

# QUALITÀ DELLE COMPONENTI AMBIENTALI



**Mauro Maria Grosa e Monica Clemente**

*Arpa Piemonte*

## Qualità dell'aria

**Mauro Maria Grosa, Maria Bondì e Laura Milizia**

*Arpa Piemonte*

Le attività antropiche che costituiscono le principali fonti di pressione sulla qualità dell'aria possono essere così sintetizzate: lavorazioni industriali e artigianali, generazione di energia termica ed elettrica, trasporto su strada.

Durante gli ultimi decenni il quadro emissivo è profondamente mutato a causa di importanti trasformazioni nei combustibili utilizzati. In particolare si è passati dalle emissioni originate dalla combustione dei derivati pesanti del petrolio e del carbone, caratterizzate da alte quantità di biossido di zolfo e di particolato, alle emissioni prodotte dalla combustione del gas naturale e dai derivati leggeri del petrolio, contraddistinte da minori quantità di biossido di zolfo e di particolato, quest'ultimo cambiato anche dal punto di vista qualitativo.

Nell'ultimo decennio le emissioni complessive di ossidi di zolfo, ossidi di azoto e di monossido di carbonio sono diminuite ma, nonostante ciò, il superamento di alcuni valori limite, in particolare per il particolato fine (PM<sub>10</sub>) e in alcune zone anche per il biossido di azoto, è ancora un fenomeno frequente che interessa in particolare la popolazione residente nelle zone urbane. Anche l'ozono, pur essendo un inquinante secondario ma la cui formazione è connessa alle emissioni antropiche dei precursori, denota una situazione particolarmente critica su quasi tutto il territorio regionale. La concentrazione degli inquinanti in aria dipende, oltre che dalla componente emissiva e la sua articolazione sul territorio, anche da altri fattori il più importante dei quali è rappresentato dalla meteorologia che può determinare da una parte la dispersione e il trasporto degli inquinanti dall'altra il loro accumulo negli strati inferiori dell'atmosfera durante i periodi di alta pressione. L'elevata irradiazione solare durante il periodo estivo, in presenza di ossidi di azoto e composti organici volatili, determina inoltre elevate concentrazioni di ozono su gran parte del territorio regionale. La qualità dell'aria in Piemonte è misurata tramite il sistema di rilevamento regionale composto dalla rete pubblica, strutturata in reti provinciali, e da reti private. La rete pubblica gestita da Arpa è costituita da 72 stazioni (70 pubbliche e 2 private), che rilevano le concentrazioni degli inquinanti primari e secondari, e la cui ubicazione è riportata sui siti internet [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it) e [www.sistemapiemonte.it](http://www.sistemapiemonte.it).

Le stazioni sono dislocate sul territorio in modo da rappresentare in maniera significativa le diverse situazioni di fondo, traffico e industriali. Le stazioni di traffico sono situate in posizione tale che misurino prevalentemente gli inquinanti provenienti da emissioni veicolari prodotte nelle vicinanze; 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 sopra vento) mentre le industriali sono quelle che 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 2008 e le principali serie storiche degli ultimi anni. La dotazione strumentale delle stazioni della rete piemontese consente di monitorare in ogni sito i principali inquinanti primari e secondari: sia quelli correlati all'inquinamento da traffico/riscaldamento/industria (monossido di carbonio, monossido di azoto e PM<sub>10</sub>) sia quelli che si formano parzialmente o totalmente a seguito di una serie di reazioni chimiche e che costituiscono l'inquinamento fotochimico (ozono, biossido di azoto e in parte il PM<sub>10</sub>).

I dati relativi all'anno 2008 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.

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

Il biossido e il monossido di azoto fanno parte della famiglia indicata genericamente con il termine ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). Il monossido (NO) viene generato per la maggior parte da processi di

Indicatore/Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
NO <sub>2</sub> - superamento limite orario	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2008	+++
NO <sub>2</sub> - media annuale	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup>	Provincia	2008	+++
O <sub>3</sub> - superamento valore bersaglio protezione salute umana	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2008	+++
O <sub>3</sub> - superamento valore bersaglio protezione vegetazione (AOT40)	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup> * h	Provincia	2008	+++
PM <sub>10</sub> - media annuale	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup>	Provincia	2008	+++
PM <sub>10</sub> - superamento limite giornaliero	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2008	+++
Benzene - media annuale	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup>	Provincia	2008	+++
Metalli - massima media	S	Arpa Piemonte	µg/m <sup>3</sup>	Provincia	2008	+++
Benzo(a)pirene	S	Arpa Piemonte	ng/m <sup>3</sup>	Provincia	2008	+++
Emissioni NO <sub>2</sub>	P	Regione Piemonte	t/anno	Regione	2005	++
Emissioni PM <sub>10</sub>	P	Regione Piemonte	t/anno	Regione	2005	++
Emissioni CO <sub>2</sub>	P	Regione Piemonte	t/anno	Provincia	2005	++

combustione, indipendentemente dal combustibile utilizzato. Oltre che dai motori a scoppio, gli NO<sub>x</sub> sono immessi nell'atmosfera dagli impianti per la produzione di energia elettrica o termica e, nei mesi invernali, dagli impianti di riscaldamento che producono circa il 11% del totale presente nell'aria. Il monossido di azoto (NO) è un inquinante primario, mentre il NO<sub>2</sub> (NO + O<sub>2</sub> => NO<sub>2</sub>) è inquinante secondario con maggiori effetti negativi sulla salute. È un tipico prodotto della trasformazione del NO nell'ambiente con l'ossigeno dell'aria, tale reazione è favorita dalla presenza di radiazione solare e di altri inquinanti come gli idrocarburi e il CO. I processi naturali provvedono ad eliminare NO e NO<sub>2</sub> dall'atmosfera rispettivamente dopo circa 3 e 4 giorni. Una parte degli ossidi di azoto reagisce con ioni presenti nell'aria dando origine a

una catena di reazioni chimiche con vari prodotti intermedi e finali. Il biossido d'azoto a contatto con il vapor d'acqua si trasforma in composti acidi contribuendo così all'acidificazione delle precipitazioni. Il decreto DM 60/02 ha introdotto due valori limite per la protezione della salute umana, su base annuale e su base oraria, e uno per la protezione della vegetazione (30 µg/m<sup>3</sup>) in vigore già dal 2001. Nel presente rapporto sono stati scelti, come indicatori statistici, i due limiti di protezione della salute poiché ben evidenziano la criticità di questo inquinante.

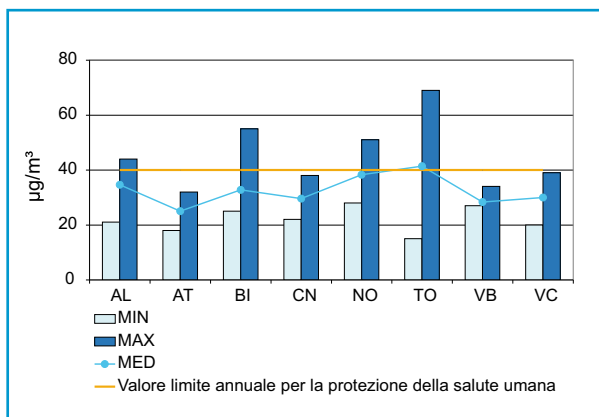


Figura 3.1 - NO<sub>2</sub>, minima, media e massima annuale - anno 2008

Il valore limite di protezione della salute umana di 40 µg/m<sup>3</sup> su base annuale (indicato con la linea rossa) è superato, come media di tutte le stazioni presenti nei territori provinciali, solo nella provincia Torino. I superamenti si sono verificati a livello regionale prevalentemente presso le stazioni di traffico ad eccezione della città di Torino i cui superamenti sono stati registrati anche nelle due stazioni di fondo urbano (vedi figura 3.2).

Fonte: Arpa Piemonte

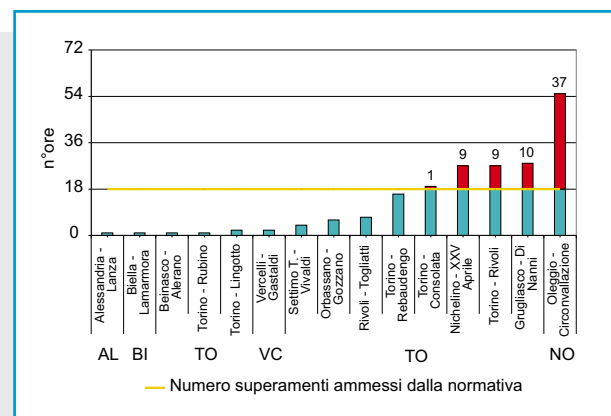


Figura 3.2 - NO<sub>2</sub>, stazioni con almeno un superamento del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup> - anno 2008

La norma consente un numero massimo di 18 ore/anno civile di superamento del valore di 200 µg/m<sup>3</sup> e pertanto nel grafico sono stati rappresentati in azzurro i superamenti rientranti nel consentito e in rosso i superamenti in eccedenza. I superamenti del limite si sono verificati in 4 stazioni collocate nella provincia di Torino e 1 nella provincia di Novara pari rispettivamente a circa il 20% del totale delle stazioni in provincia di Torino, al 10% del totale delle stazioni in provincia di Novara e circa il 10% rispetto al totale delle stazioni nel territorio piemontese. La situazione particolarmente critica che si vince dal grafico relativamente alla stazione di Oleggio-Circonvallazione non è territorialmente rappresentativa ma legata alla criticità specifica del sito di traffico in cui è ubicata la stazione di rilevamento.

Fonte: Arpa Piemonte

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

L'ozono è un componente naturalmente presente nell'atmosfera. Da un punto di vista chimico è molto reattivo, instabile e "aggressivo" in quanto fortemente ossidante. Nella troposfera è un inquinante secondario la cui formazione è dovuta alla presenza di sostanze chimiche (composti organici volatili e ossidi di azoto) dette "precursori", che attivano e alimentano le reazioni fotochimiche producendo ozono, radicali liberi, perossidi ed altre sostanze organiche, fortemente ossidanti (es: perossiacetilnitrato, ecc.).

Le reazioni coinvolte seguono questo schema generale:

- 1) NO<sub>2</sub> -> NO + O
- 2) O + O<sub>2</sub> -> O<sub>3</sub>
- 3) NO + O<sub>3</sub> -> NO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>
- 4) NO + COV -> NO<sub>2</sub>

Gli stadi 1, 2 e 3 della reazione globale sono, in natura, in equilibrio tra loro. In essi l'ozono si forma e si consuma e la sua concentrazione resta costante nel tempo. Un incremento degli NO<sub>x</sub> determina che, tramite ossidazioni, il monossido di azoto (NO) si trasforma in biossido di azoto (NO<sub>2</sub>). La concentrazione totale dei COV diventa tale che il processo dello stadio 4 risulta

preponderante sullo stadio 3, con conseguente inibizione di consumo di ozono e suo successivo accumulo in atmosfera.

Le concentrazioni più elevate di ozono si verificano prevalentemente nel periodo estivo come conseguenza della potenzialità della radiazione solare, delle alte temperature unite alla presenza di inquinanti primari.

La normativa in vigore (DLgs 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 µg/m<sup>3</sup> (massima media su 8 ore) da non superare in più di 25 giorni all'anno.
- Il valore bersaglio (18.000 µg/m<sup>3</sup> \* h come media su 5 anni) per la protezione della vegetazione è definito come AOT40 ed espresso in µg/m<sup>3</sup> \* h. Tale valore si calcola come somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori ad 80 µg/m<sup>3</sup> (ovvero cioè 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 è calcolato per le stazioni definite come suburbane di fondo o rurali di fondo.

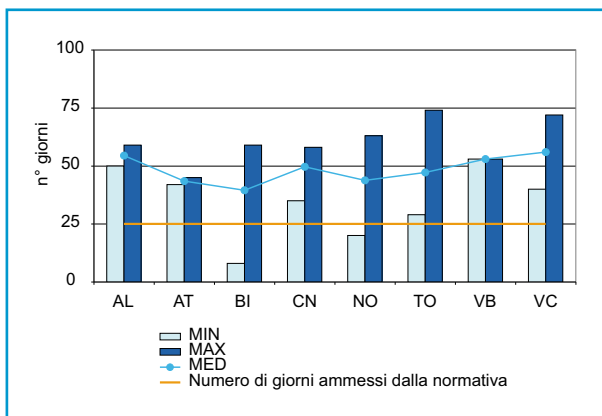


Figura 3.3 - O<sub>3</sub>, numero minimo, medio e massimo di giorni di superamento del valore bersaglio per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup>) - anno 2008

Tutte le province sono interessate da un numero elevato di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana, pari a 120 µg/m<sup>3</sup>, che avvengono in modo particolare nel periodo estivo dell'anno.

Fonte: Arpa Piemonte

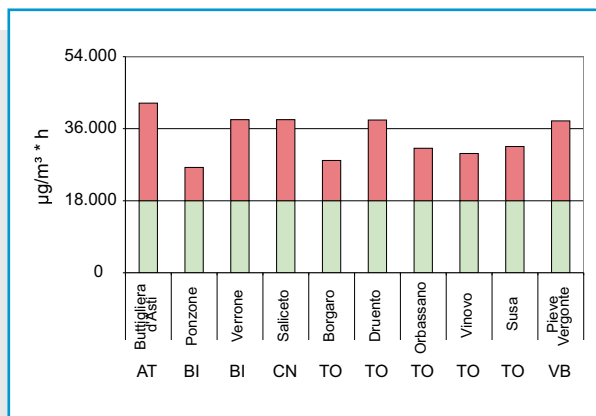


Figura 3.4 - O<sub>3</sub>, AOT40 per la protezione della vegetazione relativo alla media di cinque anni (2004-2008)

Il grafico riporta in rosso l'eccedenza al valore bersaglio (18.000 µg/m<sup>3</sup> \* h). Negli ultimi cinque anni tale valore per il AOT40, da raggiungere a partire dal 2013, è ampiamente superato in tutto il territorio regionale.

Fonte: Arpa Piemonte

## PM<sub>10</sub> (Polveri inalabili)

Le polveri sottili sono una miscela di particelle solide o parzialmente liquide che, viste le loro piccole dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria e ad essere trasportate dal vento. Le PM<sub>10</sub> sono particelle fini inalabili con un diametro aerodinamico

inferiore a 10 micrometri (10 millesimi di millimetro) e quindi in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio. Esse variano molto sia per forma sia per composizione chimica in quanto dipendono dalle loro origini cioè dal tipo di attività antropiche, dalle sorgenti naturali presenti nelle aree circostanti



oppure, nel caso della componente secondaria, dai composti. Tali aree possono essere assai distanti considerato che le frazioni più piccole possono rimanere sospese nell'aria per giorni ed essere quindi trasportate anche a grandi distanze.

Le condizioni metereologiche sfavorevoli si manifestano soprattutto nella stagione invernale in condizione di alta pressione, perdurante inversione termica, assenza di precipitazioni. La fonte antropica principale è costituita dai processi di combustione. Nelle città contribuiscono non solo le emissioni dei

gas di scarico, ma anche i processi di abrasione come l'usura dei pneumatici e dei freni o dell'asfalto. Il trasporto su strada nell'area urbana torinese rappresenta più del 50% delle emissioni complessive.

Il decreto DM 60/02 prevede due limiti per la protezione della salute umana, su base annuale e su base giornaliera, che sono utilizzati nel presente rapporto:

- media annuale (il valore limite per la protezione della salute umana è  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

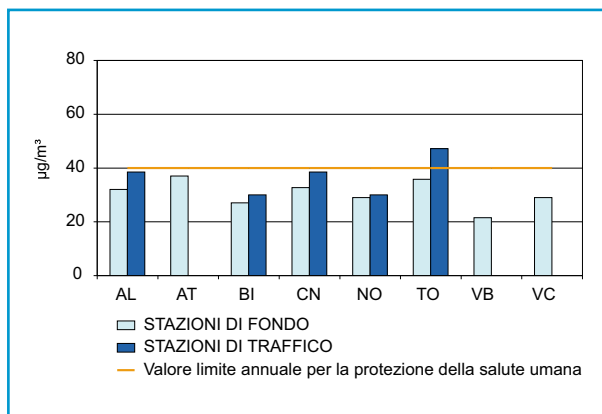


Figura 3.5 - PM<sub>10</sub>, media annuale per tipo di stazione - anno 2008

L'indicatore sintetico rappresentato dalla media di tutte le stazioni presenti nei territori provinciali, per l'anno 2008, ha superato il valore limite annuale per la protezione della salute umana ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) solo presso le stazioni quelle di traffico della provincia di Torino.

Nella provincia di Asti, l'unica stazione di traffico è stata spostata nel corso del 2008 per cui non si è raggiunto il numero minimo di dati (90%) per le elaborazioni, mentre nelle province di Vercelli e Verbania non sono presenti campionatori PM<sub>10</sub> per la misura gravimetrica presso i siti di traffico. Per le elaborazioni sono stati considerati i dati acquisiti tramite campionatori e/o analizzatori dotati di certificato di conformità. La situazione generale è di lieve miglioramento su tutto il territorio regionale comprese le province maggiormente urbanizzate come quella torinese.

Fonte: Arpa Piemonte

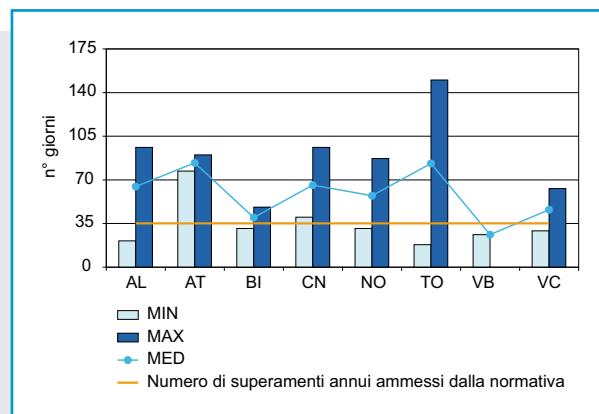


Figura 3.6 - PM<sub>10</sub>, numero minimo, medio e massimo dei superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - anno 2008

Il limite dei 35 superamenti/anno è stato superato in gran parte delle stazioni della rete e in particolare in quelle collocate in aree urbane di pianura.

Fonte: Arpa Piemonte

- superamenti del limite giornaliero (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).

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

Le particelle con diametro aerodinamico inferiore a  $2,5 \mu\text{m}$  rappresentano la frazione dimensionale più pericolosa per la salute umana rispetto a quelle con maggiore diametro aerodinamico superiore sia per la maggiore capacità di penetrare nell'albero respiratorio 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 norma nazionale vigente (DM 60/02) sono previste indicazioni riguardo la necessità di procedere alla misura sperimentale del particolato PM<sub>2,5</sub> mentre la Direttiva 2008/50, non ancora recepita a livello nazionale, prevede tra i vari indicatori un valore obiettivo della media annuale pari a 25

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nel 2008, i punti di misura del PM<sub>2,5</sub> sono presenti nella stazione fondo in zona rurale, Buttigliera d'Asti-Riva e presso la stazione di fondo urbano di Torino-Lingotto.

### Benzene

Le emissioni di benzene derivano principalmente dai trasporti su strada e in parte minoritaria dal riscaldamento e da alcuni processi produttivi. Per quanto riguarda i trasporti, la maggior parte di questo inquinante ha origine dallo scarico dei veicoli, dove il benzene è presente sia come incombusto sia come prodotto di trasformazioni chimico-fisiche di idrocarburi aromatici presenti nella benzina. La parte residuale deriva, invece, dalle

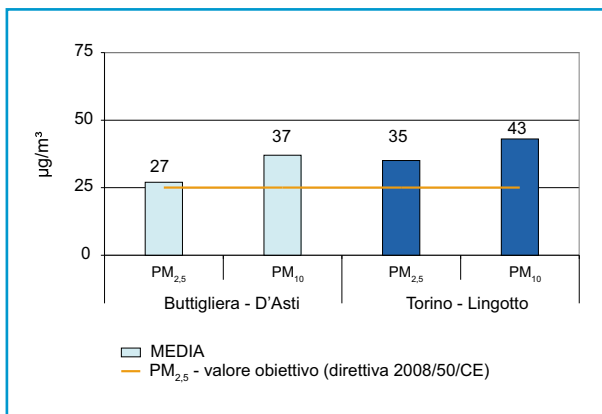


Figura 3.7 - PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>, medie annuali relative alle stazioni di Torino - Lingotto e Buttigliera d'Asti - Riva - anno 2008

Confrontando i valori delle medie annuali di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> delle due stazioni, 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. I livelli di concentrazione del PM<sub>2,5</sub> misurati sono superiori al valore obiettivo previsto dalla Direttiva Europea.

Fonte: Arpa Piemonte

emissioni evaporative dal serbatoio anche durante la sosta. L'alto indice di motorizzazione dei centri urbani e l'accertata cancerogenicità fanno del benzene uno dei più importanti inquinanti nelle aree metropolitane anche se è stata registrata una netta diminuzione della sua concentrazione negli ultimi anni. La normativa in vigore (DM 60/02) prevede un solo valore limite per la protezione della salute umana relativo alla concentrazione media annua. L'indicatore statistico utilizzato è la:

- media annuale.

### Metalli

I metalli pesanti rientrano nella categoria dei contaminanti in traccia in quanto presenti generalmente in bassissime concentrazioni nell'ambiente; tra tutti il piombo (Pb), il cadmio (Cd), l'arsenico (As) e il nichel (Ni) sono quelli che maggiormente hanno destato l'interesse dei legislatori per i loro effetti sugli organismi viventi. Questi possono essere rilasciati da sorgenti sia naturali sia antropiche come gli insediamenti metallurgici, l'uso dell'olio combustibile e del carbone e nel passato le emissioni veicolari. In atmosfera entrano nella composizione nel particolato atmosferico e sono depositati al suolo attraverso le idrometeore e le deposizioni secche. Per il piombo la normativa vigente (DM 60/02) prevede un valore limite di protezione della salute umana. L'indicatore statistico utilizzato è la:

- media annuale.

Il Decreto Legislativo n. 152 del 3 agosto 2007 "Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nel-

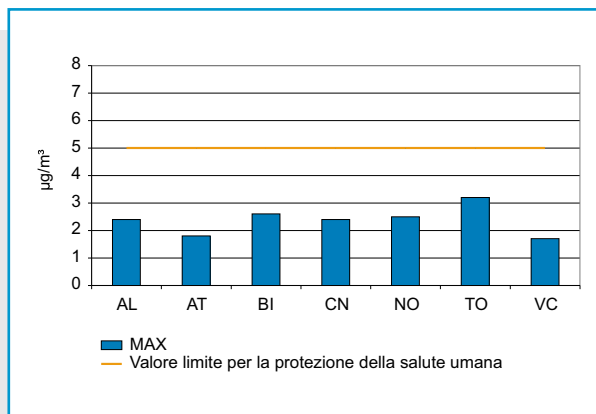


Figura 3.8 - Benzene, massima media annuale - anno 2008

Dal grafico si osserva che il valore limite annuale (5 µg/m³) è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le attuali stazioni di traffico.

Fonte: Arpa Piemonte

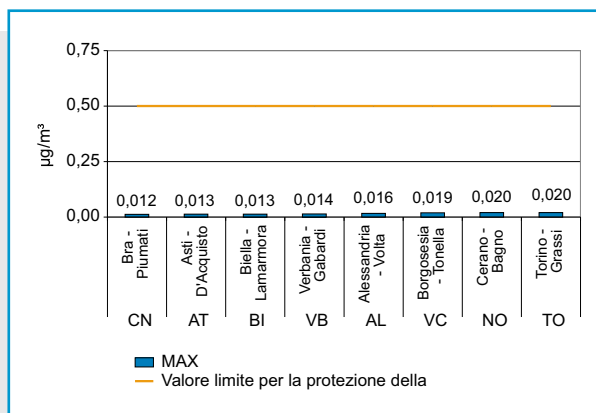


Figura 3.9 - Pb, massima media annuale - anno 2008

Nell'anno 2008 sono stati effettuati misurazioni 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 la massima media annuale rilevata per provincia. I risultati ottenuti sono positivi in quanto la riduzione della concentrazione di piombo nell'aria accentuatasi negli anni '98-'99, a seguito della messa fuori commercio della benzina super, risulta ormai acquisita.

Fonte: Arpa Piemonte

l'aria ambiente" definisce i valori obiettivo per altri metalli tossici: arsenico (6 ng/m³), cadmio (5 ng/m³) e nichel (20 ng/m³).

### Benzo(a)pirene

Il Benzo(a)pirene è un idrocarburo policiclico aromatico ed è immesso in atmosfera principalmente dalla combustione delle biomasse e dai veicoli diesel. Il su citato Decreto Legislativo n.

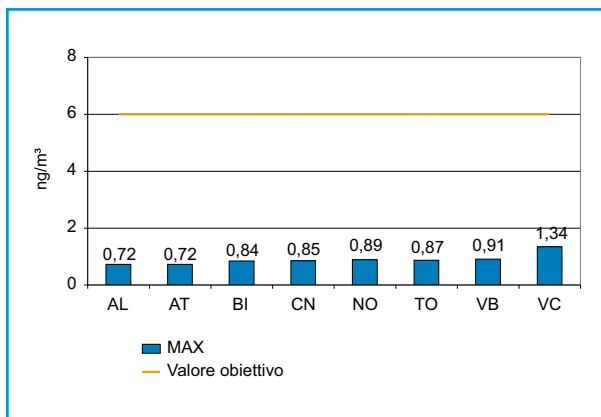


Figura 3.10 - Arsenico, massima media annuale - anno 2008

Fonte: Arpa Piemonte

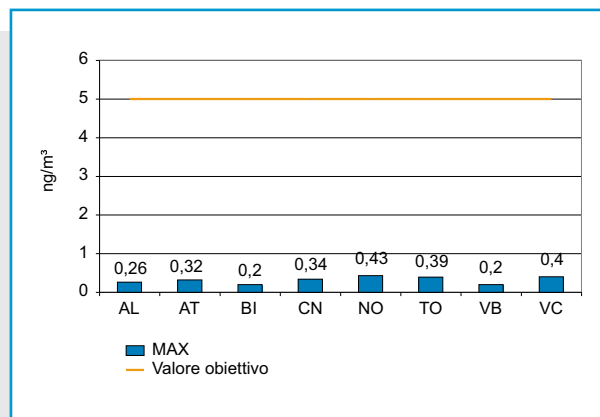


Figura 3.11 - Cadmio, massima media annuale - anno 2008

Fonte: Arpa Piemonte

152 del 3 agosto 2007 "Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idro-

carburi policiclici aromatici nell'aria ambiente" definisce un valore obiettivo per il benzo(a)pirene pari a 1 ng/m³.

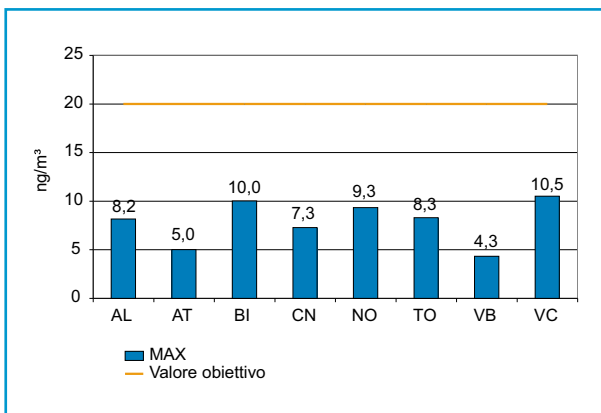


Figura 3.12 - Nichel, massima media annuale - anno 2008

Nell'anno 2008 i valori medi annuali registrati nelle diverse province per i tre metalli tossici sono abbondantemente inferiori al valore obiettivo dalla normativa vigente.

Fonte: Arpa Piemonte

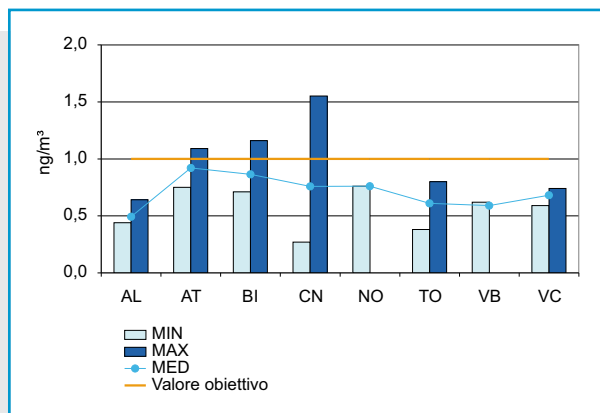


Figura 3.13 - Benzo(a)pirene, minimo, media e massima annuale - anno 2008

Nell'anno 2008 i valori medi annuali di benzo(a)pirene, calcolati per provincia, sono inferiori al limite normativo. Le poche stazioni ove la massima media annuale è superiore al limite sono generalmente ubicate in siti rurali di fondo ove la combustione della legna è abituale.

Fonte: Arpa Piemonte

## Tendenze storiche di alcuni inquinanti

Il **monossido di carbonio** è un inquinante primario dovuto al traffico veicolare, generato come sottoprodotto da una non perfetta combustione di materiale combustibile fossile (ad es. oli combustibili, benzina), alla legna e a tutto ciò che contiene 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 sul fronte sia 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. Nell'ultimo ventennio, le concentrazioni medie hanno raggiunto valori decisamente modesti anche nelle realtà urbane.

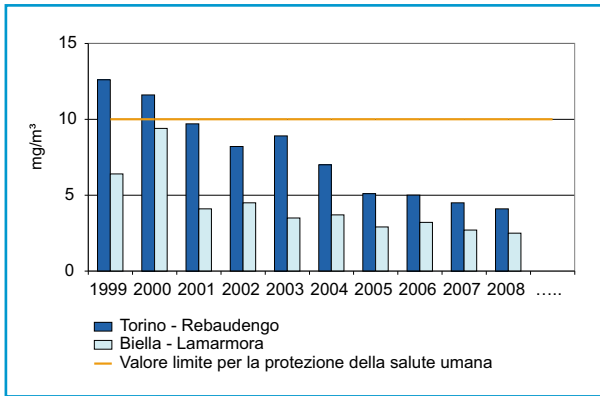


Figura 3.14 - CO, andamento della massima media mobile su 8 ore in due stazioni di tipo traffico urbano - anni 1999-2008

Dalla tendenza degli ultimi dieci anni si evince una diminuzione delle massime medie mobili su 8 ore registrate presso due stazioni di traffico della rete piemontese. Il miglioramento è dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e al trattamento dei gas di scarico tramite i convertitori catalitici.

Fonte: Arpa Piemonte

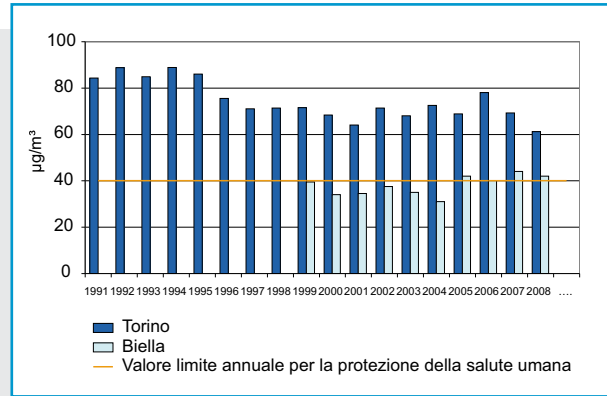


Figura 3.15 - NO<sub>2</sub>, andamento delle concentrazioni medie annuali di Torino e Biella - anni 1991-2008

I valori medi annui risultano molto differenti tra i due siti in esame; i livelli 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. Nel corso degli ultimi anni si conferma un quadro di miglioramento che può essere dovuto sia alle condizioni climatiche locali più favorevoli sia alle misure di risanamento adottate.

Fonte: Arpa Piemonte

Per 2008 il **biossido di azoto**, nelle due città esaminate, si è evidenziato un leggero decremento della concentrazione media annuale anche se il limite normativo pari a 40 µg/m<sup>3</sup> è stato comunque superato. Dai valori rilevati negli ultimi anni, l'**ozono** evidenzia una sostanziale stabilità dei livelli con l'eccezione

dell'anno 2003 caratterizzato da situazione meteorologica particolarmente favorevole alla formazione dell'inquinante. Le concentrazioni media annuale delle polveri **PM<sub>10</sub>** risultano meno critiche nel 2008 su tutto il territorio regionale come evidenziato nel grafico che segue.

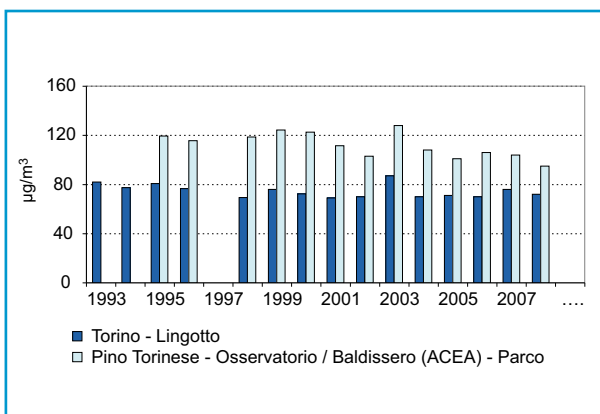


Figura 3.16 - O<sub>3</sub>, andamento delle concentrazioni medie relative al periodo maggio-settembre - anni 1993-2008

Le stazioni considerate sono in zone di fondo, urbano e in pianura per Torino - Lingotto, rurale e in quota per Pino Torinese che nel 2008 è stata ricollocata presso il comune di Baldissero. 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.

Fonte: Arpa Piemonte

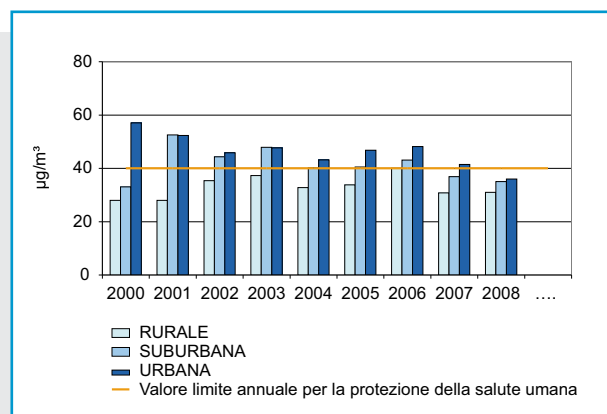


Figura 3.17 - PM<sub>10</sub>, andamento della media delle concentrazioni medie annuali per tipologia di zona - anni 2000-2008

La situazione di questo inquinante, rappresentato in aggregato come media per tipo di zona, pur in lieve diminuzione nell'ultimo anno come media annuale, rimane complessivamente critica nelle zone maggiormente urbanizzate dove si verificano numerosi superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>.

Fonte: Arpa Piemonte



## Box 1 - Determinazione della concentrazione numerica di particelle aerodisperse in un sito urbano da traffico della città di Torino

**Francesco Lollobrigida, Milena Sacco, Marilena Maringo, Marco Pace, Francesco Romeo, Carlo Bussi, Giacomo Castrogiovanni**  
*Arpa Piemonte*

Le misure di particolato atmosferico sono riferite di norma alla concentrazione in massa in quanto si tratta dell'indicatore utilizzato dalla legislazione europea per la definizione dei valori limite di qualità dell'aria. Negli ultimi anni è però fortemente cresciuto a livello scientifico l'interesse per la misura della concentrazione numerica, una serie di recenti studi ha infatti evidenziato che tale parametro può avere una rilevanza anche maggiore in termini di impatto sulla salute. Tuttavia, poiché la distribuzione della **concentrazione numerica** in funzione del diametro delle particelle non è correlata con quella relativa alla massa, essa deve essere determinata in modo indipendente.

Lo studio qui presentato, relativo alla città di Torino, ha avuto come obiettivo la determinazione della concentrazione numerica e della distribuzione dimensionale delle particelle aerodisperse su un periodo temporale rappresentativo della variabilità meteorologica stagionale; inoltre si sono valutate le variazioni della concentrazione numerica in funzione dei principali parametri meteorologici e degli altri parametri di qualità dell'aria ambiente.

### Strumentazione e metodo

Lo studio è stato effettuato mediante l'*Environmental Dust Monitor 107*, uno strumento del tipo *Optical Particle Counter (OPC)*, il quale misura la concentrazione numerica su 31 classi dimensionali nell'intervallo 0,25-32  $\mu\text{m}$ , quindi nel campo delle particelle fini e grossolane. Per alcune elaborazioni presentate di seguito si è fatto riferimento a quattro intervalli dimensionali (0,25-0,5  $\mu\text{m}$ ; 0,5-1,0  $\mu\text{m}$ ; 1,0-2,5  $\mu\text{m}$ ; 2,5-8,5  $\mu\text{m}$ ), ottenuti accorpare i dati relativi a più classi tra loro significativamente correlate.

Lo strumento di misura è stato posizionato presso la stazione di monitoraggio di Via della Consolata, collocata nella zona centrale della città di Torino, all'interno della ZTL ambientale. Il sito di misura è caratterizzato da flussi di traffico dell'ordine di 12.000 veicoli/giorno e, sulla base delle Direttive Europee in materia, è classificato come urbano da traffico.

Le misure sono state effettuate dal 1° novembre 2006 al 30 settembre 2007, per un totale di 334 giorni. Nello stesso periodo sono stati monitorati i principali parametri meteorologici e le concentrazioni in aria ambiente di  $\text{PM}_{10}$ , CO, benzene e  $\text{SO}_2$ .



L'*Environmental Dust Monitor 107* usato per la determinazione della concentrazione numerica delle particelle aerodisperse

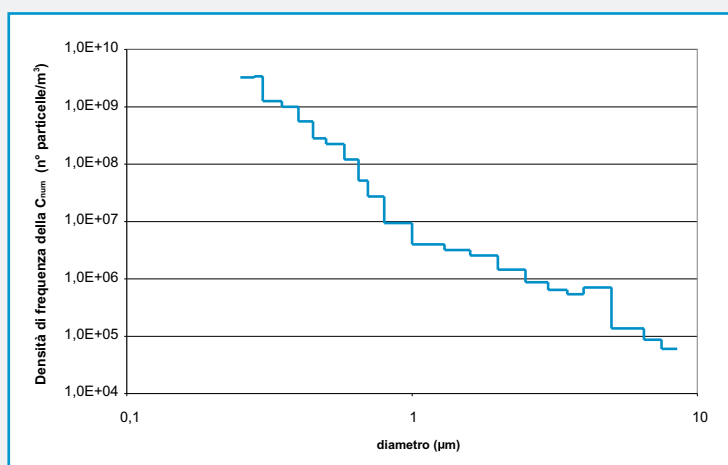


Figura a - Distribuzione dimensionale numerica ( $\Delta C_{\text{num}}/\Delta \log(d)$ ) del particolato nell'intervallo 0,25-8,5  $\mu\text{m}$  (scala logaritmica su entrambi gli assi)

Fonte: Arpa Piemonte

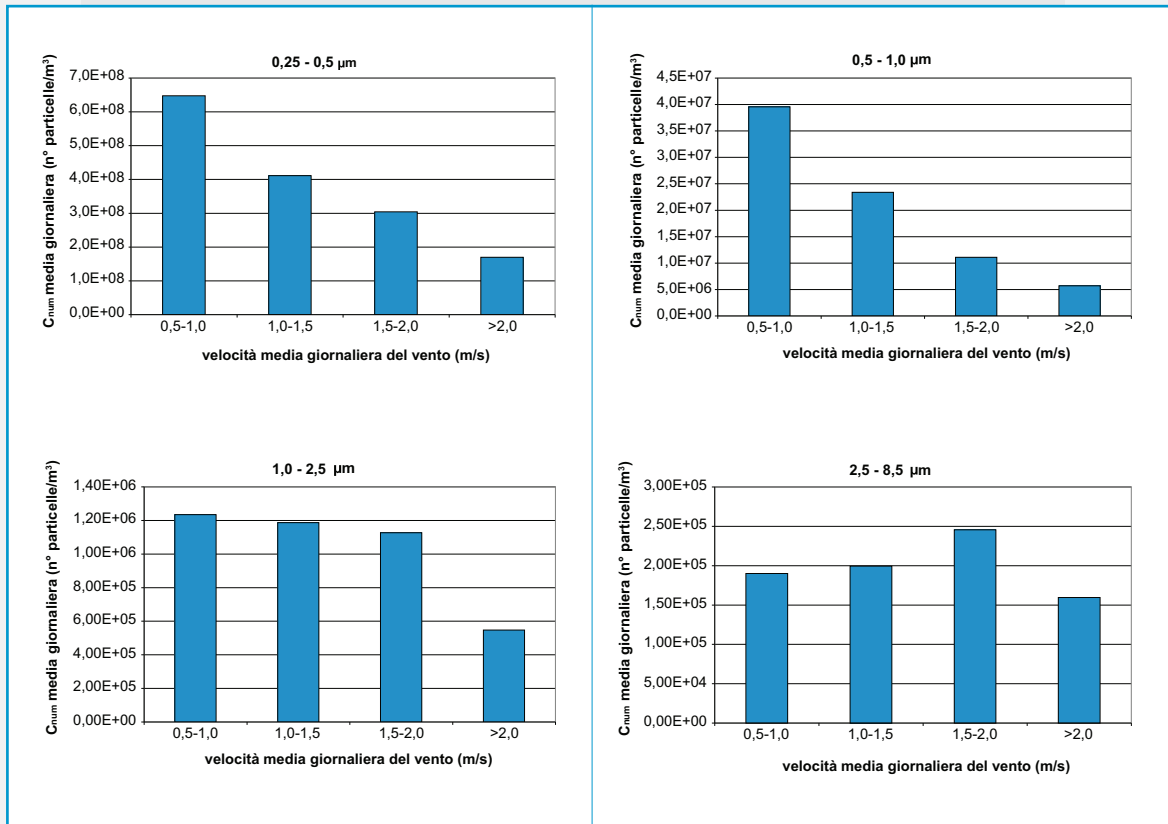
### Risultati

La concentrazione numerica media relativa all'intero periodo di campionamento è di circa  $5 \cdot 10^8$  particelle/ $\text{m}^3$ , valore confrontabile con quelli rilevati in siti con caratteristiche analoghe nelle città di Milano e Roma. L'insieme dei dati presenta un evidente andamento di tipo stagionale, con i massimi nella stagione fredda e i minimi in quella calda. La distribuzione del numero di particelle in funzione della loro dimensione (figura a) evidenzia un massimo assoluto in prossimità del limite inferiore dell'intervallo di misura dello strumento; più del 99% delle particelle presenta un diametro compreso tra 0,25 e 1  $\mu\text{m}$ .

Per quanto riguarda l'andamento stagionale del **giorno tipo**, per tre delle quattro classi dimensionali accorpate le concentrazioni medie risultano più elevate nei mesi freddi, in accordo con la prevalenza in tale periodo di condizioni di stabilità atmosferica; la situazione risulta opposta per particelle con diametro superiore a 2,5 µm, a causa dei fenomeni di risospensione indotti dal vento che interessano di prevalenza le particelle di maggiori dimensioni. Il confronto con i **dati di velocità del vento** (figura b) indica che nel caso delle particelle con diametro superiore a 2,5 µm, per velocità del vento medie giornaliere inferiori a 2 m/s la concentrazione aumenta con l'intensità del vento a causa del prevalere della erosione/risospensione sulla diluizione. Per particelle submicrometriche prevale nettamente l'effetto di diluizione, mentre per le particelle di dimensioni intermedie (1-2,5 µm) diluizione e risospensione hanno un effetto comparabile.

Solo venti estremamente intensi (intensità > 2 m/s come media giornaliera) producono una riduzione generalizzata della concentrazione numerica di tutte le classi. Tale interpretazione è confermata dall'analisi di dettaglio della serie temporale di dati, che mostra un aumento anche di un ordine di grandezza del rapporto tra le concentrazioni delle classi dimensionali 2,5-8,5 µm e 0,25-0,5 µm in corrispondenza di giornate con venti di intensità medio-alta.

Figura b - Concentrazione numerica delle particelle in funzione della velocità del vento per le diverse classi dimensionali



Fonte: Arpa Piemonte

La **correlazione** tra le concentrazioni numeriche e gli altri **parametri di qualità dell'aria** fornisce alcune informazioni utili per definire l'origine di particelle appartenenti a differenti classi dimensionali (vedi tabella).

Si osserva che la moderata correlazione della concentrazione numerica totale di particelle con gli inquinanti di origine primaria è attribuibile esclusivamente alle particelle submicrometriche; le particelle con dimensioni superiori a 2,5 µm non mostrano alcuna correlazione né con gli inquinanti primari né con la concentrazione in massa del PM<sub>10</sub>. Le particelle di dimensioni intermedie (1-2,5 µm) non mostrano alcuna correlazione con gli inquinanti primari e una moderata correlazione con la concentrazione in massa del PM<sub>10</sub>.

Coefficienti di correlazione delle medie giornaliere – intero periodo di monitoraggio

Inquinante	< 0,5 $\mu\text{m}$	0,5-1 $\mu\text{m}$	1-2,5 $\mu\text{m}$	2,5 -8,5 $\mu\text{m}$	Totale
PM <sub>10</sub>	0,81	0,86	0,54	0,02	0,84
CO	0,62	0,50	0,17	-0,10	0,62
Benzene	0,55	0,53	0,08	-0,27	0,56

### Conclusioni

La concentrazione numerica media di particelle aerodisperse rilevata in un sito urbano da traffico della città di Torino mostra un andamento stagionale analogo a quello della concentrazione in massa di PM<sub>10</sub>, con massimi invernali e minimi estivi. L'insieme dei risultati sperimentali ottenuti suggerisce alcune indicazioni sull'origine delle varie classi dimensionali di particelle prese in esame:

- particelle con diametro tra 0,25 e 1  $\mu\text{m}$  hanno origine sia da emissioni primarie che da processi secondari, con questi ultimi che paiono prevalenti
- particelle con diametro tra 1 e 2,5  $\mu\text{m}$  hanno origine principalmente da processi secondari, con un contributo non del tutto trascurabile dei fenomeni di erosione/risospensione delle particelle depositate al suolo
- particelle con diametro maggiore di 2,5  $\mu\text{m}$  hanno prevalentemente origine da fenomeni di erosione/risospensione.

Pertanto la componente secondaria del particolato, anche in un sito da traffico come quello esaminato, risulta nel complesso assai significativa, a conferma della validità delle azioni di risanamento strutturali nel tempo ed estese a aree vaste.

## Fattori di pressione: le sorgenti emissive

Monica Clemente e Elisabetta Giovenali

Arpa Piemonte

“Ai fini della tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso, è particolarmente importante combattere alla fonte l'emissione di inquinanti nonché individuare e attuare le più efficaci misure di riduzione delle emissioni a livello locale, nazionale e comunitario”: la Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa alla qualità dell'aria ambiente, ribadisce e rafforza, non solo negli enunciati, l'importanza della conoscenza delle sorgenti di emissione in atmosfera, ai fini della predisposizione dei piani per la qualità dell'aria e dei programmi di risanamento atmosferico.

Se nel DLgs 351/99 la valutazione della qualità dell'aria ambiente poteva essere effettuata completando le misurazioni dei livelli di inquinamento con le stime ottenute da tecniche di modellizzazione, nell'ambito delle quali era implicito il ricorso agli Inventari delle Emissioni quali fonti informative, la normativa regionale piemontese (LR 43/00) ha sicuramente spinto nella direzione di una progressiva integrazione dei tre principali strumenti conoscitivi disponibili: il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA), l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) e la modellistica di dispersione. Nella nuova Direttiva europea la rilevanza del ruolo rivestito dagli inventari delle emissioni viene ribadita in più punti:

- nelle considerazioni iniziali (punto 16)
- quando vengono definiti i criteri per la “Valutazione della qualità dell'aria ambiente” (Capo II)
- negli obiettivi legati alla “Misurazione dei precursori dell'ozono” (Allegato X)
- nelle informazioni sulle origini dell'inquinamento da includere nei piani per la qualità dell'aria.

In Piemonte l'Inventario Regionale delle Emissioni è realizzato dalla Direzione Ambiente della Regione Piemonte – Settore Risanamento Acustico, Elettromagnetico e Atmosferico: esso fornisce, ad un livello di dettaglio comunale, la stima delle quantità di inquinanti introdotte in atmosfera da sorgenti naturali e/o attività antropiche. L'IREA deve essere considerato come uno strumento dinamico in costante evoluzione, sia in termini di affidabilità che di aggiornamento delle informazioni. In particolare, l'aggiornamento dell'inventario regionale si rende opportuno a seguito di approfondimenti specifici in particolari comparti oppure nel caso di reperimento di informazioni ad ulteriori livelli di dettaglio, o ancora qualora la metodologia preveda l'introduzione di nuove categorie emissive. Dalla prima elaborazione dell'Inventario regionale, riferita all'anno 1997,

sono stati realizzati altri due aggiornamenti per gli anni 2001 e 2005, mentre risulta in fase di ultimazione la versione che fa riferimento all'anno 2007.

## L'aggiornamento dell'Inventario Regionale delle Emissioni

L'inventario delle emissioni può essere considerato, ai fini della pianificazione regionale, uno degli strumenti principali nel percorso che, partendo dalla definizione dei contributi emissivi delle varie sorgenti con l'attribuzione di specifici fattori di emissione ad opportuni indicatori, passa poi attraverso diversi processi di validazione e di elaborazione dei dati emissivi presenti nella base dati dell'inventario stesso, per arrivare alle tecniche di simulazione modellistica della dispersione degli inquinanti in atmosfera, i cui risultati vengono infine validati sulla base del confronto con i dati misurati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

La realizzazione dell'inventario delle emissioni, che la Direzione Regionale Ambiente sta portando a termine per l'anno 2007, ha previsto, oltre al consueto aggiornamento dei dati di base da utilizzare come nel sistema INEMAR (INventario EMissioni in ARia), una serie di novità:

1. adozione di nuove fonti informative per le sorgenti industriali di tipo puntuale
2. implementazioni di nuovi dati e della nuova metodologia COPERT IV per il comparto trasporti
3. assorbimenti, oltre che emissioni, di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)
4. introduzione di nuove attività emissive

### Sorgenti industriali

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 e periodicamente aggiornato sulla base delle informazioni ricavabili dalle Dichiarazioni INES (Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti), è stato stimato per l'anno 2007 utilizzando quale nuova fonte informativa il Registro Nazionale delle Quote e delle Emissioni. La Direttiva europea 2003/87/CE, che ha istituito il sistema europeo di **scambio delle quote di emissione dei gas-serra** (*Emission Trading Scheme, ETS*), ha anche previsto – attraverso Piani Nazionali di Allocazione (PNA) – l'assegnazione di quote di emissione a tutti gli impianti appartenenti alle categorie elencate nell'Allegato I della direttiva, autorizzati all'emissione dei gas-serra dall'Autorità Nazionale Competente (ANC), con possibilità di scambio delle quote di emissione con altri impianti; ha inoltre stabilito l'istituzione di **registri nazionali** gestiti dagli Stati Membri e coordinati a livello centrale. Il monitoraggio e il *reporting* delle emissioni sono obblighi con-

nessi all'autorizzazione ricevuta, così come l'obbligo di restituire annualmente un quantitativo di quote corrispondente esattamente alle emissioni di CO<sub>2</sub> dell'impianto, calcolate per l'anno solare precedente.

L'acquisizione delle informazioni presenti nei registri nazionali ha permesso non solo il confronto INES-ETS per le emissioni di anidride carbonica dichiarate dagli impianti, ma anche l'ampliamento della base dati delle sorgenti puntuali, rendendo disponibili i dati sul consumo di combustibile – una delle variabili *proxy* (variabili correlate che descrivono il comportamento di un determinato fenomeno non osservabile direttamente) utilizzate per la stima dei quantitativi emessi dalle sorgenti puntuali – per un numero considerevole di nuove aziende.

### Trasporto su strada

Nell'IREA 2007 le emissioni legate al traffico veicolare circolante su strada sono state calcolate adottando il programma COPERT IV (*Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport*), che prevede una metodologia per il calcolo delle emissioni da trasporto giunta ormai alla sua quarta revisione.

Le novità legate all'utilizzo della nuova metodologia consistono in un maggior livello di dettaglio delle categorie veicolari (19 categorie) e, per ogni categoria, in una diversificazione in sei differenti classi emissive (da euro 0 a euro 5); nell'adozione di fattori di emissione modificati rispetto alle versioni precedenti, il cui utilizzo comporta un significativo incremento delle emissioni di NO<sub>x</sub> soprattutto per i veicoli Diesel.

La principale novità dell'IREA 2007 è però l'utilizzo di un grafo stradale (vedi figura 3.18) molto più dettagliato per la stima delle emissioni da traffico: le sorgenti lineari, associate ad elementi cartografici (archi stradali) identificati da coordinate di inizio e fine segmento, passano infatti dalle 2.403 del vecchio grafo alle 5.839 del nuovo.

Il grafo stradale precedente, essendo costituito da linee viarie semplificate, risultava solo uno degli *input* necessari per la metodologia di calcolo delle emissioni da traffico, le quali, fino alla versione antecedente dell'inventario regionale (IREA 2005), venivano quindi attribuite in *output* al territorio comunale; solo in un secondo tempo, nell'ambito della catena modellistica dispersiva, le emissioni – complessivamente prodotte dagli archi stradali appartenenti a ciascun comune, attribuite all'intero territorio comunale – venivano spazializzate, da un modello specifico (*Emission Manager-ArianeT*) sul *layer* cartografico delle strade.

Nell'inventario 2007 l'utilizzo del nuovo grafo stradale, a cui sono associate le informazioni relative alla georeferenziazione di ciascun arco, ai volumi di traffico differenziati per tipologia di veicolo e alle emissioni dei diversi inquinanti, consente di classificare ognuno degli archi stradali come singola sorgente emissiva lineare.

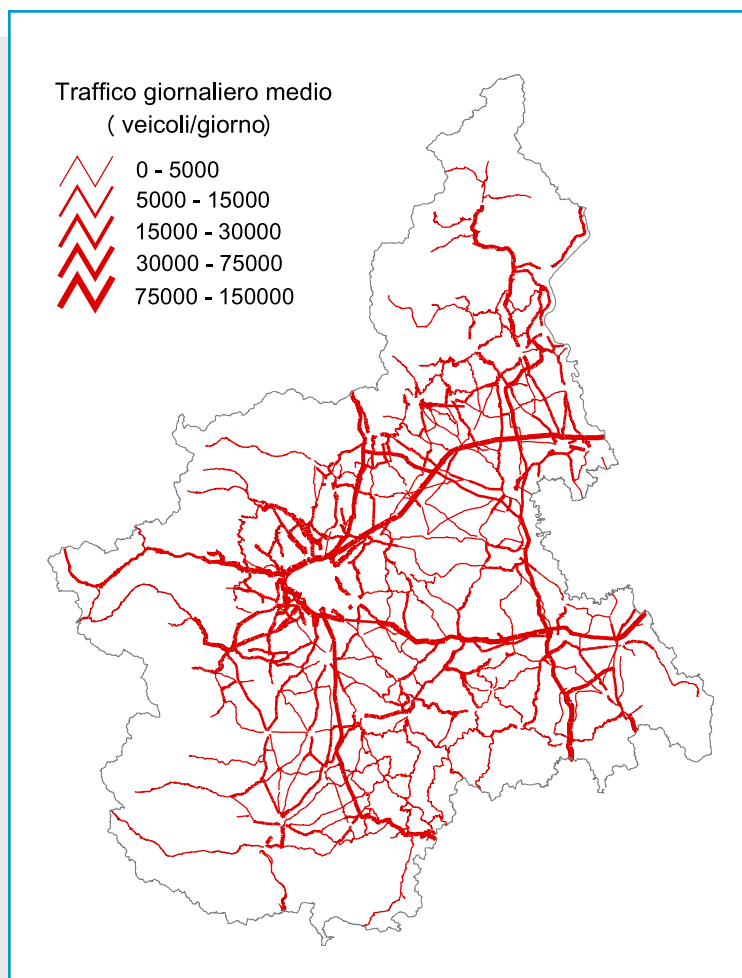


Figura 3.18 - Grafo stradale con flussi di traffico

Fonte: Regione Piemonte – CSI. Elaborazione Arpa Piemonte

#### Assorbimenti di anidride carbonica

L'IREA 2007 prevederà, secondo la metodologia adottata a livello nazionale, la stima degli assorbimenti, oltre che delle emissioni, di anidride carbonica.

Le biomasse vegetali degli ecosistemi forestali rivestono infatti un ruolo rilevante nell'immagazzinamento di *stock* di carbonio e quindi nella riduzione del contenuto di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Al momento risultano in fase di studio, nell'ambito di molti progetti nazionali e internazionali, sia i meccanismi di fissazione che la variazione della quantità di CO<sub>2</sub> fissata in funzione della quantità di anidride carbonica, della diversa capacità di assorbimento delle specie vegetali, delle diverse modalità di coltivazione. Notevoli fattori di incertezza derivano inoltre dalle metodologie di stima del carbonio per i diversi serbatoi forestali: biomassa epigea e ipogea, necromassa, lettiera, sostanza organica nei suoli, ecc.

Per tale motivo la Regione Piemonte sta effettuando ulteriori approfondimenti sul tema degli assorbimenti della CO<sub>2</sub>, colla-

borando a livello regionale con Ipla (Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente) e a livello nazionale con Ispra (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Un'analisi sul bilancio della CO<sub>2</sub>, effettuata con i dati dell'Inventario Nazionale delle Emissioni pubblicato da Ispra, è riportata nel paragrafo successivo dedicato a tale argomento.

#### Nuove attività emissive

La realizzazione degli inventari regionali delle emissioni non può prescindere dai processi di armonizzazione previsti a livello nazionale con l'Inventario Nazionale gestito da Ispra, e con la metodologia del modello RAINS-Italia (*Regional Air pollution INformation and Simulation*) per le analisi di scenario regionali. In tale contesto si colloca l'introduzione di nuove attività emissive nell'IREA 2007 precedentemente non valorizzate, quali ad esempio la combustione delle stoppie, la combustione di tabacco (sigarette e sigari), i fuochi d'artificio, il giardinaggio e altre attività domestiche.



## La validazione dell'Inventario Regionale delle Emissioni: l'attività di Arpa Piemonte

Una volta completata la realizzazione dell'Inventario Regionale delle Emissioni per alcuni comparti, Regione Piemonte ne fornisce ad Arpa Piemonte una prima versione da testare attraverso un processo di validazione congiunto inventario-sistema modellistico, che va dalle verifiche sui singoli stabilimenti al confronto dei risultati ottenuti dalla modellizzazione di emissioni stimate con differenti metodologie di calcolo.

### Verifica di funzionalità delle sorgenti puntuali

Il database delle sorgenti puntuali predisposto per il 2007 da Regione Piemonte – implementato numericamente grazie all'acquisizione di nuove fonti informative, come descritto nel paragrafo precedente – è stato sottoposto ad una serie di verifiche interne ad Arpa (presso i Dipartimenti e i Servizi Territoriali) per l'accertamento della effettiva apertura o dell'avvenuta chiusura delle singole sorgenti industriali nel corso dell'anno 2007 e per il riscontro della funzionalità dei cicli produttivi classificati nell'IREA.

### Acquisizione dei dati provenienti dai Sistemi Monitoraggio Emissioni

Poiché l'*input* emissivo per i modelli di dispersione deve necessariamente essere strutturato con cadenza oraria, il modulo temporale della catena modellistica per il trattamento delle emissioni in uso presso Arpa Piemonte (*Emission Manager*) distribuisce la sommatoria emissiva (fornita dall'IREA in tonnellate/anno) sull'anno solare frazionandola su base oraria, tenendo conto degli specifici profili temporali associati ad ogni tipologia di sorgente.

Limitatamente ad alcuni impianti di una certa rilevanza, caratterizzati da una funzionalità a regime variabile, risultando non corretta l'attribuzione di una modulazione temporale *standard* ai fini della modellizzazione, Arpa ha concordato con Regione Piemonte di sfruttare il sistema di controllo in continuo degli impianti soggetti a SME (Sistema Monitoraggio Emissioni) per estrarre una serie di parametri che, opportunamente elaborati, possono essere utilizzati non solo per la valutazione delle quantità realmente emesse nell'anno, ma anche per la realizzazione di modulazioni temporali specifiche per ciascun impianto monitorato.

### Approfondimenti sul comparto traffico

Come è già stato anticipato nel paragrafo precedente, per quanto riguarda il comparto traffico (Macrosettore 7) l'IREA 2007 viene realizzato con la metodologia COPERT IV.

Per verificare gli effetti che l'applicazione della nuova metodologia avrebbe comportato, è stata prodotta una versione dell'inventario 2005, che è stata testata da Arpa Piemonte

utilizzando i propri sistemi modellistici: sono stati posti a confronto i diversi *input* emissivi – predisposti variando la metodologia di calcolo delle emissioni da traffico – attraverso l'analisi comparata dei risultati della modellizzazione delle emissioni (mappe delle pressioni emissive georiferite su una griglia 4x4 km).

Le caratteristiche principali dei due *input* emissivi posti a confronto, relativamente alle emissioni da traffico su strada, possono essere così sintetizzate:

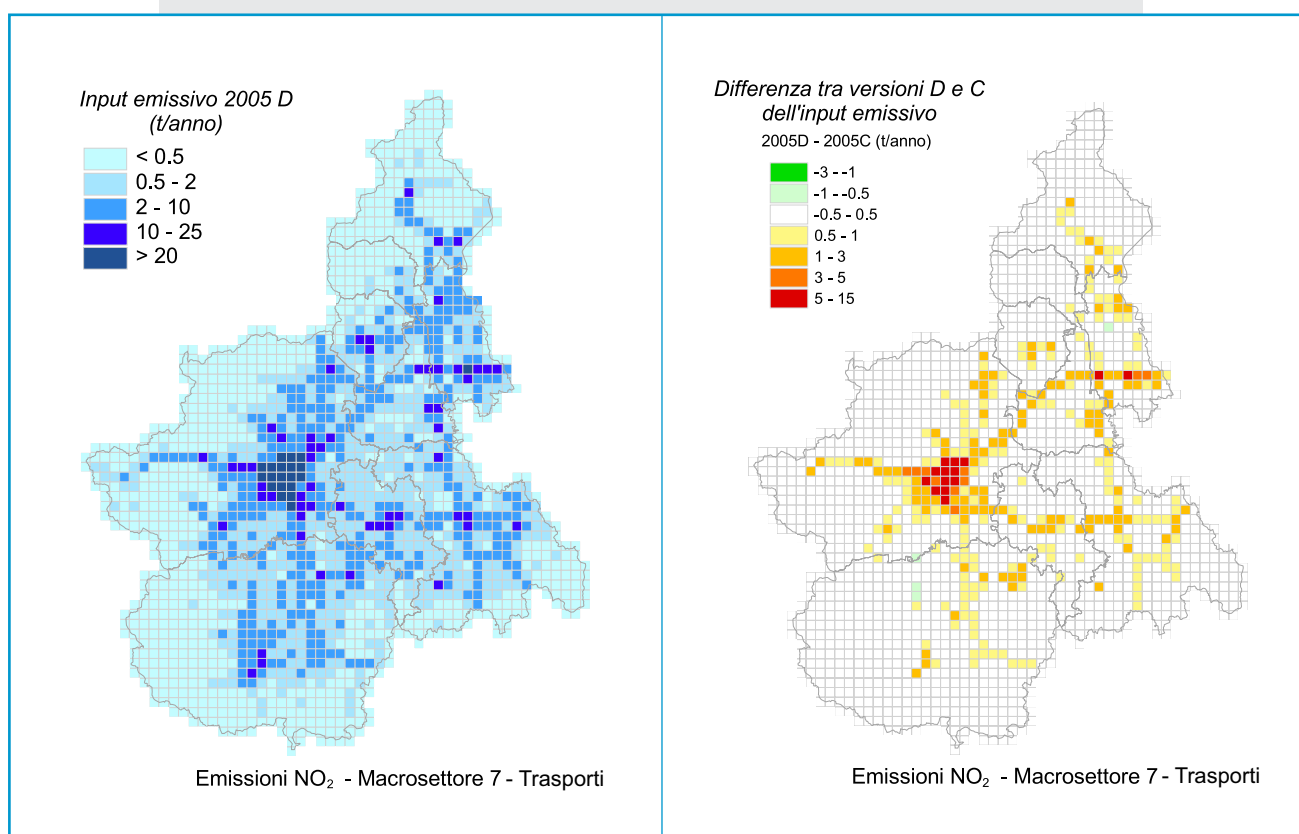
- versione 2005 originale (2005 C): parco auto 2005, grafo stradale vecchio, metodologia di calcolo delle emissioni COPERT III
- versione 2005 modificata (2005 D): parco auto 2005, grafo stradale vecchio, metodologia di calcolo delle emissioni COPERT IV.

La figura 3.19 riporta un esempio delle elaborazioni effettuate: come si può facilmente rilevare, l'utilizzo della metodologia COPERT IV (adottata nella versione D) porta ad una emissione più elevata di biossido di azoto da parte del traffico; le concentrazioni simulate dal modello di dispersione per tale inquinante risultavano infatti sottostimate nella versione 2005 C rispetto ai dati misurati dalla rete di monitoraggio, comportando anche una sottostima della produzione di particolato di origine secondaria. Sono in corso i test di utilizzo dell'inventario 2005 D nell'ambito del modello di dispersione, per poter valutare l'effettivo miglioramento dei risultati in termini di concentrazioni simulate.

### Attivazione di un Gruppo di Lavoro sulle emissioni

Poiché la caratterizzazione quali-quantitativa delle pressioni emissive incidenti su un determinato territorio risulta indispensabile, nell'ambito delle metodologie di valutazione integrata del territorio, per il conseguimento di alcuni dei risultati strategici definiti dagli obiettivi istituzionali assegnati ad Arpa Piemonte dal Comitato Regionale di Indirizzo, nel corso del 2008 è stato costituito – internamente ad Arpa – un Gruppo di lavoro finalizzato all'implementazione e integrazione delle informazioni necessarie sia all'aggiornamento dell'IREA, a supporto della Regione Piemonte, sia alla predisposizione dell'*input* emissivo utilizzato nella modellistica di dispersione degli inquinanti in atmosfera. Il gruppo di lavoro si è posto come obiettivo preliminare la definizione e valutazione delle fonti informative disponibili in Arpa relativamente alle sorgenti emissive piemontesi – quali procedure autorizzative (IPCC, AIA, VIA), SME (Sistemi di Monitoraggio Emissioni), verifiche ispettive da parte dei Servizi Territoriali di tutela e vigilanza – nell'ottica di una condivisione sinergica delle diverse esperienze nel campo delle emissioni.

Figura 3.19 - Emissioni di biossido di azoto rappresentate su griglia: mappa delle quantità emesse annualmente secondo la versione 2005 D (a sinistra) e mappa delle differenze tra la versione 2005 D e 2005 C (a destra)



Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

## Il bilancio dell'anidride carbonica

**Monica Clemente, Elisabetta Giovenali**  
Arpa Piemonte

Il bilancio dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) – inteso come il risultato della sommatoria tra emissioni e assorbimenti – assume diverse valenze: da un lato mette in rapporto la pianificazione regionale con il dibattito sui cambiamenti climatici globali (Kyoto), dall'altro si sovrappone alla normativa europea sulla qualità dell'aria ambiente nell'individuazione delle fonti di inquinamento e delle misure necessarie per la sua riduzione. Il bilancio di CO<sub>2</sub> risulta inoltre uno strumento di analisi degli impatti antropogenici sulla biosfera che prefigura nuovi ambiti di indagine conoscitiva e nuove forme di gestione del territorio. L'Inventario Nazionale delle Emissioni, realizzato da Ispra e rilasciato con riferimento all'anno 2005, permette di effettuare il bilancio di CO<sub>2</sub>, in quanto prevede la stima degli assorbimenti, oltre che delle emissioni di anidride carbonica. Nella figura 3.20 è rappresentato graficamente, dal punto di vista quantita-

tivo (tonnellate/anno), il confronto tra emissioni e assorbimenti di CO<sub>2</sub> per le otto province piemontesi. Come si può osservare, anche se in termini di immagazzinamento del carbonio primeggiano le province di Torino e Cuneo, il bilancio risulta positivo per la maggior parte delle province, ad eccezione di quella di Verbania, che può vantare un bilancio negativo pari a circa 1.000.000 t/a di CO<sub>2</sub>, seguita dalle province di Cuneo e Biella, che presentano un bilancio prossimo allo zero.

Va sottolineato che se da un lato il bilancio dell'anidride carbonica presuppone un approccio di tipo globale, che mal si concilia con il livello di dettaglio provinciale (Inventario Nazionale) o comunale (Inventari Regionali), dall'altro la realizzazione degli Inventari segue il principio di responsabilità, ossia vengono quantificate tutte le emissioni che, pur non essendo rilasciate all'interno dell'unità territoriale (provincia e comune), sono però

da attribuirsi alle attività del territorio stesso; i dati di assorbimento contenuti negli Inventari - stimati sulla base di Uso delle Terre, Cambiamento di Uso delle Terre e Selvicoltura, in accordo con le Linee Guida e le Buone Pratiche IPCC - possono comunque fornire indicazioni di massima sulla differente potenzialità

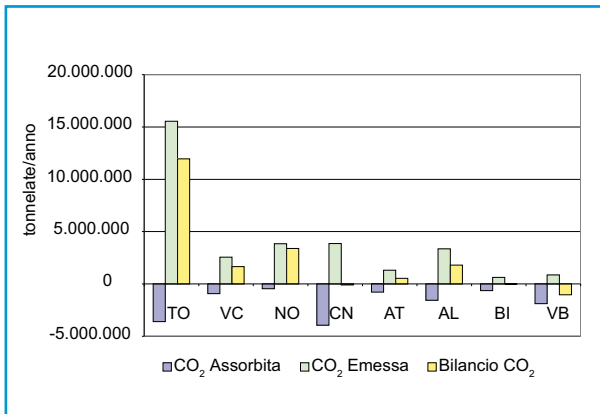


Figura 3.20 - Bilancio dell'anidride carbonica - anno 2005

Fonte: Ispra. Elaborazione Arpa Piemonte

### Gli assorbimenti di anidride carbonica

L'Inventario Nazionale delle Emissioni è in grado di quantificare per l'anno 2005 gli assorbimenti di CO<sub>2</sub> da parte dei diversi serbatoi di carbonio. Come già commentato nel paragrafo precedente, anche l'Inventario Regionale delle Emissioni riferito all'anno 2007, al momento non disponibile in quanto in fase di ultimazione, prevederà la stima degli assorbimenti in aggiunta alle emissioni di CO<sub>2</sub>, in adeguamento alla metodologia adottata al livello nazionale. Gli istogrammi riportati in figura 3.21 riproducono i quantitativi di CO<sub>2</sub> assorbita secondo le stime dell'Inventario Nazionale, differenziando i contributi apportati dalla biomassa epigea e ipogea, dalla lettiera, dalla necromassa e dalla sostanza organica presente nei suoli. Appare evidente che la biomassa vegetale e le sostanze umificate dei suoli rivestono un ruolo prioritario nello stoccaggio di carbonio, contribuendo insieme a circa il 90% dell'assorbimento: le piante partecipano al sequestro di anidride carbonica attraverso il processo fotosintetico, i suoli attraverso diversi cicli biogeochimici. Sulla base di tali stime, si può desumere che la promozione di azioni in grado di favorire l'assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte dei sistemi agroforestali può rappresentare un valido strumento nell'ambito delle politiche di riduzione dei gas serra.

### Le emissioni di anidride carbonica

Il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei gas serra stabiliti dal protocollo di Kyoto possono essere perseguiti agendo

di stoccaggio di carbonio da parte delle diverse province. Si puntualizza inoltre che le valutazioni di seguito presentate non sono espresse in termini di CO<sub>2</sub> equivalente, non essendo stati presi in considerazione gli altri gas clima-alteranti (metano e protossido di azoto).

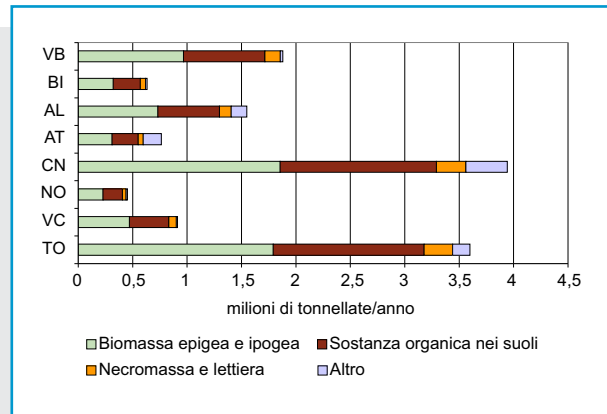


Figura 3.21 - Assorbimenti di anidride carbonica. Ripartizione per provincia e per categoria di assorbimento - anno 2006

Fonte: Ispra. Elaborazione Arpa Piemonte

in due diverse direzioni: adottando misure agro-forestali per la compensazione delle emissioni, come è già stato accennato nel paragrafo precedente, e prevedendo interventi di riduzione delle emissioni.

Per quanto riguarda l'individuazione delle principali sorgenti di emissione, per l'anno 2005 risultano disponibili sia i dati dell'Inventario Nazionale (ISPRA) che quelli dell'Inventario Regionale (IREA, Regione Piemonte).

La rappresentazione grafica di figura 3.22 - nella quale sono poste a confronto le emissioni di anidride carbonica, ripartite a livello provinciale, per i due inventari - consente di apprezzare una significativa coerenza tra il livello nazionale (dati di emissione con dettaglio provinciale) e il livello regionale (disaggregazione dei dati con dettaglio comunale). Tale coerenza è uno dei risultati del Tavolo tecnico interregionale "Inventario Nazionale e Inventari locali delle emissioni", coordinato da Ispra, a cui partecipano sia Regione Piemonte che Arpa Piemonte.

Come si può osservare nel grafico, la provincia di Torino risulta la principale responsabile delle emissioni piemontesi di CO<sub>2</sub> (44% sul totale, secondo i dati IREA), seguita, a una certa distanza, dalle province di Cuneo (17%) e Novara (13%). Nelle figure successive si riportano le elaborazioni effettuate utilizzando l'Inventario Regionale (IREA 2005), in modo da disporre dei dati emissivi al massimo livello di dettaglio disponibile. L'esame qualitativo dei dati - effettuato in figura 3.23 analizzando le emissioni a livello di Macrosettore SNAP (*Selected Nomenclature for Air pollution*) - evidenzia, per tutte le province,

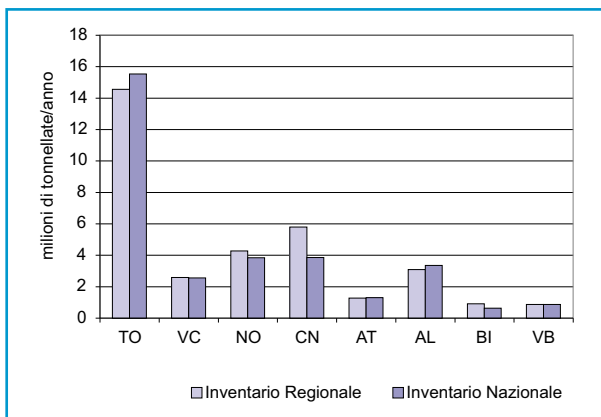


Figura 3.22 - Emissioni di anidride carbonica. Confronto tra Inventario Nazionale e Inventario Regionale - anno 2005

Fonte: Ispra, Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

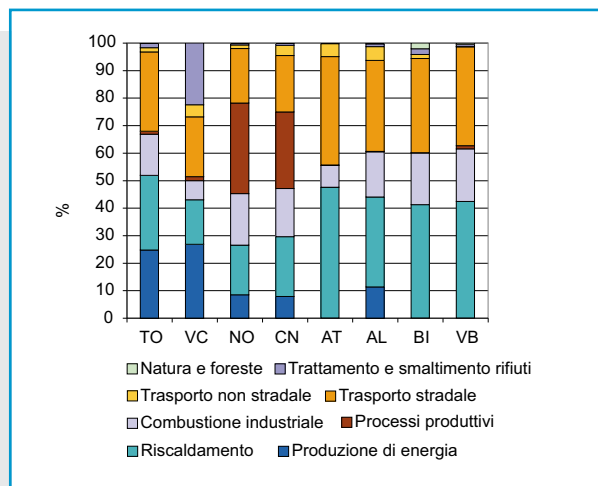


Figura 3.23 - Emissioni di anidride carbonica. Ripartizione per provincia e per comparto emittente - anno 2005

Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

un maggior contributo in termini percentuali da parte dei comparti trasporto e riscaldamento; a livello locale emergono inoltre responsabilità di un certo rilievo legate alla produzione di energia (centrali termoelettriche) e al comparto industriale (cementifici, lavorazione di prodotti petroliferi).

Per individuare gli interventi di riduzione delle emissioni di anidride carbonica, una volta identificati i comparti che rappresentano le principali fonti emittenti, risulta necessario effettuare

una serie di ulteriori approfondimenti. Per quanto riguarda il settore **trasporto su strada**, nella figura 3.24 le emissioni di CO<sub>2</sub> sono differenziate per tipologia di veicolo: automobili, veicoli leggeri (inferiori a 3,5 tonnellate), veicoli pesanti (superiori a 3,5 tonnellate) e motocicli.

Nell'ambito di ciascuna categoria veicolare, è stato poi verificato il contributo emittente legato alla tipologia di alimentazione (benzina, diesel, GPL, metano).

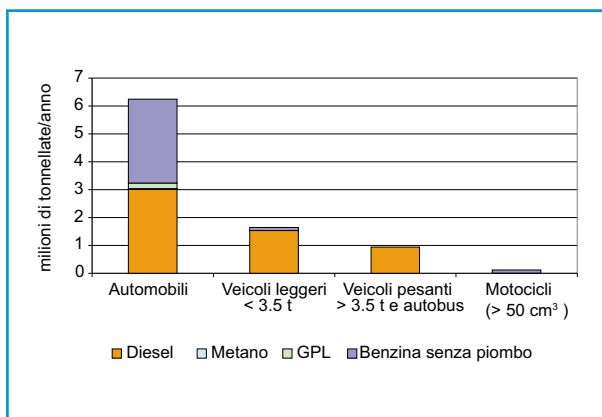


Figura 3.24 - Emissioni di anidride carbonica da traffico. Ripartizione per tipologia di veicolo e per combustibile - anno 2005

Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

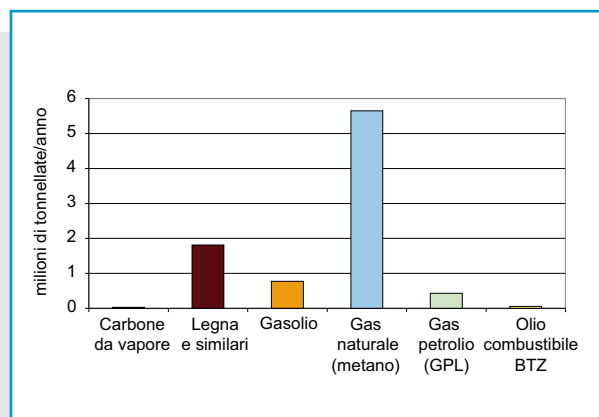


Figura 3.25 - Emissioni di anidride carbonica da riscaldamento. Ripartizione per combustibile - anno 2005

Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte

Esaminando la figura, risulta evidente che le emissioni di anidride carbonica legate al traffico sono dovute in massima parte alle autovetture e in minor misura ai veicoli leggeri e pesanti; per quanto riguarda la tipologia di combustibile, l'alimenta-

zione a benzina e l'alimentazione diesel si ripartiscono circa al 50% la responsabilità del quantitativo di CO<sub>2</sub> emesso dalle automobili.

Il quadro emissivo sui trasporti elaborato a partire dai dati pre-

senti nell'IREA non fornisce però una fotografia completa della situazione, essendo il risultato della combinazione di diverse variabili – composizione del parco auto circolante, percorrenze medie legate a ciascuna tipologia di veicolo, flussi di traffico associati ai diversi tratti stradali, ecc. – nell'ambito del modello INEMAR.

Ad integrazione della figura precedente, la composizione del parco auto piemontese analizzata in termini di combustibile utilizzato evidenzia che gli autoveicoli alimentati a benzina sono il doppio di quelli alimentati a gasolio; ne consegue che una pari quantità di anidride carbonica è prodotta da un numero più che doppio di veicoli (quasi 1.900.000 auto a benzina contro circa 750.000 diesel – dati 2005) indicando le autovetture diesel come maggiormente inquinanti in relazione alla CO<sub>2</sub>.

Tali informazioni possono costituire un valido supporto per la predisposizione di misure finalizzate alla riduzione delle emissioni da traffico di anidride carbonica: esaminando i grafici sopra riportati, sembrerebbero convenienti, ad esempio, interventi di pianificazione mirati ad incentivare sia l'utilizzo di

mezzi pubblici (in modo da diminuire l'uso dell'autovettura privata) sia l'acquisto di autovetture alimentate con combustibili più "ecologici" (GPL e metano).

L'approfondimento relativo al settore traffico è stato effettuato anche per il comparto costituito dagli **impianti termici civili**: nella figura 3.25 il quantitativo di anidride carbonica emesso annualmente per il riscaldamento domestico è ripartito per combustibile: carbone, biomassa legnosa, gasolio, metano, GPL e olio combustibile. La maggior parte delle emissioni di anidride carbonica legate al riscaldamento civile sono prodotte da impianti a metano, e, in minor misura, dalla combustione della legna e del gasolio.

In realtà l'informazione quantitativa presente nell'IREA sulle emissioni da riscaldamento – stimata tenendo conto di variabili quali fattori di emissione, superfici riscaldate, percentuale annua di abitabilità, età dell'impianto, ecc. – spesso non può prescindere dall'informazione di base utilizzata per il calcolo delle emissioni stesse.

In tale ottica nella figura 3.26 sono stati posti a confronto i fattori di emissione adottati per la stima delle emissioni riportate nella figura precedente: come si può rilevare, la produzione di CO<sub>2</sub> (espressa in kg/Gj) è nettamente superiore per la legna e per il carbone, mentre il metano risulta il combustibile meno inquinante.

Dalle elaborazioni sopra riportate emerge quindi la necessità di politiche che da una parte favoriscano la diffusione di sistemi di riscaldamento a minor impatto sull'ambiente (teleriscaldamento e riscaldamento a metano, ad esempio) dall'altra prevedano incentivi sull'acquisto di impianti a tecnologia avanzata (caldaie a condensazione, camini chiusi con ricircolo dei fumi, ecc.) e sull'installazione di impianti solari termici.

Poiché la pianificazione regionale e nazionale in tema di riduzione dell'inquinamento atmosferico (in particolare da biossido di azoto e PM<sub>10</sub>) si sovrappone agli interventi di riduzione dell'anidride carbonica, emerge la necessità di una sempre maggior sinergia tra Piani Energetici e Piani di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria.

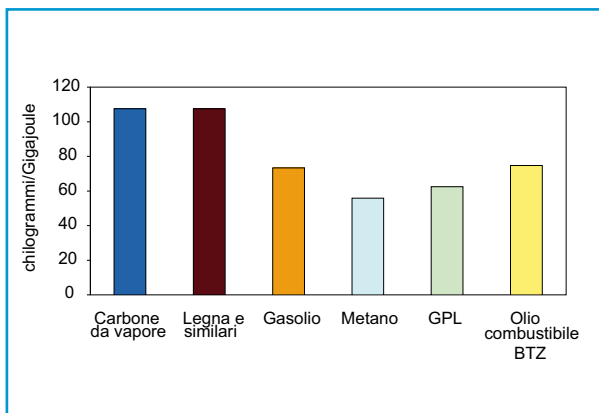


Figura 3.26 - Fattori di emissione per l'anidride carbonica da riscaldamento. Ripartizione per combustibile - anno 2005

Fonte: Regione Piemonte. Elaborazione Arpa Piemonte