



CONSORZIO

**LaMMA**

Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica  
Ambientale per lo Sviluppo sostenibile

---

**PhD Giorgio Bartolini**  
**Ricercatore - Meteorologo**  
**(Consorzio LaMMA) Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica**  
**ambientale per lo sviluppo sostenibile**  
**Via Madonna del Piano 10- Sesto Fiorentino**

**Tel 055 4483062**

**bartolini@lamma.toscana.it; [www.lamma.rete.toscana.it](http://www.lamma.rete.toscana.it)**



Il LaMMA è un Consorzio tra  
Regione Toscana e CNR (Consiglio Nazionale  
delle Ricerche)

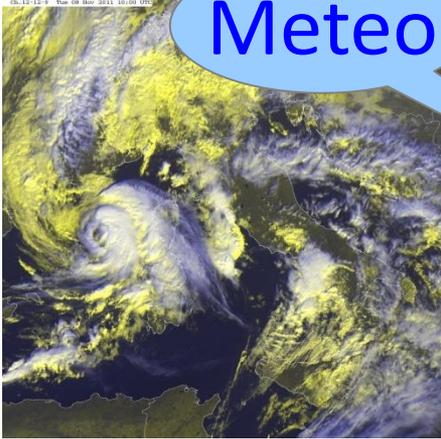


[www.lamma.rete.toscana.it](http://www.lamma.rete.toscana.it)

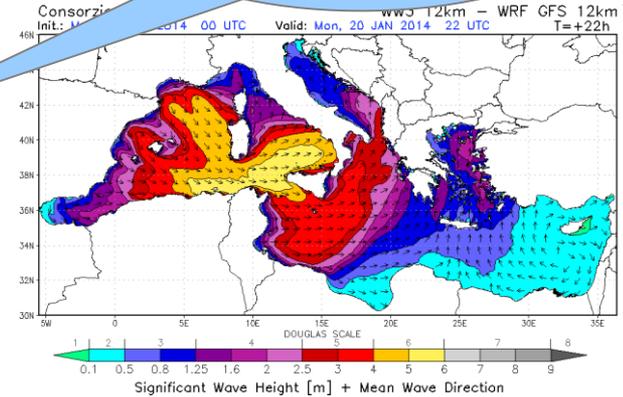


Polo Scientifico di Sesto Fiorentino

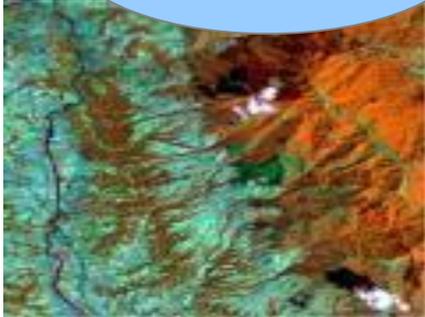
Meteo



Mare



Territorio



CONSORZIO  
LaMMA

Didattica



Clima & Energia



TV – Radio - Web



Social



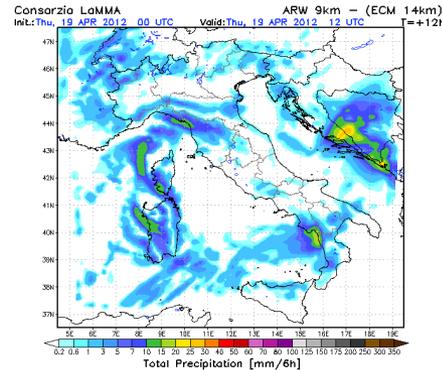
Monitoraggio



CONSORZIO

LaMMA

Modellistica



Allerte Meteo ProtCiv



Sicurezza  
mare / montagna



# TEMPO E CLIMA SONO LA STESSA COSA?

## TEMPO METEOROLOGICO

È composto dagli elementi temperatura, pioggia e vento che percepiamo quotidianamente e possono cambiare di giorno in giorno o di ora in ora.



## CLIMA

Si riferisce ai valori medi di lungo periodo che questi elementi fanno registrare su un arco temporale più lungo, da qualche decennio (almeno 30 anni) a centinaia di anni e che caratterizzano le zone del globo.



# ***I Fattori del clima***

- 1) Latitudine
- 2) Altitudine
- 3) Distanza da mare, laghi, monti, presenza di vegetazione
- 4) Presenza di vegetazione
- 5) Correnti marine
- 6) Attività dell'uomo

## **1) Latitudine**

Quantità di calore ricevuta dalla terra diminuisce all'aumentare della latitudine. I raggi solari al polo giungono più obliqui e sono costretti ad attraversare uno strato atmosferico più spesso.





## 2) Altitudine

Temperatura diminuisce di circa  
6 °C ogni 1000 metri  
che saliamo!

-36 °C circa Monte Everest

8800 m



3000

0 °C Zero Termico

2000

6 °C Vette Appennino

1000

18 °C

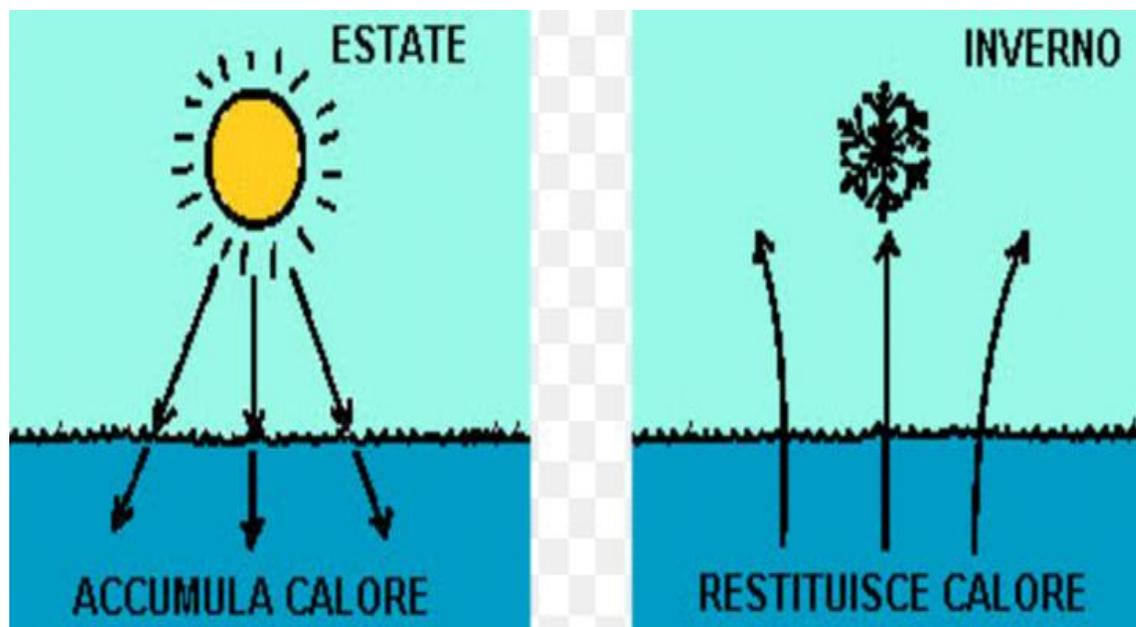
0

Firenze

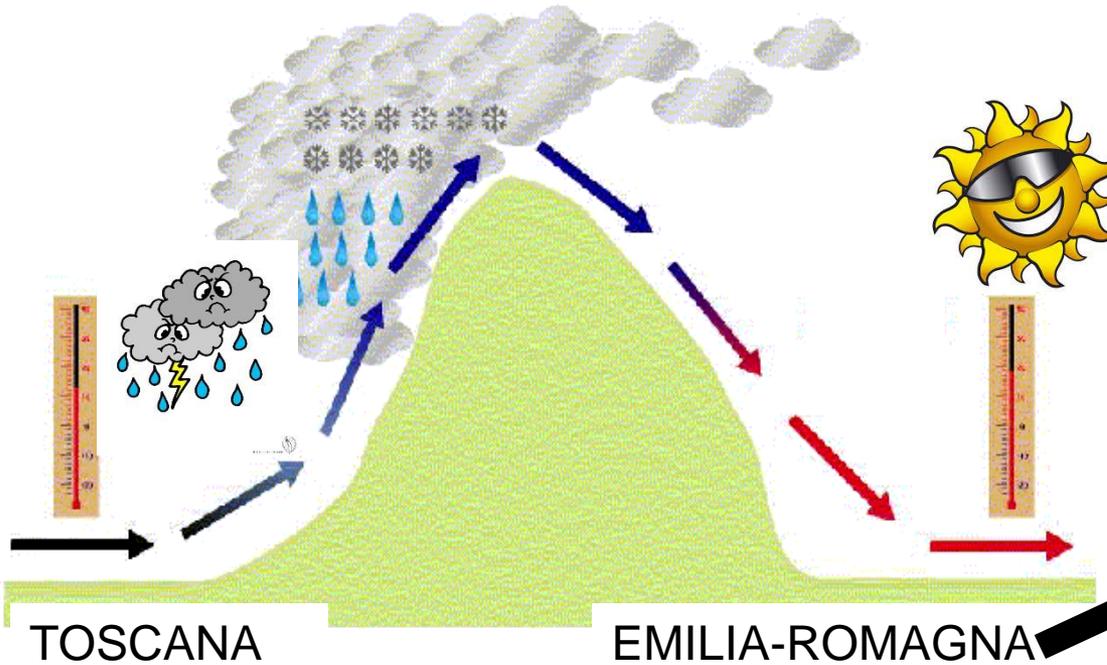
### 3) Distanza dal mare, dai laghi

Le zone vicine al mare sono miti; durante il giorno ed in estate l'acqua si scalda lentamente, mentre di notte ed in inverno si raffredda lentamente.

Di notte ed in inverno al mare la temperatura scende meno. In estate e di giorno sale meno. Raramente la temperatura scende sotto  $0^{\circ}$  C al mare e sale sopra  $30^{\circ}$  C.



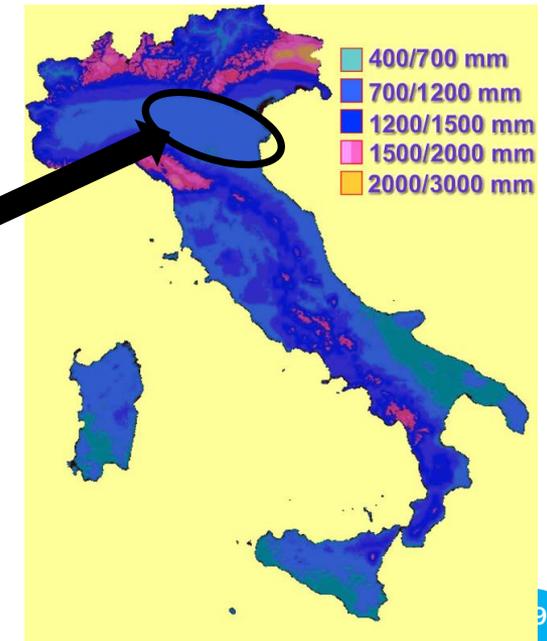
### 3) Distanza dai monti



Le montagne riparano dai venti caldi e freddi.

In Toscana in inverno l'Appennino ci difende un po' dai venti freddi da est, nord-est.

In Emilia-Romagna piove meno perché l'Appennino la ripara dalle piogge che arrivano da ovest, sud-ovest



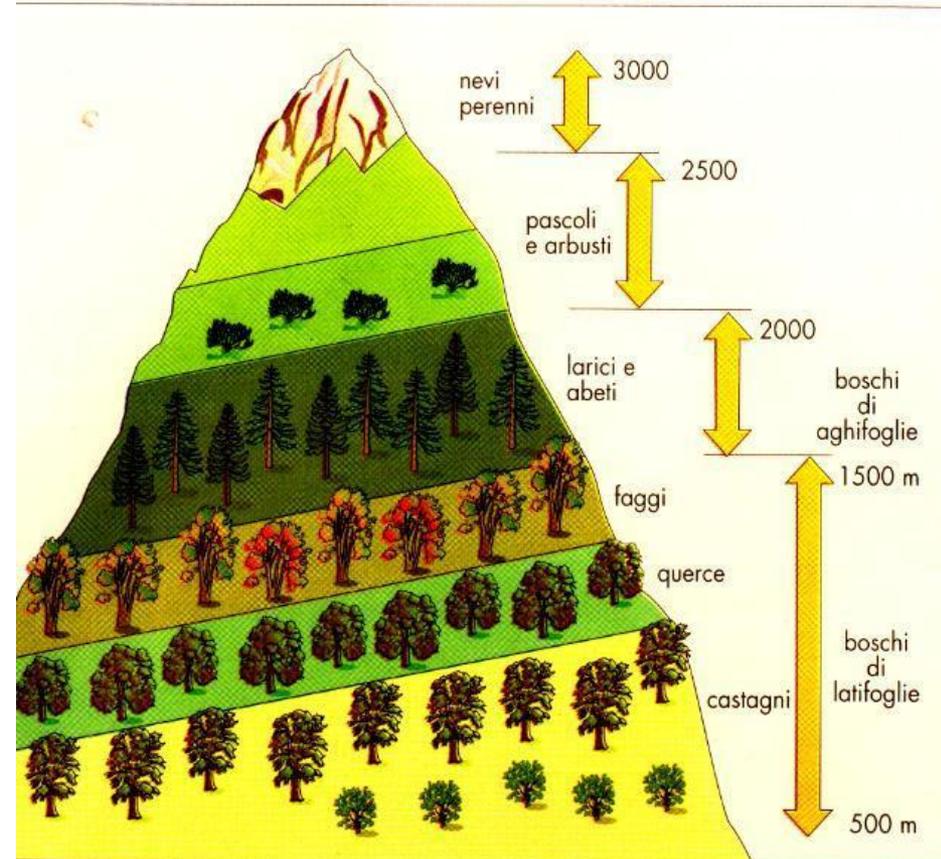


### 3) Presenza di vegetazione

La vegetazione, come il mare, mitiga il clima in quanto le piante emettono vapore acqueo attraverso la traspirazione; il vapore acqueo è un gas serra che fa aumentare la temperatura.

Di notte in un bosco la temperatura è più alta rispetto agli spazi aperti (per esempio un prato).

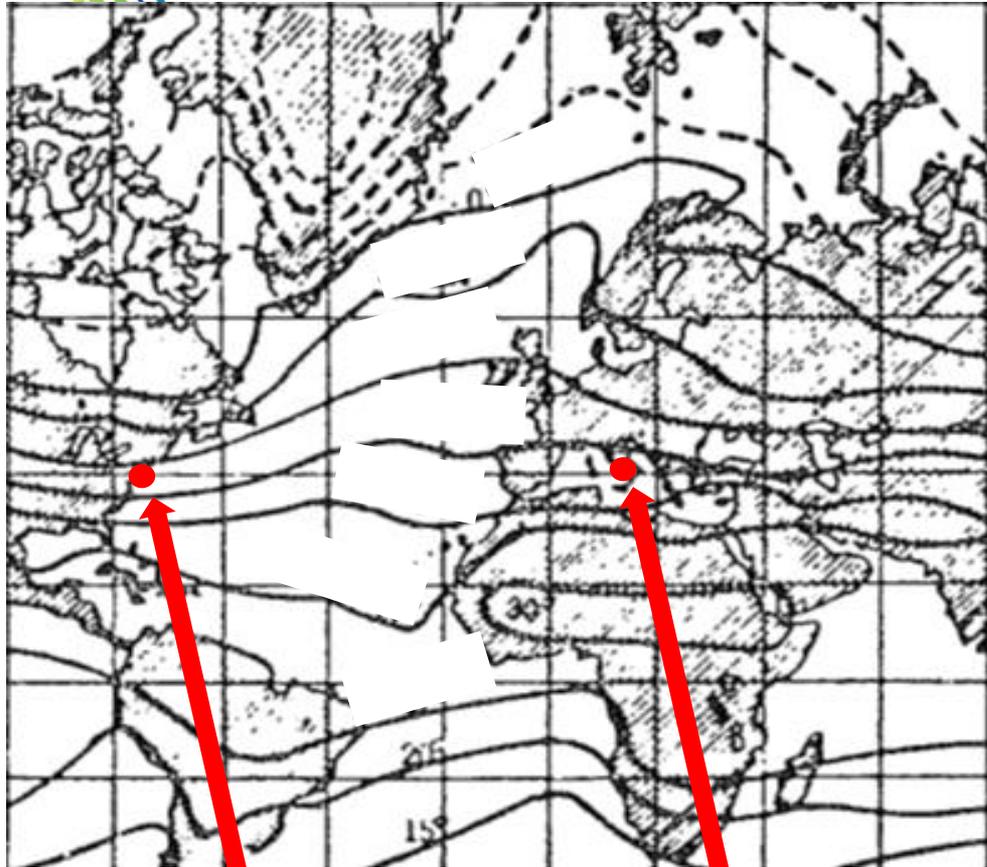
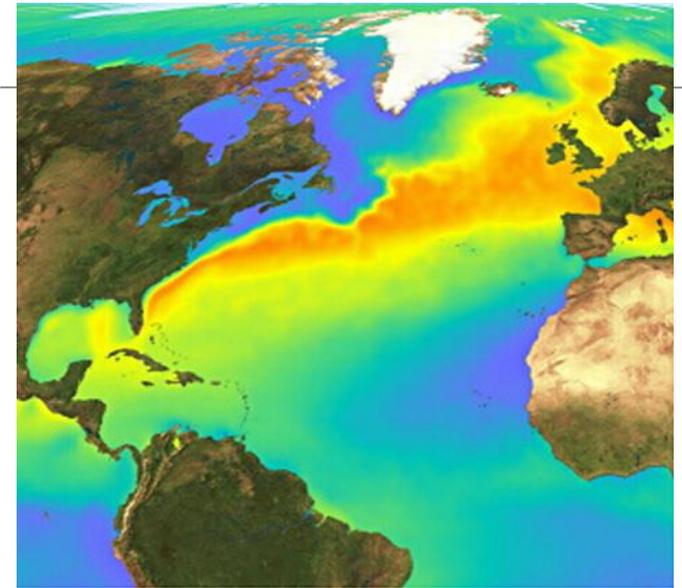
Di giorno, invece, in un bosco è più fresco.



Dai diversi tipi di vegetazione intuisco che esistono diversi climi

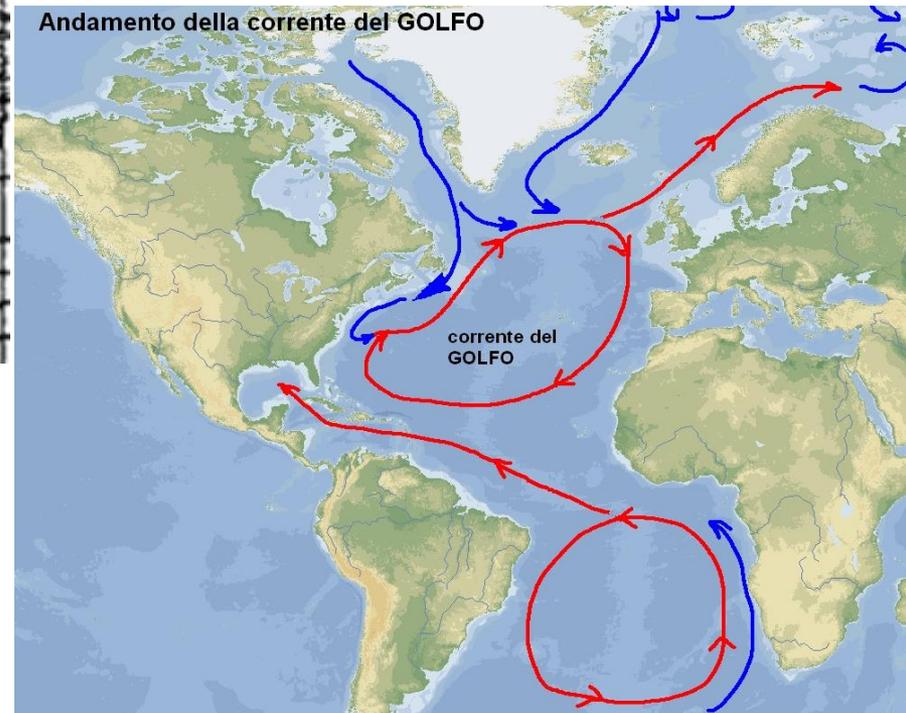


## 4) Correnti marine

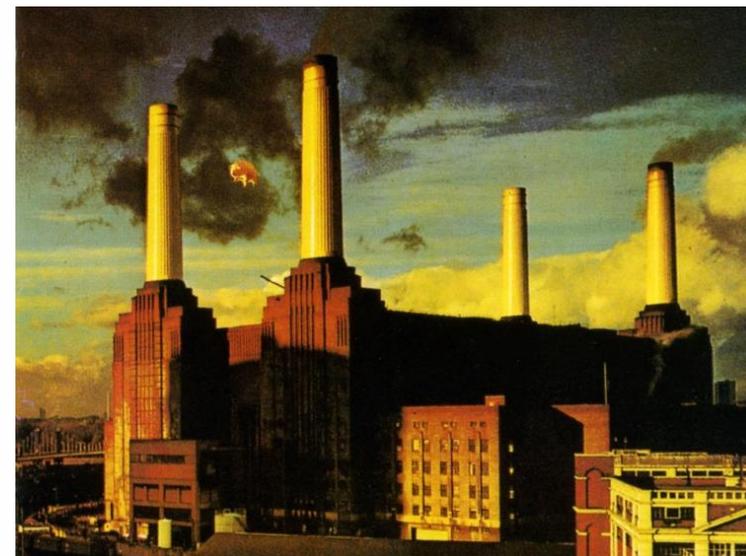
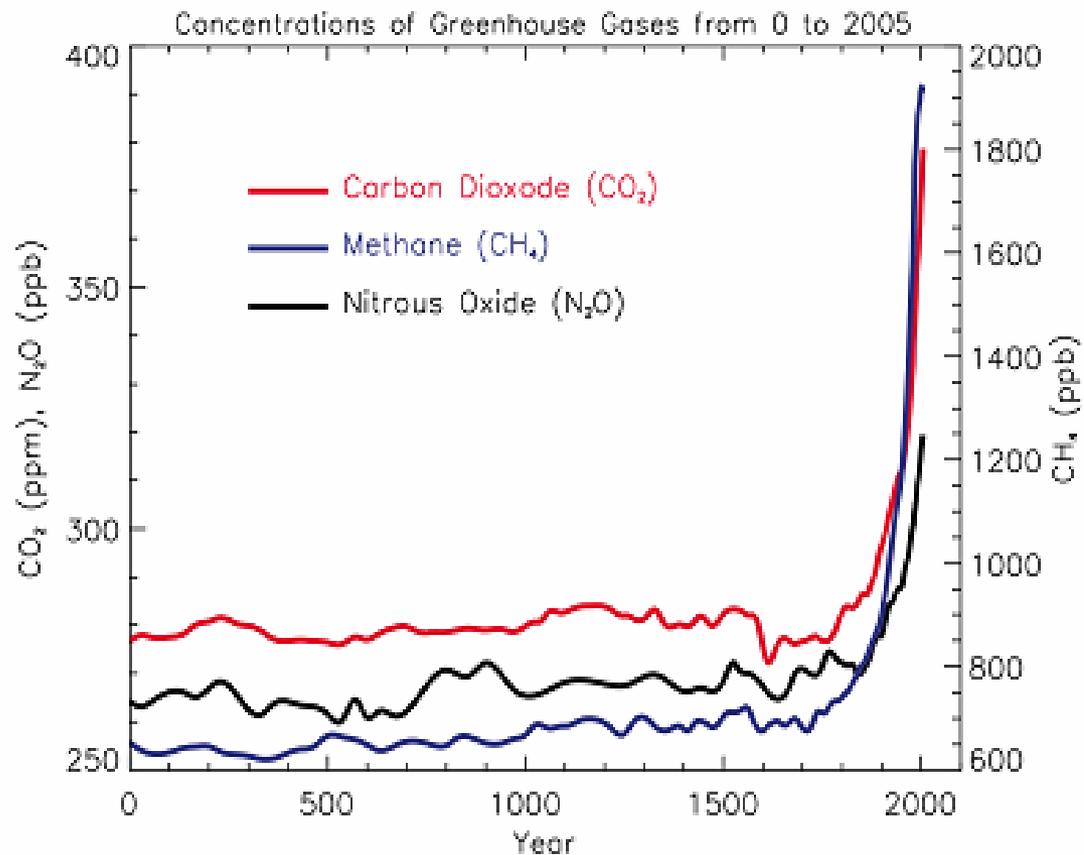


NEW YORK

NAPOLI

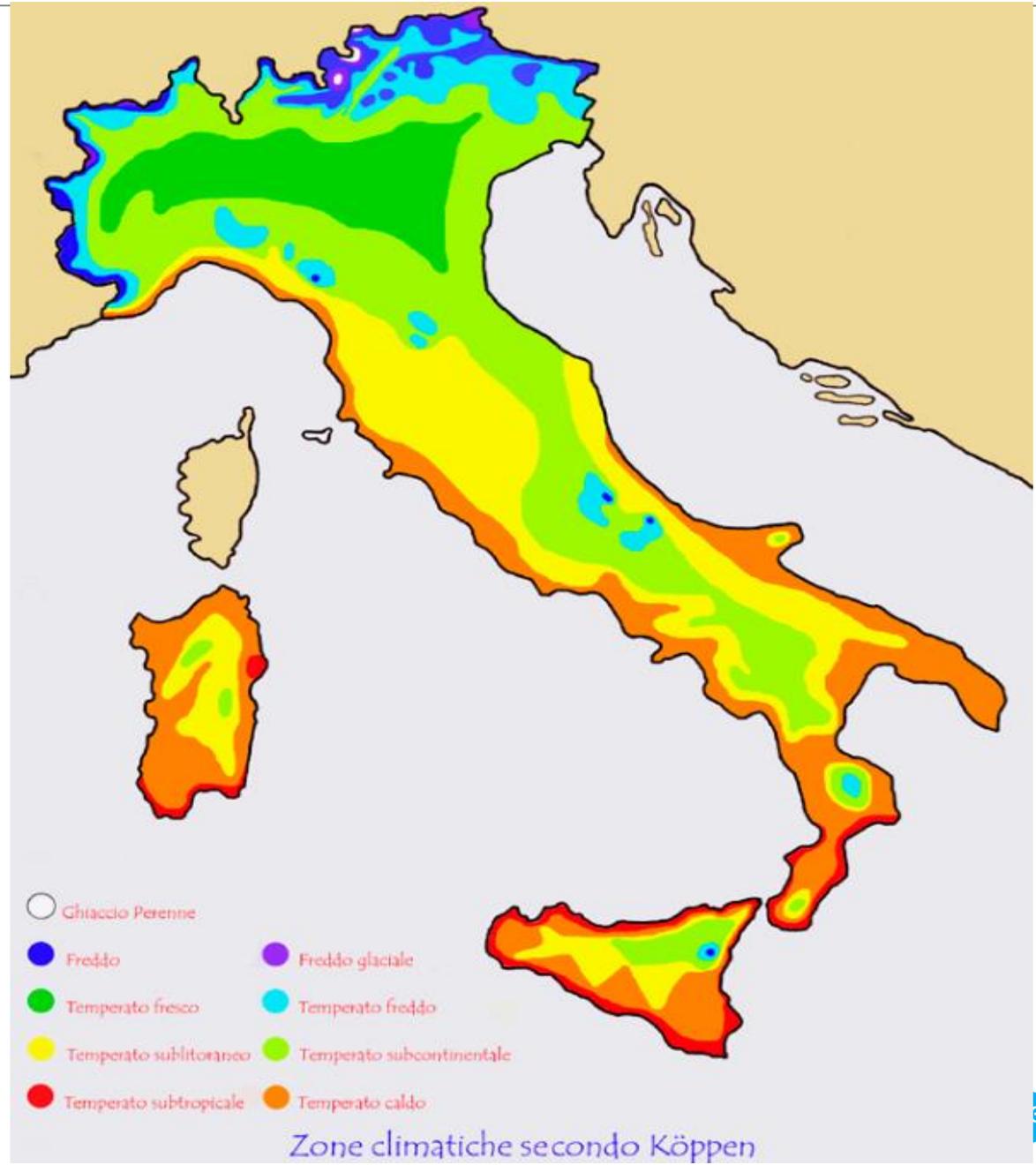


## 5) Attività antropiche (dell'uomo)



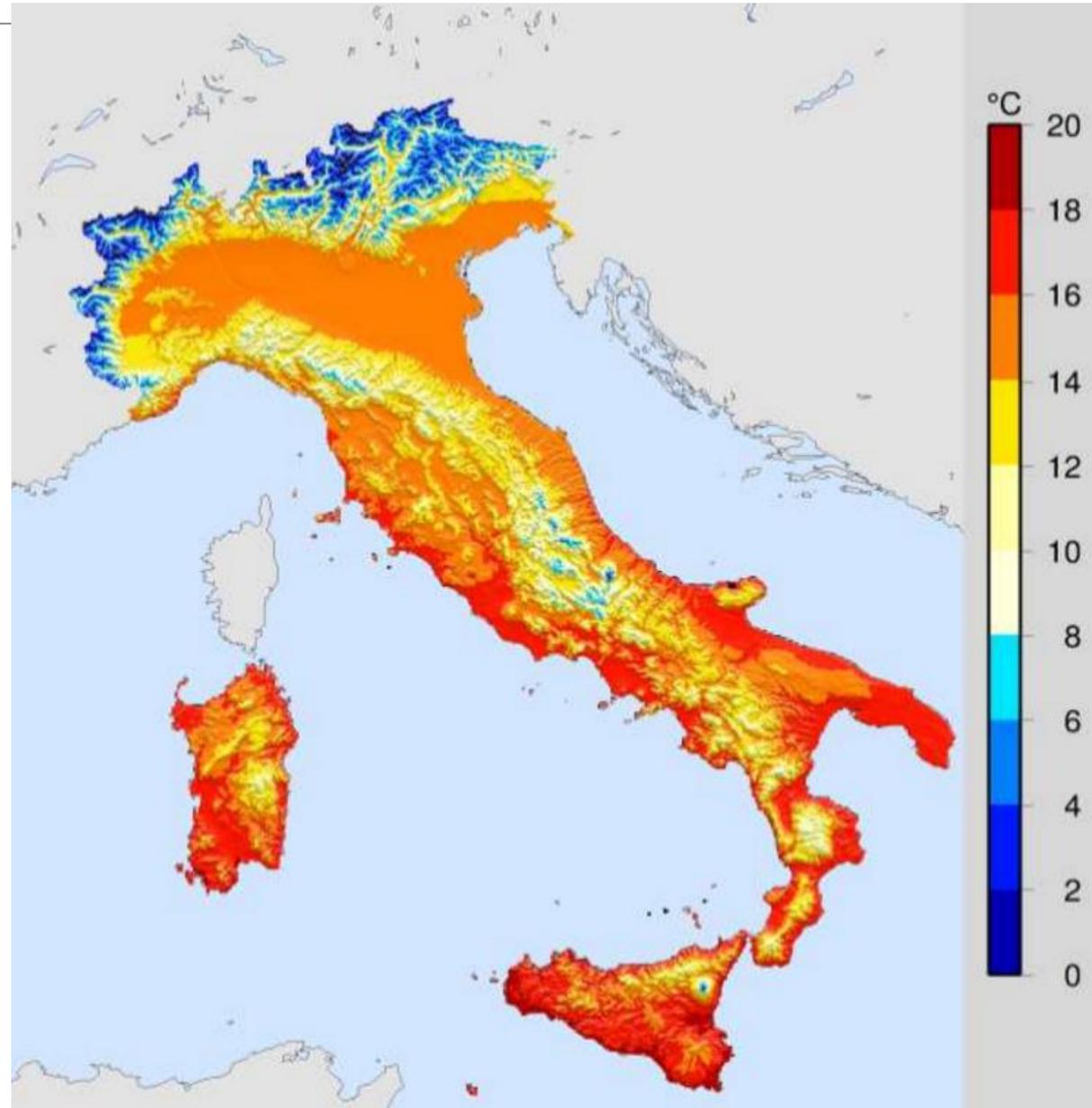
**L'aumento della concentrazione dei gas serra soprattutto a partire dal 1800. Il calore dalla terra viene trattenuto sulla superficie.**

LA MAGGIOR PARTE  
DEI LUOGHI IN  
ITALIA HANNO  
CLIMA TEMPERATO.  
SOLO NELLE ZONE  
ALPINE IL CLIMA È  
FREDDO



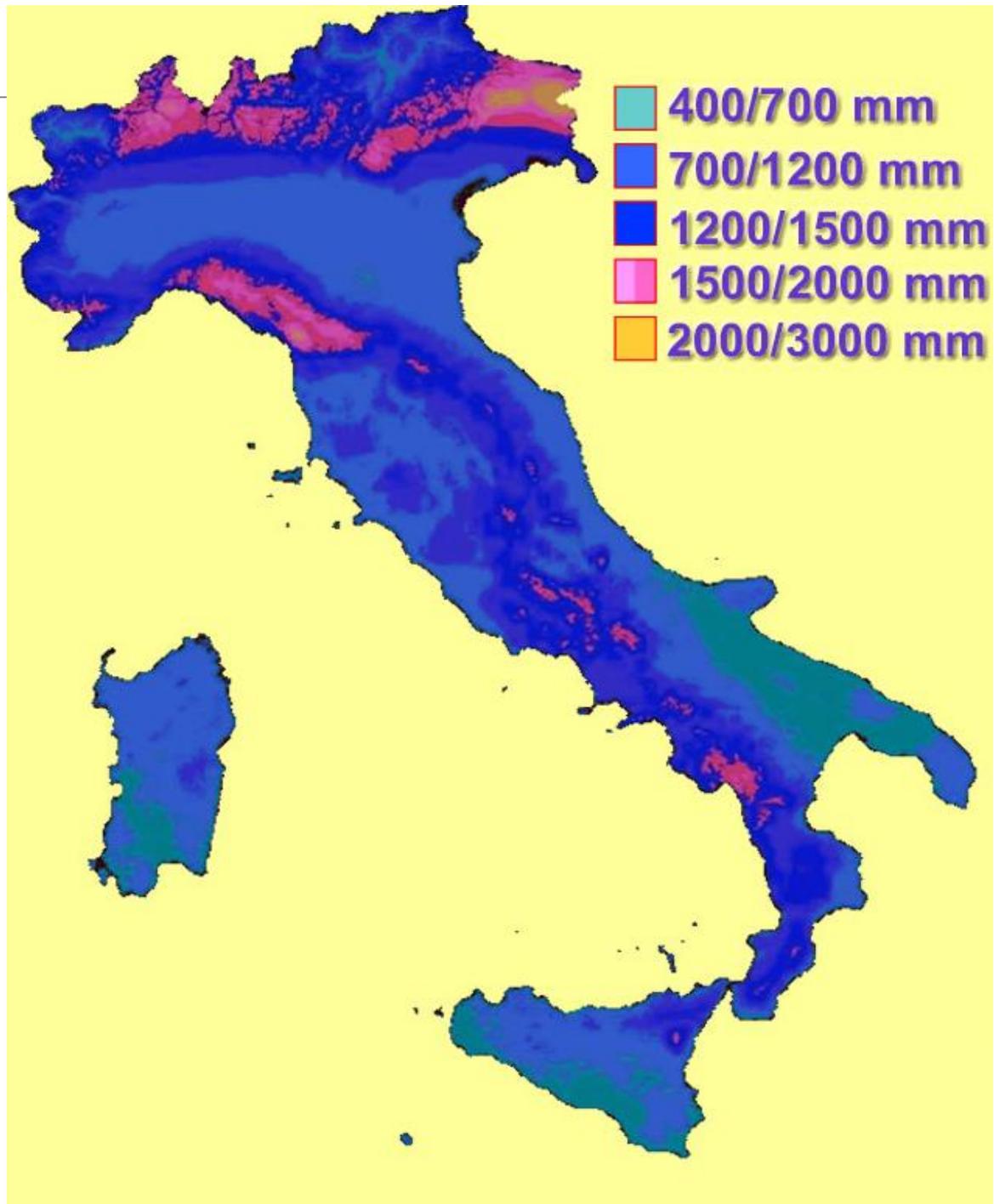
# LA TEMPERATURA IN ITALIA

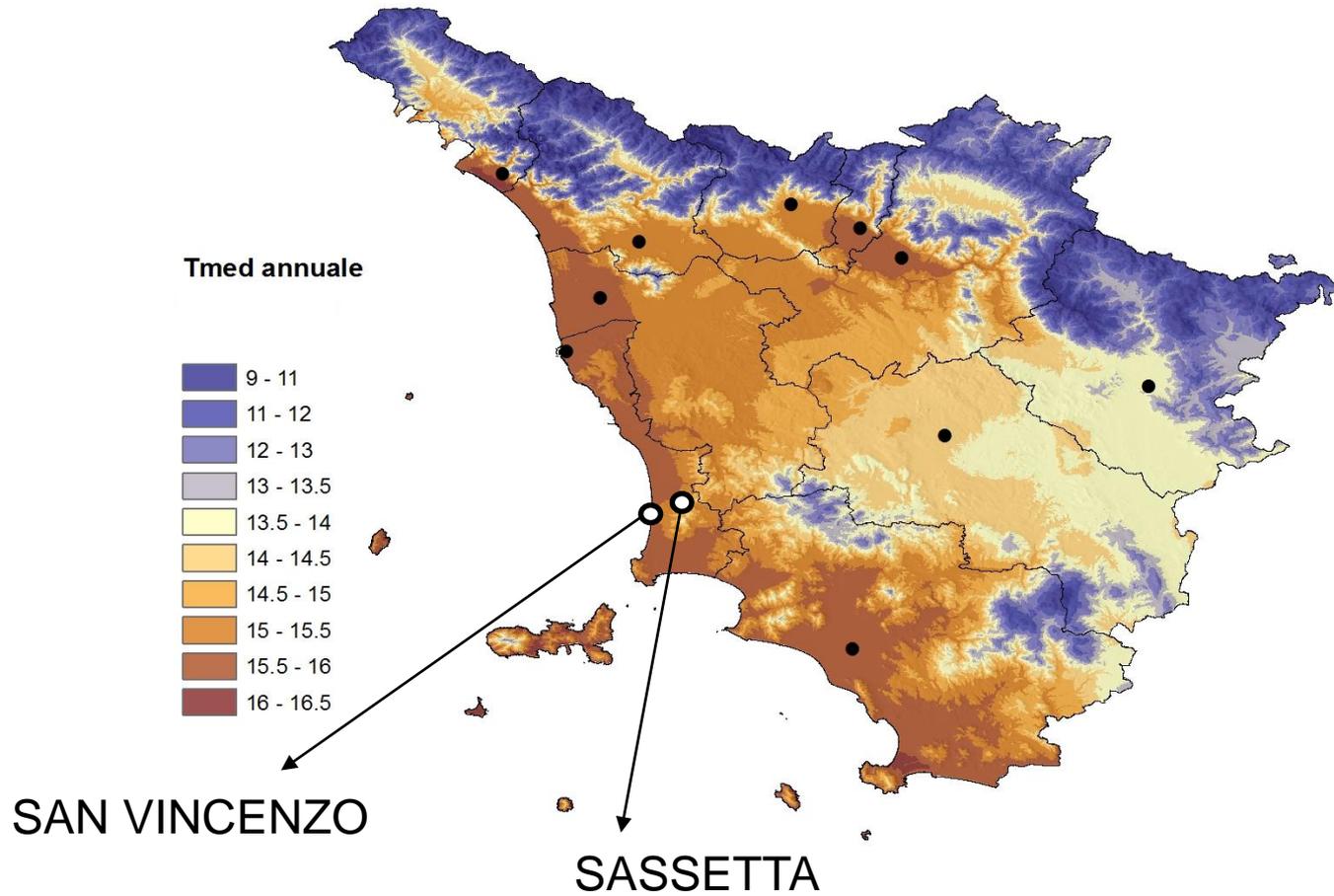
TEMPERATURA MEDIA  
ANNUA

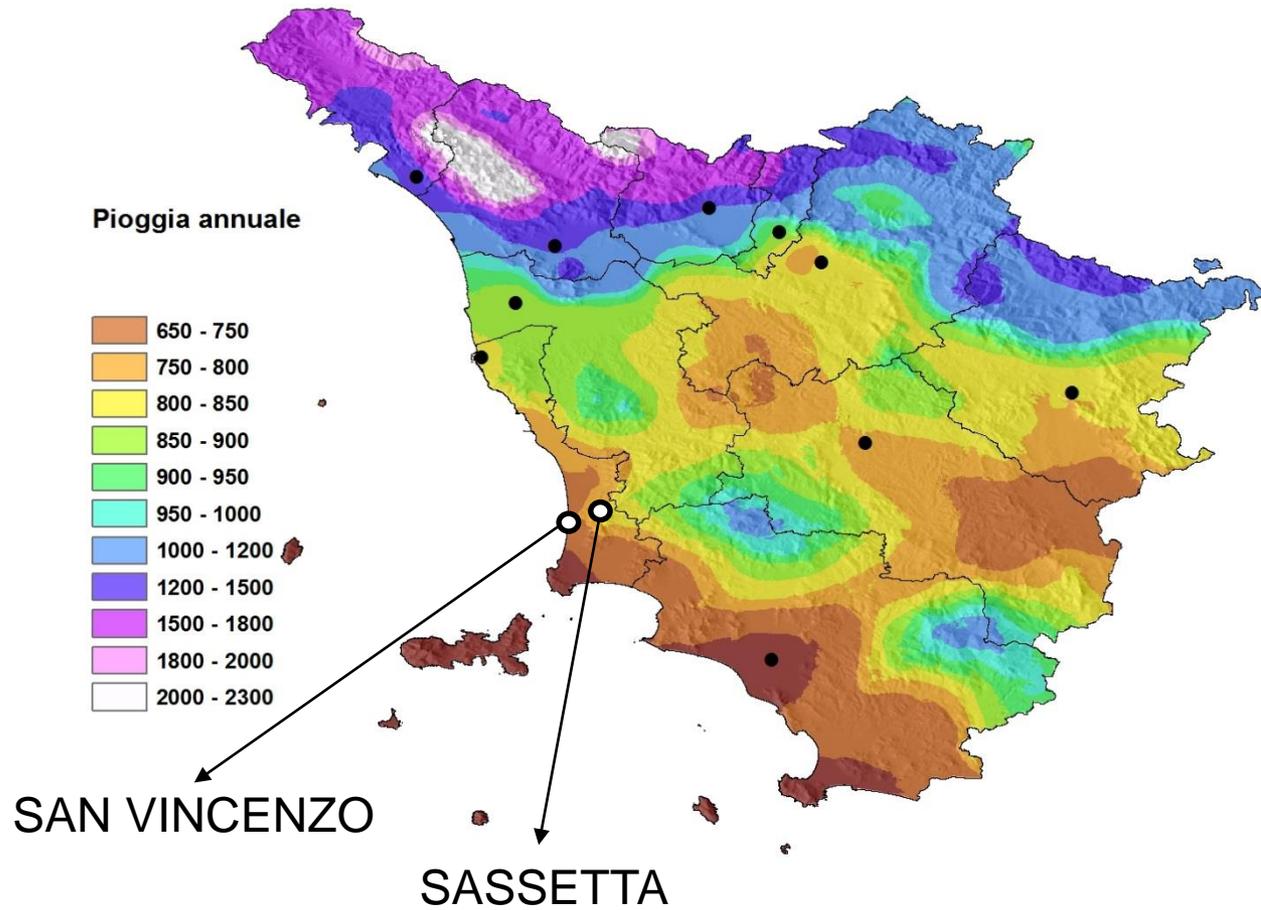


# LA PIOGGIA IN ITALIA

PIOVOSITÀ MEDIA  
ANNUA









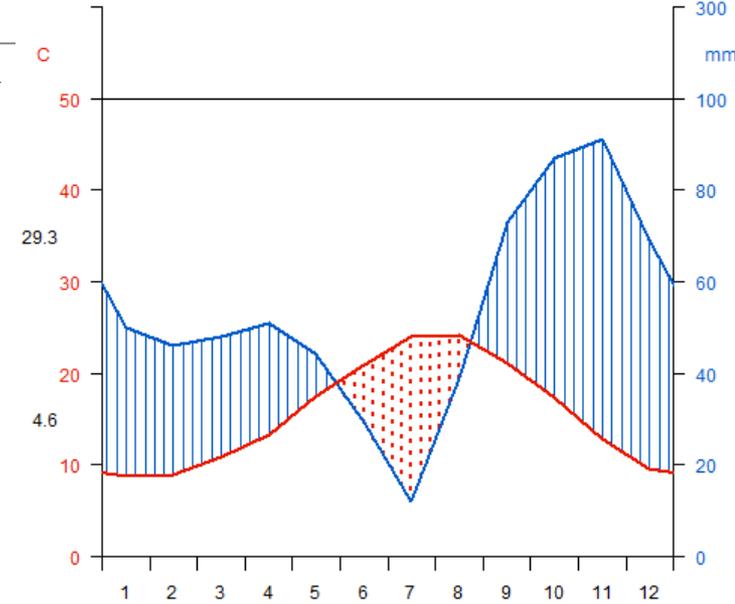
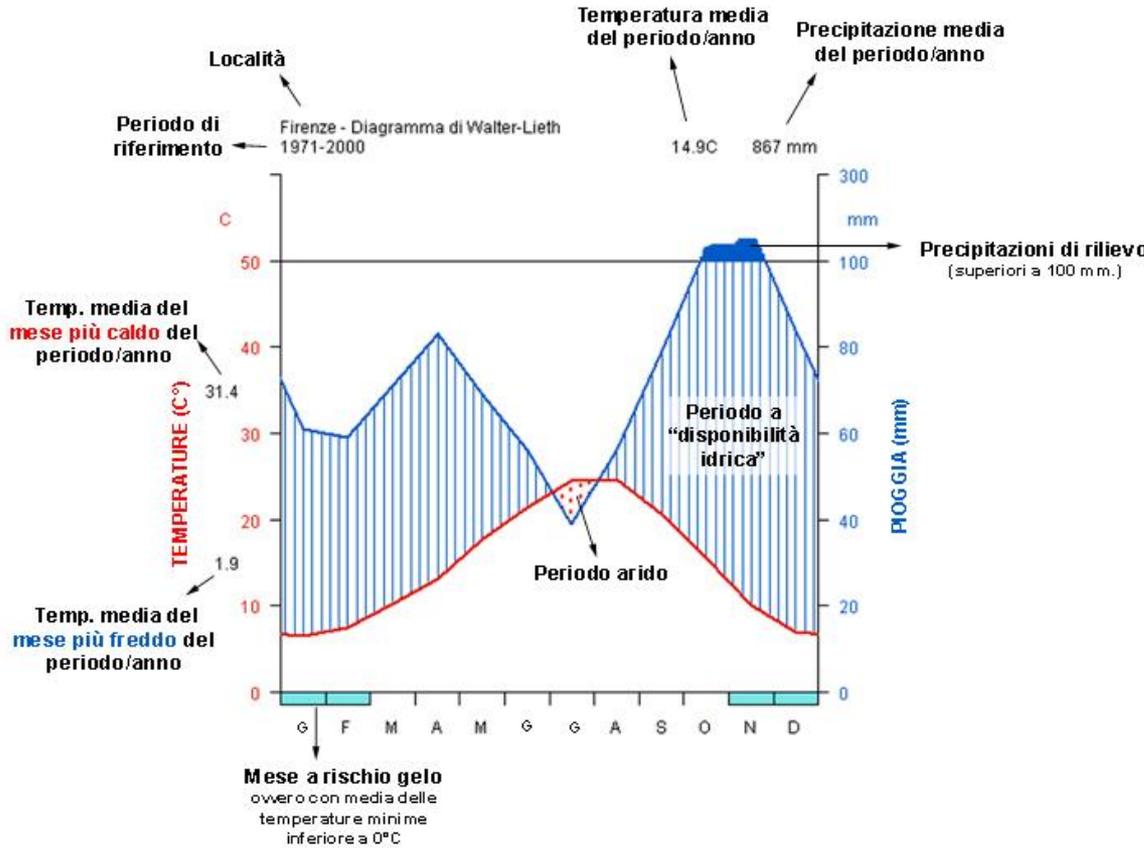
CONSORZIO  
LaMMA

# IL CLIMA DI SAN VINCENZO E SASSETTA

San Vincenzo - diagramma termo-pluviometrico  
media 1981-2010

15.7C 639 mm

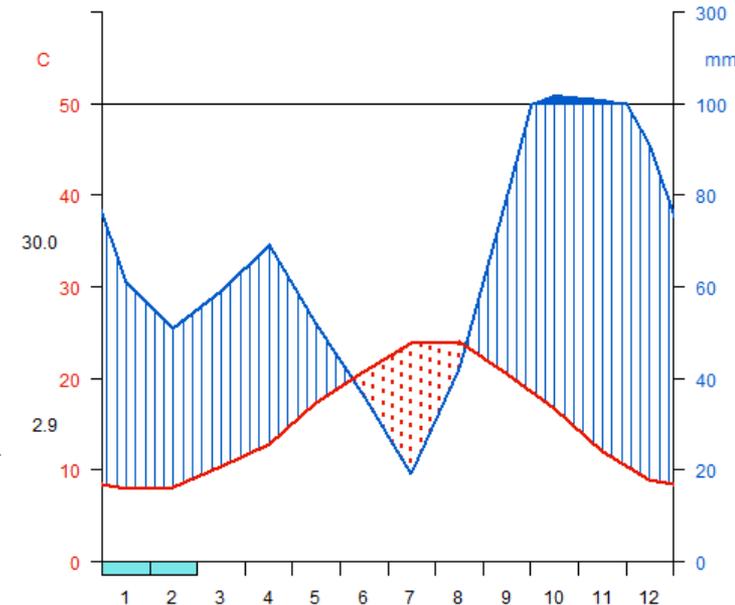
## SAN VINCENZO



Sassetta - diagramma termo-pluviometrico  
media 1981-2010

15.2C 787 mm

## SASSETTA



# IL CLIMA DELLA TERRA È SEMPRE CAMBIATO CON FLUTTUAZIONI SPESSO ESTREME

## ULTIMA GLACIAZIONE WURMIANA (110.000-12.000 anni fa)

### Global Glacial Coverage During the LGM

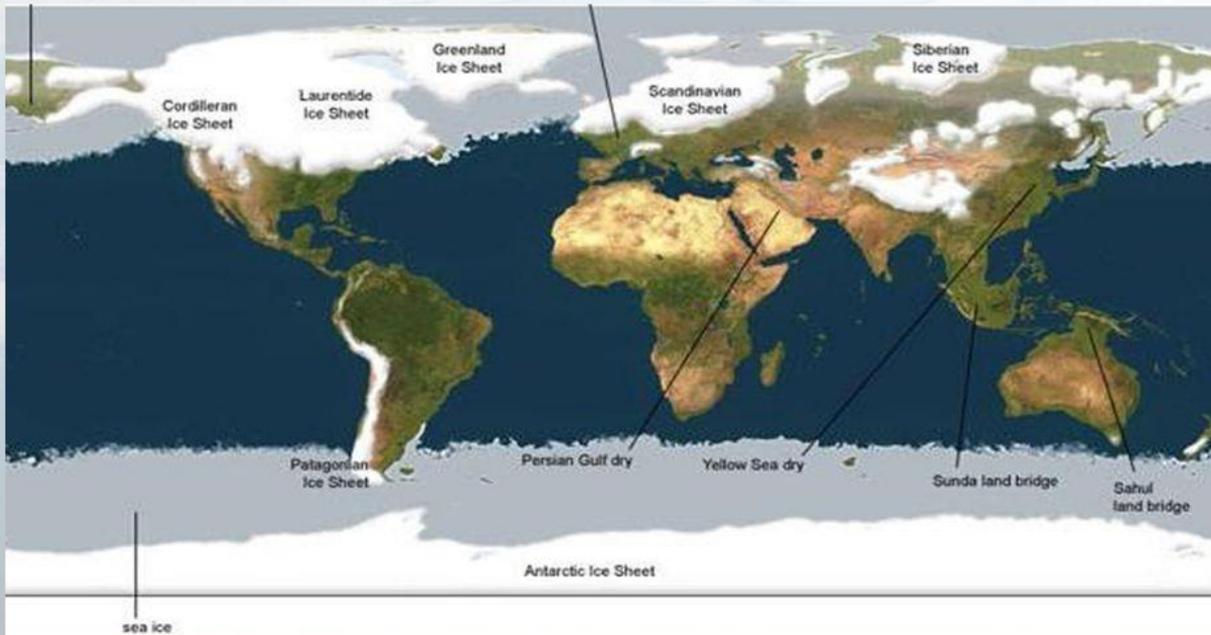


Image Source: <http://www.humberriver.ca/globalice.html>

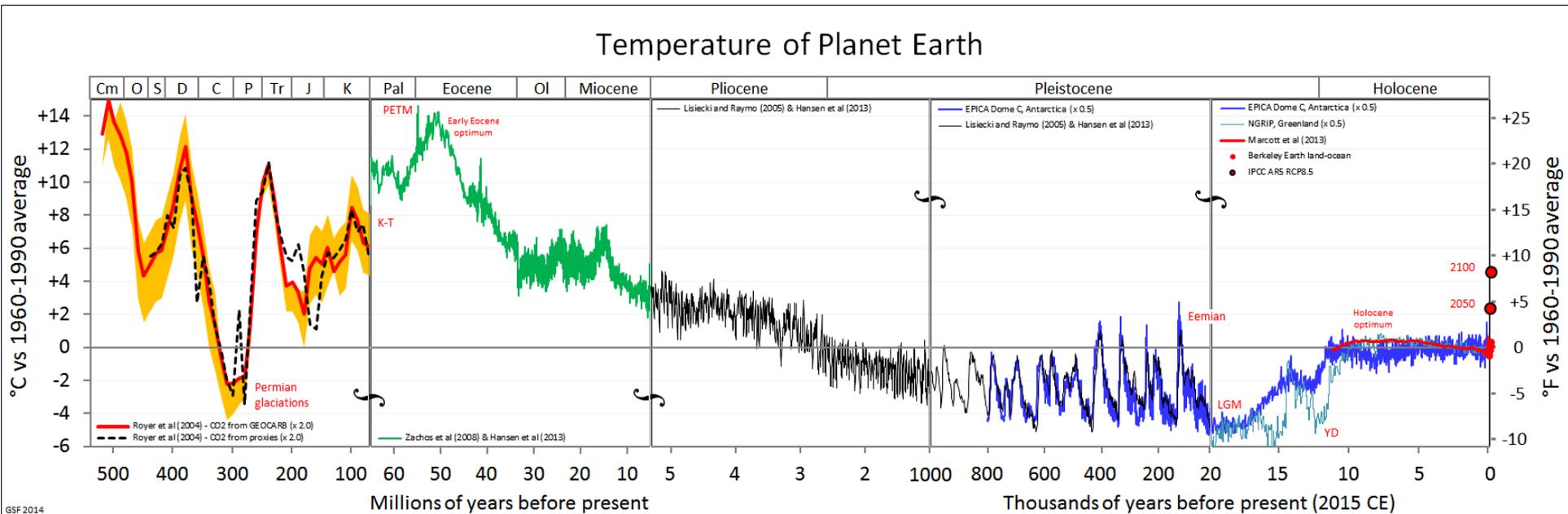
- Massimi dell'attività glaciale negli ultimi 3 milioni di anni (Pleistocene)
- In questi 3 milioni di anni 4 «periodi glaciali»: Gunz, Mindel, Riss, Wurm. Alternati ad altrettanti «periodi interglaciali».
- Attualmente stiamo vivendo un periodo post glaciale denominato «postwurmiano» che coincide con l'Olocene.
- Durante il picco glaciale la temperatura della terra era circa 5-6 gradi inferiore rispetto all'attuale,

# IL CLIMA DELLA TERRA È SEMPRE CAMBIATO, MA..... MAI COSÌ VELOCEMENTE!

L'andamento delle temperature negli **ultimi 500 milioni di anni** sulla terra mostra marcate oscillazioni, con differenze anche di 15 gradi tra ere glaciali ed ere interglaciali.

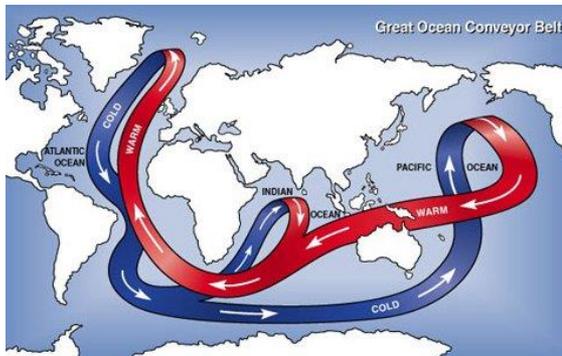
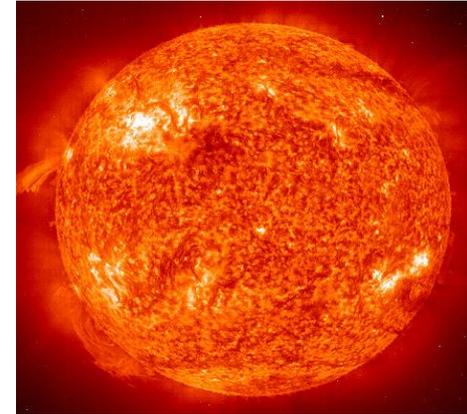
Questi cambiamenti hanno necessitato da centinaia di migliaia a milioni di anni per avvenire.

Negli ultimi 4000 anni la temperatura della terra è invece aumentata di circa **4.5 gradi in 4000 anni**; attualmente si osserva un aumento di quasi 1 grado dal 1920 ad oggi (in soli 100 anni).



## 1. **Variazione dell'attività solare attraverso l'alternanza di minimi e massimi**

Le oscillazioni dell'attività solare, oltre a produrre lievi oscillazioni della radiazione incidente, possono avere importanti impatti sulla circolazione atmosferica



## 2. Le Correnti Oceaniche, modificano la circolazione atmosferica attraverso la distribuzione del calore (es. Corrente del Golfo)



## 3. Le grandi eruzioni vulcaniche possono causare un temporaneo, ma sensibile raffreddamento del clima

## Monte Pinatubo (1991)

- 10 miliardi di tonnellate di materiale
- 20 milioni di tonnellate di SO<sub>2</sub>
- colonna di fumo alta fino a 24 km
- l'altezza del monte diminuì di 300m

A seguito dell'eruzione il clima della Terra si raffreddò di circa 0.4° C

## Tambora (1815)

- 150 miliardi di metri cubi di roccia, cenere e altri materiali
- 1816 anno “senza estate”

## Yellowstone (620.000 anni fa)

- 1000 miliardi di metri cubi di materiale....glaciazione?

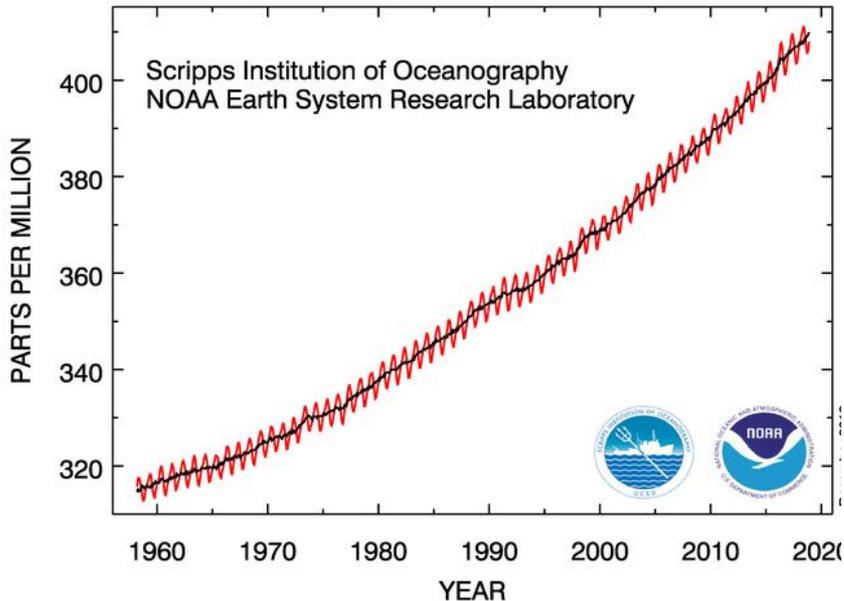


# CAUSE ANTROPICHE:

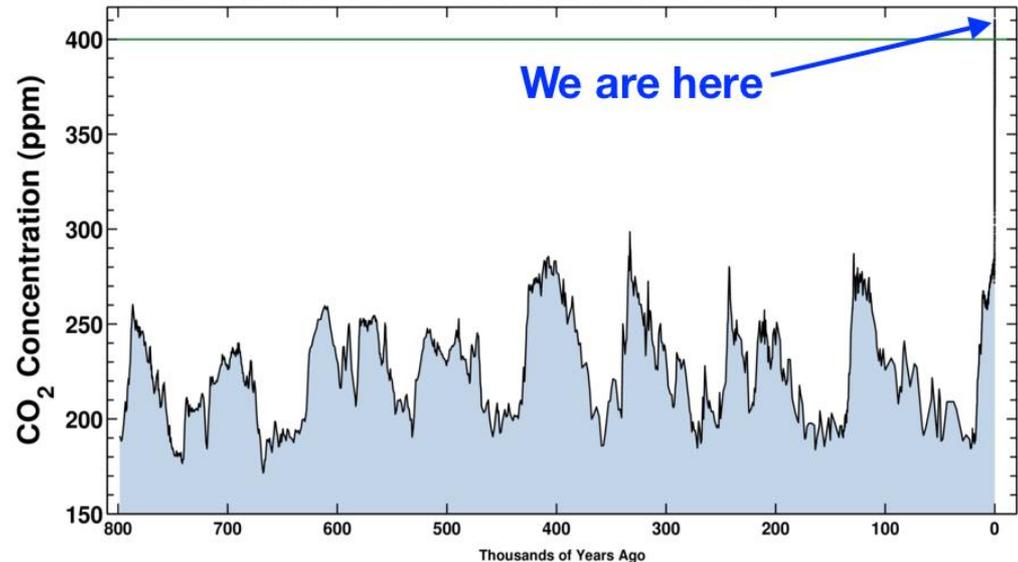
**1. Aumento della concentrazione dei gas serra tramite l'utilizzo di combustibili fossili (petrolio, carbone, gas..) per la produzione di ENERGIA**

**2. Variazioni di uso del suolo comportano alterazioni del bilancio energetico. Per esempio la deforestazione causa il rapido rilascio di anidride carbonica e di vapore acqueo, nonché un'accelerazione dei fenomeni erosivi.**

Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory



Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.



## I PRINCIPALI GAS AD EFFETTO SERRA



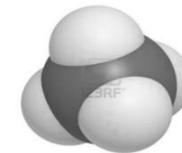
- Vapore  
acqueo



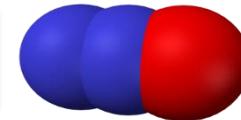
- Biossido di  
carbonio



- Metano



- Protossido  
di azoto



# CAUSE ANTROPICHE:

## EFFETTO SERRA

L'effetto serra è naturale e consente la regolazione della **temperatura media del pianeta intorno a 15° C** (il valore medio calcolato varia da ente ad ente ed oscilla tra 14 e 16°C). Senza i gas serra la temperatura media del pianeta scenderebbe a circa **-18°C**.

Si ritiene che il problema principale sia **l'aumento significativo della concentrazione dei gas serra** dal 1950. La dispersione del calore dalla terra verso lo spazio sotto forma di **radiazioni infrarosse** viene attenuata dai gas serra che lo assorbono e lo emettono di nuovo verso il basso

### ALLE CAUSE ANTROPICHE SI AGGIUNGONO ALCUNI FEEDBACK POSITIVI IN ATMOSFERA

1. **Aumento della concentrazione di metano**, dovuto all'innalzamento della temperatura alle alte latitudini, favorisce la fusione del permafrost e il conseguente rilascio del gas che porta, a sua volta, ad un aumento di temperatura per amplificazione dell'effetto serra
2. **Diminuzione dell'effetto albedo complessivo** dovuto alla riduzione dei grandi ghiacciai (Groenlandia - Mar Glaciale artico) e alla minor estensione della copertura nevosa invernale
3. **Diminuzione dell'assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte dell'oceano**, in quanto più caldo



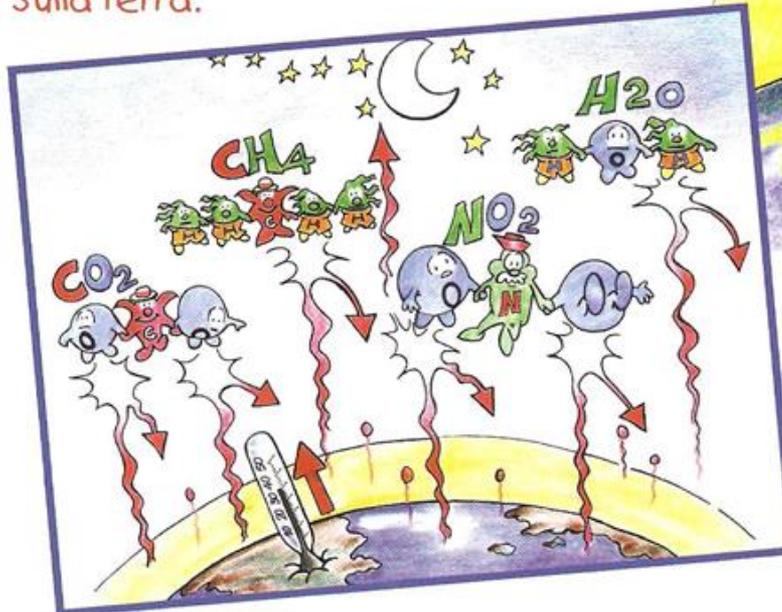
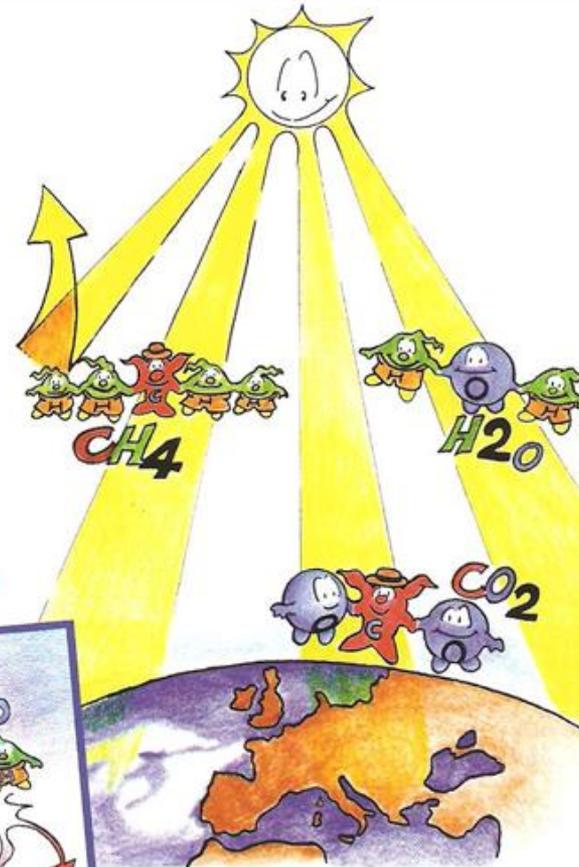
# L'effetto serra

## L'effetto serra naturale

I **gas serra** si lasciano attraversare dalle **radiazioni solari** che scaldano la terra.

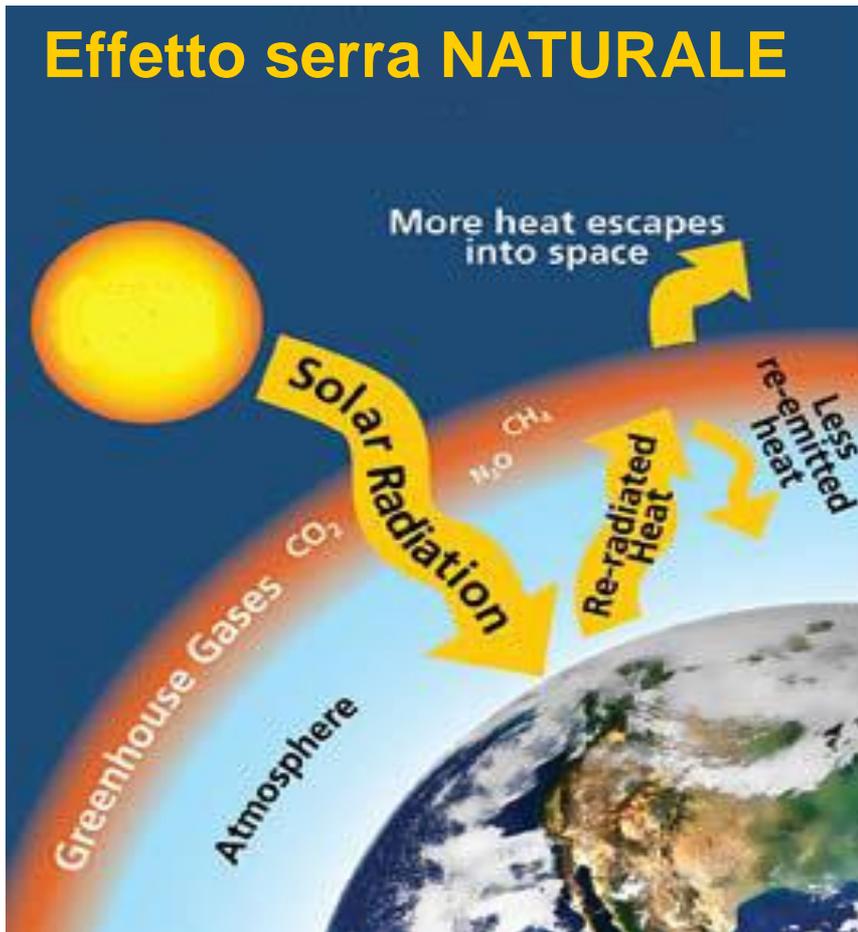
Quando il sole tramonta, il **calore** che la terra ha accumulato viene **inviato verso l'alto**, così come accade nella serra.

A questo punto entrano in gioco i nostri amici **gas serra** che **bloccano** una parte del calore e lo **rimandano** sulla terra.



Pensate che se non ci fossero questi gas, **durante la notte** noi avremmo temperature intorno ai **100 gradi sotto lo zero!**

## Effetto serra NATURALE



I gas serra schermano l'energia radiativa emessa dalla terra, impedendo l'uscita del calore verso lo spazio.

→ **mantiene la temp. costante (15 ° C).**

→ **la temperatura terrestre sarebbe -18 ° C.**

## Effetto serra "POTENZIATO"



Aumentare la concentrazione dei gas serra nell'atmosfera vuol dire alterare gli equilibri della "macchina climatica" terrestre, aumentando il riscaldamento e gli eventi meteo ad esso associati.

Temperatura media dal 1920

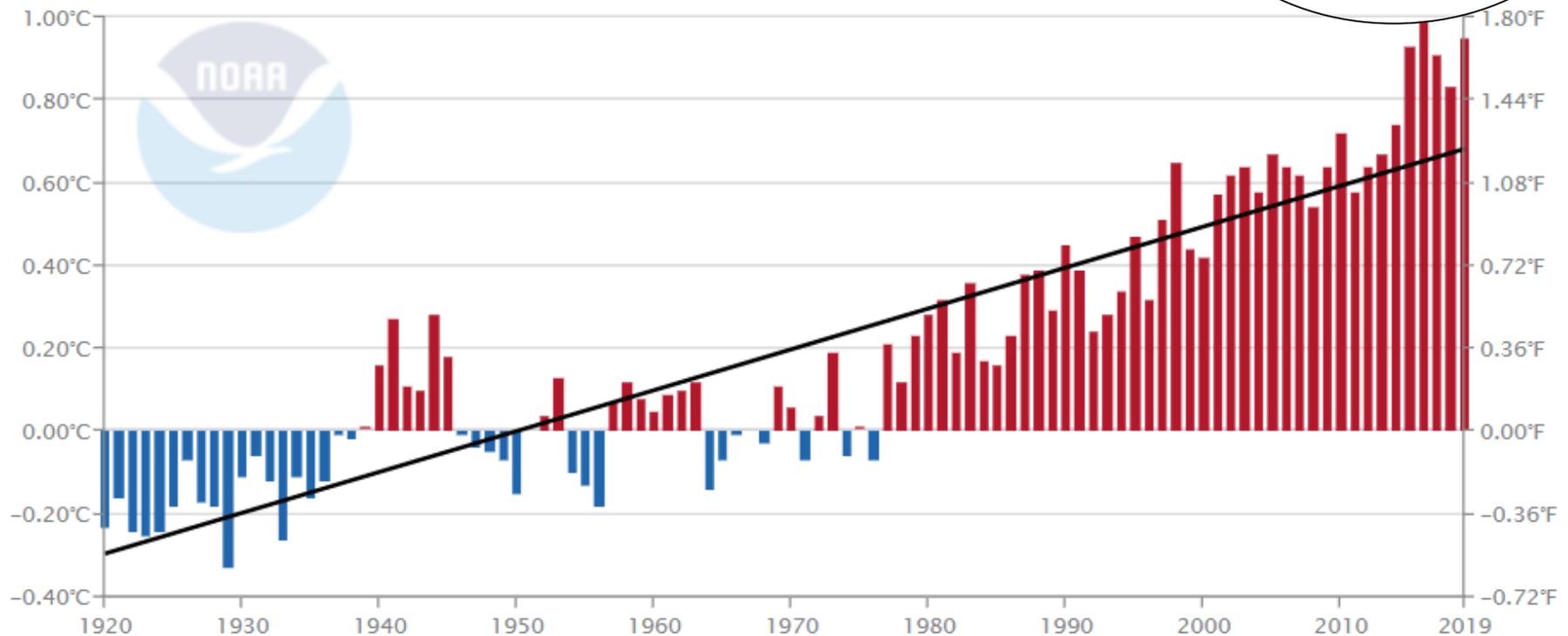
**A LIVELLO MONDIALE**  
**(terre emerse + oceani)**

**1° C / 100 anni**



■ 1920-2019 Trend  
(+0.10°C/Decade)

Global Land and Ocean  
January–December Temperature Anomalies



Fonte: NOAA (National Climatic Data Center) 2020

Temperatura media dal 1920

A LIVELLO MONDIALE

(terre emerse)

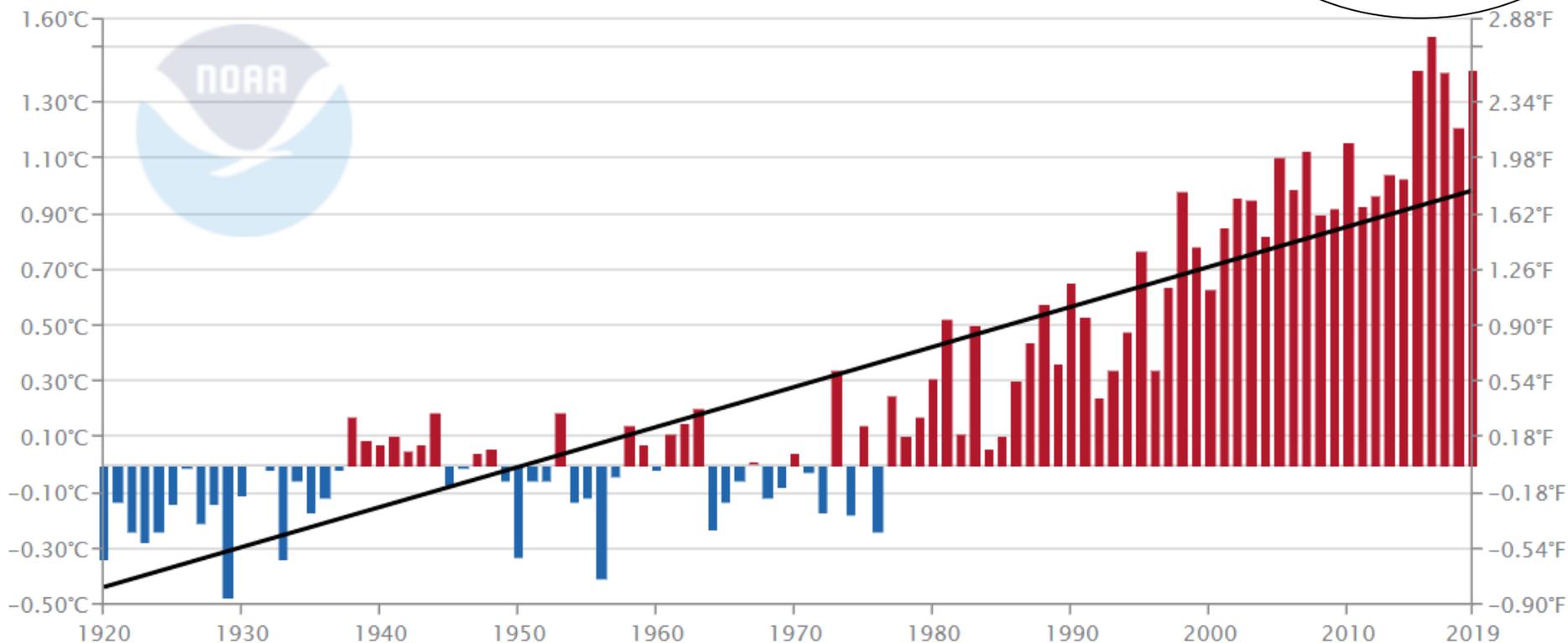
1.4° C / 100 anni



1920-2019 Trend  
(+0.14°C/Decade)

Global Land

January-December Temperature Anomalies



Fonte: NOAA (National Climatic Data Center) 2020

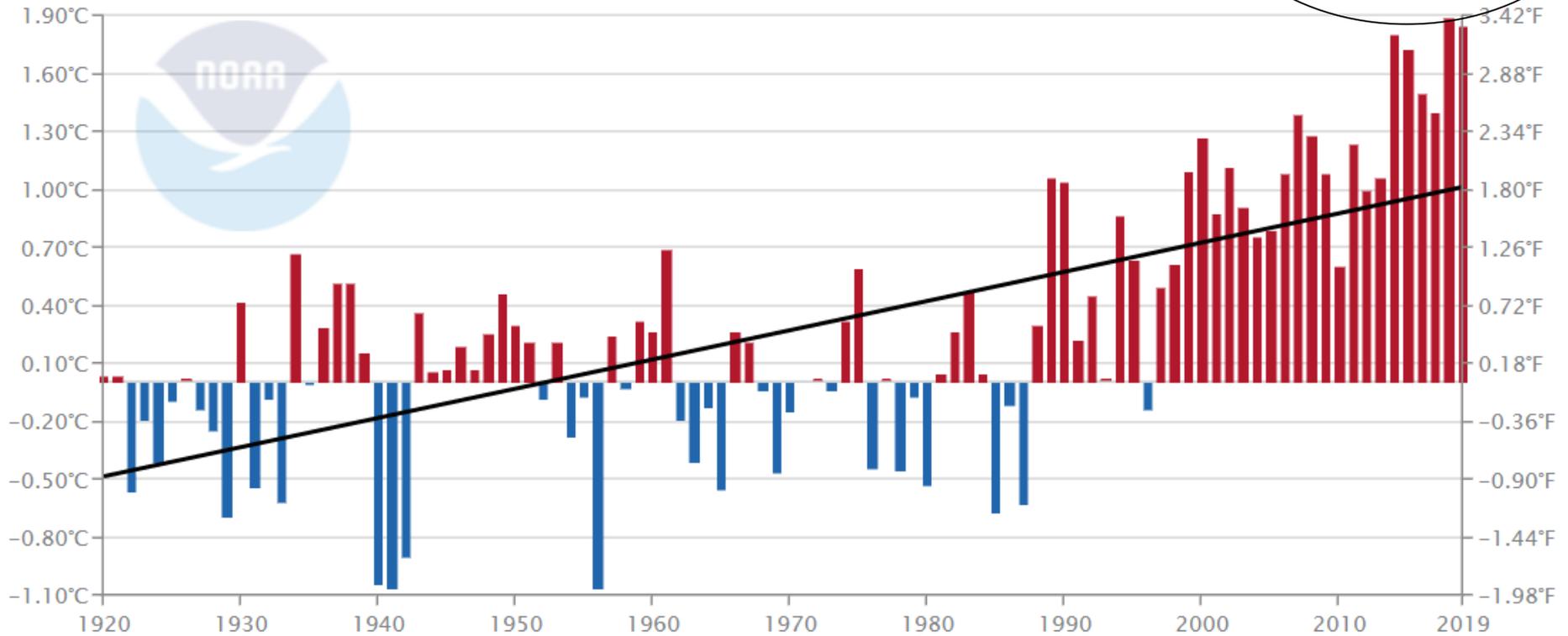
# EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Temperatura media dal 1920

EUROPA  
(terre emerse)

1.5° C / 100 anni  
1920-2019 Trend  
(+0.15°C/Decade)

Europe  
January–December Temperature Anomalies



Fonte: NOAA (National Climatic Data Center) 2020

Temperatura media dal 1955

**EUROPA**  
(terre emerse)

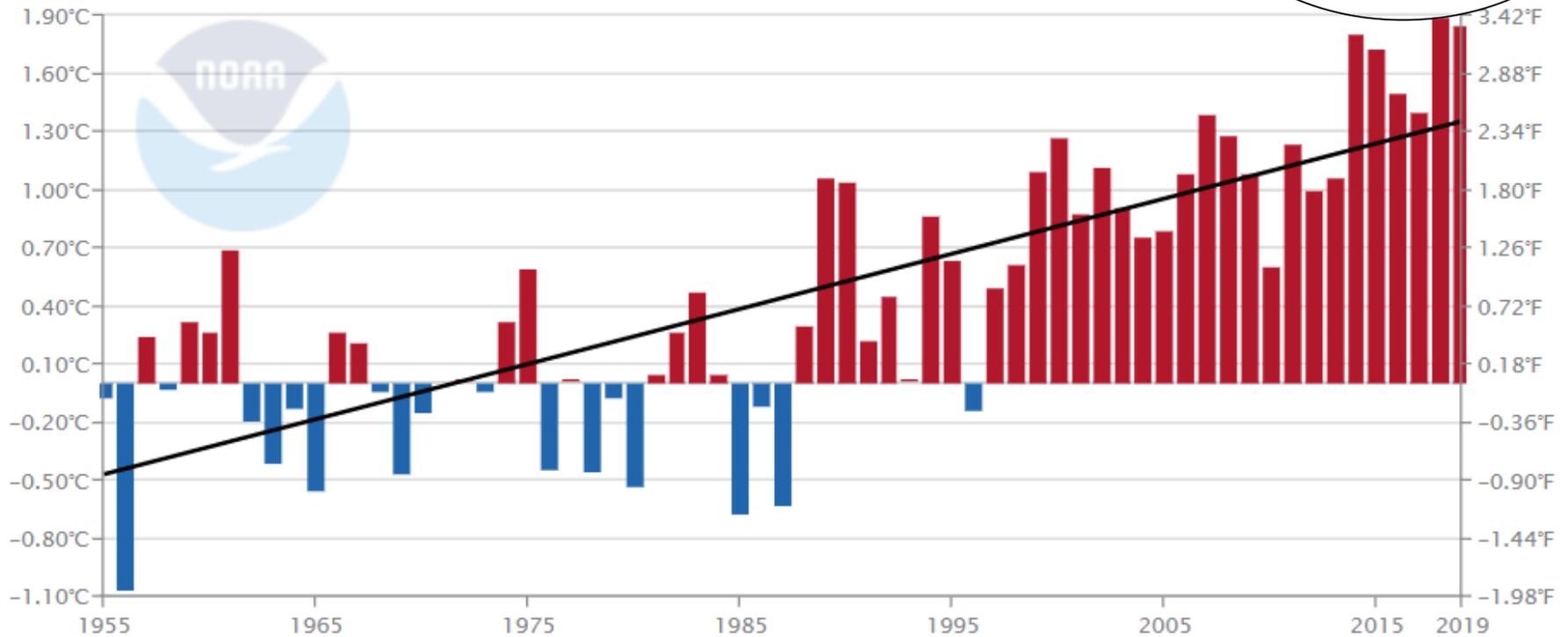
**1.4° C / 50 anni**



■ 1955-2019 Trend  
(+0.28°C/Decade)

Europe

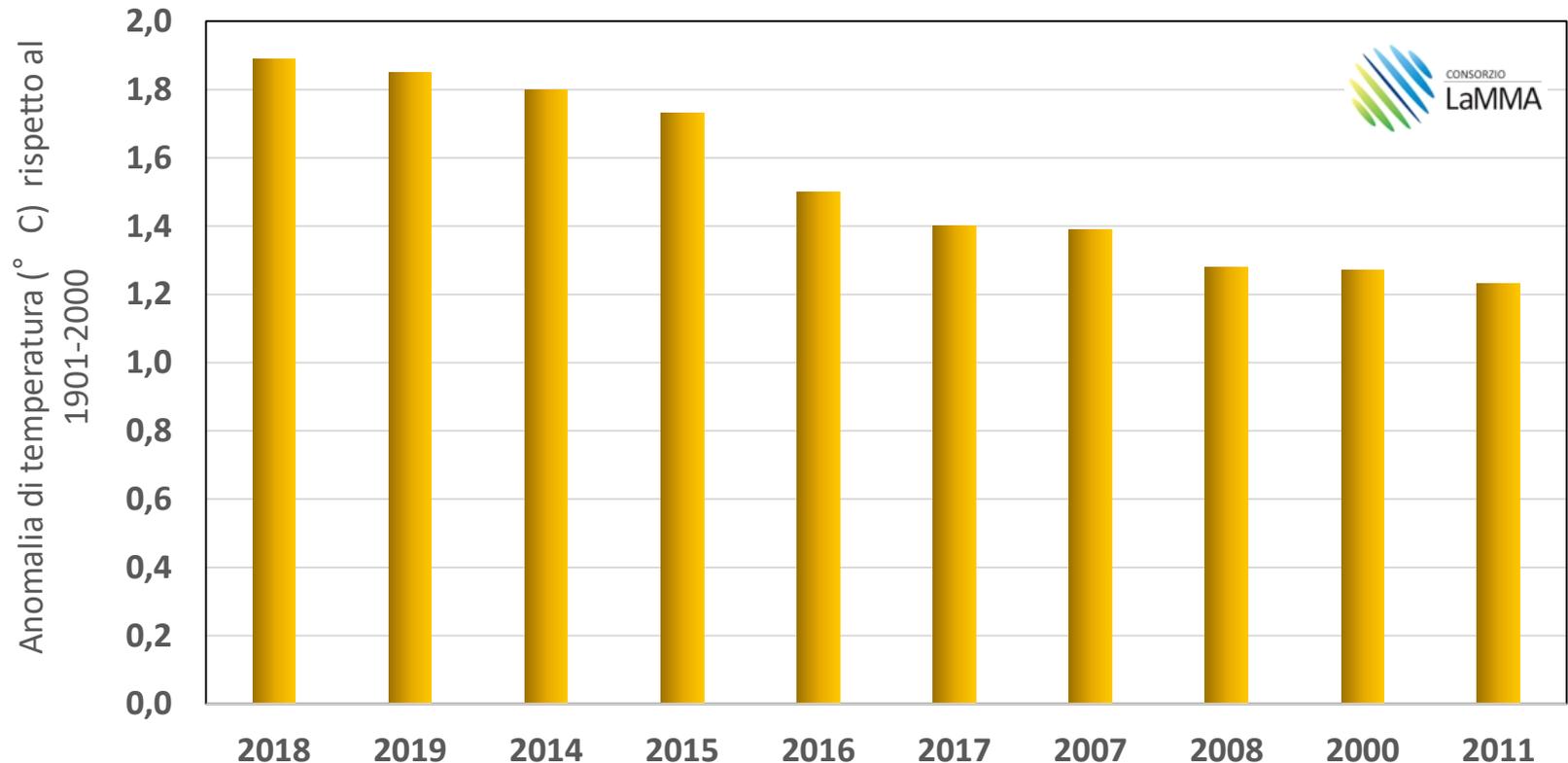
January–December Temperature Anomalies



Fonte: NOAA (National Climatic Data Center) 2020

## Gli anni più caldi dal 1880 al 2019 in Europa

Gli anni più caldi dal 1880 a oggi!



Fonte dati: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration); National Climatic Data Center) 2020

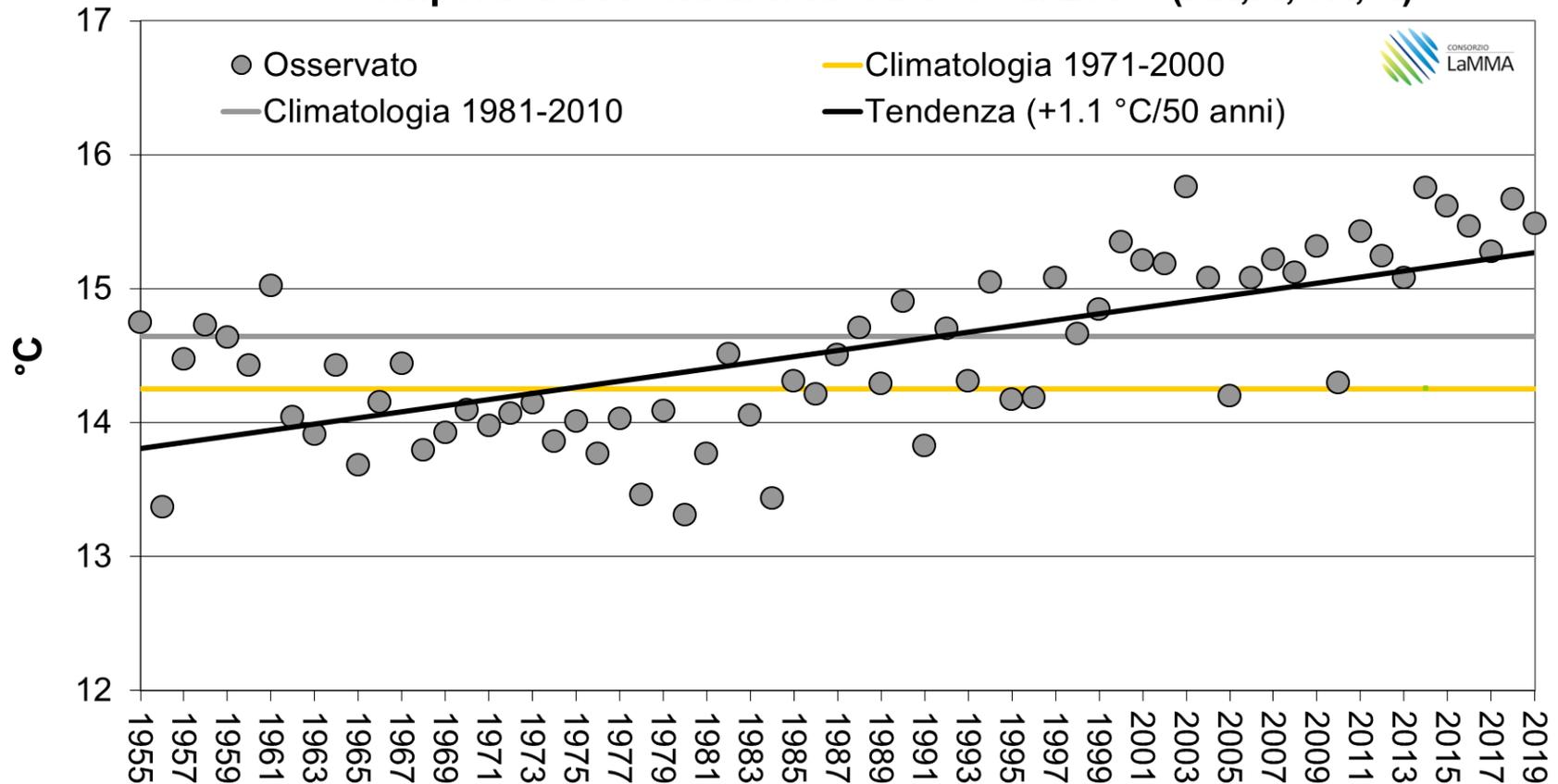
# EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

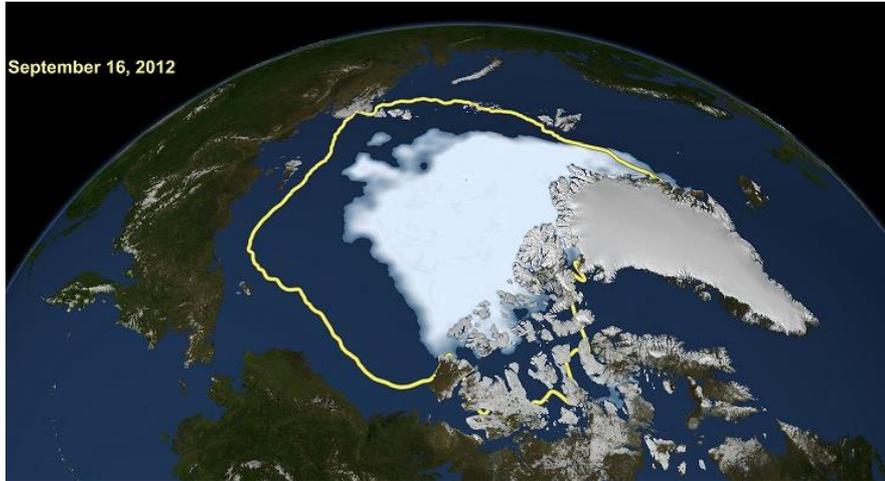
Temperatura media dal 1955

TOSCANA

1.1° C / 50 anni

Temperatura media annua dal 1955 al 2019 (AR,FI,GR,PI)





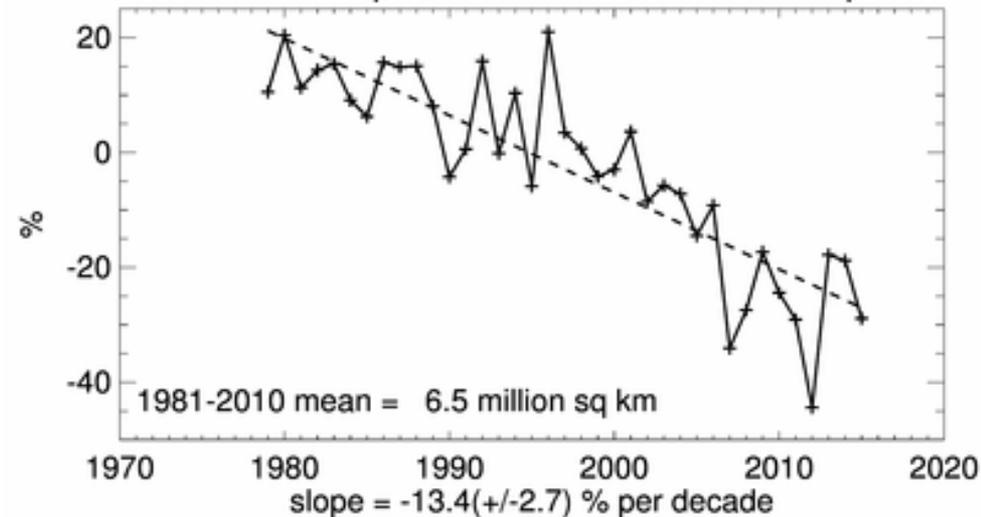
**Estensione della banchisa nel mese di settembre ridotta del 51% dal 1979 al 2017 (in soli 39 anni).**

**Nel settembre 2016 -1.9 milioni di kmq di superficie ghiacciata rispetto alla norma (un'estensione quasi pari all'Algeria).**

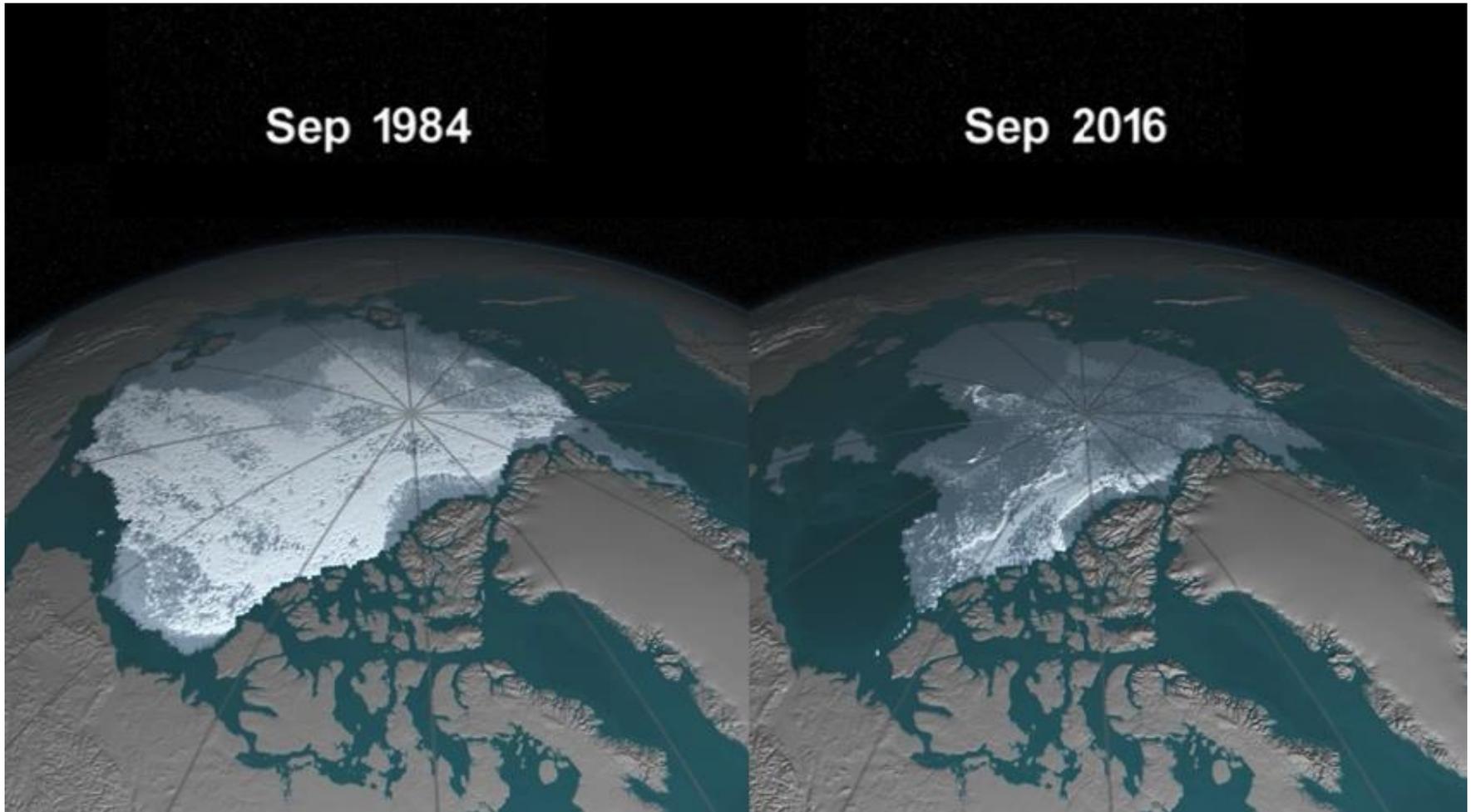
**Negli ultimi anni riduzioni significative osservate anche nei ghiacci antartici.**

## CRIOFERA (GHIACCIO ARTICO)

Northern Hemisphere Extent Anomalies Sep 2015

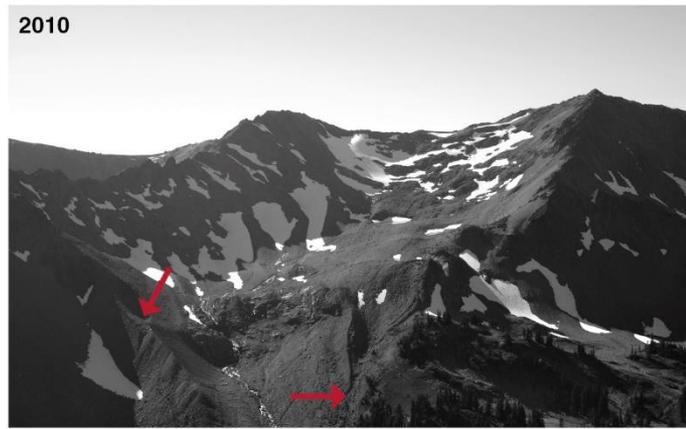


## CRIOSFERA (GHIACCIO ARTICO)

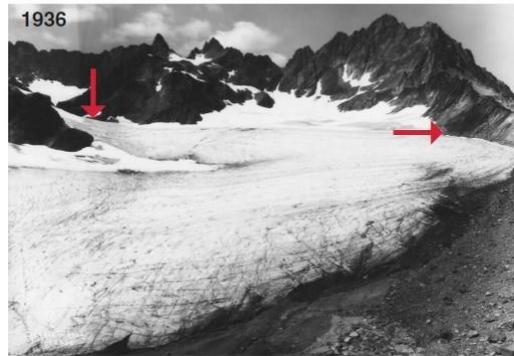


## CRIOFERA (GHIACCIAI MONTANI)

Olympic National Park - Lillian Glacier



Olympic National Park Glacier Repeat Photographs  
Anderson Glacier



STATI UNITI  
OCCIDENTALI

Arrows in identical locations illustrate the dramatic retreat/disappearance of this south-facing glacier. 1936 by Asahel Curtis; 2015 Byron Adams.

## CRIOSFERA (GHIACCIAI MONTANI)

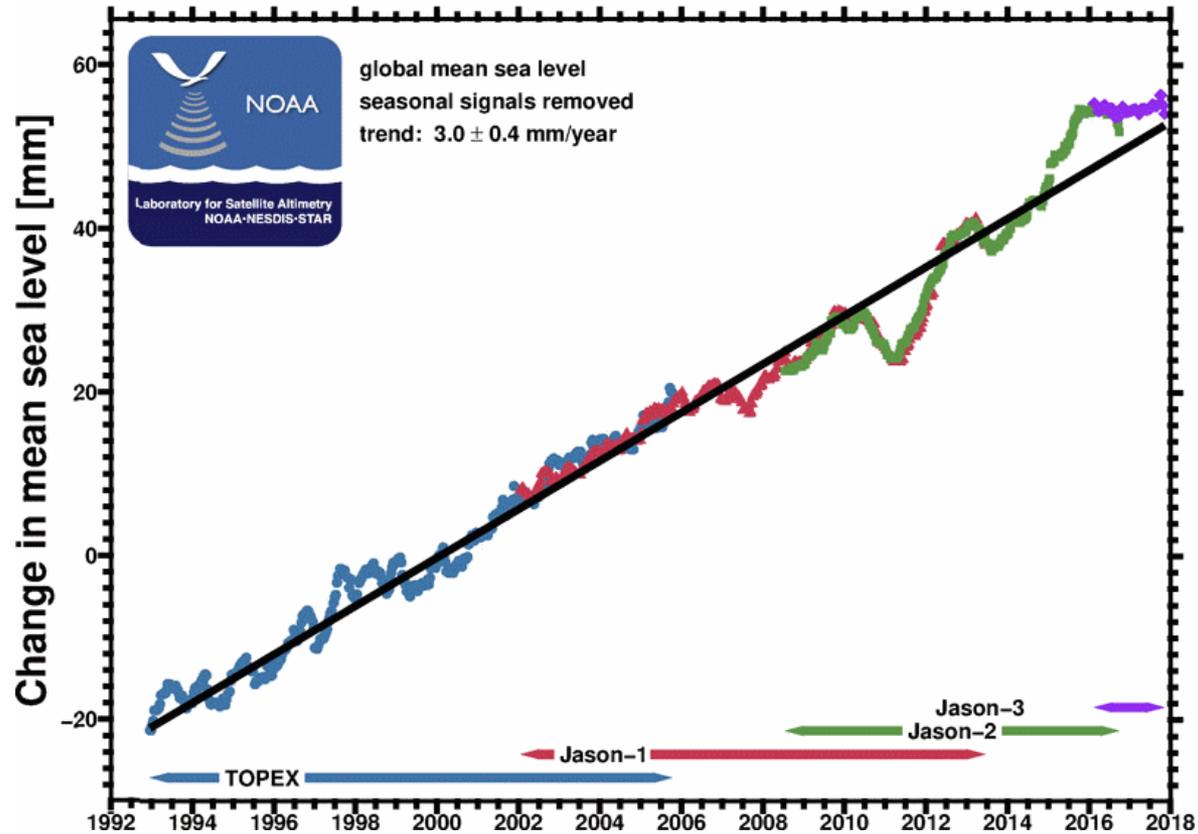


### Muir and Riggs Glaciers

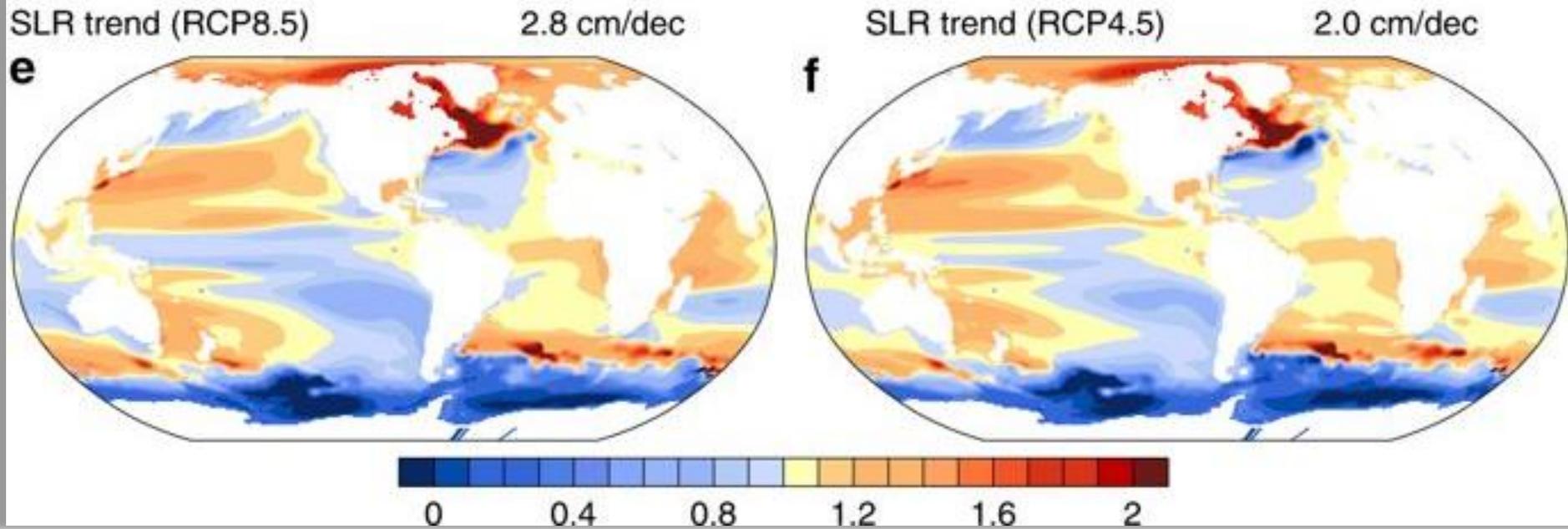


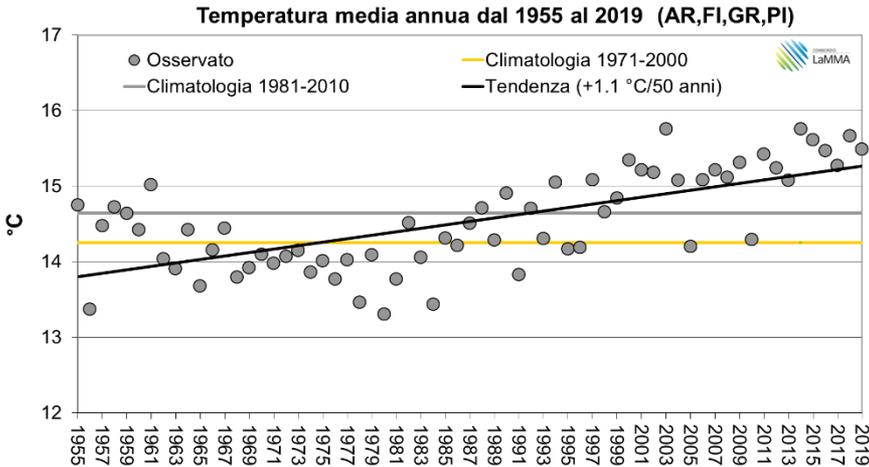
ALASKA

## LIVELLO MEDIO DEGLI OCEANI

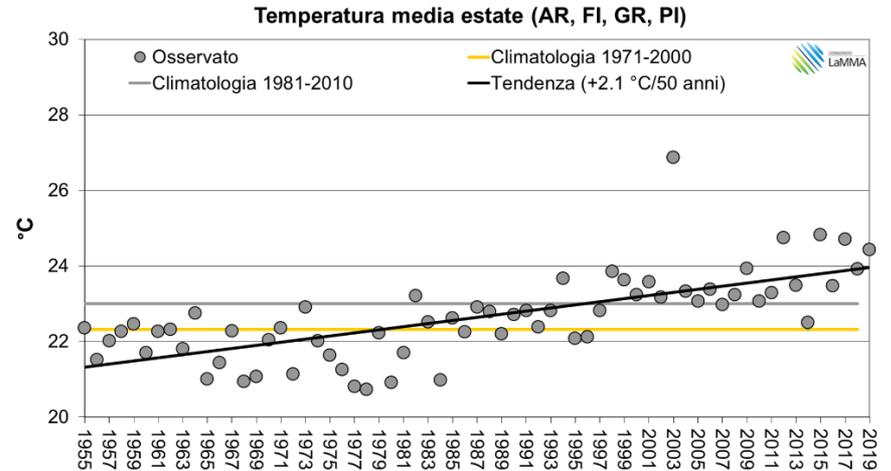


## LIVELLO MEDIO DEGLI OCEANI

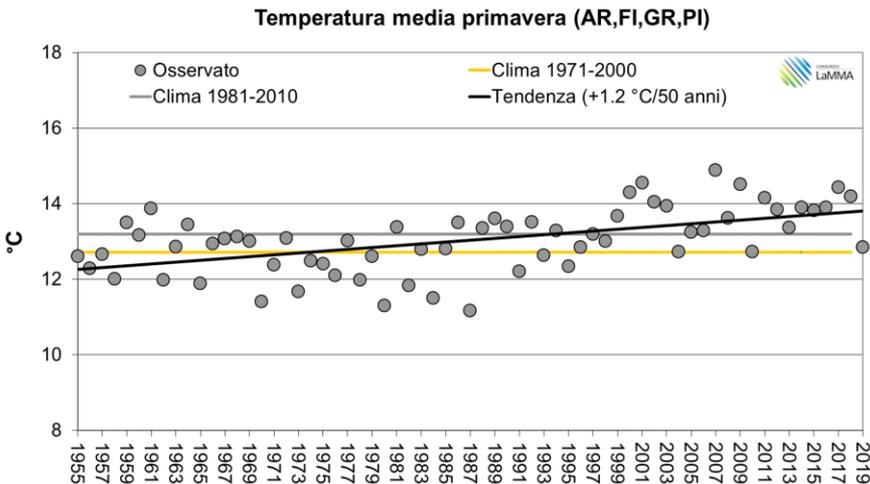




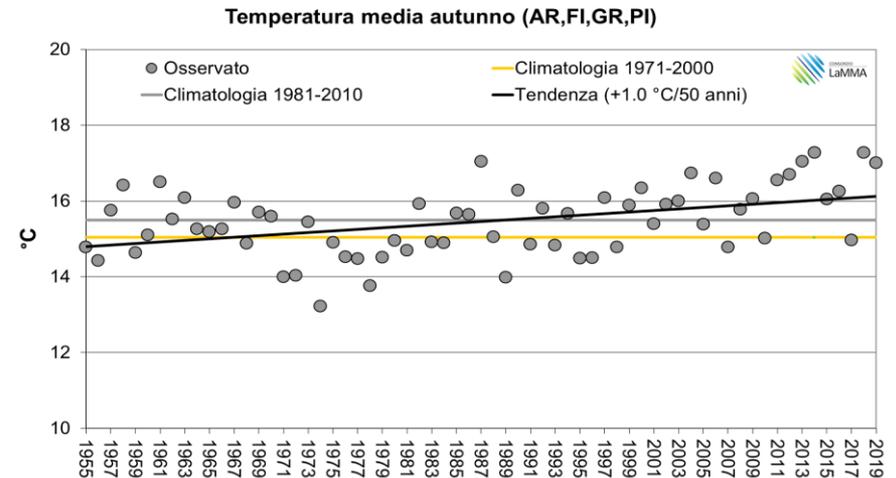
**TEMP ANNUA**  
**+1,1° C/ 50 anni**



**TEMP ESTATE**  
**+2,1° C/ 50 anni**

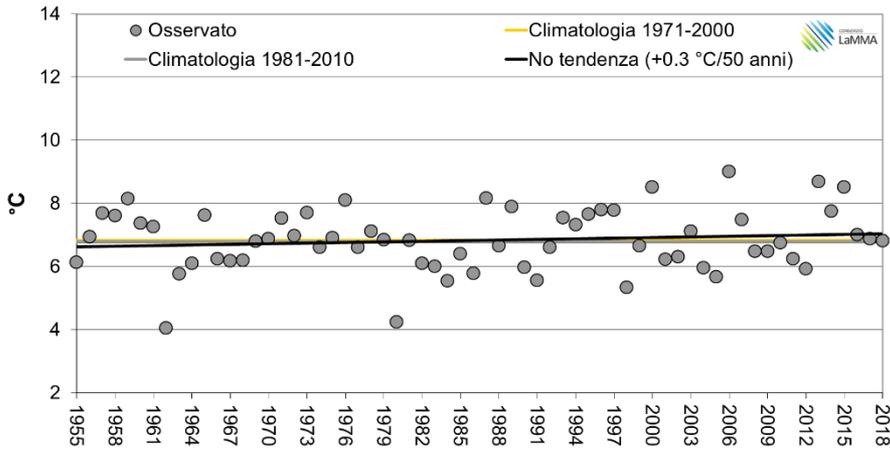


**TEMP PRIMAVERA**  
**+1,2° C/ 50 anni**



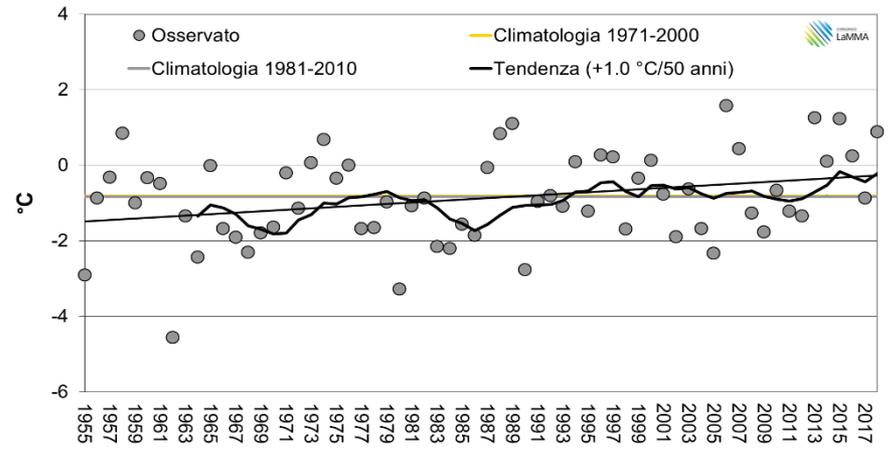
**TEMP AUTUNNO**  
**+1,2° C/ 50 anni**

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



**TEMP INVERNO**  
Nessun trend in pianura

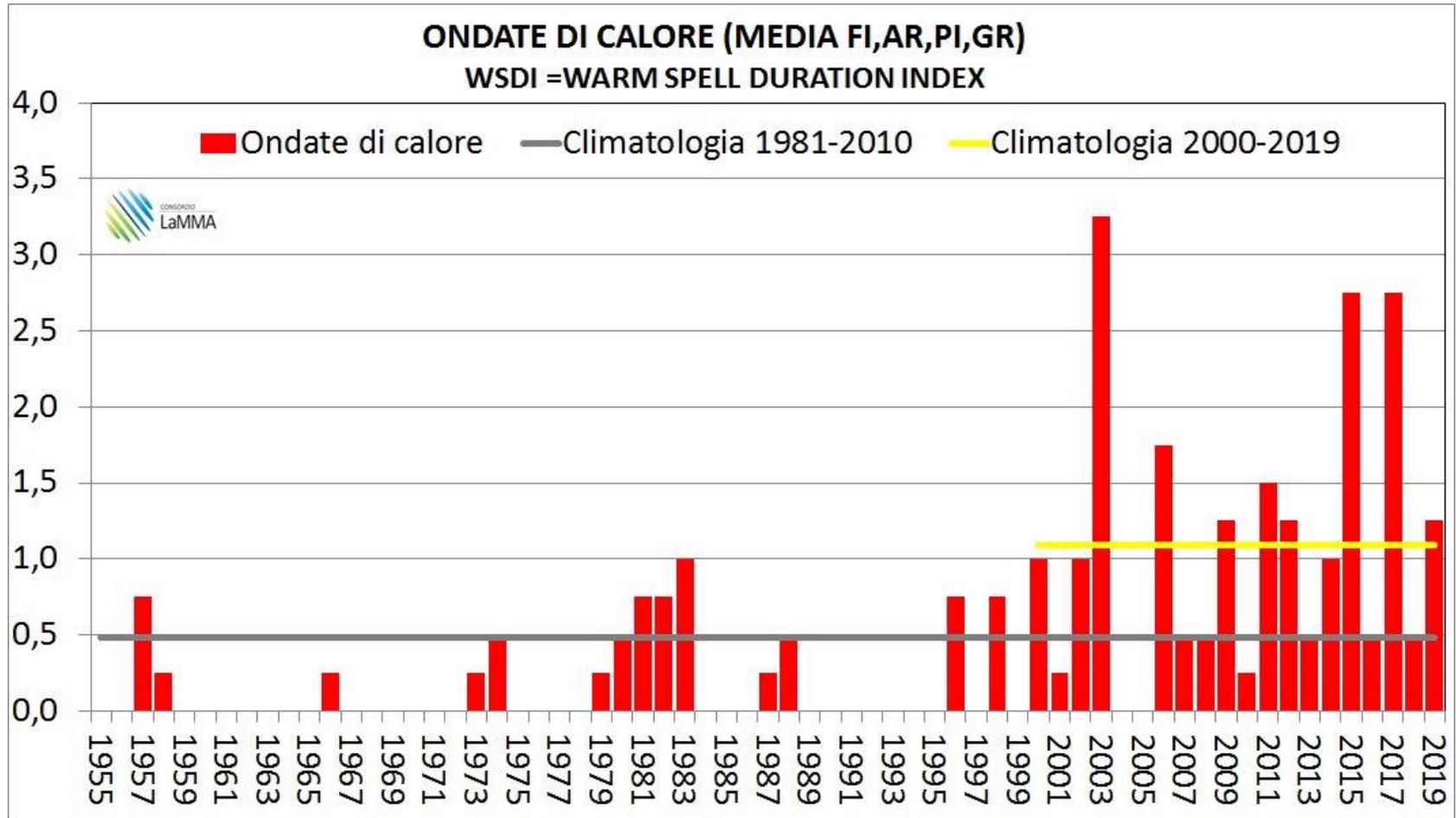
**Temperatura media inverno (Abetone)**



**TEMP INVERNO ABETONE**  
 $+1,0^{\circ} \text{ C} / 50 \text{ anni}$

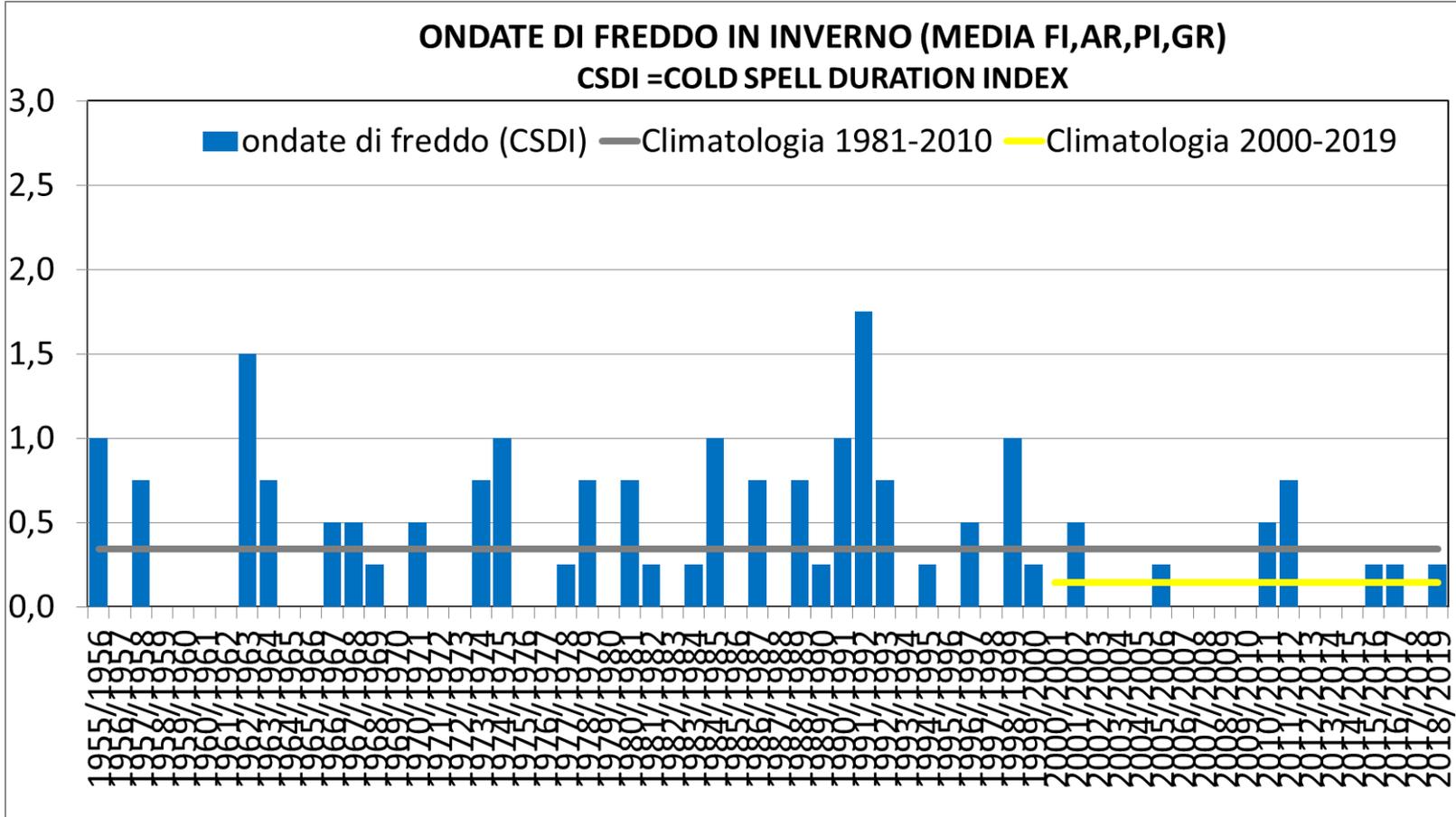


## ONDATE DI CALORE



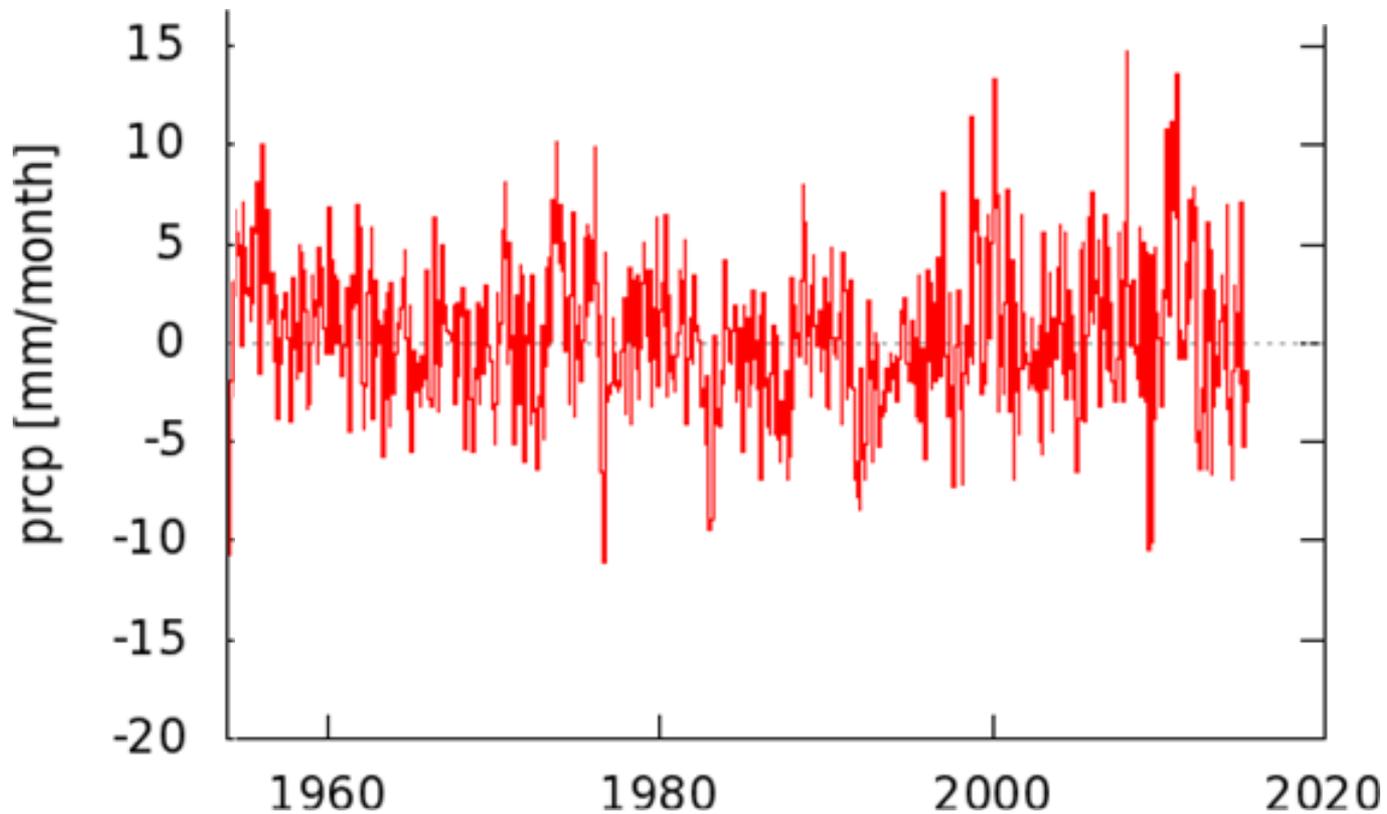


## ONDATE DI FREDDO



## PRECIPITAZIONE?

NESSUN TREND A LIVELLO GLOBALE!

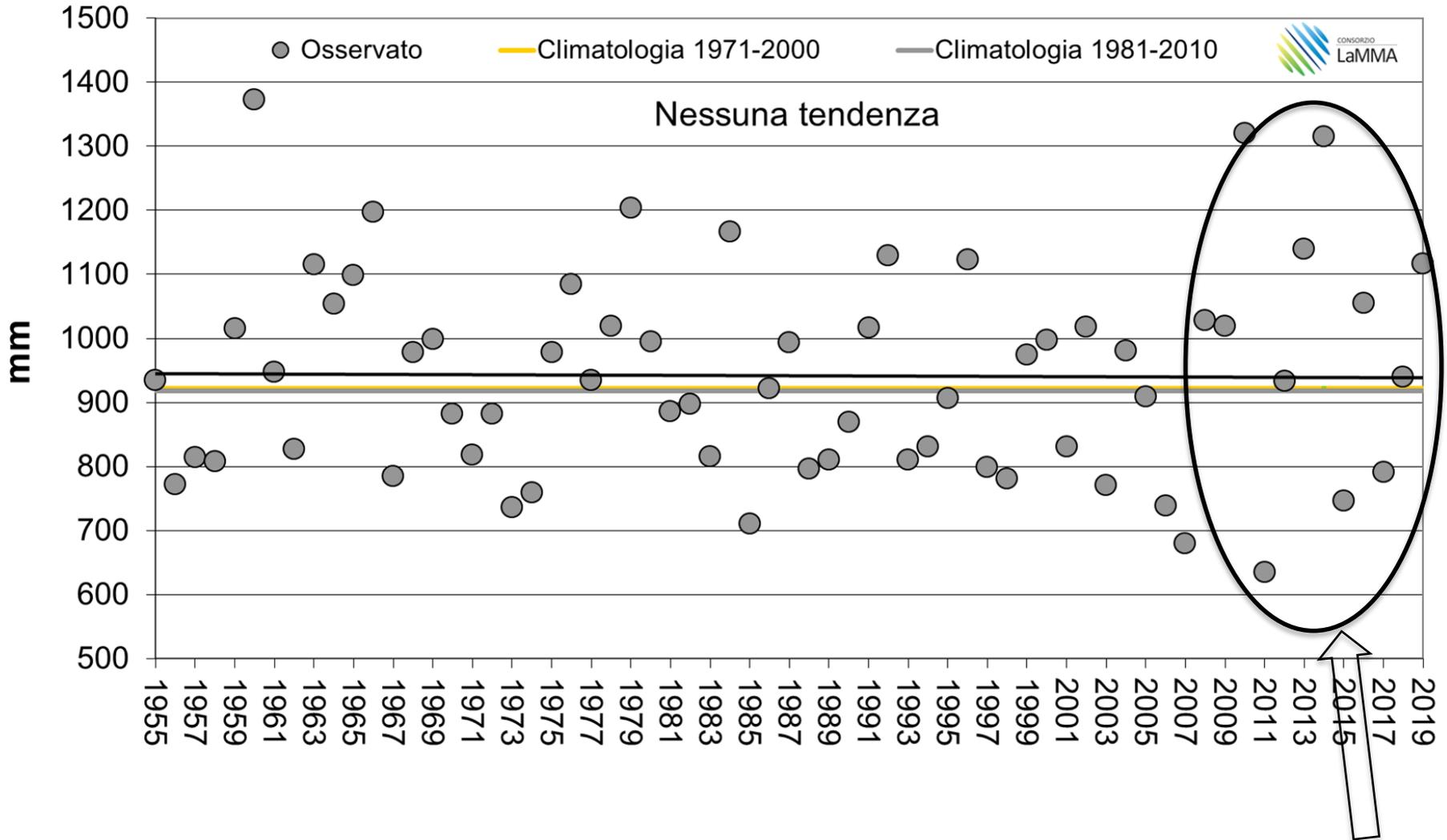


Fonte: NOAA (National Climatic Data Center) 2018



# EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI (TOSCANA)

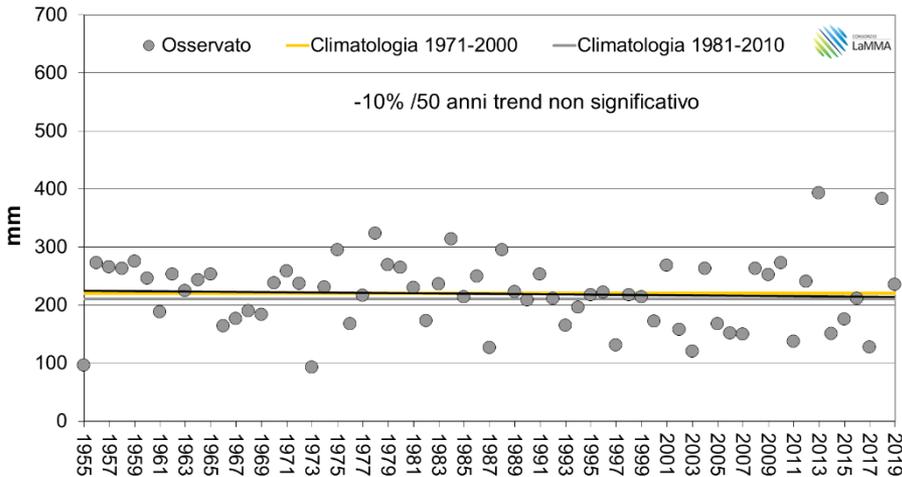
## Pioggia annuale (media capoluoghi)



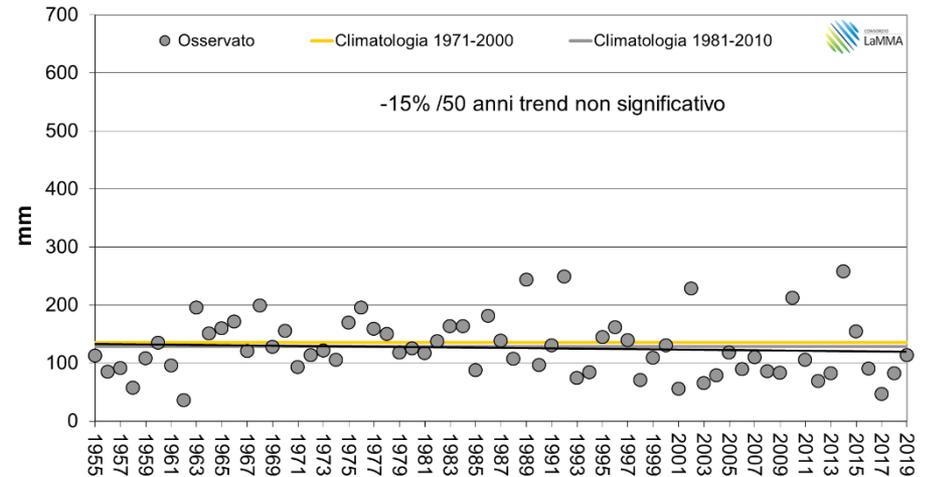
**MA AUMENTO VARIABILITÀ NEGLI ULTIMI ANNI**

## PIOGGIA STAGIONALE

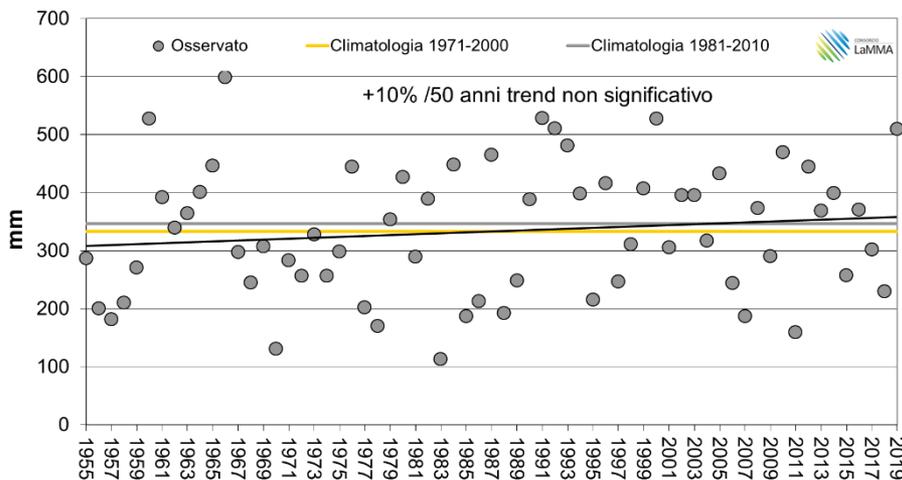
**Pioggia primavera (media capoluoghi)**



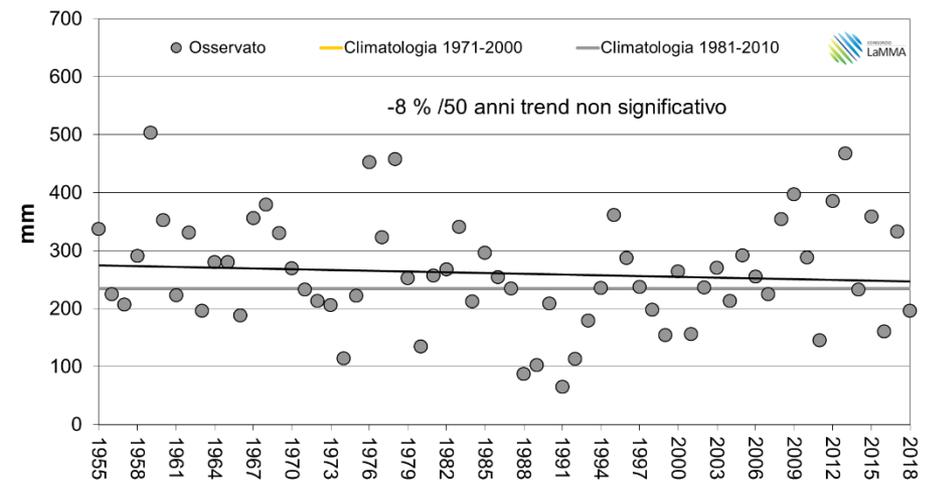
**Pioggia estate (media capoluoghi)**



**Pioggia autunno (media capoluoghi)**



**Pioggia inverno (media capoluoghi)**





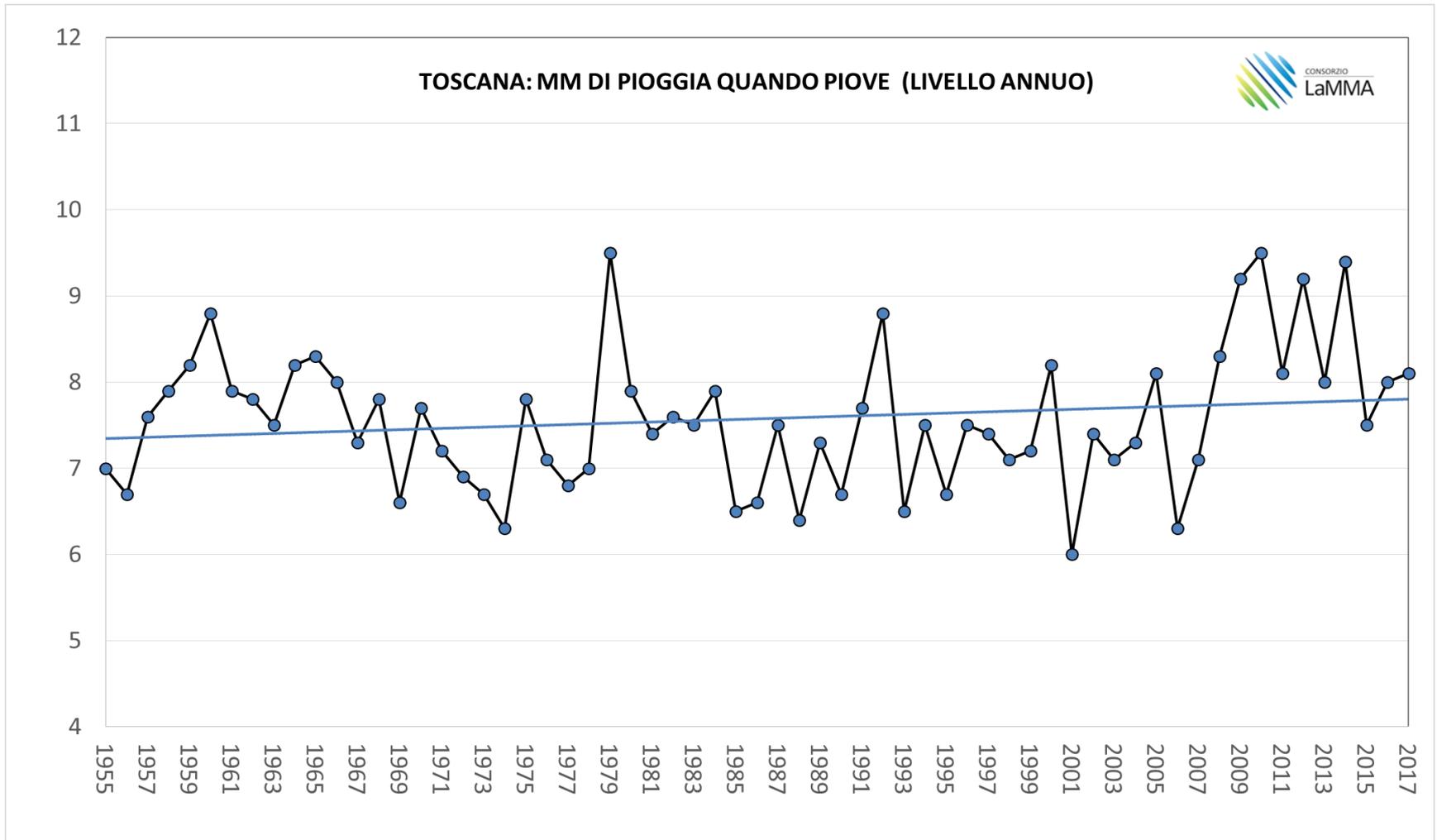
**Negli ultimi anni** precipitazioni più concentrate in periodi/eventi più brevi, e periodi con assenza di precipitazione più lunghi di prima.

In base ad **alcuni scenari futuri** legati ad emissioni ancora elevate di gas serra la frequenza degli eventi estremi tenderà ad aumentare in gran parte d'Europa, compreso il bacino del Mediterraneo e l'Italia.

- **GIORNI PIOVOSI IN DIMINUZIONE**
- **CUMULATO ANNUO STAZIONARIO O IN LIEVE DIMINUZIONE**
- **INTENSITÀ DELLE PRECIPITAZIONI IN AUMENTO**



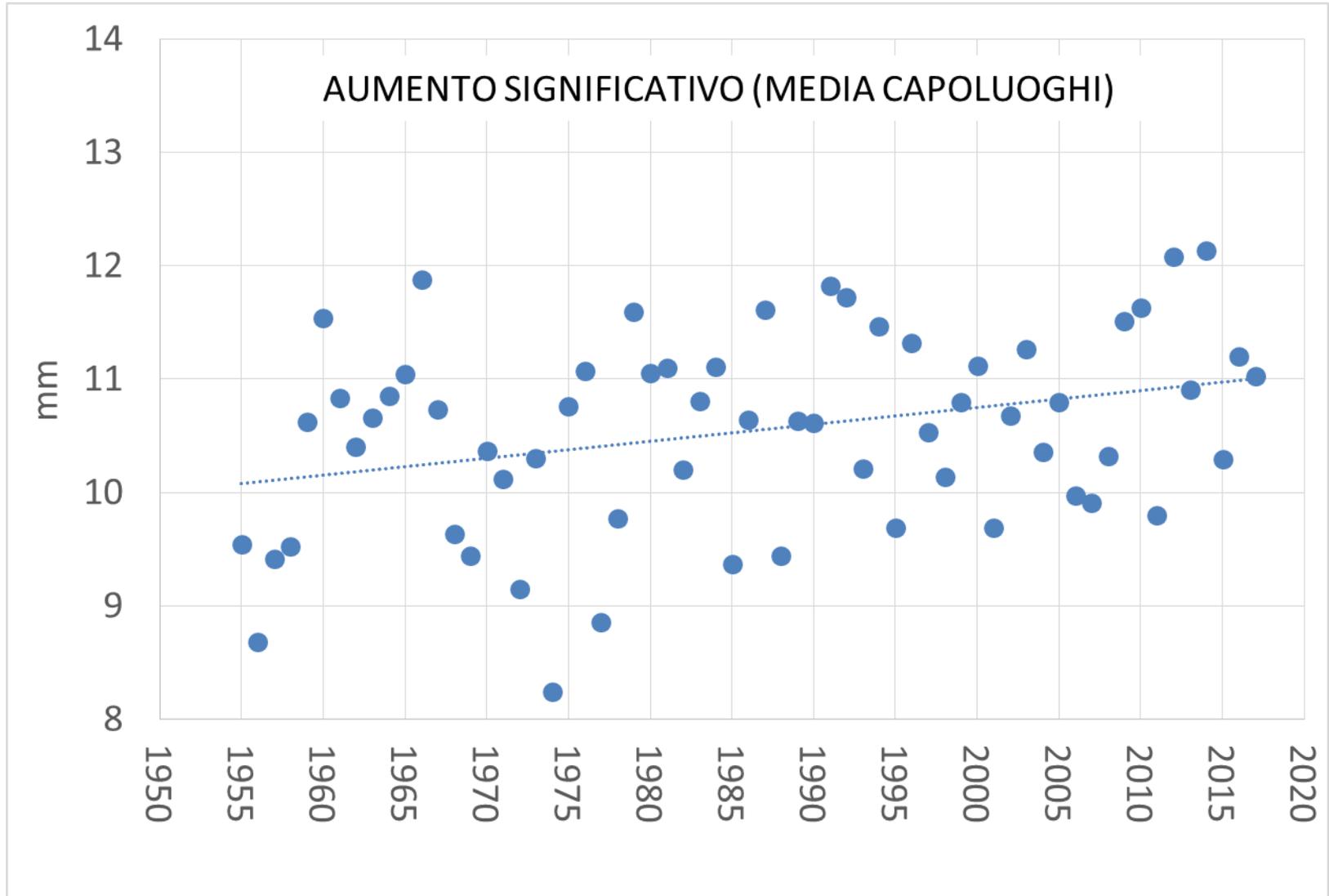
## QUANTO PIOVE GIORNALMENTE QUANDO PIOVE?



LIEVE AUMENTO NON SIGNIFICATIVO!  
VALORI SPESSO MOLTO ALTI NEGLI ULTIMI ANNI!

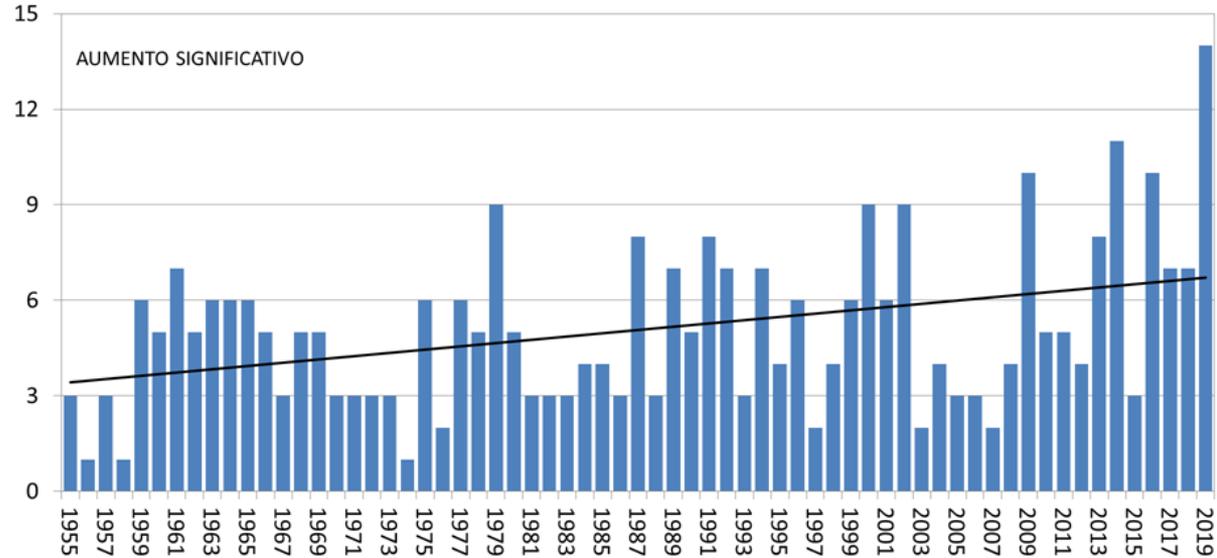


## QUANTO PIOVE GIORNALMENTE QUANDO PIOVE?

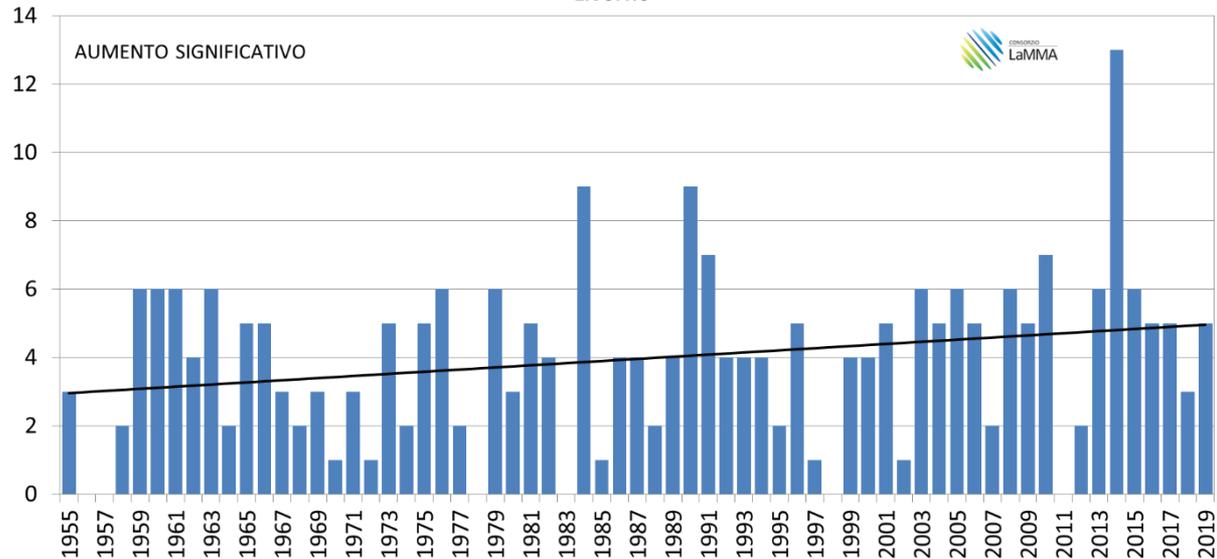


SEGNALI DI UNA  
MAGGIORE INTENSITÀ  
DELLE PIOGGE INIZIANO A  
EMERGERE SULLE ZONE  
COSTIERE E VICINE AL  
MARE

Giorni annui con pioggia giornaliera > 41 mm (95 percentile)  
Massa-Carrara



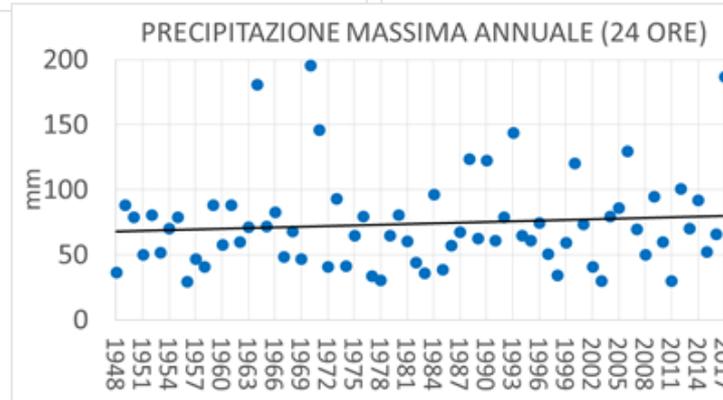
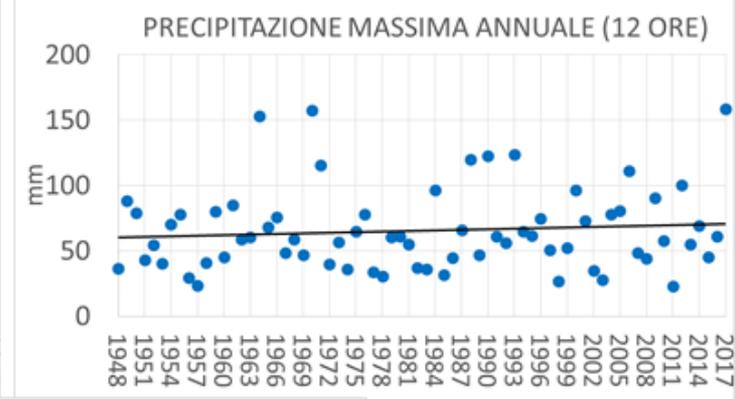
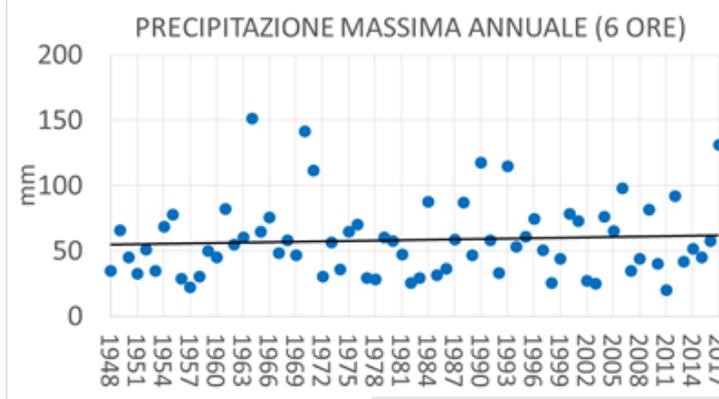
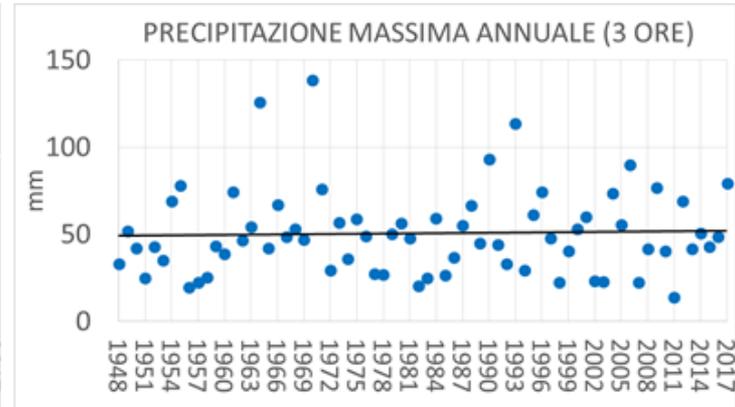
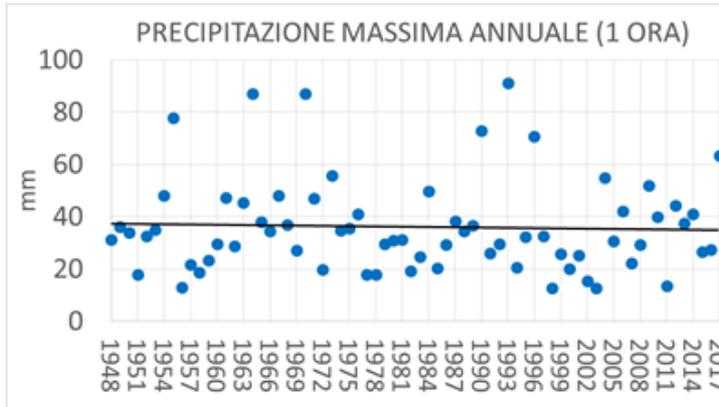
Giorni annui con pioggia giornaliera > 32 mm (95 percentile)  
Livorno





# PRECIPITAZIONI MASSIME CON DIVERSA DURATA

## LIVORNO





## EVENTI ESTREMI



**IN AUMENTO?**



**EVENTI ESTREMI**



**IN AUMENTO?**

## **PIOGGIA E DISSESTO**

**I fenomeni di dissesto idrogeologico**

**NON DIPENDONO SOLAMENTE DAGLI EVENTI PRECIPITATIVI,  
MA ANCHE DA ALTRE VARIABILI CHE MUTANO NEL TEMPO!**

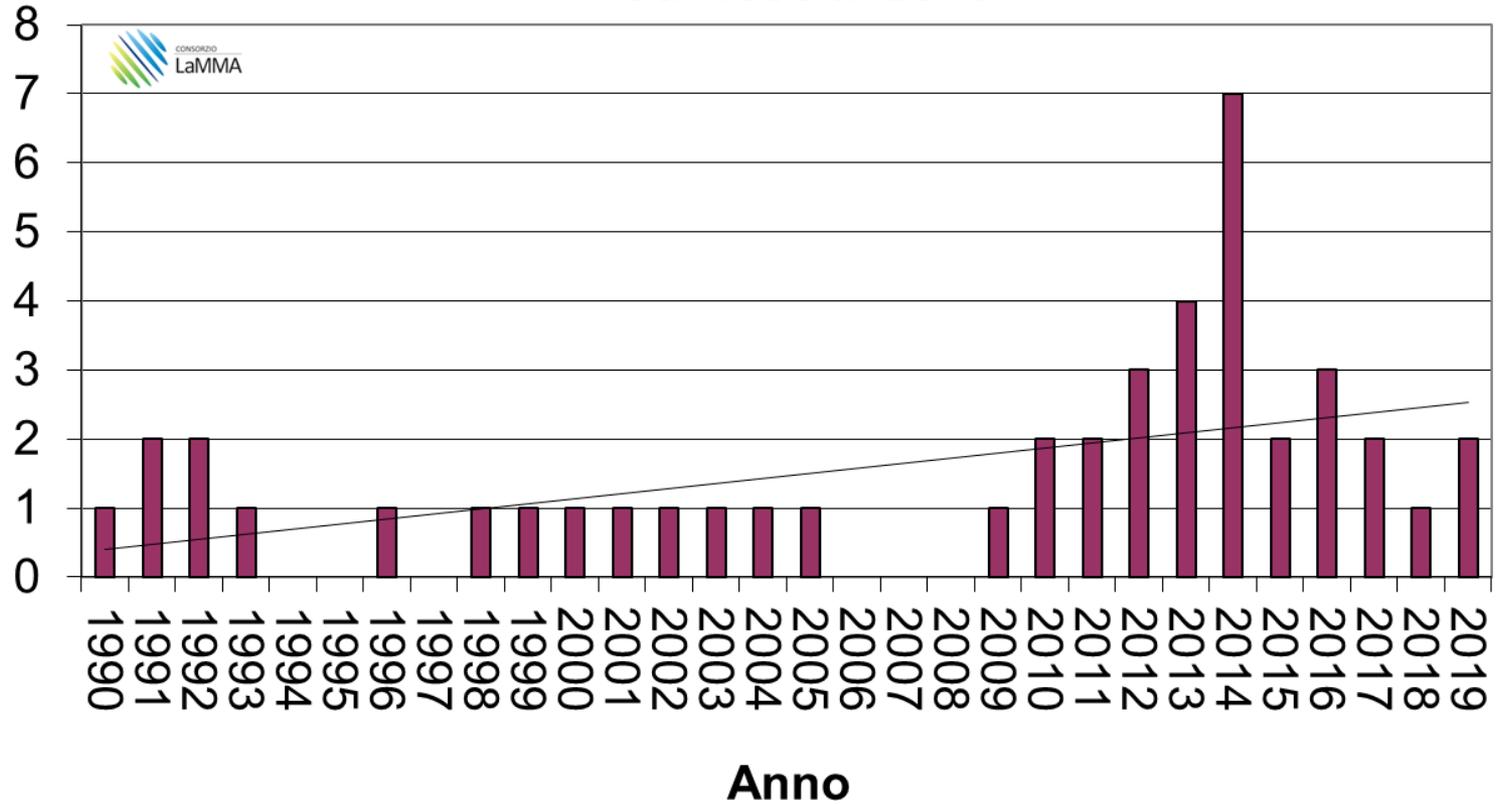
**(urbanizzazione, variazione di uso del suolo, ecc.)**

**È difficile quantificare il peso relativo  
al possibile aumento di intensità degli eventi precipitativi**



# EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI (TOSCANA)

## Principali eventi alluvionali/forti allagamenti in Toscana dal 1990 al 2019



Negli ultimi 10 anni si sono verificati almeno due episodi annui!

**IN UN MONDO PIÙ “CALDO” E ANTROPIZZATO È PIÙ PROBABILE CHE SUCCEDANO!**

## MITIGAZIONE



**Interveniamo sulle cause del cambiamento climatico (riduzione delle emissioni di gas serra)**



**Ricorso a fonti rinnovabili**

**Conferenze mondiali sul clima**



**PRO:**

- Soluzione “teoricamente” efficace

**CONTRO:**

- Vantaggi non percepibili in tempi brevi
- Benefici per tutti a prescindere da chi ha speso (meglio far agire gli altri)
- Economicamente dispendiose
- Paesi in via di sviluppo si sentono penalizzati

## ADATTAMENTO



**Interveniamo sugli effetti, sugli impatti, del cambiamento climatico (riduzione della vulnerabilità del territorio)**



**Interventi protettivi sul territorio**

**Cambiamento uso del suolo**



**PRO:**

- Efficacia sul breve periodo
- Benefici solo su chi sostiene i costi
- Costi “relativamente” bassi

**CONTRO:**

- Non rimuovono il problema alle origini
- Strategie locali e difficilmente inseribili in un contesto più generale
- Non facilmente sostenibili dai paesi in via di sviluppo

# COSA POSSIAMO FARE?

CONSORZIO  
L'AMMA

