

# Uno sguardo all'aria

2014







# Relazione annuale sui dati rilevati dalla rete metropolitana di monitoraggio della qualità dell'aria

**Anno 2014**

**Testi ed elaborazioni a cura di:**

**Città metropolitana di Torino – Area Risorse Idriche e Qualità dell’Aria - Servizio Qualità dell’Aria e Risorse Energetiche:**

P. Molina, F. Pavone, A. Bertello, D. Maria.

**ARPA Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest**

C. Bussi, F. Lollobrigida, A. Bruno, M. Maringo, L. Milizia, F. Pittarello, F. Romeo, M. Sacco, R. Sergi,

**ARPA Dipartimento Sistemi Previsionali:**

M. Nicolella, G. Paesano, S. Bande

Hanno collaborato alla gestione della rete di monitoraggio, all’acquisizione dei dati ed alle attività analitiche:

**ARPA Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest**

E. Belverde, D. Budano, C. Bugnone, M. Cadeddu, G. Castrogiovanni M. Carrera, L. Corino, A. D’Agostino, S. Dignani, M. Di Martino, C. Duretti, G. Gallina, P. Giansanti, D. Marangon, G. Mele, C. Montalcino, M. Nurra, F. Pitasi, V. Sciortino, D. Simondi, E. Vicenzino, V. Zulian

**CSI Piemonte**

Il personale tecnico della Sala Ambiente della Regione Piemonte presso il CSI Piemonte.

**Si ringrazia la Regione Piemonte per i dati di composizione del parco veicolare**

O. Munafò.

**Copertina**

Sergio Dall’Olio, “cielo su Torino” 2014

## INDICE

SOMMARIO .....	6
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO.....	7
MONOSSIDO DI CARBONIO.....	10
BIOSSIDO D'AZOTO.....	12
BIOSSIDO DI ZOLFO .....	18
OZONO .....	21
BENZENE.....	27
PARTICOLATO SOSPESO .....	29
ANALISI DEL RAPPORTO DI CORRELAZIONE FRA MEDIA ANNUALE E NUMERO DI SUPERAMENTI DEL VALORE LIMITE PER IL PARTICOLATO PM10 – LA SITUAZIONE NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO NEL QUADRO EUROPEO .....	43
STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2014 ED ANALISI DELLA SERIE STORICA.....	51
METALLI .....	62
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	67
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA .....	72
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2014 .....	75
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE .....	95
IL PROGETTO PART' AERA .....	102
VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DEI PRINCIPALI IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E TERMICA ALIMENTATI A BIOMASSA SUL TERRITORIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO.....	106

## SOMMARIO

I dati rilevati nell'ultimo decennio dalle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria operanti nella Città metropolitana di Torino e gestite da ARPA Piemonte evidenziano una complessiva e significativa tendenza al miglioramento e contestualmente confermano la nota criticità del territorio, in particolare dell'area urbana torinese.

Dei 12 inquinanti per i quali la normativa stabilisce dei valori di riferimento, 7 (monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), piombo (Pb), arsenico (As), cadmio (Cd) e nichel (Ni)) rispettano ampiamente i limiti su tutto il territorio metropolitano. Il benzo(a)pirene e il PM<sub>2,5</sub> presentano sporadici superamenti nei siti da traffico dell'area urbana torinese. Su questa stessa area si concentrano principalmente anche i superamenti dei valori limite di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e PM<sub>10</sub>. L'ozono (O<sub>3</sub>) conferma la propria criticità nei mesi estivi su tutto il territorio metropolitano.

Nel 2014 il valore limite su base annuale del NO<sub>2</sub> è stato rispettato nell' 80% dei punti di misura. Il valore limite orario è stato rispettato ovunque.

Per quanto riguarda il PM<sub>10</sub> il valore limite giornaliero è stato rispettato nel 40% dei punti di misura, quello annuale nel 93%. Per la prima volta nel 2014 stazioni di pianura suburbane come Ivrea hanno rispettato entrambi i limiti e la media annuale della storica stazione di Via della Consolata a Torino è scesa sotto i 40 µg/m<sup>3</sup>. La situazione è migliorata anche per il particolato più fine PM<sub>2,5</sub> per il quale il valore limite annuale di 25 µg/m<sup>3</sup> è stato rispettato in tutte le stazioni tranne Settimo T.se.

Il valore obiettivo per la protezione della salute dell'O<sub>3</sub> è stato superato in tutti i punti di misura.

I valori più elevati di concentrazione degli inquinanti si riscontrano nell'area urbana torinese per PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e NO<sub>2</sub> e nelle aree rurali e di quota per l'O<sub>3</sub>.

Il 2014 mostra una decisa tendenza al miglioramento per il NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. Tale miglioramento si ritiene imputabile sia ad una riduzione delle emissioni inquinanti, legate alla contrazione dei consumi energetici nei settori traffico ed industria, sia alle condizioni dispersive dell'atmosfera, particolarmente favorevoli nei mesi invernali del 2014 rispetto agli ultimi anni.

## LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

*F. Romeo, F.Lollobrigida (Arpa Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest)*

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Città metropolitana di Torino e gestita da Arpa Piemonte, è composta da 20 postazioni fisse di proprietà pubblica, da 3 stazioni fisse di proprietà privata e da un mezzo mobile per la realizzazione di campagne di rilevamento dei parametri chimici di qualità dell'aria. Tutte le postazioni fisse sono collegate attraverso linee telefoniche al centro di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate, permettendo un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria. Solo la stazione di To-Grassi in cui viene campionato esclusivamente il particolato atmosferico non è collegata attraverso linee telefoniche, in quanto il tipo di misurazione con sistema gravimetrico dei parametri PM10 non necessita di tale collegamento. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 1.

Nella TABELLA 1 dopo PM10/PM2,5 si trova in alcuni casi l'indicazione "beta ( $\beta$ )" in relazione ai metodi di misura utilizzati.

Ciò sta a indicare che la misura è effettuata tramite un analizzatore automatico, per cui il dato di concentrazione media di PM10 o PM2,5 riferita ad un determinato giorno dell'anno è disponibile nella giornata immediatamente successiva; con questo tipo di analizzatori non è però possibile determinare quei componenti del particolato, in particolare idrocarburi policiclici aromatici e metalli, per i quali la normativa, in relazione alla loro rilevanza tossicologica, prevede specifici valori limite.

Quando invece non vi è alcuna indicazione la misura è effettuata mediante il prelievo del particolato su appositi filtri e una successiva determinazione di laboratorio, per cui il dato è disponibile alcuni giorni dopo il termine del prelievo. Le procedure interne di Arpa Piemonte prevedono che il dato di PM10 o PM2,5 sia disponibile entro 12 giorni dal prelievo nel periodo novembre-aprile e entro 18 giorni dal prelievo negli altri mesi. Questo tipo di determinazione, a differenza della prima, permette l'analisi della composizione del particolato.

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura (FIGURA 1) è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi della tipologia di sito individuato. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. Un aumento dei punti di monitoraggio porterebbe quasi sicuramente all'effettuazione di misure ridondanti e, visti gli elevatissimi costi di acquisto e di gestione delle reti di monitoraggio, comporterebbe una spesa difficilmente sostenibile dalle amministrazioni pubbliche e sicuramente non giustificata in relazione ai risultati ottenuti.

La rete di monitoraggio è completata da una stazione mobile di rilevamento, la cui peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocata ovunque si ritenga necessario realizzare brevi campagne di monitoraggio, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa. Il laboratorio mobile fornisce, in questo senso, un valido supporto nella valutazione dello stato ambientale, in previsione della costruzione di nuovi insediamenti produttivi o di modifiche della rete viaria, offrendo significativi elementi per una corretta pianificazione delle opere strutturali o per la definizione di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento.

STAZIONE	INDIRIZZO	PARAMETRI	TIPOLOGIA
Baldissero (GDF)(1)	Str. Pino Torinese, 1 – Baldissero	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM10 <sub>B</sub> , Deposimetro IPA	Fondo-rurale
Beinasco	Via S. Pellico, 5 – Beinasco	NO <sub>x</sub>	Fondo-urbano
Beinasco (TRM) (1)	Via San Giacomo c/o giardino pubblico Aldo Mei - Beinasco	NO <sub>x</sub> , PM10, PM10 <sub>B</sub> , PM2,5 <sub>B</sub> , BTX, Campionatore PCDD/DF, Deposimetro Metalli/IPA, Deposimetro Hg, Deposimetro PCDD/DF, Misuratore mercurio gassoso	Fondo-suburbano
Borgaro	Via Italia, sn – Borgaro	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-suburbano
Carmagnola	P.zza I Maggio sn – Carmagnola	NO <sub>x</sub> , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
Ceresole Reale	c/o cent. Idroelettrica - Ceresole	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10 <sub>B</sub> , PM2,5 <sub>B</sub> , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-rurale
Chieri	Via Bersezio sn – Chieri	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM2,5	Fondo-suburbano
Collegno	C.so Francia, 137 - Collegno	NO <sub>x</sub> , PM10	Traffico-urbano
Druento	Cascina Peppinella – Druento	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo Rurale
Grugliasco	Viale Radich 8/12 - Grugliasco	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	Fondo-urbano
Ivrea	Viale della Liberazione, 1 – Ivrea	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
Leini (GDF) (1)	Via vittime di Bologna, 12 - Leini	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM10 <sub>B</sub> , PM2,5 <sub>B</sub>	Fondo-suburbano
Mezzo Mobile		NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	
Orbassano	Via Gozzano sn – Orbassano	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub>	Fondo-suburbano
Oulx	Via Roma sn – Oulx	NO <sub>x</sub> , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-suburbano
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub>	Fondo-urbano
Settimo T.se	Via Milano, 31 – Settimo	NO <sub>x</sub> , CO, PM10, PM2,5, BTX, B(a)P	Traffico-urbano
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
TO-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PTS	Traffico-urbano
TO-Grassi	Via P. Veronese, 305 – Torino	PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
TO-Lingotto	Via A. Monti, 21 – Torino	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10-PM10 <sub>B</sub> , PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-urbano
TO-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 <sub>B</sub> , PM2,5 <sub>B</sub>	Traffico-urbano
TO-Rubino	Via Rubino sn - Torino	NO <sub>x</sub> , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 <sub>B</sub> orario, PM2,5 <sub>B</sub> orario	Fondo-urbano
Vinovo	Via Garibaldi, 3 – Vinovo	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , BTX	Fondo-suburbano

(1) stazione di proprietà di Ente privato gestita da Arpa Piemonte

TABELLA 1: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

CODICE PARAMETRO	DESCRIZIONE
As-Cd-Ni-Pb	Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo
B(a)P	Benzo(a)pirene
BTX	Benzene, toluene, xilene
CO	Monossido di carbonio
NO <sub>x</sub>	Ossidi di azoto
O <sub>3</sub>	Ozono
PM10	Particolato sospeso < 10 µm
PM2,5	Particolato sospeso < 2,5 µm
PTS	Polveri totali sospese
SO <sub>2</sub>	Biossido di zolfo

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.



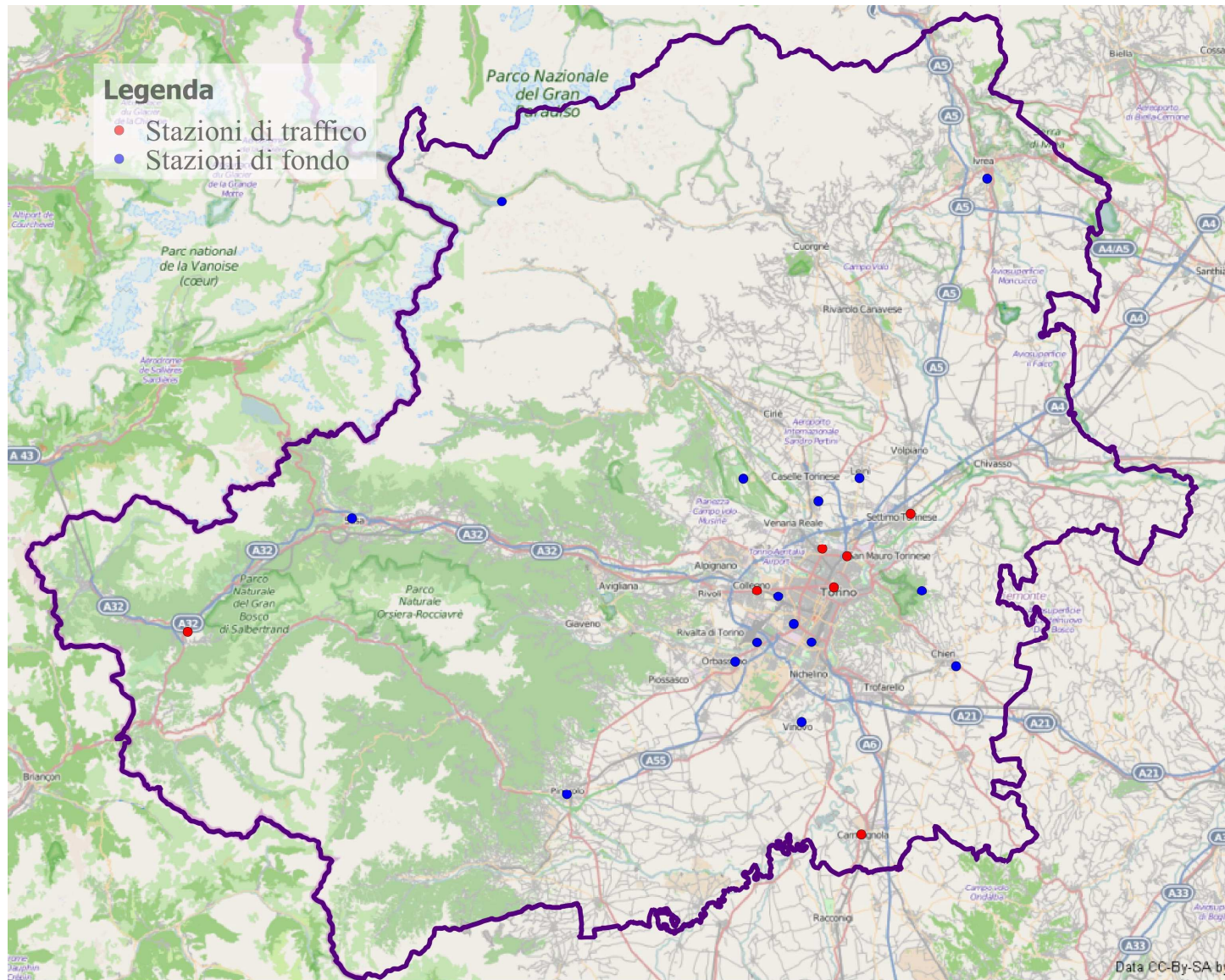


FIGURA 1: disposizione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

## MONOSSIDO DI CARBONIO

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

*D. Maria, Città metropolitana di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.*

### DESCRIZIONE

Il carbonio, legandosi all'ossigeno, forma due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

E' un elemento molto comune in natura, sia allo stato elementare sia allo stato combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite e nei carboni fossili.

Il CO è l'unico inquinante gassoso per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m<sup>3</sup>), a differenza degli altri parametri inquinanti misurati in µg/m<sup>3</sup> in quanto presenti in minore concentrazione in aria ambiente.

Il monossido di carbonio è un gas inodore ed incolore ed è prodotto principalmente dalla combustione incompleta dei combustibili organici (carbone, olio, legno, carburanti).

La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a benzina funzionanti a regimi di motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo ed ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno. Il composto che si genera (carbossi-emoglobina) è estremamente stabile. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale ed il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie.

Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

I valori limite definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 3.

VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	1 gennaio 2005

TABELLA 3: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il monossido di carbonio.

### ESAME DEI DATI

I dati relativi al 2014 evidenziano concentrazioni medie annuali comprese fra 0,4 e 1,3 mg/m<sup>3</sup>. Viene confermato il rispetto del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m<sup>3</sup>, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.Lgs. 155/2010).

A partire dai primi anni '80 le misurazioni di CO riportano concentrazioni medie nella stazione di To-Rebaudengo, che rappresenta un hot spot di traffico, in nettissimo calo. Questo è dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e all'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici.

Negli ultimi 10 anni di monitoraggio le concentrazioni medie annuali misurate nella stazione di To-Rebaudengo sono sostanzialmente stabili e oscillano fra valori compresi tra 1,1 e 1,6 mg/m<sup>3</sup>.

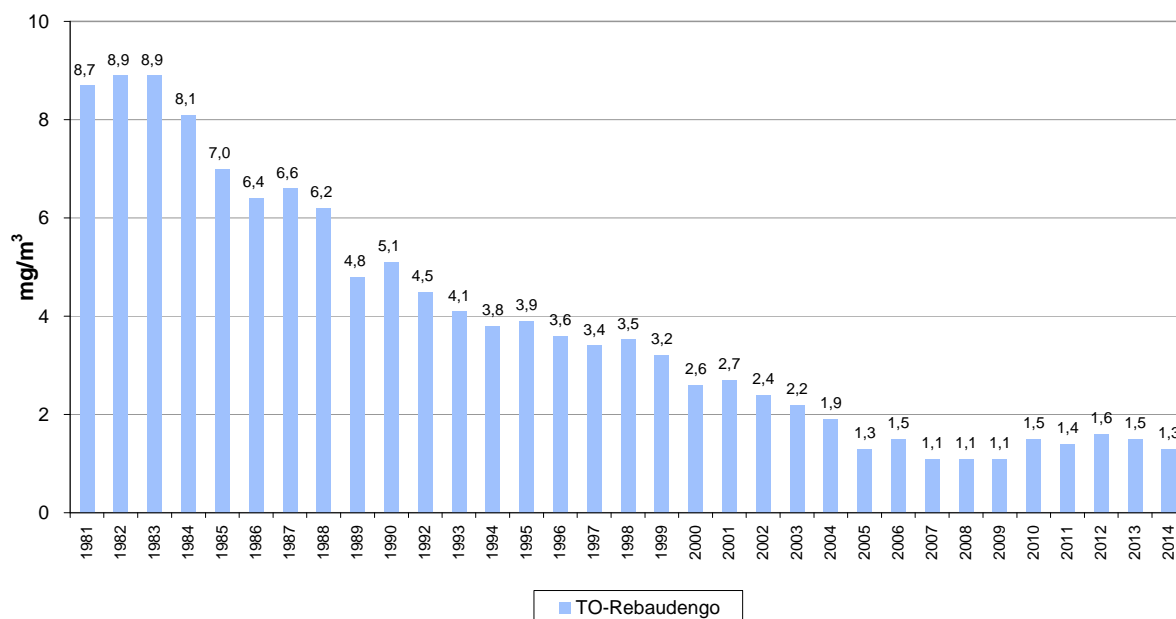
**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI CO  
1981 - 2014**


FIGURA 2: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di To-Rebaudengo dal 1981 al 2014.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2014 (% dati validi)	Media Annuale mg/m <sup>3</sup>										Valore limite per la protezione della salute umana. Numero di giorni con la media massima calcolata su 8 ore superiore a 10 mg/m <sup>3</sup>									
		'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
Baldissero	95%			0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	<b>0,4</b>			0	0	0	0	0	0	0	0
Carmagnola	99%								1,1*	0,7	<b>0,5</b>							0*	0*	0	0
Leini	97%			0,5*	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	<b>0,6</b>			0*	0	0	0	0	0	0	0
Oulx	98%		0,3*	0,4	0,4*	0,4	0,5*	0,5	0,5	0,6	<b>0,6</b>		0*	0	0*	0	0*	0	0	0	0
Settimo	99%	1,0	1,1	1,0	0,8	0,9	1	1	1,3	1	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To-Consolata	93%	1,4	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	<b>1,2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To-Rebaudengo	93%	1,3	1,5	1,1	1,1	1,1	1,5	1,4	1,6	1,5	<b>1,3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To-Rubino	98%			0,6*	0,7	0,7	1	1	1,1	1,3	<b>1,3</b>				0	0	0	0	0	0	0

\*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (90%)

TABELLA 4: dati relativi alle stazioni di monitoraggio del monossido di carbonio.

## BIOSSIDO D'AZOTO

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

**L. Milizia, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.**

### DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub> ed altri) sono generati in tutti i processi di combustione (veicoli, centrali termiche, riscaldamento domestico) quando viene utilizzata aria come comburente (in relazione alla reazione tra ossigeno e azoto ad alta temperatura) e quando i combustibili contengono azoto come nel caso delle biomasse.

Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) 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 che portano alla formazione di sostanze inquinanti (ad esempio l'ozono), complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è dovuto, nelle città, ai fumi di scarico degli autoveicoli.

Il biossido di azoto è un gas tossico, irritante per le mucose, ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni). Recenti studi effettuati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità hanno associato eventi quali mortalità, ricoveri ospedalieri e sintomi respiratori, con l'esposizione a breve e lungo termine al biossido di azoto in concentrazioni pari o al di sotto degli attuali valori limite UE.

Gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati nel suolo che possono provocare alterazione di equilibri ecologici ambientali.

I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente per NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> sono riportati nella TABELLA 5.

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2010
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>	1 gennaio 2010
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>x</sub>	
SOGLIA DI ALLARME PER IL BISSIDO DI AZOTO		
400 µg/m <sup>3</sup> (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km <sup>2</sup> oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.		

TABELLA 5: D.Lgs. 13 agosto 2010, n.155, valori limite per gli ossidi di azoto.

### ESAME DEI DATI

Da una prima analisi dei dati del 2014, riportati in FIGURA 3 e TABELLA 6, si osserva una generale riduzione dei valori medi annui rispetto all'anno precedente. Per la maggior parte delle stazioni la concentrazione media annua del biossido di azoto si riduce o nel peggiore dei casi resta sostanzialmente invariata rispetto all'anno precedente, ad eccezione di Collegno e To-Rebaudengo.

Tale quadro – pur considerando che il 2014 è stato un anno più favorevole del 2013 sotto il profilo meteorologico - è particolarmente confortante se si considera che già nei precedenti due anni si era registrato un miglioramento dei livelli di biossido di azoto.

La stazione di To-Consolata presenta una sostanziale stabilità, passando da una media di 60 µg/m<sup>3</sup> a 59 µg/m<sup>3</sup>; il valore medio annuale risulta comunque inferiore rispetto al valore medio di biossido di azoto rilevato dal 2003 al 2011, che si attesta tra i 65 ed i 73 µg/m<sup>3</sup>.

Le altre due stazioni di fondo urbano, attive nell'area metropolitana (Lingotto e Rubino), mostrano una riduzione della media annuale intorno al 10%.

La stazione di Beinasco passa da una media annuale di 35 a 31 µg/m<sup>3</sup>, inferiore rispetto al valore medio di biossido di azoto misurato nel 2013 e negli ultimi dodici anni che risultava compreso tra i

37 ed i 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (nel 2004). Anche la stazione di Leinì registra un valore medio pari a 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (rispetto a 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 2013) confermando il generale miglioramento registrato nel corso del 2014. Nel complesso quasi metà delle stazioni presentano un valore medio annuale che non varia sostanzialmente rispetto al 2013 e solo due delle 21 stazioni registrano un peggioramento rispetto al 2013, Collegno e To-Rebaudengo.

In FIGURA 3 vengono rappresentate le sette stazioni della città metropolitana di Torino che nel 2013 avevano superato il valore limite annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  al fine di evidenziare, dal confronto con le medie registrate nel 2014, il generale miglioramento ad eccezione delle già citate stazioni di Collegno e To-Rebaudengo la cui media annuale ha registrato un aumento.

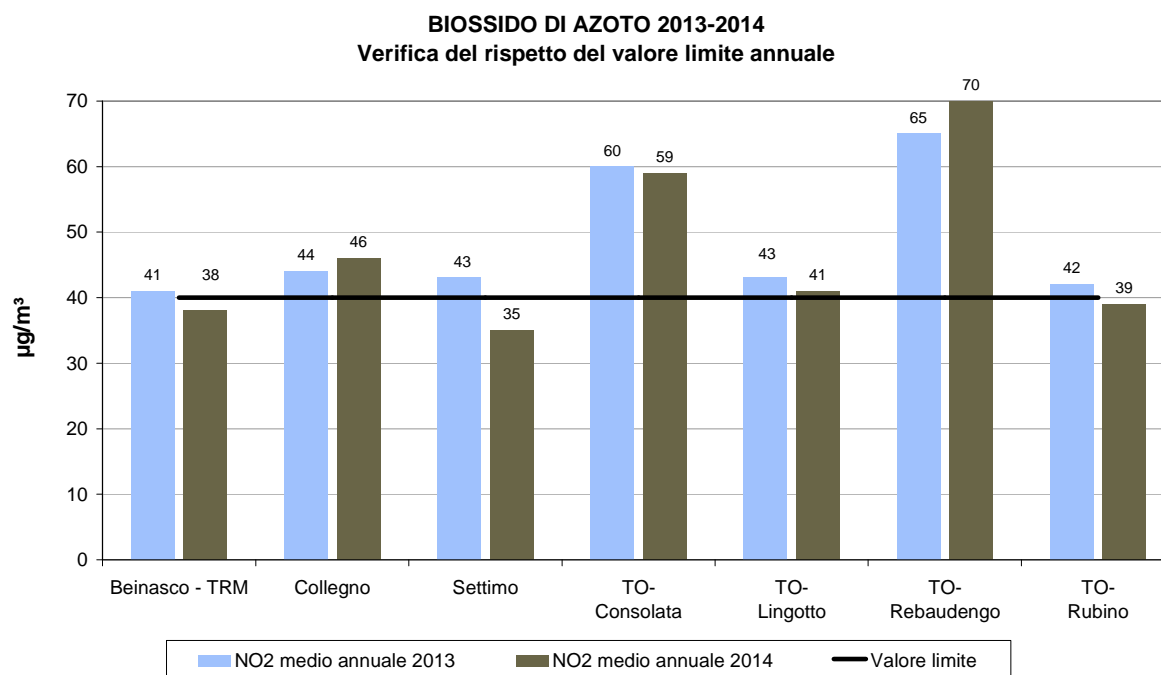


FIGURA 3: parametro  $\text{NO}_2$ , numero di superamenti del limite annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , confronto fra gli anni 2013-2014.

Osservando il confronto dell'andamento orario tra le due stazioni presenti nel comune di Beinasco, (Beinasco-TRM e la stazione storica di Beinasco-Aleramo, FIGURA 4) è possibile evincere la buona correlazione esistente tra le due stazioni. D'altro canto va osservato che la stazione di Beinasco - TRM presenta frequentemente sia i valori minimi sia quelli massimi giornalieri superiori a quelli della stazione di confronto. Ciò ha delle ricadute sulla valutazione del rispetto del limite annuale per la protezione della salute umana, infatti la stazione di Beinasco-TRM mostra un valore medio annuale pari a 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre la stazione di Beinasco Aleramo presenta una media annuale pari a 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; entrambe in ogni caso rispettano sia il limite normativo annuale sia il limite orario pari a 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La FIGURA 5 fotografa la situazione dell'area metropolitana di Torino negli ultimi anni, dal 1991 al 2014. Vengono riportate le concentrazioni medie annue di due stazioni del capoluogo, To-Lingotto, stazione di fondo con i valori più bassi, e To-Rebaudengo, caratterizzata da intenso traffico veicolare. Dalla curva della media annuale calcolata su tutte le stazioni di Torino si rileva una generale tendenza alla diminuzione della concentrazione di biossido di azoto nel corso degli anni, da più di 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 1991 al valore di 52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato nel 2014, valore che rappresenta il più basso della serie storica. Si ricorda che a partire da gennaio 2012 la stazione torinese di traffico, To-Rivoli, è stata dismessa in ottemperanza al piano regionale, pertanto il valore della media di tutte le stazioni torinesi può risultare sottostimato rispetto a quanto si avrebbe con i dati di tale stazione.

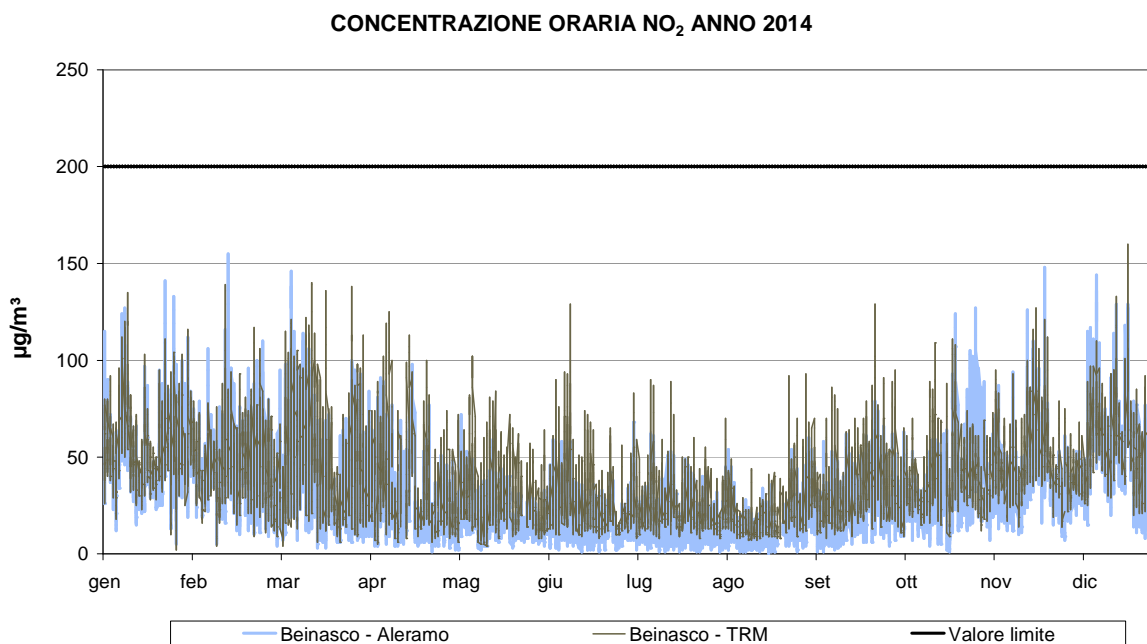


FIGURA 4: concentrazione oraria di biossido di azoto – confronto tra le stazioni Beinasco-Aleramo e Beinasco-TRM.

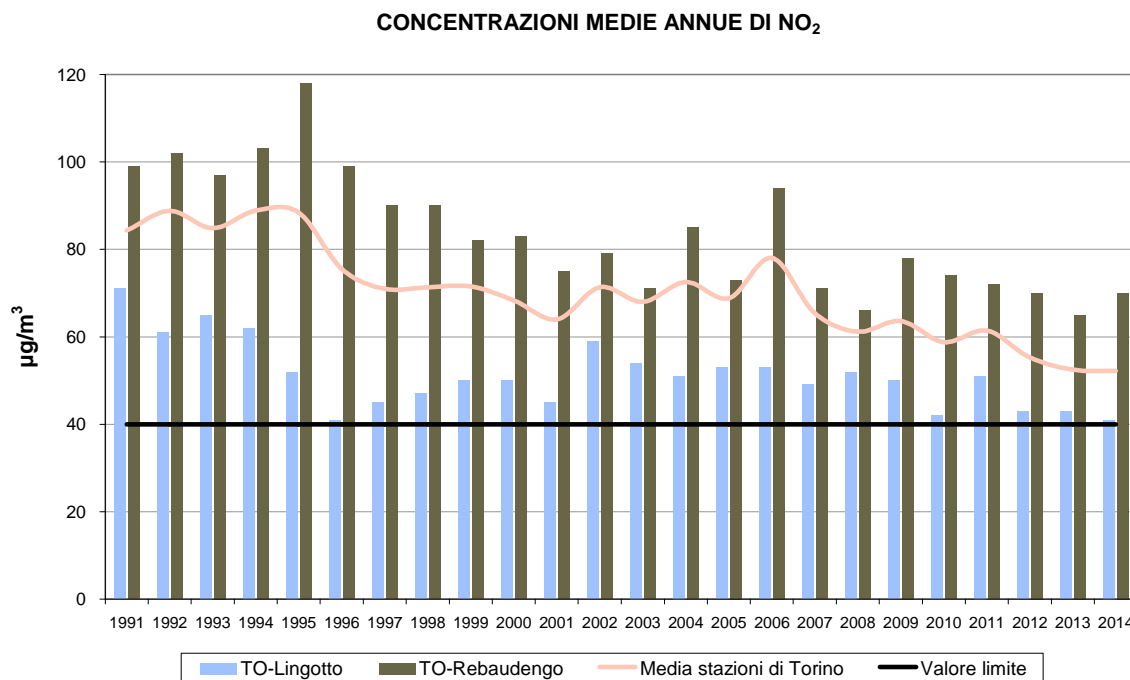


FIGURA 5: parametro NO<sub>2</sub>, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino e dettaglio relativo alle stazioni di To-Lingotto e To-Rebaudengo.

In ogni caso la progressiva diminuzione delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> nel corso degli ultimi anni è confermata anche nelle due stazioni di riferimento, To-Rebaudengo (da valori prossimi o superiori a 100 µg/m<sup>3</sup> prima del 1995, a valori inferiori a 80 µg/m<sup>3</sup> dal 2007 in poi), e To-Lingotto (da valori sempre superiori a 60 µg/m<sup>3</sup> a valori generalmente compresi entro 55 µg/m<sup>3</sup> e negli ultimi tre anni intorno a 40 µg/m<sup>3</sup>). Si fa notare tuttavia che a partire dal 1996 il decremento è molto evidente per la stazione di traffico urbano, mentre lo è meno per le stazioni di fondo urbano (Lingotto) per la quale le concentrazioni annuali di NO<sub>2</sub> sembrano oscillare nell'intorno di uno stesso valore.

Il decremento più significativo che si registra presso le stazioni di traffico è attribuibile al fatto che un limite di emissione specifico per gli ossidi di azoto è stato introdotto per gli autoveicoli solo con la

Direttiva Euro 3; inoltre negli ultimi anni è stato registrata una diminuzione sia del numero di veicoli sia dei chilometri percorsi.

E' inoltre ormai ampiamente documentato che nel caso dei veicoli diesel – il cui contributo alle emissioni di ossidi di azoto è di gran lunga quello prevalente nelle aree urbane - le emissioni effettive su strada in condizioni di traffico reale sono decisamente superiori a quelle misurate in laboratorio secondo la procedura di prova prescritta dalla normativa europea<sup>1</sup>, come emerso recentemente anche a livello di organi di informazione in relazione allo "scandalo Volkswagen".

In generale il decremento del biossido di azoto non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali SO<sub>2</sub>, CO, benzene e piombo, per i quali è stato molto più consistente.

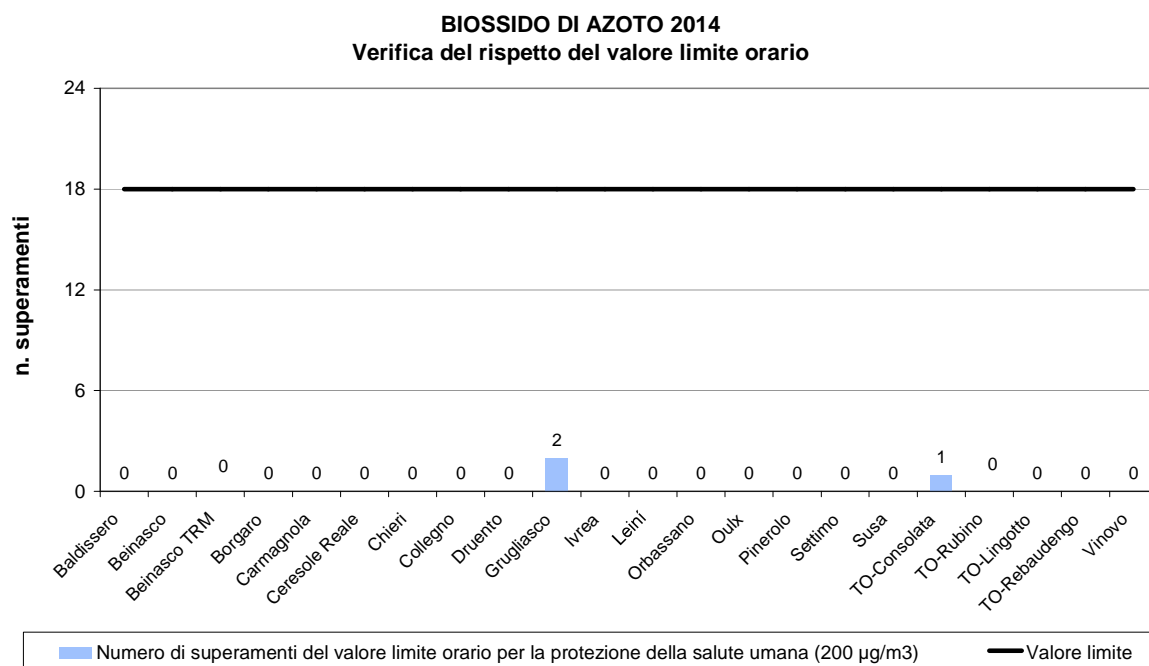


FIGURA 6: parametro NO<sub>2</sub>, distribuzione spaziale del numero di superamenti del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, nell'anno 2014.

La FIGURA 6 mostra la presenza e il numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m<sup>3</sup>) registrati in ogni stazione della città metropolitana di Torino; dal grafico è possibile evincere che nel corso del 2014 si sono registrati pochi superamenti e solo presso due stazioni Grugliasco e To-Consolata.

Il miglioramento rispetto al 2013, evidenziato dalle medie annuali, si conferma anche nei valori di picco (vedi TABELLA 6). Infatti nel corso del 2014 si registrano solo tre superamenti: due presso la stazione di Grugliasco (che passa da 12 a 2 superamenti) ed un solo superamento presso la stazione di To-Consolata (che passa da 5 a 1 superamento); tutti i superamenti si sono registrati nel corso del mese di Gennaio che è stato caratterizzato da una lunga fase di stabilità atmosferica.

Solitamente, infatti, la totalità dei superamenti avviene nel periodo invernale a seguito delle condizioni meteorologiche che caratterizzano la stagione fredda con fenomeni di inversione termica e conseguente stabilità atmosferica che non permette il rimescolamento degli inquinanti. In generale in condizioni di instabilità atmosferica la temperatura diminuisce al crescere della quota altimetrica, permettendo il rimescolamento delle masse d'aria e favorendo conseguentemente la dispersione degli inquinanti prodotti al suolo; viceversa in presenza di stabilità, si assiste a condizioni di inversione termica al suolo o in quota, che favoriscono l'accumulo degli inquinanti negli strati bassi dell'atmosfera peggiorando complessivamente la qualità dell'aria.

In generale le medie annuali risentono meno degli episodi critici isolati: negli scorsi anni, infatti, si è assistito talvolta a una diminuzione delle medie annuali che non corrispondeva a un analogo

<sup>1</sup> Si veda in particolare :

European Commission Joint Research Centre - Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region (2006- 2010)- Executive Summary (Italian) , pag 22 e seg;

European Commission Joint Research Centre - 9th intermediate technical / scientific report Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region(2006- 2010), pag 103-105

miglioramento nel numero di superamenti del limite orario. Ciò accade perché il numero di superamenti del valore limite orario è molto più sensibile alle variazioni meteorologiche, anche limitate a pochi episodi critici, rispetto alla media annuale (si veda ad esempio il capitolo sul biossido di azoto nell'edizione 2009 di Uno sguardo all'aria) Questo aspetto ha un significato importante nella pianificazione degli interventi per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dal momento che, nel caso di un inquinante come questo per il quale la normativa stabilisce anche un valore limite orario, possono essere sufficienti pochi giorni di stabilità meteorologica per limitare la diffusione atmosferica degli inquinanti e conseguentemente peggiorare l'indicatore per tutto l'anno.



STAZIONE	Rendimento strumentale 2014 (% dati validi)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³) Media Annuale (µg/m³)										Valore limite orario per la protezione della salute Numero di superamenti del valore di 200 µg/m³ come media oraria									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
		Baldissero	97%			22*	19	19	20	20	16	12	<b>14</b>			0	0	0	0	1	0
Beinasco	99%	49	50	47	44	46	37	39	33	35	<b>31</b>	5	9	2	1	12	0	0	4	5	<b>0</b>
Beinasco TRM(6)	99%									41	<b>38</b>								0	<b>0</b>	
Borgaro	97%	38	42	42	35	36	31	34	32	31	<b>26</b>	0	1	1	0	2	0	0	0	<b>0</b>	
Carmagnola(1)	94%							79		**	<b>36</b>							7	**	<b>0</b>	
Ceresole reale(2)	99%					8*	6	7	7	6	<b>4</b>				0*	0	0*	0	0	<b>0</b>	
Chieri(3)	98%	42	51	42	34	42	39	39	33	28	<b>23</b>	1	0	0	1	7	0	0	0	<b>0</b>	
Collegno(1)	94%								40*	44	<b>47</b>							0*	5	<b>0</b>	
Druento	96%	20	19	19	15	18*	16	18	18	12	<b>14</b>	0	0	0	0	0*	0	0	0	<b>0</b>	
Grugliasco(4)	99%	53	54	59	50	51	45	46	45	38	<b>37</b>	9	64	39	28	87	0	15	3	12	<b>2</b>
Ivrea	93%			32	27	28	26	29	25	25	<b>24</b>	9	23	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	
Leini	95%			38	31	32	32	30	28	33	<b>31</b>			0	0	2	0	0	0	<b>0</b>	
Orbassano	97%	42	46	43	37	39	37	39	35	32	<b>32</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>0</b>	
Oulx	99%		22	22	22	20	21	20	21	21	<b>21</b>		0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	
Pinerolo	96%	30	35	35	35	34	34	31	31	29	<b>28</b>	2	0	0	0	0	0	1	0	<b>0</b>	
Settimo	100%	67	65	52	44	59	46	49	49*	43	<b>35</b>	35	68	27	4	125	2	3*	12*	<b>0</b>	
Susa	100%	25	29	24	21	22	24	23	22	19	<b>20</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	
To-Consolata	98%	67	68		69*	68	65	65	59	60	<b>59</b>	11	38		19	13	5	5	3	5	<b>1</b>
To-Rubino(5)	100%			51*	48	50	44	50	49	42	<b>39</b>			10	1	8	0	0	0	<b>0</b>	
To-Lingotto	95%	53	53	49	52	50	42	51	43*	43	<b>41</b>	2	39	4	2	18	0	4	0*	<b>0</b>	
To-Rebaudengo	88%	73	94	71	66	78	74	72	70	65	<b>70*</b>	60	188	85	16	76	15	10	13	31	<b>0*</b>
Vinovo	98%	40	47	38	36	36	35	40	34	31	<b>30</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	

(1) stazioni attive dal 2012

(4) stazione spostata da via Roma a viale Radich a luglio 2011

(2) stazione attiva da febbraio 2009

(5) stazione attiva da aprile 2007

(3) stazione spostata da corso Buozzi a via Bersezio il 21/12/2011

(6) stazione attiva da settembre 2012

\* La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

\*\* per problemi strumentali i valori di NO<sub>2</sub> non sono disponibili per il 2013

TABELLA 6: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

## BIOSSIDO DI ZOLFO

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

**D. Maria, Città metropolitana di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.**

### DESCRIZIONE

Il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto. È un gas incolore, di odore pungente ed è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie; per inalazione può causare edema polmonare ed una prolungata esposizione può portare alla morte.

La principale fonte di inquinamento è costituita dall'utilizzo di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. Viene inoltre emesso in atmosfera durante le eruzioni vulcaniche e quando raggiunge la stratosfera si trasforma in particelle di acido solforico.

L'acido solforico contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni con effetti fitotossici sui vegetali e corrosivi sui materiali da costruzione.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta valori massimi nella stagione invernale in concomitanza con le peggiori condizioni dispersive (es.: fenomeni di inversione termica) ed il funzionamento degli impianti termici industriali e domestici.

Tuttavia, a partire dal 1980, le emissioni antropiche (produzione di energia e traffico) sono notevolmente diminuite grazie al crescente utilizzo del metano e alla diminuzione del tenore di zolfo contenuto nel gasolio ed in altri combustibili liquidi.

I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente sono di seguito riportati.

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
anno civile e inverno (1° ottobre – 31 marzo)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME PER IL BISSIDO DI ZOLFO		
500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 $\text{km}^2$ oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi		

TABELLA 7: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il biossido di zolfo.

### ESAME DEI DATI

I tre siti oggetto di monitoraggio (Grugliasco, TO-Consolata, TO-Rebaudengo) presentano valori che rispettano ampiamente i limiti previsti dalla normativa.

Infatti sia i massimi valori orari che le medie giornaliere sono notevolmente inferiori rispetto ai limiti stabiliti sulle rispettive basi temporali.

Si registra un lieve e del tutto trascurabile incremento del valore limite per la protezione degli ecosistemi rispetto ai valori dello scorso anno.

Anche se nel corso dei prossimi anni è consigliabile mantenere attivo il monitoraggio per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti, si può affermare che il parametro  $\text{SO}_2$  non rappresenti più una criticità per il territorio della città metropolitana di Torino.

Va comunque considerato che le emissioni di ossidi di zolfo contribuiscono alla formazione di particolato attraverso il processo secondario di trasformazione del biossido di zolfo in solfati, i quali sul territorio metropolitano costituiscono in media tra il 5 e il 10% della massa totale di  $\text{PM}_{10}$ . Per tale ragione occorre continuare a garantire un adeguato monitoraggio delle concentrazioni di  $\text{SO}_2$  e mantenere in vigore le misure che ne hanno ridotto la sua presenza in atmosfera.

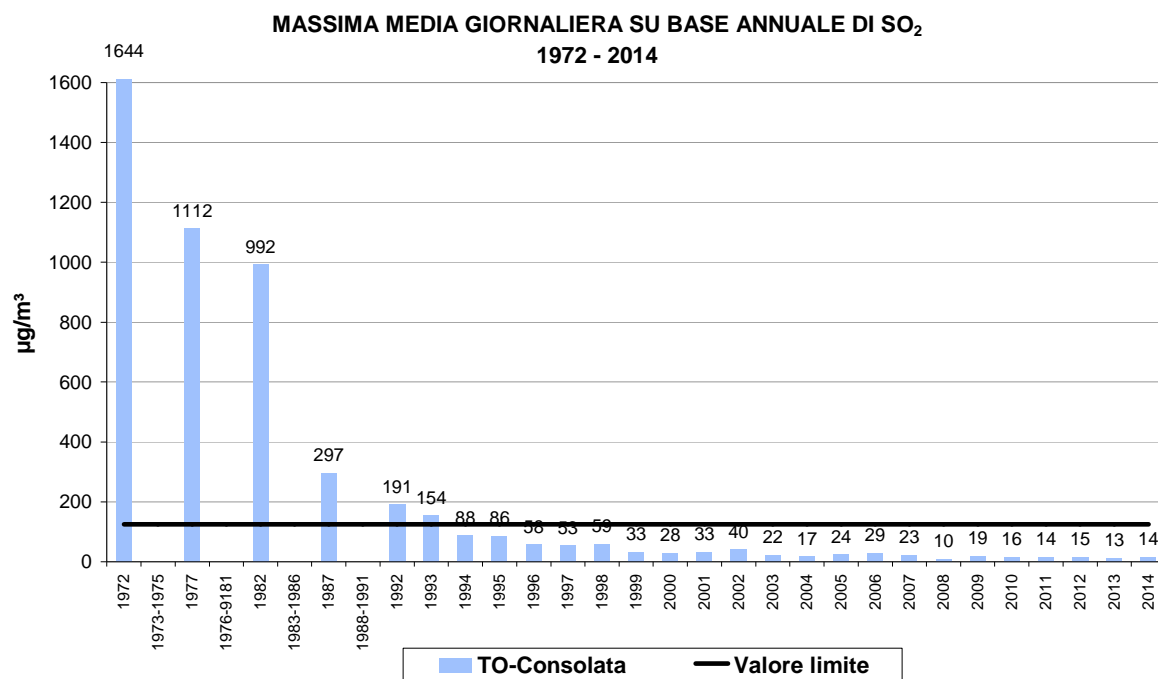


FIGURA 7: parametro SO<sub>2</sub>, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di To-Consolata.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2014 (% dati validi)	Media Annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$										Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte nell'anno civile Numero di superamenti										Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti									
		'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
		Grugliasco	97%	7	8	5	5	6	5	5*	5*	7	<b>7</b>	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0*
To-Consolata	99%	7	7	6	4*	6*	6	6	6	6	<b>7</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0*	0*	0	0	0	0	<b>0</b>
To-Rebaudengo	95%	8	9	7	5	9	8*	7	7	6	<b>7</b>	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	<b>0</b>

STAZIONE	Rendimento Strumentale 2014 (% dati validi)	Valore limite per la protezione degli ecosistemi 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31dic										Soglia di allarme 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Numero di superamenti										Massimo orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
		'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
		Grugliasco	97%	10	13	7	6	8	6	10	7*	7	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	<b>0</b>	42	69	37	32	46	31	24*	19*
To-Consolata	99%	9	12	9	6*	7	7	10	7	7	<b>9</b>	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	<b>0</b>	48	57	49	33*	23*	23	19	23	15	<b>19</b>
To-Rebaudengo	95%	13	13	11	7	11	10*	14	9	7	<b>9</b>	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	<b>0</b>	63	55	66	44	62	48*	34	33	26	<b>24</b>

\*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (90%)

TABELLA 8: dati delle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

## OZONO

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

**A. Bruno, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.**

### DESCRIZIONE

L'ozono è un gas altamente reattivo dotato di un elevato potere ossidante, di odore pungente e ad elevate concentrazioni di colore blu.

Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla Terra, creando uno scudo che filtra i raggi ultravioletti del Sole. L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota), ed in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è invece un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore (a)	120 µg/m <sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (b)	Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2015, con riferimento al triennio 2012-2014.
VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
AOT 40(c), calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m <sup>3</sup> *h come media su 5 anni (b)	Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010-2014.
OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore (a)	120 µg/m <sup>3</sup> per anno civile	Non definita
OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
AOT 40(c), calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> *h	Non definita
SOGLIA DI INFORMAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore soglia (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore soglia entra in vigore
1 ora	180 µg/m <sup>3</sup>	9 marzo 2002
SOGLIA DI ALLARME		
Periodo di mediazione	Valore soglia (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore soglia entra in vigore
1 ora (d)	240 µg/m <sup>3</sup>	9 marzo 2002

(a) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore sarà determinata analizzando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce; in pratica la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno sarà quella compresa fra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno sarà quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

(b) Se non è possibile calcolare la media su 3 o 5 anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a:

- per il valore obiettivo per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno
- per il valore obiettivo per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni

(c) Per AOT40 (espresso in µg/m<sup>3</sup>\*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (=40 ppb) e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'Europa centrale.

(d) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art.10 comma1 del D.Lgs 155/2010, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.

TABELLA 9: D. Lgs. 13/08/10 n. 155; ozono: valori obiettivo, obiettivo a lungo termine, e soglie di informazione ed allarme.

L'ozono troposferico non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono composti, quali ossidi di azoto e composti organici volatili, immessi in atmosfera dalle attività umane.

L'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli inquinanti di tipo primario, situazioni critiche possono riscontrarsi anche in zone distanti dai grossi centri urbani e in aree ad altitudini elevate.

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni superiori possono portare alterazioni delle funzioni respiratorie. L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane.

I valori obiettivo e le soglie di informazione e di allarme in vigore nella UE e in Italia sono riportati nella TABELLA 9.

Le soglie di informazione e di allarme indicano il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata da parte dei gruppi più sensibili della popolazione (informazione) e di tutta la popolazione (allarme). I valori obiettivo, invece, indicano i livelli di concentrazione al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Gli obiettivi a lungo termine stabiliscono il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

Si ricorda infine che l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nell'ultimo aggiornamento delle linee guida sulla qualità dell'aria<sup>2</sup> ha ridotto il valore guida per l'ozono da 120 a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , come media massima su 8 ore. Nonostante alcune evidenze sperimentali dimostrino che anche l'esposizione a lungo termine può avere effetti cronici sulla salute, l'OMS non ha per ora ritenuto di raccomandare un valore limite annuale per l'ozono.

## ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM10 e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa. La nuova valutazione dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA)<sup>3</sup> sui dati del semestre estivo (aprile – settembre) del 2014 evidenzia come i limiti comunitari siano stati superati nella maggior parte degli stati europei, nonostante sia possibile individuare per le concentrazioni di ozono un confortante trend in diminuzione negli ultimi 25 anni. In generale i livelli di ozono sono alti nelle regioni in cui l'emissione dei precursori - ossidi di azoto e composti organici volatili - si combina con condizioni meteorologiche stagnanti durante la stagione estiva. In tutta Europa il periodo più critico è stato il mese di giugno, in particolare la settimana dal 7 al 14 giugno dove si sono concentrati il 36% dei superamenti della soglia di informazione, il 75% dei superamenti della soglia di allarme e il 20% di tutti i superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

In TABELLA 10 sono riportati i superamenti della soglia di informazione (180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) degli ultimi 10 anni nella città metropolitana di Torino. Delle 13 stazioni di fondo in cui si misura l'ozono, 3 stazioni – Ceresole, Pinerolo e Susa - non hanno registrato alcun superamento del valore di 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2014. La stazione di fondo rurale di Druento, situata nel parco della Mandria, è quella che presenta il numero maggiore di superamenti - 26 - comunque inferiori rispetto al biennio precedente; seguono To-Lingotto con 18 superamenti e Baldissero Torinese con 14. Tutte le altre stazioni di misura presentano superamenti della soglia di informazione di poche unità (da 1 a 7). Si evidenzia che da maggio 2013 l'ozono viene misurato anche nella stazione di To-Rubino per la quale solo dal 2014 è possibile verificare il rispetto di limiti, soglie e valori obiettivo.

I 14 superamenti della stazione di Baldissero, comune della collina torinese, sono una dimostrazione del carattere ubiquitario dell'ozono, rilevabile anche in zone a più basso impatto antropico, ma contraddistinte da forte irraggiamento solare e presenza di precursori e/o ozono trasportati dai venti.

In definitiva il numero di superamenti della soglia oraria di 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  rientra nell'ordine delle unità o delle poche decine nella città metropolitana di Torino. I superamenti sono quasi interamente concentrati nel mese di giugno, in particolare nel periodo 8-13 giugno quando si è verificata l'unica vera ondata di calore della stagione estiva del 2014 e la temperatura media giornaliera a

<sup>2</sup> WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide - Global update 2005

<sup>3</sup> EEA Summer 2014 Ozone Assessment.

Torino non è mai scesa sotto i 27 °C. Si tratta del medesimo periodo critico evidenziato in tutto il territorio europeo cui si è accennato all'inizio del capitolo e definito nel rapporto dell'Agenzia Europea "Episodio di ozono". Un episodio di ozono è un periodo di pochi giorni fino a due, tre settimane caratterizzato da alte concentrazioni di ozono con superamenti costanti delle soglie d'informazione e/o d'allarme. Tali episodi avvengono in condizioni meteorologiche particolari quando si creano larghe aeree stagnanti di alta pressione – dovute, nel caso in oggetto, a un fronte anticiclonico di origine nordafricana. Tranne che per Druento e To-Lingotto, il 100% dei superamenti della soglia di informazione si sono verificati durante l'episodio di ozono di giugno, ma solo per la stazione di Druento i superamenti della soglia di informazione si sono protratti per più di 5 giorni consecutivi (6 per la precisione).

Fortunatamente, a differenza di alcune località europee, la soglia di allarme di 240 µg/m<sup>3</sup> come media oraria su tre ore consecutive non è stata superata in nessuna stazione di rilevamento del territorio metropolitano nel 2014, nemmeno durante l'episodio di ozono di giugno. Viene confermato quindi il trend positivo in atto dal 2008.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% dati validi)	Soglia di informazione 180 µg/m <sup>3</sup> come media oraria									
		Numero di superamenti									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Baldissero	94	-	8 (1)	43	4	26	4	4	12	16	<b>14</b>
Borgaro	94	12	20	63	0	0	0	0	2	0	<b>2</b>
Ceresole	98	-	-	-	-	-	8(3)	4	5	6	<b>0</b>
Chieri	87	4	4	1	0	0	0	-	0 (5)*	0	<b>9*</b>
Druento	98	72*	143	69	11*	45*	22	19	63	42	<b>26</b>
Ivrea	98	-	-	-	-	-	0(4)	1	0	0*	<b>1</b>
Leini	97	-	1 (2)	14	7	1	1	4	0	0	<b>2</b>
Orbassano	95	18	30	54	0	2	0	6	14	4	<b>7</b>
Pinerolo	96	11	28	54	1	0	0	5	3	12	<b>0</b>
Susa	92	14	52	11	9	1	0	0	0	0	<b>0</b>
To-Lingotto	99	56	20	43	26	2	0	1	3	0*	<b>18</b>
To-Rubino	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>6(6)</b>
Vinovo	96	16	13	16	0	5	0	5	0	0	<b>4</b>

(1) strumento operativo dal 28/07/06  
(2) strumento operativo dal 27/07/06  
(3) serie storica disponibile a partire dal 2010  
(4) strumento operativo dal 25/01/10  
(5) strumento operativo dal 17/02/12  
(6) strumento operativo dal 23/05/2013  
\* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 10: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.Lgs. n. 155/10

In TABELLA 11 e in TABELLA 12 sono riportate rispettivamente le elaborazioni necessarie per la verifica del conseguimento del valore obiettivo per la protezione della salute umana e del valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Entrambi gli obiettivi non sono rispettati.

In tutte le stazioni di monitoraggio, il numero di giorni di superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana mediato negli ultimi tre anni di misurazioni è superiore ai 25 giorni consentiti. È comunque possibile individuare un trend positivo comune al territorio metropolitano: per tutte le stazioni, con l'eccezione di To-Lingotto il numero di superamenti diminuisce rispetto al valore mediato sul triennio 2010-2012. Per la maggior parte delle stazioni – tra cui Leini, Vinovo, Pinerolo e Borgaro - la diminuzione è estremamente significativa (-30/40%), per altre è evidente, ma più contenuta (-15/20%).

Anche considerando il numero di giorni di superamento del livello di protezione della salute di 120 µg/m<sup>3</sup> del solo 2014 si può notare un confortante trend in diminuzione. In alcuni casi la diminuzione del numero di superamenti rispetto all'anno precedente è del 70-80%.

Se, come viene fatto nel rapporto della EEA citato, si prendesse in considerazione con scopo puramente descrittivo il parametro "soglia del valore obiettivo" e cioè che il numero di superamenti del limite di 120 µg/m<sup>3</sup> non debba essere superato più di 25 giorni nel corso di un unico anno solare, per ben otto delle tredici stazioni di misura tale valore nel 2014 verrebbe rispettato. Si tratta di un dato sicuramente positivo, anche se va detto che le particolari condizioni meteorologiche del 2014 hanno giocato un ruolo fondamentale nella diminuzione delle concentrazioni estive di ozono, come verrà approfondito più avanti.

Anche la media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 - valore obiettivo per la protezione della vegetazione -, diminuisce rispetto al quinquennio 2009-2013: da 36866 a 33587  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$  per Baldissero, da 31940 a 31521 per Druento e da 34125 a 31932 per Ceresole – in realtà in quest'ultimo caso il confronto viene fatto con la media provvisoria del quadriennio 2010-2013. In ogni caso si tratta di valori notevolmente superiori (quasi il doppio nel caso della stazione di Baldissero) al limite stabilito dalla normativa italiana ed europea - 18000  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ .

Si ricorda che l'Allegato VIII del D.Lgs. 155/2010 stabilisce che le stazioni per la misura dell'ozono, per ciò che concerne la verifica del rispetto del valore obiettivo per la protezione della vegetazione, siano ubicate in siti suburbani e rurali e ne stabilisce la rappresentatività spaziale; tra le stazioni in cui viene effettuata la misura dell'ozono, in questo capitolo sono state selezionate per il calcolo dell'AOT40 quelle classificate come fondo rurale, ubicate in aree con presenza significativa di ecosistemi naturali. Si specifica tuttavia che la Regione Piemonte non ha individuato sul proprio territorio dei siti in cui siano rispettati i criteri di ubicazione previsti dalla normativa per la valutazione della qualità ambientale al fine della protezione della vegetazione.

STAZIONE	Valore bersaglio per la protezione della salute umana										
	Numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	MEDIA 2012-2014
Baldissero	-	*(1)	95	72	116	97	94	74	88	51	<b>71</b>
Borgaro	47	44	93	31	35	52	46	41	27	10	<b>26</b>
Ceresole	-	-	-	-	-	82(3)	70	77	58	26	<b>54</b>
Chieri	43	28	37	14	27	0	-	53*(5)	36	41	<b>39</b>
Druento	71	78	95	29	52	59	93	87	72	21	<b>60</b>
Ivrea	-	-	-	-	-	53(4)	39	42	31*	19	<b>31</b>
Leini'	-	*(2)	63	56	61	62	70	37	34	8	<b>26</b>
Orbassano	79	55	89	30	68	36	60	65	66	34	<b>55</b>
Pinerolo	54	68	100	40	69	27	46	34	45	9	<b>29</b>
Susa	48	57	66	53	42	31	36	45	38	5	<b>29</b>
To-Lingotto	65	56	70	74	36	34	30	45	39*	43	<b>44</b>
To-Rubino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-
Vinovo	50	54	74	44	86	37	71	64	47	13	<b>41</b>

(1) strumento operativo dal 28/07/06  
(2) strumento operativo dal 27/07/06  
(3) serie storica disponibile a partire dal 2010  
(4) strumento operativo dal 25/01/10  
(5) strumento operativo dal 17/02/12  
(6) strumento operativo dal 23/05/2013  
\* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 11: ozono, confronto con i valori bersaglio per la protezione della salute umana.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 155/ del 13/08/2010										
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione										
	AOT 40 (18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ )										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	MEDIA 2010-2014
Baldissero		*	33360	31118	44921	40260	30317	30256	38576	28525	<b>33587</b>
Druento	41430	48015	38407	18936	25433	32365	31022	38098	32780	23341	<b>31521</b>
Ceresole	-	-	-	-	-	43125	27976	35311	30089	23159	<b>31932</b>

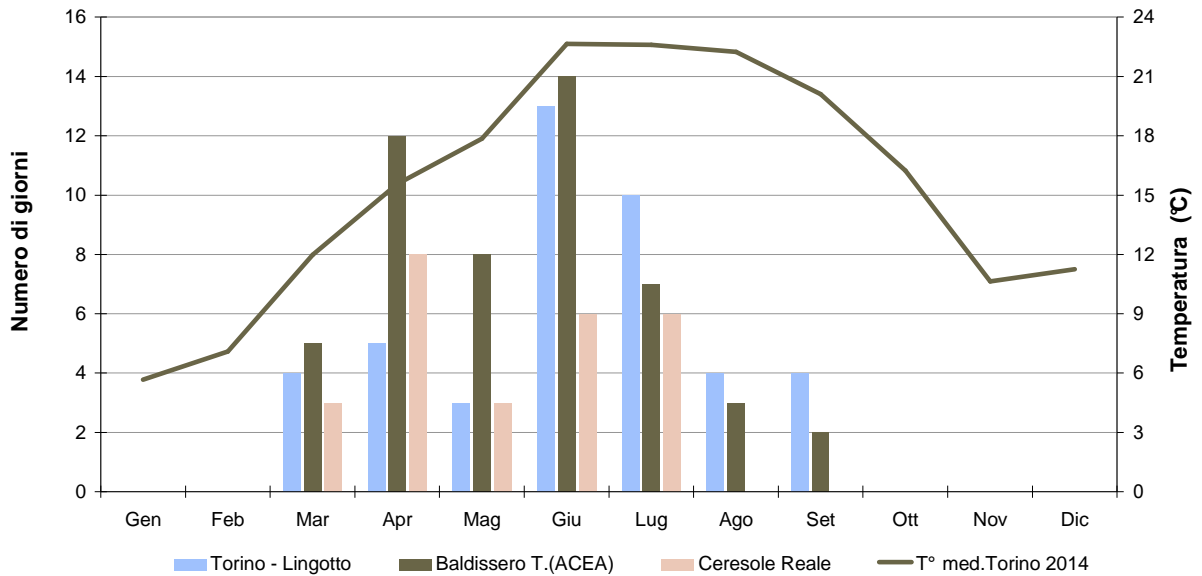
\* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 12: ozono, confronto degli ultimi 5 anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

In FIGURA 8 è riportata, per l'anno 2014, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per tre stazioni: To-Lingotto, rappresentativa del fondo urbano, Baldissero Torinese e Ceresole, poste più in quota e rappresentative del fondo rurale. Il numero di giorni di superamenti del limite dei 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  segue l'andamento della temperatura media mensile registrata nella stazione di To-Consolata: i superamenti aumentano nella stagione primaverile - estiva fino a raggiungere il valore massimo a giugno, per poi diminuire già nel mese di luglio e ancora di più ad agosto. Il dato è in controtendenza rispetto agli anni passati, quando il numero massimo di superamenti avveniva a luglio o ad agosto, mesi in cui normalmente l'irraggiamento solare è maggiore. Così non è stato nel 2014: la radiazione solare media dei due mesi centrali dell'estate, infatti, è stata più bassa di quella di maggio oltre che di giugno.



**O<sub>3</sub> - confronto temperatura\* e distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>) - anno 2014**



\*temperatura misurata nella stazione di Torino sita in via della Consolata

FIGURA 8: ozono - distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di To-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole, anno 2014.

D'altronde si è già accennato alla particolare meteorologia del 2014. Si è trattato di uno degli anni più caldi degli ultimi 50, ma l'anomalia positiva della temperatura media non è derivata dall'aumento delle massime estive quanto piuttosto dall'innalzamento delle temperature a marzo, aprile e nel periodo ottobre-dicembre. L'estate al contrario è stata fresca, con molte giornate nuvolose e soprattutto piovose: il mese di luglio - 163 mm di pioggia caduti in media sul territorio piemontese - è stato il più piovoso della serie storica dal 1958. In definitiva la meteorologia di luglio e agosto, sfavorevole dal punto di vista ricreativo, è stata invece decisiva per la diminuzione del numero annuale di superamenti del limite per la protezione della salute umana di 120 µg/m<sup>3</sup>.

Data la presenza, negli ultimi anni, di un numero importante di superamenti del valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup> nel mese di aprile e per conformità con i report europei della EEA, da quest'anno il periodo estivo sarà mediato tra i mesi aprile - settembre. La FIGURA 9 mostra l'andamento delle concentrazioni di ozono durante i sei mesi estivi dal 2004 al 2014 nelle stazioni di To-Lingotto e Baldissero Torinese. Per la stazione di Baldissero la concentrazione media del semestre estivo diminuisce rispetto all'anno precedente, raggiungendo uno dei valori più bassi del decennio (96 µg/m<sup>3</sup>). Per la stazione di To-Lingotto la concentrazione estiva di ozono aumenta leggermente rispetto al 2013 e di fatto rimane pressoché invariata rispetto agli anni 2000.

In generale l'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate in più di 10 anni di misurazioni (FIGURA 10) mostra una sostanziale stabilità dei valori di questo inquinante, con una variabilità dovuta soprattutto alla situazione meteorologica del singolo anno. Si conferma quindi il ruolo fondamentale delle condizioni meteorologiche nell'influenzare le concentrazioni di ozono a livello della troposfera, sia per il verificarsi di condizioni che favoriscono episodi di accumulo e che portano ai cosiddetti "episodi di ozono" (elevata insolazione, alte temperature, condizioni di alta pressione), sia per il ruolo che la radiazione solare ha nei meccanismi di reazione di formazione dell'O<sub>3</sub> in presenza di COV (composti organici volatili) e NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto).

In particolare nel 2014 le concentrazioni medie annue di ozono sono state inferiori alla media del decennio precedente (2004-2013) per tutte le stazioni per cui è disponibile una serie storica di almeno 5 anni di misure, tuttavia bisogna essere cauti nell'interpretare correttamente questo dato. Si tratta più verosimilmente di una diretta conseguenza delle eccezionali condizioni meteorologiche del 2014 - bassa radiazione solare nei mesi estivi, alta piovosità di luglio e agosto - piuttosto che l'espressione dell'inizio di un nuovo e più marcato trend in diminuzione delle concentrazioni di ozono troposferico e dei suoi precursori di origine antropica.

La criticità per l'ozono, inquinante ubiquitario e dalla genesi complessa, rimane dunque alta per il territorio della città metropolitana di Torino e per tutto il nord Italia in generale. Purtroppo a differenza di altri inquinanti, per i quali le politiche ambientali mirate hanno portato ad una diminuzione delle concentrazioni nel corso degli anni, nel caso dell'ozono gli effetti delle politiche volte alla riduzione dei precursori sono ancora poco evidenti.

**TEMPERATURA MEDIA E SOMMA DELLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE (periodo aprile-settembre) ANNI 2004-2014**

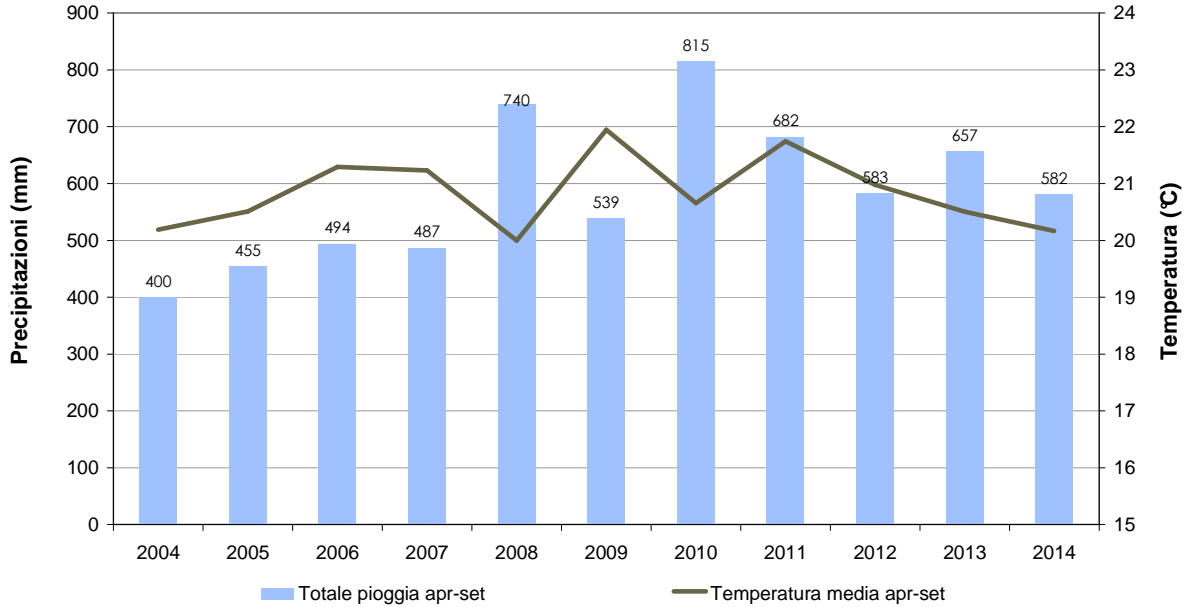


FIGURA 9: temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, nel periodo aprile-settembre, anni 2004-2014, stazione di To-Consolata.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ESTIVE (aprile - settembre) di OZONO Stazioni di Pino/Baldissero Torinese e To-Lingotto (2004 - 2014)**

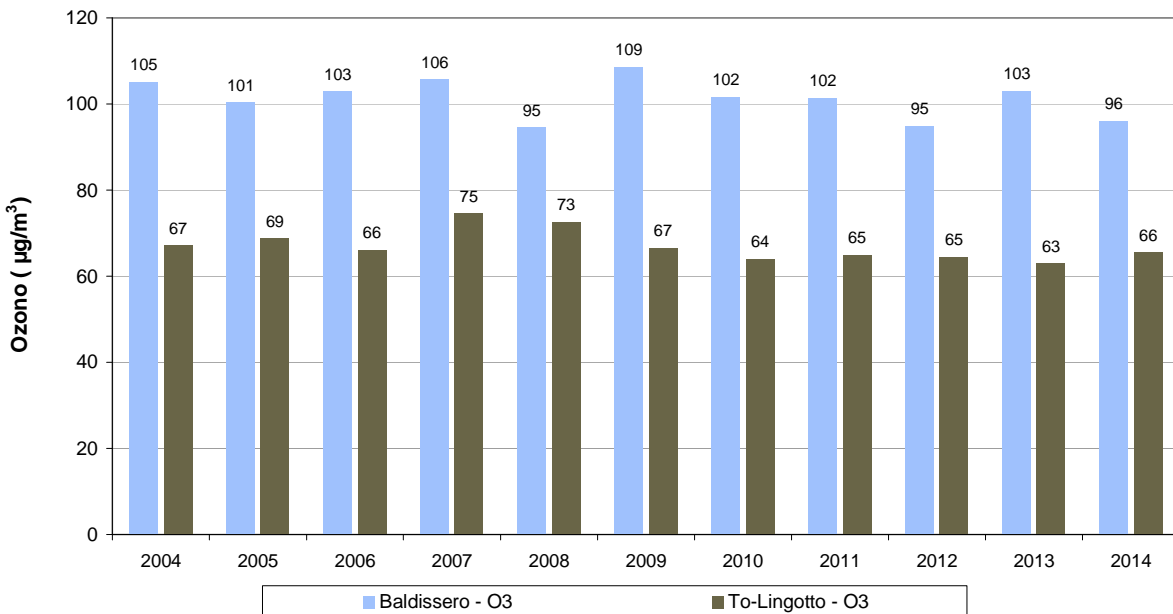


FIGURA 10: ozono, medie del periodo aprile-settembre dal 2004 al 2014 (dall'anno 2008 i valori considerati sono quelli registrati presso la stazione di Baldissero Torinese).

## BENZENE

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

*D. Maria, Città metropolitana di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.*

### DESCRIZIONE

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è un composto chimico che a temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta allo stato liquido.

Viene sintetizzato a partire da diversi composti chimici presenti nel petrolio ed impiegato come antidetonante nella benzina. Si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. Stime effettuate dall'Unione Europea attribuiscono alle emissioni dei veicoli a benzina più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva pertanto dai gas di scarico dei suddetti autoveicoli.

La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

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. 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 µg/m<sup>3</sup> di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo medio	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	1 gennaio 2010

TABELLA 13: D.lgs. 155/2010, valori limite per il benzene.

### ESAME DEI DATI

La FIGURA 11 mostra, a partire dal 1996, i livelli in atmosfera di questo inquinante misurati dalle stazioni di To-Consolata e To-Rebaudengo, le due stazioni di traffico presenti nella città di Torino.

Come si vede, dal 2004 il valore limite per la protezione della salute umana (pari a 5 µg/m<sup>3</sup> come media annuale) risulta rispettato anche grazie all'introduzione, da luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine ed al progressivo aumento del numero di auto catalizzate sul totale degli autoveicoli circolanti.

La TABELLA 14 evidenzia che le medie annuali del 2014 misurate anche nelle altre centraline della rete di monitoraggio sono ampiamente sotto il limite di legge, i valori misurati negli ultimi 3 anni sono sostanzialmente stabili e si attestano su concentrazioni pari alla metà del valore limite.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI BENZENE  
1996 - 2014**

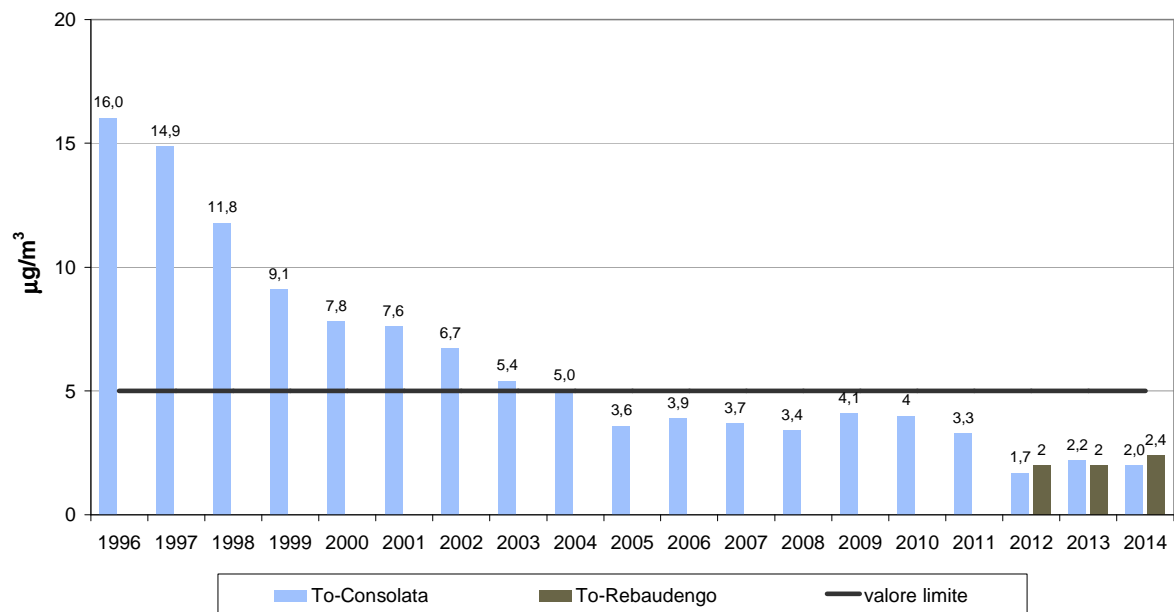


FIGURA 11: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2014.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% dati validi)	VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 5 µg/m³										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Beinasco (TRM)	68%										2,2*	<b>2,1*</b>
Borgaro T.se	91%										1,5	<b>1,4</b>
Settimo T.se	91%										2,0	<b>2,1</b>
To-Consolata	95%	3,6	3,9	3,7	3,4	4,1	4	3,3	1,7	2,2	<b>2,0</b>	
To-Lingotto	90%								1,3	1,2*	<b>1,0</b>	
To-Rebaudengo	85%								2,0	2,0	<b>2,4*</b>	
To-Rubino	91%						3,3	2,7	2,6	2,5	<b>2,2</b>	
Vinovo	88%								1,2	1,7*	<b>1,2*</b>	

\* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 14: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il benzene.

## PARTICOLATO SOSPESO

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

**M. Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.**

### DESCRIZIONE

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, generalmente solido, in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana), etc. Nelle aree urbane il materiale particolato di natura primaria può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel. Una componente significativa del particolato di minori dimensioni ha inoltre origine da processi secondari, che comportano la trasformazione in particelle di inquinanti originariamente emessi in forma gassosa.

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti ed enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo di sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici e i metalli.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. In prima approssimazione:

- le particelle con diametro superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie;
- le particelle con diametro tra i 5 e i 10 µm raggiungono la trachea e i bronchi;
- le particelle con diametro inferiore ai 5 µm possono raggiungere gli alveoli polmonari.

I valori limite sono riportati nella TABELLA 15.

PM10 - VALORE LIMITE DI 24 ORE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> PM10 non superare più di 35 volte per anno civile	1 gennaio 2005
PM10 - VALORE LIMITE ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> PM10	1 gennaio 2005
PM2,5 FASE 1 <sup>4</sup> - VALORE LIMITE ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup> PM2,5	1 gennaio 2015

TABELLA 15: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite per il PM10 e il PM2,5

### ESAME DEI DATI

#### Frazione PM10 e PM2,5

Nel 2014 i valori medi annuali confermano l'andamento in decrescita nella totalità delle stazioni di monitoraggio, così anche il numero di superamenti del valore limite di 24 ore. L'anno 2014 in Piemonte è stato il secondo più caldo dopo il 2011 ed il terzo più piovoso (preceduto dal 1977 e dal 1960) nella serie storica degli anni compresi a partire dal 1958. La precipitazione annua osservata sul territorio piemontese è stata di 1418 mm, superiore di circa 420 mm (pari al 40%) rispetto alla norma climatica 1971-2000<sup>5</sup>. Tra i mesi autunnali-invernali, solitamente più critici per le concentrazioni rilevate, sono stati molto piovosi i mesi di novembre e febbraio. Questo ha

<sup>4</sup> Il Decreto Legislativo 155/2010, che ha sostituito il DM 60/2002, ha poi previsto una fase 2 per il PM2,5, da raggiungere entro il 2020, con un valore limite più restrittivo che sarà stabilito con successivo decreto, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m<sup>3</sup> e delle verifiche effettuate dalla Commissione Europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obbiettivo negli Stati membri.

<sup>5</sup> Arpa Piemonte Sistemi Previsionali, Il clima in Piemonte - Anno 2014

contribuito al decremento dei valori medi rispetto al 2013, che già era stato un anno molto favorevole in termini di miglioramento della qualità dell'aria. Anche l'indice del numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 è stato inferiore a quanto registrato nei 3 anni precedenti. I dati di PM10 sul lungo periodo (dal 2000, FIGURA 12) presentano un andamento decrescente, con un decremento medio annuale di circa due  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; attualmente i valori medi annuali oscillano intorno ai 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nelle stazioni di Torino e ai 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nelle stazioni esterne alla città di Torino.

In FIGURA 13 si osserva che il valore limite annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  non viene rispettato esclusivamente nella stazione di To-Grassi e la concentrazione è pari al limite in piazza Rebaudengo, mentre negli anni passati il limite era stato superato anche nelle altre centraline da traffico della città di Torino, ed in vari comuni dell'area metropolitana. Considerando l'insieme delle stazioni metropolitane esistenti in entrambi gli anni 2013-2014, si osserva un decremento delle concentrazioni medie del 11% rispetto al 2013.

In FIGURA 14 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete metropolitana; le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si aggiungono le emissioni degli impianti di riscaldamento e contemporaneamente si verificano le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2014 i mesi più critici sono stati gennaio e dicembre, anche se le concentrazioni medie sono state quelle più basse mai registrate nel corso degli anni di monitoraggio per questi mesi che normalmente sono tra i più sfavorevoli.

Nei mesi da aprile a settembre prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, per cui anche nelle stazioni più critiche i valori medi mensili risultano al di sotto dei 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisce anche un limite giornaliero (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Tale limite risulta più stringente di quello annuale<sup>6</sup> e pertanto nella maggior parte delle stazioni non è rispettato (FIGURA 15). Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero si è verificato a To-Rebaudengo ed è stato pari a 94, ma anche nelle stazioni di fondo urbano di To-Lingotto e To-Rubino la situazione si mostra critica con 59 e 58 superamenti rispettivamente. Nella stazione di To-Grassi il numero di superamenti è sottostimato in quanto ci sono stati problemi nella linea elettrica a partire da ottobre. Al di fuori di Torino la situazione più critica è rappresentata dagli 82 superamenti di Carmagnola, che si trova in un sito influenzato dall'intenso traffico veicolare di due arterie stradali importanti, la SR 20 e SP129, nel quale è rilevante la circolazione di veicoli pesanti. I veicoli pesanti sono alimentati quasi esclusivamente dal carburante diesel, la cui combustione è la principale sorgente di PM10 derivante da traffico veicolare, pertanto questo ha determinato concentrazioni di particolato molto elevate. Va sottolineato che, dal 2014, tra le stazioni che non superano il limite ci sono anche Ivrea e Leini, che si sono aggiunte a Pinerolo e Druento che già nel 2013 non avevano presentato superamento del valore limite.

<sup>6</sup> Si veda il capitolo ANALISI DEL RAPPORTO DI CORRELAZIONE FRA MEDIA ANNUALE E NUMERO DI SUPERAMENTI DEL VALORE LIMITE PER IL PARTICOLATO PM10 – LA SITUAZIONE NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO NEL QUADRO EUROPEO

**PM10 - ANDAMENTO STORICO DEL VALORE MEDIO ANNUALE  
stazioni di TO-Consolata e TO-Grassi**

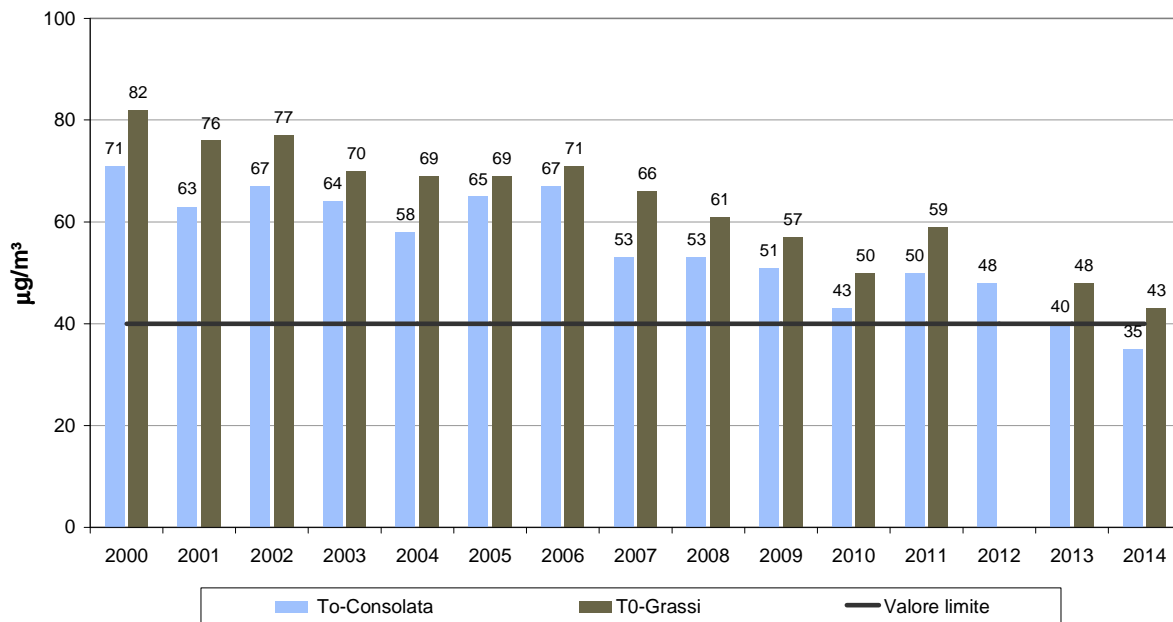


FIGURA 12: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2014.

**PM10 2014**  
**Verifica del rispetto del valore limite annuale per la protezione della salute**

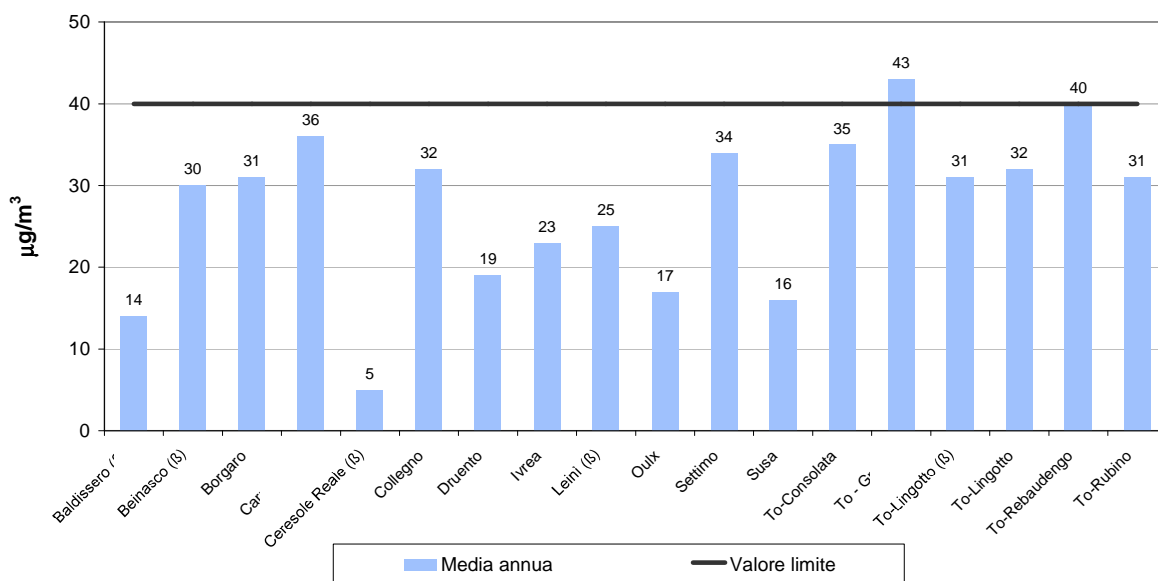


FIGURA 13: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio metropolitane.

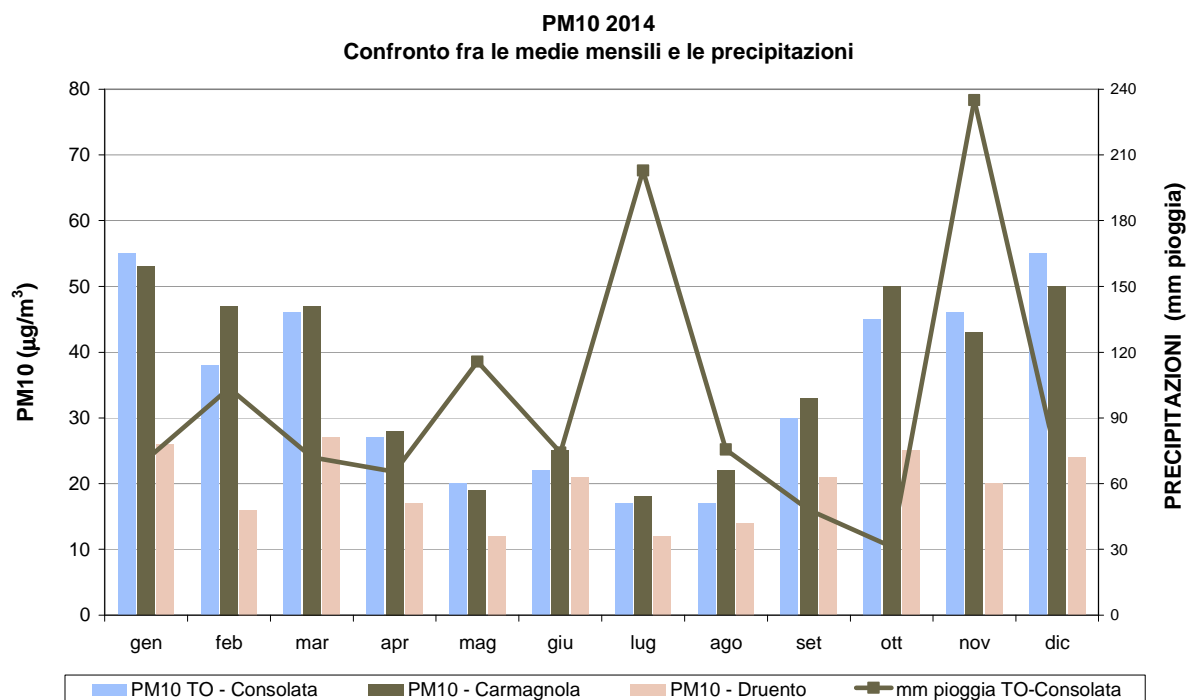


FIGURA 14: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della città metropolitana di Torino nell'anno 2014.

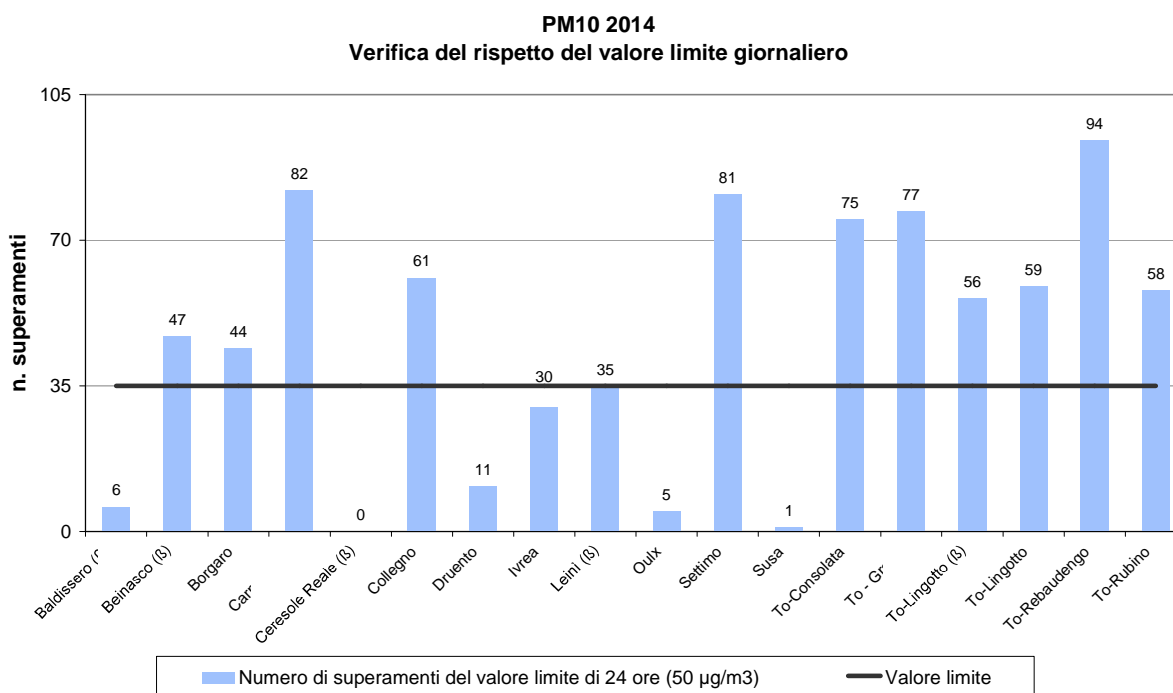


FIGURA 15: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m³ come media giornaliera)

Negli ultimi anni la normativa ha preso in considerazione anche le particelle di minori dimensioni e il Decreto Legislativo 155/2010 ha introdotto un valore limite per il PM2,5 (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015. La rete della città metropolitana di Torino nel corso degli anni è stata arricchita di numerosi campionatori, infatti oltre a quelli "storici" delle stazioni di To-Lingotto e Leini, attivi da nove anni, ora il monitoraggio del PM2,5 avviene in ulteriori sette siti, scelti per rappresentare varie situazioni emissive (TABELLA 16). Da settembre 2012 inoltre Arpa Piemonte gestisce la stazione di Beinasco-Aldo Mei, di proprietà TRM,



installata per monitorare la zona di massima ricaduta dell'inceneritore. Dal 2014 si è aggiunta la stazione di To-Rebaudengo.

Su base annuale la concentrazione media di PM<sub>2,5</sub> è al di sopra del valore limite solo a Settimo Torinese, in una zona coinvolta direttamente da traffico veicolare, con valori comunque in diminuzione rispetto all'anno scorso. Il trend su lungo periodo è decrescente per tutte le stazioni. I dati di Borgaro, Ivrea, Chieri e Beinasco (TRM) sono analoghi a quelli di Leinì essendo rappresentative di zone di fondo suburbano. La stazione di Ceresole invece rappresenta un'area rurale non soggetta ad emissioni antropiche e pertanto ha valori minimi.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% giorni validi)	PM <sub>2,5</sub> - VALORE MEDIO ANNUO								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
		Beinasco - TRM (B)	98%	-	-	-	-	-	-	38*
Borgaro	97%	-	-	-	-	25*	33	31	27	23
Ceresole Reale (B)	94%	-	-	-	-	-	-	5*	5*	4
Chieri	96%	-	-	-	-	-	-	43*	28	22
Ivrea	84%	-	-	-	-	-	28*	27	24*	19*
Leinì (B)	97%	33*	40*	35*	34*	29*	29*	29*	26	22
Settimo	99%	-	-	-	-	-	-	37	33	26
To-Lingotto	92%	40	36*	35	33	29	35	33	29	24
To-Rebaudengo	85%	-	-	-	-	-	-	-	-	25*

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 16: parametro PM<sub>2,5</sub>, valutazione statistica anni 2006-2014.

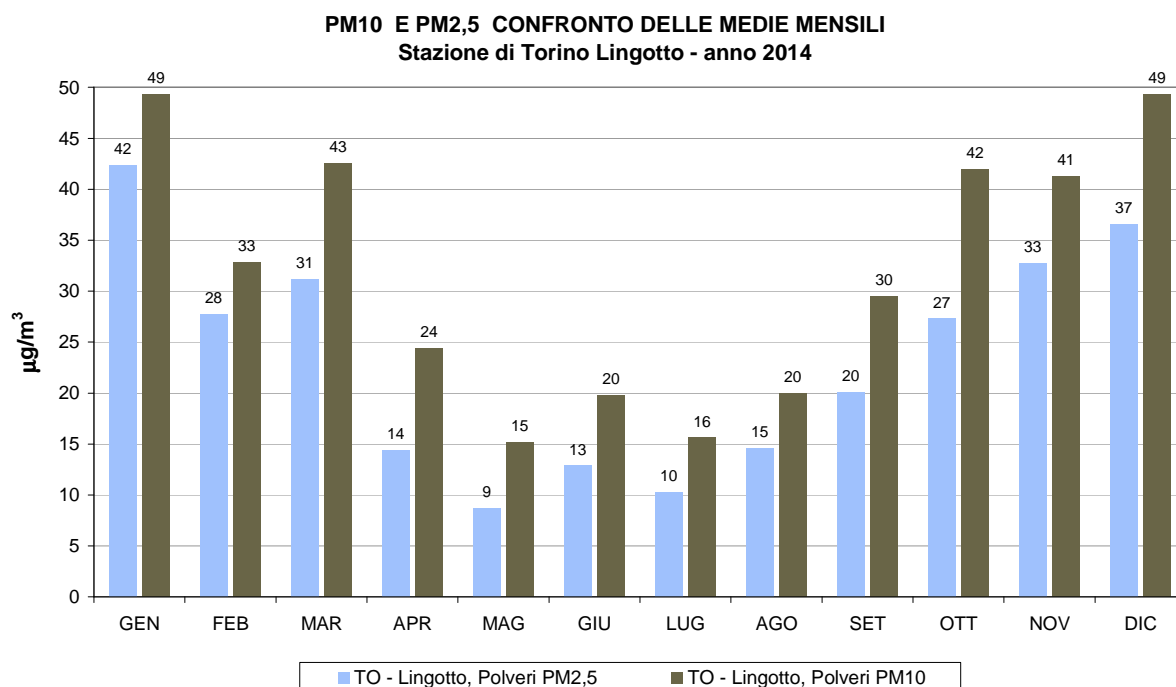


FIGURA 16: confronto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> presso la stazione di Torino - Lingotto.

In FIGURA 16 sono riportati i valori mensili di PM<sub>2,5</sub> a confronto con quelli di PM<sub>10</sub> a To-Lingotto, prendendo in considerazione solo i giorni in cui entrambi gli strumenti erano funzionanti.

In questa stazione, ed in generale in quelle di fondo urbano, la frazione più fine incide mediamente in maniera maggiore nei mesi freddi, mentre nei mesi estivi è percentualmente meno alta rispetto al PM<sub>10</sub>. Nel 2014 nella stazione di Torino Lingotto il PM<sub>2,5</sub> costituisce in media circa il 77% del PM<sub>10</sub> nel semestre freddo e il 65% nel semestre caldo.

Tale fenomeno, confermato dalle analisi sulla serie storica, è attribuibile al fatto che la componente secondaria del particolato si concentra maggiormente nella frazione PM<sub>2,5</sub>.

Maggiori approfondimenti sono reperibili nel paragrafo "Analisi statistica delle serie storiche di particolato fine e coarse nell'area metropolitana torinese".

La formazione secondaria del particolato a partire da sostanze gassose (i "precursori") è favorita dall'irraggiamento solare, ma occorre considerare che nei mesi freddi la concentrazione al suolo degli inquinanti precursori (idrocarburi, ossidi di azoto, ecc.) è maggiore sia a causa delle condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica sia per il contributo degli impianti di riscaldamento.

Ciò vale in particolare nel caso dei nitrati, che sono una delle componenti principali del particolato secondario. Come evidenziato dai risultati del progetto iMonitraf!, descritti nell'edizione 2011 di "Uno sguardo all'aria", i nitrati si concentrano maggiormente nelle frazioni inferiori a  $1,5 \mu\text{m}$  e nei mesi freddi arrivano a costituire circa il 25% in massa del PM10. Il nitrato d'ammonio, che è la forma prevalente, è un composto semivolatile, per cui in condizioni di bassa temperatura (in autunno-inverno) è favorita la sua condensazione in fase particolato<sup>7</sup>. Nei mesi freddi aumenta inoltre l'emissione di ossidi di azoto a causa dell'accensione degli impianti di riscaldamento e sono meno intensi i processi di fotolisi dell'acido nitrico aerodisperso, la cui presenza è necessaria alla formazione dei nitrati in fase particellare.

Un altro fattore che può risultare rilevante sulla distribuzione dimensionale delle particelle è la velocità del vento, che mediamente aumenta da marzo ad agosto e quindi può incrementare il risollevarsi della frazione più grossolana del particolato nel periodo estivo.

Il ruolo dell'irraggiamento solare quale fattore influenzante la formazione del particolato più fine è più evidente nella stazione di Ceresole Reale, lontana da fonti di emissione e posta a una quota più elevata dell'altezza dello strato rimescolato invernale, da cui hanno origine le elevate concentrazioni del particolato misurate in pianura durante i mesi freddi. In questa stazione si osserva che l'andamento delle medie mensili è opposto a quello delle stazioni collocate in ambiti urbani di pianura: mentre in queste ultime i valori massimi di PM<sub>2,5</sub> si registrano in inverno, a Ceresole i valori mensili massimi si verificano nella stagione estiva, in corrispondenza della massima insolazione, come si può osservare in FIGURA 17.

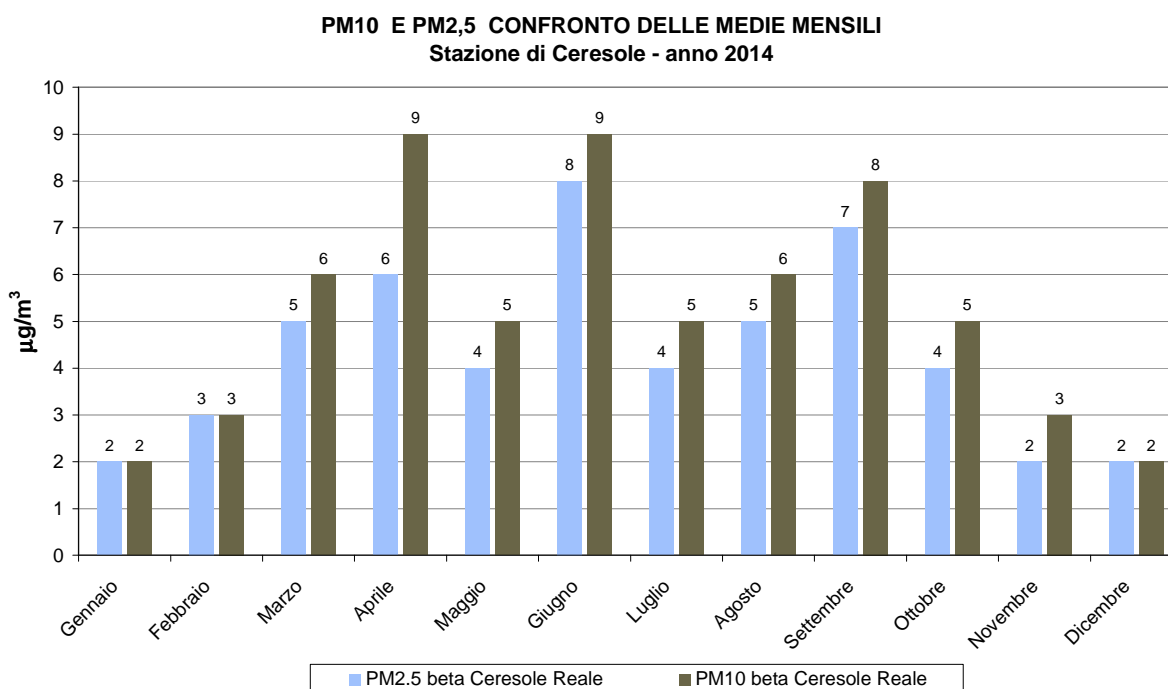


FIGURA 17: confronto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> presso la stazione di Ceresole Reale.

### L'andamento orario del particolato in due siti urbani di traffico e di background.

La misura del particolato con dettaglio orario non ha rilevanza in merito al rispetto dei limiti, che fanno riferimento alla concentrazione media giornaliera, ma è utile al fine di valutare le prestazioni dei modelli di dispersione e trasformazione degli inquinanti (che ricostruiscono le serie temporali orarie) e per approfondire le dinamiche di formazione del particolato aerodisperso. A questo

<sup>7</sup> Perrone Maria Grazia et al, Seasonal variations in chemical composition and in vitro biological effects of fine PM from Milan, March 2010, Chemosphere, Volume 78, Issue 11, pag 1368-1377

scopo nel maggio 2013 è stato installato nella stazione di To-Rubino uno strumento che fornisce la misura del PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> orario in modo automatico (con un analizzatore a raggi beta).

I dati sono stati confrontati con quelli provenienti dalla stazione di To-Rebaudengo, dove dal 2013 è presente uno strumento che stima la concentrazione oraria in massa di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> a partire dalle concentrazioni numeriche delle particelle rilevate da un contatore ottico. Le due stazioni di monitoraggio hanno caratteristiche diverse: quella in piazza Rebaudengo rappresenta situazioni emissive di picco, visto il notevole traffico veicolare circolante nella piazza, mentre la stazione in via Rubino rappresenta un valore tipico di fondo urbano, non essendo direttamente soggetta a fonti di emissione.

Il valore di PM<sub>10</sub> ottenuto dall'analizzatore beta in via Rubino è stato mediato a livello giornaliero e confrontato con le concentrazioni ottenute utilizzando il campionatore di riferimento europeo, che si basa sulla pesata in laboratorio dei filtri campionati. I risultati del 2014 indicano un'ottima correlazione dei dati giornalieri e confermano la validità del dato acquisito dall'analizzatore automatico (FIGURA 18).

In FIGURA 19 si possono confrontare gli andamenti delle medie orarie di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> nel giorno tipo annuale. Come si può osservare, l'andamento del PM<sub>10</sub> in piazza Rebaudengo presenta un massimo alle 10 del mattino con valori intorno ai 50 µg/m<sup>3</sup>, e un altro picco di 40 µg/m<sup>3</sup> alle 21-22. I minimi si hanno intorno alle 5-6 del mattino e tra le 16 e le 18, quando per la maggiore temperatura atmosferica si verifica il maggiore rimescolamento delle masse d'aria atmosferica e quindi la maggiore diluizione degli inquinanti. Il PM<sub>2,5</sub> presenta andamento analogo con picchi nelle stesse ore, rispettivamente di 40 e 35 µg/m<sup>3</sup>. L'andamento del biossido di azoto, anch'esso inquinante di natura prevalentemente secondaria, presenta i massimi anticipati di un'ora rispetto al particolato (FIGURA 20). Inoltre il massimo assoluto si registra in ore serali, quando in assenza di radiazione solare, è sfavorita la fotolisi del biossido di azoto a monossido. Al contrario per il particolato il massimo è nelle ore mattutine.

Come detto la stazione di To-Rubino è meno soggetta a fonti primarie di emissione, e questo si manifesta nei valori di particolato misurati, che sono inferiori a quelli di To-Rebaudengo. C'è inoltre una certa differenza nel profilo del giorno tipo, che presenta massimi di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> all'una di notte, un altro picco di minore entità alle 9 del mattino e un nuovo incremento dei valori la sera intorno alle 21. Si può notare, inoltre, nel profilo del PM<sub>10</sub>, che i valori dalle 2 alle 7 del mattino sono praticamente identici, nonostante la citata differenza nell'ubicazione delle due stazioni. Una possibile spiegazione al fenomeno sulla persistenza di alti valori notturni può essere il meccanismo di accrescimento delle particelle, che di notte aumentano la propria dimensione in conseguenza della condensazione sulla propria superficie dei precursori gassosi, favorita dalla diminuzione della temperatura nelle ore notturne. Inoltre, come descritto nel capitolo "La concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese", il numero di particelle progressivamente diminuisce a seguito della coagulazione per collisione tra loro, mentre aumenta la loro massa e quindi aumentano i valori di PM<sub>2,5</sub> misurati.

I minimi orari per il PM<sub>10</sub> e il PM<sub>2,5</sub> di To-Rubino (23 e 18 µg/m<sup>3</sup> rispettivamente) si verificano nel pomeriggio intorno alle 16 in corrispondenza alle ore di maggiore rimescolamento atmosferico e rappresentano concentrazioni di fondo urbano che è molto difficile ridurre, se non con interventi drastici per il contenimento delle emissioni di particolato primario e dei precursori gassosi del particolato.

Interessante inoltre confrontare i valori di PM<sub>10</sub> nel periodo freddo (gennaio-marzo e ottobre-dicembre) e quello caldo (aprile-settembre), che nel seguito chiameremo "inverno" ed "estate".

I valori invernali di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> sono circa il doppio di quelli estivi; la differenza maggiore tra estate ed inverno si verifica per il PM<sub>2,5</sub> di To-Rubino, dove i valori invernali sono 2.4 volte quelli estivi. Il giorno tipo del PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> in piazza Rebaudengo presenta un andamento differente nei due periodi: in inverno si osserva il classico doppio picco mattutino e serale, mentre in estate è presente solo quello mattutino, e i valori poi decrementano fino a raggiungere alle ore 14 un valore costante che permane fino alle 6 del mattino (intorno ai 18 µg/m<sup>3</sup> per il PM<sub>2,5</sub>). In estate quindi i fenomeni di maggiore stabilità atmosferica notturna non sono della stessa entità di quelli invernali e pertanto è meno favorita la formazione di particelle più grandi e più "pesanti".

Per quanto riguarda il giorno tipo di To-Rubino si nota anche in questo caso l'assenza del picco serale estivo, permane comunque il valore massimo dell'una di notte.

To-RUBINO - Correlazione PM10 beta con PM10 gravimetrico

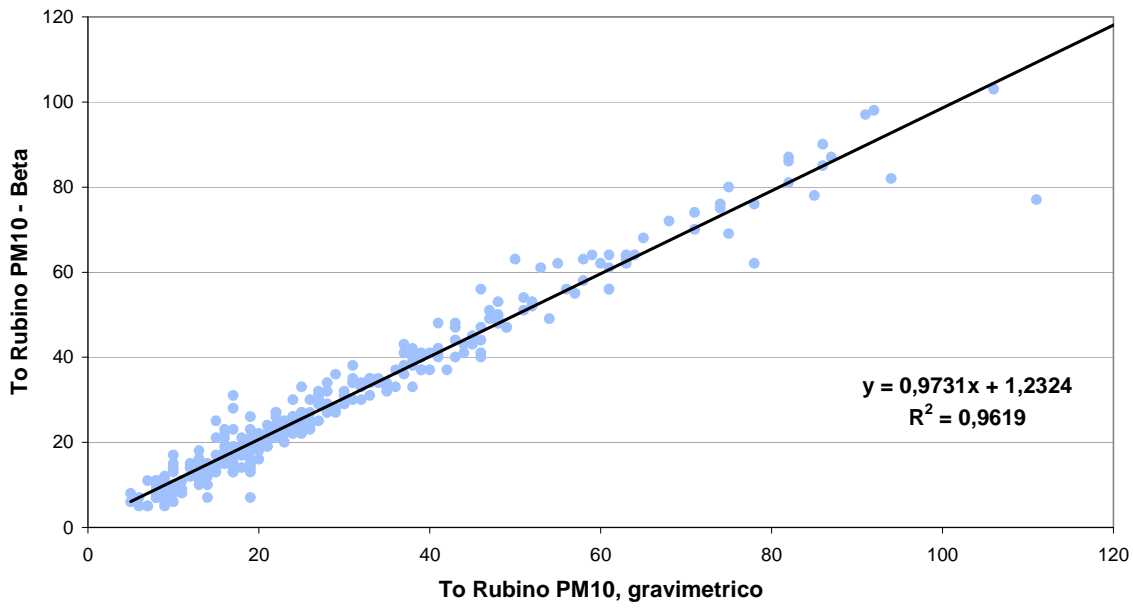


FIGURA 18: Correlazione tra i dati giornalieri del PM10 di Torino – Rubino misurati con tecnica gravimetrica e analizzatore a raggi beta

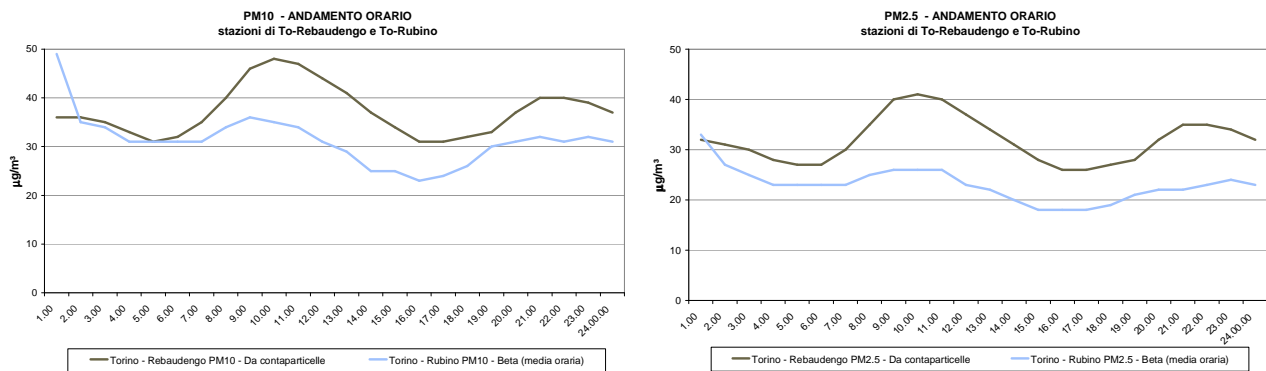


FIGURA 19: giorno tipo annuale di PM10 e PM2,5 a To-Rebaudengo e Torino – Rubino, anno 2014

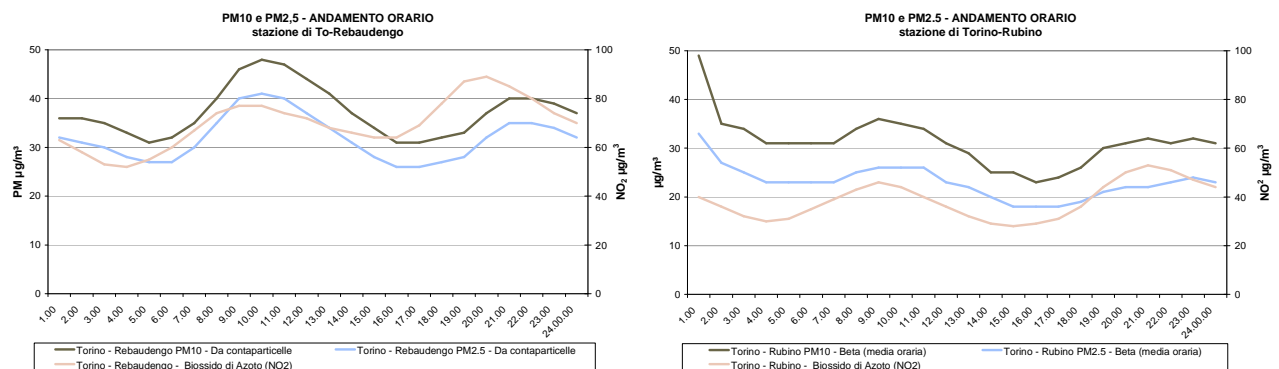


FIGURA 20- giorno tipo annuale di PM10 e PM2,5 a To-Rebaudengo e Torino – Rubino, confronto con le medie di NO<sub>2</sub>, anno 2014

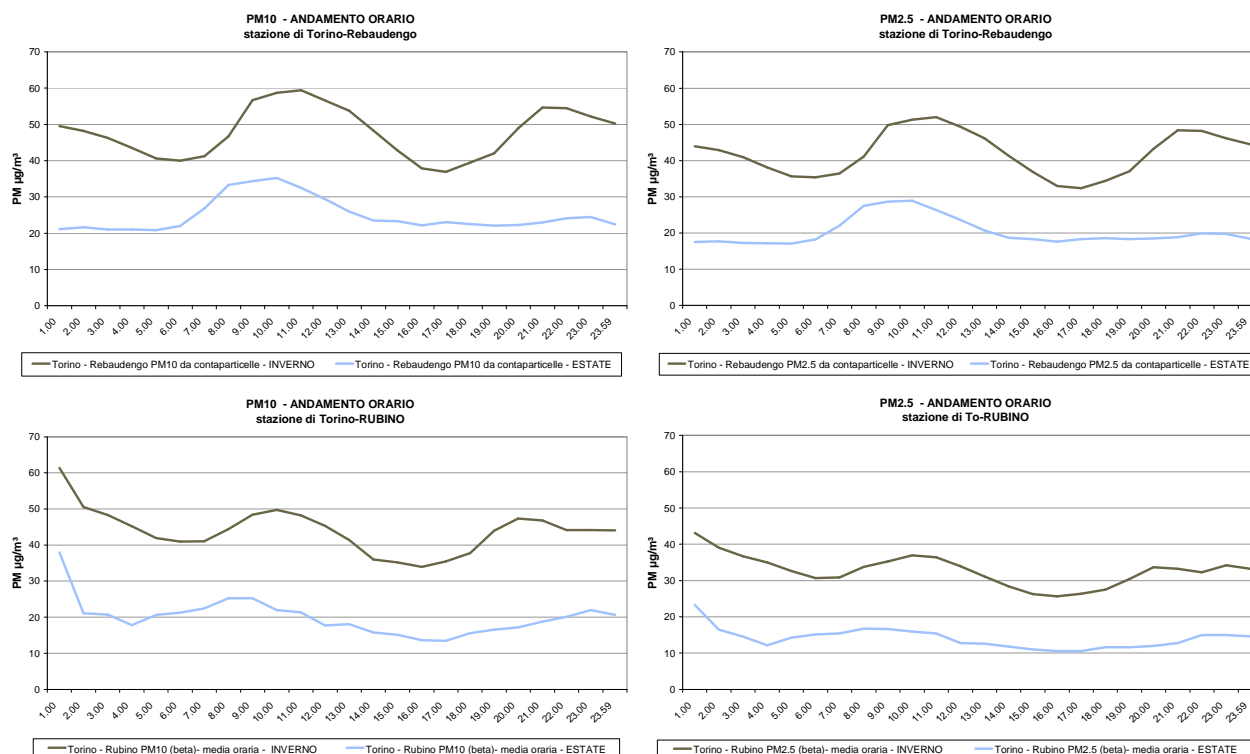


FIGURA 21: PM10 e PM2,5 orari confronto tra il giorno medio invernale ed estivo - anno 2014

### Analisi statistica delle serie storiche di particolato fine e coarse nell'area metropolitana torinese

Il campionamento del PM2,5 avviene oramai dal 2006 sul territorio metropolitano e la base dati raccolta è diventata molto ampia e permette di condurre delle analisi più approfondite sul rapporto tra il PM10 e il PM2,5 nel corso degli anni. Tra i vari siti monitorati, sono stati scelti per l'analisi quelli di To-Lingotto e Borgaro Torinese, per i quali si ha la più lunga serie storica con la tecnica di misurazione per via gravimetrica, metodo standard secondo le norme europee. Entrambe le stazioni hanno caratteristiche analoghe, sono di fondo urbano e collocate in aree di verde pubblico, non direttamente esposte a sorgenti emissive, e quindi rappresentative dell'esposizione media della popolazione agli inquinanti atmosferici.

L'analisi è stata condotta su cinque anni di monitoraggi delle concentrazioni giornaliere di PM10 e PM2,5, dal 2010 al 2014.

Nella TABELLA 17 sono riassunte le principali elaborazioni statistiche effettuate.

Mediamente il PM2,5 rappresenta il 75% del PM10 a To-Lingotto e il 72 % a Borgaro. PM10 e PM2,5 sono molto ben correlati tra loro in entrambi i siti, come evidenziato in FIGURA 22, con un  $R^2$  superiore a 0,9 e presentano lo stesso andamento stagionale, come sui può osservare dalla FIGURA 23 e FIGURA 24 con massimi nel periodo invernale e minimi nel periodo estivo.

La frazione coarse ("grossolana"), invece, data dalla differenza PM10-PM2,5, non è correlata con il PM10 e non ha andamento analogo al PM10, anzi può raggiungere valori relativamente alti (medie giornaliere maggiori di 20 µg/m<sup>3</sup>) anche nel periodo aprile-settembre (FIGURA 25 e FIGURA 26). Mediamente la frazione coarse presenta valori pari a 9 µg/m<sup>3</sup>.

Nei giorni nei quali viene superato il valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup> per il PM10, la frazione di PM2,5 aumenta fino a rappresentare l'80% del PM10 a Lingotto e l'83% a Borgaro, mentre a concentrazioni inferiori al limite le percentuali sono rispettivamente il 73% e il 68%. Il particolato più fine quindi predomina nei periodi di maggiore criticità ed è la frazione più "problematica" per gli sforzi ai fini del miglioramento della qualità dell'aria, in quanto in questa frazione è maggiore la componente secondaria derivante da reazioni tra inquinanti in fase gassosa e/o condensazione di composti semivolatili.

La frazione più grossolana aumenta quando la velocità del vento è superiore a 1.5 m/s e non sono presenti precipitazioni (si considerano assenti quando la pioggia è minore di 5 mm), come si può osservare dalla TABELLA 18, raggiungendo mediamente il 28 % del PM10 a To- Lingotto e il 35% a Borgaro, mentre diminuisce quando si verificano fenomeni piovosi (in assenza di vento è il 22% - 24% del PM10).

Stazione-parametro	media	superi 50	massimo	minimo	dati validi	% dati validi
Borgaro PM10	38	399	164	5	1659	91%
Borgaro PM2,5	28	252	151	5	1628	89%
To-Lingotto PM10	38	428	233	5	1694	93%
To-Lingotto PM2,5	30	306	186	5	1720	94%
Borgaro PM10-PM2,5	9		77	0		
To-Lingotto PM10-PM2,5	9		47	0		
Borgaro PM10-PM2,5 / Borgaro PM10	28%		87%	0%		
To-Lingotto PM10-PM2,5/To-Lingotto PM10	25%		81%	0%		
Borgaro PM2,5/PM10	72%		100%	13%		
To-Lingotto PM2,5/ PM10	75%		100%	19%		

TABELLA 17 elaborazioni statistiche dati giornalieri dal 2010 al 2014.

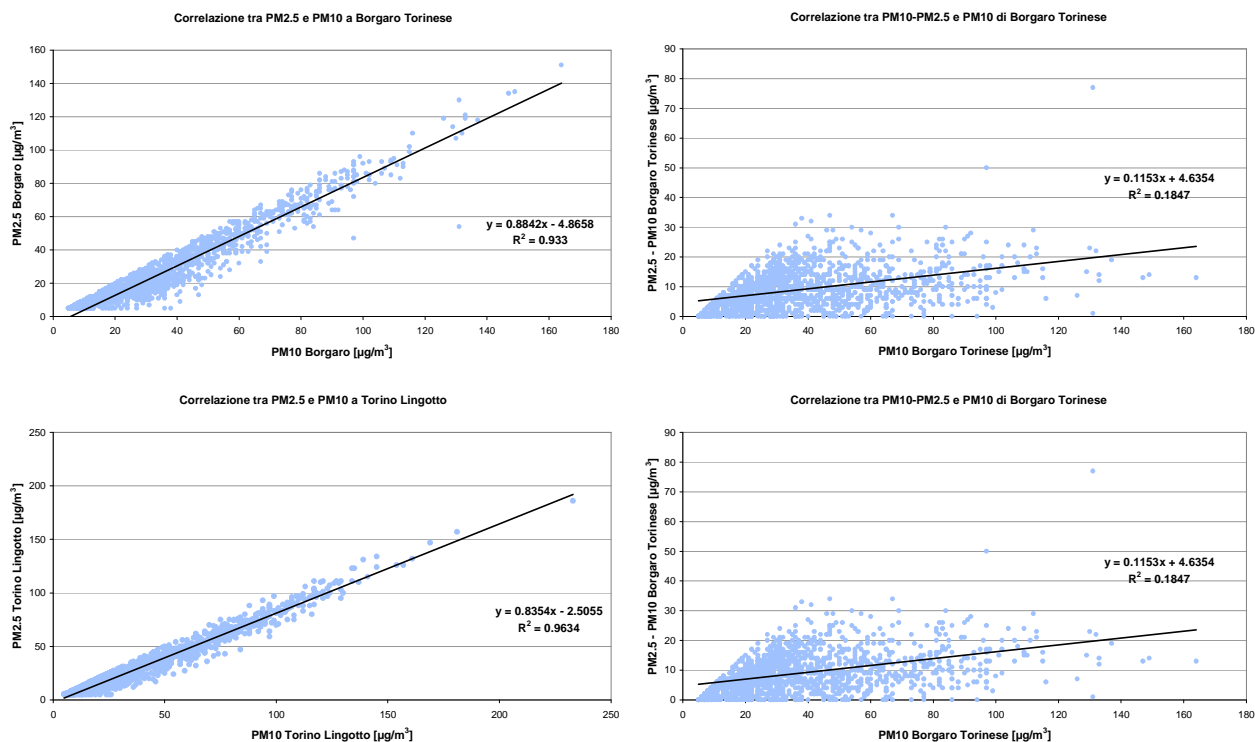


FIGURA 22: : correlazione tra PM2,5 e PM10 e tra frazione coarsa (PM10-PM2,5) e PM10

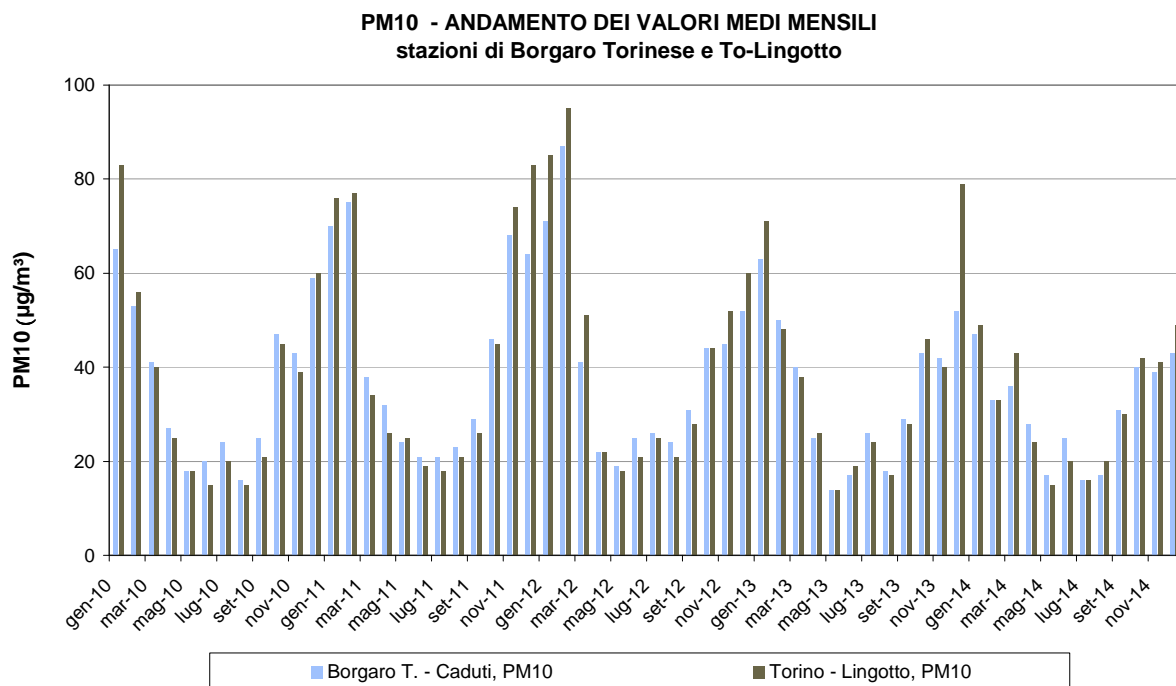


FIGURA 23: Andamento dei valori medi mensili di PM10 a Borgaro Torinese e Torino – Lingotto.

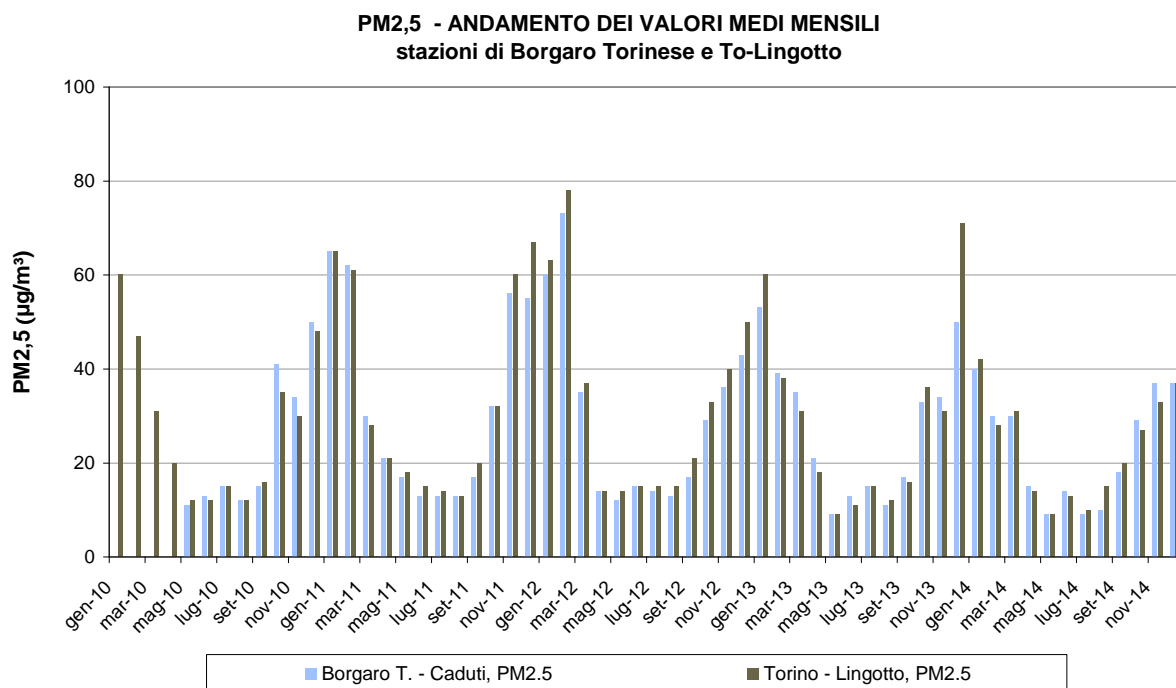


FIGURA 24: Andamento dei valori medi mensili di PM2,5 a Borgaro Torinese e Torino – Lingotto.

**Medie mensili di Borgaro T. - Caduti, PM10-PM2,5**

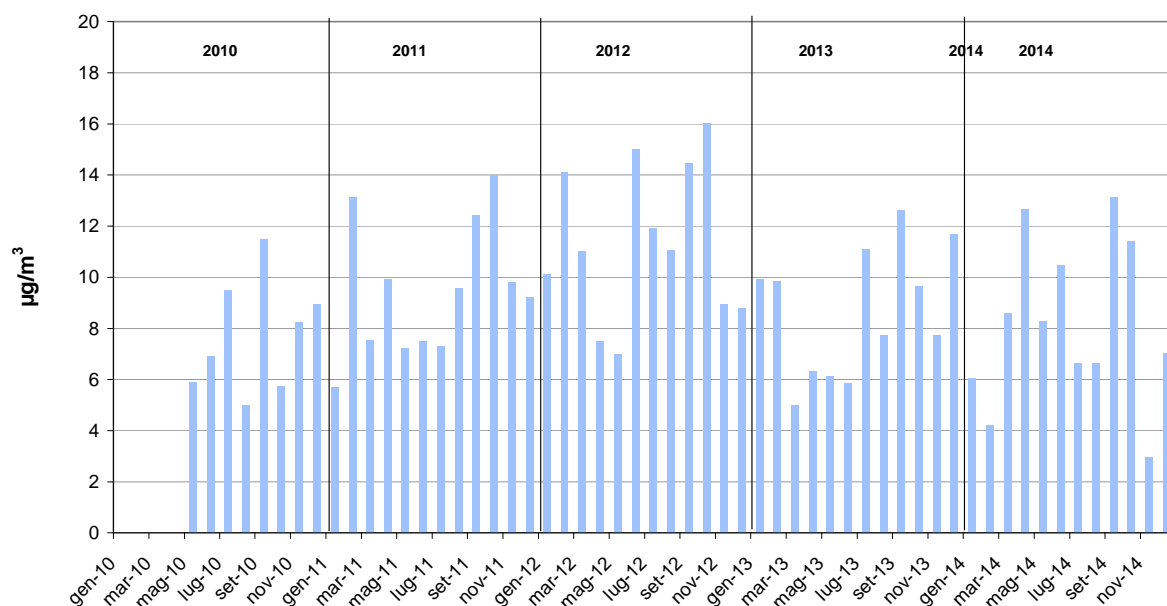


FIGURA 25: Andamento dei valori medi mensili della frazione coarse (PM10-PM2,5) a Borgaro Torinese.

**Medie mensili di To-Lingotto, PM10-PM2,5**

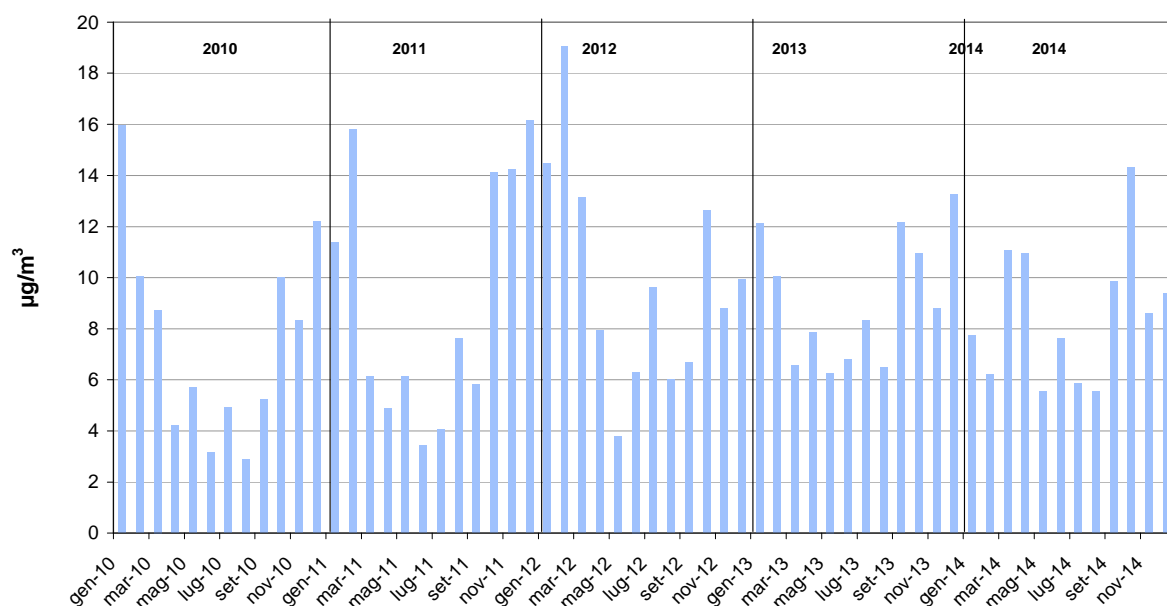


FIGURA 26: Andamento dei valori medi mensili della frazione coarse (PM10-PM2,5) a To-Lingotto

CONDIZIONI METEOROLOGICHE	To-Lingotto (PM10-PM2,5)/PM10	Borgaro Torinese (PM10-PM2,5)/PM10
PERIODI "SECCHI": PIOGGIA < 5 MM E VELOCITA' DEL VENTO < 1,5 m/s	25%	27%
PERIODI "VENTOSI": PIOGGIA < 5 MM E VELOCITA' DEL VENTO ≥ 1,5 m/s	28%	35%
PERIODI PIOVOSI: PIOGGIA ≥ 5 MM E VELOCITA' DEL VENTO < 1,5 m/s	22%	24%
PERIODI PIOVOSI E VENTOSI: PIOGGIA ≥ 5 MM E VELOCITA' DEL VENTO ≥ 1,5 m/s	22%	30%

TABELLA 18: influenza delle condizioni meteorologiche sulla frazione coarse a To-Lingotto.



### Particelle sospese totali

L'attenzione normativa si è incentrata negli ultimi anni sulla frazione di particolato PM10 e PM2,5, in quanto gli studi tossicologici ed epidemiologici hanno evidenziato che le particelle di minori dimensioni sono quelle più dannose per la salute umana. Le particelle sospese totali, che precedentemente al recepimento delle Direttive Europee costituivano il parametro di riferimento di legge, sono ancora misurate presso la stazione di To-via Consolata. L'esame dell'andamento della concentrazione delle polveri totali, vista la lunga serie storica di dati, è utile per avere un'indicazione del trend relativo al PM10 anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato. Infatti come si osserva in FIGURA 27, in cui per la stazione di Torino - via Consolata sono riportate le medie annuali di PTS e PM10, il PM10 costituisce circa il 70% delle polveri totali.

In FIGURA 27 per il PTS sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate in più di 30 anni di monitoraggio. I valori che si misurano oggi sono molto minori rispetto agli anni '80; dal 1999 al 2006 si sono stabilizzati intorno ai 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre negli ultimi quattro anni si sono registrati i valori più bassi mai misurati presso questa stazione, intorno ai 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un minimo nel 2010, data la eccezionale piovosità di quell'anno. Nel 2014 la media annuale è stata di 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , confermando il trend in miglioramento su lungo periodo.

La diminuzione registrata rispetto ai primi anni di rilevamento è stata ottenuta grazie al trasferimento all'esterno dell'area metropolitana e alla chiusura di alcuni impianti industriali di notevole impatto ambientale, alla progressiva sostituzione con il metano di combustibili altamente inquinanti, quali l'olio combustibile e il carbone, alla diminuzione del biossido di zolfo, precursore del particolato e ai miglioramenti tecnologici nelle emissioni degli autoveicoli.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PARTICOLATO TOTALE SOSPESO**  
Stazioni di Torino (1980-2014)

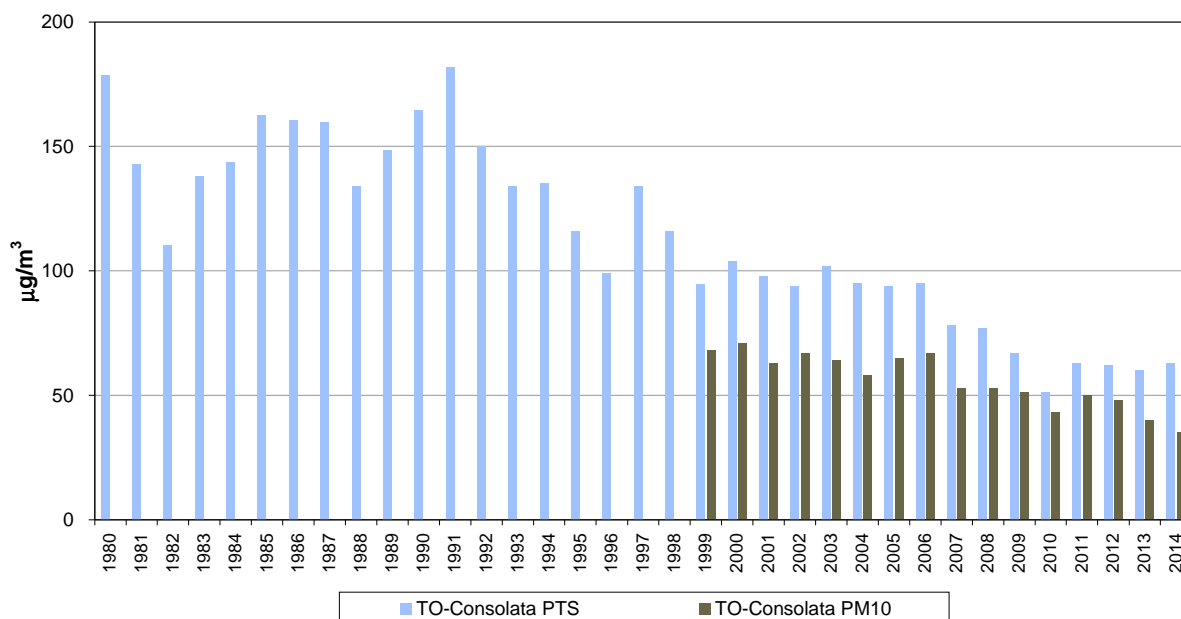


FIGURA 27: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2014.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% giorni validi)	PM10 – VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 40 µg/m³										PM10- NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite di 24 ore (50 µg/m³)									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Baldissero (B)	77		23*	22	22	19	20	23	21	17	<b>14*</b>		9*	16	31	16	13	33	17	9	<b>6*</b>
Beinasco-TRM (B)	98								48*	33	<b>30</b>								37*	70	<b>47</b>
Borgaro	88	51	56	46	43	41	37	43	42*	35*	<b>31*</b>	143	161	118	93	101	83	107	90*	75*	<b>44*</b>
Carmagnola	99	47	61	50*	48	50	44	49	50	42	<b>36</b>	125	171	130*	124	131	118	130	137	109	<b>82</b>
Ceresole Reale (B)	94						6*	7*	7	6*	<b>5</b>					0*	0*	0	0*	0	<b>0</b>
Collegno	98								33*	36	<b>32</b>								50*	83	<b>61</b>
Druento	98	36	38	32	32	32*	27	31	28	24	<b>19</b>	83	77	63	56	52*	38	63	45	29	<b>11</b>
Ivrea	96			39*	34	33	28	35	34	27	<b>23</b>			89*	73	71	53	82	71	52	<b>30</b>
Leini (B)	97		43*	46*	44*	39*	35*	36*	33	29	<b>25</b>		52*	97*	94*	81*	61*	74*	66	59	<b>35</b>
Oulx	85		27	20	20*	18	19	20	17	18	<b>17*</b>		31	6	18*	3	7	11	3	6	<b>5*</b>
Settimo	92								44	39	<b>34</b>								111	88	<b>81</b>
Susa	93	29	30	22	25	21	22	23	21	18	<b>16</b>	43	40	27	39	16	21	24	15	10	<b>1</b>
To-Consolata	99	65	67	53	53	51	43	50	48	40	<b>35</b>	199	184	146	124	123	102	134	118	100	<b>75</b>
To-Grassi	68	70*	71	66	61	57	50	59	60*	48	<b>43*</b>	197*	194	190	150	151	131	158	103*	126	<b>77*</b>
To-Lingotto (B)	95	43	64	61*	43	41	34	48*	41*	34	<b>31</b>	98	172	147*	90	92	72	95*	90*	69	<b>56</b>
To-Lingotto	93						36	44	42	38	<b>32</b>						80	106	94	89	<b>59</b>
To-Rebaudengo	92									37*	<b>40</b>									53*	<b>94</b>
To-Rubino	99			47*	43	44*	39	47	40*	35	<b>31</b>			95*	90	96*	83	111	83*	87	<b>58</b>

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 19: parametro PM10, valutazione statistica anni 2000-2014.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% giorni validi)	PTS – VALORE MEDIO ANNUO									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
To-Consolata,	73	95*	95*	78*	77*	67*	51	63	62*	60*	<b>63*</b>

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 20: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2000-2014.

## ANALISI DEL RAPPORTO DI CORRELAZIONE FRA MEDIA ANNUALE E NUMERO DI SUPERAMENTI DEL VALORE LIMITE PER IL PARTICOLATO PM10 – LA SITUAZIONE NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO NEL QUADRO EUROPEO

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

**A. Bertello, Città metropolitana di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.**

### I VALORI LIMITE DEL PM10

Le normative europea ed italiana sulla qualità dell'aria stabiliscono due valori limite per la protezione della salute umana per il parametro PM10; il primo è rappresentato dalla media annuale (calcolata come media delle medie giornaliere) la cui concentrazione deve essere inferiore ai 40 µg/m<sup>3</sup>, il secondo dal numero massimo di 35 giorni nei quali la media sulle 24h delle concentrazioni di PM10 può superare il valore di 50 µg/m<sup>3</sup>; per comodità molto spesso le elaborazioni su questo limite vengono rappresentate attraverso il valore del 90,4° percentile o il 36° valore più elevato delle medie giornaliere che deve essere inferiore o uguale al valore di 50 µg/m<sup>3</sup>. L'Unione Europea ha stabilito questi valori limite sulla base delle indicazioni contenute nelle linee guida per la qualità dell'aria dell'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità)<sup>8</sup> che utilizza dati epidemiologici per dimostrare che sia l'esposizione a lungo termine sia quella a breve termine possono avere effetti sulla salute umana. Il numero di 35 giorni nei quali il valore limite giornaliero per il PM10 può essere superato ogni anno è invece stato definito nella normativa europea per tenere in considerazione le condizioni climatiche avverse che possono limitare la dispersione degli inquinanti in atmosfera e causare pertanto accumuli di inquinanti al suolo.

### RAPPORTO FRA I DUE VALORI LIMITE

Alcuni studi<sup>9</sup> ed elaborazioni hanno evidenziato che i due limiti non sono proporzionati fra di loro e che il rispetto di un valore limite non comporta il rispetto dell'altro. In particolare a livello europeo si osserva che il rispetto del valore limite annuale non garantisce necessariamente anche il rispetto del valore limite giornaliero che rappresenta un traguardo molto più severo e difficile da raggiungere. Si osserva infatti, e da alcuni anni anche sul nostro territorio, che le stazioni di monitoraggio che iniziano a rispettare il valore limite annuale presentano valori ancora ben lontani dal rispetto del valore limite giornaliero.

Una delle elaborazioni che normalmente vengono effettuate per esprimere la relazione fra i due limiti è la costruzione della curva di correlazione fra il valore del 90,4° percentile delle medie giornaliere rilevate in un anno e la media annuale delle stesse misurate per ogni stazione e per un periodo di tempo definito in relazione alla disponibilità delle misure. Queste elaborazioni condotte a livello europeo<sup>10</sup> sulla base dei dati misurati nel corso del 2009 individuano un valore di 30 µg/m<sup>3</sup> come media annuale da conseguire per rispettare anche il limite giornaliero; a livello italiano sono state realizzate valutazioni analoghe con risultati del tutto comparabili.<sup>11</sup>

In questo paragrafo tali valutazioni sono state riprodotte e riformulate, sia a livello europeo che a livello italiano, utilizzando la banca dati AIRBASE che raccoglie tutti i dati di monitoraggio della qualità dell'aria trasmessi all'Agenzia Europea per l'Ambiente dagli Stati

<sup>8</sup> WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - summary of risk assessment; ([http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair\\_aqg](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair_aqg).)

<sup>9</sup> R. Gorgen and U. Lambrecht - Particulate Matter in Ambient, the debate on the PM10 daily limit value - JEEPL - Journal for European Environmental & Planning Law 4/2007

([http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/luftreinhalung\\_jeep.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/luftreinhalung_jeep.pdf))

<sup>10</sup> Modelling compliance with NO2 and PM10 air quality limit values in the GAINS model - TSAP Report #9 – March 2013 (<http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/TSAP-Report-.pdf> - pag 10, <http://www.atmos-chem-phys.net/15/1539/2015/acp-15-1539-2015.pdf>)

<sup>11</sup> G. Cattani, A. Di Menno Di Bucchianico, A. Gaeta, G. Gandolfo, A. M. Caricchia - Nuovi inquinanti da misurare. dove, come, quando e perché. - ISPRA - Servizio monitoraggio degli impatti sull'atmosfera

([http://www.unideaweb.it/html/pubblicazioni/pdf\\_BE/BEA\\_2011\\_04\\_2012\\_01/BEA\\_2011\\_04\\_2012\\_01\\_Cattani.pdf](http://www.unideaweb.it/html/pubblicazioni/pdf_BE/BEA_2011_04_2012_01/BEA_2011_04_2012_01_Cattani.pdf))

Membri ed in particolare andando a selezionare tutte le misure di PM10 disponibili nel periodo 2000-2013 che presentassero una copertura annuale dei dati superiore al 90%. I risultati di questa indagine sono presentati nei grafici in riportati in FIGURA 28 e in FIGURA 29 e confermano in modo molto preciso quanto ritrovato in letteratura. La regressione sulle stazioni europee indica un valore di media annuale pari a 29,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per consentire il rispetto del limite giornaliero; isolando le sole stazioni italiane il valore di media annuale si attesta ad un valore leggermente inferiore di 28,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

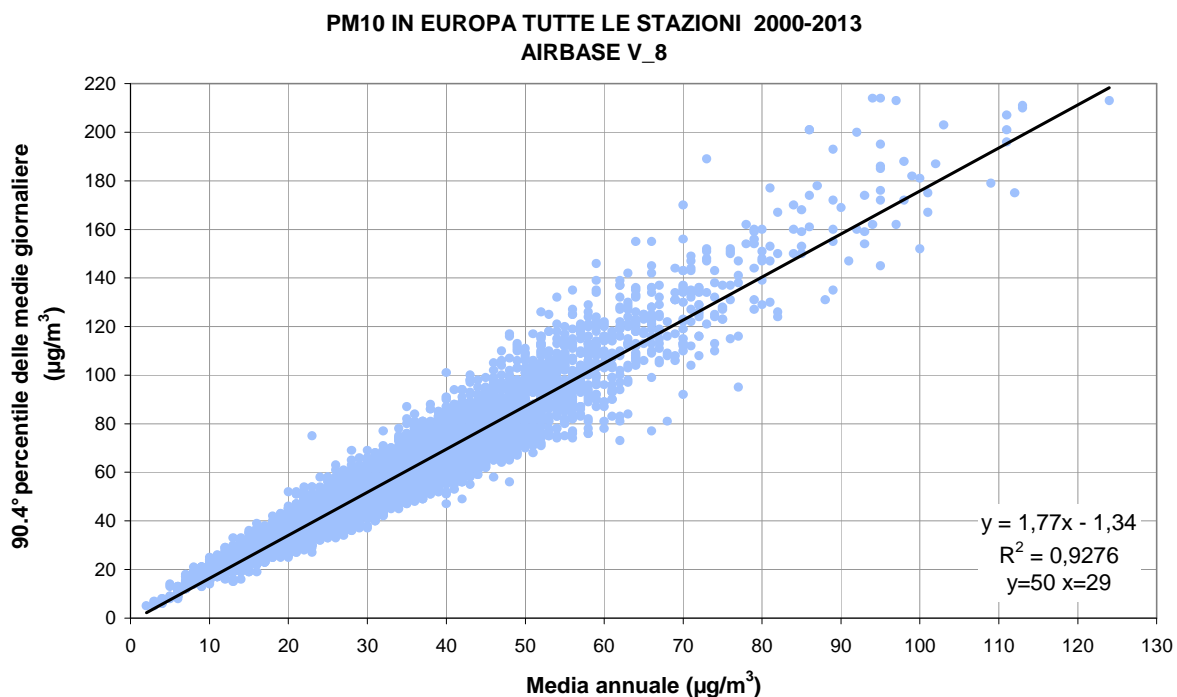


FIGURA 28: correlazione sulle stazioni europee fra la media annuale di PM10 e il valore del 90,4° percentile delle medie giornaliere.

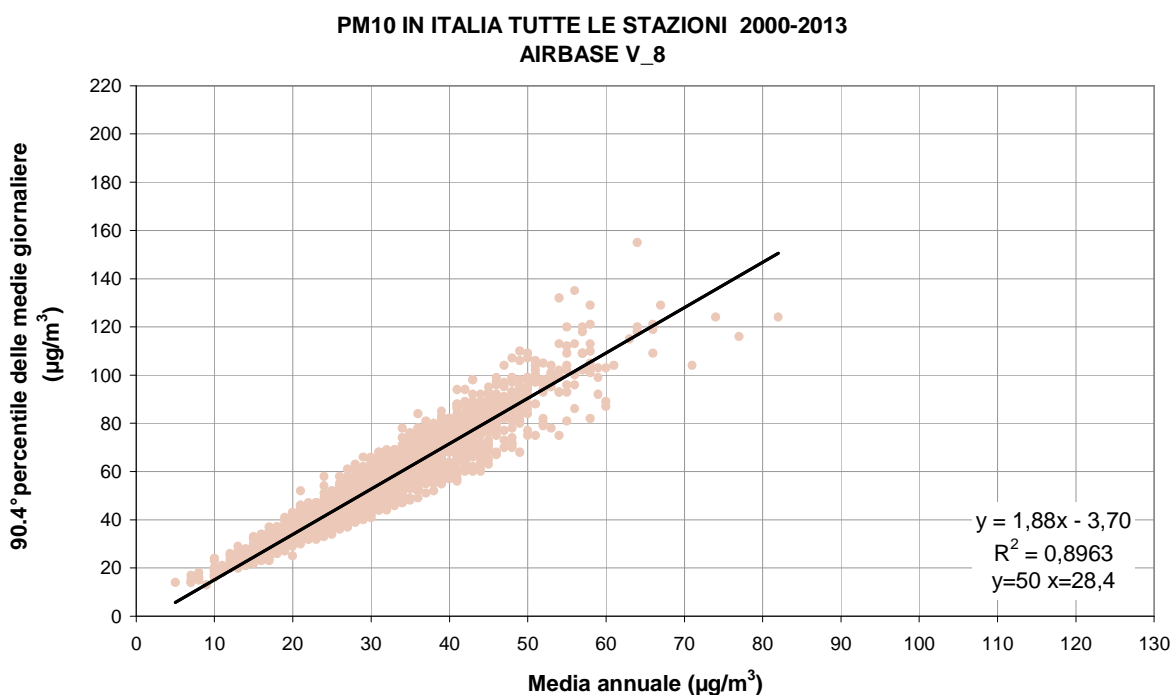


FIGURA 29: correlazione sulle stazioni italiane fra la media annuale di PM10 e il valore del 90,4° percentile delle medie giornaliere.

La stessa elaborazione focalizzata sui dati piemontesi disponibili nella banca dati regionale e misurati esclusivamente con metodo gravimetrico indica invece una media annuale molto inferiore, pari a 24,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , necessaria per conseguire il rispetto del valore limite giornaliero (media annuale "efficace"). Si è inoltre verificato che se si utilizzassero i soli dati rilevati nel territorio della Città Metropolitana di Torino si otterrebbe un risultato del tutto analogo a quello dell'intero Piemonte (FIGURA 30).

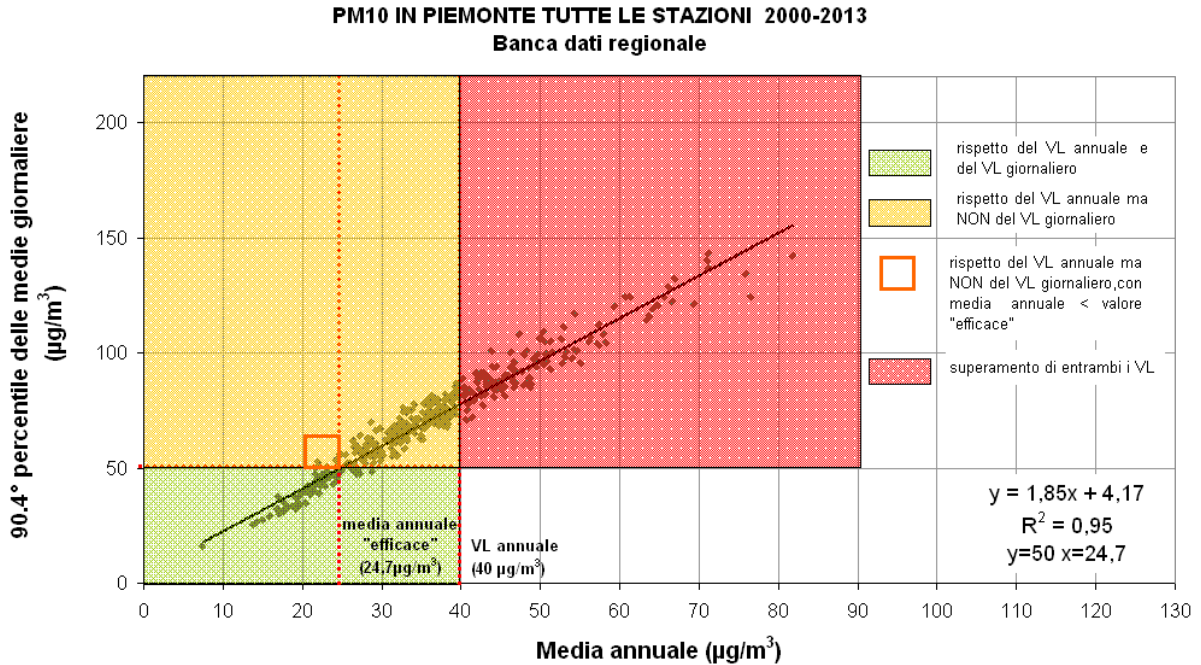


FIGURA 30: correlazione sulle stazioni piemontesi fra la media annuale di PM10 e il valore del 90,4° percentile delle medie giornaliere.

Il motivo di questa differenza va innanzitutto ricercata nel tipo di elaborazione statistica effettuata. La distribuzione dei valori delle concentrazioni medie giornaliere, infatti, non è la stessa in tutti i siti di monitoraggio e l'entità dei superamenti del valore limite giornaliero può essere molto diversa a seconda del territorio che viene preso in considerazione; queste differenze influiscono sui parametri della retta di correlazione e di conseguenza sul valore della media annuale "efficace". Nel caso in esame i punti di correlazione delle stazioni piemontesi - a parità di valore medio annuale - presentano valori più elevati del 90,4° percentile e si collocano pertanto nella parte medio- alta della nuvola di punti europea, come è chiaramente individuabile nel grafico riportato in figura FIGURA 31. Occorre inoltre considerare che vi sono situazioni - seppure in numero molto limitato<sup>12</sup> - in cui il valore limite giornaliero viene superato malgrado la media annuale sia inferiore al valore "efficace". Ciò significa che, per assicurare il rispetto del valore giornaliero su tutti i punti di monitoraggio come richiesto dalla normativa, la media annuale dovrebbe scendere a un valore ancora inferiore al valore "efficace", che per il Piemonte è circa 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

<sup>12</sup> Si tratta dei tre punti compresi all'interno del quadrato arancione nella FIGURA 30

**PM10 IN EUROPA, ITALIA e PIEMONTE - TUTTE LE STAZIONI 2000-2013**  
**AIRBASE V-8 e Banca dati regionale**

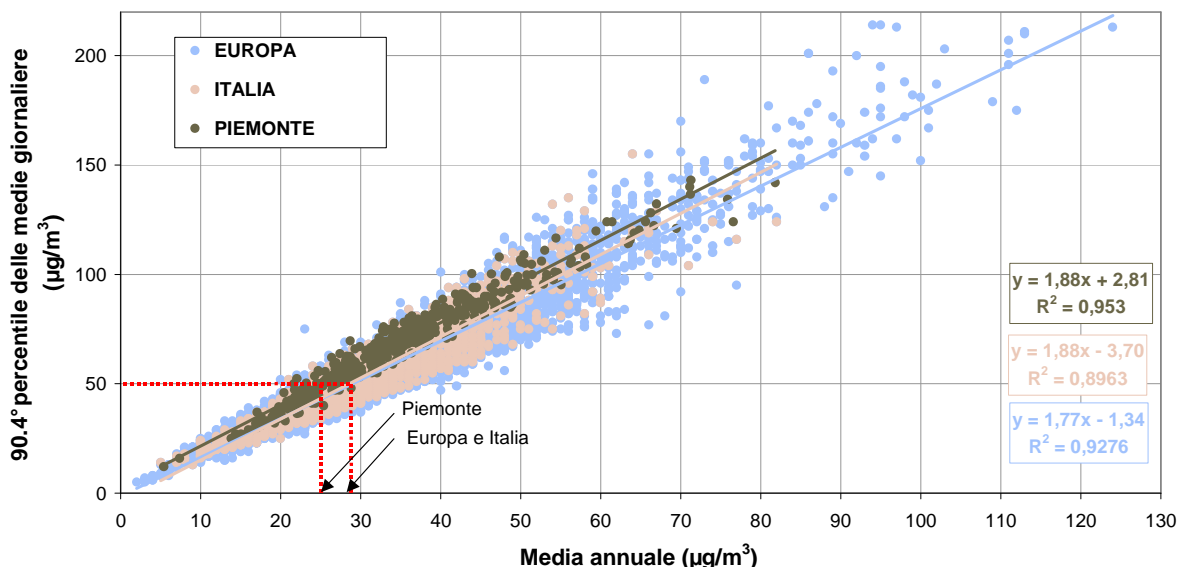


FIGURA 31: confronto delle correlazioni sulle stazioni europee, italiane e piemontesi fra la media annuale di PM10 e il valore del 90,4° percentile delle medie giornaliere.

### IL CONFRONTO CON ALTRE CITTÀ

La principale conseguenza di questo fenomeno è che sul territorio della Città metropolitana di Torino e su quello piemontese in generale, i due valori limite appaiono ancora più sproporzionati fra loro rispetto alla situazione media europea e costringono a sforzi di riduzione delle emissioni superiori per conseguire gli stessi limiti.

Al fine di approfondire i motivi di queste differenze a livello europeo si riportano nei grafici in FIGURA 32 i valori delle medie mensili misurate nel corso del 2013 in stazioni di fondo urbano di 5 città europee con popolazione di circa 1,5 milioni di abitanti.

Si osserva che Torino presenta concentrazioni nel periodo marzo-settembre del tutto analoghe a quelle misurate in altre città dell'Europa occidentale che rispettano ampiamente i valori limite (Lione, Bruxelles e Dusseldorf) ma, al contrario di queste, presenta valori estremamente elevati nei mesi invernali durante i quali nel nostro territorio sono particolarmente severe le condizioni di stabilità atmosferica. E' da escludere però che tali innalzamenti così repentini e significativi delle concentrazioni di PM10 in inverno siano dovuti alle emissioni del riscaldamento domestico, in quanto il peso percentuale di queste ultime sulla città di Torino equivale al 4,2% delle emissioni totali di PM10<sup>13</sup>, o da particolari condizioni del traffico veicolare, in quanto le modulazioni temporali misurate sono sostanzialmente costanti nel corso dell'anno<sup>14</sup>. Ciò è confermato dal fatto che, in base ai dati EMEP (*European Monitoring and Evaluation Program*) le quantità di particolato primario e di precursori del particolato secondario emesse in aria ambiente nell'area urbana di Torino sono confrontabili con quelle di altre città europee con popolazione tra uno e due milioni di abitanti come le tre citate<sup>15</sup>. Anche in questo caso si conferma che le particolari condizioni meteorologiche tipiche della nostra regione e dell'intera pianura padana danno origine nei mesi invernali a concentrazioni di PM10 straordinariamente elevate che hanno come conseguenza una difficoltà accentuata a rispettare i limiti di qualità dell'aria.

<sup>13</sup> IREA - Inventario regionale delle emissioni in atmosfera - Anno di riferimento 2010

(<http://www.sistemapiemonte.it/cms/privati/ambiente-e-energia/servizi/474-irea-inventario-regionale-delle-emissioni-in-atmosfera>)

<sup>14</sup> Attività di ricerca e sviluppo nell'ambito della Modellistica integrata per la valutazione della Qualità dell'aria (aera/alcotra) pagg 39-40

([http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/risorse/ambiente/dwd/qualita-aria/Studi\\_qualita\\_aria/aera.pdf](http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/risorse/ambiente/dwd/qualita-aria/Studi_qualita_aria/aera.pdf))

<sup>15</sup> Provincia Di Torino - Arpa *Uno sguardo all'aria 2012*, pag 68-76

**PM10 2013 - CONFRONTO FRA LE CONCENTRAZIONI MEDIE MENSILI**

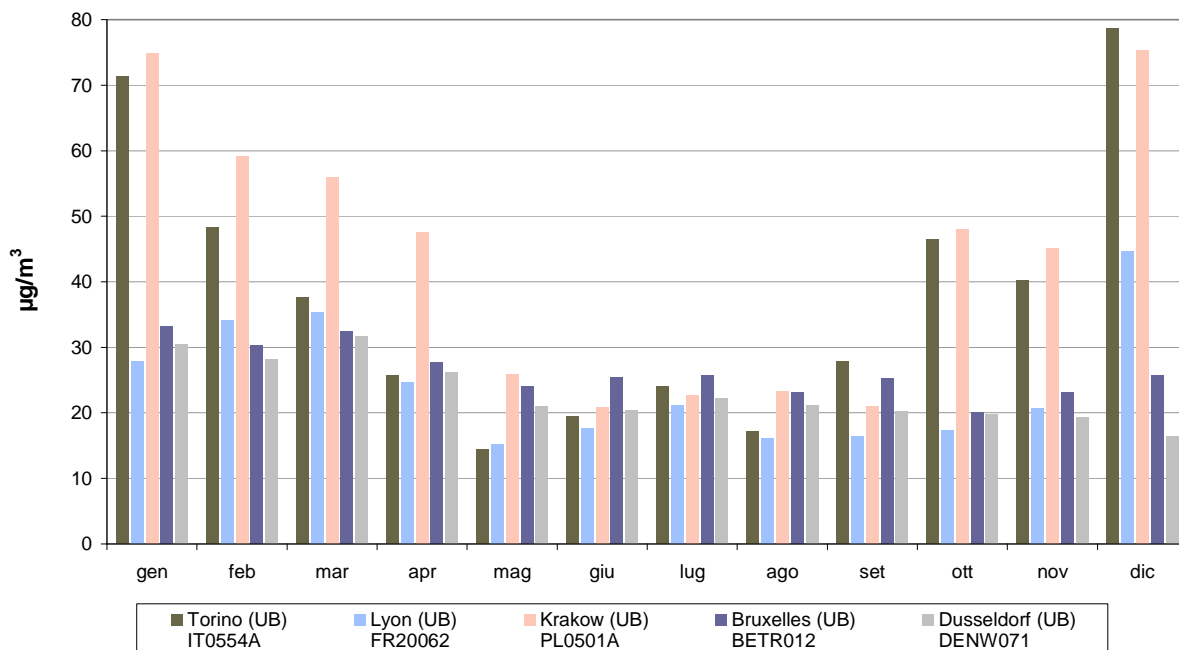


FIGURA 32: medie mensili di PM10 rilevate in situazioni di fondo urbano in 5 città europee.

Tale aspetto è ancora più chiaro se si osservano i valori delle medie rilevate nel trimestre invernale (dic-feb) e quelle misurate nel trimestre estivo (giu-ago), riportate in FIGURA 33, in cui appare in modo esplicito come i periodi estivi presentino concentrazioni analoghe in tutte le città mentre Torino presenta dati invernali tripli rispetto a quelli estivi, tanto che nella città di Torino in media il 60% dei superamenti del valore limite giornaliero di PM10 avviene nel solo trimestre invernale (FIGURA 34).

**PM10 2013 - CONFRONTO FRA LE CONCENTRAZIONI RILEVATE NEL TRIMESTRE INVERNALI ED ESTIVO**

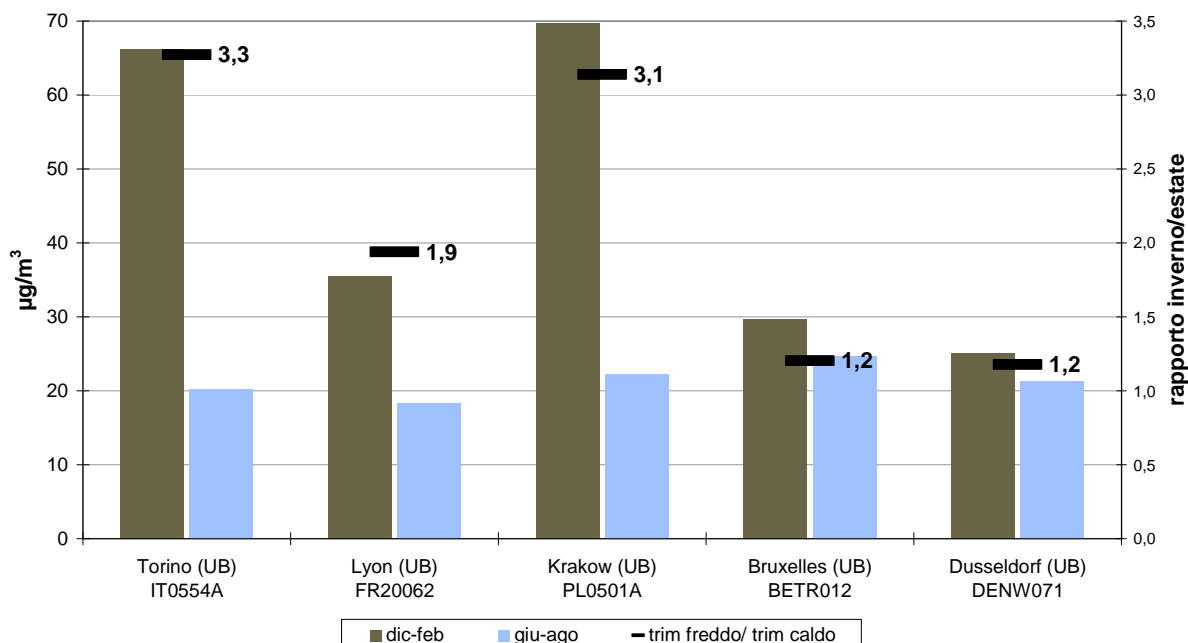


FIGURA 33: medie dei trimestri invernale ed estivo di PM10 rilevate in situazioni di fondo urbano in 5 città europee, rapporto inverno/estate.

**DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEI SUPERAMENTI DEL VALORE LIMITE GIORNALIERO  
DI PM10 PER STAGIONE - MEDIA 2010-2014**

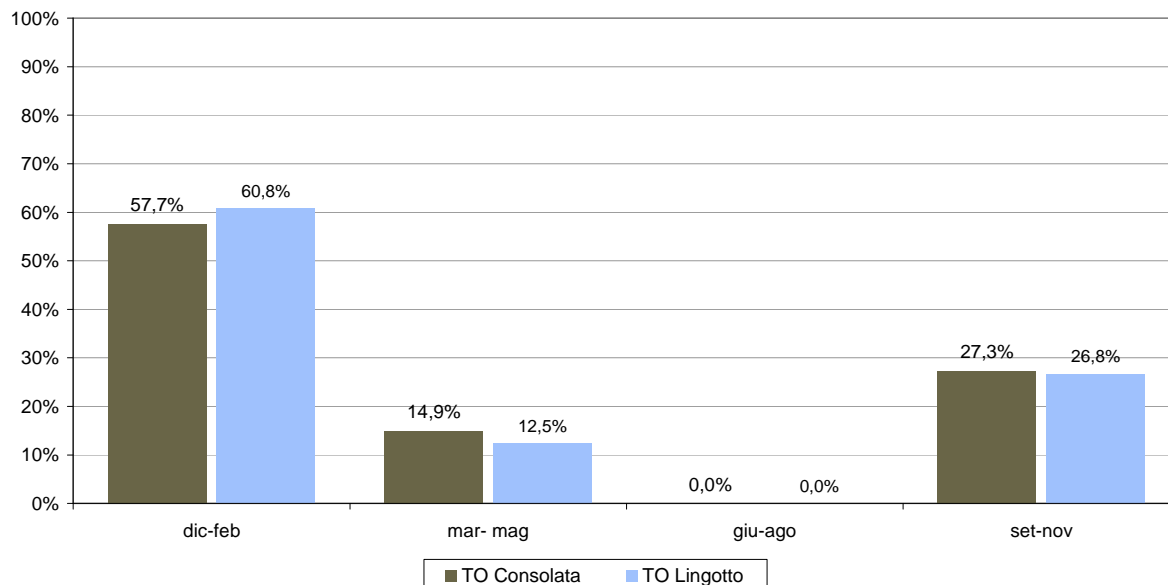


FIGURA 34: distribuzione stagionale dei superamenti del VL giornaliero del PM10 nella città di Torino

Nei grafici presentati si osserva che una situazione con valori di concentrazione nei mesi invernali e un rapporto inverno/estate confrontabile con Torino è quella di Cracovia. Tuttavia Cracovia non è direttamente paragonabile con Torino in quanto la sua situazione emissiva è diversa rispetto a quella delle altre città dell'Europa occidentale a causa dell'ancora intenso uso di carbone nel riscaldamento domestico e nella produzione di energia elettrica.

#### RAPPORTO FRA LIMITE GIORNALIERO DI PM10 E LIMITE ANNUALE DI PM2,5

Ulteriori considerazioni che rivestono un importante rilievo dal punto di vista delle politiche di risanamento derivano dall'analisi della relazione tra le concentrazioni di PM10 e PM2,5. E' noto infatti che i due parametri non sono indipendenti ma al contrario risultano fortemente correlati, come è naturale aspettarsi dal momento che il secondo è una frazione del primo. La FIGURA 35 mostra tale correlazione per i siti di monitoraggio piemontesi relativamente al periodo compreso tra il 2004 (anno di installazione del primo punto di monitoraggio di PM2,5 in Piemonte) e il 2014.

Sono state prese in considerazione solo le coppie di valori in cui entrambi i parametri presentavano una percentuale di dati validi annuale pari o superiore al 90%<sup>16</sup>. Anche in questo caso se si utilizzano i soli dati rilevati nel territorio della città metropolitana di Torino il risultato è analogo a quello dell'intero Piemonte.

La FIGURA 35 evidenzia che la media annuale "efficace" del PM10 (che abbiamo definito come il valore in corrispondenza del quale si ottiene il rispetto anche del valore limite giornaliero del PM10) corrisponde a una concentrazione media annuale di PM2,5 (18,7 µg/m<sup>3</sup>) inferiore al valore limite stabilito dalla normativa per questo parametro (25 µg/m<sup>3</sup>).<sup>17</sup>

Da ciò derivano alcune importanti considerazioni:

- il valore limite giornaliero del PM10 risulta più "conservativo" del valore limite annuale per il PM2,5, in quanto il rispetto del primo implica statisticamente anche il rispetto del secondo, mentre non è vero il contrario. Più in generale la FIGURA 35 mostra una sorta di "gerarchia" dei tre valori limite previsti per il particolato atmosferico: il valore limite giornaliero del PM10

<sup>16</sup> In tutti i casi in cui in una stazione il parametro è misurato contemporaneamente mediante un campionatore gravimetrico e un analizzatore in continuo a assorbimento beta è stato preso in considerazione il dato di media annuale ottenuto con il metodo gravimetrico. Il dato di media annuale ottenuto mediante analizzatore beta è stato preso in considerazione solo nei casi in cui nella stessa stazione non era presente un campionatore gravimetrico

<sup>17</sup> La non congruenza del valore limite annuale di PM2,5 con i valori limite già precedentemente stabiliti per il PM10 era già stata evidenziata a partire dalla base dati nazionale 2006-2008 nel citato studio di ISPRA (G. Cattani, et.al- Nuovi inquinanti da misurare. dove, come, quando e perché. - ISPRA - Servizio monitoraggio degli impatti sull'atmosfera)



risulta il più "conservativo" dei tre in quanto il suo rispetto implica statisticamente anche quello degli altri due, seguito dal valore limite annuale del PM2,5 (che implica statisticamente il rispetto del solo valore limite annuale del PM10 ) e dal valore limite annuale del PM10 (il cui rispetto non garantisce di per sé il rispetto degli altri due). Ciò si riflette nella sequenza temporale con cui storicamente si sta assistendo al raggiungimento dei valori limite sul territorio della città metropolitana: il valore limite annuale del PM10 è stato il primo a essere rispettato nella maggior parte dei siti di monitoraggio (a cominciare da quelli di fondo suburbano e rurale già nella prima metà degli anni 2000), seguito negli ultimi due anni dal valore limite annuale del PM2,5, mentre il valore limite giornaliero del PM10 continua a non essere rispettato – pur a fronte di una drastica diminuzione del numero di superamenti – nella maggior parte del territorio;

- è opportuno focalizzare le strategie di risanamento sul rispetto del valore limite giornaliero del PM10. Poiché circa il 60% dei superamenti di tale valore limite avviene nel trimestre invernale, può risultare opportuno in termini di ottimizzazione delle risorse concentrare i provvedimenti di limitazione delle emissioni in atmosfera in quel periodo;
- la normativa sulla qualità dell'aria introduce un ulteriore limite per il PM2,5 (fase II <sup>18</sup>) definendo un valore indicativo di 20 µg/m<sup>3</sup> come media annua da rispettare entro il 2020. Tale valore, attualmente non in vigore, dovrà essere confermato sia in termini di concentrazione che di data di applicazione nella prossima revisione della Direttiva Europea sulla qualità dell'aria, ma rappresenta, seppur in modo indicativo, il traguardo più ambizioso a cui tendere. Sul territorio piemontese tale valore è di fatto già in vigore dal 2005 in quanto come precedentemente detto la media annuale "efficace" del PM10 (che abbiamo definito come il valore in corrispondenza del quale si ottiene il rispetto anche del valore limite giornaliero del PM10) corrisponde a una concentrazione media annuale di PM2,5 (18,7 µg/m<sup>3</sup>). Tale aspetto sottolinea in modo ancora più marcato la discrasia esistente sul nostro territorio fra i limiti definiti per il particolato atmosferico. Il valore limite giornaliero di PM10, entrato in vigore nel 2005, è di fatto più stringente del valore limite annuale di PM2,5 attualmente ipotizzato e non confermato per il 2020 come livello più ambizioso di tutela della salute umana.

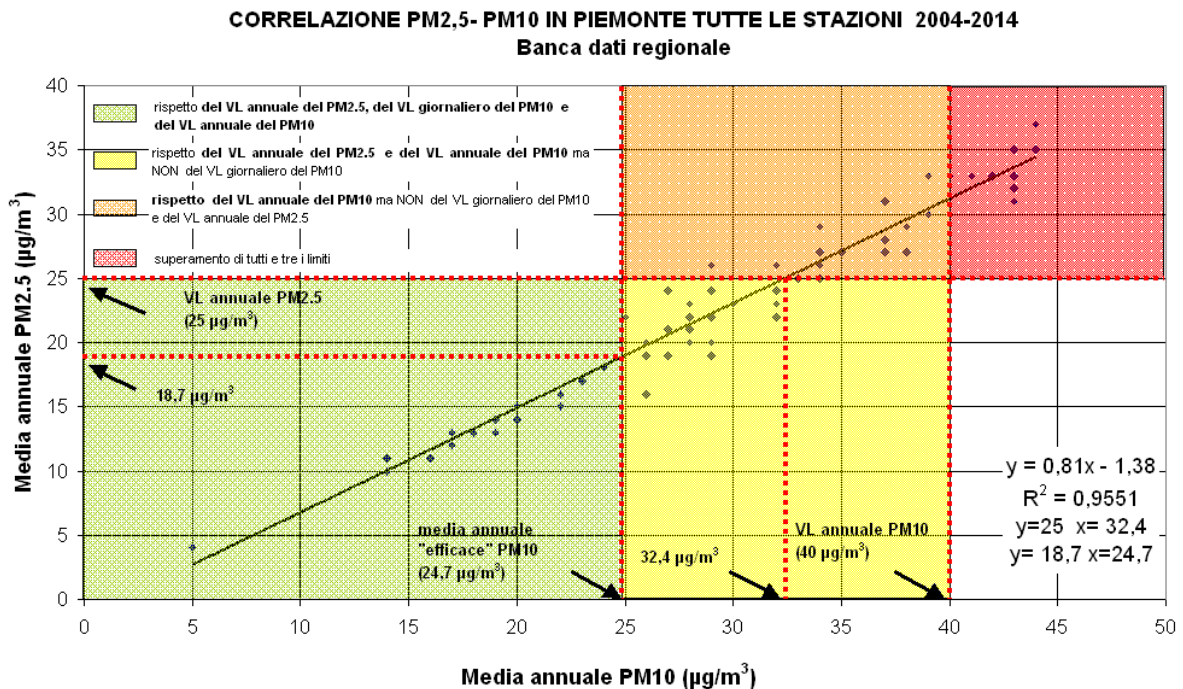


FIGURA 35: Correlazione sulle stazioni piemontesi fra le medie annuali di PM2,5 e PM10.

<sup>18</sup> Allegato XI D.Lgs 155/2010 e s.m.i.

## CONCLUSIONI

L'analisi statistica delle serie storiche di PM10 e PM2,5 sul territorio regionale e della Città metropolitana di Torino conferma la criticità dell'area rispetto alla situazione europea e italiana.

Il valore di media annuale "efficace" di PM10, che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a livello europeo e italiano e a circa 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>19</sup> a livello piemontese e di città metropolitana di Torino. La misura dell'impegno richiesto per il raggiungimento di un obiettivo di questo genere appare chiara se si considera che, anche in un anno con meteorologia relativamente favorevole alla dispersione degli inquinanti come il 2014, nel territorio della Città Metropolitana si sono riscontrati livelli di PM10 prossimi a quel valore solo in 5 punti di misura<sup>20</sup> su 17, tutti situati in siti extraurbani o di quota.

Di fatto la condizione meteorologica tipica della Pianura Padana fa sì che il rispetto dei valori limite richieda necessariamente riduzioni delle emissioni in atmosfera (di particolato primario e dei precursori del particolato secondario) molto maggiori rispetto ad altre aree europee con un contesto emissivo confrontabile a quello della Città metropolitana di Torino.

A fronte delle informazioni presentate è possibile fare delle previsioni sulle riduzioni delle emissioni che devono essere previste per il conseguimento dei valori limite. La stazione di fondo urbano di To-Lingotto, rappresentativa del capoluogo torinese, presentava nel 2013 una media annuale di 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  è un valore del 90,4° percentile pari a 81, occorre pertanto una riduzione delle concentrazioni pari al 35-38% rispetto alla situazione attuale per garantire il rispetto complessivo dei valori limite nelle situazioni di fondo urbano. La riduzione delle concentrazioni deve essere ancora maggiore, pari a circa il 50%, nei siti urbani di traffico. L'analisi della distribuzione temporale delle concentrazioni suggerisce inoltre che, in una situazione di scarsità di risorse come quella attuale, le misure di riduzione delle emissioni devono essere concentrate nel trimestre invernale (in cui si verifica il 60% dei superamenti del valore limite giornaliero di PM10) ed eventualmente ammorbidite nel periodo estivo dove può essere eventualmente concessa una maggiore "libertà" emissiva.

---

<sup>19</sup> Questo valore di PM10 corrisponde statisticamente a una concentrazione media annuale di PM2,5 di circa 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

<sup>20</sup> Baldissero T.se, Ceresole Reale, Druento-La mandria, Susa e Oulx

## **STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2014 ED ANALISI DELLA SERIE STORICA**

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

*M. Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.*

### **INTRODUZIONE**

Cos' è il particolato? Gli studi europei ed internazionali da anni stanno cercando di indagare sulla composizione e sulla dimensione di questo complesso inquinante, che è in realtà una somma di sostanze e presenta varie forme e dimensioni. L'eterogeneità del particolato e la sua diffusione su area vasta ha determinato e continua a determinare l'estrema difficoltà nell'adozione di strumenti politici pianificatori per la diminuzione delle sue concentrazioni in atmosfera ed il raggiungimento degli obiettivi europei.

Gli studi tossicologici hanno osservato effetti attribuibili soprattutto alle polveri ultrafini in relazione alla elevata superficie specifica e alla capacità di penetrare in profondità negli alveoli polmonari e di raggiungere il circolo ematico. Nel nostro paese, ma anche in ambito europeo, sono ancora relativamente pochi gli studi sulla concentrazione numerica di particelle ultrafini in aria ambiente, in particolare se si fa riferimento a campagne di lungo periodo che tengano conto della variabilità stagionale delle condizioni di formazione/rimozione del particolato e della conseguente variabilità delle condizioni di esposizione della popolazione. La tematica è inoltre di particolare rilevanza in un'area come la conurbazione torinese che è notoriamente una delle più critiche d'Europa in relazione al particolato atmosferico.

Dal 2009 Arpa e Provincia di Torino (ora Città metropolitana di Torino) hanno promosso uno specifico progetto di indagine basato su misure di lungo periodo che ha raggiunto i seguenti obiettivi:

- costruire una prima base dati dei valori di concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area urbana di Torino, sulla base di misure di lungo periodo rappresentative delle diverse condizioni meteorologiche. Sono state quindi effettuate misure sia in prossimità del suolo che in quota, in relazione ai fenomeni di confinamento degli inquinanti atmosferici negli strati più bassi della troposfera che sono caratteristici della pianura padana. Le misure in quota sono state condotte da ottobre 2009 a giugno 2012, all'ultimo piano del grattacielo sede della Città metropolitana di Torino, in Corso Inghilterra 7, ad un' altezza di 50 m. Da ottobre 2012 le misure sono condotte al suolo nella stazione di monitoraggio di To-Lingotto;
- confrontare la base dati con analoghe misure effettuate in altre aree urbane italiane e europee;
- analizzare la correlazione dei dati di concentrazione numerica rilevati con gli inquinanti atmosferici tradizionali e con i principali parametri meteorologici.

### **ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2014**

Lo strumento utilizzato è un Ultrafine Particle Monitor modello 3031 della TSI Incorporated ed è in grado di misurare la concentrazione numerica di particelle da un diametro di 20 nm fino a 1 micron su 6 classi dimensionali (20-30 nm, 30-50 nm, 50-70 nm, 70-100 nm, 100-200 nm, 200-1000 nm).

Da ottobre 2012 lo strumento è posto nella stazione di monitoraggio di fondo urbano di Torino – Lingotto.

In TABELLA 21 sono riportati i valori medi del periodo 25 luglio – 31 dicembre 2014, calcolati come media delle medie orarie. I dati della prima parte dell'anno sono stati invalidati per problemi alla strumentazione.

Il valore medio del periodo è  $9000 \cdot 10^6$  particelle/m<sup>3</sup> con massimi di  $22700 \cdot 10^6$  particelle/m<sup>3</sup>. Come si può osservare in FIGURA 36 la frazione più rilevante di particelle è quella con diametro compreso tra i 100 e i 200 nm (circa il 24%), mentre la classe numericamente inferiore è quella più grossolana (200-1000 nm), che rappresenta circa l'8% del totale.

Complessivamente le particelle ultrafini (al di sotto dei 100 nm) rappresentano il 68 % del totale.

	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Totale
Minima media giornaliera	700*10 <sup>6</sup>	620*10 <sup>6</sup>	310*10 <sup>6</sup>	250*10 <sup>6</sup>	240*10 <sup>6</sup>	20*10 <sup>6</sup>	2100*10 <sup>6</sup>
Massima media giornaliera	3700*10 <sup>6</sup>	3700*10 <sup>6</sup>	2900*10 <sup>6</sup>	3600*10 <sup>6</sup>	5900*10 <sup>6</sup>	2800*10 <sup>6</sup>	22700*10 <sup>6</sup>
Media delle medie giornaliere	1500*10 <sup>6</sup>	1700*10 <sup>6</sup>	1400*10 <sup>6</sup>	1500*10 <sup>6</sup>	2200*10 <sup>6</sup>	750*10 <sup>6</sup>	9000*10 <sup>6</sup>
Giorni validi	149	149	149	149	149	149	
Percentuale giorni validi	93%	93%	93%	93%	93%	93%	
Media dei valori orari	1500*10 <sup>6</sup>	1700*10 <sup>6</sup>	1400*10 <sup>6</sup>	1500*10 <sup>6</sup>	2200*10 <sup>6</sup>	750*10 <sup>6</sup>	9000*10 <sup>6</sup>
Massima media oraria	12000*10 <sup>6</sup>	11000*10 <sup>6</sup>	5900*10 <sup>6</sup>	7000*10 <sup>6</sup>	10000*10 <sup>6</sup>	7300*10 <sup>6</sup>	
Ore valide	3641	3641	3641	3641	3641	3641	
Percentuale ore valide	95%	95%	95%	95%	95%	95%	
Distribuzione percentuale rispetto al totale	17%	19%	15%	17%	24%	8%	

TABELLA 21– Elaborazioni statistiche anno 2014.

**DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE - anno 2014**

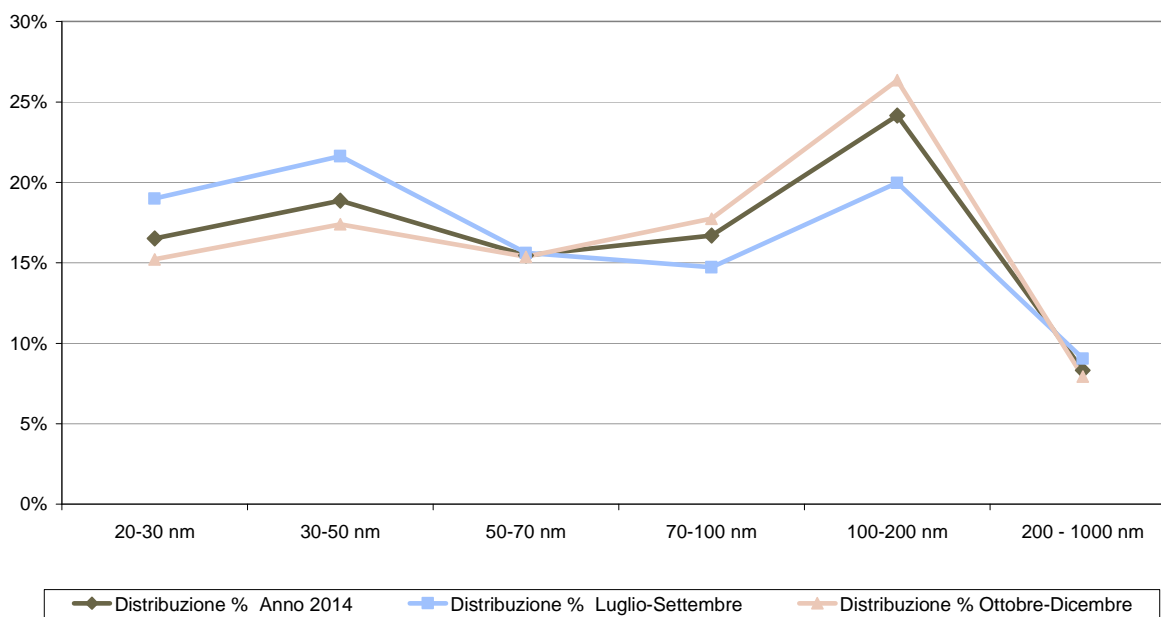


FIGURA 36: distribuzione dimensionale delle particelle – Anno 2014.

Per quanto riguarda i valori assoluti di concentrazione, in assenza di riferimenti normativi può essere utile un confronto con misure condotte in altri siti di fondo urbano europei, che hanno fornito i seguenti risultati (tra parentesi l'intervallo dimensionale di misura dello strumento):

- Barcellona<sup>21</sup> (5-1000 nm): 17000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Lugano<sup>22</sup> (7-1000 nm): 15000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Nord Kensington UK<sup>22</sup> (7-1000 nm): 12000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Roma<sup>23</sup> (7-1000 nm): 25000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup> (Marconi et al 2007)
- Bologna<sup>24</sup> (5.6 - 560 nm): 9000 \* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>

<sup>21</sup> Reche et al, New considerations for PM, Black Carbon e and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities, Atmos. Chem. Phys., 11 6207-6227, 2011

<sup>22</sup> Reche et al, New considerations for PM, Black Carbon e and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities, Atmos. Chem. Phys., 11 6207-6227, 2011

<sup>23</sup> Marconi et al, Two Years of fine and ultrafine particles measurements in Rome, Italy, J Toxicol Environ Health, 70, 213-21, 2007

<sup>24</sup> Poluzzi Vanes, Ricciardelli Isabella, Ferrari Silvia, Aerosol size distribution: aspetti teorici e primi risultati di monitoraggio effettuati da Arpa Emilia-Romagna, in Qualità dell'Ambiente Urbano VII Rapporto Annuale -Focus su La Qualità dell'Aria, 2011, ISPRA

- Piacenza<sup>25</sup> (7nm – 10 µm, strumento identico a quello in esame): 5000-11000 \*10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Leicester<sup>26</sup> (strumento identico a quello in esame): 8000\* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Londra<sup>26</sup> (strumento identico a quello in esame): 8000\* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Anversa<sup>27</sup> (strumento identico a quello in esame): 8000\* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup> (stazione suburbana), 11000\* 10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup> (stazione in parco pubblico)
- Dresda<sup>28</sup> (10-100 nm): 4700\*10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>
- Praga<sup>27</sup>(10-100 nm): 8200\*10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>

In Italia la serie storica più completa disponibile in area urbana è quella prodotta presso il sito di misura dell'Istituto Superiore di Sanità di Viale Regina Elena a Roma<sup>29</sup> dotata di una apparecchiatura in grado di determinare le particelle di dimensioni tra 7 nm e 10 µm. Il sito in questione è caratterizzato da un traffico veicolare più elevato di quello del sito di Torino (dell'ordine di 25.000 veicoli/giorno). Il dato relativo al 2006 è dell'ordine di 30.000 \*10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup> e quindi circa sette volte maggiore del sito di viale Augusto Monti.

Analizzando le medie per classe dimensionale per i due periodi estivo (luglio-settembre) ed invernale (da ottobre a dicembre), osservabile in FIGURA 37, si evidenzia come le particelle di dimensione al di sotto dei 50 nm abbiano mediamente valori molto simili, pur se le medie invernali sono leggermente superiori, mentre a partire dalle dimensioni di 50 nm i valori invernali ed estivi si allontanano sempre più tra di loro finché i valori invernali arrivano ad essere circa due volte quelli estivi per le particelle tra i 100 e i 200 nm. Per le particelle maggiori di 200 nm i valori invernali ed estivi invece sono simili. Sembra pertanto che in periodo invernale sia favorita l'agglomerazione delle particelle in particelle più grandi (soprattutto nell'intervallo 100-200 nm) e la condensazione di gas semivolatili su particelle preesistenti; inoltre si deve ricordare che nel periodo invernale si aggiungono alle usuali fonti di traffico anche il riscaldamento civile ed industriale. Questi ultimi oltre ad essere emettitori diretti di particolato, sono sorgenti di inquinanti quali ossidi di azoto e zolfo, i quali nelle condizioni atmosferiche tipiche dell'inverno in pianura padana danno origine a nitrato e solfato d'ammonio in fase particolata.

A livello annuale la variabilità nel corso della giornata è più ampia per le classi dai 20 ai 200 nm rispetto alle classi con dimensioni maggiori di 200 nm, che presentano un andamento più costante, in accordo con altri dati in letteratura<sup>30</sup>.

In estate si evidenzia un andamento con un massimo assoluto alle 8 del mattino ed un picco serale meno pronunciato intorno alle 22-23 (FIGURA 39), che permane fino alle prime ore notturne per tutte le classi (in quota invece per la classe superiore ai 200 nm l'andamento temporale non presenta variazioni significative). La concentrazione diminuisce nell'arco delle ore più calde della giornata, in corrispondenza dell'innalzamento dello strato rimescolato. Si verifica un lieve incremento intorno alle ore 15 in periodo estivo per le particelle dai 20 a 30 nm, massimo relativo imputabile presumibilmente alla formazione di aerosol secondario a seguito di nucleazione per reazioni fotochimiche in atmosfera. Risultati analoghi sono stati ottenuti a San Vittore del Lazio<sup>31</sup>. La forte radiazione solare rende disponibile il radicale ossidrilico OH che ossida l'SO<sub>2</sub> disponibile ad acido solforico, che porta poi alla formazione di particolato. Tale incremento si ha in corrispondenza del minimo della umidità relativa dell'aria, mentre rispetto al picco della radiazione solare ci sono 3 ore di ritardo (FIGURA 38).

La variabilità delle concentrazioni è molto più ampia nel periodo invernale piuttosto che in quello estivo e aumenta in generale con la diminuzione della dimensione delle particelle.

<sup>25</sup> Ozgen S., Lonati G., Progetto UPUPA: i rilevamenti ambientali, Convegno Progetto UPUPA, Piacenza, 22/1/2014

<sup>26</sup> Progetto INTERREG North-West Europe Joaquin, Ultrafine particles in Joaquin cities, [www.joaquin.eu](http://www.joaquin.eu)

<sup>27</sup> Progetto INTERREG North-West Europe Joaquin, Intra-urban variability of ultrafine particles in Antwerp (February and October 2013), VMM (2014)

<sup>28</sup> Handbook UFIREG Project, [www.ufireg-central.eu](http://www.ufireg-central.eu)

<sup>29</sup> Marconi et al. - Livelli di materiale particolare ultrafine nell'atmosfera e la loro relazione con il traffico auto veicolare, Atti del Seminario "Le emissioni industriali e le immissioni- I nuovi problemi posti dalle particelle ultrafini - Rimini 2007

<sup>30</sup> Aalto, Hameri et al., Aerosol particle number concentration measurements in five European cities using TSI-3022 condensation particle counter over a three-year period during health effects of air pollution on susceptible subpopulations", J Air Waste Manag Assoc. 2005 Aug;55(8):1064-76.

<sup>31</sup> Buonanno, Fuoco, Stabile, Viola, La misura dell'esposizione alle polveri aerodisperse: dal PM10 alle nano particelle, 2011, Libellula Edizioni

Mentre in estate i rapporti massimo/minimo hanno valori compresi tra 1,7 e 2,1, in inverno variano da 1.3 per le particelle maggiori di 200 nm a 3,5 per le particelle di dimensione 20-30 nm.

In inverno il picco serale si presenta molto più pronunciato rispetto a quello mattutino per le particelle al di sopra dei 50 nm, per le quali mediamente i valori notturni sono superiori a quelli diurni (FIGURA 39).

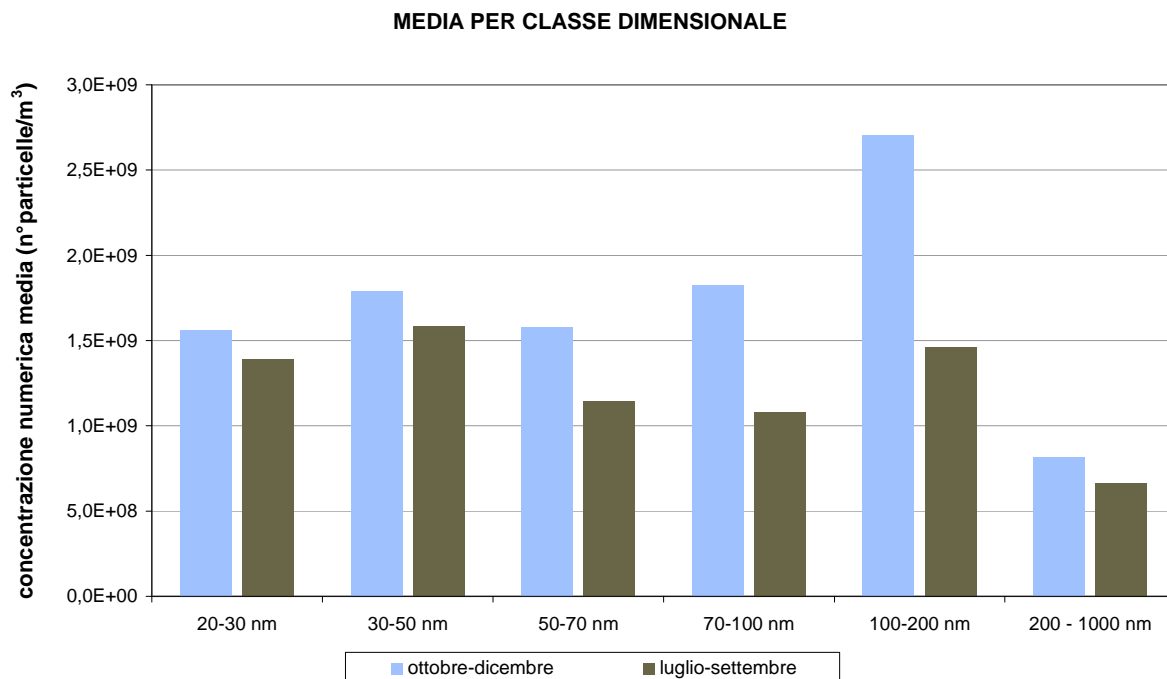


FIGURA 37: media per classe dimensionale.

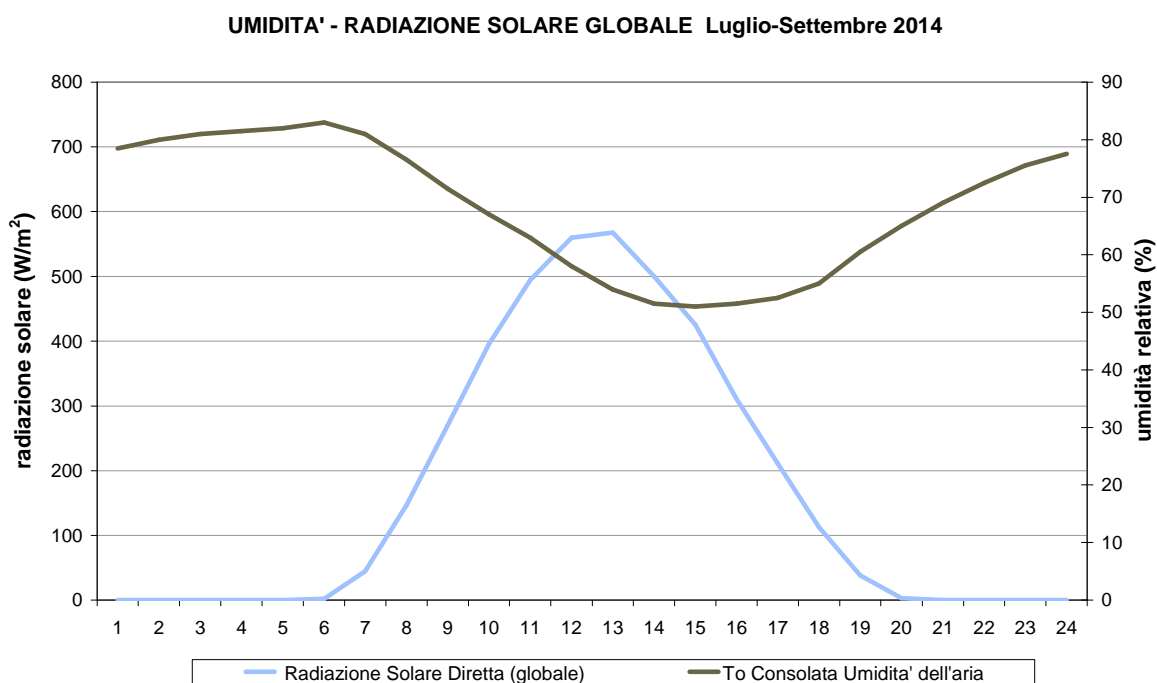


FIGURA 38: giorno medio umidità relativa e radiazione solare – Luglio-Settembre 2014.

A tale proposito si può ipotizzare che il fenomeno sia determinato dalla coagulazione delle particelle più fini in particelle di maggiori dimensioni e dalla condensazione di gas semivolatili, a causa della stabilità notturna e della minore temperatura, oltreché della maggiore umidità

relativa. Quest'ultima favorisce le reazioni acquose in fase eterogenea, dando origine a formazione secondaria di nitrato e solfato d'ammonio<sup>32</sup>.

In generale per tutte le classi dimensionali il picco serale nel periodo più freddo si verifica alle ore 20 rispetto alle ore 22-23 dell'estate, presumibilmente a causa del posticipo delle condizioni di stabilità notturna nel periodo caldo rispetto a quello freddo; mediamente infatti dall'analisi dei profili di temperatura con l'altezza risulta che l'ora di inizio dell'inversione termica in inverno si registra alle 19.30, mentre in maggio-settembre alle 21.00.

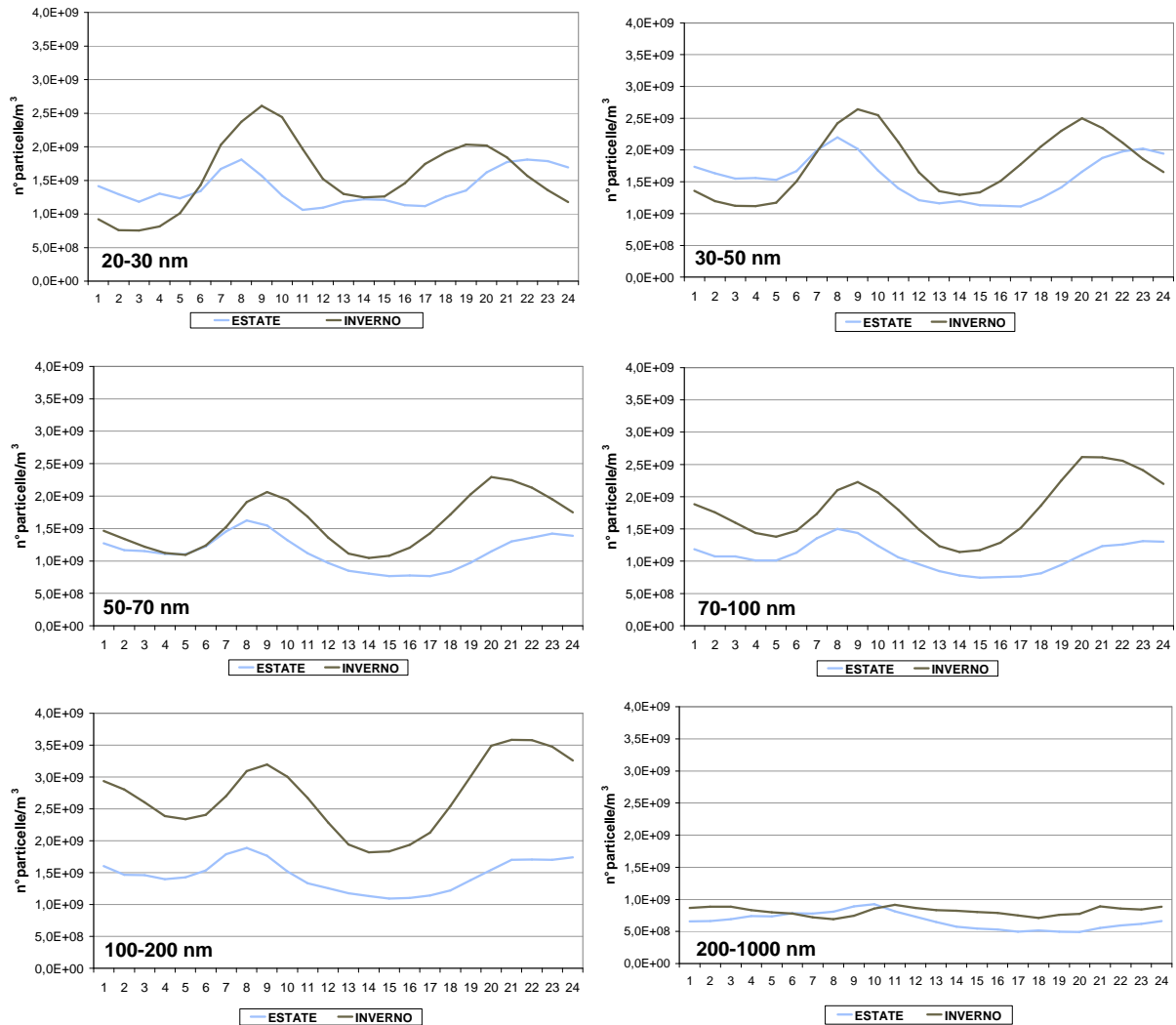


FIGURA 39: andamento giorno medio, confronto per classe dimensionale.

Per quanto riguarda gli andamenti di lungo periodo, in FIGURA 40 è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie mensili totali di particelle relative all'anno 2014.

Si osserva che i massimi assoluti si collocano nel periodo invernale, come per le concentrazioni in massa di PM10 e PM2,5. Per le particelle inferiori ai 50 nm, però, la differenza tra concentrazioni estive ed invernali è minima, mentre a partire dai 70 nm ed in particolare per la frazione 100-200 nm diventa massima la differenza tra le concentrazioni, che segue l'andamento del PM2,5. La frazione 100-200 nm è quindi quella che maggiormente contribuisce alla massa del particolato ed aumenta in maniera significativa nel periodo invernale quando si incrementano le emissioni in atmosfera ma anche l'aggregazione/condensazione delle frazioni più fini in frazioni più grossolane.

<sup>32</sup> Wang et al, The secondary formation of inorganic aerosols in the droplet mode through heterogeneous aqueous reactions under haze conditions., Atmospheric Environment 63 (2012) 68-76

ANDAMENTO MEDIE MENSILI - Anno 2014

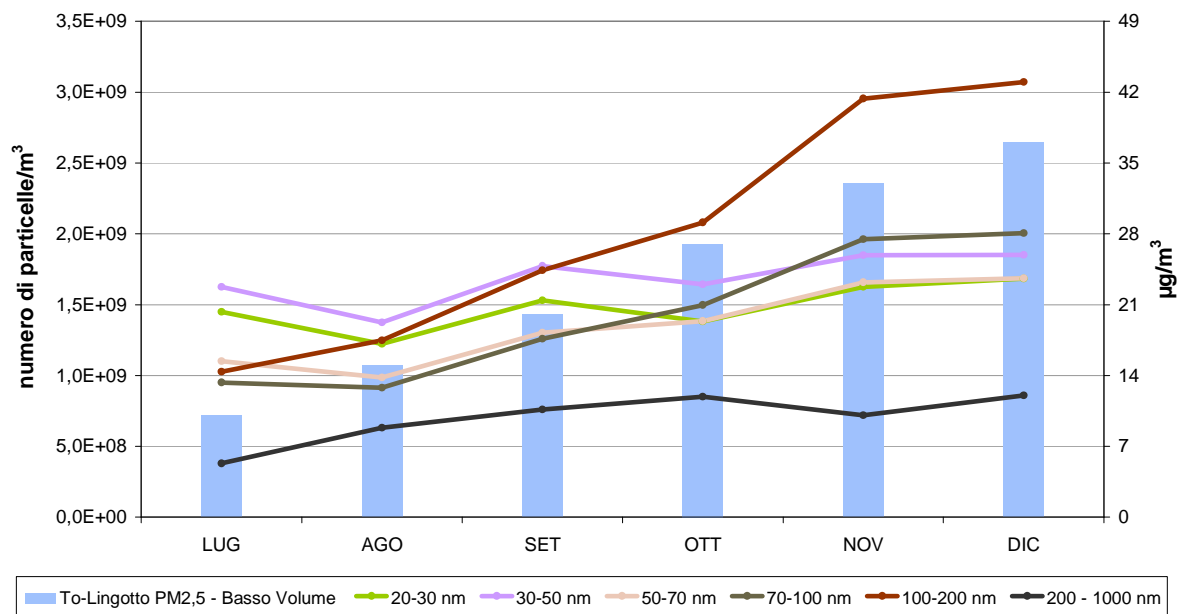


FIGURA 40: medie mensili del numero di particelle.

Per quanto riguarda la correlazione con gli altri inquinanti misurati nelle stazioni al suolo, l'elaborazione statistica dei dati a livello di medie giornaliere è stata effettuata separatamente per il periodo luglio-settembre (periodo detto "estivo") e ottobre-dicembre (periodo "invernale").

In estate (TABELLA 22) la correlazione con gli altri inquinanti misurati presso la stessa stazione è in generale scarsa, soprattutto con inquinanti primari come il monossido di azoto. Si presenta una maggiore correlazione delle particelle tra i 70 e i 200 nm con un inquinante come il biossido di azoto, che ha origine mista, formandosi anche dall'ossidazione dell'NO in atmosfera, ma anche con il benzene, di origine primaria. Sono invece ben correlate le concentrazioni di PM10 e PM2,5 al suolo con le particelle superiori ai 100 nm, che hanno una maggiore massa rispetto alle particelle più fini.

Nel periodo più freddo invece, come riportato in TABELLA 23, la correlazione delle particelle superiori ai 50 nm è buona anche con gli inquinanti di origine sia primaria, come il monossido di azoto e il benzene, che mista come il biossido di azoto. Una possibile spiegazione è legata al fatto che la maggiore stabilità atmosferica e la maggiore frequenza di episodi di inversione termica fa sì che gli inquinanti si accumulino in maniera più omogenea negli strati atmosferici prossimi al suolo. La correlazione tra PM10 e PM2,5 al suolo e le particelle superiori ai 100 nm è ottima, con coefficienti superiori a 0,8. Le particelle con dimensione inferiore ai 50 nm invece risultano scarsamente o per nulla correlate con la concentrazione degli altri gas inquinanti.

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200 - 1000 nm
Torino - Lingotto, PM10 - Beta	-0,14	-0,02	0,22	0,45	0,74	0,79
Torino - Lingotto, PM10 - Basso Volume	-0,23	-0,12	0,15	0,40	0,72	0,80
Torino - Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	-0,26	-0,18	0,03	0,29	0,70	0,84
Torino Lingotto, O <sub>3</sub>	-0,31	-0,37	-0,44	-0,43	-0,31	-0,23
Torino Lingotto, NO	0,24	0,33	0,47	0,58	0,50	0,19
Torino Lingotto, NO <sub>2</sub>	0,23	0,34	0,54	0,69	0,69	0,41
Torino Lingotto, Benzene	0,13	0,20	0,41	0,61	0,73	0,48

TABELLA 22: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo luglio-settembre 2014.



R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200 - 1000 nm
Torino - Lingotto, PM10 - Beta	-0,07	0,19	0,54	0,69	0,84	0,89
Torino - Lingotto, PM10 - Basso Volume	-0,10	0,15	0,51	0,67	0,82	0,90
Torino - Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	-0,08	0,15	0,51	0,66	0,83	0,90
Torino Lingotto, O <sub>3</sub>	-0,31	-0,37	-0,46	-0,47	-0,42	-0,10
Torino Lingotto, NO	0,37	0,62	0,86	0,93	0,90	0,35
Torino Lingotto, NO <sub>2</sub>	0,43	0,58	0,77	0,82	0,81	0,26
Torino Lingotto, Benzene	0,23	0,38	0,66	0,78	0,84	0,49

TABELLA 23: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo ottobre-dicembre 2014.

### ANALISI DELLA SERIE STORICA

Il monitoraggio è stato condotto in quota (a 50 m) da ottobre 2009 fino a luglio 2012. In FIGURA 41 si evidenzia l'andamento dal 2010 al 2014, escludendo il 2009 in quanto sono stati misurati solo dati invernali. Si può osservare che gli anni nei quali si è misurato il numero di particelle più elevato sono il 2010 ed il 2014, anni che sono stati invece caratterizzati da una meteorologia molto favorevole alla dispersione delle polveri PM10, in quanto sono stati rilevanti i fenomeni di precipitazione in termini di mm di pioggia caduti e numero di giorni piovosi. In particolare il 2014 ha registrato il superamento del valore limite annuale del PM10 esclusivamente nella stazione di To-Grassi in tutto il territorio metropolitano, fenomeno mai avvenuto in precedenza. L'andamento complessivo del numero di particelle non rispecchia quindi quello della concentrazione in massa del particolato.

**MEDIA DEI VALORI ORARI DEL NUMERO TOTALE DI PARTICELLE 2010-2014**

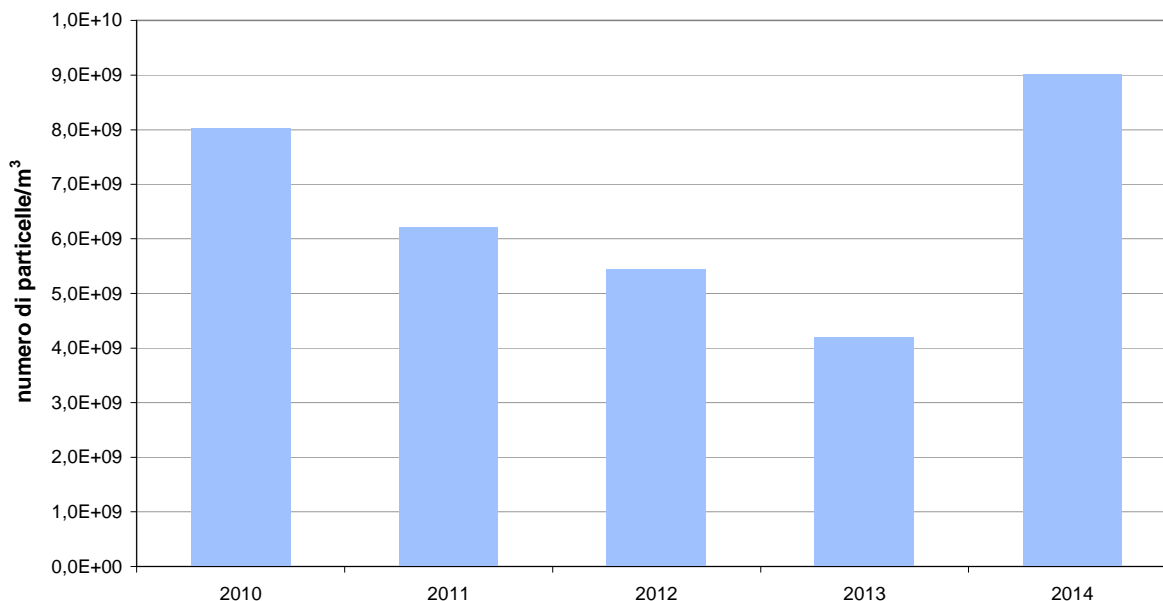


FIGURA 41: andamento dei valori medi annuali dal 2010 al 2014.

Scendendo nel dettaglio della distribuzione del numero di particelle per classe dimensionale (FIGURA 42), si osserva che nel 2010 è stata molto maggiore la presenza di particelle nelle classi più fini (dai 20 ai 50 nm sono il 65% del totale) rispetto a quelle più grandi a confronto con i valori registrati negli anni successivi dal 2011 al 2013, che si attestano al 25% rispetto al totale delle particelle. Nel 2014 aumenta nuovamente la percentuale delle particelle sotto i 50 nm, che raggiungono il 36 % del totale. Queste differenze, più che essere specifiche del sito di misura, sembrano maggiormente attribuibili alle caratteristiche meteorologiche verificatesi negli anni in esame, in quanto lo strumento è rimasto in quota a 50 m dal 2009 al 2012 e solo nel 2013 è stato spostato al suolo. Inoltre, a supporto di tale ipotesi, nel 2010 in periodo invernale sono state confrontate misure di PM<sub>2,5</sub> in quota e al suolo dalle quali è emerso come l'andamento e i valori assoluti siano molto simili, pertanto si può ipotizzare che queste altezze stiano all'interno dello strato rimescolato e quindi non ci siano notevoli differenze.

Molto probabilmente la maggiore presenza di particelle più fini negli anni 2010 e 2014 è dovuta proprio alle alte precipitazioni che si sono verificate, poiché la pioggia abbatte in maniera più efficace le particelle di dimensioni maggiori, come già evidenziato nel 2013 (vedasi in Sguardo all'aria 2013 il capitolo "Studio della concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese – Risultati Anno 2013 e confronto con misure in quota").

#### DISTRIBUZIONE PERCENTUALE RISPETTO AL TOTALE

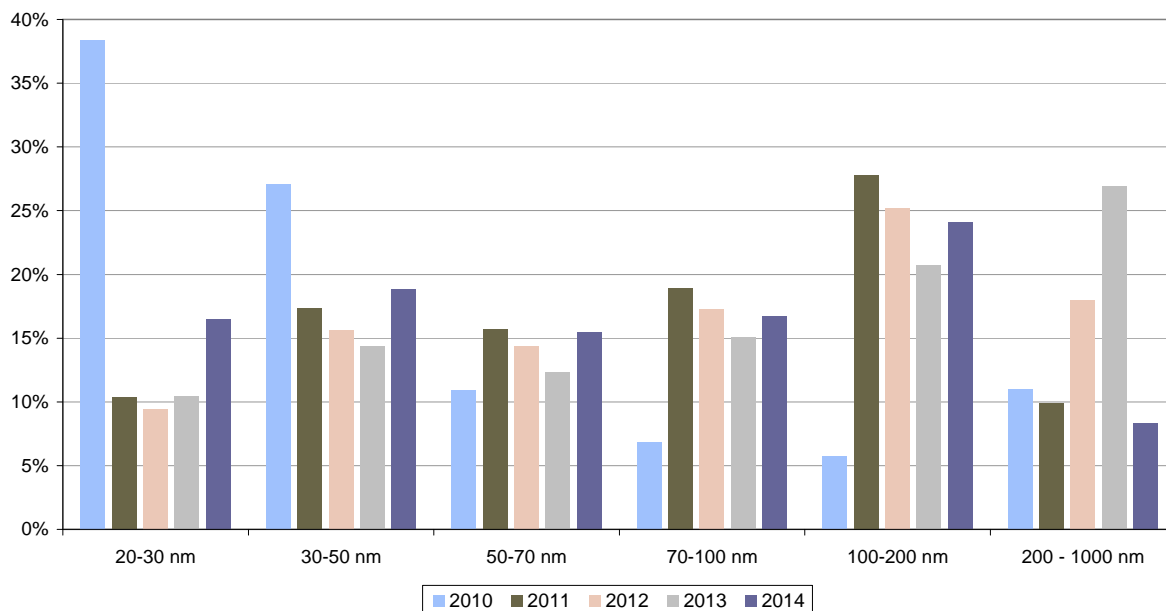


FIGURA 42: Andamento della distribuzione percentuale nelle varie classi del numero di particelle.

#### INFLUENZA DELLE VARIABILI METEOROLOGICHE NELL'INCREMENTO DEL NUMERO DI PARTICELLE

Al fine di ipotizzare quali fenomeni atmosferici possano incrementare il numero di particelle sono state analizzate le giornate in cui la media giornaliera del numero di particelle era superiore al 90° percentile del periodo di monitoraggio. L'analisi è stata condotta per ogni classe dimensionale per l'anno 2014.

La quasi totalità di queste giornate di picco presenta peculiarità a seconda della classe dimensionale considerata.

In particolare le classi dimensionali più basse (20-30 nm e 30-50 nm) presentano dei picchi in corrispondenza dei giorni in cui la radiazione solare è superiore a 200 W/m<sup>2</sup> e l'umidità relativa inferiore al 55 % (16-17 agosto, 1-2-3 settembre) o giorni in cui l'umidità relativa è inferiore al 55 % e il PM<sub>2,5</sub> è inferiore ai 20 µg/m<sup>3</sup>, quindi giornate particolarmente "limpide", senza nubi, in cui il rimescolamento atmosferico è stato probabilmente maggiore (caso esemplare il 23 ottobre, seguente alla giornata del 22 ottobre che è stata molto ventosa). In queste condizioni sono favoriti fenomeni di nucleazione che portano alla formazione di nuove particelle di diametro inferiore ai 20 nm, non misurate dallo strumento, ma l'innalzamento del numero di particelle della classe 20-50 nm può essere attribuito alla crescita dimensionale di queste particelle di nuova formazione. La letteratura comunque non è concorde su quale intervallo di dimensioni attribuire alle particelle nucleate: fino a qualche anno fa la minima dimensione misurabile per le particelle era 3 nm, quindi la nucleazione non poteva essere misurata direttamente, mentre attualmente vi sono strumenti che arrivano a misurare anche 1 nm. Per quanto riguarda il meccanismo di formazione la reazione meglio conosciuta è l'ossidazione dell'SO<sub>2</sub> ad H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e la sua neutralizzazione con ammoniaca a formare bisolfato e solfato d'ammonio. E' ancora in fase di studio il ruolo dei composti organici volatili, che sembrano favorire la nucleazione<sup>33,34</sup>, in quanto la sola presenza di acido solforico ed ammoniaca non bastano a spiegare la velocità di nucleazione e di crescita di queste particelle.

<sup>33</sup> Tröstl et al., The role of organic compounds in early nanoparticle growth, atti European Aerosol Conference 6-11 settembre 2015

La maggiore frequenza degli eventi di nucleazione nelle giornate estive nella Pianura Padana è riportata anche in letteratura<sup>35</sup>, ed anche l'influenza dell'umidità relativa, che risulta essere minore, in media, nei giorni con eventi di nucleazione rispetto ai giorni di "non evento"<sup>36</sup>. Nei giorni di nucleazione inoltre la radiazione solare globale è maggiore che nei giorni di non evento.

Picchi nelle particelle 50-70 nm si verificano in alcune giornate in contemporanea ai picchi delle particelle più piccole, quindi si possono attribuire all'accrescimento delle particelle nucleate (17 agosto, 23 settembre, 23 ottobre), ma anche in giornate nebbiose (come il 31 ottobre) o giornate in cui l'umidità relativa si mantiene alta (superiore al 60% e con poca escursione tra minimo diurno e massimo notturno) e la temperatura bassa, in assenza di pioggia (il 17 dicembre). Picchi in questa classe dimensionale si sono verificati anche nei periodi di stabilità atmosferica, come dal 18 al 21 novembre.

Per quanto riguarda le particelle di dimensioni superiori ai 70 nm, i picchi si verificano soltanto in corrispondenza di periodi di alta stabilità atmosferica autunnali-invernali (21-25 novembre) e in presenza di giornate nebbiose (31 ottobre) o con alta umidità relativa dell'aria (11-15 dicembre, o il 17 dicembre con costanza di alta UR).

Per le particelle più grandi (200-1000nm), oltre ai giorni citati, si aggiungono altre giornate di condizioni di alta umidità relativa dell'aria (superiore al 60% e con poca escursione tra minimo diurno e massimo notturno) in presenza di bassa temperatura ed assenza di pioggia, che favoriscono le reazioni acquose in fase eterogenea di precursori gassosi, dando origine a formazione secondaria di nitrato e solfato d'ammonio, che si trovano in particolare nell'intervallo dimensionale 200-1000 nm<sup>37</sup> (30 settembre, 24 dicembre). I periodi con picchi nel numero di particelle sono evidenziati in FIGURA 43 e FIGURA 44.

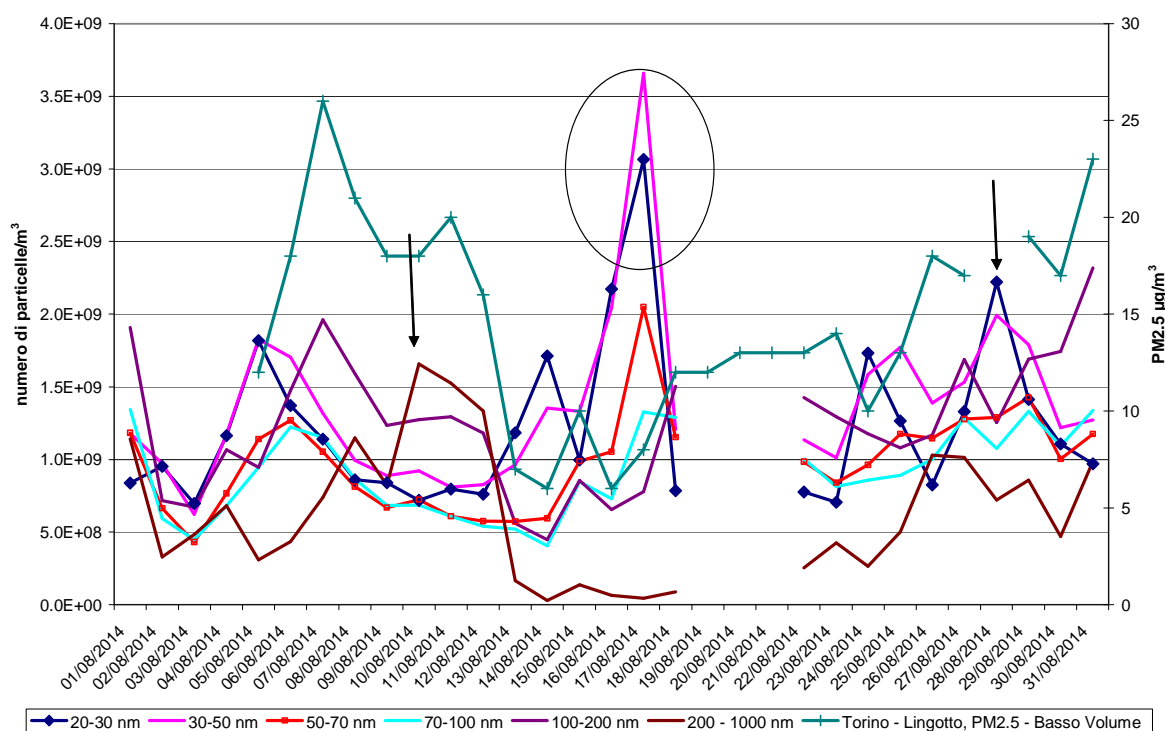


FIGURA 43: andamento medio giornaliero del numero di particelle – agosto 2014.

<sup>34</sup> Patoulias et al., The role of organic condensation on ultrafine particle growth during nucleation events, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 6337–6350, 2015

<sup>35</sup> Hamed et al., Nucleation and grow of new particles in Po Valley, Italy, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 355-376, 2007

<sup>36</sup> Rodriguez et al., Nucleation and growth of new particles in the rural atmosphere of Northern Italy – relationship to air quality monitoring, *Atmos. Environ.*, 39, 6734-6746, 2005

<sup>37</sup> Wang et al, The secondary formation of inorganic aerosols in the droplet mode through heterogeneous aqueous reactions under haze conditions., *Atmospheric Environment* 63 (2012) 68-76

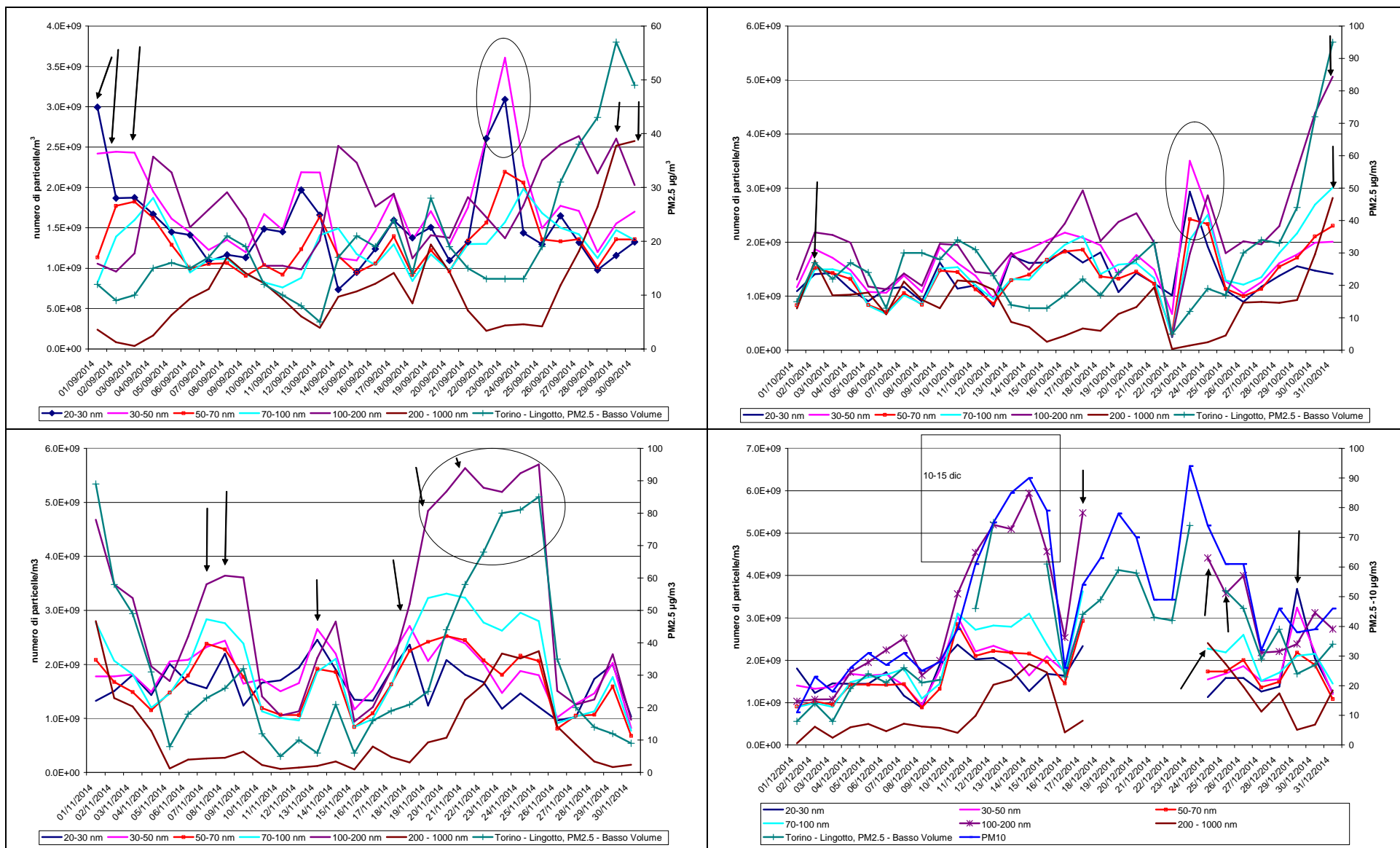


FIGURA 44: Andamento medio giornaliero del numero di particelle settembre - dicembre 2014

## CONCLUSIONI

L'analisi dei dati raccolti nella stazione di fondo urbano di To-Lingotto mostrano che la concentrazione numerica di particelle ultrafini è confrontabile come ordine di grandezza con quella rilevata in altre aree italiane.

Complessivamente le particelle ultrafini (al di sotto dei 100 nm) rappresentano il 68 % del totale.

Vi è una buona correlazione di lungo periodo con le misure in massa di PM<sub>10</sub>-PM<sub>2,5</sub> effettuate nella stessa stazione soltanto per le particelle superiori ai 100 nm, mentre non si presenta correlazione significativa con le particelle di dimensioni più fini. L'andamento temporale di lungo periodo presenta analogie con l'andamento del PM<sub>10</sub>-PM<sub>2,5</sub> per le particelle superiori ai 50 nm.

Incrementi notevoli nel numero totale di particelle possono verificarsi in corrispondenza di diverse condizioni meteorologiche:

- quando si verificano periodi di almeno due-tre giorni consecutivi di stabilità atmosferica in condizioni di alta pressione, bassa temperatura ed inversione termica al suolo (tipicamente le giornate assolate invernali). In questo caso l'aumento nel numero di particelle avviene per tutte le classi dimensionali tranne quella più fine (20-30 nm), che mantiene valori molto più costanti
- in presenza di giornate con umidità persistente, bassa temperatura ed in condizioni di cielo coperto (ad esempio in giorni di nebbia). Questa situazione favorisce la formazione delle particelle più grandi (100-1000 nm) per le reazioni acquose in fase eterogenea, che danno origine a nitrato e solfato d'ammonio
- nelle giornate di alta radiazione e bassa umidità relativa (tipicamente giornate estive assolate e senza nubi), nelle quali si innalzano le particelle più fini (20-30 nm), in conseguenza alla nucleazione di nuove particelle attraverso processi di natura fotochimica.

## METALLI

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

**M. Maringo ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.**

### DESCRIZIONE

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

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente arsenico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), manganese (Mn), nichel (Ni) e piombo (Pb), che sono veicolati dal particolato. La loro origine è varia. Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo. L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di  $\alpha 1$  antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro. Nella TABELLA 24 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

PIOMBO (Pb)		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$6 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$5 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$20 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012

TABELLA 24: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli.

## ESAME DEI DATI

I dati riportati nelle tabelle poste a conclusione del capitolo si riferiscono alle concentrazioni medie annuali di arsenico, cadmio, nichel e piombo determinate nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM10 e, nel caso della stazione To-Lingotto, anche frazione PM2,5) campionato in 12 stazioni ubicate nella città metropolitana di Torino. In ottemperanza al piano regionale di revisione della rete di monitoraggio e alle prescrizioni relative all'autorizzazione del termovalorizzatore di Torino vi sono state alcune variazioni, per cui a partire dal 2013 la determinazione di tali parametri è effettuata anche nella stazione di Oulx e nella stazione privata di Beinasco – TRM gestita da Arpa. Le concentrazioni di As, Cd e Ni sono espresse in ng/m<sup>3</sup>, quelle relative al piombo in µg/m<sup>3</sup>.

I limiti previsti dal D.Lgs. 155 del 13/8/2010 sono rispettati per tutti i parametri in tutti i siti monitorati, e mostrano un trend in costante diminuzione nel corso degli anni, ad esclusione del 2011, in cui a causa delle condizioni climatiche si era registrato un incremento delle concentrazioni.

Per quanto riguarda l'arsenico la sua presenza nelle polveri inalabili, negli ultimi anni di osservazione risulta generalmente trascurabile, con valori dell'ordine del limite di quantificazione del metodo in tutte le stazioni anche in siti caratterizzati da traffico veicolare o presenza di attività industriali.

I dati relativi al cadmio confermano le analisi degli anni precedenti per le varie stazioni, con un trend in discesa rispetto al 2013. Pur mostrando una concentrazione di cadmio significativamente inferiore rispetto al valore obiettivo di 5 ng/m<sup>3</sup>, la stazione con la concentrazione più elevata risulta To-Rebaudengo con un valore pari a 0,27 ng/m<sup>3</sup>, la cui determinazione è iniziata solo nel 2012 (TABELLA 26). La stazione di To-Grassi (anche quest'anno caratterizzata da una percentuale di dati inferiore al 90%) si trova in una zona ad elevato traffico, per cui per i vari inquinanti si raggiungono i valori più elevati del territorio metropolitano. I livelli di cadmio più bassi sono stati rilevati presso le stazioni di Susa, Ceresole e Druento, analogamente agli anni precedenti di osservazione. Nelle altre stazioni del territorio comunale e metropolitano i livelli di cadmio risultano piuttosto uniformi con valori per il 2014 tra 0,1 e 0,15 ng/m<sup>3</sup>, generalmente inferiori alle rilevazioni dell'anno precedente. Anche a livello di composizione percentuale si osserva, relativamente a questo metallo, un impoverimento in tutti i siti rispetto all'anno precedente (TABELLA 29), ad eccezione della stazione di Ivrea in cui vi è un leggero incremento sia come valore assoluto sia come presenza percentuale nelle polveri; nel caso di Ceresole la presenza in percentuale di cadmio nelle polveri PM10 non è stata calcolata in quanto nel corso di tutto l'anno le concentrazioni sono risultate inferiori al limite di quantificazione del metodo.

Anche per il nichel si osserva generalmente un ulteriore decremento rispetto all'anno 2013 che già aveva mostrato i valori più bassi fino ad allora registrati sul territorio metropolitano (TABELLA 27). Analogamente a tutti gli altri parametri la concentrazione più bassa di nichel è stata rilevata nel sito montano di Ceresole con un valore pari a 0,9 ng/m<sup>3</sup>, leggermente superiore al dato del 2013. Tuttavia si consideri che per questa stazione nella maggior parte dei campioni il nichel risulta inferiore al limite di quantificazione del metodo (83% nel 2013, il 67% nel 2014) ; anche Druento, Susa e Oulx sono caratterizzati da valori particolarmente bassi anche se nelle ultime due risultano leggermente superiori al 2013. I valori maggiori, pari a circa 5 ng/m<sup>3</sup>, vengono registrati nelle stazioni di traffico dell'area metropolitana di To-Grassi, To-Consolata e To-Rebaudengo. Negli altri siti i valori sono piuttosto uniformi tra 2 e 3 ng/m<sup>3</sup>, quindi ampiamente inferiori al valore obiettivo previsto dal D.Lgs. n. 155/2010.

A livello di presenza percentuale di nichel nelle polveri PM10, nella maggior parte dei siti si osserva un livello stabile rispetto al 2013 ad eccezione delle stazioni citate caratterizzate da un lieve aumento anche dei valori assoluti; in particolare l'incremento percentuale maggiore si osserva per il sito di Ceresole, ma come detto il calcolo comprende un elevato numero di campioni in cui il livello di nichel è al sotto del limite di quantificazione del metodo.

Per quanto riguarda il piombo in FIGURA 45 è riportata la serie storica a partire dagli anni '70. Attualmente i livelli di piombo sono 3 ordini di grandezza inferiori rispetto ai rilevamenti dei primi anni di monitoraggio. Già a partire dal 2001 le medie annuali sono di un ordine di grandezza inferiori al limite previsto dalla normativa (0,5 µg/m<sup>3</sup>). Anche per il piombo, si osservano gli andamenti descritti per gli altri metalli: ulteriore diminuzione rispetto al 2013 nella maggior parte delle stazioni e livelli particolarmente bassi per le stazioni di Ceresole e Oulx. Valori leggermente superiori si riscontrano nei siti urbani caratterizzati da maggiore traffico veicolare, in particolare presso la stazione di P.zza Rebaudengo dove si è rilevata una concentrazione di piombo pari a 0,015 µg/m<sup>3</sup> ed una presenza a livello di composizione percentuale superiore rispetto alle stazioni di

To-Consolata e To-Grassi. I dati relativi alle percentuali in massa di cadmio, nichel e piombo nelle polveri campionate riportati in TABELLA 29 e relativi alla stazione di To-Lingotto, nella quale la determinazione dei metalli è effettuata sia su PM10 sia su PM2,5, indicano che il nichel si trova maggiormente nella frazione più grossolana.

Nel complesso i dati relativi ai metalli presenti sul particolato aerodisperso mettono in luce una situazione esente da criticità e valori che mostrano in generale un trend in diminuzione. Tale situazione è merito della ridotta presenza sul territorio della città metropolitana di Torino di significative attività estrattive e metallurgiche e della dismissione di grandi centrali termoelettriche a carbone e ad olio combustibile, che sono le principali sorgenti antropiche di metalli pesanti quali arsenico, cadmio e piombo. Nella stazione di qualità dell'aria denominata Beinasco-TRM, installata a seguito dell'avvio dell'inceneritore di rifiuti urbani della città metropolitana di Torino (tipologia di attività che può essere fonte di metalli pesanti), si osservano, per tutti i metalli previsti dalla normativa, livelli di concentrazione stabili nel corso dei due anni di rilevamento disponibili e paragonabili a quelli rilevati in stazioni di simile tipologia.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PIOMBO  
1973 - 2014**

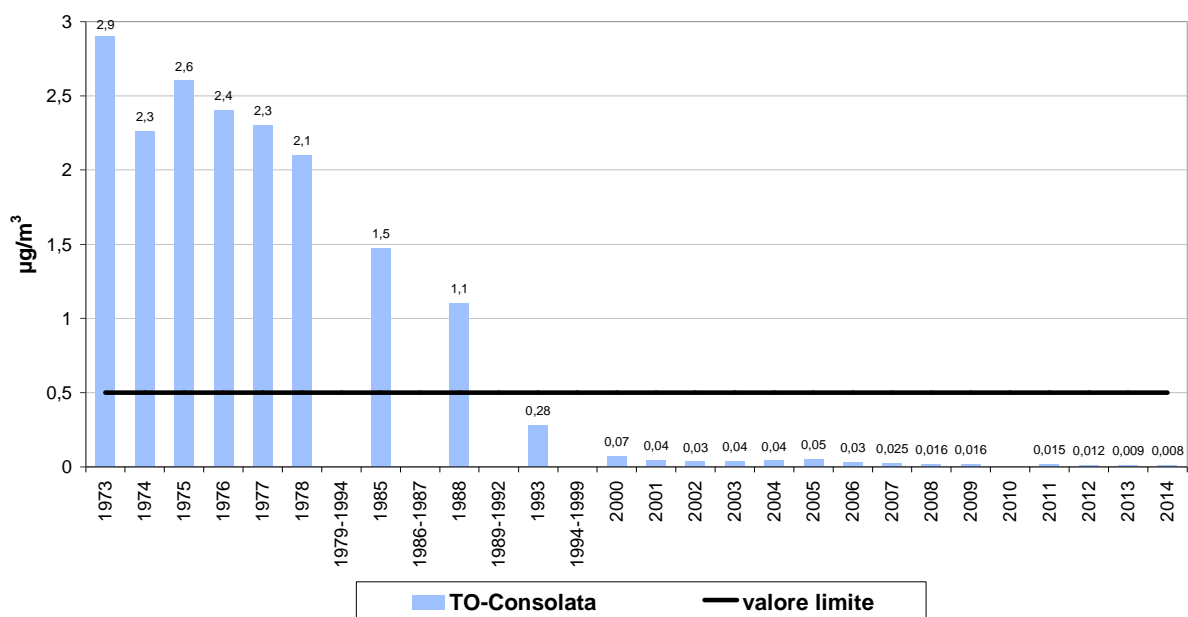


FIGURA 45: parametro piombo, medie annuali presso la stazione di To-Consolata nel periodo 1973 – 2014.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m³)								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beinasco-TRM	90%								0,7	<b>0,7</b>
Borgaro	88%	1,34	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72*	0,7*	<b>0,7*</b>
Carmagnola	99%	1,21	0,74*	0,71	0,71	0,72	0,72	0,71	0,7	<b>0,7</b>
Ceresole Reale	97%				0,72*	0,73*	0,73*	0,72*	0,7	<b>0,7</b>
Druento	98%	0,85	0,73	0,71	0,72*	0,72	0,72	0,71	0,7	<b>0,7</b>
Ivrea	96%		0,73*	0,71	0,72	0,72	0,71	0,72	0,7	<b>0,7</b>
Oulx	86%								0,7	<b>0,7*</b>
Susa	93%	0,87	0,73	0,71	0,72	0,72	0,72	0,72	0,7	<b>0,7</b>
To-Consolata	100%	1,27	0,81	0,71	0,72	0,71	0,72	0,72	0,7	<b>0,7</b>
To-Grassi	67%	1,27	0,86	0,71	0,71	0,72	0,78	0,73*	0,7*	<b>0,7*</b>
To-Lingotto PM10	93%	2,11*	0,74*	0,72*	0,72	0,72	0,73	0,72	0,7	<b>0,7</b>
To-Lingotto PM2,5	92%	0,84	0,77*	0,72	0,72	0,72	0,73	0,72	0,7	<b>0,7</b>
To-Rebaudengo	99%							0,71	0,7	<b>0,7</b>
To-Rubino	99%		0,75*	0,86	0,72*	0,72	1,19	0,72	0,7	<b>0,7</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 25: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate su PM10 e PM2,5, 2006-2014.



STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> )								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beinasco-TRM	90%								0,2	<b>0,1</b>
Borgaro	88%	0,57	0,40	0,25	0,19	0,17	0,3	0,21*	0,17*	<b>0,12*</b>
Carmagnola	99%	0,54	0,49*	0,33	0,22	0,18	0,27	0,19	0,15	<b>0,11</b>
Ceresole Reale	97%				0,12*	0,07*	0,07*	0,07*	0,07	<b>0,07</b>
Druento	98%	0,35	0,28	0,21	0,14*	0,10	0,19	0,11	0,1	<b>0,07</b>
Ivrea	96%		0,36*	0,28	0,17	0,16	0,29	0,18	0,12	<b>0,13</b>
Oulx	86%								0,1	<b>0,1*</b>
Susa	93%	0,29	0,25	0,11	0,10	0,07	0,12	0,1	0,07	<b>0,07</b>
To-Consolata	100%	0,60	0,53*	0,38	0,25	0,19	0,32	0,28	0,24	<b>0,15</b>
To-Grassi	67%	0,75	0,69	0,38	0,31	0,23	0,52	0,39*	0,28*	<b>0,21*</b>
To-Lingotto PM10	93%	0,67*	0,36*	0,30*	0,25	0,19	0,31	0,26	0,19	<b>0,14</b>
To-Lingotto PM2,5	92%	0,51	0,40*	0,25	0,24	0,16	0,27	0,21	0,2	<b>0,1</b>
To-Rebaudengo	99%							0,42	0,33	<b>0,27</b>
To-Rubino	99%		0,41*	0,29*	0,23*	0,17	0,27	0,23	0,19	<b>0,13</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 26: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate su PM10 e PM2,5, 2006-2014.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di NICHEL nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> )								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beinasco-TRM	90%								2,9	<b>2,7</b>
Borgaro	88%	17,47	8,20	6,11	6,17	4,27	5,18	4,73*	3,4*	<b>3,0*</b>
Carmagnola	99%	18,71	7,18*	4,21	4,98	3,98	5,10*	3,89	3,2	<b>2,5</b>
Ceresole Reale	97%				1,92*	1,25*	1,61*	1,02*	0,7	<b>0,9</b>
Druento	98%	15,09*	7,26	4,15	4,35*	3,54	3,97	3,16	1,6	<b>1,5</b>
Ivrea	96%		6,29*	4,48	5,07	3,65	4,39	3,17	2,4	<b>2,2</b>
Oulx	86%								1,4	<b>1,8*</b>
Susa	93%	17,64	3,84	2,45	2,79	2,46	3,38	2,21	1,1	<b>1,9</b>
To-Consolata	100%	22,97*	12,20	8,19	9,33	8,34	8,28	7,31	4,9	<b>4,8</b>
To-Grassi	67%	21,18*	11,02	8,22	9,42	7,59	8,65	7,89*	5,8*	<b>5,0*</b>
To-Lingotto PM10	93%	19,96*	11,47*	4,13*	5,72	5,08	5,6	4,78	3,5	<b>3,2</b>
To-Lingotto PM2,5	92%	12,07	6,16*	3,43	2,77	2,43	3,28	2,56	1,4	<b>1,3</b>
To-Rebaudengo	99%							7,2	5,2	<b>4,5</b>
To-Rubino	99%		8,93*	5,56	6,09*	4,68	5,22	4,79	3,0	<b>3,2</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 27: concentrazioni medie annuali di nichel determinate su PM10 e PM2,5, 2006-2014.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di PIOMBO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> )								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beinasco-TRM	90%								0,009	<b>0,008</b>
Borgaro	88%	0,025	0,015	0,013	0,011	0,010	0,013	0,009*	0,009*	<b>0,006*</b>
Carmagnola	99%	0,019	0,014*	0,011	0,010	0,009	0,011	0,008	0,007	<b>0,005</b>
Ceresole Reale	97%				0,002*	0,002*	0,002*	0,001*	0,001	<b>0,001</b>
Druento	98%	0,014	0,011	0,007	0,008*	0,007	0,008	0,006	0,004	<b>0,004</b>
Ivrea	96%		0,014*	0,010	0,010	0,010	0,010	0,006	0,006	<b>0,004</b>
Oulx	86%								0,002	<b>0,002*</b>
Susa	93%	0,019	0,014	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	<b>0,004</b>
To-Consolata	100%	0,030	0,025	0,016	0,016	0,013	0,015	0,013	0,01	<b>0,008</b>
To-Grassi	67%	0,042*	0,028*	0,020	0,018	0,017	0,020	0,018*	0,012*	<b>0,012*</b>
To-Lingotto PM10	92%	0,025*	0,020*	0,010*	0,012	0,011	0,012	0,009	0,007	<b>0,007</b>
To-Lingotto PM2,5	93%	0,019	0,017*	0,011	0,010	0,009	0,010	0,010	0,009	<b>0,006</b>
To-Rebaudengo	99%							0,020	0,019	<b>0,015</b>
To-Rubino	99%		0,017*	0,011	0,012*	0,011	0,011	0,010	0,009	<b>0,007</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 28: concentrazioni medie annuali di piombo determinate su PM10 e PM2,5, 2006-2014.

STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Cd							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beinasco TRM							0,0006	<b>0,0003</b>
Borgaro	0,0009	0,0006	0,0005	0,0005	0,0007	0,0005	0,0005	<b>0,0004</b>
Carmagnola	0,0008	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	<b>0,0003</b>
Ceresole			0,0013	0,0010	0,0009	0,0008	n.c.	<b>n.c.</b>
Druento	0,0009	0,0007	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	0,0004	<b>0,0004</b>
Ivrea	0,0009	0,0008	0,0005	0,0006	0,0008	0,0005	0,0004	<b>0,0006</b>
Oulx							0,0006	<b>0,0006</b>
Susa	0,0011	0,0004	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0004	<b>0,0004</b>
To-Consolata	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0006	0,0006	0,0006	<b>0,0004</b>
To-Grassi	0,0010	0,0006	0,0005	0,0005	0,0009	0,0007	0,0006	<b>0,0005</b>
To-Lingotto PM10	0,0006	0,0007	0,0006	0,0005	0,0007	0,0006	0,0005	<b>0,0004</b>
To-Lingotto PM2,5	0,0011	0,0007	0,0007	0,0006	0,0008	0,0006	0,0007	<b>0,0004</b>
To-Rebaudengo							0,0009	<b>0,0007</b>
To-Rubino	0,0009	0,0007	0,0005	0,0004	0,0006	0,0006	0,0005	<b>0,0004</b>
STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Ni							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beinasco TRM							0,009	<b>0,009</b>
Borgaro	0,018	0,014	0,015	0,012	0,012	0,011	0,010	<b>0,010</b>
Carmagnola	0,030	0,015	0,010	0,009	0,010	0,008	0,008	<b>0,007</b>
Ceresole			0,021	0,018	0,020	0,011	0,012	<b>0,018</b>
Druento	0,023	0,013	0,014	0,013	0,013	0,011	0,007	<b>0,008</b>
Ivrea	0,016	0,013	0,015	0,013	0,013	0,009	0,009	<b>0,010</b>
Oulx							0,008	<b>0,011</b>
Susa	0,017	0,010	0,013	0,011	0,015	0,011	0,006	<b>0,012</b>
To-Consolata	0,023	0,015	0,018	0,019	0,017	0,015	0,012	<b>0,014</b>
To-Grassi	0,017	0,013	0,017	0,015	0,015	0,013	0,012	<b>0,012</b>
To-Lingotto PM10	0,019	0,010	0,014	0,014	0,013	0,011	0,009	<b>0,010</b>
To-Lingotto PM2,5	0,017	0,010	0,008	0,008	0,009	0,008	0,005	<b>0,005</b>
To-Rebaudengo							0,014	<b>0,011</b>
To-Rubino	0,019	0,013	0,014	0,012	0,011	0,012	0,009	<b>0,010</b>
STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Pb							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beinasco TRM							0,027	<b>0,027</b>
Borgaro	0,033	0,030	0,027	0,027	0,030	0,021	0,026	<b>0,019</b>
Carmagnola	0,045	0,033	0,020	0,020	0,020	0,016	0,017	<b>0,014</b>
Ceresole			0,022	0,029	0,025	0,011	0,017	<b>0,020</b>
Druento	0,034	0,022	0,025	0,026	0,026	0,021	0,017	<b>0,021</b>
Ivrea	0,036	0,029	0,030	0,036	0,029	0,018	0,022	<b>0,017</b>
Oulx							0,011	<b>0,012</b>
Susa	0,064	0,036	0,038	0,032	0,026	0,024	0,022	<b>0,025</b>
To-Consolata	0,047	0,030	0,031	0,030	0,030	0,027	0,025	<b>0,023</b>
To-Grassi	0,042	0,033	0,032	0,034	0,034	0,030	0,026	<b>0,028</b>
To-Lingotto PM10	0,033	0,023	0,029	0,031	0,027	0,021	0,018	<b>0,022</b>
To-Lingotto PM2,5	0,047	0,031	0,029	0,031	0,029	0,030	0,031	<b>0,025</b>
To-Rebaudengo							0,051	<b>0,038</b>
To-Rubino	0,036	0,026	0,027	0,028	0,023	0,025	0,026	<b>0,023</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 29: percentuale in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM10 e nel PM2,5, confronto anni 2007-2014.

## IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

*M. Maringo, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.*

### DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%<sup>38</sup>. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è notevolmente maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.); l'aggiornamento del 2013 dell'inventario delle emissioni stima un fattore di emissione di oltre 1000 volte superiore<sup>39</sup>.

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

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

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)<sup>40</sup> classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

Il valore obiettivo per il benzo(a)pirene è riportato TABELLA 30.

BENZO(A)PIRENE – VALORE OBIETTIVO		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	1 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012

TABELLA 30: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

### ESAME DEI DATI

La TABELLA 31 riassume le concentrazioni medie annuali rilevate a partire dal 2006 sul territorio metropolitano di Benzo(a)Pirene. Le medie annuali indicate in tabella per ogni stazione sono ottenute partendo dalle medie giornaliere, e possono presentare leggere differenze rispetto al valore ricavabile a partire dalle medie mensili a causa del diverso peso statistico dei diversi mesi. Tutti i dati sono confrontabili in quanto in tutti i siti sono state adottate frequenze di prelievo e

<sup>38</sup> European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

<sup>39</sup> EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook – 2013 Part. B 1.A.4. Small Combustion Tab. 3-5 e Tab. 3-6

<sup>40</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

metodiche analitiche omogenee. In ottemperanza al piano regionale di revisione della rete di monitoraggio e alle prescrizioni relative all'autorizzazione del termovalorizzatore di Torino, vi sono state alcune variazioni, per cui a partire dal 2013 la determinazione di tali parametri è effettuata nelle stazioni di Oulx e in quella privata di Beinasco TRM, gestita da Arpa.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2014 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di Benzo(a)pirene nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> )								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beinasco-TRM	90%								0,8	<b>0,8</b>
Borgaro	88%	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8*	0,7*	<b>0,7*</b>
Carmagnola	99%	1,0	0,8*	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	<b>0,8</b>
Ceresole Reale	97%	-	-	-	0,2*	0,1*	0,1*	0,1*	0,0	<b>0,1</b>
Druento	98%	0,4	0,4	0,4	0,5*	0,4	0,4	0,3	0,3	<b>0,3</b>
Ivrea	96%	-	0,9*	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	<b>0,7</b>
Oulx	86%	-	-	-	-	-	-	-	0,5	<b>0,5*</b>
Settimo	92%	-	-	-	-	-	-	1,0	1,2	<b>1,3</b>
Susa	93%	1,0	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	<b>0,6</b>
To-Consolata	100%	1,1	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	<b>0,7</b>
To-Grassi	67%	0,9*	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1*	1,1*	<b>1,0*</b>
To-Lingotto PM10	93%	0,6*	0,7	0,6*	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	<b>0,8</b>
To-Lingotto PM2,5	92%	0,8	0,6*	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	<b>0,8</b>
To-Rebaudengo	99%	-	-	-	-	-	-	0,9	1,2	<b>1,1</b>
To-Rubino	99%	-	0,4	0,5	0,6*	0,5	0,8	0,7	0,8	<b>0,7</b>

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 31: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate su PM10 e PM2,5 – 2006-2014 (ng/m<sup>3</sup>).

I dati raccolti nel corso del 2014 confermano che le stazioni di Settimo T.se, To-Rebaudengo e To-Grassi sono quelle caratterizzate dai valori di B(a)P più elevati e, seppure di poco, nelle prime due viene superato il valore obiettivo (1 ng/m<sup>3</sup>). Nel caso di To-Grassi il valore annuale è pari al limite normativo, tuttavia non è da considerare pienamente attendibile in quanto è stato calcolato su una base dati inferiore al 90%, a causa di diversi malfunzionamenti strumentali. Nel periodo tra il 2006 e 2012 non si era più verificato sul territorio metropolitano il superamento del valore obiettivo, tuttavia l'analisi della serie storica risulta complicata dal fatto che nelle stazioni di Settimo T.se e To-Rebaudengo prima del 2012 la determinazione degli IPA non era prevista e la stazione di To-Grassi che risulta la più simile ad esse per tipologia, negli ultimi anni ha mostrato un rendimento strumentale non sufficiente per una corretta valutazione. Di fatto si osserva che le stazioni caratterizzate da fonti emissive significative negli ultimi due anni hanno registrato il superamento del valore obiettivo per il B(a)P, mentre le stazioni con una serie storica più lunga come Borgaro, Carmagnola, Ivrea, To-Consolata e To-Lingotto mostrano valori medi annuali piuttosto uniformi nel periodo 2007- 2014 e sempre inferiori al valore obiettivo. Nella relazione dello scorso anno era stato evidenziato come il valore medio annuale del 2013, per alcune stazioni, fosse stato influenzato dalla concentrazione particolarmente elevata relativa ai campioni di dicembre, mentre nel corso del 2014 non si sono osservati valori anomali che abbiano caratterizzato in particolare un determinato periodo dell'anno.

In generale i valori di B(a)P riportati in TABELLA 31 mostrano per tutti i siti valori piuttosto stabili rispetto all'anno precedente o in alcuni casi leggermente inferiori; per la stazione di qualità dell'aria denominata Beinasco-TRM, prevista ed installata a seguito del progetto di costruzione e avvio del termovalorizzatore di rifiuti urbani della città metropolitana di Torino (zona Gerbido) si osserva il rispetto del valore obiettivo ed un livello stabile nel corso dei due anni di rilevamento disponibili, paragonabile a quelli rilevati in stazioni della rete di simile tipologia. I livelli della stazione di Oulx sono equivalenti a quelli osservati negli ultimi anni presso Susa, anche se nel corso del 2014 il campionatore installato presso la stazione di Oulx è stato interessato da diversi malfunzionamenti che hanno determinato una percentuale di dati validi inferiore al 90%. La stazione con i livelli più bassi di Benzo(a)Pirene si conferma quella di Ceresole, nella quale spesso i livelli mensili risultano dell'ordine del limite di quantificazione del metodo, in quanto si trova lontano da fonti di inquinamento antropogenico e a causa dell'elevata altitudine non risente del confinamento al suolo degli inquinanti legato alle condizioni di stabilità invernali tipiche della pianura.

In FIGURA 46 sono riportate le medie annuali degli IPA totali determinate a partire dal 2008. Le stazioni caratterizzate dal superamento del limite annuale - To-Grassi, To-Rebaudengo e Settimo

T.se - sono quelle che hanno mostrato anche i livelli più elevati di IPA totali; si tenga tuttavia presente che per la stazione di To-Grassi negli ultimi tre anni il rendimento è stato inferiore al 90%.

Si nota in generale un abbassamento dei valori rispetto al 2013, ad eccezione delle stazioni di Oulx, Beinasco e Settimo t.se che hanno mantenuto un livello stabile.

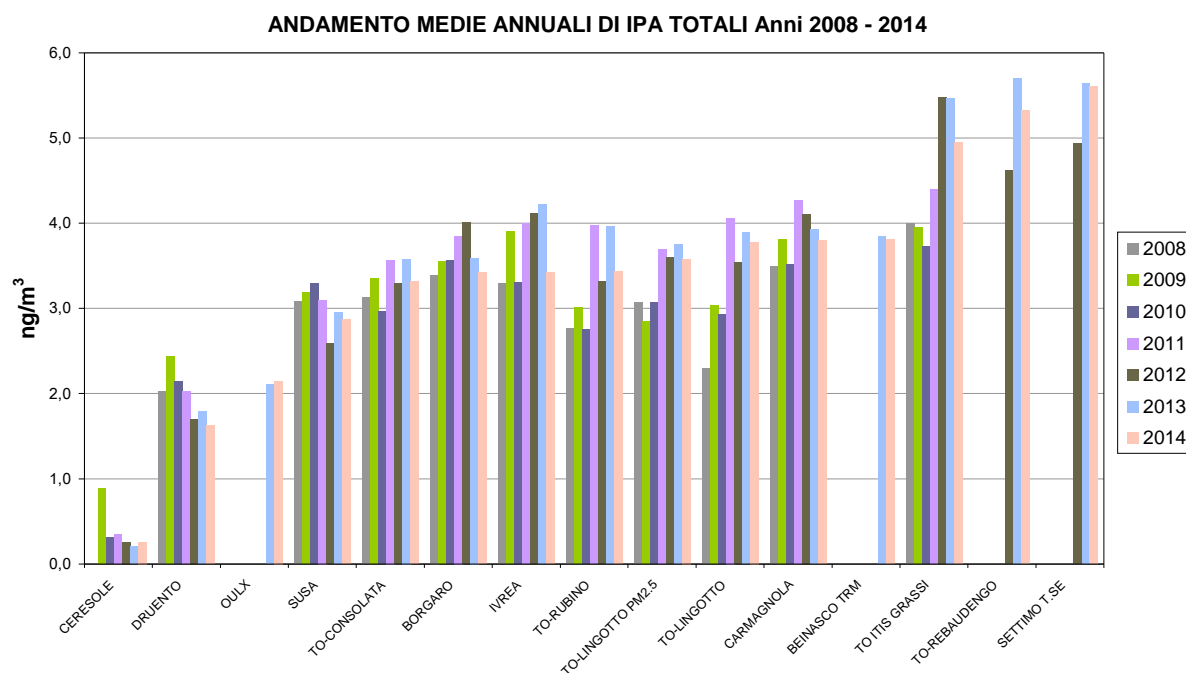


FIGURA 46: andamento medie annuali IPA totali periodo 2008-2014 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

Oltre all'informazione relativa alla quantità totale di IPA rilevata nei vari siti, è interessante conoscere in quale percentuale essi sono presenti nelle polveri campionate<sup>41</sup>. Dalla FIGURA 47 si evidenzia la notevole differenza stagionale nella composizione delle polveri relativamente a questo parametro; da aprile a settembre, infatti, prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti ed inoltre la radiazione solare contribuisce notevolmente alla degradazione degli IPA per cui si osservano percentuali molto basse e uniformi nei vari siti, mentre nei mesi invernali le polveri risultano maggiormente arricchite di questi composti e, come osservato negli anni precedenti, questo fenomeno risulta particolarmente evidente in alcuni siti extraurbani, probabilmente a causa del maggiore utilizzo di biomasse legnose come combustibile. Ivrea, Susa e Oulx si confermano le stazioni con percentuali maggiori di IPA nelle polveri; nelle ultime due le polveri di PM10 sono risultate ulteriormente arricchite di IPA, infatti nel 2013 il rapporto percentuale era sotto lo 0,025%, mentre nel 2014 è risultato superiore. Entrambe si trovano in zone in cui è frequente l'uso della legna<sup>42</sup> come combustibile per il riscaldamento domestico.

Tra le stazioni torinesi il livello percentuale di IPA risulta piuttosto omogeneo con valori leggermente più elevati per To-Rebaudengo. Per la stazione di To-Lingotto, per la quale è disponibile il dato di IPA determinato sia sul PM10 sia sul PM2,5 è interessante osservare che se da una parte il contenuto medio totale risulta equivalente nelle due granulometrie (FIGURA 46), dall'altra le polveri più sottili risultano percentualmente più arricchite di composti policiclici aromatici (FIGURA 47). Come sottolineato negli anni precedenti questo dato conferma la pericolosità delle polveri PM2,5 che oltre ad essere in grado di entrare in profondità nelle vie respiratorie, riescono a veicolare nell'organismo sostanze potenzialmente cancerogene.

<sup>41</sup> Le percentuali utilizzate nelle figure, in riferimento alla media dei mesi freddi e a quella dei mesi caldi, sono calcolate sulla base delle concentrazioni medie giornaliere di IPA e PM10 misurate, rispettivamente, nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre (semestre freddo) e in quelli aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre (semestre caldo).

<sup>42</sup> Si vedano anche i risultati ottenuti nel mese di dicembre 2013 nella città di Milano in Dal Santo et al. Un anno di monitoraggio giornaliero di PM1 a Milano: il contributo delle sorgenti di combustione di biomassa alle concentrazioni in atmosfera, in Atti del Sesto Convegno nazionale sul particolato atmosferico, Genova 2014

La stazione di Ceresole si conferma il sito con i livelli di IPA più bassi sia come valori assoluti sia come presenza percentuale sul PM10.

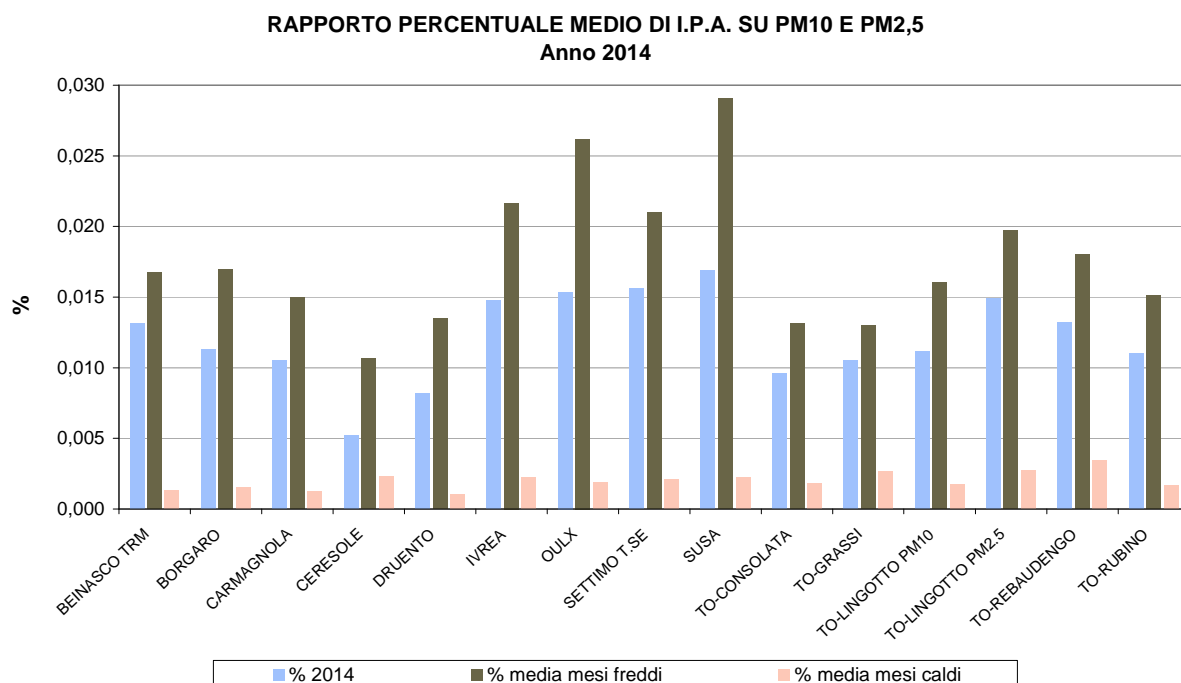


FIGURA 47: percentuale di IPA totali nel PM10, PM2,5 – anno 2014.

Nella FIGURA 48 per le stazioni di Druento, Susa e To-Consolata che rappresentano diverse situazioni territoriali, sono riportati i contenuti percentuali di IPA differenziati per mese di campionamento. Si conferma il basso contenuto percentuale nei mesi caldi con valori equivalenti nelle varie aree territoriali. Valori che invece si differenziano notevolmente nel periodo freddo (a Susa si hanno percentuali circa doppie rispetto a Druento e To-Consolata); il mese di febbraio è stato particolarmente critico con un contenuto percentuale quasi triplo della stazione di Susa rispetto alle altre.

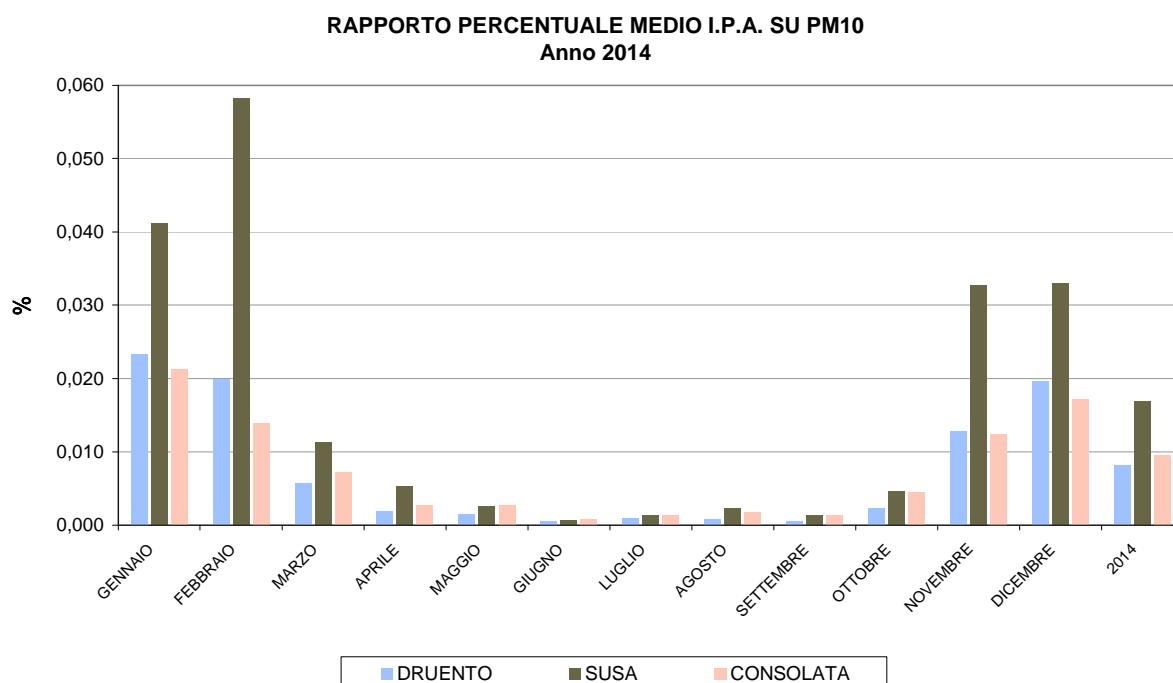


FIGURA 48: percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2014.

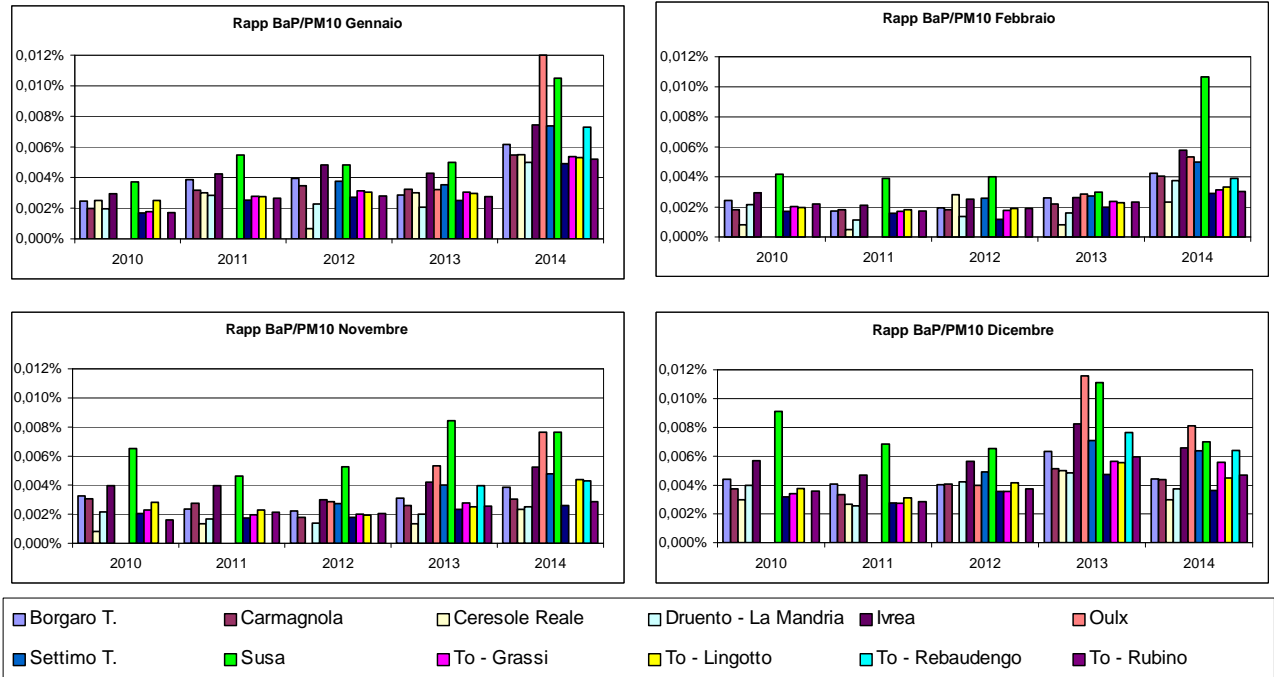


FIGURA 49: percentuale BaP nel PM10 – anni 2010-2014, suddivisione per mesi critici

In FIGURA 49 è riportata la presenza percentuale del Benzo(a)Pirene nel PM10 nei mesi più critici, considerando gli anni dal 2010 al 2014. Nel 2013, come ricordato sopra, si erano osservate concentrazioni di BaP elevate come valore assoluto nel mese di dicembre; anche percentualmente in tale mese le polveri risultano arricchite in BaP. Dai grafici di FIGURA 49 si nota che nel corso del 2014 il mese con maggiore presenza percentuale di BaP in tutte le stazioni è stato gennaio, anche se come valore assoluto nessun sito ha registrato i livelli osservati nel corso di dicembre 2013. Come già detto nella stazione di Susa anche il mese di febbraio 2014 ha mostrato un contenuto percentuale elevato di BaP.

## LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

**R. Sergi - Arpa Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.**

La stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria opera ad integrazione della rete di stazioni fisse sull'intero territorio della città metropolitana di Torino. La scelta dei siti di monitoraggio avviene sulla base delle richieste delle amministrazioni comunali e di specifici obiettivi, anche di natura progettuale, individuati dagli organismi di coordinamento ARPA - Città metropolitana di Torino.

Nell'ottica del complessivo rinnovo in senso ecologico del parco autoveicoli di Arpa, nel corso del 2010 è stata acquistata con il contributo della Regione Piemonte un nuovo mezzo a basso impatto ambientale su cui è stata trasferita la strumentazione di misura.

La stazione mobile è dotata di sensori per la misura in continuo di biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto, polveri PM10 e PM2,5, benzene e ozono e dei principali parametri meteorologici. I dati rilevati consentono di integrare le valutazioni relative all'inquinamento atmosferico sul territorio metropolitano con informazioni di dettaglio locale e permettono quindi alle amministrazioni comunali di valutare l'adozione di interventi per migliorare la qualità dell'aria del territorio di competenza.

Di norma in ognuno dei siti oggetto del monitoraggio vengono effettuate due campagne della durata di almeno venti giorni ognuna in due diversi periodi, uno nel semestre freddo e uno in quello caldo dell'anno. Ciò consente di tener conto della variabilità delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi legate alla variazione stagionale delle condizioni meteorologiche e in particolare della stabilità atmosferica. Tutti i siti monitorati sono oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Città Metropolitana di Torino ed è scaricabile via internet agli indirizzi:

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/rete-monitoraggio/relazioni-campagne-rilevamento> e

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/relazioni-mezzo-mobile/elenco-relazioni-qualita-aria>

Nel corso del 2014 sono state effettuate su richiesta delle competenti amministrazioni comunali campagne nei comuni di Rivarolo C.se, Orio C.se, Venaria Reale, Chiomonte, Settimo T.se e None. La I<sup>a</sup> e la II<sup>a</sup> campagna di monitoraggio condotte nel Comune di Rivarolo C.se sono state effettuate per rilevare la qualità dell'aria nel territorio comunale anche in relazione al contributo emissivo della centrale a biomasse (cippato di legno), ubicata in Rivarolo via Montenero, a poche centinaia di metri dal centro cittadino.

A tale scopo, si è deciso di monitorare con l'uso del laboratorio mobile la qualità dell'aria in un'area adiacente i siti sensibili del contesto urbano.

È stato individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile il sito di corso Indipendenza angolo corso Italia.

Contemporaneamente ai rilievi sulla qualità dell'aria si sono misurati i flussi di traffico veicolare relativi al sito di corso Indipendenza, allo scopo di caratterizzare il sito della stazione fissa per quanto riguarda la principale fonte di inquinanti atmosferici.

La campagna di monitoraggio nel Comune di Orio C.se è stata eseguita in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale di effettuare una valutazione della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare il laboratorio mobile è stato posizionato in piazza Tapparo.

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 tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera (marzo - aprile 2014), mentre la seconda si è svolta tra fine primavera e inizio estate.

La campagna condotta nel comune di Venaria Reale è stata effettuata a seguito della richiesta, pervenuta dall'Amministrazione Comunale, di un monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio comunale ed in particolare lungo l'asse di via Garibaldi e nella zona al confine con Torino in prossimità dello Juventus Stadium, in quanto aree molto congestionate in considerazione della presenza di importanti attrattori di traffico.



Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato nel parcheggio del cimitero Altessano, posto tra c.so Giuseppe Garibaldi e lo svincolo per la tangenziale.

Contestualmente alle misure di qualità dell'aria sono stati misurati i flussi di traffico veicolare relativi al sito di corso Garibaldi.

La campagna di monitoraggio nel Comune di Chiomonte è stata organizzata per verificare in parallelo le attività di monitoraggio condotte da Fenice S.p.A. per conto della Società Lyon Turin Ferroviarie S.A.S. (LTF). Il sito scelto per il controllo si trova all'interno del cortile della scuola elementare di via Augusto Levis; il laboratorio mobile di Arpa è stato posizionato di fianco a quello utilizzato da Fenice.

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Settimo T.se è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale di avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente con particolare riferimento a composti organici volatili e odorigeni; infatti permane elevato il numero di segnalazioni inoltrate dalla cittadinanza relativamente ai disagi causati dagli odori percepiti in orario serale e pre-serale nell'area di Settimo T.se.

In relazione alla segnalazione di molestie odorigene va considerato che le stazioni di rilevamento della qualità dell'aria sia mobili che fisse sono attrezzate per rilevare, tra le molte sostanze presenti in atmosfera, solo quelle previste dalla normativa (PM10, PM2,5, ozono, ossidi di azoto, anidride solforosa, monossido di carbonio, benzene, toluene etc.) le quali sono caratterizzate da una significativa e accertata tossicità e da un'ampia diffusione territoriale nelle zone antropizzate; i problemi di molestie odorigene sono invece attribuibili alla presenza di sostanze prodotte a livello locale da attività specifiche. Tale tipologia di sostanze non è regolamentata dalla normativa sulla qualità dell'aria e quindi non viene rilevata dalla strumentazione installata sul laboratorio mobile.

L'obbiettivo di campagne come quella in questione va quindi inteso come verifica del fatto che le molestie olfattive segnalate siano o meno accompagnate da concentrazioni di inquinanti atmosferici normati significative sotto il profilo della protezione della salute.

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di None, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito dell'installazione dell'impianto a biogas nel comune di None da parte della società Agri-Energia.

Nella TABELLA 32 è riportato il cronoprogramma delle campagne di monitoraggio con l'utilizzo del laboratorio mobile svolte nell'anno 2014.

Anno	Mese	Luogo	Data inizio	Data fine
2014	GENNAIO/FEBBRAIO	RIVAROLO C.SE I° CAMPAGNA - corso Indipendeza angolo corsoltalia	28/01/2014	04/03/2014
2014	MARZO	ORIO C.SE I° CAMPAGNA - P.za Tapparo	18/03/2014	11/04/2014
2014	APRILE	VENARIA REALE I° CAMPAGNA – corso Garibaldi c/o parcheggio Cimitero Altessano	11/04/2014	07/05/2014
2014	GIUGNO	ORIO C.SE II° CAMPAGNA - P.za Tapparo	06/06/2014	02/07/2014
2014	LUGLIO	CHIOMONTE III° CAMPAGNA - Via Augusto Levis c/o scuola elementare	23/07/2014	04/08/2014
2014	AGOSTO / SETTEMBRE	RIVAROLO C.SE II° CAMPAGNA - corso Indipendeza angolo corso Italia	06/08/2014	16/09/2014
2014	OTTOBRE	SETTIMO T.SE - Via cascina Nuova, 34	11/10/2014	04/11/2014
2014	NOVEMBRE	NONE - piazzale adiacente chiesa di S. Rocco	10/11/2014	10/12/2014
2014	DICEMBRE	VENARIA REALE II° CAMPAGNA – corso Garibaldi c/o parcheggio Cimitero Altessano	19/12/2014	14/01/2015

TABELLA 32: cronoprogramma campagne laboratorio mobile – anno 2014.



FIGURA 50: la stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria.

## CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2014

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

**M. Nicoletta e G. Paesano, ARPA PIEMONTE, Sistemi Previsionali**

La relazione "Uno sguardo all'aria" costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni d'inquinamento atmosferico. A tal fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2014, è stata svolta una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, per dare una descrizione a grande scala del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel corso di tutto l'anno.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2014 vengono descritti sommariamente i seguenti parametri meteorologici: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell'altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici. L'altezza del geopotenziale<sup>43</sup> è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi come riferimento, per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra, sono relativi al periodo 2004-2013; per quanto riguarda i campi in quota, sono relativi al periodo 1971-2000 e derivano dalle ri-analisi (note come "archivio ERA40") del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF). Questa climatologia di 30 anni è quella utilizzata a livello internazionale dall'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO) come termine di paragone per le analisi climatiche correnti e viene quindi usata qui per tracciare un'analisi delle anomalie e interpretare la fenomenologia del 2014.

Nel complesso si osserverà come il 2014 sia stato un anno decisamente caldo (il 2° più caldo degli ultimi 57 anni, con un'anomalia termica media di +1,4°C) e piovoso (il 3° più piovoso degli ultimi 57 anni, con un surplus pluviometrico di +40% sulla media 1971-2000). L'anomala persistenza di flussi oceanici e mediterranei, in prevalenza caldo-umidi, ha determinato frequente nuvolosità, precipitazioni abbondanti, ma anche temperature medie eccezionalmente elevate. Tutte le stagioni dell'anno hanno registrato precipitazioni sopra la media, ad esclusione della primavera, stagione climatologicamente più piovosa, che invece è stata il trimestre più povero di precipitazioni. Proprio grazie alla generale abbondanza di precipitazioni ed al conseguente numero di giorni nuvolosi, l'anno 2014 è stato soprattutto quello con le temperature minime più alte di tutta la serie storica disponibile di Arpa Piemonte. L'anomalia termica media giornaliera è stata quasi costantemente (o comunque prevalentemente) positiva (pur all'interno di una normale variabilità giornaliera), salvo nella stagione estiva anomala, risultata la più fresca (e piovosa) dal 1997, che ha impedito al 2014 di diventare l'anno più caldo in assoluto degli ultimi 57 anni.

### IL CLIMA DEL 2014

#### Gennaio-Febbraio

L'anno 2014 è già iniziato con due mesi particolarmente piovosi (nevosi quasi solo in montagna) e miti, tanto che tutto l'inverno 2013/2014 ha avuto nel complesso caratteristiche più tardo-autunnali che invernali. Ad esempio a Torino città la stagione invernale è stata la meno innevata dall'inverno 2007-2008.

Le temperature miti e le precipitazioni abbondanti sono state portate da una circolazione prevalente di matrice oceanica, senza mai afflussi di aria di origine artica o siberiana. Il sostenuto e persistente flusso atlantico, temperato (FIGURA 55 sinistra) ed umido, è stato causato da una profonda circolazione depressionaria localizzata in prossimità delle Isole Britanniche, che ha convogliato frequentemente saccature verso il Mar Mediterraneo occidentale, nel corso di tutti e due i mesi. La continuità della configurazione instabile ha lasciato una netta anomalia negativa della pressione in quota sulla mappa media bimensile di FIGURA 51 (a destra).

<sup>43</sup> L'altezza di geopotenziale (qui espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe mostrate è la pressione di 500 hPa o millibar. In pratica tali mappe sono simili alle carte della pressione al suolo, ma si riferiscono ad una superficie in quota, a circa 5'500 metri. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isopse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne) e di "saccature" (simili a valli): i "promontori" sono aree di alta pressione, mentre le "saccature" sono aree di bassa pressione. Il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato da tale configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le isolinee di geopotenziale (le "isopse"), muovendosi da ovest verso est.

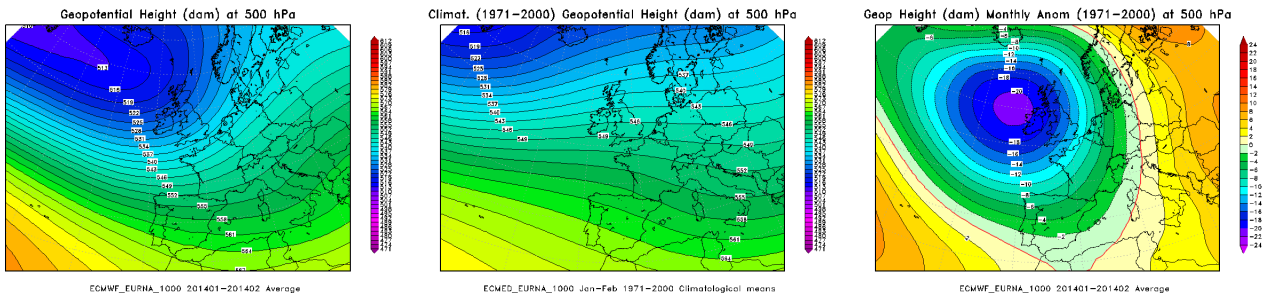


FIGURA 51: Geopotenziale medio a 500 hPa del bimestre Gennaio-Febbraio 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra) - [Nella mappa dell'anomalia (ultima figura a destra) la linea tratteggiata in rosso segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu-viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso).].

Sia in quota (FIGURA 51) sia al suolo (FIGURA 52), il confronto delle corrispondenti mappe del 2014 (a sinistra) e del clima medio (al centro) mostra la depressione d'Islanda più profonda e pronunciata verso sud, rispetto alla climatologia; tale depressione è bloccata sull'Europa occidentale dal promontorio anticiclonico presente su quella orientale (in anomalia barica positiva nella mappa destra), con una direzione del flusso sul Piemonte (e buona parte d'Italia) chiaramente più meridionale (quindi mite e umido), rispetto alla norma climatica da nordovest.

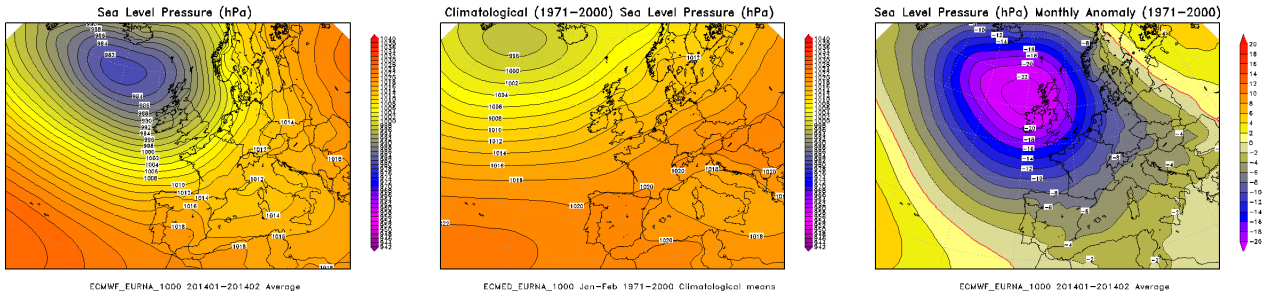


FIGURA 52: Pressione a livello del mare del bimestre Gennaio-Febbraio 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Con il flusso sudoccidentale prevalente (delle mappe di sinistra di FIGURA 51 e FIGURA 52), le perturbazioni sono potute giungere sul Piemonte con la direzione giusta per risultare ben efficaci sulla regione, come si deduce anche dalla mappa sinistra di FIGURA 53, che, con i colori più 'freddi' (dal verde scuro al blu) rappresenta la traiettoria percorsa dai fronti più perturbati, dall'Atlantico alla Spagna, le Baleari e il Mediterraneo sud-occidentale: la posizione più adatta a coinvolgere appieno il nordovest italiano.

Le precipitazioni sono state lievemente inferiori sulla parte pedemontana sudoccidentale del Piemonte, perché localmente più sottovento alle perturbazioni atlantiche da sudovest.

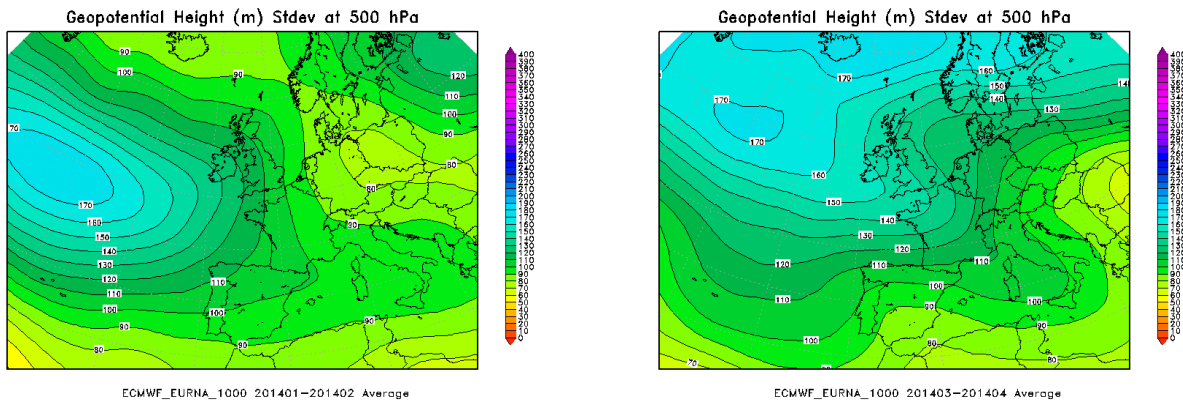


FIGURA 53: Variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nei bimestri Gennaio-Febbraio 2014 (a sinistra) e Marzo-Aprile 2014 (a destra).

I frequenti episodi precipitativi, sotto la prevalente circolazione di tipo atlantico, e la mancanza di persistenti configurazioni anticicloniche hanno inoltre avuto il risvolto di determinare scarse occasioni di stabilità atmosferica ed inversione termica, e quindi una frequenza ridotta di situazioni di accumulo di aria stagnante nei bassi strati. Anche i ripetuti eventi di foehn (che si succedevano

dietro al continuo passaggio dei fronti perturbati dall'Atlantico) hanno contribuito al rimescolamento dell'aria. Così il numero di giorni di nebbia è risultato ben inferiore ai valori attesi dalla normale climatologia sul territorio piemontese per questo periodo dell'anno (solo 3 giorni invece che 13!).

### Marzo-Aprile

Dopo un iniziale bimestre nettamente piovoso/nevoso, è arrivato un bimestre (Marzo-Aprile) più asciutto e ancora decisamente mite (FIGURA 55 sinistra).

Infatti, come già si può osservare dalla mappa destra di FIGURA 53 (con i colori in verde più scuro), a differenza dei mesi precedenti (FIGURA 53 sinistra) la strada seguita dalle perturbazioni, che hanno raggiunto il Piemonte, è stata più settentrionale, *troppo settentrionale(!)* per risultare efficace sulla nostra regione: sicuramente più da nordovest rispetto al sudovest del precedente bimestre, perché sono arrivate dal nordovest delle Alpi e non più da Spagna, Baleari e ovest-Mediterraneo.

La configurazione meteorologica prevalente (FIGURA 54) è stata caratterizzata da un promontorio anticiclonico esteso dalla Penisola Iberica all'Europa del nord, dove, sulla Penisola Scandinava, talvolta ha isolato anche un'alta pressione circoscritta, che si è meglio mantenuta sulle alte latitudini settentrionali, mentre l'Europa meridionale e il Mediterraneo sono stati di tanto in tanto interessati dal transito di depressioni atlantiche. Quando invece, in pochi altri casi, le perturbazioni non hanno seguito la traiettoria di scorrimento a sud dell'alta pressione nord-europea, esse sono scese direttamente da nordest, lungo il ramo discendente destro dell'anticiclone scandinavo, con un'origine quindi più polare fredda.

In un caso e nell'altro, pertanto, le occasioni d'instabilità non sono mancate del tutto nel corso dei due mesi e hanno portato sia precipitazioni sia brusche (e veloci) irruzioni di aria fredda (nel secondo caso, quando sono scese dalla Russia o dal Baltico verso il versante adriatico italiano). Tuttavia tali occasioni sono state saltuarie, decisamente minori del bimestre precedente, e i periodi stabili con alta pressione hanno dominato più lungamente lo scenario meteorologico.

Infatti la FIGURA 54 mostra l'anomalia positiva, di pressione sopra la media (nella mappa destra) sull'Europa centro-settentrionale (Piemonte compreso), con una configurazione media (mappa sinistra) del geopotenziale in quota che, con la forma del promontorio anticiclonico che si erge sull'Europa sudoccidentale e sul Piemonte, ha direzionato il flusso da un'orientazione ben più settentrionale (da nord, se non quasi da nordest) sull'Italia, rispetto all'atteso flusso occidentale della climatologia (nella mappa centrale).

In tal modo le perturbazioni hanno portato più facilmente le precipitazioni sulla parte orientale della regione (più sulla pianura che non sull'arco alpino), perché hanno investito meglio l'Italia nord-orientale, meno coperta dall'alta pressione (FIGURA 54 sinistra).

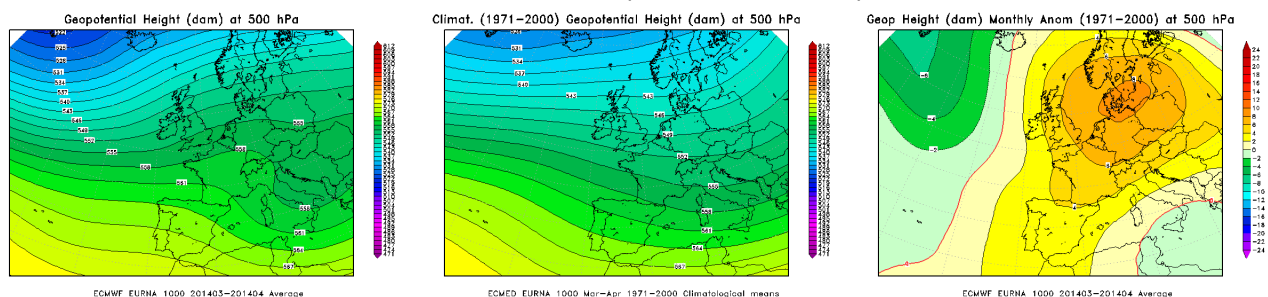


FIGURA 54: Geopotenziale medio a 500 hPa del bimestre Marzo-Aprile 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il mese di Marzo ha comunque ancora avuto la possibilità di registrare il record di altezza del manto nevoso in montagna alla fine della stagione invernale 2013-2014, grazie essenzialmente alle abbondanti nevicate alpine dei mesi precedenti. Il deficit pluviometrico regionale medio si è poi accentuato soprattutto nel mese di Aprile, perché le piogge cadute non hanno affatto raggiunto l'abbondante piovosità climatologica, tipica della stagione primaverile.

I lunghi periodi stabili, asciutti e miti, che hanno prevalso lungo il bimestre, si sono avvertiti chiaramente nel numero di giorni di nebbia osservati (indice delle situazioni di stabilità atmosferica e stagnazione dell'aria nei bassi strati), che, in particolare per il mese di Aprile, sono stati decisamente superiori alla climatologia, normalmente più instabile e piovosa (quasi il doppio: 9 contro 5).

## Maggio

Dopo quattro mesi di temperature ampiamente sopra la media, il mese di Maggio è stato il primo del 2014 ad interrompere questa marcata anomalia termica positiva (FIGURA 55).

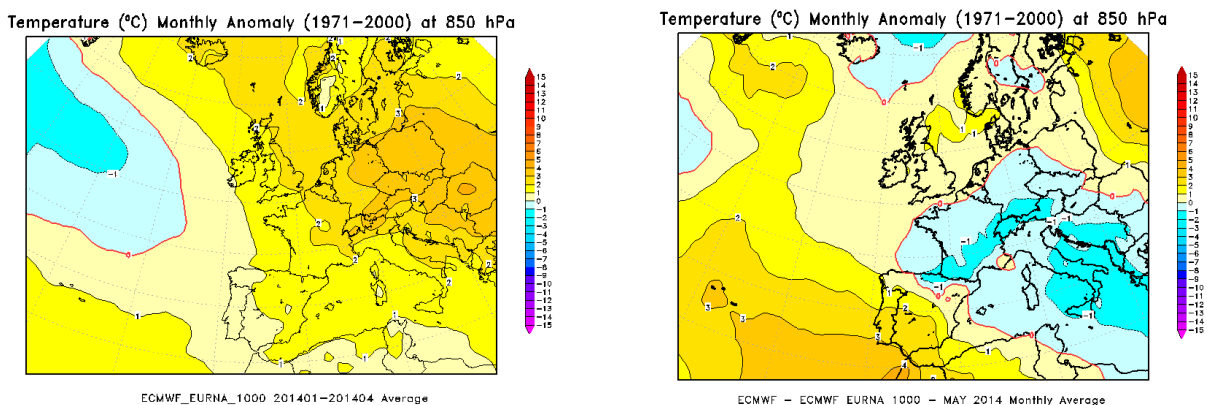


FIGURA 55: Anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, del quadrimestre Gennaio-Aprile 2014 (a sinistra) e di Maggio 2014 (a destra).

In realtà, le temperature misurate al suolo non hanno registrato una chiara anomalia negativa nella media mensile regionale, essendo questa rimasta sostanzialmente allineata al valore climatologico (più calda la prima decade, più fredde la seconda e la terza). Ma senz'altro le temperature minime sono state inferiori alla climatologia, controbilanciate dalle massime lievemente superiori alla media. Questo è il segnale dei numerosi giorni di cielo sereno o poco nuvoloso, occorsi nel mese di Maggio, che hanno agevolato il riscaldamento diurno ma anche il raffreddamento notturno.

Maggio infatti è stato particolarmente asciutto, rispetto alla sua attesa piovosità primaverile, con un deficit pluviometrico medio del 37% rispetto alla norma climatologica del periodo 1971-2000.

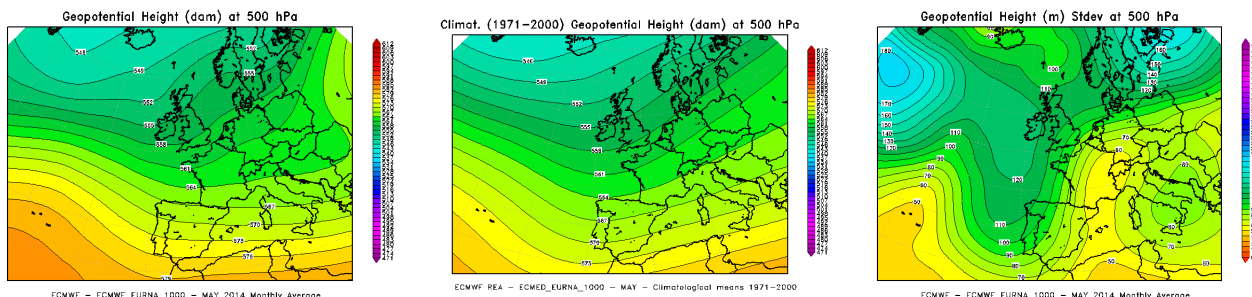


FIGURA 56: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Maggio 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro), e sua variazione media mensile (rappresentata dalla sua deviazione standard - a destra).

Il flusso medio illustrato dal geopotenziale in quota della mappa sinistra di FIGURA 56 è rimasto più 'zonale', ovvero più piatto (occidentale), sul Piemonte e sull'Europa sudoccidentale, in quanto è mancata quella curvatura ciclonica più pronunciata sulla Penisola Iberica (della mappa climatologica di FIGURA 56 al centro), che (con flusso più meridionale, da sudovest) consentirebbe alle depressioni atlantiche di entrare nel Mediterraneo occidentale e portare le piogge tipiche della primavera mediterranea. Come si vede anche dalla differenza delle due mappe, disegnata con l'anomalia in FIGURA 57 sinistra, l'anticiclone delle Azzorre ha dominato troppo lo scenario sinottico (con la sua anomalia positiva), facendo da barriera efficace alle perturbazioni atlantiche, che così sono scese solo lungo le coste oceaniche europee fino al nord del continente (per poi magari ricadere sulla parte orientale dell'Europa), come evidenziato dalla strada da esse percorsa, disegnata meglio con i colori 'freddi' (dal verde scuro al blu) nella mappa destra di FIGURA 56, senza coinvolgere il nordovest italiano.

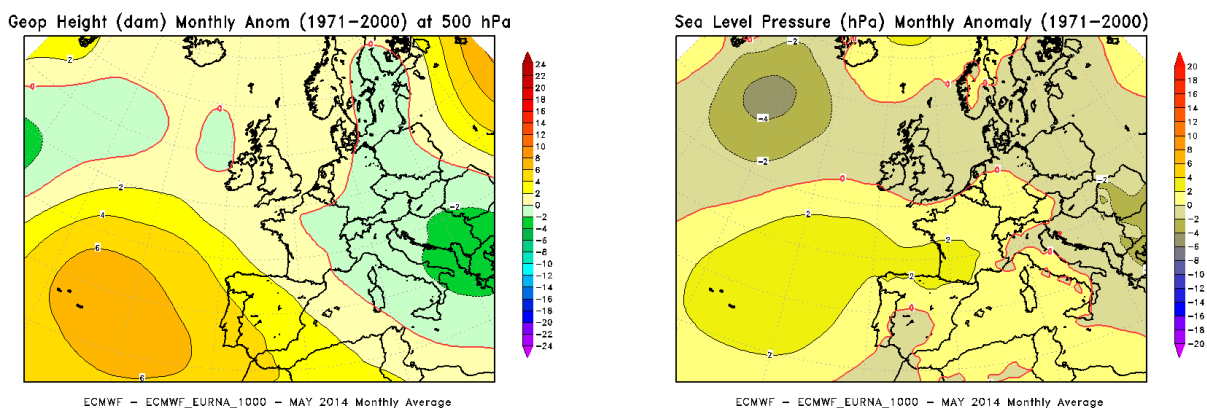


FIGURA 57: Anomalia barica in quota (a sinistra) e al suolo (a destra) del mese di Maggio 2014 (rappresentata rispettivamente dalla differenza del geopotenziale medio a 500 hPa e della pressione al livello del mare di Maggio 2014 rispetto al periodo climatico 1971-2000, come anche rappresentate dalle prime due mappe di FIGURA 56 per la quota di 500 hPa).

Con il deficit precipitativo mensile, alla fine di Maggio il totale pluviometrico regionale si è riportato ormai vicino alla media climatologica annuale, erodendo ulteriormente l'ampio surplus cumulato nei primi mesi dell'anno. Infatti nel complesso la primavera 2014 è stata una stagione calda e secca rispetto alla sua climatologia, al quarto posto tra le stagioni primaverili più calde degli ultimi 57 anni (con un'anomalia termica positiva di 1.8°C sulla media 1971-2000), anche se non ha mai registrato picchi massimi di rilievo, perché non si è mai avuta una marcata precoce espansione verso nord dell'anticiclone africano.

Con un'alta pressione forte a ovest delle Alpi e una pressione inferiore sui Balcani (FIGURA 57), e quindi con un'orientazione ovest-est del gradiente barico a cavallo dell'arco alpino piemontese, è facile intuire come siano state piuttosto frequenti le configurazioni da foehn sul Piemonte, con 9 giorni di foehn occorsi nel mese. Così, nonostante le scarse occasioni instabili piovose, il numero di giorni di nebbia (e quindi di stagnazione dell'aria nei bassi strati) è rimasto nella norma del mese.

**Giugno**

Giugno è stato molto variabile, con un dinamismo meteorologico quasi più tipico della primavera mediterranea. A fasi anticicloniche e calde, come la marcata onda di calore africano (la prima e unica della stagione estiva 2014) alla fine della prima decade del mese, si sono alternati passaggi più instabili e piovosi.

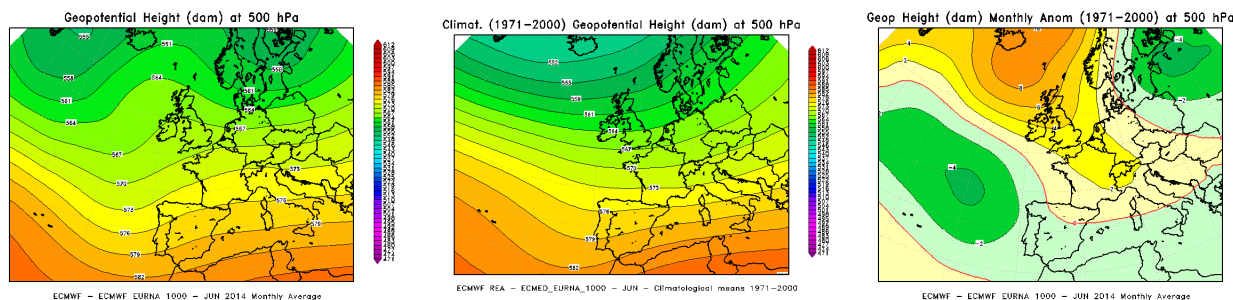


FIGURA 58: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Giugno 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il confronto delle mappe medie di FIGURA 58 (pressione in quota) mostra un promontorio anticiclonico africano accentuato sull'Europa centro-occidentale, soprattutto sulle alte latitudini britanniche, dove ha lasciato un'anomalia barica positiva più netta. Tale anomalia emerge distintamente anche dalle analoghe mappe della pressione al suolo (FIGURA 59), dove si vede come un'area di alta pressione localizzata tra Isole Britanniche e Mar di Norvegia (mappa sinistra) ha tenuto la depressione d'Islanda ben più a ovest, su longitudini più vicine al continente americano, rispetto alla climatologia (mappa al centro), e quest'ultima si è infilata verso sud, attraverso un canale depressionario lungo il medio-basso Atlantico fino all'area gibilterriana, al largo delle coste europee centro-occidentali.

La pressione è stata inferiore alla media (mappa destra di FIGURA 58 e FIGURA 59) sia sul medio-basso Atlantico sia sulla Russia, coinvolgendo marginalmente anche tutta l'area mediterranea meridionale, ad indicare quindi che l'instabilità non è stata del tutto assente.

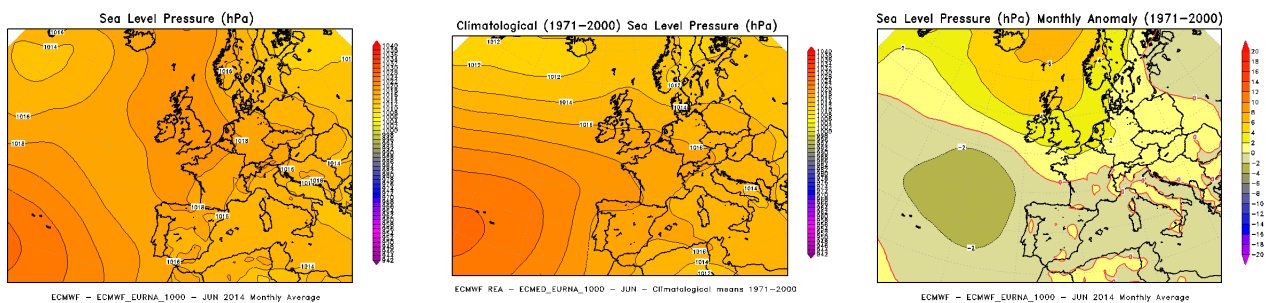


FIGURA 59: Pressione a livello del mare di Giugno 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La FIGURA 60 è la più esplicativa dell'evoluzione dei momenti instabili che hanno coinvolto il Piemonte, perché (con i colori verdi) indica meglio la traiettoria percorsa dalle perturbazioni che hanno raggiunto il nord-Italia e che è risultata prevalentemente settentrionale. Infatti le depressioni che hanno interessato la regione sono spesso giunte da nord, sia direttamente dalla Russia, sia dal nord-Atlantico, e comunque anche in quei casi spesso aiutate da intrusioni fredde da nord-nord-est: si nota come non ci sia un'origine sudoccidentale per il Piemonte.

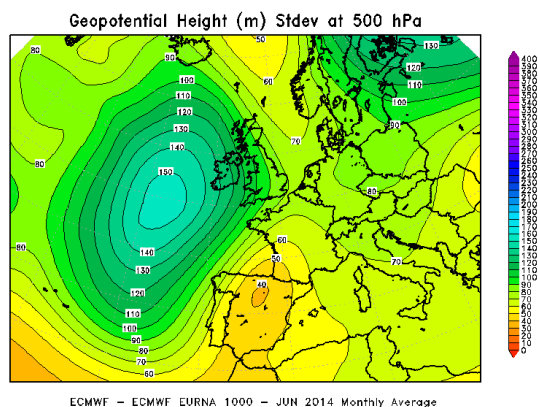


FIGURA 60: Variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di Giugno 2014.

Così le precipitazioni cadute sul Piemonte sono state anche localmente forti, perché spesso a carattere temporalesco per lo scontro delle infiltrazioni fredde con l'aria calda (africana) estiva, ma per questo con distribuzione regionale irregolare, con zone rimaste in anomalia positiva, a sud ed est (meglio coinvolte dalla provenienza settentrionale delle perturbazioni), ed altre negativa, al centro-nord. Il totale medio mensile non è stato particolarmente abbondante, rimanendo praticamente allineato alla norma climatica (appena un 4% in meno) e riavvicinando ulteriormente il cumulato pluviometrico regionale da inizio anno al valore medio climatologico.

### Luglio-Agosto

Dopo un primo mese estivo di Giugno debolmente caldo (almeno con anomalia termica lievemente positiva in FIGURA 61 sinistra, dopo il fresco di Maggio in FIGURA 55 destra), tutto il resto dell'estate 2014 è stato decisamente fresco e instabile.

L'estate 2014 infatti è stata nel complesso contraddistinta da una persistente circolazione di tipo atlantico, fresca ed umida, che ha ostacolato l'influenza dell'anticiclone delle Azzorre e di quello africano sul territorio piemontese, tipica della calda estate mediterranea sulla nostra regione. Così la stagione estiva 2014 è rimasta la più fresca e ricca di precipitazioni dal 1997, la sesta più piovosa degli ultimi 57 anni (con un surplus pluviometrico del 44%).

Luglio 2014 è stato il primo mese a registrare un'anomalia termica media regionale negativa, dopo 13 mesi consecutivi (da Maggio 2013) caratterizzati da temperature sopra la media. L'anomalia termica negativa è evidente nella mappa bimensile della FIGURA 61 destra (a prova della persistenza dell'aria fredda in entrambi i mesi estivi), e le precipitazioni abbondanti hanno fatto



nuovamente salire e allontanare (dopo la pausa di Giugno e Maggio) il cumulo pluviometrico regionale dal valore medio annuo.

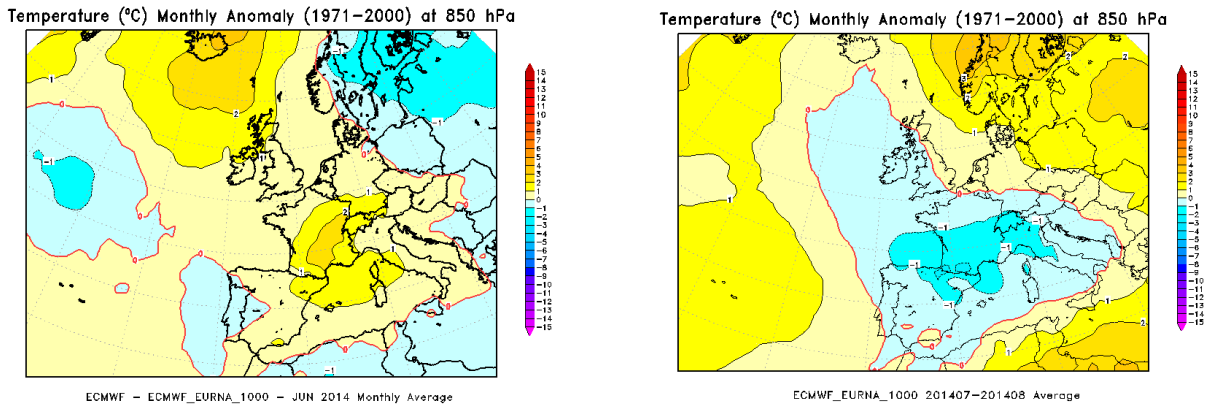


FIGURA 61: Anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di Giugno 2014 (a sinistra) e del bimestre Luglio-Agosto 2014 (a destra).

Nello specifico, mentre le temperature sono rimaste basse in entrambi i mesi, le precipitazioni hanno avuto un comportamento un po' diverso, perché a Luglio sono state molto abbondanti e ampiamente sopra la norma su tutto il territorio regionale, mentre ad Agosto il surplus pluviometrico non è stato altrettanto diffuso e le precipitazioni, pur abbondanti, sono state più disomogenee, con aree in anomalia positiva (sul nord del Piemonte e sugli Appennini) ed aree anche in anomalia negativa (al sudovest del Piemonte).

Infatti tutto il bimestre (FIGURA 62) è stato caratterizzato da una profonda saccatura nord-atlantica, che si è approfondita fino al Mediterraneo occidentale e all'Italia (come emerge anche, nella mappa destra di FIGURA 62, dall'anomalia negativa su quelle zone, dove è arrivata l'aria più fredda e anomala per la stagione, rappresentata nella mappa destra di FIGURA 61) e ha schiacciato ben a sud, sulle coste del nord-Africa, l'anticiclone africano che, secondo la climatologia (mappa centrale di FIGURA 62), avrebbe portato l'estate calda mediterranea.

Anzi, un'area anticiclonica è salita a est sul nord-Europa e anche questo ha favorito, con una situazione di blocco, la stazionarietà della saccatura nord-atlantica sull'Europa centro-occidentale fino a sud. Infatti le longitudini in corrispondenza della Scandinavia sono rimaste bloccate a lungo dalla presenza di una forte anomalia positiva del campo di geopotenziale a 500 hPa come si osserva dalla FIGURA 62 destra: questa configurazione barica ha fatto sì che i sistemi perturbati, umidi e freschi, in moto dall'Atlantico verso il continente, investissero, con maggiore frequenza ed intensità, l'Europa centro-meridionale piuttosto che quella settentrionale.

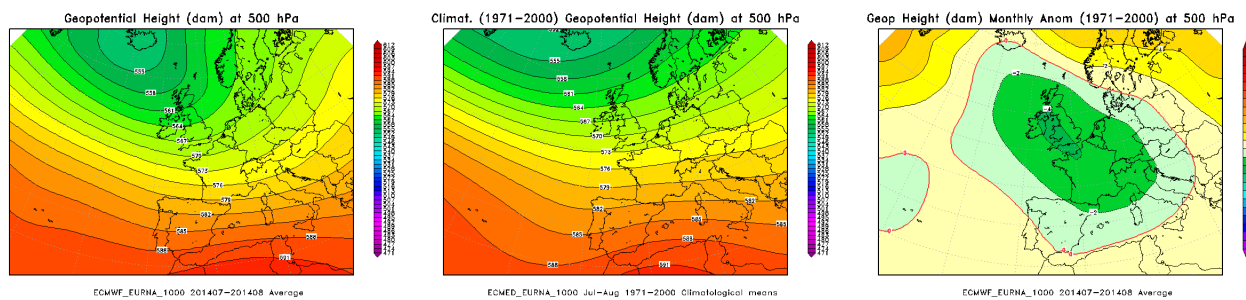


FIGURA 62: Geopotenziale medio a 500 hPa del bimestre Luglio-Agosto 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Anche nella rappresentazione della pressione al suolo (FIGURA 63) si osserva chiaramente come in questo bimestre dell'estate 2014 l'anticiclone delle Azzorre, che nella mappa climatologica (al centro) si estende diffusamente sull'Europa centro-occidentale portando la stabilità meteorologica estiva, è rimasto ben al largo delle coste portoghesi, senza riuscire a coprire con la sua azione stabilizzante l'Europa, dove invece la depressione d'Islanda, più profonda ed estesa verso sud rispetto alla norma climatica, si è allargata a portare instabilità fino al Mediterraneo, con un'ampia anomalia negativa su buona parte del continente.

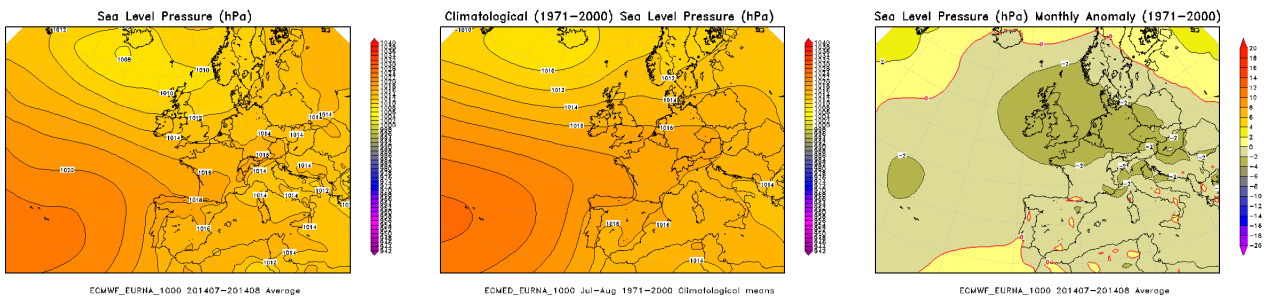


FIGURA 63: Pressione a livello del mare del bimestre Luglio-Agosto 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Tuttavia, nel dettaglio dei due mesi singoli, con la FIGURA 64 si osserva come a Luglio (a sinistra) la vasta area caratterizzata da anomalia negativa di pressione ha avuto un minimo sull'Europa meridionale, con il centro localizzato proprio sulla Costa Azzurra. Questo indica che la circolazione nord-atlantica, che era particolarmente attiva e capace di inviare nel Mediterraneo diversi sistemi depressionari a ripetizione continua, spesso è arrivata alla successiva formazione di minimi barici secondari sull'Italia settentrionale, condizioni ottimali per il maltempo sul Piemonte: con lo sviluppo di una circolazione depressionaria sul Golfo Ligure (e quindi l'istaurarsi di flussi umidi orientali nei bassi strati) l'instabilità e le precipitazioni hanno raggiunto il loro culmine per il territorio piemontese.

Ad Agosto invece (a destra), la saccatura nord-atlantica è rimasta ferma centrata sull'Inghilterra, mentre l'anticiclone africano è riuscito a lambire almeno il sud-Italia (l'anomalia del geopotenziale è stata negativa solo fino all'Italia settentrionale!), e, senza più ciclogenese sul Mar Ligure, il maltempo è stato portato con episodi temporaleschi causati in prevalenza dall'infiltrazione di aria oceanica, fredda e instabile in quota, in una circolazione atlantica prevalente, sudoccidentale e ricca di umidità. Così le precipitazioni sono state meno diffuse sul Piemonte, concentrandosi soprattutto sul nord della regione e sugli Appennini, dove il flusso medio prevalente da sudovest (FIGURA 64 destra) le ha meglio convogliate.

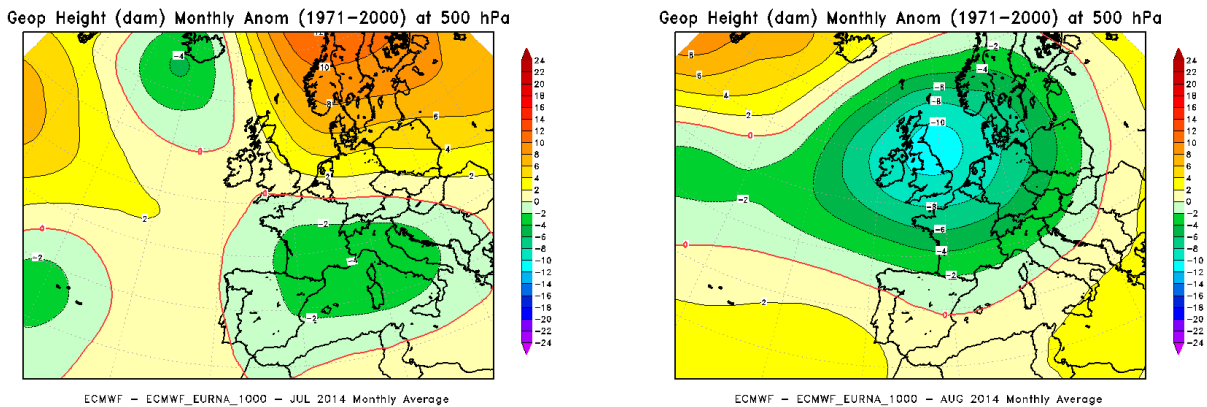


FIGURA 64: anomalia barica in quota (rappresentata dalla differenza del geopotenziale medio a 500 hPa rispetto al periodo climatico 1971-2000), del mese di Luglio 2014 (a sinistra) e Agosto 2014 (a destra).

A Luglio si sono registrate precipitazioni quasi tutti i giorni, tant'è che il mese di Luglio 2014 è risultato il più piovoso di tutta la serie storica di misura di Arpa Piemonte (dal 1958, anno in cui sono a disposizione i dati per Arpa Piemonte), con una precipitazione media superiore del 168% (cioè oltre il doppio, quasi il triplo) rispetto alla norma del periodo 1971-2000.

Ad Agosto invece i giorni con pioggia sono stati inferiori e, alla fine, la precipitazione media regionale è rimasta allineata alla norma climatica mensile. Comunque anche ad Agosto il clima è rimasto decisamente fresco, grazie all'elevato numero di giornate nuvolose: per circa due giorni su tre la temperatura media giornaliera sulla regione è risultata al di sotto della norma e, per la prima volta dal 2005, la media delle temperature massime in pianura non ha mai raggiunto i 30°C (anche nel giorno più caldo, il 12 Agosto, è rimasta inferiore, con 29,1°C).

Se non altro, il clima spesso fresco e instabile (insieme ad un certo numero di giorni di foehn, che si sono succeduti soprattutto ad Agosto, quando i passaggi perturbati sono stati più vicendevoli, col flusso sudoccidentale, e meno perennemente presenti come a Luglio, col flusso orientale) ha mantenuto una qualità dell'aria abbastanza buona, attenuando ad esempio le condizioni d'inquinamento da ozono, tipiche del caldo estivo padano.

### Settembre-Ottobre

Dopo un'estate a lungo fresca e piovosa, è arrivato un bimestre autunnale mite e asciutto. Praticamente alle anomalie del bimestre precedente sono seguite le analoghe di segno opposto in autunno; così, con un deficit pluviometrico di circa il 40% in entrambi i mesi autunnali, il surplus totale medio regionale di precipitazioni, cumulato dall'inizio dell'anno, si è ridimensionato significativamente, pur rimanendo ancora positivo, sul rispettivo cumulo climatologico annuale.

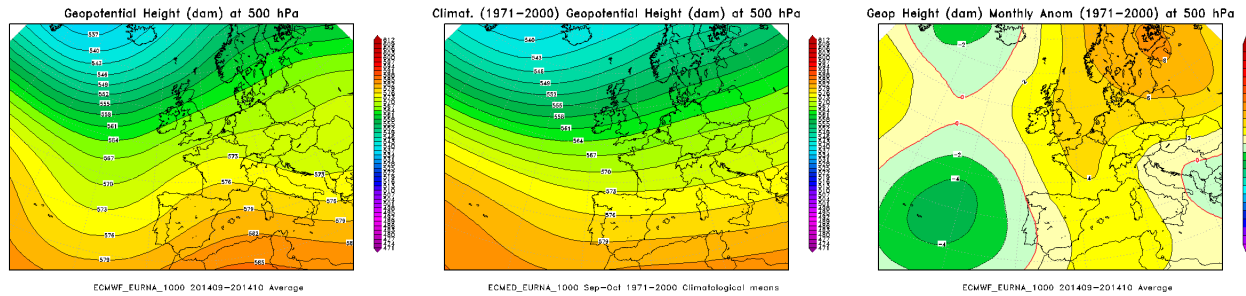


FIGURA 65: Geopotenziale medio a 500 hPa del bimestre Settembre-Ottobre 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il confronto delle mappe di FIGURA 65 fa subito capire il perché: al flusso medio sudoccidentale della climatologia (al centro) sul Piemonte si è sostituito un flusso nordoccidentale (a sinistra), quindi tipicamente più stabile e asciutto per la regione. La mappa media bimensile (FIGURA 65 sinistra) disegna infatti un promontorio anticiclonico sull'Europa occidentale, con una pressione superiore alla media in realtà su buona parte del continente, come evidenziato (anche) dalla FIGURA 65 destra. La saccatura atlantica è stata sì molto profonda ed estesa fino al basso Atlantico, ma non è riuscita ad avanzare verso il continente, dove il promontorio anticiclonico sull'Europa occidentale ha fatto da perfetto 'muro impenetrabile' all'ingresso delle depressioni oceaniche (un 'muro' fermo e irremovibile, come si vede chiaramente anche dalla FIGURA 66).

La FIGURA 66 infatti disegna la strada percorsa dalle perturbazioni atlantiche, che si sono mosse lungo le coste oceaniche europee per poi ridiscendere fino all'area balcanico-adriatica, senza scalfire in modo significativo quella 'barriera protettiva' sull'Europa sudoccidentale, che ha determinato il suo effetto stabilizzante per il nordovest italiano.

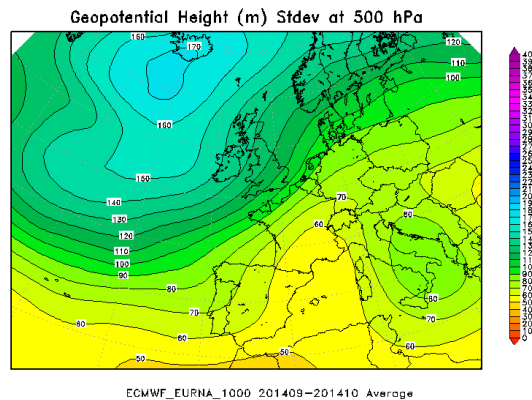
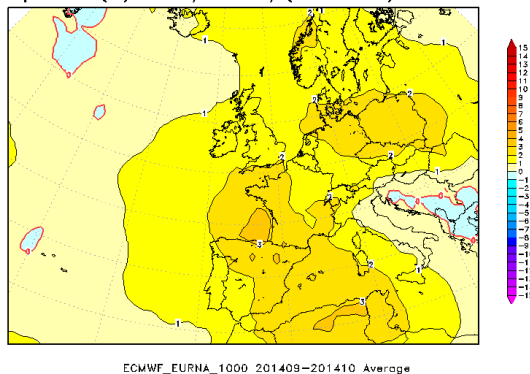


FIGURA 66: Variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel bimestre Settembre-Ottobre 2014.

La predominanza dell'alta pressione sul Piemonte e su gran parte d'Europa, oltre a favorire la stabilità atmosferica ha portato anche aria calda, con temperature sopra la media su buona parte del continente (FIGURA 67, che rispecchia concordemente la FIGURA 65 destra). Talvolta (fino all'inizio della terza decade di Ottobre) le miti condizioni climatiche sono state quasi di carattere tardo-estivo.

Temperature (°C) Monthly Anomaly (1971–2000) at 850 hPa



ECMWF\_EURNA\_1000 201409–201410 Average

FIGURA 67: Anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, del bimestre Settembre-Ottobre 2014.

Inoltre la configurazione barica generalmente stabile ha favorito il ritorno dei fenomeni nebbiosi (e quindi della stagnazione dell'aria nei bassi strati), peraltro abbastanza in linea con la normale climatologia della stagione autunnale, forse perché allo stesso tempo controbilanciati da alcuni eventi di foehn occorsi nel bimestre (particolarmente intenso ed esteso quello dal 21 al 23 Ottobre, a seguito del passaggio sulle Alpi di un brusco fronte freddo da nordovest, diretto sull'Adriatico).

Alcuni temporanei momenti instabili infatti non sono mancati del tutto, ma troppo deboli o esigui rispetto alla piovosità attesa nella stagione autunnale. Ad esempio a Settembre, anche se la quantità di pioggia caduta è rimasta oltre il 40% al di sotto della norma, il numero di giorni piovosi non è stato altrettanto inferiore alla media. Ad Ottobre invece, soltanto due eventi hanno dato luogo a precipitazioni, ma sono state localmente forti con valori eccezionali (record storici assoluti), provocando allagamenti e frane sul territorio piemontese. Questo è avvenuto quando la circolazione depressionaria, localizzata tra il sud dell'Islanda e l'ovest delle Isole Britanniche, è riuscita a limitare il raggio d'azione dell'area anticiclonica sull'Europa occidentale, estendendosi fino all'arco alpino e influenzando così anche il Piemonte. Infatti già il minimo scontro delle infiltrazioni fredde nord-atlantiche con l'aria calda accumulatasi sul Mediterraneo poteva innescare facilmente eventi estremi.

**Novembre**

L'influenza della saccatura atlantica, che è rimasta così marginale e davvero occasionale sull'Europa occidentale e sul Piemonte nei due mesi precedenti, è invece riuscita ad estendersi maggiormente verso est nell'ultimo mese d'autunno.

Novembre, infatti, in seguito all'ingresso di diverse depressioni nord-atlantiche nel Mediterraneo, è stato caratterizzato da valori di precipitazione assolutamente eccezionali, perché le piogge cadute sul territorio piemontese sono state quasi il 400% (378%) in più della media, che significa quasi 5 volte più della norma, tanto da diventare così non solo il mese di Novembre più piovoso dal 1957, ma anche il mese in generale più ricco di precipitazioni dell'intera serie storica, superando i 368 mm di Ottobre 1976. In particolare ci sono stati tre eventi pluviometrici estremi, che hanno dato luogo anche a frane ed esondazioni, nel corso del mese. Così il totale pluviometrico annuo, che a fine Ottobre si è riavvicinato al cumulo medio annuo, si è nuovamente, ampiamente e ormai definitivamente allontanato dalla media annuale, incrementando significativamente il surplus medio regionale cumulato fino allora.

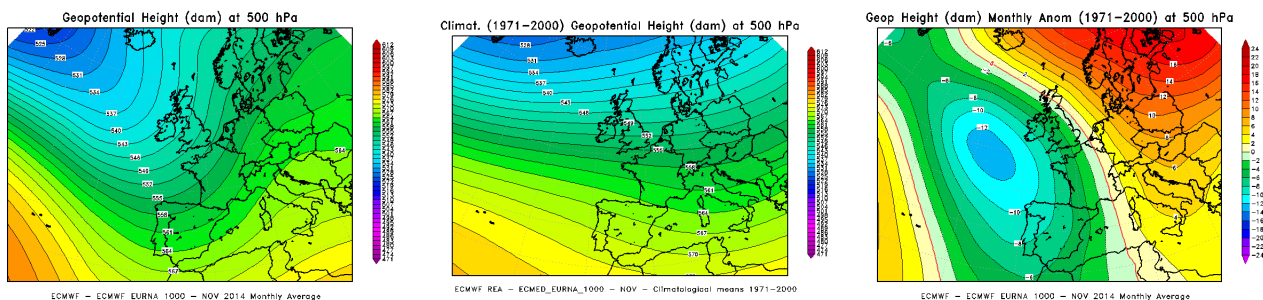


FIGURA 68: Geopotenziale medio a 500 hPa di Novembre 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Come si vede dalla pressione in quota in FIGURA 68, la saccatura nord-atlantica, già approfondita verso sud fino al medio-basso Atlantico (come anche nel bimestre precedente in FIGURA 65), è ora riuscita ad avanzare sull'Europa occidentale, dove è giunta l'anomalia barica negativa della FIGURA 68 destra, fino all'ovest-Mediterraneo. Lo stesso si deduce dalla FIGURA 69, dove le perturbazioni oceaniche (con i colori in verde più scuro) sono riuscite ad entrare sulla parte occidentale del continente, del Mediterraneo e dell'Italia.

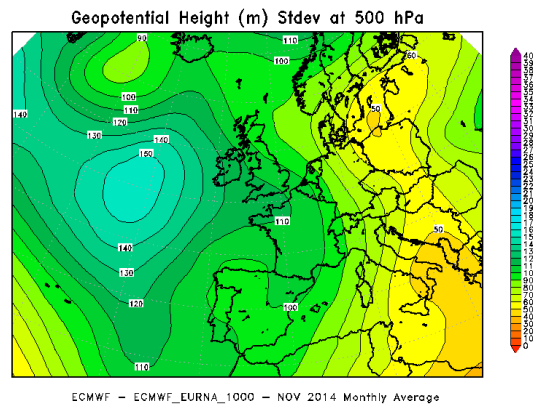


FIGURA 69: Variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) di Novembre 2014.

Anche nelle mappe della pressione al suolo (FIGURA 70), è evidente la depressione d'Islanda più profonda ed estesa sull'Atlantico (mappa sinistra) rispetto alla climatologia (mappa al centro): essa si allarga verso sudest e penetra diffusamente nel Mediterraneo (occidentale), dove un'anomalia negativa netta, anche sul nordovest italiano, è indice di una configurazione barica (con formazioni di minimi depressionari all'interno del Mediterraneo, come a Luglio) favorevole alla convergenza delle masse d'aria tra il Mar Ligure e la Costa Azzurra, che crea le condizioni perfette per il maltempo, forte e diffuso, sul Piemonte.

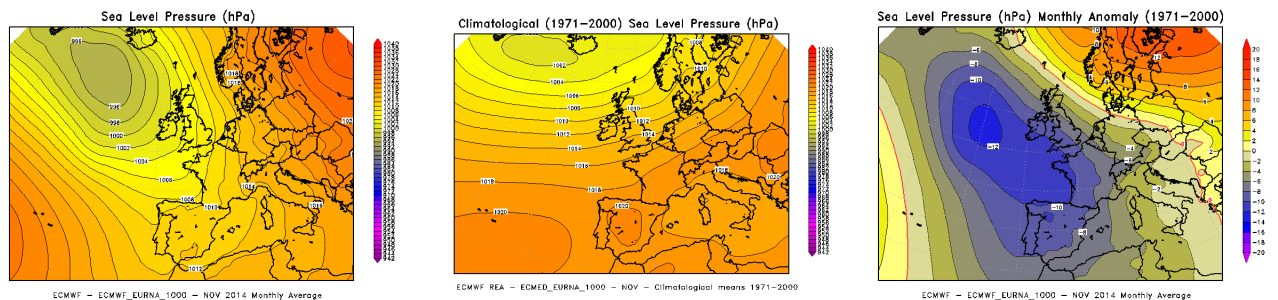


FIGURA 70: Pressione a livello del mare di Novembre 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Di contro, la presenza di un'area di alta pressione sull'Europa dell'est (sia in quota, FIGURA 68, che al suolo, FIGURA 70), con corrispondente anomalia barica positiva (FIGURA 68 e FIGURA 70, destra) ha impedito, con la sua azione di blocco anticiclonico, il movimento verso est della saccatura atlantica, la quale così ha potuto a lungo dirigere, in successione continua, diverse depressioni dal nord-Atlantico al Mediterraneo. A Novembre sono stati davvero rari i giorni in cui non si sia registrata precipitazione nelle stazioni di misura regionali.

Allo stesso tempo, il forte flusso meridionale convogliato da tale struttura sinottica (come evidente in tutte le mappe mostrate in FIGURA 68, FIGURA 69 e FIGURA 70), ha portato aria umida e mite da sud sulla regione, determinando una marcata anomalia termica positiva (FIGURA 71 sinistra), tanto che, con una differenza di oltre +3°C sulla media climatica, Novembre 2014 è stato il secondo mese di Novembre più caldo degli ultimi 57 anni, dopo il 1994 (altro storico anno alluvionale). Il fatto che l'anomalia termica sia stata maggiore per le temperature minime (+3,4°C) che per le massime (+2,7°C), e che non si sia registrato nessun record di temperatura massima (in totale assenza di episodi di foehn, in mancanza di situazioni di flusso nordoccidentale), è la prova che il clima 'caldo' di Novembre è dovuto alle frequenti perturbazioni umide e miti atlantiche.

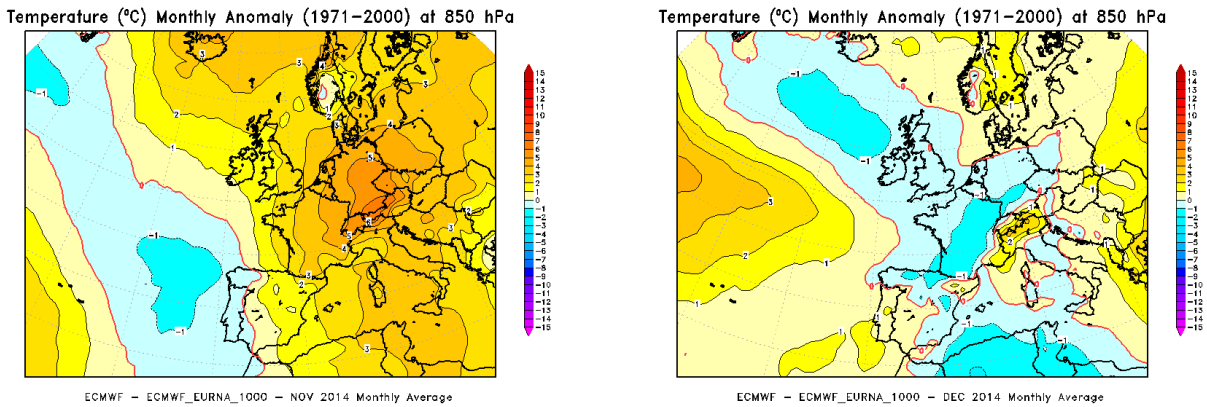


FIGURA 71: Anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di Novembre 2014 (a sinistra) e Dicembre 2014 (a destra).

La persistente umidità nei bassi strati, dovuta alle forti e continue piogge cadute sul territorio piemontese (e magari anche per il fatto che, per la prima volta dal Novembre 2011, non si sia avuto alcun evento di foehn, che potesse favorire un rimescolamento dell'aria nei bassi strati), ha determinato parecchi giorni di nebbia ordinaria (sostanzialmente allineati alla climatologia del mese), mentre grazie alla prevalente instabilità atmosferica sono stati ben più rari gli episodi di nebbia fitta, rispetto alla climatologia: solo quando si è avuto l'unico momentaneo periodo di stabilità anticiclonica intorno al 20 Novembre.

### Dicembre

Con un'ulteriore avanzata verso est, rispetto ai mesi precedenti, la saccatura atlantica a Dicembre si è portata al centro dell'Europa e del Mediterraneo. Dalla successione cronologica sia delle mappe di FIGURA 71 (che seguono la FIGURA 67), sia di quelle di FIGURA 65, FIGURA 68 e FIGURA 72, si osserva questa progressiva traslazione verso est, dall'oceano verso il continente, dell'area di bassa pressione protesa dal nord-Atlantico.

In tal modo, con l'asse della saccatura posizionato a Dicembre sulle longitudini centrali del Mediterraneo, il flusso medio sinottico, sull'Europa sudoccidentale e sul Piemonte, è rimasto orientato da nordovest (FIGURA 72 sinistra), tipicamente più stabile per la nostra regione.

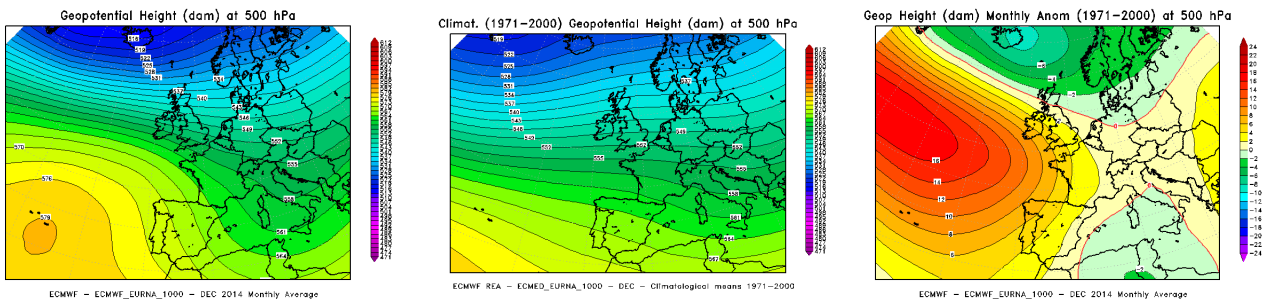


FIGURA 72: Geopotenziale medio a 500 hPa di Dicembre 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

L'anticiclone delle Azzorre è tornato forte sull'Atlantico e talvolta si è spinto anche sul continente europeo, come avvenuto ad esempio dalla metà del mese, con una poderosa alta pressione posizionata sull'Europa centrale: tutto ciò ha lasciato il segno nell'anomalia positiva della FIGURA 72 destra.

In tal modo, le depressioni o sono scese dalle latitudini polari d'Europa verso sudest (quindi con flusso nordoccidentale sul Piemonte) o hanno interessato le latitudini più meridionali del nord-Africa e basso Mediterraneo (anomalia negativa in FIGURA 72 destra).

La conseguenza di questi fattori, tra basse circolazioni depressionarie mediterranee, che portavano aria marittima mite sulla penisola italiana e sul Piemonte, e valori di alta pressione sul nord-Italia, che mantenevano condizioni di prevalente stabilità atmosferica, è stata che le temperature sono state ampiamente superiori alla media e Dicembre 2014 è stato il più caldo degli ultimi 58 anni, con un'anomalia termica di circa 2.3°C rispetto alla norma del periodo 1971-2000, tanto nei valori minimi (che hanno registrato una media sempre superiore agli zero gradi!) quanto nei valori massimi.

Infatti le temperature minime sono state elevate grazie alla frequente copertura nuvolosa dei cieli notturni, sotto i flussi umidi e miti marittimi convogliati dalle depressioni del basso Mediterraneo. Quando giungevano tali depressioni (tutte nella prima parte del mese), posizionate sul sud del Mediterraneo, esse coi loro venti dai quadranti orientali sul Piemonte hanno portato le precipitazioni (mai a carattere nevoso in pianura) a concentrarsi soprattutto sul settore occidentale della regione, grazie anche al locale effetto orografico. Sul Piemonte orientale invece le precipitazioni sono rimaste anche lievemente inferiori alla norma.

Viceversa le temperature massime hanno sicuramente giovato dei più lunghi periodi anticiclonici, che hanno fatto alzare i valori diurni soprattutto in quota. Quest'ultimo fattore ha di conseguenza creato condizioni d'inversione termica, che, se da una parte hanno determinato la formazione di nebbie e foschie (o nubi basse) in pianura, quindi con stagnazione di aria nei bassi strati (peraltro in misura abbastanza allineata, se non inferiore, alla norma climatologica), dall'altra hanno contribuito (con le nubi basse) anche al rialzo delle temperature minime.

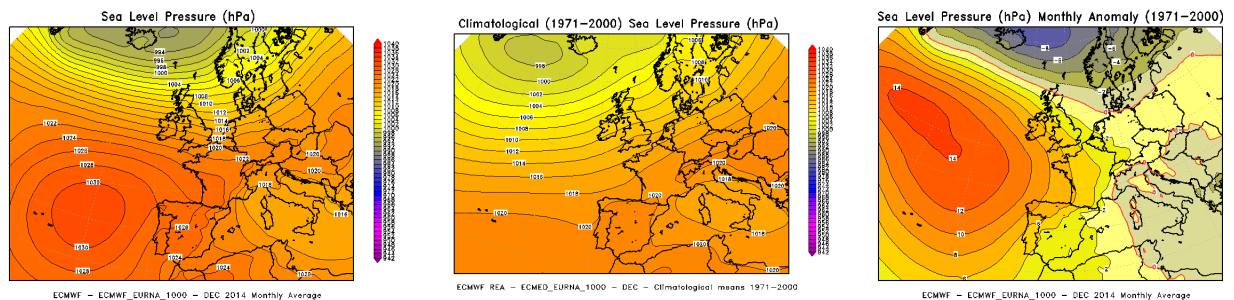


FIGURA 73: Pressione a livello del mare di Dicembre 2014 (a sinistra), a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Infine, come si può osservare dalla mappa sinistra sia della FIGURA 72 sia della FIGURA 73, le isolinee, tanto ravvicinate e strette sul medio-alto Atlantico, indicano che il flusso occidentale-nordoccidentale è stato molto spinto, sia in quota (FIGURA 72) che al suolo (FIGURA 73). Allo stesso tempo, le mappe della pressione al suolo (FIGURA 73) disegnano un accenno di 'naso del foehn' sull'arco alpino occidentale, con un rilevante gradiente barico tra l'alta pressione a ovest delle Alpi e la bassa pressione sui Balcani, sul versante padano e sull'Italia in genere. Con questi due elementi, si capisce come siano stati piuttosto frequenti gli eventi di foehn sul Piemonte, almeno per le zone pedemontane (11 giorni nel mese!).

Pertanto (come provato già dalla FIGURA 71 destra, che disegna il rialzo termico localizzato solo sul versante italiano delle Alpi, lasciando invece l'aria fredda tutt'intorno, oltralpe e sul resto di Italia e Mediterraneo centrali) tali frequenti condizioni di foehn hanno senz'altro contribuito al rialzo termico, oltre a favorire il rimescolamento dell'aria e mantenere quindi il numero dei giorni di nebbia (e di stagnazione dell'aria) lievemente al di sotto della norma climatologica, nonostante la prevalente stabilità atmosferica del mese.

Solo alla fine dell'anno, proprio negli ultimi giorni del mese, è arrivata aria fredda e dalle caratteristiche più invernali, con una circolazione depressionaria in discesa dal mare del Nord verso l'Adriatico. Mentre la depressione provocava nevicate eccezionali al sud-Italia ed in particolare in Sicilia (con neve a Siracusa, a 80 anni dall'ultimo analogo evento!), con la sua provenienza settentrionale ha potuto avere sul Piemonte un effetto solo marginale per le precipitazioni, ma ha determinato un più significativo impatto sul calo delle temperature, con picco negativo raggiunto proprio l'ultimo giorno dell'anno, risultato il più freddo dal 14 Febbraio 2013 per i valori di temperatura minima e dal 14 Febbraio 2012 per i valori medi.

Comunque con Dicembre si chiude ormai un anno 2014 tra i più caldi e umidi della storia.

#### I DATI METEO MISURATI NEL 2014

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2014, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2004-2013.

Per l'analisi statistica è stata scelta una stazione, appartenente alla Rete Meteoidrografica di Arpa Piemonte, rappresentativa per l'area urbana di Torino.

I parametri ritenuti caratterizzanti, dal punto di vista meteorologico, ai fini di un confronto su scala pluriennale, sono la temperatura e le precipitazioni atmosferiche.

La temperatura media dell'anno 2014 per la stazione To-Giardini Reali risulta pari a 13.8 °C, quindi superiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13.5 °C), sia a quella calcolata per il capoluogo piemontese sul periodo 1951-1986 (13.0 °C).

L'andamento delle temperature medie mensili è stato confrontato con l'andamento medio del decennio 2004-2013 (FIGURA 74). Le differenze negative maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di Maggio, Giugno, Luglio, Agosto e Settembre con variazioni termiche dai -0.4 °C (Giugno) ai -2.8 °C (Luglio), rispetto alle relative medie del decennio precedente. Si segnalano valori significativi di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di Febbraio (+1.9°C) e Dicembre (+2.0 °C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di Gennaio ed è pari a 4.2 °C nel 2014 mentre è pari a 2.7 °C nel decennio di riferimento. Il valore massimo è stato registrato nel mese di Luglio e nel 2014 è di 21.8 °C e di 24.6°C nel decennio climatologico 2004-2013.

D'altro canto dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2014 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 75), si osserva che nel complesso tutto il periodo si presenta più spostato verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa) registrati mensilmente nel decennio 2004-2013, risultando quindi un periodo complessivamente caldo. Nonostante ciò, in tutti i mesi dell'anno, tranne che a Febbraio e a Marzo, si osservano picchi di temperature minime che superano i valori medi dei minimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea blu).

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2014 (FIGURA 76) un totale di precipitazioni di 1309 mm, mentre il numero di giorni piovosi (si definisce giorno piovoso quello in cui si registra almeno 1 mm di pioggia su tutto l'arco della giornata) è pari a 99. Quindi il 2014 risulta più piovoso della media 2004-2013, sia in termini di precipitazioni totali (1309 mm contro 931 mm di media), che per il numero di giorni piovosi (99 giorni contro 73 giorni di media).

Il 2014 è stato più piovoso del 2013: 1309 mm di pioggia del 2014 rispetto ai 1096 mm del 2013.

Insieme al 2010 (1352 mm), al 2011 (1196 mm) e al 2008 (1166 mm) è tra gli anni più piovosi del decennio.

Utilizzando come parametro di confronto l'intensità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di pioggia ed il numero di giorni piovosi, si osserva che i valori più alti sono stati registrati nel 2011 (25.4 mm pioggia/giorno), nel 2013 e nel 2014 (13.2 mm pioggia/giorno) e nel 2012 (12.9 mm pioggia/giorno); mentre i valori più bassi nel 2005 (9.1 mm pioggia/giorno) e nel 2008 (11.3 mm pioggia/giorno). Inoltre l'intensità giornaliera media nel 2014 è risultata esattamente in linea con quella del decennio (13.2 mm pioggia/giorno).

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può inoltre essere utilizzata per definire il *regime pluviometrico* di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte<sup>44</sup>, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione cinque tipi di regime pluviometrico, dei quali quattro di tipo "continentale" (minimo principale in inverno) ed uno di tipo "mediterraneo" (minimo principale in estate):

- regime pluviometrico prealpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in autunno;
- regime pluviometrico sublitoraneo: minimo principale in estate, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico subalpino: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico continentale alpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in estate;

<sup>44</sup> "Precipitazioni e temperature" - Collana studi climatologici in Piemonte - Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra.



- regime pluviometrico subcontinentale: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in estate.

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico prealpino è il più diffuso in Piemonte, anche se quello attribuito all'area del capoluogo torinese risulta continentale alpino (Mennella, 1967; Biancotti, 1996) <sup>45</sup>.

Nel grafico illustrato in FIGURA 77 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2014 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2004-2013. Il profilo del 2014 si discosta dal regime pluviometrico "continentale alpino": il massimo principale è stato registrato a Luglio (242 mm), mentre quello secondario a Novembre (220 mm), e il minimo principale si registra ad Ottobre (37 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 78 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni e per ogni grafico viene segnalato il valore medio di precipitazione per il decennio. Dall'esame dei grafici spicca che in tutti i trimestri del 2014 (tranne che nel secondo, -13.3%) le precipitazioni sono superiori alla media climatologica, soprattutto nel primo trimestre (+108.7%) e nel quarto trimestre (+60,1%).

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2014 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2004-2013) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

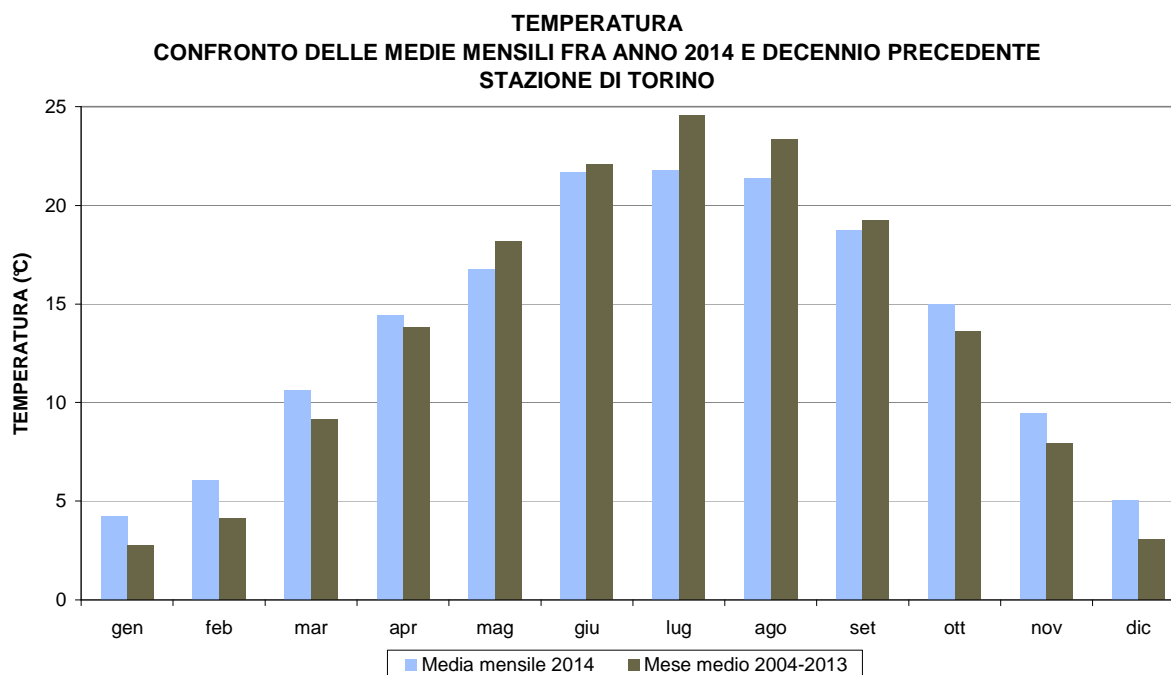


FIGURA 74: Temperatura: valori medi mensili per l'anno 2014 e per il decennio 2004÷2013 per la stazione di Torino.

<sup>45</sup> Mennella C. (1967) - Il clima d'Italia. Vol. I, ed. E.D.A.R.T., Napoli. 1, pp. 157-178.

Biancotti A. (1996) - Corso di geografia fisica - Geomorfologia strutturale. Le misure in geografia fisica. Ed. Litocoop Srl Tortona, 2, 126 p.

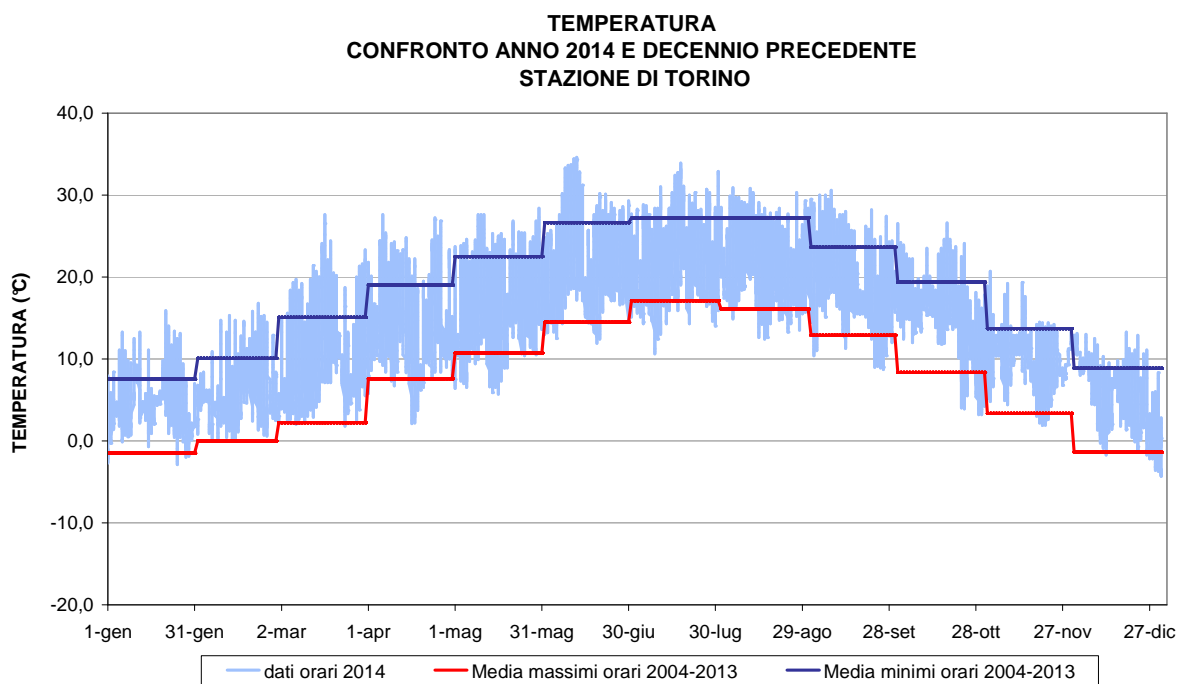


FIGURA 75: Temperatura: valori orari per l'anno 2014 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2004÷2013 presso la stazione di Torino

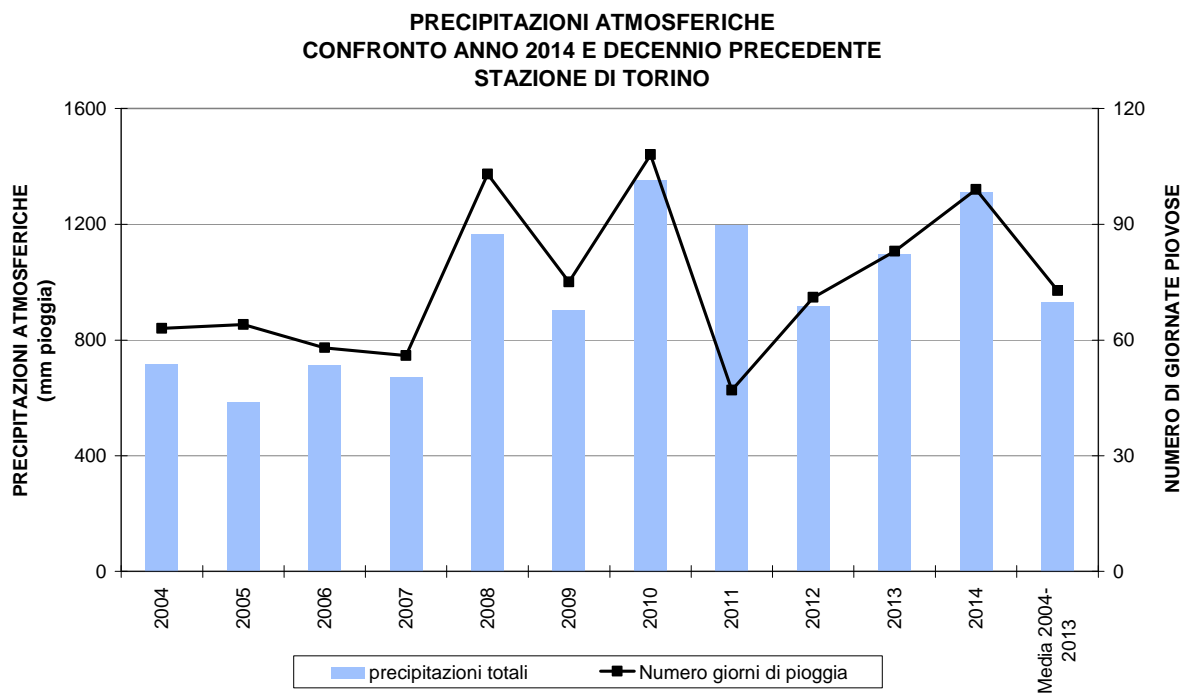


FIGURA 76: Precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino

**PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE  
CONFRONTO ANNO 2014 E DECENNIO PRECEDENTE  
STAZIONE DI TORINO**

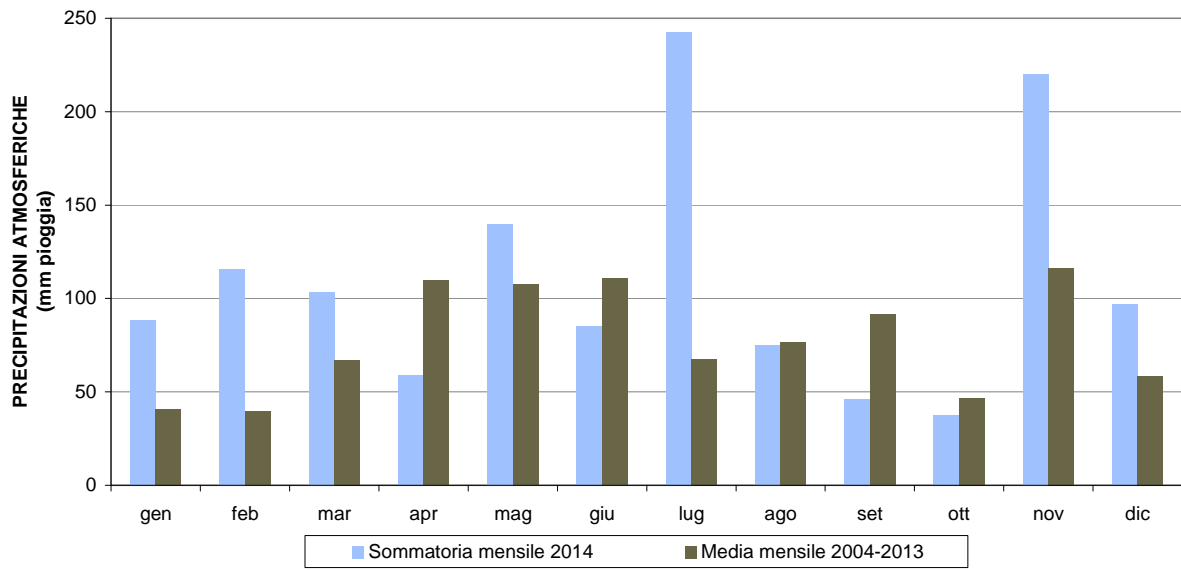


FIGURA 77: Precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2014 e medie mensili relative al decennio 2004÷2013 per la stazione di Torino

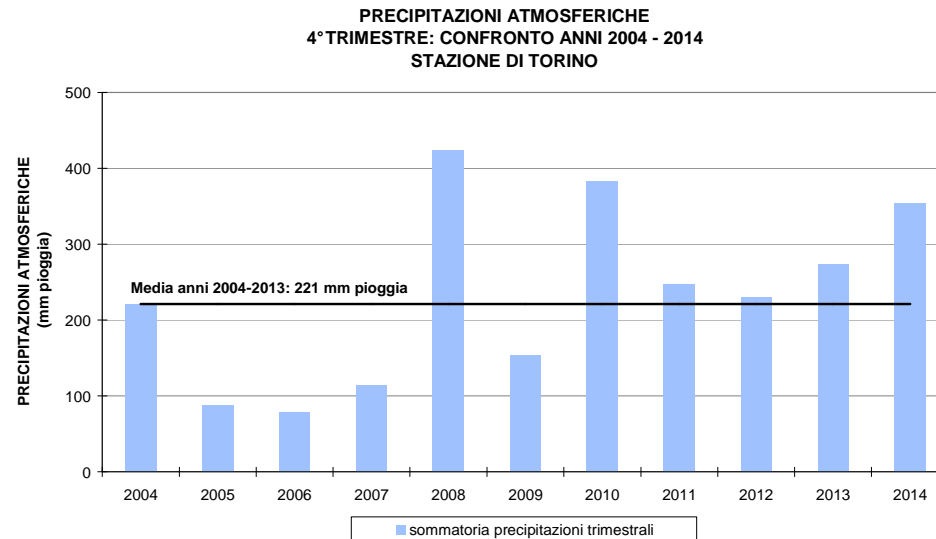
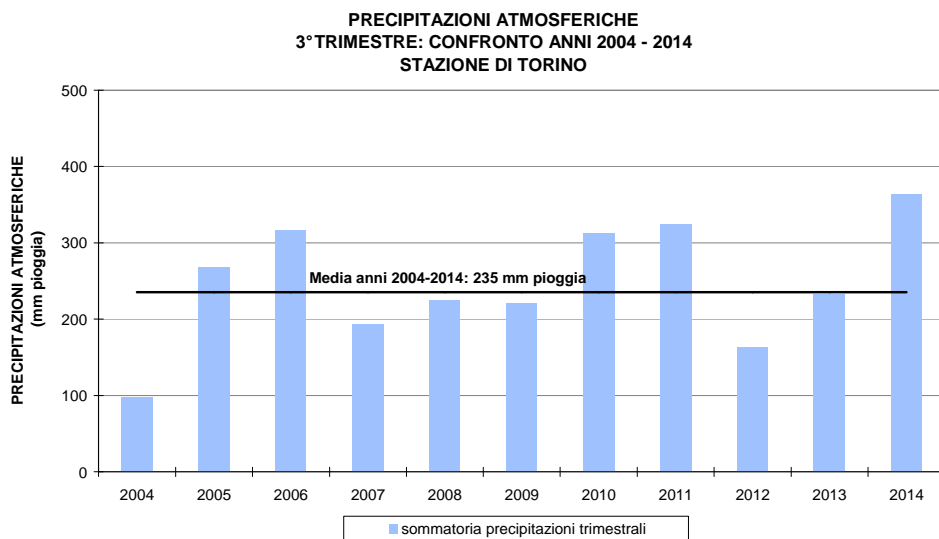
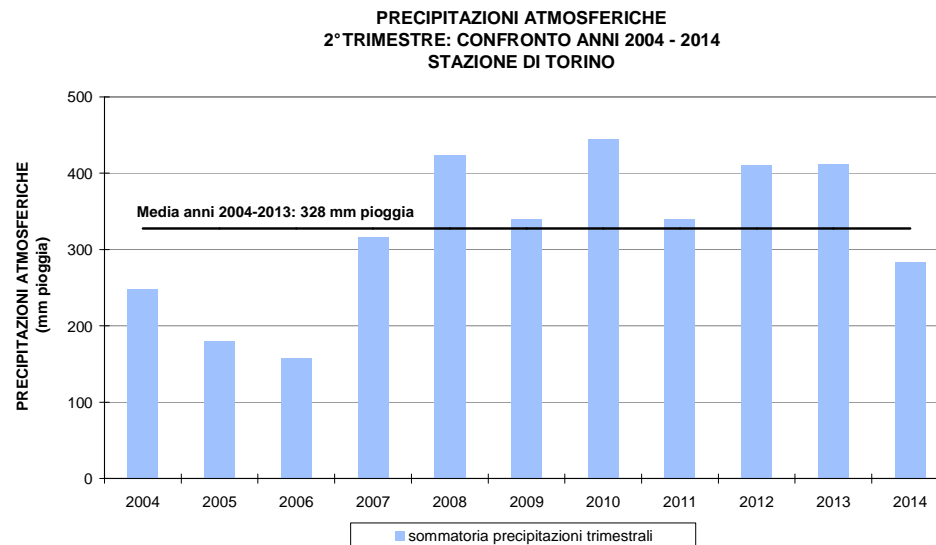
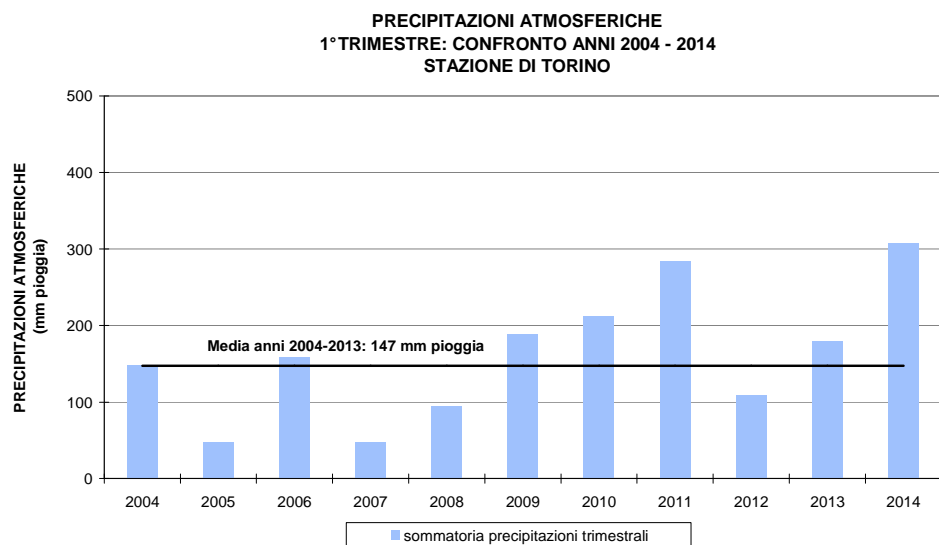


FIGURA 78 - Precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2004÷2014 per la stazione di Torino

### L'INDICE "NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM10"

L'anno 2014 è stato caratterizzato attraverso l'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10". Tale indice, la cui rappresentatività spaziale è limitata all'agglomerato torinese, analizza le interazioni tra il trasporto, la trasformazione chimica, la dispersione degli inquinanti e la meteorologia, con la finalità di identificare i giorni in cui l'assenza di precipitazioni e/o l'indebolirsi della turbolenza atmosferica e/o la bassa ventosità determinano condizioni di stagnazione favorevoli alla formazione di particolato.

Tale indicatore, sviluppato originariamente da ARPA Emilia Romagna, non esaurisce la complessità dei fenomeni chimico-fisici coinvolti, ma può fornire un utile strumento di indagine per interpretare qualitativamente la variabilità annuale delle concentrazioni degli inquinanti anche in funzione della meteorologia.

Nel 2014 il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 è stato inferiore a quanto registrato nei 3 anni precedenti (FIGURA 79). Analizzando l'andamento mensile dell'indice si osserva una minore criticità rispetto al periodo 2006-2013 principalmente nei mesi più freddi: in particolare nel mese di gennaio e nel mese di novembre si hanno le occorrenze minime di tutto il periodo (FIGURA 80).

Le precipitazioni atmosferiche (FIGURA 76) confermano la tendenza dell'indice: il 2014 risulta più piovoso della media 2004-2013, sia in termini di precipitazioni totali (1309 mm contro 931 mm di media), sia per il numero di giorni piovosi (99 giorni contro 73 giorni di media), specie nei mesi di gennaio, febbraio, novembre e dicembre.

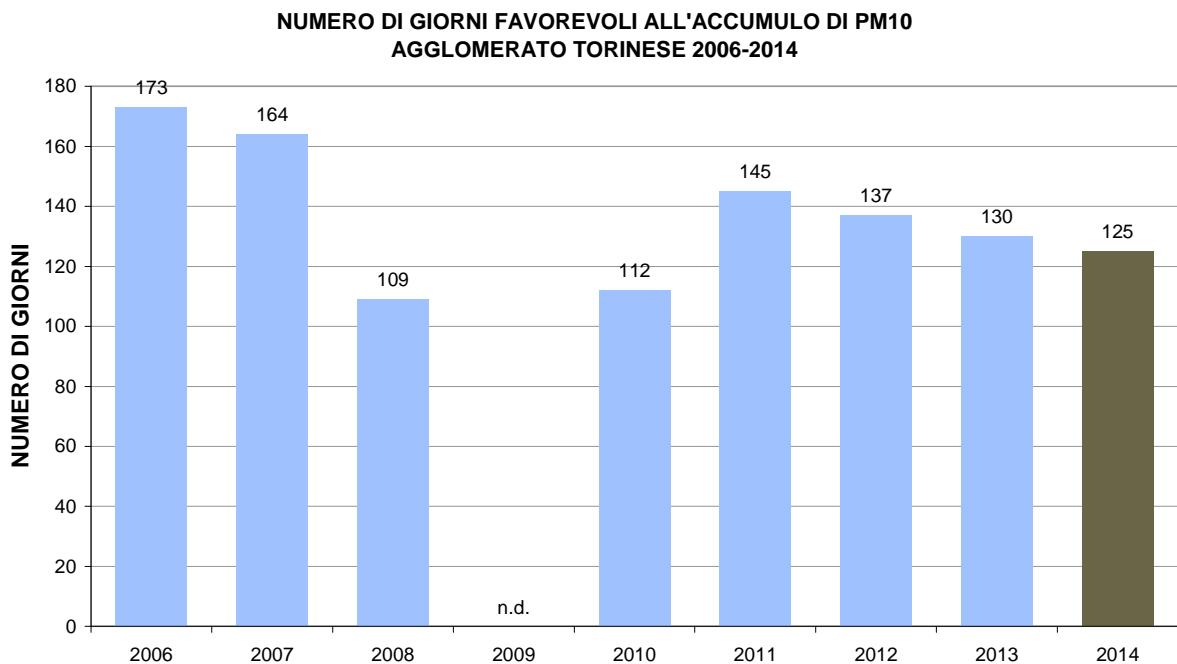


FIGURA 79: numero di giorni favorevole all'accumulo di PM10 – andamento storico.

**NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM10  
AGGLOMERATO TORINESE  
CONFRONTO ANNO 2014 CON ANNI 2006-2013**

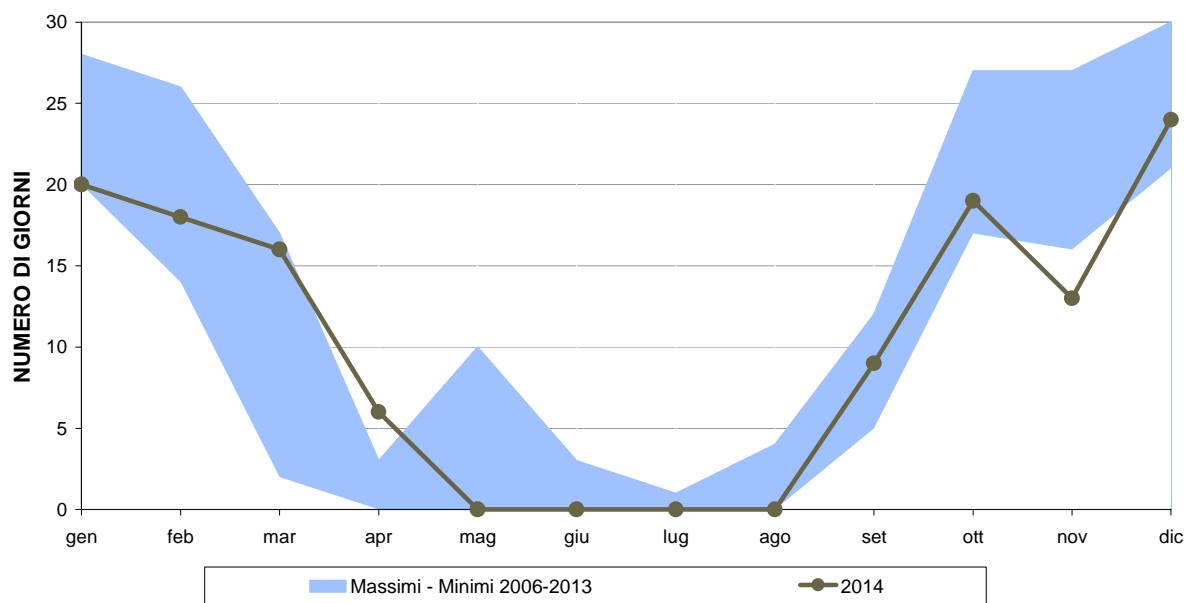


FIGURA 80: numero di giorni favorevole all'accumulo di PM10 – andamento mensile.

## EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, D.Maria, Città metropolitana di Torino.

### I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE

I veicoli a motore sono ritenuti tra i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico presente nelle aree urbane. In particolare, il censimento delle emissioni relativo all'anno 2010 redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il traffico contribuisca nella città di Torino alle emissioni di particolato primario (PM10) per l' 81% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) per il 52%.

Poiché il problema è comune a tutte le grandi aree urbane, le Direttive Europee hanno cercato di affrontare la questione sia imponendo dei limiti sempre più restrittivi alle emissioni degli autoveicoli nuovi che richiedendo la commercializzazione di combustibili sempre più ecologici.

Si riporta di seguito una tabella che riassume il quadro delle emissioni associate alle diverse tipologie di veicoli a motore in relazione alle omologazioni ambientali. I valori sono stabiliti dalle Direttive Europee per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi, e dal Regolamento 715/2007 relativamente ai requisiti per i veicoli Euro 5 e Euro 6.

DIRETTIVA DI RIFERIMENTO	CO (g/km)		NO <sub>x</sub> (g/km)		HC+NO <sub>x</sub> (g/km)		HC (g/km)	PM10 (g/km)
	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel
Direttiva 70/220 (1971-1974)	21,5				7,3			
Direttiva 74/290 (1975-1976)	18				6,5			
Direttiva 77/102 (1977-1978)	18				6,5			
Direttiva 78/665 (1979-1983)	14,2				5,7			
Direttiva 83/351 (1984-1992)	12				4,2			
Direttiva 88/436 (1988-1992)						1,6		0,27
Euro 1 (1993-1996) Dir. 91/441	2,72	2,72	-	-	0,97	0,97/1,36*	-	0,14/0,19*
Euro 2 (1997-2000) Dir. 94/12	2,2	1	-	-	0,5	0,7/0,9*	-	0,08/0,1*
Euro 3 (2001-2005) Dir. 98/69	2,3	0,64	0,15	0,5	-	0,56	0,2	0,05
Euro 4 (2006-2010) Dir. 98/69	1	0,5	0,08	0,25	-	0,3	0,1	0,025
Euro 5 (2011-09/2015) *** Reg. 715/07	1	0,5	0,06	0,18	-	0,23	0,1	0,005**
Euro 6 (09/2015-....) *** Reg. 715/07	1	0,5	0,06	0,08	-	0,17	0,1	0,005**

(\*) Motori diesel a iniezione indiretta/iniezione diretta  
(\*\*) Il limite si applica anche a motori a benzina a iniezione diretta che operano sia in condizione magra che stechiometrica  
(\*\*\*) I limiti previsti per i veicoli a benzina dal reg. 715/2007 si applicano anche ai veicoli alimentati a GPL e Metano

TABELLA 33: limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

Ogni nuova Direttiva ha fissato dei limiti inferiori di circa il 50% rispetto alla direttiva precedente e con la direttiva 98/69 sono stati introdotti contemporaneamente i due diversi standard, Euro 3 e Euro 4, obbligatori per le auto di nuova immatricolazione a partire rispettivamente dal 2001 e dal 2006, offrendo così l'opportunità ai costruttori di adeguare i loro modelli ai limiti individuati prima della loro obbligatorietà.

Contrariamente a quanto avvenuto in passato i limiti della "normativa Euro 5" non corrispondevano a un dimezzamento delle emissioni previste dalla norma Euro 4. In particolare l'emissione di PM dei veicoli Euro 5 è stata ridotta di 5 volte rispetto a quanto previsto per gli Euro 4 al fine di forzare l'adozione dei Filtri AntiParticolato (FAP) su tutti i veicoli di nuova immatricolazione; una decisione più blanda avrebbe infatti consentito il rispetto della norma con tecnologie meno efficaci. Le emissioni di ossidi di azoto previste dalla norma Euro 5 risultano, invece, pari a circa il 70% di quanto prescritto dalla Euro 4 poiché le case automobilistiche non sono riuscite a sviluppare una tecnologia abbastanza efficace per l'abbattimento di questi inquinanti. La norma Euro 6 agisce più efficacemente su questo inquinante e fissa un limite pari a circa un terzo rispetto a quanto previsto per i veicoli Euro 4.

Analizzando le emissioni dei veicoli Euro 6 con quelle dei veicoli "Pre-Euro" è evidente che l'evoluzione tecnologica delle marmitte catalitiche, dei filtri e dei sistemi di gestione elettronica della combustione hanno consentito una riduzione del carico inquinante dei veicoli compreso tra le 6 e le 50 volte, a seconda del parametro considerato.

Per comprendere l'impatto del traffico veicolare sulla qualità dell'aria è utile riportare anche un confronto tra i limiti delle emissioni di diverse tipologie di veicoli quali autovetture, ciclomotori,

motocicli, e mezzi commerciali diesel di massa compresa tra i 1760 kg e i 3500 kg. Si è scelto per brevità di riportare in FIGURA 81 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

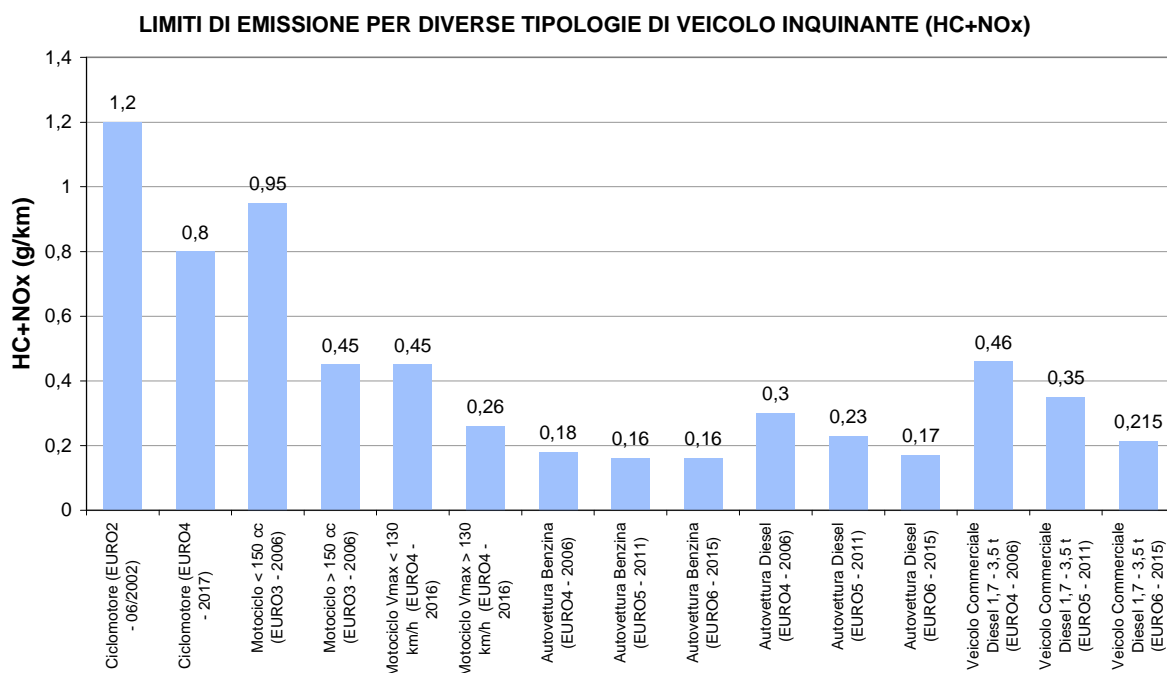


FIGURA 81: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

I ciclomotori risultano essere il mezzo più inquinante per la somma di questi due parametri mentre le autovetture a benzina quello più ecologico. Per gli autoveicoli sono infatti molto avanzate le tecnologie del controllo della combustione e del catalizzatore, che invece risultano di complessa applicazione sui ciclomotori e motocicli di piccola cilindrata.

### IL PARCO VEICOLARE NELLA CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

Si riportano di seguito per il periodo 2010-2014 i dati forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte, relativi alla composizione del parco veicolare immatricolato sul territorio della Città metropolitana di Torino.

Dall'analisi dell'attuale composizione del parco veicolare e dalla sua evoluzione negli ultimi anni emergono alcune considerazioni.

- il numero di autoveicoli immatricolati sul territorio della Città metropolitana di Torino è aumentato di 8.370 unità rispetto al 2013 e il numero di autocarri è aumentato di 1.635 unità.
- la somma dei veicoli Euro 4, Euro 5 ed Euro 6 rappresenta il 59% del totale degli autoveicoli (con un incremento del 3% rispetto allo scorso anno).
- viene confermata la tendenza alla diminuzione della percentuale di veicoli non ecologici (di 5.105 unità, dall' 8,7% al 8,3%) ai sensi del piano regionale di risanamento della qualità dell'aria (pre-Euro, Euro 1 diesel e Euro 2 diesel più vecchi di 10 anni - DGR 64-6526 del 2007). Il 48,5% di questi sono mezzi diesel, caratterizzati da forti emissioni di particolato (56.894). Questo dato conferma l'attualità dei divieti alla circolazione contenuti nel suddetto provvedimento amministrativo e la necessità di estendere i divieti a tutto il territorio regionale.
- aumenta rispetto al 2013 la percentuale degli autoveicoli a gasolio (di 15.192 unità, dal 38,7% al 39,5%, lo 0,5% dei quali sono Euro 6), mentre per quelli a GPL e metano sale dall' 11,3 % al 11,9% (9.434 unità).



		2010			2011			2012			2013			2014		
		numero	gasolio	benzina	numero	gasolio	benzina	numero	gasolio	benzina	numero	gasolio	benzina	numero	gasolio	benzina
Autoveicoli "pre-EURO"	numero	91.100	13.843	68.879 benzina	87.030	13.610	65.667 benzina	83.980	13.358	63.395 benzina	81.418	13.157	61.602 benzina	79.450	13.016	60.309 benzina
			8.378	gasolio		7.753	gasolio		7.227	gasolio		6.659	gasolio		6.125	gasolio
			4,8	benzina	6,0	4,5	benzina	5,8	4,4	benzina	5,5	4,2	benzina	5,4	4,1	benzina
	%	6,3	1,0	gasolio	6,0	0,9	gasolio	5,8	0,9	gasolio	5,5	0,9	gasolio	5,4	0,9	gasolio
		0,6	GPL-CH <sub>4</sub>		0,5	GPL-CH <sub>4</sub>		0,5	GPL-CH <sub>4</sub>		0,5	GPL-CH <sub>4</sub>		0,4	GPL-CH <sub>4</sub>	
Autoveicoli "EURO 1"	numero	59.033	7.796	45.900 benzina	52.518	7.268	40.371 benzina	47.452	6.857	36.090 benzina	43.379	6.515	32.788 benzina	40.351	6.295	30.343 benzina
			5.337	gasolio		4.879	gasolio		4.505	gasolio		4.076	gasolio		3.713	gasolio
			3,2	benzina	3,6	2,8	benzina	3,3	2,5	benzina	2,9	2,2	benzina	2,7	2,0	benzina
	%	4,1	0,5	gasolio	3,6	0,5	gasolio	3,3	0,5	gasolio	2,9	0,4	gasolio	2,7	0,4	gasolio
		0,4	GPL-CH <sub>4</sub>		0,3	GPL-CH <sub>4</sub>		0,3	GPL-CH <sub>4</sub>		0,3	GPL-CH <sub>4</sub>		0,3	GPL-CH <sub>4</sub>	
Autoveicoli "EURO 2"	numero	284.602	53.079	211.948 benzina	259.293	48.127	191.976 benzina	235.639	43.902	173.038 benzina	216.104	40.500	157.891 benzina	197.534	37.583	143.678 benzina
			19.575	gasolio		19.190	gasolio		18.699	gasolio		17.713	gasolio		16.273	gasolio
			14,8	benzina	17,9	13,3	benzina	16,2	11,9	benzina	14,7	10,7	benzina	13,3	9,7	benzina
	%	19,8	3,7	gasolio	17,9	3,3	gasolio	16,2	3,0	gasolio	14,7	2,7	gasolio	13,3	2,5	gasolio
		1,4	GPL-CH <sub>4</sub>		1,3	GPL-CH <sub>4</sub>		1,3	GPL-CH <sub>4</sub>		1,2	GPL-CH <sub>4</sub>		1,1	GPL-CH <sub>4</sub>	
Autoveicoli "EURO 3"	numero	344.818	165.472	168.833 benzina	329.825	157.006	161.653 benzina	314.902	148.969	153.717 benzina	299.766	141.026	146.111 benzina	284.815	133.540	138.772 benzina
			10.513	gasolio		11.166	gasolio		12.216	gasolio		12.629	gasolio		12.503	gasolio
			11,8	benzina	22,8	11,2	benzina	21,6	10,6	benzina	20,4	9,9	benzina	19,2	9,4	benzina
	%	24,0	11,5	gasolio	22,8	10,9	gasolio	21,6	10,2	gasolio	20,4	9,6	gasolio	19,2	9,0	gasolio
		0,7	GPL-CH <sub>4</sub>		0,8	GPL-CH <sub>4</sub>		0,8	GPL-CH <sub>4</sub>		0,9	GPL-CH <sub>4</sub>		0,8	GPL-CH <sub>4</sub>	
Autoveicoli "EURO 4"	numero	583.952	79.039	254.044 benzina	561.065	80.968	241.322 benzina	552.319	83.588	233.364 benzina	538.577	84.701	225.972 benzina	525.867	84.472	220.059 benzina
			17,7	benzina	38,8	16,7	benzina	37,9	16,0	benzina	36,6	15,3	benzina	35,5	14,9	benzina
			17,5	gasolio	38,8	16,5	gasolio	37,9	16,2	gasolio	36,6	15,5	gasolio	35,5	14,9	gasolio
	%	40,7	5,5	GPL-CH <sub>4</sub>	38,8	5,6	GPL-CH <sub>4</sub>	37,9	5,7	GPL-CH <sub>4</sub>	36,6	5,8	GPL-CH <sub>4</sub>	35,5	5,7	GPL-CH <sub>4</sub>
Autoveicoli "EURO 5"	numero	71.621	4.313	30.582 benzina	156.193	10.901	64.028 benzina	220.913	26.711	85.771 benzina	288.256	40.350	108.017 benzina	313.231	45.799	96.489 benzina
			2,1	benzina	10,8	4,4	benzina	15,2	5,9	benzina	19,6	7,3	benzina	21,1	6,5	benzina
			2,6	gasolio	10,8	5,6	gasolio	15,2	7,4	gasolio	19,6	9,5	gasolio	21,1	11,5	gasolio
	%	5,0	0,3	GPL-CH <sub>4</sub>	10,8	0,8	GPL-CH <sub>4</sub>	15,2	1,8	GPL-CH <sub>4</sub>	19,6	2,7	GPL-CH <sub>4</sub>	21,1	3,1	GPL-CH <sub>4</sub>
Autoveicoli "EURO 6"	numero	54	1	52 benzina	107	1	0 benzina	536	4	288 benzina	5.281	557	3.168 benzina	39.903	7.234	29.643 benzina
			1	gasolio	107	106	gasolio	536	244	gasolio	5.281	1.556	gasolio	39.903	3.026	gasolio
			1	GPL-CH <sub>4</sub>	107	1	GPL-CH <sub>4</sub>	536	4	GPL-CH <sub>4</sub>	5.281	557	GPL-CH <sub>4</sub>	39.903	7.234	GPL-CH <sub>4</sub>
	%	0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina	0,4	0,2	benzina	2,7	0,2	benzina
		0,0	gasolio	0,0	0,0	gasolio	0,0	0,0	gasolio	0,4	0,1	gasolio	2,7	0,2	gasolio	
		0,0	GPL-CH <sub>4</sub>	0,0	0,0	GPL-CH <sub>4</sub>	0,0	0,0	GPL-CH <sub>4</sub>	0,4	0,0	GPL-CH <sub>4</sub>	2,7	0,5	GPL-CH <sub>4</sub>	

TABELLA 34: autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2010 al 2014, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

		2010			2011			2012			2013			2014		
Autocarri <3,5 t "pre-EURO"	numero	24.923	2.028	benzina	23.899	1.997	benzina	22.779	1.969	benzina	21.955	1.932	benzina	21.344	1.908	benzina
			22.552	gasolio		21.574	gasolio		20.503	gasolio		19.725	gasolio		19.146	gasolio
			343	GPL-CH <sub>4</sub>		328	GPL-CH <sub>4</sub>		307	GPL-CH <sub>4</sub>		298	GPL-CH <sub>4</sub>		290	GPL-CH <sub>4</sub>
	%	15,3	1,2	benzina	14,7	1,2	benzina	13,6	1,2	benzina	13,1	1,2	benzina	12,6	1,1	benzina
			13,9	gasolio		13,3	gasolio		12,3	gasolio		11,8	gasolio		11,3	gasolio
			0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>
Autocarri <3,5 t "EURO 1"	numero	11.525	1.618	benzina	10.914	1.508	benzina	10.290	1.435	benzina	9.811	1.370	benzina	9.435	1.312	benzina
			9.743	gasolio		9.246	gasolio		8.704	gasolio		8.292	gasolio		7.984	gasolio
			164	GPL-CH <sub>4</sub>		160	GPL-CH <sub>4</sub>		151	GPL-CH <sub>4</sub>		149	GPL-CH <sub>4</sub>		139	GPL-CH <sub>4</sub>
	%	7,1	1,0	benzina	6,7	0,9	benzina	6,2	0,9	benzina	5,8	0,8	benzina	5,6	0,8	benzina
			6,0	gasolio		5,7	gasolio		5,2	gasolio		4,9	gasolio		4,7	gasolio
			0,1	GPL-CH <sub>4</sub>		0,1	GPL-CH <sub>4</sub>		0,1	GPL-CH <sub>4</sub>		0,1	GPL-CH <sub>4</sub>		0,1	GPL-CH <sub>4</sub>
Autocarri <3,5 t "EURO 2"	numero	28.856	2.949	benzina	27.381	2.680	benzina	25.853	2.425	benzina	24.600	2.201	benzina	23.437	2.007	benzina
			25.540	gasolio		24.341	gasolio		23.093	gasolio		22.084	gasolio		21.124	gasolio
			367	GPL-CH <sub>4</sub>		360	GPL-CH <sub>4</sub>		335	GPL-CH <sub>4</sub>		315	GPL-CH <sub>4</sub>		306	GPL-CH <sub>4</sub>
	%	17,8	1,8	benzina	16,8	1,6	benzina	15,5	1,5	benzina	14,7	1,3	benzina	13,8	1,2	benzina
			15,7	gasolio		15,0	gasolio		13,8	gasolio		13,2	gasolio		12,5	gasolio
			0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>
Autocarri <3,5 t "EURO 3"	numero	45.722	2.673	benzina	44.131	2.636	benzina	43.006	2.698	benzina	41.235	2.423	benzina	39.739	2.230	benzina
			42.648	gasolio		41.068	gasolio		39.878	gasolio		38.391	gasolio		37.101	gasolio
			401	GPL-CH <sub>4</sub>		427	GPL-CH <sub>4</sub>		430	GPL-CH <sub>4</sub>		421	GPL-CH <sub>4</sub>		408	GPL-CH <sub>4</sub>
	%	28,2	1,6	benzina	27,1	1,6	benzina	25,7	1,6	benzina	24,6	1,4	benzina	23,4	1,3	benzina
			26,3	gasolio		25,3	gasolio		23,8	gasolio		22,9	gasolio		21,9	gasolio
			0,2	GPL-CH <sub>4</sub>		0,3	GPL-CH <sub>4</sub>		0,3	GPL-CH <sub>4</sub>		0,3	GPL-CH <sub>4</sub>		0,2	GPL-CH <sub>4</sub>
Autocarri <3,5 t "EURO 4"	numero	47.925	1.553	benzina	49.762	1.460	benzina	52.380	1.450	benzina	47.869	1.366	benzina	45.483	1.325	benzina
			43.668	gasolio		45.584	gasolio		48.223	gasolio		43.985	gasolio		41.810	gasolio
			2.704	GPL-CH <sub>4</sub>		2.718	GPL-CH <sub>4</sub>		2.707	GPL-CH <sub>4</sub>		2.518	GPL-CH <sub>4</sub>		2.348	GPL-CH <sub>4</sub>
	%	29,5	1,0	benzina	30,6	0,9	benzina	31,3	0,9	benzina	28,5	0,8	benzina	26,8	0,8	benzina
			26,9	gasolio		28,0	gasolio		28,8	gasolio		26,2	gasolio		24,6	gasolio
			1,7	GPL-CH <sub>4</sub>		1,7	GPL-CH <sub>4</sub>		1,6	GPL-CH <sub>4</sub>		1,5	GPL-CH <sub>4</sub>		1,4	GPL-CH <sub>4</sub>
Autocarri <3,5 t "EURO 5"	numero	3.414	25	benzina	6.505	139	benzina	12.915	213	benzina	22.330	270	benzina	29.151	297	benzina
			2.663	gasolio		5.385	gasolio		11.012	gasolio		19.051	gasolio		25.509	gasolio
			726	GPL-CH <sub>4</sub>		981	GPL-CH <sub>4</sub>		1.690	GPL-CH <sub>4</sub>		3.009	GPL-CH <sub>4</sub>		3.345	GPL-CH <sub>4</sub>
	%	2,1	0,0	benzina	4,0	0,1	benzina	7,7	0,1	benzina	13,3	0,2	benzina	17,2	0,2	benzina
			1,6	gasolio		3,3	gasolio		6,6	gasolio		11,4	gasolio		15,0	gasolio
			0,4	GPL-CH <sub>4</sub>		0,6	GPL-CH <sub>4</sub>		1,0	GPL-CH <sub>4</sub>		1,8	GPL-CH <sub>4</sub>		2,0	GPL-CH <sub>4</sub>
Autocarri <3,5 t "EURO 6"	numero	0	0	benzina	0	0	benzina	3	0	benzina	207	2	benzina	1.053	39	benzina
			0	gasolio		0	gasolio		3	gasolio		203	gasolio		63	gasolio
			0	GPL-CH <sub>4</sub>		0	GPL-CH <sub>4</sub>		0	GPL-CH <sub>4</sub>		2	GPL-CH <sub>4</sub>		951	GPL-CH <sub>4</sub>
	%	0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina	0	0,0	benzina	0,1	0,0	benzina	0,6	0,0	benzina
			0,0	gasolio		0,0	gasolio		0,0	gasolio		0,1	gasolio		0,0	gasolio
			0,0	GPL-CH <sub>4</sub>		0,0	GPL-CH <sub>4</sub>		0,0	GPL-CH <sub>4</sub>		0,0	GPL-CH <sub>4</sub>		0,6	GPL-CH <sub>4</sub>

TABELLA 35: veicoli commerciali leggeri (&lt; 3,5 t) immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2010 al 2014, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

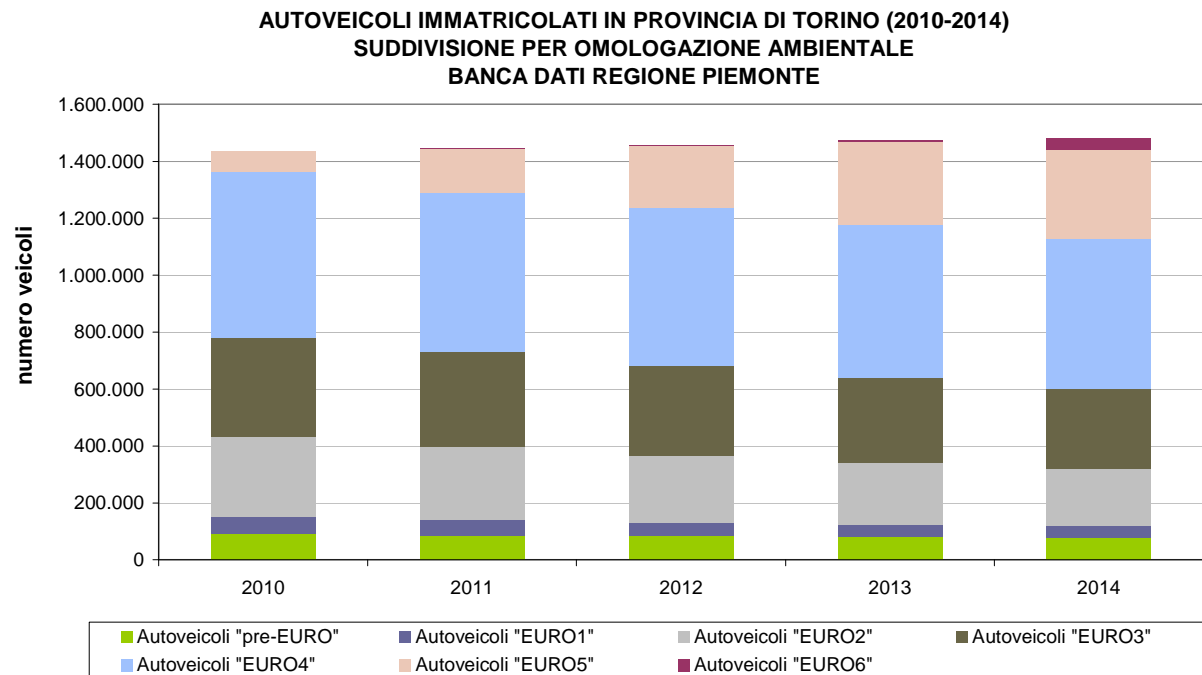


FIGURA 82: autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2010 al 2014, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

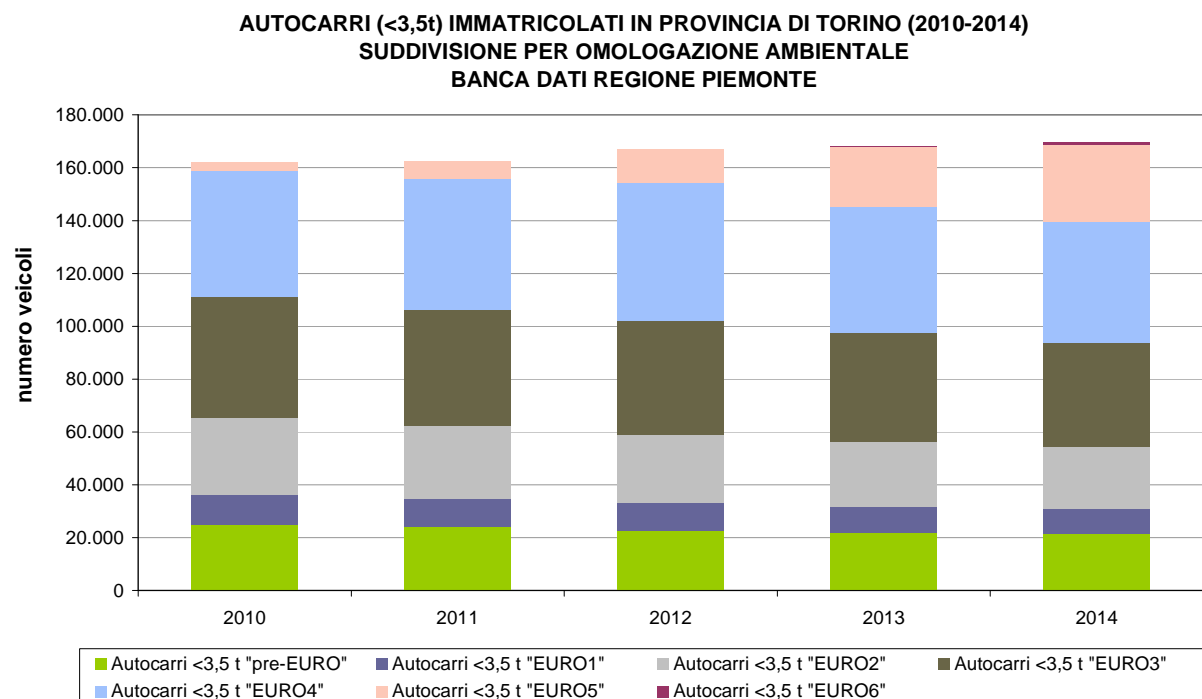


FIGURA 83: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2010 al 2014, , suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

## GLI STANDARD EURO 5 ED EURO 6 E LE EMISSIONI REALI DEI VEICOLI

Al fine di limitare l'inquinamento causato dai veicoli stradali, il regolamento CE n. 715/2007 ha introdotto requisiti comuni riguardo alle emissioni dei veicoli a motore e alle loro parti di ricambio specifiche (norme Euro 5 ed Euro 6).

Il regolamento si applica ai veicoli delle categorie M1, M2, N1 e N2 <sup>46</sup> con una massa di riferimento non superiore ai 2610 kg. Sono compresi, tra l'altro, le automobili private, i furgoni e i veicoli commerciali destinati al trasporto di passeggeri o di merci o ad alcuni usi speciali (ambulanza, ad esempio), dotati o di motori ad accensione comandata (motori a benzina, a gas naturale o a gas di petrolio liquefatto – GPL) o di motori ad accensione spontanea (motori diesel).

La norma Euro 5 è applicata dal 1° settembre 2009 per quanto riguarda il rilascio dell'omologazione e dal 1° gennaio 2011 per quanto riguarda l'immatricolazione e la vendita dei nuovi tipi di veicoli; la norma Euro 6 è entrata in vigore dal 1 settembre 2014 per quanto riguarda il rilascio dell'omologazione e dal 1 settembre 2015 per quanto riguarda l'immatricolazione e la vendita dei nuovi tipi di veicoli.

Il regolamento, elaborato dopo un'ampia consultazione delle parti in causa, pone l'accento sulla riduzione delle emissioni di particolato (con lo standard Euro 5) e di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) con lo standard Euro 6, in particolare per i veicoli diesel.

L'introduzione di queste misure di limitazione delle emissioni era stata annunciata dalla Strategia Tematica del 2005 sull'inquinamento atmosferico<sup>47</sup> come una delle misure determinanti e indispensabili per garantire il conseguimento dei valori limite di qualità dell'aria sul territorio comunitario. Nello stesso documento veniva inoltre anticipata la necessità "di migliorare le procedure di omologazione per far sì che le emissioni prodotte nel ciclo di prova diano una rappresentazione più corretta della situazione di guida reale."

Già negli anni in cui veniva predisposta la strategia tematica si avevano perplessità sul fatto che le emissioni dei veicoli nelle condizioni di vita reali fossero superiori ai limiti definiti nelle normative euro e che occorresse una procedura di omologazione dei veicoli più aderente alle condizioni di guida reali per limitare questa discrasia.

Nel corso degli anni successivi numerosi lavori scientifici hanno consentito di migliorare le conoscenze sul tema e la stessa Commissione Europea, nella Comunicazione "un programma "Aria pulita" per l'Europa"<sup>48</sup>, riporta che le riduzioni auspiccate dalle norme Euro e dalle norme di qualità dei carburanti sono state ottenute, con una sola eccezione: le emissioni di NO<sub>x</sub> dei motori diesel degli autoveicoli e dei veicoli commerciali leggeri.

Le emissioni effettive di NO<sub>x</sub> dei veicoli Euro 5 omologati dal 2009 sono analoghe a quelle dei veicoli Euro 4 ed Euro 3, e sono fino a cinque volte superiori al rispettivo valore limite<sup>49</sup>. Ciò ha un impatto considerevole sulle concentrazioni di NO<sub>2</sub> in tutta Europa. È importante inoltre sottolineare che le elevate emissioni di ossidi di azoto hanno un'influenza significativa anche sulle concentrazioni in aria ambiente di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. Per avere un'idea dell'importanza del fenomeno si consideri che nell'area urbana torinese durante i mesi invernali - quelli in cui si hanno le concentrazioni più elevate di particolato - circa il 25-30% del PM<sub>10</sub> è costituito da nitrato, originato dalle trasformazioni chimiche che gli ossidi di azoto subiscono nel tempo una volta emessi in atmosfera ( si vedano ad esempio i risultati del progetto Part'Aera illustrati nel capitolo successivo e in particolare la FIGURA 89).

Misurazioni recenti <sup>50</sup> evidenziano che tale comportamento è riscontrato anche nei veicoli diesel immatricolati Euro 6 i quali sembrano emettere una quantità di NO<sub>x</sub> mediamente superiore di 7

46 - categoria M1: veicoli destinati al trasporto di persone, aventi al massimo otto posti a sedere oltre al sedile del conducente;

categoria M2: veicoli destinati al trasporto di persone, aventi più di otto posti a sedere oltre al sedile del conducente e massa massima non superiore a 5 t; categoria N1: veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima non superiore a 3,5 t; categoria N2: veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima superiore a 3,5 t ma non superiore a 12 t;

47 COM(2005) 446 def. - Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo - Strategia tematica sull'inquinamento atmosferico

48 COM(2013) 918 final - Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Un programma "Aria pulita" per l'Europa

49 M. Weiss, P. Bonnel, R. Hummel, N. Steininger: A complementary emissions test for the light duty vehicles: Assessing the technical feasibility of candidate procedures – JRC Scientific and Policy report

50 ICCT 2014: Real-world exhaust emissions from modern diesel cars

volte rispetto al relativo valore limite. Tale comportamento emissivo, se confrontato con un veicolo a benzina le cui emissioni in cicli di guida reali sono coerenti con i valori limite definiti dagli standard euro, fa sì che un'auto diesel Euro 6 emetta circa 10 volte di più di un equivalente auto a benzina. In FIGURA 84 viene riportata una esemplificazione fra la differenza esistente fra le emissioni di ossidi di azoto prodotte dai veicoli diesel e i relativi limiti di omologazione euro.

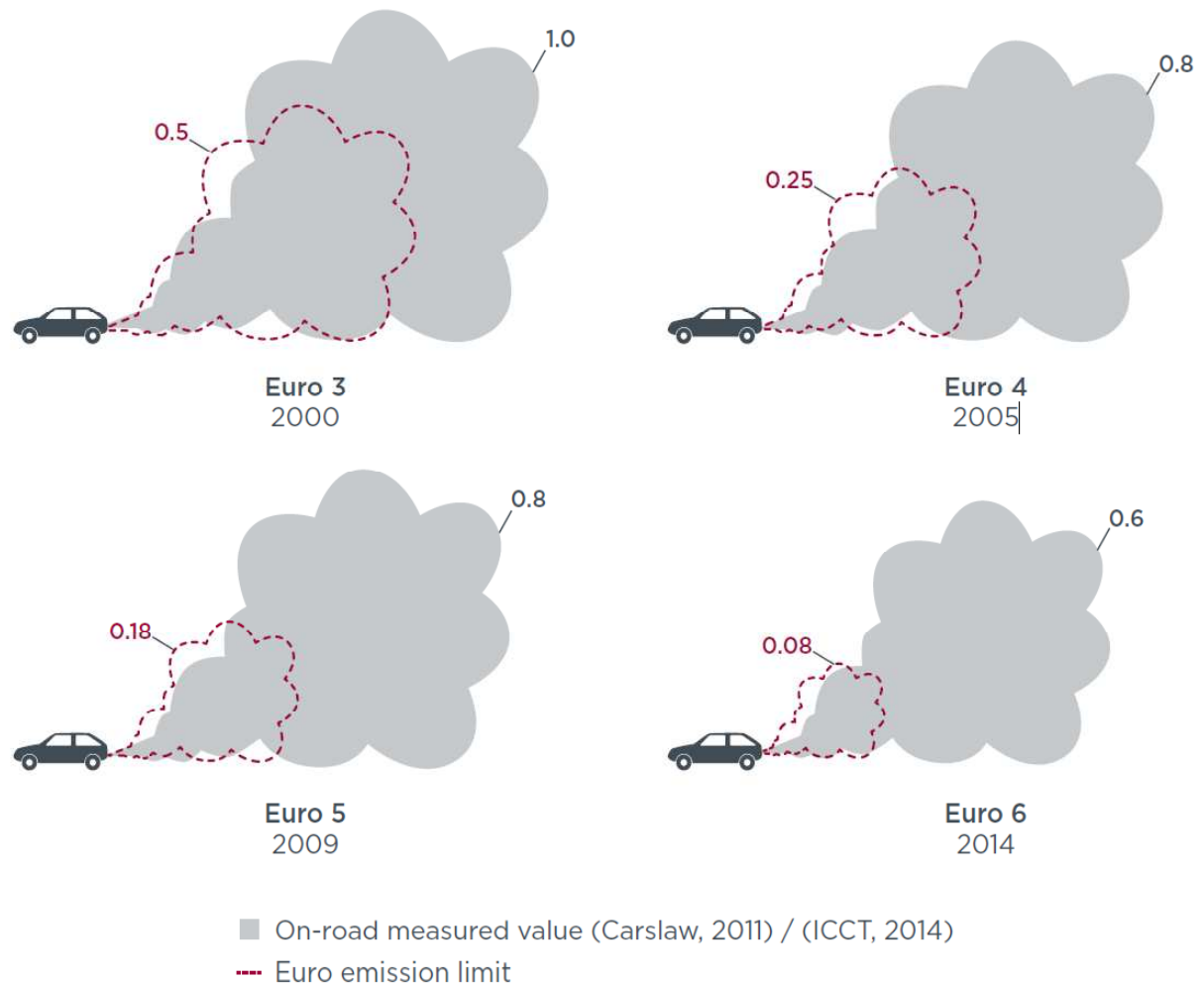


FIGURA 84: confronto fra emissioni di NO<sub>x</sub> fra veicoli in ciclo di guida reale e valori EURO di omologazione.

Il recente scandalo delle "emissioni truccate" dei veicoli diesel Volkswagen di fatto non aggiunge nulla di nuovo e di sostanza a quanto noto da tempo sull'incapacità dei veicoli diesel ad essere "puliti" nelle condizioni di guida reali. Sarà forse più facile però - grazie proprio a questo scandalo di cui al momento non si intravede una possibile soluzione - reclamare test di omologazione più severi e più coerenti alle condizioni di guida reali.

## IL PROGETTO PART'AERA

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

**Annalisa Bruno ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.**

### DESCRIZIONE

PART'AERA è un progetto di cooperazione transfrontaliera europea, volto ad approfondire il tema dell'inquinamento atmosferico da materiale particolato (PM) nello spazio d'azione del programma ALCOTRA (territori transfrontalieri tra Italia e Francia). Il progetto si è svolto da gennaio 2013 a marzo 2015 e l'area interessata - di 106.000 km<sup>2</sup> - comprende le regioni Piemonte e Liguria in Italia, Provenza-Costa Azzurra (PACA) e Rhône-Alpes (RA) in Francia.

Come si sa la zona alpina subisce ogni inverno, specialmente nelle valli tra Francia e Italia, importanti episodi d'inquinamento, causati da rilevanti emissioni in atmosfera di particolato e propiziati da una meteorologia e da un'orografia sfavorevoli alla dispersione. Come conseguenza ogni anno Francia e Italia registrano superamenti dei limiti di legge europei per diversi inquinanti e vanno incontro a possibili procedure di infrazione con pesanti sanzioni pecuniarie.

Con il progetto Part'aera si è voluto da un lato approfondire le nozioni sull'origine dell'inquinamento da particolato, dall'altro armonizzare le informazioni sui metodi di misura del PM utilizzati nelle regioni dello spazio ALCOTRA, favorendo l'acquisizione di competenze condivise. Part'aera rappresenta di fatto il primo importante momento di interconfronto dei metodi di misura franco-italiani per le polveri sottili.

### ESAME DEI DATI

Ogni partner ha individuato sul proprio territorio una stazione di misura della qualità dell'aria dove svolgere una campagna annuale di monitoraggio del particolato, in modo che ogni sito fosse rappresentativo di una tipologia specifica dello spazio ALCOTRA. Arpa Piemonte e Air PACA hanno scelto un sito di fondo urbano, rispettivamente Torino (stazione di To-Rubino) e Aix en Provence. Regione Liguria ha optato per una stazione di fondo rurale, Cengio in val Bormida, e Air Rhône Alpes per Marnaz, una stazione di fondo suburbano nella valle dell'Arve.



FIGURA 85: dominio del progetto Part'aera e siti di misura scelti.

Le misure sono iniziate a luglio 2013 e sono proseguite fino a luglio 2014, con l'eccezione del sito ligure dove per motivi tecnici la campagna di misura si è potuta svolgere solo da aprile a luglio 2014. In ogni sito sono stati misurati PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, con metodi gravimetrici e automatici; È stata inoltre prevista un'attività di speciazione chimica del particolato PM<sub>10</sub> su filtri dedicati, al fine di potere conoscere il contributo relativo delle diverse sorgenti all'inquinamento atmosferico.

Per ciascuno dei siti di misura la media annua delle misure gravimetriche di PM<sub>10</sub> non ha superato il limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>.

La concentrazione media annua di PM10 più alta - 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - è stata registrata nel sito urbano di To-Rubino, come era ipotizzabile data la realtà territoriale. A Torino va anche il primato della maggiore variabilità dei dati, ben rappresentata dalle maggiori dimensioni del suo box plot e dalla grande distanza tra valore massimo e minimo (FIGURA 86).

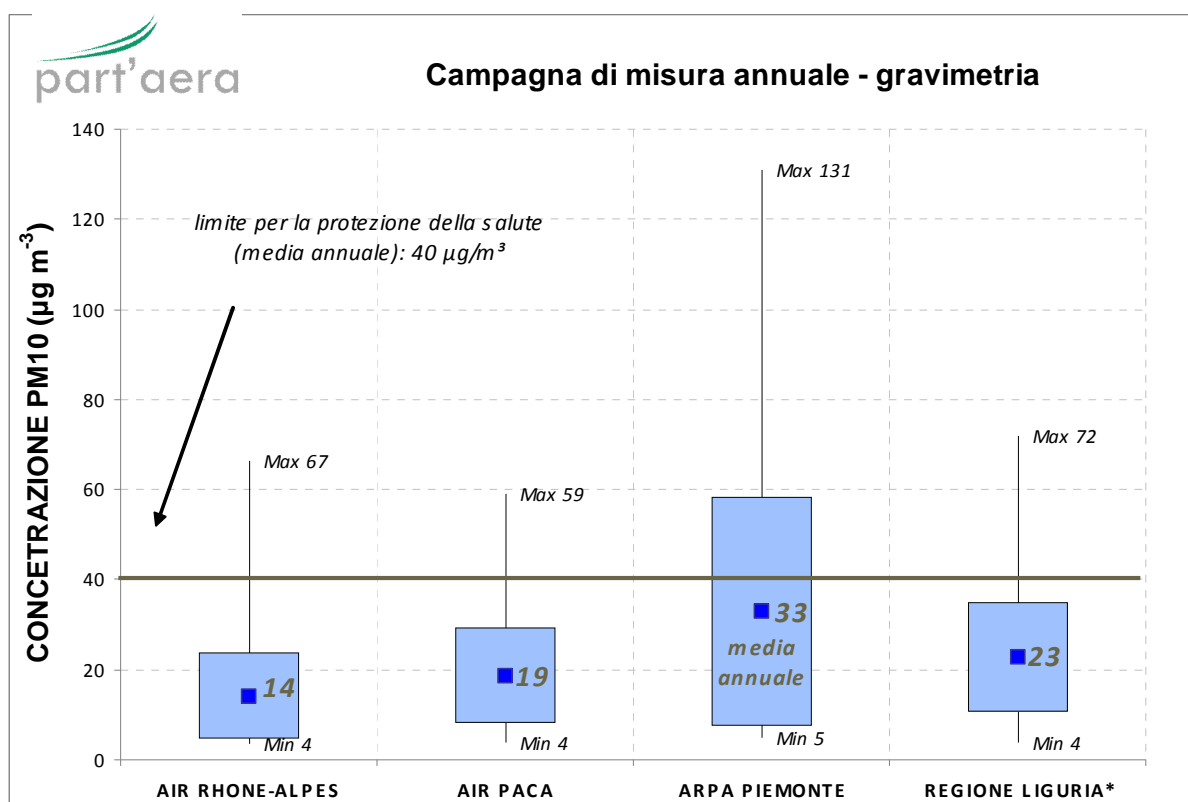


FIGURA 86: Part'aera: risultati della campagna di misura gravimetrica annuale.

\*la campagna di misura nel sito ligure è riferita a un periodo ridotto.

È emersa inoltre una buona correlazione del metodo gravimetrico con le misurazioni in continuo di PM10 nei quattro siti di monitoraggio. Tuttavia la campagna annuale ha evidenziato per il TEOM FDMS (strumento di misura automatico usato nei siti francesi) una tendenza a sovrastimare il dato gravimetrico di riferimento. Al contrario lo strumento automatico in uso in Arpa Piemonte (SWAM hourly mode) ha mostrato una leggera sottostima rispetto alla misura gravimetrica. Per quanto riguarda il sito di Cengio in Liguria, la correlazione tra gravimetria e il nefelometro LSPM10 utilizzato per le misure in continuo di PM10 è stata discreta, mostrando però una tendenza generale alla sottostima.

Una comparazione diretta tra metodi di misura gravimetrica in uso in Italia e in Francia, si è svolta invece a Marsiglia, nella campagna d'interconfronto in campo. Il monitoraggio ha avuto luogo nel sito di fondo urbano denominato Cinq Avenues, all'interno del parco cittadino Longchamp. Gli strumenti di misura dei 4 partner - PARTISOL PLUS 2025 per Rhône Alpes e PACA e SKYPOST PM HV per Regione Liguria e Arpa Piemonte - hanno campionato in contemporanea per tutto il mese di settembre 2014. I dati sono risultati omogenei tra loro, con un range di variabilità analogo all'incertezza propria del metodo di misura. Gli scarti giornalieri - compresi tra il 2.1 e il 14.9% - sono in linea con gli obiettivi di qualità del dato imposti dalla direttiva 2008/50/CE e sono stati ricondotti all'utilizzo di operatori, modalità di trasporto e laboratori differenti.

La caratterizzazione chimica approfondita dei quattro siti di monitoraggio è stata possibile grazie a una campagna annuale dedicata. Le analisi effettuate in laboratorio sui filtri di PM10 destinati alla speciazione hanno permesso di quantificare una vasta gamma di specie chimiche presenti nel particolato (EC, OC, anioni, cationi, metalli, levoglucosano, IPA, alcani). In particolare è stata posta attenzione alle componenti di origine secondaria e alle sostanze di origine primaria con caratteristiche di traccianti specifici come il levoglucosano, "marker" della combustione di biomassa.

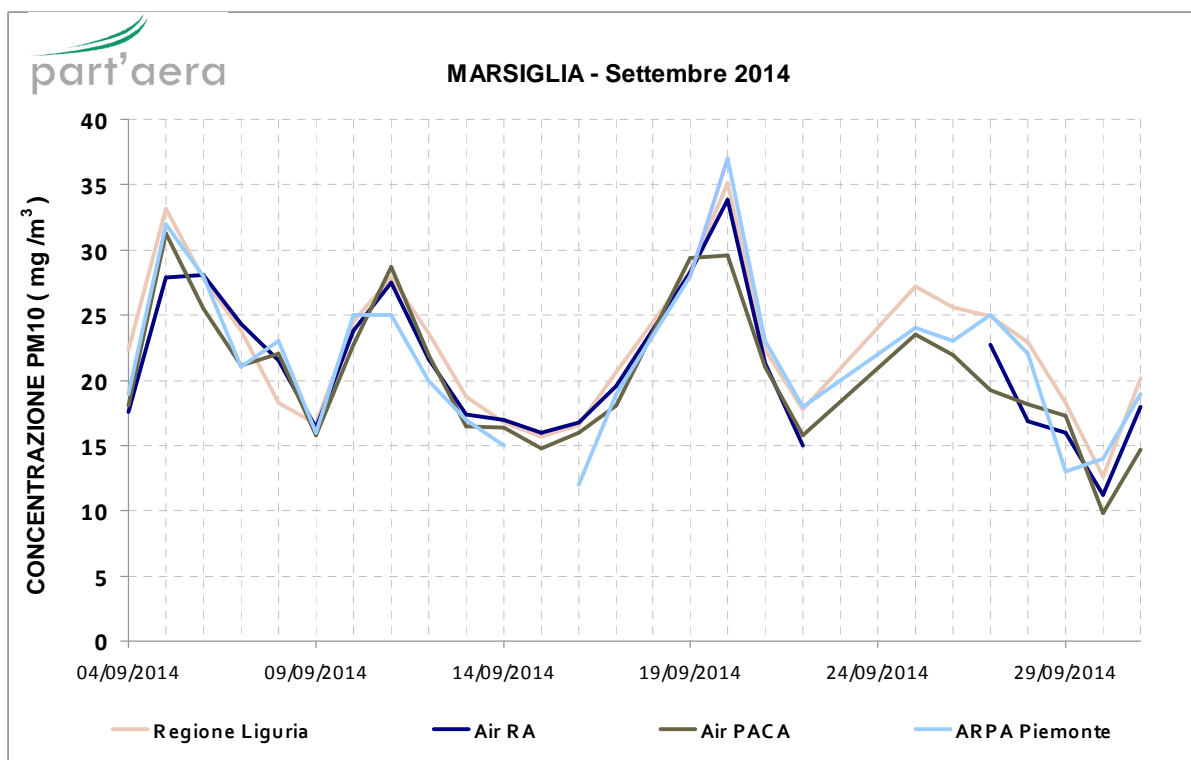


FIGURA 87: risultati della campagna d'interconfronto - settembre 2014.

Il bilancio di massa applicato alle concentrazioni medie annue ha evidenziato che materia organica (OM), polveri cristalli, solfati e nitrati sono le specie maggiormente rappresentate nei quattro siti di misura: complessivamente costituiscono dal 63 all'87% del particolato.

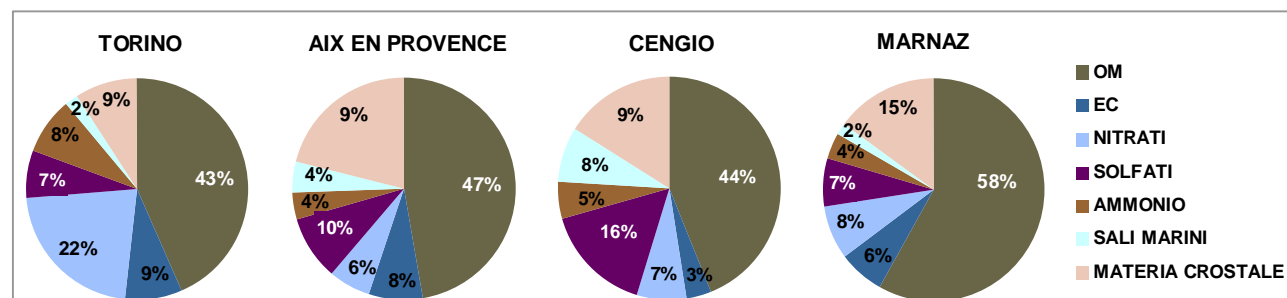


FIGURA 88: Bilancio di massa annuale per i siti di misura Part'area.

In Piemonte è stata confermata la rilevanza del contributo al PM10 dei componenti secondari inorganici, soprattutto il nitrato d'ammonio. Le concentrazioni di  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  nel sito di To-Rubino superano anche di 10 volte quelle misurate negli altri siti di monitoraggio. La letteratura scientifica indica che si tratta di un elemento comune all'intera pianura padana, legato alle particolari caratteristiche emissive e meteorologiche dell'area.

È stato dimostrato infatti che nei mesi freddi il bacino padano presenta un'elevata concentrazione di nitrati nel particolato (Perrone e al. 2012). Le percentuali di nitrati d'inverno sono in genere superiori ai solfati, mentre in primavera - estate le percentuali sono molto simili o prevalgono i solfati. Le analisi di speciazione chimica svolte per il progetto Part'area confermano questa tendenza come si evince in FIGURA 89 dal confronto dei bilanci di massa del periodo invernale (ottobre 2013-marzo 2014) e di quello estivo (aprile-luglio 2014). D'inverno la percentuale di nitrati è maggiore anche di 5 volte rispetto ai solfati, mentre d'estate le percentuali sono dello stesso ordine di grandezza (11 - 13%). Monitoraggi condotti in Piemonte hanno dato risultati analoghi (Arpa Piemonte, RSA 2008, Lo stato delle componenti ambientali, Aria; Provincia di Torino, Arpa Piemonte, Uno sguardo all'aria 10 anni dopo, 2007).



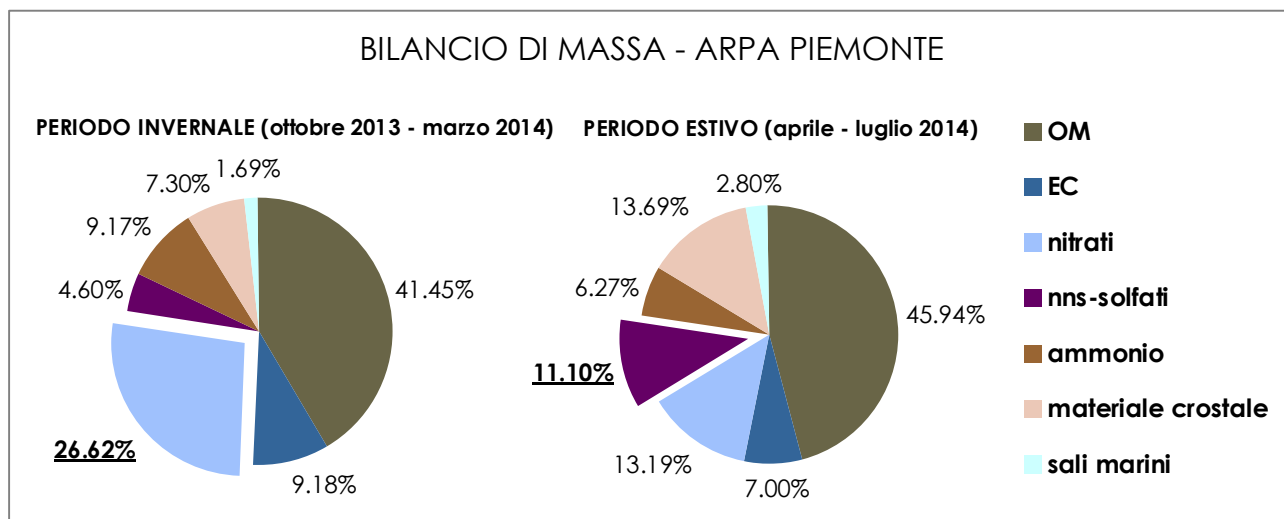


FIGURA 89: bilancio di massa periodo invernale ed estivo per il sito di To-Rubino.

I dati di composizione, infine, sono stati utilizzati per l'applicazione della metodica statistica di source apportionment **PMF** (Positive Matrix Factorization), svolta - come tutte le analisi chimiche - dal Laboratorio di Glaciologia e Geofisica dell'Ambiente francese (LGGE). Complessivamente sono stati identificati 12 fattori, ossia combinazioni lineari di specie caratteristiche di ciascuna tipologia di sorgente. I principali fattori individuati per i siti di misura Part'area sono i seguenti:

- To-Rubino (Piemonte) - Emissioni primarie da traffico e arricchimento in solfati e nitrati;
- Aix en Provence (PACA) - Arricchimento in solfati, polveri di origine crostale e emissioni primarie da traffico;
- Marnaz (RA) - Combustione di biomassa, emissioni biogeniche e arricchimento in solfati;
- Cengio (Liguria) - Polveri di origine crostale, arricchimento in solfati e combustione di biomassa (dati riferiti unicamente al periodo primaverile-estivo).

# VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DEI PRINCIPALI IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E TERMICA ALIMENTATI A BIOMASSA SUL TERRITORIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da: M. Cesano, V. Garbero, R. De Maria, ARPA PIEMONTE, Sistemi Previsionali, A. Bertello Città metropolitana di Torino*

## PREMESSA

Le iniziative di promozione della produzione di energia da fonti rinnovabili sono oggi prioritarie per perseguire gli obiettivi comunitari, nazionali e regionali di sviluppo sostenibile, al fine di ridurre la dipendenza dalle fonti fossili e le emissioni di gas climalteranti. Nel corso degli ultimi anni, a seguito degli incentivi previsti dalla normativa nazionale, sono state estremamente numerose le richieste di autorizzazione e la conseguente messa in esercizio di impianti alimentati a biomassa. La combustione della biomassa, per la natura del combustibile e la tipologia degli impianti di combustione, presenta per alcuni inquinanti atmosferici fattori di emissione superiori rispetto ai combustibili tradizionali. Il presente studio, finanziato dalla Città metropolitana di Torino e realizzato dal Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte, si propone pertanto di approfondire la problematica valutando l'impatto sulla qualità dell'aria dei principali impianti di produzione di energia alimentati a biomassa presenti sul territorio della città metropolitana di Torino.

Le attività principali dello studio si possono ricondurre a:

- analisi territoriale, ossia individuazione e classificazione delle sorgenti emissive e definizione dei domini di studio;
- caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle emissioni delle diverse categorie di impianto, anche attraverso la realizzazione di campionamenti e determinazioni analitiche, e assegnazione ai singoli impianti di ratei emissivi aderenti alle condizioni di reale funzionamento;
- valutazione modellistica delle ricadute al suolo dei principali inquinanti, espresse in relazione agli indicatori definiti dalla normativa vigente.

## ANALISI TERRITORIALE – I DOMINI DI CALCOLO

A seguito dell'individuazione e georeferenziazione di tutti gli impianti presenti sul territorio della città metropolitana di Torino, per poter studiare le ricadute prodotte ad una risoluzione orizzontale sufficientemente fine garantendo tempi di calcolo accettabili, si è reso necessario individuare due domini distinti su cui effettuare le simulazioni. I criteri seguiti per la scelta dei domini di calcolo hanno tenuto in considerazione la presenza degli impianti di maggiore rilevanza, la posizione e la tipologia delle sorgenti da simulare e la disponibilità di dati dalle stazioni meteorologiche.

I domini individuati sono i seguenti:

- Dominio nord (FIGURA 90 a sinistra) per la ricostruzione meteorologica di dimensioni 33 x 36 km<sup>2</sup>, risoluzione orizzontale di 300 m e origine nel punto SW avente coordinate UTM32-WGS84 pari a 390 km E e 4992 km N; al suo interno, un dominio per la simulazione dispersiva di dimensioni 30 x 33 km<sup>2</sup>, risoluzione di 150 metri e origine nel punto SW avente coordinate UTM32-WGS84 pari a 393 km E e 4995 km N;
- Dominio sud (FIGURA 90 a destra) per la ricostruzione meteorologica di dimensioni 30 x 39 km<sup>2</sup>, risoluzione orizzontale di 300 metri e origine nel punto SW avente coordinate UTM32-WGS84 pari a 369 km E e 4954,5 km N; al suo interno, un dominio per la simulazione dispersiva di dimensioni 18 x 18 km<sup>2</sup>, risoluzione di 150 metri e origine nel punto SW avente coordinate UTM32-WGS84 pari a 374,7 km E e 4965 km N.

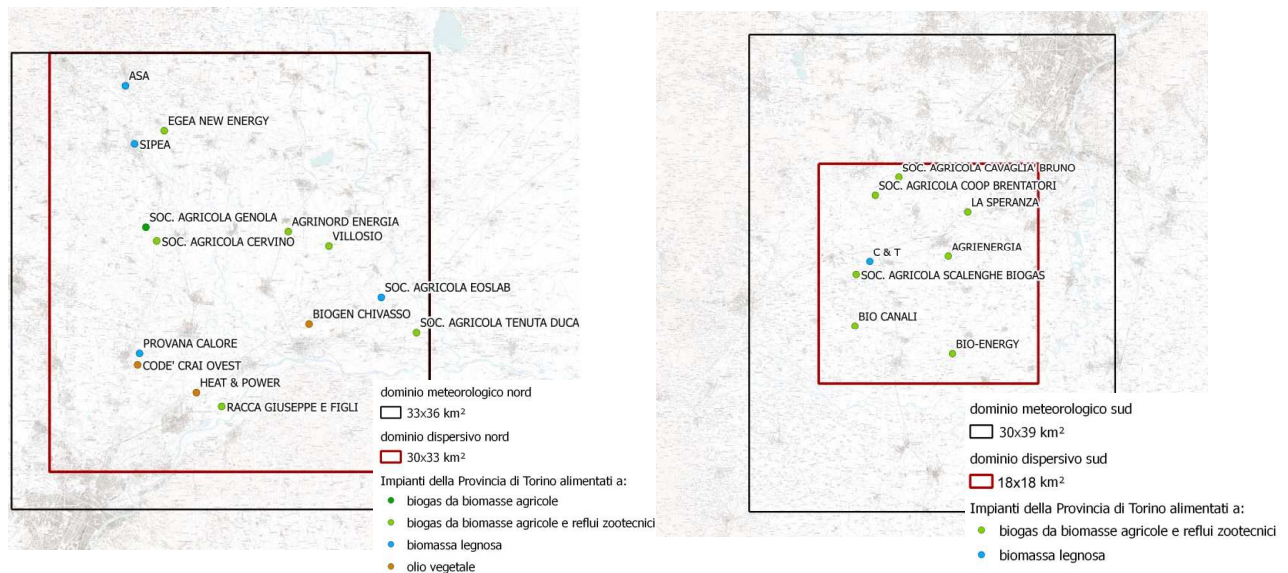


FIGURA 90: Aree di studio (nord a sinistra sud a destra): estensione dei domini di calcolo e relativi impianti a biomassa.

### DESCRIZIONE DELLA CATENA MODELLISTICA

La scelta di stimare l'impatto dei principali impianti a biomassa sul territorio della città metropolitana di Torino ad alta risoluzione ha reso necessario l'utilizzo di un modello di dispersione tridimensionale lagrangiano a particelle che, pur non essendo in grado di trattare la chimica delle sostanze, è quello che meglio riproduce il trasporto e la dispersione di sostanze chimicamente inerti in condizioni meteorologicamente complesse. Nei modelli lagrangiani a particelle la dispersione dell'inquinante in atmosfera è simulata attraverso l'emissione di particelle virtuali, ognuna delle quali rappresenta una porzione di massa dell'inquinante; tali particelle sono trasportate dal moto turbolento dell'aria nelle quali sono immerse e la loro distribuzione spaziale, fotografata ad un certo istante, permette la determinazione della concentrazione della specie emessa.

I dati meteorologici in input al modello di dispersione sono prodotti da un modello mass-consistent di tipo diagnostico, basato sulla conservazione della massa e sulla minimizzazione della divergenza, in grado di ricostruire campi di vento, temperatura e umidità tridimensionali in condizioni di orografia complessa a partire da informazioni relative alla topografia del dominio e alle principali grandezze meteorologiche al suolo ed in quota. Per quanto riguarda le variabili che descrivono la turbolenza atmosferica, esse sono calcolate mediante un pre-processore meteorologico diagnostico a partire dai campi meteorologici elaborati dal modello mass-consistent, da dati di precipitazione, copertura nuvolosa o radiazione solare e uso del suolo.

La catena modellistica adottata è il sistema tridimensionale "MINERVE/SWIFT, SurfPRO, EMMA-Emission Manager, SPRAY" (Arianet S.r.l.), conforme alle indicazioni delle "Linee Guida per la selezione ed applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria", che prevedono l'utilizzo di sistemi modellistici tridimensionali per trattare situazioni territoriali ad orografia e anemologia complesse come quella in esame. Il diagramma di flusso della catena modellistica è riassunto in FIGURA 91.

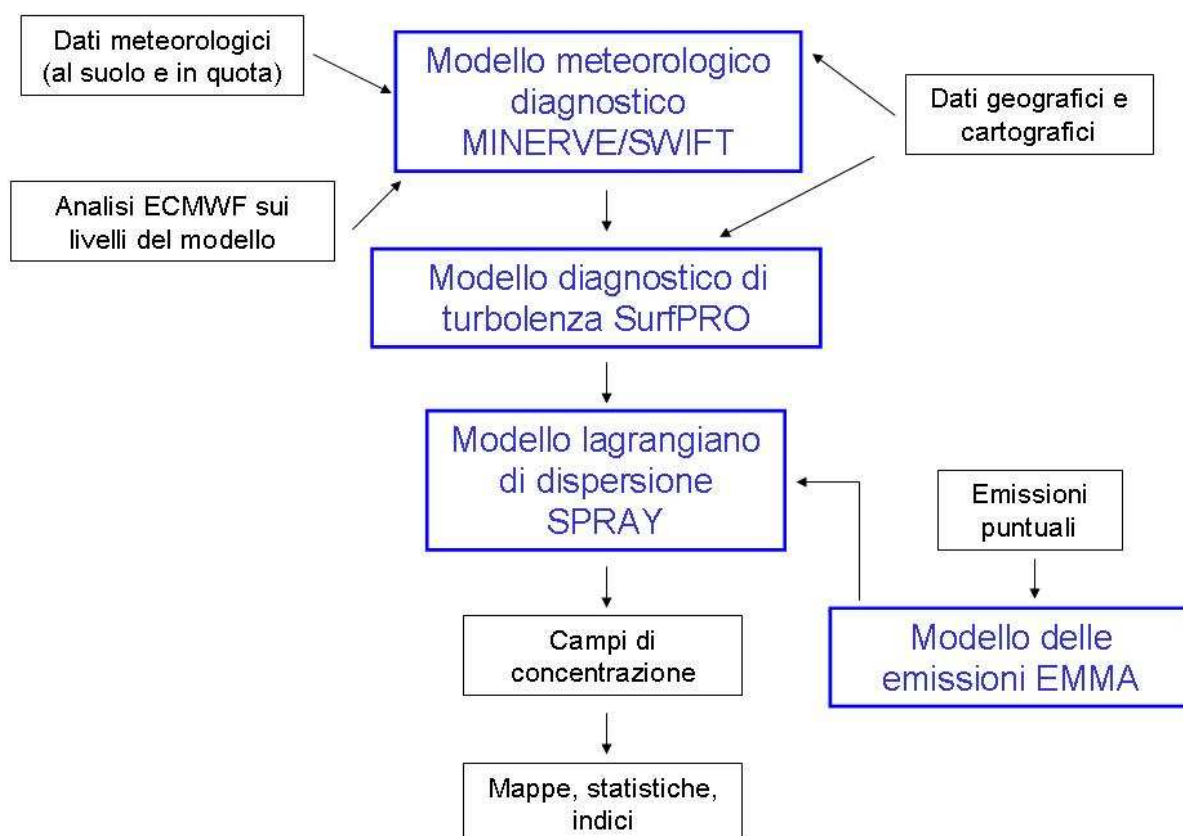


FIGURA 91: Diagramma di flusso del sistema modellistico applicato nello studio.

L'orografia è stata estratta con OROGEX a partire dal database DEM SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, risoluzione 90 m) e processata con RELIEF utilizzando un filtro di convoluzione 2D, in modo tale da ottenere la risoluzione definita dal grigliato del dominio di calcolo, ossia 300 m. I dati di uso del suolo sono stati elaborati mediante LANDEX a partire da un database a 10 m e 21 classi CORINE, che è stato ottenuto riclassificando il Land Cover Piemonte (fonte CSI, aggiornato al 31-12-2008) a 10 m di risoluzione e 47 classi.

Per quanto riguarda i dati di uso del suolo necessari alla ricostruzione dei campi di vento e temperatura fatta da MINERVE, LANDEX ha permesso di aggregare i dati di uso del suolo a 300 m per classe prevalente.

Per la ricostruzione dei campi tridimensionali di vento e temperatura sono state estratte, come dati di input al suolo, le misure orarie rilevate presso alcune stazioni opportunamente scelte tra quelle appartenenti alla rete di monitoraggio meteoidrografica dell'Agenzia presenti nei domini di calcolo, mentre sono state acquisite, come dati di input in quota, alcune delle analisi del modello ECMWF (European Center for Medium Range Weather Forecast) effettuate con frequenza trioraria e a risoluzione orizzontale pari a  $0,125^\circ$  (circa 10 km). Le informazioni sono completate con i profili verticali di temperatura registrati dai radiometri presso alcune centrali termoelettriche della cintura torinese (GDF SUEZ di Leini per il dominio nord e IREN di Moncalieri per il dominio sud), nonché dal radiosondaggio di Milano Linate.

### CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

Nei domini di simulazione sono presenti 22 impianti di cui:

- 5 impianti a biomassa legnosa (4 dotati di Sistema di Monitoraggio in continuo, di seguito SME);
- 3 impianti ad olio vegetale (1 dotato di SME);
- 14 impianti a biogas.

Gli impianti presi in considerazione nel presente studio sono riportati in TABELLA 36. Per ognuno di questi impianti si è provveduto a caratterizzare le emissioni sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Ragione sociale	Comune	Combustibile	Dominio
Agrinord Energia	Caluso	Biogas	N
ASA Az. Servizi Ambiente	Castellamonte	Biomassa legnosa	N
Biogen Chivasso S.r.l.	Chivasso	Olio vegetale	N
Codé Crai Ovest	Leini'	Olio vegetale	N
Egea New Energy	Ozegna	Biogas	N
Eoslab S.r.l.	Torrazza	Biomassa legnosa	N
Heat&Power	Settimo T.se	Olio vegetale	N
Provana Calore S.r.l.	Leini'	Biomassa legnosa	N
Racca Giuseppe E Figli	Settimo T.se	Biogas	N
Sipea S.r.l.	Rivarolo C.se	Biomassa legnosa	N
Soc. agr. f.lli Villosio	Mazze'	Biogas	N
Soc. agr. Genola	Rivarolo C.se	Biogas	N
Soc. agr. Tenuta Duca	Verolengo	Biogas	N
Soci agr Cervino	Rivarolo C.se	Biogas	N
Agrienergia None 2012	None	Biogas	S
Bio Canali	Buriasco	Biogas	S
Bio-energy	Vigone	Biogas	S
C & T S.p.A.	Airasca	Biomassa legnosa	S
Scalenghe biogas soc. agr.	Scalenghe	Biogas	S
Soc. agr. Cavaglià Bruno	Piossasco	Biogas	S
Soc. agr. coop. Brentatori	Piossasco	Biogas	S
Speranza coop. agricola	Candiolo	Biogas	S

TABELLA 36: Elenco degli impianti analizzati.

Per caratterizzare un'emissione derivante da un processo di combustione occorre definire le caratteristiche geometriche del camino (superficie ed altezza), le caratteristiche fisiche dell'emissione (velocità e temperatura dei fumi in uscita) e le caratteristiche chimiche dell'emissione (concentrazione degli inquinanti e percentuale di vapore acqueo e di ossigeno residuo).

L'opportuna combinazione di queste grandezze consente di calcolare le concentrazioni degli inquinanti alle condizioni fisiche dei fumi in cui sono espressi i limiti emissivi (0 °C, 0% di umidità e un tenore di ossigeno residuo variabile a seconda del processo di combustione e del combustibile utilizzato) per verificare il rispetto dei limiti emissivi e di rappresentare le condizioni reali dei fumi e i ratei emissivi (quantità di massa di inquinante emessa per unità di tempo) che condizionano la dispersione dei fumi in atmosfera e quindi l'entità delle ricadute al suolo. Oltre al reperimento di queste informazioni è necessario definire la modulazione temporale di funzionamento della sorgente, che può avere cicli di lavorazione giornalieri, settimanali e annuali e pertanto dei ratei emissivi non costanti nel tempo. Per ogni impianto si è pertanto provveduto alla definizione dei parametri descritti e alla caratterizzazione di specifiche modulazioni temporali utilizzando, dove installato, i dati rilevati dallo SME, i dati relativi agli autocontrolli e le informazioni presenti nelle autorizzazioni e nei documenti progettuali.

Per 4 impianti ritenuti particolarmente significativi per dimensione e tipologia sono stati effettuati specifici campionamenti finalizzati a comprendere meglio la natura e la composizione delle emissioni. Per ogni impianto scelto sono state effettuate una o più campagne di prelievo per la determinazione di IPA, diossine e PCB, condotte dal Polo Microinquinanti, e per la determinazione dei macroinquinanti (NO<sub>x</sub>, CO, polveri totali, COT, SO<sub>x</sub>, HCl e HF) e dei metalli, condotte dalla Struttura di Vigilanza del Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest di ARPA. Le informazioni ritenute più attendibili sono state utilizzate anche per quegli impianti per i quali le informazioni specifiche non erano sufficienti.

In questo abstract ci occuperemo esclusivamente dei seguenti quattro impianti, individuati come più significativi e per i quali sono state condotte le campagne di misura:

- C & T S.p.A.- Airasca;
- Sipea S.r.l. - Rivarolo C.se;
- Speranza coop. Agricola – Candiolo;
- Biogen Chivasso S.r.l. – Chivasso.

Si rimanda pertanto alla relazione completa<sup>51</sup> per i dettagli relativi agli altri impianti.

51 [www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/modellistica/cartella-modellistica-documentazione-e-dati-ambientali](http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/modellistica/cartella-modellistica-documentazione-e-dati-ambientali)

**C&T S.p.A. - Airasca**

C&T è un impianto di cogenerazione per la produzione di energia elettrica e termica alimentato a biomassa solida (cippato). L'impianto utilizza una caldaia a griglia mobile per la produzione di vapore surriscaldato, che è inviato ad un turboalternatore a condensazione per la produzione di energia elettrica. La centrale fornisce calore prodotto in cogenerazione sotto forma di vapore (produzione di 55 t/h di vapore a 55 bar e 450 °C) allo stabilimento SKF Industrie S.p.A., adiacente alla centrale.

Le caratteristiche dell'impianto sono le seguenti:

- potenza primaria immessa con il combustibile: 49.000 kW;
- energia elettrica prodotta a pieno carico: 13.500 kW;
- potenza termica: 10.000 kW.

I sistemi di abbattimento degli inquinanti presenti sono:

- 4 cicloni depolveratori;
- filtri a maniche;
- sistema di iniezione di calce per l'abbattimento delle componenti acide con assorbimento a secco;
- DENOX non catalitico (SNCR)<sup>52</sup> a iniezione di ammoniaca direttamente nella camera di combustione per l'abbattimento degli ossidi di azoto.

Nella TABELLA 37 sono riportati i limiti di emissione degli inquinanti prescritti in autorizzazione.

Inquinante	Valore limite
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	400
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	200
Polveri Totali (mg/Nm <sup>3</sup> )	20
COT (mg/Nm <sup>3</sup> )	20
NH <sub>3</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	5
SO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	50
HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	10

TABELLA 37: Limiti di emissione per l'impianto C&T riferiti ai fumi secchi e a un tenore di ossigeno dell'11%.

L'impianto è dotato di SME, che monitora in continuo le concentrazioni dei seguenti inquinanti: CO, NO<sub>x</sub> (espressi come NO<sub>2</sub>), polveri totali, COT, SO<sub>x</sub> (espressi come SO<sub>2</sub>), NH<sub>3</sub> e HCl. Il sistema acquisisce anche i valori di temperatura fumi, O<sub>2</sub> secco, pressione, portata dei fumi umidi e secchi e umidità. Il flusso di massa emesso è stato calcolato a partire dalla concentrazione a camino misurata dal SME e dalla portata dei fumi Q mediante la seguente formula<sup>53</sup>:

$$F = Q \cdot C_{\text{camino}}$$

L'input emissivo è stato predisposto utilizzando dati SME relativi al periodo giugno 2013 - maggio 2014; tale scelta è stata necessaria per avere una base dati completa relativa ad un anno intero di funzionamento.

Il modello di conduzione dell'impianto è quello di funzionare alla massima potenza per 24 ore al giorno; nell'arco dell'anno sono previste fermate programmate per la manutenzione della caldaia, eseguite generalmente durante il periodo estivo (ad eccezione del mese di agosto quando è difficile reperire i pezzi di ricambio). L'impianto è solitamente fermo nel mese di gennaio, quando il costo del cippato è molto elevato a causa della grande richiesta del prodotto sul mercato.

Ai fini della simulazione oggetto dello studio è stata fatta una scelta conservativa considerando che l'impianto lavori tutto l'anno senza le fermate effettuate nel mese di gennaio e durante il periodo estivo: a tale scopo i dati forniti dal SME per il mese di gennaio 2014 e di luglio 2013 caratterizzati da uno stato di fermo impianto sono stati sostituiti da dati forniti dal SME per il mese di febbraio 2014 e giugno 2013 rispettivamente.

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/studi-ricerche>

<sup>52</sup> SNCR: iniezione nei gas di un agente riducente, in assenza di un catalizzatore ed a temperature comprese tra 800 ÷ 1200 °C

<sup>53</sup> Si noti che la concentrazione a camino e la portata per poter essere moltiplicati devono riferirsi alle stesse condizioni di temperatura, pressione, ossigeno e umidità.

In TABELLA 38 sono riportate le caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto C&T ottenute a partire dai valori orari monitorati dal SME nel periodo ricostruito come sopra indicato.

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione		Origine dati
Diametro (m)	1,9	(1)
Altezza (m)	40	(1)
T (°C)	125	(2)
v (m/s)	15,1	(2)
% O <sub>2</sub>	8,5	(2)
% Umidità	18,8	(2)
Pressione (hPa)	891	(2)
Portata (Nm <sup>3</sup> /h)	94240	(2)
(1) documentazione di progetto e autorizzazione		
(2) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014		

TABELLA 38: Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto C&T.

In TABELLA 39 sono riportati i valori di concentrazione e flusso di massa degli inquinanti considerati per l'impianto C&T.

Inquinante	C <sub>camino</sub> normalizzata	C <sub>camino</sub> tal quale	Flusso di massa	Origine dati
u.d.m.	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	kg/h	
NO <sub>x</sub>	126	77	12	(1)
CO	27	16	2,5	(1)
Polveri Totali	0,26	0,16	0,024	(1)
PM2,5	0,16	0,10	0,015	(1)
PM10	0,22	0,13	0,021	(1)
COT	0,44	0,27	0,042	(1)
NH <sub>3</sub>	0,65	0,40	0,062	(1)
SO <sub>x</sub>	15	9,0	1,4	(1)
HCl	2,0	1,2	0,19	(1)
HF	n.a.	n.a.	n.a.	(3)
u.d.m.	µg/Nm <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	g/h	
Cobalto	32	19	3,0	(4)
Cromo	42	26	4,0	(4)
Manganese	53	32	5,0	(4)
Nichel	64	39	6,0	(4)
Piombo	64	39	6,0	(4)
Rame	233	143	22	(4)
Stagno	32	19	3,0	(4)
Zinco	255	156	24	(4)
Hg	n.r.	n.r.	n.r.	(4)
u.d.m.	ng/Nm <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	mg/h	
IPA	3,0	1,9	0,29	(2)
PCB totali	6,5	4,0	0,61	(2)
u.d.m.	pg/Nm <sup>3</sup>	pg/m <sup>3</sup>	µg/h	
PCDD/DF	5,6	3,4	0,52	(2)

(1) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014

(2) campionamento microinquinanti ARPA 31/07/2013

(3) campionamento macroinquinanti ARPA 05/05/2014

(4) campionamento metalli ARPA 10/10/2013

I campionamenti alle emissioni hanno evidenziato un rapporto fra concentrazioni totali di metalli e concentrazioni delle polveri, sebbene relative a giornate di campionamento differenti, non coerente con i dati registrati presso altri impianti alimentati a biomassa legnosa; tali risultati saranno pertanto oggetto di ulteriori approfondimenti.

TABELLA 39. Concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto C&T.

I valori di concentrazione a camino normalizzata sono riferiti a fumi anidri in condizioni normali di temperatura e pressione, 0°C e 1013 hPa, e a un contenuto volumetrico di ossigeno pari a 11%, mentre i valori di concentrazione tal quale sono riferiti a fumi umidi nelle condizioni di temperatura, pressione e ossigeno secco misurati.

**Sipea s.r.l – Rivarolo**

Sipea è un impianto per la produzione di energia elettrica e calore per teleriscaldamento, alimentato a biomassa solida (cippato); la produzione di calore non è al momento della stesura della presente relazione ancora attiva. L'impianto è costituito da una caldaia a biomassa e da una caldaia a gas metano di integrazione e riserva per fornire esclusivamente energia termica alla rete di teleriscaldamento. La caldaia a biomassa genera vapore surriscaldato che aziona un gruppo turbina - alternatore per la produzione di energia elettrica; la turbina è predisposta per effettuare lo spillamento di vapore e rendere disponibile l'energia termica alla rete di teleriscaldamento della città di Rivarolo.

L'impianto ha le seguenti caratteristiche:

- potenza primaria immessa con il combustibile: 19.700 kW;
- potenza elettrica: 4.800 kW;
- potenza termica: 16.700 kW.

I sistemi di abbattimento degli inquinanti presenti sono:

- controllo combustione caldaia;
- filtri a maniche.

Nella TABELLA 40 sono riportati i limiti di emissione degli inquinanti prescritti in autorizzazione:

Inquinante	Valore limite
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	400
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	250
Polveri Totali (mg/Nm <sup>3</sup> )	30
COT (mg/Nm <sup>3</sup> )	30
SO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	200

TABELLA 40: Limiti di emissione per l'impianto Sipea riferiti ai fumi secchi e a un tenore di ossigeno dell'11%.

L'impianto è dotato di SME, il quale monitora in continuo i seguenti inquinanti: CO, NO<sub>x</sub> (espressi come NO<sub>2</sub>), polveri totali, COT e SO<sub>x</sub>. Il sistema acquisisce anche i valori di temperatura fumi, portata dei fumi, O<sub>2</sub> secco e O<sub>2</sub> umido dai quali si ricava per calcolo il tenore di umidità. Per la preparazione dell'input emissivo è stata utilizzata la banca dati SME relativa al periodo giugno 2013 - maggio 2014.

Il modello di conduzione dell'impianto è quello di funzionare alla massima potenza per 24 ore al giorno per un totale di 8.000 ore all'anno; sono previste fermate programmate, in funzione delle ore di lavoro del motore, per eseguirne la manutenzione.

In TABELLA 41 sono riportate le caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Sipea ottenute a partire dai valori orari monitorati dal SME.

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione		Origine dati
Diametro (m)	1,8	(1)
Altezza (m)	40	(1)
T (°C)	135	(2)
v (m/s)	6,5	(2)
% O <sub>2</sub>	7,9	(2)
% Umidità	26,4	(2)
Portata (Nm <sup>3</sup> /h)	38.123	(2)
(1) documentazione di progetto e autorizzazione		
(2) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014		

TABELLA 41: Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Sipea.

In TABELLA 42 sono riportati i valori di concentrazione e flusso di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Sipea. I valori di concentrazione a camino normalizzata sono riferiti a fumi anidri in condizioni normali di temperatura e pressione, 0°C e 1013 hPa, e a un contenuto volumetrico di ossigeno pari a 11%, mentre i valori di concentrazione tal quale sono riferiti a fumi umidi nelle condizioni di temperatura, pressione e ossigeno secco misurati.



Inquinante	C <sub>camino</sub> normalizzata	C <sub>camino</sub> tal quale	Flusso di massa	Origine dati
<b>u.d.m.</b>	<b>mg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>kg/h</b>	
NO <sub>x</sub>	128	82	4,9	(1)
CO	42	27	1,6	(1)
Polveri Totali	0,65	0,42	0,025	(1)
PM2,5	0,40	0,26	0,015	(1)
PM10	0,56	0,36	0,021	(1)
COT	2,0	1,3	0,076	(1)
SO <sub>x</sub>	9,1	5,9	0,35	(1)
HCl	9,2	5,9	0,35	(3)
HF	n.a.	n.a.	n.a.	(3)
<b>u.d.m.</b>	<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>g/h</b>	
Cromo	16	10	0,62	(4)
Manganese	4,5	2,9	0,17	(4)
Nichel	1,0	0,68	0,040	(4)
Piombo	1,8	1,2	0,070	(4)
Rame	2,4	1,5	0,090	(4)
Zinco	20	13	0,78	(4)
Mercurio	n.r.	n.r.	n.r.	(4)
<b>u.d.m.</b>	<b>ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>mg/h</b>	
IPA	0,27	0,17	0,010	(2)
PCB totali	2,1	1,4	0,081	(2)
<b>u.d.m.</b>	<b>pg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/h</b>	
PCDD/DF	1,8	1,2	0,070	(2)

(1) media dei dati orari rilevati dal SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014  
(2) campionamento microinquinanti ARPA 18/09/2013  
(3) campionamento macroinquinanti ARPA 16/10/2013  
(4) campionamento metalli ARPA 19/06/2014

TABELLA 42: Concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Sipea.

### Biogen S.r.l. – Chivasso

Biogen è un impianto di cogenerazione per la produzione di energia elettrica e termica alimentato ad olio vegetale; l'olio vegetale utilizzato è l'olio di palma crudo proveniente dalla Malesia/Indonesia. L'impianto è costituito da un motore endotermico a ciclo diesel con le seguenti caratteristiche:

- potenza immessa col combustibile: 36.114 kW;
- potenza elettrica nominale: 16.950 kW;
- potenza termica utile: 10.500 kW.

Parte del calore recuperato dal motore può essere utilizzata per alimentare una turbina a olio silconico (ORC) da 1.200 kW di potenza elettrica.

- I sistemi di abbattimento degli inquinanti su questo impianto sono:
- sistema SCR54 a iniezione di urea per l'abbattimento degli ossidi di azoto;
- catalizzatore ossidante per l'abbattimento del CO e l'ossidazione del particolato carbonioso.

Nella TABELLA 43 sono riportati i limiti di emissione degli inquinanti prescritti in autorizzazione:

Inquinante	Valore limite
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	200
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	200
Polveri Totali (mg/Nm <sup>3</sup> )	20
NH <sub>3</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	10

TABELLA 43 Limiti di emissione per l'impianto Biogen riferiti ai fumi secchi e a un tenore di ossigeno del 5%.

L'impianto è dotato di SME, il quale monitora in continuo i seguenti inquinanti: CO, NO<sub>x</sub> (espressi come NO<sub>2</sub>), polveri totali, e NH<sub>3</sub>. Il sistema acquisisce anche i valori di temperatura fumi, portata dei fumi, O<sub>2</sub> secco e O<sub>2</sub> umido dai quali si ricava per calcolo il tenore di umidità. Per la

<sup>54</sup> SCR: iniezione nei gas di un agente riducente, in presenza di un catalizzatore e ad una temperatura compresa tra 350 ÷ 400 °C

preparazione dell'input emissivo è stata utilizzata la banca dati SME relativa al periodo giugno 2013 - maggio 2014.

Il modello di conduzione dell'impianto è quello di funzionare alla massima potenza per 24 ore al giorno per circa 8.000 ore all'anno; sono previste fermate programmate, in funzione delle ore di lavoro del motore, per eseguirne la manutenzione.

In TABELLA 44 sono riportate le caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Biogen ottenute a partire dai valori orari monitorati dal SME.

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione		Origine dati
Diametro (m)	1,6	(1)
Altezza (m)	25	(1)
T (°C)	255	(2)
v (m/s)	23,9	(2)
% O <sub>2</sub>	12,1	(2)
% Umidità	8,6	(2)
Portata (Nm <sup>3</sup> /h)	45.204	(2)
(1) documentazione di progetto e autorizzazione		
(2) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014		

TABELLA 44: Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Biogen.

In TABELLA 45 sono riportati i valori di concentrazione e flusso di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Biogen. I valori di concentrazione a camino normalizzata sono riferiti a fumi anidri in condizioni normali di temperatura e pressione, 0°C e 1013 hPa, e a un contenuto volumetrico di ossigeno pari al 5%, mentre i valori di concentrazione tal quale sono riferiti a fumi umidi nelle condizioni di temperatura, pressione e ossigeno secco misurati.

Inquinante	C <sub>camino</sub> normalizzata	C <sub>camino</sub> tal quale	Flusso di massa	Origine dati
u.d.m.	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	kg/h	
NO <sub>x</sub>	119	31	5,4	(1)
CO	57	15	2,6	(1)
Polveri Totali	3,8	0,99	0,17	(1)
PM <sub>2,5</sub>	2,3	0,61	0,11	(1)
PM <sub>10</sub>	3,2	0,84	0,15	(1)
NH <sub>3</sub>	4,8	1,2	0,22	(1)
COT	5,4	1,4	0,24	(3)
SO <sub>x</sub>	n,r	n,r	n,r	(3)
HCl	5,1	1,3	0,23	(3)
HF	n,r	n,r	n,r	(3)
u.d.m.	µg/Nm <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	g/h	
Cromo	27	6,9	1,2	(4)
Manganese	53	14	2,4	(4)
Nichel	2,2	0,58	0,10	(4)
Piombo	4,4	1,2	0,20	(4)
Rame	18	4,6	0,80	(4)
Vanadio	2,2	0,58	0,10	(4)
Zinco	95	25	4,3	(4)
Mercurio	n,r	n,r	n,r	(4)
u.d.m.	ng/Nm <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	mg/h	
IPA	4,8	1,3	0,22	(2)
PCB totali	10,7	2,8	0,48	(2)
u.d.m.	pg/Nm <sup>3</sup>	pg/m <sup>3</sup>	µg/h	
PCDD/DF	50	13	2,3	(2)
(1) media dei dati orari rilevati dallo SME relativi al periodo giu 2013 - mag 2014				
(2) campionamento microinquinanti ARPA 09/10/2013				
(3) campionamento ARPA 09/05/2014				
(4) campionamento ARPA 25/07/2014				

TABELLA 45: concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Biogen.

**Società Cooperativa Agricola Speranza - Candiolo**

L'impianto è costituito da digestori anaerobici alimentati con biomassa vegetale e reflui zootecnici e da due motori endotermici a combustione interna a ciclo otto con le seguenti caratteristiche:

- potenza primaria immessa con il combustibile (biogas): 5.000 kW, di cui 2.463 kW il primo motore e 2.458 kW il secondo;
- potenza elettrica prodotta: 1.998 kW, di cui 1.000 kW il primo motore e 998 il secondo,
- rendimento elettrico  $\eta$ : 42,5.

Nella TABELLA 46 sono riportati i limiti di emissione degli inquinanti previsti dal D.Lgs. 152/2006 per questo tipo di impianti.

Inquinante	Valore limite
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	500
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	800
COT (mg/Nm <sup>3</sup> )	150
HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	10

TABELLA 46: limiti di emissione per l'impianto Speranza riferiti ai fumi secchi ed ad un tenore di ossigeno del 5%.

L'impianto non è dotato di SME ma si hanno a disposizione gli autocontrolli eseguiti dalla ditta e i controlli effettuati da ARPA presso il camino di emissione denominato E1; il punto di emissione denominato E2, invece, non è risultato tecnicamente campionabile. Poiché i due motori e i due camini hanno caratteristiche simili, le valutazioni effettuate per il camino E1 sono state ritenute rappresentative anche per il camino E2.

Il modello di conduzione dell'impianto è quello di funzionare alla massima potenza per 24 ore al giorno per circa 8.000 ore all'anno; sono previste fermate programmate, in funzione delle ore di lavoro del motore, per eseguirne la manutenzione. L'impianto nei mesi invernali funziona in assetto cogenerativo fornendo energia termica al vicino ospedale di Candiolo; essendo le configurazioni emissive diverse nei due periodi dell'anno si è provveduto a definire le caratteristiche chimico/fisiche dell'emissione nei due differenti assetti (TABELLA 47, TABELLA 48).

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione		Origine dati
Diametro (m)	0,35	(1)
Altezza (m)	10	(1)
T (°C)	485	(2)
v (m/s)	43,2	(2)
% O <sub>2</sub>	6,8	(2)
% Umidità	13,7	(2)
Portata (Nm <sup>3</sup> /h)	4.121	(2)
(1) documentazione di progetto		
(2) campionamento macroinquinanti ARPA 07/07/2014		

TABELLA 47: Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Speranza – assetto non cogenerativo.

Caratteristiche geometriche e fisiche dell'emissione		Origine dati
Diametro (m)	0,35	(1)
Altezza (m)	10	(1)
T (°C)	188	(2)
v (m/s)	20,4	(2)
% O <sub>2</sub>	7,2	(2)
% Umidità	12,9	(2)
Portata (Nm <sup>3</sup> /h)	3.160	(2)
(1) documentazione di progetto		
(2) campionamento microinquinanti ARPA 30/10/2013 e 21/01/2014		

TABELLA 48: Caratteristiche geometriche e chimico/fisiche dell'emissione dell'impianto Speranza – assetto cogenerativo.

Si è deciso di adottare quali dati rappresentativi dei parametri chimico/fisici dei camini (temperatura e velocità dei fumi, umidità e tenore di ossigeno) i valori misurati dal Polo

Microinquinanti per il periodo freddo, da novembre ad aprile, in cui l'impianto effettua il recupero termico dei fumi, e i valori misurati dal Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest per il periodo caldo, da maggio ad ottobre, quando l'impianto non cogenera. I valori dei flussi dei macroinquinanti NO<sub>x</sub>, CO, polveri totali, COT, SO<sub>x</sub>, HCl e HF sono stati ricavati dalle misure effettuate dal Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest, mentre i valori dei flussi dei microinquinanti sono stati ricavati dalle misure effettuate dal Polo Microinquinanti; è bene notare che, essendo le condizioni emissive dei campionamenti effettuati dal Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest diverse da quelle dei campionamenti condotti dal Polo Microinquinanti, le concentrazioni a camino riportate in TABELLA 49 differiscono dalle concentrazioni a camino riportate in TABELLA 50 avendo deciso di mantenere costanti i flussi di massa rilevati durante i campionamenti.

Inquinante	C <sub>camino</sub> normalizzata	C <sub>camino</sub> tal quale	Flusso di Massa	Origine dati
<b>u.d.m.</b>	<b>mg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>kg/h</b>	
NO <sub>x</sub>	330	91	1,4	(2)
CO	388	107	1,6	(2)
Polveri totali	n.a.	n.a.	n.a.	(2)
COT	912	251	3,8	(2)
SO <sub>x</sub>	334	92	1,4	(2)
HCl	0,024	0,007	0,0001	(2)
HF	n.a.	n.a.	n.a.	(2)
<b>u.d.m.</b>	<b>ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>mg/h</b>	
IPA	3,6	1,0	0,015	(1)
PCB totali	3,8	1,0	0,016	(1)
<b>u.d.m.</b>	<b>pg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/h</b>	
PCDD/DF	5,8	1,6	0,024	(1)

(1) campionamento microinquinanti ARPA 30/10/2013 e 21/01/2014  
(2) campionamento macroinquinanti ARPA 07/07/2014

TABELLA 49: Concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Speranza - assetto non cogenerativo.

Inquinante	C <sub>camino</sub> normalizzata	C <sub>camino</sub> tal quale	Flusso di Massa	Origine dati
<b>u.d.m.</b>	<b>mg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>kg/h</b>	
NO <sub>x</sub>	431	193	1,4	(2)
CO	506	226	1,6	(2)
Polveri totali	n.a.	n.a.	n.a.	(2)
COT	1189	532	3,8	(2)
SO <sub>x</sub>	436	195	1,4	(2)
HCl	0,032	0,014	0,0001	(2)
HF	n.a.	n.a.	n.a.	(2)
<b>u.d.m.</b>	<b>ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>mg/h</b>	
IPA	4,6	2,1	0,015	(1)
PCB totali	4,9	2,2	0,016	(1)
<b>u.d.m.</b>	<b>pg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/h</b>	
PCDD/DF	7,5	3,4	0,024	(1)

(1) campionamento microinquinanti ARPA 30/10/2013 e 21/01/2014  
(2) campionamento macroinquinanti ARPA 07/07/2014

TABELLA 50: concentrazioni e flussi di massa degli inquinanti considerati per l'impianto Speranza - assetto cogenerativo.

## RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI DISPERSIONE

Gli impianti dotati di SME sono stati simulati considerando due diversi scenari:

- lo scenario SME, in cui l'input emissivo consiste nei valori orari di temperatura, velocità dei fumi e flusso di NO<sub>x</sub> registrati in continuo dal SME;
- lo scenario medio annuale, in cui l'input emissivo è rappresentato dalla media dei valori di temperatura, velocità e flusso di massa di NO<sub>x</sub> forniti dallo SME e riferiti ad un anno solare. In tale scenario si suppone che gli impianti lavorino 8760 ore e siano caratterizzati da un'emissione oraria costante.

Per gli impianti non dotati di SME è stato considerato un unico scenario:

- lo scenario medio annuale, in cui l'input emissivo, in termini di temperatura, velocità e flusso di massa, è ricostruito a partire dai risultati di autocontrolli e/o campionamenti o, in assenza di essi, ricavato dalle caratteristiche emissive di impianti simili. In tale scenario si suppone che gli impianti lavorino 8760 ore e siano caratterizzati da un'emissione oraria costante.

Gli impianti per la produzione di calore a servizio di reti di teleriscaldamento sono stati opportunamente modulati temporalmente.

I risultati delle simulazioni di dispersione, espressi come concentrazioni medie di NO<sub>x</sub> per ogni ora del periodo di simulazione (1 gennaio 2013 – 31 dicembre 2013), sono stati elaborati per ciascun impianto al fine di ottenere la concentrazione media annuale, la concentrazione massima oraria e il 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>x</sub>.

Le mappe di diluizione presentate nel seguito sono relative allo scenario medio annuale e sono state costruite normalizzando la concentrazione media annuale di NO<sub>x</sub> e la concentrazione massima oraria di NO<sub>x</sub> per la concentrazione media annuale di NO<sub>x</sub> a camino. Tali mappe consentono, nota la concentrazione di un qualunque inquinante a camino, di calcolare a posteriori la concentrazione attesa al suolo applicando il rapporto di diluizione. I valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti ai rapporti di diluizione, C<sub>1:x</sub>, sono specificati nelle tabelle accanto alle mappe e sono calcolati per gli inquinanti considerati dividendo la concentrazione a camino C<sub>camino</sub> per il rapporto di diluizione x; i valori della concentrazione massima C<sub>max</sub> corrispondono al minimo rapporto di diluizione specificato nella legenda delle mappe. Eventuali discordanze fra il valore del rapporto di diluizione e la concentrazione riportata nelle tabelle che accompagnano le mappe di diluizione sono attribuibili ad approssimazioni legate al numero di cifre significative utilizzate per esprimere la concentrazione.

### C&T S.p.A. - Airasca

In TABELLA 51 sono riportati per il parametro NO<sub>x</sub> i valori degli indicatori nei punti di massima ricaduta calcolati per lo scenario SME e per lo scenario medio annuo. Il confronto fra gli scenari indica che relativamente agli indicatori di lungo periodo i risultati sono identici, mentre scostamenti poco significativi si possono osservare relativamente agli indicatori di breve periodo per i quali l'utilizzo di dati emissivi diversi ora per ora può determinare valori differenti in termini di ora di accadimento, posizione ed entità.

Indicatore	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
	Scenario SME			Scenario medio annuale		
Media annuale	x: 379800 y: 4974900	12	1,9	x: 379800 y: 4974900	12	1,9
Massimo orario	09/12/13 h 12:00 x: 378450 y: 4975200	15	81	27/01/13 h 12:00 x: 378750 y: 4975050	12	91
99,8° percentile delle medie orarie	09/03/13 h 10:00 x: 379200 y: 4974900	15	28	16/02/13 h 10:00 x: 379350 y: 4974900	12	26

TABELLA 51 Massime ricadute di NO<sub>x</sub> dall'impianto C&T.

Nella FIGURA 92 e nella FIGURA 93 sono mostrate rispettivamente le mappe di diluizione delle concentrazioni medie annuali e delle concentrazioni massime orarie relative all'impianto C&T; nelle tabelle adiacenti alle figure sono indicati per ogni inquinante emesso dall'impianto i valori di concentrazione a camino, i valori di concentrazione massima al suolo e i valori di concentrazione al suolo associati ai rapporti di diluizione. Nel punto di massima ricaduta si osserva che le massime concentrazioni medie annuali sono diluite al suolo 39.693 volte, mentre le massime concentrazioni orarie risultano diluite al suolo 846 volte rispetto alle concentrazioni a camino.

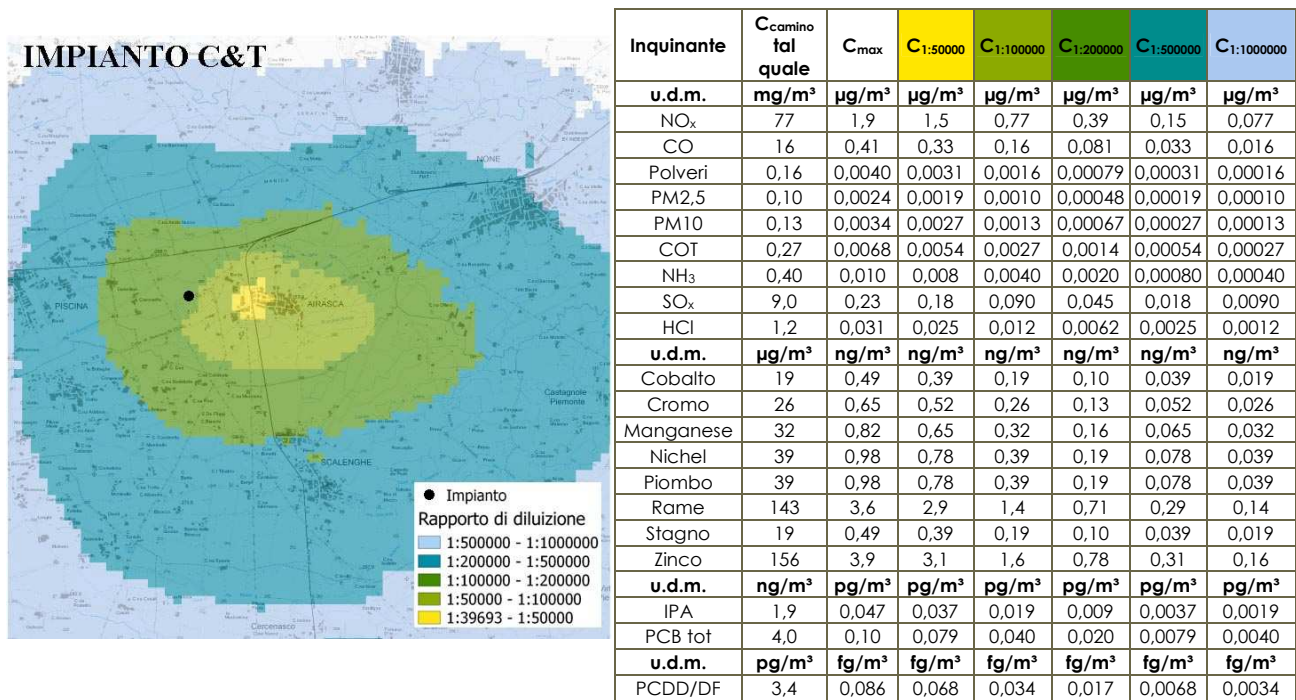


FIGURA 92: Mappa di diluizione della concentrazione media annuale dell'impianto C&T e valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti alle aree con diversi rapporti di diluizione.

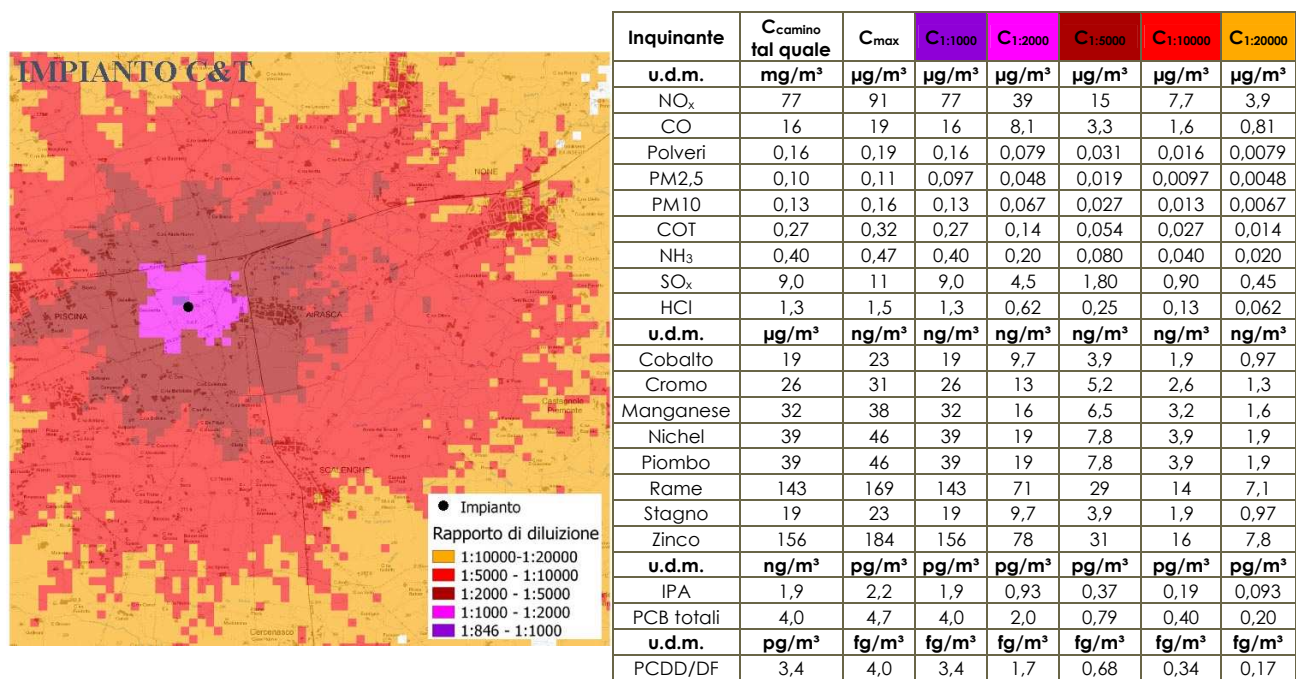


FIGURA 93: Mappa di diluizione della concentrazione massima oraria dell'impianto C&T e valori delle concentrazioni massime orarie attese al suolo relativi alle aree con diversi rapporti di diluizione.

**Sipea S.r.l - Rivarolo**

In TABELLA 52 sono riportati i valori degli indicatori nei punti di massima ricaduta calcolati per lo scenario SME e per lo scenario medio annuo per il parametro NO<sub>x</sub>. Il confronto fra gli scenari indica che relativamente agli indicatori di lungo periodo i risultati sono pressoché identici, mentre scostamenti poco significativi si possono osservare in relazione agli indicatori di breve periodo per i quali l'utilizzo di dati emissivi diversi ora per ora può determinare valori differenti in termini di ora di accadimento, posizione ed entità.

Indicatore	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
	Scenario SME			Scenario medio annuale		
Media annuale	x: 400650 y: 5019450	4,9	0,55	x: 401100 y: 5020350	4,9	0,58
Massimo orario	06/10/13 h 10:00 x: 399900 y: 5020500	12	76	11/12/13 h 11:00 x: 399600 y: 5020500	4,9	63
99,8° percentile delle medie orarie	27/09/13 h 10:00 x: 399600 y: 5020500	7,8	21	13/02/13 h 10:00 x: 400050 y: 5020800	4,9	18

 TABELLA 52. Massime ricadute di NO<sub>x</sub> dall'impianto Sipea.

Nella FIGURA 94 e nella FIGURA 95 sono mostrate rispettivamente le mappe di diluizione delle concentrazioni medie annuali e delle concentrazioni massime orarie relative all'impianto Sipea; nelle tabelle adiacenti alle figure sono indicati per ogni inquinante emesso dall'impianto i valori di concentrazione a camino, i valori di concentrazione massima al suolo e i valori di concentrazione al suolo associati ai rapporti di diluizione. Nel punto di massima ricaduta si osserva che le massime concentrazioni medie annuali sono diluite al suolo 140.937 volte, mentre le massime concentrazioni orarie risultano diluite al suolo 1.306 volte rispetto alle concentrazioni a camino.

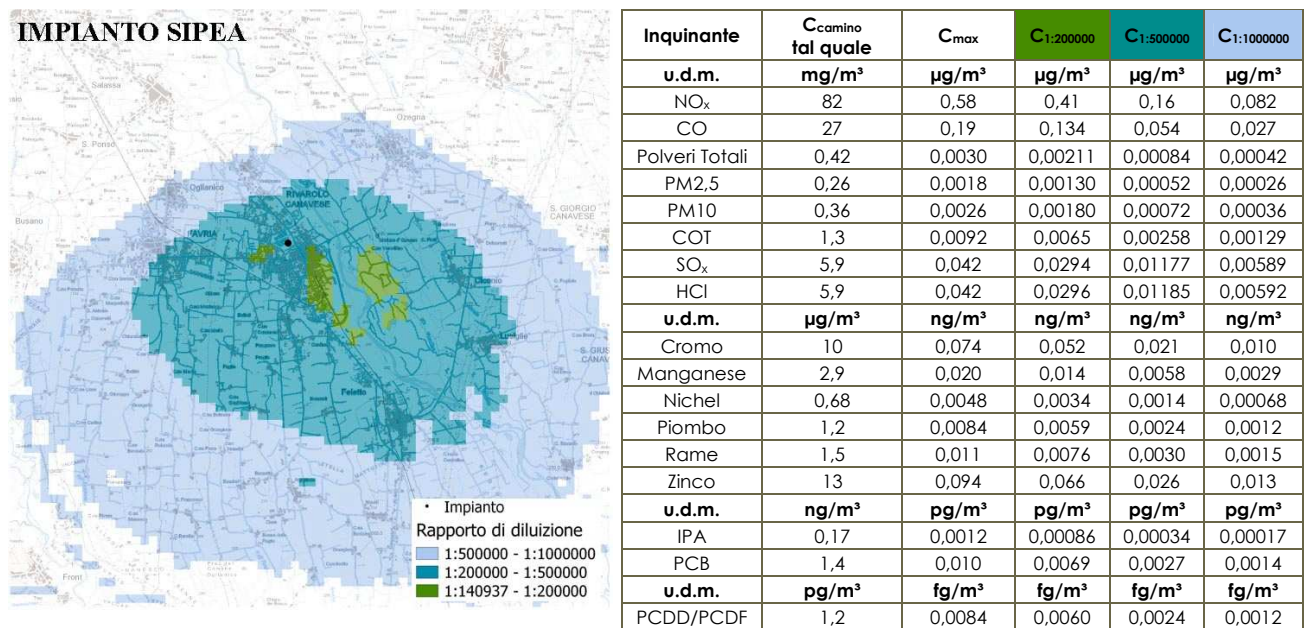


FIGURA 94: mappa di diluizione della concentrazione media annuale dell'impianto Sipea e valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti alle aree con diversi rapporti di diluizione.

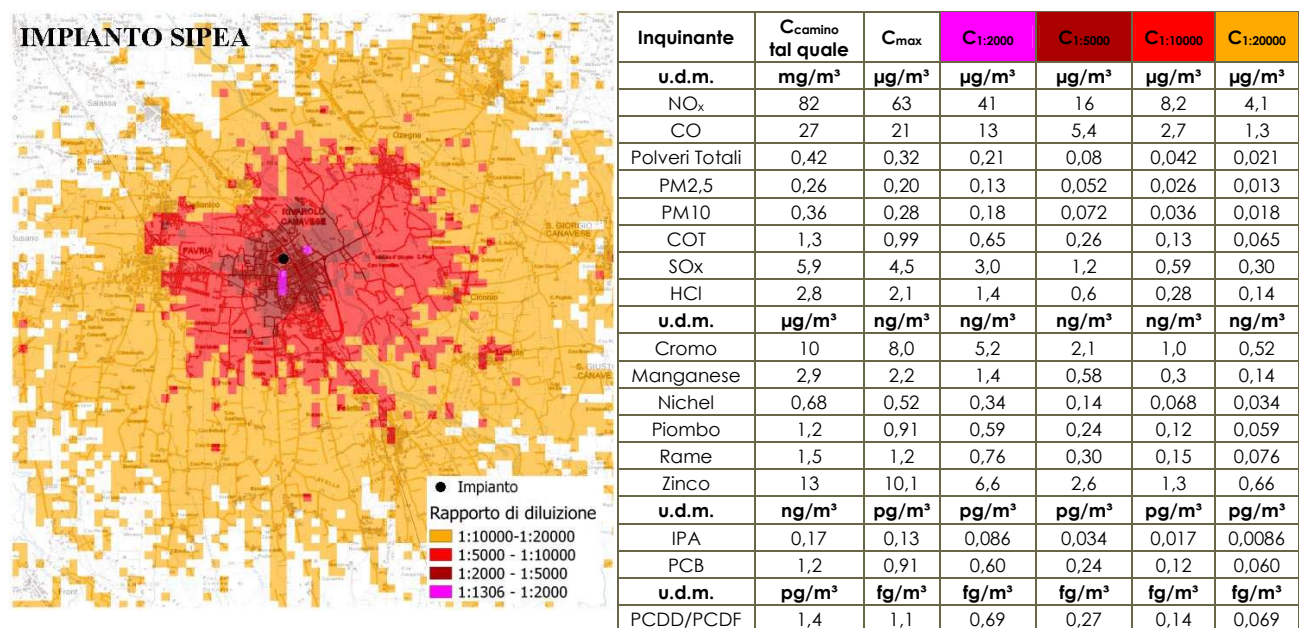


FIGURA 95: mappa di diluizione della concentrazione massima oraria dell'impianto Sipea e valori delle concentrazioni massime orarie attese al suolo relativi alle aree con diversi rapporti di diluizione.

### Biogen S.r.l. - Chivasso

In TABELLA 53 sono riportati i valori degli indicatori nei punti di massima ricaduta calcolati per lo scenario SME e per lo scenario medio annuo per il parametro NO<sub>x</sub>.

Il confronto fra gli scenari indica che relativamente agli indicatori di lungo periodo i risultati sono pressoché identici, mentre scostamenti apprezzabili si osservano in relazione agli indicatori di breve periodo e limitatamente al massimo orario per l'utilizzo di dati emissivi diversi ora per ora determina valori differenti in termini di ora di accadimento, luogo ed entità.

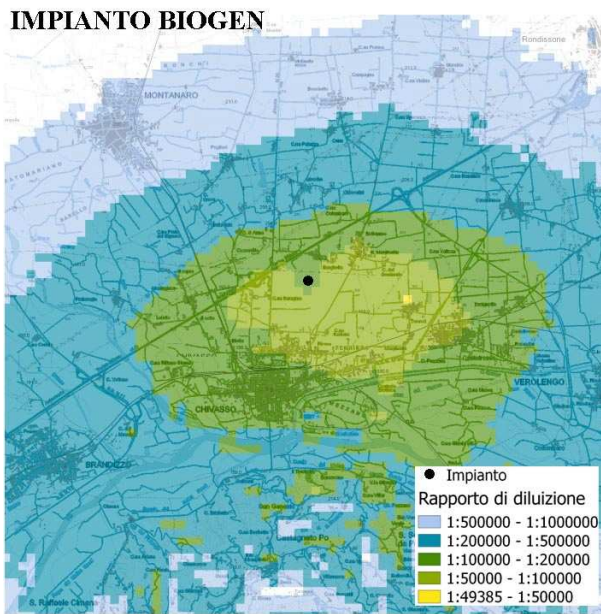
Indicatore	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
	Scenario SME			Scenario medio annuale		
Media annuale	x: 415200 y: 5006250	5,4	0,65	x: 415200 y: 5006250	5,4	0,63
Massimo orario	22/07/13 h 08:00 x: 413850 y: 5006100	11	67	11/12/13 h 11:00 x: 413400 y: 5006100	5,4	35
99,8° percentile delle medie orarie	27/12/13 h 12:00 x: 414150 y: 5007000	8,0	17	13/02/13 h 10:00 x: 414150 y: 5007000	5,4	14

TABELLA 53: massime ricadute di NO<sub>x</sub> dall'impianto Biogen.

Nella FIGURA 96 e nella FIGURA 97 sono mostrate rispettivamente le mappe di diluizione delle concentrazioni medie annuali e delle concentrazioni massime orarie relative all'impianto Biogen; nelle tabelle adiacenti alle figure sono indicati per ogni inquinante emesso dall'impianto i valori di concentrazione a camino, i valori di concentrazione massima al suolo e i valori di concentrazione al suolo associati ai rapporti di diluizione. Nel punto di massima ricaduta si osserva che le massime concentrazioni medie annuali sono diluite al suolo 49385 volte, mentre le massime concentrazioni orarie risultano diluite al suolo 898 volte rispetto alle concentrazioni a camino.



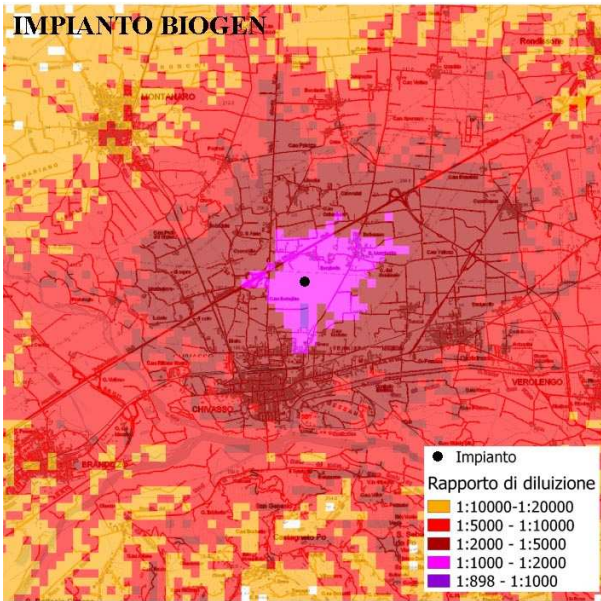
**IMPIANTO BIOGEN**



Inquinante	C <sub>camino</sub> Tal quale	C <sub>max</sub>	C <sub>1:50000</sub>	C <sub>1:100000</sub>	C <sub>1:200000</sub>	C <sub>1:500000</sub>	C <sub>1:1000000</sub>
<b>u.d.m.</b>	<b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>
NO <sub>x</sub>	31	0,63	0,62	0,31	0,16	0,062	0,031
CO	15	0,30	0,30	0,15	0,075	0,030	0,015
COT	1,4	0,029	0,028	0,014	0,0071	0,0028	0,0014
Polveri	0,99	0,020	0,020	0,0099	0,0049	0,0020	0,00099
PM <sub>2,5</sub>	0,61	0,012	0,012	0,0061	0,0030	0,0012	0,00061
PM <sub>10</sub>	0,84	0,017	0,017	0,0084	0,0042	0,0017	0,00084
NH <sub>3</sub>	1,2	0,025	0,025	0,012	0,0062	0,0025	0,0012
HCl	1,3	0,027	0,027	0,013	0,0067	0,0027	0,0013
<b>u.d.m.</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>
Cromo	6,9	0,14	0,14	0,069	0,035	0,014	0,0069
Manganese	14	0,28	0,28	0,14	0,069	0,028	0,014
Nichel	0,58	0,012	0,012	0,0058	0,0029	0,0012	0,00058
Piombo	1,2	0,023	0,023	0,012	0,0058	0,0023	0,0012
Rame	4,6	0,094	0,093	0,046	0,023	0,0093	0,0046
Vanadio	0,58	0,012	0,012	0,0058	0,0029	0,0012	0,00058
Zinco	25	0,50	0,50	0,25	0,12	0,050	0,025
<b>u.d.m.</b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>
IPA	1,3	0,025	0,025	0,013	0,0063	0,0025	0,0013
PCB totali	2,8	0,057	0,056	0,028	0,014	0,0056	0,0028
<b>u.d.m.</b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>
PCDD/DF	13	0,27	0,26	0,13	0,066	0,026	0,013

FIGURA 96: mappa di diluizione della concentrazione media annuale dell'impianto Biogen e valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti alle aree con diversi rapporti di diluizione dell'impianto.

**IMPIANTO BIOGEN**



Inquinante	C <sub>camino</sub> Tal quale	C <sub>max</sub>	C <sub>1:1000</sub>	C <sub>1:2000</sub>	C <sub>1:5000</sub>	C <sub>1:10000</sub>	C <sub>1:20000</sub>
<b>u.d.m.</b>	<b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>
NO <sub>x</sub>	31	35	31	16	6	3,1	1,6
CO	15	17	15	7,5	3,0	1,5	0,75
COT	1,4	1,6	1,4	0,71	0,28	0,14	0,071
Polveri	0,99	1,1	0,99	0,49	0,20	0,099	0,049
PM <sub>2,5</sub>	0,61	0,68	0,61	0,30	0,12	0,061	0,030
PM <sub>10</sub>	0,84	0,94	0,84	0,42	0,17	0,084	0,042
NH <sub>3</sub>	1,2	1,39	1,24	0,62	0,25	0,124	0,062
HCl	1,3	1,48	1,3	0,67	0,27	0,13	0,067
<b>u.d.m.</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>
Cromo	6,9	7,7	6,9	3,5	1,4	0,69	0,35
Manganese	14	15	14	6,9	2,8	1,4	0,69
Nichel	0,58	0,64	0,58	0,29	0,12	0,058	0,029
Piombo	1,2	1,3	1,2	0,58	0,23	0,12	0,058
Rame	4,6	5,2	4,6	2,3	0,93	0,46	0,23
Vanadio	0,58	0,64	0,58	0,29	0,12	0,058	0,029
Zinco	25	28	25	12	5,0	2,5	1,2
<b>u.d.m.</b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>
IPA	1,3	1,4	1,3	0,63	0,25	0,13	0,063
PCB totali	2,8	3,1	2,8	1,4	0,56	0,28	0,14
<b>u.d.m.</b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>	<b>fg/m<sup>3</sup></b>
PCDD/DF	13	15	13	6,6	2,6	1,3	0,66

FIGURA 97: mappa di diluizione della concentrazione massima oraria dell'impianto Biogen e valori delle concentrazioni massime orarie attese al suolo relativi alle aree con diversi rapporti di diluizione.

**Società Cooperativa Agricola Speranza - Candiolo**

In TABELLA 54 sono riportati i valori degli indicatori nei punti di massima ricaduta calcolati per lo scenario senza cogenerazione e per lo scenario con cogenerazione per il parametro NO<sub>x</sub>.

Indicatore	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Data e coordinate	Flusso (kg/h)	C <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
	Scenario non cogenerativo			Scenario cogenerativo		
Media annuale	x: 387600 y: 4978800	1,4	0,77	x: 387450 y: 4978950	1,4	1,7
Massimo orario	09/03/13 h 10:00 x: 386850 y: 4979100	1,4	37	19/10/13 h 16:00 x: 387000 y: 4978950	1,4	58
99,8° percentile delle medie orarie	15/02/13 h 10:00 x: 387150 y: 4979250	1,4	15	13/08/13 h 08:00 x: 387150 y: 4978950	1,4	25

TABELLA 54: Massime ricadute di NO<sub>x</sub> dall'impianto Sipea.

Il confronto fra gli scenari indica che, sia relativamente agli indicatori di lungo periodo sia a quelli di breve periodo, l'assetto cogenerativo determina delle ricadute al suolo mediamente più elevate. La temperatura e la velocità dei fumi sono inferiori quando l'impianto cogenera e conseguentemente in tali condizioni la dispersione è meno efficace. Nella FIGURA 2 e nella FIGURA 99 sono mostrate rispettivamente le mappe di diluizione delle concentrazioni medie annuali e delle concentrazioni massime orarie relative all'impianto Speranza nell'assetto cogenerativo, che è il più critico; nelle tabelle adiacenti alle figure sono indicati per ogni inquinante emesso dall'impianto i valori di concentrazione a camino, i valori di concentrazione massima al suolo e i valori di concentrazione al suolo associati ai rapporti di diluizione. Nel punto di massima ricaduta si osserva che le massime concentrazioni medie annuali sono diluite al suolo 113.220 volte, mentre le massime concentrazioni orarie risultano diluite al suolo 3.324 volte rispetto alle concentrazioni a camino.

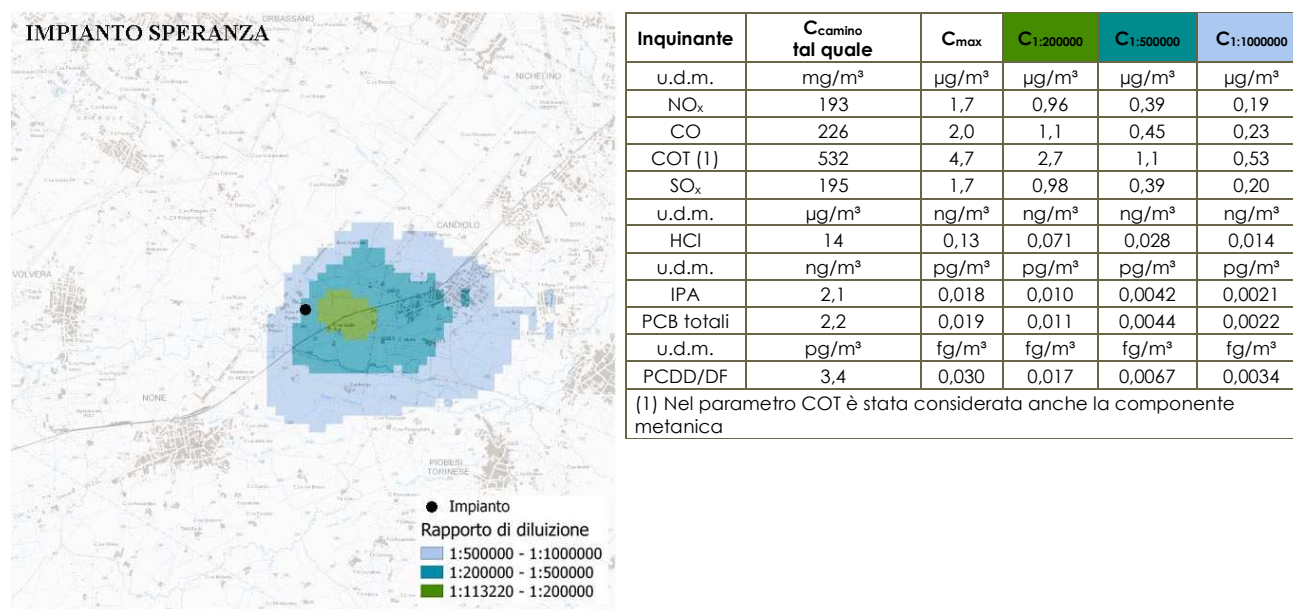


FIGURA 98: mappa di diluizione della concentrazione media annuale dell'impianto Speranza in assetto cogenerativo e valori delle concentrazioni attese al suolo corrispondenti alle aree con diversi rapporti di diluizione dell'impianto.

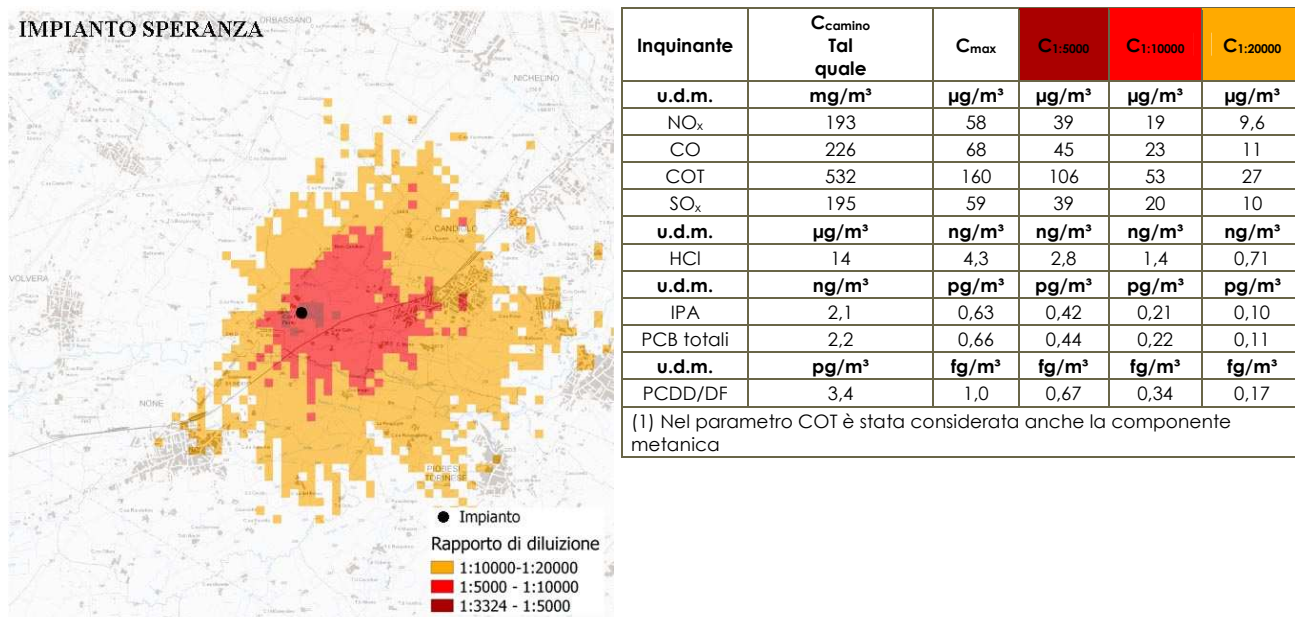


FIGURA 99: mappa di diluizione della concentrazione massima oraria dell'impianto Speranza in assetto cogenerativo e valori delle concentrazioni massime orarie attese al suolo relativi alle aree con diversi rapporti di diluizione.

**SCENARI COMPLESSIVI**

A completamento delle elaborazioni condotte sui singoli impianti, di cui sono stati presentati solo i quattro considerati più significativi, si è ritenuto utile produrre le mappe delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>x</sub> risultanti dal contributo di tutti gli impianti simulati; le mappe sono mostrate in FIGURA 100 e FIGURA 101, rispettivamente per il dominio nord e sud.

In TABELLA 55 sono riportati i valori delle concentrazioni medie annuali nei punti di massima ricaduta per i due domini dovuti all'impatto cumulato di tutte le sorgenti. La massima concentrazione media annuale per il dominio nord è pari a 0,82 µg/m<sup>3</sup> e si verifica ad una distanza di circa 550 m dall'impianto ASA Azienda Servizi Ambiente, che rappresenta il contributo più significativo (91%) rispetto al contributo complessivo degli impianti considerati.

La massima concentrazione media annuale per il dominio sud è pari a 2,1 µg/m<sup>3</sup> e si verifica ad una distanza di circa 950 m dall'impianto C&T, che risulta essere il contributo più significativo (90%) rispetto al totale degli impianti.

Inquinante	Dominio	x (m)	y (m)	C <sub>max</sub> media annuale (µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>x</sub>	nord	399450	5025300	0,82
NO <sub>x</sub>	sud	379800	4974900	2,1

TABELLA 55: massime ricadute di NO<sub>x</sub> nei due domini.

In TABELLA 56 e TABELLA 57 sono invece riportati la sintesi delle caratteristiche emissive e i valori delle massime ricadute al suolo in termini di concentrazione media annuale per ciascun impianto dei due domini per gli ossidi di azoto.

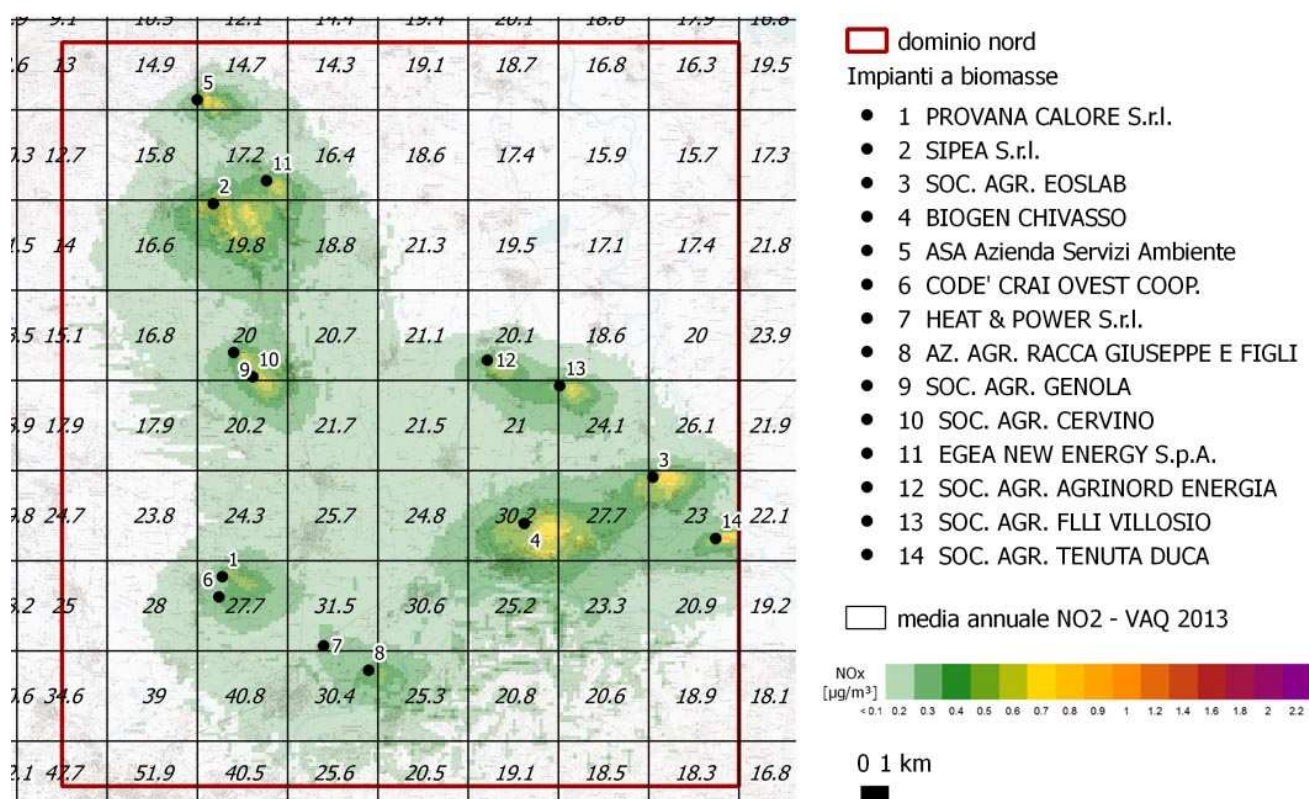


FIGURA 100: dominio nord, contributo di tutti gli impianti considerati.

Impianto	Altezza camino m	Diametro camino m	Temp °K	Velocità m/s	Flusso di massa kg/h	C <sub>camino</sub> mg/m <sup>3</sup>	C <sub>max</sub> media annuale µg/m <sup>3</sup>	C <sub>max</sub> Media oraria µg/m <sup>3</sup>	C <sub>max</sub> 99,8 ° µg/m <sup>3</sup>
Agrinord energia	10	0,35	723	32	1,3	116	0,48	35	11
ASA Az. Serv. Amb	12	1	385	8,3	1,2	52	0,75	91	31
Biogen Chivasso S.r.l.	25	1,6	528	24	5,4	31	0,63	35	14
Codé Crai Ovest	6,3	0,5	461	7,4	0,21	39	0,13	6,3	3,2
Egea New Energy	10	0,3	723	28	0,83	116	0,40	24	9,8
Eoslab S.r.l.	15	0,8	438	13	1,9	78	0,70	37	17
Heat & Power	14	0,6	393	7,9	0,32	39	0,16	13	4,0
Provana Calore S.r.l.	20	0,99	393	10	1,7	60	0,38	80	29
Racca G. E Figli	10	0,3	733	34	0,99	114	0,30	21	10
Sipea S.r.l	40	1,8	408	6,5	4,9	82	0,58	63	18
Soc. agr. f.lli Villosio	10	0,35	730	33	1,3	115	0,49	29	14
Soc. agr. Genola	10	0,3	708	36	1,1	118	0,39	30	10
Soc. agr. Tenuta Duca	10	0,35	713	29	1,2	118	0,72	22	12
Soc. agr Cervino	10	0,25	723	33	0,69	116	0,35	23	8,3

 TABELLA 56: massime ricadute di NO<sub>x</sub> nel dominio nord.

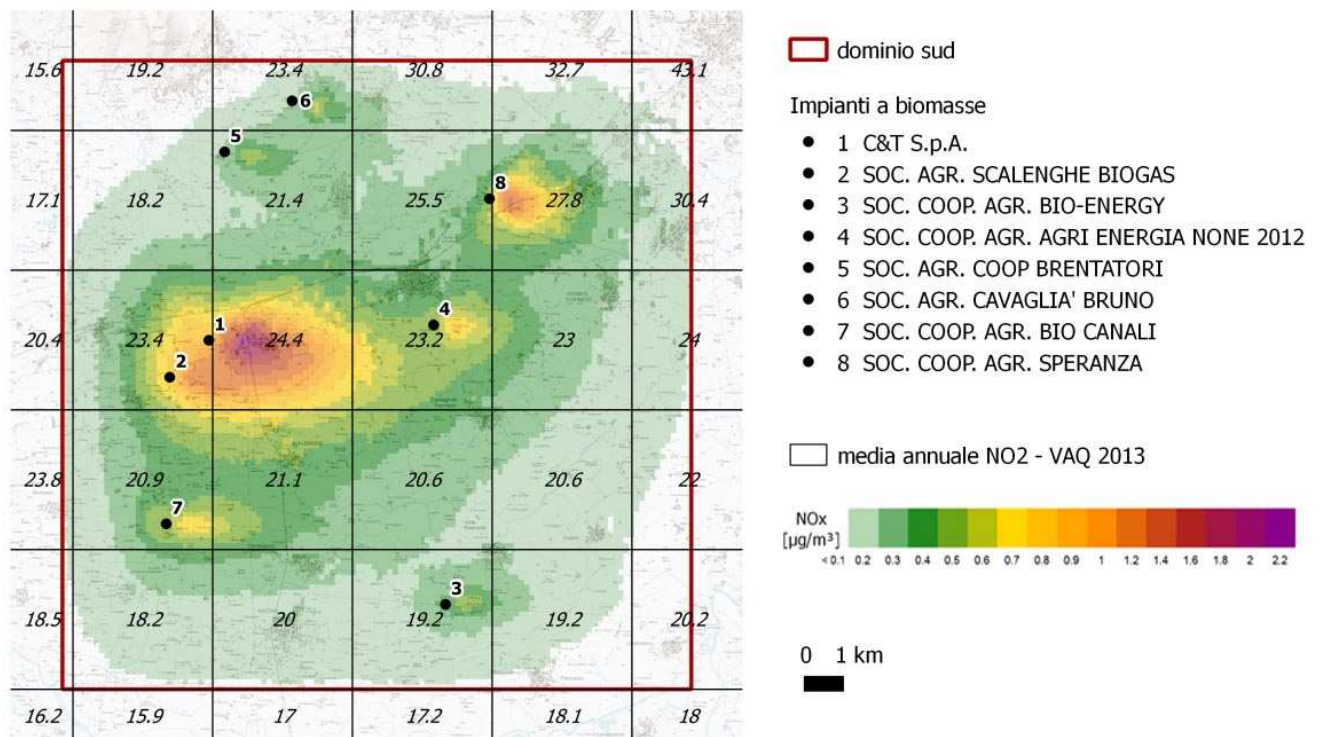


FIGURA 101: dominio sud, contributo di tutti gli impianti considerati.

Impianto	Altezza camino m	Diametro camino m	Temp °K	Velocità m/s	Flusso di massa kg/h	C <sub>camino</sub> mg/m <sup>3</sup>	C <sub>media</sub> media annuale µg/m <sup>3</sup>	C <sub>max</sub> Media oraria µg/m <sup>3</sup>	C <sub>max</sub> 99,8 ° µg/m <sup>3</sup>
Agrienergia None	10	0,3	703	32,3	1,0	119	0,41	19	7,1
Bio Canali	10	0,35	723	33,7	1,4	116	0,49	23	8,5
Bio-energy	10	0,25	724	33,1	0,7	116	0,37	19	7,4
C & T S.p.A.	40	1,9	398	15,1	11,9	77	1,9	91	26
Scalenghe biogas	10	0,35	730	32,2	1,3	115	0,45	23	7,5
Soc. agr. Cavaglia B.	10	0,3	723	28,4	0,8	116	0,46	16	6,0
Soc.agr. Brentatori	10	0,3	723	28,1	0,8	116	0,35	16	5,4
Speranza coop. agr	7,5	0,35	461	22,4	1,36	193	1,7	58	25
Speranza coop. agr	7,5	0,35	758	43,2	1,36	91	0,8	37	15

 TABELLA 57: massime ricadute di NO<sub>x</sub> nel dominio sud.

Per fornire un riferimento che permetta di valutare il contributo dei vari impianti alla qualità dell'aria nelle aree studiate, le mappe di FIGURA 100 e FIGURA 101 sono state sovrapposte ai dati di concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub> ottenuti dalle simulazioni effettuate da Arpa a supporto di Regione Piemonte per la Valutazione Annuale della Qualità dell'Aria (di seguito VAQ). Queste simulazioni, realizzate con la stessa catena modellistica adottata nel presente studio ma adottando anziché un modello lagrangiano a particelle un modello euleriano fotochimico, forniscono campi di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici per l'intero territorio regionale con una risoluzione di 4 x 4 km<sup>2</sup>. La simulazione VAQ di riferimento utilizza la ricostruzione meteorologica dell'anno 2013, temporalmente coincidente con le simulazioni del presente studio, mentre le emissioni sono calcolate a partire dall'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) di Regione Piemonte nella versione più aggiornata disponibile (IREA 2008). Considerando che gli impianti a biomassa descritti in questo studio, fatta eccezione per C&T, non sono censiti nell'Inventario come sorgenti puntuali (a causa della ridotta taglia emissiva come ASA di Castellamonte e Provana Calore di Leini o perché entrati in attività successivamente al 2008), le concentrazioni medie annue della VAQ rappresentano un valore di fondo al quale sommare le ricadute degli impianti a biomassa. Il confronto tra le ricadute al suolo degli impianti, che si riferiscono agli ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>), e i dati di fondo relativi al solo NO<sub>2</sub> avviene in modo cautelativo ipotizzando una totale conversione degli NO<sub>x</sub> a NO<sub>2</sub>. In realtà, sebbene non sia

possibile definire un rateo univoco, in quanto esso dipende da fattori quali le concentrazioni di ozono che gli inquinanti presenti nel pennacchio incontrano nell'atmosfera circostante o le condizioni meteorologiche, è possibile stimare fattori di conversione che variano dal 60 al 90% in funzione della stagione<sup>55</sup>.

Analizzando il dominio nord, si osserva che la VAQ prevede superamenti del valore medio annuo per il biossido di azoto in un'area collocata nell'angolo SW del dominio che, prevalentemente, non risente delle ricadute degli impianti a biomassa; fa eccezione un'unica cella, coincidente con la zona più a W del comune di Settimo Torinese, dove le concentrazioni stimate sono pari a 40,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In quest'area, il contributo medio annuo degli impianti più prossimi è di 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_x$ , quindi piuttosto modesto. I contributi più significativi in termini di media annua nel dominio sono associati ai due impianti a biomassa solida ASA di Castellamonte (0,75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e Eoslab di Torrazza (0,70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e all'impianto a biogas Società Agricola Tenuta Duca di Verolengo (0,72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); i valori di fondo stimati dalla VAQ risultano essere ampiamente al di sotto del valore limite per la media annua del biossido di azoto, sia nell'area di Castellamonte, con concentrazioni inferiori ai 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_2$ , sia in quella circostante le altre due aziende, con concentrazioni stimate ampiamente al di sotto dei 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_2$ .

Analizzando il dominio sud, l'unica cella del dominio in cui la VAQ stima un superamento è situata nell'angolo NE in corrispondenza del territorio comunale di Nichelino, con 43,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_2$ , area nella quale l'apporto degli impianti a biomassa è molto limitato (al massimo pari a 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_x$ ). L'impianto che contribuisce più significativamente alle concentrazioni medie annue di ossidi di azoto è l'impianto a biomassa legnosa C&T di Airasca, con 1,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_x$ ; è da notare che il contributo di C&T risulta essere l'unico già incluso nel fondo come sorgente puntuale. Il contributo più rilevante da considerarsi aggiuntivo alle concentrazioni di fondo risulta essere quello associato alla Società Agricola Speranza di Candiolo alimentata a biogas, con una concentrazione media annua di 1,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di ossidi di azoto nell'ipotesi conservativa che lavori in assetto cogenerativo tutto l'anno; in realtà, considerando il reale ciclo annuale di funzionamento, la concentrazione massima stimata risulta essere di 1,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I rimanenti impianti del dominio, tutti a biogas, contribuiscono alle medie annue con concentrazioni inferiori a 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_x$ .

Le concentrazioni massime di  $\text{NO}_x$  sul breve periodo sono più significative e per entrambi i domini sono pari a 91  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nel dominio nord associate alle ricadute di ASA di Castellamonte e nel dominio sud a quelle di C&T di Airasca; per entrambe le aziende il 99,8° percentile di  $\text{NO}_x$  si riduce a concentrazioni prossime ai 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Esaurita la discussione dei risultati relativi a  $\text{NO}_x$ , nel seguito sarà fatta una breve analisi dei risultati degli altri inquinanti considerati, individuando gli impianti di maggior impatto nei due domini considerati.

Per quanto riguarda il monossido di carbonio, il cui indicatore previsto dalla normativa è la media mobile sulle 8 ore, per poter avere informazioni circa i contributi delle diverse aziende è possibile far riferimento alla massima media oraria; il contributo più significativo risulta essere pari a 68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel dominio sud dovuto alla Società Agricola Speranza di Candiolo in assetto cogenerativo e a 51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel dominio nord associato alla ditta ASA di Castellamonte. Entrambi i valori sono ampiamente inferiori al limite previsto dalla normativa vigente di 10  $\text{mg}/\text{m}^3$  come massima media sulle 8 ore.

Per quanto riguarda il  $\text{PM}_{10}$  primario, il maggior contributo alle concentrazioni medie annue è pari, nel dominio nord, a 0,059  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e proviene dall'impianto Eoslab di Torrazza e, nel dominio sud, a 0,0034  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dovuto all'impianto C&T di Airasca. I valori del  $\text{PM}_{2,5}$  primario risultano essere ancora inferiori e decisamente poco rilevanti.

Nel caso dei COT, il valore medio annuo più elevato è associato agli impianti a biogas: nel dominio sud è pari a 4,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ed è dovuto alla Società Agricola Speranza di Candiolo in assetto cogenerativo, mentre in quello nord è pari a 1,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ed è associato alla Società Agricola Tenuta Duca di Verolengo. Gli impianti a biomassa legnosa e liquida presentano concentrazioni massime medie annuali inferiori a 0,03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Relativamente al  $\text{SO}_2$ , nel dominio sud l'impatto maggiore è dovuto alla Società Agricola Speranza di Candiolo in assetto cogenerativo che contribuisce alle concentrazioni medie annue con 1,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre nel dominio nord il contributo più significativo è dovuto a Eoslab di Torrazza con

---

<sup>55</sup> Janssen L. H. J. M. et al.: A classification of NO oxidation rates in power plant plumes based on atmospheric conditions – Atmospheric Environment Vol. 22, No. 1, pp. 43-53, 1988

0,059  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La massima media oraria per questo inquinante è stimata per l'impianto ASA di Castellamonte con 4,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel dominio nord, mentre nel dominio sud per la Società Agricola Speranza di Candiolo in assetto cogenerativo con 59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , comunque ampiamente al di sotto dei limiti previsti dalla qualità dell'aria.

Fra gli impianti che immettono in atmosfera acido cloridrico il contributo maggiore nel dominio sud proviene da C&T di Airasca con una concentrazione media annuale di 0,031  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre nel dominio nord proviene da Sipea di Rivarolo con 0,042  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nel caso dell'ammoniaca le concentrazioni massime medie annue sono dovute a Biogen di Chivasso con 0,025  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel dominio nord e nel dominio sud a C&T di Airasca con 0,01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In tutti gli impianti presso i quali sono state condotte le misure di mercurio e di acido fluoridrico, i valori rilevati sono risultati inferiori al limite di rilevabilità strumentale, pertanto non ne sono state stimate le ricadute mediante le simulazioni modellistiche.

Analizzando i risultati relativi ai microinquinanti, le concentrazioni stimate sono poco significative. Nel caso dei PCB le concentrazioni massime medie annue sono pari a 0,1  $\text{pg}/\text{m}^3$  per C&T di Airasca, ossia di un ordine di grandezza inferiori a quelle che il WHO definisce per le aree non contaminate, mentre per PCDD/PCDF il valore massimo riscontrato è associato alla Biogen di Chivasso ed è pari 0,27  $\text{fg}/\text{m}^3$ , cioè due ordini di grandezza inferiori a quelle del WHO per le aree di fondo.

Per quanto riguarda gli idrocarburi policiclici aromatici, le mappe di ricaduta sono relative al totale di IPA, mostrando un valore massimo nel dominio sud dovuto a C&T di Airasca pari a 0,047  $\text{pg}/\text{m}^3$ ; è possibile, nota la concentrazione di benzo(a)pirene risultata dalle analisi, stimare per questo impianto una ricaduta massima media annua pari a 0,035  $\text{pg}/\text{m}^3$  di B(a)P a fronte di un valore previsto dalla normativa sulla qualità dell'aria di 1  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Gli altri impianti presso i quali sono stati effettuati i campionamenti a camino presentano concentrazioni di IPA totali inferiori a quelli di C&T e, in particolare, sia presso Biogen di Chivasso che presso Sipea di Rivarolo le concentrazioni di benzo(a)pirene sono risultate inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

Fra i metalli previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria ed analizzati nel corso dello studio, arsenico e cadmio sono risultati essere al di sotto del limite di rilevabilità strumentale. Per quanto riguarda il nichel, il contributo più significativo è dovuto alla C&T di Airasca, con una massima media annuale di 0,98  $\text{ng}/\text{m}^3$ , mentre per gli altri impianti le ricadute massime hanno valori di circa due ordini di grandezza inferiori; il limite previsto dalla normativa in atmosfera per questo metallo è pari a 20  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Anche per il piombo C&T è l'impianto che presenta le concentrazioni massime medie annue più elevate, con 0,98  $\text{ng}/\text{m}^3$ , sebbene ampiamente inferiori ai limiti di legge (0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Gli altri metalli rilevati dalle analisi non presentano limiti normativi alle immissioni. Le concentrazioni più elevate di metalli sono in generale associate alla C&T di Airasca, mentre negli altri impianti presso i quali sono stati effettuati campionamenti le concentrazioni sono risultate significativamente inferiori. Fra i metalli citati nelle Linee Guida WHO quello che nelle ricadute di C&T di Airasca maggiormente si avvicina alle concentrazioni di riferimento per le aree remote (0-3  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) è il cromo, che raggiunge una massima media annua di 0,65  $\text{ng}/\text{m}^3$ , mentre per il manganese si stima una massima media annua di 0,82  $\text{ng}/\text{m}^3$ , di un ordine di grandezza inferiore ai valori di riferimento delle aree remote (10-30  $\text{ng}/\text{m}^3$ ). Le immissioni più elevate di zinco (3,9  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) e rame (3,6  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) si riferiscono a C&T, che è anche l'unico impianto presso il quale siano state rilevate concentrazioni superiori al limite di rilevabilità per stagno e cobalto (entrambi con 0,49  $\text{ng}/\text{m}^3$ ). Il vanadio è invece stato rilevato unicamente presso l'impianto Biogen di Chivasso, con una massima media annua nelle ricadute al suolo di 0,012  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

## CONCLUSIONI

Lo studio ha preso in esame le caratteristiche emissive di 22 impianti alimentati a biomassa (solida, liquida e gassosa) presenti nel territorio della città metropolitana di Torino e ne ha valutato la dispersione sul territorio utilizzando simulazioni modellistiche.

Dal punto di vista emissivo gli impianti sono stati accuratamente descritti e studiati sulla base di:

- dati acquisiti dagli SME, ove presenti;
- misure effettuate da Arpa sui macroinquinanti e sui microinquinanti, presso quattro impianti selezionati in modo da fornire indicazioni sul contributo emissivo associato ad ognuna delle diverse tipologie di alimentazione a biomassa;

- informazioni da impianti simili;

in modo da ricostruire in modo adeguatamente rappresentativo il quadro emissivo di queste tipologie di impianti e, al contempo, ottenere le informazioni necessarie alla realizzazione delle successive simulazioni modellistiche. Queste sono state condotte su due domini collocati approssimativamente a NE e a SW della città di Torino, per i quali è stata ricostruita la meteorologia per l'anno 2013 ad un elevato dettaglio spaziale (300 metri) e sui quali sono quindi state realizzate le simulazioni dispersive ad una risoluzione di 150 metri.

Ogni impianto è stato descritto singolarmente, sia dal punto di vista emissivo che dispersivo, attraverso la produzione di mappe tematiche che illustrano le ricadute al suolo ottenute a partire dai dati emissivi orari (quando disponibili attraverso gli SME) o dai dati emissivi medi annui. Per tutti gli impianti sono state prodotte anche mappe di diluizione che permettono, nota la concentrazione emessa a camino di un inquinante generico, di stimare le corrispondenti concentrazioni al suolo a parità di condizioni emissive e di condizioni meteorologiche.

Gli impatti più rilevanti, limitatamente agli inquinanti primari, sono sicuramente associati agli ossidi di azoto.

In generale, per quanto riguarda gli impatti degli NO<sub>x</sub> prodotti dagli impianti a biomassa dotati di SME, per i quali sono state condotte due simulazioni, una con emissioni orarie variabili (scenario SME) e l'altra con emissioni orarie medie costanti (scenario medio annuale), si osserva che la stima delle concentrazioni massime sulla media annua con le due metodologie utilizzate non mostra differenze significative; invece nel caso dei massimi orari e dei 99.8° i valori possono differire anche di una decina di µg/m<sup>3</sup> con concentrazioni generalmente più elevate nello scenario SME, ad eccezione degli impianti Provana Calore e C&T nei quali le concentrazioni degli indicatori sul breve periodo sono più elevate nello scenario medio.

Dal punto di vista quantitativo le concentrazioni medie annue stimate sono sempre molto contenute, con valori massimi che non superano generalmente 1 µg/m<sup>3</sup>, ad eccezione di C&T di Airasca e Speranza di Candiolo. Per quanto riguarda gli indicatori sul breve periodo invece i valori sono più elevati, con concentrazioni massime al suolo che non risultano essere necessariamente legate alle differenze fra impianti di grandi e piccole dimensioni ma alle diverse caratteristiche emissive (altezza del camino e temperatura dei fumi, flusso di massa). I valori massimi orari (evento unico nell'anno meteorologico simulato) sono raggiunti da C&T di Airasca e ASA di Castellamonte con 91 µg/m<sup>3</sup>, mentre il 99.8° percentile si attesta su valori circa tre volte inferiori. Per quanto riguarda l'ampiezza delle aree di impatto, si osservano differenze significative legate alle dimensioni degli impianti; ad esempio gli impianti a biogas hanno in generale aree di ricaduta più limitate ma con concentrazioni spesso paragonabili a quelle degli impianti di maggiori dimensioni proprio a causa delle differenti caratteristiche emissive.

Relativamente all'impatto degli altri inquinanti, COT, SO<sub>x</sub>, CO, polveri, HCl, metalli, PCB, PCDD/DF e IPA, le concentrazioni medie annue al suolo sono molto contenute e inferiori ai limiti di legge, qualora disponibili, o ai valori di riferimento citati nelle Linee Guida WHO.







<http://www.cittametropolitana.torino.gov.it>



<http://www.arpa.piemonte.it>