

La qualità dell'aria a Milano

Situazione attuale e prospettive

di Luigina Patricola, Delia Zucchetti, Chiara Figini e Alberto Frigerio

Il trend evolutivo dell'inquinamento atmosferico a Milano dal 1980 a oggi denota un generale miglioramento della qualità dell'aria almeno per quanto concerne i tipici inquinanti invernali, grazie sia a interventi legislativi mirati sia all'evoluzione tecnologica.

Al contrario si riscontra un significativo incremento delle concentrazioni di ozono; da tenere sotto controllo gli inquinanti non convenzionali quali benzene, toluene e xilene.



Il problema dell'inquinamento atmosferico ha assunto negli ultimi anni una rilevanza crescente, soprattutto per quanto concerne i problemi su scala locale e regionale.

Per questi ultimi casi il controllo ambientale è solitamente effettuato con l'installazione di reti di monitoraggio, tuttavia non esenti da rilevanti problemi [1], o con l'utilizzo di modelli matematici in grado di simulare il trasporto e la diffusione degli inquinanti in atmosfera.

L'esperienza ha evidenziato una serie di problemi nell'esercizio delle reti di monitoraggio che si possono riassumere in:

- il numero di punti di misura è spesso insufficiente a rappresentare correttamente tutto il territorio dal fenomeno dispersivo;
- i dati acquisiti richiedono un sistematico e tempestivo controllo di qualità, per ovviare a malfunzionamenti del sistema di acquisizione o a errori strumentali;
- le misurazioni effettuate sono spesso scarsamente utilizzabili ai fini dell'individuazione delle sorgenti, in quanto le misure possono essere interferite da sorgenti multiple e/o non identificate e quindi si ha scarsa comprensione degli eventi in atto;
- non si possono valutare scenari emissivi futuri o l'impatto di specie inquinanti di cui si richiede ex-novo il monitoraggio.

Questo articolo, dopo una breve introduzione sul significato e sui riferimenti normativi della qualità dell'aria a livello locale, presenta i risultati di un'indagine condotta per fare "il punto della situazione" sull'attuale stato di inquinamento atmosferico nella città di Milano e individuare quelli che possono essere i criteri per definire un piano operativo di interventi sul contenimento delle emissioni derivanti sia dal traffico veicolare sia da impianti di riscaldamento civile.

L. Patricola, D. Zucchetti, C. Figini e A. Frigerio - Gruppo Scientifico Italiano Studi e Ricerche (Gsisr) - Via Lombardini, 8 - Milano

Qualità dell'aria e normativa di riferimento

L'aria viene definita contaminata quando contiene composti di origine naturale e/o antropica che, per le loro caratteristiche o per la quantità in cui sono presenti, possono essere in grado di produrre danni anche gravi agli esseri viventi, alla vegetazione e ai manufatti esposti alla loro azione.

La condizione di inquinamento implica, pertanto, una variazione significativa nelle concentrazioni dei componenti minori in atmosfera.

Le sostanze derivanti da attività umane, insieme agli inquinanti di origine naturale, essendo concentrate in piccole aree, urbane e industriali, possono dar luogo a preoccupanti peggioramenti della qualità dell'aria, aggravati dal verificarsi di condizioni meteorologiche che favoriscono l'accumulo di inquinanti.

La composizione chimica dell'atmosfera naturale è, infatti, determinata sia dai processi meteorologici sia dal bilancio dinamico fra complicate sequenze di reazioni chimiche, fisiche e biologiche (interconnesse le une con le altre); l'insieme di tali trasformazioni e dei fenomeni autodepurativi naturali dell'atmosfera, unitamente alla distribuzione spaziale e alla variazione temporale dei parametri meteorologici, contribuisce a determinare la concentrazione degli inquinanti e conseguentemente la qualità locale dell'aria [2].

L'evoluzione della normativa italiana relativa al controllo e monitoraggio della qualità dell'aria ha visto numerosi passaggi prima di giungere alla situazione attuale.

Il Dpr 203/88 e il successivo Dm 12.7.1990 impongono determinati limiti sia alle emissioni sia alle immissioni; vengono introdotti, inoltre, con i decreti di aprile e di novembre del 1994, i concetti di "Livelli di attenzione e di allarme" secondo i quali i Sindaci della grandi città devono prendere provvedimenti immediati per abbassare le concentrazioni degli inquinanti che

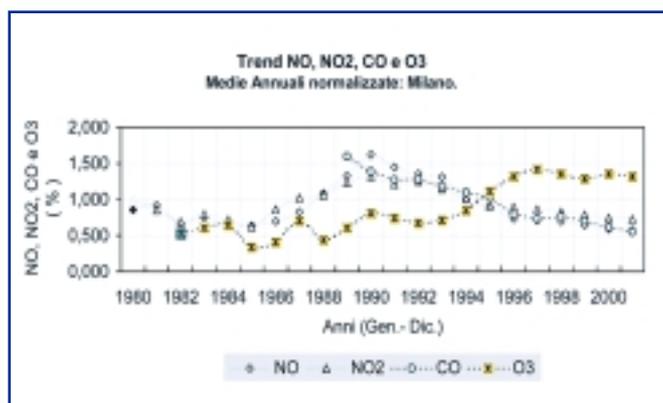


Figura 1 - Trend evolutivo dal 1980 al 2001 per NO, NO₂, CO e O₃ (Fonte: Arpa di Milano)

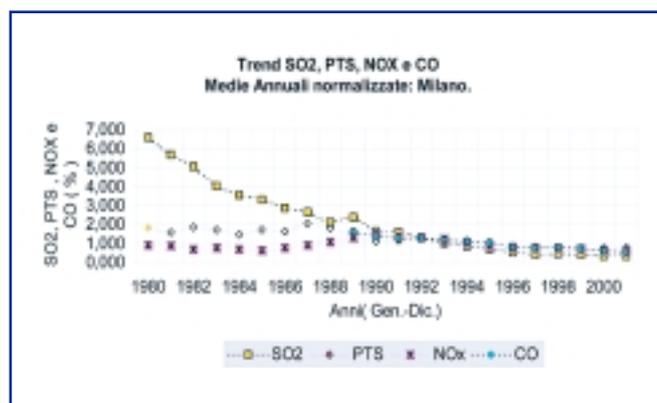


Figura 2 - Trend evolutivo dal 1980 al 2001 per SO₂, PTS, NO_x e CO (Fonte: Arpa di Milano)

superano tali valori. Gli inquinanti normati in questo senso sono SO₂, CO, NO₂, polveri totali sospese (PTS) e O₃.

Poi sono stati definiti degli obiettivi di qualità, i cui valori limite devono essere calcolati sull'anno, per altri tre inquinanti: benzene, PM₁₀ e IPA (come benzo(α)pirene).

Il cammino legislativo è proseguito con l'uscita del Dm 16.5.1996, del Dm 21.4.1999 e il recepimento della direttiva Comunitaria quadro 96/92 tramite il Dlg 4.8.1999.

Tali normative, rispetto alle precedenti, introducono concetti nuovi per la situazione italiana: la valutazione della qualità dell'aria in tutte le zone delle città e l'obbligatorietà di provvedere in maniera strutturale dove si evidenziassero, sia spazialmente sia temporalmente, superamenti dei livelli di attenzione, di allarme, degli obiettivi di qualità, degli standard di qualità ambientale e dei limiti richiesti dalle direttive figlie della 96/92 [3].

Le ultime novità legislative normano il settore aria sotto molteplici aspetti: riduzione dei gas serra, individuazione di metodi di campionamento e analisi degli inquinanti, definizione delle caratteristiche dei combustibili fino all'incentivazione della mobilità sostenibile.

Con il Dm 2.4.2002, inoltre, l'Italia ha recepito le direttive 1999/30/Ce e 2000/69/Ce, concernenti nuovi valori limite per gli inquinanti più diffusi.

Valutazioni sull'inquinamento atmosferico

Gli inquinanti atmosferici vengono solitamente suddivisi in inquinanti primari e inquinanti secondari. I primi sono considerati quelli emessi tal quali dalle sorgenti di emissione, i secondi quelli che si formano dai primi attraverso reazioni che avvengono in atmosfera con altre sostanze e/o in presenza di radiazioni elettromagnetiche (reazioni di fotolisi).

Gli inquinanti primari, quali ad esempio SO₂ e CO, seguono l'evoluzione nel tempo e nello spazio dell'attività antropica, principalmente traffico autoveicolare e riscaldamento domestico, cioè le loro concentrazioni aumentano e diminuiscono con tali attività.

Gli inquinanti secondari, quali ad esempio NO₂ e O₃, pur dipendendo all'origine dalla concentrazione dei primari, non sono necessariamente proporzionali a essi e possono presentare un comporta-

mento che è funzione della reattività atmosferica determinata da particolari condizioni meteorologiche.

Accanto a queste due categorie di inquinanti, chiamati anche convenzionali perché generalmente monitorati, vi è un'altra categoria che comprende inquinanti non determinati in condizioni di routine e perciò detti non convenzionali, sia di origine primaria sia secondaria (quali benzene, toluene, HCHO e HNO₂), tuttavia non meno importanti nel definire i criteri di qualità dell'aria, soprattutto quando si consideri lo scenario evolutivo dell'inquinamento atmosferico nei vari periodi stagionali.

Nella città di Milano la rete di stazioni fisse per il rilevamento della qualità dell'aria sul territorio è gestita dall'Agenzia Regionale di Protezione Ambientale (Arpa) e comprende monitor per la misurazione sia degli agenti inquinanti sia delle grandezze meteorologiche.

I grafici riportati nelle Figure 1 e 2 evidenziano l'evoluzione dell'inquinamento atmosferico dal 1980 al 2001 mentre il grafico di Figura 3 definisce la situazione registrata da gennaio a marzo dell'anno corrente per i principali inquinanti monitorati. Valutando l'andamento delle concentrazioni di tali inquinanti, è possibile osservare come dal 1980 a oggi il biossido di zolfo (SO₂) segua un trend in continua discesa, a differenza delle polveri totali sospese (PTS), stazionarie fino al 1987 e in diminuzione solo dal 1988.

Per gli NO_x si è registrata un'ulteriore diminuzione, dopo il 1994 e 1995, anche se le concentrazioni di NO₂, dopo il massimo del 1990, sono rimaste stazionarie; tale andamento è dovuto all'NO che, dopo un periodo di crescita tra il 1988 ed il 1992, si sta riportando sui valori tipici degli anni Ottanta.

Per quanto concerne le emissioni di monossido di carbonio (CO), il cui rilevamento è iniziato nel 1989, come indicato in Figura 1, il trend delle medie annuali mostra una continua di-

Tabella 1 - Concentrazioni medie rilevate da gennaio a marzo 2002 nella città di Milano (μg/m³)

	SO ₂	NO _x	NO	NO ₂	PTS	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	CO
Gennaio	34	329	215	114	102	100	80	10	
Febbraio	19	209	110	99	71	53	42	11	
Marzo	14	141	66	75	77	52	34	29	1,8

Fonte: Arpa di Milano

minuzione.

Il monitoraggio dell'ozono, invece, ha mostrato un andamento irregolare fino al 1994 (registrando un minimo assoluto nell'inverno 1984/85 e nell'estate del 1985) e una successiva tendenza all'aumento sia nei mesi estivi sia invernali, a partire dal 1988, con un balzo marcato nel 1995 che si è ripetuto negli anni successivi fino al 2001, con concentrazioni estive di O₃ decisamente superiori alle medie mensili degli anni precedenti già a partire dal mese di aprile.

Complessivamente, considerando il trend evolutivo dell'inquinamento atmosferico dal 1980 a oggi, è possibile asserire che vi sia stato un miglioramento della qualità dell'aria, almeno per quanto concerne gli inquinanti tipici invernali.

Le emissioni di SO₂, infatti, nell'anno solare 2001, sono scese a 11 µg/m³, le PTS a 59 µg/m³ e il CO a 1,8 µg/m³, raggiungendo il livello minimo degli ultimi vent'anni.

Gli NO_x, invece, con 71 µg/m³ di NO e 66 µg/m³ di NO₂, sono ritornati ai livelli degli anni Ottanta (pur restando circa il doppio rispetto ai minimi del 1985/86).

Questo andamento generale può essere attribuito all'immissione, a partire dai primi anni Novanta, di nuovi veicoli diesel, che ha sensibilmente ridotto le emissioni di polveri, così come la crescente quota di auto catalizzate ha invertito la tendenza all'aumento di emissioni di NO_x e CO.

La maggiore reattività fotochimica, al contrario, ha portato a un significativo incremento delle concentrazioni di O₃ (con valore medio nell'anno 2001 pari a 39-40 µg/m³), che hanno raggiunto il livello più alto mai registrato dal 1980 a oggi.

Nella valutazione complessiva dell'attuale situazione ambientale nell'area milanese, occorre poi considerare gli inquinanti non convenzionali (non per questo esentabili da limiti normativi), quali benzene, toluene, xilene e il loro comportamento, nei vari periodi stagionali, in funzione dell'attività antropica e delle condizioni meteo.

A questo proposito, si riportano in Tabella 2 i livelli ambientali di tali inquinanti misurati nella città di Milano nel periodo intercorso tra gennaio 2001 e marzo dell'anno corrente, e si discutono, in particolare, gli andamenti delle concentrazioni medie mensili del benzene, presentati nella Figura 3.

Per tali inquinanti primari non convenzionali, rilasciati in atmosfera dalle sorgenti emissive per evaporazione e nei prodotti incombusti, si può osservare che, in generale, presentano valori di minimo in corrispondenza di valori di massimo di O₃, in ragione della cinetica di reazione delle sostanze nel comples-



Figura 3 - Trend del benzene nell'anno solare 2001 (Fonte: Arpa di Milano)

so sistema hv, NO_x, RH; infatti, la produzione di radicali RO₂ e HO₂ da parte di attacchi di radicali OH agli idrocarburi favorisce la produzione di O₃.

Dalla valutazione della Figura 3, che riporta il trend emissivo del benzene riferito all'anno 2001, è possibile riscontrare una notevole variabilità dei dati nell'arco di un anno, ma è sempre nei mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio che si osservano i valori più alti di benzene.

L'aumento della concentrazione di benzene nell'aria che si verifica nei mesi invernali è attribuibile a fenomeni periodici come l'aumento del traffico veicolare, il riscaldamento domestico e le attività lavorative.

Nonostante l'andamento irregolare si è comunque registrata la tendenza nel tempo a una diminuzione delle concentrazioni di benzene nell'aria rispetto agli anni passati, quando il crescente uso di benzine senza piombo, in autovetture sprovviste di convertitore catalitico, aveva determinato un aumento considerevole della percentuale di benzene emesso nei gas di scarico.

È tuttavia sempre necessario un costante ed esteso controllo di questo inquinante e degli altri non convenzionali in tutti i centri urbani, non solo per meglio definire le caratteristiche chimiche dell'atmosfera (e quindi conoscere e controllare i fenomeni di inquinamento dovuti al trasporto degli inquinanti atmosferici), ma anche per una migliore comprensione dell'esposizione della popolazione e dei relativi aspetti igienico-sanitari.

Tabella 2 - Concentrazioni medie rilevate da gennaio 2001 a marzo 2002 nella città di Milano (µg/m³)

	2001												2002		
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar
Benzene	6,9	4,8	3,8	2,2	2,3	3,8	4,9	2,9	2,8	7,8	7,1	10,7	14,8	8,5	7
Toluene	22,6	16,8	19,0	11,2	14,3	16,2	17,1	11,5	14,1	32,5	24,0	34,6	49,5	20,0	27,7
Xilene	14,0	11,0	11,2	6,9	9,1	11,4	15,0	8,6	12,7	20,5	17,5	28,6	39,9	20,0	19,1
	Anno S 2001 gen-dic				Estate 2001 apr-set			Inverno 2001-2002 ott-mar			Anno Eco 2001-2002 apr-mar				
Benzene	5,9				3,1			9,8			6,1				
Toluene	21,6				14,0			32,1			22,3				
Xilene	16,2				10,6			25,3			17,3				

Fonte: Arpa di Milano

Il governo della mobilità urbana

Il 70% delle emissioni di NO_x e di composti organici volatili e oltre il 90% delle emissioni di CO nelle aree urbane sono dovute al trasporto su strada, che costituisce attualmente nelle città la principale fonte di emissione per altri inquinanti tra cui benzene e polveri fini. Queste sostanze sono causa di inquinamento sia direttamente sia tramite i loro prodotti di trasformazione tra cui ozono e polveri fini secondarie.

A livello nazionale il trasporto su strada genera circa il 25% delle emissioni di anidride carbonica, principale gas responsabile dell'effetto serra (fonte Anpa, Agenzia Nazionale di Protezione Ambientale) [4].

Negli ultimi anni l'aumento del numero dei veicoli e dei chilometri percorsi ha in parte controbilanciato l'effetto positivo dovuto alla penetrazione di veicoli meno inquinanti; questo, oltre ad aumentare le situazioni di congestione con i connessi disagi (inquinamento acustico, aumento dei tempi di percorrenza), ha fatto permanere i problemi legati alle emissioni di inquinanti caratteristici del traffico.

In città, inoltre, l'efficienza della marmitta catalitica si riduce a causa della quota rilevante di percorrenze che avviene con il convertitore catalitico in condizioni di bassa efficienza; la maggior parte degli spostamenti, infatti, è piuttosto breve e non consente al convertitore di raggiungere la temperatura ottimale di funzionamento [5].

A livello urbano sensibili progressi sono stati fatti nella riduzione delle emissioni da fonti fisse (riscaldamento domestico, industria), accentuando in tal modo il peso del traffico come fattore di pressione, ed è quindi soprattutto su questo che vengono attualmente individuate e messe in atto misure orientate non solo al contenimento delle emissioni, ma anche alla soluzione dei problemi di congestione che derivano da un aumento incontrollato dei mezzi in circolazione, al di sopra delle capacità di carico delle infrastrutture viarie.

Prospettive a livello europeo, nazionale e regionale

Il livello attuale di inquinamento atmosferico sia a Milano sia nelle altre città italiane conferma la necessità di mettere in pratica una serie di misure radicali a lungo termine.

La legislazione comunitaria in questo settore ha come obiettivo prioritario la lotta contro le emissioni prodotte dalle attività industriali e dai veicoli di trasporto.

In materia di trasporti, la strategia è basata su diversi elementi: una riduzione delle emissioni inquinanti (marmitta catalitica, controllo tecnico), una diminuzione dei consumi delle autovetture (in collaborazione con i costruttori di automobili) e la promozione di veicoli puliti (misure fiscali).

L'Ue ha inoltre emanato una serie di direttive che, oltre a introdurre per i Paesi membri l'obbligo di informare la Commissione europea sui superamenti dei limiti di tolleranza, introducono parametri più restrittivi di quelli attuali per gli inquinanti che mettono a rischio l'aria della città.

L'Ue stabilisce anche i criteri e le metodologie per misurare e raccogliere i dati e le modalità da osservare per l'informazione del pubblico sulla qualità dell'aria.

Per quanto concerne il benzene, ad esempio, la Comunità ha fissato a 5 µg/m³ l'obiettivo di qualità, ovvero la concentrazione massima di benzene che, come media giornaliera, su base annuale, si dovrebbe rispettare in tutti i Paesi entro il 2010 (attualmente l'obiettivo di qualità in Italia è di 10 µg/m³).

Il Dm 2.4.2002, ha recepito sia la Direttiva 1999/30/Ce, concernente i valori limite di qualità dell'aria dell'ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo, sia la Direttiva 2000/69/Ce relativa ai valori limite di qualità dell'aria per il benzene e il monossido di carbonio.

Saranno quindi introdotti valori limite più restrittivi di quelli attualmente vigenti, da raggiungere in modo graduale, entro il 2005 ed entro il 2010.

Per evitare che Milano e altre grandi città italiane siano fuori legge rispetto ai nuovi parametri è fondamentale avviare, accanto alle misure normative, quelle strutturali che consentano interventi diversi da quelli dell'emergenza: il problema è principalmente legato al trasporto urbano che deve essere gestito attivando tutte le forme alternative ai mezzi privati.

Da questo punto di vista Milano ha già scelto di potenziare il trasporto pubblico a trazione elettrica, meno inquinante e anche meno rumoroso; è iniziato, inoltre, il rinnovamento degli autobus con vetture a basso tenore di emissioni.

Considerati gli aspetti normativi è chiaro poi che accanto a misure già perseguite o in agenda è essenziale acquisire la consapevolezza che non è più possibile pensare in termini di crescita illimitata e indiscriminata della mobilità: vanno messi in campo tutti gli strumenti per eliminare da un lato i picchi di congestione e dall'altro, laddove possibile, perseguire la riduzione dell'esigenza di mobilità.

A livello statale il nuovo Accordo di Programma in materia di ambiente e di energia prevede la messa a disposizione di un miliardo e 200 milioni di euro per investimenti nel triennio 2002-2004.

In particolare la Regione Lombardia ha varato con il governo un accordo multiprogetto che punta a consolidare provvedimenti che vanno dalla conversione dei mezzi pubblici e privati a carburanti ecologici, a politiche di mobilità sostenibile (car sharing, mobility manager per imprese ed enti pubblici), ma non trascura inquinamento acustico e interventi per il recupero ambientale di parchi regionali con l'obiettivo di un miglioramento complessivo della qualità dell'ambiente.

La Regione Lombardia ha poi individuato nei veicoli ecologici il comparto strategico del progetto, tramite uno degli investimenti più consistenti insieme agli incentivi devoluti per l'impiego del metano negli impianti di riscaldamento.

A livello ministeriale sono inoltre in programma incentivi per le caldaie meno inquinanti per affrontare il nodo del riscaldamento domestico, che contribuisce in maniera rilevante all'inquinamento.

Bibliografia

- [1] G. Brusasca, *Rapporti Gsisr*, 2000, **94**.
- [2] G. Finzi, G. Pirovano, M. Volta, *Gestione della qualità dell'aria, modelli di simulazione e previsione*, 2000.
- [3] V. Poluzzi, *Rapporti Gsisr*, 2000, **94**, 33.
- [4] M. C. Cirillo, *Rapporti Gsisr*, 2000, **94**, 35.
- [5] S. Saija et al., *Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale*, 2000.

Ringraziamenti - Gli autori desiderano ringraziare Roberto Gualdi (direttore Settore Aria, Arpa Lombardia) e Giancarlo Tealdi (Arpa, Dipartimento Sub Provinciale Città di Milano) per la concessione dei dati analitici indicati nell'articolo.