

Sorgenti e aspetti epidemiologici dell'inquinamento atmosferico in contesti urbani e industriali

L'inquinamento atmosferico rappresenta il più rilevante fattore di rischio ambientale. Nell'articolo una analisi della situazione italiana, con le principali sorgenti di inquinamento, l'andamento della qualità dell'aria e le conoscenze esistenti sugli effetti sanitari correlati

DOI 10.12910/EAI2017-044

di **Maria Eleonora Soggiu, Pietro Comba e Gaetano Settimo**, *Istituto Superiore di Sanità*; **Marina Mastrantonio e Raffaella Uccelli**, *ENEA*

Nel 2013 la IARC (International Agency for Research on Cancer) ha classificato l'inquinamento atmosferico *outdoor* cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1) [1] e l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), oltre a stimare 3 milioni di morti ad esso attribuibili nel 2012, ha valutato che nel 2014 il 92% della popolazione mondiale viveva ancora in aree con concentrazioni di inquinanti superiori a quelle raccomandate nelle *Air Quality Guidelines* dell'OMS.

Studi specifici condotti in Italia attribuiscono ai livelli di concentrazione di particolato sospeso (PM_{2,5}),

biossido di azoto (NO₂) e ozono (O₃) misurati nel 2010, rispettivamente 21.500, 12.000 e 2.000 morti premature, sollevando preoccupazione per le aree urbane, dove si concentra circa il 70% della popolazione. Importanti aree industriali, limitrofe alle aree urbane, aggravano ulteriormente l'esposizione della popolazione residente.

I risultati di numerosi studi sugli effetti sulla salute in seguito all'esposizione della popolazione ad inquinamento dell'aria, sollecitano la necessità di individuare con urgenza e mettere in atto efficaci azioni di riduzione del rischio, unitamente ad un riesame più generale della politi-

ca dell'Unione Europea (UE) in materia di controllo dell'inquinamento dell'aria.

Le sorgenti di inquinamento atmosferico

Nella maggior parte delle aree urbane il principale contributo all'inquinamento dell'aria è costituito dal traffico veicolare, con contributi ai livelli di concentrazioni di PM₁₀ che possono arrivare fino al 70% a Roma, al 62% a Milano, al 40% a Torino, al 46% a Bologna e al 20% a Genova. Infatti, in aree urbane come Genova, la presenza di importanti zone industriali,



che incidono per circa il 66% alle concentrazioni di PM_{10} misurate, abbassa la quota di PM_{10} attribuibile alle emissioni da traffico. Anche per gli ossidi di azoto (NO_x) il settore del trasporto rappresenta il principale contributo (circa il 50%). Va comunque sottolineato che le emissioni veicolari si sono fortemente ridotte negli anni: gli NO_x dal 1990 al 2012 sono diminuiti del 56%, il PM_{10} del 53% e il $PM_{2.5}$ del 57%. Presso l'ISS è attiva da oltre 40 anni una stazione di monitoraggio della qualità dell'aria dedicata alle attività di ricerca e attualmente inserita nella rete speciale delle stazioni italiane. La Figura 1 mostra l'andamento decrescente delle concentrazioni di PM_{10} , $PM_{2.5}$ e polveri ultrafini (PUF) misurate tra il 2002 ed il 2012, a ulteriore conferma dei trend decrescenti delle concentrazioni misurate dalle reti di qualità

dell'aria collocate nelle città italiane. Un contributo rilevante all'inquinamento dell'aria è dato dalle emissioni degli impianti alimentati a biomasse, che dal 1990 ad oggi sono cresciuti del 113%. Tale crescita, poco

controllata e favorita da incentivi economici dedicati agli impianti ad energie rinnovabili, è avvenuta principalmente nelle aree del nord Italia, dove si concentrano il 75% di tutti gli impianti a biomasse. In Lombardia,

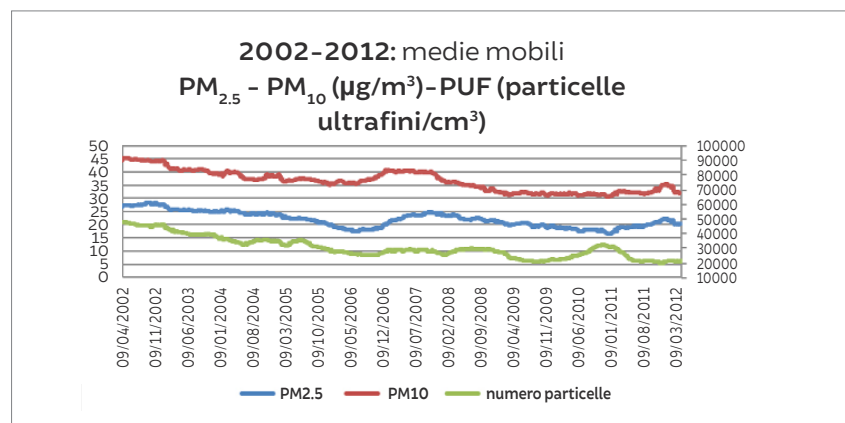


Fig. 1 Trend delle concentrazioni di $PM_{2.5}$, PM_{10} e particelle ultrafini (PUF) misurate presso la stazione di monitoraggio ISS
 Fonte: ISS-83 anni di Sanità Pubblica. Un racconto attraverso i poster
http://www.iss.it/binary/publ/cont/Volume_poster_parte_1.pdf

tra il 2005 ed il 2007, le emissioni di PM_{10} da combustione di biomasse hanno pesato per circa il 24% (legna e pellet), in Emilia Romagna per circa il 40%, ma i contributi più elevati si osservano nella pianura padana e nelle valli alpine in inverno. Tale scenario è conseguente anche ad una legislazione che consente agli impianti di potenza inferiore a 1 MW, di non dotarsi di quei sistemi di abbattimento richiesti invece agli impianti di maggiori dimensioni.

Lo sviluppo demografico e urbanistico che ha subito il territorio italiano, fa sì che grandi aree industriali sorgano oramai in prossimità dei centri urbani, aggiungendo il contributo specifico delle loro emissioni all'inquinamento dell'aria. Gli sviluppi tecnologici (es. migliori tecniche disponibili - BAT), insieme ad una più rigorosa legislazione, hanno permesso negli anni al settore industriale di ridurre fortemente il proprio impatto sulla componente aria. Dal 1990 al 2012 l'emissione di PM_{10} si è ridotta del 94% nell'industria di trasformazione e di produzione di energia. Discorso analogo per il $PM_{2,5}$, mentre per gli NO_x le emissioni si sono ridotte dell'84% (industria di trasformazione) e del 67% (produzione energia), arrivando a contribuire rispettivamente con il 9% e 10% sull'emissione totale.

Nel complesso, con l'unica eccezione del riscaldamento civile, ed in particolare degli impianti a biomasse, si registra un apprezzabile trend decrescente delle emissioni da parte di tutti i comparti. Le BAT applicate agli impianti industriali, l'uso di combustibili più "puliti" (basso contenuto di zolfo), la riduzione delle emissioni veicolari, la rete di monitoraggio della qualità dell'aria esistente in Italia ed i piani di risanamento adottati a livello locale e regionale sono fattori

che sinergicamente hanno consentito la riduzione dell'inquinamento. Va però segnalato che negli ultimi 3-4 anni si osservano alcune situazioni in controtendenza a causa, probabilmente, di una crisi economica che ha fortemente rallentato il *turn over* del parco veicolare (al nord Italia il parco veicolare è più moderno di quello

to il rischio sanitario più elevato. Va considerato, infatti, che il particolato (PM_{10} , $PM_{2,5}$) è costituito da un mix di sostanze e veicola tutta una serie di composti tossici e cancerogeni (diossine, furani, idrocarburi policiclici aromatici, metalli ecc.), variabili in funzione dello specifico contesto emissivo dell'area.

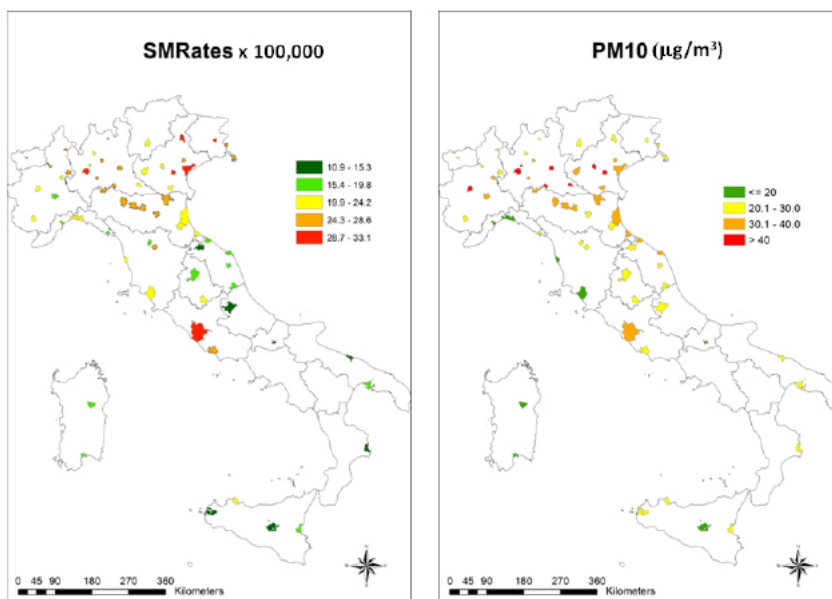


Fig. 2 Tassi di mortalità (SMRates) per tumore del polmone e concentrazioni misurate di PM_{10} in 64 Comuni capoluogo di provincia
Fonte: ENEA - Uccelli et al., 2016

presente al sud, dove ancora i veicoli più inquinanti Euro 0 e 1 rappresentano il 25-30%) e l'instaurarsi di condizioni climatiche spesso sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. I dati dell'ultimo *Air Quality Report for Europe* [2] evidenziano ancora un'alta esposizione della popolazione urbana a molti inquinanti quali il PM_{10} , $PM_{2,5}$, O_3 e Benzo[a]pirene. Ne consegue che, a tutela della salute pubblica, particolare attenzione debba essere posta ancora su alcuni macroinquinanti ma anche su specifici microinquinanti, a cui è associa-

L'inquinamento atmosferico e le aree urbane

L'ambiente urbano, come già detto, costituisce un contesto particolarmente critico per la salute dei cittadini, sia a causa della elevata concentrazione di fonti inquinanti, sia per il considerevole numero di individui esposti (72% della popolazione europea).

Numerosi studi epidemiologici hanno evidenziato l'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico in termini di effetti acuti - in



seguito a elevati picchi di concentrazione degli inquinanti - e cronici - per esposizioni prolungate a basse concentrazioni - fra cui l'induzione di tumori, malattie dell'apparato respiratorio e cardiovascolare. Fra i numerosi inquinanti presenti nell'aria urbana, il PM ha catalizzato da diverso tempo l'attenzione della comunità scientifica e delle autorità competenti sia per le sue proprietà cancerogene e tossiche, sia per la buona correlazione con altri inquinanti urbani, tanto che viene considerato un buon indicatore delle miscele presenti.

Tra i diversi studi epidemiologici recentemente condotti in Europa[3], ESCAPE (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects) ha approfondito le conoscenze sugli effetti dell'inquinamento urbano sui nuovi nati e sulla incidenza delle malattie respiratorie, cardiovascolari e sulla mortalità o incidenza di tumori nelle popolazioni residenti; i due Progetti dell'OMS, REVIHAAP (Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution) ed HRAPIE (Health Risk of Air Pollution in Europe), hanno raccolto le evidenze

scientifiche sugli effetti indesiderati acuti e cronici; MEDHISS (Mediterranean Health Interview Surveys) è un sistema di sorveglianza che ha utilizzato i dati disponibili sugli effetti sanitari a lungo termine in 4 Paesi del Mediterraneo (Italia, Francia, Slovenia e Spagna). In Italia, gli effetti sanitari a breve termine per esposizione a PM, NO₂ e O₃ sono stati studiati in 25 città tramite il progetto EPIAIR.

In seguito all'associazione del PM al tumore polmonare sancita dalla IARC, ENEA, in collaborazione con ISS e ISPRA, ha condotto uno studio di mortalità per tumore del polmone nella popolazione femminile di tutti i Comuni italiani capoluogo di provincia per i quali erano disponibili i dati di concentrazione di PM₁₀ e PM_{2,5} delle stazioni di monitoraggio nel periodo 2000-2011 (64 e 32 Comuni rispettivamente). Nella Figura 2 sono rappresentate le mappe relative alla mortalità per tumore polmonare e le concentrazioni di PM₁₀ dei Comuni in studio e nella Figura 3 gli andamenti della mortalità in funzione dei livelli sia di PM₁₀ che di

PM_{2,5}. È stato stimato un incremento unitario dei tassi di mortalità per tumore polmonare in funzione dell'incremento dei livelli di PM₁₀ pari a 0,325 corretto per abitudine al fumo e indice di deprivazione, con un numero complessivo di circa 300 decessi annui attribuibili ad esposizioni superiori a 20 µg/m³ (AQG OMS) in una popolazione di circa 8 milioni di donne residenti [4]. Per il PM_{2,5} non è stato possibile effettuare un'analisi statistica a causa del limitato numero di Comuni con misure disponibili. Utilizzando i modelli di diffusione degli inquinanti (ad esempio il Modello MINNI dell'ENEA) e definendo concentrazioni medie annue rappresentative per ciascun Comune, sarebbe possibile stimare l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute delle popolazioni residenti estendendo tale approccio a tutti i Comuni italiani. Stime realistiche di esposizione e del conseguente impatto sanitario sono infatti informazioni cruciali per i decisori politici e per valutare l'efficacia delle azioni intraprese per tutelare la salute dei residenti.

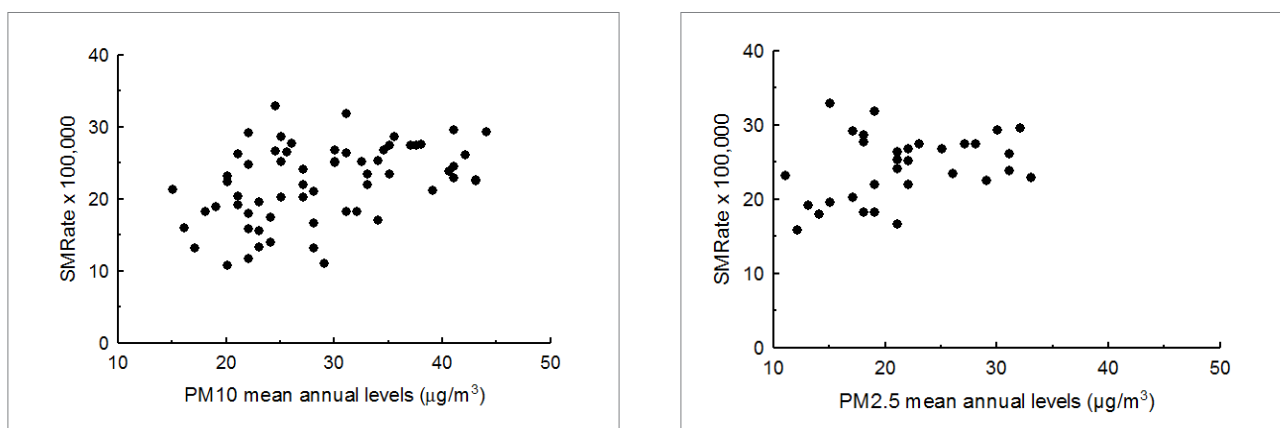


Fig. 3 Tassi di mortalità (SMRates) per tumore del polmone in funzione delle concentrazioni medie annue di PM₁₀ e PM_{2,5} rispettivamente per i 64 e 32 Comuni capoluogo di provincia

Fonte: ENEA - Uccelli et al., 2016

L'inquinamento atmosferico nei siti industriali contaminati

L'OMS definisce i siti contaminati come aree che ospitano attività umane che possono avere determinato contaminazione di suolo, acqua di falda e di superficie, aria e catena alimentare con modalità tali da risultare in impatti sulla salute.

La Sesta Conferenza dei Ministri dell'Ambiente e della Salute dei 53 Paesi della regione Europea dell'OMS svoltasi a Ostrava (Repubblica Ceca) nel giugno 2017, ha incluso il tema dei siti contaminati fra le priorità del Processo Europeo Ambiente e Salute. Nella Regione Europea dell'OMS vi sono circa 350.000 siti contaminati [5], retaggio di uno sviluppo industriale caratterizzato da elevati e non sempre adeguatamente riconosciuti impatti ambientali e sanitari.

Fra le azioni da intraprendere la dichiarazione di Ostrava menziona la compilazione di un inventario nazionale dei siti contaminati e delle loro emissioni, l'individuazione delle priorità per il risanamento ambientale (anche ribadendo il principio del "*chi inquina paga*"), l'accrescimento, a livello nazionale e regionale, della capacità di valutare l'impatto sulla salute dei siti contaminati.

In Italia i siti nei quali l'inquinamento è particolarmente diffuso, con conseguenti rischi per la salute, e che richiedono un impegno straordinario dello Stato per mettere in opera gli interventi di ripristino ambientale e tutela della salute, sono inclusi nella categoria dei Siti di Interesse Nazionale (SIN) per le bonifiche. La definizione dei SIN nella legislazione italiana (DLgs 152/06, art. 252), coerentemente con gli in-

dirizzi europei, si fonda sulla contaminazione dei suoli e dell'acqua di falda, ma anche l'inquinamento atmosferico, di origine industriale può risultare importante.

In Italia, la sorveglianza epidemiologica nei SIN è svolta nell'ambito del Progetto SENTIERI [6], che si basa sulla loro caratterizzazione ambientale, sulle patologie associate o associabili alle fonti di contaminazione secondo le indicazioni fornite dalla letteratura scientifica, la stima dei principali indicatori di salute a livello di popolazione (mortalità, ricoveri ospedalieri, incidenza dei tumori), l'interpretazione dei dati raccolti da parte di un gruppo di lavoro interdisciplinare e la formulazione di indicazioni di sanità pubblica.

Nella prima fase dello studio (1995-2002) si è osservato nell'insieme dei 44 SIN inclusi nel progetto una sovrarmortalità (differenza fra il numero di decessi osservati e attesi) di circa 10.000 casi di cui 1.500 dovuti a cancro del polmone. Nel periodo 1996-2005, con riferimento ai 18 SIN serviti da Registri Tumori, si è osservato un eccesso di incidenza dei tumori polmonari sia negli uomini (Rapporto Standardizzato di Incidenza-SIR-1.07; Intervallo di Confidenza al 90%-IC90%-1.05-1.09), che nelle donne (SIR 1.24; IC90% -1.21-1.28) basati rispettivamente su 9396 e 3046 casi osservati (Comba et al., 2014).

Importanti contributi a questo fenomeno sono stati forniti da siti contaminati caratterizzati da elevati livelli di inquinamento atmosferico di origine industriale, quali Taranto (uomini: SIR 155; IC90% 142-169, 377 osservati; donne: SIR 144; IC90% 116-176, 67 osservati), Porto Torres (uomini: SIR 116; IC90% 109-125, 595 osservati;

donne: SIR 159; IC90% 139-181, 163 osservati), Terni (uomini: SIR 114; IC90% 106-122, 628 osservati; donne: SIR 118; IC90% 103-134, 166 osservati).

La priorità è comunque quella di perseguire il risanamento ambientale documentando la riduzione dei livelli di esposizione, in attesa che ciò si rifletta (tenendo conto dei tempi di latenza della patologia in esame) su una corrispondente riduzione degli indicatori di incidenza e mortalità.

Discussione

Le diverse azioni messe in campo in questi ultimi 20 anni hanno indubbiamente prodotto un miglioramento della qualità dell'aria, ma le valutazioni condotte dall'OMS, dalla IARC e dall'EEA (Agenzia Europea dell'Ambiente) evidenziano il permanere di criticità soprattutto in alcuni contesti, quali le aree urbane e industriali e le aree caratterizzate da peculiari condizioni climatiche (pianura Padana). È necessario quindi ricercare e attuare azioni mirate e integrate, lavorando su più aspetti quali una pianificazione e gestione più moderna delle città, una riduzione dei carichi emissivi delle sorgenti ed un aggiornamento della legislazione di settore.

Anche uno dei target della Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, elaborata dal Ministero dell'Ambiente di concerto con gli altri Ministeri, riguarda espressamente la diminuzione dell'esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale. L'esposizione della popolazione urbana al PM_{2,5} e PM₁₀ ed il superamento del limite giornaliero per il PM₁₀ rappresentano gli indicatori utili a monitorare l'efficacia delle azioni per il

raggiungimento di questo obiettivo. Nel settore delle emissioni industriali è necessario pianificare accurati controlli del territorio e richiedere una più ampia e diffusa applicazione delle BAT come previsto dalle direttive sulle emis-

sioni industriali (*Integrated Pollution Prevention Control -IPPC*). Infine, i modelli predittivi di dispersione degli inquinanti, attualmente molto affidabili, per la stima a breve e lungo termine delle concentrazioni degli inquinanti rappresentano

utili strumenti per la caratterizzazione dell'inquinamento, anche in termini di prevenzione dell'esposizione ad episodi emergenziali acuti spesso legati a peculiari condizioni meteodiffusive in ampie aree del territorio italiano.

BIBLIOGRAFIA

1. International Agency for Research on Cancer (IARC). *Outdoor Air Pollution. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Volume 109*. Lyon, France: IARC, 2016. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol109/index.php>
2. EEA Report *Air quality in Europe — 2016 report* <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>
3. ISPRA 2016. *Qualità dell'ambiente urbano – XII Rapporto*. Edizione 2016.
4. Uccelli R., Mastrantonio M., Altavista P., Caiaffa E., Cattani G., Belli S., Comba P. *Female lung cancer mortality and long term exposure to particulate matter in Italy*. *European Journal of Public Health*, 27: 178-183, 2016. DOI:10.1093/eurpub/ckw203
5. M. van Liedekerke, G. Prokop, S. Rabl-Berge, M. Kibblewhite, G. Louwagie, *Progress in the Management of Contaminated Sites in Europe*, European Commission– Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability, Report EUR 26376 2014
6. Pirastu R, Comba P, Conti S, Iavarone I, Fazzo L, Pasetto R, Zona A, Crocetti E, Ricci P. (Eds). *SENTIERI – Epidemiological Study of Residents in National Priority Contaminated Sites: mortality, cancer incidence and hospital discharges*. *Epidemiol Prev.* 2014;38(2); Suppl. 1:1-170. Italian