

Climatologia applicata: la variabile precipitazioni e il suo impatto in termini di adattamento ai cambiamenti climatici

Cristina Lavecchia

Direttrice Fondazione Osservatorio meteorologico Milano Duomo ETS



F2C- Fondazione Cariplo per il Clima

Call for Ideas "Strategia Clima"

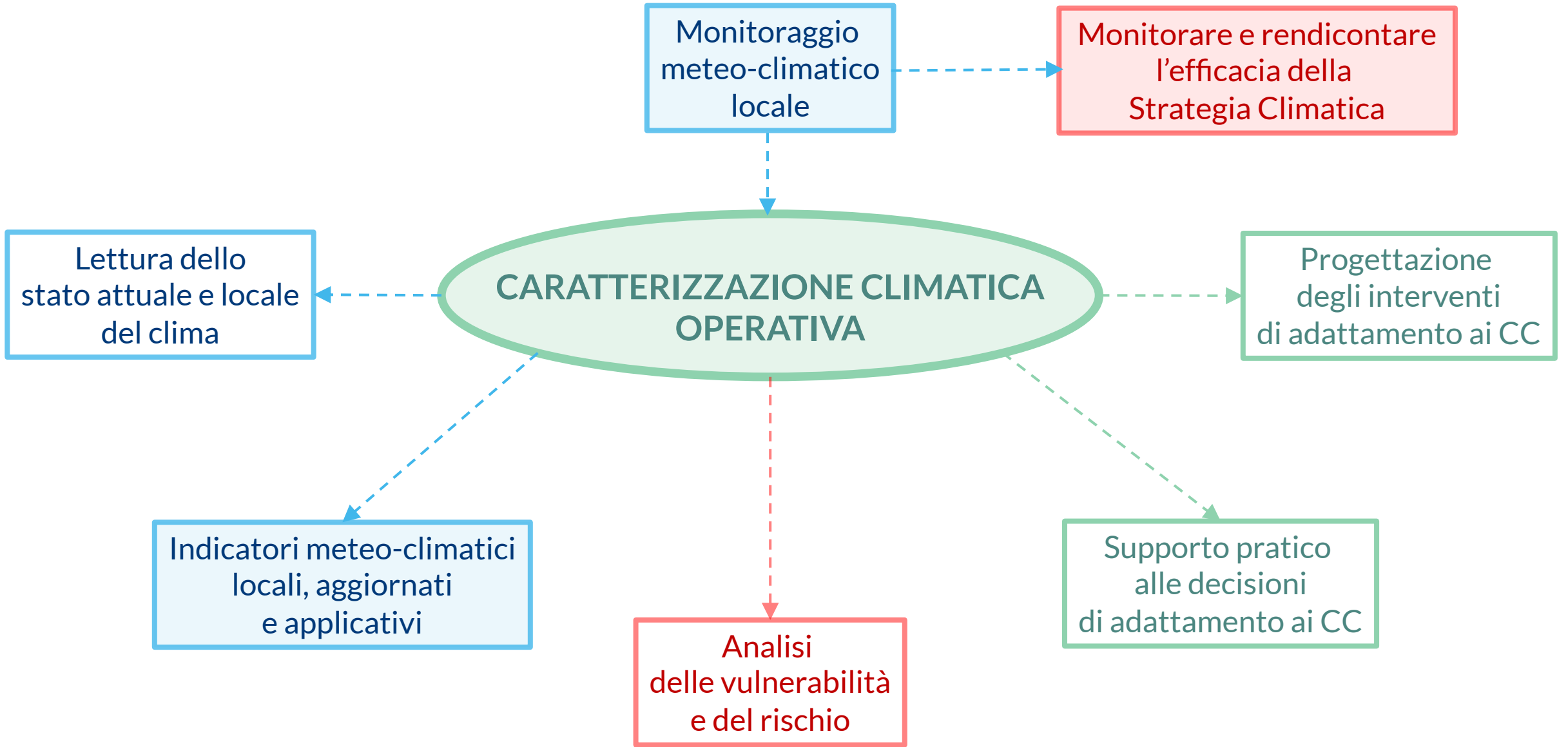
BANDI 2022 - AMBIENTE

Fondazione
CARIPLO
TUTE SERVARE MUNIFICI DONARE - 1919

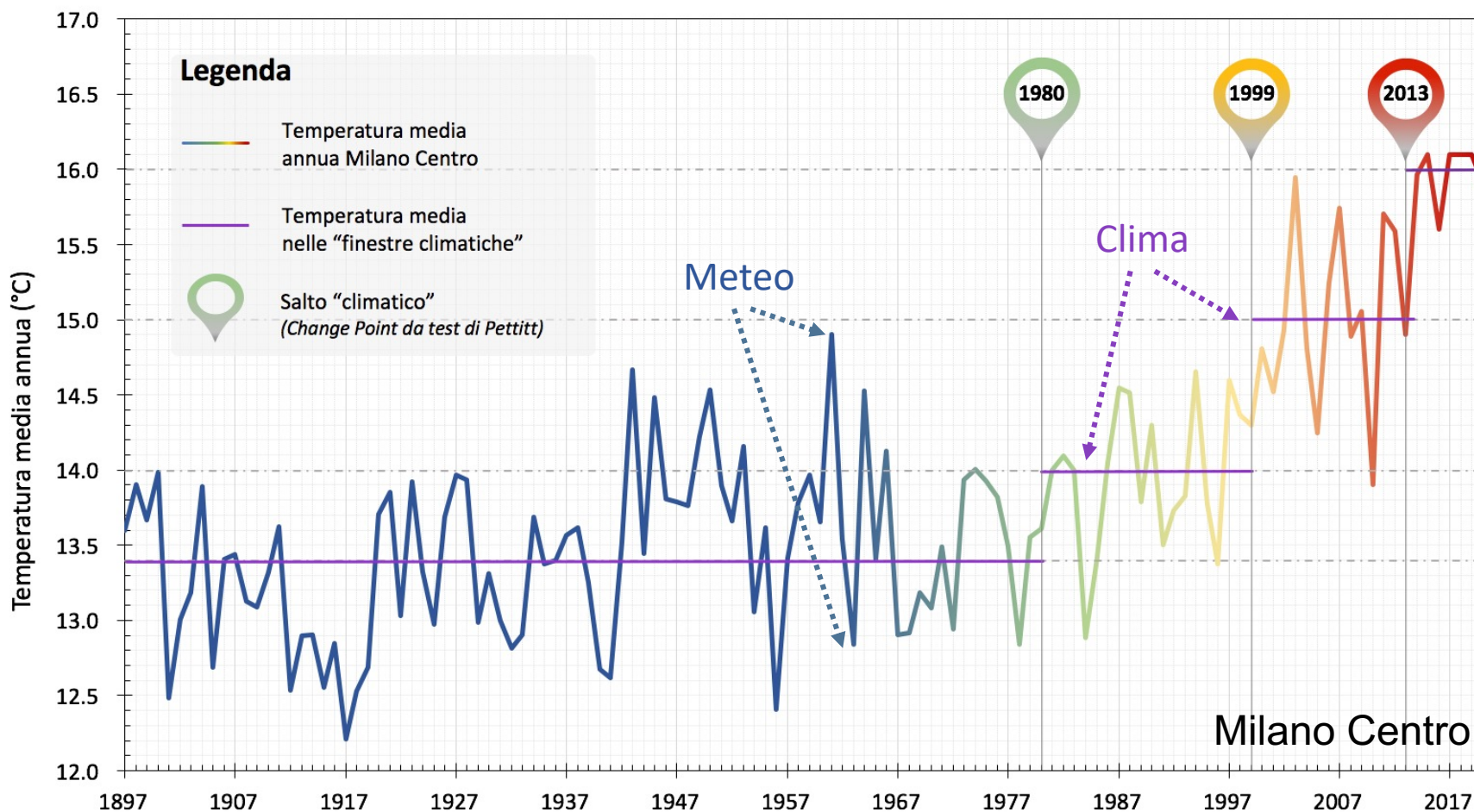


La Strategia di Transizione Climatica dovrà trattare tutti i seguenti ambiti:

- ...
- caratterizzazione climatica operativa finalizzata all'individuazione della vulnerabilità del territorio (persone, edifici, habitat) e alla progettazione degli interventi di adattamento/mitigazione;
- realizzazione di reti per il monitoraggio meteorologico locale (sensori, stazioni meteo automatiche, etc.) e relative banche dati, funzionali allo sviluppo e monitoraggio delle azioni della STC;
- ...



Semantica lessicale: TEMPO METEOROLOGICO e CLIMA



DATI: stazione di Milano Brera fino agli anni '80, Milano Duomo successivamente

Tempo Meteorologico:

valor medio o estremo in ora, giorno, mese, stagione, anno

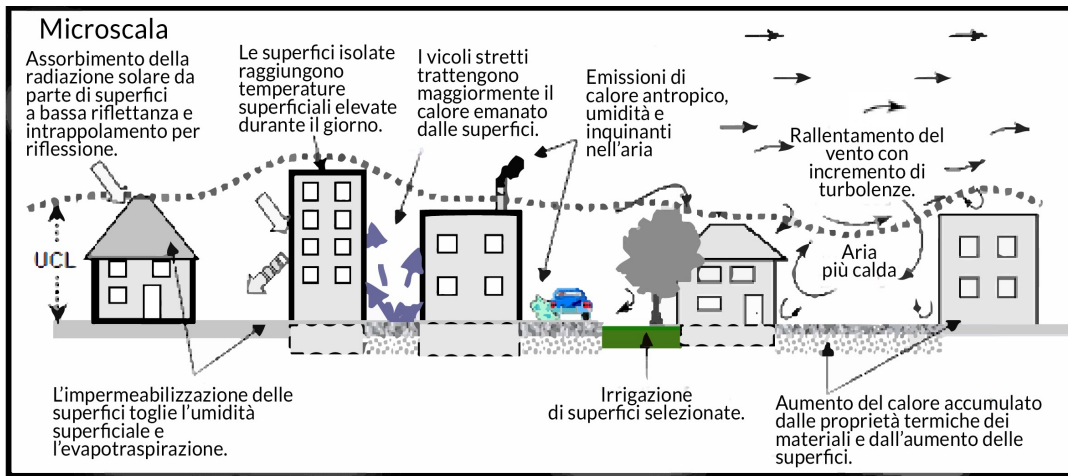
Clima:

valor medio o estremo in 30 anni (CLINO: 1961-'90; 1991-2020)
Attualmente: periodi inferiori?

Il CLIMA LOCALE dipende dalla sovrapposizione di due effetti

1. **Riscaldamento globale** attivo con la scala spaziale e le tempistiche a livello regionale/continentale

2. **Contributo antropico locale** dovuto ai cambiamenti territoriali/urbanistici, che variano «più rapidamente» in funzione delle scale spazio-temporali che li caratterizzano



FONTE: tratto e tradotto da Voogt, 2004

ADATTAMENTO & MITIGAZIONE





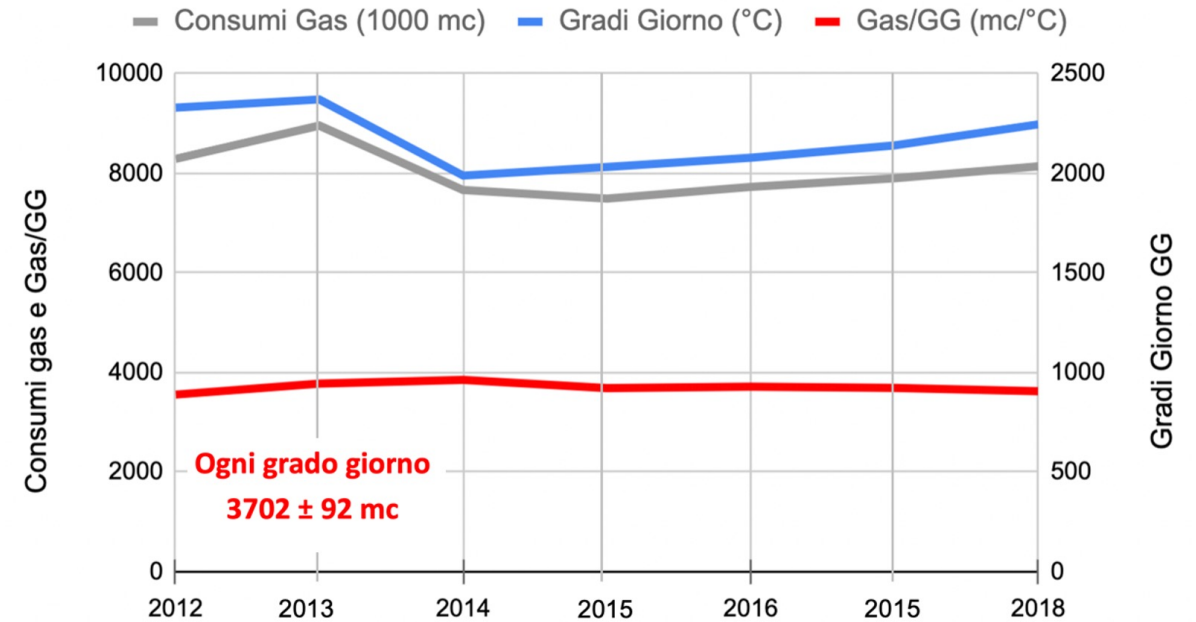
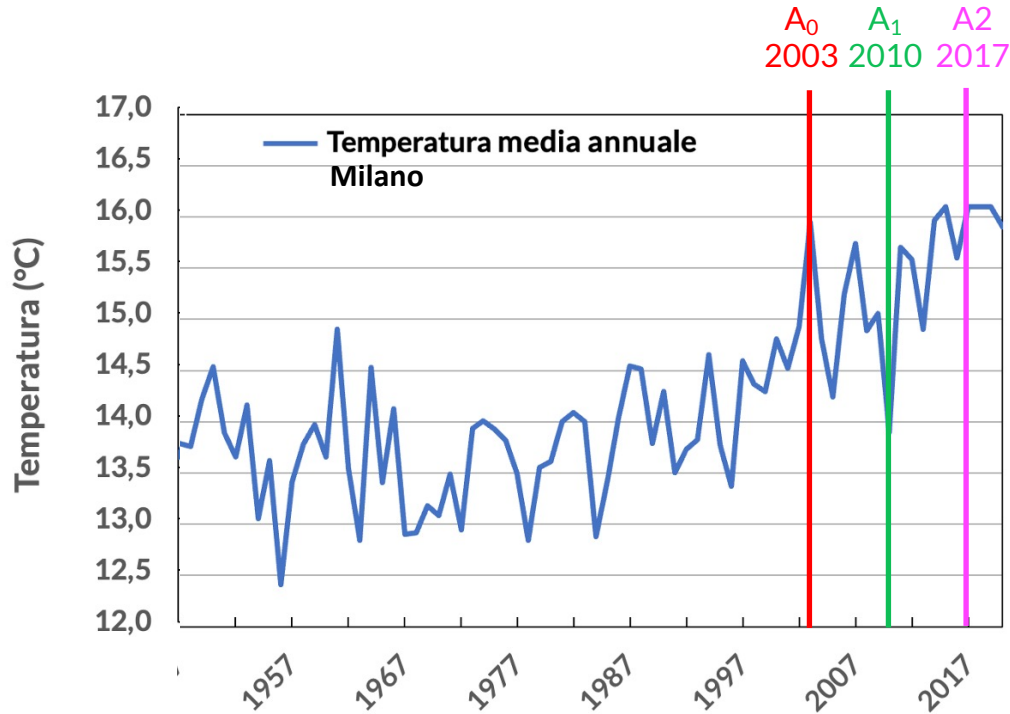
Meteo & Energia nei PGT, PAESC e altri Piani

Uso indicatori meteorologici

Monitoraggio efficacia della Strategia Clima

- Indicatori di Monitoraggio
- Indicatori di Prestazione Energetica includenti il fattore meteo-climatico:

$$IPE = \frac{\text{consumo energetico}}{\text{Gradi Giorno}}$$



Consumi energetici da riscaldamento per unità di Grado Giorno a livello annuale a Melzo (MI)

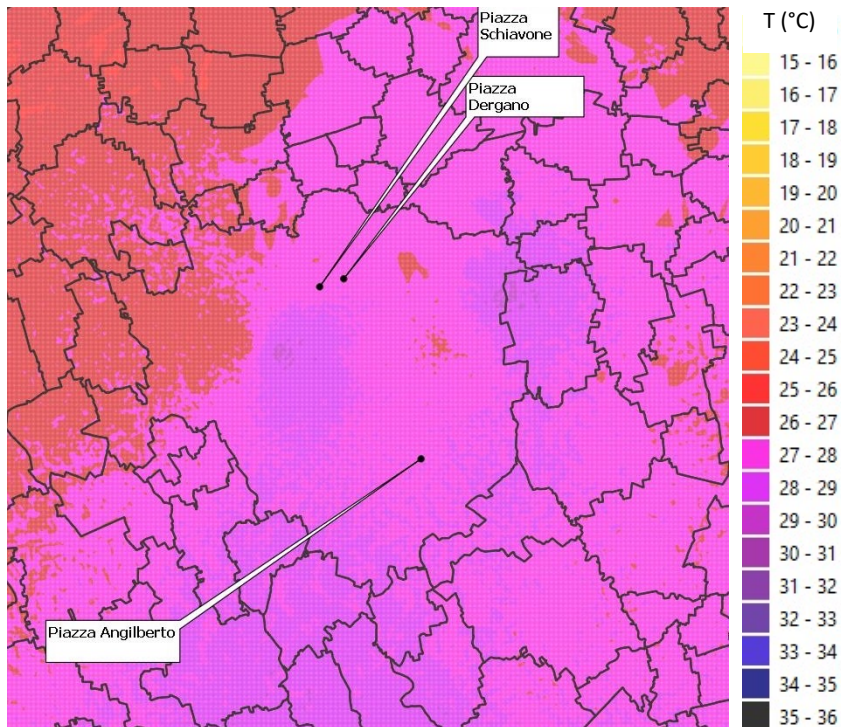
Guzzetti, "L'adattamento climatico e i consumi energetici" nel Corso di Capacity Building ClimaMi del 03/11/2020

Def. GG in DPR 412/1993

<https://www.progettoclimami.it/webinar-foam-ott-nov2020>

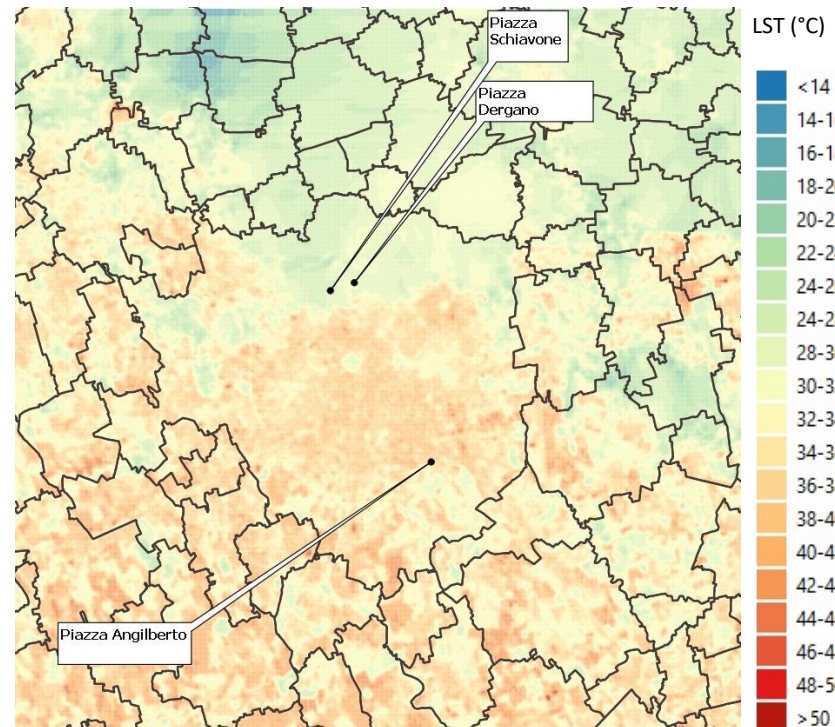
Temperatura dell'Aria Ta

Variabile atmosferica: temperatura dell'aria misurata a varie altezze dal suolo da stazioni meteorologiche



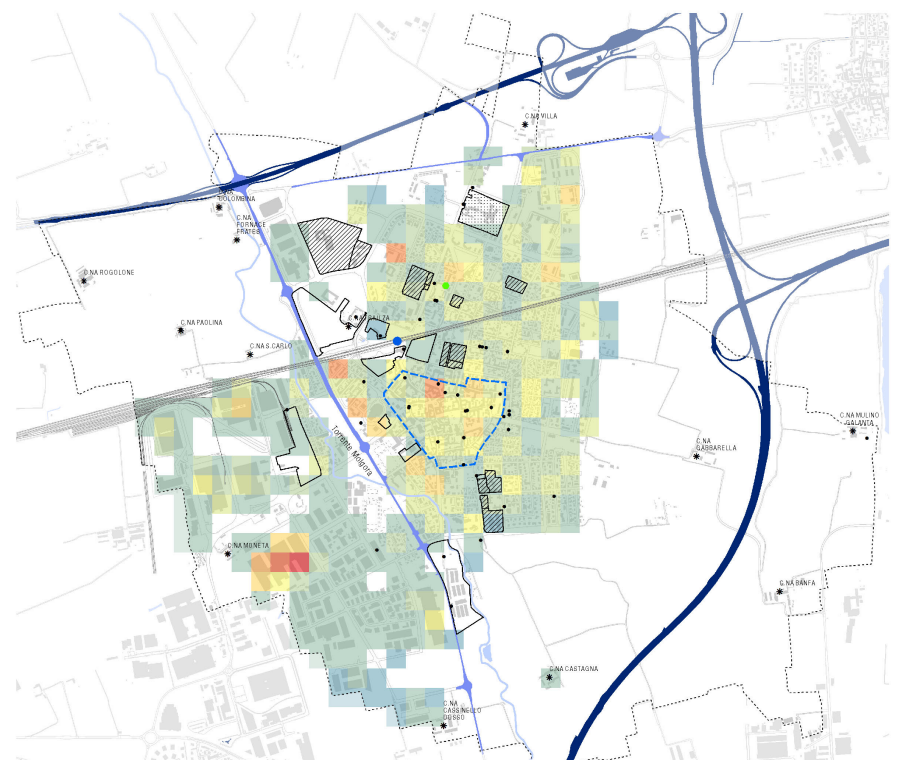
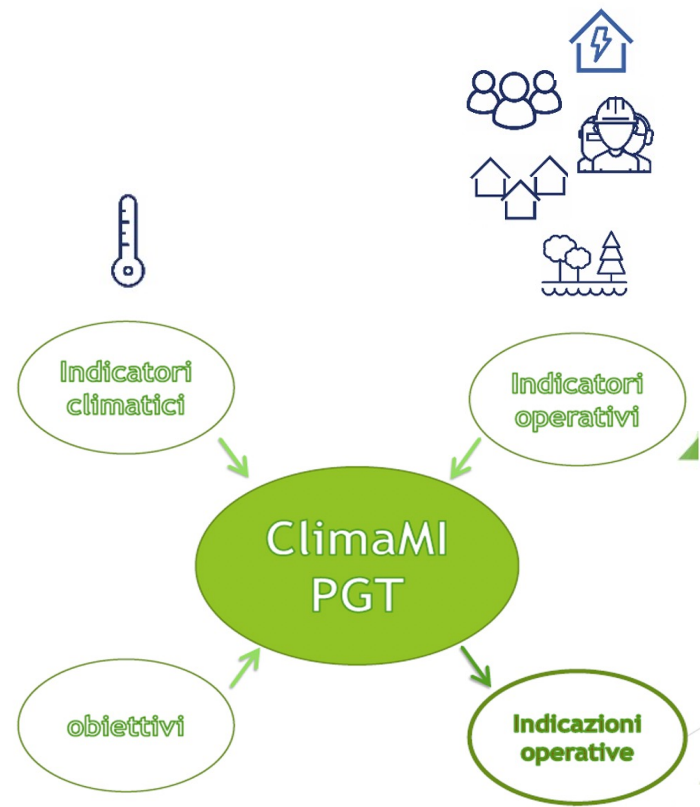
Land Surface Temperature LST

Variabile geofisica: temperatura superficiale del suolo stimata dai rilevamenti satellitari nei canali IR



- ✓ **Ta e LST differiscono** sia per intervallo di **valori** che per **distribuzione spaziale**
- ✓ **entrambe utili per**
 - valutazioni energetiche
 - progettazioni urbanistiche
 - pianificazione territoriale
- ✓ **Ta utile per :**
 - salute e sicurezza
 - qualità microclimatica dello spazio all'aperto
 - gestione del verde
 - produzione e consumi energetici

approfondimento di metodi di calcolo e fonte dati in «Linee Guida del progetto ClimaMi», <https://www.progettoclimami.it/linee-guida>



La mappa mostra l'incidenza composta di temperatura dell'aria, carico antropico e consumi energetici. L'obiettivo è ottenere una lettura delle aree complessivamente più critiche

Indicatori essenziali

100m x 100m

Direzione di provenienza del vento

- ☀️ da Sud a Nord
- ☾ da Nord a Sud

INDICATORE MULTISETTORIALE



PROGETTO CLIMA MI

CLIMATOLOGIA PER LE ATTIVITÀ PROFESSIONALI E L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI NEL MILANESE

Il caso pilota di MELZO

La componente climatica nell'aggiornamento del Piano di Governo del Territorio del Comune di Melzo.

un approccio multidisciplinare e integrato
dalla fase ricognitiva alla fase decisionale della pianificazione

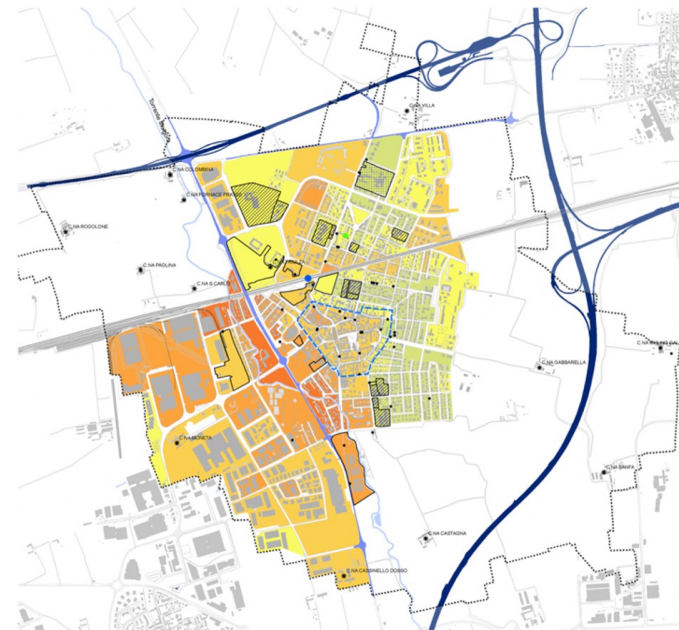
è strategica la spazializzazione georeferenziata
dei diversi parametri, quale **analisi di incidenza
e lettura della complessità**



Consumi di gas metano geolocalizzati, Melzo 2018

F. Guzzetti, "L'adattamento climatico e i consumi energetici" corso ClimaMi
03/11/2020: <https://www.progettoclimami.it/webinar-foam-ott-nov2020>

Carta di sintesi della
Vulnerabilità Climatico-Ambientale



Carta di sintesi della
Qualità Urbana

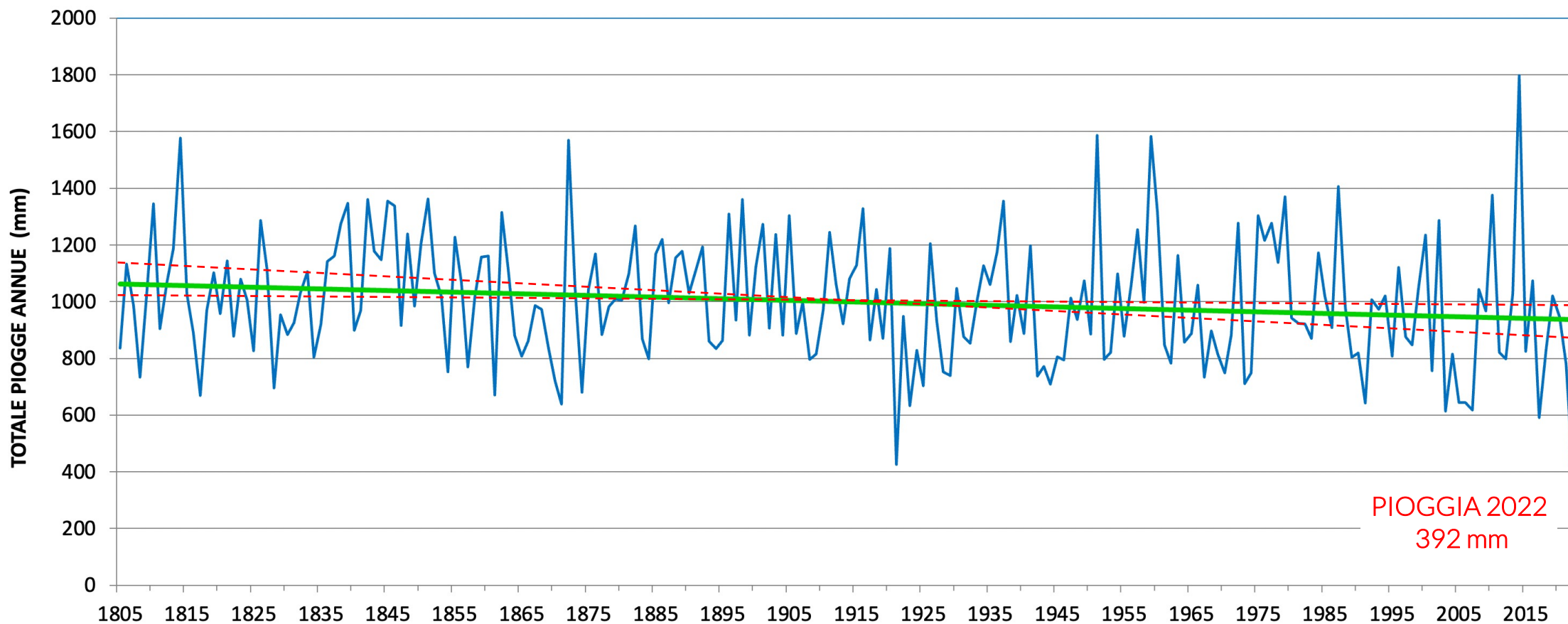


elaborazione:
Centro Studi PIM

Quaderno caso pilota di Melzo, <https://www.progettoclimami.it/quaderni-delle-sperimentazioni>

Clima locale: LE PRECIPITAZIONI

PRECIPITAZIONI CUMULATE ANNUE dal 1805 al 2022 - Milano Centro



Mann-Kendall e Thail-Sen

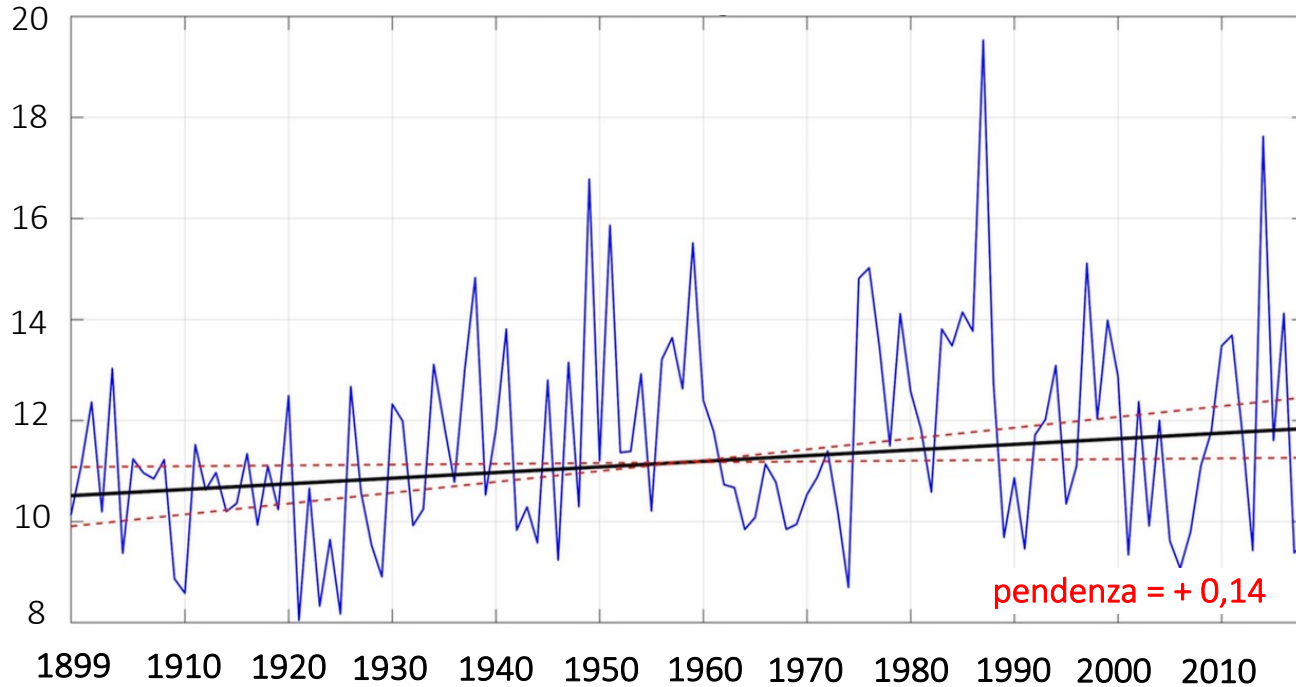
Test di significatività statistica positivo: **RIDUZIONE di 0.1 mm/anno = SOSTANZIALE COSTANZA A LIVELLO ANNUO**

Clima locale: LE PRECIPITAZIONI

INTENSITA' DI PIOGGIA (mm/h)

Milano Centro dal 1899 al 2018

(analisi su dati medi giornalieri)



Mann-Kendall e Thail-Sen

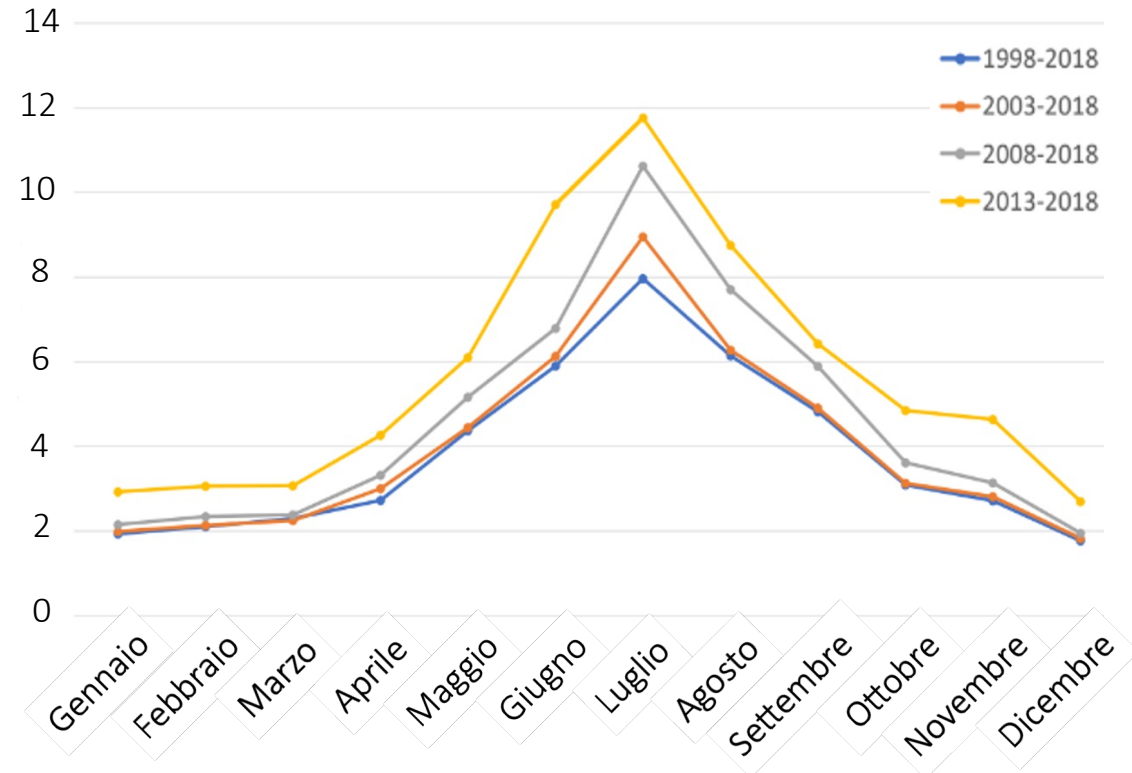
Test di significatività statistica positivo:

AUMENTO al tasso medio annuo di +1 mm/h ogni 6 anni

INTENSITA' DI PIOGGIA (mm/h)

Milano Centro dal 1998 al 2018

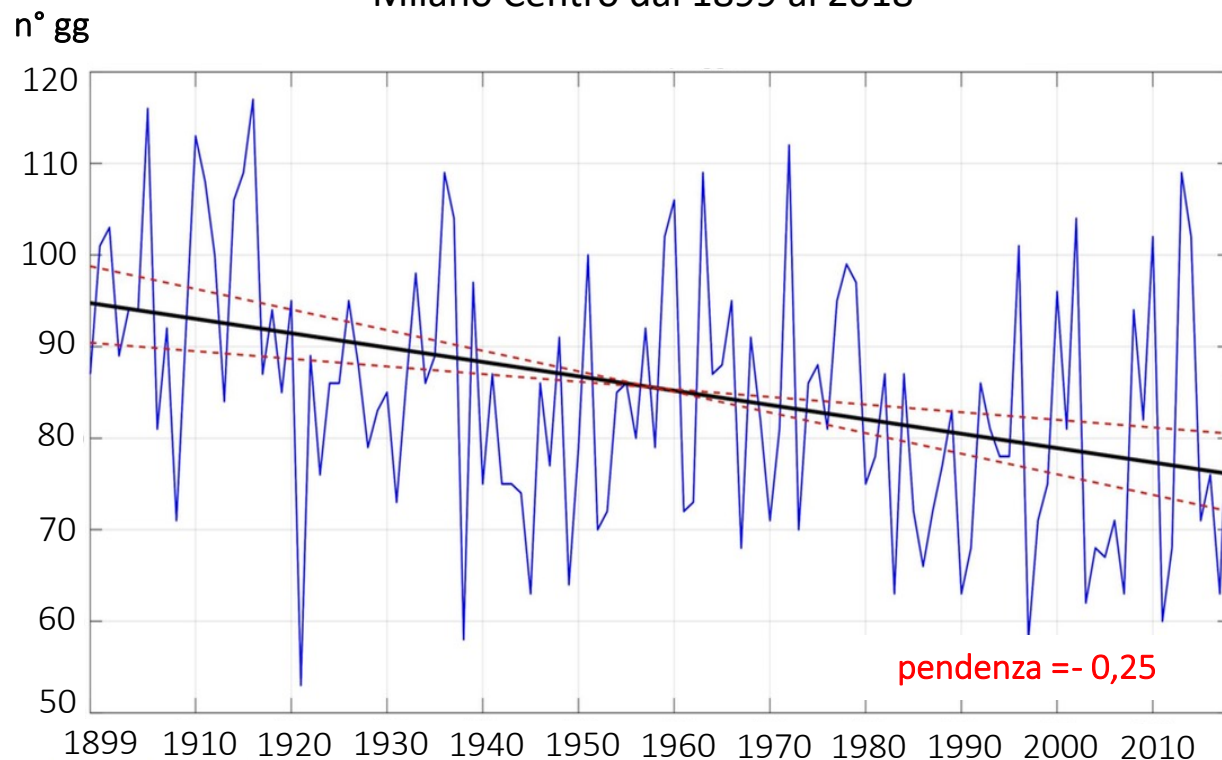
(analisi su dati medi di 10 minuti)



Clima locale: LE PRECIPITAZIONI

NUMERO ANNUO DI GIORNI DI PIOGGIA

Milano Centro dal 1899 al 2018



Mann-Kendall e Thail-Sen

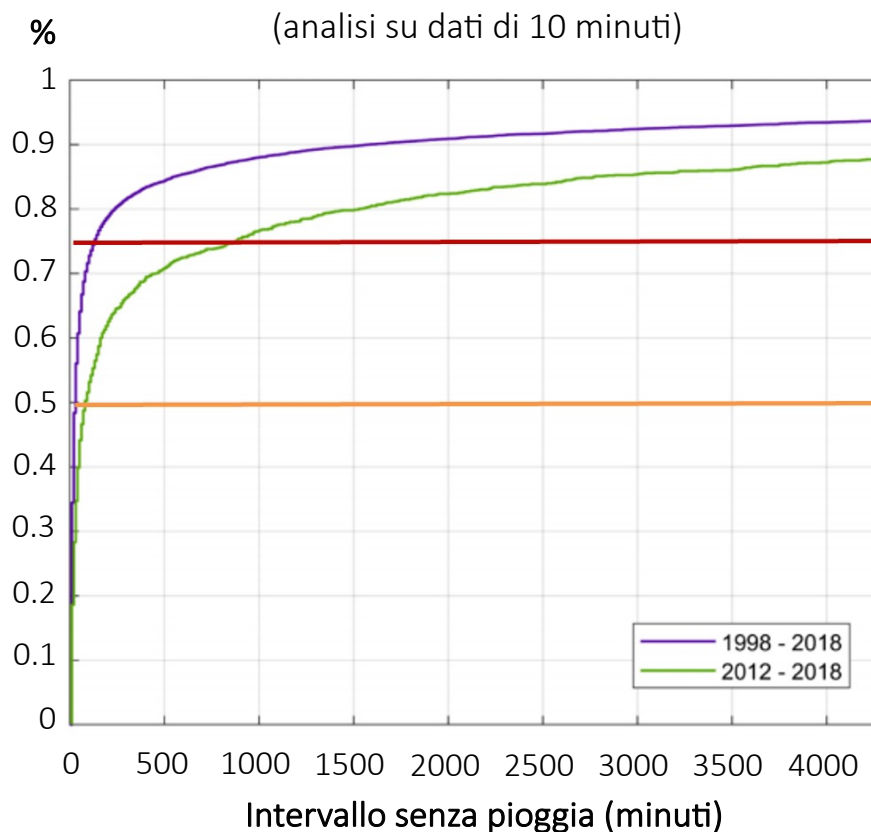
Test di significatività statistica positivo:

RIDUZIONE al tasso medio annuo di 1 giorno ogni 4 anni

GIORNI SIOCCITOSI (senza pioggia)

Probabilità cumulata/percentile

Milano Centro dal 1998 al 2018



**DURATA
PERIODO
SIOCCITOSO**

Confronto percentili

50esimo —
1998-2018: 30 minuti
2012-2018: 75 minuti

75esimo —
1998-2018: 125 minuti
2012-2018: 700 minuti

INCREMENTO degli intervalli di tempo fra due eventi consecutivi

Clima locale: IL REGIME DELLE PRECIPITAZIONI STA CAMBIANDO

- **A fronte di una costanza delle precipitazioni** in termini di quantitativi caduti **a livello annuo**, si registra negli ultimi anni:
 - **incremento dell'intensità di pioggia**, al tasso medio annuo di +1 mm/h ogni 6 anni
 - **riduzione del numero annuo di giorni di pioggia** (≥ 1 mm), al tasso medio annuo di circa -1 giorno ogni 4 anni
 - **incremento della durata dei fenomeni di precipitazione**
 - **incremento degli intervalli di tempo fra due eventi consecutivi di pioggia**



- **Come tradurre in indicatori climatici questo regime pluviometrico**, in modo che possano essere utilizzati operativamente nei diversi settori/attività d'intervento/progettazione/pianificazione /gestione ?



Portale di Climatologia Urbana del progetto ClimaMi SI-CU: Sistema Informativo- Clima Urbano



TARGET

- i **progettisti** - ingegneri, architetti, urbanisti, agronomi, paesaggisti, periti ...
- i **professionisti** che svolgono attività di gestione nel territorio urbano
- i **tecnici e gli amministratori degli enti pubblici locali**
- la comunità scientifica
- la collettività e gli operatori economici

OBIETTIVI

- aumento di **Conoscenza e Consapevolezza** delle dinamiche del clima in ambiente urbano
- costruzione di una **Climatologia Urbana** aggiornata
- assunzione del **Clima Locale** quale **fattore determinante** nelle attività professionali pubbliche e private quotidiane
- capillare **Incidenza** sull'efficacia, in termini climatici, degli interventi sull'**urbanizzato residenziale esistente**

Settori di attività

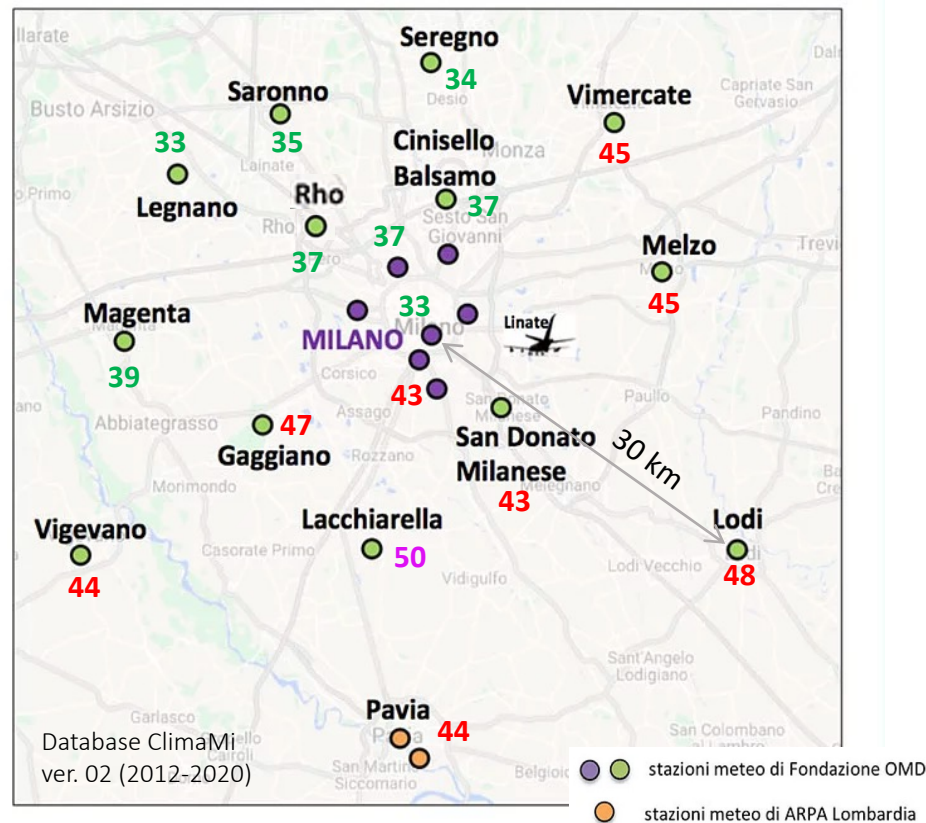
- Energia
- Progettazione edificio-impianto
- Pianificazione urbanistica
- Runoff urbano**
- Verde pubblico
- Salute e benessere

oltre 90
indicatori climatici

in ogni stazione
meteo Fondazione
OMD
+
METADATA
+
incertezze

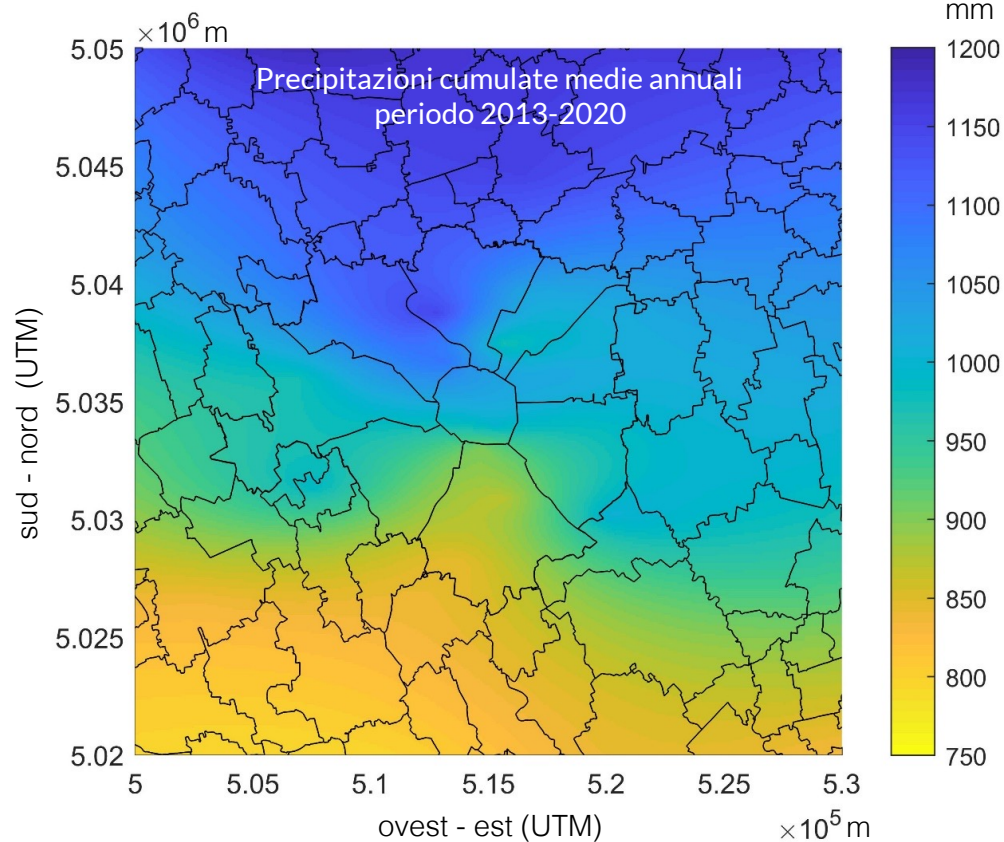
6
dettagli temporali

Decadale
Mensile
Stagionale
Stagioni termiche
Annuale
CLINO



N° max GIORNI SENZA PIOGGIA (< 1 mm) CONSECUTIVI

- Pioggia cumulata media, max
- Intensità di pioggia media, max
- Giorni di pioggia
- Giorni di pioggia consecutivi
- Giorni senza pioggia
- Giorni senza pioggia consecutivi**
- Episodi di 10min intensi $\geq 5\text{mm}$
- Episodi di 30min intensi $\geq 15\text{mm}$
- Episodi di 60min intensi $\geq 30\text{mm}$
- ...
- Fulmini nube-suolo (N° medio/ Km^2)

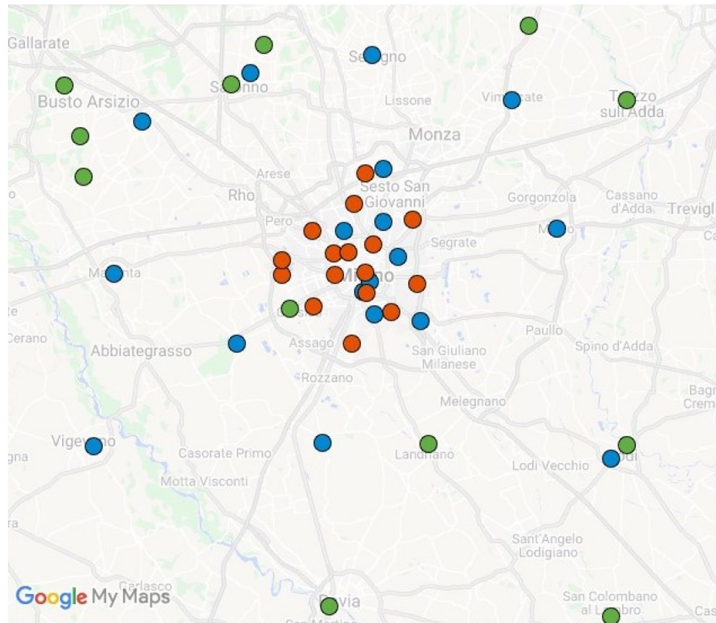


Catalogo delle Precipitazioni perché:

- **problemi sempre più frequenti di allagamento** nelle aree urbane e periurbane di un territorio ad alto tasso di **impermeabilizzazione del suolo**
- necessità di **adeguamento delle reti idrauliche** per il drenaggio delle acque meteoriche: **occorrono dati climatici aggiornati per la progettazione**
- **precipitazioni - la variabile meteo più discreta nello spazio e nel tempo:** necessità di caratterizzazione più puntuale possibile del regime di piogge nel territorio

Contenuto del Catalogo

Scegli la stazione



Seleziona le tipologie di dati



Scarica i dati

Restituzione tabella con valori climatici mese/stagione/anno

Cumulato medio (mm)
Cumulato mediana (mm)
Massimo cumulato giornaliero (mm)

riferiti a
2013-2020

Intensità media - evento di 10 minuti (mm/h)
Intensità massima - evento di 10 minuti (mm/h)
Intensità massima assoluta istantanea (mm/h)

Giorni di pioggia (n° medio)
Massimo numero giorni di pioggia consecutivi (n°)

Durata precipitazioni 25/50/75/95/99-esimo percentili (min)
Assenza precipitazioni 25/50/75/95/99-esimo percentili (min)
Intensità precipitazioni 25/50/75/95/99-esimo percentili (mm/h)

Eventi con Precipitazioni ≥ 5 mm in 10 minuti (n° medio)
Eventi con Precipitazioni ≥ 15 mm in 30 minuti (n° medio)
Eventi con Precipitazioni ≥ 30 mm in 60 minuti (n° medio)

Variazione dei cumulati (solo Milano Centro)
Variazione delle intensità (solo Milano Centro)
Variazione dei giorni di pioggia (solo Milano Centro)

riferiti a
1998-2020

Contenuto del Catalogo

Seleziona le stazioni

- Arconate ARPA
- Busto Arsizio Accam ARPA
- Busto Arsizio via Rossini ARPA
- Cinisello Balsamo FOMD
- Corsico ARPA
- Cusano Milanino MM
- Gaggiano FOMD
- Lacchiarella FOMD
- Landriano ARPA
- Legnano FOMD

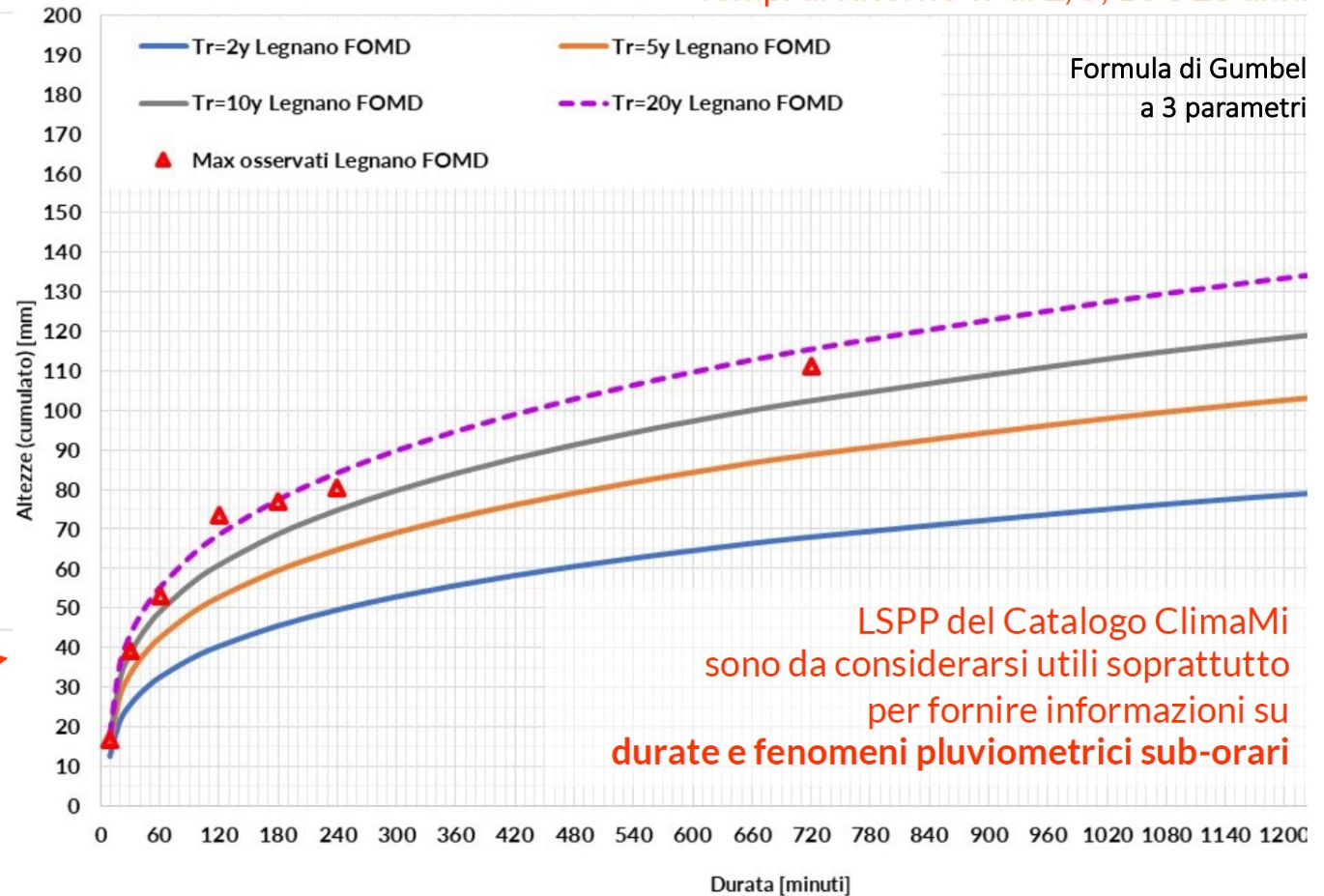
Seleziona le tipologie di dati

Indicatori
LSPP

Scarica i dati

Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometriche

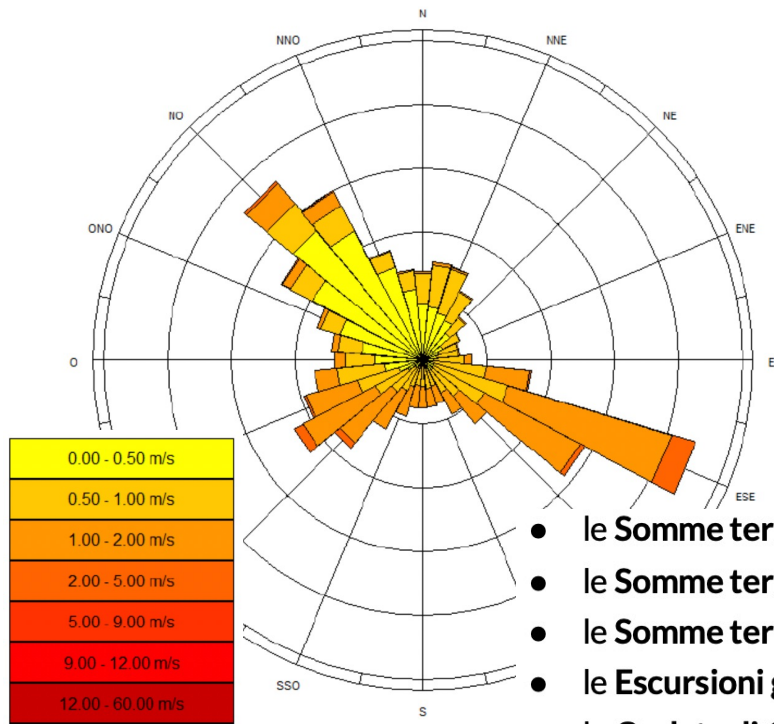
per durate evento da 10 minuti a 24 ore e
Tempi di Ritorno Tr di 2, 5, 10 e 20 anni



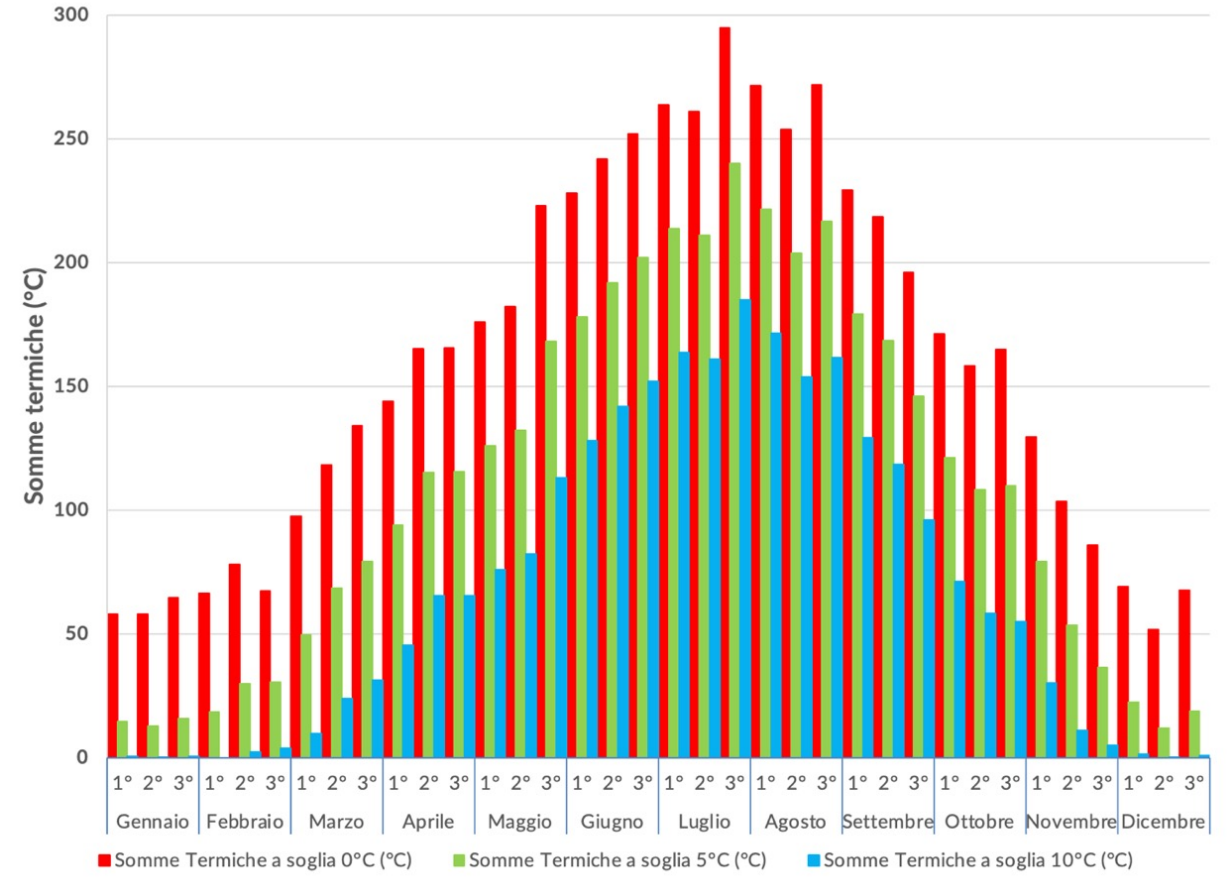
[Regolamento Regione Lombardia n. 7 del 2017 «Invarianza Idraulica e Idrologica»](#)

LSPP (progetto STRADA) in [SIDRO Sistema Informativo Idrologico della Lombardia](#)

Altri indicatori climatici utili per la GESTIONE DEL VERDE URBANO



- le **Somme termiche a soglia 0°C** (Fig. 32)
- le **Somme termiche a soglia 5°C** (Fig. 32)
- le **Somme termiche a soglia 10°C** (Fig. 32)
- le **Escursioni giornaliere di temperatura**
- le **Ondate di Calore**, in durata e intensità
- l'**Intensità di precipitazione**
- i **Giorni di gelo**
- i **Giorni di ghiaccio**
- le **Ore con Umidità relativa media < 10%**
- le **Ore con Umidità relativa media > 90%**
- gli **Eventi con raffica > 5 m/s su 10 minuti**
- gli **Eventi con raffica > 10 m/s su 10 minuti**
- gli **Eventi con raffica > 15 m/s su 10 minuti**
- gli **Eventi con raffica > 20 m/s su 10 minuti**
- la **Rosa dei venti**, con le classi di intensità per direzione di provenienza



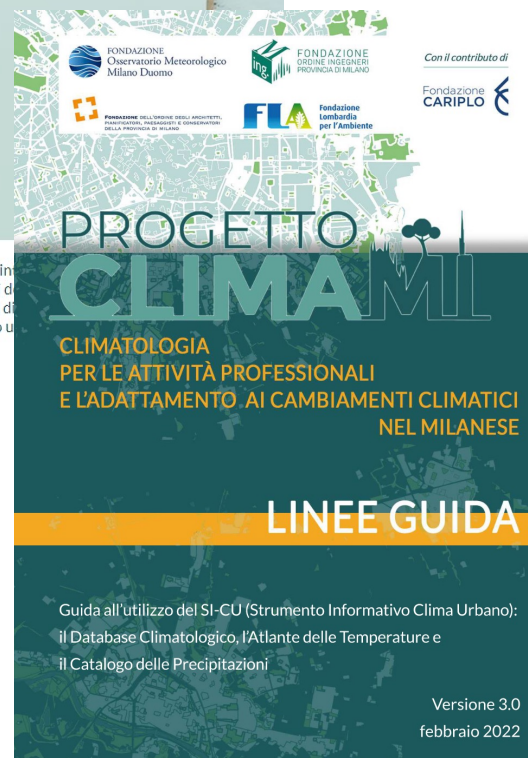
CLIMATOLOGIA PER LE ATTIVITÀ PROFESSIONALI E L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI URBANI NEL MILANESE

QUADERNI DELLE SPERIMENTAZIONI

L'esperienza nell'applicazione del SI-CU ai casi pilota del progetto ClimaMi

I quaderni delle sperimentazioni del progetto ClimaMi raccontano operativamente i casi pilota di interventi progettuali o di pianificazione territoriale che stanno usufruendo operativamente degli strumenti del ClimaMi: l'Aggiornamento del PGT di Melzo (MI), il Progetto di Rigenerazione dell'area ex-Necchi di Milano, gli interventi di Urbanistica Tattica in alcune piazze di Milano, la progettazione di un'opera drenaggio sostenibile SuDS delle acque meteoriche a Canegrate (MI).

- Linee Guida
- Addendum alle Linee Guida
- Quaderni delle Sperimentazioni - 3 casi pilota



- Database ClimaMi
- Atlante della Temperatura dell'Aria:

ATLANTE, CATALOGO
& DATABASE
CLIMAMI

Livello 1: medie ed estremi stagionali (consigliate per usi applicativi)

Livello 2: medie per Situazioni Tipo Climatiche (per esperti)

Scarica gli Shapefile

- Catalogo delle Precipitazioni:

Scarica i dati del Catalogo

EXCEL per il calcolo delle LSPP



Creative Commons
Attribuzione 4.0
Internazionale ([CC BY-4.0](#))

<https://www.progettoclimami.it/formazione>



PERCORSI DI CAPACITY BUILDING

Eventi formativi strutturati e appositamente differenziati in base alle attività professionali specifiche

- Slide FOMD "[Climatologia e Meteorologia a supporto del settore energetico](#)"
(Corso di AGGIORNAMENTO ESPERTI GESTIONE ENERGIA (EGE) UNI EN 11339 del 17 aprile 2019 c/ FOIM)
- CAPACITY BUILDING FOIM: Milano, conoscenze e pratiche per l'adattamento climatico
A cura dell'Ordine degli Ingegneri e dell'Ordine degli Architetti di Milano - [7 NOVEMBRE 2019](#)
- CAPACITY BUILDING FOAM: Climatologia per le attività professionali: progettazione e pianificazione alla sfida dei cambiamenti climatici - [13 NOVEMBRE 2019](#)
- CAPACITY BUILDING FOAM: Dati climatici a servizio dell'attività professionale nella sfida dell'adattamento al clima che cambia - [14 APRILE 2020 - webinar](#)
- CAPACITY BUILDING FOIM: Climatologia urbana per gli ingegneri - [28 APRILE 2020 - webinar](#)
- CAPACITY BUILDING FOAM: Temperature e precipitazioni: caratteristiche, distribuzione spaziale, trend temporali, dati - [OTT/NOV 2020 - webinar](#)
- CAPACITY BUILDING: Climatologia Urbana per gli Ingegneri - [SET/DIC 2020 - webinar](#)
- Attività formativa FOIM 9 novembre 2020: Climatologia urbana per gli ingegneri - [programma](#) - [Slide](#)
- CAPACITY BUILDING Comune di Milano: sostenibilità e adattamento climatico nella progettazione e nella pianificazione dalla scala urbana alla scala metropolitana - [25 novembre 2020 - webinar](#)
- CAPACITY BUILDING Regione Lombardia: Progetto ClimaMi (2019 e 2020) - Seminario di condivisione degli esiti di progetto rivolto ad amministratori, dirigenti, funzionari e tecnici di Regione Lombardia e degli enti del SIREG - [26 novembre 2020 - webinar](#)
- Attività formativa FOAM 15 dicembre 2020: Mobilità sostenibile e cambiamento climatico a Milano - [programma](#) - [Slide](#)
- Attività formativa FOAM - OAPPC LECCO 23 APRILE 2021: Clima e pianificazione urbanistica progetto ClimaMI - [programma](#) - [Slide](#)
- Attività formativa FOIM 4 maggio 2021: Introduzione alla climatologia urbana a servizio della progettazione di città resilienti - [programma](#) - [Slide](#)
- Attività formativa FOIM 30 giugno 2021: La filiera dei dati climatici per la progettazione di città resilienti - [programma](#) - [Slide](#)
- Attività formativa Comune di Milano 8 luglio 2021: Laboratorio di progettazione climatica - Milano e gli interventi sullo spazio pubblico - [Slide](#) - [Video](#)
- Attività formativa FOAM 27 e 28 settembre 2021: Workshop su cambiamenti climatici e strategie di adattamento a Milano - [programma](#) - [Slide](#)
- Attività formativa FOIM 7 febbraio 2022: La progettazione di opere idrauliche urbane in un clima che cambia - [programma](#) - [Slide](#)
- Attività formativa FLA 16 febbraio 2022: Workshop formativo per la pubblica amministrazione - [programma](#) - [Slide](#) - [Video](#)
- Attività formativa FOAM 18 febbraio 2022: Cambiamenti climatici: strumenti e pratiche per la progettazione - [programma](#) - [Slide](#)

Monitoraggio meteo-climatico locale

Attività formativa FOIM 30 giugno 2021:

La filiera dei dati climatici per la progettazione di città resilienti

Si descrivono le diverse reti di acquisizione dati meteo (caratteristiche, finalità, errori di misura) per comprendere la filiera del dato climatico e e ripercussioni sulla progettazione di opere e infrastrutture

Monitoraggio dell'efficacia di strategie climatiche



Dall'Agenda 2030 di Città Metropolitana di Milano ai DUP comunali mediante **indicatori e target** condivisi sull'**adattamento** ai cambiamenti climatici

❖ 2023-2024, sito web a breve

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Cristina Lavecchia

c.lavecchia@fondazioneomd.it

