

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST

Struttura Semplice di Produzione

OGGETTO:

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI AIRASCA, via Roma c/o piazza San Bartolomeo

RELAZIONE FINALE 1^a e 2^a CAMPAGNA (9 dicembre 2013 – 9 gennaio 2014 e 3-27 agosto 2015)



Redazione	Funzione: collaboratore tecnico professionale Nome: dott. ssa Annalisa Bruno	Data: 21.04.2016	Firma
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione Nome: dott. Francesco Lollobrigida	Data: 21.04.2016	

L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" del Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte: dott.ssa Annalisa Bruno, sig. Giacomo Castrogiovanni, dott.ssa Laura Milizia, dott.ssa Marilena Maringo, sig. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida.

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

INDICE

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	6
<i>Il Laboratorio Mobile</i>	8
<i>Il quadro normativo</i>	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	11
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	12
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	15
<i>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici</i>	22
Biossido di zolfo	23
Monossido di carbonio	26
Ossidi d'azoto	29
Benzene e toluene	33
Particolato sospeso (PM ₁₀ e PM _{2.5}).....	37
Ozono	46
<i>Analisi traffico veicolare.....</i>	50
<i>Consultazione dati.....</i>	58
CONCLUSIONI	59
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	61

***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/m^3) al microgrammo per metro cubo ($\mu\text{g/m}^3$).

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 ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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

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 campionatori di particolato atmosferico PM10 e PM2.5, 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 e PM2.5, 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 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.

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 PM2.5 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 20 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2020.

La normativa prevede inoltre per il PM2.5 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 verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010). 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 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 (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 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 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155).

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

Dopo le campagne svolte nel 2011 e nel 2012, su richiesta dell'amministrazione locale alla fine del 2013 Arpa Piemonte ha cominciato una nuova indagine sulla qualità dell'aria nel territorio del comune di Airasca. La prima richiesta da parte dell'amministrazione locale di un monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è avvenuta nel 2011 ed era stata motivata dalla preoccupazione della popolazione per un presunto peggioramento della qualità dell'aria negli anni più recenti in seguito all'insediamento sul territorio comunale della C&T S.p.A., un impianto di cogenerazione alimentato a biomassa solida (cippato). L'impianto produce energia elettrica e fornisce calore prodotto in cogenerazione allo stabilimento SKF Industrie S.p.A., adiacente alla centrale.

Lo stato della qualità dell'aria nel comune di Airasca emerso dagli esiti delle campagne di monitoraggio condotte da Arpa Piemonte – maggio 2011 e febbraio/marzo 2012 - rispecchiava quanto osservato in siti simili della provincia di Torino. Tuttavia le indagini svolte avevano rilevato una concentrazione piuttosto elevata di polveri fini PM₁₀. La media complessiva dei due periodi di monitoraggio era di 49 µg/m³, valore nominalmente tra i più elevati del territorio provinciale. Nel comune di Airasca era risultata alta (66 µg/m³) soprattutto la concentrazione media registrata nel periodo di campionamento invernale, quando si verificarono tutti gli 11 superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³.

Noti gli esiti delle prime due campagne di misura, l'amministrazione comunale ha quindi fatto richiesta di un'ulteriore indagine sul territorio, ai fini di valutare meglio l'impatto degli inquinanti atmosferici sulla popolazione. Alla fine del 2013 Arpa Piemonte ha quindi cominciato una nuova indagine sulla qualità dell'aria nel territorio del comune di Airasca. In seguito al sopralluogo preliminare congiunto tra Arpa Piemonte e il comune di Airasca si è deciso di spostare il punto di monitoraggio in una zona più centrale del paese – via Roma – dove svolgere in parallelo alle misure degli inquinanti una valutazione del volume di traffico.

Le caratteristiche geografiche del nuovo sito di misura vengono riassunte nella **Tabella 5**.

Tabella 5 – Specifiche del nuovo sito di misura di Airasca

MEZZO DI MISURA	PERIODO	INDIRIZZO	Coordinate UTM (S.R. WGS84)	
Laboratorio mobile per la qualità dell'aria di Arpa Piemonte	I CAMPAGNA	Via Roma c/o Piazza San Bartolomeo - Airasca	EST: 380256	NORD: 4974831
	9/12/2013 – 9/01/2014 II CAMPAGNA 3-27 agosto 2015			

La **Figura 1** evidenzia la rappresentazione cartografica dei siti di misura delle campagne di qualità dell'aria svolte nel comune di Airasca. La **Figura 2** e la **Figura 3** mostrano più nel dettaglio il luogo scelto per il posizionamento del mezzo mobile di rilevazione della qualità dell'aria nell'ultima campagna di misura. Come di consueto sono state svolte due campagne non consecutive, una nel periodo invernale, l'altra in primavera/estate.

Il monitoraggio invernale è stato condotto dal 9 dicembre 2013 al 9 gennaio 2014, quando il mezzo è stato spento e spostato in altro luogo. Il monitoraggio estivo si è svolto dal 3 al 27 agosto 2015.

Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state eseguite considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. Nello specifico i giorni utili per l'effettuazione delle elaborazioni sono 29 per la campagna invernale – dall'11 dicembre 2013 all'8 gennaio 2014. e 23 per la campagna estiva – dal 4 al 26 agosto 2015.

Per una corretta interpretazione dei dati va sottolineato che le concentrazioni di inquinanti atmosferici rilevate dal laboratorio mobile in uno specifico sito sono riferire ai contributi dell'insieme delle fonti presenti, nonché all'eventuale trasporto da altre aree, in particolare per quanto riguarda inquinanti a carattere parzialmente o totalmente secondario, come biossido di azoto, PM10 PM2.5 e ozono.

In linea generale, inoltre, si ricorda che i dati acquisiti nel corso delle singole campagne condotte con i Laboratori Mobili non permettono di effettuare una trattazione formale 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 la normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Airasca – campagne 2011-2012 e 2013-2015



Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Airasca – dettaglio del sito

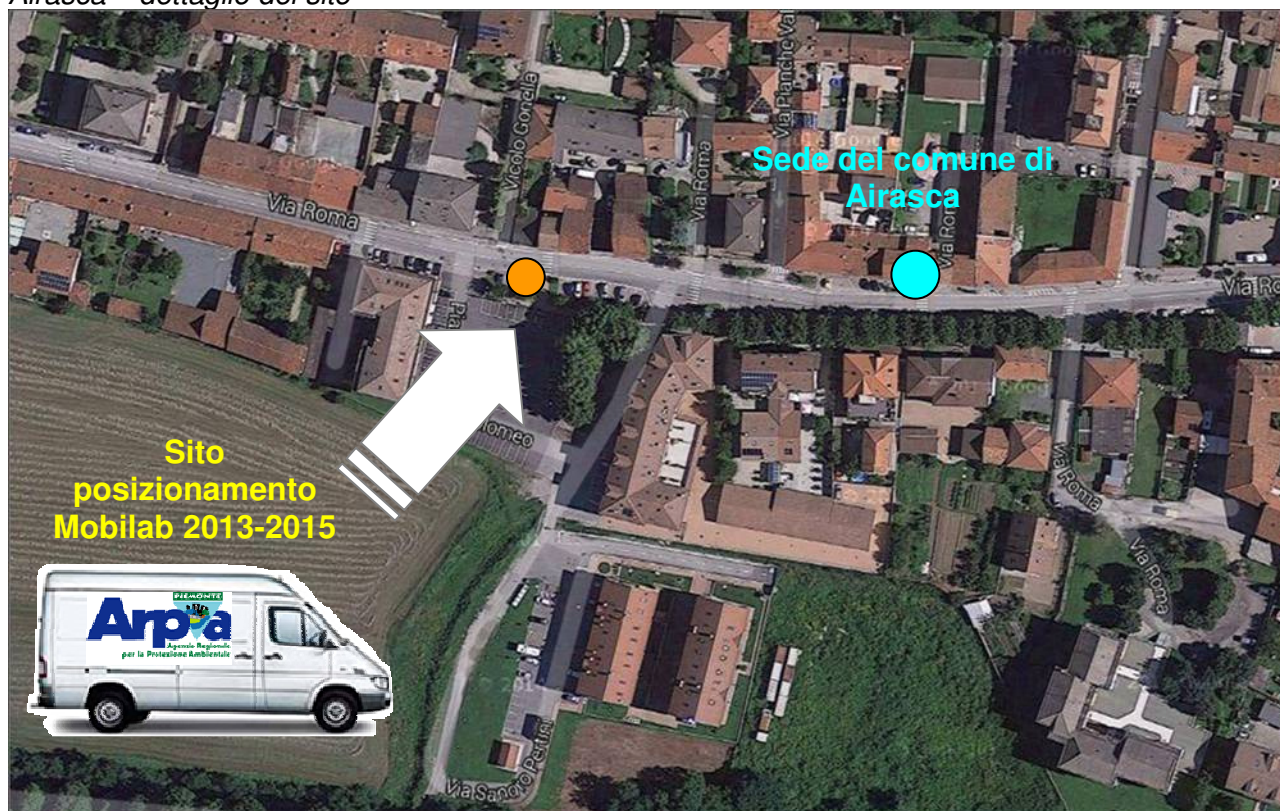


Figura 3 – Dettaglio fotografico del sito di misura di Airasca e posizione del laboratorio mobile



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante il periodo di monitoraggio. I parametri meteorologici normalmente determinati con il laboratorio mobile sono elencati nella **Tabella 6** unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura.

In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva (**Tabella 7**) che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

Tabella 6 – Parametri meteorologici misurati con il laboratorio mobile

pressione atmosferica	P	mbar
<i>direzione vento</i>	<i>D.V.</i>	<i>gradi sessagesimali</i>
<i>velocità vento</i>	<i>V.V.</i>	<i>m/s</i>
<i>umidità relativa</i>	<i>U.R.</i>	<i>%</i>
<i>precipitazioni</i>	<i>PIOGGIA</i>	<i>mm</i>
temperatura	T	°C
radiazione solare globale	R.S.G.	W/m ²

Si fa notare tuttavia che a causa del malfunzionamento di alcuni strumenti di misura l'elaborazione dei dati meteorologici per la campagna di Airasca non è completa. Gli analizzatori della direzione e velocità del vento e i sensori di umidità relativa e pioggia, infatti, non hanno funzionato correttamente durante il campionamento invernale ed è stato quindi necessario invalidare i valori di questi parametri per tutta la prima campagna di misura (dicembre 2013 – gennaio 2014).

La **Figura 4** mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) nel corso delle due campagne di monitoraggio. La durata e l'intensità dell'irraggiamento sono quelli tipici dei periodi indagati. In inverno la media dei valori massimi giornalieri è di 166 W/m², la media complessiva dei valori misurati risulta inferiore a quella registrata nelle stazioni della rete regionale più prossime ad Airasca. La spiegazione è tuttavia di carattere tecnico ed è dovuta ad un artefatto strumentale: qualche oggetto, probabilmente un lampione o un palo telefonico nelle immediate vicinanze del mezzo mobile ha proiettato la propria ombra sul sensore di misura proprio nelle ore centrali della giornata quando normalmente si registrano i valori massimi orari di radiazione solare. La media giornaliera è risultata quindi più bassa di quella delle altre stazioni di confronto perché il sensore per un paio di ore al giorno non ha potuto misurare la radiazione realmente presente sul sito.

La scelta del sito di misura d'altronde deve tenere conto di molti fattori: la volontà del committente di indagare una determinata area, la presenza di un preesistente allaccio elettrico per la strumentazione, l'assenza di ostacoli importanti come palazzi a più piani che potrebbero ostacolare il passaggio delle masse d'aria, così non sempre è possibile evitare questi artefatti strumentali dovuti ad oggetti che proiettano ombra sui sensori.

Per cercare di minimizzare il problema strumentale durante la campagna estiva si è deciso di collocare il laboratorio mobile nello stesso sito di misura ma parcheggiato in senso inverso. In effetti, l'ombra sul sensore durante la seconda campagna è meno evidente. Il monitoraggio estivo presenta valori in linea con la stagione indagata, la media dei valori massimi si colloca intorno a 500 W/m².

La temperatura media del periodo invernale (**Figura 5**) è stata di 2.6 °C, valore in linea con la temperatura media registrata nella stazione di misura di Pinerolo nello stesso periodo (3.0 °C). Il valore minimo orario si è raggiunto il 13 dicembre con -3.1 °C, mentre il valore massimo è stato rilevato il 27 dicembre con 11.5 °C. Durante la campagna estiva la temperatura media si è attestata intorno ai 22 °C. Il valore minimo orario è stato registrato il 25 agosto con 12.9 °C, la giornata più calda si è avuta il 7 agosto con un valore massimo orario di 34.9 °C. Entrambi i dati sono in linea con quelli misurati nelle stazioni della rete meteo idrografica regionale più prossime al sito in esame.

Nel grafico di **Figura 5** sono presenti anche i dati di precipitazione del periodo estivo, l'unico per il quale la strumentazione atta alla misurazione della pioggia ha funzionato correttamente. Si può notare che ad agosto 2015 ci sono stati diversi episodi di precipitazione distribuiti in maniera omogenea in tutto il periodo di misura. Il fenomeno più intenso si è verificato il 15 agosto con 24.6 mm di pioggia giornaliera, e quello più lungo nei giorni 23-25 agosto. Dal grafico sovrapposto si può notare come gli abbassamenti di temperatura siano strettamente correlati agli eventi piovosi in corso.

Per quanto riguarda l'umidità relativa, come detto in precedenza, non è stato possibile validare i dati della campagna invernale a causa di un malfunzionamento strumentale.

Durante la campagna di misura estiva lo strumento ha ben funzionato e l'umidità relativa media si è attestata intorno al 69%. In genere l'umidità segue un andamento giornaliero ciclico, con valori più alti di notte e più bassi di giorno, in corrispondenza delle temperature massime giornaliere. È evidente che durante gli eventi piovosi più o meno intensi l'andamento tipico dell'umidità viene meno e anche di giorno la percentuale di umidità rimane elevata a causa delle precipitazioni (**Figura 6**).

Il grafico di **Figura 7** mostra l'andamento del giorno medio per temperatura, umidità relativa e radiazione solare. La diminuzione della radiazione solare tra le 12 e le 13 durante la campagna invernale è frutto - come detto - di un artefatto strumentale e non dell'andamento naturale dell'intensità luminosa sul sito in esame, che è possibile vedere per il giorno medio estivo, quando infatti per ovviare al problema la posizione del laboratorio mobile è stata invertita. Il grafico infine ben evidenzia i tipici andamenti inversi di umidità relativa da una parte e radiazione e temperatura dall'altra, benché per quest'ultima sia meno evidente a causa della scala che è stato necessario scegliere sull'asse delle ordinate secondario.

Nel corso di tutta la campagna il campo pressorio si è attestato tra i 959 ed i 1007 mbar (**Figura 8**) d'inverno e tra i 978 e i 990 mbar d'estate. Il giorno medio come di consueto presenta due picchi giornalieri, il più alto intorno alle 10.00 -11.00 del mattino, il più basso la sera tardi dopo le 22.00.

Durante la campagna invernale, come detto, non è stato possibile valutare l'anemologia del sito in esame poiché i sensori di velocità e direzione del vento non hanno restituito valori attendibili ed è stato necessario invalidarli per tutto il periodo di misura.

È stato invece possibile elaborare i dati di direzione e velocità del vento durante la campagna estiva del 2015. L'anemologia tuttavia non è completamente sovrapponibile a quella delle campagne precedenti (2011-2013) in quanto la posizione del mezzo è cambiata. Poche centinaia di metri infatti in ambiente urbano possono comportare cambiamenti non irrilevanti nella direzione di provenienza dei venti a causa della presenza degli edifici all'intorno del sito di misura.

La direzione di provenienza dei venti principali ad agosto 2015 è stata sud-sud ovest durante le ore diurne e nord-nord est durante la notte (**Figura 9**). Anche se le direzioni sono leggermente diverse rispetto quelle individuate durante le campagne di misura degli anni 2011-13 (sud sud est di giorno e nord nord ovest la notte), si può comunque evidenziare lo stesso regime di brezza con ciclo giornaliero diurno/notturno. Il luogo indagato, infatti, risente delle brezze di valle e di monte delle vicine vallate alpine. Di giorno viene richiamata l'aria dal fondovalle verso i monti (brezza di valle); di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle montagne

(brezza di monte). La condizione di vento di valle è fondamentale per la pulizia dell'aria in pianura perché permette un rimescolamento rapido con le masse d'aria presenti in quota, atte a disperdere gli inquinanti.

Più in particolare ad Airasca (**Figura 10** e **Figura 11**) durante il giorno oltre alla componente sud ovest esiste anche una componente minore da nord est, dovuta probabilmente all'estensione dell'intervallo orario diurno. D'estate il giorno convenzionale dura molte ore, arrivando così a comprendere anche qualche ora pomeridiana in cui già spira la brezza di monte - di provenienza settentrionale nel caso di studio.

In generale la percentuale di calme di vento - velocità inferiore a 0.5 metri al secondo - è piuttosto elevata di notte, 67%; le calme si riducono invece a quasi un terzo, 23%, durante il giorno. Il movimento delle masse d'aria quindi avviene prevalentemente nelle ore diurne quando il vento spira da sud ovest verso nord est, contribuendo a spazzare l'aria della zona di pianura. Si sottolinea che in base allo spettro anemologico evidenziato dalle misure, raramente il vento proviene dall'area del complesso industriale e spira verso il concentrico del comune di Airasca.

Tabella 7 – Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso della campagna di monitoraggio

MEZZO MOBILE c/o PIOSSASCO (1)	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO	
	W/m ²		°C		%		mbar		m/s	
	Inverno	Estate	Inverno	estate	Inverno	estate	Inverno	estate	Inverno	estate
Minima media giornaliera	0.2	16	°C	17.2	-	56	963	978	-	0.4
Massima media giornaliera	45	220.0	0.6	28.3	-	89	1005	990	-	1.0
Media delle medie giornaliere	25.9	154	5.6	22.6	-	69	992	984	-	0.6
Giorni validi	29	23	2.6	23	-	23	29	23	-	23
Percentuale giorni validi	100%	100%	29	100%	-	100%	100%	100%	-	100%
Media dei valori orari	25.9	154	100%	22.6	-	69	992	984	-	0.6
Massima media oraria	280	644	2.6	35	-	99	1007	992	-	2.9
Ore valide	696	552	11.5	552	-	552	696	552	-	511
Percentuale ore valide	100%	100%	695	100%	-	100%	100%	100%	-	93%

Figura 4 – Andamento della radiazione solare globale ad Airasca durante le due campagne di misura

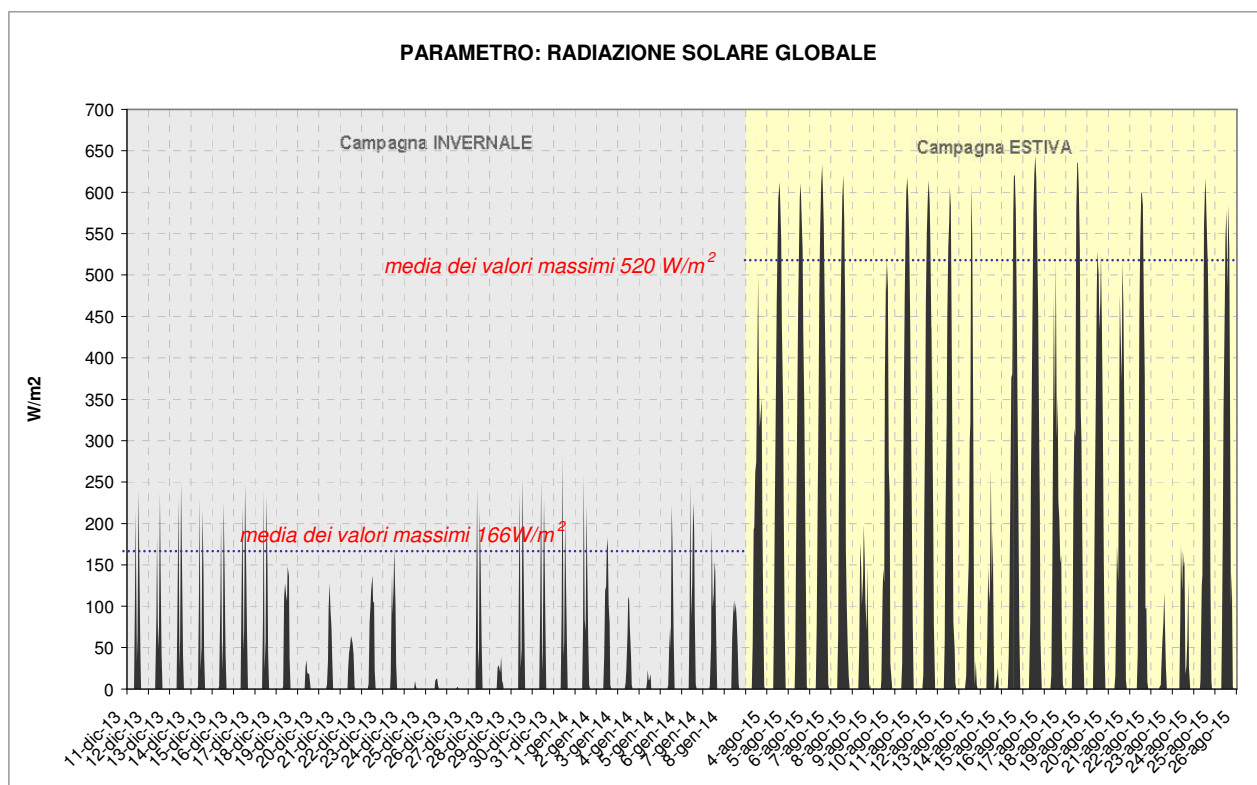


Figura 5 – Andamento di temperatura e pioggia ad Airasca durante la campagna di monitoraggio

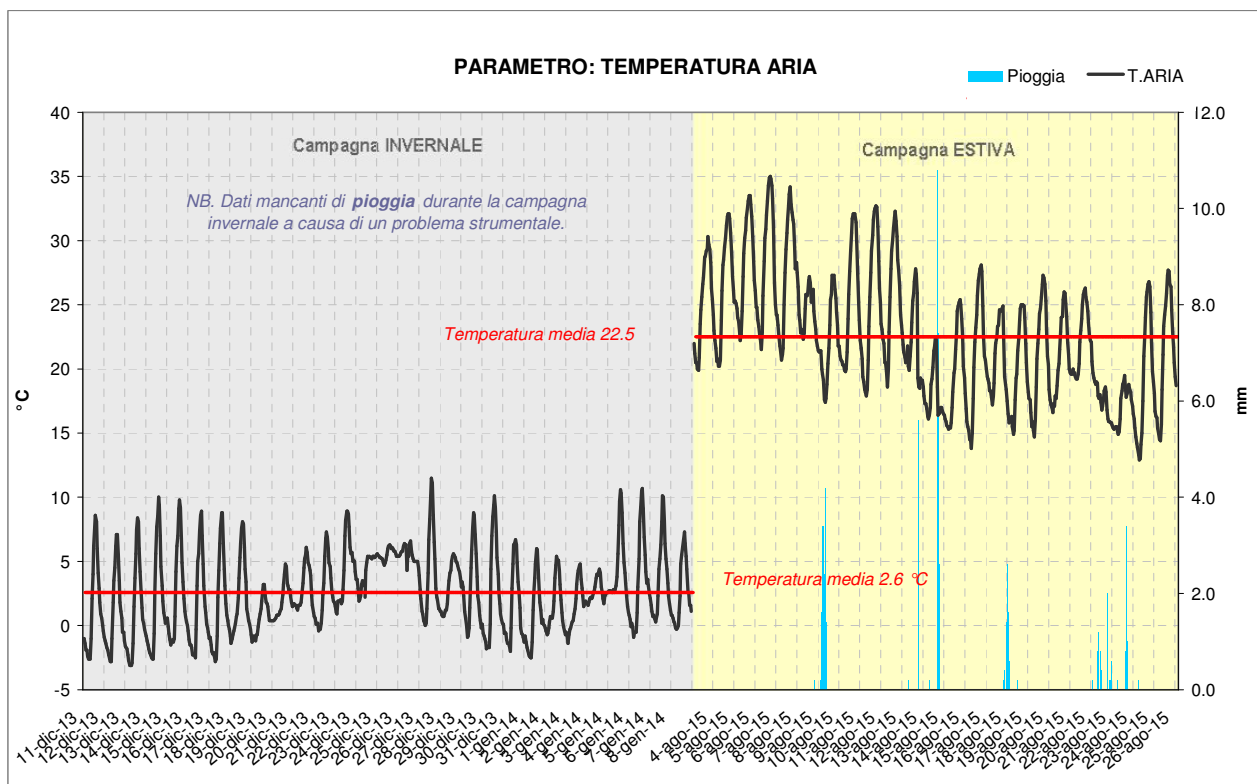


Figura 6 - Andamento di temperatura e umidità relativa ad Airasca nelle due campagne di misura

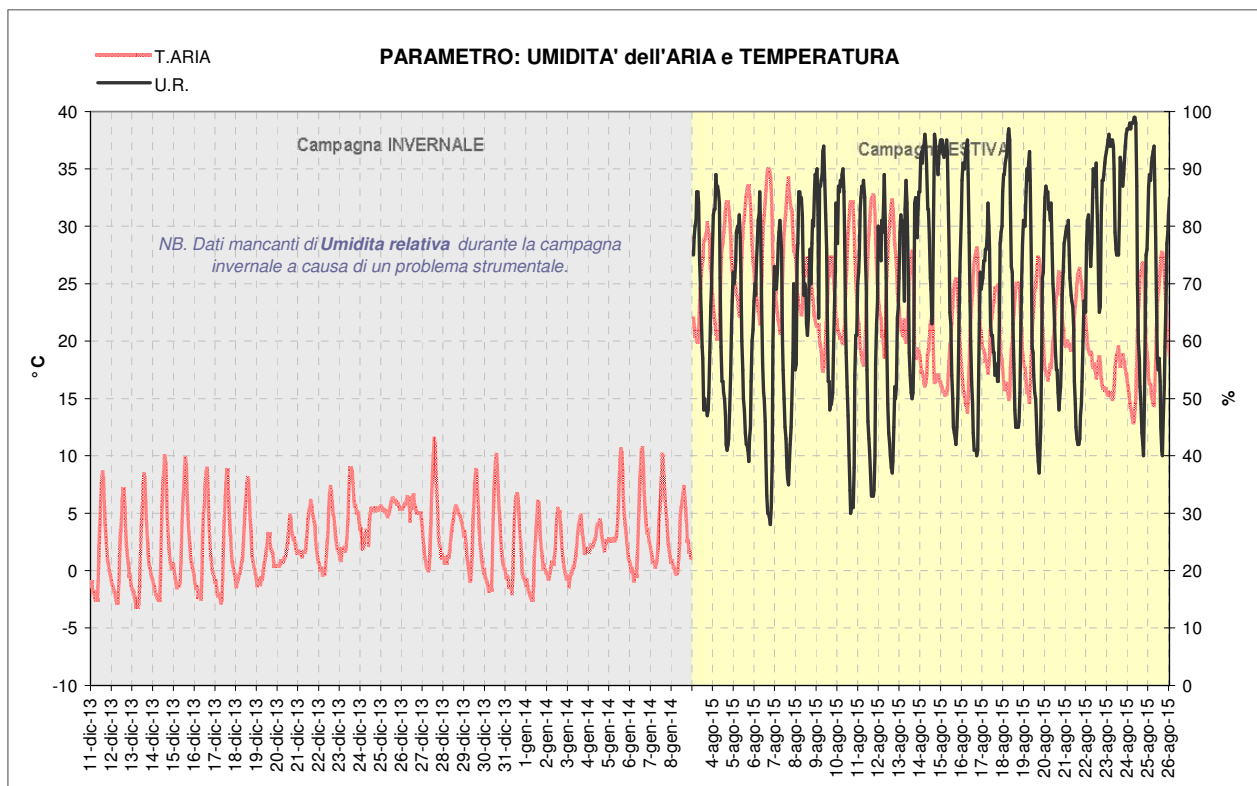


Figura 7 – Andamento del giorno medio per Temperatura Radiazione solare e Umidità relativa

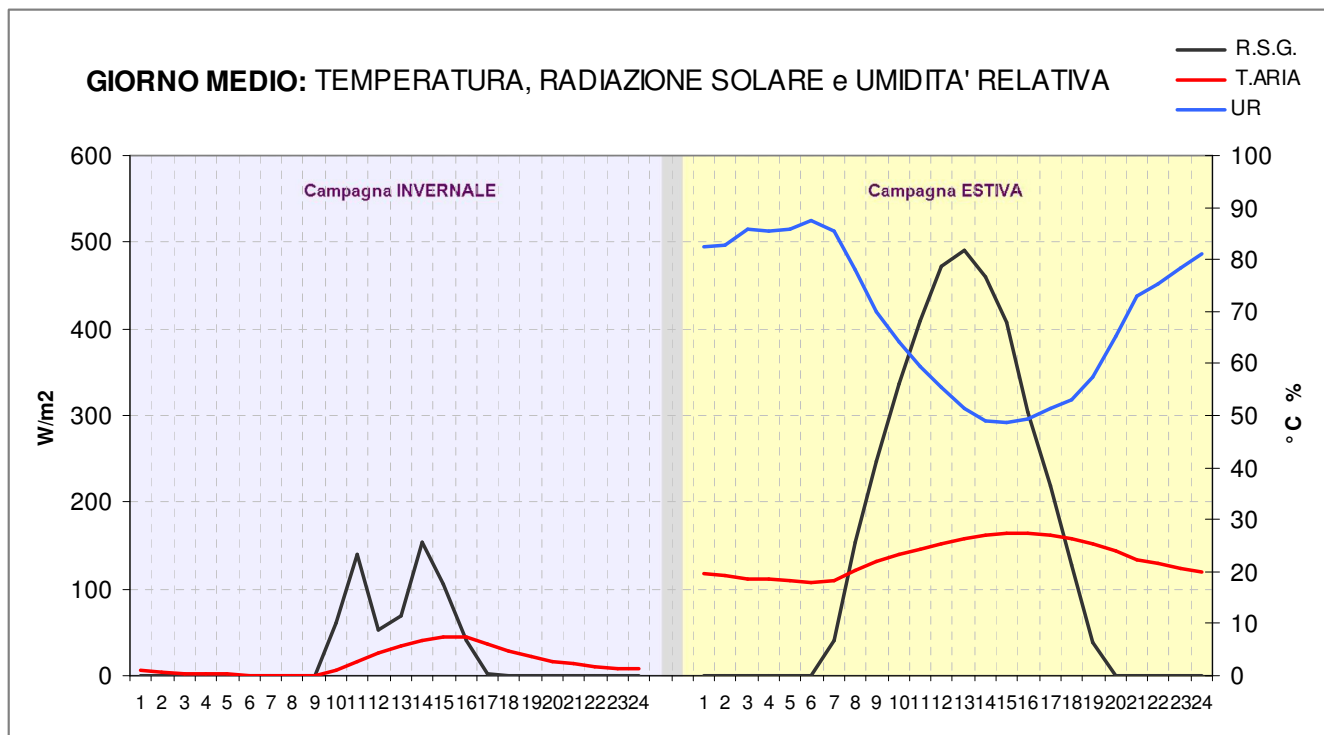


Figura 8– Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio

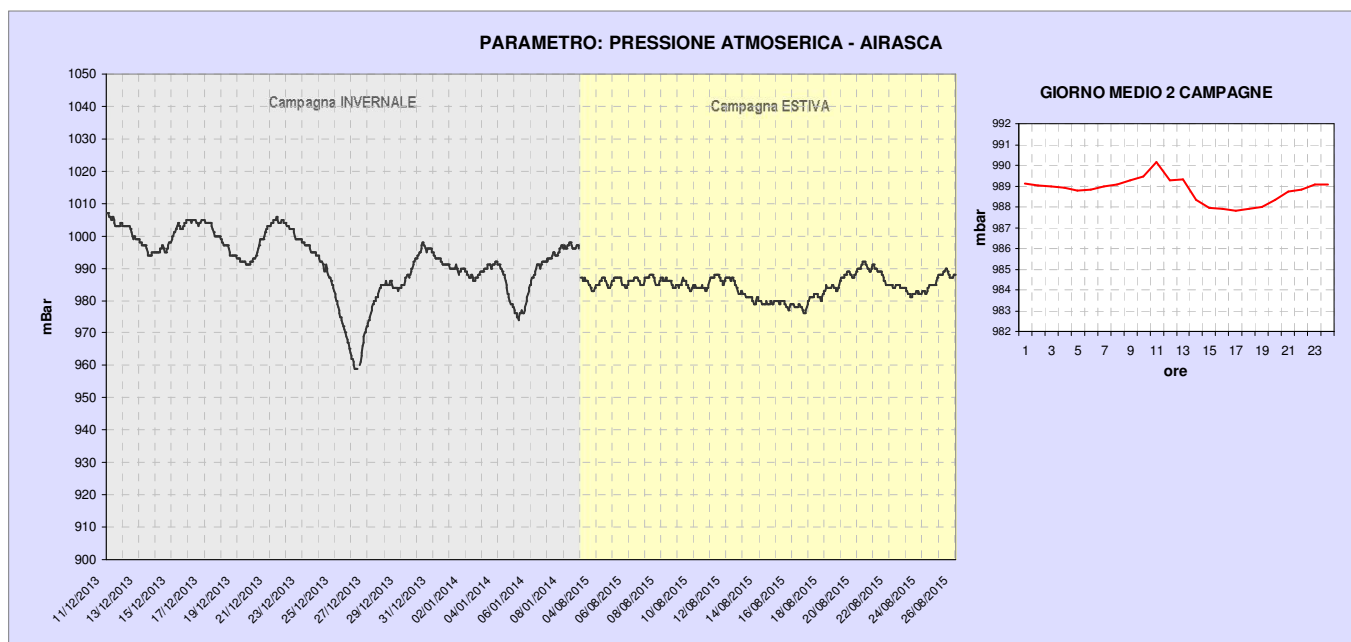


Figura 9– Rose dei venti diurna, notturna e totale per il sito di Airasca

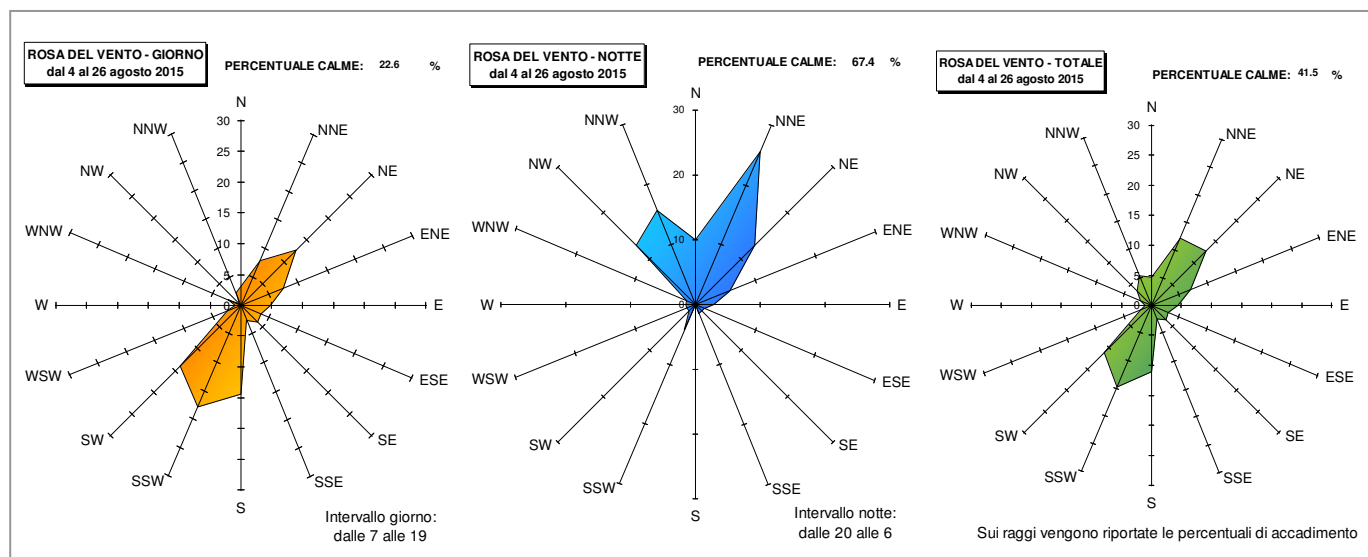
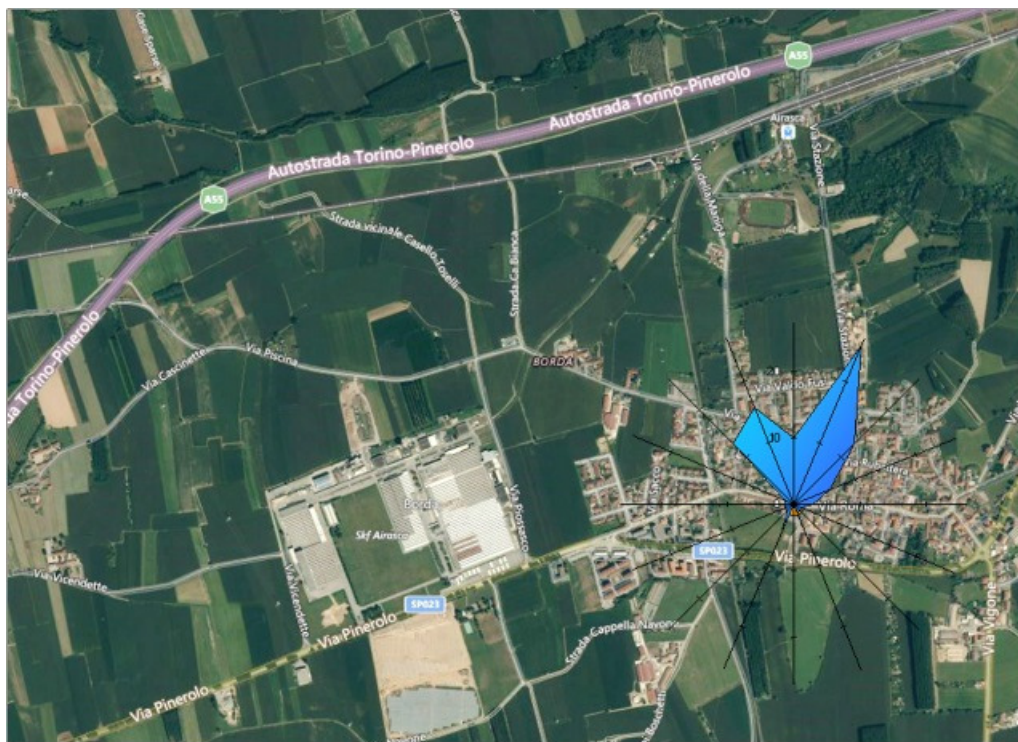


Figura 10 - Airasca Il campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore diurne



Figura 11 - Airasca Il campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore notturne



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. Nella **Tabella 8** si riportano gli inquinanti e le loro formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni.

Tabella 8 – Parametri chimici misurati con il laboratorio mobile

Benzene	C_6H_6	$\mu g/m^3$
Bossido di azoto	NO_2	$\mu g/m^3$
Biossido di zolfo	SO_2	$\mu g/m^3$
Monossido di azoto	NO	$\mu g/m^3$
Monossido di carbonio	CO	mg/m^3
Ozono	O_3	$\mu g/m^3$
Particolato sospeso PM_{10}	PM_{10}	$\mu g/m^3$
Toluene	$C_6H_5CH_3$	$\mu g/m^3$

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://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/ariaweb-new/>, 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.

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 fossili (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: a causa del riscaldamento domestico, infatti, i valori massimi si raggiungono durante la stagione invernale.

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti atmosferici più problematici, a causa delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, da quando la normativa ha imposto la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante le cui concentrazioni sono scese ben al di sotto dei limiti di legge.

I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Airasca con il laboratorio mobile, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (**Tabella 9, Figura 12 e Figura 13**), sia nella campagna invernale sia in quella estiva. Il massimo valore giornaliero invernale (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 11 µg/m³, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 19 µg/m³, viene quindi rispettato anche il livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m³ dal D.Lgs. 155/2010. D'estate i valori di concentrazione di SO₂ sono ancora più bassi, la massima media oraria risulta ben inferiore a 10 µg/m³. Il sito di misura ad Airasca può essere comparato a quello di una stazione di traffico suburbano; tuttavia al momento nella rete di monitoraggio regionale non sono presenti stazioni di tipologia simile in cui sia prevista la misura del biossido di azoto. A titolo indicativo nella **Figura 14** sono stati confrontati gli andamenti del giorno medio di SO₂ di Airasca e della stazione di fondo urbano di Grugliasco (prima campagna solamente) e della stazione di traffico di Torino - Consolata: i valori del laboratorio mobile risultano comparabili con i dati del sito di fondo e sempre inferiori al sito urbano del capoluogo piemontese.

Tabella 9 – Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/m³)

Biossido di zolfo (µg/m ³)	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	4	2
Massima media giornaliera	11	5
Media delle medie giornaliere (b):	7	3
Giorni validi	27	23
Percentuale giorni validi	93%	100%
Media dei valori orari	7	3
Massima media oraria	19	8
Ore valide	676	550
Percentuale ore valide	97%	100%
<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

In generale il biossido di zolfo non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO₂ sono sempre ampiamente al di sotto dei limiti normativi.

Figura 12 – SO₂: confronto con il limite di legge (media giornaliera)

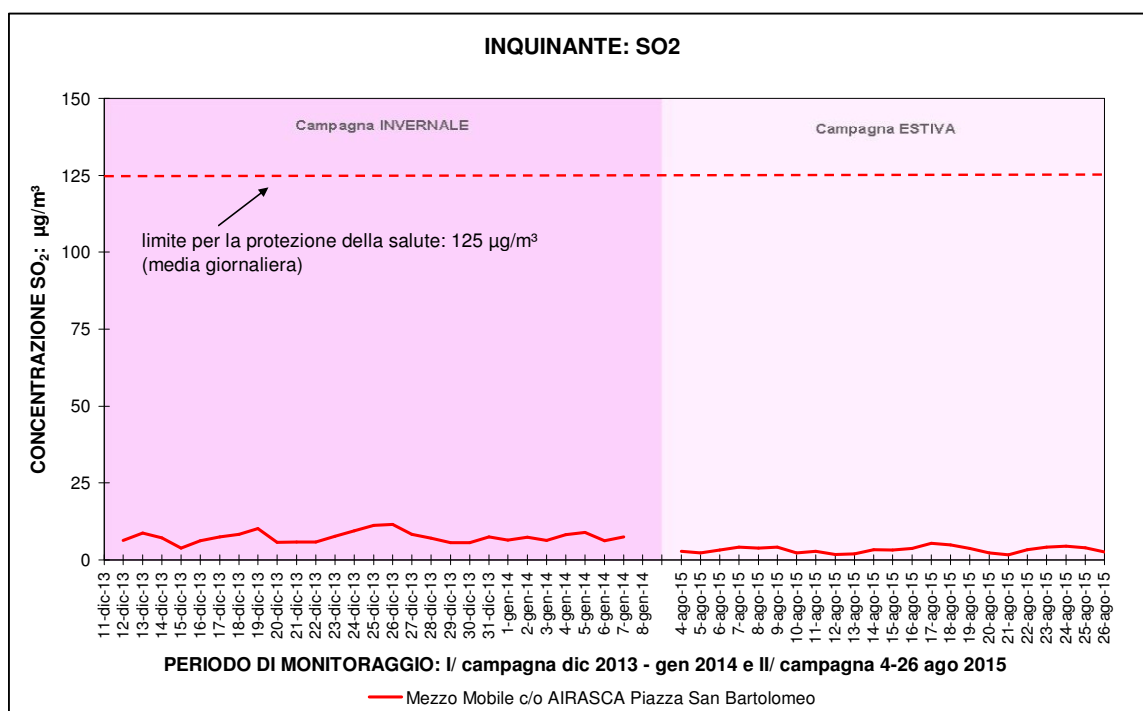


Figura 13 – SO₂: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni fisse

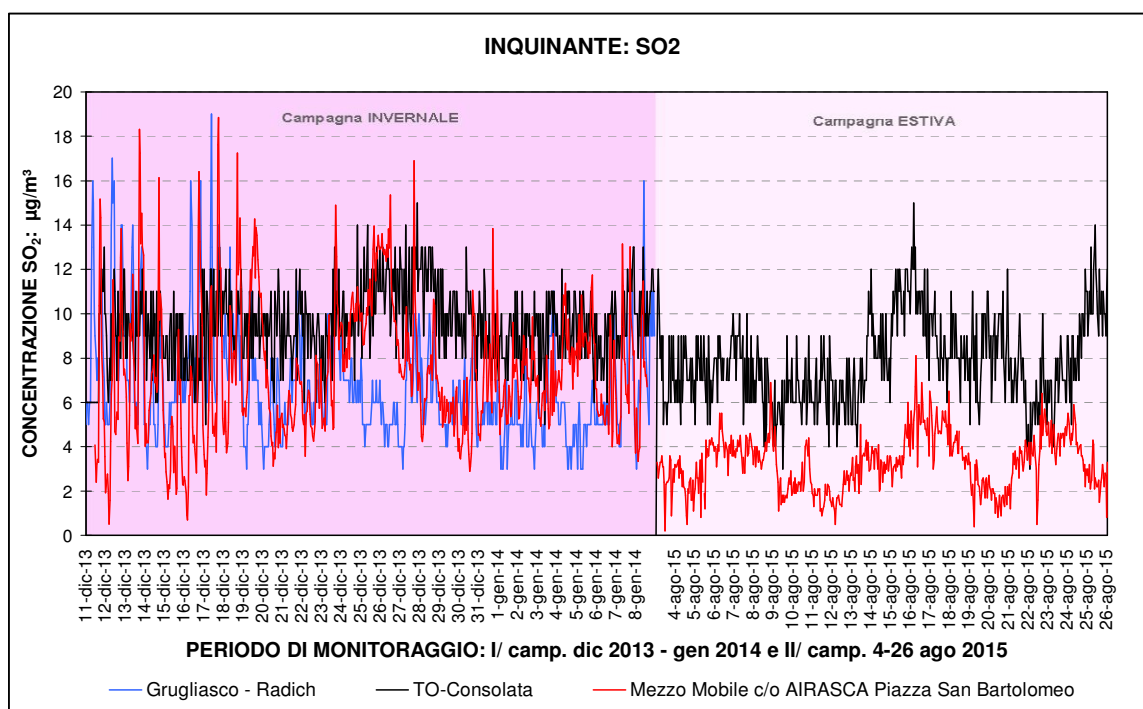
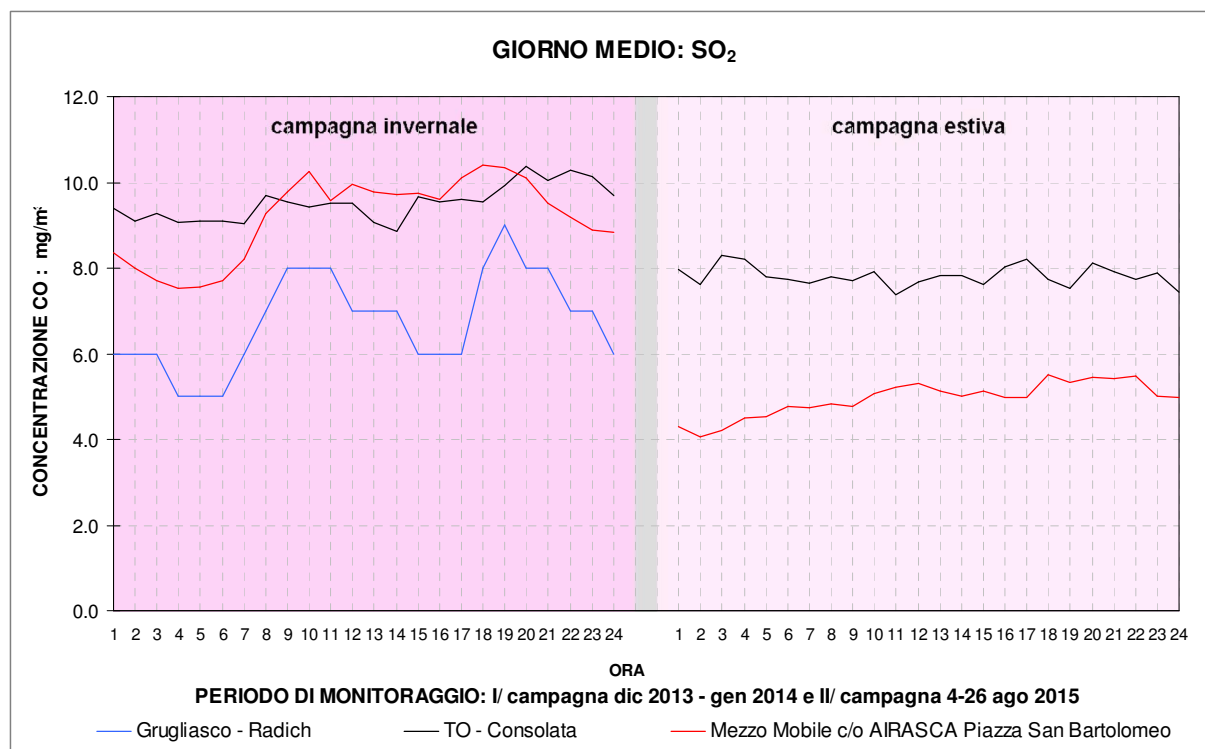


Figura 14 – SO_2 giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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. Si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera e infatti, a differenza degli altri inquinanti, in questo caso l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3).

Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina. Le maggiori concentrazioni di CO in emissione si producono quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione, ecco perché i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Per ciò che concerne gli effetti sulla salute dell'uomo occorre dire che 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, concentrazioni elevatissime di CO possono portare anche alla morte per asfissia. Tuttavia 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 al momento rispettano ampiamente i limiti normativi.

I dati misurati durante la campagna invernale nel Comune di Airasca (**Tabella 10**) confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Il DLgs 155 del 13/08/2010 prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive; il limite è ampiamente rispettato dal sito in esame, infatti il valore massimo su otto ore è pari a $2.0 \text{ mg}/\text{m}^3$ (**Figura 15**).

In genere durante la stagione estiva si registrano i valori più bassi di CO ed infatti le concentrazioni registrate ad Airasca ad agosto sono inferiori a quelle invernali, il valore massimo come media su 8 ore è di $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$. Nella **Figura 16** e nella **Figura 17** viene riportato il confronto con le stazioni fisse della rete regionale di monitoraggio a Oulx e Torino-Consolata, rispettivamente di traffico suburbano residenziale e di traffico urbano. I dati registrati ad Airasca sono in linea con quelli della stazione di Oulx e decisamente inferiori, come atteso, a quelli di Torino via della Consolata.

Tabella 10 – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

Monossido di carbonio (mg/m ³)	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.7	0.3
Massima media giornaliera	1.5	0.5
Media delle medie giornaliere (b):	1.2	0.4
Giorni validi	29	23
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	1.2	0.4
Massima media oraria	2.7	0.6
Ore valide	693	551
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo medie 8 ore	0.6	0.2
Media delle medie 8 ore	1.2	0.4
Massimo medie 8 ore	2.0	0.5
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<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 15 – CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

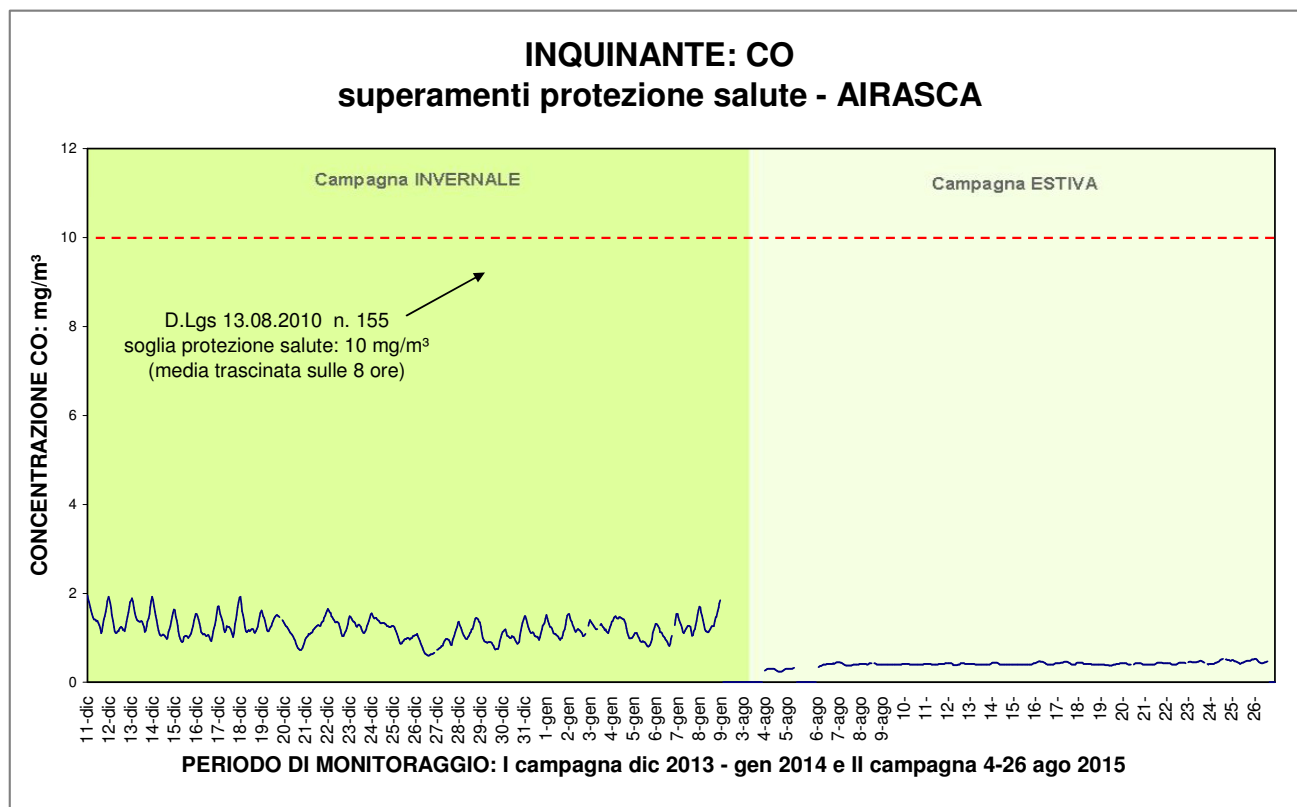


Figura 16 – CO: andamento della concentrazione oraria e confronto con alcune stazioni fisse

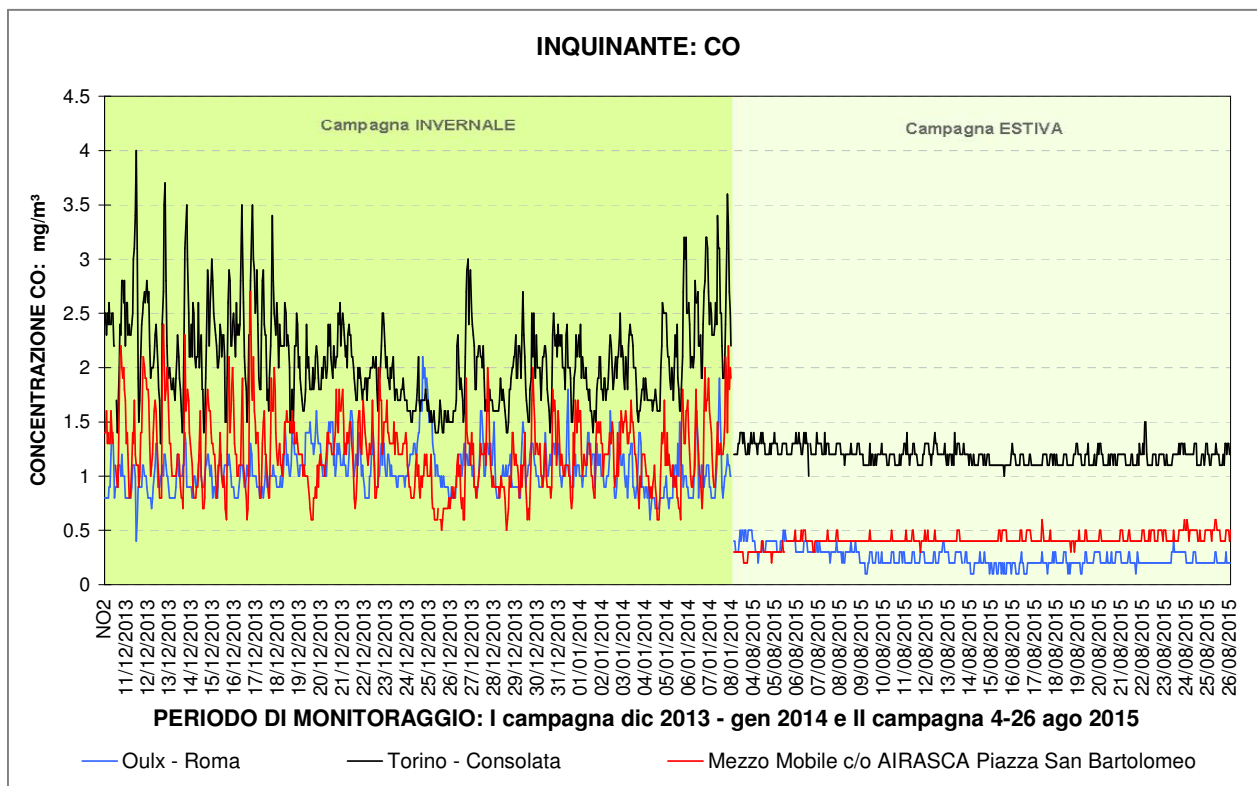
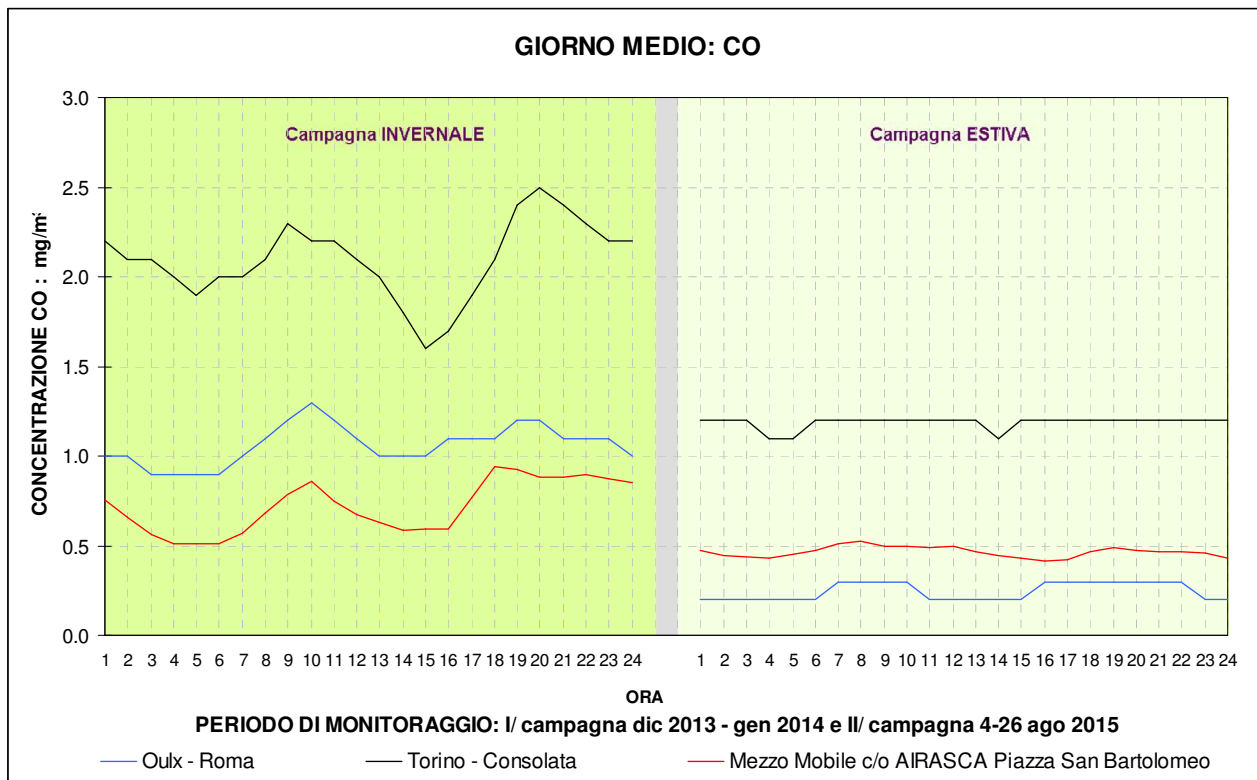


Figura 17 – CO: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa.



Ossidi di Azoto

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

Benché la normativa non preveda valori limite di concentrazione nell'aria, il **monossido di azoto**, viene comunque misurato perché, trasformandosi in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresenta uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

Il monossido di azoto, come la maggior parte degli inquinanti atmosferici, è a carattere tipicamente invernale, nella stagione fredda, infatti, il traffico veicolare si combina con una meteorologia sfavorevole alla dispersione degli inquinanti. Nel corso della campagna di monitoraggio invernale (dicembre 2013 a gennaio 2014) il livello di NO appare elevato, ma comunque in linea con il periodo di riferimento e con l'andamento registrato nella stazione della rete di monitoraggio regionale presa come riferimento: Vinovo. La massima media oraria registrata ad Airasca è pari a 354 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e il valore medio dell'intera campagna è di 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 11**), valore identico a quello calcolato per la stazione della rete di monitoraggio regionale di Vinovo durante lo stesso periodo di misura. Durante la campagna estiva, come atteso, i valori di NO sono estremamente bassi (**Figura 18**), inferiori di un ordine di grandezza rispetto al periodo invernale. Il grafico del giorno medio invernale (**Figura 19** a sinistra) mostra inoltre che tutte le stazioni di misura, con l'eccezione della stazione di fondo rurale di Druento, presentano massimi (curva a campana) nelle stesse ore del mattino (6-9) e della sera (17-22), a dimostrazione dell'origine da traffico veicolare del monossido di azoto, qualora non ci siano in atto altri processi combustivi. In particolare ad Airasca in entrambi i periodi di misura i picchi mattutini sono sempre più alti di quelli serali.

Tabella 11 – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Monossido di azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	9.2	3
Massima media giornaliera	132	9
Media delle medie giornaliere (b):	66	5
Giorni validi	29	23
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	66	5
Massima media oraria	354	45
Ore valide	696	550
Percentuale ore valide	100%	100%

Figura 18 – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con alcune stazioni fisse

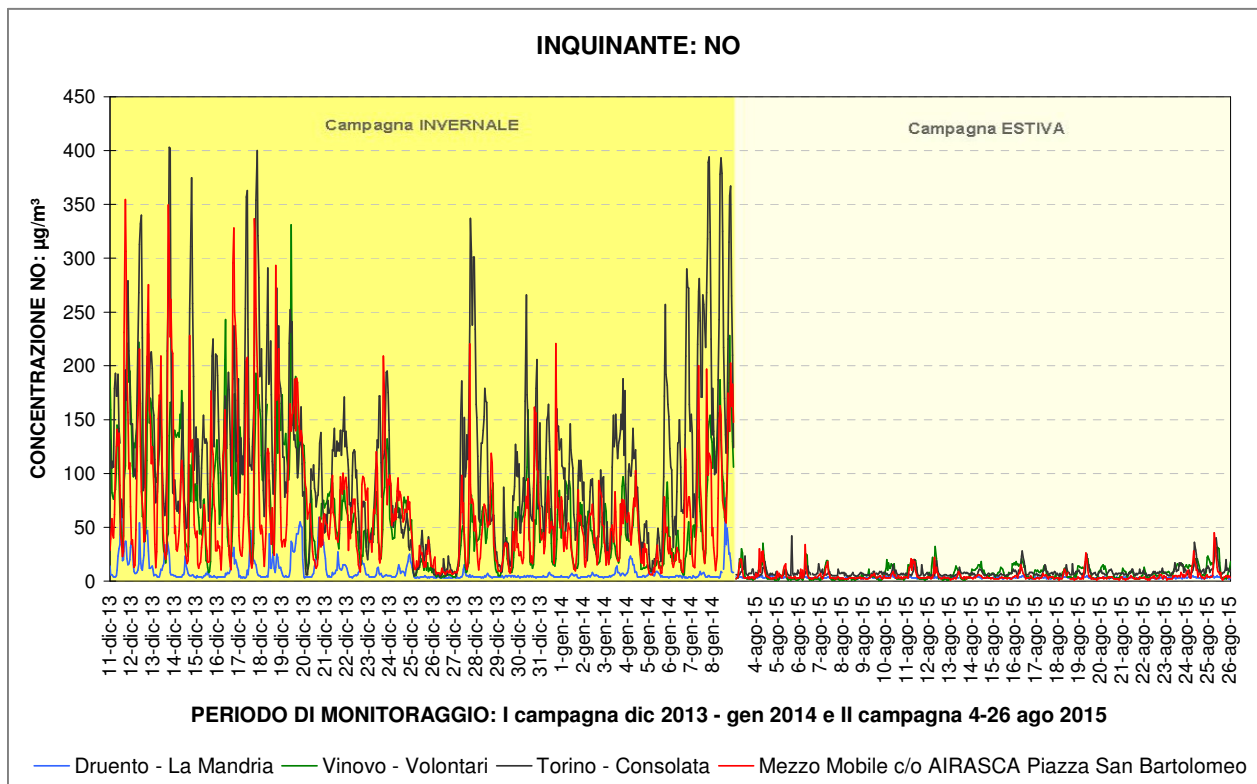
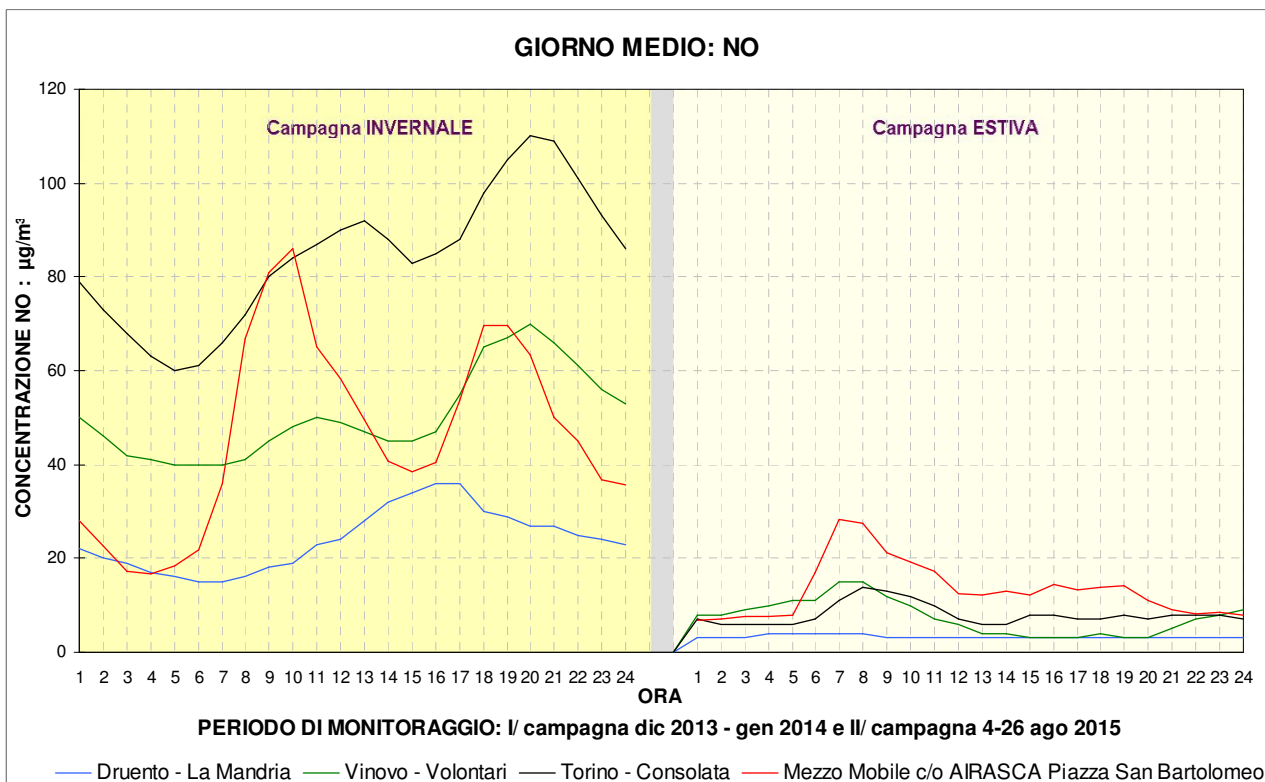


Figura 19 – NO: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Il **biossido di azoto** (NO_2) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di “smog fotochimico”.

La formazione di NO_2 è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) nell'ambito di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Purtroppo per la campagna invernale di Airasca non è stato possibile effettuare le consuete elaborazioni per il biossido di azoto. Lo strumento di misura, infatti, ha registrato dati anomali e numerosi malfunzionamenti ed è stato necessario invalidare i dati di tutta la campagna.

Nella campagna estiva lo strumento di misura ha funzionato correttamente; sono state registrate concentrazioni di NO_2 molto basse, più in linea con la stazione di fondo di Druento che con quella di Vinovo di tipologia suburbana simile (**Tabella 12 e Figura 20**). Il valore medio della campagna estiva è stato di $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la concentrazione media oraria massima di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ovviamente non ci sono stati superamenti dei limiti di legge, ma si sa che la stagione estiva è la meno problematica per la maggior parte degli inquinanti, tra cui il biossido di azoto.

Il grafico del giorno medio di **Figura 21** evidenzia per l' NO_2 misurato ad Airasca nel periodo estivo due picchi giornalieri, uno al mattino e uno alla sera, in conformità con quanto osservato nelle altre stazioni di monitoraggio.

Tabella 12 – Dati relativi al biossido di azoto NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Biossido di azoto	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	-	5
Massima media giornaliera	-	17
Media delle medie giornaliere (b):	-	11
Giorni validi	-	23
Percentuale giorni validi	-	100%
Media dei valori orari	-	11
Massima media oraria	-	35
Ore valide	-	549
Percentuale ore valide	-	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	-	0
<u>Numero di giorni con almeno un superam. livello orario protezione della salute</u>	-	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	-	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	-	0

La normativa (D.Lgs 155 del 13/08/2010) prevede oltre al limite orario, il rispetto di un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In generale una semplice formula matematica permette di stimare con buona approssimazione un valore di concentrazione annuale anche nei casi in cui le misurazioni reali non sono sufficienti a calcolare il dato annuale, come avviene normalmente per le campagne di misura con il mezzo mobile, necessariamente limitate nel tempo. Tuttavia nel caso di Airasca non è possibile stimare in alcun modo il dato annuale, perché

avendo dovuto invalidare i dati della prima campagna di misura a causa di un'anomalia strumentale, la durata effettiva del monitoraggio di NO₂ (22 giorni) non è sufficiente per l'applicazione del procedimento di stima citato.

Figura 20 – NO₂: andamento della concentrazione oraria e confronto con alcune stazioni fisse

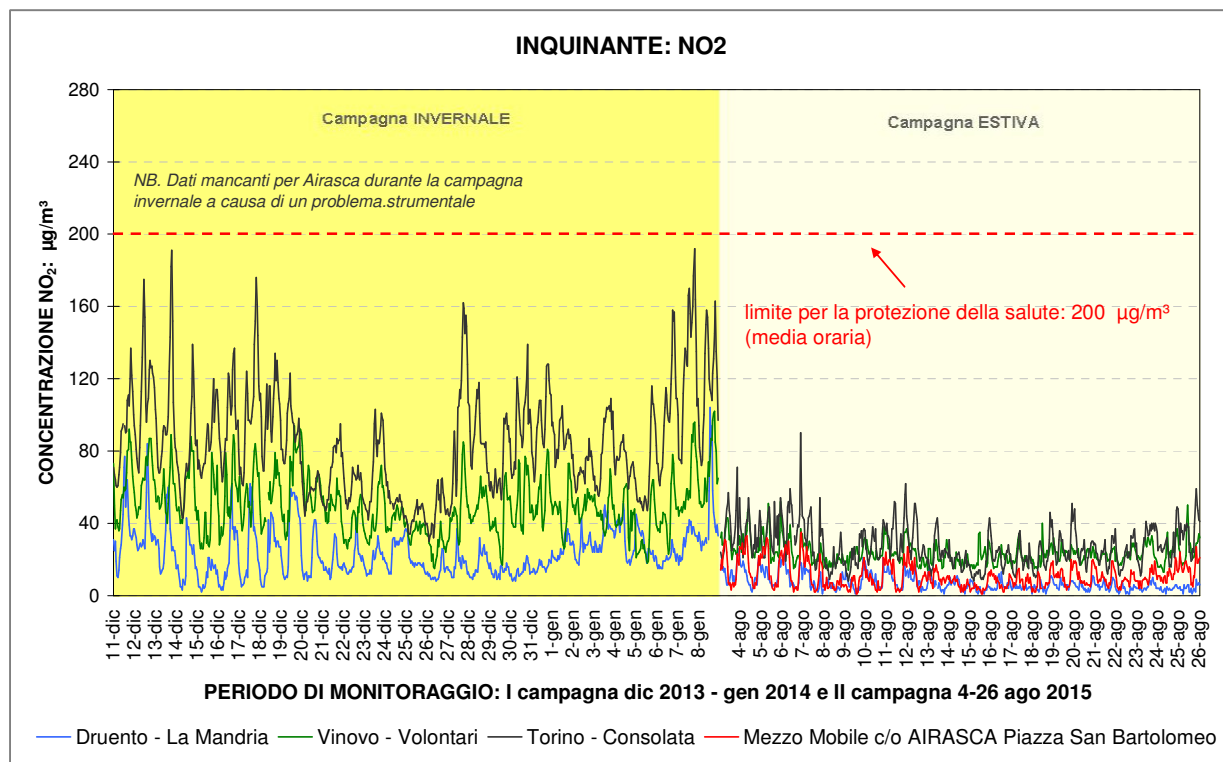
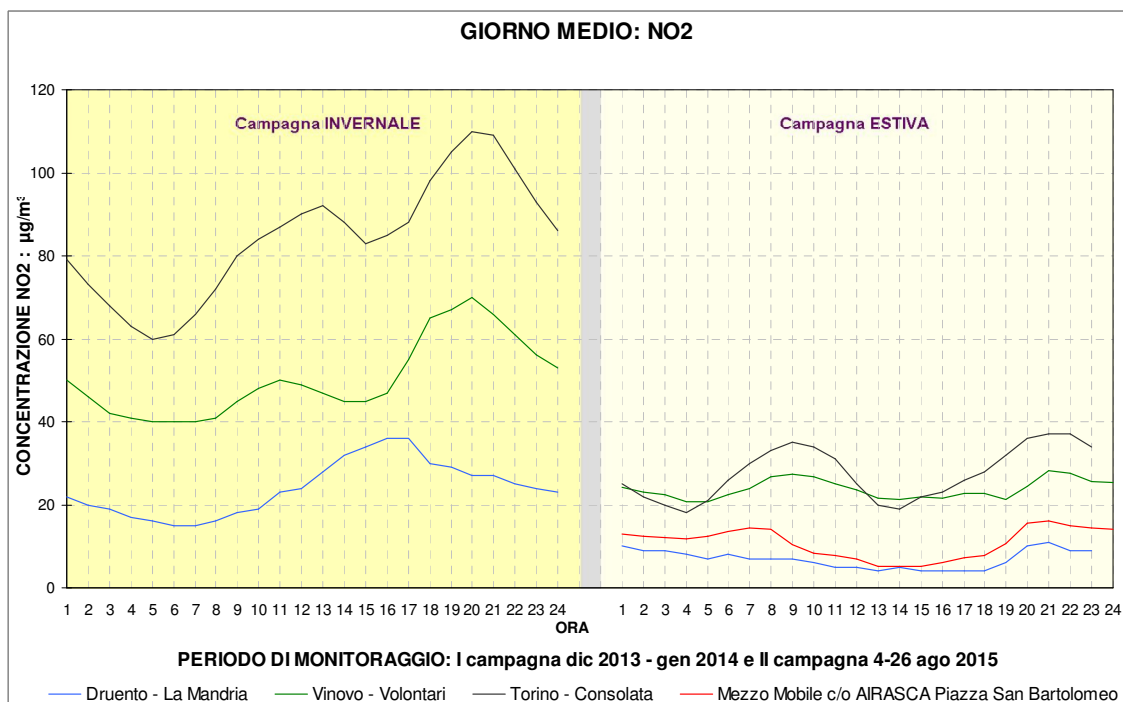


Figura 21 – NO₂: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Benzene e Toluene

Benzene

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 dall'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 all'uno per cento il tenore massimo di benzene nelle benzine. a partire dal 1 luglio 1998.

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. In seguito a esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Un'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 (OMS) 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 (D.Lgs. 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 il monitoraggio invernale, il più critico per tale inquinante, nel Comune di Airasca è stata determinata una concentrazione media di benzene di $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ed in generale i valori delle medie orarie sono compresi tra 0.1 e $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 13, Figura 22 e Figura 23**). I valori registrati a dicembre 2013 e gennaio 2014 – in genere i mesi più critici dell'anno - sono più alti di quelli misurati nella precedente campagna invernale di febbraio-marzo 2012 ma comunque poco più del 27% dei valori orari supera il limite annuo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante la campagna estiva la concentrazione media di benzene è di $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il valore orario più elevato non supera i $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Complessivamente è quindi verosimile supporre che la concentrazione media di un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame non comporterebbe un superamento del limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, previsto dalla normativa.

Toluene

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida date nel 2000 dall'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.

Nella campagna invernale di Airasca la massima media giornaliera di toluene è $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la massima media oraria è di $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 13**, **Figura 24** e **Figura 25**). I valori medi settimanali si mantengono sempre molto al di sotto del limite indicato dall'OMS, infatti la media di toluene è di $15.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la prima settimana (11-17 dicembre 2013), $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la seconda (18-24 dicembre 2013), $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la terza (25-31 dicembre 2013) e $9.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ l'ultima settimana di monitoraggio dal 1 al 7 gennaio 2014.

Durante la campagna estiva i valori di Toluene sono più che dimezzati, la media giornaliera del periodo è $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la massima media oraria è $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per benzene e toluene gli andamenti del periodo invernale, quello più critico per questa tipologia di inquinanti, sono in linea con la stazione di riferimento di Vinovo - di fondo suburbano, in cui il traffico veicolare teoricamente ha un impatto minore rispetto al sito di misura di Airasca.

I grafici del giorno medio sono inevitabilmente schiacciati nella seconda parte, relativa ai dati di misura della campagna estiva, quando i valori si riducono di 2-3 volte rispetto al periodo invernale. Nell'andamento della campagna invernale è possibile evidenziare sia per il benzene sia per il toluene un picco di concentrazione serale molto repentino, già notato per altri inquinanti nello stesso sito di misura. (**Figura 23** e **Figura 25**).

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

Airasca	Benzene		Toluene	
	Inverno	Estate	Inverno	Estate
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Minima media giornaliera	1.2	0.2	2.9	1.0
Massima media giornaliera	6.0	1.1	19	3.6
Media delle medie giornaliere (b):	4.1	0.6	11	2.3
Giorni validi	29	21	28	23
Percentuale giorni validi	100%	91%	97%	100%
Media dei valori orari	4.1	0.6	11	2.3
Massima media oraria	16	2.5	75	8.5
Ore valide	695	529	686	549
Percentuale ore valide	100%	96%	99%	99%

Figura 22 – Benzene: andamento concentrazione oraria e confronto con alcune stazioni fisse

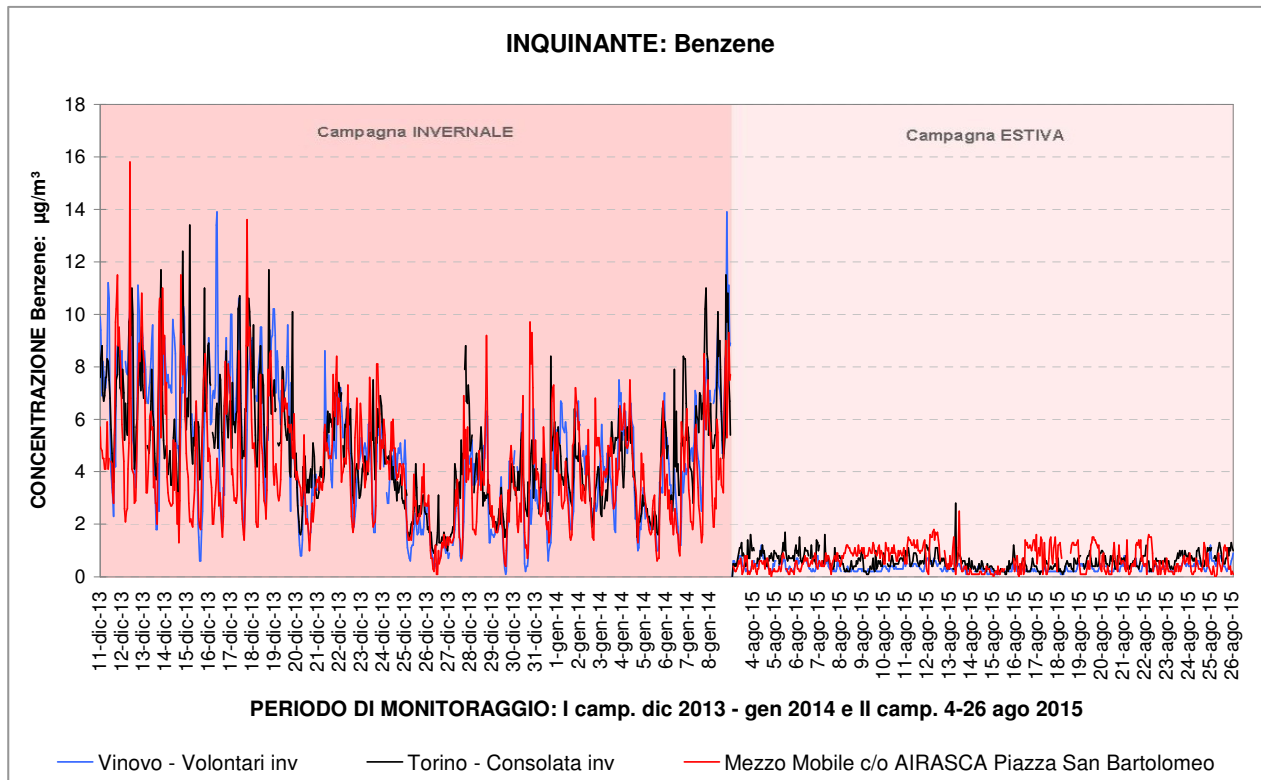


Figura 23 – Benzene: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa

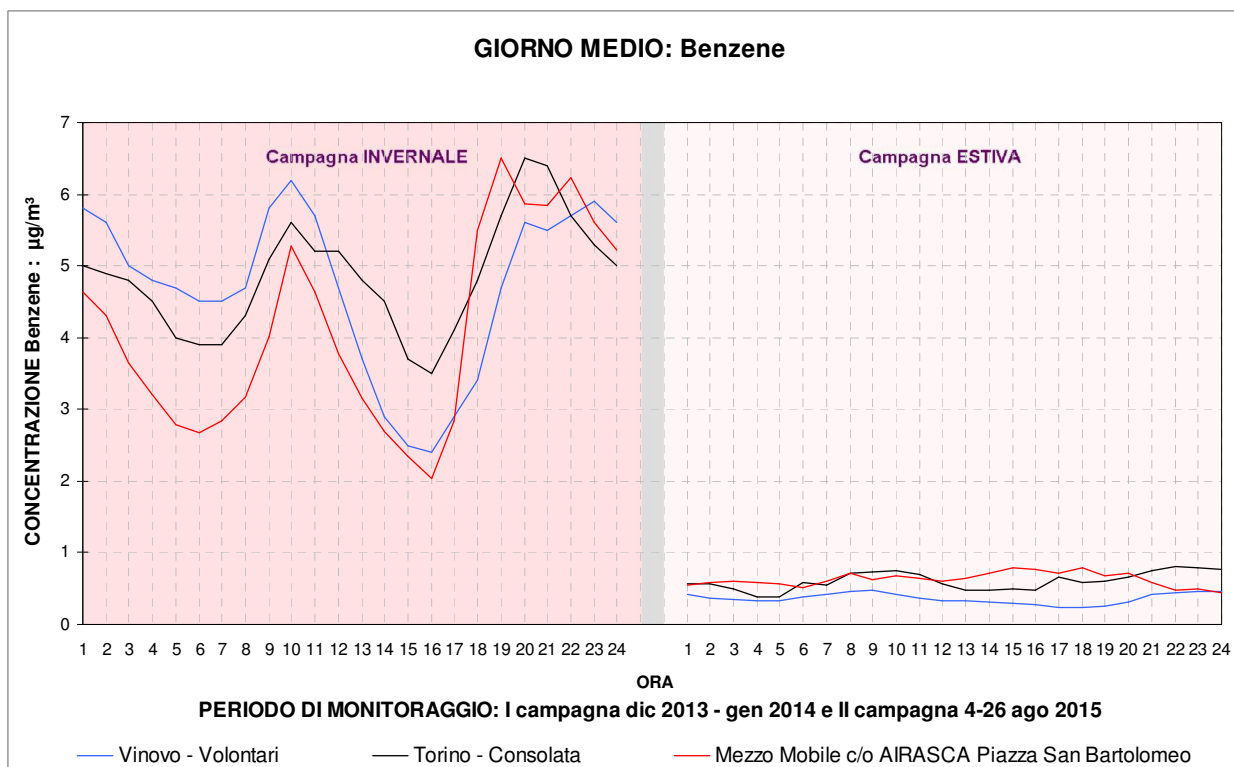


Figura 24 – Toluene: andamento concentrazione oraria e confronto con alcune stazioni fisse

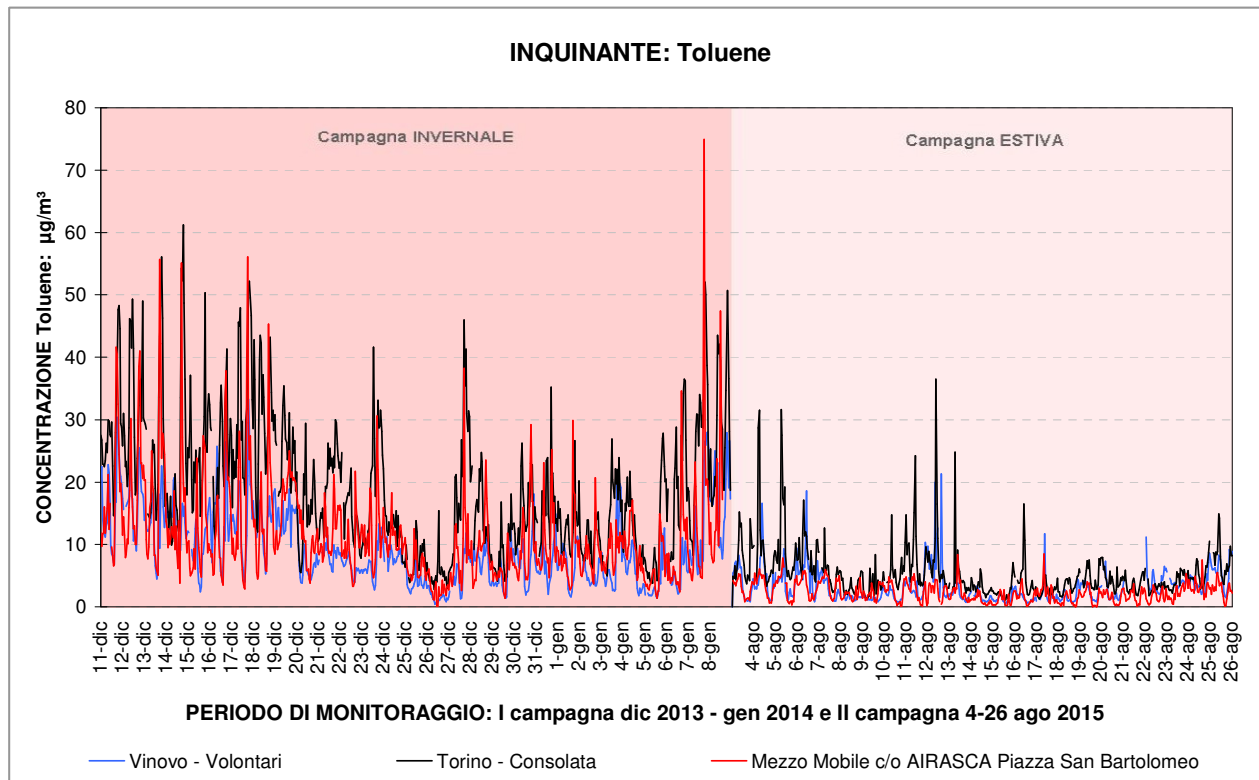
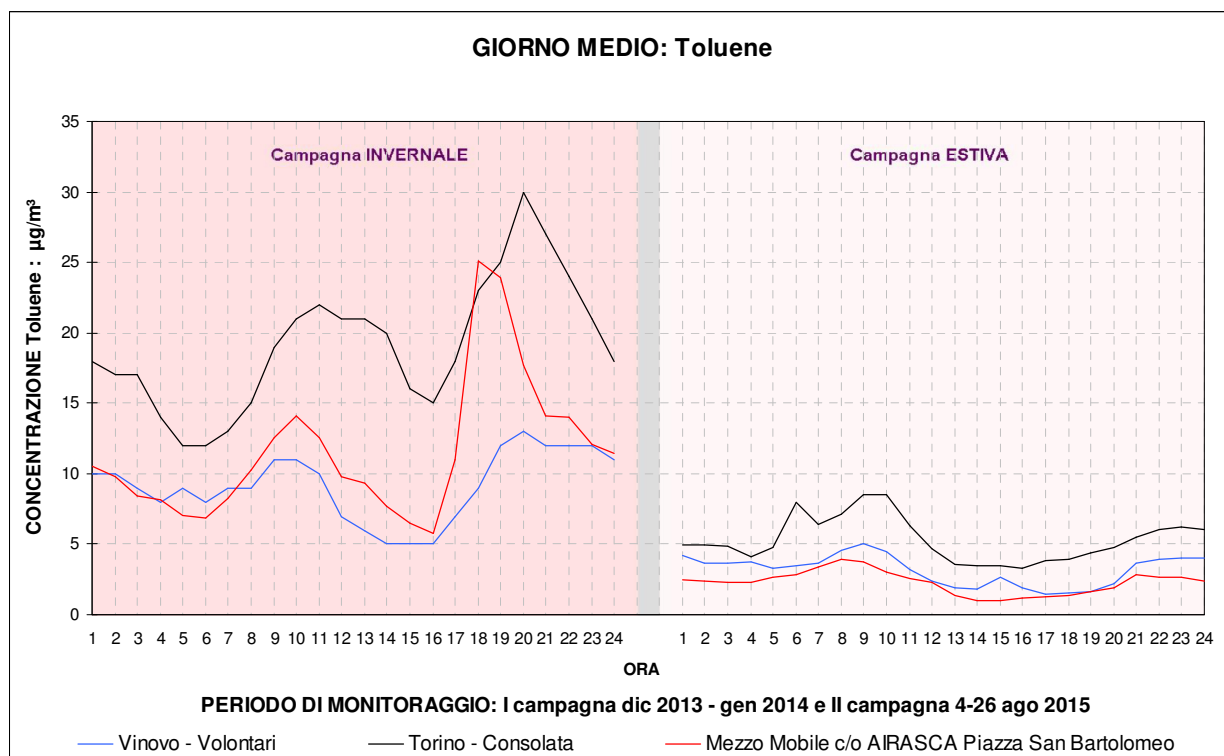


Figura 25 – Toluene: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Particolato Sospeso

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme del 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, degli pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Una componente significativa del particolato di minori dimensioni ha inoltre origine da processi secondari, che comportano la trasformazione in particelle di inquinanti 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 potendo 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 solo per il particolato PM₁₀, la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Si tratta della componente più pericolosa del particolato perché in grado di raggiungere facilmente la trachea e i bronchi, dove gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Il D.Lgs. 155/2010 introduce inoltre un limite anche per il PM_{2.5} (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Durante la campagna ad Airasca sono state eseguite misure di particolato fine PM₁₀, e PM₁₀.

PM₁₀

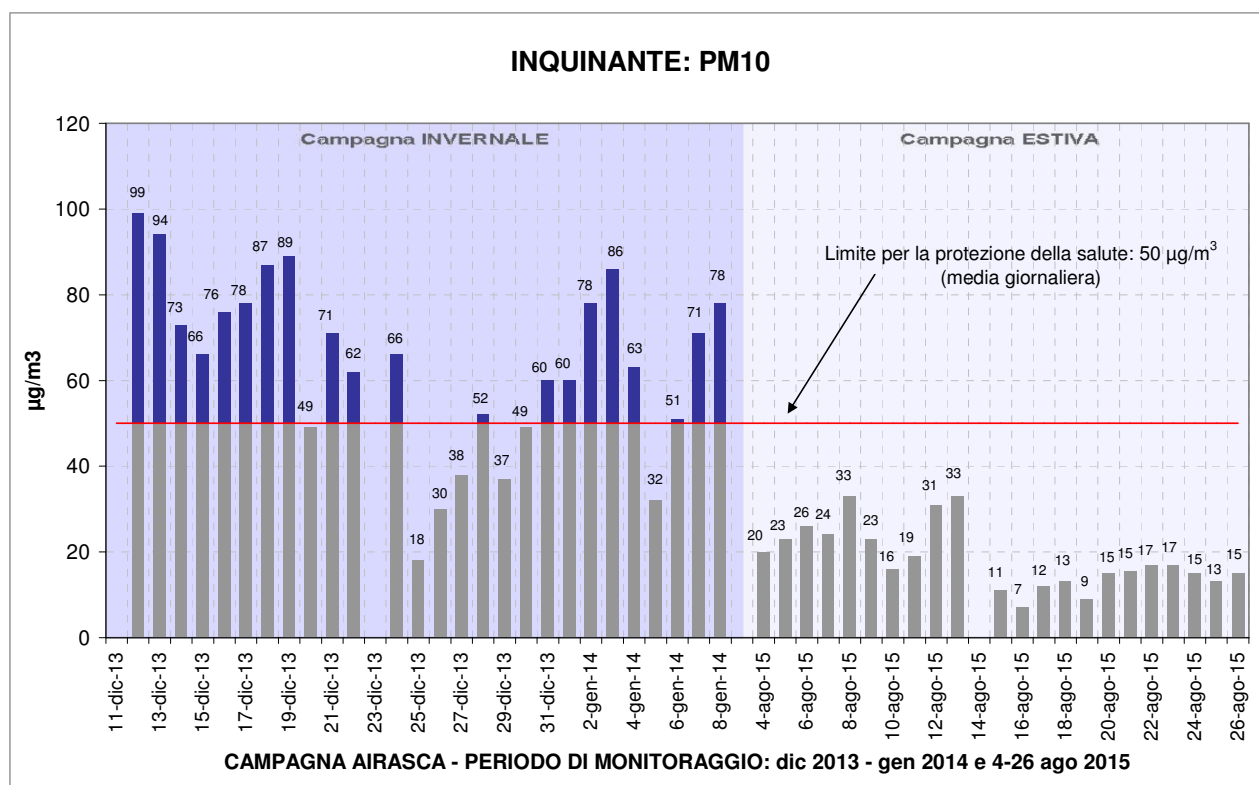
Durante la campagna invernale nel comune di Airasca sono state eseguite misure di particolato fine PM₁₀, per il quale sono disponibili 27 giorni di monitoraggio effettivo, dal 12 dicembre 2013 all'8 gennaio 2014, con un dato invalidato il 23 dicembre 2013. Le concentrazioni di PM₁₀ oscillano tra 99 µg/m³, valore massimo registrato il 12 dicembre 2013, primo giorno di campionamento effettivo, e 18 µg/m³, valore misurato il 25 dicembre 2013 (**Tabella 14** e **Figura 26**). La concentrazione media di PM₁₀ del periodo invernale analizzato è stata complessivamente di 63 µg/m³. In 27 giorni di campionamento ci sono stati 20 superamenti del limite massimo giornaliero di 50 µg/m³, che la normativa consente di superare non più di 35 volte in un anno civile.

Tabella 14 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³) presso il sito di monitoraggio

PM ₁₀ (µg/m ³)	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	18	7
Massima media giornaliera	99	33
Media delle medie giornaliere (b):	63	19
Giorni validi	27	22
Percentuale giorni validi	93%	96%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	20	0

Per la campagna estiva si hanno a disposizione 22 dati giornalieri di PM10, dal 4 al 26 agosto (dato invalidato il 14 agosto). I valori sono compresi tra 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrato l'8 e il 13 agosto. La media del periodo è di 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Come atteso, durante il monitoraggio estivo non ci sono stati superamenti del limite normativo di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 26 – Particolato sospeso PM10: confronto col limite giornaliero per la protezione della salute



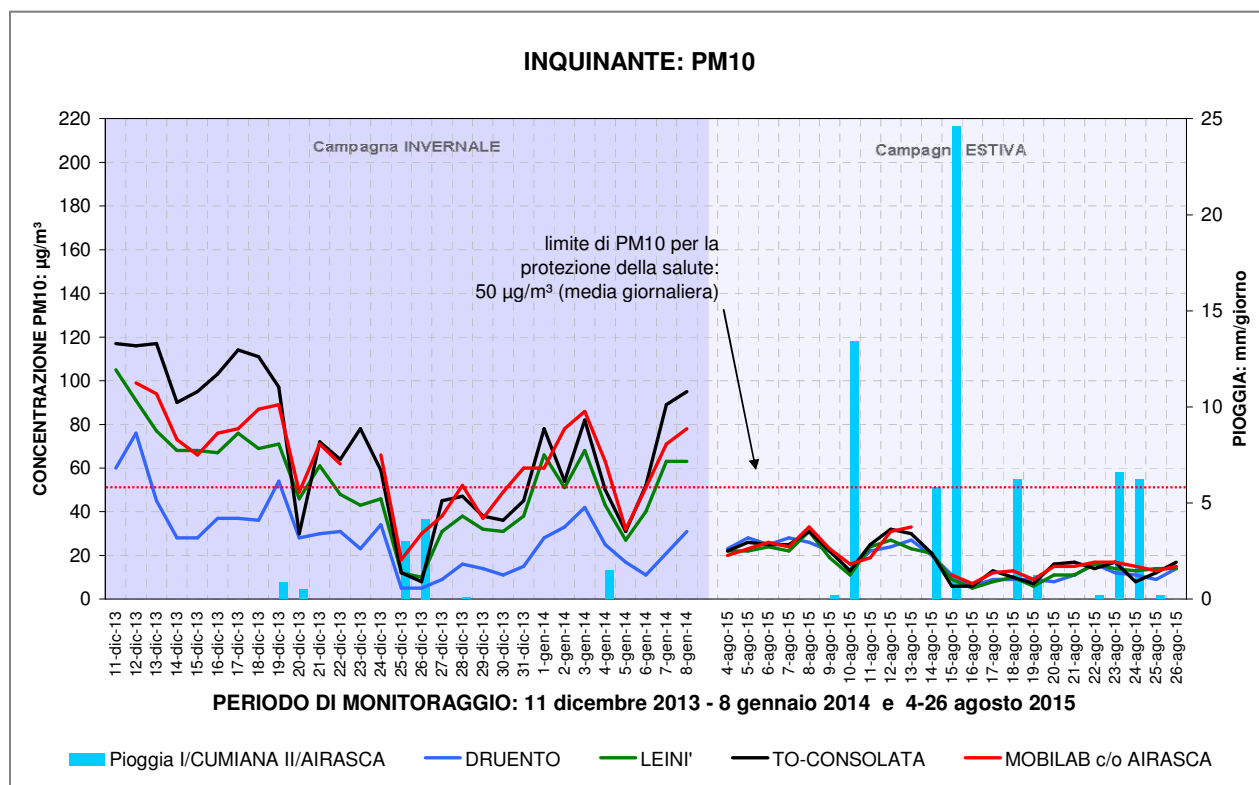
In **Figura 27** vengono confrontati i valori di PM10 registrati ad Airasca con quelli misurati nelle stazioni Druento e Torino via della Consolata, che rappresentano rispettivamente dei valori di minimo e di massimo della provincia di Torino. Nella rappresentazione grafica sono stati aggiunti anche i dati della stazione di Leinì, di fondo suburbano, appartenente ad una rete di rilevamento privata gestita da Arpa Piemonte. Durante il periodo relativo alla campagna invernale le concentrazioni di PM10 sono molto elevate per tutte le stazioni, in particolare all'inizio del monitoraggio. Con l'eccezione della stazione di fondo rurale di Druento, nei primi dieci giorni del periodo analizzato, infatti, le concentrazioni di PM10 non scendono mai al di sotto del limite normativo.

Il mese di dicembre 2013 è stato contraddistinto da una meteorologia particolarmente sfavorevole per tutto il territorio provinciale. Le prime tre settimane del mese sono state caratterizzate da condizioni di inversione termica prolungata, dove per molte ore al giorno la temperatura invece di diminuire con la quota, è aumentata, creando una sorta di trappola per le sostanze prodotte al suolo che non hanno potuto disperdersi verso l'alto e si sono accumulate nei primissimi strati dell'atmosfera. Il fenomeno è assai noto nella pianura padana ed è una delle cause principali della concentrazione di polveri sottili tra le più alte d'Europa nel periodo invernale. Dopo il 20 di dicembre 2013 le ore di inversione termica giornaliera diminuiscono e anche le concentrazioni di PM10 si abbassano benché per alcune stazioni, tra cui il sito di Airasca, rimane elevato il numero di superamenti del valore limite giornaliero.

È possibile notare inoltre che in presenza di precipitazioni, ad esempio il 25 e 26 dicembre 2013, le concentrazioni delle polveri diminuiscono più o meno drasticamente per tutte le stazioni, scendendo anche al di sotto del limite di legge giornaliero.

Nel periodo estivo le concentrazioni di PM10 sono basse e molto simili per tutte le stazioni di misura considerate. I valori sono sempre inferiori al limite normativo, soprattutto nella seconda parte del periodo di misura quando le frequenti precipitazioni hanno contribuito a diminuire le concentrazioni di inquinanti in atmosfera. Si tratta di un'ulteriore conferma della notevole influenza delle condizioni meteorologiche sulla qualità dell'aria di un territorio.

Figura 27 – Particolato sospeso PM10: confronto con alcune stazioni della rete fissa



Osservando i dati della **Tabella 15** si nota che la concentrazione media di polveri sottili misurata ad Airasca nel periodo invernale analizzato è più alta di quella calcolata per altre stazioni con caratteristiche simili, quali Borgaro e Leinì, di fondo suburbano. I dati di Airasca paiono più in linea con le stazioni di traffico urbano e suburbano di Collegno e Carmagnola (**Figura 28**). Nel periodo indagato il valore medio di PM10 ad Airasca è di fatto più elevato del valore mediato su tutto il territorio provinciale, sia considerando nel calcolo le stazioni urbane di Torino, sia escludendole. Il dato positivo, tuttavia, è che la media delle due campagne di misura – 41 µg/m³ - è diminuita rispetto al monitoraggio del 2011-2012, quando la media delle campagne invernale e estiva sfiorava i 50 µg/m³.

Per il PM10 la normativa prevede oltre al limite giornaliero, il rispetto di un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. La durata complessiva del monitoraggio nel comune di Airasca non permette in termini formali un confronto diretto con tale limite. Una semplice formula matematica, tuttavia, ci consente di stimare con buona approssimazione un valore di concentrazione annuale anche nei casi in cui le misurazioni reali non sono sufficienti a calcolare il dato annuale, - come avviene normalmente per le campagne di misura con il laboratorio mobile, necessariamente limitate nel tempo.

Secondo il procedimento descritto nella nota¹, sulla base dei dati della stazione di Leinì presa come riferimento per il comune di Airasca è stato stimato un valore annuale di PM10 di 28 µg/m³ (**Tabella 15 e Figura 28**), valore leggermente più alto di quello calcolato per le stazioni dell'area provinciale di Torino (26 µg/m³), ma comunque molto inferiore al limite normativo di 40 µg/m³ e al valore di 45 µg/m³, stimato durante la campagna di misura del 2011-2012. Il dato annuale risulta quindi tutto sommato in linea con quello di altre stazioni di tipologia simile, suburbane di fondo, quali Borgaro Torinese e la stessa Leinì.

Tabella 15 – PM10: confronto medie del periodo e medie dell'anno 2014

Stazioni di misura	Media PM10 1° campagna [µg/m ³]	Media PM10 2° campagna [µg/m ³]	Media periodo due campagne [µg/m ³]	Media anno 2014 [µg/m ³]
Ceresole R.le	2	9	6	5
Oulx	17	15	16	17
Susa	18	14	16	16
Druento	29	17	23	19
Ivrea	43	16	30	23
Borgaro	44	18	31	31
Leinì	53	19	36	25
Collegno	59	17	38	32
Airasca	63	19	41	28*
Carmagnola	69	22	46	36
Settimo	83	17	50	34
Media area prov. TO senza città TO	42	16	29	24
To-Lingotto	73	19	46	32
To - Rubino	71	18	45	31
To-Consolata	70	18	44	35
Media area provinciale TO	51	17	33	26

*Il dato è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo.

Per quanto riguarda invece il limite giornaliero di 50 µg/m³ si può ipotizzare che anche nel comune di Airasca, come nella maggior parte delle stazioni provinciali, un campionamento annuale porterebbe ad un numero di superamenti annui uguale o superiore ai 35 concessi dalla normativa in vigore, dal momento che nei 27 giorni di misura della campagna invernale ci sono stati 20 superamenti del limite e che stazioni di tipologia simile come Borgaro e Leinì hanno superato (Borgaro) o eguagliato il limite normativo.

¹ Sono state calcolate le medie di PM10 - annuale e relativa al periodo delle due campagne di misura - per la stazione di Leinì che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Airasca; dal rapporto con la media dell'anno 2014 di Leinì si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Airasca permette di ricavare la stima annuale per il sito in esame;

$$Mc = (Mp / mp) \times mc$$

dove

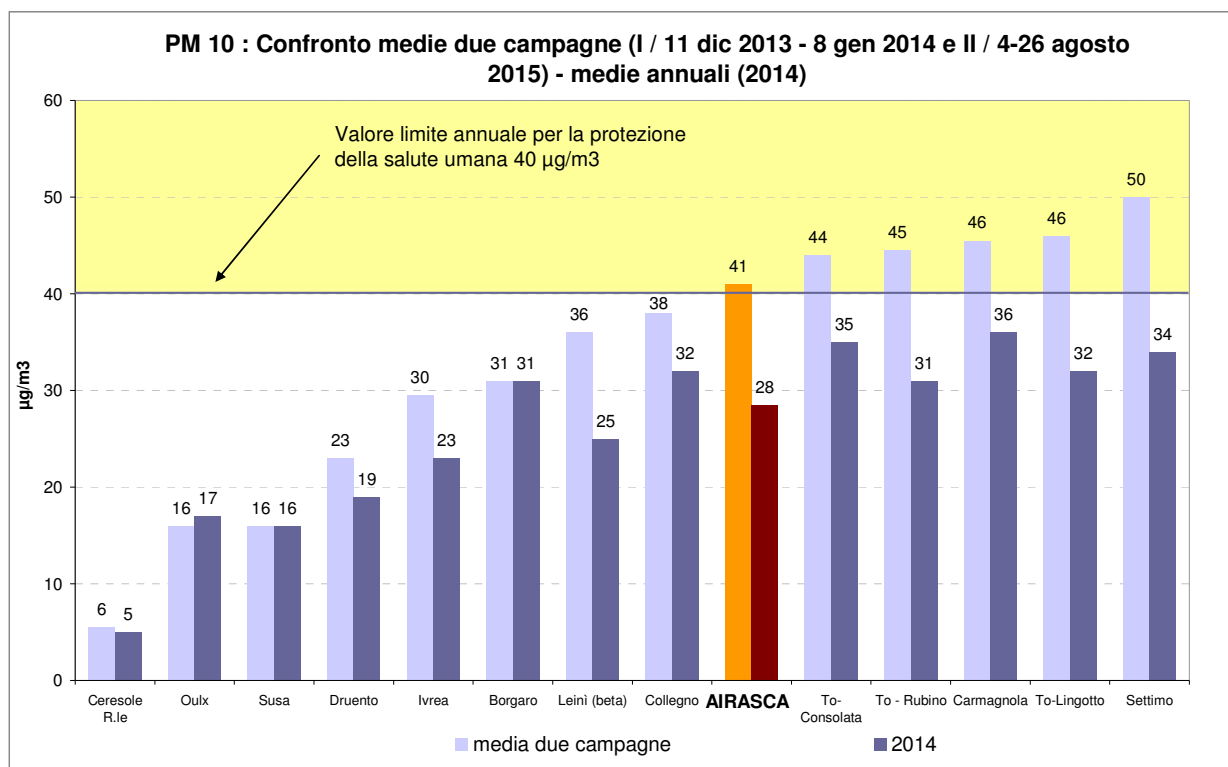
mc : media periodo campagne PM10 di Airasca

Mc : media anno 2014 PM10 di Airasca

mp : media periodo campagne PM10 di Leinì

Mp : media anno 2014 PM10 di Leinì

Figura 28 – PM_{10} : confronto medie campagna invernale (2013-2014) e numero di superamenti

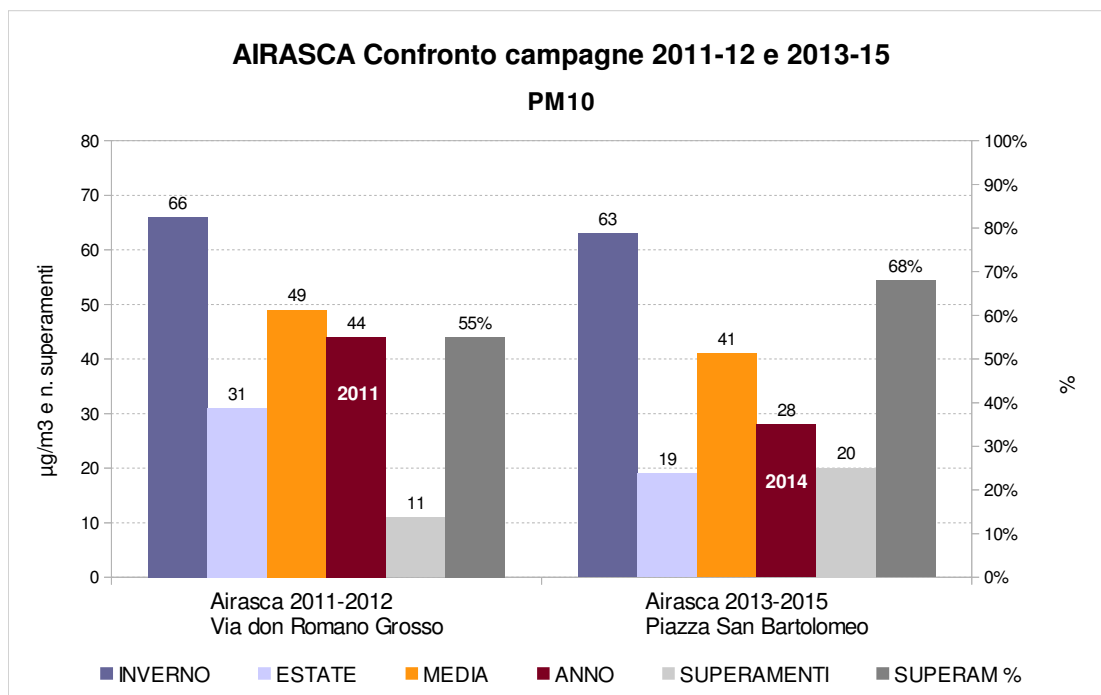


Il grafico di **Figura 29** mostra infine il confronto tra le due serie di campagne svolte nel comune di Airasca negli ultimi 5 anni. Si tratta di siti di misura diversi - il primo più lontano dalla strada principale ma più vicino al sito industriale, il secondo influenzato più direttamente dal traffico stradale cittadino – i cui risultati possono comunque essere comparati. Si fa notare come sia la concentrazione media delle campagne invernale ed estiva sia la concentrazione di PM_{10} stimata per l'anno di riferimento siano, nell'ultimo monitoraggio svolto, sensibilmente diminuite. Va sottolineato peraltro che dal 2011 al 2014 si è osservata una diminuzione generalizzata delle concentrazioni di PM_{10} su tutto il territorio della Città Metropolitana di Torino. Nel 2014 in particolare, le condizioni meteorologiche sono state molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

In definitiva i risultati del nuovo monitoraggio confermano in parte gli esiti della campagna del 2011-2012, dove i dati di Airasca di PM_{10} erano già risultati tra i valori nominalmente più elevati della provincia, sia come concentrazioni medie sia come numero di superamenti. L'alta concentrazione delle polveri sottili quindi non dipende da fenomeni episodici legati al sito o al periodo di indagine, ma rappresenta effettivamente un dato strutturale del territorio in esame.

Sulla base dei soli dati di monitoraggio del particolato non è possibile valutare il peso relativo delle diverse sorgenti locali di inquinamento atmosferico e dei fenomeni di formazione secondaria su vasta scala, in quanto la strumentazione utilizzata misura per sua natura la somma di tutti i contributi. In casi come questi, informazioni di dettaglio sulle fonti inquinanti si ottengono solo tramite un progetto di ricerca applicata che indaghi anche la composizione chimica del particolato. Un progetto di questo tipo, già utilizzato dal Dipartimento scrivente in situazioni analoghe, esula dagli scopi dell'attività ordinaria di Arpa e potrà essere oggetto di successivi accordi con l'Amministrazione comunale.

Figura 29 – PM10: confronto tra le due serie di campagne di misura (2011-2012 e 2013-2014)



PM2.5

Il parametro PM2.5 segue, come andamento temporale e valori di concentrazione giornaliera, il PM10.

Durante la campagna invernale 2013-2014 nel comune di Airasca sono state eseguite delle misure di particolato fine PM2.5 per la prima volta. Anche per il particolato fine sono disponibili 27 giorni di monitoraggio effettivo, dal 12 dicembre 2013 all'8 gennaio 2014, con un dato invalidato il 26 dicembre 2013. Il valore massimo di PM2.5 è di 86 µg/m³ ed è stato misurato il 12 dicembre 2013, il valore minimo di 17 µg/m³ è del 25 dicembre 2013.

Non esiste un valore limite giornaliero per il PM2.5, i valori misurati tuttavia sono piuttosto elevati, molto simili ai dati di PM10. D'altronde nel periodo invernale, soprattutto nell'area della pianura padana, la maggior parte del particolato PM10 è costituita da PM2.5, vale a dire da particelle con diametro inferiore a 2.5 micron (**Tabella 16** e **Figura 30**). La media di PM2.5 della campagna invernale ad Airasca, infatti, è stata di 58 µg/m³, e cioè ben il 92% del dato medio riferito al PM10.

Tabella 16 – Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5} (µg/m³) presso il sito di monitoraggio

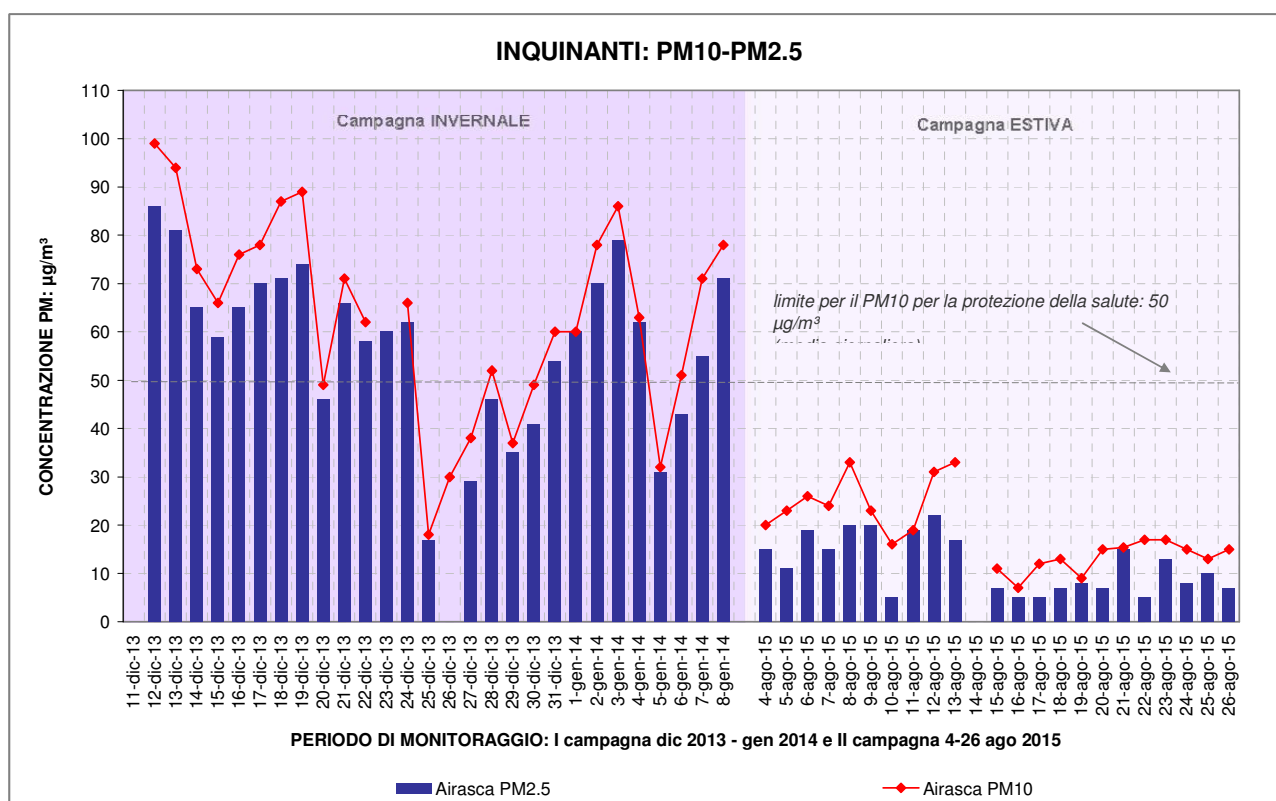
PM2.5 (µg/m³)	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	17	5
Massima media giornaliera	86	22
Media delle medie giornaliere (b):	58	12
Giorni validi	27	22
Percentuale giorni validi	93%	96%

Durante la campagna estiva anche per il PM_{2.5} si registrano concentrazioni basse: i valori sono compresi tra 5 e 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la concentrazione media è di 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ad agosto il PM_{2.5} rappresenta in media il 64% del PM₁₀, percentuale significativamente più bassa di quella relativa al periodo invernale quando buona parte del PM₁₀ era costituito dalla sua frazione più fine. Il dato è in linea con quello di letteratura e con quello che si osserva normalmente per le stazioni della rete fissa di monitoraggio.

La **Figura 31** mette a confronto gli andamenti giornalieri di PM_{2.5} per Airasca e alcune stazioni della rete fissa usate come riferimento - Borgaro, Chieri e Settimo. Abbiamo dovuto escludere dal confronto la stazione di Leinì, probabilmente il migliore riferimento per Airasca come tipologia di stazione e concentrazioni rilevate, poiché il rendimento dello strumento di misura del PM_{2.5} non è stato sufficiente (70%) durante il periodo della seconda campagna per poterne utilizzare i dati prodotti in una elaborazione.

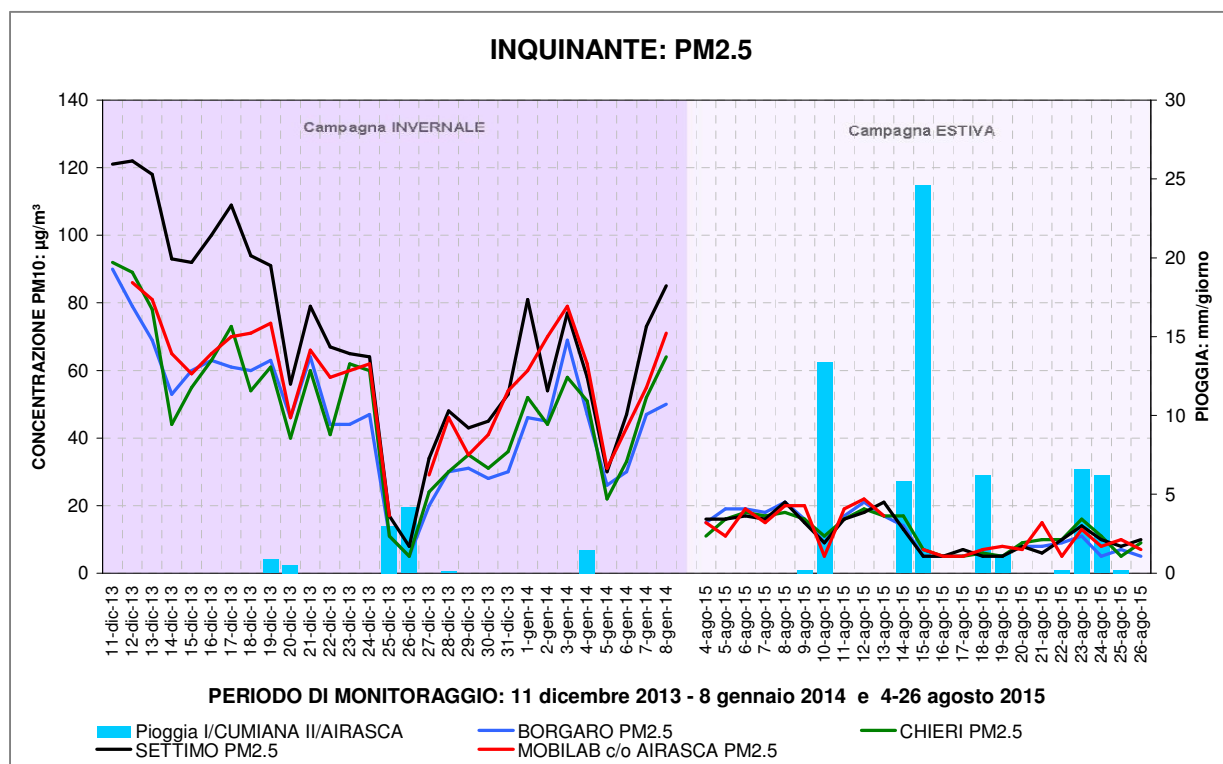
Si osserva che nella seconda parte della campagna invernale i valori di PM_{2.5} di Airasca si distaccano maggiormente da quelli delle stazioni di fondo di Borgaro e Chieri e sono invece più simili a quelli di Settimo, che nominalmente presenta valori di PM_{2.5} tra i più alti della provincia di Torino.

Figura 30 – Particolato PM_{2.5}: andamento giornaliero nel sito di monitoraggio



Per il particolato fine PM_{2.5} la normativa vigente prevede un valore limite annuale – in vigore dal 1° gennaio 2015 - di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come media di tutte le misurazioni giornaliere. Come per il PM₁₀ anche per il PM_{2.5} ad Airasca non è possibile verificare formalmente il rispetto di tale limite a causa della durata limitata nel tempo della campagna di misura. Ma allo stesso modo è possibile utilizzare una formula semplificata che permetta di stimare la concentrazione annuale di PM_{2.5} tramite il confronto con i dati di una stazione di riferimento. In questo caso, non abbiamo potuto utilizzare la stazione di Leinì, come è stato fatto per il PM₁₀; si è deciso di utilizzare allora la stazione le cui concentrazioni di polveri fini più si avvicinano a quelle misurate ad Airasca, cioè Chieri.

Figura 31 – Particolato PM2.5: confronto con alcune stazioni della rete fissa



Tramite il procedimento descritto nella nota², è stato quindi stimato per il comune di Airasca un valore annuale di PM2.5 di 25 µg/m³ (**Tabella 17** e **Figura 32**), valore che eguaglia il limite normativo ed è leggermente più alto di quello calcolato per il complesso delle stazioni dell'area provinciale di Torino (23 µg/m³). Il dato ottenuto ha comunque un mero valore indicativo, poiché, come detto, per il confronto non è stato possibile scegliere la stazione più prossima come valori misurati ed inoltre il metodo utilizzato ha certo il vantaggio di essere molto semplice ed immediato ma soffre altresì di una certa dose di incertezza che aumenta quando i numeri sono bassi, come nel caso delle concentrazioni di PM2.5.

In sostanza una stima prossima o pari al valore limite come quella in questione sta a significare che il valore limite può essere – a parità di contesto emissivo - superato o rispettato in funzione della criticità meteorologica dell'anno a cui si fa riferimento. Negli ultimi anni tale situazione è peraltro comune anche ai punti di misura fissi di PM2.5 sul territorio della Città Metropolitana: i dati oscillano da un anno all'altro nell'intorno del valore limite in funzione delle condizioni meteorologiche

² Sono state calcolate le medie di PM2.5 - annuale e relativa al periodo delle due campagne di misura - per la stazione di Chieri che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Airasca; dal rapporto con la media dell'anno 2014 di Chieri si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Airasca permette di ricavare la stima annuale per il sito in esame;

$$Mc = (Mp / mp) \times mc$$

dove

mc : media periodo campagne PM2.5 di Airasca

Mc : media anno 2014 PM2.5 di Airasca

mp : media periodo campagne PM2.5 di Chieri

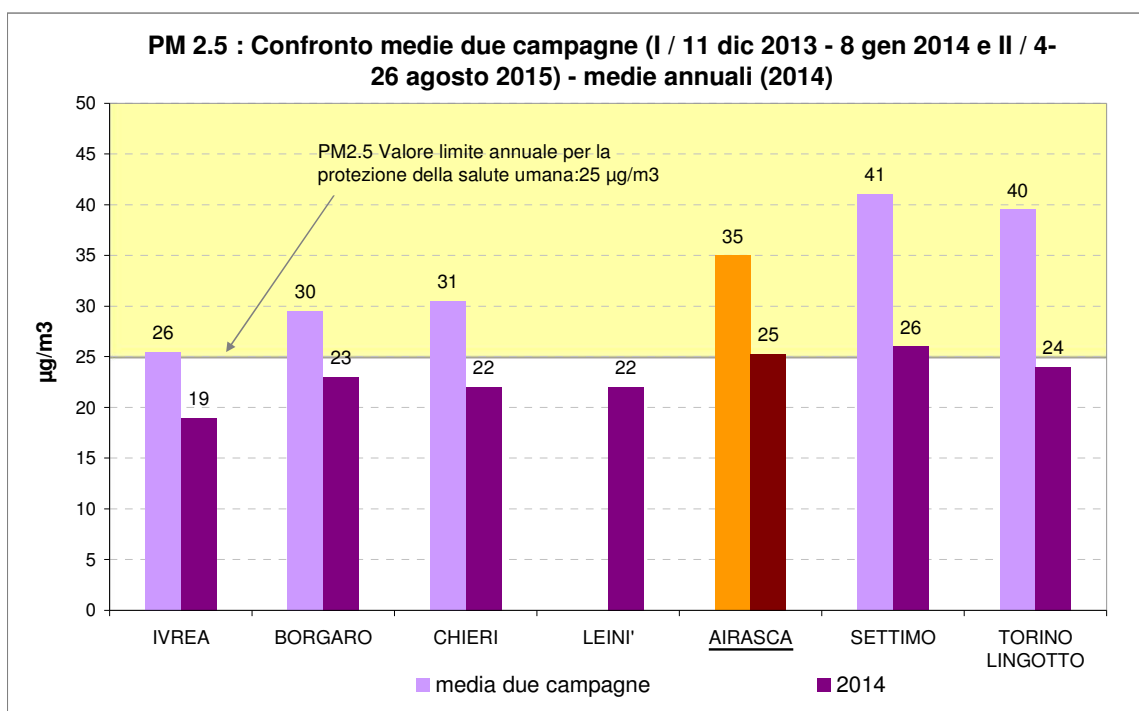
Mp : media anno 2014 PM2.5 di Chieri

Tabella 17 – Particolato sospeso PM_{2.5}: confronto medie del periodo e medie 2014

Stazioni di misura	Media PM _{2.5} prima campagna 11/12/2013 – 08/01/2014	Media PM _{2.5} Seconda campagna 4-26 agosto 2016	Media PM _{2.5} due campagne 2013-15	Media 2014
IVREA	40	11	26	19
BORGARO	47	12	30	23
CHIERI	49	12	31	22
LEINI'	52	-	-	22
AIRASCA	58	12	35	25*
SETTIMO	70	12	41	26
TORINO LINGOTTO	66	13	40	24
Media provincia di TO	55	12	36	23

*Valore stimato secondo le modalità descritte nel testo

Figura 32 – Particolato PM_{2.5}: confronto con le stazioni della rete fissa di monitoraggio



In ogni caso dal momento che il PM_{2.5} è un inquinante di origine prevalentemente secondaria, vale a dire originato da fenomeni su ampia scala spaziale a carico di precursori in origine emessi in forma gassosa che in atmosfera si trasformano in particolato, vi è certamente ad Airasca, come in tutto il territorio provinciale, un contributo significativo di fonti anche molto lontane dal sito di monitoraggio.

In termini generali per PM_{2.5} e PM₁₀, due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale 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.

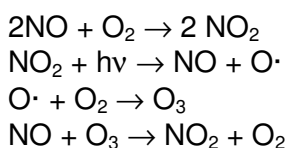
Ozono

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, ma 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).

Le concentrazioni più elevate di ozono 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 le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante si possono riassumere nel modo seguente:



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).

Nel corso della campagna invernale di Airasca nel 2013-2014 la media dei valori orari di ozono è stata di $12\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $70\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 18**). Si tratta di valori molto bassi, comuni a tutte le stazioni di monitoraggio della rete fissa. Come atteso, non ci sono mai stati superamenti della soglia di allarme o di informazione, né superamenti del valore di $120\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, che rappresenta il livello di protezione della salute umana su medie di 8 ore. L'ozono, di fatto, è un inquinante tipicamente estivo, le sue concentrazioni sono normalmente molto basse nei mesi freddi e non destano alcuna preoccupazione per la popolazione (**Figura 33 e Figura 34**).

Durante la campagna estiva la concentrazione media di ozono è stata di $75\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, la massima media oraria ha raggiunto i $192\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. (**Tabella 18**). Ci sono stati 87 superamenti del livello protezione della salute su medie di 8 ore ($120\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), concentrati in 16 dei 23 giorni di campionamento (**Figura 33**); è stato quindi superato 16 volte l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h $> 120\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ci sono stati inoltre 3 giorni con almeno un superamento del livello d'informazione, pari a $180\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria. Il grafico evidenzia tuttavia come le eccedenze rispetto al limite (7 in tutto) siano dell'ordine di pochi microgrammi, concentrate tutte nella prima parte di agosto.

I valori estivi di ozono ad Airasca sono in ogni caso piuttosto elevati, non tanto come dato medio del periodo - $75\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ è una concentrazione in linea con quella di altre stazioni della rete regionale e con la media provinciale ($80\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) - quanto come valori massimi. Infatti, il superamento del valore obiettivo è tra i più alti registrati in provincia. Anche dal grafico del giorno medio (**Figura 35**) dal classico andamento a campana è evidente che le concentrazioni di Airasca sono più alte di quelle di Leinì - stazione utilizzata in genere come riferimento - e più simili a quelle misurate a Druento, stazione situata all'interno della tenuta della Mandria, un parco pubblico molto grande e fitto di vegetazione dove è maggiore la produzione di composti organici volatili di origine naturale, precursori dell'ozono troposferico. L'ozono d'altronde, data la sua origine secondaria, è un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

Tabella 18 – Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu g/m^3$)

O_3 ($\mu g/m^3$)	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	5.2	48
Massima media giornaliera	36	100
Media delle medie giornaliere	12	75
Giorni validi	29	23
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	12	75
Massima media oraria	70	192
Ore valide	696	550
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo medie 8 ore	3.9	4
Media delle medie 8 ore	12	76
Massimo medie 8 ore	54	162
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	87
<u>N. di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	16
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	7
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	3
<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 33 – O_3 : confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

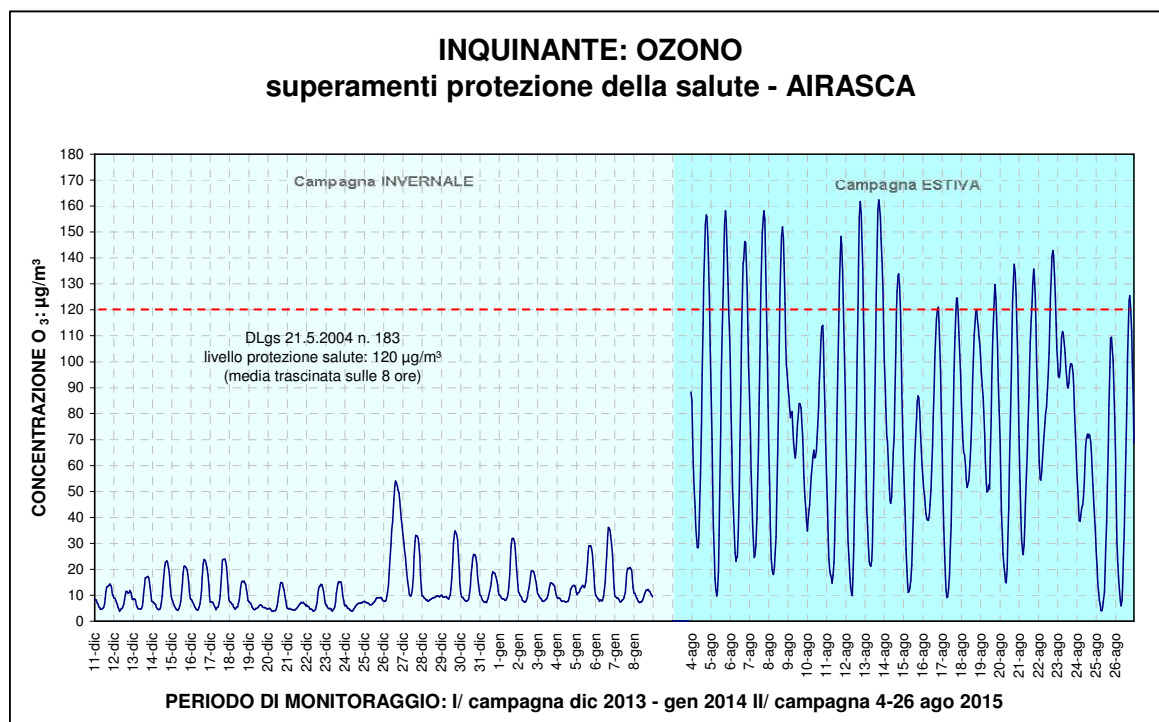


Figura 34 – O_3 : andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge

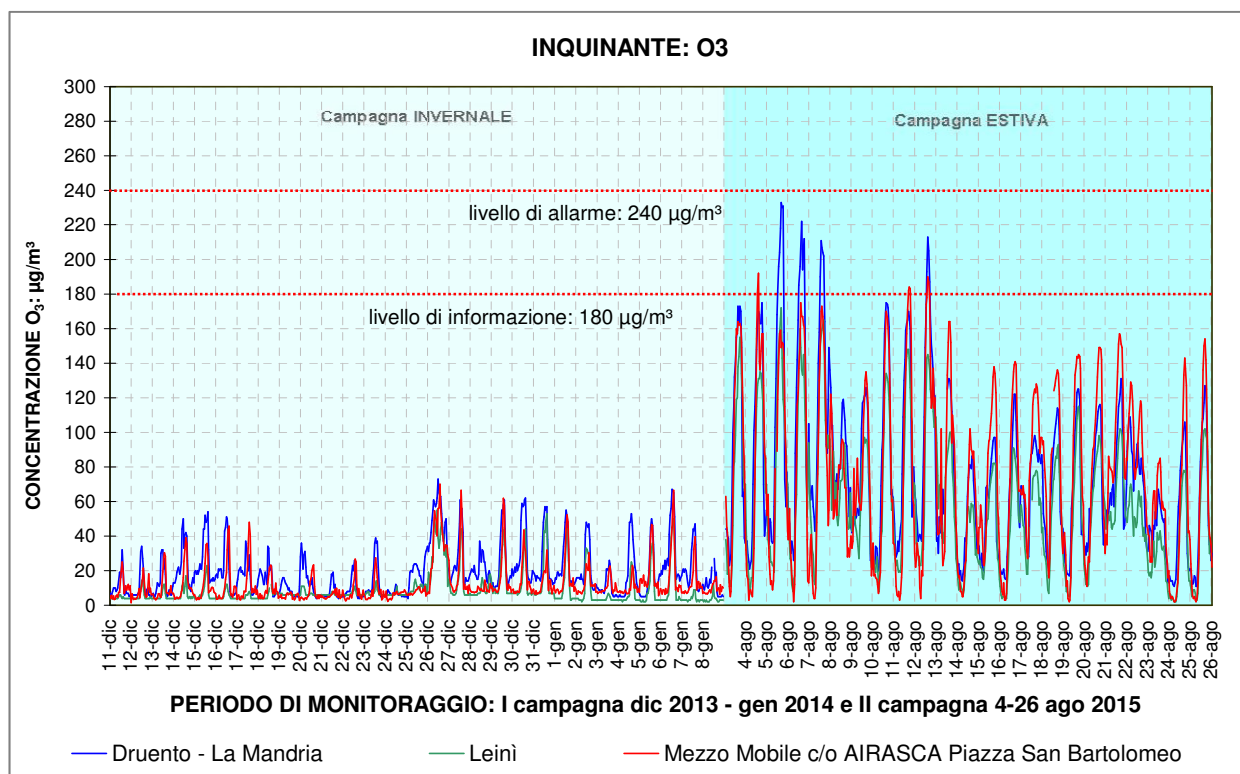
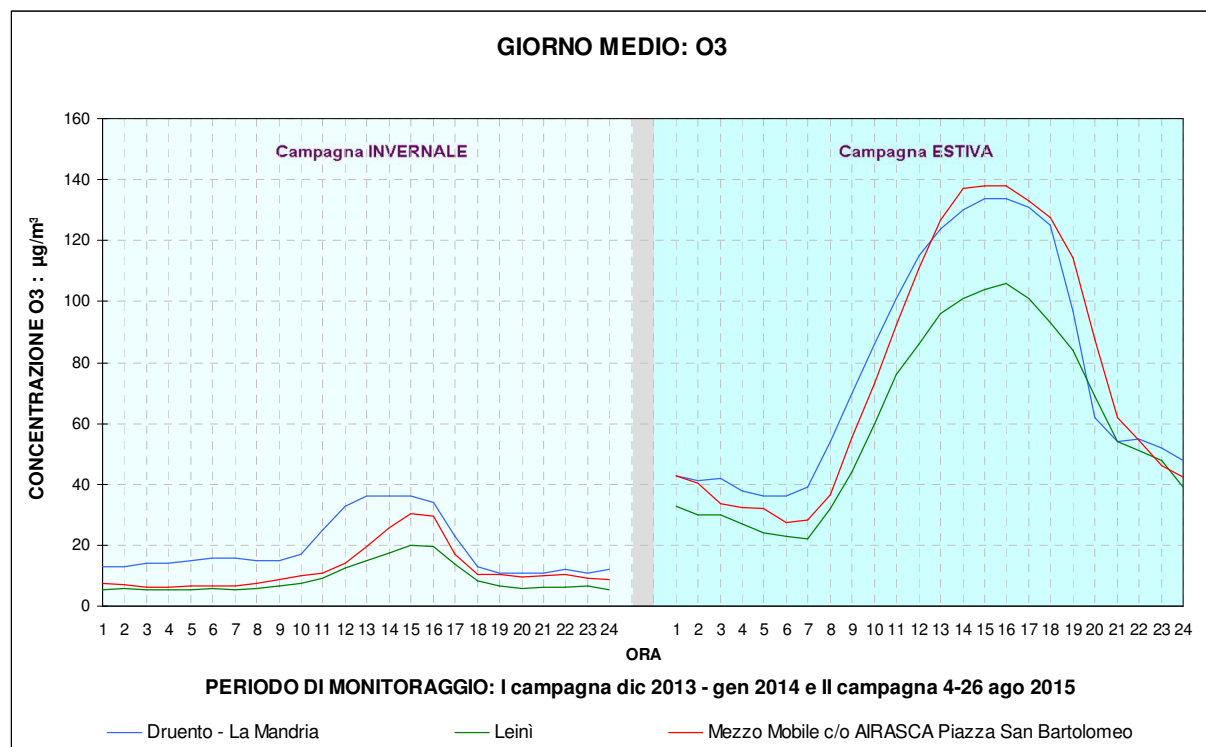


Figura 35 – O_3 : giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



La normativa in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire dal 2010 il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni. Non è possibile nel caso in esame fare riferimento a un limite che considera tre anni di misurazioni, tuttavia a scopo descrittivo si può considerare il parametro “soglia del valore obiettivo” e cioè che il numero massimo di 25 superamenti del limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sia riferito ad un unico anno solare. Con l’eccezione di Susa, tale tipo di limite annuale non sarebbe rispettato in nessuna stazione della rete regionale (vedi **Tabella 19**). Poiché le concentrazioni e i superamenti di ozono registrati in piazza San Bartolomeo durante la campagna estiva sono assolutamente comparabili con quelli registrati nelle stazioni della rete fissa nello stesso periodo, verosimilmente un ipotetico campionamento annuale avrebbe portato a superare il limite di 25 superamenti anche ad Airasca.

La formazione e la degradazione dell’ozono in ogni caso 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.

Tabella 19 – O_3 : concentrazione e valori limite, confronto con le stazioni della rete fissa

Stazioni di misura	media conc. O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 11 dic 2013 – 8 gen 2014	media conc. O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 4-26 ago 2015	n. superamenti valore obiettivo di. $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ campagna estiva	n. superamenti lim. $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Campagna estiva	N. superamenti 2015
LEINI'	9	60	8		39
VINOVO	9	60	5		31
SUSA	33	68	3		20
MM AIRASCA	12	75	16	7	-
TO RUBINO	12	76	8		54
DRUENTO	19	77	9	23	59
TO LINGOTTO	14	78	10	1	58
CHIERI	16	81	10		74
IVREA	19	83	9	2	61
CERESOLE	77	86	8		57
BORGARO	10	91	14	14	71
ORBASSANO	16	96	14	24	74

ANALISI DEL TRAFFICO VEICOLARE

Il traffico veicolare costituisce oggi il principale responsabile dell'inquinamento atmosferico nelle grandi aree urbane, a causa dell'emissione dei prodotti della combustione dei carburanti e della loro successiva trasformazione chimica.

Per meglio comprendere l'andamento degli inquinanti da traffico veicolare, nel comune di Airasca si è scelto di misurare oltre ai parametri meteorologici anche il flusso veicolare presente sul territorio. In accordo con l'amministrazione comunale è stato quindi posizionato uno strumento conta traffico su un lampione dell'illuminazione pubblica dell'asse viario principale del comune, - via Roma, angolo via Stazione - a meno di 200 metri dal sito in cui è stato svolto il monitoraggio degli inquinanti con il laboratorio mobile (**Figura 36**). Lo strumento ha quindi registrato tutti i veicoli che sono transitati in via Roma nei due sensi di marcia.

Figura 36 - Sito di monitoraggio del traffico ad Airasca, via Roma



Il conta-traffico utilizzato nei rilevamenti è del tipo GmbH - modello viacount II. Si tratta sostanzialmente di 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 a scelta i movimenti dei veicoli di una o di entrambe le direzioni di marcia; nel nostro caso le misure sono state eseguite conteggiando i veicoli in entrambe le direzioni di marcia.

Su ciascun veicolo in transito sulla sezione stradale su cui è collocato, il conta traffico è in grado di acquisire informazioni quali: data e ora di transito; direzione, velocità e lunghezza del veicolo.

Il programma di lettura dei dati è inoltre in grado di individuare in modo automatico cinque classi veicolari distinte in base alla lunghezza del mezzo di trasporto³. Autocarri e autotreni costituiscono la componente pesante del traffico veicolare (si suppone per essi un'alimentazione prevalentemente diesel), ciclomotori e automobili quella leggera; i transporter, cioè i mezzi in genere commerciali la cui lunghezza è compresa tra 4.83 e 5.84, costituiscono una categoria a sé stante.

Lo strumento funziona con una batteria ricaricabile di durate variabile dai 12 ai 15 giorni. In genere dopo 12 giorni il conta-traffico viene rimosso dal sito di misura, riportato in ufficio per lo scarico dei dati e la carica della batteria e poi riposizionato quanto prima nella stazione di misura.

Durante la campagna invernale Il periodo di monitoraggio nel comune di Airasca è coinciso all'incirca con quello della campagna di misura della qualità dell'aria. Il rilevamento del traffico si è svolto dal 9 dicembre 2013 al 6 gennaio 2014, ma la valutazione del traffico effettiva è stata:

- dal 10 dicembre al 19 dicembre 2013
- dal 27 dicembre 2013 al 5 gennaio 2014.

Durante la campagna estiva il campionamento con lo strumento conta traffico non è completamente sovrapponibile al monitoraggio chimico ed è durato dal 4 agosto al 2 settembre 2015, suddiviso in due fasi:

- dal 4 al 14 agosto 2015
- dal 17 agosto al 2 settembre 2015.

Tuttavia i dati della prima parte della campagna (4-14 agosto) sono risultati fortemente anomali e sono stati tutti invalidati. Per avere un numero sufficiente di dati di traffico da elaborare, si è quindi deciso di prolungare la seconda parte del monitoraggio anche oltre la fine del campionamento chimico. La valutazione del traffico veicolare del periodo estivo è quindi stata possibile su 16 giorni di misura effettivi, dal 17 agosto al 2 settembre.

In sede di analisi dei dati è stata innanzitutto calcolata la media giornaliera dei passaggi veicolari totali durante i 19 giorni di misura della campagna invernali e i 16 giorni della campagna estiva. (**Tabella 20**). La media giornaliera si ricava dal rapporto tra il numero totale di veicoli conteggiati dallo strumento e il numero dei giorni della campagna. 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 quindi classificare il sito di Airasca in funzione dei flussi di traffico e delle caratteristiche stradali.

Durante la campagna di misura invernale il numero di passaggi medi giornalieri nei 19 giorni di misura validi è di **4232** veicoli/giorno. Nel corso della campagna estiva la media giornaliera dei veicoli totali è leggermente inferiore, **3929** veicoli/giorno. In entrambi i casi, in base alle Linee guida APAT sopracitate (capitolo 4 - tipologia e numero delle stazioni per la valutazione dell'esposizione della popolazione negli agglomerati - nota 2), tale valore individua per la strada indagata – suburbana, a carattere residenziale - una condizione di medio volume di traffico essendo i passaggi giornalieri compresi tra 2.000 e 10.000 veicoli/giorno.

³ Classi veicolari individuate dal programma di lettura dei dati radar:

- 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

Tabella 20 - Medie giornaliere di passaggi veicolari.

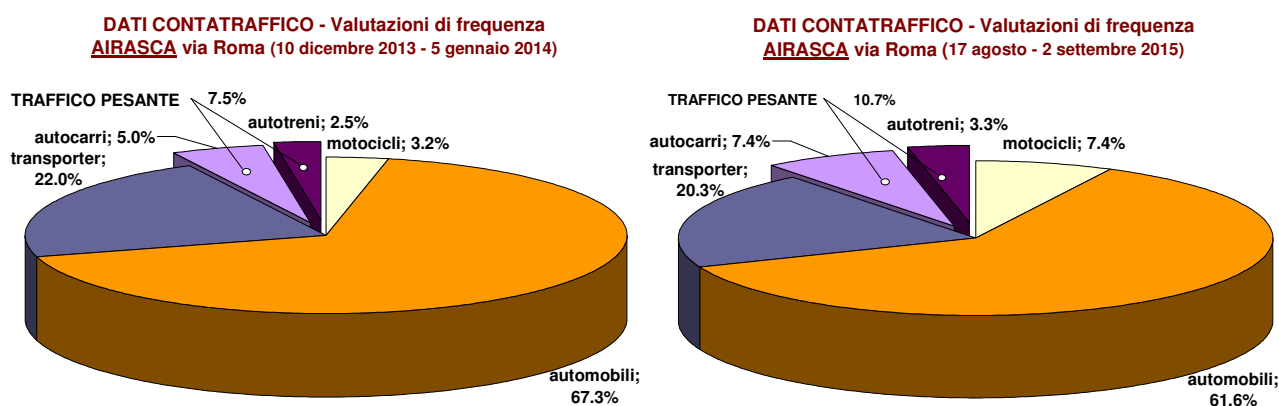
Mobilab c/o AIRASCA Dati conta-traffico	I campagna 10 dicembre 2013 - 5 gennaio 2014 <i>veicoli/giorno</i>	II campagna 17 agosto - 2 settembre 2015 <i>veicoli/giorno</i>
Media giornaliera di veicoli leggeri	2985	2711
Media giornaliera veicoli commerciali leggeri	929	798
Media giornaliera di veicoli commerciali pesanti	317	420
Media giornaliera di veicoli totali	4232	3929

Analizzando più nel dettaglio i dati si possono ottenere indicazioni sulla composizione del traffico veicolare, cioè sulla frequenza di passaggi delle varie tipologie veicolari nel periodo indagato (**Figura 37**).

Il grafico mostra che nel sito di Airasca la categoria maggiormente rappresentata, sia d'inverno sia d'estate, è quella delle automobili, che costituiscono circa i 2/3 dei veicoli transitati su via Roma. Consistente anche il numero di veicoli commerciali leggeri (intorno al 20%), cui sono assimilati per dimensioni anche i SUV (Sport Utility Vehicle). Il traffico pesante in senso stretto – autocarri e autotreni – rappresenta il 7.5% del totale dei passaggi d'inverno, il 10.7% ad agosto 2015.

Occorre precisare tuttavia che il dato relativo al traffico pesante è probabilmente sovrastimato: la suddivisione in classi veicolari operata dallo strumento infatti inserisce tra i pesanti (lunghezza superiore a 5.85 metri) anche veicoli le cui dimensioni possono ricadere nella categoria dei veicoli commerciali leggeri, come ad esempio grandi furgoni. Inoltre, in alcuni casi è possibile che lo strumento male interpreti la sovrapposizione di due veicoli che procedono in senso inverso come un unico veicolo di lunghe dimensioni.

Figura 37 - Composizione in percentuale del traffico veicolare ad Airasca



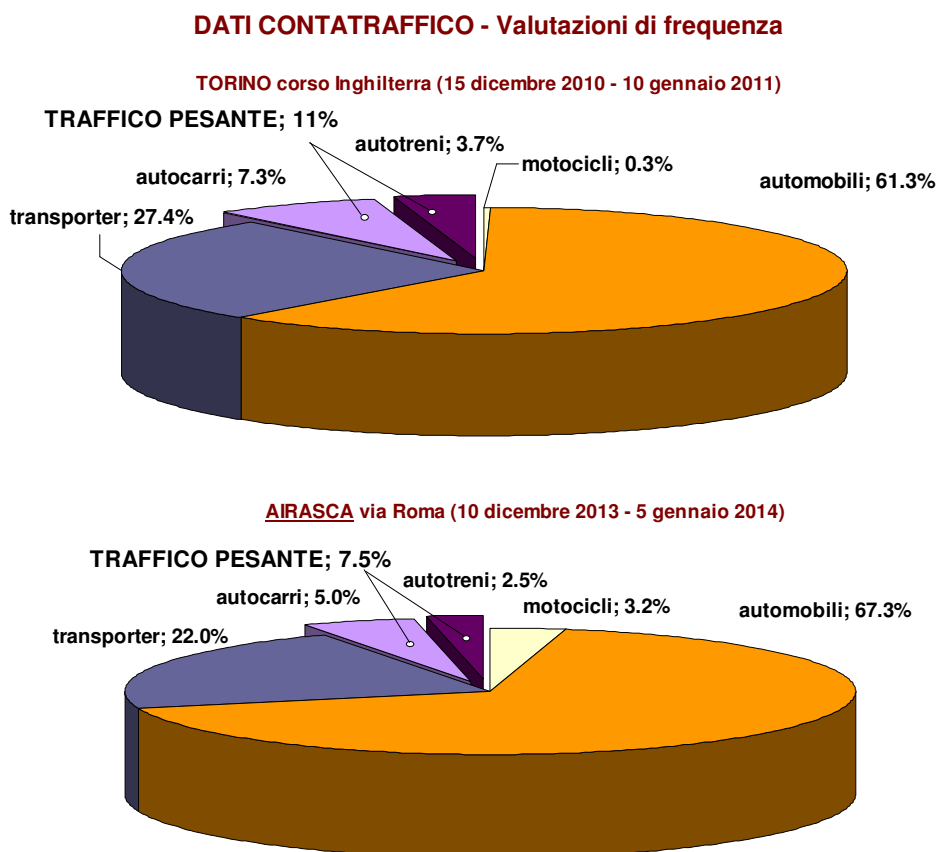
Per avere un termine di paragone sui volumi di traffico si è scelto di mettere a confronto i dati sulla composizione del traffico veicolare di Airasca con quelli di un sito fortemente urbanizzato, quale è

una via centrale del comune di Torino. Sono stati considerati periodi costituiti da un numero simile di giorni di monitoraggio, benché riferiti ad anni diversi di misura.

La campagna nel capoluogo piemontese è stata condotta tra il dicembre del 2011 e il gennaio del 2012 davanti alla sede della Provincia di Torino, in corso Inghilterra - un'arteria stradale centrale del comune con due corsie per senso di marcia, la campagna di Airasca è quella invernale, dal 10 dicembre 2013 al 5 gennaio 2014.

Anche se i due monitoraggio hanno avuto una durata diversa – come numero di giorni di misura effettiva – e si riferiscono ad anni diversi, è possibile comunque, grazie al numero relativamente elevato di dati raccolti, fare una valutazione della distribuzione percentuale dei veicoli nelle varie categorie. Le immagini di **Figura 38** evidenziano come le diverse categorie presentino percentuali simili nei due siti di misura. Ad Airasca transita un numero maggiore di automobili (67.3% contro 61.3% di Torino), a Torino è leggermente maggiore il traffico pesante – costituito soprattutto da autobus urbani e suburbani - 11% contro 7.5% di Airasca. Anche in termini assoluti il volume di traffico è molto differente: considerando un eguale numero di giorni di misura il traffico a Torino risulta almeno doppio rispetto a quello registrato in via Roma ad Airasca.

Figura 38 – Composizione in percentuale del traffico veicolare ad Airasca e a Torino

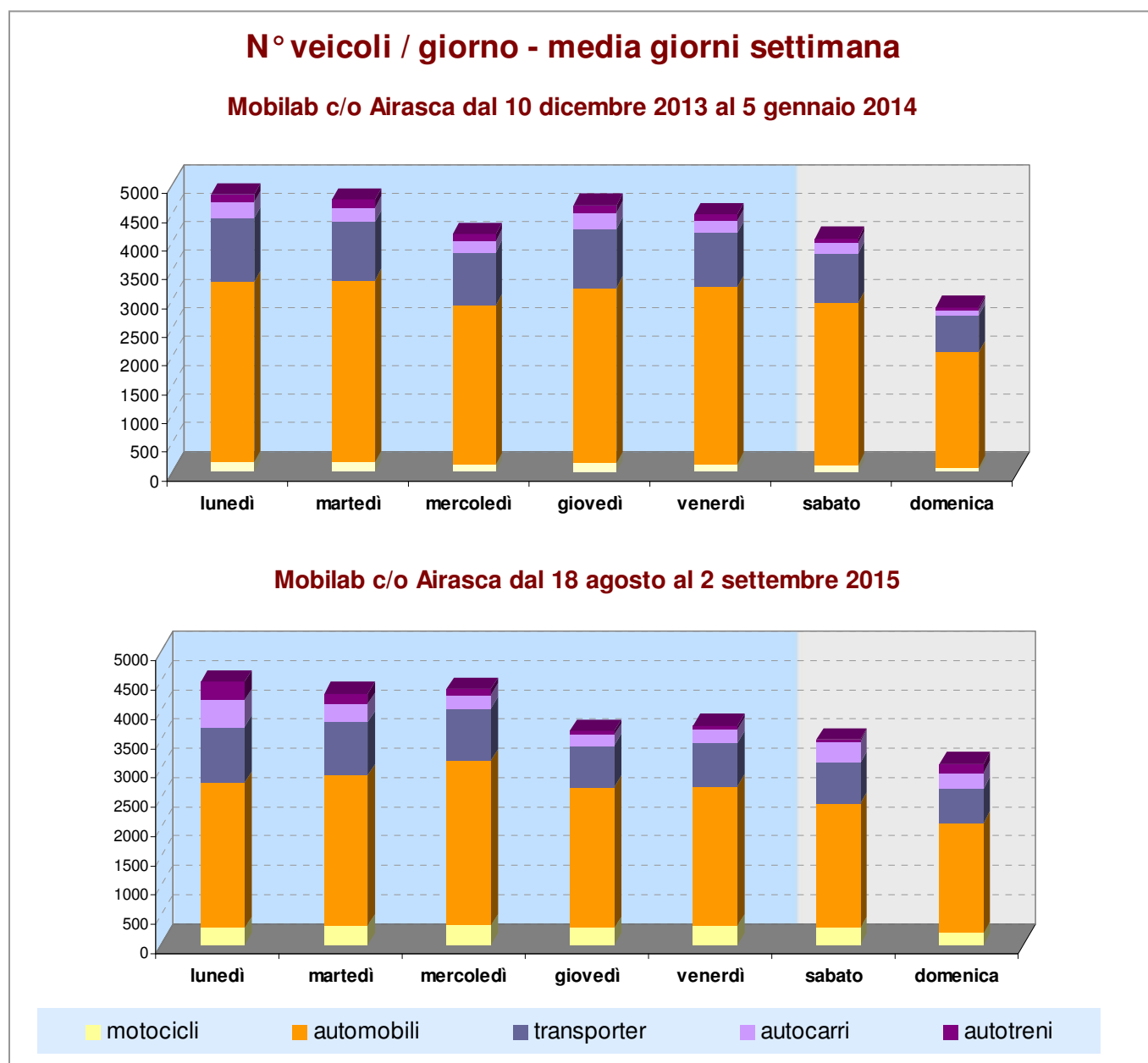


La **Figura 39** mostra invece la distribuzione settimanale del traffico su strada: come atteso, il numero di passaggi veicolari è più elevato nei giorni lavorativi – i valori massimi si registrano lunedì e martedì durante la campagna invernale, mercoledì durante quella estiva - più basso il sabato e la domenica.

La domenica è la giornata con il minor flusso di traffico settimanale, benché d'estate la diminuzione sia meno evidente. D'altronde il dato è stato mediato su due sole domeniche e inoltre da venerdì 21 a lunedì 24 agosto si è svolta ad Airasca la festa patronale del paese, proprio in piazza San Bartolomeo. Il traffico domenicale maggiore del consueto ha di fatto alzato la media del giorno del periodo.

Per entrambe le campagne di misura il giorno in cui si registra il numero massimo di passaggi è un mercoledì, il 18 dicembre 2013 durante la campagna invernale, il 2 settembre 2015 durante quella estiva. La motivazione più plausibile è che tale dato sia diretta conseguenza del consueto mercato settimanale che si svolge in piazza San Bartolomeo ogni mercoledì e che con ogni probabilità richiama nel concentrico di Airasca un flusso di traffico leggermente superiore rispetto agli altri giorni lavorativi.

Figura 39 - Distribuzione settimanale dei passaggi veicolari nel sito di Airasca, Via Roma



La **Figura 40** mostra l'andamento del giorno medio: per le categorie presenti sono ben visibili i due picchi di flusso veicolare mattutino e serale, rilevati anche nei grafici dei giorni medi degli inquinanti atmosferici. Il profilo del traffico nel giorno medio sostanzialmente non cambia tra la prima campagna invernale e la campagna estiva di agosto 2015: gli andamenti delle varie classi veicolari sono pressoché sovrapponibili.

Si può in generale valutare anche la relazione tra i dati di traffico e le concentrazioni degli inquinanti che prevedono limiti giornalieri, quali PM₁₀ e NO₂. Nei grafici di

Figura 41 e **Figura 42** sono stati messi a confronto i dati di traffico e di qualità dell'aria per un uguale periodo di 9 giorni nelle due campagne di misura. D'inverno quando i valori di NO₂ e PM₁₀ sono maggiori è possibile notare una buona correlazione tra il traffico pesante come numero di veicoli/giorno e le concentrazioni dei due inquinanti considerati. D'estate la correlazione è praticamente assente, anche se nei grafici non è evidente a causa dello schiacciamento dovuto alla scala scelta sugli assi di misura.

A titolo puramente descrittivo nella **Figura 43** è possibile mettere a confronto anche i dati del traffico leggero, formato da veicoli alimentati prevalentemente a benzina (automobili + motocicli) con le concentrazioni medie giornaliere di benzene. Così come per gli altri inquinanti esiste una buona correlazione tra i due parametri durante il monitoraggio invernale: alle più basse concentrazioni di benzene del 14, 15 e 16 agosto corrisponde ad esempio un volume di traffico più limitato.

Nei grafici è possibile notare l'anomalia rappresentata dai giorni della festa patronale di Airasca – 22, 23 e 24 agosto, quando il volume di traffico è più elevato rispetto ai giorni precedenti e successivi.

Figura 40 - Andamento giorno medio per tutte le categorie veicolari nel sito di Airasca, Via Roma

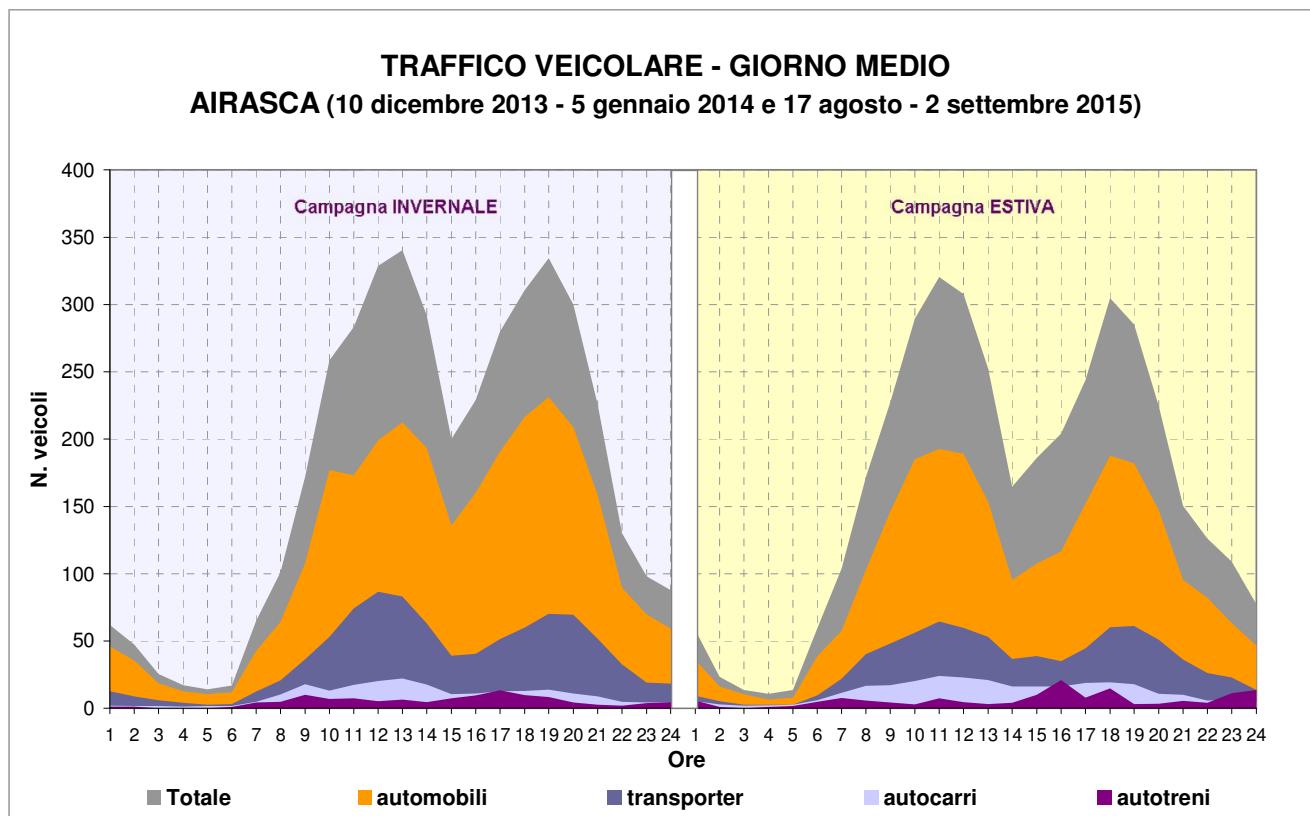


Figura 41 - Confronto NO₂ - traffico PESANTE nel sito di Airasca, via Roma

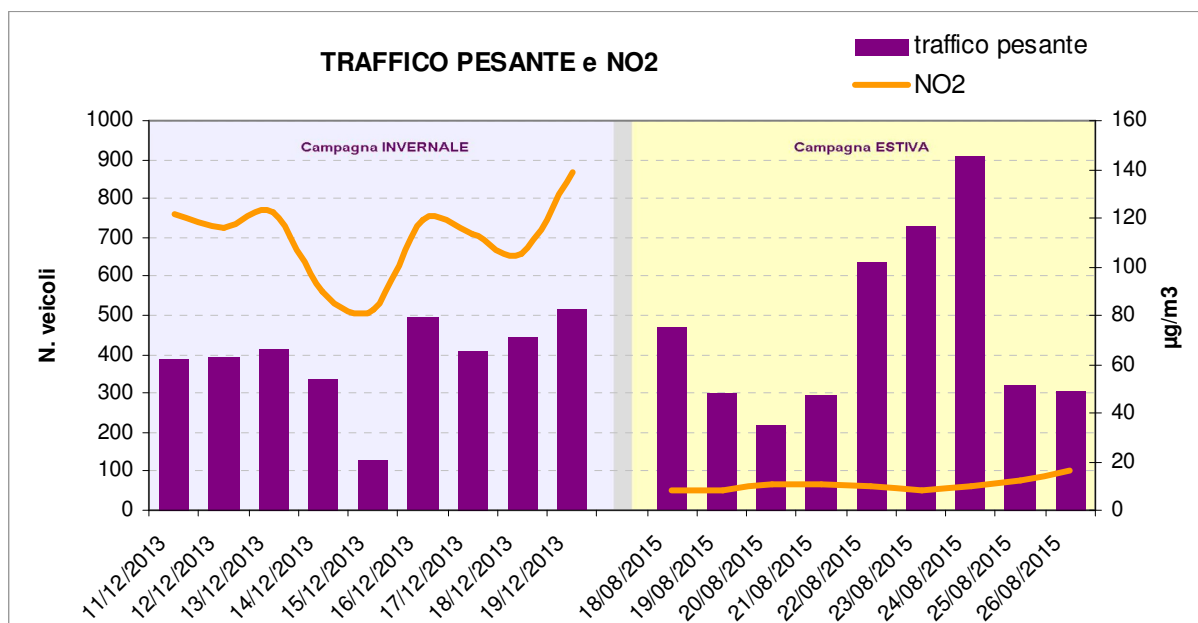


Figura 42 - Confronto PM₁₀ – traffico PESANTE nel sito di Airasca, via Roma

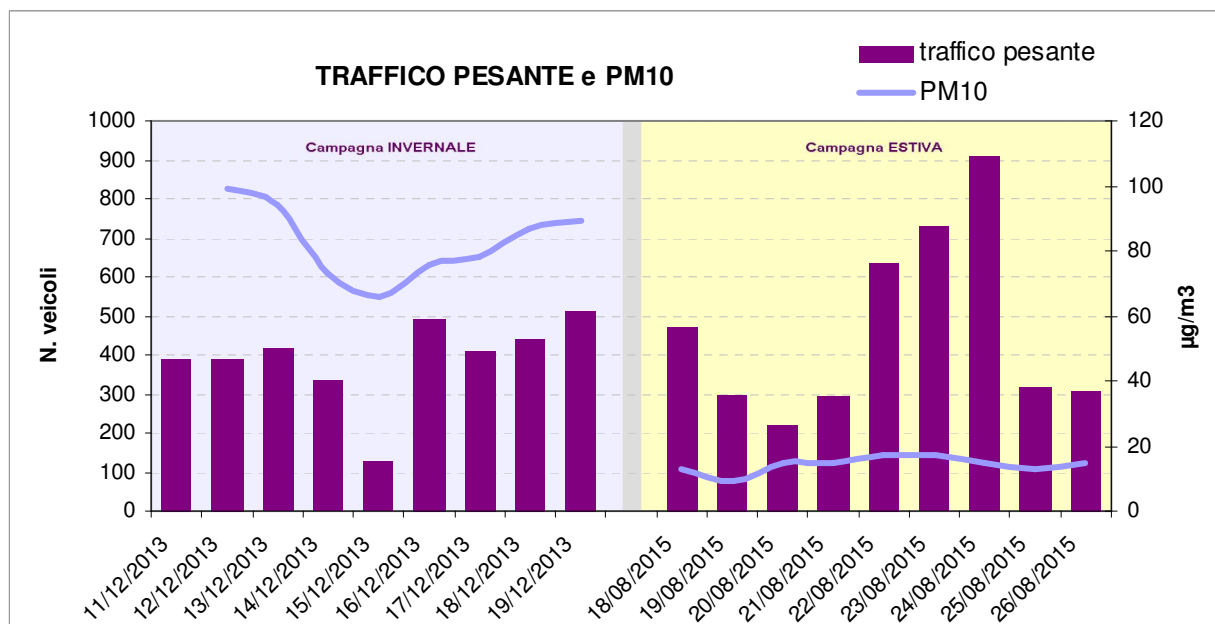
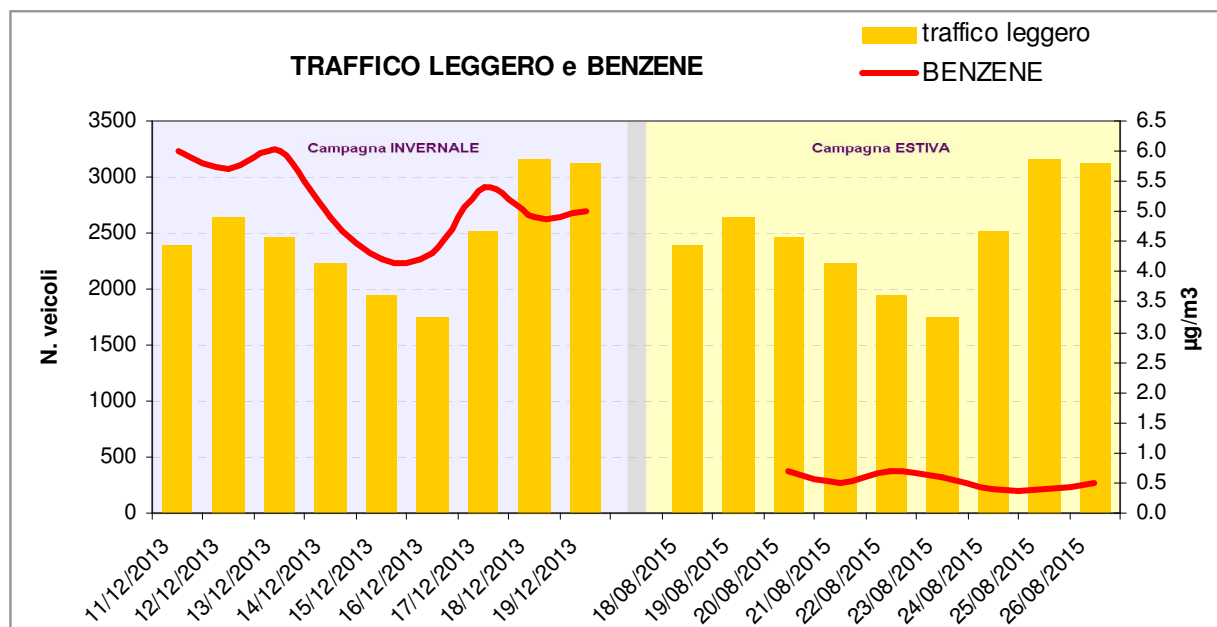


Figura 43 - Confronto Benzene – traffico LEGGERO nel sito di Airasca, via Roma



In definitiva si possono fare alcune considerazioni sull'impatto del traffico sulla qualità dell'aria:

- Come atteso, il volume di traffico è più elevato nei giorni lavorativi; il sabato e la domenica se ne registra una diminuzione, più evidente d'inverno che d'estate.
- La composizione in classi veicolari ad Airasca è simile tra la campagna invernale e quella estiva. La maggior parte dei veicoli, intorno ai 2/3 del totale, è costituita da automobili, il traffico pesante, costituito da autotreni e autocarri, è leggermente più elevato d'estate quando supera di poco il 10%. I volumi di traffico invece sono nettamente inferiori a quelli di una stazione di monitoraggio urbano, come evidenziato dal confronto con i dati di una campagna di misura svolta in una strada del centro cittadino del capoluogo piemontese.
- Lo studio svolto mostra infine che d'inverno c'è una buona correlazione tra traffico pesante e concentrazione di inquinanti quali NO₂ e PM₁₀, mentre d'estate la correlazione è praticamente assente. a dimostrazione del fatto che quantomeno nel caso delle polveri PM₁₀, la loro concentrazione in atmosfera non è solo diretta conseguenza del traffico veicolare ma risente in realtà dell'influenza di più fattori: dalle diverse fonti di emissione ai processi di formazione secondaria e alla meteorologia.

CONSULTAZIONE DATI

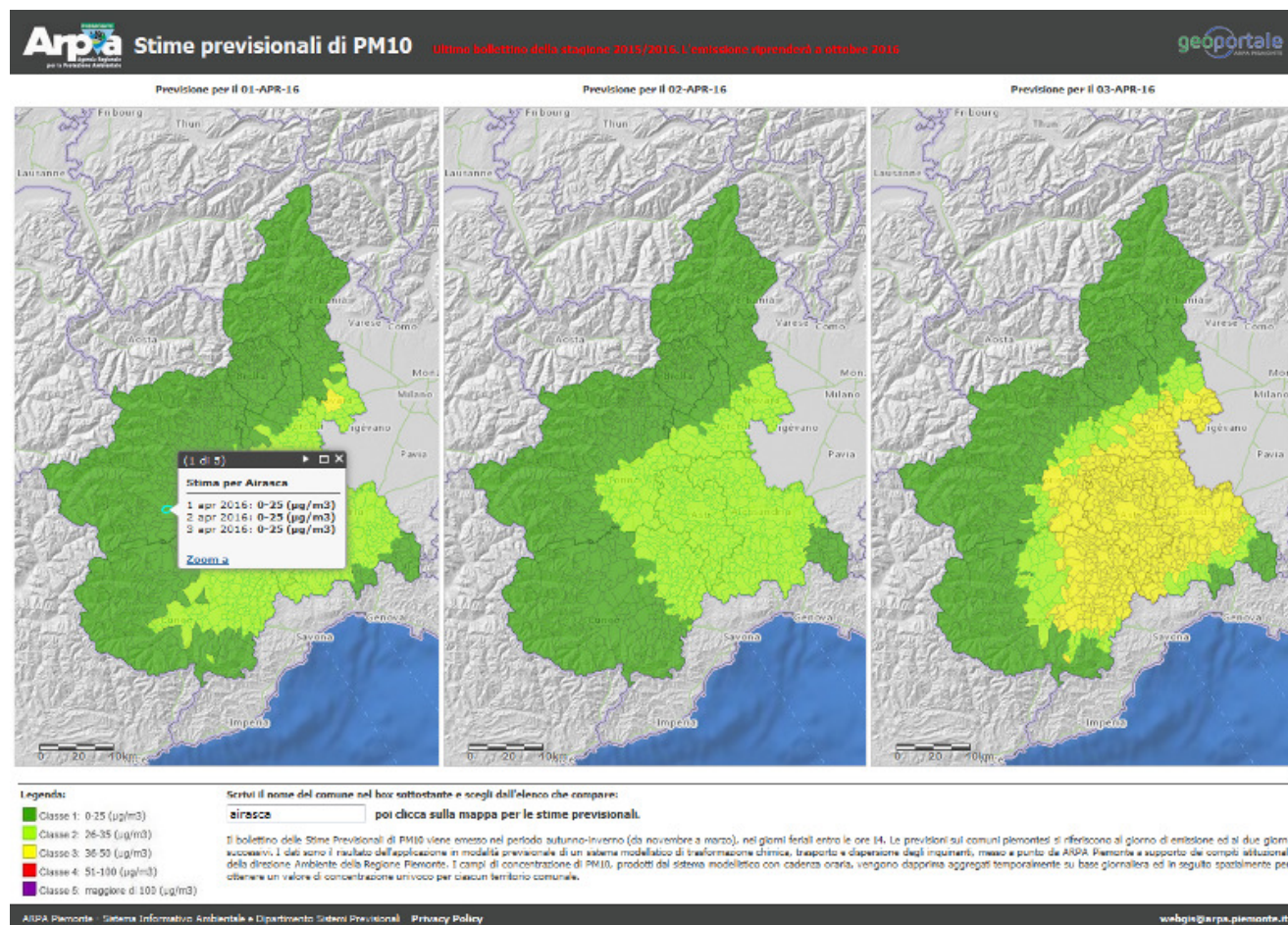
Si ricorda che per avere informazioni aggiornate sulle concentrazioni dei principali inquinanti nel proprio comune è possibile consultare direttamente il sito internet di Arpa Piemonte (<https://www.arpa.piemonte.gov.it/>).

In particolare nella sezione <dati ambientali> del sito (<https://www.arpa.piemonte.gov.it/dati-ambientali>) cliccando sull'icona aria è possibile consultare il bollettino delle Stime Previsionali di PM10. Si tratta di uno strumento di facile consultazione, emesso nel periodo autunno-inverno (da novembre a marzo), nei giorni feriali entro le ore 14.

Le previsioni sui comuni piemontesi si riferiscono al giorno di emissione e ai due giorni successivi. I dati sono il risultato dell'applicazione in modalità previsionale di un sistema modellistico di trasformazione chimica, trasporto e dispersione degli inquinanti, messo a punto da ARPA Piemonte. I campi di concentrazione di PM10, prodotti dal sistema modellistico con cadenza oraria, vengono dapprima aggregati temporalmente su base giornaliera ed in seguito spazialmente per ottenere un valore di concentrazione univoco per ciascun territorio comunale.

È quindi possibile interrogare la mappa interattiva e selezionare un singolo comune di interesse - ad esempio il comune di Airasca - la cui superficie assumerà il colore relativo alla classe di concentrazione di PM10 stimata, secondo il codice colori riportato in legenda.

Figura 44 – Esempio di mappa di concentrazione di PM10 (stime previsionali)



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria nel comune di Airasca emerso dalle due campagne di monitoraggio condotta con l'utilizzo del Laboratorio Mobile, rispecchia quanto osservato in siti simili della provincia di Torino, con l'eccezione del particolato atmosferico.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per biossido di zolfo e ozono per i quali la normativa prevede tale tipo di limite. Sono stati rispettati anche i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio e il benzene. Non è stato possibile valutare in alcun modo il rispetto dei limiti, soglia di allarme compresa, per il biossido di azoto, perché a causa di un malfunzionamento strumentale è stato necessario invalidare tutti i dati della campagna di misura invernale.

Il monitoraggio condotto ad Airasca nel periodo 2013-2015 ha invece evidenziato criticità per i parametri ozono e particolato sospeso.

Per quanto riguarda l'ozono, durante la campagna di misura estiva è stato superato 16 volte l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ($\text{max media } 8\text{h} > 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ci sono stati inoltre 3 giorni con almeno un superamento del livello d'informazione, pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benché le eccedenze rispetto al limite siano state dell'ordine di pochi microgrammi.

Le concentrazioni medie del periodo estivo registrate ad Airasca non sono dissimili da quelle di altri siti dell'area provinciale quali Ivrea e Chieri, mentre i superamenti e quindi indirettamente i valori massimi sono tra i più alti del territorio. Un campionamento annuale nel sito di Airasca avrebbe con ogni probabilità portato al superamento, come in quasi tutte le stazioni di misura del territorio provinciale, della ipotetica "soglia del valore obiettivo" e cioè di 25 superamenti del limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in un anno.

L'ozono d'altronde, data la sua origine secondaria, è un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

In definitiva 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.

L'inquinante certamente più critico per il territorio di Airasca è il particolato sospeso. Il valore medio di PM10 misurato durante la campagna estiva è leggermente superiore alla media del territorio provinciale, tuttavia le concentrazioni sono basse e il dato è comparabile con l'inviluppo medio di altre stazioni di misura di simile tipologia, quali ad esempio Leini. D'inverno le concentrazioni sono ovunque più elevate e le differenze diventano in genere più marcate. Il PM10 ad Airasca è l'unico inquinante tra quelli monitorati e validati che ha presentato il superamento del valore limite giornaliero per la protezione della salute umana. Nei 27 giorni effettivi di campionamento invernale ci sono stati 20 superamenti del limite normativo di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che la normativa prevede non venga superato più di 35 volte in un anno. La concentrazione media di PM10 del periodo invernale è stata di $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a fronte di una media provinciale di $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Un anno intero di campionamento di PM10 porterebbe verosimilmente anche ad Airasca, come nella maggior parte delle stazioni della rete regionale, a più di 35 giorni di superamento del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore limite annuale, al contrario, sarebbe con tutta probabilità rispettato.

Il dato positivo è che le concentrazioni di PM10 sono diminuite rispetto alla precedente campagna di misura negli anni 2011-2012: sia la concentrazione media delle campagne invernale ed estiva sia la concentrazione di PM10 stimata per l'anno di riferimento sono, infatti, sensibilmente diminuite. Tale diminuzione è peraltro avvenuta dal 2011 a oggi in tutto il territorio della Città Metropolitana di Torino.

D'inverno sono piuttosto elevate anche le concentrazioni giornaliere di PM_{2.5}, particolato fine di origine prevalentemente secondaria di diametro inferiore a 2.5 micron. La media del periodo è di poco inferiore a quella del PM₁₀ – 58 µg/m³ - di cui costituisce la percentuale più significativa, il 92%. Diversi studi d'altronde hanno ormai dimostrato che nella Pianura Padana la frazione che compone il PM₁₀ è costituita per una percentuale significativa da particolato secondario soprattutto nei mesi più freddi dell'anno, come quelli in cui si è svolto il monitoraggio ad Airasca. La stima della media annuale di PM_{2.5}, è pari al valore limite; ciò significa che il valore limite stesso può essere – a parità di contesto emissivo - superato o rispettato in funzione della criticità meteorologica dell'anno a cui si fa riferimento, così come accade da alcuni anni sul territorio della città Metropolitana per le stazioni fisse della rete regionale nelle quali si misura il PM_{2.5}.

I volumi di traffico infine risultano in linea con il tipo di territorio indagato: poco più di 4000 il numero di veicoli che in media transitano ogni giorno lungo via Roma, sia nella campagna invernale sia in quella estiva. C'è una prevalenza di mezzi di trasporto leggeri, quali automobili e transporter - furgoni, e veicoli commerciali in genere con lunghezza inferiore a 5.85 metri -, che complessivamente costituiscono quasi il 90% del totale dei passaggi.

In definitiva i dati rilevati nel corso della presente campagna confermano che la criticità relativa al particolato atmosferico evidenziata nel precedentemente sito di monitoraggio non era legata ad una specificità temporale o spaziale ma rappresenta un dato strutturale del territorio in esame.

Sulla base dei soli dati di monitoraggio del particolato, tuttavia, non è possibile valutare il peso relativo delle diverse sorgenti locali e dei fenomeni di formazione secondaria su vasta scala in quanto la strumentazione utilizzata misura per sua natura la somma di tutti i contributi e non dà indicazioni sulle fonti di emissioni del particolato rilevato. Informazioni di dettagli sulle fonti inquinanti possono essere ricavate solo tramite un progetto di ricerca applicata sulla composizione chimica del particolato che esula dagli scopi dell'attività ordinaria di Arpa e che potrà essere oggetto di successivi accordi con l'amministrazione comunale.

Si possono comunque effettuare alcune considerazioni generali di tipo qualitativo:

- sulla base dei dati rilevati in Via Roma il contributo del traffico cittadino non appare particolarmente rilevante; si rileva una correlazione temporale tra traffico pesante e concentrazioni di PM₁₀ ma i flussi complessivi sono poco elevati e la percentuale di veicoli pesanti limitata. Più significativo è probabilmente il contributo del traffico pesante sull'A55 Torino –Pinerolo che è a circa 1 km in linea d'aria dall'abitato e sulla SS23.
- il potenziale contributo delle ricadute dell'impianto C & T può essere approfondito sulla base della relazione tecnica del progetto relativo agli impianti a biomasse nella Città Metropolitana di Torino⁴; va comunque considerato che nel periodo in cui si è svolta la campagna invernale ad Airasca (12/12/2013-8/1/2014) l'impianto è rimasto in funzione un solo giorno.

⁴ Disponibile sui siti web di Arpa Piemonte e Città Metropolitana di Torino agli indirizzi:

- <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/modellistica/cartella-modellistica-documentazione-e-dati-ambientali/relazione-modellistica-sulle-ricadute-degli-impianti-a-biomasse-nella-provincia-di-torino>
- <http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/studi-ricerche>.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo**

API 100 E

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO₂ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.
- ✓

- **Ossidi di azoto**

API 200

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 : 0.4 ppb.

- **Ozono**

MONITOR EUROPE ML 9810B

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**

API 300 A

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**

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 CEN secondo la norma EN12341. Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.

- **Particolato sospeso PM2.5**

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo CEN secondo la norma EN14907. Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE 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**

SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600

Gascromatografo 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