

Negli ultimi anni il quadro normativo relativo alla qualità dell'aria si è notevolmente evoluto non solo per l'introduzione di limiti e standard sempre più restrittivi, ma anche nella definizione di un nuovo approccio di tipo sistemico ed integrato per il controllo, la gestione e il miglioramento della qualità dell'aria. Il nuovo assetto normativo prevede infatti che la valutazione della qualità dell'aria si avvalga di più strumenti conoscitivi quali le reti di monitoraggio, gli inventari di emissioni e la modellistica.

L'adozione di politiche incentivanti l'uso di tecnologie più avanzate nei processi di combustione, il miglioramento delle caratteristiche dei combustibili e la razionalizzazione dei flussi di traffico hanno consentito un generalizzato miglioramento della qualità dell'aria.

La conoscenza della qualità dell'aria

Il tema dell'inquinamento atmosferico è oggetto di studio da oltre quarant'anni e le serie storiche dei principali inquinanti evidenziano come, nel corso degli ultimi decenni, la qualità dell'aria sia costantemente migliorata; le serie del particolato fine e dell'ozono segnalano invece una situazione stazionaria di criticità. La caratteristica comune di questi ultimi due inquinanti è la loro origine, parzialmente (PM_{10}) o totalmente (O_3) secondaria, che contribuisce a rendere più complessa l'attuazione di azioni efficaci per la loro riduzione.

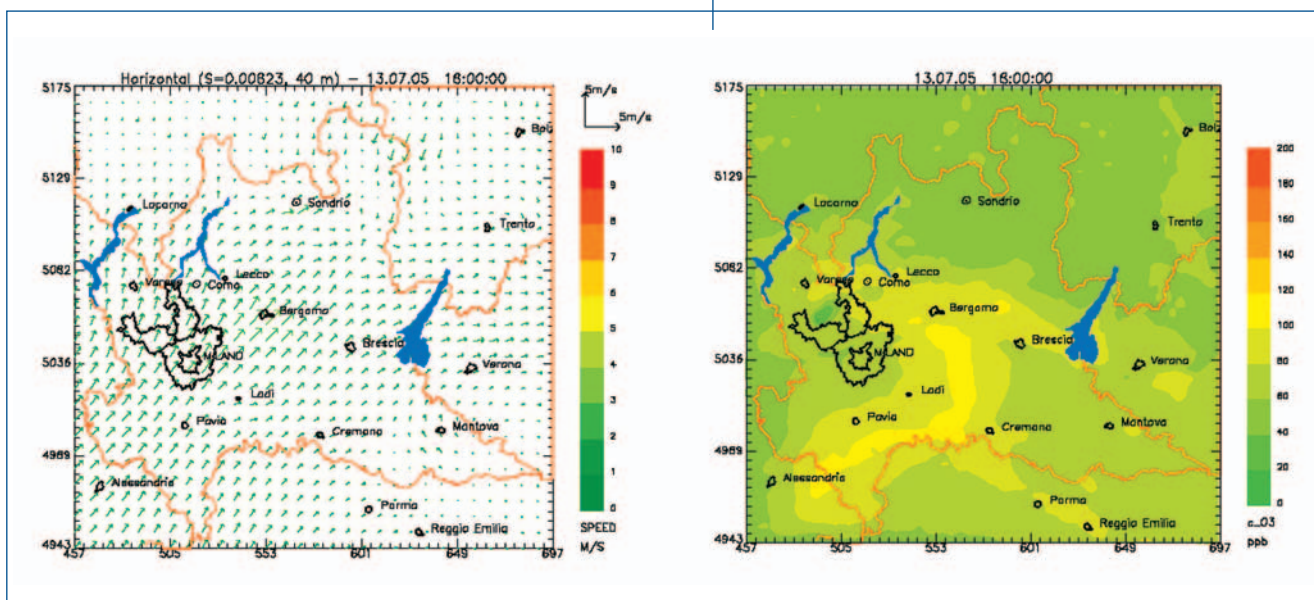
La configurazione geografica e le caratteristiche meteorologiche tipiche della Pianura Padana sono tali per cui quest'area è di fatto un unico bacino

Atmosfera

Figura 7.1 **Circolazione del vento e concomitanti concentrazioni di ozono**

Tra i parametri che hanno maggiore influenza sul trasporto e sulla dispersione degli inquinanti gassosi e particellari vi è sicuramente il regime meteorologico caratterizzante l'area di studio. Le circolazioni di brezza, in particolare, sono responsabili dei fenomeni di trasporto sia dell'ozono, sia dei suoi precursori.

Fonte: ARPA Lombardia



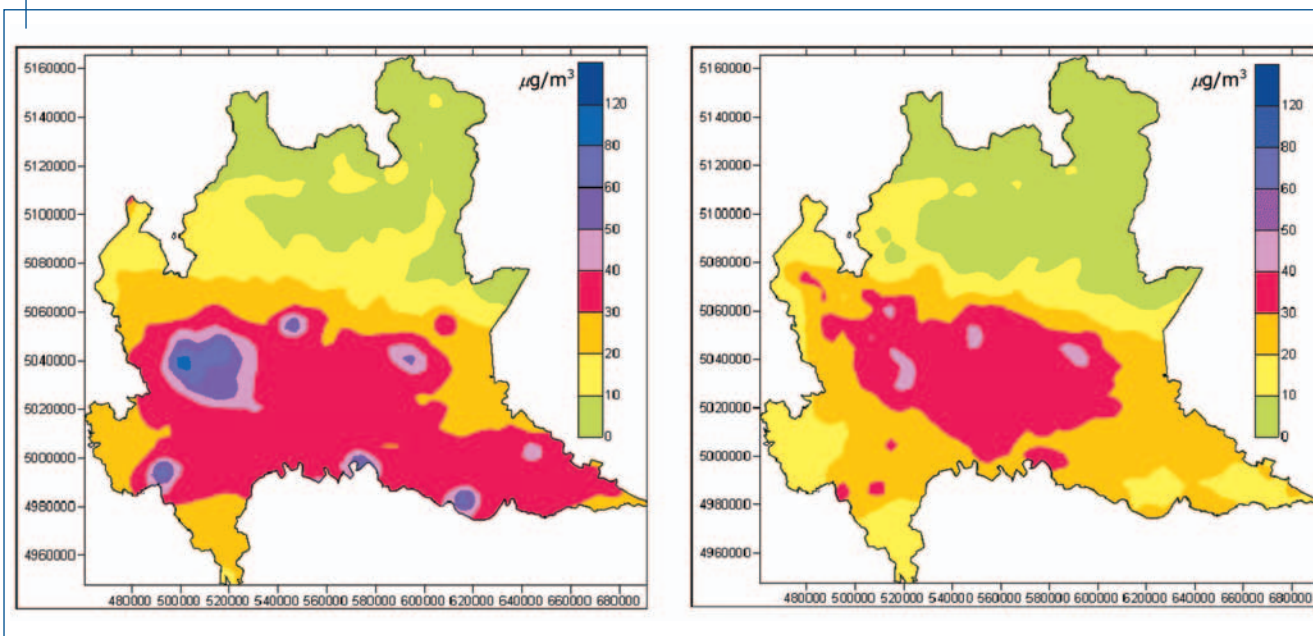
omogeneo nel quale il PM_{10} e l'ozono tendono a diffondersi in modo uniforme e – in condizioni di stabilità atmosferica – ad accumularsi. Per affrontare questo problema le Regioni Lombardia, Piemonte, Emilia-Romagna, Veneto, Valle d'Aosta e le Province Autonome di Trento e di Bolzano hanno recentemente sottoscritto un accordo a vari livelli – al quale ha successivamente aderito anche il Canton Ticino della Confederazione Elvetica – finalizzato alla condivisione delle metodologie e degli strumenti di valutazione della qualità dell'aria (inventari delle emissioni, modellistica e reti di monitoraggio) e all'adozione di azioni comuni di riduzione delle emissioni di PM_{10} ; tale accordo consentirà di accrescere l'efficacia delle politiche di prevenzione e contenimento dell'inquinamento atmosferico.

Per lo studio del trasporto e della dispersione degli inquinanti si è affermata la modellistica, che da qualche tempo ha ampliato il proprio campo di interesse includendo lo studio di inquinanti non solo primari, direttamente emessi dalle sorgenti, ma anche secondari, che si formano totalmente o parzialmente a seguito di reazioni chimiche che avvengono in atmosfera. In questi casi è necessario considerare tutte le diverse componenti che interferiscono nella fenomenologia della qualità dell'aria quali ad esempio i campi meteorologici, i parametri della turbolenza atmosferica e i campi emissivi e di concentrazione nelle aree circostanti al territorio soggetto ad indagine. Il processo di analisi e valutazione, inoltre, risulta tanto più aderente ai meccanismi di formazione e trasporto di ozono e PM_{10} quanto più il campo di osservazione

Figura 7.2 **Concentrazioni stagionali di PM_{10}**

Nel periodo estivo la turbolenza diurna – decisamente più elevata che nel periodo invernale – e i venti mediamente più intensi consentono una minore stagnazione ed un maggiore ricambio delle masse d'aria, con una più spiccata omogeneità di distribuzione dei livelli sul territorio. Si evidenziano pertanto valori di concentrazioni di PM_{10} più bassi nel periodo estivo (a destra) rispetto a quelle stimate per il periodo invernale (a sinistra), dovuti sia ad una minore pressione emissiva sia a differenti condizioni meteorologiche. Allontanandosi dalle aree più urbanizzate, e indipendentemente dalle stagioni, le concentrazioni di PM_{10} si distribuiscono in modo omogeneo stratificandosi in fasce con caratteristiche orografiche e altimetriche simili.

Fonte: ARPA Lombardia



è coerente con il dominio in cui le diverse componenti agiscono nel breve-medio periodo. Ciò significa che le problematiche della qualità dell'aria della Lombardia hanno collocazione naturale in un'area che sorpassa i suoi confini amministrativi in quanto il territorio regionale è coinvolto in processi che in parte vi trovano origine e in parte l'attraversano; in questo senso il bacino del Po può essere considerato come una *vasta area* all'interno della quale si rinvergono caratteri di omogeneità rispetto ai parametri che determinano maggiormente l'emissione, il trasporto e la dispersione degli inquinanti.

La Lombardia risulta aperta alla circolazione dei venti lungo l'asse E-O con conseguenti scambi di masse d'aria a O verso il Piemonte, a E e S-E verso il Veneto e l'Emilia. Lungo l'asse N-S, invece, la circolazione è fortemente limitata a causa della barriera naturale costituita dalla catena alpina. Questo conferisce elevata stabilità alle masse d'aria nella pianura e favorisce le circolazioni di brezza, specialmente nel periodo estivo ed invernale.

In particolare nella stagione fredda, sul bacino padano si ritrovano frequentemente condizioni di elevata stabilità atmosferica dovute alla persistenza di strutture anticicloniche e di inversioni termiche negli strati più bassi dell'atmosfera. Questi fattori – unitamente al vento che presenta frequenti episodi di calma e regimi prevalenti di bassa intensità – inibiscono fortemente il trasporto degli inquinanti. Condizioni meteorologiche di questo tipo ed il loro protrarsi per più giorni, in assenza di eventi di precipitazione significativi per durata ed intensità, determinano un accumulo progressivo degli inquinanti con conse-

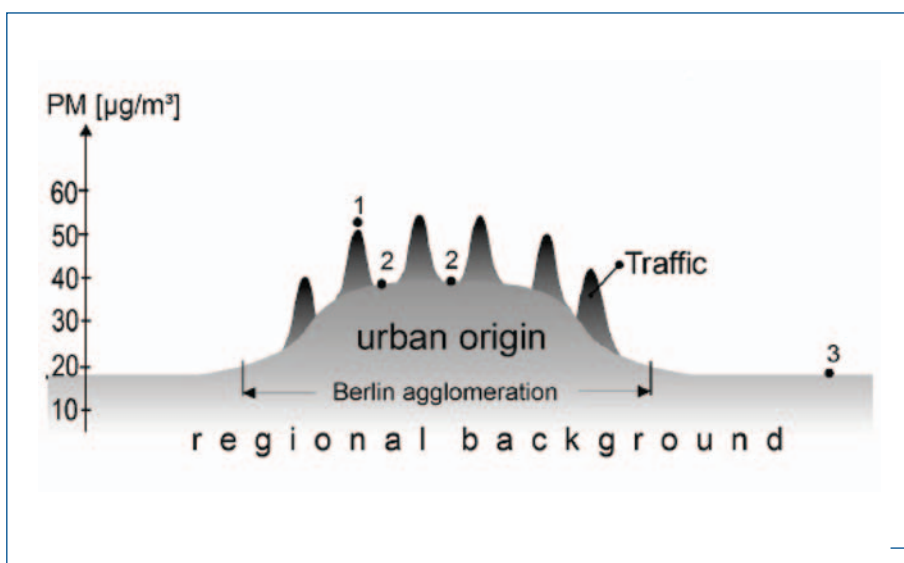


Figura 7.3 **Formazione dei livelli di PM₁₀ in agglomerato urbano**

La schematizzazione è proposta da Lenschow per i livelli di PM₁₀ nell'agglomerato di Berlino e nell'area circostante. In questa dicitura il termine *regional* va inteso come riferito ad una *vasta area*, omogenea dal punto di vista geomorfologico, e non come relativo ad entità amministrative del territorio. I picchi come (1) rappresentano le fonti emissive locali, i punti (2) il fondo urbano e il punto (3) il fondo regionale.

Fonte: Lutz et al., 2001

guenti superamenti dei limiti di concentrazione imposti dalla normativa.

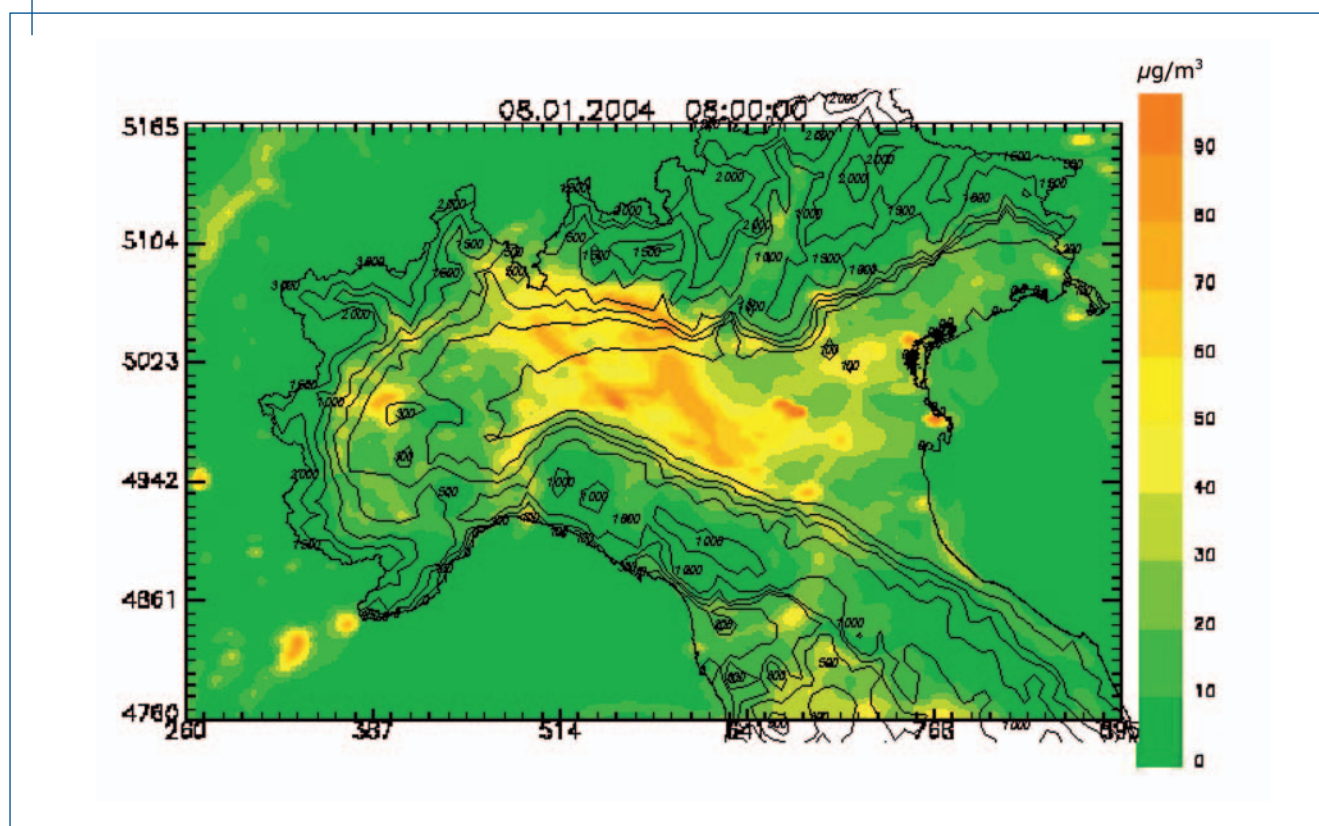
Le concentrazioni di particolato presenti in un sito risentono infatti non solo del contributo locale – dovuto prevalentemente alle emissioni degli impianti di riscaldamento, alle emissioni industriali e al traffico – ma anche dei valori delle concentrazioni di fondo.

I picchi di concentrazione, dovuti alle fonti di emissione urbane locali, si sommano alla concentrazione di fondo urbano e alla concentrazione di fondo ad ampia scala, sempre presenti; quest'ultimo contributo rappresenta il *regional background* o fondo di *area vasta*. La concentrazione di fondo – che deriva dai processi di emissione del particolato e di formazione del secondario che avvengono su scale di centinaia di chilometri – risulta essere un contributo non trascurabile soprattutto in aree come il bacino padano che, per configurazione meteorologica, si presentano come bacini aerologici chiusi. La presenza nella valle del Po di numerose e intense fonti di emissione di particolato e dei suoi precursori associata – specie in inverno, quando l'intensità emissiva è maggiore – a persistente stabilità meteorologica e a regimi di vento debole favorisce il progressivo accumulo degli inquinanti e, per il particolato PM_{10} , anche l'omogeneità di distribuzione delle concentrazioni.

Figura 7.4 **Concentrazioni di PM_{10} nel bacino della Valle Padana**

Una delle simulazioni condotte da ARPA Lombardia mediante l'utilizzo di modelli matematici mostra che i livelli di concentrazione si distribuiscono in modo omogeneo all'interno del bacino, mentre la sovrapposizione con le curve di isolivelli altimetrici consente di evidenziare l'influenza di ostacoli orografici.

Fonte: ARPA Lombardia



In termini di composizione del PM_{10} anche i contributi relativi delle frazioni di *primario* e di *secondario* si relazionano in linea generale sia con le caratteristiche meteorologiche del periodo considerato sia con l'efficacia dei fenomeni di avvezione e di rimescolamento turbolento, ma dipendono soprattutto dalle condizioni più o meno favorevoli alla formazione chimico-fisica di particolato secondario. Il peso delle singole specie chimiche (quali solfati, nitrati, ammonio, frazioni organiche) è poi differente a seconda del profilo emissivo e delle condizioni micrometeorologiche che si rilevano localmente.

Gli indicatori di qualità per i principali inquinanti

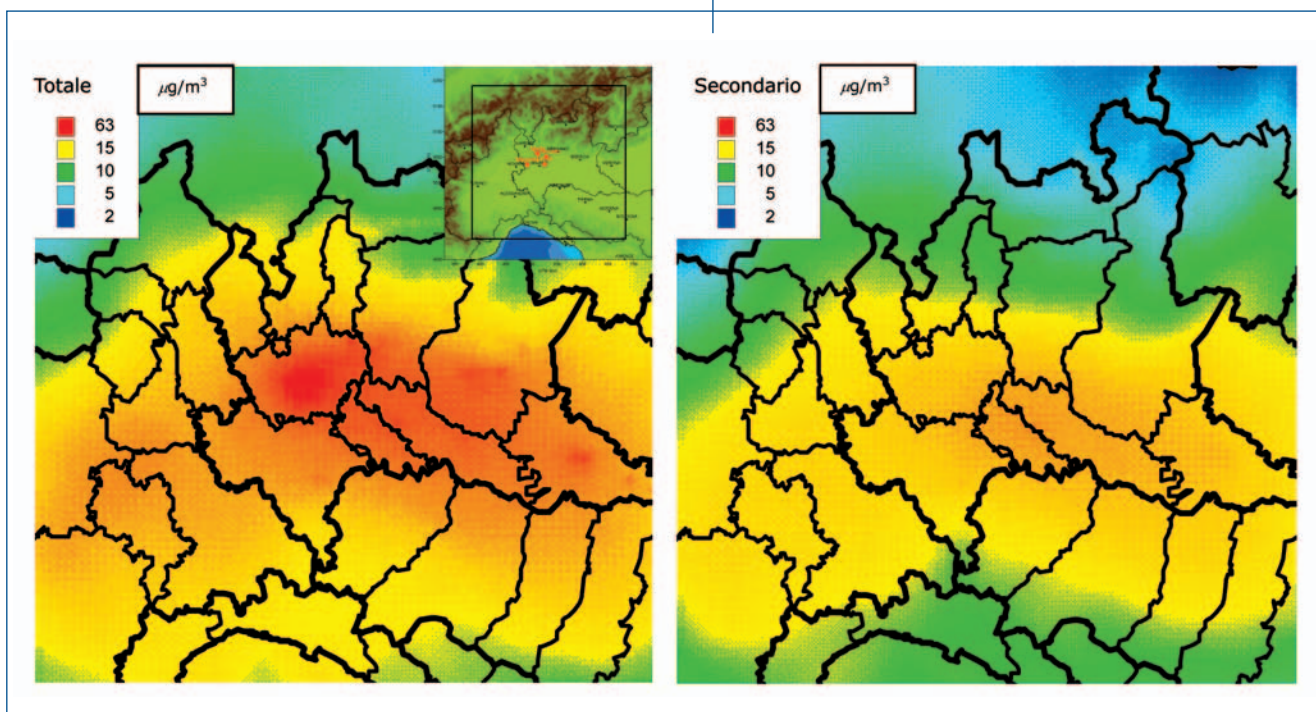
Le serie storiche della concentrazione degli inquinanti convenzionali – quali biossido di zolfo, particolato totale sospeso, ossidi di azoto e benzene – mostrano negli ultimi venti anni una netta diminuzione dei valori. Tale tendenza può essere in generale associata all'introduzione di tecnologie più avanzate nei processi industriali, al miglioramento delle caratteristiche dei combustibili e all'evoluzione del parco veicolare circolante. Casi a parte sono invece rappresentati da ozono e PM_{10} (e $PM_{2,5}$), le cui concentrazioni superano i limiti di qualità dell'aria.

Il sistema di controllo della qualità dell'aria – orientato in origine a presidiare soprattutto la salute

Figura 7.5 **Concentrazione media annuale di PM_{10} totale e secondario su vasta area**

Mappe annuali di PM_{10} totale e PM_{10} secondario ottenute su un dominio di $300 \times 300 \text{ km}^2$ mediante le simulazioni condotte per l'esercizio *City Delta* del Programma Europeo CAFE (Clean Air For Europe), finalizzato a valutare le variazioni della qualità dell'aria nelle aree urbane in relazione a differenti politiche di riduzione delle emissioni. Secondo il modello, le concentrazioni più elevate di PM_{10} totale (a sinistra) si dispongono in modo omogeneo lungo la fascia più antropizzata, arginate dalla presenza di ostacoli orografici quali le Alpi e gli Appennini, mentre i valori più elevati della componente secondaria di PM_{10} (a destra) risultano in corrispondenza delle aree extraurbane, generalmente zone rurali con elevata produzione di precursori quali l'ammoniaca derivante dalle attività di allevamento.

Fonte: ARPA Lombardia



delle persone – ha privilegiato le aree densamente abitate come sede dei punti di misura degli inquinanti. Considerare le serie storiche delle concentrazioni rilevate nell'area milanese presenta quindi il duplice vantaggio di poter analizzare serie di lungo periodo riferite ad un contesto che ben rappresenta zone caratterizzate dalla presenza delle principali sorgenti di inquinanti aerodispersi e di recettori sensibili alla qualità dell'aria.

Qualità dell'aria e normativa vigente

	Obiettivo	Periodo di mediazione	Valore limite al 2005	
SO₂	Protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	
	Protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³ (da non superare per più di 3 volte nel corso di un anno)	
	Protezione degli ecosistemi	anno civile e inverno (1° ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³	
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	
NO₂	Protezione della salute umana	1 ora	250 µg/m ³ (da non superare per più di 18 volte nel corso di un anno)	
	Protezione della salute umana	1 anno civile	50 µg/m ³	
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³	
NO_x	Protezione della vegetazione	1 anno civile	30 µg/m ³	
PM₁₀	Protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ (da non superare per più di 35 volte nel corso di un anno)	
	Protezione della salute umana	1 anno civile	40 µg/m ³	
C₆H₆	Protezione della salute umana	1 anno civile	10 µg/m ³	
CO	Protezione della salute umana	8 ore (media mobile massima giornaliera)	10 mg/m ³	
O₃	valori bersaglio (per il 2010)	Protezione della salute umana	8 ore (media mobile massima giornaliera)	120 µg/m ³ (da non superare per più di 25 volte in un anno come media sui 3 anni)
		Protezione della vegetazione	AOT40 calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18.000 (µg/m ³)*h (come media su 5 anni)
	obiettivi a lungo termine	Protezione della salute umana	8 ore (media mobile massima giornaliera nell'arco di un anno)	120 µg/m ³
		Protezione della vegetazione	AOT40 calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6.000 (µg/m ³)*h
	Soglia di informazione		1 ora	180 µg/m ³
	Soglia di allarme		1 ora	240 µg/m ³

Polveri (PM₁₀ e PM_{2,5})

PM (Particulate Matter) o particolato è l'espressione generale con cui si definisce un "insieme di particelle solide e liquide" che si trova in sospensione nell'aria. Con i termini PM₁₀ e PM_{2,5} si indicano le frazioni di particolato aerodisperso aventi diametro aerodinamico inferiore rispettivamente a 10 e a 2,5 µm.

Il PM può avere origine primaria o secondaria. Il particolato primario è originato da fenomeni naturali (quali processi di erosione al suolo, incendi boschivi e dispersione di pollini) e in gran parte da attività antropiche, in particolare dal traffico veicolare e dai processi di combustione; quello di origine secondaria è dovuto alla compresenza in atmosfera di altri inquinanti come NO_x ed SO₂ che reagiscono con altre sostanze presenti nell'aria – prevalentemente ammoniacale – dando luogo alla formazione di solfati e nitrati di ammonio.

Il particolato presenta una tossicità intrinseca che viene amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) e i metalli pesanti; inoltre, le dimensioni così ridotte permettono alle polveri di penetrare attraverso le vie aeree fino a raggiungere il tratto tracheo-bronchiale, e al PM_{2,5} di penetrare più a fondo fino alla regione alveolare.

Le concentrazioni di particolato sospeso sono diminuite notevolmente dal 1977 alla fine degli anni '90, per poi stabilizzarsi su livelli che sembrano risentire di fluttuazioni in relazione ai fenomeni meteorologici. La ragione del decremento

Approfondimento

PM₁₀: il superamento del limite giornaliero

Rete di rilevamento automatica

Città	N giorni	
	2005	2006
Bergamo	111	90
Brescia	133	146
Como	122	102
Cremona	146	140
Lecco	67	83
Lodi	169	163
Mantova	135	152
Monza	*	145
Milano	152	149
Pavia	121	111
Sondrio	114	137
Varese	78	56

[* nel 2005 il rilevatore non era ancora attivo]

Per il parametro PM₁₀ la normativa vigente contempla un limite annuo e un limite giornaliero; quest'ultimo prevede che la concentrazione di 50 µg/m³ non debba essere superata per più di 35 giorni nell'anno.

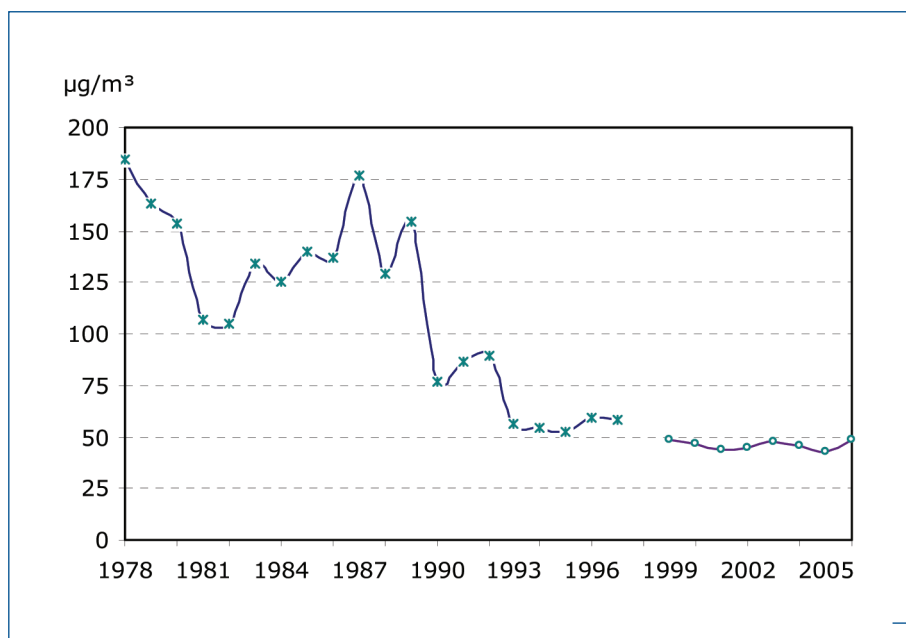


Figura 7.6 **Concentrazioni medie annue di polveri a Milano**

Fino al 1997 sono state misurate le Polveri Totali Sospese (PTS) mentre dal 1998 in poi sono stati utilizzati strumenti che rilevano soltanto il PM₁₀, il cui andamento è comunque correttamente descritto da quello del PTS in quanto – in area urbana – il PM₁₀ rappresenta circa l'80% delle polveri totali. Anche attualmente i valori registrati restano superiori al valore limite di 40 µg/m³.

Fonte: ARPA Lombardia

Progetto Salute e Ambiente nella provincia di Lodi

ARPA Lombardia, Provincia di Lodi, ASL di Lodi e Regione Lombardia – anche con il supporto dell'Università degli Studi di Milano e di Pavia – hanno attivato il progetto pilota biennale "Salute e Ambiente nella provincia di Lodi" per studiare la relazione tra la qualità dell'aria e il rischio sanitario associato all'esposizione all'inquinamento atmosferico della popolazione di realtà urbane di medie dimensioni. Il progetto – oltre a valutare lo stato generale di qualità dell'aria della provincia di Lodi, in relazione alle diverse realtà emmissive del territorio – si propone i seguenti obiettivi:

- approfondimento dello studio del particolato fine (PM₁₀ e PM_{2,5}) sia in termini di concentrazione che di composizione;
- valutazione dell'inquinamento *indoor*, raccogliendo informazioni relative alle abitudini di vita, allo stato di salute e alle caratteristiche degli ambienti di vita su un campione esteso di popolazione lodigiana. La valutazione dell'inquinamento indoor si avvarrà di misure di concentrazione e speciazione di particolato fine in un campione rappresentativo di abitazioni della provincia;
- valutazione dei dati epidemiologici di mortalità a lungo e breve termine in relazione alle serie storiche di dati di qualità dell'aria;
- analisi della percezione del rischio da inquinamento atmosferico nella provincia di Lodi e attivazione di modalità di comunicazione orientate alle diverse tipologie di interlocutori (popolazione, studenti, amministratori).

dagli anni '70 ai '90 è da ricercarsi nell'adozione della migliore tecnologia nei diversi processi produttivi ispirata dal nuovo quadro normativo (avviato dal D.P.R. 203/1988) e nella delocalizzazione delle industrie pesanti, cui sono conseguite minori emissioni di precursori del particolato, in primo luogo solfati e nitrati.

È da segnalare come la meteorologia sia un fattore di notevole importanza sull'andamento temporale di questo inquinante: l'accumulo – ed il conseguente aumento delle concentrazioni – si verifica tipicamente durante i mesi autunnali e invernali caratterizzati da assenza di vento e da condizioni più stabili.

Biossido di azoto (NO₂)

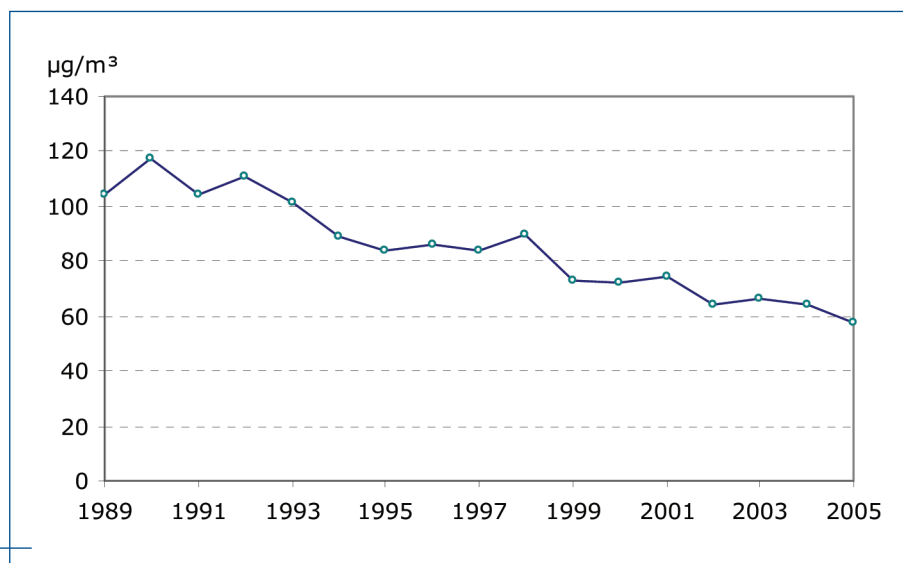
Gli ossidi di azoto (NO_x) – costituiti prevalentemente dalle molecole di NO e NO₂ – vengono prodotti durante i processi di combustione dalla reazione ad elevate temperature tra l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria; le fonti principali sono il traffico veicolare, gli impianti industriali e il riscaldamento. Il biossido di azoto è un gas fortemente ossidante e un inquinante per lo più secondario, che si forma in seguito a reazioni chimiche in atmosfera; svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello *smog fotochimico* – una miscela di composti generati da reazioni tra composti organici in presenza di luce solare – in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari dannosi per la salute come l'ozono, l'acido nitroso, l'acido nitrico e il perossiacetilnitrato (PAN).

Il biossido di azoto è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari e di affezioni alle vie respiratorie.

Figura 7.7 **Concentrazioni medie annue di NO₂ a Milano**

Le concentrazioni del biossido di azoto sono risultate in crescita fino al 1990 a causa della massiccia diffusione di autoveicoli ancora privi di marmitta catalitica. Dal 1991 in poi si è assistito ad una progressiva riduzione delle concentrazioni, anche se i valori restano ancora superiori al valore limite.

Fonte: ARPA Lombardia



La riduzione delle concentrazioni a partire dagli anni '90 va ricercata innanzitutto nelle minori emissioni dovute all'evoluzione tecnologica del parco veicolare e all'introduzione della marmitta catalitica. Un contributo importante è anche quello dato dalla trasformazione degli impianti termici civili – la cui alimentazione è progressivamente passata dall'olio combustibile al gasolio e poi al gas naturale – insieme con la trasformazione a turbogas del ciclo produttivo delle centrali termoelettriche.

L' NO_2 ha una dinamica stagionale simile a quella del PM_{10} , con concentrazioni particolarmente elevate nei mesi autunnali ed invernali: la differenza di concentrazione tra estate e inverno, tuttavia, non è accentuata come nel caso del PM_{10} .

Ozono troposferico (O_3)

L'ozono è un gas che si concentra per oltre il 90% nella stratosfera, dove costituisce una indispensabile barriera protettiva nei confronti delle radiazioni UV generate dal sole. Nella troposfera si forma a seguito di reazioni chimiche tra gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (COV), reazioni attivate da intenso irraggiamento solare e temperature elevate: pertanto l'ozono è un inquinante tipicamente estivo, definito *secondario* in quanto non direttamente emesso da sorgenti. I suoi precursori vengono prodotti generalmente da processi di combustione civile e industriale per quanto concerne gli NO_x mentre, per quanto riguarda i COV, da processi che utilizzano o producono sostanze chimiche volatili (come i solventi) nonché da fonti biogeniche.

La molecola dell'ozono è estremamente reattiva ed è in grado di ossidare numerosi compo-

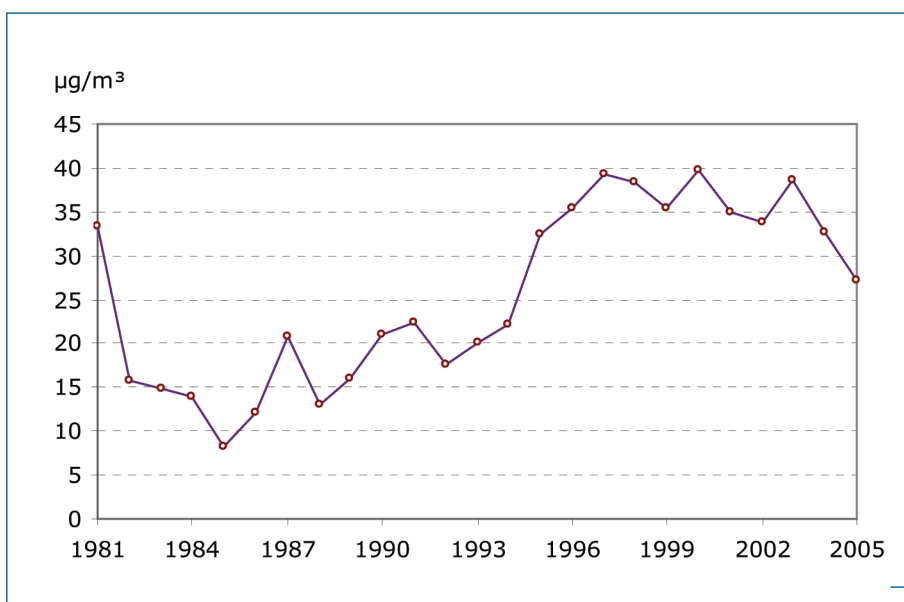


Figura 7.8 **Concentrazioni medie annue di O_3 a Milano**

Le concentrazioni dell'ozono in Lombardia presentano un periodo di forte crescita per oltre un decennio a partire dalla seconda metà degli anni '80, e mostrano un andamento pressoché stazionario negli ultimi anni, con fluttuazioni dovute alla variabilità meteorologica della stagione estiva.

Fonte: ARPA Lombardia

nenti cellulari, con conseguenze sulla salute umana a breve e a lungo termine; gli effetti dannosi riscontrabili sulla vegetazione sono numerosi, il principale dei quali è la riduzione della crescita delle piante.

I livelli delle concentrazioni e il numero di superamenti dei limiti previsti dalla normativa continuano a rappresentare oggi un problema sia per la salute delle persone residenti nelle aree urbane, sia per la vegetazione e le colture delle aree extraurbane. Le differenti strategie di contenimento dell'ozono trovano i maggiori ostacoli nella mancata linearità della risposta tra riduzione della concentrazione dei precursori e concentrazione dell'ozono, nonché nello scenario di vasta area che caratterizza la formazione e il trasporto di questo inquinante. Si osserva, ad esempio, che i precursori hanno un peso diverso nel processo di formazione dell'ozono a seconda del contesto: in ambito urbano è più utile ridurre le emissioni dei COV (Composti Organici Volatili) mentre in ambito extraurbano risulta più efficace la riduzione degli NO_x.

Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio è un gas molto tossico, risultante dalla combustione incompleta di idrocarburi, carbone e legna. La principale fonte di emissione antropica è costituita dal traffico veicolare, in particolare dall'utilizzo dei combustibili fossili in autoveicoli con motore a benzina non dotati di marmitta catalitica.

L'esposizione a lungo termine al CO può provocare effetti sul sistema nervoso, sull'apparato car-

diaco e su quello respiratorio, con aggravamento delle malattie cardiovascolari e generale peggioramento dello stato di salute nelle persone sane.

Dai primi anni '90 le concentrazioni di CO presentano una netta diminuzione dovuta al miglioramento tecnologico applicato alle fonti emmissive, in particolare nel settore automobilistico: per gli autoveicoli alimentati a benzina, ad esempio, l'introduzione del catalizzatore ha consentito di ridurre gli standard emissivi di CO da 9 g/km per i veicoli appartenenti alle classi *pre EURO* a 1 g/km per i veicoli a normativa *EURO IV*.

Biossido di zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas la cui presenza in atmosfera deriva dalla combustione di combustibili di origine fossile contenenti zolfo quali il carbone, il petrolio e i suoi derivati. Le principali sorgenti emmissive di origine antropica sono costituite dagli impianti di riscaldamento e di produzione di energia alimentati a gasolio, carbone e oli combustibili. Attualmente il traffico veicolare in Lombardia contribuisce alle emissioni solo per il 6%.

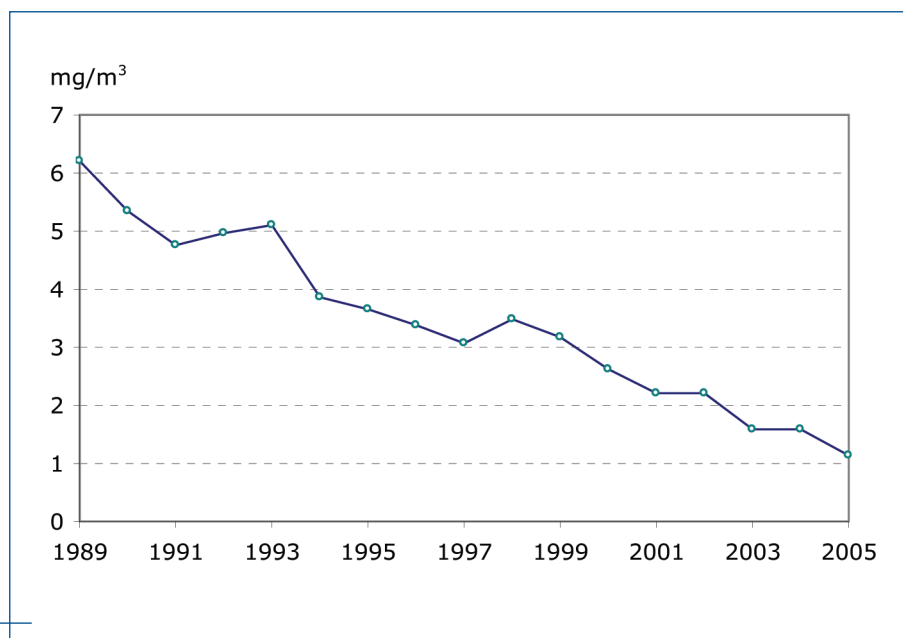
L'esposizione a elevate concentrazioni di SO₂ provoca nelle persone irritazione e lesione agli occhi e al tratto superiore dell'apparato respiratorio, aumentando la predisposizione a episodi infettivi acuti e cronici.

Le concentrazioni in aria negli anni sono diminuite in misura molto rilevante. La ragione di questo decremento è da ricercarsi innanzitutto nella progressiva diminuzione del contenuto di zolfo nei

Figura 7.9 **Concentrazioni medie annue di CO a Milano**

La progressiva diminuzione delle concentrazioni di CO è dovuta principalmente al miglioramento tecnologico nel settore automobilistico – in particolare all'introduzione del catalizzatore nelle vetture a benzina avvenuta nei primi anni '90 – e alla diffusione della motorizzazione *diesel* nell'ultimo decennio.

Fonte: ARPA Lombardia



combustibili, nella diffusione della metanizzazione degli impianti di riscaldamento nonché nella trasformazione della tecnologia e dell'alimentazione delle centrali termoelettriche (da ciclo a vapore a ciclo combinato, da olio combustibile a gas naturale). Dal punto di vista legislativo, i provvedimenti più importanti nel fornire questo impulso al miglioramento sono stati la *Legge antismog* del 1966 – che regolò per la prima volta la qualità dei combustibili – e il D.P.R. 203/1988, che impose la miglior tecnologia sugli impianti industriali.

Benzene (C₆H₆)

Il benzene è un idrocarburo aromatico, utilizzato come materia prima in alcuni processi petrolchimici. Il suo impiego come solvente in colle e vernici è vietato da anni; è invece un componente delle benzine. La maggior parte del benzene presente nell'aria viene prodotto a seguito dei processi di combustione dei motori alimentati a benzina.

Generalmente, gli effetti tossici provocati da questo inquinante variano a seconda della concentrazione e della durata dell'esposizione; insieme ad altri composti organici volatili, è stato inserito dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) tra le sostanze di *Gruppo 1* per le quali vi è una sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo.

Il benzene ha trovato largo impiego per le sue caratteristiche antidetonanti nella benzina *verde* in sostituzione del piombo tetraetile ma è stato successivamente sottoposto a restrizione d'uso per

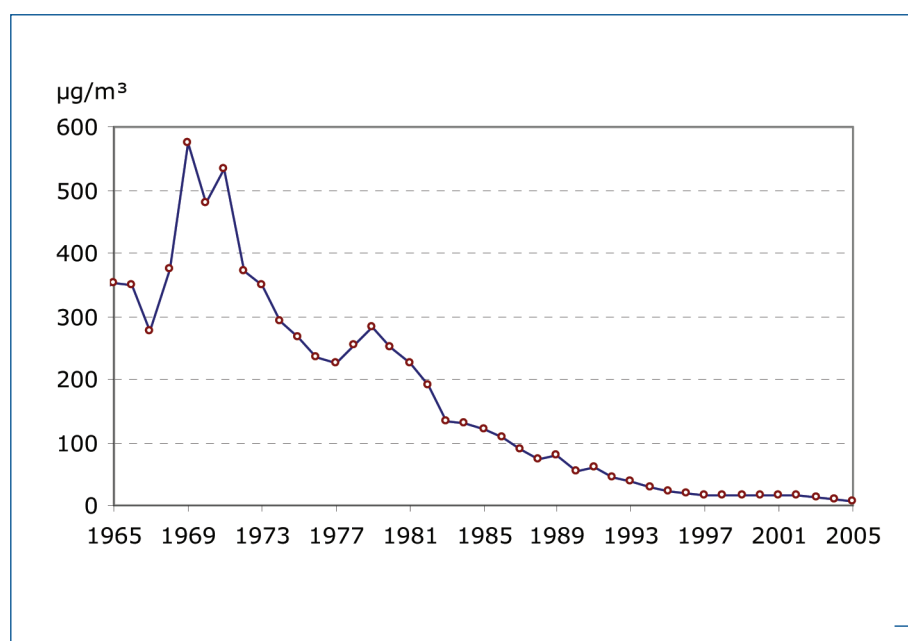


Figura 7.10 **Concentrazioni medie annue di SO₂ a Milano**

Le concentrazioni raggiunsero valori molto elevati alla fine degli anni '60. Misure legislative sul contenuto di zolfo del gasolio e dell'olio combustibile, nonché la diffusione della metanizzazione contribuirono in maniera decisiva a far diminuire le emissioni di composti contenenti zolfo dagli impianti industriali e dagli impianti per il riscaldamento domestico.

Fonte: ARPA Lombardia

rispettare le stringenti normative sui combustibili per autotrazione; in Italia, infatti, la L. 413/1997 ha stabilito che il contenuto di benzene nelle benzine debba essere inferiore all'1% in volume.

Altri interventi normativi hanno imposto la progressiva introduzione del ciclo chiuso nei circuiti di distribuzione dei carburanti con particolare riguardo al momento del carico delle autobotti in deposito, a quello dello scarico presso i punti vendita ed a quello del rifornimento da parte degli automobilisti.

Figura 7.11 **Concentrazioni medie annue di C_6H_6 a Milano**

L'andamento delle concentrazioni di benzene decresce a partire dalla metà degli anni '90, in seguito alla diminuzione dal 5% all'1% del contenuto massimo consentito nelle benzine e alla diffusione di nuove auto dotate di marmitta catalitica. I valori medi annui sono da alcuni anni inferiori ai limiti previsti dalla normativa.

Fonte: ARPA Lombardia

