

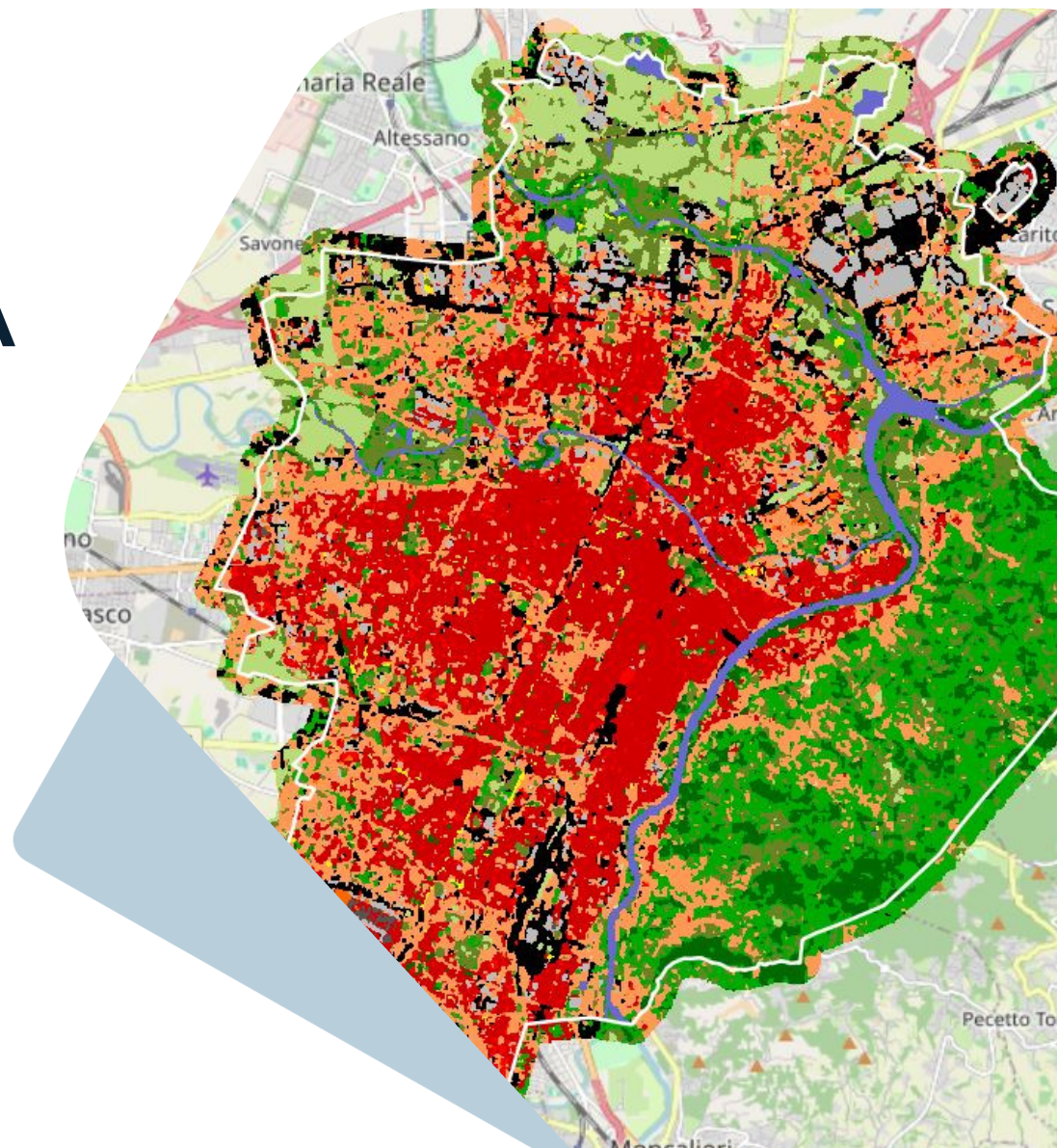
ONDATE DI CALORE NELLO SCENARIO DELLA CRISI CLIMATICA

STRUMENTI DI MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

Arpa Piemonte - Sala Polifunzionale
Torino 14 maggio 2025

Relatore: Valeria Garbero

Ente: Arpa Piemonte, Dipartimento Rischi Naturali e
Ambientali - Meteorologia, clima e qualità dell'aria

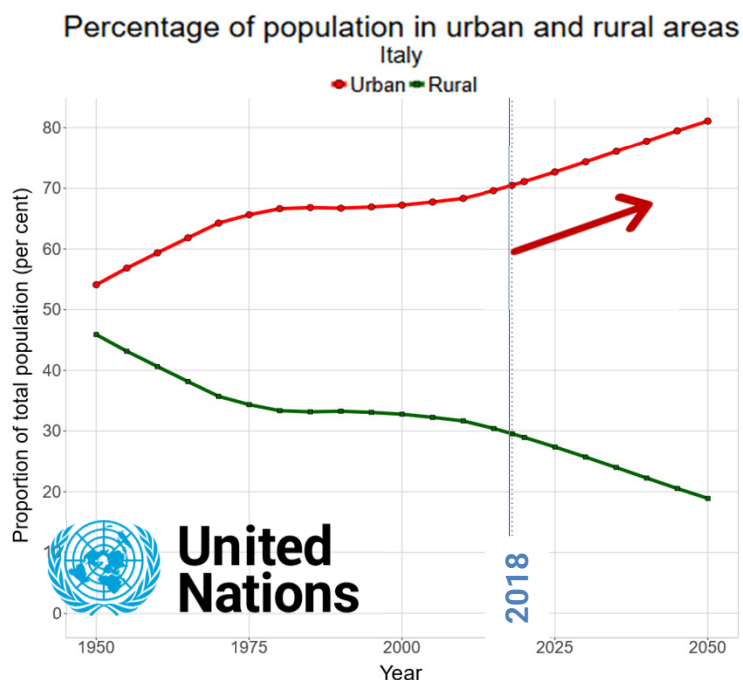


MODELLAZIONE DELL'ISOLA DI CALORE (UHI)

In uno scenario climatico caratterizzato da un'intensificazione delle ondate di calore, le **città** rappresentano i contesti più critici



> ESPOSIZIONE



World Urbanization Prospects: The 2018 Revision
<https://population.un.org/wup/countryprofiles?country=Italy>



> PERICOLO

Il fenomeno di **isola di calore urbana** o Urban Heat Island (UHI) amplifica l'effetto delle ondate di calore



Ondate di calore nello scenario della crisi climatica

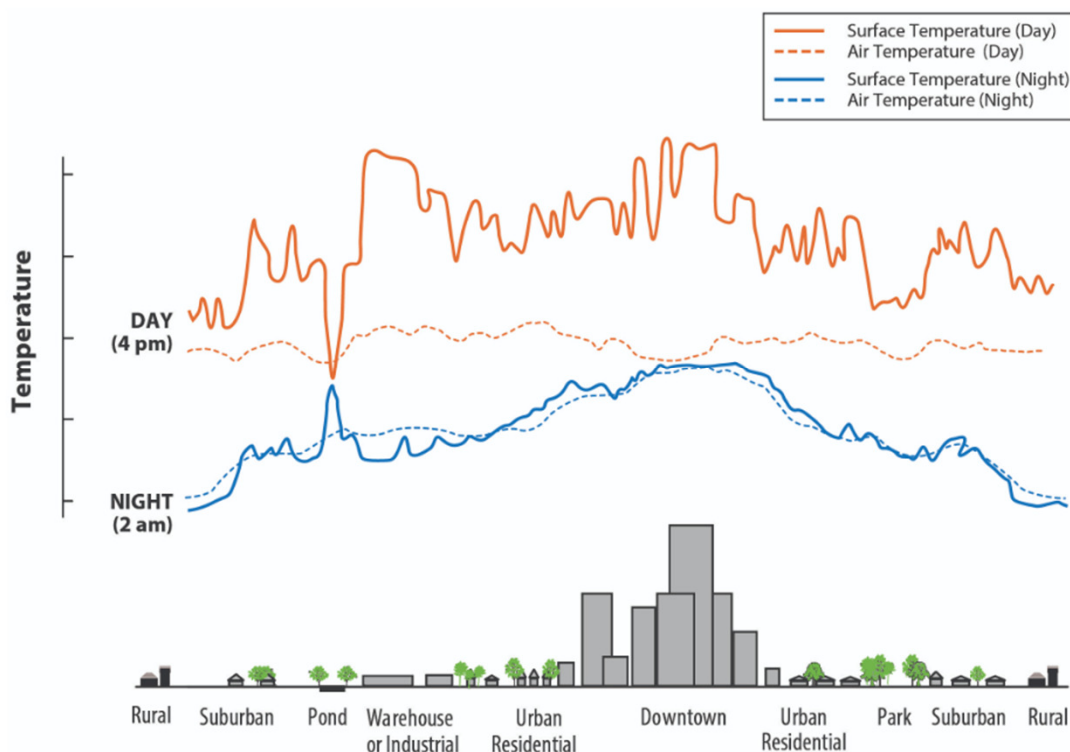
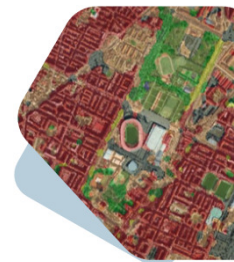
ISOLA DI CALORE URBANA (UHI): cos'è?

L'**isola di calore urbana** è un fenomeno climatico locale in cui le **aree urbane** registrano temperature significativamente **più elevate** rispetto alle zone rurali o periurbane circostanti e dipende da come le superfici in ciascun ambiente assorbono e trattengono il **calore**.



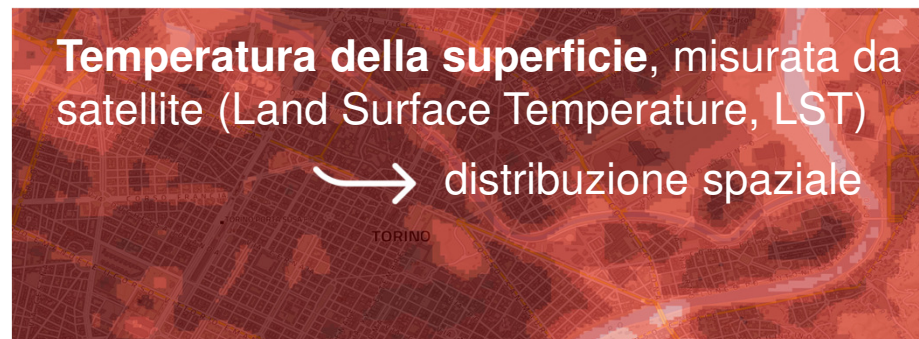
ISOLA DI CALORE URBANA (UHI): come si misura?

Durante il giorno le **aree urbane** assorbono **più calore** rispetto alle zone rurali o periurbane circostanti e lo rilasciano durante la notte, risultando in temperature più elevate



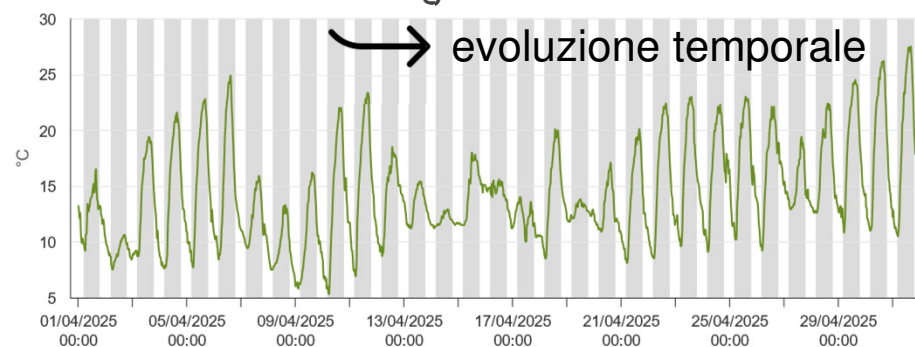
Temperatura della superficie, misurata da satellite (Land Surface Temperature, LST)

→ distribuzione spaziale



Temperatura dell'aria, misurata da stazioni meteorologiche

→ evoluzione temporale



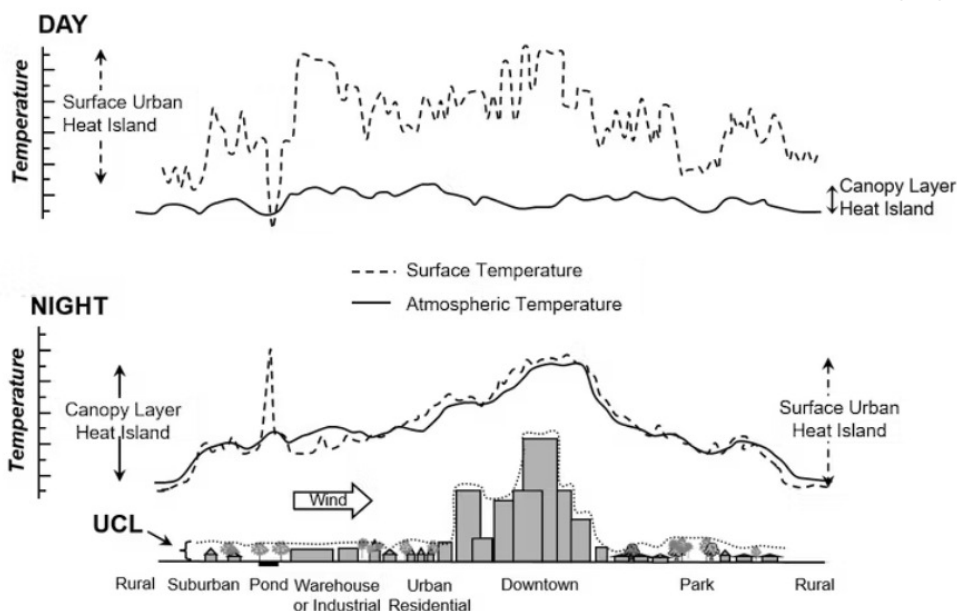
Ondate di calore nello scenario della crisi climatica

ISOLA DI CALORE URBANA: SUHI e CLUHI

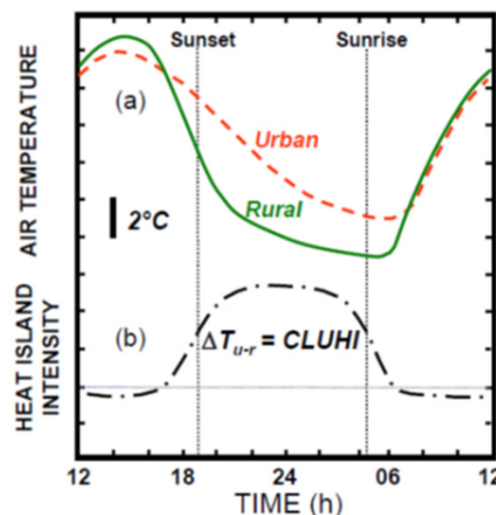
Si distinguono due tipi di isola di calore: **Surface Urban Heat Island**, associata alla temperatura superficiale, e la **Canopy Layer Urban Heat Island**, associata alla temperatura dell'aria

$$SUHI = T_{S,URB} - T_{S,RUR}$$

$$CLUHI = T_{A,URB} - T_{A,RUR} = UHI$$



NELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER LA SALUTE DELLA POPOLAZIONE ASSOCIATO ALLE ONDATE DI CALORE, LA VARIABILE CHIAVE È LA **TEMPERATURA DELL'ARIA** (IPCC, WHO)



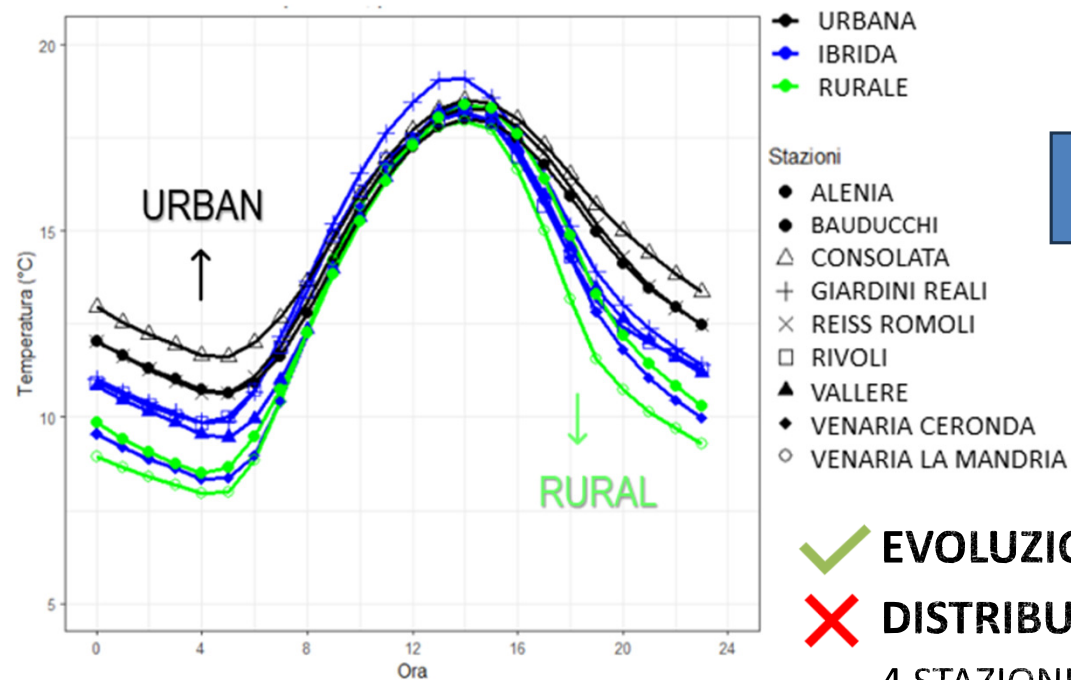
L'UHI **AMPLIFICA** L'EFFETTO DELLE ONDATE DI CALORE, ESPONENDO LA POPOLAZIONE A TEMPERATURE NOTTURNE PIÙ ELEVATE



The geography of the Urban Heat Island. Jamie Voogt, University of Western Ontario, Author provided

ISOLA DI CALORE URBANA A TORINO

Evoluzione media giornaliera delle temperature nel periodo 2007-2023 per le stazioni di Torino e cintura della rete meteo-idrologica di Arpa Piemonte

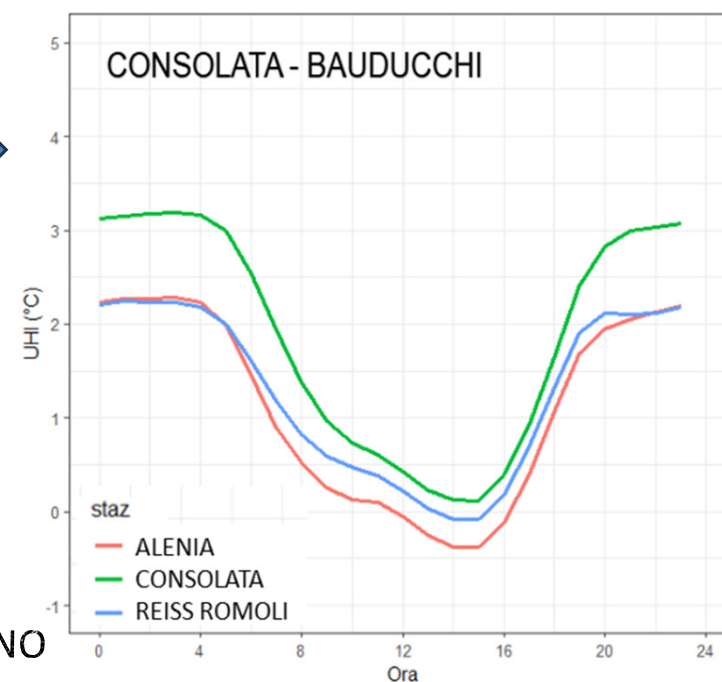
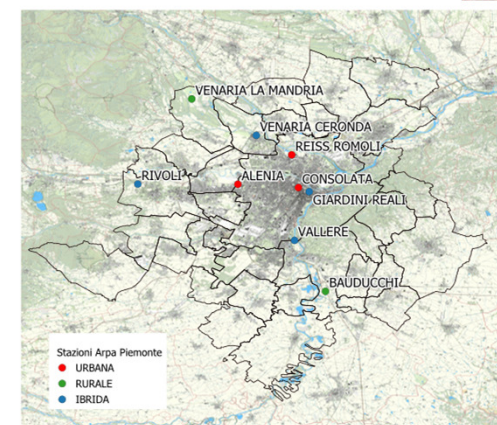


$$UHI = T_{URB} - T_{RUR}$$

✓ EVOLUZIONE TEMPORALE

✗ DISTRIBUZIONE SPAZIALE

4 STAZIONI URBANE FORNISCONO INFORMAZIONI PUNTUALI!



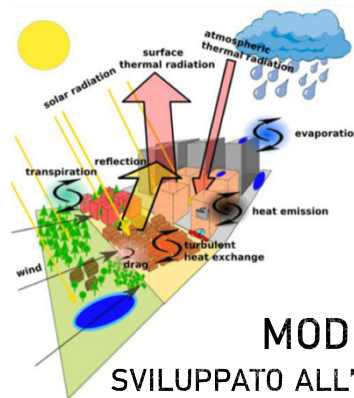
Ondate di calore nello scenario della crisi climatica

ISOLA DI CALORE URBANA A TORINO

Come stimare la distribuzione spaziale e l'evoluzione temporale dell'isola di calore per individuare le aree più sensibili al fenomeno?



MODELLISTICA
METEOROLOGICA



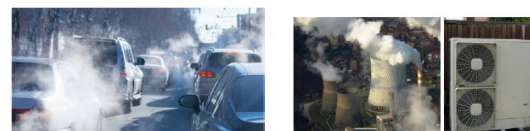
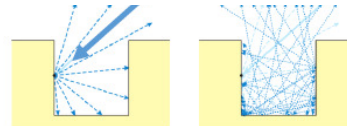
MODELLO
URBANO

LCZ

MODELLO AD AREA LIMITATA COSMO
SVILUPPATO ALL'INTERNO DEL CONSORZIO COSMO
(CONSORTIUM FOR SMALL-SCALE MODELLING)

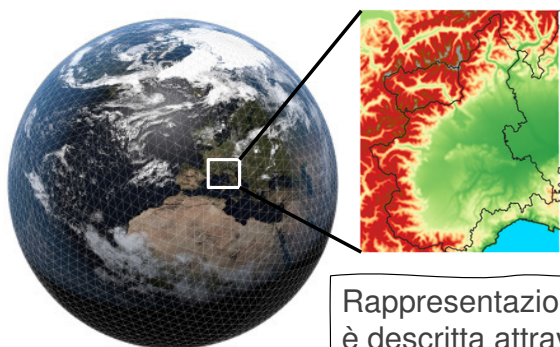
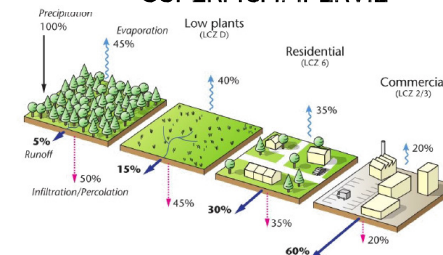
MODELLO TERRA_URB
SVILUPPATO ALL'INTERNO DEL CONSORZIO COSMO

GEOMETRIA URBANA: IMMAGAZZINAMENTO DI CALORE



EMISSIONI DI CALORE ANTROPOGENICO

SUPERFICI IMPERVIE



DOMINIO: PIEMONTE
RISOLUZIONE: 0,0045°
(~500 M)

ZERO-ORDER MODEL

Rappresentazione semplificata della città, che è descritta attraverso parametri caratteristici dell'uso del suolo urbano
La complessità dei fenomeni non è riprodotta!

MODIFICA IL BILANCIO ENERGETICO SUPERFICIE-ATMOSFERA

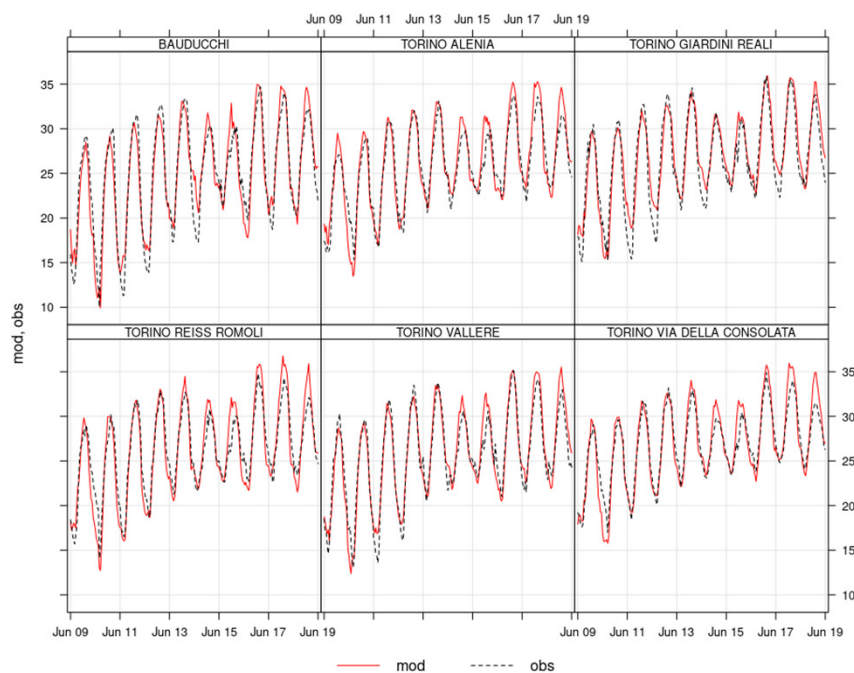
Ondate di calore nello scenario della crisi climatica

ISOLA DI CALORE URBANA A TORINO

Sono state simulate 4 passate ondate di calore su Torino con il modello TERRA_URB + COSMO

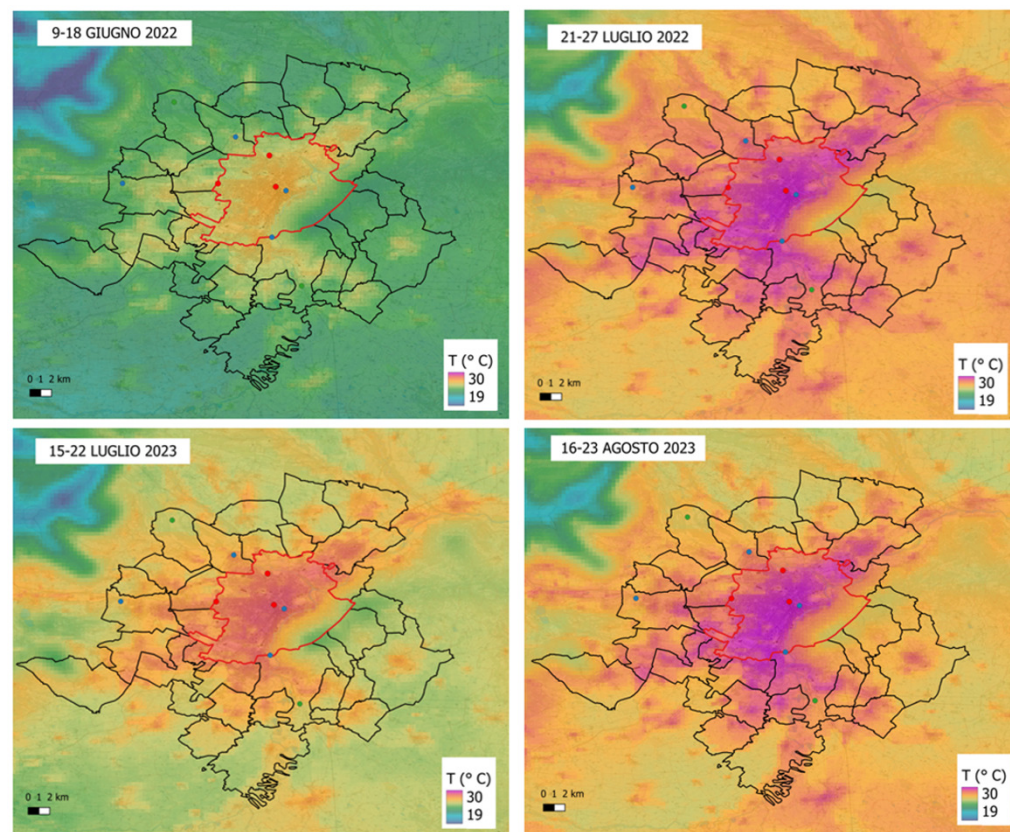
I RISULTATI DEL MODELLO SONO AFFIDABILI ?

Confronto tra temperatura oraria simulata (MOD) e osservata (OBS) in alcune stazioni di Arpa Piemonte



BUON ACCORDO!

TEMPERATURA DELL'ARIA MEDIATA NEL PERIODO DI SIMULAZIONE

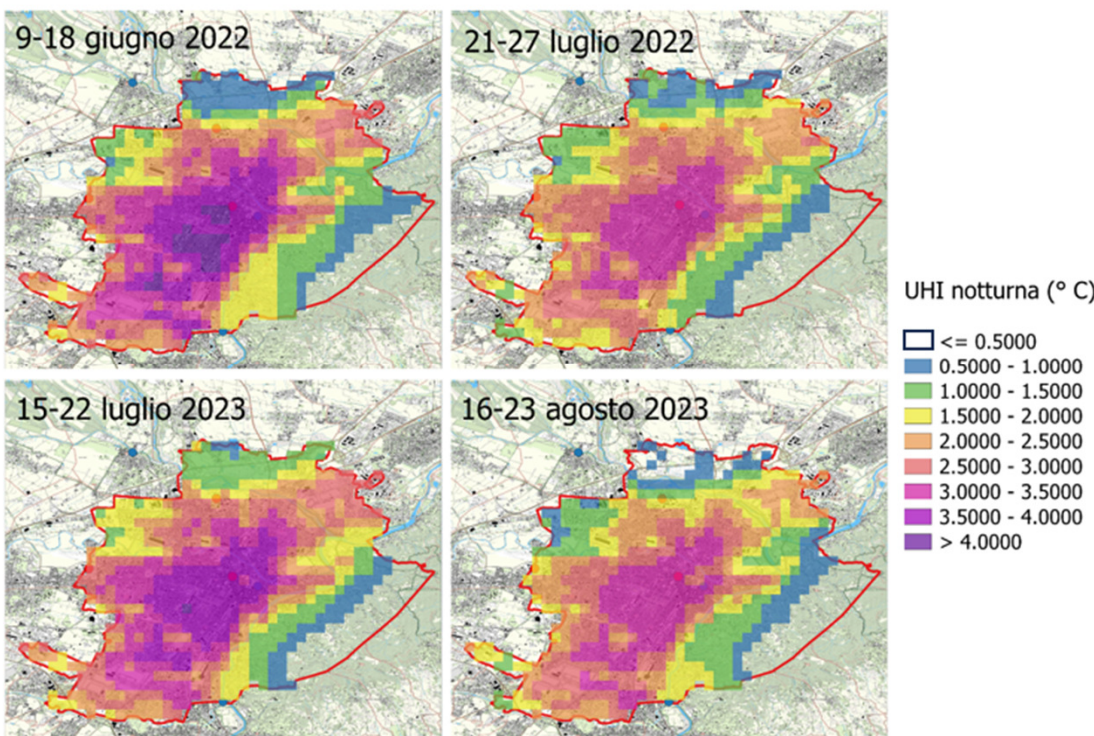


Ondate di calore nello scenario della crisi climatica

ISOLA DI CALORE URBANA A TORINO

L'intensità dell'isola di calore urbana notturna (20-4 UTC) è stata calcolata durante le 4 ondate di calore come:
$$UHI = T - T_{\text{BAUDUCCHI}}$$

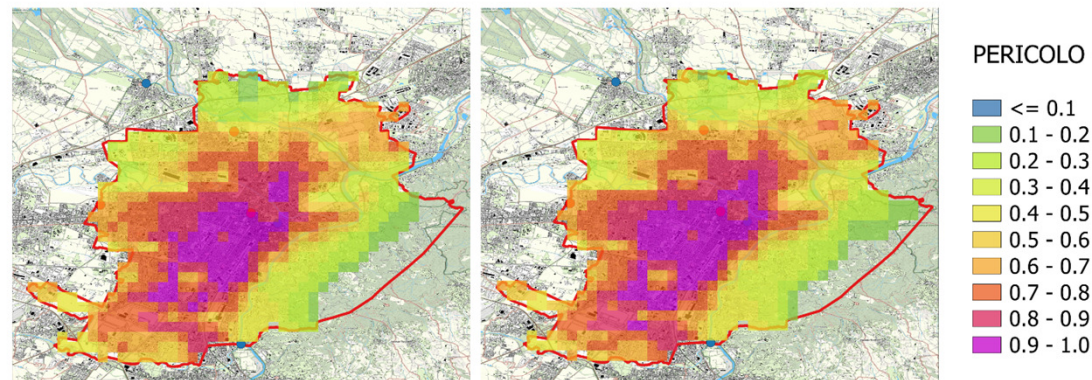
riferimento rurale



Per individuare le aree di maggior impatto associato al fenomeno dell'isola di calore, l'UHI medio notturno di ogni singolo evento è stato normalizzato rispetto al suo valore massimo e sono stati calcolati:

VALORE MEDIO
(SCENARIO PIÙ PROBABILE)

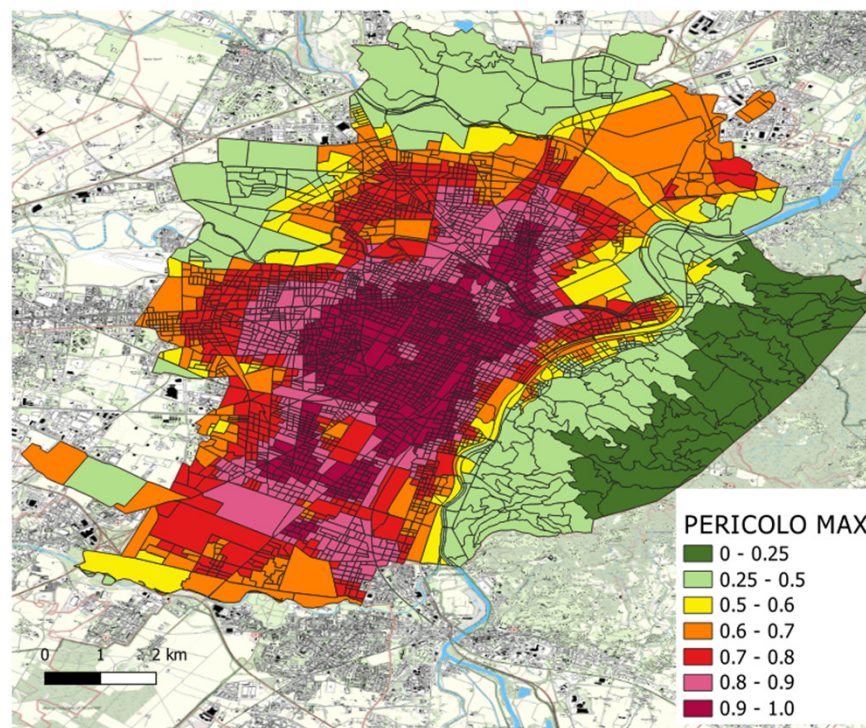
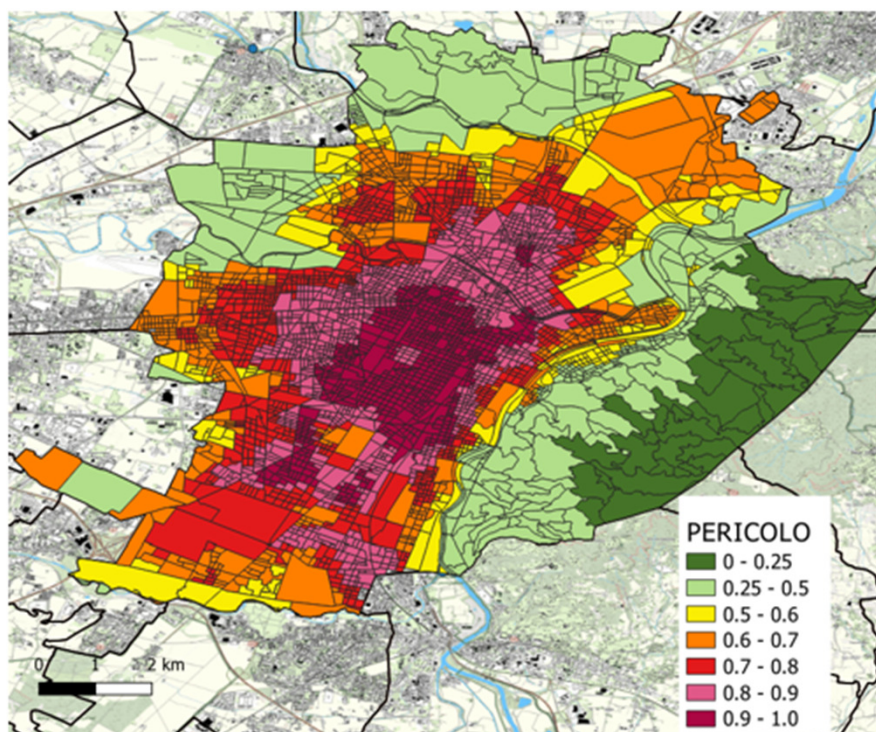
VALORE MASSIMO
(SCENARIO PIÙ CRITICO)



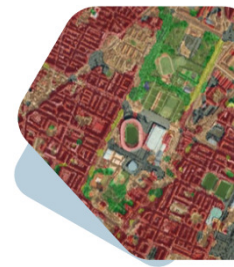
PERICOLO

ISOLA DI CALORE URBANA A TORINO: pericolo

per sezione censuaria



ISOLA DI CALORE URBANA A TORINO: rischio



Secondo la metodologia per la stima del rischio di impatti sanitari dovuti ad eventi climatici estremi (IPCC, 2012) il rischio è dato dall'interazione di tre fattori normalizzati: il pericolo, l'esposizione e la vulnerabilità.

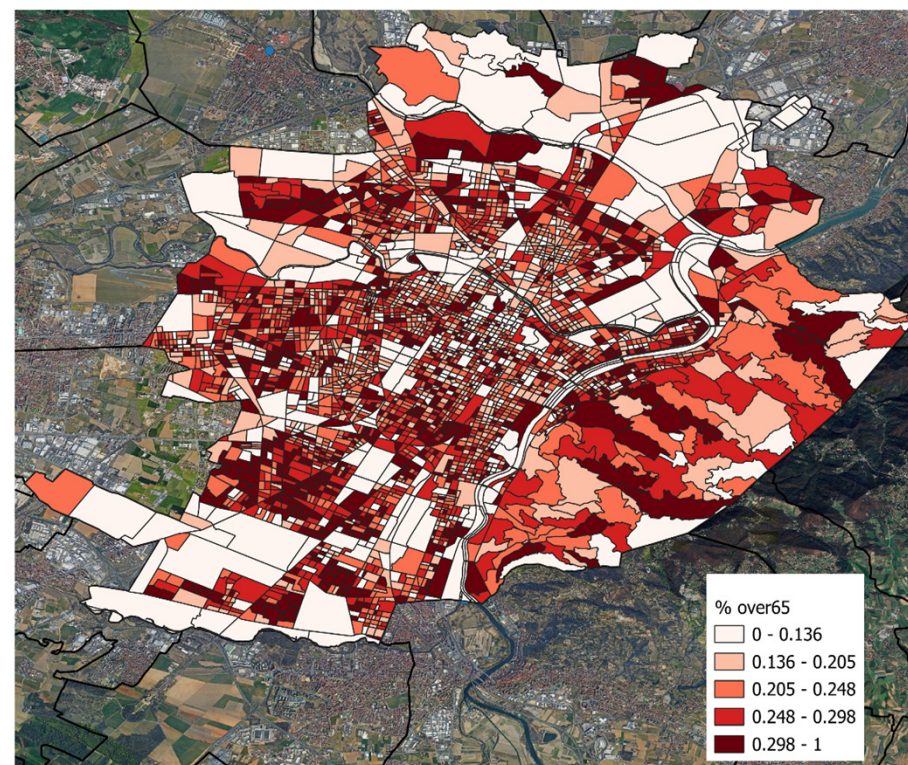
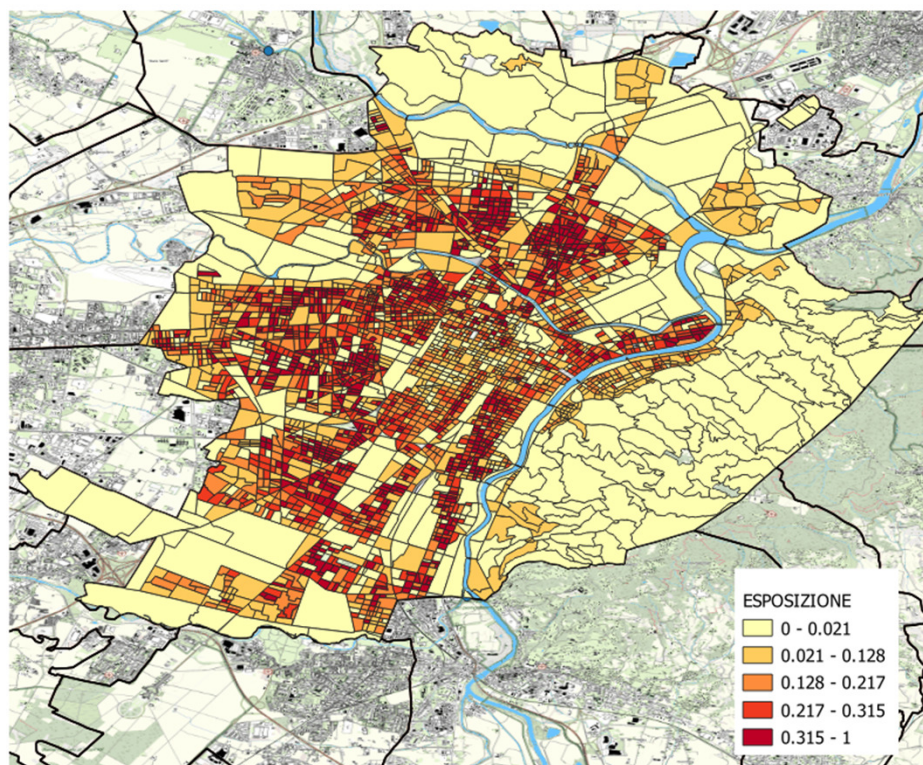
$$\text{Rischio} = \text{Pericolo} \times \text{Esposizione} \times \text{Vulnerabilità}$$

Il **pericolo** è identificato dall'intensità media/massima notturna dell'UHI

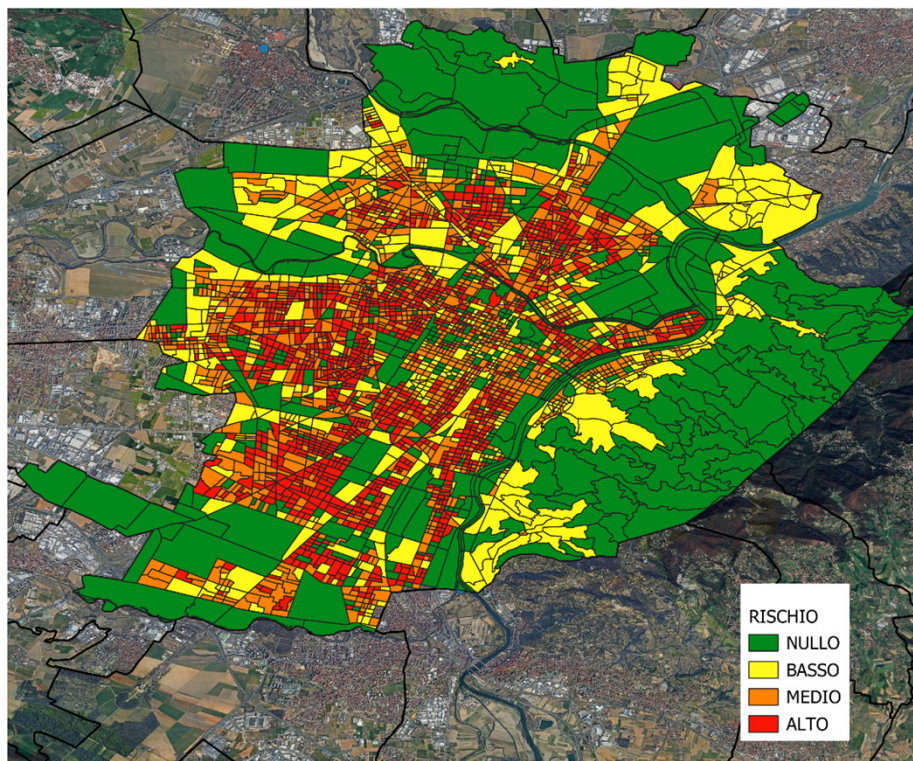
L'**esposizione** si riferisce alle persone interessate dal fenomeno ed è quantificata attraverso la densità di popolazione residente per sezione di censimento (censimento 2011, fonte ISTAT)

La **vulnerabilità** indica quanto la popolazione sia preparata a resistere o adattarsi all'aumento delle temperature ed è, in prima approssimazione, rappresentata dalla popolazione over 65, che corrisponde al target di persone fragili individuato per il sistema di prevenzione sanitaria degli effetti del caldo.

ISOLA DI CALORE URBANA A TORINO: rischio



ISOLA DI CALORE URBANA A TORINO: rischio



Il rischio sanitario associato all'UHI è stato classificato in 4 categorie:

- rischio nullo
- rischio basso (minore 1° terzile)
- rischio medio (compreso tra 1° e 2° terzile)
- rischio alto (superiore 2° terzile)

* I due valori soglia (1° terzile, T1, e 2° terzile, T2) suddividono la distribuzione in tre gruppi