



## 3 ARIA

A cura di

**Paola Boschetti** – Arpa Piemonte, Area Ricerca e Studi;  
**Mauro Maria Grosa** - Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino

La qualità dell'aria nel 2002 è stata caratterizzata da un inizio d'anno decisamente critico, il perdurare di condizioni anticicloniche ha determinato una scarsa dispersione degli inquinanti, mentre negli ultimi mesi dell'anno l'elevata instabilità atmosferica ha determinato una qualità dell'aria insolitamente buona per il periodo.

Nel periodo estivo i valori di ozono, tipico inquinante secondario, sono stati elevati rispetto ai limiti normativi mentre nel periodo freddo sono state le polveri inalabili a evidenziare le condizioni più critiche.

L'aria è trattata sinteticamente in termini di indicatori di stato (per il monitoraggio dei parametri chimici), indicatori di impatto (per il biomonitoraggio e la mutagenesi ambientale), indicatori di pressione (per le emissioni in atmosfera) e indicatori di risposta (atti amministrativi e normativi), nell'ambito del modello DPSIR, descrivendo, ove possibile, i principali indicatori proposti dal Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni (CTN-ACE, 2000) e la loro evoluzione tem-

porale. Sono inoltre riportate alcune esperienze che evidenziano la percezione del problema dell'inquinamento atmosferico da parte della popolazione.

### 3.1 QUALITÀ DELL'ARIA

Nell'ultimo lustro la qualità dell'aria ha sicuramente subito l'influenza delle modifiche qualitative e quantitative delle pressioni rappresentate principalmente dai settori del trasporto, delle attività produttive e della generazione di energia. Le emissioni del trasporto veicolare su strada, soprattutto privato, hanno subito un notevole decremento grazie alla sempre maggiore diffusione dei dispositivi catalitici anche se tali dispositivi non riducono le emissioni del biossido di carbonio, considerato il principale prodotto di origine antropica, responsabile del cosiddetto effetto serra. Altri esempi sono riferibili al miglioramento dei processi produttivi, in termini di emissioni, e alla diminuzione della frazione dei combustibili di scarsa qualità per la generazione di energia. Questi cambiamenti si riflettono in un complessivo miglioramento della qualità dell'aria, in particolare per le aree ad elevata concentrazione di sorgenti emmissive, soprattutto per gli inquinanti primari ovvero emessi come tali (monossido di carbonio, benzene, metalli pesanti, ecc.). Al fine di illustrare alcuni aspetti della situazione della qualità dell'aria si è scelto di utilizzare come indicatori di



Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello territoriale	Anni di riferimento	Disponibilità dei dati	Andamento numerico	Stato Ambientale
CO - sup. media 8 ore	S	numero	Provinciale	2002	☺	↗	☹
CO - massima media 8 ore	S	mg/m <sup>3</sup>	Provinciale	2002	☺	↗	☹
NO <sub>2</sub> - sup. limite orario	S	numero	Provinciale	2002	☹	↗	☹
NO <sub>2</sub> - media annua	S	μg/ m <sup>3</sup>	Provinciale	2002	☹	↗	☹
O <sub>3</sub> - sup. limite orario	S	μg/ m <sup>3</sup>	Provinciale	2002	☹	↘	☹
O <sub>3</sub> - sup. limite prot. vegetazione	S	numero	Provinciale	2002	☹	↔	☹
PM10 - media annua	S	μg/ m <sup>3</sup>	Provinciale	2002	☹	↗	☹
PM10 - sup. limite giornaliero	S	μg/ m <sup>3</sup>	Provinciale	2002	☹	↔	☹
Benzene - media annua	S	μg/ m <sup>3</sup>	Provinciale	2002	☹	↘	☹
Rapporto di mutagenicità (test di Ames)	I	MR/ m <sup>3</sup>	Puntuale	1999 - 2002	☹	↘	☹
Biodiversità lichenica	I	BL	Puntuale	2001 - 2002	☺		☹
Esposti	I	numero	Provinciale	2002	☹		
Precursori O <sub>3</sub>	P	t/anno*	Regionale	1997	☺		☹
Sostanze acidificanti	P	t/anno*	Regionale	1997	☺		☹
Gas serra	P	t/anno*	Regionale	1997	☺		☹

\* le quantità assolute di ogni inquinante sono state moltiplicate con opportuni coefficienti in relazione al loro contributo potenziale

stato i livelli degli inquinanti più significativi in termini di:

- disponibilità di dati sul territorio
- attuale rilevanza per l'impatto sull'uomo e/o sull'ambiente
- conformità alla normativa nazionale o europea vigente
- corrispondenza con gli indicatori prioritari individuati dal CTN-ACE.

Come indicatori statistici di ciascun inquinante, in carenza di specificazioni ulteriori da parte del CTN-ACE, sono stati adottati quelli che consentono attualmente la migliore stima degli impatti di tipo acuto (es. il numero dei superamenti di un limite di concentrazione, su base temporale massima giornaliera) e di tipo cronico (es. la concentrazione media su base annua) dovuti ad inquinamento atmosferico. In proposito si è cercato di utilizzare, compatibilmente con i dati disponibili e le caratteristiche sperimentali delle stazioni in alcune province, gli indicatori statistici previsti a livello europeo: in particolare quelli recepiti dal Decreto Ministeriale n° 60 dell'aprile 2002.

Per la classificazione delle stazioni si è fatto riferimento a quanto previsto dal Decreto sopra citato ed alla relativa documentazione europea.

Le stazioni fisse Arpa / Provincia sono state classificate in tre tipologie (traffico, fondo ed industria) in modo da consentire aggregazioni dei dati significative, anche dal punto di vista numerico, a livello provinciale. Di fatto il tipo di stazione "industria" non viene considerato in quanto i parametri misurati non hanno l'impianto indu-

striale come sorgente puntuale. Tale classificazione non ha una corrispondenza con le Zone individuate dal Piano regionale di risanamento della qualità dell'aria: la classificazione della stazione è specifica della sua localizzazione all'interno del territorio comunale, mentre la Zona classifica l'intero comune.

L'anno considerato è il 2002 e i dati prodotti dalle reti sono disponibili presso le Province territorialmente competenti.

Per un maggiore dettaglio sulla dotazione strumentale delle stazioni e sull'ubicazione delle medesime si rinvia al CD o al sito internet [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it).

Per Asti la sostituzione del software di acquisizione e trasmissione dati non ha permesso di avere, in tempo utile, un database dal quale dedurre gli indicatori statistici; per l'ozono si è fatta eccezione visto che i dati del periodo estivo erano disponibili.

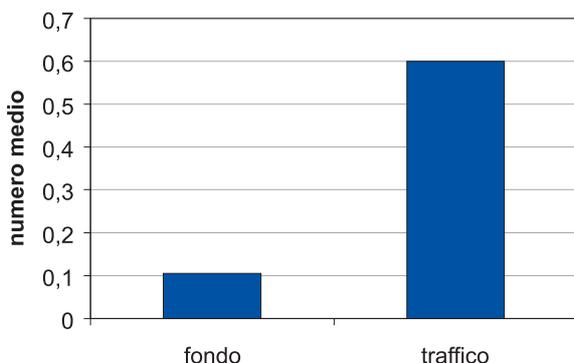
I dati prodotti dalle reti private non sono riportati nel presente rapporto.

### 3.1.1 MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Gli indicatori statistici utilizzati, calcolati su base annua, hanno come riferimento normativo nazionale il D.M. n° 60 del 2/4/2002 e sono:

- il superamento della media mobile delle 8 ore, overosia il numero medio dei superamenti del limite (10 mg/m<sup>3</sup>) della media mobile sulle 8 ore (24 gruppi giornalieri);

Figura 3.1 - CO: superamenti della media mobile delle 8 ore - anno 2002

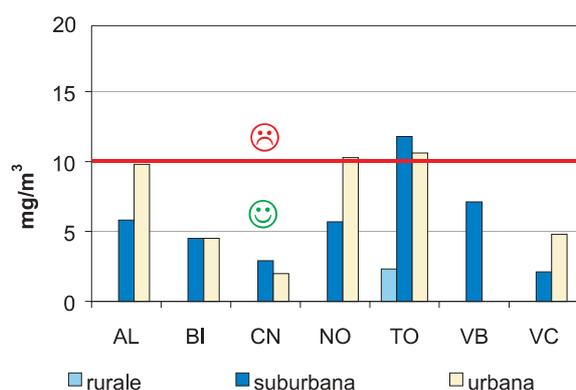


Fonte: Arpa Piemonte

Nelle stazioni caratterizzate da traffico veicolare, il valore medio del numero dei superamenti del limite delle 8 ore è nettamente superiore a quello riscontrato nelle stazioni non direttamente interessate dal traffico (stazioni di fondo). Il numero dei superamenti del limite ( $10 \text{ mg/m}^3$ ) è nelle province di Torino e di Novara inferiore a 10; le altre realtà provinciali presentano situazioni migliori. È comunque da rilevare che il CO, analogamente agli altri inquinanti primari emessi dagli autoveicoli (benzene, ossidi di azoto e polveri), può determinare situazioni critiche anche in aree non urbane caratterizzate da elevati flussi veicolari.

- il massimo della media mobile delle 8 ore, overosia il valore massimo assoluto della media mobile delle 8 ore (24 gruppi giornalieri).

Figura 3.2 - CO: massimo della media mobile delle 8 ore - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

Le stazioni collocate in zone urbane o suburbane presentano valori superiori rispetto a quelle inserite in un contesto rurale e comunque non superiori a  $11 \text{ mg/m}^3$ ; ciò è evidente nella provincia di Torino dove sono disponibili le diverse tipologie di zona. Nella maggior parte delle province i valori sono comunque bassi quale che sia la zona nella quale è collocata la stazione.

Il primo indicatore rappresenta, soprattutto per le aree dove il traffico veicolare costituisce la sorgente principale di inquinamento atmosferico, una stima dell'impatto sullo stato dell'aria provocato dai trasporti.

Il secondo indicatore discrimina in modo più efficace le diverse tipologie di zona, anche in casi in cui non sussiste alcun superamento del limite considerato. In conclusione, tenendo conto anche degli anni precedenti, le concentrazioni di monossido di carbonio sono in fase di riduzione anche se tale tendenza può presentare un arresto dovuto alla presenza di periodi invernali caratterizzati da marcate condizioni anticicloniche.

### 3.1.2 BIOSSIDO DI AZOTO (NO<sub>2</sub>)

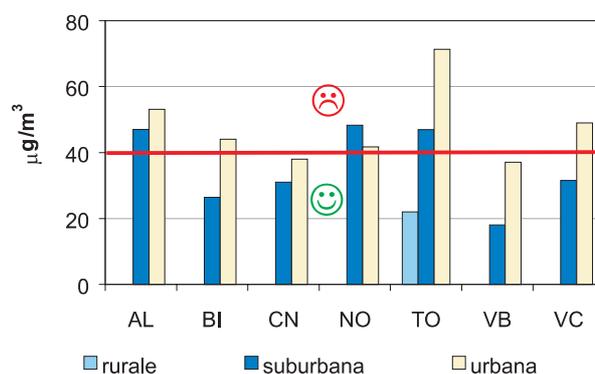
Gli indicatori statistici utilizzati, calcolati su base annua, hanno come riferimento normativo nazionale il D.M. n° 60 del 2/4/2002 e sono:

- la media del numero di superamenti del limite orario, overosia il numero medio dei superamenti del limite orario ( $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) da non superare più di 18 volte all'anno;
- la media annua, overosia la media dei valori delle medie annue che hanno come limite  $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  da raggiungere entro il 2010.

Il primo indicatore rappresenta, soprattutto per le aree dove il traffico veicolare costituisce la sorgente principale di inquinamento atmosferico, una stima degli episodi acuti della concentrazione di tale inquinante.

Il secondo indicatore discrimina in modo più efficace le

Figura 3.3 - NO<sub>2</sub>: medie annue - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

Si osserva che nelle zone urbane sono presenti valori medi annui superiori a quelli misurati nelle zone suburbane e rurali (valore limite  $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ); ciò è evidente in quasi tutte le province ed in modo particolare in quella di Torino dove sono disponibili i diversi tipi di zona.



diverse tipologie della zona ove sono collocate le stazioni (rurale, suburbana e urbana) anche in casi in cui non sussiste alcun superamento del limite orario. Per quanto riguarda questo indicatore, le situazioni più critiche si riscontrano episodicamente nelle stazioni inserite in zone urbane o suburbane ed in modo particolare nelle province di Torino, Novara ed Alessandria, nelle altre province non si sono verificati superamenti di tale limite.

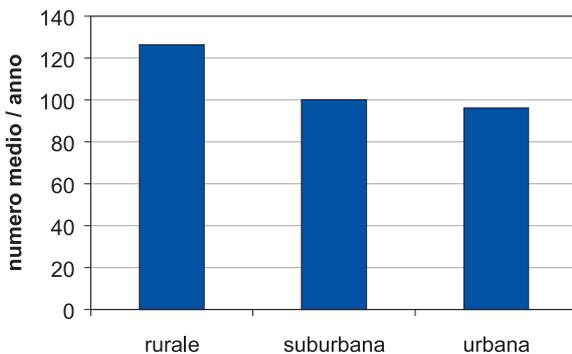
In conclusione, le concentrazioni del biossido di azoto non mostrano marcati segni di diminuzione, anzi a Torino si nota un rialzo della media annua, anche se su base decennale nella città capoluogo di regione si è assistito ad un lieve miglioramento della situazione; per le aree più critiche il rispetto del limite annuale è ancora lontano e molto dovrà essere fatto per rispettare la normativa.

### 3.1.3 OZONO (O<sub>3</sub>)

Gli indicatori statistici utilizzati, calcolati su base annua, hanno come riferimento normativo nazionale il D.M. 16/5/1996 e sono:

- i superamenti del limite orario, overossia il numero

Figura 3.4 - O<sub>3</sub>: superamenti del limite giornaliero - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

Questo indicatore, riferito alla protezione della vegetazione, evidenzia la consistenza dei superamenti del limite e la presenza di una elevata omogeneità nelle differenti zone, dovuta all'espressione statistica dell'indicatore che è meno episodico della media oraria.

Il superamento del limite interessa, in alcuni casi, oltre 120 giorni all'anno collocati nel periodo primaverile - estivo. Questo effetto interessa in modo particolare le zone rurali e suburbane, dove la maggiore omogeneità degli andamenti durante l'intero giorno determina valori medi giornalieri più elevati rispetto alle zone urbane.

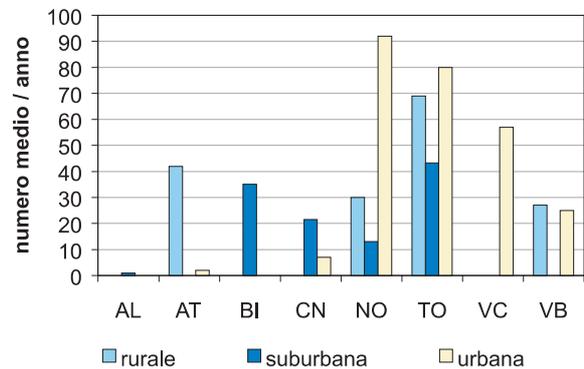
medio dei superamenti del limite orario (180 µg/m<sup>3</sup>);

- i superamenti del limite giornaliero, overossia il numero medio dei superamenti del limite giornaliero per la protezione della vegetazione (65 µg/m<sup>3</sup>).

Il primo indicatore rappresenta una stima degli episodi di picco orario, preminentemente di interesse sanitario, della concentrazione di tale inquinante mentre il secondo indicatore, di tipo ambientale, è riferito ai potenziali danni della vegetazione esposta.

In conclusione si può affermare che le concentrazioni dell'ozono non mostrano una tendenza netta, sia in diminuzione sia in aumento, almeno nell'ultimo quinquennio; anche su base decennale nella città di Torino non è evidente una tendenza. Di fatto questo inquinante rappresenta e rappresenterà un problema di difficile soluzione.

Figura 3.5 - O<sub>3</sub>: superamenti del limite orario - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

Le situazioni più critiche si riscontrano praticamente in tutti i tipi di zona.

La presenza di una importante sorgente di precursori della sintesi fotochimica dell'ozono troposferico (ossidi di azoto e composti organici volatili), rappresentata dall'area metropolitana torinese, fa sì che in provincia di Torino si rilevino complessivamente i valori più elevati e si oltrepassino, come media, i 60 superamenti annui.

Con l'eccezione di Novara le altre province presentano una situazione assai più tranquilla, almeno nei siti monitorati.

### 3.1.4 POLVERI INALABILI (PM10)

Gli indicatori statistici utilizzati, calcolati su base annua, hanno come riferimento normativo nazionale il D.M. 2/4/2002 e sono:

- i superamenti del limite giornaliero, overossia il numero medio dei superamenti del limite giornaliero (50 µg/m<sup>3</sup>);
- la media annua, overossia il valore medio delle medie annue (40 µg/m<sup>3</sup>).

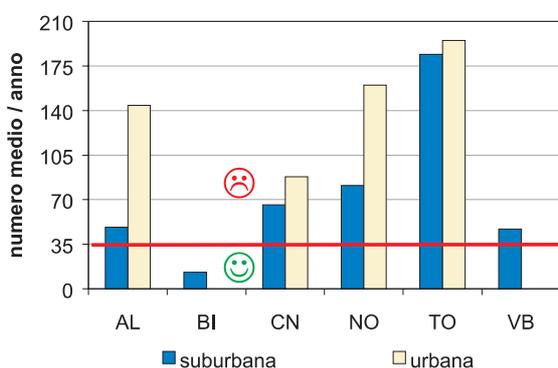
Gli indicatori statistici utilizzati sono il valore medio delle medie annue (il limite per la media annua è di 40 µg/m<sup>3</sup>)



e il valore medio del numero di superamenti del limite giornaliero (il superamento di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non è consentito oltre 35 giorni su base annua).

Non sono disponibili serie storiche significative e sono quindi riportati i dati misurati nelle province di Torino, Biella e Novara, tenendo conto che in provincia di Biella si utilizza una strumentazione che adotta un metodo di misura diverso da quello di riferimento e che per Vercelli le medie sono riferite alla seconda metà dell'anno. A Torino i valori medi annui hanno mostrato un lieve incremento rispetto a quelli dell'anno precedente mentre a Biella sono rimasti sostanzialmente uguali.

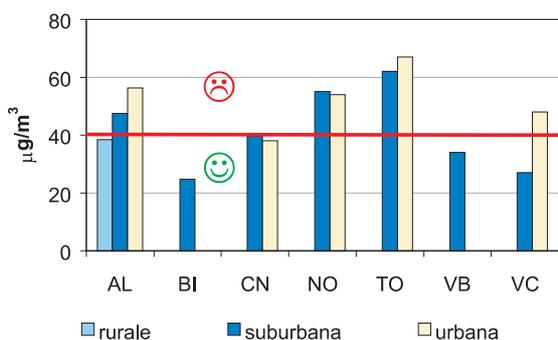
Figura 3.6 - PM10: superamenti del limite giornaliero - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

Questo indicatore fornisce una misura degli episodi di picco, calcolati su base giornaliera, della concentrazione di polveri inalabili. La situazione più critica si riscontra nelle principali aree urbane dove i superamenti del limite raggiungono valori decisamente elevati (oltre cinque volte il numero ammesso).

Figura 3.7 - PM10: medie annue - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

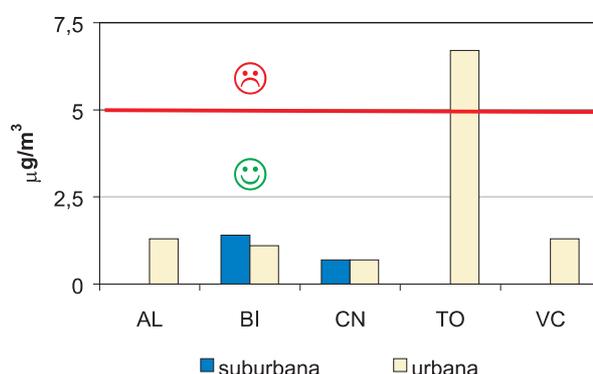
Le concentrazioni nelle stazioni urbane o suburbane sono maggiori di quelle rilevate nelle aree rurali e sovente superano il limite. Nelle città di Novara ed Alessandria i valori sono simili a quelli misurati nel capoluogo piemontese; negli altri siti la situazione è migliore.

### 3.1.5 BENZENE

Come indicatore statistico è stata utilizzata la media annua il cui limite attuale, secondo il D.M. n° 60 del 2/4/2002, è  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da rispettare entro il 2010.

Le concentrazioni nella città di Torino sono nettamente più elevate di quelle misurate nelle altre province. La serie storica disponibile a Torino indica una spiccata tendenza verso la diminuzione dei valori, comunque superiori al limite normativo, grazie al costante aumento delle auto dotate di sistemi catalitici di abbattimento delle emissioni.

Figura 3.8 - Benzene: media annua - anno 2002

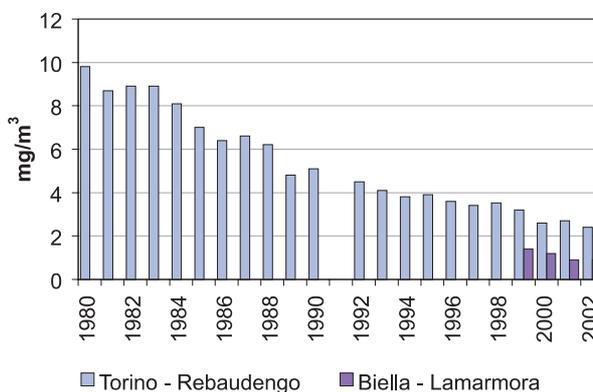


Fonte: Arpa Piemonte

### 3.1.6 TENDENZE STORICHE DI ALCUNI INQUINANTI

Il **monossido di carbonio**, caratteristico inquinante primario, ha evidenziato, a Torino, nell'ultimo ventennio un

Figura 3.9 - CO: medie annue a Torino - Rebaudengo e Biella - Lamarmora



Fonte: Arpa Piemonte

netto calo delle concentrazioni dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e, a partire dai primi anni 90, al trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici a tre vie.

Come si può notare la diminuzione della concentrazione annuale presso la stazione di monitoraggio posta a Torino in p.za Rebaudengo, caratterizzata da elevati flussi veicolari, è di un fattore 4. I dati misurati a Biella risultano essere come valore medio circa la metà di quelli della stazione torinese.

Situazione molto meno pronunciata nell'ultimo decennio per il **biossido di azoto** che nel 2002 ha evidenziato un leggero aumento dei valori dovuto verosimilmente alle condizioni meteo della prima parte dell'anno. Anche in questo caso i valori della città di Biella sono nettamente inferiori a quelli torinesi e mostrano lo stesso andamento negli ultimi anni.

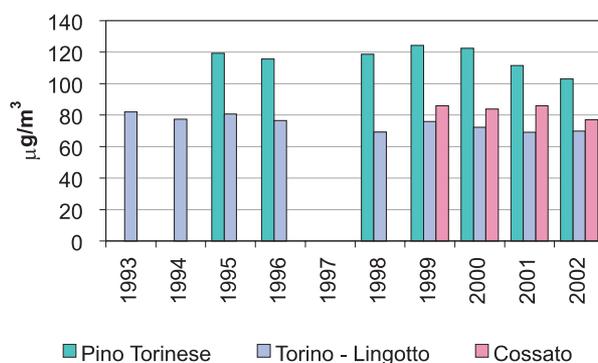
L'introduzione delle marmitte catalitiche a tre vie, per le auto a ciclo a Otto, non ha influenzato le immissioni di tale inquinante con l'incisività che ha dimostrato con il monossido di carbonio.

La presenza di altre sorgenti, come i veicoli a ciclo Diesel e gli impianti per la produzione di energia, nonché la partecipazione degli ossidi di azoto a reazioni fotochimiche sono verosimilmente le cause per il non ancora soddisfacente calo della concentrazione di questo inquinante nell'atmosfera.

Per quanto riguarda l'**ozono**, inquinante secondario, si nota

generalmente l'andamento meteorologico locale del periodo primaverile - estivo (maggio - settembre).

Figura 3.11 - O<sub>3</sub>: media estiva nelle province di Biella e Torino



Fonte: Arpa Piemonte

Le polveri inalabili, chiamate anche **PM10**, inquinante principalmente primario, mostrano una sostanziale omogeneità dei valori misurati negli ultimi anni.

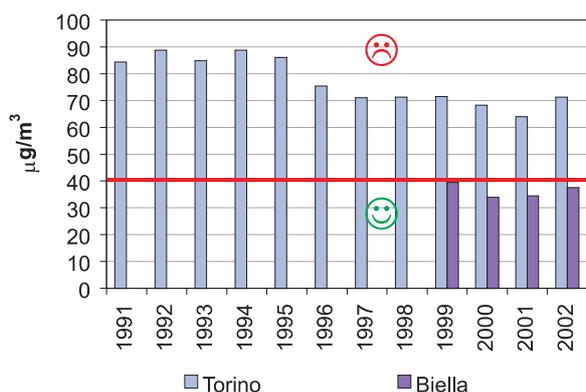
In gran parte del territorio regionale i valori sono prossimi o superano il valore limite previsto dalla norma.

Nelle stazioni di Torino - Consolata e di Buttigliera Alta (TO) si è registrato un lieve aumento dei valori misurati, fatto ascrivibile probabilmente alla meteorologia, mentre a Biella si nota una lieve riduzione.

In altre realtà piemontesi l'andamento è simile e rispecchia generalmente l'andamento meteorologico locale durante il periodo invernale.

Le polveri totali, misurate a Torino - piazza Rivoli, non hanno mostrato significative variazioni rispetto agli anni precedenti.

Figura 3.10 - NO<sub>2</sub>: media annua nelle città di Torino e Biella (tutte le stazioni)

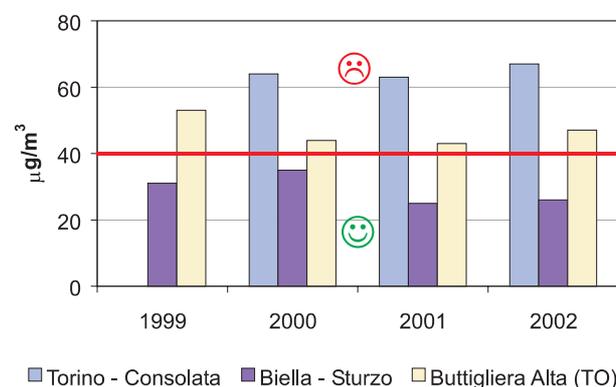


Fonte: Arpa Piemonte

un lieve decremento dei valori misurati sia nella stazione di Cossato (BI) sia nella stazione collinare ospitata presso l'Osservatorio Astronomico di Pino Torinese (TO).

In altre realtà piemontesi l'andamento è simile e rispecchia

Figura 3.12 - PM10: media annuale a Biella, Torino e Buttigliera Alta



Fonte: Arpa Piemonte



### 3.1.7 STIME DELLE CONCENTRAZIONI DI SINGOLI INQUINANTI SULL'INTERO TERRITORIO REGIONALE

Il D.M. n° 351 del 1999 ed il successivo D.M. n° 60 del 2 aprile 2002 prevedono che le informazioni provenienti dai punti di campionamento in siti fissi possano essere integrate con quelle provenienti da altre fonti, quali gli inventari delle emissioni e le tecniche di modellizzazione e di stima obiettiva, con l'obiettivo finale di pervenire ad una adeguata rappresentazione spaziale delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici previsti dalla normativa sull'intero territorio regionale.

Nel 2002 la Regione Piemonte, con il supporto dell'Arpa, ha proceduto all'aggiornamento della valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente sul territorio regionale, parte integrante della L.R. 7 aprile 2000 n° 43, utilizzando ed integrando le informazioni provenienti:

– dal Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità

dell'Aria (SRROA). L'intervallo temporale di riferimento è il biennio 2000-2001 per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'ozono; in quest'ultimo caso sono stati presi in considerazione anche i dati rilevati mediante stazioni mobili nel precedente quinquennio;

- dall'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera, elaborato dal Settore Risanamento Acustico e Atmosferico della Regione Piemonte.

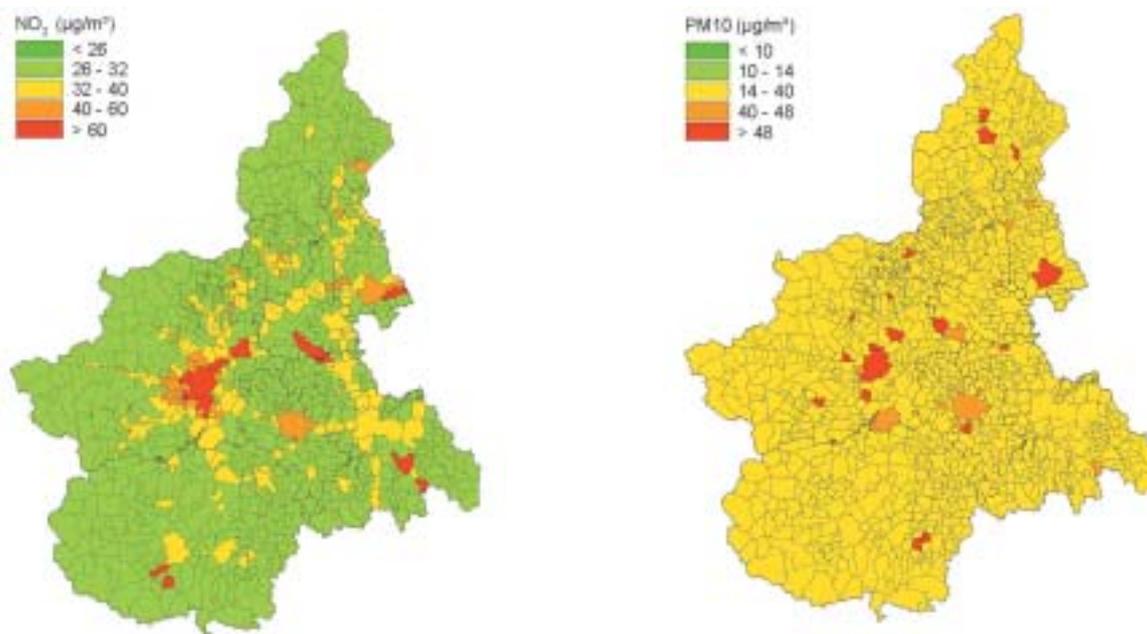
In termini generali la metodologia di stima, utilizzata in riferimento ai valori limite di lungo periodo (media annuale) per biossido di azoto e PM10, si basa sulla correlazione tra la quantità di inquinante emessa annualmente per unità di superficie in un determinato comune e le concentrazioni rilevate nel medesimo comune dalle stazioni del SRROA.

Sono riportate le mappe dei principali inquinanti presi in considerazione nella valutazione.

Il testo integrale è riportato nel supplemento al B.U.R n° 35 del 29/08/2002.

Le valutazioni sulle concentrazioni dei principali inquinanti

Figura 3.13 - Distribuzione spaziale delle concentrazioni medie annuali del NO<sub>2</sub> e del PM10 - anno 1997



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

sono nel seguito riassunte.

Il problema dell'inquinamento atmosferico appare pressoché risolto sul fronte del **biossido di zolfo** e del **piombo**, fatto salvo, per il primo dei due, futuri peggioramenti nella qualità dei combustibili e per entrambi situazioni particolari in zone industriali o produttive.

Per quanto riguarda il **PM10** vi sono palesi superamenti dei limiti giornaliero e annuale in molte zone del territorio piemontese.

Qualitativamente si osserva che l'area metropolitana torinese appare come la zona più problematica, anche se in altri capoluoghi di provincia, come Novara, la situazione non è molto differente.

Purtroppo in molte zone non erano disponibili, negli anni presi in considerazione dalla valutazione, dati ottenuti con il metodo gravimetrico ed in tali casi sono stati utilizzati quelli stimati sulla base di altri metodi di misura.

Altrettanto problematica appare la situazione del **biossi-**



**do di azoto** nelle zone caratterizzate da elevate emissioni; infatti, le concentrazioni stimate, e spesso anche quelle misurate, indicano superamenti di entrambi i limiti, annuale e orario, mentre uno stato meno severo si presenta nelle zone non interessate da sorgenti locali quantitativamente importanti.

La soluzione del problema sarà difficile vista la difficoltà a diminuire, se non addirittura a stabilizzare, l'uso dei combustibili fossili per la produzione di energia.

Il **monossido di carbonio** evidenzia ancora sporadici superamenti del decaduto limite orario di attenzione, anche se le caratteristiche emissive di questo inquinante, molto legato al trasporto veicolare, rendono potenzialmente numerose, ma poco estese dal punto di vista spaziale, le aree critiche. Una analoga considerazione vale per i tempi di esposizione della popolazione.

**L'ozono** si conferma un inquinante ampiamente diffuso con superamenti sistematici su tutta la regione del limite delle otto ore ed assai frequenti anche del limite orario di attenzione, mentre la probabilità del raggiungimento del livello di allarme del DM 16/5/96 appare assai bassa e comunque mai rilevata.

Il problema del **benzene** - ridimensionato dal secondo

semestre del 1998, e da allora costantemente diminuito in concentrazione - merita in ogni modo di essere attentamente seguito soprattutto nelle città di dimensioni maggiori, in relazione al nuovo limite introdotto dal D.M. n. 60/2002.

È da rimarcare che per gli inquinanti di tipo primario, come ad esempio il monossido di carbonio, le condizioni meteorologiche presenti nel periodo freddo dell'anno influiscono in modo consistente sulle concentrazioni, determinando nei giorni più sfavoriti valori anche molto elevati, capaci di superare i limiti riferiti ai periodi di mediazione temporale più brevi.

*Con il contributo delle Aree Qualità dell'Aria ed Emissioni dei Dipartimenti Arpa di: Alessandria (Giuseppe Caponetto), Asti (Massimo Marucchi), Biella (Marco Vincenzi), Cuneo (Silvio Cagliero), Novara (Giuseppina Annovazzi), Torino (Mauro Maria Grossa), Vercelli (Massimo Varalda) e dell'Area regionale Modellistica per la dispersione degli inquinanti in aria (Francesco Lollobrigida)*

#### BOX 1 - IL MONITORAGGIO DEL POLLINE E DELLE SPORE FUNGINE: LA RETE PIEMONTESE

*A cura di Anna Armitano e Maria Rita Cesare - Arpa Piemonte, Area di Epidemiologia Ambientale*

L'aerobiologia è la disciplina che studia il particolato di origine biologica presente nell'atmosfera, quale pollini, spore fungine e microrganismi, in relazione ai loro effetti su piante, animali ed uomo.

Il monitoraggio aerobiologico permette di evidenziare variazioni quali-quantitative di tali particelle nel tempo; in particolare, ogni anno, i pollini e le spore sono presenti in atmosfera in tempi e concentrazioni differenti: il tipo, la quantità ed il periodo di presenza sono in funzione delle caratteristiche climatiche e meteorologiche del luogo considerato: la pioggia tende ad abbatterne la presenza in atmosfera, il vento ne facilita la liberazione e il trasporto permettendone la diffusione.

La rete regionale Arpa per il monitoraggio di polline e spore aerodispersi è costituita da 6 stazioni localizzate alcune in aree urbane in corrispondenza di luoghi densamente popolati (Torino, Novara, Cuneo, Tortona), altre in luoghi caratteristici per motivi geografici e climatici (Bardonecchia, Omegna).

La gestione di tutte le stazioni di rilevamento (tranne Torino, gestita dal Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università) è

affidata ai Dipartimenti Provinciali coordinati dall'Area di Epidemiologia Ambientale.

Il monitoraggio continuo delle componenti fungine e dei pollini permette di individuare i picchi di concentrazione e le variazioni della carica totale settimanale.

Le future applicazioni pratiche del monitoraggio fungino potrebbero riguardare le previsioni di alcune fitopatie vegetali, la resistenza ai fungicidi e la valutazione dell'impatto ambientale di mezzi di lotta biologica.

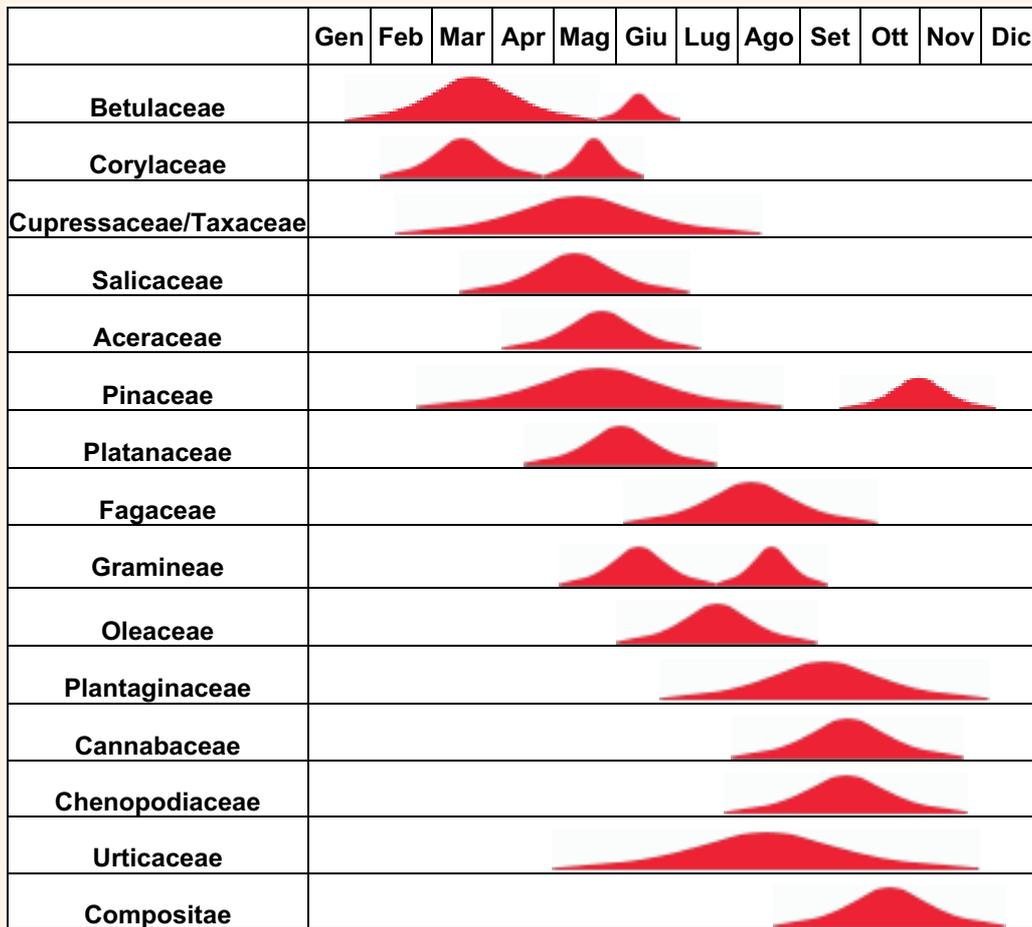
La diffusione dei dati avviene attraverso la pubblicazione, per tutto l'arco dell'anno, di un bollettino settimanale presente sul sito [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it), dove sono riportate le concentrazioni dei principali pollini stagionali, rilevate in ogni stazione.

Parallelamente alla prosecuzione del monitoraggio aerobiologico, alcuni Dipartimenti si stanno specializzando nell'utilizzo dei pollini come bioindicatori sia per la qualità dell'aria sia per la stima della biodiversità delle specie vegetali.

Il campionamento pollinico riveste un importante ruolo in diversi campi, il più noto dei quali è quello delle allergie, ma non meno importanti sono i risvolti in campo agrario, per la previsione dei raccolti o per la valutazione della risposta dei vegetali ai parametri ambientali.



### Distribuzione annuale media dei principali pollini, suddivisi per famiglia. Stazioni di Torino e Saluggia - anni 1995-1997



Fonte: Arpa Piemonte

## 3.2 IMPATTI

A cura di **Bona Griselli** - Arpa Piemonte, Dipartimento di Ivrea

### 3.2.1 RETE DI BIOMONITORAGGIO LICHENICO

L'Arpa Piemonte in collaborazione con il Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università di Torino ha realizzato negli anni 2001-2002 una Rete di Biomonitoraggio a scala regionale mediante la valutazione della biodiversità dei licheni epifiti.

Una recente definizione del ruolo del biomonitoraggio è stata fornita da Nimis (1999a), che lo considera uno strumento di stima dell'alterazione rispetto alla norma delle componenti ecosistemiche reattive all'inquinamento.

L'APAT, consapevole dell'importanza assunta dal biomonitoraggio per una definizione della qualità ambientale, che tenga conto non solo delle tradizionali misure chimico-fisiche degli inquinanti, ma anche delle risposte che gli organismi mettono in atto in seguito all'esposizione

agli stessi, ha pubblicato nel 2001 un Manuale con le Linee guida per la bioindicazione lichenica (ANPA, 2001). La nuova metodologia, standardizzata a livello nazionale, si basa su linee guida elaborate in Germania e in Italia ed è stata integrata da importanti modifiche concordate nell'ambito di un confronto europeo, che ha portato alla stesura di un protocollo comune (Asta *et al.*, 2001).

L'APAT ha inoltre presentato una proposta di rete nazionale, costituita da un insieme di siti di campionamento, secondo un criterio statistico ed una densità di 18 x 18 km, tale da assicurare la significatività dei dati. Tale rete risulta sovrapposta alla rete europea EU-UN/ECE per il rilevamento dei danni forestali causati dall'inquinamento atmosferico.

L'Arpa Piemonte è stata la prima Agenzia che, a livello nazionale, ha realizzato grazie al coinvolgimento dell'Università di Torino, il monitoraggio secondo le indicazioni fornite da APAT con la sperimentazione ed adozione della nuova metodologia.

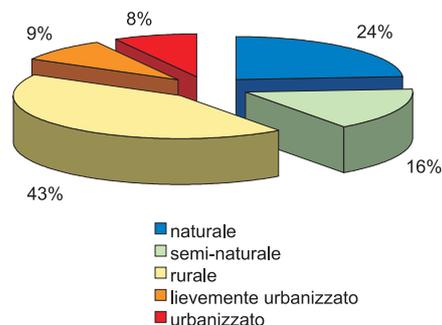
Il Piemonte ha una superficie di 25.399 km<sup>2</sup>; da un punto di vista geomorfologico è una regione estremamente eterogenea: il 49% del territorio è occupato da



aree montane, il 26% da colline ed il 25% da pianura. Sulla base della rete 18 x 18 km le stazioni individuate ricadono per il 43% in aree rurali, il 24% in aree ad alta naturalità, il 16% in aree seminaturali, il 9% in aree lievemente urbanizzate e l'8% in aree urbanizzate (Figura 3.14). In Piemonte si possono distinguere due fasce bioclimatiche: la montana e la submediterranea secca; in quest'ultima fascia sono localizzate la maggior parte delle stazioni monitorate, il 5% delle stazioni presenti in fascia montana non sono state indagate per la quota e l'assenza di forofiti.

I valori di Biodiversità Lichenica (BL) rilevati sono stati raggruppati in 7 classi corrispondenti a differenti livelli di Naturalità/Alterazione del territorio.

Figura 3.14 - Ripartizione delle stazioni monitorate in funzione della tipologia del paesaggio - anni 2001 e 2002



Fonte: Arpa Piemonte

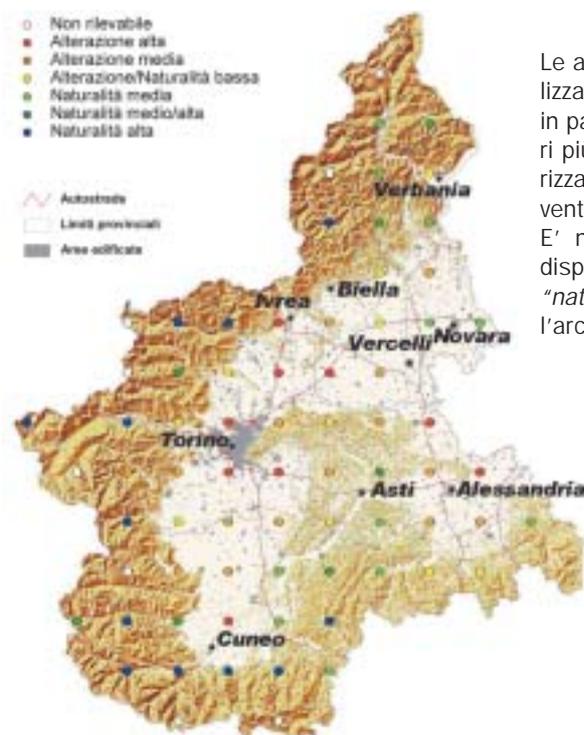
### Scala di naturalità/alterazione

Livello	BL	Giudizio	Colore
1	0	Alterazione molto alta - deserto lichenico	■
2	1 - 15	Alterazione alta	■
3	16 - 30	Alterazione media	■
4	31 - 45	Alterazione/Naturalità bassa	■
5	46 - 60	Naturalità media	■
6	61 - 75	Naturalità medio-alta	■
7	> 76	Naturalità alta	■

Fonte: Arpa Piemonte

In base ai valori di Biodiversità Lichenica (BL) ottenuti, viene espresso un giudizio relativo al grado di deviazione dalle condizioni "naturali" (non inquinate).

Figura 3.15 - Stazioni di monitoraggio lichenico con i corrispondenti livelli di Naturalità/Alterazione (Rete 18 x 18 km) - anni 2001 e 2002



Le aree ad "alterazione elevata e media" sono localizzate prevalentemente nella pianura piemontese ed in parte nelle zone collinari, corrispondenti ai territori più antropizzati. Queste zone inoltre sono caratterizzate da maggior calma di vento o comunque da venti di moderata intensità.

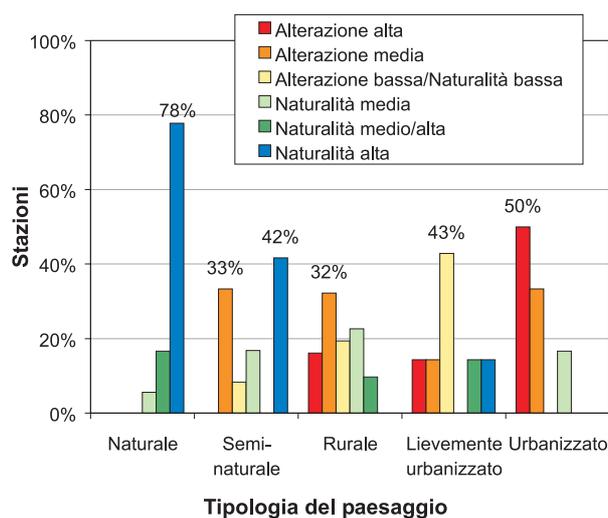
E' noto l'importante ruolo svolto dal vento nella dispersione e diffusione degli inquinanti. Le zone a "naturalità alta e medio/alta" sono collocate lungo l'arco alpino.

Fonte: Arpa Piemonte



Il valore di  $BL \geq 76$  rappresenta la soglia indicativa dell'alta naturalità; i risultati ottenuti sono stati riportati sulla cartografia del Piemonte (Figura 3.15).

**Figura 3.16 - Distribuzione delle stazioni, con i corrispondenti giudizi di naturalità/alterazione, in funzione della tipologia del paesaggio - anni 2001 e 2002**



Fonte: Arpa Piemonte

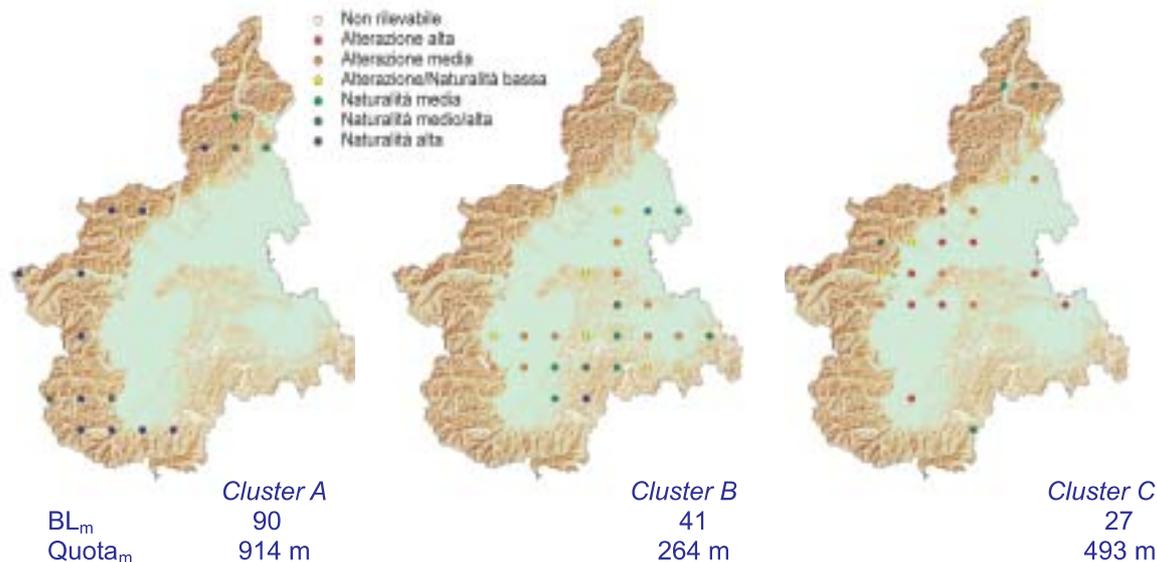
Dall'analisi della distribuzione della classi di naturalità/alterazione, nell'ambito delle differenti tipologie di paesaggio, si è osservato un graduale allontanamento dalle condizioni naturali in corrispondenza dell'aumento dell'antropizzazione del territorio (Figura 3.16).

Al fine di individuare gruppi stazionali con caratteristiche comuni, la matrice delle frequenze licheniche medie stazionali è stata sottoposta a cluster analysis la quale ha consentito di individuare 3 cluster principali, la cui distribuzione geografica è visualizzata in Figura 3.17.

Le misure di biodiversità lichenica dipendono da due principali reazioni delle comunità licheniche all'inquinamento da gas fitotossici: 1) la diminuzione del numero di specie, 2) la diminuzione della loro copertura/frequenza (Nimis, 1999b). E' necessario tuttavia tenere presente che, unitamente all'inquinamento dell'aria, anche fattori climatici possono influenzare sostanzialmente la biodiversità lichenica; essi devono quindi essere tenuti in considerazione negli studi di biomonitoraggio (Loppi *et al.*, 2002).

A tal fine sono state eseguite indagini statistiche, che hanno consentito l'individuazione di alcuni indicatori ecologici e climatici: l'eutrofizzazione, l'aridità, la luminosità e la quota, i quali, nell'area d'indagine, hanno influito, seppur debolmente, sulla biodiversità lichenica.

**Figura 3.17 - Localizzazione geografica dei 3 cluster principali**



Fonte: Arpa Piemonte

I 3 cluster stazionali differiscono significativamente per i valori medi di BL e la quota. **Cluster A:** la maggior parte delle stazioni è localizzata in area alpina o prealpina, predominano stazioni con livelli di *naturalità elevata* e gli ambienti naturali e seminaturali sono la tipologia di paesaggio dominante. **Cluster B:** include propaggini appenniniche, aree collinari e pianeggianti (Langhe, Astigiano, aree pianeggianti del cuneese e vercellese-novarese), il 90% circa dell'ambiente è a vocazione agricola; nel

gruppo di stazioni appartenenti a questo cluster non si rinvenono mai situazioni di alta alterazione ed il 60% delle stazioni presenta *alterazione medio/bassa*. **Cluster C:** le stazioni sono associate prevalentemente alla parte pianeggiante, collinare e prealpina della provincia di Torino, esse risultano quelle maggiormente compromesse: il 70% presentano *alta/media alterazione*, l'ambiente rurale è predominante ed anche le altre tipologie di paesaggio sono equamente rappresentate.

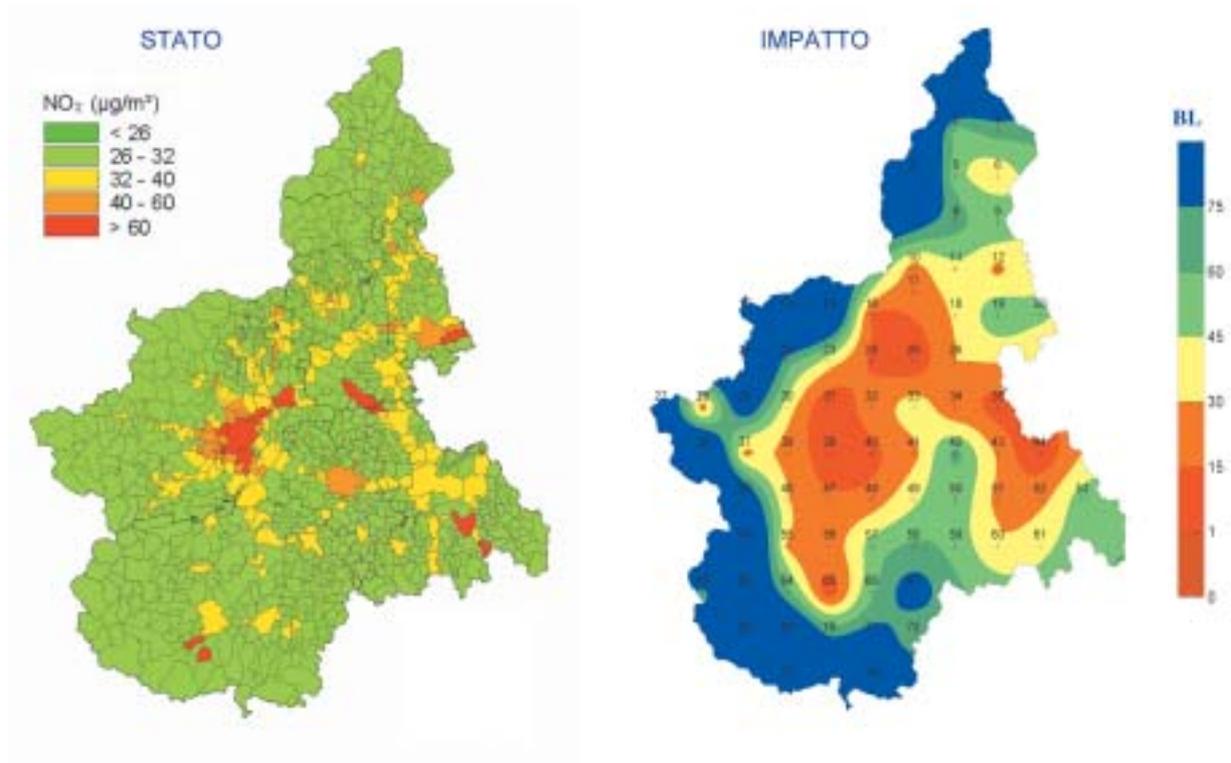


### 3.2.2 CONFRONTO INDICATORI STATO/IMPATTO

La bioindicazione lichenica, poiché evidenzia una perdita di biodiversità, viene considerata un indicatore di impatto; per contro i dati derivanti dalle misurazioni chimico-fisiche degli

inquinanti dell'aria e le valutazioni ottenute con la modellistica di dispersione rientrano tra gli indicatori di stato. Si sono voluti mettere a confronto le mappe ottenute con la bioindicazione lichenica e la mappa a livello comunale delle concentrazioni medie annuali di  $\text{NO}_2$  raggruppate in classi di criticità per la salute umana (Figura 3.18).

Figura 3.18 - Indicatori di qualità ambientale. Confronto dei livelli di  $\text{NO}_2$  (stato) con la Biodiversità Lichenica (impatto)



Fonte: Arpa Piemonte

Rispetto alla mappatura della qualità dell'aria (stato) relativa al biossido di azoto, quella ottenuta con la tecnica di bioindicazione evidenzia una più marcata compromissione del territorio, soprattutto nelle aree di pianura, in particolare nell'area urbana di Torino e cintura. Quest'area si estende inoltre a NE interessando l'eporediese, il biellese e parte del vercelle-

se; risulta anche piuttosto compromessa la pianura alessandrina. E' interessante osservare come, seppure si sia operato il monitoraggio ad una scala piuttosto ampia, si evidenzino gli effetti dell'antropizzazione in Val di Susa, su cui grava inoltre l'autostrada del Frejus.

Sono stati affiancati un indicatore di stato e un indicatore di impatto per sottolineare quanto siano differenti le informazioni che da essi si possono trarre e quanto sia importante l'integrazione dei risultati derivanti da differenti strumenti d'indagine. Il metodo biologico stima il grado di alterazione dalle condizioni normali, evidenziando gli effetti "sinergici" che i vari inquinanti hanno sulle componenti reattive degli ecosistemi, nel caso specifico i licheni; le risposte a carico degli organismi vegetali vengono quindi tradotte in giudizi di qualità ambientale. Differente significato hanno invece le valutazioni dei livelli dei vari inquinanti alla luce delle nor-

native vigenti, nell'esempio rappresentato si sono considerati i valori di riferimento ed i limiti per la salvaguardia della salute umana.

Le tecniche di bioindicazione lichenica rappresentano un utile strumento per la verifica dei modelli di dispersione e per l'evidenziazione di aree "critiche" nelle quali programmare monitoraggi strumentali. Da non porre in secondo piano è inoltre l'aspetto di monitoraggio e preservazione degli ecosistemi e degli ambienti naturali. Normalmente in ambienti poco antropizzati non vengono effettuate indagini strumentali; l'impiego quindi di tecniche biologiche è di estrema utilità per tenere sotto



controllo habitat a rischio o da tutelare.

L'esperienza piemontese di biomonitoraggio oltre ad aver contribuito alla sperimentazione delle nuove linee guida nazionali ha dato il via alla realizzazione della Rete Nazionale per il rilevamento della qualità dell'aria mediante l'indice di Biodiversità Lichenica (APAT, bozza x/2003). L'evidenziazione di aree particolarmente compromesse suggerisce la necessità di effettuare approfondimenti a scale di maggior dettaglio. L'Arpa Piemonte proseguirà con monitoraggi a scala provinciale o comunale (es. 9x9 km, 3x3 km) con l'integrazione degli stessi nella rete nazionale.

Si rimanda al CD per i seguenti studi locali di bioindicazione e bioaccumulo:

- Indagine sulla qualità dell'aria nel comune di Vercelli mediante la valutazione della Biodiversità Lichenica.
- Impiego dei licheni epifiti per la stima della qualità ambientale nel territorio compreso all'interno

dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea.

- Valutazione del bioaccumulo di metalli pesanti in licheni, in prossimità dei tratti canavesani dell'Autostrada A5 "Torino-Aosta" e A4/A5 "bretella Ivrea-Santhià".

Con il contributo di:

*Giorgio Amprimo, Maurizio Battezzatore, Claudio Bonadio, Paola Buzio, Simona Caddeo, Lara Castino, Chiara Cisaro, Patrizia Cometto, Franca Coppo, Silvana Finotti, Pierluigi Fogliati, Enrico Gastaldi, Maura Ghione, Lorenzo Giordano, Tiziano Guarnori, Luigi Guidetti, Liliana Lo Baido, Luisa Gatto, Francesco Martire, Matteo Massara, Angelo Morisi, Arianna Nicola, Nicoletta Pepe, Gian Battista Raffo, Carlo Reale, Luciana Ropolo, Aldo Tocchio, Anna Vignola - Arpa Piemonte*  
*Deborah Isocrano, Rosanna Piervittori - Università di Torino, Dip. Biologia Vegetale*

## BOX 2 - MONITORAGGIO E VALUTAZIONE DELLA GENOTOSSICITA' DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO PM10 IN PROVINCIA DI TORINO

A cura di AnnaMaria D'Agostino, Daniele Marangon, Gabriella Passarino, Agostino Profeta - Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino

Le particelle aerodisperse di primario interesse per la salute pubblica sono comprese in un range con diametro aerodinamico da 0.1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ , tali frazioni di polveri costituiscono la quota respirabile e sono quindi estremamente pericolose in quanto veicolanti sostanze (adsorbite sul particolato) tossiche, mutagene e cancerogene. La genotossicità del particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10  $\mu\text{m}$  detto PM10 si esplica sia attraverso meccanismi di azione diretta con il DNA cellulare, sia attraverso meccanismi indiretti di attivazione e detossificazione ad opera di enzimi prevalentemente presenti nel fegato. Nel corso degli anni 1999-2002 il laboratorio di Mutagenesi del

Dipartimento di Torino ha condotto una valutazione genotossica su campioni di PM10 prelevati in diversi siti della provincia di Torino. Le stazioni di campionamento della rete fissa di Monitoraggio della Qualità dell'Aria, individuate per l'indagine genotossica, sono quelle di Torino (ambiente urbano, residenziale-commerciale), Carmagnola (ambiente con alto volume di traffico, residenziale), Buttigliera Alta (ambiente residenziale-commerciale e moderato traffico autoveicolare) e Castagneto Po (ambiente collinare, boschivo)

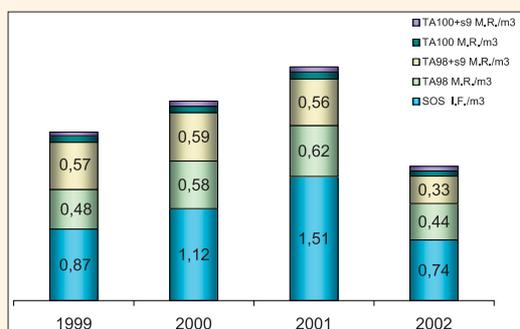
La valutazione della mutagenicità dei campioni è stata effettuata con il test di Ames (utilizzo di due ceppi di Salmonella typhimurium TA98 e TA100 senza e con attivatore metabolico S-9) e l'SOS Chromotest (utilizzo di un ceppo di Escherichia coli PQ37).

Da un confronto delle medie annuali per tipo di test di mutagenesi degli anni 1999-2002, si evidenzia un generale decremento nel 2002 dei valori di MR (Rapporto di Mutagenicità, positività con un valore di MR > 1) e IF (Fattore di Induzione, positività con un valore di IF > 2) e quindi un conseguente miglioramento della qualità dell'aria da un punto di vista della genotossicità rispetto agli anni precedenti.

Le analisi di mutagenesi sul PM10 proseguiranno anche nel corso dell'anno 2003 per valutare se i valori in diminuzione riscontrati saranno confermati, inoltre si intende estendere l'indagine anche alla frazione ultrafine presente nel particolato PM2.5 (particelle aerodisperse con diametro aerodinamico < 2.5  $\mu\text{m}$ )

Per maggiori informazioni si rinvia al CD oppure al sito internet [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it).

### Medie annuali per tipo di test. Stazione di Torino



Fonte: Arpa Piemonte



### 3.2.3 PERCEZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI TORINO

A cura di **Giovanna Berti, Ennio Cadum** – Arpa Piemonte, Area di Epidemiologia Ambientale

Oltre ai metodi oggettivi risulta importante la valutazione che le persone effettuano circa la pericolosità di un determinato elemento in termini di percezione soggettiva, dipendente da numerosi fattori sociali, economici e culturali (OMS, 1998). Le ricerche che analizzano questo tipo di fenomeno permettono di stimare l'eventuale scostamento tra conoscenza scientifica e livello di informazione della popolazione, fornendo indicazioni su come orientare la comunicazione o promuovere interventi adeguati (OMS, 1999). L'ampliamento che si è dato al concetto di salute, non più intesa come semplice "assenza di malattia" ma piuttosto come "stato di benessere psicofisico" induce a considerare il rischio percepito come un rischio vero e proprio, in grado di alterare, riducendolo, lo stato di benessere dell'individuo.

E' stata condotta una indagine con lo scopo di analizzare l'interesse di soggetti in età adolescenziale nei confronti di alcune problematiche ambientali, considerando il grado di conoscenza posseduto, per valutare i comportamenti individuali adottati e raccogliere alcuni giudizi sulla qualità ambientale, con particolare riferimento alla matrice aria (Cadum et al., 2003). L'indagine ha interessato un campione rappresentativo degli studenti di scuola secondaria superiore della provincia di Torino, tramite questionario.

Tra i risultati principali della ricerca, l'inquinamento dell'aria emerge come problema ambientale rilevante per gli adolescenti della provincia di Torino: tra 13 differenti *item* proposti come problematiche emergenti, l'effetto serra, il buco dell'ozono e l'inquinamento atmosferico come fenomeno generale compaiono ai primi posti. In una scala di preoccupazione proposta, con "0=tranquillità e 10=paura", il livello medio di timore espresso dai ragazzi nei confronti di questo tema raggiunge il 7, con differenze significative per genere (in generale le ragazze hanno manifestato livelli di preoccupazione più elevati e giudizi più negativi sulla qualità dell'ambiente, dato che conferma le conoscenze di letteratura). L'80% degli intervistati ritiene che l'inquinamento provochi danni ai polmoni, il 48% fenomeni di allergia. Il 7% non lo giudica dannoso per la propria salute. In relazione alle conoscenze possedute sui fattori dell'inquinamento atmosferico è interessante notare come gli studenti ritengano che quantitativamente il fumo di sigaretta contribuisca in modo paragonabile alle condizioni meteorologiche. Per quanto riguarda i comportamenti adottati il 40% del campione intervistato dichiara

di fumare e, tra i possessori di motorino, solo il 37% afferma di provvedere al controllo dei gas di scarico.

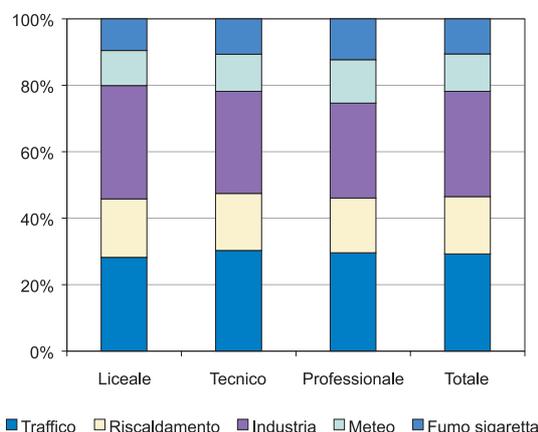
Gli studenti giudicano in media abbastanza salutare l'aria della propria abitazione, un po' meno l'aria del quartiere in cui risiedono e quella intorno alla scuola che frequentano; giudizi molto severi riguardano invece la città di Torino. Queste percezioni sono influenzate in modo statisticamente significativo dalla residenza, evidenziando forti scarti di giudizio soprattutto nella valutazione della qualità dell'aria del proprio quartiere.

E' interessante notare l'inversione di giudizio che si osserva per la città di Torino, con i soggetti residenti fuori città che esprimono giudizi più severi rispetto ai coetanei torinesi.

Dai giudizi espressi sulla qualità dell'aria percepita nel proprio quartiere di residenza è stato possibile costruire una mappa di valutazione dell'intero territorio provinciale: per ciascun comune si è considerato il giudizio medio dato dai ragazzi, per i comuni nei quali non era stato campionato nessuno studente si è stimato un valore in base a quello dei comuni adiacenti attraverso un metodo a medie mobili. La mappa così ottenuta è stata posta a confronto con la mappa al 2001 delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> in Piemonte, ottenuta per stima dal censimento delle fonti di emissione e dalle concentrazioni rilevate nelle centraline disponibili. E' emerso un risultato sorprendentemente simile, tenendo conto della differenza di metodo utilizzato.

Nel complesso, ai ragazzi piacerebbe occuparsi di più di ambiente, soprattutto a scuola. Emerge anche un giudizio molto positivo sui provvedimenti di tipo restrittivo adottati nella città di Torino, con l'eccezione del parcheggio a

**Figura 3.19 - Contributo di alcuni fattori all'inquinamento dell'aria secondo gli studenti della provincia di Torino - anno scolastico 2001/2002**



Fonte: Arpa Piemonte

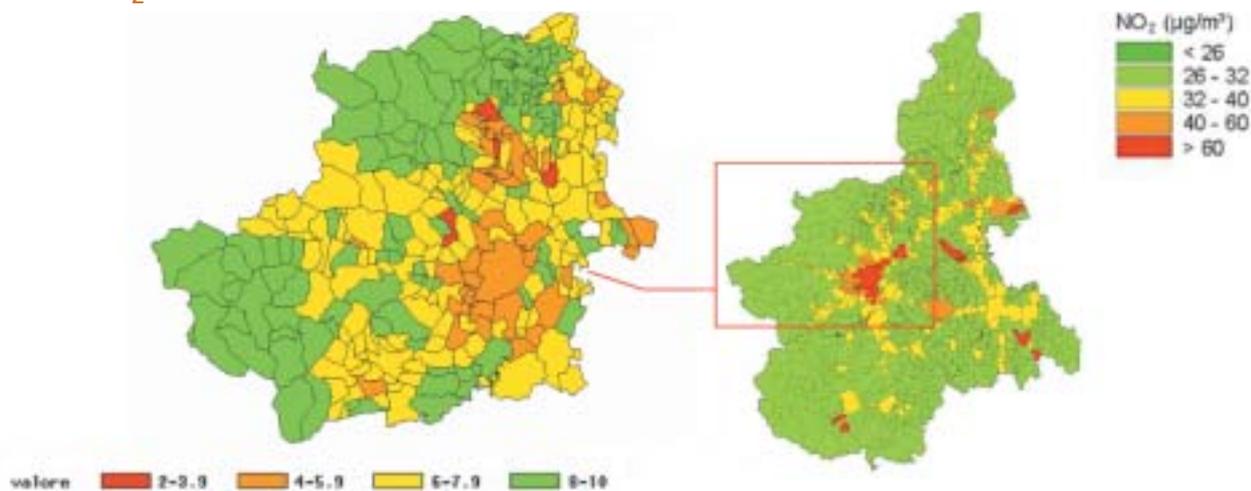


pagamento che è visto in modo abbastanza o del tutto negativo dalla maggioranza degli studenti. Atteggiamenti di tipo positivo analoghi a quelli riferiti alle limitazioni del traffico si registrano in relazione all'obbligo di revisioni

periodiche delle automobili ("bollino blu") e degli impianti di riscaldamento.

Per approfondimenti si rinvia al CD; copia dell'indagine è disponibile presso Arpa Piemonte.

Figura 3.20 - Valutazione soggettiva della qualità dell'aria nella provincia di Torino a confronto con la mappa delle concentrazioni stimate di NO<sub>2</sub>



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

Scala da 0 a 10 dove: "0 = irrespirabile" e "10 = aria di montagna". Valutazione secondo un campione rappresentativo degli studenti, anno scolastico 2001/2002.

### BOX 3 - RICHIESTE DEI CITTADINI PER L'INTERVENTO DELL'ARPA

Provincia	n° richieste nel 2002
Alessandria	58
Asti	6
Biella	35
Cuneo	57
Novara - Verbania	9
Torino	107
Vercelli	20

Fonte: Arpa Piemonte

I cittadini, attraverso le richieste di intervento, che possono essere fatte pervenire tramite telefono o posta o di per-

sona, informano i Dipartimenti dell'Arpa dei problemi ambientali ed indirizzano la loro attività verso quelle situazioni locali ove le emissioni in atmosfera provenienti da attività produttive, di servizi ecc. hanno creato condizioni di molestie olfattive o di potenziale allarme ambientale. L'Arpa risponde dopo una valutazione del caso con interventi mirati sul luogo dell'avvenimento procedendo eventualmente con sopralluoghi, campionamenti, analisi, comunicazioni alla A.G. ecc.

Se il problema riveste carattere di urgenza la richiesta può essere indirizzata al Servizio Regionale 118 che provvede ad attivare la struttura dell'Arpa competente per territorio, nonché altri soggetti istituzionalmente competenti come il Corpo dei VV.FF., la Protezione Civile ecc.

## 3.3 LE SORGENTI EMISSIVE

A cura di **Monica Clemente, Roberta De Maria, Francesco Lollobrigida** – Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino

Per ottenere la riduzione dei livelli di inquinamento connessi alla qualità dell'aria ai fini della tutela della salute umana e dell'ambiente, la normativa si è indirizzata su

due linee di intervento: il controllo sistematico ed uniforme della qualità dell'aria e la riduzione delle cause dell'inquinamento atmosferico, cioè delle fonti emissive.

Negli ultimi 20 anni, oltre alla fiorente normativa relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente, sono state stipulate numerose Convenzioni internazionali, Protocolli attuativi e Direttive aventi come obiettivo limiti di emissione sempre più restrittivi.



In particolare, nel Protocollo di Oslo del 1994 le limitazioni delle emissioni di inquinanti per ciascuno Stato sono state mirate alla riduzione dei superamenti del cosiddetto "carico critico", inteso come la stima quantitativa dell'esposizione ad uno o più inquinanti al di sotto della quale non avvengono danni significativi per gli ecosistemi.

Il Protocollo di Gotemborg del 1999 introduce invece, per la prima volta, il concetto di visione integrata dei vari fenomeni di inquinamento atmosferico a larga scala: formazione di ozono troposferico, acidificazione, eutrofizzazione. In seguito al protocollo di Gotemborg, è stata emanata la Direttiva NECD (National Emission Ceilings Directive), la quale fissa - per tutti gli Stati Membri dell'Unione Europea e per alcuni altri Paesi Europei - i tetti di emissione nazionali, da raggiungere entro il 2010, per ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), Composti Organici Volatili differenti dal metano (NMVOC), ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) e biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ).

Per il raggiungimento di tali obiettivi di riduzione delle emissioni, l'Unione Europea ha emanato altre importanti Direttive che agiscono direttamente sulle fonti emissive: la Direttiva per la riduzione dei composti organici legati all'utilizzo di solventi, la Direttiva per la riduzione delle emissioni dai grandi impianti di combustione, la Direttiva per la riduzione del contenuto di zolfo in alcuni combustibili liquidi.

Parallelamente, gli Inventari Regionali delle Emissioni - come specificato dal D.M. n.261 del 1 ottobre 2002- offrono una serie organizzata e coerente di dati relativi alle quantità di inquinanti introdotti in atmosfera da sorgenti naturali e/o attività antropiche: l'elaborazione di questi dati risulta quindi un valido supporto sia per la definizione dei livelli di emissione sia per l'individuazione dei comparti emissivi sui quali gli interventi regionali di pianificazione territoriale possono agire con maggiore efficacia.

L'Inventario Regionale delle Emissioni è stato realizzato - anche in seguito all'emanazione della L.R. n. 43 del 7 luglio 2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico" - dal Settore Risanamento Acustico ed Atmosferico della Regione Piemonte, ed è stato distribuito ufficialmente in data 5 dicembre 2002.

Mappe delle emissioni delle principali sorgenti, per inquinante e per comune, sono riportate nel CD.

### 3.3.1 EMISSIONI DEI PRECURSORI DELL'OZONO

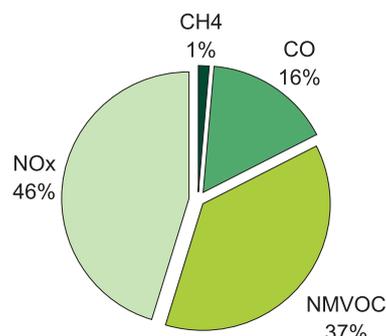
Essendo l'ozono un inquinante secondario, è possibile stimarne la formazione in atmosfera solo valutando le emissioni dei suoi precursori (ossidi di azoto, composti organici volatili, monossido di carbonio).

Sono stati quindi elaborati i dati presenti nell'Inventario Regionale delle Emissioni: le stime di emissione annuale di  $\text{NO}_x$ , monossido di carbonio (CO), metano ( $\text{CH}_4$ ) e NMVOC sono state combinate con opportuni coefficienti (TOFP - *Tropospheric Ozone-Forming Potentials dell'Agenzia Europea per l'Ambiente*), in base al loro potenziale contributo alla formazione dell'ozono.

Inquinanti	Coefficienti TOFP
$\text{NO}_x$	1,22
CO	0,11
$\text{CH}_4$	0,014
NMVOC	1

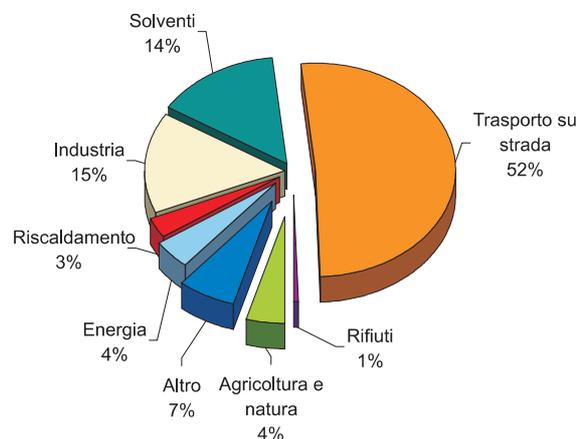
Da questo tipo di elaborazione risulta possibile sia valutare in termini percentuali il contributo di ogni precursore alla formazione dell'ozono, sia individuare le principali fonti di produzione dei suoi precursori - presi nel loro

Figura 3.21 - Emissioni dei precursori dell'ozono. Ripartizione per inquinante - anno 1997



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

Figura 3.22 - Emissioni dei precursori dell'ozono. Ripartizione per comparto emissivo - anno 1997



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

insieme - in modo da orientare in modo mirato le misure di riduzione delle emissioni.

Nella regione il trasporto su strada (traffico urbano, extraurbano, autostradale) risulta il principale responsabile della produzione di precursori dell'ozono (52%), seguito dall'industria (15%) e dalla produzione di solventi (14%).

I precursori a maggior potenziale di formazione dell'ozono sono gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili: nella realtà piemontese il traffico contribuisce per il 49% alla produzione di ossidi di azoto e per il 43% a quella dei composti organici volatili, mentre i processi di produzione ed utilizzo dei solventi sono responsabili per meno dell'1% delle emissioni di ossidi di azoto, ma per il 38% delle emissioni di composti organici volatili.

### 3.3.2 EMISSIONI DI SOSTANZE ACIDIFICANTI

Gli effetti di  $\text{NO}_x$ , ossidi di zolfo ( $\text{SO}_x$ ) e  $\text{NH}_3$  emessi a livello atmosferico vanno dall'alterazione degli ecosistemi acquatici e terrestri ai danni a materiali ed edifici.

Applicando opportuni coefficienti che consentono di combinare le emissioni annuali dei singoli inquinanti - ricavate dall'Inventario Regionale delle Emissioni - in base alla loro potenziale capacità acidificante (espressa in equivalenti acidi, sulla base dei fattori utilizzati dall'Agenzia Europea per l'Ambiente) si possono stimare i contributi dei principali comparti emissivi alla formazione delle emissioni totali di sostanze acidificanti.

#### Inquinanti

#### Coefficienti

$\text{NO}_x$

21.74

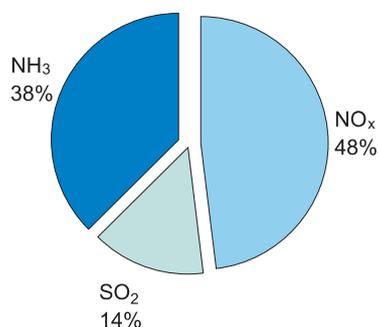
$\text{SO}_x$

31.25

$\text{NH}_3$

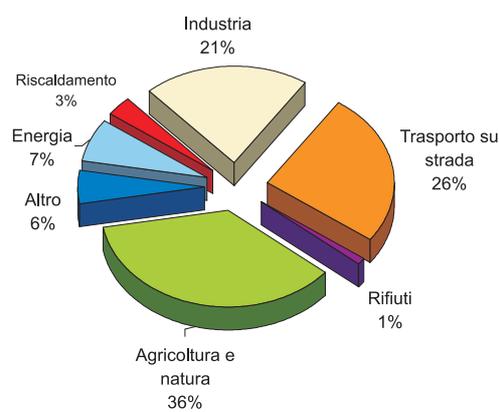
58.82

Figura 3.23 - Emissioni di sostanze acidificanti. Ripartizione per inquinante - anno 1997



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

Figura 3.24 - Emissioni di sostanze acidificanti. Ripartizione per comparto emissivo - anno 1997



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

Quasi la metà dei gas acidificanti risulta costituita dagli ossidi di azoto (48%), mentre l'ammoniaca ne costituisce il 38%.

La principale fonte di gas acidificanti risulta il sistema agroforestale e zootecnico (36%, per la quasi totalità produzione di emissioni ammoniacali).

Tra le fonti di rilievo per la produzione di emissioni acidificanti ricompare il trasporto su strada (26%, per lo più ossidi di azoto), seguito dall'industria (21% delle emissioni totali, dovute per il 55% a ossidi di azoto e per il 41% a biossido di zolfo).

### 3.3.3 EMISSIONI DI GAS SERRA

I cosiddetti gas serra - anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) - contribuiscono, con la loro presenza nell'atmosfera, alla stabilizzazione della temperatura sulla superficie terrestre.

La naturale concentrazione e distribuzione di questi gas nell'atmosfera è stata gradatamente alterata dalle attività antropiche degli ultimi decenni, al punto che il Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC) ha previsto per i prossimi dieci anni un aumento della temperatura media del pianeta dell'ordine di 0.1-0.3°C e, di conseguenza, un aumento del livello medio del mare da 1.5 a 9.5 cm. Le emissioni dei singoli gas serra - fornite dall'Inventario Regionale delle Emissioni - sono state quindi combinate con opportuni coefficienti dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, che esprimono il potenziale di riscaldamento globale di ciascun inquinante in rapporto all'anidride carbonica: sono stati così individuati i contributi delle principali fonti emissive alla formazione complessiva di gas serra.

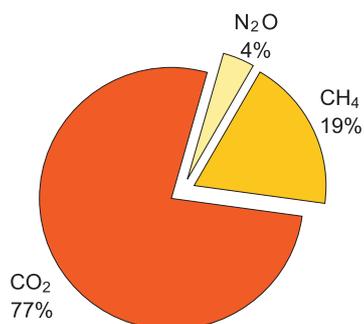


Inquinanti	Coefficienti
CO <sub>2</sub>	1
N <sub>2</sub> O	310
CH <sub>4</sub>	21

Alla produzione di gas serra contribuiscono in misura equivalente tre fonti principali, soprattutto di anidride carbonica: trasporto su strada (25%), industria (22%) ed il riscaldamento (20%).

Altri contributi provengono dal comparto agricolo (in particolare la zootecnia per le emissioni di metano e l'utilizzo di fertilizzanti per il protossido di azoto) e dal trattamento e smaltimento dei rifiuti (soprattutto metano).

Figura 3.25 - Emissioni di gas serra.  
Ripartizione per inquinante - anno 1997

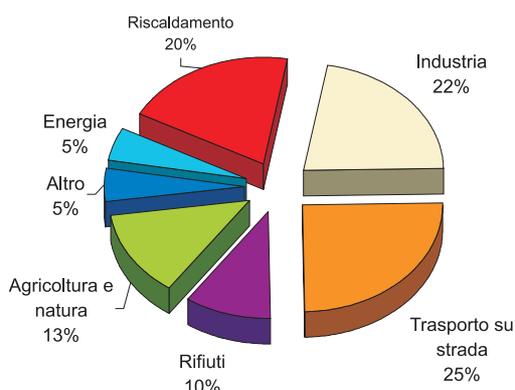


Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

### 3.3.4 PRESSIONI EMISSIVE NELLE DIVERSE PROVINCE

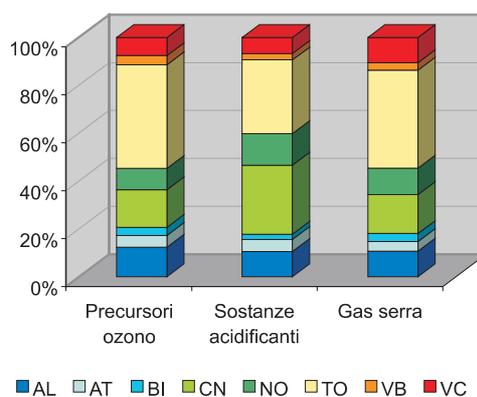
Un'ulteriore elaborazione dei dati presenti nell'Inventario Regionale delle Emissioni ha permesso la comparazione – per le stesse modalità di aggregazione di inquinanti sopra descritte, ovvero per precursori dell'ozono, sostanze acidificanti e gas serra – dei contributi emissivi da parte delle varie province piemontesi. Si osserva che le sole province di Torino e Cuneo forniscono nel loro insieme, in tutti e tre i casi, più della metà del totale delle emissioni regionali (59 % per i precursori dell'ozono, 60% per le sostanze acidificanti, 57% per i gas serra).

Figura 3.26 - Emissioni di gas serra.  
Ripartizione per comparto emissivo - anno 1997



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

Figura 3.27 - Emissioni di precursori dell'ozono, sostanze acidificanti e gas serra. Ripartizione per provincia - anno 1997



Fonte: Elaborazione Arpa su dati Regione Piemonte

## BOX 4 - IL COMPARTO EMISSIVO DEL TRASPORTO SU STRADA

A cura di: *Monica Clemente, Roberta De Maria, Francesco Lollobrigida* – Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino

La base dati fornita dall'Inventario Regionale delle Emissioni, disaggregata per attività emissiva ai vari livelli di classificazione SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) e ripartita territorialmente su scala comunale, offre – tra le varie

potenzialità di elaborazione - la possibilità di visualizzare la distribuzione spaziale dei fattori di pressione che incidono sul territorio regionale.

Per gli inquinanti biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e polveri inalabili (PM10) sono state realizzate delle carte tematiche, che rappresentano dal punto di vista grafico il contributo dei principali comparti emissivi: come indicatore non è stata usata la quantità assoluta di inquinante emessa sul territorio comunale, ma la massa emessa per



unità di superficie ( $t/km^2$ ). Per motivi di spazio, le mappe realizzate non sono state inserite nel testo, ma sono disponibili nel CD.

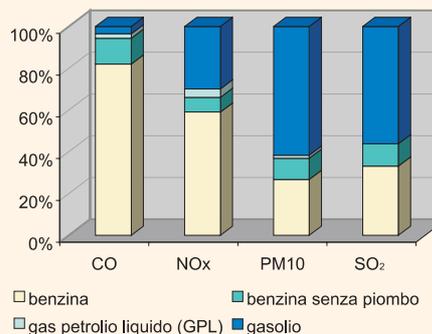
In base alle suddette carte tematiche ed alle elaborazioni presentate nei precedenti paragrafi, il comparto relativo al traffico (urbano, extraurbano e autostradale) risulta una delle principali, se non la principale, fonte di pressione emissiva.

Sul traffico sono stati infatti indirizzati, nel corso del periodo invernale, i provvedimenti a breve termine (riduzione delle zone di transito, limitazione del traffico a targhe alterne, ecc.); rimangono però ampi margini di intervento soprattutto per quanto riguarda gli interventi pubblici a lungo termine.

A tale scopo i dati di emissione legati alla componente trasporto su strada sono stati incrociati con le informazioni disponibili nell'Inventario Regionale in relazione ai combustibili utilizzati: il risultato dell'elaborazione permette di valutare il contributo percentuale dei vari combustibili (gasolio, GPL, benzina senza piombo e benzina normale) al totale delle emissioni annuali di monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), particolato fine (PM10), e biossido di azoto (SO<sub>2</sub>).

Per le polveri inalabili va sottolineato che le informazioni reperibili nell'Inventario Regionale delle Emissioni si riferiscono esclusivamente al particolato primario, vale a dire quello originato per emissione diretta da una o più fonti. I fattori di emissione CORINAIR relativi al particolato, inoltre, sono di definizione relativamente recente e quindi soggetti più di altri a future integrazioni e revisioni.

### Emissioni da traffico in Piemonte. Ripartizione per inquinante e per combustibile - anno 1997



Fonte: Elaborazione Arpa Piemonte su dati Regione Piemonte

Come viene evidenziato dal grafico, i maggiori responsabili dell'inquinamento da PM10 – restando nell'ambito delle emissioni derivanti dal trasporto su strada - risultano i veicoli con alimentazione a gasolio; allo stesso modo si può desumere che il contributo principale alla formazione degli ossidi di azoto e del monossido di carbonio da parte del trasporto su strada sia legato ai veicoli a motore alimentati a benzina.

La pianificazione degli interventi pubblici a tutela della qualità dell'aria può quindi trovare un utile supporto, nei dati dell'Inventario, per adottare provvedimenti di limitazione del traffico alle categorie di veicoli che contribuiscono in modo determinante al superamento dei livelli di inquinamento per un dato inquinante; oppure per individuare forme di incentivazione per l'acquisto sia di veicoli alimentati con combustibili alternativi (es. GPL, metano, ecc.) a basso impatto inquinante sia di dispositivi per l'abbattimento di alcuni inquinanti (es. "trappola" per il particolato, ecc.).

## 3.4 ATTI AMMINISTRATIVI E NORMATIVI

### 3.4.1 ADEGUAMENTO DELLA RETE REGIONALE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La situazione all'anno 2002 della composizione della rete regionale, comprensiva dei mezzi mobili, non è significativamente differente da quella descritta nel precedente rapporto. Oltre 50 comuni, la cui distribuzione è visibile nel CD (stazioni attive Arpa/Provincia), sono sede di almeno una stazione fissa di monitoraggio gestita da enti pubblici istituzionalmente competenti. Sempre nel CD è riportata la dotazione strumentale, per i principali parametri chimici, delle complessive 68 stazioni fisse.

La rete è ragionevolmente distribuita in maniera omogenea sul territorio regionale.

Nel 2002 è proseguito l'incremento qualitativo e quantitativo sia delle stazioni sia della strumentazione in dotazione.

Altre reti fisse appartengono, oltre che a ENEL, a Barricalla S.p.A. e AEM.

Nella regione operano infine 5 mezzi mobili gestiti dall'Arpa per integrare il monitoraggio della qualità dell'aria sul territorio non coperto dalla rete fissa. La dotazione strumentale di tali mezzi, il cui numero sarà prossimamente incrementato di una unità, è riportata nel CD.

La qualità ed il numero di stazioni fisse, nonché il numero di siti oggetto di monitoraggio con mezzi mobili, possono essere considerati come esempi di indicatori di risposta, nell'ambito del modello DPSIR, da parte dell'amministrazione pubblica, così come l'emanazione dei provvedimenti normativi nazionali e regionali.



### 3.4.2 AGGIORNAMENTO NORMATIVO

A cura di **Franca Sordi** – Regione Piemonte, Assessorato Ambiente, Settore Risanamento Acustico ed Atmosferico

L'emanazione del D.M. n° 60 del 2 Aprile 2002 (recepimento delle direttive comunitarie 1999/30/CE e 2000/69/CE), che ha stabilito nuovi valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle PM10, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio, ha reso necessario l'aggiornamento del processo organico di valutazione della qualità dell'aria, avviato con la legge regionale 7 aprile 2000 n. 43, in termini di definizione dei problemi, di individuazione delle aree di intervento, di definizione delle azioni necessarie e verifica dei risultati.

La situazione delineata dalla Valutazione preliminare della qualità dell'aria, approvata contestualmente alla legge 43/2000, è stata aggiornata con la Valutazione della qualità dell'aria nella Regione Piemonte - Anno 2001. Questa valutazione è stata predisposta da Arpa utilizzando una nuova metodologia che mette in relazione i dati misurati dal Sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria con i dati dell'inventario regionale delle emissioni in atmosfera. La valutazione 2001 è stata approvata dalla Giunta Regionale con Deliberazione n. 109 – 6941 del 5 agosto 2002. Successivamente, con la DGR 14 – 7623 del 11 novembre 2002, la Regione Piemonte ha provveduto ad aggiornare l'assegnazione dei Comuni piemontesi alle

Zone di Piano e ad elaborare gli indirizzi per le Province per la predisposizione e gestione dei Piani di Azione.

In ogni provincia è stata creata una Zona di Piano in cui deve essere attuata una politica attiva per la riduzione delle emissioni. Nella Zona di Piano sono inseriti i Comuni assegnati alle zone 1, 2 e 3p, per un totale di 340 Comuni mentre nella prima assegnazione, approvata con la legge 43/2000, erano stati individuati 89 Comuni.

Negli indirizzi regionali le Province sono confermate autorità competenti alla gestione delle situazioni di rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme di cui all'art 7 del Decreto legislativo 4 agosto 1999 n. 351, e sono chiamate ad elaborare i Piani di azione, d'intesa con i Comuni assegnati alla Zona di Piano.

I Piani di azione devono contenere le misure e le azioni attuabili nel breve periodo che riguardano la mobilità, il riscaldamento ambientale, alcune attività lavorative ed impianti produttivi, che devono essere adottate in maniera stabile e sistematica nelle Zone di Piano. Queste possono essere integrate con provvedimenti temporanei progressivamente più restrittivi, in casi di reiterati e marcati superamenti dei limiti.

Per la elaborazione dei Piani la Regione ha scelto di non considerare i margini di tolleranza indicati nel D.M. n. 60/2002 e di fare riferimento ai valori limite di breve durata (orari o giornalieri) e alle relative frequenze di superamento tollerate nell'arco di un anno, elencati nella tabella che segue, anche se gli stessi saranno vigenti a partire dal 1.1.2005 per SO<sub>2</sub>, PM10 e CO, e a partire dal 1.1.2010 per l'NO<sub>2</sub>.

Inquinante	Valore limite e periodo di mediazione	n° di superamenti tollerati	Data raggiungimento del limite
SO <sub>2</sub>	350 µg/m <sup>3</sup> media 1 ora	24 volte/anno civile	1° gennaio 2005
SO <sub>2</sub>	125 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	3 volte/anno civile	1° gennaio 2005
NO <sub>2</sub>	200 µg/m <sup>3</sup> media 1 ora	18 volte/anno civile	1° gennaio 2010
PM10 1a fase	50 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	35 volte/anno civile	1° gennaio 2005
CO	10 µg/m <sup>3</sup> media mob.8 ore	-----	1° gennaio 2005

I Piani di azione devono essere riferiti principalmente al rischio di superamento dei valori limite per NO<sub>2</sub> e PM10, in quanto la Valutazione della qualità dell'aria del 2001 ha evidenziato che tale rischio di superamento è generalizzato in tutte le Zone di Piano. I valori di SO<sub>2</sub> e di CO sono invece già attualmente al di sotto dei limiti.

Negli indirizzi regionali alle Province è inoltre previsto che nei Piani di azione siano indicati anche i provvedi-

menti da attuare per ridurre il rischio di superamento della soglia di allarme per l'NO<sub>2</sub> (400 µg/m<sup>3</sup> come media di 3 ore consecutive) stabilita dal D.M. 2 aprile 2002 n. 60. Infatti, in caso di persistenza di condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, in porzioni limitate delle Zone di Piano, si possono registrare valori tali da comportare il rischio di superamento di tale soglia.



### 3.4.3 AZIONI PROGRAMMATE DALLA REGIONE

A cura di **Franca Sordi** – Regione Piemonte, Assessorato Ambiente, Settore Risanamento Acustico ed Atmosferico

Si riporta un elenco delle principali azioni programmate dalla Regione, che prevedono fondi a favore di Province e Comuni, a sostegno dell'attuazione dei Piani di Azione e dei piani per la riduzione delle emissioni inquinanti.

#### Anni 2002 - 2003 - 2004

- Integrazione della politica nazionale di diffusione del metano e del GPL su tutto il territorio regionale:  
€ 5.000.000 in tre anni a disposizione dei Comuni

per installazione di impianti di distribuzione di metano

€ 4.500.000 in tre anni a disposizione delle Province per acquisto di mezzi a metano e a GPL per le flotte delle aziende di pubblico servizio e di pubblica utilità

- Prosecuzione delle sperimentazioni sull'utilizzo dell'idrogeno sia nel campo della mobilità che della produzione di energia: € 6.700.000 nel triennio

#### Anni 2003 e 2004

€ 5.000.000 per lo sviluppo di tecnologie a bassa produzione di emissione negli impianti produttivi, di riscaldamento e climatizzazione.

### BIBLIOGRAFIA

ANPA, 2001. *I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica*. Manuali e Linee Guida 2/2001, 85 pp. (<http://www.sinanet.anpa.it>).

APAT, 2002. *Annuario dei dati ambientali*.

APAT, Bozza Rapporto x/2003. *Verso una rete nazionale per il rilevamento della qualità dell'aria mediante l'indice di biodiversità lichenica*.

ASTA J., ERHARDT W., FERRETTI M., FORNASIER F., KIRSCHBAUM U., NIMIS P.L., PURVIS O.W., PIRINTSOS S., SCHEIDEGGER C., VAN HALUWYN C. e WIRTH V., 2001. *Mapping lichens diversity as an Indicator of environmental quality*. In NIMIS P.L., SCHEIDEGGER C. & WOLSELEY P.A. (Eds.): *Monitoring with lichens – Monitoring Lichens*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 273-279.

BINI G., MAGISTRO S., ANGELINO E., FOSSATI G., PERONI E., DE LAURETIS R., LIBURDI R., DEL CIELLO R., NEGRENTI E., 2001. *Linee Guida agli inventari locali di emissione in atmosfera*. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, RTI CTN\_ACE 3/2001.

BOUTIBONNES P., AUFRAY Y., 1986, *Evaluation of the genotoxic activity of some mycotoxins using Escherichia coli in the SOS spot test*. *Mutat Res*; 171: 79-82.

CADUM E. et al., 2003. *Indagine sulla percezione della qualità dell'aria nella Provincia di Torino*. Torino, I Quaderni dell'Ambiente Provincia di Torino - Arpa Piemonte.

DECRETO 1 OTTOBRE 2002 N. 261. *Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del Decreto Legislativo 351/99 – allegato 2*.

DE FLORA S., BAGNASCO M., IZZOTTI A., 1989, *Mutagenicity of polycyclic aromatic hydrocarbon fractions extracted from urban air particulates*. *Mutat Res*; 224: 305-318.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2002. *Environmental signals 2002*. Environmental assessment report No 9.

LOPPI S., GIORDANI P., BRUNIALTI G., ISOCRONO D., PIERVITTORI R., 2002. *A new scale for the interpretation of lichen biodiversity values in the Tyrrhenian side of Italy*. *Progress and Problems in Lichenology at the Turn of the Millennium* IAL 4.

MARON D.M., AMES B.N., 1983. *Revised methods for the Salmonella mutagenicity test*. *Mutat Res*; 113: 173-215.

NIMIS P.L., 1999a. *Il biomonitoraggio della "qualità dell'aria" in Italia*. In: Piccini C. e Salvati S. (Eds): *Proc. Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale"*, Roma, 26-27 novembre 1998, 173-189. (ANPA).

NIMIS P.L., 1999b. *Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti*. In PICCINI C. e SALVATI S. (Eds): *Proc. Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale"*, Roma 26-27 novembre 1998, 267-277, Roma (ANPA).



OMS, 1998. *Campi elettromagnetici e salute pubblica, Percezione dei rischi dei campi elettromagnetici nel pubblico, promemoria 184.* (<http://www.who.int/peh-emf>).

OMS, 1999. *La comunicazione dei rischi ambientali e per la salute in Europa.* Milano, Franco Angeli.

OMS, 2002. *Establishing a Dialogue on Risks from Elettromagnetic Fields.* ([http://www.who.int/peh\\_emf/publications/EMS\\_Risk\\_Chpt2.pdf](http://www.who.int/peh_emf/publications/EMS_Risk_Chpt2.pdf)).

REGIONE PIEMONTE, 2002. *Valutazione della qualità dell'aria nella Regione Piemonte.* Bollettino Uff. della Regione Piemonte, supplemento al n° 35 del 29/08/2002.

REGIONE PIEMONTE, 2002. *Aggiornamento dell'assegnazione dei Comuni piemontesi alle Zone 1, 2 e 3. Indirizzi per la predisposizione e gestione dei Piani di Azione.* Bollettino Uff. della Regione Piemonte n° 47 del 21/11/2002.

QUILLARDET P., HOFNUNG M., 1993, *The SOS chromotest: a review.* Mutat Res; 297: 235-279.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION), 2000. *Air Quality Guidelines for Europe.*