

Effetti delle ondate di calore e distribuzione della fragilità e della mitigazione del calore nel Comune di Modena (anno 2022): quali indirizzi per un intervento?

Maria Giulia Gatti^a, Nausicaa Berselli^b, Karin Bonora^a, Eleonora Masciocco^a, Giuliano Carrozzi^a

^aServizio Epidemiologia e comunicazione del rischio, AUSL Modena

^bServizio Igiene Pubblica, Area igiene del territorio e ambiente costruito, AUSL Modena

SUMMARY

Heatwaves effects, presence of fragility and heat mitigation in the Modena municipality (year 2022): demand and supply analysis of an ecosystem service

Introduction

The effects of heatwaves on human health have been known in Italy since 2003. The objectives of this study are to explain the effects of heatwaves in the municipality of Modena and to identify the demand and supply for heat mitigation ecosystem service.

Materials and methods

We analyse the effects of heatwaves on health by using data from the surveillance system implemented in Modena in both 2019 and 2022. The cooling supply from green infrastructures is calculated with the InVEST software. To estimate the cooling demand, a health fragility index was introduced using the Adjusted Mazziotta-Pareto Index (AMPI) method, which considers as variables: percentage of population aged 80+ years; percentage of population aged 65+ years for whom home care is activated; and percentage of population aged 65+ years with different chronic diseases. The supply of cooling provided by green infrastructures and the health fragility index are obtained for each district in the municipality of Modena, thus creating ecosystem service supply and demand maps.

Results

The map of the health fragility index shows that the highest fragility area is represented by the city centre. The map of the cooling capacity shows that the most critical area, with less cooling provided by green areas, is the city centre again. The city centre was showed to be both the area with the highest fragility and the area with the least cooling provided by green areas, as shown by the health fragility index map and the cooling capacity map, respectively.

Discussion and conclusions

The study highlights a lower cooling capacity and, at the same time, a higher concentration of fragile people in the central area of the municipality of Modena. These results can help guide urban planning by identifying areas where action is most needed during heatwaves.

Key words: heat mitigation; fragility; ecosystem service

gi.gatti@ausl.mo.it

Introduzione

A partire dal 2003, anno di registrazione di un importante eccesso di mortalità causato da un'ondata anomala di calore estiva, in Europa si sono moltiplicati gli studi sulla valutazione degli effetti sanitari del disagio bioclimatico (1, 2).

A livello nazionale, dal 2004, sono stati implementati progetti e studi finalizzati ad attivare azioni preventive rivolte alla popolazione, con lo scopo di ridurre il più possibile la morbosità e la mortalità caldo correlata (3-5). Tra tutti, il Piano operativo nazionale per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute messo a punto nel 2004 dal Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (Ccm) del Ministero della Salute che coinvolge a oggi, in tutte le sue linee di intervento, 34 città italiane. Il Piano si articola in una serie di attività con obiettivi diversi, tra cui, la creazione di un sistema nazionale di rilevazione

rapida delle ondate di calore e della mortalità, lo sviluppo di metodologie per l'identificazione della popolazione a rischio su cui indirizzare gli interventi di prevenzione, la definizione di piani operativi di prevenzione e la valutazione dell'efficacia di tali interventi (4).

Nella realtà modenese, assente dalla suddetta rete, sono state intraprese iniziative e analisi che hanno tratto spunto dal piano operativo nazionale per la prevenzione degli effetti del caldo. Dal 2004 è stata attivata una sorveglianza settimanale delle ondate di calore e della mortalità estiva, in collaborazione con la sezione di Modena dell'Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna (Arpa), che ha fornito i dati di disagio bioclimatico, e con i Comuni della provincia di Modena che hanno messo a disposizione le informazioni sui decessi occorsi nel territorio. Secondariamente, sono

stati presi accordi con enti del terzo settore allo scopo di avviare interventi sul campo nei giorni di maggiore emergenza, come il supporto per la fornitura di farmaci e di beni di prima necessità per i soggetti fragili.

Tali sorveglianze sono perdurate a Modena fino al recente passato e, a partire dall'anno 2020, si sono sovrapposte a quelle avviate in occasione della pandemia di COVID-19. L'avvento del COVID-19 ha reso più difficile il discernimento degli effetti del caldo estivo da quelli epidemici, in particolare nell'estate 2022 oggetto di questo studio, in cui si è verificata un'ondata importante di casi di COVID-19 concomitante con situazioni di disagio bioclimatico (6).

L'estate 2022 è stata definita la più calda di sempre in Europa, sulla base dei dati del Copernicus Climate Change Service (7) e come tale è stata analizzata in diversi studi, tra cui un lavoro pubblicato su *Nature Medicine* nel 2023 (8). Tale studio, seppur privo della valutazione dei confondenti relati alla presenza di soggetti fragili, ha sottolineato come in Europa l'ondata di calore estiva abbia avuto un effetto negativo sulla mortalità dei Paesi mediterranei.

In questo contesto, considerando anche le alte temperature registrate in Emilia-Romagna e quindi a Modena che hanno collocato l'estate 2022 al secondo posto per livelli di calore dal 1961 (9), si è deciso di implementare le analisi già in essere aggiungendo alla sorveglianza settimanale anche il presente studio quale approfondimento di tipo ambientale circoscritto al Comune di Modena.

Lo studio ha quindi carattere comunale ed è rivolto in via sperimentale al Comune capoluogo della provincia del quale si possiedono a oggi dati sanitari e ambientali sub-comunali. L'analisi contestuale di relazione tra effetti sanitari e ondate di calore in termini di morbosità e mortalità ha tuttavia carattere provinciale per motivi di numerosità e robustezza del dato. In particolare, per il contesto sono stati scelti due periodi di analisi: l'estate 2019 perché ultima estate pre-pandemica provvista anche del dato di accesso alle sedi di pronto soccorso (PS) e l'estate 2022 perché la più recente di cui si possiedono dati completi e definitivi.

Il lavoro ha come obiettivo principale quello di individuare nel Comune di Modena le aree che, per presenza di fragilità socio-sanitaria, necessitano maggiormente di interventi urbanistici volti alla mitigazione del calore.

Materiali e metodi

Lo studio è stato strutturato in tre ambiti di analisi, descritti successivamente, e nasce dalla necessità di indirizzare miratamente interventi

di prevenzione, non solo di tipo estemporaneo e rivolti alla popolazione, ma anche di tipo strutturale/urbanistico che apportino soluzioni efficienti e durature per il contrasto degli effetti delle ondate di calore.

Il primo ambito di analisi è di contesto e analizza la relazione tra morbosità, mortalità ed eccessi di calore utilizzando i dati provinciali delle estati 2019 e 2022; il secondo valuta il bisogno della presenza sul territorio del Comune di Modena di un cosiddetto servizio ecosistemico di mitigazione del calore attraverso l'osservazione, al 2022, della distribuzione di soggetti fragili nei quartieri della città e il terzo descrive la presenza di tale "servizio" ovvero dei livelli di mitigazione del calore presenti nel Comune, considerando che la necessità di raffrescamento può cambiare in relazione allo stato di fragilità della popolazione (10).

I servizi ecosistemici possono essere definiti in generale come quell'insieme di dotazioni naturali e strutturali del territorio, che forniscono benefici di salute alla popolazione. In questo caso il servizio ecosistemico di interesse, il servizio di mitigazione del calore, è analizzato nella sua componente fornita dalle aree verdi presenti sul territorio (11, 12).

Per descrivere il contesto relativo alle ondate di calore osservate nel territorio modenese, ovvero la relazione tra calore ed effetti sanitari, si sono utilizzati i dati che il Servizio Epidemiologia della AUSL di Modena ha raccolto nell'ambito delle attività di sorveglianza estiva intraprese dopo l'anno 2003. In particolare, si sono utilizzati dati provinciali aggiornati al 2019, per mostrare la relazione temporale tra morbosità, mortalità e ondate di calore al netto dalla presenza del COVID-19 e dati dell'estate 2022 come dati definitivi più recenti arricchiti di un'analisi distrettuale che consentisse di dettagliare l'analisi a livello del Comune di Modena, in quanto l'area comunale è sovrapponibile a quella del distretto sanitario omonimo.

Per la descrittiva dell'estate 2019 gli indicatori utilizzati sono stati l'indice di disagio bioclimatico di Thom fornito dalla sede Arpae di Modena, il numero degli accessi in PS fornito dagli ospedali aziendali ed extra aziendali, il numero dei decessi fornito dai Comuni per la sorveglianza territoriale settimanale e il rapporto standardizzato di mortalità (RSM) totale e per fasce di età. L'indice di Thom misura il disagio bioclimatico provocato dal calore sull'uomo, basandosi su misurazioni di temperatura e umidità; se tale indice supera il valore di 24 esso indica la presenza di disagio.

Per l'estate 2022, oltre all'indice di disagio bioclimatico e al numero dei decessi, si è calcolata anche la variazione percentuale dei decessi su base distrettuale nel medesimo periodo del quinquennio pre-pandemico 2015-2019. La variazione percentuale consente di misurare il possibile eccesso di mortalità osservata rispetto al periodo di confronto. Tale analisi ha consentito osservazioni sul Comune di Modena, la cui area corrisponde al distretto sanitario.

Per misurare la domanda del "servizio ecosistemico" di raffrescamento e quantificarne il bisogno sulla base della presenza di fragilità sanitaria, è stato calcolato per ogni quartiere del Comune di Modena un indice sintetico di fragilità. Tale indice, costruito con il metodo AMPI (Adjusted Mazziotta-Pareto Index) (13, 14), delinea il profilo di fragilità sanitaria della popolazione su cui è calcolato, sulla base dei seguenti indicatori che lo compongono ottenuti da banche dati aziendali aggiornate al 2022:

- percentuale di popolazione con più di 65 anni e attivazione nell'ultimo anno di assistenza domiciliare integrata (ADI);
 - percentuale di popolazione con più di 65 anni e diagnosi di demenza;
 - percentuale di popolazione con più di 65 anni con almeno una patologia cronica tra le seguenti: malattie respiratorie, malattie cardiovascolari, diabete, malattie tiroidee, insufficienza renale, patologie reumatologiche, malattie osteomuscolari, morbo di Parkinson.
- Sono state considerate anche le seguenti variabili:

- percentuale di popolazione con più di 65 anni e diagnosi di tumore (Fonte: Registro tumori aziendale aggiornato al 2019);
- percentuale di popolazione con più di 80 anni al 2022 (Fonte: Servizio statistico, Regione Emilia-Romagna).

A scopo valutativo è stato calcolato, per l'anno 2022, anche il livello di mortalità per quartiere fornito dal Registro di mortalità della AUSL di Modena attraverso la percentuale dei deceduti residenti di età superiore ai 65 anni ed è stata analizzata la densità abitativa per quartiere, aggiornata all'anno 2022, fornita dall'Osservatorio demografico comunale.

Per osservare l'offerta del servizio ecosistemico utile alla mitigazione del calore è stata usata la Cooling Capacity Park (CC Park), che definisce la capacità di raffrescamento data dalle infrastrutture verdi del Comune di Modena, calcolata tramite il software InVEST (3.13.0) (15), utilizzando per ogni tipologia di uso del suolo presente sul territorio (residenziale, industriale, area verde, ecc.) indicatori

di ombreggiamento, evapotraspirazione e albedo (15); si tratta di indici che consentono di calcolare la risposta al calore (mitigazione o amplificazione) offerta dai diversi tipi di suolo o area urbana in studio. I dati di uso del suolo del Comune di Modena aggiornati al 2017 e pubblicati nel 2020 (ETRS 89) sono stati ottenuti dal Geoportale dell'Emilia-Romagna (16). Tramite questi indici è stato possibile mappare l'effetto di mitigazione del calore estivo dato dalle aree verdi visualizzando i livelli maggiori di raffrescamento in colore più chiaro (1, il livello massimo) e i livelli inferiori in colore più scuro (0, il livello minimo).

Sono state, quindi, effettuate osservazioni inerenti alle relazioni temporali tra accessi ai servizi di PS, mortalità e livelli di disagio bioclimatico, osservati principalmente a livello provinciale e in parte sul Comune di Modena. Per ciascun quartiere del Comune, sono stati ricavati l'indice di fragilità sanitaria e la capacità di raffrescamento fornita dalle aree verdi urbane e sono state create delle mappe che consentissero di ottenere un quadro descrittivo della possibile relazione tra domanda e offerta del servizio ecosistemico di mitigazione del calore.

Risultati

Nell'estate 2019, in provincia di Modena, si è evidenziata una concomitanza tra i livelli maggiori di disagio bioclimatico e gli accessi in PS, sia totali che seguiti da ricovero, in particolare in relazione alla 30^a settimana di rilevazione (22 luglio-28 luglio) (**Materiale aggiuntivo - Figura 1**). I decessi nell'intero periodo monitorato in tutta la provincia sono stati 2.182 contro i 2.146 attesi (RSM pari all'1,02 [IC 0,97-1,06]) (**Materiale aggiuntivo - Tabella 1**). Analizzando solo gli ultra 75enni, il numero di decessi osservati è risultato pari a 1.684, rispetto al valore atteso di 1.649 (RSM pari all'1,02 [IC 0,97-1,07]). Il monitoraggio settimanale degli RSM ha evidenziato un solo eccesso significativo di mortalità (RSM pari all'1,22 [IC 1,01-1,46]), nella 31^a settimana di rilevazione compresa tra il 29 luglio e il 4 agosto, ovvero nella settimana successiva a quella di registrazione del maggiore innalzamento dell'indice di Thom (**Materiale aggiuntivo - Tabella 1 e Figura 2**).

Anche le rilevazioni estive dell'anno 2022 hanno mostrato, per la mortalità, eccessi relati temporalmente al disagio bioclimatico, in particolare nella settimana compresa tra il 24 e il 31 luglio, successivi temporalmente anche all'aumento di casi di COVID-19 (**Materiale aggiuntivo - Figura 3**). Nelle analisi delle variazioni percentuali di mortalità distrettuale del mese di luglio 2022, nei soggetti deceduti in età inferiore ai 75 anni si è evidenziato un eccesso di mortalità

in corrispondenza del distretto di Modena (+63%), che si sovrappone geograficamente al Comune; tale eccesso di mortalità è superiore a quello di tutti gli altri distretti e a quello osservato nella medesima area nei deceduti più anziani (+15,6) (**Materiale aggiuntivo - Figura 4**).

Per la descrizione della domanda di servizi ecosistemici caratterizzata dalla presenza di soggetti con fragilità sociosanitaria, si possono osservare sia le mappe degli indicatori di base componenti dell'indice sintetico di fragilità (**Materiale aggiuntivo - Figura 5**), sia la mappa dell'indice sintetico di fragilità calcolato per ogni quartiere del Comune di Modena (**Figura 1**).

Osservando le mappe dei singoli indicatori costituenti l'indice di fragilità (**Materiale aggiuntivo - Figura 5**), si notano in generale minime differenze tra i quartieri nella distribuzione dei dati. Le differenze maggiori, seppur minime ovvero non superiori al 3%, si registrano nella prevalenza di demenza e patologie croniche e nella presenza di soggetti anziani ultra 80enni. Il centro cittadino (quartiere 1, Q1) mostra nella maggior parte delle mappe (**Materiale aggiuntivo - Figura 5**) prevalenze più elevate, a eccezione della percentuale di soggetti ultra 80enni, che invece in quella zona è minima e della prevalenza di patologie croniche che è di livello intermedio. Anche la mappa di mortalità per quartiere mostra differenze minime, pari al massimo a un punto percentuale; anche in questo caso è il centro cittadino a mostrare il valore più elevato (**Materiale aggiuntivo - Figura 6**).

La mappa che mostra la distribuzione nei quartieri dell'indice di fragilità sanitaria (**Figura 1**), evidenzia che l'area con la maggiore presenza di soggetti fragili è rappresentata dal centro cittadino (quartiere 1, Q.1), seguito dai quartieri 2 (Q.2) e 4 (Q.4); il quartiere 3 (Q.3) è quello, invece, che evidenzia la minor presenza di fragilità.

Il servizio ecosistemico di mitigazione del calore fornito dalle aree verdi (CC Park) è osservabile nella mappa che mostra la capacità di raffrescamento (**Figura 2**), nella quale si evince che la zona più critica (in colore scuro) con minor mitigazione del calore fornito dalle aree verdi è quella centrale, che raggiunge in questo caso il valore minimo di 0,06, molto vicino al valore nullo, con un andamento che degrada verso la periferia dove, in colore chiaro, si evidenziano aree con maggiore mitigazione del calore che raggiungono valori di 0,9, molto vicino al valore di massima mitigazione pari a 1.

Discussione e conclusioni

La relazione tra maggiori livelli di morbosità, mortalità e ondate di calore è nota e osservabile anche nei territori modenese all'esame dei dati in studio. Nello specifico, nei dati riferibili al 2019 è possibile osservare una relazione temporale tra la presenza di disagio bioclimatico, incremento degli accessi in PS e aumento della mortalità su tutta la provincia di Modena. Tale relazione è visibile anche nei dati dell'estate 2022, ma in questo caso la presenza del COVID-19 potrebbe avere influito sugli andamenti osservati, accentuando

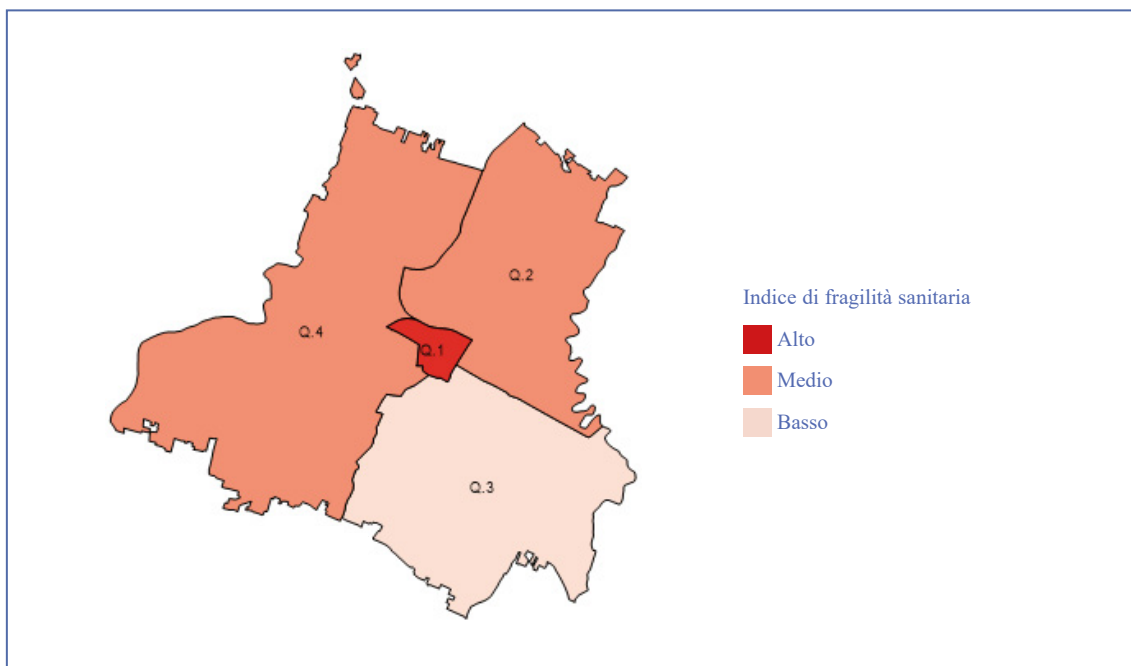


Figura 1 - Livelli di fragilità sanitaria nei quattro quartieri modenese (Q.1, Q.2, Q.3, Q.4). Comune di Modena, 2022

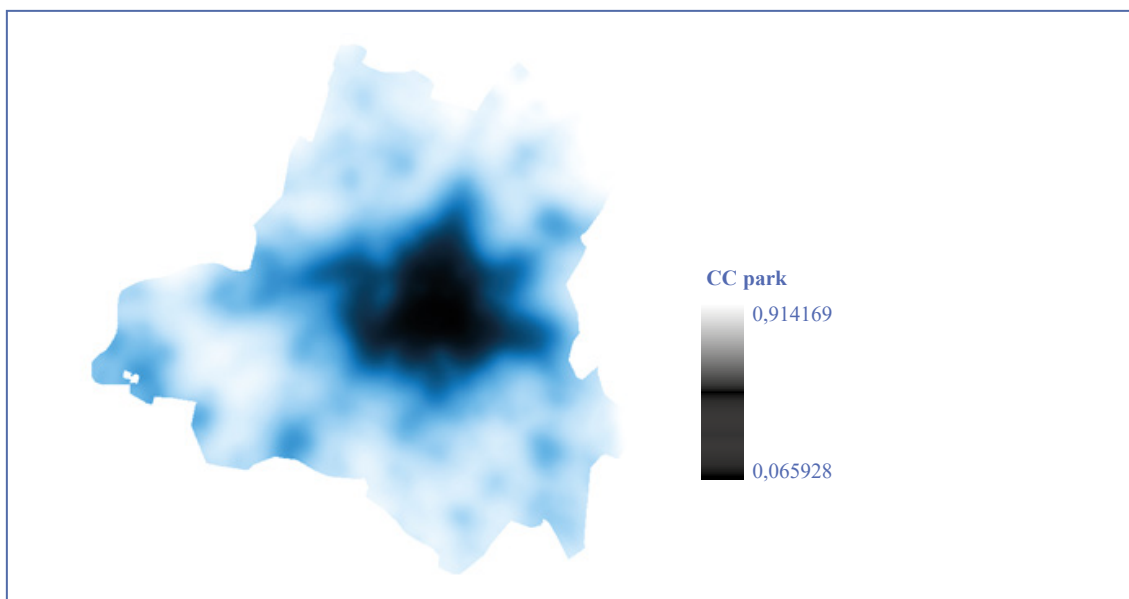


Figura 2 - Capacità di raffrescamento data dalle aree verdi modenesi (Cooling Capacity Park). Comune di Modena, 2022

gli effetti del caldo o influenzando sulla distribuzione dei decessi a partire dalla distribuzione dei casi di COVID-19. Anche l'importante variazione percentuale presentata dall'area comunale di Modena nei deceduti più giovani (0-74 anni), può essere in parte dovuta agli effetti della pandemia, che forse in questo caso e in questa area ha agito maggiormente sui più giovani rispetto agli anziani, già fortemente colpiti dai decessi nei due anni precedenti (17). Gli eccessi osservati nei più giovani, però, possono essere messi in relazione anche con situazioni di particolare suscettibilità che influiscono sugli esiti di mortalità, unitamente agli eventi esterni pandemici e climatici, in particolare a carico della classe di età più anziana della fascia 0-74 anni, ovvero i 65-74enni, come suggeriscono studi che valutano l'effetto della fragilità in relazione con determinanti di malattia esterni all'individuo (10, 18). Ciò avvalorava la scelta dell'utilizzo nello studio della classe di età degli ultra 65enni per la valutazione della fragilità sanitaria, la cui descrizione tramite mappa mostra una maggiore presenza di soggetti fragili nel centro urbano cittadino nonostante la minore presenza di anziani ultra 80enni in questa area.

L'osservazione delle mappe dei singoli dati componenti l'indice di fragilità, ma soprattutto il confronto descrittivo tra le mappe di domanda e offerta del servizio ecosistemico di mitigazione del calore, evidenziano proprio nel centro cittadino una possibile situazione di ingiustizia sociale, in cui il maggior bisogno del servizio, individuato dalla fragilità sanitaria, è presente in un'area dove la capacità di raffrescamento data dalle aree

verdi è inferiore e dove è quindi possibile che si verifichino le maggiori ondate di calore. Questo dato diviene di particolare interesse sanitario se si pensa anche agli ulteriori effetti positivi sulla salute forniti dalle aree verdi noti in letteratura, quali l'abbassamento dei livelli di CO₂ o dei livelli di stress psicofisico (19).

In definitiva, l'analisi identifica una zona che, in maniera prioritaria, potrebbe essere oggetto di interventi sanitari, ma soprattutto urbanistici (20-22), in relazione alla scarsa capacità di mitigazione del calore fornita dalle aree verdi presenti sul territorio, che raggiunge nel centro cittadino livelli minimi molto vicini al valore zero. Tale area può quindi divenire oggetto di azioni preventive di pubblico interesse finalizzate alla mitigazione del calore, come l'implementazione di aree verdi o la de-impermeabilizzazione del suolo urbano (20).

Questo risultato si ritiene di interesse, nonostante le differenze osservate tra i quartieri non siano elevate, poiché individua per i diversi aspetti analizzati, oltre all'indice sintetico, un'area critica dal punto di vista sanitario e bioclimatico, considerando anche il fatto che si tratta di una zona caratterizzata da elevata densità abitativa (**Materiale aggiuntivo - Tabella 2**) e che mostra, seppur di poco, anche una mortalità maggiore rispetto agli altri quartieri. D'altro canto, in una città come Modena, di dimensioni non metropolitane, anche l'osservazione di differenze non ragguardevoli negli indici sanitari e di fragilità può considerarsi un segnale di allarme di disparità da non sottovalutare.

I risultati osservati sono da ritenersi, però, ancora preliminari e lo studio perfezionabile, in particolare nella ricerca di un dettaglio territoriale maggiore che consenta l'osservazione della fragilità sanitaria su aree più piccole rispetto al quartiere e una migliore sovrapposizione col dettaglio fornito dalla mappa di mitigazione del calore, in modo da suggerire linee di intervento specifiche e ben supportate da evidenze. Non da ultimo, anche l'indicatore di fragilità sanitaria necessita del perfezionamento fornito da ulteriori indici di base relativi alla sfera socioeconomica e demografica, importanti per una sua più accurata definizione, considerando anche la diversa composizione qualitativa dei quartieri del Comune di Modena (23).

Tutto considerato, alla luce anche delle possibili migliorie da apportare allo studio, si può affermare che analisi di questo genere potranno diventare strumento utile nelle mani della sanità pubblica. Potranno rappresentare, infatti, uno strumento per indirizzare in modo mirato la pianificazione urbanistica verso scelte strutturali utili all'aumento della salubrità del territorio, laddove, se ne ravvisi una maggiore necessità, sempre nell'ambito della collaborazione ai piani urbanistici generali.

Ringraziamenti

Si ringrazia Claudia De Luca dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna, che attraverso il suo lavoro di ricerca ha fornito l'ispirazione alla realizzazione dello studio e ha fornito supporto tecnico per l'utilizzo del software InVEST.

Citare come segue:

Gatti MG, Berselli N, Bonora K, Masciocco E, Carrozzi G. Effetti delle ondate di calore e distribuzione della fragilità e della mitigazione del calore nel Comune di Modena (anno 2022): quali indirizzi per un intervento? Boll Epidemiol Naz 2024;5(1):8-14.

Conflitti di interesse dichiarati: nessuno.

Finanziamenti: nessuno.

Authorship: tutti gli autori hanno contribuito in modo significativo alla realizzazione di questo studio nella forma sottomessa.

Riferimenti bibliografici

- Robine JM, Cheung SL, Le Roy S, Van Oyen H, Griffiths C, Michel JP, et al. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. C R Biol 2008;331(2):171-8. doi: 10.1016/j.crvi.2007.12.001
- Martínez-Solanas È, Quijal-Zamorano M, Achebak H, Petrova D, Robine JM, Herrmann FR, et al. Projections of temperature-attributable mortality in Europe: a time series analysis of 147 contiguous regions in 16 countries. Lancet Planet Health 2021;5(7):e446-e454. doi: 10.1016/S2542-5196(21)00150-9
- Conti S, Meli P, Minelli G, Solimini R, Toccaceli V, Vichi M, et al. Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. Environ Res 2005;98(3):390-9. doi: 10.1016/j.envres.2004.10.009
- Ministero della Salute. Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie. Piano operativo nazionale per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute. 2004. www.ccm-network.it/progetto.jsp?id=node/563&idP=740#:~:text=Piano%20operativo%20nazionale%20per%20la,malattie%20del%20ministero%20della%20salute;ultimo%20accesso%2014/6/2024.
- Istituto Superiore di Sanità. EpiCentro. Caldo. www.epicentro.iss.it/caldo/archivio04-07;ultimo%20accesso%2014/6/2024.
- Istituto Superiore di Sanità, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio, Istituto Nazionale di Statistica. Analisi e valutazione del documento "Mortalità in eccesso negli anni 2021 e 2022 dati ufficiali dall'Italia e dal mondo" dell'Associazione Umanità e Ragione. 31 luglio 2023. www.iss.it/documents/20126/0/Risposta+_Eccesso+Mortalita%CC%80+Umanita%CC%80+e+Ragione_ultimo_rev31_07.pdf/34ae7793-32f1-7d7d-57e3-4f0b16833cd1?t=1696589930009;ultimo%20accesso%2014/6/2024.
- European Commission. Copernicus Climate Change Service. European State of the Climate 2022. Europe Temperature. <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/temperature#:~:text=The%20annual%20average%20temperature%20shows,the%20warmest%20year%20on%20record;ultimo%20accesso%2014/6/2024>.
- Ballester J, Quijal-Zamorano M, Mendez Turrubiates RF, Pegenaute F, Herrmann FR, Robine JM, et al. Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. Nat Med 2023; 29(7):1857-66. doi: 10.1038/s41591-023-02419-z
- Agenzia Prevenzione Ambiente Energia Emilia-romagna. Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Il 2022, un anno da record climatici. www.arpae.it/it/notizie/2022-anno-record-clima;ultimo%20accesso%2014/6/2024.
- Carra L, Vineis P. L'Italia e la politica del caldo. Che cosa abbiamo imparato dall'estate 2022. Scienza in rete. 26/7/2023. www.scienzainrete.it/articolo/litalia-e-politica-del-caldo-che-cosa-abbiamo-imparato-dall'estate-2022/luca-carra-paolo;ultimo%20accesso%2014/6/2024.
- Mengist W, Soromessa T, Feysa GL. A global view of regulatory ecosystem services: existed knowledge, trends, and research gaps. Ecol Process 2020;9:40. doi: 10.1186/s13717-020-00241-w; ultimo accesso 14/6/2024.

12. de Luca C, Martin J, Tondelli S. Ecosystem Services Integration into Local Policies and Strategies in the City of Bologna: Analysis of the State of the Art and Recommendations for Future Development. In: Arcidiacono A, Ronchi S. (Ed.). *Ecosystem Services and Green Infrastructure: Perspectives from Spatial Planning in Italy*. Cities and Nature. Springer, Cham. 2021. p. 127-39. doi: 10.1007/978-3-030-54345-7
13. Mazziotta M, Pareto A. On a generalized non-compensatory composite index for measuring socio-economic phenomena. *Soc Indic Res* 2016;127:983-1003. doi: 10.1007/s11205-015-0998-2
14. Mazziotta M, Pareto A. Measuring Well-Being Over Time: The Adjusted Mazziotta-Pareto Index Versus Other Non-compensatory Indices. *Soc Indic Res* 2018;136(3):967-76. doi: 10.1007/s11205-017-1577-5
15. Stanford University. Natural Capital Project. InVEST - User Guides. naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest/; ultimo accesso 14/6/2024.
16. Geoportale Regione Emilia-Romagna. <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/>; ultimo accesso 14/6/2024.
17. Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna. Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena. Report di mortalità. Analisi descrittiva della mortalità per causa anno 2021. Provincia di Modena. https://www.ausl.mo.it/media/Anno_2021_auslmo.pdf?x46802; ultimo accesso 19/7/2024.
18. Courtin E, Vineis P. COVID-19 as a Syndemic. *Front Public Health* 2021. 9:763830. doi: 10.3389/fpubh.2021.763830
19. Puig-Ribera A, Rofin M, Bort-Roig J, Aumatell E, Juncà A, de San Pedro M, et al. Integrating Health Into the Urban Master Plan of Vic, Barcelona: A Comprehensive Approach. *Urban Planning* 2022;7(4):25-41. doi: 10.17645/up.v7i4.5492
20. Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning* 2010;97(3):147-55. doi: 10.1016/j.landurbplan.2010.05.006
21. Zardo L, Geneletti D, Prez-soba M, Van Eupen M. Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning. *Ecosystem Services* 2017;26(Part A):225-35. doi: 10.1016/j.ecoser.2017.06.016
22. González-García A, Palomo I, González JA, García-Díez V, García-Llorente M, Montes C. Biodiversity and ecosystem services mapping: Can it reconcile urban and protected area planning? *Sci Total Environ* 2022;10:803:150048. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150048
23. Comune di Modena. Servizio statistica. Annuario 2022. www.comune.modena.it/servizio-statistica/pagine-tematiche/Demografia/; ultimo accesso 14/6/2024.

Materiale aggiuntivo

Figura 1. Trend settimanale dell'indice di Thom (indice di disagio bioclimatico) e accessi in pronto soccorso da parte di persone di 75 anni e più. Provincia di Modena, settimana 20 (13 maggio) - settimana 36 (2 settembre), anno 2019

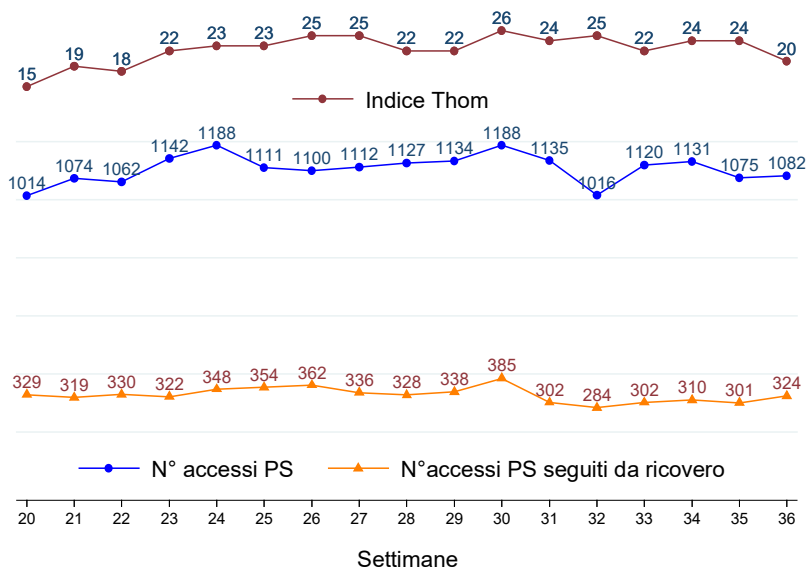


Tabella 1. Mortalità presente settimanale, classe di età 75+ e totale. N. RSM di decesso e relativi limiti di confidenza. Provincia di Modena, 13/05/2019-09/09/2019

Settimane	Osservati tutte le età	RSM tutte le età	Intervallo di confidenza		Osservati ≥ 75	RSM ≥ 75	Intervallo di confidenza	
			Limite Inferiore	Limite Superiore			Limite Inferiore	Limite Superiore
20 13/05/2019 - 19/05/2019	130	1,03	0,86	1,22	98	1,01	0,82	1,23
21 20/05/2019 - 26/05/2019	133	1,05	0,88	1,25	100	1,03	0,84	1,25
22 27/05/2019 - 02/06/2019	142	1,12	0,95	1,33	107	1,10	0,90	1,33
23 03/06/2019 - 09/06/2019	141	1,12	0,94	1,32	109	1,12	0,92	1,36
24 10/06/2019 - 16/06/2019	127	1,01	0,84	1,20	100	1,03	0,84	1,25
25 17/06/2019 - 23/06/2019	116	0,92	0,76	1,10	89	0,92	0,74	1,13
26 24/06/2019 - 30/06/2019	137	1,09	0,91	1,28	106	1,09	0,89	1,32
27 01/07/2019 - 07/07/2019	123	0,97	0,81	1,16	94	0,97	0,78	1,19
28 08/07/2019 - 14/07/2019	122	0,97	0,80	1,15	105	1,08	0,89	1,31
29 15/07/2019 - 21/07/2019	121	0,96	0,80	1,15	90	0,93	0,75	1,14
30 22/07/2019 - 28/07/2019	140	1,11	0,93	1,31	107	1,10	0,90	1,33
31 29/07/2019 - 04/08/2019	145	1,15	0,97	1,35	118	1,22	1,01	1,46
32 05/08/2019 - 11/08/2019	139	1,10	0,93	1,30	110	1,13	0,93	1,37
33 12/08/2019 - 18/08/2019	125	0,99	0,82	1,18	100	1,03	0,84	1,25
34 19/08/2019 - 25/08/2019	106	0,84	0,69	1,02	81	0,84	0,66	1,04
35 26/08/2019 - 01/09/2019	127	1,01	0,84	1,20	98	1,01	0,82	1,23
36 02/09/2019 - 08/09/2019	108	0,86	0,70	1,03	72	0,74	0,58	0,93
Cumulato	2,182	1,02	0,97	1,06	1.684	1,02	0,97	1,07
Attesi settimanali	126				97			
Attesi di periodo	2,146				1.649			

Figura 2. Trend dell'indice di Thom e RSM calcolato nei soggetti deceduti oltre i 75 anni. Provincia di Modena, settimana 20 (13 maggio) - settimana 36 (2 settembre), anno 2019

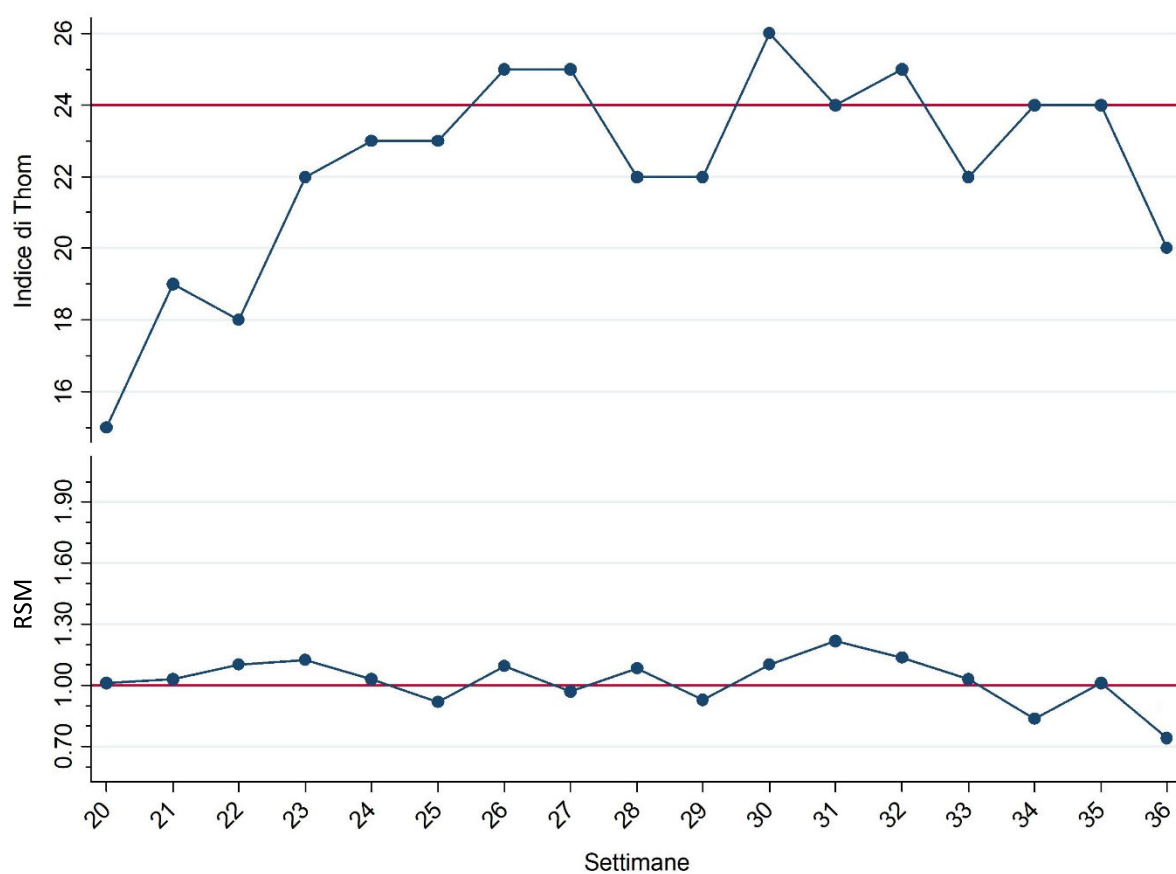


Figura 3. Andamento giornaliero dell'indice di Thom, della mortalità generale 2022 con confronto trend 2015-2019 e 2020, nuovi casi Covid-19. Provincia di Modena, anno 2022

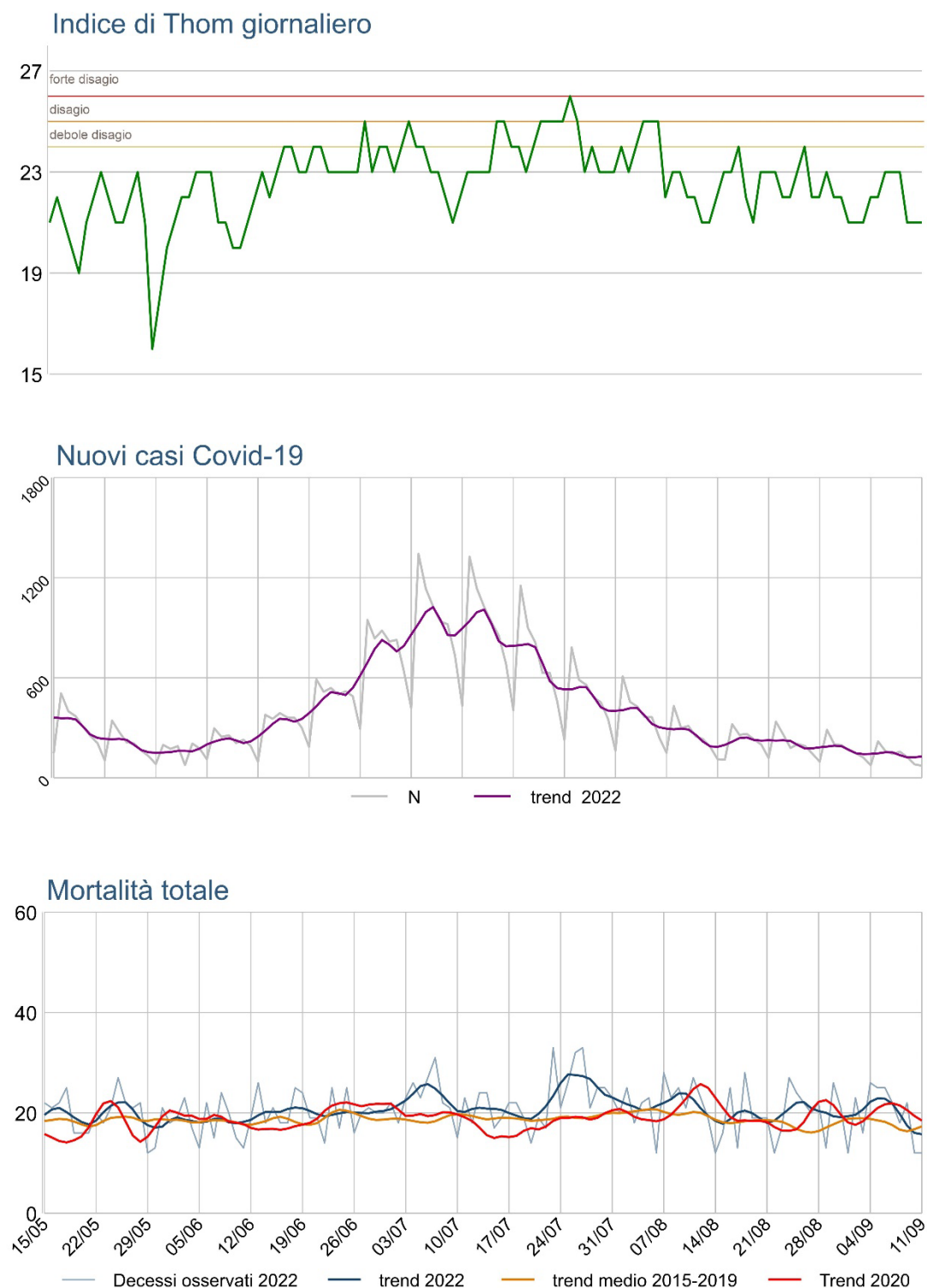


Figura 4. Mappe distrettuali mensili della variazione percentuale della mortalità (atteso luglio 2015-2019) distinte per classi di età. Provincia di Modena, luglio 2022

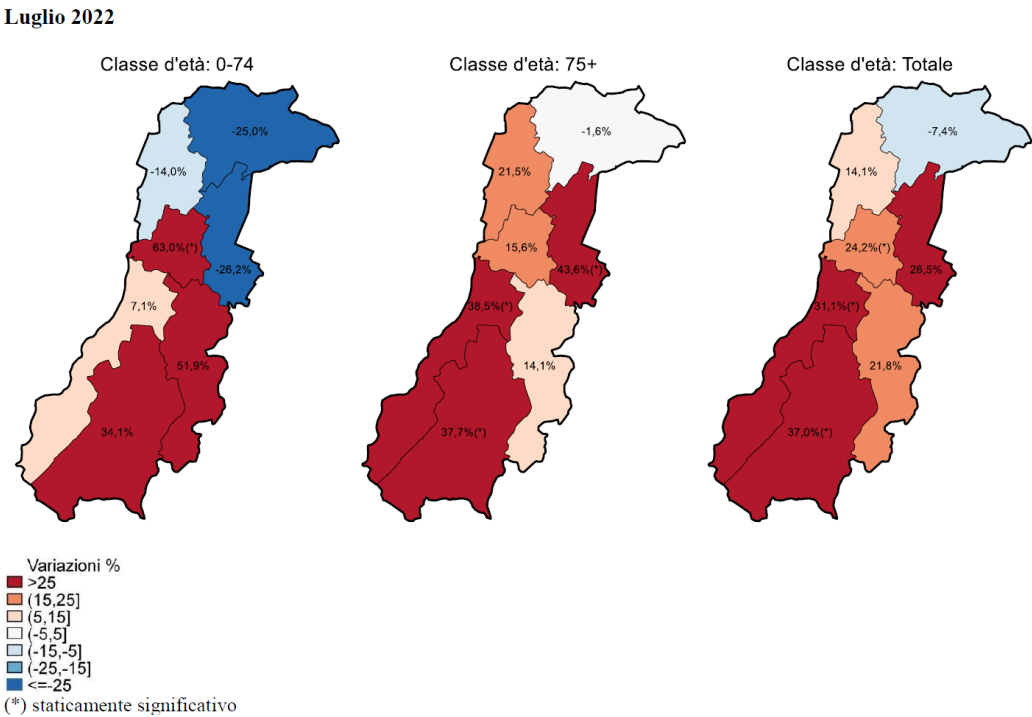


Figura 5. Mappe per quartiere (Q.1, Q.2, Q.3, Q.4) della prevalenza di soggetti ultra 80enni, ultra 65enni con attivazione di ADI, incidenza di tumori, patologie croniche, demenza. Comune di Modena, aggiornamento 2022

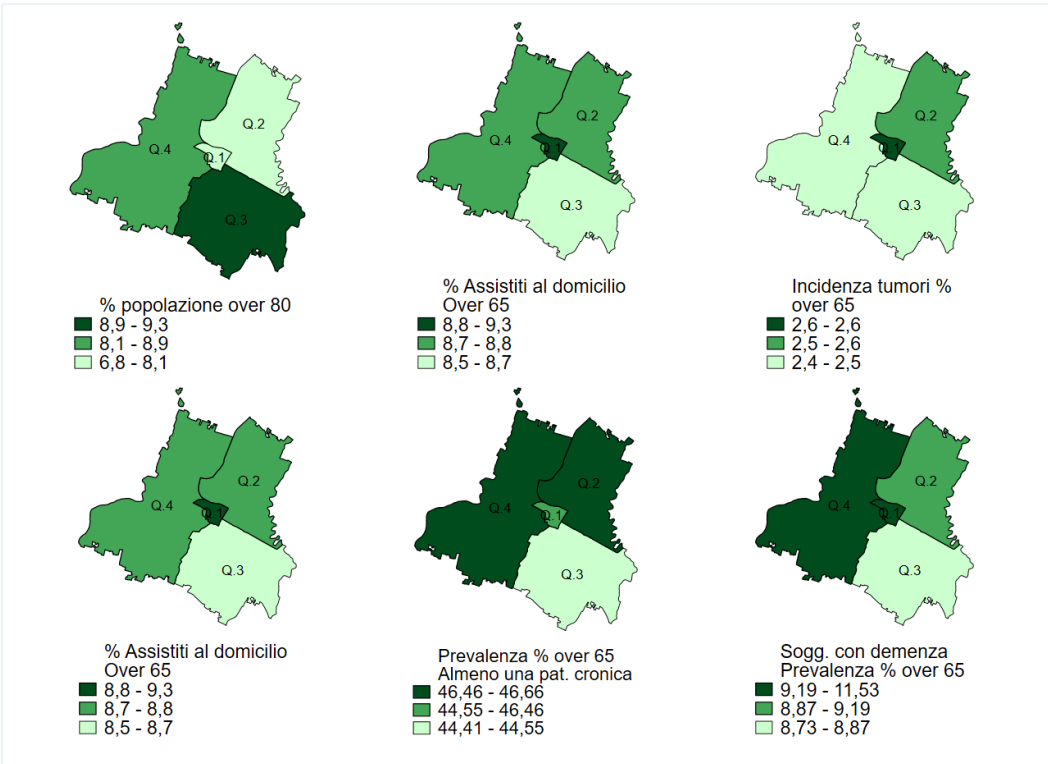


Figura 6. Mappa per quartiere della prevalenza di soggetti ultra 65enni deceduti. Comune di Modena, anno 2022

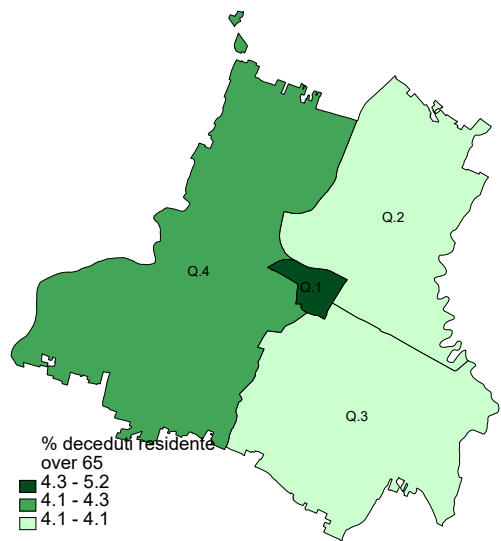


Tabella 2. Popolazione residente e densità abitativa per quartiere. Osservatorio demografico, Comune di Modena, anno 2022

Quartieri	N° Famiglie	Popolazione residente (Ab)	Superficie (Ha)	Densità (Ab/Ha)
1	11.778	24.032	303	79
2	21.326	47.931	4.445	11
3	27.379	59.838	5.324	11
4	23.684	52.192	8.291	6
Totale	84.167	183.993	18.363	10