

Qualità dell'aria

Tendenze storiche di alcuni inquinanti

Sorgenti emissive

Sistemi modellistici per la valutazione della qualità dell'aria

Aria



14



14.1 QUALITÀ DELL'ARIA

Mauro Maria Grosa, Loretta Badan, Maria Bondi - Arpa Piemonte

Le attività antropiche, costituite dal trasporto su strada, dalle attività produttive, dagli impianti termici per generazione di calore ed energia elettrica, costituiscono e costituiranno ancora per molto tempo le sorgenti principali degli inquinanti primari e dei precursori di quelli secondari. E' indispensabile quindi agire prioritariamente su queste attività per ottenere ulteriori sensibili miglioramenti della qualità dell'aria oltre a quelli conseguiti nei decenni scorsi.

L'impegno prioritario per le pubbliche amministrazioni, per le imprese e per i privati cittadini deve consistere nell'attuare tutte quelle misure finalizzate alla riduzione delle emissioni, sia nelle grandi scelte strategiche degli organi di governo sia nella vita quotidiana del cittadino.

Per gli indicatori utilizzati è utile fare riferimento ai criteri illustrati nel precedente rapporto (<http://www.arpa.piemonte.it/>); per il dettaglio sui parametri considerati e sull'ubicazione delle relative stazioni fisse, si rinvia al CD o al sito internet succitato.

L'anno esaminato è il 2005 e i dati prodotti dalla rete di rilevamento sono disponibili sulle pagine del sito WEB <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa>. I dati prodotti dalle reti private non sono considerati nel presente rapporto mentre i risultati delle campagne effettuate dai Dipartimenti dell'Agenzia, tramite mezzi mobili, sono disponibili presso le Province o i Comuni interessati.

Nel Rapporto sono invece brevemente descritte la situazione attuale dei principali inquinanti, con le tendenze registrate negli ultimi anni, e le attività di approfondimento su particolari aspetti della qualità

dell'aria.

Nel 2005 sono proseguite le attività di produzione delle stime delle concentrazioni relative ai principali inquinanti nei comuni piemontesi, attraverso l'utilizzo combinato dell'Inventario Regionale delle Emissioni (IREA) e dei dati di qualità dell'aria disponibili, al fine di fornire un servizio informativo sullo stato di qualità dell'aria anche per i territori comunali privi di stazioni di monitoraggio. Le mappature dello stato di qualità dell'aria valutato attraverso tali procedure di stima sono pubblicate giornalmente sempre sul sito web di Sistema Piemonte.

L'anno 2005 ha visto la conclusione del progetto triennale FUMAPEX (*Integrated Systems for Forecasting Urban Meteorology, Air Pollution and Population Exposure*), costituito nell'ambito del V Programma Quadro "Energy, Environment and Sustainable Development" finalizzato allo sviluppo e alla realizzazione di sistemi previsionali della qualità dell'aria in ambito urbano (vedi Box di approfondimento).

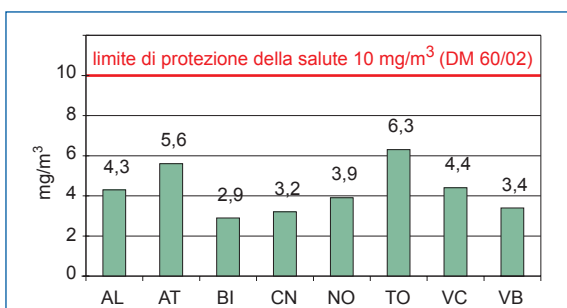
Nel corso del 2005 sono proseguite le attività relative ai due progetti europei ALPNAP e MONITRAF, nell'ambito dell'Interreg IIB - Spazio Alpino, finalizzati alla valutazione degli impatti e degli effetti del traffico veicolare, civile e commerciale sui principali valichi alpini (Frejus, Monte Bianco, Gottardo e Brennero). Le attività progettuali - effettuate in stretta collaborazione con altri Paesi Europei, in particolare con Francia, Svizzera, Austria e Germania - vanno dal reperimento di informazioni ambientali, demografiche, di traffico, di rumore, ad aspetti inerenti l'applicazione modelli di diffusione degli inquinanti atmosferici e del rumore. Informazioni specifiche possono essere reperite sulle pagine dei due siti web: <http://www.alpnap.org> e <http://www.montraf.org>.

Indicatore / Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
CO - massima media 8 ore	S	Arpa Piemonte	mg/m ³	Provincia	2005	+++
NO ₂ - sup. limite orario	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2005	+++
NO ₂ - media annua	S	Arpa Piemonte	µg/ m ³	Provincia	2005	+++
O ₃ - superamento limite orario	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2005	+++
O ₃ - superamento limite protezione vegetazione (AOT40)	S	Arpa Piemonte	µg/ m ³	Provincia	2003/2005	++
PM ₁₀ - media annua	S	Arpa Piemonte	µg/ m ³	Provincia	2005	+++
PM ₁₀ - superamento limite giornaliero	S	Arpa Piemonte	numero	Provincia	2005	+++
Benzene - media annua	S	Arpa Piemonte	µg/ m ³	Provincia	2005	+++
Piombo - media annua	S	Arpa Piemonte	µg/ m ³	Provincia	2005	+++

14.1.1 Monossido di carbonio (CO)

A partire dal 1° gennaio 2005 ai sensi del Decreto Ministeriale 60/02, il monossido di carbonio deve rispettare il valore limite per la protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile di otto ore. Generalmente la sua presenza in aria ambiente è dovuta al traffico veicolare poichè è generato come sottoprodotto da una non perfetta combustione di materiale combustibile fossile (ad es. oli combustibili, benzina), ma anche dalla combustione di legna, sigarette e tutto ciò che contenga carbonio. Nelle città, l'elevata presenza di traffico automobilistico in strade strette tra edifici (canyon) con molti punti semaforici, o/e il rallentamento dei veicoli a motore e particolari condizioni di ventilazione, rendevano questo parametro di particolare interesse. Oggi i miglioramenti ottenuti sia sul fronte dei combustibili sia sul fronte della tecnologia motoristica hanno determinato una marcata diminuzione dei valori misurati e conseguentemente l'attenzione sul tale inquinante. Ai fini della presente trattazione è utilizzato quale indicatore statistico della qualità dell'aria il valore massimo di media mobile.

Figura 14.1 - CO, valori massimi di media mobile rilevati in zona urbana - anno 2005



Fonte: Arpa Piemonte

• I valori dei massimi di media mobile riportati nel grafico sono stati rilevati in aree urbane e mostrano come in nessuna delle province piemontesi sia stato superato il limite di protezione della salute; la provincia di Torino si è distinta per presentare i maggiori valori di concentrazione.

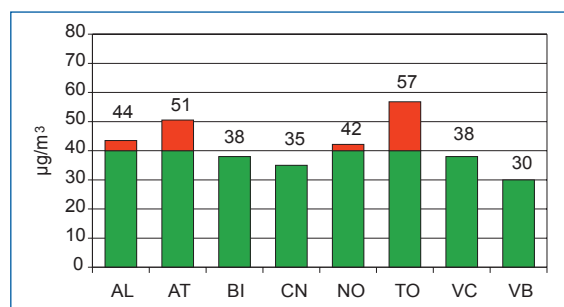
14.1.2 Biossido di Azoto (NO₂)

Fra gli ossidi di azoto è stato preso in considerazione, vista l'attenzione attribuita dalle norme vigenti, il biossido di azoto (NO₂) che è il composto più nocivo per la salute umana (quattro volte più tossico del monossido di azoto) e per l'ecosistema in generale in quanto, mediante la radiazione solare, partecipa alla produzione di prodotti secondari costituenti lo "smog fotochimico". La fonte principale degli ossidi

di azoto è rappresentata dai processi di combustione, indipendentemente dal combustibile utilizzato, e di conseguenza gli impianti per la produzione di energia elettrica (centrali termoelettriche) e i motori degli autoveicoli, soprattutto se diesel, nonché gli impianti di produzione di energia termica ad uso civile. Il decreto DM 60/02 ha introdotto due limiti per la protezione della salute umana sia su base annuale che su base oraria, che dovranno essere rispettati a partire dal 2010, e uno relativo agli NO_x per la protezione della vegetazione (30 µg/m³) in vigore già dal 2001.

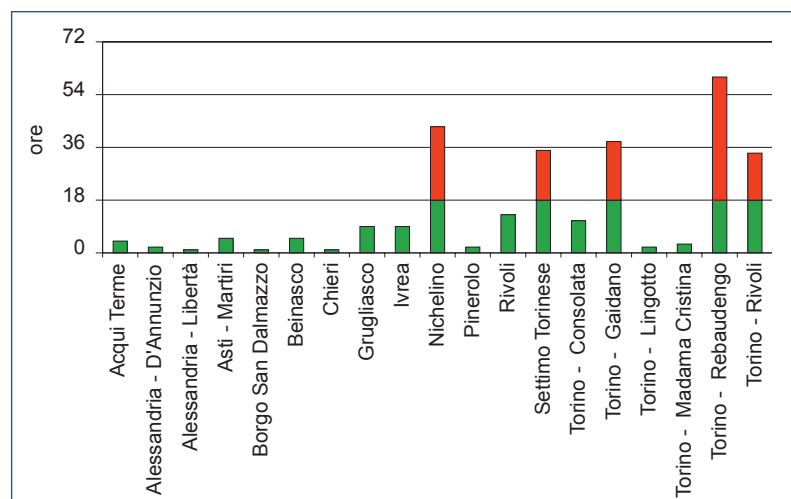
Nel presente rapporto sono stati scelti, come indicatori statistici, i due limiti di protezione della salute poichè ben evidenziano la criticità del problema.

Figura 14.2 - NO₂, valori di concentrazione media annuale rilevati in zona urbana e mediati per provincia - anno 2005



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 14.3 - NO₂, stazioni con almeno un superamento del limite orario di 200 µg/m³ - anno 2005



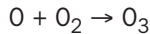
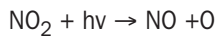
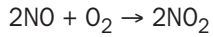
Fonte: Arpa Piemonte

• Il limite prevede un numero massimo di 18 ore/anno civile (in verde) di superamento del valore di 200 µg/m³. Data la situazione meteorologica sfavorevole alla dispersione degli inquinanti, verificatasi nel periodo invernale dell'anno in esame, nella provincia di Torino vi sono state ben cinque stazioni che hanno superato il limite.

• Il valore limite di protezione della salute umana di 40 µg/m³ su base annuale (colorato in verde) dimostra come in molte province non sia rispettato.

14.1.3 Ozono (O₃)

L'ozono nell'aria ambiente è un inquinante secondario che si forma a seguito di reazioni che dipendono dalla presenza della radiazione solare e di composti quali gli ossidi di azoto o composti organici volatili secondo reazioni tipo:

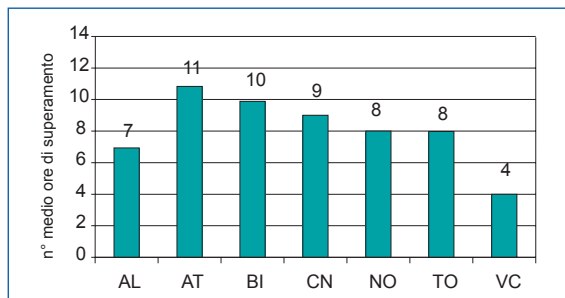


La normativa in vigore (DLgs 183/04) ha introdotto valori obiettivo sul lungo termine e valori soglia a breve termine volti alla protezione della salute umana. In questo rapporto come indicatori statistici sono utilizzati:

- i superamenti della soglia di informazione ovvero il numero medio per provincia dei superamenti del valore orario di soglia (180 µg/m³);

• Tutte le province sono interessate da un numero elevato di superamenti del limite orario della soglia di informazione. Tali superamenti avvengono in modo particolare nel periodo estivo dell'anno.

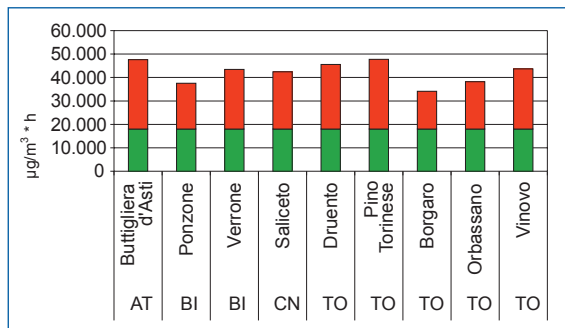
Figura 14.4 - O₃, numero medio di giorni con almeno un superamento della soglia di informazione (180µg/m³) - anno 2005



Fonte: Arpa Piemonte

• Dal grafico si osserva che negli ultimi tre anni il rispetto del valore fissato come bersaglio (18.000 µg/m³ * h) per il AOT40 da raggiungere a partire dal 2013, è ampiamente superato in tutto il territorio regionale.

Figura 14.5 - AOT40 per la protezione della vegetazione relativo alla media di tre anni (2003-2004-2005)



Fonte: Arpa Piemonte

- Il valore bersaglio (18.000 µg/m³ * h) per la protezione della vegetazione è definito come AOT40 ed espresso in µg/m³ * h. Tale valore si calcola come somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori ad 80 µg/m³ (overosia 40 parti per miliar-

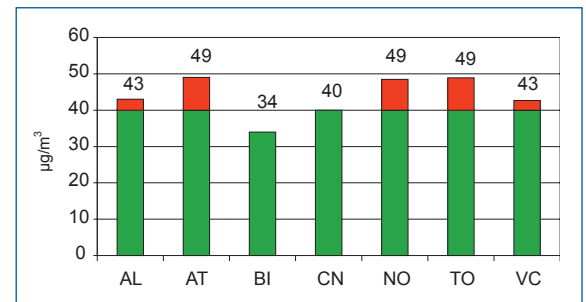
do) rilevate solo da maggio a luglio tra le ore 08:00 e le 20:00 della giornata. Trattandosi di protezione della vegetazione il valore va calcolato per stazioni definite come suburbane di fondo o rurali di fondo.

14.1.4 PM₁₀ (polveri inalabili)

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

- media annua, overosia il valore medio delle medie annue delle stazioni presenti nella provincia (il valore limite per la protezione della salute umana è 40 µg/m³);

Figura 14.6 - Medie per provincia delle medie annue di PM₁₀ gravimetrico - anno 2005

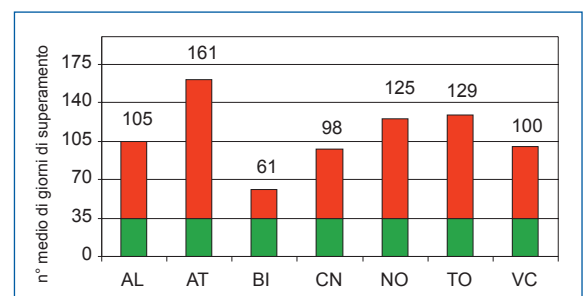


Fonte: Arpa Piemonte

• La situazione registrata nell'anno in esame conferma la difficoltà di rispettare il limite annuale nelle zone urbane e in quelle collocate nelle zone pianeggianti del territorio piemontese. Il limite annuale di 40 µg/m³ è superato in quasi tutte le province, fatta eccezione per quelle Biella e Cuneo caratterizzate da un territorio poco urbanizzato e dalla vicinanza dei rilievi montuosi che favoriscono la dispersione.

- superamenti del limite giornaliero, vale a dire il numero medio per provincia dei superamenti del limite (valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana - 50 µg/m³ - da non superare più di 35 volte l'anno).

Figura 14.7 - PM₁₀, numero medio dei superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ - anno 2005



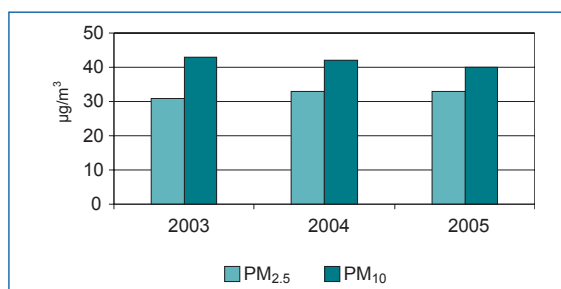
Fonte: Arpa Piemonte

14.1.5 PM_{2,5} (polveri respirabili)

Nonostante non siano stati ancora emanati limiti normativi per il PM_{2,5}, è ormai dimostrato che le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm sono più pericolose per la salute umana di quelle con maggiore diametro aerodinamico, sia per la maggiore capacità di penetrare nell'albero respiratorio dovuta alle ridotte dimensioni sia per la loro composizione. Il PM_{2,5} è più solubile del PM₁₀ 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_{2,5}. Nella rete regionale piemontese, novembre 2002, è stato installato presso una stazione di fondo in zona rurale, Buttigliera d'Asti, un campionatore PM_{2,5}. Confrontando

i valori delle medie annuali degli ultimi tre anni di PM₁₀ e PM_{2,5} si conferma quanto noto in letteratura e cioè che la parte più consistente del PM₁₀ è costituita da particelle con diametro aerodinamico uguale o inferiore a 2,5 µm.

Figura 14.8 - Medie annuali PM₁₀ e PM_{2,5} gravimetrico campionati presso la stazione di Buttigliera d'Asti - anno 2005



Fonte: Arpa Piemonte

• I livelli di concentrazione dei due inquinanti sono alti (il PM₁₀ supera il limite annuale di 40 µg/m³ nel 2003 e 2004) e pressoché costanti, o in leggero decremento, negli ultimi tre anni.

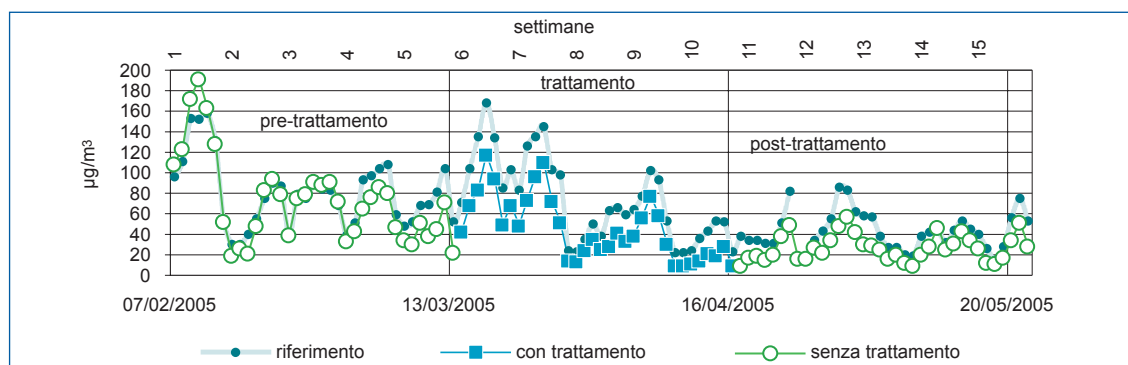
box1 Esperienza di riduzione del particolato sottile

Nell'anno 2005 nella città di Torino è stato adottato un provvedimento sperimentale per la riduzione del particolato sottile mediante un prodotto a base di enzimi in soluzione che, se utilizzato in occasione della pulizia strade, riduce la concentrazione delle polveri PM₁₀ degradando anche la sua componente organica. La sperimentazione sul campo dell'attività del prodotto è stata effettuata presso una stazione di rilevamento in zona urbana residenziale ad alta densità di traffico. I trattamenti sono stati eseguiti a partire dal 14 Marzo 2005 e sino

al 13 Aprile 2005 con frequenza tri-settimanale, mediante i mezzi adibiti al lavaggio strade da parte dalla ditta incaricata dal Comune di Torino. La determinazione del particolato PM₁₀ è stata effettuata per via gravimetrica, secondo i riferimenti normativi (DM 60/02), con campionatore sequenziale e mezzo filtrante in fibra di vetro con diametro di 47 mm, condizionato prima e dopo il campionamento per 48 ore, a temperatura e umidità controllata. Le stazioni interessate sono state Torino-Gaidano e Torino-Consolata, quest'ultima presa come riferimen-

to poiché la concentrazione del PM₁₀ in aria ambiente, a parità di condizioni di emissione, è fortemente influenzata dalle condizioni meteorologiche. Per verificare che la stazione di riferimento fosse effettivamente tale è stata valutata la correlazione lineare ($r^2 = 0.8$) tra i valori di PM₁₀ misurati nelle due stazioni per un periodo di 2 anni precedente la sperimentazione. Dal semplice confronto tra le concentrazioni di PM₁₀ misurate nelle stazioni in esame prima e dopo la sperimentazione non si nota una diminuzione sistematica del valore

Andamento dei valori di concentrazione nella stazione di Gaidano e in quella di riferimento nell'intervallo temporale più ampio - anno 2005



Fonte: Arpa Piemonte

VALORI MEDI DI CONCENTRAZIONE

PERIODO	Media Riferimento	Media TO - Gaidano	Scarto
PRE trattamento	80	74	-11 %
Trattamento	73	45	- 40 %
POST trattamento	44	29	- 32 %
Media Scarti (pre-post trattamento) (*)	-	-	- 23 %
Diminuzione dello scarto medio % (**)	-	-	-18 %

(*) Tale valore è dato dalla media dei periodi post trattamento e pre trattamento

(**) Tale valore è calcolato come differenza tra lo scarto medio del periodo di sperimentazione e la media degli scarti pre post trattamento

La maggior diminuzione si è riscontrata nel periodo di trattamento (- 40%) mentre la diminuzione media relativa al periodo di sperimentazione è risultata pari a -18%.

di concentrazione del PM_{10} confermata anche dai coefficienti di determinazione identici delle due rette di regressione $r^2 = 0.96$.

Una possibile spiegazione dell'indipendenza delle concentrazioni dall'attuazione del trattamento può essere individuata nella persistenza degli inquinanti in aria ambiente nei giorni caratterizzati da condizioni meteorologiche non favorevoli alla dispersione degli inquinanti, dovuta ad una sorta di "effetto memoria". L'analisi delle autocorrelazioni conferma tale effetto: l'autocorrelazione diminuisce all'aumentare dell'intervallo fra i giorni e risulta molto bassa per intervalli superiori ai 3 giorni.

Pertanto essendo troppo dipendenti dalle concentrazioni tra coppie di giorni consecutivi, non si è ritenuto utile il semplice confronto fra le giornate con e senza trattamento e quindi si è scelto di utilizzare intervalli temporali più ampi confrontando le 5 settimane in cui sono stati effettuati i trattamenti tri-settimanali con le 5 settimane precedenti ("pre-trattamento") e le

successive ("post-trattamento").

Dal confronto dei valori medi assoluti dei tre periodi, riferiti alla stazione di Consolata presa come riferimento, si nota una diminuzione maggiore nel periodo di sperimentazione rispetto ai restanti periodi. Sono stati utilizzati i valori di concentrazione relativi calcolati come:

$$\frac{[PM_{10} \text{ in esame} - PM_{10} \text{ riferimento}]}{PM_{10} \text{ riferimento}}$$

come riportato nella tabella i primi due giorni dei periodi esaminati sono stati scartati poiché è stata dimostrata l'elevata autocorrelazione con gli ultimi giorni del periodo precedente.

Tuttavia, è opportuno valutare anche la differenza tra i periodi tenendo conto della dispersione dei dati. A tal fine sono stati effettuati test statistici di confronto tra le medie, confronti resi possibili dal fatto che le distribuzioni degli scarti di tutti i periodi non violano l'ipotesi di normalità. E' quindi possibile discriminare i tre gruppi in funzione delle differenze delle rispettive medie.

Nella tabella sottostante sono riportati i risultati dei confronti effettuati con il test T di Student per coppie di campioni indipendenti con un livello di confidenza del 95%.

Si può notare che:

- le medie degli scarti relativi al periodo pre-trattamento e al periodo di trattamento sono significativamente diverse ($P < 0.000$);
- le medie degli scarti relativi al periodo di trattamento e al periodo di post-trattamento non sono significativamente diverse ($P > 0.05$). Infatti l'intervallo di confidenza al 95% non esclude il valore 0 per la differenza delle medie dei due periodi;
- le medie degli scarti relativi al periodo pre e post-trattamento sono significativamente diverse ($P < 0.000$).

L'analisi dei dati relativi alla sperimentazione descritta evidenzia una diminuzione media pari al 18% durante il periodo di trattamento rispetto al periodo senza il trattamento.

SINTESI DEI CONFRONTI TRA LE MEDIE DI PERIODO

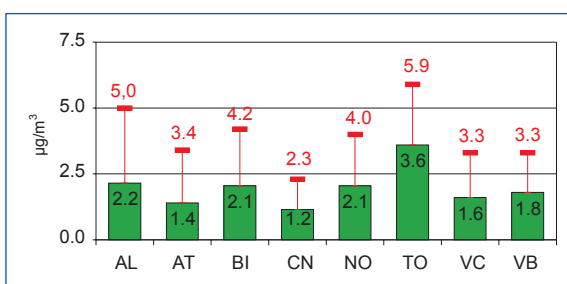
Test T (o di Student) ($\alpha=0.05$) (n=34)	P calcolato		
	PRE trattamento	CON trattamento	POST trattamento
PRE trattamento		6.32E-05	0.145
CON trattamento	6.32E-05		0.000
POST trattamento	0.145	0.000	

14.1.6 Benzene

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

- media annua misurata sul territorio provinciale.

Figura 14.9 - Valori di media annua per provincia a confronto con il valore orario massimo assoluto - anno 2005



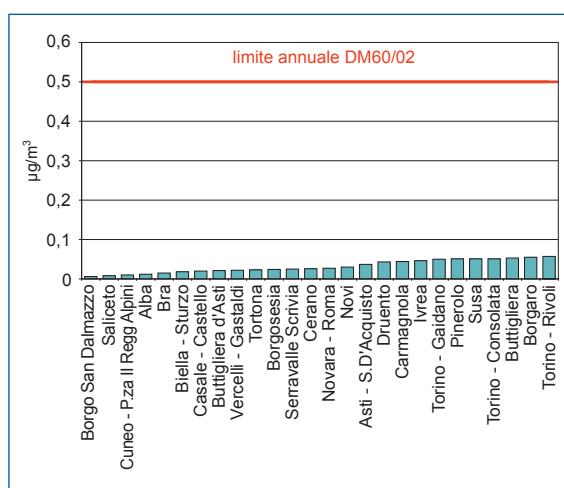
Fonte: Arpa Piemonte

• Dal grafico si osserva che il limite annuale ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale e che i valori orari massimi raggiunti non sono tali da far presumere situazioni critiche su base temporale minore.

14.1.7 Piombo

La normativa vigente (DM 60/02) indica il valore limite di protezione della salute per il piombo, metallo definito tossico in quanto interferisce con numerosi sistemi enzimatici. La Direttiva 2004/107CE, di prossimo recepimento da parte dello Stato, introduce valori obiettivo anche per altri metalli tossici, arsenico, cadmio e nichel.

Figura 14.10 - Valori di media annuale nel 2005



Fonte: Arpa Piemonte

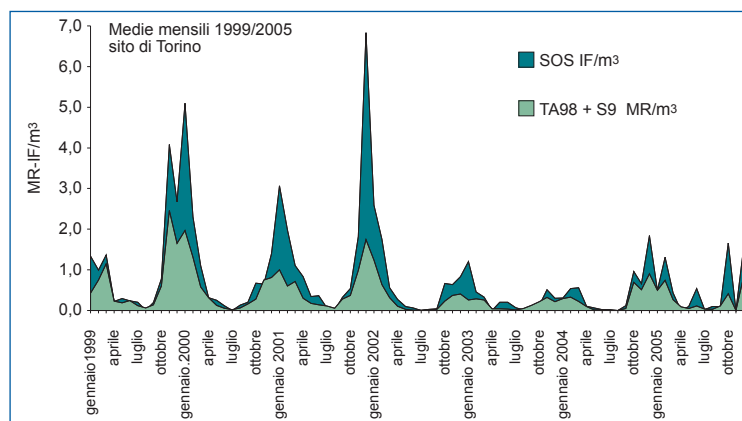
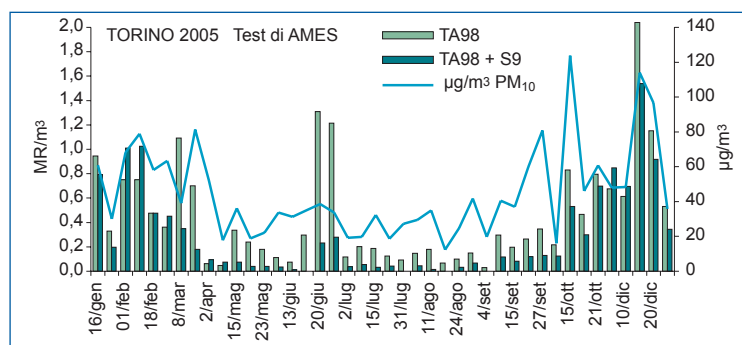
• Nell'anno 2005 sono stati effettuati campionamenti giornalieri in tutti i siti della rete ove presente un campionario di PM_{10} gravimetrico e riferiti al valore limite ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) calcolato su base annuale con una percentuale di dati validi del 90%. I risultati ottenuti sono stati positivi in quanto la tendenza alla riduzione della concentrazione di piombo nell'aria iniziata negli anni '98-'99 a seguito della messa al bando della benzina super, risulta ampiamente confermata anche per l'anno in esame. La peggiore media annuale misurata in una stazione della rete è di un ordine di grandezza inferiore al limite e corrisponde ad una stazione ad alta densità di traffico veicolare in zona urbana (Torino - piazza Rivoli).

box 2 Monitoraggio genotossico del particolato atmosferico PM_{10} in provincia di Torino - anni 1999-2005

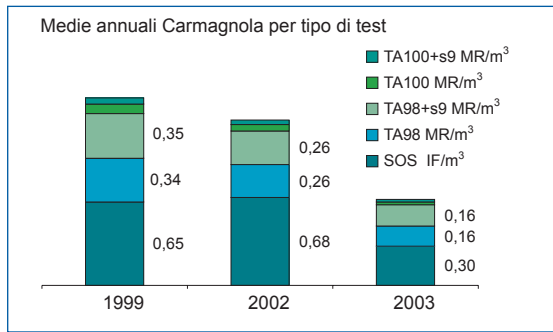
Daniela Caroli, Anna Maria D'Agostino,
Daniele Marangon, Gabriella Passarino
- Arpa Piemonte

Il particolato atmosferico funge da veicolo all'interno dell'organismo umano dei contaminanti aerodispersi che, all'interno delle vie respiratorie, possono subire vari processi di assorbimento e di eliminazione. Le particelle con diametro inferiore o uguale a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) sono in grado di superare le prime vie respiratorie raggiungendo la trachea, i bronchi e gli alveoli polmonari e costituiscono di conseguenza un rischio sanitario per gli effetti a lungo termine.

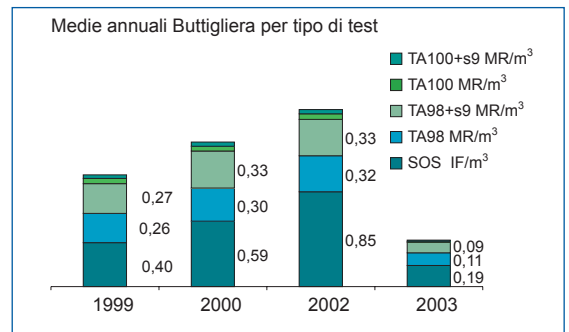
La constatazione della ricorrente presenza di sostanze cancerogene-genotossiche nella frazione respira-



Fonte: Arpa Piemonte



Fonte: Arpa Piemonte



Fonte: Arpa Piemonte

bile del particolato atmosferico ha orientato la ricerca verso l'impiego di test di mutagenesi "a breve termine" in vitro.

I composti chimici adsorbiti sul particolato esplicano il loro potere mutageno sia direttamente sia attraverso meccanismi di attivazione metabolica con finalità detossificante attuati da differenti batterie enzimatiche. Tali reazioni di biotrasformazione sono state evidenziate in vivo principalmente nelle cellule epatiche. In laboratorio tale meccanismo viene riprodotto mediante l'utilizzo dei test di mutagenesi, la cui applicazione è mirata non tanto ad evidenziare l'azione genotossica di un composto chimico, ma piuttosto la sua eventuale successiva azione cancerogena, partendo dal concetto che spesso un evento cancerogeno è dovuto ad un *input* mutazionale.

Dall'anno 1999 si impiegano test di mutagenesi per valutare la genotossicità di campioni PM_{10} prelevati presso tre stazioni della rete fissa di Monitoraggio della Qualità dell'Aria. Sono stati utilizzati il test di Ames, esprimendo i dati ottenuti come MR (rapporto di mutagenicità), e l'SOS chromotest con e senza attivazione metabolica, esprimendo i dati ottenuti come FI (fattore di induzione). Le stazioni studiate sono: Torino, Carmagnola, Buttigliera Alta, e per tutte e tre si sono rilevate risposte positive nei mesi autunnali e invernali.

La stazione di Torino Via Consolata è quella che ha fornito i risultati più elevati, mentre quella di Buttigliera si è dimostrata la meno inquinata. Particolarmente significativi sono i risultati ottenuti sulla stazione di Torino, per la quale si può notare,

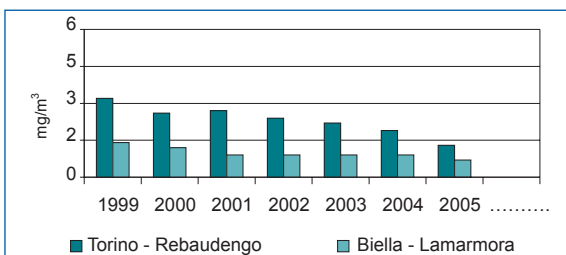
in base al grafico delle medie mensili 1999-2005, che in tutti gli anni di indagine si ha una risposta dei saggi di mutagenesi decisamente positiva nelle stagioni autunnali e invernali; dall'anno 2003 si evidenzia un generale decremento dei valori di MR e di IF e quindi un conseguente miglioramento della qualità dell'aria da un punto di vista della genotossicità rispetto agli anni precedenti. I dati relativi alla parte finale dell'anno 2004 e l'inizio del 2005, tuttavia, presentano nuovamente un incremento dei valori genotossici.

Dall'osservazione dei grafici Torino 2005, specifici per i due tipi di test, si confermano gli elevati valori di mutagenicità del periodo invernale. Nel corso del 2006 è previsto di estendere lo studio ad altre stazioni del territorio regionale.

14.2 TENDENZE STORICHE DI ALCUNI INQUINANTI

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

Figura 14.11 - CO₂, andamento negli anni delle medie annue di due stazioni di traffico urbano

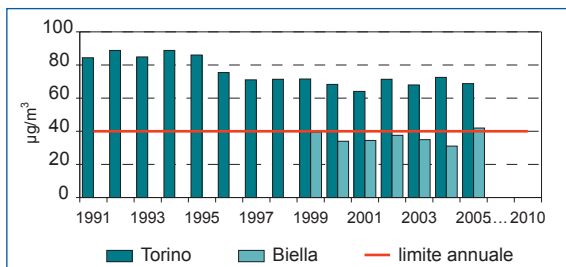


Fonte: Arpa Piemonte

• Dall'osservazione della tendenza degli ultimi sette anni si osserva un miglioramento che è principalmente ascrivibile allo sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e al trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici.

Nel 2005 il **biossido di azoto**, nelle due città esaminate, ha evidenziato tendenze diverse: la città di Biella ha presentato un incremento della concentrazione media annuale avvicinandosi al limite normativo da rispettare a partire dal 2010 (40 µg/m³), mentre la città di Torino, pur continuando a superare il valore limite ha presentato una sostanziale costanza della concentrazione media annua rispetto ai due anni precedenti.

Figura 14.12 - NO₂, andamento delle concentrazioni medie annue di Torino e Biella

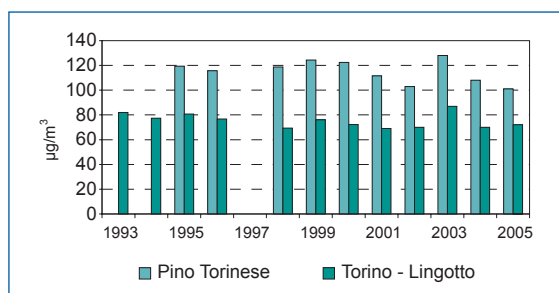


Fonte: Arpa Piemonte

• I valori di concentrazione media annua pur, con tendenze simili nel tempo, presentano una netta differenza dovuta principalmente alle caratteristiche delle città in esame. Torino presenta una maggiore densità di traffico veicolare resa ancor più critica dalla situazione climatica locale sfavorevole alla dispersione, mentre Biella, con un flusso del traffico veicolare minore, è favorita anche per la situazione climatica locale.

Dai valori rilevati negli ultimi anni, l'**ozono** evidenzia una sostanziale stabilità dell'andamento medio sebbene, nell'anno 2005, i valori medi estivi rilevati nella stazione in quota (Pino Torinese) siano risultati leggermente minori di quelli misurati nell'anno precedente. Questa situazione sembra si possa ragionevolmente attribuire alle differenti condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato i periodi estivi degli ultimi due anni.

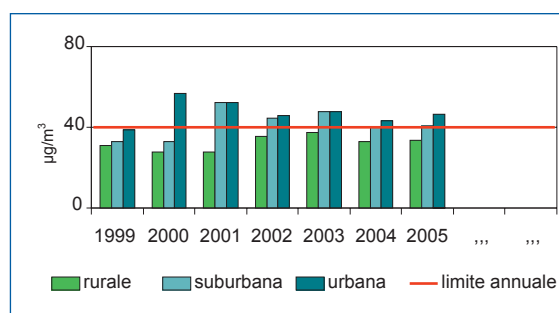
Figura 14.13 - O₃, concentrazioni medie relative al periodo maggio-settembre



Fonte: Arpa Piemonte

Le concentrazioni delle polveri **PM₁₀** risultano mediamente elevate su tutto il territorio regionale con superamenti del limite annuale (40 µg/m³), entrato in vigore nel 01/01/2005, particolarmente evidenti nelle aree urbane e suburbane.

Figura 14.14 - PM₁₀, media delle concentrazioni annuali per tipologia di zona



Fonte: Arpa Piemonte

• Le stazioni considerate sono in zone di fondo (Torino - Lingotto) è di fondo urbano, Pino Torinese è di fondo rurale in quota). Come prevedibile la stazione in quota risente dei fenomeni di trasporto che influiscono notevolmente incrementando le concentrazioni medie, tuttavia il confronto resta interessante poiché evidenzia la criticità del parametro ozono nel periodo estivo e in particolare la dipendenza dai fenomeni meteorologici. Infatti l'estate 2005 è risultata mediamente meno calda delle due precedenti.

• La situazione mostra in questi ultimi anni complessivamente una costanza nella criticità per questo parametro che presenta valori superiori al limite nelle zone suburbane e urbane.

box 3 Progetto FUMAPEX

Roberta De Maria e Monica Clemente

- Arpa Piemonte

FUMAPEX è un progetto di ricerca internazionale finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del 5° Programma Quadro - Energia, Ambiente e Sviluppo Sostenibile - condotto su un periodo di 3 anni (novembre 2002-ottobre 2005) con lo scopo di sviluppare, verificare e dimostrare sistemi integrati in grado di fornire previsioni meteorologiche, di qualità dell'aria e di esposizione della popolazione su aree urbane. Il principale obiettivo scientifico del progetto è consistito nell'urbanizzazione dei modelli meteorologici - tipicamente studiati per la simulazione di fenomeni meteorologici a grande scala - attraverso l'aumento della risoluzione delle simulazioni modellistiche e l'introduzione di parametrizzazioni fisiche in grado di descrivere la micrometeorologia e i fenomeni di dispersione degli inquinanti a scala urbana. Il progetto, al quale hanno partecipato *partners* che rappresentano alcuni fra i più importanti centri meteorologici e di ricerca, organizzazioni private e autorità locali responsabili della qualità dell'aria provenienti da 10 diversi paesi europei, ha visto lo studio, l'implementazione e la veri-

fica - in termini di capacità di riprodurre correttamente episodi acuti di inquinamento atmosferico - dei sistemi previsionali in sei città *target* europee (Oslo, Torino, Helsinki, Valencia, Bologna e Copenaghen) localizzate in aree con differenti caratteristiche meteorologiche.

Il sistema modellistico pilota testato da Arpa Piemonte è stato applicato contemporaneamente su tre domini di calcolo (la città di Torino, la regione Piemonte e un'area esterna comprendente l'Italia centro-settentrionale e una parte dell'Europa centro-occidentale) con la tecnica del "nesting", che permette di descrivere gli effetti delle sorgenti esterne all'area di interesse e i processi dominati da scale spaziali maggiori di quella urbana (ad esempio lo smog fotochimico). Nella fase di sperimentazione le previsioni effettuate hanno coperto una finestra temporale di 72 ore, fornendo le concentrazioni dei principali inquinanti (fra i quali anidride solforosa, ossidi di azoto, monossido di carbonio, particolato PM₁₀, ozono e benzene) ad una risoluzione, sulla città di Torino, pari ad 1 km.

Nel progetto particolare rilievo è stato attribuito alla figura degli utenti finali delle simulazioni model-

listiche, ovvero sia gli enti preposti alla gestione della qualità dell'aria e alla diffusione delle relative informazioni alla popolazione; a tal fine, in una fase di post-processamento dei risultati delle simulazioni, il sistema calcola gli indicatori previsti dalla normativa nazionale ed europea e permette la verifica dell'eventuale presenza di superamenti dei limiti di legge.

Le prestazioni del sistema previsionale sulla città di Torino sono state testate attraverso la ricostruzione di episodi di inquinamento acuto invernali, caratterizzati da valori critici di biossido di azoto e particolato PM₁₀, ed estivi, con superamento dei limiti di legge per le concentrazioni di ozono, verificatisi nell'area torinese nel corso degli ultimi anni. I risultati, esposti nel *Workshop* di fine progetto organizzato da Arpa Piemonte e tenutosi a Torino nel mese di ottobre 2005, evidenziano la generale capacità del sistema nel riprodurre le caratteristiche degli episodi simulati in termini di distribuzione spaziale e di variazione temporale dei campi di concentrazione.

Informazioni dettagliate sui risultati del progetto possono essere reperite sul sito <http://fumapex.dmi.dk>.

box 4 Concentrazioni ioniche ed elementi in traccia nelle deposizioni atmosferiche umide di tre siti piemontesi: Alpe Devero, Verbania Pallanza e Bellinzago

Stefania Ruschetta*, Rosario Mosello**, Gabriele Tartari**, Ombretta Tornimbeni**, Albino Defilippi*, Renato Gallo* e Luca Sartoris*¹

Il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche, relativo alle stazioni Alpe Devero, Verbania Pallanza e Bellinzago iniziato nel 2004, è proseguito per tutto il 2005² limitatamente alla tipologia WET (sola frazione umida).

Sono state determinate, previa

filtrazione dei campioni (0,45 µm), la composizione ionica (analisi effettuate dal CNR-ISE di Verbania Pallanza) e le concentrazioni dei ventiquattro elementi (Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Se, Sb, Sr, Tl, V e Zn) già ricercati nel precedente anno. Il proseguimento dello studio è finalizzato alla valutazione di eventuali variazioni stagionali e annuali, in particolare dei metalli di derivazione antropica.

Risultati

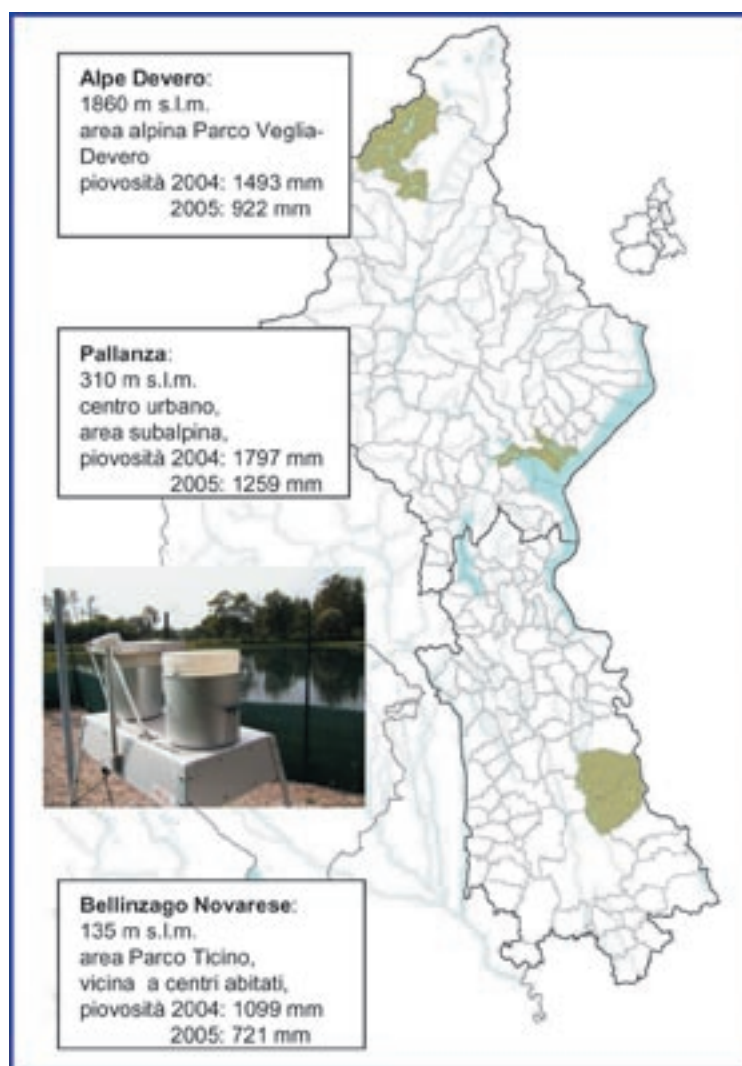
Per tutte le stazioni si confermano come anioni più abbondanti i nitrati e i solfati, mentre tra i cationi l'ammonio e il calcio. Dal confronto delle concentrazioni relative allo spettro ionico per i due anni di studio, si nota un incremento complessivo nel 2005, con concentrazioni più elevate del 30-70% rispetto all'anno precedente. Gli incrementi più rilevanti riguardano l'ammonio e l'alcalinità (figura a). Tali differenze fra i due anni si attenuano considerando i flussi di questi composti (figura b), in quanto la quantità di precipitazione nel 2005 è risultata significativamente inferiore a quella del 2004.

Dalle analisi degli elementi in traccia, effettuate con ICP-OES e ICP-MS, berillio, litio, platino, selenio e tallio sono stati esclusi dall'elaborazione in quanto aventi concentrazioni inferiori ai limiti di rilevabilità.

Come nel caso dello spettro ionico le concentrazioni di metalli (figure c, d) risultano superiori nel 2005. Osservando il grafico in figura e, i flussi dei metalli di origine antropica sono equiparabili, mentre sembrerebbe che nel 2004 l'apporto di materiale terrigeno (Al, B, Ba, Fe, Mn e Sr) sia stato più significativo (figura f).

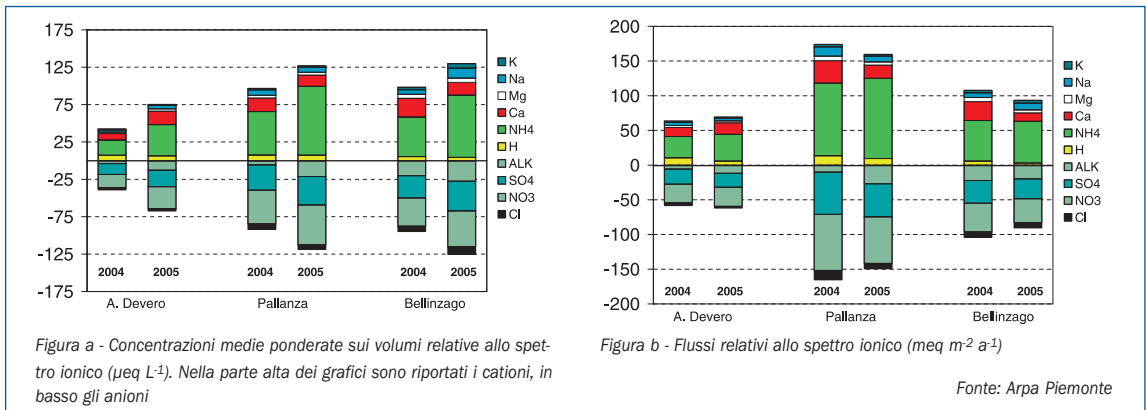
Nel 2004, nella stazione di Verbania Pallanza, sia le concentrazioni medie ponderate che i flussi di alcuni elementi, soprattutto alluminio, boro, manganese e stronzio sono risultati maggiori a causa di picchi determinati nel periodo tra inizio settembre e fine ottobre.

Cartogramma delle stazioni di campionamento



*Arpa Piemonte **CNR-ISE di Verbania Pallanza

²Le stazioni fanno parte della rete CNR-ISE per lo studio delle deposizioni atmosferiche sul VCO e i dati sono utilizzati anche nell'ambito dei progetti: CONECOFOR (CONtrollo ECOSistemi FORestali) coordinato dal Corpo Forestale dello Stato e ICP Waters (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes) coordinato dal Ministero dell'Ambiente.



Conclusioni

Il proseguimento dello studio per l'anno 2005 sulle tre stazioni in esame ha confermato le differenze spaziali delle concentrazioni dei macronutrienti (spettro ionico), in particolare dei composti azotati.

Il confronto annuale ha inoltre confermato i valori dei flussi per tutti gli ioni e per i metalli di derivazione antropica delle tre aree di campionamento, con valori massimi per la stazione urbana di Verbania Pallanza e minimi per la stazione remota dell' Alpe Devero; l'area di Bellinzago ha presentato valori intermedi tra queste due. I flussi dei

metalli di origine prevalentemente terrigena presentano valori simili per queste ultime due stazioni, mentre sono maggiori per quella urbana. La presenza nelle deposizioni atmosferiche di metalli quali rame, piombo, nichel, vanadio, cromo e cadmio sono verosimilmente riconducibili all'ubicazione sul territorio di alcune tipologie produttive (incenerimento di rifiuti, industria galvanica e traffico veicolare nel verbanico; industria chimica-petrochimica, produzione di energia elettrica, traffico veicolare e aeroportuale per la stazione di Bellinzago).

E' d'altra parte noto che a determi-

nare la composizione chimica delle deposizioni atmosferiche intervengono in maniera significativa anche fenomeni di trasporto da lunghe distanze.

Si ringraziano in modo particolare le direzioni del Parco Naturale Alpe Veglia e Alpe Devero e del Parco Naturale Valle del Ticino.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda a:

www.arpa.piemonte.it

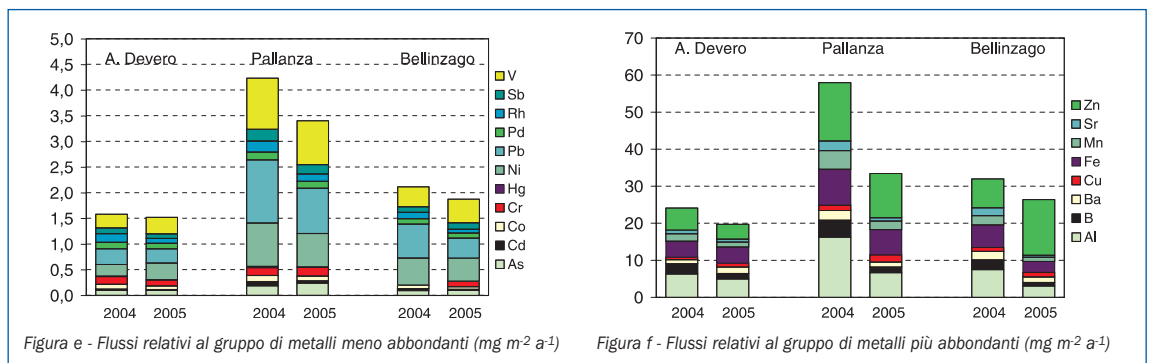
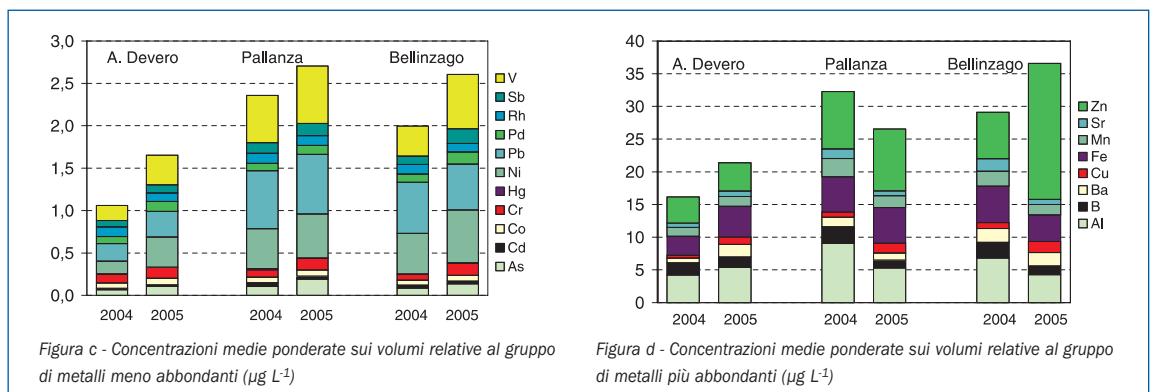
www.iii.to.cnr.it

www.unece.org/env

www.msceast.org

www.corpoforestale.it

www.parcovegliadevero.it



Fonte: Arpa Piemonte

14.3 FATTORI DI PRESSIONE: LE SORGENTI EMISSIVE

Monica Clemente, Roberta De Maria - Arpa Piemonte

La conoscenza delle sorgenti di emissione in atmosfera, trattate nei termini di indicatori di pressione nell'ambito del modello DPSIR, risulta indispensabile ai fini della predisposizione, ai vari livelli di governo, di piani di azione e di programmi di conservazione o miglioramento dell'aria ambiente.

L'Inventario Regionale delle Emissioni - realizzato da Regione Piemonte secondo la metodologia CORINAIR, messa a punto dalla *European Environment Agency* (EEA) - fornisce la stima delle emissioni totali annue di macro e microinquinanti, disaggregate per attività emissiva ai vari livelli di classificazione SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*) e ripartite spazialmente su scala comunale.

Ai fini della quantificazione dei fattori di pressione che agiscono su una determinata area, l'attribuzione del dato di emissione al territorio sulla base della collocazione amministrativa della sorgente, come previsto dalla metodologia per la realizzazione degli Inventari di Emissione, costituisce in alcuni casi una approssimazione non trascurabile.

A livello di analisi dei fattori di pressione relativi all'inquinamento atmosferico, occorre infatti considerare che le ricadute possono interessare in misura significativa territori diversi da quello del comune nel quale sono presenti le sorgenti di emissione.

Per affrontare questo problema già negli scorsi anni è stata effettuata da Arpa Piemonte una elaborazione dei dati relativi alle sorgenti puntuali maggiormente significative tra quelle presenti nell'Inventario delle Emissioni della Regione Piemonte: il contributo emissivo di ogni impianto produttivo è stato ridistribuito sui comuni circostanti sulla base delle ricadute, quantificate da una serie di simulazioni modellistiche di dispersione degli inquinanti (cfr. RSA 2004) effettuate con codici di tipo gaussiano.

L'ottimizzazione del processo di integrazione delle informazioni provenienti dalle stazioni di monitoraggio sullo stato di qualità dell'aria con le informazioni sulle pressioni emissive provenienti dagli Inventari delle Emissioni, trova però la sua concretizzazione nella modellistica di dispersione degli inquinanti rea-

lizzata con codici di tipo tridimensionale (euleriani o lagrangiani), in grado di rappresentare spazialmente, su tutto il territorio regionale, le concentrazioni dei diversi inquinanti atmosferici.

Nell'ambito delle catene modellistiche tridimensionali in uso presso Arpa Piemonte, i dati contenuti negli Inventari Regionali vengono utilizzati al massimo livello di dettaglio possibile: livello di attività per quanto riguarda la classificazione SNAP delle sorgenti emissive, livello di singolo camino per le sorgenti puntuali (impianti produttivi), livello di singolo arco stradale per le sorgenti lineari (strade e autostrade), livello comunale per le sorgenti areali (fonti di emissione diffuse sul territorio).

Il trattamento delle emissioni, effettuato da una sottocategoria specifica per la modellizzazione delle emissioni (*Emission Manager - Arianet*), prevede tre livelli principali di processamento:

1. la disaggregazione spaziale;
2. la speciazione chimica;
3. la modulazione temporale.

14.3.1 La disaggregazione spaziale

Il processo prevede una spazializzazione, sulla griglia di calcolo della simulazione, delle emissioni associate ad attività antropiche o naturali definite come sorgenti areali e lineari negli Inventari delle Emissioni.

Tale processo - eseguito da un modulo specifico nell'ambito della catena modellistica per il trattamento delle emissioni - è reso possibile intersecando i poligoni di emissione con la griglia di calcolo della simulazione: per ciascun poligono, le emissioni sono ripartite sulle celle ottenute dall'intersezione tra la geometria della griglia e l'area del poligono stesso, sulla base delle informazioni contenute in un *layer* tematico³ grigliato - ottenuto per esempio da dati di uso del suolo (*Corine Land Cover*) o da dati cartografici (*layers* tematici quali l'edificato, la vegetazione, le aree industriali) - specificando per ciascuna cella la percentuale di area occupata dalla caratteristica selezionata.

A titolo di esempio, le emissioni dovute al riscaldamento domestico di un comune non vengono uniformemente distribuite su tutte le celle che rientrano nel territorio comunale, ma solo su quelle corrispondenti al *layer* tematico che definisce le aree edificate; allo stesso modo le emissioni biogeniche prodotte dalle conifere e dalle latifoglie sono disaggregate spazialmente sui rispettivi *layers* cartografici che ne indivi-

³layer tematico: livello (a tema) di strutturazione dei dati geografici all'interno di un dataset.

duano la distribuzione sul territorio piemontese.

Le emissioni da sorgenti lineari, essendo normalmente associate ad un grafo stradale, cioè ad elementi cartografici (archi stradali) identificati da coordinate di inizio e fine segmento, non necessitano del processo di spazializzazione sopra descritto, ma vengono semplicemente proiettate sulla griglia di calcolo della simulazione.

Per quanto riguarda le emissioni da sorgenti puntuali, individuate da coordinate specifiche corrispondenti ai singoli camini, il processo di spazializzazione non si rende necessario essendo queste trattate in modo separato dal modello di emissione.

14.3.2 La modulazione temporale

Il modulo temporale della catena modellistica per il trattamento delle emissioni distribuisce la sommatoria emissiva (fornita dagli Inventari delle Emissioni in tonnellate/anno) sull'anno solare frazionandola su base oraria, tenendo conto degli specifici profili temporali associati ad ogni tipologia di sorgente.

La modulazione nel tempo delle emissioni si basa quindi sull'incrocio tra profili di modulazione giornalieri (distribuzione nelle 24 ore), settimanali (distribuzione nell'arco della settimana) e annuali (distribuzione nell'arco dell'anno). Inoltre è possibile l'assegnazione di profili giornalieri differenziati per giorno feriale, prefestivo e festivo.

Specifici profili di modulazione possono essere previsti non solo per ogni categoria emissiva (per esempio, per ogni livello di codice SNAP: macrosettore, settore o attività), ma anche per ogni singola sorgente.

14.3.3 La speciazione chimica

Nel caso in cui si utilizzi nella catena modellistica un codice in grado di simulare le principali reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera, i dati emissivi devono subire un ulteriore processamento.

Sempre nell'ambito della catena di modellizzazione delle emissioni, il modulo responsabile di questo processo riproduce la speciazione dei composti organici volatili non metanici (NMVOC) e del particolato (PM); inoltre ripartisce gli ossidi di azoto in monossido e biossido.

Come risultato si ottiene - per ogni attività antropica e naturale - una ripartizione della sommatoria emissiva nelle varie specie organiche (ad esempio alcani, aldeidi, chetoni, aromatici, olefine, terpeni, ecc...), secondo il criterio di aggregazione previsto dal meccanismo chimico adottato, sulla base di profili di speciazione e dimensionali specifici per ogni categoria emissiva.

A titolo di esempio, il profilo di speciazione per le foreste di latifoglie prevede un contributo di isoprene pari al 90% delle relative emissioni di NMVOC, mentre il 70% degli NMVOC emessi dalle foreste di conifere è rappresentato da monoterpeni.

Il modello chimico utilizza inoltre le informazioni in uscita dal modello delle emissioni per riprodurre, a partire dalle varie specie chimiche emesse (*input* emissivo) e dalle informazioni sulla turbolenza (*input* meteorologico), i processi di formazione, dispersione e ricaduta delle specie inquinanti (cfr paragrafo successivo).

14.4 LA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA CON SISTEMI MODELLISTICI

Stefano Bande, Monica Clemente, Roberta De Maria, Massimo Muraro - Arpa Piemonte

Figura 14.15 - Schema del modello per il processamento delle emissioni



Il DLgs 351/99 assegna alle Regioni il compito di effettuare la valutazione della qualità dell'aria ambiente nel proprio territorio e prevede (come anche i successivi DM 60/02 e DLgs 183/04) 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, al fine di rappresentare adeguatamente la distribuzione delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici normati. Coerentemente con tale quadro normativo, le attività di valutazione della qualità dell'aria sul territorio piemontese sono state effettuate nell'ottica di una

progressiva integrazione dei tre principali strumenti informativi disponibili:

1. il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA);
2. l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA);
3. la modellistica della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Se la *Valutazione preliminare della qualità dell'aria sul territorio della regione Piemonte* - parte integrante della LR 43/00 - è stata effettuata sulla base dei dati forniti dalle stazioni di misura (fisse e mobili) afferenti al SRRQA nel quinquennio 1995-1999 e se già la *Valutazione della qualità dell'aria per l'anno 2001* (DGR 109-6941 del 5 agosto 2002) è il risultato dell'integrazione tra le informazioni fornite dal SRRQA e da IREA, attraverso l'impiego di una metodologia di stima obiettiva, la *Valutazione della qualità dell'aria per l'anno 2004* è stata realizzata mediante l'applicazione di un sistema modellistico avanzato di tipo deterministico, che permette il calcolo degli indicatori sia di breve che di lungo periodo su tutto il territorio regionale.

Il sistema modellistico adottato da Arpa Piemonte - basato sulla catena *Minerve-Gap-Surfpro-Emission Manager-Farm-Merger* (Aria, Aria-net) - è in grado di simulare sia le componenti meteorologiche ed emissive sia quelle di trasformazione chimica, trasporto e diffusione degli inquinanti.

Le simulazioni sono state condotte con elevata risoluzione spaziale (grigliato orizzontale di 4x4 km) e temporale (cadenza oraria) su un dominio - sviluppato verticalmente su 12 livelli - che copre per intero le regioni Piemonte e Valle d'Aosta, parzialmente le regioni Liguria e Lombardia e si estende a porzioni del territorio di Francia e Svizzera.

La scelta del dominio è stata determinata dall'esigenza di tenere conto non solo degli effetti, in termini di emissioni e trasporto, delle sorgenti poste al di fuori del territorio regionale, ma anche delle peculiarità meteorologiche legate alla presenza dell'arco alpino.

La componente meteorologica

La componente meteorologica viene ricostruita con l'ausilio del modello *mass-consistent* MINERVE a partire dai dati provenienti dalle osservazioni della rete di rilevamento meteoroidrografica di Arpa Piemonte, dall'acquisizione delle misurazioni delle stazioni appartenenti al *Global Telecommunication System* (GTS) e dalle elaborazioni della modellistica numerica dell'*European Centre for Medium Range Weather*

Forecast (ECMWF).

Le grandezze di scala del PBL (*Planetary Boundary Layer*), i coefficienti di diffusione e le velocità di deposizione per le specie chimiche modellizzate vengono prodotte dal processore SURFPRO, a partire dai campi tridimensionali ad alta risoluzione di MINERVE e dai dati orografici e di uso del suolo.

La componente emissiva

La componente emissiva è stata predisposta a partire da:

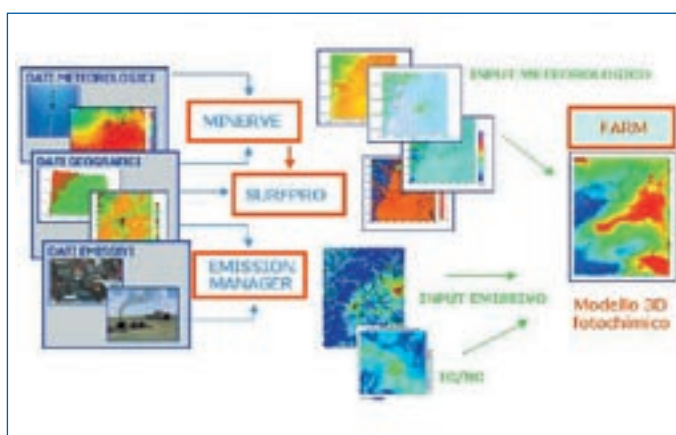
- Inventari Regionali (disponibilità dei dati su base comunale) per Piemonte e Valle d'Aosta;
- Inventario Nazionale realizzato da APAT (dati su base provinciale) per Liguria e Lombardia;
- dati EMEP per le porzioni di territorio extranazionale.

Il codice EMISSION MANAGER integra opportunamente l'input emissivo relativo alle diverse tipologie di sorgente (areali, lineari e puntuali), con informazioni dettagliate a livello di macrosettore, settore e attività (secondo le categorie SNAP della classificazione CORINAIR), producendo un *output* sulla griglia di calcolo, modulato temporalmente su base oraria e compatibile con il meccanismo chimico del modello di trasformazione chimica e trasporto (CTM) FARM (Saprc-90), che prevede VOC speciat e particolato suddiviso dimensionalmente nelle frazioni PM₁₀ e PM_{2.5}.

Le condizioni iniziali e al contorno

Le condizioni iniziali (IC) e al contorno (BC) sono state generate a partire dai dati di analisi messi a disposizione dal sistema Prev'Air dell'Istituto francese INERIS: tali dati sono prodotti quotidianamente con il modello CTM CHIMERE, che opera su scala continentale, con risoluzione temporale oraria su una griglia geografica regolare.

Figura 14.16 - Descrizione dello schema di funzionamento della catena modellistica



La simulazione chimica

Le simulazioni chimiche sono state condotte con il CTM euleriano a griglia FARM, in grado di considerare i fenomeni di trasporto, trasformazione chimica e deposizione degli inquinanti atmosferici; il modello è stato utilizzato con un modulo specifico (aero 0) per la trattazione del particolato.

Per tenere conto dei processi di deposizione umida è stato sviluppato un apposito processore in grado di fornire informazioni relative alle precipitazioni e all'estensione verticale delle nuvole, utilizzate poi per modellizzare i processi di dilavamento dell'atmosfera sottostante.

L'assimilazione dei dati misurati

L'ultimo modulo della catena modellistica, MERGER, è stato appositamente concepito e sviluppato per l'assimilazione dei dati misurati dalle stazioni di monitoraggio nei campi di concentrazione al suolo prodotti dal modello FARM.

Il campo bidimensionale di concentrazione prodotto dal modello chimico è il campo di *background* con il quale viene inizializzata la procedura di interpolazione; tale campo viene successivamente modificato con l'introduzione delle osservazioni nella griglia del

modello attraverso uno schema di interpolazione per correzioni successive (Bratseth, 1986).

I risultati della valutazione per l'anno 2004

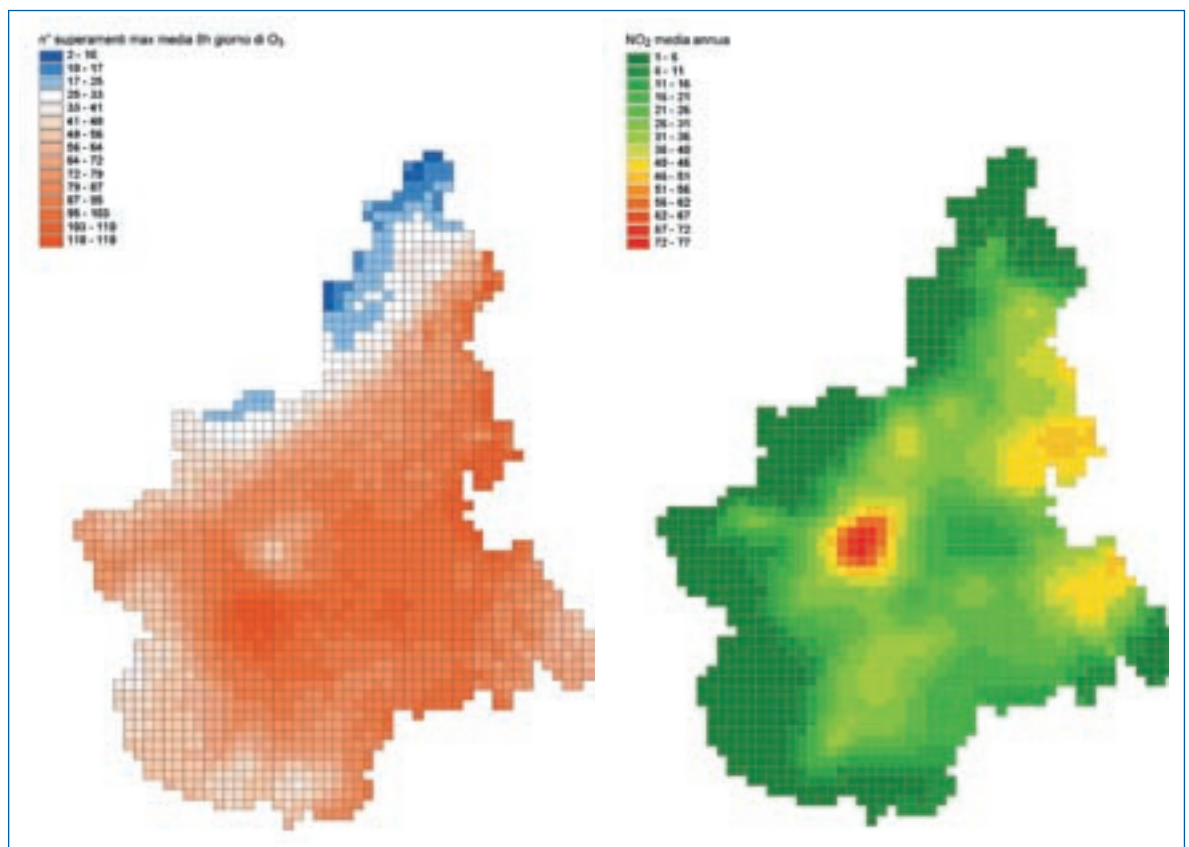
Al termine delle simulazioni modellistiche, i campi simulati sono stati opportunamente elaborati per consentire l'applicazione di specifiche procedure per il calcolo delle aggregazioni e degli indicatori previsti dalla normativa.

I calcoli sono stati effettuati sui valori di concentrazione media oraria al suolo, eventualmente aggregati su intervalli temporali più estesi per la valutazione di indicatori di legge con base temporale diversa da quella della simulazione.

Nelle figure 14.17 e 14.18 si mostrano alcuni esempi di *output* del modello e di postelaborazione dei risultati, sia sul breve che sul lungo periodo.

I risultati della *Valutazione* per l'anno 2004 mostrano una buona concordanza tra valori osservati e valori simulati, con un generale rispetto degli obiettivi di qualità per la modellizzazione (DLgs 183/04) in quasi tutte le stazioni della rete di monitoraggio regionale. Differenze locali tra osservato/simulato possono essere attribuite a caratteristiche sito-specifiche dif-

Figura 14.17 - Esempi di elaborazioni per il calcolo degli indicatori previsti dalla normativa: a sinistra il numero di superamenti del massimo della media mobile sulle 8 ore per l'ozono (su base annuale), a destra la media annuale per il biossido di azoto

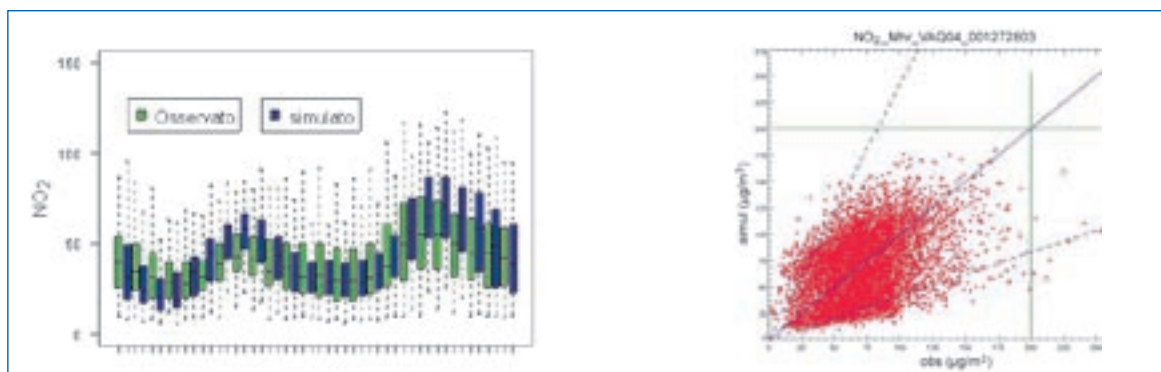


Fonte: Arpa Piemonte

facilmente riproducibili dal sistema modellistico alla risoluzione adottata (4 km) o alla scarsa rappresentatività spaziale delle misure legate alla natura di alcuni inquinanti. Per i risultati e approfondimenti si rimanda alla "Valutazione della qualità dell'aria nella Regione Piemonte. Anno 2004".

Arpa - in collaborazione con il Settore Risanamento Acustico e Atmosferico della Regione Piemonte - sta ultimando un'analoga simulazione annuale relativa all'anno 2005.

Figura 14.18 - Esempi di valutazione delle performance del modello per il biossido di azoto: a sinistra confronto quali-quantitativo osservato/simulato, a destra scatter-plot per la verifica del rispetto degli obiettivi di qualità previsti dalla normativa



Fonte: Arpa Piemonte

BIBLIOGRAFIA

BRATSETH, A. M., 1986. *Statistical interpolation by means of successive corrections*. Tellus, 38A, 439-447.

PROVINCIA DI TORINO, ARPA PIEMONTE, 2005. *Uno sguardo all'aria*.

PROVINCIA DI CUNEO, ARPA PIEMONTE, 2005. *Prima Relazione sullo Stato dell'Ambiente della Provincia di Cuneo*.