



## Aria

- Qualità dell'aria
- Tendenze storiche di alcuni inquinanti
- Fattori di pressione: le sorgenti emissive



## 14.1 QUALITÀ DELL'ARIA

Mauro Maria Grosa  
Laura Milizia  
Arpa Piemonte

La qualità dell'aria in Piemonte viene rilevata tramite un sistema di monitoraggio regionale composto da reti provinciali pubbliche e da reti private. La rete, gestita da Arpa, è costituita da 72 stazioni (70 pubbliche e 2 private) che rilevano le concentrazioni di sostanze inquinanti primari e secondari; l'ubicazioni di tali stazioni è riportata sul sito internet [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it).

Le stazioni sono dislocate sul territorio in modo da rappresentare in maniera significativa le diverse tipologie di stazioni, quali fondo, traffico e industriali. Le stazioni di traffico sono situate in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da emissioni provenienti da strade limitrofe; le stazioni di fondo rilevano livelli di inquinamento non direttamente influenzati da singole sorgenti, ma riferibili al contributo integrato di tutte le sorgenti presenti nell'area (in particolare quelle sopravvento); mentre quelle industriali rilevano un inquinamento direttamente correlabile alle attività produttive del contesto in cui la stazione è inserita.

I dati puntuali prodotti dalla rete di rilevamento sono disponibili sulle pagine del sito WEB <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa>, mentre nel Rapporto sono brevemente descritte le principali sorgenti di ciascun inquinante, i valori aggregati relativi all'anno 2007 e le principali serie storiche degli ultimi anni. I dati forniti dalle reti private non sono considerati nel presente rapporto mentre i risultati delle campagne effettuate dai Dipartimenti provinciali dell'Agenzia, tramite i mezzi mobili a disposizione, sono disponibili presso le Province o i Comuni interessati.

*Le stazioni di misura sono di tre tipi: fondo, traffico e industriali.*

I dati relativi all'anno 2007 confermano la tendenza degli ultimi anni: un generale miglioramento dei livelli di inquinamento da CO, SO<sub>2</sub>, piombo, benzene e una situazione relativamente statica o di leggero decremento per i livelli di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> nei periodi invernali e di ozono nei periodi estivi. Per questi ultimi inquinanti è necessario comunque continuare a studiare e applicare interventi strutturali finalizzati alla riduzione delle emissioni per la componente primaria e dei precursori per la componente secondaria.

Nel 2007 sono proseguite le attività di produzione giornaliera delle stime delle concentrazioni relative ai principali inquinanti nei comuni piemontesi, attraverso l'utilizzo combinato dell'Inventario Regionale delle Emissioni (IREA) e dei dati di qualità dell'aria disponibili, al fine di fornire un servizio informativo sullo stato di qualità dell'aria anche per i territori comunali privi di stazioni di rilevamento. Le mappature dello stato di qualità dell'aria, valutato attraverso tali procedure di stima, sono pubblicate quotidianamente sul sito Web di Sistema Piemonte.

Indicatore/Indice Disponibilità	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	dei dati
CO - massima media 8 ore	S	Arpa Piemonte	mg/m <sup>3</sup>	Provincia	2007	+++
NO <sub>2</sub> - superamento limite orario	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2007	+++
NO <sub>2</sub> - media annua	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup>	Provincia	2007	+++
O <sub>3</sub> - superamento valore bersaglio protezione salute umana	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2007	+++
O <sub>3</sub> - superamento valore bersaglio protezione vegetazione (AOT40)	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup> * h	Provincia	2007	+++
PM <sub>10</sub> - media annua	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup>	Provincia	2007	+++
PM <sub>10</sub> - superamento limite giornaliero	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2007	+++
Benzene - media annua	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup>	Provincia	2007	+++
Piombo - media annua	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup>	Provincia	2007	+++
Emissioni NO <sub>x</sub>	P	Regione Piemonte	t/anno	Regione	2005	++
Emissioni PM <sub>10</sub>	P	Regione Piemonte	t/anno	Regione	2005	++

 [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it) → reporting ambientale → indicatori

### 14.1.1 Monossido di carbonio (CO)

A partire dal 1° gennaio 2005, ai sensi del Decreto Ministeriale 60/02, il monossido di carbonio deve rispettare il valore limite per la protezione della salute umana di 10 mg/m<sup>3</sup>, calcolato come media mobile di otto ore. Generalmente la sua presenza in aria ambiente è dovuta al traffico veicolare poiché è generato come sottoprodotto da una non perfetta combustione di materiale combustibile fossile (ad es. oli combustibili, benzina), ma anche dalla combustione di legna, sigarette e tutto ciò che contenga carbonio. Nelle città, l'elevata presenza di traffico automobilistico in strade strette tra edifici (*canyon*) con molti punti semaforici,

o/e il rallentamento dei veicoli a motore e particolari condizioni di ventilazione rendevano questo parametro di particolare interesse. Oggi, i miglioramenti ottenuti sia sul fronte dei combustibili sia della tecnologia motoristica hanno determinato una netta diminuzione dei valori misurati, ben sotto il valore limite, e conseguentemente un calo di interesse per questo inquinante.

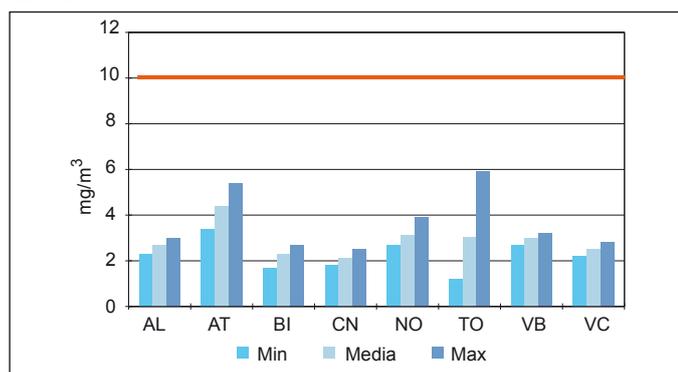
Ai fini della presente trattazione è utilizzato, quale indicatore statistico della qualità dell'aria, il valore massimo di media mobile che, nella **figura 14.1**, è confrontato con i valori medi e minimi della media mobile registrata sull'intero territorio regionale.

### 14.1.2 Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)

La fonte principale degli ossidi di azoto è rappresentata dai processi di combustione, indipendentemente dal combustibile utilizzato, e di conseguenza gli impianti per la produzione di energia elettrica (centrali termoelettriche) e i motori degli autoveicoli nonché gli impianti di produzione di energia termica ad uso civile.

Di seguito è valutata la presenza di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), molecola quattro volte più tossica per la salute umana del monossido di azoto e nociva per l'ecosistema in generale, visto che, sotto l'azione delle radiazioni solari, contribuisce ad originare inquinanti secondari noti come "smog fotochimico". Il decreto DM 60/02 ha introdotto due limiti per la protezione della salute umana, su base annuale e su base oraria, che dovranno essere rispettati a partire dal 2010, e uno per la protezione della vegetazione (30 µg/m<sup>3</sup>) in vigore già dal 2001.

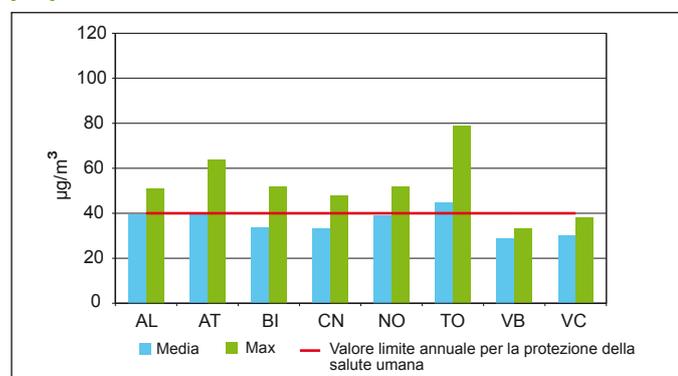
**Figura 14.1 - CO, valori minimi, medi e massimi di media mobile - anno 2007**



Fonte: Arpa Piemonte

I valori dei massimi di media mobile riportati nel grafico sono stati rilevati in tutte le stazioni della rete regionale e mostrano come in nessuna delle province piemontesi sia stato superato il limite di protezione della salute; le province di Asti e Torino nell'ultimo anno hanno presentato i valori di concentrazione relativamente più elevati.

**Figura 14.2 - NO<sub>2</sub>, concentrazione media e massima annuale mediata per provincia - anno 2007**



Fonte: Arpa Piemonte

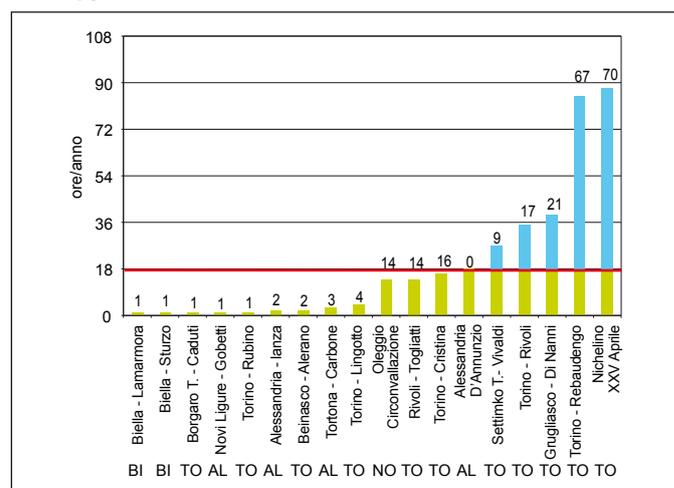
Il valore limite di protezione della salute umana di 40 µg/m<sup>3</sup> su base annuale (indicato con la linea rossa), come media di tutte le stazioni presenti nei territori provinciali, è superato solo a Torino, mentre il più elevato valore annuale della singola stazione supera ovunque il limite ad eccezione di due province.

Nel presente rapporto sono stati scelti, come indicatori statistici, i due limiti di protezione della salute poiché ben evidenziano la criticità di questo inquinante.

### 14.1.3 Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono, nell'aria ambiente, è un inquinante secondario che si forma a seguito di reazioni che dipendono dalla radiazione solare e dalla presenza di composti quali gli ossidi di azoto e composti organici volatili. La normativa in vigore (DLgs

**Figura 14.3 - NO<sub>2</sub>, stazioni con almeno un superamento del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup> - anno 2007**



Fonte: Arpa Piemonte

Il limite prevede un numero massimo di 18 ore/anno civile (in verde) di superamento del valore di 200 µg/m<sup>3</sup>. Data la situazione meteorologica più favorevole che si è avuta nel primo periodo dell'anno in esame, i superamenti del limite si sono verificati in 5 stazioni collocate nella provincia di Torino (pari a circa il 25% del totale delle stazioni in provincia) rispetto alle undici (pari al 50%) dell'anno precedente.

183/04) ha introdotto valori obiettivo sul lungo termine e valori soglia a breve termine volti alla protezione della salute umana. In questo rapporto come indicatori statistici sono utilizzati:

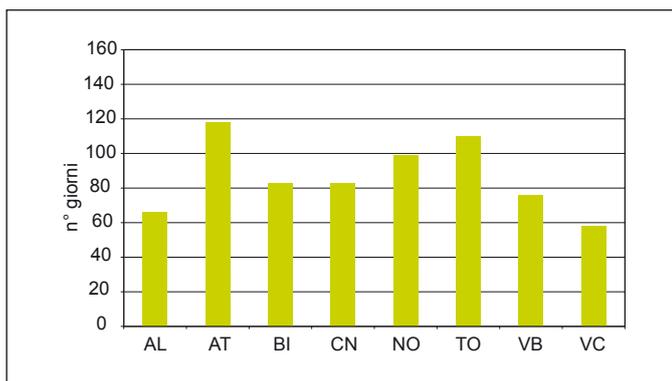
- valore bersaglio per la protezione umana pari a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (massima media su 8 ore)
- valore bersaglio ( $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$  come media su 5 anni) per la protezione della vegetazione, definito come AOT40 ed espresso in  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ . Tale valore si calcola come somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori ad  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ossia 40 parti per miliardo) rilevate solo da maggio a luglio tra le ore 08:00 e le 20:00 della giornata. Trattandosi di protezione della vegetazione il valore va calcolato per stazioni definite come suburbane di fondo o rurali di fondo.

#### 14.1.4 PM<sub>10</sub> (polveri inalabili)

Gli indicatori statistici utilizzati hanno come riferimento normativo nazionale il DM 60/02 e sono rappresentati da:

- media annua, cioè il valore medio delle medie annue delle stazioni presenti nella provincia (il valore limite per la protezione della salute umana è  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- superamenti del limite giornaliero, cioè il numero medio per provincia dei superamenti del limite (valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana -  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - da non superare più di 35 volte l'anno).

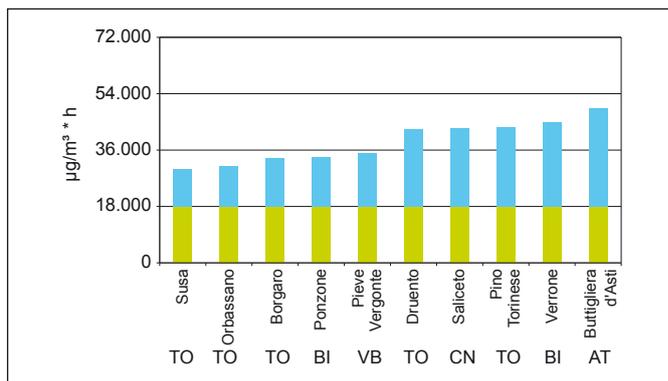
**Figura 14.4 - O<sub>3</sub>, numero massimo di giorni di superamento del valore bersaglio per la protezione della salute umana ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - anno 2007**



Fonte: Arpa Piemonte

In tutte le province si evidenzia un numero elevato di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana pari a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tali superamenti avvengono in modo particolare nel periodo estivo dell'anno.

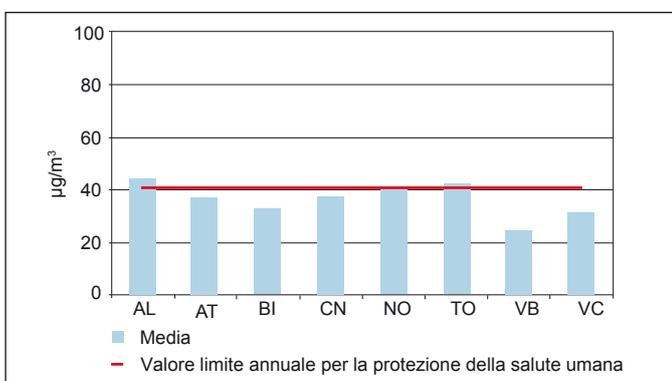
**Figura 14.5 - O<sub>3</sub>, AOT40 per la protezione della vegetazione relativo alla media di cinque anni (2003-2007)**



Fonte: Arpa Piemonte

Negli ultimi cinque anni il limite del valore fissato come bersaglio ( $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) per il AOT40 da raggiungere a partire dal 2013, è ampiamente superato in tutto il territorio regionale.

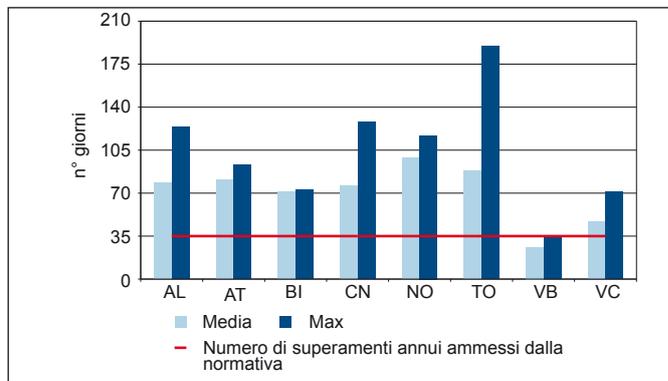
**Figura 14.6 - PM<sub>10</sub>, media annuale - anno 2007**



Fonte: Arpa Piemonte

La situazione dell'anno in esame conferma la difficoltà a rispettare il limite annuale nelle zone più urbanizzate. Il valore di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è superato, considerando la media di tutte le stazioni della rete provinciale, a Torino, Novara e Alessandria.

**Figura 14.7- PM<sub>10</sub>, numero medio e massimo dei superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - anno 2007**



Fonte: Arpa Piemonte

Il limite dei 35 superamenti/anno è superato, da almeno una stazione, in tutte le province con l'eccezione di Verbania.

### 14.1.5 PM<sub>2,5</sub> (polveri respirabili)

Pur non essendo stati ancora emanati limiti normativi, nella norma nazionale vigente (DM 60/02) sono previste indicazioni riguardo la necessità di procedere alla misura sperimentale del particolato PM<sub>2,5</sub>. Infatti, è dimostrato che le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm sono più pericolose per la salute umana di quelle con maggiore diametro aerodinamico, sia per la maggiore capacità di penetrare nell'albero respiratorio, dovuta alle ridotte dimensioni, sia per la loro composizione. Il PM<sub>2,5</sub> è più solubile del PM<sub>10</sub> e ricco della componente secondaria del particolato, derivante da reazioni di ossidazione, e di microinquinanti come gli IPA e i metalli tossici.

Nella rete regionale piemontese, nel 2002 è stato installato, presso una stazione di fondo in zona rurale, Buttigliera d'Asti, un campionario PM<sub>2,5</sub> e, dal 2005, è stato installato un analogo campionario nella stazione di Torino-Lingotto. Confrontando i valori delle medie annuali degli ultimi tre anni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> si conferma quanto noto in letteratura e cioè che la parte più consistente del PM<sub>10</sub> è costituita da particelle con diametro aerodinamico uguale o inferiore a 2,5 µm.



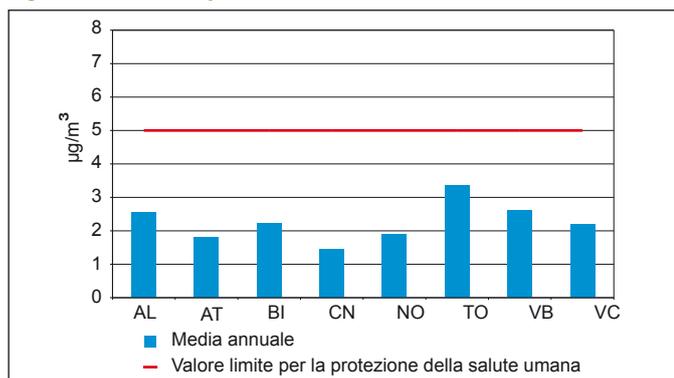
*Le polveri PM<sub>2,5</sub> rappresentano la frazione preponderante delle polveri PM<sub>10</sub> e sono le più pericolose per la salute.*

### 14.1.6 Benzene

La normativa in vigore (DM 60/02) prevede un solo valore limite per la protezione della salute umana relativo alla concentrazione media annua da rispettare a partire dal 1/01/2010; l'indicatore statistico utilizzato è la:

- media annua misurata sul territorio provinciale.

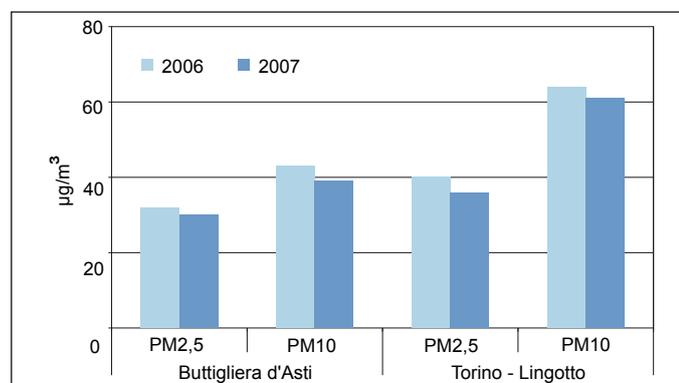
Figura 14.9 - Benzene, media annuale - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

Il valore limite annuale (5 µg/m³) è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le stazioni di traffico.

Figura 14.8 - PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, medie annuali relative alle stazioni di Buttigliera d'Asti e Torino-Lingotto - anni 2006-2007



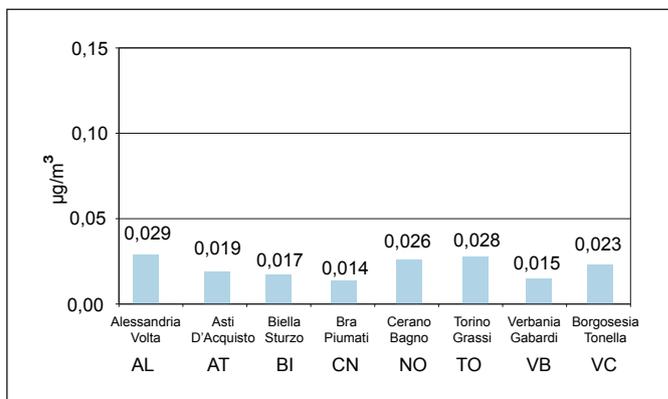
Fonte: Arpa Piemonte

I livelli di concentrazione dei due inquinanti misurati presso la stazione di Buttigliera d'Asti sono confrontati con quelli registrati presso la stazione di fondo di Torino. Presso quest'ultima stazione la concentrazione media annuale è superata abbondantemente anche se si nota un leggero miglioramento rispetto all'anno precedente. Analoga situazione per la stazione di Buttigliera d'Asti, anche se i livelli raggiunti sono più bassi.

### 14.1.7 Piombo

La normativa vigente (DM 60/02) indica il valore limite di protezione della salute per il piombo, metallo definito tossico in quanto interferisce con numerosi sistemi enzimatici. Il DLgs 152/07 "Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente" definisce i valori obiettivo per altri metalli tossici: arsenico, cadmio e nichel.

Figura 14.10 - Pb, media massima annuale - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

Nel 2007 sono stati effettuati campionamenti giornalieri in tutti i siti della rete ove è presente un campionario di PM<sub>10</sub>, i risultati analitici dei livelli di piombo, calcolati su base annuale, sono stati confrontati con il valore limite (0,5 µg/m³) prendendo in considerazione le serie con una percentuale di dati validi del 90%. I risultati ottenuti sono stati positivi in quanto la tendenza alla riduzione della concentrazione di piombo nell'aria iniziata negli anni '98-'99, a seguito della messa fuori commercio della benzina super, risulta ampiamente confermata anche per l'anno in esame.

## Box 1 - PM<sub>10</sub> - Principali componenti ionici

La Regione Piemonte ha richiesto ad Arpa di misurare analiticamente i principali costituenti ionici del particolato PM<sub>10</sub>, in modo particolare gli ioni solfato, nitrato e ammonio, per conseguire elementi utili per i piani di risanamento.

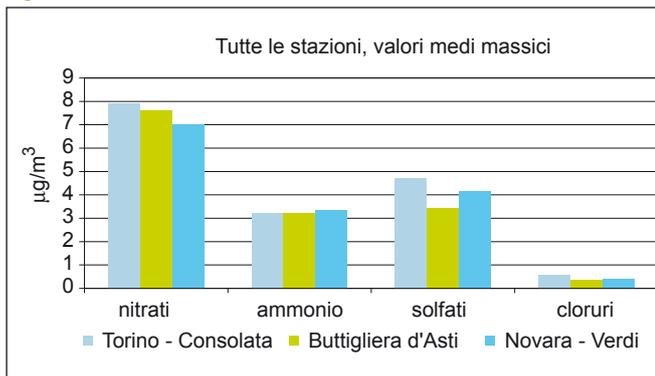
A tal fine, Arpa Piemonte ha provveduto a realizzare l'attività presso i Dipartimenti provinciali di Asti, Novara e Torino. Il progetto è durato 12 mesi [ottobre 06-agosto 07] e si è articolato su base trimestrale: in particolare sono stati campionati, e successivamente analizzati, i filtri durante quattro mesi ripartiti per stagione per un totale di 360 campioni. Le stazioni interessate sono state tre, e precisamente Torino-Consolata, Buttigliera d'Asti, Novara-Verdi, in modo da rappresentare, almeno in questa prima iniziativa, sia contesti urbani che rurali.

I risultati, essendo riferiti a campioni prelevati nelle differenti stagioni dell'anno, possono essere ragionevolmente considerati rappresentativi dell'anno solare e hanno evidenziato valori confrontabili con quelli rilevati da altri progetti realizzati in Piemonte e in altre regioni della pianura padana.

Per l'esame dei dati dei singoli ioni sono state utilizzate differenti metriche di espressione dei risultati:

- 1 - concentrazione massica per unità di volume d'aria
- 2 - concentrazione in Grammi Formula per unità di volume d'aria

Figura a



## Concentrazione dei principali componenti ionici

Sito	Cloruri	Nitrati	Solfati	Ammonio	Altro	Totale anioni
	%	%	%	%	%	%
Torino-Consolata (mesi freddi - mesi caldi)	1 (1 -1)	13 (20 -7)	11 (9 -14)	6 (7 -5)	68 (63 -73)	32
Buttigliera d'Asti (mesi freddi - mesi caldi)	1 (1 -1)	18 (30 -7)	12 (8 -15)	8 (11 -5)	46 (42 -51)	54
Novara-Verdi (mesi freddi - mesi caldi)	1 (1 -1)	15 (21 -8)	13 (9 -17)	8 (9 -6)	64 (59 -68)	36

3 - peso percentuale sul totale del PM<sub>10</sub>

### Concentrazione massica (concentrazione in peso)

Nella figura a sono riportati i valori medi della concentrazione per unità di volume (in µg/m<sup>3</sup>) dei singoli ioni nel particolato PM<sub>10</sub>; i valori appaiono sostanzialmente omogenei.

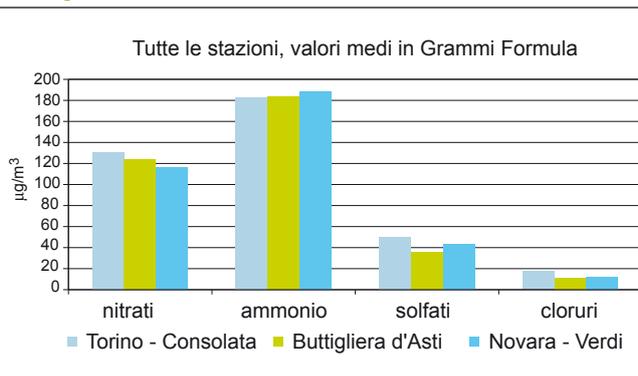
### Concentrazione espressa in Grammi Formula

Tale determinazione consente di avere un quadro indicativo dei rapporti stechiometrici degli ioni ed evidenzia il fatto che lo ione numericamente più abbondante è l'ammonio seguito dal nitrato; i solfati e soprattutto i cloruri assumono connotati non determinanti nella composizione ionica (figura b).

### Peso percentuale dei singoli ioni sul totale del PM<sub>10</sub>

Gli anioni totali (solfati, nitrati e cloruri) mostrano valori che vanno dal 22% (Torino-Consolata in estate) al 39% (Buttigliera d'Asti in inverno) mentre Novara-Verdi è molto simile a Torino. Nella figura c sono riportati gli aggregati sull'intero periodo interessato dal progetto per singolo sito di misura.

Figura b

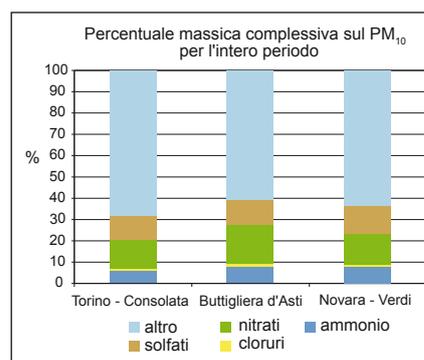


### Conclusione

La valutazione sulle concentrazioni dei singoli ioni misurate nei tre siti considerati può essere sintetizzata così:

- 1 - i valori massici dei singoli ioni misurati nei tre siti non presentano rilevanti differenze, se si considerano le concentrazioni dei singoli ioni mediati sull'intero periodo del progetto
- 2 - la percentuale dei nitrati e dell'ammonio assume valori più elevati passando dalla città più grande al sito rurale infatti Torino Consolata>Novara>Buttigliera d'Asti
- 3 - numericamente gli ioni nitrato e ammonio risultano quelli più rilevanti mentre i cloruri meno.

Figura c



Fonte: Arpa Piemonte

## Box 2 - Progetto MONITRAF

Mauro Maria Grosa, Monica Ponzone - Arpa Piemonte

Il progetto (*Monitoring of Road Traffic Related Effects in the Alpine Space and Common Measures*), realizzato nell'ambito del Programma di cooperazione INTERREG III B Spazio Alpino, ha avuto inizio nel 2005 e termina nel 2008.

I partner, oltre ad Arpa Piemonte, sono stati: Arpa Valle d'Aosta, Région Rhône-Alpes (Francia), Amt für Luft und Lärm South Tyrol (Italia), Accademia Europea Bolzano, Central Switzerland Government (Svizzera), Canton Ticino (Dipartimento del territorio - Svizzera)

e il Capofila *Amt der Tiroler Landesregierung Abt. Gesamtverkehrsplanung* (Austria).

Obiettivo del progetto è stato l'identificazione degli impatti, lungo alcuni dei principali corridoi (trafori e valichi) alpini, connessi al traffico veicolare tramite la definizione di un set di indicatori e la valutazione della loro evoluzione temporale, per giungere infine alla formulazione di misure, da proporre alle autorità competenti, per ridurre gli effetti negativi e per migliorare la qualità della vita.

Gli indicatori individuati sono ascrivibili alle seguenti macro-categorie: traffico, ambiente, qualità della vita, infrastrutture, prezzi e regolamentazioni, economia, società.

Le principali attività di Arpa sono state:

- Identificazione, formattazione, fornitura dei dati necessari per la descrizione degli effetti del traffico
  - supporto alla definizione della metodologia da applicare a scala regionale, identificazione, formattazione, fornitura dei dati necessari
  - coordinamento, raccolta e formattazione dati; realizzazione di un archivio; controllo tecnico scientifico degli elaborati; compendio e traduzione dei risultati
  - supporto alla definizione delle misure comuni e raccomandazioni; analisi della bozza della relazione finale di progetto.
- Per maggiori informazioni, è possibile consultare il sito di progetto [www.monitraf.org](http://www.monitraf.org).

### Alcune stazioni per il rilievo della qualità dell'aria

#### Stazione di Biella - Sturzo



#### Stazione di Leini



#### Stazione di Venaria - Garibaldi



#### Stazione di Torino - Lingotto



Fonte: Archivio Arpa Piemonte

## 14.2 TENDENZE STORICHE DI ALCUNI INQUINANTI

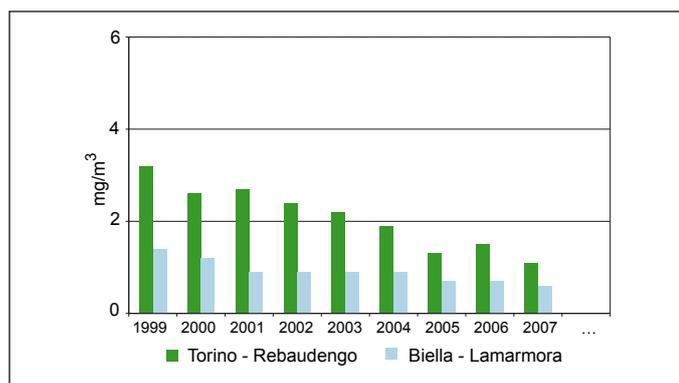
Il **monossido di carbonio**, inquinante primario prodotto principalmente dal traffico veicolare, ha presentato nel tempo valori di concentrazione sempre minori su tutto il territorio. In particolare nell'ultimo ventennio, le concentrazioni medie hanno raggiunto valori decisamente modesti anche nelle realtà urbane.

Nel 2007 il **biossido di azoto**, nelle due città esaminate, ha evidenziato tendenze diverse: la città di Biella ha presentato un leggero incremento nella concentrazione media annuale, superando negli ultimi anni il limite normativo da rispettare a partire dal 2010 (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mentre per la città di Torino si registra una sostanziale stabilità negli ultimi anni, con valori costantemente superiori al limite, e un decremento rispetto ai dati dei primi anni '90.

Dai valori rilevati negli ultimi anni, l'**ozono** evidenzia una sostanziale stabilità dei livelli con l'eccezione del 2003, anno caratterizzato da una situazione meteorologica particolarmente favorevole alla formazione dell'inquinante.

Le concentrazioni delle polveri **PM<sub>10</sub>** risultano mediamente elevate su tutto il territorio regionale con superamenti del limite annuale (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), entrato in vigore nel 01/01/2005, ancora persistenti nelle aree urbane; in miglioramento la situazione delle aree suburbane e rurali.

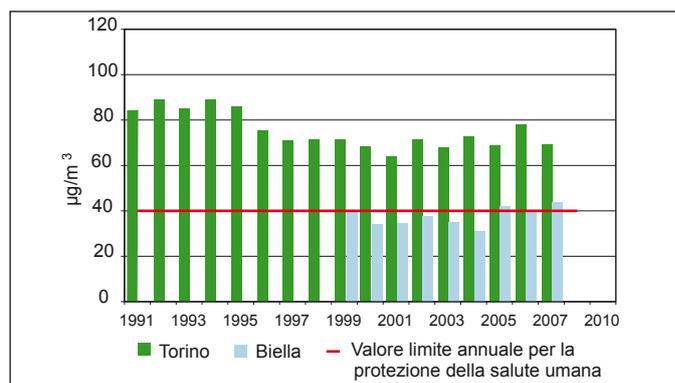
**Figura 14.11 - CO, andamento delle medie annue di due stazioni di tipo traffico urbano - anni 1999-2007**



Fonte: Arpa Piemonte

Si osserva, dalla tendenza degli ultimi nove anni, un costante miglioramento dovuto allo sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e al trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici.

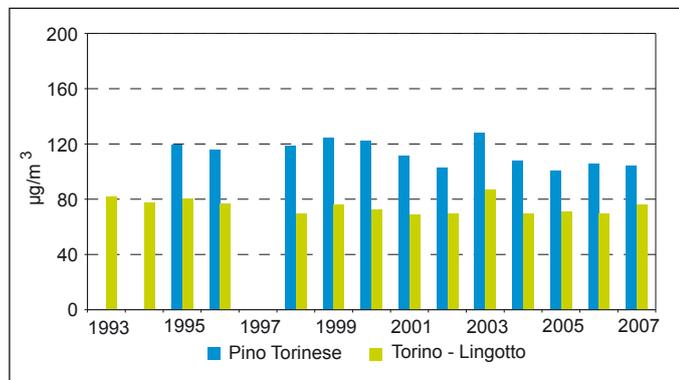
**Figura 14.12 - NO<sub>2</sub>, andamento delle concentrazioni medie annue di Torino e Biella - anni 1991-2007**



Fonte: Arpa Piemonte

I valori medi annui di Torino si attestano a quasi due volte quelli di Biella, a causa sia di una maggiore presenza di sorgenti diffuse e puntuali sia delle caratteristiche climatiche locali che rendono più difficile la dispersione degli inquinanti.

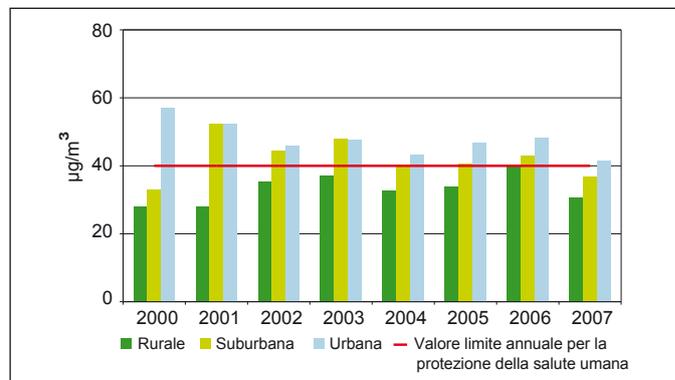
**Figura 14.13 - O<sub>3</sub>, andamento delle concentrazioni medie relative al periodo maggio-settembre - anni 1993-2007**



Fonte: Arpa Piemonte

Le stazioni considerate sono entrambe in zone di fondo: Torino-Lingotto di tipo urbano, Pino Torinese rurale in quota. Come prevedibile, la stazione in quota risente dei fenomeni di trasporto che influiscono notevolmente incrementando le concentrazioni medie, tuttavia il confronto resta interessante poiché evidenzia la criticità del parametro ozono nel periodo estivo e in particolare la dipendenza dai fenomeni meteo-climatici.

**Figura 14.14 - PM<sub>10</sub>, andamento della media delle concentrazioni annuali per tipologia di zona - anni 2000-2007**



Fonte: Arpa Piemonte

La situazione di questo inquinante rimane complessivamente critica nelle zone maggiormente urbanizzate con valori spesso superiori al limite.

### Box 3 - Deposizioni atmosferiche nelle stazioni Alpe Devero e Verbania Pallanza e confronto con modelli previsionali

Stefania Ruschetta\*, Ombretta Tomimbeni\*\*, Rosario Mosello\*\*, Gabriele Tartari\*\*, Albino Defilippi\*, Renato Gallo\*, Patrizia Bongiovanni\*, Luca Sartoris\*

\* Arpa Piemonte

\*\* CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi di Verbania Pallanza

Il DLgs 152/07, emanato in applicazione alla direttiva 2004/107/CE del 15/12/07, fissa i valori obiettivo delle concentrazioni di arse-

nico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente (da raggiungere al 31/12/12), al fine di evitare, prevenire e ridurre gli effetti nocivi sulla salute dell'uomo e sull'ambiente nel suo complesso. Tra gli scopi vi è quello di garantire la raccolta di informazioni esaurienti sulle concentrazioni di tali inquinanti nell'aria ambiente e nelle deposizioni atmosferiche totali (frazione secca più umida)<sup>1</sup>.

Nel corso del 2007 è proseguito in collaborazione con il CNR-ISE di Verbania Pallanza il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche *wet* (raccolta della sola deposizione umida) e *bulk* (contenitore costantemente

esposto) nelle stazioni di Alpe Devero (alpina) e Verbania Pallanza (urbana). Le analisi sono state condotte previa filtrazione dei campioni con membrane di porosità pari a 0,45 µm. Sono state eseguite anche alcune prove finalizzate all'applicazione del metodo previsto dal Rapporto Istisan 06/38. Si riporta un'elaborazione dei dati degli anni 2004-2007 relativi ai campioni *wet* settimanali (Alpe Devero) e per evento (Verbania Pallanza) e *bulk* mensili. I risultati sono stati ottenuti da analisi in ICP-OES e ICP-MS. In merito alla stazione di Verbania Pallanza in figura a sono rappresentati i dati di precipitazione e le concentrazioni medie mensili

Figura a - Concentrazioni medie mensili (µg L-1) e precipitazioni (mm) relative ai campioni *bulk*(contenitore costantemente esposto) nella stazione di Verbania Pallanza - anno 2007

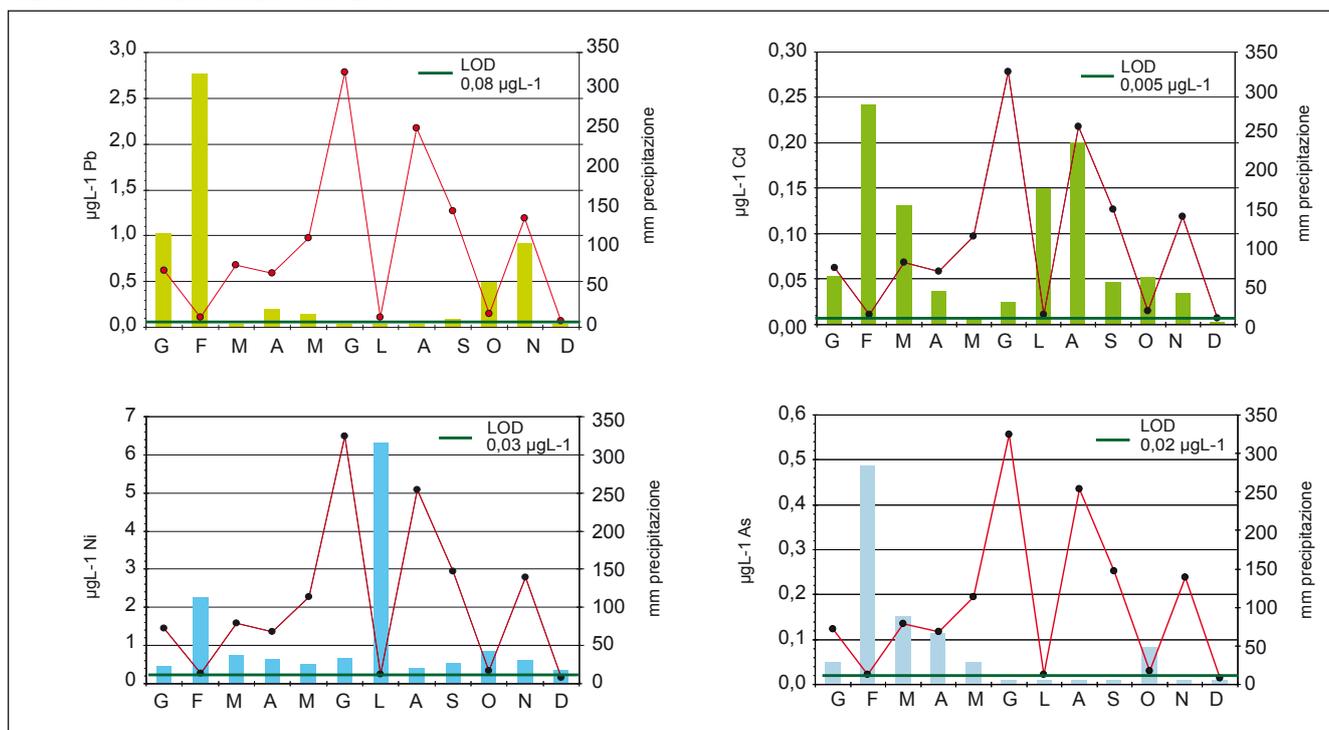
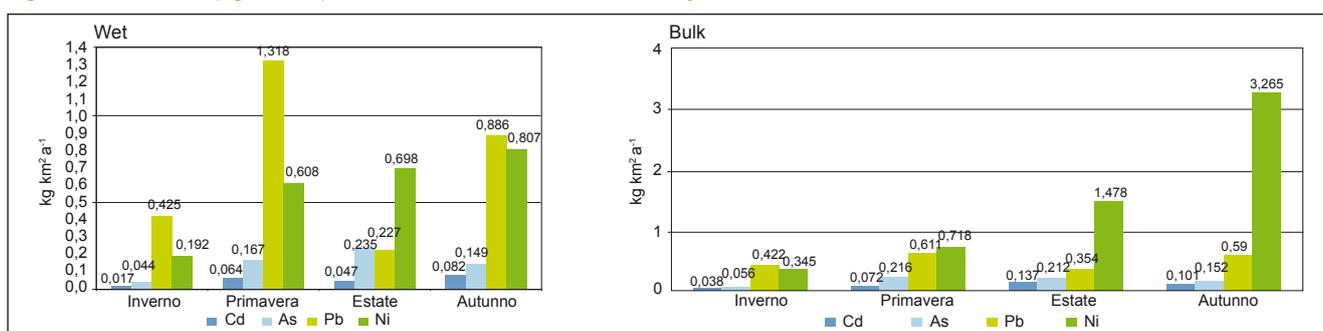


Figura b - Flussi medi (kg km<sup>2</sup> a<sup>-1</sup>) del triennio 2004-2007 relativi alla deposizione *wet* e *bulk* nella stazione di Verbania Pallanza



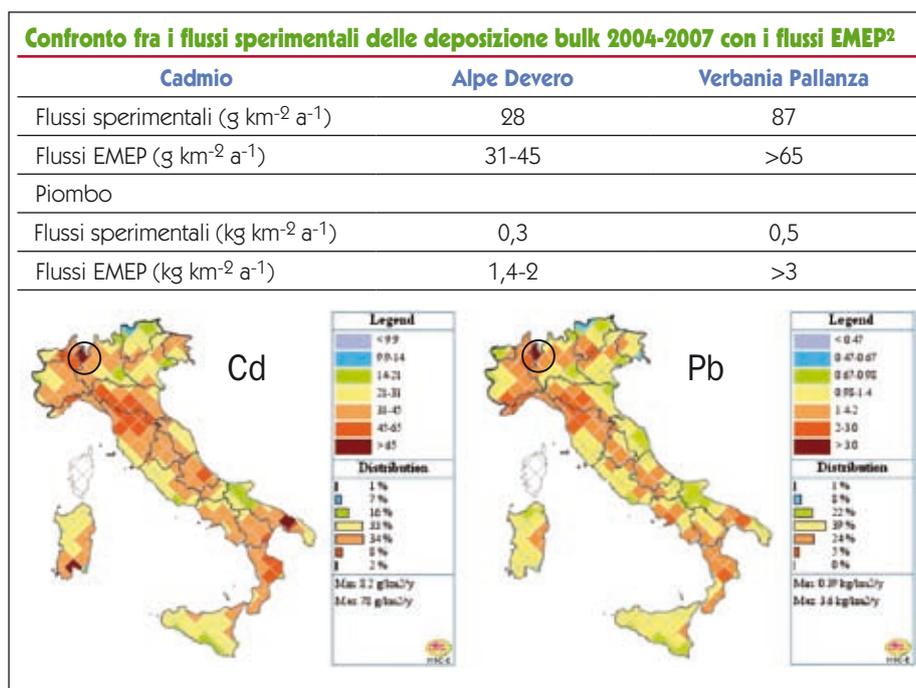
<sup>1</sup>Il campionamento e l'analisi dei tassi di deposizione di questi inquinanti nelle deposizioni atmosferiche totali è descritto nel metodo di cui al Rapporto Istisan 06/38 dell'Istituto Superiore di Sanità, così come previsto dall'Allegato V, punto 4 del DLgs 152/07. Per il mercurio si applica il metodo elaborato dal CNR, Istituto per l'Inquinamento Atmosferico, riportato nell'appendice II al DLgs 152/07.

di arsenico, cadmio, nichel e piombo dell'anno 2007 con i relativi limiti di rilevabilità (LOD) della tecnica più sensibile (ICP-MS). Il 25% dei dati relativi alla concentrazione di arsenico è risultato inferiore al limite di rilevabilità, il 6% per il cadmio, circa il 30% per il piombo, mentre il nichel è sempre risultato in concentrazione superiore all'LOD (pari a  $0,03 \mu\text{g L}^{-1}$ ). In linea di massima si conferma la presenza di concentrazioni più alte in corrispondenza dei mesi poco piovosi (periodo invernale); estate e autunno sono caratterizzate da circa il 60% della precipitazione annuale.

Dal confronto dei flussi di deposizione *wet* e *bulk* nel periodo 2004-2007 (Figura b) risulta che questi ultimi sono mediamente il doppio per cadmio e nichel, e simili per arsenico e piombo. Si osserva tuttavia un valore di piombo medio primaverile nettamente superiore per i campioni *wet*; andamento rilevabile, se pur in misura minore, anche per la stazione alpina di Alpe Devero ( $0,4 \text{ kg km}^{-2} \text{ a}^{-1}$  per il *wet* e  $0,3 \text{ kg km}^{-2} \text{ a}^{-1}$  per il *bulk*).

In tabella e in figura c sono indicati i flussi sperimentali relativi a cadmio e piombo, confrontati con quelli stimati dall'EMEP

Figura c - Flussi di deposizione di Cd e Pb stimati dall'EMEP per l'area di interesse



(European monitoring and evaluation of pollutants) a partire dai dati di emissione e precipitazione, su reticolo formato da griglie  $50 \times 50 \text{ km}$ .

I flussi sperimentali di cadmio sono risultati in linea con il modello previsionale EMEP, mentre per il piombo si osservano

dati sperimentali di poco inferiori a quelli stimati; occorre comunque rilevare che il 30° percentile è rappresentato da valori di concentrazioni di piombo inferiori al limite di rilevabilità e i flussi possono essere sottostimati, in quanto riferiti a campioni *bulk* filtrati.

Monica Clemente  
Elisabetta Giovenali  
Arpa Piemonte

### 14.3 FATTORI DI PRESSIONE: LE SORGENTI EMISSIVE

L'attuazione dei Piani di azione e dei Piani o Programmi per il miglioramento della qualità dell'aria prevede necessariamente l'individuazione dei settori maggiormente sensibili su cui indirizzare le misure e gli interventi per la riduzione delle emissioni inquinanti. L'Inventario Regionale delle Emissioni (IREA)<sup>3</sup> risulta quindi uno strumento conoscitivo di fondamentale importanza per la gestione della qualità dell'aria, in quanto fornisce, ad un livello di dettaglio comunale, la stima delle quantità di inquinanti introdotte in atmosfera da sorgenti naturali e/o attività antropiche.

Per ciascuna delle sorgenti emissive - suddivise in sorgenti puntuali (singoli impianti industriali), sorgenti lineari (strade e autostrade) e sorgenti areali (fonti di emissione diffuse sul territorio) - vengono riportate le quantità di inquinanti relative alle diverse attività, classificate secondo la nomenclatura SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*); gli inquinanti considerati sono metano ( $\text{CH}_4$ ), monossido di carbonio (CO), anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), composti organici volatili non metanici (COVNM), ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), anidride solforosa ( $\text{SO}_2$ ) e polveri inalabili ( $\text{PM}_{10}$ ). Per il Piemonte la prima versione dell'Inventario Regionale è riferita all'anno 1997; sono inoltre disponibili gli aggiornamenti per gli anni 2001 e 2005, mentre risulta attualmente in corso l'aggiornamento per l'anno 2007.

<sup>2</sup>EMEP, 2005. Heavy metals: transboundary pollution of the environment. Status Report 2/2007. 92 pp.

<sup>3</sup>Il Settore Risanamento Acustico e Atmosferico della Regione Piemonte ha realizzato - sulla base della metodologia CORINAIR - l'Inventario Regionale piemontese, effettuando l'analisi dei requisiti e delle informazioni necessarie per la stima delle emissioni. Inoltre la collaborazione con la Regione Lombardia - Settore Protezione Aria -, ha portato, sulla base dell'analisi effettuata da CSI-Piemonte, allo sviluppo del software INEMAR (INventario EMissioni ARia) per la gestione dei dati.

### 14.3.1 Caratterizzazione delle emissioni

La metodologia di stima delle emissioni presenti nell'IREA prevede l'integrazione di più fonti informative. Il contributo emissivo delle *sorgenti puntuali*, inizialmente censito mediante questionario sottoposto alle aziende stesse, viene periodicamente aggiornato sulla base delle informazioni ricavabili dalle Dichiarazioni INES (Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti) e dai Sistemi di Monitoraggio in continuo delle Emissioni (SME). Per le *sorgenti lineari* e per le *sorgenti areali* la stima delle emissioni si ottiene invece incrociando i dati quantitativi, riferiti ad un opportuno indicatore dell'attività SNAP in esame, con il relativo fattore di emissione, selezionato tra quelli riportati nella EMEP/CORINAIR *Emission Inventory Guidebook* dall'US-EPA *Air Chief* e nel database nazionale dei fattori di emissione (APAT-CTN\_ACE).

In particolare, nel caso delle sorgenti lineari le emissioni legate al trasporto su strada vengono stimate a partire dai rilevamenti di traffico, dalla composizione del parco auto circolante e dalle percorrenze medie; nel caso delle sorgenti areali la stima delle emissioni implica la combinazione di un approccio di tipo *top-down* (emissioni calcolate per una realtà territoriale più ampia, riportate al livello territoriale richiesto mediante l'utilizzo di variabili correlate - dette *proxy* - e di tecniche di elaborazione statistica) con un approccio di tipo *bottom-up* (acquisizione di dati dettagliati sugli indicatori di attività, sui processi e sulle tecnologie).



*I comparti 'trasporti' e 'attività industriali' sono i maggiori responsabili delle emissioni di NOx e di PM<sub>10</sub>.*

Le emissioni di inquinanti in Piemonte per l'anno 2005 ammontano a 15.272 tonnellate di SO<sub>2</sub>, 81.030 t di NO<sub>x</sub> (espressi come NO<sub>2</sub>), 77.635 t di NMVOC, 17.467 t di PM<sub>10</sub>, 216.042 t di CO, 29.684 t di NH<sub>3</sub>, 223.787 t di CH<sub>4</sub>, 32.817.518 t di CO<sub>2</sub>, 25.391 t di N<sub>2</sub>O.

Nella **Figura 14.15** è stato rappresentato, per ogni inquinante, il contributo percentuale alle emissioni totali piemontesi da parte dei diversi comparti emissivi, classificati a livello di Macrosettore SNAP.

Analizzando il grafico, si può osservare che, per alcuni inquinanti, il contributo di uno specifico Macrosettore risulta predominante. Ad esempio i processi produttivi apportano il 58% del biossido di zolfo (Industria petrolifera e industria chimica inorganica) e il 78% del protossido di azoto (produzione di acido adipico) emessi in atmosfera. Allo stesso modo per il monossido di carbonio risulta predominante il Macrosettore dei trasporti stradali (71%), a causa delle emissioni generate in particolare dagli autoveicoli a benzina non catalizzati; per l'ammoniaca è il Macrosettore 10 (Agricoltura e allevamento) a contribuire per il 95% alle emissioni totali, con gli insediamenti zootecnici concentrati soprattutto nell'area sud-orientale del Piemonte.

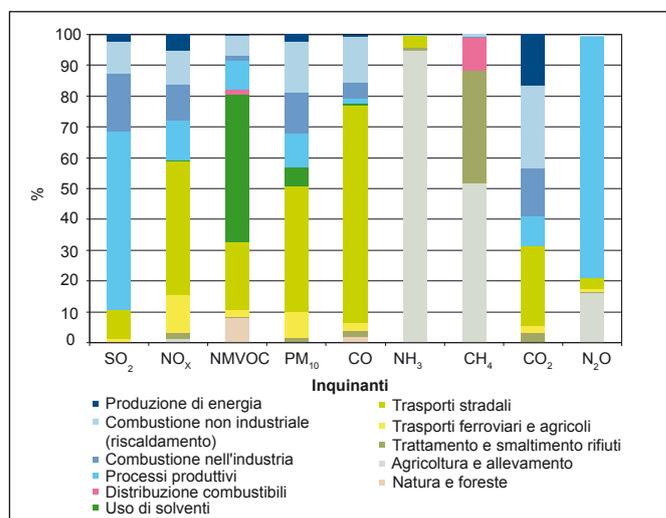
Per gli altri inquinanti, invece, si può evidenziare che diversi comparti concorrono all'emissione complessiva. I Macrosettori che contribuiscono alle emissioni degli ossidi di azoto e delle polveri inalabili sono il trasporto sia stradale che agricolo, i processi produttivi, la combustione industriale e non industriale. In particolare il trasporto su strada contribuisce per circa il 40% sia alle emissioni di NO<sub>x</sub> che di PM<sub>10</sub>: i principali apporti derivano nel primo caso dal traffico dei veicoli diesel in ambito urbano, nel secondo caso dalla risospensione delle polveri, dall'usura dei pneumatici e dall'uso dei freni.

I composti organici non metanici derivano principalmente (48%) dall'uso sia industriale che domestico di solventi e in misura inferiore (23%) dal traffico su strada, soprattutto degli autoveicoli e dei motocicli a benzina. Meno rilevanti i contributi legati ad alcuni processi produttivi e al comparto Natura (emissioni biogeniche delle foreste).

L'attività di trattamento e smaltimento rifiuti (interramento di rifiuti solidi urbani in discarica controllata) e la zootecnia (allevamento di bovini in particolare) risultano le fonti principali di metano.

Le emissioni di anidride carbonica provengono infine per il 27% dal riscaldamento domestico - di cui 2/3 dovuti all'utilizzo di caldaie a metano, il combustibile più diffuso sul territorio piemontese (vedi box sul riscaldamento) - e per il 26% dal trasporto stradale; un contributo inferiore proviene dalla produzione di energia (17%) e dai processi di combustione di tipo industriale (16%).

**Figura 14.15 - Contributo percentuale per comparto emissivo (Macrosettore SNAP) - anno 2005**



Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

### Box 4 - Emissioni da riscaldamento

In Piemonte le emissioni dovute agli impianti termici civili forniscono nel semestre invernale un elevato contributo sul totale delle emissioni in atmosfera, soprattutto in ambito urbano; considerando tale premessa, unita al fatto che il settore presenta ampi margini di miglioramento che potrebbero essere raggiunti tramite un insieme organico di misure, la Regione Piemonte ha deliberato lo Stralcio di Piano per il riscaldamento e il condizionamento (*Deliberazione del Consiglio Regionale n. 98-1247 dell'11 gennaio 2007*).

Nell'Inventario Regionale delle Emissioni, le emissioni totali da riscaldamento

(Macrosettore 2 nella classificazione SNAP) ammontano a 1.551 t di biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ), 8.864 t di ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$  espressi come  $\text{NO}_2$ ), 5.314 t di composti organici volatili non metanici (NMVOC), 2.877 t di polveri inalabili ( $\text{PM}_{10}$ ), 32.385 t di monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ), 0,12 t di ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), 1.895 t di metano ( $\text{CH}_4$ ), 8.739.369 t di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e 89 t di biossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

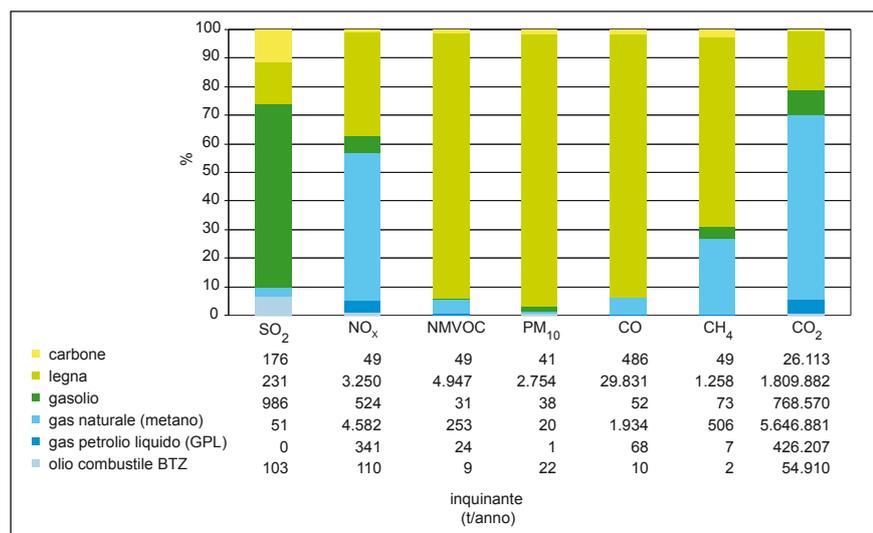
Tra gli inquinanti tipicamente emessi dai generatori di calore a servizio degli impianti di climatizzazione degli ambienti, i più critici - ai fini del rispetto dei limiti individuati dalla normativa per la qualità dell'aria - sono le polveri inalabili e gli ossidi di azoto: il riscaldamento contribuisce al quantitativo totale

di questi due inquinanti rispettivamente per il 16% e per l'11%, concentrandone però le emissioni nel semestre invernale.

Per avere un quadro più dettagliato sulle caratteristiche delle sorgenti inquinanti, le emissioni legate al riscaldamento (combustione non industriale) sono state elaborate in relazione alla tipologia di combustibile utilizzato. Nella figura a è mostrato il contributo percentuale alle emissioni del Macrosettore da parte dei diversi combustibili: la tabella sottostante ne indica i quantitativi in termini di tonnellate emesse nell'anno 2005.

Si osserva che la legna rappresenta il combustibile che contribuisce maggiormente alle emissioni di inquinanti, in particolare modo a quelle dei composti organici non volatili, delle polveri inalabili e del monossido di carbonio (oltre il 90%); il gas naturale risulta predominante per le emissioni di ossidi di azoto e di anidride carbonica, mentre il gasolio determina in misura rilevante le emissioni di biossido di zolfo legate al riscaldamento. Per una corretta valutazione degli impatti ambientali, la rappresentazione del contributo emissivo da parte dei diversi combustibili deve essere corredata dall'informazione sulla loro diffusione: il fabbisogno energetico per il riscaldamento civile a livello regionale risulta infatti soddisfatto per il 67% dall'utilizzo di metano, per il 15% dal gasolio e solo per l'11% dalla legna.

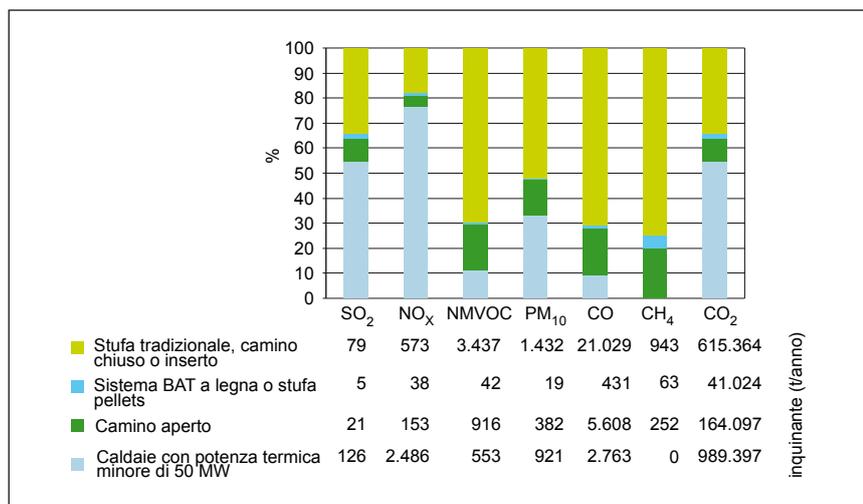
Figura a - Emissioni da riscaldamento. Ripartizione per combustibile - anno 2005



Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte



**Figura b - Emissioni da riscaldamento a legna. Ripartizione per sistema di combustione - anno 2005**



Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

Il carbone, il gas petrolio liquido (GPL) e l'olio combustibile BTZ incidono scarsamente, in quanto il loro impiego risulta meno diffuso.

Concentrando l'attenzione sul riscaldamento

to a legna e analizzando ulteriormente i dati presenti nell'IREA, le emissioni legate a questo combustibile sono state ripartite sulla base della tipologia di impianto termico: nella figura b è riportato il confronto tra stufe

e camini chiusi, camini aperti, stufe a pellets e caldaie a legna.

Come si può vedere dalla figura, nell'ambito dell'utilizzo in Piemonte delle biomasse legnose come combustibile, le emissioni originate dalle caldaie con potenza termica inferiore ai 50 MW risultano maggiormente responsabili dell'introduzione in atmosfera di biossido di zolfo, di ossidi di azoto e di anidride carbonica; le emissioni di composti organici volatili, di polveri inalabili, di monossido di carbonio e di metano devono invece essere imputate soprattutto alle stufe tradizionali insieme ai camini chiusi.

Il contributo limitato alle emissioni da parte dei camini aperti va interpretato tenendo conto della loro scarsa diffusione, mentre nel caso dei sistemi BAT (Best Available Technologies) o delle stufe a pellets, ancora scarsamente presenti in Piemonte, deve essere messo in relazione con la migliore efficienza di combustione derivante dall'innovazione tecnologica.

### 14.3.2 Spazializzazione delle emissioni

L'Inventario Regionale raccoglie su scala comunale le quantità di inquinanti emessi in atmosfera da parte di 162 attività antropiche e biogeniche presenti sul territorio piemontese.

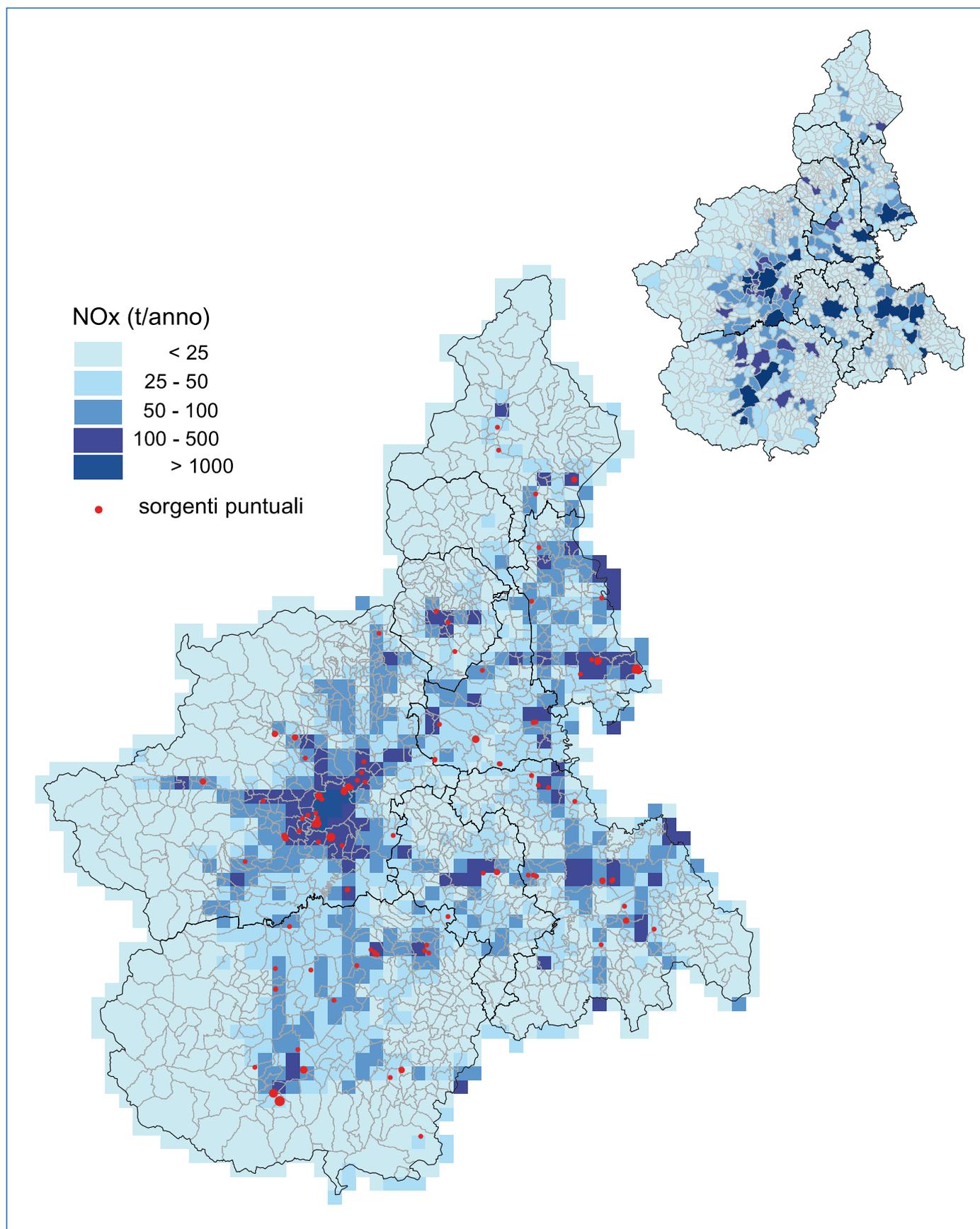
Per la rappresentazione cartografica dei dati emissivi generalmente vengono realizzate carte tematiche, nelle quali il totale emesso dal comune risulta "mediato" sull'intero territorio comunale, determinando da un lato la sottostima delle emissioni nelle aree ad elevata concentrazione di sorgenti emissive, dall'altro la sovrastima nelle porzioni territoriali prive di sorgenti. Un'altra forma di rappresentazione spaziale delle emissioni prevede la sovrapposizione di un grigliato bidimensionale composto da maglie quadrate dell'ordine di alcuni chilometri, sulle quali viene disaggregato il quantitativo emesso annualmente dal comune.

Tale processo di disaggregazione (effettuato da una sottocategoria specifica per la modellizzazione delle emissioni, nell'ambito della catena modellistica meteorodispersiva in uso presso Arpa Piemonte) consiste innanzitutto nell'attribuire alle singole celle - ottenute dall'intersezione tra la geometria della griglia e l'area del poligono comunale - le emissioni prodotte dalle diverse attività presenti nel comune, sulla base di informazioni di tipo cartografico (dati di uso del suolo o cartografie tematiche quali l'edificato residenziale, le aree industriali, la vegetazione, le colture agricole, ecc.). In questo modo, ad esempio, le emissioni dovute al riscaldamento domestico, invece di essere uniformemente distribuite su tutto il territorio comunale, vengono ripartite esclusivamente sulle celle interessate dal tematismo delle superfici edificate, tenendo conto della percentuale di area occupata dal tema stesso.

Lo stesso procedimento si applica per le emissioni biogeniche (collocate spazialmente sulla base dei tematismi relativi alla distribuzione di conifere e latifoglie), per le emissioni da agricoltura (spazializzate tenendo conto della differente distribuzione delle varie colture), e così via.

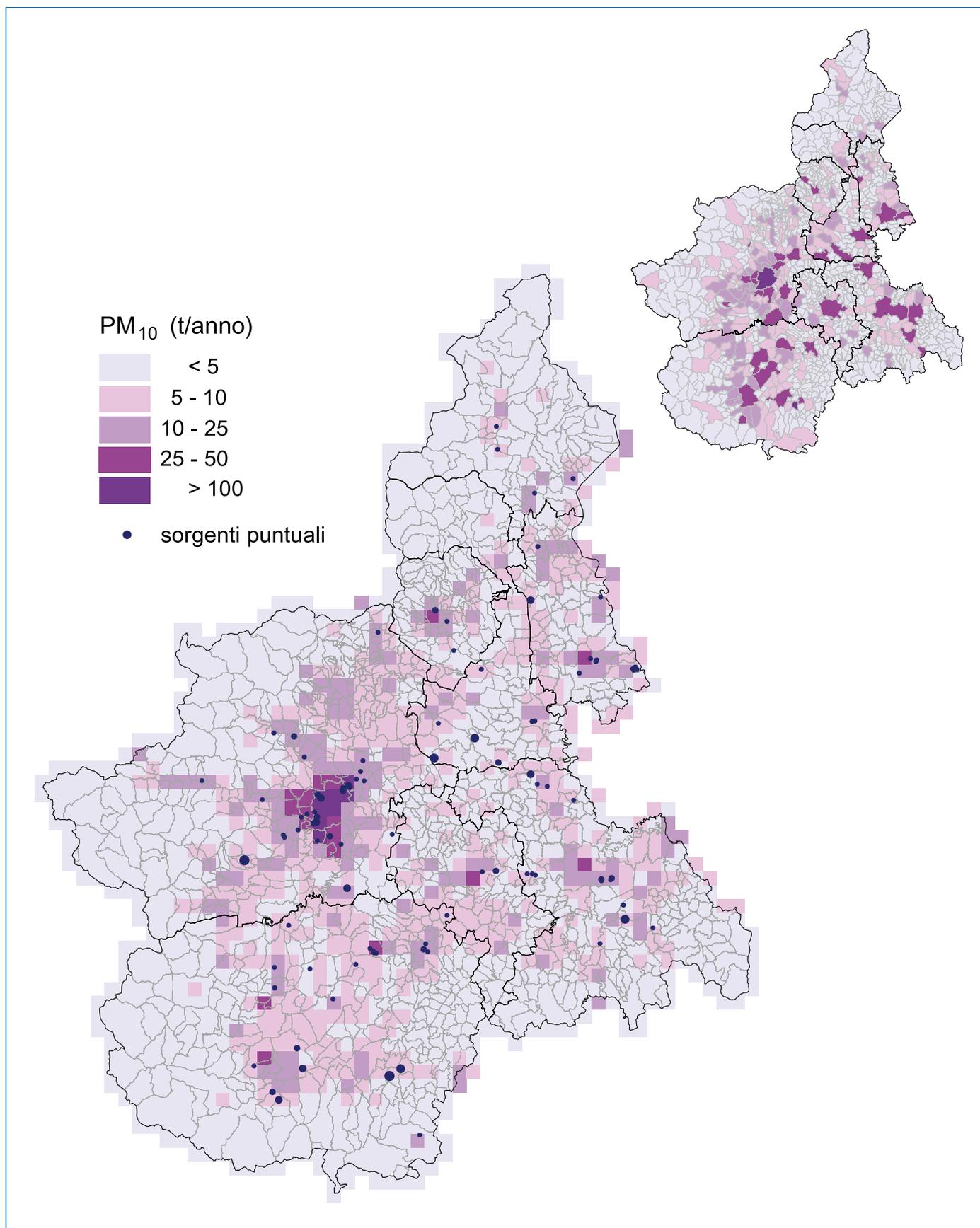
Le emissioni prodotte dalle diverse sorgenti, associate alle singole celle comunali, vengono quindi sovrapposte e infine sommate per ogni maglia del grigliato: il risultato, confrontato con la normale rappresentazione a livello comunale, si può apprezzare nelle **figure 14.16** (emissioni di NO<sub>x</sub>) e **14.17** (emissioni di PM<sub>10</sub>), nelle quali sono state inoltre rappresentate in modo differenziato le sorgenti di tipo puntuale.

Figura 14.16 - Emissioni di biossido di azoto. Rappresentazione per comune e su griglia (4x4 km) - anno 2005



Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

Figura 14.17 - Emissioni di polveri inalabili. Rappresentazione per comune e su griglia (4x4 km) - anno 2005



Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

### Box 5 - Progetto ALPNAP

Monica Clemente, Elisa Elampe - Arpa Piemonte

ALPNAP (*Monitoring and Minimisation of Traffic-Induced Noise and Air Pollution Along Major Alpine Transport Routes*) è un progetto di ricerca internazionale co-finanziato dal Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR) nell'ambito del Programma Interreg III B Spazio Alpino.

Gli obiettivi del progetto triennale - che ha coinvolto 11 partner provenienti da Austria, Francia, Germania, Italia e che si è concluso nell'aprile 2008 - erano quelli di raccogliere e descrivere i metodi scientifici più aggiornati per l'osservazione e la previsione dell'inquinamento atmosferico e acustico lungo i corridoi di transito alpino e valutarne gli effetti sulla salute e la qualità della vita. Tali metodi possono essere utilizzati per stimare

le conseguenze indotte da nuove infrastrutture per il trasporto (stradale e ferroviario) in fase di pianificazione o per progettare adeguate misure, sia amministrative che tecniche, per il contenimento dell'inquinamento atmosferico e acustico.

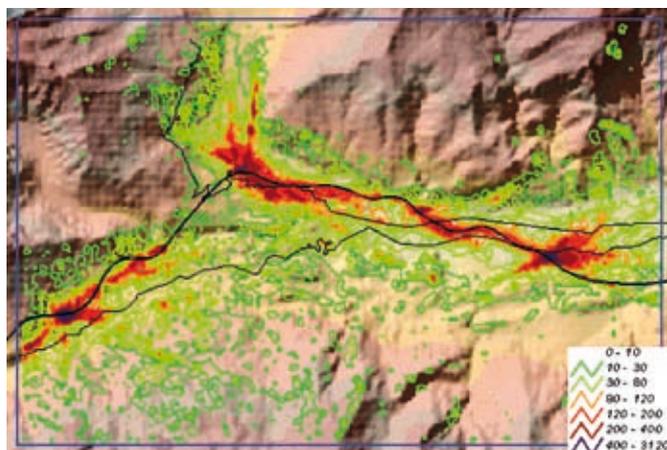
Gli strumenti di valutazione adottati nel progetto prevedevano l'integrazione dei metodi di monitoraggio (misure di inquinamento atmosferico, di rumore e di variabili meteorologiche) con tecniche di tipo modellistico (simulazioni con modelli di traffico, di emissione, meteorologici, di dispersione degli inquinanti, di propagazione del rumore e, infine, di impatto). Nelle figure sottostanti sono rappresentati alcuni esempi di prodotti ottenuti nel corso dell'attività progettuale. I risultati del progetto sono stati pubblicati nel Rapporto Finale "*Air pollution, traffic noise and related health effects in the Alpine Space - A guide for Authorities*

and Consulters", ad uso degli esperti di ambiente e di trasporti delle Pubbliche Amministrazioni.

E' stato inoltre prodotto un opuscolo informativo "*Vivere vicino a una grande via di transito nelle Alpi - inquinamento atmosferico, rumore e salute*", diretto agli abitanti delle aree alpine interessati agli aspetti ambientali: nel testo sono sintetizzate le possibilità offerte dalle tecniche più avanzate - in uso presso Università e Centri di ricerca, ma anche presso alcune Agenzie di Protezione Ambientale tra le quali Arpa Piemonte - per la previsione delle concentrazioni di inquinanti o dei livelli di rumore, nonché dei loro impatti, nella simulazione dei futuri scenari di traffico.

Per ulteriori approfondimenti e per informazioni più dettagliate sui risultati del progetto si rimanda al sito <http://www.alpnap.org>.

**Curve di isoconcentrazione dei valori massimi di ossidi di azoto (esprese in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) prodotti dal trasporto su strada in Val di Susa**



**Curve di isoconcentrazione dei valori massimi di  $\text{PM}_{10}$  (esprese in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) prodotto dal trasporto su strada in Val di Susa**

