



ARTICOLI | [VOLUME 7, NUMERO 4, E271-E281, APRILE 2023](#)

Scarica il numero completo

Eccesso di mortalità attribuito al caldo e al freddo: uno studio di valutazione dell'impatto sulla salute in 854 città in Europa

[Pierre Masselot, PhD](#) • [Malcolm Mistry, dottore di ricerca](#) • [Jacopo Vanoli, MSc](#) •

[Rochelle Schneider, PhD](#) • [Tamara Lungman, MSc](#) • [David Garcia-Leon, PhD](#) • et al. [Mostra tutti gli autori](#)

[Accesso Aperto](#) • Pubblicato: 16 marzo 2023 • DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(23\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00023-2) •



Riepilogo

Pdf by:
<https://www.pro-memoria.info>

Sfondo

Il caldo e il freddo sono fattori di rischio ambientali stabiliti per la salute umana. Tuttavia, la mappatura del relativo onere sanitario è un compito difficile a causa della complessità delle associazioni e delle differenze di vulnerabilità e distribuzioni demografiche. In questo studio, abbiamo fatto una valutazione completa dell'impatto sulla mortalità dovuta al caldo e al freddo nelle aree urbane europee, considerando le differenze geografiche e i rischi specifici per età.

Metodi

Abbiamo incluso le aree urbane in tutta Europa tra il 1° gennaio 2000 e il 12 dicembre 2019, utilizzando il set di dati Urban Audit di Eurostat e gli adulti di età pari o superiore a

20 anni che vivono in queste aree. I dati sono stati estratti da Eurostat, dalla Multi-country Multi-city Collaborative Research Network, dal Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer e da Copernicus. Abbiamo applicato un metodo in tre fasi per stimare continuamente i rischi di temperatura attraverso le dimensioni dell'età e dello spazio, identificando i modelli di vulnerabilità sulla base delle caratteristiche specifiche della città e delle strutture demografiche. Questi rischi sono stati utilizzati per ricavare temperature minime di mortalità e percentili correlati e tassi di mortalità in eccesso grezzi e standardizzati per caldo e freddo aggregati a vari livelli geografici.

Risultati

Nelle 854 aree urbane in Europa, abbiamo stimato un eccesso annuale di 203 620 (empirico 95% CI 180 882–224 613) morti attribuite al freddo e 20 173 (17 261–22 934) attribuite al calore. Questi corrispondevano a tassi standardizzati per età di 129 (IC empirico 95% 114-42) e 13 (11-14) decessi per 100 000 persone-anni. I risultati differivano in tutta Europa e nei gruppi di età, con i maggiori effetti nelle città dell'Europa orientale sia per il freddo che per il caldo.

Interpretazione

Le mappe dei rischi di mortalità e delle morti in eccesso indicano differenze geografiche, come un gradiente nord-sud e una maggiore vulnerabilità nell'Europa orientale, nonché variazioni locali dovute alle caratteristiche urbane. Il quadro di modellazione e i risultati sono cruciali per la progettazione di politiche sanitarie e climatiche nazionali e locali e per proiettare gli effetti del freddo e del caldo in futuri scenari climatici e socioeconomici.

Finanziamento

Medical Research Council of UK, Natural Environment Research Council UK, Horizon 2020 dell'UE e il Centro comune di ricerca dell'UE.

Introduzione

Il caldo e il freddo sono ora fattori di rischio per la salute stabiliti, con diversi studi che riportano importanti effetti sulla mortalità nelle popolazioni di tutto il mondo.^{1, 2, 3}

L'onere sanitario associato dovrebbe aumentare con il cambiamento climatico, specialmente negli scenari più estremi del riscaldamento globale.^{4, 5} Tuttavia, solide stime di mortalità in eccesso nei periodi attuali e futuri sono ancora difficili da ottenere a causa

Le città sono particolarmente colpite dai fattori di stress ambientale e dai potenziali impatti dei cambiamenti climatici.⁷ Circa il 40% della popolazione dell'UE vive in città di almeno 50 000 abitanti⁸ e la popolazione urbana sperimenta livelli complessivi più elevati di stress da temperatura, in particolare il calore.^{9, 10} Inoltre, le città europee variano in termini di condizioni socioeconomiche, ambientali e climatiche ed è ragionevole aspettarsi una migliore conoscenza degli effetti della mortalità a livello di città dei fattori di stress legati ai cambiamenti climatici è fondamentale per la progettazione e l'attuazione delle politiche di adattamento.

Sono state pubblicate poche valutazioni a livello europeo dell'onere di mortalità legato alla temperatura. Martínez-Solanas e colleghi⁵ hanno stimato il rischio a livello europeo di caldo e freddo a livello regionale, mentre altri studi hanno fornito prove a livello locale, concentrandosi su specifici paesi europei^{11, 12, 13, 14} o regioni.¹⁵ Altre valutazioni hanno incluso la regione europea nelle valutazioni globali.² Sebbene da queste analisi emergano alcuni risultati coerenti, come un gradiente complessivo nord-sud e un aumento dei

+

Ricerca nel contesto

Prove prima di questo studio

I rischi di mortalità e gli effetti legati alla temperatura non ottimale sono argomenti ampiamente studiati con prove fornite per molti paesi europei. Abbiamo cercato PubMed, Web of Science e Google Scholar per le valutazioni dell'impatto della mortalità in Europa, incluse in studi globali o limitate a parti più piccole del continente, utilizzando i termini di ricerca "temperatura" E "mortalità" E "impatto", per gli articoli pubblicati tra il 1 gennaio 2010 e il 31 dicembre 2021, in inglese. La nostra ricerca ha rivelato che una manciata di

studi globali includeva un piccolo numero di città europee nella loro valutazione, avevano prove aggregate a livello nazionale o regionale, o, per gli studi di piccola area, erano limitati a singoli paesi. In particolare, gli studi si sono concentrati quasi esclusivamente sui paesi dell'Europa occidentale rispetto alle località scandinave o orientali. Infine, e soprattutto, nessuno studio ha tenuto conto delle differenze demografiche in tutta Europa.

Valore aggiunto di questo studio

Questa valutazione a livello europeo fornisce stime del rischio e valutazione dell'impatto della mortalità relative sia al caldo che al freddo in una selezione rappresentativa di aree urbane, vale a dire 854 città europee, comprese diverse regioni con poche prove precedenti, come la Scandinavia e l'Europa orientale. Inoltre, le stime di questo studio rappresentano un ampio elenco di caratteristiche socioeconomiche, climatiche e ambientali a livello di città per rappresentare le differenze di vulnerabilità tra paesi e regioni. Questo studio integra pienamente anche l'età come modificatore del rischio e fornisce stime di mortalità in eccesso standardizzate per età per tenere conto delle differenze demografiche.

Implicazioni di tutte le prove disponibili

I risultati e le mappe forniti in questo studio offrono un quadro completo dell'impatto della mortalità della temperatura non ottimale in tutta Europa, caratterizzando le differenze geografiche di vulnerabilità tra le popolazioni urbane in tutto il continente. Questa prova è preziosa per i responsabili politici per proteggere le popolazioni più vulnerabili e identificare strategie per progettare politiche di adattamento efficaci. Il quadro di modellazione proposto fornisce un progetto per la proiezione della mortalità non ottimale correlata alla temperatura in vari scenari climatici e socioeconomici.

Le differenze nei rischi e negli oneri correlati possono essere in parte attribuite alla scala geografica degli studi. Le valutazioni precedenti si sono concentrate su analisi su larga

scala che non rappresentano pienamente le vulnerabilità locali nelle popolazioni urbane o si sono basate su dati con una risoluzione più elevata ma con poca portata geografica. La maggior parte delle prove è limitata anche ai paesi dell'Europa occidentale, con la Scandinavia e l'Europa orientale meno rappresentate.^{16, 17} Un'altra limitazione importante è l'assenza di considerazione per le differenze demografiche, per cui i rischi differenziali tra i gruppi di età riportati in letteratura possono portare a variazioni degli effetti stimati sulla mortalità.³ Inoltre, le analisi precedenti non pongono questi importanti limiti alla progettazione e all'attuazione di efficaci strategie di sanità pubblica e di adattamento al clima.

L'obiettivo del presente studio è fornire una valutazione completa e coerente dell'attuale carico di mortalità associato alla temperatura non ottimale nella maggior parte delle città europee, caratterizzando le differenze nei rischi dovute alle distribuzioni locali dei fattori di vulnerabilità e alle distribuzioni demografiche. Approfittiamo di un ampio set di dati di serie temporali giornaliere di mortalità e temperatura per ricavare relazioni esposizione-risposta e mortalità in eccesso in 854 città in tutta Europa. La valutazione si basa su un quadro di modellazione avanzato che consente un'esplorazione approfondita delle differenze geografiche con la fornitura di rischi specifici per età ed effetti standardizzati per età per facilitare il confronto tra località e paesi. Il modello e i risultati possono essere applicati per le proiezioni nelle condizioni climatiche future, tenendo conto dei cambiamenti nella distribuzione per età e dei vari scenari socioeconomici, ed eventualmente essere utilizzati per progettare politiche di adattamento.

Metodi

Selezione delle città rappresentative

Abbiamo definito un elenco completo di città europee utilizzando il set di dati Urban Audit di Eurostat.¹⁸ Questo database include dati di 870 aree urbane europee superiori a 50 000 abitanti, sulla base del grado di metodologia di urbanizzazione.¹⁹ Da questo elenco di città, abbiamo escluso località remote all'estero con climi molto diversi da Francia, Spagna, Portogallo e Reykjavik (Islanda), ad esempio. Il campione finale comprendeva 854 città di 30 paesi (27 paesi nell'UE e in Norvegia, in Svizzera e nel Regno Unito).

Per una selezione di 232 città, siamo stati in grado di recuperare i conteggi giornalieri osservati di mortalità per tutte le cause o cause non accidentali (Codici International Classification of Diseases [ICD]-9 Codes 0-799 e ICD-10 Codes A00-R99) in periodi di sovrapposizione dal database del Multi-country Multi-city (MCC) Collaborative Research Network.^{1, 4} Le città I dati di mortalità giornalieri erano disponibili sia in serie all-age che in serie specifiche per età, con gruppi di età che differivano tra i paesi (appendice pp 3-6).

Inoltre, abbiamo recuperato le statistiche vitali annuali per tutte le 854 città dal set di dati di Eurostat.²⁰ Questi dati erano disponibili a vari livelli nidificati della Nomenclatura delle unità territoriali per le statistiche (NUTS). In particolare, abbiamo raccolto i tassi di mortalità grezzi e la struttura demografica dal corrispondente livello NUTS3 e l'aspettativa di vita dal livello NUTS2, per gruppi di età di 5 anni. Queste informazioni sono state utilizzate per ricostruire i conteggi di mortalità giornaliera previsti a livello di città e l'età media della morte per gruppi di età selezionati nel periodo 2000-20.

Abbiamo estratto serie giornaliere di temperatura media dell'aria a 2 m da terra per ciascuna delle 854 città per il periodo 1990-2019 dalla quinta generazione di European Reanalysis (ERA5)-Land dataset.²¹ ERA5-Land rappresenta uno dei prodotti di rianalisi del clima più avanzati e offre dati sulla superficie terrestre su una griglia globale con una risoluzione di circa 9 km. Il database ERA5-Land è stato trovato per fornire un proxy soddisfacente alle serie basate su station-^{22, 23} serie di temperatura sono state create facendo la media delle serie specifiche delle celle della griglia con centroidi all'interno dei confini spaziali di ogni città.

Abbiamo anche raccolto diverse variabili specifiche della città per differenziare i modelli di vulnerabilità tra le popolazioni urbane all'interno dell'Europa. Queste variabili sono state raccolte da più fonti e rappresentano varie caratteristiche socioeconomiche, ambientali, topografiche e infrastrutturali. Analogamente ai dati sulla mortalità e sulla popolazione, le variabili sono state definite facendo la media di tutti i valori disponibili nel 2000-20. In particolare, abbiamo raccolto informazioni su 22 caratteristiche (descritte nell'appendice pp7-9). La popolazione totale, la percentuale di popolazione di età superiore ai 65 anni, la densità di popolazione e la percentuale di famiglie monopersonali sono state estratte direttamente dal set di dati Urban Audit. Altre variabili non disponibili a livello di città sono state raccolte a livelli amministrativi più alti. Il

prodotto interno lordo è stato assegnato dal corrispondente NUTS3. Altri fattori tra cui l'aspettativa di vita alla nascita, il tasso di disoccupazione, il livello di istruzione, il tasso di privazione e i tassi di letti d'ospedale sono stati raccolti alla NUTS2. Inoltre, abbiamo derivato alcune variabili dalle misurazioni satellitari di telerilevamento e dai set di dati di rianalisi globale, tra cui l'indice di vegetazione a differenza normalizzata dallo strumento dello spettroradiometro di imaging a risoluzione moderata a bordo dei satelliti Terra e Aqua US National Aeronautics and Space Administration,²⁴ e abbiamo derivato variabili per le concentrazioni di particolato fine (PM_{2.5}) e Analogamente ai dati sulla temperatura, abbiamo estratto e fatto la media di tutti i pixel con centroidi all'interno dei confini della città. Infine, abbiamo derivato la media e l'intervallo della temperatura annuale direttamente dalla serie di temperatura descritta nella sezione precedente.

Stima del rischio specifico per città ed età

La valutazione dell'impatto sulla mortalità si basava su un quadro di modellazione avanzato in tre fasi. La modellazione completa e i dettagli computazionali sono forniti nell'appendice (p 10). Nella prima fase, abbiamo stimato i rischi legati alla temperatura nel sottoinsieme di 232 città con dati di mortalità giornaliera osservati attraverso un modello di regressione quasi-Poisson. Le funzioni di esposizione-risposta (ERF) tra temperatura e mortalità che rappresentano la non linearità e gli effetti ritardati sono state specificate con un modello non lineare di ritardo distribuito,²⁶ utilizzando una parametrizzazione precedentemente applicata in altre analisi multinazionali.¹ Il modello includeva anche termini indicatori per il giorno della settimana e una spline naturale di tempo con 7 gradi di libertà all'anno. Abbiamo escluso i dati per l'agosto 2003 dal modello perché i risultati erano sensibili all'eccezionale effetto di mortalità legato all'ondata di calore europea in alcune località.

In ogni città, il modello è montato su più serie specifiche per età, quando disponibili, o altrimenti sui singoli dati di mortalità per tutte le età. I gruppi di età, che variano tra i paesi (vedi appendice p 5), sono stati fusi quando necessario per garantire un conteggio minimo totale dei decessi di 5000 per evitare problemi di convergenza nella regressione della prima fase.²⁷ Pertanto, abbiamo ottenuto 577 serie di stime specifiche per età nelle 232 città. Abbiamo quindi estratto i coefficienti ridotti che rappresentano gli ERF cumulativi complessivi per ogni città e fascia di età.²⁸

Nella seconda fase, abbiamo prima raggruppato tutti i 577 coefficienti ERF in un modello di meta-regressione multivariata a misura ripetuta, con effetti casuali a livello di città assegnati a più osservazioni specifiche per età.²⁹ Il modello includeva termini fluidi per rappresentare gli effetti sull'età e termini di vulnerabilità compositi per catturare le differenze geografiche nei rischi di mortalità legati alla temperatura,

Per modellare le differenze di età, abbiamo prima attribuito un valore specifico a ciascuna fascia di età specifica della città. Questo valore corrispondeva all'età media di morte calcolata utilizzando tassi di mortalità specifici per l'età di 5 anni. Abbiamo creato una variabile di età continua, che è stata inclusa come termine lineare nel modello di meta-regressione. I termini di vulnerabilità compositi sono stati creati attraverso la riduzione parziale dei minimi quadrati (PLS)³¹ delle 22 caratteristiche specifiche della città. La procedura PLS ci ha permesso di combinare le informazioni da un numero elevato di variabili altamente correlate per definire un numero inferiore di componenti non correlati che possono essere facilmente integrati nel quadro di meta-analisi per districare le differenze geografiche nel rischio. Alla fine abbiamo incluso i primi quattro componenti PLS dopo una selezione basata sulla minimizzazione del criterio di informazione Akaike del modello di meta-regressione. Inoltre, abbiamo catturato le differenze spaziali negli ERF non spiegate dalle caratteristiche della città interpolando i residui dalla meta-regressione usando il kriging ordinario.³² Questa procedura ha creato un campo spaziale continuo di differenziali locali in vulnerabilità (appendice pp 20-23).

Abbiamo usato questi modelli come strumenti predittivi per estrapolare l'età e gli ERF specifici della città per l'intero set di 854 città. Le stime puntuali e la matrice di varianza o covarianza associata dei coefficienti ERF sono state calcolate come somma delle previsioni dal modello di meta-regressione, dati i valori di età specifici e le caratteristiche osservate ridotte a componenti PLS, più le deviazioni definite dal campo di kriging. Dagli ERF, abbiamo riportato rischi relativi al primo e al 99° percentile, nonché al percentile minimo di mortalità (MMP) e alla temperatura minima di mortalità (MMT). L'incertezza in MMT e MMP è stata valutata seguendo un metodo utilizzato in precedenza.³³

Valutazione dell'impatto sulla mortalità

In questa fase finale, abbiamo utilizzato il quadro descritto per prevedere gli ERF per cinque gruppi di età (20-44, 45-64, 65-74, 75-84 e ≥ 85 anni) per ciascuna delle 854 città. I

dati per le persone di età inferiore ai 20 anni sono stati esclusi dalla valutazione d'impatto a causa della bassa disponibilità e dell'elevata incertezza dei dati nei gruppi di età più giovani. Abbiamo anche previsto l'età media di morte specifica della città all'interno di ciascuna fascia di età, che è stata calcolata dai tassi di mortalità grezzi e dall'aspettativa di vita a 85 anni per la fascia di età più anziana. Per ogni città e fascia di età, abbiamo quindi calcolato il numero in eccesso di decessi dovuti al caldo e al freddo separatamente utilizzando un metodo standard.³⁴ Questi numeri sono stati poi divisi per la popolazione totale per calcolare il contributo di ogni fascia di età ai decessi in eccesso. Per confrontare l'impatto tra le località con distribuzioni demografiche potenzialmente diverse, abbiamo quindi calcolato i tassi di mortalità standardizzati come segue: il numero in eccesso di decessi è stato prima diviso per la popolazione per ottenere tassi di mortalità in eccesso specifici per età, che sono stati poi combinati in tassi di mortalità standardizzati calcolati per ogni città (utilizzando la popolazione standard europea del 2013 come riferimento).

L'incertezza nei decessi e nei tassi in eccesso è stata quantificata come CI empirici utilizzando simulazioni Monte Carlo, adattando un metodo precedentemente proposto per tenere conto delle dipendenze relative alla messa a pooling di rischi specifici della città.³⁴ In particolare, abbiamo fatto 1000 iterazioni Monte Carlo campionando direttamente dai coefficienti stimati e dalla matrice di varianza e covarianza. I dettagli sono forniti nell'appendice (p 24).

Ruolo della fonte di finanziamento

Il finanziatore dello studio non ha avuto alcun ruolo nella progettazione dello studio, nella raccolta dei dati, nell'analisi dei dati, nell'interpretazione dei dati o nella scrittura del rapporto.

Risultati

Le statistiche descrittive aggregate a livello di paese sono mostrate nella [tabella 1](#), incluso il sottoinsieme di 232 città MCC con serie di mortalità osservata utilizzate per stimare le associazioni di rischio (appendice p 6). La valutazione ha riguardato una popolazione di oltre 200 milioni di abitanti delle città dei 30 paesi. Il Lussemburgo è il

paese più piccolo con una sola città che rappresenta 91 239 persone, mentre il Regno Unito ha avuto la più grande rappresentanza con 135 città e più di 35 milioni di persone. La valutazione dell'impatto della mortalità ha incluso quasi 2 milioni di decessi che si verificano ogni anno nelle 854 città. I paesi rappresentano climi diversi all'interno dell'Europa, con temperature medie che vanno da 5·1°C (IQR -1·3 a 12·8) in Finlandia a 20·3°C (13·9 a 26·4) a Cipro.

Tabella 1 Statistiche descrittive di città selezionate per paese

Francia	72	18 (25%)	24 360 709	194 887	12·1 (da 7·2 a 16·8)
Germania	127	12 (9%)	28 937 024	310 577	10·0 (4·3 a 15·5)
Lussemburgo	1	0	91 239	647	9·7 (4·3 a 14·1)
Paesi Bassi	47	5 (11%)	7 387 464	63 222	10·7 (da 6·0 a 15·4)
Svizzera	12	8 (67%)	2 506 596	20 025	9·1 (da 2·9 a 14·8)
Europa orientale					
Bulgaria	18	0	3 232 248	46 878	11·8 (da 4·5 a 19·0)
Repubblica Ceca	18	3 (17%)	3 172 388	33 165	9·0 (da 2·4 a 15·4)
Ungheria	19	0	3 499 014	45 490	11·5 (4·1 a 19·0)

Le associazioni di esposizione-risposta aggregate per le diverse età, che rappresentano i rischi relativi di mortalità media (RR) in tutta Europa e rappresentate come percentili di temperatura utilizzando la distribuzione della temperatura media europea, sono mostrate nella [Figura 1A](#). Le curve mostrano la comune forma a J invertita, con un MMP moderatamente elevato e il rischio di mortalità che aumenta sia per le temperature più fredde che per quelle più calde. Le forme delle curve erano molto simili per i 65 anni e più, con le curve che diventavano più ripide all'aumentare dell'età. In particolare, gli RR correlati al freddo stimati al primo percentile rispetto all'MMP variavano da 1.21 (95% CI 1.17–1.26) per le persone di 65 anni a 1.36 (1.31–1.40) per le persone di 85 anni. L'RR correlato al calore al 99° percentile è aumentato da 1.21 (1.17–1.26) per le persone di 65 anni a 1.27 (1.23–1.32) per le persone di 85 anni. La curva prevista per le persone di età compresa tra 45 anni era molto più piatta rispetto a quelle di età pari o superiore a 65 anni, con un MMP inferiore e una leggera diminuzione del rischio di esposizione al freddo estremo, ma ancora un rischio associato al calore. Il cambiamento di MMP con l'età è mostrato nella [figura 1b](#), che suggerisce una tendenza crescente di MMP fino a raggiungere il 90° percentile di temperatura all'età di 70 anni. L'incertezza in MMP in età più giovane riflette il potere statistico inferiore in queste fasce di età.

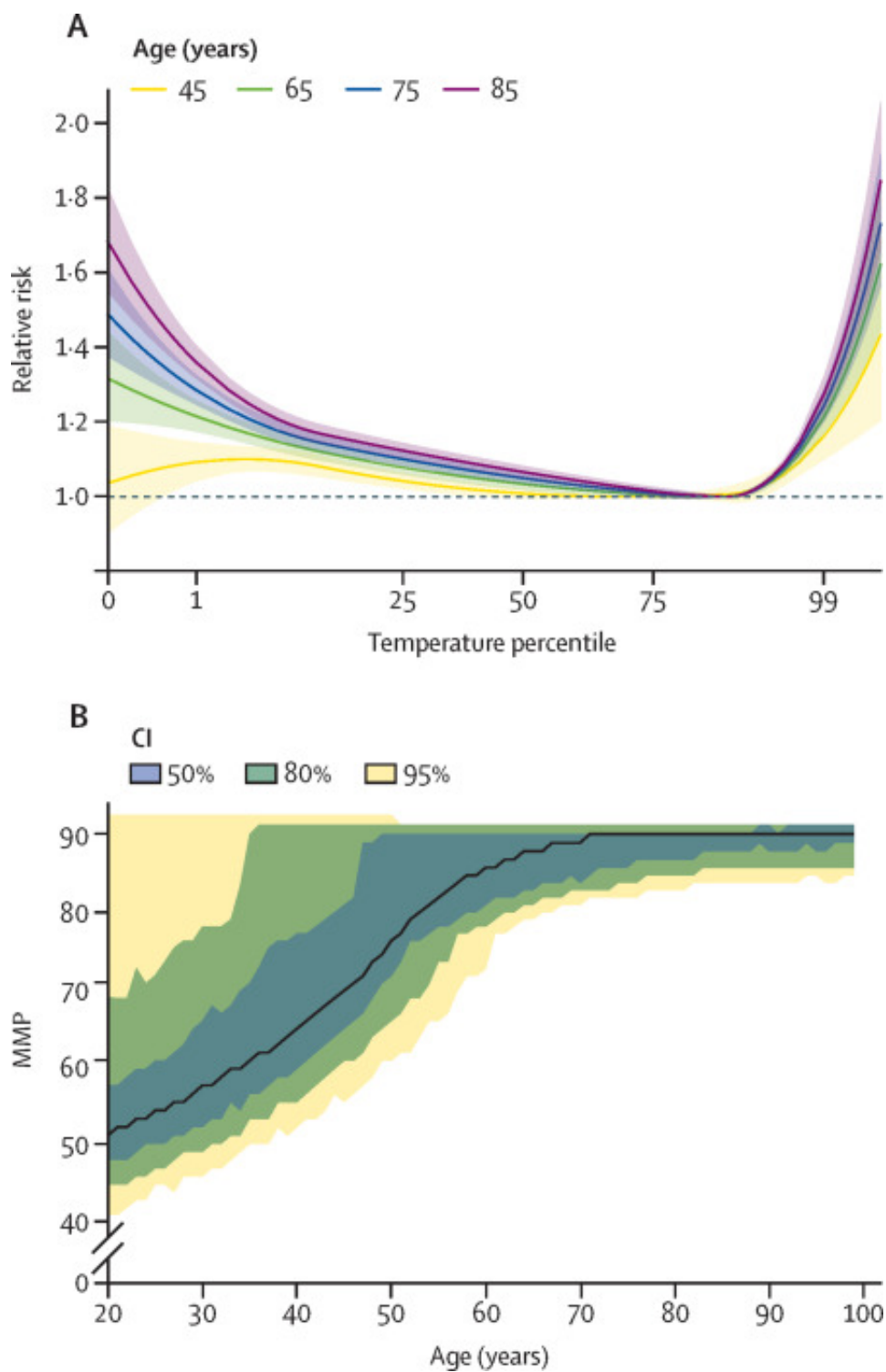


Figura 1 Effetto generale sull'età nel rischio previsto

Mostra la didascalia completa

(A) Rapporto complessivo cumulativo di esposizione/risposta previsto a diverse età. (B) MMP rispetto all'età. I nastri riempiti rappresentano diversi gradi di CI. MMP=percentivi minimi di mortalità.

Un confronto dei rischi specifici per età associati al freddo e al caldo nella capitale di ciascun paese è mostrato nella [figura 2](#), che mostra gli RR al primo e al 99° percentile rispetto al MMT calcolato per cinque diversi gruppi di età. La RR legata al freddo aumenta con l'età ed è leggermente più alta nei paesi settentrionali e meridionali rispetto ai paesi occidentali e orientali. Alti rischi per la fascia di età di 85 anni e più sono stati stimati a Londra (Regno Unito; RR di 2.05 [95% CI 1.82–2.32]), Dublino (Irlanda; 1.73 [1.66–1.81]) e La Valletta (Malta; 1.70 [1.52–1.91]). Anche gli RR correlati al calore hanno mostrato una tendenza crescente per età ed erano generalmente più bassi nella regione settentrionale. La città con i più alti RR correlati al calore in tutte le età è stata Parigi (Francia), con un RR di 1.60 (1.42–1.81) per la fascia di età di 85 anni e più.

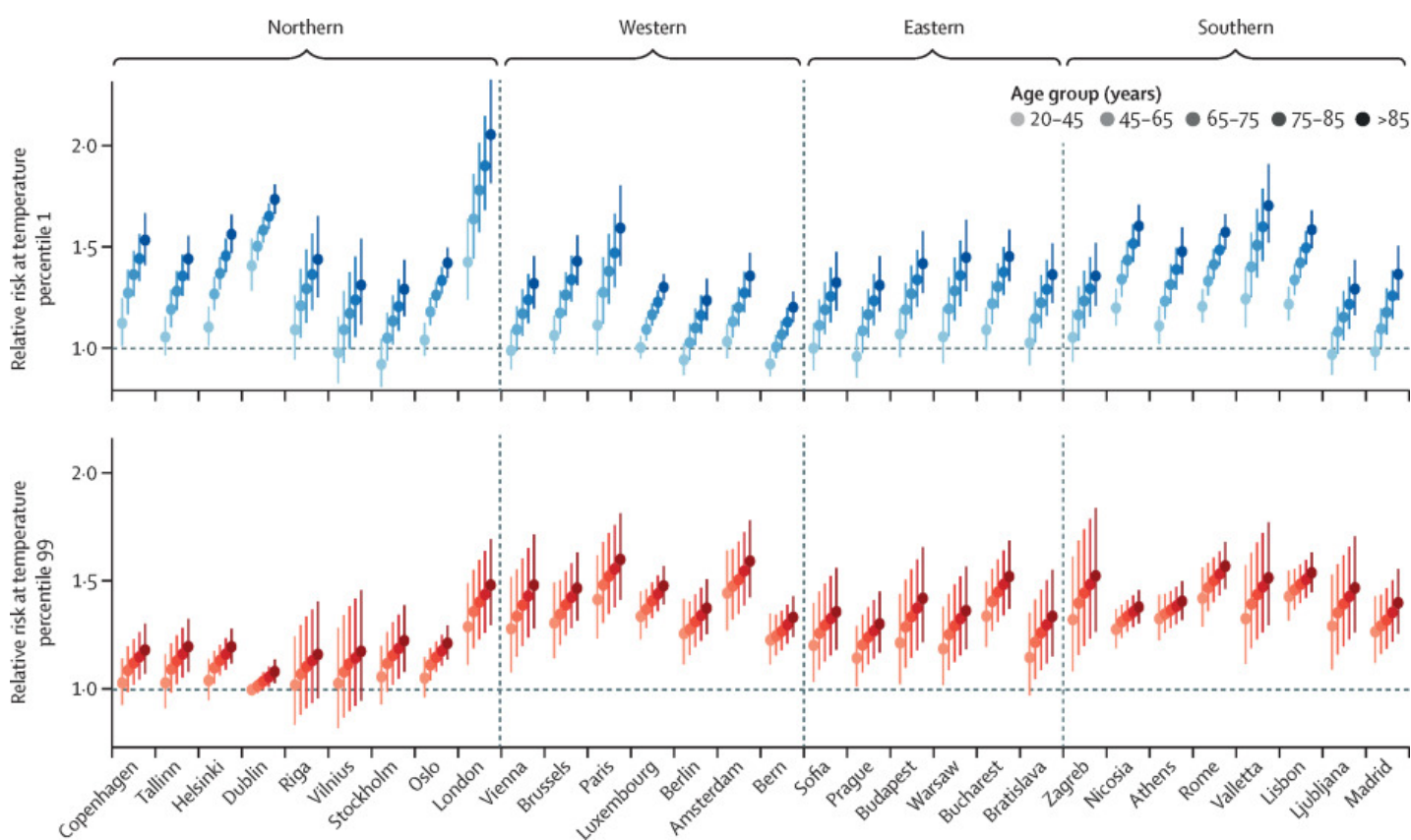


Figura 2 **Rischio** (primo percentile della temperatura, in blu) e calore (99° percentile della temperatura, in rosso) rischi relativi nelle capitali per cinque fasce d'età

✓ [Mostra la didascalia completa](#)

I rischi relativi sono previsti all'età media di morte per ciascun gruppo. Le separazioni corrispondono alla classificazione della regione M49.

[Visualizza l'immagine grande](#) | [Scarica l'immagine ad alta risoluzione](#) | [Download \(PPT\)](#)

Gli impatti sulla mortalità, quantificati come il numero in eccesso di decessi e frazioni, nonché i tassi standardizzati per 100 000 persone-anni, sono riportati nella [tabella 2](#). Nei 30 paesi, abbiamo stimato un eccesso medio annuo di 203 620 (IC empirico 95% 180 882 a 224 613) decessi dovuti al freddo e 20 173 (17 261 a 22 934) dovuti al calore, che ammontano a frazioni attribuibili rispettivamente del 70,01% (6,23 a 7,73) e dello 0,69% (dal 59 a 0,79). Quando segnalati come tassi di eccesso standardizzati, queste cifre corrispondono a 129 (114 a 142) e 13 (11-14) morti in eccesso per 100 000 persone-anni. [La figura 3](#) mostra i tassi di mortalità in eccesso grezzi suddivisi per fasce d'età a livello nazionale. Sia per il freddo che per il caldo, l'effetto è stato notevolmente maggiore per la fascia di età più anziana, con 82 (da 72 a 91) e sette (da sei a otto) morti in eccesso per 100 000 persone-anni. Questo eccesso rappresentava circa il 60% dell'onere totale sia per il freddo che per il caldo. Al contrario, c'era circa un decesso per 100 000 persone-anno nella fascia di età più giovane per il freddo, e meno di uno per 100 000 persone-anno per il caldo. L'impatto del freddo è importante ovunque, ma è generalmente più piccolo nella regione occidentale e più grande nelle regioni settentrionali e orientali, con un massimo di 240 (da 151 a 327) morti in eccesso per 100 000 persone-anno a causa del freddo in Lettonia. C'è una più ampia eterogeneità nell'effetto del calore, che è bassa nella regione settentrionale, ad eccezione della Lettonia e della Lituania, e molto più alta nella regione meridionale, con un massimo di 37 (25 a 49) morti in eccesso per 100 000 persone-anni in Croazia.

Tabella 2 Numero annuo in eccesso di decessi a livello nazionale, frazioni attribuibili e tassi grezzi e standardizzati per età per il freddo e il calore per la popolazione di età pari o superiore a 20 anni

	142)	1763)	1007)	029)	101)
Europa occidentale					
Austria	1586 (845-2228)	215 (158 a 273)	4.97 (2.65 a 6.98)	0.67 (0.49 a 0.86)	81 (dal 43 al 114)
Belgio	2093 (dal 1422 al 2763)	247 (a "a 298)	4.48 (3.04 a 5.92)	0.53 (0.42 a 0.64)	85 (58 a 113)
Francia	17 730 (12 da 790 a 21 886)	1388 (da 1107 a 1653)	5.96 (4.30 a 7.35)	0.47 (0.37 a 0.56)	99 (dal 71 al 122)
Germania	19 728 (13 778 a 25 405)	2886 (da 2380 a 3410)	4.37 (da 3.05 a 5.63)	0.64 (0.53 a 0.76)	84 (59 a 109)
Lussemburgo	46 (a 27 a 64)	6 (4 a 7)	4.76 (da 2.80 a 6.63)	0.59 (0.44 a 0.73)	66 (39 a 91)
Paesi Bassi	3419 (1463 a 5258)	479 (346 a 601)	3.68 (1.58 a 5.67)	0.52 (0.37 a 0.65)	61 (61 a 93)

[Apri la tabella in una nuova scheda](#)

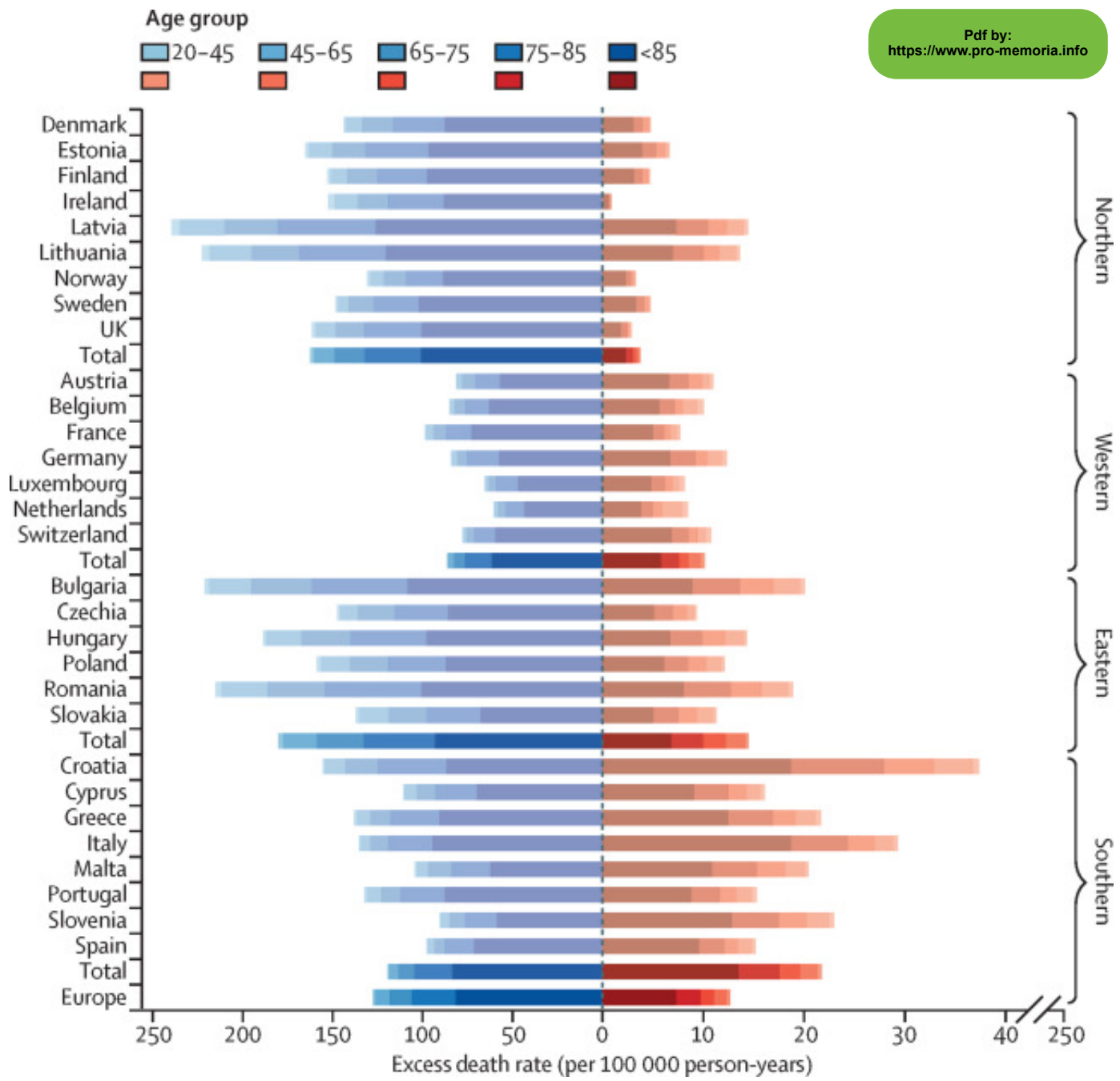


Figura 3 tassi di mortalità grezza annuale a livello nazionale a livello di freddo (in blu) e di calore (in rosso) suddivisi per fascia di età

[Visualizza l'immagine grande](#) | [Scarica l'immagine ad alta risoluzione](#) | [Download \(PPT\)](#)

La distribuzione geografica completa degli effetti della temperatura tra le 854 città è mostrata nella [figura 4](#). L'MMP e l'MMT mostrano un gradiente complessivo nord-sud ma in direzioni opposte, con l'MMP che diminuisce senza intoppi e l'MMT che aumenta man

mano che le distribuzioni della temperatura diventano più calde, anche se con eccezioni locali. L'MMP va dal 68° percentile in Ferrol e San Sebastián (Spagna), con valori complessivi bassi nell'Europa mediterranea, al 96° percentile in diverse città del Regno Unito e dell'Irlanda. Le MMT vanno da 14·5°C (IC empirico 95% 14·1–15·0) ad Aberdeen (UK) a 27·2°C (27·0–27·8) a Nicosia (Cipro).

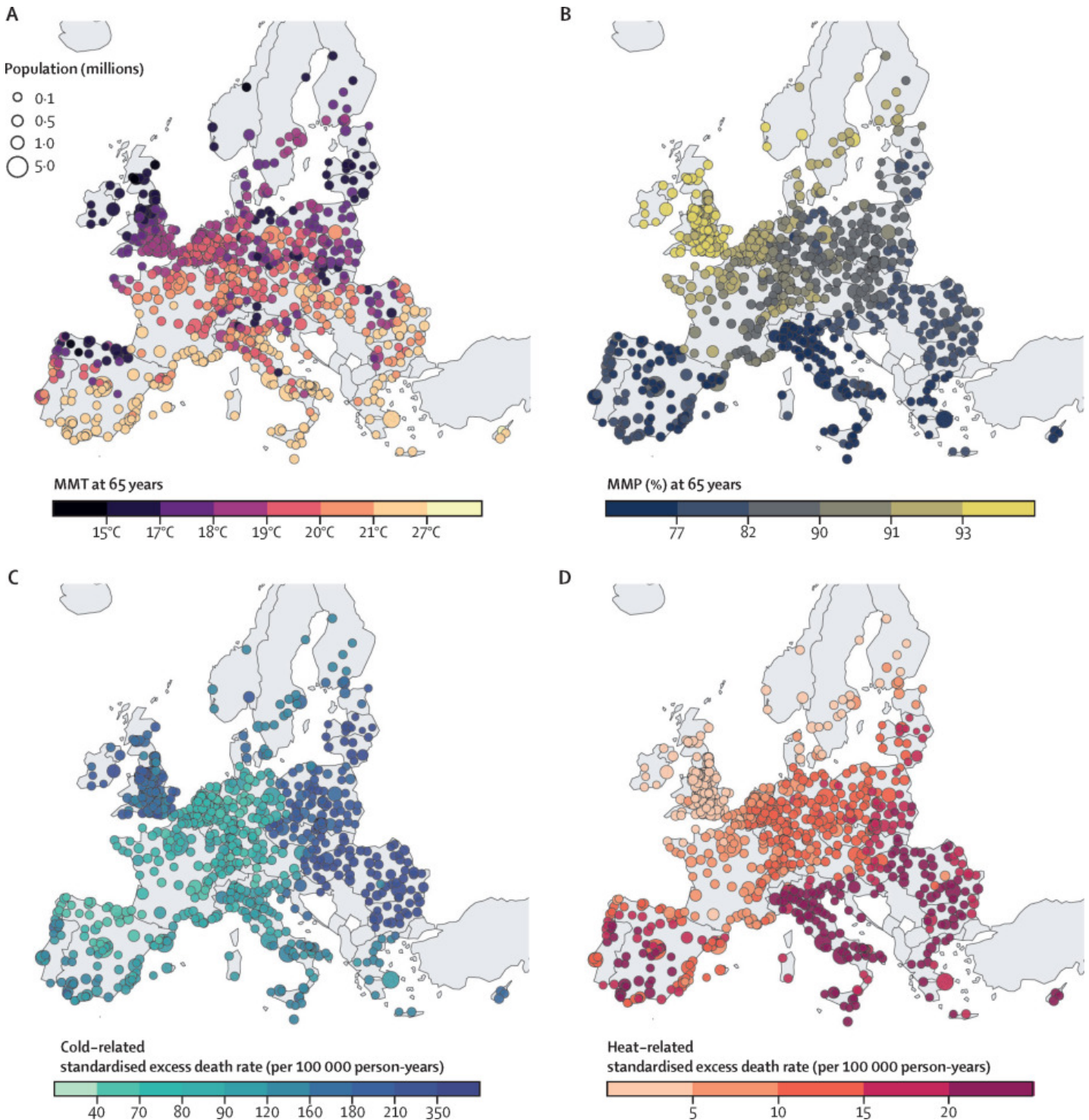


Figura 4 Mappe degli impatti annuali del freddo e del caldo sulla mortalità nelle città europee

✓ [Mostra la didascalia completa](#)

MMT (A) e MMP (B) previsti all'età di 65 anni e standardizzati i tassi di mortalità in eccesso per il calore (C) e il freddo (D). MMP= percentili minimi di mortalità. MMT=temperatura minima di mortalità.

[Visualizza l'immagine grande](#) | [Scarica l'immagine ad alta risoluzione](#) | [Download \(PPT\)](#)

I tassi di mortalità in eccesso standardizzati legati al freddo e al calore sono mostrati nella [figura 4](#) a livello di città e nella [tabella 2](#) a livello di paese. Questi riassunti standardizzati dei rischi tengono conto delle differenze demografiche e forniscono un confronto geografico più equo rispetto ai tassi di mortalità in eccesso grezzo. I tassi di eccesso standardizzati legati al freddo sono importanti nei paesi più orientali, nel Regno Unito e in Irlanda, con un massimo di 353 (IC empirico 95% 272-429) decessi per 100 000 persone-anno a Vidin (Bulgaria). Per quanto riguarda gli effetti legati al calore, c'era un chiaro gradiente nord-ovest-sud-est, con tassi di eccesso standardizzati relativamente piccoli in Irlanda e nel Regno Unito, ma grandi tassi di eccesso standardizzati nei paesi del sud-est. Il più alto tasso di mortalità in eccesso standardizzato legato al calore è stato di 58 (737-76) per 100 000 persone-anni a Osijek (Croazia). I tassi standardizzati legati al calore erano simili nella regione orientale rispetto alla regione meridionale (vedi [tabella 2](#)), mentre i decessi in eccesso nella [figura 3](#) erano maggiori nei paesi del sud (poiché la popolazione era generalmente più anziana). C'era qualche suggerimento di un leggero effetto costiero, con maggiori effetti legati al freddo e minori legati al calore in località vicine al mare rispetto ai loro vicini nell'entroterra. Tutti questi modelli riflettono i contributi delle caratteristiche city-level, combinati in indici compositi di vulnerabilità inclusi nel modello di meta-regressione second-stage (appendice pp 16-19).

Discussione

Questo studio fornisce una valutazione completa dell'impatto sulla mortalità relativa alle temperature non ottimali nella popolazione urbana d'Europa valutando i rischi e gli

impatti in 854 città del continente. I risultati hanno indicato grandi differenze di vulnerabilità tra le età e una bassa vulnerabilità al freddo per le età più giovani, indicate da MMP più bassi e una funzione di esposizione-risposta più piatta ai percentili più bassi. Anche la vulnerabilità al calore aumentava con l'età, anche se la differenza era meno ripida che per il freddo, suggerendo che l'effetto del calore influenzava tutte le età in modo più omogeneo. Nel complesso, la popolazione di età superiore agli 85 anni ha contribuito a circa il 60% del carico totale di mortalità.

Standardizzando per le differenze di età, abbiamo trovato sostanziali differenze di vulnerabilità tra le regioni. In particolare, ci sono stati maggiori impatti sia del freddo che del caldo nell'Europa orientale, con paesi come la Croazia, la Bulgaria e la Romania che mostrano una maggiore vulnerabilità rispetto ai paesi dell'Europa occidentale. L'eccesso di mortalità era generalmente più basso nell'Europa occidentale che nelle altre regioni, tra cui l'Europa settentrionale e meridionale, ad eccezione di alcune città molto grandi come Londra (Regno Unito) e Parigi (Francia). I paesi del nord hanno mostrato i rischi più bassi per il calore, ma anche una vulnerabilità relativamente bassa al freddo data l'esposizione molto più elevata alle basse temperature, suggerendo una capacità di adattamento ai climi freddi rigidi, soprattutto rispetto ai paesi della regione orientale. Abbiamo anche trovato impatti associati al calore nelle località mediterranee, anche se questo impatto è stato inferiore quando sono state contabilizzate le differenze di età. Alcune differenze all'interno del paese possono anche essere notate, in particolare nel MMT, legate alle variazioni del clima locale e agli effetti delle isole di calore urbane.

Le disparità osservate nella vulnerabilità al caldo e al freddo potrebbero essere associate a una serie di fattori, tra cui il clima locale, gli effetti delle isole di calore urbane, l'accesso all'assistenza sanitaria o la copertura del suolo (ad esempio, l'accessibilità dell'acqua o degli alberi). Studi precedenti hanno trovato associazioni tra vulnerabilità al calore e alle aree verdi, PM2, densità di popolazione o disuguaglianze economiche.^{6, 35} Gli indici compositi di vulnerabilità creati in questo studio suggeriscono anche una modifica dell'effetto delle dimensioni della città, la vicinanza all'acqua e alle aree verdi e le disuguaglianze socioeconomiche (appendice p 18). Tuttavia, ci sono ancora poche prove sui modificatori di effetto e questo richiede ulteriori ricerche.³ L'interazione altamente complessa tra vari fattori di solito non viene contabilizzata e un metodo come PLS non consente di trarre conclusioni per i singoli fattori.

Un punto di forza importante del nostro studio è stata la fornitura di stime dettagliate dell'impatto con una copertura della città senza precedenti. A differenza delle valutazioni passate incentrate esclusivamente sul calore estremo,^{36, 37} la nostra analisi ha quantificato i rischi attraverso l'intero spettro delle temperature non ottimali. Abbiamo fornito stime locali dell'eccesso di mortalità in un campione rappresentativo di oltre 800 città in tutta Europa, rispetto alle precedenti analisi regionali o a livello nazionale,^{5, 38} estendendo anche la valutazione alla Scandinavia e all'Europa orientale. La caratterizzazione degli ERF si è basata sull'applicazione di modelli statistici all'avanguardia alle serie giornaliere effettive di mortalità e temperatura e non dedotta da dati esterni.³⁸

Rispetto ad altre valutazioni d'impatto sulla mortalità pubblicate,^{1, 2, 5, 37, 38} uno dei vantaggi più importanti di questo studio è la fornitura di misure di rischio multiple, compresi i tassi di mortalità in eccesso standardizzati. La standardizzazione rimuove le differenze demografiche tra località e paesi, offrendo così un confronto geografico omogeneo degli impatti della mortalità. In effetti, l'analisi conferma che l'età è un importante fattore di rischio, come dimostrato dal confronto tra gli ERF aggregati specifici per età. I risultati mostrano che le differenze nelle strutture della popolazione tra le località alterano notevolmente il quadro di vulnerabilità. Questo risultato è stato dimostrato, ad esempio, dal maggiore impatto relativo del calore riscontrato nell'Europa orientale una volta che i tassi di eccesso standardizzati sono stati utilizzati come misura del rischio.

Più in generale, questo studio ha beneficiato di altre importanti estensioni metodologiche delle analisi standard multi-location. Il quadro statistico si basava su tecniche flessibili per definire e raggruppare i complessi ERF di temperatura-mortalità,^{26, 29} applicati nelle analisi precedenti.^{1, 2} Questi metodi possono rappresentare aspetti fini delle associazioni, come gli effetti non lineari e ritardati del caldo e del freddo, e identificare le temperature ottimali. Tuttavia, il quadro di modellazione è esteso qui per caratterizzare le differenze di vulnerabilità tra le città attraverso diverse caratteristiche socioeconomiche, infrastrutturali e ambientali delle aree urbane. Gli studi precedenti hanno presentato semplici relazioni in pool,⁵ hanno analizzato la modifica dell'effetto da singole caratteristiche,⁶ o hanno incluso una piccola serie di fattori specifici della posizione^{2, 38} che possono essere insufficienti per catturare le differenze di vulnerabilità

al freddo o al calore. Al contrario, abbiamo applicato una nuova metodologia basata sulla riduzione PLS di una lunga lista di caratteristiche specifiche della città, permettendoci di identificare i modelli di vulnerabilità latenti. I modelli di vulnerabilità latente identificati includevano l'aumento del rischio correlato al calore nelle grandi conurbazioni o le differenze negli effetti del freddo tra le aree costiere mediterranee e atlantiche. Infine, abbiamo incluso un'ulteriore componente spaziale attraverso una procedura di kriging per catturare modelli spaziali residui che non erano ben rappresentati dagli indicatori di vulnerabilità compositi.

Oltre alla quantificazione dei rischi e degli impatti attuali, questo studio fornisce un progetto per la proiezione dei futuri impatti sulla salute legati alla temperatura in scenari di cambiamento climatico. Poiché si prevede che il cambiamento climatico aumenterà l'onere delle giornate calde e aggiungerà eventi di freddo e calore senza precedenti ad alti rischi di causare decessi, questi risultati consentono una rappresentazione accurata dei rischi causati dai cambiamenti di temperatura.³⁹ L'integrazione delle caratteristiche di età e vulnerabilità direttamente nel quadro di modellazione consente l'estrapolazione di ERF su misura per scenari potenzialmente complessi. Questi possono includere una combinazione di percorsi climatici, demografici e socioeconomici e il loro confronto può offrire prove quantitative dei potenziali benefici delle strategie di adattamento alternative.

Una serie di limitazioni del nostro studio devono essere riconosciute. Questa valutazione si è basata sull'estrapolazione geografica dei ERF tra le città europee. Anche se la loro caratterizzazione si basa su un ampio sottoinsieme di città con serie giornaliere effettive di temperatura e mortalità, non possiamo escludere previsioni distorte, specialmente in aree meno coperte come l'Europa orientale. I risultati in queste aree possono essere abbastanza variabili a seconda di alcune scelte di modellazione, come il numero di componenti PLS. Inoltre, i modelli spaziali residui identificati dalla procedura di kriging, sebbene piccoli se confrontati con la gamma di differenze catturate dai componenti PLS nella meta-regressione del secondo stadio, suggeriscono che il modello predittivo non caratterizza pienamente le differenze di vulnerabilità al caldo e al freddo in tutte le città. Sono necessarie ulteriori ricerche per valutare la metodologia utilizzata in questo studio, migliorare l'estrapolazione del rischio del secondo stadio e districare la modifica dell'effetto in base alle caratteristiche individuali.

Ci sono altre limitazioni per quanto riguarda l'approccio di modellazione. Le stime del primo stadio possono essere imprecise in presenza di bassi conteggi complessivi di decessi.²⁷ Pertanto, non siamo stati in grado di stimare in modo affidabile gli ERF per le persone di età inferiore ai 20 anni e avevamo bisogno di quantificare gli effetti della temperatura su grandi fasce di età per questi gruppi. Inoltre, il quadro di modellazione fornisce stime medie dei rischi e degli effetti legati alla temperatura nel periodo di studio, senza tenere conto delle variazioni temporali precedentemente riportate⁴⁰ o della stagionalità entro l'anno della mortalità. Infine, ci sono alcune limitazioni nei dati. Le informazioni sono state raccolte da varie fonti con diverse risoluzioni geografiche e alcune variabili specifiche della città sono state derivate da database regionali (NUTS2), che di solito comprendono diverse città. I dati sulla temperatura sono stati estratti dal set di dati ERA5-Land e collegati ai conteggi di mortalità specifici della città; tuttavia, non abbiamo potuto esplorare le differenze intra-city in materia di esposizione e vulnerabilità.

In conclusione, questo studio fornisce un quadro dettagliato e completo dell'eccesso di mortalità correlata al freddo e al calore in 854 città in tutta Europa, tenendo conto delle differenze demografiche e di vulnerabilità. Questi risultati forniscono informazioni preziose per i responsabili politici per progettare politiche climatiche e di sanità pubblica nazionali, regionali e locali e rappresentano un primo passo importante verso valutazioni accurate degli impatti sulla salute legati alla temperatura nell'ambito di scenari climatici futuri e percorsi socioeconomici condivisi per l'Europa.

Rete di ricerca collaborativa MCC

Souzana Achilleos (Dipartimento di cure primarie e salute della popolazione, Scuola medica dell'Università di Nicosia, Nicosia, Cipro), Jan Kyselý (Istituto di fisica atmosferica, Accademia delle scienze della Repubblica Ceca, Praga, Repubblica Ceca), Ene Indermitte (Dipartimento di medicina di famiglia e salute pubblica, Università di Tartu, Tartu e Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece), Klea Katsouyanni (School of Population Health and Environmental Sciences, King's College, Londra, UK), Patrick Goodman (Technological University Dublin, Dublin, Ireland), Ariana Zeka (Institute for the Environment, Brunel University London, London, UK), Paola Michelozzi

(Department of Epidemiology, Iulian-Horia Holobaca (Facoltà di Geografia, Università Babes-Bolyai, Cluj-Napoca, Romania), Aurelio Tobias (Istituto di Valutazione Ambientale e Ricerca Idrica, Consiglio Spagnolo per la Ricerca Scientifica, Barcellona, Spagna), Carmen Íñiguez (Dipartimento di Statistica e Ricerca Computazionale, Universitat de València, Spagna),

Progetto ESAURIMENTO

Sofia Zafeiratou (Dipartimento di Igiene ed Epidemiologia, Scuola di Medicina dell'Università di Atene, Atene, Grecia), Liliana Vazquez Fernandez (Istituto norvegese di sanità pubblica, Oslo, Norvegia), Ana Monteiro (Università di Porto, Porto, Portogallo), Masna Rai e Siqi Zhang (Istituto di epidemiologia, Helmholtz Zentrum München—Centro di ricerca tedesco per la salute

Collaboratori

PM, AG e AM-VC hanno sviluppato l'analisi, implementata da PM e AG. PM e AG hanno scritto le versioni iniziali del manoscritto. PM e MM hanno estratto i dati da Eurostat e MM hanno estratto i dati di telerilevamento da Copernicus e Google Earth Engine. HO, AU, SB, VH, AS, ES, MS, FdD, SR e il resto della rete di ricerca collaborativa MCC hanno fornito dati sulla mortalità. Tutti gli autori hanno contribuito all'interpretazione dei risultati attraverso la circolazione precoce dei risultati dell'analisi e dell'output grafico provvisorio, nonché alla revisione e all'approvazione del manoscritto. PM, MM e AG hanno avuto accesso e verificato il set di dati completo. PM e AG erano responsabili della decisione di presentare il manoscritto dopo aver consultato tutti gli autori elencati. Tutti gli autori hanno visto e approvato la pubblicazione finale.

Condivisione dei dati

Le funzioni exposure-response derivate in questa analisi, i risultati completi e i dati intermedi sono disponibili pubblicamente in un repository Zenodo

(<https://doi.org/10.5281/zenodo.7672108>). Il codice R associato per riprodurre l'analisi è disponibile nella pagina GitHub dell'autore corrispondente (<https://github.com/pierremasselot>). I dati sulla mortalità sono stati ottenuti attraverso un accordo di utilizzo limitato dei dati con ciascun istituto nazionale e non sono pertanto disponibili per la diffusione pubblica.

Dichiarazione di interessi

Non dichiariamo interessi concorrenti.

Ringraziamenti

Lo studio è stato finanziato dal Medical Research Council del Regno Unito (MR/V034162/1 e MR/R013349/1), dal Natural Environment Research Council UK (NE/R009384/1), dall'Uo Orizzonte 2020 dell'UE (820655) e dal Centro comune di ricerca dell'UE (JRC/SVQ/2020/MVP/1654). AU e JK sono stati sostenuti dalla Czech Science Foundation (22–24920S). VH ha ricevuto finanziamenti dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'UE nell'ambito dell'accordo di sovvenzione Marie Skłodowska-Curie (101032087).

Materiale supplementare



[Scarica .pdf \(3,23 MB\)](#)

Appendice supplementare

[Aiuto con i file pdf](#)

Riferimenti

1. Gasparrini A • Guo Y • Hashizume M • et al.

Rischio di mortalità attribuibile a temperatura ambiente elevata e bassa: uno studio osservazionale multinazionale.

Lancet. 2015; **386**: 369-375

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(26\)](#) • [PubMed](#) • [Riepilogo](#) • [Testo completo](#) • [Testo completo PDF](#) • [Google Scholar](#)

2. Zhao Q • Guo Y • Ye T • et al.

Onere di mortalità globale, regionale e nazionale associato a temperature ambiente non ottimali dal 2000 al 2019: uno studio di modellazione in tre fasi.

Lancet Planet Health. 2021; **5**: e415-e425

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(150\)](#) • [PubMed](#) • [Riepilogo](#) • [Testo completo](#) • [Testo completo PDF](#) • [Google Scholar](#)

3. Figlio J-Y • Liu JC • Bell ML

Mortalità correlata alla temperatura: una revisione sistematica e un'indagine dei modificatori di effetto.

Environ Res Lett. 2019; **14073004**

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(88\)](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

4. Gasparrini A • Guo Y • Sera F • et al.

Proiezioni dell'eccesso di mortalità correlato alla temperatura in scenari di cambiamento climatico.

Lancet Planet Health. 2017; **1**: e360-e367

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(404\)](#) • [PubMed](#) • [Riepilogo](#) • [Testo completo](#) • [Testo completo PDF](#) • [Google Scholar](#)

5. Martínez-Solanas È • Quijal-Zamorano M • Achebak H • et al.

Proiezioni della mortalità attribuibile alla temperatura in Europa: un'analisi di serie temporali di 147 regioni contigue in 16 paesi.

Lancet Planet Health. 2021; **5**: e446-e454

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(35\)](#) • [PubMed](#) • [Riepilogo](#) • [Testo completo](#) • [Testo completo PDF](#) • [Google Scholar](#)

6. Sera F • Armstrong B • Tobias A • et al.

Come le caratteristiche urbane influenzano la vulnerabilità al caldo e al freddo: un'analisi multi-country.

Int J Epidemiol. 2019; **48**: 1101-1112

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(98\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

7. Nieuwenhuijsen MJ

Pianificazione urbana e dei trasporti, esposizioni ambientali e salute: nuovi concetti, metodi e strumenti per migliorare la salute nelle città.

Salute dell'ambiente. 2016; **15**: 38

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(175\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

8. Dijkstra L • Poelman H

Città in Europa: la nuova definizione OCSE-CE.

Commissione europea, gennaio, 2012

<https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/oecd-definition-of-functional-urban-area-fua>

Data di accesso: 20 febbraio 2023

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Google Scholar](#)

9. Oleson KW • Monaghan A • Wilhelmi O • et al.

Interazioni tra urbanizzazione, stress da calore e cambiamento climatico.

Cambio Di Clima. 2015; **129**: 525-541

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(220\)](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

10. Tong S • Prior J • McGregor G • Shi X • Kinney P

Calore urbano: una minaccia crescente per la salute globale.

BMJ. 2021; **375n2467**

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[PubMed](#) • [Google Scholar](#)

11. Bennett JE • Blangiardo M • Fecht D • Elliott P • Ezzati M

Vulnerabilità agli effetti di mortalità della temperatura calda nei distretti di Inghilterra e Galles.

Nat Clim Chang. 2014; 4: 269-273

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(49\)](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

12. Ragettli MS • Vicedo-Cabrera AM • Schindler C • Röösli M

Esplorare l'associazione tra calore e mortalità in Svizzera tra il 1995 e il 2013.

Environ Res. 2017; **158**: 703-709

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(65\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

13. Martínez-Solanas È • Basagaña X

Cambiamenti temporali della mortalità legata alla temperatura in Spagna e effetto dell'attuazione di un piano di prevenzione della salute del calore.

Environ Res. 2019; **169**: 102-113

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(31\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

14. Huber V • Krumpalauer L • Peña-Ortiz C • et al.

Mortalità in eccesso legata alla temperatura nelle città tedesche a 2°C e gradi più elevati di riscaldamento globale.

Environ Res. 2020; 186109447

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(22\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

15. Zafeiratou S • Analitis A • Founda D • et al.

Variabilità spaziale nell'effetto dell'alta temperatura ambiente sulla mortalità: un'analisi a livello comunale all'interno della grande area di Atene.

Int J Environ Res Public Health. 2019; 163689

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(13\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

16. Orru H Åström • DO

Aumento della mortalità per cause esterne a causa di temperature elevate e basse: prove dall'Europa nord-orientale.

Int J Biometeorol. 2017; **61**: 963-966

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(17\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

17. Oudin Åström D • Ebi KL • Vicedo-Cabrera AM • Gasparrini A

Indagare sui cambiamenti della mortalità attribuibili al caldo e al freddo a Stoccolma, Svezia.

Int J Biometeorol. 2018; **62**: 1777-1780

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(29\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

18. Eurostat

Città (Urban Audit).

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/cities/background>

Data di accesso: 13 dicembre 2021

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Google Scholar](#)

19. Eurostat

Applicare il grado di urbanizzazione: un manuale metodologico per definire città, paesi e aree rurali per confronti internazionali. Edizione 2021.

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-02-20-499>

Data di accesso: 11 novembre 2022

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Google Scholar](#)

20. Eurostat

Regioni.

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/regioni/background>

Data di accesso: 14 dicembre 2021



21. Muñoz-Sabater J • Dutra E • Agustí-Panareda A • et al.

ERA5-Land: un set di dati di rianalisi globale all'avanguardia per le applicazioni del suolo.

Earth Syst Sci Data. 2021; **13**: 4349-4383

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(539\)](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

22. Mistry MN • Schneider R • Masselot P • et al.

Confronto dei dati della stazione meteorologica e della rianalisi del clima per modellare la mortalità correlata alla temperatura.

Sci Rep. 2022; 125178

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Google Scholar](#)

23. van Buuren S

Imputation multipla di dati discreti e continui mediante specifica completamente condizionale.

Metodi statistici Med Res. 2007; **16**: 219-242

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(1827\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

24. Didan K

MOD13Q1. MODIS/Terra vegetation indices 16-day L3 global 250m SIN grid V006.

<https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v006/>

Data di accesso: 16 dicembre 2021

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Google Scholar](#)

25. van Donkelaar A • Martin RV • Brauer M • et al.

Stima globale del particolato fine utilizzando un metodo combinato geofisico-statistico con informazioni provenienti da satelliti, modelli e monitor.

Environ Sci Technol. 2016; **50**: 3762-3772

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(797\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

26. Gasparrini A • Armstrong B • Kenward MG

Modelli non lineari di ritardo distribuito.

Stat Med. 2010; **29**: 2224-2234

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(1243\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

27. Armstrong BG • Gasparrini A • Tobias A • Sera F

Problemi di dimensione del campione nelle regressioni di serie temporali dei conteggi sulle esposizioni ambientali.

BMC Med Res Methodol. 2020; **20**: 15

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(13\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

28. Gasparrini A • Armstrong B

Ridurre e meta-analizza le stime da modelli non lineari a lag distribuito.

BMC Med Res Methodol. 2013; **13**: 1

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(237\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

29. Sera F • Armstrong B • Blangiardo M • Gasparrini A

Un quadro esteso di effetti misti per la meta-analisi.

Stat Med. 2019; **38**: 5429-5444

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(78\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

30. Commissione statistica delle Nazioni Unite

Codici nazionali o di zona standard per uso statistico (M49).

<https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/#fn1>

Data di accesso: 24 novembre 2021

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Google Scholar](#)

31. Wold S • Sjöström M • Eriksson L

PLS-regressione: uno strumento di base della chemiometria.

Chemom Intell Lab Syst. 2001; **58**: 109-130

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(7103\)](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

32. Cressie NAC

Previsione spaziale e kriging.

in: *Statistiche per i dati spaziali.* John Wiley & Sons, New York, NY1993: 105-209

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Crossref](#) • [Google Scholar](#)

33. Tobías A • Hashizume M • Honda Y • et al.

Variazioni geografiche della temperatura minima di mortalità su scala globale: uno studio multinazionale.

Environ Epidemiol. 2021; **5**: e169

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(17\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

34. Gasparrini A • Leone M

Rischio attribuibile dai modelli di ritardo distribuito.

BMC Med Res Methodol. 2014; **14**: 55

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(364\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

35. Bakhtsiyarava M • Schinasi LH • Sánchez BN • et al.

Modifica della mortalità umana correlata alla temperatura in base alle caratteristiche socioeconomiche e demografiche a livello di area nelle città latinoamericane.

Soc Sci Med. 2023; **317**:115526

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(1\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

36. Gasparrini A • Masselot P • Scortichini M • et al.

Valutazione delle piccole aree dei rischi di mortalità correlati alla temperatura in Inghilterra e Galles: un'analisi di serie temporali di casi.

Lancet Planet Health. 2022; **6**: e557-e564

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(14\)](#) • [PubMed](#) • [Riepilogo](#) • [Testo completo](#) • [Testo completo PDF](#) • [Google Scholar](#)

37. Forzieri G • Cescatti A • E Silva FB • Feyen L

Aumento del rischio nel tempo di pericoli legati al tempo per la popolazione europea: uno studio prognostico basato sui dati.

Lancet Planet Health. 2017; **1**: e200-e208

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(161\)](#) • [PubMed](#) • [Riepilogo](#) • [Testo completo](#) • [Testo completo PDF](#) • [Google Scholar](#)

38. Burkart KG • Brauer M • Aravkin AY • et al.

Stima dei rischi relativi causa-specifici della temperatura non ottimale sulla mortalità giornaliera: un approccio di modellazione in due parti applicato al Global Burden of Disease Study.

Lancet. 2021; **398**: 685-697

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(77\)](#) • [PubMed](#) • [Riepilogo](#) • [Testo completo](#) • [Testo completo PDF](#) • [Google Scholar](#)

39. Vicedo-Cabrera AM • Sera F • Gasparrini A

Tutorial pratico su un quadro di modellazione per le proiezioni degli impatti dei cambiamenti climatici sulla salute.

Epidemiologia. 2019; **30**: 321-329

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(67\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

40. Gasparrini A • Guo Y • Hashizume M • et al.

Variazione temporale nelle associazioni calore-mortalità: uno studio multinazionale.

Environ Health Perspect. 2015; **123**: 1200-1207

[Visualizza nell'articolo](#) ^

[Scopus \(268\)](#) • [PubMed](#) • [Crossref](#) • [Google Scholar](#)

Pdf by:
<https://www.pro-memoria.info>

Informazioni sull'articolo

Cronologia delle pubblicazioni

Pubblicato: 16 marzo 2023

Identificazione

DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(23\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00023-2)

Diritto d'autore

© 2023 Gli Autori. Pubblicato da Elsevier Ltd.

Licenza utente

[Creative Commons Attribution \(CC BY 4.0\)](#) | [Come puoi riutilizzare](#) 

Accedi a questo articolo su ScienceDirect

Cifre

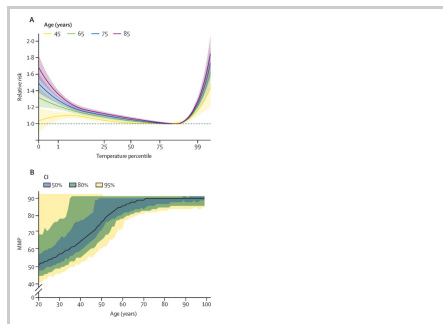


Figura 1 Effetto generale sull...

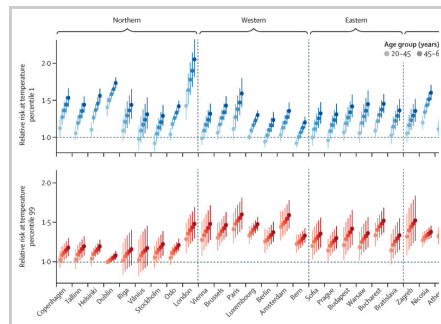


Figura 2 Rischio (primo perc...

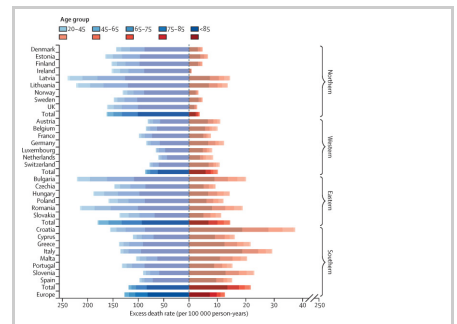


Figura 3 tassi di mortalità gr...

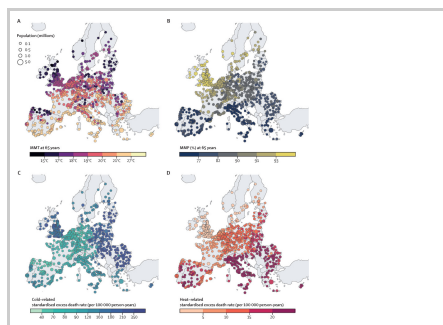


Figura 4 Mappe degli impatt...

Tavoli

Tabella 1 **Statistiche:** descrittive di città selezionate per paese

Tabella 2 **Numero:** annuo in eccesso di decessi a livello nazionale, frazioni attribuibili e tassi grezzi e standardizzati per età per il freddo e il calore per la popolazione di età pari o superiore a 20 anni