



Comune di
Milano



ORDINE DEGLI ARCHITETTI,
PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E CONSERVATORI
DELLA PROVINCIA DI MILANO



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

Milano, conoscenze e pratiche per l'adattamento climatico

Relatore:

Cristina Lavecchia

CORSO DI AGGIORNAMENTO
PROFESSIONALE

Progetto ClimaMi:
il Database climatico e
le Linee Guida



FONDAZIONE
Osservatorio Meteorologico
Milano Duomo

Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

PROGETTO
CLIMAMI



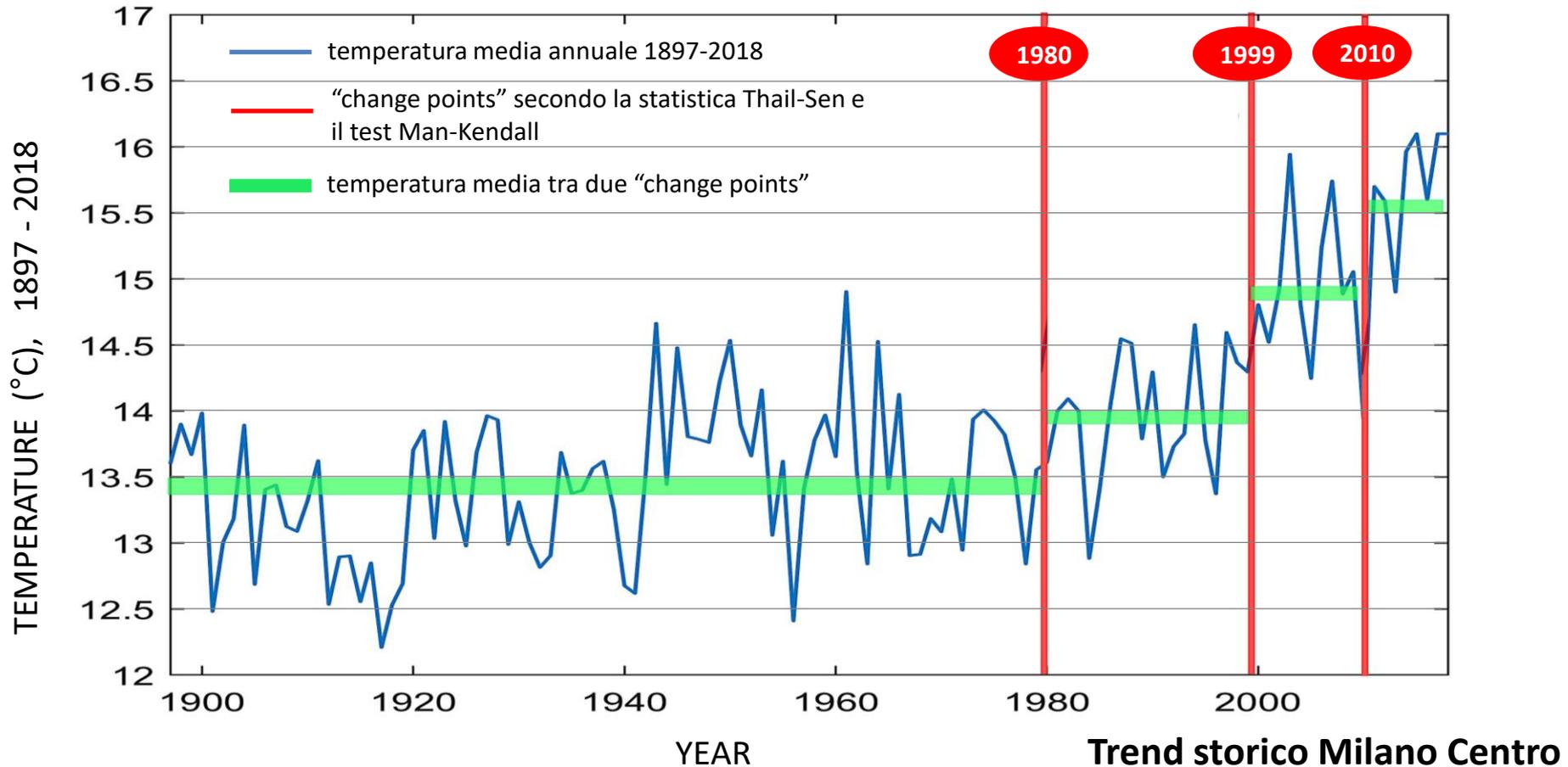
Comune di
Milano



ORDINE DEGLI ARCHITETTI,
PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E CONSERVATORI
DELLA PROVINCIA DI MILANO



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO



Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

PROGETTO
CLIMAMI

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

>> CALL 2019 <<

Partners



FONDAZIONE
Osservatorio Meteorologico
Milano Duomo



FONDAZIONE
ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI MILANO



FONDAZIONE DELL'ORDINE DEGLI ARCHITETTI,
PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E CONSERVATORI
DELLA PROVINCIA DI MILANO



Fondazione
Lombardia
per l'Ambiente

Cofinancer

Fondazione
CARIPLO



Quest'opera è pubblicata sotto la licenza
Creative Commons [CC BY-NC-ND 3.0 IT](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/it/)



[Privacy Policy e Uso dei cookie](#)

Contatto: info@progettoclimami.it

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

>> CALL 2019 <<

progettoclimami.it

Sostengono il progetto e vi partecipano come stakeholder attivi



Regione
Lombardia



Città
metropolitana
di Milano



Comune di
Milano



CITTÀ di MELZO



CENTRO STUDI

P300



LEGAMBIENTE
LOMBARDIA



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA E
STUDI URBANI

DIPARTIMENTO DI
ELETTRONICA,
INFORMAZIONE E
BIOINGEGNERIA



ORDINE DEGLI ARCHITETTI,
PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E CONSERVATORI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

CESI



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

>> CALL 2019 <<

TARGET

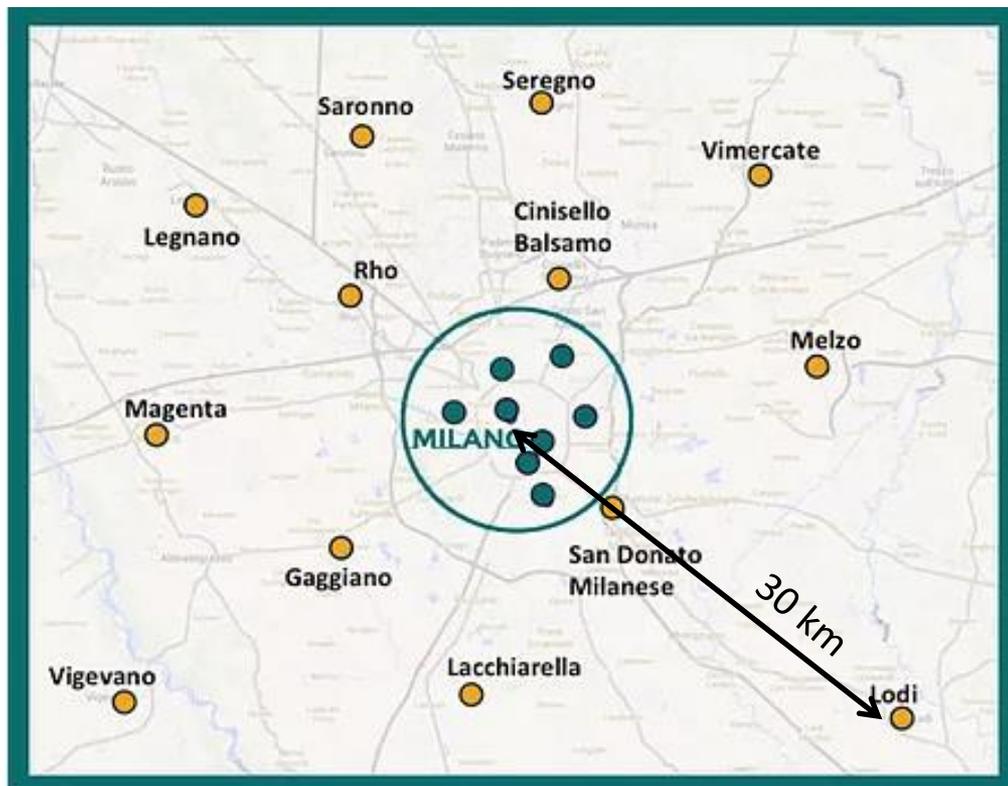
OBIETTIVI

progettoclimami.it

- i **progettisti** - ingegneri, architetti, urbanisti, periti industriali, geometri ...
- i **professionisti** che svolgono attività di gestione del territorio urbano
- i **tecnici e gli amministratori degli enti pubblici territoriali**
- la **comunità scientifica**
- **TARGET INDIRETTI**: la **collettività** (cittadini-utenti finali, media) e gli **operatori economici** (produttori di beni e servizi)

- aumento della **Conoscenza** e della **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**

Area di applicazione: BACINO AEROLOGICO MILANESE



● AWS in Milano

● AWS fuori Milano

PERIODO CONSIDERATO:

- 2012 – 2018 per tutte le stazioni
- CLINO 1961-1990 e CLINO 1981-2010 per Milano Centro

Nel territorio:

N. 20 stazioni meteo urbane della rete nazionale Climate Network® di Fondazione OMD
www.fondazioneomd.it/climate-network

PUNTI DI FORZA DELLA RETE:

- Criteri omogenei di posizionamento delle stazioni nell'ambiente urbano (*top Urban Canopy Layer*)
- Stesso tipo di sensori in tutte le stazioni (Vaisala WXT520-530) + sensore ridondato di temperatura
- Tracciabilità metrologica delle misure (*riferibilità agli standard metrologici nazionali attraverso una catena ininterrotta di calibrazione*)
- Procedure di Controllo di Qualità e Assicurazione di Qualità
- Validazione automatica e manuale giornaliera da parte di meteorologi esperti



RISULTATI 2019

- Il **Database Climatico**: oltre alle usuali statistiche climatiche, contiene gli indicatori climatici utilizzati dai professionisti direttamente come **input nei calcoli** progettuali, nella modellistica o come **supporto alle decisioni**
- Le **Linee Guida** procedurali, di orientamento e indirizzo sul significato e sull'**utilizzo di dati e indicatori climatici** nei vari settori applicativi e in area urbana, che mira tra l'altro a **unificare i lessici tecnici di settore** relativamente alla tematica clima
- Eventi, seminari tecnici e **Corsi di capacity building** per professionisti, appositamente progettati per trasferire conoscenza sulla climatologia in ambiente urbano e:
 - comprendere le **caratteristiche spaziali e temporali** dei differenti indicatori climatici disponibili e le relative implicazioni
 - valutare le **incertezze associate**
 - scegliere i **dati climatici coerenti** con gli altri dati di input, il contesto e gli scopi

TAVOLO TECNICO



**TAVOLO TECNICO MULTIDISCIPLINARE:
CLIMATOLOGI, INGEGNERI, ARCHITETTI,
URBANISTI, AGRONOMI**



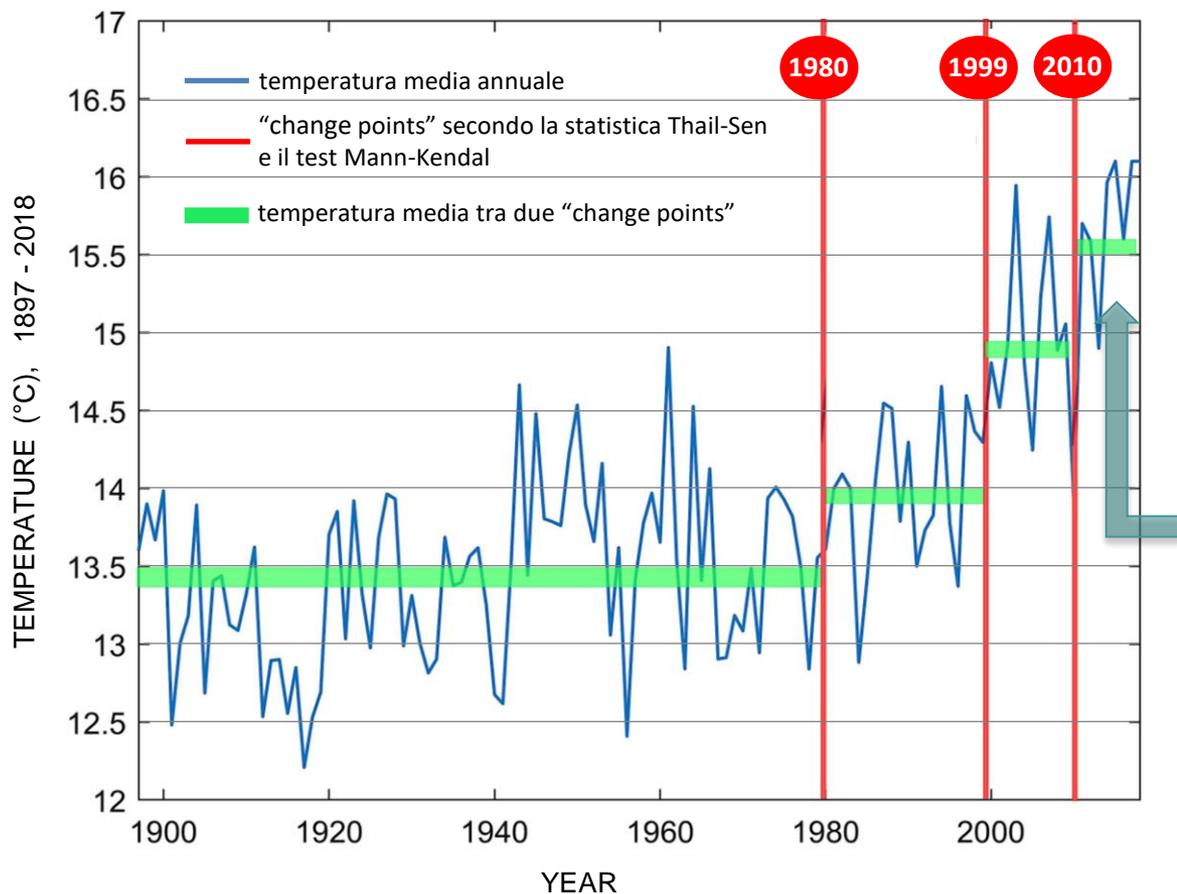
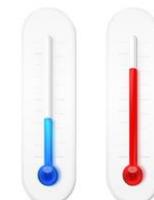
Applicazioni specifiche

Percezione comune: una
variazione significativa delle
caratteristiche del clima
nell'ultimi decennio

Esigenze pratiche

Milano Centro
1897-2028

CLINO	T media (°C)	ESTATE (Giu – Ago)	
		MIN giornaliera *	MAX giornaliera*
1961-1990 	13,7	23,2	33,1
1971-2000 	13,9	23,3	33,6
1981-2010 	14,3	24,1	34,7



* 95° percentile: solo 5% dei valori nelle estati del trentennio superiore a tale valore

Periodo di interesse di **ClimaMi**

SETTORE DI ATTIVITÀ:

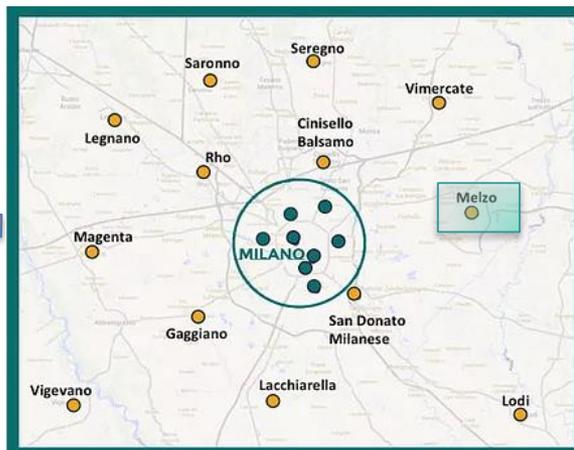
- Energia
- Progettazione edificio-impianto
- Pianificazione urbana
- Gestione runoff urbano
- Gestione del verde pubblico
- Salute e benessere pubblici

HEATING →
VENTILATION &
AIR
CONDITIONING

- Contabilizzazione energetica
- Gestione e manutenzioni impianti termici
- Efficientamento energetico
- Diagnosi e certificazioni energetiche
- Valutazione di prestazioni energetiche (IPE)
- Contratti a prestazioni energetiche garantite
- Sistemi di gestione dell'energia

SETTORE DI ATTIVITÀ:

- Energia
- Progettazione edificio-impianto
- Pianificazione urbana
- Gestione runoff urbano
- Gestione del verde pubblico
- Salute e benessere pubblici



VARIABILE FONDAMENTALE:

- Temperatura
- Umidità Relativa
- Precipitazioni
- Vento - direzione, velocità
- Radiazione solare
- Fulmini nube-terra

90
indicatori
climatici
in ogni stazione
meteo

METADATA

INDICATORE CLIMATICO:

- Temperatura media
- Temperatura massima assoluta
- Temperatura media delle massime
- ...
- Gradi Giorno Invernali
- Humidex - numero medio di ore > 35°C
- Gradi Giorno Estivi
- ...

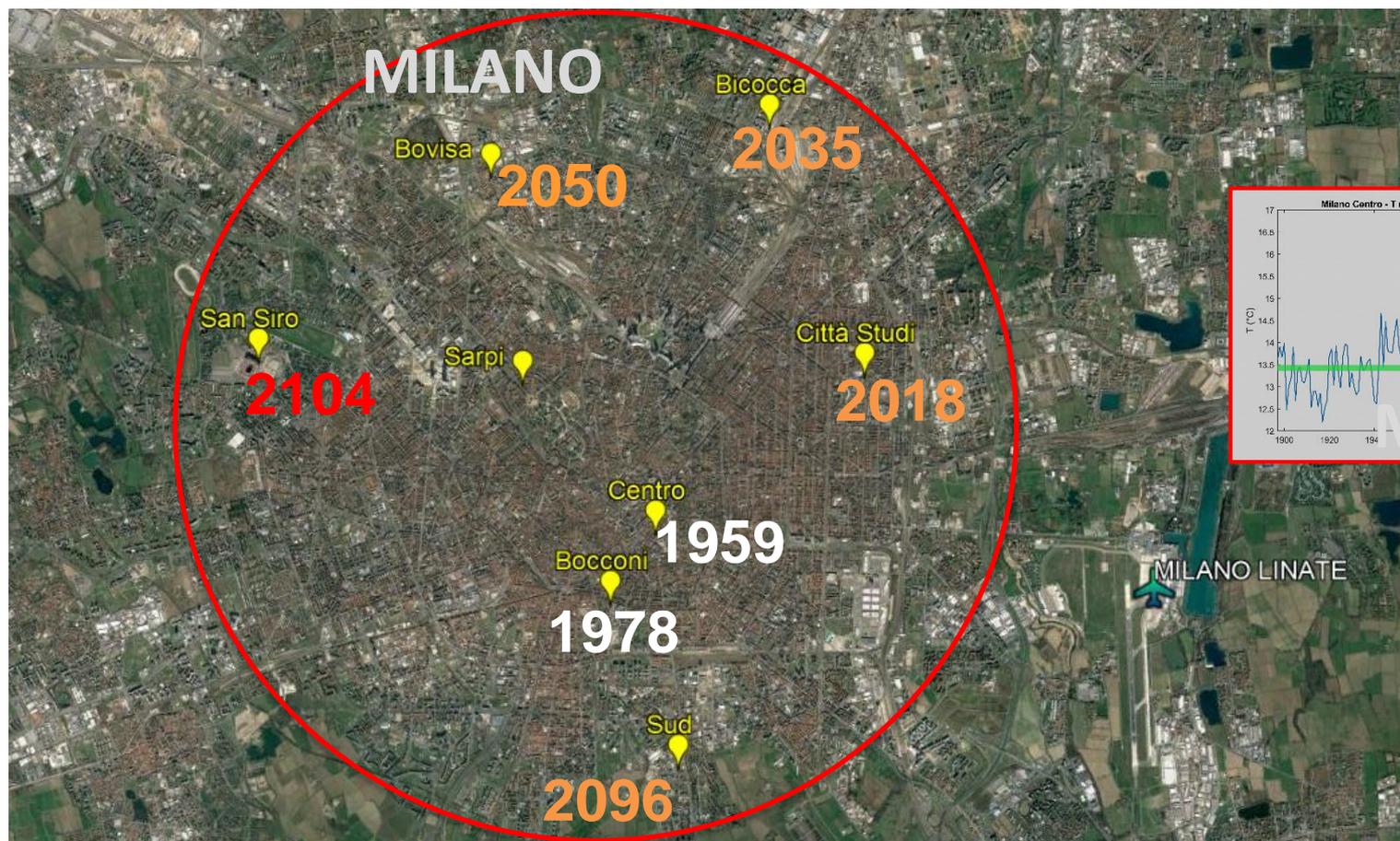
DETTAGLIO TEMPORALE:

- Decadale
- Mensile
- Stagionale
- Stagione termica inverno
- Stagione termica estate
- Annuale
- CLINO 1961-90 (Milano Centro)
- CLINO 1981-00 (Milano Centro)

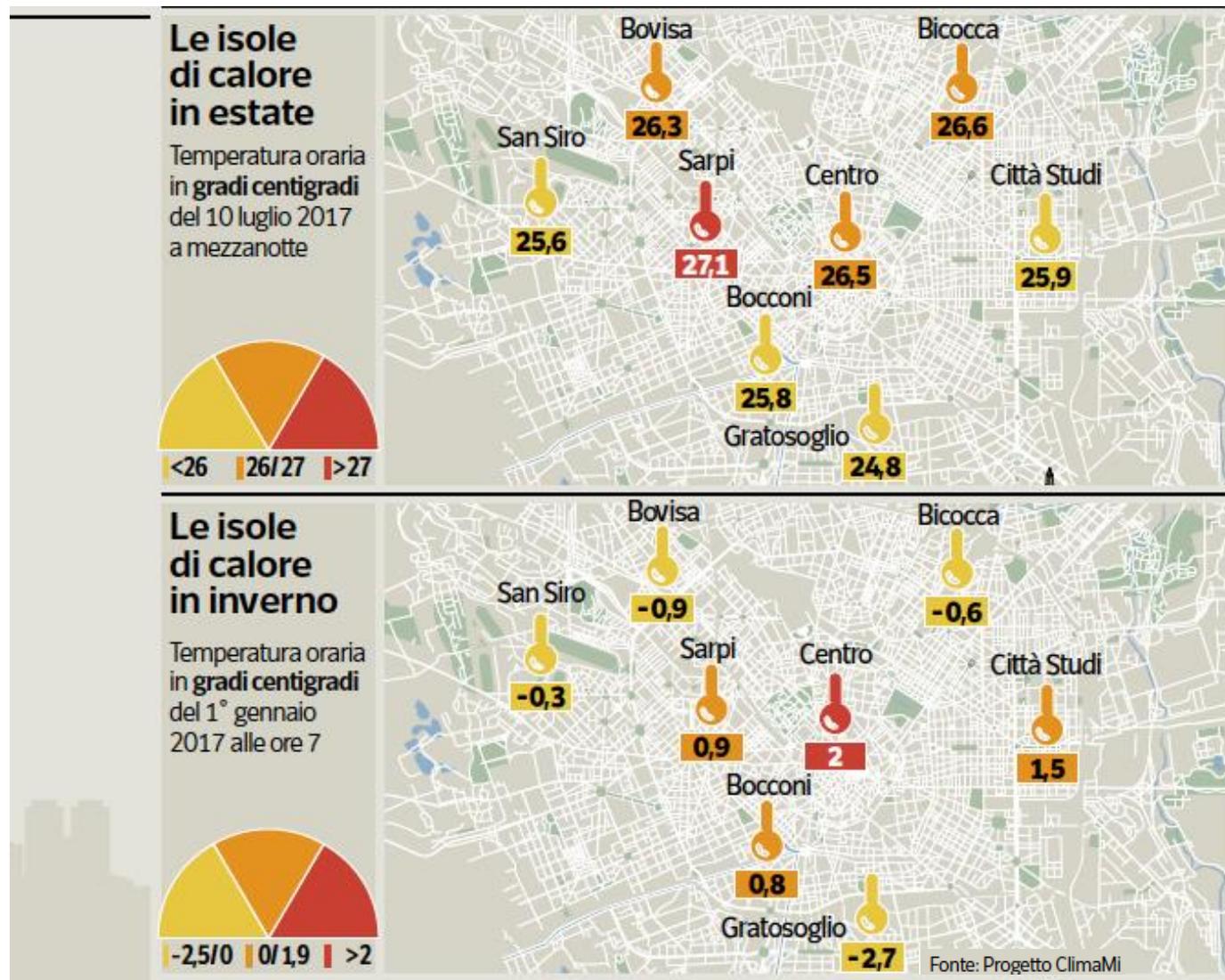
Indice di fabbisogno energetico da riscaldamento: GRADI GIORNO

I **gradi giorno di una località** corrispondono alla somma estesa a tutti i giorni, in un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole **differenze positive giornaliere** tra la **temperatura indoor di confort**, fissata convenzionalmente per ogni Paese (20°C in Italia, **DPR 412/93**), e la **temperatura media esterna giornaliera**. L'unità di misura utilizzata è il Grado Giorno (GG).

GG - valore medio per stagione termica



DPR 412/93: 2404 GG per Milano e Melzo (CLINO 1961-90)



Indice di fabbisogno energetico da raffrescamento: GRADI GIORNO ESTIVI

Una definizione mutuata dalla termotecnica e dai $CDD = \sum_d (T_{med\ 24h} - 20)$:

$$GGE_{yyyy} = \sum_{d=1}^N \left(\frac{\sum_{h=1}^{24} H_h}{24} - 25 \right)$$

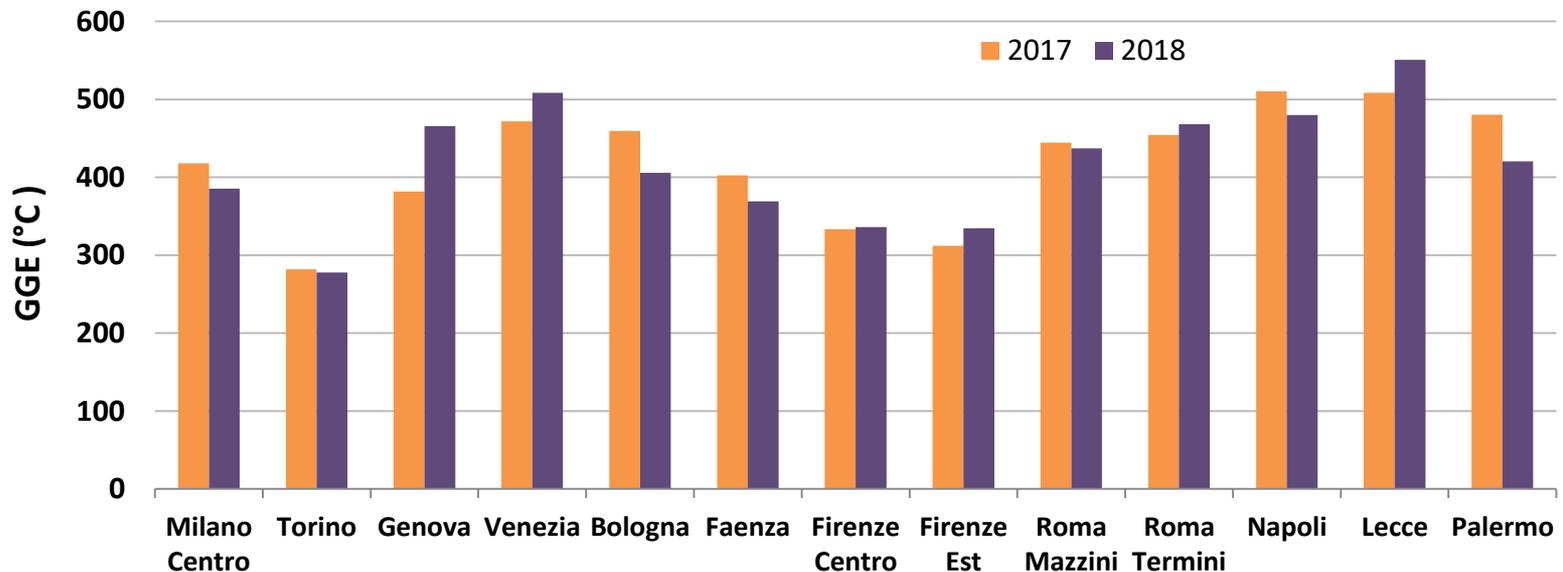
dove:

- $yyyy = \text{anno}$
- $N = \text{numero di giorni dell'estate di } yyyy$
- $H_h = \text{Humidex dell'ora } h$
- $25 = \text{temperatura di set point indoor (UNI 10339 e 10349)}$

> 0 se positivo
 $= 0$ se negativo

Temperatura media percepita dall'uomo nell'ambiente esterno

Gradi Giorno Estivi (Giugno - Agosto)



HUMIDEX:

disagio ed effetti sanitari

$$H = T + \frac{5}{9} \left(6,11 \frac{UR}{100} 10^{\frac{7,5T}{237,7+T}} - 10 \right)$$

va calcolato a livello orario

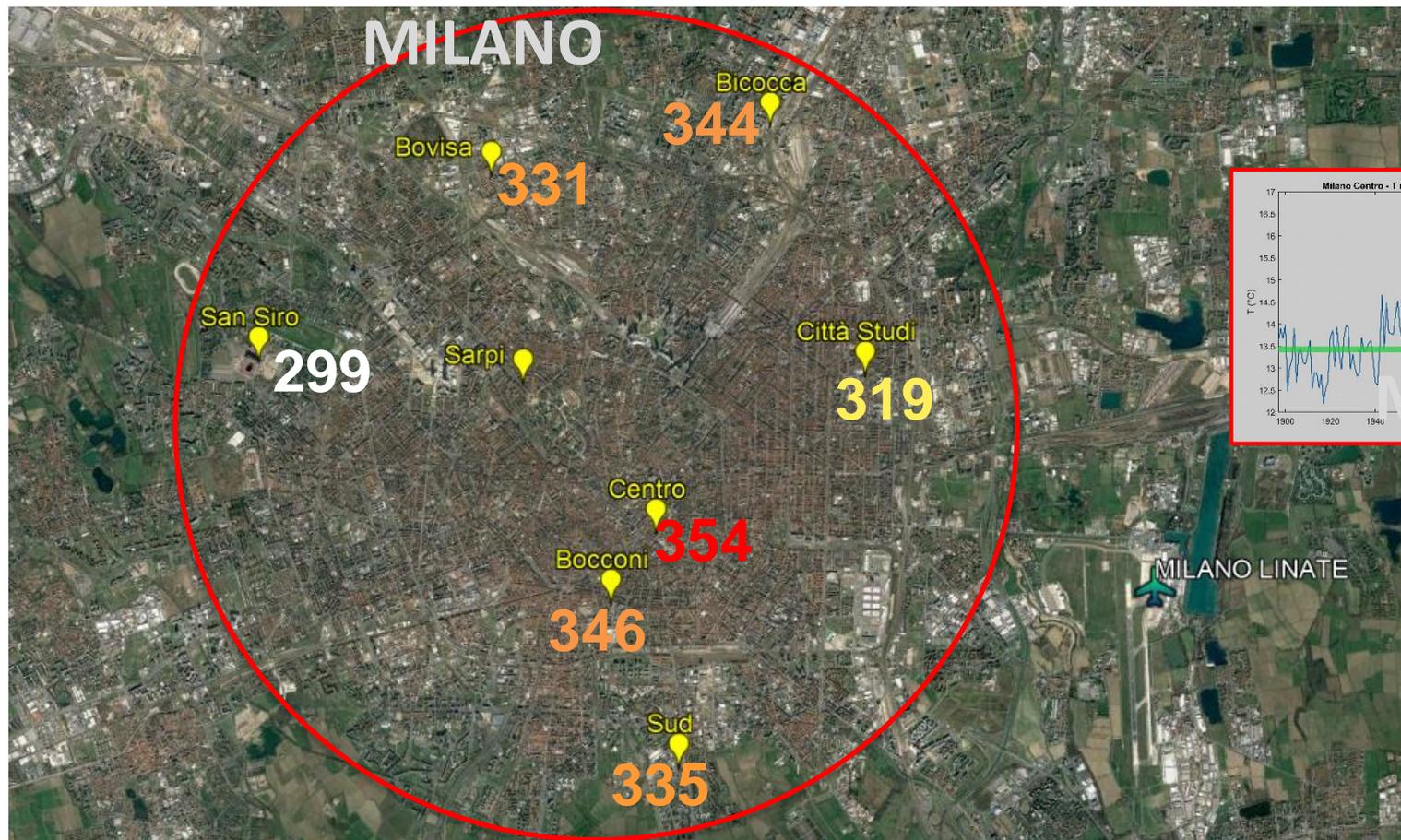
Alti tassi di umidità relativa ostacolano il raffreddamento cutaneo per evaporazione e, accoppiati a temperature elevate, possono essere fonte di disagio per l'organismo.

Al di sotto di 29	Poche persone percepiscono disagio.
Da 30 a 34	Sensazione di malessere più o meno significativa.
Da 35 a 39	Sensazione di malessere abbastanza intensa. Prudenza. Limitare alcune attività fisiche gravose.
a 40 a 45	Sensazione di malessere generalizzato. Pericolo. Evitare gli sforzi.
Da 46 a 53	Grave pericolo. Sospendere le attività fisiche.
Al di sopra di 54	Colpo di calore imminente (pericolo di morte)

Temperatura (°C)	Umidità relativa (%)																
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
21	21	21	21	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29
22	22	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31
23	23	23	23	23	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33
24	24	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
25	25	25	25	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37
26	26	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38	39
27	27	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
28	28	28	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	42	43	44
29	29	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	43	44	45	46
30	30	30	31	32	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
31	31	31	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50
32	32	33	34	35	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	51	53
33	33	34	36	37	38	40	41	43	44	46	47	48	50	51	52	54	55
34	34	35	37	39	40	42	43	45	46	47	49	50	52	53	55	56	58
35	35	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	53	54	56	57	58	60
36	37	38	40	42	43	45	47	48	50	51	53	55	56	58	59	62	63
37	38	40	42	43	45	47	49	50	52	54	55	57	58	61	63	64	66
38	40	42	43	45	47	49	50	52	54	56	57	59	62	63	65	67	69
39	41	43	45	47	49	51	52	54	56	58	59	62	64	66	68	70	72
40	43	45	47	49	51	52	54	56	58	61	63	65	67	69	71	73	75
41	45	47	48	50	52	54	56	58	61	63	65	68	70	72	74	76	78
42	46	48	50	52	54	56	58	61	64	66	68	70	73	75	77	79	82

Indice di fabbisogno energetico da raffrescamento: GRADI GIORNO ESTIVI

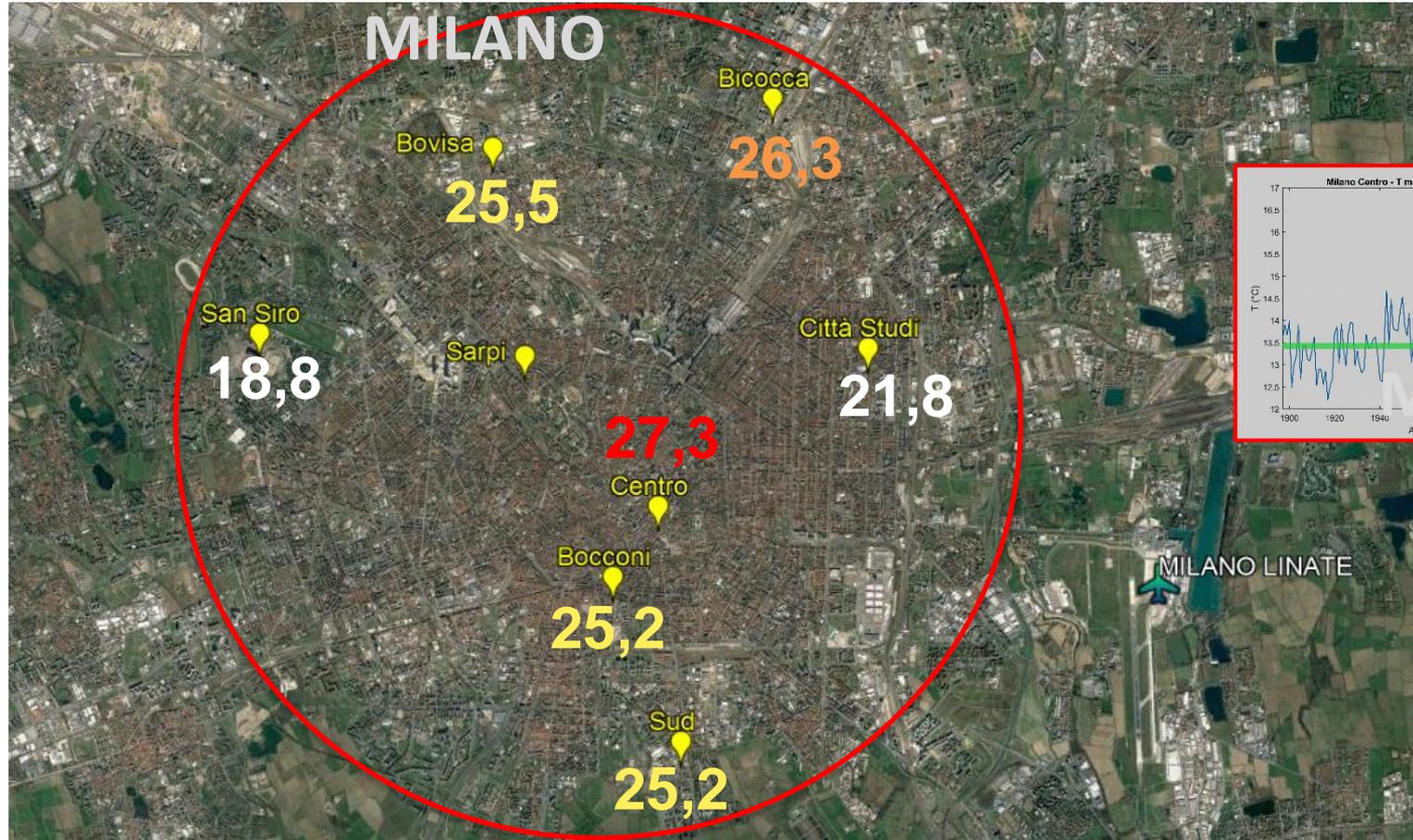
GGE - valore medio per stagione termica estiva (Giu - Ago)



Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

CONFORT OUTDOOR e SALUTE PUBBLICA, PIANIFICAZIONE URBANA

Numero medio di giorni/anno con HUMIDEX orario $\geq 35^{\circ}\text{C}$
(definizione di Humidex e soglia nella Linea Guida WMO-WHO 2015)

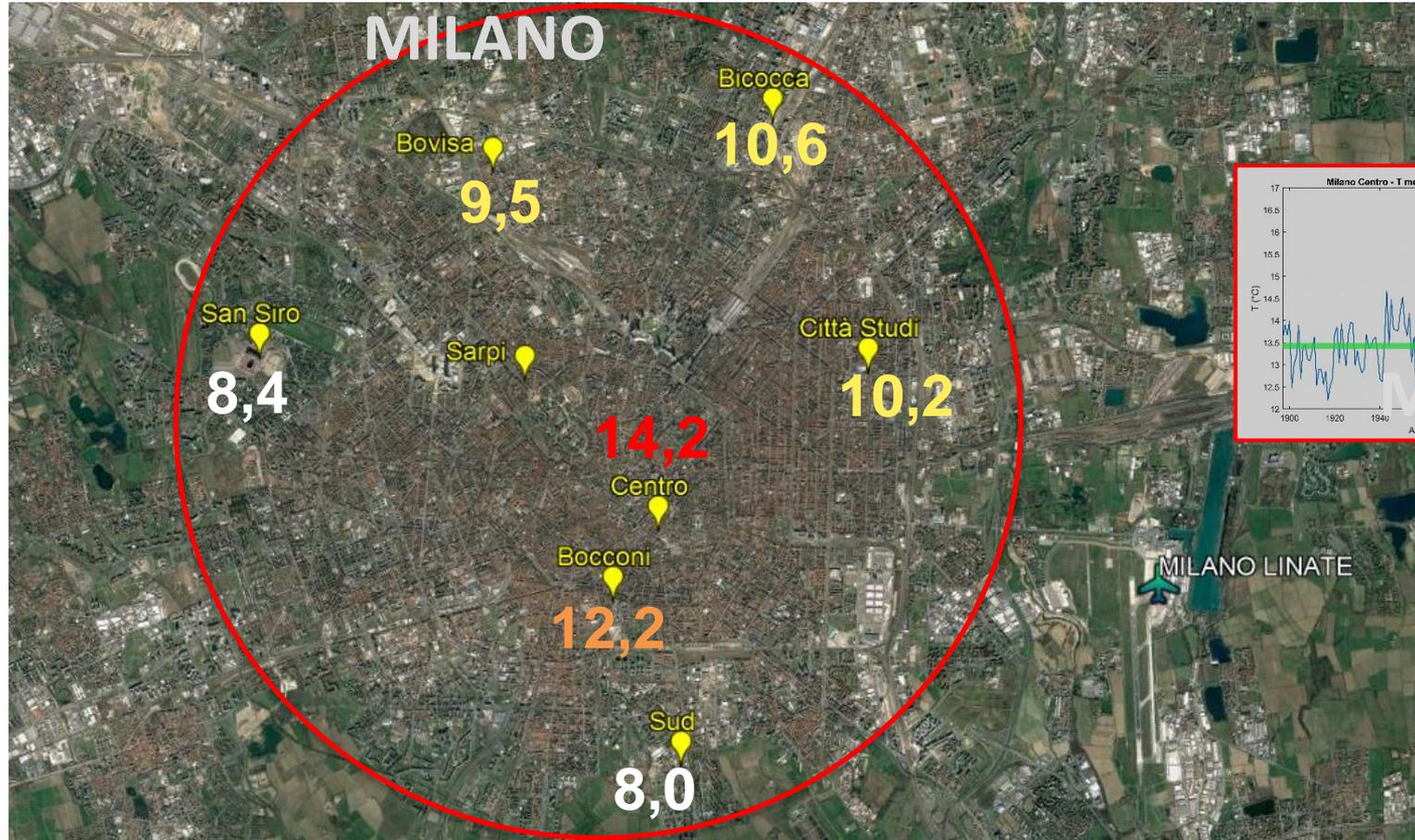


Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

BENESSERE e SALUTE PUBBLICA, PIANIFICAZIONE URBANA, ENERGIA

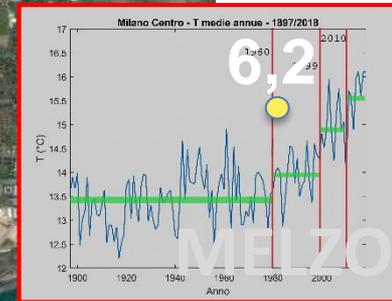
Numero medio di giorni/anno coinvolti in ONDATE DI CALORE

(def. Ondata di Calore da Linea Guida WMO-WHO 2015; ref. CLINO 1961-1990)



23,2°C

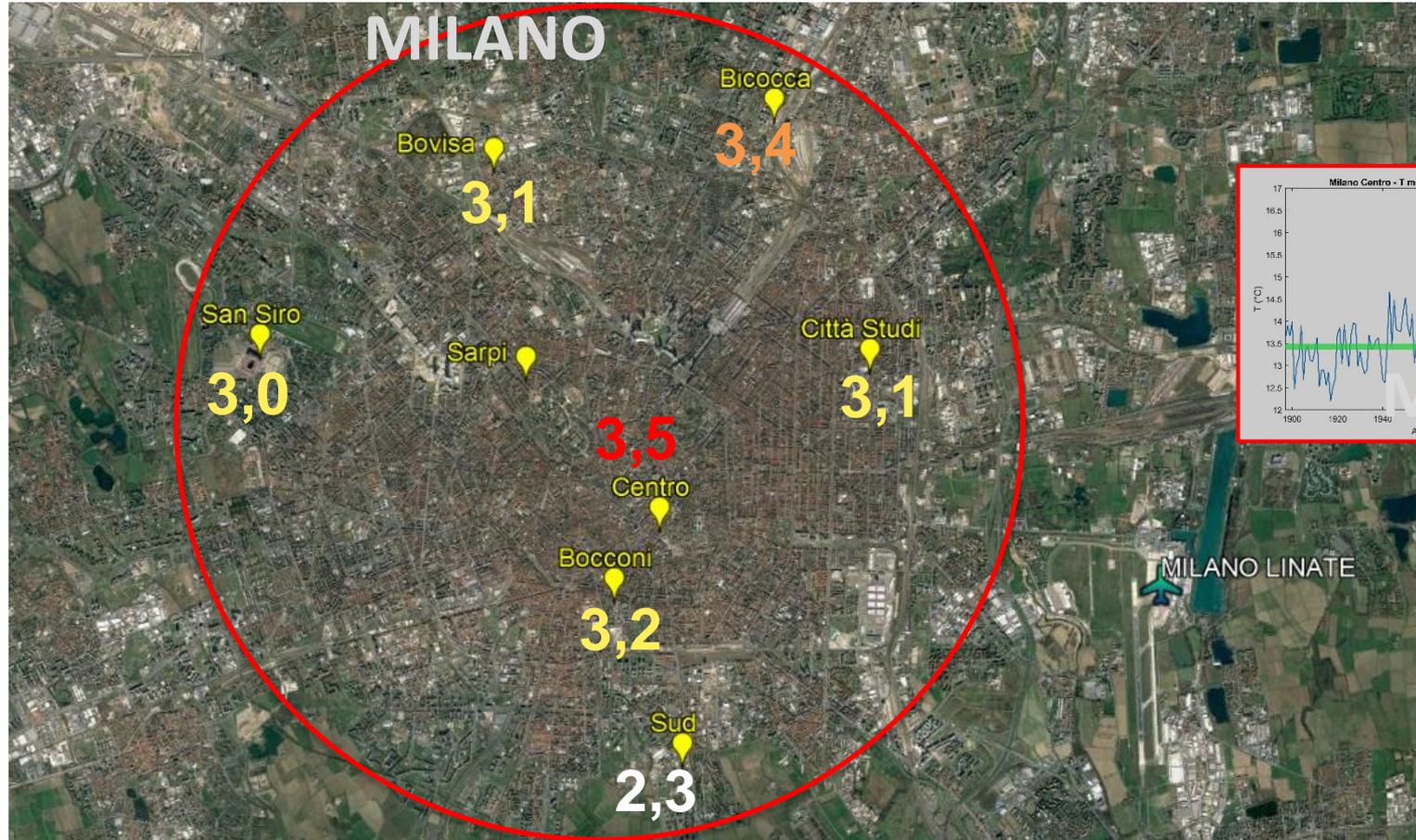
33,1°C



BENESSERE e SALUTE PUBBLICA, PIANIFICAZIONE URBANA, ENERGIA

Durata media (giorni) di una ONDATA DI CALORE

(def. di Ondata di Calore da Linea Guida WMO-WHO 2015; ref. CLINO 1961-1990)



Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

BENESSERE e SALUTE PUBBLICA, PIANIFICAZIONE URBANA, ENERGIA

Durata massima (giorni) di una ONDATA DI CALORE

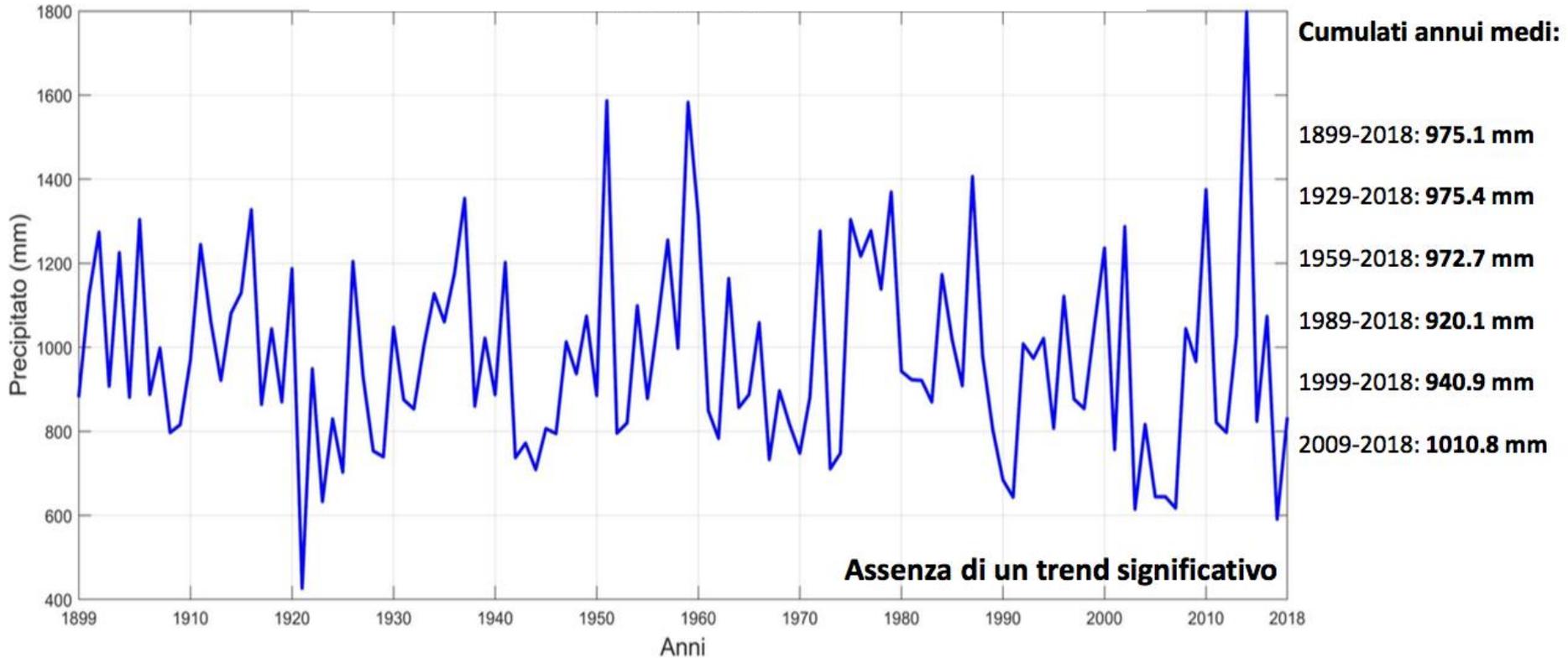
(def. di Ondata di Calore da Linea Guida WMO-WHO 2015; ref. CLINO 1961-1990)



Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

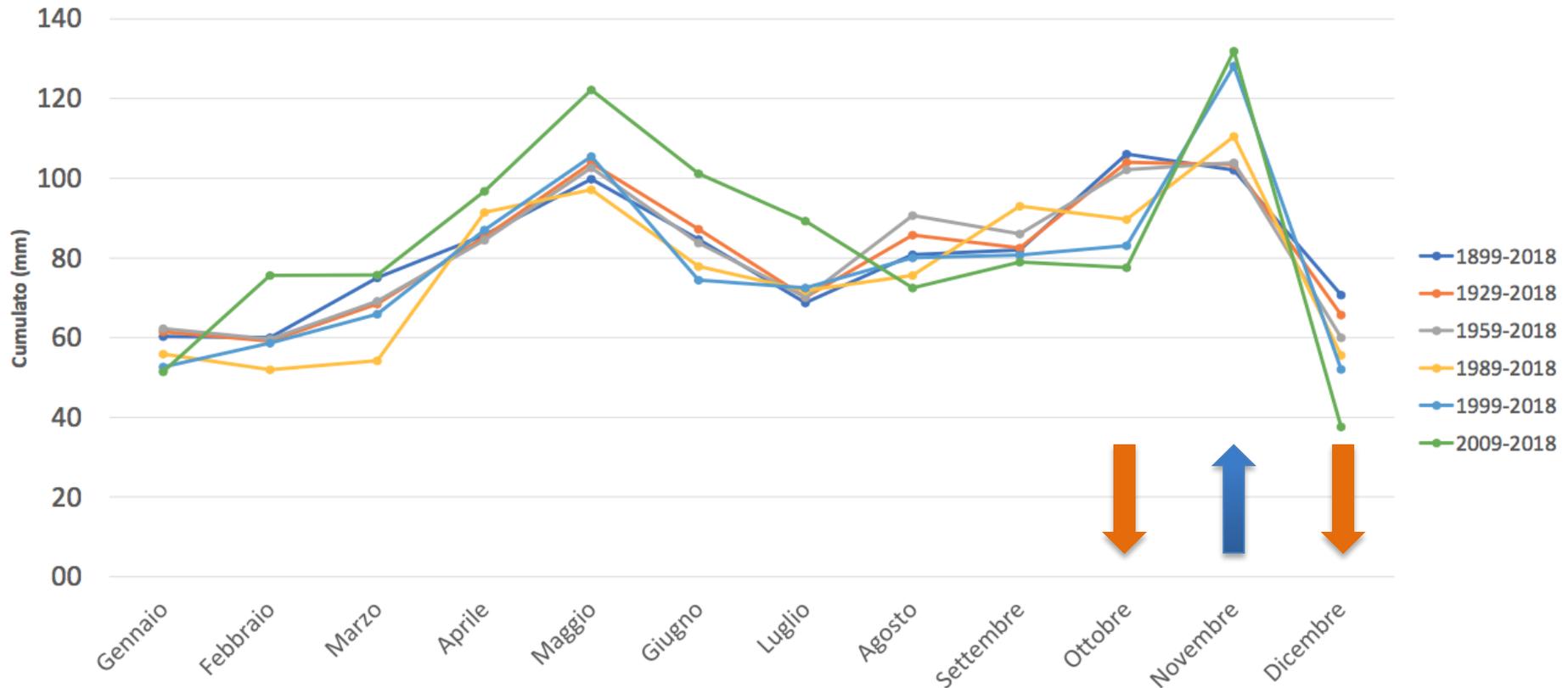
PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

Serie storica di Milano Centro: cumulato annuo



PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

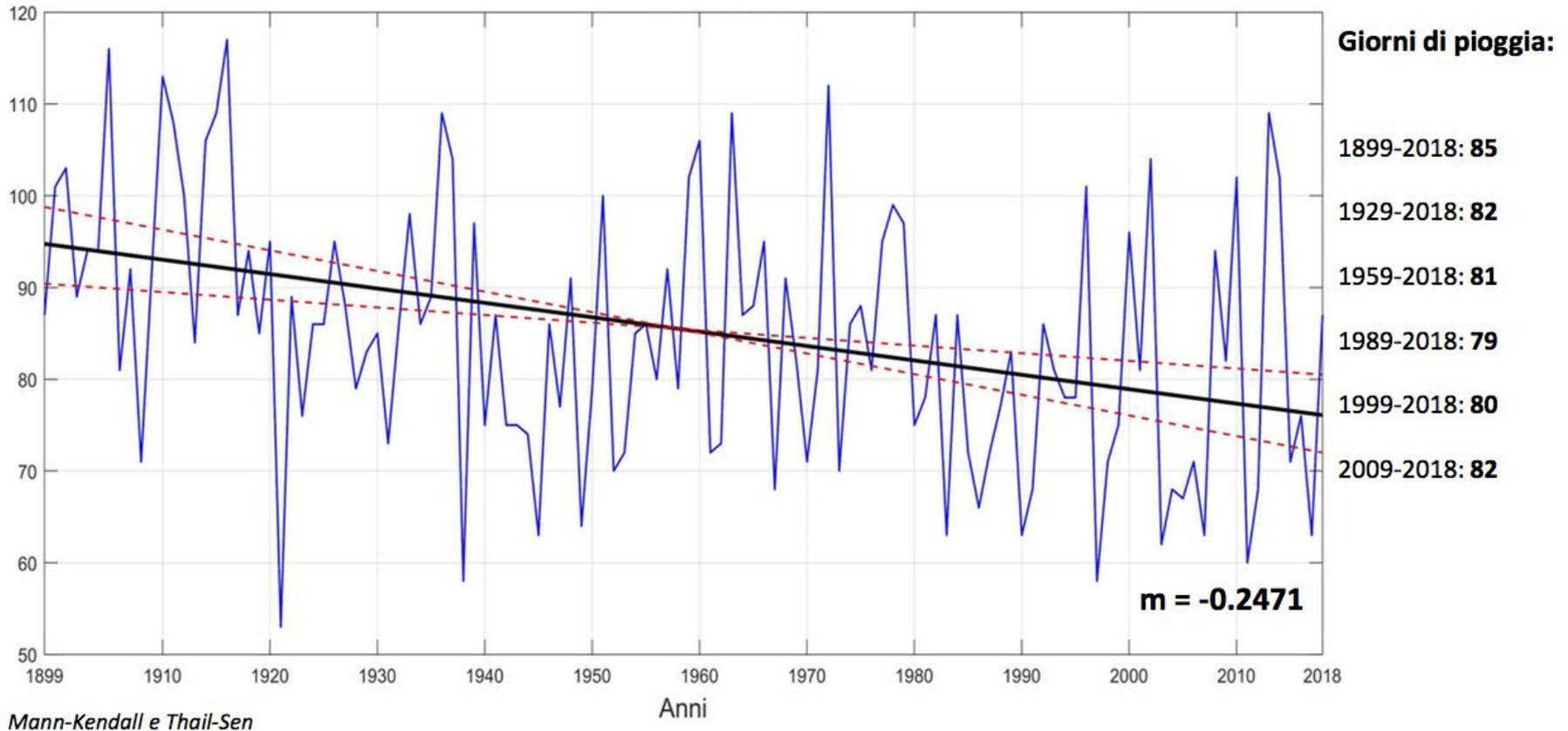
Serie storica di Milano Centro: cumulado medio mensile



Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

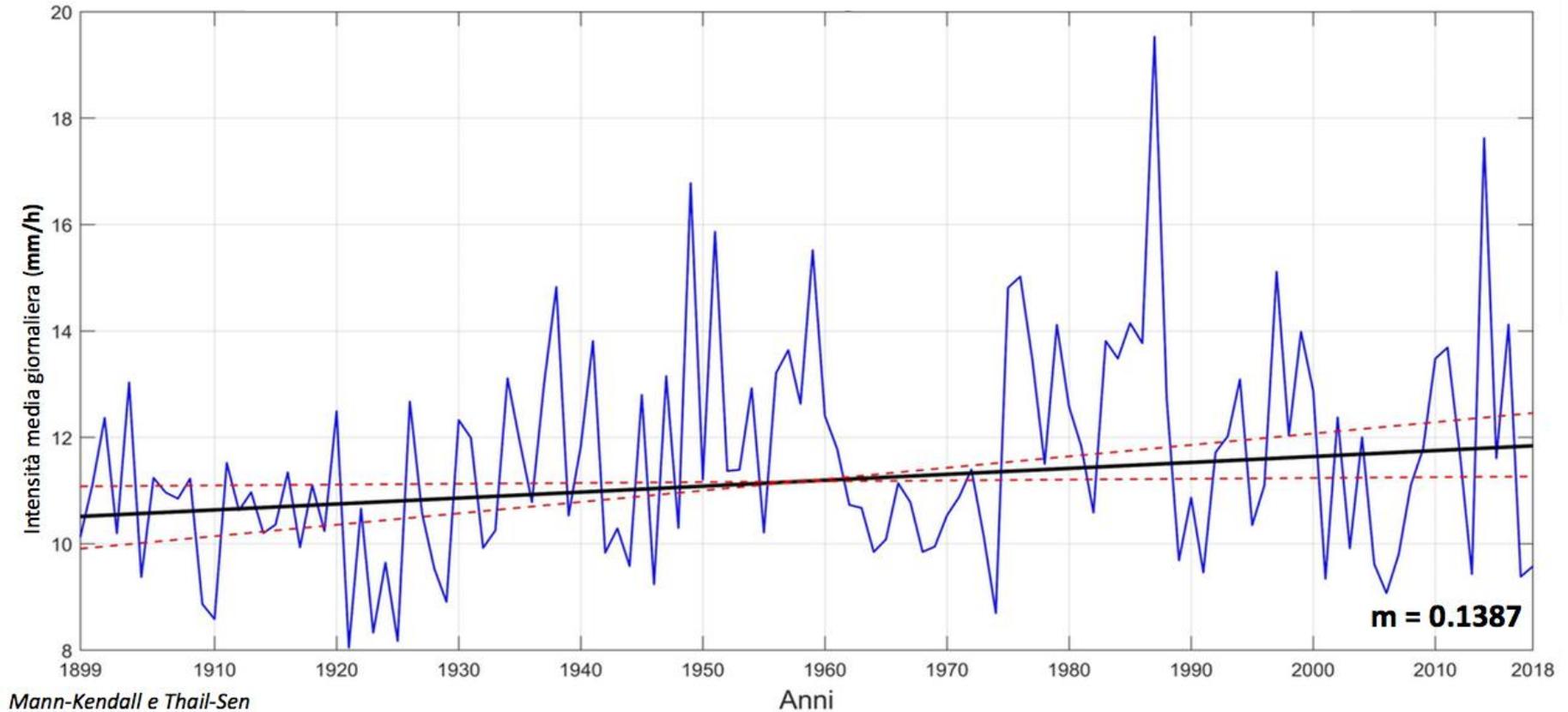
PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

Serie storica di Milano Centro: giorni di pioggia



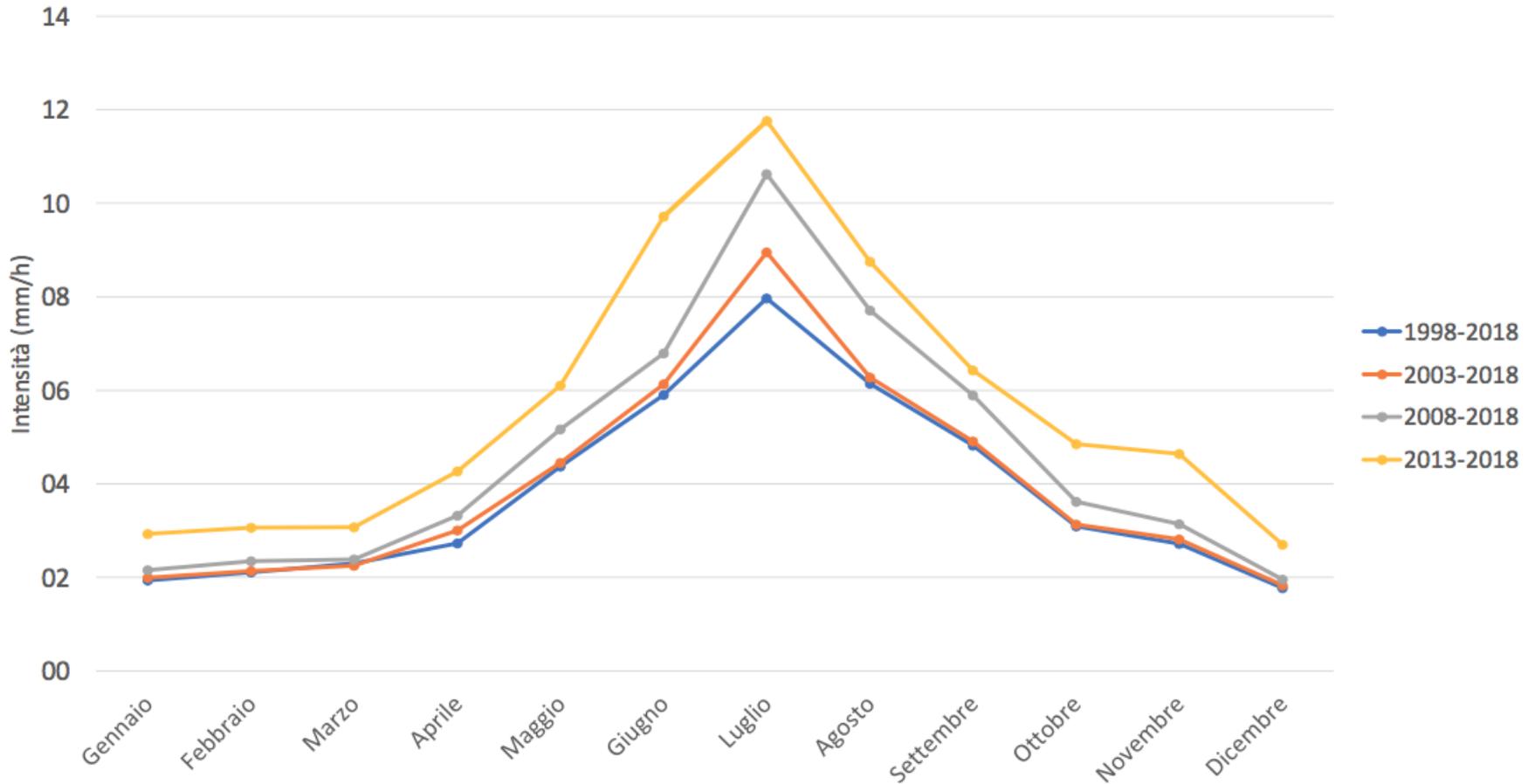
PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

Serie storica di Milano Centro: intensità media di pioggia



PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

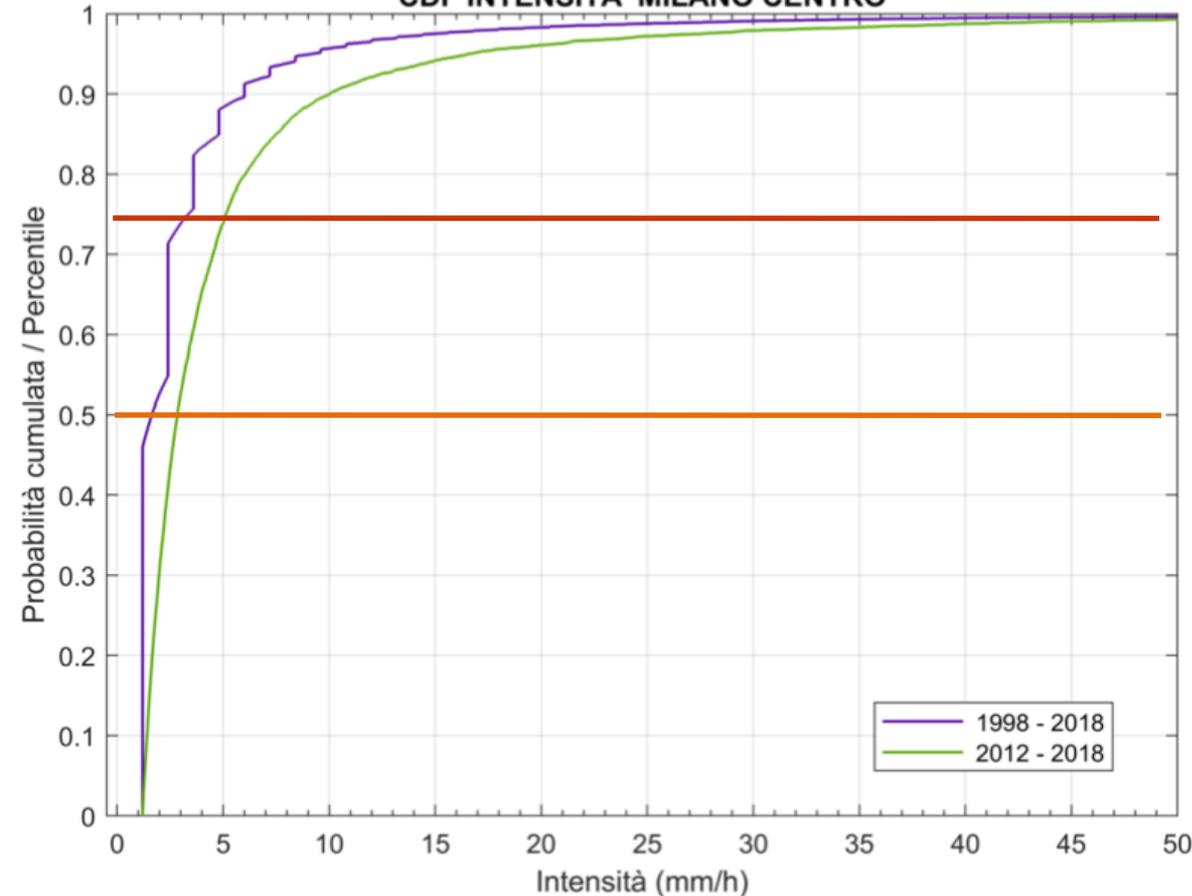
Milano Centro: confronto mensile dell'intensità di precipitazione - dati a 10 minuti



Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

CDF INTENSITA' MILANO CENTRO



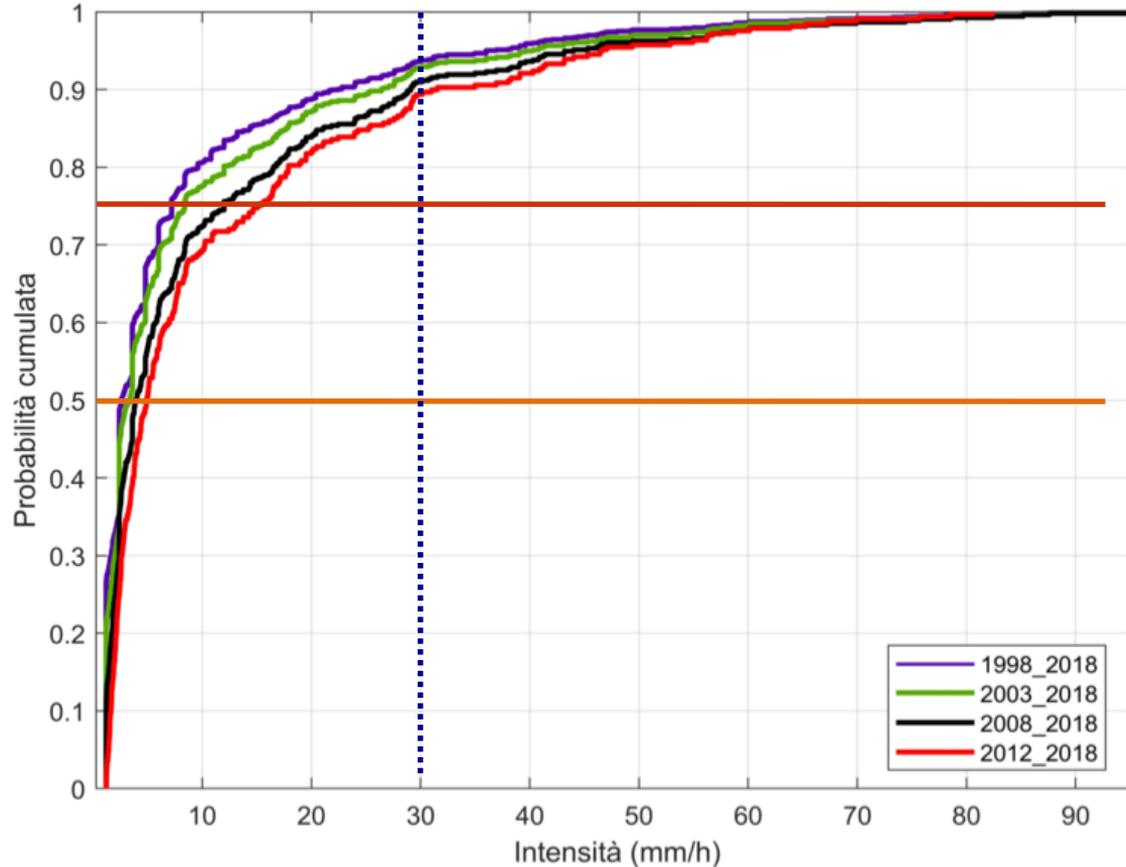
Base dati a 10 minuti

Confronto percentili:

- 50esimo**
1998-2018: 2 mm/h
2012-2018: 3,5 mm/h
- 75esimo**
1998-2018: 3,5 mm/h
2012-2018: 5,0 mm/h

PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

CDF INTENSITÀ MILANO CENTRO - LUGLIO



Base dati a 10 minuti

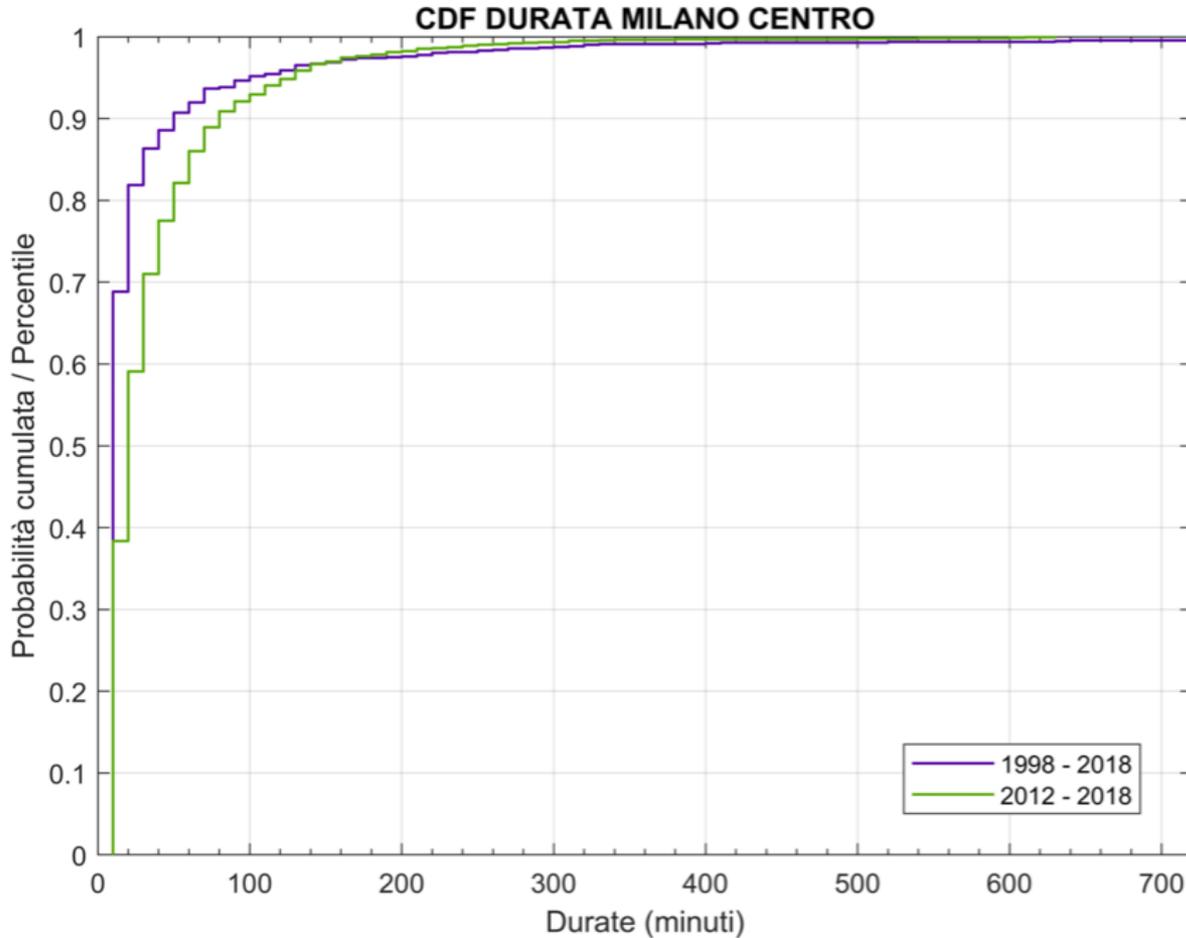
Confronto percentili:

50esimo	1998-2018: 2,6 mm/h
	2012-2018: 7,2 mm/h
75esimo	1998-2018: 4,9 mm/h
	2012-2018: 15,2 mm/h

.....
< 30 mm/h

NON "Nubifragi"
1998-2018: 93.7 %
2012-2018: 89.5 %

PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO



Confronto percentili (sotto i 140 minuti)

50esimo

1998-2018: 10 minuti
2012-2018: 20 minuti

75esimo

1998-2018: 20 minuti
2012-2018: 40 minuti

90esimo

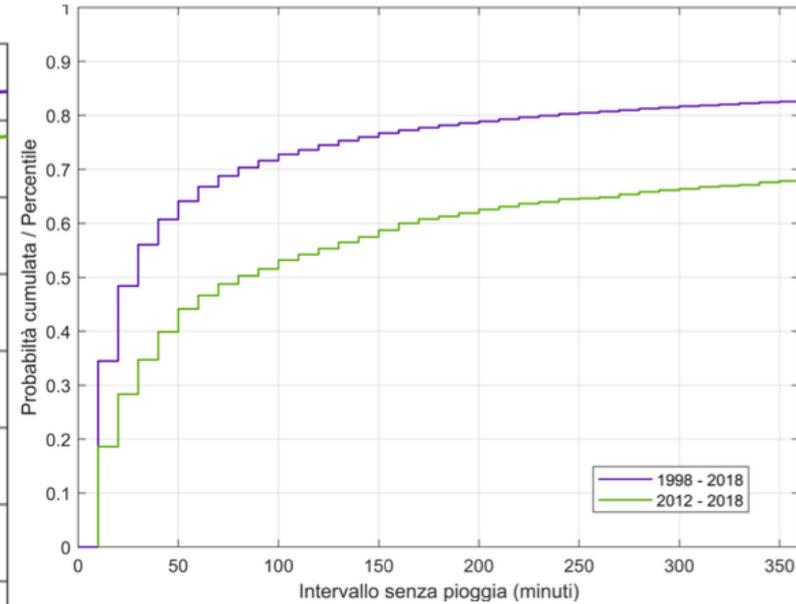
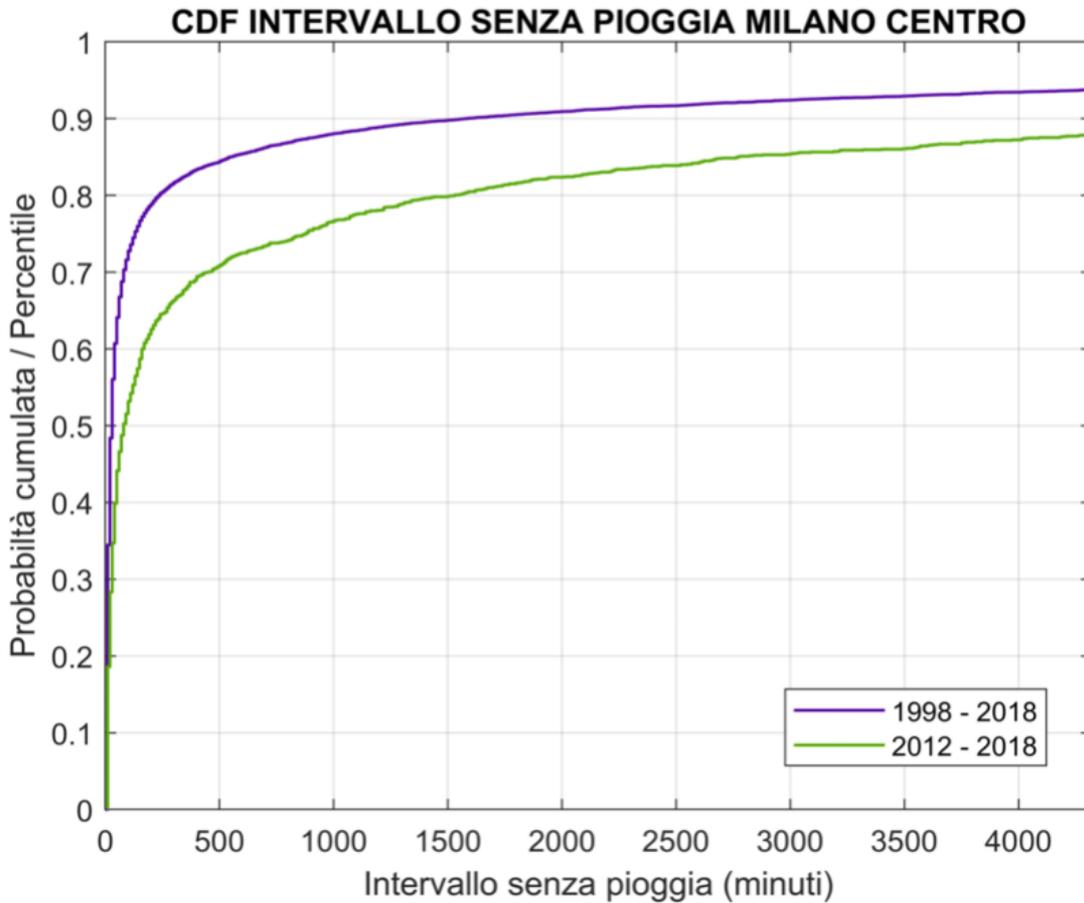
1998-2018: 45 minuti
2012-2018: 80 minuti

95esimo

1998-2018: 100 minuti
2012-2018: 120 minuti

Base dati a 10 minuti

PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO



Confronto percentili:

50esimo

1998-2018: 30 minuti

2012-2018: 75 minuti

75esimo

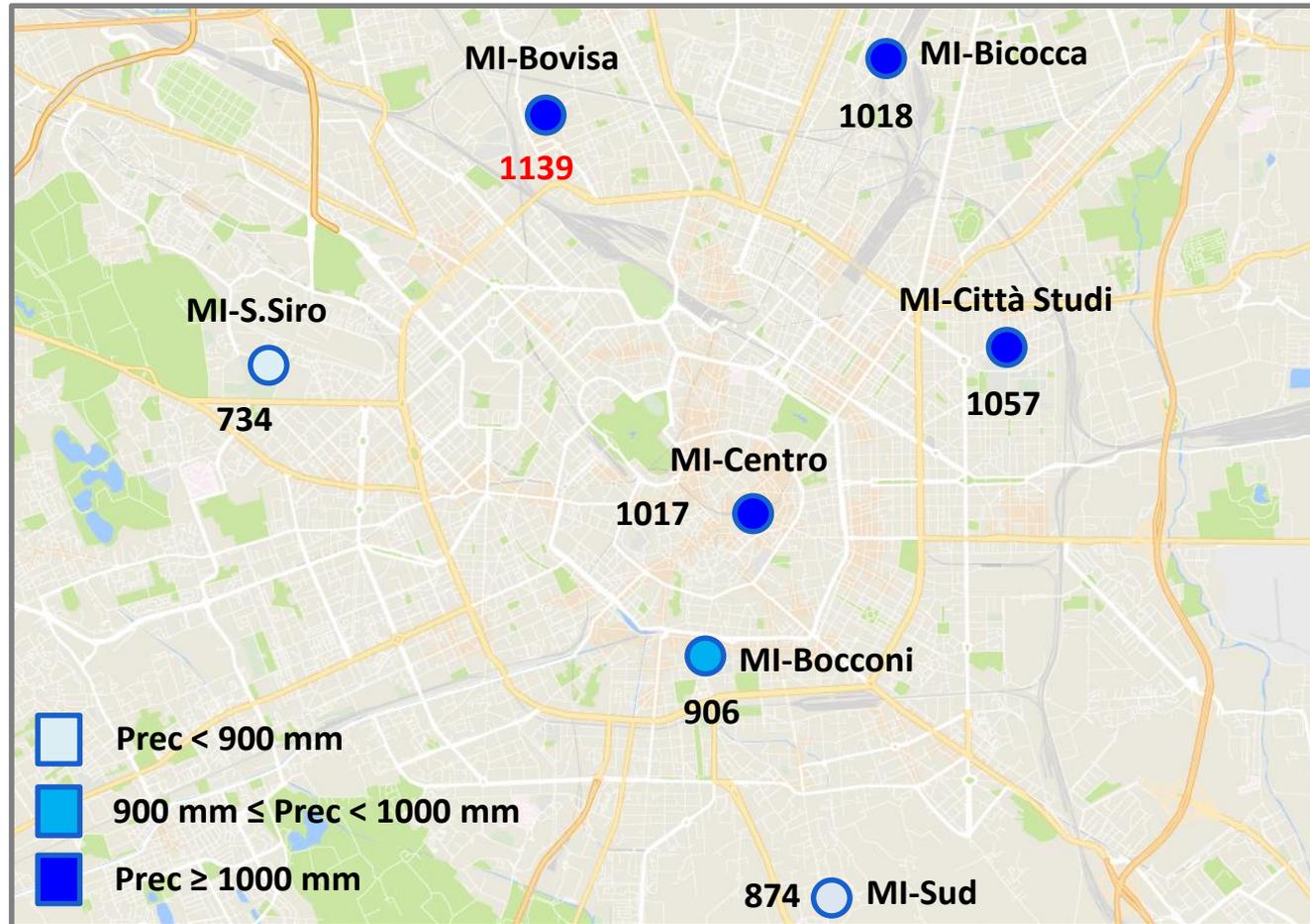
1998-2018: 125 minuti

2012-2018: 700 minuti

**Base dati
10 minuti**

PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

Precipitazioni cumulate medie annue (mm)



PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

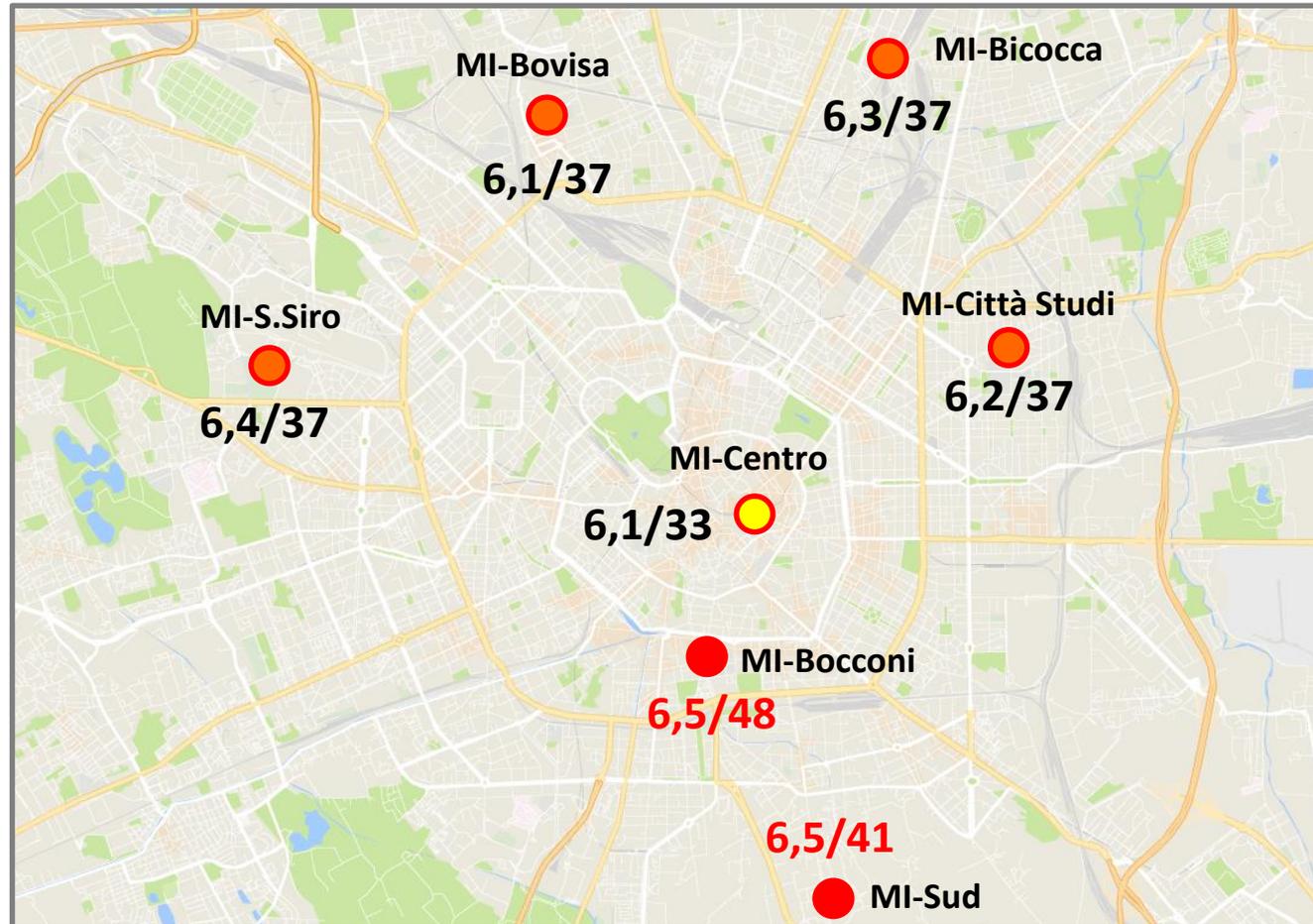
Giorni di pioggia ($\geq 1\text{mm}$) consecutivi: N° MEDIO/MAX



Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

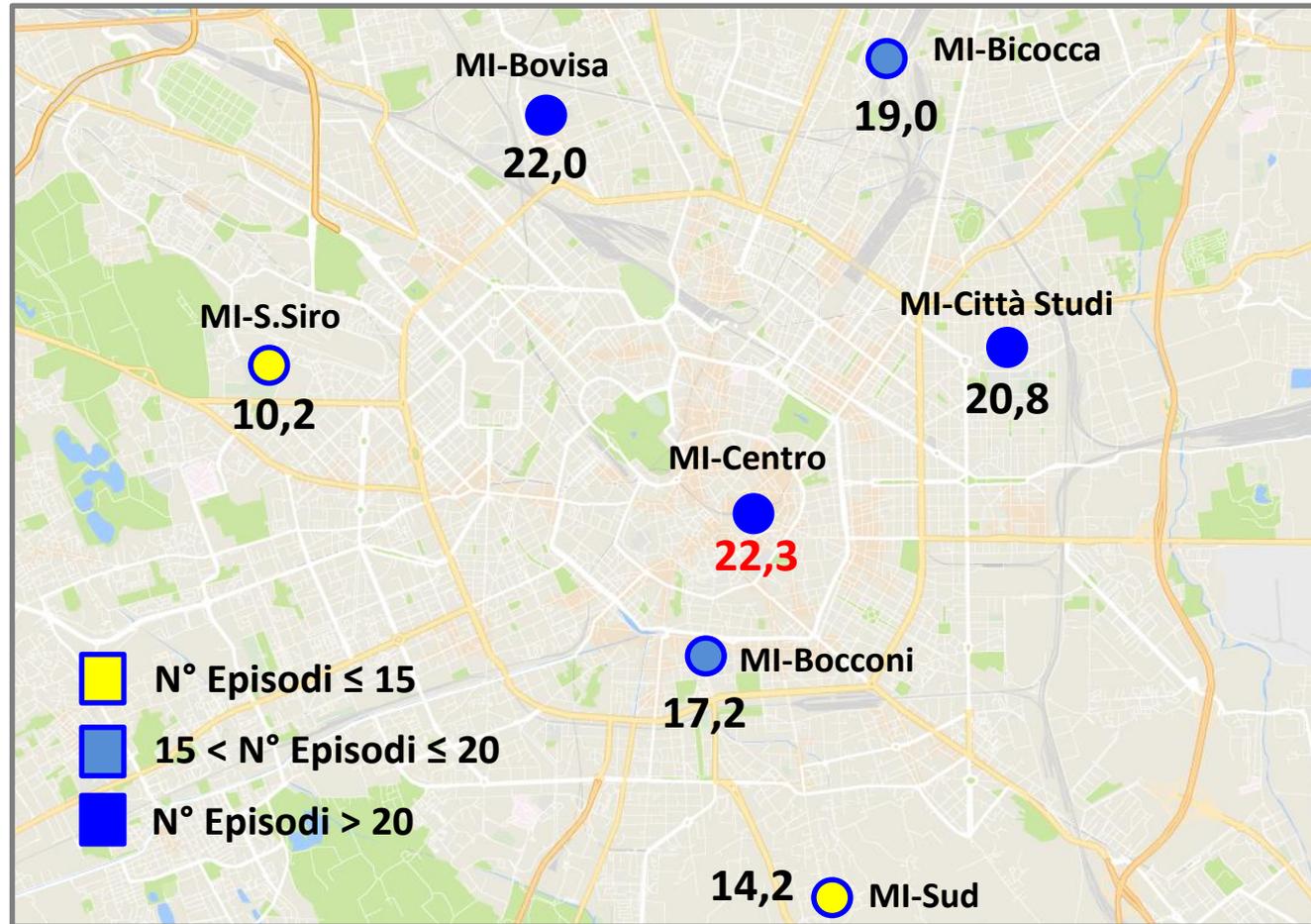
Giorni senza pioggia (< 1 mm) consecutivi: N° MEDIO/MAX



Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

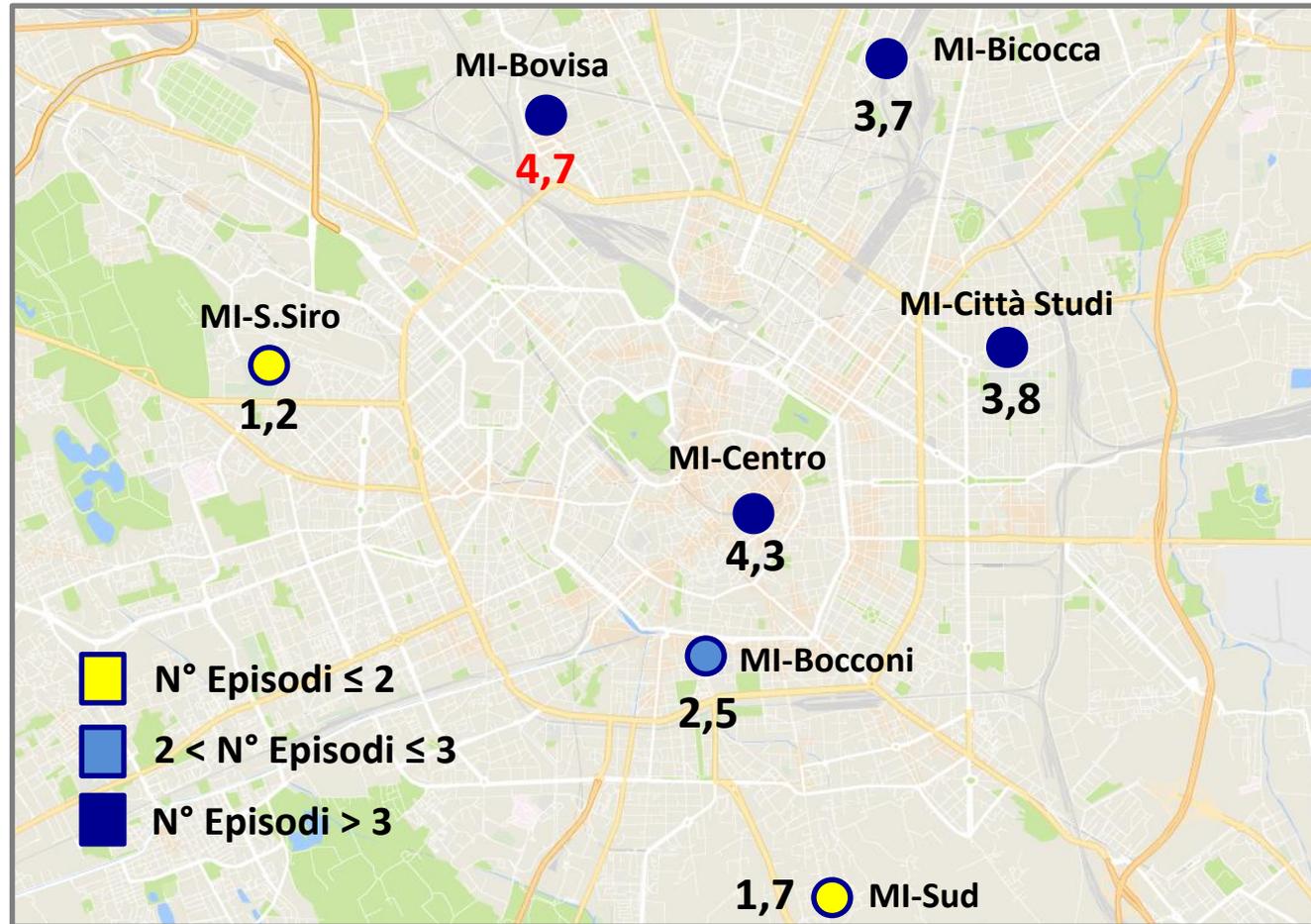
PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

N° medio/anno di episodi brevi (10 min) e intensi (≥ 5 mm)



PIANIFICAZIONE URBANA, GESTIONE RUNOFF URBANO, GESTIONE VERDE PUBBLICO

N° medio/anno di episodi brevi (30 min) e intensi (≥ 15 mm)



INDICE:

Cambiamento climatico e ambiente urbano: inquadramento generale

Il clima e gli indicatori nell'ambiente urbano

Fenomeni climatici e loro quantificazione

L'adattamento alla crisi climatica in ambiente urbano

Metodi , piattaforme che utilizzano indicatori nel campo dell'adattamento climatico e della resilienza in ambiente urbano

Gli indicatori climatici

Ambiti di applicazione in ambiente urbano

Rappresentatività spazio-temporale degli indicatori climatici

Normalizzazione

Propagazione degli errori

Il Database ClimaMi

Indicatori climatici, periodo e dettagli temporali

Stazioni e Metadati

Incertezza delle variabili fondamentali

Organizzazione logica del DB

APPENDICI

A. Glossario

B. Elenco ragionato degli indicatori

Applicazione di indicatori climatici nell'aggiornamento del Piano di Governo del Territorio di MELZO

OBIETTIVI:

Caratterizzazione del clima locale e **quantificazione del confort microclimatico dello spazio urbano**, con particolare attenzione all'Isola di Calore Urbana, all'intensità e frequenza di eventi estremi (ondate di calore)

RISULTATI:

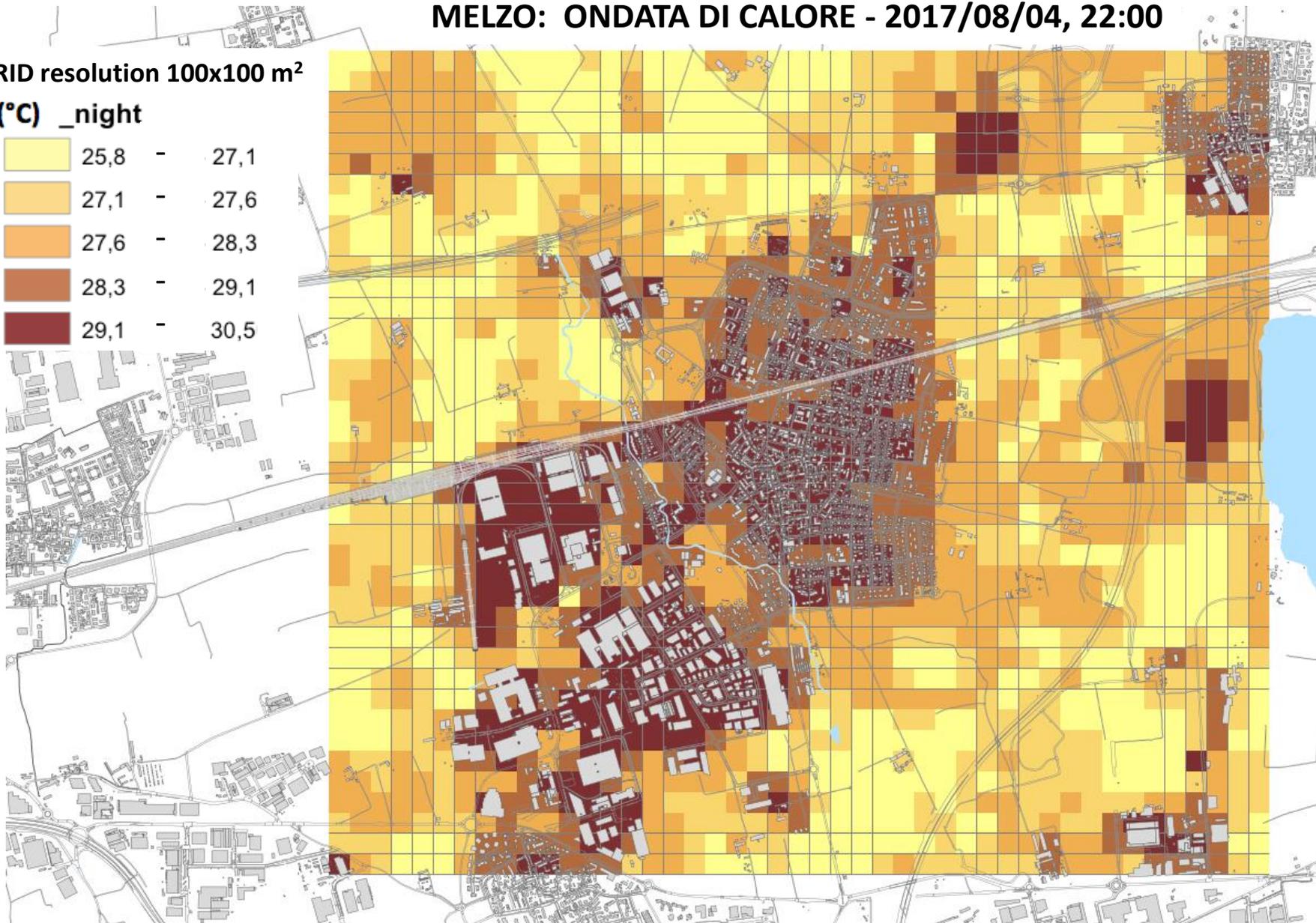
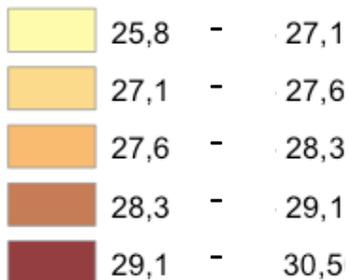
L'utilizzo di indicatori climatici locali in:

- **Valutazione Ambientale Strategica** del PGT:
 - Caratterizzazione della situazione climatica attuale (baseline)
 - Piano di Monitoraggio del PGT
- **Variante del PGT** :
 - **Valutazione di scenari alternativi d'intervento** - alcuni indicatori climatici sono stati considerati tra le variabili quantitative (sociali, economiche, logistiche, di vincolo ambientale, ecc.) che, combinate e pesate da un algoritmo multi-criteriale, hanno fornito una valutazione quantitativa di ciascuno scenario
 - Valutazione della **coerenza dei progetti d'intervento** rispetto agli obiettivi e ai criteri identificati nella fase pubblica di Partecipazione al PGT

MELZO: ONDATA DI CALORE - 2017/08/04, 22:00

GRID resolution 100x100 m²

T (°C) _night



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

>> CALL 2019 <<

scadenza 29 novembre

FUTURI SVILUPPI - proposta 2020

- L' **Atlante delle temperature su base climatica** (*AWSs + satellite data*)
- Uno sviluppo metodologico sullo **studio e la caratterizzazione delle precipitazioni**
- Alcuni **casi studio** focalizzati su progetti **a scala di edificio e quartierale**
- Seminari tecnici e **corsi di Capacity Building** per i professionisti ancora più strutturati



Comune di
Milano



ORDINE DEGLI ARCHITETTI,
PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E CONSERVATORI
DELLA PROVINCIA DI MILANO



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

Milano, conoscenze e pratiche per l'adattamento climatico

Relatore:
Cristina Lavecchia

CORSO DI AGGIORNAMENTO
PROFESSIONALE

Progetto ClimaMi:
il Database climatico e
le Linee Guida

CONTATTI:

info@progettoclimami.it

c.lavecchia@fondazioneomd.it

Evento in modalità Webinar e in aula - via San Maurilio 21, Milano

PROGETTO
CLIMAMI