

**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura Semplice “Attività di Produzione”**

OGGETTO:

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE
NEL COMUNE DI MATHI, Via Santa Lucia, 92**

RELAZIONE FINALE CAMPAGNE (15 dicembre 2011 – 20 gennaio 2012 e 18 giugno – 19 luglio 2012)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Dott.ssa Annalisa Bruno	Data:	Firma:
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data:	Firma:



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

Si ringraziano l'assessore e il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Mathi per la collaborazione prestata.

INDICE

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
L'ARIA E I SUOI INQUINANTI.....	6
IL LABORATORIO MOBILE	8
IL QUADRO NORMATIVO	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	11
Obiettivi della campagna di monitoraggio	12
Elaborazione dei dati meteorologici	15
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici.....	22
Biossido di zolfo	23
Monossido di Carbonio	26
Ossidi di Azoto	29
Benzene e Toluene.....	34
Particolato Sospeso (PM ₁₀)	37
Ozono	42
Analisi del Traffico Veicolare	46
CONCLUSIONI	52
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	54

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/m³) al microgrammo per metro cubo (µg/m³).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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



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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2011", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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

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

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

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

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

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

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali: biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di 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 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.

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

- un **valore limite, espresso come media annuale** , pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- 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 verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2011".

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. 13/08/2010 n.155).

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

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

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio nel Comune di Mathi è stata promossa dalla Provincia di Torino in collaborazione con Arpa Piemonte - dipartimento di Torino, in seguito alle richieste dell'Amministrazione Comunale (prot. n. 503 del 06/02/2009 e seg.) di effettuare una valutazione specifica della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare nelle aree maggiormente impattate dal traffico veicolare commerciale.

È la seconda volta che viene svolta una valutazione specifica della qualità dell'aria del Comune di Mathi; Arpa ha infatti già effettuato in passato due campagne di monitoraggio sul territorio mathiese, a marzo-aprile e a settembre 2005. La relazione conclusiva delle campagne svolte rilevava che le criticità del territorio mathiese erano comparabili con quelle di siti simili della provincia di Torino.

Gli inquinanti che presentavano dei superamenti erano ozono nel periodo estivo e PM₁₀ in entrambi i periodi di campionamento.

Per il periodo 2011-2012 Arpa Piemonte si è impegnata ad organizzare due campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo climatiche. Nello specifico, la prima campagna è stata programmata nel periodo invernale (dicembre 2011 - gennaio 2012), mentre la seconda si è svolta d'estate (giugno - luglio 2012).

Il 22 novembre è avvenuto il sopralluogo preliminare alla realizzazione della prima campagna di misura, durante il quale si è deciso di considerare idoneo al posizionamento della stazione mobile il sito già utilizzato per le campagne di monitoraggio precedenti (anno 2005), le cui caratteristiche geografiche vengono di seguito riassunte:

MEZZO DI MISURA	PERIODO I e II campagna	INDIRIZZO	Coordinate UTM (S.R. WGS84)	
Mobilab Arpa presso Mathi	15/12/11 – 20/01/12 18/06/12 – 19/07/12	Via Santa Lucia, 92 - Mathi	EST: 385561	NORD: 5011615

Il luogo prescelto si trova in prossimità della zona industriale del paese, quella maggiormente interessata dal traffico commerciale, principale fonte di preoccupazione per la qualità dell'aria per gli abitanti e per l'Amministrazione comunale.

La **figura 1** e la **figura 2** evidenziano sulla cartografia del comune di Mathi, il luogo scelto per il posizionamento del Mezzo Mobile di rilevazione della qualità dell'aria. Le **Figure 3** e **4** mostrano il dettaglio fotografico del sito di campionamento e del Laboratorio Mobile.

Il monitoraggio della prima campagna è stato condotto dal 15 dicembre 2011 al 20 gennaio 2012, quando il mezzo è stato spento e spostato in altro sito. La seconda campagna di misura si è svolta nella stagione estiva, dal 18 giugno al 19 luglio 2012. Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni effettuate hanno preso in considerazione solo i giorni di campionamento completi; nello specifico i dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 16 dicembre 2011 al 19 gennaio 2012, per la prima campagna e dal 19 giugno al 18 luglio per la seconda.

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

In linea generale, inoltre, si ricorda che i dati acquisiti nel corso delle singole campagne condotte con i Laboratori Mobili non permettono di effettuare una trattazione formale in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa ai siti in esame.

Una trattazione completa, secondo 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).

Nella presente relazione, grazie alla presenza di un numero sufficienti di dati giornalieri è stato quindi possibile fare solo delle stime sulle concentrazioni annue dei due principali inquinanti normati: NO₂ e PM₁₀. Il confronto con i dati rilevati dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria ha permesso, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Mathi (punto evidenziato in fucsia).

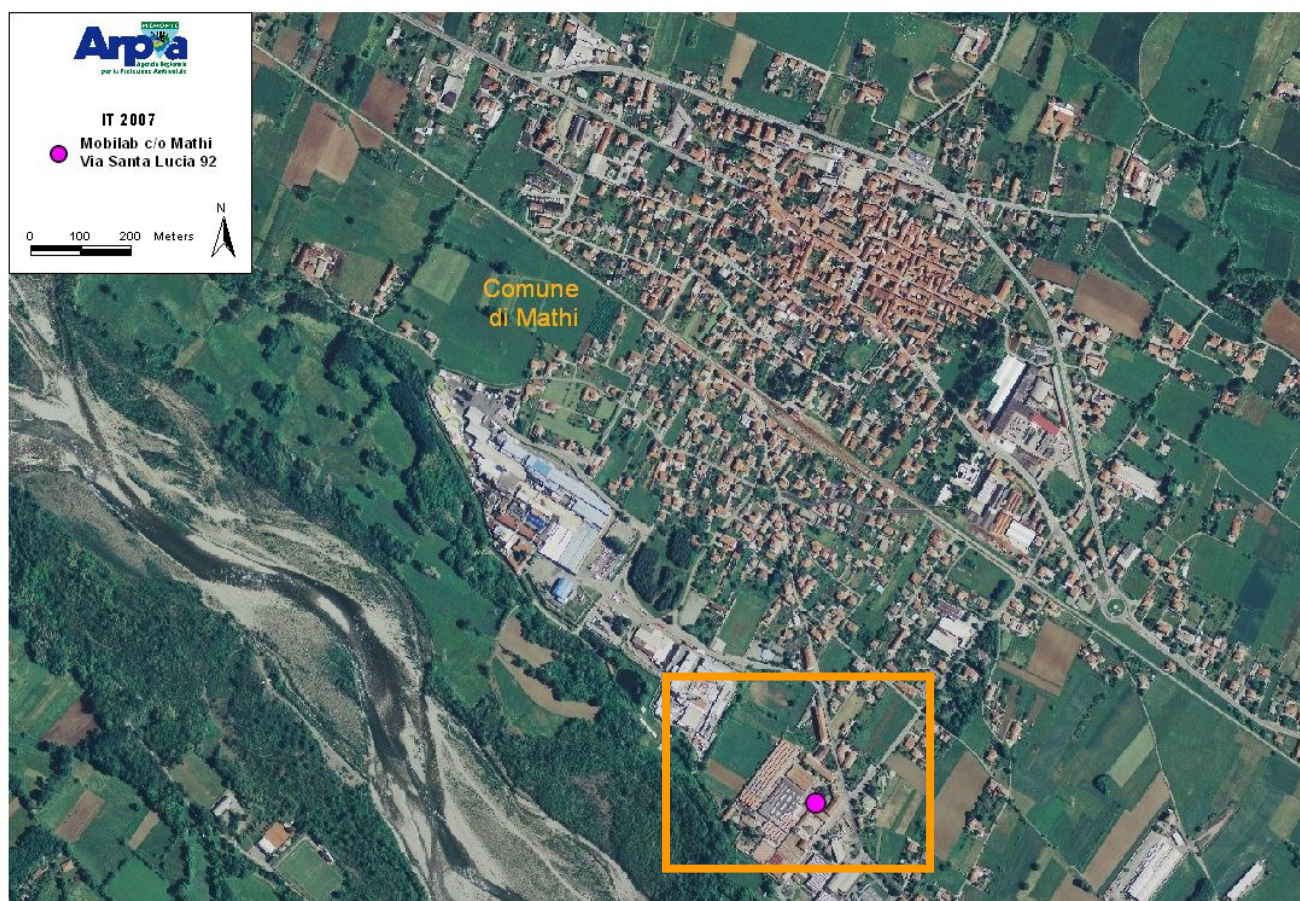


Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Mathi – dettaglio del sito (punto evidenziato in fucsia).



Figure 3 e Figura 4- Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Mathi – dettaglio del sito e del laboratorio mobile.



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante il periodo di monitoraggio. In particolare c'è una tabella riassuntiva (**Tabella 5**) che evidenzia i valori minimi, massimi e medi delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi; mentre per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario.

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

pressione atmosferica	P	mbar
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

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

MEZZO MOBILE c/o MATHI ⁽¹⁾	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO	
	W/m ²		°C		%		mbar		m/s	
	Inverno	estate	Inverno	estate	Inverno	estate	Inverno	estate	Inverno	estate
Minima media giornaliera	3.1	79.6	-0.4	20.0	28.1	31.5	955.8	962.3	0.48	0.89
Massima media giornaliera	77.3	287.4	9.7	26.6	86.4	74.5	988.4	975.5	3.42	2.81
Media delle medie giornaliere	58.7	225.6	4.2	23.7	52.7	58.7	973.7	968.6	1.62	1.68
Giorni validi	35	29	35	29	35	29	35	29	34	29
Percentuale giorni validi	100%	97%	100%	97%	100%	97%	100%	97%	97%	97%
Media dei valori orari	58.7	223.4	4.2	23.7	52.7	58.9	973.7	968.5	1.64	1.66
Massima media oraria	374.0	951.0	14.8	32.3	99.0	93.0	991.0	977.0	5.90	4.90
Ore valide	840	702	840	703	840	703	840	704	797	704
Percentuale ore valide	100%	98%	100%	98%	100%	98%	100%	98%	95%	98%

(1) Campagna invernale - dal 16 dicembre 2011 al 19 gennaio 2012, campagna estiva - dal 19 giugno al 18 luglio 2012.

La **Figura 5** mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) nel corso delle due campagne di monitoraggio. L'intensità dell'irraggiamento è quella tipica dei periodi considerati: più bassa d'inverno, quando i valori massimi nelle ore centrali della giornata superano di poco i 300 W/m² e decisamente più alta durante la campagna estiva con valori che superano gli 800 – 900 W/m² nelle ore più calde del giorno. In alcuni casi (2 gennaio, 2 e 6 luglio 2012) l'irraggiamento giornaliero è stato inferiore alla media del periodo: si tratta delle giornate caratterizzate da intense precipitazioni cui sicuramente è stata associata una densa copertura nuvolosa.

La temperatura media durante la campagna invernale (**Figura 6**) è stata di 4.2 °C, superiore di circa 2 °C a quella registrata nella stazione di misura di Caselle T.se nello stesso intervallo di tempo. Il valore minimo orario si è raggiunto il 18 gennaio 2012 (-3.8 °C), mentre il valore massimo è stato rilevato il 10 gennaio con 14.6 °C.

Durante la campagna estiva la temperatura media si è attestata sui 23.7. °C. Il valore minimo orario si è raggiunto il 16 luglio 2012 (15.3 °C), mentre il valore massimo è stato rilevato il 25 giugno con 32.3 °C. I valori sono comparabili con la stazione meteorologica di Torino Caselle situata a poco più di 10 chilometri in direzione sud - est.

L'umidità relativa in condizioni di stabilità atmosferica presenta un andamento inversamente proporzionale a quello della temperatura, con massimi concentrati nelle ore notturne e minimi nelle ore più calde della giornata (**Figura 6**). Durante la prima campagna di misura tale tendenza è maggiormente visibile all'inizio e alla fine della campagna di monitoraggio mentre nei giorni centrali di gennaio (6-12) i massimi notturni risultano notevolmente più bassi della media del periodo. Nella seconda campagna la proporzionalità inversa è quasi sempre rispettata con l'eccezione dei giorni caratterizzati da intense precipitazioni.

Il campo pressorio durante la prima campagna invernale si è attestato tra i 950 ed i 990 mbar circa (**Figura 7**). Nel periodo estivo l'escursione della pressione atmosferica è stata più ristretta collocandosi tra i 960 e 970 mbar circa.

Durante la campagna di misura invernale ci sono stati un paio di eventi piovosi di modesta entità. La campagna estiva è stata invece caratterizzata da alcuni giorni di intense precipitazioni concentrati nel periodo 2-6 luglio 2012, in cui sono caduti complessivamente più di 60 millimetri di pioggia.

Velocità e direzione del vento danno in generale una chiara indicazione della dinamicità atmosferica del territorio indagato. I dati di velocità del vento registrati complessivamente nel monitoraggio nel comune di Mathi risultano mediamente elevati, ad indicare un certo dinamismo meteorologico. La percentuale di calme di vento (identificate convenzionalmente da una media oraria della velocità del vento inferiore a 0.5 m/s) è stata infatti esigua: il 15.3% di giorno e il 9.7% di notte durante il monitoraggio invernale; ancora più basse le percentuali registrate nel periodo di misura estivo con il 2.6% di calme di vento di giorno e il 7.5% di notte

In particolare più della metà delle velocità del vento registrate sono state superiori a 1.5 m/s, valori caratteristici di un regime anemometrico di brezza leggera - le foglie si muovono - o brezza tesa - foglie e rametti risultano costantemente agitati (**Figura 8**).

Durante la prima campagna di misura inoltre si è assistito, nella notte tra il 7 e l'8 gennaio 2012, ad un probabile episodio di Föhn, il vento di caduta caldo e secco che si presenta sul versante sottovento di una catena montuosa quando una corrente d'aria, nel superare il rilievo perde parte della propria umidità in precipitazioni sul versante sopravvento. Temperature più elevate della media, alte velocità del vento (il valore massimo l'8 gennaio è di 5.9 m/s) e soprattutto abbassamento repentino dell'umidità dell'aria sono le condizioni meteorologiche caratteristiche di questo tipico vento alpino che può raggiungere anche ampie zone di pianura, come nel caso in esame.

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (**Figura 9, Figura 10 e Figura 11**) mostrano una situazione molto ben definita. Durante la notte il vento ha delle percentuali di accadimento molto alte e proviene da una sola direzione: Nord Ovest (quadrante NW) nella campagna invernale, Nord Nord Ovest (quadrante NNW) nella campagna estiva. Di giorno si evidenziano invece due direzioni di provenienza distinte: dal settore NW (I campagna) o NNW (II campagna) - si tratta con ogni probabilità dello stesso vento notturno che spira anche nelle prime ore del mattino o al tramonto - e un vento di direzione opposta proveniente prevalentemente dal quadrante Est Sud Est (I campagna) o Est (II campagna). Le percentuali di accadimento di giorno sono comunque molto più basse di quelle registrate di notte. Difatti, nella rosa del vento totale (**Figura 9**), la componente diurna scompare quasi del tutto.

La direzione di provenienza dei venti principali dal quadrante Nord Ovest conferma quanto già emerso dalla campagna di monitoraggio effettuata da Arpa Piemonte nel 2005 nello stesso punto di misura.

Dalla **Figura 12** e dalla **Figura 13** si può notare infine che la zona industriale caratterizzata da una viabilità ad alto traffico commerciale, può influenzare in entrambi i periodi di misura solo marginalmente la qualità dell'aria del centro del paese, poiché si trova, per la maggior parte del tempo, sottovento rispetto all'abitato di Mathi.

Figura 5 - Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio.

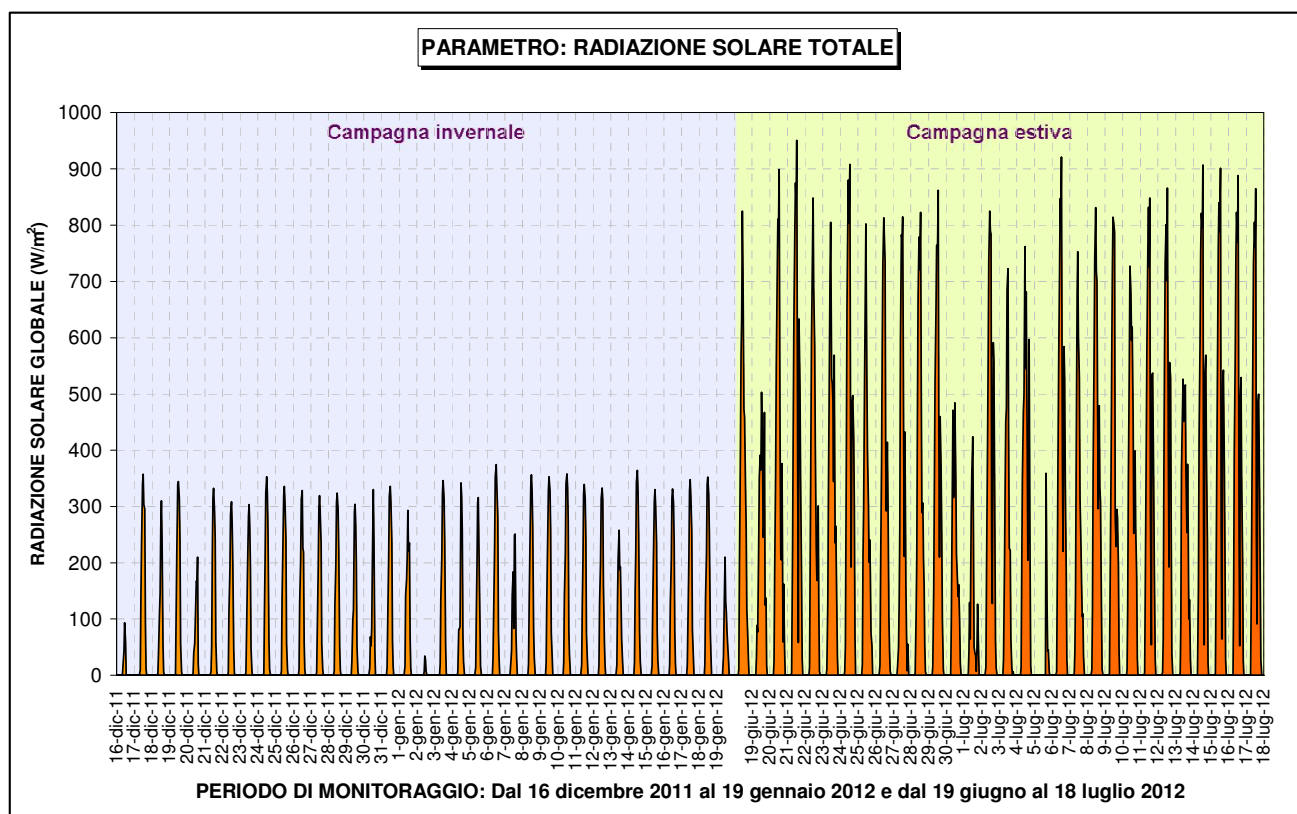
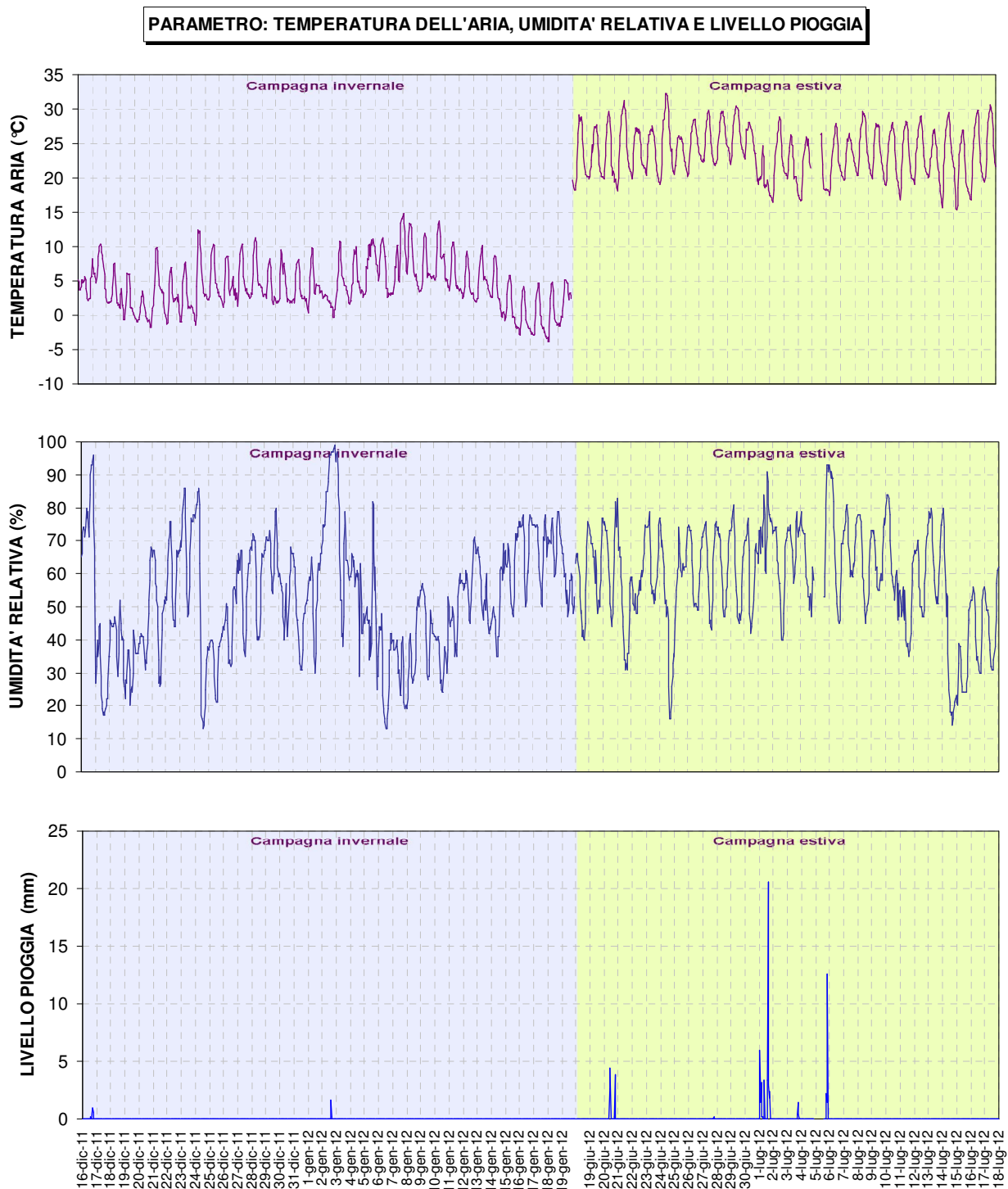


Figura 6 - Andamento di temperatura, umidità relativa e precipitazioni durante la campagna di monitoraggio.



**PERIODO DI MONITORAGGIO: Dal 16 dicembre 2011 al 19 gennaio 2012 e
dal 19 giugno al 18 luglio 2012**

Figura 7 - Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio.

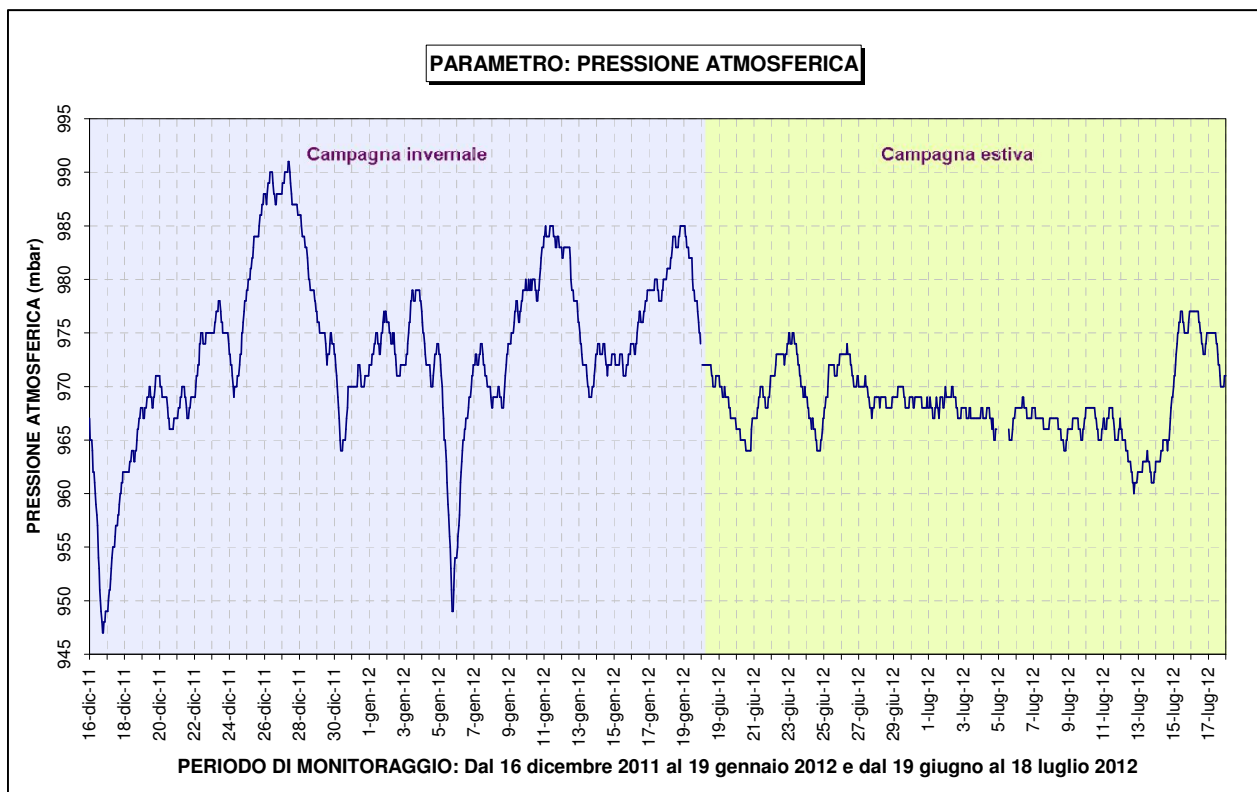


Figura 8 - Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio.

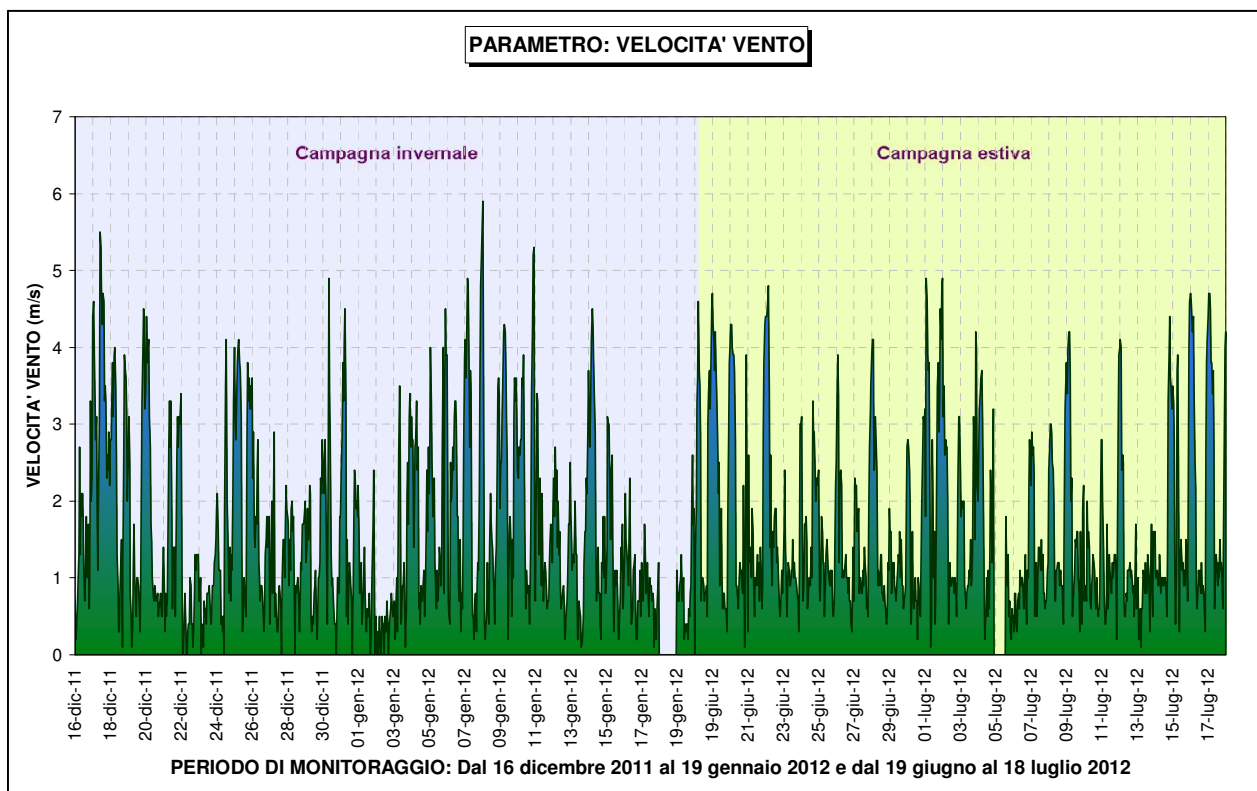


Figura 9 - Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio.

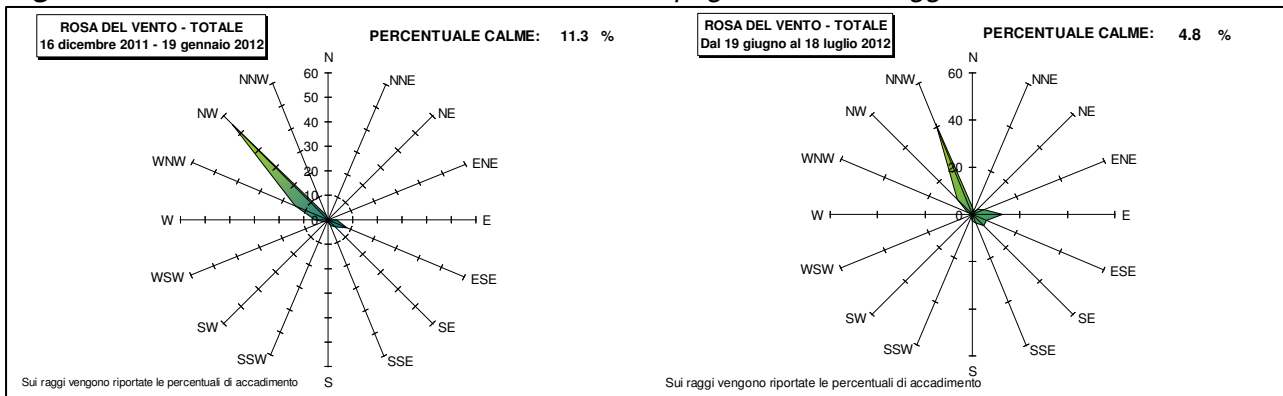


Figura 10 - Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio.

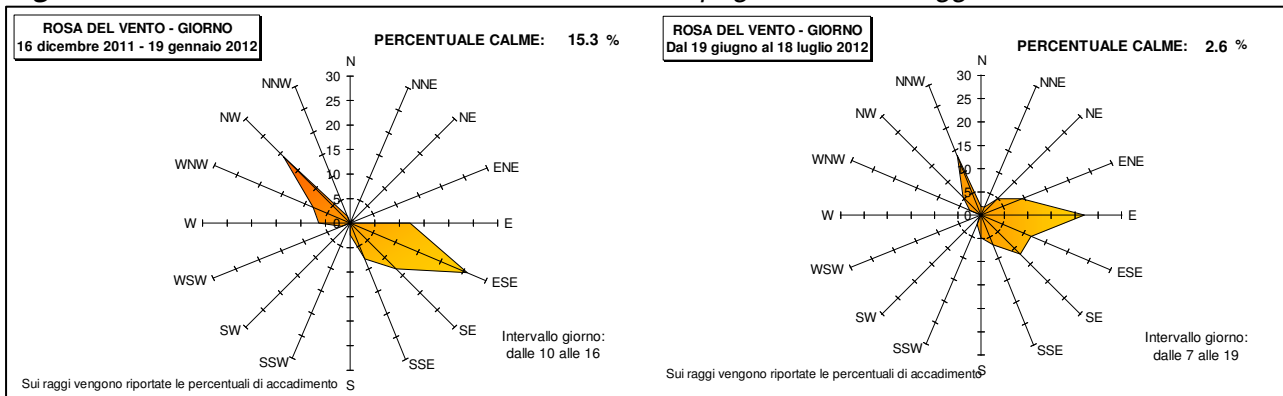


Figura 11 - Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio.

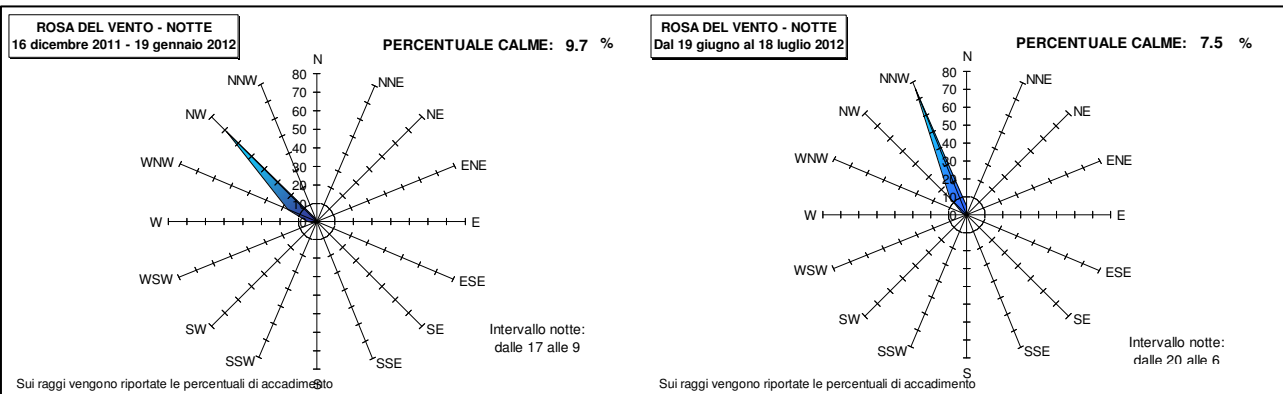


Figura 12 – Mathi I campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore diurne (freccie arancioni) e notturne (freccia blu). – Prima campagna.

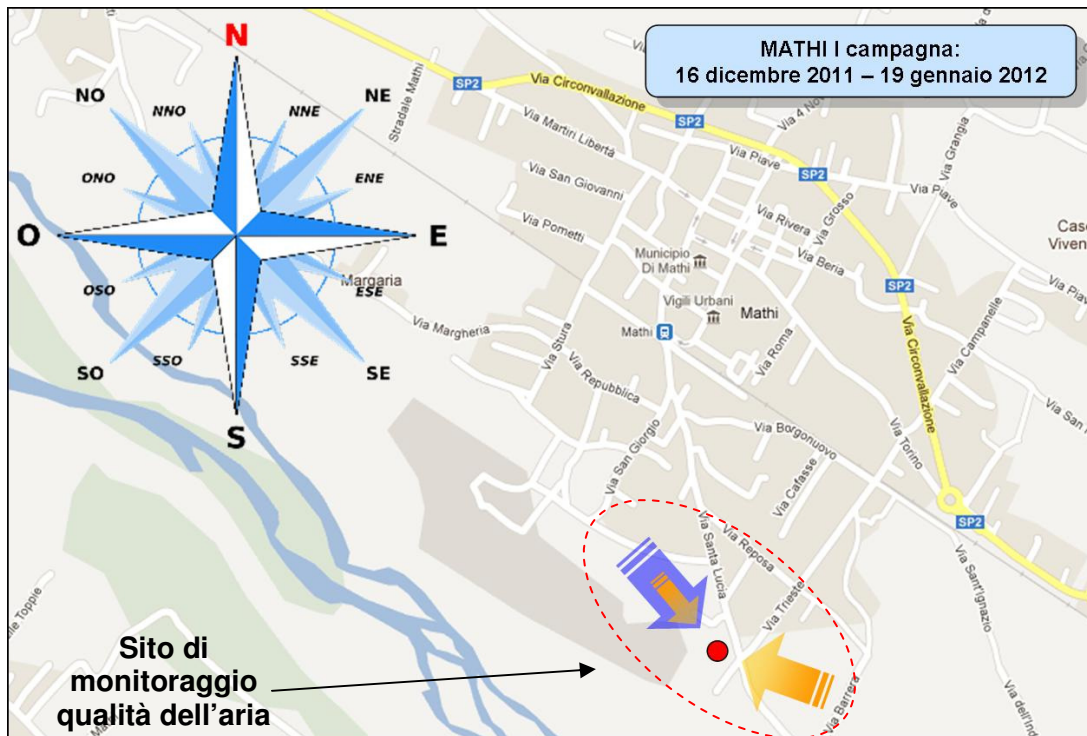
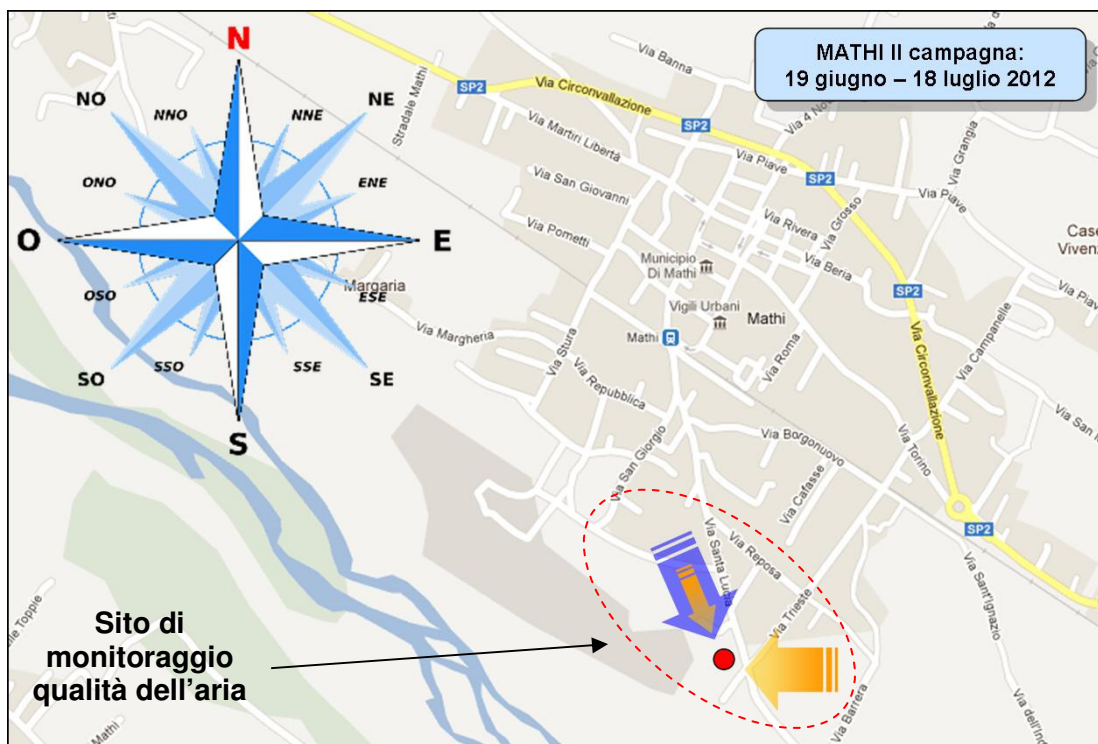


Figura 13 - Mathi II campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore diurne (freccie arancioni) e notturne (freccia blu). – Seconda campagna.



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche delle concentrazioni registrate dagli analizzatori strumentali nel periodo di campionamento e gli eventuali superamenti dei limiti di legge degli inquinanti.

Si riportano di seguito i parametri misurati e le loro formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni:

Benzene	C ₆ H ₆	µg/m ³
Bossido di azoto	NO ₂	µg/m ³
Biossido di zolfo	SO ₂	µg/m ³
Monossido di azoto	NO	µg/m ³
Monossido di carbonio	CO	mg/m ³
Ozono	O ₃	µg/m ³
Particolato sospeso PM ₁₀	PM ₁₀	µg/m ³
Toluene	C ₆ H ₅ CH ₃	µg/m ³

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo: <http://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 un'elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un **diagramma concentrazione-tempo**, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

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

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

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità. Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente: a causa del riscaldamento domestico, infatti, i valori massimi si raggiungono durante la stagione invernale. Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti atmosferici più problematici, per via delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, tuttavia, da quando la normativa ha imposto la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante le cui concentrazioni sono scese ben al di sotto dei limiti di legge.

Tabella 6 - Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/m³).

Biossido di zolfo	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	4.6	1.4
Massima media giornaliera	8.1	3.1
Media delle medie giornaliere (b):	6.4	2.2
Giorni validi	35	29
Percentuale giorni validi	100%	97%
Media dei valori orari	6.4	2.2
Massima media oraria	13	5.1
Ore valide	837	698
Percentuale ore valide	100%	97%
<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

I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Mathi con il laboratorio mobile, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (**Tabella 6** e **Figura 14**), sia nella prima sia nella seconda campagna di misura.

Nel periodo invernale il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 8.1 µg/m³, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³; la massima media oraria è pari a 13 µg/m³, valore pari a poco più del 3% del limite del livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m³ dal D.Lgs. 155/2010.

Nella campagna estiva i valori di SO₂ misurati a Mathi sono ancora più bassi: il massimo valore orario è di poco superiore a 1 µg/m³, mentre la massima media oraria è pari a 5.1 µg/m³.

Nella **Figura 15** sono stati messi a confronto gli andamenti di SO₂ della stazione mobile posizionata a Mathi con i dati di due stazioni di traffico urbano delle rete fissa di monitoraggio: Grugliasco e Torino - Via della Consolata. L'andamento di SO₂ del laboratorio mobile ricalca quello delle stazioni scelte come riferimento sebbene i valori massimi registrati a Mathi siano, come atteso, inferiori a quelli misurati nelle due cabine monitoraggio di confronto, in particolare rispetto alla stazione situata in centro a Torino.

In generale 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 oramai da diversi anni sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi.

Figura 14 - SO₂: confronto con il limite di legge (media giornaliera).

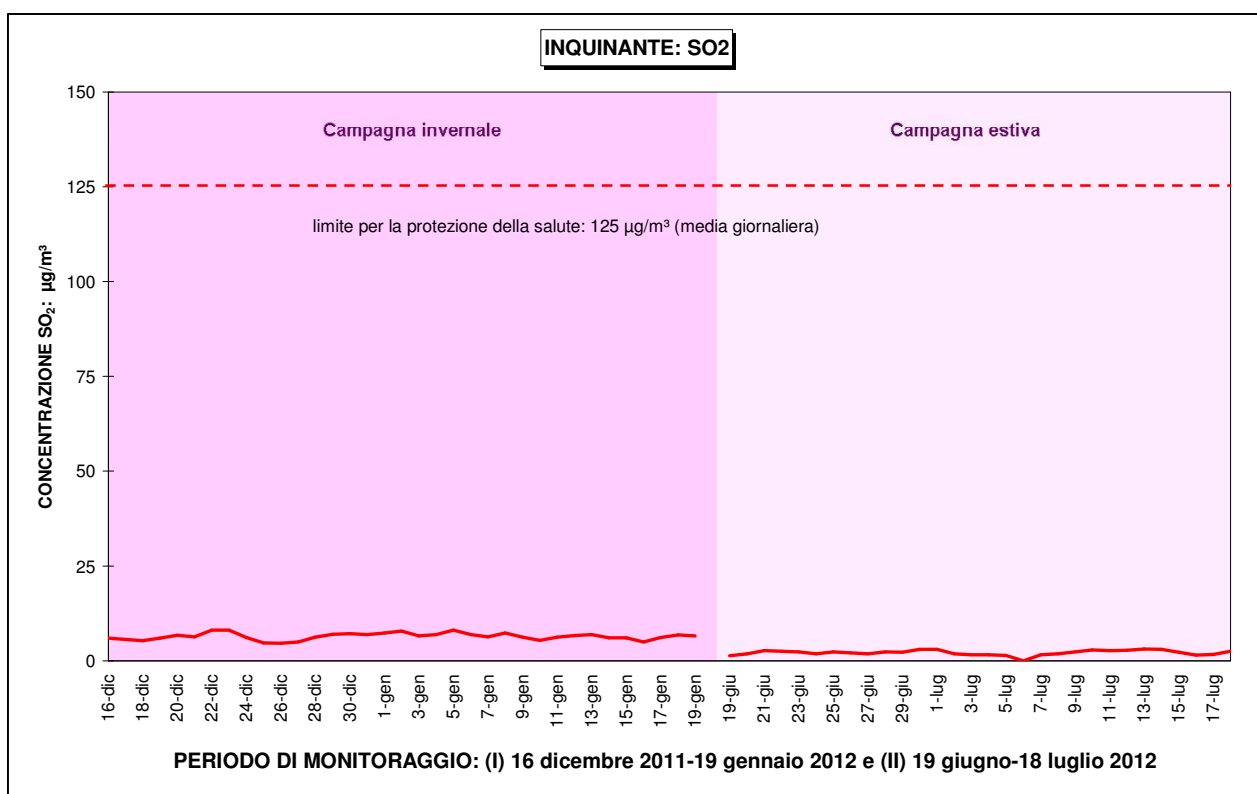
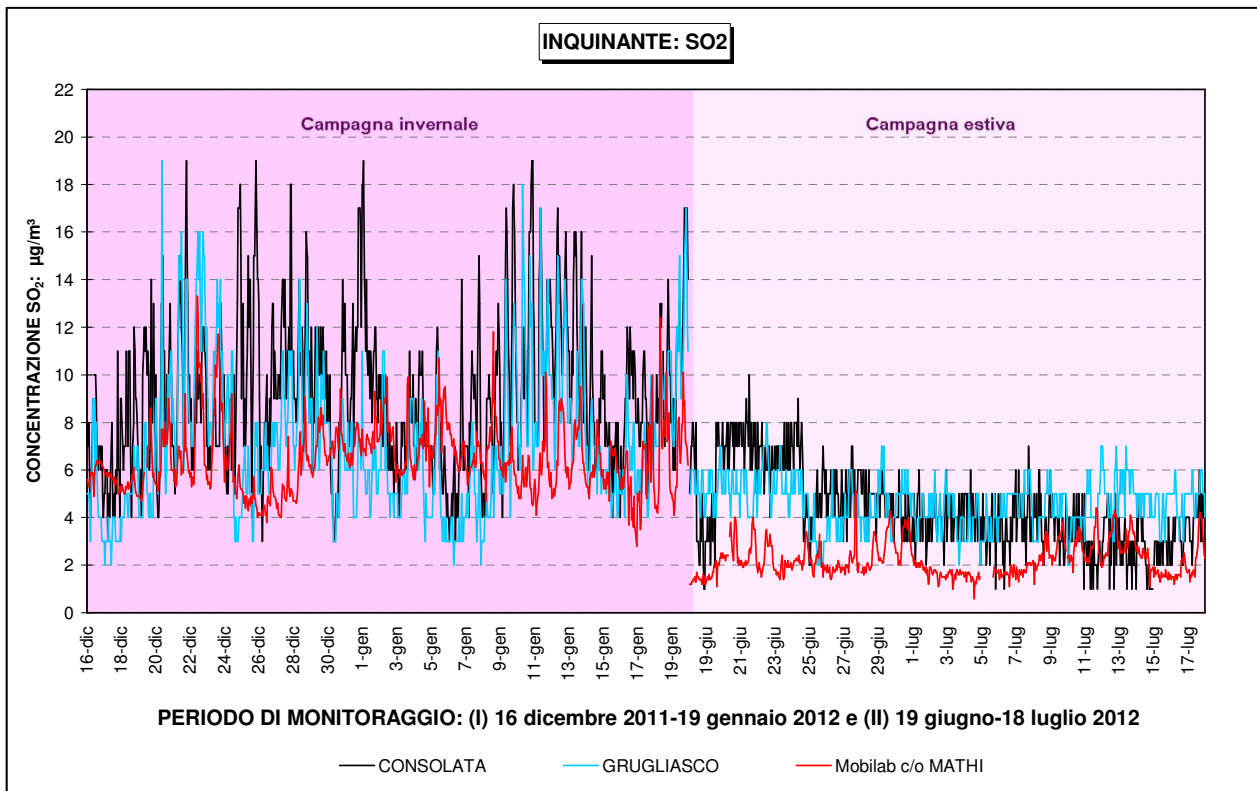


Figura 15 - SO₂: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni fisse.



Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera e infatti, a differenza degli altri inquinanti, in questo caso l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3).

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

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

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

Tabella 7 – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m^3).

Monossido di carbonio	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.2	0.2
Massima media giornaliera	0.9	0.7
Media delle medie giornaliere (b):	0.6	0.5
Giorni validi	31	26
Percentuale giorni validi	89%	87%
Media dei valori orari	0.6	0.5
Massima media oraria	2.2	1.1
Ore valide	763	645
Percentuale ore valide	91%	90%
Minimo medie 8 ore	0.1	0.2
Media delle medie 8 ore	0.6	0.5
Massimo medie 8 ore	1.3	1.0
Percentuale medie 8 ore valide	90%	89%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0
<u>N. di superam. dell'obiettivo a lungo termine protezione salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

I valori di monossido di carbonio registrati durante il monitoraggio nel Comune di Mathi confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Il D.Lgs. 155/2010 prevede un limite di 10 mg/m³, calcolato come media su otto ore consecutive: tale limite viene ampiamente rispettato dal sito in esame sia nella prima sia nella seconda campagna di misura i cui valori massimi su otto ore sono rispettivamente 1.3 mg/m³ e 1.0 mg/m³ (**Tabella 7** e **Figura 16**). Nella **Figura 17** e nella **Figura 18** viene riportato il confronto con le stazioni fisse della rete regionale di monitoraggio di Oulx e Torino-Consolata, due stazioni residenziali di traffico rispettivamente suburbano e urbano. Dai grafici si nota che i valori di CO registrati dal Laboratorio Mobile a Mathi sono comparabili con l'andamento della stazione di traffico suburbano e nettamente inferiori (come atteso) a quelli della stazione torinese di traffico urbano.

Figura 16 - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore).

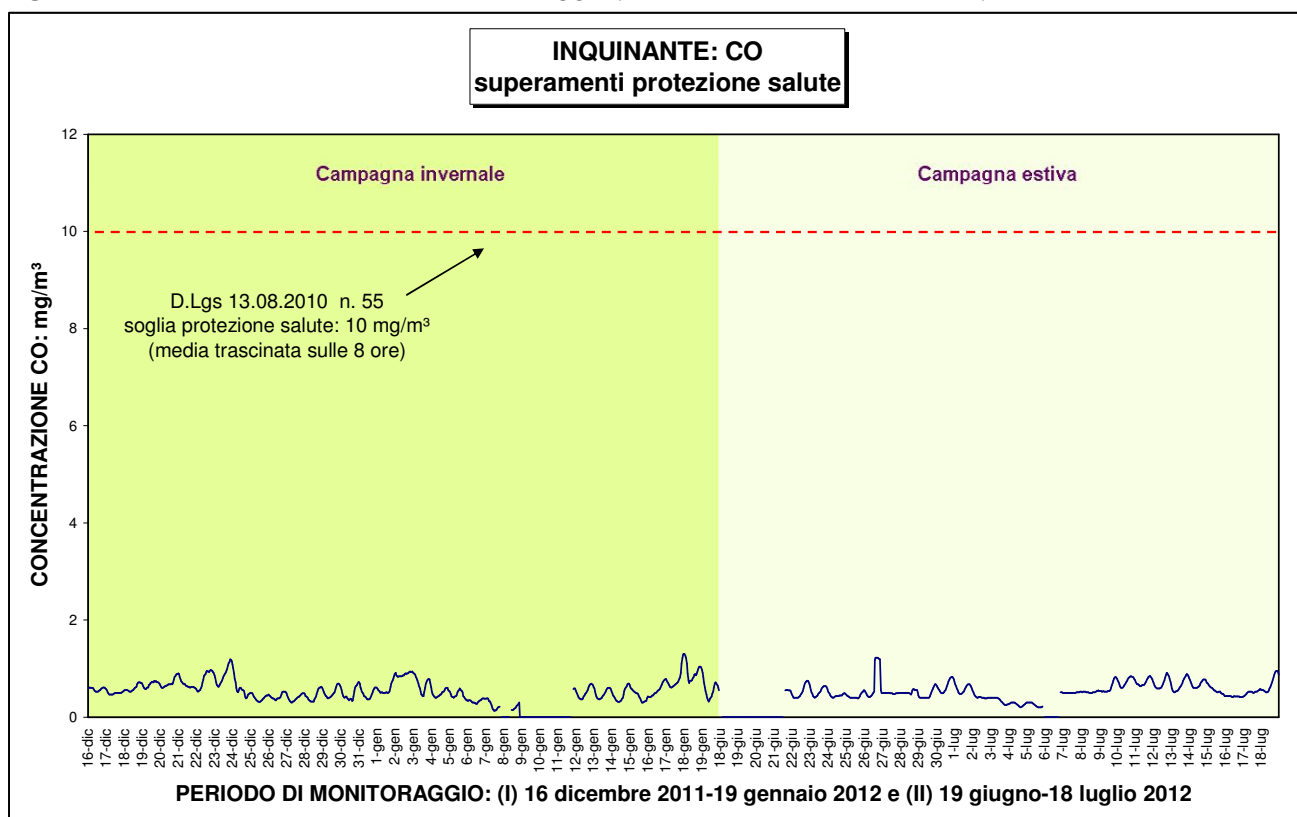


Figura 17 – CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con le stazioni fisse di Oulx e Torino Consolata.

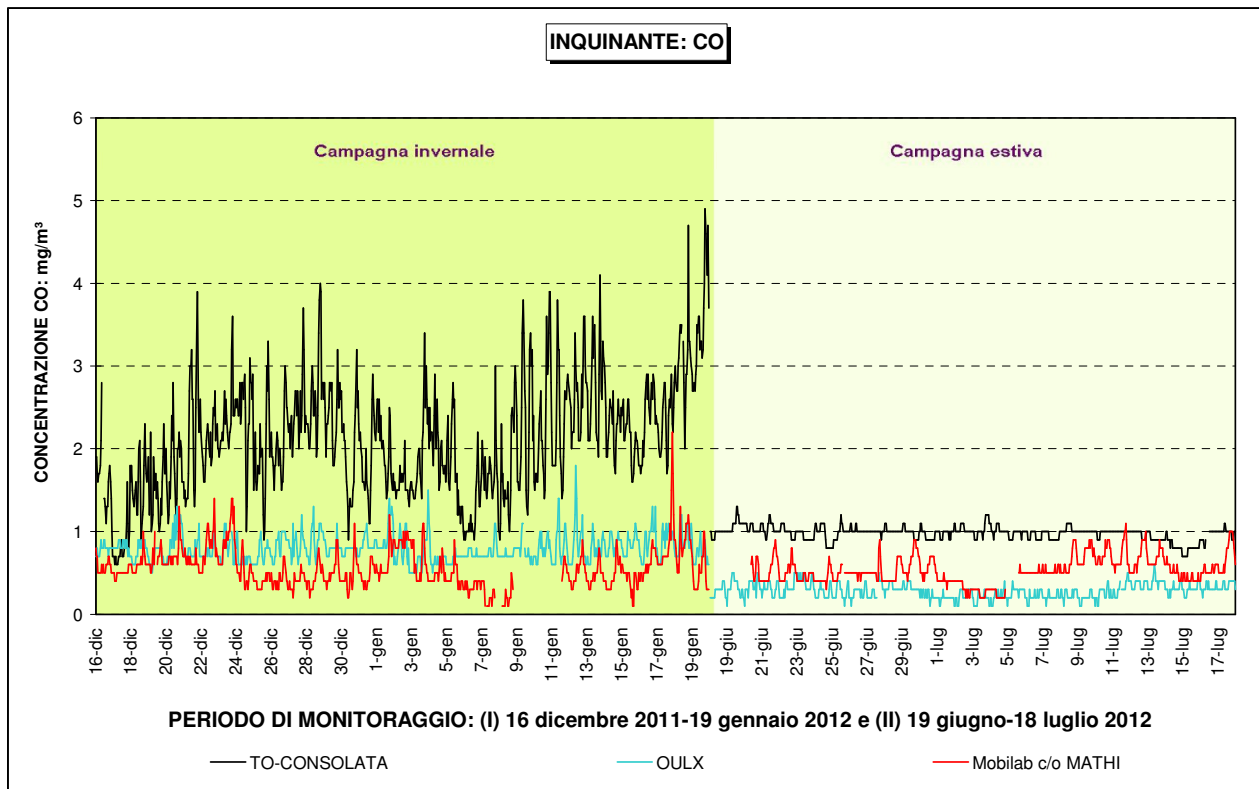
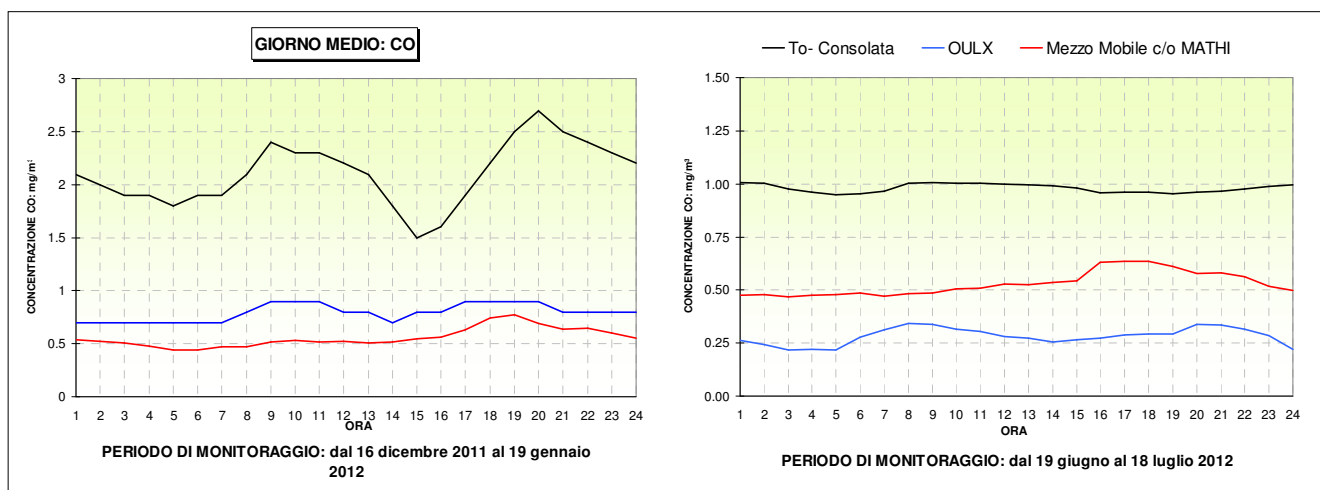


Figura 18 – CO: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa.



Ossidi di Azoto

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

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

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

Monossido di azoto	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	5.0	5.8
Massima media giornaliera	43	8.1
Media delle medie giornaliere	15	7.2
Giorni validi	35	29
Percentuale giorni validi	100%	97%
Media dei valori orari	15	7.2
Massima media oraria	143	38
Ore valide	839	700
Percentuale ore valide	100%	97%

Nel corso della prima campagna di monitoraggio nel Comune di Mathi il livello di ossido di azoto (**Figura 19** e **Figura 20**) risulta in linea con i valori del periodo e con l'andamento registrato nella stazione di fondo rurale della rete regionale di monitoraggio (Druento - La Mandria) e molto inferiore ai dati della stazione di misura di traffico urbano (Torino Consolata). La massima media oraria registrata è pari a $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e il valore medio dell'intera campagna è di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 8**).

Essendo gli ossidi di azoto inquinanti a carattere prevalentemente invernale nella seconda campagna di monitoraggio dal 19 giugno al 18 luglio 2012, come atteso sono stati misurati valori di NO molto bassi: la massima media oraria registrata è di $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la media giornaliera del periodo è $7.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I grafici del giorno medio mostrano inoltre che tutte le stazioni di misura presentano massimi nelle stesse ore del mattino e della sera, a dimostrazione del fatto che in assenza di altri processi combustivi in atto, la fonte principale di NO è il traffico veicolare.

Figura 19 – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura.

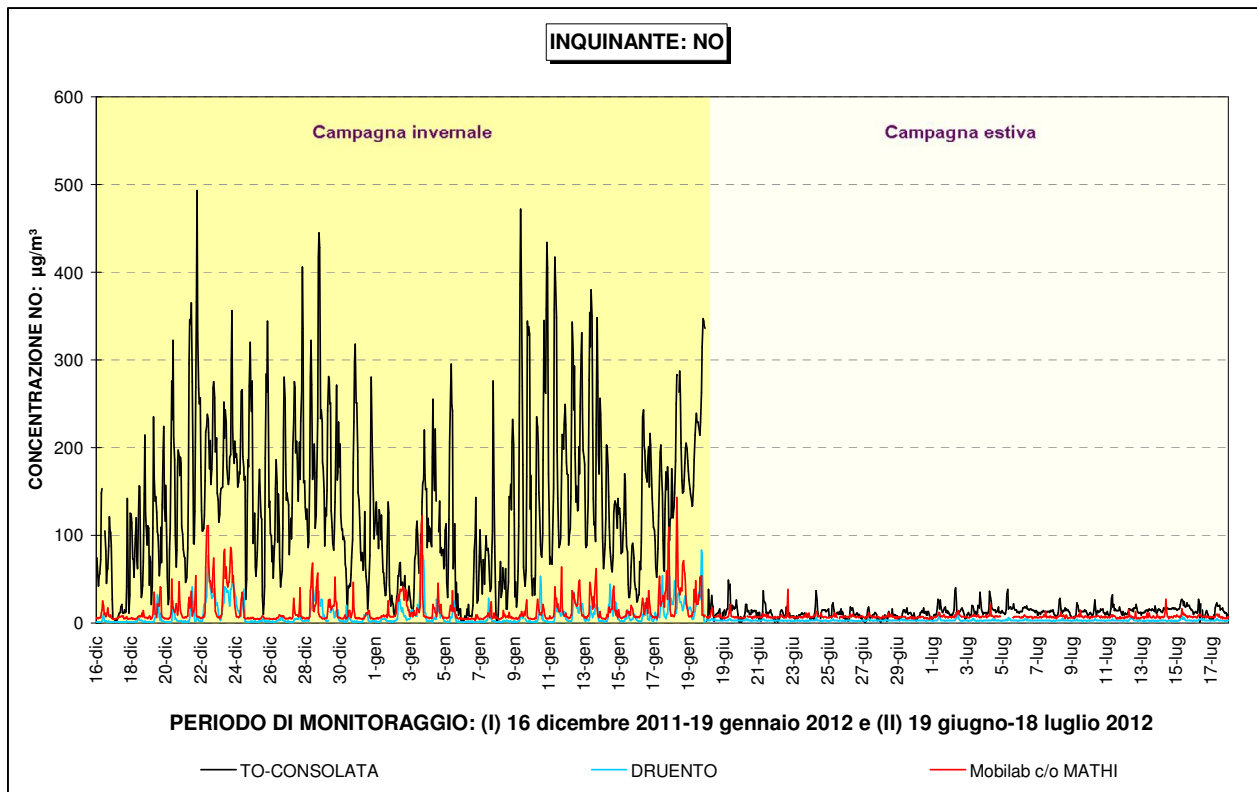
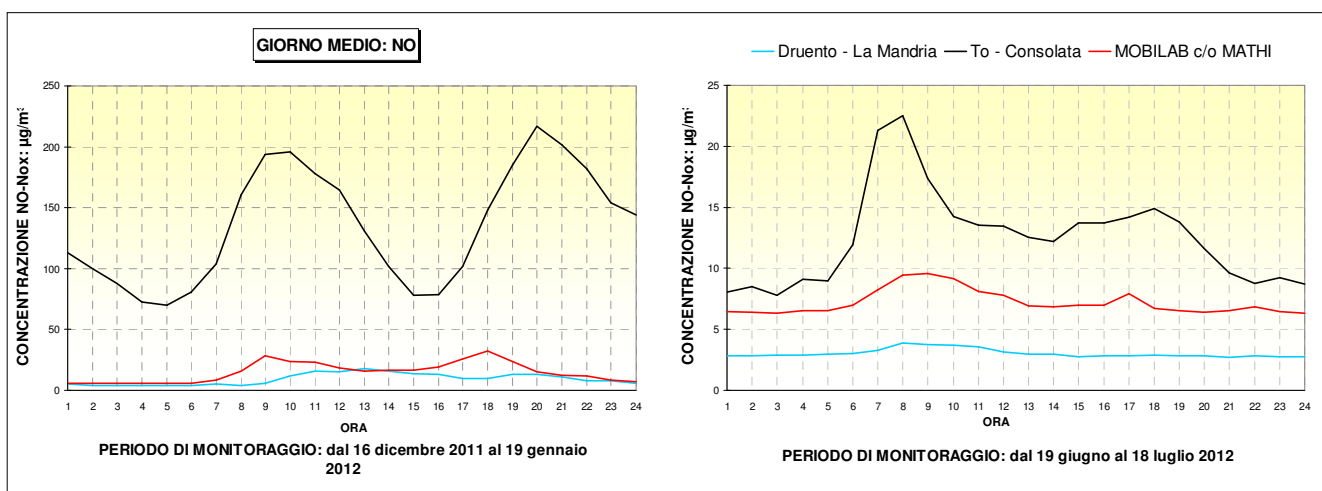


Figura 20 – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura.



Il **biossido di azoto** (NO₂) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché, in presenza di forte irraggiamento solare, entra a far parte del ciclo di 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, in parte derivante direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall’ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO).

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

Biossido di azoto	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	7.9	8.4
Massima media giornaliera	56	21
Media delle medie giornaliere (b):	30	16
Giorni validi	35	29
Percentuale giorni validi	100%	97%
Media dei valori orari	30	16
Massima media oraria	94	47
Ore valide	839	699
Percentuale ore valide	100%	97%
<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

Durante la campagna invernale di monitoraggio non si è avuto alcun superamento del limite orario di 200 µg/m³ (la normativa prevede che non venga superato più di 18 volte in un anno). Il livello medio orario di NO₂ misurato a Mathi nel periodo indagato è pari a 30 µg/m³. Tale concentrazione è confrontabile con il livello misurato nella stazione di Druento, una stazione di fondo rurale all’interno del Parco Regionale della Mandria (**Tabella 9** e **Figura 21**). Come atteso, le concentrazioni della campagna estiva si dimezzano rispetto alla stagione invernale: il valore medio orario è pari a 16 µg/m³ mentre la massima media oraria non raggiunge i 50 µg/m³.

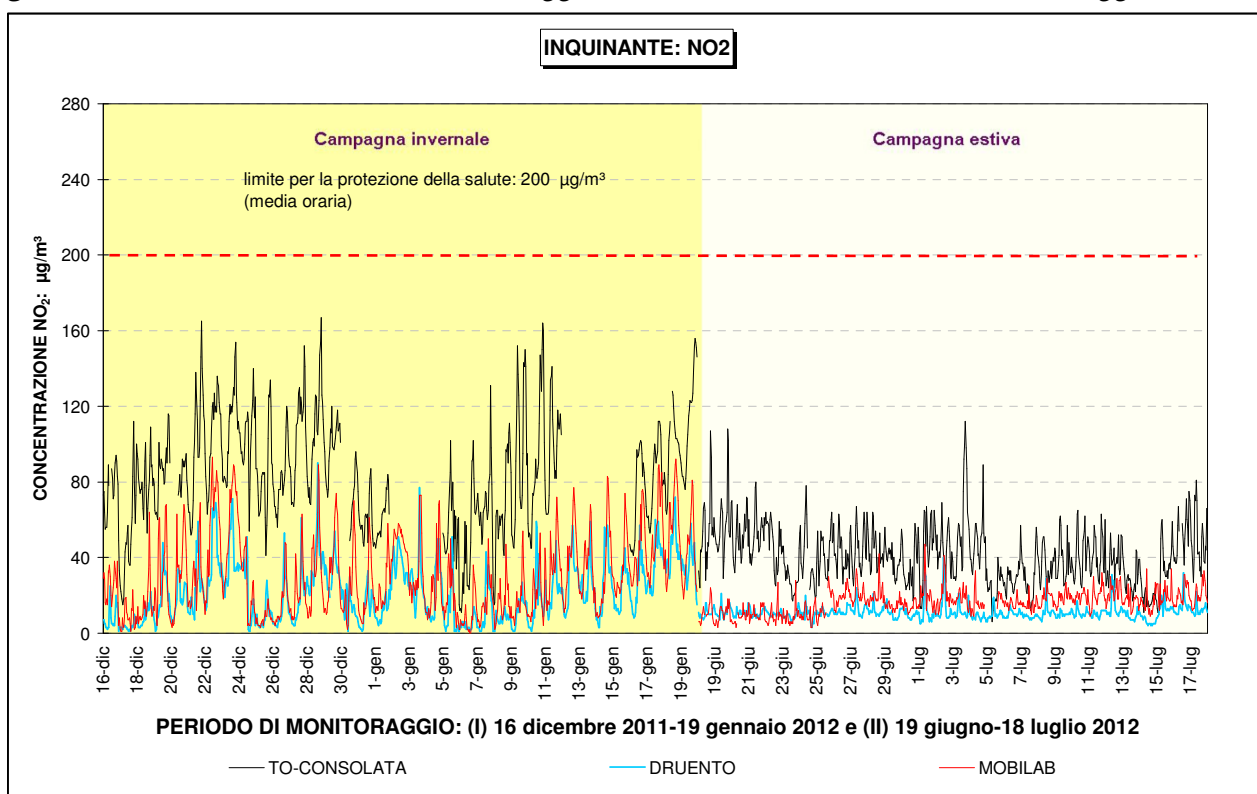
Osservando il grafico di **Figura 22**, che riporta il giorno medio (calcolato con le modalità indicate a pag.22), si nota che l’andamento del NO₂ nella campagna invernale è caratterizzato per tutte le stazioni da una campana che coinvolge diverse ore del mattino e da un picco serale, sempre più alto di quello mattutino. Anche nella campagna estiva, benché i valori siano complessivamente più bassi, si registrano i picchi mattutino e serale, più evidenti per le stazioni urbane, appena accennati per il sito di Mathi e la stazione di Druento – Parco della Mandria.

La normativa (D.Lgs 155 del 13/08/2010) prevede oltre al limite orario, il rispetto di un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. la durata complessiva del monitoraggio nel

comune di Mathi non permette in termini formali un confronto diretto con tale limite. Una semplice formula matematica, tuttavia, ci permette di stimare con buona approssimazione un valore di concentrazione annuale anche nei casi in cui le misurazioni reali non sono sufficienti a calcolare il dato annuale, come avviene normalmente per le campagne di misura con il mezzo mobile, necessariamente limitate nel tempo.

Secondo il procedimento descritto nella nota¹, è stato quindi stimato un valore annuale di NO₂ per il comune di Mathi pari a 25 µg/m³ (**Figura 23**), valore relativamente basso, inferiore al limite normativo di 40 µg/m³, e confrontabile con quello di altre stazioni suburbane di fondo della provincia di Torino (Pinerolo e Ivrea).

Figura 21 – NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio.



¹ Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, per la stazione di Druento che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Mathi; dal rapporto con la media dell'anno 2011 di Druento si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Mathi permette di ricavare la stima annuale;

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

dove

mc : media periodo campagne NO₂ di Mathi

Mc : media anno 2011 NO₂ di Mathi

mp : media periodo campagne NO₂ di Druento

Mp : media anno 2011 NO₂ di Druento

Figura 22 – NO₂ : andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio.

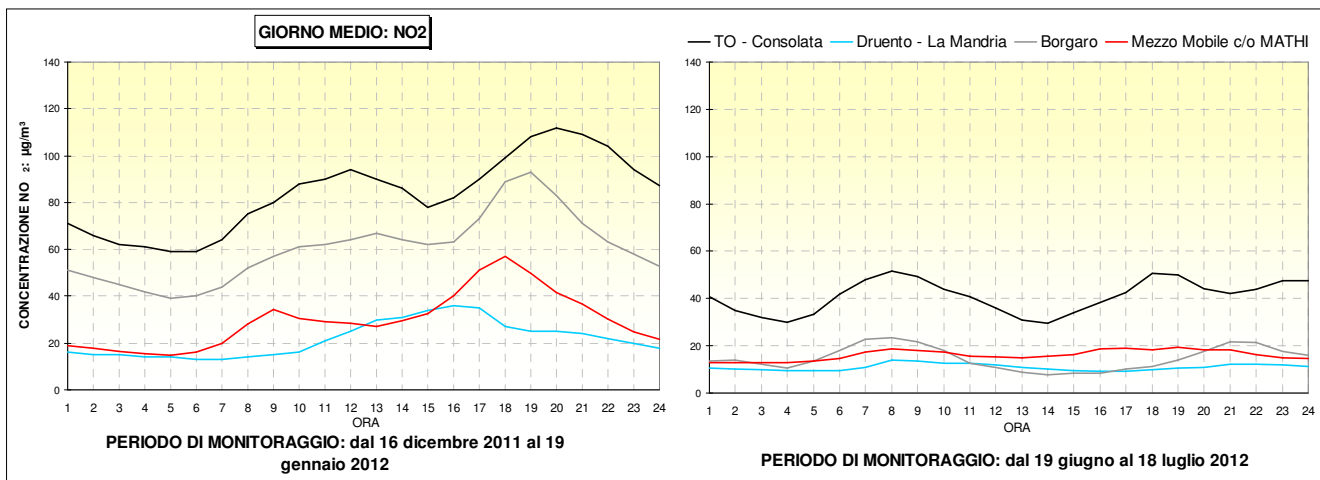
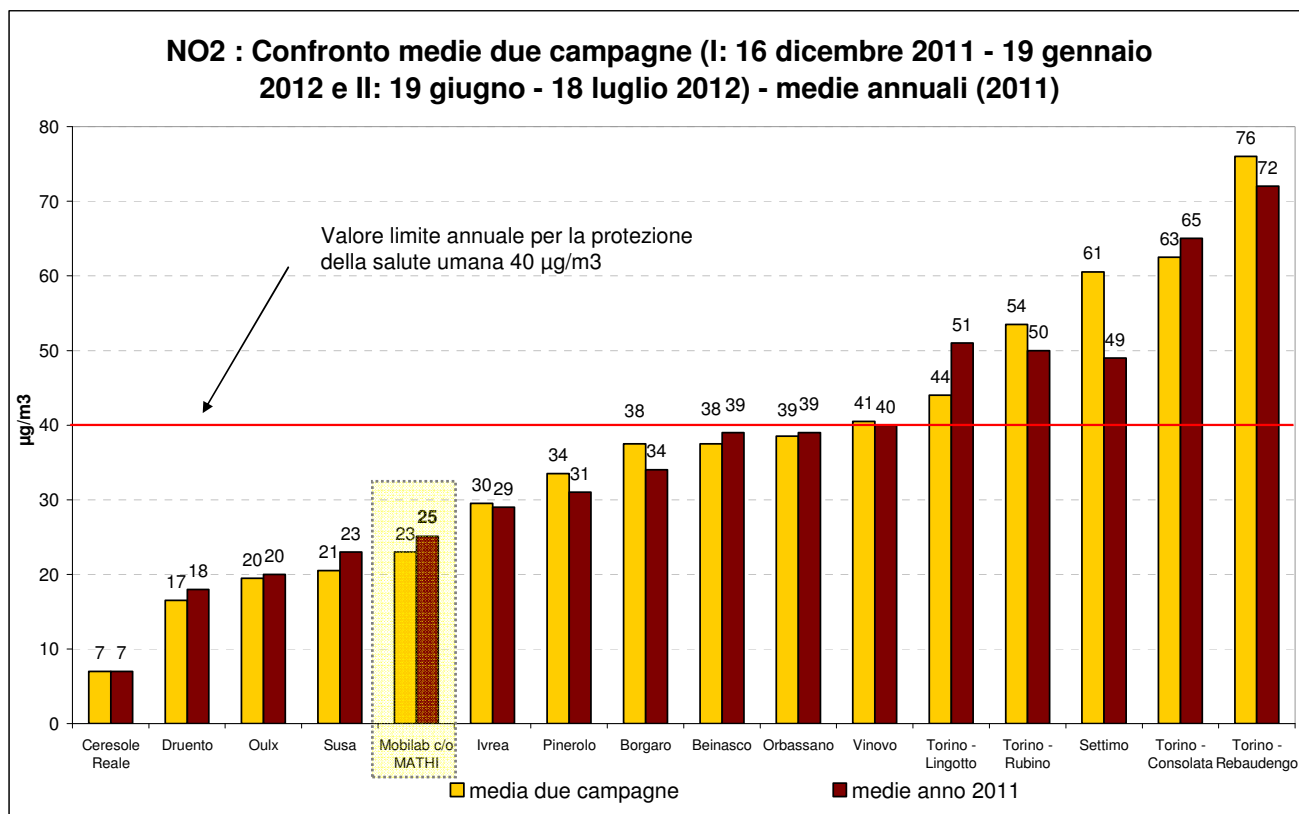


Figura 23 – NO₂ : medie annuali e somma delle medie dei periodi di misura in provincia di Torino.



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 dall'Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli **più del 70% del totale delle emissioni di benzene**.

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

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

Tabella 10 – Dati relativi al benzene e al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Benzene		Toluene	
	Inverno	Estate	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.1	0.4	3.3	1.0
Massima media giornaliera	4.1	2.2	8.5	21
Media delle medie giornaliere	2.2	1.0	5.0	5.0
Giorni validi	31	23	31	19
Percentuale giorni validi	89%	77%	89%	63%
Media dei valori orari	2.2	1.0	5.0	5.1
Massima media oraria	9.0	6.9	18	100
Ore valide	755	580	755	466
Percentuale ore valide	90%	81%	90%	65%

Durante il monitoraggio invernale nel Comune di Mathi è stata determinata una concentrazione media di benzene di $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 10**) ed in generale i valori delle medie orarie sono compresi tra 0.6 e $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con 21 valori orari superiori al limite annuo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Figura 24**).

L'inverno è il periodo più critico per tale inquinante, infatti nella campagna estiva valori massimi e minimi si abbassano così come la media del periodo che scende a $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dal momento che nella

campagna invernale il valore di benzene è stato al di sotto del limite di legge è verosimile supporre che il valore risultante da un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame non comporterebbe un superamento del limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa.

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

Nella prima campagna di Mathi la massima media giornaliera di toluene è pari a $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la massima media oraria è di $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in entrambi i casi si tratta di concentrazioni ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS (**Tabella 10**). Nella seconda campagna, pur rimanendo invariata la media dei valori orari rispetto al monitoraggio invernale ($5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), si evidenzia un picco di toluene nelle ore serali del 10 luglio, quando si registra la massima concentrazione oraria del periodo - $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -, come esemplificato nel grafico di dettaglio di **Figura 25**. Servono poi alcuni giorni perché il dato di toluene torni a valori propri del periodo e del sito di misura. Non si conoscono le cause di tale picco di concentrazione; dal momento che gli andamenti di monossido di carbonio e biossido di azoto non presentano alcun picco nello stesso periodo di tempo si deve dedurre che la causa sia diversa dal traffico veicolare, si ipotizza un probabile rilascio di solventi nell'area circostante il laboratorio mobile. In ogni caso si fa notare che il valore medio di toluene nella settimana dal 9 al 15 luglio è di $9.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di molto inferiore alle linee guida date dall'OMS.

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

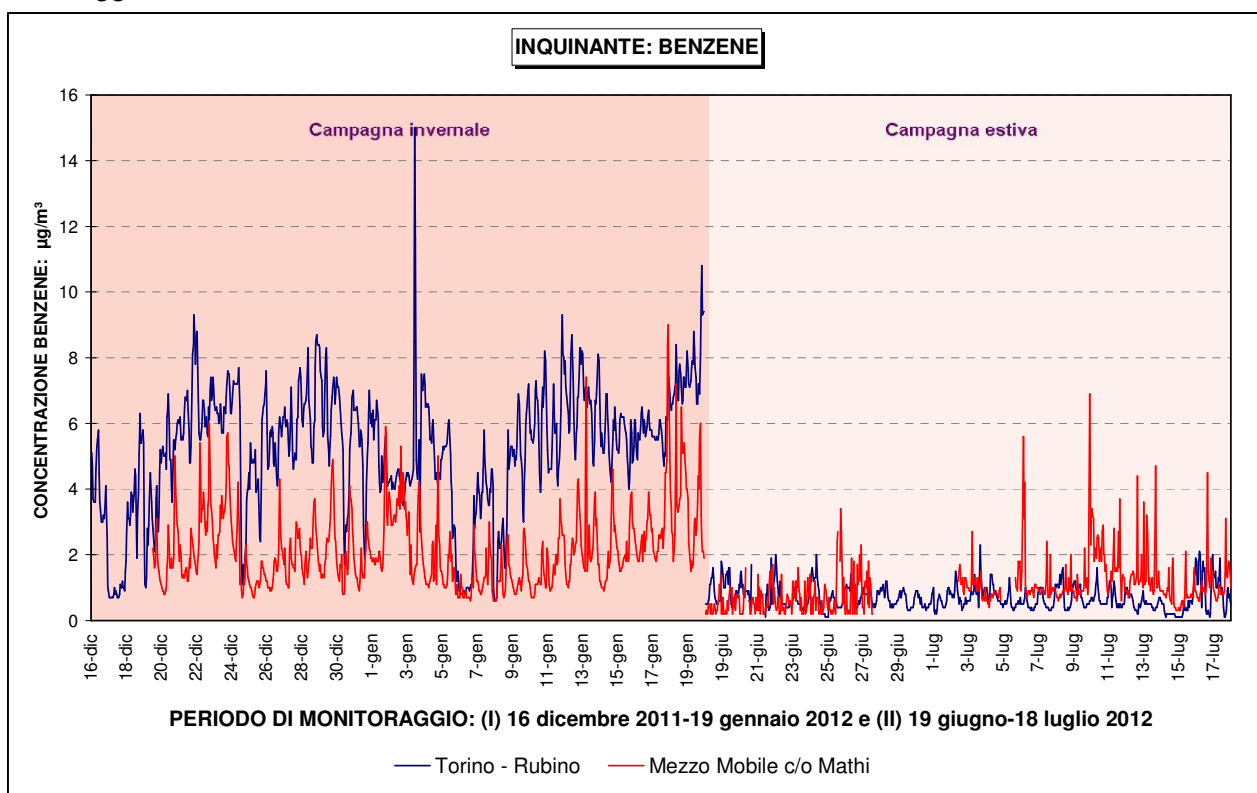
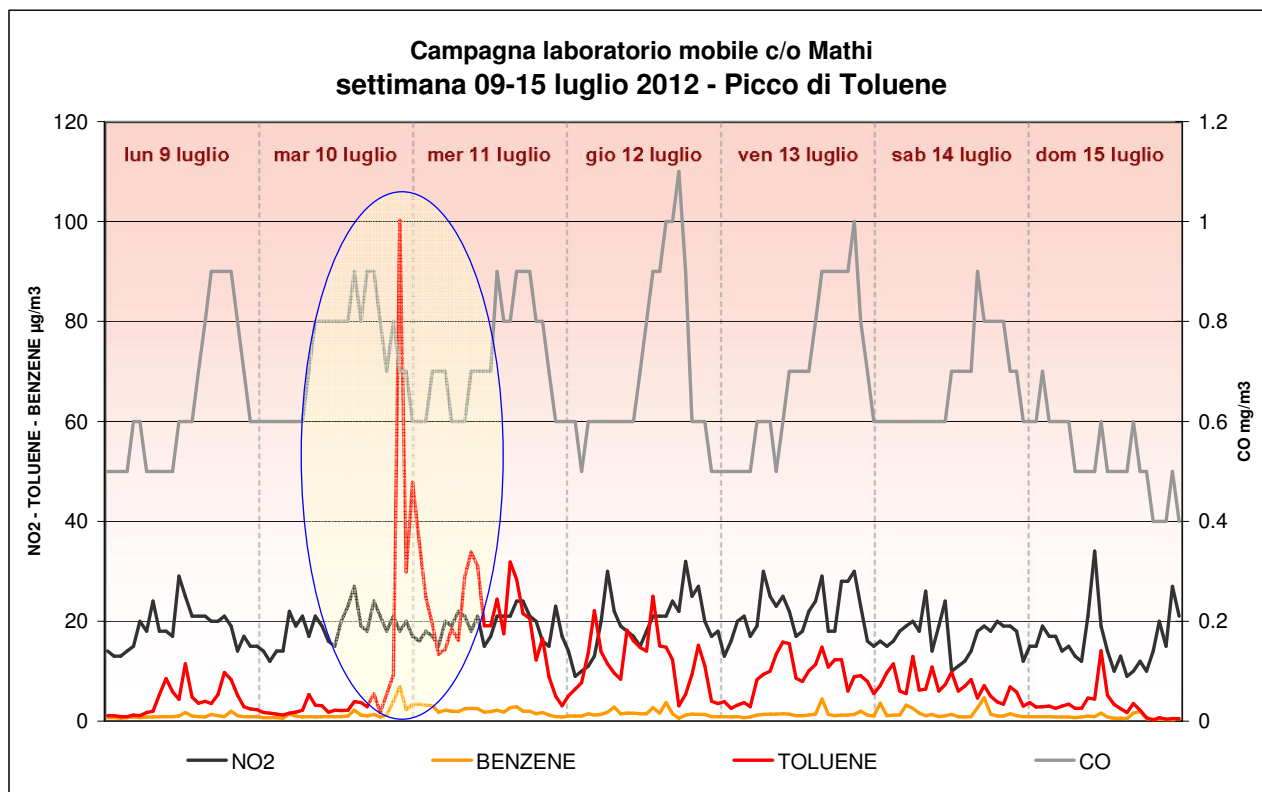


Figura 25 – Toluene: picco di concentrazione oraria nella settimana dal 9 al 15 luglio 2012.



Particolato Sospeso (PM10)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme del materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc. Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, 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 potendo penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazione di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti solo per il particolato PM₁₀, la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Si tratta della componente più pericolosa del particolato perché in grado di raggiungere facilmente la trachea e i bronchi, dove gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

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

Tabella 11 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³) presso il sito di monitoraggio.

PM ₁₀	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	5.0	13.0
Massima media giornaliera	102	47
Media delle medie giornaliere	35	29
Giorni validi	33	28
Percentuale giorni validi	94%	93%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	10	0

Durante la prima campagna di misura nel comune di Mathi sono state eseguite misure di particolato fine PM₁₀, per il quale sono disponibili 33 giorni di monitoraggio effettivo, dal 17 dicembre 2011 al 19 gennaio 2012, con un dato mancante il primo gennaio. Durante il campionamento ci sono stati 10 superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ di 50 µg/m³ (da non superare più di 35 volte per anno civile), mentre la media dei valori di particolato PM₁₀ è di 35 µg/m³. (**Figura 26**). Nella seconda campagna si hanno 28 giorni di misure effettive durante i quali non c'è stato alcun superamento del limite giornaliero di 50 µg/m³. La concentrazione media di polveri sottili è stata di 29 µg/m³.

In **Figura 27** vengono messi a confronto i valori di PM₁₀ registrati a Mathi con quelli misurati nelle stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria di Torino Consolata, Borgaro e Druento - La Mandria. Dal grafico si può notare che nella prima campagna i valori misurati dal Laboratorio Mobile seguono un andamento sovrapponibile a quello della stazione di fondo rurale di Druento, mentre risultano inferiori sia ai dati di Torino Consolata (come atteso) sia ai dati della centralina di Borgaro, situata in un'area suburbana di carattere residenziale. Nel periodo estivo i valori di tutte le stazioni

sono più bassi e omogenei tra loro, diversamente della campagna precedente i dati del laboratorio mobile non presentano una sostanziale differenza con l'andamento di Torino e Borgaro.

È possibile notare che in presenza di vento più sostenuto e/o di precipitazioni le concentrazioni delle polveri diminuiscono più o meno drasticamente per tutte le stazioni, tornando, nella stagione invernale, anche al di sotto del limite di legge giornaliero.

Nella **Figura 28** vengono confrontati i numeri di superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati nel periodo invernale (l'unico che li presenta) per le stazioni della rete fissa e per il laboratorio mobile. Nel comune di Mathi sono stati registrati in totale 10 superamenti, uno dei numeri più bassi della provincia di Torino, valori inferiori si trovano solo a Susa e nelle stazioni montane di Oulx e Ceresole.

Per il sito di Mathi non si dispone di una base dati annuale delle polveri sottili e quindi non è possibile in termini formali verificare il rispetto del numero massimo di superamenti del limite giornaliero previsto dalla normativa (35 in un anno). Si può fare tuttavia una valutazione di massima in base al confronto con le stazioni di monitoraggio della rete fissa provinciale. Nel periodo di monitoraggio considerato le stazioni fisse più prossime al sito di Mathi come numero di superamenti sono Druento e Pinerolo, rispettivamente 11 e 12 superamenti. Poiché su base annua in entrambe le stazioni il limite dei 35 giorni di superamento nel 2011 non è stato rispettato (61 superamenti a Druento e 57 a Pinerolo) è del tutto presumibile che anche nel sito di Mathi, come in tutta la pianura della provincia di Torino, tale limite non venga rispettato nel caso di un monitoraggio annuale.

Nella **Tabella 12** sono stati riassunti i dati di PM₁₀ per il laboratorio Mobile e le stazioni della rete fissa come media di ogni singolo periodo e come media dei due periodi. Per le stazioni della rete fissa è stata inoltre calcolata la media annuale per l'anno 2011 per potere verificare il rispetto del limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa.

Tabella 12 – Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anno 2011 e medie del periodo di campionamento PM₁₀ nella provincia di Torino.

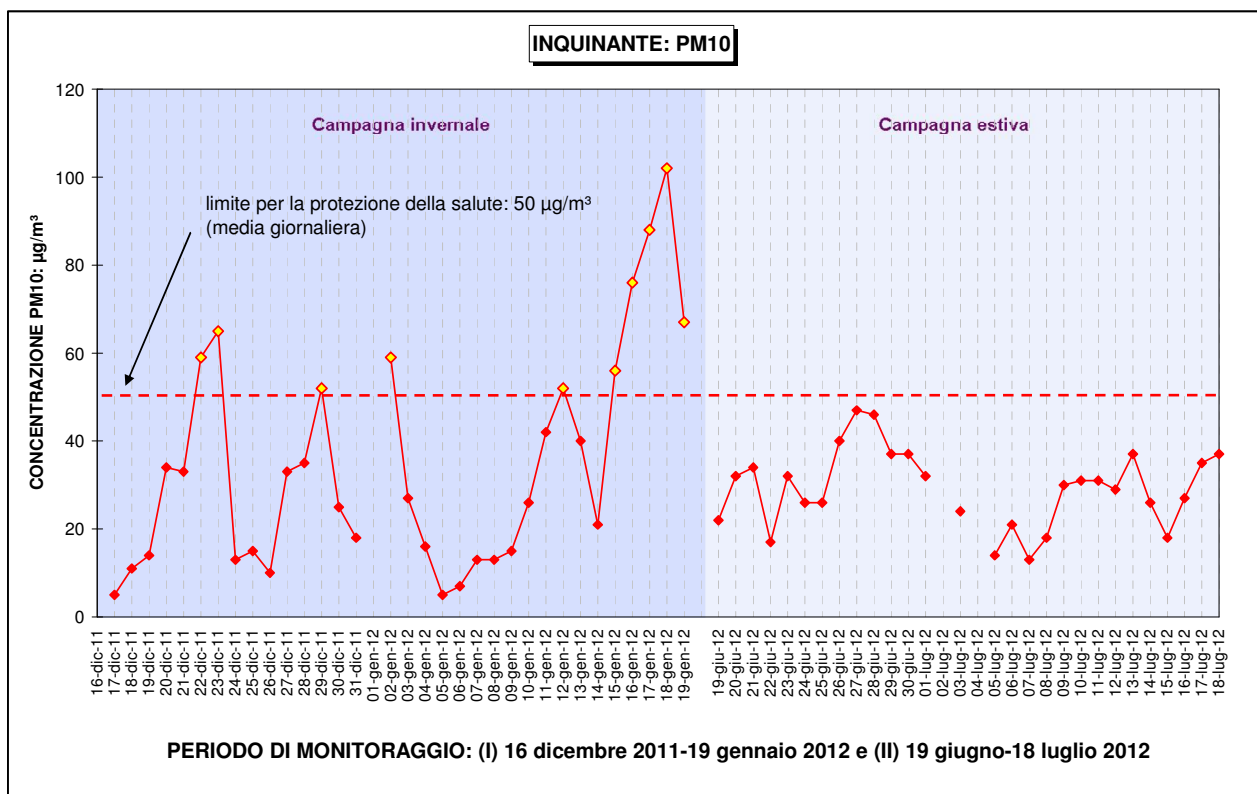
Stazioni di misura	Media periodo 16 dicembre 2011 – 19 gennaio 2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media periodo 19 giugno – 18 luglio 2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media due campagne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media anno 2011 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Ceresole Reale	5	12	8	8
Oulx	14	14	14	20
Susa	22	19	21	23
Pinerolo	40	19	29	32
Druento	39	21	30	31
Mathi - Mobilab	35	29	32	33*
Ivrea	57	20	38	35
Borgaro T.se	66	25	46	43
To - Lingotto	82	25	53	44
To - Rubino	84	24	54	47
Carmagnola	79	30	54	49
To - Consolata	84	29	56	50

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

La durata del monitoraggio svolto nel comune di Mathi è inferiore all'arco temporale stabilito dalla normativa per poter calcolare la media annuale da confrontare poi con il limite di legge; tuttavia è possibile effettuare una stima del valore di concentrazione annuale del PM₁₀ facendo ricorso alla stessa tipologia di formula matematica presentata in questa relazione nel capitolo sul biossido di azoto e riproposta, con le opportune modifiche, nella nota ².

Seguendo il procedimento descritto in nota, per il comune di Mathi è stata stimata una concentrazione media annua di PM₁₀ pari a 33 µg/m³ (**Figura 29**), valore inferiore al limite medio annuo stabilito dalla normativa e confrontabile con quello delle altre stazioni della rete regionale di riferimento (Druento, Pinerolo, Ivrea).

Figura 26 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute.



² Sono state calcolate le medie di PM₁₀ per lo stesso periodo in cui si è svolta la campagna di misura, per la stazione di Druento che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Mathi; dal rapporto con la media dell'anno 2011 di Druento si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Mathi permette di ricavare la stima annuale;

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

dove

mc : media periodo campagne PM₁₀ di Mathi

Mc : media anno 2011 PM₁₀ di Mathi

mp : media periodo campagne PM₁₀ di Druento

Mp : media anno 2011 PM₁₀ di Druento

Figura 27 – Particolato sospeso PM_{10} : confronto con altre stazioni di monitoraggio.

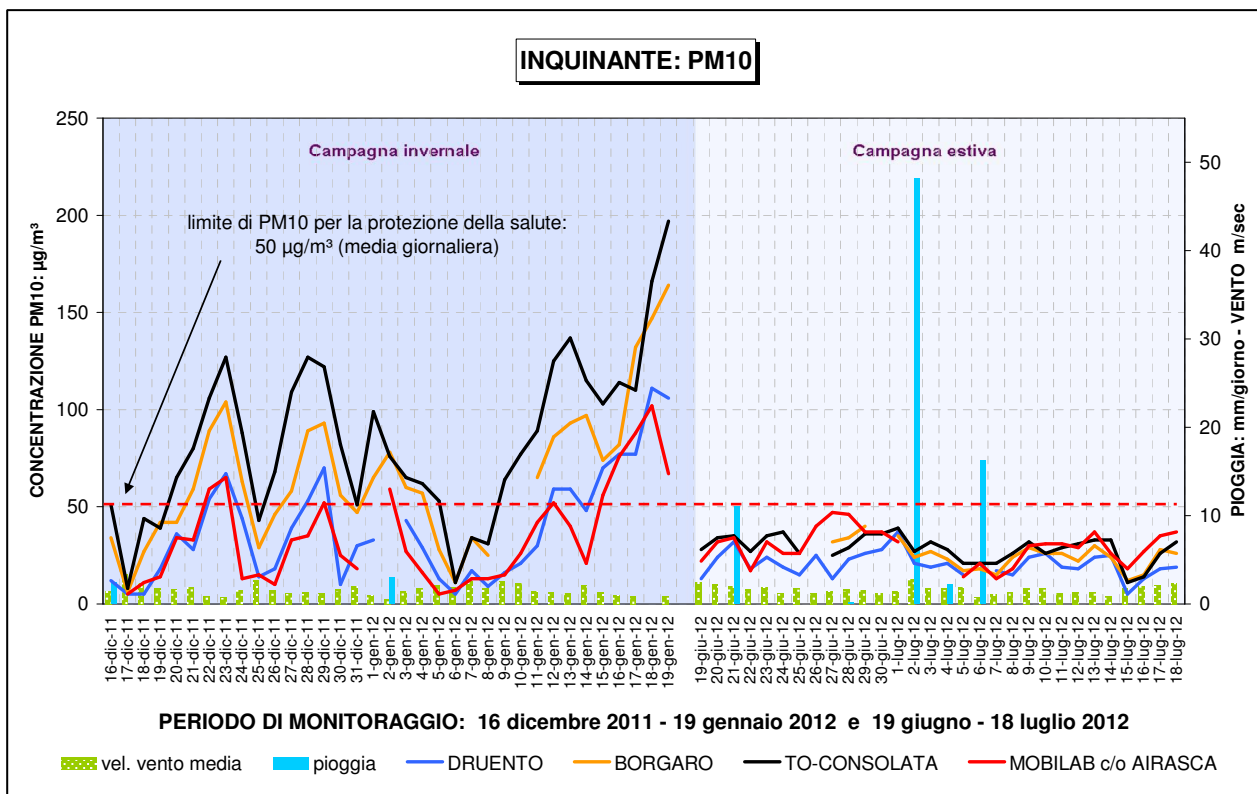


Figura 28 – Particolato sospeso PM_{10} : numero di superamenti del valore limite giornalieri in provincia di Torino nel corso della prima campagna.

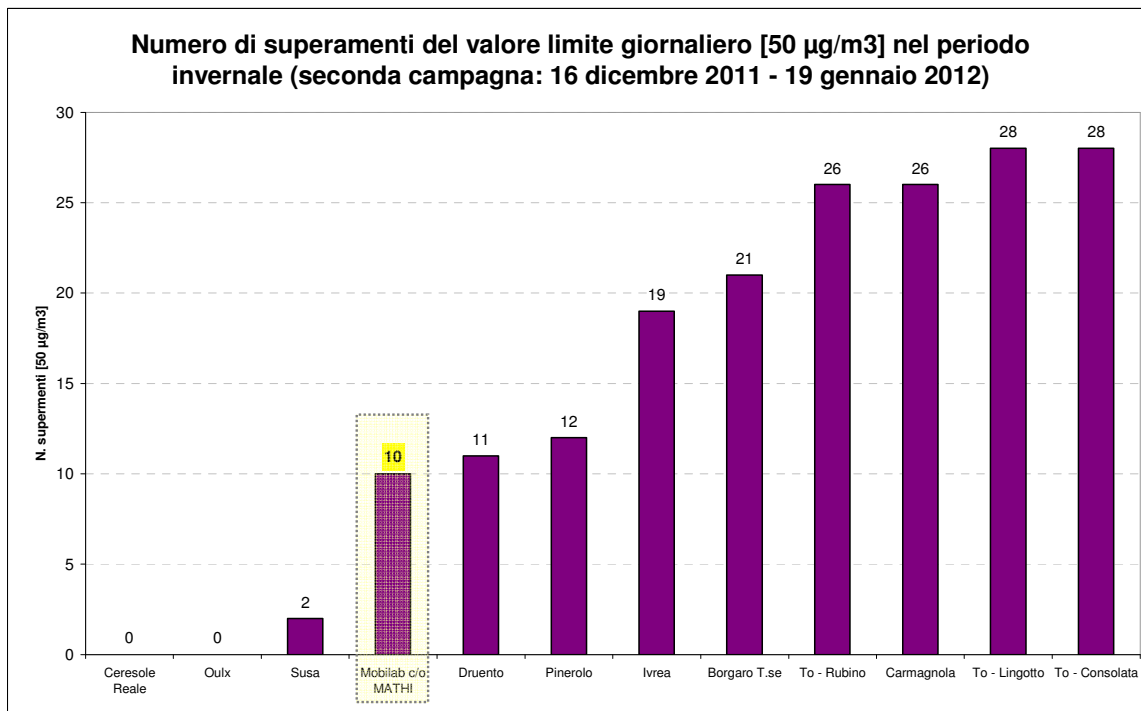
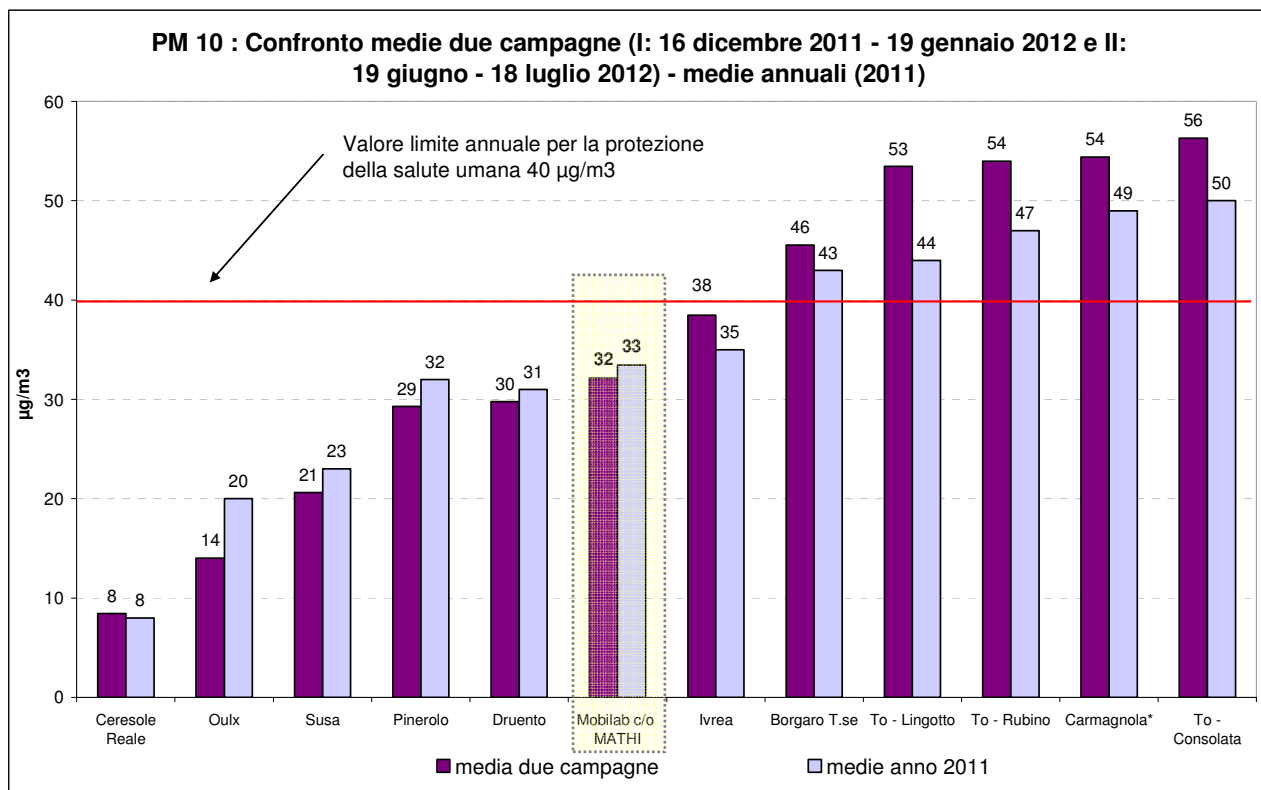


Figura 29 – Particolato sospeso PM_{10} : confronto medie anno 2011 e medie delle due campagne di misura nella provincia di Torino.



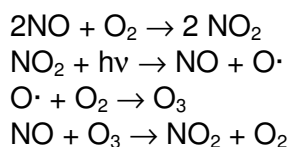
Ozono

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, ma si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC).

Le concentrazioni più elevate di ozono si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

In forma semplificata, 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).

Tabella 13 – Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ozono	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	8.1	52
Massima media giornaliera	68	123
Media delle medie giornaliere (b):	38	79
Giorni validi	35	29
Percentuale giorni validi	100%	97%
Media dei valori orari	38	79
Massima media oraria	83	188
Ore valide	839	699
Percentuale ore valide	100%	97%
Minimo medie 8 ore	6.3	35
Media delle medie 8 ore	38	79
Massimo medie 8 ore	75	167
Percentuale medie 8 ore valide	100%	97%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)	0	39
<u>N. superam. dell'obiettivo a lungo termine protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	7
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	2
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	1
<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

Nel corso della prima campagna di misura nel comune di Mathi, la media dei valori orari di ozono è di $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La seconda campagna si è svolta d'estate quando i valori di ozono sono normalmente più alti, e infatti la media dei valori orari - $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - è raddoppiata rispetto all'inverno precedente mentre la massima media oraria registrata è $188 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In **Figura 30** viene riportata la concentrazione oraria di ozono a Mathi e nelle stazioni fisse di Lingotto e Druento: i tre siti presentano un andamento comparabile per tutto il periodo di campionamento, anche se in alcuni giorni della prima campagna di misura il Laboratorio Mobile ha registrato massimi più alti delle altre stazioni di riferimento.

Durante la campagna di monitoraggio invernale, com'è lecito attendersi, non c'è stato alcun superamento dei limiti normativi previsti. Nella campagna dal 19 giugno al 18 luglio 2012, invece, ci sono stati 39 superamenti del livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), concentrati in 7 dei 29 giorni di campionamento (Figura 29); è stato quindi superato 7 volte l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nello stesso periodo ci sono stati anche due superamenti del livello d'informazione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria (**Figura 30** e **Figura 31**). D'altronde il periodo critico per questo inquinante è proprio la stagione estiva, in cui la concentrazione di ozono può raggiungere valori molti alti e superare più volte i limiti di legge. La normativa attualmente in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire dal 2010 il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni³.

Nel caso della campagna di misura nel comune di Mathi non è possibile applicare formalmente questo limite normativo avendo a disposizione solo un paio di mesi di misurazioni. Sono stati registrati solo 7 superamenti nel periodo indagato, ma ciò non significa che un campionamento esteso a tutto l'anno non avrebbe portato ad uno sfioramento del limite di legge. La **Tabella 14** riassume i dati dell'ozono relativi ai periodi indagati e all'anno 2011 per le stazioni di misura della rete fissa e per il sito di monitoraggio di Mathi. Come si osserva dalla tabella, tutte le stazioni della rete fissa hanno superato il valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come max media 8h > 120 più di 25 volte nel corso del 2011. Presumibilmente anche nel sito di Mathi dove sono stati misurati valori molti simili a quelli rilevati negli stessi periodi nelle stazioni di Vinovo e Torino Lingotto verrebbe superato tale limite qualora l'ozono venisse monitorato in continuo per un anno intero.

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

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

³ Il primo valore di confronto verrà quindi calcolato nel 2013 in riferimento al triennio 2010-2012.(D.Lgs. 155/2010 All VII.2 nota 1)

Figura 30 – O₃: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge.

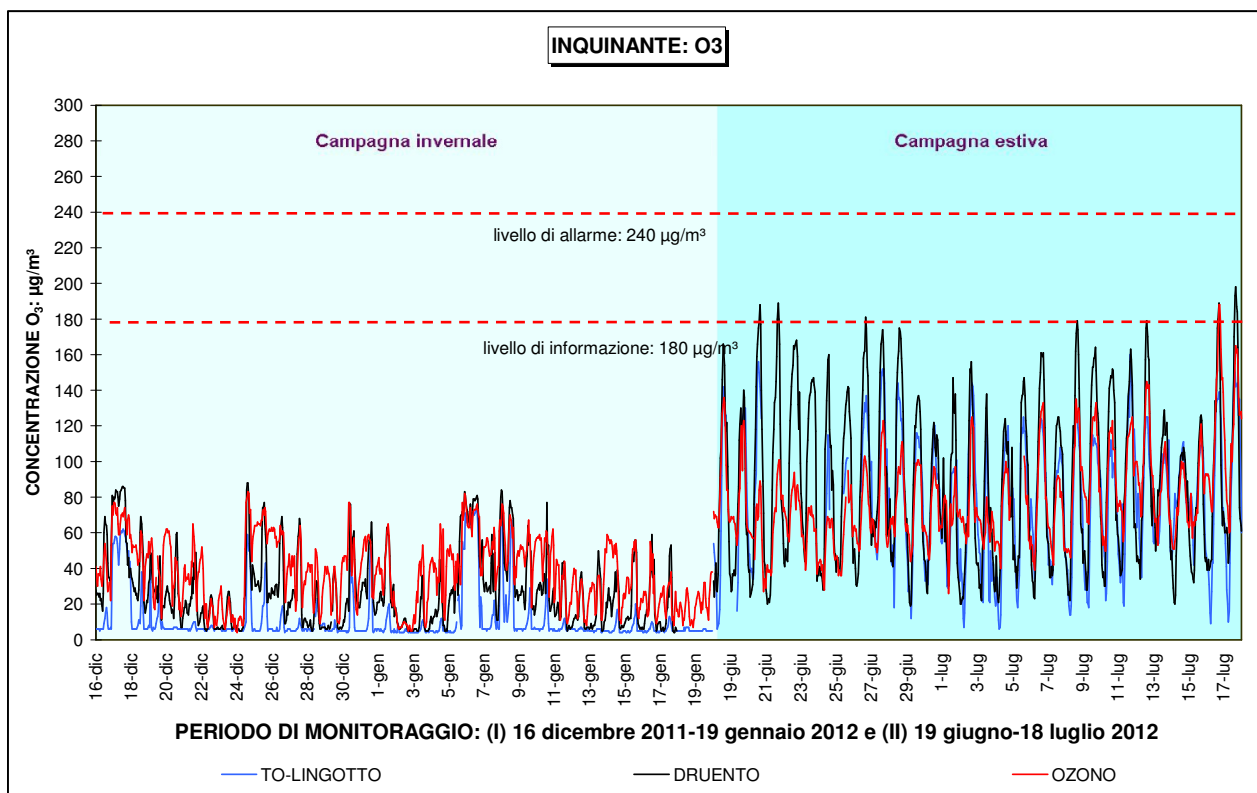


Figura 31 – O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore).

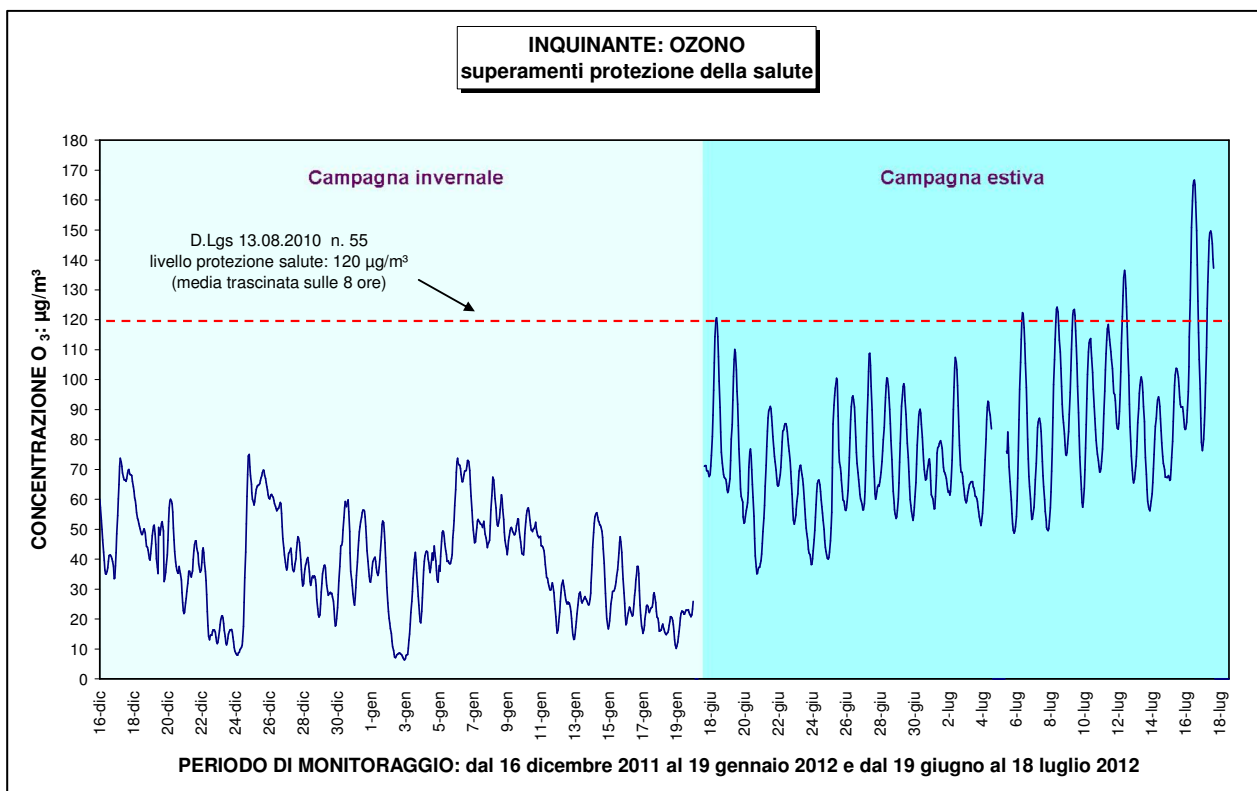


Tabella 14 – Dati relativi alle concentrazioni di ozono in provincia di Torino.

Stazioni di misura	media O ₃ (µg/m ³) I CAMPAGNA (16 dic 2011 -19 gen 2012)	media O ₃ (µg/m ³) II CAMPAGNA (19 giu - 18 lug 2012)	N. superamenti O ₃ II CAMPAGNA	N. superamenti O ₃ anno 2011
Ceresole	75	99	15	70
Druento	28	88	22	93
Ivrea	22	81	13	39
Orbassano	21	88	20	60
Pinerolo	25	77	2	46
Susa	40	77	10	36
Mobilab c/o Mathi	38	79	7	-
Torino Lingotto	12	79	8	30
Vinovo	16	70	9	71

ANALISI DEL TRAFFICO VEICOLARE

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

Per meglio comprendere l'andamento degli inquinanti da traffico veicolare, nel comune di Mathi si è scelto di misurare oltre ai parametri meteorologici anche il flusso veicolare presente sul territorio. In accordo con l'amministrazione comunale è stato quindi posizionato uno strumento conta traffico radar su un lampione dell'illuminazione pubblica di via Trieste, nell'area maggiormente interessata dal traffico commerciale da e verso le attività produttive del comune e a poche decine di metri dal sito in cui è stato svolto il monitoraggio con il laboratorio mobile (**Figura 32**).

Il periodo di monitoraggio è coinciso con quello delle campagne di misura della qualità dell'aria svolte; tuttavia un problema tecnico di funzionamento dello strumento ha reso inutilizzabili i dati della prima parte della campagna invernale e due giorni centrali della campagna estiva. Il periodo di misura effettivo è stato quindi:

- dal 4 al 16 gennaio 2012 durante la I campagna
- dal 19 giugno al 17 luglio 2012 durante la II campagna.

Figura 32 - Sito di monitoraggio del traffico.



Su ciascun veicolo in transito sulla sezione stradale su cui è collocato, il conta traffico è in grado di acquisire informazioni quali:

- data e ora di transito
- direzione del veicolo
- velocità di transito del veicolo
- lunghezza del veicolo

Il programma di lettura dei dati è inoltre in grado di individuare in modo automatico cinque classi veicolari distinte in base alla lunghezza del mezzo di trasporto⁴. Transporter, autocarri e autotreni costituiscono la componente pesante del traffico veicolare (si suppone per essi un'alimentazione prevalentemente diesel), ciclomotori e automobile (motori a benzina) quella leggera.

In sede di analisi dei dati è stata innanzitutto calcolata la media giornaliera dei passaggi veicolari totali e nei due periodi di misura (**Tabella 15**). La media giornaliera si ricava dal rapporto tra il numero totale di veicoli conteggiati dallo strumento e il numero dei giorni della campagna.

Tabella 15 - Medie giornaliere di passaggi veicolari.

Mobilab c/o MATHI Dati contatraffico	I campagna (2° parte) 04 - 16 gennaio 2012 veicoli/giorno	II campagna 19 giugno - 17 luglio 2012 veicoli/giorno
Media giornaliera di veicoli leggeri	1537	1946
Media giornaliera di veicoli pesanti	748	607
Media giornaliera di veicoli totali	2285	2552
Media delle medie giornaliere campagne I+II ⁽¹⁾	2419	
Media complessiva campagne I+II ⁽¹⁾	2458	

⁽¹⁾ La media delle medie giornaliere e la media complessiva non coincidono a causa del diverso numero di giorni di misura dei due periodi considerati.

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

Il numero complessivo di passaggi medi giornalieri nel periodo valido è di **2458** veicoli/giorno. In base alle Linee guida APAT sopracitate (capitolo 4 - tipologia e numero delle stazioni per la valutazione dell’esposizione della popolazione negli agglomerati - nota 2), tale valore individua per la strada indagata – suburbana, a carattere residenziale - una condizione di medio volume di traffico essendo i passaggi giornalieri compresi tra 2.000 e 10.000 veicoli/giorno. Si potrebbe ipotizzare in realtà una condizione di medio/basso volume di traffico dal momento che il valore trovato – 2458 veicoli/giorno - è prossimo al limite inferiore della categoria individuata.

Analizzando più nel dettaglio i dati si possono ottenere indicazioni sulla composizione del traffico veicolare, cioè sulla frequenza di passaggi delle varie tipologie di veicoli nel periodo indagato (**Figura 33**). Il grafico mostra che nel sito di Mathi la categoria maggiormente rappresentata è quella delle automobili, che costituiscono ben il 70% dei veicoli registrati dallo strumento; il traffico pesante - autocarri, autotreni e transporter intesi come furgoni e simili – supera di poco il 26% del totale dei passaggi, mentre è esiguo il numero di mezzi di trasporto di lunghezza inferiore a 2.26 metri (motocicli).

Si è pensato quindi di mettere a confronto i dati sulla composizione del traffico veicolare di Mathi con quella di un sito fortemente urbanizzato come una via centrale del comune di Torino in un periodo

⁴ Classi veicolari individuate dal programma di lettura dei dati radar:

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

analogo di dodici giorni (5 -16 gennaio 2012 per Mathi e 30 dicembre 2010 - 10 gennaio 2011 per Torino). La campagna nel capoluogo piemontese si è svolta nel 2011 - più o meno nello stesso periodo dell'anno di quella avvenuta a Mathi nel 2012 - lungo corso Inghilterra, davanti alla nuova sede della Provincia di Torino. I volumi di traffico ovviamente non sono paragonabili in numeri assoluti, ma come si osserva dai grafici della **Figura 34**, la distribuzione percentuale dei veicoli nelle varie categorie risulta molto simile. In particolare la somma di autotreni e autocarri è praticamente la stessa (10.28% del totale per il sito di Torino, 10.21% per il sito di Mathi), mentre nel sito di Mathi sono maggiori i passaggi delle automobili e minori quelli dei transporter, veicoli con lunghezza inferiore a 5.85 metri.

Figura 33 - Composizione in percentuale del traffico veicolare nei due periodi di misura a Mathi.

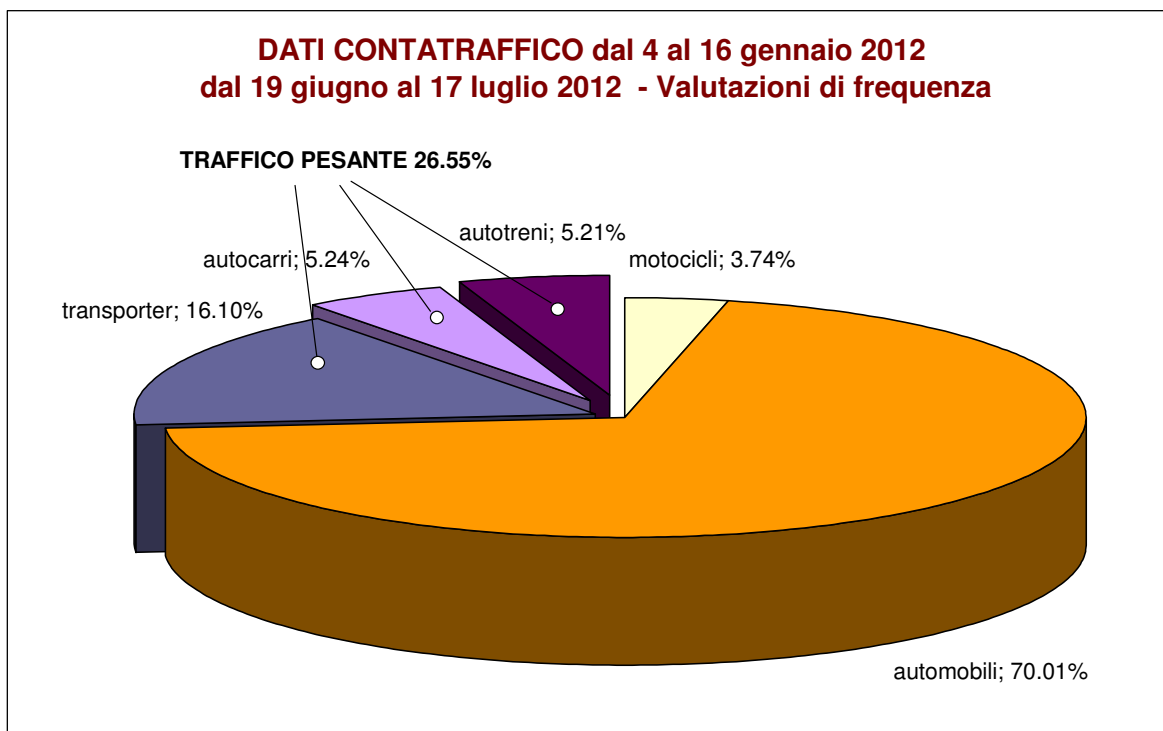
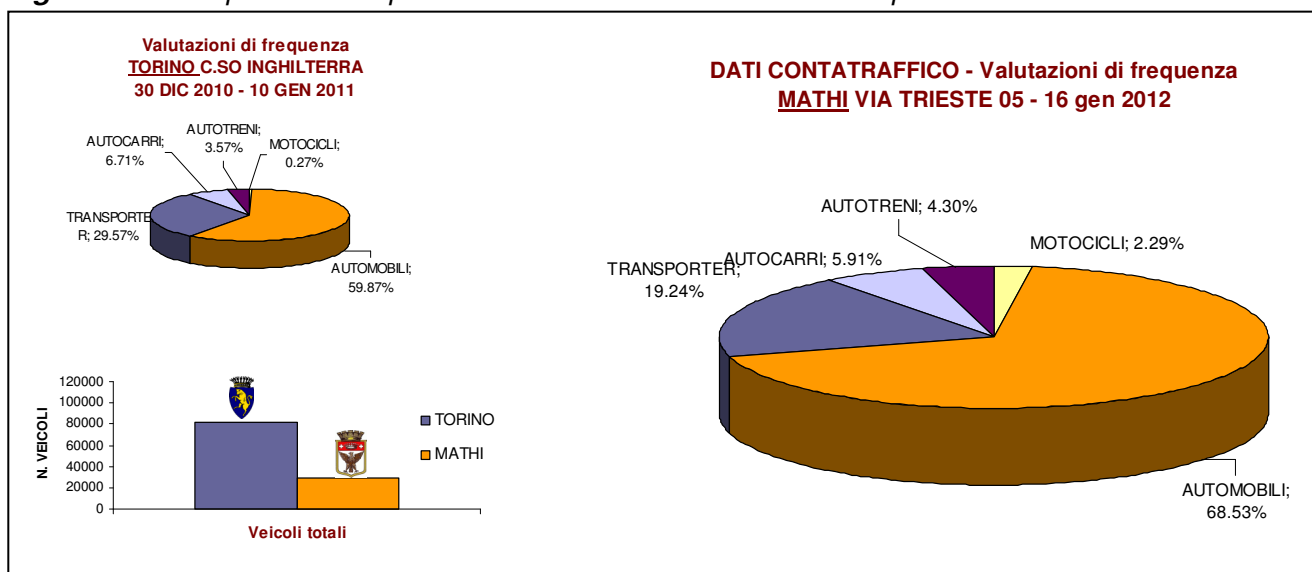


Figura 34 - Composizione in percentuale del traffico veicolare in un periodo invernale.



Nella **Figura 35** viene mostrata invece la distribuzione settimanale del traffico su strada: come atteso, il numero di passaggi veicolari è più elevato nei giorni lavorativi – il valore massimo per quasi tutte le categorie si registra nella giornata di giovedì - più basso il sabato e, soprattutto, la domenica.

Si è voluto poi confrontare direttamente i dati di traffico con le concentrazioni dei principali inquinanti misurati con il laboratorio mobile sito nel comune di Mathi.

La **Figura 36** mostra l'andamento del numero totale di veicoli in rapporto alla concentrazione oraria di ossidi di azoto - NO_x - parametro dato dalla somma di NO e NO_2 . Nella campagna invernale è possibile rilevare una corrispondenza diretta tra i dati di traffico orario e la concentrazione di inquinanti misurata nel sito di Mathi. Nella campagna estiva i dati di NO_x sono più bassi ed è più difficile trovare una precisa corrispondenza tra gli andamenti dei due parametri, se non per la comune diminuzione dei valori durante i fine settimana (giorni evidenziati in grigio nel grafico). La buona corrispondenza dei due parametri dipende dal fatto che gli NO_x sono in gran parte costituiti da monossido di azoto, un inquinante primario che è adatto a descrivere bene un inquinamento di carattere locale.

Si è messo poi a confronto il dato aggregato relativo al traffico pesante – mezzi a prioritaria alimentazione diesel - con le concentrazioni giornaliere di PM_{10} (**Figura 37**). Si osserva in genere un abbassamento dei valori di entrambi i parametri nelle giornate di sabato e domenica (in grigio nel grafico), riduzione più evidente per il numero di veicoli pesanti, meno per le polveri. D'altronde le concentrazioni di inquinanti non sono influenzate dalle sole emissioni in atmosfera, ma anche dalle condizioni meteorologiche. Ciò è vero soprattutto d'inverno quando fenomeni di stabilità atmosferica possono portare a condizioni di inversione termica al suolo che favoriscono la stagnazione degli inquinanti nei primissimi strati dell'atmosfera. Il valore molto elevato di PM_{10} registrato il 16 gennaio, è, infatti, la probabile conseguenza di una condizione di stabilità atmosferica che perdura nel tempo.

Si è infine confrontato in **Figura 38** il dato di benzene con il numero di veicoli a principale alimentazione a benzina (motocicli e automobili). In questo caso si osserva una buona correlazione tra l'andamento orario del benzene in atmosfera e il numero di passaggi dei veicoli alimentati a benzina. D'altronde è fatto noto che la concentrazione di benzene in atmosfera ha un'origine prioritaria nel traffico veicolare leggero.

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

- Il volume di traffico segue un andamento settimanale tipico: più elevato nei giorni lavorativi, decisamente più basso nel fine settimana. Il sabato e la domenica diminuisce il numero totale di veicoli, ma anche singolarmente quello di ogni categoria di mezzi di trasporto. La riduzione è evidente in particolare per gli autotreni che passano da una media di 173 passaggi giornalieri durante la settimana a 3 veicoli al giorno la domenica.
- Non vi è una sostanziale differenza nel numero di passaggi veicolari tra la prima campagna, invernale, e la seconda, estiva.
- Lo studio svolto mostra che alcuni parametri, NO_x e Benzene, come atteso, sono diretta conseguenza del traffico veicolare, mentre la concentrazione di parametri quali le polveri PM_{10} , risente dell'influenza di più fattori contemporaneamente, tra i quali la meteorologia ha un ruolo fondamentale soprattutto nel periodo invernale.
- Infine, la composizione in classi veicolari a Mathi è simile a quella trovata in altre stazioni di misura e i volumi di traffico sono nettamente inferiori a quelli di una stazione di monitoraggio urbano, come evidenziato dal confronto con i dati di una campagna di misura svolta in una strada del centro cittadino del capoluogo piemontese.

Figura 35 - Distribuzione settimanale dei passaggi veicolari nel sito di Mathi, via Trieste.

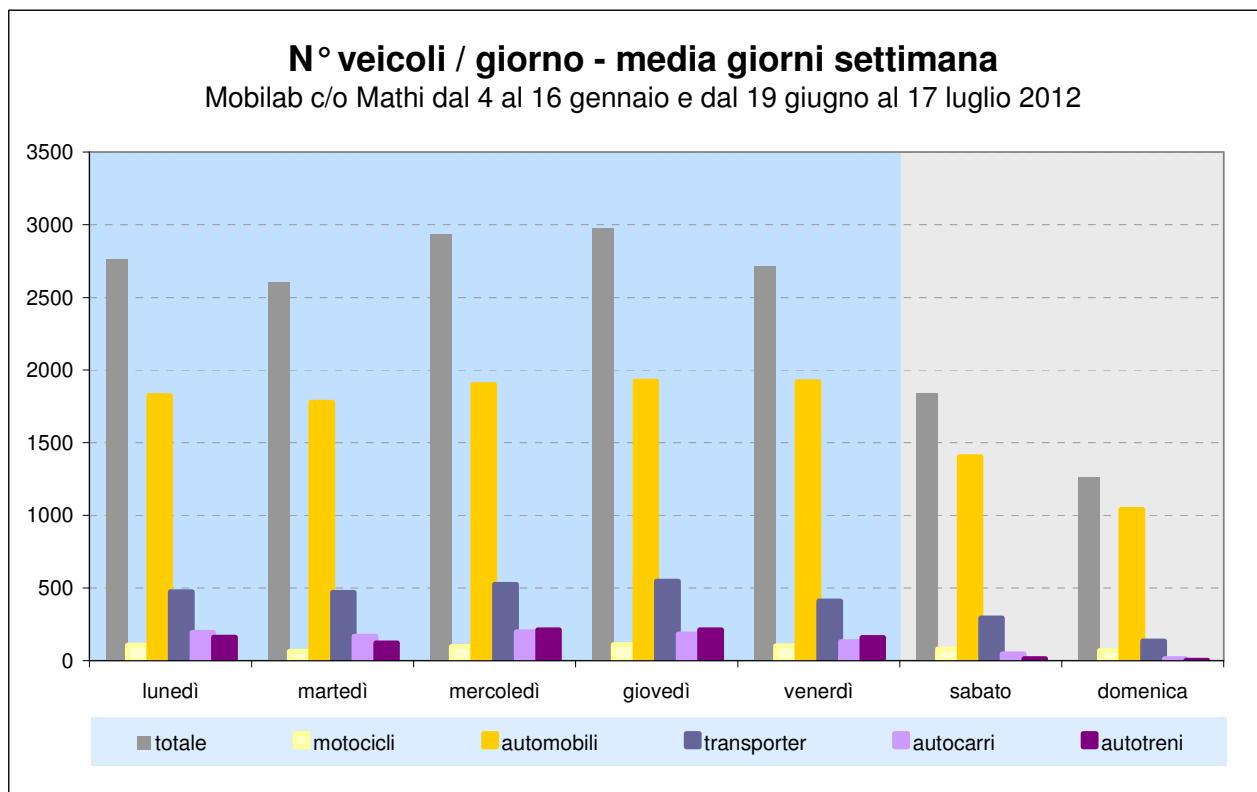


Figura 36 - Confronto NO_x – traffico TOTALE durante le due campagne di misura a Mathi.

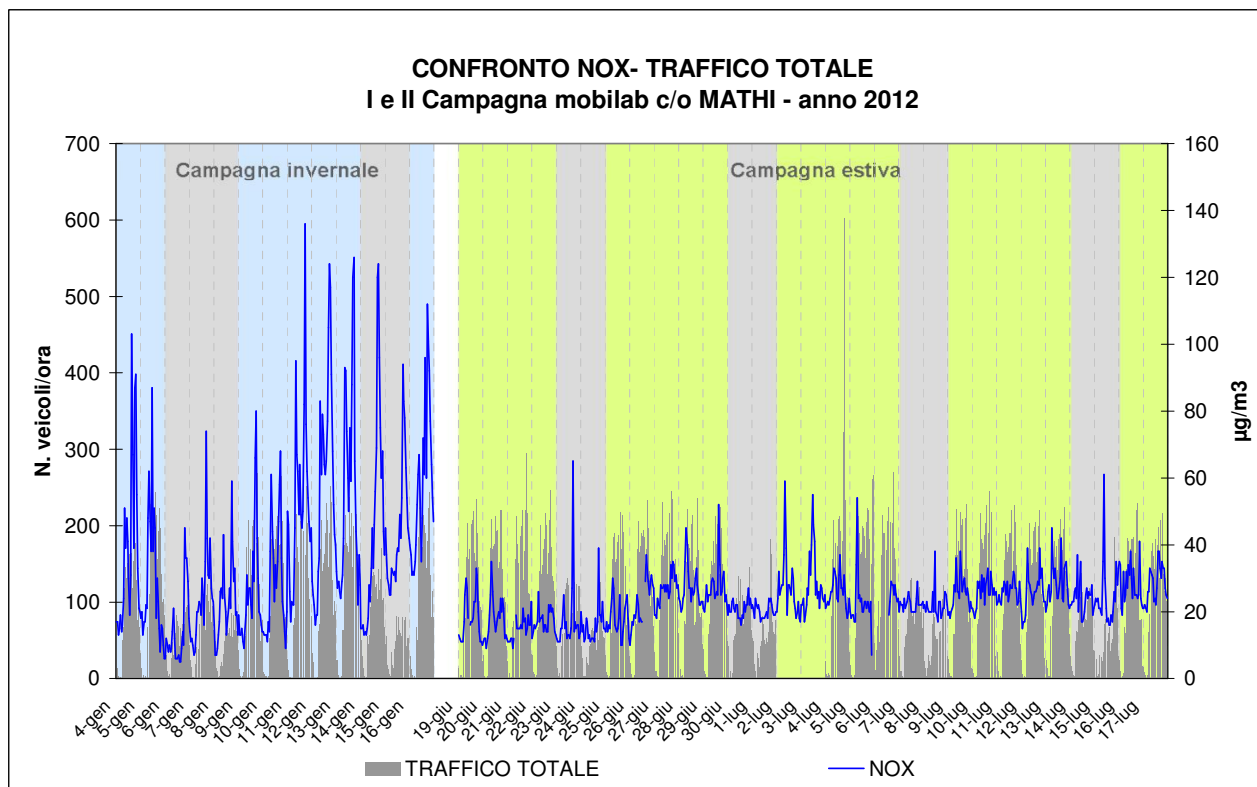


Figura 37 - Confronto PM10 – traffico PESANTE durante le due campagne di misura a Mathi.

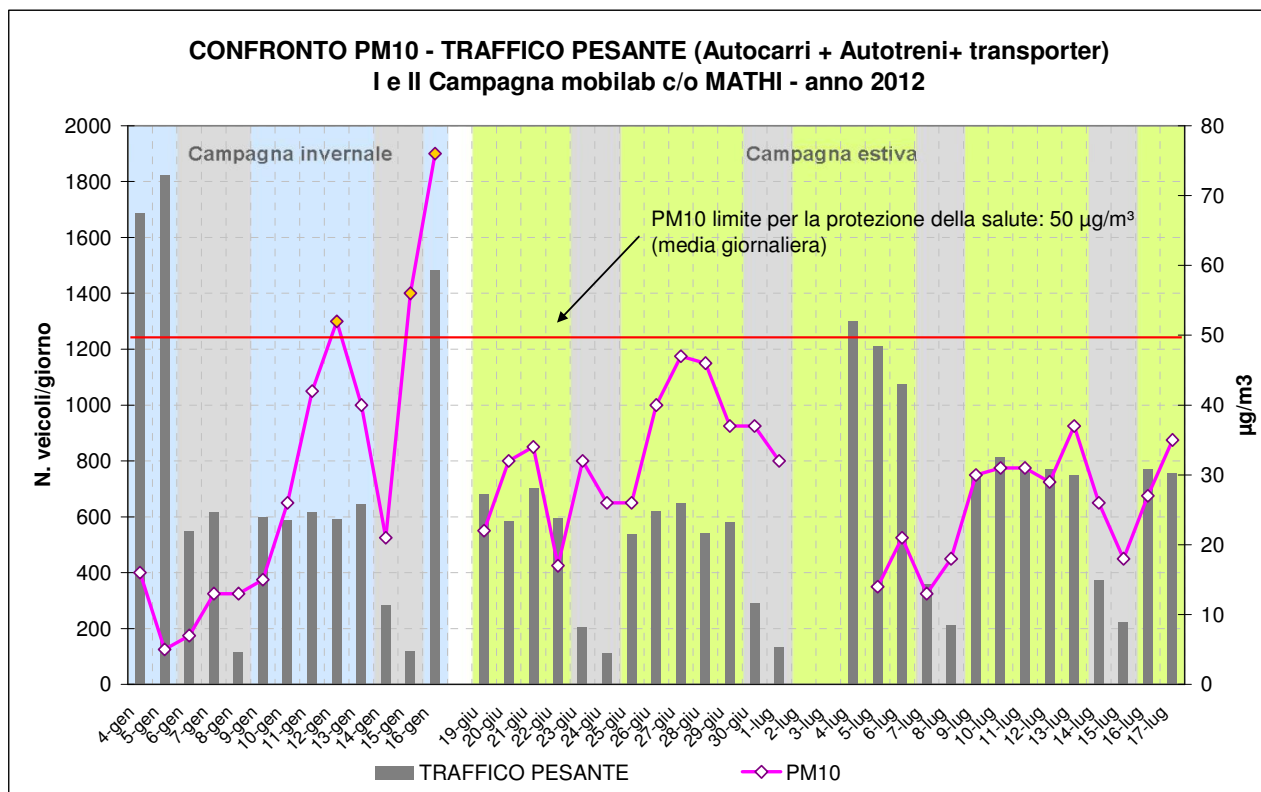
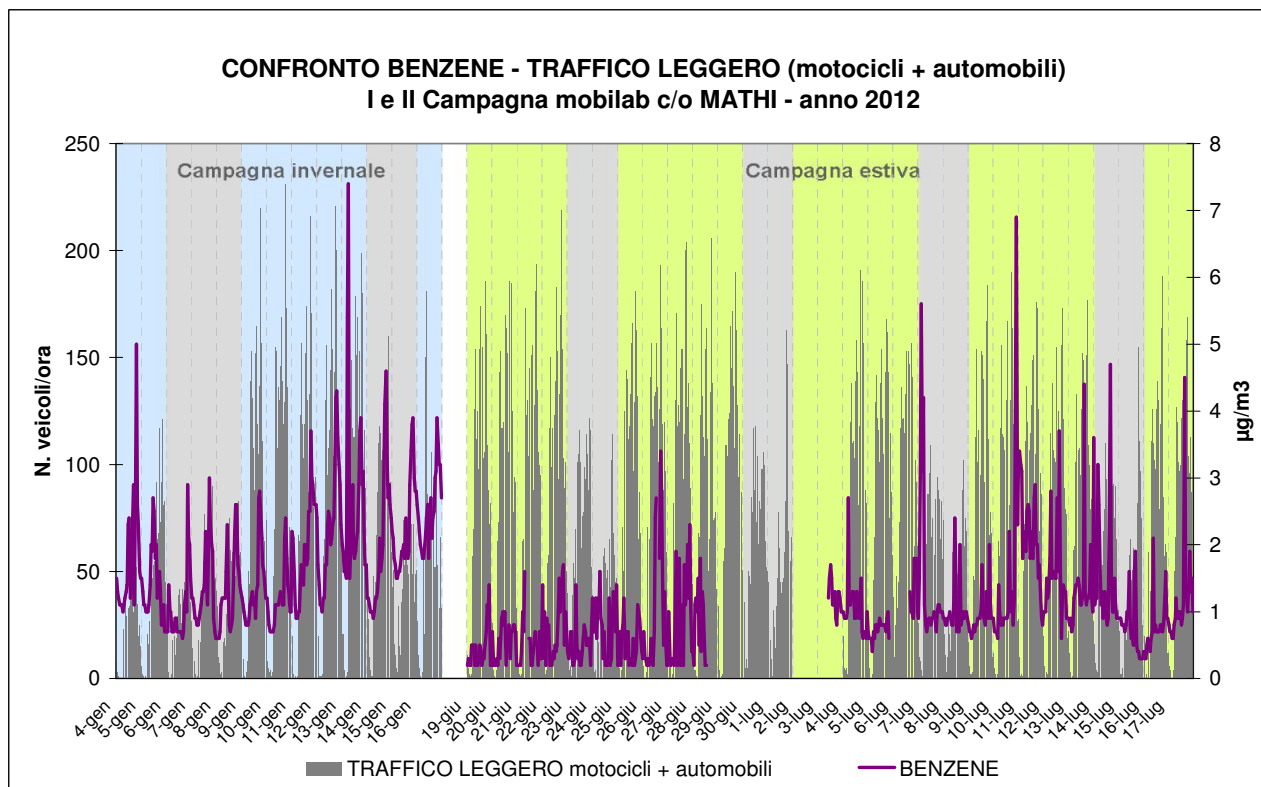


Figura 38 - Confronto benzene – traffico leggero durante le due campagne di misura a Mathi



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Mathi a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del Laboratorio Mobile rispecchia quanto osservato in siti simili della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per 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, il biossido di azoto e il benzene, mentre ci sono stati superamenti per il parametro PM₁₀ nella campagna invernale e per l'ozono nella campagna estiva.

Il limite giornaliero di 50 µg/m³ per le polveri PM₁₀ è stato superato 10 volte nel corso della prima campagna di misura, dal 16 dicembre al 19 gennaio; gli sforamenti si sono verificati soprattutto negli ultimi giorni del campionamento (15-18 gennaio 2012).

Non disponendo di una base dati annuale non è possibile in termini formali verificare il rispetto del massimo numero di superamenti del limite giornaliero previsto dalla normativa (35 in un anno). È possibile tuttavia fare una valutazione di massima in base al confronto con le stazioni di monitoraggio della rete fissa provinciale. Nel periodo di monitoraggio considerato le stazioni fisse più prossime al sito di Mathi per numero di superamenti sono Druento e Pinerolo, che hanno registrato rispettivamente 11 e 12 superamenti. Poiché in entrambe le stazioni il limite dei 35 giorni di superamento nel 2011 non è stato rispettato (61 superamenti a Druento e 57 a Pinerolo) è del tutto presumibile che anche nel sito di Mathi, come in tutta la pianura della provincia di Torino, tale limite non verrebbe rispettato nel caso di un monitoraggio annuale.

La concentrazione media di PM₁₀ nel periodo di monitoraggio complessivo, invernale e estivo, è di 32 µg/m³, valore molto prossimo a quello della stazione di fondo urbano di Druento, collocata nel parco regionale della Mandria (31 µg/m³).

La normativa (D.Lgs 155 del 13/08/2010) prevede oltre al limite del numero annuo di superamenti anche il rispetto di un valore limite annuale per la protezione della salute umana pari a 40 µg/m³. In questo caso è stato possibile stimare nel sito di Mathi una concentrazione media annua di PM₁₀ pari a 33 µg/m³, valore inferiore al limite stabilito dalla normativa, confrontabile con il dato annuale di altre stazioni della rete regionale di riferimento (Druento, Pinerolo, Ivrea).

Durante la campagna estiva di monitoraggio solo l'ozono ha fatto registrare superamenti dei limiti normativi. Dal 19 giugno al 18 luglio 2012 è stato superato 7 volte l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120 µg/m³). La normativa attualmente in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire dal 2010 il valore di 120 µg/m³ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni.

Nel caso della campagna di misura nel comune di Mathi non è stato possibile applicare formalmente questo limite normativo avendo a disposizione solo un paio di mesi di misurazioni. Tuttavia dal momento che tutte le stazioni della rete fissa sul territorio provinciale hanno superato il valore obiettivo più di 25 volte nel corso del 2011 è presumibile che anche nel sito di Mathi tale limite verrebbe superato qualora l'ozono venisse monitorato in continuo per un anno intero.

D'altronde il periodo critico per questo inquinante è proprio la stagione estiva, in cui la concentrazione di ozono può raggiungere valori molto alti e superare più volte i limiti di legge.

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

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

Per ciò che concerne i dati relativi al flusso di traffico il sito di Mathi presenta valori assoluti decisamente inferiori a quelli di una stazione di traffico urbano. La composizione veicolare in classi è simile a quella trovata nella stazione di Torino, in entrambi i casi i passaggi di mezzi pesanti quali autocarri e autotreni superano di poco il 10% del totale. Dallo studio svolto si evince infine che non vi è alcuna sostanziale differenza tra periodo invernale e periodo estivo per il volume di traffico, mentre è possibile notare un'evidente riduzione dei passaggi veicolari totali nei giorni festivi e prefestivi rispetto al resto della settimana.

Per concludere, i risultati confermano quanto è già noto da anni: la stagione fredda è la più critica per la maggior parte degli inquinanti atmosferici in generale e per il PM_{10} in particolare, complici le maggiori emissioni in atmosfera da traffico e riscaldamento domestico, ma soprattutto le condizioni meteorologiche di relativa stabilità atmosferica che non favoriscono la corretta dispersione verso l'alto degli inquinanti.

Si fa notare, infatti, che in seguito a giornate con precipitazioni abbondanti e vento sostenuto – ad esempio dal 4 a 7 marzo 2012 - le concentrazioni di particolato sospeso diminuiscono drasticamente, riducendosi a meno di un quarto del valore iniziale - da $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 marzo 2012) a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6 marzo 2012).

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 quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

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

- **Benzene, Toluene, Xileni** **SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600**

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