

Climatologia urbana per gli ingegneri

21 SETTEMBRE 2020

Linee Guida e Database Climatico ClimaMI: struttura e utilizzo

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

DATABASE

LINEE GUIDA

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

DATABASE

LINEE GUIDA

Sostengono il progetto
e vi partecipano come
stakeholder attivi



Regione
Lombardia



Città
metropolitana
di Milano



Comune di
Milano



COMUNE DI PAVIA



CITTÀ di MELZO
Città metropolitana di Milano



CENTRO STUDI
IPM



LEGAMBIENTE
LOMBARDIA



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA E
STUDI URBANI

DIPARTIMENTO DI
ELETTRONICA,
INFORMAZIONE E
INGEGNERIA



meteonetWORK

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

ORDINE DEI DOTTORI AGRONOMI
E DEI DOTTORI FORESTALI DI MILANO
PROVINCE DI MILANO, LODI, MONZA E BRIANZA, PAVIA



RSE
Ricerca
Sistemi
Energia

STRUMENTO INFORMATIVO CLIMA URBANO

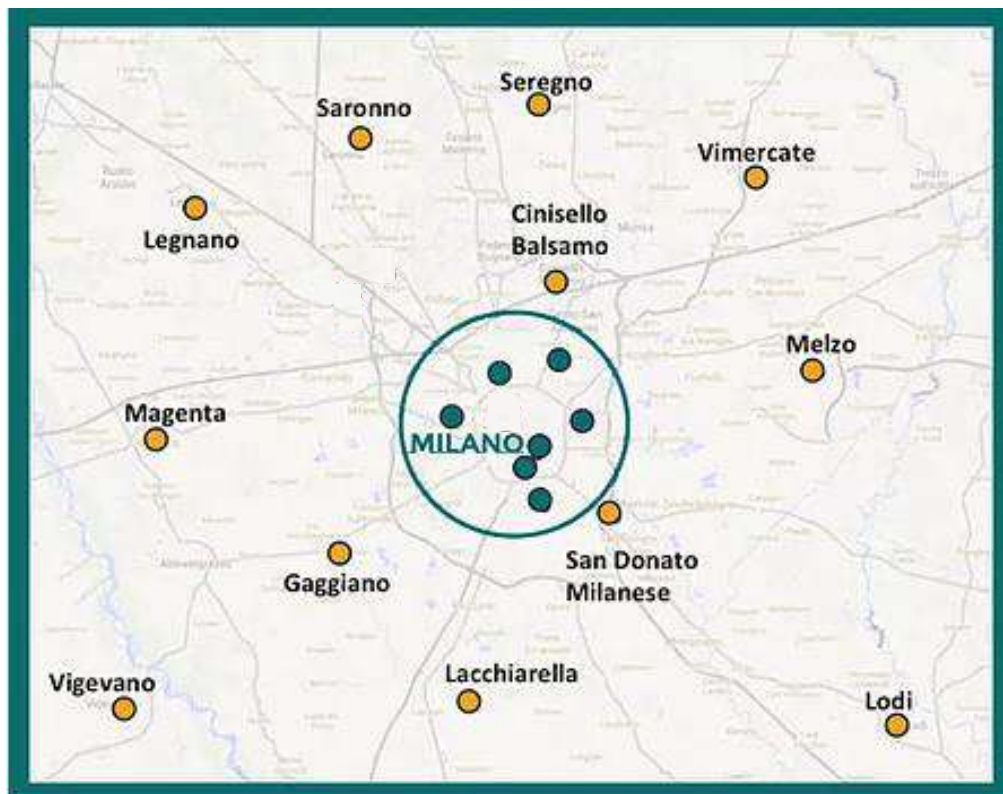
Uno **strumento operativo** di supporto alle attività di progettazione e gestione nel territorio urbano.

progettoclimami.it

RISULTATI 2019

- ❑ Il **Database Climatologico**: 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; mirano tra l'altro a **unificare i lessici tecnici di settore** relativamente alla tematica clima

Area di applicazione - anno 2019: BACINO AEROLOGICO MILANESE



● AWS in Milano

● AWS fuori Milano

PERIODO CONSIDERATO:

- 12/2012 - 11/2018 per tutte le AWS
- 2000 - 2018 per dati di fulminazione
- CLINO 1961-1990 e CLINO 1981-2010 per Milano Centro

DATI utilizzati per il DB ClimaMi:

N° 19 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

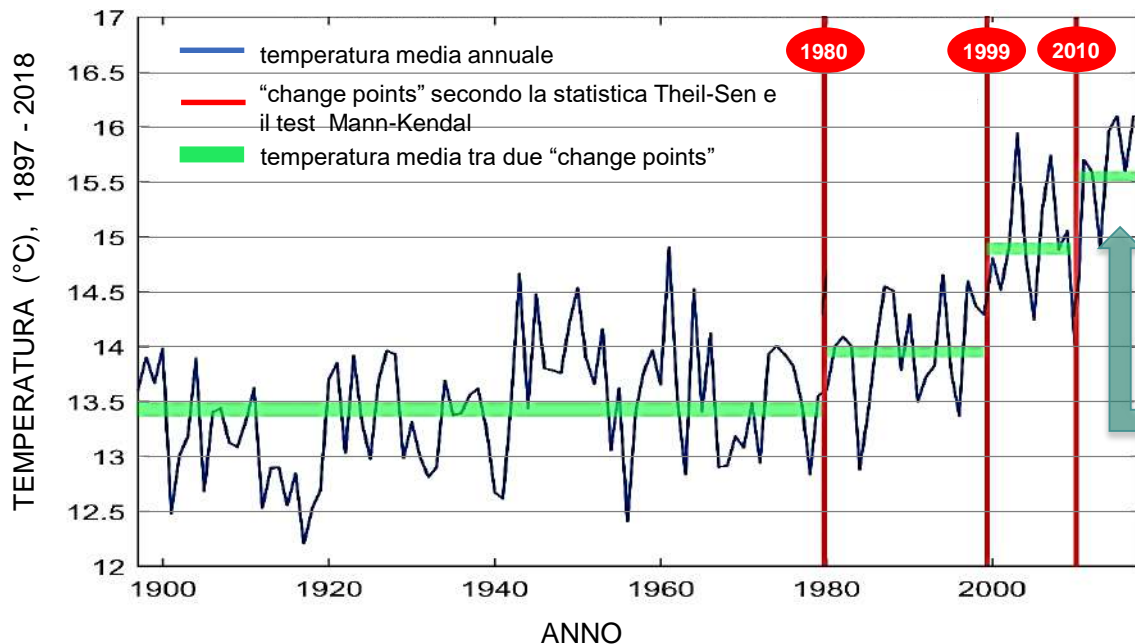
Dati di fulminazione di CESI S.p.A.

Milano Centro 1897-2018

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

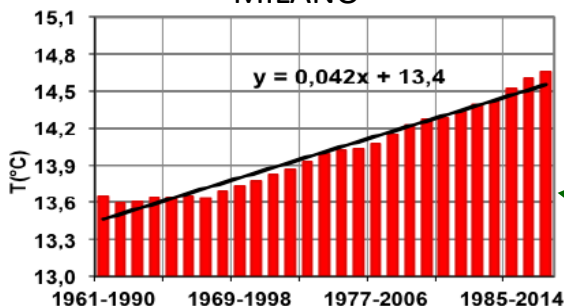


DB ClimaMi:
T media = 15,8 °C

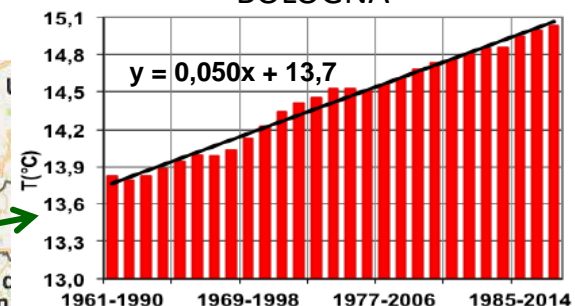
Periodo di
interesse
di ClimaMi

Serie di temperature per monitorare il clima

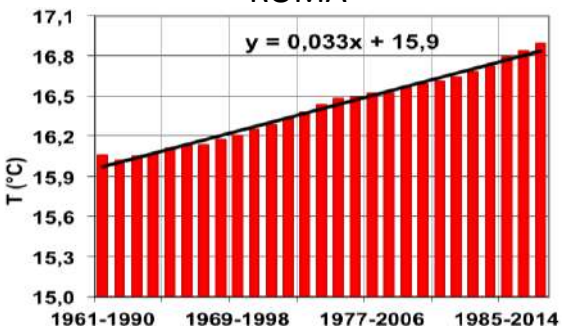
MILANO



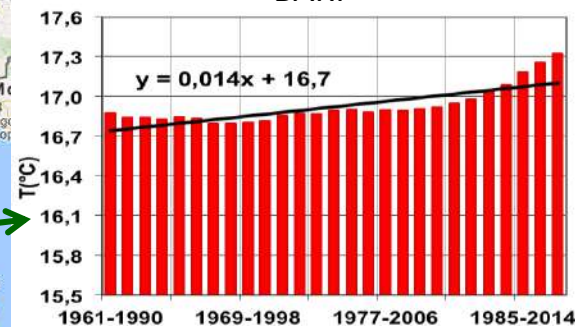
BOLOGNA



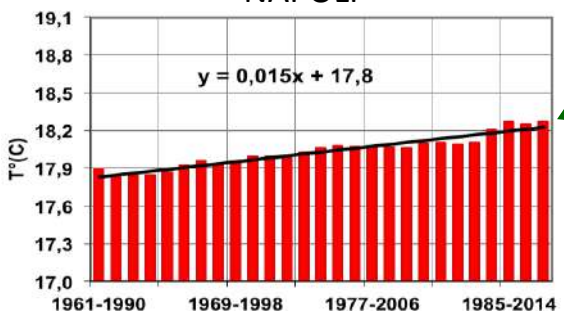
ROMA



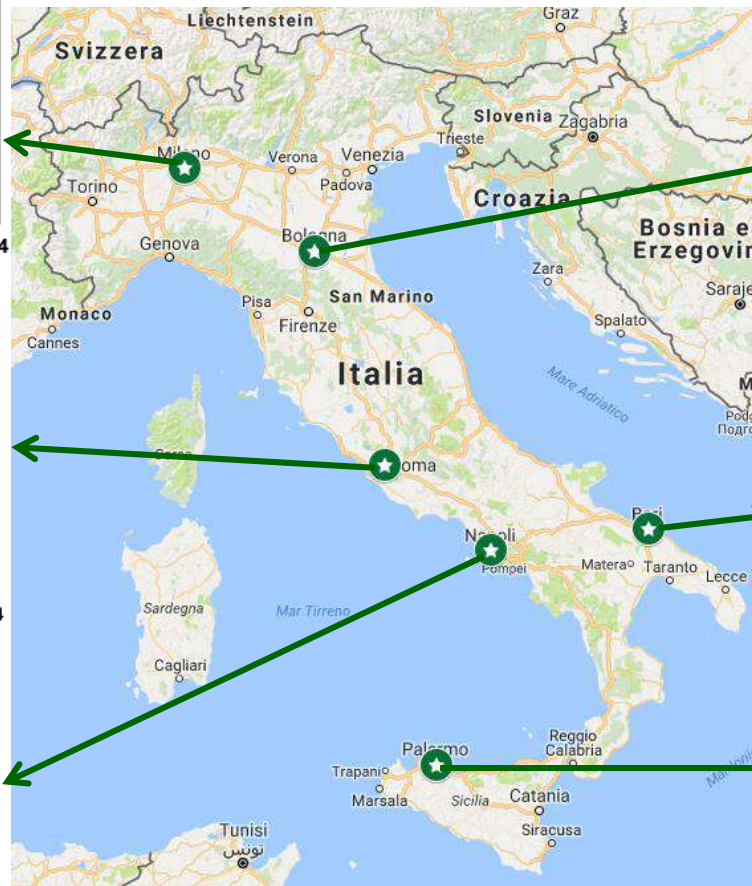
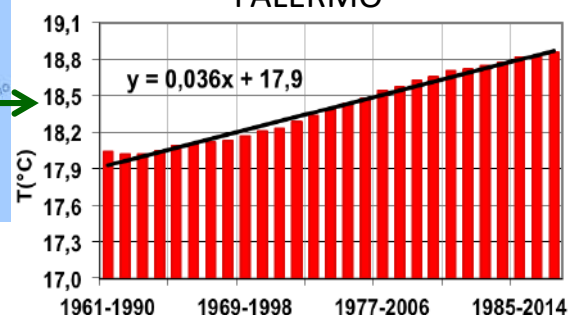
BARI



NAPOLI



PALERMO



Temperatura mobile trentennale
dal 1961-1990 al 1987-2016
(stazioni nei centri urbani)

LINEE GUIDA CLIMAMI

Un "ponte" tra la complessità della crisi climatica e la pragmatica della pratica quotidiana dei professionisti.

progettoclimami.it

SCARICA LE LINEE GUIDA IN PDF

Scarica i **singoli capitoli**:

- [Sommario e introduzione](#)
- [Cap. 1 - La crisi climatica e l'ambiente urbano](#) (a cura di FLA)
- [Cap. 2 - L'adattamento alla crisi climatica in ambiente urbano](#) (a cura di FLA)
- [Cap. 3 - Il clima e gli indicatori nell'ambiente urbano](#) (a cura di FOMD)
- [Cap. 4 - Uso degli indicatori climatici](#) (a cura di FOMD, FOIM, FOAM)
- [Cap. 5 - Il database ClimaMi](#) (a cura di FOMD)
- [Cap. 6 - Gestione degli indicatori](#) (a cura di FOMD)
- [Appendici e bibliografia](#)

LINEE GUIDA

all'utilizzo del SI-CU

Strumento Informativo **Clima Urbano**:

il Database Climatologico

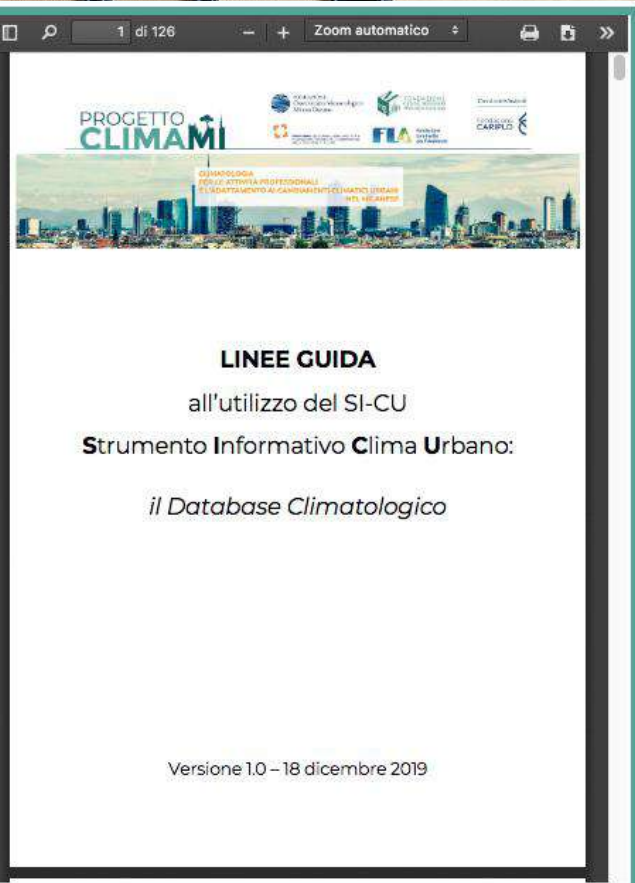
Versione 1.0 - 18 dicembre 2019

LINEE GUIDA CLIMAMI

Un "ponte" tra la complessità della crisi climatica e la pragmatica della pratica quotidiana dei professionisti.

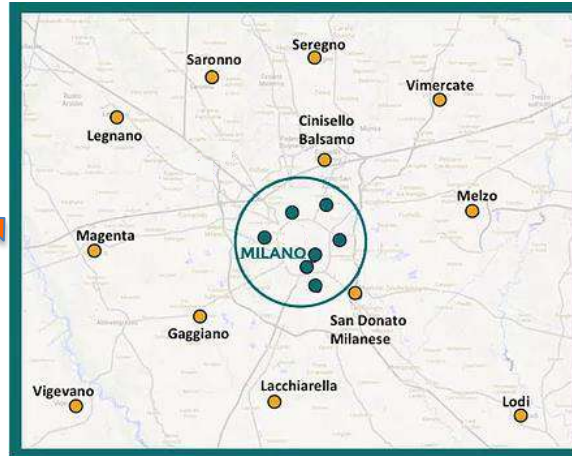
progettoclimami.it

- **APPENDICE A – GLOSSARIO**
- **APPENDICE B – TAVOLA SINOTTICA DEGLI INDICATORI ClimaMi**
- **APPENDICE C – NOTA METODOLOGICA (Metodologie di calcolo degli indicatori climatici)**



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
- Pressione
- Vento - direzione, velocità
- Radiazione solare
- Fulmini nube-terra

94
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 1981-10 (Milano Centro)

DATABASE CLIMAMI

Un set di **dati, informazioni, statistiche e indicatori climatici** utilizzati dai professionisti direttamente come input nei calcoli progettuali, nella modellistica o come supporto alle decisioni

DATABASE CLIMAMI

Login

Nome utente

Password

Login

[Password dimenticata?](#)

[Nome utente dimenticato?](#)

[Non hai un account? Registrati.](#)

Il database Climami è pubblicato sotto la licenza Creative Commons CC BY 4.0 IT



progettoclimami.it

Database ver. 1.0 – interfaccia utente

DATABASE
CLIMAMI

Logout Cambia la Password

Settori applicativi

Scelta del campo di attività

Progettazione edificio/impianto
Energia
Gestione del deflusso meteorico
Pianificazione territoriale
Gestione del verde pubblico
Salute e benessere

Invia

Il database ClimaMI è pubblicato sotto la licenza Creative Commons CC BY 4.0 IT

CC BY

Database ver. 1.0 – interfaccia utente

DATABASE CLIMAMI

Logout Cambia la Password

Settori applicativi > Stazioni

Campo di attività:
Progettazione edificio/impianto

Scelta delle stazioni di interesse

- Cinisello Balsamo
- Gaggiano
- Lacchiarella
- Legnano
- Lodi
- Magenta
- Melzo
- Milano Bicocca
- Milano Bocconi
- Milano Bovisa**
- Milano Centro**
- Milano Centro - Clino 1961-1990
- Milano Centro - Clino 1981-2010
- Milano Città Studi**
- Milano San Siro
- Milano Sud
- San Donato Milanese
- Saronno
- Seregno
- Vigevano
- Vimercate

Invia

Reimposta la selezione

Settori applicativi > Stazioni > Variabili fondamentali

Campo di attività:

Progettazione edificio/impianto

Stazioni di interesse:

Milano Bovisa, Milano Centro, Milano Città Studi

Scelta delle variabili fondamentali

- Temperatura dell'aria
- Umidità relativa
- Precipitazioni**
- Vento
- Radiazione solare
- Fulmini

Invia

Reimposta la selezione

Il database ClimaMI è pubblicato sotto la licenza Creative Commons CC BY 4.0 IT



Settori applicativi > Stazioni > Variabili fondamentali > Dettaglio temporale

Campo di attività scelto:

Progettazione edificio/impianto

Stazioni di interesse:

Milano Bovisa, Milano Centro, Milano Città Studi

Variabili fondamentali:

Temperatura dell'aria, Precipitazioni, Vento, Radiazione solare

Scelta dei dettagli temporali

Decadale
Mensile
Stagionale
Stagione termica invernale
Stagione termica estiva
Annuale

Invia

Reimposta la selezione

[Settori applicativi](#) > [Stazioni](#) > [Variabili fondamentali](#) > [Dettaglio temporale](#) > [Indicatori climatici](#)

Campo di attività scelto:

Progettazione edificio/impianto

Stazioni di interesse:

Milano Bovisa, Milano Centro, Milano Città Studi

Variabili fondamentali:

Temperatura dell'aria, Precipitazioni, Vento, Radiazione solare

Dettagli temporali:

Mensile, Stagionale, Stagione termica invernale, Stagione termica estiva, Annuale

Scelta degli indicatori climatici di interesse

- Temperatura media (°C)
- Temperatura massima assoluta (°C)**
- Temperatura minima assoluta (°C)**
- Temperatura media della massime giornaliere (°C)
- Temperatura media delle minime giornaliere (°C)
- Giorno Medio temperatura oraria (°C)
- Gradi Giorno Invernali (°C) - totale medio**
- Gradi Giorno Estivi (°C) - totale medio**
- Giorno con Temperatura massima > 34,7°C, Temperatura minima > 24,1°C (rif CLINO 81-10) - N° medio giorni
- Giorni con Temperatura massima > 34,7°C, Temperatura minima > 24,1°C (rif CLINO 81-10) consecutivi - N° massimo assoluto
- Giorni con Temperatura massima > 34,7°C, Temperatura minima > 24,1°C (rif CLINO 81-10) consecutivi - N° medio
- Ondata di Calore [giorno con Tmax > 34,7°C, Tmin > 24,1°C per almeno 2gg consecutivi - rif CLINO 81-10] - distribuzione frequenza media

Invia

[Settori applicativi](#) > [Stazioni](#) > [Variabili fondamentali](#) > [Dettaglio temporale](#) > [Indicatori climatici](#) > [Riepilogo](#)

Campo di attività scelto:

Progettazione edificio/impianto

Stazioni di interesse:

Milano Bovisa, Milano Centro, Milano Città Studi

Variabili fondamentali:

Temperatura dell'aria, Precipitazioni, Vento, Radiazione solare

Dettagli temporali:

Mensile, Stagionale, Stagione termica invernale, Stagione termica estiva, Annuale

Indicatori climatici:

- *Temperatura massima assoluta (°C)*
- *Temperatura minima assoluta (°C)*
- *Gradi Giorno Invernali (°C) - totale medio*
- *Gradi Giorno Estivi (°C) - totale medio*
- *Giorni senza pioggia consecutivi (Precipitazioni < 1 mm) - N° massimo assoluto*
- *Eventi con raffica > 20 m/s su 10 minuti - N° medio di accadimenti*
- *Giorno Medio radiazione solare globale oraria (W/m2)*

I dati sono stati inviati all'indirizzo e-mail richiesto.

Tra breve riceverà i dati in allegato ad un messaggio proveniente da 'sistemi@fondazioneomd.it'.

In caso non dovesse ricevere il messaggio, verifichi nello 'spam'.



lunedì 14/09/2020 16:04

sistemi@fondazioneomd.it

Invio da DB ClimaMI

A s.pilati@fondazioneomd.it

Le interruzioni di riga in eccesso sono state rimosse dal messaggio.

Messaggio 20200914_160359_65c299e7_Dati.zip (16 KB)

Questo messaggio, generato automaticamente, contiene i risultati della Sua interrogazione al Database del progetto ClimaMI.

località

data e ora della richiesta

variabile
fondamentale

dettaglio
temporale

- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Biometeoclimatologia_DatiStagionaliEstivi.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Metadata.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Precipitazione_DatiAnnuali.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiAnnuali.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiMensili.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiStagionali.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiStagionaliInvernali.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Vento_DatiAnnuali.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Vento_DatiMensili.csv
- Milano_Bovisa_20200914_160359_65c299e7_Vento_DatiStagionali.csv
- Milano_Centro_20200914_160359_65c299e7_Biometeoclimatologia_DatiStagionaliEstivi.csv
- Milano_Centro_20200914_160359_65c299e7_Metadata.csv

Se si chiedono più indicatori inerenti ad una stessa variabile:

- vengono messi nello **stesso file** se hanno lo **stesso dettaglio temporale**
- vengono messi **su file diversi** se hanno **dettagli temporali differenti**

Esempio:

se si chiede la temperatura massima e minima sia mensile sia annuale, si otterranno due file:

- uno col suffisso *Temperatura_DatiAnnuali*
- uno col suffisso *Temperatura_DatiMensili*

- 914_160359_65c299e7_Precipitazione_DatiAnnuali.csv
- 914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiAnnuali.csv
- 914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiMensili.csv
- 914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiStagionali.csv
- 914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiStagionaliInvernali.csv
- 914_160359_65c299e7_Vento_DatiAnnuali.csv
- 914_160359_65c299e7_Vento_DatiMensili.csv
- 914_160359_65c299e7_Vento_DatiStagionali.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Biometeoclimatologia_DatiStagionaliEstivi.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Metadata.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Precipitazione_DatiAnnuali.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Radiazione_GiornoMedio.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiAnnuali.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiMensili.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiStagionali.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Temperatura_DatiStagionaliInvernali.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Vento_DatiAnnuali.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Vento_DatiMensili.csv
- 20200914_160359_65c299e7_Vento_DatiStagionali.csv

Tabella dei metadati della stazione 'Milano_Città_Studi'

Grandezza;Valore

Installazione o Inizio misure o disponibilità dati della stazione;10/03/2011

Altitudine s.l.m (m) dei sensori (stazione compatta): da GEPro 2019; 145,60

Latitudine WGS84 (GPS + foto deg); 45,479995

Longitudine WGS84 (GPS + foto deg); 9,229652

Distanza da MI Centro (km) calcolata;3,5

Uso del suolo circostante (Land use da Urban Atlas 2012);11.1/14.1

Local Climate Zone (LCZ da WUDAPT-Geopedia);3

Classificazione WMO-CIMO Guide ed. 2018 per i sensori Temperatura e Umidità;5

Classificazione WMO-CIMO Guide ed. 2018 per il sensore Vento;4s

Classificazione WMO-CIMO Guide ed. 2018 per il sensore Precipitazione;1

Classificazione WMO-CIMO Guide ed. 2018 per il sensore Radiazione (se presente);1

Albedo della superficie piana orizzontale sottostante;0,17

H (m) Altitudine s.l.m. del suolo circostante (piano strada): da GEPro 2019;117

h (m) Elevazione dei sensori dalla superficie di appoggio della stazione: da GEPro 2019;2,6

B (m) Altitudine s.l.m. della superficie piana orizzontale sottostante: da GEPro 2019;143

D1(m) - Distanza dalla parete verticale sotto- o sovrastante più vicina (A);5

D2 (m) - Distanza dalla parete verticale sotto- o sovrastante (B);9

S1 (m) - Altezza della parete verticale sotto- o sovrastante (A);25

dir S1 - Orientazione della parete verticale sotto- o sovrastante (A);N

S2 (m) - Altezza della parete verticale sotto- o sovrastante (B);25

dir S2 - Orientazione della parete verticale sotto- o sovrastante (B);S

Incertezza del termometro della WXT520 (°C);0,2

Stima dell'incertezza aggiuntiva dovuta alla misura in area ambiente (°C);0,6

Primaria: WXT520;si

Termometro ridondato (termistore);si

Aggiuntiva: radiometro;si

Pluviometro a bascula ausiliario;no



SETTORE DI ATTIVITÀ:

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

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

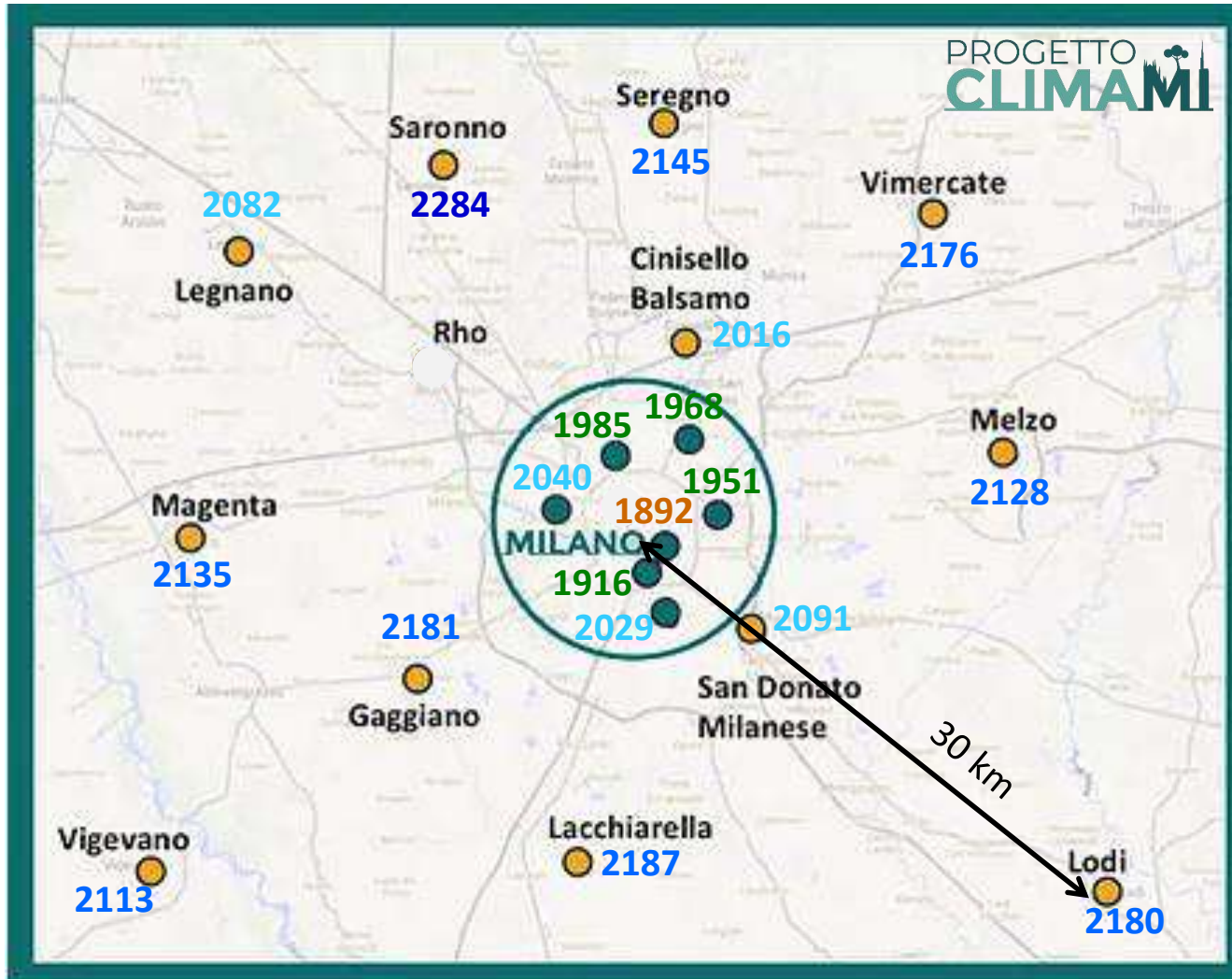
EFFICIENTI e RISCALDATI
Contratto tipo servizio energia

versione BASE
versione PLUS

in collaborazione con:

Logo of Camera di Commercio Milano, AGESI, and other partners.

<https://www.milomb.camcom.it/contratti-tipo>



- T media
- T max assoluta
- T media delle massime
- T min assoluta
- ...
- T escursione giornaliera
MEDIA e MASSIMA
- ...
- GRADI GIORNO INVERNALI
- GRADI GIORNO ESTIVI
- ...
- T Giorno Medio orario

GRADI GIORNO (DPR 412/93)
valore medio **STAGIONE TERMICA INVERNALE**

**➔ DPR 412/93: 2404 GG per
Milano e comuni limitrofi**

SETTORE DI ATTIVITÀ:

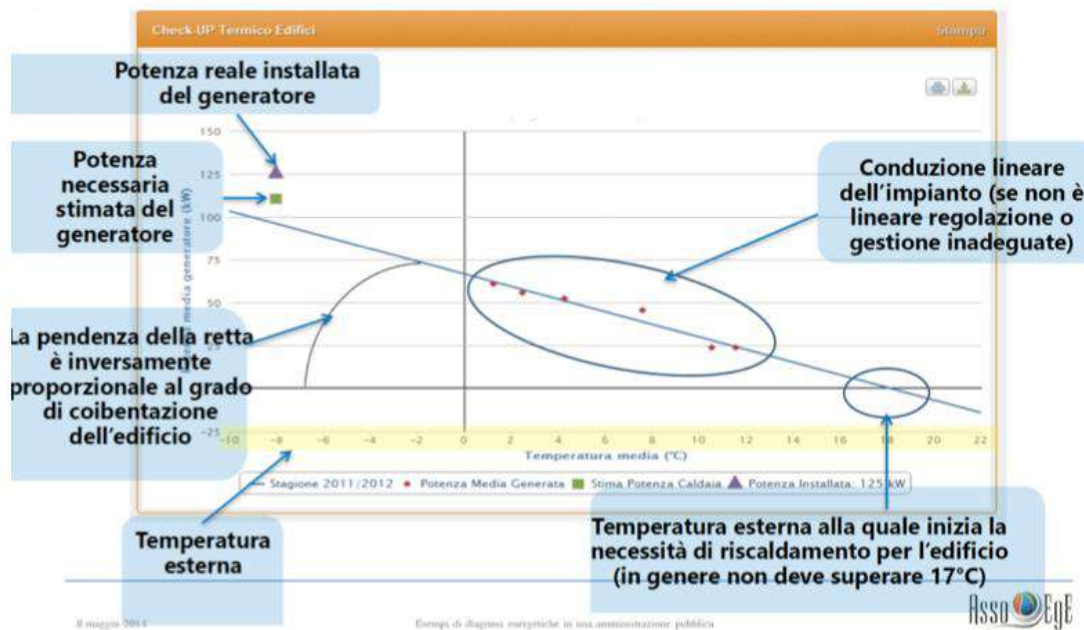
- Energia
- Progettazione edificio-impianto
- Pianificazione urbana
- Gestione runoff urbano
- Gestione del verde pubblico
- Salute e benessere pubblici

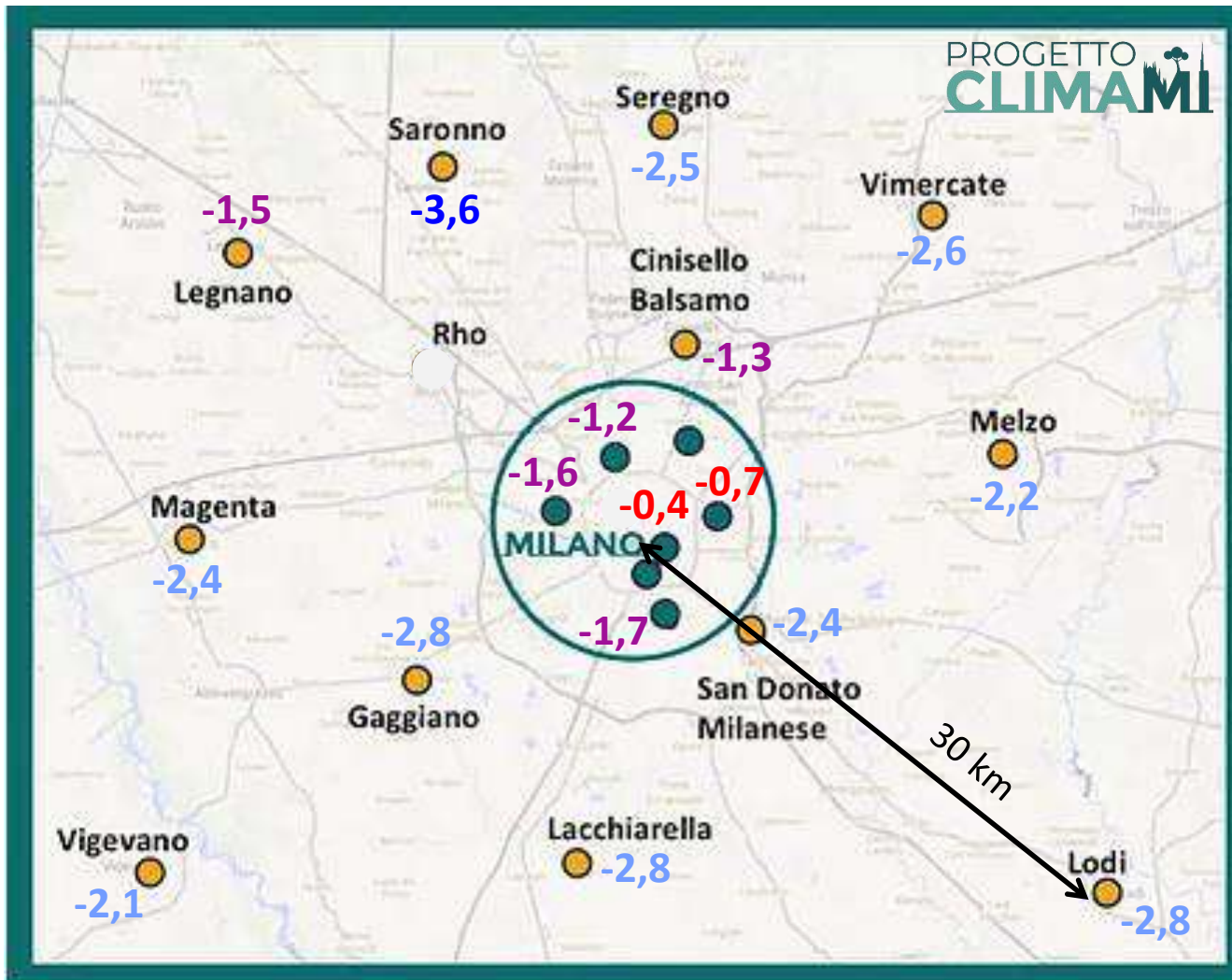
L'analisi delle condizioni climatiche locali è indispensabile per:

- ✓ minimizzare il consumo energetico dell'edificio
- ✓ massimizzare le condizioni di benessere dei suoi occupanti
- ✓ massimizzare la qualità microclimatica dello spazio pubblico esterno

- Dimensionamento e scelta degli impianti di climatizzazione
- Dimensionamento e materiali dell'involucro
- Processi di diagnosi, monitoraggio e ottimizzazione delle prestazioni energetiche

POTENZA TERMICA EDIFICIO (PTE)





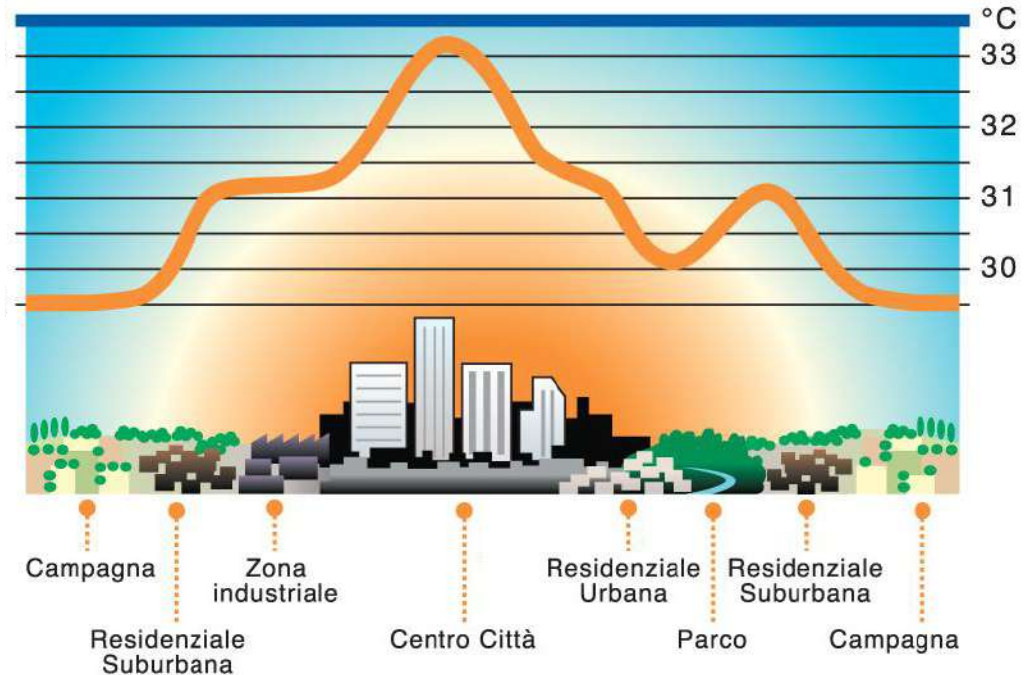
- T giorno medio h
- PREC giorno medio h
- RadSol giorno medio h
- ...
- T esterna invernale di progetto ED. LEGGERI**
- T esterna invernale di progetto ED. PESANTI
- T esterna estiva di progetto
- T escursione giornaliera MEDIA e MASSIMA
- ...
- Rosa dei Venti - 16 settori

TEMPERATURA ESTERNA INVERNALE DI PROGETTO edifici leggeri

SETTORE DI ATTIVITÀ:

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

- Eventi estremi: **ONDATE DI CALORE**
- **Benessere e confort** termoigrometrico OUTDOOR



WMO:

GIORNO DI CALURA = giornata in cui **temperatura massima diurna** $> 30^{\circ}\text{C}$

NOTTE TROPICALE = giornata in cui **temperatura minima notturna** $> 20^{\circ}\text{C}$

Fonte: World Meteorological Organization, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071

WMO-WHO:

ONDATA DI CALORE (HW) = episodio in cui **temperature estreme diurne e notturne** sono maggiori del **95° percentile locale**, con una durata di **2 o più giorni consecutivi**

Fonte: WMO-WHO, "Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development", 2015

Nel DB ClimaMi:

- Ondate di calore rif. CLINO 1961-90 ($T_{\min}=23,2^{\circ}\text{C}$; $T_{\max}=33,1^{\circ}\text{C}$) per analisi su cambiamenti climatici
- Ondate di calore rif. CLINO 1981-10 ($T_{\min}=24,1^{\circ}\text{C}$; $T_{\max}=34,7^{\circ}\text{C}$) per scopi operativi

WMO-WHO:

ONDATA DI CALORE "UMIDA"= episodio in cui la combinazione di **alti valori di temperatura e umidità (Indici Biometeorologici)** determina livelli di calore potenzialmente pericolosi per la salute pubblica

Fonte: WMO-WHO, "Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development", 2015

H Humidex

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

SIGNIFICATO:
temperatura percepita

T = temperatura
UR = umidità relativa

HI Heat Index

$$HI = c_1 + c_2 T + c_3 R + c_4 TR + c_5 T^2 + c_6 R^2 + c_7 T^2 R + c_8 TR^2 + c_9 T^2 R^2$$

where

HI = heat index (in degrees Fahrenheit)

T = ambient **dry-bulb temperature** (in degrees Fahrenheit)

R = relative humidity (percentage value between 0 and 100)

$$\begin{aligned} c_1 &= -42.379, & c_2 &= 2.049\,015\,23, & c_3 &= 10.143\,331\,27, \\ c_4 &= -0.224\,755\,41, & c_5 &= -6.837\,83 \times 10^{-3}, & c_6 &= -5.481\,717 \times 10^{-2}, \\ c_7 &= 1.228\,74 \times 10^{-3}, & c_8 &= 8.5282 \times 10^{-4}, & c_9 &= -1.99 \times 10^{-6}. \end{aligned}$$

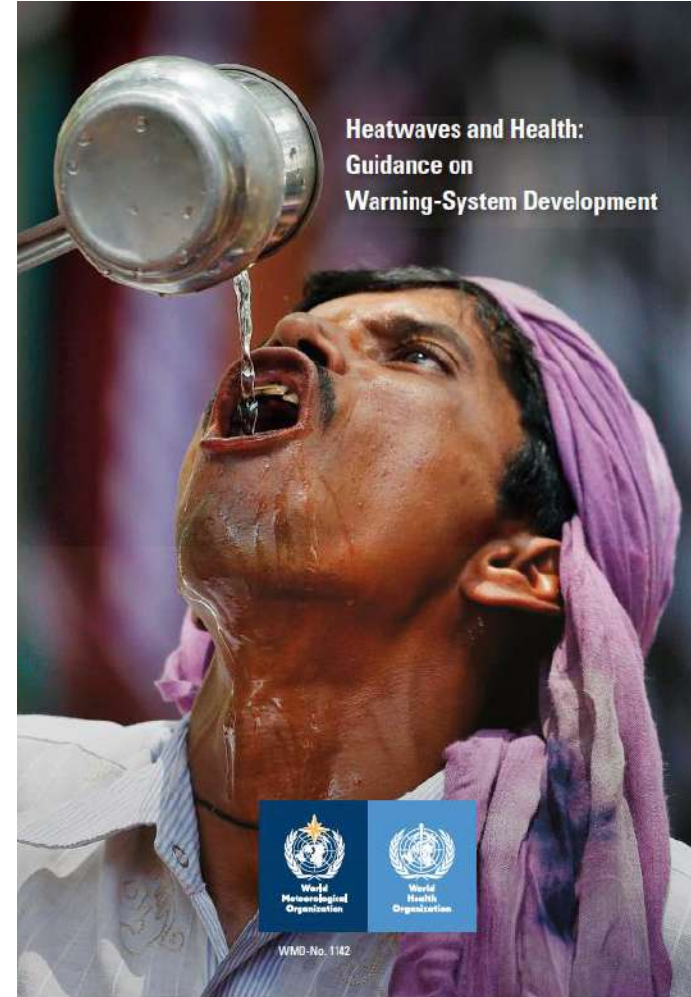
AT Temperatura Apparente

$$AT = T_a + 0.348 * e - 0.70 * ws + 0.70 * Q / (ws + 10) - 4.25$$

$$AT = T_a + 0.33 * e - 0.70 * ws - 4.00$$

where:

- T_a dry-bulb temperature (°C)
- e water-vapour pressure (hPa)
- ws wind speed (m/s) at an elevation of 10 m
- Q net radiation absorbed per unit area of body surface (W/m^2)



HUMIDEX:

disagio ed effetti sanitari

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

unità di misura in °C

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.

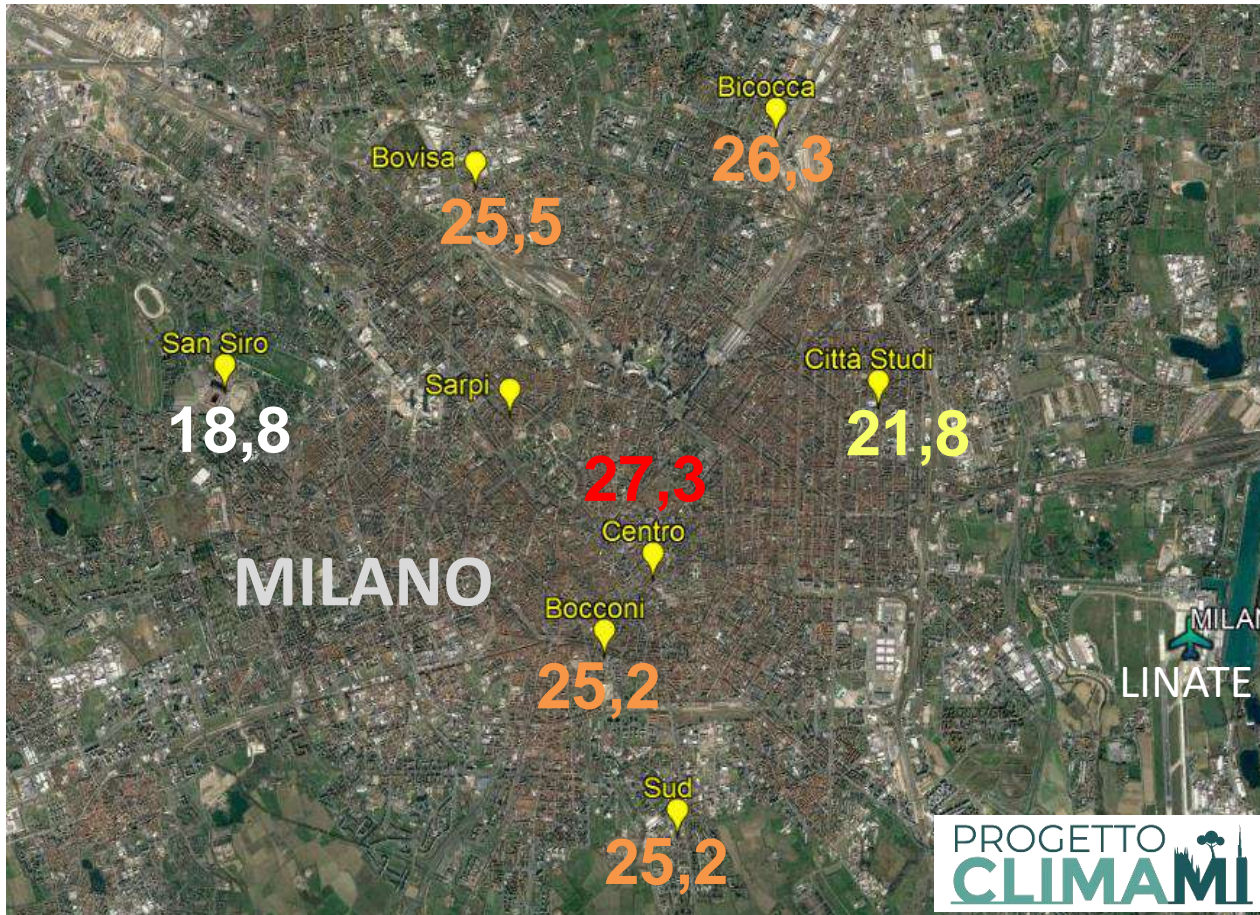
Da 35 a 39 Sensazione di malessere abbastanza intensa. Prudenza. Limitare alcune attività fisiche gravose.

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

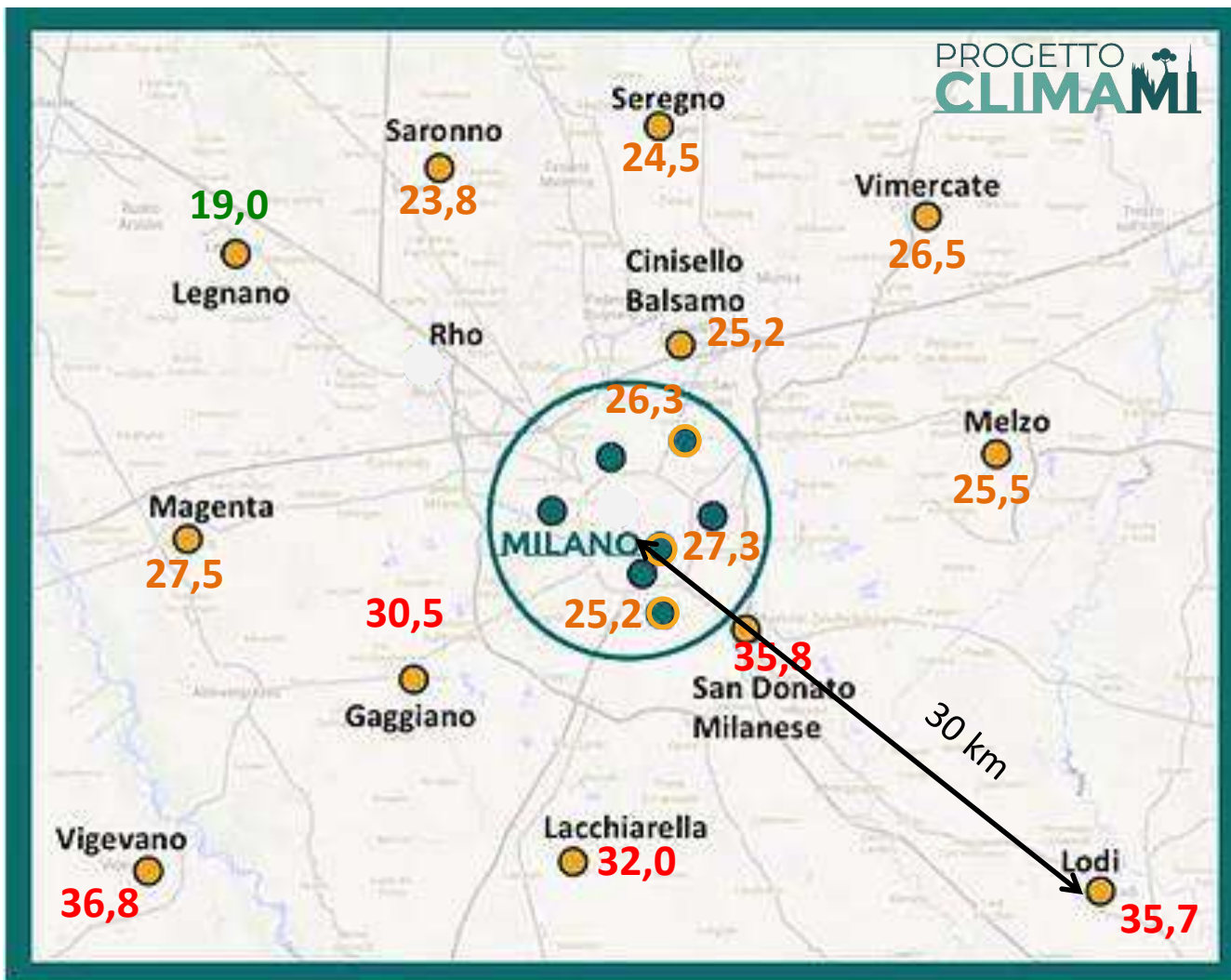


HUMIDEX – N° giorni/anno con Humidex 1h \geq 35°C

Giornate di disagio termoigrometrico

- HW N° medio gg/anno
- HW N° Max gg/anno
- HW durata media
- HW durata Max
- ...
- HUMIDEX \geq 35°C h, gg**
- HUMIDEX \geq 40°C h, gg
- ...
- Notti TROPICALI
- Giorni di CALURA
- Giorni di GELO
- Giorni di GHIACCIO

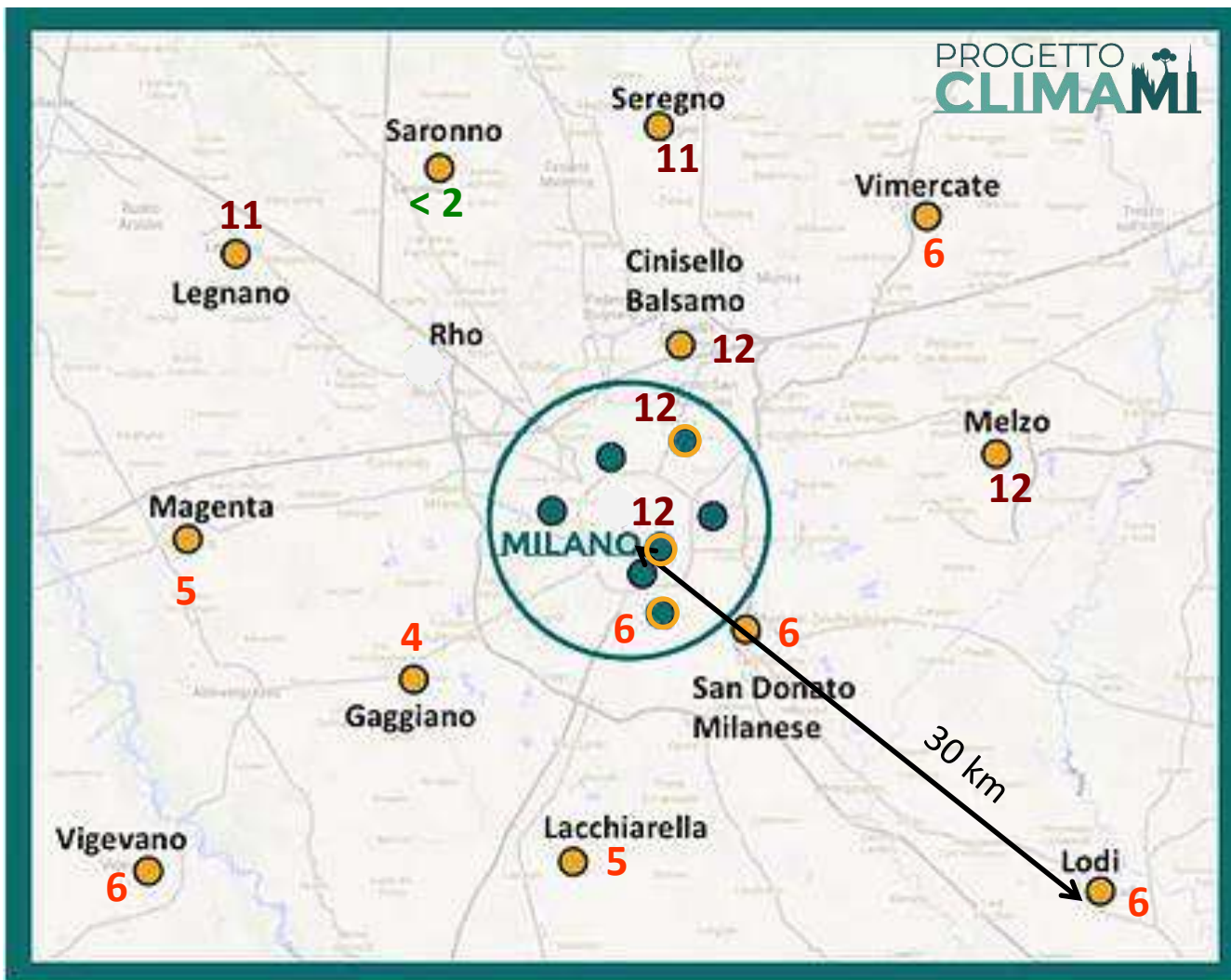
Indicatore della qualità microclimatica dello spazio pubblico esterno



- HW N° medio gg/anno
- HW N° Max gg/anno
- HW durata media
- HW durata Max
- ...
- HUMIDEX $\geq 35^{\circ}\text{C h}$, gg**
- HUMIDEX $\geq 40^{\circ}\text{C h}$, gg
- ...
- Notti TROPICALI
- Giorni di CALURA
- Giorni di GELO
- Giorni di GHIACCIO

HUMIDEX – N° giorni/anno con Humidex 1 h $\geq 35^{\circ}\text{C}$

Giornate di disconfort termoigrometrico



- HW N° medio gg/anno
- HW N° Max gg/anno
- HW durata media
- HW durata Max**
- ...
- HUMIDEX $\geq 35^{\circ}\text{C}$ h, gg
- HUMIDEX $\geq 40^{\circ}\text{C}$ h, gg
- ...
- Notti TROPICALI
- Giorni di CALURA
- Giorni di GELO
- Giorni di GHIACCIO

ONDATE DI CALORE: durata massima (gg consecutivi, rif. CLINO '61-'90)
Giornate di allerta/pericolo per la salute

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

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

dove:

yyyy = anno

N = numero di giorni dell'estate di yyyy

H_h = Humidex dell'ora h

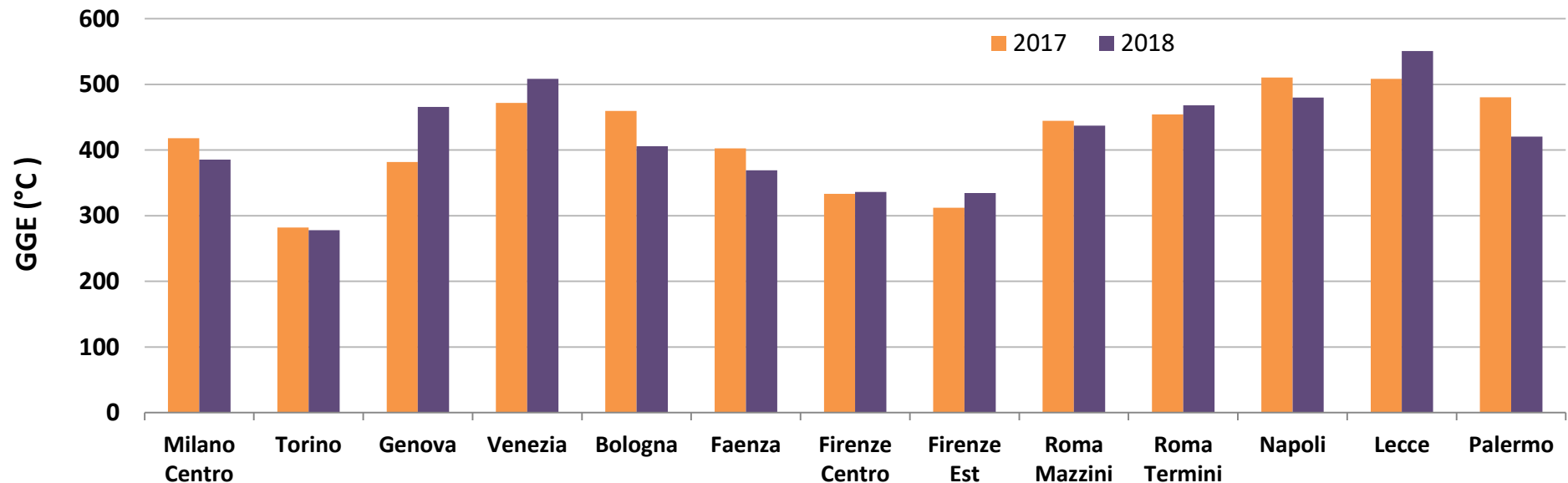
25 = temperatura di set point indoor (UNI 10339 e 10349)

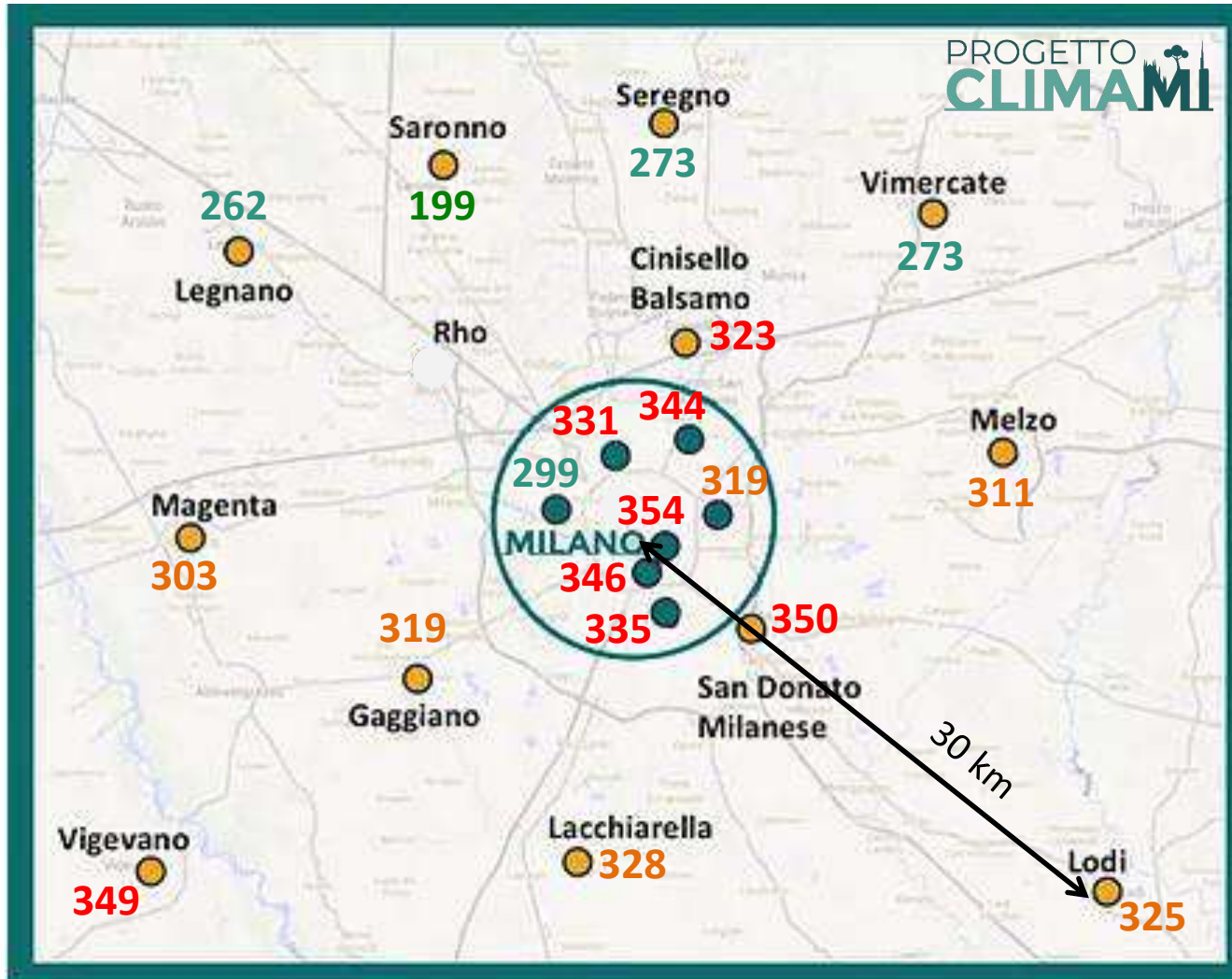
> 0 se positivo

= 0 se negativo

→ Temperatura media percepita dall'uomo nell'ambiente esterno

Gradi Giorno Estivi (Giugno - Agosto)





- T media
- T max assoluta
- T media delle massime
- T min assoluta
- ...
- T escursione giornaliera
MEDIA e MASSIMA
- ...
- GRADI GIORNO INVERNALI
- GRADI GIORNO ESTIVI**
- ...
- T Giorno Medio orario

GRADI GIORNO ESTIVI
valore medio **STAGIONE TERMICA ESTIVA** (GIU-AGO)

SETTORE DI ATTIVITÀ:

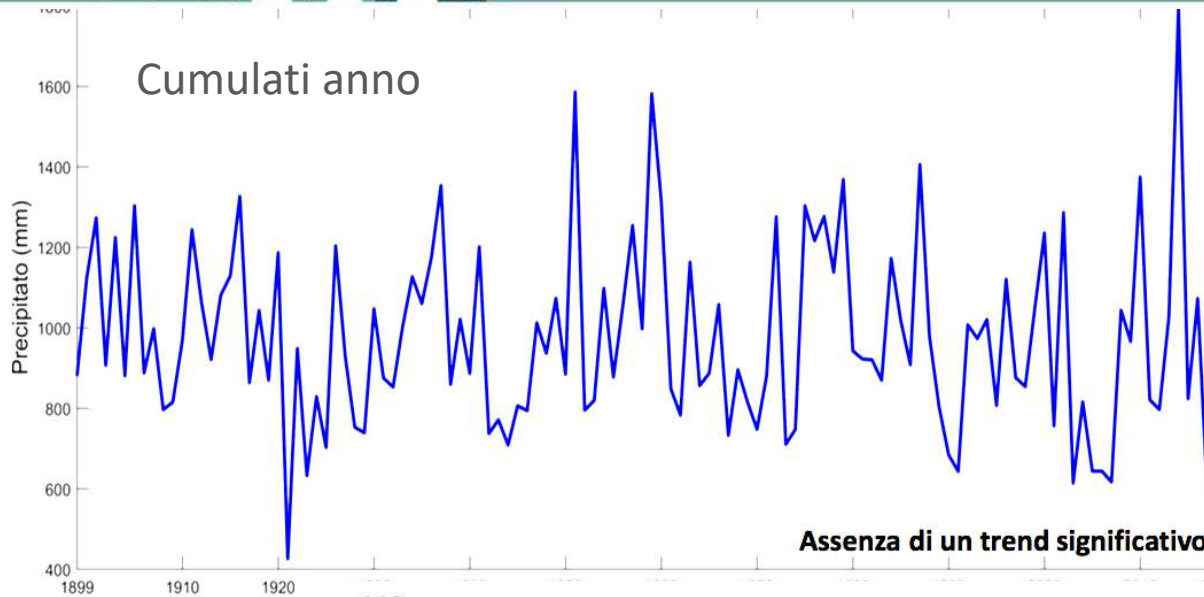
- Energia
- Progettazione edificio-impianto
- Pianificazione urbana
- Gestione runoff urbano
- Gestione del verde pubblico
- Salute e benessere pubblici

- conduzione e potenziamento degli impianti di depurazione (vasche volano, sistemi di pompaggio e incremento delle sezioni di portata in uscita)
- progettazione di vasche di laminazione
- del reticolo idrico superficiale e sotterraneo
- regolamentazione dell'invarianza idraulica e idrologica
- utilizzo di infrastrutture verdi urbane, per infiltrare o accumulare temporaneamente acqua piovana

in una logica di progettualità preventiva e di adattamento alla trasformazione del regime di piogge

L'analisi statistica dei dati di precipitazione a 10 minuti nella stazione di Milano Centro dal 1998 ad 2018 ha restituito il seguente quadro della situazione:

- costanza delle precipitazioni in termini di quantitativi caduti a livello annuo
- variazione significativa nella distribuzione mensile delle precipitazioni
- riduzione del numero annuo di giorni di pioggia (≥ 1 mm), al tasso di 1 giorno in meno ogni 4 anni
- incremento dell'**intensità di pioggia**, al tasso di circa +1 mm/h ogni 6 anni
- incrementi nelle durate dei fenomeni di precipitazione (quando piove, piove più a lungo)
- incremento degli intervalli di tempo fra due eventi consecutivi



Cumulati annui medi:

1899-2018: **975.1 mm**

1929-2018: **975.4 mm**

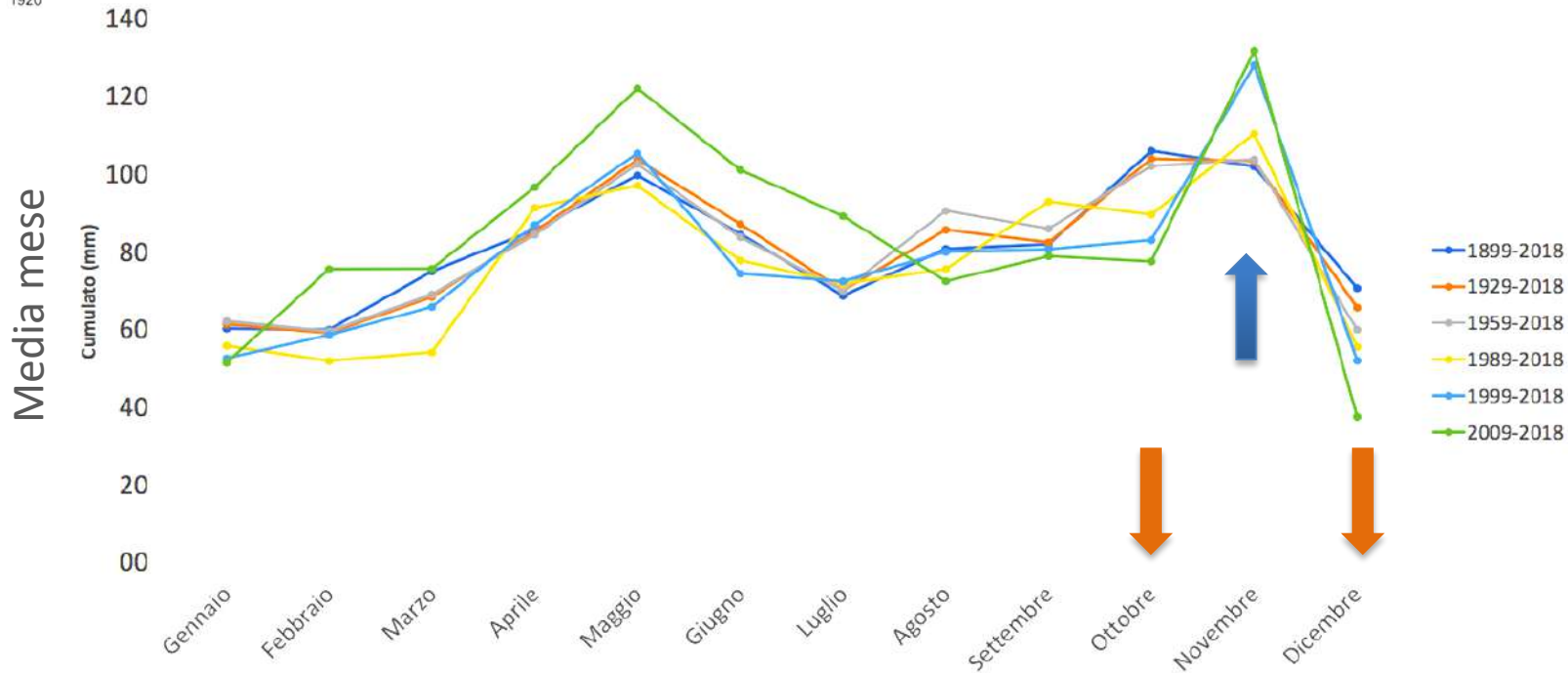
1959-2018: **972.7 mm**

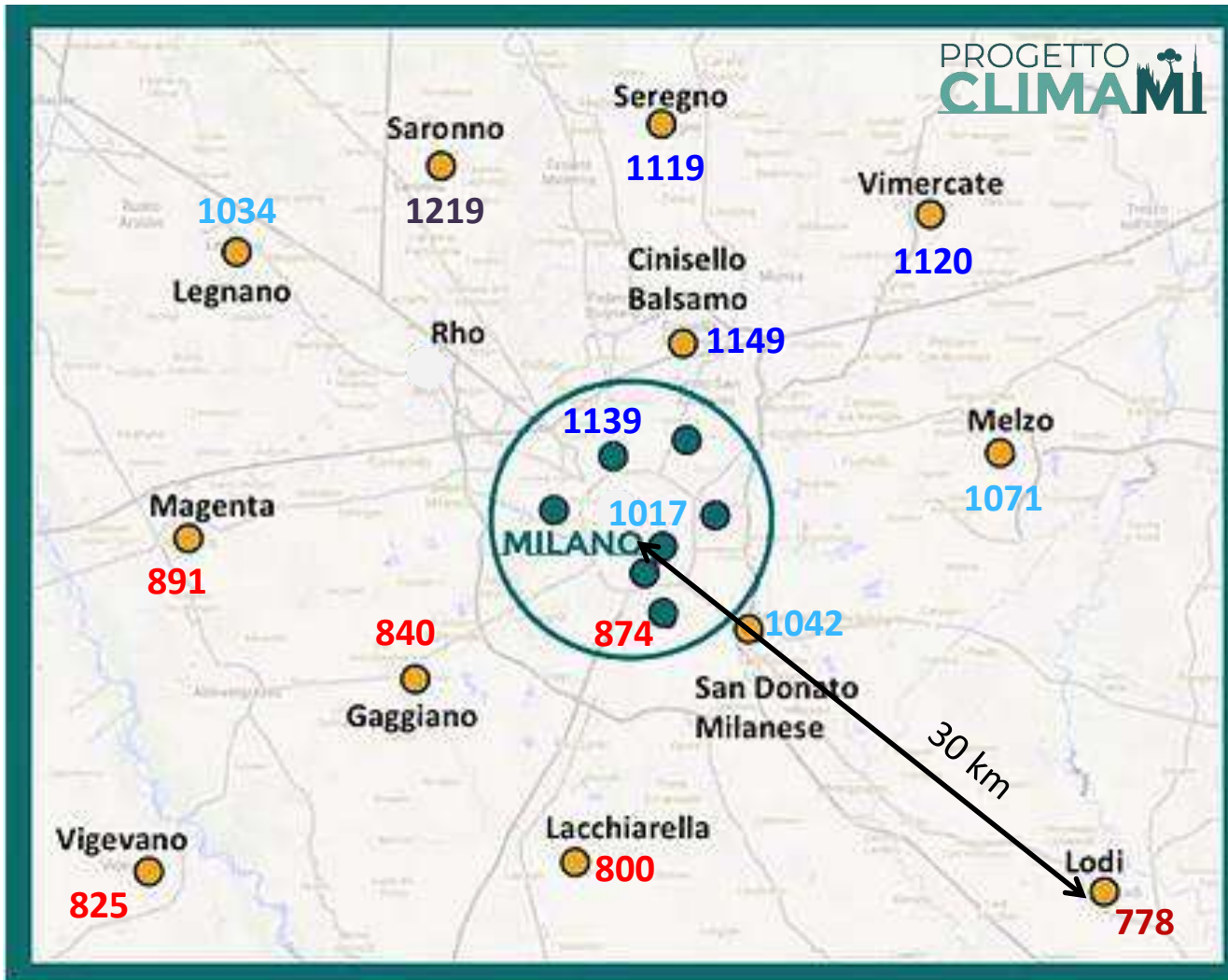
1989-2018: **920.1 mm**

1999-2018: **940.9 mm**

2009-2018: **1010.8 mm**

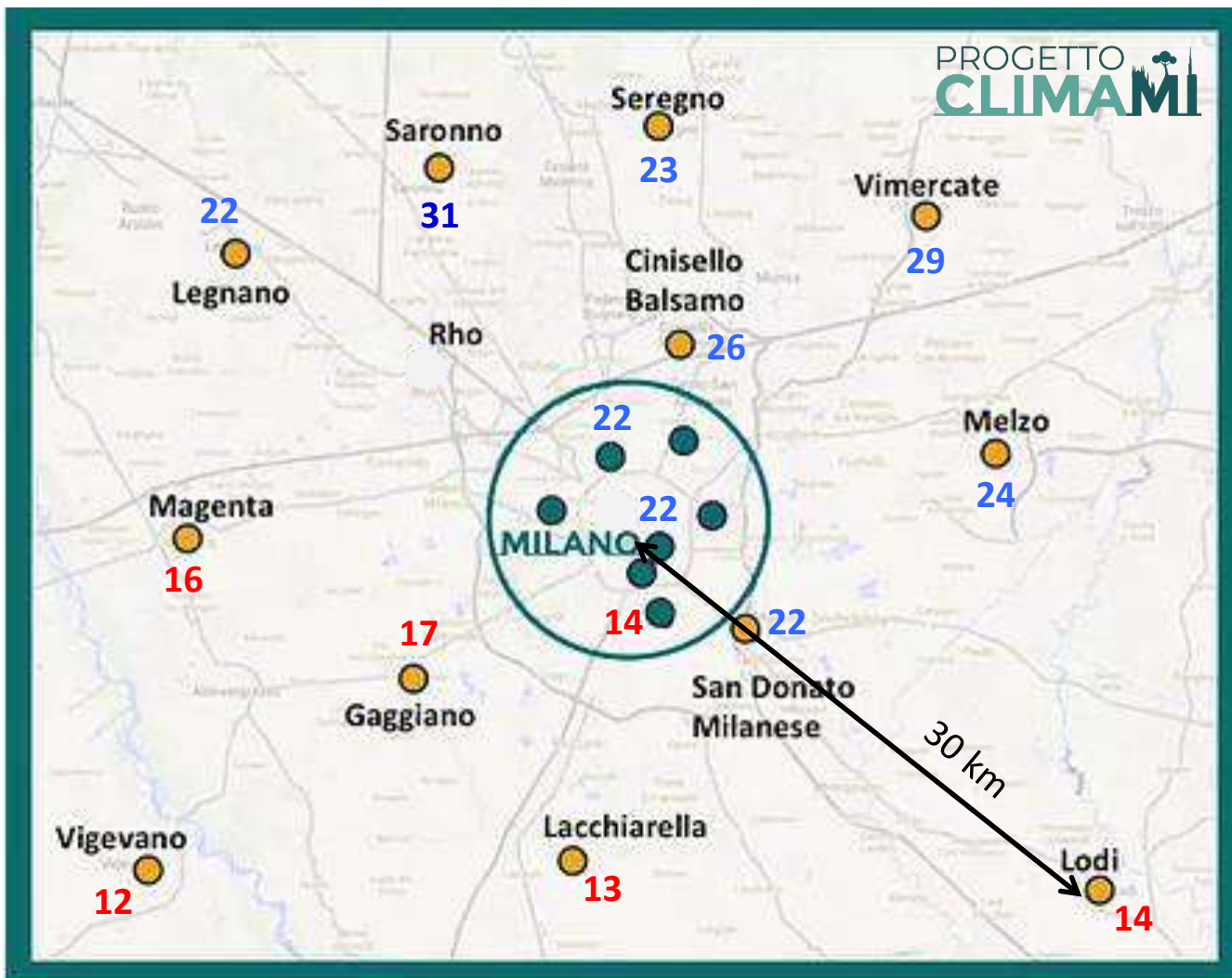
MILANO
Centro
1899-2018





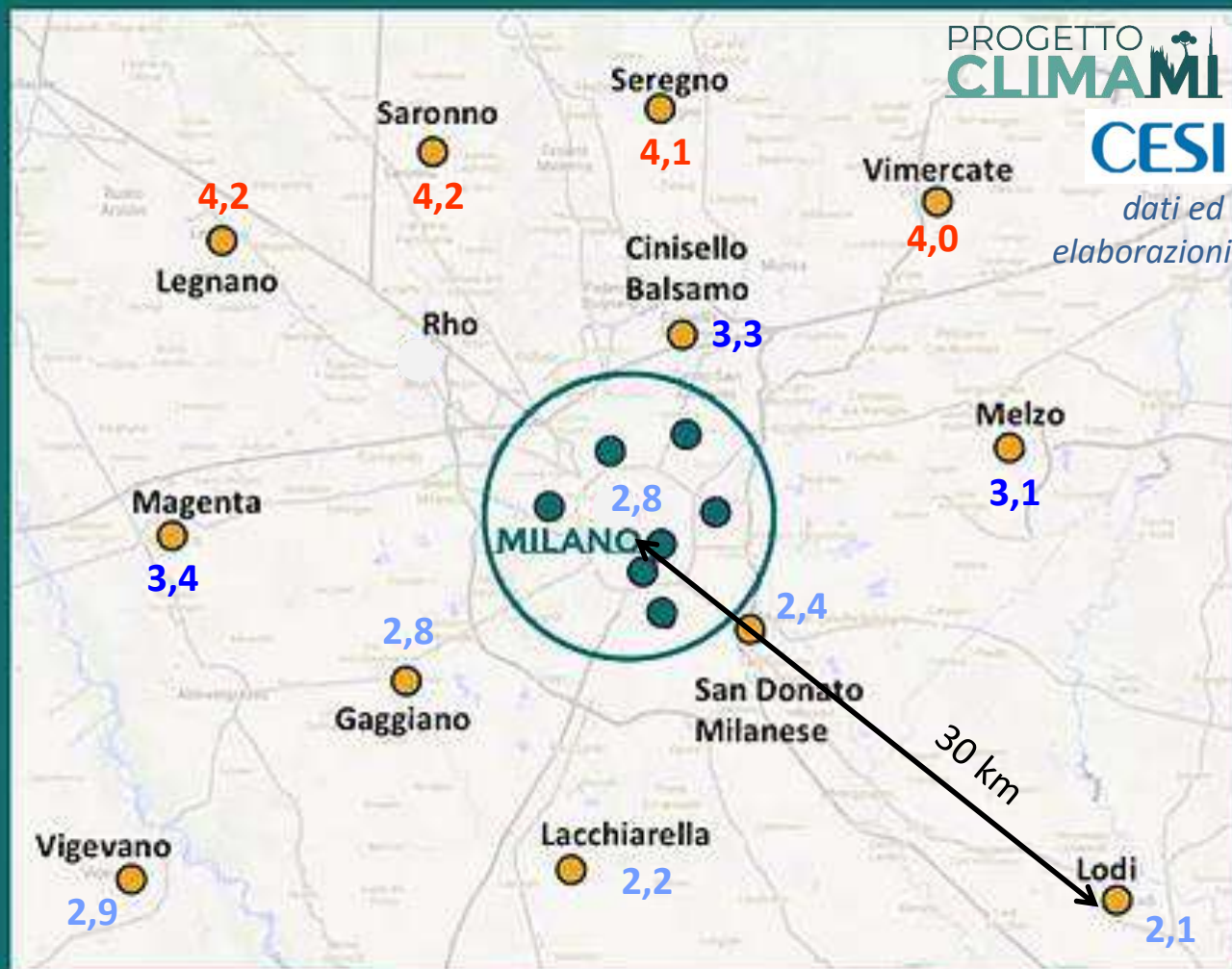
**PRECIPITAZIONI CUMULATE
totale medio annuo**

- PP cumulato - media**
- Giorni di pioggia ($\geq 1\text{mm}$) - N° med/max
- Giorni di pioggia ($\geq 1\text{mm}$) consecutivi - N° med/max
- Giorni di NON pioggia ($< 1\text{mm}$) consecutivi - N° med/max
- EPISODI BREVI (10 min) INTENSI ($\geq 5\text{ mm}$) - N° medio
- EPISODI SEMIORARI INTENSI ($\geq 15\text{ mm}$) - N° medio
- Fulmini nube-terra N° medio/km² (*dato comunale*)
- Distribuzioni di frequenza



- PP cumulato - media
- Giorni di pioggia ($\geq 1\text{mm}$) - N° med/max
- Giorni di pioggia ($\geq 1\text{mm}$) consecutivi - N° med/max
- Giorni di NON pioggia ($< 1\text{mm}$) consecutivi - N° med/max
- EPISODI BREVI (10 min) INTENSI ($\geq 5\text{ mm}$) - N° medio**
- EPISODI SEMIORARI INTENSI ($\geq 15\text{ mm}$) - N° medio
- Fulmini nube-terra N° medio/km² (*dato comunale*)
- Distribuzioni di frequenza

EPISODI BREVI (10 min) INTENSI ($\geq 5\text{ mm}$)
N° medio/anno



FULMINI NUBE SUOLO - N° medio/km²
(dato comunale)

- PP cumulato - media
- Giorni di pioggia (≥ 1mm) - N° med/max
- Giorni di pioggia (≥ 1mm) consecutivi - N° med/max
- Giorni di NON pioggia (< 1mm) consecutivi - N° med/max
- EPISODI BREVI (10 min) INTENSI (≥ 5 mm) - N° medio
- EPISODI SEMIORARI INTENSI (≥ 15 mm) - N° medio
- Fulmini nube-terra**
N° medio/km²
(dato comunale)
- Distribuzioni di frequenza

SETTORE DI ATTIVITÀ:

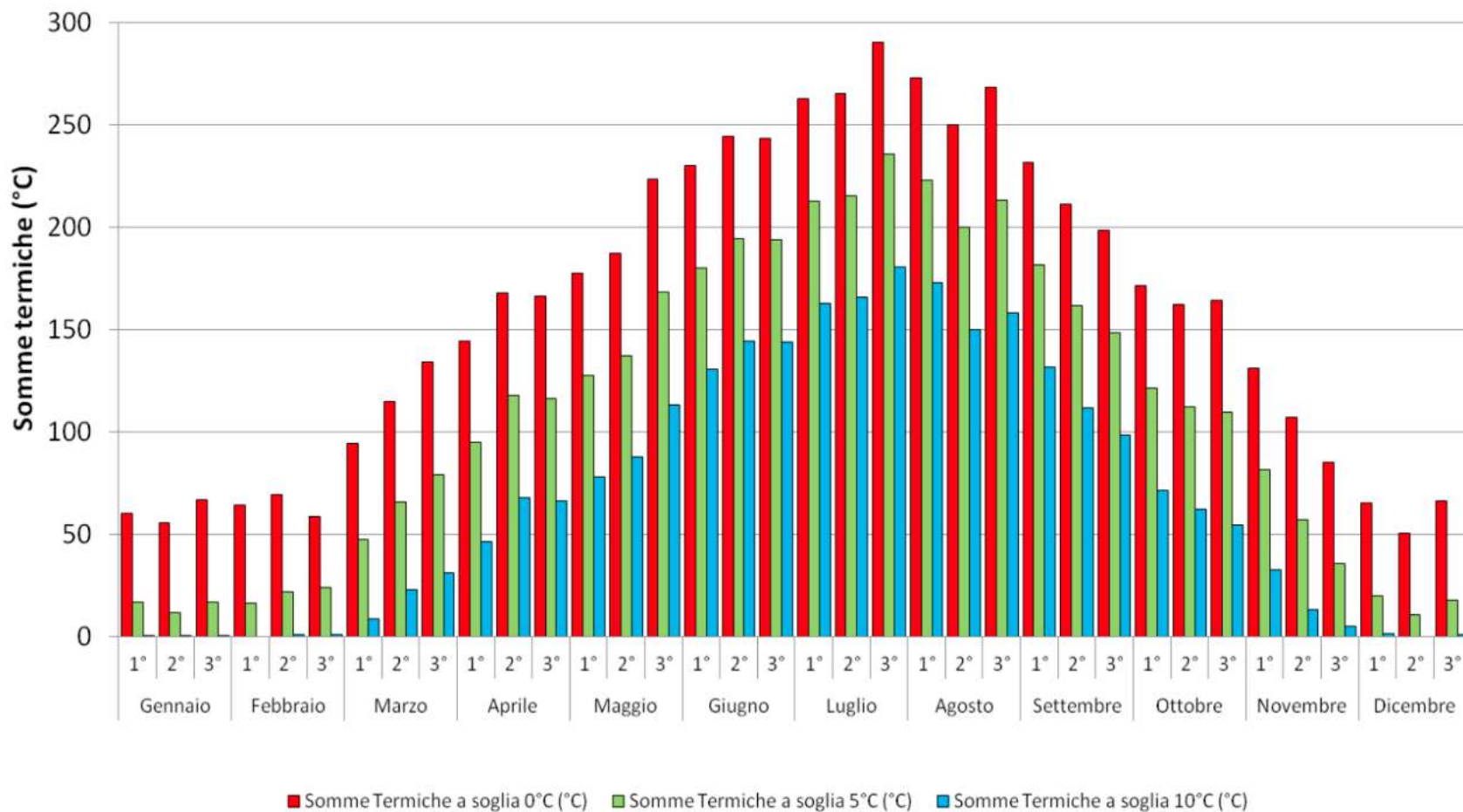
- Energia
- Progettazione edificio-impianto
- Pianificazione urbana
- Gestione runoff urbano
- Gestione del verde pubblico
- Salute e benessere pubblici



The Garden City of Stains, France

Image credits: Europa Nostra, flickr 2003 - CC BY-NC-SA 2.0

- aumento dell'ombreggiatura
- mitigazione dell'isola di calore
- riduzione delle superfici impermeabili



Somme termiche decadali in Milano Centro

Indicatori climatici specifici nel DB di ClimaMi, per decade, in aggiunta alle usuali statistiche di valori medi ed estremi:

- Somme termiche a soglia 0°C
- Somme termiche a soglia 5°C
- Somme termiche a soglia 10°C
- Escursioni giornaliere di temperatura
- Ondate di calore, in durata e intensità
- Intensità di precipitazione
- Giorni di gelo
- Giorni di ghiaccio
- Ore con Umidità relativa media < 10%
- Ore con Umidità relativa media > 90%
- Eventi con raffica > 5 m/s su 10 minuti
- Eventi con raffica > 10 m/s su 10 minuti
- Eventi con raffica > 15 m/s su 10 minuti
- Eventi con raffica > 20 m/s su 10 minuti

dati utili a quantificare le risorse e le limitazioni idriche, termiche, radiative, anemologiche

Qualche confronto con i CLINO di Milano Centro...

Indicatore (N° medio annuo)	CLINO 61/90	CLINO 81/10	Dic2012- Nov2018
Giorni di gelo (Tmin < 0 °C)	24,7	23,9	7,2
Giorni di ghiaccio (Tmax < 0 °C)	1,8	0,9	0,0
Giorni di calura (Tmax > 30 °C)	29,8	48,4	52,8
Notti tropicali (Tmin > 20 °C)	32,8	41,9	62,3

Grazie per l'attenzione!

Climatologia urbana per gli ingegneri

21 SETTEMBRE 2020

Linee Guida e Database Climatico ClimaMI: struttura e utilizzo

CONTATTI: info@progettoclimami.it, s.pilati@fondazioneomd.it