

Articolo

L'analisi del microclima urbano a supporto della valutazione delle trasformazioni urbane. Primi esiti di una ricerca per migliorare la vivibilità della città di Milano

Silvia Ronchi¹, Stefano Salata², Andrea Arcidiacono¹

¹ Politecnico di Milano - DASTU Dipartimento di Architettura e Studi Urbani

Email: silvia.ronchi@polimi.it, andrea.arcidiacono@polimi.it

² Politecnico di Torino - R3C DIST Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio

Email: stefano.salata@polito.it

Inviato: 5 novembre 2020 | Accettato: 13 novembre 2020 | Pubblicato: 19 novembre 2020

Abstract

Le alterazioni ambientali dovute al cambiamento climatico determinano il susseguirsi di eventi meteorologici estremi sempre più intensi e frequenti rendendo le città e i territori contemporanei più fragili e vulnerabili. Tali effetti hanno un'incidenza maggiore nei contesti fortemente urbanizzati dove le componenti ecosistemiche risultano più compromesse o degradate; inoltre il crescente aumento della popolazione che vive nelle città espone sempre più persone a condizioni di stress e disagio con ripercussioni sul benessere della collettività e la vivibilità urbana. L'incremento delle temperature nelle aree urbane, e la conseguente insorgenza del fenomeno dell'isola di calore, dovuto a un elevato livello di impermeabilizzazione del suolo e a una ridotta disponibilità di aree verdi e corsi/specchi d'acqua, è uno dei principali impatti derivanti dal cambiamento climatico che affliggono le aree urbane con importanti conseguenze sul comfort termico e sulla salute dei cittadini. La riduzione e mitigazione degli impatti dell'isola di calore rappresenta uno dei Servizi Ecosistemici di maggiore importanza nella pianificazione urbana per la definizione di parametri e criteri di progettazione (anche di tipo *Nature-based*), sia per le aree di nuova trasformazione che per la città esistente, volti al miglioramento delle performance urbane. Il presente contributo propone una riflessione a partire dalla mappatura e valutazione del servizio ecosistemico di *Urban Cooling* a cui associare un'analisi morfologica della città di Milano con l'obiettivo di verificare quali siano i parametri urbanistici maggiormente performanti nel mitigare l'isola di calore e quindi da considerare nella progettazione degli spazi pubblici.

Parole chiave: urban regeneration, strategic planning, brownfields

Come citare questo articolo

Talia M. (2020, a cura di), *Le nuove comunità urbane e il valore strategico della conoscenza, Atti della Conferenza internazionale Urbanpromo XVII Edizione Progetti per il Paese*, Planum Publisher, Roma-Milano | ISBN 9788899237264.

© 2020 Planum Publisher

Città, capitale naturale e microclima urbano: sinergie ed equilibri per il benessere dei cittadini

Le Nazioni Unite stimano un incremento considerevole della popolazione mondiale che entro il 2050 vivrà nelle città (+ 68% a livello mondiale, + 72% in Europa) portando ad un intensificarsi dei processi di urbanizzazione. Ciò determinerà una conseguente ulteriore perdita e compromissione di importanti elementi costitutivi del Capitale Naturale, inteso come “lo stock di asset naturali, organismi viventi, aria, acqua, suolo e risorse geologiche, che contribuiscono a fornire beni e servizi di valore, diretto o indiretto, per l'uomo e che sono necessari per la sopravvivenza dell'ambiente stesso da cui sono generati” (Comitato per il Capitale Naturale, 2018). Tale processo porterà ad una riduzione della capacità ecosistemica necessaria per garantire adeguate condizioni di benessere psicofisico dei cittadini (United Nations - Department of Economic and Social Affairs Population division, 2019). Oltre a ciò, gli effetti del cambiamento climatico comportano l'intensificarsi di eventi meteorologici estremi, come le ondate di calore, le alluvioni e le esondazioni, rendendo le aree urbane sempre più fragili e vulnerabili. L'innalzamento globale delle temperature ha determinato un aumento del fenomeno dell'isola di calore (*Urban Heat Island – UHI*), sia in termini di valori massimi di temperatura registrati che di estensione del territorio interessato da tale effetto. L'UHI è un evento microclimatico che si manifesta nelle città e nelle aree urbanizzate e che comporta un innalzamento significativo delle temperature rispetto alle aree extraurbane circostanti (rurale o naturali) dovuto alla compresenza di molteplici aspetti, tra questi il consumo energetico per il condizionamento degli edifici (riscaldamento e raffrescamento), l'inquinamento atmosferico, spesso associato al traffico stradale, nonché l'incremento di superfici impermeabilizzate a scapito di aree vegetate e permeabili (Henderson, Beckerman, Jerrett, & Brauer, 2007; Salata, Ronchi, & Arcidiacono, 2017).

La morfologia urbana, gli usi del suolo e la presenza e qualità di aree verdi possono incidere sensibilmente nella regolazione del microclima urbano mitigando e riducendo l'isola di calore, anche mediante la definizione di opportuni parametri urbanistici volti a diminuire l'effetto dell'UHI migliorando il comfort urbano e la resilienza delle città agli effetti dei cambiamenti climatici. In tal senso, le cosiddette *Nature-Based Solutions* (NBS) sono soluzioni tecniche, alternative a quelle tradizionali, che usano, si ispirano o imitano elementi naturali per rispondere a un'esigenza di carattere prettamente funzionale (European Commission, 2015). Recenti studi hanno evidenziato l'utilità delle valutazioni biofisiche dei Servizi Ecosistemici (SE) per la definizione di NBS strategicamente pianificate in un disegno di reti verdi e blu (*Green and Blue Infrastructures*) contribuendo a rendere sempre più resilienti le nostre città (European Commission, 2013). Esse sono in grado di fornire un'ampia gamma di SE tra cui, in ambito urbano, emerge la regolazione microclimatica, svolta attraverso l'ombreggiatura e i processi di evapotraspirazione della vegetazione con effetti diretti e indiretti sul benessere degli abitanti, oltre alla produzione di ossigeno, alla funzione di filtro contro l'inquinamento atmosferico, alla capacità di stoccare gas serra, alla regolazione del ciclo delle acque, e alla riduzione del rumore e dell'impatto acustico.

Il presente articolo intende ragionare sul contributo delle aree verdi urbane nel mitigare e ridurre l'effetto isola di calore in un contesto altamente urbanizzato: la città di Milano (Regione Lombardia, Italia), con oltre il 64% di aree urbanizzate e con circa 7.641 abitanti/kmq (fonte: ISTAT, 2018). La ricerca sperimenta il recente modello di *Urban Cooling* del software InVEST (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*, versione 3.8.5) progettato per supportare i processi decisionali di pianificazione territoriale. Il risultato della modellazione permette di fare alcune assunzioni in relazione alla morfologia urbana che caratterizza diverse porzioni della città di Milano realizzate in determinati periodi storici e riconducibili a precise stagioni urbanistiche: 1) Città Berutiana (fine ottocento, Piano Beruto 1884/89) progettata secondo l'approccio urbanistico tradizionale del XIX secolo, particolarmente attento alla qualità insediativa e al miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie, caratterizzato da una griglia regolare nel quale la distribuzione delle aree verdi (spazi pubblici, vie e piazze) era equilibrata nelle diverse zone della città prevedendo inoltre due importanti boulevard alberati e l'individuazione di zone di ampliamento attorno alla cerchia delle mura

spagnole (Campos Venuti & Oliva, 1993; Oliva, 2002); 2) Città moderna (inizio novecento), sviluppata nel dopoguerra in base ai principi razionalisti del movimento moderno prevedendo ulteriori espansioni ed edificazioni ad est e ad ovest della città; 3) Città anni '60-'70 (fine novecento), comprende l'espansione urbana avvenuta durante il periodo del boom economico e di forte incremento demografico che ha visto il nascere di numerosi quartieri urbani periferici, monofunzionali e indipendenti dal centro; 4) Città contemporanea (XXI secolo), ovvero la città progettata e costruita negli ultimi 30 anni, comprende la riqualificazione di grandi aree industriali dismesse e l'identificazione di numerosi ambiti di trasformazione strategica. All'interno delle diverse "città" sono stati selezionati tredici ambiti urbani per i quali sono stati calcolati e valutati alcuni parametri urbanistici e morfologici permettendo di stimare empiricamente il loro contributo nel fornire il SE di raffrescamento necessario per la regolazione microclimatica e il comfort urbano.

Ecosistemi e parametri urbanistici: dalla analisi morfologica alla mitigazione dell'effetto isola di calore

La valutazione dei SE in ambito urbano (Gómez-Baggethun, Gren, Barton, Langemeyer, McPhearson, O'Farrell, et al., 2013) richiede molto spesso dei necessari adattamenti ai modelli e alle tecniche di valutazione ecosistemica ordinaria. La capacità degli ecosistemi di concorrere alla riduzione delle temperature superficiali attraverso il raffrescamento è considerata una delle funzioni biofisiche essenziali in ambito urbano con effetti diretti sull'incidenza della mortalità dovuta alle ondate di calore (Chen et al., 2014; Gómez-Baggethun, Gren, Barton, Langemeyer, McPhearson, O'Farrell, et al., 2013).

La valutazione del SE di raffrescamento urbano è stata sviluppata utilizzando l'*Urban Cooling Capacity – UCC model* sviluppato seguendo le indicazioni della guida di utilizzo e in considerazione di alcune ultime ricerche ed esperienze condotte specificatamente sul tema (Bartezaghi Koc, Osmond, & Peters, 2018; Ronchi, Salata, & Arcidiacono, 2020). La mappatura è stata sviluppata utilizzando dati di input tabellari e georeferenziati (raster o shape file) già disponibili¹, opportunamente rielaborati in ambiente GIS (*Geographic Information System*), associando allo strato informativo di uso e copertura del suolo - dettagliato a partire dalla banca dati DUSAF (Destinazioni d'Uso dei Suolo Agricoli e Forestali) di Regione Lombardia e integrato con il Database Topografico e i dati ricavati da OpenStreetMaps – informazioni sugli spazi verdi urbani (estensione, qualità, ombreggiatura, densità vegetazionale, albedo) e sulle condizioni climatiche (coefficiente di evapotraspirazione, temperatura atmosferica). L'output del modello è stato rappresentato evidenziando le zone con maggiore capacità di raffrescamento (blu) (Figura 1).

¹ Le banche dati consultate comprendono: il portale SINANET di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), il geoportale di Regione Lombardia, la piattaforma ONDA-DIAS del progetto Copernicus, nonché il sito di ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) Lombardia.

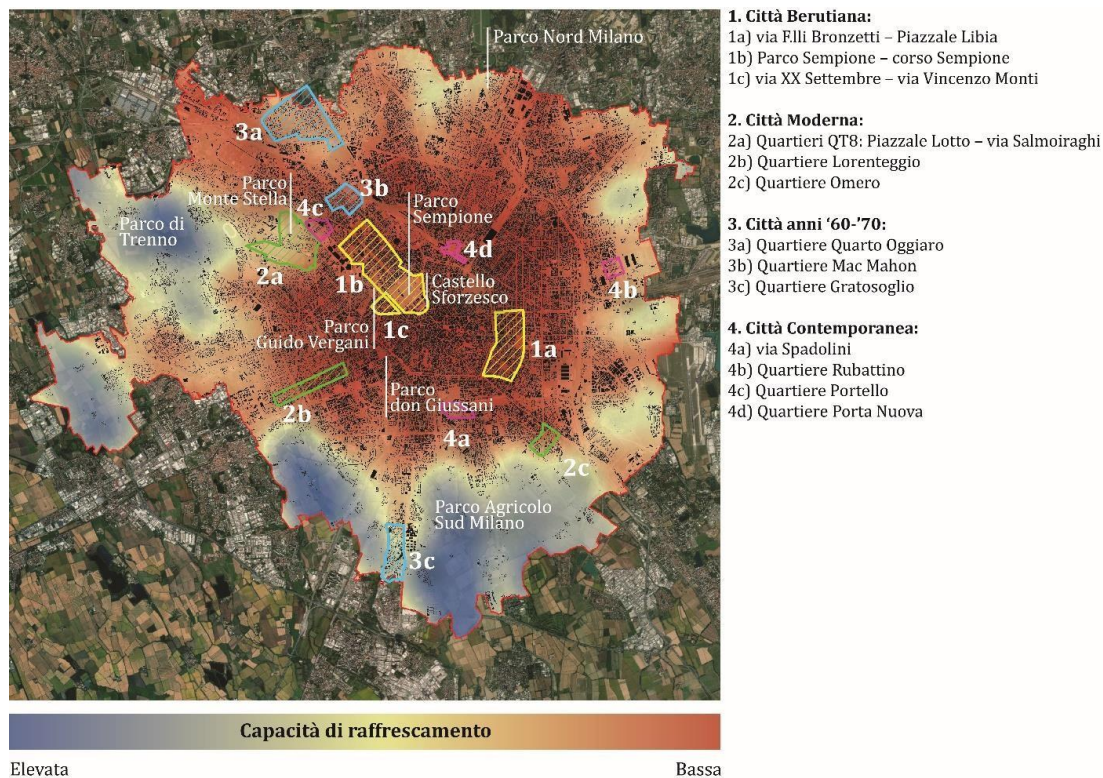


Figura 1. Città di Milano: Capacità media di raffrescamento e selezione dei comparti edificati rappresentativi di 4 stagioni urbanistiche. Scala 1:100.000

Fonte: Rielaborazione a partire da (Ronchi et al., 2020), Immagine: Esri, DigitalGlobe, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, GeoEye, USDA FSA, USGS, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, and the GIS User Community

L'effetto mitigativo degli spazi aperti periurbani della città è ben visibile nella rappresentazione grafica: il Parco Agricolo Sud Milano e il Parco di Trenno costituiscono le due aree periurbane più compatte ed estese in grado di fornire un chiaro effetto di raffrescamento mitigando l'UHI.

Nel tessuto urbanizzato, emerge con chiarezza il contributo delle aree verdi nell'abbassamento delle temperature della superficie e dell'aria raffrescando naturalmente le aree circostanti con un differente grado di estensione e intensità dell'effetto, primo fra tutti il Parco Sempione, che svolge un ruolo importante ed efficace nel ridurre l'isoladi calore, oltre al Parco Guido Vergani (ex Parco Pallavicino), al Parco don Giussani (ex Parco Solari) e al Parco di Monte Stella, realizzato negli anni '50 da Piero Bottoni con le macerie della Seconda guerra mondiale nella zonanord-ovest di Milano, adiacente al quartiere QT8. A nord-est è inoltre evidente la capacità di raffrescamento svolta dal Parco Nord Milano, un parco periurbano metropolitano di circa 640 ha, sviluppato negli anni '70 sulle aree industriali dismesse dello stabilimento Breda Aeronautica.

Come anticipato, il servizio di raffrescamento è stato valutato in tredici ambiti urbani considerando i seguenti parametri urbanistici: superficie territoriale, coefficiente di permeabilità, impronta dell'edificato, indice di utilizzazione territoriale, altezza media degli edifici, copertura arborea (densità ed estensione), dimensione media delle aree verdi (Tabella I). La selezione include i parametri utilizzati per la valutazione morfologica delle superfici territoriali e fondiari urbane (Gabellini, 2001) elaborati mediante piattaforma GIS utilizzando basi cartografiche vettoriali derivate dal Database topografico comunale integrate con informazioni sull'impermeabilizzazione del suolo (Fonte: *National high-resolution land consumption*), sulla componente vegetazionale (fonte: *Forest High-Resolution Layer*, nello specifico i dati riferiti a *Dominant Leaf Type* e *Tree Cover*

Density)².

La combinazione delle due informazioni (capacità di raffrescamento e morfologia urbana) permette di individuare gli ambiti urbani che riescono maggiormente a mitigare l'effetto isola di calore e, al contempo, di rilevare le aree che dovrebbero essere oggetto di politiche e azioni di miglioramento ambientale adottando NBS, nonché introducendo parametri e criteri urbanizzativi in grado di rispondere più efficacemente alle nuove pressioni derivanti dai cambiamenti climatici rendendo più resilienti le grandi aree urbanizzate.

Nella Tabella I, sono riportati gli esiti dell'analisi morfologica dei tredici ambiti urbani ai quali è associato il dato biofisico della capacità di raffrescamento (espresso come media ponderata) derivante dalla modellizzazione svolta con il software InVEST.

Tabella 1. Analisi morfologica dei 13 ambiti urbani distinti per stagione urbanistica

Parametri morfologici	1	2	3	4	5	6	7	8	Capacità di raffrescamento (valore medio)
	St (ha)	Coefficiente permeabilità (%)	Impronta edificata (%)	Ut (mc/mq)	Altezza media edifici (m)	Densità copertura arborea (n/ha)	Coefficiente copertura arborea (%)	Dimensione media delle aree verdi (mq)	
Città Berutiana	455,27	32,91	20,27	3,82	15,90	24,40	6,92	31.828,83	0,292
1a	154,66	14,55	35,48	5,89	15,31	20,74	4,06	21.924,44	0,26
1b	277,11	29,28	25,52	4,75	17,64	32,06	7,65	50.139,04	0,28
1c	23,50	6,99	39,17	7,54	16,40	12,30	3,02	-	0,24
Città moderna	266,82	34,44	19,00	3,65	15,95	24,71	7,16	32.654,19	0,294
2a	159,77	70,09	5,28	0,67	9,83	38,16	15,68	121.230,19	0,35
2b	71,32	18,27	26,04	4,82	14,70	22,69	4,25	10.410,51	0,26
2c	35,73	29,09	16,41	2,72	11,74	23,57	10,67	4.104,76	0,27
Città anni '60-'70	328,94	36,97	17,46	3,32	14,70	22,86	7,83	36.106,20	0,297
3a	201,55	40,85	12,99	2,04	11,70	33,68	9,32	30.307,59	0,32
3b	50,76	37,86	20,62	2,96	12,63	33,37	7,45	22.600,05	0,28
3c	76,63	41,95	14,59	2,54	12,07	8,69	12,60	14.189,83	0,31
Città Contemporanea	93,07	33,75	19,41	3,75	16,30	26,16	6,66	34.332,77	0,293
4a	28,41	41,63	14,03	2,99	20,16	40,69	5,81	54.615,56	0,33
4d	16,08	47,35	16,54	6,28	20,97	4,35	1,17	26.557,96	0,31
4c	27,09	18,02	19,17	3,04	21,05	9,16	1,71	45.415,86	0,28
4b	21,49	31,85	17,69	3,44	22,50	37,74	6,56	12.278,95	0,29

* 4 stagioni urbanistiche. 1. Città Berutiana: a) via F.lli Bronzetti – Piazzale Libia; b) Parco Sempione – corso Sempione; c) via XX Settembre – via Vincenzo Monti; 2 Città Moderna: a) Quartieri QT8: Piazzale Lotto – via Salmoiraghi; b) Quartiere Lorenteggio; c) Quartiere Omero;

3. Città anni '60-'70: a) Quartiere Quarto Oggiaro; b) Quartiere Mac Mahon; c) Quartiere Gratosoglio; 4. Città Contemporanea: a) via Spadolini; b) Quartiere Rubattino; c) Quartiere Portello; d) Quartiere Porta Nuova.

Dall'analisi morfologica, tre sono i quartieri con la maggior capacità di raffrescamento: il quartiere QT8, via Spadolini e quartiere Quarto Oggiaro, appartenenti rispettivamente a tre diverse stagioni urbanistiche: Città Moderna, Città Contemporanea e Città anni '60-'70. Apparentemente, pertanto, non sembra emergere una

² Le banche dati sono realizzate da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) nell'ambito del programma europeo *Copernicus*

particolare periodizzazione in grado di fornire una performance ecosistemica in termini di capacità di
 di
 raffrescamento nettamente superiore alle altre. D'altronde, i suddetti ambiti urbani non solo appartengono a periodi differenti, ma presentano anche soluzioni morfologico-insediative eterogenee, con sensibili differenze. Ciò nonostante, l'analisi dei valori medi appartenenti alle differenti stagioni urbanistiche fa emergere una tendenza crescente della capacità media di raffrescamento durante i primi tre periodi storici (Città Berutiana, Città Moderna e Città anni '60-'70) con un tasso di crescita medio dell'1,37%, mentre si nota una decrescita tra la Città anni '60-'70 e la Città Contemporanea dell'1,02% (Figura 2).

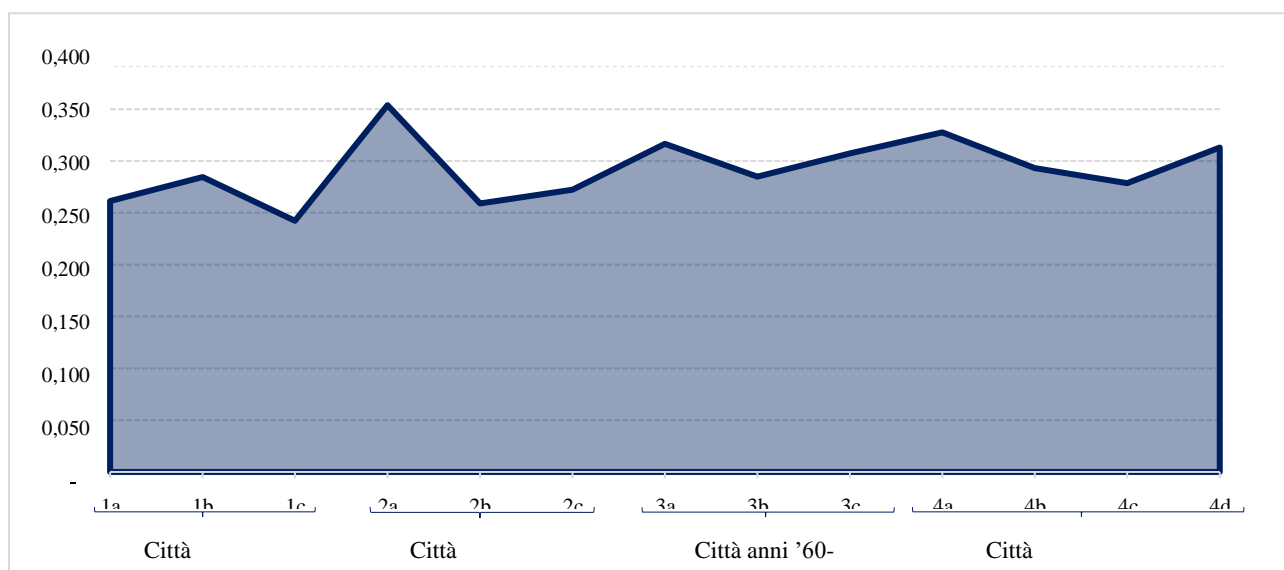


Figura 2. Distribuzione del valore medio di raffrescamento nei 13 ambiti urbani appartenenti a differenti periodi urbanistici. Fonte: Rielaborazione a partire da (Ronchi et al., 2020).

Nella figura 3 è rappresentata una valutazione comparativa della distribuzione media dei valori dei singoli parametri urbanistici distinti per ambiti urbani.

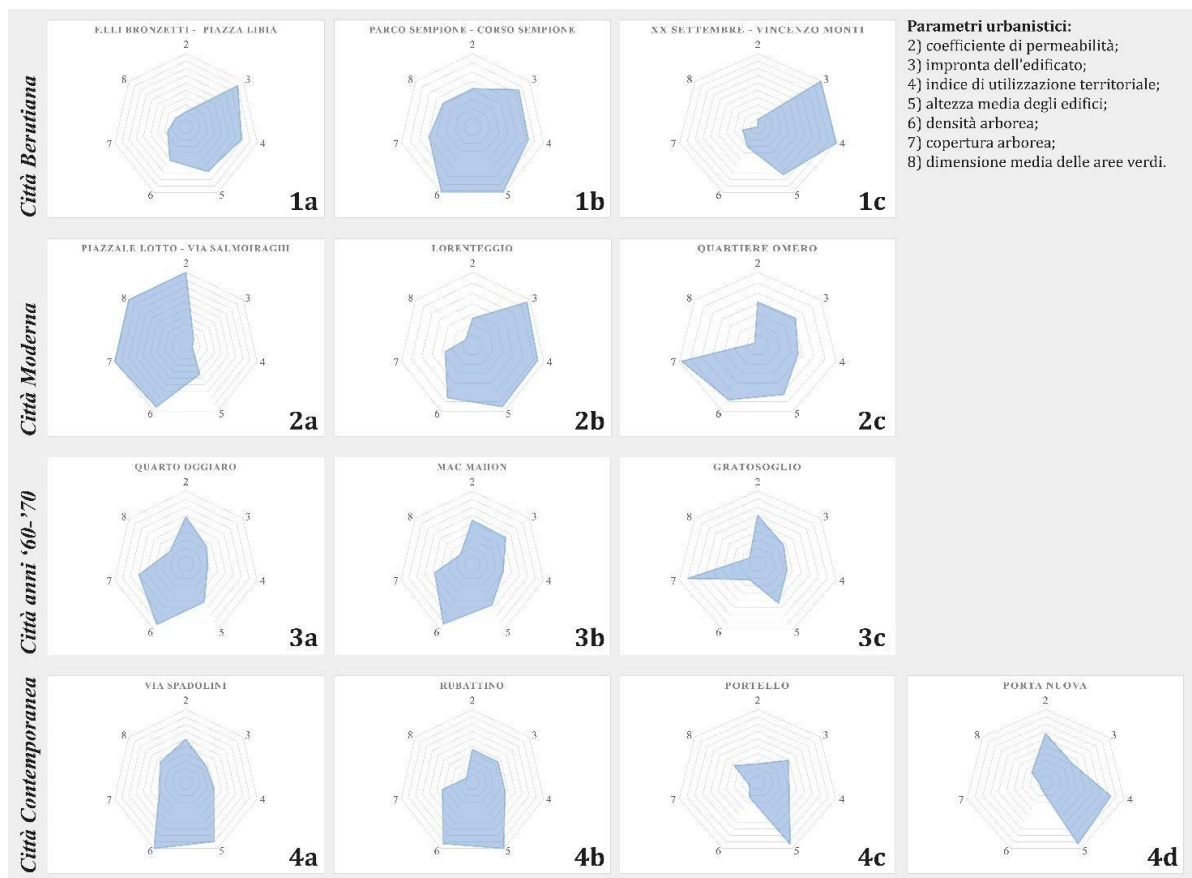


Figura 3. Spider charts: distribuzione media dei valori dei singoli parametri urbanistici distinti per ambiti urbani.
 Fonte: Rielaborazione a partire da (Ronchi et al., 2020).

L'analisi morfologica evidenzia il ruolo centrale svolto dalla permeabilità del suolo, quale variabile in grado di influenzare fortemente l'incidenza della performance ecosistemica. Infatti, nonostante nelle recenti trasformazioni urbane della Città Contemporanea vi sia una abbondante dotazione di aree pubbliche, la permeabilità del suolo rimane più elevata durante le periodizzazioni precedenti raggiungendo nella Città degli anni '60-'70 il massimo dell'efficienza sia in termini di estensione che di compattezza. Il parametro della compattezza si dimostra fondamentale per garantire una buona capacità di raffrescamento, difatti il verde urbano per svolgere una adeguata funzione refrigerante non solo deve essere quantitativamente abbondante (superiore a 2 ha), ma deve essere compatto e quindi non eccessivamente frammentato, altrimenti perde buona parte della sua funzione mitigativa atta a contrastare l'effetto isola di calore (Aram, Higuera García, Solgi, & Mansournia, 2019). Queste assunzioni sono ben visibili in quartieri dove, pur in presenza di una buona dotazione di aree permeabili (come rilevato nel quartiere Mac Mahon), la capacità di raffrescamento è esigua a causa di una elevata frammentazione delle aree verdi permeabili, come ad esempio nel quartiere nel quartiere Mac Mahon dove il 37% della superficie è permeabile, con una dimensione media delle aree verdi di 22.600 mq e una capacità media di raffrescamento pari allo 0,28.

Oltre a ciò, si rilevano trend molto simili anche per le dinamiche relative all'indice di copertura e all'indice di utilizzazione territoriale: entrambi decrescono con l'introduzione dei principi del movimento moderno, attuati nell'ambito dei progetti di trasformazione urbana, raggiungendo il valore più basso durante il periodo della Città anni '60-'70 caratterizzato per uno sviluppo di carattere intensivo del costruito ma con un'ampia dotazione di aree verdi. La Città contemporanea è invece caratterizzata da due parametri: l'altezza degli edifici e la densità arbustiva. Teoricamente entrambe i parametri dovrebbero garantire una buona condizione di

raffrescamento, nella realtà invece la capacità di raffrescamento è moderata in questi ambiti poiché la maggior parte delle torri verticali di nuova generazione poggiano su spazi semi-attezzati coperti da materiali impermeabili aumentando invece l'impronta al suolo del costruito. Inoltre, sebbene la densità arbustiva sia maggiore di altre zone ciò non è sufficiente a garantire un adeguato ombreggiamento, in quanto le essenze sono relativamente "giovani" e quindi con una ridotta estensione della chioma.

È inoltre opportuno precisare che i risultati dell'indagine morfologica sono influenzati e strettamente dipendenti dall'ambiente circostante. Difatti, i quartieri più performanti in termini di capacità di raffrescamento (QT8, via Spadolini e Quarto Oggiaro) sono tutti situati ai margini della città compatta beneficiando dell'effetto di abbassamento delle temperature prodotto dalle grandi aree periurbane agricole. Il condizionamento di "prossimità" alle aree più dense della città è ben visibile nel quartiere di Parco Sempione, dove nonostante la presenza di un parco compatto e ben alberato, il valore medio di raffrescamento rimane fortemente condizionato dal centro urbano di Milano largamente impermeabilizzato e infrastrutturato.

Conclusioni: quali parametri urbanistici influenzano maggiormente la capacità di raffrescamento svolta dagli ecosistemi urbani?

La ricerca ha dimostrato come sia possibile utilizzare l'analisi ecosistemica per verificare empiricamente le relazioni tra la progettazione degli spazi (privati e pubblici) della città e la relativa performance ecosistemica dimostrando come tali valutazioni possano supportare la definizione di criteri e parametri urbanistici utili per incrementare la fornitura di SE. La sperimentazione ha consentito di stabilire in quali contesti urbani è maggiormente consigliato l'incremento di alcune dotazioni ecosistemiche per migliorare il comfort termico delle città, favorendo l'uso di NBS, e quali criteri progettuali sono più efficienti nel contrastare l'isola di calore.

I risultati dell'analisi condotta hanno evidenziato come il raggiungimento di una buona performance ecosistemica in termini di raffrescamento dipenda fortemente dai parametri di permeabilità del suolo (indice di permeabilità), dell'ammontare delle superfici coperte dagli edifici (indice di copertura) e dall'altezza degli edifici. Diversamente, l'Indice di utilizzazione territoriale, primario nel valutare l'impatto di una trasformazione urbana, non è indicativo una buona o cattiva performance in termini di raffrescamento urbano.

Nello scritto è stata dimostrata una crescente attenzione al disegno del suolo e al mantenimento della sua permeabilità in tutta la fase di espansione della città di Milano, fino alla periodizzazione degli anni '60-'70, diversamente dagli interventi avvenuti negli ultimi 30 anni che sembrano non riuscire a garantire una prestazione elevata in termini di capacità di raffrescamento.

Oltre a garantire una adeguata copertura permeabile del suolo, è importante progettare aree verdi compatte e non frammentate nelle quali inserire specie arboree autoctone privilegiando non tanto la densità delle essenze quanto la loro capacità di fornire ombreggiatura e SE efficienti nella regolazione delle temperature. L'indice di copertura vegetazionale ha un'influenza maggiore rispetto alla densità degli alberi evidenziando ulteriormente l'importanza nella selezione delle specie arboree-arbustive. Tali risultati, confermano i recenti sviluppi e approcci sul ripensare lo standard urbano destinato al verde non solo secondo un parametro quantitativo ma anche nella sua dimensione qualitativa utilizzando soluzioni progettuali basate sulle performance ecosistemiche (Geneletti, 2013; Geneletti et al., 2020; La Rosa, 2019; Ronchi, 2018).

Riferimenti bibliografici

- Aram, F., Higuera García, E., Solgi, E., & Mansournia, S. (2019). Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon*, 5(4), e01339. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01339>
- Bartasaghi Koc, C., Osmond, P., & Peters, A. (2018, May 15). Evaluating the cooling effects of green

- infrastructure: A systematic review of methods, indicators and data sources. *Solar Energy*, Vol. 166, pp. 486–508. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.03.008>
- Campos Venuti, G., & Oliva, F. (1993). *Cinquant'anni di urbanistica in Italia. 1942-1992* (G. Campos Venuti, Ed.). Bari: Laterza.
- Chen, D., Wang, X., Thatcher, M., Barnett, G., Kachenko, A., & Prince, R. (2014). Urban vegetation for reducing heat related mortality. *Environmental Pollution*, 192, 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.002>
- Comitato per il Capitale Naturale. (2018). *Secondo Rapporto sullo stato del Capitale Naturale in Italia*. Roma.
- European Commission. (2013). *Building a Green Infrastructure for Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2779/54125>
- European Commission. (2015). *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/765301>
- Gabellini, P. (2001). *Tecniche urbanistiche*. Carocci Editore.
- Geneletti, D. (2013). Ecosystem services in environmental impact assessment and strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 40, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.02.005>
- Geneletti, D., Cortinovis, C., Zardo, L., & Adem Esmail, B. (2020). Planning for Ecosystem Services in Cities. In *Planning for Ecosystem Services in Cities*. Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20024-4_1
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'farrell, P., ... Kremer, P. (2013). Urban ecosystem services. In *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment* (pp. 175–251). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_11
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P., ... Kremer, P. (2013). Urban Ecosystem Services. In *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities*. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_11
- Henderson, S. B., Beckerman, B., Jerrett, M., & Brauer, M. (2007). Application of land use regression to estimate long-term concentrations of traffic-related nitrogen oxides and fine particulate matter. *Environmental Science and Technology*, 41(7), 2422–2428. <https://doi.org/10.1021/es0606780>
- La Rosa, D. (2019). Why is the inclusion of the ecosystem services concept in urban planning so limited? A knowledge implementation and impact analysis of the Italian urban plans. *Socio-Ecological Practice Research*, 1(2), 83–91. <https://doi.org/10.1007/s42532-019-00016-4>
- Oliva, F. (2002). *L'urbanistica di Milano. Quel che resta dei piani urbanistici nella crescita e nella trasformazione della città: con sei itinerari*. Milano, Italy: Hoepli.
- Ronchi, S. (2018). *Ecosystem Services for Spatial Planning. Innovative approaches and challenges for practical applications* (Green Ener). Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90185-5>
- Ronchi, S., Salata, S., & Arcidiacono, A. (2020). Which urban design parameters provide climate-proof cities? An application of the Urban Cooling InVEST Model in the city of Milan comparing historical planning morphologies. *Sustainable Cities and Society*, 63, 102459. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102459>
- Salata, S., Ronchi, S., & Arcidiacono, A. (2017, December 1). Mapping air filtering in urban areas. A Land Use Regression model for Ecosystem Services assessment in planning. *Ecosystem Services*, Vol. 28, pp. 341–350. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.009>
- United Nations - Department of Economic and Social Affairs Population division. (2019). *World Urbanization Prospects. The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. New York, United Nations: United Nations.

Sitografia

Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni disponibile su ISTAT - Istituto nazionale di statistica

<https://www4.istat.it/it/censimenti-permanenti/popolazione-e-abitazioni>

Guida all'utilizzo di InVEST versione 3.8.5 disponibile su Natural Capital Project

<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

Banche dati sull'impermeabilizzazione del suolo e sulla copertura vegetale disponibili su ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/copertura-del-suolo/high-resolution-layer>

Banca dati di Uso e Copertura del suolo Disponibile su Regione Lombardia, Geoportale

<http://www.geoportale.regione.lombardia.it/>

Dati climatici disponibili su ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) Lombardia

<https://www.arpalombardia.it/>