

Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

# CAMBIAMENTI CLIMATICI E ADATTAMENTI NEGLI ECOSISTEMI E NELLE SOCIETÀ

## Docenti

Salvatore Pappalardo

Daniele Codato

Alessandro Ceppi (Politecnico di Milano)

## Supporto didattico

Edoardo Crescini

- 6 CFU
- 48 ore
- 102 ore di studio individuale



# Sondaggio "Opinioni e pensieri sui cambiamenti climatici"

(Il questionario è anonimo)



<http://tinyurl.com/23rcjajt>

## Outline

‘la cassetta degli attrezzi’

- Cambiamenti climatici: *framing the issue*
- Tempo meteorologico e clima
- Meteogrammi e climogrammi
- Il clima che cambia... a Padova

## Cambiamenti climatici: *framing the issue*

- Tema assai complesso (funzionamento sistema climatico, i cambiamenti)
- Concetto di clima
- Diversità di approcci e discipline scientifiche (fisica, climatologia, chimica, geografia, economia, sociologia, psicologia...)
- Tema ‘pervasivo’ affrontato da scienziati, giornalisti, *influencer*, attivisti, ciarlatani
- ‘clima’ e ‘climatico’
- Trattazioni spettacolarizzate e polarizzate, *par condicio* nei dibattiti pubblici
- Concetti chiave: probabilità ed incertezza

# Cambiamenti climatici: *framing the issue*

- Una lettura geografica (scala spaziale, scala temporale, multi-scalarità, interconnessione tra sistemi)
- Approccio geografico come ponte tra le scienze fisiche e le scienze sociali
- Uno sguardo ed una capacità analitica ‘di sintesi’

## Cambiamenti climatici: *framing the issue*

1. Meteo
2. Clima

1. *Weather*
2. *Climate*

- 1) Condizioni atmosferiche in un intervallo di tempo 'breve' e ambito spaziale 'circoscritto'
- 2) Proprietà 'medie' dell'atmosfera su tempi 'più lunghi' in ambiti spaziali 'più ampi'

***'Climate is what you expect, weather is what you get' (Mark Twain)***

## Cambiamenti climatici: *framing the issue*

1) Meteo cambia alle scale temporali di minuti (vento), ore (temporali), giorni e settimane (formazione di nubi, transito di perturbazioni)

2) Il clima si deriva facendo operazioni di media temporale di tutte queste variazioni, in modo da eliminare le oscillazioni di breve periodo **scala temporale**

1) Tempo meteorologico ha distribuzione spaziale NON uniforme influenzata i) dalla geografia fisica (corsi d'acqua, esposizione, quota, ...), ii) variabilità tipica del sistema atmosferico e dinamiche meteorologiche. (Es. temporali)

2) Le dinamiche climatiche vanno 'mediate' sulla variabilità spaziale in porzioni di superficie omogenee ed ampie **scala spaziale**

# Cambiamenti climatici: *framing the issue*

## Cos'è il clima?

‘La descrizione statistica in termini di media e variabilità di grandezze fisiche rilevanti, nel corso di un intervallo temporale che va dai mesi alle migliaia o milioni di anni’

IPCC, WMO

Il periodo classico per calcolare le statistiche di queste variabili è **tipicamente 30 anni**, secondo la definizione del *World Meteorological Organization*

**Meteo e clima, come si misurano?** Temperatura (°C), precipitazioni (mm), vento (m/s),  
Grandezze fisiche rilevanti? pressione, umidità relativa



## Cambiamenti climatici: *framing the issue*

- Clima è un concetto astratto e lontano dalla percezione comune
- Non si percepisce con i sensi
- Non può essere misurato dai sensori delle stazioni meteorologiche
- Clima è risultato di elaborazioni statistico-matematiche su scale temporali e spaziali non percepibili

# Cambiamenti climatici: *framing the issue*

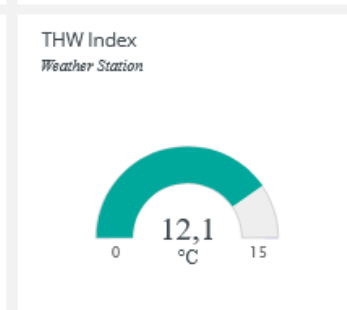
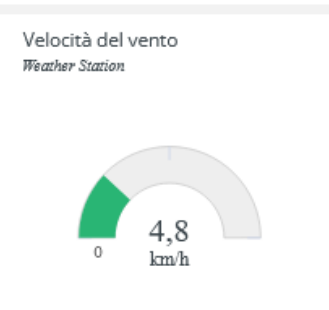
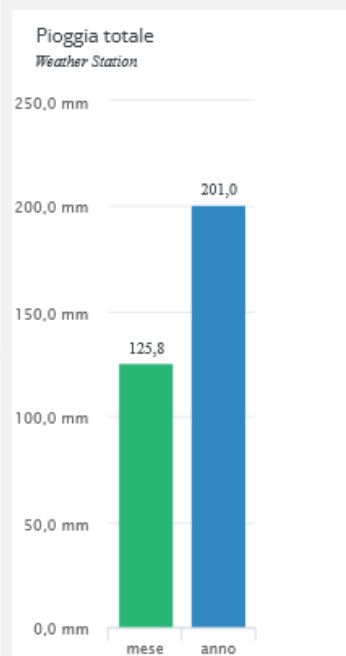
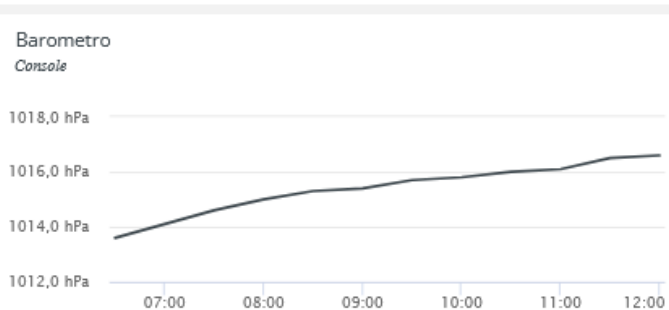
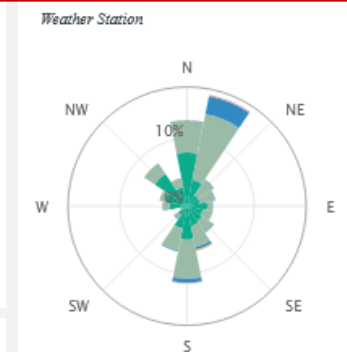
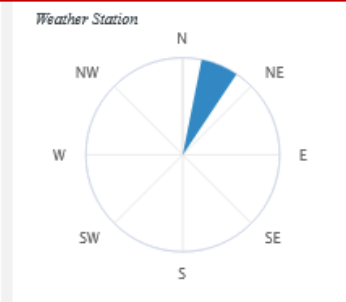
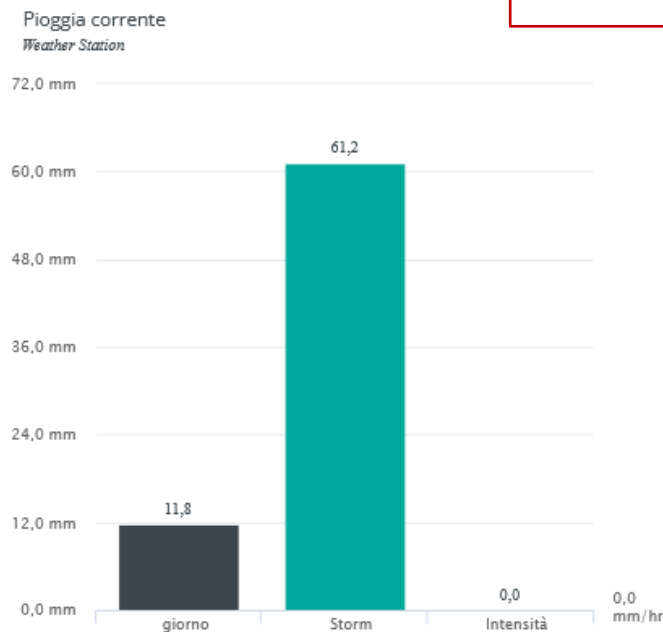
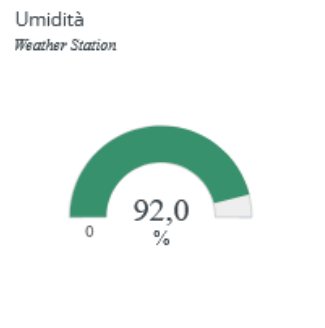
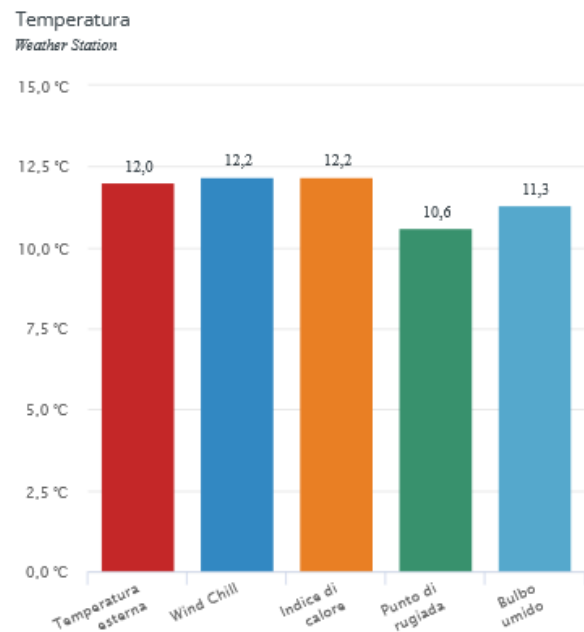
## Operazione di media spaziale da misure delle variabili meteo-climatiche

- Difficoltà di effettuare misure omogenee sulla superficie terrestre
- Distribuzione dei sensori in condizioni estremamente diversificate (in riva al mare, montagna, foresta, deserto)
- Quantificazione della temperatura media della superficie terrestre è estremamente complessa

# Stazione meteo ICEA (Portello) – 28 marzo 2024 (12.26)

## Il tempo meteorologico

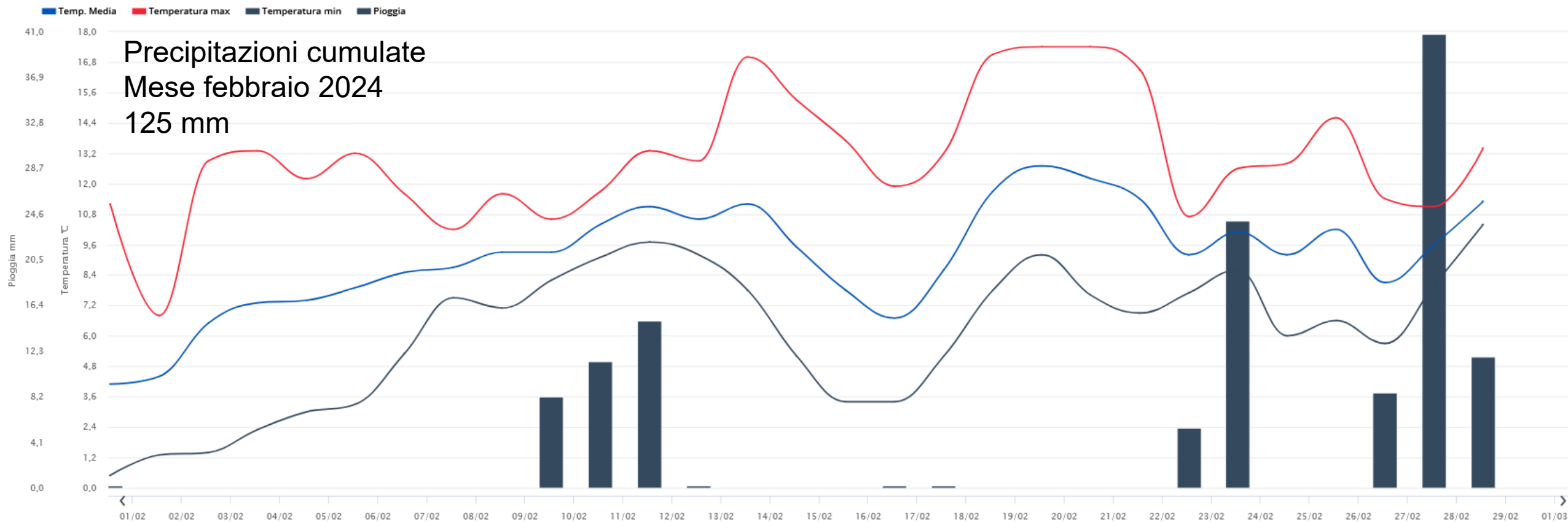
Ultimo aggiornamento: 28 febbraio, 2024 / 12:26



<https://www.weatherlink.com/bulletin/5a454a56-2be0-4e9f-95fd-e2c3aea72701>

# Il tempo meteorologico

Stazione Portello ICEA - temperatura e precipitazioni

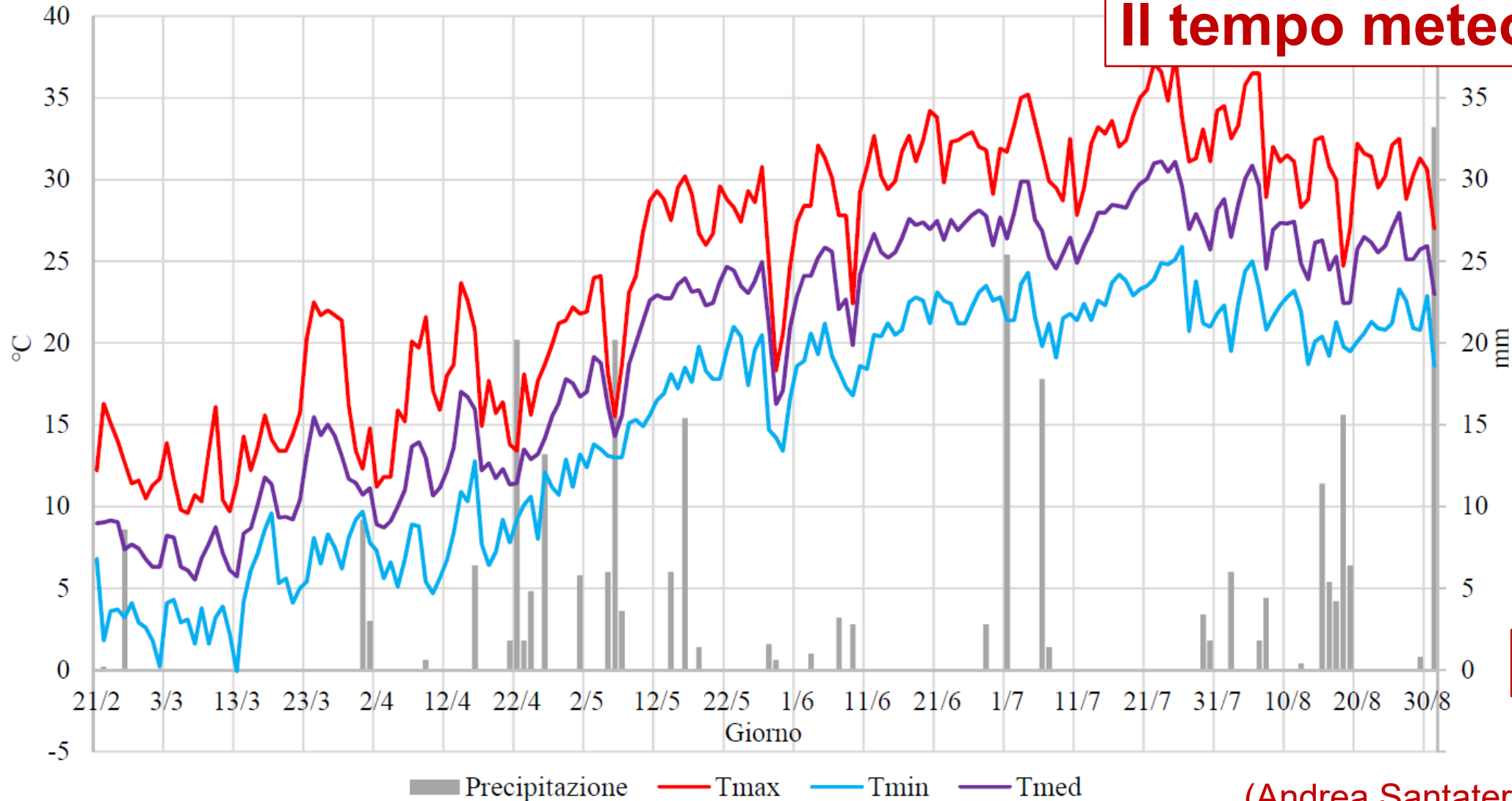


<https://www.weatherlink.com/stripchart/plot/5a454a56-2be0-4e9f-95fd-e2c3aea72701>

**Stazione meteo ICEA (Portello) – Febbraio 2023**

**meteogramma**

## TEMPERATURA E PRECIPITAZIONE "PORTELLO"



**Il tempo meteorologico**

**meteogramma**

(Andrea Santaterra, tesi IAT 2023)



**meteonetwork**

SCEGLI LA RETE

- mnw Rete MeteoNetwork**
- Wths Progetto Weatherness
- D&A Rete DeAgostini
- ALL Tutte le stazioni

LIVE

- Temperatura**
- Umidità
- Pressione
- Dewpoint
- Vento
- Precipitazioni
- Neve
- UV Indice UV
- Radiazione Solare

ESTREMI

Estremi del 07/03/2023

- MIN Temperatura Min
- MAX Temperatura Max
- MIN Umidità Min
- MAX Umidità Max
- MAX Vento Max
- TOT Precipitazioni

VARIAZIONI

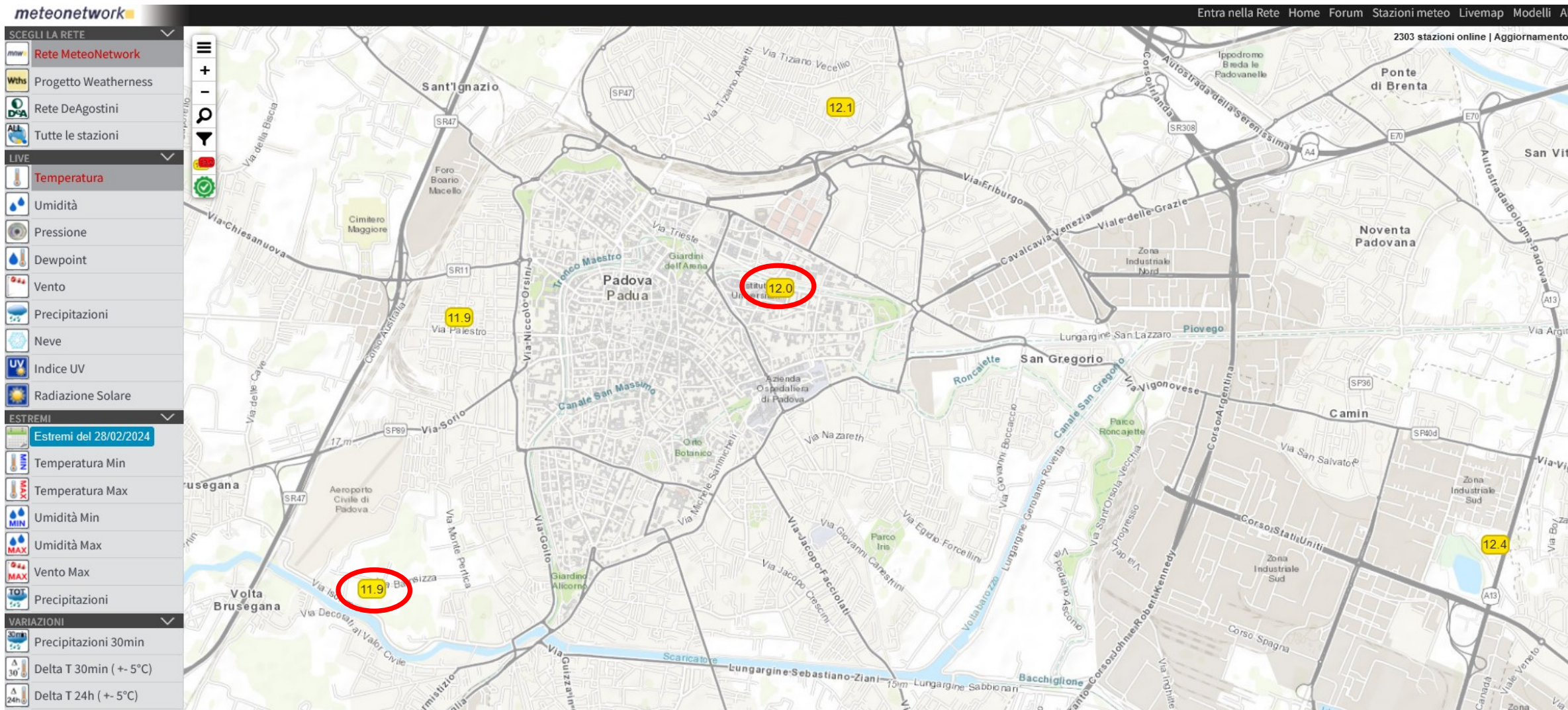
- 30min Precipitazioni 30min
- 30' Delta T 30min (+ - 5°C)
- 24h Delta T 24h (+ - 5°C)



# Il tempo meteorologico

<https://www.meteonetwork.it/>

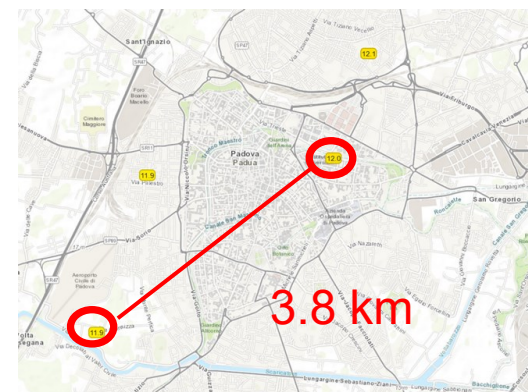
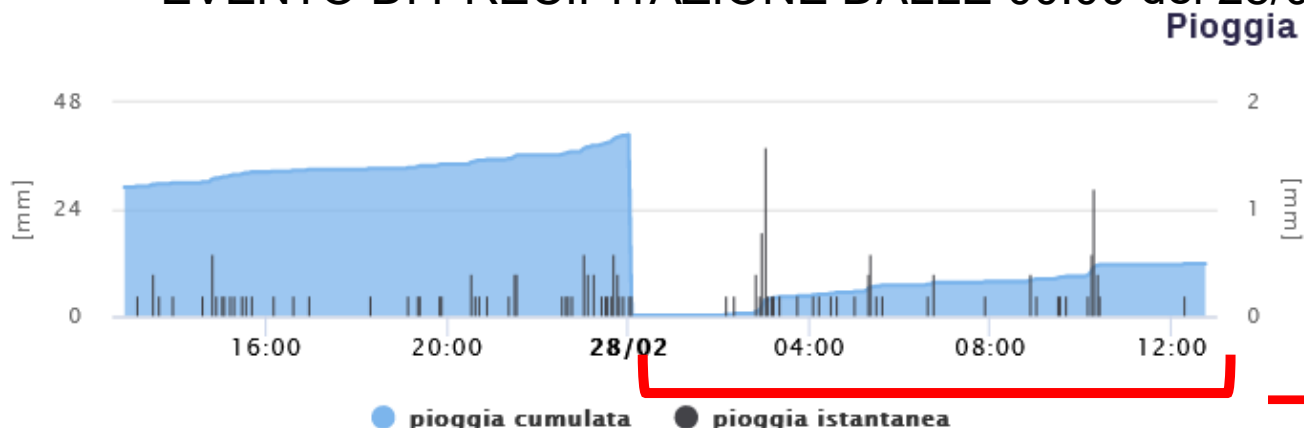
# Variabilità spaziale dinamica meteorologica – Comune di Padova



<https://www.meteonet.it/rete/livemap/>

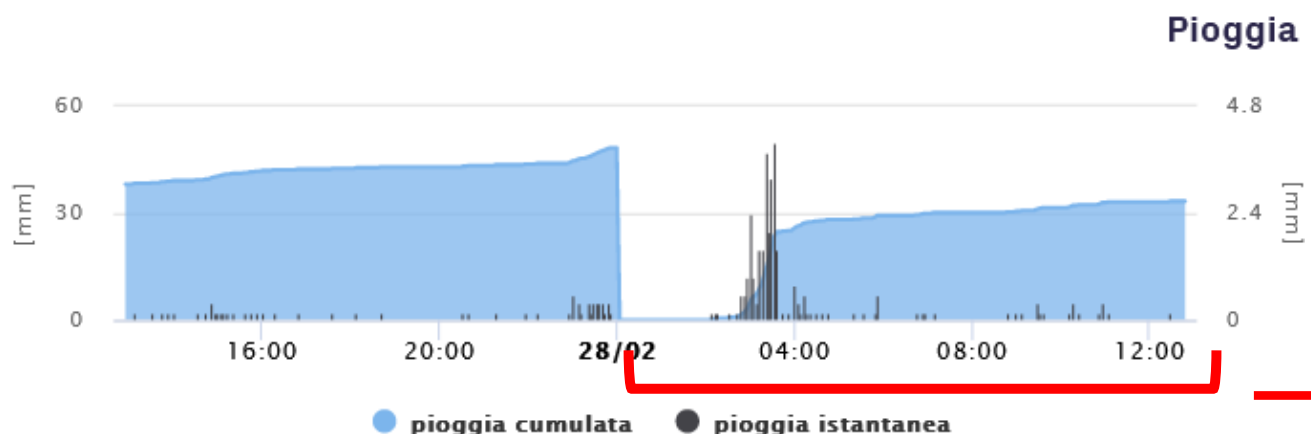
# Variabilità spaziale dinamica meteorologica – Comune di Padova

EVENTO DI PRECIPITAZIONE DALLE 00:00 del 28/02/2024



00:00-13:00 cumulata 11.8 mm

**Stazione Portello ICEA (Via Marzolo)**



Differenza tra le due stazioni? 21,6 mm  
Su 1.000 m<sup>2</sup>, quanta acqua è caduta?

E su 1 ha?

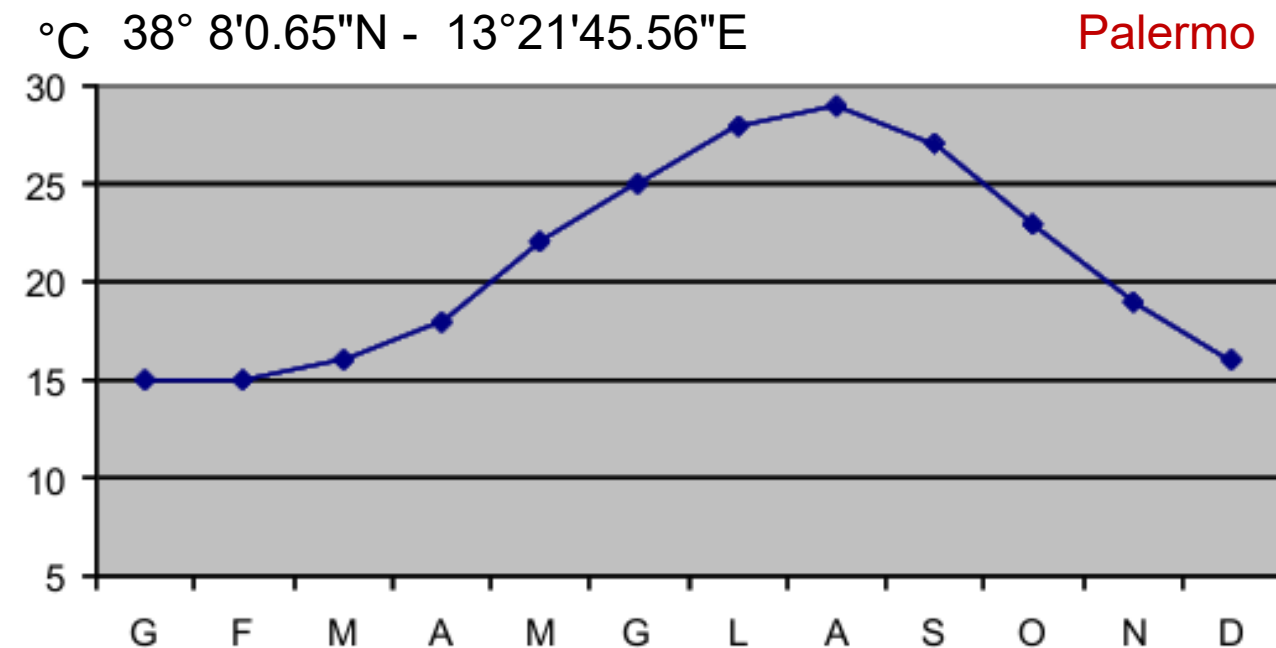
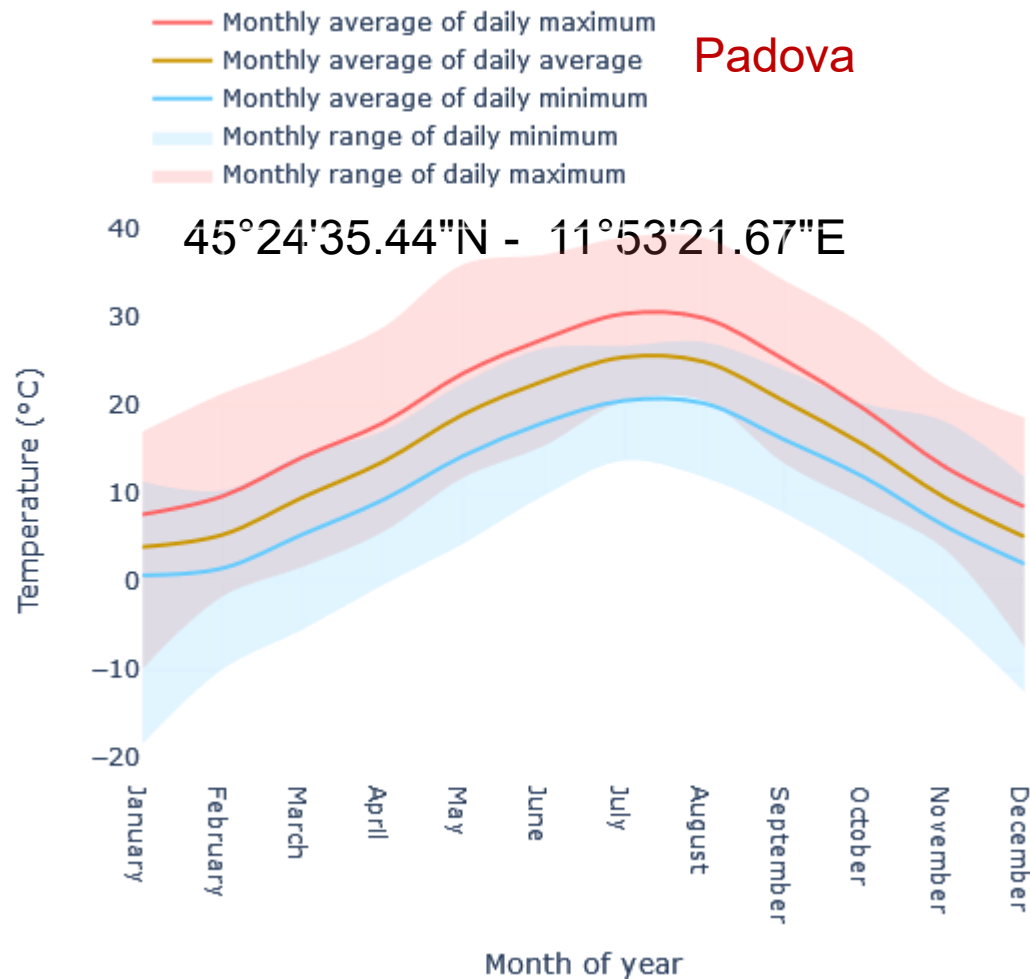
00:00-13:00 cumulata 33.4 mm

**Stazione Basso Isonzo - Arakè**



- 30 anni di dati (baseline)
- Medie (min, max, base giornaliera) nel trentennio di riferimento

## ...il clima (temperature)

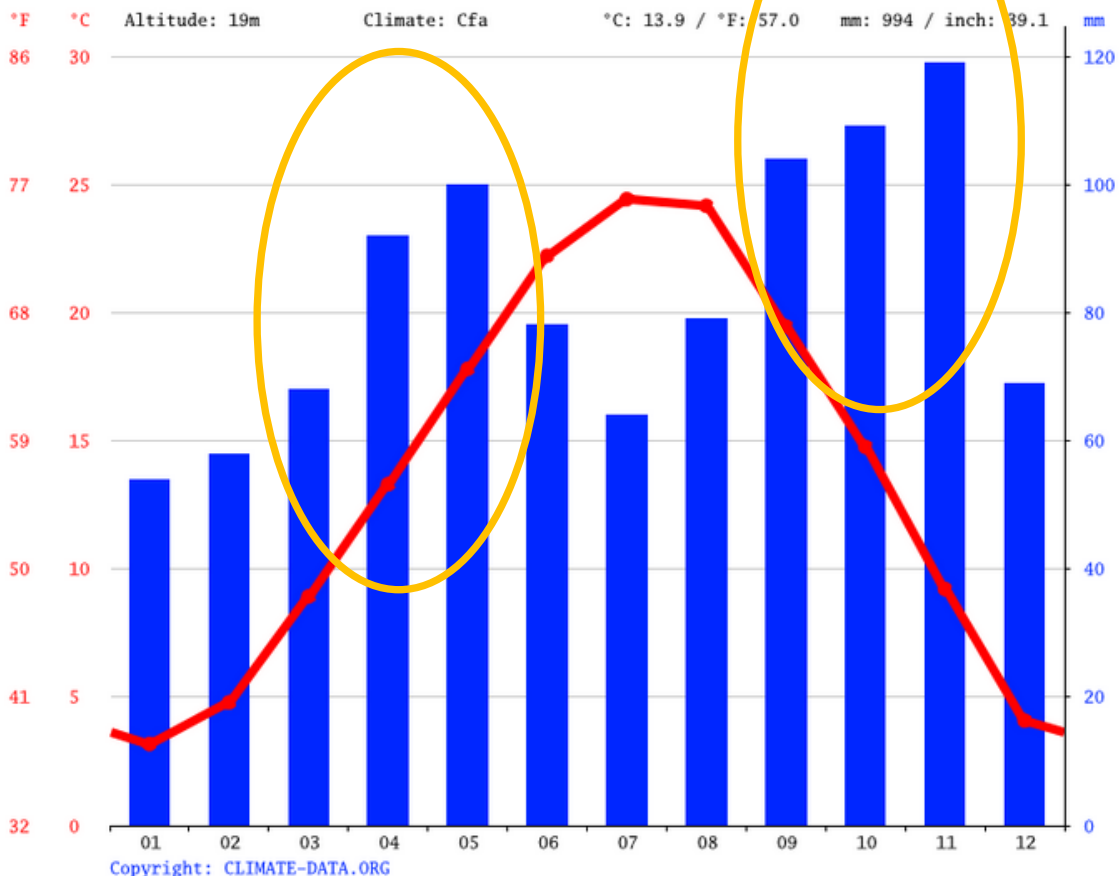


<https://it.weatherspark.com/y/69432/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Padova-Italia-tutto-l'anno>

**Climogramma**

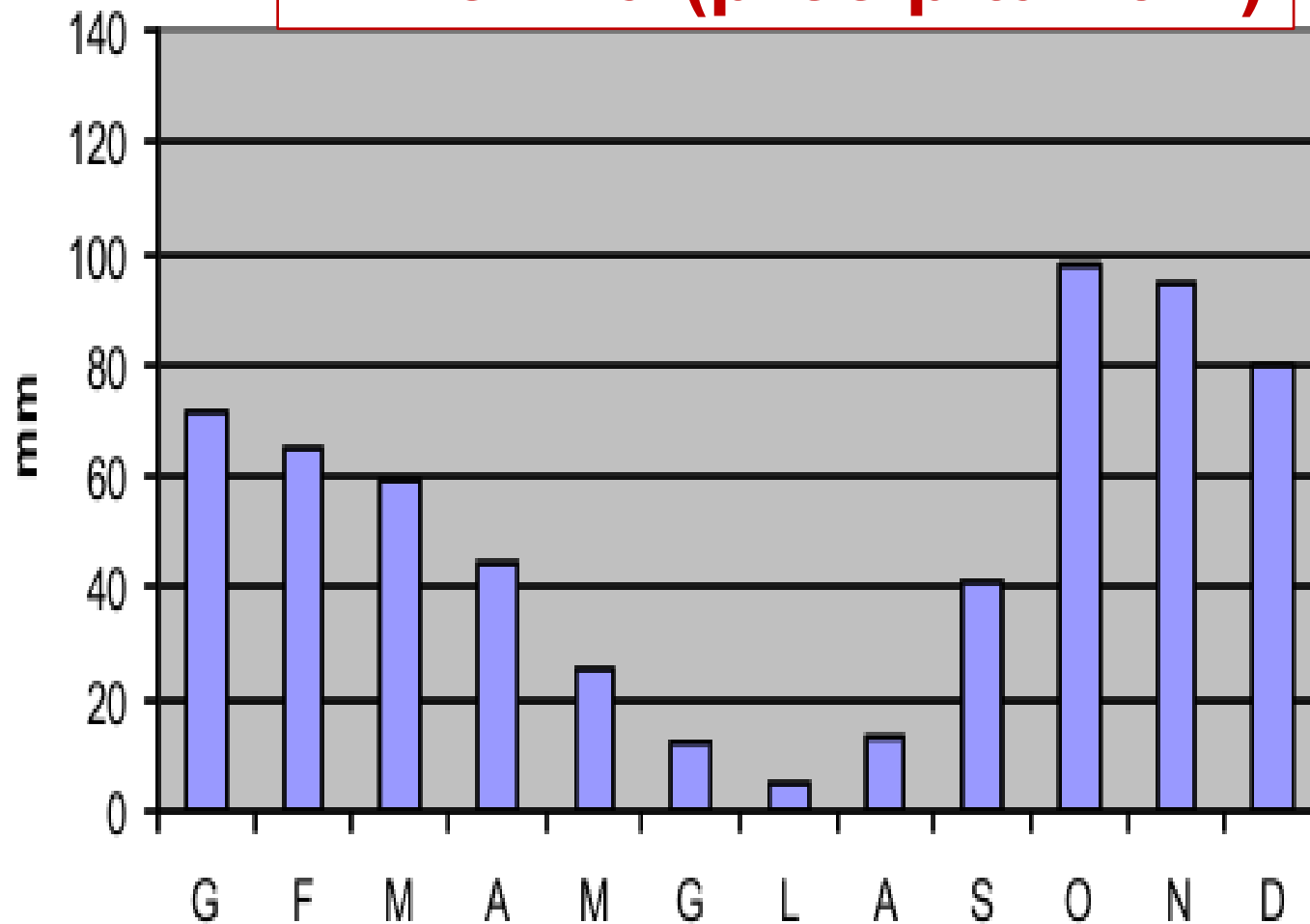
Precipitazioni (istogramma) e temperatura (curva ros)  
Climogramma delle medie mensili

Padova



Precipitazioni mensili - Palermo

...il clima (precipitazioni)



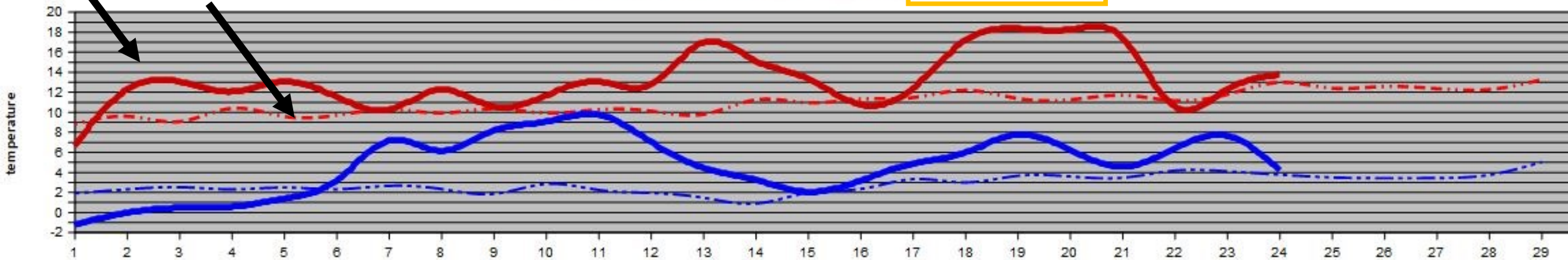
(serie 1961-1990)

(Cassandro, 2021)

Meteo

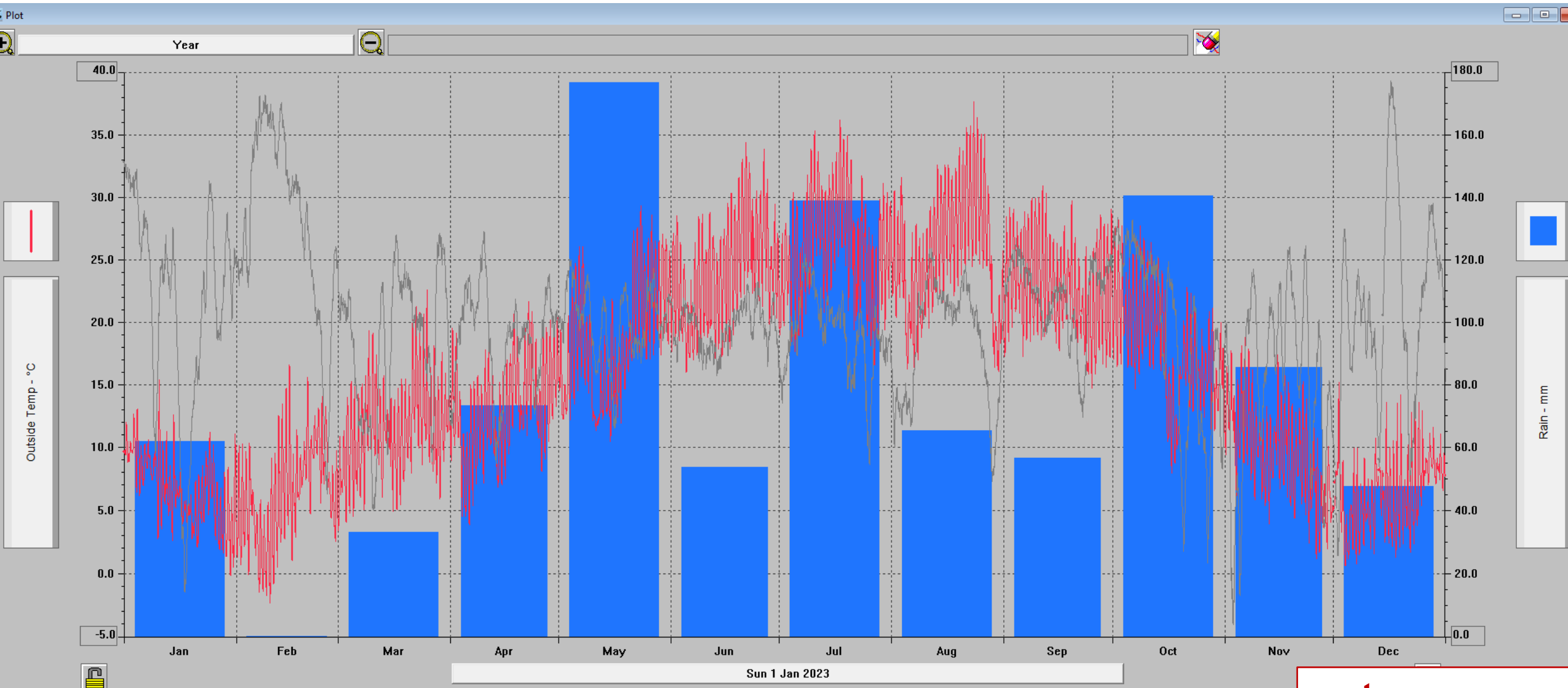
Clima

Grafico delle temperature - Mese di FEBBRAIO 2024 - fonte ARPA  
Raffronto con le medie (tratteggiate) 2006/2023 - Padova



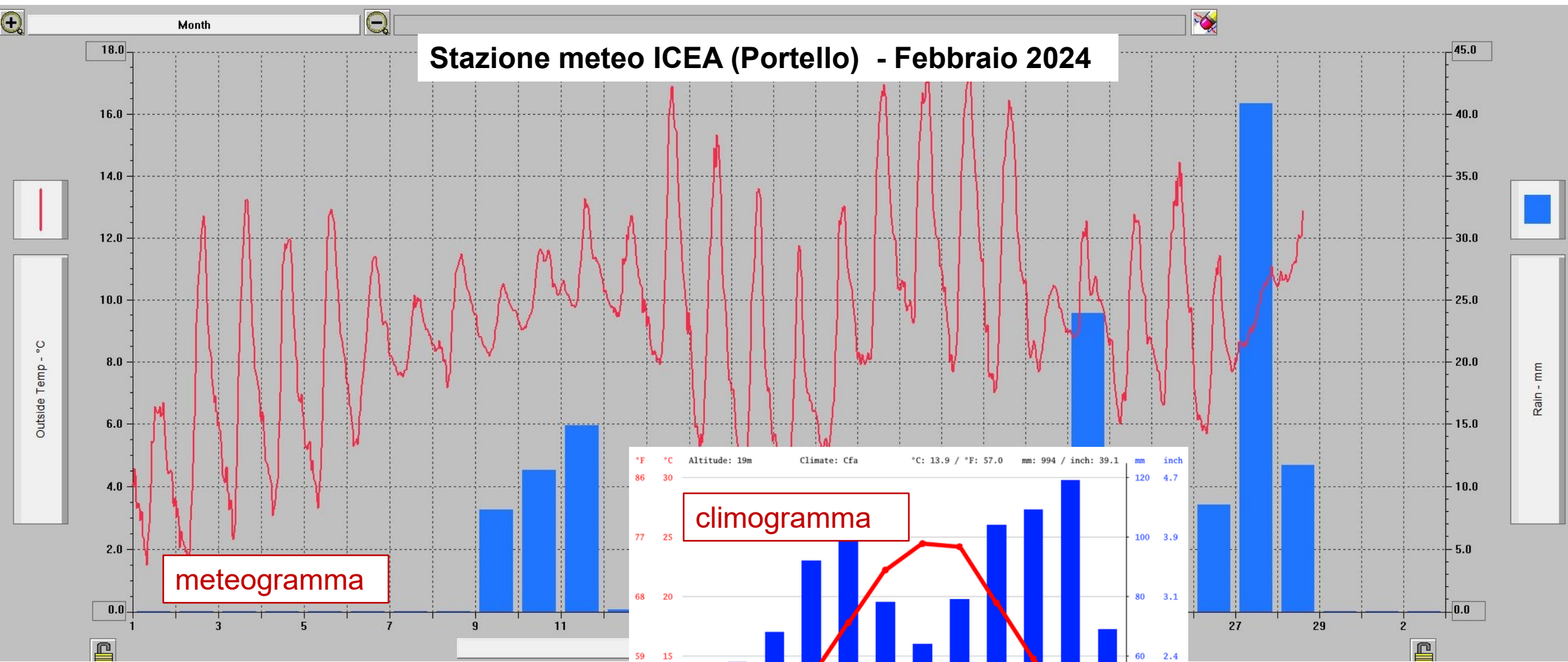
<http://www.meteopadova.it/>

<http://www.meteopadova.it/grafici%20storici.htm>



# Stazione meteo ICEA (Portello) \_\_\_\_\_ 1/1/2023-31/12/2023

meteoγραμμα

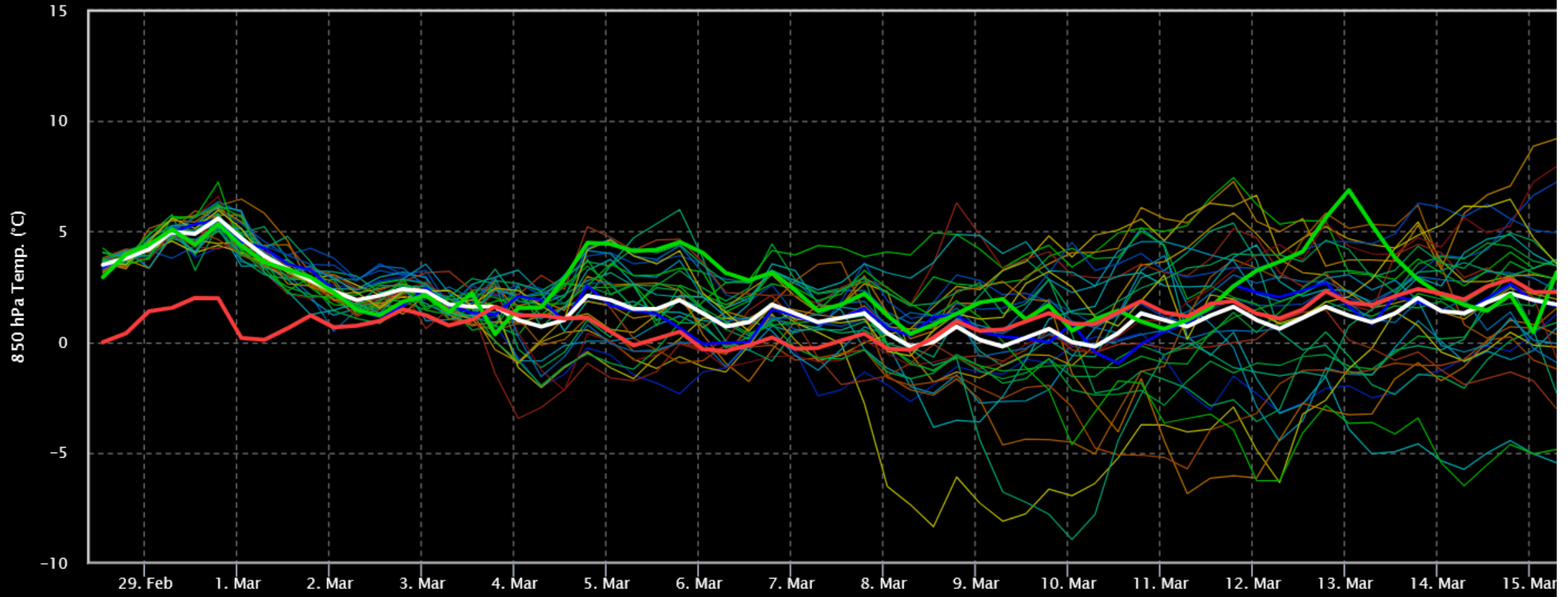


Stazione Portello (ICEA)  
 Mese febbraio 2024: 125 mm (cumulata)

# Wetterzentrale

GFS Padova (IT) 45.5N, 12E

Init: Wed, 28 Feb 2024, 06Z



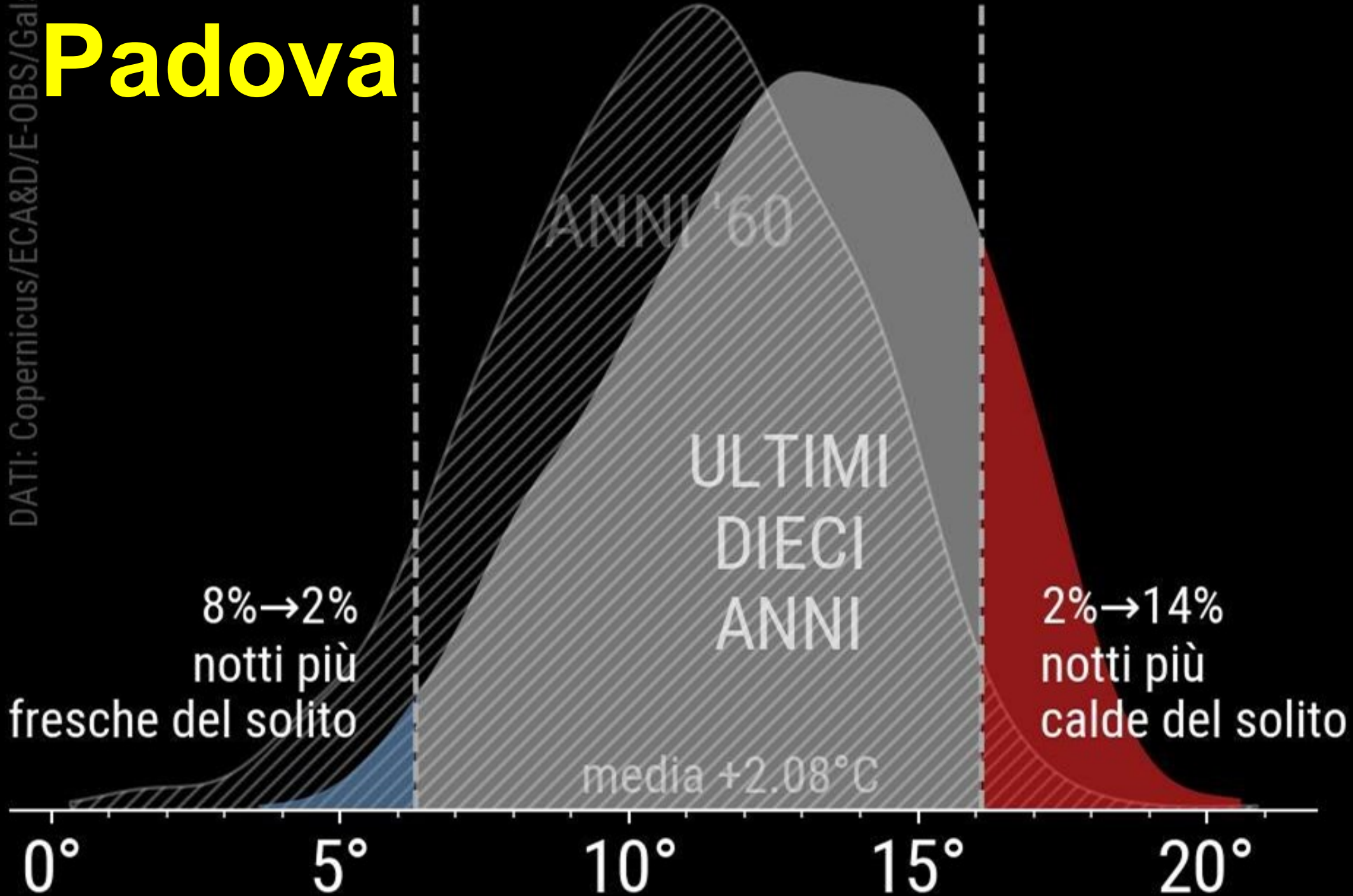
[https://www.wetterzentrale.de/de/show\\_diagrams.php?model=gfs&var=2&geoid=72880&lid=ENS&bw=1](https://www.wetterzentrale.de/de/show_diagrams.php?model=gfs&var=2&geoid=72880&lid=ENS&bw=1)

- P01
- P02
- P03
- P04
- P05
- P06
- P07
- P08
- P09
- P10
- P11
- P12
- P13
- P14
- P15
- P16
- P17
- P18
- P19
- P20
- P21
- P22
- P23
- P24
- P25
- P26
- P27
- P28
- P29
- P30
- CONTROL
- AVG
- OPER
- LT MEAN 1991-2020



# Padova

DATI: Copernicus/ECA&D/E-OBS/Gals





Climate Justice  
Centre of Excellence

# Il clima che cambia... a Padova

Credits:

<https://padovacultura.padovanet.it/it/attivita-culturali/padova-e-le-sue-bellezze-artistiche>



# Clima a Padova nel trentennio 1992-2021

Legnaro (PD) (1992-2021)	Mesi											
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T max media [°C]	7,0	9,5	13,8	17,9	22,8	26,9	29,2	29,2	24,5	18,7	12,5	7,6
T min media [°C]	0,3	1,1	4,3	8,3	13,0	16,6	18,1	17,8	14,0	10,1	5,8	1,2
T media [°C]	3,2	4,9	8,8	13,1	18,0	21,9	23,8	23,4	18,9	13,8	8,8	4,0

# Clima a Padova nel trentennio 1993-2022

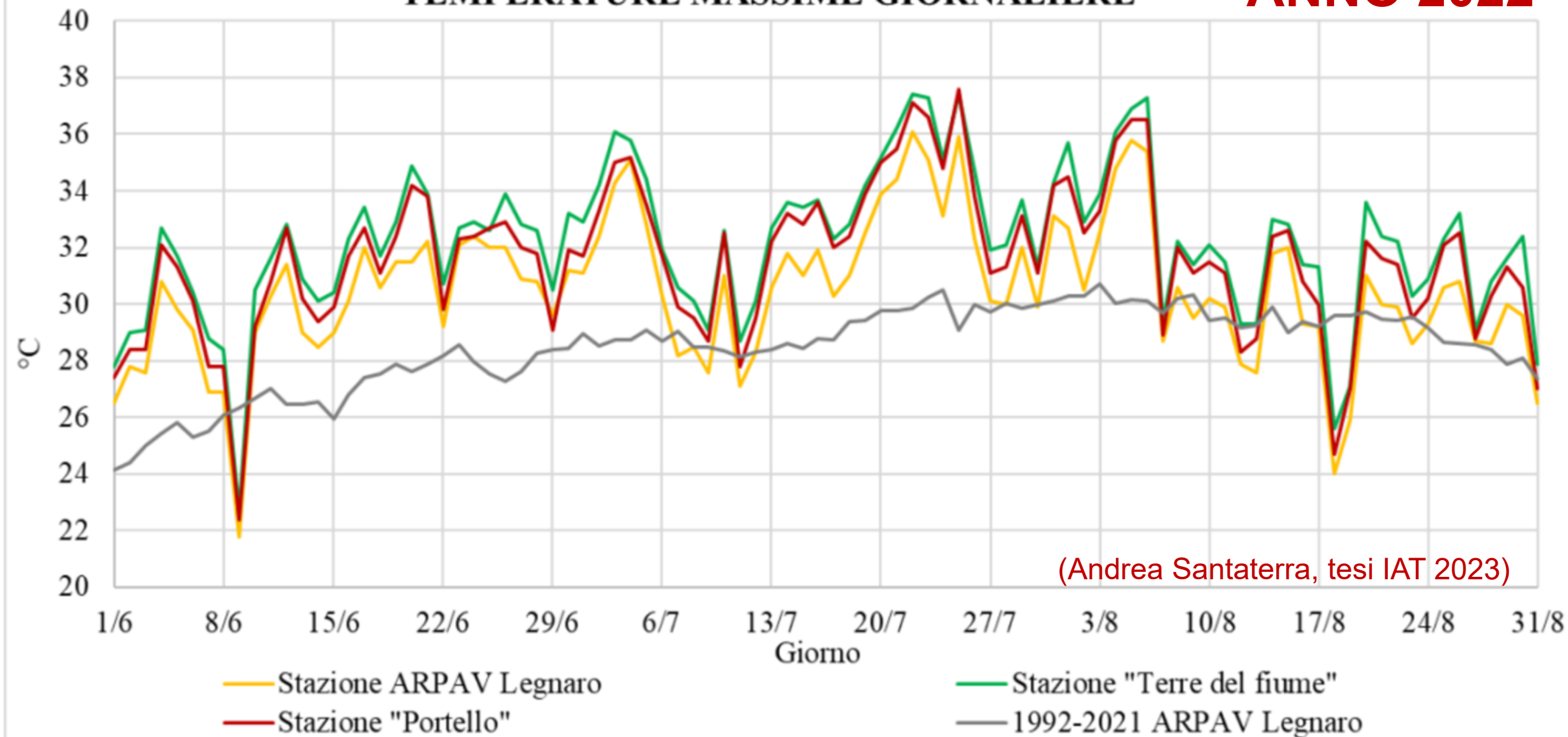
Legnaro (PD) (1993-2022)	Mesi											
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T max media [°C]	7,0	9,5	13,8	17,8	22,7	26,9	29,3	29,3	24,7	19,1	12,8	7,8
T min media [°C]	0,3	1,1	4,2	8,1	13,0	16,7	18,2	18,0	14,2	10,4	6,0	1,5
T media [°C]	3,2	4,9	8,8	13,0	17,8	22,0	23,9	23,5	19,1	14,3	9,1	4,2

# Anno anomalo 2022

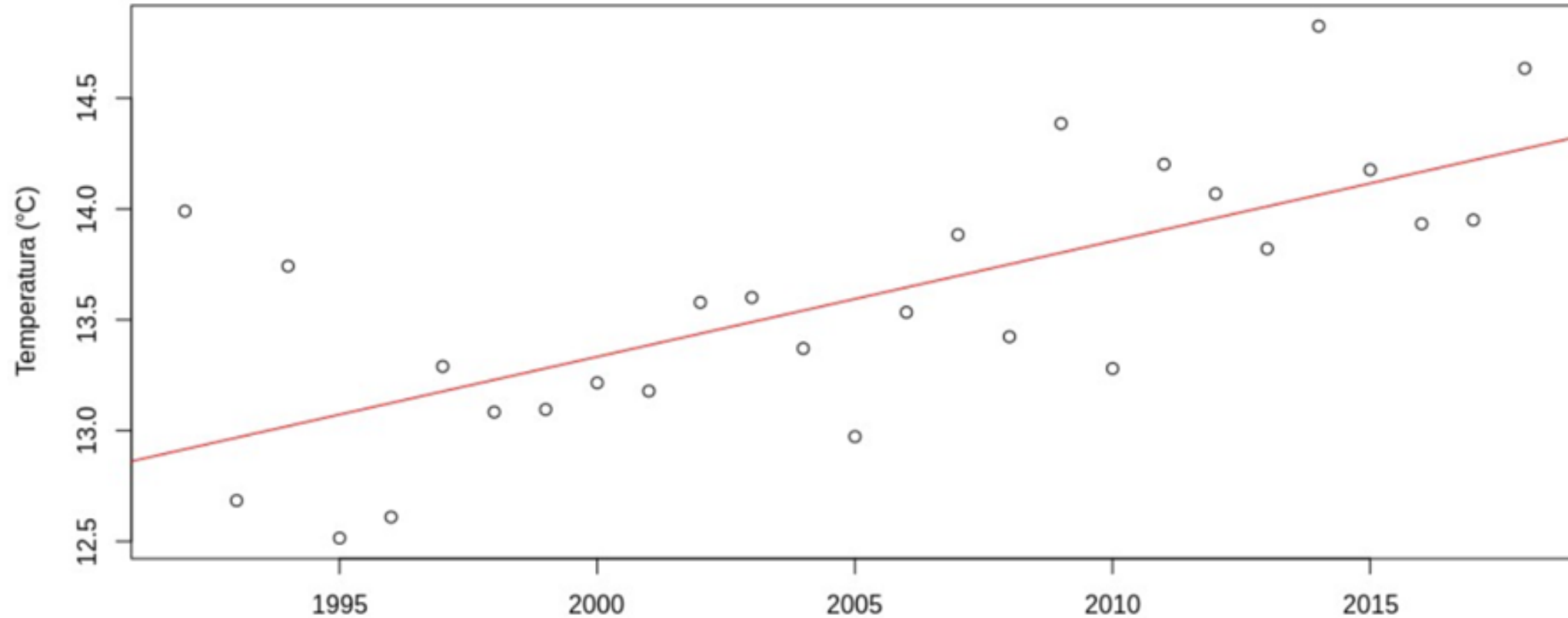
Legnaro (PD) 2022	Mesi											
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T max media [°C]	7,9	11,6	14,0	17,0	24,7	29,8	31,7	30,1	24,3	22,9	14,2	8,8
T min media [°C]	-0,6	1,5	2,8	6,7	15,1	18,8	20,4	19,3	15,0	12,4	6,7	4,5
T media [°C]	3,0	6,2	8,2	12,0	20,0	24,5	26,2	24,6	19,3	16,9	10,2	6,5

## TEMPERATURE MASSIME GIORNALIERE

# ANNO 2022



## Padova: analisi climatica periodo 1992-2021



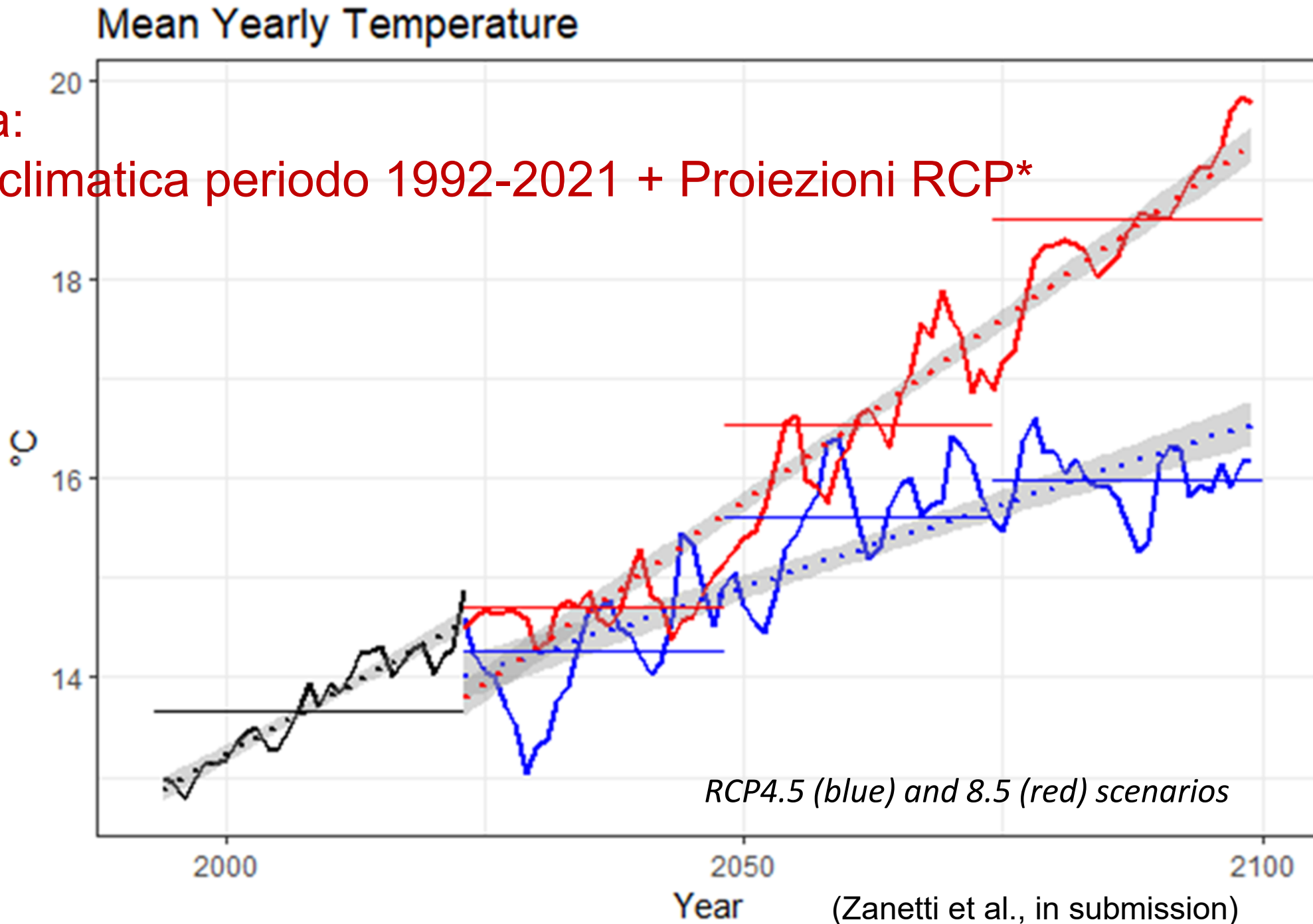
*Temperatura media annuale a Legnaro*

Anno

**Padova (Stazione meteo ARPAV Legnaro)**

*Regressione lineare OLS:*  
**1,35°C in più dal 1992**  
(+0,5°C ogni decennio)  
Significativo con  $\alpha=0,001$

# Padova: analisi climatica periodo 1992-2021 + Proiezioni RCP\*





# Sondaggio "Opinioni e pensieri sui cambiamenti climatici"

(Il questionario è anonimo)



<http://tinyurl.com/23rcjajt>

## Risultati sondaggio "Opinioni e pensieri sui cambiamenti climatici"

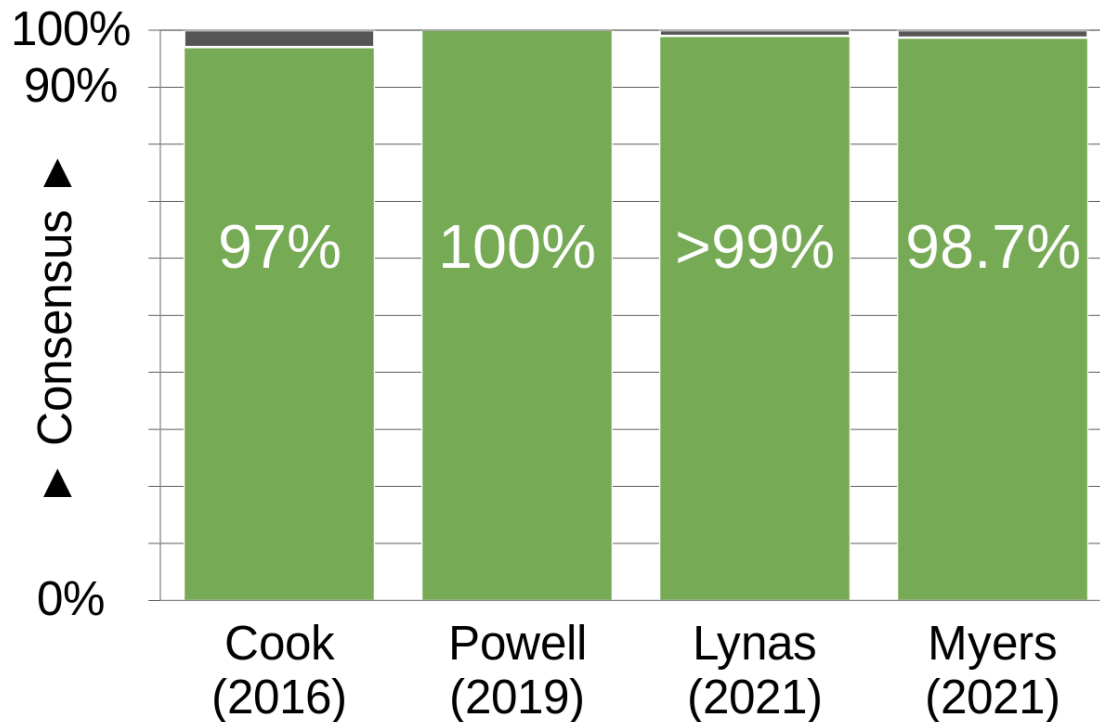


<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScBDV2M8cOvqIL5YMVpkb3hcKJyZgii5lBreQgeXsD6y-acww/viewanalytics?pli=1&pli=1>



Scopus

## Academic studies of scientific consensus on human-caused global warming



This article is more than 1 year old

# 'Case closed': 99.9% of scientists agree climate emergency caused by humans

### Trawl of 90,000 studies finds consensus, leading to call for Facebook and Twitter to curb disinformation



Climate Justice  
Centre of Excellence

## ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS

LETTER • OPEN ACCESS

### Greater than 99% consensus on human caused climate change in the peer-reviewed scientific literature

Mark Lynas<sup>4,1</sup>, Benjamin Z Houlton<sup>2</sup> and Simon Perry<sup>3</sup>

Published 19 October 2021 • © 2021 The Author(s). Published by IOP Publishing Ltd

[Environmental Research Letters](#), Volume 16, Number 11

Citation Mark Lynas et al 2021 *Environ. Res. Lett.* 16 114005

DOI 10.1088/1748-9326/ac2966



Tue 19 Oct 2021

## Carta bianca – LA7 (22 giugno 2022)



Seguici su:

# GREEN&BLUE

CERCA

NEWS VIDEO BIODIVERSITÀ CLIMA ECONOMIA ENERGIA GIARDINAGGIO MOBILITÀ SALUTE TUTORIAL FESTIVAL G&B CHI SIAMO

CLIMA

## Salvini "Il caldo è evento ciclico". Lo scienziato Pasini: "Mai niente di simile nella storia"

di Luca Fraioli



*Il climatologo del Cnr replica a Salvini che spiega lo scioglimento dei ghiacciai con "eventi che si ripetono". "I dati a disposizione dicono chiaramente che non sono mai stati raggiunti i record di temperatura degli ultimi anni"*



20 NOV 2019 20:00

**FELTRISSIMO CONTRO IL RISCALDAMENTO GLOBALE - VIDEO: STASERA A "FAKE" LO SCONTRO TRA IL DIRETTORE DI "LIBERO", LUCA SOFRI E LUCA MERCALLI - VITTORIO SOSTIENE CHE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO È UNA MEZZA BALLA, IL CLIMATOLOGO MERCALLI TIRA IN BALLO L'ORDINE**





# Il Nobel dell'acqua

## Rinaldo: «Il clima cambia dobbiamo farlo anche noi»

Il professore dell'Università di Padova premiato a Stoccolma dal re di Svezia «È tempo di ridurre le disuguaglianze nella distribuzione delle risorse idriche»

23/08/2023  
Pag. 17

Il team di ricerca: «C'è il rischio di ignorare le disuguaglianze sociali»  
I fenomeni non sono più eccezionali: «Le anomalie sono normalità»

### «Ma adesso ci servono strategie di adattamento più inclusive e giuste»

#### L'ANALISI

**S**e il caldo non colpisce tutti nello stesso modo, anche le strategie di mitigazione del rischio - in particolare modo

la vulnerabilità delle popolazioni urbane svantaggiate poiché le strategie e le normative potrebbero esse stesse esacerbare, mantenere o ignorare le disuguaglianze presenti e future creando ingiustizia e interventi disegua-

«rivelano l'urgenza di attivare strategie e misure efficaci di adattamento, che rispondano anzitutto al rischio climatico differenziato delle ondate e isole di calore urbano, modulando gli investimenti e la realizzazione sul

## CAMBIAMENTO CLIMATICO IN VENETO

Una grande inchiesta per interpretare il presente e capire il futuro



CONTENUTO PER GLI ABBONATI PREMIUM

### Maggio rovente: 1,3 gradi in più in 30 anni. A Padova gli scienziati cercano case "sentinella"

Quest'anno in Veneto si va da 4 a 7 gradi oltre le medie stagionali. L'appello dei ricercatori del Bo ai padovani: «Fateci usare le vostre abitazioni come stazioni meteo: così esamineremo gli eventi estremi»

GIULIA TASCA E SILVIA BERGAMIN

24/08/2023  
Pag. 18

## Il caso eco-scettici

### «Clima, non c'è emergenza» Anche accademici padovani sottoscrivono il manifesto

I 1600 firmatari negano il ruolo affidato all'uomo dalla scienza nel riscaldamento «I politici dovrebbero puntare su strategie di adattamento collaudate e accessibili»

Simonetta Zanetti

«Non c'è alcuna emergenza climatica». Un'affermazione che è anche il titolo del manifesto sottoscritto da oltre 1.600 persone da tutto il mondo, tra cui numerosi scienziati. Ma non solo. Tra questi, anche 190 italiani e poco meno di una decina di accademici padovani, di ieri e di oggi che si uniscono al coro che nega il ruolo affidato

sti quanto degli scienziati» assicura il professor Ortolani.

IL MANIFESTO

Tra le affermazioni contenute

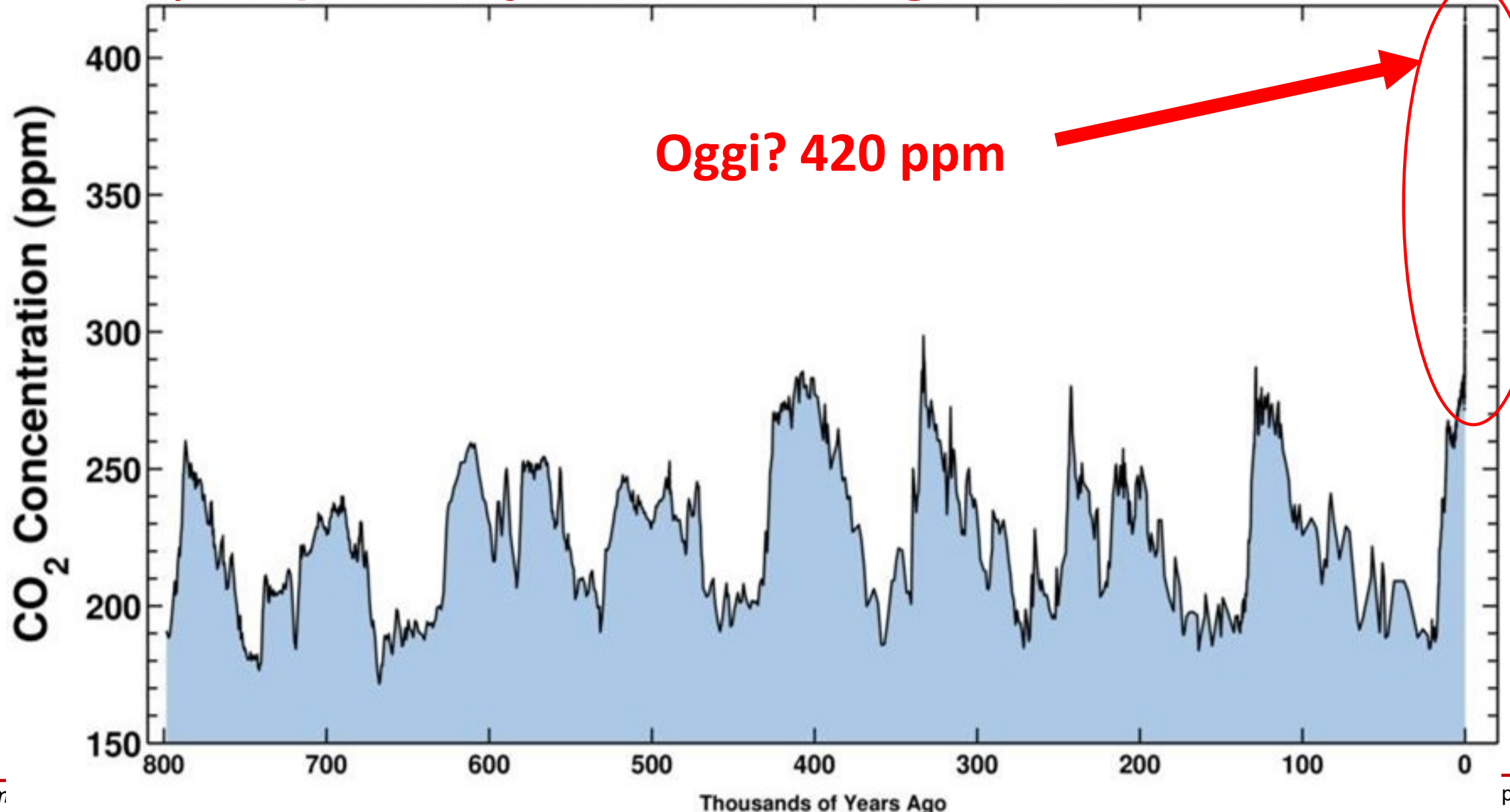
tenziali danni climatici dando priorità a strategie di adattamento basate su piani collaudati e accessibili».

LA LETTURA

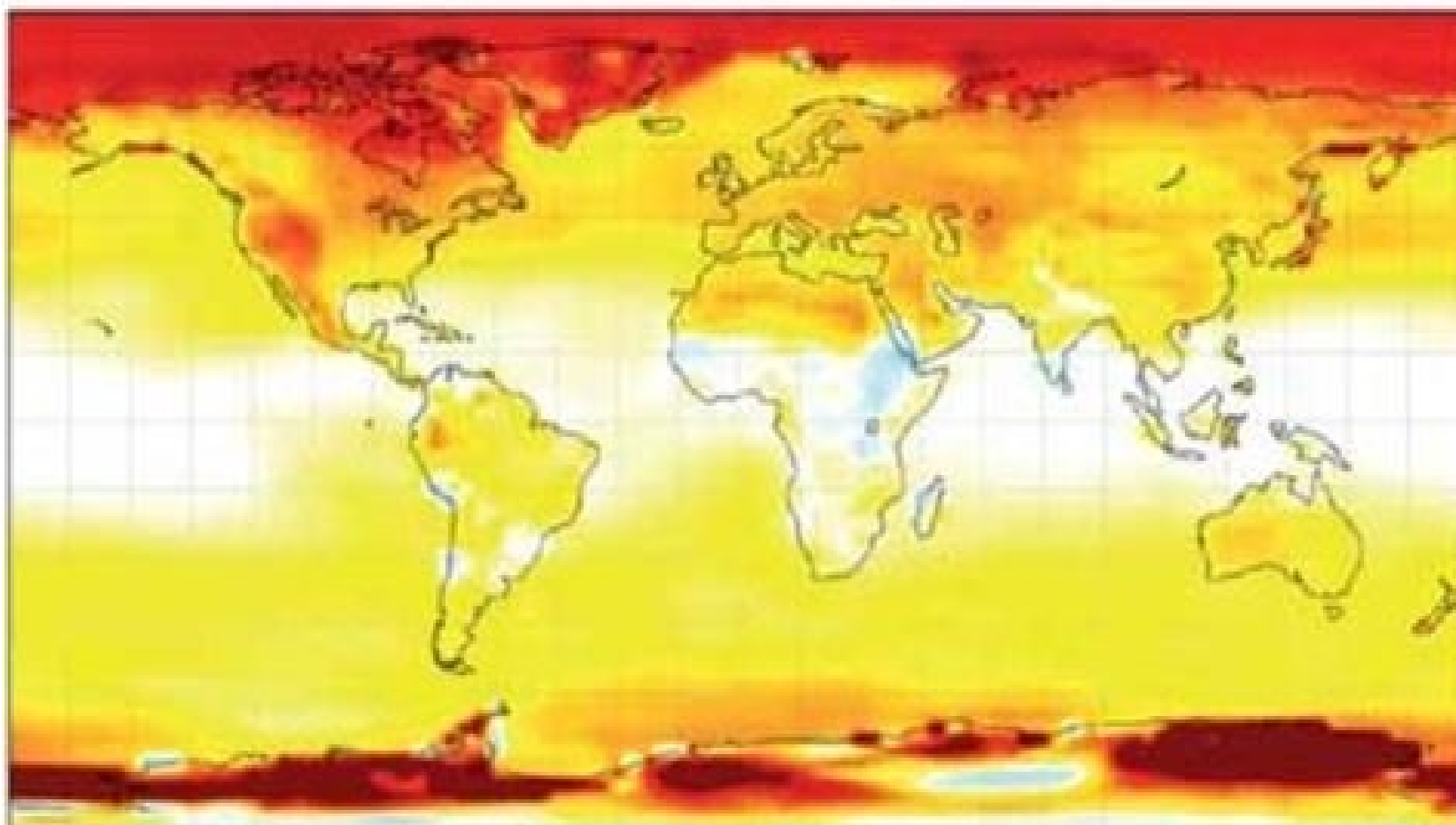
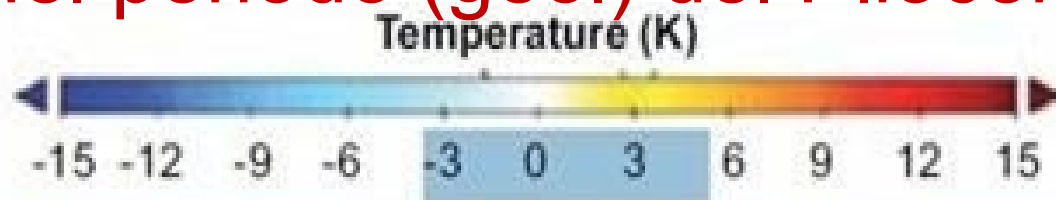
I firmatari del documento, molti dei quali, come detto, accademici riconosciuti per i risultati ottenuti - nel loro settore - spiegano quindi il motivo

che ha spinto a sottoscrivere

# EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica, 1996-2005)



# 400 ppm nel periodo (geol) del Pliocene (3 M anni)



Genere Australopithecus