

**STRUTTURA COMPLESSA 06 “Dipartimento Provinciale della Provincia di Torino”
Struttura Semplice 06.02 “Attività Istituzionali di Produzione”**

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI NICHELINO, PIAZZA DI VITTORIO.
RELAZIONE CONCLUSIVA (Novembre 2006 – Agosto 2008)**



Redazione	Funzione: Assistente Tecnico Nome: Dott. Marco Pace	Data:	Firma:
Verifica	Funzione: Dirigente titolare di incarico professionale presso la S.S. 06.02 Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data:	Firma:
Approvazione	Funzione: Responsabile S.C. 06.02 Nome: Dott. Carlo Bussi	Data:	Firma:



La Stazione Mobile di rilevamento della qualità dell'aria è messa a disposizione dall'Area Ambiente, Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna della Provincia di Torino.

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" nel Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte: sig. Giacomo Castrogiovanni, dott.ssa Marilena Maringo, dott. Marco Pace, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrida

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

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	3
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	<i>4</i>
<i>Il Laboratorio Mobile</i>	<i>6</i>
<i>Il quadro normativo</i>	<i>6</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>
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici	21
Biossido di zolfo	22
Monossido di carbonio	24
Ossidi d'azoto	26
Benzene e toluene	31
Particolato sospeso (PM ₁₀)	34
Ozono	37
CONCLUSIONI	43
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	45

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.

Oggi giorno 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 gruppo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo 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 2007", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Provincia.

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

<i>INQUINANTE</i>	<i>TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI A BENZINA</i>	<i>TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI DIESEL</i>	<i>EMISSIONI INDUSTRIALI</i>	<i>COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI LIQUIDI O SOLIDI</i>	<i>COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI GASSOSI</i>
<i>BIOSSIDO DI ZOLFO</i>					
<i>BIOSSIDO DI AZOTO</i>					
<i>BENZENE</i>					
<i>MONOSSIDO DI CARBONIO</i>					
<i>PARTICOLATO SOSPESO</i>					
<i>PIOMBO</i>					
<i>BENZO(a)PIRENE</i>					

 = 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, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria prevede limiti per gli inquinanti quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 351/99 ed attuata, per i valori limite di alcuni inquinanti, dal D.M. 60/2002, dal D.Lgs. 183/2004 e dal D.Lgs. 152/2007, come modificato dal D.Lgs. 120/2008. Detti limiti 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 con il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004, pubblicato sul supplemento ordinario n. 127 alla Gazzetta Ufficiale 23 luglio 2004 n. 171, la normativa italiana ha recepito la direttiva 2002/3/CE, per cui sono state abrogate le disposizioni concernenti l'ozono previste dal D.P.C.M. 28/3/83, D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e dal D.M. 16/5/96.

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.

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 2007".

Tabella 2 – Valori limite per ozono e benzo(a)pirene

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O ₃) (D.Lgs. 21/05/04 n.183)	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. 03/08/07, n. 152)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

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

(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

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

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

Tabella 3 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott - 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

Tabella 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 03/08/07, n. 152, come modificato dal D.Lgs. 26/06/08, n. 120)

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 Nichelino, promossa dalla Provincia di Torino in collaborazione con Arpa Piemonte - Dipartimento di Torino, è stata finalizzata al controllo della qualità dell'aria, in seguito alla richiesta del Comune pervenuta in Provincia (protocollo Comune di Nichelino n° 45231 del 29/08/2005; protocollo Provincia n° 30720/LC5/AB del 30/01/2006). In particolare tale campagna è stata effettuata allo scopo di verificare le strategie messe in atto dall'Amministrazione Comunale di Nichelino per la riduzione dell'inquinamento da traffico veicolare, relativa all'istituzione di una ZTL Ambientale.

Nel corso del sopralluogo preliminare alla realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è stato individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile il seguente sito:

Piazza Di Vittorio

In figura 1 è riportata sulla cartografia del Comune di Nichelino l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso della campagna di monitoraggio.

Si ricorda che nel territorio comunale è presente una stazione fissa di rilevamento (dotata di strumentazione di misura per gli ossidi di azoto e per il monossido di carbonio) in corrispondenza di una rotatoria all'incrocio tra via XXV Aprile e via E. Torricelli.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle campagne condotte con i Laboratori Mobili 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 X del D.M. 60/2002), 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 negli stessi periodi della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

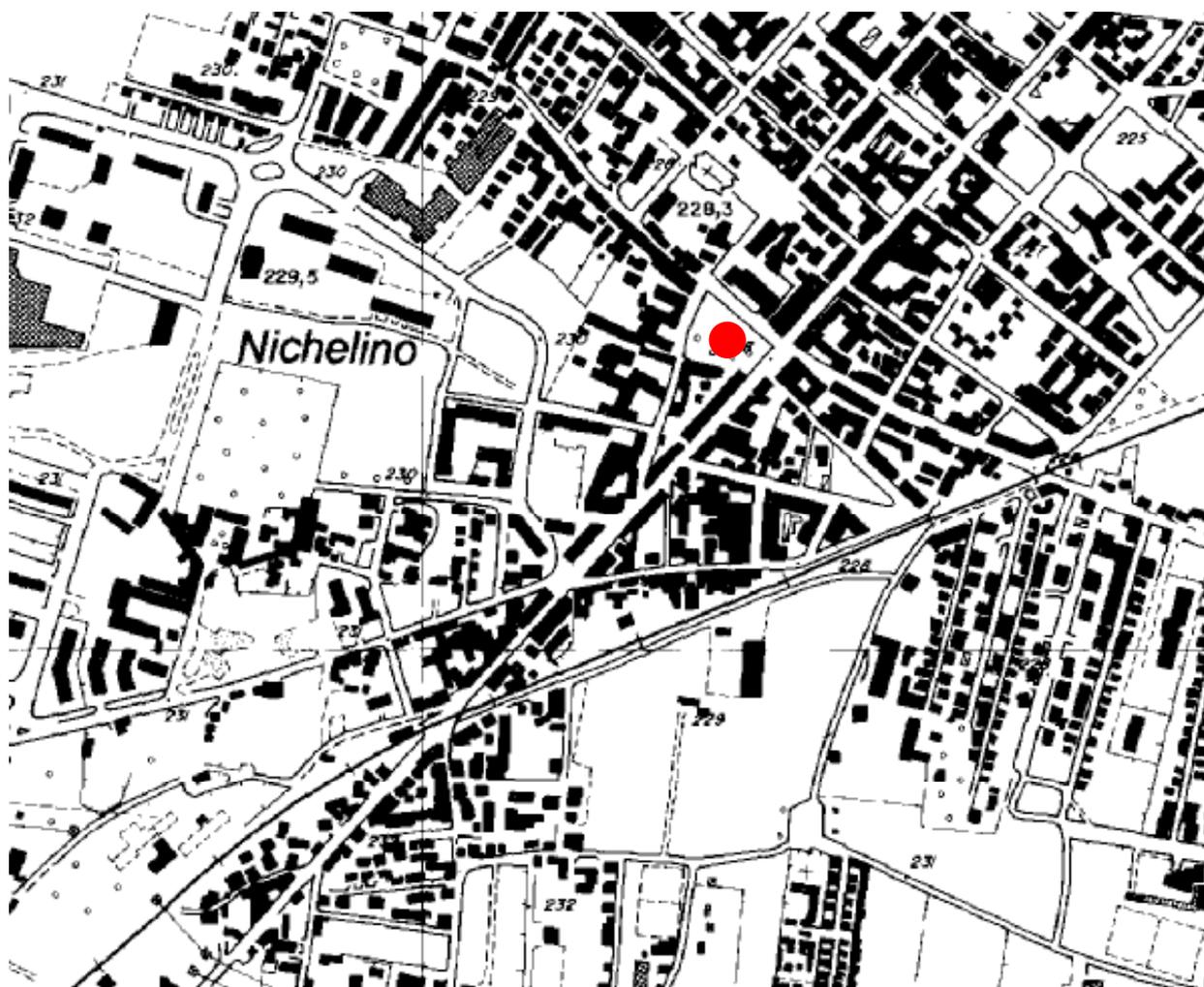
Il primo monitoraggio (campagna autunnale) è stato condotto tra il **6 novembre** e il **6 dicembre 2006** (31 giorni), il secondo (campagna estiva) è stato effettuato tra il **29 luglio** e il **2 settembre 2008** (36 giorni). La distanza temporale tra le due campagne origina dall'impossibilità di conciliare, nel corso dell'estate dell'anno 2007, la disponibilità del Laboratorio Mobile con l'occupazione del sito di misura, dove erano programmate attività ricreative e di svago legate sia alla stagione estiva, sia ai festeggiamenti patronali. Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando solo i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile.

Nel corso della campagna estiva, problemi tecnici, legati in particolare alle elevate temperature raggiunte all'interno del Laboratorio Mobile (il sito prescelto è soggetto ad irraggiamento diretto per tutto l'arco della giornata), hanno causato lo spegnimento dello stesso in alcune occasioni e hanno impedito un corretto funzionamento di alcune strumentazioni di misura (analizzatori di monossido di carbonio e biossido di zolfo e misuratore della pressione atmosferica); pertanto ai fini delle elaborazioni e delle considerazioni svolte non sono stati presi in considerazione i dati di alcuni parametri. Si rende noto inoltre che un numero limitato di interruzioni della campagna di monitoraggio estiva (registrate in corrispondenza di tre sabati sera del mese di agosto) sono da attribuirsi al

contemporaneo svolgimento nello stesso sito di concerti e/o spettacoli serali, con conseguenti problemi nell'alimentazione elettrica del Laboratorio Mobile.

Come conseguenza di quanto sopra esposto, la percentuale di ore valide della campagna estiva è pari a circa 80% per la maggior parte dei parametri, a fronte di valori generalmente superiori a 95% per la campagna autunnale.

Figura 1 – Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel corso della campagna condotta nel comune di Nichelino



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante i due periodi 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; si noti come i dati di pressione atmosferica non sono disponibili per la seconda campagna di monitoraggio

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

P	pressione atmosferica	mbar
D.V.	direzione vento	gradi sessagesimali
V.V.	velocità vento	m/s
T	temperatura	°C
U.R.	umidità relativa	%
R.S.G.	radiazione solare globale	W/m ²
R.S.N.	radiazione solare netta	W/m ²

Come evidenziato in figura 2 le due campagne di monitoraggio sono caratterizzate da profili marcatamente diversi della radiazione solare globale (R.S.G.), conseguenza della stagione in cui sono state condotte: nel corso del tardo autunno nel primo caso e in piena estate nel secondo. Il differente irraggiamento, sia in termini di durata che di intensità, è all'origine delle differenze che si registrano per quello che concerne la temperatura (T), l'umidità relativa (U.R.) e la dinamicità atmosferica, espressa in termini di velocità del vento (V.V.).

Nel corso della campagna autunnale la T (figura 3) non ha mai registrato valori negativi, con un minimo attestato a 1.2°C il giorno 13/11/2006; valori massimi superiori a 15°C si sono registrati con una certa frequenza nella prima parte della campagna, nel corso di giornate caratterizzate da elevate escursioni termiche. Dalla metà del mese di novembre le temperature sono risultate sempre inferiori ai 15 gradi e si sono avute giornate con escursione termica molto ridotta in presenza di cielo coperto (vedi andamento della R.S.G. in figura 2). La campagna estiva ha presentato le temperature più elevate nella prima parte, con massime sempre al di sopra dei 30°C; il valore minimo, 13.6°C il 16/08/08, particolarmente basso per il mese di agosto, è stato registrato nel corso di un marcato episodio di maltempo.

Per quello che riguarda l'U.R. (figura 4), durante la campagna autunnale i valori massimi si collocano in prossimità del 100% e quelli minimi sono quasi sempre superiori al 50%. Nel corso della campagna estiva i massimi sono inferiori al 90% e i minimi si collocano tra 30 e 40%; significativo l'episodio intercorso tra 8 e 9 agosto, caratterizzato da intensi venti di föhn, con numerosi valori di U.R. inferiori al 30%.

Durante la campagna autunnale il campo pressorio (figura 5) si è attestato tra 1005 e 970 mbar ed è frequentemente risultato superiore ai 990 mbar; nel corso della campagna estiva i dati di pressione atmosferica registrati in alcune stazioni meteo poste nel Comune di Torino indicano valori mediamente inferiori compresi tra 990 e 970 mbar, con un minimo in corrispondenza dell'episodio di maltempo registrato alla metà del mese di Agosto.

I dati pluviometrici delle stazioni meteo poste nel Parco delle Vallere e in frazione Bauducchi a Moncalieri (rispettivamente ad una distanza di circa 3 e 6 km dal sito di monitoraggio nel Comune di Nichelino) indicano che la campagna autunnale è stata caratterizzata da un solo episodio piovoso, nella notte tra il 18 e il 19 novembre 2006 si è avuta pioggia debole con un accumulo di 3-4 mm. Ben più frequenti e significative le precipitazioni della campagna estiva: due intensi temporali, accumuli tra 10 e 20 mm, nelle sere dei giorni 30/07/08 e 01/08/08; due temporali, accumuli tra 5 e 10 mm, nel pomeriggio dei giorni 06 e 11/08/08; due precipitazioni più modeste, accumuli inferiori a 5 mm, nei

giorni 12/08/08 e 01/09/08; infine il marcato episodio di maltempo della metà del mese di agosto con un accumulo complessivo di pioggia tra i 15 e 20 mm.

La concomitanza del minor irraggiamento, delle ridotte precipitazioni e del più elevato campo pressorio sono all'origine della ridotta dinamicità atmosferica che ha caratterizzato la campagna autunnale rispetto a quella estiva. Infatti i dati di velocità del vento registrati (figura 6) indicano una percentuale di calme (velocità del vento inferiore a 0.5 m/s) pari al 74% nel primo caso e al 45% nel secondo, per quest'ultimo concentrate prevalentemente nel periodo notturno. Nel corso della campagna autunnale la V.V. è risultata sempre inferiore a 1 m/s, ad eccezione della notte tra i giorni 14 e 15/11/06 durante la quale si è registrato un massimo di 1.3 m/s. I valori di V.V. sono mediamente più elevati nel corso della campagna estiva, risultando frequentemente compresi tra 0.5 e 1.0 m/s, soprattutto nelle ore diurne; da segnalare tre episodi con medie orarie superiori ai 2 m/s: due associabili ai temporali dei giorni 01 e 06/08/08 e il terzo, caratterizzato da sette ore consecutive con valore medio orario > 2 m/s e con un massimo di 3.6 m/s, dovuto al manifestarsi di venti di föhn nella notte tra 8 e 9 agosto.

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (figura 7) indicano che in entrambe le campagne di monitoraggio circa la metà degli episodi è compresa tra ESE e SSE, con SE direzione prevalente; la restante metà degli episodi si ripartisce tra W e NNW nel periodo autunnale (W direzione prevalente) e tra WNW e N nel periodo estivo (N direzione prevalente). In entrambe le campagne è possibile evidenziare una parziale differenza nel regime dei venti tra periodo notturno e diurno (figure 8 e 9), con i venti da SE concentrati in prevalenza durante il giorno; tale differenza è più marcata nel periodo estivo, il che suggerisce che il sito di monitoraggio risenta in una qualche misura delle brezze di monte e di valle provenienti dal vicino sbocco della Val Sangone.

Tabella 5 – Radiazione solare globale (W/m²)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	8.2	80.0
Massima media giornaliera	87.4	389.6
Media delle medie giornaliere	41.9	235.4
Giorni validi	25	26
Percentuale giorni validi	81%	72%
Media dei valori orari	44.9	244.3
Massima media oraria	461.0	855.1
Ore valide	648	694
Percentuale ore valide	87%	80%

Tabella 6 – Radiazione solare netta (W/m²)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	-11.3	15.4
Massima media giornaliera	25.6	190.3
Media delle medie giornaliere	6.4	113.7
Giorni validi	29	26
Percentuale giorni validi	94%	72%
Media dei valori orari	6.7	118.3
Massima media oraria	294.2	611.8
Ore valide	718	687
Percentuale ore valide	97%	80%

Tabella 7 – Temperatura (°C)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	5.1	18.1
Massima media giornaliera	11.3	27.7
Media delle medie giornaliere	8.4	24.0
Giorni validi	29	26
Percentuale giorni validi	94%	72%
Media dei valori orari	8.4	24.3
Massima media oraria	18.3	33.5
Ore valide	719	694
Percentuale ore valide	97%	80%

Tabella 8 – Umidità relativa (%)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	67.2	32.0
Massima media giornaliera	94.3	78.5
Media delle medie giornaliere	82.5	58.4
Giorni validi	25	26
Percentuale giorni validi	81%	72%
Media dei valori orari	82.3	58.1
Massima media oraria	97.2	92.3
Ore valide	618	694
Percentuale ore valide	83%	80%

Tabella 9 – Pressione atmosferica (mbar)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	970.2	-
Massima media giornaliera	1004.3	-
Media delle medie giornaliere	992.0	-
Giorni validi	29	-
Percentuale giorni validi	94%	-
Media dei valori orari	992.0	-
Massima media oraria	1005.2	-
Ore valide	719	-
Percentuale ore valide	97%	-

Tabella 10 – Velocità vento (m/s)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	0.1	0.3
Massima media giornaliera	0.7	1.2
Media delle medie giornaliere	0.3	0.6
Giorni validi	29	26
Percentuale giorni validi	94%	72%
Media dei valori orari	0.3	0.6
Massima media oraria	1.3	3.6
Ore valide	719	692
Percentuale ore valide	97%	80%

Figura 2 – Andamento della radiazione solare globale nel corso delle due campagne di monitoraggio

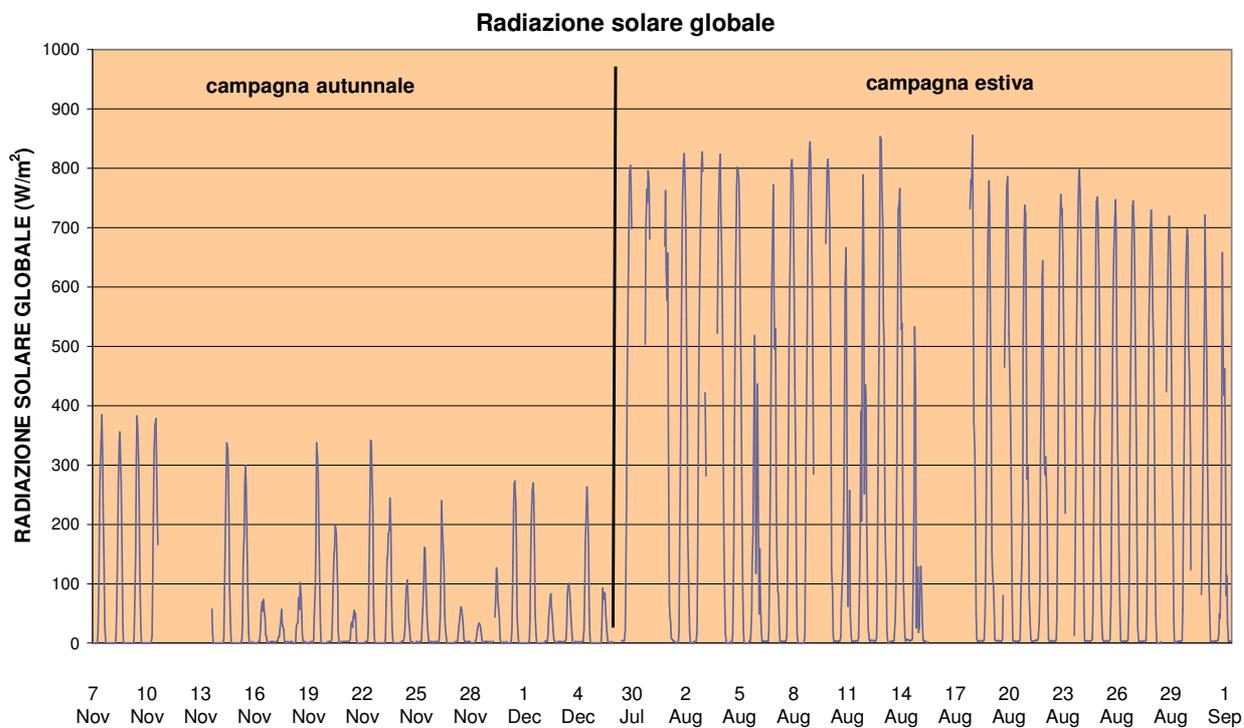


Figura 3 – Andamento della temperatura nel corso delle due campagne di monitoraggio

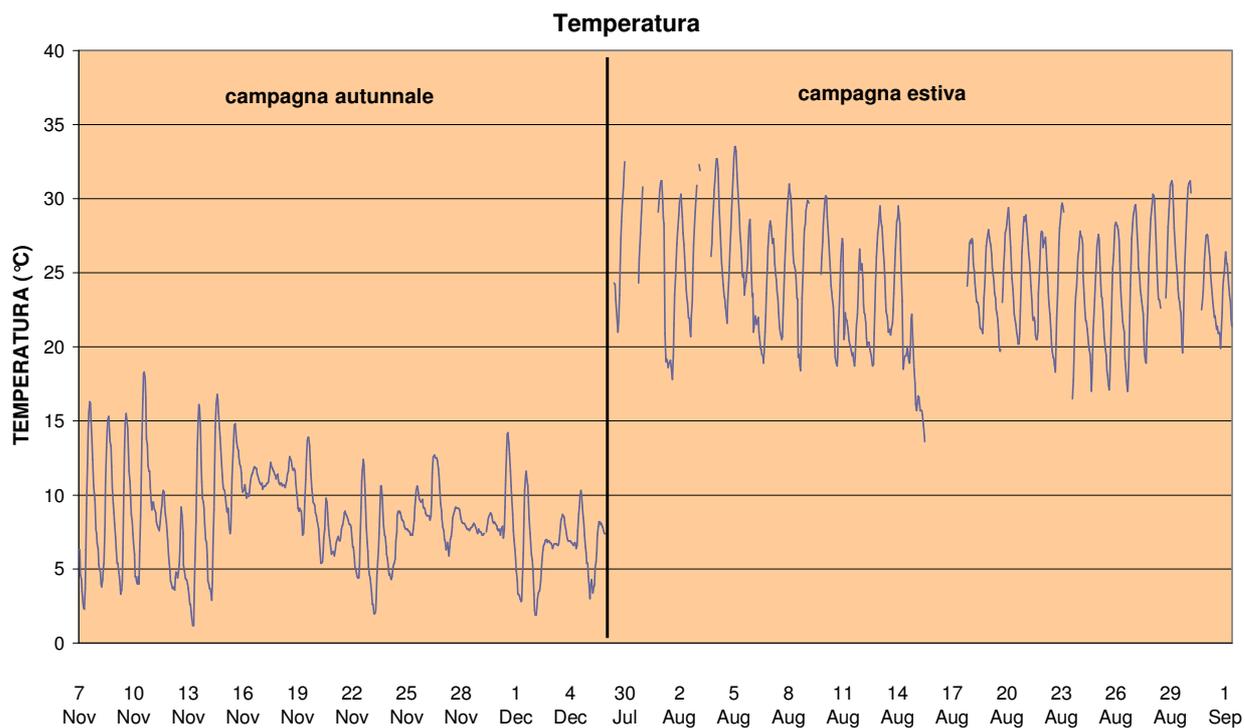


Figura 4 – Andamento dell'umidità relativa nel corso delle due campagne di monitoraggio

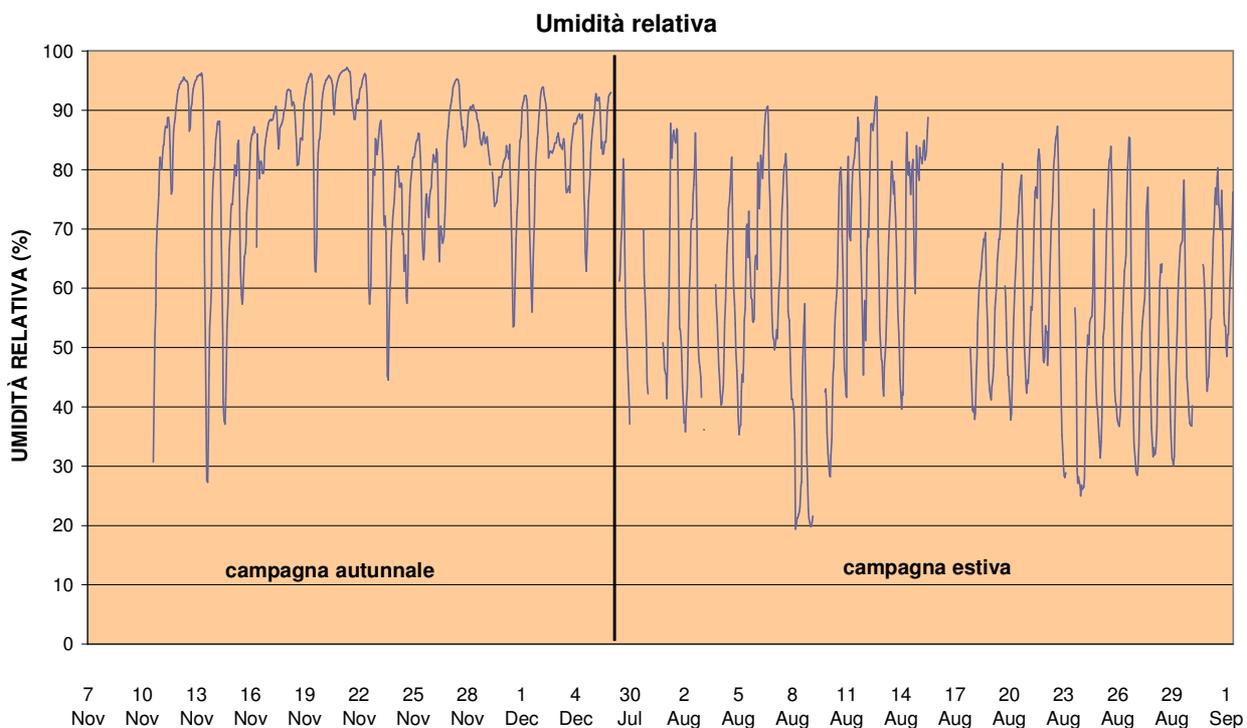


Figura 5 – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio autunnale

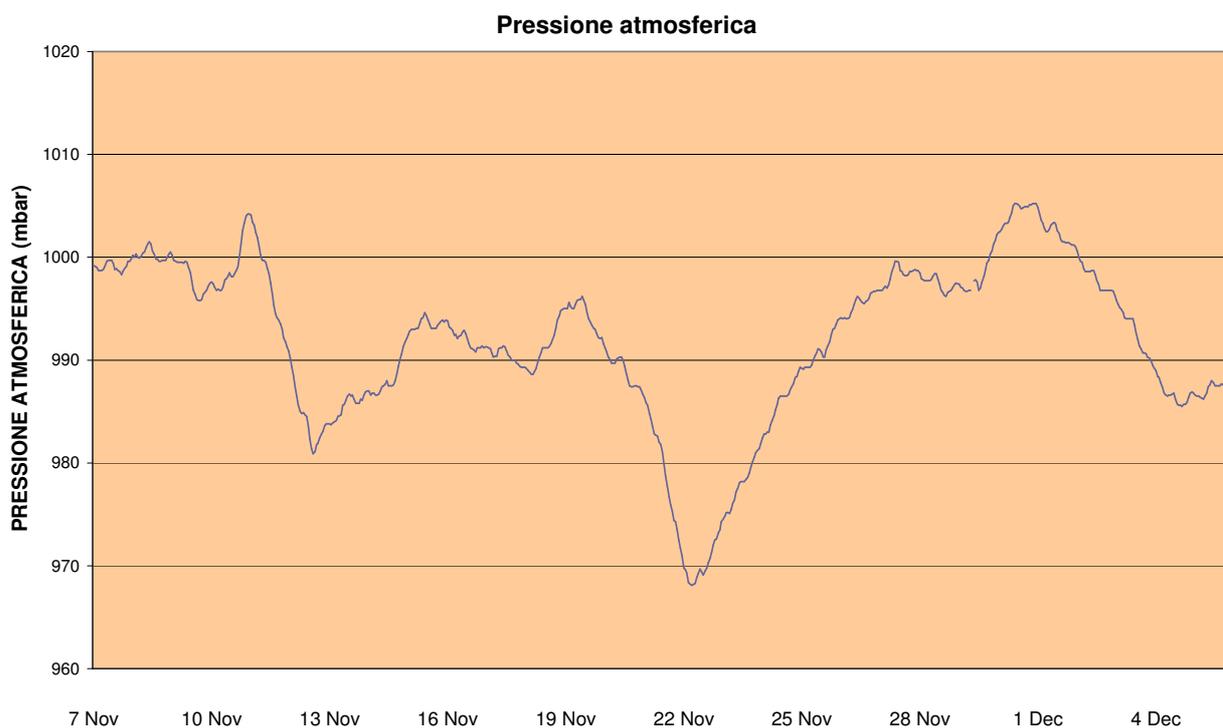


Figura 6 – Andamento della velocità dei venti nel corso delle due campagne di monitoraggio

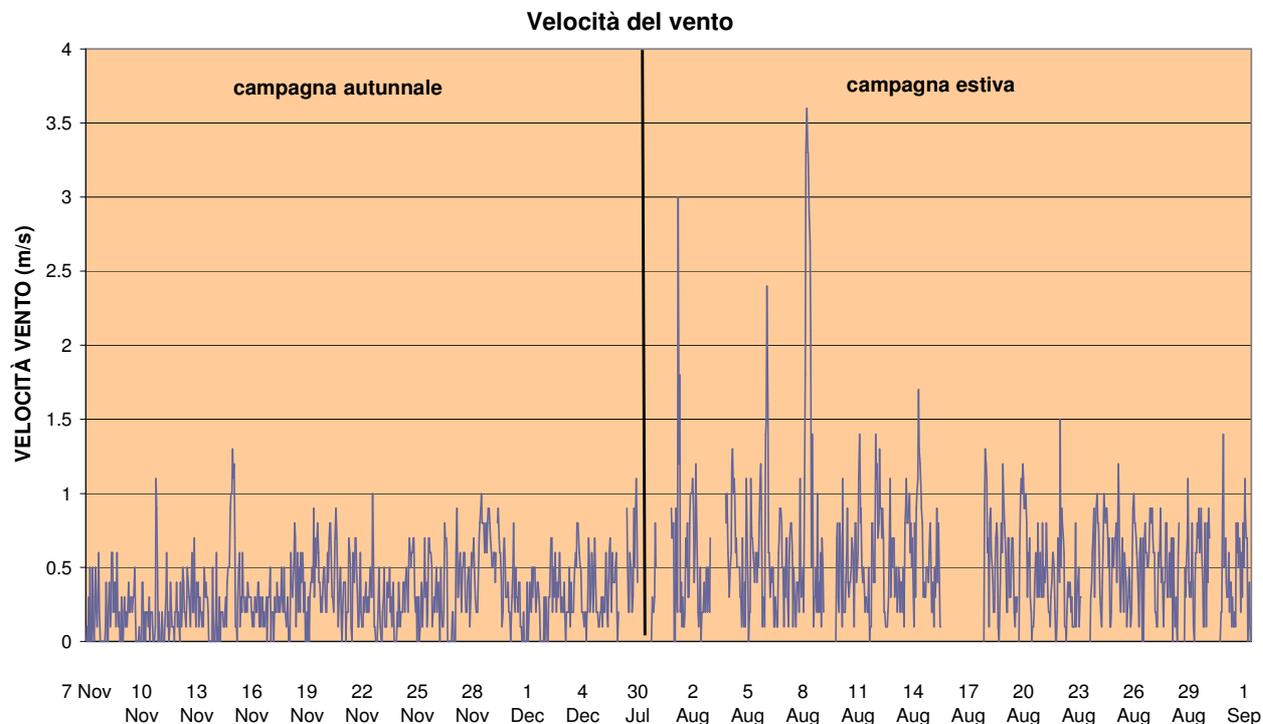


Figura 7 – Rosa dei venti totale nel corso delle due campagne di monitoraggio

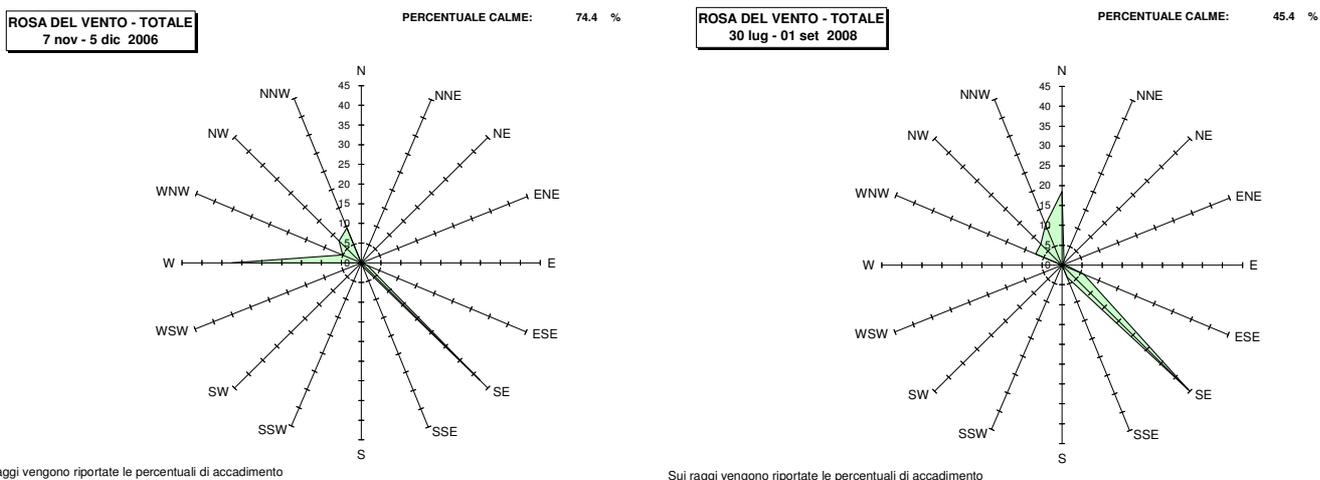


Figura 8 – Rosa dei venti diurna nel corso delle due campagne di monitoraggio

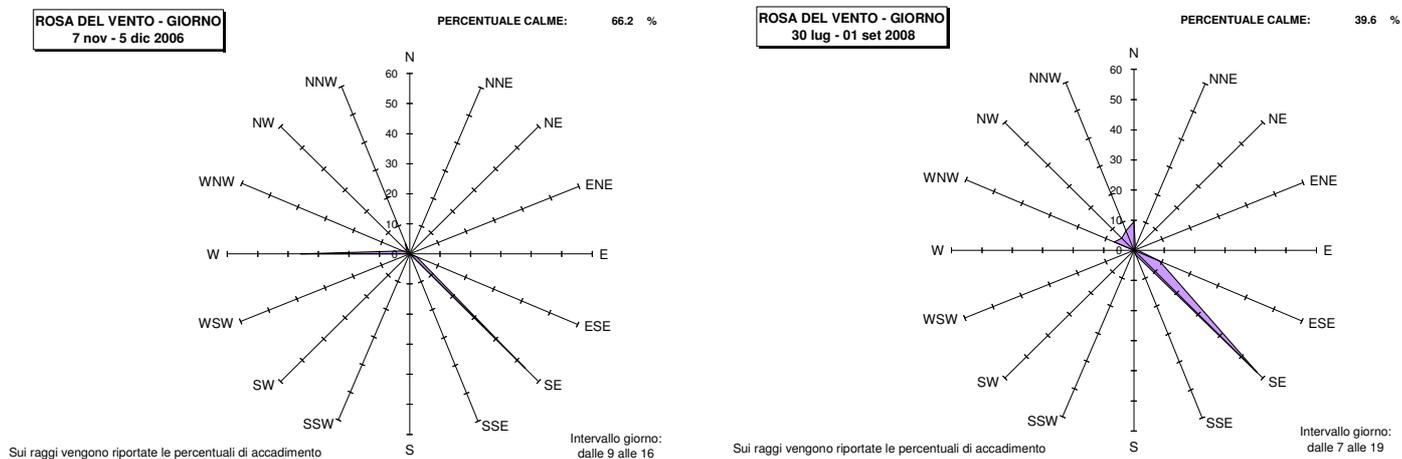
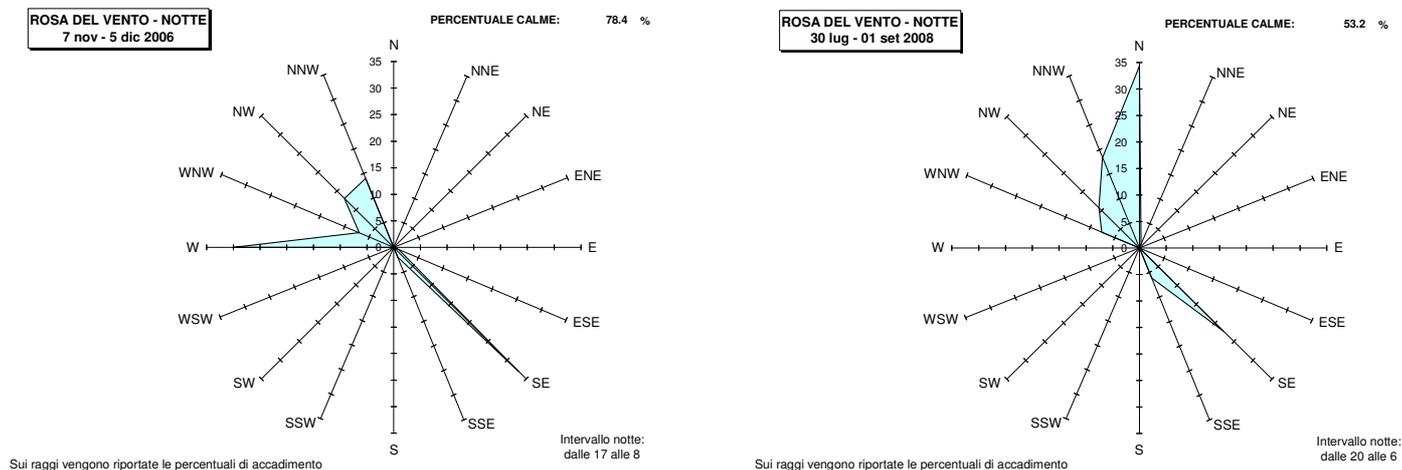


Figura 9 – Rosa dei venti notturna nel corso delle due campagne di monitoraggio



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

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

C ₆ H ₆	BENZENE
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O ₃	OZONO
PM ₁₀	PARTICOLATO SOSPESO PM ₁₀
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE

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

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.

Le problematiche incontrate nel corso della campagna estiva hanno limitato la disponibilità di dati ai fini dell'elaborazione. In particolare, non è stato possibile monitorare alcuni inquinanti (monossido di carbonio e biossido di azoto) e le interruzioni di rete intercorse hanno ridotto la percentuale di ore (<80%) e di giorni (<70%) validi per gli altri parametri.

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, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

Nel corso della campagna estiva condotta nel Comune di Nichelino la misura della concentrazione di biossido di zolfo non è stata possibile come conseguenza dei problemi tecnici descritti in precedenza.

Si può osservare che già i dati raccolti durante la campagna di monitoraggio autunnale (tabella 11), quindi in un periodo che presenta livelli mediamente più elevati di SO₂, evidenziavano la non problematicità di questo inquinante. Infatti sia i valori giornalieri che quelli orari sono risultati ampiamente al di sotto dei limiti; il massimo valore giornaliero è pari a 7 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 12 µg/m³, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.M. 60/2002 in 350 µg/m³. È ragionevole supporre, sulla base delle condizioni meteorologiche intercorse e dei livelli degli altri inquinanti, che nel corso della campagna estiva la concentrazione di SO₂ si sia attestata su valori ancora più bassi, quindi circa due ordini di grandezza inferiori rispetto a quanto indicato dai limiti normativi.

Si può concludere che questo parametro 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.

Tabella 11 – Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/ m³)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	0	-
Massima media giornaliera	7	-
Media delle medie giornaliere	3	-
Giorni validi	28	-
Percentuale giorni validi	97%	-
Media dei valori orari	3	-
Massima media oraria	12	-
Ore valide	674	-
Percentuale ore valide	97%	-
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	-
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	-
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	-
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	-
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	-

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 dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossemoglobina, 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.

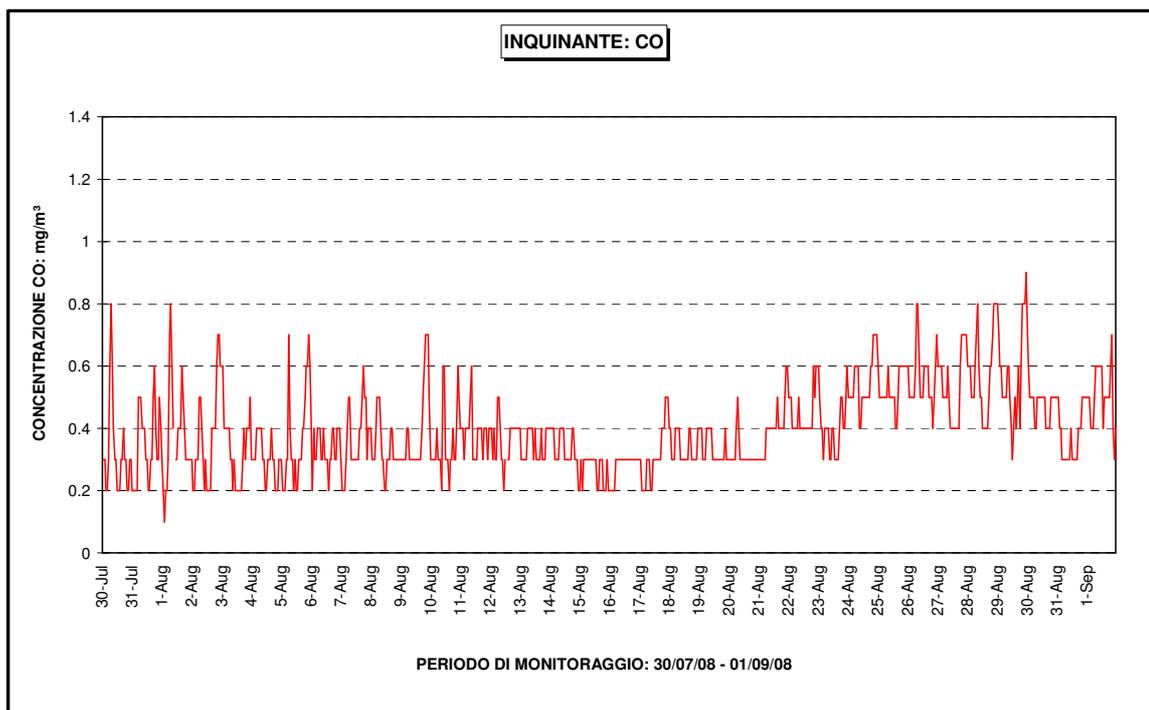
I dati misurati durante la campagna autunnale nel Comune di Nichelino (tabella 12) confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Infatti, il DM 60 del 2/04/02, prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a $3.6 \text{ mg}/\text{m}^3$ e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $4.3 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Nel corso della campagna estiva la misura della concentrazione di monossido di carbonio non è stata possibile, come conseguenza dei problemi tecnici descritti in precedenza. Tuttavia, visto l'andamento stagionale dei livelli di CO, che presenta i massimi nella stagione fredda, è ipotizzabile che i livelli durante questa seconda campagna siano stati inferiori a quelli registrati nel corso della prima, pertanto senza alcun episodio critico. A conferma di ciò i dati relativi alla stazione fissa ubicata nel Comune di Nichelino, dotata di un analizzatore di CO, indicano valori medi orari sempre minori di $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ e frequentemente al di sotto di $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$, quindi almeno un ordine di grandezza inferiori al valore limite.

Tabella 12 – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	1.3	-
Massima media giornaliera	2.7	-
Media delle medie giornaliere	1.8	-
Giorni validi	28	-
Percentuale giorni validi	97%	-
Media dei valori orari	1.8	-
Massima media oraria	4.3	-
Ore valide	676	-
Percentuale ore valide	97%	-
Minimo delle medie 8 ore	0.6	-
Media delle medie 8 ore	1.8	-
Massimo delle medie 8 ore	3.6	-
Percentuale medie 8 ore valide	97%	-
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)	0	-
Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)	0	-

Figura 10 – CO: andamento orario nel corso della campagna di monitoraggio estiva (dati relativi alla stazione fissa di misura posta nel Comune di Nichelino)



Ossidi di Azoto

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

Il **monossido di azoto** non è tossico, ma viene 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.

I livelli di NO nel corso della campagna estiva nel Comune di Nichelino (figura 11) sono risultati quasi sempre inferiori a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in particolare nella parte centrale del mese di agosto si sono attestati entro i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pur non trattandosi di valori elevati si può osservare come essi risultino, per quello che concerne i massimi giornalieri, frequentemente superiori a quelli di una stazione di monitoraggio del Comune di Torino posta in un sito da traffico (Piazza Rivoli). Un confronto con i dati della stazione fissa posta nel Comune di Nichelino evidenzia un andamento analogo per i due siti comunali, con i valori più elevati a inizio e fine campagna; si può osservare come la stazione fissa presenti quasi sempre massimi superiori, ciò può essere dovuto ad una diminuzione del traffico nel mese di agosto proporzionalmente superiore nel sito di posizionamento del laboratorio mobile, che corrisponde alla zona di Nichelino dove maggiormente si concentrano servizi ed attività commerciali. Un confronto tra le due campagne di monitoraggio (tabella 13 e figura 12) mostra livelli di NO molto diversi: le medie sui due periodi di monitoraggio si differenziano per più di un ordine di grandezza e il valore medio della campagna autunnale è prossimo al massimo orario di quella estiva. Le ragioni di una differenza così marcata vanno ricercate innanzitutto nelle differenti condizioni meteorologiche illustrate nel paragrafo precedente; infatti la ridotta dinamicità atmosferica che ha caratterizzato la campagna autunnale rispetto a quella estiva ha determinato una situazione favorevole all'accumulo dei diversi inquinanti atmosferici. Inoltre per inquinanti di tipo primario, quale appunto NO, bisogna considerare, per il periodo estivo, sia il mancato contributo del riscaldamento domestico, sia la riduzione del traffico veicolare, particolarmente significativa nel mese di agosto.

Tabella 13 – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	36	3
Massima media giornaliera	281	18
Media delle medie giornaliere	127	8
Giorni validi	29	25
Percentuale giorni validi	100%	69%
Media dei valori orari	127	8
Massima media oraria	652	158
Ore valide	693	666
Percentuale ore valide	100%	77%

Figura 11 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio estiva e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

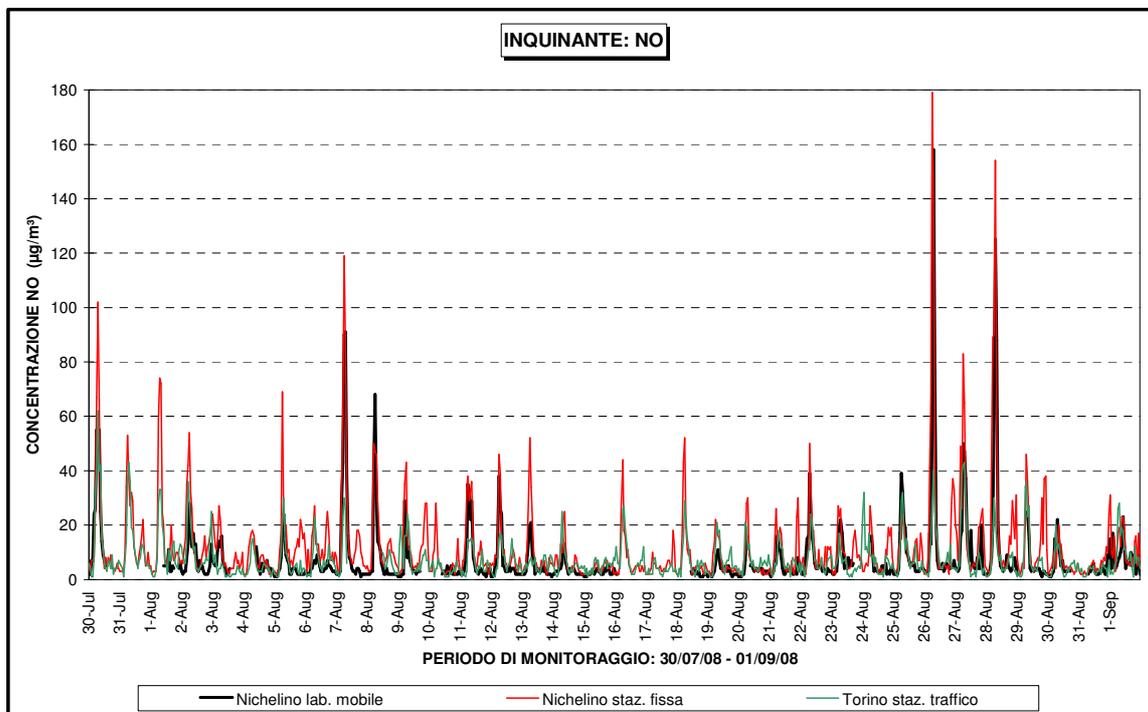
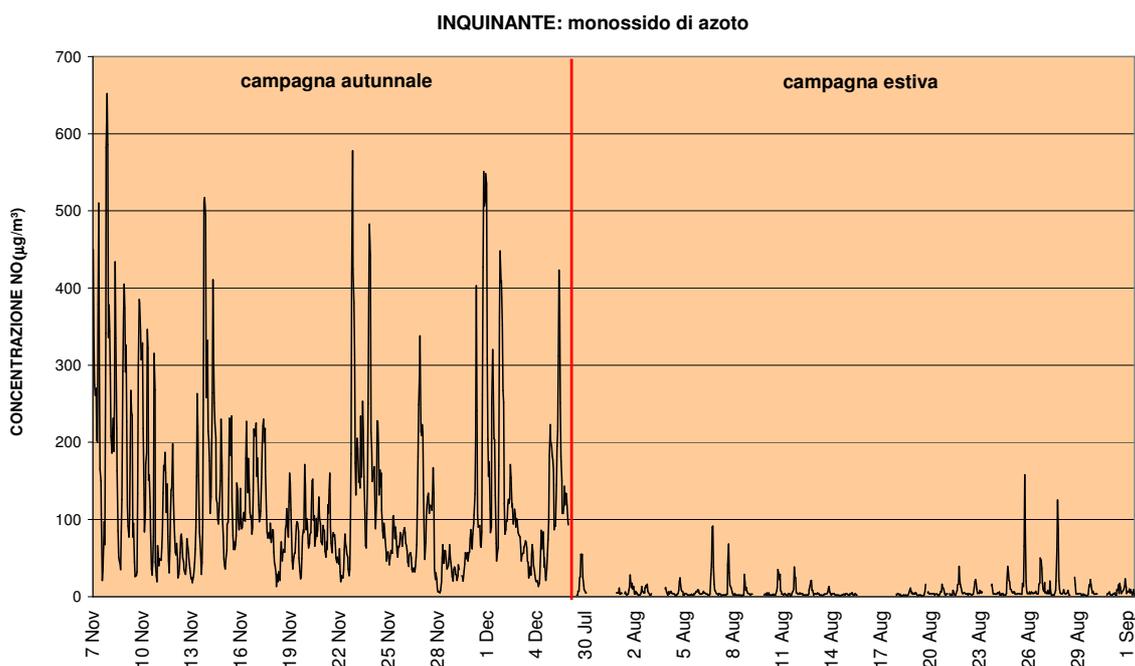


Figura 12 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso delle due campagne di monitoraggio nel Comune di Nichelino



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 della campagna estiva nel Comune di Nichelino la concentrazione media oraria di NO₂ si è sempre attestata entro i 150 µg/m³ (figura 13), con valori massimi registrati negli ultimi giorni di agosto. L’andamento e i livelli di NO₂ relativi alle due postazioni di misura, mobile e fissa, poste nel comune di Nichelino sono del tutto comparabili; come per NO alcune limitate differenze si registrano solo in corrispondenza dei massimi. I dati della stazione di Torino ubicata in un sito da traffico (Piazza Rivoli) hanno andamento analogo ma si collocano a livelli quasi sempre inferiori, soprattutto in corrispondenza dei massimi.

Un confronto tra le due campagne di monitoraggio (tabella 14 e figura 14) evidenzia valori mediamente più elevati nel corso di quella autunnale, sebbene vi siano periodi con valori del tutto confrontabili (si consideri ad esempio la fase finale delle due campagne). Rispetto a quanto visto per NO, le differenze sono meno accentuate sia in termini di massimi assoluti che di valori medi relativi ai due periodi di monitoraggio; questo perché il biossido di azoto è un inquinante prevalentemente secondario e quindi la variazione stagionale è meno accentuata di quella osservata per inquinanti primari come NO. Infatti l’entità dei processi fotochimici che originano il biossido di azoto risulterebbe diminuita nel periodo estivo dalla minore concentrazione di precursori, ma tale effetto è in parte compensato dalla più elevata temperatura e dal maggiore irraggiamento che tendono a promuovere gli stessi processi.

Nel corso della campagna estiva non si è avuto alcun superamento del limite orario di 200 µg/m³, contrariamente a quanto avvenuto in quella condotta nel mese di novembre del 2006 che aveva fatto registrare 20 superamenti del limite orario ripartiti su 6 giorni. Per quello che riguarda la soglia di allarme (400 µg/m³, come media su tre ore consecutive) non si sono invece registrati superamenti in entrambi i periodi di monitoraggio. Poiché la normativa prevede che il limite orario di 200 µg/m³ non venga superato più di 18 volte in un anno, i dati delle campagne condotte con il laboratorio mobile sono sufficienti ad evidenziare per il comune di Nichelino una condizione di criticità per quello che riguarda i livelli di NO₂.

Tale situazione problematica è confermata dai dati della stazione fissa ubicata in Nichelino, nella quale il biossido di azoto è monitorato in continuo nel corso di tutto l’anno; poiché il confronto tra stazione mobile e fissa per entrambe le campagne non ha evidenziato per NO₂ significative differenze è possibile utilizzare i dati di quest’ultima per una valutazione su base annuale dei livelli di questo inquinante estesa anche alla zona centrale del Comune di Nichelino.

Nel corso degli ultimi anni il limite dei 18 superamenti annuali dei 200 µg/m³ non è stato mai rispettato, più nel dettaglio essi sono stati 43 nel 2005, 118 nel 2006 e 88 nel 2007. Il D.M. 60/2002 prevede anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³, anche questo valore è stato sempre superato negli ultimi tre anni presso la stazione di Nichelino: 65 µg/m³ nel 2005, 70 µg/m³ nel 2006 e 64 µg/m³ nel 2007. La figura 15 mostra che nel 2007 la concentrazione media annuale di NO₂ registrata presso la stazione di Nichelino risulta la più elevata tra quelle dei comuni della cintura torinese in cui è presente una stazione di monitoraggio e che essa è inferiore solo a quella dei siti da traffico del Comune di Torino, a ulteriore conferma della criticità di questo inquinante sul territorio comunale di Nichelino.

La normativa in vigore prevede inoltre per il parametro ossidi di azoto totali, dato dalla somma del monossido e biossido ed espressi come biossido, un valore limite annuale per la protezione della vegetazione. Tale limite non è stato preso in considerazione in quanto si riferisce a siti remoti, lontani dai centri abitati e industrializzati.

Tabella 14 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	50	19
Massima media giornaliera	142	64
Media delle medie giornaliere	90	38
Giorni validi	29	25
Percentuale giorni validi	100%	69%
Media dei valori orari	90	38
Massima media oraria	322	150
Ore valide	693	665
Percentuale ore valide	100%	77%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	20	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	6	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

Figura 13 – NO₂ : confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio

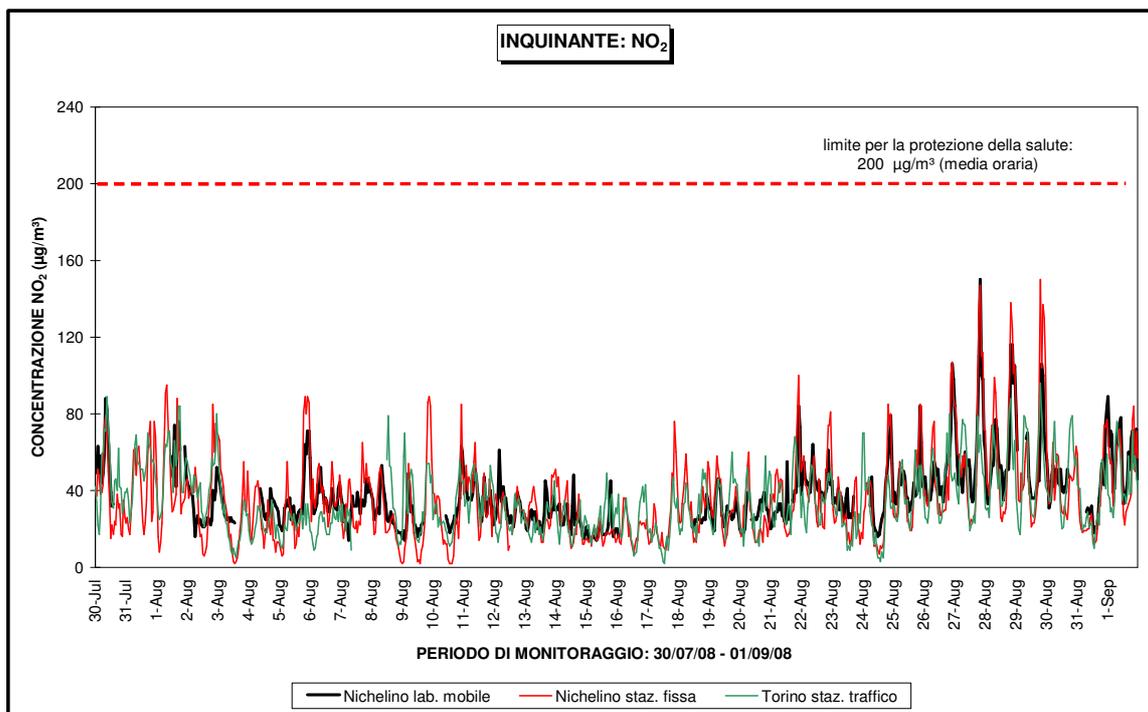


Figura 14 – NO₂: andamento della concentrazione oraria nel corso delle due campagne di monitoraggio nel Comune di Nichelino

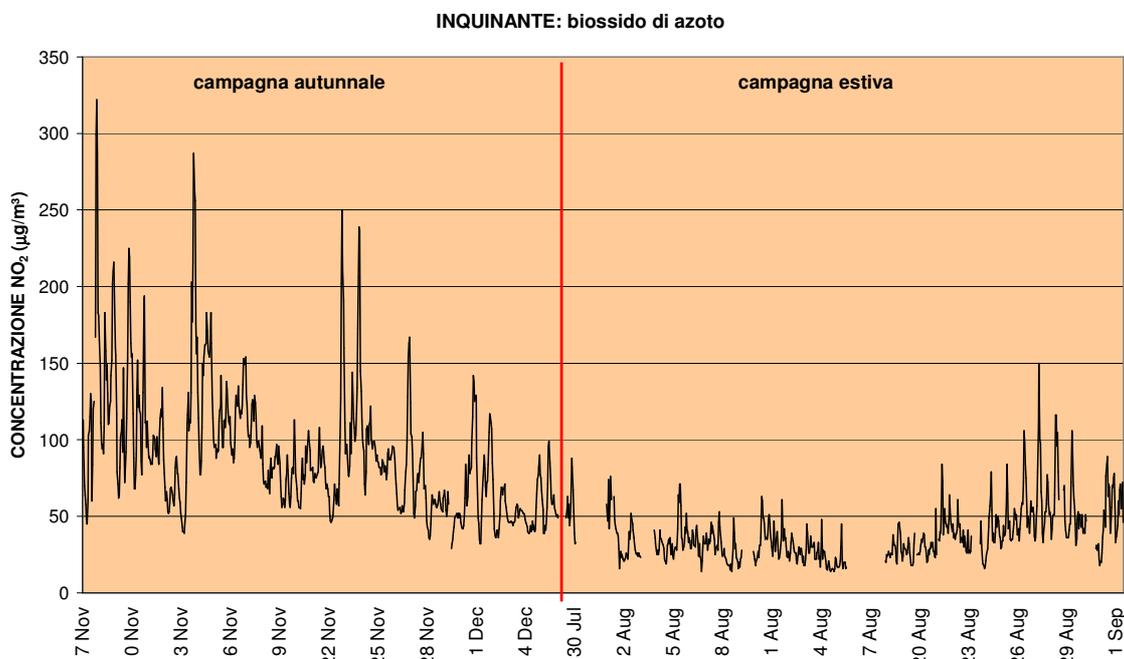
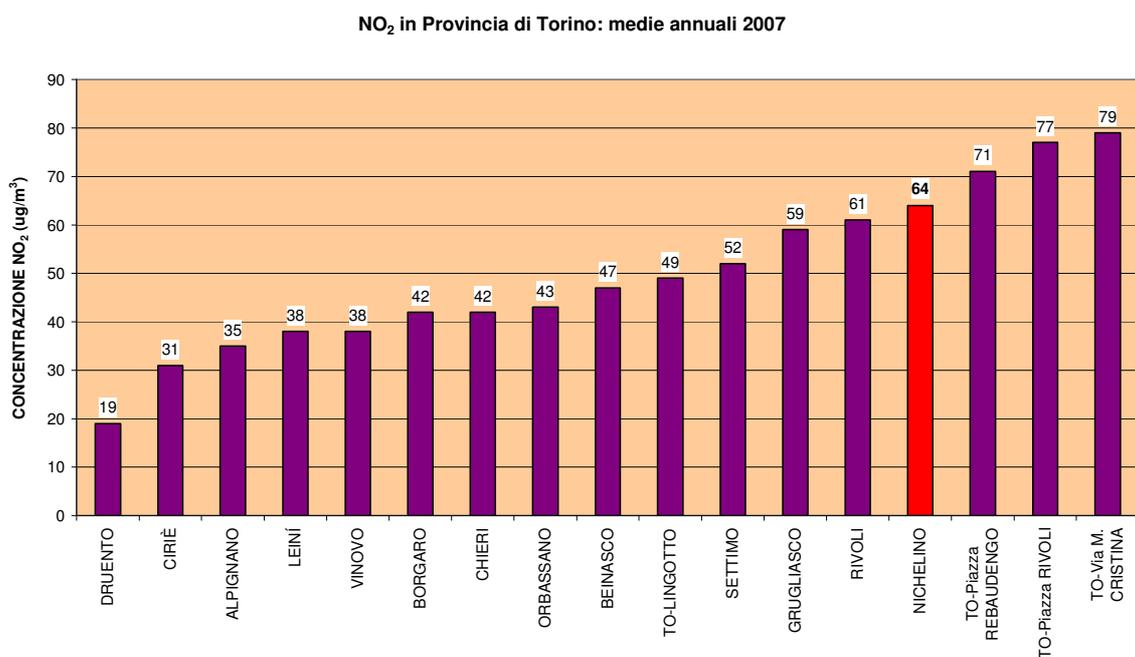


Figura 15 – NO₂: concentrazione media annuale nel 2007 in Provincia di Torino



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.

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.

La normativa vigente (D.M.60 del 2/4/2002) prevede per il benzene per l'anno 2008 un valore limite annuale di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che verrà ridotto progressivamente fino a raggiungere i $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2010.

Durante le campagne di monitoraggio nel Comune di Nichelino è stata determinata una concentrazione media (media delle medie giornaliere) pari a $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispettivamente nella campagna autunnale e in quella estiva. Sulla base dei dati disponibili è possibile supporre che per il sito in esame il valore limite annuale venga rispettato.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $26.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel corso della campagna autunnale e di $16.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante quella estiva; nel corso di quest'ultima l'elevato valore ($77.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) registrato alle ore 12 del 7 di agosto è da attribuirsi al rifacimento della segnaletica stradale in prossimità del sito di campionamento.

Il confronto tra le due campagne (figure 16 e 17) evidenzia, come per altri inquinanti, livelli significativamente superiori nel corso della campagna autunnale rispetto a quella estiva, sia per il benzene che per il toluene, anche se nel caso di quest'ultimo la differenza risulta meno marcata.

Tabella 15 – Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	3.2	0.7
Massima media giornaliera	7.6	2.1
Media delle medie giornaliere	5.8	1.5
Giorni validi	23	25
Percentuale giorni validi	79%	69%
Media dei valori orari	5.8	1.5
Massima media oraria	16.8	8.0
Ore valide	598	637
Percentuale ore valide	86%	74%

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

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	9.3	3.8
Massima media giornaliera	26.5	16.3
Media delle medie giornaliere	19.6	8.7
Giorni validi	23	25
Percentuale giorni validi	79%	69%
Media dei valori orari	19.7	8.4
Massima media oraria	78.0	77.4
Ore valide	598	637
Percentuale ore valide	86%	74%

Figura 16 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle due campagne di monitoraggio nel Comune di Nichelino

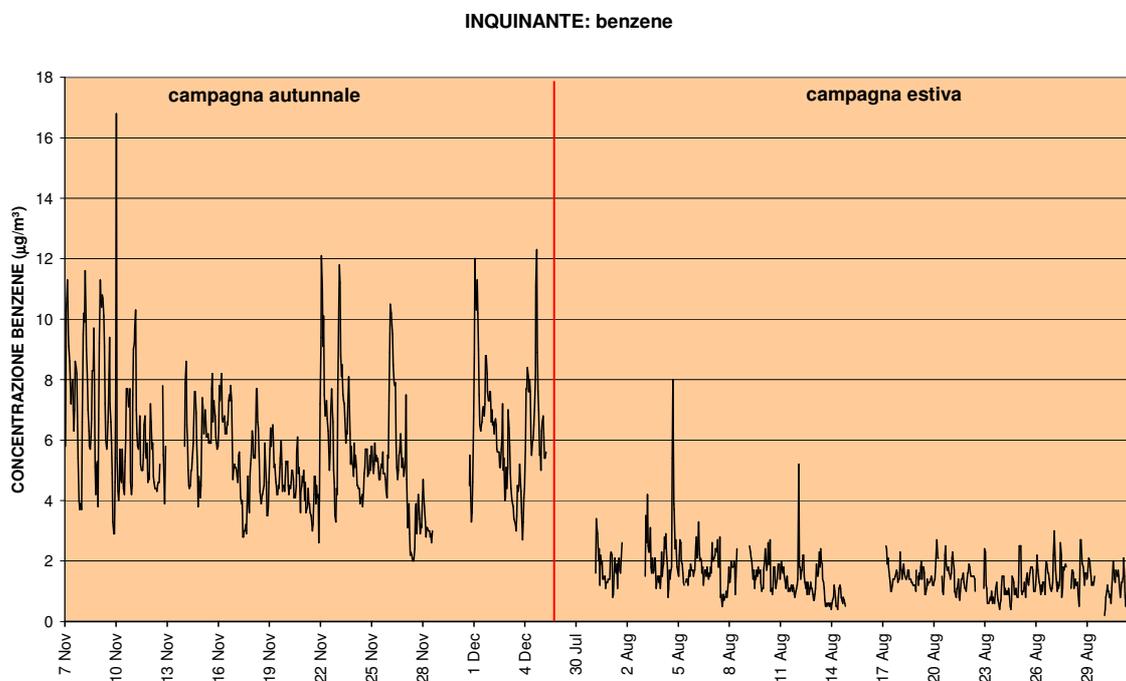
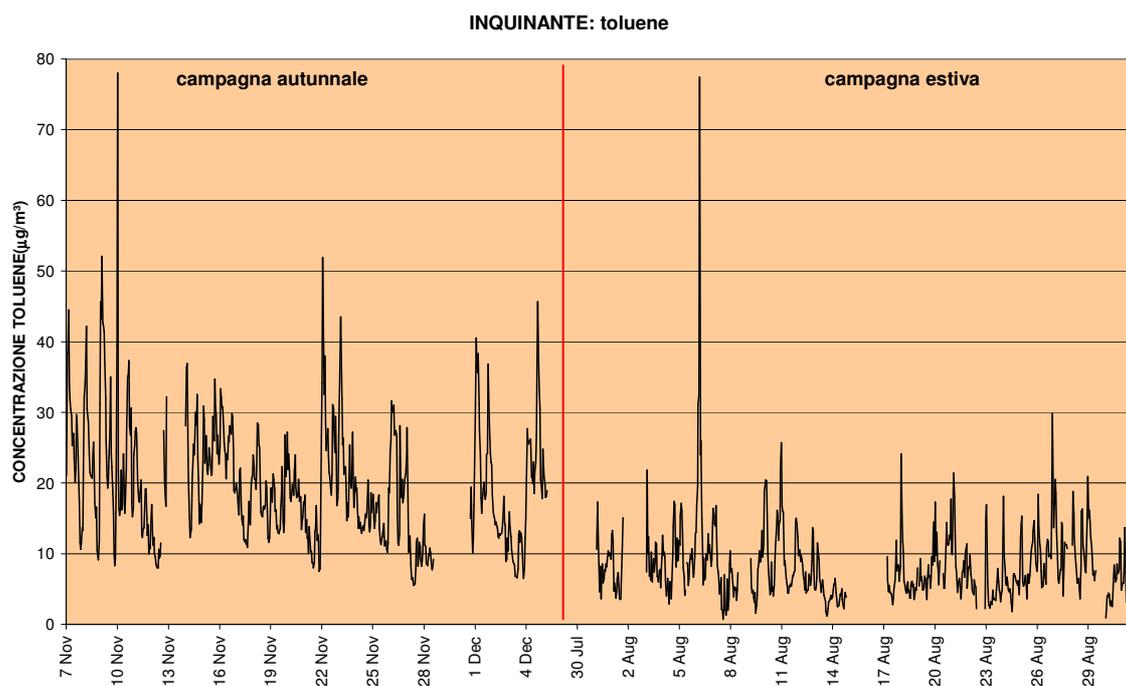


Figura 17 – Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle due campagne di monitoraggio nel Comune di Nichelino



Particolato Sospeso (PM₁₀)

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 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 manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma con il DM 60/2002 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.

Il DM 60/2002 ha inoltre indicato che venga misurata la concentrazione di polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm (PM_{2.5}), per il quale attualmente non sono ancora previsti dei limiti normativi a livello nazionale. Recentemente a livello europeo è stata emanata la direttiva 2008/50/CE (non ancora recepita in Italia) che fissa un valore obiettivo per la concentrazione media annuale di PM_{2.5} pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

Nel monitoraggio eseguito nel comune di Nichelino si è avuto superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ in tutti i giorni di misura validi, complessivamente 28, nel corso della campagna autunnale, mentre non si è registrato alcun superamento durante la campagna estiva (figura 18). La media delle medie giornaliere è pari a 106 µg/m³ per la campagna autunnale, un valore quasi triplo rispetto al limite di legge di 40 µg/m³; mentre per il periodo di monitoraggio estivo si attesta a 22 µg/m³. Nel loro insieme questi dati forniscono una conferma dell'andamento marcatamente stagionale della concentrazione del particolato atmosferico.

Relativamente al periodo di svolgimento della campagna estiva, l'assenza di superamenti è un dato comune a tutte le stazioni di misura della Provincia di Torino; un analogo confronto condotto per la campagna autunnale pone il sito di Nichelino al di sopra di tutti quelli della cintura torinese e allo stesso livello dei siti di Torino con maggiori flussi di traffico (figura 19). Per quello che riguarda i valori medi registrati nel corso delle campagne il confronto con gli altri siti provinciali mostra, per Nichelino, una sostanziale equivalenza con i siti della cintura e con quelli di fondo urbano di Torino (Torino-Lingotto) nel periodo estivo. Invece la media della campagna autunnale nel sito di Nichelino è significativamente superiore a quella di altri siti della cintura torinese e del tutto confrontabile con quella di siti del Comune di Torino (figura 20).

Dall'esame dei dati proposto emerge come l'andamento e i valori determinati per il sito di Nichelino siano del tutto confrontabili con quelli di stazioni di monitoraggio dell'area urbana torinese e in particolari condizioni (novembre 2006) ne possano rappresentare i livelli più critici. Pertanto date le concentrazioni e il numero di superamenti determinati sul territorio provinciale nel suo complesso, e dati gli obiettivi imposti dal DM 60/2002 (entro il 2005 un numero massimo di superamenti per tutto l'anno pari a 35, e valore limite annuale di 40 µg/m³ ed entro il 2010 un numero massimo di superamenti per tutto l'anno pari a 7, e valore limite annuale di 20 µg/m³), risultano indispensabili interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei

precursori della componente secondaria del particolato. Tuttavia qualunque intervento a livello locale in armonia con tale strategia darà un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

Tabella 17 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	51	7
Massima media giornaliera	212	39
Media delle medie giornaliere	106	22
Giorni validi	28	32
Percentuale giorni validi	97%	89%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	28	0

Figura 18 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute per le due campagne di monitoraggio nel Comune di Nichelino

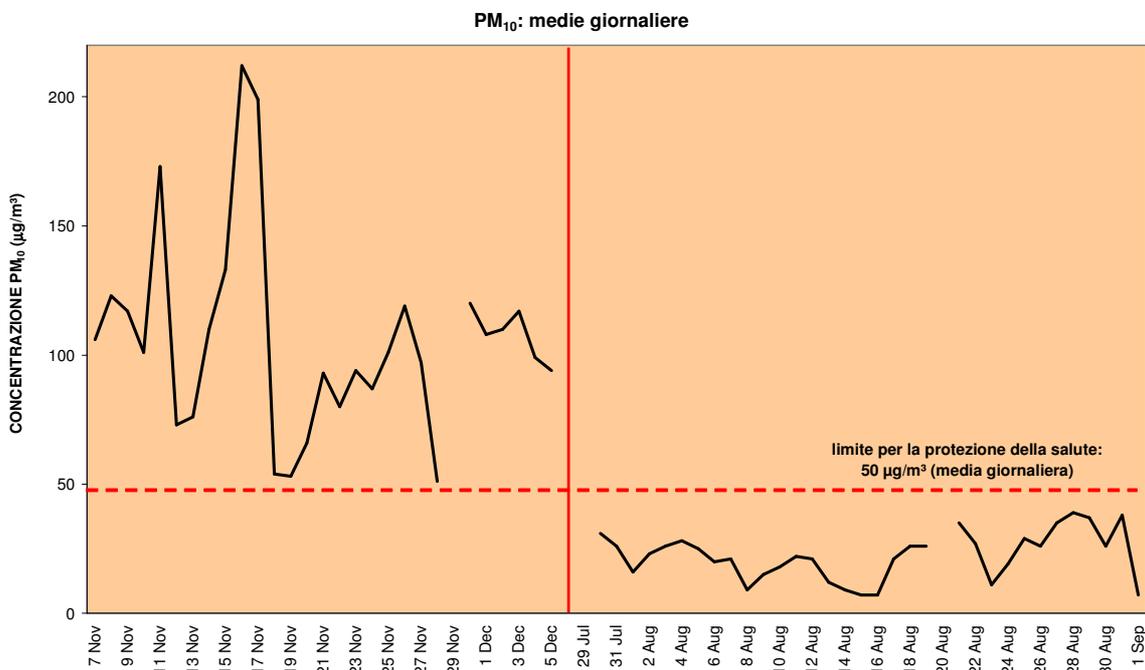


Figura 19 – Particolato sospeso PM₁₀: percentuali di superamento del limite giornaliero per la protezione della salute nella Provincia di Torino durante le due campagne di monitoraggio

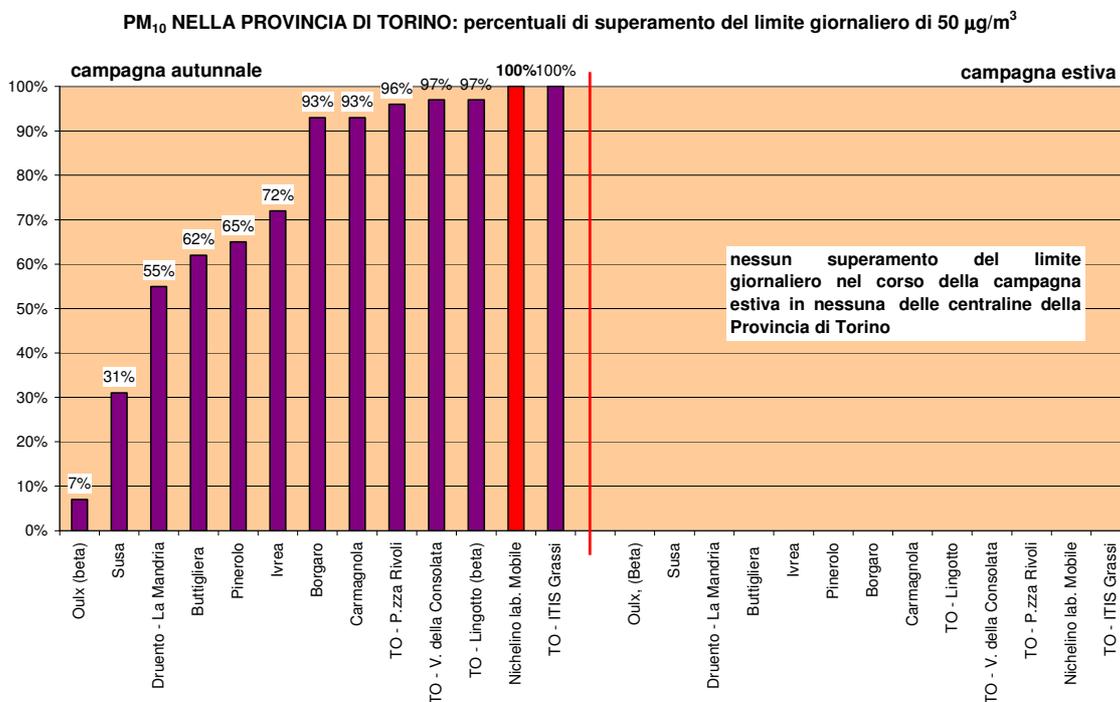
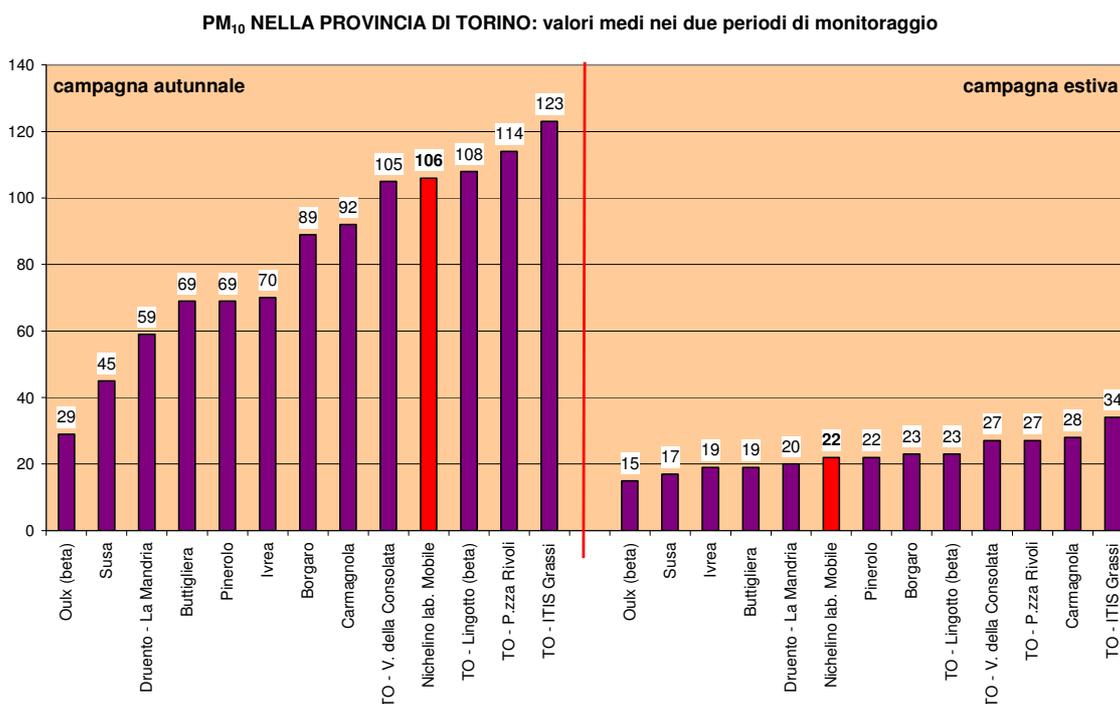


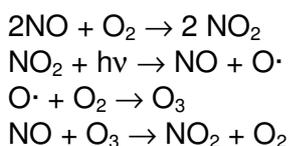
Figura 20 – Particolato sospeso PM₁₀: concentrazione media nella Provincia di Torino durante le due campagne di monitoraggio



Ozono

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

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



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

Nel corso della campagna di monitoraggio autunnale nel Comune di Nichelino i livelli di ozono sono sempre risultati inferiori a 30 µg/m³, pertanto non si sono registrati superamenti dei limiti legislativi. La figura 21 evidenzia come anche durante la campagna estiva non ci siano stati superamenti né del livello d'informazione (pari a 180 µg/m³ come media oraria) né del livello di allarme (pari a 240 µg/m³ per almeno tre ore consecutive); per contro si sono verificati 4 giornate di superamento del livello di protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore). Nel valutare i livelli di ozono di questa seconda campagna bisogna considerare la bassa percentuale di ore valide (<75%); in particolare si noti che nella prima parte della campagna alcuni spegnimenti della strumentazione si sono verificati a causa delle elevate temperature raggiunte nelle ore centrali della giornata, durante le quali si hanno anche i valori più alti di concentrazione dell'ozono. Pertanto, in ragione anche dei dati registrati dalle stazioni fisse dell'area metropolitana torinese, si ritiene che il numero di superamenti del livello di protezione della salute nel corso del periodo di monitoraggio estivo sia stato più elevato rispetto a quello conteggiato sulla base dei dati disponibili; per quello che concerne gli altri limiti di legge anche le stazioni fisse non indicano superamenti del livello di allarme e solo alcune presentano un numero molto ridotto (≤ 5) di superamenti del livello di informazione.

Le figure 22 e 23 mostrano come le differenze nelle concentrazioni di ozono tra le due campagne, così come i massimi e i minimi osservabili nell'ambito di ciascuno dei due periodi di monitoraggio, possano essere spiegati considerando i valori di temperatura e di radiazione solare globale registrati; questo perché, come già ricordato, i processi che portano alla formazione dell'ozono in atmosfera sono di tipo fotochimico.

Anche l'andamento del giorno medio, relativamente alla campagna estiva, indica la dipendenza della concentrazione di ozono dai valori di temperatura e dall'entità dell'irraggiamento, presentando i valori massimi nel primo pomeriggio. Il confronto con altre stazioni poste nella parte meridionale dell'area metropolitana torinese indica valori simili o inferiori lungo tutto l'arco della giornata; tali dati sono spiegabili considerando che il sito in esame nel Comune di Nichelino presenta livelli di traffico superiori, rispetto soprattutto a quello di fondo urbano di Torino. Infatti in siti da traffico si osservano generalmente livelli di ozono in parte inferiori rispetto a quelli che caratterizzano siti di fondo sia urbano che rurale dove sono più probabili fenomeni di accumulo sia dell'ozono che dei suoi precursori.

Complessivamente per questo inquinante la situazione nel sito di monitoraggio nel Comune di Nichelino è analoga a quella osservata per siti analoghi in Provincia di Torino ed evidenzia una certa criticità, visto che la normativa attualmente in vigore (D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004) prevede che

entro il 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. Poiché la formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici ed interessano aree molto vaste, per la risoluzione delle problematiche legate a questo inquinante sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori (in particolare NO_x e COV).

Tabella 17 – Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Autunno	Estate
Minima media giornaliera	1	45
Massima media giornaliera	5	87
Media delle medie giornaliere	2	63
Giorni validi	28	24
Percentuale giorni validi	97%	67%
Media dei valori orari	2	64
Massima media oraria	22	161
Ore valide	672	639
Percentuale ore valide	97%	74%
Minimo delle medie 8 ore	1	7
Media delle medie 8 ore	2	63
Massimo delle medie 8 ore	11	155
Percentuale medie 8 ore valide	96%	70%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	0	21
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	4
<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 21 – O₃: confronto con i limiti di legge

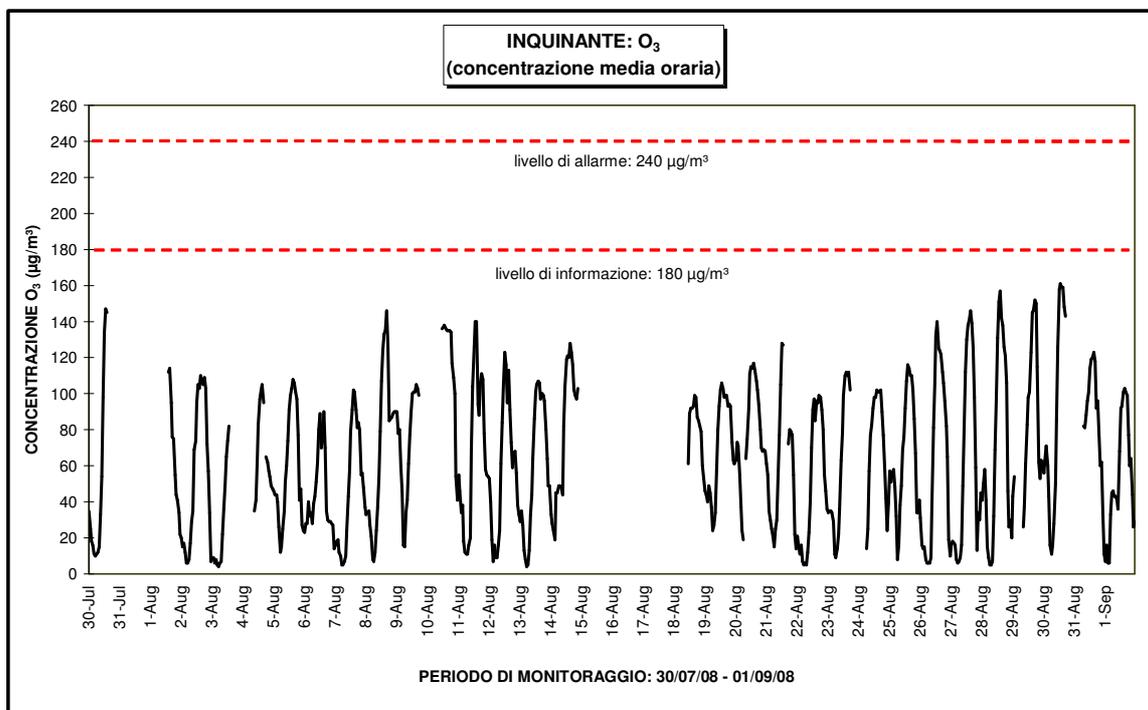
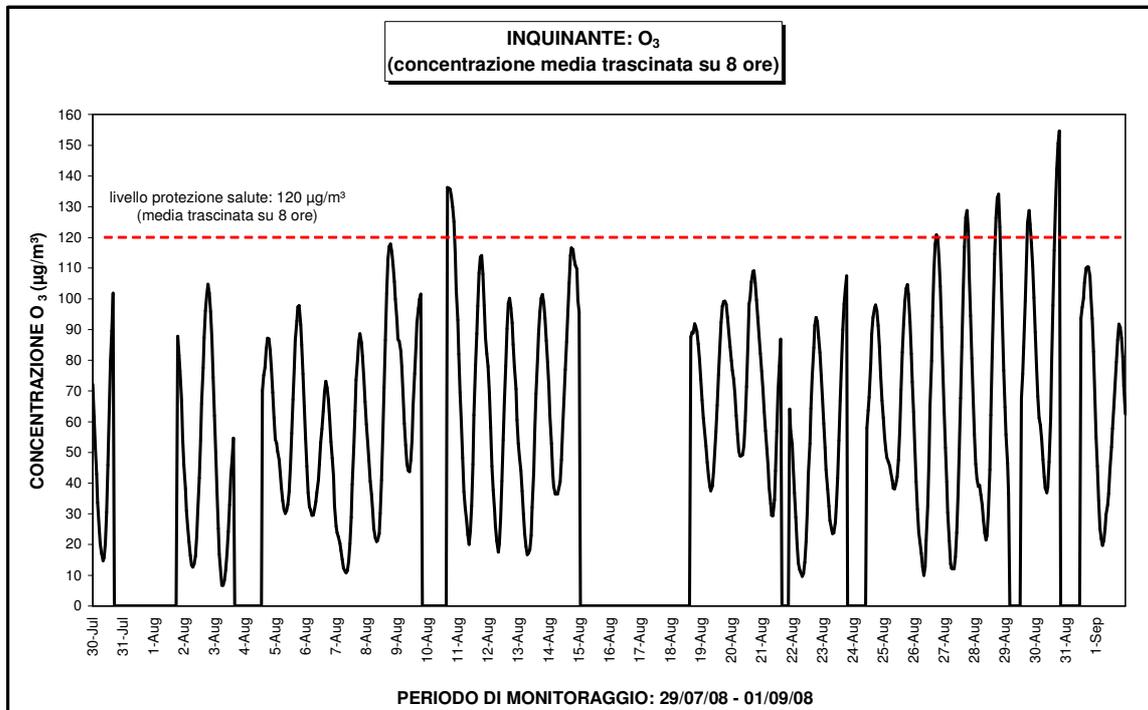


Figura 22 – O₃: andamento del giorno medio nel corso della campagna di monitoraggio estiva e confronto con i dati di altre stazioni

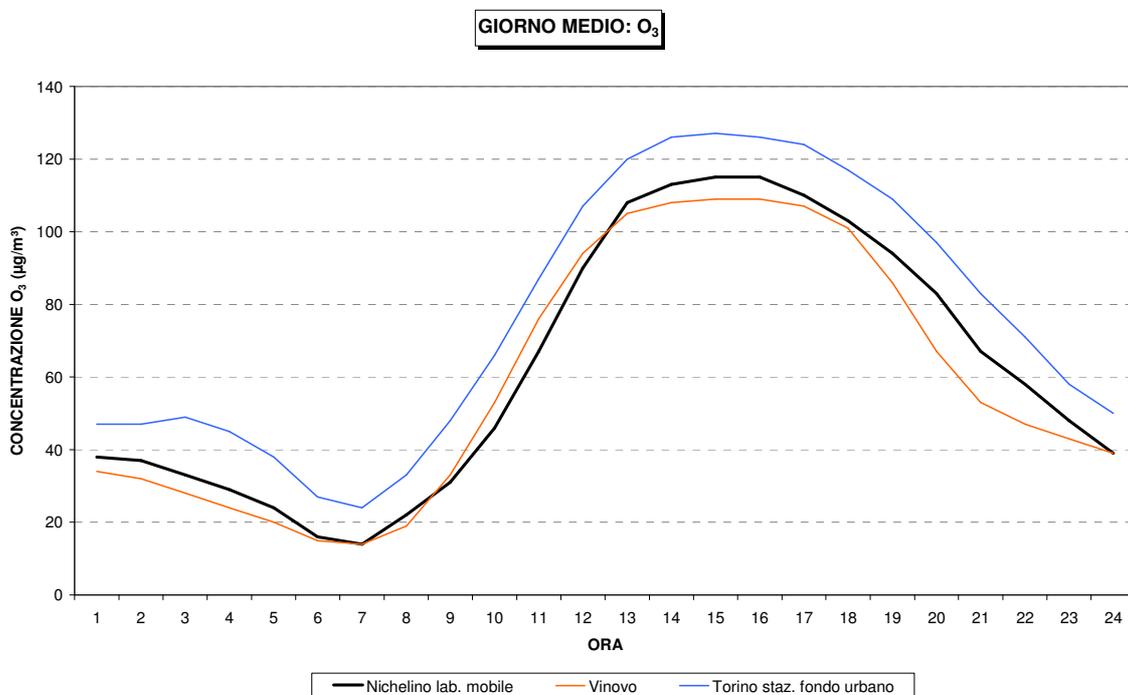


Figura 23 – O₃: andamento della concentrazione oraria nel corso delle due campagne di monitoraggio nel Comune di Nichelino e confronto con i valori di temperatura

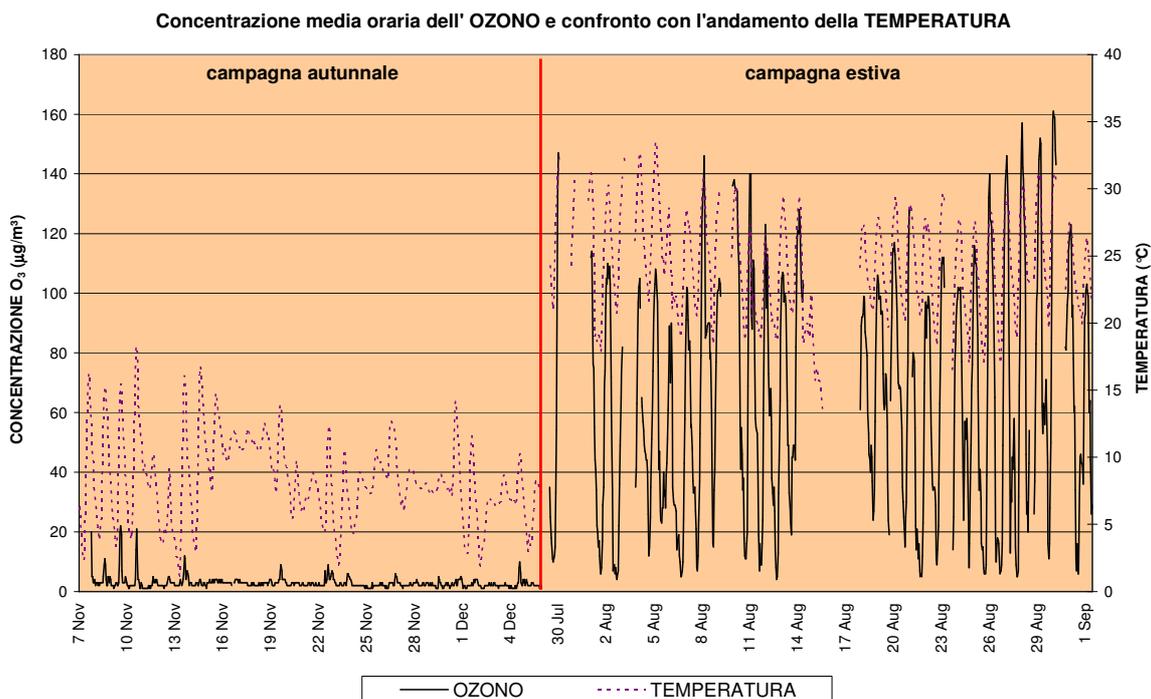
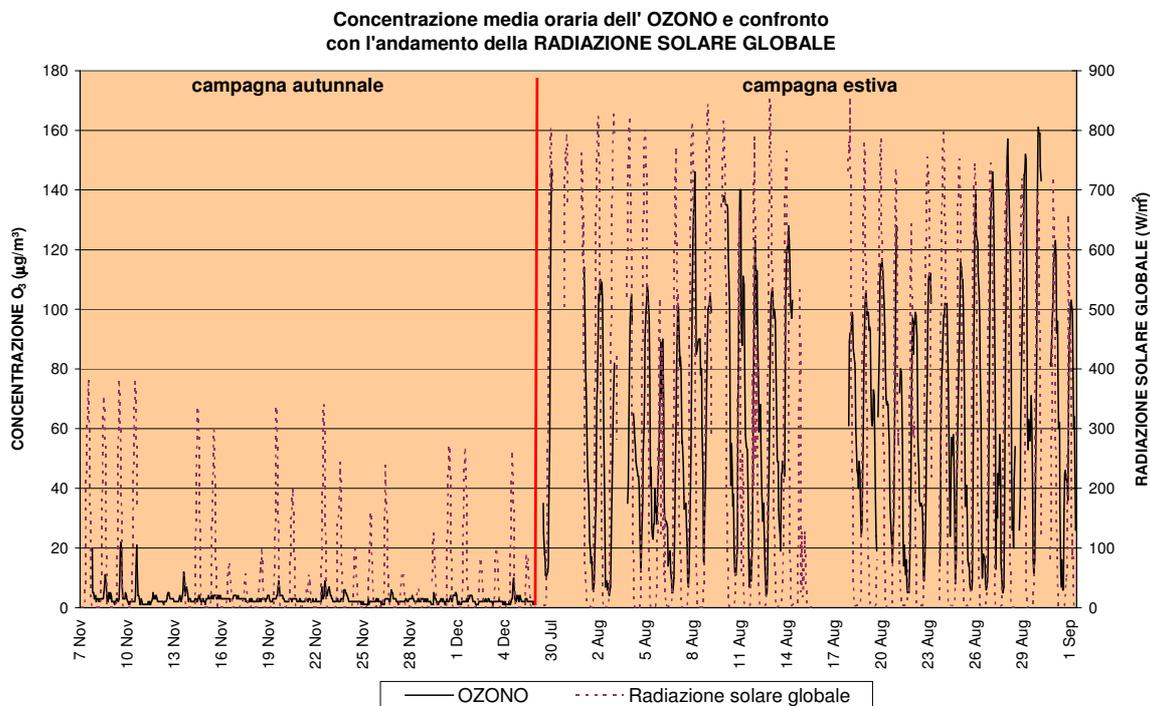


Figura 24 – O₃: andamento della concentrazione oraria nel corso delle due campagne di monitoraggio nel Comune di Nichelino e confronto con i valori della radiazione solare globale



CONCLUSIONI

Le criticità evidenziate nel territorio di Nichelino a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del mezzo mobile rispecchiano quelle osservate in siti simili della provincia di Torino e nei siti della città di Torino. Le soglie di allarme non sono mai state superate per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio ed il benzene.

Per contro si sono avuti superamenti dei rispettivi limiti per la protezione della salute umana relativamente a biossido di azoto, ozono e particolato sospeso PM₁₀.

Nel caso del biossido di azoto, si sono registrati 20 superamenti del limite orario di protezione della salute (tutti nella campagna autunnale di monitoraggio); la normativa prevede un massimo di 18 superamenti nel corso dell'intero anno.

I dati relativi all'ozono indicano 4 giornate di superamento del livello di protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore) durante la campagna estiva; la normativa prevede che entro il 2010 il valore di 120 µg/m³ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni.

Relativamente al particolato sospeso PM₁₀ il valore limite giornaliero (50 µg/m³) è stato superato in tutti i giorni di misura validi della campagna di monitoraggio autunnale, complessivamente 28 volte; la normativa prevede un massimo di 35 superamenti nel corso dell'intero anno.

Data la natura e le caratteristiche dei tre inquinanti e sulla base dei confronti effettuati con i dati delle stazioni di monitoraggio ubicate in Provincia di Torino, il miglioramento della qualità dell'aria potrà avvenire soprattutto mediante l'attuazione di adeguate politiche di risanamento a livello regionale e sovraregionale.

Il confronto con i dati della centralina fissa posta nel comune di Nichelino (relativamente a CO e NO_x) indica una situazione sostanzialmente analoga per quello che riguarda la qualità dell'aria dei due siti monitorati, entrambi caratterizzati da elevati livelli di traffico veicolare. Pertanto è ragionevole ritenere che le criticità emerse riguardino l'intero territorio comunale senza significative differenze tra siti centrali e siti più periferici da traffico.

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** **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.

- **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 EPA.
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro EDEROL di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica** **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**

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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