

IMPATTO AMBIENTALE DI UNA CENTRALE TERMOELETTRICA: INQUINAMENTO ATMOSFERICO E DANNI ALLA SALUTE

*Eugenio Ariano, **Roberto Giunta, ***Guido Broich

Direttore UOC SPAL; **Direttore Sanitario; *Direttore Generale ASL DELLA PROVINCIA DI LODI*

INTRODUZIONE

La letteratura epidemiologica indica che l'inquinamento atmosferico e in particolare le polveri sottili, sono un debole fattore di rischio per il tumore polmonare, con un rischio relativo (RR) tra 1,04 e 1,5, di entità paragonabile a quella attribuita al fumo passivo.

Con il presente lavoro si è voluto analizzare l'impatto ambientale della Centrale termoelettrica di Tavazzano-Montanaso

METODI

È possibile documentare gli effetti dell'inquinamento dell'aria sulla salute umana (in termini di mortalità e morbilità) già a partire dagli anni Settanta quando incominciarono ad essere pubblicati i primi studi sull'argomento. Negli anni Novanta si è registrata una ripresa di interesse sull'argomento, attestata da numerosi studi epidemiologici che hanno documentato gli effetti avversi a breve termine sulla salute di diversi tipi di inquinanti dell'aria [1-8], via via concentrando l'attenzione sul particolato aerodisperso, meglio noto con l'acronimo di PM, e in particolare con le frazioni più fini (PM₁₀ e PM_{2,5}).

Negli ultimi anni sono continuati gli studi su singole città applicando diversi metodi di analisi compresi i modelli additivi (noti come GAM), ma hanno incominciato a diffondersi sempre più gli studi multicentrici e meta-analitici che hanno dato un grosso contributo allo studio delle relazioni tra inquinamento ambientale e salute.

La meta-analisi di 29 studi condotti in 21 città Europee e Nord Americane (Stati Uniti e Canada) sugli effetti dell'esposizione a breve termine a PM₁₀ (particelle di diametro $\leq 10 \mu\text{m}$) pubblicata nel 2000 da Levy e collaboratori [9] ha evidenziato un incremento nei tassi di mortalità dello 0.73% [IC95%: 0.59-0.87%] per ogni incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nei livelli di PM₁₀, oltre che effetti sulla mortalità più consistenti nelle città dove si era registrato un più alto rapporto tra PM_{2,5} e PM₁₀, suggerendo che le particelle di diametro $\leq 2.5 \mu\text{m}$ potessero essere maggiormente respirabili di quelle di diametro superiore.

Un'altra meta-analisi condotta da Stieb e collaboratori (2002, 2003) ha trovato un'associazione significativa tra la mortalità totale e l'inquinamento da PM, indipendentemente dall'approccio analitico utilizzato e dal controllo per altri inquinanti [10,11], tanto da indurre gli autori a concludere che pochi dubbi restino in merito al contributo dato alla mortalità dall'esposizione 'acuta' a inquinanti dell'aria.

Apripista agli studi multicentrici sugli effetti dell'esposizione a breve termine sulla mortalità è stato lo studio noto come delle 6 città Americane che ha trovato una relazione tra i livelli di PM₁₀, PM_{2,5} e SO₂ e la mortalità giornaliera sia totale che per malattie cardiovascolari e respiratorie [12]. Studi successivi condotti sia in Nord America [13-17] sia in Europa [18], hanno trovato risultati sostanzialmente analoghi. Tra gli studi multicentrici il più grosso è quello Statunitense noto come

NMMAPS che ha coinvolto inizialmente 20 città per arrivare a oltre 100, evidenziando un'associazione tra i livelli di particolato fine (PM_{2.5}) e il rischio di morte tanto per tutte le cause quanto per malattie cardiovascolari e respiratorie: l'associazione restava anche dopo aver controllato per altri inquinanti [17].

Lo studio APHEA-2 condotto su 29 città europee, ha sostanzialmente confermato la relazione tra mortalità e PM₁₀ già evidenziata nella prima fase dello stesso studio (APHEA-1)[19]. Precisamente il PM è risultato incrementare la mortalità oltre che totale [18], anche per malattie cardiovascolari e respiratorie [20]. Esistono altresì evidenze circa la relazione tra inquinamento e ricoveri per malattie cardiovascolari come documentato nella meta-analisi COMEAP del 2006. Precisamente il rischio di ricoveri (stimato congiuntamente) è risultato aumentare di 1.8% (IC95%: [1.4-2.2%]) per ogni incremento di 20 µg/m³ di PM₁₀ [21].

Altri studi recenti non di tipo meta-analitico hanno riportato associazioni fra esposizione a PM e mortalità e ospedalizzazione per ictus cerebrale oltre che per infarto del miocardio. In quest'ultimo caso i risultati sono però a tutt'oggi discordanti.

Pope e altri in uno studio di coorte pubblicato nel 2002 calcolano un incremento di mortalità per tumore polmonare dell'8% per ogni incremento di 10 µg/m³ di PM_{2.5} [29].

E' complessivamente documentato un lieve incremento del rischio di cancro al polmone in relazione all'esposizione a PM [26], ma è ancora incerto il contributo effettivamente giocato dall'inquinamento ambientale, in quanto molti fattori, quali il fumo, vanno a 'confonderne' l'effetto [27]. Inoltre, dal momento che l'insorgenza di cancro al polmone ha un lungo periodo di latenza, è importante utilizzare anche un corretto approccio metodologico [21].

L'entità del rischio, tenuto conto del grado di incertezza delle stime di letteratura, può essere grossolanamente stimata in un aumento del Rischio Relativo tra 1,05 e 1,5.

Si tratta di un effetto paragonabile a quello del fumo passivo (Fumo passivo RR 1,3-1,5), assai più basso di quello da uso di tabacco, ma comunque importante in termini di sanità pubblica.

Nel fumatore di venti sigarette/die si stima che il rischio di contrarre un Ca polmonare aumenti di venticinque volte, di contrarre un Ca del cavo orale, della faringe o della laringe aumenti di nove – dieci volte e che nel fumatore di meno di quindici sigarette/die il rischio aumenti di tre – quattro volte.

Nel 2006 è stata pubblicata un'importante revisione degli effetti sulla salute del particolato fine che costituisce il più recente aggiornamento delle evidenze epidemiologiche, tossicologiche e biologiche sull'argomento.

Dopo un'attenta analisi dello stato dell'arte, gli autori pongono l'attenzione sulla necessità [21]:

di verificare la plausibilità biologica e i limiti metodologici di quanto finora emerso;

di colmare i gap conoscitivi ancora esistenti.

In merito al primo punto gli autori hanno sottolineato come non sia stato tuttora risolto per alcuni effetti acuti il problema della plausibilità biologica, come già aveva sottolineato Vedal nella sua review anni prima (1997): infatti, non esistono meccanismi noti tali per cui l'esposizione a basse concentrazioni di particelle inalate produrrebbe outcome severi come la morte né per malattia cardiovascolari né per malattie polmonari. Le relazioni documentate in letteratura derivano dalla costruzione e selezione di specifici modelli di analisi e dall'applicazione di particolari disegni dello studio (case-crossover): tutto ciò a detta degli autori potrebbe comportare dei problemi specialmente quando i rischi stimati sono piccoli.

Secondo Pope e Dockery uno dei più importanti vuoti conoscitivi da colmare è il capire quali fasce di popolazione siano più a rischio esponendosi a PM e chi sia più suscettibile; la revisione degli studi esistenti sembrerebbe mostrare una maggiore suscettibilità in chi è già affetto da altre patologie (cardiopulmonari, asma, influenze) o è in età avanzata oppure molto giovane. Inoltre, gli autori hanno rilevato che l'incremento nel rischio di mortalità a causa dell'esposizione ad elevate dosi di PM per brevi periodi è in ogni caso piccolo, anche se assume dimensioni maggiori nei gruppi più anziani della popolazione [28], con esposizioni lunghe e una mortalità basale già di per sé elevata [21].

In sintesi, gli autori concludono che da quanto finora pubblicato ancora nulla di definitivo si può dire in merito all'entità degli effetti delle esposizioni acute o per brevi periodi sulla salute, dal momento che non si sono contemporaneamente presi in considerazione una serie di fattori che sicuramente influenzano la suscettibilità quali malattie concomitanti, status socio-economico, caratteristiche della casa, disponibilità di cure, livello di educazione, differenze genetiche.

Dati riguardanti la situazione italiana sono riportati negli studi MISA e MISA2 (Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico) che hanno interessato 15 grandi centri urbani italiani, tra cui Milano nel periodo 1996-2002. Lo studio ha stimato l'incremento della mortalità per cause respiratorie e per cause cardiovascolari, nonché dei ricoveri ospedalieri non programmati per patologie respiratorie, cardiache e cerebrovascolari in rapporto a incrementi della concentrazione degli inquinanti atmosferici (NO₂, CO e PM₁₀).

L'affinamento delle misure ambientali e delle tecniche di analisi tra MISA1 e MISA2 ha portato a ridurre la stima della variazione percentuale di mortalità associata ad un incremento di 10 µg/m³ di PM₁₀ da un valore di 1,1% a 0,31%, valore leggermente inferiore a quello di 0,41% ottenuto in 21 città europee e superiore allo 0,19% stimato in circa 100 città degli USA.

Le valutazioni ufficiali sull'argomento della Sanità Regionale e dell'ARPA regionale sono riportate nel documento "Qualità dell'aria e salute", Gennaio 2006 e ribadite in analogo documento del Marzo 2007.

" Studi condotti negli USA ed in Europa hanno mostrato un aumento significativo del rischio (tra il 10% e il 40%) di tumore polmonare nelle popolazione residenti in aree con elevato inquinamento rispetto a quelle a minor inquinamento, pur tenendo conto delle abitudini al fumo" "In causa sembrano soprattutto gli scarichi dei motori diesel sui quali sono stati condotti numerosi studi sull'uomo e sull'animale."

Sulla base degli studi e dei dati a disposizione l'OMS ha definito valori guida da perseguire, e obiettivi intermedi progressivamente sempre più bassi

WHO air quality guidelines global update 2005

Table 1. Air quality guideline and interim targets for particulate matter: annual mean

Annual mean level	PM ₁₀ ³ (µg/m ³)	PM _{2.5} ³ (µg/m ³)	Basis for the selected level
WHO interim target-1 (IT-1)	70	35	Livelli associati con un incremento di circa 15% della mortalità a lungo termine rispetto a quella dei valori guida (AQG)
WHO interim target-2 (IT-2)	50	25	Oltre ad altri vantaggi per la salute, questi livelli riducono il rischio di morte prematura di circa il 6% [2-11%] a confronto con i livelli superiori (WHO-IT1)
WHO interim target-3 (IT-3)	30	15	Riducono il rischio di morte di un altro 6% circa [2-11%] rispetto al livello WHO-IT2
WHO Air quality guidelines (AQG)	20	10	Valori più bassi che hanno mostrato un effetto significativo in risposta al PM _{2.5} nello studio ACS (Pope et al., 2002).

In addition to PM_{2.5} and PM₁₀, ultra fine particles (UF) have recently attracted significant scientific and medical attention. These are particles smaller than 0.1 micrometer and are measured as number concentration. While there is considerable toxicological evidence of potential detrimental effects of UF particles on human health, the existing body of epidemiological evidence is insufficient to reach a conclusion on the exposure/response relationship to UF particles. Therefore no recommendations can be provided as to guideline concentrations of UF particles at this point.

RISULTATI

Le rilevazioni e gli studi epidemiologici condotti nel Lodigiano nel decennio trascorso non hanno fatto emergere effetti rilevabili collegati alla presenza della CTE di Tavazzano-Montanaso, in linea con quanto analogamente accaduto in altre realtà (Sermide-Ostiglia). Ciò non stupisce se si considerano il peso relativamente modesto del fattore di rischio, il contributo relativo della Centrale all'inquinamento al suolo all'epoca stimato con modelli di ricaduta (alcuni ppm nelle zone di

massima ricaduta), la numerosità proporzionalmente contenuta della popolazione esposta. La distribuzione dei decessi per tumore polmonare nei maschi si è dimostrata del tutto indipendente dalla ipotesi di un collegamento con la distribuzione dell'inquinante, nelle femmine addirittura la contraddice, suggerendo invece una "classica" distribuzione da fumo di tabacco.

DISCUSSIONE

1. Il quadro di eccessi di mortalità per varie patologie tumorali presente nel Lodigiano, molte delle quali neppure eziologicamente riconducibili all'inhalazione di polveri, non appare quindi per molte ragioni riconducibile alla presenza e al funzionamento della CTE.
Le analisi condotte, scartati fattori di rischio locali se non per alcuni specifici tumori (fegato, stomaco), portano ad avanzare per il fenomeno complessivo di sovramortalità, un'ipotesi di natura demografica collegata ai movimenti migratori di popolazione.
2. Gli effetti teoricamente attesi e ricercati, e, si ribadisce, non trovati, considerato il normale periodo di latenza delle patologie tumorali, sarebbero stati eventualmente da ricondurre ai contributi all'inquinamento di 10-15 anni fa, decisamente più elevati di quelli attuali in particolare per le polveri sottili.
Il problema dell'inquinamento atmosferico al suolo è infatti attualmente, come mostrano i dati INEMAR, in gran parte da ricondurre al traffico veicolare e agli impianti di riscaldamento.

BIBLIOGRAFIA

1. Schwartz J, Dockery DW. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145(3): 600-4.
2. Pope CA, Dockery DW, Schwartz J. Review of epidemiological evidence of health effects of particulate air pollution. *Inhal Toxicol* 1995; 7: 1-18.
3. Katsouyanni K. Health effects of air pollution in southern Europe: are there interacting factors? *Environ Health Perspect*. 1995; 103 Suppl 2:23-7.
4. Katsouyanni K, Pershagen G. Ambient air pollution exposure and cancer. *Cancer Causes Control* 1997; 8(3): 284-91. Review.
5. Samet JM, Dominici F, Currier F, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1997. *New England Journal of Medicine* 2000; 343:1742-1749.
6. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopoli Y, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2001; 12(5): 521-31.
7. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Rossi G, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR. Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach*. *BMJ*. 1997; 314(7095): 1658-63.
8. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, Samoli E, Medina S, Anderson HR, Niciu EM, Wichmann HE, Kriz B, Kosnik M, Skorkovsky J, Vonk JM, Dortbudak Z. Acute effects of ozone on mortality from the "air pollution and health: a European approach" project. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 170(10): 1080-7. Epub 2004 Jul 28.
9. Levi JI, Hammit JK, Spengler JD. Estimating the mortality impact of particulate matter: what can be learned from between-study variability? *Environ Health Perspect* 2000; 108: 109-17.
10. Stieb DM, Judek S, Burnett RT. Meta-analysis of time series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and influence of cause of death, age, and season. *J Air Waste Manag Assoc* 2002; 52:470-84.
11. Stieb DM, Judek S, Burnett RT. Meta-analysis of time series studies of air pollution and mortality: update in relation to the use of Generalized Additive Models. *J Air Waste Manag Assoc* 2003; 53:258-61.
12. Schwartz J, Dockery DW, Neas LM. Is daily mortality associated specifically with fine particles? *J Air Waste Manag Assoc* 1996; 46(10): 927-39.

13. Burnett RT, Brook J, Dann T, Delocla C, Phillips O, Cakmak S, Vincent R, Goldberg MS, Krewski D. Association between particulate- and gas-phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities. *Inhal Toxicol* 2000; 12 Suppl 4: 15-39.
14. Ostro B, Broadwin R, Green S, Feng WY, Lipsett M. Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. *Environ Health Perspect* 2006; 114(1): 29-33.
15. Schwartz J. Assessing confounding, effect modification and thresholds in the association between ambient particles and daily deaths. *Environ Health Perspect*, 2000; 108: 563-68.
16. Schwartz J. Airborne particles and daily deaths in 10 US cities. In *Revised analyses of time-series of air pollution and health. Special Report; Health effect Institute: Boston, MA, 2003; pp 211-18.*
17. Dominici F, Daniels M, McDermott A, Zeger SL, Samet J. Shape of the exposure-response relation and mortality displacement in NMMAPS database. In *Revised analyses of time-series of air pollution and health. Special Report; Health effect Institute: Boston, MA, 2003; pp 91-96.*
18. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Petasakis Y, Analitis A, Le Tertre A, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braustein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Sensitivity analysis of various models of short-term effects of ambient particles on total mortality in 29 cities in APHEA2. In *Revised analyses of time-series of air pollution and health. Special Report; Health effect Institute: Boston, MA, 2003; pp 157-164.*
19. Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR. Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach. BMJ.* 1997; 314(7095): 1658-63.
20. Analitis A, Katsouyanni K, Dimakopoulou K, Samoli E, Nikoloupoulos AK, Petasakis Y, Touloumi G, Schwartz J, Anderson HR, Cambra K, Forastiere F, Zmirou D, Vonk JM, Clancy L, Kriz B, Bobvos J, Pekkanen J. Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality. *Epidemiol* 2006; 17, 230-33.
21. Pope CA III & Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air & Waste Manag Assoc* 2006; 56: 709-42.
22. Peters A, Dockery DW, Muller JE, Mittleman MA. Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction. *Circulation* 2001; 103: 2810-15.
23. Peters A, von Klot S, Heir M, Trentinaglia I, Hormann A, Wichmann E, Lowel H. Exposure to traffic and onset of myocardial infarction. *NEJM* 2004; 351: 1721-30.
24. D'Ippoliti D, Forastiere F, Ancona C, Agabiti N, Fusco D, Michelozzi P, Perucci CA. Air pollution and myocardial infarction in Rome: a case-crossover analysis. *Epidemiol* 2003; 14: 528-35.
25. Sullivan J, Sheppard L, Schreuder A, Ishikawa N, Siscovick D, Kaufman J. Relation between short-term fine particulate air pollution on emergency admissions for myocardial infarction: a multicity case-crossover analysis. *Epidemiol* 2005; 16: 41-8.
26. Cohen AJ, Pope CA III. Lung cancer and air pollution. *Environ Health Perspec* 1995; 103: 219-24.
27. Cohen AJ. Air pollution and lung cancer: what more do we need to know? *Thorax* 2003; 58: 1010-12.
28. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities 1987-1994. *NEJM* 2000; 343: 1742-9.
29. Pope, Barnett, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*, 6.3.2002, vol 287, n°9
30. WHO air quality guidelines global update 2005 Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005
31. AA.VV. Qualità dell'aria e salute. Documento tecnico-informativo, Marzo 2007. ARPA Lombardia, Direzioni regionali Sanità e Qualità dell'Ambiente