

Rivista Scientifica

Igiene e Sanità Pubblica

fondata nel 1945 da Gaetano Del Vecchio
già diretta da Gaetano e Vittorio Del Vecchio



*Custodit vitam qui custodit sanitatem
Sed prior est sanitas quam sit curatio morbi
(Flos Medicinae Scholae Salerni)*

ESTRATTO

in formato elettronico autorizzato dagli Autori e dall'Editore

Cesare Meloni

Inquinamento atmosferico e salute

Periodico bimestrale
Volume LIX - N. 3 - Maggio / Giugno 2003
IgSanPubbl - Issn 0019-1639
www.igiene.org

Igiene e Sanità Pubblica

Fascicolo realizzato con il contributo del CIFAPPS - Centro Interdipartimentale Formazione, Aggiornamento e Promozione delle Professioni Sanitarie dell'Università di Roma Tor Vergata

Direttore Responsabile
Augusto Panà

Direttore Editoriale
Armando Muzzi

Redazione
*Cattedra di Igiene e Medicina Preventiva
Università di Roma Tor Vergata*

Caporedattore
Giuseppe Cananzi

Coordinatore tecnico
Natalia Buzzi

Comitato Scientifico
*Giovanni Berlinguer, Antonio Boccia,
Vittorio Carreri, Gaetano M. Fara,
Bertram Flehmig, Giuseppe Giammanco,
Antonino Gullotti, Elio Guzzanti,
Alessandro Maida, Marck McCarthy,
Cesare Meloni, Bruno Paccagnella,
Walter Ricciardi, Gianfranco Tarsitani,
Giancarlo Vanini*

Segreteria di Redazione
Iolanda Mozzetta

Redazione Sito Internet
Giulia Zamponi

Traduzioni a cura di
Henrike Berg, Steffen P. Berg, Ilaria Restifo

Impaginazione e Grafica
Ornella Fassio

Norme editoriali in 3ª di copertina.

Hanno collaborato a questo numero
*R. Alvaro, A. Aparo, U.L. Aparo,
F. Attena, L. Bonadonna,
T. Brancato, A. Cammarano
V. Chignoli, M.A. Coniglio,
F. D'Agostino, A. De Paola
E. Dessy, S. Ferri, G. Giammanco,
M. Giustino, C. Meloni,
A. Nusca, L. Orefice, P. Oriente,
S. Pignato, S. Tabolli*

IGIENE E SANITÀ PUBBLICA È INDICIZZATA SU MEDLINE E INDEX MEDICUS.

Garanzia di riservatezza

Il trattamento dei dati personali che riguardano Autori e Abbonati viene svolto nel rispetto di quanto stabilito dalla Legge n. 675 del 1996 sulla Tutela dei dati personali. I dati non saranno comunicati o diffusi a terzi e per essi l'Autore o l'Abbonato potrà richiedere, in qualsiasi momento, la modifica o la cancellazione, scrivendo all'Editore.

Igiene e Sanità Pubblica - Periodico bimestrale a carattere scientifico

Reg. Trib. di Roma n. 4198 del 19.10.1954

Proprietà artistica e letteraria riservata

Accreditato SItI - Società Italiana di Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica

Inquinamento atmosferico e salute^(*)

Cesare Meloni

Presidente uscente SItI

(*) Lettura magistrale tenuta in occasione della inaugurazione del 40° Congresso Nazionale della Società Italiana di Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica, Cernobbio, 8 settembre 2002

Parole chiave Inquinamento atmosferico; Indicatori di esposizione; Danni alla salute.

Riassunto Il problema sanitario dell'inquinamento atmosferico e le sue influenza sulla salute della popolazione sono approfonditi attraverso temi quali l'origine e la tipologia degli inquinanti, l'azione del materiale particolato aerodisperso, l'azione biologica esercitata dagli inquinanti, gli effetti diretti ed indiretti sulla salute umana. La discussione mette in luce come, malgrado l'inquinamento atmosferico abbia subito negli ultimi anni una riduzione, rappresenta ancora un impegnativo problema di sanità pubblica. Il traffico autoveicolare risulta il principale responsabile dell'inquinamento e le polveri fini potenzialmente le più pericolose per la salute. La prevenzione è possibile a condizione che gli organi di governo, in particolare regionali, adottino adeguati provvedimenti normativi e che gli operatori di sanità pubblica progettino e sviluppino organici programmi di prevenzione.

Air Pollution and health

Key-words Air pollution; Exposition indicators; Health damage.

Summary The authors have investigated the issue of air pollution and its impact on people's health. The study touches such topics as the origins and types of pollutants, airspread contaminants, pollutants' biological effect and consequences on human health. Although pollution levels have recently shown to be lower, they still reflect a major concern for public health. Automobile traffic is the main responsible for air pollution and thin dusts are virtually the most dangerous particles in the atmosphere. Prevention will only be possible if governing bodies adopt effective strategies and public health agents develop adequate prevention plans.

Pollution de l'air et santé

Mots-clés Pollution de l'air; Indicateurs d'exposition; Dommages à la santé.

Résumé Les auteurs ont analysé le problème de la pollution de l'air et ses conséquences sur la santé de la population. Cette étude repose sur des questions telles que l'origine et la typologie des polluants, l'action des particules dispersées dans l'air, l'action biologique des polluants, les effets directs et indirects sur la santé des hommes. En épit du fait que le taux de pollution a récemment baissé, il reste encore un problème majeur pour la santé publique. Les gaz d'échappement sont la cause principale de la pollution et les poudres fines sont les particules les plus dangereuses dans l'atmosphère. La prévention est possible si les gouvernements adoptent des mesures efficaces et si les fonctionnaires de santé publique mettent en place des programmes préventifs complets.

Luftverschmutzung und Gesundheit

Schlüsselwörter Luftverschmutzung; Expositions-Anzeichen; Gesundheitsschädigung.
Zusammenfassung Das Gesundheits-Problem der Luftverschmutzung und sein Einfluss auf die Gesundheit der Bevölkerung werden, erweitert durch Themen wie Ursprung und Typologie der Verschmutzungsstoffe, biologische Auswirkungen der Schwebstoffe und Inquantien und ihre direkten und indirekten Effekte auf die menschliche Gesundheit, behandelt. Die Diskussion erweist, daß die Luftverschmutzung, trotz ihrer Abnahme in den letzten Jahren, immer noch ein wichtiges Problem für die öffentliche Gesundheit darstellt. Der Kraftwagenverkehr erweist sich als Hauptschuldiger für die Luftverschmutzung und der Feinstaub als am gefährlichsten für die Gesundheit. Eine Vorbeugung ist nur möglich, wenn die Regierungsorgane, vor allem die regionalen, entsprechende Richtlinien einführen und die Verantwortlichen des öffentlichen Gesundheitsdienstes organische Vorbeugungsprogramme projektieren und durchführen.

1. Introduzione

Autorità, cari colleghi, gentili signore e signori, il 26 aprile 1988, in occasione della inaugurazione del nostro 33° Congresso Nazionale che si svolse a Milano, toccò a me tenere la relazione introduttiva dal titolo *Ambiente e Salute*. Tale evento si ripete oggi, a 14 anni di distanza. Ciò oltre a costituire, per me, un grande onore del quale ritengo doveroso ringraziare il Presidente, Vittorio Carreri, unitamente a tutti i componenti della Giunta Nazionale SiTI, documenta la permanente attualità, nel tempo, dei problemi connessi all'ambiente ed in particolare all'inquinamento atmosferico e, nel contempo l'interesse ad esso da sempre dedicato dagli operatori di Sanità Pubblica.

Un problema rilevante e complesso, l'inquinamento atmosferico, che cercherò di esaminare, nei suoi molteplici aspetti, nel modo più completo possibile pur con i limiti imposti dalla brevità del tempo disponibile.

2. Articolazione della relazione

La diffusa conoscenza dei termini generali del problema in esame e la elevata qualificazione degli uditori ritengo che possano esimermi dal ricordare, in via preliminare, le definizioni di *Inquinamento atmosferico* e di *Salute*. Prescindendo da ciò esporrò, pertanto, la relazione che mi è stata affidata articolandola nei seguenti 5 punti.

- tipologia ed origine degli inquinanti di più frequente riscontro;
- il PM₁₀ come indicatore di esposizione o di effetto del livello di inquinamento globale;
- meccanismi di azione biologica dei principali inquinanti;

- attualità dell'inquinamento atmosferico come problema di Sanità Pubblica
- effetti diretti di danno alla salute umana
- effetti indiretti dell'inquinamento sulla salute umana
- interventi di prevenzione possibili.

La complessità dell'argomento mi induce ad evidenziare, per ciascuno dei punti suesposti, i soli dati principali; rimandando per il loro approfondimento all'esame della letteratura specifica.

3. Tipologia ed origine degli inquinanti di più frequente riscontro

Nella *tavola 1* sono riportati i dati inerenti le emissioni dei principali inquinanti atmosferici rilevati nella Regione Lombardia nell'anno 1997, con le rispettive fonti di derivazione. L'esame della tavola consente di rilevare quanto segue:

- a. per 5 dei sette inquinanti presi in considerazione (Ossidi di Azoto; Composti Organici Volatili; Ossido di Carbonio; Anidride Carbonica e Materiale Particellato), il traffico autoveicolare costituisce la sorgente di gran lunga prioritaria;
- b. il traffico rappresenta, pertanto, la fonte principale di inquinamento contribuendo per il 55,5% alle emissioni totali riferite all'intero territorio regionale ammontanti a ben 1.853.155 tonnellate/anno;
- c. il contributo al livello emissivo del traffico aumenta, inoltre, considerevolmente se si prendono in esame i soli centri urbani, raggiungendo, nello stesso anno a Milano, il 73,5% delle emissioni globali;
- d. ai composti riportati nella tabella devono essere, inoltre, aggiunti gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, il Benzene ed il Piombo come prodotti primari e l'Ozono come inquinante secondario tutti di derivazione pressochè esclusiva, o comunque di gran lunga prevalente, dal traffico autoveicolare.

In conclusione non vi è dubbio, pertanto, che il traffico autoveicolare rappresenti al momento la sorgente di gran lunga più rilevante dell'inquinamento atmosferico complessivo soprattutto nei centri urbani. Quello, cioè, al quale deve essere riservata attenzione prioritaria in relazione, anche, ai possibili riflessi sulla salute pubblica.

4. Il PM_{10} come indicatore di esposizione o di effetto del livello di inquinamento globale

Il *materiale particellato* (PM) o *particolato aerodisperso* rappresenta un composto

Tavola 1

Tipologia ed origine dei principali inquinanti tonnellate /anno;
emissioni relative all'anno 1997 nella Regione Lombardia

Fonti emissive	Emissioni				
	SO ₂	SO _x	COV	CO	CO ₂ ^(*)
Produzione energia e trasformazione combustibili	52.860	29.071	10.965	3.795	15.096
Combustioni non industriali	6.830	15.137	11.215	120.423	17.624
Combustioni industriali e processi produttivi	26.358	52.832	178.547	139.206	17.878
Traffico autoveicolare	5.643	133.038	182.798	673.081	18.623
Smaltimento rifiuti	387	1.192	962	412	832
Agricoltura	-	570	924	15.503	-
Altre sorgenti	443	1.947	31.940	55.976	-
<i>Totale singole emissioni</i>	<i>92.521</i>	<i>233.787</i>	<i>417.351</i>	<i>1.008.396</i>	<i>70.053</i>

Fonti emissive	Emissioni (segue)		Composizione %	
	PTS	Totale	Lombardia	Milano
Produzione energia e trasformazione combustibili	2.121	113.908	6,1	3,0
Combustioni non industriali	4.548	175.777	9,5	4,9
Combustioni industriali e processi produttivi	8.290	423.111	22,8	17,7
Traffico autoveicolare	14.618	1.027.801	55,5	73,5
Smaltimento rifiuti	47	3.832	0,2	0,1
Agricoltura	1.423	18.420	1,0	0,4
Altre sorgenti	-	90.306	4,9	0,4
<i>Totale singole emissioni</i>	<i>31.047</i>	<i>1.853.155</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

^(*) CO₂ espressa in kt/anno

Fonte: Inventario regionale Inemar, 1997

complesso costituito da polveri usualmente miscelate a liquidi in diverse proporzioni e di differenti costituzione ed origine.

Variabile, in funzione dell'origine prevalente per dimensioni e forma, solubilità e biopersistenza, composizione chimica e proprietà biologiche riveste, in assoluto, l'importanza di gran lunga maggiore fra tutti gli inquinanti atmosferici essendo in grado di esercitare numerosi e gravi effetti sulla salute umana per la grande varietà di principi tossici che può contenere. Le polveri, infatti, possono assorbire attraverso la loro superficie interna ed esterna diverse sostanze chimiche. Sospese nell'aria, inoltre, fungono da nuclei di condensazione del vapore acqueo con formazione di piccole goccioline nelle quali possono disciogliersi numerose sostanze allo stato gassoso quali l'Anidride Solforosa, gli Ossidi di Azoto, gli Acidi ed alcuni Metalli Tossici.

Grande importanza rivestono le dimensioni del materiale particellato per le diverse possibilità di raggiungere, quando inalato, i differenti compartimenti dell'apparato respiratorio.

Come appare nella *tavola 2a*, infatti, il particolato di maggiori dimensioni si deposita, in prevalenza, nel tratto nasofaringeo; quello di medie dimensioni nel tratto tracheobronchiale; mentre solo quello di dimensioni comprese fra 0,1 e 10 μ di diametro è in grado di giungere sino agli alveoli polmonari. In misura proporzionale alla esiguità delle dimensioni possedute. Questa ultima frazione si chiama *razione respirabile* e corrisponde al PM₁₀ che rappresenta, pertanto, la parte di gran lunga più importante del particolato atmosferico in considerazione del fatto che, potendo raggiungere gli alveoli polmonari, può più agevolmente esercitare effetti di danno.

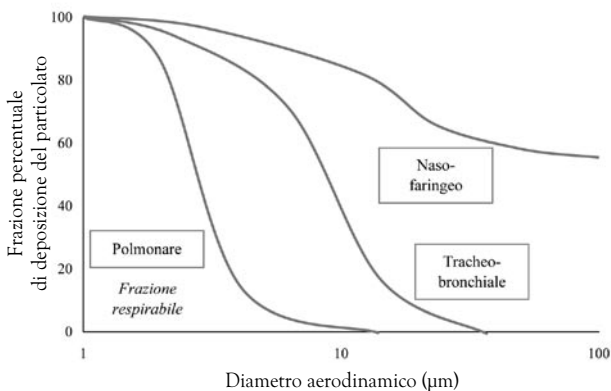
Effetti che, come sarà esposto in seguito, possono risultare molto rilevanti in relazione alle caratteristiche qualitative del PM₁₀ che, come è riportato nella *tavola 2b* contiene, in misura diversa in funzione dell'origine, numerose sostanze potenzialmente dannose.

La potenzialità di danno è certamente maggiore per la frazione del particolato più fine (sino a 2,5 μ m di diametro) ove sono contenuti, in misura prevalente, i composti organici volatili, gli Idrocarburi policiclici aromatici, i metalli tossici, i solfati ed i nitrati; ed è su di essa, infatti, che si accentrano oggi le maggiori attenzioni. Tale frazione è comunque compresa nel PM₁₀.

Sulla base di quanto sin qui esposto, pertanto, considerate le principali caratteristiche possedute dal PM₁₀ (*tavola 2c*) consistenti in:

a. la possibile origine

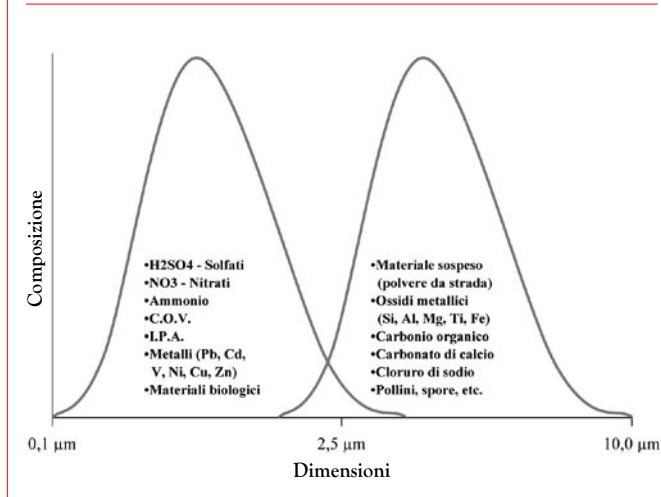
Tavola 2a
Il PM₁₀ come indicatore di esposizione o di effetto del livello di inquinamento globale
Deposizione del particolato nelle diverse sezioni dell'apparato respiratorio in funzione del diametro medio delle particelle



- pressoché ubiquitaria;
- b. la prevalente derivazione, comunque, dal traffico autoveicolare che rappresenta, al momento la principale sorgente inquinante;
- c. la possibilità di contenere pressoché tutte le sostanze in grado di determinare

Tavola 2b

Il PM_{10} come indicatore di esposizione o di effetto del livello di inquinamento globale. Composizione chimica del PM_{10}



- gravi effetti di danno alla salute umana;
- d. nonché, la capacità di penetrazione sino agli alveoli polmonari rendendo in tal modo possibile oltre all'estrinsecazione del danno locale anche il passaggio in circolo di sostanze tossiche e/o cancerogene ad azione generale.

Il PM_{10} può pertanto a pieno titolo meritare di essere assunto, nella valutazione del rischio derivante alla salute umana, quale indicatore di esposizione" o di effetto del livello di inquinamento globale. Ed è in tale ruolo, infatti, che è stato utilizzato nelle indagini epidemiologiche condotte sia in sede nazionale che internazionale, nei tempi più recenti.

Tavola 2c

Il PM_{10} come indicatore di esposizione o di effetto del livello di inquinamento globale
 Caratteristiche del PM_{10} che ne giustificano il riconoscimento di indicatore di esposizione o di effetto del livello di inquinamento globale

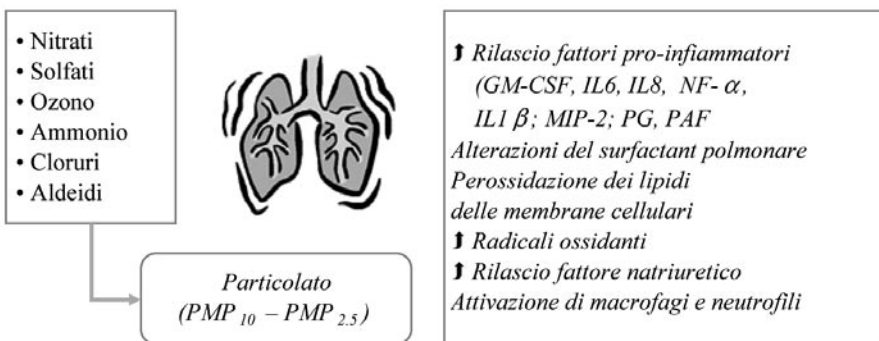
- 1) Derivando da numerose sorgenti rappresenta un inquinante pressoché ubiquitario
- 2) Nei centri urbani deriva in larga prevalenza dal traffico autoveicolare che rappresenta la sorgente inquinante di gran lunga principale
- 3) Contiene pressoché tutte le sostanze in grado di determinare gravi effetti di danno alla salute umana
- 4) È in grado di penetrare fino agli alveoli polmonari consentendo oltre all'estrinsecazione del danno locale il passaggio in circolo di sostanze tossiche e/o cancerogene ad azione generale

5. Meccanismi di azione biologica dei principali inquinanti

Gli inquinanti atmosferici esercitano i loro effetti di danno attraverso i seguenti tre meccanismi di azione, pro-infiammatoria ed irritante, tossica e cancerogena:

- a. l'azione *pro-infiammatoria ed irritante* (tavola 3) è svolta da alcuni componenti principali del PM₁₀ e dall'Ozono e si esplica prevalentemente attraverso i seguenti meccanismi, tutti in grado di determinare lesioni talvolta gravi ed irreversibili, del parenchima polmonare
 - rilascio di numerosi fattori pro-infiammatori ad azione prevalente sui bronchioli e sugli alveoli polmonari;
 - alterazione del surfattante polmonare;
 - perossidazione dei lipidi delle membrane cellulari;
 - incremento dei radicali ossidanti;
 - aumento dei macrofagi e neutrofil;
- b. l'azione *tossica* (tavola 4) è svolta prevalentemente dall'ossido di Carbonio, dal Benzene e dal Piombo e altri metalli tossici anch'essi presenti in rilevante entità nel PM₁₀; interessa diversi organi o apparati (polmoni, cuore, apparato nervoso, ematico e riproduttivo) e si esplica, in primo luogo, attraverso il blocco delle ciglia vibratili che impedisce la *clearance* polmonare favorendo il ristagno e quindi l'assorbimento ed il passaggio in circolo delle sostanze tossiche; ciò può determinare danni quali depressione dell'attività linfocitaria, e quindi iporesponsibilità immunitaria, riduzione di fertilità nell'uomo e possibile induzione di aborti nelle donne;

Tavola 3
Azione pro-infiammatoria/irritante



c. l'azione cancerogena infine (tavola 5) è esercitata anch'essa da sostanze presenti nel PM_{10} quali gli Idrocarburi policiclici aromatici, il Benzene, l'Asbesto, ed il Cromo); questi, con il ruolo di iniziatori o promotori, inducono (o facilitano) l'insorgenza di tumori in modo prevalente a livello polmonare ma anche in altri organi quali, pleura, fegato e midollo osseo.

6. Attualità dell'inquinamento atmosferico come problema di sanità Pubblica

6.1 Livello di inquinamento atmosferico al momento esistente

L'uso di combustibili meno inquinanti negli impianti di riscaldamento domestico, il contenimento delle emissioni industriali ed il parziale (ed al momento, almeno, tuttora largamente insufficiente) decremento delle emissioni autoveicolari, ha consentito, in questi ultimi anni una significativa riduzione del livello di inquinamento globale.

Tavola 4

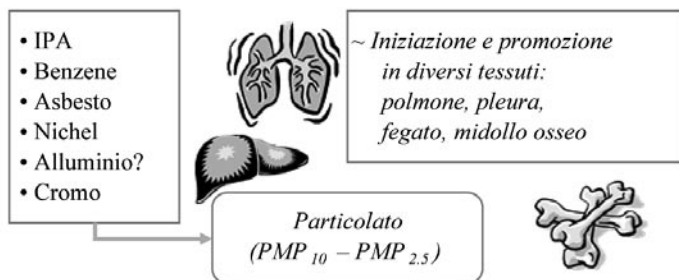
Azione tossica



Tavola 5

Azione cancerogena

(soprattutto sulle vie aeree e su altri organi ed apparati)



La *tavola 6a* mostra l'andamento dei valori di immissione del particolato atmosferico nella città e nella provincia di Milano nel periodo 1981-2001, evidenziando una riduzione dei valori rilevati di circa il 70% (dal valore massimo di 157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del 1987 a quello di 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del 2000). Anche in altre sei importanti città italiane le concentrazioni al suolo dei principali inquinanti hanno mostrato, sia pure per un periodo di rilevazione breve e quindi non del tutto significativo, una costante e pressoché uniforme riduzione come appare dall'esame della *tavola 6b*. Le città interessate, Bologna, Firenze, Genova, Milano, Roma e Torino, hanno visto nel quinquennio 1994-98 una riduzione media della concentrazione di Ossido di Carbonio del 25,8%, del Biossido di Azoto del 17,1% e dell'Anidride Solforosa del 23,7%.

Ha fatto registrare, invece, nello stesso periodo, in controtendenza, un significativo aumento di concentrazione l'Ozono soprattutto in periodo estivo; presumibilmente connesso al significativo incremento registrato nel traffico autoveicolare.

Sulla base di questi e di altri numerosi dati acquisiti in diverse sedi risulta pertanto sicuramente accertato, un costante e uniforme decremento del livello globale di inquinamento verificato in questi ultimi anni.

Tavola 6a
Livelli di inquinamento attualmente esistente
Andamento medio annuale di PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) relativo alla Città di Milano, alla Provincia ed al complesso Città di Milano e Provincia negli ultimi 20 anni (1981-2001)

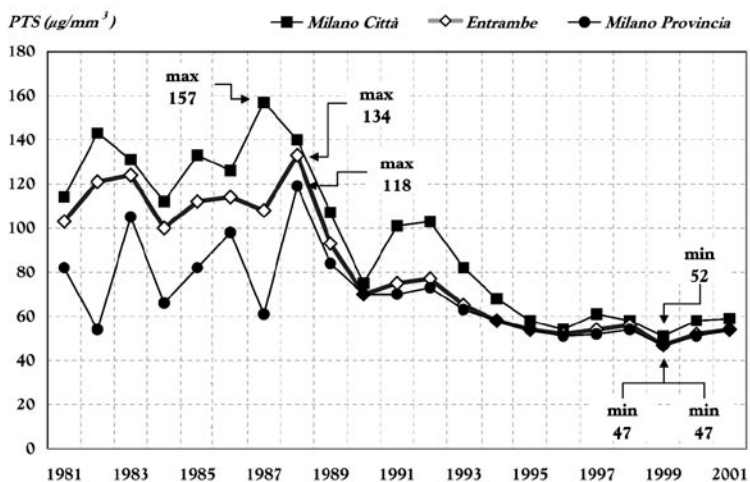


Tavola 6b
Livelli di inquinamento attualmente esistente
Variazione delle concentrazioni al suolo espresse
in mg/m³ dei principali inquinanti in sei città
italiane nel periodo 1994-98

Inquinante	Valore medio		incremento % medio
	1994	1998	
CO	3,1	2,3	- 25,8
NO ₂	82,4	68,3	- 17,1
SO ₂	19,4	14,8	- 23,7
O ₃	47,0	53,8	+ 14,5

Ciò significa che il fenomeno è divenuto marginale e come tale di scarso interesse? Assolutamente no. L'inquinamento atmosferico, sia per la sua residua entità quantitativa come, e soprattutto, per la pericolosità delle sue caratteristiche qualitative rappresenta, tuttora, un problema di rilevante interesse per la Sanità Pubblica.

Nel riaffermare ciò è tuttavia doveroso e opportuno rimarcare come il fenomeno nel suo complesso non si presenti in incremento bensì in regressione. E ciò sia per dare il giusto riconoscimento a quanto di buono è stato fino ad ora fatto; come e soprattutto per confutare alcuni episodi di esagerato allarmismo che periodicamente si manifestano.

Come tutti i problemi seri e complessi l'inquinamento atmosferico merita, infatti, di essere affrontato con il supporto di solide conoscenze scientifiche, adeguate competenze tecniche e ragionevole ponderazione. Qualità che non sempre trovano, purtroppo una adeguata diffusione.

6.2 Metodologie di valutazione del rischio derivate alla salute umana

La valutazione della tipologia degli effetti derivabili dalla esposizione agli inquinanti atmosferici e del livello di rischio ad essi connesso si avvale di due diverse metodologie fra loro complementari: gli studi sperimentali su animali; e le indagini epidemiologiche su campioni rappresentativi di popolazione.

Gli studi su animali hanno evidenziato gli effetti indicati nella *tavola 7* atti ad indurre lesioni riconducibili a quadri di broncopneumopatie ostruttive a livello polmonare ed ad ipotetiche lesioni di tipo aterosclerotico a livello cardiaco. Queste ultime sono ritenute, da alcuni ricercatori, probabili anche se i meccanismi patogenetici ipotizzati non risultano, a mio avviso, dotati di sufficiente plausibilità biologica. Anche il topolino, del resto, sembra non esserne eccessivamente preoccupato.

Per quanto riguarda gli studi epidemiologici possono essere usati nel caso specifico quelli riportati nella *tavola 8*, e cioè l'analisi delle serie temporali, gli studi trasversali e gli studi di coorte.

I primi, di gran lunga i più utilizzati, consentono di valutare gli eventi sanitari che si verificano, giornalmente o in un periodo di tempo limitato, in corrispondenza di diversi livelli di inquinamento; quali entità di visite o ricoveri giornalieri. Presentano il vantaggio di annullare l'azione di disturbo di possibili fattori confondenti

Tavola 7
Effetti sull'animale (tutti gli irritanti in particolare PM)

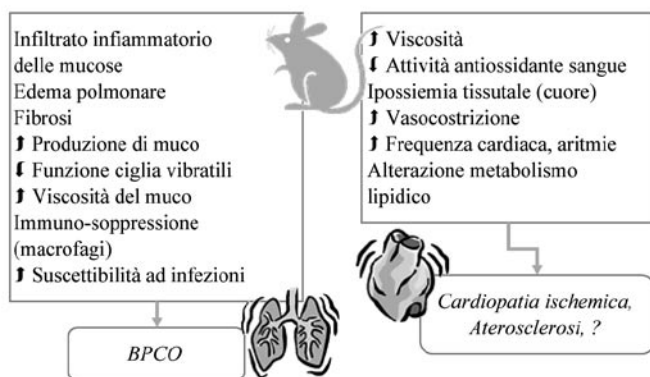


Tavola 8
Valutazione epidemiologica del rischio di danno alla salute umana connesso all'inquinamento atmosferico

Tipo di studio epidemiologico	Contenuti	Obiettivi perseguibili	Vantaggi	Svantaggi
1. Analisi delle serie temporali	Variazioni temporali di un esito sanitario in seguito alle fluttuazioni del livello di inquinamento in un'area specifica	Entità di visite/ricoveri giornalieri corrispondenti ai diversi livelli di inquinamento rilevato	Costanza, per l'intero periodo di osservazione, dei possibili fattori confondenti	Valutazione dei soli effetti a breve termine
2. Studi trasversali	Comparazione delle differenze esistenti nella patologia di popolazioni a diversa esposizione inquinante	Prevalenza delle patologie connesse all'inquinamento	Esecuzione relativamente agevole	Impossibilità di stabilire un nesso causale Effetti a breve termine
3. Studi di coorte	Valutazione della frequenza di comparsa di patologie in campioni esposti a diversi livelli di inquinamento	Incidenza delle patologie correlate all'inquinamento	Valutazione anche di effetti a lungo termine	Grande difficoltà di esecuzione

per la loro brevità di esecuzione; consentendo però, di converso, la valutazione dei soli effetti acuti a brevissima insorgenza.

Con gli studi trasversali, presenti in letteratura in entità limitata, è possibile valutare invece anche la prevalenza della patologia connessa all'inquinamento esaminando, contemporaneamente, due o più popolazioni a differente livello di esposizione.

Entrambi questi due primi tipi di studio, pertanto, oltre a non essere in grado di stabilire l'esistenza di un nesso causale fra l'inquinamento atmosferico e la patologia che con esso si suppone connessa, consentono di valutare solo gli effetti acuti derivanti dalle sostanze inquinanti.

La valutazione degli effetti cronici, derivanti cioè da esposizioni di lunga durata, è ottenibile solo con studi di coorte; studi che, per le notevoli difficoltà di esecuzione, non hanno fino ad ora trovato una sistematica attuazione.

Ciò implica, pertanto, che i dati inerenti la valutazione del rischio connesso all'inquinamento atmosferico, si riferiscono, al momento, in larga prevalenza ai soli effetti acuti esercitati dai principali inquinanti.

Numerosissime sono le valutazioni di questo tipo attuate in Italia ed in altri paesi del mondo, in riferimento, soprattutto, agli effetti derivanti dalla esposizione a diversi livelli di PM_{10} .

Prima di esporne i risultati di sicuro e rilevante interesse, ritengo però doveroso ricordarne i limiti connessi alla possibile azione di disturbo dei seguenti fattori confondenti:

- a. la contemporanea presenza di altri rilevanti fattori di rischio, primo fra tutti il fumo di tabacco;
- b. la possibile diversa composizione chimica del PM_{10} nelle diverse città o zone prese in considerazione negli studi;
- c. le differenze di apparecchiature e l'imprecisione nella rilevazione degli inquinanti atmosferici;
- d. l'assunzione presunta ma al momento, almeno, non dimostrata della linearità della funzione dose-risposta per gli effetti connessi al PM_{10} .

7. Effetti diretti di danno alla salute umana

Pur con questi limiti i risultati derivanti dai diversi studi risultano essere particolarmente significativi. Nella *tavola 9* sono riportati, in forma di piramide ed ordinati in funzione sia dell'entità di popolazione interessata che della gravità

Tavola 9

Piramide degli effetti sull'uomo connessi all'inquinamento atmosferico



degli effetti, gli eventi sanitari rinvenuti statisticamente correlati con gli inquinanti atmosferici.

Essi vanno dalla comparsa di sintomi respiratori nei bambini, interessanti per lo più le prime vie aeree (rino e laringo-tracheiti) all'aggravamento di quadri patologici già in atto con incremento dei ricoveri ospedalieri; per interessare, infine, episodi di mortalità prematura.

Per quanto riguarda l'aspetto quantitativo della valutazione del rischio derivante alla popolazione esposta due sono, nel nostro paese, le ricerche alle quali per completezza e validità della metodologia utilizzata conviene fare riferimento:

1. la metanalisi degli studi italiani sugli effetti a breve termine pubblicata nel marzo 2001 da Biggieri e collaboratori;
2. la ricerca condotta dal centro Europeo Salute-Ambiente dell'OMS con sede in Roma sull'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute in otto delle maggiori città italiane.

I risultati derivanti da queste due ricerche possono essere così sintetizzati:

La metanalisi italiana ha evidenziato:

- l'esistenza di una relazione statisticamente significativa fra l'incremento delle

- concentrazioni degli inquinanti considerati e la frequenza degli esiti ritenuti ad essi correlati (mortalità prematura; ricoveri ospedalieri; sintomi respiratori nei bambini etc.);
- l'aumento percentuale di tali esiti compreso fra l'1 ed il 5% in corrispondenza dell'incremento delle concentrazioni degli inquinanti pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
 - la manifestazione degli effetti con ritardo differenziato rispetto all'esposizione, a seconda degli esiti; per la mortalità prematura l'effetto ha luogo molto rapidamente; per i ricoveri ospedalieri l'effetto è massimo nei 2-3 giorni successivi all'incremento dell'inquinante;
 - ed infine la maggiore forza della relazione fra PM_{10} e mortalità prematura nei soggetti anziani (età >75 anni) nei quali la contemporanea presenza di patologie croniche cardiache e respiratorie è notevolmente più elevata.

Dalla ricerca attuata dal centro per l'Ambiente e Salute dell'OMS sono derivati risultati che convalidano quelli della metanalisi con i quali si rilevano sostanzialmente coincidenti. Nella *tavola 10* sono riportati i rischi relativi riferiti ad una esposizione al PM_{10} superiore a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazione.

I valori variano, come è possibile notare, dall'1,05 per gli episodi di riacutizzazione dell'asma in soggetti superiori ai 15 anni di età all'1,31 per la comparsa di episodi di bronchite acuta in età infantile. I valori del rischio relativo risultano essere pertanto mediamente bassi. Se riferiti però, all'intera popolazione, conducono ad una stima di effetti di danno derivabile abbastanza elevata come appare dall'esame dell'ultima colonna ove è riportata la percentuale degli eventi attendibili sul totale dei casi. Essa oscilla fra l'1,7% per i ricoveri provocati da malattie cardio-vascolari al 28,6% per gli episodi di bronchite acuta a rapida insorgenza.

Tavola 10

Risultati della ricerca condotta dal Centro per l'Ambiente e la salute dell'OMS di Roma su otto città italiane (stima dei rischi relativi alla esposizione al PM_{10} in concentrazione superiore a $\mu\text{g}/\text{mg}^3$ per i diversi esiti sanitari considerati)

Esito	Età	Rischio relativo	% casi attendibili su totale casi
Mortalità	> 30 anni	1,026	4,0
Ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie	tutte le età	1,016	3,1
Ricoveri ospedalieri per malattie cardio-vascolari	tutte le età	1,009	1,7
Episodi di bronchite acuta	< 15 anni	1,306	28,6
Episodi di riacutizzazione di asma	< 15 anni	1,051	8,7

Questi dati pur risultando estremamente utili per evidenziare la rilevanza del problema nel suo complesso, devono tuttavia essere considerati, singolarmente, con molta cautela. L'applicazione dei valori di rischio relativo all'intera popolazione può comportare, infatti, significativi errori di valutazione non tenendo conto né dei possibili diversi livelli di esposizione, né e soprattutto, delle differenti suscettibilità individuali o di gruppo (es. bambini e anziani).

Una ulteriore considerazione meritano, infine, i dati di mortalità. Quando si parla di casi di mortalità attribuibili, si intende, usualmente un numero di eventi *aggiuntivi* ai normali che non si verificherebbero in mancanza del fattore causale o supposto tale che si ritiene correlato.

Questa definizione non si addice, però, al caso specifico. Gli eventi attribuibili all'inquinamento non sono, infatti, casi "aggiuntivi" di morte; bensì, per lo più esiti dipendenti da altre cause anticipati, talvolta, solo di qualche giorno o settimana. Si riferiscono, infatti, nella maggior parte dei casi a soggetti anziani (di età superiore ai 75 anni come ha evidenziato lo studio di metanalisi) broncopneumopatici e/o cardiopatici cronici che per effetto della esposizione, per lo più acuta, agli inquinanti atmosferici subiscono l'anticipo di un evento comunque ineluttabile in tempi più o meno brevi. Essi esercitano pertanto una influenza solo relativa sul tasso di mortalità generale di lungo periodo; incidendo, invece, significativamente sulla quota di vita potenziale perduta connessa all'anticipo temporale dell'evento terminale.

8. Effetti indiretti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana

Oltre a quelli diretti sin qui esaminati, l'inquinamento atmosferico può provocare altri effetti sulla salute umana inducendo modificazioni del clima e/o alterazioni della esposizione ai raggi ultravioletti emessi dal sole. Si tratta dei due fenomeni noti come *effetto serra* e *buco dell'Ozono*, certamente ben conosciuti da tutti. Considerando ciò e tenuto conto della brevità del tempo disponibile non ritengo opportuno farne oggetto di specifica trattazione in questa sede. Mi limiterò soltanto a ricordare come, secondo alcuni autori, l'estrema variabilità climatica e le inondazioni che hanno caratterizzato questa estate potrebbero essere attribuiti al livello di surriscaldamento subito dalla terra in questi ultimi anni. Ipotesi, a mio parere, al momento almeno, non realistica.

Ciò stante gli eventi eccezionali occorsi possono, a mio parere, essere considerati come una rappresentazione attendibile delle modificazioni stabili che potrebbero verificarsi in

futuro qualora l'incremento dei gas serra dovesse proseguire al ritmo attuale rendendo verosimili le previsioni più pessimistiche di un aumento complessivo di cinque gradi della temperatura media della superficie terrestre per fine secolo.

9. Interventi di prevenzione possibili

Rilevato che il traffico autoveicolare rappresenta, al momento, la sorgente di inquinamento atmosferico di gran lunga più rilevante risulta logico concentrare su di esso la massima attenzione con l'obiettivo di annullarne o comunque attenuarne gli effetti di danno. Considerato ciò nella trattazione che seguirà sugli interventi preventivi possibili sarà fatto preminente riferimento a quelli inerenti il traffico autoveicolare.

Gli interventi attuabili sono di due tipi: di emergenza e strutturali.

Quelli di emergenza consistono nella limitazione d'uso degli autoveicoli con il sistema delle targhe alternate o del blocco totale del traffico per brevi periodi. Tali interventi, attuati con una certa frequenza in questi ultimi anni in diverse città italiane, hanno ovviamente una utilità limitata; sia in termini temporali che di efficacia protettiva. Svolgono, tuttavia, una importante funzione educativa inducendo la popolazione e soprattutto i conduttori di autoveicoli a prendere adeguata coscienza della gravità del problema, con la finalità di indurre l'adozione di comportamenti più corretti.

Sono gli interventi strutturali, comunque, quelli sui quali bisogna puntare per conseguire una efficace azione preventiva. Questi devono avere diversa tipologia interessando in modo integrato differenti settori sì da realizzare, nella lotta dell'inquinamento dell'aria, una strategia olistica; unica in grado di consentire l'ottenimento di risultati veramente duraturi ed efficaci.

È questa la linea opportunamente seguita dalla Regione Lombardia che sotto l'impulso del suo presidente e con l'apporto di un qualificato staff tecnico ha messo a punto un articolato programma di interventi comprendenti ben 62 azioni attuabili.

Da tale programma, esposto nel *Libro Azzurro della Mobilità e dell'Ambiente* edito dalla Regione stessa ho ritenuto utile riprendere, per presentarli a Voi in questa occasione, gli interventi di prevenzione più significativi; opportunamente adattati ove necessario.

La tipologia degli interventi attuabili è suddivisibile in quattro classi: 1. amministrativo/regolamentari; 2. tecnici; 3. organizzativi e 4. infrastrutturali.

Gli organi di governo ai diversi livelli di responsabilità, hanno primariamente i compiti illustrati nella *tavola 11a*.

Più complessi ed articolati risultano essere gli interventi tecnici (*tavola 11b*) fra i quali appare prioritario l'adeguamento della rete di rilevamento degli inquinanti atmosferici con particolare riferimento alle polveri fini ed ultrafini (PM_{2,5}). Di tali composti deve anche essere adeguatamente definita la composizione qualitativa, in funzione delle diverse origini; elemento conoscitivo indispensabile per la corretta valutazione del rischio alla salute derivante dalla loro esposizione. Risulta necessario, infine, attuare un programma di formazione ed aggiornamento del personale tecnico addetto all'attività di controllo. Un'Arpa provinciale ha infatti recentemente pubblicato i risultati derivanti da una campagna di rilevamento dai quali risulta che, nel 60% dei campioni esaminati, il PM₁₀ ha valori superiori a quelli delle polveri totali. Una parte più grande del tutto cioè; che evidenzia, quanto meno, la necessità e l'esigenza di un approfondimento culturale degli estensori della pubblicazione. Gli ultimi due interventi esposti nella tavola concernono, infine, azioni di promozione d'uso di combustibili alternativi (al momento, tuttavia, poco disponibili sul mercato) e di autoveicoli ecologici. Una strada, quest'ultima, tecnicamente percorribile e già sperimentata da alcune industrie produttrici; e forse l'unica in grado di poter coniugare le esigenze di tutela della salute con il mantenimento degli standard di vita conseguiti.

Tavola 11a

Interventi di prevenzione possibili dal punto di vista amministrativo-regolamentare

- Recepimento ed attuazione delle normative o accordi nazionali ed internazionali
 - Verifica del rispetto dei limiti di legge per i principali inquinanti sia in emissione che in immissione
 - Adozione di iniziative incentivanti la ricerca scientifica finalizzata alla individuazione di mezzi e metodologie efficaci di prevenzione e di controllo
-

Tavola 11b

Interventi di prevenzione possibili dal punto di vista tecnico

- Adeguamento e razionalizzazione della rete di rilevamento degli inquinanti atmosferici con particolare riferimento alle polveri fini
- Caratterizzazione della composizione qualitativa delle polveri fini in funzione delle diverse origini
- Trasformazione dell'alimentazione degli impianti termici da gasolio/olio combustibile a gas naturale (metano)
- Incentivazione all'uso dei veicoli ecologici
- Promozione d'uso di combustibili alternativi nel campo dell'autotrazione (metano, gpl, gasolio bianco, biodiesel)

Gli interventi organizzativi di pertinenza delle pubbliche amministrazioni (*tavola 11c*) sono finalizzati ad ottenere la riduzione del volume del traffico nei centri urbani, razionalizzandone i flussi ed attenuandone le punte mediante misure atte ad introdurre orari flessibili sia nei posti di lavoro che nelle attività scolastiche.

Ultimi, ma non certamente per importanza, gli interventi infrastrutturali (*tavola 11d*)

che hanno lo scopo di correggere alcune delle carenze più rilevanti che si sono verificate nell'assetto della maggior parte dei nostri centri urbani così, come più in generale, nella gestione complessiva del territorio.

Come già detto gli interventi preventivi esposti sono mutuati in larga misura, dal programma elaborato dalla regione Lombardia; una iniziativa sicuramente apprezzabile alla quale però non può essere risparmiato un piccolo appunto: nel qualificato staff di esperti che ha elaborato il programma sono del tutto assenti gli operatori sanitari. E ciò non rappresenta, certamente, un evento positivo. La scelta degli interventi tecnici più adeguati non può prescindere dagli effetti potenzialmente derivabili alla salute umana. È già accaduto, infatti, che mezzi o strumenti progettati per risolvere problemi tecnologici complessi si siano dimostrati non idonei a tutelare l'integrità dell'uomo o addirittura passibili di provocargli danni.

La responsabilità dell'errato comportamento rilevato può, tuttavia, essere fatta risalire, almeno in parte, all'atteggiamento degli stessi operatori sanitari non sempre attenti, come dovrebbero, ai problemi dell'inquinamento ambientale.

È probabilmente accaduto ad alcuni di loro che, amareggiati e delusi per la sottrazione di competenze operata dal referendum del 1993, (uno dei pochi peraltro cui sia stata data pratica attuazione) abbiano avvertito la sensazione di

Tavola 11c

Interventi di prevenzione possibili dal punto di vista organizzativo

- Razionalizzazione dei flussi di traffico
 - Incentivazione dell'uso comune di automezzi
 - Flessibilità degli orari di lavoro e delle attività scolastiche
-

Tavola 11d

Interventi di prevenzione possibili dal punto di vista infrastrutturale

- Incentivazione della mobilità su ferro (ferrovie, metropolitane)
 - Potenziamento del sistema dei parcheggi
 - Creazione di piste ciclabili agevolmente percorribili
 - Incremento delle aree verdi urbane
-

una ridotta utilità della loro azione che li ha portati a dedicare minore interesse ai problemi ambientali.

Reazione emotivamente comprensibile ma sicuramente errata. Se è vero, infatti, come è ormai universalmente accettato, che fra le condizioni ambientali e lo stato di salute dell'uomo esistono stretti ed inderogabili rapporti di interconnessione (la maggior parte della patologia prevalente ne fornisce del resto una palese dimostrazione) non è pensabile che chi è deputato alla tutela della salute pubblica non si occupi direttamente ed intervenga in modo attivo sul controllo dell'ambiente. Non eseguendo i rilevamenti degli inquinanti (compito che spetta all'ARPA); ma interpretandone criticamente i risultati. E, soprattutto, attuando un monitoraggio continuo degli effetti derivati o derivabili alla salute umana; sì da poter indirizzare, con specifica competenza, gli interventi tecnico - amministrativi utili alla loro prevenzione.

Risulta pertanto indispensabile che tutti i Dipartimenti di Prevenzione tornino ad attuare sistematicamente questa attività; integrando le competenze tecnico-ambientaliste dell'Arpa con quelle epidemiologiche e di Sanità Pubblica.

Solo così, infatti, risulterà possibile fornire agli organi di governo, ai diversi livelli, gli elementi conoscitivi necessari per poter attuare una politica di prevenzione e controllo dell'inquinamento responsabile ed equilibrata, l'unica in grado di consentire l'ottenimento di risultati sicuramente durevoli ed efficaci.

10. Considerazioni conclusive

Con questa sintetica relazione ho cercato di esaminare gli aspetti principali di un problema complesso quale quello dell'inquinamento atmosferico evidenziandone l'origine, le principali caratteristiche, i meccanismi di azione e, soprattutto, gli effetti derivabili alla salute umana. L'analisi attuata non è stata certamente esaustiva; mi auguro comunque che possa essere risultata almeno comprensibile. Volendo ricordarne, a conclusione, i principali elementi emersi ritengo che possano essere sintetizzati nei cinque seguenti.

- a. nonostante abbia subito in questi ultimi anni una significativa riduzione, l'inquinamento atmosferico rappresenta tuttora un rilevante problema di Sanità Pubblica;
- b. fra le diverse sorgenti inquinanti il ruolo di gran lunga preminente è svolto, al momento, dal traffico autoveicolare;

- c. le polveri fini ed ultrafini (PM_{10} e $PM_{2,5}$) rappresentano l'inquinante di gran lunga più importante per il possesso di una rilevante potenzialità di danno;
- d. risulta sicuramente provata la derivazione di effetti acuti, di entità proporzionale al livello di esposizione ai principali inquinanti soprattutto nelle fasce di popolazione più sensibili (bambini e anziani);
- e. esistono, di converso, reali e consistenti prospettive di prevenzione molte delle quali già programmate ed in fase di attuazione.

In conclusione, pertanto, l'inquinamento atmosferico si presenta tuttora come un problema meritevole di prioritaria attenzione; ma, con ragionevoli prospettive di una favorevole evoluzione. È maturato, infatti, negli organi di governo ai diversi livelli un adeguato grado di consapevolezza dell'importanza del problema che può giovare, per la sua soluzione, del supporto sia di provvedimenti normativi sufficientemente idonei, che della disponibilità di mezzi tecnici e di metodologie di intervento efficaci. Esistono, pertanto, a mio avviso, i presupposti utili a che gli operatori del settore e fra essi primi fra tutti per importanza di ruolo, quelli di Sanità Pubblica, progettino e sviluppino, come sta già facendo la Regione Lombardia, organici programmi di prevenzione che se attuati con continuità e sufficiente determinazione potrebbero consentire, in tempi abbastanza brevi l'ottenimento di risultati risolutivi.

Mi sia consentito infine di chiudere aggiungendo a quanto fin qui detto, una ulteriore notazione positiva. Siamo divenuti il Paese con il più alto indice di vecchiaia al mondo. L'aspettativa di vita ha raggiunto i 76,7 anni negli uomini e 82,9 nelle donne. Le malattie più temibili (cardiopatie e tumori) sono in lento ma costante decremento; sia in termini di mortalità per il miglioramento dei mezzi terapeutici, come di incidenza per l'effetto positivo della prevenzione. Ciò vuol dire che qualcosa di buono anche la Sanità Pubblica ha fatto, nel nostro Paese. E continuerà a farlo, ne sono personalmente certo, con lo stesso impegno anche nella nuova era della globalizzazione.

Editoriale

A. Panà, A. Muzzi La sanità pubblica e la SARS.....	113
---	-----

Note di Politica Sanitaria

C. Meloni Inquinamento atmosferico e salute	117
---	-----

Note di Organizzazione Sanitaria

U.L. Aparo, S. Tabolli, A. Aparo Gli organigrafi.....	137
---	-----

Parte Scientifica e Pratica

R. Alvaro, T. Brancato, E. Dessy, A. Cammarano Qualità assistenziale attesa e percepita dagli utenti del dipartimento emergenza e accettazione di un ospedale romano.....	145
F. Attena, F. D'Agostino, P. Oriente, V. Chignoli, A. De Paola Intervento di miglioramento della qualità di compilazione della Cartella Clinica.....	157
M.A. Coniglio, M. Giustino, G. Giammanco, S. Pignato Atteggiamenti e comportamenti a rischio per i disturbi dell'alimentazione in un campione di adolescenti delle scuole medie superiori di Catania.....	167

Note di Approfondimento

A. Nusca, L. Bonadonna, L. Orefice Diffusione di agenti biologici nell'aria di ambienti confinati e patologie correlate	175
---	-----

Note di Aggiornamento

S. Ferri Le "peripezie" dei rifiuti sanitari pericolosi.....	188
--	-----