



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

SANGUE DELLA TERRA

Scienza agronomia tecnologia in viticoltura ed enologia

22 marzo 2023

Variabilità e cambiamenti climatici in Toscana: analisi dei principali fenomeni e dei relativi impatti

Simone Orlandini

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali
(DAGRI) - Università di Firenze
Accademia dei Georgofili
simone.orlandini@unifi.it

Giulia Galli

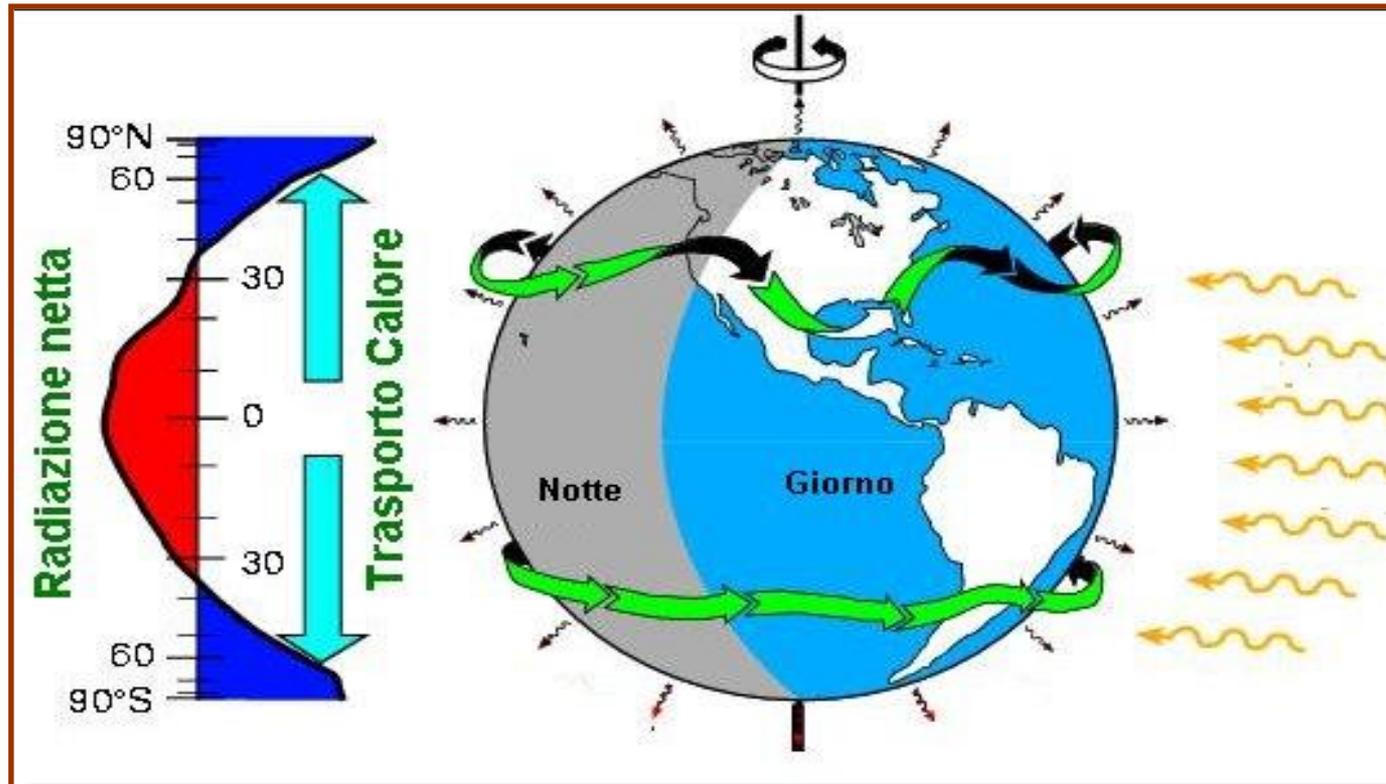
Fondazione per il Clima e la Sostenibilità

Con la collaborazione del LAMMA - Laboratorio di monitoraggio e modellistica
ambientale

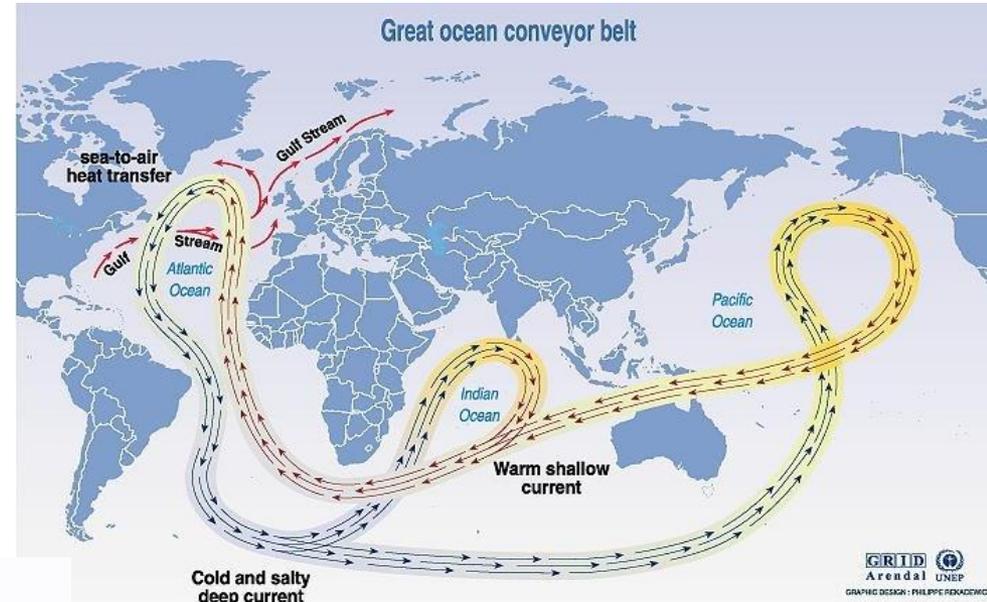
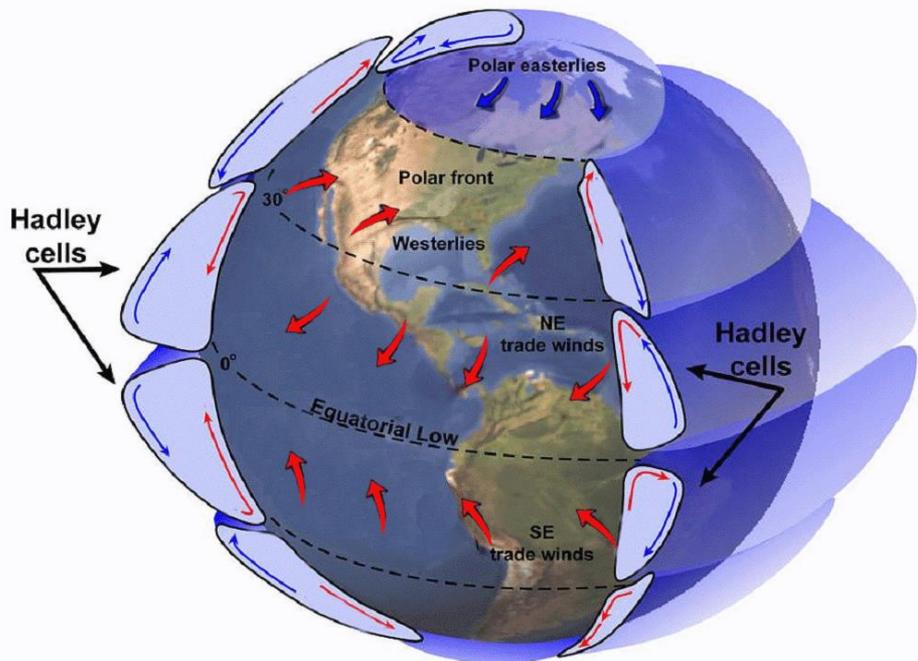
La radiazione solare: il motore del sistema climatico

Il **bilancio energetico** (differenza fra la radiazione in arrivo dal sole e quella emessa dalla terra per irraggiamento) risulta positivo nelle zone intertropicali e negativo ai poli.

La **radiazione solare** che giunge sulla superficie terrestre è dipendente dalla latitudine



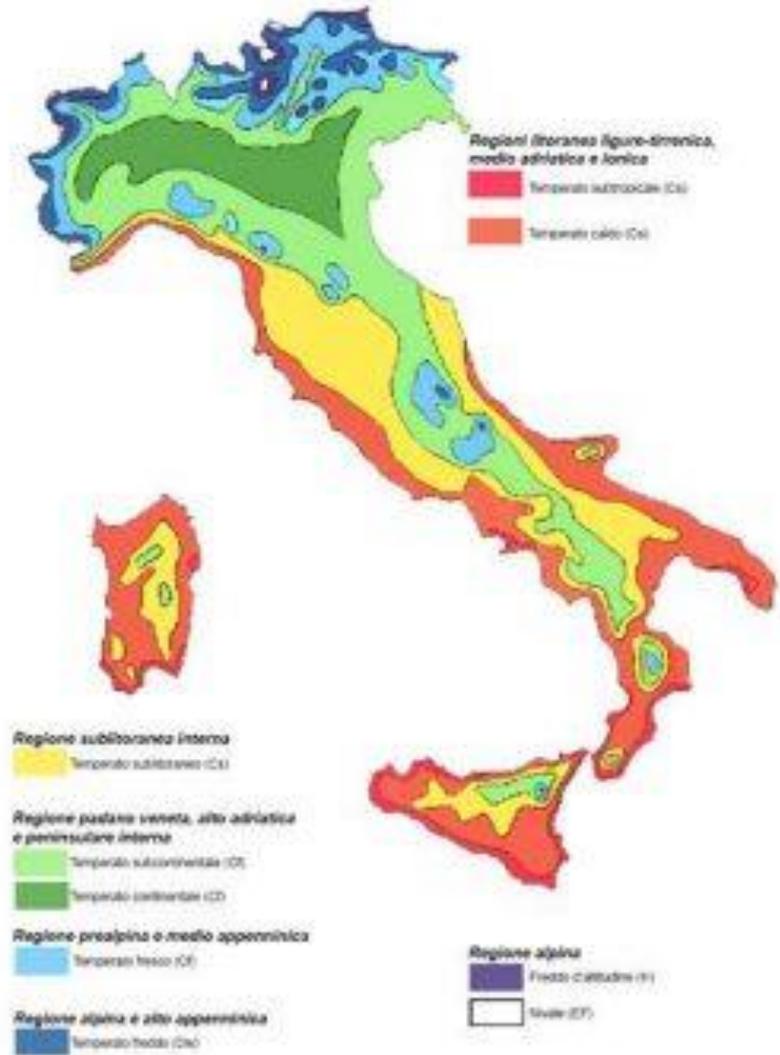
La circolazione atmosferica e oceanica



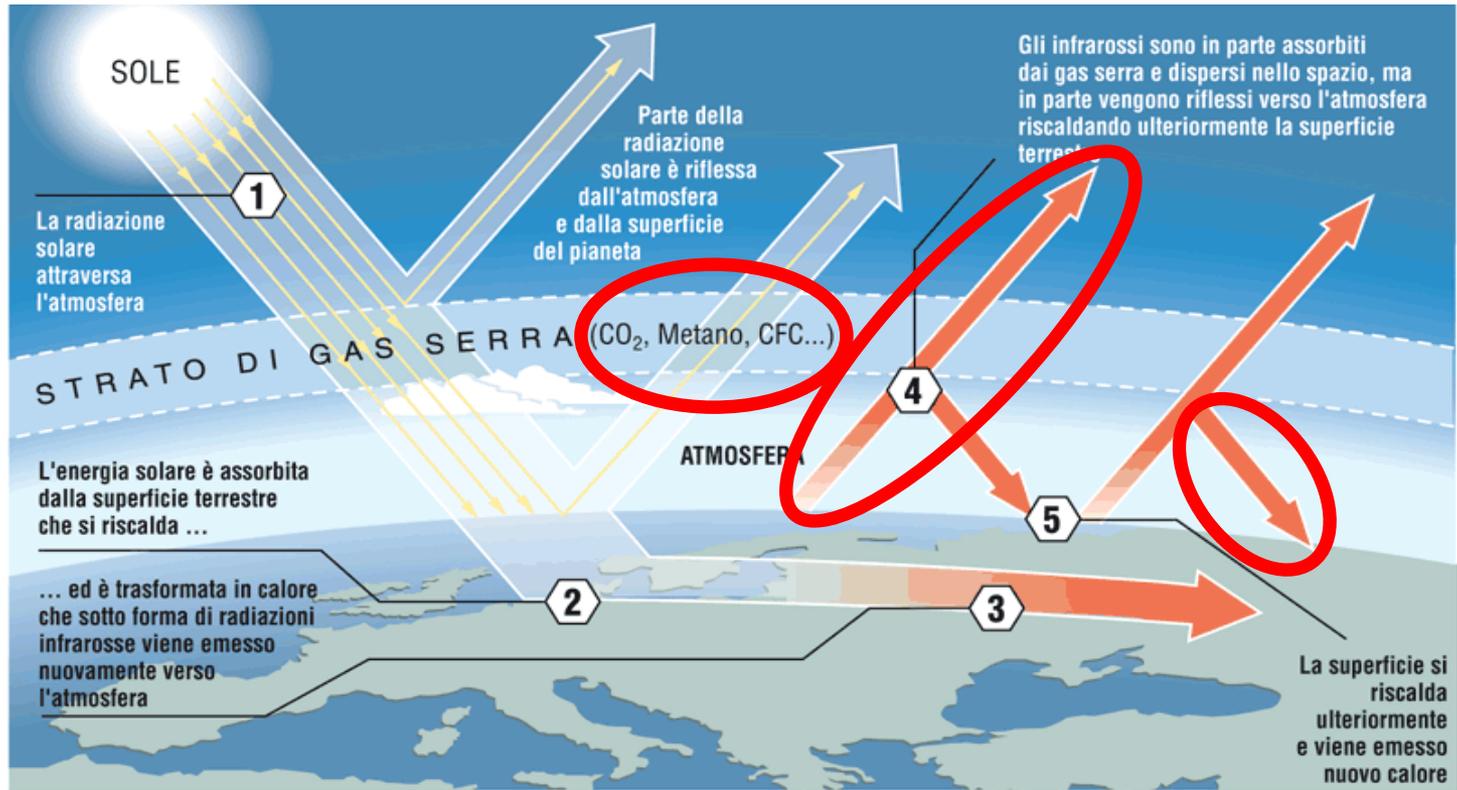
ecker, 1991, in *Climate change 1995, impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses, contribution of working group 2 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, UNEP and WMO, Cambridge press university, 1996.

Aree climatiche

- Rilievi
- Topografia
- Corpi idrici
- Uso del suolo

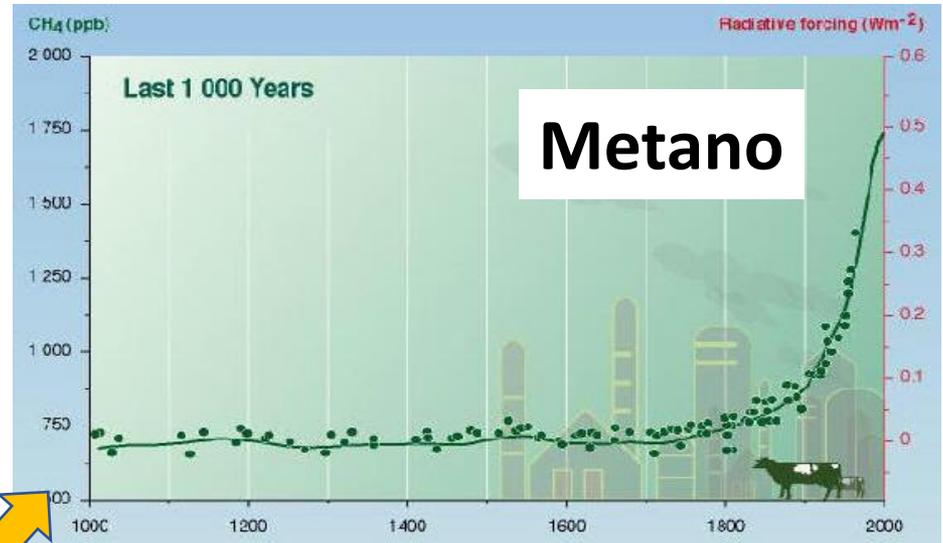
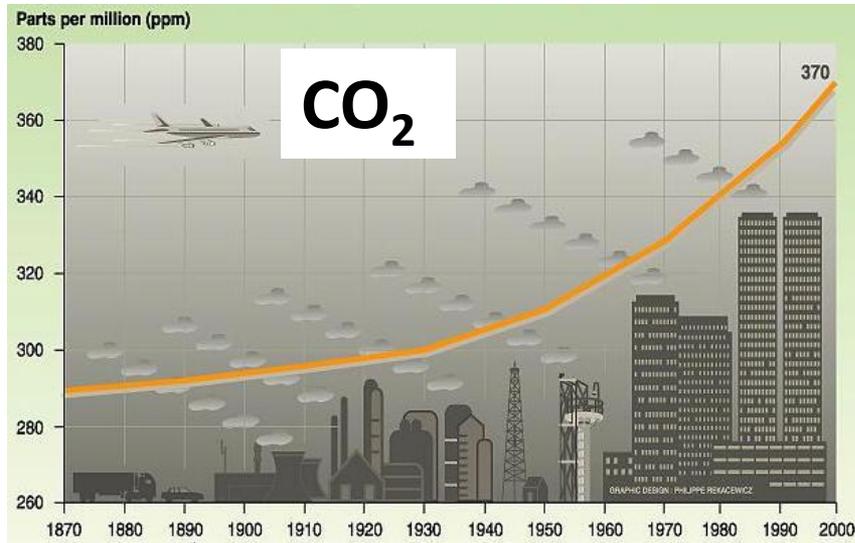


L'effetto serra



La radiazione solare giunge sulla superficie terrestre e viene riemessa sotto forma di radiazione infrarossa. Parte di tale radiazione viene bloccata dal vapor d'acqua e dai cosiddetti "gas serra"

Andamento dei principali gas serra negli ultimi decenni



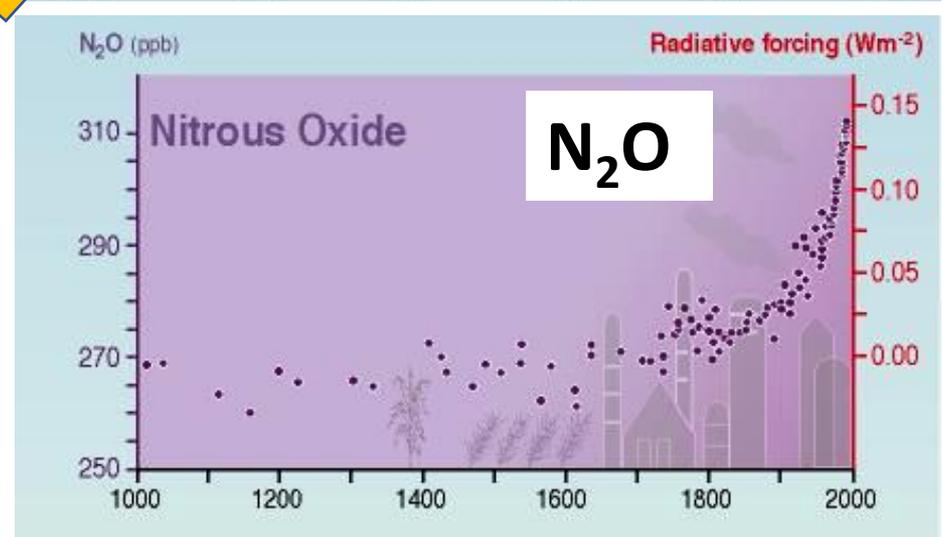
↑

consumo energetico e cambiamenti di utilizzazione del suolo

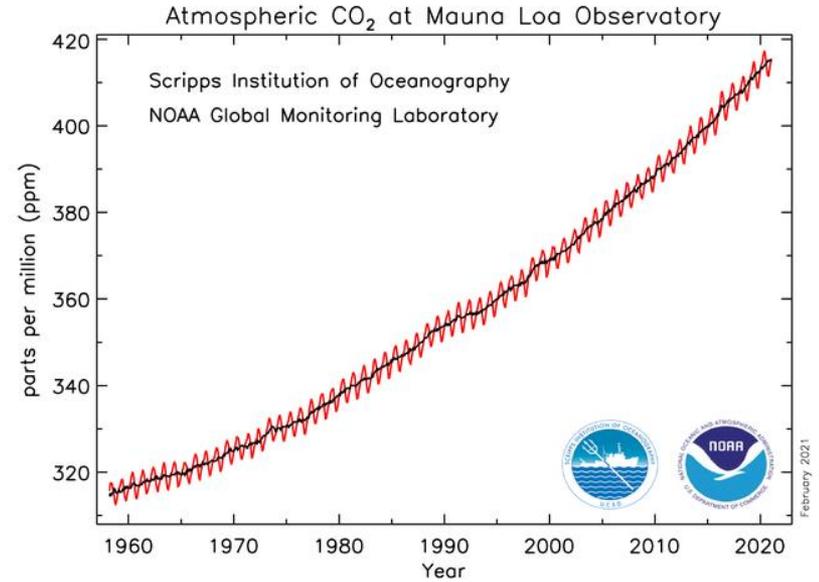
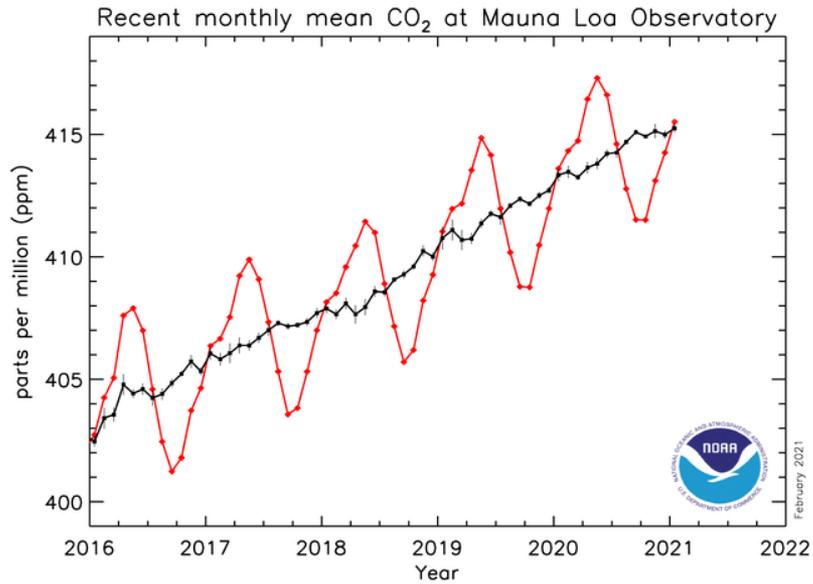
paludi, combustibili fossili, discariche, animali ruminanti, risaie e combustione di biomassa

→

Terreni agricoli, bestiame e industria chimica



Continui record



January 2021: 415.52 ppm

January 2020: 413.61 ppm

Last updated: February 10, 2021

VARIAZIONI

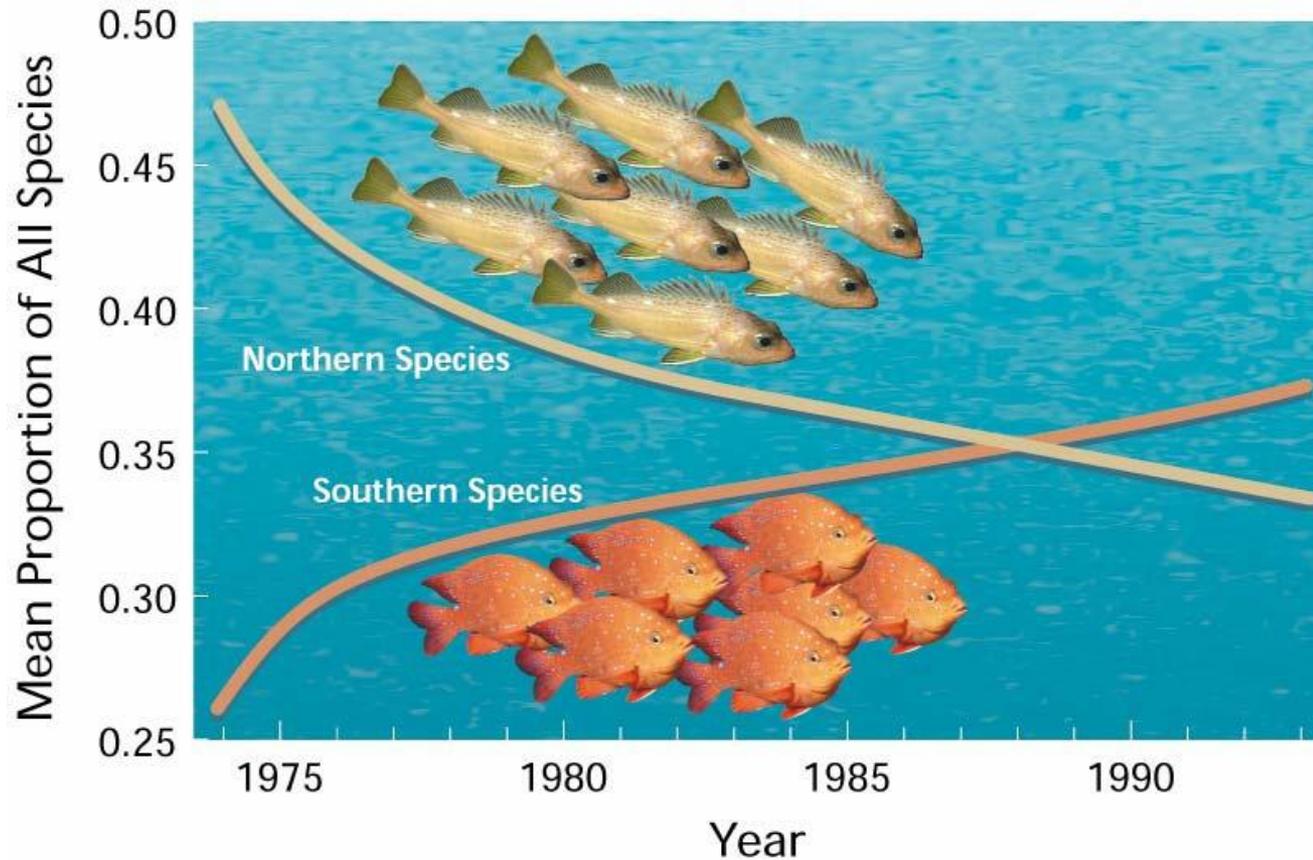
→ DI TENDENZA

→ DI PERSISTENZA

→ DI INTENSITA'

→ DI FREQUENZA

Modifica dei range di distribuzione



From, Christopher Field

Cambiamento nelle fasi di sviluppo

Anticipo delle fasi fenologiche di piante e animali
(2-3 giorni/decade durante la primavera)

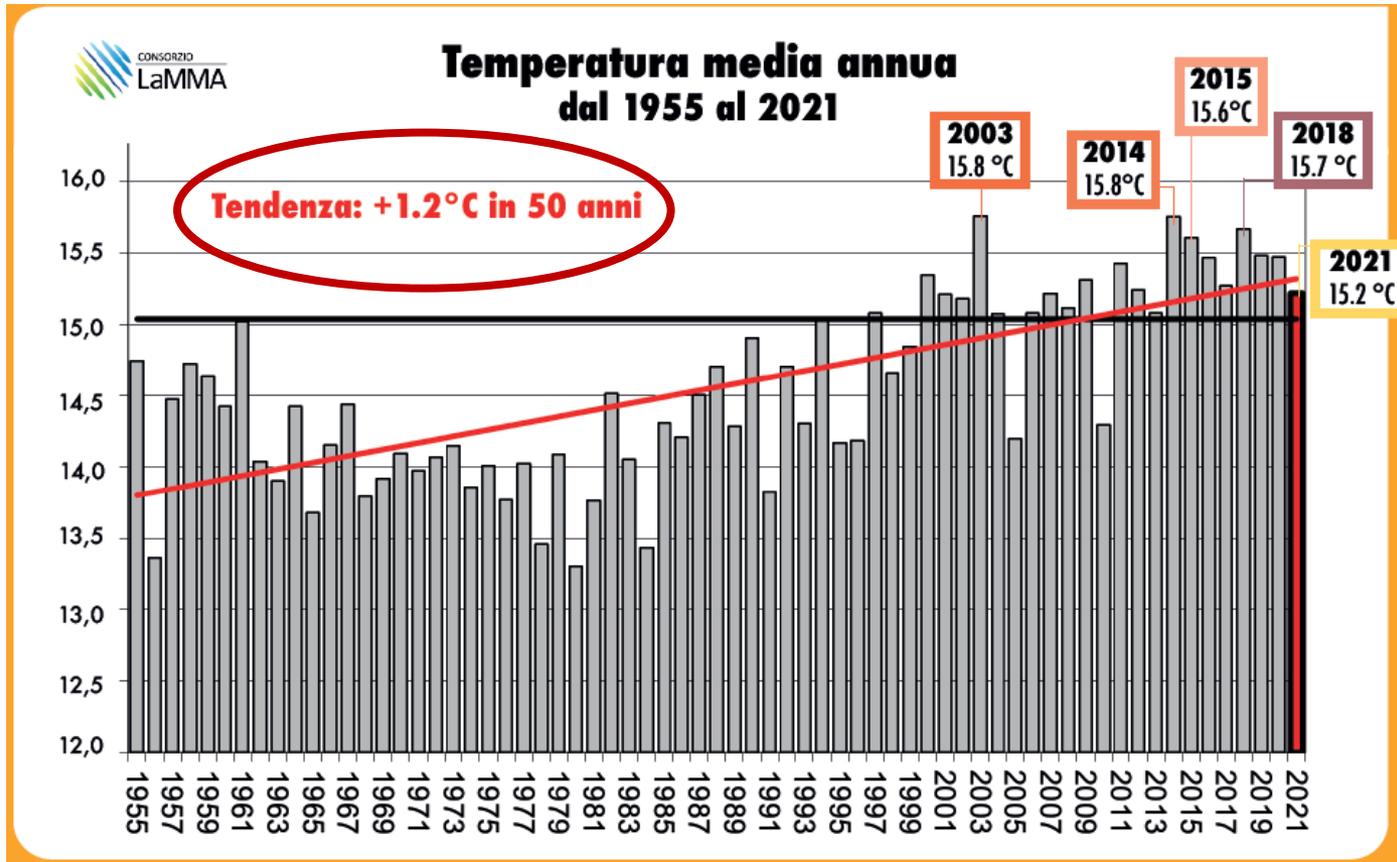


I cambiamenti climatici in Toscana

Alcune delle principali tendenze climatiche riguardanti la Toscana dalla metà degli anni cinquanta ad oggi:

- le **temperature aumentano** soprattutto in primavera ed in estate; 
- il numero delle **ondate di calore** e dei **giorni di calore in estate** aumenta; 
- il numero delle ondate di freddo e dei giorni di freddo in inverno è in calo; 
- le precipitazioni degli ultimi 25 anni non mostrano tendenze particolari, ma si alternano sempre più spesso **anni o periodi con forte carenza idrica** ad **anni o periodi con forte disponibilità idrica**;  
- il numero di eventi con pioggia giornaliera molto intensa è stabile, aumenta però la **proporzione di pioggia annua** dovuta a questi eventi; 
- aumenta **l'irregolarità nella distribuzione temporale delle piogge** sia nella stagione secca che in quella piovosa; questo favorisce un aumento degli eventi alluvionali. 

Aumento della temperatura media in Toscana (1990-2021)



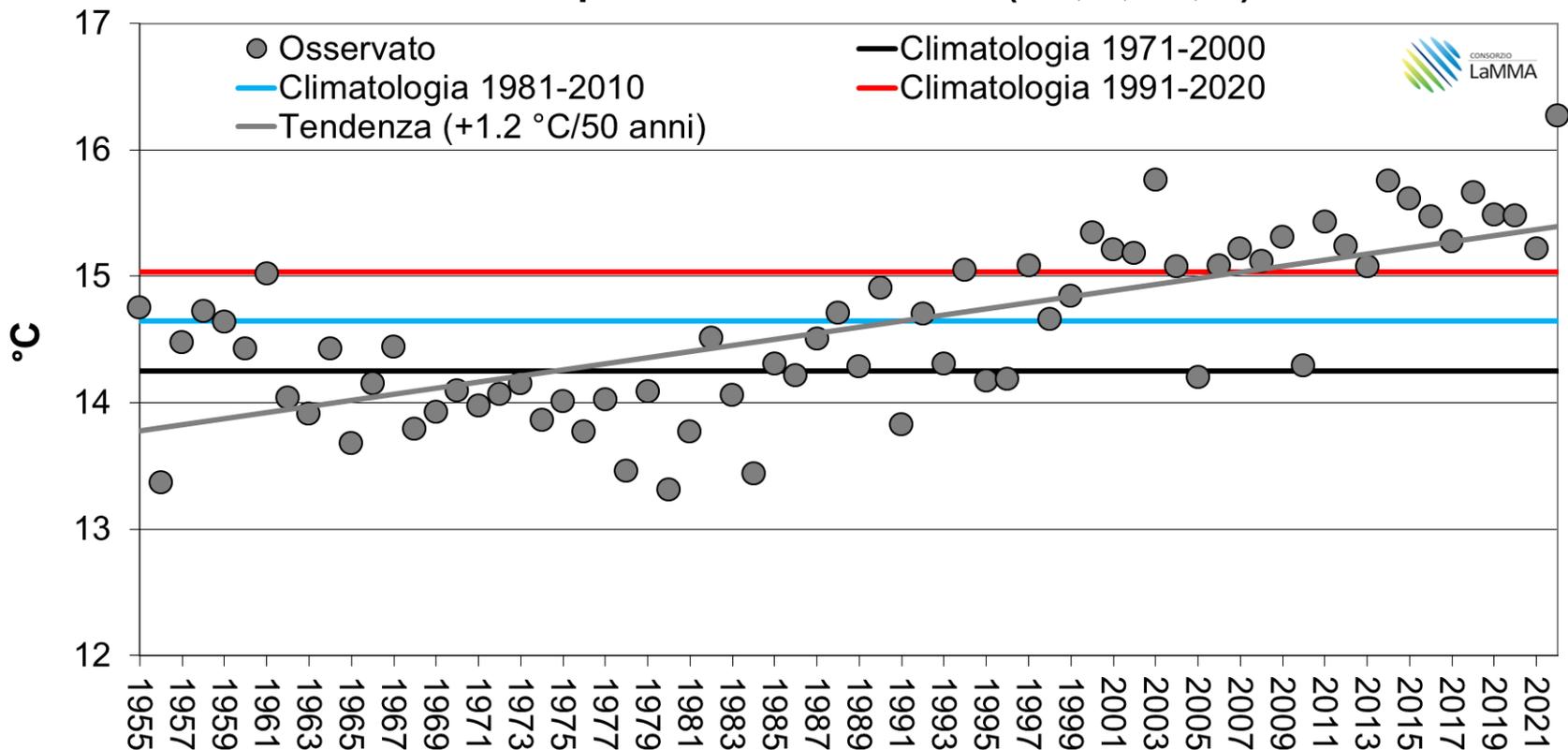
2021:
+0.6°C rispetto
alla media **1981-2010**

+0.2 °C rispetto alla
media **1991-2020**

Temperatura media giornaliera annua (media dei valori delle stazioni meteorologiche di Firenze, Arezzo, Grosseto e Pisa). È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea rossa) e la temperatura di riferimento (linea nera) relativa al periodo 1991-2020.

Aumento della temperatura media in Toscana (1990-2022)

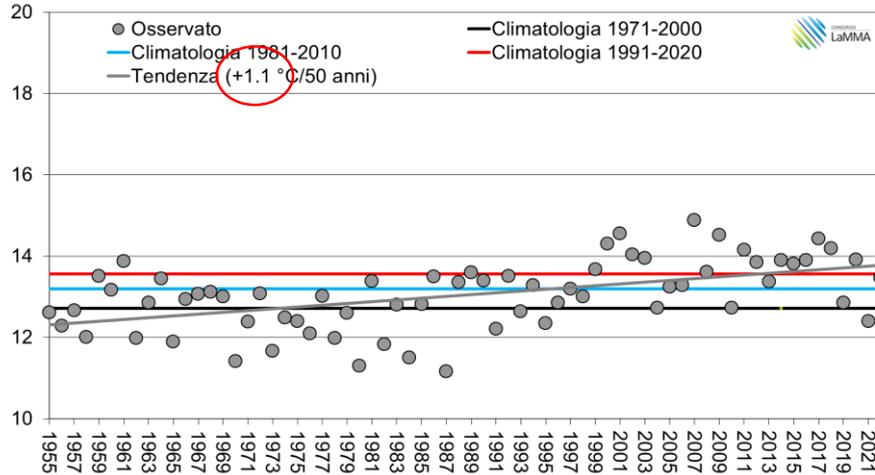
Temperatura media annua (AR,FI,GR,PI)



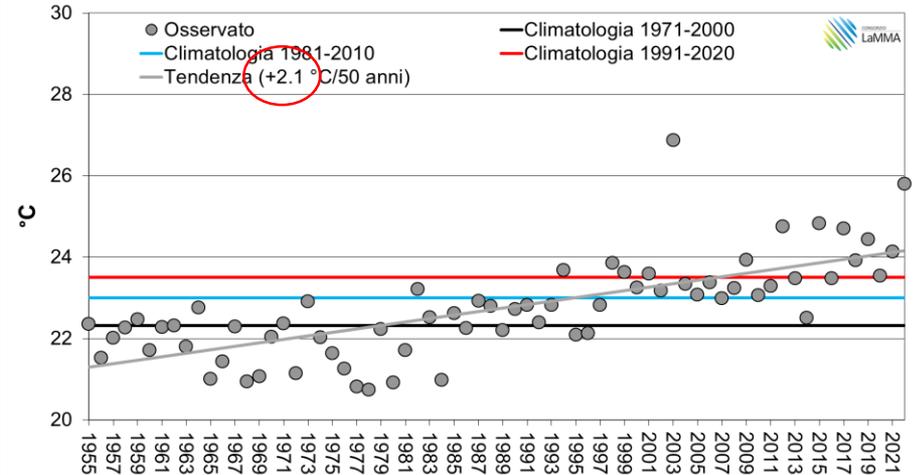
Temperatura media giornaliera annua (media dei valori delle stazioni meteorologiche di Firenze, Arezzo, Grosseto e Pisa). È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea grigia) e la temperatura di riferimento (linea nera, blu e rossa) relativa ai diversi periodi.

Andamento della temperatura media per stagione dal 1955 al 2022

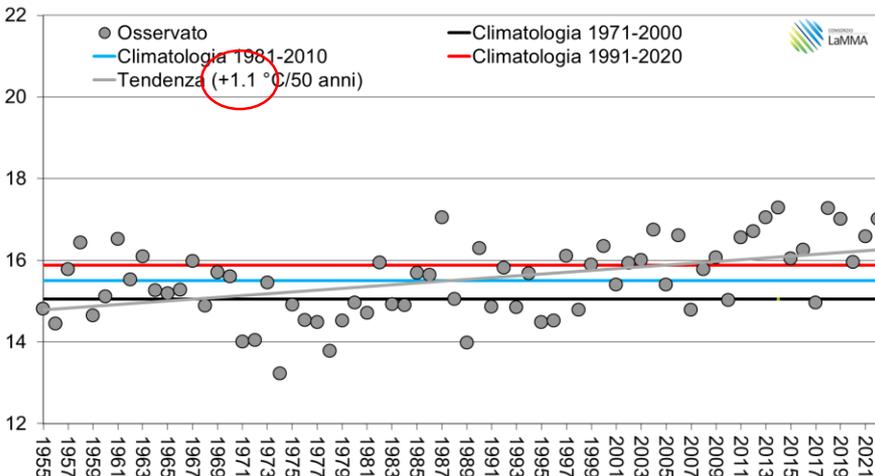
Temperatura media primavera (AR,FI,GR,PI)



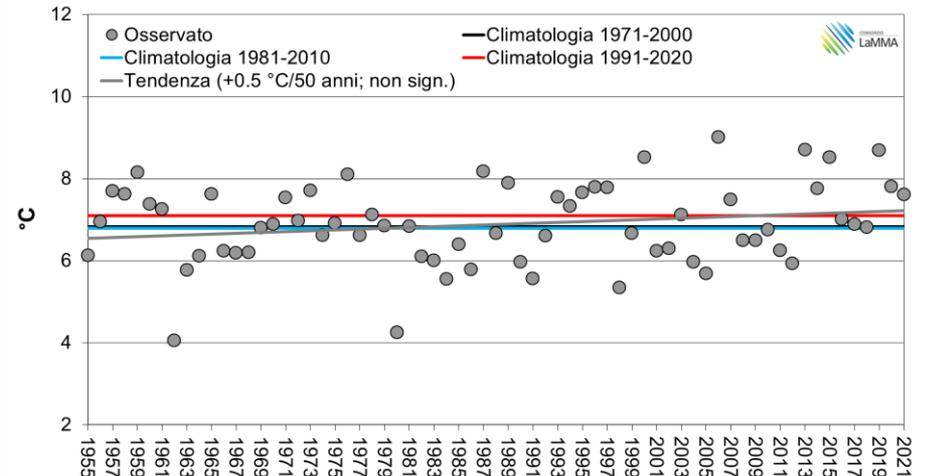
Temperatura media estate (AR, FI, GR, PI)



Temperatura media autunno (AR,FI,GR,PI)

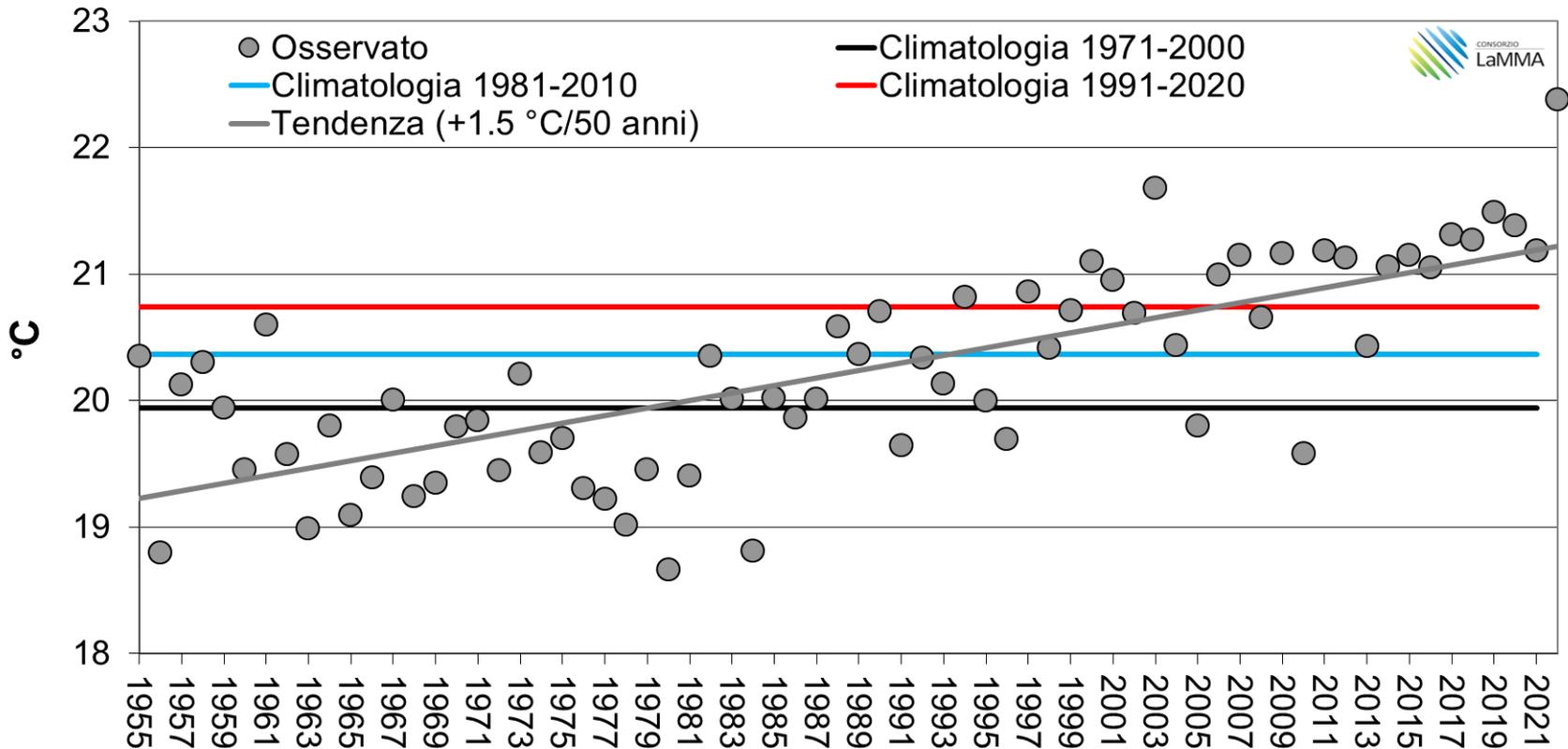


Temperatura media inverno (AR,FI,GR,PI)



Anche la **temperatura massima** annuale è in aumento: **+ 1.5 °C** dal 1955...

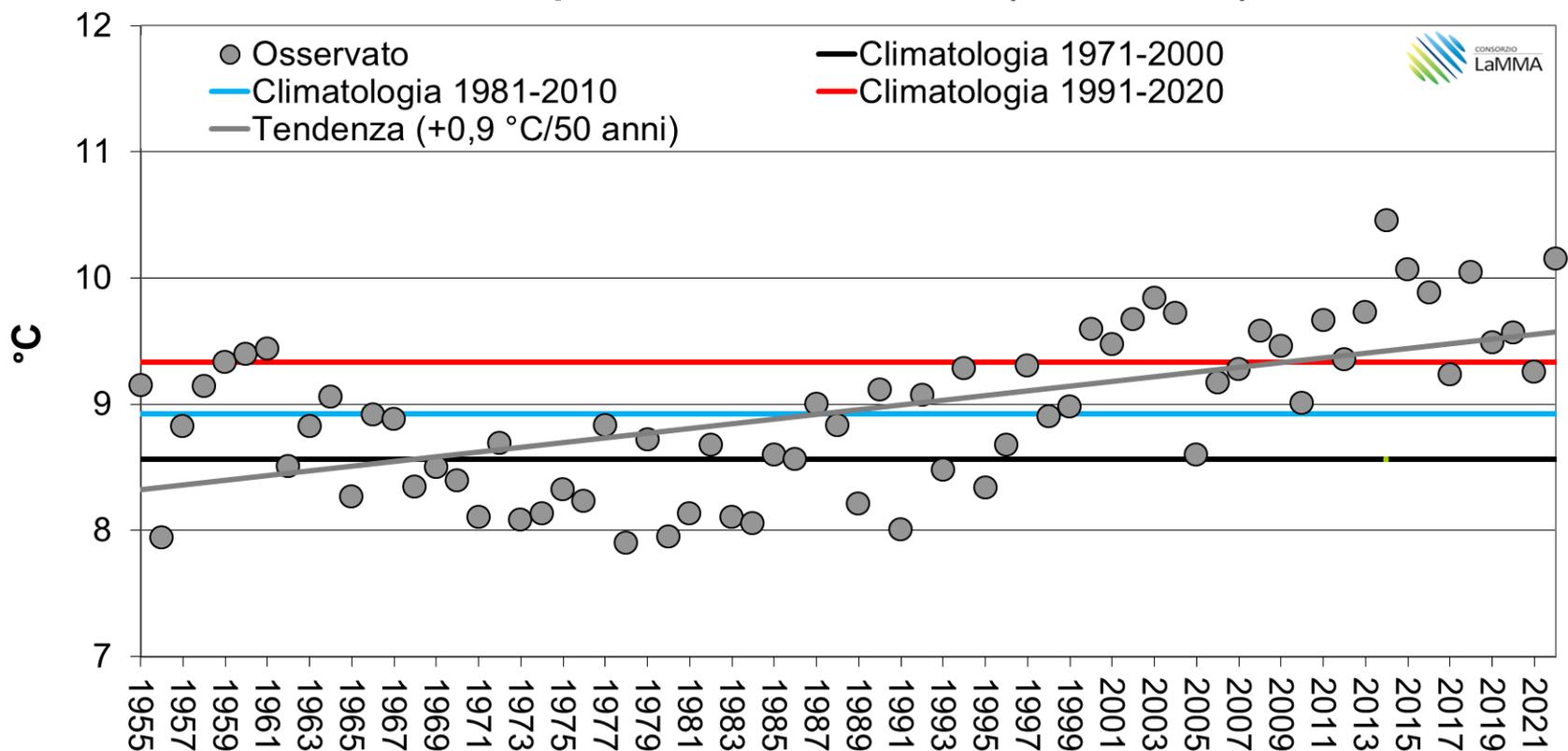
Temperatura massima annua (AR,FI,GR,PI)



Temperatura massima giornaliera annua (media dei valori delle stazioni meteorologiche di Firenze, Arezzo, Grosseto e Pisa). È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea grigia) e la temperatura di riferimento (linea blu, nera, rossa) relativa a diversi periodi

... così come la **temperatura minima annuale**: + 0.59 °C dal 1955

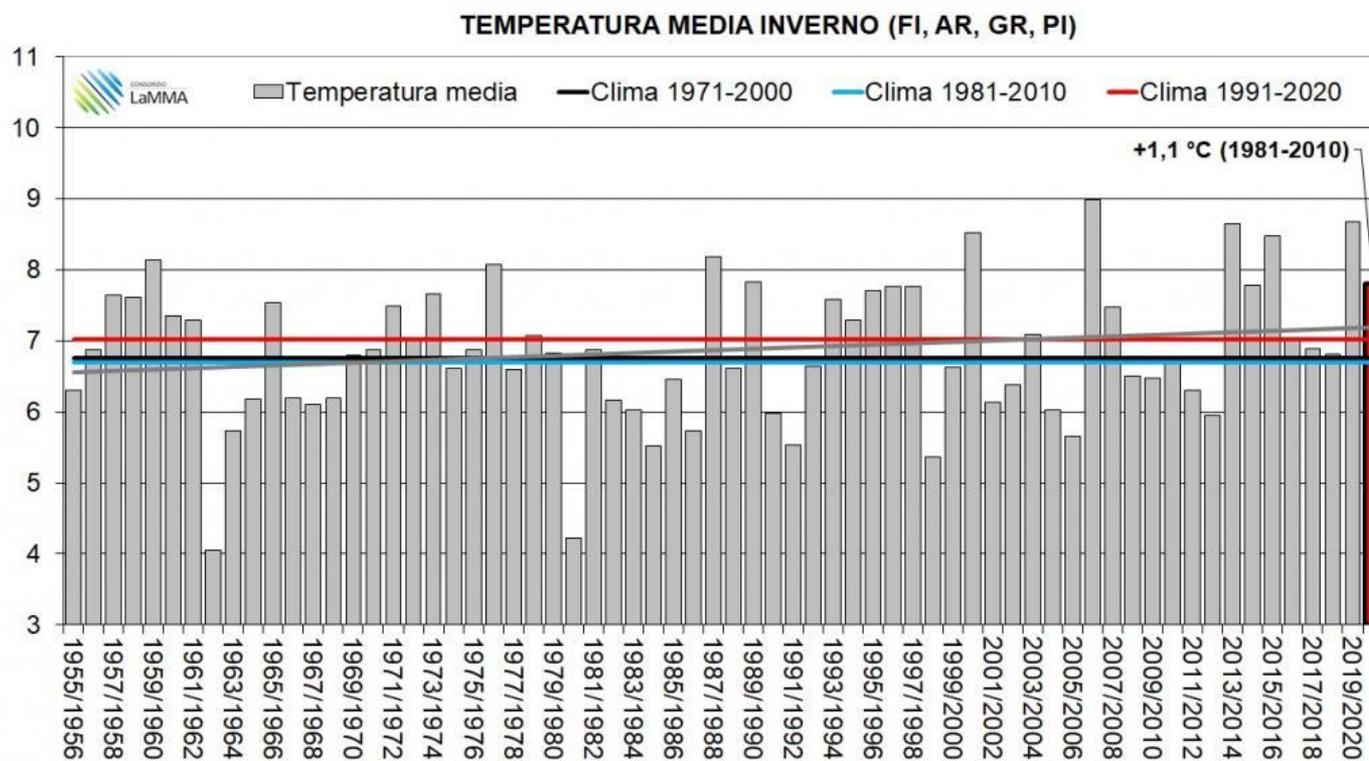
Temperatura minima annua (AR,FI,GR,PI)



Temperatura minima giornaliera annua (media dei valori delle stazioni meteorologiche di Firenze, Arezzo, Grosseto e Pisa). È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea grigia) e la temperatura di riferimento (linea blu, nera, rossa) relativa a diversi periodi

Temperature invernali

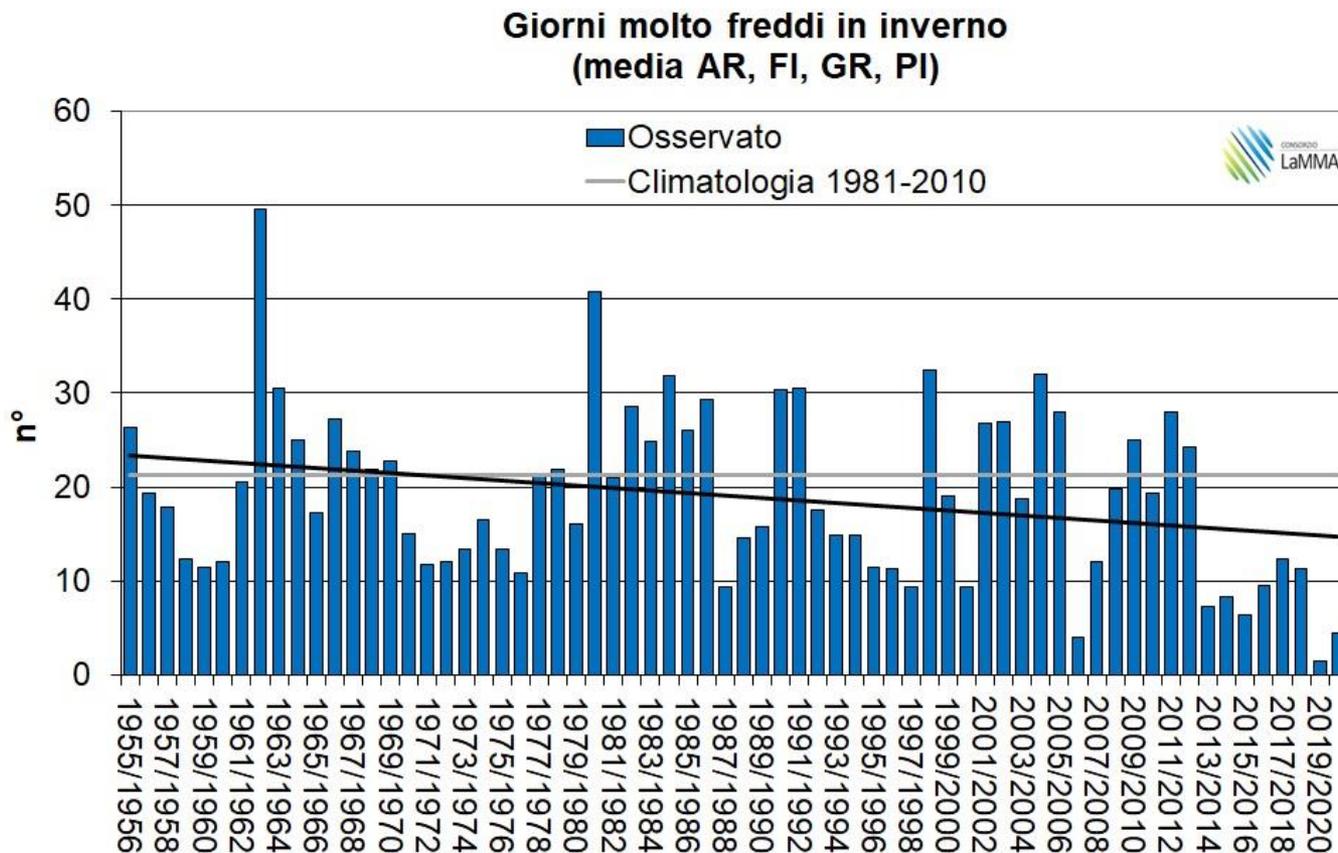
Nel 2021 la temperatura media del periodo invernale è stata **circa 1.1 °C superiore ai valori attesi** secondo la climatologia **1981-2010** (+0.8 °C rispetto alla climatologia **1991-2020**)



Temperatura media inverni dal 1955/1956 al 2020/2021 con clima 1971-2000, 1981-2010 e 1991-2020

Inverni più miti

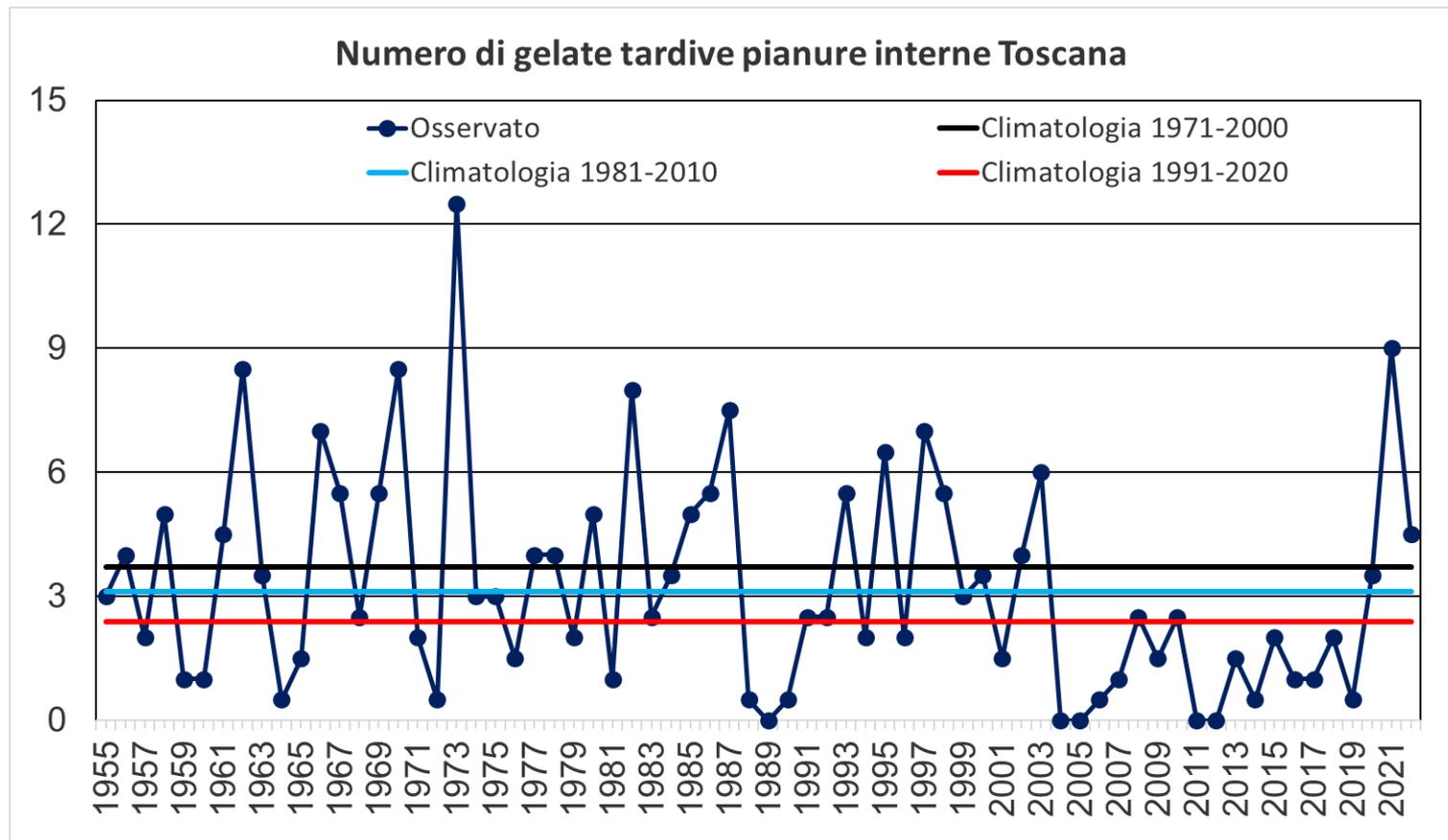
Il numero di «**giorni molto freddi**» (indice che conta i giorni caratterizzati da una temperatura media giornaliera inferiore di almeno una deviazione standard rispetto al normale) è in netto calo negli ultimi 60 anni e in particolare nell'ultimo decennio



Numero di giorni molto freddi in inverno dal 1955-1956 al 2020-2021

Gelate tardive

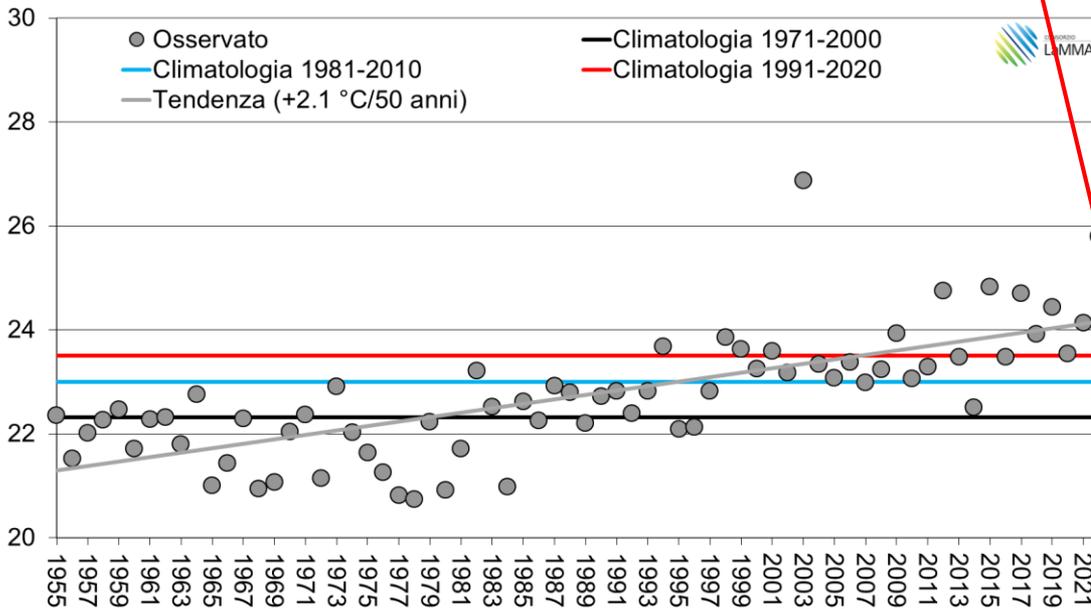
Anche una singola gelata tardiva può causare ingenti danni



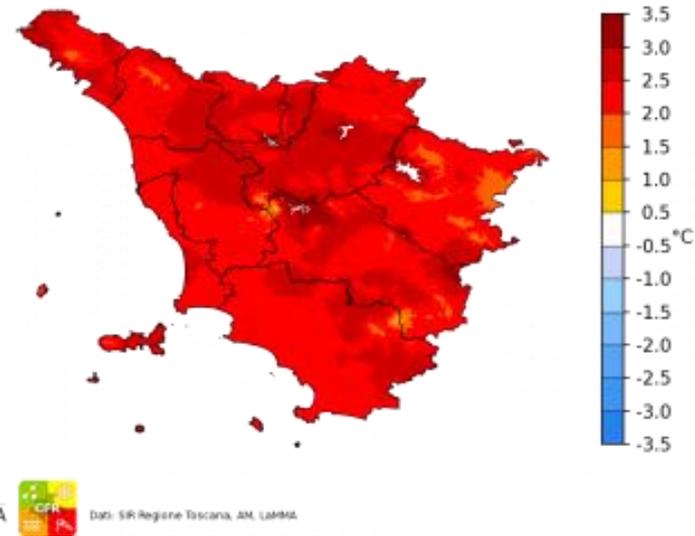
Temperature estive

+2.3°C (1991-2020)
+4.1°C (1961-1990)

Temperatura media estate (AR, FI, GR, PI)



Anomalia Temperatura Media dal 01/06/2022 al 31/08/2022

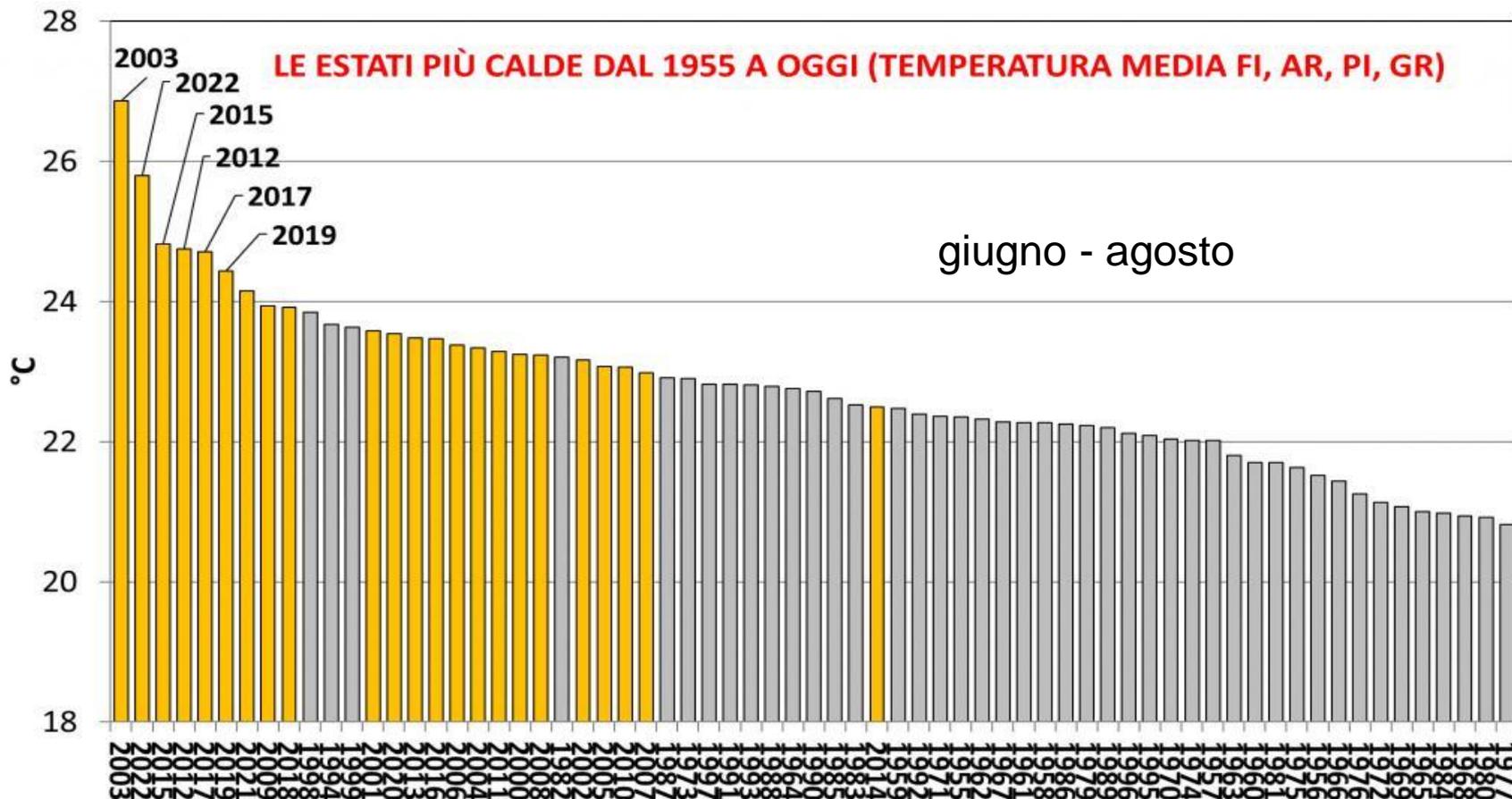


Aumento della temperatura media delle estati dal 1955 al 2022

Anomalia di temperatura media osservata sul territorio regionale nell'estate 2022

Le estati più calde dal 1955 al 2022

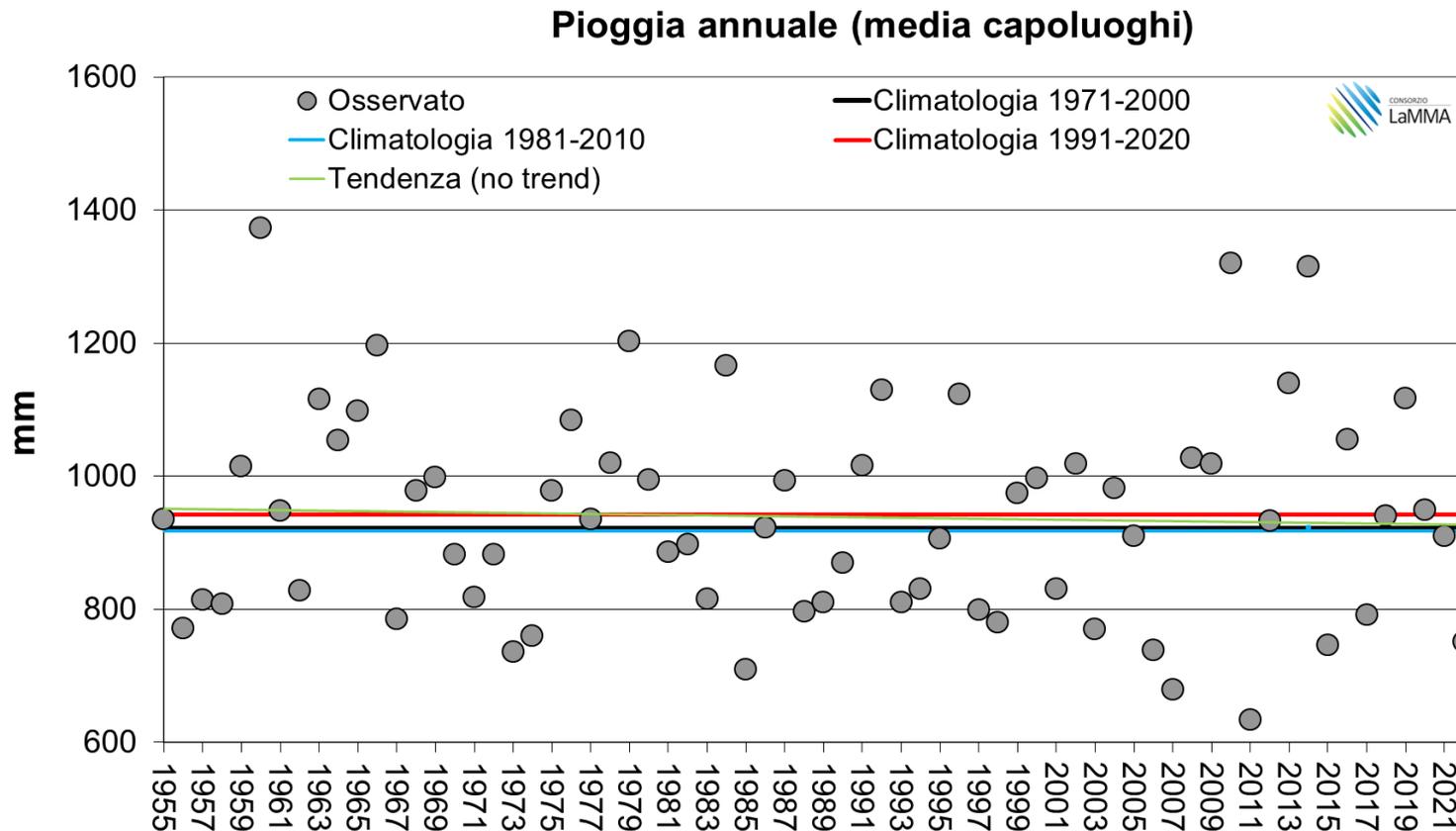
In giallo le estati dal 2000 in poi



Fonte: <http://www.lamma.rete.toscana.it/news/estate-2022-la-seconda-piu-calda-di-sempre>

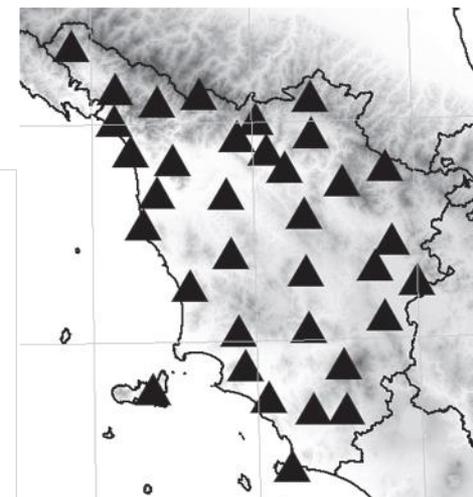
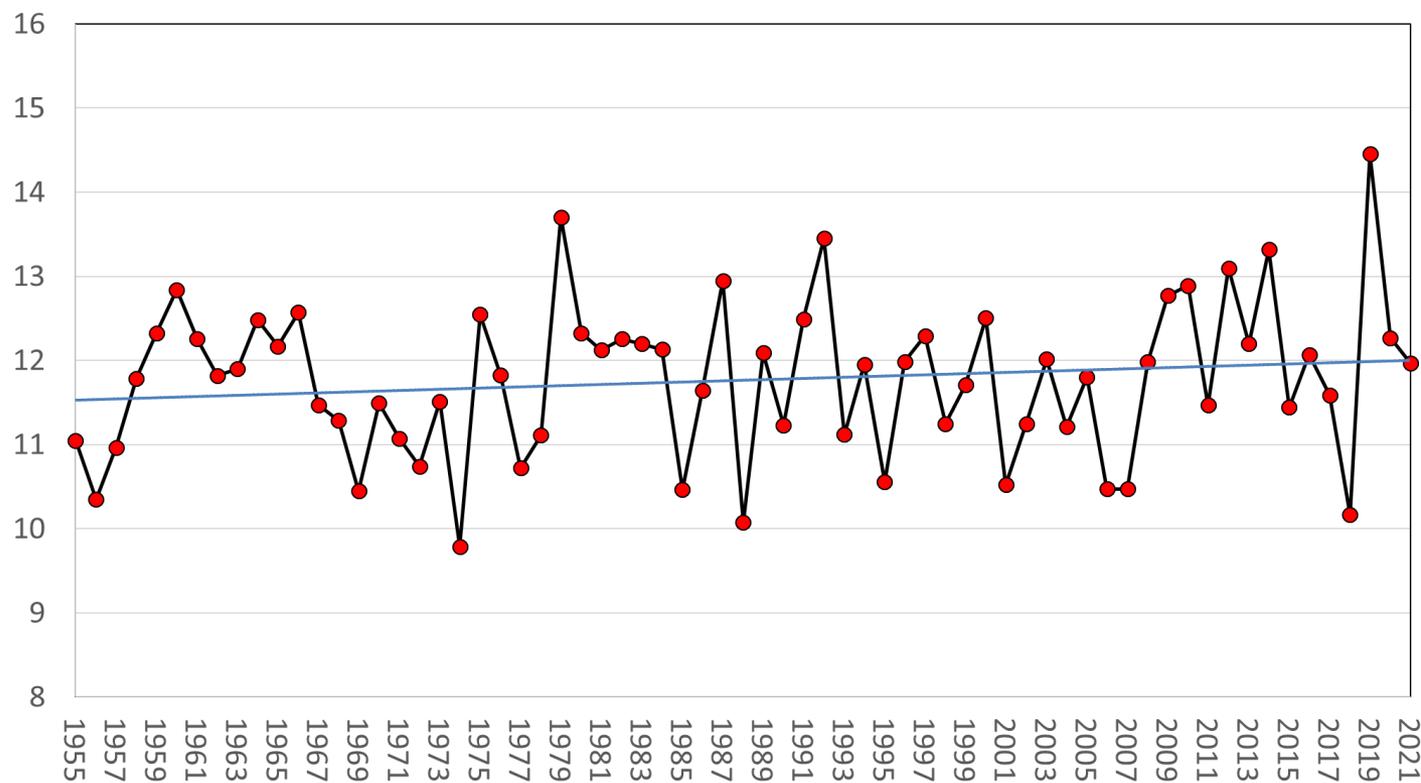
Precipitazioni

La quantità annuale di pioggia caduta non ha subito una variazione significativa negli anni, ma la distribuzione e l'intensità sono più irregolari



Distribuzione delle precipitazioni - I

L'intensità giornaliera di pioggia nei giorni piovosi aumenta



Distribuzione delle precipitazioni - II

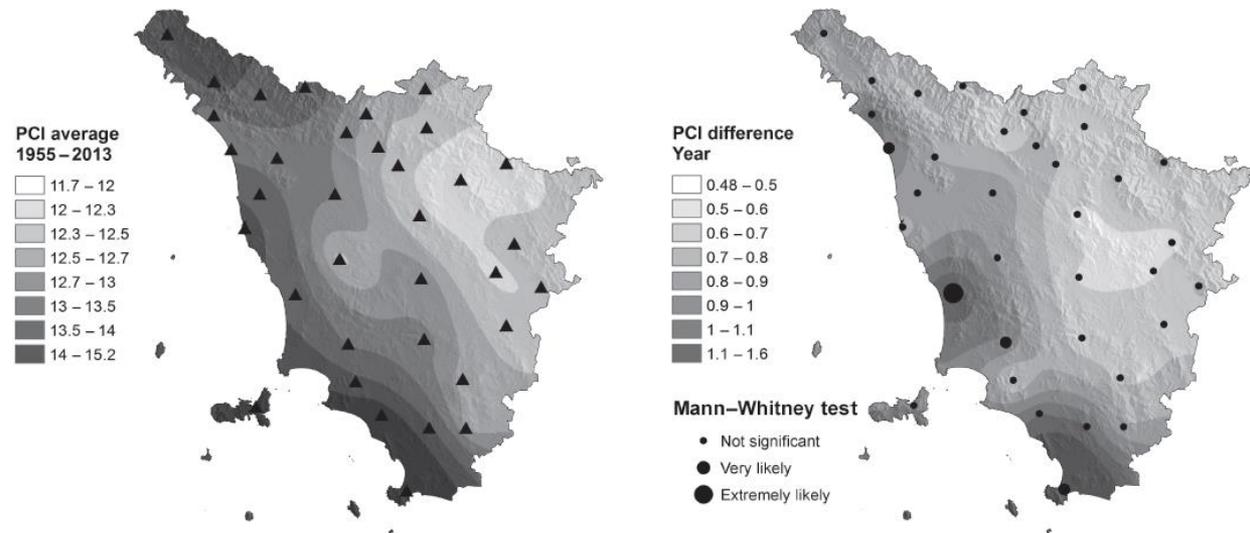
INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY
Int. J. Climatol. 38: 1366–1374 (2018)
Published online 25 August 2017 in Wiley Online Library
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/joc.5251



Changes in temporal distribution of precipitation in a Mediterranean area (Tuscany, Italy) 1955–2013

Giorgio Bartolini,^{a,*} Daniele Grifoni,^{a,b} Ramona Magno,^{a,b} Tommaso Torrigiani^{a,b} and Bernardo Gozzini^a

^a Laboratory of Monitoring and Environmental Modelling for the Sustainable Development (LaMMA Consortium), Florence, Italy
^b National Research Council (CNR), Institute of Biometeorology, Florence, Italy



PCI medio annuale nel periodo 1955–2013 (sinistra) e tendenza come differenza di PCI medio annuale tra i sub-periodi 1985–2013 e 1955–1984 (destra) per ogni stazione meteorologica (significatività statistica: molto probabile ($p < 0.05$), estremamente probabile ($p < 0.01$)).

PCI (Precipitation Concentration Index) esprime la distribuzione delle precipitazioni nel corso di un anno:

- <10: uniforme;
- 11-20: irregolare;
- >20: molto irregolare

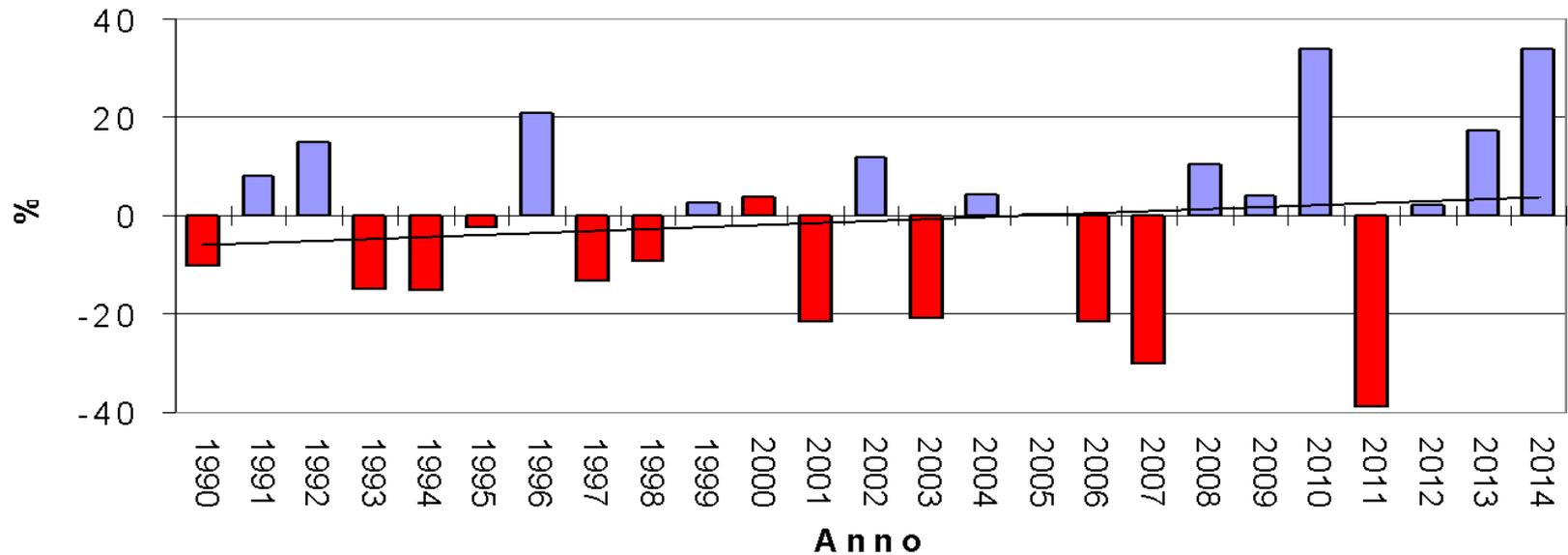
Una **tendenza positiva di PCI** nel corso del tempo equivale a una **concentrazione più irregolare** delle precipitazioni; una **tendenza negativa** equivale a una **distribuzione più uniforme** nell'anno

Un aumento della concentrazione delle precipitazioni in zone già caratterizzate da stagionalità delle precipitazioni può aggravare i problemi connessi alla gestione delle risorse idriche e al fabbisogno durante la stagione secca

Anomalie delle precipitazioni - I

Aumenta la variabilità delle precipitazioni con **alternanza di forti surplus e forti deficit**

Anomalia % di pioggia annua



*Anomalia (%) di pioggia annuale dal 1990 al 2014. Gli istogrammi **blu** rappresentano **surplus** pluviometrici, mentre gli istogrammi **rossi** rappresentano anni con **deficit** pluviometrico*

Anomalie delle precipitazioni - II

Una conseguenza della variazione dell'intensità delle precipitazioni è il **maggior rischio di erosione** dei suoli.

→ Importante implementare strategie di adattamento che proteggano i suoli nei momenti di maggior rischio.

Climatic Change (2015) 128:139–151
DOI 10.1007/s10584-014-1287-9

Temporal trends in extreme rainfall intensity and erosivity in the Mediterranean region: a case study in southern Tuscany, Italy

Chiara Vallebona • Elisa Pellegrino • Paolo Frumento • Enrico Bonari

Received: 22 January 2014 / Accepted: 31 October 2014 / Published online: 13 November 2014
© Springer Science+Business Media Dordrecht 2014

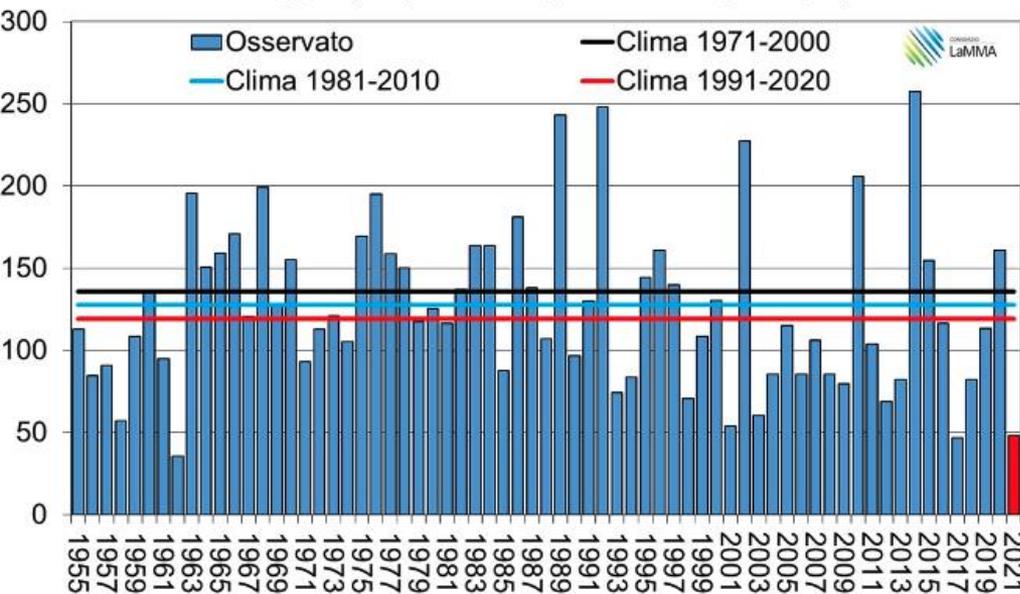
Lo studio ha evidenziato le seguenti tendenze nell'arco del periodo 1989-2010:

- **Aumento dell'intensità** estrema di pioggia e della relativa **frequenza**
- **Aumento dell'erosività** delle piogge
- La stagione più colpita è l'inverno, seguito dalla primavera per quanto riguarda le zone costiere e l'autunno per quelle interne.
- Aumento dell'erosività annuale nelle zone interne, soprattutto in autunno, e nelle zone costiere limitatamente alla primavera e all'estate.

Siccità

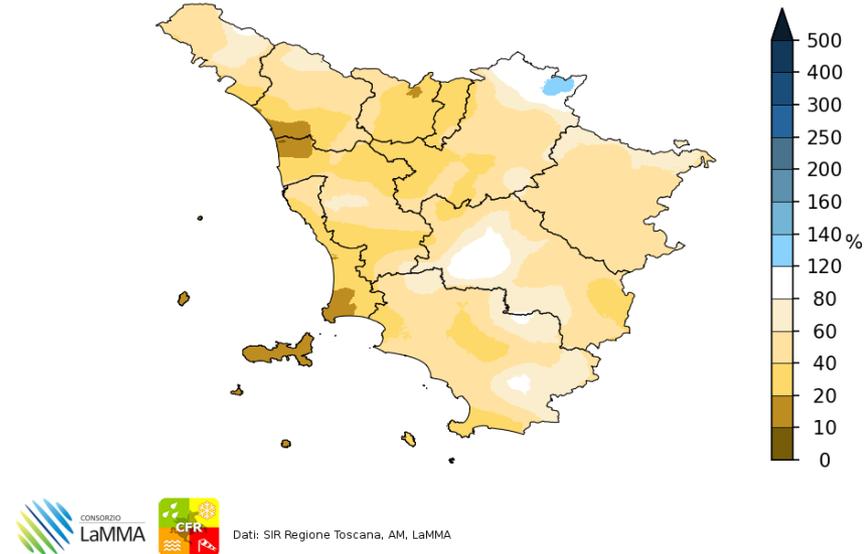
2021: la terza estate più seccitosa dal 1955

Pioggia (mm) in estate (media dei capoluoghi)



Pioggia cumulata nel periodo estivo dal 1955 al 2021, medi dei capoluoghi toscani

Percentuale di Precipitazione rispetto alla media climatica dal 01/06/2021 al 31/08/2021



Percentuale della pioggia caduta nel trimestre estivo 2021 rispetto alla climatologia. Ovunque emerge un deficit di pioggia.

Quantifying the impacts of climate change on water resources in northern Tuscany, Italy, using high-resolution regional projections

Marco D'Oria  | Massimo Ferraresi | Maria Giovanna Tanda

Tendenze future rispetto ai dati del periodo 2003-2012 relative all'area di studio (Bacino del fiume Serchio):

- Moderata **riduzione delle precipitazioni** (−0.6% nel medio-periodo e −2.8% nel lungo periodo),
- **Riduzione del volume di portata** (−1.1% nel medio-periodo e −6.8% nel lungo)
- **Riduzione del volume di percolazione** per la ricarica delle acque sotterranee (−3.3% e −8.1%)

	Precipitazioni Annuali	Portata	Percolazione
2003-2012	2408	1511	490
2031-2040	2393	1494	474
2051-2060	2341	1409	452

Valori medi di volume d'acqua ($10^6 m^3$) nel periodo 2003-2012 e in due scenari futuri di medio (2031-2040) e lungo (2051-2060) periodo

→ La presenza di **impianti e strutture di raccolta di riserve acquifere** naturali o artificiali può aiutare a mitigare gli effetti del cambiamento climatico.

Eventi estremi

Theor Appl Climatol (2012) 107:279–295
DOI 10.1007/s00704-011-0481-1

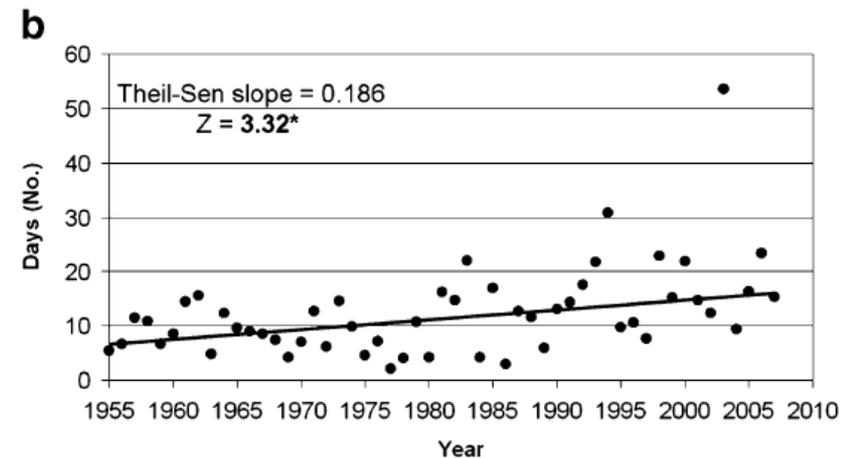
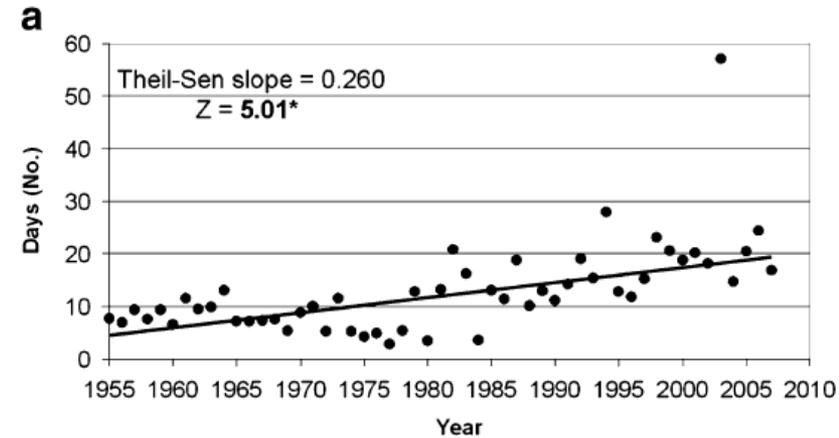
ORIGINAL PAPER

Mediterranean warming is especially due to summer season

Evidences from Tuscany (central Italy)

Giorgio Bartolini · Valentina di Stefano ·
Giampiero Maracchi · Simone Orlandini

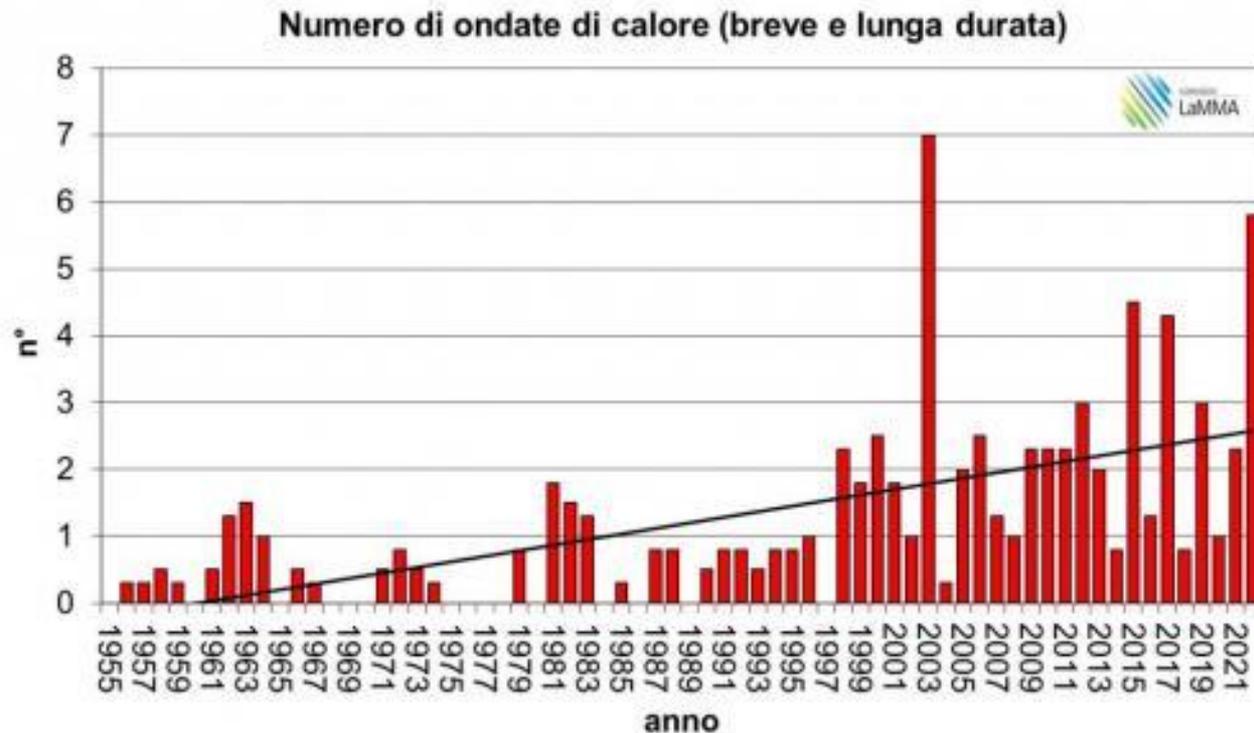
- Il generale innalzamento della temperatura nell'area mediterranea è massimo durante l'estate.
- Si assiste a un **veloce incremento degli eventi estremi** come le **ondate di calore** e una tendenza alla diminuzione di giorni di gelo.



*Tendenza degli eventi estremi in Toscana: n. di giorni oltre il 90° percentile con a) **Tmin estiva** maggiore della media del periodo 1961-1990 e b) con **Tmax estiva** maggiore della media del periodo 1961-1990*

Ondate di calore

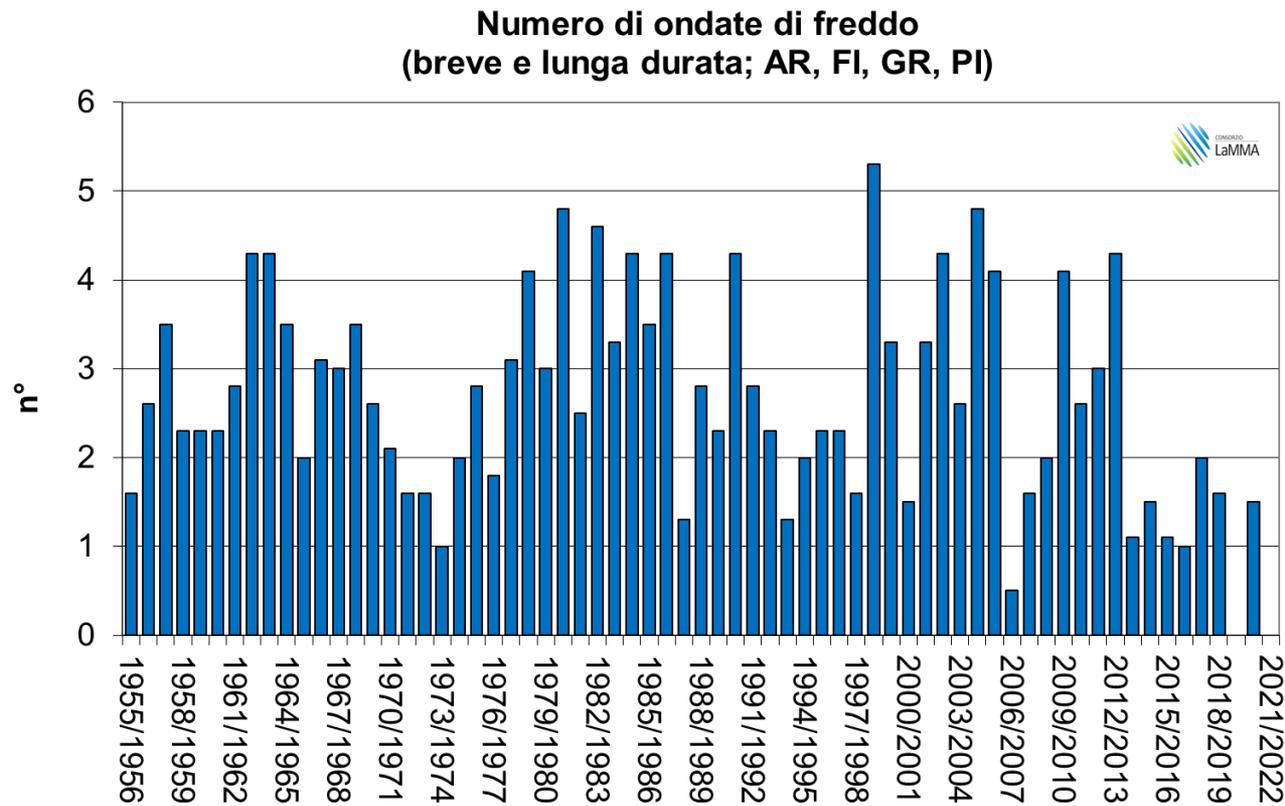
Secondo la definizione di Colacino e Conte (1998), con «ondata di calore» si intende un periodo **da 3 a 6 giorni («breve»)** o **pari o superiore a 7 giorni («lunga») consecutivi** in cui la temperatura, sia minima che massima, è molto sopra la media. Nel 2022 in Toscana ci sono state 1 ondata di calore lunga e 4 brevi.



Aumento del numero medio delle ondate di calore di lunga durata e breve durata, mediamente nei capoluoghi di FI, AR, PI, GR dal 1955 al 2022

Ondate di freddo

Negli inverni 2019/2020 e 2021/2022 non si sono verificate ondate di freddo





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

SANGUE DELLA TERRA

Scienza agronomia tecnologia in viticoltura ed enologia

22 marzo 2023

Variabilità e cambiamenti climatici in Toscana: analisi dei principali fenomeni e dei relativi impatti

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Simone Orlandini

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e
Forestali (DAGRI) - Università di Firenze.

Accademia dei Georgofili

simone.orlandini@unifi.it

Giulia Galli

Fondazione per il Clima e la Sostenibilità