

La Contaminazione Atmosferica dei Centri Urbani Oggi

L. Lepore¹ e P Avino^{1,2}

¹Centro Studi di Biometeorologia, Roma.

²Laboratorio Chimico, DIPIA-ISPESEL, via Urbana 167, Roma. E-mail: pasquale.avino@ispesl.it

Lo studio dell'inquinamento atmosferico è uno dei campi scientifici maggiormente studiati per le diverse implicazioni che comporta tra cui la conoscenza delle reazioni chimiche e di alcune fenomenologie specifiche (es., lo smog fotochimico), e l'aspetto igienico-sanitario dal momento che l'aria che si respira rappresenta uno dei primi fattori responsabili dell'insorgenza di condizioni di malessere fisico.

In questo lavoro si vogliono presentare, partendo dalla loro determinazione, quelle che sono le principali contaminazioni del comparto atmosfera in un'area urbana, dove prevalgono essenzialmente contributi da traffico autoveicolare e da riscaldamento domestico.

Si definiscono inquinanti primari quelli direttamente emessi dalle sorgenti di emissione, sia in fase gassosa che particellare mentre si definiscono inquinanti secondari le specie derivanti da reazioni chimiche e/o fotochimiche degli inquinanti primari fra loro e/o con i costituenti base dell'atmosfera (Tabella 1) [1]. Gli inquinanti primari e secondari per i quali la normativa vigente ha definito i limiti massimi di accettabilità sono identificati come convenzionali mentre non convenzionali quelli per i quali non sono fissati i relativi standard. Inoltre, si definisce inquinamento fotochimico quello relativo alla presenza in atmosfera di inquinanti secondari (O₃, HNO₂, perossiacetilnitrito, ecc.) generati da reazioni radicaliche che coinvolgono ossidi di azoto ed idrocarburi e che avvengono in presenza di radiazioni ultraviolette [1]. In Tabella 2 sono riportati i riferimenti normativi [2] relativi al 2008.

Primari	Secondari
<ul style="list-style-type: none"> • CO • NO_x (95% NO, 5% NO₂) • SO₂ • COV (Benzene, ecc.) • IPA 	<ul style="list-style-type: none"> • O₃ • NO₂, HNO₃, HNO₂ • Perossiacetilnitrito • Formaldeide
<ul style="list-style-type: none"> • Nanoparticelle • PM10 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitroderivati Organici • Nitrati • Solfati

Tabella 1. Classificazione degli inquinanti.

	INQUINANTE	TIPO DI MEDIAZIONE	LIMITE	n° MAX SUPERI/ ANNO	SOGLIA DI ALLARME	ANNO DI RIFERIMENTO
SO ₂	Biossido di zolfo D.M. 60/02	media 24h	125 ug/m ³	non più di 3 volte per anno civile	media 1h >500 ug/m ³	2008
		media 1h	350 ug/m ³	non più di 24 volte per anno civile	misurati su tre ore consecutive	
NO ₂	Biossido di azoto D.M. 60/02	media 1h	220 ug/m ³	non più di 18 volte per anno civile	media 1h >400 ug/m ³	2008
		media anno civile	44 ug/m ³		misurati su tre ore consecutive	
	Monossido di Carbonio D.M. 60/02	massima media mobile giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³			2008
	Benzene D.M. 60/02	media anno civile	7 ug/m ³			2008
PM10	Materiale Particolato D.M. 60/02	media 24h	50 ug/m ³	non più di 35 volte per anno civile		2008
		media anno civile	40 ug/m ³			
O ₃	Ozono D. lgs. 183/04	media 1h	180 ug/m ³ soglia di informazione		media 1h >240 ug/m ³	2008
		massima media mobile giornaliera su 8 ore	120 ug/m ³	non più di 25 volte per anno civile (Obiettivo da raggiungere nel 2010)	misurati su tre ore consecutive	2008

Tabella 2. Riferimenti normativi al 2008 degli inquinanti convenzionali.

Dal punto di vista analitico-metodologico, la valutazione della qualità dell'aria viene effettuata, mediante l'uso di analizzatori dedicati, attraverso la misura delle concentrazioni di SO₂, NO_x, O₃, CO, Benzene, Toluene ed Xilene (BTX) e materiale particolato con taglio granulometrico a 10 µm (PM10). Si possono altresì utilizzare tecniche di remote-sensing (es., spettroscopia di assorbimento ottica differenziale, DOAS; spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier, FT-IR) per la misura di alcuni inquinanti che non sono soggetti ad elevati gradienti spazio-temporali, e per la valutazione di specie intermedie relativamente stabili, quali l'acido nitroso e la formaldeide.

L'interpretazione dei fenomeni di inquinamento atmosferico è complessa per la presenza contemporanea di processi emissivi e processi chimico-fisici, e per fenomeni di diffusione e di trasporto. Le misure meteorologiche che normalmente vengono eseguite nelle reti di monitoraggio forniscono informazioni che non sono sufficienti a descrivere l'evoluzione dello strato di rimescolamento dell'atmosfera. È stato studiato un parametro di lettura più immediata, capace di descrivere il comportamento degli inquinanti e l'evoluzione temporale del boundary layer la radioattività naturale [3]: la possibilità di misurare, seppure indirettamente, la capacità di dispersione dell'atmosfera, consente di identificare le variazioni nella concentrazione degli inquinanti atmosferici primari che dipendono da variazioni nei flussi emissivi (traffico veicolare e/o relativi interventi di limitazione).

Per quanto riguarda la città di Roma, sono stati studiati, nell'arco di 10 anni, come sono cambiati gli scenari di inquinamento per effetto sia di interventi strutturali effettuati in ambito comunale (sensi unici, velocizzazione del traffico, parcheggi, ecc.), sia per effetto, dal 1994 in poi, dell'introduzione delle marmitte catalitiche e della riduzione del contenuto di benzene (Figura 1) e di SO₂ (Figura 2) nei carburanti.

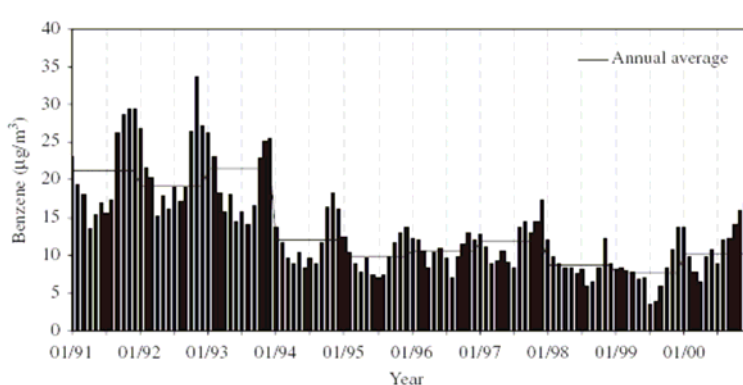


Figura 1. Livelli medi mensili (barre) ed annuali (linee) di benzene misurate nel centro di Roma.

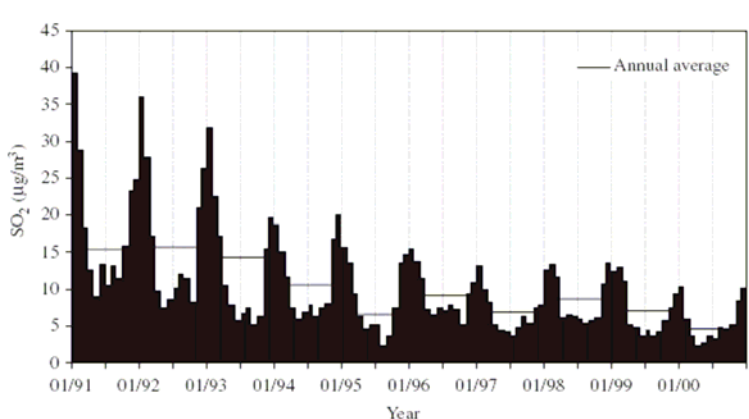


Figura 2. Livelli medi mensili (barre) ed annuali (linee) di SO₂ misurate nel centro di Roma.

Per gli inquinanti primari si è osservato un andamento decrescente molto deciso mentre risulta più attenuato per gli inquinanti secondari. Questi ultimi presentano fluttuazioni in un intervallo compatibile con le condizioni di reattività atmosferica in funzione delle condizioni di stabilità atmosferica nell'ambito del complesso fenomeno di reazioni HC-NO_x-UV che non è direttamente

correlato con le sorgenti emmissive [4].

Uno sguardo particolare è dedicato al materiale particolato, inquinante estremamente complesso sia per la sua granulometria [5] che per la sua origine naturale e/o antropogenica [6]. Le principali sorgenti naturali sono l'eruzione dei vulcani, l'erosione delle rocce, gli aerosol marini, le emissioni biogeniche, ecc., mentre le principali sorgenti antropogeniche sono specifiche attività industriali ed i processi di combustione.

Riguardo la granulometria, la Figura 3 mostra il grado di profondità che le varie frazioni particellari) possono raggiungere nell'organismo umano: frazione inalabile (inalata attraverso naso e bocca), frazione extratoracica (non penetra oltre la laringe), frazione toracica (penetra oltre la laringe, PM10), frazione tracheobronchiale (penetra oltre la laringe, non giunge alle vie respiratorie non ciliate), frazione respirabile (penetra nelle vie respiratorie non ciliate, PM2.5).

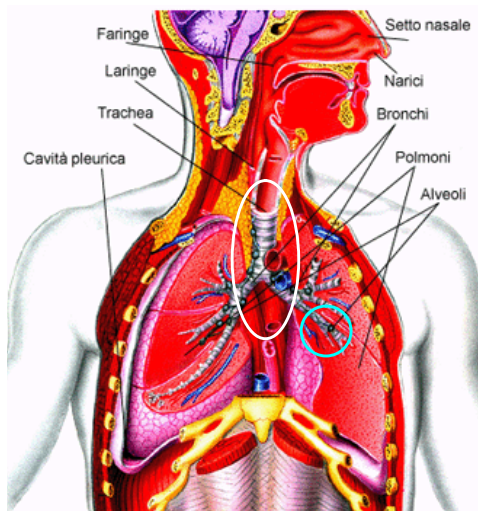


Figura 3. Definizione delle frazioni granulometriche delle particelle aerodisperse.

Dal punto di vista della complessità chimica e della relativa origine, la Tabella 3 riporta la composizione elementare del PM10 determinata nell'area urbana di Roma.

Ag	0.176	Ce	0.843	Hg	1.07	Nd	0.245	Sm*	53.4
As	1.35	Co	0.379	K	1100	Ni	4.54	Th	0.204
Au	0.008	Cr	7.28	La*	188	Pb	92	V	4.02
Ba	12.8	Cs	0.151	Mg	240	Rb	2.19	W	1.25
Br	22.2	Eu*	12.3	Mn	40.0	Sb	9.22	Yb	0.015
Ca	1500	Fe**	0.566	Mo	2.10	Sc*	46.1	Zn	80.0
Cd	0.526	Hf	0.020	Na	420	Se	0.687		

Tabella 3. Livelli medi (ng/m^3) degli elementi determinati nella frazione PM10 nel centro di Roma (*: livelli espressi come pg/m^3 ; **: livelli espressi come $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

In un'area urbana, specie quella di una megacittà come può essere assimilata Roma, il maggiore contributo al livello di PM10 deriva da sorgenti antropiche quali riscaldamento domestico e traffico autoveicolare. Ed a queste ultime sorgenti, è legata essenzialmente la frazione di carbonio elementare (EC) che può essere utilizzata come un nuovo tracciante utile per la valutazione della contaminazione di un determinato ambiente [7].

Riguardo al traffico autoveicolare, bisogna considerare che una sua regolamentazione, più volte tentata con provvedimenti quali ad es. targhe alterne, incide principalmente, nell'ambito del bilancio di massa del particolato, sulla frazione di EC, che rappresenta circa il 18-30% dell'inquinamento particolato nell'area urbana di Roma, e sulla composizione totale degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), frazioni acclamata cancerogena, che rappresenta circa lo 0,01-0,03% della frazione particolato (Figura 4).

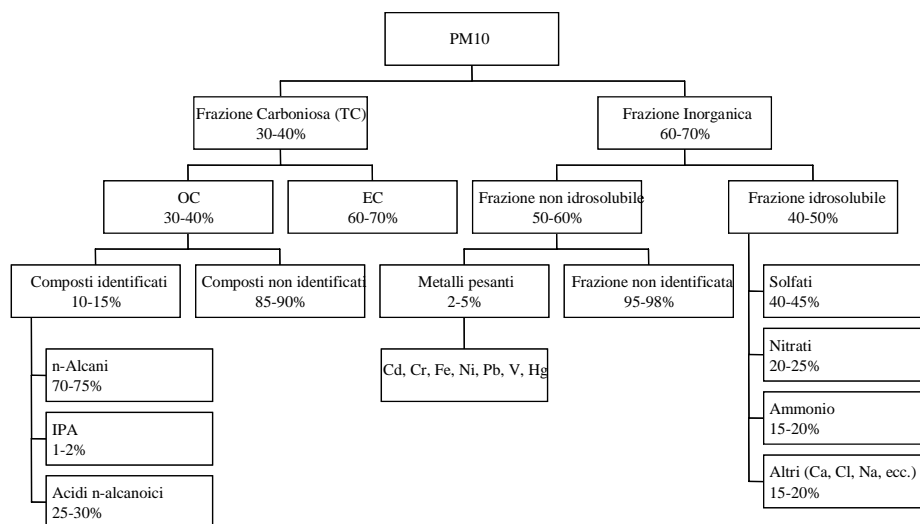


Figura 4. Bilancio di massa del PM10 a Roma.

Questo significa che, a parità di condizioni meteorologiche e di stabilità atmosferica, una riduzione, ad esempio, del 30% del traffico autoveicolare in area urbana provoca sul PM10 solo una riduzione del 30% della frazione EC (cioè il PM10 diminuisce tra il 5% e il 9% del suo valore totale) [8]. Ipotizzando perciò un valore medio giornaliero di PM10 di circa $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel 2007 il valore medio annuale per la città di Roma è stato di $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si evince che, in assenza di ulteriori sorgenti di emissione (scenario poco credibile) e condizioni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, una riduzione del 30% del traffico autoveicolare comporta una riduzione della frazione di EC da 14 a $9,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e di IPA di un valore non significativo e, più in generale, una riduzione del livello di PM10 tra $2,5$ e $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rendendo di fatto ininfluenza ai fini sanitari tale provvedimento.

Bibliografia

1. L. Lepore, I. Ventrone, D. Brocco, P. Avino e F. Sallusti. Studio dell'inquinamento atmosferico nell'area urbana di Roma: Risultati di dieci anni di attività svolta presso la "Stazione Pilota" dell'ISPESL. Fogli di Informazione ISPESL, 1 (2001) 62-103.
2. Decreto Ministeriale 60/02: "Recepimento [...] concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e [...] relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio"; Decreto Legislativo 183/04: "Attuazione [...] relativa all'ozono nell'aria"; Decreto Legislativo 152/07: "Attuazione [...] concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente".
3. P. Avino, D. Brocco, L. Lepore and S. Pareti. Interpretation of atmospheric pollution phenomena in relationship with the vertical atmospheric remixing by means of natural radioactivity measurements (Radon) of particulate matter. *Annali di Chimica*, 93 (2003) 589-594.
4. A. Monod, B.C. Sive, P. Avino, T. Chen, D.R. Blake, F.S. Rowland. Monoaromatic compounds in ambient air of various cities: a focus on correlations between the xylenes and ethylbenzene. *Atmospheric Environment*, 35 (2001) 135-149.
5. P. Avino e D. Brocco. Studio delle particelle carboniose in atmosfera in relazione alle varie frazioni granulometriche ed al contenuto di carbonio organico. *Fogli d'Informazione*, 3 (2005) 107-113.
6. P. Avino, G. Capannesi and A. Rosada. Characterization and distribution of mineral content in fine and coarse airborne particle fractions by Neutron Activation Analysis. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 88 (2006) 633-647.
7. P. Avino, D. Brocco, S. Pareti and G. Scalisi. Description of the carbonaceous particulate matter evolution in an urban area. *Annali di Chimica*, 93 (2003) 21-26.
8. P. Avino, M. Manigrasso. Caratterizzazione della frazione carboniosa dell'inquinamento particellare nell'area urbana di Roma - Parte I. *La Medicina del Lavoro*, 98(3) (2007) 192-203.