

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 GIAVENO**

RELAZIONE I e II CAMPAGNA (dal 27/08/2015 al 23/09/2015 e dal 5/2/2016 al 26/2/2016)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: ing. Milena Sacco	Data: 15/9/16	Firma
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 16/9/16	Firma

L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto tematismo Qualità dell'Aria" del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte: dott.ssa Annalisa Bruno, sig.ra Maria Leogrande, dott.ssa Marilena Maringo, sig. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, d.ssa Claudia Strumia, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida.

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

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	8
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	<i>9</i>
<i>Il Laboratorio Mobile.....</i>	<i>11</i>
<i>Il quadro normativo.....</i>	<i>11</i>
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	13
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio.....</i>	<i>14</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici.....</i>	<i>16</i>
<i>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici</i>	<i>22</i>
Biossido di zolfo	23
Monossido di Carbonio	25
Ossidi di Azoto	27
Benzene e Toluene	33
Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5).....	38
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	45
Metalli	49
Ozono	54
CONCLUSIONI	59
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	60

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'ARIA E I SUOI INQUINANTI

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 2014", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso il sito <http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/sguardo>.

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

Altre informazioni ed approfondimenti possono essere reperiti su <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/aria>.

Tabella 1– Fonti principali e secondarie 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 ZOLFO					
BIOSSIDO DI AZOTO					
BENZENE					
MONOSSIDO DI CARBONIO					
PARTICOLATO SOSPESO					
PIOMBO					
BENZO(a)PIRENE					

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio provinciale viene realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

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 dalle sedi provinciali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di un campionatore di particolato atmosferico PM₁₀, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

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 biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, 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 biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, 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.

Per quanto riguarda il parametro ozono il D.Lgs 155/2010 ha abrogato il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004.

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 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;
- un **valore obiettivo , espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

La nuova normativa prevede inoltre per il PM_{2.5} un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che sono state definite con Decreto del

Ministero dell'Ambiente (all' art. 2 del D.M. 13.3.2013). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nella Tabella 2, nella Tabella 3 e nella Tabella 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 2014".

Tabella 2 – 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. 155/2010)	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. 155/2010)	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 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³, 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÷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 3 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--
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 (PM ₁₀)	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 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 155/2010)

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ⁽¹⁾
Arsenico	6.0 ng/m ³
Cadmio	5.0 ng/m ³
Nichel	20.0 ng/m ³

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Giaveno, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della nota inoltrata dal Comune di Giaveno, prot. n. 3466 del 17/02/2014, con la quale veniva richiesto un monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio comunale ed in particolare in prossimità di Via Sangano per valutare l'eventuale impatto sulla qualità dell'aria ambiente dovuto alla presenza del deposito di autobus.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato, a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed il tecnico del Comune di Giaveno, all'interno del Condominio sito in Via Sangano n. 3.

Nelle figure 1 viene rappresentato il sito nel quale è stato posizionato il laboratorio mobile.

Si precisa che la collocazione del sito immediatamente a ridosso del deposito autobus, resasi necessaria in relazione alla natura dell'indagine, non è a rigore coerente con i criteri di localizzazione di punti di monitoraggio della qualità dell'aria previsti dalla normativa, che sono finalizzati a far sì che le misure abbiano una rappresentatività spaziale relativamente elevata. Ciò significa che i dati rilevati nel sito di Via Sangano 3 sono rappresentativi dell'esposizione agli inquinanti atmosferici dei cittadini che risiedono nelle immediate vicinanze del sito e non della popolazione comunale nel suo complesso.

Le campagne di misura vengono in generale calendarizzate in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo-climatiche. Nello specifico sono state previste due campagne di misura: una prima campagna nel periodo estivo ed una seconda campagna nel periodo invernale.

La prima campagna di monitoraggio è iniziata il 27/08/2015 e finita il 23/08/2015, mentre la seconda campagna si è svolta dal 5 al 26/2/2016.

Si noti 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.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle campagne condotte 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 ai siti in esame.

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del DLgs 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).

I dati presentati forniscono quindi, unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Giaveno.



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteoroclimatici registrati durante il periodo 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 meteoroclimatici 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

Rispetto alle condizioni meteorologiche registrate in Piemonte nei mesi di fine agosto-settembre 2015 e febbraio 2016 si riportano di seguito alcune considerazioni generali contenute nelle relazioni climatiche redatte per questi mesi dal Servizio Meteo di Arpa Piemonte.

I primi due giorni del mese di Settembre 2015 sono risultati i più caldi con circa 28°C di massima in pianura, per gli effetti residui di un anticiclone di origine nordafricana che ha interessato il Piemonte negli ultimi giorni di Agosto. Si è trattato di valori sopra la media climatica mensile, ma non eccezionali: infatti Settembre 2015 non ha registrato nessun valore record di temperatura massima sulle stazioni di rilevamento della rete ARPA Piemonte e questo non avveniva da Febbraio 2015.

Poco prima della metà del mese, tra il 13 ed il 14 Settembre, è avvenuto l'evento pluviometrico di maggiore rilevanza.

Per quanto riguarda febbraio 2016, i giorni più freddi del mese si sono verificati tra il 12 e il 13 febbraio, quando la corrente a getto polare si è abbassata di latitudine fino a localizzarsi sul Mediterraneo. Tuttavia non si sono registrati valori di particolare rilievo.

Il giorno 21 febbraio una nuova espansione di un anticiclone africano verso il Mediterraneo occidentale ha nuovamente apportato sul territorio piemontese una marcata anomalia termica positiva. Si è trattato del giorno con i valori di temperatura più elevati, sulle zone pianeggianti, di tutto il mese, con circa 16°C di media delle massime; altri 10 termometri della rete Arpa Piemonte hanno registrato il primato di temperatura massima per il mese di febbraio(fonte: Arpa - Servizio Meteo).

In Tabella 5 sono riassunti i dati statistici dei parametri meteorologici registrati durante il corso delle due campagne di monitoraggio. Nella seconda campagna di monitoraggio il radiometro ha presentato malfunzionamenti pertanto il rendimento strumentale è stato molto basso.

Tabella 5: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle campagne di monitoraggio

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO	
	W/m ²		°C		%		hPa		m/s	
	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	11	48.6	15.3	1.6	44	24.9	976	935.9	0.3	0.24
Massima media giornaliera	162	48.6	24.5	9.3	89	96.2	990	967.3	1.2	1.91
Media delle medie giornaliere	105	48.6	18.6	5.4	65	67.6	981	952.4	0.8	0.65
Giorni validi	24	1	24	20	24	20	23	20	23	18
Percentuale giorni validi	92%	5%	92%	100%	92%	100%	92%	100%	88%	90%
Media dei valori orari	102	48.6	18.5	5.4	65	67.6	981	952.4	0.8	0.65
Massima media oraria	613	403.0	29.6	14.5	97	100.0	992	970.0	2.0	5.20
Ore valide	594	24	594	480	594	480	551	480	582	436
Percentuale ore valide	95%	5%	95%	100%	95%	100%	92%	100%	93%	91%

Figura 2 – Andamento della radiazione solare globale e del livello di pioggia nel corso delle campagne di monitoraggio

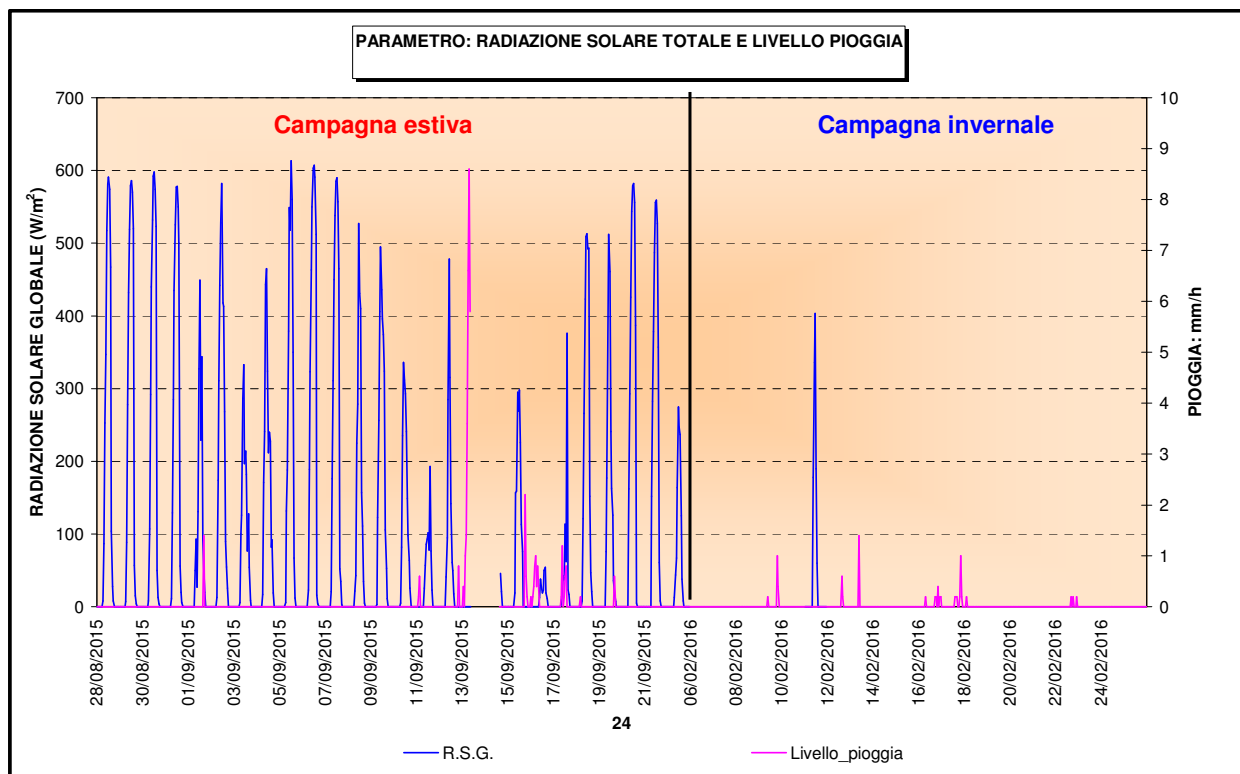


Figura 3 – Andamento della temperatura nel corso delle campagne di monitoraggio

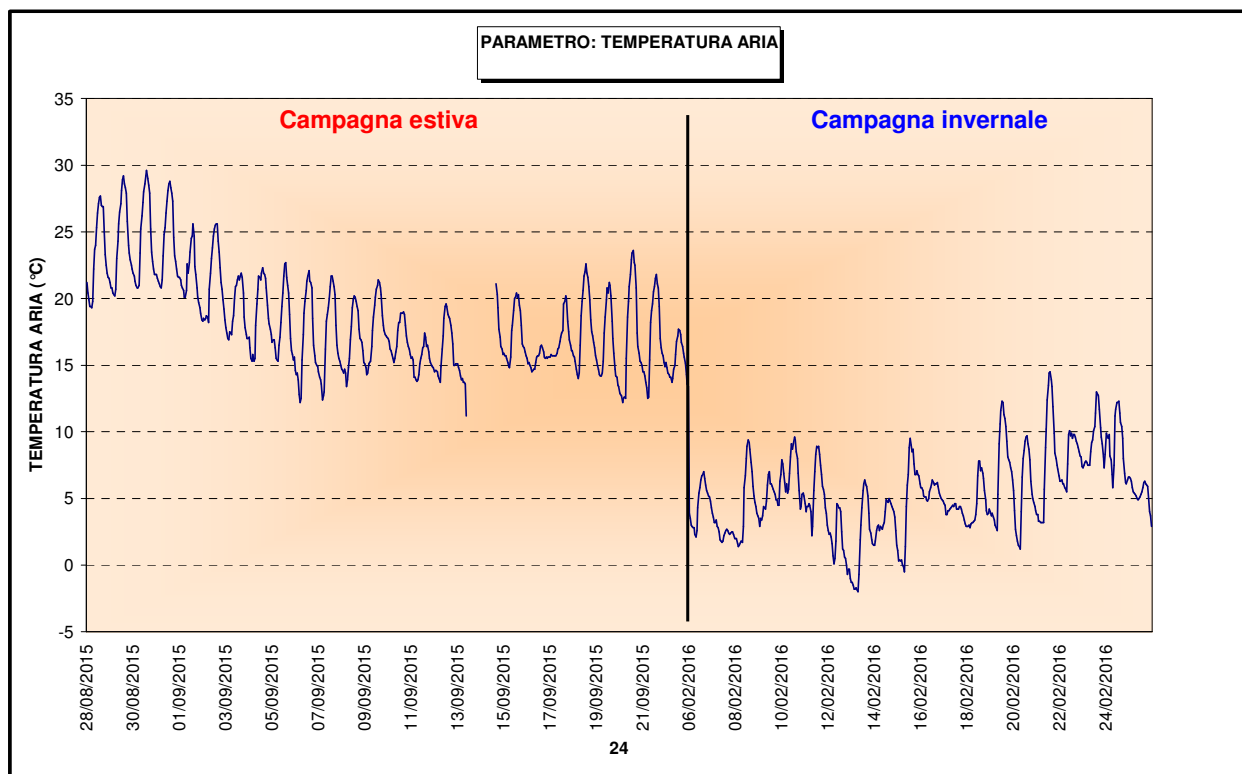


Figura 4– Andamento dell’umidità relativa nel corso delle campagne di monitoraggio

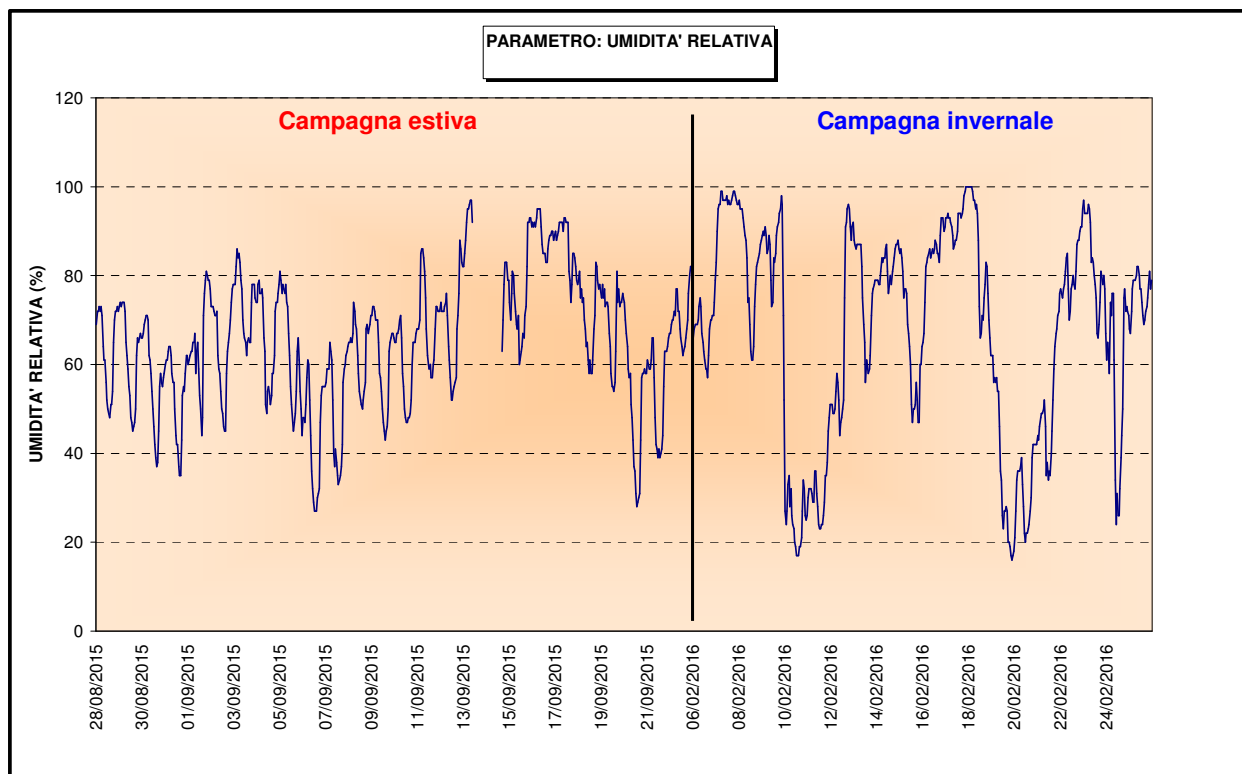


Figura 5– Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio

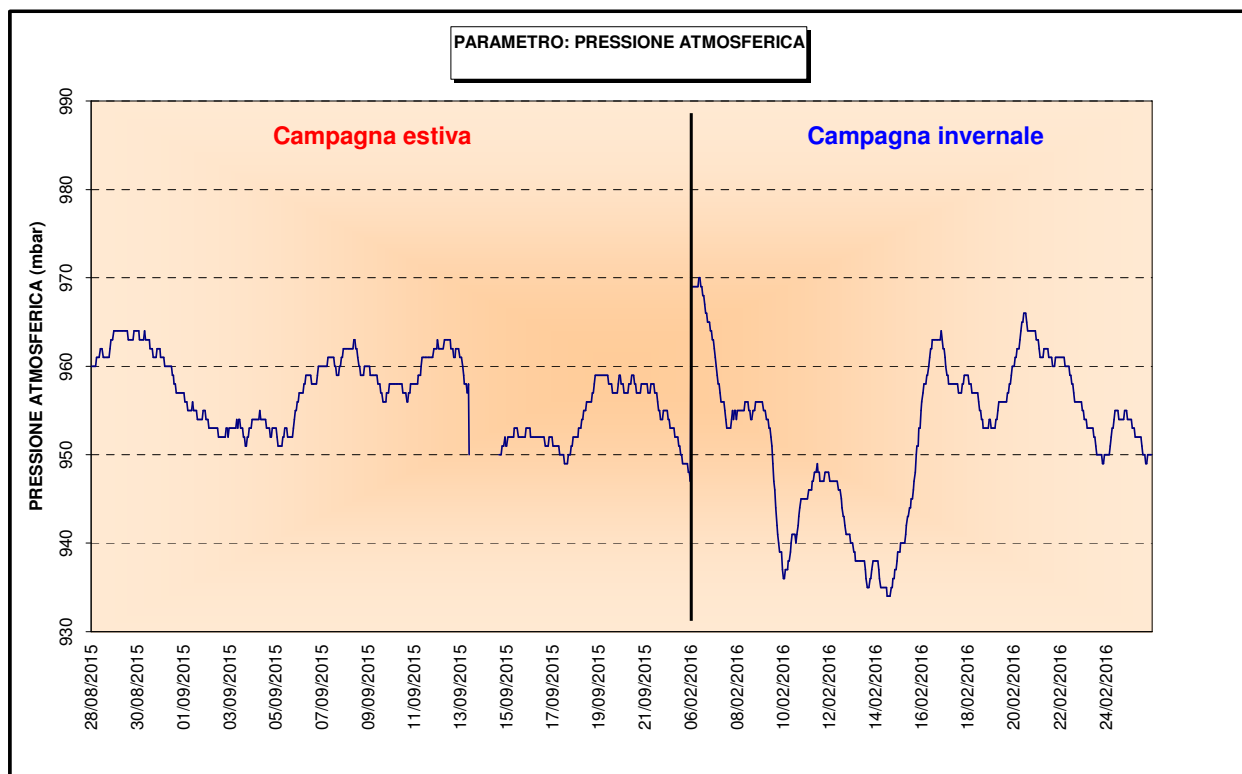


Figura 6– Andamento della velocità dei venti nel corso delle campagne di monitoraggio

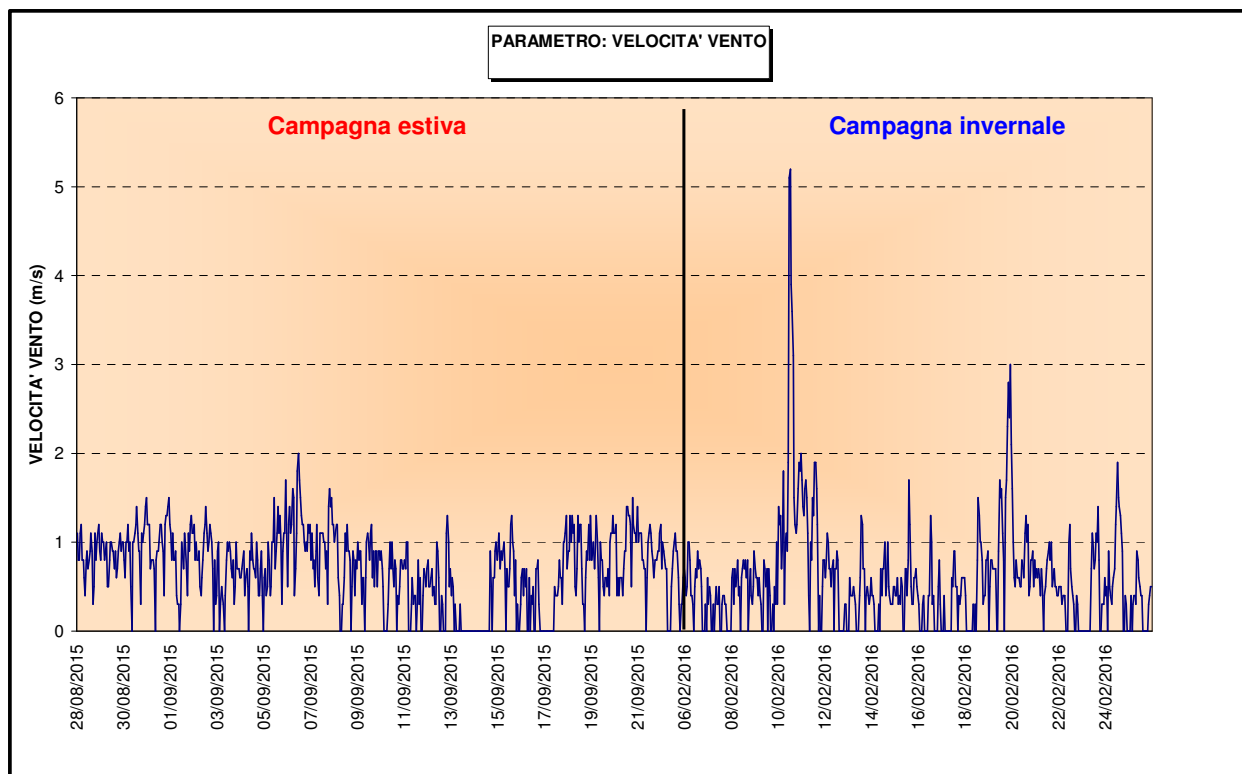


Figura 7– Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale

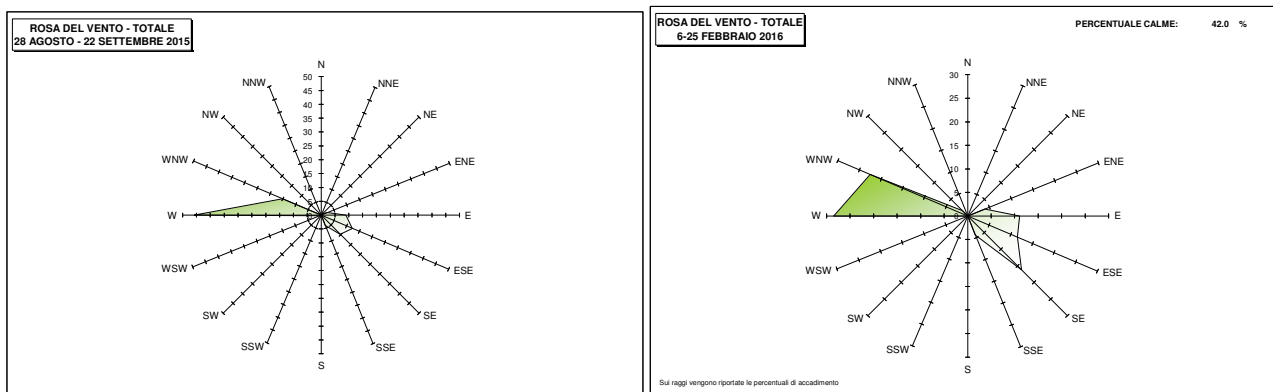


Figura 8– Rosa dei venti diurna nel corso delle campagne di monitoraggio

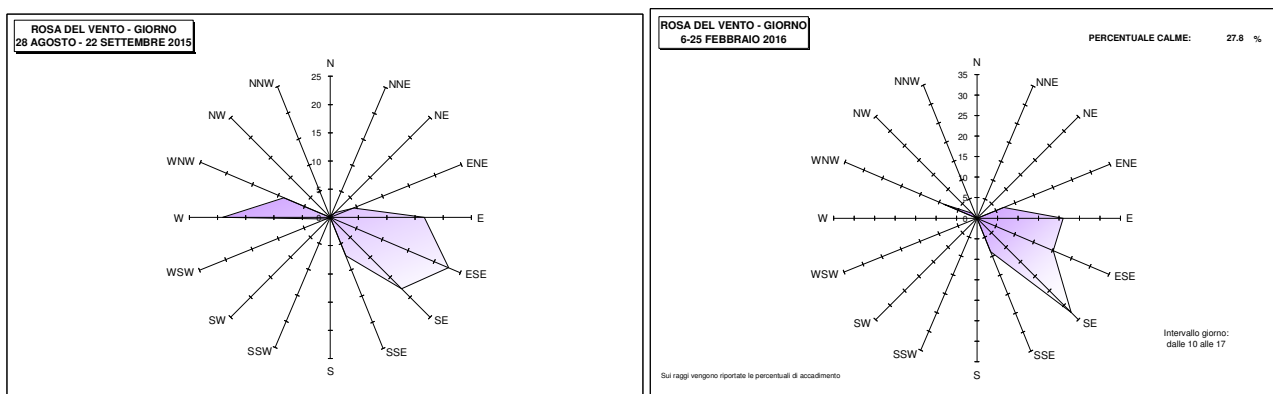
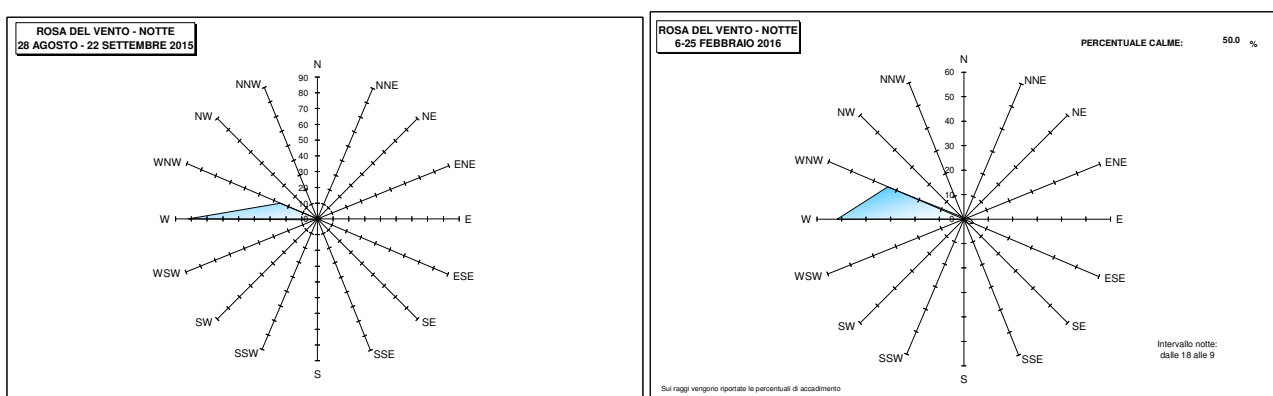


Figura 9– Rosa dei venti notturna nel corso delle campagne di monitoraggio



Le elaborazioni relative alla direzione dei venti, le rose del vento totale per i due periodi di monitoraggio sono riportate in Figura 7.

Esaminando la situazione più nel dettaglio è possibile evidenziare una rosa dei venti del periodo diurno con un numero significativo di accadimenti nelle due direzioni E - ESE – SE, mentre nelle ore notturne il vento proviene prevalentemente da un'unica direzione W e, anche se meno frequente WNW (vedi Figura 8 e Figura 9).

Va comunque considerato che nel sito in esame la velocità e la direzione dei venti sono influenzate dalla presenza dei vicini edifici e non sono quindi rappresentative dell'area comunale nel suo complesso.

ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

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

C ₆ H ₆	BENZENE
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O ₃	OZONO
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10
PM2.5	PARTICOLATO SOSPESO PM2.5
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE

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

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 lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il giorno medio: questo 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 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 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.

Ai fini di una corretta interpretazione degli obiettivi della campagna si ricorda che le misure che sono state effettuate permettono di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio provinciale, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti. Le strumentazioni di misura utilizzate nel monitoraggio della qualità dell'aria infatti rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei singoli contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico.

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa e la sostituzione dei combustibili solidi con il gas naturale, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante le campagne di monitoraggio di Giaveno; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti. Il massimo valore giornaliero è pari a 11 µg/m³ in Estate e 15 µg/m³ in inverno (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. Il valore massimo orario è pari a 13 µg/m³ (Estate) e 18 µg/m³ (inverno), quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m³. I dati riportati in Tabella 6 e Figura 11 evidenziano che i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

Il grafico di Figura 12 mostra come l'andamento dell'SO₂ nel corso delle due campagne.

Tabella 6 – Dati relativi al monossido di biossido di zolfo (SO₂ in µg/m³)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	5	5
Massima media giornaliera	11	15
Media delle medie giornaliere	7	11
Giorni validi	18	20
Percentuale giorni validi	69%	100%
Media dei valori orari	7	11
Massima media oraria	13	18
Ore valide	472	477
Percentuale ore valide	76%	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 10 - SO₂ andamento orario

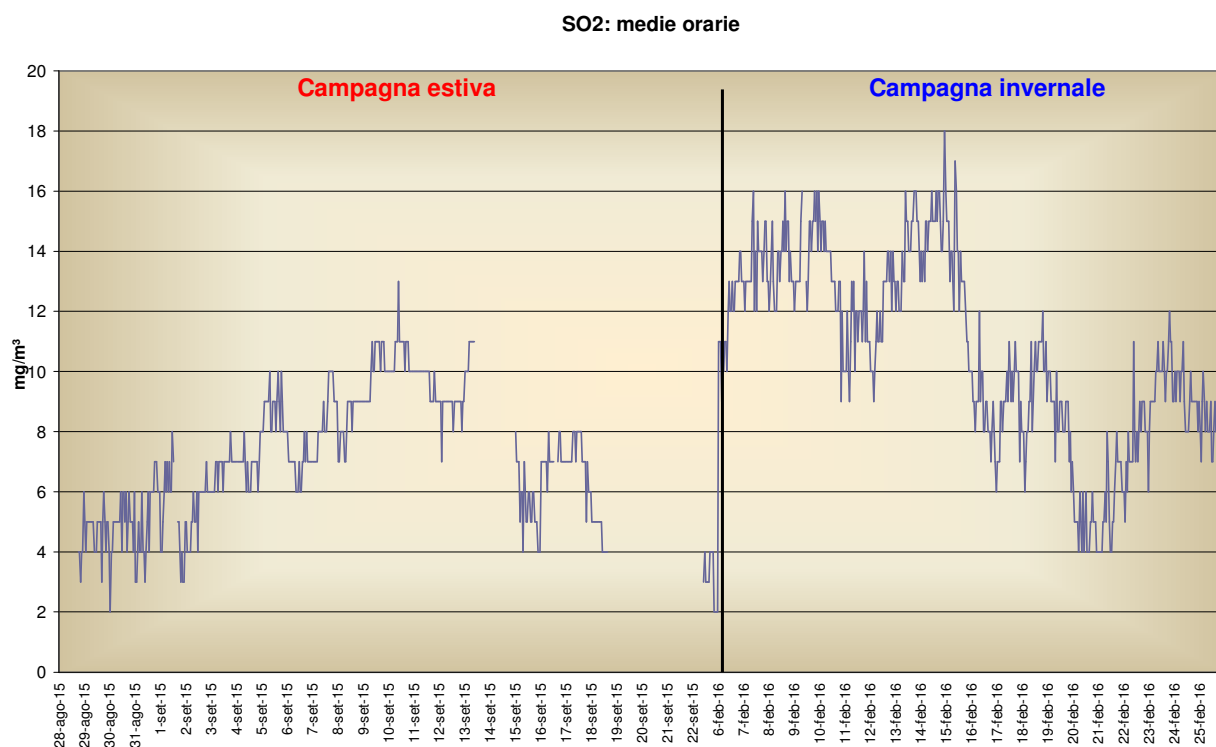
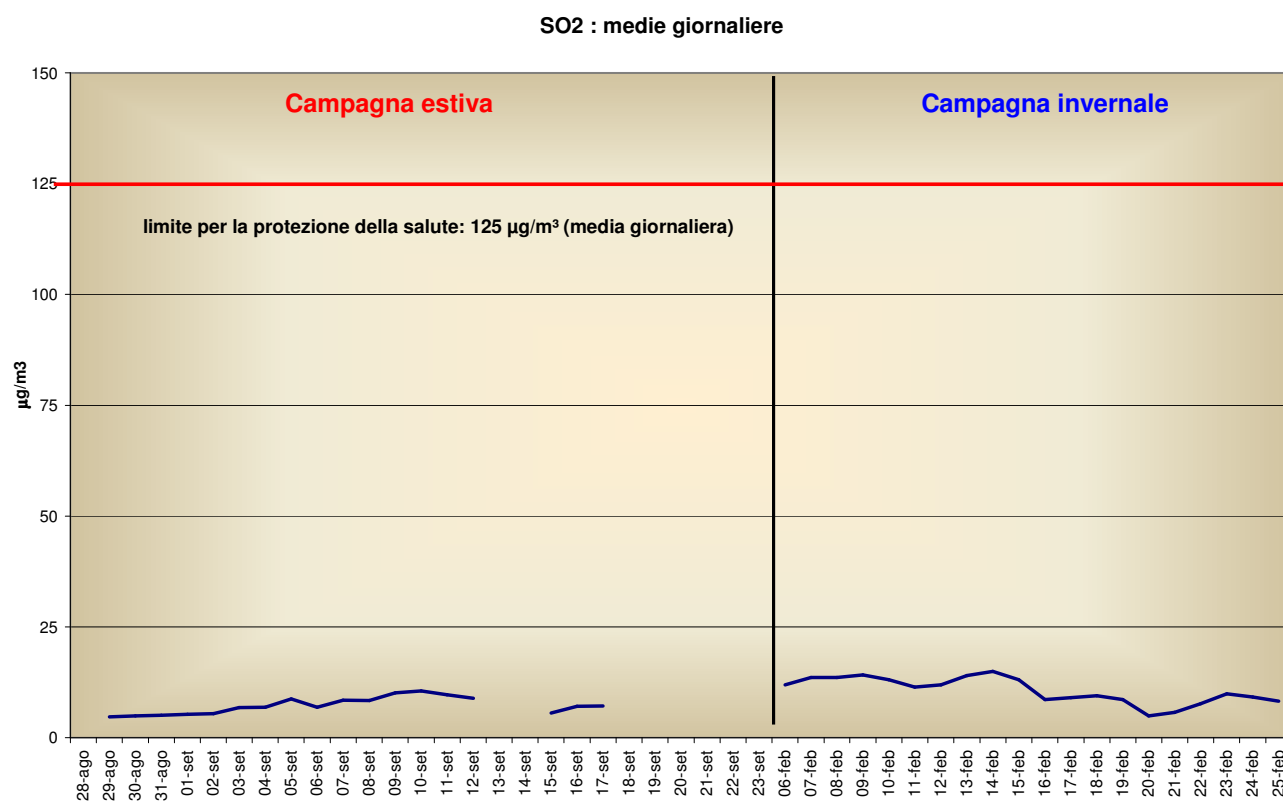


Figura 11 - SO₂ confronto con il limite di legge (media giornaliera)



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/m^3), infatti si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i 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.

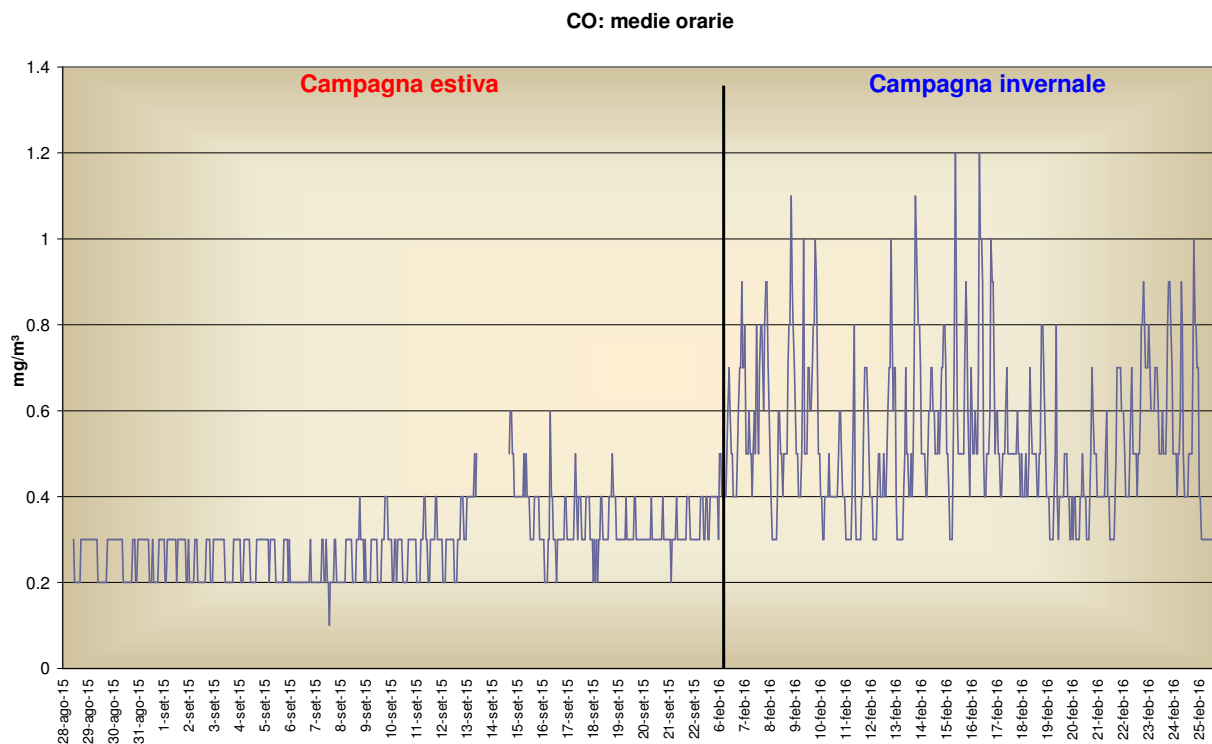
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori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

Durante le due campagne di monitoraggio nel comune di Giaveno non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 7 e la Figura 12 evidenziano infatti che non si sono registrati superamenti del valore di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ che, in base alla normativa vigente, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.

Tabella 7 – Dati relativi al monossido di Carbonio (CO (mg/m^3)), della campagna di monitoraggio

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.2	0.4
Massima media giornaliera	0.4	0.7
Media delle medie giornaliere	0.3	0.5
Giorni validi	24	20
Percentuale giorni validi	92%	100%
Media dei valori orari	0.3	0.5
Massima media oraria	0.6	1.2
Ore valide	592	480
Percentuale ore valide	95%	100%
Minimo medie 8 ore	0.2	0.3
Media delle medie 8 ore	0.3	0.5
Massimo medie 8 ore	0.6	0.8
Percentuale medie 8 ore valide	94%	99%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

Figura 12 - CO andamento orario.



Ossidi di Azoto

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

Per il monossido di azoto la normativa non prevede valori limite, ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria per la protezione della salute umana.

Durante il periodo dei monitoraggio i livelli di NO registrano un valore massimo pari a 145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in periodo invernale, usualmente più critico per gli ossidi di azoto, come esemplifica anche al media per campagna, che in Estate si attesta a 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre in inverno è 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 8).

Confrontando i dati con quelli osservati nelle stazioni di Susa e Oulx, che nella rete di monitoraggio provinciale si possono considerare le più simili al sito in esame, si può notare come l'andamento sia analogo ma, soprattutto nel periodo invernale, i picchi siano più pronunciati a Giaveno, indicando una maggiore incidenza di emissioni veicolari rispetto ai dati misurati nelle due stazioni di confronto.

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

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	2	6
Massima media giornaliera	12	26
Media delle medie giornaliere (b):	6	14
Giorni validi	24	20
Percentuale giorni validi	92%	100%
Media dei valori orari	6	14
Massima media oraria	43	145
Ore valide	589	479
Percentuale ore valide	94%	100%

Figura 13 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

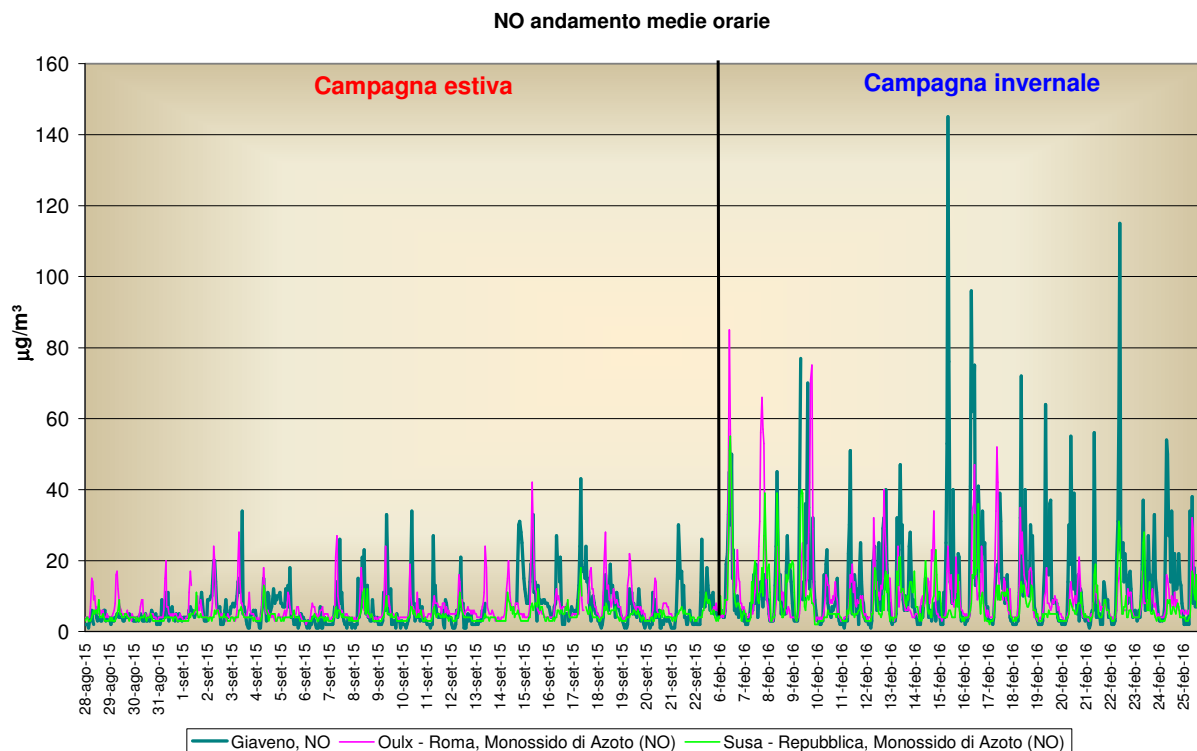
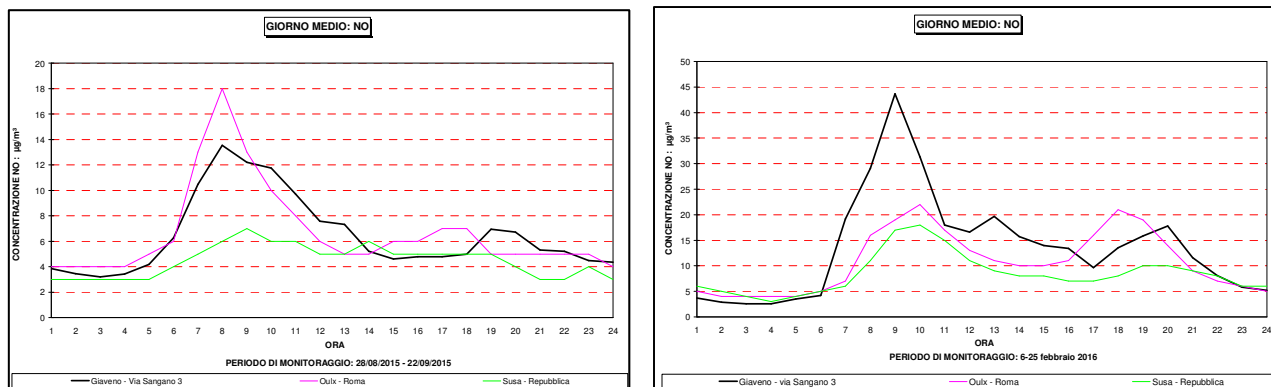


Figura 14 - NO: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all'interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Il contributo dell'inquinamento veicolare alle emissioni di ossidi di azoto è diverso a seconda del tipo di veicolo. A titolo di esempio da una stima dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, (*“Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000”*, APAT 2003), risulta che nell'anno 2000 il fattore di emissione medio di NO_x (vale a dire la somma di monossido e biossido di azoto) su percorso urbano stimato per le autovetture ammontava a 1,070 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,338 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12,014 g/veic*km.

Per quello che riguarda NO₂ durante le campagne di monitoraggio nel sito di Giaveno, (Tabella 9), 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 nel sito di monitoraggio di 78 µg/m³ (picco registrato nel periodo invernale).

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

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	8	20
Massima media giornaliera	18	34
Media delle medie giornaliere (b):	14	27
Giorni validi	23	20
Percentuale giorni validi	88%	100%
Media dei valori orari	14	27
Massima media oraria	40	78
Ore valide	579	479
Percentuale ore valide	93%	100%
<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

Dal grafico di Figura 15 e Figura 16 si nota che i livelli di concentrazione dell'NO₂ nel periodo estivo sono sovrapponibili a quelli registrati nelle stazioni della Val di Susa, Oulx e Susa, in inverno il picco mattutino di Giaveno è più pronunciato ma mediamente i valori sono molto simili.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Visto che la durata delle due campagne 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 ricavato con la metodologia descritto nella nota.

Dalla Tabella 10 e dalla Figura 17 osserviamo che il valore di media annuale stimata per il sito di Giaveno è inferiore al limite annuale di 40 µg/m³ essendo la media stimata pari a 23 µg/m³; il valore è tra i minimi registrati a livello provinciale, e si colloca poco sopra quelli registrati a Susa e Oulx (22 e 20 µg/m³ rispettivamente).

Nota

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione di quella di Ceresole e le stazioni della Città di Torino; dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Giaveno permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne NO₂ Giaveno

M_c : media stimata anno 2015 NO₂ Giaveno

m_p : media periodo campagne NO₂ Provincia di Torino

M_p : media anno 2015 NO₂ Provincia di Torino

Figura 15 – NO₂ : confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

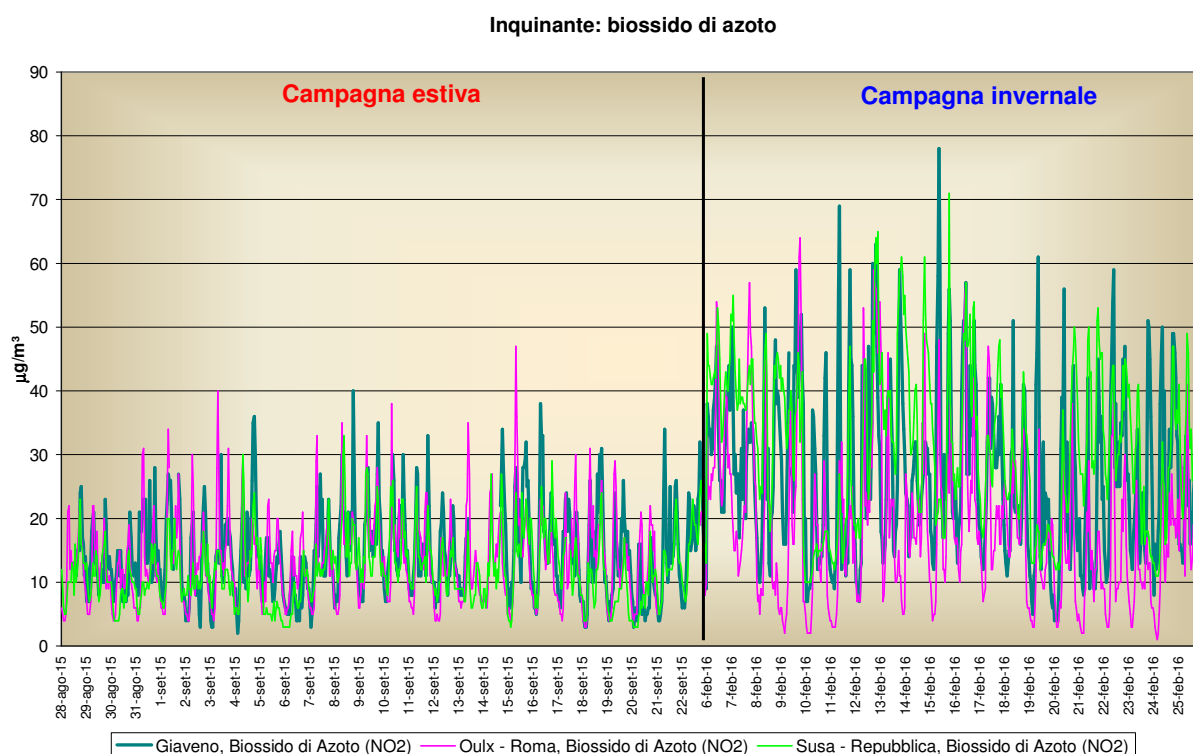


Figura 16 – NO₂ : andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

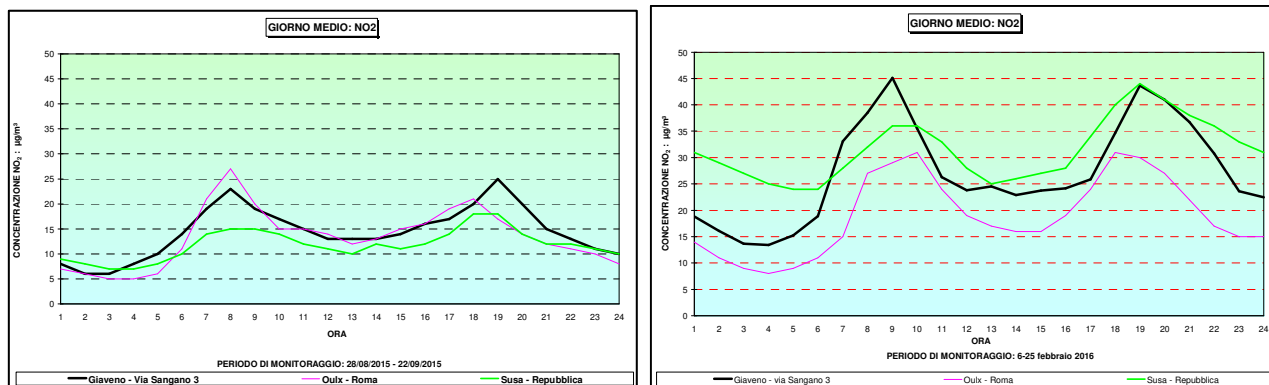
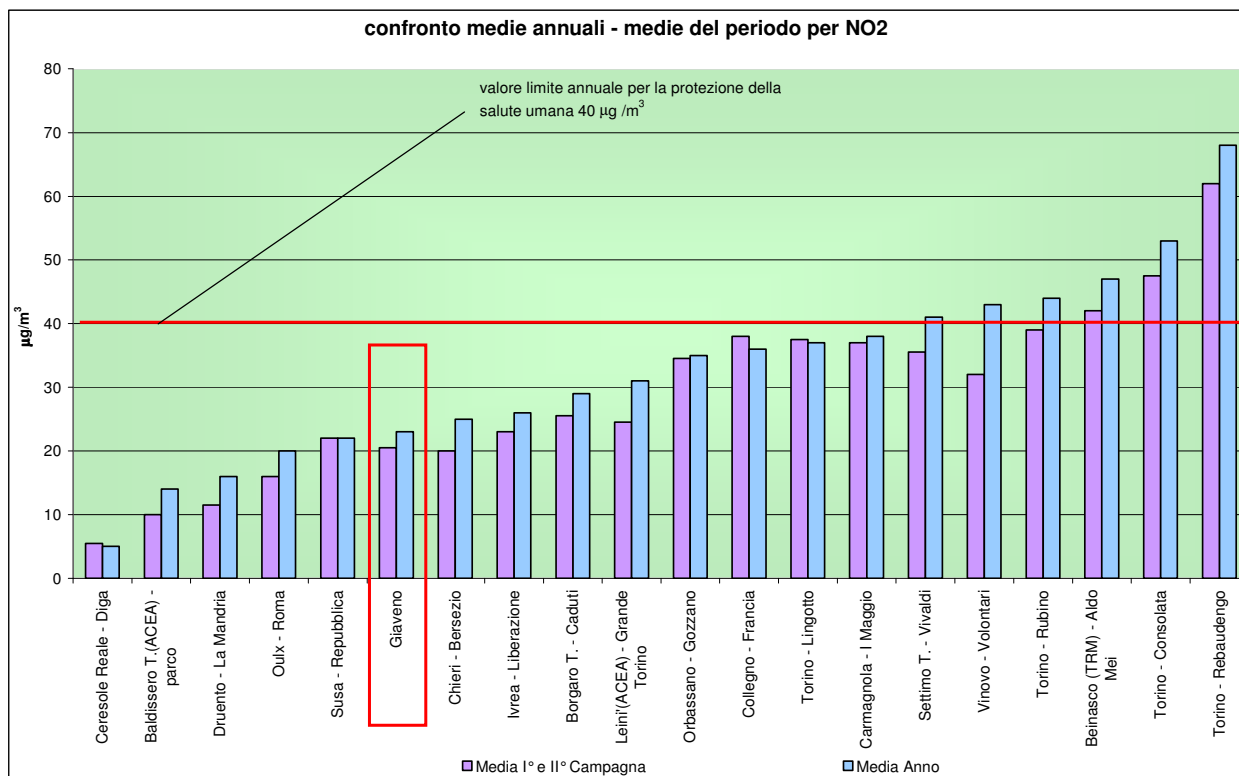


Tabella 10 - NO₂ - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2015 nella provincia di Torino

	Estate	Inverno	media periodo campagne	Annuale 2015
Stazione	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Ceresole Reale - Diga	5	6	6	5
Baldissero T.(ACEA) - parco	10	10	10	14
Druento - La Mandria	7	16	12	16
Oulx - Roma	13	19	16	20
Susa - Repubblica	12	32	22	22
Glavento	14	27	21	23 (*)
Chieri - Bersezio	16	24	20	25
Ivrea - Liberazione	15	31	23	26
Borgaro T. - Caduti	14	37	26	29
Leini'(ACEA) - Grande Torino	17	32	25	31
Orbassano - Gozzano	26	43	35	35
Collegno - Francia	27	49	38	36
Torino - Lingotto	24	51	38	37
Carmagnola - I Maggio	30	44	37	38
Settimo T. - Vivaldi	26	45	36	41
Vinovo - Volontari	29	35	32	43
Torino - Rubino	33	45	39	44
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	33	51	42	47
Torino - Consolata	43	52	48	53
Torino - Rebaudengo	42	82	62	68
Media Provincia	20	34	27	30

(*)= media annuale NO₂ stimata

Figura 17 - NO₂ - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino; la media annuale per il sito di Giaveno è stata stimata



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).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule. Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

La normativa vigente (DLgs 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare dal 2010 in avanti.

Durante le campagne di monitoraggio, vedi (Tabella 11), si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Estate e $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e un valore massimo di $9,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verificatosi in inverno.

Dalla Figura 18, si può vedere come i dati di benzene di Giaveno siano confrontabili a quelli di Torino – Consolata, quindi una stazione fortemente influenzata dal traffico veicolare e siano sicuramente superiori a quelli di una stazione di fondo come Vinovo. Ancora più evidente se si confrontano i giorni medi nei due periodi: in periodo estivo i valori di Giaveno sono superiori a quelli di via Consolata, mentre in periodo invernale fino alle 15 i valori misurati a Giaveno sono inferiori a quelli torinesi, dalle 16 in poi la situazione si inverte.

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 ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi pari a $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi Figura 21), valore inferiore al limite, ma molto simile alla stazione di Torino-Consolata; si tratta quindi di una situazione che evidenzia l'influenza delle emissioni veicolari sul sito in esame.

Nota

Si sono calcolate le medie di benzene, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione delle stazioni della Città di Torino; dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Giaveno permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne benzene Giaveno

M_c : media stimata anno 2015 benzene Giaveno

m_p : media periodo campagne benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2015 benzene Provincia di Torino

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

Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa e sono stati dimostrati casi di disfunzioni del sistema nervoso centrale, ritardi nello sviluppo e anomalie congenite, oltre a sbilanci ormonali in donne e uomini.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Estate e 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e la massima media oraria è di 16,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrata in estate (Tabella 12), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 11 – Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.3	0.5
Massima media giornaliera	1.7	3.4
Media delle medie giornaliere (b):	1.0	1.9
Giorni validi	23	16
Percentuale giorni validi	88%	80%
Media dei valori orari	1.0	2.0
Massima media oraria	2.9	9.2
Ore valide	576	398
Percentuale ore valide	92%	83%

Tabella 12– Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.6	0.3
Massima media giornaliera	3.1	4.5
Media delle medie giornaliere (b):	1.5	1.7
Giorni validi	22	16
Percentuale giorni validi	85%	80%
Media dei valori orari	1.5	1.9
Massima media oraria	16.9	13.8
Ore valide	548	398
Percentuale ore valide	88%	83%

Figura 18 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio

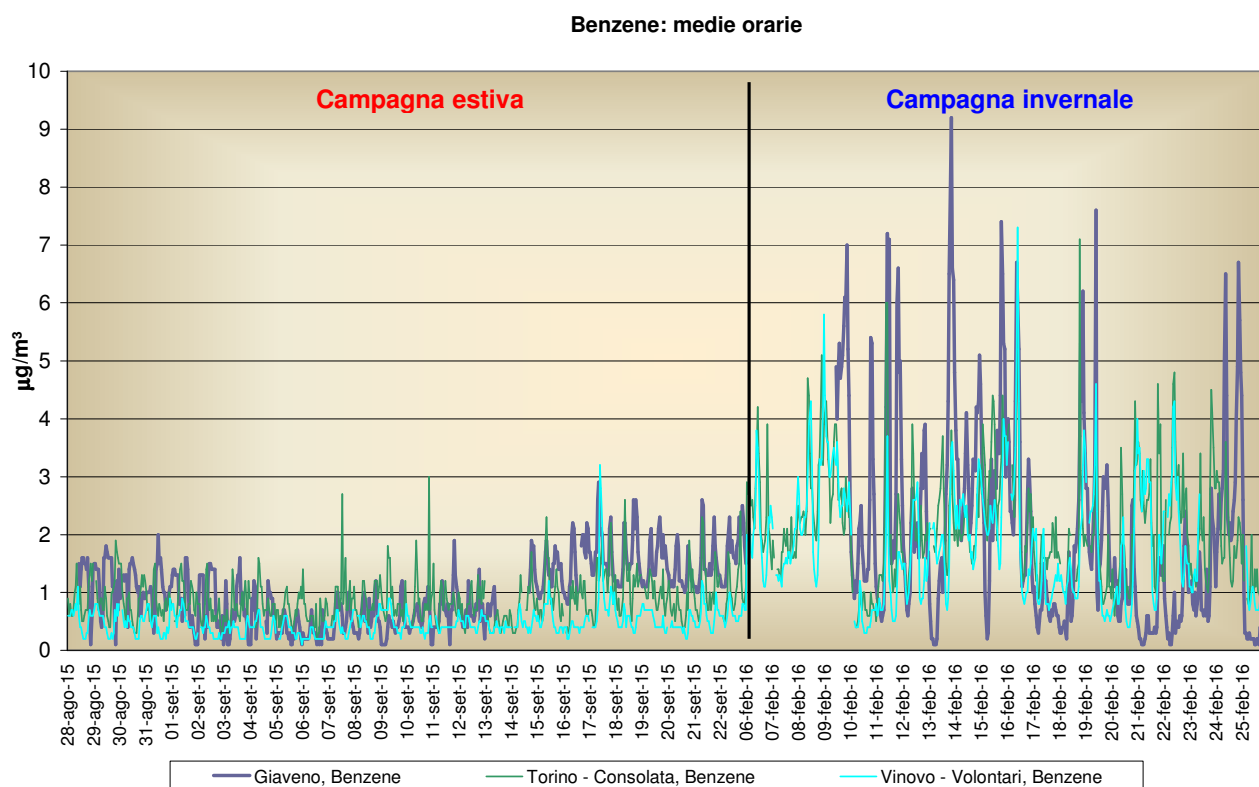


Figura 19– Benzene: andamento giorno medio in confronto con la stazione di Torino-Consolata

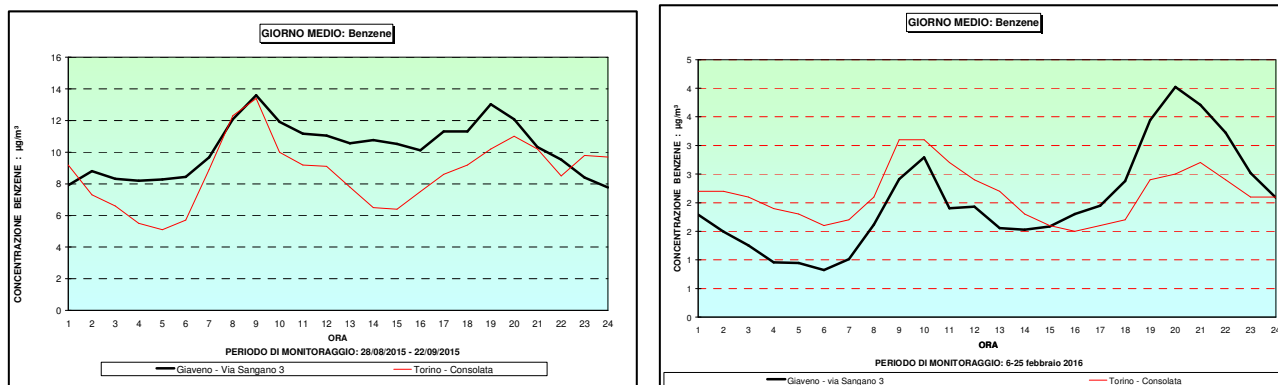


Figura 20– Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio

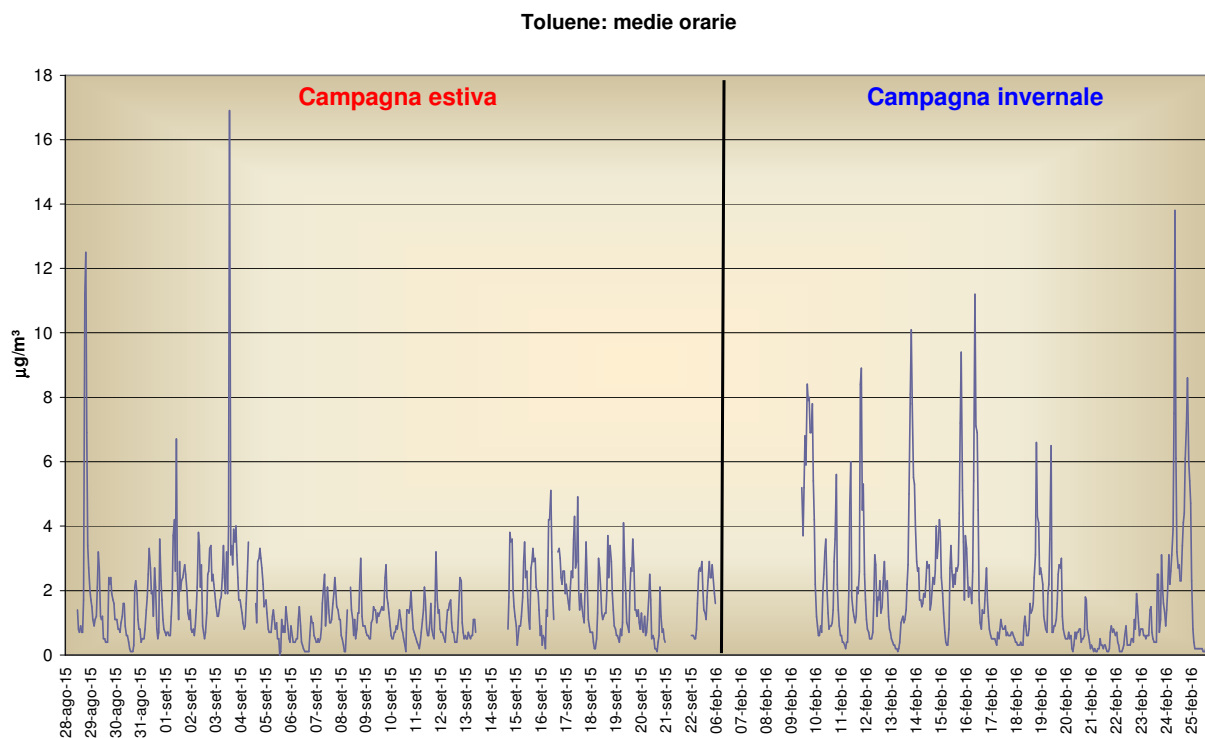
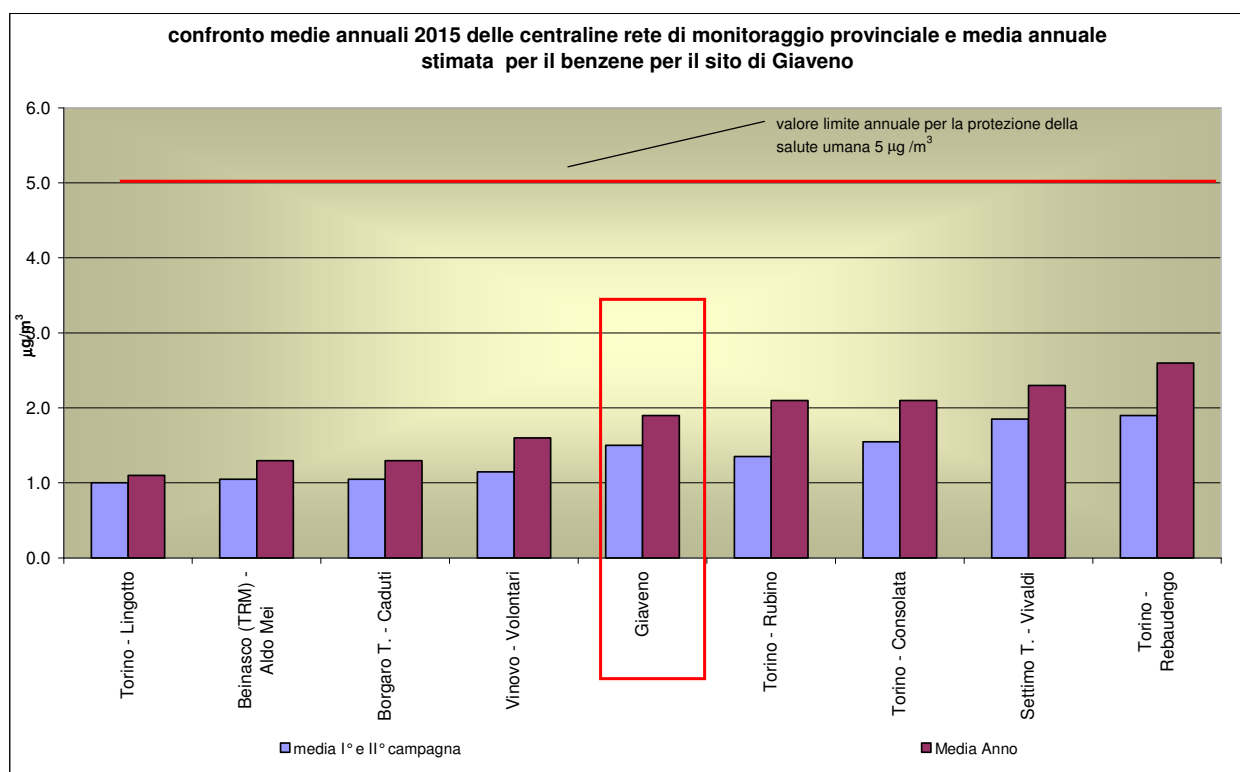


Figura 21 - Benzene confronto media annuale 2015 e media del periodo



Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)

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 da 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 concentrazioni di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Inoltre il DLgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM2.5 (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 μm) calcolati come media annuale pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Nella prima campagna di monitoraggio estiva la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi Tabella 13), con un valore massimo giornaliero di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e nessun superamento del valore giornaliero dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori registrati durante la campagna hanno andamento simile a quelli registrati in altre stazioni provinciali collocate in siti di valle, quali Susa e Pinerolo.

Nella seconda campagna di monitoraggio la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è superiore alla prima campagna primaverile per ragioni meteorologiche e per l'aggiunta degli impianti di riscaldamento come fonte emissiva. Nella campagna invernale si è registrata una media di 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi Tabella 13), con un valore massimo giornaliero di 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e 2 superamenti del valore giornaliero dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I superamenti sono avvenuti in corrispondenza a picchi registrati anche in altre stazioni provinciali, come quelle di Torino (vedi Figura 22). Tale fenomeno indica che l'andamento delle concentrazioni è stato modulato dalle condizioni atmosferiche, vale a dire che l'innalzamento dei valori si è verificato in presenza di una stabilità atmosferica su area vasta che ha determinato questo incremento su tutto il territorio provinciale.

I valori registrati durante la campagna invernale sono praticamente sovrapponibili a quelli registrati a Pinerolo, stazione rappresentativa del fondo urbano in un sito vallivo.

La durata delle due campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo annuale (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), e non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM10 per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della provincia (tranne le torinesi) in cui viene monitorato tale parametro 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 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Giaveno permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne PM10 Giaveno

M_c : media stimata anno 2015 PM10 Giaveno

m_p : media periodo campagne PM10 Provincia di Torino

M_p : media anno 2015 PM10 Provincia di Torino

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi al di sotto del limite normativo annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), come si può vedere in Figura 23.

Per stimare il numero di superamenti nel corso dell'anno ci si è basati sulle elaborazioni effettuate per valutare quale sia la media annuale da conseguire per rispettare il valore limite giornaliero. Tali elaborazioni si possono reperire sull'edizione 2014 di "Uno Sguardo all'Aria" (Arpa Piemonte, Città Metropolitana di Torino), nel capitolo "Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato PM10 – La situazione nella Città Metropolitana di Torino nel quadro europeo". Sulla base di tali considerazioni il valore di media annuale "efficace" di PM10, che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a livello piemontese, pertanto a Giaveno, avendo stimato una media annuale di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il numero di superamenti sarebbe di poco superiore al limite (intorno a 40, quindi superiori ai 35 consentiti dalla legge in un anno).

In Figura 24 si riporta il confronto del numero di superamenti del limite giornaliero registrati, durante la campagna di misura, presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e presso il sito del laboratorio mobile.

In Tabella 14 sono riportati i dati relativi al PM2.5 durante le due campagne: la media dei valori di concentrazione di particolato PM2.5 è stata pari a $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Estate e $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno, con un valore massimo giornaliero di $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrato il 14 febbraio. I valori sono tra i più bassi registrati a livello provinciale (Figura 25) e rappresentano circa il 67 % del PM10. Questa percentuale indica che la frazione di risollevarimento di particolato da fonti locali non è trascurabile.

Per stimare la media annuale si è seguito lo stesso procedimento utilizzato per il PM10, prendendo come riferimento la media delle stazioni provinciali (tranne Ceresole e le stazioni di Torino). La stima annuale ottenuta è pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e quindi inferiore al valore limite annuale per la protezione della salute di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dal D.Lgs 155/2010 (Tabella 16). In termini relativi tale media annuale si situa comunque nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale (vedi Figura 26).

Tabella 13 – Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	5	5
Massima media giornaliera	25	52
Media delle medie giornaliere (b):	16	24
Giorni validi	24	16
Percentuale giorni validi	92%	80%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	0	2

Tabella 14 – Dati relativi al particolato sospeso PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	5	5
Massima media giornaliera	15	43
Media delle medie giornaliere (b):	9	18
Giorni validi	22	16
Percentuale giorni validi	85%	80%

Tabella 15 - PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2015

	campagna estiva		campagna invernale		periodo I° e II° campagna		anno 2015	
	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 2015 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Ceresole Reale - Diga	9	0	8	0	9	0	7	0
Baldissero T.(ACEA) - parco	12	0	11	0	12	0	17	8
Oulx - Roma	14	0	18	0	16	0	18	7
Susa - Repubblica	11	0	23	1	17	1	18	11
Pinerolo - Alpini	15	0	25	0	20	0	21	11
Druento - La Mandria	16	0	24	1	20	1	23	23
Giaveno	16	0	24	2	20	2	25 (*)	
Ivrea - Liberazione	14	0	34	4	24	4	28	55
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	18	0	31	2	25	2	33	68
Borgaro T. - Caduti	18	0	36	3	27	3	35	71
Torino - Rubino	18	0	36	4	27	4	36	84
Collegno - Francia	18	0	38	5	28	5	36	81
Leini'(ACEA) - Grande Torino	20	0	36	3	28	3	36	84
Torino - Lingotto	20	0	37	4	29	4	38	86
Settimo T. - Vivaldi	15	0	42	5	29	5	39	98
Torino - Consolata	20	0	41	6	31	6	40	93
Carmagnola - I Maggio	24	0	44	6	34	6	41	107
Torino - Rebaudengo	24	0	41	5	33	5	43	101
Torino - Grassi	26	0	48	5	37	5	52	75
Media Provincia	17		30		23		29	

(*) media stimata

Tabella 16: PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2015

	campagna estiva	campagna invernale	media campagne	anno 2015
	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Ceresole Reale - Diga	7	7	7	6
Giaveno	10	18	14	20 (*)
Ivrea - Liberazione	9	25	17	24
Chieri - Bersezio	11	25	18	24
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	12	26	19	26
Borgaro T. - Caduti	10	29	20	26
Torino - Lingotto	12	28	20	27
Torino - Rebaudengo	14	28	21	27
Leini'(ACEA) - Grande Torino	12	27	20	30
Settimo T. - Vivaldi	10	33	22	31
Media Provincia			19	27

(*) media stimata

Figura 22 – Particolato sospeso PM10: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

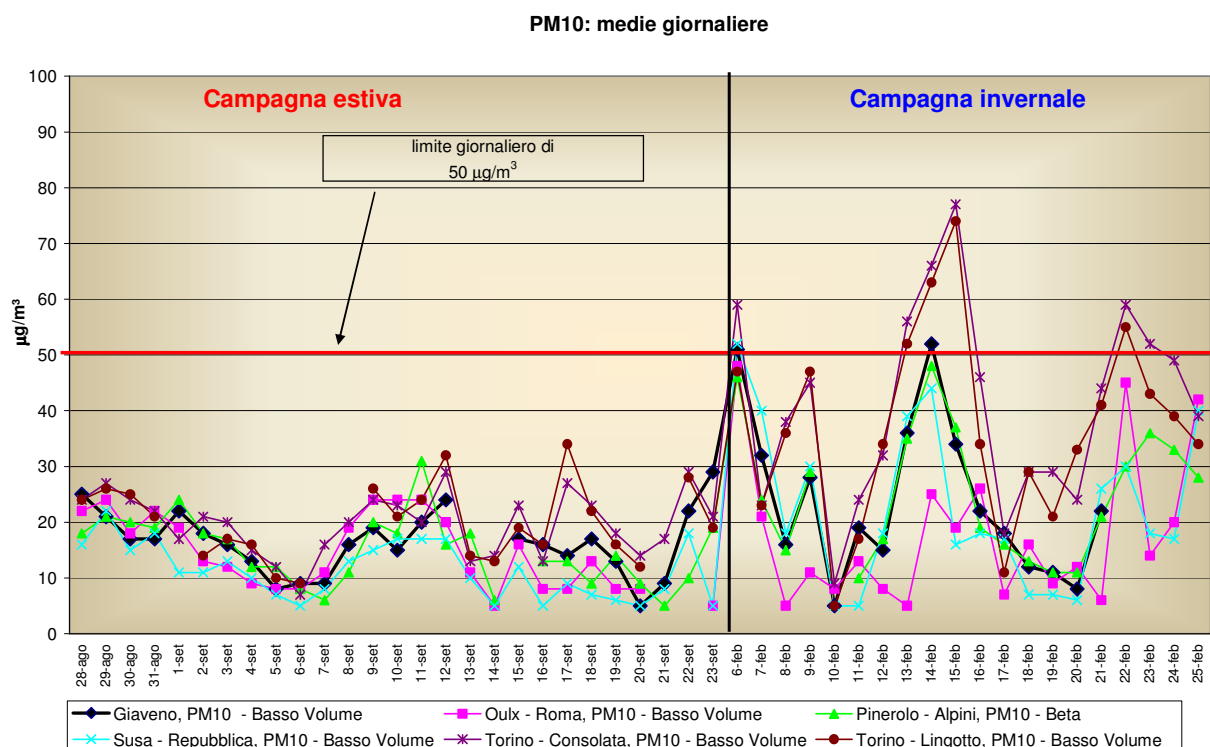


Figura 23 - Particolato sospeso PM10 confronto medie anno 2015 e medie del periodo nella provincia di Torino

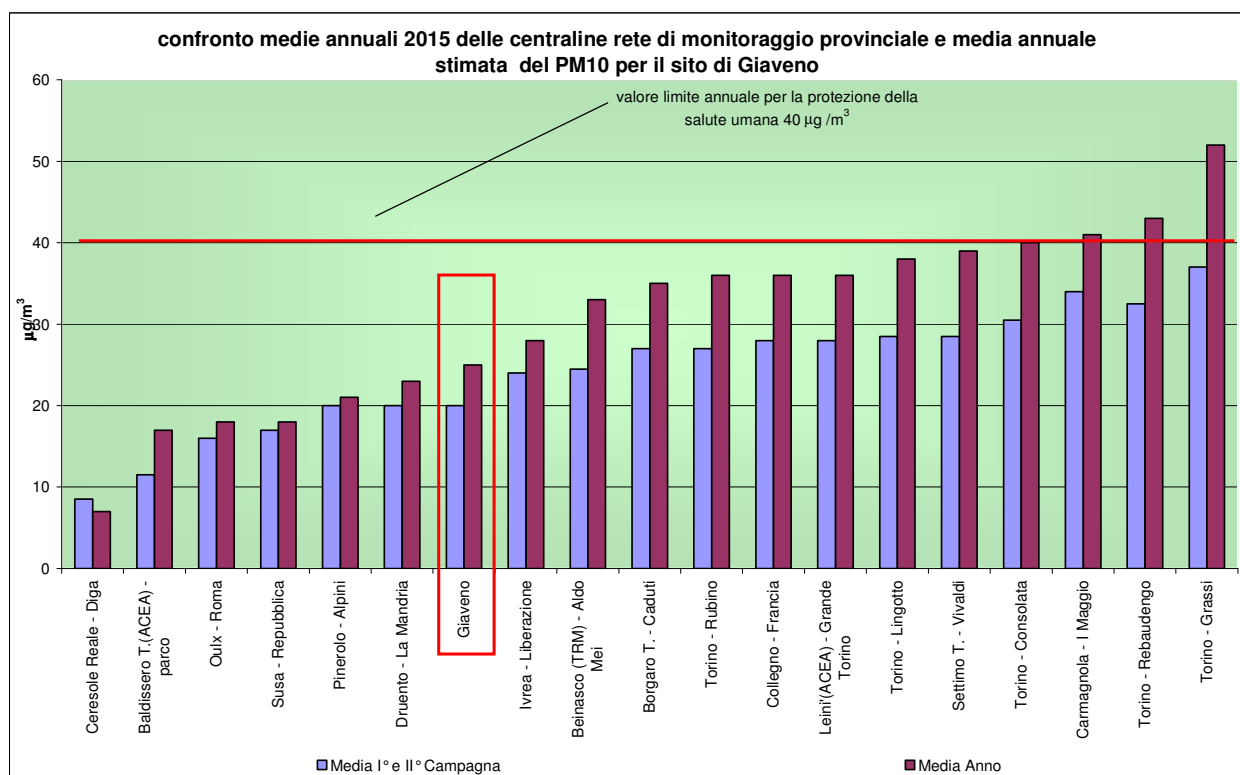


Figura 24 Particolato sospeso PM10 - numero di superamenti del valore limite giornaliero in provincia di Torino nel corso della prima campagna.

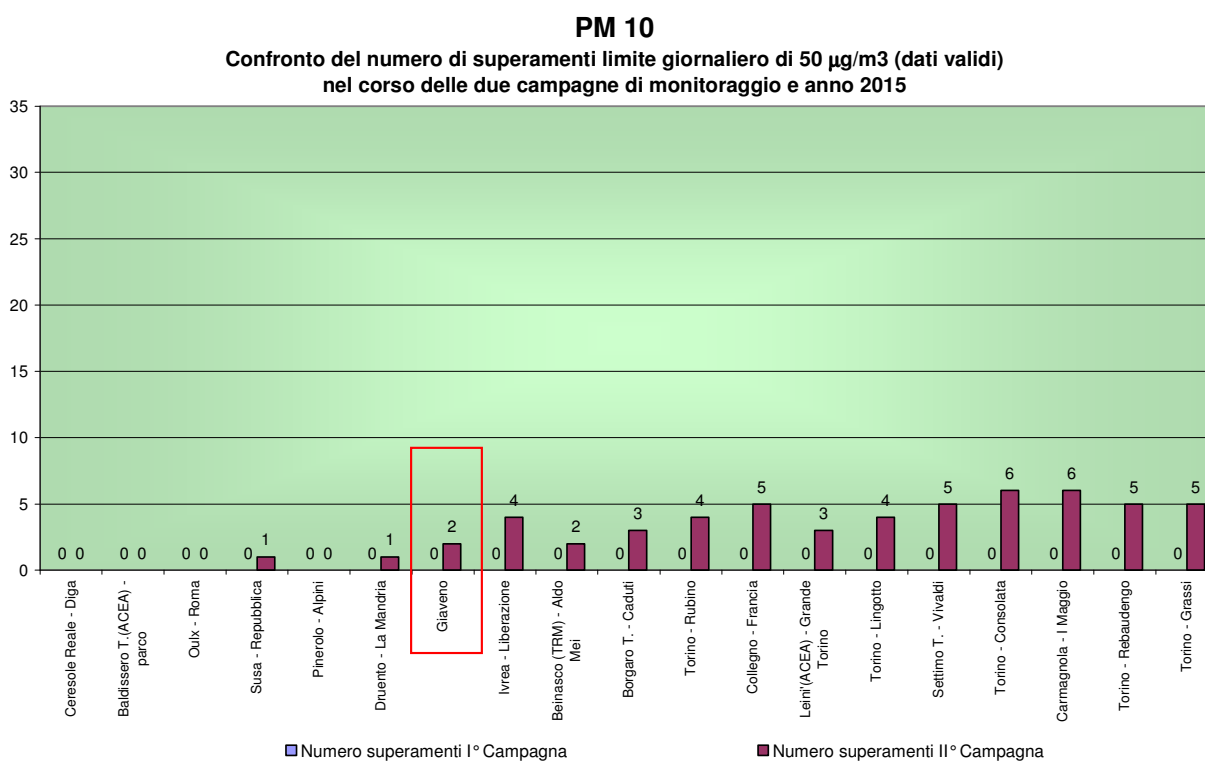


Figura 25 – Particolato sospeso PM2.5, confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

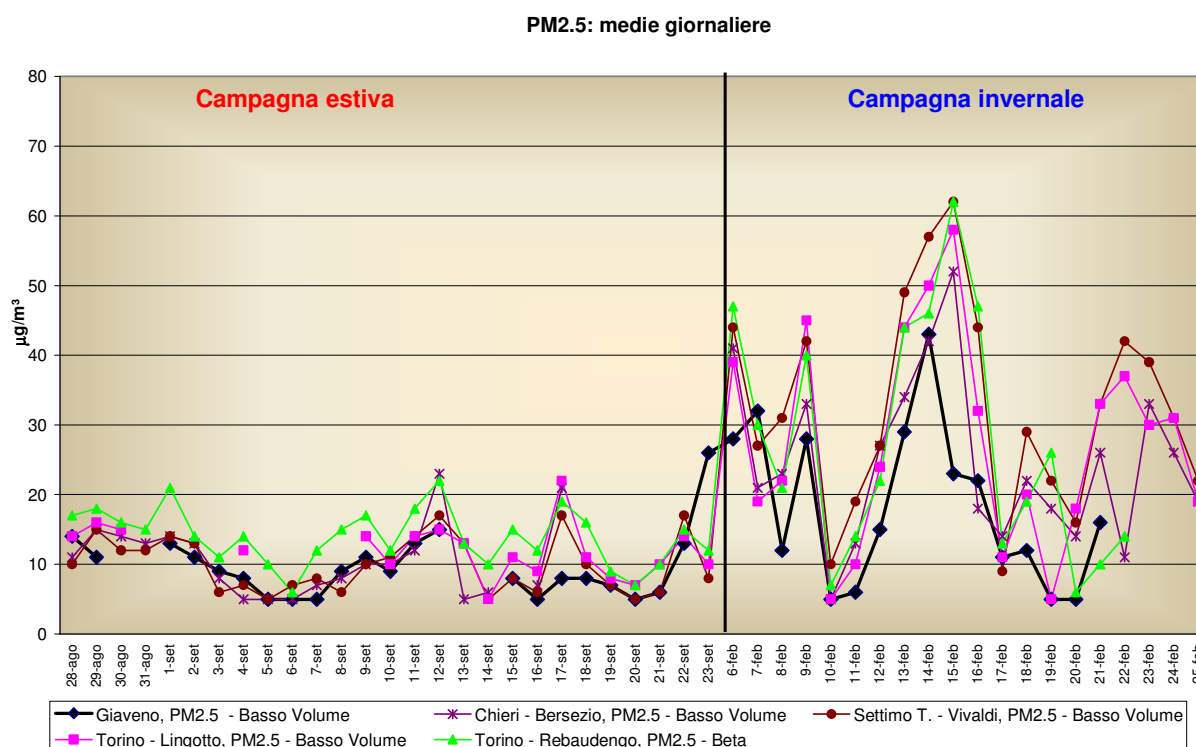
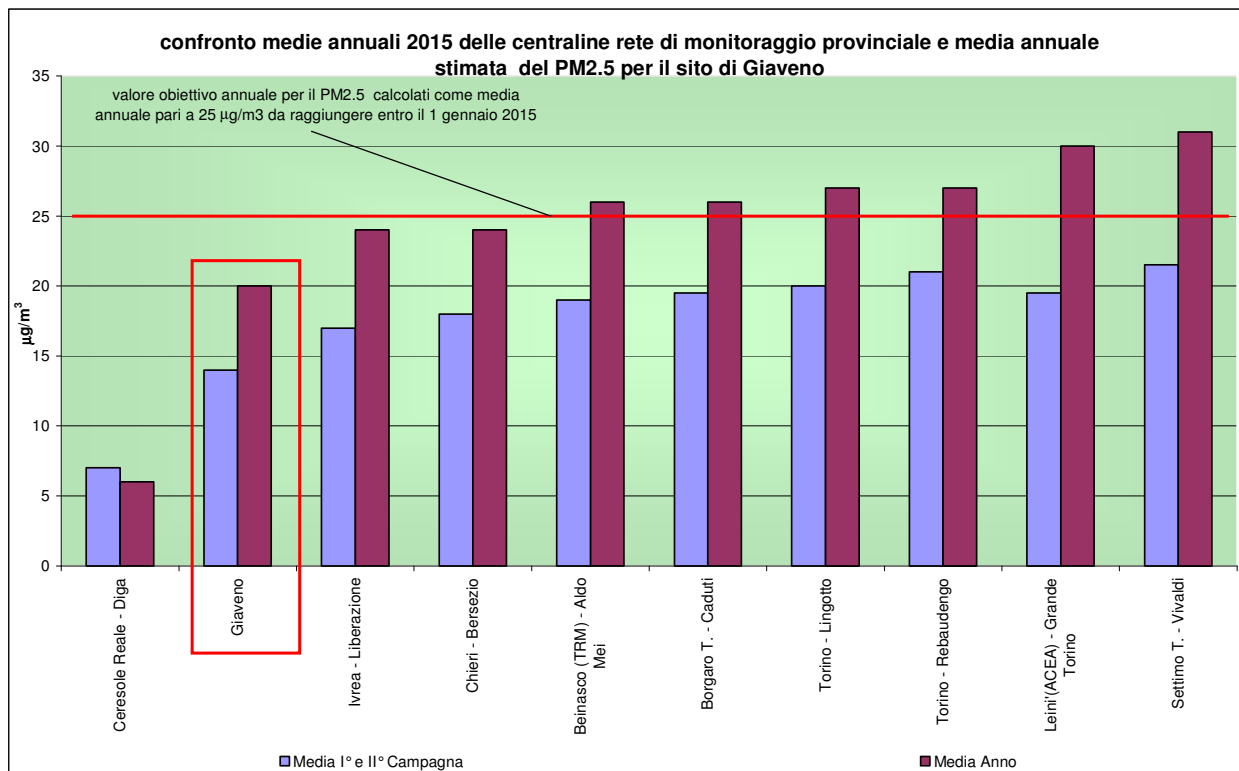


Figura 26 - Particolato sospeso PM2.5 confronto medie anno 2015 e medie del periodo nella provincia di Torino



Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%¹. 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.)².

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

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

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

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)³ 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 17 - 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

¹ European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

² EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

³ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO₂, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5}) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Giaveno è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei 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 provincia 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 provincia 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; per le concentrazioni nel PM_{2.5} il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale vengono analizzate le concentrazioni degli IPA nel PM_{2.5}. Dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Giaveno, 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 Giaveno

M_c : media stimata anno 2015 per ogni parametro IPA Giaveno

m_p : media periodo campagne per ogni parametro IPA Provincia di Torino

M_p : media anno 2015 per ogni parametro IPA Provincia di Torino

Dall'analisi dei dati notiamo che, in base alla stima effettuata (0,8 ng/m³), il valore obbiettivo dettato dal D.Lgs 155/2010 per il benzo(a)pirene (1 ng/m³ media annuale) nel sito di monitoraggio di Giaveno è rispettato; gli altri IPA monitorati hanno evidenziato concentrazioni analoghe ad altri siti della rete di monitoraggio provinciale, aventi le stesse condizioni d'inquinamento (vedi Figura 27, Figura 28, Figura 29, Figura 30); il valore medio annuale di benzo(a)pirene risulta molto vicino alla stazione di Torino-Consolata e Torino-Rubino. Per gli altri IPA i valori sono più simili alla stazione di Ivrea-Liberazione.

Gli IPA determinati sul particolato PM_{2,5} seguono lo stesso andamento di quelle analizzati sul PM₁₀ e le concentrazioni riscontrate sono del tutto confrontabili, avvalorando l'ipotesi che i vari IPA vengono adsorbiti totalmente sul particolato più fine come documentato in letteratura.

Tabella 18: Laboratorio mobile ARPA presso Giaveno - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Giaveno - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio						
	Estate		Inverno		Media campagne	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Benzo(a)antracene (ng/m ³)	0.04	0.04	0.95	0.89	0.50	0.47
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	0.09	0.09	3.65	3.65	1.87	1.87
Benzo(a)pirene (ng/m ³)	0.00	0.00	1.00	1.00	0.50	0.50
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	0.05	0.05	1.52	1.52	0.79	0.79

Figura 27 - Benzo(a)antracene confronto della media campagna invernale ed estiva con media anno 2015 nella provincia di Torino

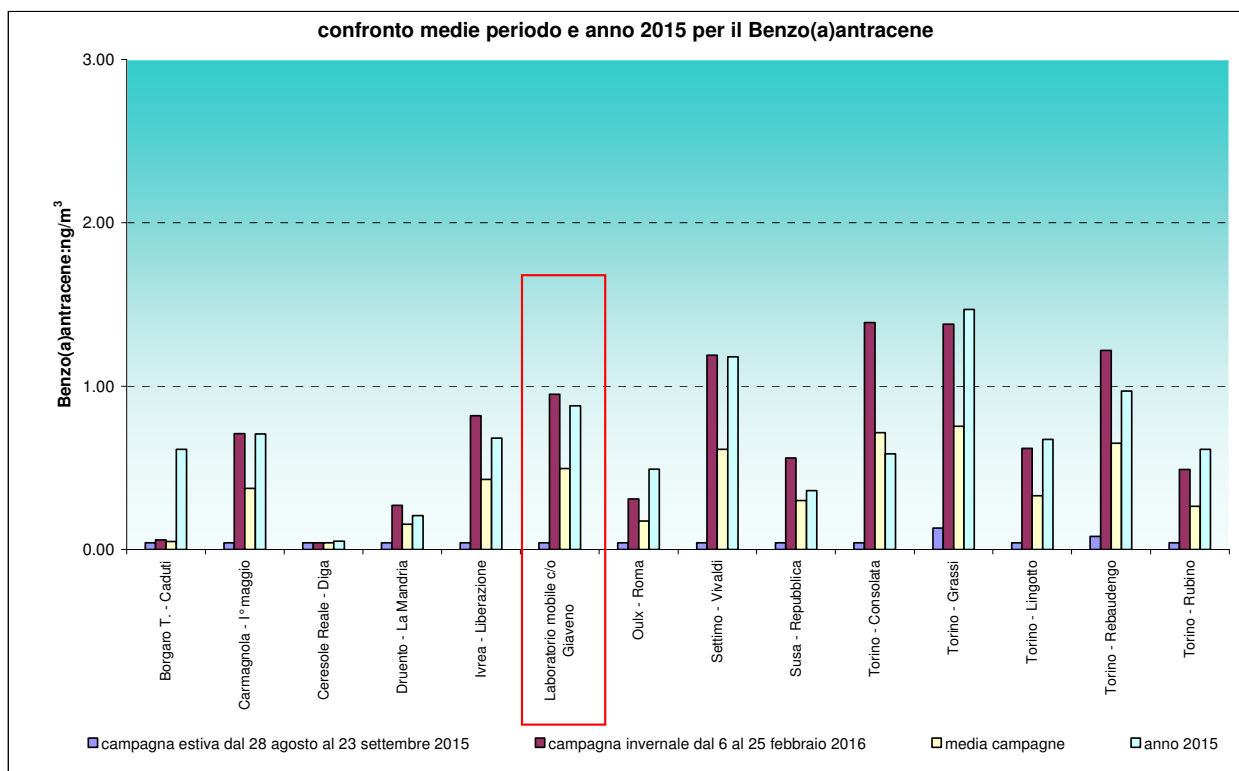


Figura 28 - Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media campagna invernale ed estiva con media anno 2015 nella provincia di Torino

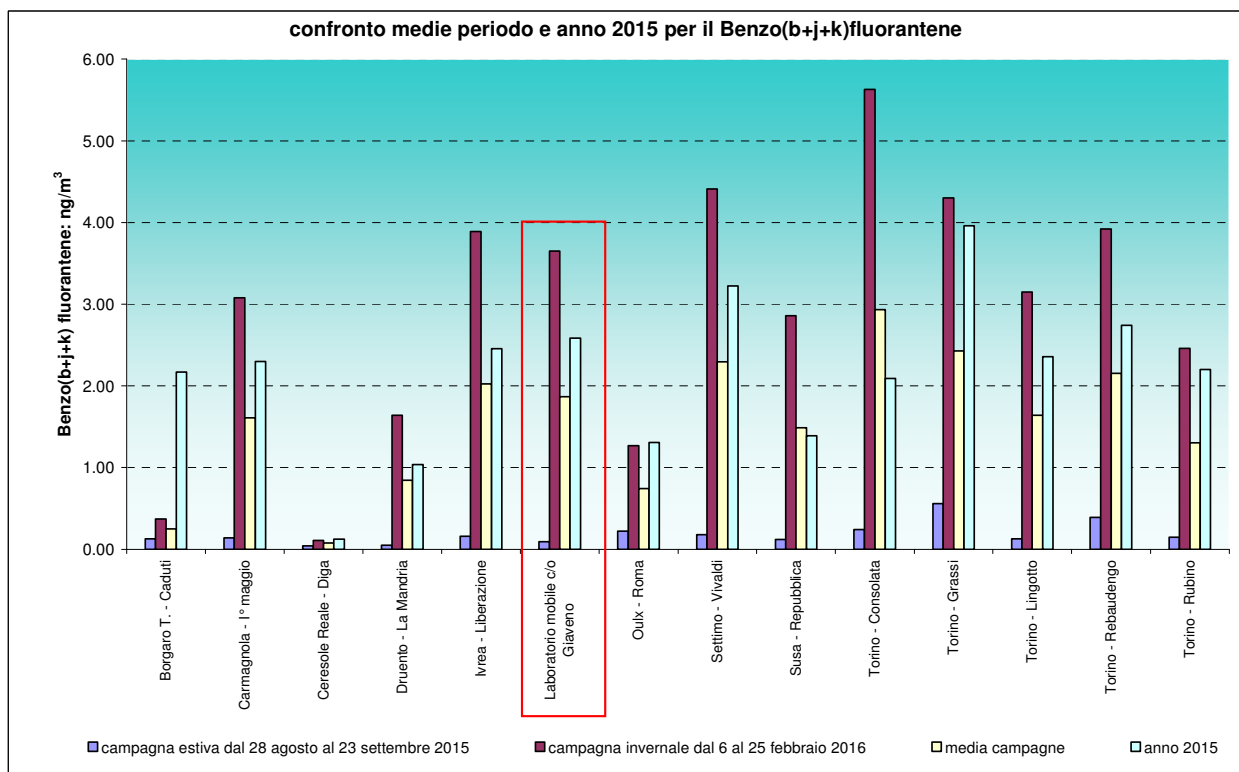


Figura 29 - Benzo(a)pirene confronto della media campagna invernale ed estiva con media anno 2015 nella provincia di Torino

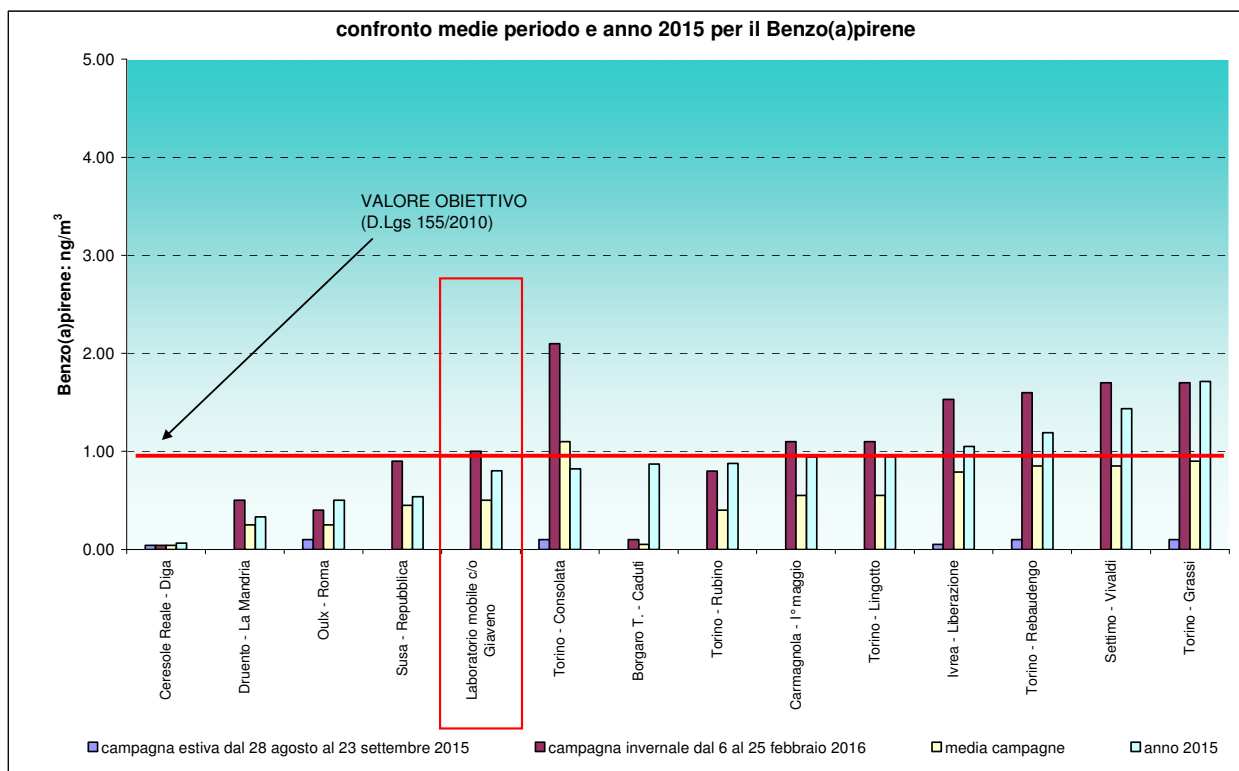
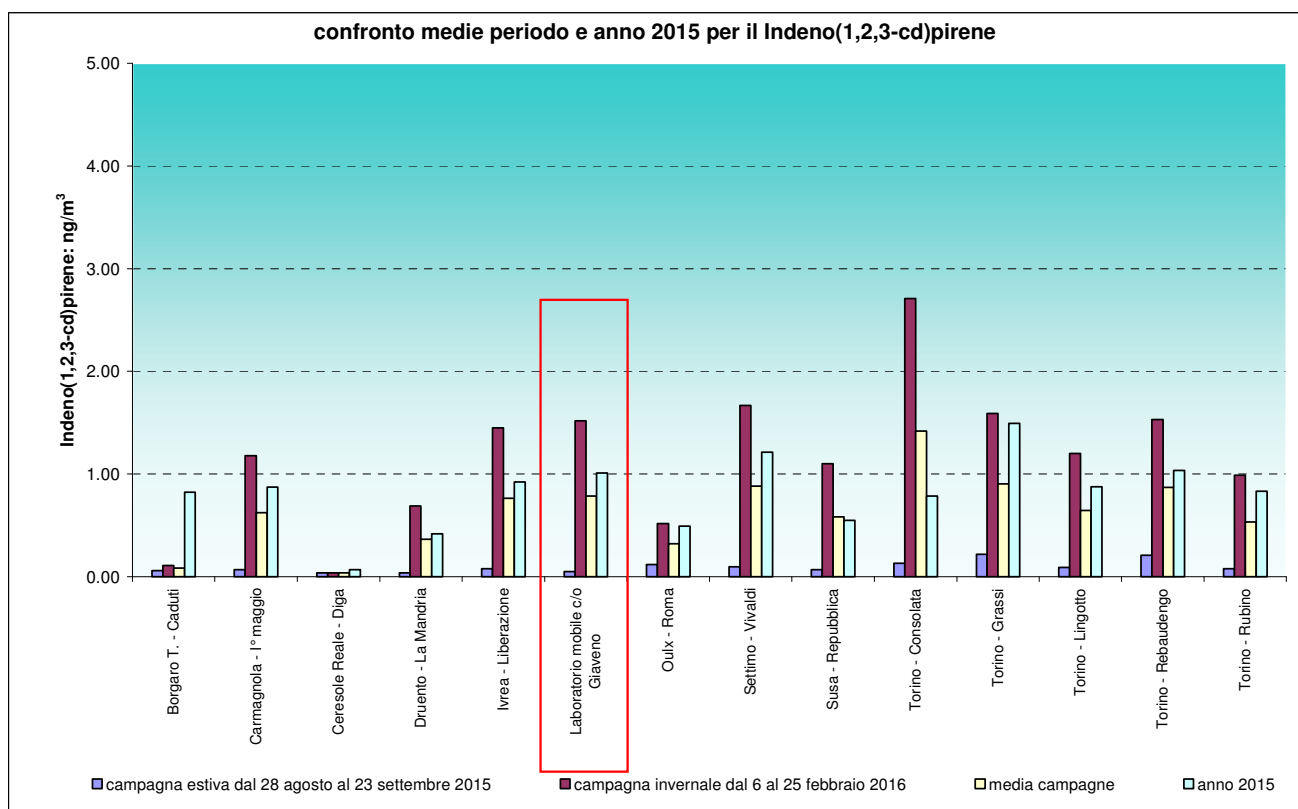


Figura 30 - Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media campagna invernale ed estiva con media anno 2015 nella provincia di Torino



Metalli

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

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

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

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

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di α_1 antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

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

Nella Tabella 19 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 19 - 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 Giaveno 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 provincia 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 provincia 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; per le concentrazioni nel PM_{2.5} il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale vengono analizzate le concentrazioni dei metalli nel PM_{2.5}. Dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Giaveno permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne per ogni metallo Giaveno

M_c : media stimata anno 2015 per ogni metallo Giaveno

m_p : media periodo campagne per ogni metallo Provincia di Torino

M_p : media anno 2015 per ogni metallo Provincia 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, nichel e cadmio sono omogenee in tutto il territorio provinciale, nelle stazioni analoghe al sito di monitoraggio (Susa) ed inferiori alle stazioni di traffico site nella Città di Torino.

Le concentrazioni dei metalli determinati su PM_{2.5} seguono lo stesso andamento di quelli analizzati su PM₁₀, con concentrazioni confrontabili in tutti i casi tranne che per il nichel, che nel PM_{2.5} è presente in quantità minore.

Tabella 20 - Laboratorio mobile ARPA presso Giaveno - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Borgaro (Mappano): concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio						
	Estate		Inverno		Media campagna	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Arsenico (ng/m ³)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
Cadmio (ng/m ³)	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
Nichel (ng/m ³)	2.9	2.9	2.3	0.8	2.6	1.9
Piombo (µg/m ³)	0.003	0.002	0.005	0.005	0.004	0.004

Figura 31 - Arsenico confronto della media campagna invernale ed estiva con media anno 2015 nella provincia di Torino

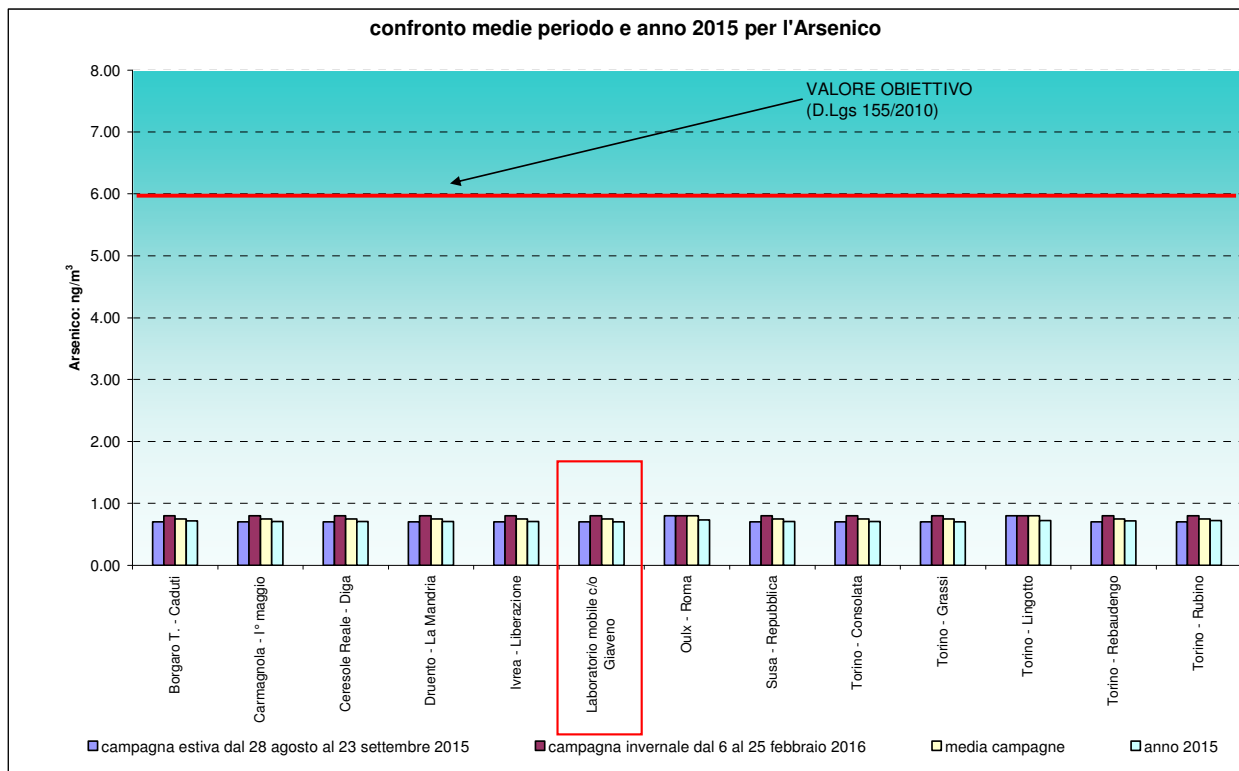


Figura 32 Cadmio confronto della media campagna invernale ed estiva con media anno 2015 nella provincia di Torino

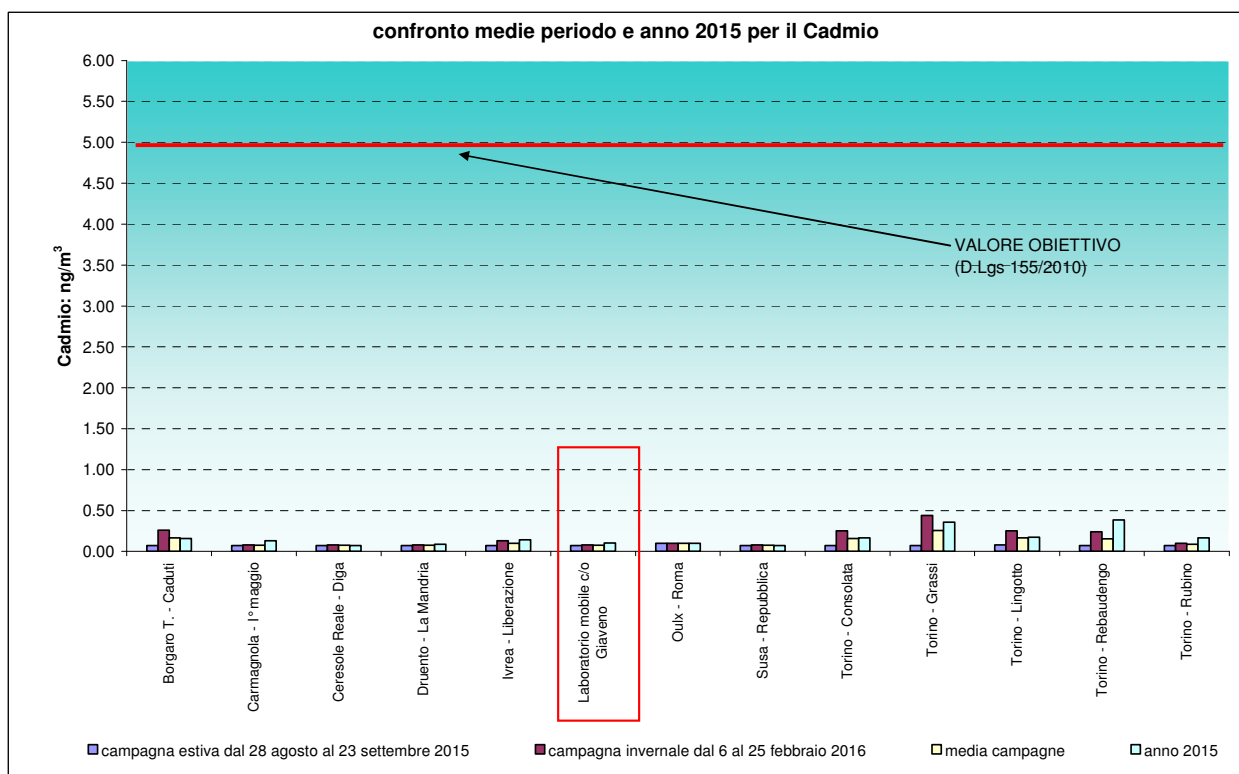


Figura 33 Nichel confronto della media campagna invernale ed estiva con media anno 2015 nella provincia di Torino

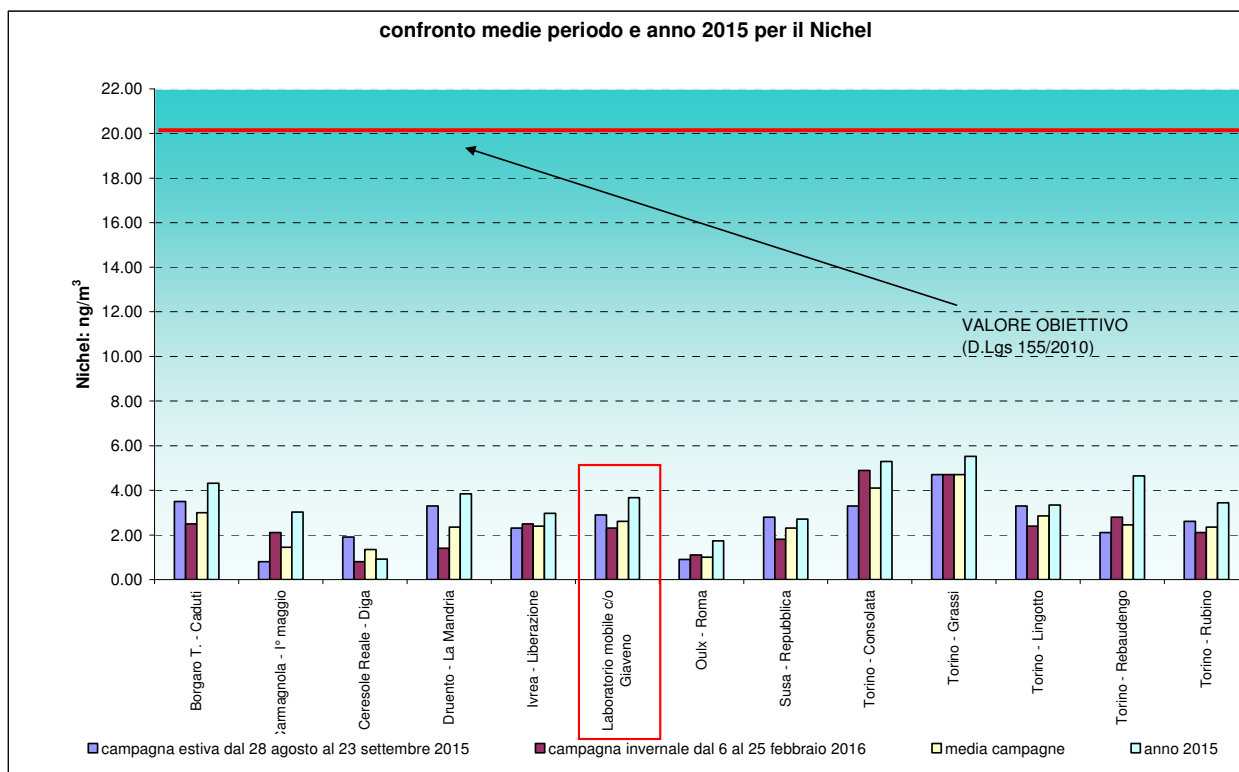
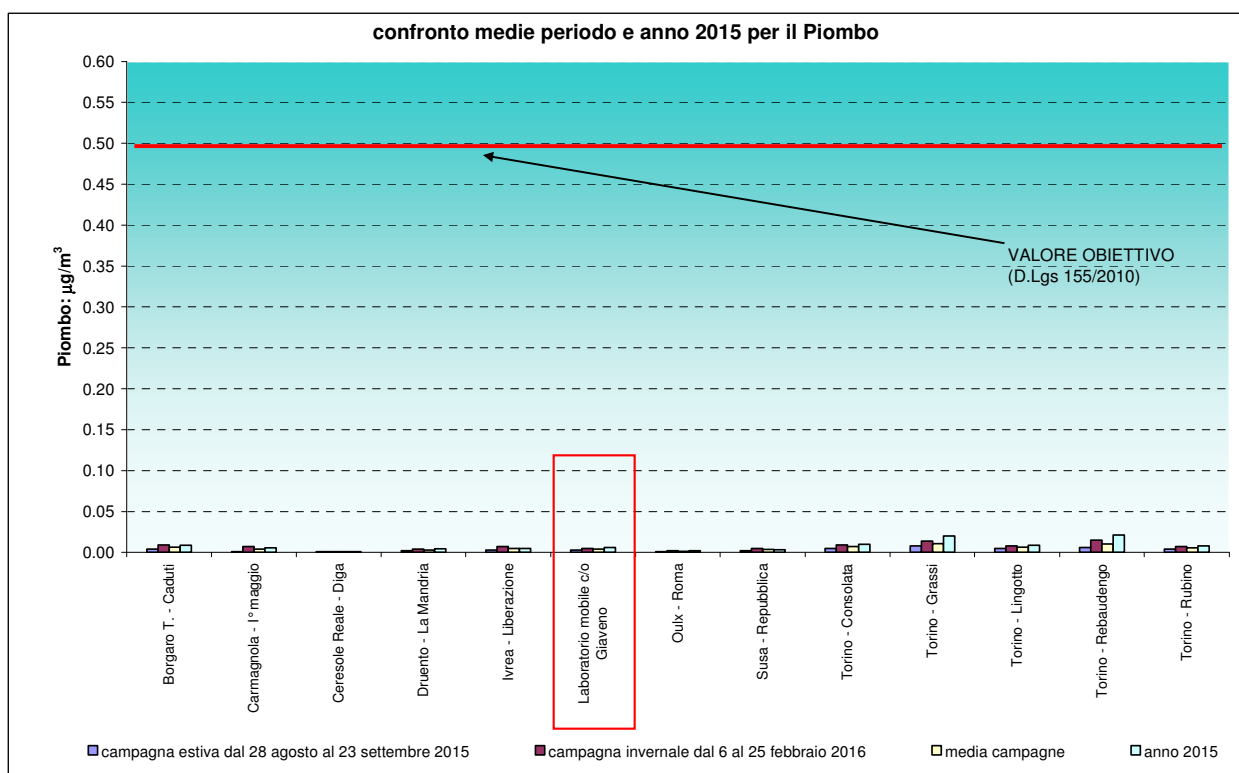


Figura 34 Piombo confronto della media campagna invernale ed estiva con media anno 2015 nella provincia di Torino

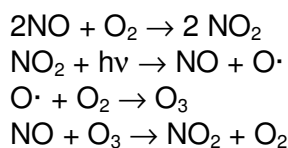


Ozono

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).

I valori più alti di tale inquinante si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

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



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

Durante la campagna estiva i livelli sono generalmente risultati inferiori a 200 µg/m³ (Tabella 21). Si osservano diversi dati orari che superano la soglia dei 120 µg/m³ contribuendo al superamento del limite per la protezione della salute. Riassumendo si sono registrati 12 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore), e un superamento del livello d'informazione (pari a 180 µg/m³ come media oraria); non è mai stato superato, invece, il livello di allarme (pari a 240 µg/m³ per almeno tre ore consecutive). La media dell'intero periodo è pari a 91 µg/m³, con un valore massimo di media oraria di 197 raggiunto il 31 agosto.

In inverno i valori sono molto più bassi dei periodi più caldi, la media dei valori orari è stata di 49 µg/m³, con una massima media oraria di 109 µg/m³; non si sono registrati superamenti.

In Figura 35 viene riportato l'andamento orario della concentrazione di ozono confrontato con le stazioni fisse di Susa e Torino - Lingotto, che risulta, in generale più elevato rispetto ad entrambe le stazioni soprattutto nei valori massimi.

Il superamento del limite per la protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come massima media giornaliera trascinata sulle 8 ore), è strettamente legato alle condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato la campagna di misura (Figura 36). Se da un lato le alte temperature e la radiazione solare hanno contribuito alla formazione dell'inquinante, dall'altro va osservato che la presenza di giornate caratterizzate da pioggia (13 settembre), ha inciso sulla riduzione dei livelli di ozono in atmosfera registrata nella seconda parte della campagna di monitoraggio estiva.

Nel grafico di Figura 37 invece è possibile notare la correlazione dei dati di ozono con i valori di temperatura dell'aria, a confronto nelle due campagne di monitoraggio. Come si può notare le più elevate temperature estive ed il maggiore irraggiamento solare hanno favorito una superiore formazione di ozono nella campagna estiva rispetto a quella invernale.

Tabella 21– Dati relativi all’ozono (O₃) (µg/m³)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	39	26
Massima media giornaliera	138	77
Media delle medie giornaliere (b):	92	48
Giorni validi	24	14
Percentuale giorni validi	92%	70%
Media dei valori orari	91	49
Massima media oraria	197	109
Ore valide	590	350
Percentuale ore valide	95%	73%
Minimo medie 8 ore	18	17
Media delle medie 8 ore	92	49
Massimo medie 8 ore	172	101
Percentuale medie 8 ore valide	93%	72%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	91	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	12	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	3	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	1	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

Figura 35 – O₃: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo estivo

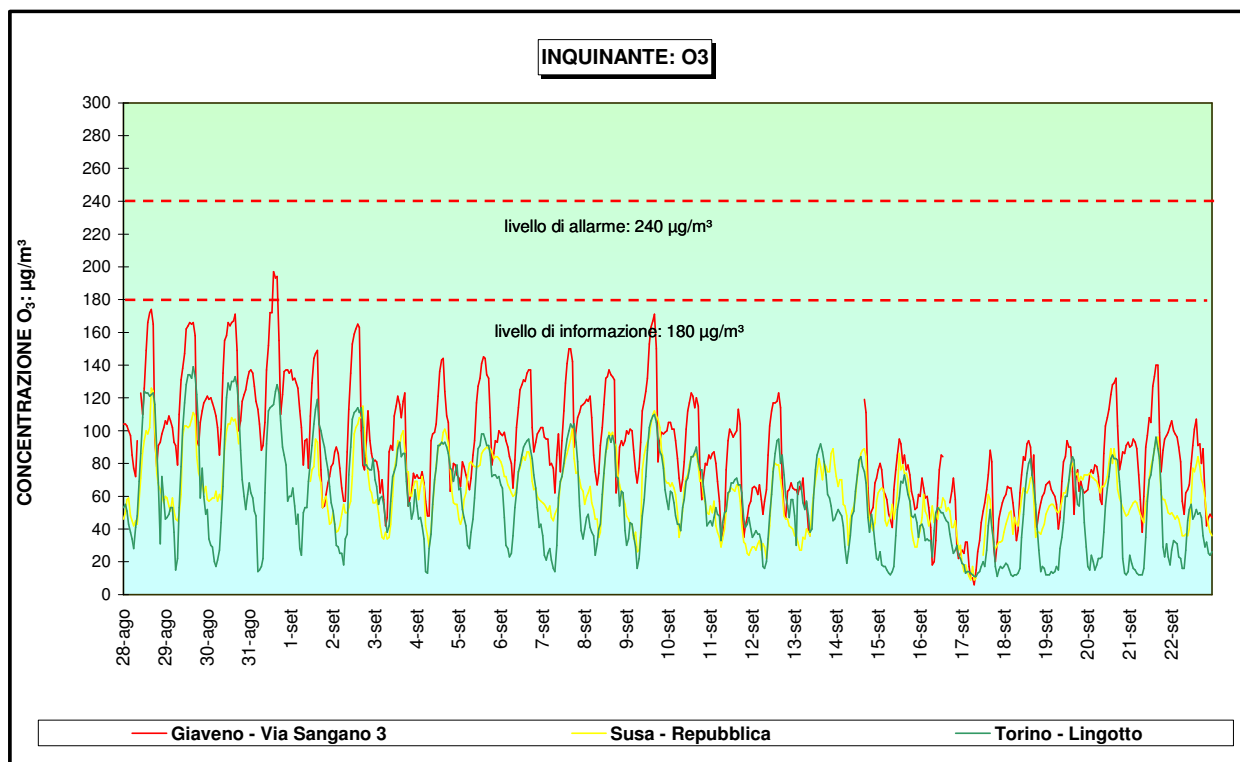


Figura 36– O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

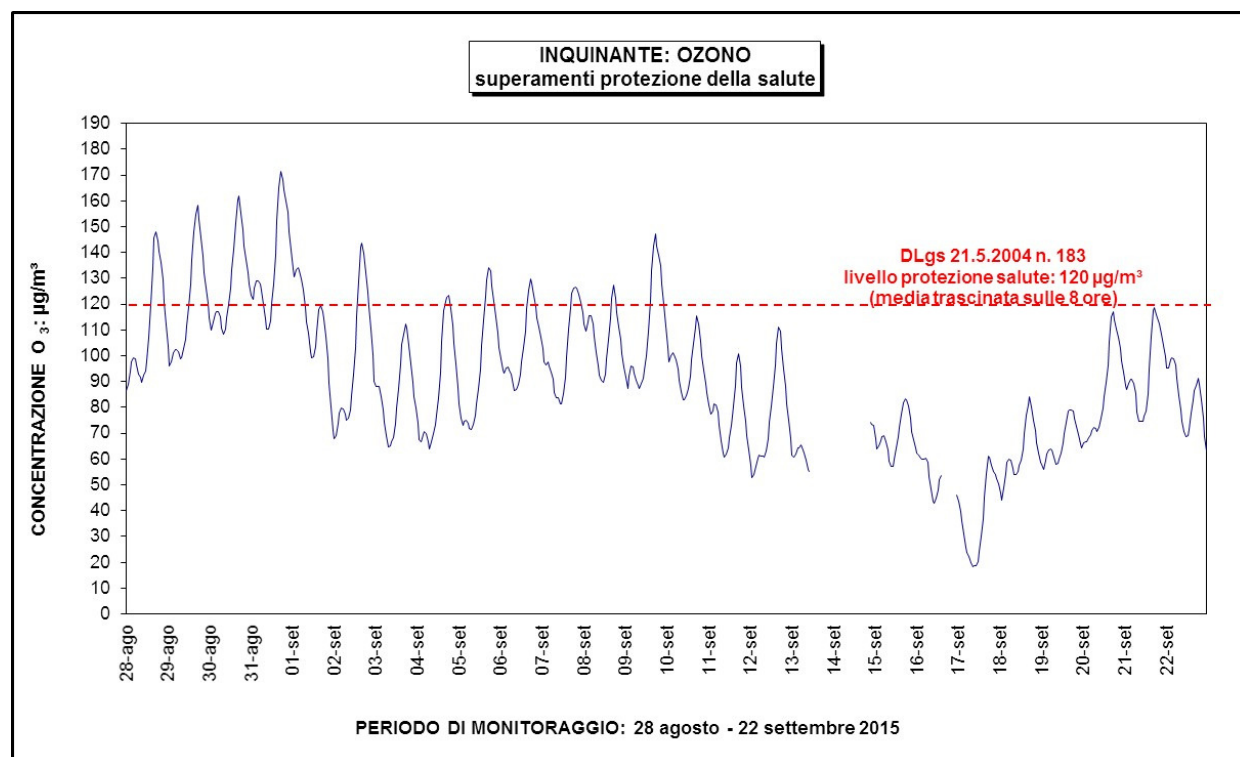
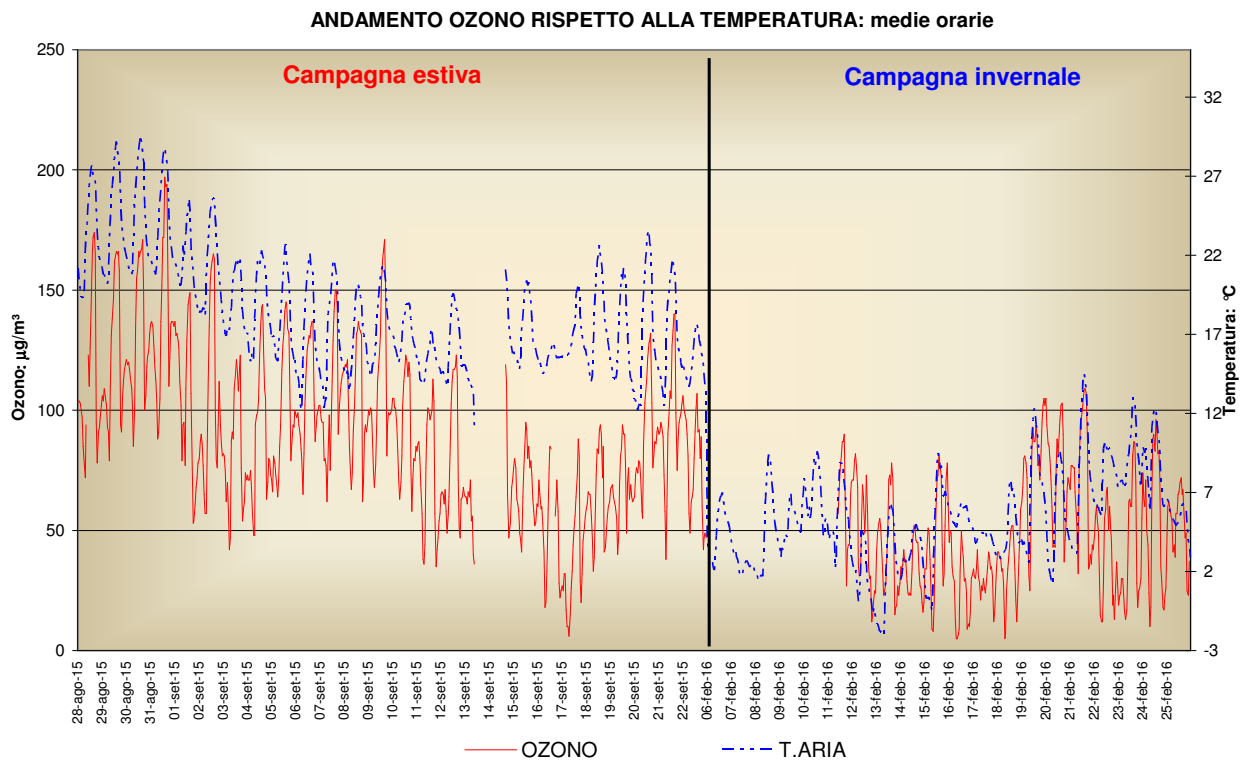


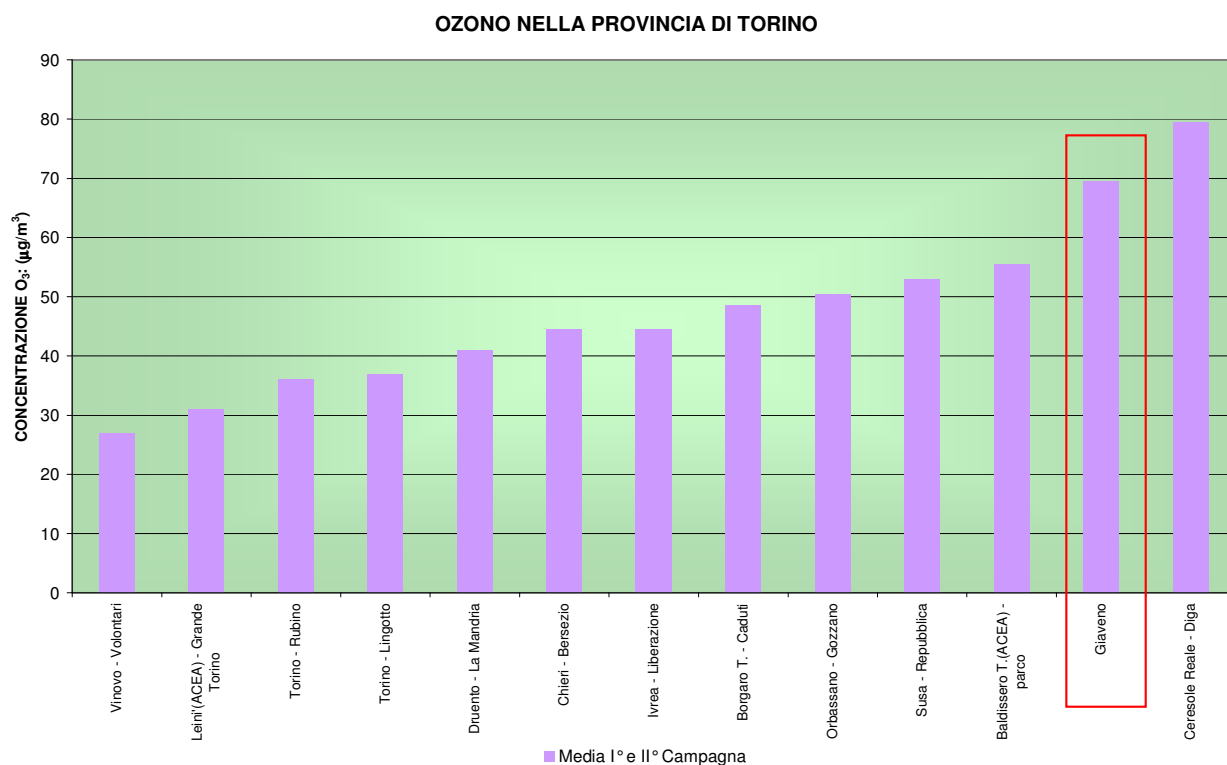
Figura 37 - O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con temperatura dell'aria



Nella Figura 38 si riporta il confronto tra le medie dei valori registrati nei due periodi di monitoraggio con quelle misurate nelle altre stazioni della rete fissa. Come si può vedere l'ozono a Giaveno rappresenta una grossa criticità in quanto mostra valori superiori a quelli di tutta la rete provinciale ad esclusione della stazione di Ceresole, che tuttavia si trova ad una quota di 1600 metri. Tali livelli di ozono possono essere spiegati dalla tipologia del sito, poco impattato da fonti puntuali di traffico veicolare dove, a differenza dei siti ubicati in area urbana, tale inquinante non viene distrutto nelle ore notturne (cioè in assenza di sole) dagli stessi agenti inquinanti che ne hanno promosso la formazione nelle ore diurne.

La criticità dei valori di ozono era stata già evidenziata in occasione dei monitoraggi e delle stime modellistiche elaborate da Arpa Piemonte nel 2013 in occasione del Progetto "Take a Breath!" (<http://www.tabproject.eu/>), per tutto il distretto di Giaveno (Coazze, Giaveno, Reano, Sangano, Trana, Valgioie). In quell'occasione il laboratorio mobile era stato collocato a Sangano ed anche allora i valori medi di ozono estivi erano risultati i più elevati di tutta la rete, ad esclusione della stazione di Baldissero T.se. Sarebbe pertanto utile un approfondimento ulteriore in merito, ripetendo il monitoraggio nei prossimi anni.

Figura 38– O₃ confronto delle medie dei due periodi di monitoraggio



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il sito di Via Sangano 3 nel comune di Giaveno a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del laboratorio mobile rispecchia quanto osservato in siti simili della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono, biossido di zolfo e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana su base oraria e giornaliera per biossido di zolfo, monossido di carbonio e biossido di azoto ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione del particolato atmosferico PM10 e dell'ozono. Infatti, per quest'ultimo sono stati registrati 12 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massima media trascinata sulle otto ore) e 3 del livello informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Per quanto riguarda il PM10 sono stati registrati due superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$); il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa è di 35 in un anno civile.

Per quanto riguarda il rispetto di tale valore limite, il confronto con i valori rilevati dalle altre stazioni provinciali nello stesso periodo mostra come i valori siano superiori a quelli delle stazioni poste in Val di Susa (Susa e Oulx) e siano quasi sovrapponibili alla stazione di Pinerolo. Sulla base della correlazione tra medie annuali e numero di superamenti è stato stimato che quest'ultimo sia 40 e quindi il valore limite, seppur di poco, non sia rispettato.

Per quanto riguarda il valore limite su base annuale del PM10, è stata calcolata una stima della media annuale sulla base dei valori registrati in provincia di Torino, ottenendo una media di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore quindi al valore limite annuale per il PM10.

Per quanto riguarda il PM2.5 la stima del valore medio annuale, pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è inferiore al valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dal D.Lgs 155/2010 e si colloca tra i più bassi a livello provinciale.

Le stime dei valori annuali di benzene e benzo(a)pirene, non hanno evidenziato superamenti dei limiti previsti per questi parametri.

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.

Nel loro insieme i dati presentati mostrano, per il periodo monitorato, una situazione con criticità relativamente ridotte, con l'eccezione dell'ozono. La criticità dei valori di ozono era stata già evidenziata in occasione dei monitoraggi e delle stime modellistiche elaborate da Arpa Piemonte nel 2013 in occasione del Progetto "Take a Breath!" (<http://www.tabproject.eu/>), per tutto il distretto di Giaveno (Coazze, Giaveno, Reano, Sangano, Trana, Valgioie). In quell'occasione il laboratorio mobile era stato collocato a Sangano ed anche allora i valori medi di ozono estivi erano risultati i più elevati di tutta la rete, ad esclusione della stazione di Baldissero T.se. Sarebbe pertanto utile un approfondimento ulteriore in merito, ripetendo il monitoraggio nei prossimi anni.

Per quanto concerne l'ozono va sottolineato che si tratta di un fenomeno di inquinamento atmosferico che nei mesi estivi interessa tutto il territorio provinciale e regionale e quindi non caratteristico del sito in esame; trattandosi di un inquinante secondario, non emesso direttamente da fonti antropiche e che può avere origine anche in zone lontane rispetto al sito di misura, la sua gestione, e la conseguente riduzione, deve essere attuata attraverso politiche ad ampia scala territoriale.