

CLIMA E ARIA, UNO STUDIO SULLA MORTALITÀ PREMATURA

IL DIPARTIMENTO SOSTENIBILITÀ DI ENEA HA MESSO A PUNTO UNA CATENA MODELLISTICA PER STIMARE IL RISCHIO A BREVE TERMINE E I DECESSI ATTRIBIBILI AGLI EFFETTI CONGIUNTI DELLA TEMPERATURA E DELL'INQUINAMENTO NEI DUE COMUNI PIÙ POPOLATI D'ITALIA, ROMA E MILANO. È NECESSARIO AGIRE ORA PER GARANTIRE UN FUTURO VIVIBILE PER L'UOMO.

Le variazioni del clima e l'inquinamento atmosferico sono fattori di rischio per la salute umana e la qualità della vita delle popolazioni esposte, sia esaminati individualmente, sia per i loro effetti sinergici.

L'alterazione più diretta e preoccupante del clima per la salute umana riguarda il parametro della temperatura, funzione delle concentrazioni di gas serra globali. Secondo il rapporto presentato alla Cop27, redatto nell'ambito del *Global Carbon Project*, nel 2022 le emissioni da combustibili fossili si confermano a livelli record, cancellando i cali dovuti alla pandemia da Covid-19, che nel 2020 aveva contratto la domanda di energia riducendo le emissioni di anidride carbonica in tutto il mondo.

Secondo l'Organizzazione meteorologica mondiale (Omm), il 2022 è stato il quinto anno più caldo mai registrato e l'ottavo anno consecutivo in cui la temperatura media globale è cresciuta di almeno 1 °C rispetto al livello preindustriale (1850-1900), avvicinandosi al limite stabilito dall'Accordo di Parigi, rischioso per la salute umana e non solo. I rischi per la salute associati agli



inquinanti sono molteplici. Il particolato atmosferico rappresenta la prima causa ambientale di mortalità nel mondo, con patologie acute e croniche a carico dell'apparato respiratorio, circolatorio e nervoso. Anche l'ozono desta preoccupazione, per l'ubiquità della sua presenza in atmosfera e la difficoltà di riduzione attraverso le politiche di risanamento ambientale. Secondo l'Organizzazione mondiale della sanità (Oms), il numero di decessi da inquinamento dell'aria nel

mondo è raddoppiato dal 1990 al 2019 raggiungendo i 4,5 milioni di morti, di cui il 92% a causa del particolato atmosferico e l'8% a causa dell'ozono.

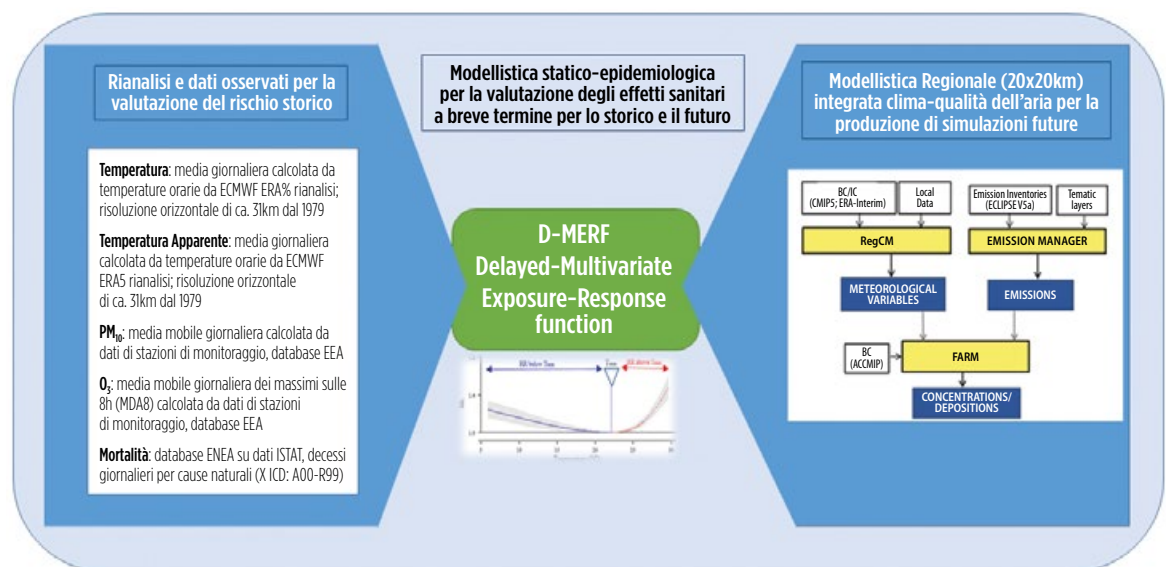
Valutazione degli effetti sulla salute umana

La rappresentazione degli effetti combinati di inquinamento e cambiamento climatico richiede di

FIG. 1 SUITE MODELLISTICA

Catena modellistica elaborata dal Dipartimento Sostenibilità di Enea per stimare le curve di rischio relativo a breve termine e i decessi attribuibili agli effetti congiunti della temperatura e dell'inquinamento dell'aria.

Fonte: Enea-Sspst.



considerare le diverse suscettibilità e risposte fisiologiche delle popolazioni esposte con l'utilizzo di un *framework* di valutazione complesso, in grado di identificare priorità geografiche e supportare realmente i processi decisionali. Diverse competenze del Dipartimento Sostenibilità di Enea hanno lavorato alla messa a punto di una catena modellistica (figura 1) in grado di stimare curve di rischio relativo a breve termine e decessi attribuibili agli effetti congiunti della temperatura e dell'inquinamento dell'aria – ozono e polveri sottili (PM₁₀) – per i due comuni più popolati d'Italia, Roma e Milano.

Partendo dai dati storici giornalieri di mortalità, inquinamento e temperatura per il periodo 2004-2015, Enea ha calcolato per lo stesso intervallo di tempo il carico sanitario per l'intera popolazione e per la fascia più vulnerabile (con età uguale o superiore agli 85 anni), grazie all'elaborazione di un modello statistico di epidemiologia ambientale (D-Merf: *Delayed-multivariate exposure-response function*). D-Merf consente l'integrazione di funzioni di esposizione-risposta singolarmente valutate per ciascun fattore di rischio, l'identificazione di non linearità nelle relazioni esposizione-risposta, la considerazione degli effetti sanitari ritardati fino a 30 giorni dopo il verificarsi di un evento di stress e l'analisi stratificata per città ed età della popolazione.

Le proiezioni degli effetti al 2050 hanno permesso invece di stimare come le variazioni attese di inquinanti e temperature si tradussero in mortalità futura, sotto l'ipotesi di due scenari climatici Ipcc. Il primo (Rcp2.6) è orientato all'azione climatica e al rispetto gli obiettivi di Parigi e presuppone entro fine secolo, un aumento della temperatura media globale tra 0,4 e 0,8 °C. Il secondo (Rcp8.5) assume essenzialmente l'inazione climatica, con una crescita costante nelle emissioni e un conseguente aumento della temperatura media globale di 3,3-4,9 °C entro il 2100. Il modello statistico-epidemiologico è stato quindi alimentato con simulazioni integrate di clima (modello climatico regionale RegCM) e qualità dell'aria (modello regionale di dispersione degli inquinanti Farm) effettuate sul supercalcolatore Cresco di Enea (figura 1).

Mortalità storica a Roma e Milano

Tra il 2004 e il 2015, Roma e Milano mostrano valori medi annuali comparabili di ozono (Roma 71,18 µg/m³; Milano

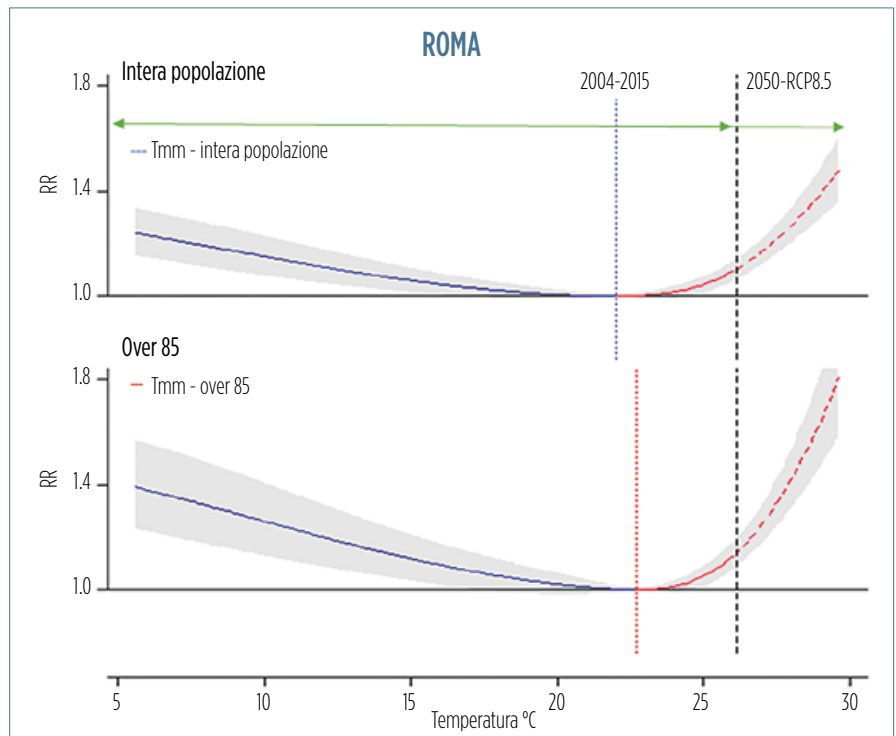


FIG. 2 STORICO E SCENARI ROMA

Funzioni esposizione-risposta e rischi relativi storici e futuri, considerando tutte le classi d'età e gli over 85 per la città di Roma.

Curve di risposta all'esposizione cumulata di temperatura e inquinanti per lo scenario climatico peggiore, rappresentate come curve di rischio relativo nell'intero intervallo di temperatura. In grigio, l'intervallo di confidenza al 95%. Tmm è la temperatura di minima mortalità che definisce le due porzioni della curva di rischio associate a temperature inferiori ("freddo") o superiori ("caldo") dell'ottimale.

La linea verticale tratteggiata in nero rappresenta, alla sua destra, l'estrapolazione della curva di rischio oltre la temperatura massima osservata per il periodo 2004-2015.

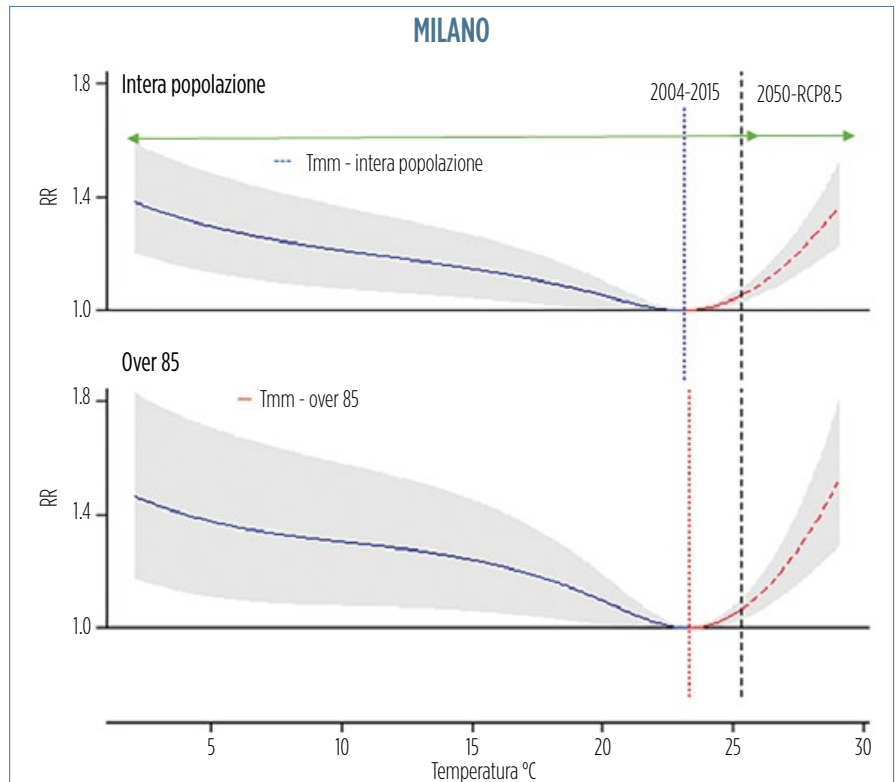


FIG. 3 STORICO E SCENARI MILANO

Funzioni esposizione-risposta e rischi relativi storici e futuri, considerando tutte le classi d'età e gli over 85 per la città di Milano.

Curve di risposta all'esposizione cumulata di temperatura e inquinanti per lo scenario climatico peggiore, rappresentate come curve di rischio relativo nell'intero intervallo di temperatura. In grigio, l'intervallo di confidenza al 95%. Tmm è la temperatura di minima mortalità che definisce le due porzioni della curva di rischio associate a temperature inferiori ("freddo") o superiori ("caldo") dell'ottimale.

La linea verticale tratteggiata in nero rappresenta, alla sua destra, l'estrapolazione della curva di rischio oltre la temperatura massima osservata per il periodo 2004-2015.

72,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e differenze nei valori di temperatura (Roma 16,02 °C; Milano 13,48 °C) e PM_{10} (Roma 26,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Milano 39,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). In termini di mortalità attribuibile all'effetto congiunto dei tre fattori, Roma mostra un numero assoluto maggiore di Milano (2.379 decessi contro 2.033), ma un valore inferiore della frazione rispetto al totale dei decessi (15,7 contro 9,5, che diventa 20,2 contro 15,4 tra gli over 85). A Milano, il 97% della mortalità attribuibile è spiegata da temperature "basse", ossia inferiori alla temperatura di mortalità minima (Tmm), anche a causa della coesistente presenza di concentrazioni elevate di PM_{10} in inverno. A Roma, la maggiore frazione di mortalità in corrispondenza delle temperature "alte" è ascrivibile anche alla sinergia fra temperatura e livelli di ozono troposferico, elevati soprattutto in estate.

Cosa aspettarsi in futuro

Nel 2050, le proiezioni mostrano un miglioramento del carico di mortalità complessivo dovuto a un calo della mortalità correlata al freddo. Questo in sé è una buona notizia, ma arriva a scapito di un aumento dovuto al caldo (figure 2 e 3). Più nel dettaglio, si osserva una crescita della frazione di decessi attribuibili alle alte temperature rispetto allo storico. L'aumento, registrato sia a Roma (+22

decessi all'anno) sia a Milano (+48 decessi) nello scenario migliore (Rcp2.6), si accentua nello scenario di inazione climatica (Rcp8.5), con una variazione positiva dell'incidenza da caldo dell'8% a Roma (+197 decessi) e del 6% a Milano (+115 decessi). Andamenti simili, ma più marcati, sono previsti per gli over 85. Standardizzando i risultati, Milano mostra frazioni relative attribuibili complessivamente maggiori e un più alto incremento nella frazione di mortalità relativa ad alte temperature, indipendentemente dallo scenario e dall'età.

Conclusioni

Gli strumenti modellistici di Enea hanno permesso in passato la valutazione degli effetti sulla salute degli italiani degli scenari futuri di qualità dell'aria (progetto Viias, www.viias.it) e del Piano nazionale

di controllo dell'inquinamento atmosferico (Piersanti et al. 2021). Lo studio presente rappresenta un ulteriore sviluppo, con l'integrazione della modellistica del cambiamento climatico.

I risultati evidenziano la necessità di agire ora per garantire un futuro vivibile per l'uomo. In tal senso, le strategie di controllo della qualità dell'aria sono un importante complemento di *policy* alla riduzione strutturale delle emissioni di gas climalteranti e concorrono a mitigare il rischio climatico, riducendone gli effetti e i danni sulla salute umana, migliorando al contempo la qualità della vita delle persone.

Melania Michetti¹, Antonio Piersanti²

1. Economista ambientale, Divisione Modelli e tecnologie per la riduzione degli impatti antropici e dei rischi naturali, Enea
2. Ingegnere ambientale, responsabile del Laboratorio inquinamento atmosferico, Enea

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Michetti M. et al., 2022a, "Climate change and air pollution: Translating their interplay into present and future mortality risk for Rome and Milan municipalities", *Science of the Total Environment*, 830, 154680.

Michetti M. et al., 2022b, "From single to multivariable exposure models to translate climatic and air pollution effects into mortality risk. A customized application to the city of Rome, Italy", *Methods*, X 9, 101717.

Piersanti A. et al., 2021, "The Italian national air pollution control programme: air quality, health impact and cost assessment", *Atmosphere*, 12, 196.

