



## 8.

# IL PARADOSSO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO: PICCOLI RISCHI, GRANDE IMPATTO SULLA SALUTE PUBBLICA

**I rischi relativi associati agli attuali livelli di inquinamento atmosferico sono di solito abbastanza ridotti ma l'impatto complessivo dell'inquinamento atmosferico sulla salute pubblica è considerevole, quindi i benefici prodotti dalle politiche per l'aria pulita possono essere molto grandi.**

Le differenze interindividuali di esposizione all'inquinamento atmosferico sono di solito limitate. Pertanto, è prevedibile che le differenze in termini di rischi per la salute tra individui esposti a quantità di inquinanti "alte" e "basse" siano contenute rispetto ai risultati che si ottengono, ad esempio, in caso di esposizione al fumo di tabacco: i fumatori accaniti sono sottoposti ad esposizioni di molte volte più elevate rispetto a quelle dei fumatori occasionali o dei non fumatori. Tuttavia, per valutare e confrontare gli effetti sulla salute legati all'esposizione a diversi fattori di rischio evitabili, e quindi per distinguere tra "problemi gravi" ed effetti meno importanti sulla salute, non è sufficiente valutare i rischi relativi (RR). È necessario tenere in considerazione tre fattori.

- La frequenza di fondo (all'interno della popolazione) della patologia che può essere favorita dall'inquinamento atmosferico.
- La distribuzione dell'esposizione, ovvero quante persone sono esposte e quali sono i livelli di inquinamento.
- Il RR, che indica il rischio aggiuntivo di contrarre la patologia a causa dell'inquinamento atmosferico.

Diversamente da molti altri fattori di rischio di malattie evitabili, l'esposizione all'inquinamento atmosferico interessa un'altissima percentuale della popolazione. In sostanza non esistono persone non esposte, e tutti coloro che vivono in un'area urbana sono costantemente esposti a quantità considerevoli di inquinamento atmosferico. È questo il concetto alla base di un paradosso che viene descritto al meglio mediante valutazioni dell'impatto sulla salute (HIA - health impact assessment) pubblica dell'inquinamento atmosferico. Le HIA prendono in esame la differenza esistente tra i rischi a cui vanno incontro le singole persone e quelli a cui sono soggette le popolazioni (si veda Riquadro 8A). Le HIA traducono i risultati delle ricerche epidemiologiche o tossicologiche, ovvero RR o OR, in una quantificazione approssimativa dei problemi di salute totali riscontrati in una determinata regione, paese o città e che possono essere attribuiti all'inquinamento atmosferico. Le HIA non vengono utilizzate solo nel campo dell'inquinamento atmosferico: ad esempio, hanno fornito evidenze essenziali che hanno dimostrato la necessità di normative sul fumo nei luoghi pubblici in Europa e altrove.

Anche le HIA sull'inquinamento atmosferico sono state uno strumento molto efficace per comunicare ai decisori e al pubblico la portata approssimativa del problema dell'inquinamento atmosferico. In Europa, ad esempio, sono state utilizzate per dimostrare che l'impatto complessivo sulla salute attribuibile all'inquinamento atmosferico è considerevole. Le HIA hanno spinto verso la formulazione di normative sulla qualità dell'aria informando i decisori dei probabili benefici sulla salute pubblica delle politiche volte a ridurre l'inquinamento atmosferico.

Le HIA sono state create per fornire stime approssimative su problemi sanitari come i decessi (o l'aspettativa di vita: si veda Riquadro 8b), i ricoveri ospedalieri e i problemi respiratori attribuibili all'inquinamento atmosferico, e su variazioni specifiche dei livelli di inquinamento atmosferico che possono rappresentare scenari normativi futuri o passati. I decisori hanno bisogno di informazioni

che li aiutino a prendere decisioni sull'idoneità o sulla prioritizzazione delle politiche pubbliche, avendo a disposizione risorse limitate. Le analisi dei costi-benefici basate sulla valutazione monetaria dei benefici sulla salute sono spesso parte integrante delle HIA. A livello europeo esistono molte HIA locali per diverse città o regioni e per vari obiettivi. Alcune vengono commissionate per valutare il livello dei problemi di salute, mentre altre valutano i potenziali benefici delle strategie di riduzione dell'inquinamento atmosferico. Di seguito presentiamo alcune tra le HIA più importanti condotte negli ultimi anni in Europa.

A metà degli anni '90, il governo svizzero ha assunto un ruolo centrale nello studio dell'inquinamento atmosferico, portando alla realizzazione di una delle prime HIA svolte in Europa [39]. Questo studio ha valutato l'impatto dell'inquinamento esterno associato al traffico sulla salute pubblica in Austria, Francia e Svizzera e ha concluso che l'inquinamento atmosferico era responsabile del 6% dei decessi totali, ovvero >40.000 casi attribuibili all'anno. Circa la metà dei decessi provocati dall'inquinamento atmosferico è stata attribuita al traffico stradale, che era anche responsabile di oltre 25.000 nuovi casi di bronchite cronica (adulti), più di 290.000 episodi di bronchite (bambini), più di 500.000 attacchi di asma e della riduzione delle attività di oltre 16 milioni di persone al giorno. Questo studio era parte integrante della strategia del governo svizzero volta a internalizzare i cosiddetti costi "esterni" associati al traffico pesante, di solito pagati dai contribuenti, applicando politiche di traffico pesante. La quantificazione dei costi legati alla salute era quindi un fattore importante in questa HIA.

L'Analisi dei costi-benefici di Clean Air for Europe (CAFE-CBA) è un'importante iniziativa di HIA in Europa [40]. Lo scopo della CAFE-CBA era quello di elaborare strumenti di supporto alla definizione di politiche strategiche e integrate a lungo termine per proteggere dai gravi effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente. La CAFE-CBA ha stimato l'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico in ambiente esterno sulla base di proiezioni delle emissioni al 2020 relative a tutta l'Europa e ai 25 Stati membri dell'Unione europea con riferimento alle varie politiche di controllo delle emissioni. Ha fornito un'analisi dei costi-benefici delle normative sulle emissioni in vigore in Europa. L'analisi ha rivelato che in questo lasso di tempo saranno compiuti importanti passi in avanti, l'impatto quantificato dell'inquinamento atmosferico si ridurrà di

**Tabella 8.1. Esempi di benefici per la salute attribuiti alla riduzione dell'inquinamento atmosferico in aree selezionate dell'Europa.**

<b>INQUINANTE/SCENARIO<sup>a</sup>/ IMPATTO SULLA SALUTE</b>	<b>26 CITTÀ EUROPEE [41]</b>	<b>AUSTRIA, FRANCIA, SVIZZERA [39]</b>	<b>ITALIA 13 CITTÀ [45]</b>	<b>SPAGNA BARCELONA AREA METROPOLITANA [43]</b>
Popolazione esposta (milioni)	~41,5	~80,0	~10,0	~3,9
PM10				
Livelli attuali (media annua)	54 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ <sup>b</sup>	21 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	45 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
Scenario di riduzione	Riduzione del livello annuo a 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	Riduzione del livello annuo a 7,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	Riduzione del livello annuo a 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	Riduzione del livello annuo a 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
Benefici per la salute (eventi evitati)				
Decessi (esposizione a lungo termine)	8.550	40.600	2.270	1.200
Ricoveri ospedalieri per cause respiratorie	—	18.508	225	390
Ricoveri ospedalieri per cause cardiovascolari	—	29.500	176	210
Bronchite cronica in adulti	—	47.100	1.114	1.900

<sup>a</sup>: presuppone una riduzione degli attuali livelli ai livelli proposti nello scenario; <sup>b</sup>: Solo 8 città con livelli superiori a 40  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

89-183 miliardi di Euro all'anno entro il 2020 grazie alla legislazione per il controllo delle emissioni. Questa analisi ha escluso i benefici non inclusi nel quadro monetario, in particolare le riduzioni dei danni agli ecosistemi e al patrimonio culturale. Tuttavia, nonostante questo miglioramento, la valutazione ha mostrato che i danni nel 2020 rimarranno consistenti: le stime parlano di 191-611 miliardi di Euro all'anno. L'iniziativa CAFE ha condotto verso una strategia tematica e ha stabilito gli obiettivi e le misure applicabili alla fase successiva della politica europea sulla qualità dell'aria.

Inquinamento atmosferico e salute: nel 1999 è stato creato un Sistema informativo europeo (APHEIS) [41, 42] per fornire risorse sull'inquinamento atmosferico ai decisori, ai professionisti operanti nel settore dell'ambiente e della salute, al pubblico e ai media. La valutazione più recente

effettuata dall'APHEIS, APHEIS-3, ha incluso 23 città, per un totale di quasi 39 milioni di abitanti. La valutazione ha stimato che sarebbe possibile prevenire 11.000 decessi prematuri all'anno se si riducesse l'esposizione ai PM2.5 a 20  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . La valutazione ha mostrato che l'aspettativa di vita media di una persona di trent'anni potrebbe essere prolungata, in funzione dell'area geografica, di 2-13 mesi se le concentrazioni di PM2.5 venissero ridotte a  $\leq 15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Il progetto ha mostrato che gli attuali standard di qualità dell'aria imposti dall'Unione europea non erano sufficientemente rigorosi da proteggere una vasta porzione della popolazione europea.

Anche l'APHEKOM (Health Impact Assessment of Urban Air Pollution in Europe), una continuazione del progetto APHEIS, valuterà l'impatto sulla salute della vicinanza al traffico e dell'inquinamento ad esso associato. Le HIA

europee devono ancora esaminare questo particolare impatto ma una valutazione svolta in California mostra che può essere molto forte [43].

A livello mondiale, l'OMS ha sviluppato due importanti iniziative di tipo HIA. A partire dal 1990, il progetto Global Burden of Disease (GBD) ha redatto una descrizione sistematica e comparativa del carico delle malattie e delle lesioni traumatiche e dei fattori di rischio da cui sono provocate in tutte le regioni del mondo [44]. I risultati del progetto GBD sono molto importanti ai fini della formulazione di strategie sanitarie e della pianificazione di processi a livello mondiale e nazionale. Sulla base della più recente valutazione dell'OMS, che ha preso in esame il GBD dell'inquinamento dell'aria, più di 2 milioni di decessi prematuri all'anno possono essere attribuiti agli effetti dell'inquinamento atmosferico urbano in ambiente esterno e interno (generato dalla combustione di combustibili solidi). In particolare il GBD totale stimato dovuto all'inquinamento atmosferico esterno può essere responsabile di ~1,4% della mortalità totale, dello 0,5% di tutti gli anni di vita vissuti al netto della disabilità (DALY - disability-adjusted life years) persi e del 2% di tutte le patologie cardiopolmonari. Più della metà di questo carico di malattia è sostenuto dai popoli dei paesi in via di sviluppo. Il quadro del GBD è essenziale per definire l'importanza comparativa delle patologie, delle lesioni traumatiche e dei fattori di rischio nel provocare decessi prematuri, perdita della salute e disabilità in diverse popolazioni e nel corso del tempo.

La seconda iniziativa portata avanti dall'OMS è lo sviluppo di livelli orientativi di qualità dell'aria. L'ultimo aggiornamento, datato 2005, propone nuove linee guida per PM, ozono, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> [21]. In questo aggiornamento i risultati delle HIA hanno assunto un ruolo centrale nel definire le linee guida, sintetizzando le informazioni scientifiche disponibili sulla minaccia rappresentata dagli inquinanti, sul loro impatto sulla popolazione e su particolari gruppi di suscettibilità, oltre a definire il costo sociale delle normative. Le linee guida non sono né standard né criteri legalmente vincolanti ma sono state studiate per fornire un supporto nel processo di riduzione degli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute, sulla base di valutazioni effettuate da esperti e delle evidenze scientifiche attualmente disponibili.

Esistono molti esempi a livello locale di HIA: ad esempio sono stati svolti dei progetti a livello di città o stato in

Francia, Italia, Spagna e Regno Unito. La Tabella 8.1 riporta numerosi esempi di HIA su scala regionale, nazionale e su più città.

Il processo di quantificazione delle HIA è di per sé incerto: valuta l'esposizione della popolazione, oppure tiene conto delle suscettibilità delle persone, oppure attribuisce un valore monetario a una vita. A causa di queste incertezze e delle variazioni dei dati e dei presupposti, i confronti tra diverse HIA possono rivelare incoerenze. Tuttavia, nonostante questo, tutte le HIA concludono che l'inquinamento influisce in modo determinante sui problemi di salute. Le stime degli impatti e delle variazioni dell'inquinamento sulla salute, e le implicazioni monetarie degli stessi, sono strumento importante per i decisori e possono favorire l'attuazione di normative migliori e fondate su dati scientifici.

# Riquadro 8a

## Piccole variazioni delle funzioni polmonari: grande impatto sulla salute pubblica

Nonostante il fatto che gli effetti riportati dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana siano accettati dalla maggioranza degli scienziati, l'impatto sulla popolazione è spesso sottovalutato. La rilevanza di questo impatto può essere esemplificata nel contesto della salute respiratoria.

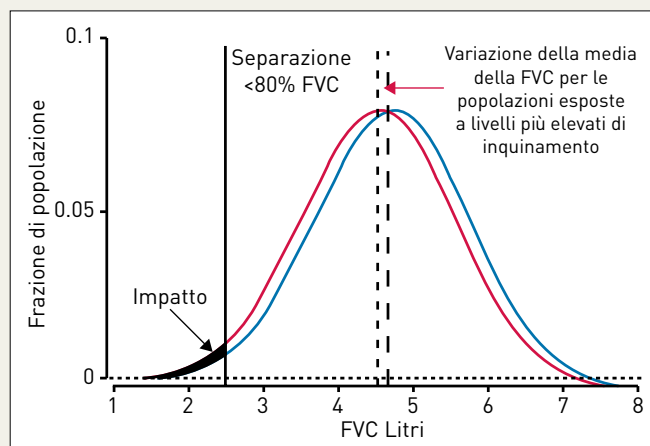
Studi epidemiologici sull'inquinamento atmosferico e sulle funzioni polmonari rivelano una differenza di alcuni punti percentuali delle funzioni polmonari per una differenza di esposizione di, ad esempio,  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  di concentrazioni di particelle sottili. Da un punto di vista clinico, una differenza delle funzioni polmonari di questa entità è irrilevante.

Per quale ragione, quindi, le scoperte epidemiologiche sono importanti? Perché gli studi epidemiologici non riportano la percentuale di variazione delle funzioni polmonari di ogni singola persona ma la variazione generale della distribuzione delle funzioni polmonari che si verifica nelle popolazioni esposte a livelli più elevati di inquinamento. Questa variazione della media a livello di popolazione viene illustrata nella figura 8a.1, dove viene adottata la capacità vitale forzata (FVC) come misura della perdita delle funzioni polmonari.

Questa variazione rappresenta in realtà uno spostamento "verso sinistra" nella distribuzione delle funzioni polmonari nella popolazione. In altri termini, un aumento del numero di persone che manifestano riduzioni clinicamente rilevanti delle funzioni polmonari (ad esempio le persone la cui FVC è  $<80\%$  di quanto previsto). Questo provoca un aumento del numero di pazienti che presentano livelli patologici di deficit delle funzioni polmonari, con un contemporaneo aumento di morbilità, costi mortalità prematura.

Nuovi risultati epidemiologici suggeriscono che l'inquinamento atmosferico può anche influire sullo sviluppo polmonare nei bambini. È probabile che un bambino che soffre di un deficit delle funzioni polmonari legato all'inquinamento continuerà ad avere problemi a livello di polmoni per tutto il resto della vita. E per quanto riguarda gli adulti, piccole riduzioni delle funzioni renali in età giovanile possono provocare conseguenze importanti sulla salute negli anni successivi. La valutazione di questo impatto sulla salute pubblica a lungo termine è incompleta perché non disponiamo di informazioni complete

sul legame esistente tra la perdita di funzioni polmonari in età giovanile e la futura morbilità e mortalità.



**Figure 8a.1. L'impatto di una piccola variazione della capacità vitale forzata (FVC) media della popolazione e il suo impatto su una serie di soggetti con una FVC  $<80\%$  rispetto a quella prevista (area sotto la curva quasi raddoppiata da area in nero). Riadattato - [46].**



# Riquadro 8b

## La morte è un evento normale: perché preoccuparsi dell'inquinamento dell'aria?

Molte valutazioni dei rischi forniscono stime del numero di decessi annui attribuibili all'inquinamento dell'aria. Queste stime si basano su metodi ampiamente utilizzati, si tratta di un approccio molto diffuso per comunicare il livello di rischio per la salute pubblica ed è utilizzato in particolare per esprimere l'impatto del fumo di tabacco. Tuttavia, la comunità di ricerca sull'inquinamento dell'aria sta discutendo in merito ai punti di forza e alle limitazioni insiti nell'utilizzo dei "decessi attribuibili" quando si fa riferimento agli effetti a lungo termine.

In definitiva, la morte non è mai prevedibile e se una coorte di nascita viene seguita per un periodo di tempo sufficientemente lungo, tutti muoiono indipendentemente dal livello di inquinamento dell'aria o dal numero di soggetti che fumano. Inoltre, la percentuale ricavata delle morti attribuibili non rimane costante nel tempo. A causa delle variazioni della distribuzione dell'età che si verificano in una popolazione in cui il tasso di mortalità specifico per età diminuisce in seguito alla rimozione di un fattore di rischio (come l'inquinamento atmosferico), in sostanza la popolazione invecchia. Pertanto, il numero totale (assoluto) di decessi *aumenta* gradualmente man mano che la popolazione invecchia e, pertanto, i decessi attribuibili calcolati diminuiranno gradualmente.

Per risolvere queste incoerenze è possibile tradurre i decessi attribuibili in anni di vita persi. Supponendo che la vita venga abbreviata dall'inquinamento atmosferico, i benefici sulla salute attribuibili a un miglioramento prolungato della qualità dell'aria possono essere espressi in termini di aumento dell'aspettativa di vita di una popolazione. Nelle HIA, gli aumenti dell'aspettativa di vita per uno specifico scenario di inquinamento atmosferico sono la differenza tra l'aspettativa di vita calcolata utilizzando dati di mortalità osservati specifici per età riferiti alla popolazione e l'aspettativa di vita modificata calcolata utilizzando dati di mortalità specifici per età modificati in modo che tengano conto della prevista variazione dei livelli di inquinamento atmosferico.

Numerosi studi di coorte hanno stimato diminuzioni o aumenti dell'aspettativa di vita in funzione delle variazioni della qualità dell'aria. Le stime includono riduzioni dell'aspettativa di vita di 1,11 anni nei Paesi Bassi, di 1,37 anni in Finlandia e di 0,80 anni in Canada, dovute ad aumenti di  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  delle concentrazioni ambientali di PM<sub>2.5</sub>. Uno studio ecologico recente ha analizzato l'associazione esistente tra l'aspettativa di vita negli USA e le variazioni della qualità dell'aria a livello di singole comunità. Questo studio è giunto a risultati molto simili agli studi di coorte, attribuendo un aumento dell'aspettativa di vita di 7 mesi associato a una riduzione di  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  della concentrazione ambientale di PM<sub>2.5</sub> [47].

L'espressione dei risultati in termini di variazioni dell'aspettativa di vita presenta alcune limitazioni e, analogamente al concetto dei decessi attribuibili, richiede alcuni presupposti. L'aspettativa di vita, infatti, è un concetto piuttosto teorico, quindi può essere difficile comunicare stime di questo genere, mentre i decessi attribuibili sono più facilmente comprensibili. È però probabile che i vantaggi della misurazione dell'aspettativa di vita porteranno ad un più ampio utilizzo del concetto di "anni di vita persi" per esprimere i benefici associati al miglioramento della qualità dell'aria.