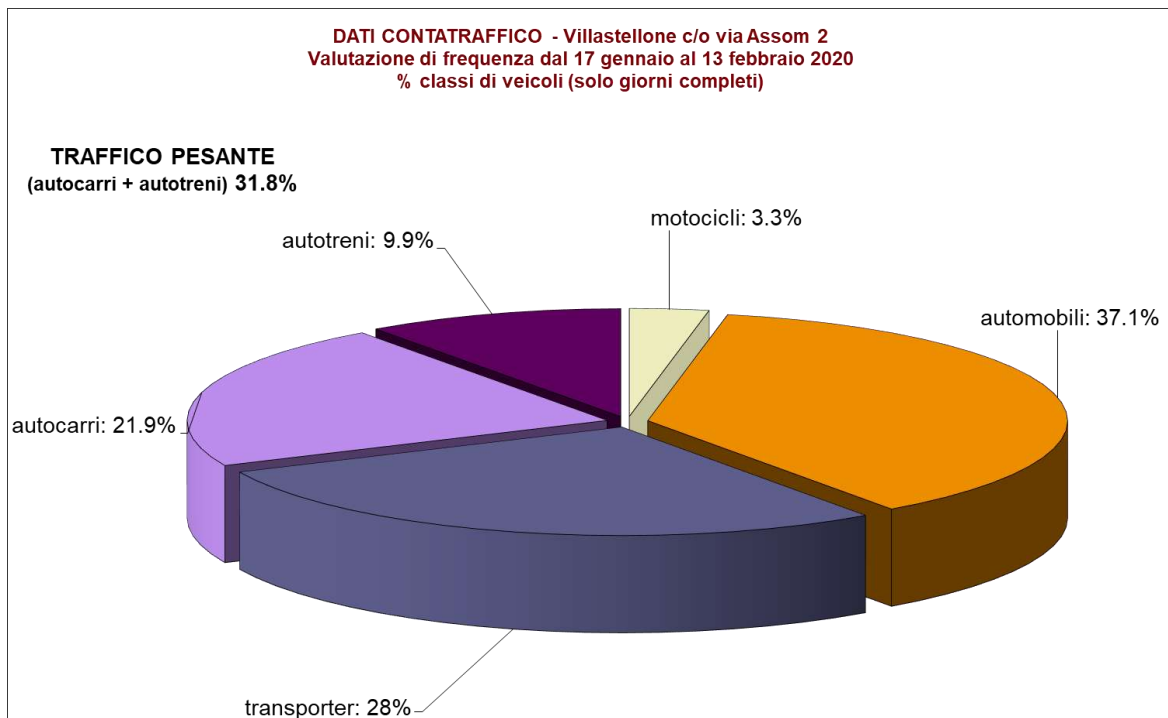
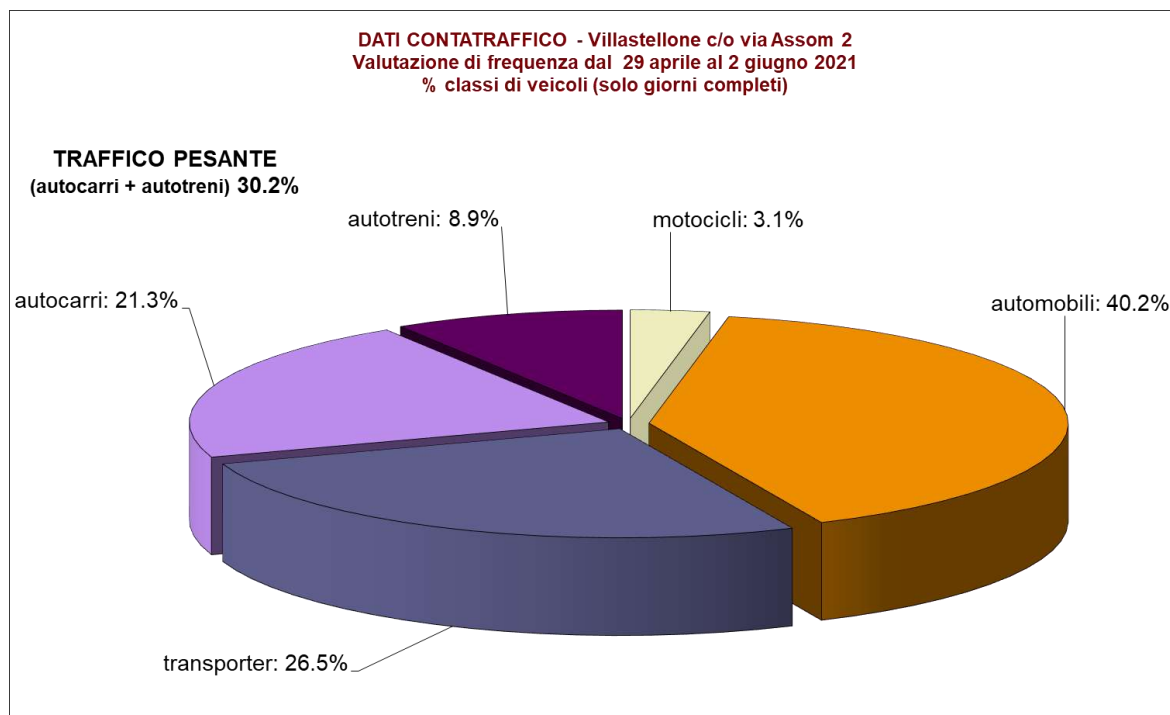


Figura 16: traffico veicolare – Villastellone c/o via Assom 2 - valutazione di frequenza – 2^a campagna



- 4) il confronto tra i flussi veicolari e gli ossidi di azoto (**Figura 17, Figura 18, Figura 19**) mostra un evidente influsso del traffico rispetto a questi inquinanti. Durante entrambe le campagne l'andamento temporale medio giornaliero dei flussi veicolari totali lungo via Assom mostra un picco nelle ore del mattino ed un altro nelle ore serali, a cui corrispondono i picchi di massima concentrazione degli ossidi di azoto; durante le ore centrali le concentrazioni di ossidi di azoto diminuiscono in misura molto maggiore della diminuzione dei flussi veicolari in quanto il più elevato irraggiamento solare contribuisce a generare condizioni di instabilità atmosferica con conseguente dispersione e diluizione degli inquinanti atmosferici;

Figura 17: confronto giorno medio veicoli totali con giorno medio ossidi di azoto

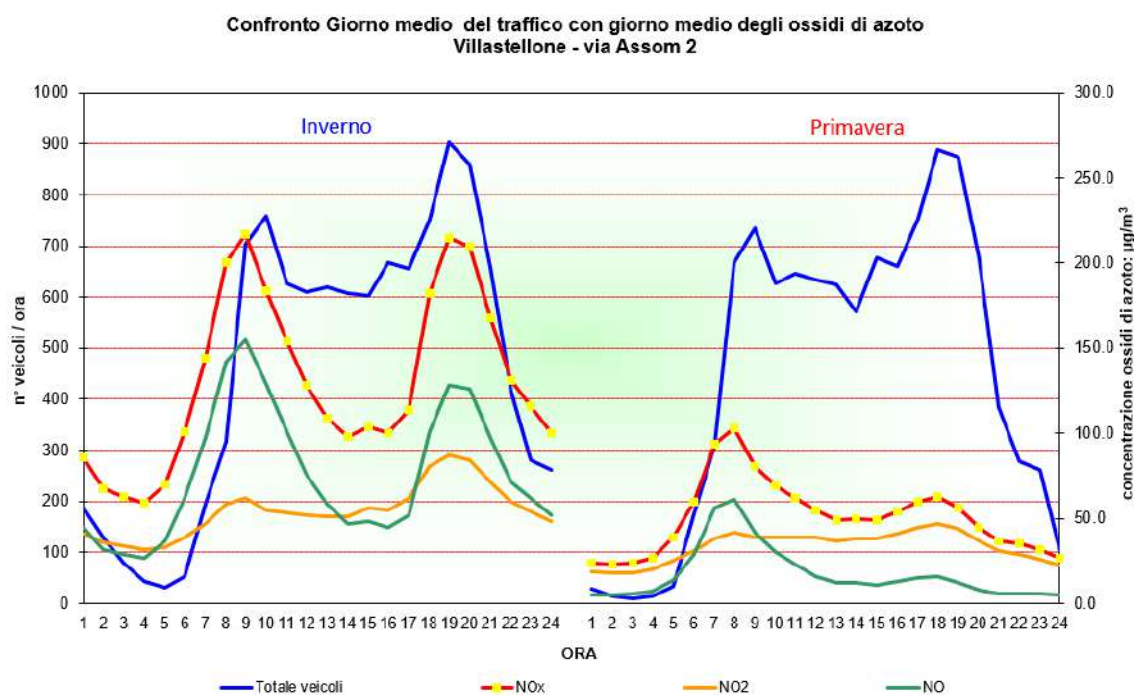


Figura 18: confronto giorno medio veicoli pesanti con giorno medio ossidi di azoto

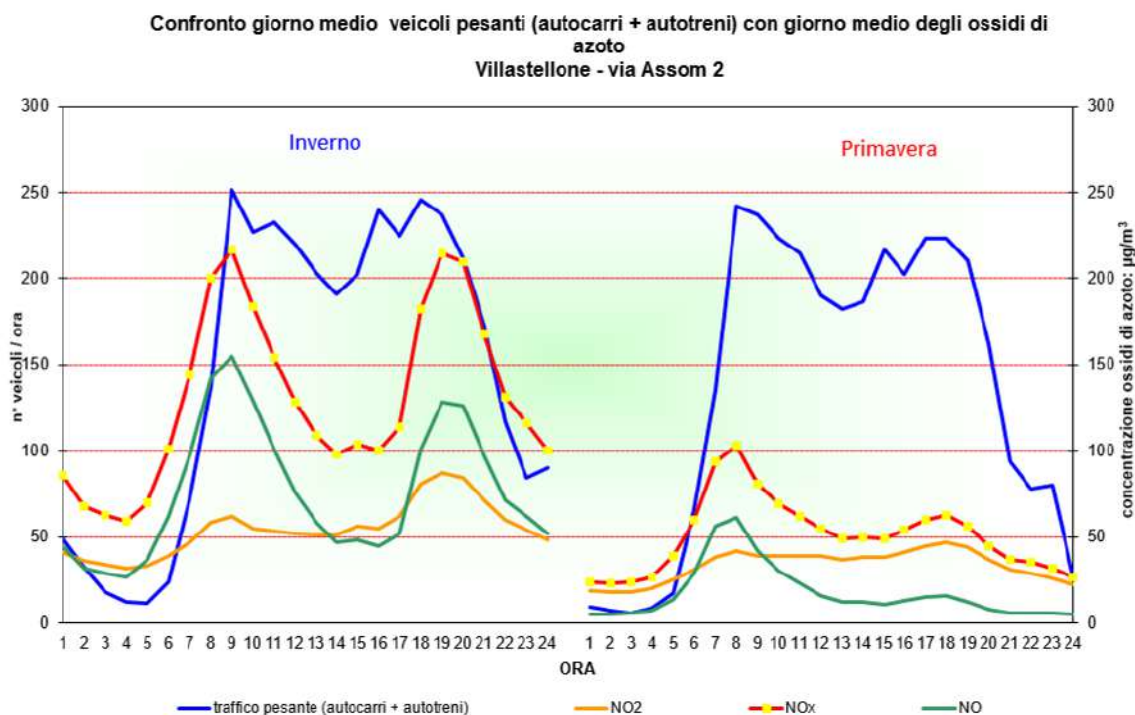
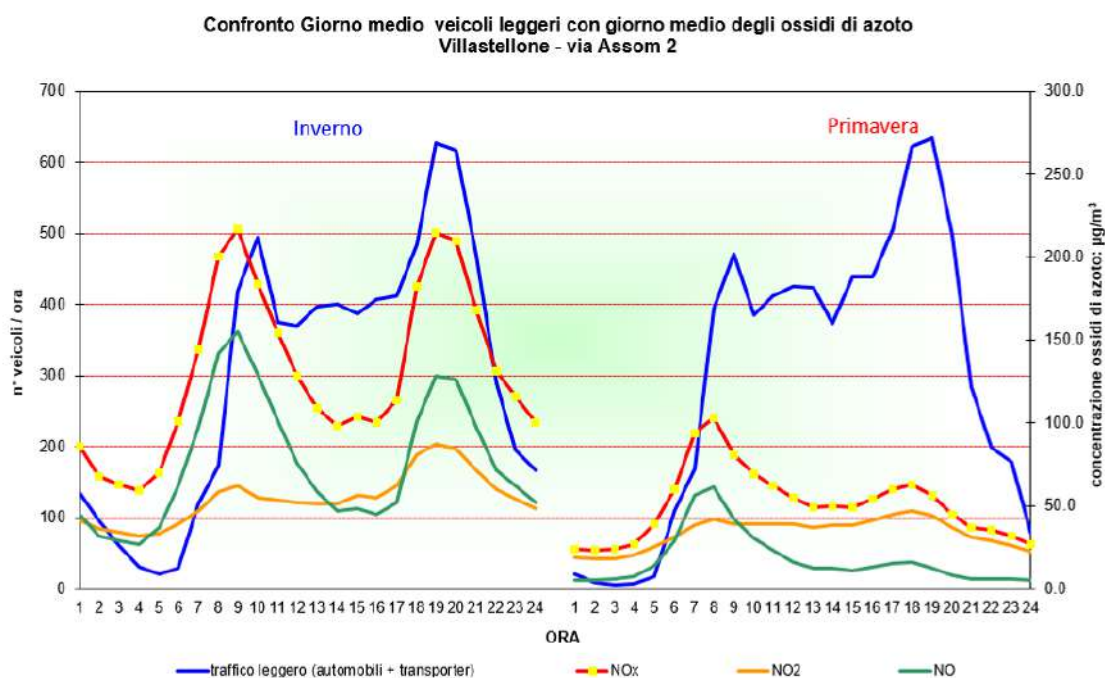


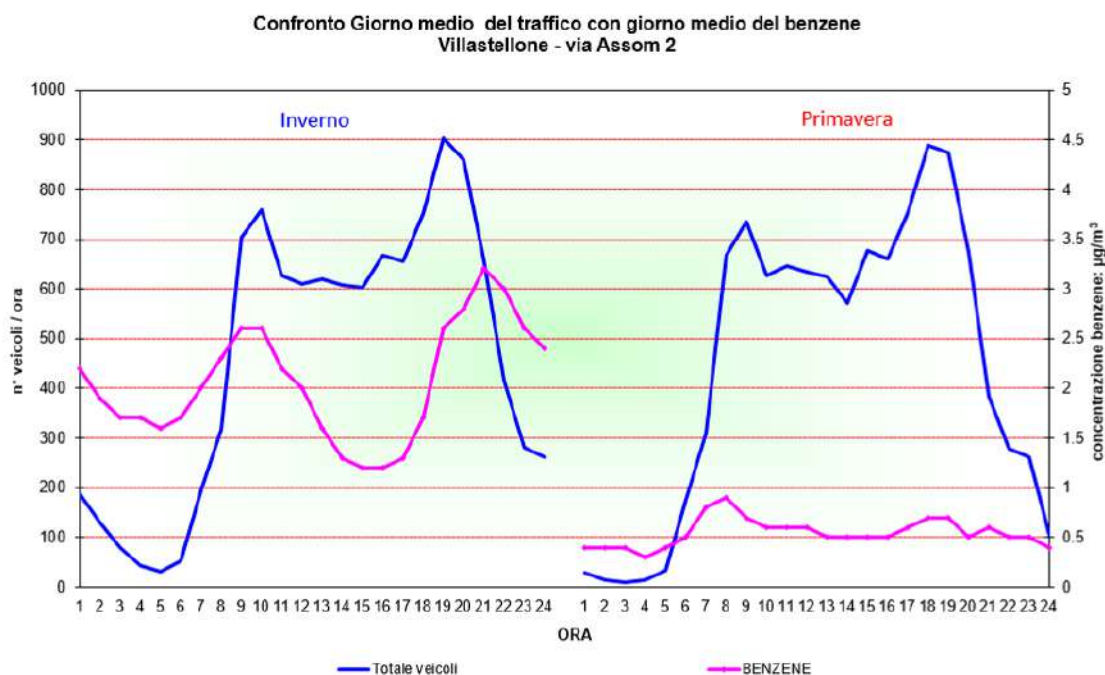
Figura 19: confronto giorno medio veicoli leggeri con giorno medio ossidi di azoto



- 5) la combustione dei motori dei veicoli di norma genera percentualmente più monossido di azoto (NO) che biossido di azoto (NO₂), ma va comunque considerato che, una volta immesso in atmosfera, il monossido di azoto si trasforma in parte per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo in aria ambiente è molto maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta. L'emissione di ossidi di azoto e particolato è inoltre significativamente più alta per i veicoli diesel, per cui la presenza di una percentuale elevata di veicoli pesanti e da trasporto commerciale, come nel caso in questione, ha un effetto rilevante sull'inquinamento atmosferico. A titolo di esempio¹ si consideri che gli autoveicoli per il trasporto passeggeri con alimentazione diesel (quella più critica in termini di emissioni sia di particolato che di ossidi di azoto) di categoria da Euro 2 a Euro 4 hanno fattori di emissione che vanno da 0.6 a 0.9 g/km per gli ossidi di azoto e da 0.03 a 0.06 g/km per il particolato, mentre per i mezzi pesanti di analoga categoria (da Euro II a Euro IV) i fattori di emissione vanno rispettivamente da 2 a 7 g/km e da 0.01 (solo per gli Euro IV minori di 7.5 t) a 7.5 g/km. Va inoltre considerato che il biossido di azoto, oltre a costituire di per sé un inquinante atmosferico, è uno dei principali precursori del particolato di origine secondaria;
- 6) per il benzene si riscontra una correlazione tra i picchi di concentrazione e l'andamento temporale giornaliero dei flussi veicolari, soprattutto nella campagna invernale (**Figura 21**); in questo caso le escursioni della concentrazione sono meno evidenti rispetto a quelle degli ossidi d'azoto, considerando che le concentrazioni di benzene variano da 0.5 a 3.8 µg/m³ circa nel periodo invernale e da 0.4 a 0.7 µg/m³ nel periodo primaverile. Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici.

¹ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009 1.A.3.b Road transport GB2009 update May 2012 Tabelle 3.16-3.17-3.20 e 3.21

Figura 20: confronto giorno medio veicoli totale con giorno medio benzene



4.4 Elaborazione dei dati meteorologici

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

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

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

Per motivi logistici il laboratorio mobile è stato posizionato in un'area dove la vicinanza degli edifici adiacenti ostacolavano la libera circolazione dell'aria. Di conseguenza le misure di velocità e direzione del vento non sono attendibili e sono state omesse nella presente trattazione.

Durante la prima campagna il campo pressorio si è attestato tra 980 e 1010 mbar (**Figura 21**), con picco minimo il 28 gennaio con 976 mbar e picco massimo il 21 gennaio con 1015 mbar. Nei giorni della seconda campagna il campo pressorio ha oscillato tra 970 e 990 mbar, con un picco massimo di 992 mbar raggiunto l'8 maggio e un minimo di 974 il 13 maggio.

Figura 21: Pressione Atmosferica



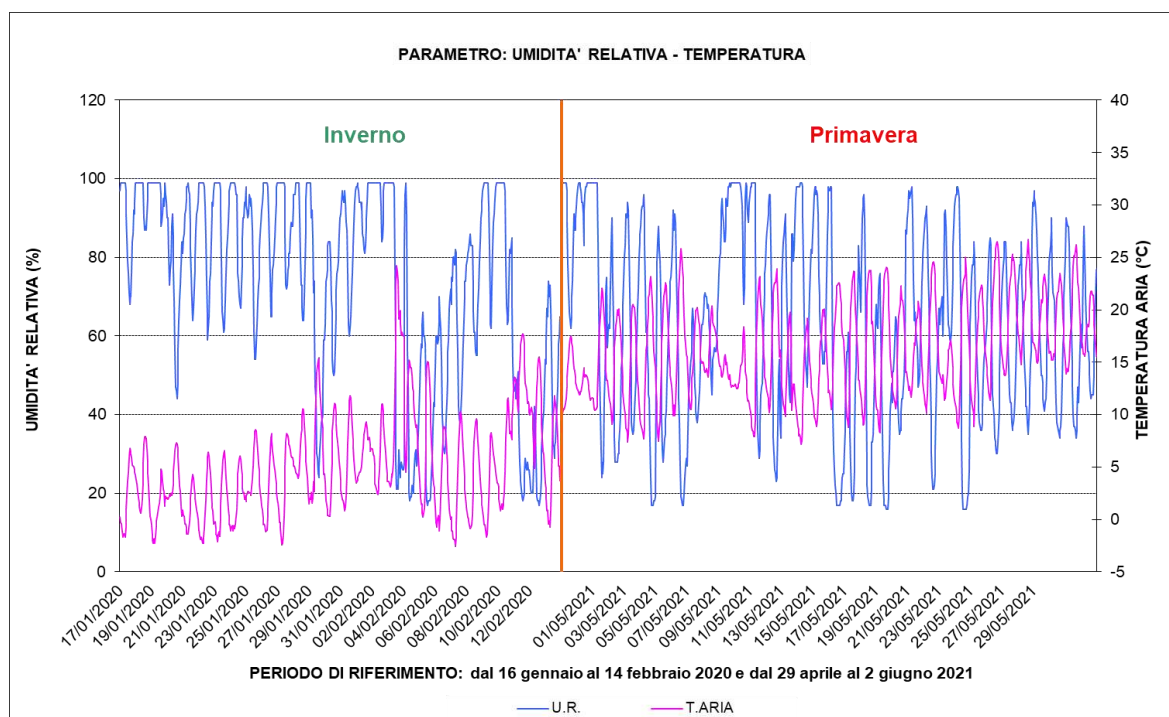
Nel comune di Villastellone, il valore medio della temperatura di tutto il periodo invernale è stato di 5,1°C (**Tabella 7**); il valore massimo orario si è raggiunto il 3 febbraio con un valore pari a 24,2°C; nella campagna primaverile la media registrata è stata di 16,2 °C con un massimo di 26,7°C il 29 maggio.

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

PARAMETRI METEO	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITÀ RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		PIOGGIA		VELOCITA' VENTO	
U.M.	(W/mq)		°C		%		hPa		mm		m/s	
	Inverno 2020	Primav. 2021	Inverno 2020	Primav. 2021	Inverno 2020	Primav. 2021	Inverno 2020	Primav. 2021	Inverno 2020	Primav. 2021	Inverno 2020	Primav. 2021
Minima media giornaliera	15.3	47	0.9	12.7	26.4	38	980.2	976.0	0.0	0.0	0.36	0.3
Massima media giornaliera	51.6	120	13.9	20.2	97.0	97	1012.2	989.7	0.1	1.4	1.95	1.9
Media delle medie giornaliere	31.7	95	5.1	16.2	73.8	63	993.6	983.5	0.0	0.1	0.94	0.8
Giorni validi	23	3	28	34	28	34	28	34	28	34	6	3
Percentuale giorni validi	82%	9%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	21%	9%
Media dei valori orari	32.9	257	5.1	16.2	73.8	63	993.6	983.5	0.0	0.1	0.51	0.4
Massima media oraria	267.0	868	24.2	26.7	99.0	99	1015.0	992.0	1.6	16.4	4.50	3.4
Ore valide	566	452	672	816	672	816	672	816	672	816	304	438
Percentuale ore valide	84%	55%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	45%	54%

In **Figura 22** insieme all'andamento orario della temperatura è riportata anche l'umidità relativa, da cui emerge che tali parametri hanno andamenti speculari: durante il giorno il forte irraggiamento porta ad un abbassamento dei valori di vapore acqueo presente nell'atmosfera, che torna ad aumentare nelle ore notturne; nei giorni in cui si sono verificati gli eventi piovosi più significativi del periodo si sono verificati i picchi di umidità, con un calo significativo della temperatura.

Figura 22: Umidità Relativa - Temperatura aria



La **Figura 23** mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni. Durante la prima campagna (**Figura 24**) si sono verificati eventi piovosi di bassa consistenza ad inizio del periodo. Durante la seconda campagna si sono verificati diversi eventi piovosi: il 1° maggio un nubifragio; l'11, il 14 ed 29 maggio piogge con carattere di rovescio; il 10 maggio pioggia forte; il 21 e 24 maggio pioggia debole e moderata. Nelle giornate ad elevata piovosità è corrisposto un notevole abbassamento della radiazione solare globale, ad esempio il 1° maggio con valore diurno pari a circa 165 W/m², a causa della copertura nuvolosa. In assenza di copertura nuvolosa i valori massimi di radiazione solare, che si osservano nelle ore centrali della giornata, variano tra 150 e 250 W/m² circa nel periodo invernale e tra 750 e 950 W/m² nel periodo primaverile. La radiazione solare è un parametro significativo nel determinare il grado di stabilità atmosferica; in generale ad elevate intensità della radiazione solare corrisponde un'elevata turbolenza convettiva che favorisce il rimescolamento degli inquinanti; quindi, nel periodo estivo si osservano valori generalmente bassi degli inquinanti primari e di polveri. Essa, tuttavia, favorisce le reazioni chimiche che coinvolgono gli inquinanti presenti in atmosfera e di conseguenza lo sviluppo dell'inquinamento secondario di origine fotochimica, come nel caso dell'ozono, che raggiunge le concentrazioni maggiori proprio durante i mesi di massima radiazione solare.

Figura 23: Radiazione Solare Globale e pioggia

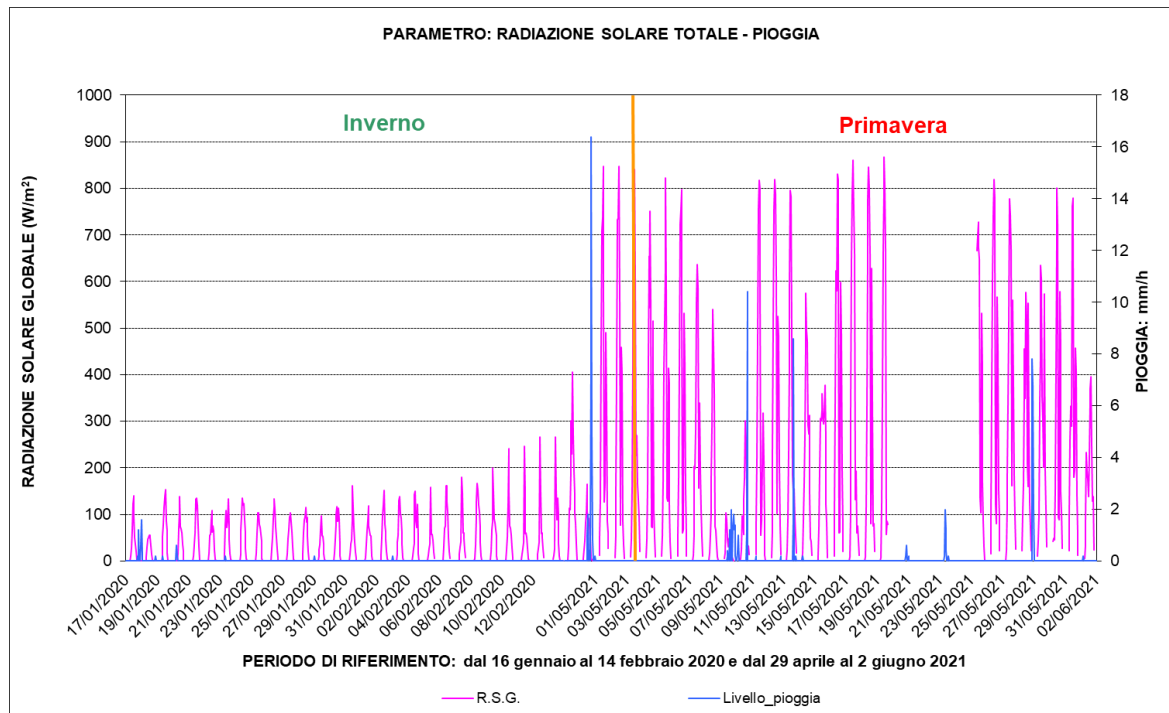
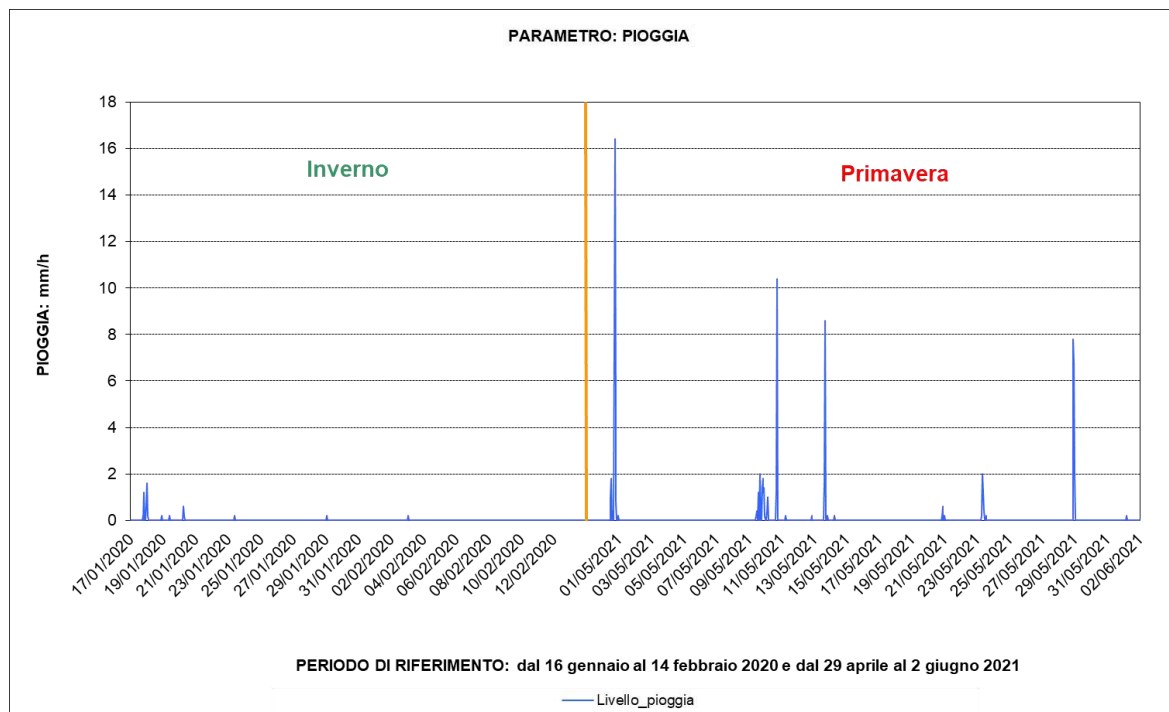


Figura 24: pioggia



4.5 Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Villastellone

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

NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
O ₃	OZONO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
C ₆ H ₆	BENZENE
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE
PM ₁₀	PARTICOLATO SOSPESO PM ₁₀
PM _{2,5}	PARTICOLATO SOSPESO PM _{2,5}

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

4.5.1 Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

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

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

Giorno medio

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

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

4.5.2 Ossidi di Azoto

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

Monossido d'azoto

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

Nel corso della prima campagna di monitoraggio i livelli di NO (**Tabella 8**) hanno registrato un valore massimo orario pari a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; la media dei valori orari risulta pari a 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nella seconda campagna le concentrazioni hanno registrato una media di 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ed un valore massimo orario di 138 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Monossido di azoto	Inverno 2020	Primavera 2021
<u>Minima media giornaliera</u>	13	4
Massima media giornaliera	150	31
<u>Media delle medie giornaliere (b):</u>	76	17
Giorni validi	28	33
<u>Percentuale giorni validi</u>	100%	97%
Media dei valori orari	76	17
<u>Massima media oraria</u>	350	138
Ore valide	667	786
<u>Percentuale ore valide</u>	99%	96%

Per quanto riguarda il confronto con altre stazioni della rete della CMT (**Figura 25** e **Figura 26**) la campagna svolta ha evidenziato livelli e andamenti più alti di Druento, stazione di fondo rurale, di Orbassano, stazione di fondo extraurbana e di Torino-Consolata (traffico urbano).

Nella **Figura 26** si può notare come durante la prima campagna nel profilo giornaliero sono presenti due picchi, uno al mattino e uno in serata. Ciò rispecchia il ciclo giornaliero delle attività antropiche ed in particolare del traffico veicolare, di cui gli NOx rappresentano un buon tracciante. In primavera invece nel profilo del giorno medio il picco serale risulta meno evidente in quanto, a seguito del soleggiamento, il monossido di azoto viene convertito in biossido di azoto.

Figura 25: NO - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

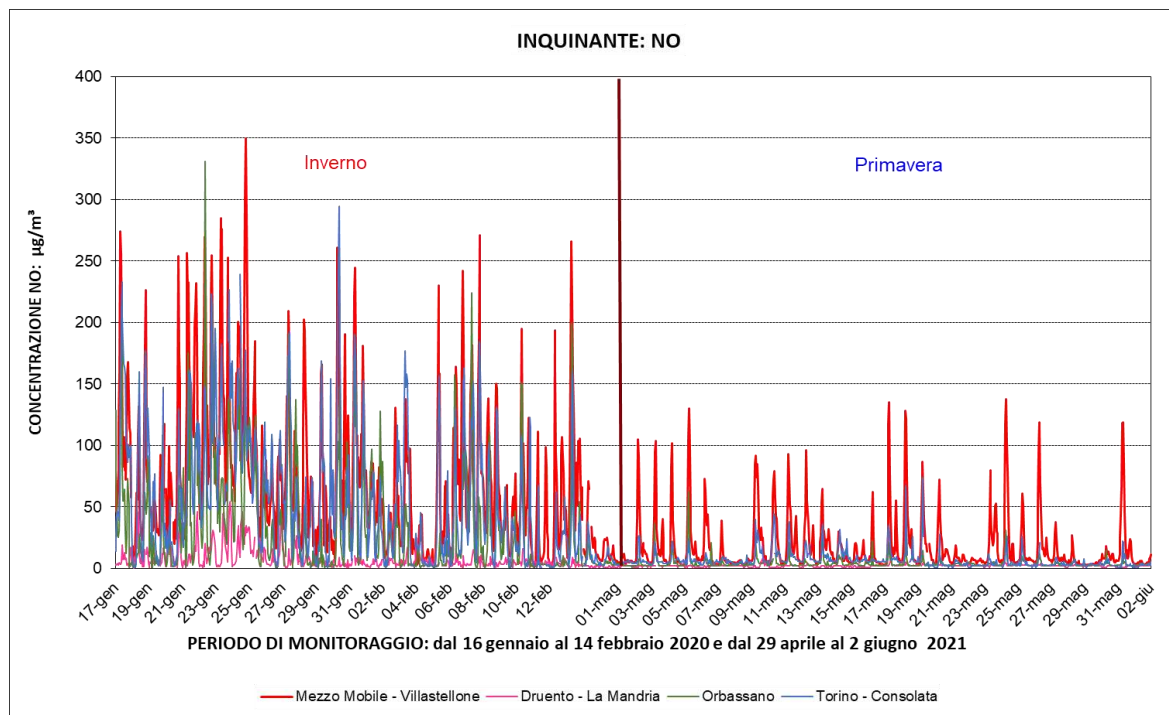
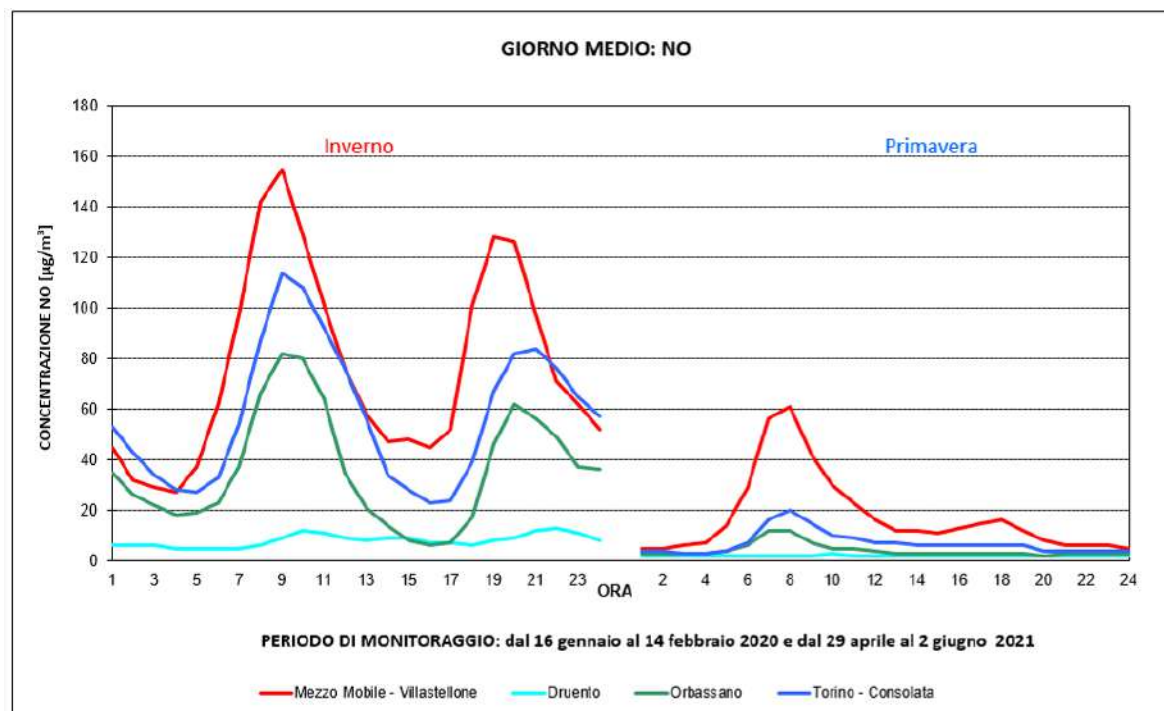


Figura 26: NO - giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Biossido d'azoto

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

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, infatti oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare, soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo originato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche che hanno luogo in aria ambiente.

Il contributo dell'inquinamento veicolare alle emissioni di ossidi di azoto è diverso a seconda del tipo di veicolo. Da una stima dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, (<https://fettransp.isprambiente.it/#/home>), risulta che nell'anno 2019 il fattore di emissione medio di NO_x su percorso urbano stimato per le autovetture ammonta a 0.4285 g/km, per i veicoli commerciali leggeri è 1.0595 g/km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) il fattore di emissione è pari a 5.9838 g/km e per i bus 6.932 g/km.

Per quello che riguarda l'NO₂ (**Tabella 9**), durante le campagne di monitoraggio non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³, né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m³, essendo la massima media oraria misurata di 136 µg/m³ (prima campagna) e di 83 µg/m³ (seconda campagna).

Tabella 9: Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³)

Biossido di azoto	Inverno 2020	Primavera 2021
Minima media giornaliera	31	19
Massima media giornaliera	69	48
Media delle medie giornaliere (b):	54	33
Giorni validi	28	34
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	54	33
Massima media oraria	136	83
Ore valide	667	810
Percentuale ore valide	99%	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

La **Figura 27** e la **Figura 28** permettono di confrontare i dati delle campagne condotte con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio: dal confronto emerge che durante la prima campagna sia le medie orarie che il giorno medio di Villastellone presentano concentrazioni più alte di Druento, cabina classificata di fondo rurale, e di Orbassano, cabina di fondo suburbano, mentre risultano più basse, tranne che nelle prime ore serali, di quelle di Torino-Consolata, stazione di traffico urbano; nella seconda campagna le concentrazioni risultano più alte delle stazioni di confronto, tranne che dalle 7 alle 9, ore a cui corrisponde il picco del mattino e durante le quali le concentrazioni di biossido di azoto registrate a Villastellone sono inferiori di quelle di Torino-Consolata.

Figura 27: NO_2 - confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Druento, Orbassano e Torino-Consolata

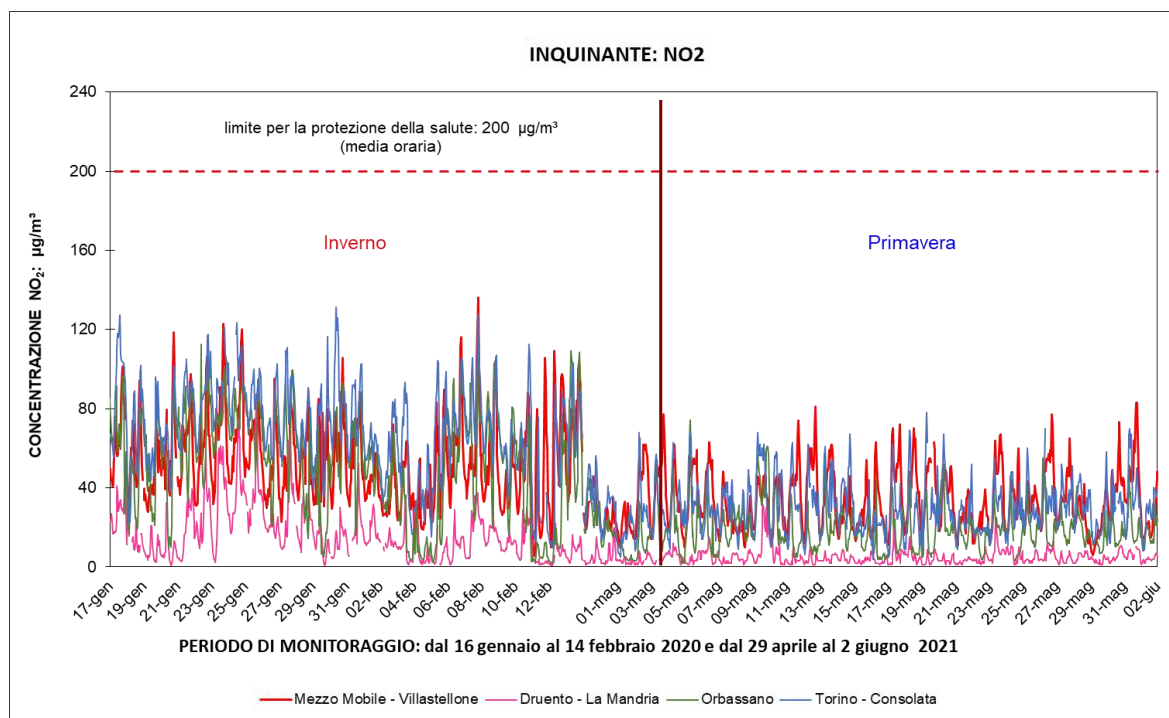
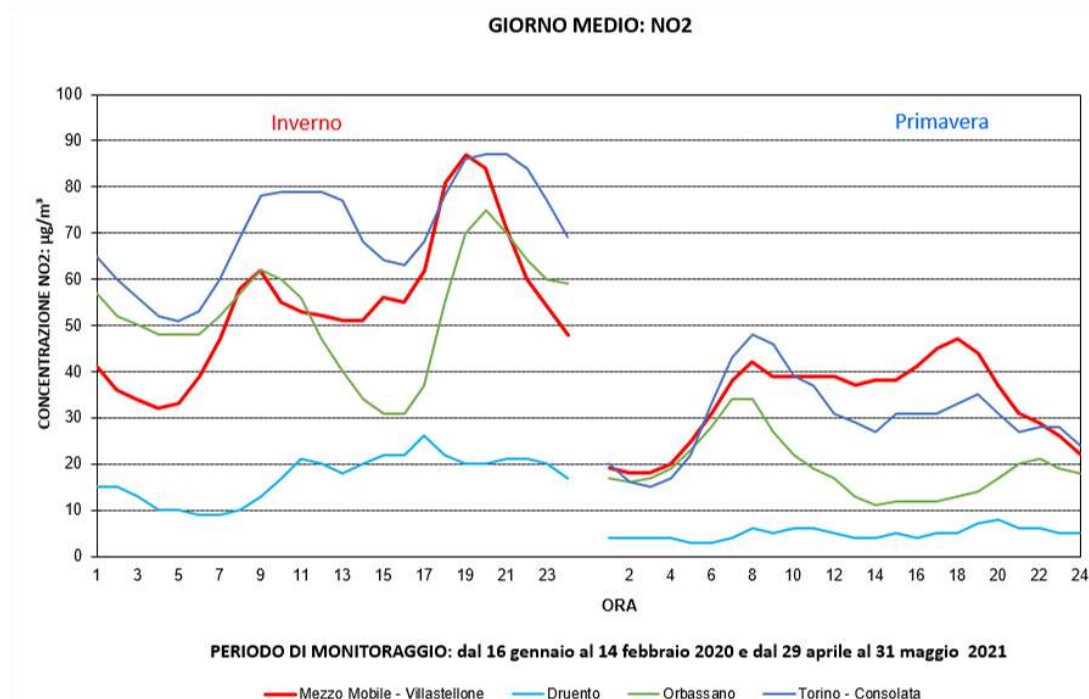


Figura 28: NO_2 - andamento del giorno medio



Nella **Figura 29** e nella **Figura 30** vengono rappresentati, come ulteriore strumento di confronto, i box plot delle concentrazioni orarie registrate con il laboratorio mobile e quelle misurate dalle stazioni fisse del territorio della Città Metropolitana di Torino che nel medesimo periodo e durante il 2020 hanno raggiunto il 90% di dati validi.

Il box plot sintetizza la posizione di tutti i dati orari ottenuti: il rettangolo (la "scatola") è delimitato dal 25° e dal 75° percentile² e diviso al suo interno dalla mediana, che evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica, media e mediana coincidono). I segmenti che escono dalla scatola (i "baffi") delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) ed esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati degli inquinanti.

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

I box plot e gli indicatori relativi ai dati del laboratorio mobile mostrano nella prima campagna una situazione compresa tra la stazione di fondo suburbano di Orbassano e quella di traffico urbano di Collegno con concentrazioni inferiori solo alle stazioni di traffico urbano di Collegno, Torino-Consolata e Torino-Rebaudengo. Nella seconda campagna le concentrazioni risultano inferiori solo alla stazione di Torino-Rebaudengo. Questi risultati vanno correlati al traffico veicolare che, nel sito di via Assom, è caratterizzato da rilevanti percentuali di veicoli pesanti e di veicoli di trasporto commerciale, come già descritto nel precedente capitolo dedicato all'analisi dei flussi di traffico.

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

	Media	Mediana	Massimo
Ceresole Reale (FR)	3	2	18
Druento (FR)	17	14	87
Susa (FS)	21	19	60
Baldissero T. (FR)	24	18	102
Chieri (FS)	26	25	74
Leini (FS)	37	35	103
Ivrea (FS)	41	41	93
Carmagnola (TU)	45	44	115
Torino – Rubino (FU)	46	48	92
Settimo T. (TU)	50	47	100
Orbassano (FS)	53	57	112
Villastellone - Mezzo Mobile	54	52	136
Collegno (TU)	61	60.5	136
Torino – Consolata (TU)	70	70	131
Torino – Rebaudengo (TU)	71	71	132

² Percentile di ordine k (P_k) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a P_k siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.

Figura 29: box plot dati orari NO₂ - 1^a campagna

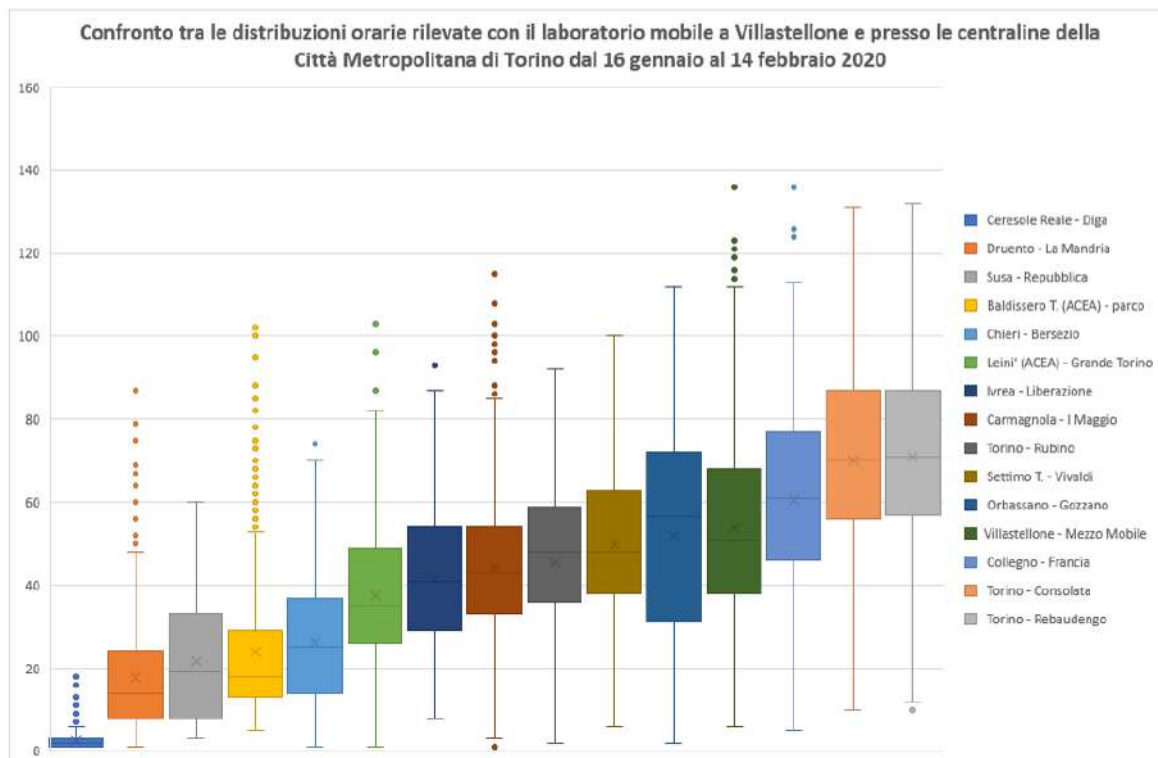
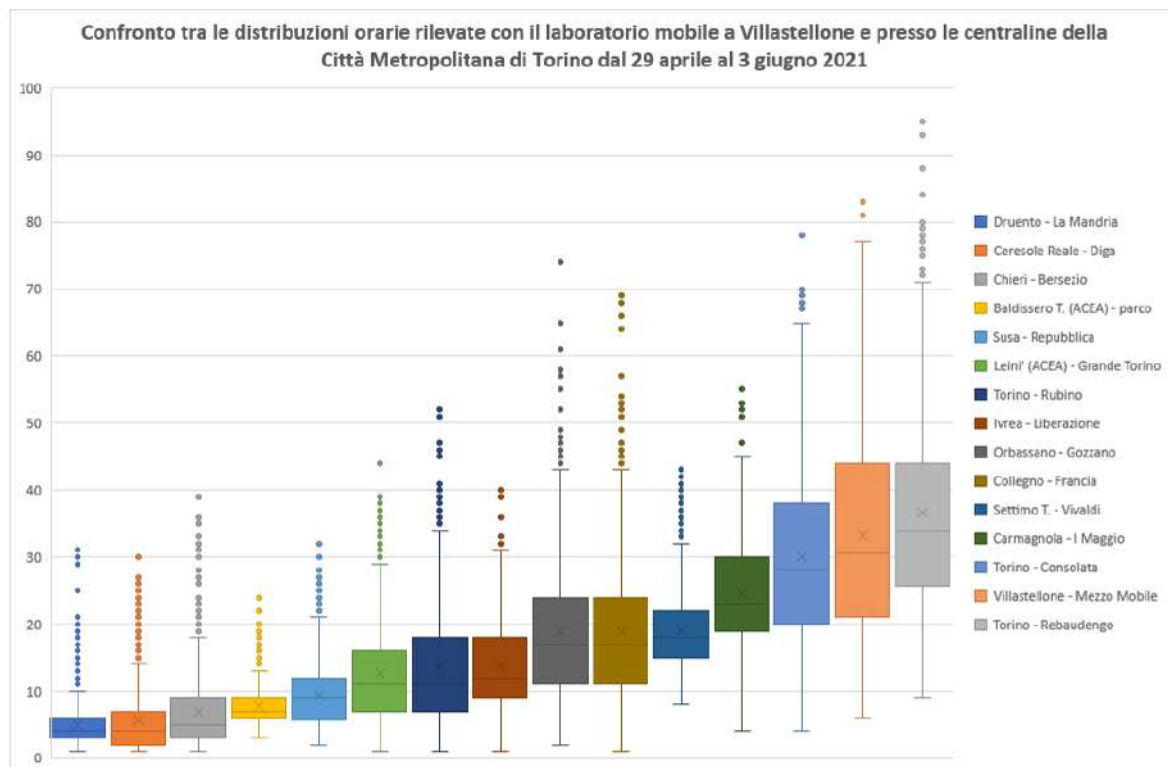


Tabella 11: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime rilevate a Villastellone con il laboratorio mobile e presso le stazioni della rete Città Metropolitana durante la 2^a campagna (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: FR= fondo-rurale; FS= fondo-suburbano; FU= fondo-urbano;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

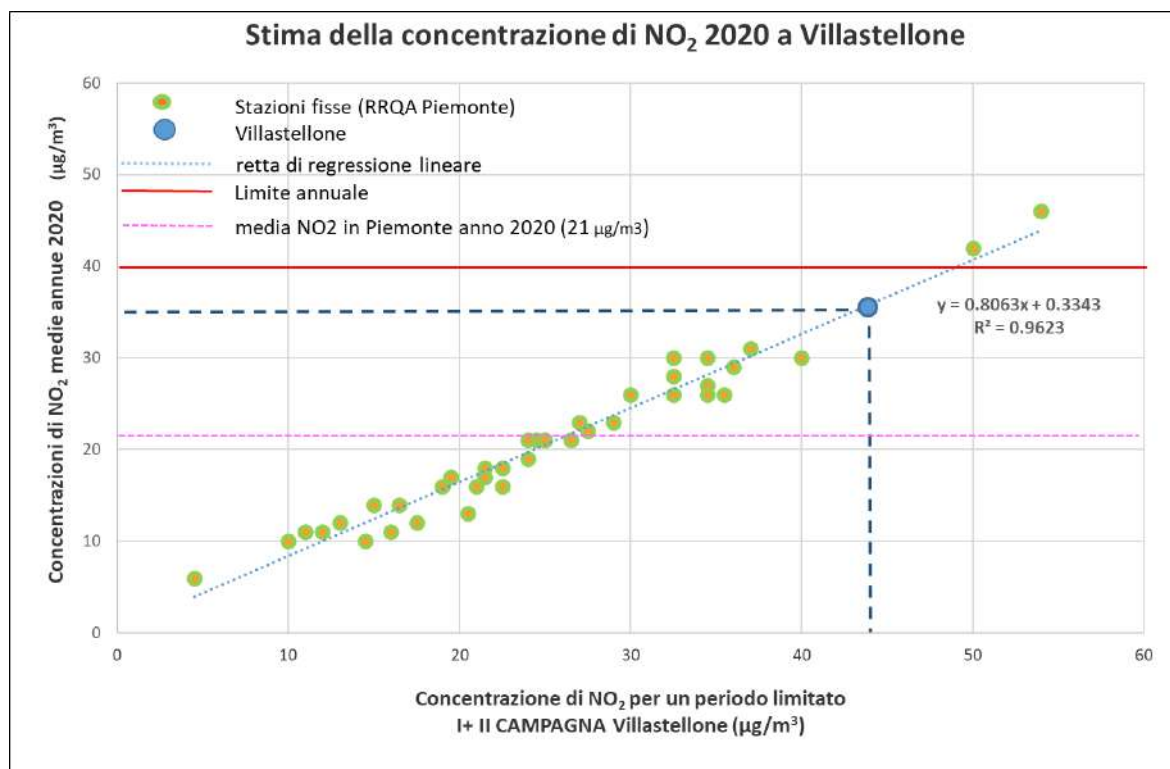
	Media	Mediana	Massimo
Druento - La Mandria (FR)	5	4	31
Ceresole Reale - Diga (FR)	6	4	30
Chieri - Bersezio (FS)	7	5	39
Baldissero T. (FR)	8	7	24
Susa - Repubblica (FS)	9	9	32
Leini' (FS)	13	11	44
Torino - Rubino (FU)	14	11	52
Ivrea (FS)	14	12	40
Orbassano - Gozzano (FS)	19	17	74
Collegno - Francia (TU)	19	17	69
Settimo T. - Vivaldi (TU)	19	18	43
Carmagnola - I Maggio (TU)	24	23	55
Torino - Consolata (TU)	30	28	78
Villastellone - Mezzo Mobile	33	30.5	83
Torino - Rebaudengo (TU)	37	34	95

Figura 30: box plot dati orari NO_2 - 2^a campagna



Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale facendo riferimento alle centraline della rete fissa. Sono state prese in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte che nel corso del 2020 e durante i periodi delle due campagne hanno raggiunto il 90% dei dati validi. Rapportando per 40 siti della RRQA il valore della concentrazione media del 2020 di NO_2 , alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Villastellone, è stata costruita la retta di interpolazione di **Figura 31**. Il coefficiente di determinazione R^2 trovato - pari a 0.96 - evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. Con questo metodo è stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Villastellone, riferita al 2020, di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale elaborazione risulta superiore con la valutazione modellistica annuale, che per il 2020 stima per il territorio del comune di Villastellone una media annuale compresa tra 11 e $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Figura 10**). Occorre specificare che la valutazione modellistica va relazionata all'intero territorio comunale, mentre la stima appena descritta è riferita al sito specifico di via Assom che, come detto in precedenza, è caratterizzato da un'elevata componente di traffico pesante.

Figura 31: NO₂ - stima della concentrazione annuale a Villastellone



4.5.3 Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³); infatti, si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

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

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

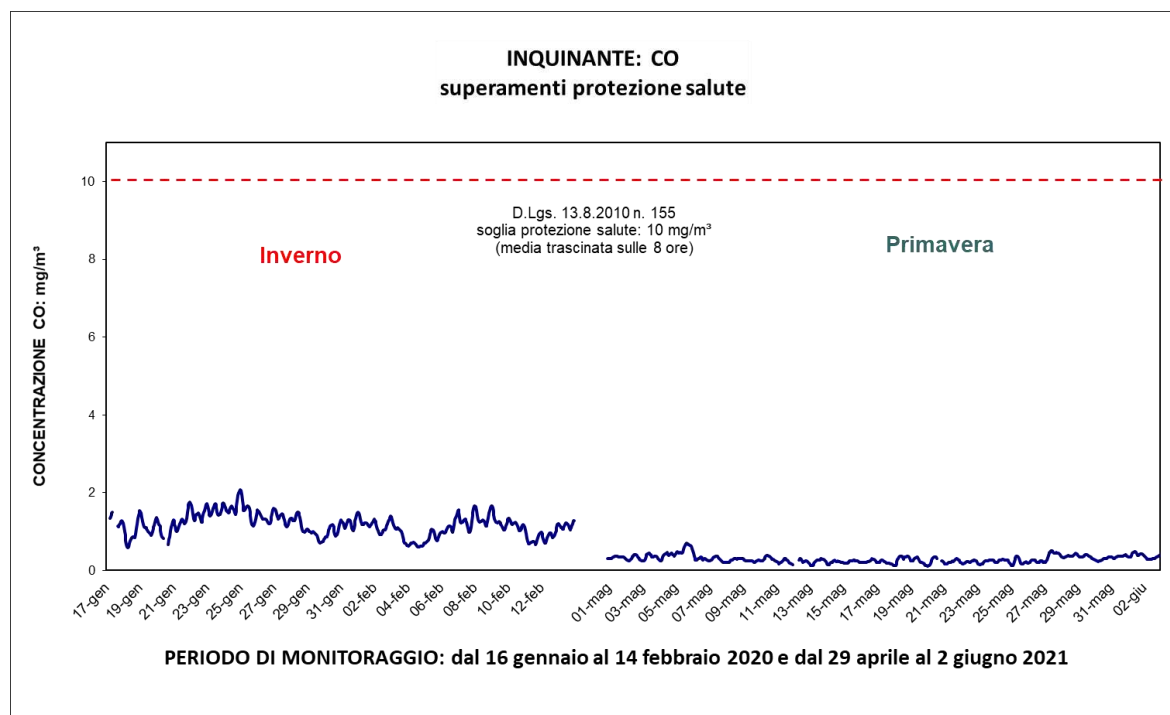
I dati misurati durante le campagne di Villastellone (**Tabella 12**) confermano tale andamento osservato su scala regionale.

Tabella 12: dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

Monossido di carbonio (mg/m ³)	Inverno 2020	Primavera 2021
Minima media giornaliera	0.7	0.2
Massima media giornaliera	1.7	0.6
Media delle medie giornaliere (b):	1.2	0.3
Giorni validi	28	32
Percentuale giorni validi	100%	94%
Media dei valori orari	1.2	0.3
Massima media oraria	2.7	0.8
Ore valide	669	778
Percentuale ore valide	100%	95%
Minimo medie 8 ore	0.6	0.1
Media delle medie 8 ore	1.2	0.3
Massimo medie 8 ore	2.1	0.7
Percentuale medie 8 ore valide	99%	94%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)	0	0
Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)	0	0

La normativa prevede un limite di 10 mg/m³, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a 2.1 mg/m³, nel periodo invernale, e 0.7 mg/m³ in quello primaverile (**Figura 32**); questo limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è stato di 2.7 e 0.8 mg/m³ nelle due rispettive campagne).

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



La **Figura 34** mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete della Città Metropolitana (**Figura 33** e **Figura 34**) indica nella prima campagna concentrazioni superiori alle tre stazioni di confronto: Leinì, stazione di fondo suburbano, Oulx (traffico suburbano) e Torino-Rebaudengo (traffico urbano). Nella seconda campagna le concentrazioni sono risultate confrontabili con quelle di Oulx e inferiori a quelle di Leinì e Torino-Rebaudengo. Il risultato della prima campagna è correlabile all'intenso traffico pesante del sito di via Assom, principale sorgente di CO.

Figura 33: CO - andamento medie orarie

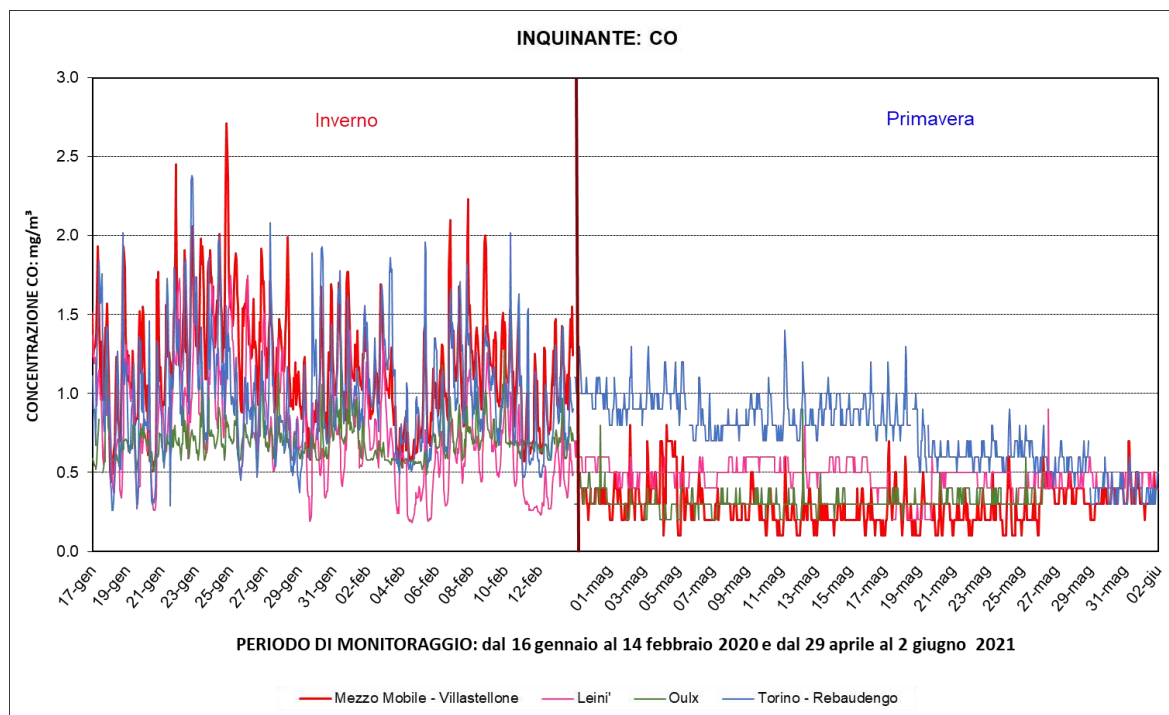
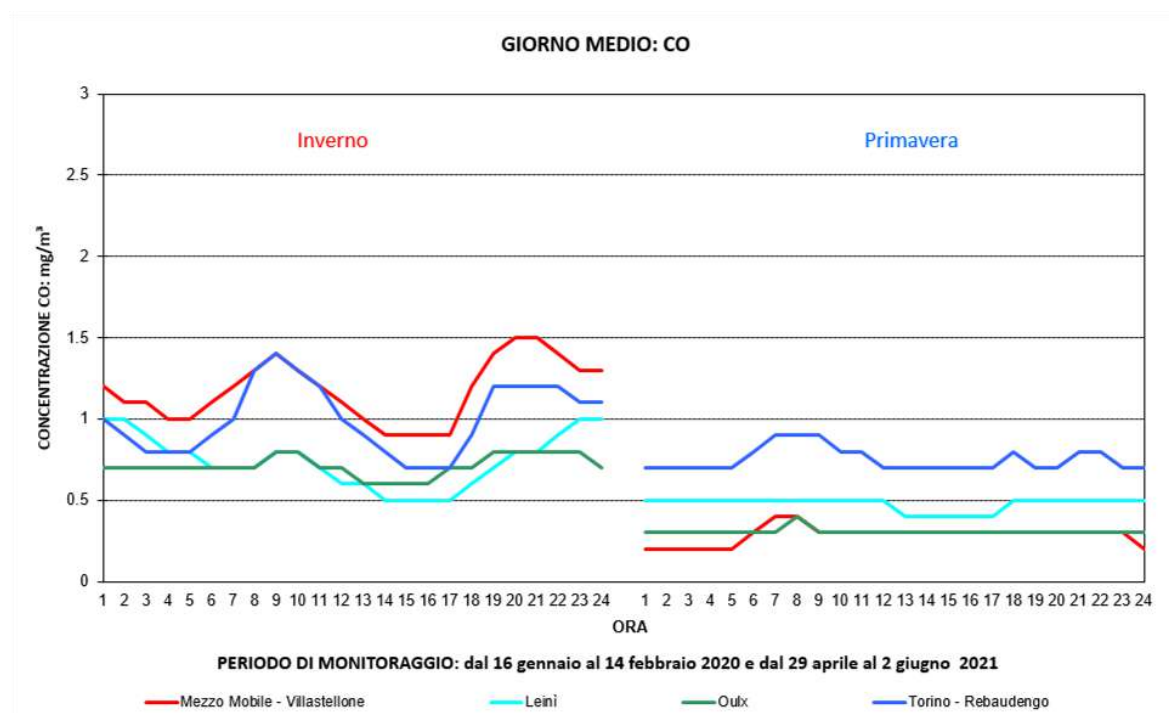


Figura 34: CO - andamento del giorno medio



4.5.4 Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

Durante le campagne di monitoraggio nel Comune di Villastellone per il benzene sono state determinate le concentrazioni medie pari a $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (inverno) e $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (primavera), mentre le punte massime sono state rispettivamente di 7.6 e $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come riportato in **Tabella 13**.

Per il toluene la concentrazione media è risultata essere di $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in primavera (**Tabella 14**), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

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

BENZENE	Inverno 2020	Primavera 2021
Minima media giornaliera	0.5	0.4
Massima media giornaliera	3.8	0.7
Media delle medie giornaliere	2.1	0.6
Giorni validi	28	23
Percentuale giorni validi	100%	68%
Media dei valori orari	2.1	0.5
Massima media oraria	7.6	2.1
Ore valide	669	540
Percentuale ore valide	100%	66%

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

TOLUENE	Inverno 2020	Primavera 2021
Minima media giornaliera	1.6	1.4
Massima media giornaliera	8.9	3.6
Media delle medie giornaliere	3.6	2.3
Giorni validi	28	22
Percentuale giorni validi	100%	65%
Media dei valori orari	3.6	2.3
Massima media oraria	60.1	8.7
Ore valide	669	505
Percentuale ore valide	100%	62%

Dalla **Figura 35** e dalla **Figura 36** si osserva che le concentrazioni orarie del benzene presso il sito monitorato nella stagione invernale risultano mediamente inferiori rispetto a quelle delle centraline di confronto (Vinovo stazione di fondo suburbano, Settimo e Torino - Rebaudengo di traffico urbano); durante il monitoraggio di primavera, quando le concentrazioni risultano inferiori rispetto all'inverno ed i profili delle stazioni messe a confronto sono molto più ravvicinati, gli andamenti di Villastellone risultano superiori alle altre stazioni.

Dai dati del giorno medio di traffico veicolare confrontati con i dati del giorno medio del benzene risulta evidente la correlazione tra le concentrazioni di benzene e i flussi di traffico veicolare (vedi **Figura 20**).

Figura 35: Benzene - andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Settimo T., Torino - Rebaudengo e Vinovo

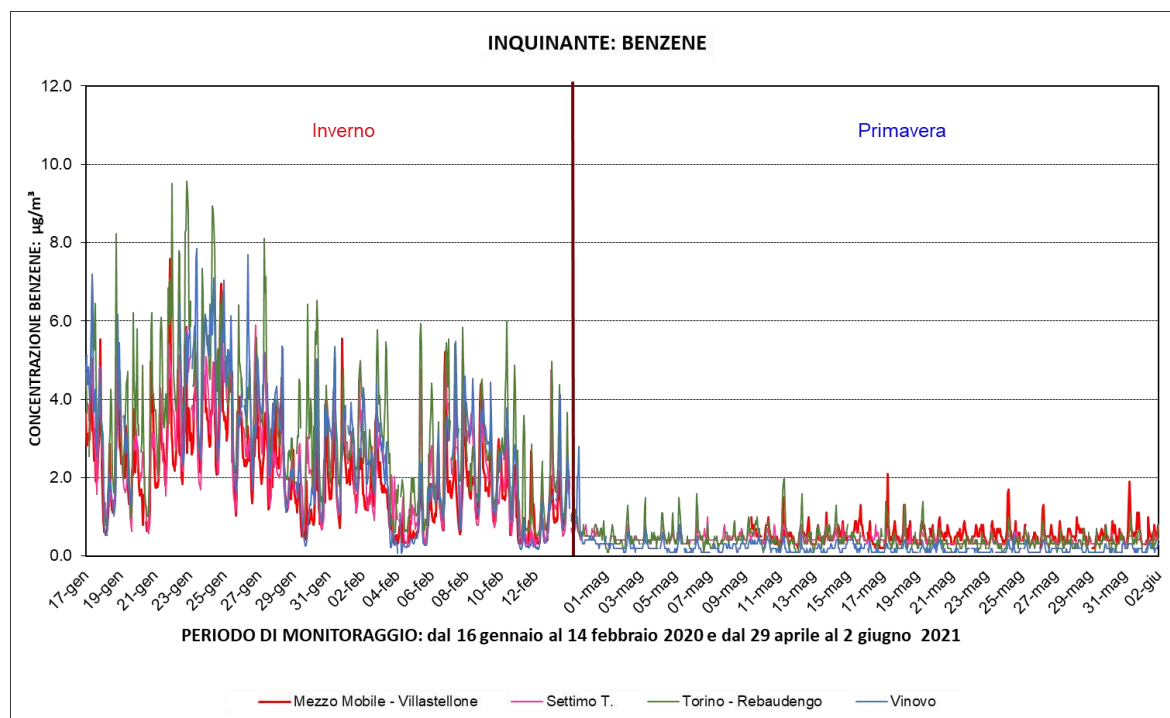
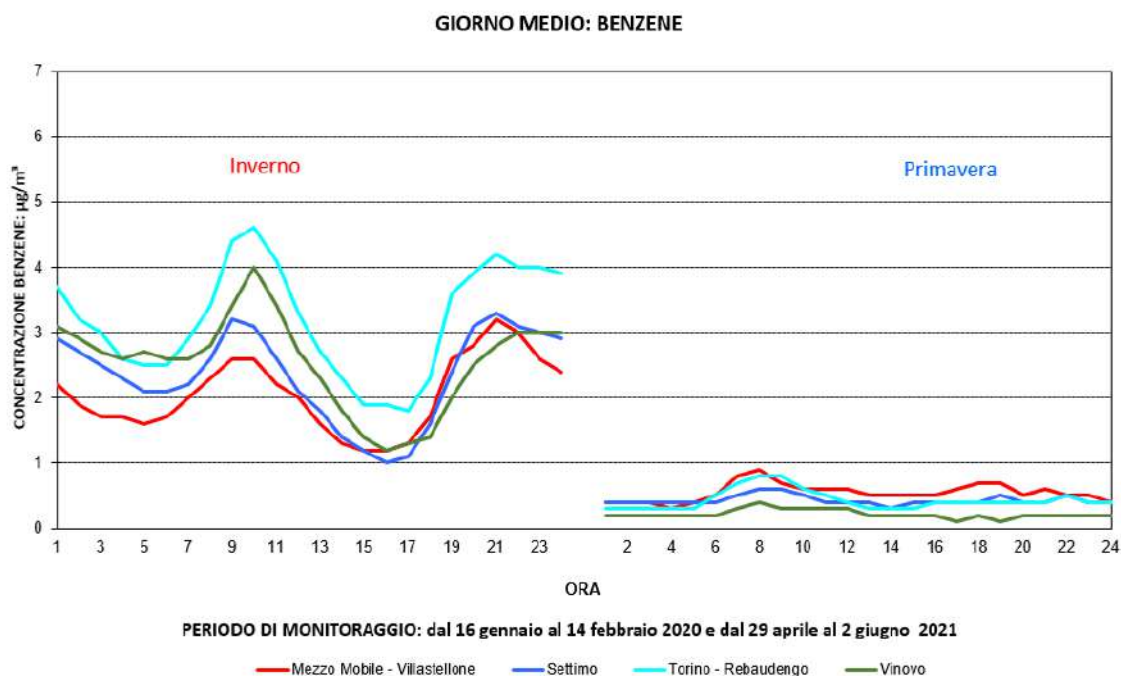
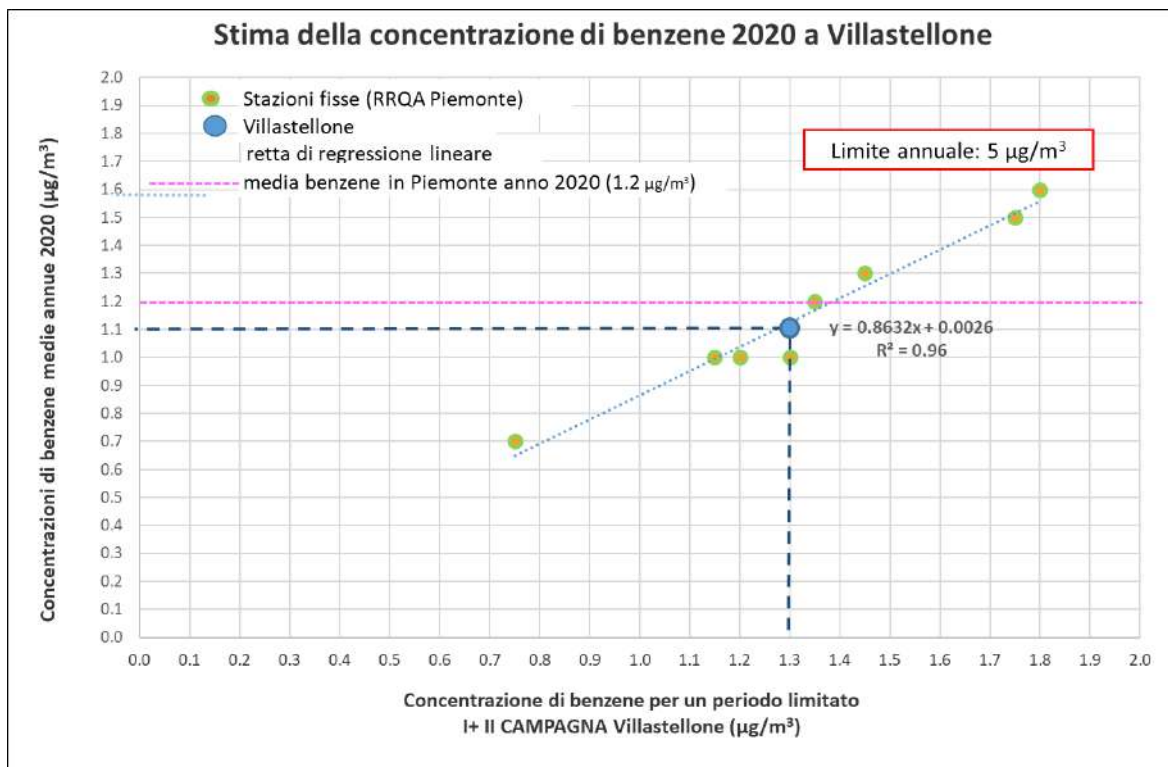


Figura 36: Benzene - giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Settimo T., Torino – Rebaudengo e Vinovo



La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale facendo riferimento alle centraline della rete fissa. Utilizzando la stessa metodologia descritta per la stima della media annuale del biossido di azoto, sono state prese in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte che nel corso del 2020 e durante i periodi delle due campagne hanno raggiunto il 90% dei dati validi. Rapportando per 8 siti della RRQA il valore della concentrazione media del 2020 di benzene, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Villastellone, è stata costruita la retta di interpolazione di **Figura 37**. Applicando tale procedimento, la media annuale stimata per Villastellone è pari a $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore inferiore al limite.

Figura 37: Benzene - stima della concentrazione annuale a Villastellone



4.5.5 Particolato Sospeso (PM_{10}) e ($\text{PM}_{2.5}$)

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

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

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

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

PM₁₀

Nel monitoraggio eseguito nel comune di Villastellone tra gennaio e febbraio 2020 si sono registrati per il particolato PM₁₀ 19 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³, mentre nel periodo primaverile non si sono verificati superamenti di tale limite, come indicato in **Tabella 15**.

Durante la prima campagna il valore medio del periodo rilevato è stato di 65 µg/m³, con un valore massimo giornaliero di 114 µg/m³ registrato il 24 gennaio; la concentrazione più bassa (25 µg/m³) si è riscontrata il 4 e l'11 febbraio.

Nel corso della seconda campagna il valore medio è stato di 18 µg/m³, con un valore massimo di 30 µg/m³ registrato il 29 maggio ed uno minimo di 9 µg/m³ il 2 maggio preceduto dal consistente evento di pioggia del 1° maggio.

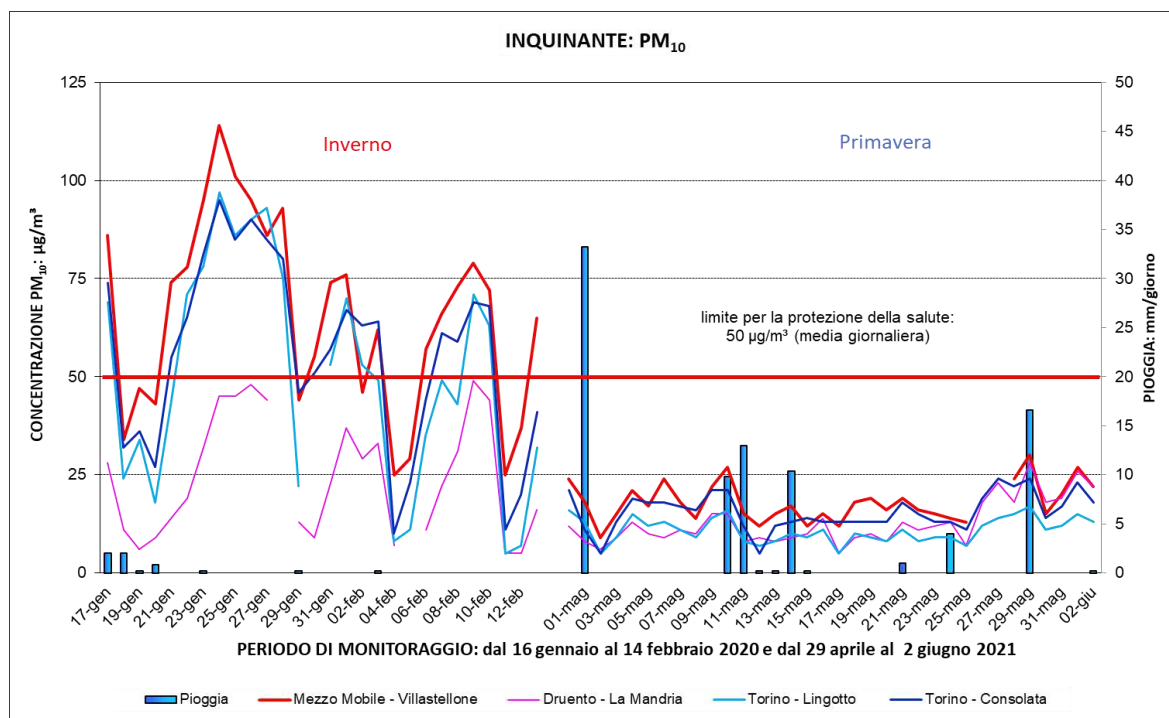
Tabella 15: Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

PM ₁₀ (µg/m ³)	Inverno 2020	Primavera 2021
Minima media giornaliera	25	9
Massima media giornaliera	114	30
Media delle medie giornaliere	65	18
Giorni validi	28	32
Percentuale giorni validi	100%	94%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	19	0

Durante la campagna primaverile si sono verificati diversi eventi piovosi che, come emerge dalla **Figura 38**, hanno contribuito all'abbattimento del particolato. È interessante notare come, nei giorni successivi a quello di maggiore intensità piovosa (1° maggio), si siano registrati i valori più bassi di PM₁₀ e PM_{2.5} della campagna di monitoraggio.

Dal confronto con le concentrazioni di alcune cabine della rete di monitoraggio della CMT rappresentato nella **Figura 38**, durante le due campagne emergono concentrazioni generalmente superiori ai siti della rete di monitoraggio di confronto: Druento (stazione di fondo rurale), Torino-Lingotto (stazione di fondo urbano) e Torino-Consolata (traffico urbano); nella seconda campagna si sono registrati gli stessi andamenti della prima con differenze meno marcate tra le stazioni, trattandosi di un periodo caratterizzato da concentrazioni mediamente inferiori rispetto a quelle del periodo della prima campagna.

Figura 38: Particolato sospeso PM_{10} - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

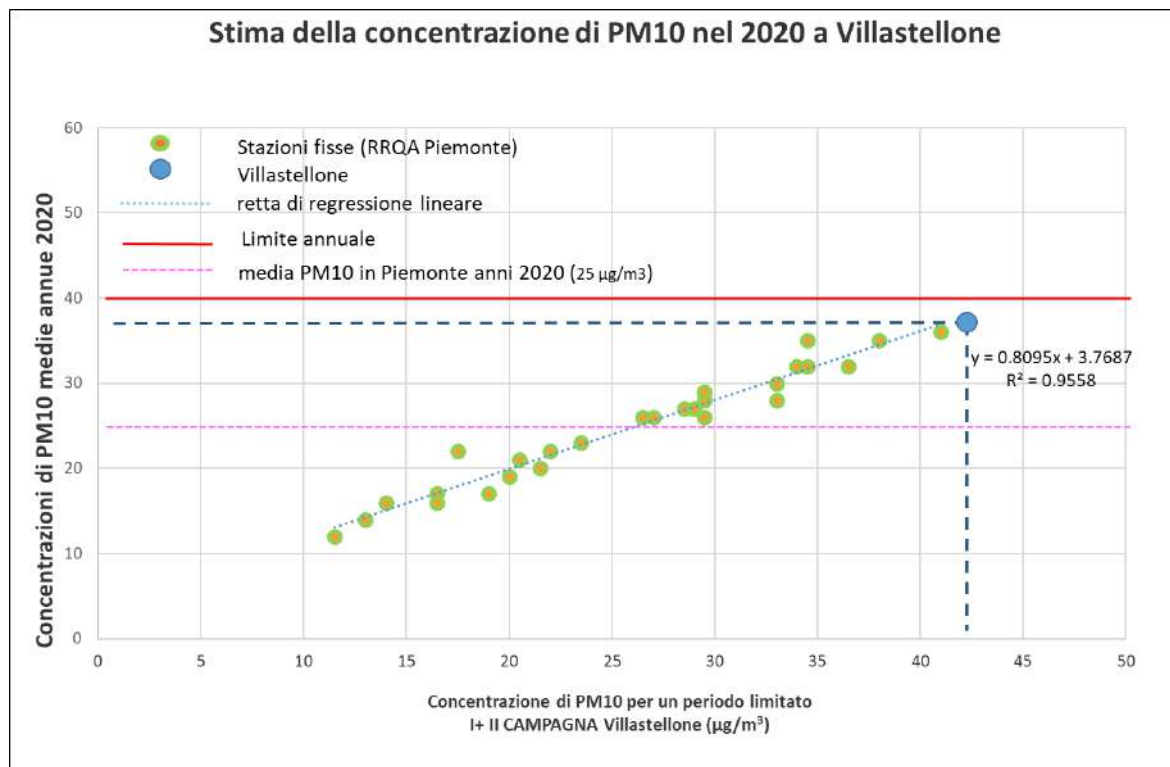


Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM_{10} un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu g/m^3$. Anche in questo caso la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia, così come è stato fatto per l' NO_2 , per arrivare a stimare un dato di concentrazione annuale di PM_{10} per il sito di Villastellone si può fare riferimento ai dati della rete regionale.

Sono state prese in considerazione le stazioni della RRQA presenti sul territorio regionale e sono stati riportati i valori di concentrazione del PM_{10} , come media del 2020, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne di misura svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione (**Figura 39**).

Il coefficiente di determinazione R^2 trovato, evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. È stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Villastellone, riferita al 2020, pari a $37 \mu g/m^3$: valore inferiore al limite normativo ($40 \mu g/m^3$) ed inferiore solo alla stazione di Torino-Grassi. Questo risultato differisce da quanto emerso nella **valutazione modellistica annuale** (§ 4.2.2) dove la stima della media annuale del PM_{10} nel comune di Villastellone durante il 2019 è risultata compresa tra i 21 e $28 \mu g/m^3$. Va precisato che la predetta valutazione si riferisce all'intero territorio comunale, mentre l'indagine oggetto della presente relazione è specifica del sito di via Assom. Come per gli ossidi di azoto è possibile ipotizzare che i valori elevati di particolato riscontrati durante le campagne di Villastellone siano da correlare all'intenso traffico veicolare con una consistente componente veicoli pesanti e di veicoli di trasporto commerciale.

Figura 39: Particolato sospeso PM_{10} - stima della concentrazione annuale a Villastellone



Come già accennato, durante il monitoraggio invernale, vi sono stati 19 superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella **Tabella 16** vengono riportati i dati delle cabine della Città Metropolitana relativi alle medie delle concentrazioni ed al numero di superamenti del predetto limite riferiti ai periodi dei monitoraggi ed al 2020.

Rispetto al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso in oggetto le stazioni più simili come numero di superamenti del livello giornaliero risultano Torino-Consolata (18 superamenti), Carmagnola (19) e Torino – Rebaudengo (20) che nel corso del 2020 hanno registrato rispettivamente 84, 81 e 88 superamenti, nettamente al di sopra del limite di 35 stabilito dalla legge. Dalla tabella si evince inoltre che, ad eccezione delle stazioni di Ceresole, Oulx, Susa, Pinerolo, Druento e Baldissero, tutte le cabine della CMT hanno avuto un numero di superamenti giornalieri superiori ai 35 nel corso del 2020. È dunque presumibile che, se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno, anche nel sito di Villastellone ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame. Questa ipotesi è inoltre confermata dalla stima della media annuale. La correlazione statistica per il PM_{10} tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero³, infatti, evidenzia che sul territorio piemontese il valore limite giornaliero viene rispettato per valori di media annuale inferiori a $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vi è invece difformità rispetto alla **valutazione modellistica annuale** (§ 4.2.2) che stima per il 2019 un numero di superamenti del limite giornaliero tra i 26 e 35. Anche in questo caso valgono le considerazioni già espresse in merito alla media annuale.

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

Tabella 16: PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2020

Stazione	periodo I° campagna		periodo II° campagna		periodo I° e II° campagna		anno 2020	
	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Ceresole Reale - Diga	16	1	5	0	11	1	10	1
Oulx - Roma	18	1	10	0	14	1	16	1
Susa - Repubblica	22	1	11	0	17	1	16	3
Pinerolo - Alpini	28	3	8	0	18	3	18	12
Druento - La Mandria	24	0	13	0	19	0	21	11
Baldissero T. (ACEA)	27	4	8	0	18	4	22	22
Ivrea - Liberazione	42	11	11	0	27	11	25	48
Chieri - Bersezio	39	6	14	0	27	6	28	55
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	48	11	12	0	30	11	28	59
Leini' (ACEA) - Grande Torino	49	14	10	0	30	14	29	59
Borgaro T. - Caduti	48	10	13	0	31	10	30	51
Torino - Lingotto	50	13	11	0	31	13	30	67
Torino - Rubino	54	14	14	0	34	14	32	66
Settimo T. - Vivaldi	62	17	14	0	38	17	35	83
Collegno - Francia	53	15	16	0	35	15	35	85
Carmagnola - I Maggio	58	19	17	0	38	19	36	81
Torino - Consolata	56	18	16	0	36	18	36	84
Torino - Rebaudengo	66	20	16	0	41	20	36	88
Mezzo Mobile - Villastellone	65	19	18	0	42	19	37	
Torino - Grassi	69	21	19	0	44	21	41	98

* = media annuale stimata

PM_{2.5}

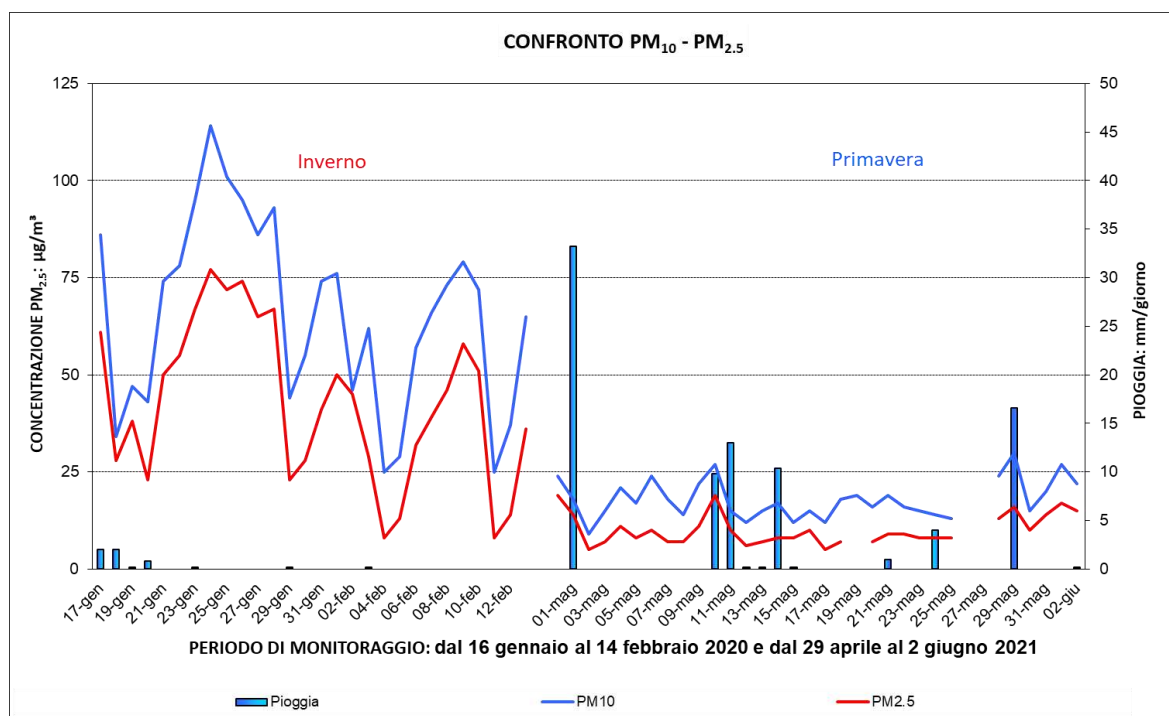
Il parametro $PM_{2.5}$ segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM_{10} (vedi **Figura 40**).

Il valore medio del periodo invernale è stato di $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde al 66% della media del PM_{10} , una percentuale in linea con il periodo indagato; il valore minimo è stato di $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed il massimo di $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante la seconda campagna, la media registrata è stata di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (56% della media del PM_{10}) con un valore minimo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed uno massimo di $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 17**).

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

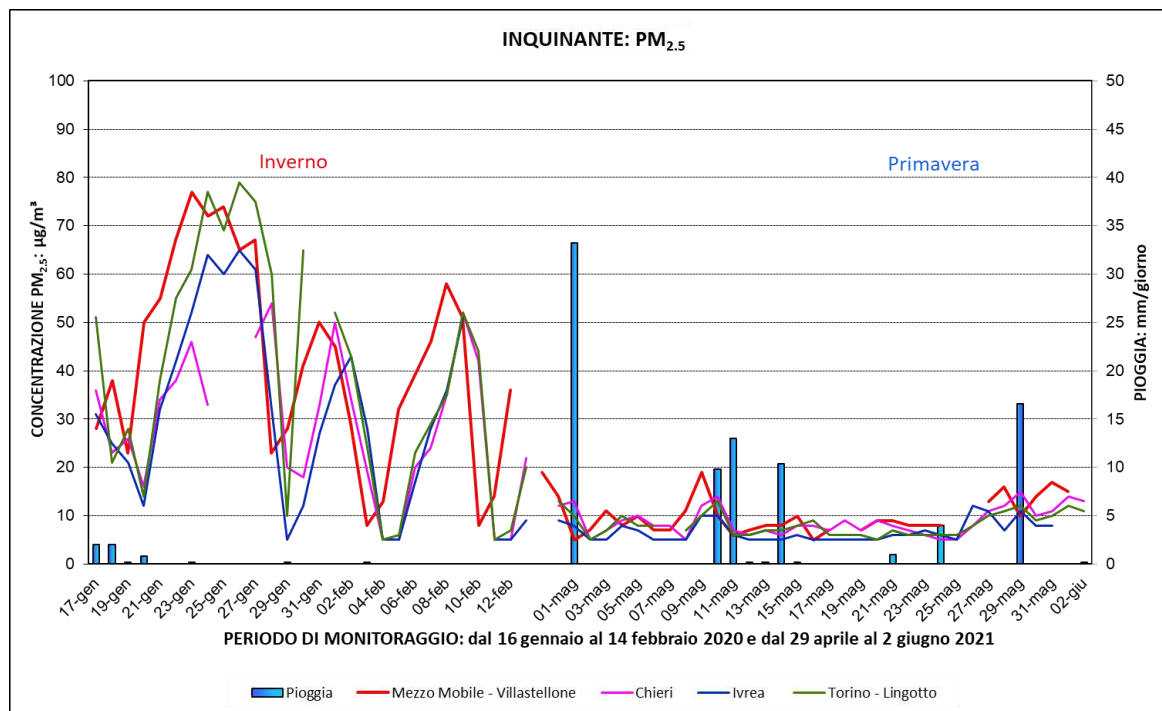
$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	Inverno 2020	Primavera 2020
Minima media giornaliera	8	5
Massima media giornaliera	77	19
Media delle medie giornaliere	43	10
Giorni validi	28	31
Percentuale giorni validi	100%	91%

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



Dalla **Figura 41** si nota che, in termini relativi, i valori di $PM_{2.5}$ nel sito di Villastellone sono risultati durante la prima campagna mediamente più alti rispetto alle stazioni di confronto (Chieri, Ivrea e Torino-Lingotto). Nella seconda campagna le concentrazioni e gli andamenti sono risultati generalmente più bassi rispetto alla prima e di poco più alti delle altre stazioni utilizzate per il confronto.

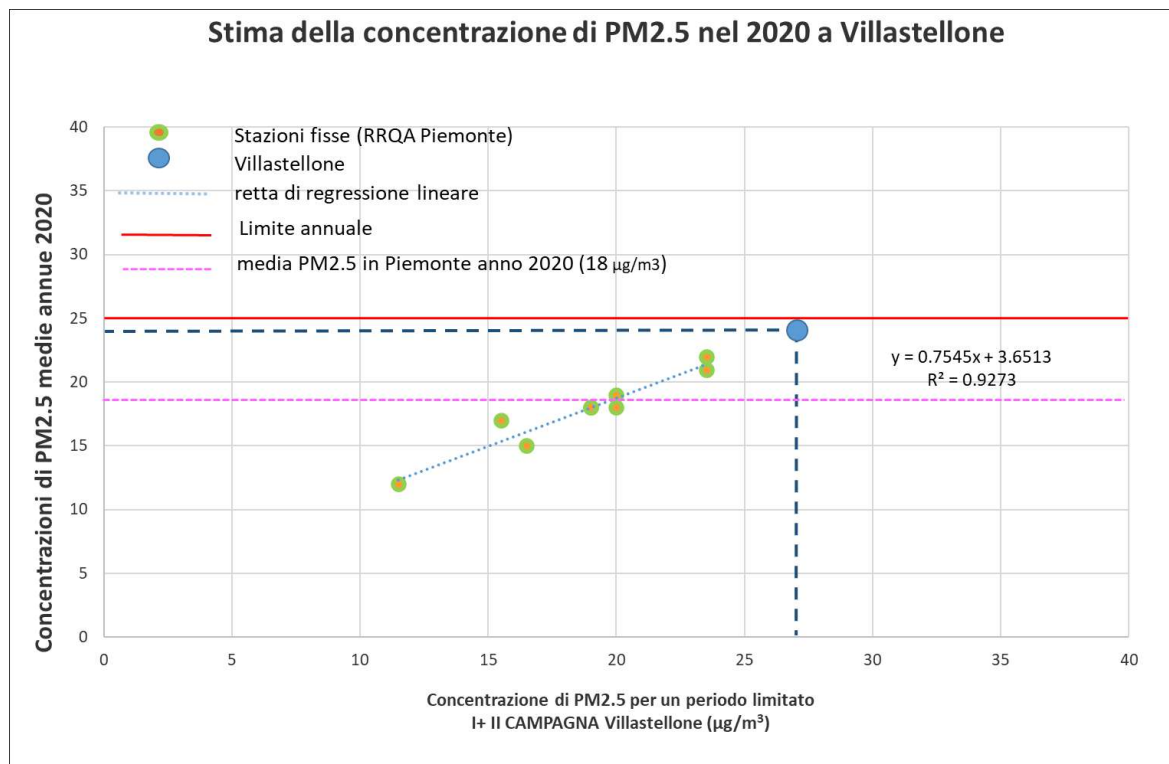
Figura 41: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ - confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa



La normativa italiana prevede per il $PM_{2.5}$ solamente il rispetto di un limite annuale, pari a $25 \mu g/m^3$. In termini assoluti la media dei due periodi di monitoraggio, pari a $27 \mu g/m^3$, è superiore al limite annuale che però va calcolato su base annuale. Visto che la durata del monitoraggio a Villastellone è pari a 62 giorni distribuiti nel corso di due stagioni diverse, la media dei valori non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale utilizzando lo stesso metodo impiegato per stimare le medie annuali del biossido di azoto, benzene e PM_{10} . Il coefficiente di determinazione R^2 trovato, mostra che la correlazione tra i dati è altamente significativa (**Figura 42**). Applicando tale procedimento la concentrazione media annuale stimata a Villastellone, per il 2020, è pari a $24 \mu g/m^3$: valore di poco inferiore al limite normativo ($25 \mu g/m^3$).

Figura 42: Particolato sospeso PM_{2.5} - stima della concentrazione annuale a Villastellone



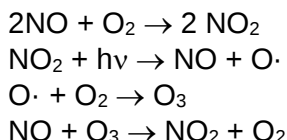
In termini generali per PM_{2.5} e PM₁₀, che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello di territorio metropolitano e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato.

Tuttavia, anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

4.5.6 Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC).

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



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

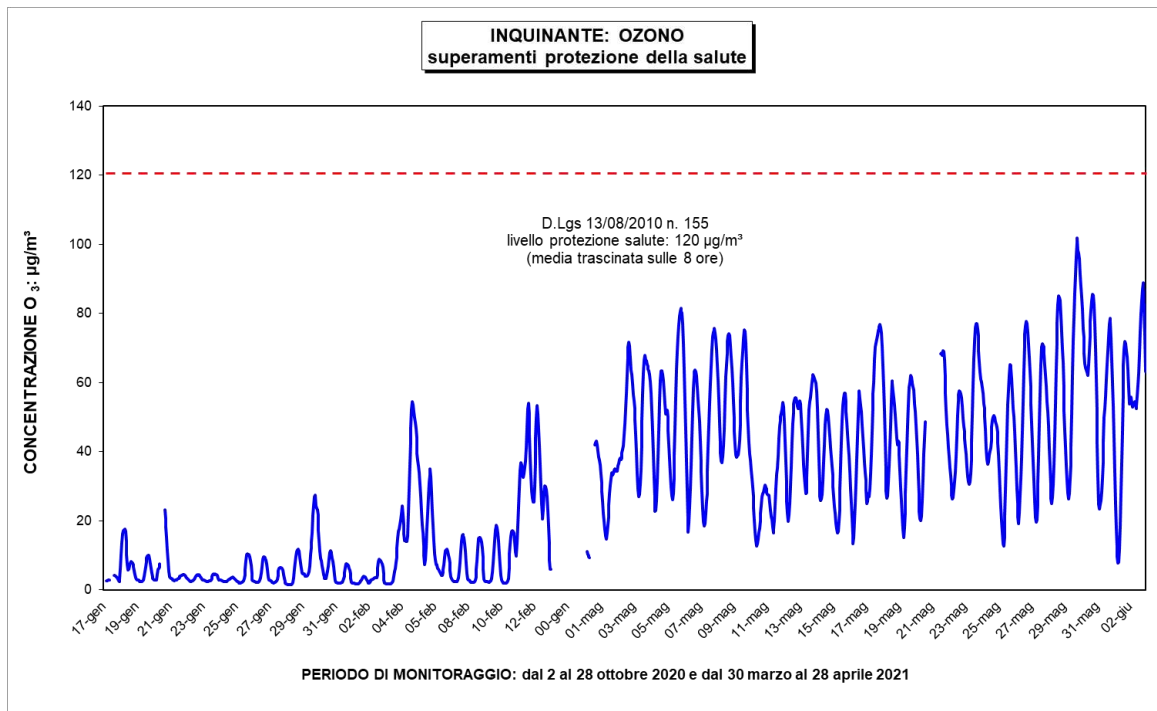
Come riassunto nella **Tabella 18** nel corso della prima campagna la media dei valori orari di ozono è stata di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$; nella seconda campagna la media dei valori orari è stata di $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nelle due campagne non si sono quindi registrati superamenti su base oraria del livello di informazione pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 18: Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno 2020	Primavera 2021
Minima media giornaliera	3	24
Massima media giornaliera	37	68
Media delle medie giornaliere	10	47
Giorni validi	28	32
Percentuale giorni validi	100%	94%
Media dei valori orari	10	47
Massima media oraria	67	109
Ore valide	669	794
Percentuale ore valide	100%	97%
Minimo medie 8 ore	1	8
Media delle medie 8 ore	10	47
Massimo medie 8 ore	55	102
Percentuale medie 8 ore valide	99%	97%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	0
<u>N. di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Questo parametro presenta una certa criticità nel periodo caldo dell'anno. Dal grafico di **Figura 43** si nota come, nella campagna di primavera, i valori non siano mai stati superiori al livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per il quale la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni. Premesso che tutte le cabine della Città Metropolitana, ad eccezione di Ceresole, hanno superato il numero massimo di 25 consentito dalla norma come media degli ultimi 3 anni (2018-2020) occorre considerare che nei siti di traffico, come quello di via Assom, la misura dell'ozono non viene effettuata in quanto la formazione di questo inquinante è in parte limitata dall'elevata presenza di NO prodotto direttamente dalle fonti di combustione.

Figura 43: O₃ - superamenti protezione della salute umana



Nella **Figura 44** e nella **Figura 45** in cui le concentrazioni orarie ed il giorno medio dell'ozono vengono confrontate con le stazioni fisse di Druento (fondo rurale), Orbassano (fondo suburbano) e Torino-Lingotto (fondo urbano) si osserva che i valori registrati a Villastellone risultano inferiori a quelli dei siti di confronto. Anche da queste elaborazioni emerge l'azione di riduzione dell'ozono da parte del monossido di azoto che, come visto nel paragrafo dedicato, è presente nel sito di via Assom in concentrazioni significative ed è originato dall'intenso traffico veicolare, in special modo da quello pesante.

Figura 44: O₃ - confronto con i limiti di legge

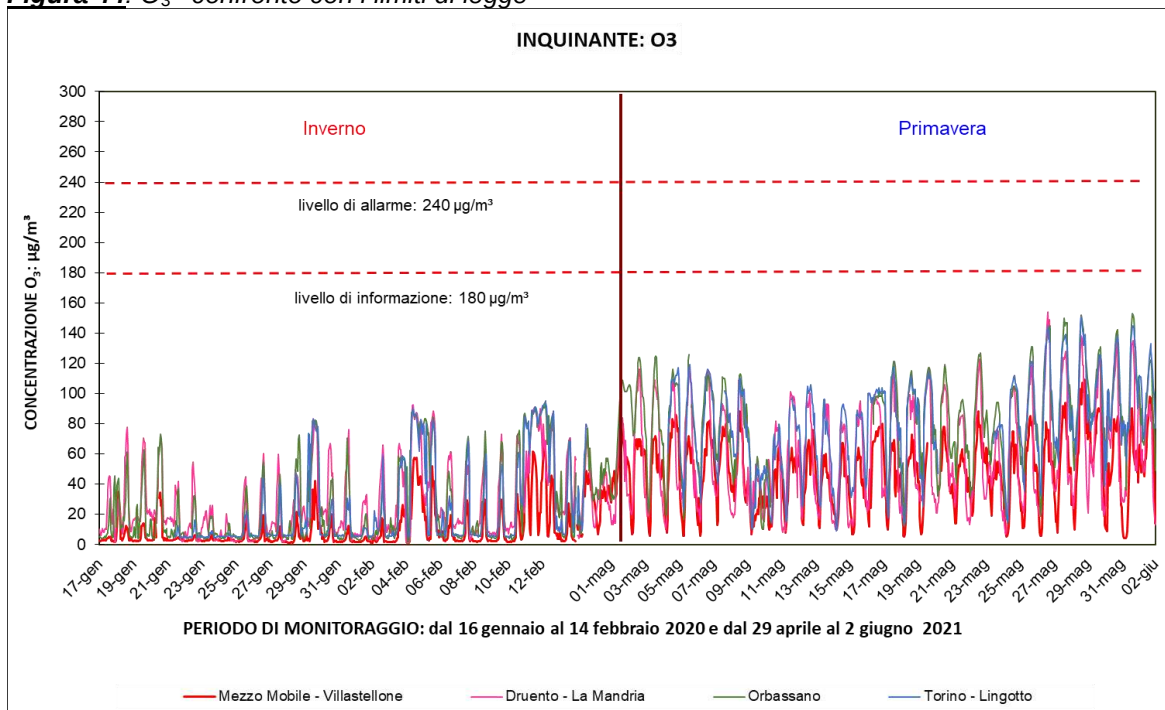
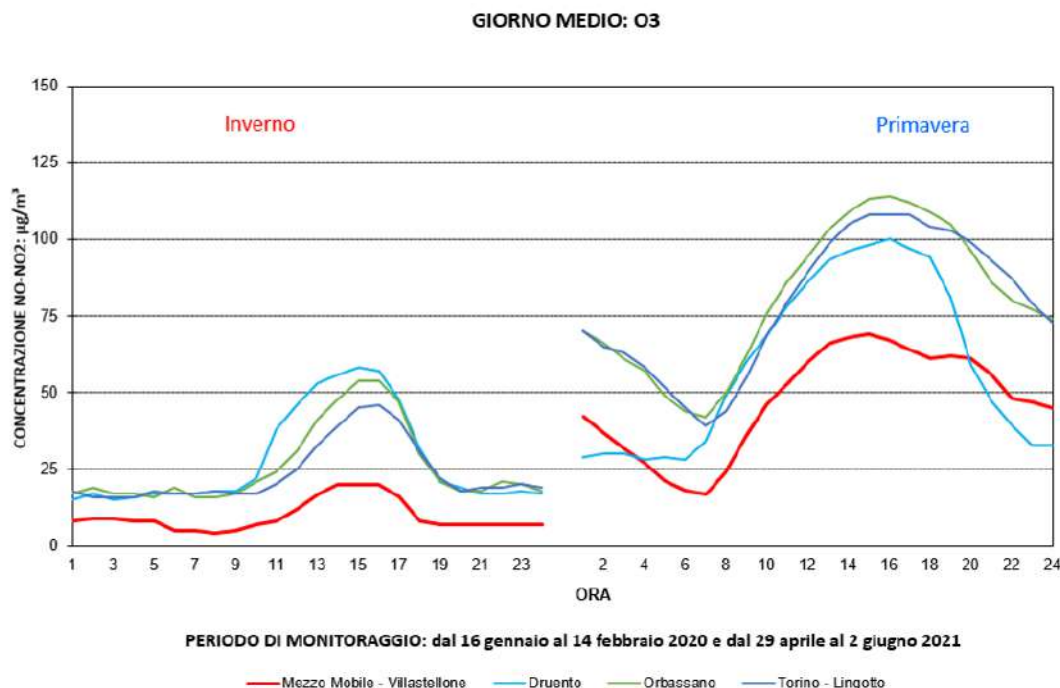


Figura 45: Ozono giorno medio



I grafici riportati in **Figura 46** e **Figura 47** mostrano la stretta correlazione degli andamenti di ozono con i parametri meteo relativi a radiazione solare e temperatura: infatti elevate temperature ed irraggiamento solare favoriscono la formazione di ozono a partire dai suoi precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili.

Figura 46: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale

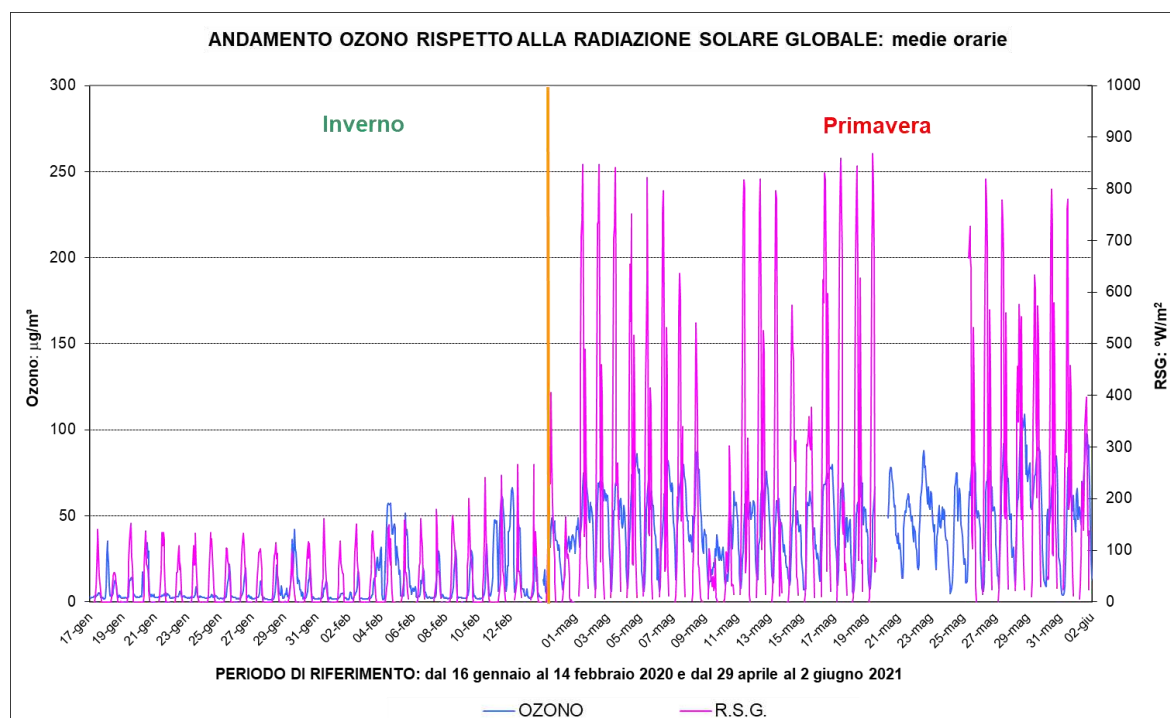
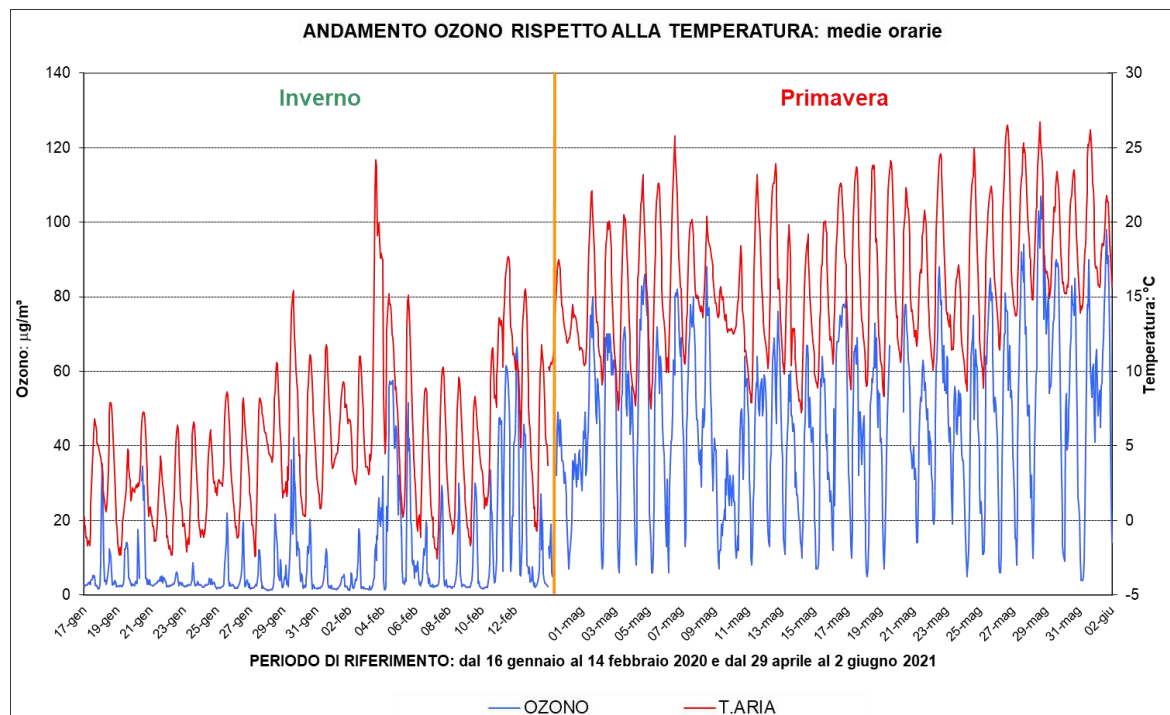


Figura 47: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con temperatura



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

4.5.7 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

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

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

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

⁴ European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

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

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

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta, ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo.

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

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

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

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

Analogamente agli altri inquinanti per i quali esiste un limite di legge annuale (NO₂, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5}) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Villastellone è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media relativa ai due mesi non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

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

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM₁₀ dei quattro IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1, 2, 3-cd)pirene) per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della Città Metropolitana in cui vengono monitorati tali parametri ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi. Dal rapporto con la media dell'anno 2020 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Villastellone, permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne per ogni parametro IPA di Villastellone

M_c : media stimata anno 2020 per ogni parametro IPA Villastellone

m_p : media periodo campagne per ogni parametro IPA Città Metropolitana di Torino

M_p : media anno 2020 per ogni parametro IPA Città Metropolitana di Torino

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

Dall'analisi dei dati si nota che, in base alla stima effettuata, la media annuale di Benzo(a)pirene presso il sito di monitoraggio di Villastellone è risultata di 0,87 ng/m³ (**Tabella 20**) inferiore al valore obiettivo indicato dal D.Lgs 155/2010.

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

Lab mobile ARPA Villastellone concentrazione dei quattro IPA rilevati nel monitoraggio				
	Inverno [ng/m ³]	Primavera [ng/m ³]	Media campagne [ng/m ³]	Media annuale stimata 2020 [ng/m ³]
Benzo(a)antracene (ng/m ³)	2.35	0.03	1.19	0.78
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	5.41	0.12	2.77	1.92
Benzo(a)pirene (ng/m ³)	2.50	0.03	1.26	0.87
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	2.87	0.03	1.45	1.08
sommatoria dei quattro IPA (ng/m ³)	13.13	0.21	6.67	4.64

Gli IPA monitorati hanno evidenziato concentrazioni analoghe ai siti della rete di monitoraggio della CMT caratterizzati da un intenso traffico veicolare come Settimo, Torino-Grassi e Torino-Rebaudengo (vedi **Figure 48÷52**).

Figura 48: Benzo(a)antracene confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino

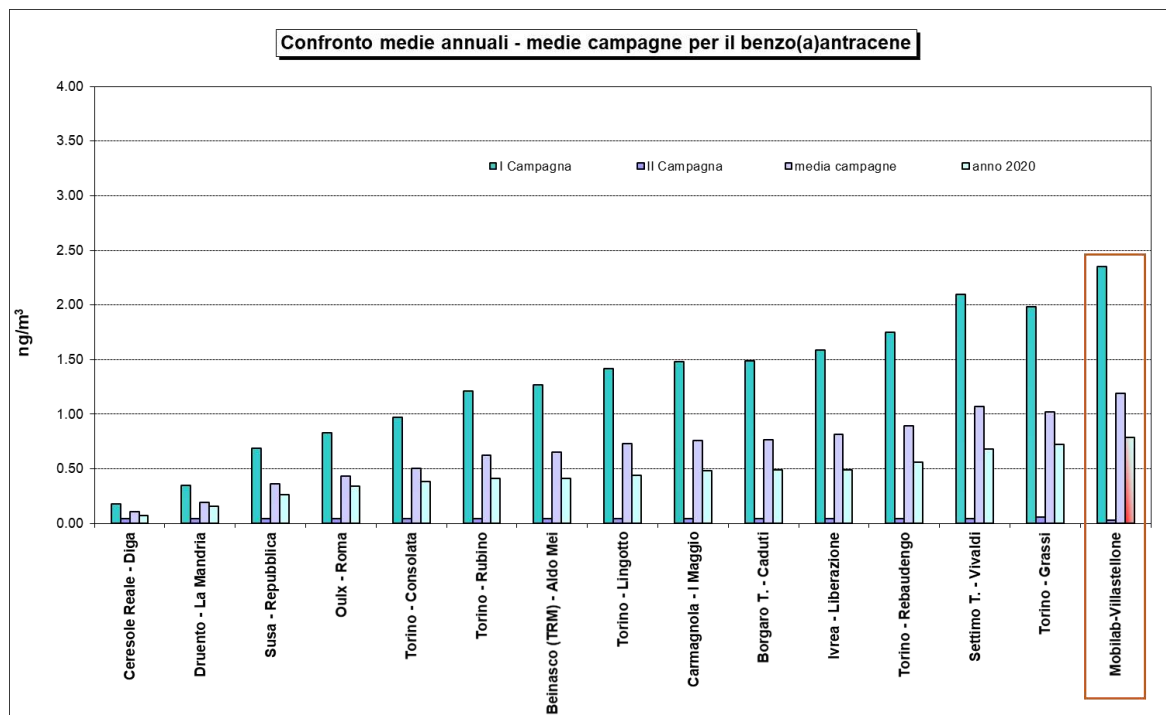


Figura 49: Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino

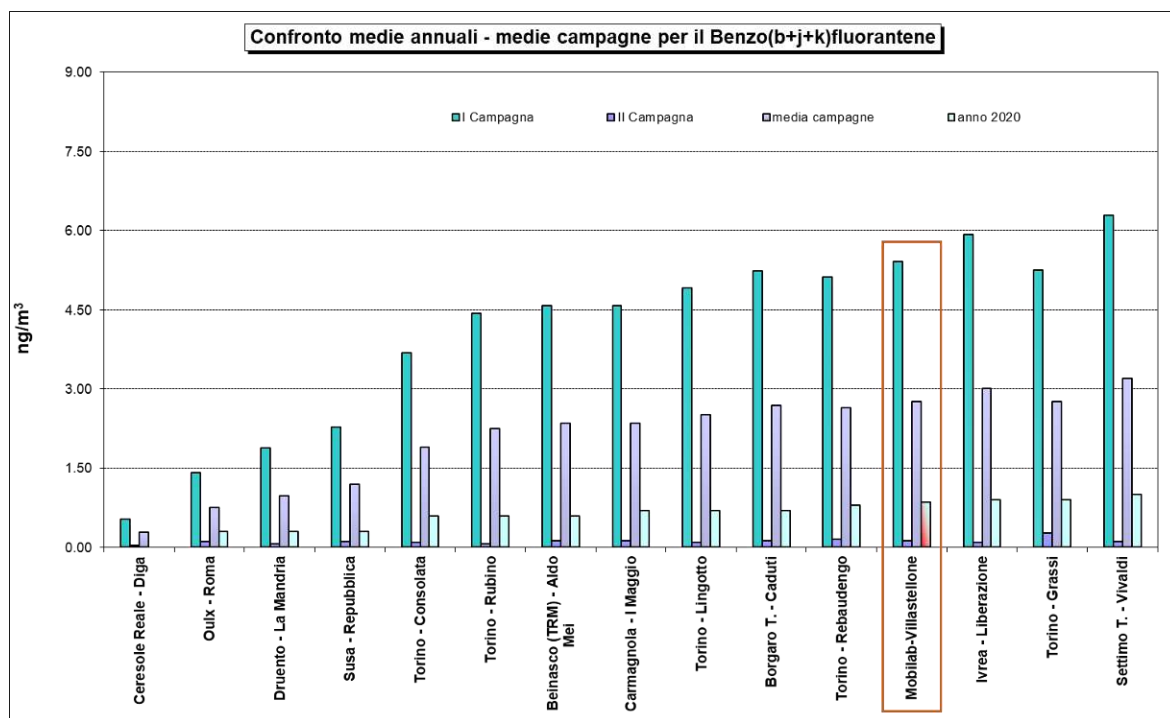


Figura 50: Benzo(a)pirene confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino

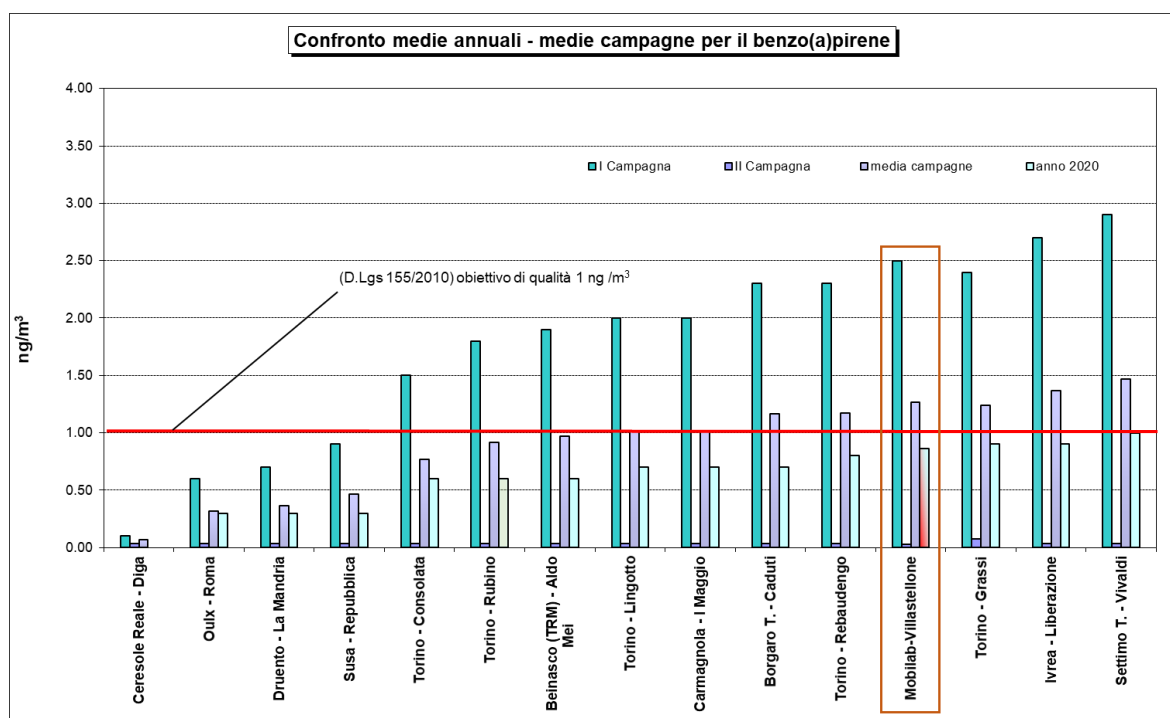


Figura 51: Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino

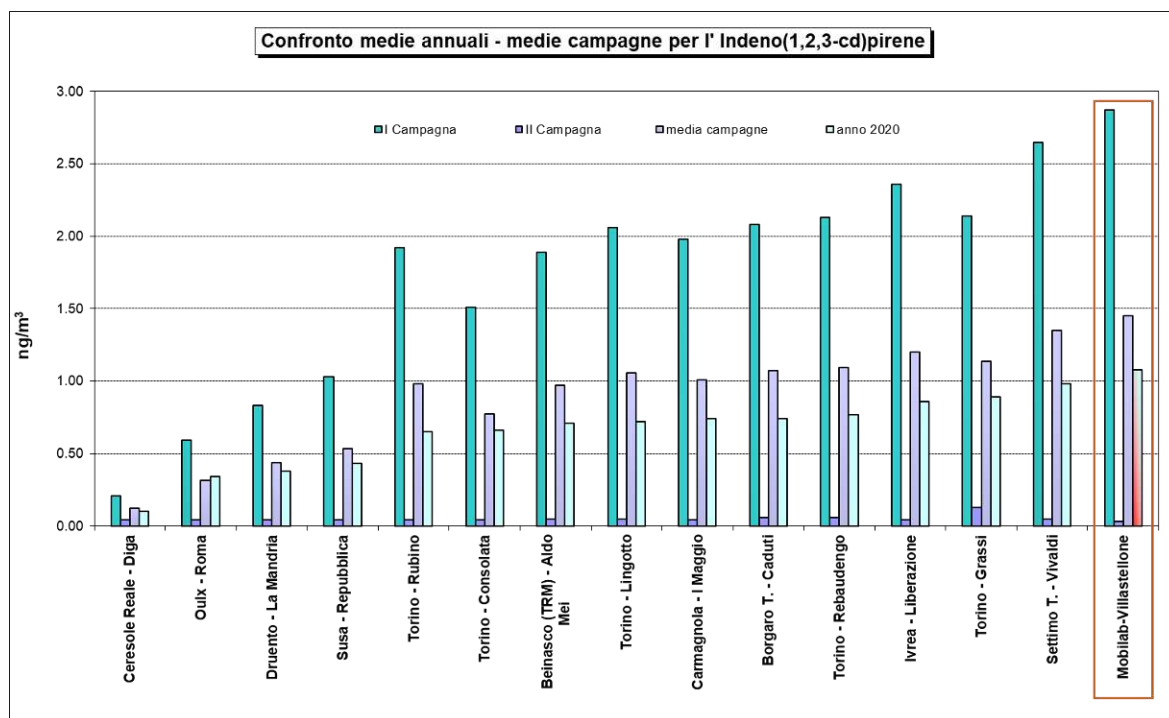
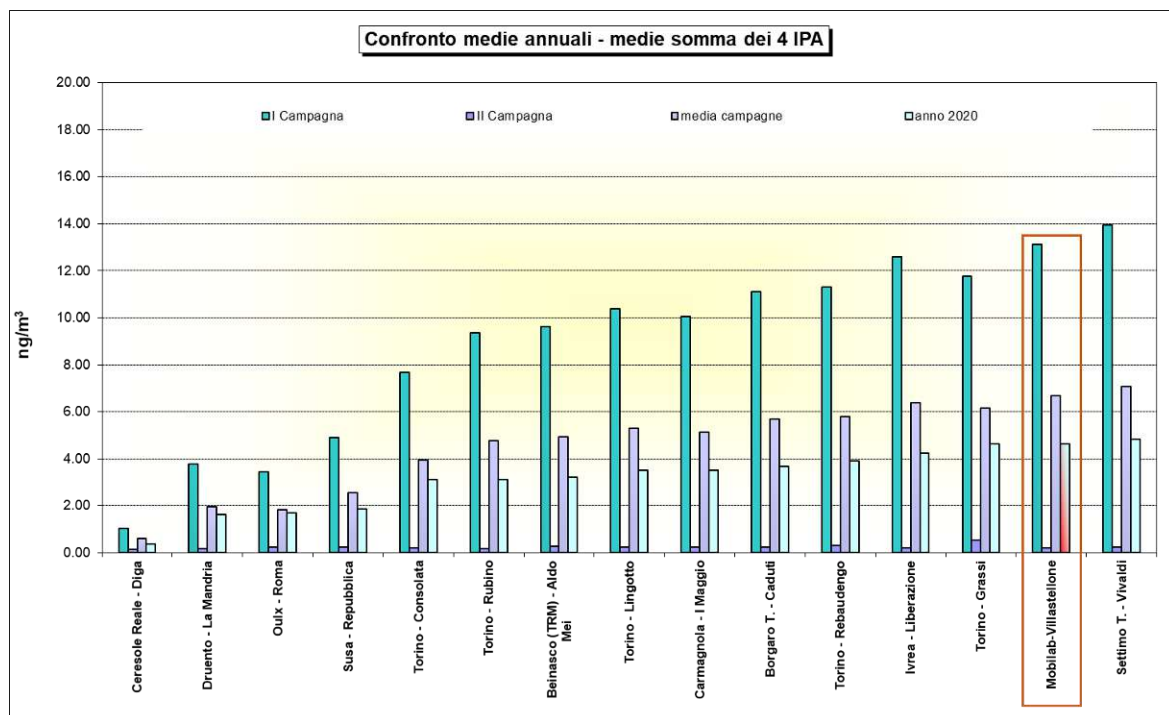


Figura 52: somma dei quattro IPA confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino



4.5.8 METALLI

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche.

Relativamente all'inquinamento atmosferico, i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

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

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

Tra i metalli monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo.

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

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

PIOMBO (Pb)		
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m ³	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m ³	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m ³	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m ³	31 dicembre 2012

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

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

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM₁₀ di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As) e piombo (Pb) per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della Città Metropolitana in cui vengono monitorati tali parametri ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi. Dal rapporto con la media dell'anno 2020 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Villastellone permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c: media periodo campagne per ogni metallo Villastellone

M_c: media stimata anno 2020 per ogni metallo Villastellone

m_p: media periodo campagne per ogni metallo Città Metropolitana di Torino

M_p: media anno 2020 per ogni metallo Città Metropolitana di Torino

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, arsenico e cadmio sono omogenee in tutto il territorio Città Metropolitana.

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

Lab mobile ARPA Villastellone concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio				
	Inverno [ng/m ³]	Primavera [ng/m ³]	Media campagne [ng/m ³]	Media annuale stimata 2020 [ng/m ³]
Arsenico (ng/m ³)	0.70	0.60	0.65	0.63
Cadmio (ng/m ³)	0.24	0.10	0.17	0.14
Nichel (ng/m ³)	3.00	0.60	1.80	1.47
Piombo (µg/m ³)	0.008	0.003	0.006	0.004

Figura 53: Arsenico confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino

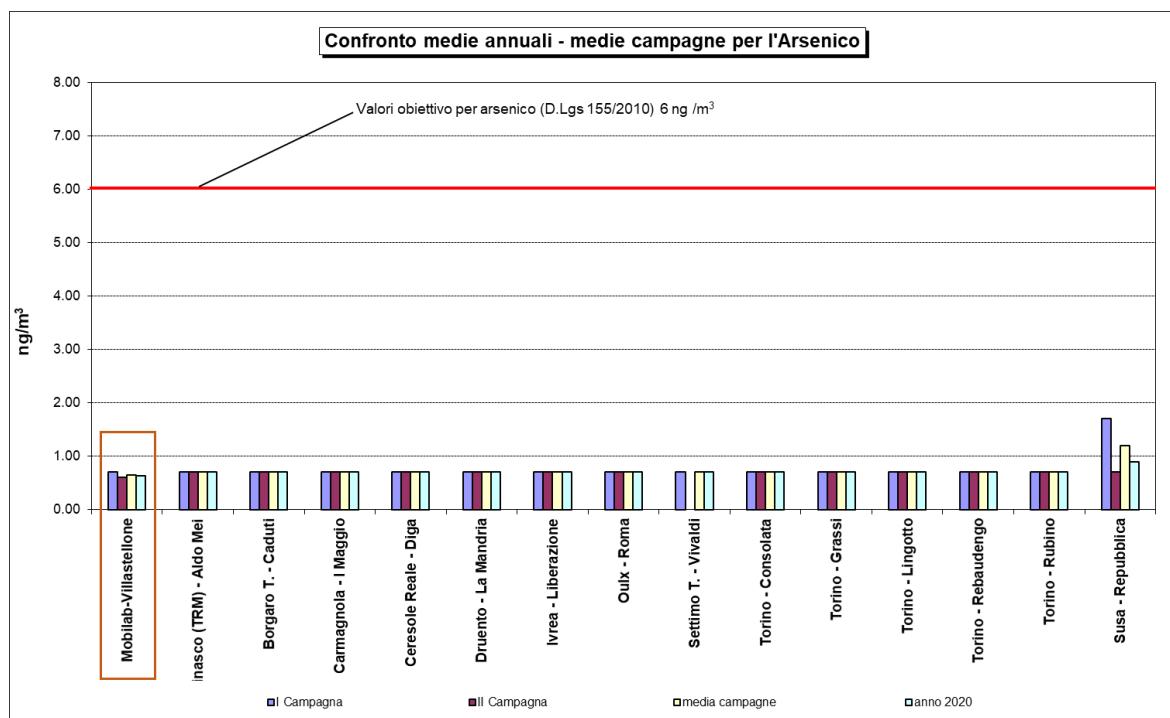


Figura 54: Cadmio confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino

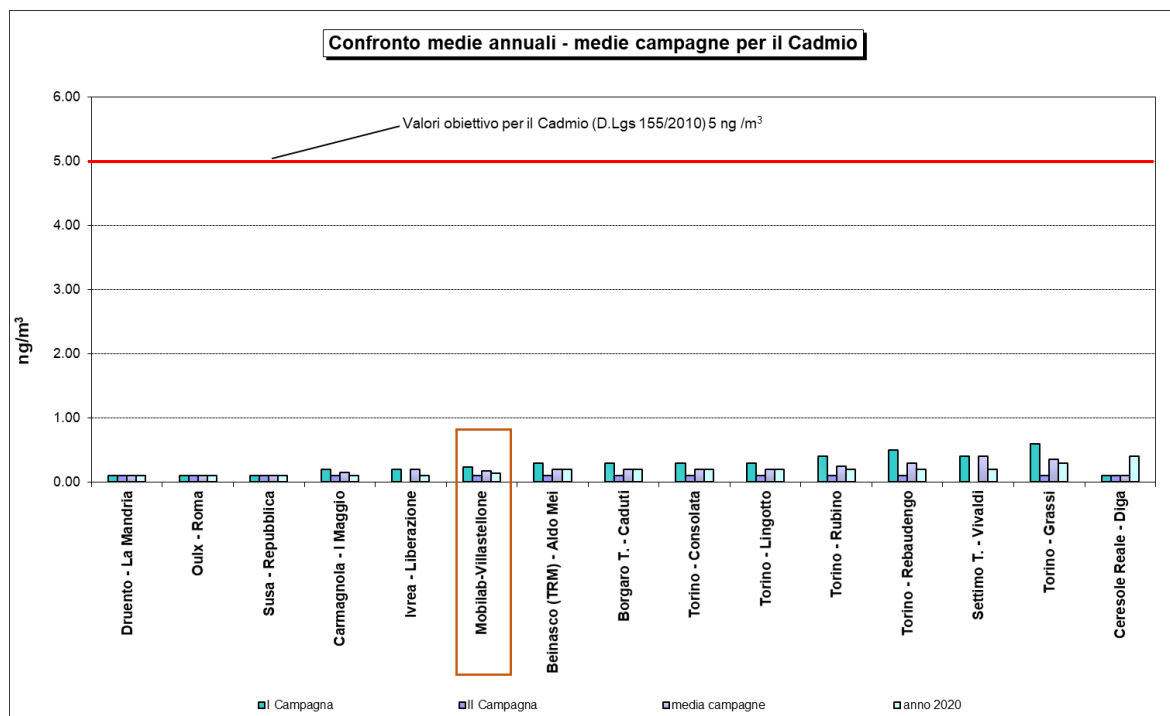


Figura 55: Nichel confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino

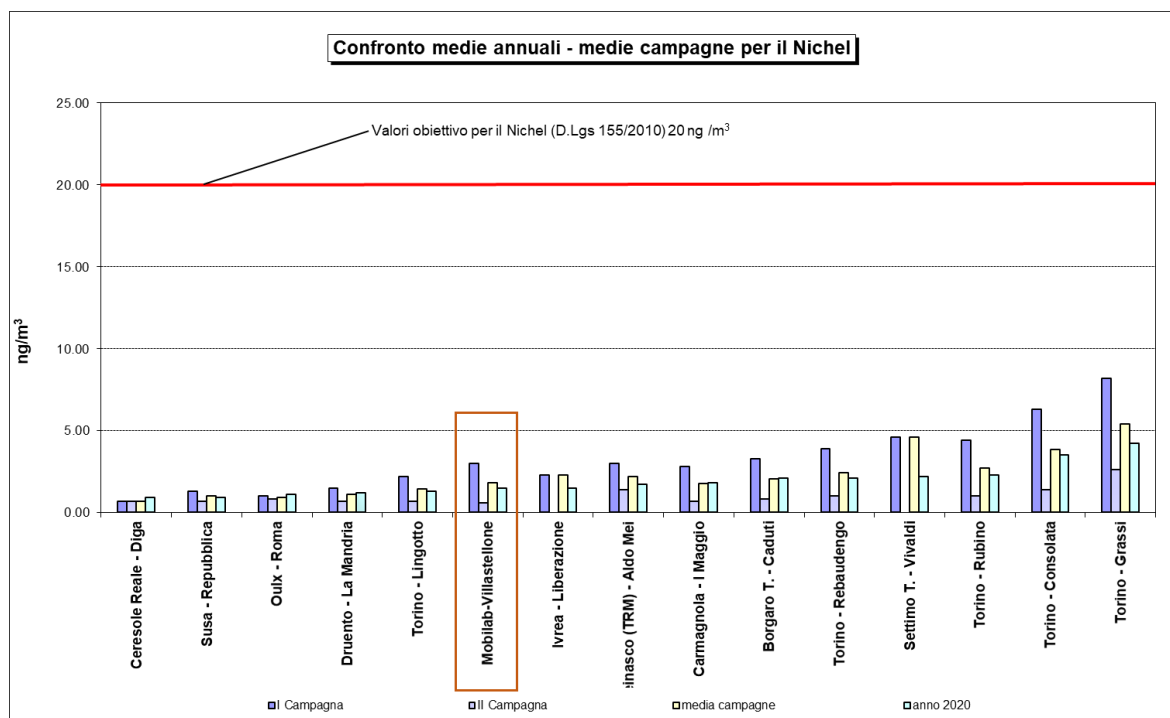
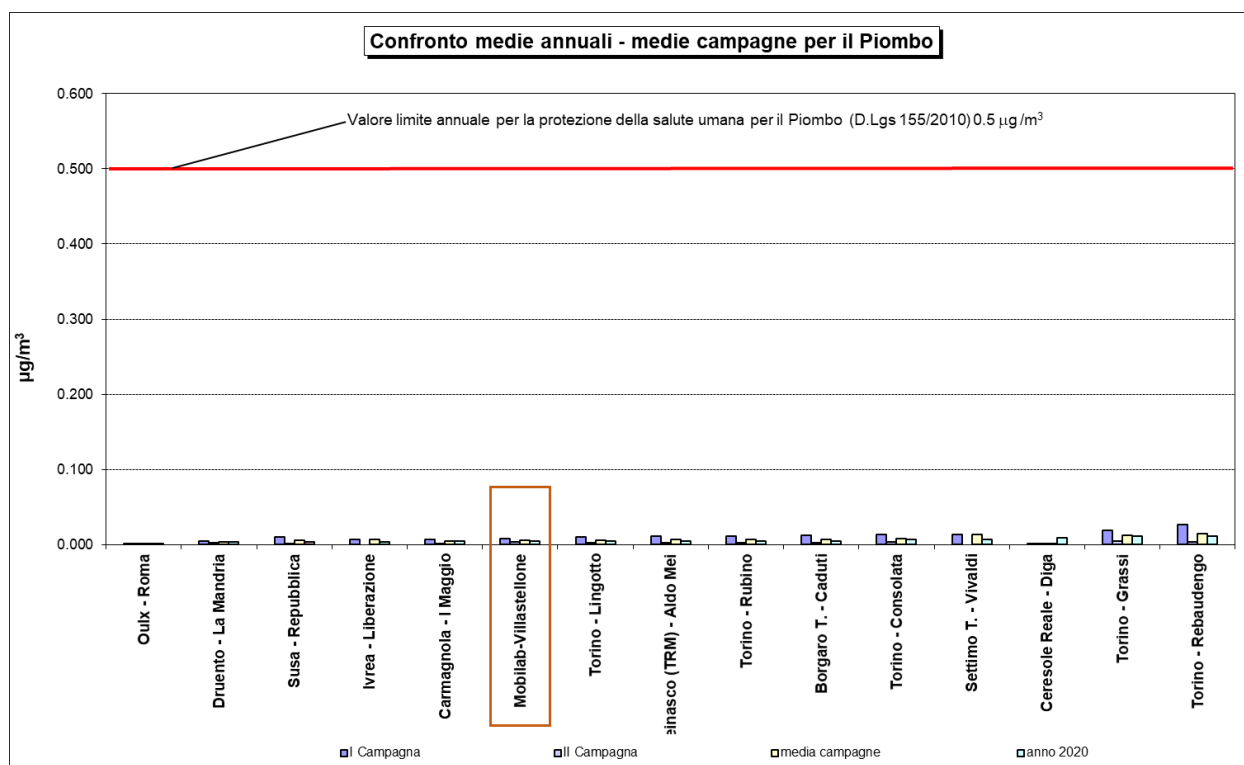


Figura 56: Piombo confronto della media delle campagne di monitoraggio con media anno 2020 nella Città Metropolitana di Torino



5 CONCLUSIONI

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (biossido di azoto e ozono) per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il monossido di carbonio.

Per il biossido d'azoto non si sono verificati superamenti del valore limite giornaliero.

Le elaborazioni statistiche rispetto a questo inquinante hanno mostrato nella prima campagna una situazione compresa tra la stazione di fondo suburbano di Orbassano e quella di traffico urbano di Collegno con concentrazioni inferiori solo alle stazioni di traffico urbano di Collegno, Torino-Consolata e Torino-Rebaudengo e superiori ad altre stazioni di traffico urbano come Carmagnola e Settimo T.se. Nella seconda campagna le concentrazioni sono risultate inferiori solo alla stazione di Torino-Rebaudengo. Questi risultati vanno correlati al traffico veicolare che, nel sito di via Assom, è caratterizzato da rilevanti percentuali di veicoli pesanti e di veicoli di trasporto commerciale, come descritto nel capitolo dedicato all'analisi dei flussi di traffico.

Per quanto riguarda i limiti su base annuale previsti dalla normativa per NO_2 e PM_{10} , visto che la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Villastellone non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con il limite stesso. E' stato comunque stimato un valore medio annuale sulla base dei valori registrati dalle centraline della rete fissa di monitoraggio ARPA nel 2020. Da tale procedimento, la media annuale di NO_2 stimata per Villastellone è pari a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore che rispetta il limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Lo stesso procedimento di stima del valore annuale è stato utilizzato per il parametro PM_{10} a partire dai dati dalle due campagne, ottenendo una media annuale stimata di $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e quindi inferiore al valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Durante il monitoraggio invernale vi sono stati 19 superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e nessuno nel monitoraggio di primavera.

Rispetto al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso in oggetto le stazioni più simili come numero di superamenti del livello giornaliero risultano Torino-Consolata (18 superamenti), Carmagnola (19) e Torino – Rebaudengo (20) che nel corso del 2020 hanno registrato rispettivamente 84, 81 e 88 superamenti, nettamente al di sopra del limite di 35 stabilito dalla legge. Ad eccezione delle stazioni di Ceresole, Oulx, Susa, Pinerolo, Druento e Baldissero, tutte le cabine della CMT hanno avuto un numero di superamenti giornalieri superiori ai 35 nel corso del 2020. È dunque presumibile che, se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno, anche nel sito di Villastellone ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame. Ciò è confermato anche dalla correlazione statistica per il PM_{10} tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero, la quale evidenzia che sul territorio piemontese il valore limite giornaliero viene rispettato per valori di media annuale inferiori a $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (si veda la nota 2 pag. 45).

I profili delle due campagne mostrano che durante la prima le concentrazioni sono generalmente superiori ai siti della rete di monitoraggio di confronto di Druento (stazione di fondo rurale), Torino-Lingotto (stazione di fondo urbano) e Torino-Consolata (traffico urbano); durante il secondo monitoraggio si osservano gli stessi andamenti del primo con differenze meno marcate tra le stazioni, trattandosi di un periodo caratterizzato da concentrazioni mediamente inferiori rispetto a quelle del periodo invernale.

Gli andamenti di $\text{PM}_{2.5}$ nel sito di Villastellone sono risultati durante la prima campagna mediamente più alti rispetto alle stazioni di confronto (Chieri, Ivrea e Torino-Lingotto). Nella seconda campagna le concentrazioni e gli andamenti sono risultati generalmente più bassi rispetto alla prima e di poco più alti delle altre stazioni utilizzate per il confronto.

La normativa italiana prevede per il $PM_{2.5}$ solamente il rispetto di un limite annuale, pari a $25 \mu g/m^3$. Visto che la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Villastellone non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con il limite stesso. È stato però stimato un valore di media annuale utilizzando lo stesso metodo impiegato per stimare le medie annuali del biossido di azoto, benzene e PM_{10} ottenendo un dato pari a $24 \mu g/m^3$: valore di poco inferiore al limite normativo ($25 \mu g/m^3$).

Le stima della media annuale di benzene è pari a $1.1 \mu g/m^3$, valore inferiore al limite di $5 \mu g/m^3$.

Il valore stimato della media annuale del benzo(a)pirene, è pari a $0,87 ng/m^3$, inferiore al valore obiettivo indicato dal D.Lgs 155/2010

Gli idrocarburi policiclici aromatici monitorati hanno evidenziato concentrazioni analoghe ai siti della rete di monitoraggio della CMT caratterizzati da un intenso traffico veicolare come Settimo, Torino-Grassi e Torino-Rebaudengo.

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli di cui la normativa prevede la determinazione sul particolato (piombo, arsenico, cadmio e nichel) è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore.

Per quanto riguarda l'ozono questo inquinante, a differenza degli altri previsti dalla normativa, presenta i valori più elevati nel periodo caldo dell'anno; nel corso delle due campagne non si sono registrati superamenti. Occorre considerare che nei siti di traffico, come quello di via Assom, la misura dell'ozono non viene effettuata in quanto la formazione di questo inquinante è in parte limitata dall'elevata presenza di NO prodotto direttamente dalle fonti di combustione. Dal confronto con le stazioni della CMT si osserva che i valori registrati a Villastellone risultano inferiori. Da queste elaborazioni emerge l'azione di riduzione dell'ozono da parte del monossido di azoto che è presente nel sito di via Assom in concentrazioni significative ed è originato dall'intenso traffico veicolare, in special modo da quello pesante.

Le criticità evidenziate dalla campagna di monitoraggio realizzata con l'utilizzo del mezzo mobile nel territorio di Villastellone sono comuni a quelle rilevate in altri siti della Città Metropolitana di Torino, con fonti emissive e conformazione territoriale simili, in particolare siti ad elevato traffico veicolare. Infatti, il flusso veicolare che si registra nel territorio di Villastellone risulta caratterizzato da una forte componente di traffico pesante e di veicoli commerciali, a cui si correlano le elevate concentrazioni di ossidi di azoto e di PM_{10} riscontrate durante i monitoraggi.

6 APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- Ossidi di azoto

TELEDYNE API 200 E

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

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

- Ozono

THERMO SCIENTIFIC 49i

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.

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

- Monossido di carbonio

TELEDYNE API 300 E

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

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

- Particolato sospeso PM10 e PM2.5

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

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

- Stazione meteorologica

LSI LASTEM

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

- Benzene, Toluene, Xileni

CHROMATOTEC

AIR TOXIC GC 866

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³;
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m³;