

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST

Struttura semplice "Attività di Produzione"

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI SANTENA**

RELAZIONE I e II CAMPAGNA (dal 7/9/16 al 5/10/16 e dal 22/8/17 al 14/9/17)



CODICE DOCUMENTO: F06_2016_0016_F0602_004

Redazione	Funzione: Tecnico SS Attività Produzione	Data: 29/8/18	
	Nome: ing. Milena Sacco		
Verifica e Approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione	Data: 29/8/18	
	Nome Dott. Francesco Lollobrigida		

ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento territoriale Piemonte Nord Ovest

Struttura Semplice Attività di Produzione

Tel 0111968351 - fax 01119681441

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

L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro di "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" nel Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, dott.ssa Elisa Calderaro, sig.ra Laura Gerosa, d.ssa Laura Milizia, 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 del Comune di Santena per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	4
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>5</i>
<i>Il Laboratorio Mobile</i>	<i>7</i>
<i>Il quadro normativo</i>	<i>7</i>
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	10
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio.....</i>	<i>11</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici.....</i>	<i>14</i>
<i>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici.....</i>	<i>21</i>
Biossido di zolfo	22
Monossido di Carbonio	24
Ossidi di Azoto	26
Benzene e Toluene.....	34
Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)	39
Ozono	54
CONCLUSIONI	57
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	58

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 2015", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso il sito <http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/dati-qualita-aria/relazioni-annuali>.

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

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

Tabella 1– Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

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

 = fonti primarie

 = fonti secondarie

Il Laboratorio Mobile

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

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

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

Il quadro normativo

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

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati, i limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

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

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

Il **D.Lgs 155/2010** ha inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2.5} e in particolare :

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo , espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

La nuova normativa prevede inoltre per il PM_{2.5} un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni

effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che sono state definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (all' art. 2 del D.M. 13.3.2013). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nella Tabella 2, nella Tabella 3 e nella Tabella 4 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2015".

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 (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

Tabella 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. 155/2010)

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

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

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Santena, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della richiesta del Comune di Santena prot. Arpa n° 78027 del 28/9/2015, protocollo del Comune n° 9589 del 21/9/2015.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato presso il cortile della *Scuola Elementare Cavour, via Vittorio Veneto 25* (coordinate 44°56'58.1"N 7°46'16.0"E), nel Comune di Santena, a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed i tecnici del Comune di Santena.

La prima campagna di monitoraggio è iniziata il 6/9/2016 e finita il 6/10/2016, mentre la seconda campagna è stata condotta dal 22/8/2017 e si è conclusa il 14/9/2017.

Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con i Laboratorio Mobile non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa ai siti in esame.

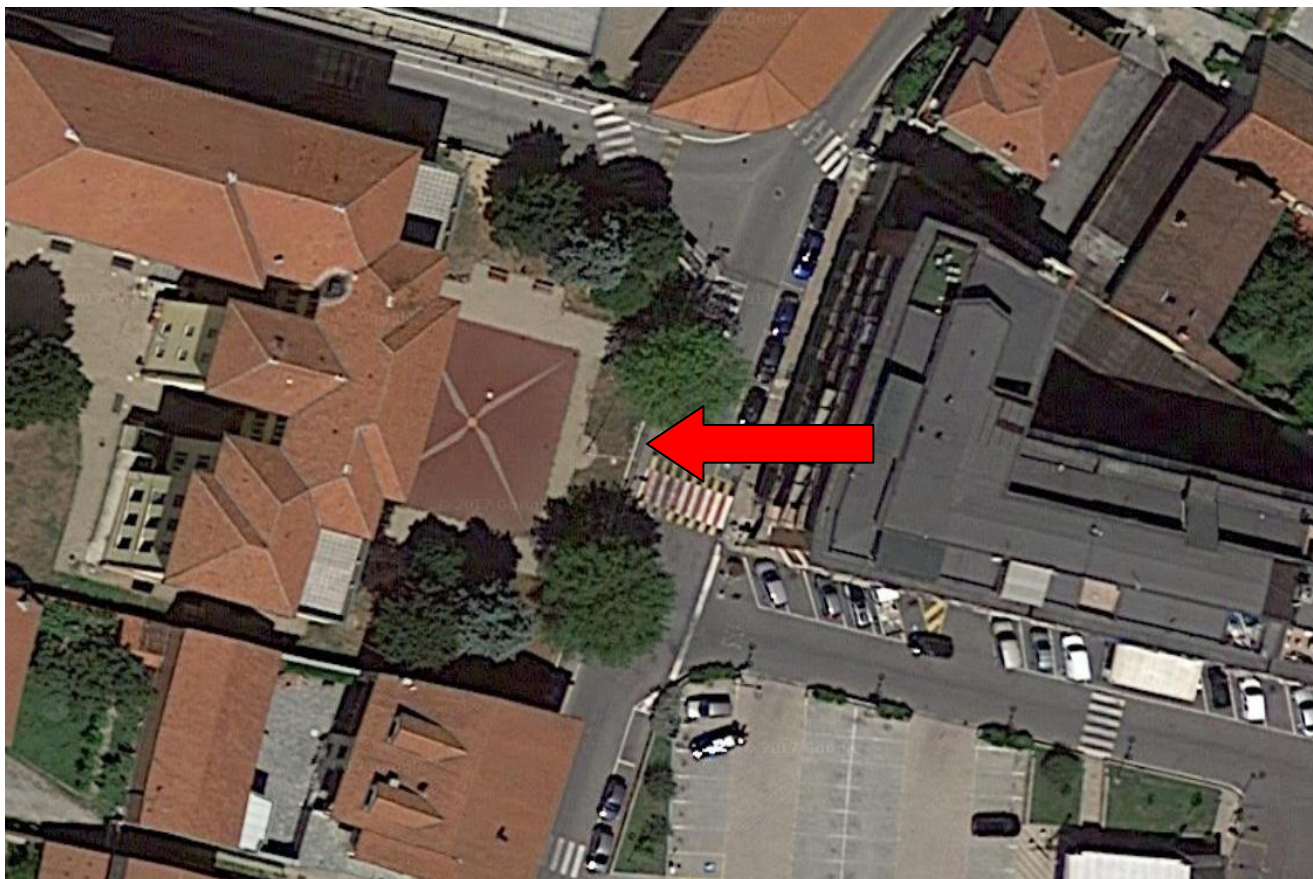
Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del DLgs 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana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

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

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



Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Santena.



Elaborazione dei dati meteorologici

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante il periodo di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi. I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

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

Rispetto alle condizioni meteorologiche registrate in Piemonte nel mese di settembre 2016 e nei mesi di agosto-settembre 2017 si riportano di seguito le considerazioni generali contenute nelle relazioni climatiche redatte dal Servizio Meteo di Arpa Piemonte.

Il mese di settembre 2016 è risultato caldo e secco; il contributo preponderante a tale anomalia termo-pluviometrica è stato dato dalla prima metà del mese, in cui il territorio piemontese è stato interessato in maniera sostanzialmente ininterrotta da condizioni anticicloniche, con un tempo atmosferico ancora prettamente estivo.

Sul Piemonte l'anomalia termica delle temperature massime nella prima decade di settembre, rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000, è risultata intorno ai 5-6°C ; fino al giorno 14 la media dei valori massimi in pianura è oscillata tra i 28° ed i 30°C circa, con picco massimo di 30.6°C nel primo giorno del mese.

I record di temperatura massima per il mese di settembre sono stati registrati in 24 termometri della rete Arpa, pari all'8% del totale; la percentuale è relativamente bassa e pertanto non si è avuto il carattere di eccezionalità registrato in precedenti ondate di calore.

Nella prima decade di settembre sulla maggior parte del territorio le piogge sono risultate assenti. Nella seconda parte del mese si è avuto un rilevante cambio di configurazione meteorologica, con il passaggio da condizioni tipicamente estive a valori più conformi alla norma del periodo. Una depressione di origine atlantica è avanzata gradualmente verso est, smantellando l'anticiclone presente sull'Europa centrale.

In corrispondenza al primo afflusso di aria fredda instabile, avvenuto tra la serata del 14 e le prime ore del 15 settembre, si sono verificati forti temporali su quasi tutto il territorio piemontese. I valori di picco sono stati registrati a Pareto (AL), sull'Appennino ligure-piemontese, con 64.4 mm/1h e 76.4 mm/3h. Rilevanti i valori anche sul settore montano e pedemontano in provincia di Torino, con 62.8 mm/3h a Talucco nel Pinerolese e 57.9 mm/3h a Vaccera in Val Pellice. Il 15 settembre è anche risultato il giorno più piovoso del mese in Piemonte.

Successivamente l'area di bassa pressione è avanzata ulteriormente verso est, posizionandosi sull'Europa centrale e determinando condizioni di instabilità sul Piemonte fino al giorno 18, con fenomeni precipitativi meno intensi, ma un calo della quota neve fino a 2000 m circa ed un accumulo nevoso di circa 40 cm al Colle dell'Agnello, a circa 2700 m, in provincia di Cuneo.

Tale evento meteorologico ha rappresentato il passaggio dall'estate all'autunno in Piemonte; dal 15 settembre fino alla fine del mese la media delle temperature massime in pianura è oscillata tra i 20 ed i 25 °C e non sono più stati raggiunti i 30°C in nessun termometro di Arpa Piemonte.

Il giorno mediamente più freddo del mese è risultato il 21 settembre, quando una depressione è scesa dalla Francia verso il nordovest italiano (Figura 4), apportando nuovi forti temporali, di poco superiori ai 40 mm/1h a Vaccera (TO) e Casale Monferrato (AL).

Tuttavia il giorno con le temperature minime più basse è risultato il 25 settembre, con 10.7°C medi in pianura: si è trattata di una mattinata successiva ad una notte serena con forte irraggiamento notturno, dopo una giornata (il 24) in prevalenza nuvolosa.

Nella seconda metà del mese di agosto 2017 i valori di temperatura massima sul territorio piemontese si sono sempre mantenuti al di sopra della norma del periodo 1971-2000, grazie ad una predominante presenza dell'anticiclone africano sul bacino del Mediterraneo. Infatti il giorno più caldo, della seconda quindicina di agosto, è risultato il 27 con un valore medio di 33.7°C delle temperature massime in pianura.

Il giorno 31 agosto si è chiusa l'estate meteorologica, con l'arrivo di una nuova saccatura di origine nordatlantica in prossimità dell'arco alpino. Il mese di settembre 2017 si è aperto con il transito sul continente europeo di una vasta saccatura di origine nordatlantica, che ha smantellato il campo di alta pressione, di matrice africana, presente sul bacino del Mediterraneo dall'ultima decade del mese di agosto. In corrispondenza del transito di tale saccatura si sono verificati fenomeni temporaleschi sul Piemonte.

Tuttavia nel primo giorno del mese il cielo si è mantenuto ancora in prevalenza soleggiato: così il 1° settembre è risultato il giorno mediamente più caldo del mese e l'ultimo dell'Estate 2017 in cui le temperature massime sono risultate localmente superiori ai 35°C. Il 6 settembre è risultato il giorno con le temperature massime più elevate del mese, con un valore medio di 27.8°C dei valori massimi in pianura e locali punte sui 33°C.

Invece il 9 settembre è stato il giorno più piovoso; in tale occasione una profonda e vasta circolazione depressionaria, avente il minimo sul Mare del Nord, si è estesa verso il bacino occidentale del Mediterraneo, creando una bassa pressione secondaria sulla Sardegna (Figura 3).

Le precipitazioni più intense si sono registrate in Val Sesia e nel Verbano tra il pomeriggio del 9 e le prime ore del 10 settembre; il picco orario è stato stabilito a Borgosesia (VC) con 62.4mm/1h, mentre i valori più alti sugli intervalli più ampi si sono avuti a Cicogna (VB) con 89.2mm/3h, 127.4mm/6h, 152.8mm/12h e 203.6mm/24h. Nei giorni 11 e 12 settembre la depressione si è allontanata verso est; la circolazione sul Piemonte si è disposta da nord-nordovest e si è verificato un episodio di foehn esteso alle zone pianeggianti.

Nelle tabelle dalla 5 alla 9 sono riassunti i dati statistici dei parametri meteorologici registrati durante il corso della prima e della seconda campagna di monitoraggio.

Tabella 5: Radiazione solare globale (W/m²)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	61.3	74
Massima media giornaliera	225.3	231.2
Media delle medie giornaliere	144.7	179.7
Giorni validi	29	24
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	144.6	179.7
Massima media oraria	758.0	826
Ore valide	696	576
Percentuale ore valide	100%	100%

Tabella 6 – Temperatura (°C)

	I camp	II camp
Minima media giornaliera	14.4	17.4
Massima media giornaliera	23.7	26.8
Media delle medie giornaliere	19	21.9
Giorni validi	29	24
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	19	21.9
Massima media oraria	31	34.4
Ore valide	696	576

Tabella 7– Umidità relativa (%)

	I camp	II camp
Minima media giornaliera	46.3	37.3
Massima media giornaliera	81.1	82.1
Media delle medie giornaliere	66.8	62.2
Giorni validi	29	24
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	66.8	62.2
Massima media oraria	98	97
Ore valide	696	576
Percentuale ore valide	100%	100%

Tabella 8 – Pressione atmosferica (mbar)

	I camp	II camp
Minima media giornaliera	983.5	975.5
Massima media giornaliera	1000.8	991.8
Media delle medie giornaliere	990.5	986
Giorni validi	29	24
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	990.5	986
Massima media oraria	1002	994
Ore valide	696	576
Percentuale ore valide	100%	100%

Tabella 9 – Velocità vento (m/s)

	I camp	II camp
Minima media giornaliera	0.2	0.2
Massima media giornaliera	0.7	1
Media delle medie giornaliere	0.3	0.4
Giorni validi	24	18
Percentuale giorni validi	83%	75%
Media dei valori orari	0.3	0.4
Massima media oraria	2.5	2.4
Ore valide	567	466
Percentuale ore valide	81%	81%

Figura 3 – Andamento della radiazione solare globale e precipitazioni nel corso del monitoraggio

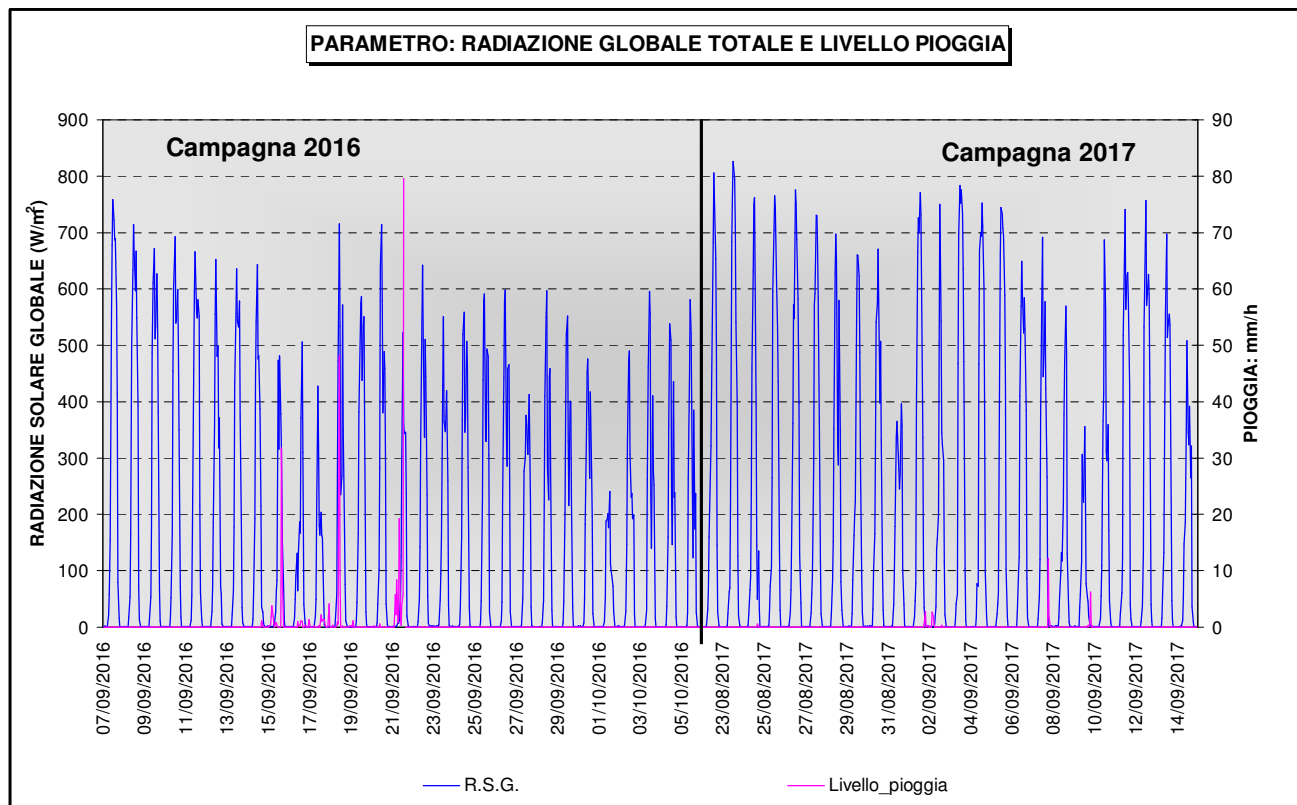


Figura 4 – Andamento della temperatura nel corso del monitoraggio

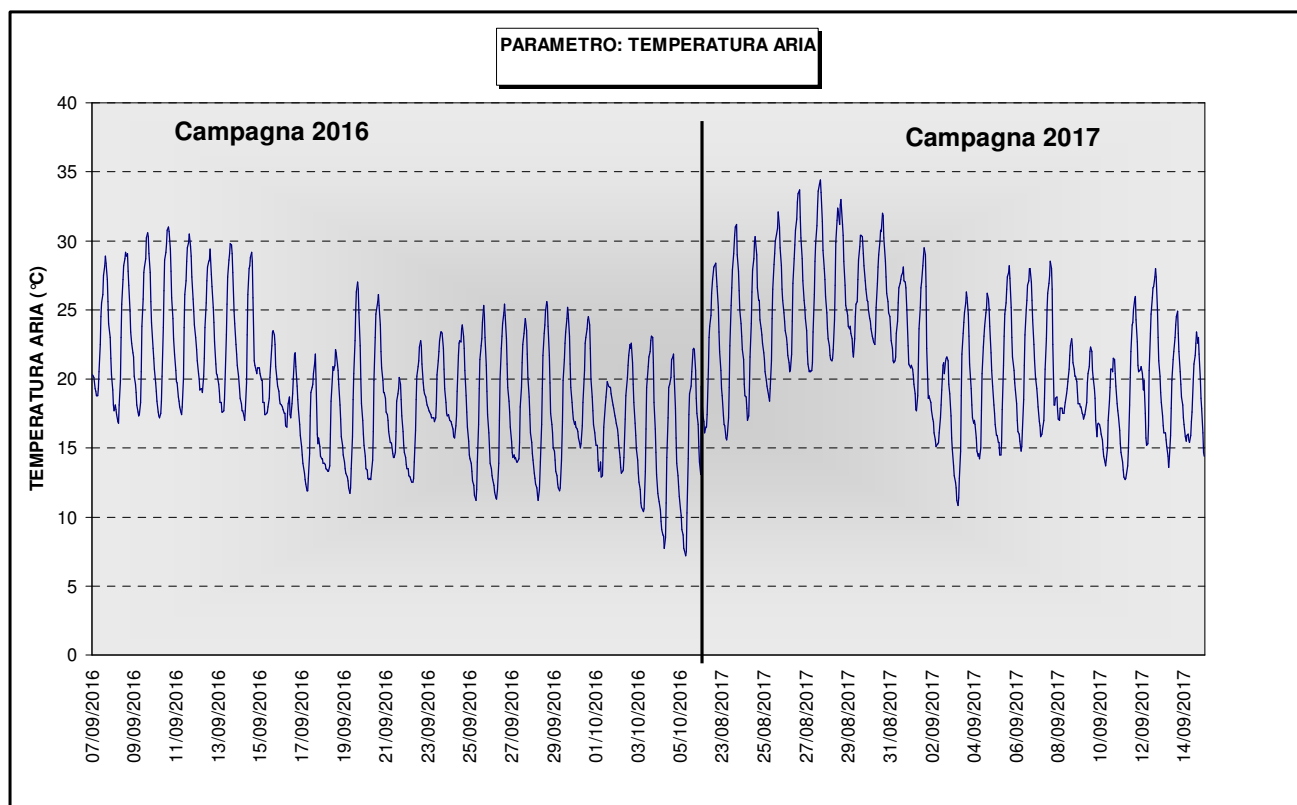


Figura 5– Andamento dell'umidità relativa nel corso del monitoraggio

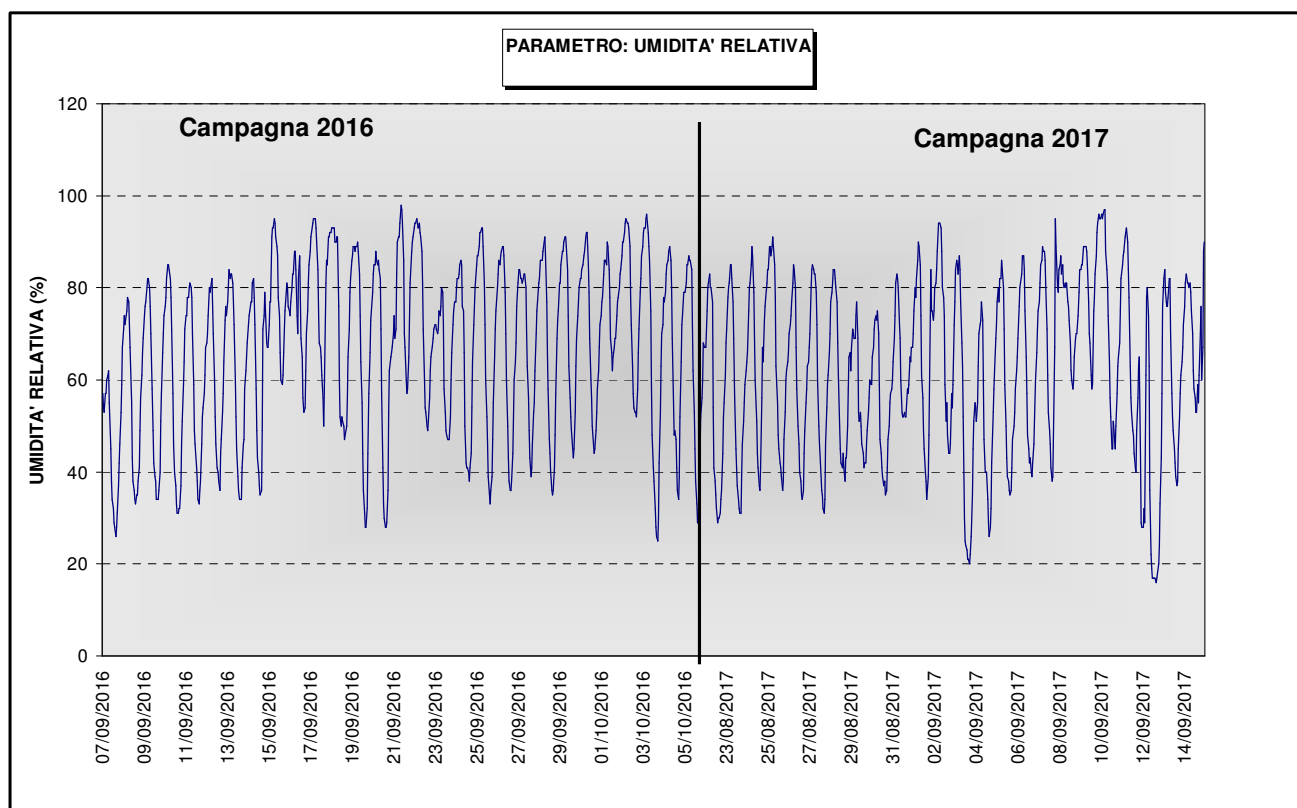


Figura 6– Andamento della pressione atmosferica nel corso del monitoraggio

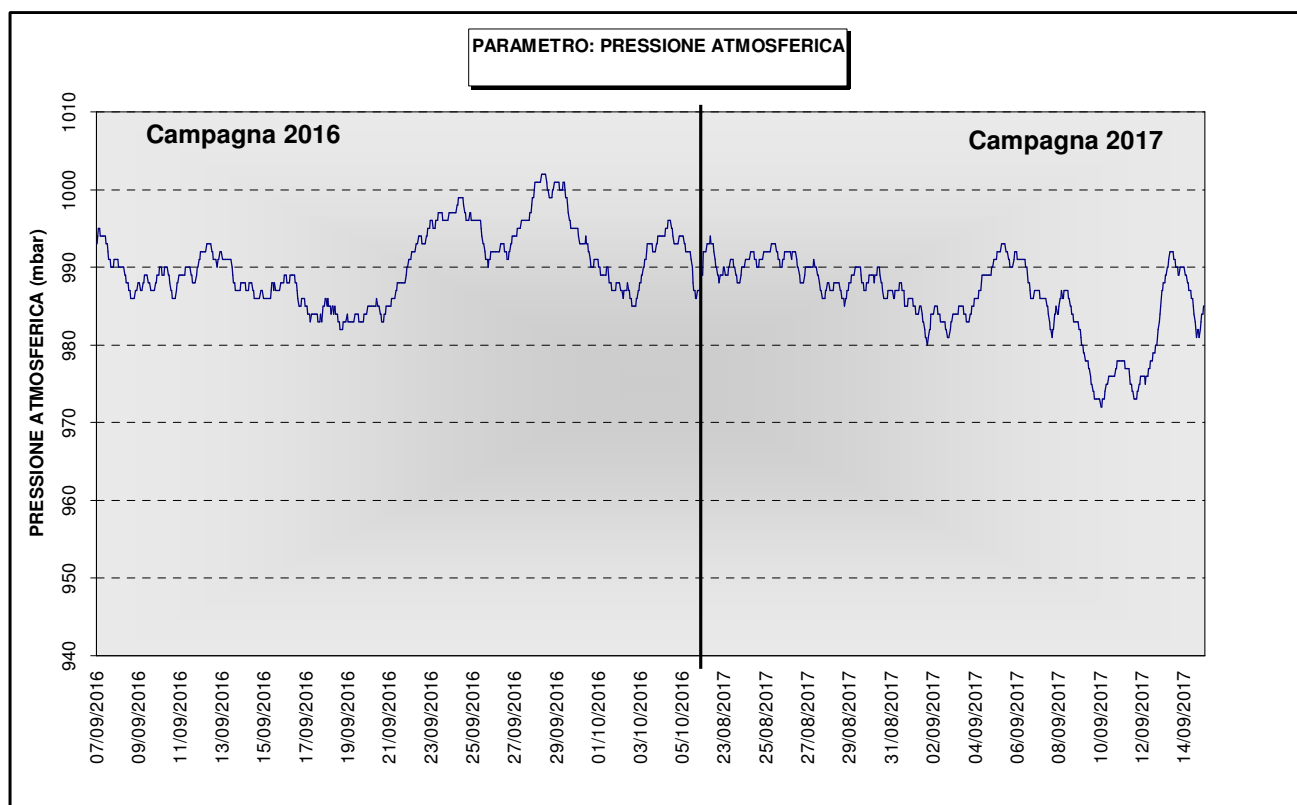


Figura 7– Andamento della velocità del vento nel corso del monitoraggio

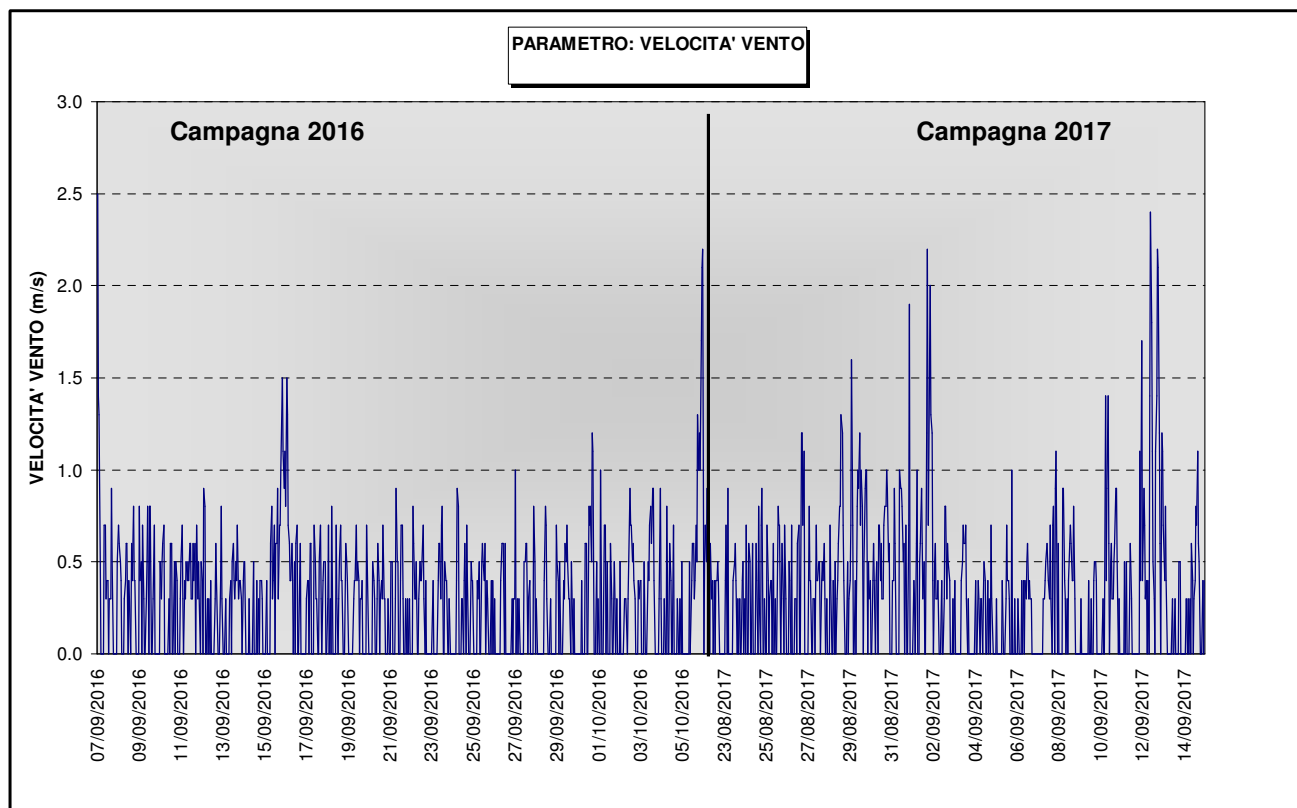


Figura 8– Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale

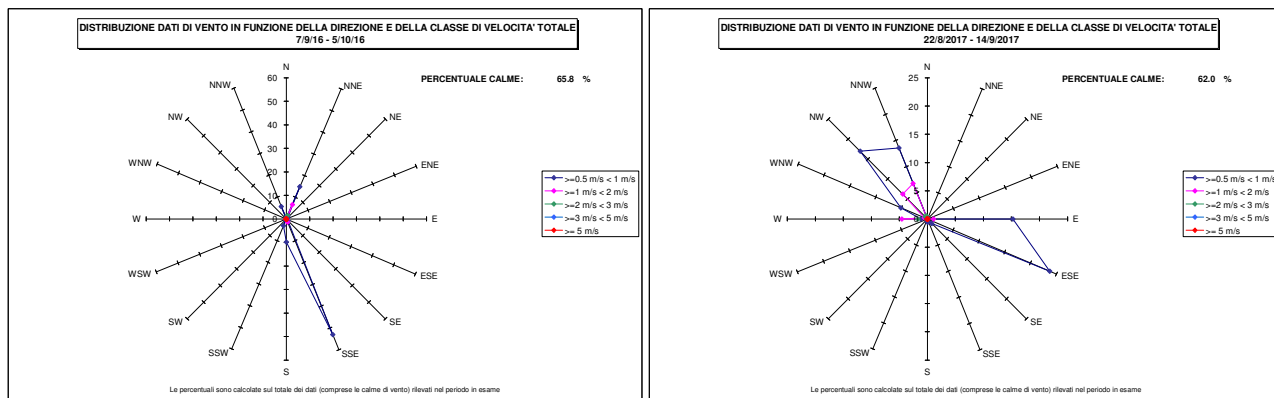


Figura 9– Rosa dei venti diurna

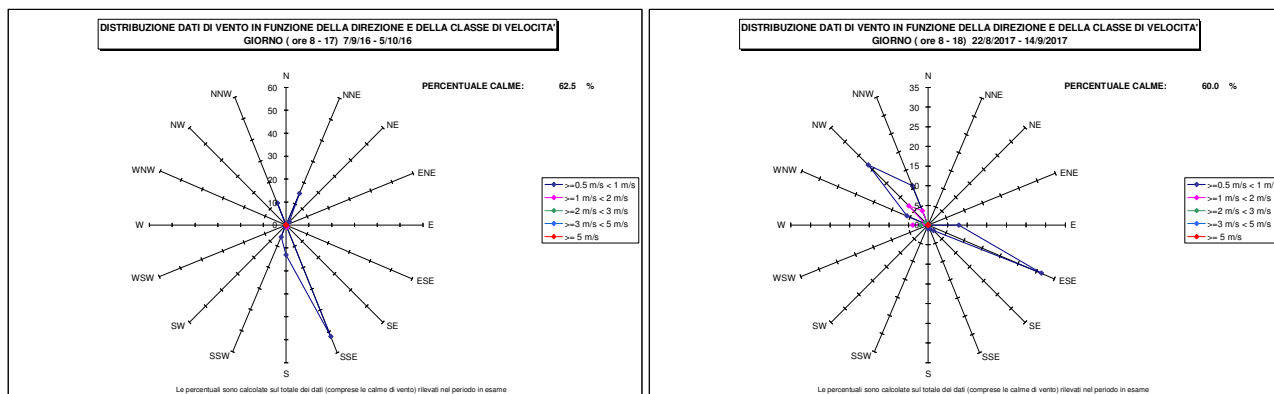
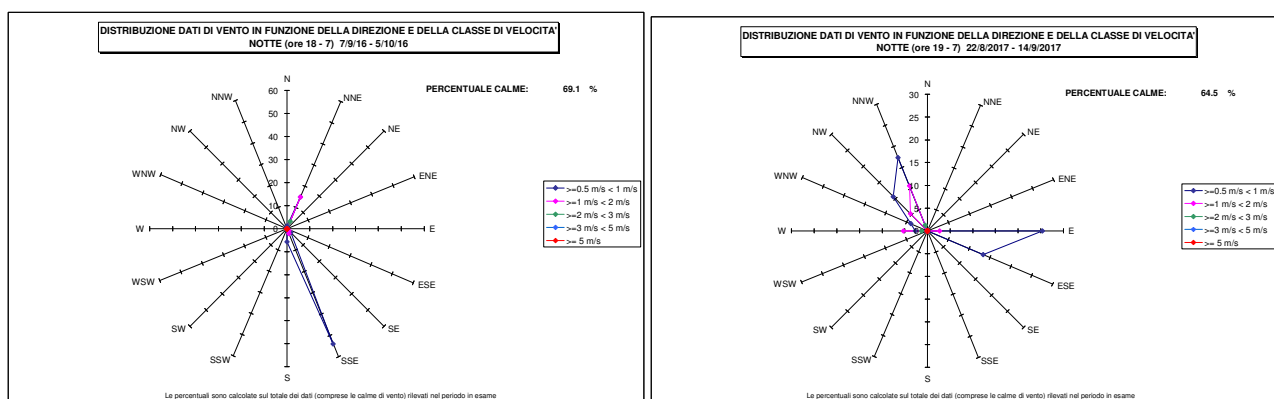


Figura 10– Rosa dei venti notturna



Entrambi i periodi di monitoraggio sono stati caratterizzati da bassa ventosità, la massima media oraria rilevata è stata di 2.5 m/s, con calme di vento pari al 66 % nel 2016, e al 62 % nel 2017. Le rose dei venti evidenziano la presenza di venti prevalentemente provenienti dalla direzione SSE ed in maniera minoritaria da NNE nel 2016, mentre nel 2017 le direzioni prevalenti sono state ESE e NW. Si deve considerare comunque che il laboratorio mobile è stato posto in una zona circondata da abitazioni e costruzioni superiori all'altezza del palo meteorologico, pertanto alcune direzioni del vento possono essere state schermate dagli edifici.

Le precipitazioni si sono verificate dal 14 al 21 settembre 2016 durante la prima campagna, mentre nella seconda campagna sono avvenute nei giorni 24 agosto, 1-2 settembre, 7 e 9 settembre 2017, come si osserva nella Figura 3; la giornata più piovosa è stata il 21 settembre 2016.

Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici

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

C_6H_6	BENZENE
NO_2	BIOSSIDO DI AZOTO
SO_2	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O_3	OZONO
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10
PM2.5	PARTICOLATO SOSPESO PM2.5
$C_6H_5CH_3$	TOLUENE

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

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

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

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

Biossido di zolfo

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

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

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

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

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante le due campagne di monitoraggio di Santena; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti. Il massimo valore giornaliero è pari a 8 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore) per entrambe le campagne, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. Il valore massimo orario è pari a 14 µg/m³ nel 2016 e 10 µg/m³ nel 2017, quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m³. I dati riportati in Tabella 10 e Figura 12 evidenziano che i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

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

Tabella 10 – Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂ in µg/m³)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	2.7	3
Massima media giornaliera	8	8
Media delle medie giornaliere	5	5
Giorni validi	28	23
Percentuale giorni validi	97%	96%
Media dei valori orari	5	5
Massima media oraria	14	10
Ore valide	683	565
Percentuale ore valide	98%	98%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 11 - SO₂ andamento orario nella seconda campagna di monitoraggio

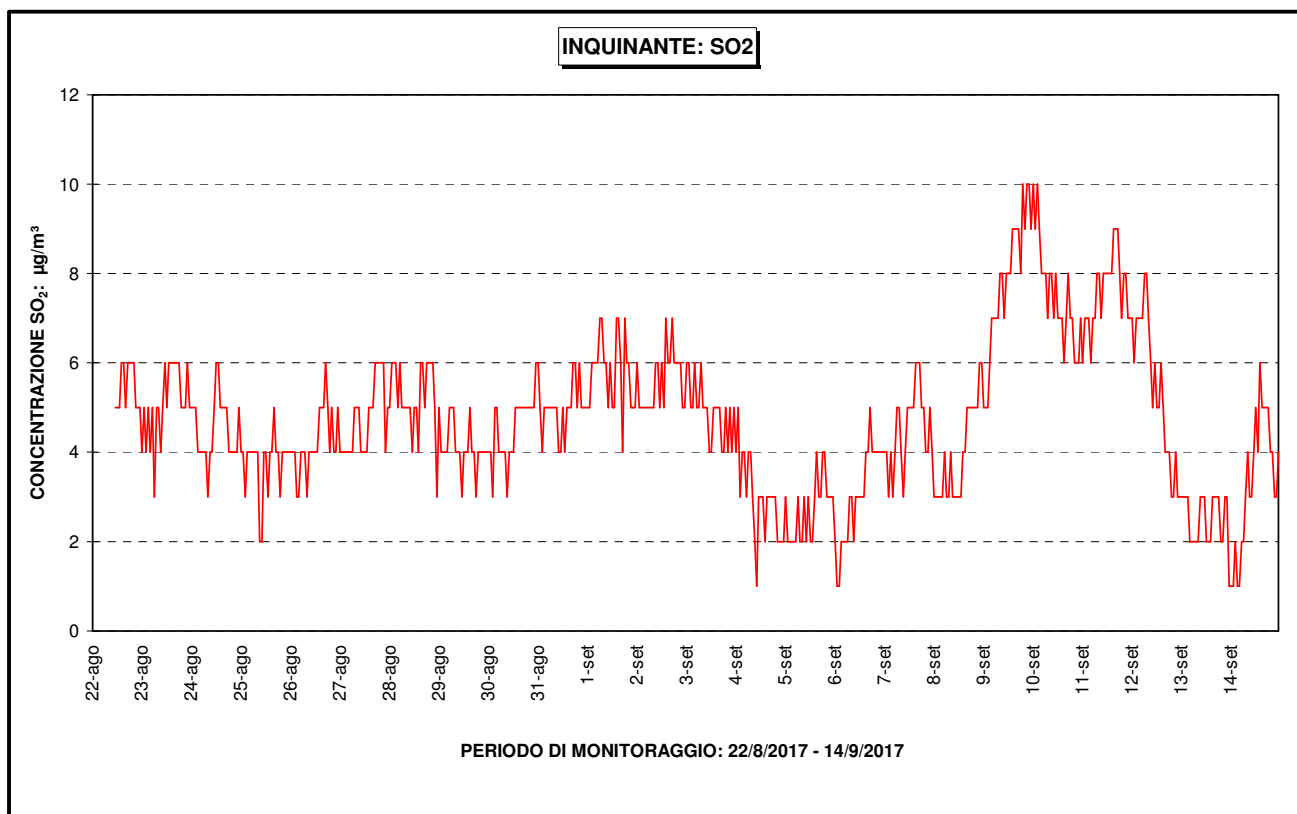
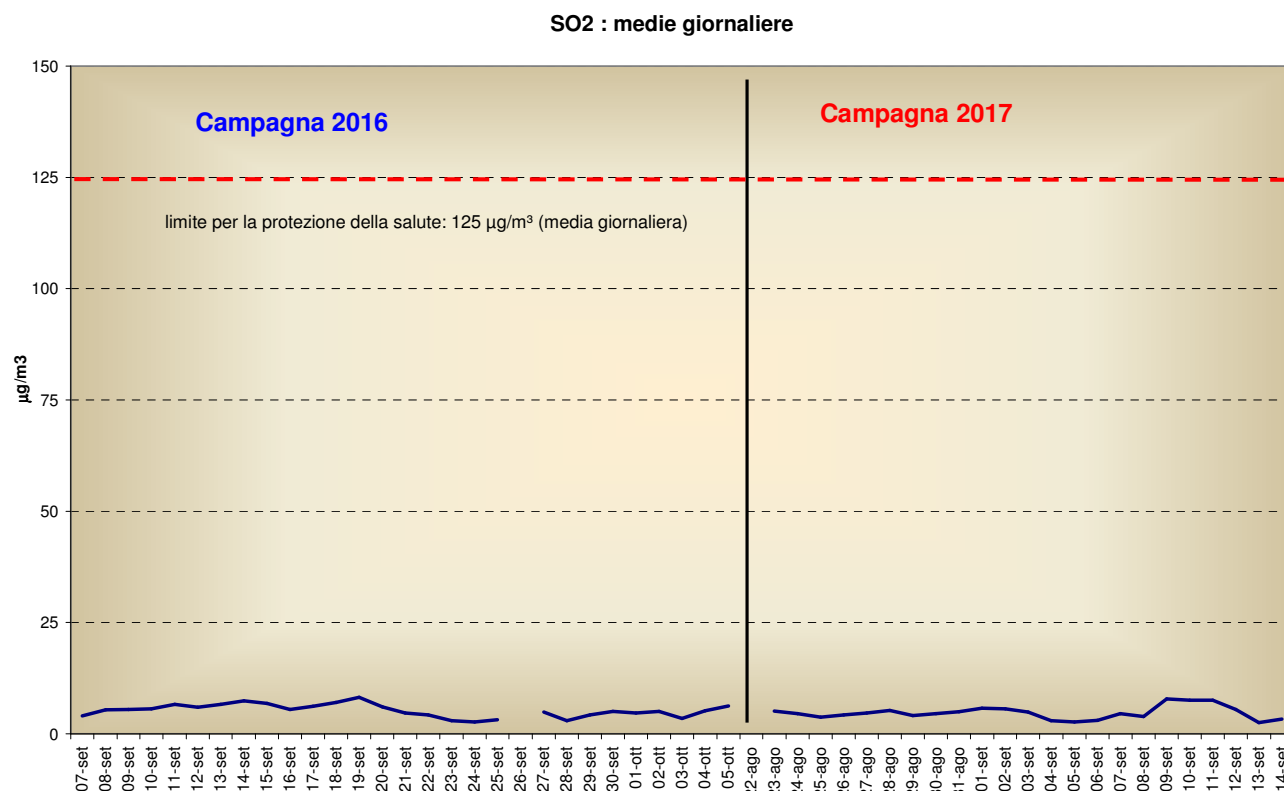


Figura 12 - SO₂ confronto con il limite di legge (media giornaliera)



Monossido di Carbonio

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

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

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

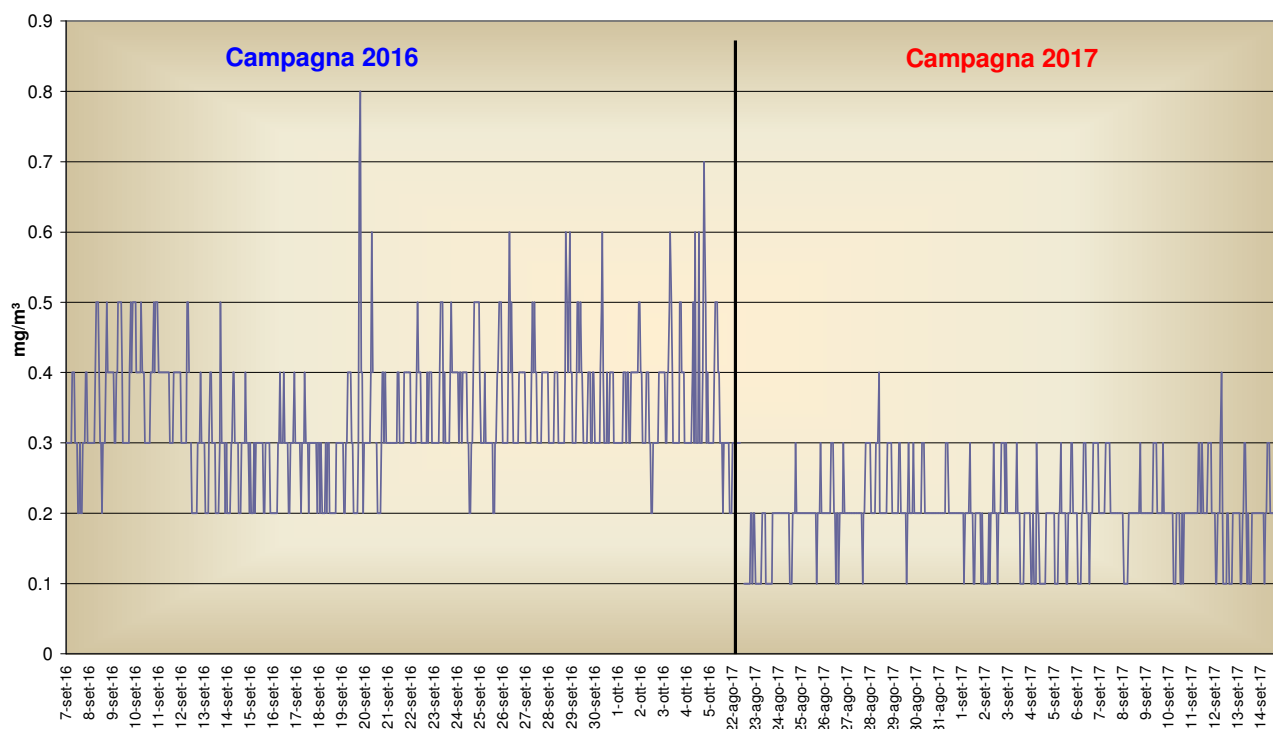
Durante le campagne di monitoraggio nel comune di Santena non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 11 e la Figura 13 evidenziano infatti che non si sono registrati superamenti del valore di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ che, in base alla normativa vigente, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.

Tabella 11 – Dati relativi al monossido di Carbonio (CO (mg/m^3))

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	0.2	0.1
Massima media giornaliera	0.4	0.2
Media delle medie giornaliere	0.3	0.2
Giorni validi	29	24
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	0.3	0.2
Massima media oraria	0.8	0.4
Ore valide	693	573
Percentuale ore valide	100%	99%
Minimo medie 8 ore	0.2	0.1
Media delle medie 8 ore	0.3	0.2
Massimo medie 8 ore	0.5	0.3
Percentuale medie 8 ore valide	100%	99%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

Figura 13 - CO andamento orario.

CO: medie orarie



Ossidi di Azoto

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

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

Durante la prima campagna 2016 i livelli di NO registrano un valore massimo pari a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel 2017 il valore massimo è stato di $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 12). I valori più alti si sono registrati nel corso della prima campagna 2016, dalla seconda metà di settembre in poi.

Confrontando i dati con quelli osservati in altre stazioni della provincia torinese, si può notare in Figura 15 che i valori in entrambe le campagne siano intermedi tra quelli registrati nelle stazioni di Carmagnola, stazione di traffico e Vinovo, stazione di fondo suburbano.

Tabella 12 - Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	3	5
Massima media giornaliera	18	9
Media delle medie giornaliere	9	7
Giorni validi	28	23
Percentuale giorni validi	97%	96%
Media dei valori orari	10	7
Massima media oraria	70	41
Ore valide	670	564
Percentuale ore valide	96%	98%

Figura 14 – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio nella seconda campagna di monitoraggio

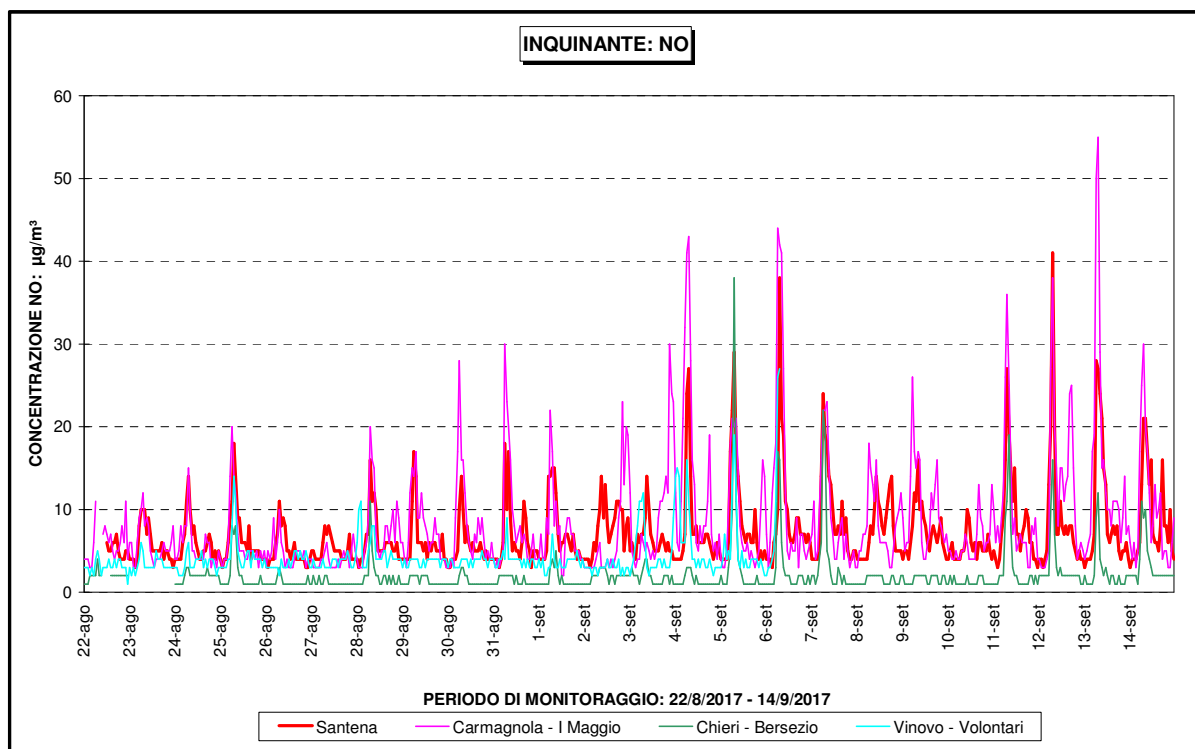


Figura 15 - NO: andamento giorno medio nelle campagne di monitoraggio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

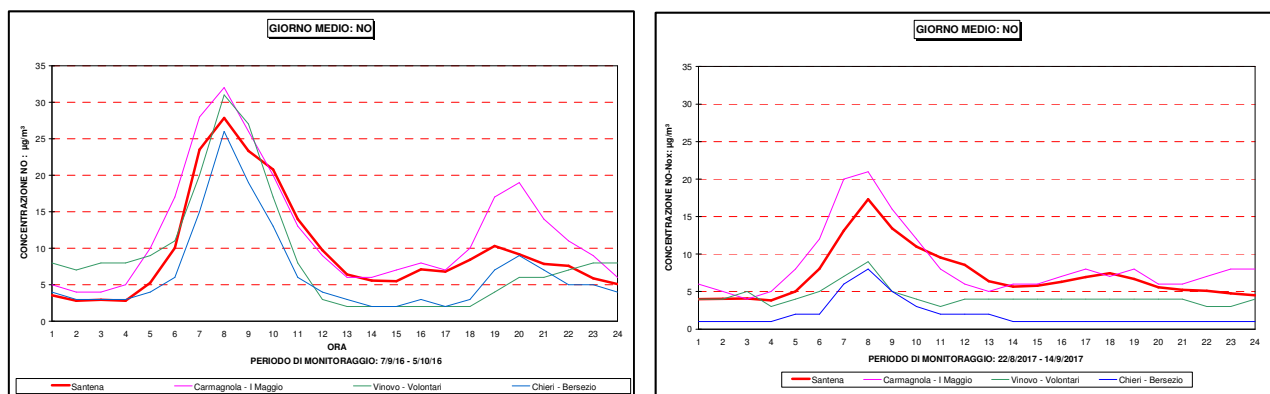
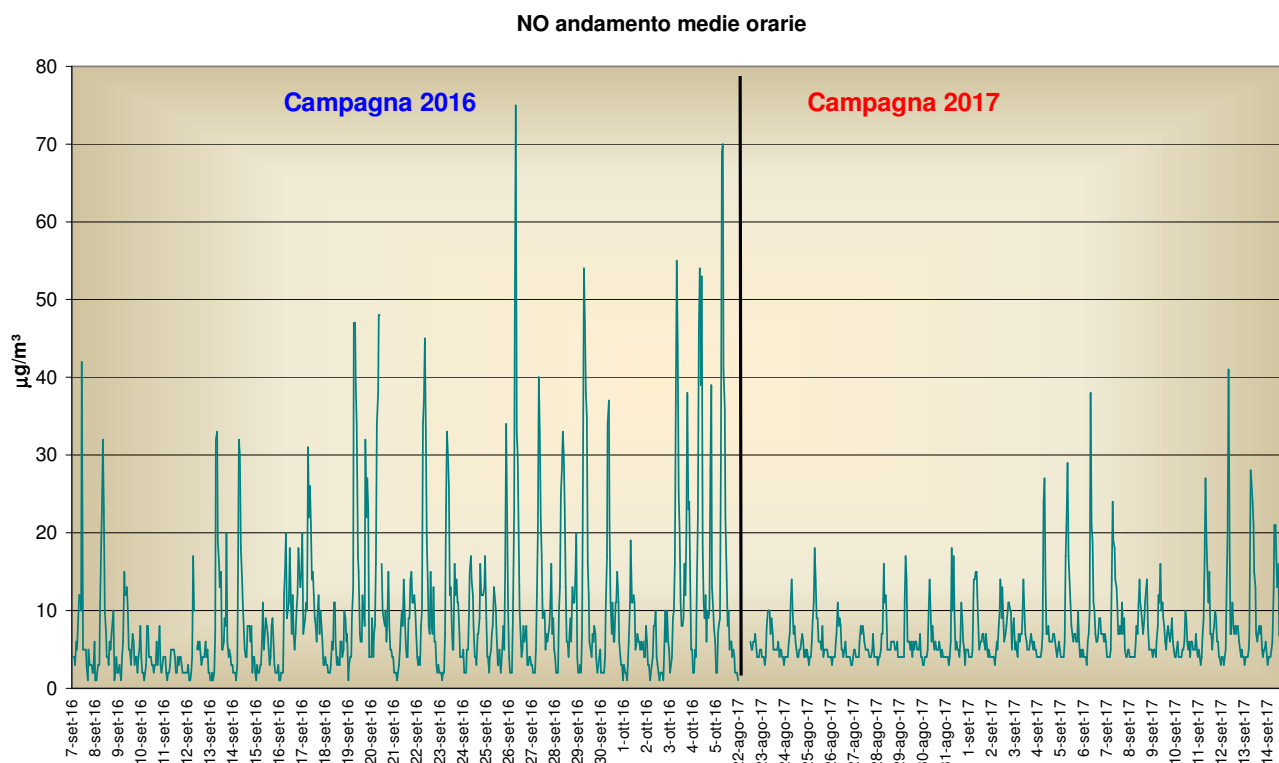


Figura 16 – NO, medie orarie nel corso delle due campagne di monitoraggio



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

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all'interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Nel corso delle campagne di monitoraggio nel Comune di Santena, l'andamento dell'NO₂ registra un valore medio di 22 µg/m³ nel 2016 e di 17 µg/m³ nel 2017, con un picco di 80 µg/m³, registrato nel 2016; non si verifica nessun superamento dei limiti; vedi Tabella 13.

Tabella 13 – Dati relativi al biossido di azoto (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	14	9
Massima media giornaliera	30	25
Media delle medie giornaliere	22	17
Giorni validi	28	23
Percentuale giorni validi	97%	96%
Media dei valori orari	22	17
Massima media oraria	80	45
Ore valide	670	564
Percentuale ore valide	96%	98%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

Dal grafico di Figura 17 e Figura 18 si nota che i livelli di concentrazione dell' NO_2 si collocano tra quelli misurati nella stazione di Chieri e Vinovo e, come nella stazione di Carmagnola, presentano un doppio picco, uno mattutino intorno alle 8, in corrispondenza al picco di NO , e uno serale tra le 20 e le 21, che non è presente invece per l' NO , ed è pertanto riconducibile alla formazione secondaria del biossido di azoto, piuttosto che a sorgenti locali, fenomeno evidente soprattutto nella prima campagna, dove il picco serale è molto più pronunciato.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata delle due campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però valutare un confronto tra la media rilevata nel periodo di monitoraggio in Santena rispetto a quella rilevata in altre stazioni della rete regionale, considerando solo quelle che hanno almeno il 90% dei dati validi, elencate in Tabella 14 per il 2016 e in tabella per il 2017.

Per poter stimare la media annuale di NO_2 in Santena si sono correlate le concentrazioni di NO_2 rilevate nel periodo di monitoraggio in tutte le stazioni con le medie annuali misurate nelle stesse stazioni. Il monitoraggio in Santena è avvenuto in due anni diversi, 2016 e 2017, pertanto si sono stimate le medie annuali in questi due anni. Il risultato è riportato in Figura 19 e in Figura 20.

La stima ottenuta per il 2016 è di $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e per il 2017 è di $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, si può quindi affermare che il sito non si collochi tra quelli più critici a livello provinciale e le medie annuali non hanno superato il limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 17 – NO₂, seconda campagna: confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

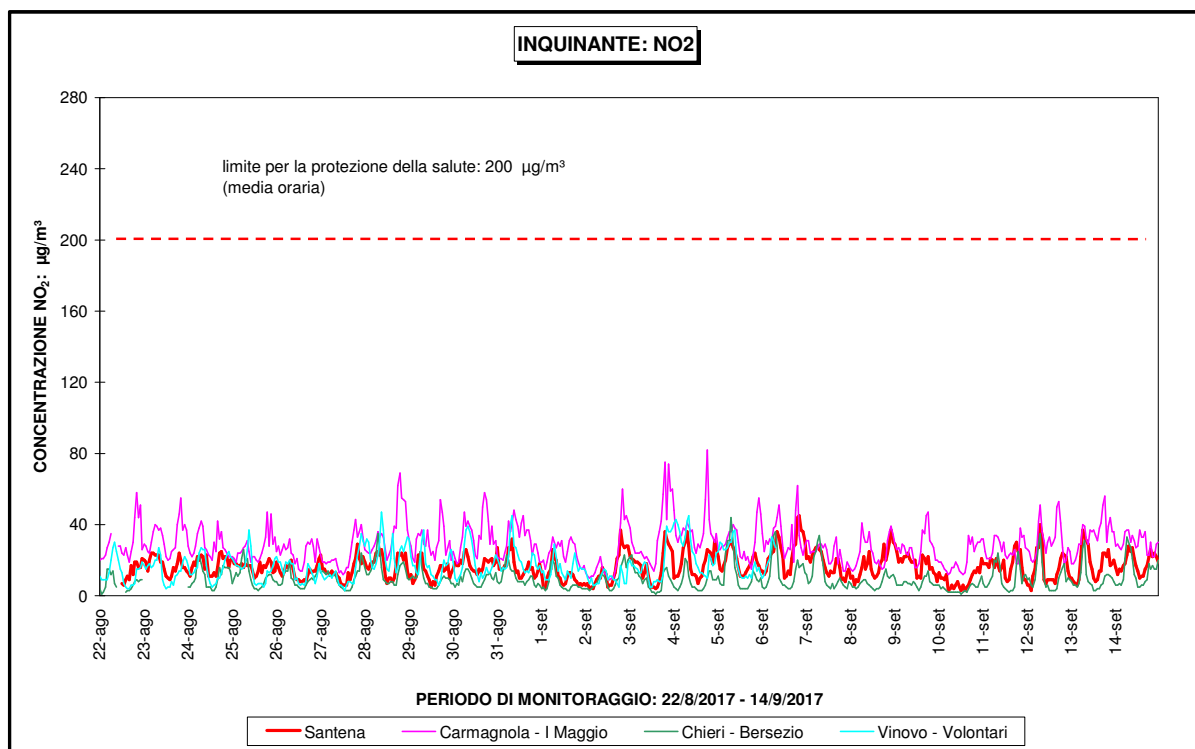


Figura 18 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

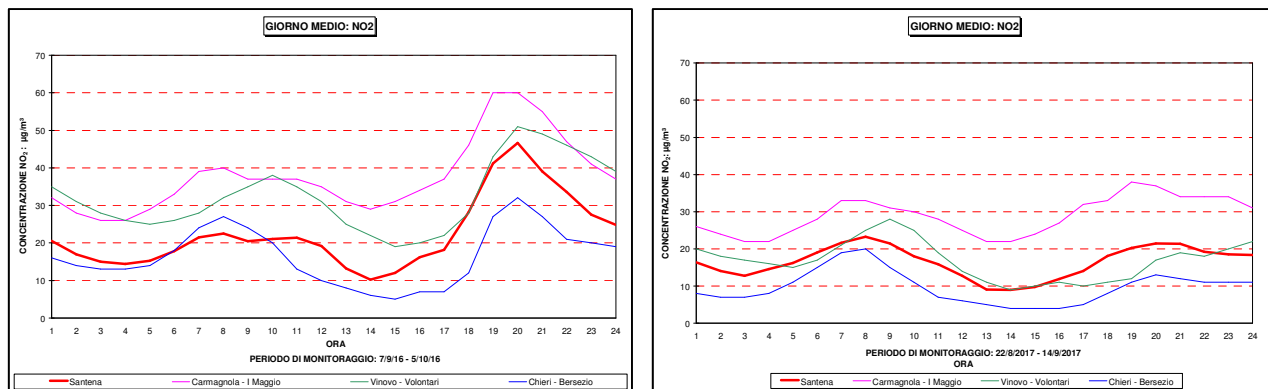


Tabella 14 - NO₂ - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2016 nella Regione Piemonte

	media periodo I campagna	Annuale 2016
Stazione	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Alba - Tanaro	19	24
Alessandria - D'Annunzio	43	43
Asti - Baussano	40	39
Asti - D'Acquisto	24	27
Baceno - Alpe Devero	7	5
Biella - Lamarmora	21	34
Borgomanero - Molli	22	26
Borgosesia - Tonella	9	15
Bra - Madonna Fiori	18	23
Carmagnola - I Maggio	38	39
Castelletto T. - Fontane	19	27
Cerano - Bagno	34	43
Chieri - Bersezio	17	19
Collegno - Francia	35	46
Cossato - Pace	14	20
Cuneo - Alpini	19	26
Dernice - Costa	8	12
Domodossola - Curotti	13	19
Ivrea - Liberazione	20	23
Leini'(ACEA) - Grande Torino	18	24
Mondovi' - Aragno	23	28
Novara - Roma	49	51
Novara - Verdi	27	26
Novi Ligure - Gobetti	27	30
Oleggio - Gallarate	44	40
Omegna - Crusinallo	36	32
Orbassano - Gozzano	26	32
Oulx - Roma	13	18
Pieve Vergonte - Industria	10	15
Revello - Staffarda	7	12
Settimo T. - Vivaldi	30	36
Susa - Repubblica	13	20
Torino - Consolata	52	50
Torino - Rebaudengo	63	70
Tortona - Carbone	24	29
Treccate - Verra	28	27
Verbania - Gabardi	25	27
Vercelli - CONI	13	21
Vercelli - Gastaldi	31	35
Vinchio - San Michele	7	14
Vinovo - Volontari	32	33
Media stazioni regionali	25	29
Laboratorio mobile SANTENA	22	26 (*)

(*) media annua stimata

Tabella 15 - NO₂ - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2017 nella Regione Piemonte

	media periodo II campagna	Annuale 2017
Stazione	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Alessandria - D'Annunzio	26	38
Asti - Baussano	33	40
Baceno - Alpe Devero	3	4
Biella - Lamarmora	17	29
Borgomanero - Molli	16	24
Borgosesia - Tonella	8	16
Bra - Madonna Fiori	18	26
Carmagnola - I Maggio	29	42
Castelletto T. - Fontane	19	24
Cerano - Bagno	23	36
Chieri - Bersezio	10	23
Collegno - Francia	38	58
Cossato - Pace	12	21
Cuneo - Alpini	19	26
Dernice - Costa	9	11
Domodossola - Curotti	10	16
Ivrea - Liberazione	13	25
Leini'(ACEA) - Grande Torino	17	32
Novara - Roma	41	53
Novara - Verdi	16	26
Novi Ligure - Gobetti	22	33
Oleggio - Gallarate	30	36
Omegna - Crusinallo	21	29
Orbassano - Gozzano	18	34
Oulx - Roma	12	17
Pieve Vergonte - Industria	7	16
Settimo T. - Vivaldi	21	36
Susa - Repubblica	10	19
Torino - Consolata	38	59
Torino - Rebaudengo	49	80
Tortona - Carbone	19	31
Treccate - Verra	19	32
Vercelli - CONI	10	19
Vercelli - Gastaldi	19	31
Media stazioni regionali	20	31
Laboratorio mobile SANTENA	17	27 (*)

(*) media annua stimata

Figura 19 – NO₂: Stima della concentrazione media annuale nel 2016 a Santena

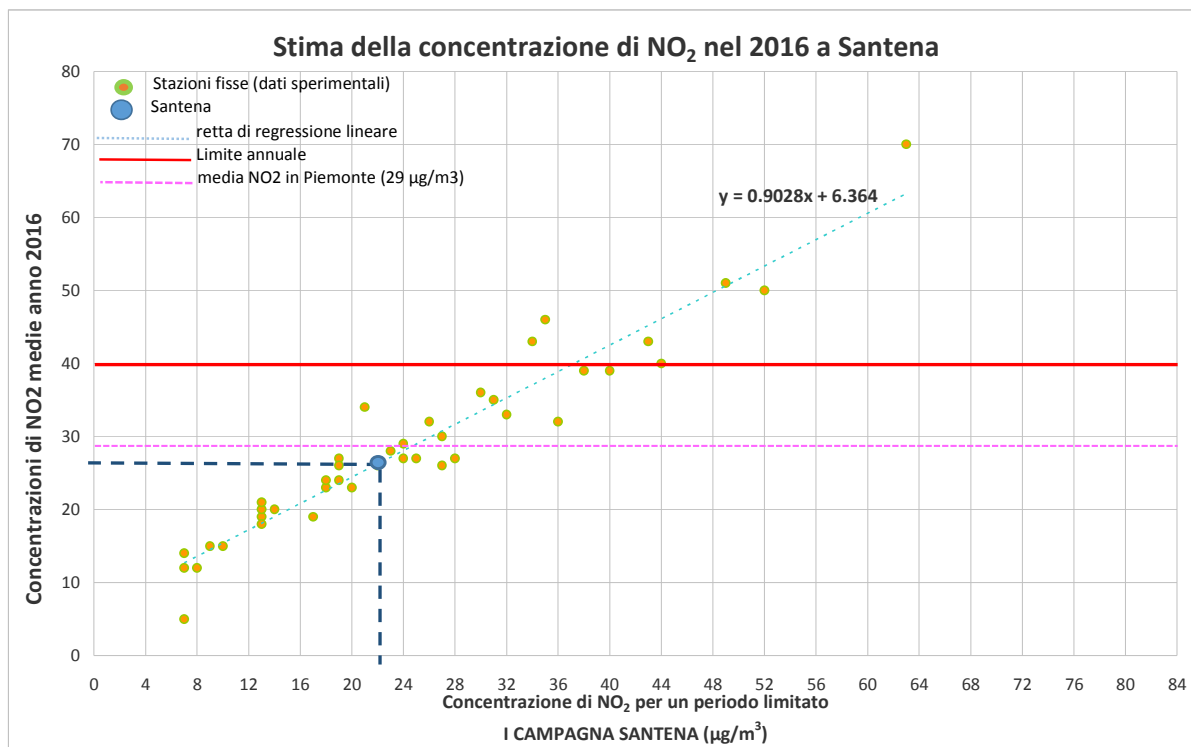
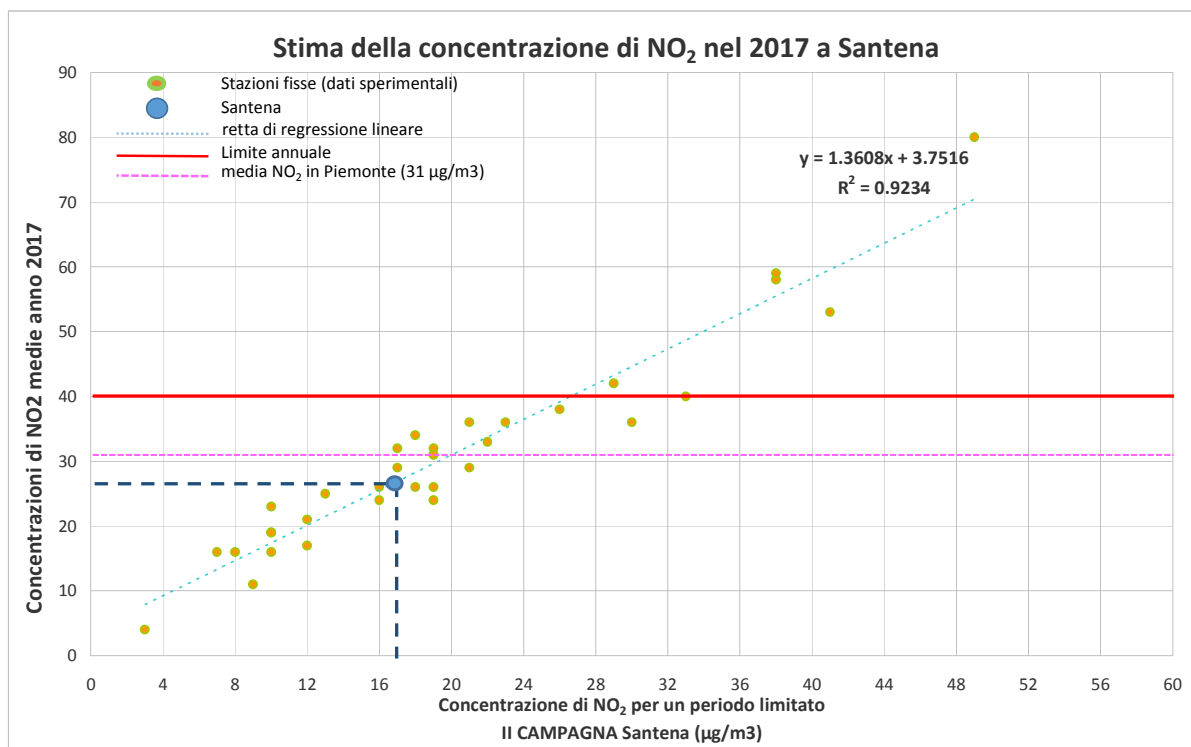


Figura 20 – NO₂: Stima della concentrazione media annuale nel 2017 a Santena



Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

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

Durante le campagne di monitoraggio, vedi Tabella 16, si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella prima campagna e di $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella seconda, con un valore massimo di $4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrato nella prima campagna.

Dalla Figura 22 e Figura 23, si può vedere come i dati di benzene in Santena abbiano valori superiori a quelli delle stazioni di Vinovo e Torino-Rubino, che però rappresentano un fondo urbano/suburbano, mentre il laboratorio mobile è stato posto a pochi metri da una strada percorsa da traffico veicolare.

La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata per il 2016 è pari a $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e per il 2017 è pari a $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valori inferiori al limite, ma tipici di stazioni di traffico, come si può vedere in Figura 21; è evidente quindi l'influenza delle emissioni veicolari sul sito in esame.

Nota

Si sono calcolate le medie di benzene, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni del territorio provinciale; dal rapporto con la media dell'anno 2016 e 2017 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Santena permette di ricavare la stima annuale per l'anno 2016 e 2017:

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

dove

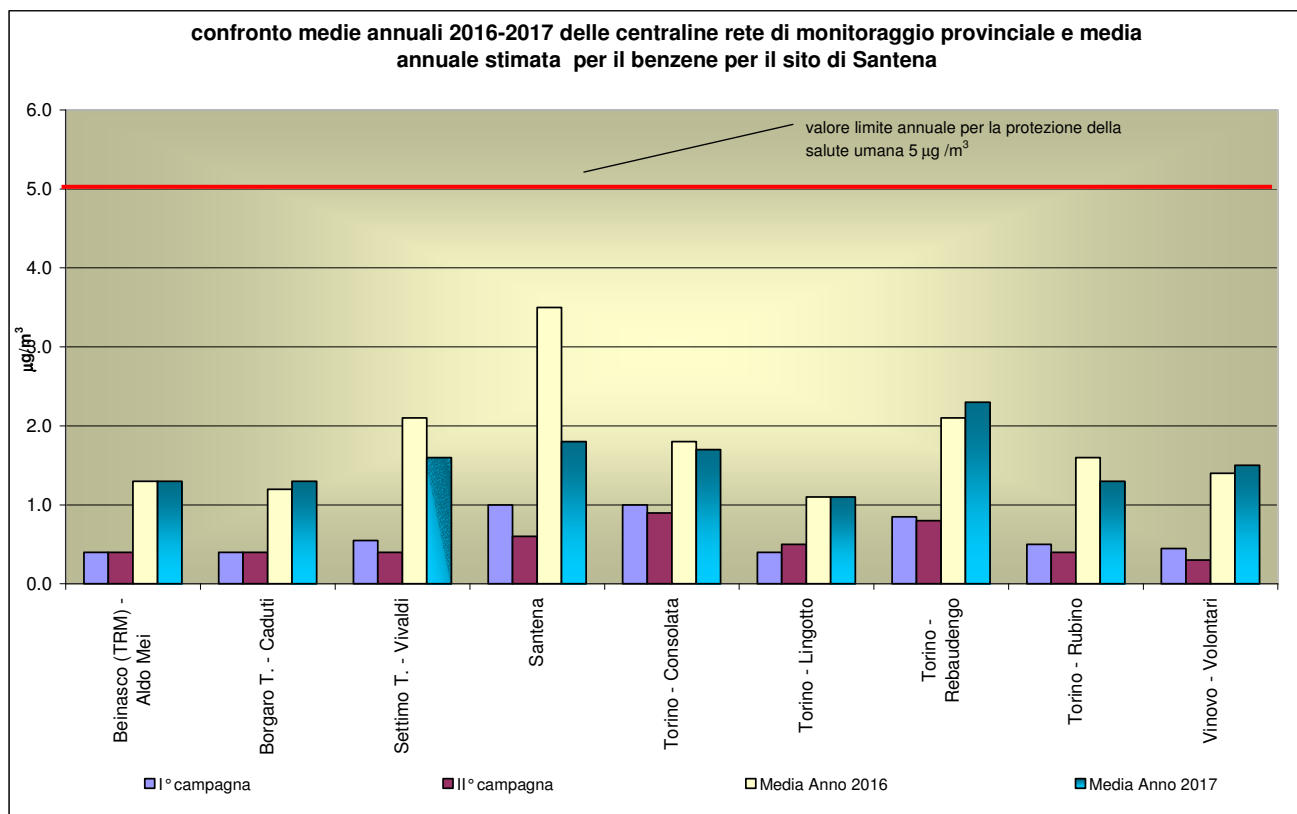
m_c : media periodo campagna benzene Santena

M_c : media stimata anno 2016 (2017) benzene Santena

m_p : media periodo campagna benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2016 (2017) benzene Provincia di Torino

Figura 21 – Benzene: confronto delle medie annuali negli anni 2016 e 2017 e medie nel periodo delle due campagne di monitoraggio



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

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

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $8,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella prima campagna e $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella seconda; la massima media oraria è di $29,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 17), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 16 – Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	0.9	0.4
Massima media giornaliera	2.1	0.7
Media delle medie giornaliere	1.3	0.6
Giorni validi	25	24
Percentuale giorni validi	86%	100%
Media dei valori orari	1.4	0.6
Massima media oraria	4.3	1.6
Ore valide	619	573
Percentuale ore valide	89%	99%

Tabella 17 – Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	2.4	1.0
Massima media giornaliera	8.9	3.4
Media delle medie giornaliere	4.3	1.9
Giorni validi	25	24
Percentuale giorni validi	86%	100%
Media dei valori orari	4.2	1.9
Massima media oraria	29.7	15.5
Ore valide	601	571
Percentuale ore valide	86%	99%

Figura 22 – Benzene: andamento della concentrazione oraria

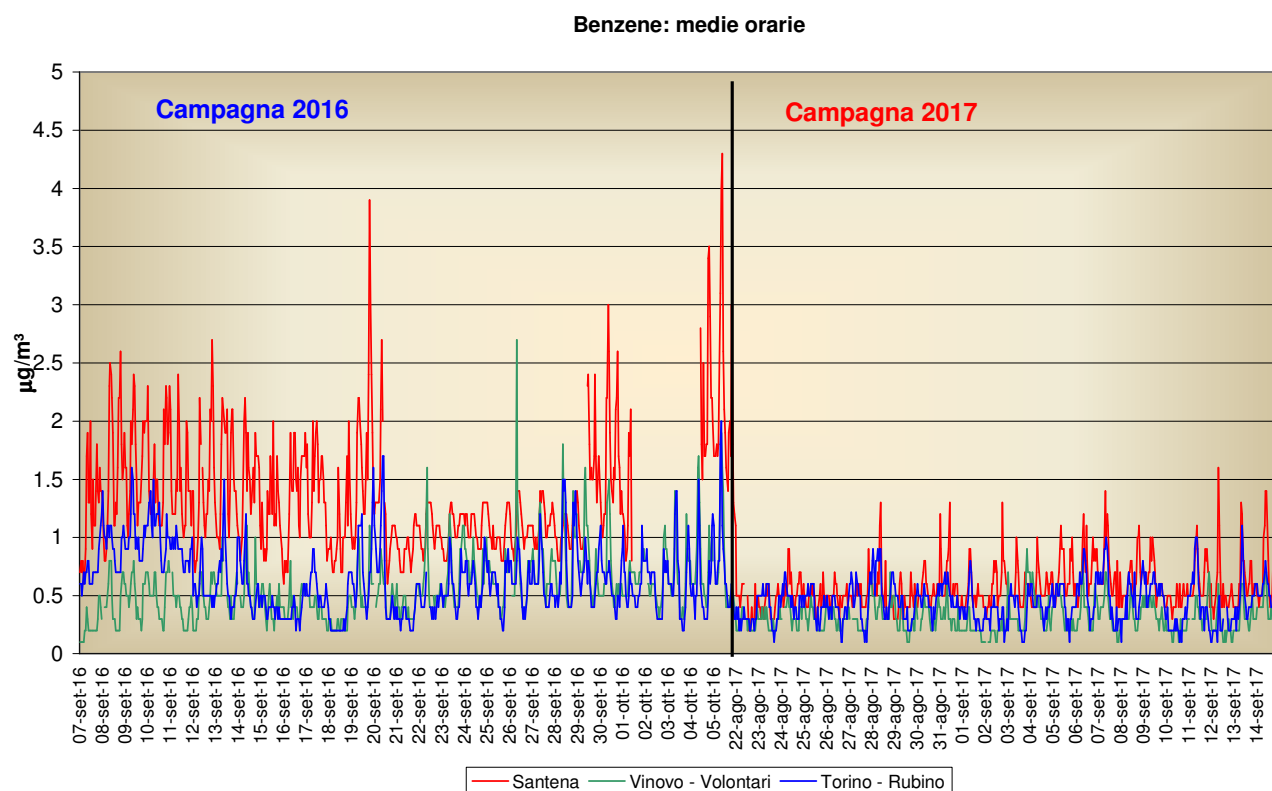


Figura 23 – Benzene: andamento del giorno medio

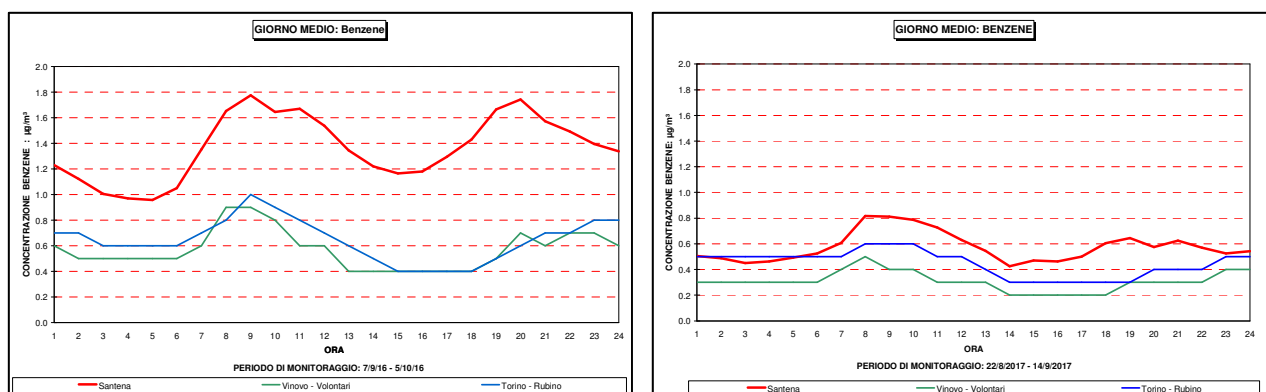
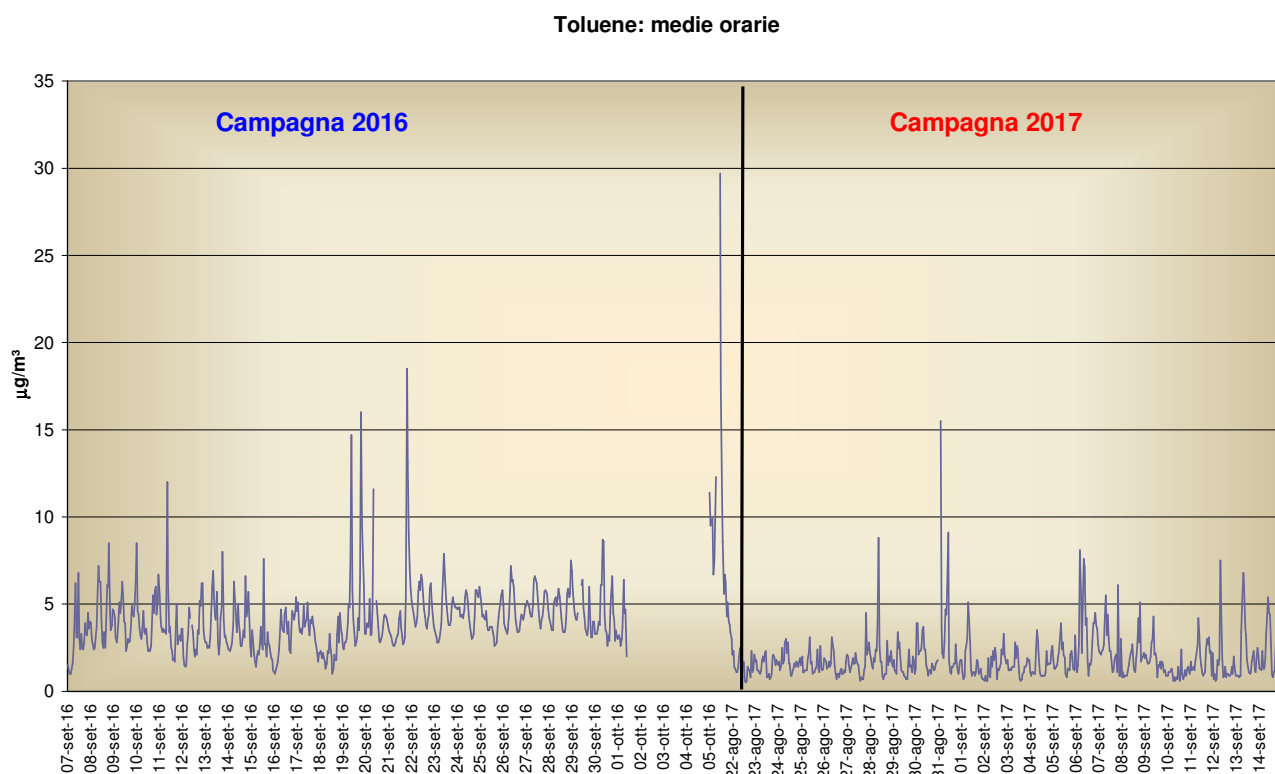


Figura 24– Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio



Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)

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

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

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

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

Nella prima campagna di monitoraggio la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi Tabella 18), con un valore massimo giornaliero di 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 1 solo superamento del valore giornaliero dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mediamente però il sito di Santena registra uno tra i più alti valori medi in Piemonte nel periodo di monitoraggio, inferiore solo alle stazioni di Carmagnola, Alessandria – D'Annunzio e Torino-Grassi (Tabella 20).

I valori registrati durante la campagna hanno andamento simile a quelli registrati in altre stazioni provinciali, a dimostrazione che ciò che modula l'andamento del PM10 sono sostanzialmente le condizioni atmosferiche. Il minimo si è verificato il 21 settembre, in corrispondenza del massimo di pioggia, e successivamente i valori sono nuovamente aumentati con l'incremento di stabilità atmosferica (Figura 27).

Nella seconda campagna di monitoraggio, in periodo prettamente estivo, la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi Tabella 18), con un valore massimo giornaliero di 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e nessun superamento del valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In periodo estivo la variabilità tra i valori misurati in stazioni di traffico e stazioni di fondo è meno ampia, comunque il sito di Santena si conferma critico, con valori poco al di sopra della stazione di traffico di Torino- Consolata (Tabella 20).

La durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo annuale (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), e non è possibile una comparazione diretta con le misure effettuate. Analogamente a quanto fatto per il biossido di azoto, si può però valutare un confronto tra la media rilevata nel periodo di monitoraggio in Santena rispetto a quella rilevata in altre stazioni della rete regionale, considerando solo quelle che hanno almeno il 90% dei dati validi, elencate in Tabella 20 per il 2016 e in Tabella 21 per il 2017.

Per poter stimare la media annuale di PM10 in Santena si sono correlate le concentrazioni di PM10 rilevate nel periodo di monitoraggio in tutte le stazioni con le medie annuali misurate nelle stesse

stazioni. Il monitoraggio in Santena è avvenuto in due anni diversi, 2016 e 2017, pertanto si sono stimate le medie annuali in questi due anni. Il risultato è riportato in Figura 25 e in Figura 26.

La stima ottenuta per il 2016 è di $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi al di sotto del limite annuale, mentre per il 2017 è di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pari al valore limite, quindi superiore all'anno precedente. L'aumento nelle medie annuali dal 2016 al 2017 è stato, però, generale per le stazioni di rilevamento piemontesi, a causa delle peggiori condizioni di dispersione atmosferica verificatesi nel 2017.

Per stimare il numero di superamenti nel corso dell'anno ci si è basati sulle elaborazioni effettuate per valutare quale sia la media annuale da conseguire per rispettare il valore limite giornaliero. Tali elaborazioni si possono reperire sull'edizione 2014 di "Uno Sguardo all'Aria" (Arpa Piemonte, Città Metropolitana di Torino), nel capitolo "Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato PM10 – La situazione nella Città Metropolitana di Torino nel quadro europeo". Sulla base di tali considerazioni il valore di media annuale "efficace" di PM10, che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a livello piemontese, pertanto a Santena, avendo stimato una media annuale di $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il 2016, il numero di superamenti sarebbe circa il doppio del limite (intorno a 75-80, quindi superiori ai 35 consentiti dalla legge in un anno). Nel 2017 i superamenti stimati sono dell'ordine di 90.

Le stime confermano la criticità del rispetto del numero massimo di superamenti giornalieri a livello regionale nei siti di pianura.

In Tabella 19 sono riportati i dati relativi al PM2.5 durante le due campagne: la media dei valori di concentrazione di particolato PM2.5 è stata pari a $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella prima campagna e 13 nella seconda, il valore massimo giornaliero di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si è verificato nella prima campagna. I valori sono molto simili alla stazione di fondo di Chieri (Figura 28) e rappresentano il 54% del PM10 nella prima campagna e il 56% nella seconda. Nel territorio provinciale i valori sono molto omogenei tra loro (Tabella 22); tale situazione indica che, in generale, buona parte della frazione che costituisce il particolato atmosferico PM2,5 è di origine secondaria, e, in quanto tale, può aver avuto origine anche da emissioni di precursori in zone lontane rispetto al punto di campionamento.

In maniera analoga a quanto fatto per il benzene, si può stimare la media annuale del PM2.5. Considerando nelle elaborazioni le stazioni indicate in Tabella 22, si ottiene per Santena una media di $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2016 e di $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2017, a fronte di un valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si conferma quindi anche per il PM2.5 un peggioramento delle concentrazioni nell'anno 2017.

Tabella 18 – Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	11	5
Massima media giornaliera	51	37
Media delle medie giornaliere	30	23
Giorni validi	29	23
Percentuale giorni validi	100%	96%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	1	0

Tabella 19 – Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5} (µg/m³)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	5	5
Massima media giornaliera	30	21
Media delle medie giornaliere	16	13
Giorni validi	27	23
Percentuale giorni validi	93%	96%

Tabella 20 - PM₁₀ (µg/m³) confronto concentrazioni medie del periodo e anno 2016

Stazione	media periodo [µg/m ³]	media anno 2016 [µg/m ³]
Alba - Tanaro	15	26
Alessandria - D'Annunzio	32	36
Alessandria - Volta	20	27
Arquata S. - Minzoni	25	31
Asti - Baussano	25	34
Baceno - Alpe Devero	7	6
Baldissero T.(ACEA) - parco	15	14
Biella - Sturzo	17	20
Borgosesia - Tonella	14	21
Bra - Madonna Fiori	17	28
Carmagnola - I Maggio	31	37
Cerano - Bagno	21	26
Collegno - Francia	25	32
Cossato - Pace	17	23
Dernice - Costa	16	14
Domodossola - Curotti	15	23
Druento - La Mandria	19	21
Leini'(ACEA) - Grande Torino	23	30
Novara - Roma	23	26
Novara - Verdi	20	26
Novi Ligure - Gobetti	25	29
Oulx - Roma	16	16
Pinerolo - Alpini	19	23
Saliceto - Moizo	9	21
Susa - Repubblica	16	17
Torino - Consolata	27	35
Torino - Grassi	33	42
Torino - Lingotto	27	34
Torino - Rebaudengo	26	37
Torino - Rubino	24	32
Trivero - Ronco	17	15
Verbania - Gabardi	13	15
Vinchio - San Michele	20	26
Media stazioni regionali	20	26
Laboratorio mobile SANTENA	30	37 (*)

(*) media annua stimata

Tabella 21 - PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto concentrazioni medie del periodo e anno 2017

Stazione	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media anno 2017 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Alba - Tanaro	17	30
Alessandria - D'Annunzio	23	42
Alessandria - Volta	22	37
Arquata S. - Minzoni	20	32
Asti - Baussano	23	40
Baceno - Alpe Devero	8	7
Baldissero T.(ACEA) - parco	7	11
Biella - Sturzo	14	22
Borgosesia - Tonella	14	24
Bra - Madonna Fiori	18	33
Carmagnola - I Maggio	27	45
Cerano - Bagno	15	33
Collegno - Francia	21	40
Cossato - Pace	14	26
Dernice - Costa	12	16
Domodossola - Curotti	13	27
Druento - La Mandria	20	27
Leini'(ACEA) - Grande Torino	15	34
Novara - Roma	15	33
Novara - Verdi	15	30
Novi Ligure - Gobetti	20	33
Oulx - Roma	15	18
Pinerolo - Alpini	17	26
Saliceto - Moizo	9	24
Susa - Repubblica	15	22
Torino - Consolata	22	43
Torino - Grassi	27	47
Torino - Lingotto	21	39
Torino - Rebaudengo	25	46
Torino - Rubino	20	38
Trivero - Ronco	13	18
Verbania - Gabardi	10	18
Vinchio - San Michele	17	29
Media stazioni regionali	17	30
Laboratorio mobile SANTENA	23	40 (*)

(*) media annua stimata

Figura 25 – PM10: Stima della concentrazione media annuale nel 2016 a Santena

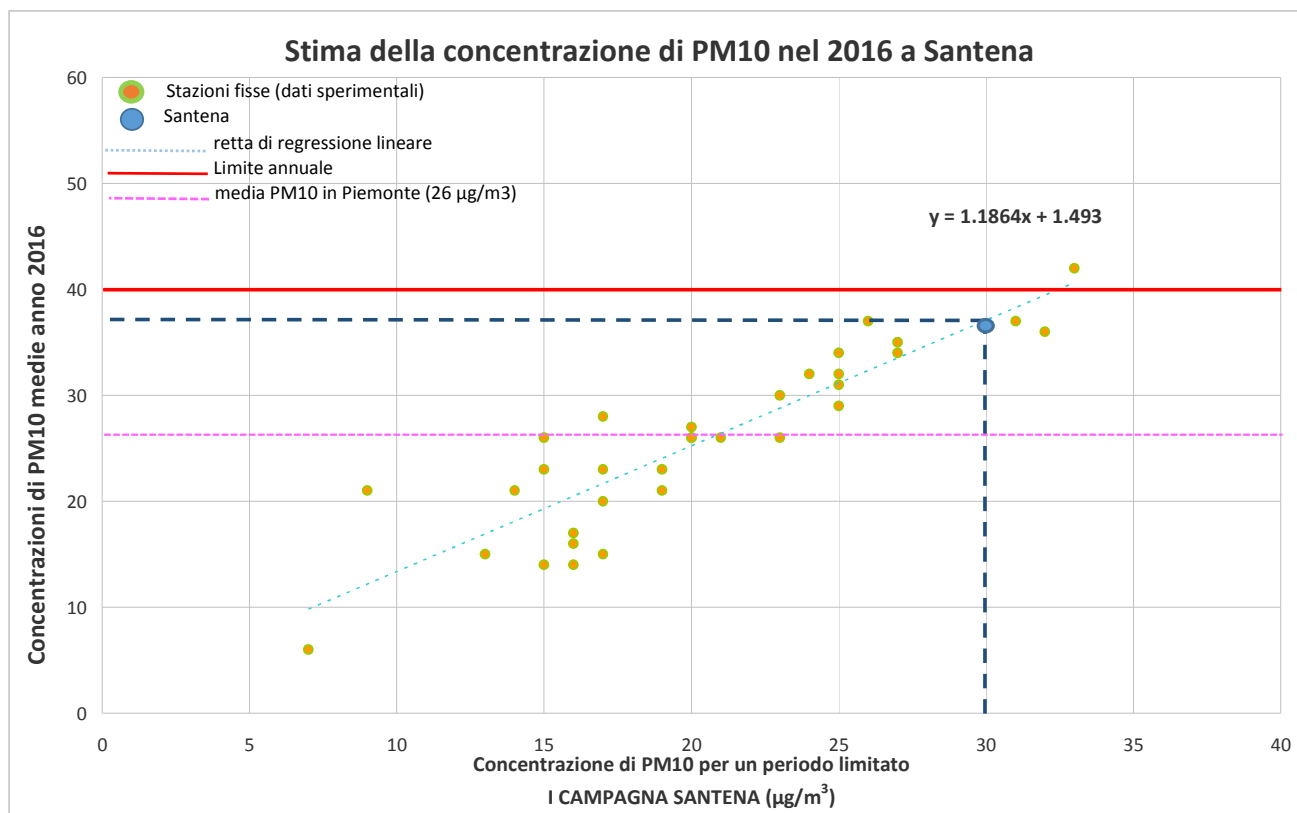


Figura 26 – PM10: Stima della concentrazione media annuale nel 2017 a Santena

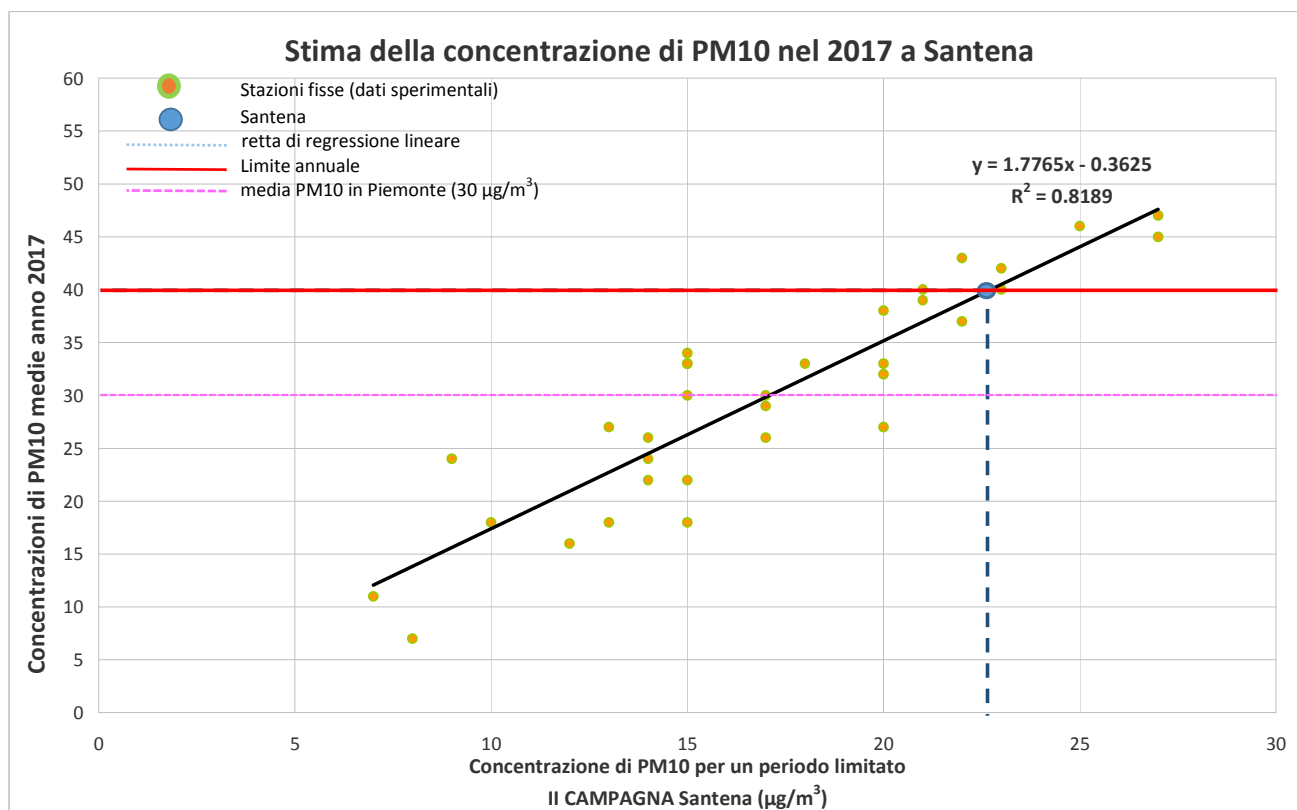


Tabella 22: PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto concentrazioni medie del periodo e anni 2016 - 2017

Stazione	media I campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media anno 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media II campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media anno 2017 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Ivrea - Liberazione, PM2.5	13	20	10	24
Settimo T. - Vivaldi, PM2.5	14	26	11	30
Chieri - Bersezio, PM2.5	15	22	12	27
Torino - Lingotto, PM2.5	15	23	12	27
Santena, PM2.5	16	24 (*)	13	29 (*)
Borgaro T. - Caduti, PM2.5	17	23	15	27
Leini'(ACEA) - Grande Torino, PM2.5 - Beta	19	25	10	26

(*) media stimata

Figura 27 – Particolato sospeso PM10: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

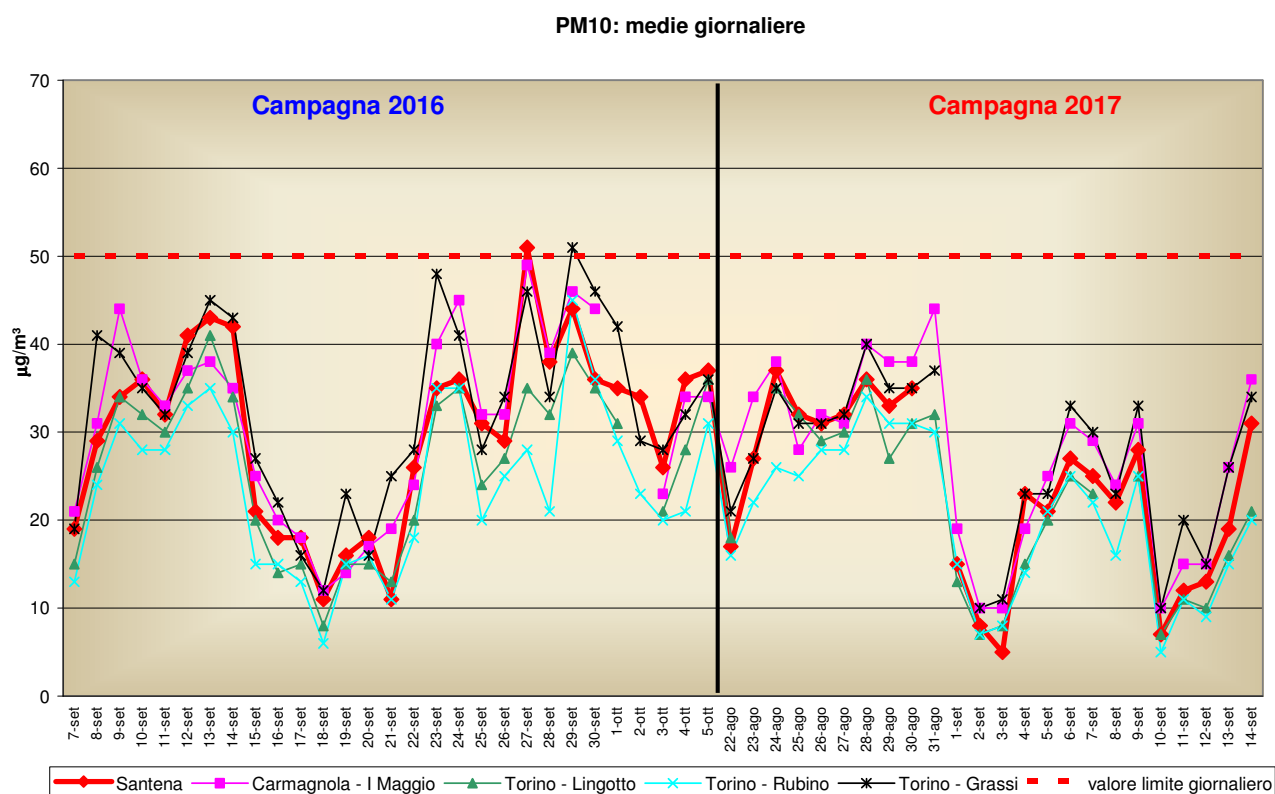
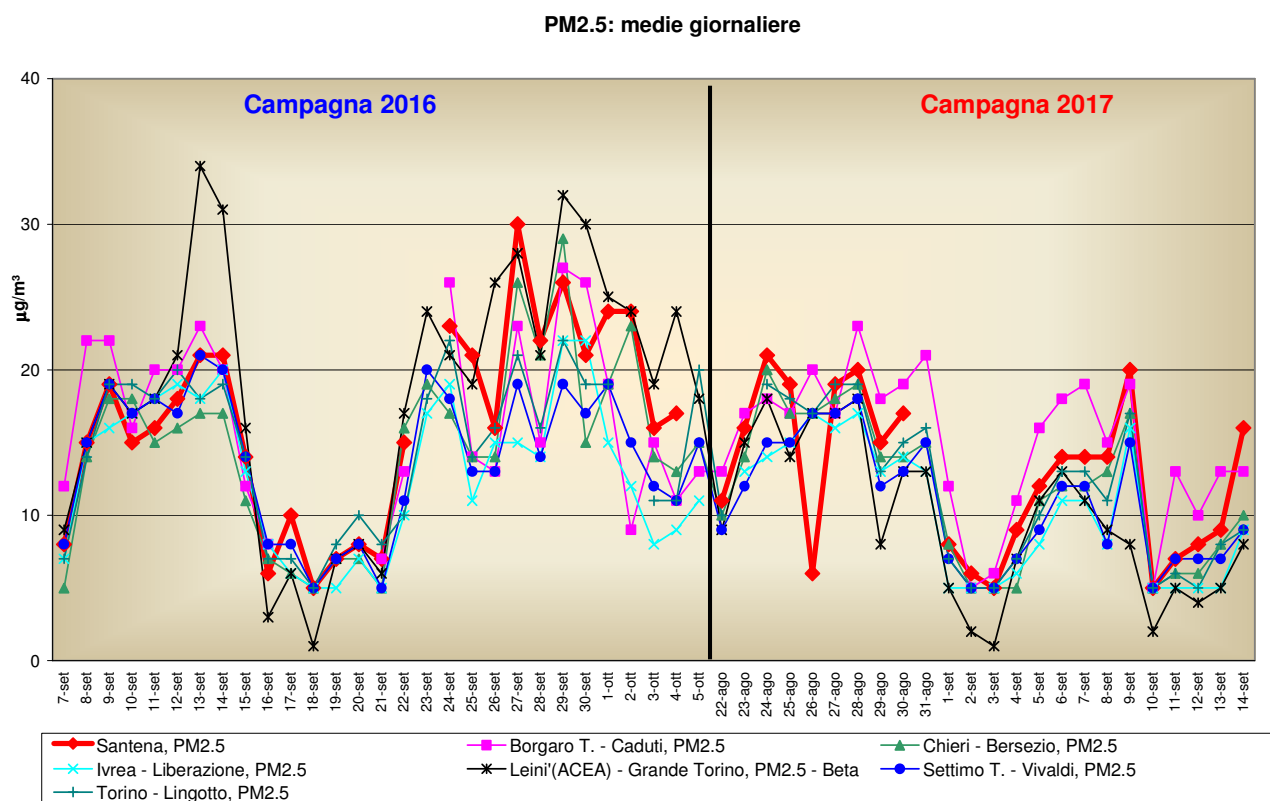


Figura 28 – Particolato sospeso PM2.5, confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

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

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)².

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

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

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

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)³ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

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

Tabella 23 - benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

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

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

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

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

Dall'analisi dei dati notiamo che il valore di benzo(a)pirene misurato a Santena nella prima campagna di monitoraggio è la metà rispetto alle stazioni più critiche a livello provinciale (Tabella 24). Nella seconda campagna, tipicamente estiva, il valore rilevato è inferiore al limite di rivelabilità del metodo. I valori misurati non evidenziano alcuna criticità e sono simili a quelli misurati a Oulx e Borgaro, dove è da anni che il valore limite annuale non viene superato. Anche gli altri idrocarburi policiclici aromatici non presentano criticità.

Tabella 24: concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Santena - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio			
	I campagna	II campagna	Media campagne
Benzo(a)antracene (ng/m ³)	0.04	0.04	0.04
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	0.25	0.04	0.15
Benzo(a)pirene (ng/m ³)	0.10	0.00	0.05
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	0.08	0.04	0.06

Figura 29 - Benzo(a)antracene confronto della media delle campagne di monitoraggio con la media anno 2017 nella provincia di Torino

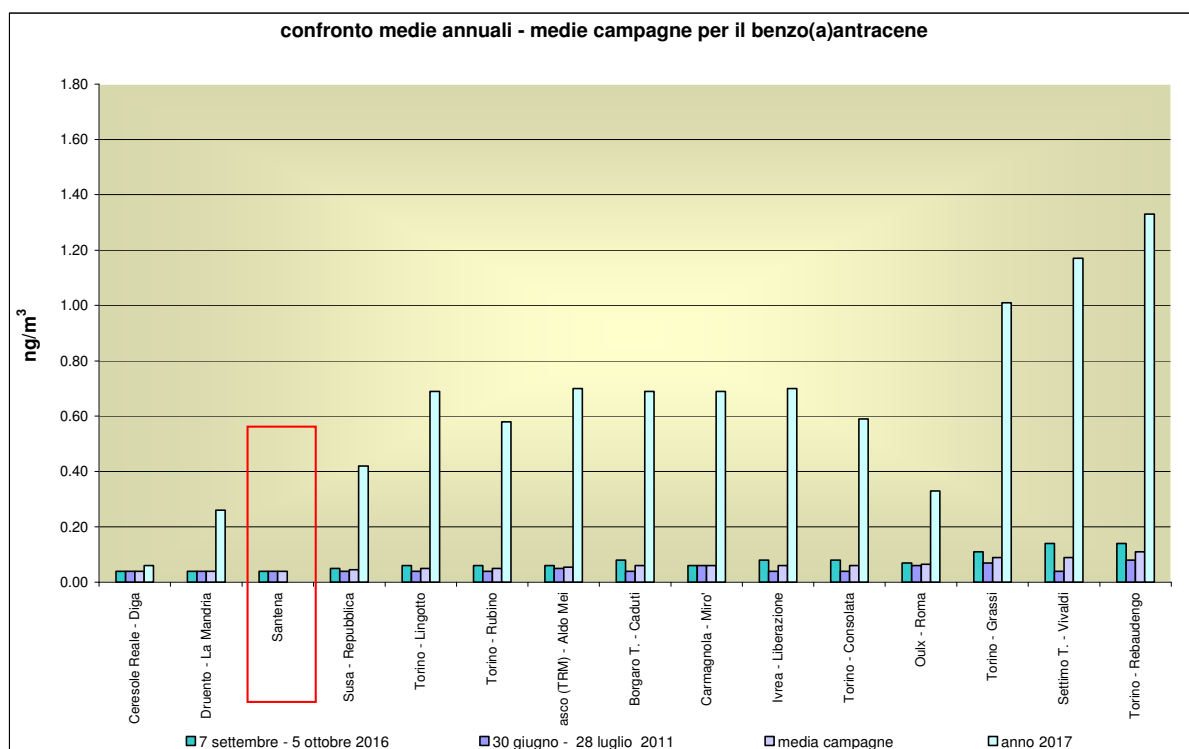


Figura 30 - Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media delle campagne di monitoraggio con la media anno 2017 nella provincia di Torino

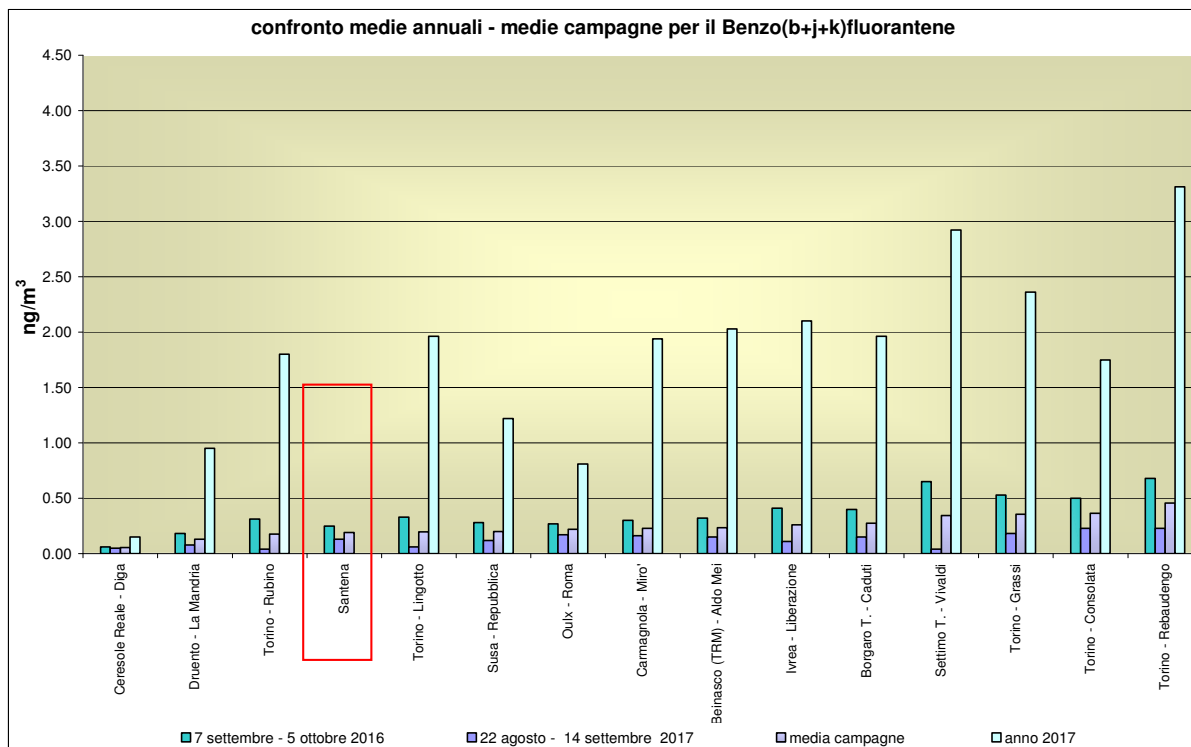


Figura 31 - Benzo(a)pirene confronto della media delle campagne di monitoraggio con la media anno 2017 nella provincia di Torino

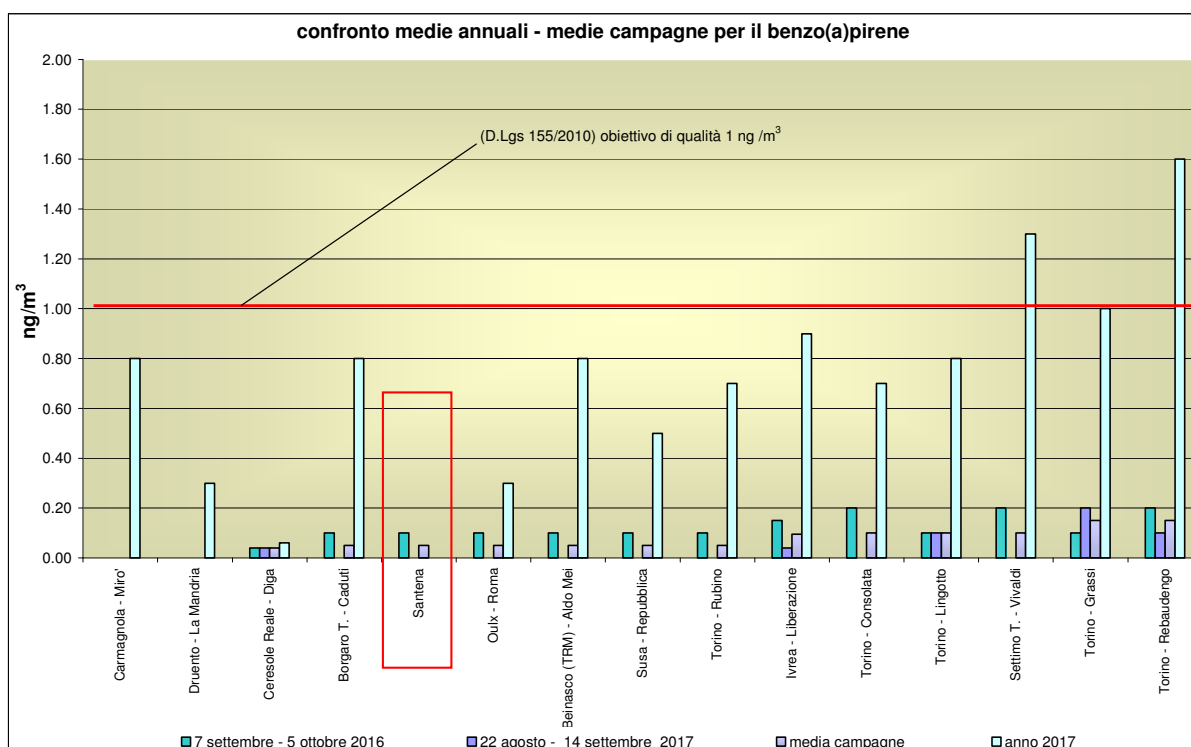
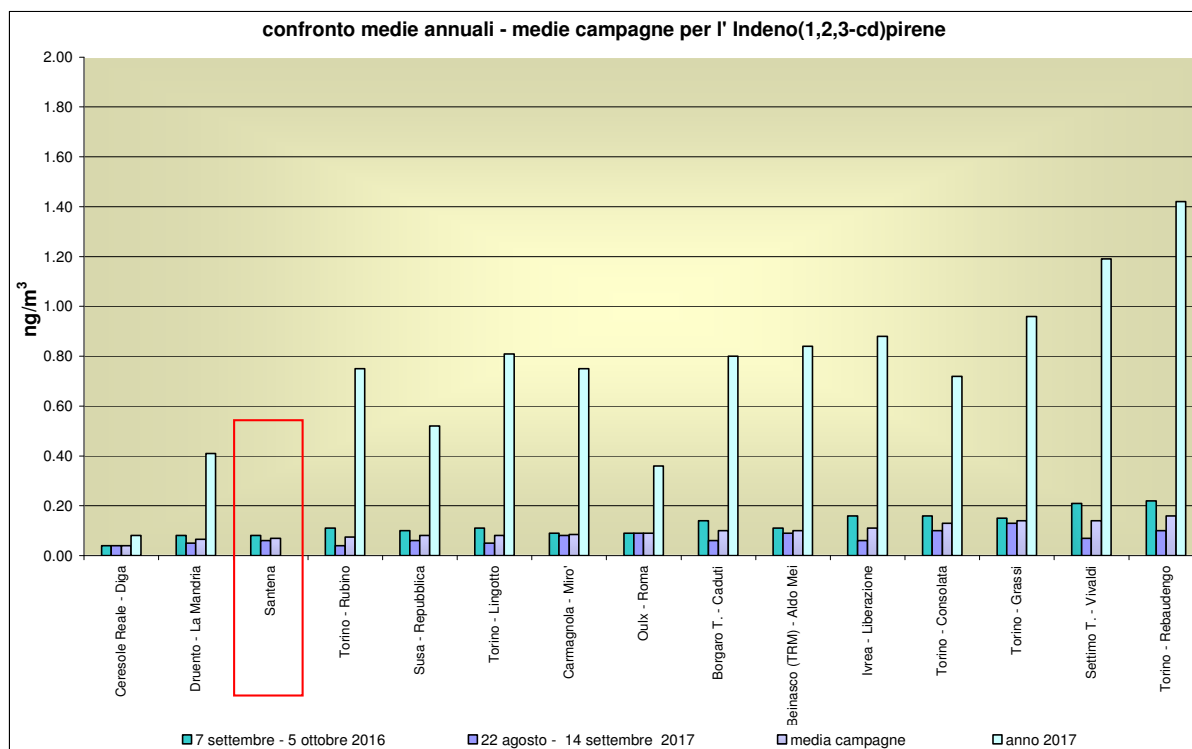


Figura 32 - Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media delle campagne di monitoraggio con la media anno 2017 nella provincia di Torino



Metalli

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

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

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

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

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

Nella Tabella 25 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

Tabella 25 - valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

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

I valori misurati di metalli sono indicati in Tabella 26. I valori misurati di arsenico e cadmio sono molto bassi, pari al limite di rilevabilità strumentale; quelli di Nichel e Piombo si collocano tra i valori medi della rete di monitoraggio provinciale e non presentano alcuna criticità, analogamente a quanto registrato negli anni per tutte le stazioni di monitoraggio provinciali.

Tabella 26 - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Santena - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio			
	I campagna	II campagna	Media campagne
Arsenico (ng/m ³)	0.7	0.7	0.7
Cadmio (ng/m ³)	0.07	0.07	0.07
Nichel (ng/m ³)	2.0	5.3	3.65
Piombo (µg/m ³)	0.004	0.012	0.008

Figura 33 - Arsenico - confronto della media delle campagne di monitoraggio con la media anno 2017 nella provincia di Torino

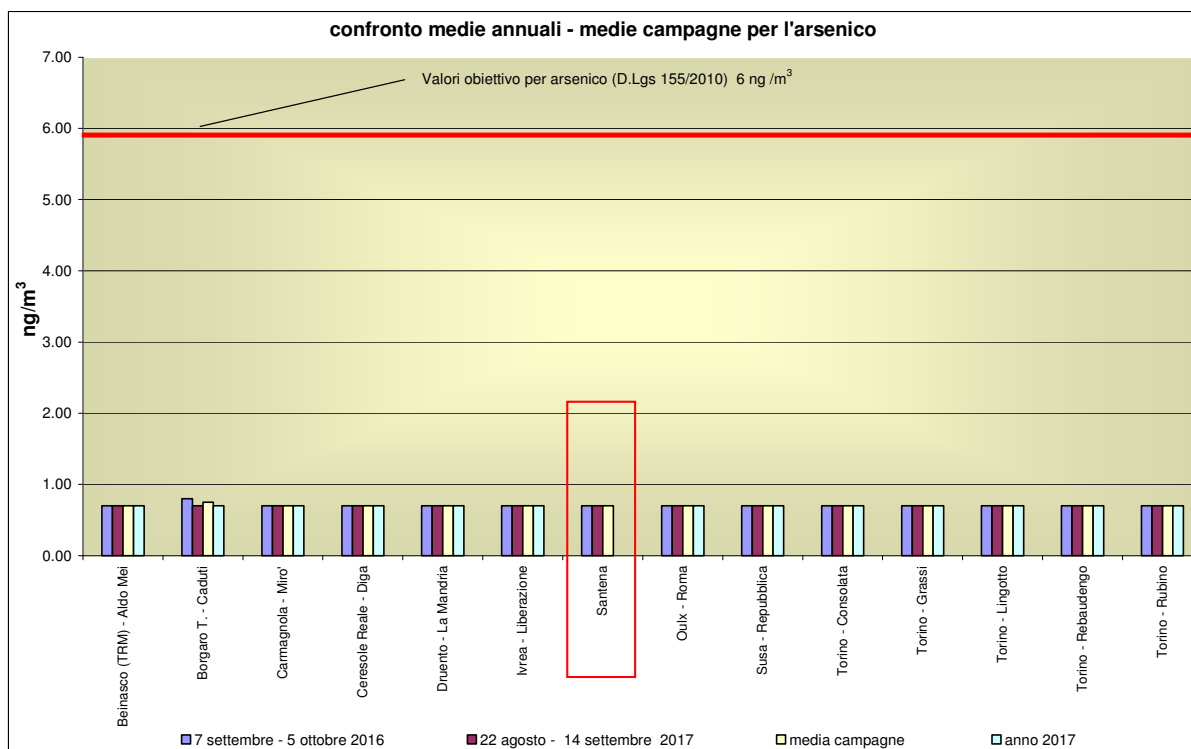


Figura 34 - Cadmio - confronto della media delle campagne di monitoraggio con la media anno 2017 nella provincia di Torino

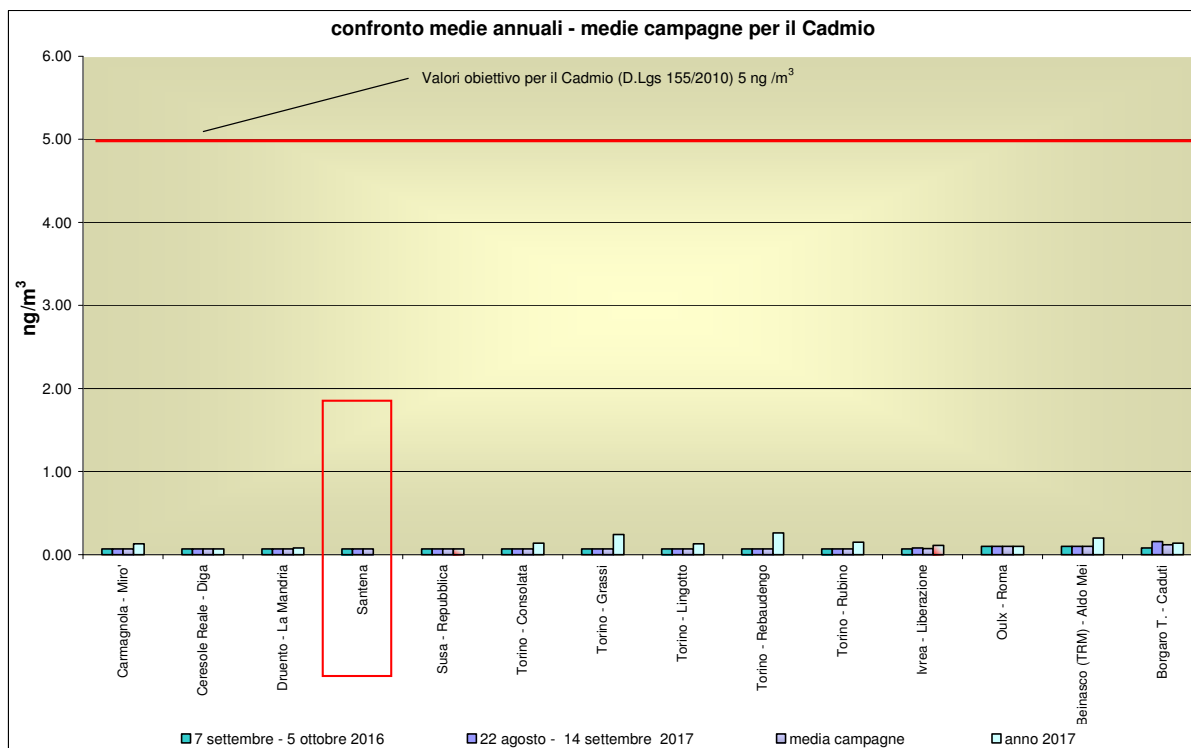


Figura 35 - Nichel - confronto della media delle campagne di monitoraggio con la media anno 2017 nella provincia di Torino

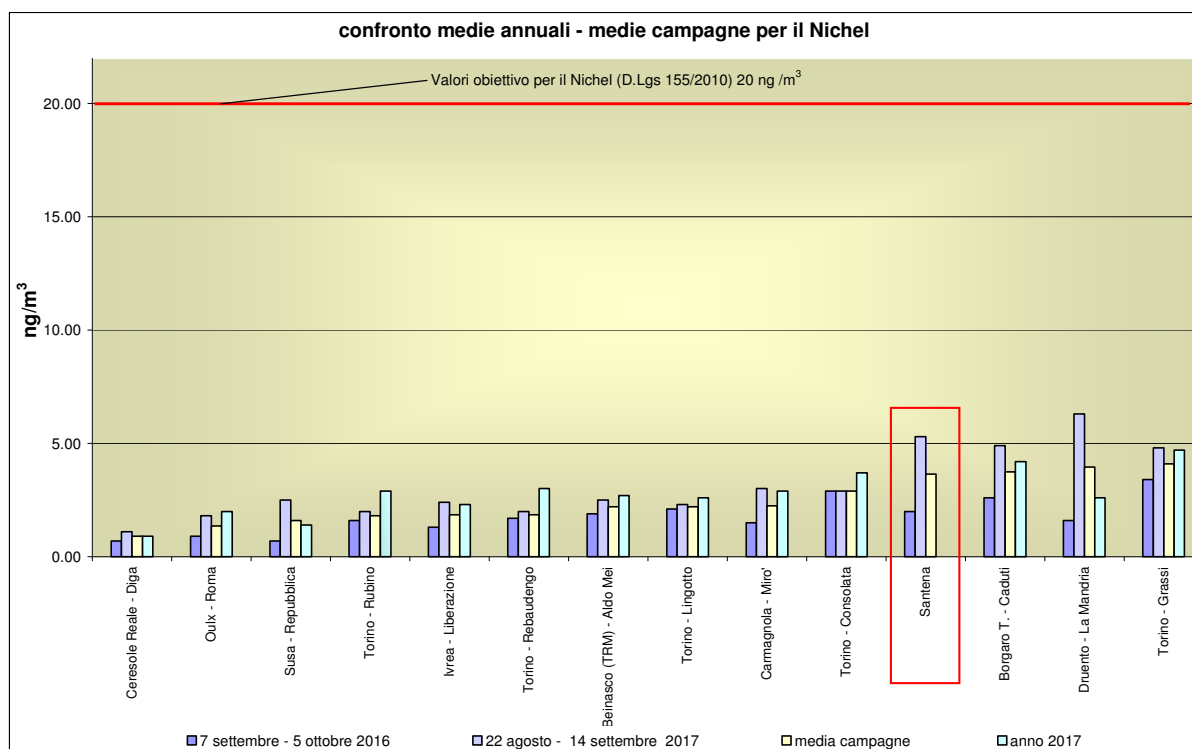
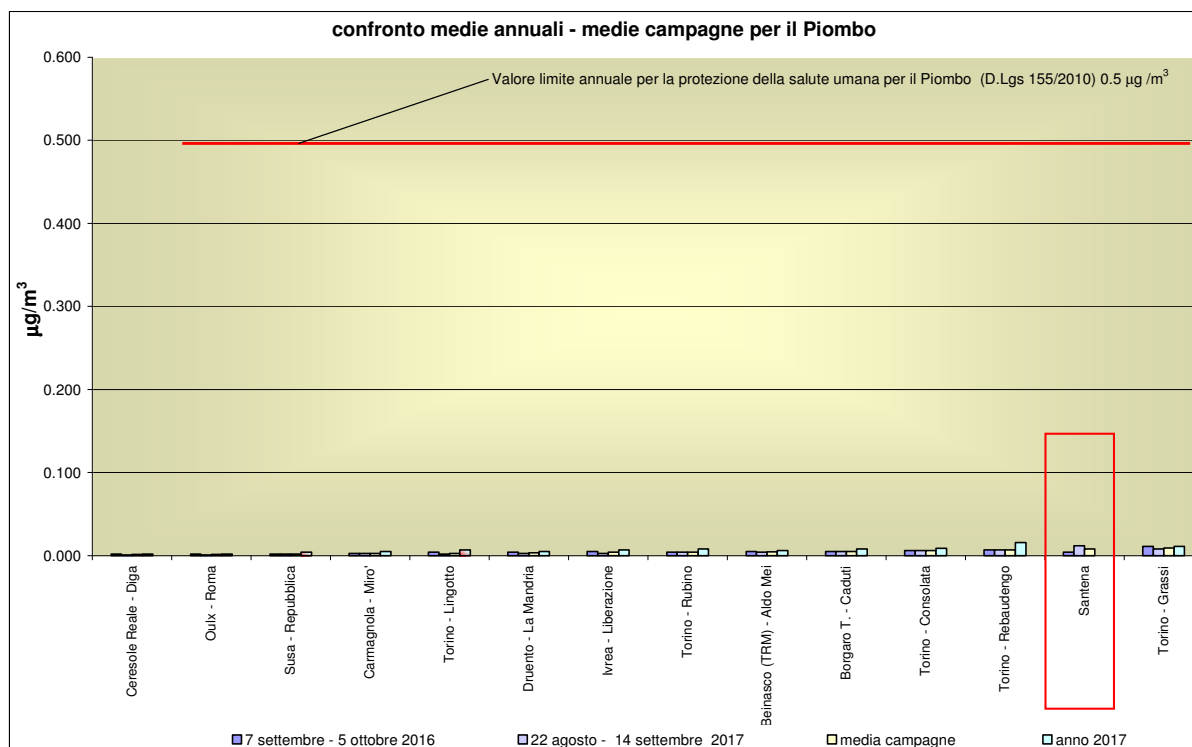


Figura 36 - Piombo - confronto della media delle campagne di monitoraggio con la media anno 2017 nella provincia di Torino

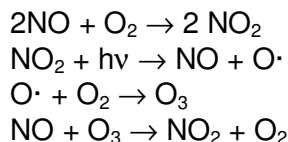


Ozono

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

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

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



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

Durante la prima campagna di monitoraggio, effettuata a cavallo tra estate ed autunno, si sono registrati due superamenti del livello protezione della salute su medie di 8 ore ($120\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) e un superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. Il valore medio del periodo è stato di $41\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, e il valore massimo di $140\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, vedi Tabella 27. I valori maggiori si sono registrati tra il 10 e il 12 settembre, giornate nelle quali si sono verificati i massimi di temperatura del periodo.

Nella seconda campagna, svolta in periodo totalmente estivo, i valori medi sono stati superiori ($68\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), si sono registrati 41 giorni di superamento del livello protezione della salute su medie di 8 ore ($120\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) - a fronte di un massimo di 25 giorni permesso dalla normativa- e nove superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. Il giorno medio è molto simile a quello misurato a Chieri e Vinovo (Figura 38).

I valori più alti di ozono sono però tipici del periodo estivo, l'ozono infatti viene prodotto in atmosfera a partire da altri inquinanti a seguito di reazioni di tipo fotochimico, per cui è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e critico nei mesi più caldi dell'anno, come si può vedere dal confronto dei dati di ozono con la temperatura.

Tabella 27– Dati relativi all'ozono (O_3 , $\mu g/m^3$)

	I campagna	II campagna
Minima media giornaliera	22	45
Massima media giornaliera	71	91
Media delle medie giornaliere	41	68
Giorni validi	29	24
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	41	68
Massima media oraria	140	166
Ore valide	694	573
Percentuale ore valide	100%	99%
Minimo medie 8 ore	2	12
Media delle medie 8 ore	41	69
Massimo medie 8 ore	122	149
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	2	41
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	1	9
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Figura 37 – O_3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con temperatura dell'aria

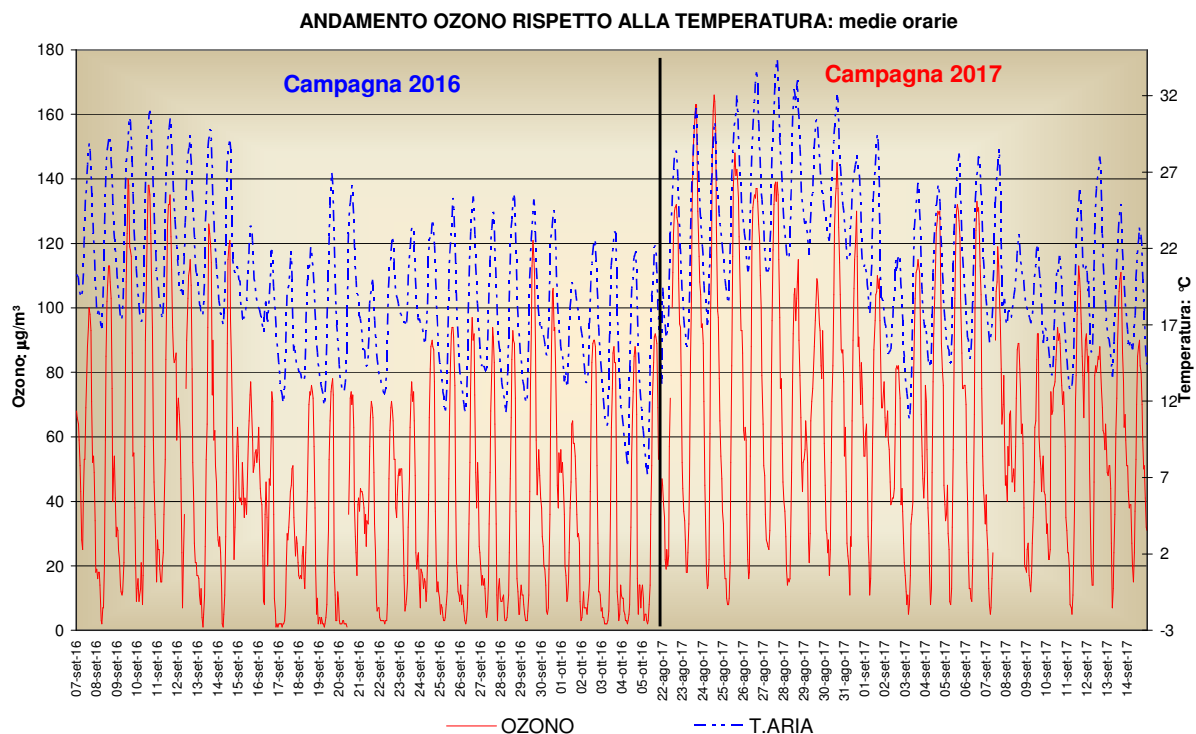
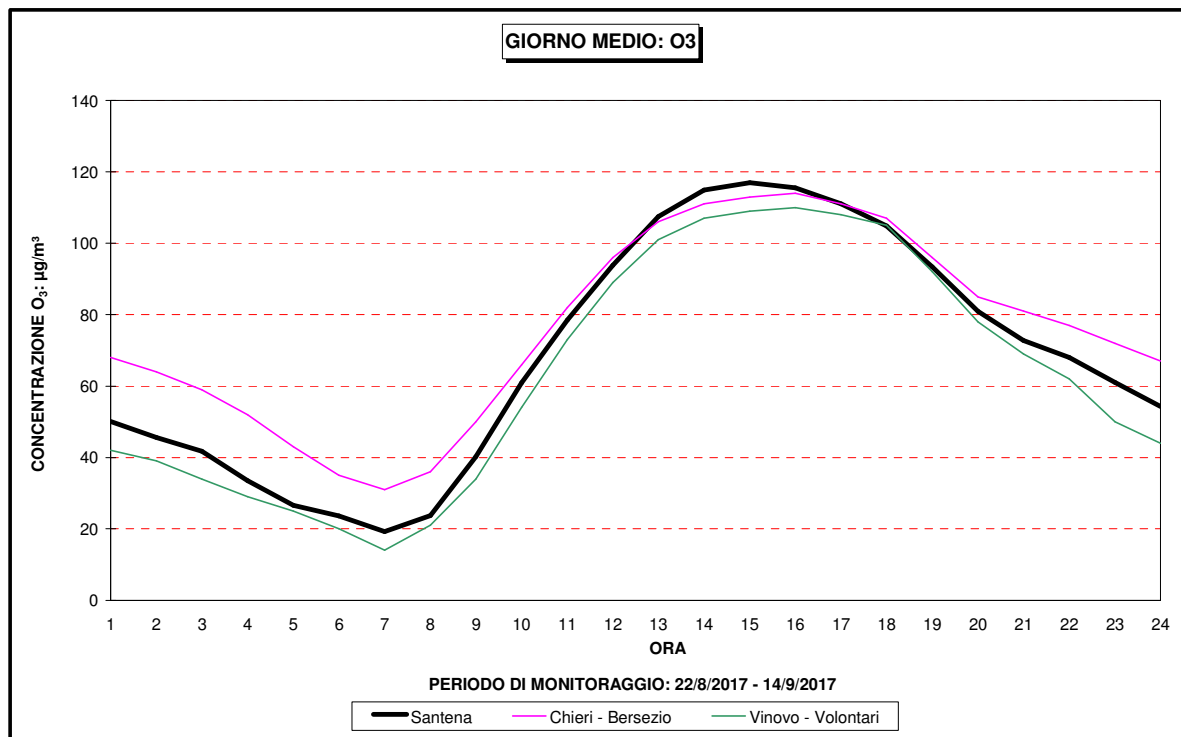


Figura 38 - O_3 - andamento del giorno medio



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalla campagna di monitoraggio nel Comune di Santena risulta molto simile a quello misurato in siti di fondo suburbano, come Vinovo e Chieri, ma indica una maggiore criticità nei valori di polveri PM10, che risultano molto simili a quelli di stazioni nelle quali il traffico risulta avere una maggiore incidenza.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono, biossido di zolfo e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana su base oraria e giornaliera per biossido di zolfo, monossido di carbonio e biossido di azoto ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione del particolato atmosferico PM10. Infatti, per quest'ultimo è stato registrato un superamento del valore limite giornaliero per la protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durante la prima campagna di monitoraggio; il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa è di 35 in un anno civile. Va però considerato che le campagne non hanno coperto i mesi di tardo autunno e inverno che sono i più critici per questo inquinante, per cui è stata effettuata una specifica elaborazione allo scopo di valutare il rispetto del limite su base annuale.

Sul base del confronto con le stazioni di monitoraggio regionali, a Santena si stima una media annuale di $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il 2016, con un numero di superamenti circa il doppio del limite (intorno a 75-80, quindi superiori ai 35 consentiti dalla legge in un anno). Nel 2017 i superamenti stimati sono dell'ordine di 90, con una media annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il mancato rispetto del numero massimo di superamenti giornalieri per il PM10 nei siti di pianura risulta però una criticità diffusa a livello regionale e non specifica del sito in esame.

La media annuale per il PM2.5 si colloca nell'intorno del limite ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in quanto le stime per il 2016 e 2017 risultano, rispettivamente, pari a 24 e $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, la stima ottenuta per il 2016 è di $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e per il 2017 è di $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$; si può quindi affermare che il sito non si collochi tra quelli più critici a livello provinciale e le medie annuali non hanno superato il limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In merito al benzene, la media annuale stimata per il 2016 è pari a $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e per il 2017 è pari a $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valori inferiori al limite ma tipici di stazioni di traffico.

L'ozono nel periodo estivo presenta 41 superamenti del livello protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e nove superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. Va comunque sottolineato che si tratta di un fenomeno di inquinamento atmosferico che nei mesi estivi interessa tutto il territorio provinciale e regionale e quindi non caratteristico del sito in esame; trattandosi di un inquinante secondario, non emesso direttamente da fonti antropiche e che può avere origine anche in zone lontane rispetto al sito di misura, la sua gestione, e la conseguente riduzione, deve essere attuata attraverso politiche ad ampia scala territoriale.

I valori di IPA e metalli sono ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

Nel loro insieme i dati registrati mostrano, per il periodo monitorato, una situazione analoga a stazioni suburbane di traffico del territorio provinciale.

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.

1. Ossidi di azoto

MONITOR EUROPE ML 9841B

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

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

2. 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.

3. 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.

4. Particolato sospeso PM10 e PM2.5

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM10 – PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 e 2.5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA. Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.

5. Stazione meteorologica

LSI LASTEM

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

6. Benzene, Toluene, Xileni

SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600

Gas Cromatografo 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