

# Uno sguardo all'aria

2011



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

**Anno 2011**

**Testi ed elaborazioni a cura di:**

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

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

**ARPA Dipartimento di Torino:**

C. Bussi, F. Lollobrigida, A. Bruno, M. Maringo, F. Pittarello, F. Romeo, M. Sacco, A. Mangiavillano.

**ARPA Area Sistemi Previsionali:**

M. Nicolella, G. Paesano.

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

**ARPA Dipartimento di Torino:**

D. Budano, C. Bugnone, M. Cadeddu, G. Castrogiovanni, A. D'Agostino, D. Di Martino, M. Di Martino, C. Duretti, G. Gallina, P. Giansanti, V. Guelpa, F. Pitasi, G. Prano, P. Rosina, V. Sciortino, R. Sergi, D. Simondi, E. Vincenzino, 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.

|                                                                                                                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO</b> .....                                                                                                         | <b>8</b>  |
| <b>MONOSSIDO DI CARBONIO</b> .....                                                                                                                                                             | <b>11</b> |
| DESCRIZIONE .....                                                                                                                                                                              | 11        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 11        |
| <b>BIOSSIDO D'AZOTO</b> .....                                                                                                                                                                  | <b>14</b> |
| DESCRIZIONE .....                                                                                                                                                                              | 14        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 15        |
| <b>BIOSSIDO DI ZOLFO</b> .....                                                                                                                                                                 | <b>21</b> |
| DESCRIZIONE .....                                                                                                                                                                              | 21        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 22        |
| <b>OZONO</b> .....                                                                                                                                                                             | <b>24</b> |
| DESCRIZIONE .....                                                                                                                                                                              | 24        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 25        |
| <b>BENZENE</b> .....                                                                                                                                                                           | <b>31</b> |
| DESCRIZIONE .....                                                                                                                                                                              | 31        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 31        |
| <b>PARTICOLATO SOSPESO</b> .....                                                                                                                                                               | <b>33</b> |
| DESCRIZIONE .....                                                                                                                                                                              | 33        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 34        |
| <b>DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE E COMPOSIZIONE CHIMICA DEL PARTICOLATO<br/>AERODISPERSO - L'ESPERIENZA DEL PROGETTO IMONITRAFI</b> .....                                                         | <b>41</b> |
| INTRODUZIONE .....                                                                                                                                                                             | 41        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 41        |
| CONCLUSIONI .....                                                                                                                                                                              | 44        |
| <b>METALLI</b> .....                                                                                                                                                                           | <b>46</b> |
| DESCRIZIONE .....                                                                                                                                                                              | 46        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 47        |
| <b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b> .....                                                                                                                                                 | <b>53</b> |
| DESCRIZIONE .....                                                                                                                                                                              | 53        |
| ESAME DEI DATI .....                                                                                                                                                                           | 54        |
| <b>LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA</b> .....                                                                                                                         | <b>58</b> |
| <b>CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2011</b> .....                                                                                                                | <b>60</b> |
| IL CLIMA DEL 2011 .....                                                                                                                                                                        | 60        |
| I DATI METEO MISURATI NEL 2011 .....                                                                                                                                                           | 68        |
| <b>EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE</b> .....                                                                                                                                         | <b>73</b> |
| I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE .....                                                                                                                                               | 73        |
| IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO .....                                                                                                                                                | 75        |
| EMISSIONI DEI VEICOLI IN CICLI DI GUIDA REALI .....                                                                                                                                            | 79        |
| <b>STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA<br/>METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2011 E CONFRONTO CON MISURE<br/>IN CAMPO DI TRAFFICO VEICOLARE</b> ..... | <b>80</b> |
| INTRODUZIONE .....                                                                                                                                                                             | 80        |
| ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2011 .....                                                                                                                                                    | 80        |
| CONCLUSIONI .....                                                                                                                                                                              | 91        |

---

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>MODELLISTICA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE</b> ..... | <b>92</b> |
| AGGIORNAMENTO INVENTARIO EMISSIONI 2008 .....                                      | 92        |
| SCENARI EMISSIVI .....                                                             | 94        |
| CONCLUSIONI .....                                                                  | 97        |
| <br>                                                                               |           |
| <b>L'APPLICAZIONE DELL'INDICE PREVISIONALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA (IPQA)</b>      |           |
| <b>NELL'AGGLOMERATO TORINESE</b> .....                                             | <b>98</b> |
| COS'È L'IPQA .....                                                                 | 98        |
| L'AREA DI APPLICAZIONE DELL'IPQA .....                                             | 98        |
| LA LETTURA DELL'IPQA .....                                                         | 99        |

I dati incoraggianti rilevati in un 2010 climaticamente benevolo ci permettevano di fotografare una situazione di qualità dell'aria in netto miglioramento rispetto agli anni precedenti in tutto il territorio provinciale. Il 2011, meno favorevole dal punto di vista meteorologico, torna a ricordarci che le problematiche di qualità dell'aria sono ancora lontane dal potersi considerare risolte.

Il perdurare della crisi mondiale mantiene drammaticamente in cima all'agenda dei governi e all'attenzione delle famiglie e delle imprese i temi dell'occupazione e dell'economia e pone le questioni ambientali in una zona d'ombra nella percezione generale, quasi che esse fossero un lusso che non ci si può permettere in un momento di difficoltà finanziaria generalizzata.

Le questioni di sostenibilità economica e ambientale sono però strettamente connesse e, mai come in questi anni, si dimostrano dimensioni caratterizzate da uno straordinario livello di interdipendenza. Sviluppo e produzione industriale non sono più perseguibili come obiettivi a se stanti, senza la garanzia di un'adeguata attenzione alla salvaguardia dell'ambiente. Il drammatico caso dell'Ilva di Taranto, che per settimane ha attirato su di sé l'attenzione del Governo e dell'opinione pubblica, è lì a ricordarci, anche e soprattutto in un momento di crisi, che una corretta gestione ambientale delle attività produttive, cuore di ogni economia, costituisce un'inderogabile presupposto per generare valore nel medio termine, evitando contraccolpi insostenibili nel breve.

Il tema della salvaguardia della salute dei cittadini è ormai diventato un compito politico ineludibile per ogni ente consapevole: conciliare questo obbligo con la necessità di promuovere le iniziative industriali, senza pregiudicarne la competitività in termini di costi di produzione, costituisce una delle grandi sfide di questo momento storico.

Questo Rapporto, che consegniamo all'attenzione dei cittadini e delle altre istituzioni, documenta lo sforzo che si sta compiendo a livello di area vasta per attivare percorsi virtuosi (il teleriscaldamento, il sistema del trasporto pubblico locale). Altrettanto chiaramente, però, documenta la fragilità dei risultati ad oggi raggiunti.

Siamo consapevoli che la strada da percorrere per consolidare le situazioni positive sia ancora lunga, anche per le particolarità morfologiche del nostro territorio, ma siamo altrettanto certi che in questo momento di crisi occorra con ostinazione proseguire nell'investimento sulla salvaguardia dell'ambiente, come motore di una possibile ripresa che, come osserviamo in altri paesi, spesso è trascinata dalle scelte di sostenibilità ambientale compiute a livello nazionale e locale.

**L'Assessore all'Ambiente**  
Roberto Ronco

**Il Presidente  
della Provincia di Torino**  
Antonio Scitta

## PREFAZIONE A CURA DELLA PROVINCIA DI TORINO

Grande attenzione è stata posta nel corso dell'ultimo anno al miglioramento dei sistemi di comunicazione dei livelli della qualità dell'aria e degli strumenti di programmazione e valutazione delle misure di risanamento della qualità dell'aria.

Grazie ad un intenso lavoro di collaborazione con ARPA Piemonte dal 1° dicembre 2011 il valore dell'Indice Previsionale di Qualità dell'Aria è pubblicato sul sito internet della Provincia di Torino e sui principali quotidiani. L'IPQA è un indice di tipo previsionale che esprime in modo sintetico lo stato della qualità dell'aria dell'agglomerato Torinese attraverso un'indicazione numerica e cromatica. L'IPQA viene elaborato sulla base delle concentrazioni dei principali inquinanti presenti in atmosfera (PM10, biossido di azoto e ozono) calcolate su base oraria da un sistema modellistico prognostico che, a partire dalle previsioni meteorologiche e dalla stima delle emissioni degli inquinanti, simula il trasporto, la deposizione e le trasformazioni chimiche degli stessi.

Tutti gli abitanti dell'area metropolitana torinese sono così informati in tempo reale sui livelli di inquinamento presenti nella giornata in corso e sulle loro evoluzioni future. L'IPQA colma pertanto in modo semplice ed immediato quel vuoto informativo che i dati rilevati dalle centraline non possono per loro natura riempire.

Dal punto di vista del miglioramento delle conoscenze dei fenomeni di inquinamento atmosferico e della definizione di misure di risanamento sempre nel corso del 2011 è stato predisposto uno studio che attraverso l'ottimizzazione della descrizione delle sorgenti emissive presenti sul territorio dell'area metropolitana torinese e l'utilizzo di avanzati modelli di dispersione degli inquinanti in atmosfera ha consentito di stimare la qualità dell'aria in tre scenari futuri individuati nell'anno 2015.

Lo studio ha avuto due ordini di finalità: una di carattere scientifico che si propone di valutare i benefici di una descrizione particolarmente accurata delle fonti di emissione sui risultati delle simulazioni modellistiche, l'altra, di carattere politico/gestionale, ha come obiettivo quello di valutare l'impatto che avranno sulla qualità dell'aria le misure di risanamento programmate e quale impatto potrebbero avere quelle auspiccate.

I risultati delle analisi di scenario confermano la possibilità, a fronte di misure ambiziose, di raggiungere nel medio periodo gli obiettivi di qualità dell'aria fissati a livello europeo, almeno per quanto concerne il biossido di azoto.

Vi invito in conclusione alla lettura del presente documento che ritengo sia in grado di fornire un'informazione esaustiva sulle principali questioni legate ai temi della qualità dell'aria.

**Il Direttore dell'Area Risorse Idriche e  
Qualità dell'Aria della Provincia di Torino**  
Dott. Francesco Pavone

## PREFAZIONE A CURA DI ARPA PIEMONTE

L'esame dei dati rilevati nel 2011 dalle stazioni di monitoraggio sul territorio provinciale conferma che, dei dodici inquinanti atmosferici per i quali la normativa stabilisce degli indicatori di qualità dell'aria ambiente, quattro – PM10, PM2,5, ozono e in misura minore biossido di azoto – presentano ancora il superamento di uno o più valori limite.

Il 2011 è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche particolarmente critiche per la qualità dell'aria, soprattutto se confrontate con quelle dell'anno precedente. Le precipitazioni sono state significativamente inferiori in termini sia di numero di giorni piovosi che di quantità complessiva di pioggia e inoltre durante il primo bimestre sono risultate particolarmente critiche le condizioni di stabilità atmosferica, che favoriscono il confinamento degli inquinanti in prossimità del suolo.

Rispetto al 2010 si è quindi assistito a un generale peggioramento degli indicatori previsti dalla normativa per biossido di azoto, PM10 e PM2,5, i tre inquinanti più critici nei mesi freddi dell'anno. Va comunque precisato che a livello di serie temporali sia il PM10 che il biossido di azoto mostrano - soprattutto nelle stazioni che storicamente presentano i valori più elevati - una significativa tendenza alla diminuzione delle concentrazioni; le medie annuali di PM10 nelle stazioni di punta della città di Torino, ad esempio, sono oggi inferiori del 30 - 40% rispetto a quelle rilevate nell'anno 2000. Anche per il PM2,5 si osserva una tendenza alla diminuzione dei valori, ma in questo caso, trattandosi di un inquinante che è stato introdotto nella normativa in anni più recenti, la serie temporale è più limitata per cui il dato andrà di necessità confermato nei prossimi anni.

L'ozono - che a differenza degli altri tre inquinanti citati presenta i valori più elevati nei mesi caldi dell'anno - non mostra invece sul lungo periodo una tendenza significativa né alla diminuzione né all'aumento delle concentrazioni.

Per quanto riguarda lo sviluppo e la razionalizzazione delle attività di monitoraggio, nel 2011 Arpa Piemonte ha proseguito nell'adeguamento della rete di stazioni fisse alle nuove normative europee. In particolare sono state riposizionate all'interno dello stesso comune le stazioni di Grugliasco, Chieri e Carmagnola – quest'ultima con incremento della strumentazione – e sono stati installati un ulteriore punto di misura del PM2,5 nella stazione di Ivrea e tre ulteriori punti di misura del benzene nelle stazioni di Torino Lingotto, Torino Piazza Rebaudengo e Vinovo.

Nell'anno 2012 Arpa ha inoltre realizzato attività di studio a supporto del Tavolo tecnico-politico Regione/Province, con la finalità di stimare l'efficacia di possibili provvedimenti adottati per il miglioramento della qualità dell'aria. Come prima attività si è ritenuto di valutare gli effetti della limitazione del traffico veicolare domenicale nei centri urbani (scenario "domeniche a piedi"), simulando la riduzione delle emissioni e degli inquinanti rispetto ad un provvedimento massimizzato per estensione spaziale e territoriale e senza deroghe: i risultati hanno confermato la sostanziale inefficacia del provvedimento sulla riduzione dei livelli di inquinanti.

È proseguito infine l'impegno dell'Agenzia in attività progettuali specifiche. Accanto all'esperienza di monitoraggio delle particelle ultrafini nell'area urbana, condotto da alcuni anni in collaborazione con l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino, un particolare rilievo rivestono i risultati del progetto europeo iMonitraf! relativi alla distribuzione dimensionale e alla composizione chimica del particolato sia nel capoluogo che lungo l'autostrada A32.

**Il Direttore del Dipartimento di Torino**  
Dott.ssa Antonella Pannocchia

**Il Direttore Generale**  
Ing. Silvano Ravera

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:  
F. Romeo (Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino).**

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Provincia di Torino, è composta da 22 postazioni fisse di proprietà pubblica, da alcune postazioni fisse di proprietà di aziende private 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 le due stazioni in cui viene campionato esclusivamente il particolato atmosferico non sono collegate attraverso linee telefoniche, in quanto il tipo di misurazione con sistema gravimetrico dei parametri PM10 e polveri totali 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 l'indicazione "beta" oppure "gravimetrico", che fa riferimento ai metodi di misura.

Nel primo caso la misura è effettuata da un analizzatore automatico, per cui il dato di concentrazione media di PM10 o PM2,5 riferita a 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.

Nel secondo caso 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 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, inoltre, 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.

Nella TABELLA 3 si riporta una breve descrizione dei siti di misura, realizzata secondo le indicazioni contenute nel D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 e nella normativa che regola lo scambio di informazioni a livello europeo (Guidance on the annexes to decision 97/101/EC on exchange of information as revised by decision 2001/752/EC).

Il laboratorio mobile rappresenta inoltre un versatile strumento in dotazione alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria. La sua peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocato 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.

| NOME                                    | INDIRIZZO                                                  | PARAMETRI                                                                                     |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alpignano                               | Via F. Baracca, 12 – Alpignano                             | O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>                                                              |
| Beinasco                                | Via S. Pellico, 5 – Beinasco                               | NO <sub>x</sub>                                                                               |
| Borgaro                                 | Via Italia – Borgaro                                       | O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico                      |
| Carmagnola                              | P.zzetta Di Vittorio, 1 – Carmagnola                       | PM10 gravimetrico                                                                             |
| Ceresole Reale                          | c/o centrale idroelettrica                                 | O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico, Polveri PM10 - Beta |
| Chieri                                  | C.so Buoizzi, 1 – Chieri                                   | NO <sub>x</sub>                                                                               |
| Ciriè                                   | Via Teneschie, 2 – Ciriè                                   | SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>                                                             |
| Druento                                 | Cascina Peppinella – Druento                               | O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , PM10 gravimetrico                                          |
| Grugliasco                              | Via Roma, 15 – Grugliasco                                  | SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>                                                             |
| Grugliasco*                             | viale Radich 8/12                                          | SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>                                                             |
| Ivrea                                   | Viale della Liberazione, 1 – Ivrea                         | NO <sub>x</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico                  |
| Orbassano                               | Via Gozzano – Orbassano                                    | O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>                                                              |
| Oulx                                    | Via Roma angolo via Des Moines – Oulx                      | CO, NO <sub>x</sub> , PM10 beta                                                               |
| Pinerolo                                | P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo                             | NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10 gravimetrico                                          |
| Settimo T.se                            | Via Milano, 3 – Settimo                                    | CO, NO <sub>x</sub> , Polveri PM2,5 - Basso Volume                                            |
| Susa                                    | P.zza della Repubblica – Susa                              | NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10 gravimetrico                                          |
| TO – I.T.I.S. Grassi                    | Via P. Veronese – Torino                                   | PM10 gravimetrico                                                                             |
| TO – Lingotto                           | Via A. Monti, 21 – Torino                                  | NO <sub>x</sub> , PM10 beta, PM2,5 gravimetrico, PM10 gravimetrico, BTX, O <sub>3</sub>       |
| TO – Mezzo Mobile                       |                                                            | O <sub>3</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , BTX, SO <sub>2</sub> , PM10 gravimetrico               |
| TO – Piazza Rebaudengo                  | P.zza Rebaudengo, 23 – Torino                              | CO, NO <sub>x</sub> , BTX                                                                     |
| TO – Piazza Rivoli                      | P.zza Rivoli, 4 – Torino                                   | CO, NO <sub>x</sub> , PM10 gravimetrico                                                       |
| TO – Via Consolata                      | Via Consolata, 10 – Torino                                 | SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , PM10 gravimetrico, PTS, BTX                           |
| TO – Rubino                             | Via Rubino, giardini Rubino – Torino                       | CO, NO <sub>x</sub> , PM10 gravimetrico, BTX                                                  |
| Vinovo                                  | Via Garibaldi, 3 – Vinovo                                  | O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , BTX                                                        |
| Chivasso – Edipower <sup>(1)</sup>      | Via Montanaro – Chivasso<br>Idrocarburi non metanici       | SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM10 beta, PM2,5 beta,               |
| Castagneto Po – Edipower <sup>(1)</sup> | Via Monpilotto – Castagneto Po<br>Idrocarburi non metanici | SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM10 beta, PM2,5 beta,               |
| Baldissero – GDF Suez <sup>(2)</sup>    | Str. Pino Torinese, 1 – Baldissero                         | CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , PM10 beta                                              |
| Leini – GDF Suez <sup>(2)</sup>         | Via vittime di Bologna, 12 – Leini                         | CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , PM10 beta, PM2,5 beta                                  |

(1) Stazione gestita da ente privato.

(2) Stazione di ente privato gestita da ARPA Piemonte.

\*Stazione attiva dal 25/07/2011

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

| CODICE PARAMETRO | DESCRIZIONE                  |
|------------------|------------------------------|
| BTX              | Benzene, toluene, xilene     |
| CO               | Monossido di carbonio        |
| NO <sub>x</sub>  | Ossidi di azoto              |
| O <sub>3</sub>   | Ozono                        |
| SO <sub>2</sub>  | Biossido di zolfo            |
| CH <sub>4</sub>  | Metano                       |
| PM10             | Particolato sospeso < 10 µm  |
| PM2,5            | Particolato sospeso < 2,5 µm |
| PTS              | Polveri totali sospese       |

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.

| STAZIONE                                | TIPOLOGIA STAZIONE | SITO DI CAMPIONAMENTO | TIPOLOGIA EMISSIONI                      |
|-----------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------------------------|
| Alpignano                               | fondo              | urbano                | residenziale                             |
| Beinasco                                | fondo              | urbano                | industriale/residenziale                 |
| Borgaro                                 | fondo              | suburbano             | residenziale                             |
| Carmagnola                              | traffico           | suburbano             | residenziale/industriale/<br>commerciale |
| Ceresole Reale                          | fondo              | rurale                | naturale                                 |
| Chieri                                  | traffico           | suburbano             | residenziale/industriale/<br>commerciale |
| Ciriè                                   | fondo              | urbano                | residenziale                             |
| Druento                                 | fondo              | rurale                | naturale                                 |
| Grugliasco                              | traffico           | urbano                | residenziale/industriale/<br>commerciale |
| Grugliasco*                             | fondo              | urbano                | residenziale                             |
| Ivrea                                   | fondo              | suburbano             | residenziale                             |
| Orbassano                               | fondo              | suburbano             | residenziale                             |
| Oulx                                    | traffico           | suburbano             | residenziale                             |
| Pinerolo                                | fondo              | urbano                | residenziale/commerciale                 |
| Settimo T.se                            | traffico           | urbano                | residenziale/industriale/<br>commerciale |
| Susa                                    | fondo              | suburbano             | commerciale                              |
| TO - I.T.I.S. Grassi                    | traffico           | urbano                | industriale/residenziale                 |
| TO - Lingotto                           | fondo              | urbano                | industriale/residenziale                 |
| TO - Mezzo Mobile                       |                    |                       |                                          |
| TO - Piazza Rebaudengo                  | traffico           | urbano                | residenziale/industriale                 |
| TO - Piazza Rivoli                      | traffico           | urbano                | residenziale/commerciale                 |
| TO - Via Consolata                      | traffico           | urbano                | residenziale/commerciale                 |
| TO - Rubino                             | fondo              | urbano                | residenziale                             |
| Vinovo                                  | fondo              | suburbano             | residenziale                             |
| Chivasso - Edipower <sup>(1)</sup>      | fondo              | suburbano             | residenziale                             |
| Castagneto Po - Edipower <sup>(1)</sup> | fondo              | rurale                | residenziale                             |
| Baldissero - GDF Suez <sup>(2)</sup>    | fondo              | rurale                | agricola                                 |
| Leinì - GDF Suez <sup>(2)</sup>         | fondo              | suburbano             | residenziale                             |

(1) Stazione gestita da ente privato.

(2) Stazione di ente privato gestita da ARPA Piemonte.

\*Stazione attiva dal 25/07/2011

TABELLA 3: descrizione del posizionamento delle stazioni di misura della rete di monitoraggio gestita da ARPA Piemonte.

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

**D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

## DESCRIZIONE

Il carbonio, che costituisce lo 0,08% della crosta terrestre, si trova in natura sia allo stato elementare sia allo stato combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite, nei carboni fossili, etc.

Il carbonio è in grado di legarsi chimicamente con l'ossigeno formando due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico 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>). È un gas inodore ed incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.

La principale sorgente di CO è rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina.

La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore; si registrano concentrazioni più elevate con 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. Il CO ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno ed il composto che si genera (carbossi-emoglobina) è estremamente stabile. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie. Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

Alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute sono reversibili e sicuramente meno acuti.

I valori limite definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 4.

| VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA |                                      |                                                         |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Periodo medio                                      | Valore limite<br>(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 4: D.Lgs. 155/2010, valore limite per il monossido di carbonio.

## ESAME DEI DATI

Le rilevazioni effettuate nel corso dell'anno 2011 hanno evidenziato concentrazioni medie annuali comprese fra 0,4 e 1,4 mg/m<sup>3</sup>. Se si confrontano i valori medi annuali con quelli registrati negli anni precedenti si nota quasi ovunque una similarità dei dati. Anche quest'anno si nota una mancanza assoluta di superamenti 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).

L'evoluzione delle concentrazioni del monossido di carbonio avvenuta nel corso degli ultimi anni è evidenziata nel grafico in FIGURA 1, il quale riporta le concentrazioni medie annue misurate dal 1980 al 2011 nella stazione di Torino – Rebaudengo. È evidente un nettissimo calo delle concentrazioni di CO dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per au-

totrazione ad accensione comandata e, a partire dai primi anni 90, dall'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici a tre vie.

Il lieve incremento verificatosi nel 2010 rispetto ai tre anni precedenti è confermato nel 2011. Tale incremento non desta alcuna preoccupazione soprattutto in relazione all'entità delle concentrazioni assolute che permangono molto basse e al fatto che la tendenza non è in crescita.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI CO**  
**stazione di Torino-Rebaudengo**  
**1980 - 2011**

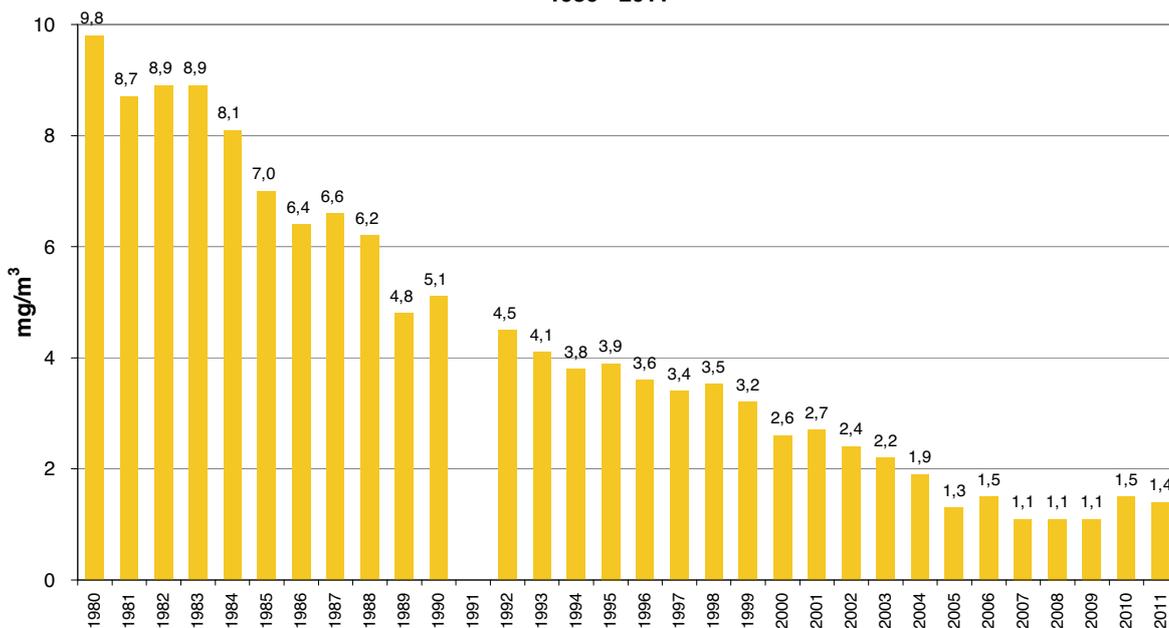


FIGURA 1: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di Torino-Rebaudengo dal 1980 al 2011.

| STAZIONE          | Rendimento strumentale 2011 (% 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> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                   |                                             | 2002                            | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2002                                                                                                                                          | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| BALDISSERO        | 98%                                         |                                 |      |      |      |      | 0,3  | 0,4  | 0,3  | 0,4  | 0,4  | 0,4                                                                                                                                           |      |      |      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| CARMAGNOLA        | 7%                                          |                                 |      |      |      |      |      |      |      |      | 1,1* |                                                                                                                                               |      |      |      |      |      |      |      |      | 0*   |
| CHIERI            |                                             | 0,9                             | 0,7* | 0,6  | 0,7  | 0,7  | 0,6  | 0,6  | 0,5  |      |      |                                                                                                                                               |      |      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| IVREA-Liberazione | 98%                                         |                                 |      |      |      |      | 0,6  | 0,5  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,7                                                                                                                                           |      |      |      |      |      |      |      |      | 0    |
| LEINI             | 98%                                         |                                 |      |      |      |      | 0,5* | 0,6  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7                                                                                                                                           |      |      |      | 0*   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| NICHELINO         |                                             | 2,0                             | 1,8  | 1,3  | 1,3* | 1,1  | 0,9  | 0,8  | 1,5* |      |      |                                                                                                                                               |      |      | 7    | 0    | 0    | 0    | 0*   | 0    | 0    |
| OULX              | 92%                                         |                                 |      | -    | -    | 0,3* | 0,4  | 0,4* | 0,4  | 0,5* | 0,5  | 0,5                                                                                                                                           |      |      | 0    | 0    | -    | 0*   | 0    | 0*   | 0    |
| PINEROLO          |                                             | 0,8                             | 0,7  | 0,6  | 0,7  | 0,7  | 0,6  | 0,6  | 0,6  |      |      |                                                                                                                                               |      |      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| RIVOLI            |                                             | 0,9                             | 0,7  | 0,9* | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,6  | 0,6  |      |      |                                                                                                                                               |      |      | 0    | 0    | 0*   | 0    | 0    | 0    | 0    |
| SETTIMO           | 96%                                         | 1,5                             | 1,2  | 1,1* | 1,0  | 1,1  | 1,0  | 0,8  | 0,9  | 1    | 1    | 1                                                                                                                                             |      |      | 1    | 0    | 0*   | 0    | 0    | 0    | 0    |
| SUSA              |                                             | 0,6*                            | 0,5* | 0,4* | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  |      |      |                                                                                                                                               |      |      | 0*   | 0*   | 0*   | 0    | 0    | 0    | 0    |
| TO-CONSOLATA      | 99%                                         | 2,1                             | 1,6  | 1,5  | 1,4  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3                                                                                                                                           |      |      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| TO-LINGOTTO       |                                             | 1,2                             | 1,0* | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 0,7  | 1,1* | 0,6  |      |      |                                                                                                                                               |      |      | 0    | 0*   | 0    | 0    | 0*   | 0    | 0    |
| TO-REBAUDENGO     | 99%                                         | 2,4                             | 2,2* | 1,9  | 1,3  | 1,5  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,5  | 1,4  | 1,4                                                                                                                                           |      |      | 0    | 0*   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| TO-RIVOLI         | 94%                                         | 2,2                             | 2,0  | 1,7  | 1,5  | 1,3  | 1,2  | 1,1  | 0,9  | 1,3  | 1,4  | 1,4                                                                                                                                           |      |      | 4    | 2    |      |      |      |      | 0    |
| TO-RUBINO         | 97%                                         |                                 |      |      |      |      | 0,6* | 0,7  | 0,7  | 1    | 1    | 1                                                                                                                                             |      |      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

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

TABELLA 5: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio.

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

**Annalisa Bruno, Fabio Pittarello - ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

**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).

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 6.

**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)    |  |
|-----------------------|--------------------------------------|--|
| 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 6: D.Lgs. 13 agosto 2010, n.155, valori limite per gli ossidi di azoto.

## ESAME DEI DATI

Da una prima analisi dei dati del 2011, riportati in TABELLA 7, si osserva che per la maggior parte delle stazioni (77%) i valori medi annui del biossido di azoto rimangono invariati o aumentano di qualche unità rispetto all'anno precedente. Solo 5 stazioni su 22 invece presentano un lieve miglioramento rispetto al 2010. Torino Rebaudengo è l'unica stazione situata in area metropolitana che mostra una riduzione del valore medio annuale, seppure molto contenuta (inferiore al 3%).

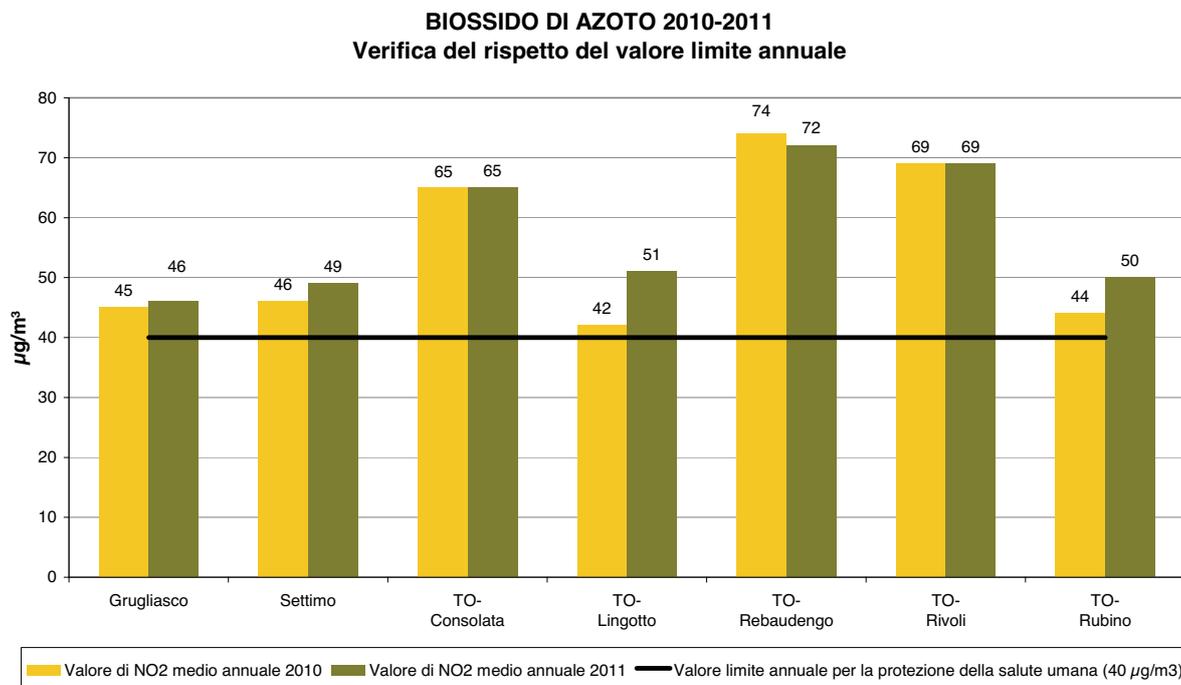


FIGURA 2: parametro NO<sub>2</sub>, numero di superamenti del limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>, confronto fra gli anni 2010-2011.

Nella FIGURA 2 vengono rappresentate le sette stazioni della provincia di Torino che superano il valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Per le cinque stazioni dell'area metropolitana torinese la media annuale di NO<sub>2</sub> aumenta o rimane invariata rispetto al 2010, con l'unica eccezione di Torino Rebaudengo. In particolare le due stazioni urbane di fondo, Torino Rubino e soprattutto Torino Lingotto, presentano un incremento consistente della media annuale (rispettivamente il 14% e il 21%).

Le stazioni di Beinasco e Chieri, presenti nel precedente rapporto sulla qualità dell'aria, sebbene non migliorino, sono state comunque eliminate dal grafico perché nel biennio 2010-2011 non superano il valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>.

Nel mese di luglio del 2011 la stazione di Grugliasco è stata spostata da via Roma (scuola Di Nanni) a viale Radich, distante poco più di due chilometri in direzione est. Nei grafici e nella tabella riepilogativa tuttavia viene fornito un unico dato (ottenuto per somma o media dei valori delle due stazioni) visto che le due stazioni presentano andamenti sovrapponibili. A partire dal 2012 saranno disponibili serie complete di dati rappresentative del nuovo sito.

La FIGURA 3 fotografa la situazione dell'area metropolitana di Torino negli ultimi vent'anni, dal 1991 al 2010. Vengono riportate le concentrazioni medie annue di due stazioni del capoluogo, Torino Lingotto, stazione di fondo con i valori più bassi e Torino Rebaudengo, caratterizzata da intenso traffico veicolare. Dalla curva della media annua 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  $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato nel 2011, leggermente più alto del valore minimo assoluto registrato nel 2010 ( $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tale andamento è riscontrabile anche nelle due stazioni di riferimento, TO-Rebaudengo (da valori prossimi o superiori a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prima del 1996, a valori sempre inferiori a  $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), e TO-Lingotto (da valori sempre superiori a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a valori generalmente compresi entro  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e talvolta inferiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Si fa notare tuttavia che a partire dal 1996 il decremento è molto evidente per la stazione di traffico urbano, mentre le concentrazioni annuali di  $\text{NO}_2$  nella stazione di fondo urbano sembrano oscillare sempre intorno allo stesso valore.

In generale il decremento del biossido di azoto non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali  $\text{SO}_2$ , CO, benzene e piombo, per i quali è stato molto più consistente. Va comunque considerato che un limite di emissione specifico per gli ossidi di azoto è stato introdotto solo con la Direttiva Euro 3, e che il miglioramento tecnologico in termini di minori emissioni è stato in parte controbilanciato dall'aumento sia del numero di veicoli sia dei chilometri percorsi.

Al di fuori dell'area metropolitana il limite annuale è stato ovunque rispettato, con valori minimi registrati nelle stazioni collocate in zone remote o montane (Ceresole, Baldissero, Druento, Oulx). Il valore più basso, misurato a Ceresole Reale, è dovuto prevalentemente al posizionamento della stazione in un'area montana poco antropizzata e quindi non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Data la sua altitudine, inoltre, la stazione non risente del confinamento al suolo legato alle condizioni di stabilità invernali tipiche della pianura.

### CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI $\text{NO}_2$

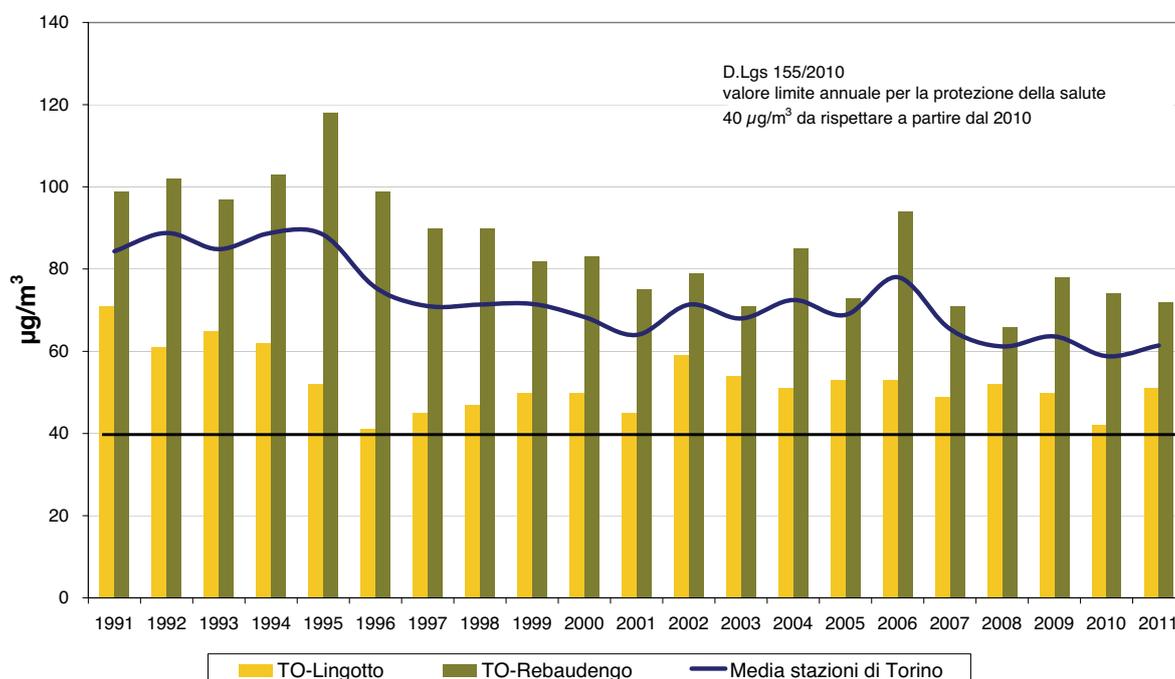


FIGURA 3: parametro  $\text{NO}_2$ , media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino e dettaglio relativo alle stazioni di TO-Lingotto e TO-Rebaudengo.

**BIOSSIDO DI AZOTO 2011**  
**Verifica del rispetto del valore limite orario**

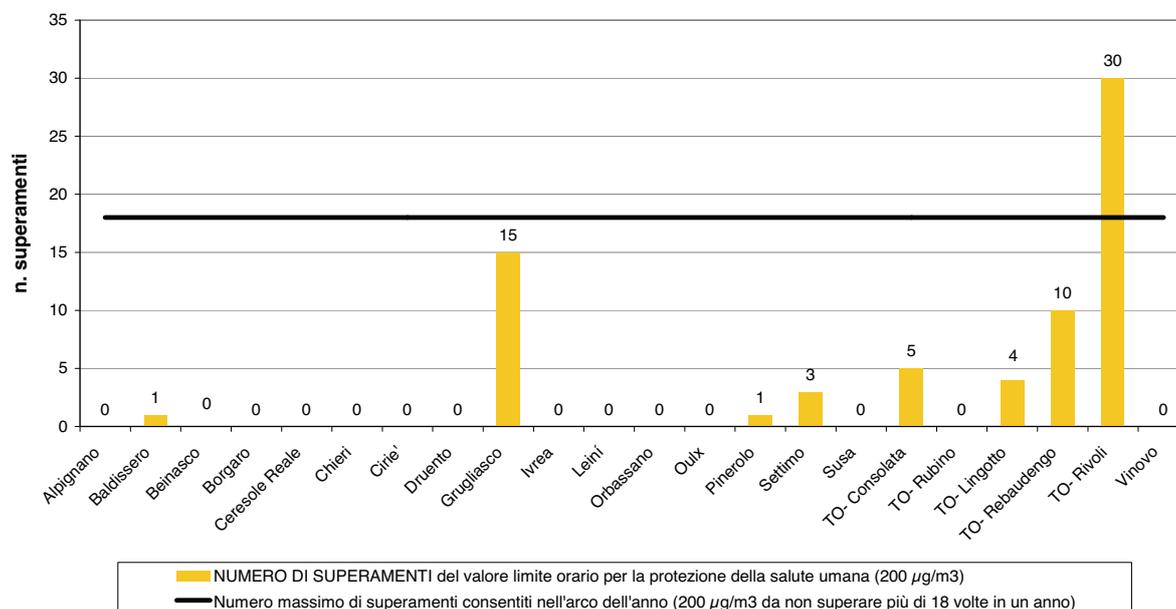


FIGURA 4: parametro NO<sub>2</sub>, distribuzione spaziale del numero di superamenti del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, nell'anno 2011.

La FIGURA 4 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 provincia di Torino. Il grafico riflette quanto precedentemente detto sull'andamento del valore limite annuale. Si assiste in generale ad un lieve peggioramento della situazione rispetto al 2010: aumentano i superamenti per le stazioni di Settimo e Torino Lingotto (rispettivamente da 1 a 3 e da 0 a 4), diminuiscono quelli rilevati nella stazione di Torino Rebaudengo (da 15 a 10), ma soprattutto si registra un picco per la stazione di Torino Piazza Rivoli i cui 30 superamenti avvenuti nel 2011 superano di molto i 18 massimi consentiti dalla legge per ogni anno di misurazione. La FIGURA 5 evidenzia che la totalità dei superamenti avviene nel periodo invernale, concentrandosi soprattutto nei mesi di febbraio e dicembre. Particolarmente critico per la qualità dell'aria è stato il mese di febbraio - caratterizzato da forte stabilità atmosferica - in cui si concentra più del 50% di tutti i superamenti del limite dei 200 µg/m<sup>3</sup> registrati nell'anno in provincia di Torino. Tale periodo costituisce un chiaro esempio di come la meteorologia influenzi fortemente i livelli di inquinamento atmosferico.

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.

I superamenti di febbraio sono concentrati nei primi dieci giorni del mese in concomitanza di una protratta condizione di stabilità atmosferica. In FIGURA 6 vengono riportati i profili verticali della temperatura delle ore 5:00 nel periodo 2-10 febbraio 2011 (rilevato presso la

### BIOSSIDO DI AZOTO 2011

NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite orario per la protezione della salute umana ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

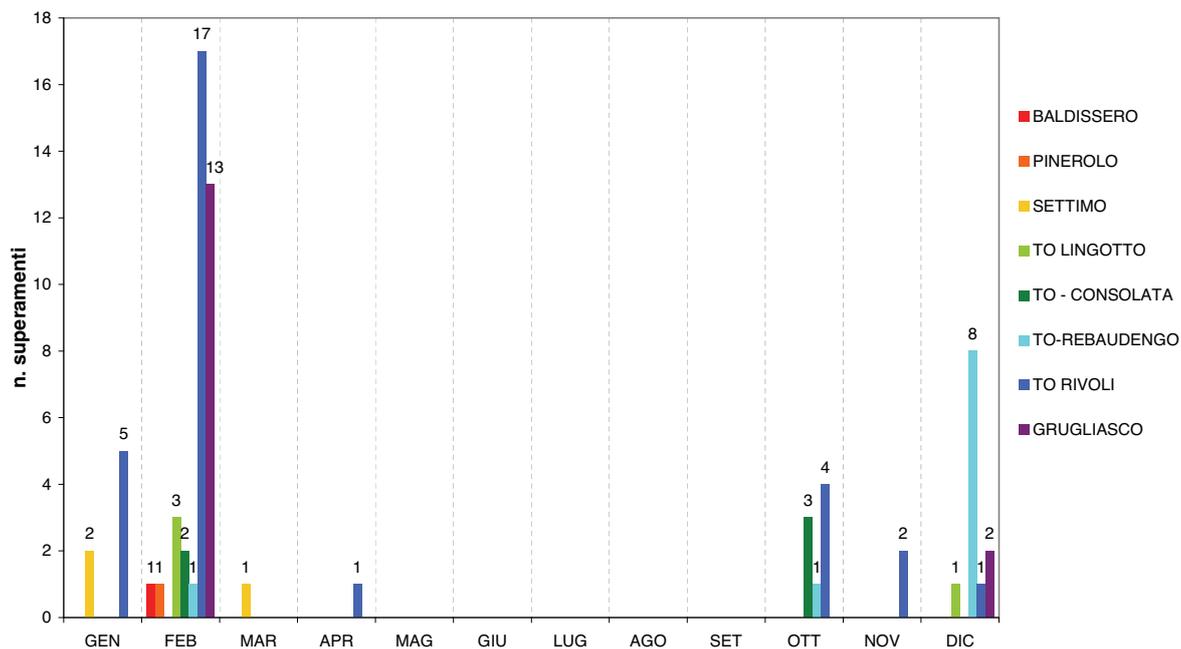


FIGURA 5: parametro  $\text{NO}_2$ , distribuzione mensile del numero di superamenti del limite orario di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nell'anno 2011.

### Profilo verticale della temperatura delle ore 5.00

Torino, Corso Stati Uniti - periodo 2-10 febbraio 2011

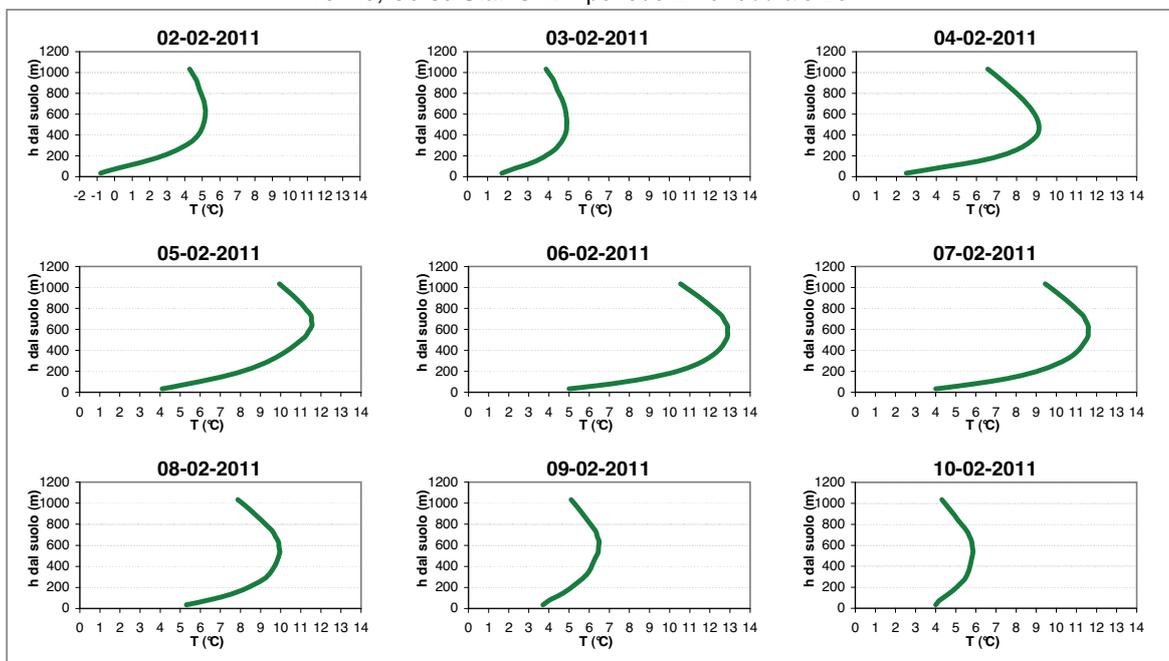


FIGURA 6: profilo verticale della temperatura delle ore 5:00 nel periodo 2-10 febbraio 2011 (rilevato presso la stazione meteo di corso Stati Uniti - Torino).

stazione meteo di corso Stati Uniti – Torino), ovvero la temperatura rilevata attraverso un radiometro nello strato d'atmosfera più vicino al suolo (dal piano campagna fino a circa 1000 mt). Nei grafici giornalieri si osservano i tipici profili verticali dell'inversione al suolo della temperatura (a "C rovesciata"), con una curvatura che aumenta progressivamente e raggiunge il massimo nei giorni 5-7 febbraio, per poi diminuire alla fine del periodo critico. Si è scelto per convenzione di rappresentare graficamente i valori della temperatura verticale delle ore 5.00, tuttavia i dati strumentali dimostrano che la condizione di inversione termica si protrae dalle prime ore della notte fino alle 10.00 – 11.00 del mattino per tutti i giorni del periodo studiato. Significativamente quando il gradiente di temperatura dello strato di inversione supera i 5°C impedendo di fatto qualsiasi rimescolamento dell'aria, si osserva il maggior numero di superamenti del limite orario di NO<sub>2</sub>.

Per la prima volta dall'anno della sua attivazione (2007) la stazione di Baldissero Torinese presenta, il 2 febbraio 2011, un superamento del limite orario. I 200 µg/m<sup>3</sup> vengono superati durante il periodo critico precedentemente citato in una giornata in cui la direzione di provenienza del vento è coerente con un possibile contributo della centrale termoelettrica di Leinì che, da verifica con il nostro servizio di tutela e vigilanza, era in esercizio il 2 febbraio e di cui la stazione di Baldissero è uno dei due siti specifici di monitoraggio della qualità dell'aria. Una verifica di dettaglio di tale ipotesi richiederebbe un'analisi modellistica approfondita che esula dagli scopi di questa relazione. Si fa comunque notare che la media annuale rimane invariata rispetto al 2010 (vedere TABELLA 7) e che il numero massimo di superamenti del valore limite orario (18 ore/anno) è comunque ampiamente rispettato.

Anche presso la stazione di Pinerolo, pur migliorando la media annuale, è stato registrato un superamento del limite orario, dovuto probabilmente ad una fonte locale non identificabile a posteriori.

Nelle stazioni di Grugliasco e Torino – Rivoli si è verificato il numero maggiore di superamenti del limite orario, rispettivamente pari a 15 e 30, la maggior parte dei quali sono stati registrati nel mese critico di febbraio. Considerando che la media annuale per Torino Rivoli rimane invariata mentre aumenta appena del 2% per Grugliasco, si può affermare che il numero di superamenti del valore limite orario è, in definitiva, molto più sensibile della media annuale alle variazioni meteorologiche anche limitate a pochi episodi critici.

Questo aspetto assume un significato importante nella pianificazione degli interventi per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dal momento che sono sufficienti relativamente pochi giorni di stabilità meteorologica per limitare la diffusione atmosferica degli inquinanti e conseguentemente peggiorare la qualità ambientale di tutto l'anno.

Va infine osservato che nel caso della stazione di Torino Piazza Rivoli una possibile ulteriore causa della criticità riscontrata è legata ai lavori per la posa della rete di teleriscaldamento nell'area circostante al sito di misura, le cui modifiche alla viabilità locale hanno portato ad un peggioramento del quadro emissivo da traffico auto veicolare.

| STAZIONE                      | Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³)<br>Media Annuale (µg/m³) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Valore limite orario per la protezione della salute<br>Numero di superamenti del valore di<br>200 µg/m³ come media oraria |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|                               | 2002                                                                                           | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2002 | 2003                                                                                                                      | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |  |  |
| ALPIGNANO                     | 37                                                                                             | 36   | 39   | 36   | 39   | 35   | 29   | 33   | 30   | 32   | 2    | 0                                                                                                                         | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |  |  |
| BALDISSERO                    |                                                                                                |      |      |      |      | 22*  | 19   | 19   | 20   | 20   |      |                                                                                                                           |      |      |      | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    |  |  |
| BEINASCO                      | 52                                                                                             | 51   | 55   | 49   | 50   | 47   | 44   | 46   | 37   | 39   | 1    | 0                                                                                                                         | 5    | 5    | 9    | 2    | 1    | 12   | 0    | 0    |  |  |
| BORGARO                       | 42                                                                                             | 44*  | 42   | 38   | 42   | 42   | 35   | 36   | 31   | 34   | 1    | 0                                                                                                                         | 4    | 0    | 1    | 1    | 0    | 2    | 0    | 0    |  |  |
| CERESOLE REALE <sup>(1)</sup> |                                                                                                |      |      |      |      |      |      | 8*   | 6    | 7    |      |                                                                                                                           |      |      |      |      | 0*   | 0    | 0    | 0*   |  |  |
| CHIERI <sup>(2)</sup>         | 38                                                                                             | 39   | 44   | 42   | 51   | 42   | 34   | 42   | 39   | 39   | 0    | 0                                                                                                                         | 0    | 1    | 0    | 0    | 1    | 7    | 0    | 0    |  |  |
| CIRIÉ                         | 29                                                                                             | 31*  | 31   | 31   | 32   | 31   | 30   | 33   | 27   | 27   | 0    | 0                                                                                                                         | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |  |  |
| DRUENTO                       | 22                                                                                             | 24*  | 26*  | 20   | 19   | 19   | 15   | 18*  | 16   | 18   | 0    | 1                                                                                                                         | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0*   | 0    | 0    |  |  |
| GRUGLIASCO <sup>(3)</sup>     | 53                                                                                             | 52   | 49   | 53   | 54   | 59   | 50   | 51   | 45   | 46   | 1    | 2                                                                                                                         | 11   | 9    | 64   | 39   | 28   | 87   | 0    | 15   |  |  |
| IVREA                         |                                                                                                |      |      |      |      | 32   | 27   | 28   | 26   | 29   | 1    | 5                                                                                                                         | 2    | 9    | 23   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |  |  |
| LEINÍ                         |                                                                                                |      |      |      |      | 38   | 31   | 32   | 32   | 30   |      |                                                                                                                           |      |      |      | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    |  |  |
| NICHELINO <sup>(4)</sup>      | 71*                                                                                            | 63*  | 59   | 65   | 70   | 64   | 57   | 59   |      |      | 59   | 17                                                                                                                        | 17   | 43   | 118  | 88   | 27   | 108  |      |      |  |  |
| ORBASSANO                     | 42                                                                                             | 40*  | 44   | 42   | 46   | 43   | 37   | 39   | 37   | 39   | 0    | 0                                                                                                                         | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    |  |  |
| OULX                          |                                                                                                |      |      |      | 22   | 22   | 22   | 20   | 21   | 20   |      |                                                                                                                           |      |      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |  |  |
| PINEROLO                      | 46*                                                                                            | 29*  | 31   | 30   | 35   | 35   | 35   | 34   | 34   | 31   | 0    | 0                                                                                                                         | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    |  |  |
| RIVOLI <sup>(4)</sup>         | 58                                                                                             | 57   | 60   | 61   | 65   | 61   | 57   | 59   |      |      | 0    | 3                                                                                                                         | 6    | 13   | 28   | 14   | 7    | 29   |      |      |  |  |
| SETTIMO                       | 72                                                                                             | 65   | 57   | 67   | 65   | 52   | 44   | 59   | 46   | 49   | 73   | 14                                                                                                                        | 13   | 35   | 68   | 27   | 4    | 125  | 2    | 3*   |  |  |
| SUSA                          | 25*                                                                                            | 22*  | 34   | 25   | 29   | 24   | 21   | 22   | 24   | 23   | 0    | 0                                                                                                                         | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |  |  |
| TO-CONSOLATA                  | 72                                                                                             | 73   | 72*  | 67   | 68   |      | 69*  | 68   | 65   | 65   | 20   | 6                                                                                                                         | 8    | 11   | 38   |      | 19   | 13   | 5    | 5    |  |  |
| TO-RUBINO <sup>(5)</sup>      |                                                                                                |      |      |      |      | 51*  | 48   | 50   | 44   | 50   |      |                                                                                                                           |      |      |      | 10   | 1    | 8    | 0    | 0    |  |  |
| TO-LINGOTTO                   | 59                                                                                             | 54*  | 51   | 53   | 53   | 49   | 52   | 50   | 42   | 51   | 0    | 3                                                                                                                         | 0    | 2    | 39   | 4    | 2    | 18   | 0    | 4    |  |  |
| TO-REBAUDENGO                 | 79                                                                                             | 71   | 85   | 73   | 94   | 71   | 66   | 78   | 74   | 72   | 45   | 4                                                                                                                         | 68   | 60   | 188  | 85   | 16   | 76   | 15   | 10   |  |  |
| TO-RIVOLI                     | 73                                                                                             | 71   | 81   | 84   | 92   | 77   | 66   | 72   | 69   | 69   | 26   | 12                                                                                                                        | 42   | 34   | 112  | 35   | 27   | 57   | 2    | 30   |  |  |
| VINOVO                        | 43                                                                                             | 41   | 38   | 40   | 47   | 38   | 36   | 36   | 35   | 40   | 0    | 0                                                                                                                         | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |  |  |

(1) stazione attiva da febbraio 2009

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

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

(4) stazioni dismesse a fine 2009 in ottemperanza al piano regionale

(5) stazione attiva da aprile 2007

\* La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dai DLgs 155/2010 (90%) (a partire dal 2002)

TABELLA 7: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

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

**D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

## DESCRIZIONE

È il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto. È un gas incolore, di odore pungente e molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione gli impianti di riscaldamento domestici e sono peggiori le condizioni dispersive.

Nell'atmosfera il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) è ossidato a triossido di zolfo (SO<sub>3</sub>) e successivamente in presenza di umidità è convertito in acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). L'acido solforico contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni con effetti fitotossici sui vegetali e corrosivi sui materiali da costruzione.

Il biossido di zolfo era ritenuto, fino agli anni '80, il principale inquinante dell'aria ed è certamente tra i più studiati, anche perché è stato uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente. Il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili insieme al sempre più diffuso uso del gas metano, hanno diminuito sensibilmente la presenza di SO<sub>2</sub> nell'aria.

I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 8.

| 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 µg/m <sup>3</sup> 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 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile  | 1° gennaio 2005                                         |
| VALORE LIMITE ANNUALE 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 µg/m <sup>3</sup>                                                  | 19 luglio 2001                                          |
| SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO                                                                                                                                                                                                          |                                                                       |                                                         |
| 500 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 8: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il biossido di zolfo.

## ESAME DEI DATI

In tutti i siti oggetto di monitoraggio, come si può osservare nel riepilogo statistico riportato in TABELLA 9 i valori di riferimento previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati. La situazione è del tutto analoga a quella rilevata nel corso degli ultimi anni e le differenze sono assolutamente minime e rientrano nella fluttuazione statistica del dato.

Da un'analisi comparata dei dati rilevati nei diversi siti di monitoraggio, non si osservano zone che presentino una particolare criticità o quantomeno una diversità sostanziale delle concentrazioni misurate.

I massimi valori orari, rilevati nel corso dell'anno 2011, sono notevolmente inferiori rispetto ai limiti stabiliti su questa base temporale e un'analoga considerazione è valida anche per il limite su base giornaliera.

Il valore limite per la protezione degli ecosistemi, benché presenti un lieve incremento rispetto al 2010, è rispettato in tutti i siti di monitoraggio.

La diminuzione del tenore di zolfo nei combustibili liquidi o solidi e l'introduzione sul mercato energetico del metano hanno determinato la notevolissima riduzione delle concentrazioni del biossido di zolfo evidenziata nella FIGURA 7.

Il parametro SO<sub>2</sub> non rappresenta una criticità per il territorio della provincia di Torino. Sarà comunque opportuno, nel corso dei prossimi anni, mantenere attivo il monitoraggio di tale inquinante per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti.

**MASSIMA MEDIA GIORNALIERA SU BASE ANNUALE DI SO<sub>2</sub>  
stazione di Torino Consolata 1972 - 2011**

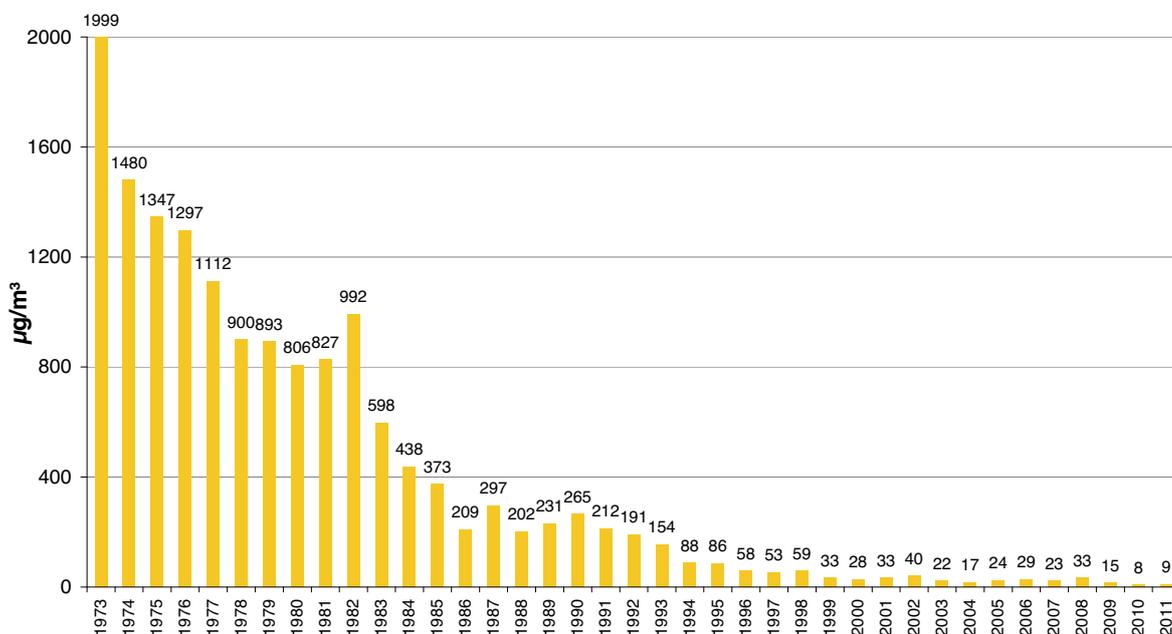


FIGURA 7: parametro SO<sub>2</sub>, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino – Consolata.

| STAZIONE      | Rendimento strumentale 2011 (% dati validi) | Media Annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Valore limite orario per la protezione della salute umana da non superare più di 24 volte nell'anno civile<br>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<br>Numero di superamenti |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
|---------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|
|               |                                             | '02                                    | '03 | '04 | '05 | '06 | '07 | '08 | '09 | '10 | '11 | '02 | '03 | '04                                                                                                                                 | '05 | '06 | '07 | '08 | '09 | '10 | '11 | '02 | '03 | '04 | '05 | '06                                                                                                                                                                  | '07 | '08 | '09 | '10 | '11 |  |  |  |  |  |  |
| CIRIE'        | 98%                                         | 7*                                     | 4*  | 5   | 5   | 4   | 5   | 7*  | 6   | 4   | 5   | 0*  | 0*  | 0                                                                                                                                   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0*  | 0*  | 0   | 0   | 0                                                                                                                                                                    | 0   | 0   | 0   |     |     |  |  |  |  |  |  |
| GRUGLIASCO    | 50%                                         | 6*                                     | 5   | 7*  | 7   | 8   | 5   | 5   | 6   | 5   | 5*  | 0*  | 0*  | 0                                                                                                                                   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0*  | 0   | 0   | 0   | 0                                                                                                                                                                    | 0   | 0   | 0   |     |     |  |  |  |  |  |  |
| TO-CONSOLATA  | 99%                                         | 9                                      | 6   | 5   | 7   | 7   | 6   | 4*  | 6*  | 6   | 6   | 0   | 0   | 0                                                                                                                                   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0                                                                                                                                                                    | 0*  | 0*  | 0   |     |     |  |  |  |  |  |  |
| TO-REBAUDENGO | 98%                                         | 6                                      | 6   | 7   | 8   | 9   | 7   | 5   | 9   | 8*  | 7   | 0   | 0   | 0                                                                                                                                   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0                                                                                                                                                                    | 0   | 0   | 0*  |     |     |  |  |  |  |  |  |

| STAZIONE      | Rendimento strumentale 2011 (% dati validi) | Valore limite per la protezione degli ecosistemi $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$<br>Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31 dic |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Soglia di allarme $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$<br>Numero di superamenti |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Massimo orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
|---------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|
|               |                                             | '02                                                                                                                                                        | '03 | '04 | '05 | '06 | '07 | '08 | '09 | '10 | '11 | '02 | '03 | '04                                                                     | '05 | '06 | '07 | '08 | '09 | '10 | '11 | '02 | '03 | '04 | '05 | '06                                     | '07 | '08 | '09 | '10 | '11 |  |  |  |  |  |  |
| CIRIE'        | 98%                                         | 11*                                                                                                                                                        | 5*  | 7   | 8   | 6   | 5   | 8*  | 7   | 5   | 9   | 0*  | 0*  | 0                                                                       | 0   | 0   | 0*  | 0   | 0   | 0   | 51* | 39* | 41  | 28  | 42  | 25                                      | 25* | 19  | 17  | 18  |     |  |  |  |  |  |  |
| GRUGLIASCO    | 50%                                         | 9*                                                                                                                                                         | 7   | 9*  | 10  | 13  | 7   | 6   | 8   | 6   | 10  | 0*  | 0   | 0*                                                                      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 55* | 60  | 61* | 42  | 69  | 37                                      | 32  | 46  | 31  | 24* |     |  |  |  |  |  |  |
| TO-CONSOLATA  | 99%                                         | 14                                                                                                                                                         | 9   | 7   | 9   | 12  | 9   | 6*  | 7   | 7   | 10  | 0   | 0   | 0                                                                       | 0   | 0   | 0*  | 0   | 0   | 0   | 144 | 44  | 38  | 48  | 57  | 49                                      | 33* | 23* | 23  | 19  |     |  |  |  |  |  |  |
| TO-REBAUDENGO | 98%                                         | 9                                                                                                                                                          | 9   | 9   | 13  | 13  | 11  | 7   | 11  | 10* | 14  | 0   | 0   | 0                                                                       | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 83  | 93  | 53  | 63  | 55  | 66                                      | 44  | 62  | 48* | 34  |     |  |  |  |  |  |  |

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

TABELLA 9: dati delle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

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

**Annalisa Bruno e Fabio Pittarello. ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

## DESCRIZIONE

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

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 un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

L'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto e la presenza di composti organici volatili.

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; motivo per cui, alcune specie vegetali particolarmente sensibili alle concentrazioni di ozono in atmosfera, vengono oggi utilizzate come bioindicatori della presenza di ozono.

I valori obiettivo e le soglie di informazione e di allarme sono riportati nella TABELLA 10.

| VALORI OBIETTIVO              |                                                                     |                                                                                                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Finalità                      | Parametro                                                           | Valore obiettivo (a)                                                                                |
| Protezione della salute umana | Media massima giornaliera su 8 ore (b)                              | 120 µg/m <sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (c) |
| Protezione della vegetazione  | AOT 40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio | 18000 µg/m <sup>3</sup> *h come media su 5 anni (c)                                                 |

(a) Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012, per la protezione della salute umana e nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010-2014, per la protezione della vegetazione.

(b) 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.

(c) 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

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.

| OBIETTIVI A LUNGO TERMINE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                    |                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Finalità                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Parametro                                                          | Obiettivo                             |
| Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Massima media giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile     | 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$          |
| Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione                                                                                                                                                                                                                                                                                      | AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio | 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ |
| Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ ) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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. |                                                                    |                                       |
| SOGLIE DI INFORMAZIONE E DI ALLARME                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                    |                                       |
| Finalità                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Parametro                                                          | Obiettivo                             |
| Soglia di informazione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Media di 1 ora                                                     | 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$          |
| Soglia di allarme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Media di 1 ora (a)                                                 | 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$          |
| (a) 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 10: D. Lgs. 13/08/10 n. 155, valori obiettivo e obiettivo a lungo termine, e soglie di informazione e allarme 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. I suoi livelli sono particolarmente elevati nelle regioni dove è maggiore l'emissione dei suoi precursori, in particolare ossidi di azoto e composti organici volatili e laddove vi sia persistenza di periodi di alta insolazione, alta temperatura ed elevata pressione atmosferica. 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 di gruppi più sensibili della popolazione (informazione) e di tutta la popolazione (allarme). I valori obiettivo, invece, indicano i livelli di concentrazione da valutarsi nel 2013 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.

In TABELLA 11 sono riportati i superamenti della soglia di informazione (180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) degli ultimi 10 anni nella provincia di Torino. Come si può osservare, nel 2011 si evidenzia un peggioramento rispetto al 2010: è aumentato infatti il numero di siti nei quali sono stati registrati dei superamenti (10 su 12), che però rimangono molto contenuti in tutta la rete provinciale con l'eccezione di Druento (19 superamenti). Le sole stazioni di Susa e Borgaro non presentano alcun superamento. Le cabine di monitoraggio che evidenziano superamenti sono variamente distribuite per tipologia e collocazione geografica: vi sono stazioni urbane come Torino Lingotto, suburbane come Ivrea e rurali come Ceresole.

La stazione di Ceresole presenta 4 superamenti della soglia di informazione dell'ozono. Questo dato in particolare conferma il carattere ubiquitario di tale inquinante, rilevabile anche in zone di montagna a basso impatto antropico, ma contraddistinte da forte irraggiamento solare e presenza di precursori e/o ozono trasportati in quota dai venti.

La soglia di allarme (240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria per tre ore consecutive) non è stata superata in nessuna stazione di rilevamento, confermando così il trend positivo in atto dal 2008.

| STAZIONE    | SOGLIA DI INFORMAZIONE<br>180 µg/m <sup>3</sup> come media oraria<br>numero di superamenti |      |      |      |                  |      |      |      |                  |           |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|------------------|-----------|
|             | 2002                                                                                       | 2003 | 2004 | 2005 | 2006             | 2007 | 2008 | 2009 | 2010             | 2011      |
| ALPIGNANO   | 47                                                                                         | 144* | 22   | 21   | 70               | 44   | 7    | 26   | 25               | <b>5</b>  |
| BALDISSERO  |                                                                                            |      |      |      | 8 <sup>(3)</sup> | 43   | 4    | 26   | 4                | <b>4</b>  |
| BORGARO     | 40                                                                                         | 188  | 35   | 12   | 20               | 63   | 0    | 0    | 0                | <b>0</b>  |
| CERESOLE    | -                                                                                          | -    | -    | -    | -                | -    | -    | -    | 8 <sup>(5)</sup> | <b>4*</b> |
| DRUENTO     | 64*                                                                                        | 176* | 71*  | 72*  | 143              | 69   | 11*  | 45*  | 22               | <b>19</b> |
| IVREA       | -                                                                                          | -    | -    | -    | -                | -    | -    | -    | 0 <sup>(6)</sup> | <b>1</b>  |
| LEINI'      |                                                                                            |      |      |      | 1 <sup>(4)</sup> | 14   | 7    | 1    | 1                | <b>4</b>  |
| ORBASSANO   | 52                                                                                         | 107* | 63   | 18   | 30               | 54   | 0    | 2    | 0                | <b>6</b>  |
| PINEROLO    | 0 <sup>(1)*</sup>                                                                          | 45*  | 0*   | 11   | 28               | 54   | 1    | 0    | 0                | <b>5</b>  |
| SUSA        | 34 <sup>(2)*</sup>                                                                         | 85*  | 62   | 14   | 52               | 11   | 9    | 1    | 0                | <b>0</b>  |
| TO LINGOTTO | 80                                                                                         | 255  | 32   | 56   | 20               | 43   | 26   | 2    | 0                | <b>1</b>  |
| VINOVO      | 34                                                                                         | 245* | 58   | 16   | 13               | 16   | 0    | 5    | 0                | <b>5</b>  |

<sup>(1)</sup> strumento operativo dal 9/10/02

<sup>(4)</sup> strumento operativo dal 27/07/06

<sup>(2)</sup> strumento operativo dal 22/07/02

<sup>(5)</sup> serie storica disponibile a partire dal 2010

<sup>(3)</sup> strumento operativo dal 28/07/06

<sup>(6)</sup> strumento operativo dal 25/01/10

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

TABELLA 11: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.Lgs. n. 155/10.

In TABELLA 12 e in TABELLA 13 sono riportati 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 non sono rispettati; la media del numero di giorni di superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana rilevati negli ultimi tre anni è superiore ai 25 giorni consentiti in tutte le stazioni del territorio provinciale. Rispetto al valore obiettivo per la protezione della vegetazione la media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 per la stazione di Druento, seppur in costante diminuzione, resta comunque superiore ai 18000 µg/m<sup>3</sup>\*h previsti dalla legge. Il limite viene superato anche nella stazione di Baldissero, per la quale da quest'anno è possibile calcolare la media degli ultimi cinque anni dell'AOT40. Dal 2010 si aggiunge la stazione di Ceresole per entrambi i valori obiettivo.

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, sono 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 in quanto ubicate in aree con presenza significativa di ecosistemi naturali.

| STAZIONE    | DECRETO LEGISLATIVO n. 155 del 13/08/10<br>Valore obiettivo per la protezione della salute umana<br>numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m <sup>3</sup> |      |      |      |      |      |      |      |                   |      |                    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|------|--------------------|
|             | 2002                                                                                                                                                                                             | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010              | 2011 | MEDIA<br>2009-2011 |
| ALPIGNANO   | 78                                                                                                                                                                                               | 94   | 41   | 51   | 64   | 89   | 43   | 67   | 45                | 60   | <b>57</b>          |
| BALDISSERO  |                                                                                                                                                                                                  |      |      |      | *(3) | 95   | 72   | 116  | 97                | 94   | <b>102</b>         |
| BORGARO     | 66                                                                                                                                                                                               | 100  | 52   | 47   | 44   | 93   | 31   | 35   | 52                | 46   | <b>44</b>          |
| CERESOLE    |                                                                                                                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      | 82 <sup>(5)</sup> | 70   | -                  |
| DRUENTO     | 81                                                                                                                                                                                               | 78   | 84   | 71   | 78   | 95   | 29   | 52   | 59                | 93   | <b>68</b>          |
| IVREA       |                                                                                                                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      | 53 <sup>(6)</sup> | 39   | -                  |
| LEINI'      |                                                                                                                                                                                                  |      |      |      | *(4) | 63   | 56   | 61   | 62                | 70   | <b>64</b>          |
| ORBASSANO   | 55                                                                                                                                                                                               | 85   | 54   | 79   | 55   | 89   | 30   | 68   | 36                | 60   | <b>55</b>          |
| PINEROLO    | 0 <sup>(1)</sup>                                                                                                                                                                                 | 33   | 33   | 54   | 68   | 100  | 40   | 69   | 27                | 46   | <b>47</b>          |
| SUSA        | 41 <sup>(2)</sup>                                                                                                                                                                                | 76   | 77   | 48   | 57   | 66   | 53   | 42   | 31                | 36   | <b>36</b>          |
| TO LINGOTTO | 70                                                                                                                                                                                               | 108  | 74   | 65   | 56   | 70   | 74   | 36   | 34                | 30   | <b>33</b>          |
| VINOVO      | 79                                                                                                                                                                                               | 100  | 85   | 50   | 54   | 74   | 44   | 86   | 37                | 71   | <b>65</b>          |

<sup>(1)</sup> strumento operativo dal 9/10/02    <sup>(4)</sup> strumento operativo dal 27/07/06

<sup>(2)</sup> strumento operativo dal 22/07/02    <sup>(5)</sup> serie storica disponibile a partire dal 2010

<sup>(3)</sup> strumento operativo dal 28/07/06    <sup>(6)</sup> strumento operativo dal 25/01/10

\* insufficiente rendimento strumentale

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

| STAZIONE   | DECRETO LEGISLATIVO n. 155 del 13/08/10<br>Valore bersaglio per la protezione della vegetazione<br>AOT 40 (18000 µg/m <sup>3</sup> *h) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
|            | 2002                                                                                                                                   | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | MEDIA<br>2009-2011 |
| BALDISSERO |                                                                                                                                        |       |       |       | *     | 33360 | 31118 | 44921 | 40260 | 30317 | <b>35995</b>       |
| DRUENTO    | 49496                                                                                                                                  | 54719 | 41738 | 41430 | 48015 | 38407 | 18936 | 25433 | 32365 | 31022 | <b>29233</b>       |
| CERESOLE   |                                                                                                                                        |       |       |       |       |       |       |       | 43125 | 27976 | -                  |

\* insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 13: ozono, confronto degli ultimi cinque anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

In FIGURA 8 è riportata, per l'anno 2011, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto, rappresentativa del fondo urbano, e le stazioni di Baldissero Torinese e Ceresole (attiva dal 2010), poste più in quota e rappresentative del fondo rurale. Tale distribuzione si discosta dal tipico andamento annuale dell'ozono: si osservano infatti per le due stazioni di quota un numero di superamenti del limite dei 120 µg/m<sup>3</sup> decisamente maggiore ad aprile e maggio rispetto ai mesi estivi, quando sono normalmente attesi; si evidenziano inoltre diversi superamenti anche ad ottobre (per confronto negli ultimi 5 anni era stato registrato un solo superamento ad ottobre nel 2008). Presso la stazione di fondo urbana il valore massimo di superamenti (pari a 15) si registra nel mese di settembre.

**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  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - anno 2011**

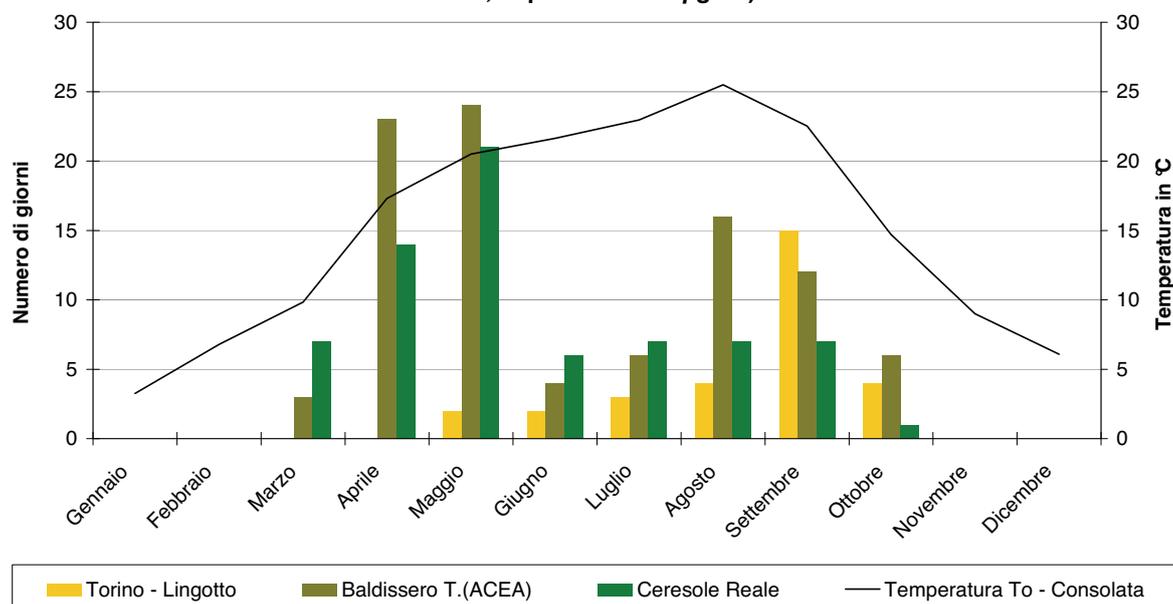


FIGURA 8: distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto e Baldissero Torinese, anno 2011.

Inoltre, osservando i singoli mesi del 2011, in nessuno di essi il numero di superamenti del valore limite per la protezione della salute umana oltrepassa la soglia delle 25 giornate (sebbene tutte le stazioni superino tale limite a livello annuale – cfr. TABELLA 12), mentre nel 2010, per la stazione di Baldissero, era bastato il solo mese di luglio a compromettere il rispetto del limite (27 giornate con massima media mobile sulle otto ore superiore a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Per meglio comprendere questa anomalia occorre analizzare le condizioni meteorologiche dell'anno in esame. Nei mesi di aprile e maggio la temperatura media è stata superiore a quella del 2010 di circa  $3^\circ\text{C}$ , mentre nei mesi di giugno e luglio i valori registrati sono stati inferiori rispetto all'anno precedente, e nel mese di luglio in particolare tale differenza ha raggiunto i  $4^\circ\text{C}$ . Viceversa i mesi di settembre e ottobre sono stati contrassegnati in generale da bel tempo e temperature elevate, ovvero condizioni che hanno di fatto prolungato l'estate di almeno un mese.

Complessivamente nel periodo maggio-settembre la temperatura media è aumentata e le precipitazioni piovose sono diminuite rispetto all'anno precedente (FIGURA 9). Tuttavia, a differenza di quanto ci si potrebbe attendere, le concentrazioni medie di ozono registrate nelle stazioni di monitoraggio -  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per Torino Lingotto e  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Baldissero Torinese - si collocano tra quelle più basse del decennio, praticamente invariate rispetto al 2010 (FIGURA 10). La spiegazione di tale situazione ancora una volta può essere ricercata nella variabile meteorologica ed in particolare nella distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno: nel periodo estivo, infatti, quando teoricamente le condizioni meteo favoriscono una maggiore produzione di ozono, si è assistito a numerose giornate consecutive piovose o con elevata copertura nuvolosa, che hanno inibito in parte i meccanismi di formazione dell'ozono al suolo.

L'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate nel corso degli ultimi 10 anni (FIGURA 10) mostra una sostanziale stabilità dei valori di concentrazione, con una variabilità dovuta soprattutto alla situazione meteorologica del singolo anno. Si conferma quindi il ruolo fondamentale delle condizioni climatiche nell'influenzare le concentrazioni di ozono a livello della troposfera, sia per il verificarsi di condizioni che favoriscono episodi di accumulo (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 NOx (ossidi di azoto).

I massimi del decennio in esame (FIGURA 9 e FIGURA 10) si osservano nel 2003 e nel 2009, anni caratterizzati da un'estate con scarse precipitazioni e temperature particolarmente elevate; mentre le concentrazioni medie minime si sono rilevate in anni nei quali le temperature medie sono state inferiori e le precipitazioni più significative. In generale in corrispondenza delle massime temperature estive si registrano i valori più alti di ozono.

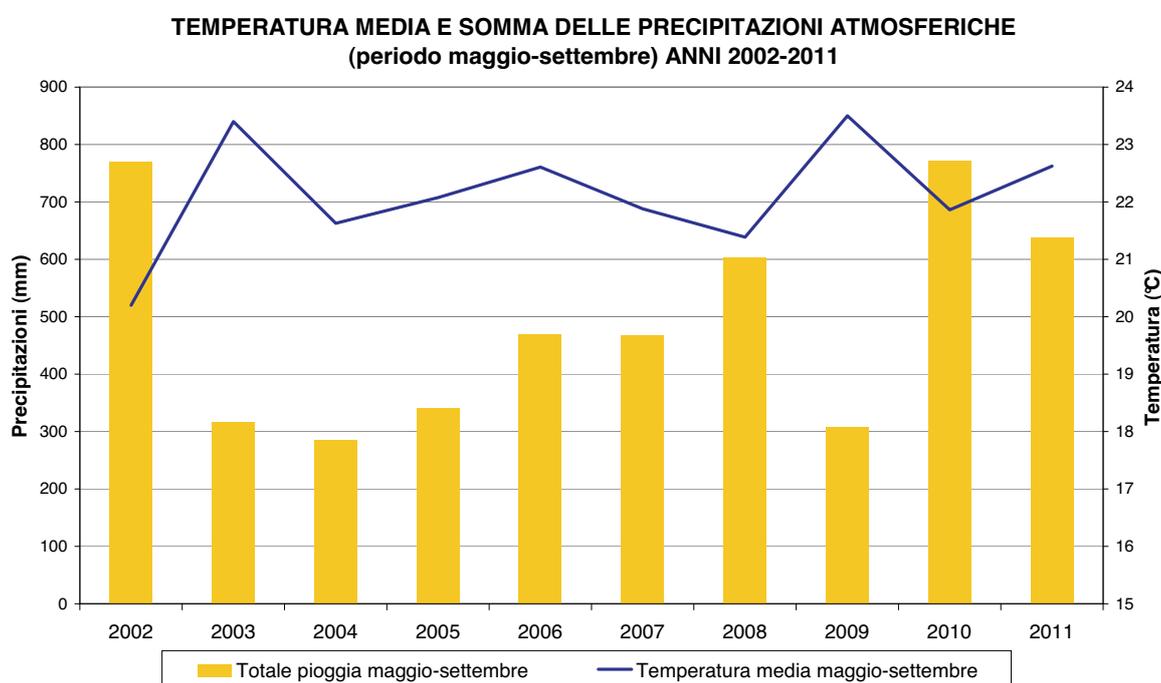


FIGURA 9: temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, relativamente al periodo maggio-settembre, anni 2002-2011, stazioni di Torino - Buon Pastore (fino al 2003) e Torino Consolata (dal 2004 in poi).

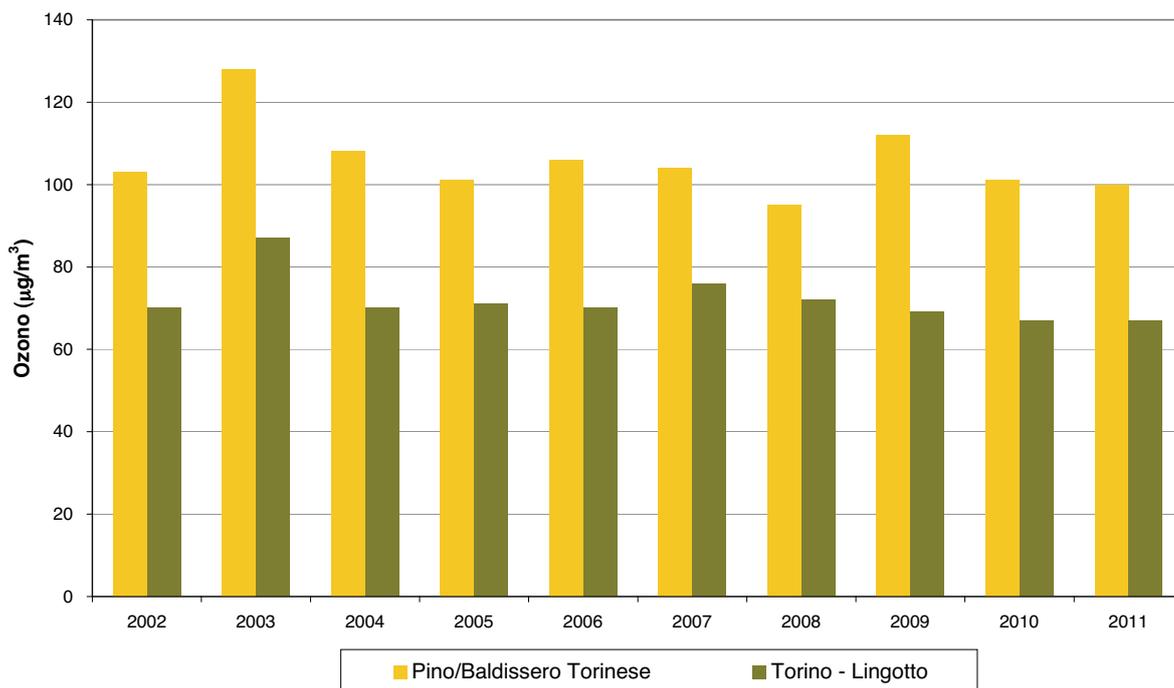
**CONCENTRAZIONI MEDIE ESTIVE (maggio - settembre) di OZONO**  
**Stazioni di Pino/Baldissero Torinese e Torino - Lingotto (2002 - 2011)**

FIGURA 10: ozono, medie del periodo maggio-settembre degli ultimi 10 anni (dall'anno 2008 i valori considerati sono quelli registrati presso la stazione di Baldissero Torinese).

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

**D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

## DESCRIZIONE

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

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

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

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 ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

| Periodo medio | Valore limite (293°K e 101,3 kPa) | Data dalla quale il valore limite deve essere rispettato |
|---------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Anno civile   | 5 µg/m <sup>3</sup>               | 1° gennaio 2010                                          |

TABELLA 14: D.lgs. 155/2010, valori limite per il benzene.

## ESAME DEI DATI

L'analisi del benzene è stata compiuta storicamente con prelievi discontinui tramite fiale di carbone attivo e, a partire dal 1995, anche con strumentazione in continuo.

A partire dal 1996 i livelli in atmosfera di questo inquinante sono notevolmente diminuiti a seguito dell'introduzione, dal luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine e grazie all'aumento nel tempo della percentuale di auto catalizzate sul totale del parco circolante.

Dalla FIGURA 11 si evidenzia, anche per l'anno 2011, il rispetto del valore limite per la protezione della salute umana (pari a 5 µg/m<sup>3</sup> come media annuale).

La stazione di Via Consolata nel 2011 ha registrato un valore medio annuo di 3,3 µg/m<sup>3</sup>, ma

va evidenziato che per questa stazione la percentuale di dati validi è molto bassa (54%). La stazione di Via Rubino, che dal 2010 sostituisce quella di Rivoli a seguito della necessità di avere una misurazione di benzene in un sito di fondo, presenta una media di 2,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ed una percentuale di dati validi del 93%. Le analisi delle serie storiche evidenziano una tendenza alla diminuzione progressiva delle concentrazioni misurate ed il rispetto del valore su tutti i siti che sono stati oggetto di monitoraggio.

Per l'anno 2011 non sono riportati i dati degli analizzatori presenti nelle stazioni di Torino Lingotto, Torino P.zza Rebaudengo e Vinovo in quanto gli strumenti sono stati installati nella seconda metà dell'anno e non è quindi disponibile un numero di dati sufficiente al calcolo della concentrazione media annuale.

### CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI BENZENE 1996 - 2011

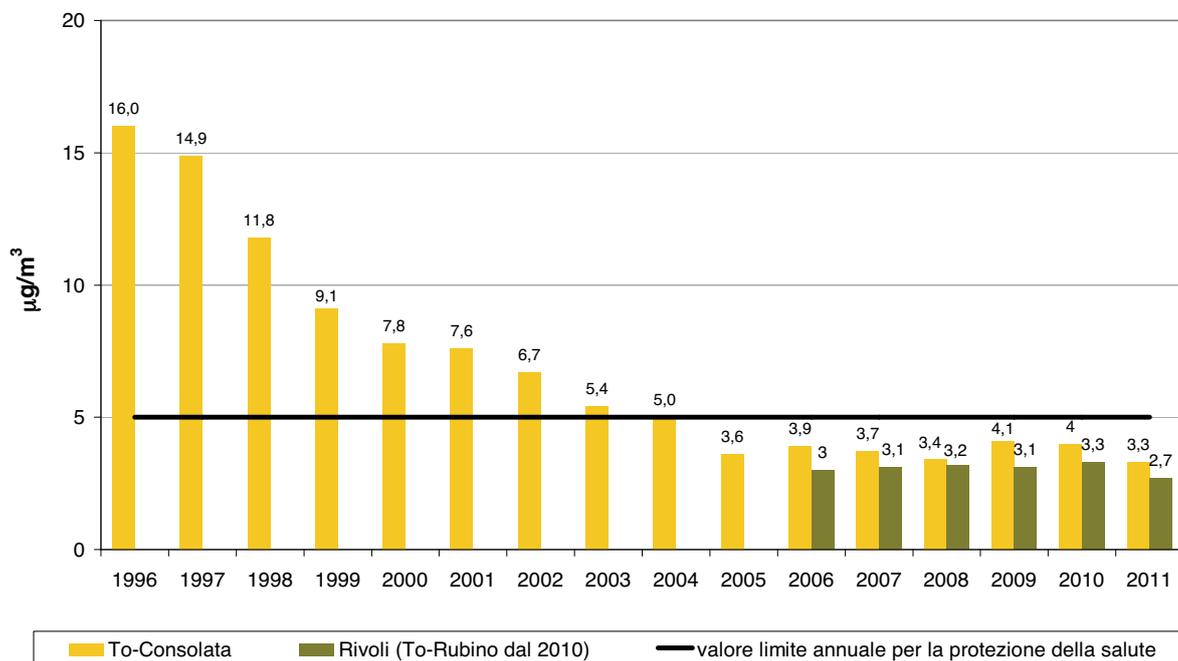


FIGURA 11: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2011. Per la stazione di Torino Consolata la percentuale di dati validi del 2011 è del 54%.

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:  
Milena Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

## 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, dei pneumatici, dei freni, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel.

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 e 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 bersaglio, obiettivo e le soglie di informazione e 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 | Già in vigore dal 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                                              | Già in vigore dal 1 gennaio 2005                           |
| PM2,5 FASE 1 <sup>1</sup> - VALORE LIMITE ANNUALE |                                                                        |                                                            |
| Periodo di mediazione                             | Valore limite (condizioni di campionamento)                            | Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto |
| 24 ore                                            | 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.

<sup>1</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 obiettivo negli Stati membri.

## ESAME DEI DATI

### Frazione PM10 e PM2,5

I dati dell'anno 2011 purtroppo non migliorano rispetto all'anno precedente come era avvenuto a partire dal 2006, ma ritornano a valori simili a quelli del 2009, non solo in Provincia di Torino ma anche su tutto il territorio regionale. Il 2010, però, è stato un anno caratterizzato da precipitazioni intense, soprattutto nel periodo primaverile ed autunnale, mentre nel 2011 quasi tutto l'apporto pluviometrico risulta concentrato in pochi episodi intensi a metà marzo, nella prima decade di giugno, a luglio e, soprattutto, durante l'evento alluvionale del 3-8 novembre. In particolare se si escludesse l'evento alluvionale di novembre la pioggia cumulata annua sulla regione si sarebbe attestata ben al di sotto della norma climatica (circa il 30% in meno), e il 2011 sarebbe stato una delle annate più secche degli ultimi 50 anni<sup>2</sup>. Nonostante quindi sul lungo periodo si confermi una tendenza al decremento nelle stazioni storiche della città di Torino (FIGURA 12), rispetto all'anno scorso le medie annuali sono aumentate soprattutto in relazione agli aumenti medi dei mesi di gennaio, febbraio, ottobre e dicembre, tra i più secchi rispetto alla norma 1971-2000.

In FIGURA 13 si osserva che il valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non viene rispettato nelle centraline della città di Torino, a Borgaro e a Carmagnola. Considerando l'insieme delle stazioni provinciali, si osserva un incremento delle concentrazioni medie del 16% rispetto al 2010.

In FIGURA 14 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete provinciale; le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si aggiungono le emissioni degli impianti di riscaldamento ed in concomitanza si verificano le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2011 i mesi più critici sono stati gennaio, febbraio, ottobre, novembre e dicembre viste le scarse precipitazioni (ad esclusione dell'episodio alluvionale di novembre) e la elevata stabilità atmosferica. Nei mesi da aprile a settembre, in cui prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, anche nelle stazioni più critiche i valori medi 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. Nella maggior parte delle stazioni tale limite non è rispettato. Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero è stato di 158 a To-Grassi, ma anche nelle stazioni di fondo urbano di To-Lingotto e To-Rubino la situazione si mostra critica con 106 e 111 superamenti rispettivamente. Nelle stazioni torinesi di pianura si sono verificati il 30% di giorni di superamento di PM10 in più in media rispetto al primo bimestre 2010. I massimi di PM10 registrati a Torino si sono verificati il 26 gennaio 2011, dopo due settimane di stabilità atmosferica, durante le quali quasi tutti i giorni si è verificata inversione termica, in alcuni giorni persistente al suolo durante tutte le 24 ore del giorno.

<sup>2</sup> Arpa Piemonte, Il clima in Piemonte nel 2011, 16 gennaio 2012.

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

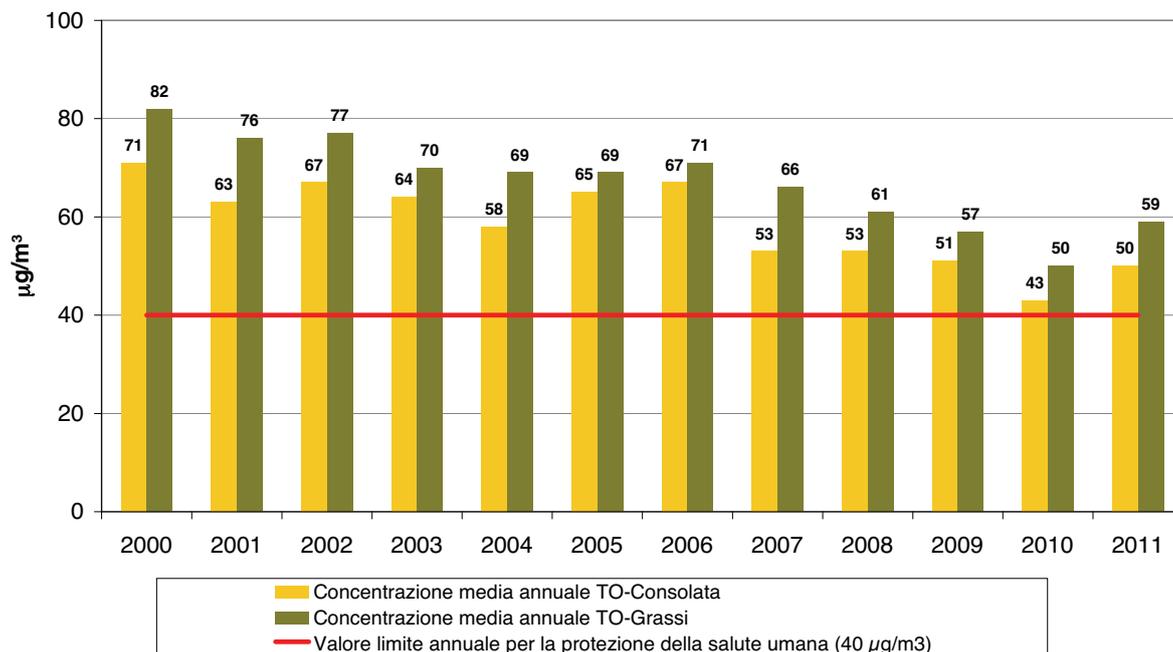


FIGURA 12: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2011.

**PM10 2011**  
**Verifica del rispetto del valore limite annuale per la protezione della salute**

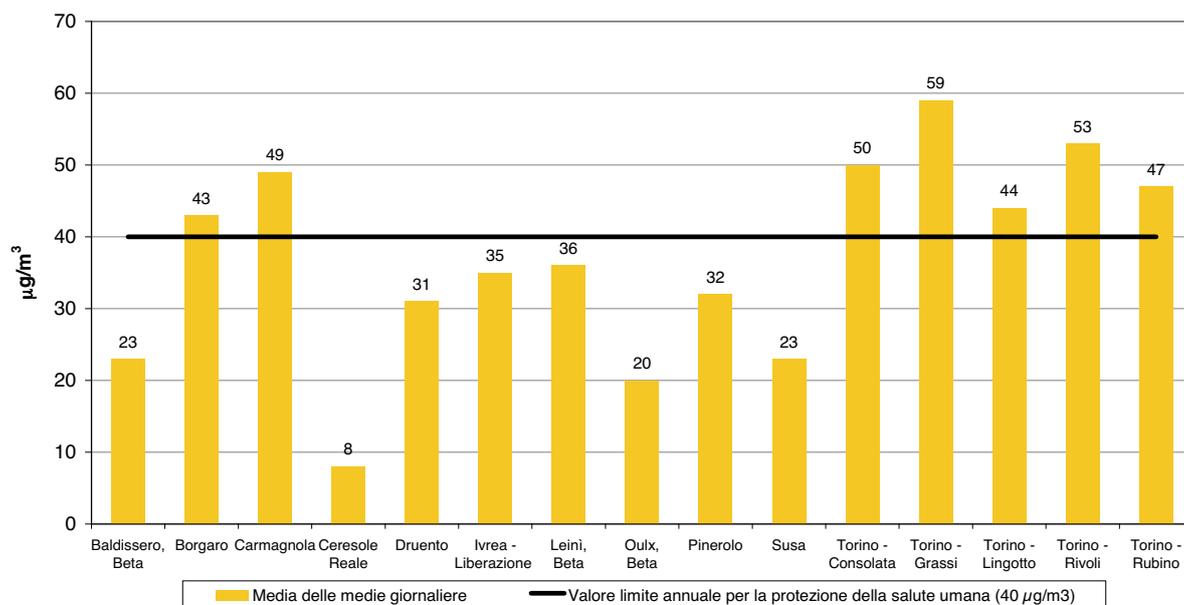


FIGURA 13: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio provinciali.

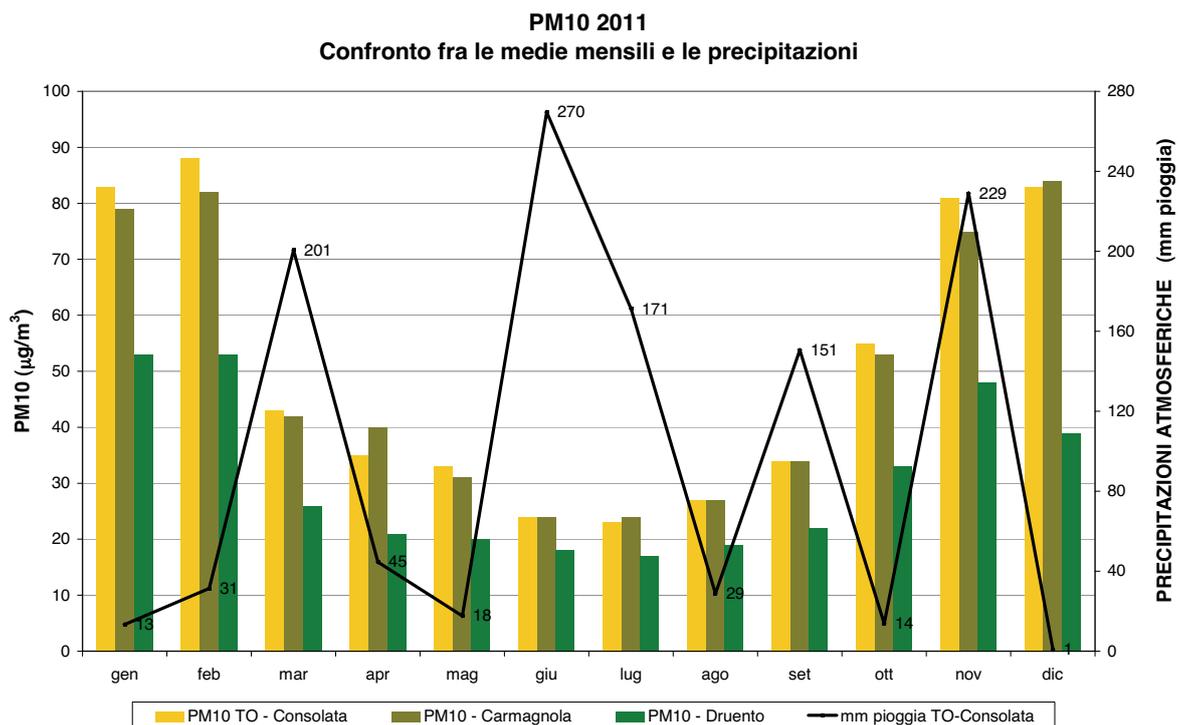


FIGURA 14: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della Provincia di Torino nell'anno 2011.

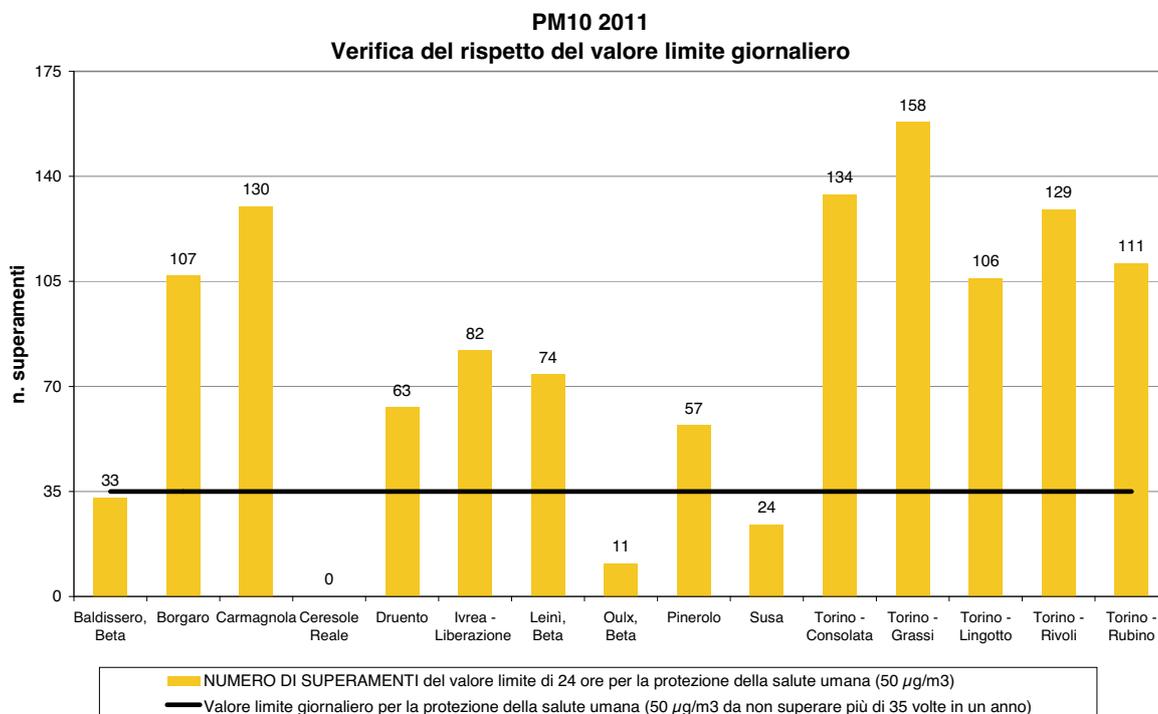


FIGURA 15: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera).

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 PM<sub>2,5</sub> (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015. In Provincia di Torino sono attivi da 6 anni un campionario gravimetrico di PM<sub>2,5</sub> nella stazione di Torino – Lingotto e un campionario a raggi beta nella stazione di Leinì, di proprietà privata, ma gestito da Arpa Piemonte. Nell'anno 2010 la rete è stata incrementata con due campionatori gravimetrici di PM<sub>2,5</sub> a Borgaro T.se e a Ceresole Reale e nel 2011 è stato installato un altro campionario a Ivrea (TABELLA 16).

Su base annuale la concentrazione media di PM<sub>2,5</sub> nella stazione di Torino – Lingotto e di Leinì è di 32 µg/m<sup>3</sup>, quindi al di sopra del valore limite, il dato è superiore a quello dell'anno scorso, in considerazione della maggiore circolarità meteorologica già richiamata per il PM<sub>10</sub>. Si osserva tuttavia in generale un trend in lieve diminuzione nel periodo 2006-2011. Tale dato, vista la limitata serie storica, andrà confermato nei prossimi anni. I dati di Borgaro e Ivrea sono analoghi a quelli di Leinì essendo analoghe le zone dove sono collocate le stazioni. La stazione di Ceresole rappresenta un'area rurale non soggetta ad emissioni antropiche e pertanto ha valori minimi.

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

| STAZIONE                                               | VALORE MEDIO ANNUO |      |      |      |      |            |
|--------------------------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------------|
|                                                        | 2006               | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011       |
| Borgaro T. - Caduti, PM <sub>2,5</sub>                 | -                  | -    | -    | -    | 25*  | <b>33</b>  |
| Ceresole Reale, PM <sub>2,5</sub>                      | -                  | -    | -    | -    | 6*   | <b>7</b>   |
| Ivrea - Liberazione PM <sub>2,5</sub>                  | -                  | -    | -    | -    | -    | <b>28*</b> |
| Leinì (ACEA) - Grande Torino, PM <sub>2,5</sub> - Beta | 33*                | 40*  | 35*  | 34*  | 29*  | <b>29*</b> |
| Torino - Lingotto, PM <sub>2,5</sub>                   | 40                 | 36*  | 35   | 33   | 29   | <b>35</b>  |

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%.

TABELLA 16: parametro PM<sub>2,5</sub>, valutazione statistica anni 2006-2011.

La frazione più fine incide mediamente in maniera maggiore nei mesi freddi, mentre da maggio ad agosto è percentualmente meno alta rispetto al PM<sub>10</sub>, soprattutto nel mese di agosto. L'analisi delle serie storiche mostra che questo fenomeno non è limitato all'anno 2011 in quanto, considerando nel suo complesso il quinquennio 2007-2011, nella stazione di Torino Lingotto il PM<sub>2,5</sub> costituisce in media circa l'80% e il 60% del PM<sub>10</sub> nel semestre freddo e nel semestre caldo rispettivamente.

Una possibile interpretazione sull'origine del fenomeno è legata al fatto che la componente secondaria del particolato si concentra maggiormente nella frazione PM<sub>2,5</sub>. Malgrado i fenomeni di formazione secondaria di particolato siano favoriti, in termini generali, dall'irraggiamento solare, 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 che della presenza del 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!, a cui è dedicato uno specifico capitolo, i nitrati si concentrano maggiormente nelle frazioni inferiori a 1,5 µm

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>3</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.

**PM10 E PM2.5 CONFRONTO DELLE MEDIE MENSILI**  
Stazione di Torino Lingotto

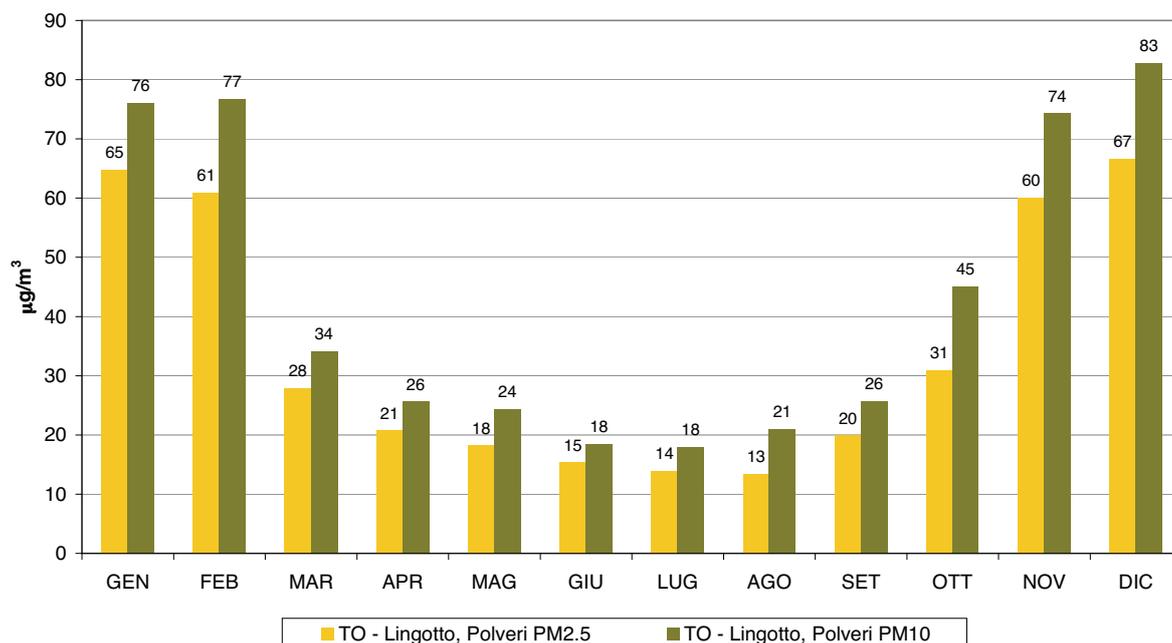


FIGURA 16: confronto tra PM2,5 e PM10 presso la stazione di Torino – Lingotto.

### 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 Torino-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 17, 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.

<sup>3</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, pagg 1368–1377.

In FIGURA 17 per il PTS sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate negli ultimi 30 anni. 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 cinque anni si sono registrati i valori più bassi mai misurati presso questa stazione, inferiori agli 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nel 2011 la media annuale è stata di 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , confermando il trend in miglioramento su lungo periodo, pur essendo il dato superiore a quello dell'anno immediatamente precedente.

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 al miglioramenti tecnologici nelle emissioni degli autoveicoli.

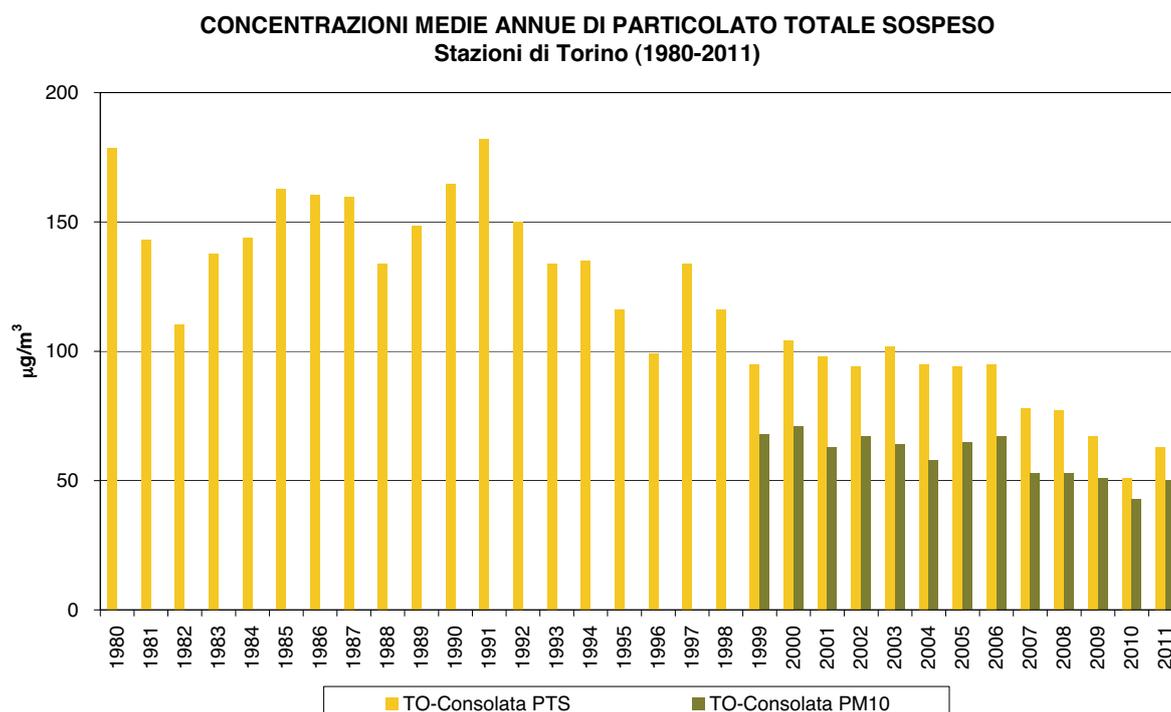


FIGURA 17: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2011.

| STAZIONE             | VALORE MEDIO ANNUO<br>Valore limite annuale: 40 µg/m³ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | NUMERO DI SUPERAMENTI<br>del valore limite di 24 ore (50 µg/m³) |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|----------------------|-------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|                      | 2002                                                  | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2002 | 2003                                                            | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |  |  |
| Baldissero (Beta)    | -                                                     | -    | -    | -    | 23*  | 22   | 22   | 19   | 20   | 23   | -    | -                                                               | -    | -    | 9*   | 16   | 31   | 16   | 13   | 33   |  |  |
| Borgaro              | 47                                                    | 43   | 46   | 51   | 56   | 46   | 43   | 41   | 37   | 43   | 125  | 103                                                             | 130  | 143  | 161  | 118  | 93   | 101  | 83   | 107  |  |  |
| Carmagnola           | 50*                                                   | 58   | 47   | 47   | 61   | 50*  | 48   | 50   | 44   | 49   | 25*  | 170                                                             | 107  | 125  | 171  | 130* | 124  | 131  | 118  | 130  |  |  |
| Ceresole Reale       | -                                                     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 7*   | 8*   | -    | -                                                               | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0*   | 0*   |  |  |
| Druento              | 30*                                                   | 33*  | 31*  | 36   | 38   | 32   | 32   | 32*  | 27   | 31   | 7*   | 59*                                                             | 46*  | 83   | 77   | 63   | 56   | 52*  | 38   | 63   |  |  |
| Ivrea - Liberazione  | -                                                     | -    | -    | -    | -    | 39*  | 34   | 33   | 28   | 35   | -    | -                                                               | -    | -    | -    | 89*  | 73   | 71   | 53   | 82   |  |  |
| Leini (Beta)         | -                                                     | -    | -    | -    | 43*  | 46*  | 44*  | 39*  | 35*  | 36*  | -    | -                                                               | -    | -    | 52*  | 97*  | 94*  | 81*  | 61*  | 74*  |  |  |
| Oulx (Beta)          | -                                                     | -    | -    | -    | 27   | 20   | 20*  | 18   | 19   | 20   | -    | -                                                               | -    | -    | 31   | 6    | 18*  | 3    | 7    | 11   |  |  |
| Pinerolo             | 36*                                                   | 38   | 38*  | 42   | 43   | 37   | 36   | 32*  | 28*  | 32   | 14*  | 84                                                              | 77*  | 102  | 96   | 74   | 66   | 61*  | 29*  | 57   |  |  |
| Susa                 | 31*                                                   | 34*  | 30   | 29   | 30   | 22   | 25   | 21   | 22   | 23   | 5*   | 59*                                                             | 42   | 43   | 40   | 27   | 39   | 16   | 21   | 24   |  |  |
| To - Consolata       | 67                                                    | 64   | 58   | 65   | 67   | 53   | 53   | 51   | 43   | 50   | 198  | 185                                                             | 173  | 199  | 184  | 146  | 124  | 123  | 102  | 134  |  |  |
| To - Grassi          | 77                                                    | 70*  | 69   | 70*  | 71   | 66   | 61   | 57   | 50   | 59   | 251  | 200*                                                            | 213  | 197* | 194  | 190  | 150  | 151  | 131  | 158  |  |  |
| To - Lingotto (Beta) | -                                                     | -    | -    | 43   | 64   | 61*  | 43   | 41   | 34   | 48*  | -    | -                                                               | -    | 98   | 172  | 147* | 90   | 92   | 72   | 95*  |  |  |
| To - Lingotto        | -                                                     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 36   | 44   | -    | -                                                               | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 80   | 106  |  |  |
| To - Rivoli          | 44*                                                   | 49   | 39*  | 54*  | 71   | 59*  | 54   | 50   | 48*  | 53   | 73*  | 129                                                             | 65*  | 142* | 186  | 153* | 129  | 118  | 120* | 129  |  |  |
| To - Rubino          | -                                                     | -    | -    | -    | -    | 47*  | 43   | 44*  | 39   | 47   | -    | -                                                               | -    | -    | -    | 95*  | 90   | 96*  | 83   | 111  |  |  |

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 17: parametro PM10, valutazione statistica anni 2000-2011.

| STAZIONE                | PTS - VALORE MEDIO ANNUO (µg/m³) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
|-------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
|                         | 2002                             | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |   |
| Torino - Consolata, PTS | 94                               | 102* | 95*  | 95*  | 95*  | 78*  | 77*  | 67*  | 51   | 63   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | - |

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 18: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2000-2011.

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

**Milena Sacco, Francesco Lollobrigida, Antonella Mangiavillano - ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

### INTRODUZIONE

Lo studio della distribuzione dimensionale e della composizione chimica del particolato disperso in aria ambiente risulta di particolare interesse perché fornisce informazioni utili sull'impatto sulla salute umana delle diverse frazioni e permette di formulare delle ipotesi in merito all'origine dei vari componenti analizzati. Il progetto europeo iMonitraf! ha fornito l'occasione per un confronto tra la città di Torino e un ambiente meno urbanizzato ma soggetto all'influenza delle emissioni veicolari provenienti dalla autostrada A32 Torino-Bardonecchia.

Nell'ambito del progetto, infatti, in parallelo al monitoraggio degli inquinanti previsti dalla normativa europea sulla qualità dell'aria, grazie alla disponibilità di SITAF S.p.A. è stata eseguita presso la sede SITAF di Susa, frazione San Giuliano, in prossimità dell'autostrada Torino-Bardonecchia, un'indagine approfondita sulla distribuzione del particolato e sulla caratterizzazione chimica delle varie frazioni campionate, al fine di valutare l'impatto delle emissioni da traffico autostradale sull'ambiente alpino. Il monitoraggio è stato articolato in vari periodi (1-29/9/2010, 8/4/2011-13/5/2011, 11/10/2011-8/11/2011) in modo da rappresentare differenti stagioni e condizioni meteorologiche. Il campionamento delle polveri è stato realizzato con un campionatore ad alto volume munito di testa di prelievo PM10, nel quale è stata inserita una serie di impattori a cascata per frazionare differenti intervalli dimensionali del particolato (< 0,49  $\mu\text{m}$ , 0,49-0,95  $\mu\text{m}$ , 0,95-1,5  $\mu\text{m}$ , 1,5-3  $\mu\text{m}$ , 3-7,2  $\mu\text{m}$ , 7,2-10  $\mu\text{m}$ ). Sui filtri in quarzo campionati è stata condotta l'analisi gravimetrica, la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici, degli anioni e dei cationi e di una serie di metalli di rilievo tossicologico. Su una serie ad hoc di campioni sono inoltre stati effettuati test di mutagenesi delle diverse frazioni del particolato.

Per le analisi di tipo chimico i risultati sono stati comparati con quelli ottenuti dal monitoraggio condotto con lo stesso campionatore presso la stazione fissa di fondo urbano di Torino-Lingotto da ottobre 2010 a gennaio 2011, al fine di poter evidenziare eventuali differenze in distribuzione dimensionale e composizione chimica del particolato nel periodo invernale, in contesti antropici ed ambientali diversi.

### ESAME DEI DATI

Nel sito di Susa la frazione più rilevante in massa è la frazione inferiore agli 0,49  $\mu\text{m}$ , che rappresenta complessivamente il 37 % del PM10, mentre il particolato di dimensioni inferiori a 0,95  $\mu\text{m}$  rappresenta il 58 % del PM10. Scendendo nel dettaglio della distribuzione dimensionale, nel periodo invernale aumenta la componente fine, mentre le frazioni superiori agli 1,5  $\mu\text{m}$  diminuiscono soprattutto rispetto al periodo primaverile, nel quale le frazioni più grossolane sono più rilevanti a causa presumibilmente del risollevarimento dovuto alla maggiore instabilità atmosferica e alla maggiore ventosità. Un'altra possibile influenza può essere la maggiore presenza di aerosol di origine naturale (pollini, spore). Confrontando i dati con quelli rilevati a Torino nella stazione di fondo urbano di Torino-Lingotto, a parità di periodo dell'anno (ottobre-novembre 2010 a Torino e ottobre-novembre 2011 a Susa) la frazione maggiore di 1  $\mu\text{m}$  è pari al 41% del PM10 a Torino e al 38% a Susa; vi è un buon accordo anche a livello delle singole frazioni dimensionali.

Le variabili meteorologiche influenzano notevolmente la distribuzione dimensionale del particolato, che si allontana dalla media in particolare nei giorni di pioggia e di vento.

I componenti ionici (nitrati, solfati, ammonio, sodio, calcio, magnesio e cloruri) complessivamente costituiscono dal 24% (in primavera) al 42% (in estate) della massa complessiva del PM10. I dati rilevati sono stati confermati dalle analisi fatte in parallelo su campioni mensili ottenuti mediante campionatore gravimetrico di PM10 a basso volume.

Nel sito di Susa ed anche in quello di Torino nitrati, solfati e ammonio sono in maggiore percentuale nella frazione inferiore agli 0,95 µm, in accordo con i dati di letteratura relativi alla frazione secondaria inorganica del particolato<sup>4</sup> essendo prodotti in atmosfera a partire da precursori gassosi quali ammoniaca, ossidi di azoto e biossido di zolfo.

In generale i nitrati si ritrovano maggiormente nei mesi freddi con percentuali superiori ai solfati. A Susa in autunno e a Torino in inverno i nitrati sono circa sei volte i solfati, mentre in primavera - estate le percentuali sono molto simili o prevalgono i solfati (come nel mese di aprile dove costituiscono il 9% contro il 7% di nitrati). In settembre i nitrati sono 1.7 volte i solfati. Monitoraggi condotti in Piemonte hanno dato risultati analoghi. Le percentuali nelle varie stagioni a Susa e a Torino-Lingotto sono rappresentate in FIGURA 18. Invece in FIGURA 19 sono rappresentate le concentrazioni medie rilevate nel sito di Susa.

In generale viene confermato il dato per cui il Nord Italia è uno dei territori europei che presenta una maggiore concentrazione di nitrati nel particolato durante i mesi freddi<sup>5</sup> (Perrone et al, 2012).

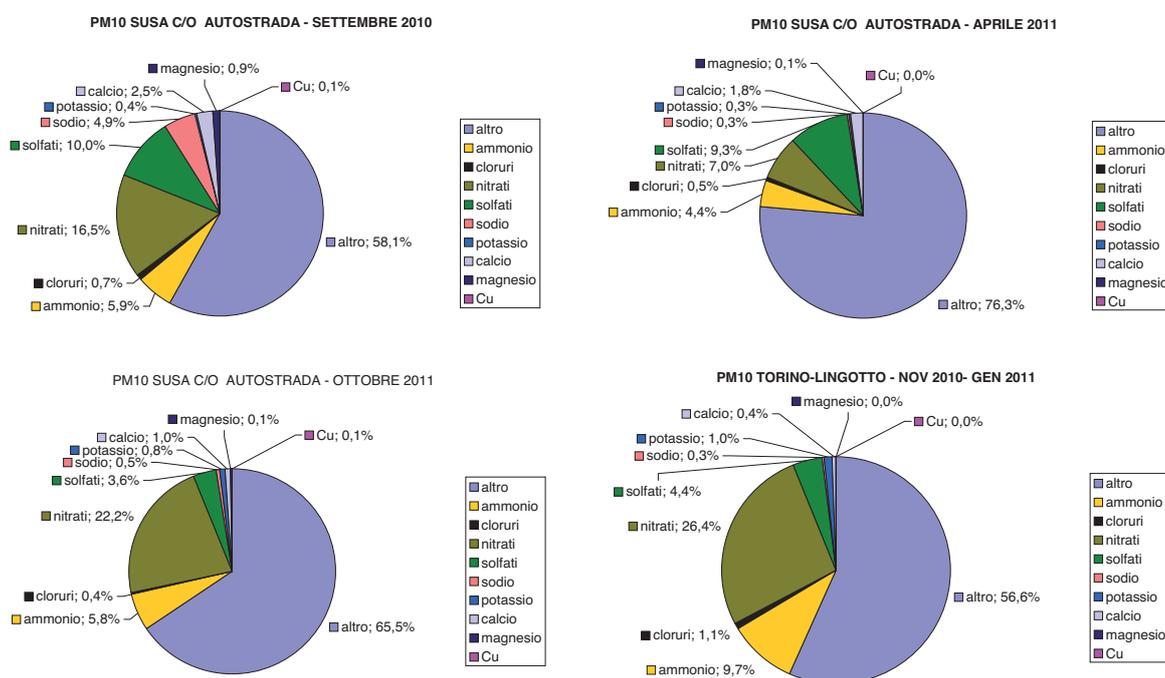


FIGURA 18: Distribuzione percentuale dei componenti analizzati nel PM10 a Susa, frazione S.Giuliano e a Torino-Lingotto.

Per quanto riguarda i metalli di transizione, nel corso delle campagne di monitoraggio sono stati determinati vanadio, cromo, nichel, cobalto, rame, arsenico, selenio, cadmio e piombo. Il metallo con la concentrazione più alta è il rame, seguito dal gruppo cromo-piombo-nichel, mentre le concentrazioni più basse si misurano per vanadio, arsenico, selenio, cobalto e cadmio. Di norma tutti questi inquinanti, a eccezione del rame e del cromo, si ritrovano principalmente nelle frazioni di minori dimensioni. A fronte di concentrazioni di norma più elevate nel capoluogo, la composizione relativa non mostra differenze evidenti tra il sito di Susa e quello di Torino.

<sup>4</sup> Anlauf et. al, Ionic composition and size characteristics of particles in the Lower Fraser Valley: Pacific 2001 Field Study, 2006, Atmospheric Environment; 40: pagg. 2662-2675.

<sup>5</sup> Perrone Maria Grazia et al, Sources of high PM2,5 concentrations in Milan, Northern Italy: Molecular marker data and CMB modelling, 2012, Science of the Total Environment 414, pagg 343-355.

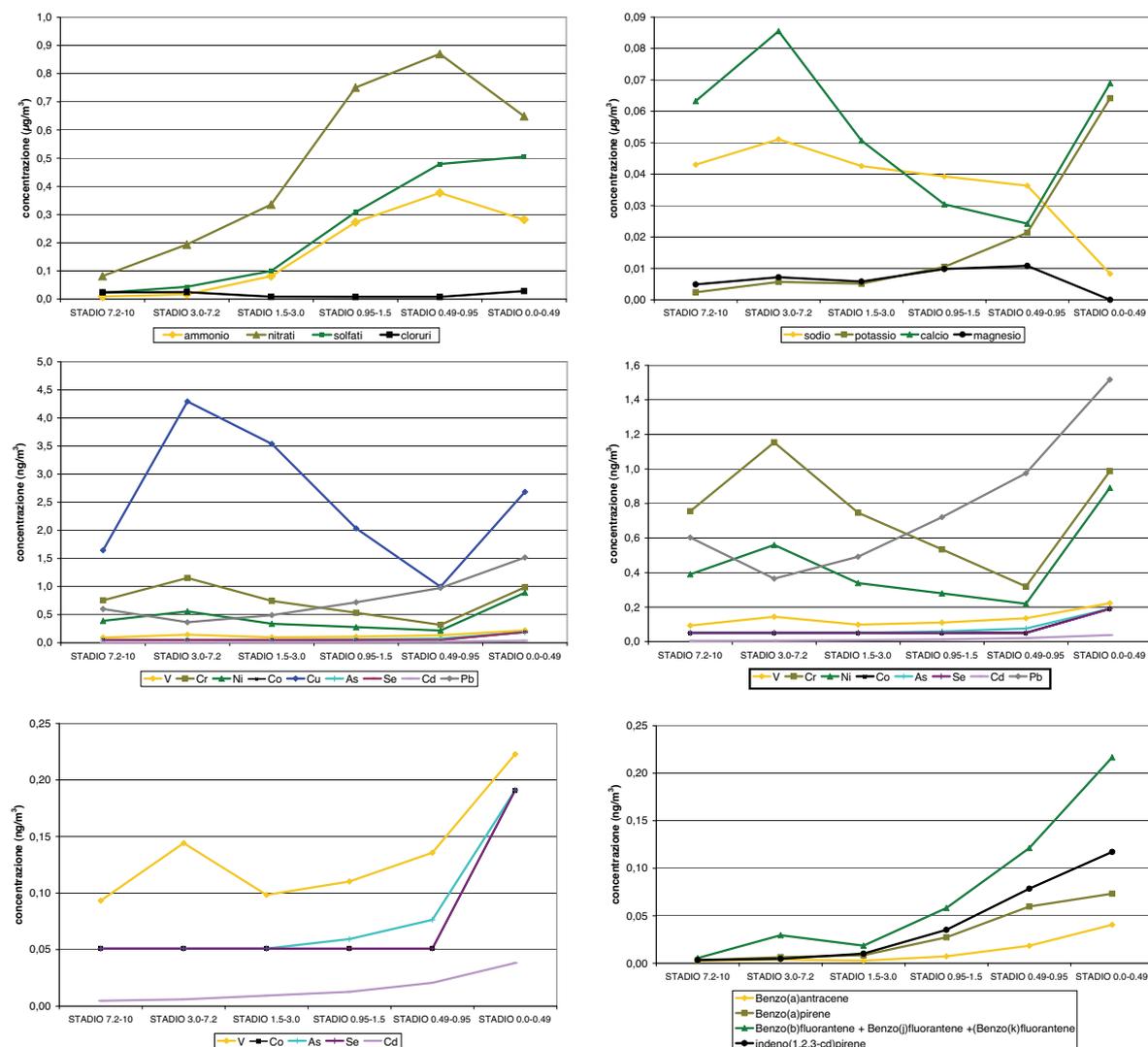


FIGURA 19: Concentrazione media dei componenti analizzati nel PM10 a Susa, sull'intero periodo considerato.

Anche gli idrocarburi policiclici aromatici, così come la maggioranza dei metalli di rilievo tossicologico, sono prevalentemente presenti nella frazione submicronica. Nel sito di Susa, così come in quello di Torino, mediamente più del 70% si trova in tale frazione (FIGURA 19 in basso a destra). Presentano un andamento stagionale che ricalca quello del PM10 totale, con massimi nelle stagioni fredde. La loro origine è infatti legata prevalentemente alle combustioni e nei mesi freddi, come per il PM10, le condizioni di stabilità atmosferica ne favoriscono l'accumulo; in estate, inoltre, le concentrazioni diminuiscono poiché gli IPA presentano una forte reattività fotochimica, favorita da alta temperatura e luce solare, che portano alla formazione di inquinanti secondari quali nitroIPA e ossiIPA<sup>6</sup>. La percentuale di IPA sul PM10 è inoltre più elevata nei mesi freddi che in quelli caldi. Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici.

<sup>6</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, page 1368-1377.

I test di mutagenesi sono stati effettuati unicamente presso il sito di Susa; i dati analitici sono stati prodotti utilizzando il Test di Ames con ceppi di *Salmonella typhimurium* TA 98 e TA 100, allo scopo di evidenziare l'eventuale presenza, sul particolato atmosferico oggetto del campionamento, di composti chimici con potere mutageno. La significatività del test di Ames è sostanzialmente di tipo predittivo ed è comunque molto importante, in quanto segnala un possibile rischio per l'ambiente e per l'uomo, derivante dall'esposizione a sostanze che agiscono direttamente sul DNA.

Nelle tre campagne di monitoraggio effettuate (4-30/9/2010, 22/4/2011-14/5/2011, 14/10/2011-9/11/2011) è stata posta particolare attenzione ai dati forniti dall'analisi del particolato di frazione con diametro uguale o inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$ , in quanto ritenuto più pericoloso per la possibilità di raggiungere le vie respiratorie più profonde, rappresentando quindi un potenziale rischio per la salute della popolazione residente.

Come previsto dalle procedure Arpa, nonché dalla letteratura di riferimento, i risultati sono stati espressi come Rapporto di Mutagenicità per mg di particolato (MR/mg) e sono stati considerati positivi i campioni che hanno mostrato un valore di MR/mg  $\geq 1$ .

Tale valore soglia corrisponde alla linea rossa riportata sui grafici in FIGURA 20.

L'incertezza di misura correlata al dato è stata indicata con la simbologia convenzionale, la cui estensione rappresenta il range di possibile oscillazione del dato ottenuto.

Si rammenta che a ciascuno dei filtri corrisponde uno "stadio" del campionatore ad alto volume, la cui relazione con le dimensioni delle diverse frazioni di particolato è la seguente:

|          |             |               |          |            |               |
|----------|-------------|---------------|----------|------------|---------------|
| Stadio 1 | 7,2 ÷ 10    | $\mu\text{m}$ | Stadio 2 | 3,0 ÷ 7,2  | $\mu\text{m}$ |
| Stadio 3 | 1,5 ÷ 3,0   | $\mu\text{m}$ | Stadio 4 | 0,95 ÷ 1,5 | $\mu\text{m}$ |
| Stadio 5 | 0,49 ÷ 0,95 | $\mu\text{m}$ | Stadio 6 | 0,0 ÷ 0,49 | $\mu\text{m}$ |

Dall'analisi dei dati, considerando il maggior numero di positività dimostrate al test con i diversi ceppi, risulta che i valori di MR/mg più significativi si evidenziano a partire dallo stadio 3 e vanno gradualmente ad aumentare fino allo stadio 6. Questo indica che le eventuali sostanze che producono effetti mutageni sugli organismi testati, sono contenute nel particolato con dimensioni che vanno da 0,0 a 3,0  $\mu\text{m}$ .

Anche in tal caso, seppur in presenza di una limitata disponibilità di dati, è possibile verificare comunque un andamento ascendente dei valori di MR/mg, relativamente ai campionamenti effettuati nei periodi prossimi alla stagione invernale (campagna di settembre 2010 e di ottobre-novembre 2011), in accordo con quanto già è possibile desumere dai dati della letteratura inerente l'argomento.

Un dato interessante è anche rappresentato dall'elevata positività dei risultati ottenuta sullo stadio 6 relativamente al campionamento dell'8-9/11/2011, nonostante l'analisi gravimetrica dimostri valori più bassi rispetto ad altri campionamenti effettuati sullo stesso stadio; ciò dimostra che non è solo importante la quantità di materiale depositato, ma anche le particolari componenti chimiche dello stesso.

## CONCLUSIONI

A fronte di una maggiore concentrazione di PM10 ed anche di PM2,5 nell'area urbana di Torino rispetto al sito di Susa, la distribuzione percentuale della massa nelle varie frazioni appare in prima analisi confrontabile, confermando per entrambi i siti oggetto dell'indagine il dato generale di letteratura per cui più della metà del PM10 è in realtà costituito da frazioni sub-microniche. Tali frazioni si confermano quindi anche nei siti oggetto del monitoraggio di particolare rilevanza in termini di impatto sulla salute, in quanto sono in grado di veicolare componenti tossici a livello degli alveoli polmonari. Per quanto riguarda la distribuzione nelle diverse frazioni delle componenti secondarie inorganiche, il sito di Susa presenta caratteristiche analoghe a quello di Torino, con maggiore rilevanza di nitrati, solfati ed ammonio, che arrivano a rappresentare fino al 33% della massa complessiva di particolato. Piombo, ni-

chel, vanadio, arsenico, cobalto, selenio e cadmio sono i metalli che si concentrano maggiormente nella frazione fine del particolato.

I dati analitici forniti dai test di mutagenesi sulle varie frazioni di particolato, evidenziano anch'essi "un trend in ascesa", passando dallo stadio 1 allo stadio 6, infatti, le frazioni che "rispondono" con una positività netta sono quelle di minori dimensioni; si rileva nel contempo una maggior presenza di quest'ultime, all'approssimarsi della stagione invernale, compatibilmente alle condizioni climatiche pertinenti il periodo, ma anche e soprattutto a maggiori apporti in atmosfera di polveri sottili dovuti alle emissioni degli impianti di riscaldamento, che vanno a sommarsi a quelle del traffico veicolare e degli eventuali insediamenti industriali già insistenti sull'area considerata.

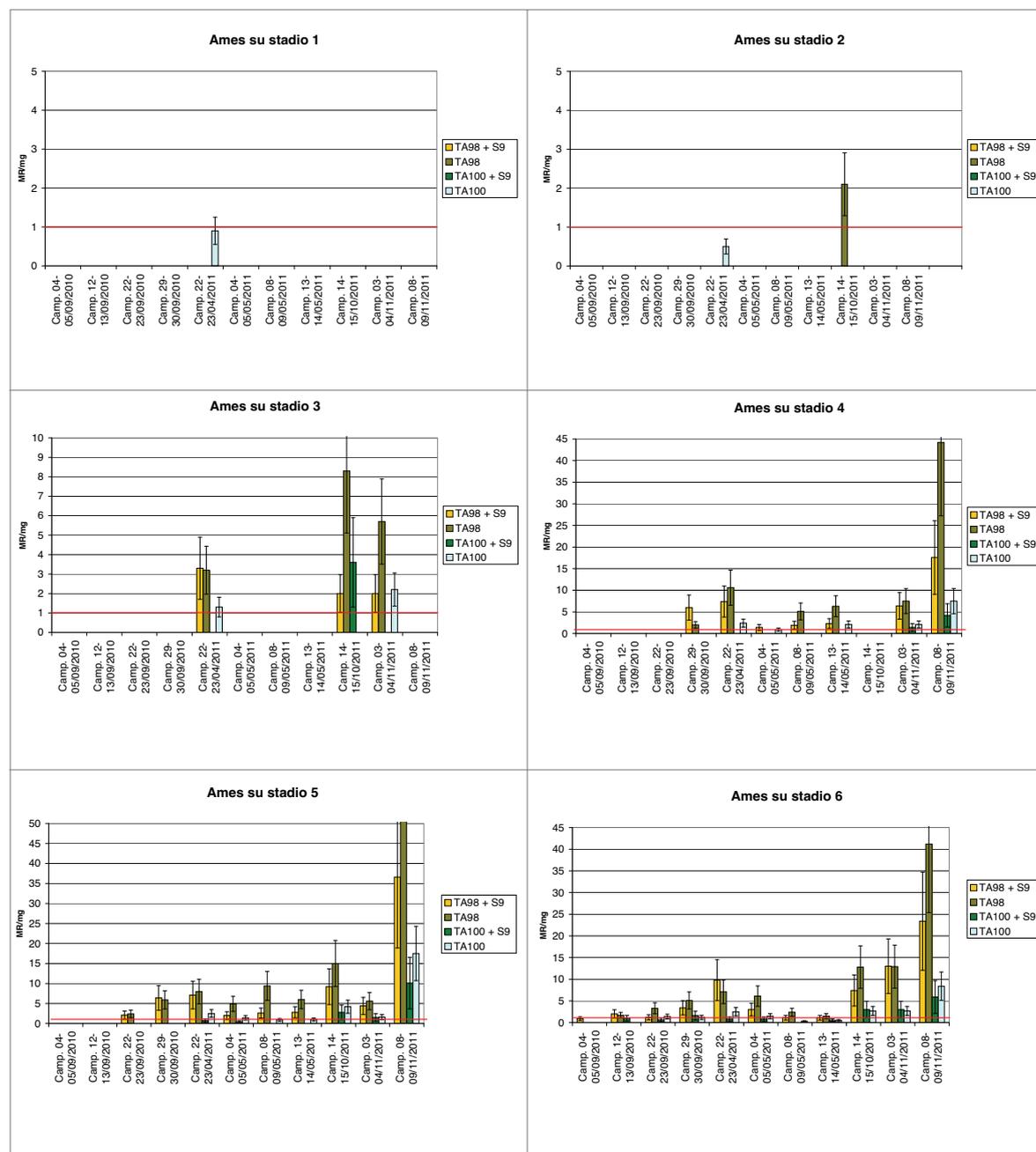


FIGURA 20: Rapporto di mutagenicità per mg di particolato, ottenuto nei differenti stadi campionati nelle diverse giornate.

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

**M. MARINGO ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

## 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 da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia. Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimoni, 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 19 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.

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

TABELLA 19: 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 PM<sub>10</sub> e nel caso della stazione TO-Lingotto anche frazione PM<sub>2,5</sub>) campionato in 12 stazioni ubicate in provincia di Torino. 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, tuttavia nel corso del 2011 si osserva un'interruzione del trend in costante diminuzione registrato negli anni precedenti, con livelli che in molti casi sono tornati a quelli osservati nel 2008. Come per gli altri inquinanti descritti nella presente pubblicazione l'innalzamento dei valori, soprattutto rispetto al 2010, è stato determinato prevalentemente dalle particolari condizioni meteo-climatiche piuttosto che da un aumento delle emissioni. Il 2011 è stato l'anno più caldo osservato in Piemonte negli ultimi 50 anni e per quanto riguarda le precipitazioni, vi sono stati episodi intensi concentrati in periodi molto brevi di tempo, come ad esempio l'evento alluvionale del 3-8 novembre, ma nei mesi generalmente più piovosi (aprile, maggio, settembre e ottobre) si sono registrate anomalie significative con importante scarsità di pioggia. Ciò, in aggiunta alle condizioni di stabilità atmosferica particolarmente intense nei mesi invernali, ha determinato un accumulo degli inquinanti, in particolare delle polveri e dei composti che le compongono: metalli ed IPA (vedi capitolo relativo).

Tra i metalli l'incremento maggiore rispetto all'anno precedente si osserva per il cadmio, con valori paragonabili o superiori al 2008 sia in termini assoluti sia espressi percentualmente rispetto alla concentrazione di polveri (TABELLA 21). Nella stazione di To-Grassi che storicamente presenta i livelli più elevati, la concentrazione di cadmio (pari a di 0,52 ng/m<sup>3</sup>) risulta doppia rispetto al 2010. L'unica stazione in cui il valore è rimasto costante è Ceresole, nelle altre l'incremento va dal 50 al 130%. I livelli di cadmio più bassi sono stati rilevati nelle stazioni di Susa, Ceresole, Pinerolo e Druento, analogamente agli anni precedenti di osservazione.

Nelle altre stazioni del territorio comunale e provinciale i livelli di cadmio risultano piuttosto uniformi con valori che si posizionano tra 0,27 e 0,34 ng/m<sup>3</sup>.

Nonostante l'anomalia descritta, la situazione non desta preoccupazione in termini di rispetto della normativa, in quanto in tutto il territorio provinciale le concentrazioni risultano comunque di un ordine di grandezza inferiore rispetto al valore obiettivo di 5 ng/m<sup>3</sup>.

Anche il nichel mostra un innalzamento dei livelli rispetto al 2010, ma più limitato di quanto descritto per il cadmio; infatti, considerando le concentrazioni medie annuali (TABELLA 22), si osservano incrementi che vanno dal 10% di To-Lingotto PM10 al 37% di Susa. Le concentrazioni in massa risultano in crescita in tutte le stazioni, con i valori più elevati, tra gli 8 e 9 ng/m<sup>3</sup>, registrati nelle stazioni di traffico dell'area metropolitana (To-Grassi, To-Consolata e To-Rivoli) analogamente agli anni precedenti, mentre il livello più basso pari a 1,6 ng/m<sup>3</sup> è stato determinato nelle polveri campionate a Ceresole. In quest'ultima stazione si osservano percentuali in massa dei vari metalli relativamente elevate; in particolare il nichel presenta la percentuale nominalmente più alta. Ciò potrebbe essere dovuto al fatto che le concentrazioni di metalli determinate in laboratorio si riferiscono a quantità di polveri molto limitate, spesso prossime al limite di rilevabilità. Tuttavia questo aspetto sarà oggetto di approfondimento nei prossimi anni, infatti il livello percentuale alto di nichel presso la stazione di Ceresole risulta costante dai dati dell'ultimo triennio, per cui si potrebbe anche trattare di una caratteristica locale.

Considerando le altre stazioni della rete, si osserva che il contenuto percentuale di nichel mostra livelli abbastanza in linea con il 2010 ciò indica che in genere, a causa delle condizioni meteo-climatiche sono aumentati i livelli di polverosità, ma il tenore di nichel non è aumentato della stessa entità. Tale comportamento caratterizza siti con tipologie e localizzazioni molto differenziate.

Nonostante gli incrementi dei livelli di nichel nel corso del 2011, il valore obiettivo previsto dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155 di 20 ng/m<sup>3</sup> è ampiamente rispettato, infatti anche nelle centraline dell'area metropolitana la media annuale è inferiore al 50% di tale soglia.

Per quanto riguarda il piombo in FIGURA 21 è riportata la serie storica a partire dagli anni '70. Attualmente i livelli di piombo sono due ordini di grandezza inferiori rispetto ai rilevamenti dei primi anni di monitoraggio. Già a partire dal 2001 (TABELLA 23) le medie annuali sono di un ordine di grandezza inferiori al limite allora previsto dal D.M. 60/2002 (0,5 µg/m<sup>3</sup>). Pur rimanendo a livelli particolarmente bassi, anche per questo metallo nel 2011 si nota un lieve innalzamento dei valori che in molti casi tornano alle concentrazioni registrate nel 2008. Solo la stazione di Susa mostra una costante diminuzione sia come medie annuali sia come percentuale in massa. Le concentrazioni medie annuali massime e minime rispecchiano la situazione descritta per il nichel, con valori più elevati nelle centraline dell'aria metropolitana (To-Grassi, To-Consolata e To-Rivoli) ed il livello minimo presso la stazione di Ceresole (0,002 µg/m<sup>3</sup>). È interessante osservare i dati riportati in TABELLA 23 che mostrano una generale diminuzione della presenza di piombo a livello di composizione percentuale, infatti mentre per quasi tutte le stazioni la concentrazione media annuale è in lieve aumento, il valore in percentuale risulta costante o in diminuzione, ad eccezione di tre stazioni; ciò indica un impoverimento delle polveri relativamente a questo metallo.

Per quanto riguarda l'arsenico la sua presenza nelle polveri inalabili (TABELLA 20), 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. Nel 2011 vi è un unico dato, relativo alla stazione di To-Rubino, che si discosta da tale situazione mostrando una media annuale pari a 1,2 ng/m<sup>3</sup>. La presenza del metallo è stata rilevata nel campione relativo al mese di gennaio, probabilmente imputabile ad un isolato fenomeno locale di cui non è stato possibile determinare la fonte. Il livello del singolo mese risulta tuttavia, paragonabile al limite su base annuale, per cui il fenomeno non ha determinato particolari problematiche ambientali, in quanto la media annuale è ampiamente al di sotto del limite di legge.

I dati relativi alle percentuali in massa di cadmio, nichel e piombo nelle polveri campionate

riportati In TABELLA 24 confermano la situazione osservata negli anni precedenti relativamente alla distribuzione dei metalli nelle varie granulometrie di particolato. Infatti nella stazione di TO-Lingotto in cui sono campionati sia il PM10 che il PM2,5, cadmio e piombo hanno percentualmente pressochè la stessa presenza nelle due frazioni, mentre il nichel è maggiormente presente nella frazione più grossolana.

Nel complesso, nonostante il lieve aumento delle concentrazioni medie annuali presumibilmente imputabili alle condizioni meteo-climatiche che hanno caratterizzato il 2011, i valori relativi ai metalli nel particolato aerodisperso mettono in luce una situazione esente da criticità, grazie alla ridotta presenza sul territorio della provincia di Torino di significative attività estrattive e metallurgiche, nonché alla progressiva 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.

| STAZIONE          | Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> ) |       |       |       |       |               |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|
|                   | 2006                                                                                                 | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011          |
| BORGARO           | 1,34                                                                                                 | 0,73  | 0,72  | 0,72  | 0,72  | <b>0,72</b>   |
| CARMAGNOLA        | 1,21                                                                                                 | 0,74* | 0,71  | 0,71  | 0,72  | <b>0,72**</b> |
| CERESOLE REALE    |                                                                                                      |       |       | 0,72* | 0,73* | <b>0,73*</b>  |
| DRUENTO           | 0,85                                                                                                 | 0,73  | 0,71  | 0,72* | 0,72  | <b>0,72</b>   |
| IVREA             |                                                                                                      | 0,73* | 0,71  | 0,72  | 0,72  | <b>0,71</b>   |
| PINEROLO          | 0,83                                                                                                 | 0,73  | 0,72  | 0,72* | 0,72* | <b>0,73</b>   |
| SUSA              | 0,87                                                                                                 | 0,73  | 0,71  | 0,72  | 0,72  | <b>0,72</b>   |
| TO-CONSOLATA      | 1,27                                                                                                 | 0,81  | 0,71  | 0,72  | 0,71  | <b>0,72</b>   |
| TO-GRASSI         | 1,27                                                                                                 | 0,86  | 0,71  | 0,71  | 0,72  | <b>0,78</b>   |
| TO-LINGOTTO PM10  | 2,11*                                                                                                | 0,74* | 0,72* | 0,72  | 0,72  | <b>0,73</b>   |
| TO-LINGOTTO PM2,5 | 0,84                                                                                                 | 0,77* | 0,72  | 0,72  | 0,72  | <b>0,72</b>   |
| TO-RIVOLI         | 1,41                                                                                                 | 0,88* | 0,71  | 0,72  | 0,72* | <b>0,72*</b>  |
| TO-RUBINO         |                                                                                                      | 0,75* | 0,86  | 0,72* | 0,72  | <b>1,19</b>   |

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%; (\*\*) Nella stazione di Carmagnola nella media annuale per i mesi di novembre e dicembre sono stati considerati i dati del al nuovo sito P.zza I Maggio

TABELLA 20: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate su PM10 e PM2,5 2006-2011.

| STAZIONE          | Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> ) |       |       |       |       |               |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|
|                   | 2006                                                                                               | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011          |
| BORGARO           | 0,57                                                                                               | 0,40  | 0,25  | 0,19  | 0,17  | <b>0,30</b>   |
| CARMAGNOLA        | 0,54                                                                                               | 0,49* | 0,33  | 0,22  | 0,18  | <b>0,27**</b> |
| CERESOLE          |                                                                                                    |       |       | 0,12* | 0,07* | <b>0,07*</b>  |
| DRUENTO           | 0,35                                                                                               | 0,28  | 0,21  | 0,14* | 0,10  | <b>0,19</b>   |
| IVREA             |                                                                                                    | 0,36* | 0,28  | 0,17  | 0,16  | <b>0,29</b>   |
| PINEROLO          | 0,39                                                                                               | 0,36  | 0,19  | 0,13* | 0,10* | <b>0,17</b>   |
| SUSA              | 0,29                                                                                               | 0,25  | 0,11  | 0,10  | 0,07  | <b>0,12</b>   |
| TO-CONSOLATA      | 0,60                                                                                               | 0,53* | 0,38  | 0,25  | 0,19  | <b>0,32</b>   |
| TO-GRASSI         | 0,75                                                                                               | 0,69  | 0,38  | 0,31  | 0,23  | <b>0,52</b>   |
| TO-LINGOTTO PM10  | 0,67*                                                                                              | 0,36* | 0,30* | 0,25  | 0,19  | <b>0,31</b>   |
| TO-LINGOTTO PM2,5 | 0,51                                                                                               | 0,40* | 0,25  | 0,24  | 0,16  | <b>0,27</b>   |
| TO-RIVOLI         | 0,59                                                                                               | 0,40* | 0,27  | 0,26  | 0,18* | <b>0,34*</b>  |
| TO-RUBINO         |                                                                                                    | 0,41* | 0,29* | 0,23* | 0,17  | <b>0,27</b>   |

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%; (\*\*) Nella stazione di Carmagnola nella media annuale per i mesi di novembre e dicembre sono stati considerati i dati del al nuovo sito P.zza I Maggio

TABELLA 21: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate su PM10 e PM2,5 2006-2011.

| STAZIONE          | Concentrazione media annuale di NICHEL<br>nel materiale particolato aerodisperso (ng/m <sup>3</sup> ) |        |       |       |       |               |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|---------------|
|                   | 2006                                                                                                  | 2007   | 2008  | 2009  | 2010  | 2011          |
| BORGARO           | 17,47                                                                                                 | 8,20   | 6,11  | 6,17  | 4,27  | <b>5,18</b>   |
| CARMAGNOLA        | 18,71                                                                                                 | 7,18*  | 4,21  | 4,98  | 3,98  | <b>5,10**</b> |
| CERESOLE          |                                                                                                       |        |       | 1,92* | 1,25* | <b>1,61*</b>  |
| DRUENTO           | 15,09*                                                                                                | 7,26   | 4,15  | 4,35* | 3,54  | <b>3,97</b>   |
| IVREA             |                                                                                                       | 6,29*  | 4,48  | 5,07  | 3,65  | <b>4,39</b>   |
| PINEROLO          | 16,76                                                                                                 | 6,73   | 4,56  | 6,60* | 3,68* | <b>4,29</b>   |
| SUSA              | 17,64                                                                                                 | 3,84   | 2,45  | 2,79  | 2,46  | <b>3,38</b>   |
| TO-CONSOLATA      | 22,97*                                                                                                | 12,20  | 8,19  | 9,33  | 8,34  | <b>8,28</b>   |
| TO-GRASSI         | 21,18*                                                                                                | 11,02  | 8,22  | 9,42  | 7,59  | <b>8,65</b>   |
| TO-LINGOTTO PM10  | 19,96*                                                                                                | 11,47* | 4,13* | 5,72  | 5,08  | <b>5,60</b>   |
| TO-LINGOTTO PM2,5 | 12,07                                                                                                 | 6,16*  | 3,43  | 2,77  | 2,43  | <b>3,27</b>   |
| TO-RIVOLI         | 25,01                                                                                                 | 11,41* | 7,45  | 8,29  | 6,10* | <b>7,76*</b>  |
| TO-RUBINO         |                                                                                                       | 8,93*  | 5,56  | 6,09* | 4,68  | <b>5,22</b>   |

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%; (\*\*) Nella stazione di Carmagnola nella media annuale per i mesi di novembre e dicembre sono stati considerati i dati del al nuovo sito P.zza I Maggio

TABELLA 22: concentrazioni medie annuali di nichel determinate su PM10 e PM2,5 – 1999-2011.

| STAZIONE          | Concentrazione media annuale di PIOMBO<br>nel materiale particolato aerodisperso (µg/m <sup>3</sup> ) |        |        |        |        |                |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|
|                   | 2006                                                                                                  | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011           |
| BORGARO           | 0,025                                                                                                 | 0,015  | 0,013  | 0,011  | 0,010  | <b>0,013</b>   |
| CARMAGNOLA        | 0,019                                                                                                 | 0,014* | 0,011  | 0,010  | 0,009  | <b>0,011**</b> |
| CERESOLE          |                                                                                                       |        |        | 0,002* | 0,002* | <b>0,002*</b>  |
| DRUENTO           | 0,014                                                                                                 | 0,011  | 0,007  | 0,008* | 0,007  | <b>0,008</b>   |
| IVREA             |                                                                                                       | 0,014* | 0,010  | 0,010  | 0,010  | <b>0,010</b>   |
| PINEROLO          | 0,026                                                                                                 | 0,021  | 0,013  | 0,010* | 0,008* | <b>0,010</b>   |
| SUSA              | 0,019                                                                                                 | 0,014  | 0,009  | 0,008  | 0,007  | <b>0,006</b>   |
| TO-CONSOLATA      | 0,030                                                                                                 | 0,025  | 0,016  | 0,016  | 0,013  | <b>0,015</b>   |
| TO-GRASSI         | 0,042*                                                                                                | 0,028* | 0,020  | 0,018  | 0,017  | <b>0,020</b>   |
| TO-LINGOTTO PM10  | 0,025*                                                                                                | 0,020* | 0,010* | 0,012  | 0,011  | <b>0,012</b>   |
| TO-LINGOTTO PM2,5 | 0,019                                                                                                 | 0,017* | 0,011  | 0,010  | 0,009  | <b>0,010</b>   |
| TO-RIVOLI         | 0,028                                                                                                 | 0,021* | 0,015  | 0,014  | 0,012* | <b>0,015*</b>  |
| TO-RUBINO         |                                                                                                       | 0,017* | 0,011  | 0,012* | 0,011  | <b>0,011</b>   |

(\*) Rendimento strumentale inferiore al 90%; (\*\*) Nella stazione di Carmagnola nella media annuale per i mesi di novembre e dicembre sono stati considerati i dati del al nuovo sito P.zza I Maggio

TABELLA 23: concentrazioni medie annuali di piombo determinate su PM10 e PM2,5 – 2006-2011.

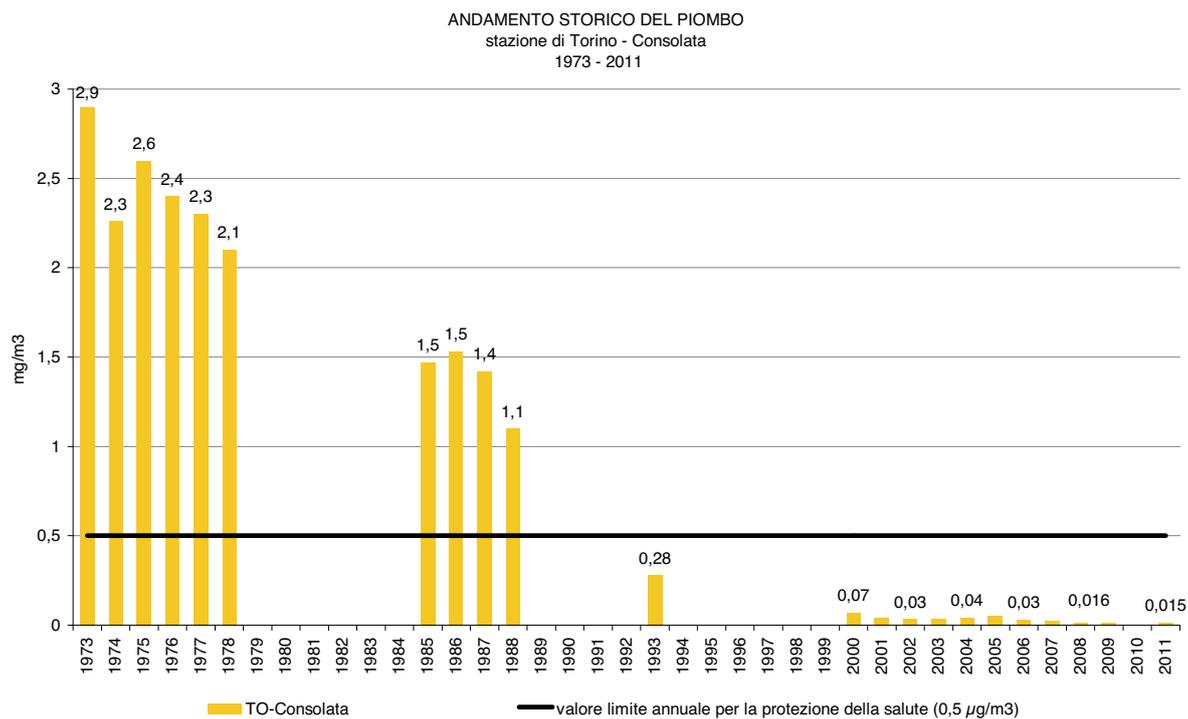


FIGURA 21: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di TO-Consolata nel periodo 1973-2011.

| STAZIONE          | Percentuale in massa dei metalli nel particolato |        |        |        |               |       |       |       |       |              |       |       |       |       |              |
|-------------------|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|---------------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
|                   | %Cd                                              |        |        |        | %Ni           |       |       |       | %Pb   |              |       |       |       |       |              |
|                   | 2007                                             | 2008   | 2009   | 2010   | 2011          | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011         | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011         |
| BORGARO           | 0,0009                                           | 0,0006 | 0,0005 | 0,0005 | <b>0,0007</b> | 0,018 | 0,014 | 0,015 | 0,012 | <b>0,012</b> | 0,033 | 0,030 | 0,027 | 0,027 | <b>0,030</b> |
| CARMAGNOLA        | 0,0008                                           | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 | <b>0,0005</b> | 0,030 | 0,015 | 0,010 | 0,009 | <b>0,010</b> | 0,045 | 0,033 | 0,020 | 0,020 | <b>0,020</b> |
| CERESOLE          |                                                  |        | 0,0013 | 0,0010 | <b>0,0009</b> |       |       | 0,021 | 0,018 | <b>0,020</b> |       |       | 0,022 | 0,029 | <b>0,025</b> |
| DRUENTO           | 0,0009                                           | 0,0007 | 0,0004 | 0,0004 | <b>0,0006</b> | 0,023 | 0,013 | 0,014 | 0,013 | <b>0,013</b> | 0,034 | 0,022 | 0,025 | 0,026 | <b>0,026</b> |
| IVREA             | 0,0009                                           | 0,0008 | 0,0005 | 0,0006 | <b>0,0008</b> | 0,016 | 0,013 | 0,015 | 0,013 | <b>0,013</b> | 0,036 | 0,029 | 0,030 | 0,036 | <b>0,029</b> |
| PINEROLO          | 0,0010                                           | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 | <b>0,0005</b> | 0,018 | 0,013 | 0,021 | 0,013 | <b>0,013</b> | 0,057 | 0,036 | 0,031 | 0,029 | <b>0,031</b> |
| SUSA              | 0,0011                                           | 0,0004 | 0,0005 | 0,0003 | <b>0,0005</b> | 0,017 | 0,010 | 0,013 | 0,011 | <b>0,015</b> | 0,064 | 0,036 | 0,038 | 0,032 | <b>0,026</b> |
| TO-CONSOLATA      | 0,0010                                           | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | <b>0,0006</b> | 0,023 | 0,015 | 0,018 | 0,019 | <b>0,017</b> | 0,047 | 0,030 | 0,031 | 0,030 | <b>0,030</b> |
| TO-GRASSI         | 0,0010                                           | 0,0006 | 0,0005 | 0,0005 | <b>0,0009</b> | 0,017 | 0,013 | 0,017 | 0,015 | <b>0,015</b> | 0,042 | 0,033 | 0,032 | 0,034 | <b>0,034</b> |
| TO-LINGOTTO PM10  | 0,0006                                           | 0,0007 | 0,0006 | 0,0005 | <b>0,0007</b> | 0,019 | 0,010 | 0,014 | 0,014 | <b>0,013</b> | 0,033 | 0,023 | 0,029 | 0,031 | <b>0,027</b> |
| TO-LINGOTTO PM2,5 | 0,0011                                           | 0,0007 | 0,0007 | 0,0006 | <b>0,0008</b> | 0,017 | 0,010 | 0,008 | 0,008 | <b>0,009</b> | 0,047 | 0,031 | 0,029 | 0,031 | <b>0,029</b> |
| TO-RIVOLI         | 0,0007                                           | 0,0005 | 0,0005 | 0,0004 | <b>0,0006</b> | 0,019 | 0,014 | 0,017 | 0,013 | <b>0,015</b> | 0,036 | 0,028 | 0,028 | 0,025 | <b>0,028</b> |
| TO-RUBINO         | 0,0009                                           | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | <b>0,0006</b> | 0,019 | 0,013 | 0,014 | 0,012 | <b>0,011</b> | 0,036 | 0,026 | 0,027 | 0,028 | <b>0,023</b> |

TABELLA 24: percentuale in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM10 e nel PM2,5 – confronto anni 2007-2011.

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

**M. Maringo, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

## DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%<sup>7</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 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)<sup>8</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>9</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 nella TABELLA 25.

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

TABELLA 25: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

<sup>7</sup> European Commission Ambient air pollution by PAH-Position Paper, pag 8.

<sup>8</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b.

<sup>9</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) – Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009.

## ESAME DEI DATI

La TABELLA 26 riassume le concentrazioni medie annuali rilevate a partire dal 2006 sul territorio provinciale. 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 metodiche analitiche omogenee.

| STAZIONE          | Concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene in ng/m <sup>3</sup> |      |         |      |      |                |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------|------|---------|------|------|----------------|
|                   | 2006                                                                | 2007 | 2008    | 2009 | 2010 | 2011           |
| BORGARO           | 1,0                                                                 | 0,8  | 0,7     | 0,7  | 0,7  | <b>0,8</b>     |
| CARMAGNOLA        | 1,0                                                                 | 0,8* | 0,7     | 0,8  | 0,7  | <b>0,9 (4)</b> |
| CERESOLE          | -                                                                   | -    | -       | 0,2* | 0,1* | <b>0,1*</b>    |
| DRUENTO           | 0,4                                                                 | 0,4  | 0,4     | 0,5* | 0,4  | <b>0,4</b>     |
| IVREA-LIBERAZIONE | -                                                                   | 0,9* | 0,7     | 0,8  | 0,7  | <b>0,8</b>     |
| PINEROLO          | 0,6                                                                 | 0,5  | 0,5     | 0,5* | 0,5* | <b>0,5</b>     |
| SUSA              | 1,0                                                                 | 0,7  | 0,6     | 0,6  | 0,7  | <b>0,6</b>     |
| TO-CONSOLATA      | 1,1                                                                 | 0,6  | 0,6     | 0,7  | 0,6  | <b>0,7</b>     |
| TO ITIS GRASSI    | 0,9*                                                                | 0,9  | 0,8     | 0,8  | 0,8  | <b>0,9</b>     |
| TO-LINGOTTO       | 0,6 (2)                                                             | 0,7  | 0,6(3)* | 0,6  | 0,6  | <b>0,8</b>     |
| TO-LINGOTTO PM2,5 | 0,8                                                                 | 0,6* | 0,6     | 0,6  | 0,6  | <b>0,7</b>     |
| TO-RIVOLI         | 0,8                                                                 | 0,6* | 0,6     | 0,7  | 0,7* | <b>0,8*</b>    |
| TO-RUBINO(1)      | -                                                                   | 0,4  | 0,5     | 0,6* | 0,5  | <b>0,8</b>     |

(1) stazione attiva a partire da aprile 2007

(2) dati disponibili a partire dal mese di maggio (ciò spiega il valore inferiore a quello del BaP determinato sul PM2,5)

(3) campionamenti effettuati dal mese di aprile

(4) per i mesi di novembre e dicembre sono stati mediat i dati relativi al nuovo sito Carmagnola I Maggio

\* percentuale di giorni validi inferiore al 90% (a partire dall'anno 2005)

TABELLA 26: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate su PM10 e PM2,5 – 2006-2011 (ng/m<sup>3</sup>).

Nella TABELLA 26 si osserva che a partire dal 2007 per il Benzo(a)Pirene il valore obiettivo (1 ng/m<sup>3</sup>) risulta rispettato in tutte le stazioni della rete provinciale, anche in quelle caratterizzate da traffico intenso; ciò rappresenta un dato certamente positivo in termini di impatto sulla salute.

Ad eccezione delle stazioni di Druento, Pinerolo e Ceresole in cui si sono registrati i valori più bassi, su tutto il territorio provinciale il valore di Benzo(a)Pirene si presenta uniforme, pari a circa 0,8 ng/m<sup>3</sup>. Nella stazione di Ceresole, attivata a partire dal 2009 presso l'omonima diga di Ceresole Reale, si sono registrati i valori più bassi in quanto si trova lontano da fonti di inquinamento antropogenico. Pur nel rispetto del limite, la stazione che storicamente presenta il valore di B(a)P più elevato è quella urbana caratterizzata da traffico pesante di To-ITIS Grassi. Nel corso del 2011 lo stesso livello è stato registrato nella stazione di Carmagnola in cui per i mesi di novembre e dicembre sono stati mediat i dati raccolti nel nuovo sito di P.zza I Maggio, in quanto appaiono in linea con gli andamenti di stazioni analoghe e con i valori degli altri due mesi invernali gennaio e febbraio determinati nel sito precedente. In quasi

tutte le stazioni nel corso del 2011 i valori di B(a)P si sono innalzati di un punto rispetto all'anno precedente, probabilmente a causa delle condizioni meteo-climatiche che non hanno favorito la dispersione degli inquinanti, come evidenziato anche nei capitoli relativi al particolato aerodisperso, ai metalli e al biossido di azoto.

Tale andamento è visibile graficamente anche per gli IPA totali in FIGURA 22, per i quali sono riportate le medie annuali negli ultimi tre anni. Ad eccezione delle stazioni di fondo di Druento e Susa in cui vi è una leggera diminuzione, in tutte gli altri siti si osserva un dato in crescita con valori superiori anche al 2009; le percentuali di crescita si attestano tra l'8% di Borgaro e il 45% di To-Rubino. Le percentuali di crescita degli IPA Totali rispecchiano gli incrementi che si osservano considerando solo il Benzo(a)Pirene. I valori di IPA campionati nel corso del 2011 mostrano inoltre una maggiore uniformità tra le stazioni rispetto agli anni precedenti.

Ciò trova conferma anche dalla FIGURA 23 che riporta la percentuale di IPA totali nel PM10 e nel PM2,5 per tutte le stazioni considerate<sup>10</sup> nell'anno 2011. Come negli anni precedenti Susa e Ivrea si confermano le stazioni con il particolato più ricco di idrocarburi policiclici aromatici, mentre per gli altri siti non si osserva una grande discrepanza tra le stazioni metropolitane e quelle extraurbane. Come già osservato in tutti gli anni di analisi, i mesi invernali sono quelli con polveri contenenti le quantità di IPA maggiori.

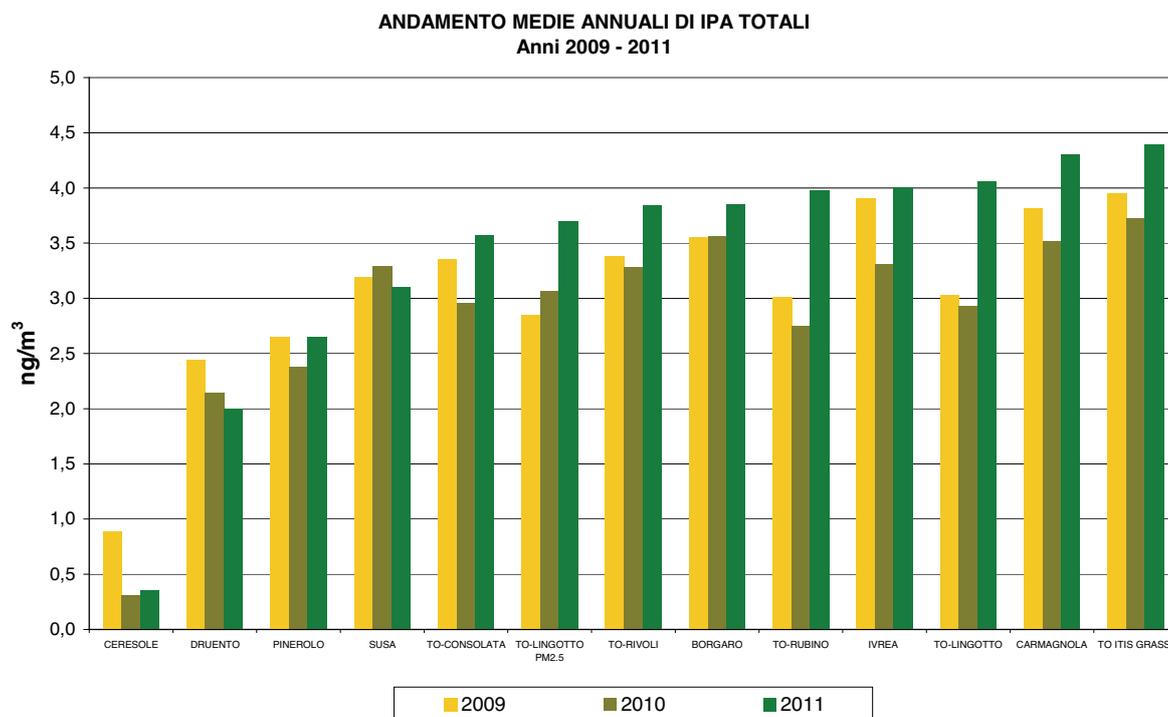


FIGURA 22: andamento medie annuali IPA totali periodo 2008-2011 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

<sup>10</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).

**RAPPORTO PERCENTUALE MEDIO DI I.P.A. SU PM10 E PM2,5  
Anno 2011**

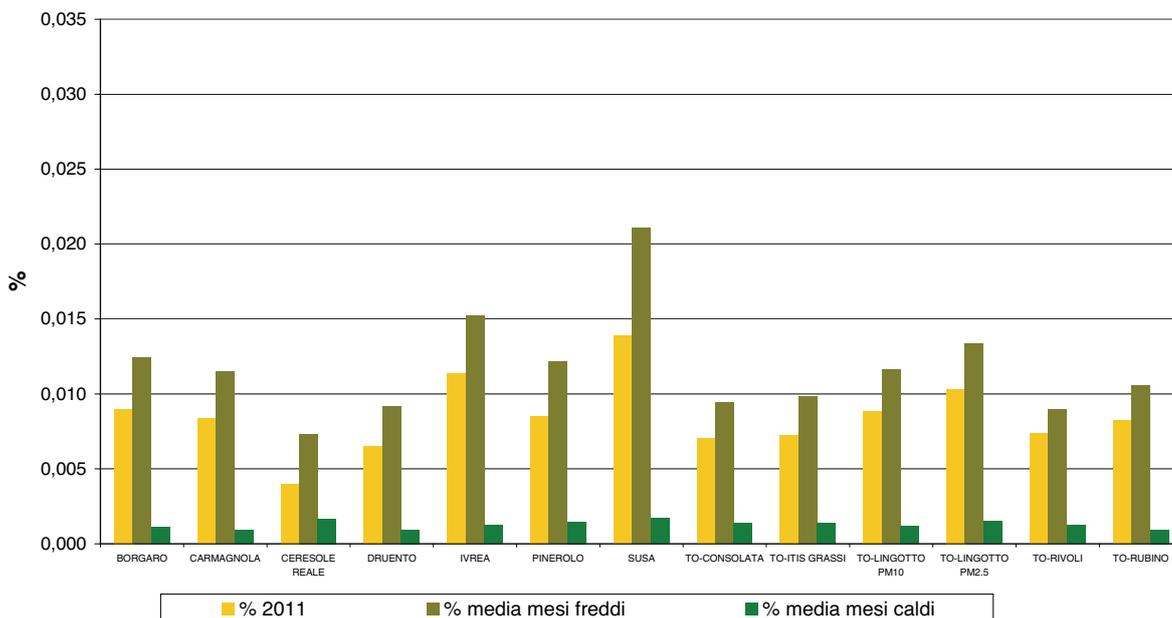


FIGURA 23: percentuale di IPA totali nel PM10, PM2,5 – anno 2011.

La stazione di Ceresole, pur non disponendo del 90% di dati validi, si conferma il sito con i livelli di IPA più bassi sia come valori assoluti sia come presenza percentuale sul PM<sub>10</sub>.

Tra le stazioni torinesi si osserva che come valore assoluto le concentrazioni di IPA sono maggiori nella stazione di To-Grassi, dove si registrano le concentrazioni di PM<sub>10</sub> più elevate, ma a livello di composizione percentuale la situazione appare più uniforme con una leggera prevalenza di IPA nelle polveri di To-Lingotto. Per questa stazione vi è anche l'informazione relativa alla distribuzione degli idrocarburi nelle varie granulometrie. Infatti dal confronto tra il livello di IPA nel PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> si osserva che in termini assoluti la presenza è paragonabile, ma percentualmente le polveri più sottili risultano maggiormente arricchite di IPA. Un'ulteriore conferma di tale situazione emerge dai risultati del progetto iMonitraf!, per i quali si rimanda allo specifico capitolo.

Questo dato conferma la pericolosità delle polveri PM<sub>2,5</sub> che oltre ad essere in grado di entrare in profondità nelle vie respiratorie, riescono a veicolare nell'organismo sostanze potenzialmente cancerogene.

La FIGURA 24 riporta l'andamento temporale delle percentuali di IPA relativamente alle stazioni di Druento, Susa e To-Consolata che rappresentano diverse situazioni territoriali. A parità di stazione, il particolato appare significativamente più ricco di IPA totali durante i mesi freddi dell'anno. Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici.

Le tre stazioni poste a confronto mostrano livelli equivalenti e particolarmente bassi nei mesi estivi, in cui la radiazione solare contribuisce notevolmente alla degradazione di questi composti, mentre nei mesi invernali le polveri campionate nella stazione di Susa hanno contenuti di IPA maggiori.

Come dettagliato nelle precedenti edizioni di Uno sguardo all'aria, i dati disponibili mostrano che un significativo contributo alle concentrazioni di IPA nel particolato, soprattutto nelle aree extraurbane, è dato dalla combustione delle biomasse legnose. Tuttavia nel 2011 la differenza rispetto all'area urbana risulta più contenuta rispetto agli anni precedenti, in quanto probabilmente le condizioni meteo-climatiche si sono mostrate più sfavorevoli nell'area metropolitana, con episodi di inversione termica particolarmente significativi che hanno determinato incrementi di IPA maggiori nelle zone cittadine della pianura.

**RAPPORTO PERCENTUALE MEDIO I.P.A. SU PM10  
Anno 2011**

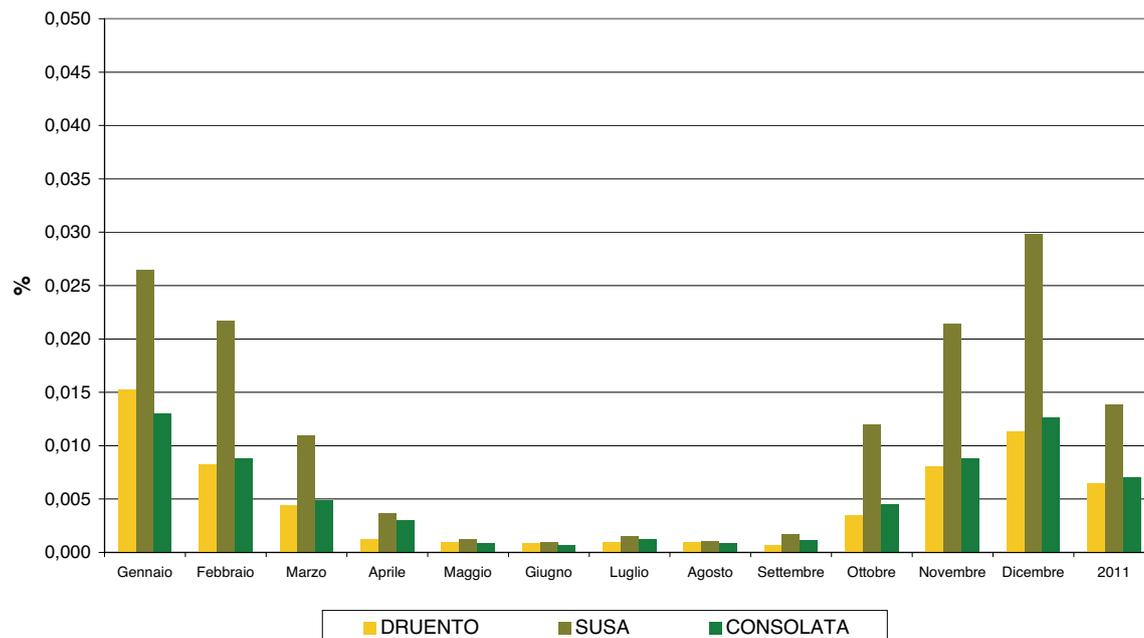


FIGURA 24: percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2011.

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

**G. Castrogiovanni - F. Lollobrigida Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino.**

La stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria opera ad integrazione della rete di stazioni fisse sull'intero territorio della provincia 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 - Provincia 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, ozono, idrocarburi aromatici e dei principali parametri meteorologici. I dati rilevati consentono di integrare le valutazioni relative all'inquinamento atmosferico sul territorio provinciale 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 Provincia di Torino ed è scaricabile via internet all'indirizzo:

<http://www.provincia.torino.it/ambiente/inquinamento/aria/qualita/mezzo>.

Nel corso del 2011 sono state effettuate su richiesta delle competenti amministrazioni comunali campagne nei comuni di Bruino, Luserna San Giovanni, Collegno, Susa, Airasca, Avigliana, Borgone di Susa, Mathi.

La seconda campagna nel comune di Bruino è stata realizzata, analogamente alla prima effettuata nel 2010, ai fini di una verifica della qualità dell'aria nel centro abitato, in relazione alla costruzione delle rotonde sulla SP 183.

La campagna di monitoraggio nel comune di Luserna San Giovanni è stata invece effettuata allo scopo di avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente prima e dopo l'eventuale costruzione di una centrale per la produzione di energia elettrica alimentata con cippato di legno.

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Collegno, è stata effettuata a seguito degli accordi tra Arpa Piemonte e i Comuni di Collegno e Venaria Reale formalizzati attraverso il "Tavolo tecnico di studio degli impatti e pressioni ambientali sul Quartiere Savonera".

Tali accordi prevedono l'analisi delle possibili ricadute sulla qualità dell'aria delle trasformazioni che interesseranno la porzione di territorio compresa tra il Comune di Venaria Reale e Collegno (Quartiere Salvo D'Acquisto e Borgata Savonera). In particolare è prevista la realizzazione della centrale termoelettrica di IRIDE "Torino Nord" in prossimità del territorio oggetto dell'indagine ambientale. Per valutare correttamente gli impatti si è deciso di effettuare una serie di campagne di misura prima dell'entrata in servizio della centrale termoelettrica al fine di definire lo stato della qualità dell'aria ante operam e, successivamente alla messa in funzione dell'impianto, l'effettuazione di ulteriori campagne nel medesimo sito per la definizione della qualità dell'aria post operam. Le campagne di misura ante operam sono state calendarizzate in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteorologiche; nello specifico è stata prevista una prima campagna nel periodo invernale 2010-2011, due campagne nel primo semestre 2011 ed un'ultima nell'autunno 2011.

Le campagne di monitoraggio nel comune di Susa sono state realizzate nell'ambito del progetto europeo iMONITRAFI. Il progetto si sviluppa per un periodo di tre anni e coinvolge sette regioni delle Alpi, dove si trovano i principali corridoi di transito veicolare.

Gli scopi sono quelli di monitorare gli effetti legati al traffico stradale nello Spazio Alpino, costituire una rete dei soggetti pubblici coinvolti riconosciuta a livello nazionale e dell'Unione Europea, sviluppare strategie comuni per una gestione integrata e sostenibile del traffico nelle regioni alpine.

La campagna di monitoraggio nel comune di Airasca è stata motivata dalla necessità di controllare l'impatto dovuto alla presenza sul territorio comunale del sito industriale SKF al cui interno la società C&T gestisce una centrale a biomasse, e dalla preoccupazione della popolazione per un presunto peggioramento della qualità dell'aria negli ultimi anni.

Il monitoraggio nel comune di Avigliana è finalizzato alla rilevazione della qualità dell'aria in relazione al traffico veicolare della zona industriale.

La rilevazione dei dati di qualità dell'aria nel comune di Borgone di Susa sono finalizzati al controllo dell'impatto del traffico veicolare della SS 25 sull'abitato cittadino.

La campagna di monitoraggio nel Comune di Mathi è stata richiesta dall'Amministrazione Comunale per una valutazione specifica della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare nelle aree maggiormente impattate dal traffico veicolare commerciale.

Il sito di monitoraggio si trova in prossimità della zona industriale del paese, quella maggiormente interessata al traffico commerciale, principale fonte di preoccupazione per la qualità dell'aria da parte di abitanti e Amministrazione comunale matiese.

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

Nella TABELLA 27 si indica il crono programma delle campagne di monitoraggio con l'utilizzo del laboratorio mobile svolte nell'anno 2011.

| Anno | Mese      | Luogo                                  | Data inizio | Data fine  |
|------|-----------|----------------------------------------|-------------|------------|
| 2011 | Gennaio   | BRUINO Strada del Dornano II° Campagna | 10/01/2011  | 07/02/2011 |
| 2011 | Febbraio  | LUSERNA S. GIOVANNI - Via Airali       | 07/02/2011  | 11/03/2011 |
| 2011 | Marzo     | COLLEGNO - PROG. SAVONERA - via Boves  | 11/03/2011  | 25/03/2011 |
| 2011 | Aprile    | SUSA - Piazzale uffici SITAF           | 07/04/2011  | 10/05/2011 |
| 2011 | Maggio    | AIRASCA - via Don Romano Grasso        | 13/05/2011  | 31/05/2011 |
| 2011 | Giugno    | COLLEGNO - PROG. SAVONERA - via Boves  | 06/06/2011  | 29/06/2011 |
| 2011 | Luglio    | LUSERNA S. GIOVANNI Via Airali         | 29/06/2011  | 29/07/2011 |
| 2011 | Agosto    | AVIGLIANA - viale Martin Luther King   | 29/07/2011  | 05/09/2011 |
| 2011 | Settembre | COLLEGNO - PROG. SAVONERA - via Boves  | 05/09/2011  | 10/10/2011 |
| 2011 | Ottobre   | SUSA - Piazzale uffici SITAF           | 10/10/2011  | 09/11/2011 |
| 2011 | Novembre  | BORGONE DI SUSA                        | 10/11/2011  | 15/12/2011 |

TABELLA 27: Crono programma campagne laboratorio mobile – anno 2011.

**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 di inquinamento atmosferico. A tale fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2011, è stata svolta una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, analizzando i vari periodi dell'anno e raggruppando insieme i mesi che hanno avuto una configurazione meteorologica simile, al fine di 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 2011 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>11</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 2001-2010; 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 2011.

Nel complesso si osserva che il 2011 è stato un anno decisamente caldo e con precipitazioni nella media annua, grazie a pochi ma intensi eventi precipitativi.

## IL CLIMA DEL 2011

### Gennaio

Il primo mese del 2011 è stato asciutto e con temperature nel complesso nella media climatologica, anche se ha avuto un andamento molto variabile: caratteristica che poi ha contraddistinto tutto l'anno. L'anticiclone delle Azzorre è stato particolarmente forte sulle latitudini più alte del nord Atlantico, come indicato dall'anomalia positiva in FIGURA 25 (a destra), lasciando invece spazio ad una pressione inferiore alla norma sulle latitudini più meridionali del medio Atlantico.

Questa bassa pressione non è riuscita ad influenzare in maniera efficace o duratura il nord-ovest italiano, mentre l'alta pressione del nord Atlantico ha mantenuto tempo stabile sul Piemonte e sul nord Italia in genere, con un flusso in quota prevalente dai quadranti nord-occidentali (FIGURA 26). Particolarmente calda la prima metà del mese, quando l'alta pressione ha progressivamente assunto caratteristiche temporaneamente più nord-africane, anche se il caldo anomalo è stato più sensibile nelle zone di montagna, mentre le pianure hanno sofferto spesso della nebbia causata dall'umidità intrappolata nei bassi strati atmosferici dall'inversione termica.

<sup>11</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.

Il tempo più freddo e anche instabile è stato portato, nella terza decade del mese, dalla discesa verso sud della depressione polare che dai paesi baltici e dalla Polonia (anomalia negativa in FIGURA 25 (a destra) è scesa fin verso il Mediterraneo occidentale.

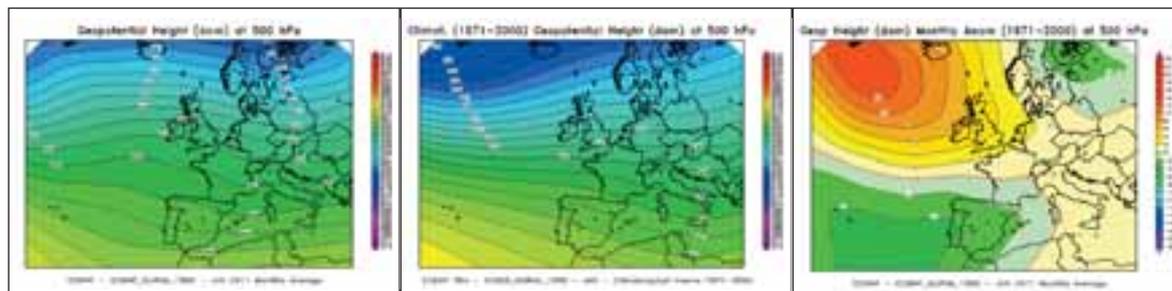


FIGURA 25: Geopotenziale a 500 hPa del mese di gennaio 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra). Nella figura dell'anomalia (ultima figura a destra) la linea tratteggiata in rosso segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu-viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso).

Questa evoluzione si vede più chiaramente nella FIGURA 26 che, con la variazione del geopotenziale medio mensile, indice della strada percorsa più frequentemente dalle perturbazioni più forti nel corso del mese, mostra (coi colori più 'freddi': in verde scuro) come le perturbazioni siano più attivamente arrivate sul Piemonte da est-nord-est. La depressione polare, proveniente dalla parte della Russia, è stata responsabile del freddo occorso già all'inizio della prima decade e poi in tutta l'ultima decade del mese, tanto che le temperature medie mensili alla fine sono risultate inferiori alla norma sulle zone pianeggianti, più soggette al flusso freddo da est rispetto alle Alpi.

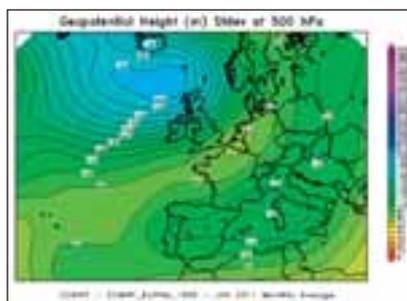


FIGURA 26: Variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di gennaio 2011.

## Febbraio

Febbraio è stato ancor più variabile di gennaio, con il risultato di una media mensile finale di temperature sopra la norma e precipitazioni irregolari.

La prima metà del mese ha avuto temperature nettamente superiori alla media climatologica, grazie all'anticiclone delle Azzorre (come mostrato dal confronto delle mappe di FIGURA 27), tornato forte sul medio Atlantico, con aria oceanica particolarmente calda nella prima decade e all'inizio dell'ultima. L'aria fredda continentale, invece, associata alla bassa pressione nordorientale, è rimasta lontana sulla Russia, bloccata dall'alta pressione (più forte di gennaio) sull'Europa centrale, che ha protetto tutta l'Italia settentrionale (mappa destra di FIGURA 27).

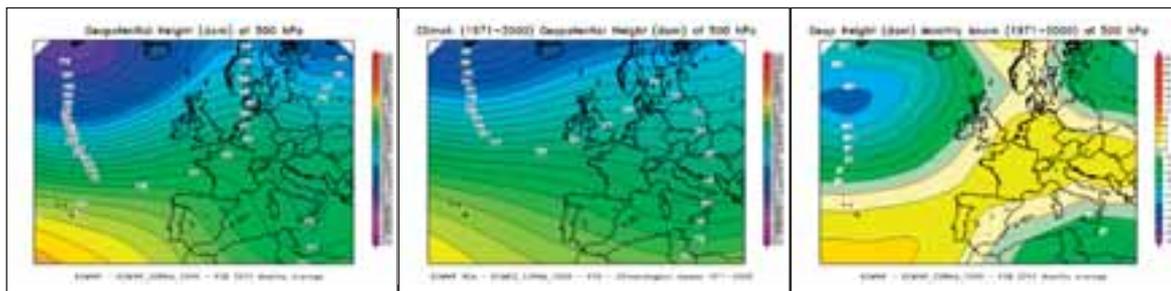


FIGURA 27: Geopotenziale a 500 hPa del mese di febbraio 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Sempre a differenza di gennaio, anche la depressione d'Islanda è tornata attiva sulle sue latitudini settentrionali dell'alto Atlantico e solo in poche e fugaci occasioni (subito dopo la metà del mese e poi alla fine di febbraio) ha portato veloci perturbazioni sul nordovest dell'Italia. In tali rari eventi sono cadute le precipitazioni più significative sulla regione (con fenomeni quindi sporadici ma abbondanti), ma la maggior parte del territorio piemontese ha di nuovo avuto un deficit mensile di precipitazioni e a livello regionale le precipitazioni di febbraio comunque non sono ancora state sufficienti a compensare il debito accumulato dall'inizio dell'anno.

### Marzo

Dopo la prevalente stabilità atmosferica dei primi due mesi dell'anno, marzo è stato il primo mese decisamente piovoso, tanto da riuscire a recuperare tutto il deficit di precipitazioni pregresso e riallinearsi, alla fine del mese, alla media dell'anno.

L'anomalia negativa, di pressione inferiore alla media, disegnata dalla mappa destra della FIGURA 28 tra il basso Atlantico e il Mediterraneo occidentale, lascia intuire che la saccatura atlantica è stata molto profonda e attiva su quell'area ed è stata la vera responsabile delle cospicue precipitazioni che hanno colpito il Piemonte. A differenza di gennaio, a marzo le correnti prevalenti hanno avuto una componente più meridionale (più da sudovest nella mappa sinistra di FIGURA 28 su Baleari e Mediterraneo occidentale), giustificando così il maggior apporto di aria marittima, mite e umida.

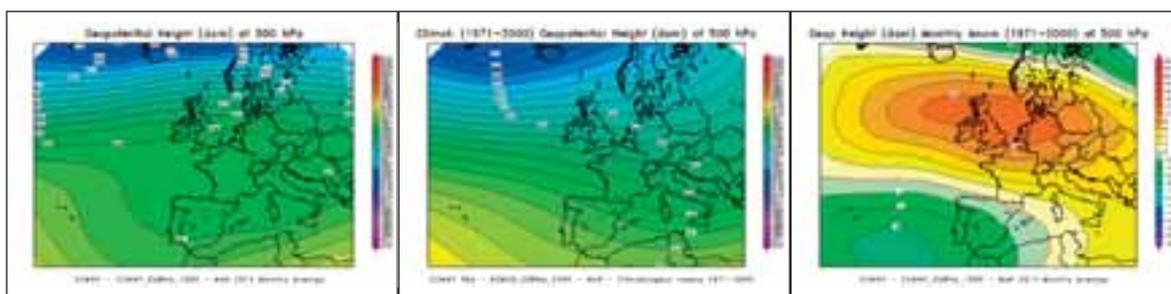


FIGURA 28: Geopotenziale a 500 hPa del mese di marzo 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Di nuovo a marzo l'alta pressione è stata forte sull'Europa nordoccidentale, tra la Gran Bretagna e la Germania (con anomalia positiva fino al Mediterraneo orientale nella mappa destra della FIGURA 28), e così talvolta riusciva a portare delle pause di miglioramento, con tempo bello e caldo. Le temperature medie mensili alla fine sono comunque risultate poco

distanti dalla media climatologica: lievemente inferiori sulla parte centro-meridionale (più vicina alla depressione mediterranea) e superiori su tutta la fascia montana e pedemontana alpina, meglio influenzata dall'alta pressione settentrionale.

### Aprile e Maggio

Dopo la piovosità di marzo, i mesi di aprile e maggio sono tornati ad essere drasticamente asciutti e prematuramente caldi, con un deficit di precipitazioni particolarmente acuto e prolungato per la stagione primaverile che climatologicamente è tra le due stagioni più piovose dell'anno per il Piemonte e l'area mediterranea. Un robusto promontorio di alta pressione ha occupato gran parte dell'Europa, prolungandosi dal nordovest dell'Africa fino alla Scandinavia, con una marcata anomalia positiva (mappa destra di FIGURA 29) sostanzialmente su tutto il continente europeo.

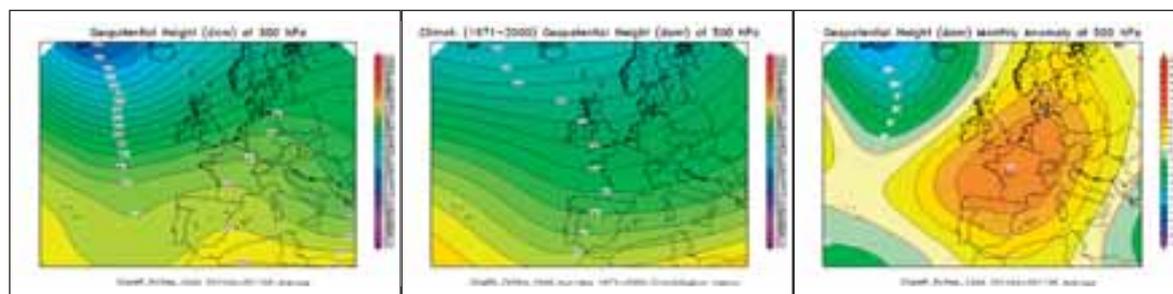


FIGURA 29: Geopotenziale a 500 hPa del bimestre aprile-maggio 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La forte alta pressione nordafricana è stata responsabile della stabilità atmosferica che ha dominato in maniera prevalente per entrambi i mesi, sostituendosi, con un flusso nordoccidentale, continentale e asciutto sul Piemonte (mappa sinistra), alla saccatura nord-atlantica che, col flusso sudoccidentale marittimo (mappa al centro), avrebbe portato le precipitazioni tipiche della primavera.

La netta anomalia positiva, di pressione sopra la media (mappa destra di FIGURA 29), si è anche tradotta in una marcata e persistente anomalia termica positiva (FIGURA 30), con temperature sopra la norma in entrambi i mesi ed eccezionalmente elevate nel mese di aprile, quando già nella prima decade del mese sono addirittura stati superati i 30° in pianura e toccati i 4.000 m di zero termico in quota: valori record per il periodo e più tipici di agosto.

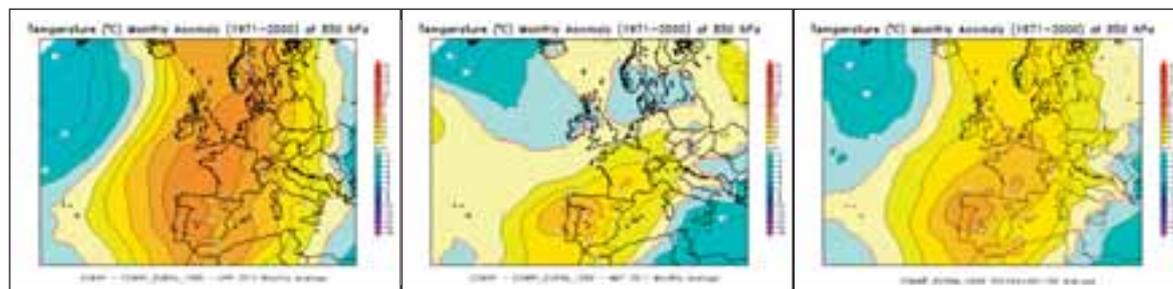


FIGURA 30: Anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) dei mesi di aprile (a sinistra), maggio (al centro) e del bimestre complessivo (a destra) tra l'anno 2011 e il periodo climatico 1971-2000.

## Giugno

A giugno le temperature sono tornate più vicine alla norma climatologica, ma soprattutto le precipitazioni sono tornate abbondanti, tanto copiose quasi da recuperare in un mese l'ampio ammanco accumulatosi nei due mesi primaverili precedenti.

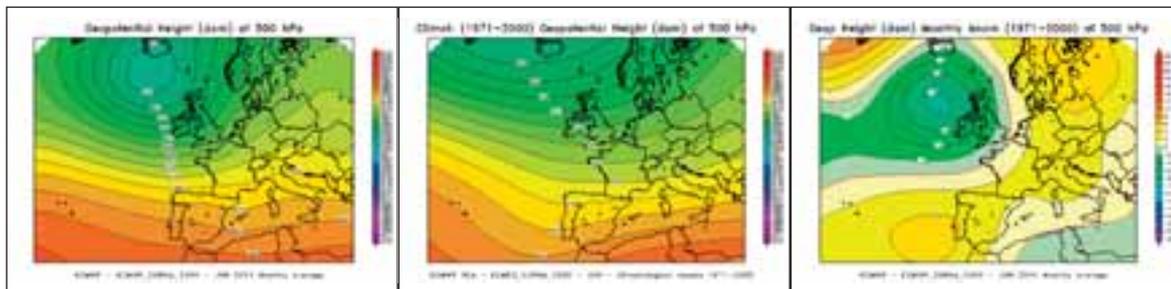


FIGURA 31: Geopotenziale a 500 hPa del mese di giugno 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La responsabile dell'instabilità di giugno è stata una bassa pressione molto profonda sul nord dell'Atlantico, che in ripetute occasioni (e in maniera più marcata nella prima decade) dalle Isole Britanniche si è spinta fino al Mediterraneo occidentale, dove la mappa sinistra (e debolmente anche quella destra) di FIGURA 31 indica una piccola piega del geopotenziale in corrispondenza delle Baleari: la posizione migliore per portare tempo instabile e piovoso sul Piemonte, con un flusso sudoccidentale, mite e umido dal mare.

La pressione mediamente non è stata bassa sulla regione e su gran parte d'Europa: infatti anche le temperature non sono state nel complesso significativamente lontane dalla media, verosimilmente perché il flusso ciclonico meridionale (sul Piemonte e sull'Europa continentale), oltre che marittimo e umido, è stato anche piuttosto mite.

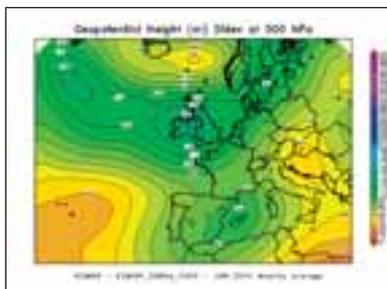


FIGURA 32: Variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di giugno 2011.

L'intensità e la frequenza delle perturbazioni sono meglio illustrate dalla FIGURA 32 che (coi colori più 'freddi' in verde) indica bene la traiettoria percorsa dai fronti perturbati provenienti dal nord Atlantico: nel loro moto verso le Isole Britanniche e il nord Europa sono scesi proprio sul Mediterraneo occidentale, la posizione più propizia per investire efficacemente il Piemonte.

## Luglio

Luglio ha proseguito la fase instabile di giugno, che ha caratterizzato così tutta la prima parte dell'estate 2011; e in più ha anche avuto temperature significativamente al di sotto della norma, con un clima quindi nel complesso freddo e decisamente poco estivo.

Il maltempo di luglio è stato provocato dall'anomala e prolungata intrusione sull'Europa

centrale della depressione nord-atlantica (come ben rappresentato dal confronto delle mappe di FIGURA 33), che ha schiacciato totalmente verso sud l'alta pressione africana sul Mediterraneo centro-occidentale. Mentre l'alta pressione (oltre che ad est sulla Russia e ad ovest sulle lontane Azzorre) si è spinta sulle alte latitudini settentrionali del nord Europa e del circolo polare artico, la bassa pressione polare, scesa di ritorno sulle latitudini più meridionali dell'Europa centrale, là è rimasta bloccata, da una configurazione di blocco anticiclonico sul lato più orientale dell'Europa, determinando il prolungato maltempo sul Mediterraneo centro-occidentale, sull'Italia e sul Piemonte.

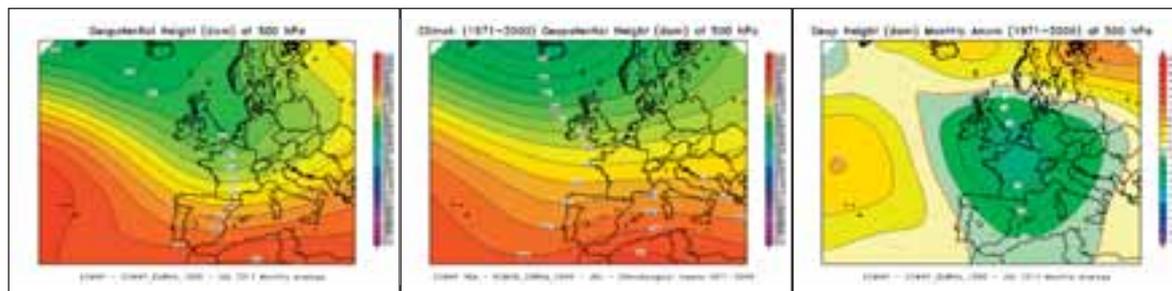


FIGURA 33: Geopotenziale a 500 hPa del mese di luglio 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Il maltempo è stato molto duraturo, con varie occasioni di precipitazioni lungo tutto il mese, con l'aria fredda nord-atlantica che la saccatura polare ha portato prepotentemente da nord verso il Mediterraneo e l'Italia e che ha anche determinato un'anomalia negativa di temperature diffusamente inferiori alla media. Con la fine di luglio il bilancio pluviometrico dell'anno è tornato in parità con la norma climatologica annua, compensando appieno tutto il deficit pregresso, che era cresciuto perlopiù nei mesi primaverili.

### Agosto e Settembre

Il tempo estivo, bello e caldo, è arrivato in ritardo, solo col mese di agosto, e si è poi prolungato fino a tutto l'autunno, quindi con la percezione di uno slittamento in avanti di entrambe le stagioni. Come mostrato dalle mappe di FIGURA 34, in entrambi i mesi, una pressione più alta della media dalle Azzorre a gran parte dell'Europa continentale (anomalia positiva nella mappa destra di FIGURA 34) ha mantenuto tempo stabile e caldo su buona parte del continente europeo.

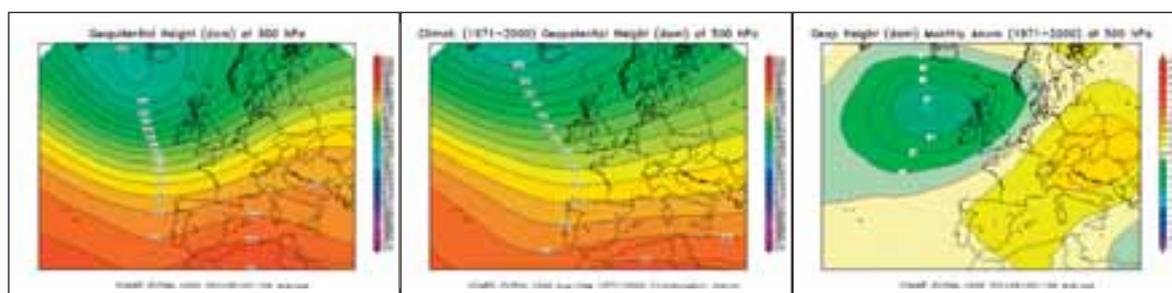


FIGURA 34: Geopotenziale a 500 hPa del bimestre agosto-settembre 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

La bassa pressione nord-atlantica, forte e profonda sull'alto Atlantico è rimasta perlopiù là, bloccata dall'alta pressione continentale, ed è riuscita ad estendere la sua influenza sul Piemonte solo in alcune veloci occasioni sia ad agosto che a settembre. Il vero protagonista comunque è rimasto l'anticiclone nord-africano che ha provocato temperature significati-

vamente al di sopra della media per tutto il lungo periodo, con il suo flusso dai quadranti meridionali (chiaramente sudoccidentale nella mappa sinistra di FIGURA 34) che ha contribuito a portare aria molto calda, oltre che talvolta umida e piovosa. Le precipitazioni infatti non sono mancate (soprattutto a Settembre), ma (perlopiù a carattere di picchi convettivi localizzati) nel complesso sono risultate poche, perché ostacolate dalla pressione troppo alta: aiutate dall'effetto orografico sulle zone montane alpine (occidentali e settentrionali), sono rimaste inferiori alla media sulle pianure.

### Ottobre

Nel mese di ottobre è inizialmente continuata l'anomalia termica positiva, ma le precipitazioni quasi del tutto assenti hanno determinato una carenza pluviometrica particolarmente acuta per un mese normalmente piovoso, perché l'alta pressione ha assunto una matrice più atlantica (con un'anomalia positiva nella mappa destra di FIGURA 35 sull'Europa occidentale e negativa sulla parte più orientale), orientando il flusso sul Piemonte da una direzione più settentrionale (da nord-nordovest nella mappa sinistra di FIGURA 35), quindi foriero di aria più continentale e asciutta per la regione (rispetto alla climatologia con flusso da sudovest nella mappa centrale di FIGURA 35).

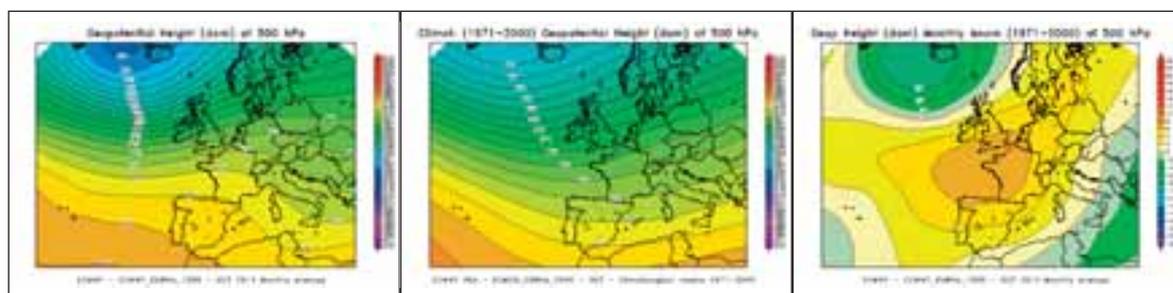


FIGURA 35: Geopotenziale a 500 hPa del mese di ottobre 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Le temperature sono state sensibilmente superiori alla media nella prima metà del mese (quando l'alta pressione inizialmente aveva ancora caratteristiche più africane), a proseguimento del forte caldo anomalo dei due mesi precedenti. Nella seconda metà è arrivata aria più fresca da nordest, legata alla depressione in discesa da nord verso l'Adriatico. Così nel complesso, alla fine del mese, la media mensile delle temperature non si è discostata molto dalla norma climatologica (con lieve anomalia, positiva specialmente sulla fascia alpina e prealpina, e negativa perlopiù sulle pianure, al solito meglio influenzate dal freddo flusso orientale rispetto alle Alpi).

### Novembre

A novembre (FIGURA 36) una forte alta pressione nord-africana si è protesa eccezionalmente fino alle alte latitudini polari della Scandinavia, con un poderoso promontorio in corrispondenza delle longitudini centrali dell'Europa, mentre sulla parte più occidentale, lungo le coste oceaniche, una profonda saccatura atlantica è scesa energicamente fino alla Penisola Iberica e anche al Maghreb (nordovest Africa) ed, entrando nel bacino occidentale del Mediterraneo, nella prima decade del mese è stata responsabile della disastrosa alluvione che ha colpito l'Italia nordoccidentale e il Piemonte.

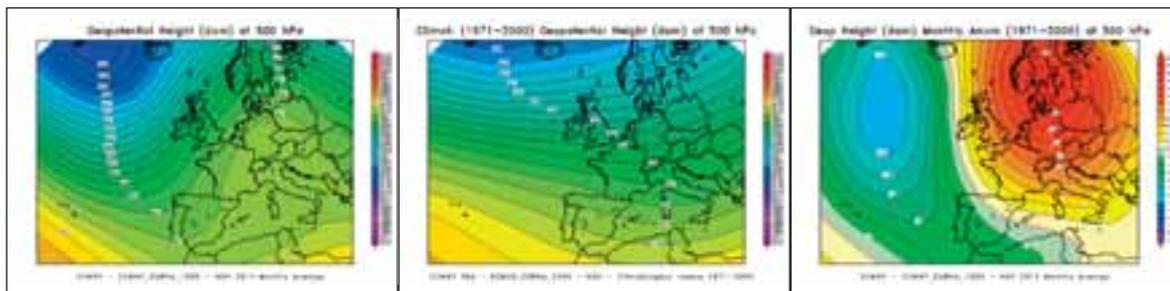


FIGURA 36: Geopotenziale a 500 hPa del mese di novembre 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

A causa delle abbondanti precipitazioni cadute in questo evento alluvionale, la media pluviometrica ha colmato il deficit cresciuto ampiamente nel precedente mese di ottobre ed è addirittura salita sopra la norma della pioggia cumulata dall'inizio dell'anno. La pioggia cumulata totale alla fine del 2011 è poi risultata in linea con la cumulata media annua della climatologia, per effetto del successivo deficit pluviometrico di dicembre.

Con la forte alta pressione, africana per quasi tutto il mese e tendente a divenire più atlantico-mediterranea alla fine di novembre, le temperature sono state prevalentemente superiori alla media, con un clima autunnale decisamente mite e ancora per nulla invernale.

### Dicembre

Anche a dicembre le temperature sono rimaste ancora miti, con la totale mancanza del freddo tipico della stagione invernale e di nuovo con la sensazione di un netto ritardo dell'arrivo dell'inverno.

A dicembre però, rispetto a novembre, l'alta pressione portatrice di aria mite e temperature prevalentemente sopra la media è stata quella atlantica, con l'anticiclone delle Azzorre che è stato marcatamente forte ed esteso sul medio Atlantico (mappa sinistra di FIGURA 37), con un'ampia e pronunciata anomalia positiva dall'oceano all'Europa sud-occidentale (mappa destra di FIGURA 37) e con un conseguente clima decisamente secco per il Piemonte.

La saccatura polare a sua volta è stata significativamente profonda dall'Islanda fino al versante adriatico italiano, lungo tutta l'Europa centrale (come emerge dalla mappa destra della FIGURA 37). Con la compresenza ravvicinata delle due opposte marcate strutture, che si andavano a scontrare proprio a cavallo dell'arco alpino occidentale, il flusso dominante in quota, nettamente nordoccidentale sul Piemonte, è stato molto spinto (come si deduce dalle linee molto fitte e ravvicinate nella mappa sinistra rispetto alla climatologia della mappa al centro) e ha così provocato frequenti ed estesi venti di foehn sulla regione, con i fronti perturbati che provenendo dal nord Atlantico venivano sbarrati dalle Alpi, con un effetto stabilizzante sottovento alla catena alpina italiana.

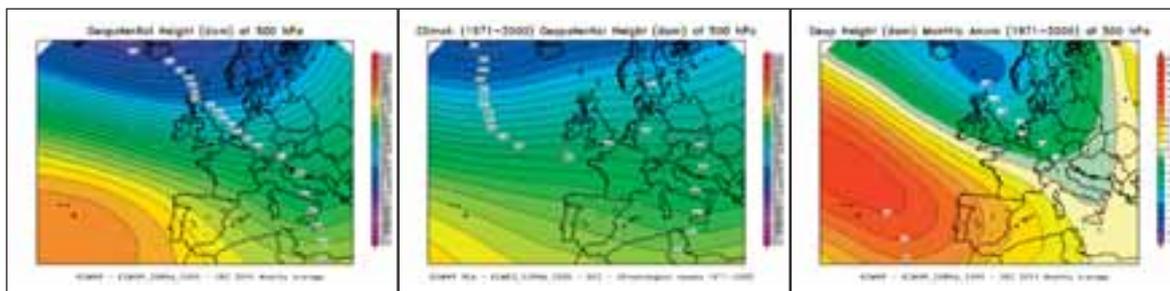


FIGURA 37: Geopotenziale a 500 hPa del mese di dicembre 2011 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

## I DATI METEO MISURATI NEL 2011

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2011, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2001-2010,

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 2011 per la stazione Torino-Giardini Reali risulta pari a 13,8 °C, quindi superiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,6 °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 2001-2010 (FIGURA 38). Le differenze negative maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di Marzo, Giugno e Luglio con variazioni termiche di circa -2,0 °C (Giugno e Luglio) e circa -1 °C (Marzo) rispetto alle relative medie del decennio precedente. Si segnalano valori di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di Aprile (+2,9 °C), Maggio (+1,2°C) e Settembre (+2,5 °C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di Gennaio sia nel 2011 che nel decennio di riferimento ed è stato rispettivamente pari a 2,3 °C e 2,7 °C. Il valore massimo è stato registrato nel mese di Agosto nel 2011 (24,3 °C) e nel mese di Luglio nel decennio climatologico 2001-2010 (24,6 °C).

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2011 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 39), si osserva che nel complesso tutto il periodo si presenta più spostato verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa) registrati mensilmente nel decennio 2001-2010, risultando quindi un periodo complessivamente caldo, soprattutto nei mesi di Aprile e Maggio, e da Agosto ad Ottobre. Soltanto alla fine di Gennaio, di Luglio e di Ottobre invece 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 2011 (FIGURA 40) un totale di precipitazioni di 1196 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 47. Quindi il 2011 risulta più piovoso della media 2001-2010, in termini di precipitazioni totali (1196 mm contro 867 mm di media), mentre il numero di giorni piovosi è pari a 47 giorni contro 75 giorni di media.

Il 2011 è stato meno piovoso del 2010: 1196 mm di pioggia nel 2011 rispetto ai 1352 mm di pioggia nel 2010, il 2002 ed il 2010 rappresentano 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 2000 (16,3 mm pioggia/giorno), nel 2002 (14,1 mm pioggia/giorno) e nel 2010 (12,5 mm pioggia/giorno); mentre i valori più bassi nel 2001 (7,8 mm pioggia/giorno), nel 2005 (9,1 mm pioggia/giorno) e nel 2008 (11,3 mm pioggia/giorno). Inoltre l'intensità giornaliera media nel 2011 è risultata superiore anche a quella del decennio (25,4 contro 11,6 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>12</sup>, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte ri-

<sup>12</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.

sulta 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;
- 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>13</sup>.

Nel grafico illustrato in FIGURA 41 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2011 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2001-2010, il profilo del 2011 si discosta dal regime pluviometrico "continentale alpino" in quanto il massimo principale è stato registrato a Giugno (278 mm), il minimo a Dicembre, mentre il massimo secondario è stato registrato a Novembre (231 mm). Il decennio di riferimento invece sembra adattarsi al regime pluviometrico "continentale alpino": il massimo principale è stato registrato a Maggio (116 mm), mentre quello secondario ad Agosto (97 mm), e il minimo principale si registra a Gennaio (37 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 42 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 e quattro i trimestri del 2011 le precipitazioni sono superiori alla media climatologica, soprattutto nel primo trimestre (+123,4%).

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2011 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2001-2010) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

<sup>13</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.

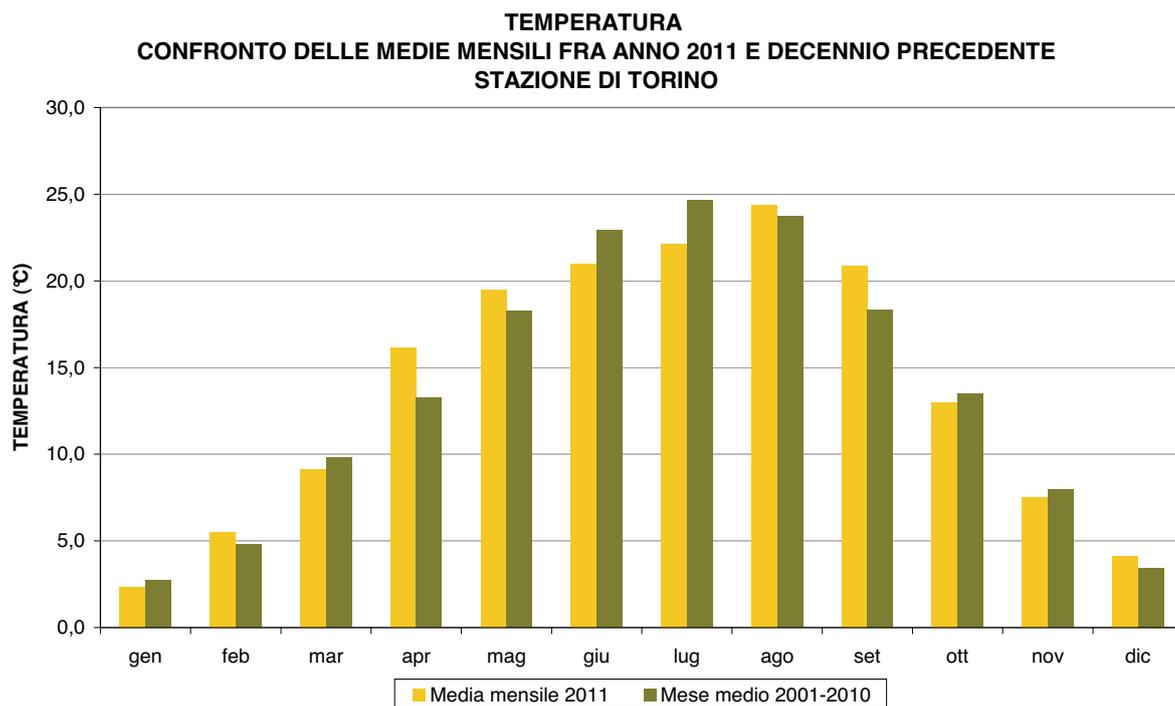


FIGURA 38: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2011 e per il decennio 2001÷2010 per la stazione di Torino.

70

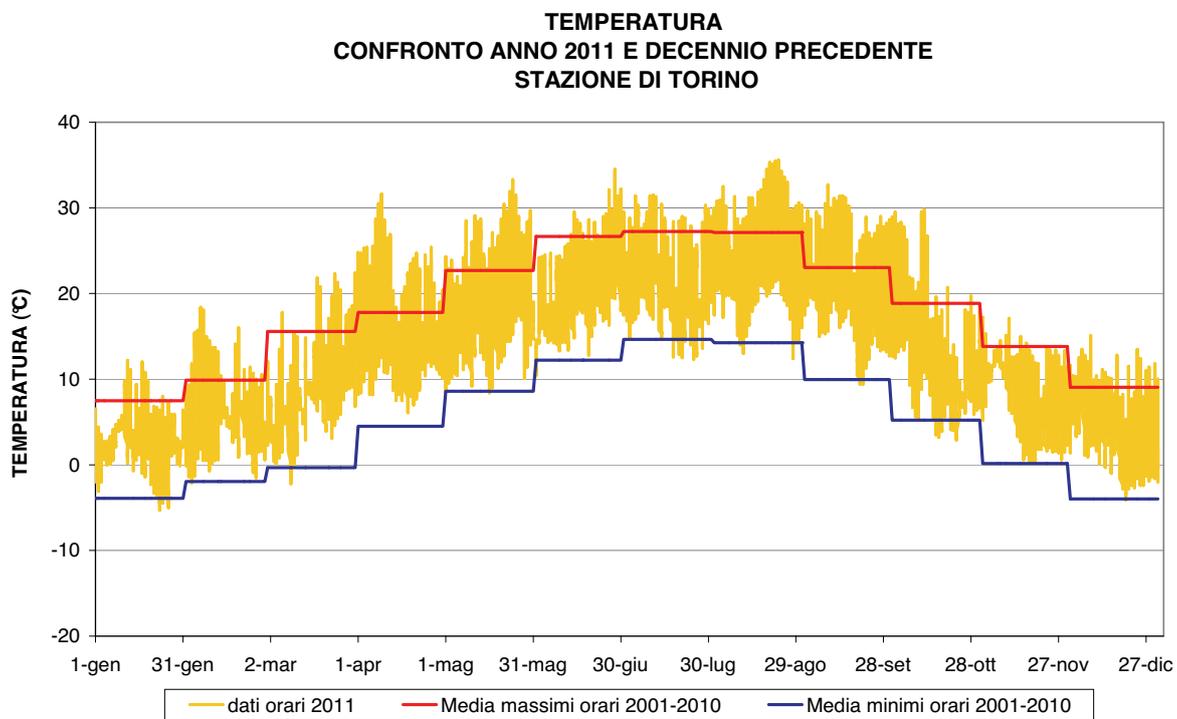


FIGURA 39: temperatura: valori orari per l'anno 2011 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2001÷2010 presso la stazione di Torino.

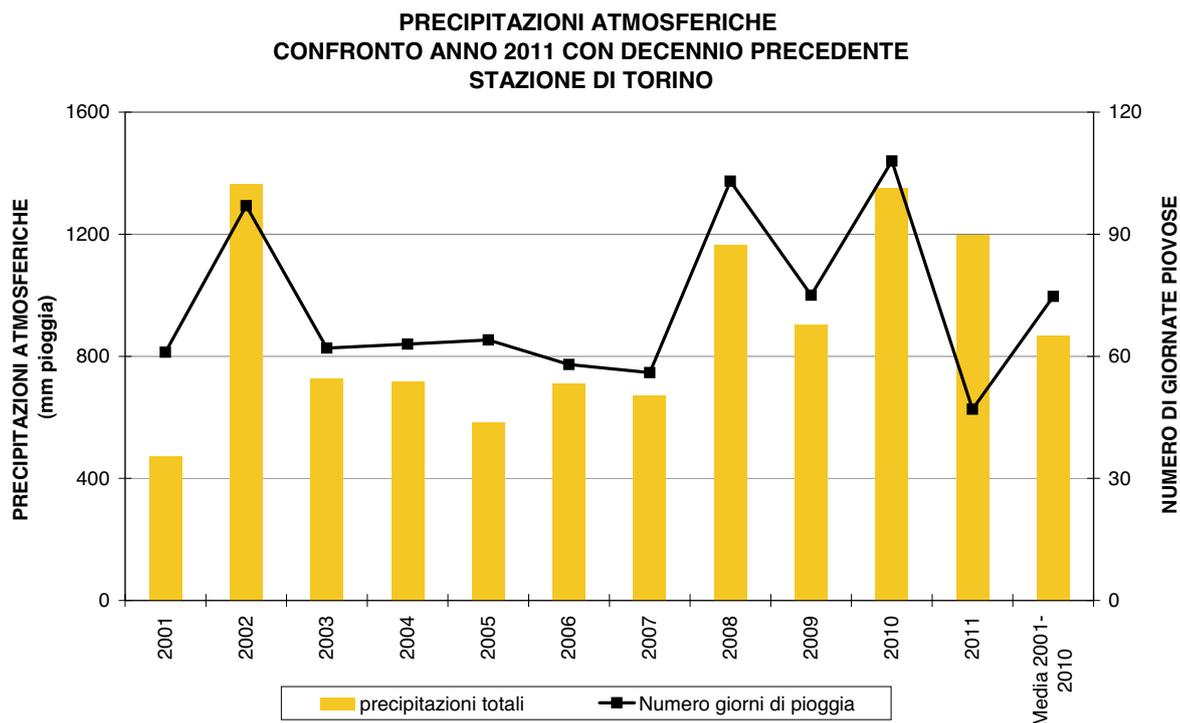


FIGURA 40: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

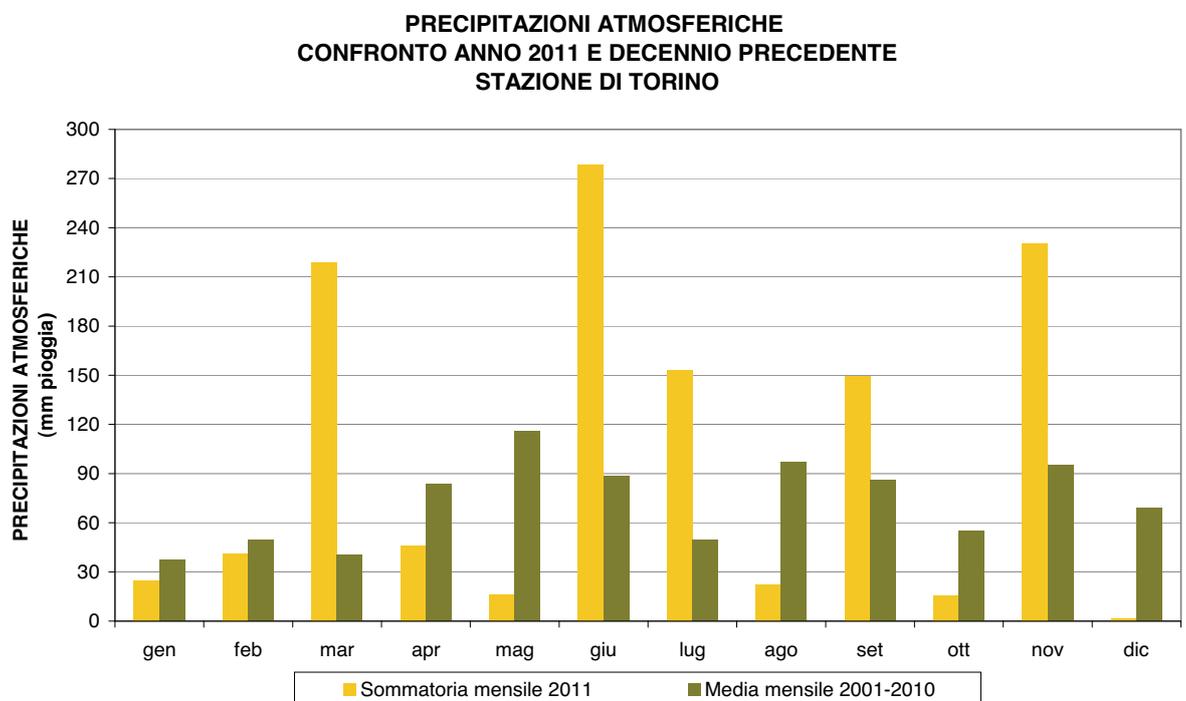


FIGURA 41: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2011 e medie mensili relative al decennio 2001÷2010 per la stazione di Torino.

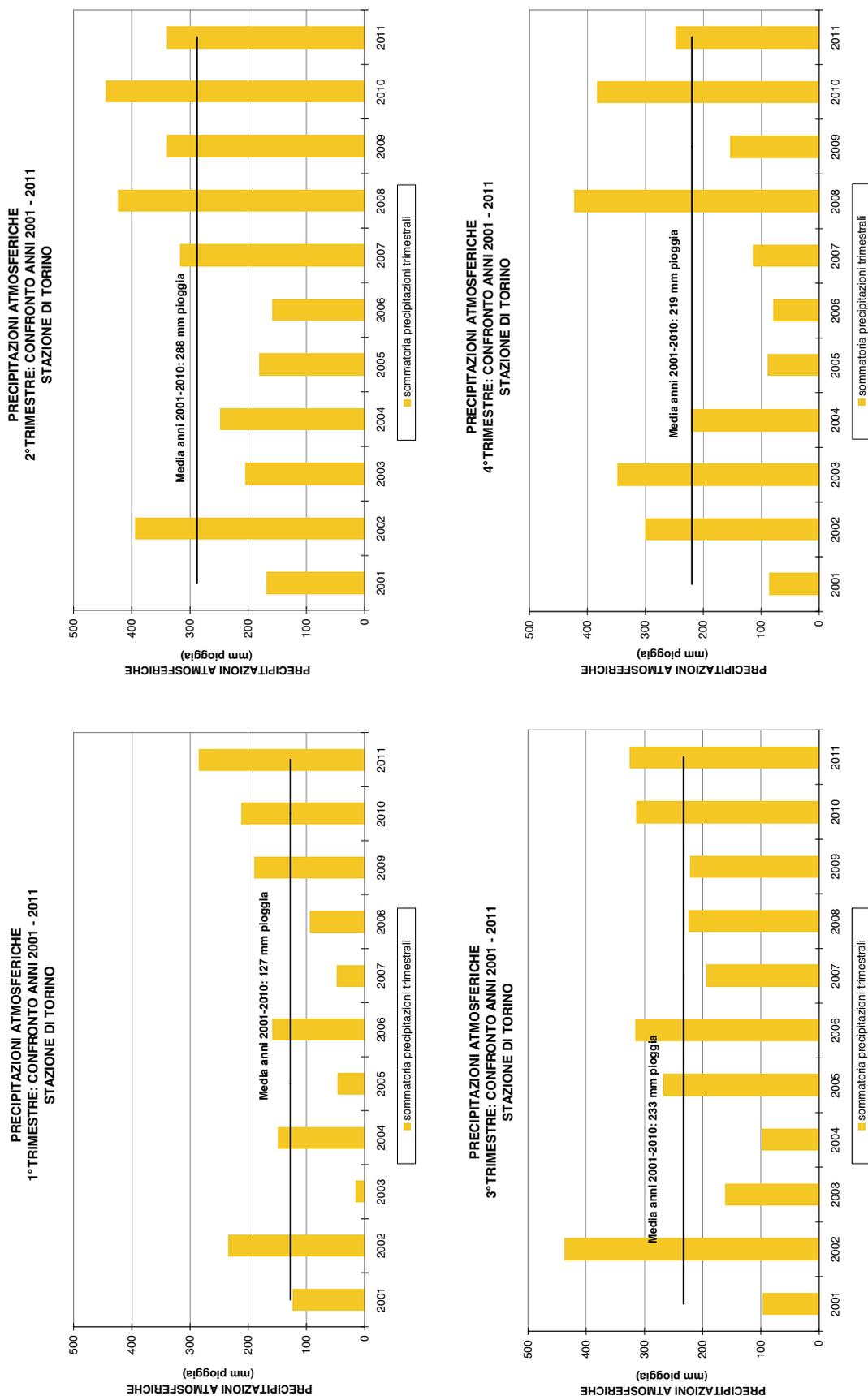


FIGURA 42: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2001÷2011 per la stazione di Torino.

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

**A. Bertello, D. Maria, Provincia 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. Il censimento delle emissioni relativo all'anno 2007, redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il traffico contribuisca, nell'area metropolitana torinese, alle emissioni di particolato primario (PM10) per il 59% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) per il 57%.

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.

Con l'intento di fornire qualche informazione su questa fonte di inquinamento si è pensato di predisporre questa breve sezione circa le emissioni associate alle diverse tipologie di veicoli a motore in relazione alle omologazioni ambientali.

In TABELLA 28, sono riportati i limiti di emissione che le Direttive Europee hanno fissato per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi, compreso il regolamento che definisce i requisiti per i veicoli Euro5 e Euro6.

| DIRETTIVA<br>DI RIFERIMENTO              | CO (g/km) |        | NO <sub>x</sub> (g/km) |        | HC+NO <sub>x</sub> (g/km) |            | HC<br>(g/km) | PM10<br>(g/km) |
|------------------------------------------|-----------|--------|------------------------|--------|---------------------------|------------|--------------|----------------|
|                                          | benzina   | diesel | benzina                | diesel | benzina                   | diesel     | benzina      | diesel         |
| Direttiva 70/220<br>(1971-1974)          | 21,5      |        |                        |        | 7,3                       |            |              |                |
| Direttiva 74/290<br>(1975-1976)          | 18        |        |                        |        | 6,5                       |            |              |                |
| Direttiva 77/102<br>(1977-1978)          | 18        |        |                        |        | 6,5                       |            |              |                |
| Direttiva 78/665<br>(1979-1983)          | 14,2      |        |                        |        | 5,7                       |            |              |                |
| Direttiva 83/351<br>(1984-1992)          | 12        |        |                        |        | 4,2                       |            |              |                |
| Direttiva 88/436<br>(1988-1992)          |           |        |                        |        |                           | 1,6        |              | 0,27           |
| Euro1 (1993-1996)<br>Dir. 91/441         | 2,72      | 2,72   | -                      | -      | 0,97                      | 0,97/1,36* | -            | 0,14/0,19*     |
| Euro2 (1997-2000)<br>Dir. 94/12          | 2,2       | 1      | -                      | -      | 0,5                       | 0,7/0,9*   | -            | 0,08/0,1*      |
| Euro3 (2001-2005)<br>Dir. 98/69          | 2,3       | 0,64   | 0,15                   | 0,5    | -                         | 0,56       | 0,2          | 0,05           |
| Euro4 (2006-2010)<br>Dir. 98/69          | 1         | 0,5    | 0,08                   | 0,25   | -                         | 0,3        | 0,1          | 0,025          |
| Euro5 (2011-09/2015)***<br>Reg. 715/2007 | 1         | 0,5    | 0,06                   | 0,18   | -                         | 0,23       | 0,1          | 0,005**        |
| Euro6 (09/2015-....)***<br>Reg. 715/2007 | 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 28: 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, Euro3 e Euro4, 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 Euro5" non corrispondono a un dimezzamento delle emissioni previste dalla norma Euro4. In particolare l'emissione di PM dai veicoli Euro5 è stata ridotta di 5 volte rispetto a quanto previsto per gli Euro4 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 Euro5 risultano, invece, pari a circa il 70% di quanto prescritto dalla Euro4; le case automobilistiche non sono infatti riuscite a sviluppare una tecnologia abbastanza efficace per l'abbattimento di questi inquinanti. La norma Euro6 agisce più efficacemente su questo inquinante e fissa un limite pari a circa un terzo rispetto a quanto previsto per i veicoli Euro4.

Analizzando le emissioni richieste per i veicoli Euro5 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 43 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

LIMITI DI EMISSIONE PER DIVERSE TIPOLOGIE DI VEICOLO INQUINANTE (HC+NO<sub>x</sub>)

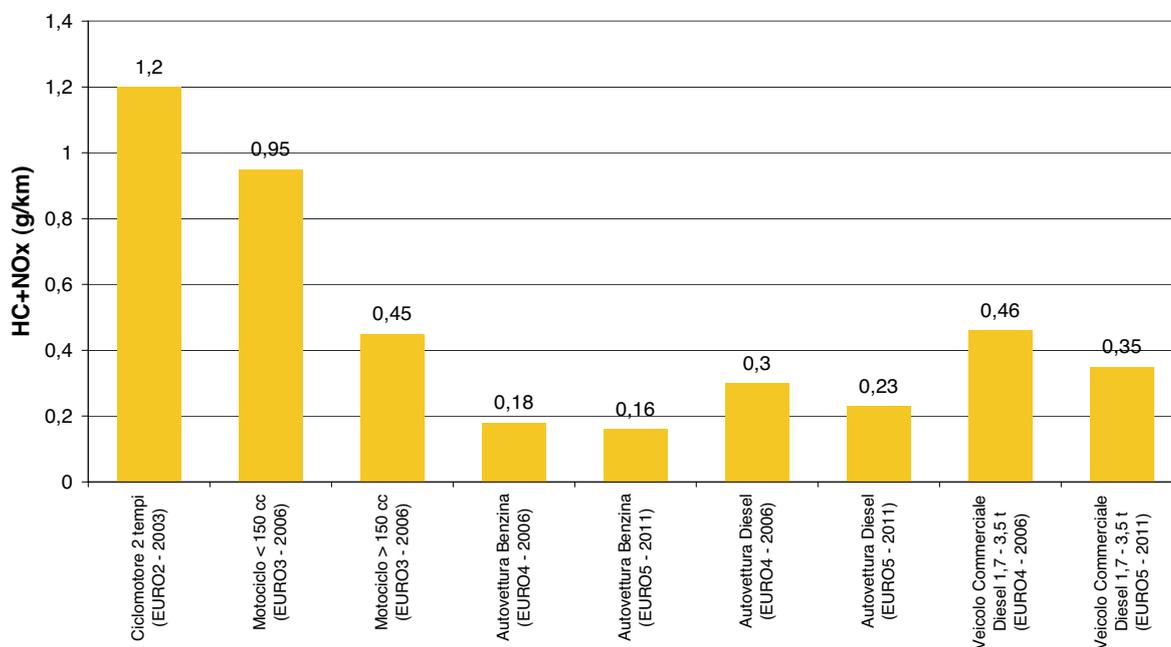


FIGURA 43: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

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 IN PROVINCIA DI TORINO

Per la valutazione del contributo del traffico veicolare all'inquinamento atmosferico e per poter attuare dei provvedimenti per il miglioramento della qualità dell'aria, è importante conoscere la composizione del parco veicolare immatricolato in Provincia di Torino.

I dati relativi al periodo 2007-2011 forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte sono riassunti nei grafici e nelle tabelle delle pagine seguenti. I dati riportati, a seguito di una riclassificazione effettuata dal DTT (dipartimento dei trasporti terrestri) e ad una revisione delle banche dati, possono differire dai valori pubblicati nelle precedenti edizioni di "Uno sguardo all'aria".

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

- il numero di autoveicoli immatricolati in provincia di Torino è aumentato di 10851 unità rispetto al 2010, il tasso di motorizzazione resta quindi molto nonostante la crisi economica, la diffusione di una cultura di mobilità sostenibile ed il miglioramento del trasporto pubblico.
- la somma dei veicoli Euro3, Euro4 ed Euro5 aumenta di 46692 unità rispetto al 2010 e raggiunge quasi i tre quarti del totale (72%).
- confermata la tendenza alla diminuzione della percentuale di veicoli non ecologici (dal 13,2% al 12,1%) ai sensi del piano regionale di risanamento della qualità dell'aria (pre-Euro, Euro1 diesel e Euro2 diesel più vecchi di 10 anni - DGR 64-6526 del 2007). Si tratta soprattutto di mezzi diesel, caratterizzati da forti emissioni di particolato (69005). Questo dato conferma l'attualità dei divieti alla circolazione contenuti nel suddetto provvedimento amministrativo.
- aumenta rispetto al 2010 la percentuale dei veicoli a gasolio (dal 37% al 42,4%), mentre per quelli a GPL e metano sale dall'8,3% al 9,3%.

|                           |        | 2007    |         |                               | 2008    |         |                               | 2009    |         |                               | 2010    |         |                               | 2011    |         |                               |
|---------------------------|--------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|-------------------------------|
| Autoveicoli<br>"pre-Euro" | numero | 115'970 | 96'467  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 106'331 | 87'555  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 97'718  | 81'046  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 91'100  | 68'879  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 87'030  | 65'667  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                           | %      | 8,0     | 6,6     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 7,1     | 5,9     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 6,5     | 5,4     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 6,3     | 4,8     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 6,0     | 4,5     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autoveicoli<br>"Euro1"    | numero | 100'090 | 83'931  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 85'015  | 70'026  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 68'898  | 55'934  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 59'033  | 45'900  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 52'518  | 40'371  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                           | %      | 6,9     | 5,8     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 5,7     | 4,7     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 4,6     | 3,7     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 4,1     | 3,2     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 3,6     | 2,8     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autoveicoli<br>"Euro2"    | numero | 414'784 | 323'024 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 380'194 | 291'893 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 331'441 | 250'027 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 284'602 | 211'948 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 259'293 | 191'976 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                           | %      | 28,5    | 22,2    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 25,4    | 19,5    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 22,0    | 16,6    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 19,8    | 14,8    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 17,9    | 13,3    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autoveicoli<br>"Euro3"    | numero | 398'290 | 194'807 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 387'180 | 188'428 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 379'438 | 182'570 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 344'818 | 168'833 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 329'825 | 161'653 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                           | %      | 27,4    | 13,4    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 25,9    | 12,6    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 25,2    | 12,1    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 24,0    | 11,8    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 22,8    | 11,2    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autoveicoli<br>"Euro4"    | numero | 425'395 | 201'613 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 536'007 | 243'566 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 605'201 | 262'689 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 583'952 | 254'044 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 561'065 | 241'322 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                           | %      | 29,2    | 13,9    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 35,9    | 16,3    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 40,2    | 17,4    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 40,7    | 17,7    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 38,8    | 16,7    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autoveicoli<br>"Euro5"    | numero | 22      | 11      | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 410     | 121     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 24'427  | 6'978   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 71'621  | 30'582  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 156'193 | 64'028  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                           | %      | 0,0     | 0,0     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 0,0     | 0,0     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 1,6     | 0,5     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 5,0     | 2,1     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 10,8    | 4,4     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autoveicoli<br>"Euro6"    | numero |         |         |                               |         |         |                               |         |         |                               | 54      | 1       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 107     | 0       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                           | %      |         |         |                               |         |         |                               |         |         |                               | 0,0     | 0,0     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 0,0     | 0,0     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |

TABELLA 29: autoveicoli immatricolati in provincia di Torino dal 2007 al 2011, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

|                                   | 2007   |   | 2008                   |                               | 2009   |                          | 2010                          |        | 2011                     |                               |        |                          |                               |                          |                               |
|-----------------------------------|--------|---|------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|                                   | numero | % | numero                 | %                             | numero | %                        | numero                        | %      | numero                   | %                             |        |                          |                               |                          |                               |
| Autocarri<br><3,5 t<br>"pre-EURO" | 42'421 |   | 5'309<br>36'410<br>702 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 39'895 | 5'063<br>34'158<br>674   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 34'868 | 3'201<br>31'322<br>345   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 23'899 | 2'028<br>22'552<br>343   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 1'997<br>21'574<br>328   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                                   | 24,0   |   | 3,0<br>20,6<br>0,4     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 20,9   | 2,6<br>17,9<br>0,4       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 17,5   | 1,6<br>15,7<br>0,2       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 14,7   | 1,2<br>13,9<br>0,2       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 1,2<br>13,3<br>0,2       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autocarri<br><3,5 t<br>"EURO1"    | 10'292 |   | 1'044<br>9'139<br>109  | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 9'769  | 937<br>8'720<br>112      | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 9'053  | 815<br>8'158<br>80       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 10'914 | 1'618<br>9'743<br>164    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 1'508<br>9'246<br>160    | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                                   | 5,8    |   | 0,6<br>5,2<br>0,1      | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 5,1    | 0,5<br>4,6<br>0,1        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 4,5    | 0,4<br>4,1<br>0,0        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 6,7    | 1,0<br>6,0<br>0,1        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 0,9<br>5,7<br>0,1        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autocarri<br><3,5 t<br>"EURO2"    | 41'409 |   | 6'754<br>34'180<br>475 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 39'832 | 6'479<br>32'853<br>500   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 37'499 | 5'773<br>31'245<br>481   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 27'381 | 2'949<br>25'540<br>367   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 2'680<br>24'341<br>360   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                                   | 23,4   |   | 3,8<br>19,3<br>0,3     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 20,8   | 3,4<br>17,2<br>0,3       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 18,8   | 2,9<br>15,7<br>0,2       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 16,8   | 1,8<br>15,7<br>0,2       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 1,6<br>15,0<br>0,2       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autocarri<br><3,5 t<br>"EURO3"    | 60'859 |   | 2'989<br>57'463<br>407 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 64'089 | 5'976<br>57'709<br>404   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 63'421 | 3'235<br>59'688<br>498   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 44'131 | 2'673<br>42'648<br>401   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 2'636<br>41'068<br>427   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                                   | 34,4   |   | 1,7<br>32,5<br>0,2     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 33,5   | 3,1<br>30,2<br>0,2       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 31,9   | 1,6<br>30,0<br>0,3       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 27,1   | 1,6<br>26,3<br>0,2       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 1,6<br>25,3<br>0,3       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autocarri<br><3,5 t<br>"EURO4"    | 21'548 |   | 962<br>20'149<br>437   | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 37'219 | 1'370<br>34'747<br>1'102 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 48'122 | 1'700<br>44'415<br>2'007 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 49'762 | 1'553<br>43'668<br>2'704 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 1'460<br>45'584<br>2'718 | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                                   | 12,2   |   | 0,5<br>11,4<br>0,2     | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 19,5   | 0,7<br>18,2<br>0,6       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 24,2   | 0,9<br>22,3<br>1,0       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 30,6   | 1,0<br>26,9<br>1,7       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 0,9<br>28,0<br>1,7       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
| Autocarri<br><3,5 t<br>"EURO5"    | 191    |   | 0<br>191<br>0          | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 445    | 0<br>445<br>0            | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 6'068  | 1<br>5'907<br>160        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 6'505  | 25<br>2'663<br>726       | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 139<br>5'385<br>981      | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |
|                                   | 0,1    |   | 0,0<br>0,1<br>0,0      | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 0,2    | 0,0<br>0,2<br>0,0        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 3,0    | 0,0<br>3,0<br>0,1        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 4,0    | 0,0<br>1,6<br>0,4        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 | 0,1<br>3,3<br>0,6        | benzina<br>gasolio<br>GPL-CH4 |

TABELLA 30: veicoli commerciali leggeri (&lt; 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2007 al 2011, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

**AUTOVEICOLI IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2006-2011)  
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE  
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

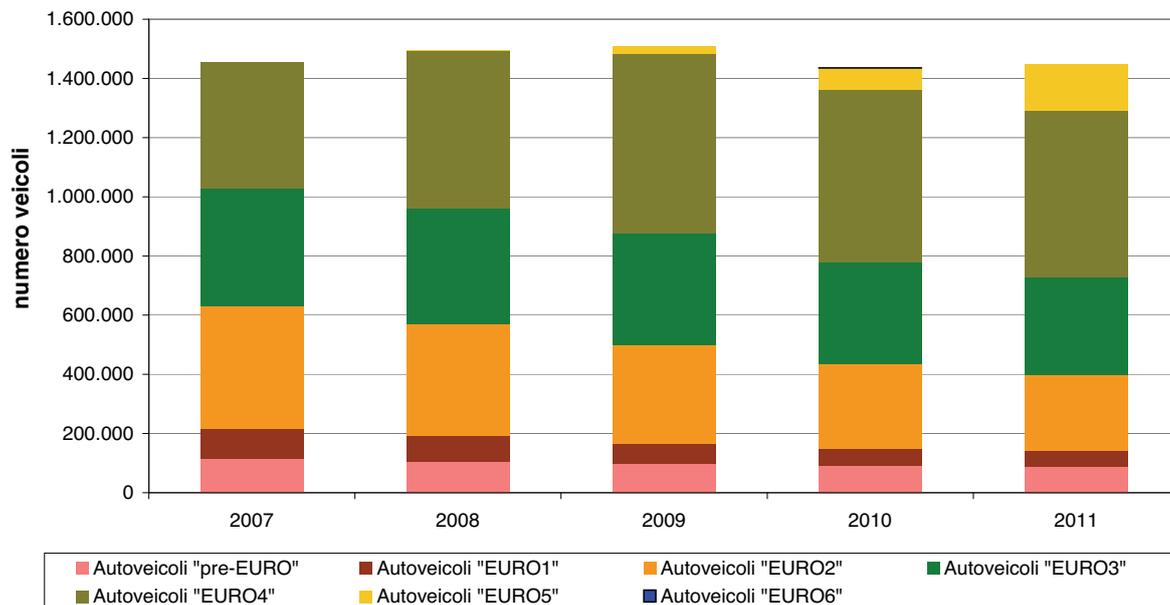


FIGURA 44: autoveicoli immatricolati in Provincia di Torino dal 2007 al 2011, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

**AUTOCARRI (<3,5t) IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2007-2011)  
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE  
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

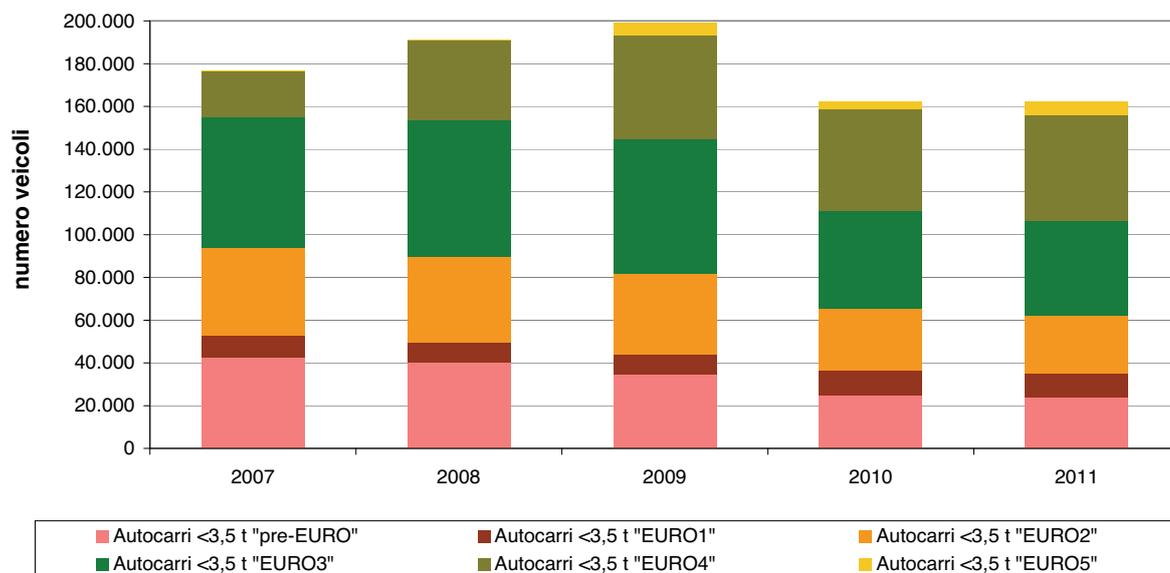


FIGURA 45: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2007 al 2011, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

## EMISSIONI DEI VEICOLI IN CICLI DI GUIDA REALI<sup>14</sup>

Nel corso degli ultimi 2 anni si è prepotentemente sollevata la questione delle emissioni dei veicoli nei cicli di guida reali in particolar modo per quanto riguarda l'emissione di NO<sub>x</sub>.

Analizzando i fattori di emissione recentemente sviluppati e i dati relativi ad alcuni studi sulle emissioni reali di NO<sub>x</sub> ci si accorge che:

- per i veicoli a benzina le emissioni reali sono in linea con i limiti EURO;
- per i veicoli diesel le emissioni reali sono di gran lunga superiori rispetto ai limiti EURO 3, 4 e 5;
- per quanto riguarda gli EURO 6 non sono ancora disponibili dati circa il rispetto dei valori limite in condizioni reali;
- per quanto riguarda i veicoli diesel le emissioni reali sono sostanzialmente stabili dal EURO 1 all'EURO5;

Relativamente al PM10 escludendo il fenomeno della risospensione e del consumo di gomme freni e frizioni si può sostenere che l'emissione di tale inquinante è un fenomeno legato ai motori diesel non dotati di filtro anti particolato (sostanzialmente obbligatorio con lo standard EURO5).

La definizione delle limitazioni veicolari dovrà pertanto tenere in considerazione questi elementi ed essere indirizzata al "blocco" dei veicoli effettivamente più inquinanti.

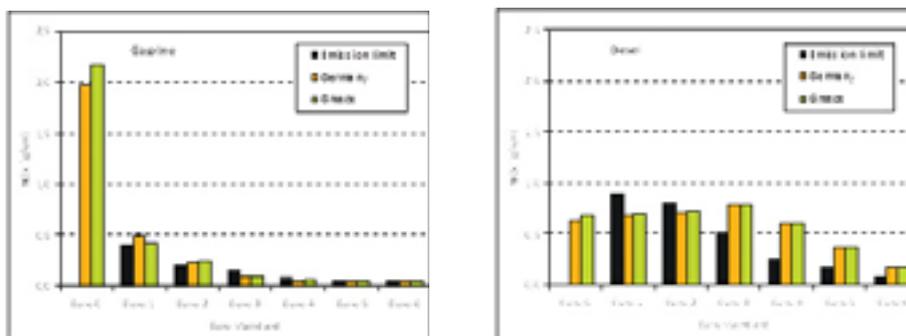


FIGURA 46: Fattori di emissione per guida reale implementati in Copert IV (Leonidas Ntziachristos - LAT-Laboratory of Applied Thermodynamics, Thessaloniki, GR).

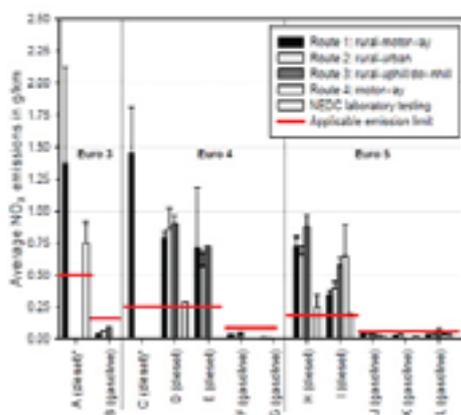


FIGURA 47: Performance emissive di NO<sub>x</sub> di alcuni autoveicoli su percorsi di guida reali (JRC – CARS 21 – Brussels 15 april 2011).

<sup>14</sup> CARS 21:WORKING GROUP 4 (Internal market, emissions and CO<sub>2</sub> policies), discussion paper, real driving emissions of vehicles - [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/cafe\\_baseline/library?l=/thematic\\_strategy/01-meetings/01-stakeholder\\_expert/2011-06-0607\\_meeting/information\\_documents/real-driving\\_emissionspd/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/cafe_baseline/library?l=/thematic_strategy/01-meetings/01-stakeholder_expert/2011-06-0607_meeting/information_documents/real-driving_emissionspd/_EN_1.0_&a=d)

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

**Milena Sacco, Francesco Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

## **INTRODUZIONE**

Le motivazioni che hanno spinto Arpa Piemonte ad approfondire le conoscenze in materia di concentrazione numerica e di distribuzione dimensionale delle polveri ultrafini derivano dalla crescente attenzione alle stesse da parte degli studi tossicologici, che hanno osservato effetti attribuibili soprattutto a tali frazioni granulometriche 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.

Sulla base di tale presupposto Arpa e Provincia di Torino hanno promosso uno specifico progetto di indagine basato su misure di lungo periodo che si propone le seguenti finalità:

1. 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. Il progetto prevede di effettuare le 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;
2. confrontare la base dati con analoghe misure effettuate in altre aree urbane italiane ed europee;
3. analizzare la correlazione dei dati di concentrazione numerica rilevati con gli inquinanti atmosferici tradizionali e con i principali parametri meteorologici.

Una sintesi dei primi dati raccolti è stata oggetto di uno specifico capitolo all'interno dell'edizione 2009 e 2010 della relazione "Uno Sguardo all'Aria".

## **ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2011**

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).

Lo strumento è stato posizionato all'ultimo piano del grattacielo sede della Provincia di Torino, in Corso Inghilterra 7, ad un'altezza di 50 m.

I dati considerati nelle elaborazioni sono quelli posteriori al 20 maggio 2011, dopo un intervento di manutenzione che ha ripristinato la funzionalità dello strumento.

In TABELLA 31 sono riportati i valori medi del periodo 20 maggio – 31 dicembre 2011, calcolati come media delle medie orarie.

Il valore medio del periodo è  $6200 \cdot 10^6$  particelle/m<sup>3</sup> con massimi di  $14000 \cdot 10^6$  particelle/m<sup>3</sup>. Nel 2010 il valore medio era di  $7200 \cdot 10^6$  particelle/m<sup>3</sup>. Come si può osservare in FIGURA 48 la frazione più rilevante di particelle è quella con diametro compreso tra i 100 e i 200 nm (circa il 28%), mentre le classi numericamente inferiori sono quelle estreme (20-30 nm e 200-1000 nm), che rappresentano ognuna circa il 10% del totale. Complessivamente le particelle ultrafini (al di sotto dei 100 nm) rappresentano il 62 % del totale.

|                                              | 20-30 nm             | 30-50 nm             | 50-70 nm             | 70-100 nm            | 100-200 nm           | 200-1000 nm          | TOTALE                |
|----------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Minima media giornaliera                     | 260*10 <sup>6</sup>  | 320*10 <sup>6</sup>  | 230*10 <sup>6</sup>  | 230*10 <sup>6</sup>  | 260*10 <sup>6</sup>  | 45*10 <sup>6</sup>   | 1300*10 <sup>6</sup>  |
| Massima media giornaliera                    | 1300*10 <sup>6</sup> | 2200*10 <sup>6</sup> | 1700*10 <sup>6</sup> | 2400*10 <sup>6</sup> | 3800*10 <sup>6</sup> | 2600*10 <sup>6</sup> | 14000*10 <sup>6</sup> |
| Media delle medie giornaliere                | 640*10 <sup>6</sup>  | 1100*10 <sup>6</sup> | 980*10 <sup>6</sup>  | 1200*10 <sup>6</sup> | 1700*10 <sup>6</sup> | 620*10 <sup>6</sup>  | 6200*10 <sup>6</sup>  |
| Giorni validi                                | 220                  | 220                  | 220                  | 220                  | 220                  | 220                  | -                     |
| Percentuale giorni validi                    | 97%                  | 97%                  | 97%                  | 97%                  | 97%                  | 97%                  | -                     |
| Media dei valori orari                       | 650*10 <sup>6</sup>  | 1100*10 <sup>6</sup> | 980*10 <sup>6</sup>  | 1200*10 <sup>6</sup> | 1700*10 <sup>6</sup> | 610*10 <sup>6</sup>  | 6200*10 <sup>6</sup>  |
| Massima media oraria                         | 3500*10 <sup>6</sup> | 5000*10 <sup>6</sup> | 4100*10 <sup>6</sup> | 4500*10 <sup>6</sup> | 6300*10 <sup>6</sup> | 5800*10 <sup>6</sup> | 29000*10 <sup>6</sup> |
| Ore valide                                   | 5313                 | 5313                 | 5313                 | 5313                 | 5313                 | 5307                 | -                     |
| Percentuale ore valide                       | 98%                  | 98%                  | 98%                  | 98%                  | 98%                  | 98%                  | -                     |
| Distribuzione percentuale rispetto al totale | 10%                  | 17%                  | 16%                  | 19%                  | 28%                  | 10%                  |                       |

TABELLA 31 – Elaborazioni statistiche anno 2011.

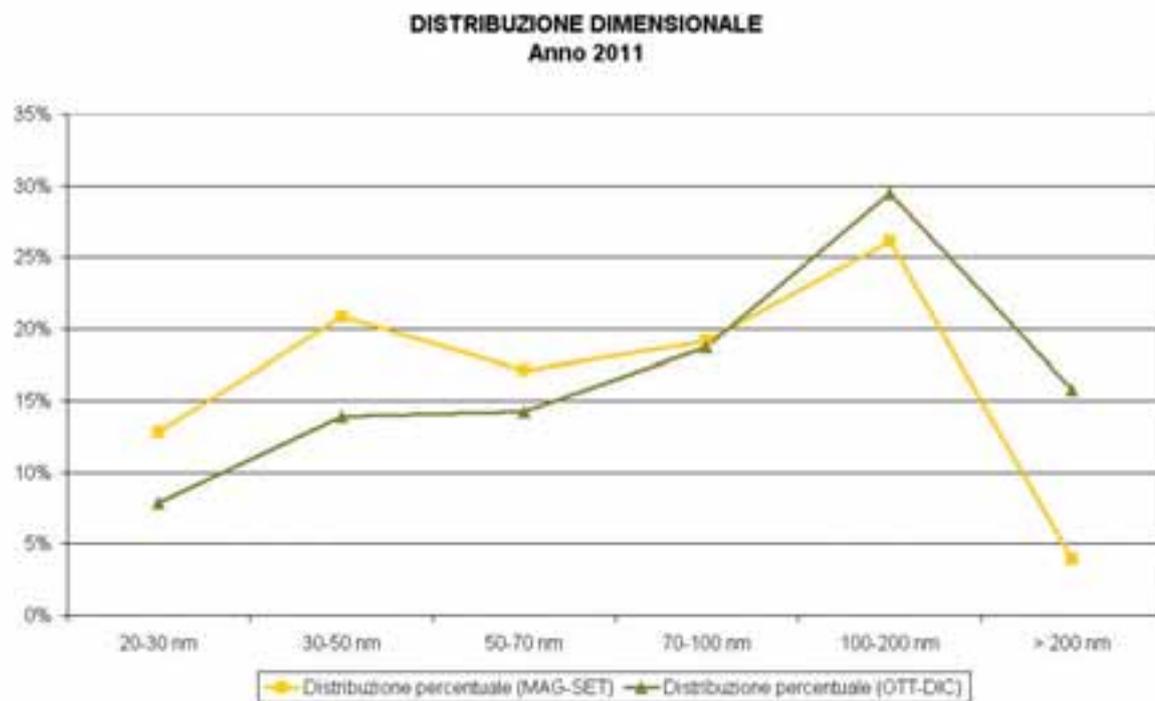


FIGURA 48: Distribuzione dimensionale delle particelle – Anno 2011.

Per quanto riguarda i valori assoluti di concentrazione, in assenza di riferimenti normativi può essere utile un confronto con la serie storica più completa disponibile in area urbana nel nostro paese, che è quella prodotta presso il sito di misura dell'Istituto Superiore di Sanità di Viale Regina Elena a Roma, 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 contro i circa 20.000 di C.so Inghilterra) ed inoltre è posto al suolo a pochi metri dall'asse stradale. Il dato relativo al 2006 è dell'ordine di 30.000 \*10<sup>6</sup> particelle/m<sup>3</sup>, quindi circa quattro volte maggiore di quello a 50 m dal suolo nel sito di C.so Inghilterra.

Analizzando la variabilità del numero di particelle nel corso dei due periodi estivo (mag-set) ed invernale (ott-dic) (FIGURA 49), si evidenzia come le particelle di dimensione al di sotto dei 50 nm abbiano mediamente valori molto simili, mentre a partire dalle dimensioni di 50 nm i valori invernali ed estivi si allontanano tra di loro finché i valori invernali arrivano ad essere circa sei volte quelli estivi per le particelle maggiori di 200 nm. Sembra pertanto che in periodo estivo l'agglomerazione e condensazione delle particelle in particelle più grandi sia sfavorita; inoltre si deve ricordare che nel periodo invernale si aggiungono alle usuali fonti di traffico anche il riscaldamento civile ed industriale, che potrebbe pesare maggiormente sulle particelle di dimensione maggiore dei 100 nm.

La variabilità nel corso della giornata è più ampia per le classi dai 20 ai 100 nm rispetto alle classi con dimensioni maggiori, che presentano un andamento più costante, in accordo con altri dati in letteratura<sup>15</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 50), che permane fino alle prime ore notturne, per tutte le classi, tranne quella superiore ai 200 nm, per la quale l'andamento è praticamente piatto. La concentrazione diminuisce nell'arco delle ore più calde della giornata, in corrispondenza dell'innalzamento dello strato rimescolato. Si verifica un lieve incremento alle ore 15 in periodo estivo per le particelle dai 20 a 50 nm, massimo relativo imputabile 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>16</sup>. La forte radiazione solare rende disponibile il radicale ossidrilico OH che ossida l'SO<sub>2</sub> disponibile ad SO<sub>3</sub>, 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 51).

La variabilità delle concentrazioni è molto più ampia nel periodo invernale piuttosto che in quello estivo ed aumenta in generale con la diminuzione della dimensione delle particelle. Mentre in estate i rapporti massimo/minimo hanno valori compresi tra 1.5 e 1.8, in inverno variano da 1.3 per le particelle maggiori di 200 nm a 4.5 per le particelle di dimensione 20-30 nm. In inverno dopo il picco serale le concentrazioni delle particelle al di sotto dei 70 nm (FIGURA 50 e FIGURA 52) diminuiscono rapidamente, a differenza di quanto accade per le particelle di dimensioni maggiori che permangono allo stesso livello fino alle 2 del mattino per poi decrescere fino al minimo delle 5-6 del mattino.

A tale proposito si può ipotizzare che il fenomeno sia determinato dall'aggregazione 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.

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 ottobre-dicembre si registra alle 19.30, mentre in maggio-settembre alle 21.00,

I giorni festivi hanno invece un andamento completamente differente (FIGURA 50, destra).

In inverno le concentrazioni delle particelle 70-100 e 100-200 nm, numericamente più rilevanti, partono da valori alti, presumibilmente influenzati dai valori delle giornate lavorative, e diminuiscono gradualmente fino ai minimi delle ore 16 per poi innalzarsi rapidamente fino alle ore 19, probabilmente a seguito di immissione e coagulazione di particelle "fresche" di

<sup>15</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>16</sup> Buonanno, Fuoco, Stabile, Viola, La misura dell'esposizione alle polveri aerodisperse: dal PM10 alle nano particelle, 2011, Libellula Edizioni.

minori dimensioni; è invece più costante l'andamento delle particelle con dimensioni maggiori. Le particelle inferiori ai 50 nm presentano invece il classico doppio picco alle ore 10 e alle ore 20-21, e sembrano quindi maggiormente legate a fenomeni di emissione primaria.

In estate i giorni medi festivi hanno un andamento molto più costante; permane l'incremento serale-notturno ma con una gradualità maggiore rispetto alla stagione invernale.

L'andamento medio giornaliero è confrontabile con quello degli inquinanti tipici delle emissioni da traffico veicolare come il monossido di azoto (FIGURA 53), facendo ipotizzare che le emissioni veicolari rappresentino la sorgente principale. Il picco serale dell'NO delle stazioni di traffico è però anticipato di circa un'ora rispetto a quello del numero di particelle. Questo "ritardo" può essere imputabile alla formazione di nuove particelle a partire dai precursori gassosi, o dall'aggregazione/condensazione di particelle, quindi ad un'origine secondaria. Questo è confermato dal fatto che, mentre la concentrazione di monossido decade rapidamente, la concentrazione di particelle, dominata dalla frazione 100-200 nm, rimane relativamente alta anche in ore notturne (24, 1 e 2 di notte), durante le quali è molto minore l'emissione primaria sia da traffico veicolare che da altre fonti.

### MEDIA PER CLASSE DIMENSIONALE

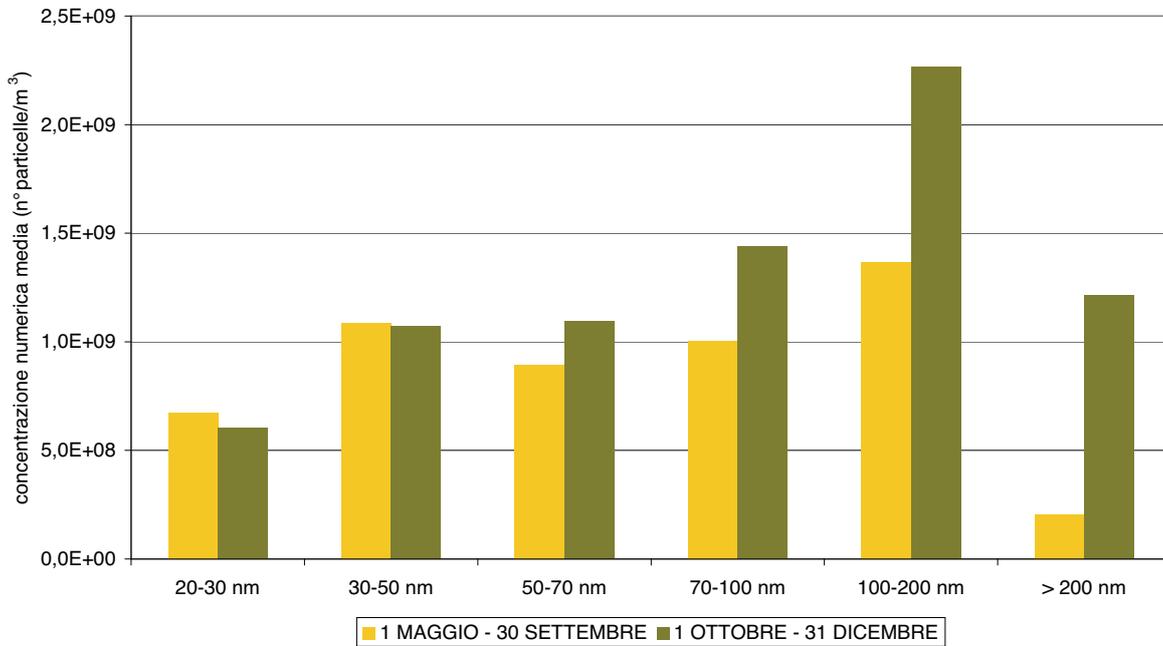


FIGURA 49: Media per classe dimensionale.

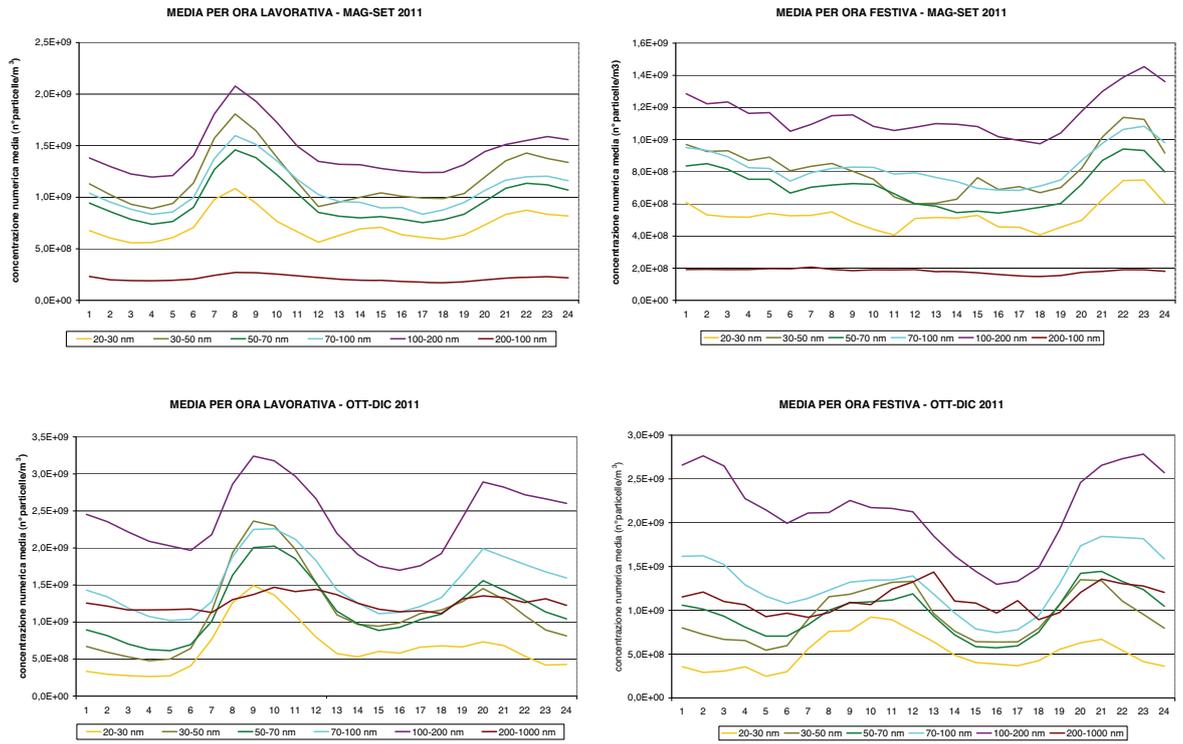


FIGURA 50: Andamento del giorno medio per la concentrazione numerica di particelle (anno 2011), per le giornate lavorative (sinistra) e quelle festive (destra).

**TEMPERATURA-RADIAZIONE SOLARE GLOBALE**  
Maggio-Settembre 2011

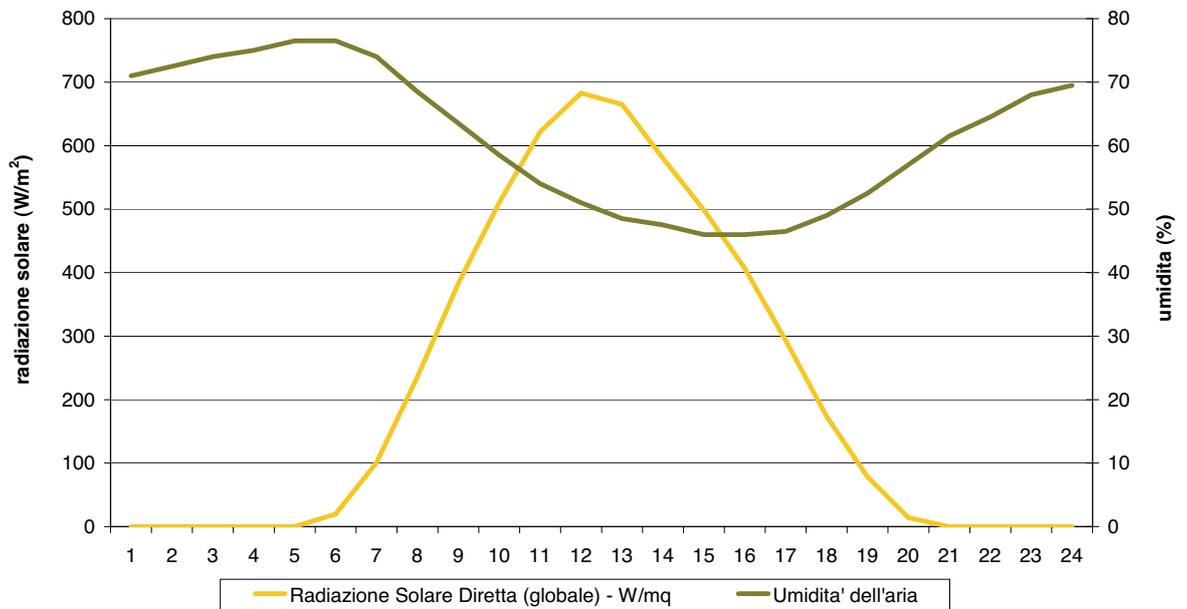


FIGURA 51: Giorno medio Temperatura e radiazione solare – Mag-Set 2011.

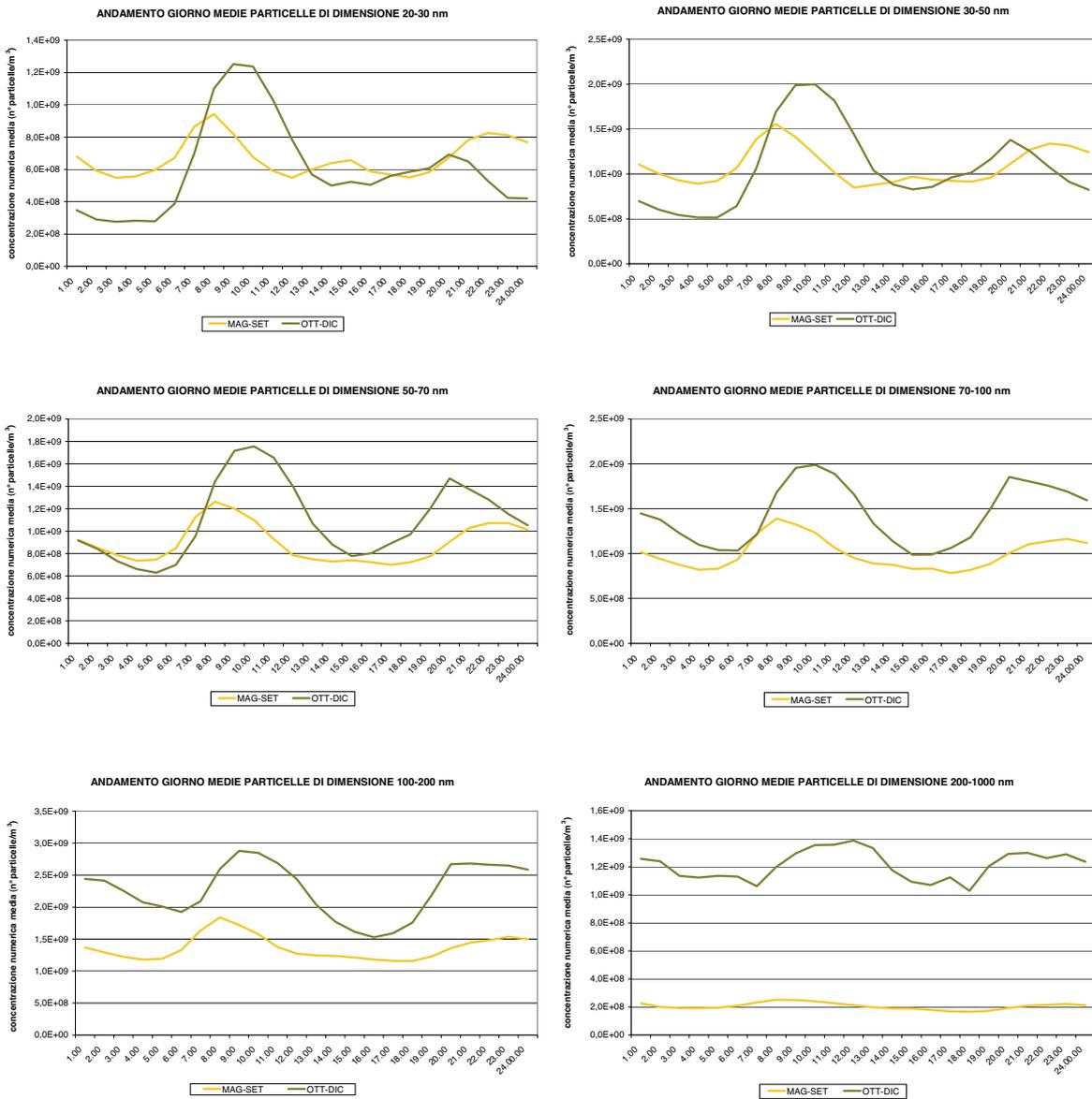


FIGURA 52: Andamento giorno medio, confronto per classe dimensionale.

**ANDAMENTO DEL GIORNO MEDIO PER LA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE E MONOSSIDO DI AZOTO (ANNO 2011)**

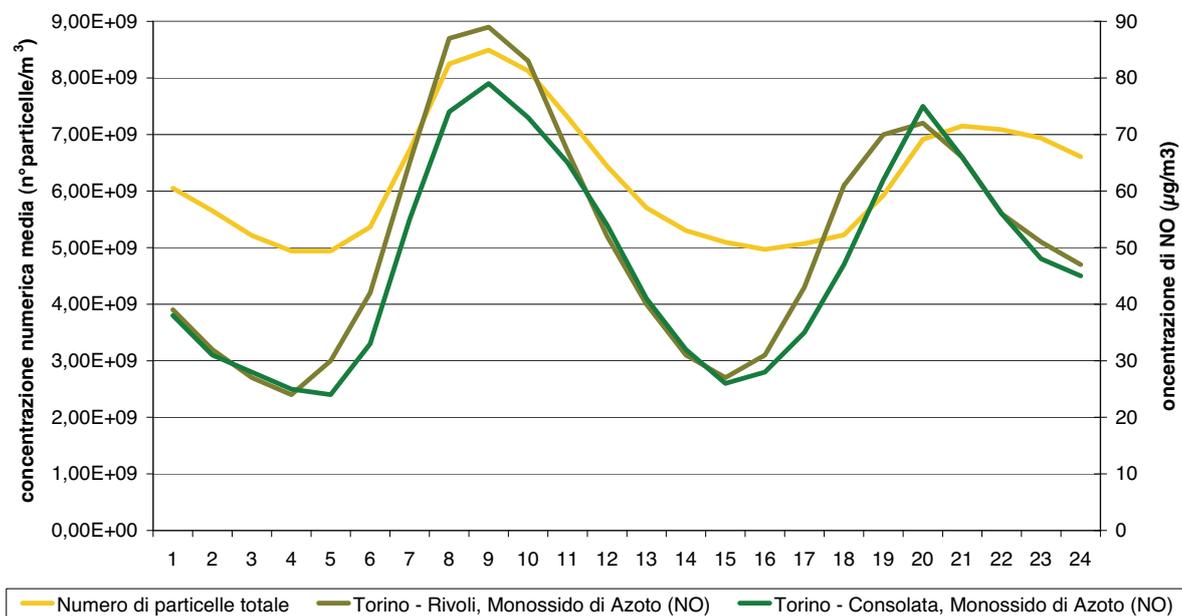


FIGURA 53: Andamento del giorno medio per la concentrazione numerica di particelle (ANNO 2011), confronto con andamento Monossido di Azoto Torino-Consolata e Torino-Piazza Rivoli.

Per approfondire l'influenza del traffico veicolare nel periodo invernale è stato condotto un rilevamento del numero di veicoli sull'asse viario di corso Vittorio Emanuele dal 21/6/2011 al 7/7/2011, viale di ampiezza maggiore e con più corsie di scorrimento rispetto a quello indagato nell'anno 2010 (corso Inghilterra). La FIGURA 54 riporta il giorno tipo del numero di particelle e l'andamento dei flussi veicolari dei giorni feriali sull'asse di corso Vittorio Emanuele. Come si può osservare il picco di traffico delle 8 coincide con quello del numero di particelle ma poi, mentre il traffico veicolare rimane all'incirca costante e verso le 16 inizia ad aumentare fino al massimo delle 19, il numero di particelle decresce con minimi proprio alle 19 per poi aumentare il corrispondenza al decremento di traffico.

La diminuzione nel numero di particelle nelle ore centrali della giornata potrebbe essere attribuita sia all'effetto dell'innalzamento dello strato rimescolato nelle ore centrali della giornata, sia a possibili fenomeni di condensazione-coagulazione delle particelle primarie più fini preesistenti in particelle di dimensioni maggiori, in relazione, ad esempio, a fenomeni di ossidazione fotochimica di sostanze semivolatili con conseguente abbassamento della tensione di vapore.

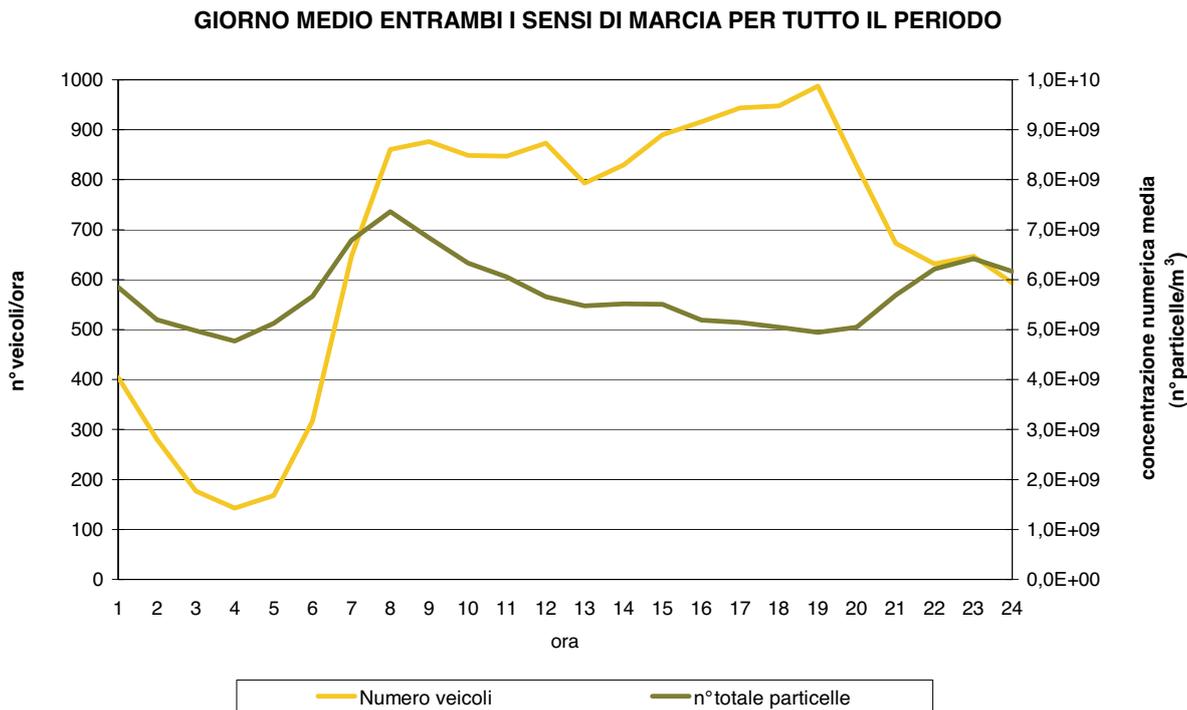


FIGURA 54: Giorno medio del numero di veicoli (su Corso Vittorio Emanuele) e del numero di particelle (21 giugno-7 luglio 2011).

Per quanto riguarda gli andamenti di lungo periodo, in FIGURA 55 è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie mensili totali di particelle relative all'anno 2011.

Si osserva che, per le particelle al di sopra dei 70 nm, i massimi assoluti si collocano nel periodo invernale, come per le concentrazioni in massa di PM10 e PM2,5. L'incremento della frazione di dimensioni maggiori si può attribuire all'incremento delle emissioni ma anche all'aggregazione/condensazione delle frazioni più fini in frazioni più grossolane.

Le particelle al di sotto dei 50 nm hanno una variabilità molto meno ampia e, mentre per la classe 50-70 nm permangono i massimi a novembre-dicembre, per le classi 20-30 nm e 30-50 nm le concentrazioni più alte si riscontrano a maggio e a giugno. Si può ipotizzare che il fenomeno sia attribuibile a fenomeni di nucleazione dovuti alla presenza di composti organici volatili, ossidi di azoto e alta radiazione solare<sup>17</sup>, che compensano la riduzione delle emissioni provenienti dal riscaldamento e la diminuzione delle concentrazioni ipotizzabile vista la maggiore altezza dello strato rimescolato del periodo caldo.

<sup>17</sup> Seinfeld J.H., Pandis S.N. (1998) Atmospheric chemistry and physics, New York, John Wiley, pagg 724-751.

ANDAMENTO MEDIE MENSILI - anno 2011

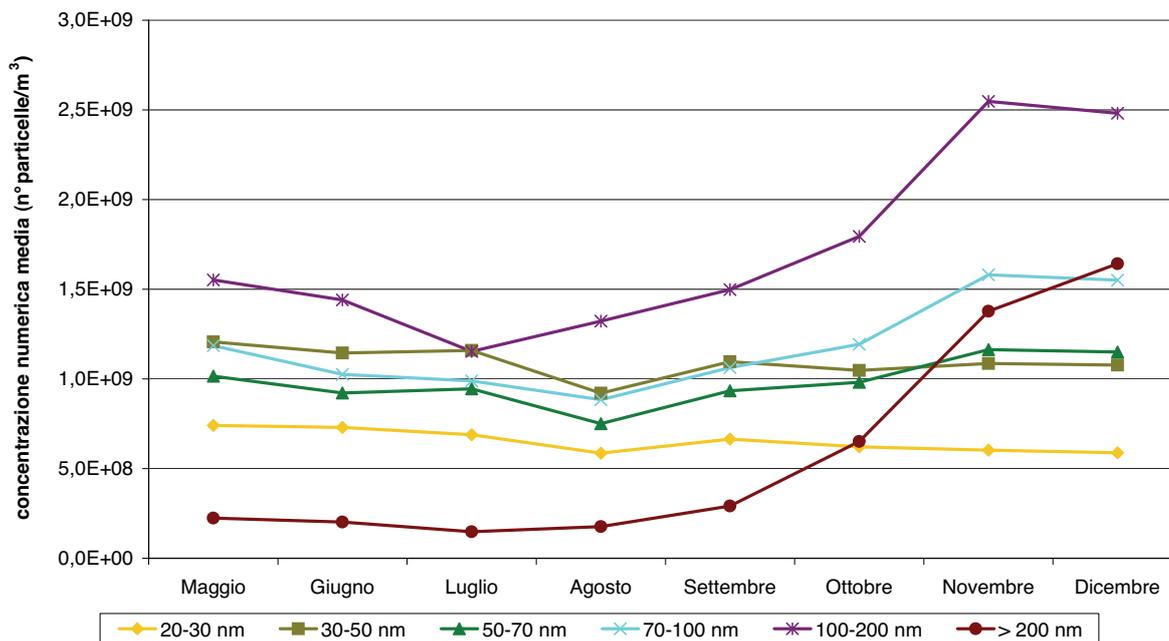


FIGURA 55: Medie mensili del numero di particelle.

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 suddivisa per il periodo maggio-settembre e ottobre-dicembre.

In estate (TABELLA 32) la correlazione con gli inquinanti al suolo è in generale scarsa. Ciò può essere attribuito sia alla maggiore diluizione e rimescolamento delle emissioni in atmosfera (per cui le concentrazioni di particelle misurate nel sito in quota non risultano direttamente correlate con gli inquinanti al suolo), sia alla maggiore formazione di particelle di origine fotochimica. Sono invece ben correlate le concentrazioni di PM10 e PM2,5 al suolo con le particelle superiori ai 100 nm. Nel periodo più freddo invece, come riportato in TABELLA 33, la correlazione delle particelle superiori ai 50 nm è buona anche con gli inquinanti misurati presso le stazioni al suolo, di origine sia primaria come il monossido di azoto 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 prossimi ad uno. Le particelle con dimensione inferiore ai 50 nm invece risultano scarsamente o per nulla correlate con la concentrazione dei gas inquinanti al suolo, indicando che per tali particelle la rappresentatività spaziale del punto di monitoraggio in quota è assai limitata.

| R di Pearson                                                                 | 20-30 nm | 30-50 nm | 50-70 nm | 70-100 nm | 100-200 nm | 200-2000 nm |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|-------------|
| Torino - Consolata, Monossido di Carbonio (CO) - mg/m <sup>3</sup>           | -0,20    | -0,16    | 0,02     | 0,24      | 0,40       | 0,33        |
| Torino - Consolata, Monossido di Azoto (NO) - µg/m <sup>3</sup>              | 0,33     | 0,37     | 0,41     | 0,32      | 0,11       | 0,24        |
| Torino - Consolata, Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> ) - µg/m <sup>3</sup> | 0,25     | 0,34     | 0,48     | 0,49      | 0,35       | 0,31        |
| Torino - Consolata, Polveri PM10 Basso Volume - µg/m <sup>3</sup>            | -0,19    | -0,10    | 0,12     | 0,39      | 0,70       | 0,81        |
| Torino - Lingotto, Polveri PM10 Basso Volume - µg/m <sup>3</sup>             | -0,24    | -0,17    | 0,02     | 0,32      | 0,72       | 0,81        |
| Torino - Lingotto, Polveri PM2,5 Basso Volume - µg/m <sup>3</sup>            | -0,30    | -0,25    | -0,03    | 0,30      | 0,69       | 0,86        |

TABELLA 32: Correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo maggio-settembre 2011.

| R di Pearson                                                                 | 20-30 nm | 30-50 nm | 50-70 nm | 70-100 nm | 100-200 nm | 200-2000 nm |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|-------------|
| To- Consolata, Monossido di Carbonio (CO) - mg/m <sup>3</sup>                | -0,05    | 0,22     | 0,55     | 0,73      | 0,78       | 0,87        |
| Torino - Consolata, Monossido di Azoto (NO) - µg/m <sup>3</sup>              | 0,16     | 0,43     | 0,70     | 0,81      | 0,80       | 0,78        |
| Torino - Consolata, Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> ) - µg/m <sup>3</sup> | 0,22     | 0,49     | 0,70     | 0,77      | 0,75       | 0,70        |
| Torino - Consolata, Polveri PM10 Basso Volume - µg/m <sup>3</sup>            | -0,22    | 0,08     | 0,45     | 0,70      | 0,85       | 0,94        |
| Torino - Lingotto, Polveri PM10 Basso Volume - µg/m <sup>3</sup>             | -0,27    | 0,03     | 0,42     | 0,67      | 0,83       | 0,96        |
| Torino - Lingotto, Polveri PM2,5 Basso Volume - µg/m <sup>3</sup>            | -0,26    | 0,02     | 0,40     | 0,65      | 0,81       | 0,97        |

TABELLA 33: Correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo ottobre-dicembre 2011.

Per quanto riguarda la correlazione con le condizioni meteorologiche, l'attenzione è stata focalizzata sulla valutazione dell'influenza dell'altezza dello strato di inversione. Va sottolineato che questo tipo di analisi presenta il limite di non considerare che la variazione nel tempo della concentrazione numerica di particelle ultrafini non è legato unicamente alle condizioni di stabilità/instabilità atmosferica ma anche ai complessi processi di nucleazione, coagulazione e condensazione che modificano nel tempo il numero assoluto di particelle. Come mostrato nel seguito si tratta comunque di un efficace strumento per una interpretazione di prima istanza della variabilità temporale della concentrazione di particelle ultrafini.

E' stato analizzato un episodio critico verificatosi nel periodo di metà novembre 2011 in modo da valutare l'effetto legato al confinamento delle particelle negli strati atmosferici più prossimi al suolo, legato alle tipiche condizioni meteorologiche della città di Torino nel semestre freddo dell'anno.

L'episodio selezionato (7-20 novembre 2011) è stato caratterizzato da un'iniziale instabilità atmosferica seguita da un lungo periodo di stabilità che ha influenzato notevolmente l'andamento temporale delle concentrazioni. Fenomeni di pioggia sono avvenuti nei primi 3 giorni (7-8-9), seguiti da un paio di giorni di stabilità in cui le concentrazioni sono cresciute. Nel fine settimana (il sabato) le concentrazioni sono diminuite in assenza di inversione al suolo, quindi con un maggiore rimescolamento delle masse d'aria, per poi aumentare a partire dalla domenica e poi decisamente nei giorni successivi nei quali l'inversione termica è avvenuta al suolo per sei giorni consecutivi. Questa ha innalzato i valori a più di tre volte quelli registrati nei giorni di instabilità. Le concentrazioni sono rimaste alte anche nel weekend, nel quale è continuata a permanere l'inversione termica che ha confinato gli inquinanti in prossimità del suolo.

Come indicatore del grado di stabilità atmosferica è stata utilizzata l'altezza sino alla quale si estende l'inversione termica nell'area urbana, ricavata sulla base dei profili verticali di temperatura disponibili presso la Struttura Complessa Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte<sup>18</sup> e riferita alle ore 5, (ora in cui iniziano solitamente ad aumentare le concentrazioni di UFP nel giorno tipo). La stabilità delle ore notturne inoltre spesso influenza le concentrazioni di tutta la giornata. La FIGURA 56 riporta l'andamento della concentrazione numerica di particelle ultrafini e dell'altezza dello strato di inversione. Si osserva che in termini qualitativi la modulazione temporale della concentrazione di particelle ultrafini è ben correlata alle variazioni delle condizioni di stabilità atmosferica.

**EPISODIO 7-20 NOVEMBRE 2011 - CORRELAZIONE TRA CONCENTRAZIONE DI UFP E ALTEZZA DELLO STRATO DI INVERSIONE**

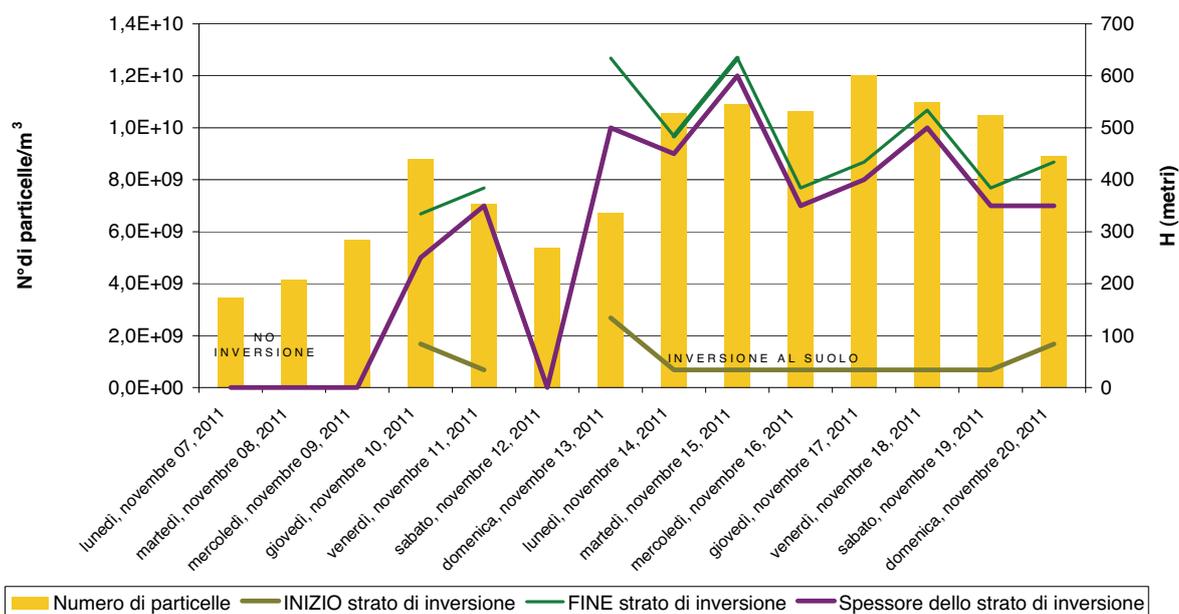


FIGURA 56 - Episodio 7-20 novembre 2011 - Correlazione tra concentrazione di UFP e altezza dello strato di inversione.

<sup>18</sup> I profili verticali di temperatura utilizzati sono quelli del radiometro sito in corso Stati Uniti a Torino, zona centrale della città.

## CONCLUSIONI

L'analisi dei dati raccolti nel sito ubicato all'ultimo piano della sede della Provincia di Torino mostra che la concentrazione numerica di particelle ultrafini è confrontabile come ordine di grandezza con quella rilevata in altre aree italiane.

La concentrazione numerica media, calcolata sulla base delle concentrazioni medie orarie dal mese di maggio a dicembre 2011, è di circa  $6,2 \cdot 10^9$  particelle/m<sup>3</sup>. La frazione più rilevante di particelle è quella con diametro compreso tra i 100 e i 200 nm (circa il 28%), mentre le classi numericamente inferiori sono quelle estreme (20-30 nm e 200-1000 nm), che rappresentano ognuna circa il 10% del totale. Il confronto con le concentrazioni in massa di inquinanti atmosferici monitorati presso tre stazioni poste al suolo, di cui due di traffico ubicate in centro città e una di fondo, evidenzia una buona correlazione con monossido di azoto, PM10 e PM2,5, in particolare dovuta alle frazioni superiori ai 70 nm. La variabilità del corso della giornata è in media più ampia per le classi 20-30 nm, 30-50 nm e 50-70 nm rispetto alle classi di dimensioni maggiori; a parità di classe dimensionale, inoltre, il giorno medio presenta una variabilità minore nei mesi caldi. L'andamento di lungo periodo evidenzia che il rapporto tra massima e minima media mensile aumenta all'aumentare delle dimensioni delle particelle; in particolare la media mensile relativa alla frazione più fine (20-30 nm) rimane pressoché costante durante il corso dell'anno, mentre quelle relative alle frazioni tra 100 e 1000 nm hanno un andamento analogo a quello della concentrazione in massa di PM10 e PM2,5.

Nel corso del progetto sono stati rilevati i flussi veicolari sui due principali assi viari prossimi al sito di misura, evidenziando che il picco mattutino di traffico coincide temporalmente con quello della concentrazione di UFP. Nelle ore centrali della giornata, mentre i flussi veicolari si mantengono pressoché costanti, si osserva invece una significativa riduzione del numero di particelle aerodisperse. La concentrazione di UFP aumenta nuovamente nelle ore serali ma in orario successivo al secondo picco di traffico. Nel complesso la modulazione giornaliera delle UFP appare regolata principalmente dall'altezza dello strato rimescolato.

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

**Alessandro Bertello (Provincia di Torino), Rossella Prandi (Simularia S.r.l.), Giuseppe Brusasca (Arianet S.r.l.).**

Il presente studio si propone, attraverso l'ottimizzazione della descrizione delle sorgenti emissive presenti sul territorio dell'area metropolitana torinese e l'utilizzo di avanzati modelli di dispersione degli inquinanti in atmosfera, di simulare la qualità dell'aria nell'anno 2008 (anno di riferimento) e in tre scenari futuri individuati nell'anno 2015.

Lo studio ha pertanto due ordini di finalità: una di carattere scientifico che si propone di valutare i benefici di una descrizione particolarmente accurata delle fonti di emissione sui risultati delle simulazioni modellistiche, l'altra, di carattere politico/gestionale, ha come obiettivo quello di valutare l'impatto che avranno sulla qualità dell'aria le misure di risanamento programmate e quale impatto potrebbero avere quelle auspiccate.

Lo studio, di cui viene presentato in questa relazione esclusivamente un breve abstract, è stato realizzato in collaborazione con la società ARIANET.

La relazione finale è disponibile sul sito internet della Provincia di Torino all'indirizzo [http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno\\_2011-11-30](http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno_2011-11-30)

Si desidera ringraziare Regione Piemonte e ARPA Piemonte per aver messo a disposizione, oltre alle basi dati necessarie, l'esperienza e la competenza maturate su questi temi.

## AGGIORNAMENTO INVENTARIO EMISSIONI 2008

La prima attività svolta ha riguardato l'aggiornamento e l'approfondimento delle informazioni dell'inventario delle emissioni in atmosfera (anno 2008) predisposto da Regione Piemonte su tre ambiti particolari:

- sorgenti puntuali (principali aziende);
- sorgenti lineari (grafo stradale);
- condizionamento edifici (estensione area del teleriscaldamento).

### Sorgenti puntuali

Per quanto riguarda le sorgenti puntuali sono stati verificati i dati di alcuni impianti già presenti nell'inventario regionale<sup>19</sup> e sono state inserite nuove sorgenti, le cui emissioni annue complessive sono state ritenute significative.

Per ogni sorgente puntuale (azienda) si sono verificati:

- l'operatività dell'attività produttiva (al 2008);
- i flussi emissivi attraverso la definizione di fattori di emissione specifici;
- le caratteristiche fisiche dei camini (altezza e diametro) e delle emissioni (velocità e temperatura). Tale attività è stata realizzata con l'ottica di ottimizzare le simulazioni modellistiche anche attraverso la definizione di "camini virtuali";
- la possibilità di definire profili di modulazione temporale di attività, almeno su base mensile.

I dati forniti dalle aziende nell'ambito delle istruttorie AIA e dei report ambientali sono stati di fondamentale importanza in quanto hanno spesso consentito di costruire opportuni fattori di emissione (kg inquinante/indicatore di produzione o consumo). Gli indicatori di produzione o di consumo di materie prime sono comunicati annualmente dalle aziende e in molti casi su base mensile. Queste informazioni potranno consentire un periodico aggiornamento dell'inventario e la definizione di una corretta modulazione temporale delle emissioni nei diversi anni, a seconda dell'andamento dell'attività produttiva.

<sup>19</sup> Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) - <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/irea/>

L'indagine ha mostrato un ridimensionamento del ruolo dell'industria nello scenario emissivo di riferimento, imputabile sia alle mutate condizioni economiche che all'implementazione di norme più restrittive in materia ambientale. Rispetto alla stima contenuta nell'inventario regionale, l'analisi a partire dai dati in possesso della Provincia di Torino indica un contenimento delle emissioni industriali per tutti gli inquinanti (in particolare - 1116 t all'anno di ossidi di azoto e - 138 t/a di PM10) ad eccezione del biossido di zolfo (+140 t/a).

### Sorgenti lineari

Si è proceduto alla valutazione complessiva delle emissioni da traffico nell'agglomerato torinese con un approccio bottom-up, utilizzando i dati di flusso prodotti dalla società 5T e i dati contenuti nel Bilancio Ambientale di GTT<sup>20</sup> (Gruppo Torinese Trasporti).

Per stimare il residuo di traffico urbano non descritto dal grafo, si sono poi calcolate delle emissioni diffuse, imponendo la conservazione del dato di consumo di combustibile presente nell'inventario regionale.

La stima delle emissioni di inquinanti atmosferici richiede, oltre al flusso veicolare medio, la conoscenza della ripartizione nelle diverse classi veicolari (auto, moto, commerciali leggeri e pesanti). A partire dal numero di veicoli totali, la ripartizione è stata fatta differenziando strade urbane, extraurbane e autostrade e consultando:

- i rilievi di traffico reperiti dalla Provincia di Torino per alcuni archi di accesso nella città di Torino;
- i dati contenuti nell'Indagine sulla Mobilità delle Persone e sulla Qualità dei Trasporti relativa al 2006<sup>21</sup>;
- i dati alle barriere di pedaggio forniti da Ativa S.p.A. (la società che gestisce la Tangenziale di Torino) per i mesi di gennaio e novembre 2005.

Successivamente, ciascuna classe veicolare è stata suddivisa nelle classi emmissive CO-PERT/CORINAIR<sup>22</sup> a partire dai dati di immatricolazione del settore tributi della Regione Piemonte (per l'anno 2007) rielaborati dal CSI Piemonte nell'ambito delle attività di aggiornamento dell'IREA.

Il dato di immatricolazione è stato pesato con il dato di percorrenza medio della classe veicolare stimato dall'APAT (oggi ISPRA), al fine di ricostruire il parco effettivamente circolante.

Le emissioni dovute alla circolazione degli autobus del Trasporto Pubblico Locale sono state mantenute separate per ragioni di opportunità: da una parte è possibile contare su informazioni di dettaglio pubblicate da GTT (consumi di combustibile, consistenza e tipologia del parco circolante, georeferenziazione delle tratte di servizio)<sup>23</sup> che rendono la stima più realistica, dall'altra si tratta di una delle sorgenti emmissive sulle quali è più interessante fare ipotesi di scenario.

La ricostruzione delle emissioni associate al trasporto su strada a partire dai flussi veicolari risulta inferiore alla stima contenuta nell'inventario regionale per tutti gli inquinanti (da -4% di ossidi di azoto a -86% di biossido di zolfo) ad eccezione dell'ammoniaca. In particolare, le emissioni di PM10 da traffico risultano inferiori sia allo scarico che per risospensione, con una differenza del 32%.

<sup>20</sup> GTT Gruppo Torinese Trasporti, Il Bilancio ambientale 2009 [http://www.comune.torino.it/gtt/gruppo/bil\\_sost/06\\_ambientale.pdf](http://www.comune.torino.it/gtt/gruppo/bil_sost/06_ambientale.pdf)

<sup>21</sup> Agenzia Mobilità Metropolitana Torino (2006), Indagine sulla mobilità delle persone e qualità dei trasporti, [http://www.mtm.torino.it/05\\_mobilita/05a\\_indagini/indagini\\_imq2006.html](http://www.mtm.torino.it/05_mobilita/05a_indagini/indagini_imq2006.html)

<sup>22</sup> Ntziachristos L. e Samaras Z. (2009), Exhaust emissions from road transport, EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009.

<sup>23</sup> Gruppo Torinese Trasporti (2008), Il Bilancio di sostenibilità, gestione ambientale 2008, ([http://www.comune.torino.it/gtt/gruppo/bil\\_sost/06\\_ambientale.pdf](http://www.comune.torino.it/gtt/gruppo/bil_sost/06_ambientale.pdf)).

## Condizionamento edifici

È stata verificata la volumetria degli edifici serviti dal sistema di teleriscaldamento operante nell'area oggetto di studio. Le aree servite sono state georiferite e conseguentemente è stato possibile attribuire le emissioni prodotte dai sistemi di condizionamento agli edifici presenti nelle aree non allacciate alla rete.

Le centrali di produzione del calore distribuito sulla rete sono state aggiornate per quanto riguarda la stima emissiva e sono state tutte trattate come sorgenti puntuali.

## SCENARI EMISSIVI

Vengono ora brevemente descritti i quattro scenari emissivi presi in considerazione nel presente studio per ricostruire l'anno di riferimento e per stimare i benefici attesi dalle politiche di risanamento della qualità dell'aria.

### Scenario base 2008

Tutte le attività fino ad ora descritte hanno consentito un incremento dell'accuratezza della stima delle emissioni di inquinanti delle diverse sorgenti presenti sul territorio e una loro migliore descrizione spaziale e temporale. La verifica dell'utilità delle migliorie apportate al censimento delle emissioni si è ottenuta attraverso un run modellistico relativo all'anno di riferimento 2008 che utilizzando la meteorologia propria di quell'anno ha ricostruito per ogni ora dell'anno le concentrazioni dei principali inquinanti presenti in atmosfera.

Il confronto fra l'output modellistico e i dati rilevati dalle centraline è risultato buono per tutti i parametri ad eccezione del PM10. In particolare, per il biossido di azoto (v. FIGURA 57) lo scostamento dei valori medi annuali è inferiore al 10% nella città di Torino e nei siti rurali, mentre risulta nell'ordine al 20% per le centraline dei comuni metropolitani.

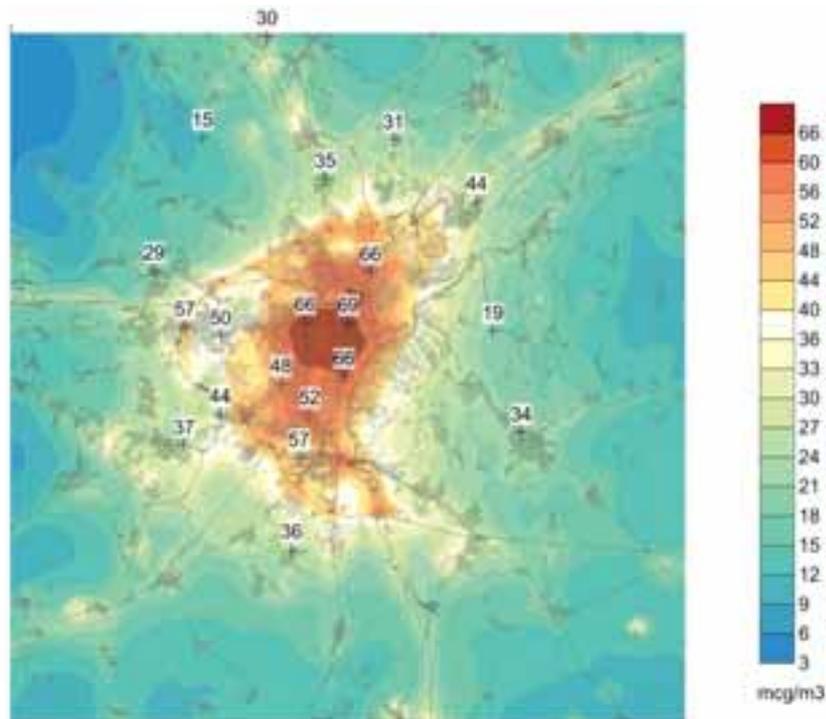


FIGURA 57: Concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> – 2008. In bianco, i valori misurati dalle centraline della rete.

## Scenario traffico BAU (Business As Usual) 2015

In questo scenario si è inteso simulare il beneficio atteso in termini di qualità dell'aria a seguito dell'innovazione tecnologica, che comporta il miglioramento degli standard emissivi dei veicoli.

I flussi veicolari nell'area metropolitana sono stati mantenuti ai livelli del 2008, considerando le più recenti previsioni di ripresa economica che stimano il raggiungimento nel 2015 dei livelli di PIL del 2008<sup>24</sup> e il legame riconosciuto tra PIL e domanda di mobilità<sup>25</sup>.

Per ricostruire il parco circolante nell'anno 2015 è stato stimato preliminarmente il tasso di estinzione annuale dei veicoli in base alla loro età, informazione desunta da uno studio dell'ACI sull'anzianità del parco veicolare nel 2007<sup>26</sup>.

Le emissioni dovute alla circolazione dei mezzi GTT nello scenario 2015 sono state calcolate ipotizzando che non vari né l'offerta di TPL in termini di km percorsi né la velocità media. Nella flotta, invece, si è assunto che al 2015 sia avvenuta la sostituzione di 112 bus Euro 0 con un numero equivalente di bus EEV.

Complessivamente l'innovazione tecnologica consentirebbe di abbattere di circa il 17% le emissioni di ossidi di azoto e quasi il 6% quelle di PM10, rispetto al totale delle emissioni dell'area metropolitana, un valore sul quale si fa sentire la quota di risospensione che è rimasta invariata a parità di flussi.

La simulazione mostra che i benefici maggiori si hanno in prossimità della tangenziale, mentre nel centro di Torino le riduzioni nelle concentrazioni medie annuali sono dell'ordine del 10% per il biossido di azoto e del 5% per il PM10.

## Scenario Energetico Industriale 2015

Questo scenario prende in considerazione, oltre all'innovazione tecnologica dei veicoli, la programmata estensione della rete di teleriscaldamento nell'agglomerato torinese che porterà ad un totale di circa 80 milioni di metri cubi la volumetria allacciata nell'area metropolitana. Sono poi state modificate alcune sorgenti puntuali, sia a seguito dell'avvio di nuove attività (es.: TRM Gerbido, centrale IREN Torino Nord e Nord-Est) sia alla dismissione (IREN Vallette) o riambientalizzazione di altre nell'ambito delle istruttorie AIA (IREN Moncalieri, Fenice Mirafiori).

Complessivamente, per questo scenario, che potremmo definire realistico, è stata stimata una riduzione del 29% degli ossidi di azoto, del 42% del biossido di zolfo e del 7% del PM10 rispetto alle emissioni dell'anno di riferimento nell'area metropolitana.

Le simulazioni mostrano in questo scenario benefici maggiori nelle aree servite dal teleriscaldamento e in vicinanza di impianti con prestazioni emissive migliorate, con riduzioni fino al 20% nelle concentrazioni medie annuali di biossido di azoto nella zona nord-ovest di Torino e del 15% circa nella zona sud. Nelle stesse aree, grazie anche all'abbattimento dei precursori del particolato secondario, le concentrazioni medie annuali del PM10 si riducono del 10% circa.

<sup>24</sup> International Monetary Fund (2010), World Economic Outlook Database - <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2010/02/weo-data/index.aspx>, October 2010 Edition.

<sup>25</sup> Schäfer A., Jacoby H. D., Heywood J. B. e Waitz I. A. (2011), L'altra minaccia climatica: i trasporti, *Le Scienze* n. 510, Febbraio 2011.

<sup>26</sup> Automobile Club Italia (2009), Analisi dell'anzianità del parco veicoli in Italia, <http://www.aci.it/sezione-istituzionale/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

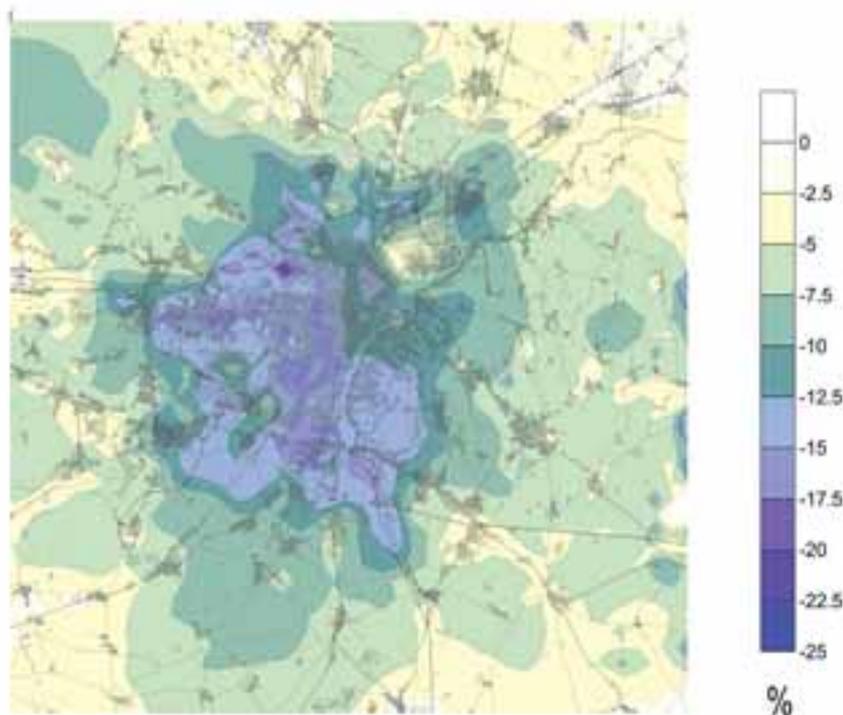


FIGURA 58: Riduzioni percentuali di concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> – Scenario 2015 Industriale-Energetico.

### Scenario Torino in movimento (MOV) 2015

Il traffico stradale rappresenta la principale fonte di emissione in atmosfera di NO<sub>x</sub> e PM10 e quella per la quale la definizione di misure di risanamento è più complessa. Queste infatti dovrebbero tendere da un lato alla riduzione dei chilometri percorsi complessivamente dai veicoli e dall'altro al miglioramento delle prestazioni emissive degli stessi, cioè alla riduzione delle emissioni inquinanti per km percorso, attraverso l'introduzione degli standard EURO.

Le prime richiedono tempi medio lunghi e ingenti investimenti per infrastrutture di trasporto pubblico, ottimizzazione dei sistemi di logistica della distribuzione delle merci e sviluppo di sistemi di mobilità sostenibile.

Le seconde, che sembravano molto promettenti, non sono state in grado di apportare i miglioramenti auspicati principalmente a causa dell'elevata diffusione dei veicoli con motore diesel (mediamente più inquinanti dei motori a benzina) e soprattutto perché per questo tipo di motorizzazione le emissioni "su strada" sono molto superiori a quanto previsto nei cicli di test per l'omologazione<sup>27</sup>.

Alla luce di questa situazione si è costruito uno scenario incentrato sulla mobilità sostenibile, ipotizzando, una riduzione della mobilità privata del 7% come conseguenza delle attività di mobility management (car pooling, ticket transport, car sharing) e una riduzione del 5% dei flussi privati solo sui centri storici dei 12 Comuni dell'agglomerato, a fronte dello sviluppo di politiche in favore della mobilità pedonale e ciclabile (bike sharing, piste ciclabili, ZTL...).

<sup>27</sup> CARS 21:WORKING GROUP 4 (Internal market, emissions and CO2 policies), discussion paper, real driving emissions of vehicles - [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/cape\\_baseline/library?l=/thematic\\_strategy/01-meetings/01-stakeholder\\_expert/2011-06-0607\\_meeting/information\\_documents/real-driving\\_emissionspd/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/cape_baseline/library?l=/thematic_strategy/01-meetings/01-stakeholder_expert/2011-06-0607_meeting/information_documents/real-driving_emissionspd/_EN_1.0_&a=d)

Inoltre, si è voluto inserire l'ipotetico effetto sulla mobilità delle persone del sistema di trasporto metropolitano integrato, basato sui contenuti dello studio di accompagnamento al progetto della Linea 2 della metropolitana di Torino (AMMT, 2009), in cui si stima una riduzione del 21.4% della mobilità privata a fronte della realizzazione del Sistema Ferroviario Metropolitano.

Complessivamente, in questo scenario è stata stimata una riduzione del 37% delle emissioni di ossidi di azoto e del 21% di quelle di PM10 rispetto allo scenario base.

Sotto queste ipotesi, le simulazioni indicano che si potrebbe realizzare una riduzione massima delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> dell'ordine del 23% a Torino Sud, portando la qualità dell'aria nella zona sud dell'agglomerato sui livelli previsti dalla normativa europea.

## CONCLUSIONI

La metodologia applicata in questo studio si configura come uno schema ottimale da seguire per una efficace gestione della qualità dell'aria: approfondimento delle informazioni sullo stato di fatto, proiezioni future, valutazione dell'effetto delle misure previste e di quelle auspicabili.

I risultati delle analisi di scenario presentate confermano la possibilità, a fronte di misure ambiziose, di raggiungere nel medio periodo gli obiettivi di qualità dell'aria fissati a livello europeo, almeno per quanto concerne il biossido di azoto. L'insieme delle misure strutturali considerate, che comportano consistenti miglioramenti allo stato attuale, andrebbe accompagnato da ulteriori azioni su altri comparti emissivi non analizzati (per esempio nel campo della mobilità delle merci) in modo da poter conseguire il rispetto dei limiti di legge in tutta l'area metropolitana.

La documentazione completa è reperibile all'indirizzo:

[http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno\\_2011-11-30](http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno_2011-11-30)

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:  
Alessandro Bertello (Provincia di Torino)*

### **COS'È L'IPQA**

L'**IPQA** è un indice di tipo previsionale che esprime in modo sintetico lo stato della qualità dell'aria dell'agglomerato Torinese attraverso un'indicazione numerica e cromatica. L'IPQA viene elaborato sulla base delle concentrazioni dei principali inquinanti presenti in atmosfera (PM10, biossido di azoto e ozono) calcolate su base oraria da un sistema modellistico prognostico che, a partire dalle previsioni meteorologiche e dalla stima delle emissioni degli inquinanti, simula il trasporto, la deposizione e le trasformazioni chimiche degli stessi.

Tale sistema sviluppato operativamente dal Dipartimento Sistemi Previsionali di ARPA Piemonte e dalla società ARIANET con la collaborazione del CSI Piemonte è in grado di effettuare quotidianamente previsioni a 24, 48 e 72 ore dei livelli di concentrazione al suolo dei principali inquinanti atmosferici. L'IPQA ha come obiettivo quello di elaborare ed aggregare in forma sintetica l'enorme mole di informazioni disponibili e di fornire un'indicazione quotidiana sulla qualità dell'aria in relazione ai limiti normativi fissati dalla Direttiva 2008/50/EC e dal D.Lgs 13/08/2010 n. 155.

### **L'AREA DI APPLICAZIONE DELL'IPQA**

L'area di applicazione dell'IPQA è costituita dall'agglomerato Torinese così come individuato dalla zonizzazione regionale (Torino, San Mauro, Settimo T.se, Borgaro T.se, Venaria, Collegno, Grugliasco, Rivoli, Orbassano, Beinasco, Nichelino e Moncalieri).

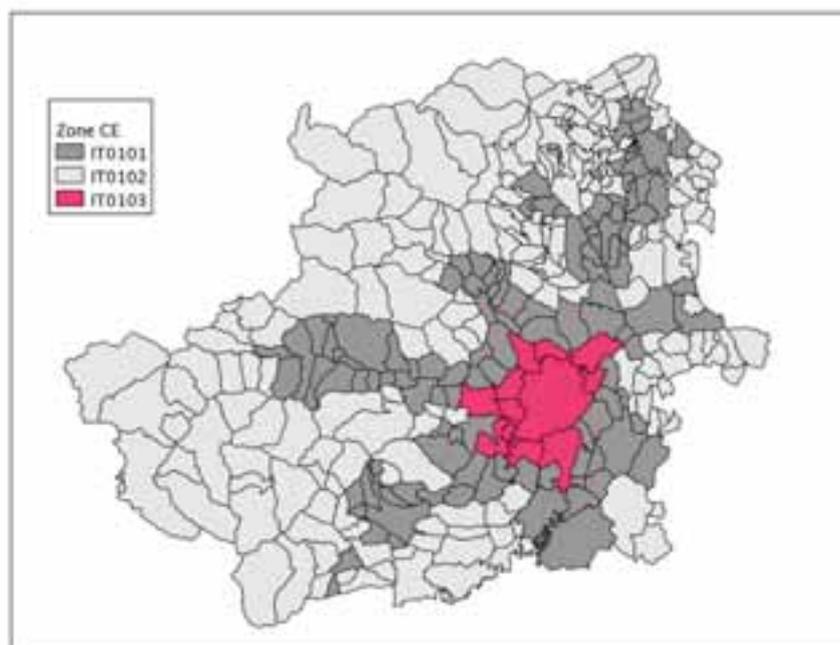


FIGURA 59: zone di piano, provincia di Torino.

Tale agglomerato, rappresentato in FIGURA 59, costituisce dal punto di vista territoriale un'area sostanzialmente omogenea e che presenta uniformi criticità dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico. Tale area rappresenta inoltre il territorio nel quale vengono attuate le principali misure di risanamento e i più severi provvedimenti di limitazione delle emissioni da traffico veicolare.

## LA LETTURA DELL'IPQA

L'IPQA è una previsione dei livelli di inquinamento rappresentata attraverso una semplice scala di valori compresa fra 1 e 5. Valori di IPQA inferiori o uguali a 3 sono generalmente soddisfacenti con nessun potenziale interesse per la salute e, quanto più i valori di IPQA sono superiori tanto più la qualità dell'aria è considerata non cautelativa, inizialmente solo per i gruppi di persone più sensibili, poi per tutti.

Il numero e la definizione delle classi dell'indice rispecchiano fedelmente le soglie di riferimento stabilite per i diversi inquinanti dalla normativa di settore.

Ai 5 livelli di IPQA si associano pertanto i seguenti giudizi in merito alla qualità dell'aria e diversi colori:

**“1-ottima”**, la qualità dell'aria è ottima, le concentrazioni previste degli inquinanti sono notevolmente inferiori alle soglie di riferimento relative ai valori limite e obiettivo di breve periodo per la tutela della salute umana.

**“2-buona”**, la qualità dell'aria è buona, le concentrazioni previste degli inquinanti sono inferiori alle soglie di riferimento relative ai valori limite e obiettivo di breve periodo per la tutela della salute umana.

**“3-accettabile”**, la qualità dell'aria è accettabile, le concentrazioni previste degli inquinanti sono prossime alle soglie di riferimento relative ai valori limite e obiettivo di breve periodo per la tutela della salute umana.

**“4-cattiva”**, la qualità dell'aria è cattiva. Le concentrazioni previste degli inquinanti sono superiori alle soglie di riferimento relative ai valori limite e obiettivo di breve periodo per la tutela della salute umana.

**“5-pessima”**, la qualità dell'aria è pessima, le concentrazioni degli inquinanti sono ampiamente superiori alle soglie di riferimento relative ai valori limite e obiettivo di breve periodo per la tutela della salute umana.

L'algoritmo di calcolo

Una volta definito l'agglomerato torinese come area di applicazione dell'IPQA sono state individuate le celle di calcolo del dominio modellistico che ne fanno parte. Ciascuna di esse è stata successivamente assegnata, a partire dalle caratteristiche di uso del suolo, ad una delle classi individuate per la caratterizzazione del territorio riportate in TABELLA 34. La mappa della classificazione del territorio in funzione dell'uso del suolo prevalente per ogni cella di calcolo è riportata in FIGURA 60.

| CLASSE | CLASSIFICAZIONE                                      | PESO |
|--------|------------------------------------------------------|------|
| 1      | altre infrastrutture                                 | 0    |
| 2      | aree ad attività estrattiva                          | 0    |
| 3      | aree agricole e naturali                             | 0    |
| 4      | aree agricole e naturali miste ad aree residenziali  | 0    |
| 5      | aree di incerta classificazione                      | 0    |
| 6      | aree prevalentemente residenziali miste a produttivo | 1    |
| 7      | aree produttive                                      | 1    |
| 8      | aree residenziali                                    | 1    |
| 9      | cascine.                                             | 0    |
| 10     | corpi idrici                                         | 0    |
| 11     | infrastrutture ed impianti tecnologici               | 1    |
| 12     | infrastrutture ed impianti per trasporti             | 1    |
| 13     | servizi                                              | 1    |

TABELLA 34: classificazione di uso del suolo.

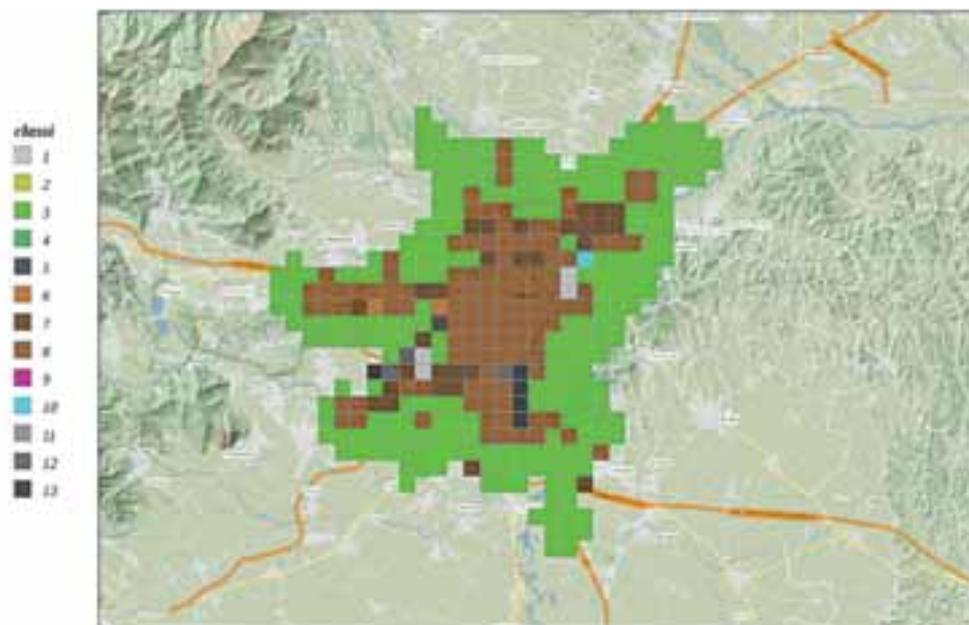


FIGURA 60: classificazione del territorio.

Non tutte le celle di calcolo comprese nell'area di interesse contribuiscono alla determinazione del valore di IPQA ma solo quelle a forte antropizzazione per le quali è stato assegnato un peso uguale a 1 (TABELLA 34). Considerata prioritaria la finalità di fornire indicazioni circa l'esposizione media dei cittadini ai fenomeni di inquinamento atmosferico, si è ritenuto opportuno scartare le aree scarsamente insediate che se inserite nel calcolo dell'IPQA avrebbero potuto portare distorsioni nel valore finale. In FIGURA 61 sono evidenziate in rosso celle di calcolo che concorrono al calcolo dell'IPQA.

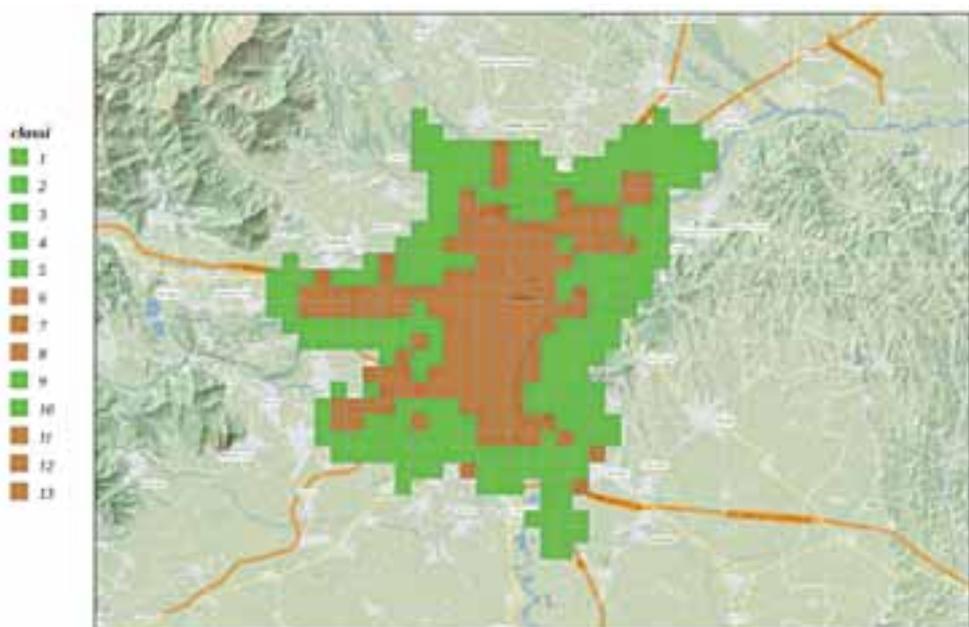


FIGURA 61: celle che concorrono al calcolo dell'IPQA.

Nel dettaglio il calcolo del valore numerico dell'IPQA segue il seguente algoritmo:

$$I_{IPQA} = \max(I_{PM10}, I_{NO_2}, I_{O_3})$$

dove IPM10 è il sottoindice relativo al PM10, INO<sub>2</sub> è il sottoindice relativo all'NO<sub>2</sub> e IO<sub>3</sub> è il sottoindice relativo all'O<sub>3</sub>.

I sottoindici relativi ai tre inquinanti vengono calcolati utilizzando le seguenti formule:

$$I_{PM10} = \frac{\overline{V_{imed24hPM10}}}{V_{rifPM10}} \times 100$$

|                              |                                                                                                                                            |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\overline{V_{imed24hPM10}}$ | Media dei valori medi giornalieri calcolati dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni cella di calcolo                                       |
| $V_{rifPM10}$                | Valore di riferimento (50 µg/m <sup>3</sup> ) valore limite giornaliero per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155) |

$$I_{NO_2} = \frac{\overline{V_{imaxhNO_2}}}{V_{rifNO_2}} \times 100$$

|                            |                                                                                                                                        |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\overline{V_{imaxhNO_2}}$ | Media dei valori massimi orari calcolati dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni cella di calcolo                                      |
| $V_{rifNO_2}$              | Valore di riferimento (200 µg/m <sup>3</sup> ) valore limite orario per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155) |

$$I_{O_3} = \frac{\overline{V_{imax8hO_3}}}{V_{rif8hO_3}} \times 100$$

|                            |                                                                                                                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\overline{V_{imax8hO_3}}$ | Media dei valori massimi delle medie di 8 ore calcolate ogni ora sulle 8 ore precedenti dalle ore 01:00 alle ore 24:00 per ogni cella di calcolo |
| $V_{rif8hO_3}$             | Valore di riferimento (120 µg/m <sup>3</sup> ) valore bersaglio per la protezione della salute umana (D.Lgs 13 agosto 2010 n. 155)               |

L'IPQA viene infine definito sulla base del valore numerico ottenuto applicando l'algoritmo appena descritto e secondo la ripartizione in classi riportata in TABELLA 35:



| VALORE NUMERICO | INDICE NUMERICO                      | QUALITÀ DELL'ARIA |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------|
| 0-50            | <b>1</b><br>classe 1 R:G:B 85:170:0  | Ottima            |
| 51-70           | <b>2</b><br>classe 2 R:G:B 0:255:0   | Buona             |
| 71-100          | <b>3</b><br>classe 3 R:G:B 255:255:0 | Accettabile       |
| 101-200         | <b>4</b><br>classe 4 R:G:B 255:0:0   | Cattiva           |
| >200            | <b>5</b><br>classe 5 R:G:B 170:0:255 | Pessima           |

TABELLA 35: tabella di corrispondenza tra valore di IPQA, indice numerico e qualità dell'aria.

La documentazione completa è reperibile all'indirizzo:

[http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno\\_2011-11-30](http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno_2011-11-30)



Foto in copertina: Dino Maria "Tappeto di nuvole sotto il Rifugio Cà D'Asti, Settembre 2012"

Finito di stampare nel mese di ottobre 2012  
presso AGIT MARIOGROS Industrie Grafiche – Beinasco (TO)





PROVINCIA  
DI TORINO

[www.provincia.torino.gov.it](http://www.provincia.torino.gov.it)