

**COBENEFICI DI SALUTE ED EQUITÀ
A SUPPORTO DEI PIANI DI RISPOSTA
AI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ITALIA**



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

Il caso studio di Torino

Nicolás Zengarini, Teresa Spadea Giulia Melis

Palermo , 21-22 maggio 2025

Il caso studio di Torino nell'ambito dell'OS3

📍 Il caso studio di Torino rientra nell'OS3, dedicato alla **stima degli impatti** e allo **sviluppo di indicatori di salute** per monitorare i **co-benefici** legati alla **mitigazione climatica** 🌍 🌡️

🤝 Nasce da una collaborazione continua tra **SEPI**, **CMCC** e **Fondazione Links**:

🔄 iniziata con **CLIM ACTIONS** (modello di ***risk assessment*** sugli effetti delle **UHI** sulla salute)

➡️ proseguita con **SDGs-EYES**, che ha portato a:

📊 nuovi indicatori climatici (CMCC)

🧩 scomposizione del rischio e identificazione dei determinanti principali

🔧 co-progettazione con stakeholder

⚖️ pesatura delle componenti di rischio

🏢 Torino si configura così come un **laboratorio urbano** per l'**analisi dei rischi climatici** e dei **co-benefici per la salute**, con attenzione alle **popolazioni vulnerabili** 🧑 🧒.

Il caso studio di Torino nell'ambito dell'OS3



mappatura interventi



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

tipologia interventi /
Indicatori da OS2



Risk assesment tool
selezione aree a priorità di
intervento / target di
intervento



SLT:

- esiti di salute
- indicatori SEP

Valutazione di impatto osservato sulla salute

Il caso studio di Torino nell'ambito dell'OS3

Collaborazione con Fondazione LINKS



Mappatura degli interventi realizzati nell'area urbana di Torino



Rigenerazione urbana

- Nature-Based Solutions
- Infrastrutture verdi

(es. parchi, alberature, corridoi ecologici)



Mobilità sostenibile

- Pedonalizzazioni 
- Zone 30 
- Piste ciclabili 
- Trasporto pubblico 



partiti da un'analisi dell'evoluzione del verde urbano a Torino

Problema

- I dati geometrici della **Carta Tecnica Comunale**  non sono confrontabili nel tempo
→ Cambiano i criteri di classificazione del verde 

Obiettivo

- Garantire la **confrontabilità interannuale** dei dati sul verde urbano

Soluzione

- Utilizzo della **foto-interpretazione** per ricostruire le superfici verdi
 - Metodo sviluppato per un'analisi storica coerente 
 - **Impiego di dati satellitari** provenienti da **campagne di acquisizione** 
- Accessibili tramite il portale «**SENTINEL – HUB**» 



Interpretazione dei dati satellitari – Fasi operative

FONDAZIONE
links
PASSION FOR INNOVATION



EPIDEMIOLOGIA
PIEMONTE



1. Ricerca immagini ottimali

- Selezione per **annate di riferimento**, preferibilmente in **primavera** e **senza nuvole**



2. Delimitazione area di studio

- Scelta del **confine urbano denso e compatto** → Riduzione di errori da fotointerpretazione



3. Scansione del verde urbano

- Utilizzo della **banda all'infrarosso** per identificare le aree verdi



4. Da immagine a geometria

- Conversione delle immagini satellitari in **superfici vettoriali**



5. Analisi temporale

- Elaborazione dei dati per **ogni anno** e sviluppo del **trend evolutivo**



6. Controllo qualità e sensitività

- Rianalisi dei risultati e confronto tra sensori satellitari differenti:



2004–2011: Landsat 4-5 TM L2



2013–2014: Landsat 8-9 L2

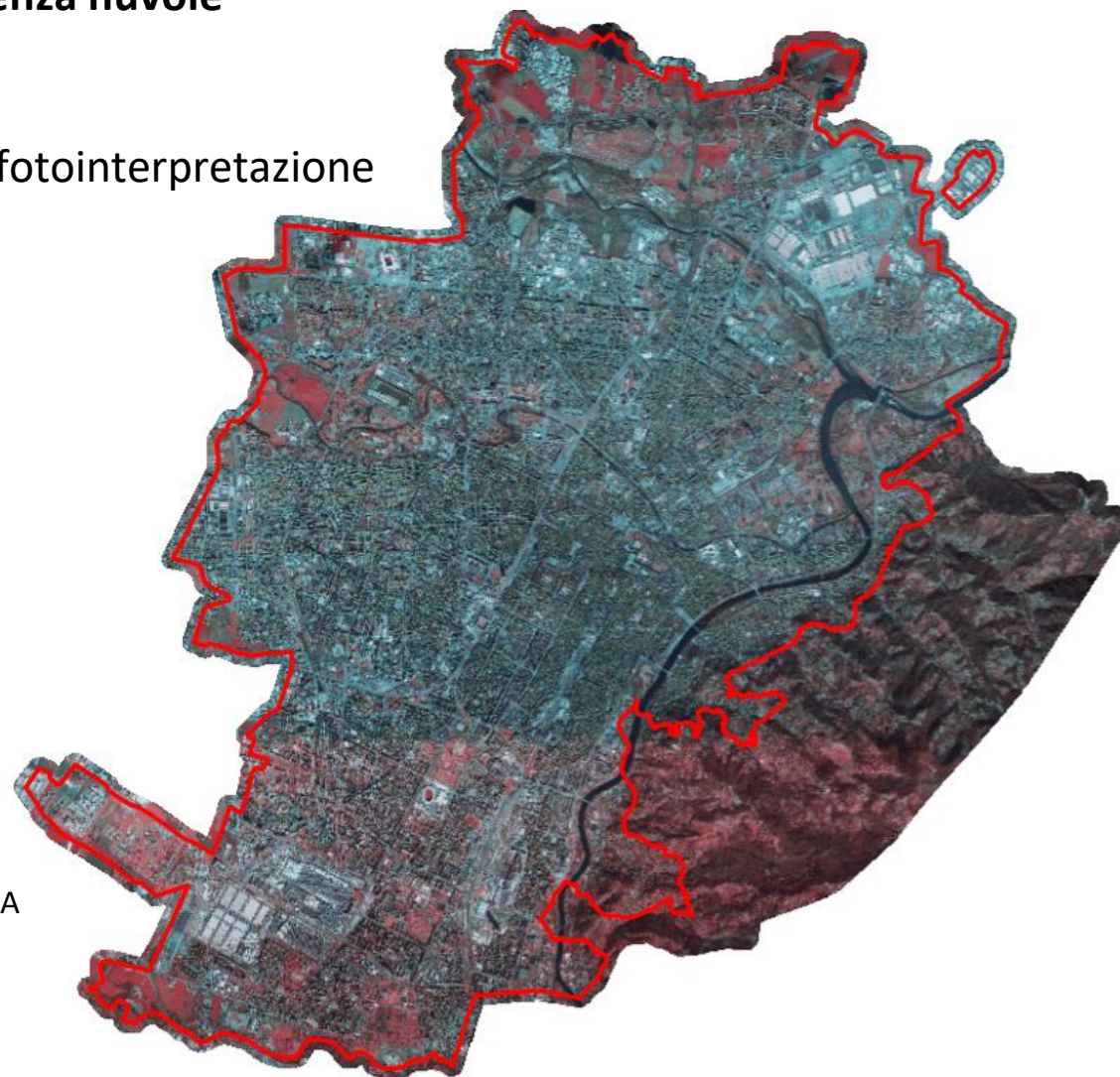


2017–2024: Sentinel-2 L2A



7. Localizzazione

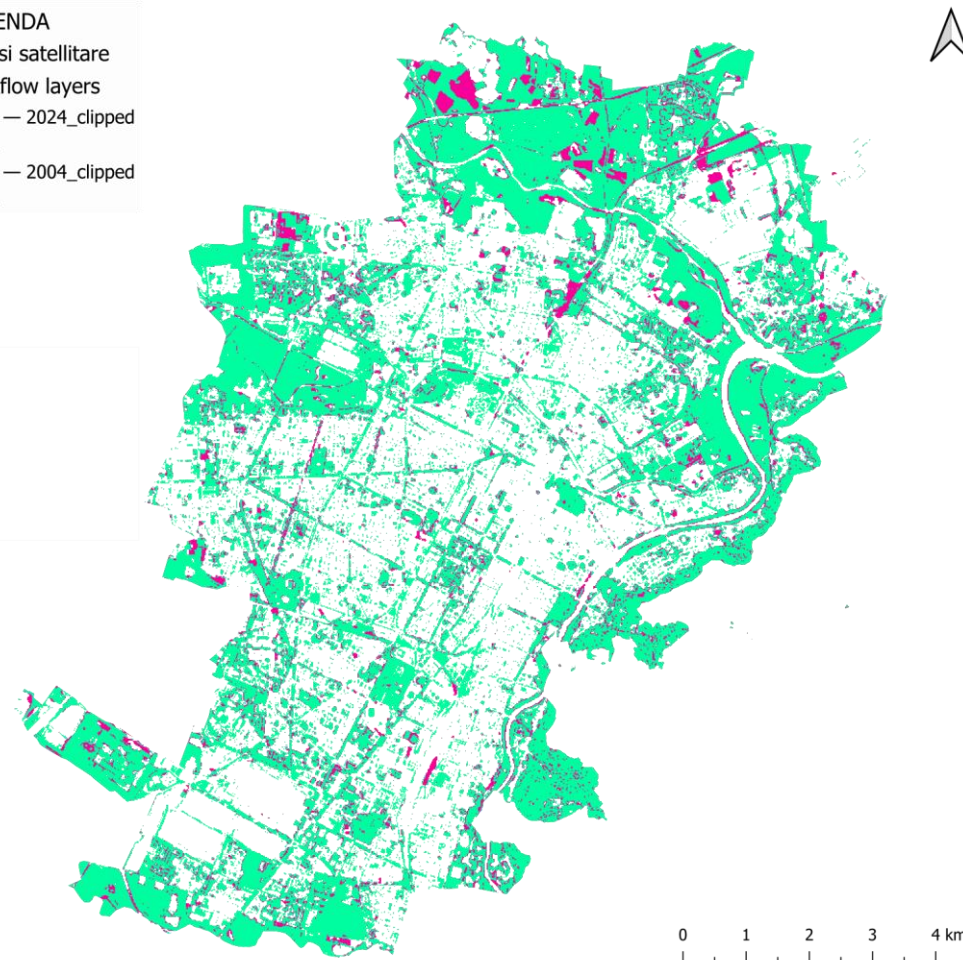
- Dati aggregati e riportati su zone statistiche per l'analisi territoriale





Restituzione del dato ricostruzione geometrica Aree verdi al 2004 e 2024

LEGENDA
analisi satellitare
workflow layers
Fixed — 2024_clipped
■ 1
Fixed — 2004_clipped
■ 1



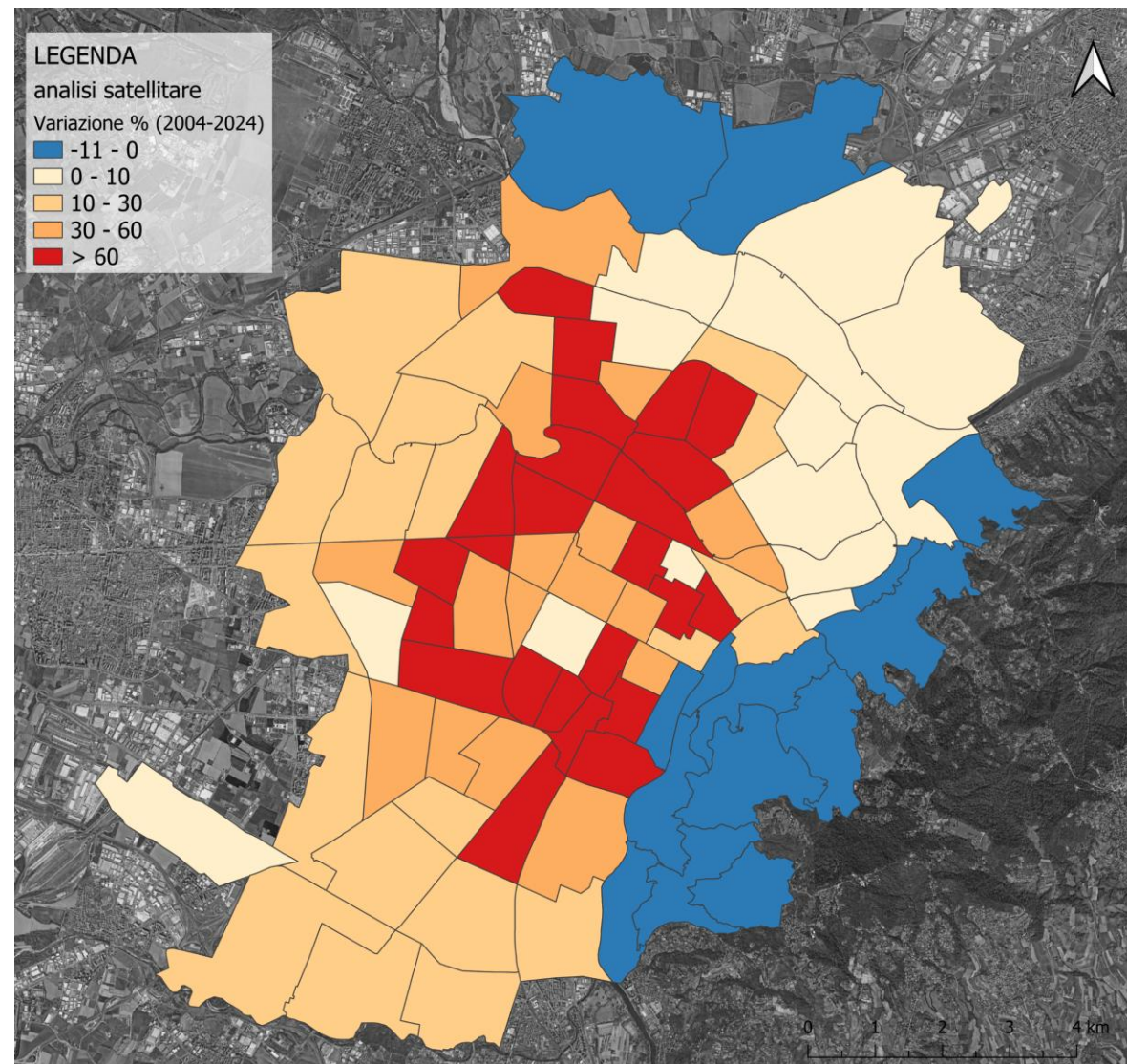


Analisi dell'evoluzione del verde urbano a Torino



EPIDEMIOLOGIA
PIEMONTE

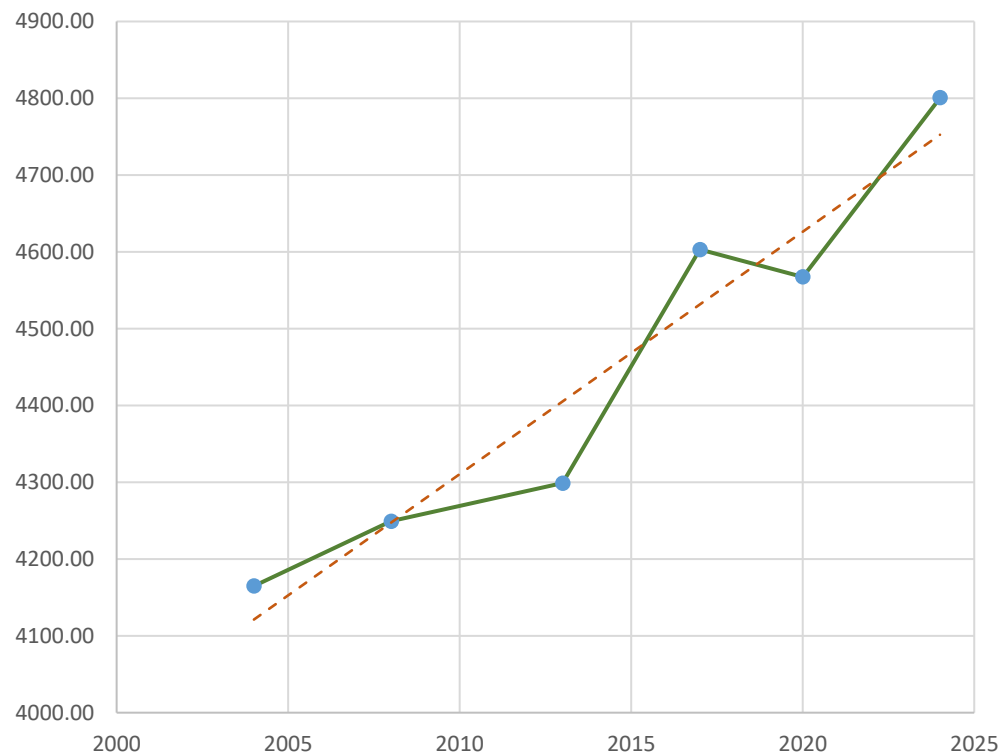
Variazione %
(tra il dato al 2004 e il dato al 2024)





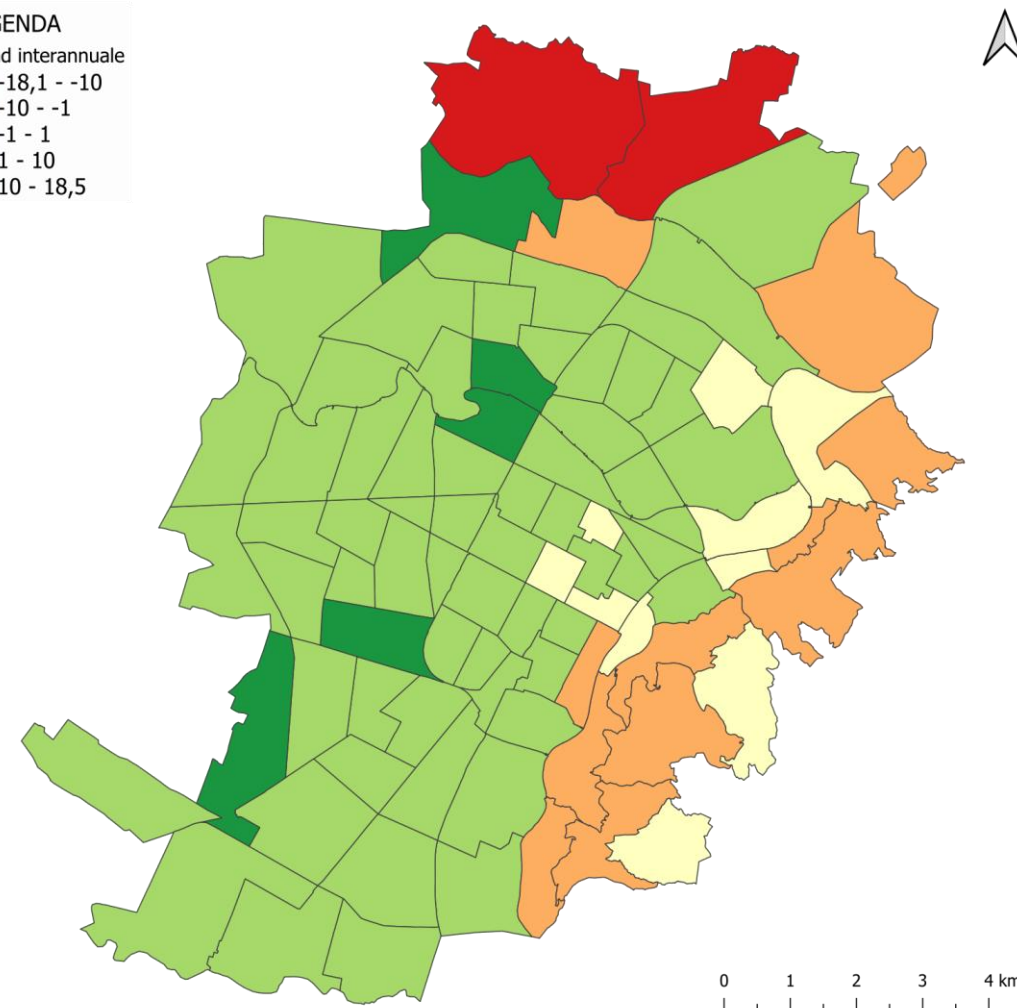
Trend evolutivo (2004-2008-2013-2017-2020-2024)

Totale Aree a Verde Urbano (ha)



LEGENDA
Trend interannuale

- 18,1 - -10
- 10 - -1
- 1 - 1
- 1 - 10
- 10 - 18,5



Variazione percentuale (per zona statistica)



Analisi dell'evoluzione del verde urbano a Torino

Analisi integrata: rischio & verde urbano

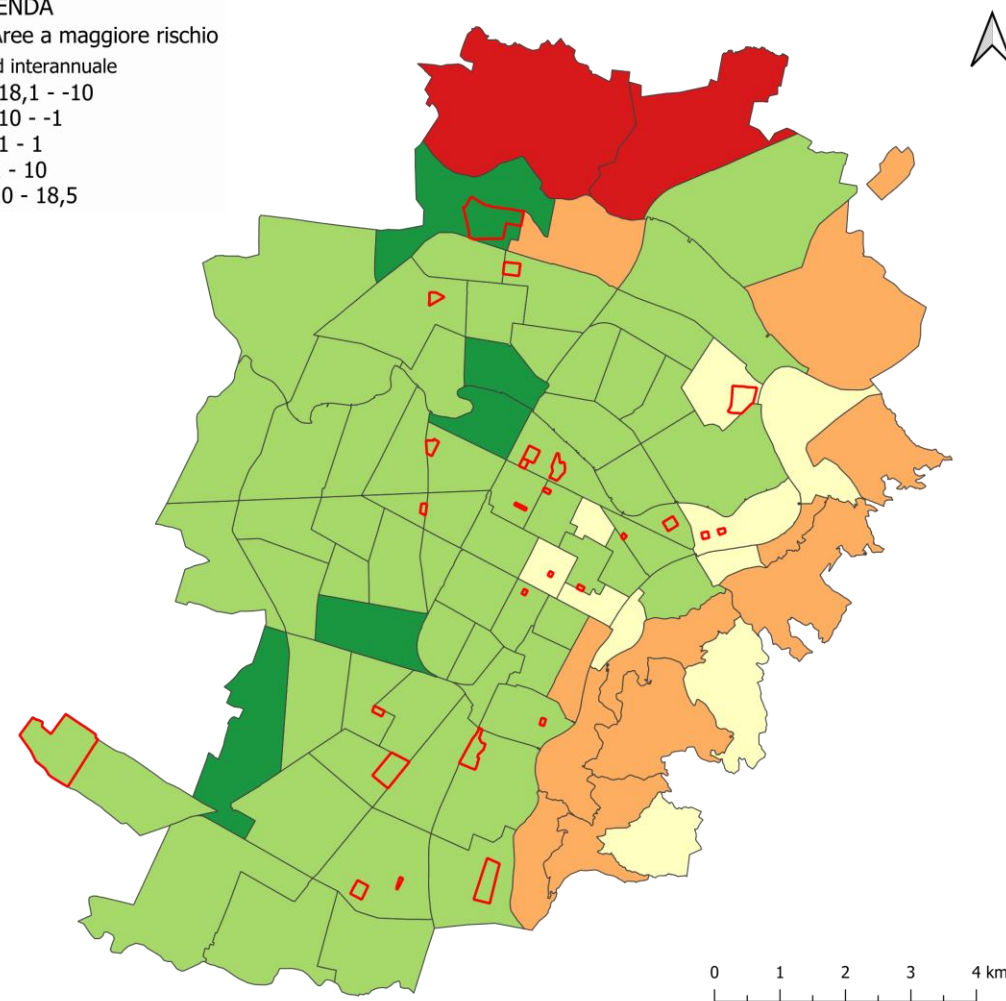
Relazione spaziale

- Incrocio tra:
- Aree a maggiore rischio (da tool **SDG-Eyes**) ⚠
- **Evoluzione del verde urbano** 🌿 nel tempo

Obiettivo

- Identificare **aree prioritarie** per la **valutazione d'impatto sulla salute** → Interventi su verde urbano e loro effetti nel tempo

LEGENDA
□ Aree a maggiore rischio
Trend interannuale
■ -18,1 - -10
■ -10 - -1
■ -1 - 1
■ 1 - 10
■ 10 - 18,5





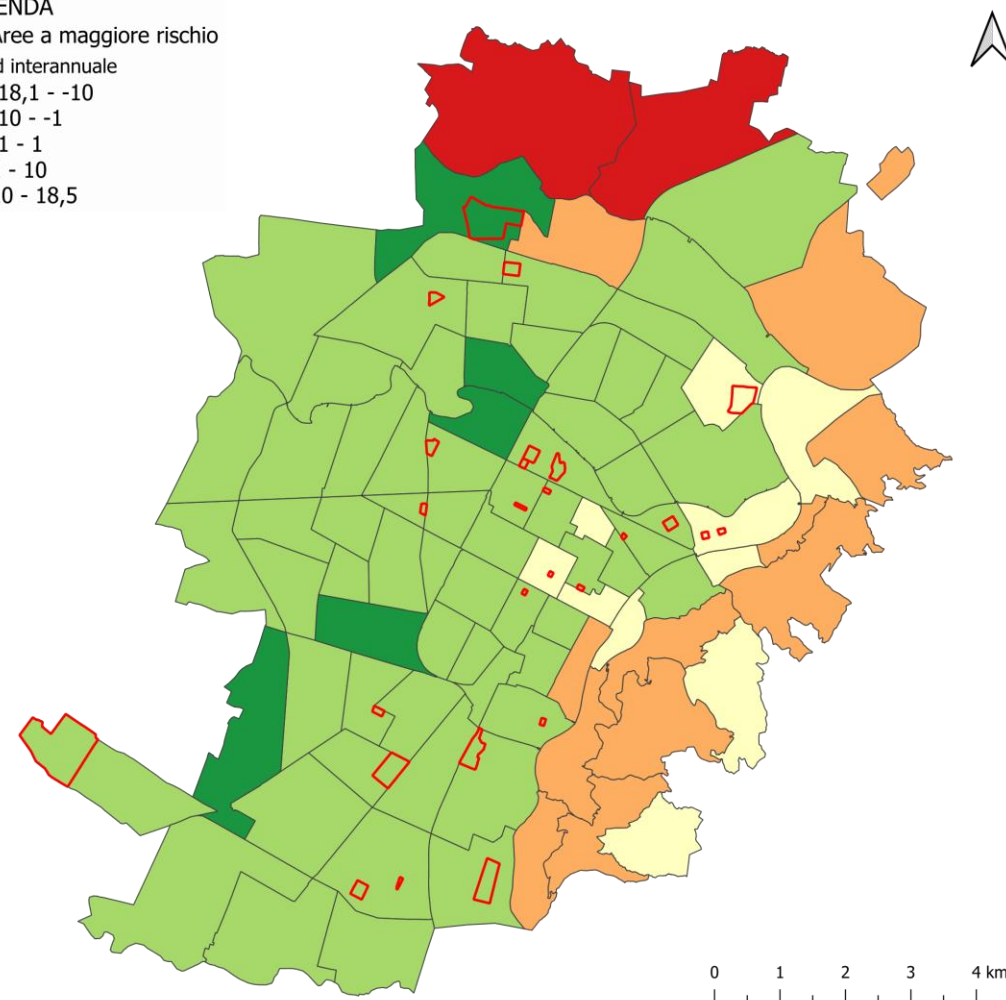
Analisi dell'evoluzione del verde urbano a Torino

Analisi integrata: rischio & verde urbano

Relazione spaziale

- Incrocio tra:
 - Aree a maggiore rischio (da tool **SDG-Eyes**) ⚠
 - **Evoluzione del verde urbano** 🌿 nel tempo
-
- identificata la zona di Villaretto e Falchera (- verde)
 - anche Madonna di Campagna e B. Vittoria (+ verde)

LEGENDA
□ Aree a maggiore rischio
Trend interannuale
■ -18,1 - -10
■ -10 - -1
■ -1 - 1
■ 1 - 10
■ 10 - 18,5



Obiettivo

- Analizzare l'evoluzione degli interventi realizzati in città nel tempo



Quali interventi sono stati mappati?

  **Piste ciclabili**

 **Zone 30**

 **ZTL (Zone a Traffico Limitato)**

 **Aree pedonali**

  **Bike sharing**

 **Modifiche alla rete di Trasporto Pubblico Locale**

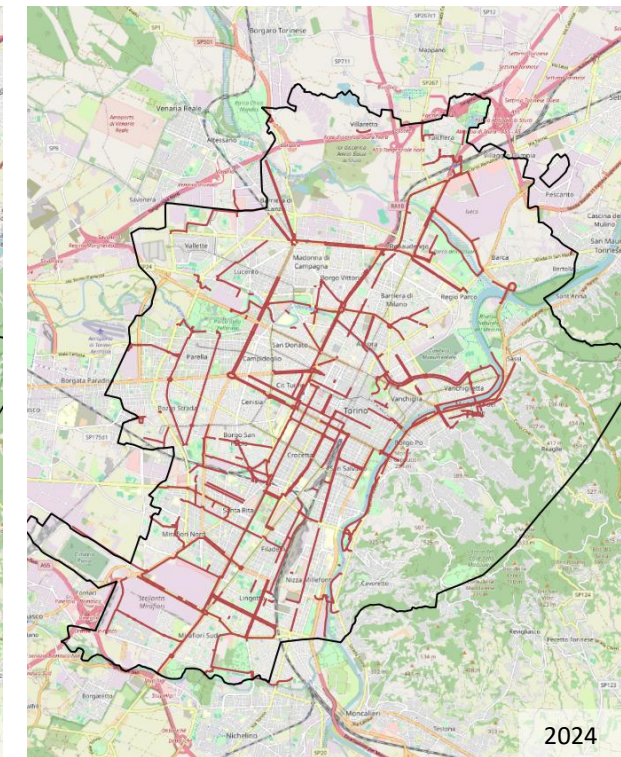
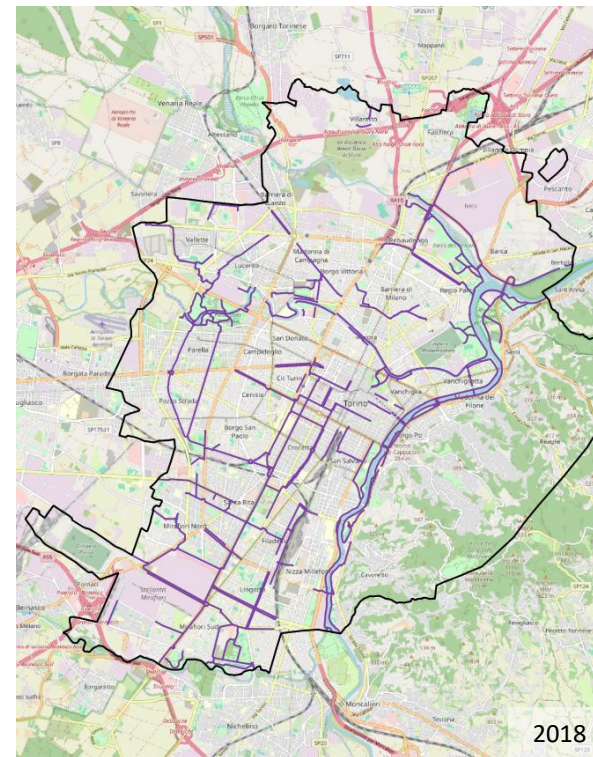
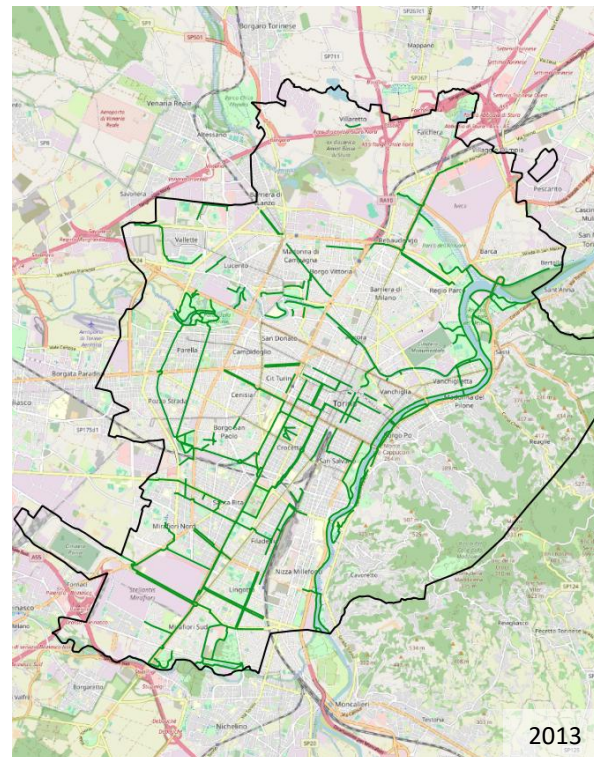
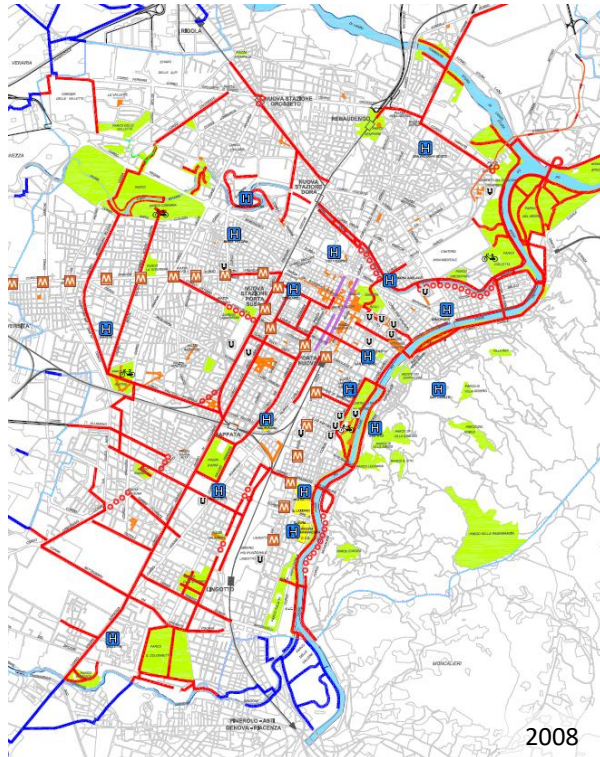


Interventi di mobilità sostenibile



Piste ciclabili

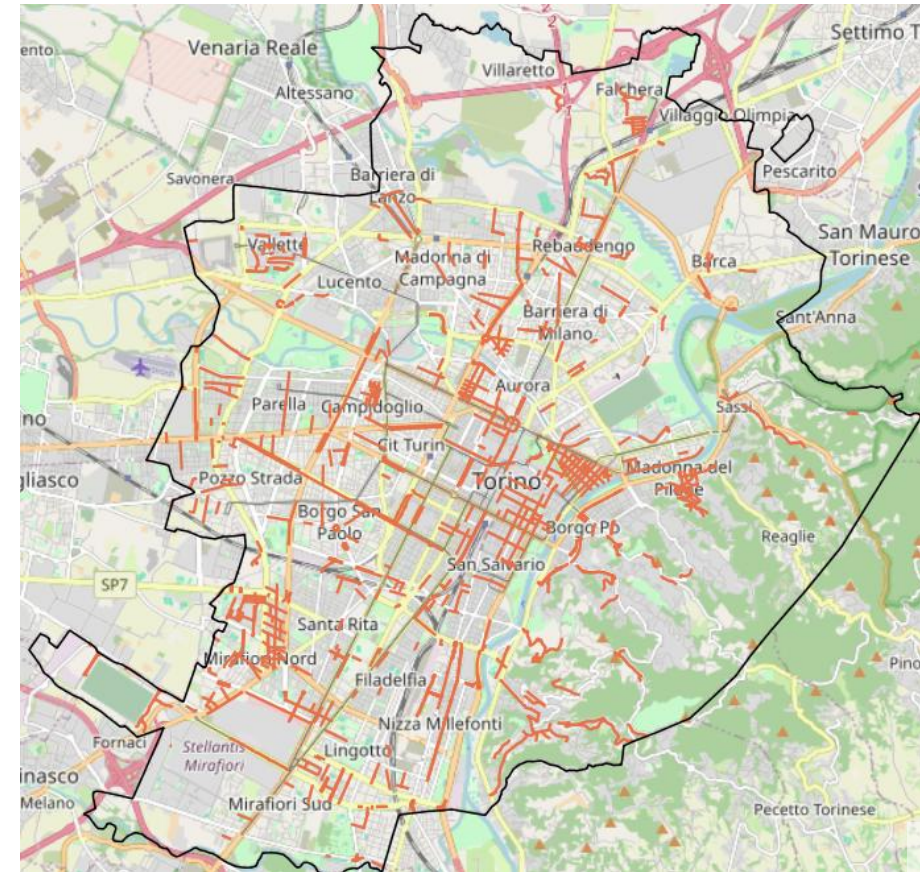
- Arco temporale di reperibilità dei dati: **2008-2013-2018-2024**
- Tipologia di informazione: **percorsi lineari**
- Fonti: PUMS, DatiOpen (Comune di Torino), aperTo, OpenStreetMap



Interventi di mobilità sostenibile

⚠ Zone limite 30 km/h

- Arco temporale di reperibilità dei dati: **2008-2024**
- Tipologia di informazione: **percorsi lineari**
- Fonti: PUMS, OpenStreetMap

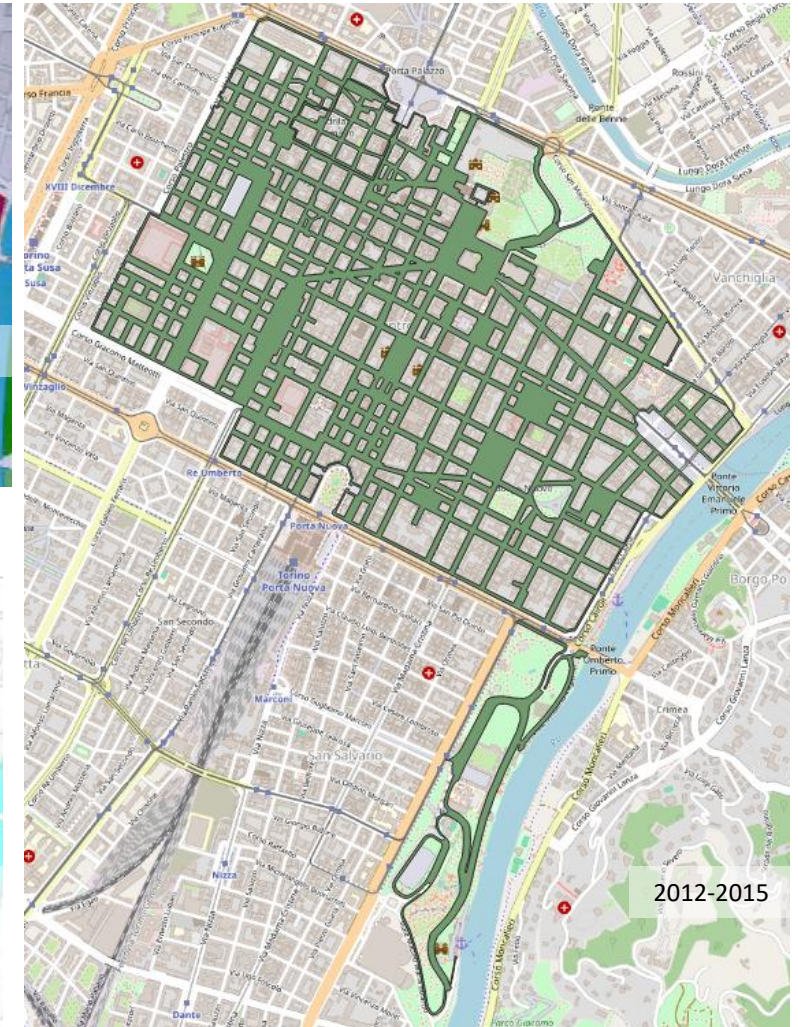


Interventi di mobilità sostenibile

ZTL (Zone a Traffico Limitato)

- Arco temporale di reperibilità dei dati: **1994-2004-2012-2015**
- Tipologia di informazione: **estensione areale**
- Fonti: Ufficio Stampa Città di Torino, DatiOpen, AperTo

Anno	Sup. lorda [km2]
1994	1,03
2004	2,05
2012	2,68
2015	2,68

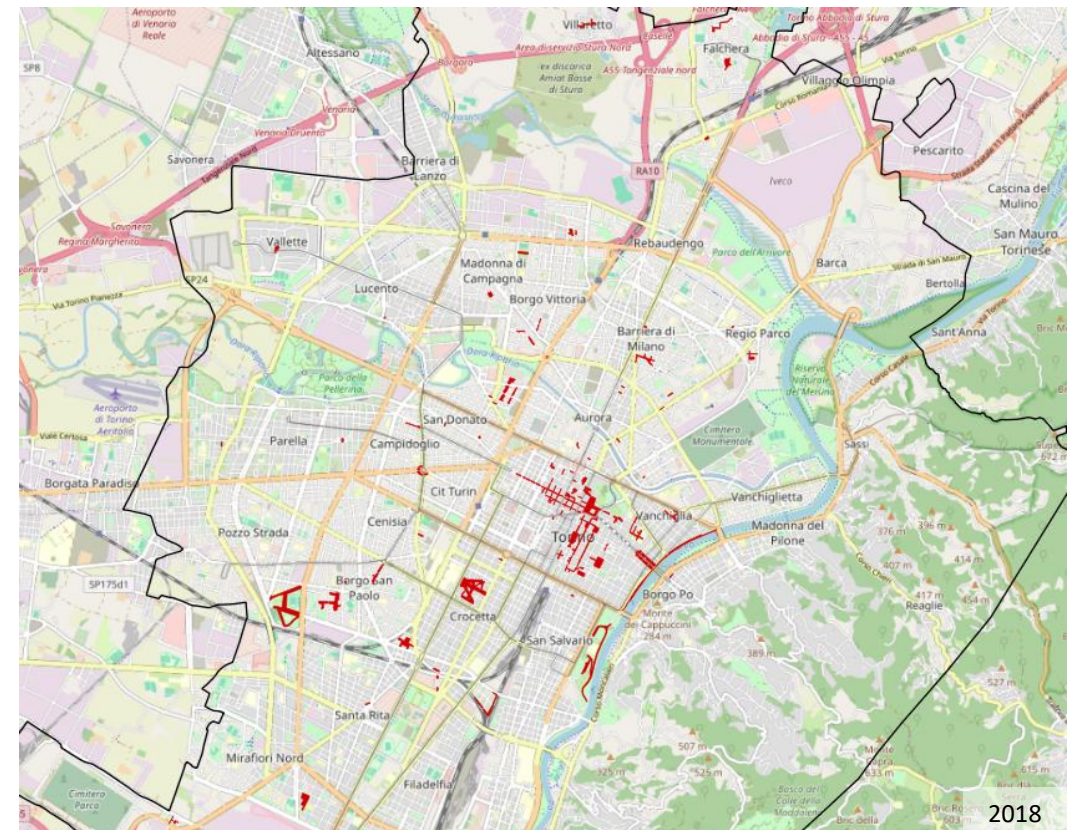
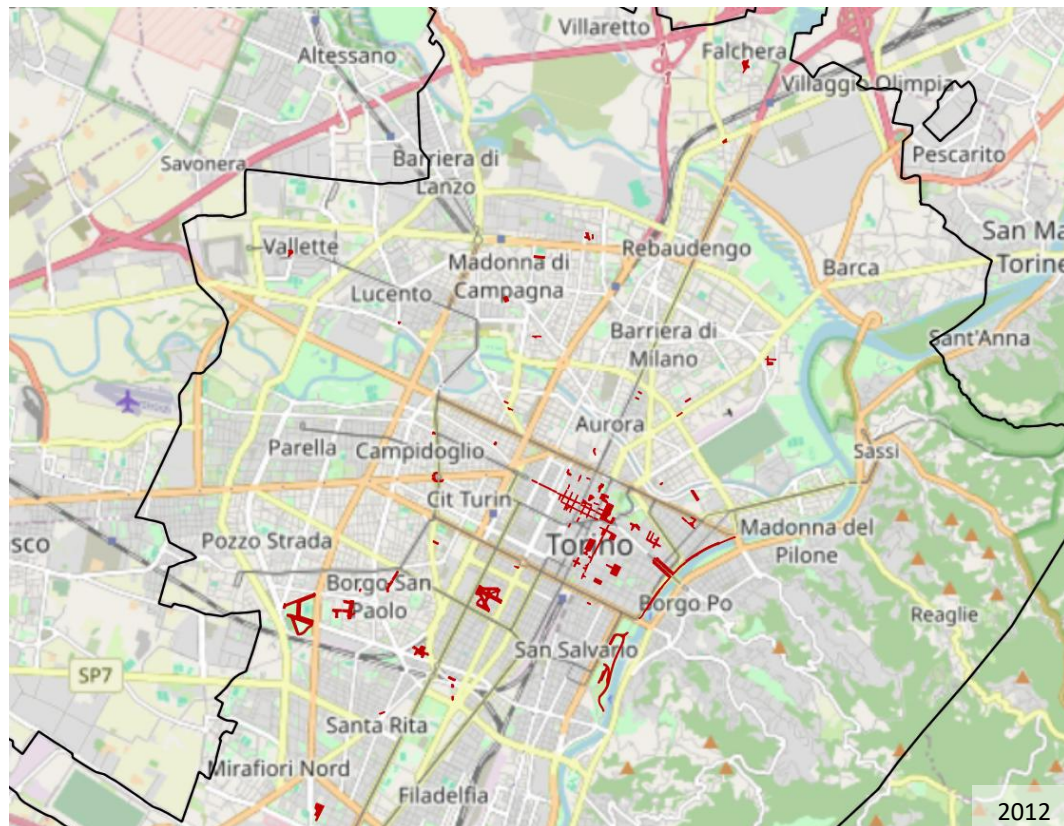


Interventi di mobilità sostenibile



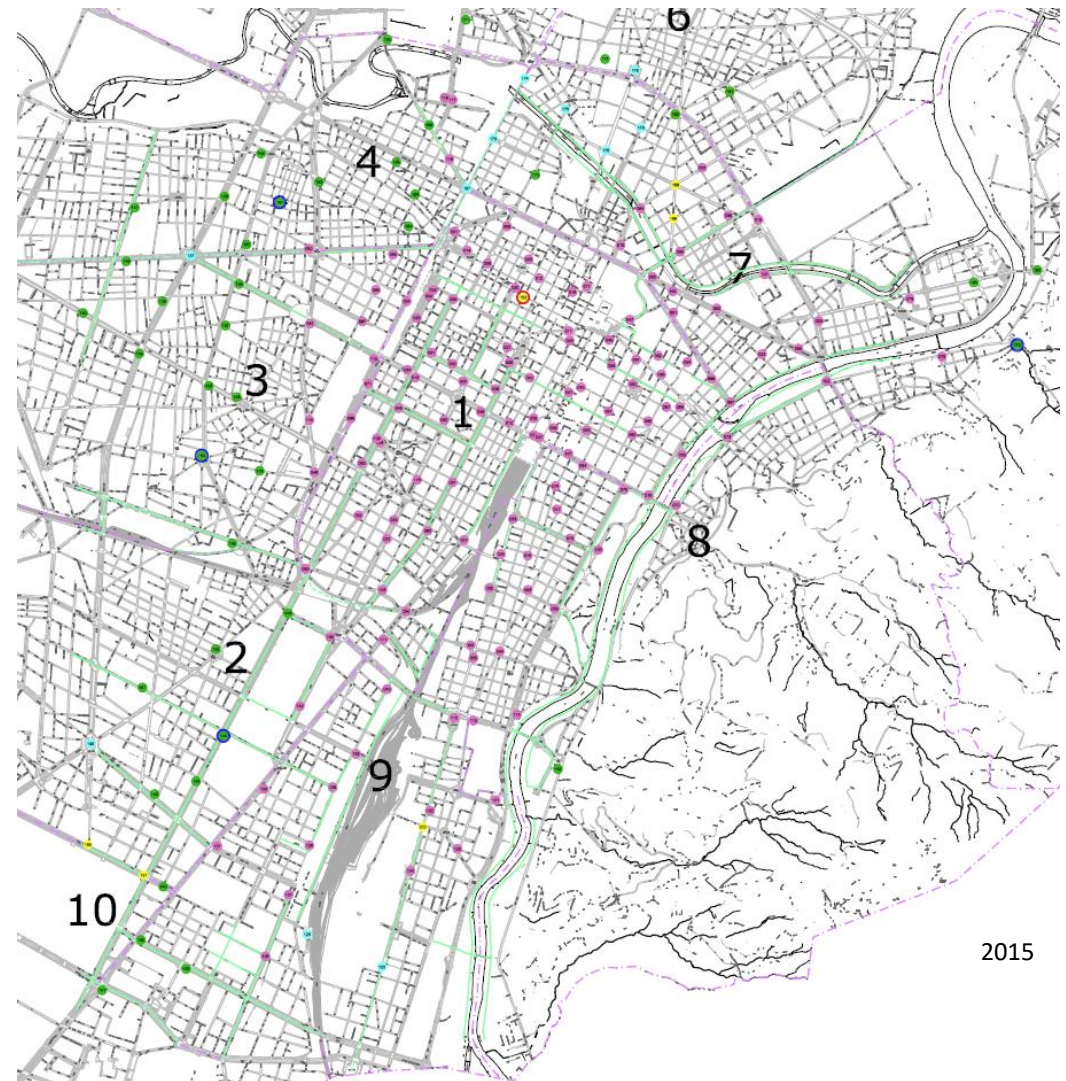
Aree pedonali

- Arco temporale di reperibilità dei dati: **2012-2018**
- Tipologia di informazione: **estensione areale**
- Fonti: DatiOpen, aperTo



Bike sharing

- Arco temporale di reperibilità dei dati: **2015**
- Tipologia di informazione: **puntuale**
- Fonti: **ToBike (non attivo dal 2023)**





Interventi sulla rete di TPL

Metropolitana

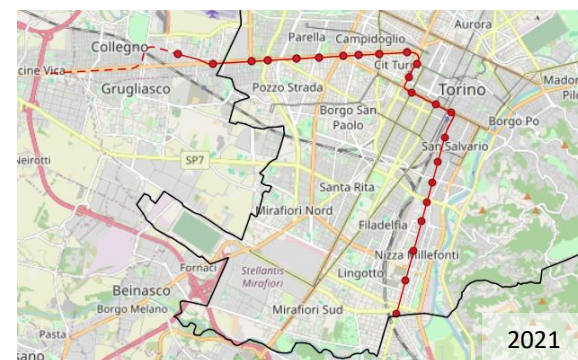
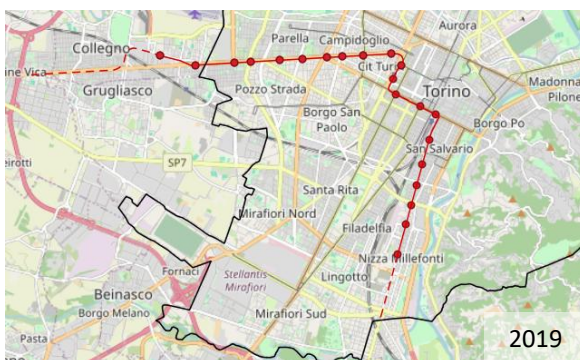
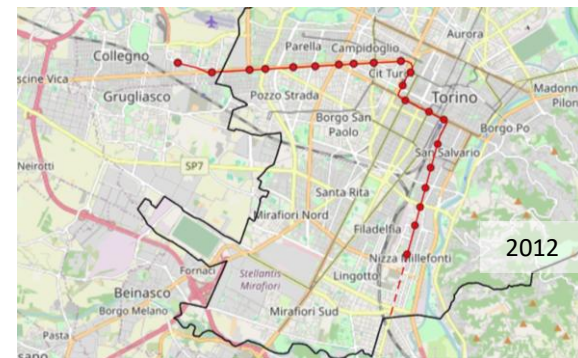
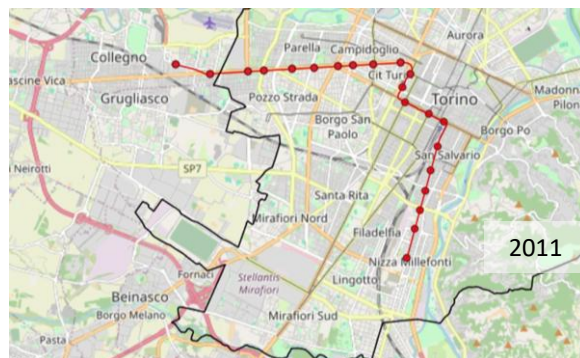
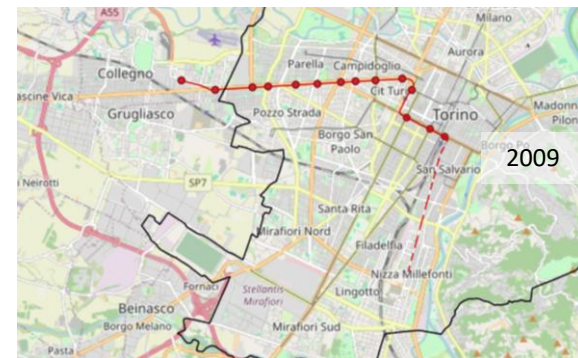
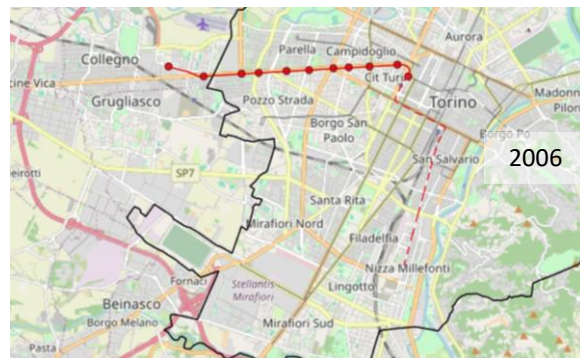
- Arco temporale di reperibilità dei dati:
2006-2007-2011-2012-2019-2021
- Tipologia di informazione: **percorsi lineari**
- Fonti: DatiOpen, aperTo, OpenStreetMap, infra.TO

Legenda



In esercizio

In costruzione





Interventi sulla rete di TPL

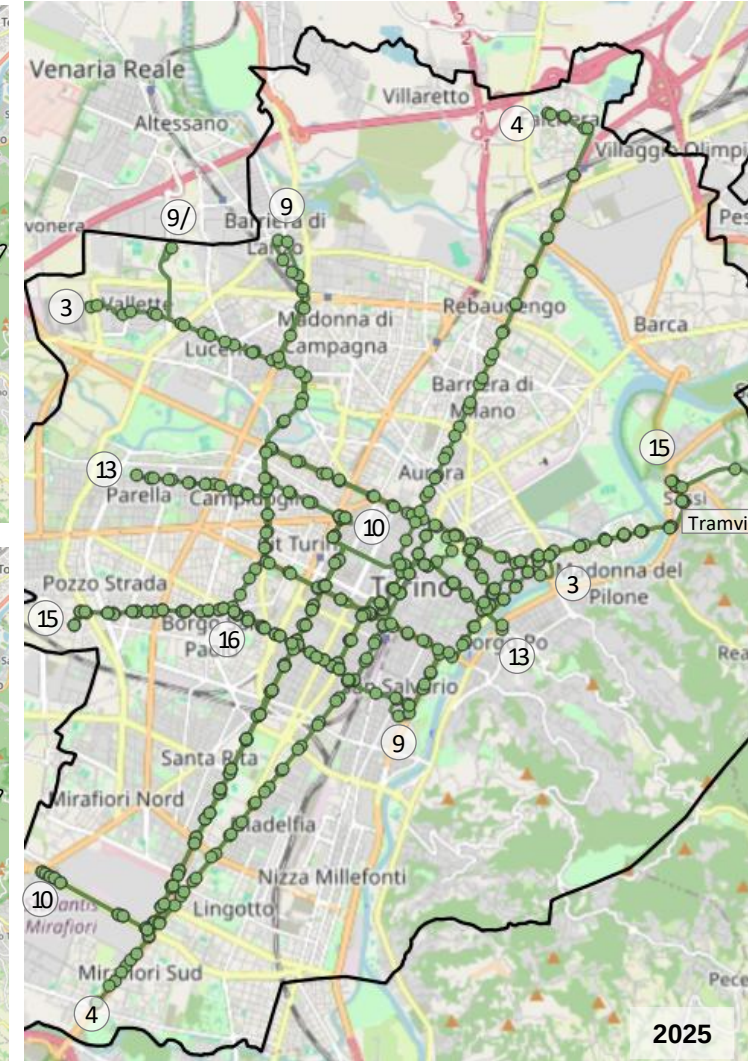
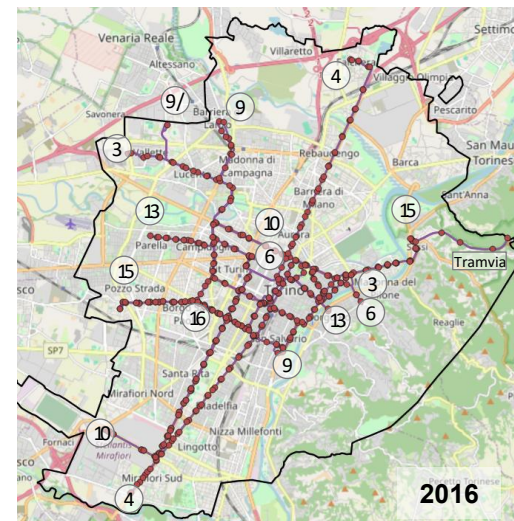
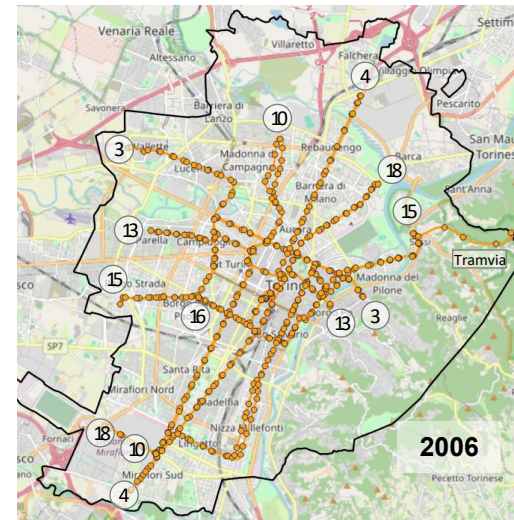
Evoluzione della rete **tranviaria a Torino** (1982–2017)

Struttura di base

- 1982: istituzione della moderna struttura a griglia

Principali modifiche e interruzioni

- 2002–2007: linea 9 temporaneamente sostituita da autobus per lavori della metropolitana
- 2006 (agosto): limitazione della linea 10 al Rondò della Forca per lavori del passante ferroviario e sostituzione con navetta autobus 10N
- 2007: sostituzione della linea 18 con autobus
- 2011: prolungamento della linea 10 a sud lungo corso Settembrini sul percorso precedentemente coperto dalla linea 18
- 2013: limitazione della linea 3 a largo Regina Margherita per sostituzione delle motrici bidirezionali con monodirezionali
- 2015: inaugurazione della linea 6
- 2017: soppressione della linea 6 e sostituzione con autobus



In collaborazione con Fondazione LINKS:

2b. **Definizione scenari di intervento e simulazioni impatto atteso sulla salute:**

- **Urban level**: comparazione degli effetti attesi da 3 differenti scenari sull'intera città (es. Best case: NBS realizzate su tutte le aree a priorità di intervento individuate, Medium case: NBS realizzate su un solo quartiere, Worst case: nessun intervento e aumento del rischio UHI)
- **Area level**: comparazione degli effetti attesi da diverse tipologie NBS

Focus su impatto differenziale in popolazione vulnerabile

1 Analisi dati osservati

- Analisi integrata 🌳 + 💧 (verde urbano & rischio climatico)
- Disegno di studio epidemiologico: coorte, pre-post, diff-in-diff
- Focus su rischio & mobilità sostenibile 🚶 🚲 🚌

2 Simulazioni su impatto atteso sulla salute (*Scenario-based modelling*)

- Urban level** 🏙️ : confronto tra 3 scenari (best / medium / worst case)
(*Best*: NBS in tutte le aree prioritarie; *Medium*: NBS in un solo quartiere; *Worst*: nessun intervento + alto rischio climatico)
- Area level** 📍 : confronto tra tipologie di NBS
- Attenzione a popolazioni vulnerabili 🧓

Restituzione & Discussione dei risultati

- Condivisione con la rete di **stakeholder locali e istituzionali**
- In collaborazione con:
 - **Fondazione LINKS & CMCC** (progetto *SDGs-EYES*)
 - **Regione Piemonte** (piattaforma *PNC Aria & Salute –Atlante-*)



Nicolás Zengarini

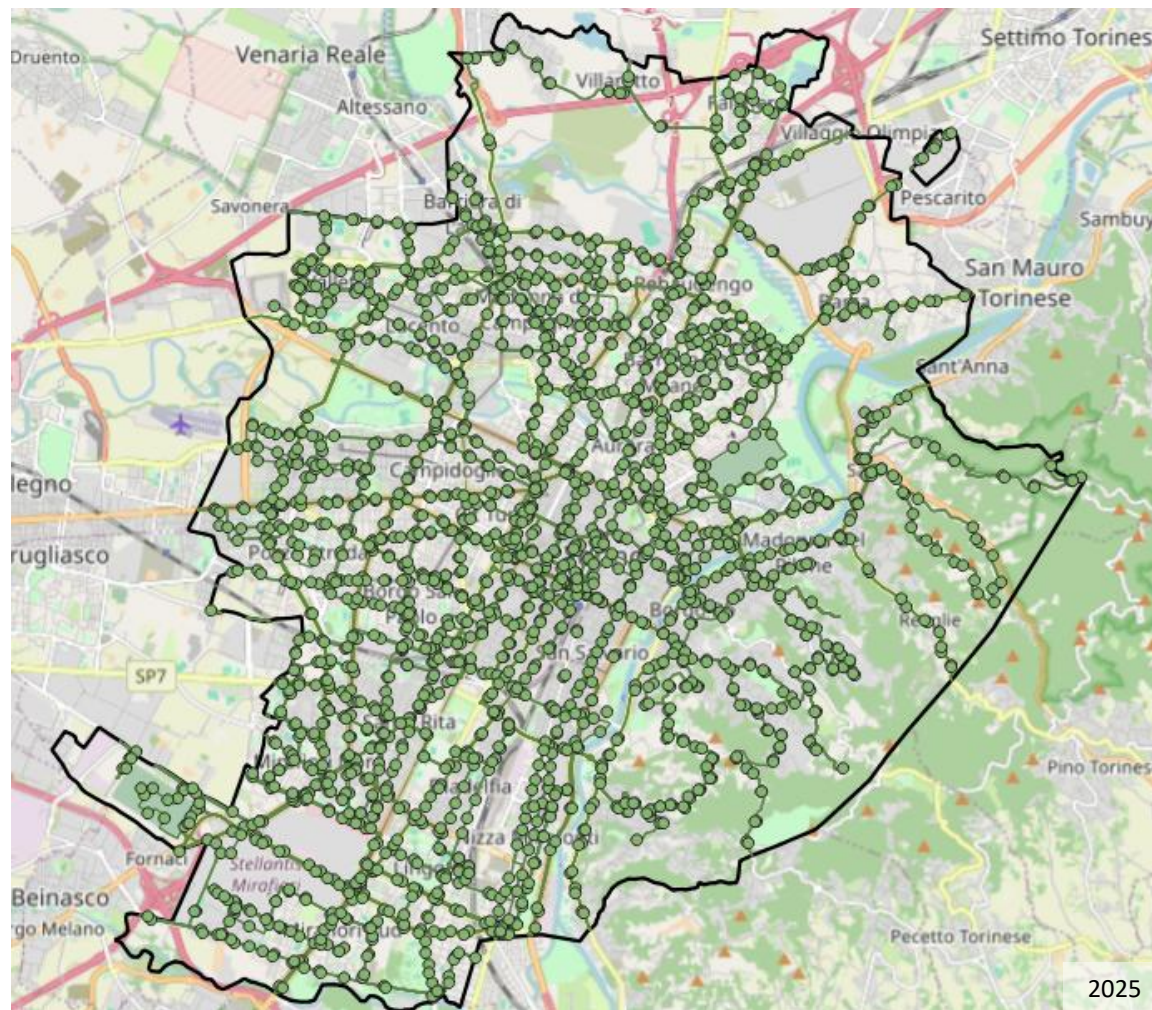
m. nicolas.zengarini@epi.piemonte.it
teresa.spadea@epi.piemonte.it

www.epi.piemonte.it

6. Interventi sulla rete di TPL - Bus

L'attuale infrastruttura di trasporto con autobus rispecchia gli ultimi grandi cambiamenti avvenuti nel 1982.

- 2006, agosto: introduzione navetta autobus 10N per coprire il tratto Porta Susa-via Massari dalla linea 10.
- 2011: modifica percorso linea 18 con limitazione a piazzale Caio Mario.
- 2017: introduzione linea 6 con autobus elettrico con percorso differente dal precedente tram per intercettare un maggior flusso di utenza ed ottimizzare i costi.
- 2021: soppressione linea 18 sostituzione tramite linee 8 e 63/ per ottimizzare i collegamenti.



6. Interventi sulla rete di TPL – Altri interventi

Fonti:

- [Wikipedia-GTT](#)
- [Città di Torino](#)
- [TPLItalia](#)
- [Slideshare](#)
- [GTT](#)
- [LaVoceTorino](#)
- [AutobusWeb](#)

2008



Introduzione **SIS** (Sistema Informativo del Servizio) su tutti gli autobus entrati in servizio da quel momento in poi con schermo LCD touch e localizzazione GPS per migliorare la **regolarità** delle linee e le **comunicazioni**.

2017



Riorganizzazione rete urbana e suburbana con **frequenze** dei mezzi basate sulla domanda calcolata su validazione delle tessere BIP.
Sistemi di **priorità** semaforica per tram e autobus per aumentare la **velocità**.

2018



Affidamento di 13 linee urbane e suburbane a **privati** per 5 anni con conseguente **diversificazione** dei modelli di autobus.

2019



Rinnovamento flotta tranviaria con nuovi tram prodotti da Hitachi Rail per le linee 10, 3 e 9.

2024



Introduzione di 248 **autobus elettrici** prodotti da IVECO BUS e INDCAR finanziati tramite PNRR.
Introduzione di **fermate green** in quattro punti della città con coperture verdi e pavimentazione permeabile.

2025-2027



Progetto **NTT** (Nuovo Trasporto Torino) per rinnovare il parco mezzi e migliorare l'**efficienza** del servizio.
Si prevede, entro il 2026, di introdurre 70 nuovi tram e 437 autobus urbani con significativa **riduzione dell'età media** della flotta.

Obiettivi del caso studio di Torino

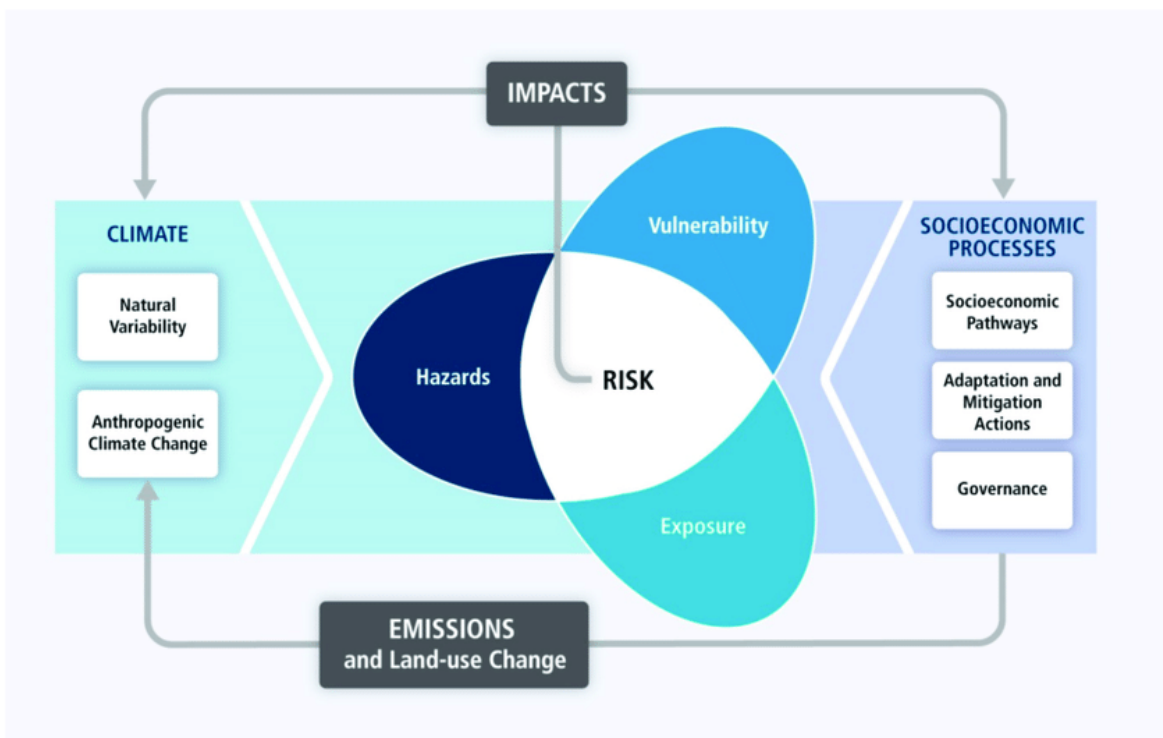
🎯 **Obiettivo: valutare il rischio climatico per la pop. anziana a Torino**

Usiamo un approccio riconosciuto a livello internazionale (IPCC) per:

1. **Mappare il rischio caldo-salute** a livello di micro-area (sezione di censimento)
2. **Identificare le zone prioritarie** per interventi mirati
3. **Fornire uno strumento operativo** agli stakeholder e decisori locali, con informazione dettagliata sui fattori che determinano il rischio: **esposizione, vulnerabilità e caratteristiche del contesto.**

Framework IPCC del rischio climatico

Rischio = Pericolo × Esposizione × Vulnerabilità



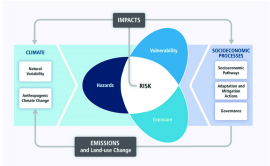
- **Pericolo**: eventi climatici estremi (es. ondate di calore) → indicatori di pericolo climatico elaborati in **SDGs-EYES** ✨
- **Esposizione**: chi e/o cosa si trova nelle aree a rischio → Popolazione **over 65** 🧓
- **Vulnerabilità**: quanto una pop. è fragile o impreparata → fattori **demografici, socioeconomici, sanitari e ambientali** 📊



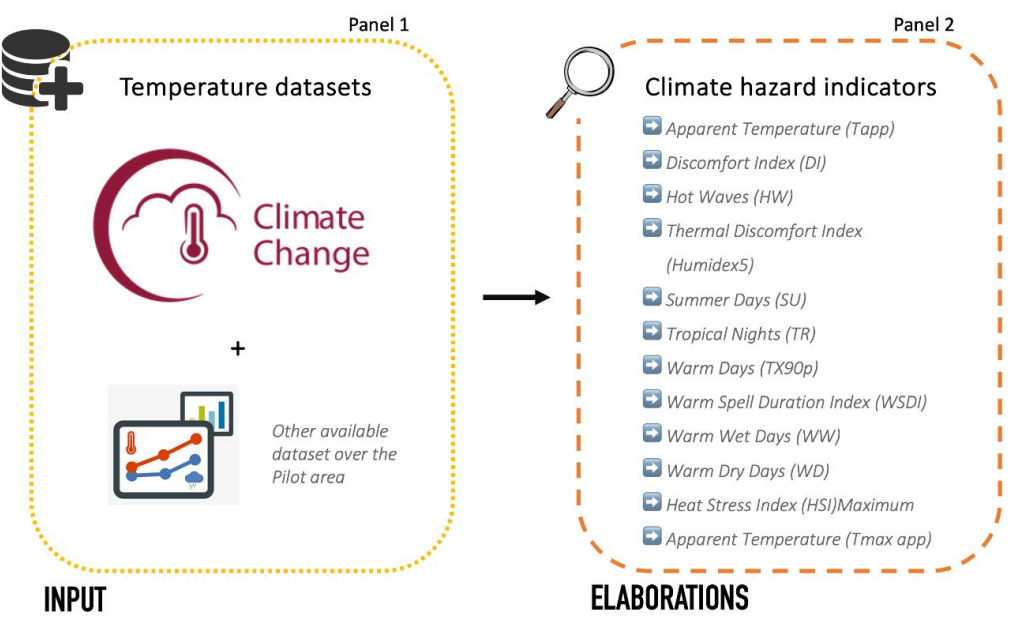
Valutazione del rischio:

Combinazione dei tre componenti → **Mappa di rischio climatico per micro-area**

Indicatori di Pericolo e Vulnerabilità



Indicatori di pericolo (H)



Periodo analizzato nel caso studio: 1991–2020



Indicatori di Vulnerabilità (V)

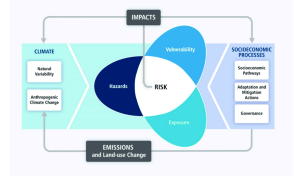
DIMENSIONE INDICATORE	INDICATORE
DEMGRAFICI	Genere DONNE Età: popolazione > 85 anni
SOCIOECONOMICI	Istruzione bassa Persone sole Affollamento abitativo Stranieri con più di 65 anni
SALUTE	% di cardiopatia ischemica % di vasculopatie cerebrali % di scompenso cardiaco % di diabete % (BPCO) % di demenza e Alzheimer % di malattie renali croniche % di persone con almeno 1 patologia % di persone con più di una patologia
DI CONTESTO AMPLIFICATORI DEL RISCHIO	Edifici residenziali in pessimo stato Densità edilizia (del costruito) Densità abitativa (per area di residenza) Lontananza da corsi d'acqua PM 2,5, microgrammi per metro cubo PM 10, microgrammi per metro cubo di aria NO2, microgrammi per metro cubo di aria Ozono Troposferico (O3)
DI CONTESTO FACILITATORI DELL'ADATTAMENTO	% di superficie verde Prossimità presidi socioassistenziali Prossimità "rifugi climatici"

26 indicatori chiave della relazione tra temperature estreme e salute

- Basati sulla ricerca scientifica più recente
- Suddivisi in 5 categorie:
- Demografici
- Socioeconomici
- Di salute
- Amplificatori del rischio
- Facilitatori dell'adattamento

 **Esposizione (E):**
Popolazione over 65

Metodologia di calcolo

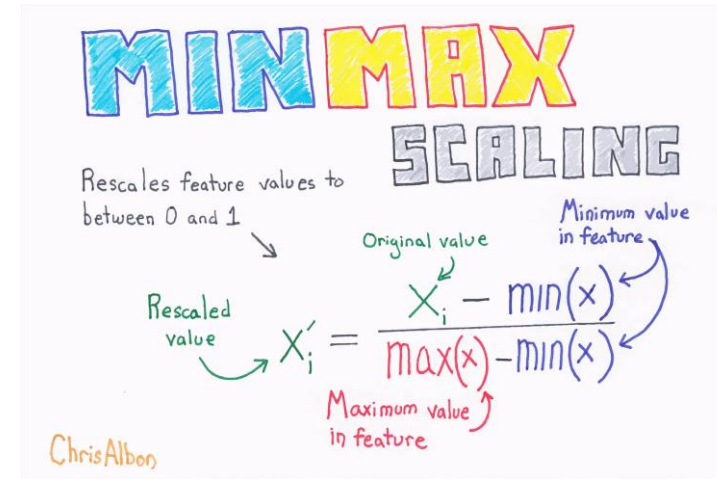


Step della metodologia:

1. Raccolta dati per indicatori di:

- **Pericolo (H)**
- **Esposizione (E)**
- **Vulnerabilità (V)**

 Livello: **sezione di censimento**



2. Standardizzazione (min-max normalization):

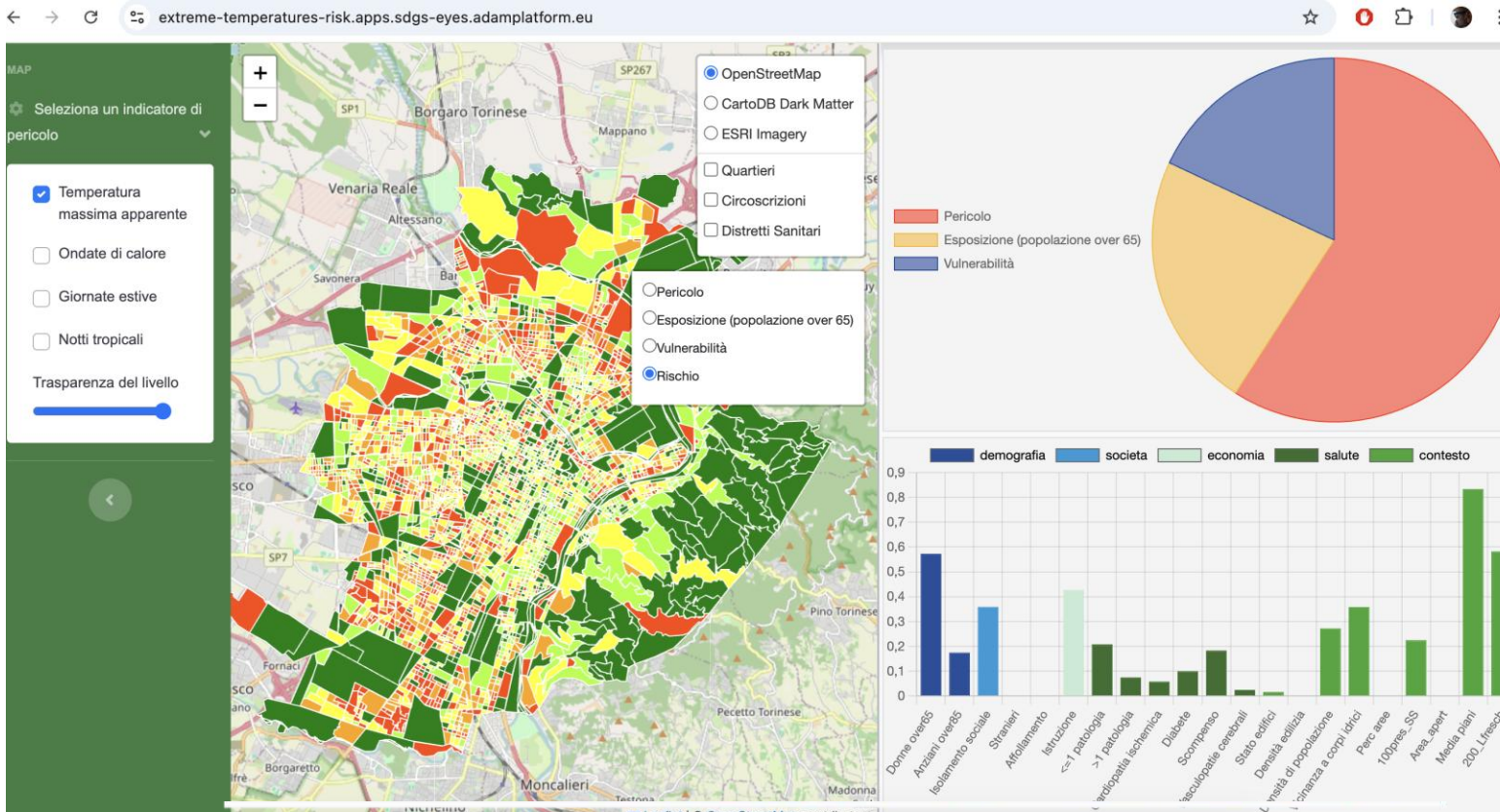
Tutti gli indicatori trasformati su scala **0–1**

$x' = (xi - xmin) / (xmax - xmin)$ **+** Permette confronto e aggregazione omogenea

3. Aggregazione lineare e calcolo finale del rischio: $R = H \times E \times V$

 Il risultato è un **indice composito di rischio climatico** per micro-area, comparabile e cartografabile.

Mappatura del Rischio – *risk assessment tool*



Interfaccia dell'applicativo:

La **mappa interattiva del rischio** mostra la distribuzione spaziale del nesso caldo-salute a livello di micro-area di residenza.

◇ In alto a sinistra è possibile **selezionare l'indicatore di Hazard** tra quelli disponibili.

◇ In alto a destra si possono **attivare i confini amministrativi** di interesse (quartieri, circoscrizioni, distretti sanitari) e scegliere **quale mappa visualizzare**: rischio, esposizione, hazard o vulnerabilità.

📄 Passando il cursore su una sezione di censimento, compare a destra una **scheda informativa dettagliata** sui fattori e le dimensioni di vulnerabilità che determinano il rischio.

Mappatura del Rischio – *risk assessment tool*



- Assegnazione dei pesi uniforme e non basata su evidenze.
- Rischio di sovra/sottovalutazione di alcuni indicatori.
- Necessità di un metodo empirico per una valutazione più accurata.

Interfaccia dell'applicativo:

La **mappa interattiva del rischio** mostra la distribuzione spaziale del nesso caldo-salute a livello di micro-area di residenza.

- ◇ In alto a sinistra è possibile **selezionare l'indicatore di Hazard** tra quelli disponibili.
- ◇ In alto a destra si possono **attivare i confini amministrativi** di interesse (quartieri, circoscrizioni, distretti sanitari) e scegliere quale mappa visualizzare: rischio, esposizione, hazard o vulnerabilità.

📄 Passando il cursore su una sezione di censimento, compare a destra una **scheda informativa dettagliata** sui fattori e le dimensioni di vulnerabilità che determinano il rischio.