

ATTI DELLA XXIV CONFERENZA NAZIONALE SIU - SOCIETÀ ITALIANA DEGLI URBANISTI  
DARE VALORE AI VALORI IN URBANISTICA  
BRESCIA, 23-24 GIUGNO 2022

09

# Planning-Evaluation. Le valutazioni nel processo di pianificazione e progettazione

A CURA DI MARIA CERRETA, MICHELANGELO RUSSO



Società Italiana  
degli Urbanisti



PLANUM PUBLISHER | [www.planum.net](http://www.planum.net)

Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti  
ISBN 978-88-99237-51-6

I contenuti di questa pubblicazione sono rilasciati  
con licenza Creative Commons, Attribuzione -  
Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0  
Internazionale (CC BY-NC-SA 4.0)



Volume pubblicato digitalmente nel mese di maggio 2023  
Pubblicazione disponibile su [www.planum.net](http://www.planum.net) |  
Planum Publisher | Roma-Milano

09

# **Planning-Evaluation. Le valutazioni nel processo di pianificazione e progettazione**

A CURA DI MARIA CERRETA, MICHELANGELO RUSSO

ATTI DELLA XXIV CONFERENZA NAZIONALE SIU  
SOCIETÀ ITALIANA DEGLI URBANISTI  
DARE VALORE AI VALORI IN URBANISTICA  
BRESCIA, 23-24 GIUGNO 2022

IN COLLABORAZIONE CON

Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di  
Matematica - DICATAM, Università degli Studi di Brescia

COMITATO SCIENTIFICO

Maurizio Tira - Responsabile scientifico della conferenza Università degli  
Studi di Brescia, Claudia Cassatella - Politecnico di Torino, Paolo La Greca -  
Università degli Studi di Catania, Laura Lieto - Università degli Studi di Napoli  
Federico II, Anna Marson - Università IUAV di Venezia, Mariavaleria Mininni -  
Università degli Studi della Basilicata, Gabriele Pasqui - Politecnico di Milano,  
Camilla Perrone - Università degli Studi di Firenze, Marco Ranzato - Università  
degli Studi Roma Tre, Michelangelo Russo - Università degli Studi di Napoli  
Federico II, Corrado Zoppi - Università di Cagliari

COMITATO SCIENTIFICO LOCALE E ORGANIZZATORE

Barbara Badiani, Sara Bianchi, Stefania Boglietti, Martina Carra, Barbara  
Maria Frigione, Andrea Ghirardi, Michela Nota, Filippo Carlo Pavesi, Michèle  
Pezzagno, Anna Richiedi, Michela Tiboni

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Società esterna - Ellisse Communication Strategies S.R.L.

SEGRETERIA SIU

Giulia Amadasi - DASTU Dipartimento di Architettura e Studi Urbani

PUBBLICAZIONE ATTI

Redazione Planum Publisher  
Cecilia Maria Saibene, Teresa di Muccio

Il volume presenta i contenuti della Sessione 09,  
“Le valutazioni come parte del processo pianificatorio e progettuale”  
Chair: Michelangelo Russo  
Co-Chair: Maria Cerreta  
Discussant: Enrico Formato, Michelangelo Savino

Ogni paper può essere citato come parte di Cerreta M., Russo M. (a cura di,  
2023), La valutazione come parte del processo pianificatorio e progettuale,  
Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU Dare valore ai valori in urbanistica,  
Brescia, 23-24 giugno 2022, vol. 09, Planum Publisher e Società Italiana degli  
Urbanisti, Roma-Milano 2023.

---

A CURA DI MARIA CERRETA, MICHELANGELO RUSSO

## 7 **Planning-Evaluation.** **Le valutazioni nel processo di pianificazione e progettazione**

BENEDETTA BALDASSARRE, ELISA CONTICELLI, ANGELA SANTANGELO, SIMONA TONDELLI

- 16 **Rischio sismico e pianificazione urbanistica. Un modello di valutazione speditiva per il comune di Castelfranco Emilia**

SILVIO CRISTIANO

- 23 **La valutazione della salute urbana nelle scelte di piano, progetto e politiche del territorio: una proposta sistemica qualitativa e il quadro di riferimento italiano**

ILARIA DELPONTE, VALENTINA COSTA, SILVIA MOGGIA

- 35 **I SECAP e la valutazione della vulnerabilità nei confronti del rischio climatico - elaborazione di una metodologia semplificata per i Comuni liguri**

GIANFRANCO POZZER, DENIS MARAGNO

- 41 **Valutazione spaziale a supporto delle politiche di adattamento al cambiamento climatico: un approccio multi- criteriale**

ELENA PAUDICE, TULLIA VALERIA DI GIACOMO, CHIARA FERRANTE

- 55 **Vagare tra i paesaggi fragili: nuovi strumenti di supporto per la tutela dei luoghi dell'abbandono e dell'aggressione**

PASQUALE DE TORO, ENRICO FORMATO, NICOLA FIERRO

- 62 **Territorializzare l'Agenda 2030. Un esperimento nel periurbano napoletano**

IRENE BIANCHI, GRAZIA CONCILIO, FRANCESCO FAGIANI, MICHELANGELO SECCHI

- 70 **Servizi urbanistici e innovazione digitale: uno sguardo sul contesto italiano**

ISRAA MAHMOUD, EUGENIO MORELLO

- 76 **Four years of Co-creation with stakeholders: What did we learn about its added value in Urban Planning? Insights from CLEVER Cities Milan three Urban Living Labs**

MARGHERITA PASQUALI, ROCCO SCOLOZZI

- 86 **Analisi causale stratificata come paradigma valutativo per i paesaggi montani delle Aree Interne italiane**

FRANCESCO ALBERTI, GIACOMO ROSSI

- 94 **Poli urbani generatori di traffico, mobilità sostenibile e pianificazione territoriale: uno studio della Città Metropolitana di Firenze per una possibile integrazione**

LUISA FATIGATI, GABRIELLA ESPOSITO DE VITA

- 102 **Un Patto eco-collaborativo per la città nolana**
-

- 
- SILVIO CRISTIANO
- 108 Né d'uso né di scambio: breve ricognizione transdisciplinare su un valore altro delle risorse tangibili verso una valutazione della sostenibilità ambientale e dell'equità sociale in ambito territoriale
- ELISA CONTICELLI, MAURO FRANCINI, CAROLINA SALVO, SIMONA TONDELLI
- 119 Criteri e metodi per la densificazione e/o l'inverdimento dell'ambiente costruito
- ELENA MAZZOLA, PASQUALINO BOSCHETTO, ALESSANDRO BOVE
- 126 Valutazione della sostenibilità nelle certificazioni ambientali a scala urbana: comparazione tra GBC Quartieri e ITACA Scala Urbana
- SARA LODRINI, STEFANIA ANGHINELLI, SILVIA RONCHI
- 131 L'efficacia delle valutazioni ambientali a vent'anni dalla Direttiva 2001/42/UE
- FEDERICA BONAVERO, CLAUDIA CASSATELLA
- 137 Per un progetto delle compensazioni ambientali. Il contributo di una visione sovralocale nelle procedure di valutazione della Città metropolitana di Torino
- GIUSEPPE MAZZEO
- 145 Superare la divisione tra valutazione e piano. Criticità ed evidenze da due casi studio
- MARIELLA ANNESE, MARIA RAFFAELLA LAMACCHIA, ROCCO PASTORE, GIUSEPPE VOLPE
- 150 La programmazione strategica come strumento di innovazione: la sperimentazione di Regione Puglia
- GIULIA MARZANI
- 157 Valutare la circolarità alla scala urbana: il ruolo della Valutazione Ambientale Strategica
- DOMENICO PASSARELLI
- 162 Valutazione e forma di piano. Alla ricerca di un virtuoso rapporto
- FERDINANDO VERARDI
- 166 La valutazione della pianificazione strategica di area vasta
- FEDERICA GRECO, FRANCESCO ROTONDO
- 172 La pianificazione in materia portuale tra Autorità di Sistema e porti regionali
- DONATO DI LUDOVICO
- 179 Coerenza tra i livelli di pianificazione e i processi di Valutazione Ambientale Strategica
-

# Valutazione spaziale a supporto delle politiche di adattamento al cambiamento climatico: un approccio multi-criteriale

**Gianfranco Pozzer**

Università Iuav di Venezia  
Dipartimento di Culture del progetto  
Email: [gpozzer@iuav.it](mailto:gpozzer@iuav.it)

**Denis Maragno**

Università Iuav di Venezia  
Dipartimento di Culture del progetto  
Email: [dmaragno@iuav.it](mailto:dmaragno@iuav.it)

## Abstract

A partire dal Primo rapporto dell'IPCC (1990) politiche e pratiche di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici (CC) hanno contribuito a sviluppare nuovi approcci valutativi a livello territoriale. Le novità riguardano alcune condizioni 'al contorno' come la centralità del tema e le operazioni di *framing*, la ricostruzione di 'stati' e 'dinamiche' con dispositivi simulativi, la costruzione di scenari, l'utilizzo di dati ad alta precisione e la loro combinazione con informazioni capitalizzate dal web. Ma l'aspetto forse più innovativo riguarda i modi in cui viene definita, monitorata e valutata la resilienza ai CC in condizioni di rischio. La resilienza non viene qui intesa come passivo 'ritorno ad uno *status quo ante*'<sup>1</sup>, ma come capacità di gestire la cosiddetta 'equazione dei disastri'<sup>2</sup>.

Valorizzando una sperimentazione in corso presso Iuav Università di Venezia nel dominio valutativo 'città-clima' finanziato dal progetto di ricerca AdriaClim (Interreg Italia-Croazia), il contributo propone un percorso che, partendo da una procedura esplorativa multi-attributo alimentata in ambiente GIS, identifica scenari plausibili di multi-vulnerabilità territoriale per la valutazione di 'convergenze morfo-climatiche' nelle pratiche di pianificazione, gestione e regolazione del territorio. Il riconoscimento della condizione di impatto cumulativo viene definito dalla combinazione di criteri, o descrittori ambientali, opportunamente definiti in prospettiva semantica e metrica. I criteri/descrittori sono standardizzati e ponderati con tecnica AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e aggregati con somma ponderata.

La sperimentazione di una valutazione territoriale orientata alla multi-vulnerabilità climatica può posizionare planning e strategie pubbliche in nuovi *policy framework* di tipo pluralista.

**Parole chiave:** Cambiamenti climatici; multi-vulnerabilità; GIS-Multi-Criteria Evaluation (MCE); valutazione pluralista.

## 1 | Introduzione

Le condizioni attuali di città e territori, influenzati negativamente dall'effetto sinergico di cambiamenti climatico-ambientali e trasformazione dello spazio fisico (IPCC, 2007, 2014a), richiedono una riorganizzazione delle politiche locali e un aggiornamento delle tecniche di valutazione e governo del territorio (Busayo and Kalumba, 2021; Hurlimann *et al.*, 2021).

I rischi indotti dal cambiamento climatico (CC), in particolare, costituiscono i fenomeni che in modo più evidente necessitano di strumenti innovativi capaci di indirizzare lo sviluppo territoriale verso una nuova prospettiva progettuale e di decisione pubblica (Malczewski and Rinner, 2015).

La ricerca di una nuova progettualità si lega ad importanti emergenze ambientali (climatiche, ma anche economiche, socio-culturali o sanitarie) che mettono in evidenza l'inadeguatezza dei modelli tradizionali di pianificazione. Queste dinamiche impongono l'esigenza di una modifica del paradigma pianificatorio, con l'obiettivo di ancorare le *policy* e le strategie di *design* alle nuove sfide ambientali e territoriali imposte dai CC.

Il riconoscimento dell'influenza dei CC sulle forme urbane del territorio sta favorendo e alimentando un uso consapevole di nuove informazioni spaziali, orientando il *planning* a considerare inedite declinazioni

---

<sup>1</sup> Conversazione con D Patassini (aprile, 2022).

<sup>2</sup> Pasini (2020).

del concetto di adattamento territoriale, soprattutto in termini di esposizione e vulnerabilità (IPCC 2014b, 2019). Da alcuni anni, infatti, diverse esperienze di ricerca nazionali e internazionali stanno sperimentando nuovi itinerari nella direzione dell'adattamento, sfruttando il potenziale di apprendimento in campo informativo e tecnologico (Baccini *et al.*, 2011; Ronchi *et al.*, 2020). Studi e ricerche dimostrano come, assumendo la riduzione della vulnerabilità come obiettivo intermedio al raggiungimento dell'adattamento territoriale, risulti possibile attivare sperimentazioni eterogenee utili alla costruzione di strati informativi di supporto alla riduzione del rischio (Lerer *et al.*, 2015; Morabito *et al.*, 2015; Musco *et al.*, 2016; Maragno, *at al.* 2020). Tuttavia, sebbene questi studi risultino particolarmente innovativi nella mappatura geografica della vulnerabilità, la loro architettura metodologica tende a focalizzare la ricerca spaziale sulla misura dell'impatto (analisi consequenzialista e basata sull'evidenza)<sup>3</sup>, delegando l'approfondimento critico-valutativo del rapporto tra cambiamenti climatici e sistemi territoriali a specifici strumenti di supporto alla *governance* e al *design* territoriale<sup>4</sup>.

In un contesto in cui il CC tende a diventare una questione intersettoriale e multilivello (sia in ambito politico che pianificatorio), la risposta alla vulnerabilità tende ad assumere un carattere multi-dimensionale alimentato dalla necessità di valutare condizioni di fragilità territoriali legate a stress climatici convergenti (multi-impatto). Sulla base di queste premesse il presente percorso di ricerca ragiona sulla necessità di studiare la vulnerabilità come prodotto logico di diversi comportamenti morfologici, riconoscendo in essa il concetto di multi-vulnerabilità territoriale, di seguito indicato con l'acronimo MV.

MV può essere definita come risposta morfologica caratterizzata da una varietà di asset territoriali e obiettivi sensibili potenzialmente sollecitati da una condizione di *multi-hazard* climatico, a sua volta ancorato ad un contesto territoriale, geografico e meteorologico interpretato.

Il concetto MV può essere rappresentato sulla base della seguente funzione semantica:

$$S_{MV} = \{(I_1, I_2, \dots, I_n)_{mh}\}_{cgm} \quad (1)$$

con,

$S_{MV}$  = semantica della multi-vulnerabilità in funzione degli impatti  $I_i$  (densità, valori ecologici, dotazione infrastrutturale, morfo-tipologie, ecc.)<sup>5</sup>.

mh = *multi-hazard*.

cgm = contesto territoriale e geografico-meteorologico (ancorato a scenari IPCC).

Il concetto di MV consiglia l'uso di pratiche valutative spaziali condotte sulle caratteristiche morfologiche dei territori e sulle loro *performance* di resilienza, misurabili in relazione alle logiche geografiche del CC (Grafakos *et al.*, 2020). Si tratta di un modello di analisi che tende ad integrare tecniche di indagine multi-criteriali, con lo scopo di trasformare e combinare dati geografici e giudizi di valore al fine di ottimizzare l'analisi spaziale nella scelta di decisioni complesse<sup>6</sup>. Così facendo, il processo pianificatorio viene messo nelle condizioni di poter gestire in modo più consapevole ed integrato le scelte di adattamento (Hurlimann, *et al.*, 2021).

Per supportare questa rilettura, il presente contributo cerca di rispondere a tre domande di ricerca aderenti a specifiche categorie tematiche: CC e nuovi paradigmi pianificatori; nuove opportunità di valutazione spaziale; nuove politiche e decisioni strategiche per l'adattamento al CC.

In breve, le domande di ricerca che guidano l'indagine sono le seguenti:

<sup>3</sup> La valutazione di impatto risponde a diversi quesiti. Può verificare (anche in modo controfattuale) se un'azione ha generato un effetto positivo o negativo e si vi è un nesso causale o di causazione mutua. Ma può anche evidenziare se sono stati generati gli impatti desiderati nell'ecosistema dell'azione o se è successo qualcos'altro; se l'azione ha funzionato, perché e in quali circostanze. In questo caso la valutazione di impatto può diventare *theory-driven*, orientata alla (dalla) teoria, vedi Patassini (2022).

<sup>4</sup> L'architettura di interrogazione ed elaborazione dei dati non può sostituirsi al processo decisionale, né tantomeno giungere in piena autonomia ad una scelta strategica che sia in grado di fornire risposte plausibili ai soggetti coinvolti nei processi decisionali e valutativi.

<sup>5</sup> In questa sede la vulnerabilità non è intesa come mero 'orientamento al danno', ma come semantica che ne definisce le condizioni per generare un contesto potenzialmente esposto. Si tratta di una estensione del concetto con implicazioni operative sulle 'categorie di danno potenziale' (conversazione con D Patassini, aprile 2022).

<sup>6</sup> L'approccio multi-criteriale spaziale consente di correlare e trasformare i dati geografici di input in output di decisione mediante approccio comparativo.

1. È possibile riconoscere pattern morfologici predisposti a subire sollecitazioni generate da un multi-impatto climatico?
2. È possibile utilizzare criteri spaziali che consentano di simulare il comportamento geografico degli impatti climatici in relazioni alle caratteristiche morfologiche del territorio?
3. È possibile valutare i livelli di esposizione di un territorio soggetto ad un potenziale multi-impatto climatico?
4. In quale modo un'analisi spaziale sulla multi-vulnerabilità territoriale può migliorare le politiche di adattamento al CC e orientare la decisione pubblica in nuovi domini di *policy*?

In tale direzione, l'ipotesi che qui si formula, e che si cerca di testare con una indagine esplorativa multi-attributo, è che i CC configurino condizioni intersettoriali e multilivello a diverse scale spaziali e che una loro valutazione multi-sistemica possa guidare il piano in nuovi domini di ricerca e trasformazione. Questo orientamento potrebbe inaugurare una nuova generazione di *climate action plan* a livello internazionale.

Per verificare la validità dell'ipotesi il presente contributo testa una procedura di analisi della multi-vulnerabilità ( $P_{MV}$ ) in un comune campione dell'Alto Adriatico (Comune di Jesolo – Provincia di Venezia). Il test riconosce un potenziale esplorativo in grado di restituire una mappatura di MV ancorata ad un dominio semantico della multi-vulnerabilità caratterizzato da tre tipologie di impatto climatico. Nello specifico, isole di calore urbane (UHI), inondazioni urbane da eventi meteorici estremi (*Urban Flooding – UF*) e inondazioni costiere da mareggiate intense (*Sea storm – Ss*).  $P_{MV}$  non solo consente di restituire una multi-vulnerabilità degli assetti morfologici, ma allo stesso tempo permette di valutare i livelli di esposizione del territorio in relazione a diverse condizioni di rischio climatico multiplo. L'esposizione viene stimata sulla presenza di attività urbane sensibili (infrastrutturali, insediative, commerciali, finanziarie, sociali o culturali), raccolte mediante un *geocoding* agganciato ai database di Open Street Map (OSM).

Lo studio condotto sul Comune di Jesolo risponde ai contenuti tecnico-scientifici del programma di ricerca AdriaClim (Programma di Cooperazione Territoriale Interreg Italy-Croatia 2014-2020)<sup>7</sup>, il cui obiettivo è considerare la valutazione di MV come *driver* per supportare strategie di adattamento urbano condivise e polifunzionali.

Il resto del presente contributo è strutturato come segue.

Nel Paragrafo 2 si presenta l'area di studio, viene definito il campo semantico di MV e si introduce la metodologia della ricerca. Viene descritta la procedura  $P_{MV}$  per il riconoscimento della multi-vulnerabilità territoriale, la tecnica di elaborazione dell'esposizione e il modello di interpretazione del multi-rischio urbano.

Nel Paragrafo 3 si riportano i risultati della ricerca e si discutono le potenzialità delle tecniche di indagine utilizzate.

Nel Paragrafo 4 si raccolgono le prime riflessioni conclusive. La ricerca dimostra come una valutazione della multi-vulnerabilità sia in grado di migliorare le procedure di adattamento locale rispetto a tre caratteri operativi:

- restituendo una risposta territoriale al cambiamento climatico sulla base di una lettura sistemica dei caratteri morfologici dei luoghi,
- leggendo l'esposizione in un contesto interpretato secondo logiche di multi-impatto climatico e creando priorità di rischio secondo specifici profili e interessi urbanistici e socio-economici;
- agevolando procedure di adattamento urbano sulla base di scelte ponderate e condivise.

## 2 | Materiali e metodologie

### 2.1 | Area studio

L'area studio riguarda il Comune di Jesolo (Venezia), territorio pilota del progetto di ricerca AdriaClim (Figura 1).

<sup>7</sup> Il progetto di ricerca AdriaClim studia gli effetti dei cambiamenti del clima sulle zone costiere dell'Adriatico con l'obiettivo di riconoscere condizioni di vulnerabilità territoriale come esito di impatti multipli identificati in base allo studio delle caratteristiche fisiche e morfologiche del tessuto urbano e territoriale. Il progetto è coordinato da ARPA Emilia-Romagna e coinvolge diciannove partner tra istituti di ricerca, università, istituzioni e imprese. I partner del caso pilota Veneto (area principale di indagine del presente contributo scientifico) sono ARPA Veneto, Comune di Venezia, CNR-ISMAR, AULSS3, Ca' Foscari University of Venice, IUAV University of Venice.

Il territorio di Jesolo si estende per circa 96,4 kmq ed è abitato da circa 26.700 abitanti. Si tratta di un ambiente dotato di particolari evidenze geografiche e climatiche. Le evidenze geografiche sono il risultato di un'articolazione morfologico-altimetrica dei luoghi che ricalcano un assetto idraulico ibrido (naturale vs. artificiale) e forme di urbanizzazione complesse caratterizzate da fragilità territoriali legate alla geomorfologia delle coste.

Le evidenze climatiche si riferiscono invece ad un clima temperato e ventilato, che risente della mitigazione del mare. La piovosità risulta molto variabile: la media stagionale è simile in inverno e in estate, e tende a diminuire dall'entroterra verso l'area costiera. Le precipitazioni sono tipicamente intense, concentrate nel tempo, di tipo temporalesco e accompagnate da forti venti. Durante la stagione estiva i venti permettono di mitigare le alte temperature grazie al regime di brezza marina. Tuttavia, l'elevata densità edilizia di alcune aree comunali in estate rivela spesso delle forme urbane generatrici di trappole termiche.

La scelta di attivare un'analisi di multi-vulnerabilità in questo territorio è, in particolare, motivata da:

1. presenza di intensa urbanizzazione costiera;
2. presenza di aree soggette ad alluvioni urbane e costiere;
3. presenza di formazione di isole di calore urbane;
4. presenza di fenomeni di erosione costiera.



Figura 1 | Area studio.

## 2.2| Flusso di lavoro

I processi di valutazione MV, di riconoscimento dell'esposizione e di stima del multi-rischio sono stati sviluppati sulla base di un itinerario articolabile in tre distinti assi operativi:

- 1) valutazione esplorativa di MV con procedura  $P_{MV}$ ;
- 2) valutazione dell'esposizione da cartografia partecipata 2.0;
- 3) valutazione del multi-rischio.

I tre assi costituiscono parte integrante di un unico modello di valutazione spaziale.

## 2.3| Fonti e dati

Per lo sviluppo delle metodologie di valutazione sono stati utilizzati informazioni e dati provenienti da fonti eterogenee. Esse hanno consentito di descrivere il profilo del sistema urbano-territoriale e di definire il dominio semantico di MV, riconducibile ai tre impatti di riferimento: UHI, UF, Ss. In ottica valutativa queste tre tipologie di impatto possono essere considerate come meta-criteri interpretativi.

Alcuni dati sono ottenuti con applicazione di algoritmi di *remote sensing analysis*, mentre altri provengono da attività di *geocoding* e da informazioni spaziali preconfezionate e disponibili in ambiti di lavoro/ricerca di carattere regionale, provinciale ed europeo. (Tabella I).

Tabella I | Livelli informativi e cartografie di base utilizzati per l'analisi della multi-vulnerabilità, valutazione dell'esposizione e stima del multi-rischio.

Livello informativo	Tipologia	Risoluzione	Fonte	Anno
Vegetation Health Index (VHI)*	Raster	30m x 30m	Landsat 8 (United States Geological Survey—USGS)	2020
Mappa dei coefficienti di deflusso (MCD)**	Raster	30 m x 30 m	IUAV	2018
Modello digitale del terreno (DTM)	Raster	25 cm x 25 cm	Città Metropolitana di Venezia	2014
Imperviousness Density (IMD).	Raster	10m x 10m	Programma Copernicus	2018
European Settlement Map (ESM)	Raster	2m x 2m	Programma Copernicus	2015
Banca dati sulla Copertura e uso del suolo	Shapefile		Regione del Veneto	2018
Attività urbane	Shapefile		Openstreetmap (OSM)	2021

\*Elaborazione degli autori condotta su immagine multispettrale "LC08\_L1TP\_191029\_20200730\_20200807\_01\_T1"

\*\*Elaborazione su banca dati della Copertura del suolo della Regione del Veneto (CCS 2018)

Combinando i meta-criteri con i dati di Tabella I risulta possibile definire un approccio multi-criteriale spaziale, ovvero riconoscere il dominio spaziale di MV.

Nello specifico, l'uso dei dati di Tabella I ha una triplice finalità:

- caratterizzare i meta-criteri rispetto alla natura dell'impatto climatico;
- definire i criteri di giudizio con cui valutare il dominio semantico;
- valutare e descrivere la relazione tra morfologie urbane e loro predisposizione a subire un determinato impatto climatico.

## 2.4 | Metodo

Il primo asse operativo prevede di testare la procedura esplorativa  $P_{MV}$  su un dominio MV sotteso ad un *multi-hazard* climatico riferito a ondate di calore ed eventi meteorici estremi. Come anticipato nell'Introduzione, il riconoscimento semantico di MV relativo al caso studio di Jesolo si basa sullo studio di tre differenti tipologie di impatto: UHI, UF, Ss. A questo studio si aggiunge una procedura analitico-interpretativa per la scelta di variabili morfologiche utili alla caratterizzazione di MV nelle tre classi di impatto. La caratterizzazione di MV viene definita mediante selezione di un *core-set* di criteri morfologici, idonei per il riconoscimento della vulnerabilità in chiave multi-impatto. Nella Tabella seguente viene riportata un'associazione logica tra dominio semantico MV, meta-criteri interpretativi e criteri valutativi.

Tabella II | Definizione del dominio semantico MV e generazione dei criteri valutativi.

Dominio semantico	Meta-criterio interpretativo	Criterio valutativo	Definizione del criterio	Formato e metrica del criterio	Metrica	Range valori	Note
MV	UHI	Vegetation Health Index (VHI)*	Indicatore dello stato di salute della vegetazione	Immagine raster	%	0 - 100	Alti valori identificano condizioni di stress idrico
	UHI, UF, Ss	Imperviousness Density (IMD).	Livello di suolo impermeabilizzato	Immagine raster	%	0 - 100	Alti valori identificano aree ad alta impermeabilizzazione e scarsa vegetazione
	UF, Ss	Mappa del coefficiente di deflusso (MCD)	Associazione spaziale tra coefficienti di deflusso e usi del suolo (CCS)	Immagine raster	%	20 - 90 (0,2 - 0,9)	Alti valori identificano condizioni di <i>flooding</i> urbano
	UF, Ss	Digital Terrain Model (DTM)**	Mappa digitale della distribuzione delle quote del terreno	Immagine raster	Altimetria espressa in cm	-100 - +200	Alti valori identificano aree più sensibili alle mareggiate e agli

UHI, UF, Ss	European Settlement Map (ESM).	Mappa degli insediamenti umani	Immagine raster	Informazione spaziale dicotomica	[0,1]	allagamenti Il valore 1 identifica un'elevata concentrazione e compattezza delle costruzioni
-------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------	----------------------------------	-------	---

\* VHI è considerato un indice satellitare in grado di riconoscere cicli vegetativi e aree dotate di buona salute in termini vegetazionali. Tuttavia, in questa ricerca, VHI viene considerato come criterio di criticità ambientale, riconoscendo aree superficiali più soggette a subire conseguenze dell'onda di calore. In questo caso, si ricorre a valori corrispondenti al complemento a 100. Risulta necessario eseguire un rovesciamento dei valori.

\*\* I valori del DTM risultano rovesciati. Alti valori identificano aree urbane e costiere dotate di quote relativamente basse.

La selezione restituisce un set variegato di dimensioni metriche. Alti valori concorrono a identificare aree maggiormente predisposte a subire *stress* territoriali legati a scenari climatici avversi.

$P_{MV}$  consente di costruire un modello di valutazione spaziale multi-attributo sfruttando le variabili morfologiche come criteri decisionali in grado di restituire la propensione dei sistemi territoriali a subire gli effetti negativi di un multi-impatto climatico (Rudge, 2021; Li *et al.*, 2022).

Vista la diversa metrica di ogni criterio, la normalizzazione risulta fondamentale per limitare l'escursione dei valori entro intervalli, o range, ininfluenti sulla ponderazione (Tabella III). Il processo di normalizzazione avviene secondo la teoria dei *fuzzy set* (Zadeh, 1965) con 'funzioni a rampa' (o sigmoidali). L'applicazione di funzioni di appartenenza *fuzzy* (*membership function*) consente di definire il livello di idoneità<sup>8</sup> dal criterio espresso in una scala di valori compresi nell'intervallo [0, 1] (0, idoneità nulla; 1, idoneità massima). Il risultato di questa procedura esprime l'idoneità complessiva dei criteri nel riconoscere stati e usi morfologici intrinsecamente predisposti a subire danni causati da possibili, e probabili, condizioni di multi-impatto climatico.

Tabella III | Normalizzazione *fuzzy* dei criteri valutativi.

Criterio	Metrica	Standardizzazione	Funzione	Valore di <i>suitability</i>
VHI	%	[0, 1]	Fuzzy membership - large	I valori di idoneità aumentano all'aumentare della siccità.
IMD	%	[0, 1]	Fuzzy membership - power	I valori di idoneità aumentano all'aumentare dell'impermeabilizzazione
MCD	%	[0, 1]	Fuzzy membership - power	I valori di idoneità aumentano all'aumentare del coefficiente di deflusso
DTM	centimetri	[0, 1]	Fuzzy membership - linear	I valori di idoneità aumentano in prossimità di depressioni.
ESM	Variabile dicotomica (0, 1)	[0, 1]	Fuzzy membership - linear	I valori di idoneità aumentano in prossimità di un'elevata densità di insediamento

Con la tecnica decisionale AHP (*Analytic Hierarchy Process* di Wind and Saaty, 1980) la procedura  $P_{MV}$  procede ad organizzare la valutazione in forma gerarchica<sup>9</sup> esprimendo un giudizio di preferenza mediante la comparazione a coppie (*pairwise comparisons*) dei criteri che concorrono alla classificazione delle alternative<sup>10</sup> e alla costruzione della decisione finale (Wind and Saaty, 1980; Estoque and Murayama, 2010). La comparazione a coppie avviene per mezzo della scala dei numeri assoluti (Tabella IV), i quali sintetizzano il livello di importanza dei criteri (Saaty, 1987).

Tabella IV | Scala di riferimento di Saaty per i confronti a coppie (metodo AHP).

<sup>8</sup> Per idoneità si intende l'efficacia del criterio nel riconoscere una condizione di vulnerabilità territoriale.

<sup>9</sup> La tecnica AHP si sviluppa attraverso l'applicazione di un modello analitico gerarchico, che permette di valutare un insieme di alternative in presenza di criteri multipli. Si tratta di un modello di analisi reticolare che si sviluppa su più livelli attraverso una gerarchia di dominanza, in cui il problema valutativo è scomposto in sotto-problemi di dimensione più facile da risolvere. Per approfondimenti si veda il principio di composizione gerarchica di Saaty (1987).

<sup>10</sup> Le alternative dipendono dalla idoneità dei criteri valutativi. La rappresentazione delle alternative viene restituita attraverso la mappa di *suitability* finale (MV). L'alternativa è dunque associata al pixel, essendo quest'ultimo un'unità spaziale arbitraria (Uribe *et al.*, 2014).

Definizione (scala)	Giudizio (intensità di importanza espressa in valore numerico assoluto)	Reciproco
Equal importance	1	1
Moderate importance	3	1/3
Strong importance	5	1/5
Very strong importance	7	1/7
Extreme importance	9	1/9

Per ognuna delle matrici di confronto a coppie ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ) risulta necessario calcolare il vettore di priorità espresso su scala 0-1, ottenendo così l'autovettore normalizzato, il quale rappresenta la sintesi dei giudizi di preferenza. AHP consente quindi di stabilire quale criterio sia più importante in rapporto all'elemento sovraordinato ed in quale misura, ottenendo così un giudizio globale rappresentativo di una decisione razionale che realizza al meglio gli obiettivi del decisore (Saaty, 1987; Patassini, 2020).

Nell'approccio AHP è inoltre necessario verificare il grado di consistenza della matrice. Il grado di consistenza può essere verificato attraverso il calcolo dell'indice di consistenza IC, verificando che i valori associati ad ogni criterio non corrispondano ad un'associazione casuale.

L'indice IC è dato dal rapporto tra l'autovalore ( $\lambda_{max}$ )<sup>11</sup> della matrice, diminuito di una cifra pari al numero dei criteri ( $n$ ), ed il numero di criteri ( $n$ ) meno uno:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Nel caso di consistenza buona, o perfetta, l'indice CI oscilla da un range di valori che va da 0 (consistenza perfetta) a 0,1 (consistenza buona). In caso di valori maggiori di 0,1 è opportuno riformulare le matrici dei giudizi ridefinendo i confronti multipli a coppie. Il giudizio è sufficientemente coerente se il rapporto di consistenza è all'incirca uguale o inferiore a 0,10. RC è ottenuto confrontando l'indice IC con il *Random Index* RI ricavato dalla scala degli indici casuali di Saaty (1987)<sup>12</sup>.

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad (3)$$

L'utilizzo di modelli raster, assieme ad una combinazione lineare pesata con i giudizi di preferenza, consente infine l'aggregazione dei cinque criteri valutativi e la costruzione della mappa di adeguatezza (*suitability*) MV.

Il secondo asse si occupa della costruzione della mappa di esposizione al cambiamento climatico. Il *layer* dell'esposizione viene riconosciuto mediante rilevazione strutturata di attività urbane provenienti da sorgente OpenStreetMap (OSM). Si considerano come fattori esposti gli asset infrastrutturali, economici, le funzioni e i servizi di quartiere necessari al buon funzionamento del tessuto urbano in esame.

Per l'estrazione dei dati il modello utilizza i protocolli API (*Application Programming Interface*) e i *tag* (parole-chiave) di OSM. I *tag* del progetto OSM sono: gastronomy; culture, entertainment and arts; historical objects; leisure, recreation and sports; waste management; tourism and accommodation; finance; healthcare; communication; transportation; administrative facilities; shops and services. Si tratta di dodici macro-categorie che consente di restituire una certa omogeneità e coerenza di informazione spaziale direttamente correlabile al profilo funzionale dello spazio urbano oggetto di studio<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Autovalore massimo dato dalla media delle misure di consistenza  $Z_i$  associati ai valori di riga (autovalori). Per approfondimenti si veda Klutho (2013).

<sup>12</sup> L'indice RI viene sciolto in relazione al numero degli elementi utilizzati nel confronto a coppie.

<sup>13</sup> I dati di prodotti dall'utente 2.0 presentano vantaggi legati al continuo aggiornamento, all'ampia copertura, alla concretizzazione di informazioni attraverso una pluralità e libera accessibilità delle fonti. Tuttavia, questi dati spesso non sono soggetti a controllo di qualità. Ciò può favorire la presenza di dati ripetuti o di bassa precisione (Hochmair *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2018). Un' ulteriore problematica avanzata da Yang (2018) rispetto ai dati di tipo OSM riguarda la loro distribuzione spaziale: spesso sono solo le zone più densamente popolate ad avere un *bouquet* di informazioni più completo.

Un secondo passaggio operativo per l'analisi dell'esposizione è creare una mappa di densità attraverso l'algoritmo di stima della *Kernel Density Estimation* (KDE)<sup>14</sup>, agendo sulla base di un *radius* di 200 metri<sup>15</sup>. Questo procedimento permette di creare un'immagine *raster* con valori di concentrazione (o livelli di addensamento)<sup>16</sup>, utili alla formazione di una mappa di rischio.

Il terzo ed ultimo asse prevede infine di associare l'informazione MV alla componente di esposizione. La convergenza spaziale tra multi-vulnerabilità ed esposizione rappresenta un valido indicatore del multi-rischio locale, utile a stabilire priorità gestionali e pianificatorie degli spazi urbani e territoriali.

### 3 | Risultati e discussione

La valutazione gerarchica assume che il problema allo studio sia rappresentabile in questa forma. Pur essendo un limite, la procedura ha consentito di riconoscere il livello di importanza dei criteri (preferenza o posizione)<sup>17</sup>, stimando l'autovettore delle priorità globali. L'assegnazione delle preferenze (o pesi) dipende da scelte analitico-valutative maturate nel corso del progetto di ricerca AdriaClim (Tabella V). L'autovettore, derivato dalla valutazione analitica delle gerarchie, consente di stabilire quale criterio sia più importante in rapporto all'obiettivo sovraordinato (MV) ed in quale misura<sup>18</sup>.

Tabella V | Matrice dei coefficienti di dominanza.

Criteri	MCD	DTM	EMS	IMD	VHI	Peso derivato (Autovettore)
MCD	1					0,102
DTM	9	1				0,266
ESM	1	1/5	1			0,140
IMD	4	4	4	1		0,352
VHI	1	1	1	1/5	1	0,140

$\lambda_{max}= 6,02$ ; numero di fattori= 5; CI= 0,00, RI= 1,11; RC=0

Dai risultati ottenuti si evince come i criteri più importanti ai fini del riconoscimento spaziale di MV risultino essere quelli morfo-tipologici, seguiti dagli usi del suolo, dalla componente ecosistemica e dalla densità abitativa.

La *suitability* MV (Figura 2) restituisce il rapporto 'clima-territorio', relazionando i possibili effetti di un multi-impatto climatico (UHI, UF, Ss) alle *performance* ecosistemiche urbane<sup>19</sup>. I valori sono rappresentati in un *range* da 0 a 1, dove elevati valori corrispondono ad un alto grado di suscettibilità alla multi-vulnerabilità territoriale, mentre bassi valori a condizioni di resistenza e resilienza. Per riportare efficacemente la spazializzazione dei risultati, la *suitability* MV viene classificata in 5 classi omogenee: MV bassa (0-0,2); MV medio-bassa (0,2-0,4); MV medio-alta (0,4-0,6); MV alta (0,6-0,8); MV molto alta (0,8-1).

<sup>14</sup> Si tratta di una funzione di densità di probabilità (generalmente di risoluzione non parametrica) a tre dimensioni. KDE stima l'intensità di un fenomeno puntuale (evento) all'interno di un determinato intervallo spaziale, detto anche raggio di azione, rappresentando il valore di tale densità a seconda della distanza dell'evento dal punto dal quale viene stimata l'intensità (Gatrell et al., 1996). La KDE viene spesso utilizzata dagli studi accademici per l'analisi dei fenomeni sociali ed economici (Adolphson, 2010), oltre che per lo studio delle geografie e delle trasformazioni urbano-commerciali (Limonta e Paris, 2017).

<sup>15</sup> Il raggruppamento spaziale dei fenomeni puntuali calcolato con raggio compreso tra i 100 e i 300 metri consente di identificare aree propriamente di carattere urbano e ad alta accessibilità, in cui servizi e attività interagiscono tra loro, integrandosi e valorizzandosi a completamento delle funzioni residenziali e commerciali (Porta et al., 2009). Questo metodo consente di orientare l'osservazione urbana su specifici schemi di insediamento più vulnerabili o maggiormente esposti (per densità, distribuzione, caratteristiche e funzioni) ai rischi dovuti al CC.

<sup>16</sup> La KDE permette di rappresentare la distribuzione puntuale delle attività OSM come un elemento areale continuo articolato per livelli di addensamento.

<sup>17</sup> AHP assume che i soggetti coinvolti nel processo valutativo siano dotati di capacità di giudizio sufficientemente analitica e coerente con l'obiettivo della valutazione (Eastman, 1999).

<sup>18</sup> Al termine della valutazione tale processo potrà essere sottoposto ad analisi di sensitività per verificare la robustezza del modello e la stabilità dei risultati.

<sup>19</sup> Il riconoscimento di MV è fortemente orientato all'analisi del contesto urbano. I valori finali della *suitability* MV sono quindi clippati utilizzando come maschera di estrazione il primo livello della banca dati sulla copertura e l'uso del suolo della Regione del Veneto.

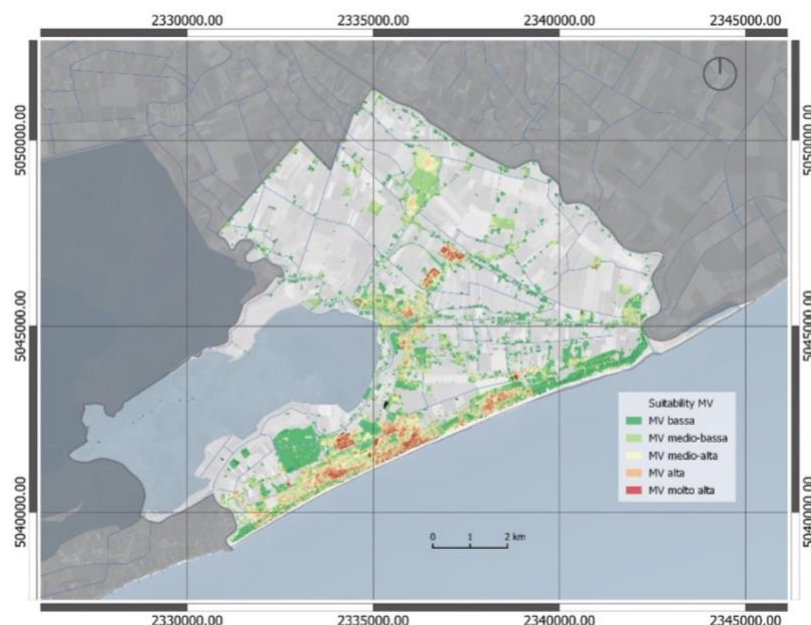


Figura 2 | Mappa di *suitability* della multi-vulnerabilità (MV)

La valutazione di MV restituisce diverse risposte all’impatto. MV rappresenta, infatti, un fenomeno in parte ascrivibile alla progressiva e complessa impermeabilizzazione dei suoli. La predisposizione alla multi-vulnerabilità risulta prominente nelle classi di uso del suolo “Tessuto urbano denso”, “Tessuto Urbano discontinuo denso” e “Industria, commercio, infrastrutture, servizi pubblici e privati”, dove è stata calcolata un’incidenza rispettivamente dell’82,82%, del 40,43% e del 34,10% (Tabella VI). In queste classi è evidente come modelli di pianificazione e morfologie urbane possano contribuire in modo significativo alla riduzione della capacità mitigatrice dell’ecosistema territoriale.

Tabella VI | Incidenze percentuali di MV alta e molto alta nelle classi di uso del suolo della Banca dati CCS 2018 (Regione del Veneto).

Usi del suolo	Superficie totale in ettari	Superficie soggetta a MV alta e molto alta	
		ettari	%*
Tessuto urbano denso	34,42	28,51	82,82
Tessuto urbano discontinuo denso	259,5	104,91	40,43
Tessuto urbano discontinuo medio/rado	653,96	47,61	7,28
Industria, commercio, infrastrutture, servizi pubblici e privati	318	102,11	32,11
Rete stradale	195,51	49,17	25,15
Zone estrattive, discariche aree in costruzione	198,17	21,71	10,96
Aree verdi urbane	85,74	2,09	2,43
Aree sportive e ricreative	125,32	4,18	3,34
<b>Totale</b>	<b>1870,62</b>	<b>360,28</b>	<b>19,26</b>

\* Percentuali di MV alta e molto alta di ciascuna classe di uso del suolo, fatta cento la sua superficie totale

L’esposizione viene restituita con rilevazione semi-automatica delle attività urbane eseguita nel mese di agosto 2021, sfruttando l’utilizzo delle Application Programming Interface (API) di OSM. Al termine della rilevazione è stato prodotto un unico *layer* spaziale di circa 844 rilevazioni (organizzato in 12 macro-classi: “Cultura, intrattenimento e arti”; “Elementi storici”; “Finanza e comunicazioni”; “Gastronomia”; “Gestione rifiuti”; “Servizi sanitari”; “Mobilità”; “Negozii”; “Servizi amministrativi”; “Tempo libero e sport”; “Turismo e alloggi”; “Scuole”. La geolocalizzazione restituisce una caratterizzazione dei luoghi urbani dotati di specifiche funzioni economiche integrate. Il dominio di indagine informa, oltre ai fenomeni ecosistemici urbani di cui è espressione, in merito alle tendenze connettive sociali, turistiche e culturali.

Una secondo livello di elaborazione riguarda le proprietà spaziali assunte dalle attività urbane. Si tratta di una metodologia di analisi condotta con una misura statistica di densità realizzata sulla base del *layer*

“esposizione”. Come è possibile evincere dalla lettura di Figura 3 l’analisi di densità permette di migliorare la comprensione della distribuzione del dato puntiforme attraverso una rappresentazione a *cluster*.

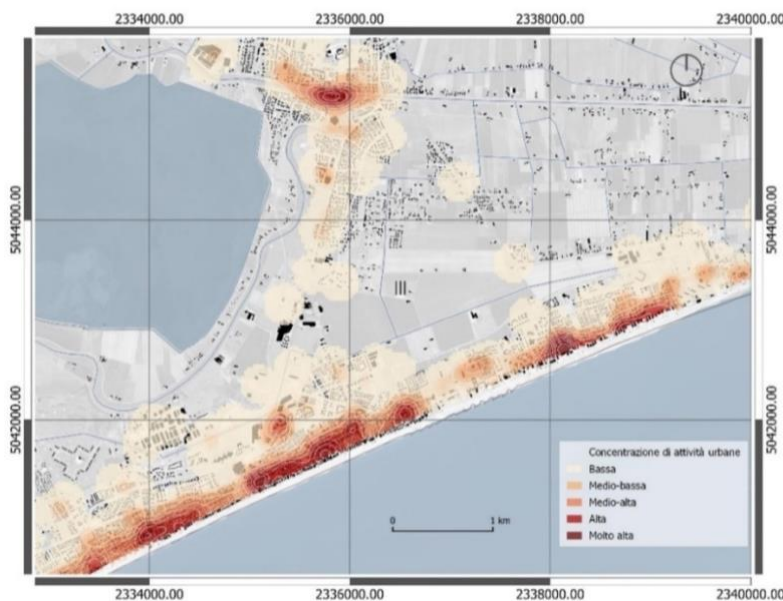


Figura 3 | Densità delle attività urbane ripartita in cinque classi attraverso il metodo dei natural breaks.

La clusterizzazione consente di osservare la forma della città e di individuare aree funzionali dotate di una certa regolarità nella distribuzione spaziale delle attività urbane. La maggior parte delle attività risulta concentrata nei quartieri urbanizzati (quelli centrali) e sulla fascia costiera.

La valutazione del multi-rischio, derivante dal rapporto tra MV e densità di esposizione, restituisce una realtà spaziale in cui risultano le aree più dense della città ad essere maggiormente suscettibili al multi-impatto climatico. I risultati (in larga misura prevedibili) sono descritti nella Figura 4, dove l’indicatore assume valori alti in corrispondenza di un possibile maggiore danno che il multi-impatto può procurare alle attività urbane, in relazione alla loro continuità e distribuzione nel dominio MV.

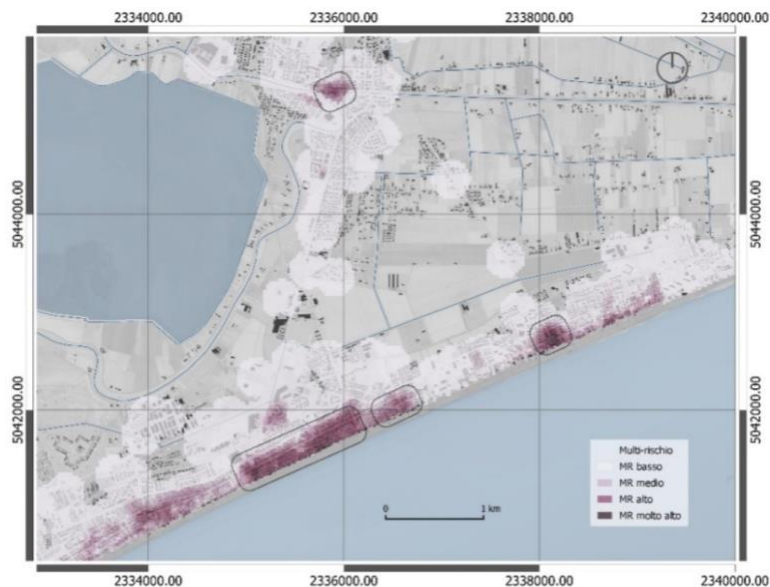


Figura 4 | Mappa del multi-rischio<sup>20</sup>

<sup>20</sup> MR è rappresentato da un indice che assume valori che vanno da 0 a 1, dove 0 indica MR nullo e 1 MR massimo. I valori MR vengono raggruppati in quattro classi qualitative: MR basso; MR medio; MR alto; MR molto alto. La classificazione utilizza un criterio di confronto quantitativo, valutato e ponderato in base alle caratteristiche della distribuzione statistica della variabile (MR).

L'analisi puntuale dei dati consente inoltre di ottenere informazioni sulle attività urbane maggiormente esposte al multi-rischio climatico. In particolare, la Tabella VII evidenzia percentuali significative di multi-rischio alto e molto alto per il tessuto urbano più centrale della città e per gli spazi commerciali e artigianali. Incidenze non trascurabili vengono infine riscontrate anche per il settore finanza e comunicazioni, per i servizi sanitari e le attività turistiche (riferite ad alloggi e servizi associati).

Tabella VII | Incidenze percentuali di multi-rischio alto e molto alto nelle 12 macro-categorie riferibili alle attività urbane di OSM.

Macro-categorie di attività	Numero di attività presenti nella macro-categoria	Attività soggette al multi-rischio alto e molto alto	
		n.	%*
1- Cultura, intrattenimento e arti	10	5	50,00
2- Elementi storici	3	0	0,00
3- Finanza e comunicazioni	22	11	50,00
4- Gastronomia	172	33	19,19
5- Gestione rifiuti	128	21	16,41
6- Servizi sanitari	23	3	13,04
7- Mobilità	174	19	10,92
8- Negozi	78	23	29,49
9- Servizi amministrativi	4	2	50,00
10- Tempo libero e sport	22	0	0,00
11- Turismo e alloggi	205	74	36,10
12- Scuole	3	0	0,00
<b>Totale</b>	<b>844</b>	<b>191</b>	<b>22,63</b>
* Percentuali di multi-rischio alto e molto alto di ciascuna macro-categoria, fatto cento il totale delle attività che la compongono			

La valutazione spaziale della multi-vulnerabilità territoriale rappresenta una parte importante nella definizione di nuovi paradigmi di pianificazione volti ad affrontare le emergenze più significative riguardanti il cambiamento climatico (CC). Se da un lato l'uso delle funzioni GIS svolge un ruolo importante per integrare dati e interpretare fenomeni spazialmente referenziati, d'altra parte, l'analisi esplorativa multi-attributo  $P_{MV}$  si propone di utilizzare tecniche e procedure comparative per strutturare un processo di apprendimento in grado di esplicitare la dimensione spaziale delle decisioni (Carver, 1991). In ambito pianificatorio e programmatico la presente metodologia di ricerca consente di sviluppare linguaggi valutativi e percorsi di apprendimento sempre più trasversali e transdisciplinari.

Gli scenari d'analisi, a favore di una valutazione del multi-rischio, sono direttamente correlati al riconoscimento e alla interpretazione di variazioni morfologiche veicolate da mutevoli caratteri climatico-ambientali. È chiaro come la procedura di riconoscimento spaziale sia ancora sperimentale. Pertanto, essa va ancorata alle attese di ricerca del progetto AdriaClim e all'interazione sociale stimolata da specifiche domande valutative territoriali e sociali.

Con riferimento a quest'ultimo aspetto, la correlazione spaziale tra multi-vulnerabilità, densità di servizi e funzioni orienta una esplorazione del territorio di tipo dialogica, in grado di elaborare processi di adattamento maturabili in un contesto di criteri e alternative pesabili e confrontabili attraverso lo studio dell'esposizione e la rilevanza degli stakeholder (attori locali soggetti a specifiche fragilità territoriali). L'analisi dell'esposizione può consentire la gerarchizzazione della decisione, ove la caratterizzazione del multi-impatto tende ad assumere una discreta importanza e a funzionare da *pivot*.

L'analisi del rischio aiuta, in generale, l'amministrazione locale ad adottare una procedura diversificata per ciò che concerne la progettazione, l'attuazione e la gestione di interventi di rigenerazione e adattamento urbano. D'altro canto, lo strumento del multi-rischio consente l'attivazione di approcci pluralisti e di aggiornate forme partenariali.

#### 4 | Conclusioni

Questo paper presenta un percorso sperimentale di analisi della vulnerabilità territoriale in grado di rappresentare possibili effetti negativi di un multi-impatto climatico.

In relazione alle evidenze empiriche maturate dalla ricerca valutativa, il contributo scientifico può essere apprezzato su tre filoni conclusivi.

Il primo filone riguarda il carattere valutativo della metodologia.  $P_{MV}$  assume i descrittori ambientali (densità e morfologie) come criteri di valutazione per la ponderazione e la scelta di aree geografiche maggiormente predisposte all'impatto. L'analisi multi-criteriale dei dati applicata allo studio delle relazioni spaziali, consente di mappare il possibile legame che sussiste tra clima e territorio, agevolando l'ancoraggio degli *stressor* climatici alla forma organizzativa e insediativa del contesto urbano. Lo studio multi-criteriale identifica scenari plausibili di multi-vulnerabilità territoriale governabili da una componente deliberativa alimentata da valutazioni e percorsi decisionali multi-attoriali.

Il secondo filone si riferisce all'aspetto innovativo con cui la componente urbana viene monitorata e valutata in condizioni di esposizione e rischio. Nella fase di costruzione dell'esposizione, l'analisi valuta l'utilizzo di dati e di informazioni provenienti da piattaforme spaziali *open source*. Questa scelta consente di effettuare una verifica puntuale sui servizi di pubblica utilità (rete dei trasporti, sicurezza, salute, istruzione, ecc.) sfruttando cartografie digitali inserite in piattaforme di comunicazione condivise e aperte al controllo sociale. Questa fase di lavoro consente di sviluppare un procedimento metodologico flessibile, integrabile e replicabile, diventando così un valido strumento di supporto per la *governance* territoriale.

Il terzo ed ultimo filone considera l'importanza di disporre di stime attendibili sui *trend* meteo-climatici e sull'intensità degli eventi estremi (*hazard*) per la definizione della multi-vulnerabilità, della pericolosità e del rischio. Un indirizzo di ricerca che potrebbe dare un importante contributo alla gestione del rischio urbano è quello di considerare l'impatto del cambiamento climatico con riferimento a scenari morfoclimatici multipli. L'osservazione della tendenza climatica risulta utile se incrociata in modo appropriato con i fattori morfologici locali.

In conclusione, la ricerca valorizza l'uso delle nuove tecnologie e la loro integrazione con diverse tecniche e forme di valutazione spaziale. Scendendo alla scala di progetto, la costruzione di un apparato conoscitivo multi-criteriale agevola l'interpretazione degli impatti climatici a scala urbana. I risultati della ricerca consigliano le amministrazioni locali ad operare mediante tavoli di lavoro partecipati, allo scopo di coinvolgere attivamente i diversi portatori di interessi nella costruzione di processi di adattamento al CC collettivamente condivisi. Questi processi possono costituire la base per valutazioni economico-sociali e definizione di programmi di spesa pubblica<sup>21</sup>.

### Riferimenti bibliografici

- Adolphson M (2010), 'Kernel densities and mixed functionality in a multicentred urban region', *Environment and Planning B-Planning & Design*, 37: 550–566.
- Baccini M. et al. (2011), 'Impact of heat on mortality in 15 European cities: Attributable deaths under different weather scenarios', *Journal of Epidemiology and Community Health*, BMJ Publishing Group, 65(1), pp. 64–70.
- Busayo E. T. and Kalumba, A. M. (2021) 'Recommendations for linking climate change adaptation and disaster risk reduction in urban coastal zones: Lessons from East London, South Africa', *Ocean and Coastal Management*, Elsevier Ltd, 203, p. 105454.
- Carver S. J. (1991) 'Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems', *International Journal of Geographical Information System*, 5(3), pp. 321–339. doi: 10.1080/02693799108927858.
- Eastman J. (1999) 'Multi-criteria evaluation and GIS', *Geographical information systems*, 1(1), pp. 493–502. Available at: [https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis\\_book\\_abridged/files/ch35.pdf](https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch35.pdf) (Accessed: 18 November 2021).
- Estoque R. C. and Murayama R. C. E. (2010) 'Suitability analysis for beekeeping sites in La Union, Philippines, using GIS and multi-criteria evaluation techniques', *Research Journal of Applied Sciences*, 5(3), pp. 242–253.
- Grafakos S. et al. (2020) 'Integration of mitigation and adaptation in urban climate change action plans in Europe: A systematic assessment', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier Ltd, 121, p. 109623.

---

<sup>21</sup> Una evidenza economico-finanziaria in materia di infrastrutture viene fornita da Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili (MIMS), 2021, *Cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità. Soluzioni e strategie per gli investimenti infrastrutturali in un contesto di adattamento ai cambiamenti climatici e di mitigazione delle emissioni di gas-serra*, Rapporto della 'Commissione cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità sostenibili' coordinata da C Carraro, Roma.

- Gatrell A, Bailey T, Diggle P, and Rowlingson B, (1996) ‘Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology’, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 21: 256–74.
- Hochmair H. H., Juhász L. and Cvetojevic S. (2018) ‘Data quality of points of interest in selected mapping and social media platforms’, in *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 293–313.
- Hurlimann A., Moosavi S. and Browne G. R. (2021) ‘Urban planning policy must do more to integrate climate change adaptation and mitigation actions’, *Land Use Policy*, Elsevier Ltd, 101, p. 105188.
- IPCC (2007) IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. — European Environment Agency.
- IPCC (2014a) ‘Annex II: Glossary [Agard, J., E.L.F. Schipper, J. Birkmann, M. Campos, C. Dubeux, Y. Nojiri, L. Olsson, B. Osman-Elasha, M. Pelling, M.J. Prather, M.G. Rivera-Ferre, O.C. Ruppel, A. Sallenger, K.R. Smith, A.L. St. Clair, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, and’, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [, pp. 1757–1776.
- IPCC (2014b) *Climate change 2014 impacts, adaptation and vulnerability: Part A: Global and sectoral aspects: Working group II contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects*. Cambridge University Press.
- IPCC (2019) IPCC Special Report on Climate Change and Land — Climate-ADAPT.
- Klutho S. (2013). *Mathematical Decision Making. An Overview of the Analytic Hierarchy Process*, Retrieved June, 23, 2015.
- Lerer S., Arnbjerg-Nielsen K. and Mikkelsen P. (2015) ‘A Mapping of Tools for Informing Water Sensitive Urban Design Planning Decisions—Questions, Aspects and Context Sensitivity’, *Water*, 7(12), pp. 993–1012.
- Li P., Xiao X. and Seekamp E. (2022) ‘Climate adaptation planning for cultural heritages in coastal tourism destinations: A multi-objective optimization approach’, *Tourism Management*, Elsevier Ltd, 88, p. 104380.
- Limonta G. and Paris, M (2017), ‘Riconoscere e monitorare la potenziale fragilità dei sistemi commerciali urbani: una proposta per la Regione Lombardia’, in *Atti della XIX Conferenza Nazionale SIU*, Planum Publisher, Milano-Roma, pp. 1042-1051.
- Malczewski J. and Rinner C. (2015), *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Advances in Geographic Information Science).
- Maragno D., Fontana M. D. and Musco F. (2020) ‘Mapping heat stress vulnerability and risk assessment at the neighborhood scale to drive Urban adaptation planning’, *Sustainability* (Switzerland). MDPI AG, 12(3), p. 1056.
- Morabito M. et al. (2015), ‘Urban-hazard risk analysis: Mapping of heat-related risks in the elderly in major Italian cities’, *PLoS ONE*, 10(5), pp. 1–18.
- Musco F. et al. (2016), ‘Mitigation of and adaptation to UHI phenomena: The Padua case study’, in *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*. Springer International Publishing, pp. 221–256.
- Pasini A., (2020), *L’equazione dei disastri. Cambiamenti climatici su territori fragili*, Codice edizioni, Torino.
- Patassini, D. (2020), ‘Appunti sulla valutazione come filosofia pratica e ricerca di evidenza’, *Corso di Cultura della valutazione a.a. 2020-21*, Iuav Università di Venezia (mimeo).
- Patassini, D. (2022), ‘Rassegna di approcci, metodi e tecniche’, *Corso di Cultura della valutazione a.a. 2020-21*, Iuav Università di Venezia (mimeo, versione maggio 2022).
- Porta S. et al. (2009), ‘Street centrality and densities of retails and services in Bologna, Italy’, *Environment and Planning: Planning and Design 2009*, vol. 36, p.450 – 465.
- Ronchi S., Salata S. and 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*, Elsevier Ltd, 63, p. 102459.
- Rudge K. (2021), ‘Participatory climate adaptation planning in New York City: Analyzing the role of community-based organizations’, *Urban Climate*. Elsevier, 40, p. 101018.
- Saaty R. W. (1987), ‘The analytic hierarchy process-what it is and how it is used’, *Mathematical Modelling*, Pergamon, 9(3–5), pp. 161–176.

- Uribe D., Geneletti D., Del Castillo R. F. and Orsi F. (2014), 'Integrating stakeholder preferences and GIS-based multicriteria analysis to identify forest landscape restoration priorities', *Sustainability*, 6(2), 935-951.
- Wind Y. and Saaty T. L. (1980), 'Marketing applications of the analytic hierarchy process.', *Management Science. Informis*, 26(7), pp. 641-658.
- Yang, S. et al. (2018), 'Study on the spatial heterogeneity of the poi quality in openstreetmap', in *Proceedings, 7th International Conference on Cartography and GIS*, 18-23 June 2018, Sozopol, Bulgaria. Available at: <http://www.resdc.cn> (Accessed: 18 November 2021).
- Zadeh L. A. (1965), 'Fuzzy sets', *Information and Control*, 8, 338-353.

### **Ringraziamenti**

Gli autori ringraziano Matteo Faccin per il contributo fornito in sede di elaborazione e analisi dei risultati.

## **01 Innovazioni tecnologiche e qualità urbana**

A CURA DI ROMANO FISTOLA, LAURA FREGOLENT, SILVIA ROSSETTI, PAOLO LA GRECA

## **02 Conoscenza materiale e immateriale e gestione delle informazioni**

A CURA DI FRANCESCO MUSCO, CORRADO ZOPPI

## **03 La declinazione della sostenibilità ambientale nella disciplina urbanistica**

A CURA DI ADRIANA GALDERISI, MARIAVALERIA MININNI, IDA GIULIA PRESTA

## **04 Governance territoriale tra cooperazione e varietà**

A CURA DI GABRIELE PASQUI, CARLA TEDESCO

## **05 Agire collettivo e rapporto tra attori nel governo del territorio**

A CURA DI CHIARA BELINGARDI, GABRIELLA ESPOSITO DE VITA, LAURA LIETO, GIUSY PAPPALARDO, LAURA SAIJA

## **06 Forme di welfare e dotazione di servizi, un'eredità in continua evoluzione**

A CURA DI CAMILLA PERRONE, ELENA MARCHIGIANI, PAOLA SAVOLDI, MARIA CHIARA TOSI

## **07 La misura del valore del suolo e i processi di valorizzazione**

A CURA DI CLAUDIA CASSATELLA, ROBERTO DE LOTTO

## **08 Agire sul patrimonio**

A CURA DI FULVIO ADOBATI, LUCIANO DE BONIS, ANNA MARSON

## **09 Le Planning-Evaluation. Le valutazioni nel processo di pianificazione e progettazione**

A CURA DI MARIA CERRETA, MICHELANGELO RUSSO

## **10 Il progetto di urbanistica tra conflitto e integrazione**

A CURA DI MARCO RANZATO, BARBARA BADIANI

URBANISTI • SIU SOCIETÀ ITALIANA DEGLI URBANISTI • SIU SOCIETÀ ITALIANA  
za Nazionale • XXIV Conferenza Nazionale • XXIV Conferenza Nazio  
valore ai valori in urbanistica • Dare valore ai valori in urbanistica • D  
Worthing values for urban planning • Worthing values for urban planni

Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti  
ISBN 978-88-99237-51-6  
Volume pubblicato digitalmente nel mese di maggio 2023  
Pubblicazione disponibile su [www.planum.net](http://www.planum.net) |  
Planum Publisher | Roma-Milano

