Bologna Missione Clima

Bologna verde

Talea

Estremi di calore: dalle ondate a scala regionale alle isole nei canyon urbani

Silvana Di Sabatino
Dipartimento di Fisica e Astronomia «Augusto Righi», Università di Bologna

EUROPEAN URBAN INITIATIVE

Co-funded by the European Union

Soluzioni basate sulla natura come collegamento tra i progetti di ricerca

Aree rurali

LIFE CLIMAX PO
2023 - 2032

2024 - 2027
ALBATROSS

2018 - 2022
OPERANDUM
OPEn-air laboRAtories for Nature baseD solUtions to Manage hydro-meteo risks

Land4Climate
2023 - 2027

Aree urbane

Nbs

CHANGE
2021 - 2025

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Ospedaliero - Universitaria di Bologna
IRCCS Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico
ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
2024 - 2028

NBS ITALY HUB
2023 -

iSCAPE
2016 - 2020

trigger
2022 - 2027

I progetti urbani

L'obiettivo principale di iSCAPE **(2016-2020)** è stato quello di sviluppare una strategia integrata **per il controllo dell'inquinamento atmosferico nelle città europee incluso Bologna**. Attraverso la valutazione, la sperimentazione e lo studio di sistemi di controllo passivo **(infrastrutture verdi e grigie)** e di iniziative di cambiamento comportamentale, il progetto ha mirato a ridurre l'inquinamento urbano e gli effetti legati al cambiamento climatico.Tra i primi progetti di questo tipo, sia per il tema (infrastrutture verdi ora sotto il concetto di NbS) che per l'approccio (Living Lab), iSCAPE ha permesso di indagare il ruolo delle infrastrutture verdi esistenti sull'inquinamento atmosferico e sul calore, e di esplorare i potenziali benefici derivanti dalla nuova implementazione

I-CHANGE **(2021-2025)** promuove una maggiore consapevolezza sugli impatti del cambiamento climatico e sui rischi naturali correlati per consentire un cambiamento comportamentale. L'obiettivo principale del progetto è **dimostrare che il cambiamento comportamentale dei singoli cittadini è possibile attraverso una sensibilizzazione e autovalutazione per la riduzione della propria impronta ambientale**.Questo obiettivo può essere raggiunto attraverso: la consapevolezza del cambiamento climatico acquisita attraverso lo studio dei processi fisici, socio-economici e culturali coinvolti nel cambiamento climatico; Partecipazione attiva dei cittadini alla raccolta dei dati attraverso strumenti e sensori cittadini; Miglioramento dell'usabilità e dell'interoperabilità dei dati.

L'obiettivo principale di TRIGGER **(2022-2027)** è quello di identificare, monitorare e quantificare gli impatti diretti e indiretti dei rischi ambientali indotti dai cambiamenti climatici sulla salute umana attraverso la raccolta diretta di dati sanitari, meteo-climatici, ambientali e socio-economici con strumenti di facile utilizzo.
Le attività di ricerca portano alla definizione di policy brief e linee guida per supportare i responsabili politici e decisionali nello sviluppo di azioni per il clima supportate da prove medico-scientifiche aggiornate; portano al rilascio di attività educative e materiali per aumentare la consapevolezza delle connessioni clima-salute con la società in generale

Rigenerazione urbana dell'area Policlinico Sant'Orsola **(2024-2028)** attraverso l'adozione di un approccio multidisciplinare**, per migliorare la fruibilità, accessibilità e sicurezza degli utenti attraverso l'integrazione delle considerazioni progettuali derivanti dagli studi settoriali sull'acustica, le pavimentazioni stradali, il verde e il miglioramento del microclima urbano nel disegno degli spazi esterni.** L'intervento progettuale è finalizzato altresì allo sviluppo di una risposta strategica, integrata, adattabile al tema dell'accoglienza e della fruizione nell'ambiente ospedaliero con riferimento agli ambienti interni.

Motivazione: La storia recente degli eventi di calore

Motivazione: Estremi caldi in un clima che cambia

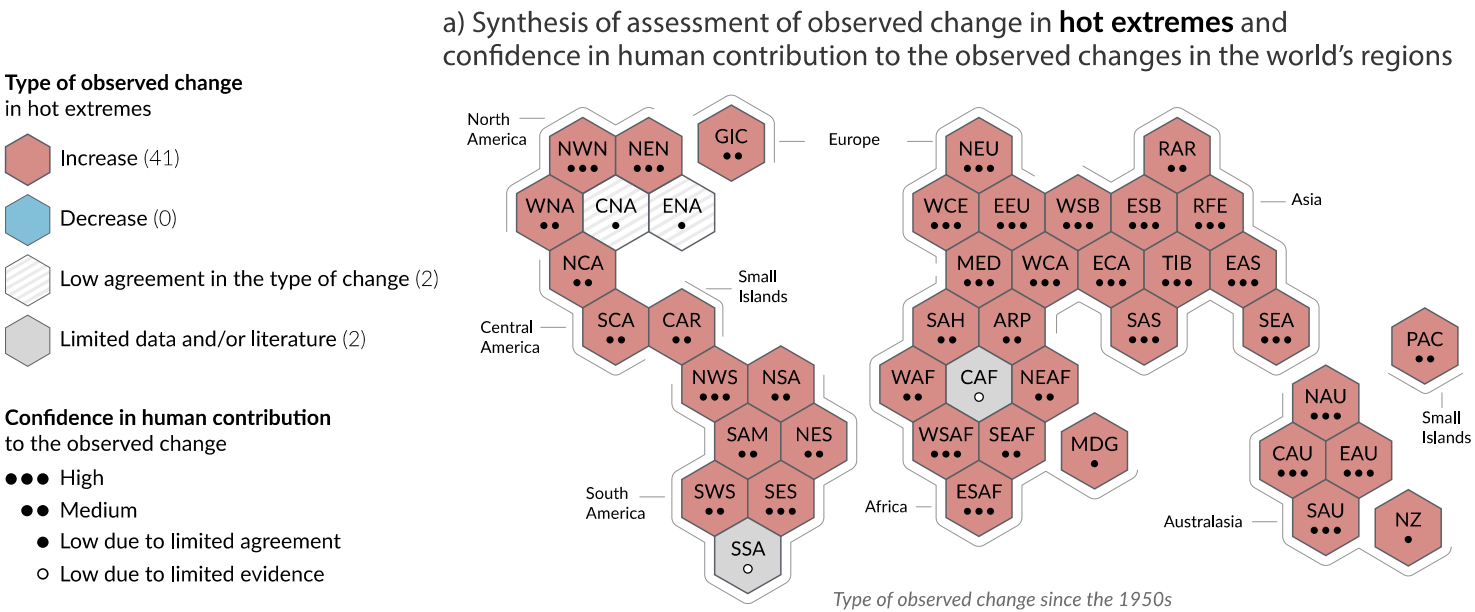


Fig. *Tipo di cambiamento osservato dagli anni '50 (IPCC, AR6)*

- Gli estremi e le ondate di calore osservati sono diventati (e si prevede che diventino) più frequenti e più intensi.
- Elevata confidenza che ciò sia correlato al cambiamento climatico indotto dall'uomo.
- Solido legame con la componente termodinamica del cambiamento climatico, ma la risposta alle forzanti dinamiche è ancora incerta

Motivazione: La storia recente degli eventi di calore

Elaborazione della **temperatura massima dell'aria dai dati ERA5 a un dominio europeo** con risoluzione spaziale di 0,25° tra il **1979 e il 2019;**

Il totale degli **eventi di ondata di calore** all'anno è calcolato dai dati medi giornalieri come il 95° percentile della funzione di densità di probabilità della temperatura massima dell'aria a 2 m in ogni punto della griglia (Stefanon et al., 2012)

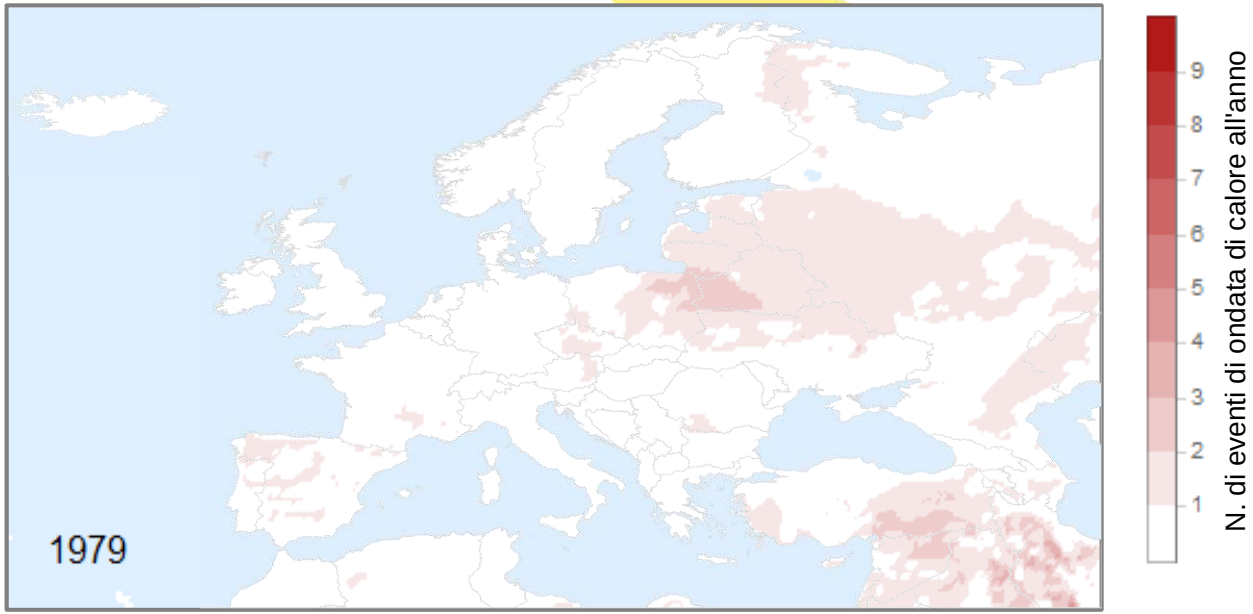


Fig. *Numero di eventi HW all'anno dal 1979 al 2019*

Elaborazioni: Leo Aragao, gruppo di Fisica dell'Atmosfera, Dip. Fisica e Astronomia, UNIBO

Pericolo climatico: ondata di calore

Definizione

Un'ondata di calore (HW) è un periodo prolungato di caldo rispetto alle condizioni previste nell'area. Tipicamente, è definito come una metrica di temperatura che supera una certa soglia per un periodo minimo (ad esempio, la temperatura media dell'aria che supera il 95° percentile della sua distribuzione per almeno 3 giorni consecutivi).

Genesi

Anticiclone bloccante: sistema sinottico (quasi) stazionario ad alta pressione che persiste nella stessa posizione per un periodo più lungo di quello che ci si aspetta solitamente (Azzorre, russo, iberico)

Sistema di blocco: Alle medie latitudini, si verifica a causa di una divisione dei venti atmosferici come conseguenza del meandering della corrente a getto.

Riscaldamento superficiale (ondata di calore): il Sistema bloccante devia la corrente a getto, causando compressione dell'aria e calore nella bassa troposfera a causa della **subsidenza, dell'intrappolamento del calore e della calma del vento**

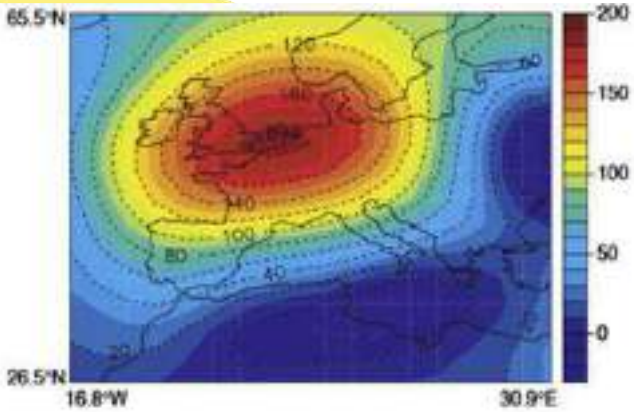
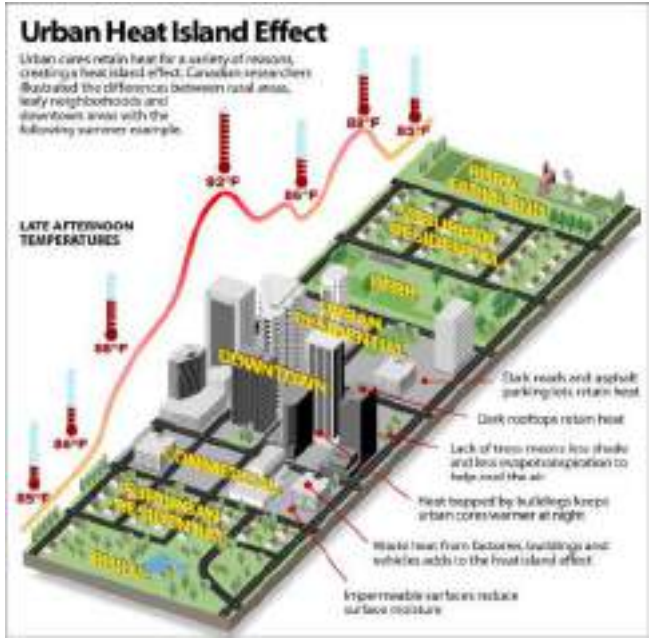


Fig. *Anomalie di alta pressione osservate al livello superiore (500 hPa) durante l'ondata di caldo europea del 2003. Le anomalie sono calcolate rispetto alle medie mensili 1948-2003 di agosto, mese in cui si sono verificate le ondate di calore. Dalla Fig. 3 di Meehl e Tebaldi (2004).*

Effetto isola di calore urbana

Utilizzando una definizione ampia, l'effetto Isola di Calore Urbana (UHI) può essere descritto come il fenomeno **dell'aumento delle temperature nelle aree urbane rispetto alla campagna circostante**



Più recentemente, il termine si è evoluto per indicare le **differenze di temperatura di diverse aree della stessa città tra cui quella derivante da eterogeneità morfologiche**

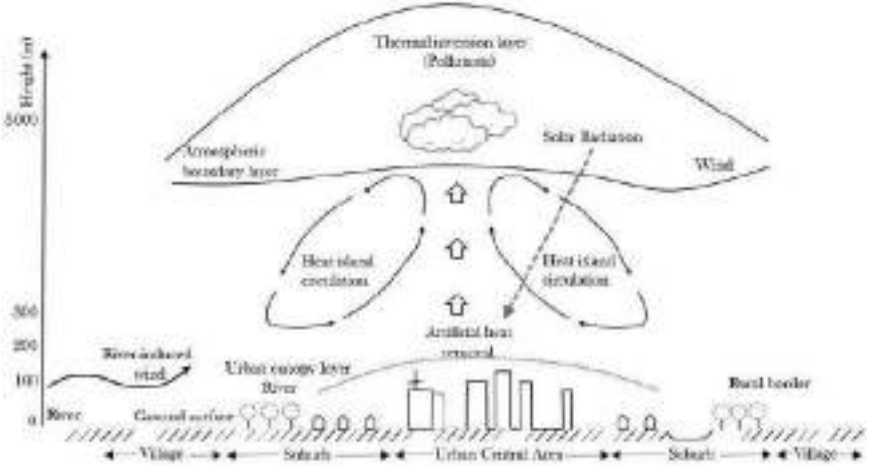


Fig. *L'effetto isola di calore urbano (a sinistra: Lemmen e Warren, 2004; A destra: Li Yang et al., 2016)*

Effetto isola di calore urbana

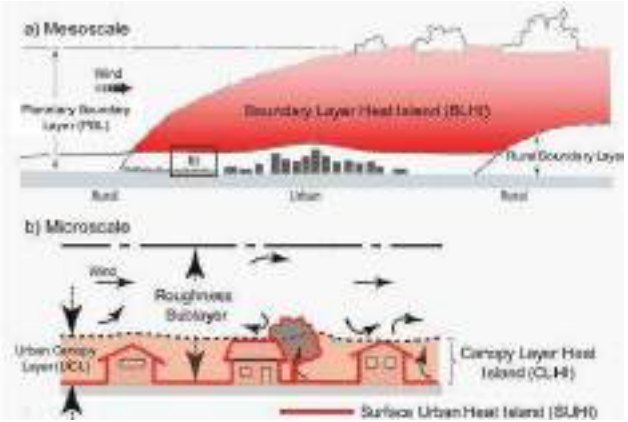


Fig. *Rappresentazione schematica delle principali componenti dell'atmosfera urbana (Voogt, 2004).*

Boundary-Layer Heat Island (BLHI)

Canopy-Layer Heat Island (CLHI)

Surface Urban Heat Island (SUHI)

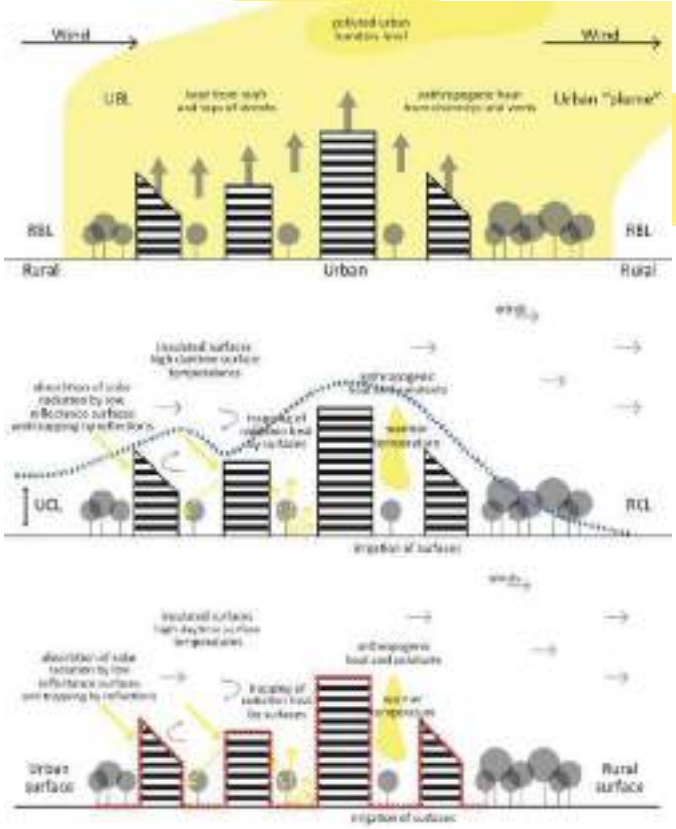


Fig. *Rappresentazione schematica di ogni componente principale dell'isola di calore urbana (Voogt e Oke, 2003).*

Effetto isola di calore urbana

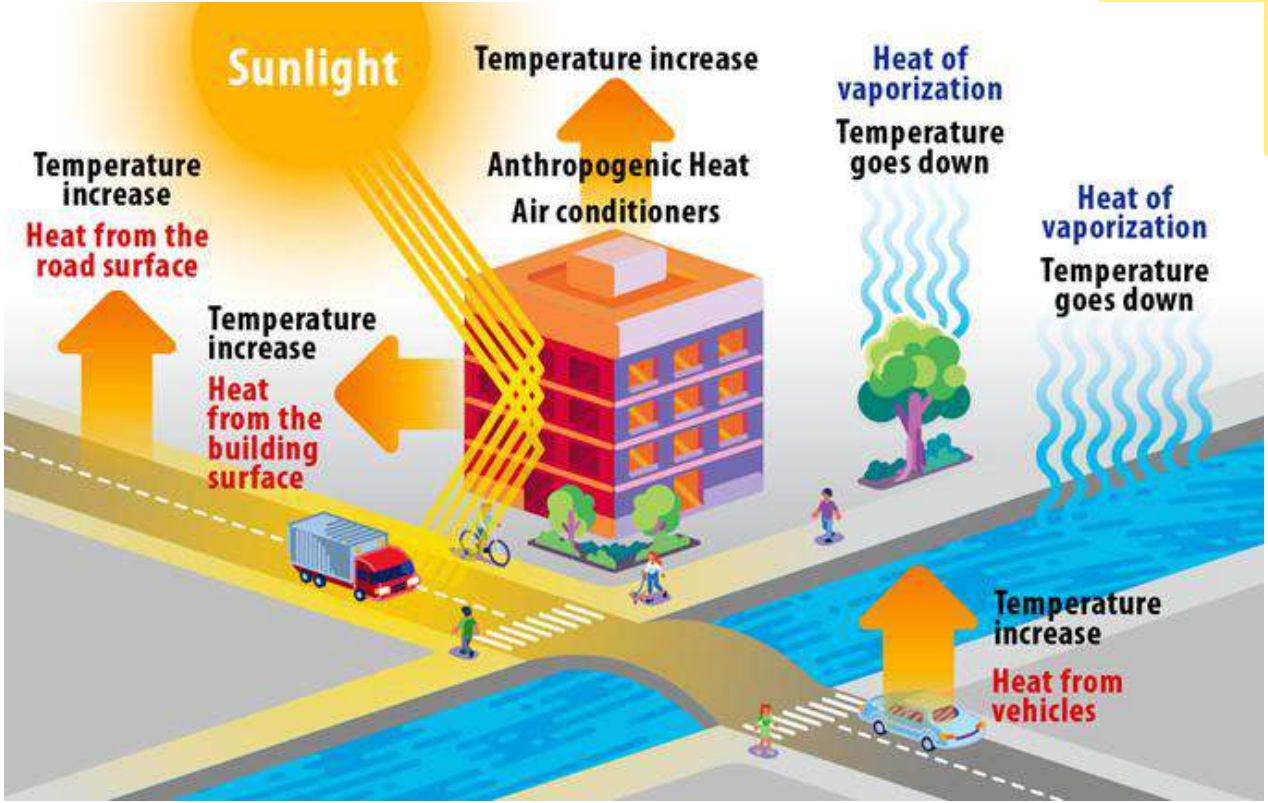


Fig. *Principali meccanismi di aumento o diminuzione dell'effetto UHI*

L'effetto isola di calore urbana è causato da una combinazione di processi che, nelle aree urbane, aumentano o diminuiscono la temperature in città rispetto a quella in area rurale:

- **Minore evapotraspirazione dal terreno**
- **Maggiore assorbimento della radiazione solare da parte delle infrastrutture grigie**
- **Più intrappolamento della radiazione solare a causa della riflessione degli edifici**
- **Emissioni antropiche**

Effetto isola di calore urbana

L'effetto isola di calore urbano raggiunge la sua massima intensità durante le ore notturne.

La termoregolazione dovuta **all'evaporazione del terreno e della vegetazione aiuta a mantenere il terreno freddo durante il giorno**, mentre le infrastrutture grigie (asfalto, cemento, …) tendono a surriscaldarlo.

L'eccesso di calore viene immagazzinato e rilasciato durante la notte sotto forma di raffreddamento radiativo e rilascio di calore sensibile nell'atmosfera, **riscaldando l'aria cittadina rispetto alla campagna**

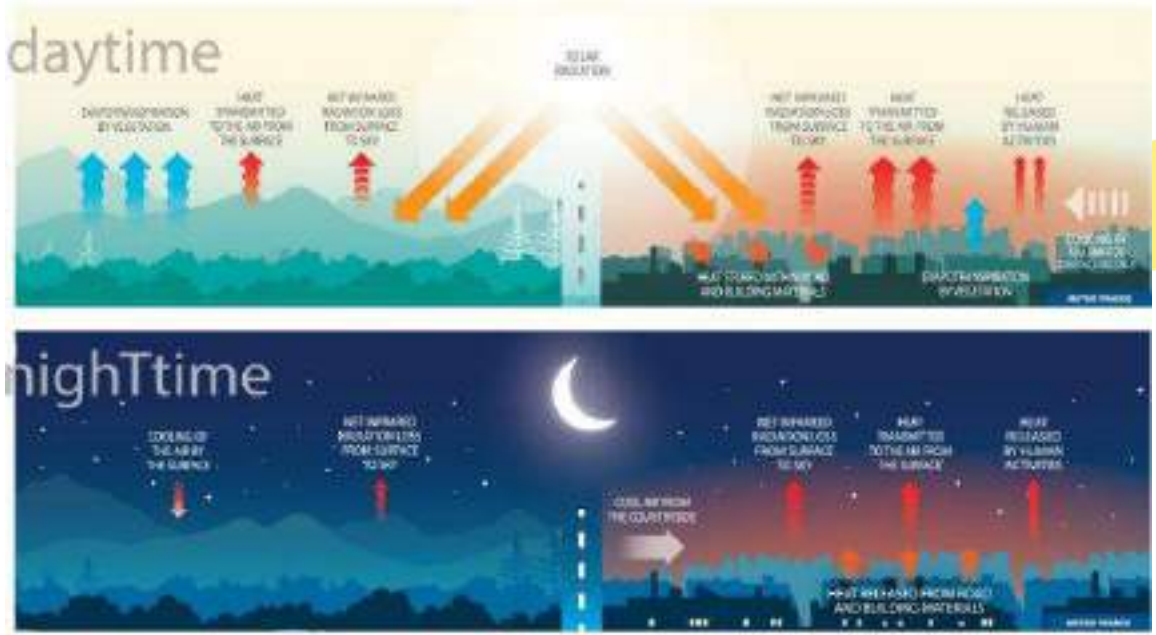
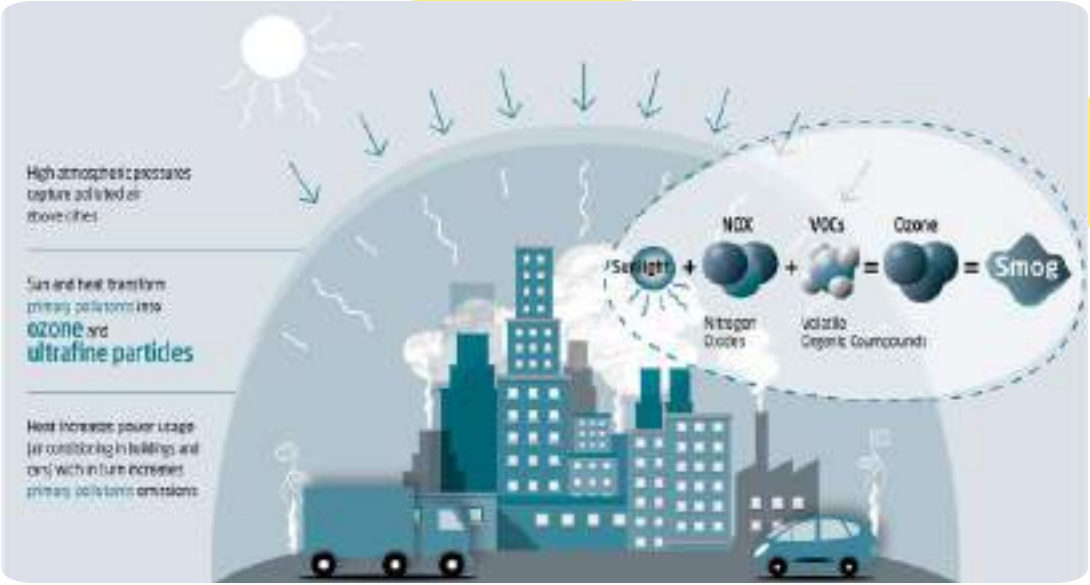


Fig. *Principali meccanismi di aumento o diminuzione dell'effetto UHI, durante il giorno e la notte*

Effetto isola di calore e inquinamento atmosferico

Il calore può influire sulla concentrazione di inquinanti in tre modi:

1. Le aree con le più elevate temperature superficiali sono spesso associate a **ridotta ventilazione che genera ristagno dell'aria, con conseguente aumento delle concentrazioni di inquinanti** nei luoghi ad alte emissioni (centri urbani)
2. Calore e radiazione solare favoriscono la formazione di **ulteriori inquinanti, in seguito a reazioni chimiche**, tipicamente più tossici e duraturi
3. L'aumento di calore porta ad un **maggior dispendio energetico** legato principalmente agli impianti di condizionamento dell'aria, i quali sono fonti aggiuntive di inquinamento



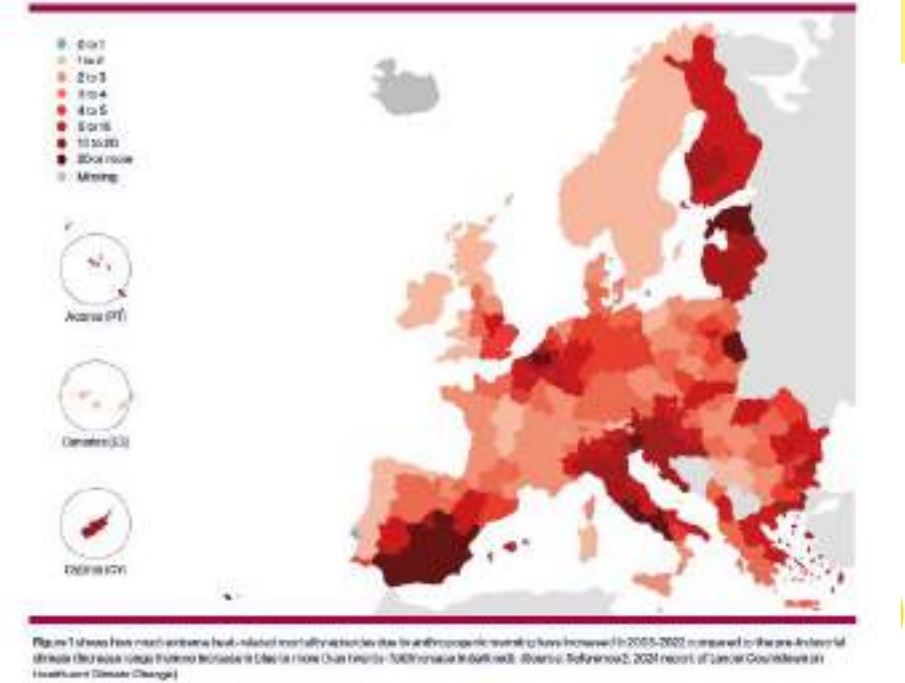
Effetto isola di calore urbana e salute

Gli effetti del caldo sulla salute coprono:

- **sintomi che non arrivano all'attenzione clinica (ad esempio riduzione delle capacità psico-fisiche, ansia, insonnia)**
- **sintomi di maggiore entità (ad esempio ipotensione arteriosa, edemi agli arti inferiori)**
- **effetti più gravi** che possono determinare il ricorso al Pronto Soccorso o il ricovero in ospedale, soprattutto per aggravamento di una patologia preesistente.

Tra i disturbi più frequenti, I ricercatori hanno scoperto che nel 2019 la **temperatura non ottimale (sia caldo che freddo) ha contribuito a livello globale a quasi 1,2 milioni di morti per disturbi cardiovascolari, diventando il nono fattore di rischio per le morti a causa di malattie cardiovascolari a livello globale**, superando dunque l'abuso di alcol, la scarsa attività fisica e altri fattori ambientali.

In particolare aumento delle malattie cardiovascolari associate al **caldo**, il quale sottopone l'apparato cardiovascolare, così come tutto l'organismo, a un **grande stress generale che deve essere continuamente compensato**



LongCLAVIS

SUBJECTS: 300 volontari in 4 città europee, incluso Bologna

DURATA: 1 ANNO – per permettere di documentare gli effetti tra le due Stagioni: **estate ed inverno**

Meteorological and clinical data collected through questionnaires, clinical records, wearable sensors, monitoring stations, numerical simulations & reanalysis

Survey administration

Omics data

Assess the impacts of CC, including the effects and co-benefits of mitigation and adaptation measures

- Longitudinal monitoring
- Analyse people responses, behaviour and mitigation

	Augsburg	Bologna	Geneve	Nicosia
Number of volunteers (goal)	75	75	75	75
Data collection (estimation)	4/2025-4/2026	4/2025-4/2026	4/2025-4/2026	4/2025-4/2026
Meteo-climate variables from	U Augsburg UNIBO	CIMA UNIBO	CIMA	U Cyprus

Contatti:
erika.brattich@unibo.it
igor.diemberger@unibo.it
maria.carelli2@unibo.it

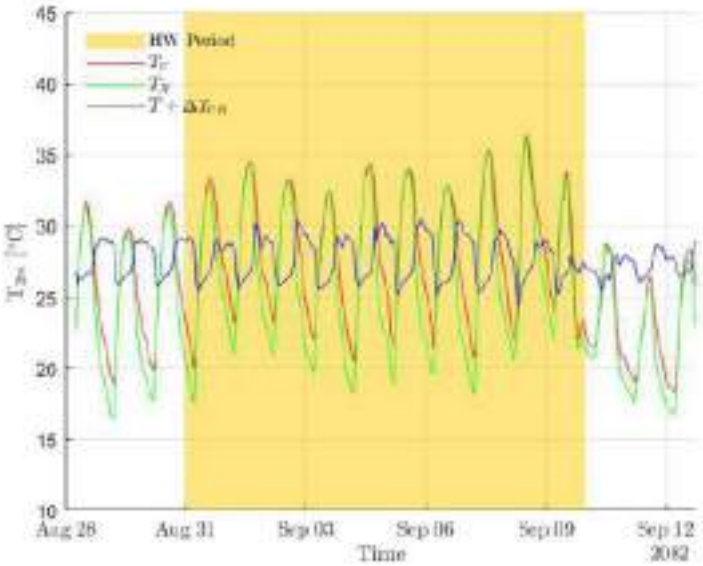
Risultati da progetti recenti/in corso

UHI-HW: effetti ed interazioni dalla scala regionale a quella urbana del canyon

Interazione UHI-HW (proiezioni)

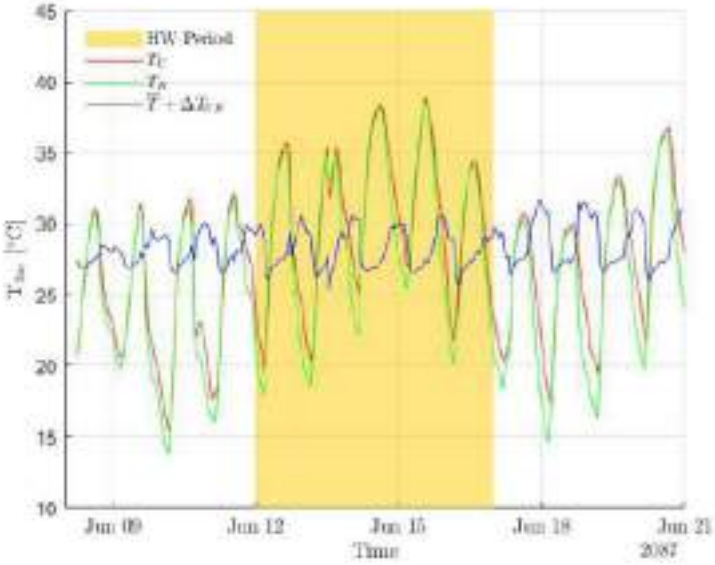
Percorsi Socioeconomici Condivisi - PROIEZIONI

SSP5-8.5: un futuro lontano – **CASO EMISSIONI ELEVATE**



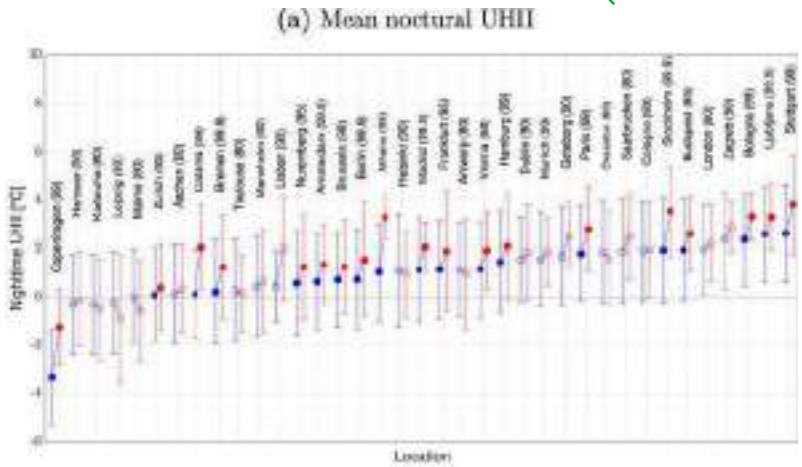
L'effetto UHI molto esteso e pronunciato porta a un notevole **disagio termico** per i cittadini di Bologna che vivono nelle zone centrali densamente edificate

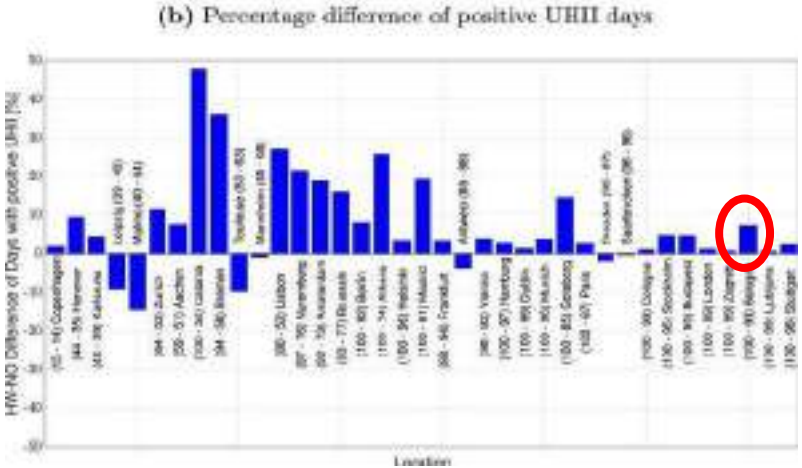
SSP2-4.5: un futuro lontano – **CASO INTERMEDIO**



Aumento più localizzato e intensificato delle temperature sia urbane che rurali durante i giorni di HW: **nessun peggioramento dell'UHI** rispetto al prossimo futuro

Interazione UHI-HW (clima attuale)





La maggior parte delle città mostra un'intensificazione dell'effetto isola di calore urbana durante un periodo di ondata di calore.

L'intensificazione si verifica sia in termini di differenza di temperatura (maggiore durante i periodi di ondata di calore) che in frequenza (**numero maggiore di giorni con UHI durante i periodi di ondata di calore**).

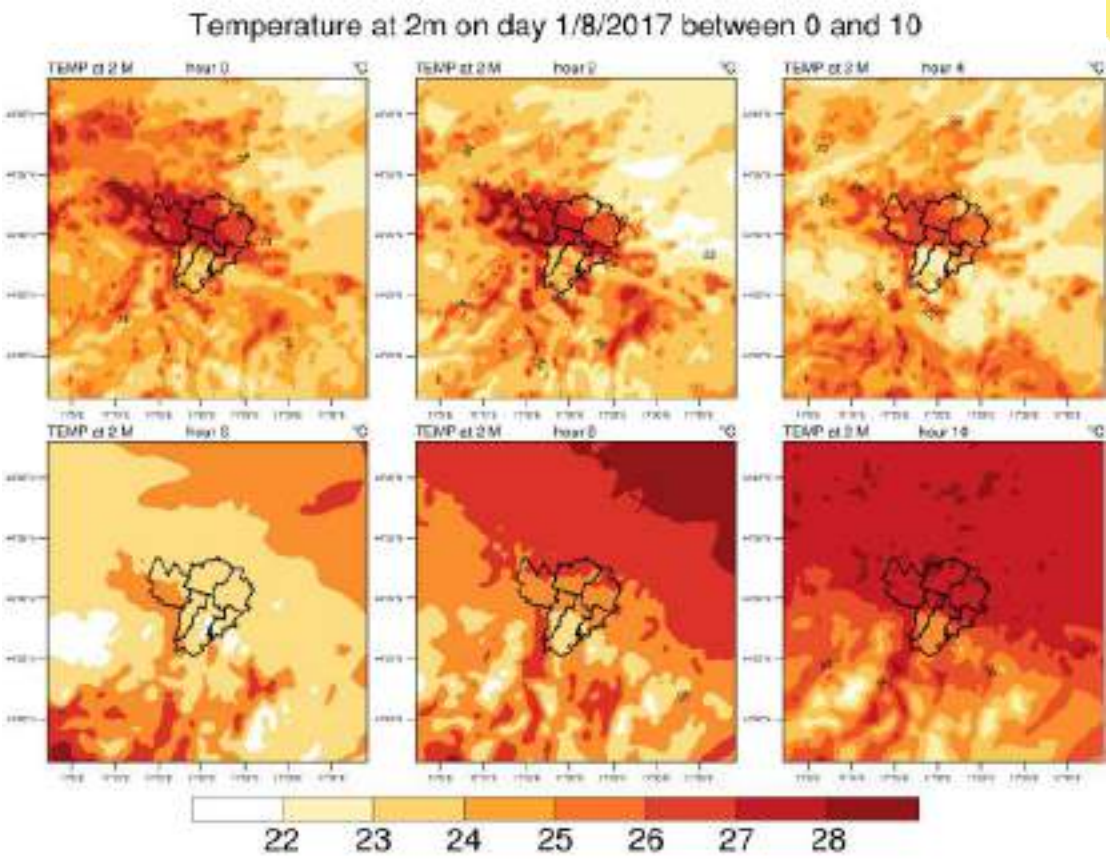
Come affrontiamo questo complesso problema multiscala?

Approccio bottom-up per:

1. Valutare i gradient locali di temperatura
2. Identificare e caratterizzare gli hot-spot
3. Testare le soluzioni in casi reali

Figs. *(a) Deviazione media e standard dei valori UHII notturni, dove per ogni città analizzata il punto blu indica UHIINO e il punto rosso è UHIIHW . I numeri tra parentesi rappresentano la significatività statistica e i punti pieni si riferiscono a risultati con significatività >95% . (b) Differenza tra HW e NO della percentuale di giorni con UHII positivo. I numeri tra parentesi sono percentuali HW e NO. Da Possega et al. (2022)*

UHI e riscaldamento globale a scala regionale (presente)

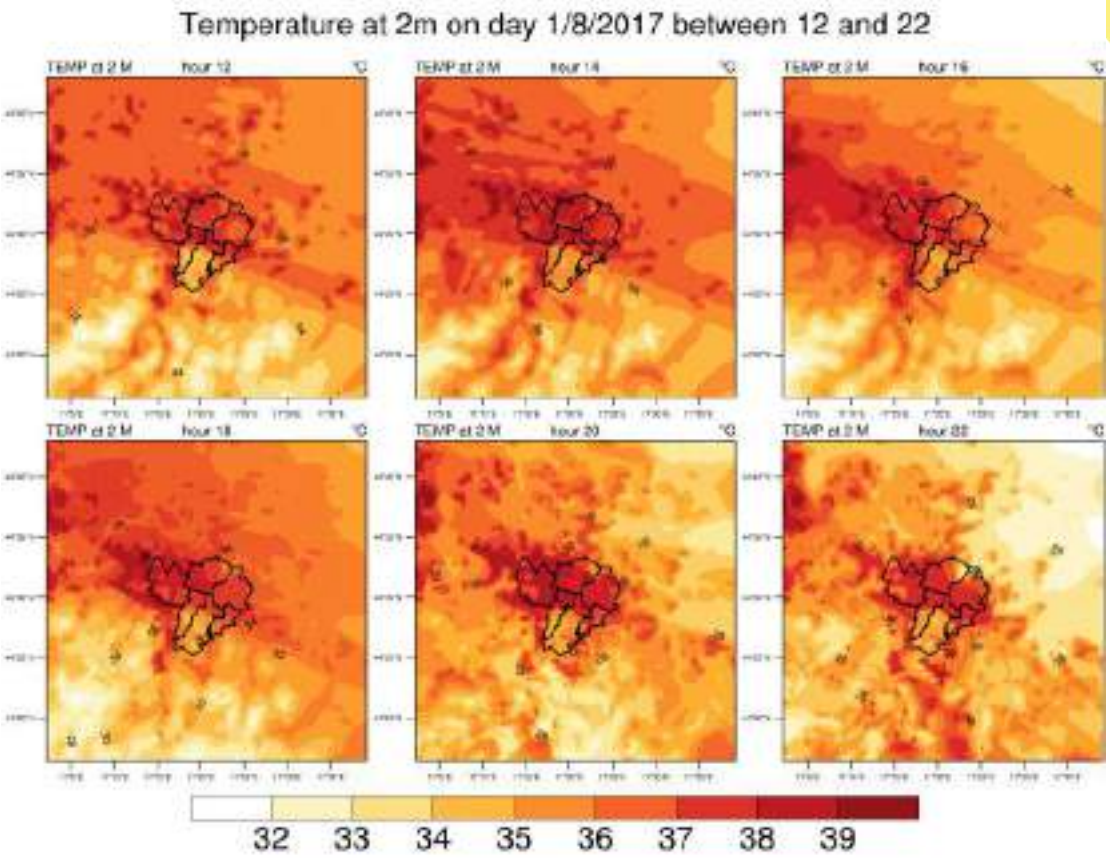


Mappe della temperatura dell'aria a 2 m (risoluzione orizzontale di 500 m) dell'area metropolitana di Bologna e della campagna circostante durante le **ore notturne**

- T più alta nel centro della città che nelle zone rurali (fino a **6°C**) fino alle 6 del mattino, rispetto a un UHI negativo (fino a **-3°C**) fino a quando il regime diurno non diventa stabile (10 del mattino)
- Ciclo notturno **UHI con minime differenze al mattino** (e valori negativi) e massime differenze nelle prime ore notturne

Fig. *Distribuzione spaziale della temperatura di 2 m all'interno dell'area metropolitana di Bologna (Santo et al., in preparazione)*

UHI e riscaldamento globale a scala regionale (presente)

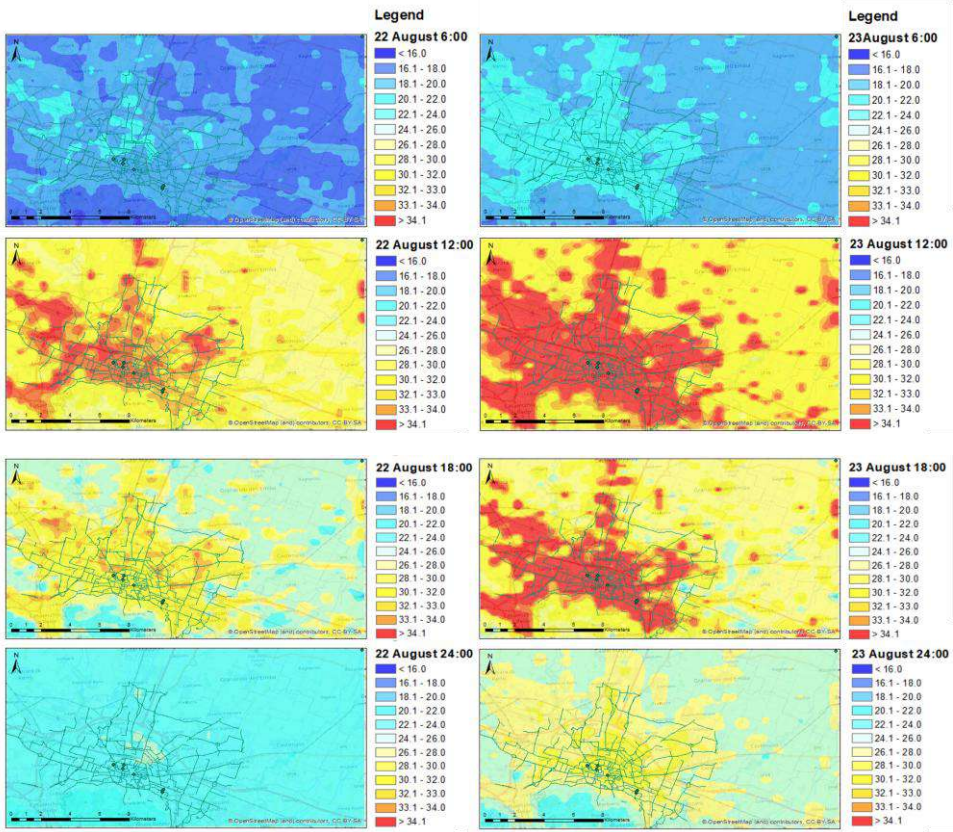


Mappe della temperatura dell'aria a 2 m (risoluzione orizzontale di 500 m) dell'area metropolitana di Bologna e della campagna circostante durante il **giorno**

- **T più alta in centro città rispetto alle zone rurali durante l'intera giornata**, ma piccole differenze rispetto al periodo notturno
- Ciclo diurno **UHI con minime escursioni pomeridiane** (fino a **3°C**) e massime serali (fino a **6°C**)

Fig. *Distribuzione spaziale della temperatura di 2 m all'interno dell'area metropolitana di Bologna (Santo et al., in preparazione)*

UHI e riscaldamento globale a scala urbana (presente)



Mappe della temperatura dell'aria a 2 m dell'area metropolitana di Bologna e della campagna circostante con risoluzione orizzontale di 200 m

- T più alta nel centro della città rispetto alle aree rurali di **2°C – 8°C** a seconda del tempo (in linea con i risultati della termografia)
- Ciclo diurno UHI con minime differenze al mattino e massime prima del tramonto

Fig. *Distribuzione spaziale della temperatura di 2 m all'interno dell'area metropolitana di Bologna (Brattich et al., in preparazione)*

UHI e riscaldamento globale a scala urbana (presente)

ADMS-TH con vegetazione dettagliata

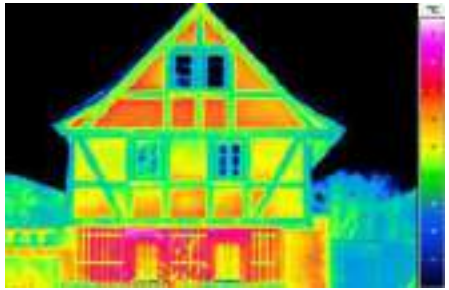
RUOLO DELLA VEGETAZIONE

- **posizione degli alberi in costento stradale e cortilifero**
- **valore del Leaf Area Index (indice di densità fogliare della pianta)**
- **(non mostrato) dimensione della pianta e della chioma**

Fig. *Distribuzione campionaria degli elementi della vegetazione (alberi) e delle loro caratteristiche*

UHI e riscaldamento globale su scala locale

Termografia e termometria



Termografia: **La termografia a infrarossi si occupa dell'acquisizione e dell'analisi delle informazioni termiche provenienti dai corpi fisici e acquisite con dispositivi di telerilevamento (telecamera a infrarossi) senza contatto**

Scienze ambientali: Misure di emissione di calore per facciate e tetti sotto forma di radiazione. Valutazione della forzante termica dell'edificio sull'ambiente

Termometria: il termine "termometria" significa letteralmente "misurazione della temperatura" e "calcoli basati sulla conversione della temperatura da una scala all'altra".

Scienze ambientali: Misurazione della temperatura dell'aria

UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

A seconda del materiale di cui è composto l'edificio, la sua interazione con le radiazioni sarebbe diversa.

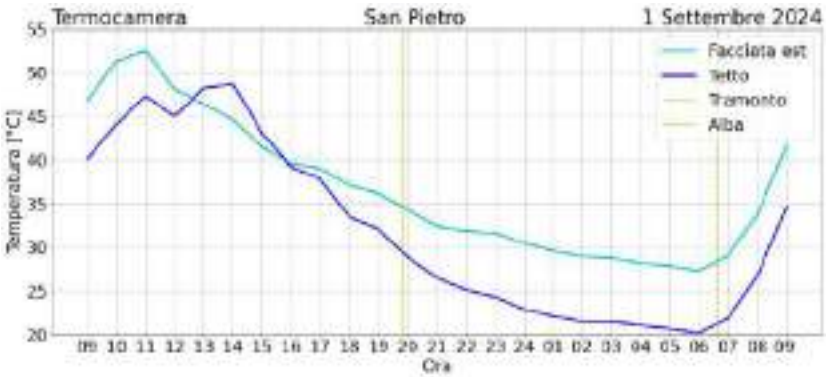
Ciò provoca una diversa emissione di calore e una diversa modifica della temperatura dell'aria.

Diversi fattori possono influenzare l'emissione di calore da parte di una superficie:

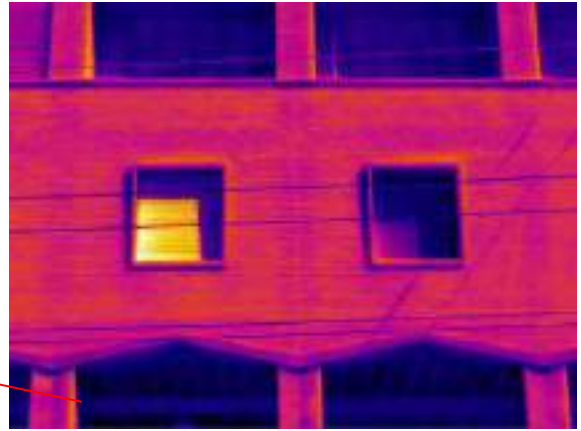
- Eterogeneità nelle superfici (facciate di edifici con finestre)
- contenuto d'acqua (l'acqua accumulata sotto le superfici sottili può diminuire l'emissione di calore)
- copertura vegetale
- Impurità
- Età dei materiali

UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

L'evoluzione della temperatura superficiale di tetto e facciata dell'edificio ricalca l'evoluzione dell'irraggiamento solare rispetto alla superficie irradiata; **la facciata est tende a riscaldarsi maggiormente al mattino in quanto I raggi solari impattano perpendicolarmente con tale facciata, mentre il tetto si scalda di più a metà giornata.** La notte, il raffreddamento radiativo e la differenza di materiali determinano la differenza di temperatura osservata



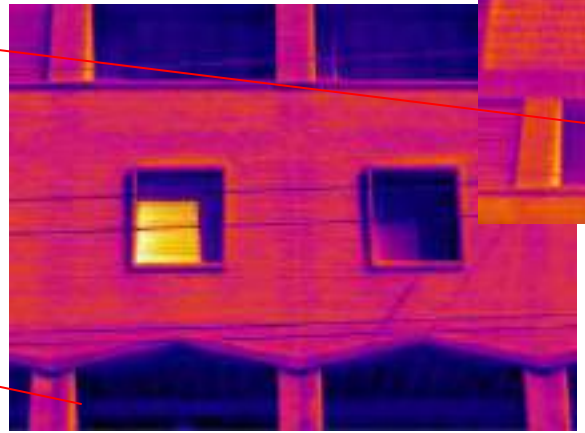
UHI e riscaldamento globale a scala di canyon

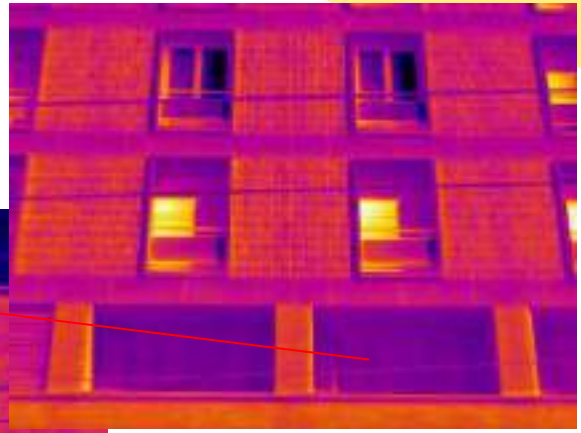


Posizione 1: Via Marconi, 31 - esposizione ovest (Marconi P1W)
dalle 16:00 al 22/08/2017

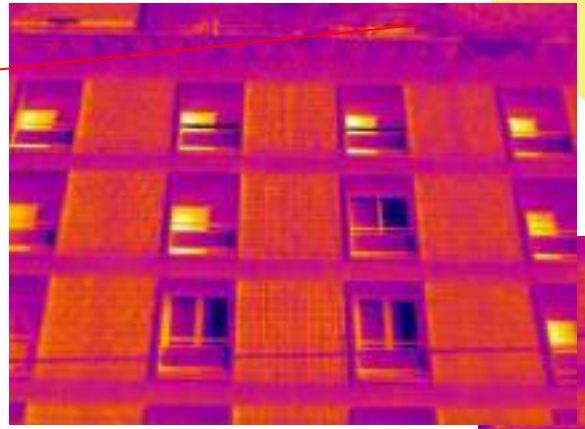
UHI e riscaldamento globale a scala di canyon

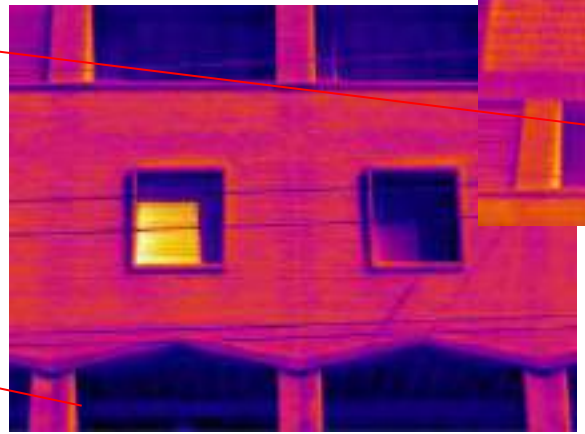
Posizione 1: Via Marconi, 31 - esposizione ovest (Marconi P1W)
dalle 16:00 al 22/08/2017

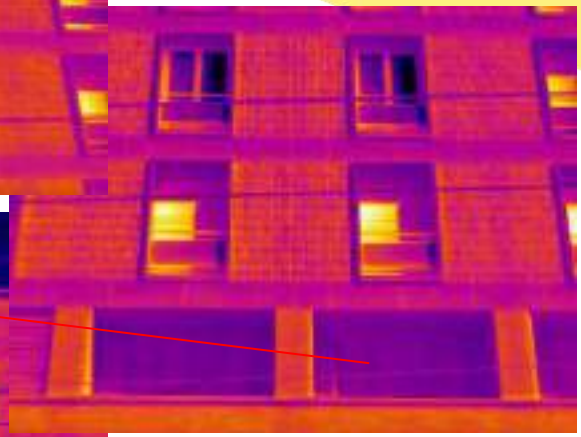




UHI e riscaldamento globale a scala di canyon





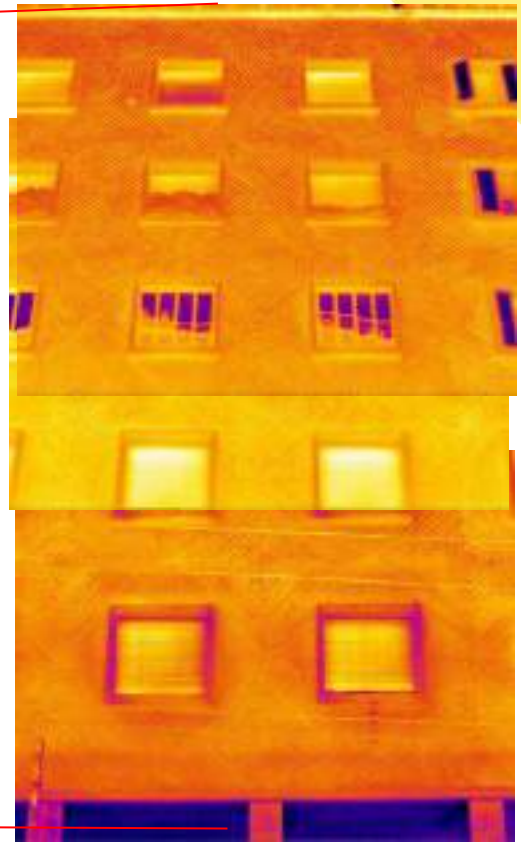


Posizione 1: Via Marconi, 31 - esposizione ovest (Marconi P1W)
dalle 16:00 al 22/08/2017

UHI e riscaldamento globale a scala di canyon

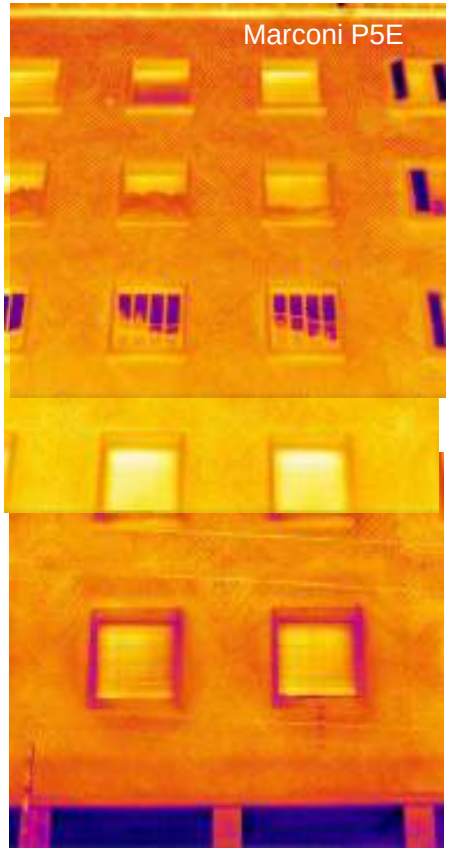
Posizione 1: Via Marconi, 31 - esposizione ovest (Marconi P1W)
dalle 16:00 al 22/08/2017

UHI e riscaldamento globale a scala di canyon

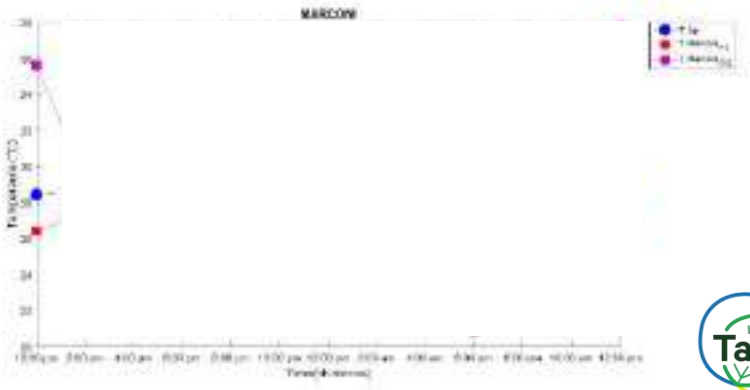


Posizione 5: Via Marconi, 24 - fronte est (Marconi P5E)
dalle 16:00 al 22/08/2017

UHI e riscaldamento globale a scala di canyon



Ore 12:00 - 23/08/2017



UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

Centro città – Ospedale Sant'Orsola

Tra **Domenica 1 e Lunedì 2 settembre 2024**, un monitoraggio termografico della durata di 24 ore è stato effettuato al fine di documentare la mappa termica (superfici e aria) nel centro di Bologna e con estensione all'area del Sant'Orsola per verificare l'evoluzione della differenza di temperatura tra il centro e l'area ospedaliera (effetto isola di calore tra diverse aree urbane).

Attività: ogni ora per 24 ore sono state effettuate fotografie nell'infrarosso del centro di Bologna dalla cima della Torre Prendiparte (***Si ringrazia il proprietario Dott. Matteo Giovanardi per la sua disponibilità***) (Piazzetta Prendiparte, 5, 40126 Bologna BO; vicino a via Oberdan) da un'altezza di 60 m rispetto al manto stradale. Contemporaneamente, sono state effettuate delle misure a terra di temperatura dell'aria, coprendo un'area del centro città e (per determinati orari) dell'ospedale.

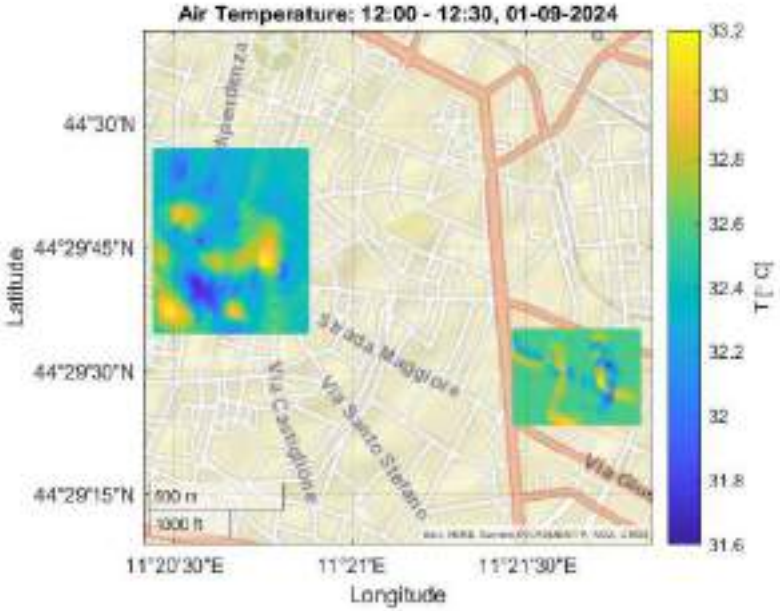
Strumenti: termocamera e meteotracker.

Monitoraggio: fotografie con campo di vista di 360 dalla torre; campionamento della temperatura dell'aria su tragitto ciclabile

UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

Centro città – Ospedale Sant'Orsola

L'evoluzione della temperatura dell'aria segue l'andamento delle forzanti, essendo esse legate al diverso riscaldamento ed emissione di calore delle superficie urbane. Ogni mappa rappresenta l'intervallo orario necessario a coprire l'area misurata in bicicletta (20-40 minuti a seconda dell'operatore e della tratta).



Alle ore 12, **le differenze tra le due aree cittadine sono minime**, essendoci poca differenza nell'efficienza di assorbimento della radiazione solare da parte delle superfici (in parte anche quelle vegetali.

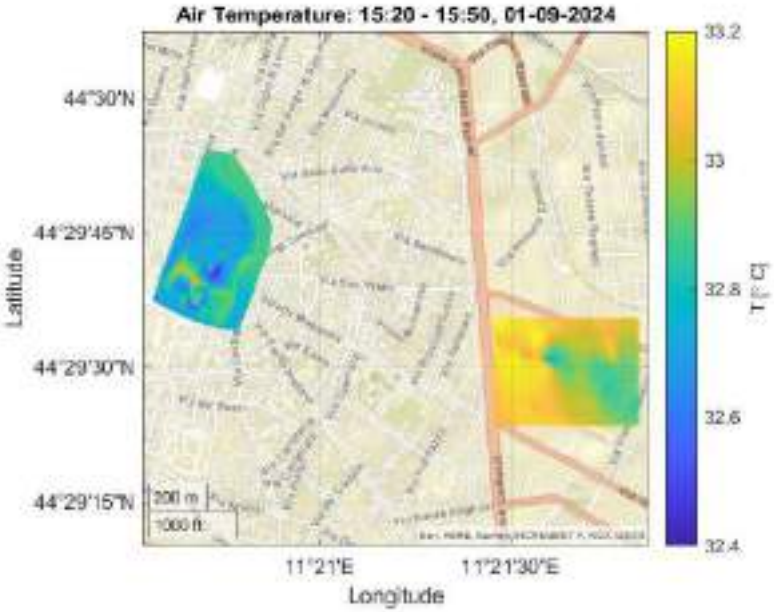
L'area risulta molto eterogenea per la presenza di zone d'ombra (**canyon urbani stretti e copertura vegetale**) che previene o ha prevenuto nelle ore precedent il riscaldamento delle superfici.

Nota: le scale di temperatura cambiano ad ogni orario

UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

Centro città – Ospedale Sant'Orsola

L'evoluzione della temperatura dell'aria segue l'andamento delle forzanti, essendo esse legate al diverso riscaldamento ed emissione di calore delle superficie urbane. Ogni mappa rappresenta l'intervallo orario necessario a coprire l'area misurata in bicicletta (20-40 minuti a seconda dell'operatore e della tratta).



Alle ore 15, le differenze tra le due aree cittadine rimangono minime, ma la tendenza è quella di avere una maggior omogeneità (è passato il picco di insolazione e la diffusione di calore si è attivata).

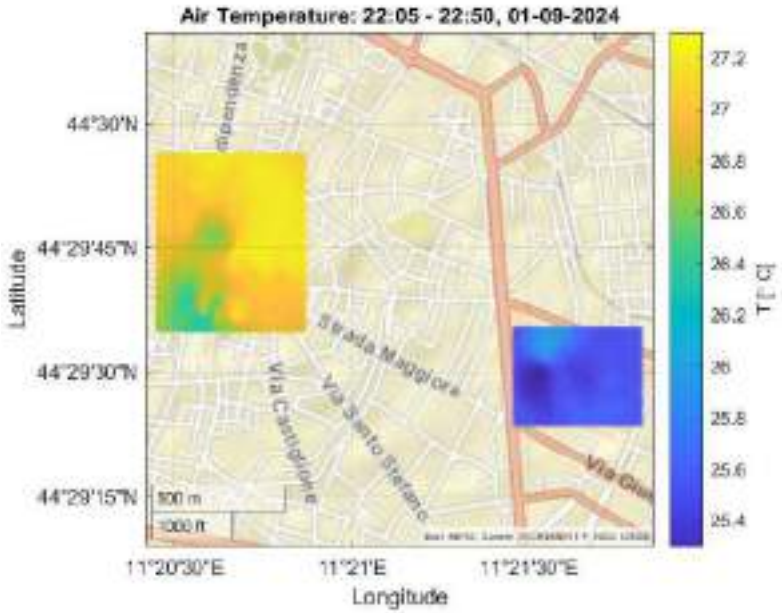
L'area del Sant'Orsola risulta leggermente più calda del centro (fino a 0.8°C di differenza); questo può verificarsi nelle aree verdi per via dell'evaporazione che trasferisce vapor acqueo in atmosfera provvedendo al suo riscaldamento.

Nota: le scale di temperatura cambiano ad ogni orario

UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

Centro città – Ospedale Sant'Orsola

L'evoluzione della temperatura dell'aria segue l'andamento delle forzanti, essendo esse legate al diverso riscaldamento ed emissione di calore delle superficie urbane. Ogni mappa rappresenta l'intervallo orario necessario a coprire l'area misurata in bicicletta (20-40 minuti a seconda dell'operatore e della tratta).



Alle ore 22, il sole è tramontato da un paio d'ore e il raffreddamento radiativo è iniziato. Si vede già chiaramente il diverso rate di raffreddamento del centro città rispetto all'area del Sant'Orsola, nonostante la temperatura di picco (ore centrali della giornata) fosse simile.

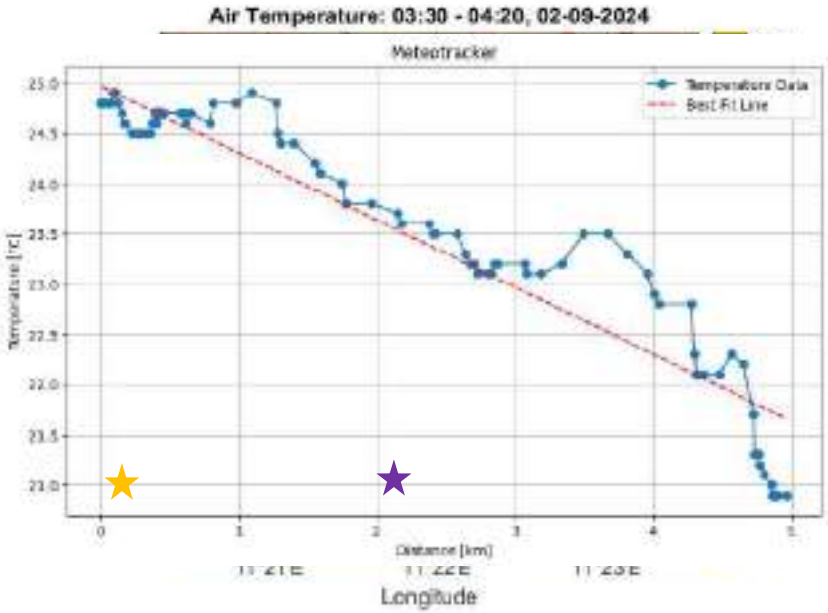
L'effetto di maggior raffreddamento (fino a 2 °C) è dovuto alla presenza di superfici più fredde nell'area del Sant'Orsola per via dell'evapotraspirazione, della conducibilità termica dei materiali edili e le proprietà radiative degli stessi.

Nota: le scale di temperatura cambiano ad ogni orario

UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

Centro città – Ospedale Sant'Orsola

L'evoluzione della temperatura dell'aria segue l'andamento delle forzanti, essendo esse legate al diverso riscaldamento ed scambio di calore tra le superficie urbane e l'aria. Ogni mappa rappresenta l'intervallo orario necessario a coprire l'area misurata in bicicletta **(20-40 minuti a seconda dell'operatore e della tratta).**



Alle ore 04, Il **raffreddamento differenziato** delle due aree prosegue, raggiungendo valori attorno ai **2-3°C** che si mantengono tali fino all'alba (06:30 circa).

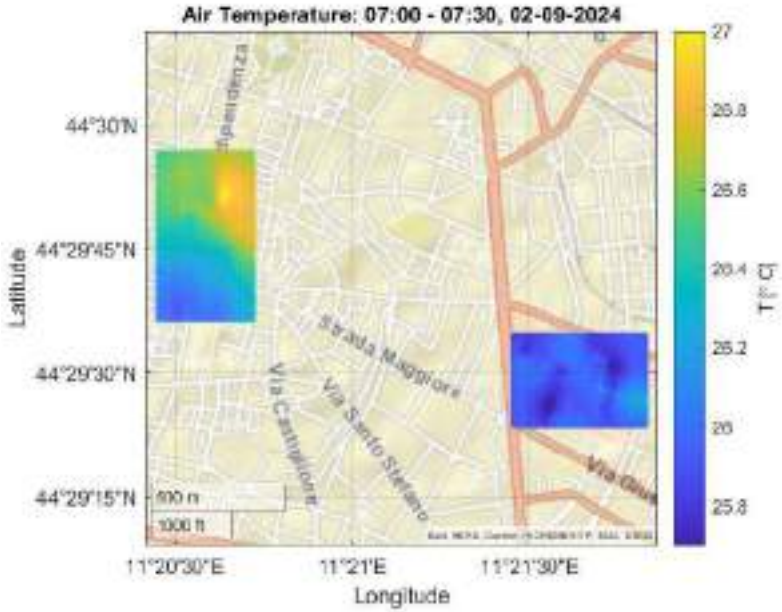
In questo caso, si è anche potuto realizzare un transetto di collegamento tra le due aree, vedendo così il decadere della temperature man mano che ci si allontana dal centro.

Nota: le scale di temperatura cambiano ad ogni orario

UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

Centro città – Ospedale Sant'Orsola

L'evoluzione della temperatura dell'aria segue l'andamento delle forzanti, essendo esse legate al diverso riscaldamento ed emissione di calore delle superficie urbane. Ogni mappa rappresenta l'intervallo orario necessario a coprire l'area misurata in bicicletta (20-40 minuti a seconda dell'operatore e della tratta).



Alle ore 07, Il sole è sorto e le superfici iniziano a riscaldarsi. Le differenze di temperature tra i due siti diminuiscono, assenstando i valori massimi ad 1°C

Nota: le scale di temperatura cambiano ad ogni orario

UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

Centro città – Ospedale Sant'Orsola

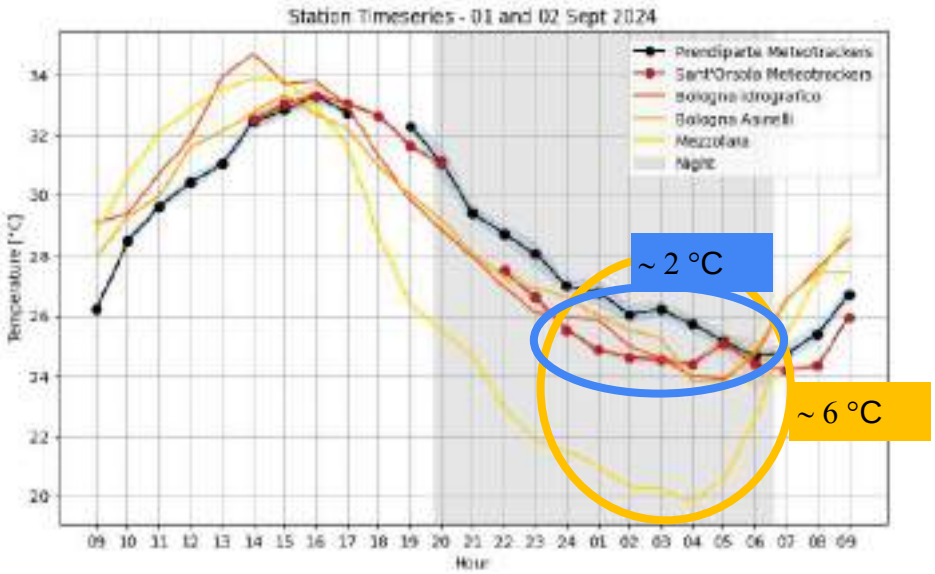
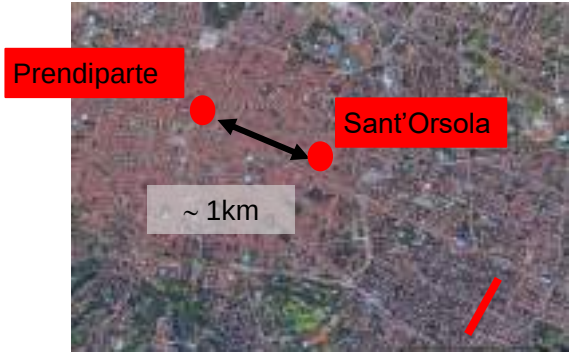


Fig. *Evoluzione della temperatura dell'aria mediata spazialmente all'interno del centro urbano e dell'Ospedale Sant'Orsola, confrontata con le stazioni meteorologiche di riferimento all'interno dell'insediamento urbano (Asinelli e Idorgrafico) e del circondario rurale (Mezzolara)*



UHI e riscaldamento globale a scala di quartiere

Centro città – Ospedale Sant'Orsola

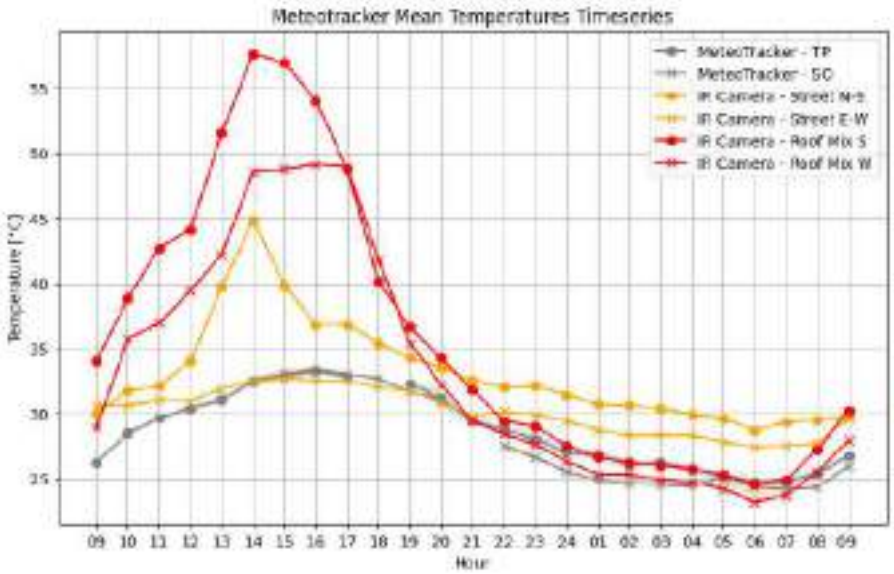


Fig. *Evoluzione della temperatura dell'aria mediata spazialmente all'interno del centro urbano e dell'Ospedale Sant'Orsola, confrontata con i valori medi per superficie della temperatura superficiale delle strade (giallo) e dei tetti (rosso)*

Ore diurne:

- I **tetti** sono esposti continuamente alla radiazione solare, vengono così **scaldati maggiormente** rispetto alle strade che rimangono parzialmente in ombra
- La temperature dell'aria, forzata termicamente dalle superfici della canopy, **è spesso inferiore a quella delle superfici grazie alla presenza delle zone d'ombra e della dispersione/convezione**

Ore notturne:

- Il **raffreddamento radiativo** dei tetti è molto più intense che nei canyon dove la radiazione subisce un maggior intrappolamento
- **La temperatura dell'aria risulta simile a quella superficiale dei tetti, lasciando supporre un'isotermia nel canyon forzata dall'emissione radiativa delle superfici**

UHI e riscaldamento globale a scala di canyon

Centro città – Zona residenziale

Campagna termografica

FLIR T620

- *Ambito: Misurare la temperatura superficiale delle facciate degli edifici e della pavimentazione stradale all'interno di due canyon urbani*
- *Configurazione: 2 telecamere termiche gestite dall'uomo che lavorano contemporaneamente*
- *Misura: esperimento di 24 ore con misurazioni di 10 edifici selezionati (più la strada) una volta ogni due ore*

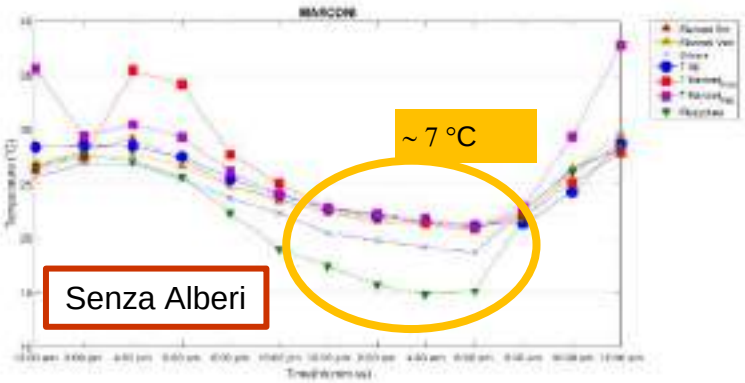
Via Marconi
H = 33 m, L = 20 m
H/W = 1,65
Centro, 4 corsie
Niente alberi
ZTL, autobus, pedonale
Area densamente edificata

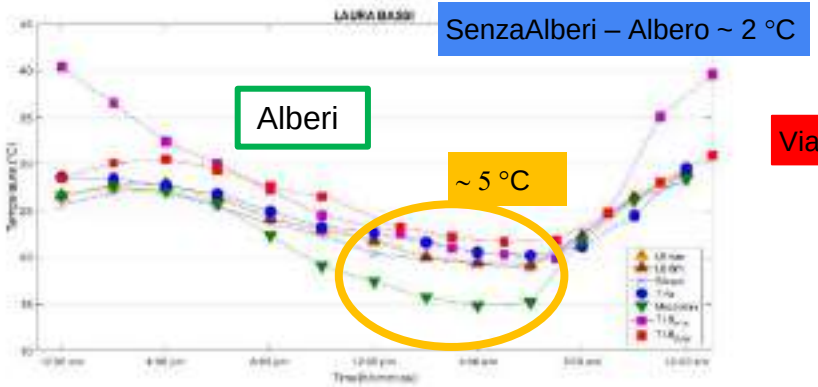
Via Laura Bassi
H = 17 m, L = 25 m
H/W = 0,7
Zona residenziale, 2 corsie
Alberi
No ZTL, auto private, pedoni, biciclette
Case singole o edifici, giardini

UHI e riscaldamento globale a scala di canyon

Centro città – Zona residenziale

Di Sabatino et al., 2020





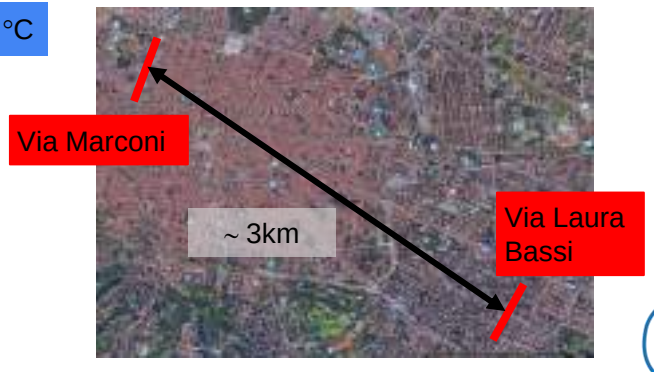


Fig. *(Sopra) Evoluzione della temperatura in diverse località all'interno di Marconi St., riferimenti urbani e rurali. (In basso) Evoluzione della temperatura in diverse località all'interno di Laura Bassi St., riferimenti urbani e rurali*

Misure di Mitigazione ed Adattamento

Blu/Verde/Ibrido

Modificando sia la geometria urbana e le caratteristiche architettoniche della città, diverse configurazioni urbane sono ipotizzate e alcune misure di adattamento implementate e i loro effetti sul microclima urbano sono stati valutati.

I principali risultati di questa attività di ricerca sono:

- Ridurre il rapporto tra **aree per fabbricati e spazi verdi** è un'ottima strategia per ridurre l'accumulo di energia, così come l'introduzione di superfici permeabili che favoriscono il corretto deflusso delle acque piovane e una miglior evaporazione del terreno
- L'implementazione di **tetti "bianchi"** (ad alta riflessione della radiazione solare) e **tetti verdi** riduce la temperatura sui tetti, soprattutto durante le ore diurne, così come l'implementazione di coperture verdi sulle aree esposte alla radiazione (pareti verdi degli edifici). Introdurre una vegetazione sul tetto tuttavia potrebbe impedire il raffreddamento radiativo della superficie, quindi evitando in parte l'abbassamento temperatura notturna
- La realizzazione di **pavimentazioni "chiare"** riduce la temperatura sul manto stradale principalmente durante le ore diurne
- La realizzazione di strutture che favoriscano la **ventilazione** del tessuto urbano produce una moderata mitigazione delle temperature superficiali, favorendo un emissione di calore più rapida

Misure di Mitigazione ed Adattamento

Blu/Verde/Ibrido

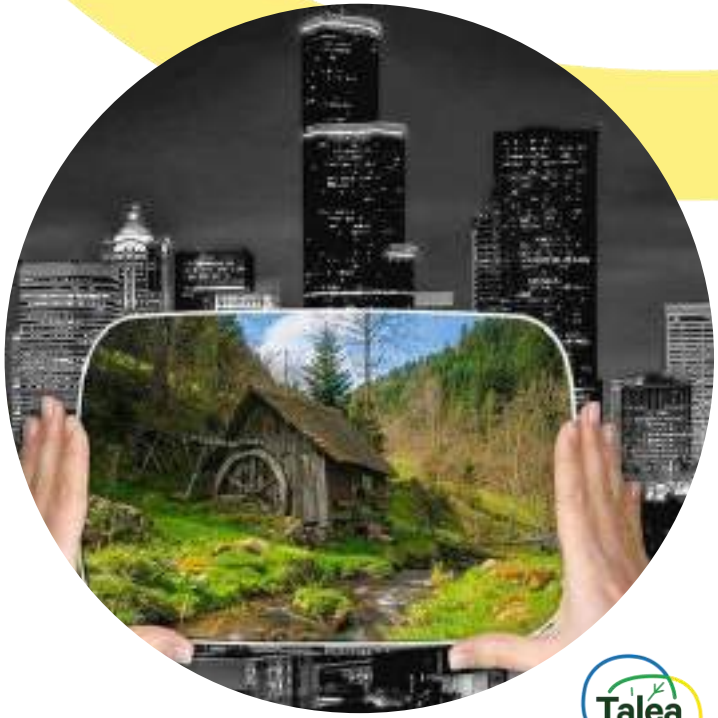
- La presenza di vegetazione mitiga l'effetto isola di calore urbana andando a diminuire la temperatura locale.

L'effetto di diminuzione della temperatura rispetto ad un'area cementata o asfaltata risulta da:

- Minor assorbimento della radiazione solare (e quindi **minor riscaldamento del terreno**)
- Maggior **evapotraspirazione** che rilascia vapore in atmosfera raffreddando il terreno ma riscaldando l'atmosfera
- **Ombreggiatura**, riduce il riscaldamento di superficie e atmosfera

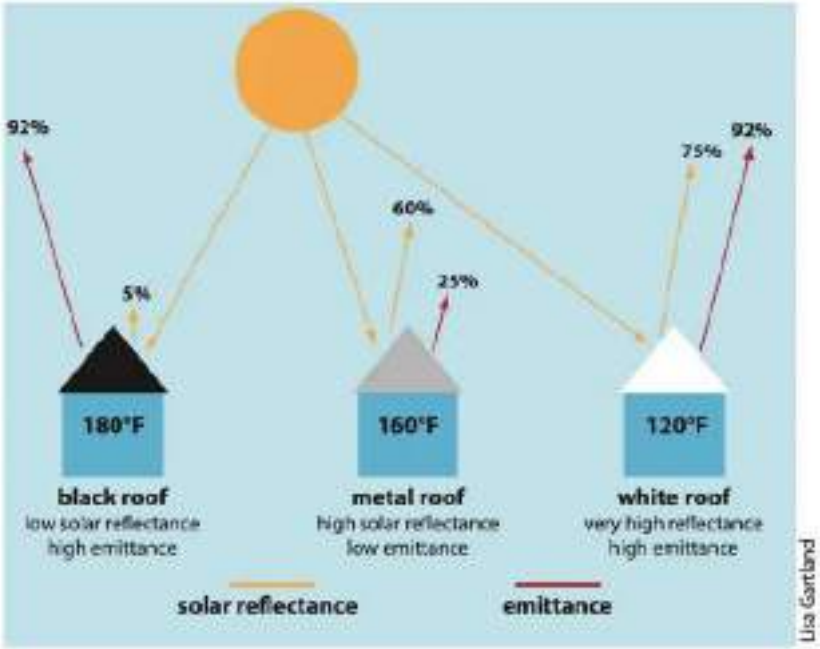
Attenzione però, non sempre piantare alberi in città porta benefici, ma ci sono potenziali svantaggi relativi alla qualità dell'aria!!!

Inoltre, **la vegetazione deve essere in salute per poter efficacemente svolgere la sua funzione di mitigatore della temperatura, e questo richiede risorse idriche non sempre disponibili**



Misure di Mitigazione ed Adattamento

Blu/Verde/Ibrido



- **L'uso di materiali riflettenti mitiga l'effetto isola di calore urbana andando a diminuire la quantità di radiazione assorbita e ''convertita'' in incremento di temperatura o ri-emessa per un aumento della temperatura atmosferica.**

L'effetto di diminuzione della temperatura rispetto ad un'area cementata o asfaltata risulta da:

- Minor assorbimento della radiazione solare (e quindi **minor riscaldamento** del terreno)

Differentemente dalla vegetazione, questa soluzione non migliora né peggiora la gestione dell'acqua piovana (a meno che non si adottino tetti blu) ma non presenta sostanziali svantaggi per la qualità dell'aria

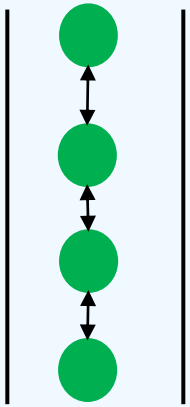
Misure di Mitigazione in Canyon:

Alberature in strada tramite simulazioni CFD

Ricerca in collaborazione con Prof.ssa Beatrice Pulvirenti, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Bologna

Quale albero? Quale distribuzione?

Distanza tra gli alberi



Spaziatura regolare e stretta per un'ombreggiatura uniforme e una maggiore evapotraspirazione
→ Raffreddamento netto, inquinamento atmosferico?

Densità dell'area delle foglie (LAD)

Fagus sylvatica

Il LAD piccolo favorisce la ventilazione
→ Aumenta la qualità dell'aria

Populus tremula

Il LAD grande favorisce l'ombreggiatura
→ Aumenta il raffreddamento

Alberi nella modellazione CFD

Tipologia d'albero e disposizione nel canyon			
	Altezza media (m)	Chioma (m)	Distance tra alberi (m)
Populus tremula	10.5	3.5	1.75

Alberi nel modello: cubi sospesi fatti di mezzo poroso

Misure di Mitigazione in Canyon:

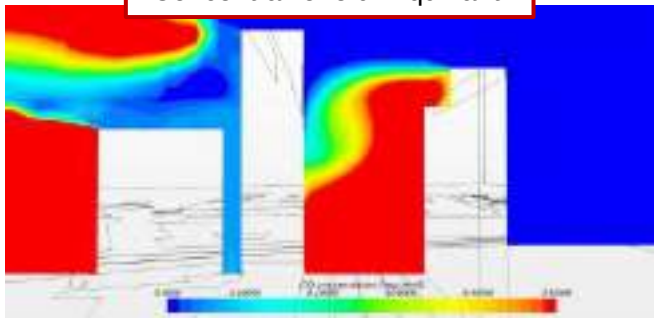
Alberature in strada tramite simulazioni CFD

Ricerca in collaborazione con Prof.ssa Beatrice Pulvirenti, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Bologna

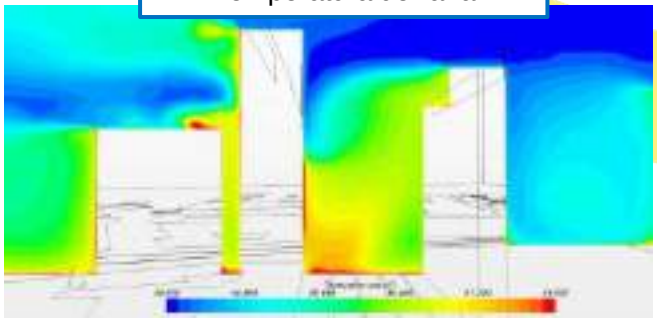
Senza alberi

Fig. *Concentrazione di inquinanti del canyon stradale (a sinistra) e temperatura dell'aria (a destra) in caso reale*

Concentrazione di inquinanti



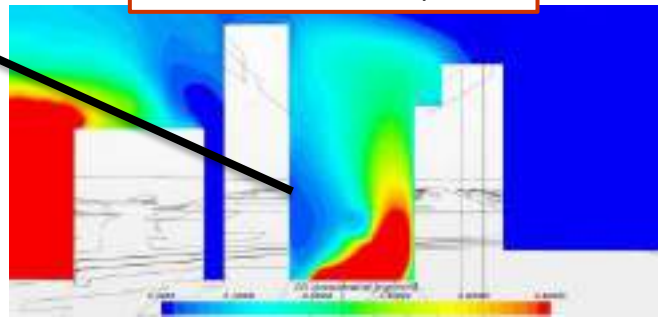
Temperatura dell'aria



≈ riduzione di 2°C

≈ riduzione di 0,3 mg m-3 (40%)

Concentrazione di inquinanti



Temperatura dell'aria

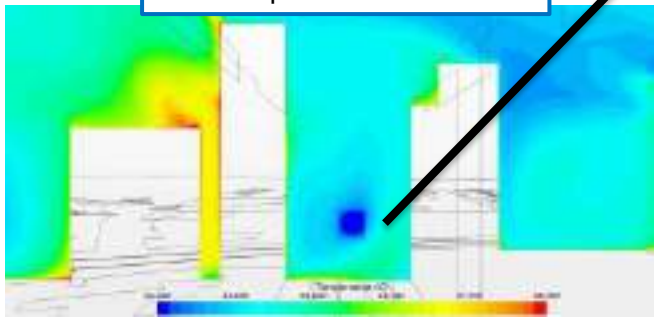


Fig. *Concentrazione di inquinanti del canyon stradale (a sinistra) e temperatura dell'aria (a destra) nello scenario del numero di alberi aumentato*

Con alberi

Conclusioni

- **Il calore estremo pone gravi sfide per l'ambiente e il benessere dei suoi abitanti, con rischi idrometeorologici attivi e che interessano diverse scale temporali e spaziali** (da quella globale a quella locale)

- **Le aree urbane sono un hotspot per il cambiamento climatico e devono affrontare minacce urgenti data la sovrapposizione di eventi di calore su larga scala (ondate di calore) e il disagio termico intrinseco (isola di calore urbana)**

- **Possedere una conoscenza esaustiva degli effetti delle ondate di calore e dell'isola di calore è obbligatorio per progettare interventi adeguati che mitighino gli effetti locali e adattino il territorio alle minacce che si trovano ad affrontare**

- **Le soluzioni basate sulla natura possono fornire risultati utili e scientificamente provati per mitigare il rischio, ma necessitano di una corretta progettazione, implementazione e manutenzione. Questo è necessario per preservare i benefici di queste soluzioni e prevenire gli svantaggi derivanti dall'aumento dell'impoverimento climatico degli ambienti urbani**

Bologna Missione Clima

Bologna verde

Grazie!

silvana.disabatino@unibo.it
Dipartimento di Fisica e Astronomia «Augusto Righi», Università di Bologna

EUROPEAN URBAN INITIATIVE

Talea

Co-funded by the European Union