

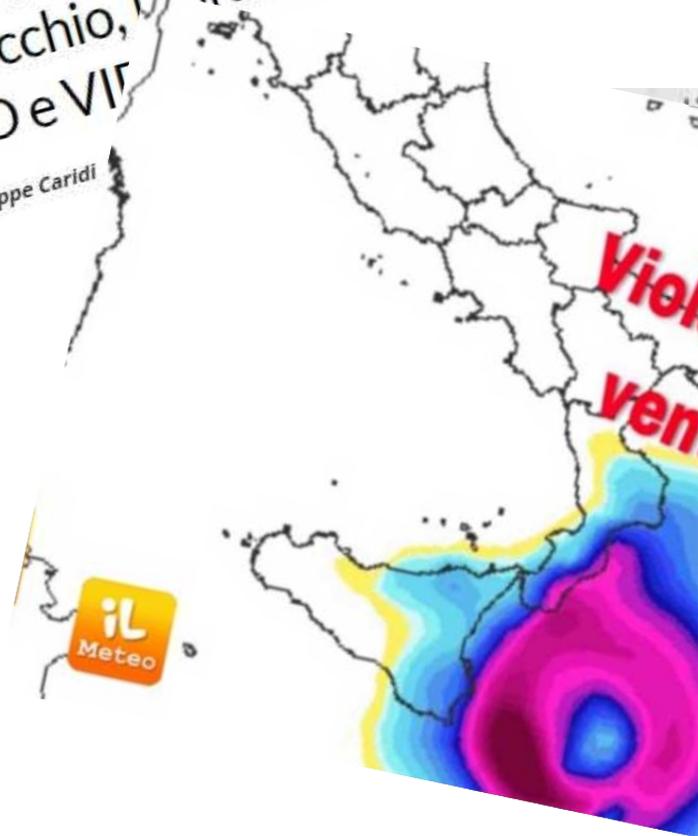
CORSI CESEDI - EDUCAZIONE ALLA SOSTENIBILITÀ

IL CLIMA CHE CAMBIA

Barbara CAGNAZZI (Arpa Torino),
Nicola LOGLISCI (Arpa Torino)

Maltempo, Uragano "Zorbas" sul mar Jonio: Sicilia in ginocchio, littorali devastati e danni gravissimi [FOTO e VIDEO]

A cura di Peppe Caridi



Donald J. Trump ✓
@realDonaldTrump



In the East, it could be the COLDEST New Year's Eve on record. Perhaps we could use a little bit of that good old Global Warming that our Country, but not other countries, was going to pay TRILLIONS OF DOLLARS to protect against. Bundle up!

01:01 - 29 dic 2017

135.512 64.468 198.875



IMPORTANTE

Clima e Tempo meteorologico

- **Tempo:** stato istantaneo dell'atmosfera, descritto in termini di alcune variabili quali temperatura, umidità, nuvolosità, precipitazione, velocità e direzione del vento.

Ha una dinamica giornaliera o di medio-breve periodo. Le previsioni meteorologiche hanno un'affidabilità che decresce significativamente dopo 5 giorni.

- **Clima:** l'insieme delle condizioni medie del tempo di certe località, rispetto ad uno specifico intervallo temporale che è più lungo di quello del tempo meteorologico. Ha una variabilità temporale e geografica molto più ampia, che deve essere valutata insieme ai fattori che lo governano.

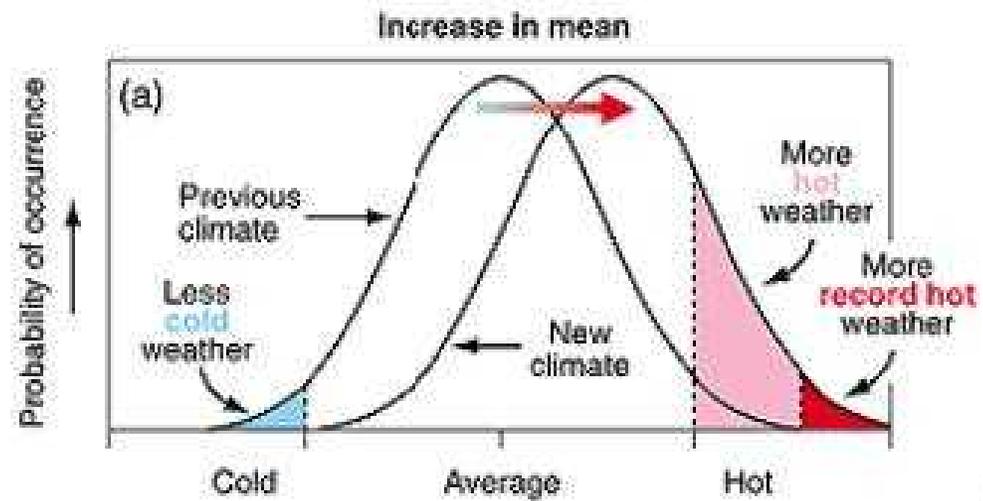
CLIMA

Insieme delle condizioni meteorologiche o ambientali che caratterizzano una regione geografica e vengono definite in termini di proprietà statistiche (es. valore medio della temperatura in una regione o l'intervallo tipico in cui la stessa può variare).

CAMBIAMENTO CLIMATICO

Variazione statisticamente significativa dello stato medio del clima o della sua variabilità, persistente per un periodo esteso (tipicamente decenni o più).

Variazione statisticamente significativa



QUINDI

Un cambiamento climatico implica una variazione delle proprietà statistiche e non può essere associato in maniera DIRETTA ad un evento singolo!!!

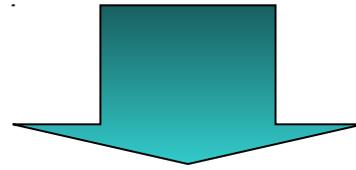
DOMANDA

~~Le abbondanti precipitazioni verificatesi sul Piemonte tra il 26 ottobre ed il 4 novembre del 2018 sono state causate dai cambiamenti climatici?~~

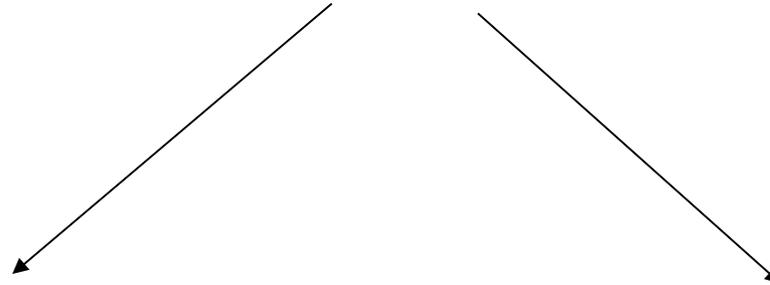
DOMANDA

I cambiamenti climatici possono comportare un aumento della probabilità che si verifichino fenomeni di precipitazione intensa sulla regione?

Clima terrestre **DA SEMPRE** caratterizzato da marcata variabilità



Cambiamenti in atto



Naturali

Indotti dall'attività dell'uomo

LA VARIABILITA' CLIMATICA NATURALE

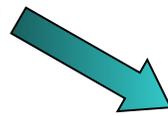
Ampio spettro di scale temporali e spaziali:

1. Variabilità intrastagionale
2. Variabilità interannuale
3. Variabilità decadale

1. VARIABILITA' INTRASTAGIONALE

Particolarmente importante per le regioni tropicali (oltre metà della variabilità atmosferica totale)

Modo dominante



MJO (Madden Julian Oscillation)

Fenomeni legati alla variabilità intrastagionale possono interagire con altre scale temporali (monsoni, El Nino) dimostrando una capacità di modulazione della variabilità stagionale ed interannuale da parte della variabilità intrastagionale.

2. VARIABILITA' INTERANNUALE

- Scale temporali dai 2 ai 7 anni.
- Notevole numero di modi a larga scala che influenzano aree diverse del pianeta.
- Effetti anche in regioni remote rispetto al luogo di origine (**teleconnessioni**).

Modi più conosciuti



ENSO (El Niño Southern Oscillation)

NAO (North Atlantic Oscillation)

2. VARIABILITA' DECADALE

Osservati in diverse regioni del pianeta:

- Fluttuazioni delle temperature superficiali marine nell'Oceano Pacifico, Atlantico settentrionale e Australe
- Variabilità di “tipo-ENSO”: strutture simile a quelle prodotte da ENSO, ma che agiscono su scale temporali decennali (Pacifico tropicale)
- Associate variazioni nella circolazione atmosferica e nelle precipitazioni.
- Meccanismi fisici non chiari anche a causa della scarsità nella lunghezza delle serie storiche osservate.

27 settembre 2013

pubblicato on-line il V rapporto IPCC sulle basi fisiche dei cambiamenti climatici

- ***Riassunto per i Decisori Politici***
- **draft del Volume del *Rapporto WGI***

s i t o

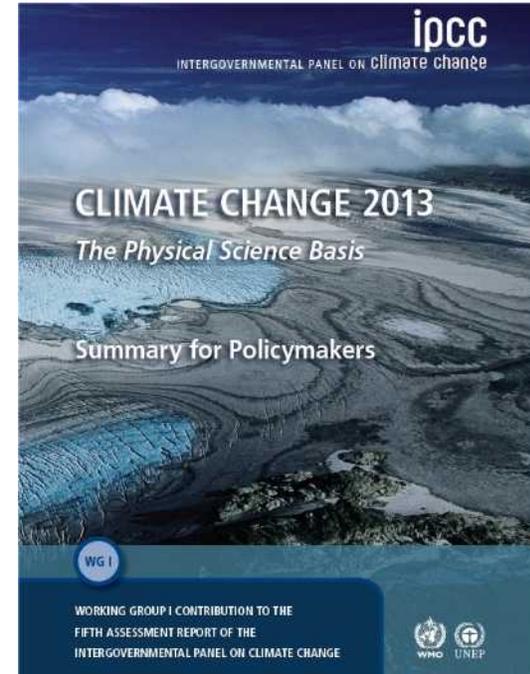
<http://www.climatechange2013.org/>

Dal 2014 altri 3 rapporti:

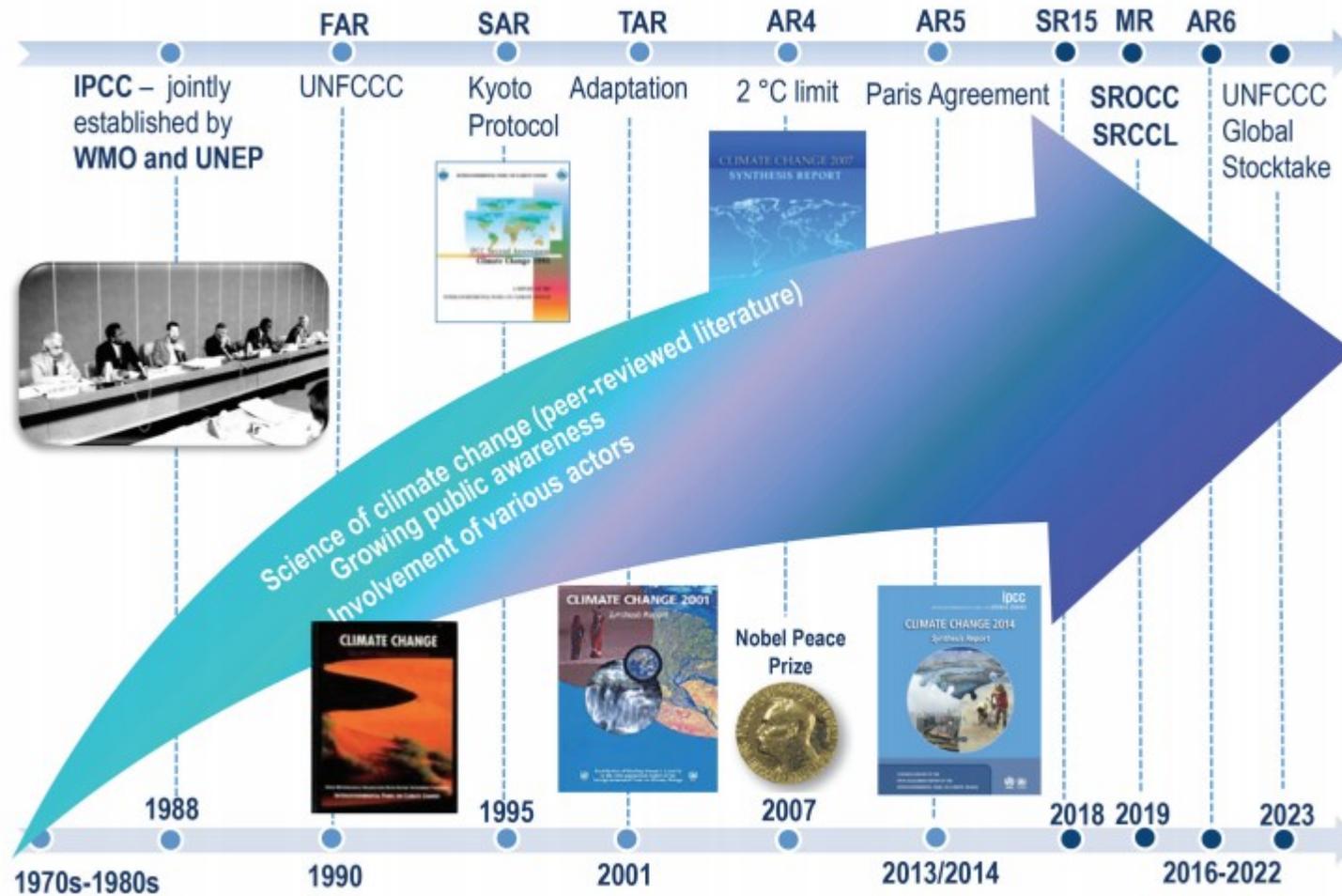
WGII (impatti, vulnerabilità e adattamento),

WGIII (mitigazione dei cambiamenti climatici)

e una Sintesi di tutti i tre precedenti volumi.



La storia dell'IPCC



Le novità ...

- Sistema osservativo
- Utilizzo di modelli climatici di nuova generazione

-42 modelli climatici globali (quasi il doppio rispetto a quello dei modelli analizzati nel rapporto del 2007) risoluzione scesa dai 150 ai 50km - proiezioni a corto termine (2016-2035) e a lungo termine (2086-2100).

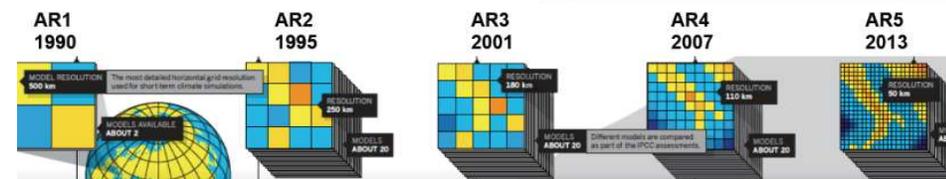
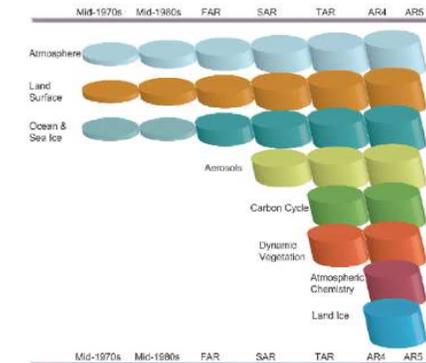
- Analisi più approfondita – effetto di nuvole, aerosol, radiazioni cosmiche, monsoni e El Nino/La Nina sui cambiamenti climatici

- Atlante delle Proiezioni Climatiche Globali e Regionali

Nell'ultimo decennio nuovi sistemi di osservazione, particolarmente quelli basati sulle misure satellitari, hanno aumentato di ordini di grandezza il numero di osservazioni sul sistema climatico terrestre



L'avanzamento della ricerca e l'aumento delle capacità e velocità dei nuovi sistemi di calcolo hanno permesso lo sviluppo di modelli più sofisticati che descrivono in modo più dettagliato i processi fisici, chimici e biologici nel sistema climatico ed hanno inoltre una risoluzione spaziale molto più elevata



Nuovi scenari climatici (RCP – Representative Concentration Pathways)

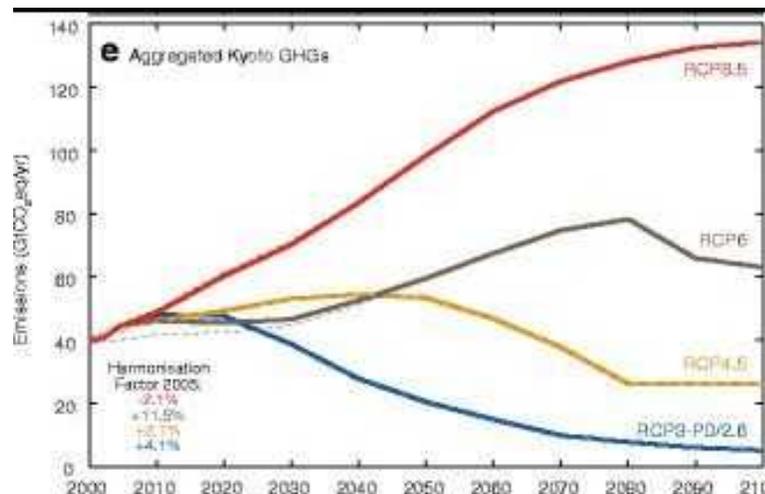
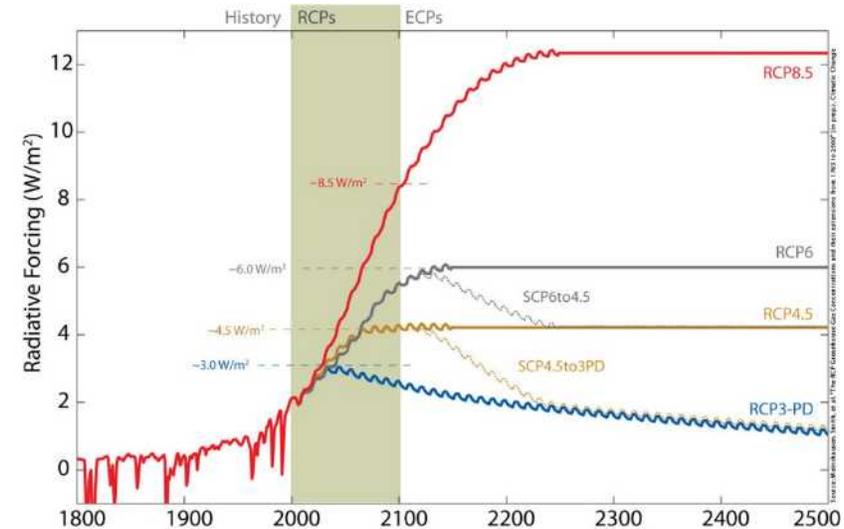
quattro nuovi scenari **RCP** individuati dal loro forzante radiativo totale nel 2100 rispetto al 1750:

2.6 W/m² per RCP2.6 (scenario di forte mitigazione - il RF raggiunge un picco e poi cala)

4.5 W/m² per RCP4.5 (scenari di stabilizzazione di emissioni di gas serra),

6.0 W/m² per RCP6.0 (scenari di stabilizzazione di emissioni di gas serra),

8.5 W/m² per RCP8.5 (scenario con emissioni alte).



profili di concentrazione di CO₂ che raggiungono entro il 2100:

- 1) 421ppm (RCP2.6),
- 2) 538ppm (RCP4.5),
- 3) 670 ppm(RCP6.0),
- 4) 936 ppm(RCP8.5)

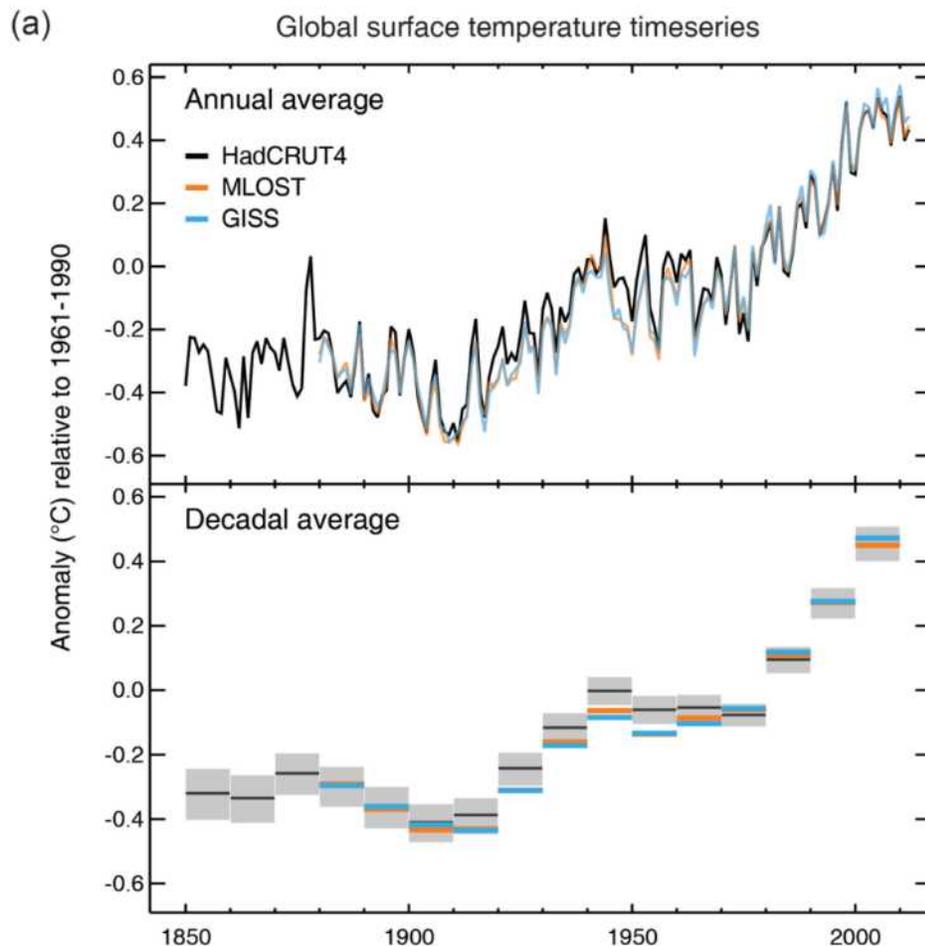
Cambiamenti osservati nel sistema climatico

Dal 1950 sono stati osservati cambiamenti in tutti i comparti del sistema climatico terrestre:

- l'atmosfera e l'oceano si sono riscaldati
 - l'estensione ed il volume dei ghiacci si sono ridotti
 - il livello del mare si è innalzato
-
- **Molti di questi cambiamenti non trovano riscontro negli scorsi due millenni**
-
- **Per questo il riscaldamento globale viene definito nell'AR5 "virtualmente certo" (probabilità > 99%)**

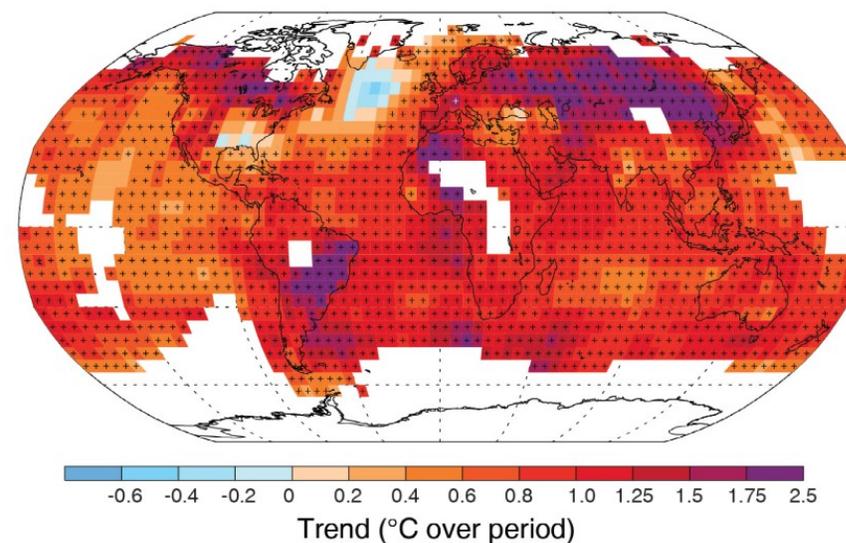
Cambiamenti osservati nella temperatura

1850 – 2012:
Aumento della temperatura media globale superficiale (Tmgs)

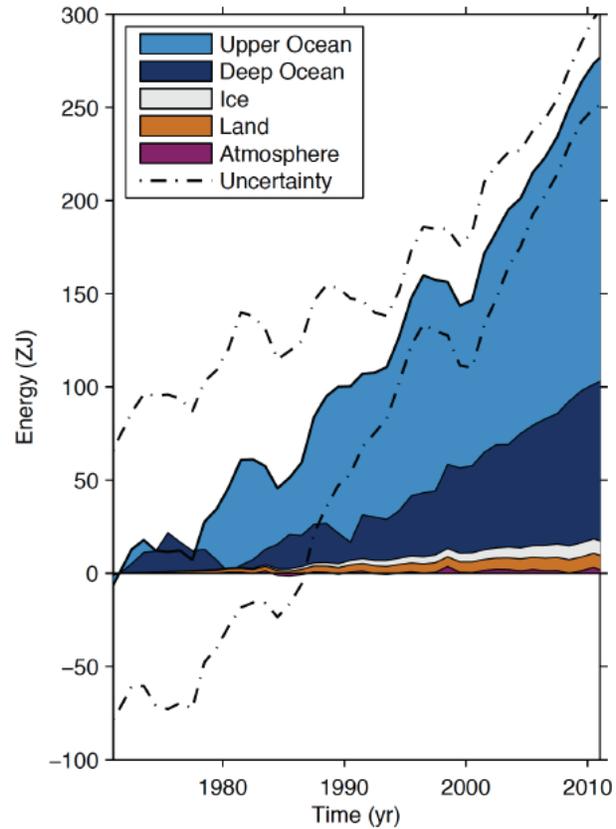


- *andamento lineare* **0,85°C** nel periodo 1880–2012
- aumento totale **0,78°C** dal 1850-1900 al 2003-2012
- **0.12°C/decennio** in 1951–2012
- **Le tendenze su periodi brevi (ultimi 15 anni :1998-2012) sono statisticamente non significative.**
- *0.05°C/decennio* in 1998-2012
- Ultimi tre decenni sono stati più caldi dal 1850.
- L'ultimo decennio è stato il più caldo.

Change in global surface temperature 1901–2012

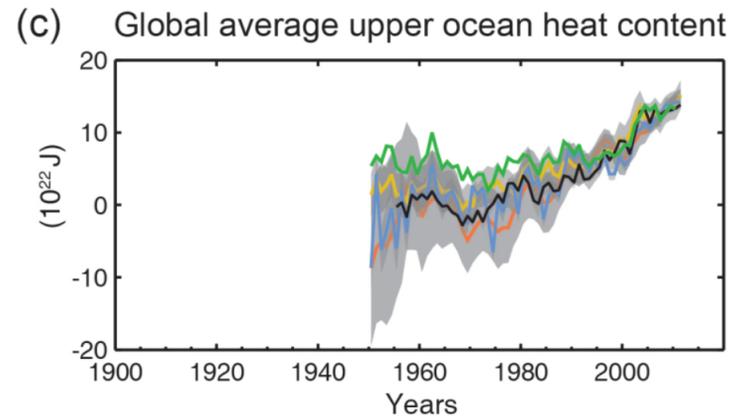
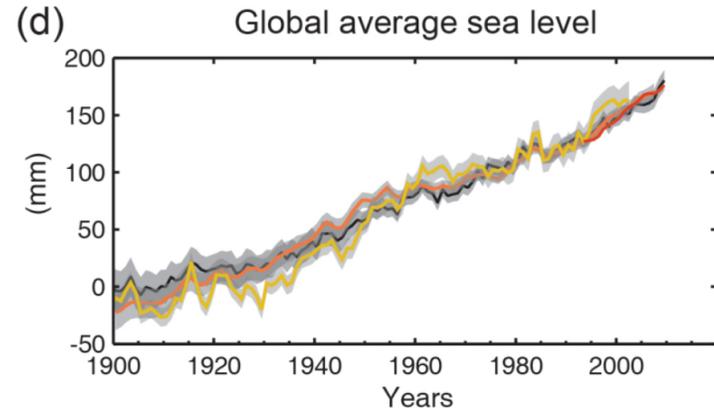


Il sistema climatico ha continuato ad accumulare energia nei passati 15 anni



- 93% dell'aumento dell'energia nel sistema climatico terrestre si è accumulato nell'oceano
- 1% ha riscaldato l'atmosfera
- 3% ha riscaldato la superficie terrestre
- 3% ha fuso i ghiacci terrestri e marini

incc



Banchisa artica

• Dal 1970 al 2012 l'estensione annuale media della banchisa artica (ghiaccio marino) è diminuita di **3.5-4.1% per decennio**.

• Questa diminuzione è evidente in tutte le stagioni.

Livello globale medio del mare

• Dal 1901 al 2010 è cresciuto di **0.19m**.

• Il tasso di innalzamento del livello globale medio marino ha accelerato negli ultimi due secoli.

• Il tasso medio di innalzamento del livello globale medio marino è:

- **1.7mm/anno** nel periodo 1901-2010
- **3.2mm/anno** nel periodo 1993-2010.

Oceani

• L'oceano superficiale (0-700m) si è riscaldato durante gli ultimi decenni.

• Dal 1971 al 2010 il riscaldamento oceanico supera **0.11°C/decennio** nei primi 75m.

Copertura nevosa & ghiacciai

• 1971-2009 la massa dei ghiacciai è diminuita ad una velocità di 226 Gt/anno (-0,008% in 10y);

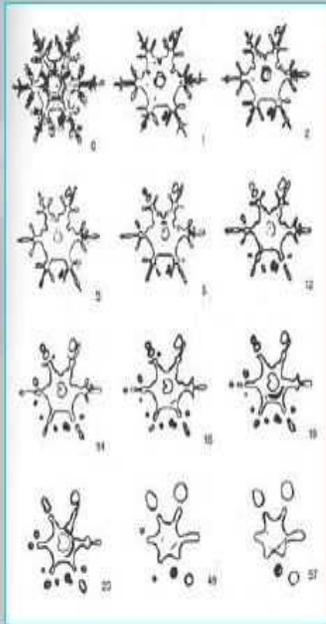
• 1967-2012 il valore medio dell'estensione della copertura nevosa nell'emisfero nord è diminuito di:

- **1,6% per decennio** in **marzo-aprile**
- **11,7% per decennio** in **giugno**.

Cos'è un GHIACCIAIO?

- **Un ghiacciaio è una massa di ghiaccio che si forma con la trasformazione della neve in ghiaccio e si muove per la forza di gravità.**
- **Come si forma un ghiacciaio ?**
- **Cosa serve per formare un ghiacciaio?**

La neve



Le neve è fatta di acqua congelata

Quando cade, la neve al suolo inizia a trasformarsi a causa di temperatura e umidità

Con il tempo la neve può diventare ghiaccio



Com'è FORMATO un ghiacciaio



un ghiacciaio si può dividere in due parti:

la parte alta o **ZONA DI ACCUMULO** dove si accumula più neve di quella che fonde

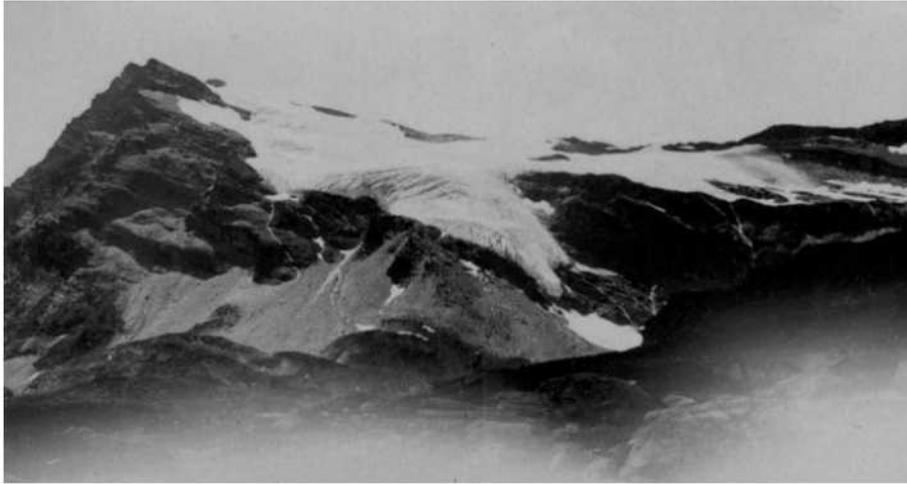
la parte bassa o **ZONA DI ABLAZIONE** dove fonde più ghiaccio della neve che si accumula

le due parti sono divise da una linea detta **LINEA DI EQUILIBRIO**

Come si studiano i ghiacciai

- **Misura della variazione frontale:** i ghiacciai stanno arretrando di alcune decine di metri all'anno
- **Misura della variazione della quota delle nevi perenni:** questa quota si sta alzando , quindi aumenta la superficie di ghiacciaio che fonde
- **Bilancio di massa:** bilancio tra la massa accumulata in inverno e quella persa in estate

Ghiacciai in Piemonte



Basei (Gran Paradiso)
nel 1928 e nel 2009

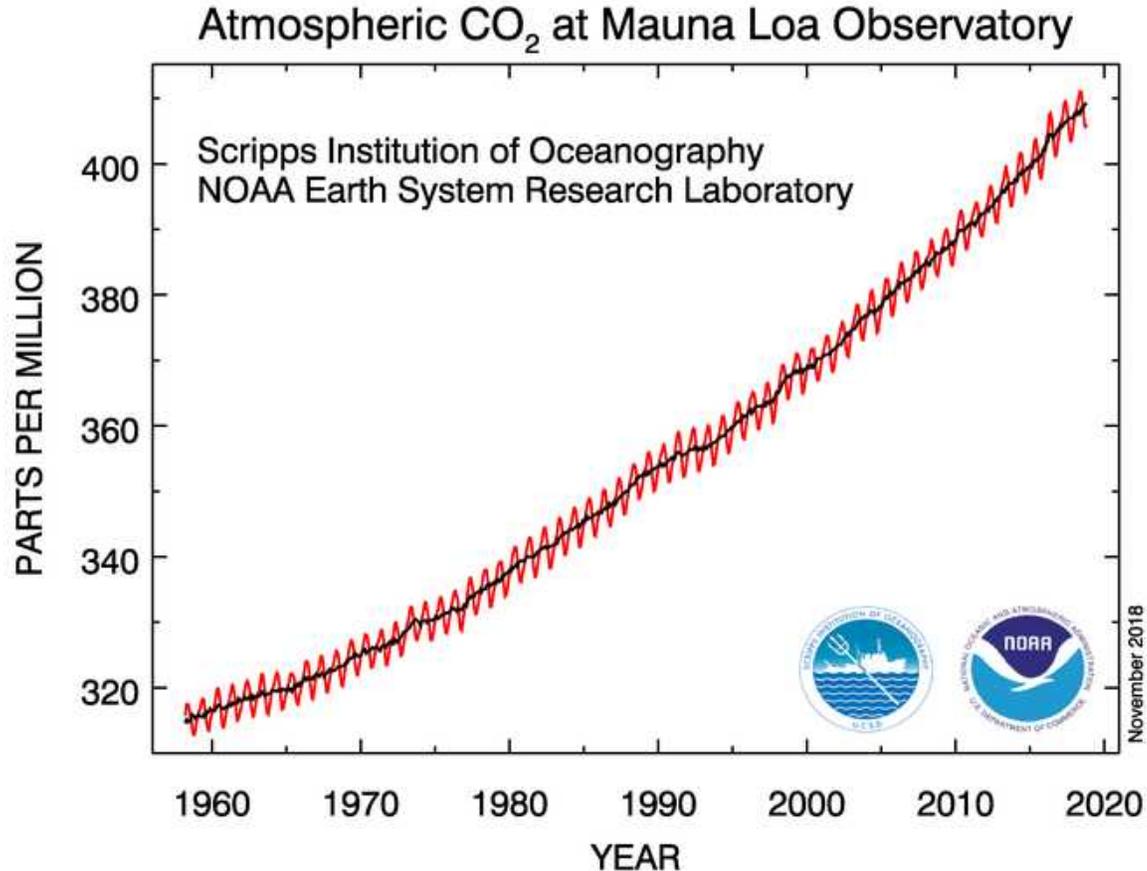
In 70 anni la poderosa lingua sospesa sul gradino roccioso è completamente scomparsa, così come le porzioni più settentrionali del ghiacciaio settentrionali.



Dal 2008 al 2009 è stato misurato un arretramento della fronte di 5.5 metri.

Dal 2012 al 2013 è arretrato di ulteriori 14 .5 metri, mentre nel 2014 non ha avuto variazioni.

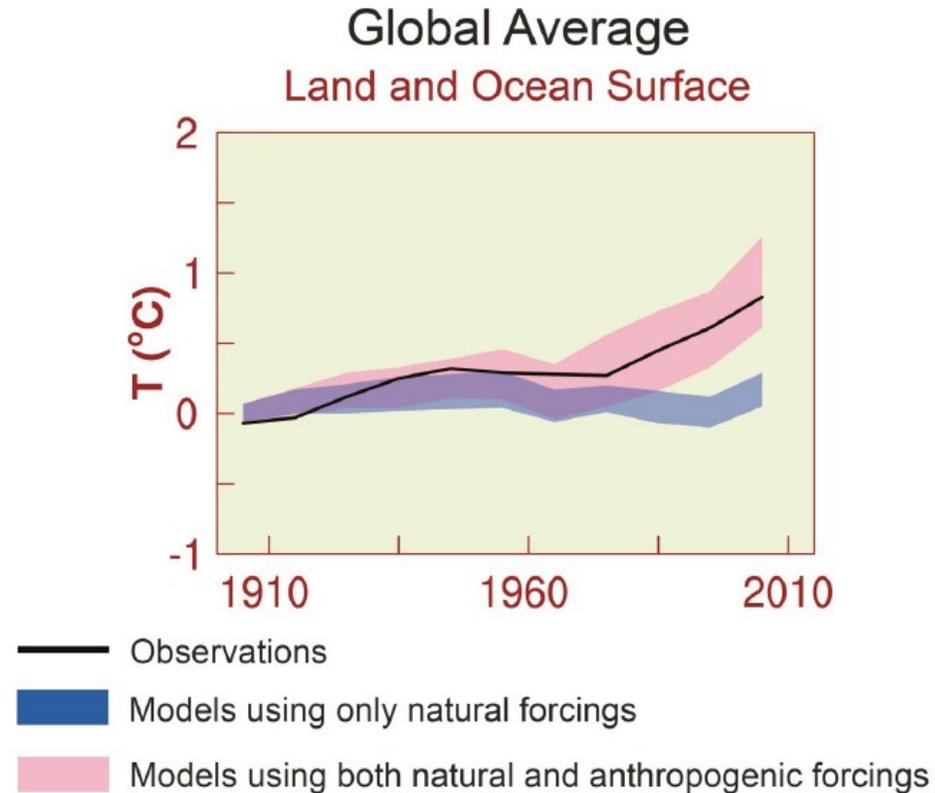
Cambiamenti osservati nella CO2



4).

- Le concentrazioni di CO₂, CH₄ ed N₂O sono aumentati dal 1750 ad oggi del 40%, 150% e 20%, raggiungendo i valori più elevati degli ultimi 800.000 anni
- La concentrazione di CO₂ è aumentata dai 278 ppm del 1750 ai 390 ppm del 2011
- L'aumento della concentrazione di CO₂ ha causato anche la diminuzione del pH dell'oceano (diminuito di 0,1 dall'inizio dell'era industriale)
- Aumento del 26% nell'acidificazione oceanica.

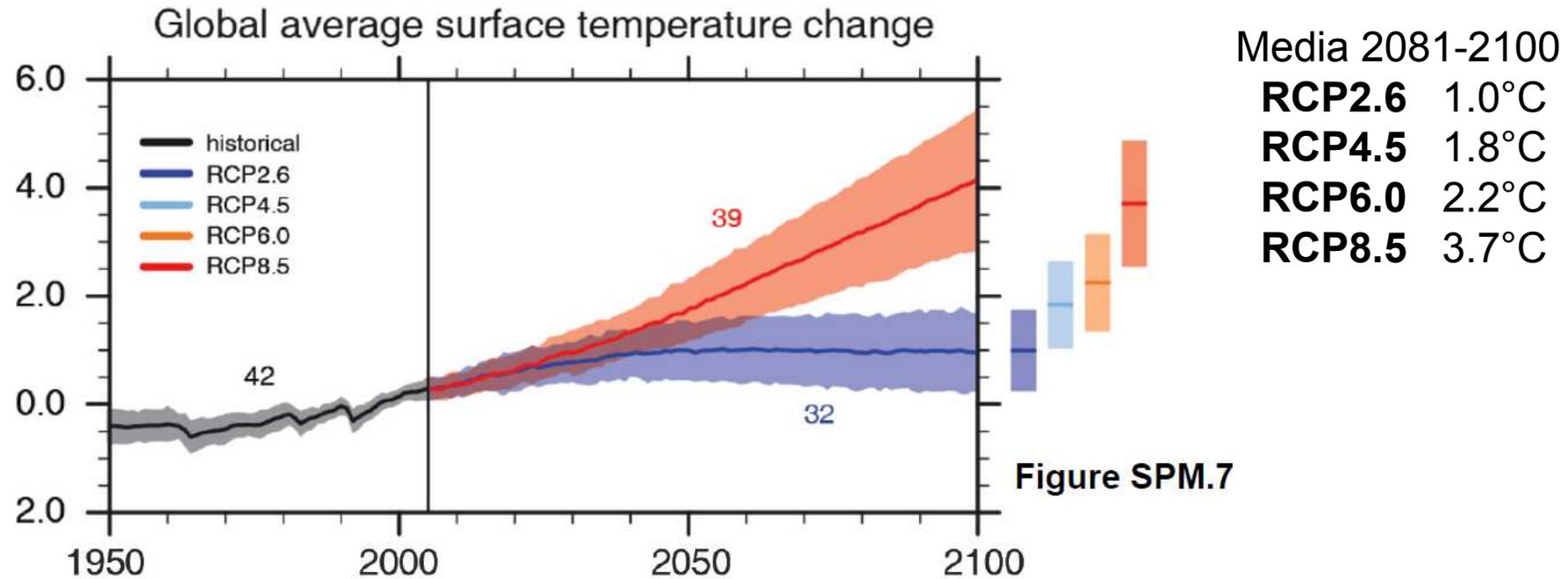
Una più solida valutazione degli effetti antropogenici



Il riscaldamento climatico è consistente con le simulazioni che includono fattori naturali ed antropici

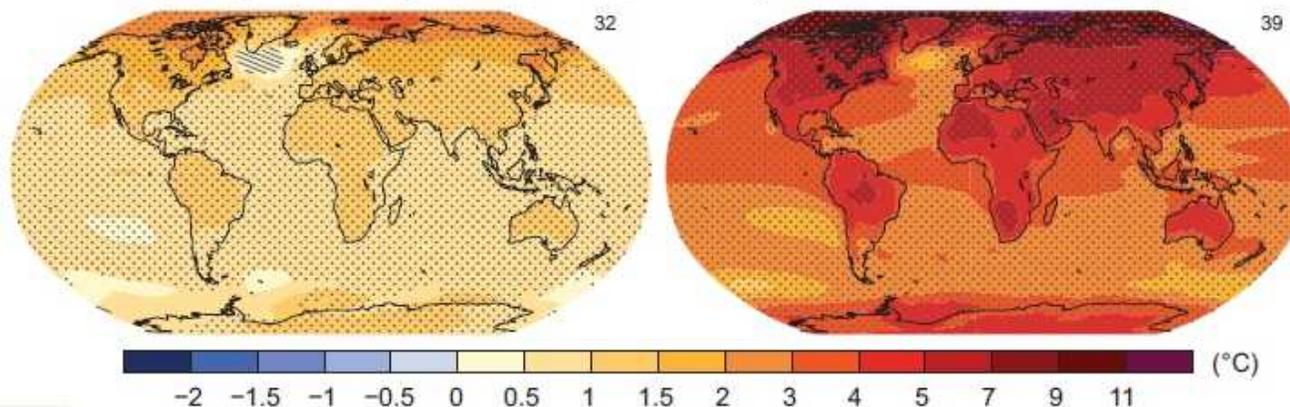
E' "estremamente probabile" che l'attività antropogenica sia la causa dominante del riscaldamento osservato fin dalla metà del XX secolo.

Le proiezioni climatiche

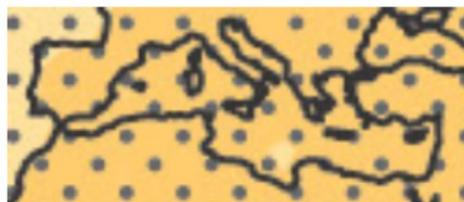


Entro la fine del nostro secolo la TMSG probabilmente sarà almeno 1.5°C oltre il livello preindustriale. Senza misure significative di mitigazione, la TMSG potrebbe crescere nel range di 2°C-4°C.

RCP 2.6 RCP 8.5
 Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)



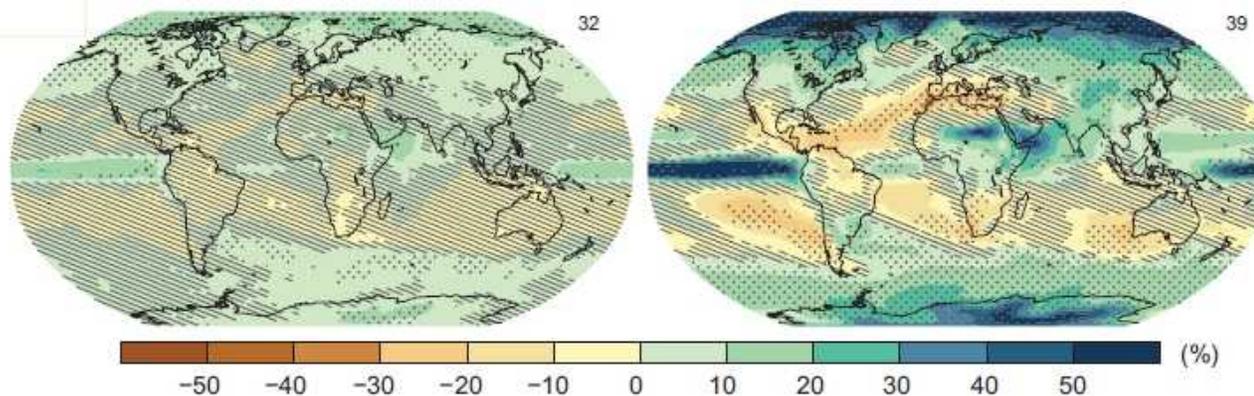
1 – 1,5 °C Aumento



4 – 7 °C Aumento



Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)



CAMBIAMENTI CLIMATICI

MITIGAZIONE
ADATTAMENTO

Due strategie per gestire grandi problemi legati al riscaldamento globale

MITIGAZIONE

Lotta alle cause
in primis

RIDUZIONE DELLE EMISSIONI, CAUSA
PRINCIPALE DEL RISCALDAMENTO DEL PIANETA

ADATTAMENTO

*Gestione degli avvenimenti
adattarsi al mondo che cambia*

CAMBIO DELLE TECNICHE DI COLTIVAZIONE O
DELLE VARIETA' COLTIVATE
COSTRUZIONE INFRASTRUTTURE
LEGIFERAZIONE SUI PERMESSI EDILIZI

30 marzo 2014

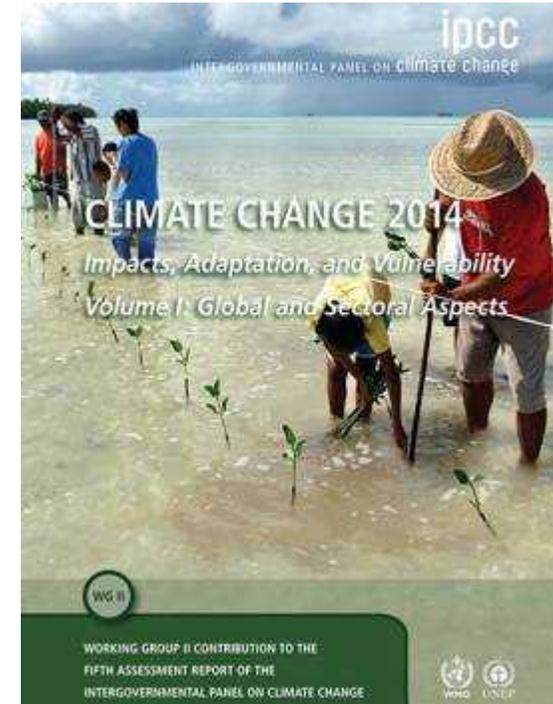
pubblicato on-line il V rapporto IPCC sugli Impatti, Adattamento e Vulnerabilità

- *Riassunto per i Decisori Politici*
- *draft del Volume del Rapporto WGII*

s i t o

<http://www.climatechange2014.org/>

Come impatti e rischi legati al cambiamento climatico possano essere ridotti e amministrati attraverso l'adattamento e la mitigazione.



Special Reports

October 2018

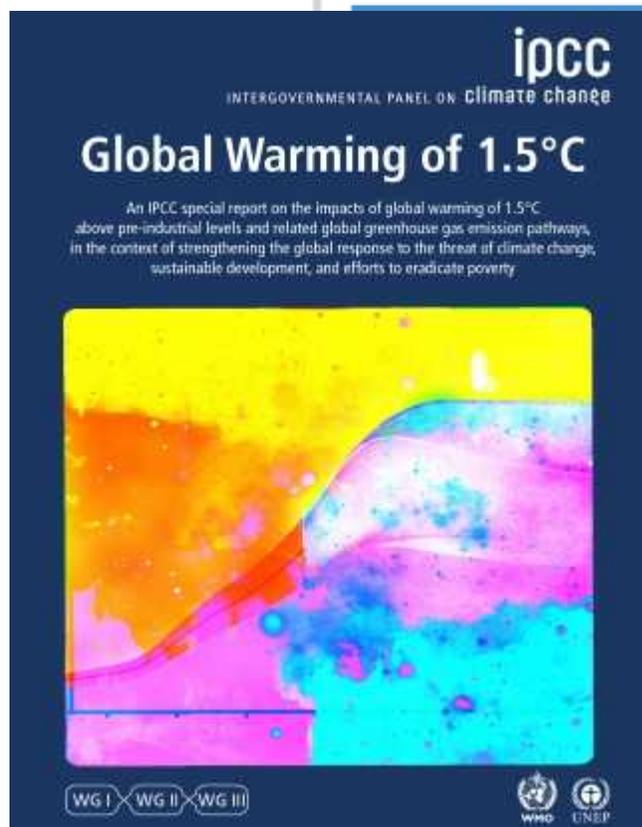
Global warming of 1.5° C

An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty

Climate Change and Land:

An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems

Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate



VI RAPPORTO IPCC

Sixth Assessment Report

April 2021

Working Group I contribution
The physical science basis

July 2021

Working Group III contribution
Mitigation of climate change

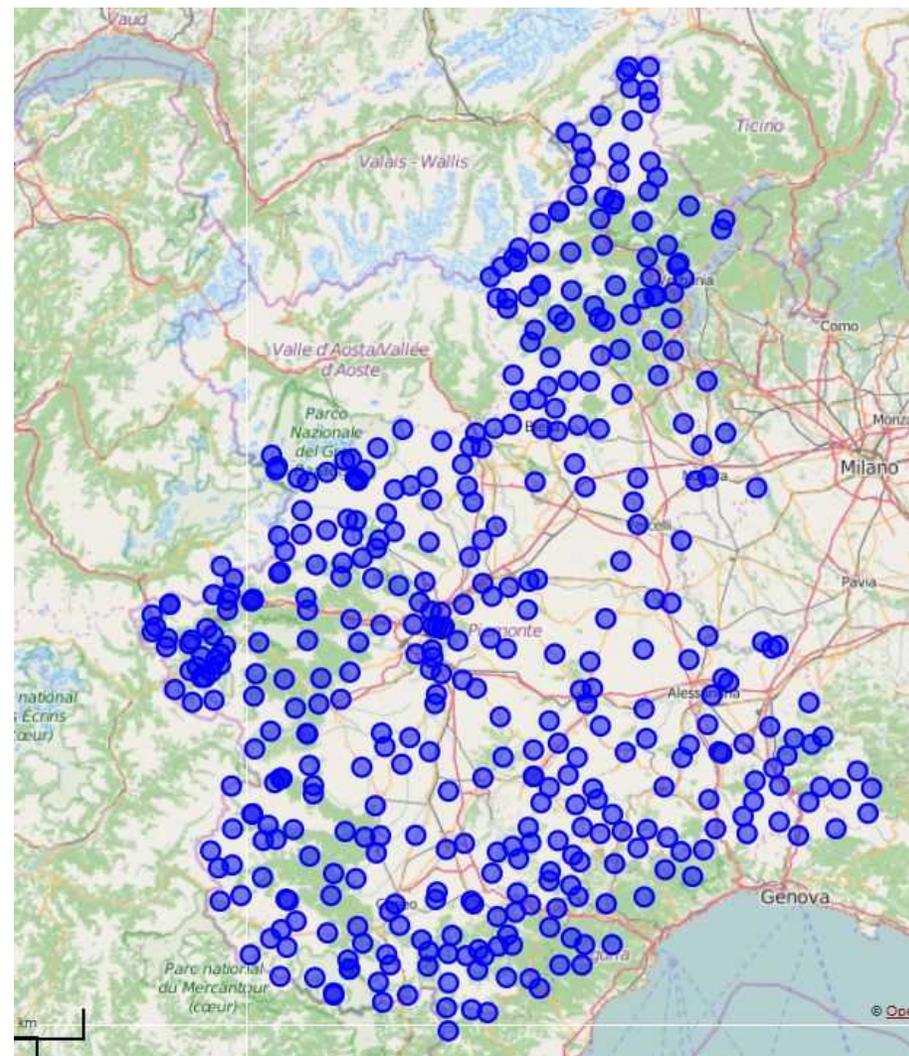
October 2021

Working Group II contribution
Impacts, adaptation and vulnerability

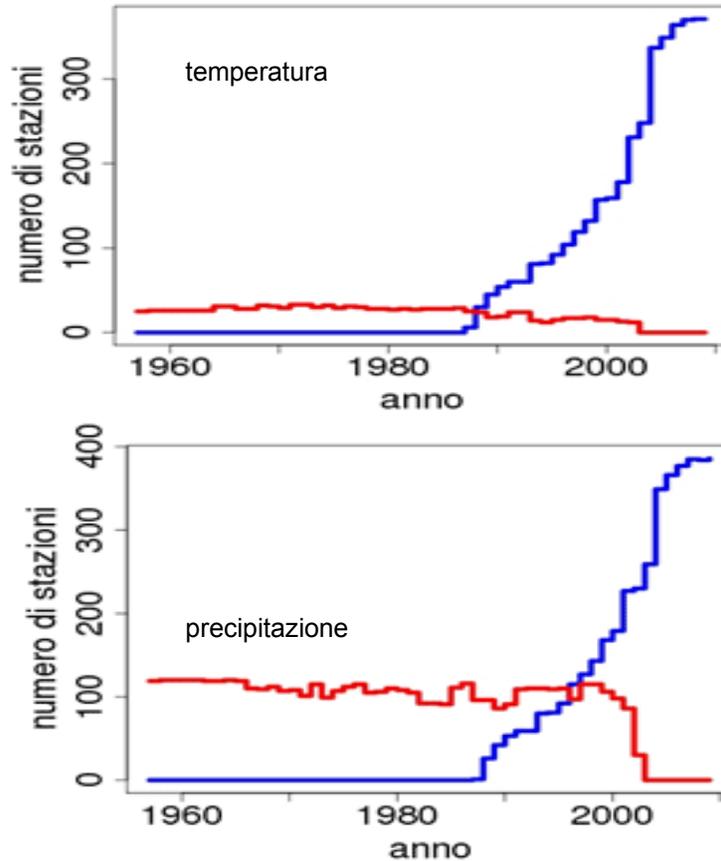
April 2022

Synthesis Report

Come si misura il clima?

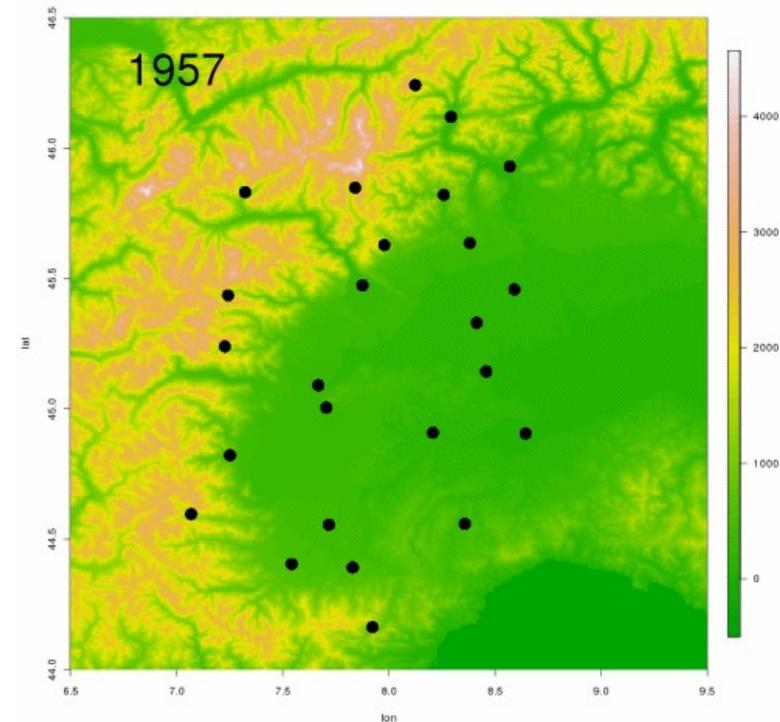


Difficoltà nella stima dei Cambiamenti climatici

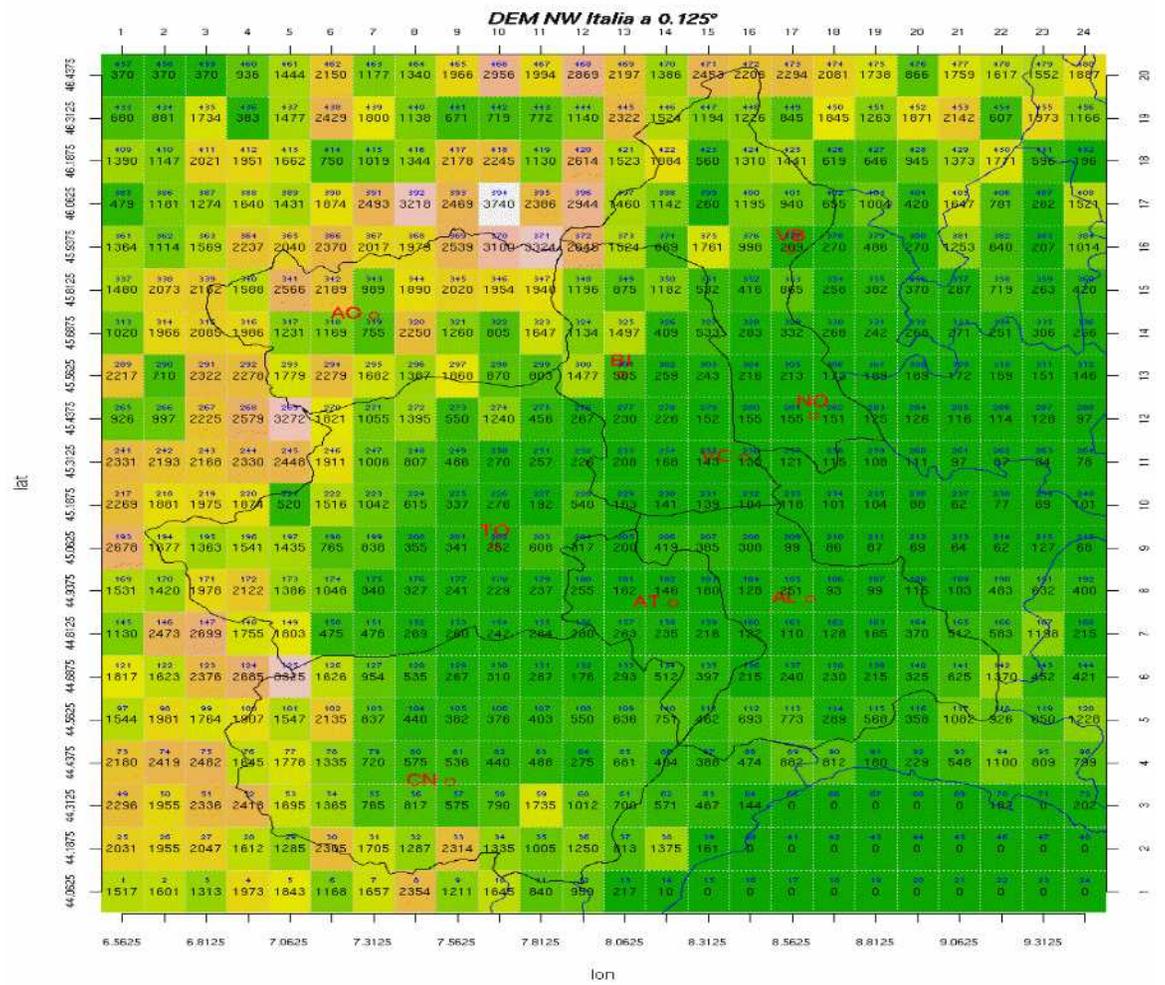


Rete di monitoraggio

- periodo di osservazione
- copertura spaziale delle osservazioni
 - non continuità osservativa
 - differente strumentazione



RISOLUZIONE 14 km



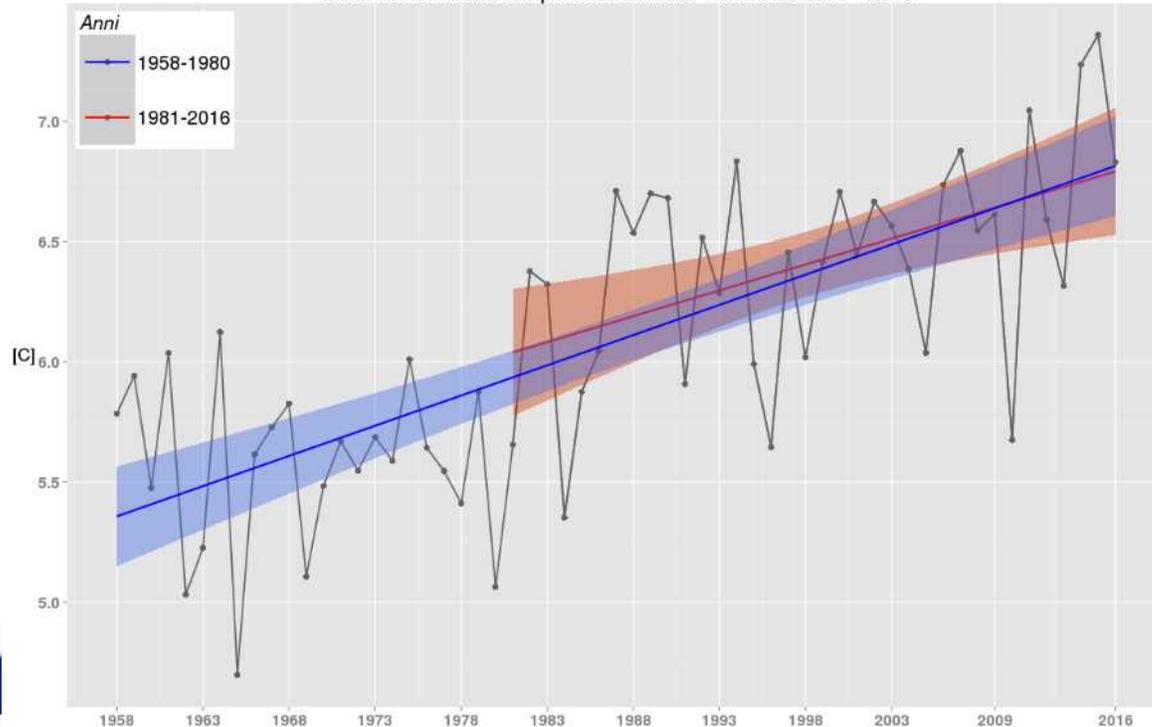
Cambiamenti Climatici in Piemonte

TEMPERATURA

Temperature minime

- trend positivo e statisticamente significativo
- $+0,25^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni dal 1958
- $+0,22^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni dal 1981
 - $+1,5^{\circ}\text{C}$ in 59 anni

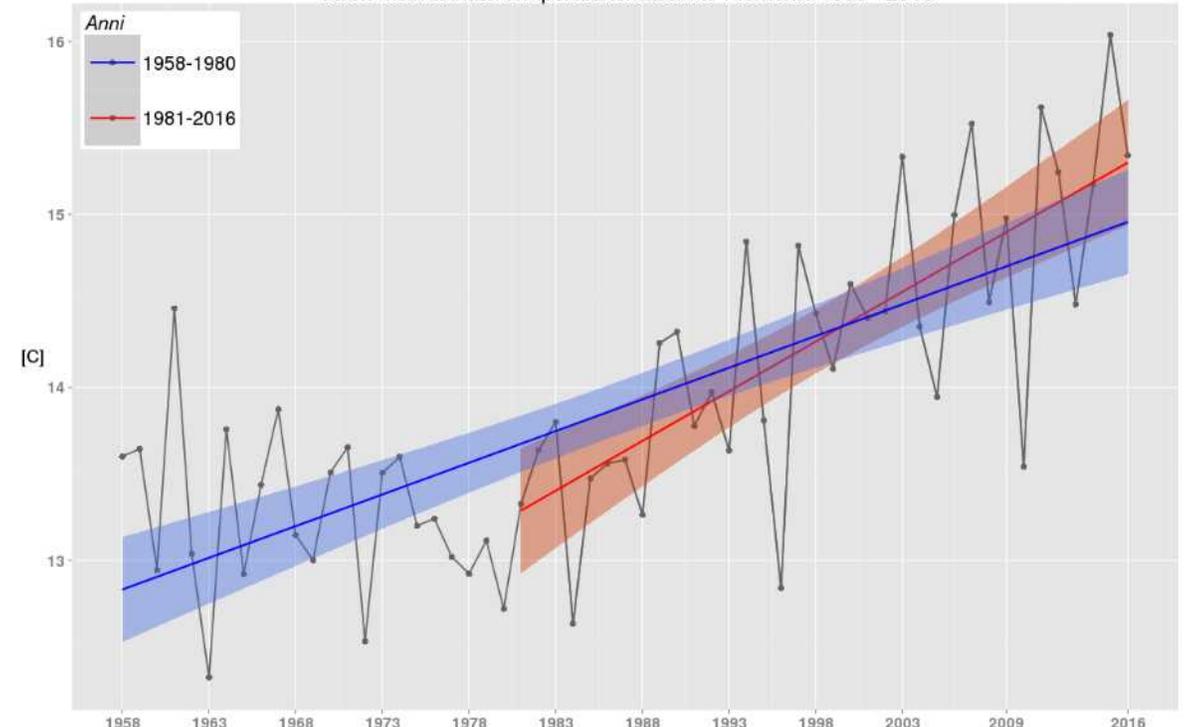
Valori medi annuali temperatura minima Piemonte 1958 - 2016



Temperature massime

- trend positivo e statisticamente significativo
- $+0,37^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni dal 1958
- $+0,57^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni dal 1981
 - $+2^{\circ}\text{C}$ in 59 anni

Valori medi annuali temperatura massima Piemonte 1958 - 2016



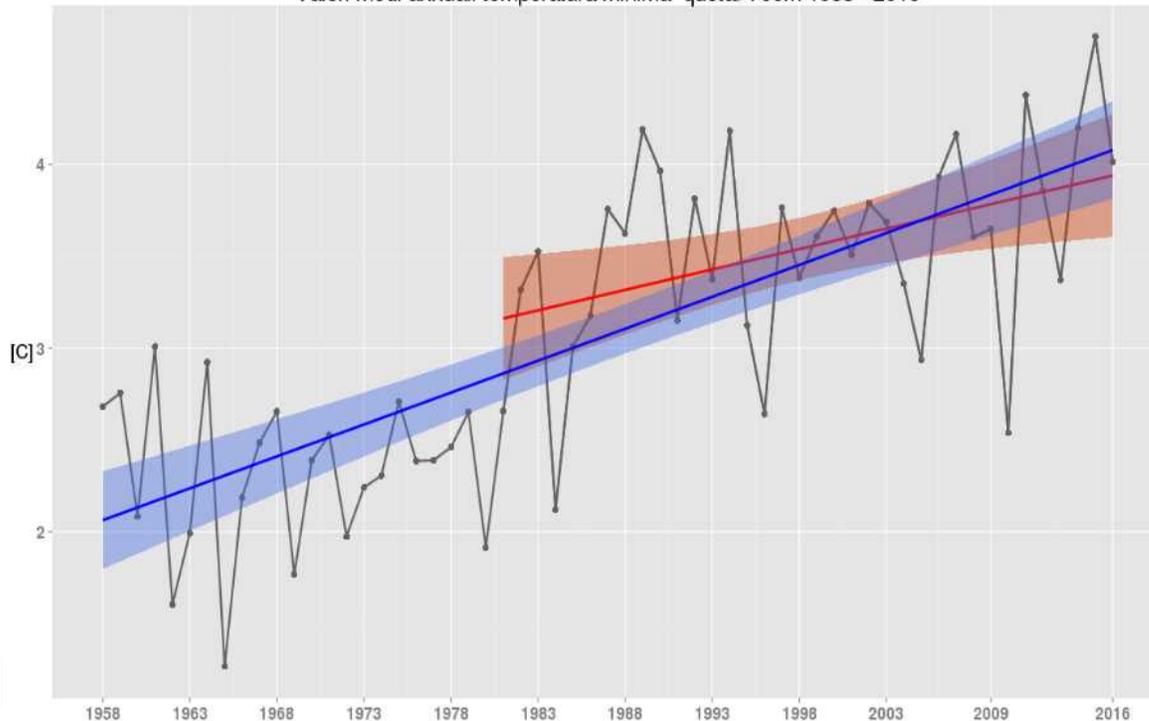
Cambiamenti Climatici in Piemonte

TEMPERATURA sopra i 700m

Temperature minime

- trend positivo e statisticamente significativo
- $+0,35^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni dal 1958
- $+0,22^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni dal 1981
 - $+2,0^{\circ}\text{C}$ in 59 anni

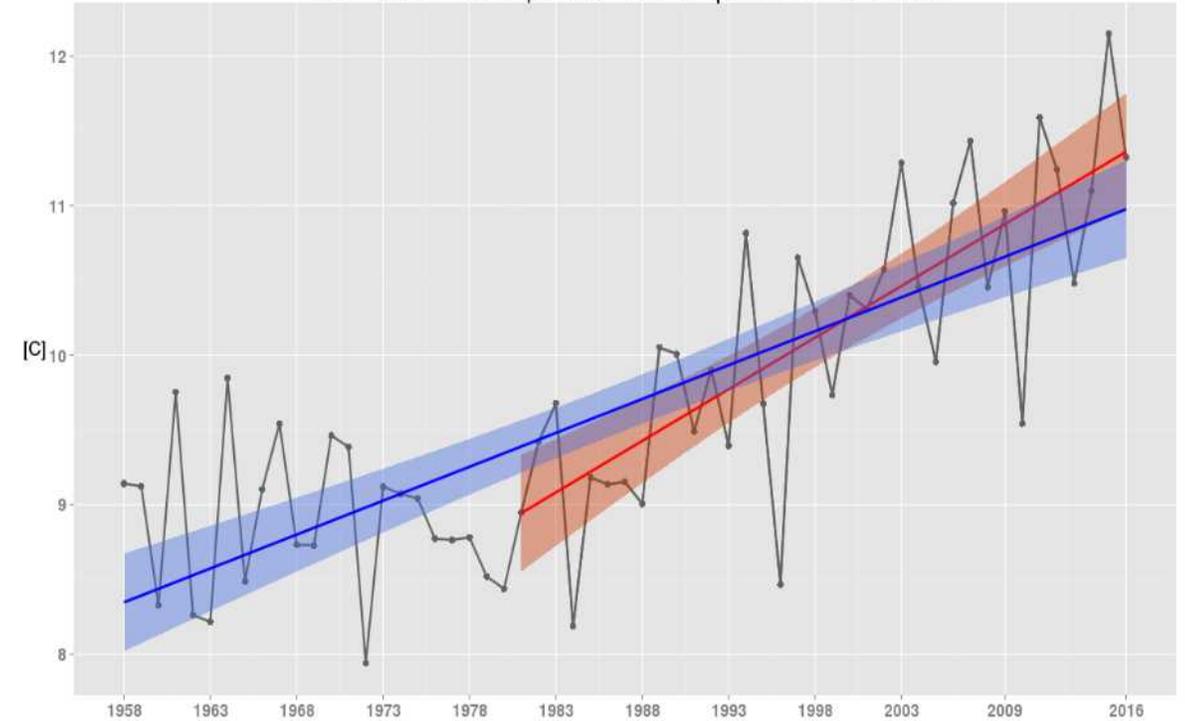
Valori medi annuali temperatura minima quota >700m 1958 - 2016



Temperature massime

- trend positivo e statisticamente significativo
- $+0,45^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni dal 1958
- $+0,69^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni dal 1981
 - $+2,65^{\circ}\text{C}$ in 59 anni

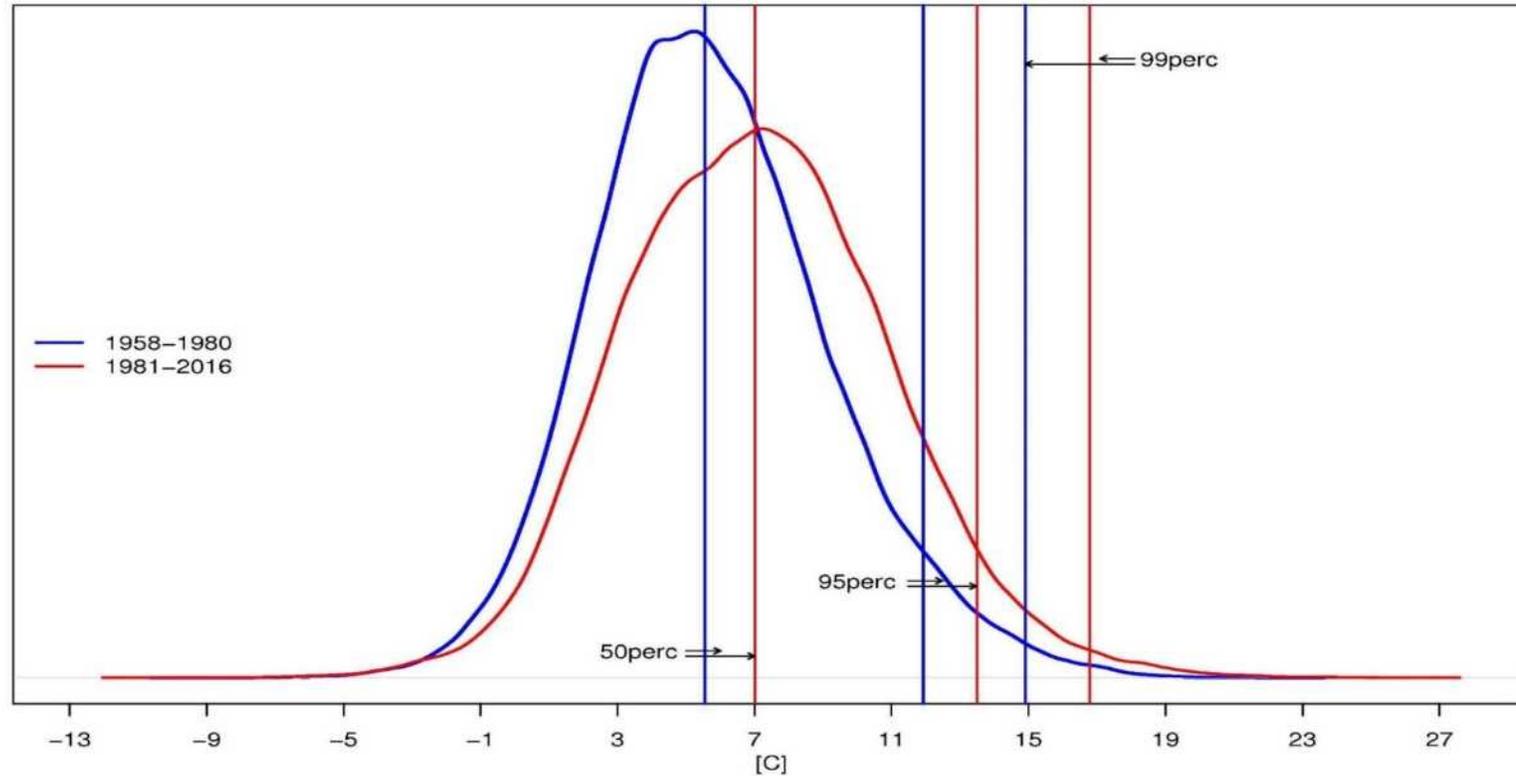
Valori medi annuali temperatura massima quota >700m 1958 - 2016



Cambiamenti Climatici in Piemonte

RICORDATE LA DEFINIZIONE DI CAMBIAMENTO CLIMATICO?

Distribuzione T massima DJF sul Piemonte quota <=700m

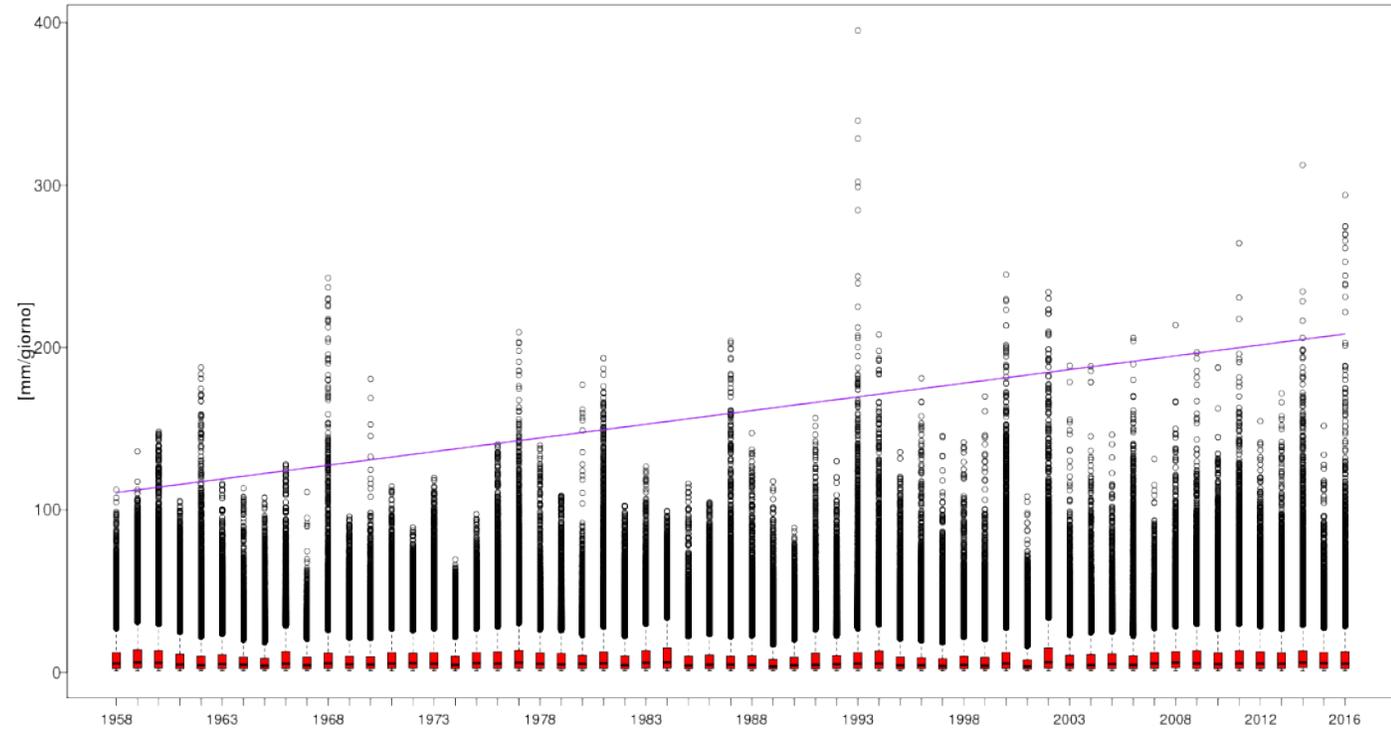
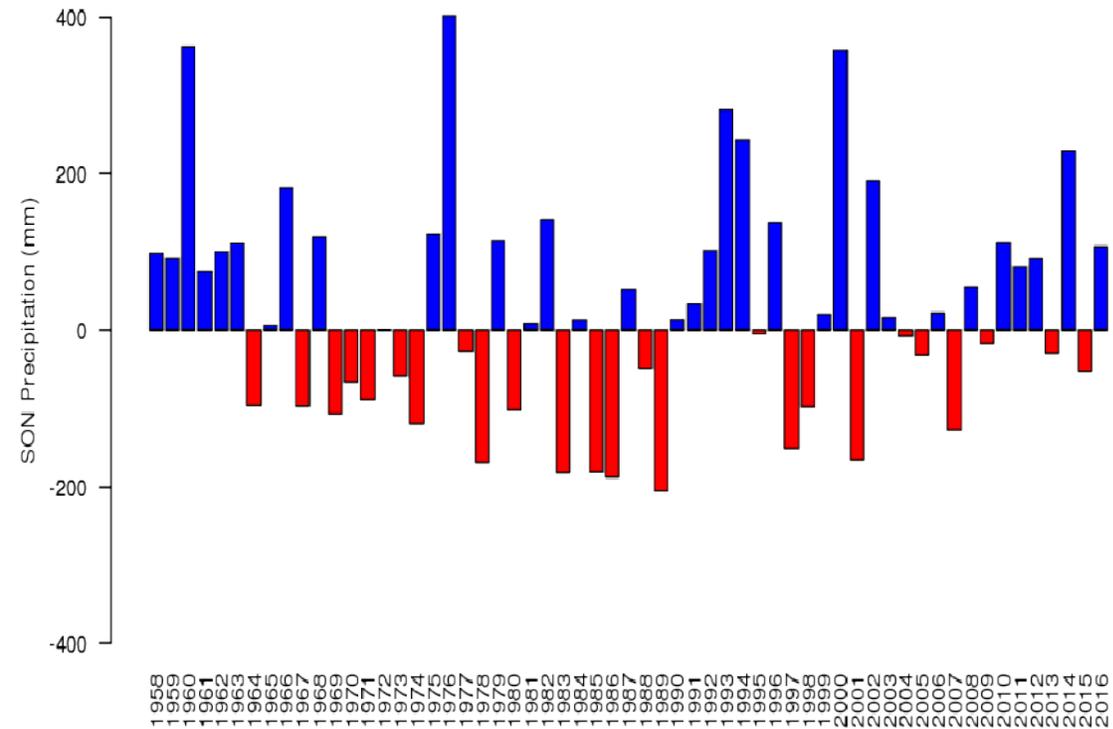


Cambiamenti Climatici in Piemonte

PRECIPITAZIONI

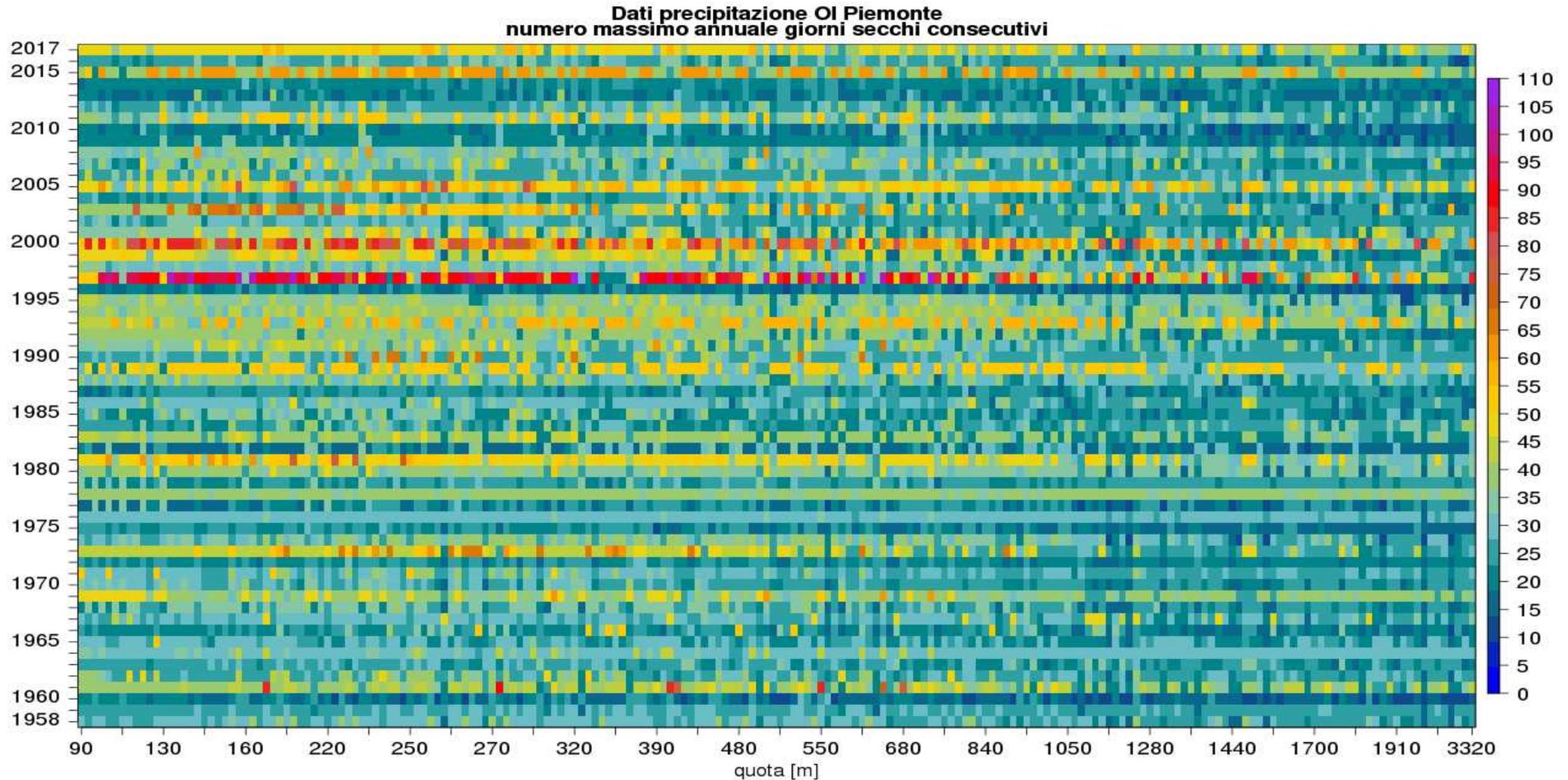
Precipitazioni intense

Boxplot annuali precipitazione ≥ 1 mm con trend valori massimi



Cambiamenti Climatici in Piemonte

PRECIPITAZIONI



Cosa fa Arpa Piemonte?

<https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/annuale.html>



Il Clima in
Piemonte

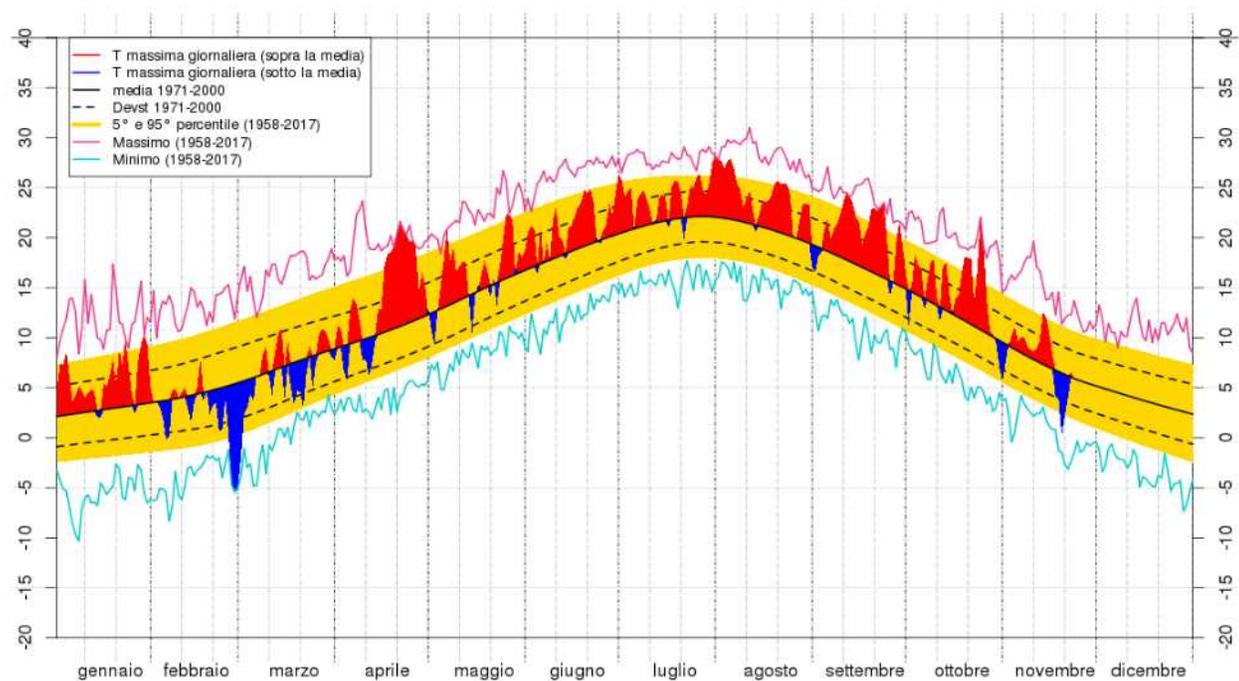
2017

L'anno 2017 in Piemonte è stato il 3° più caldo degli ultimi 60 anni, con un'anomalia termica di circa +1.5 °C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000.

Nel 2017 inoltre sono caduti circa 700 mm di precipitazione in Piemonte, con un deficit pluviometrico di 351 mm (pari al 33%) nei confronti della norma 1971-2000, e l'anno è risultato così il 4° più secco degli ultimi 60 anni.

Arpa Piemonte
Sistemi Previsionali

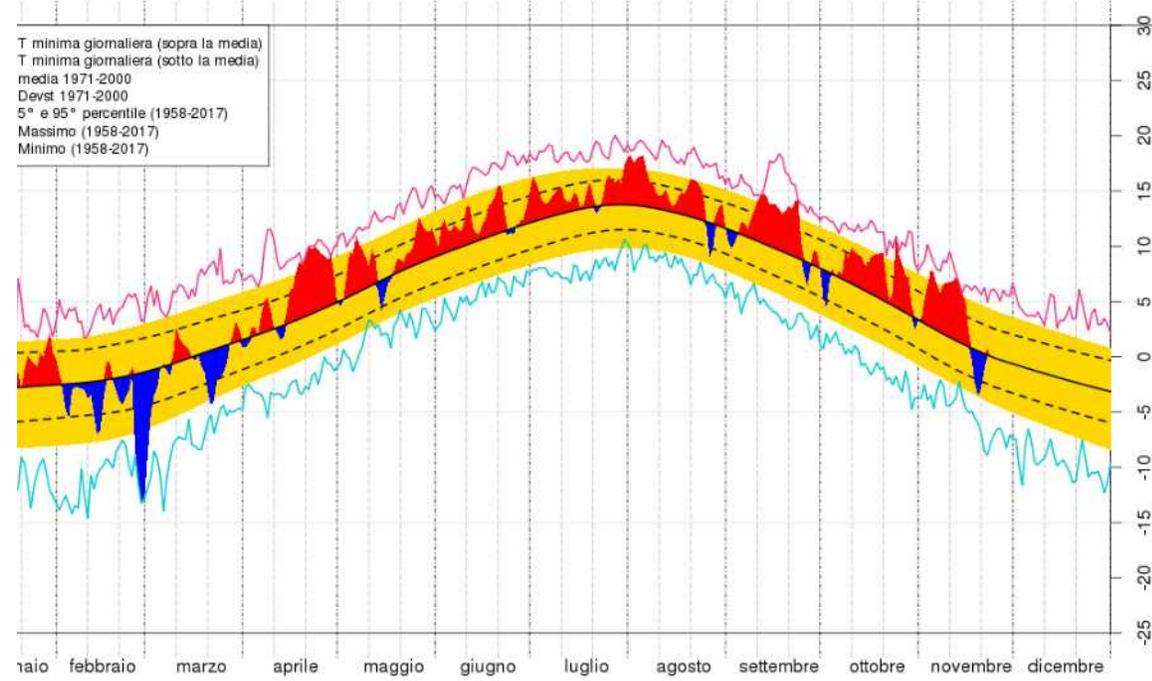
Temperatura massima giornaliera: media Piemonte ANNO 2018



days

Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 23 November 2018 - ore 09:25

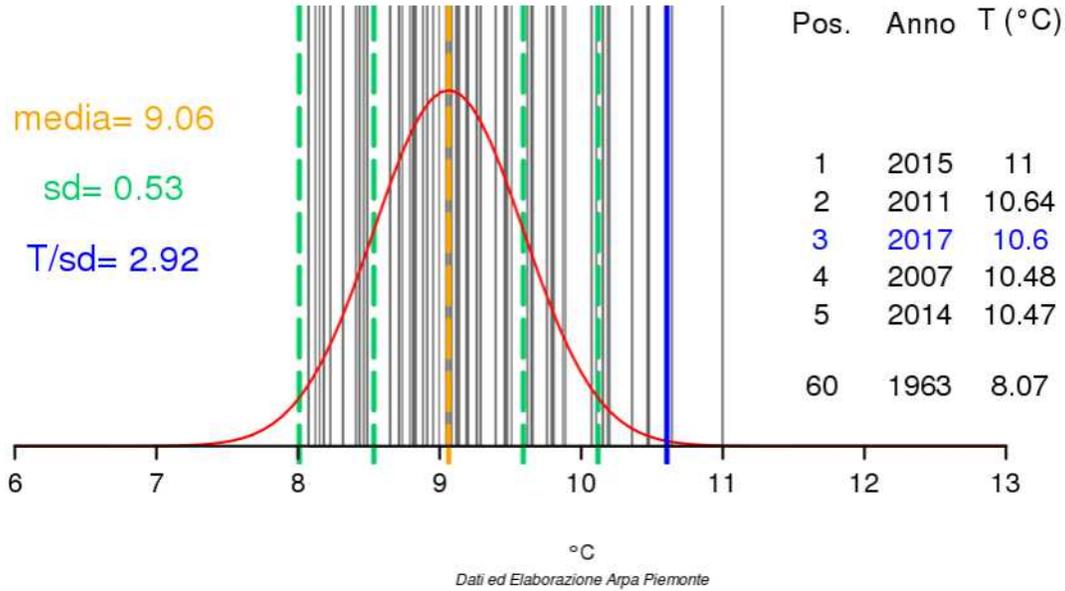
Temperatura minima giornaliera: media Piemonte ANNO 2018



days

Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 23 November 2018 - ore 09:25

Distibuzione storica della T media : anno 2017

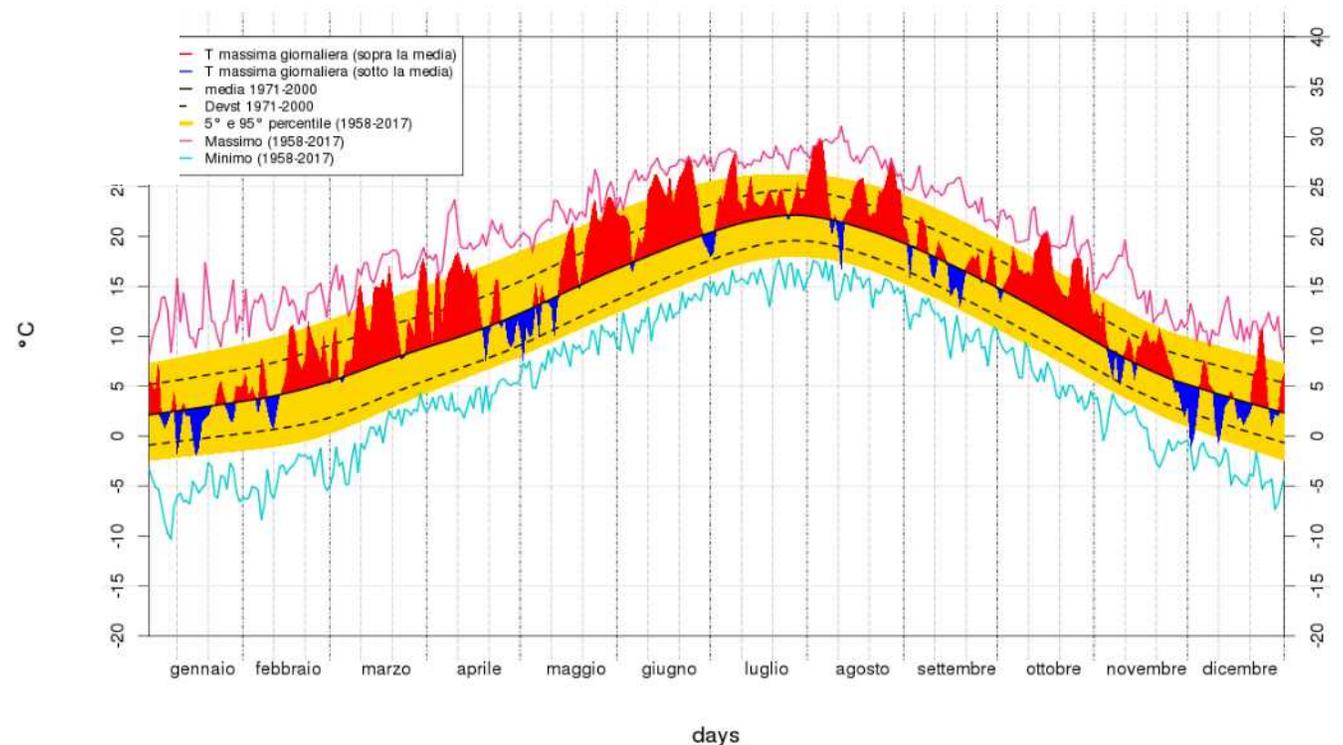


2017 persistente anomalia positiva

Temperatura 2017 - Piemonte

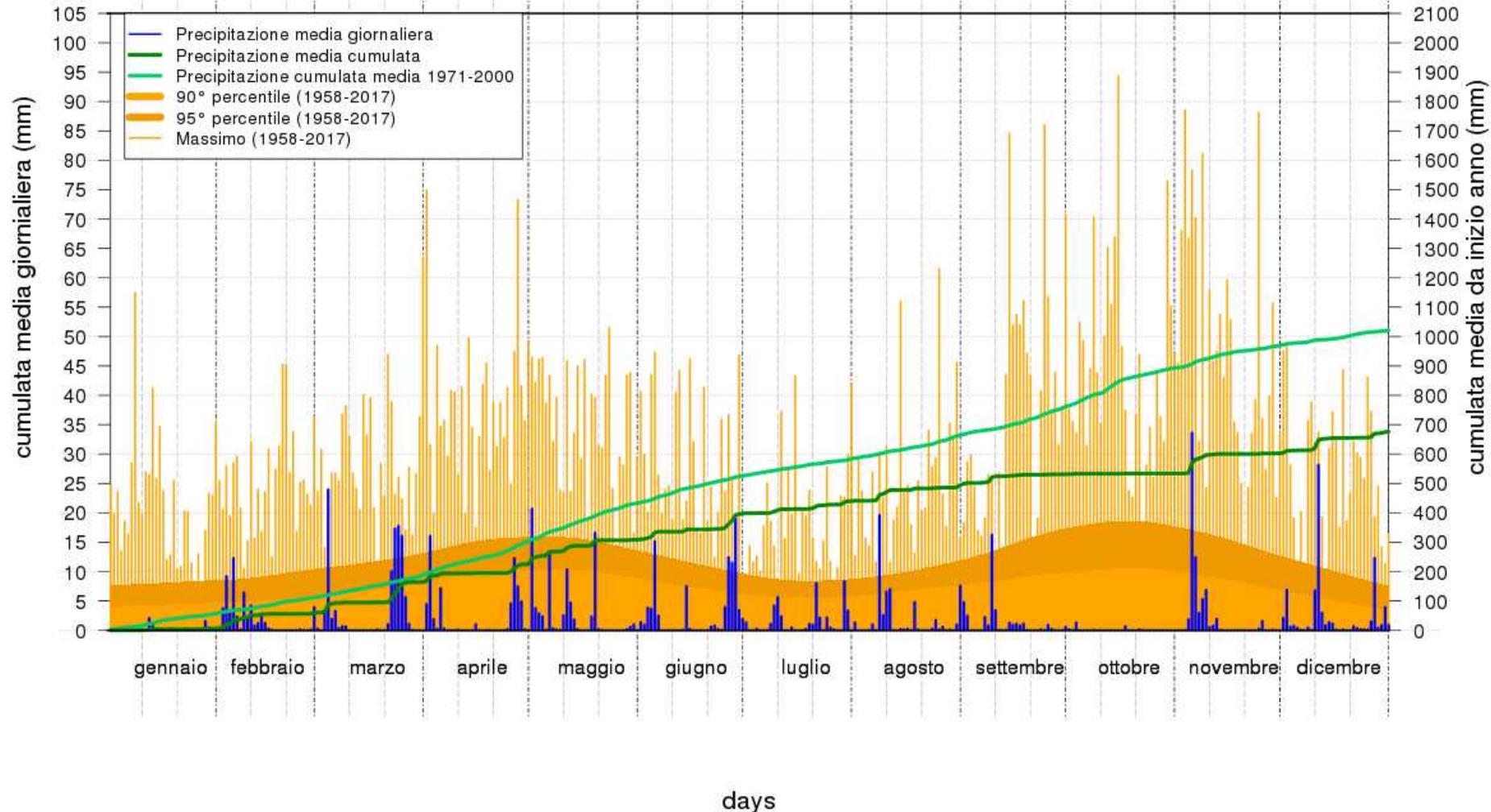
2017 - 3° anno più caldo dal 1958

Temperatura massima giornaliera: media Piemonte ANNO 2017



Precipitazioni giornaliere: media Piemonte ANNO 2017

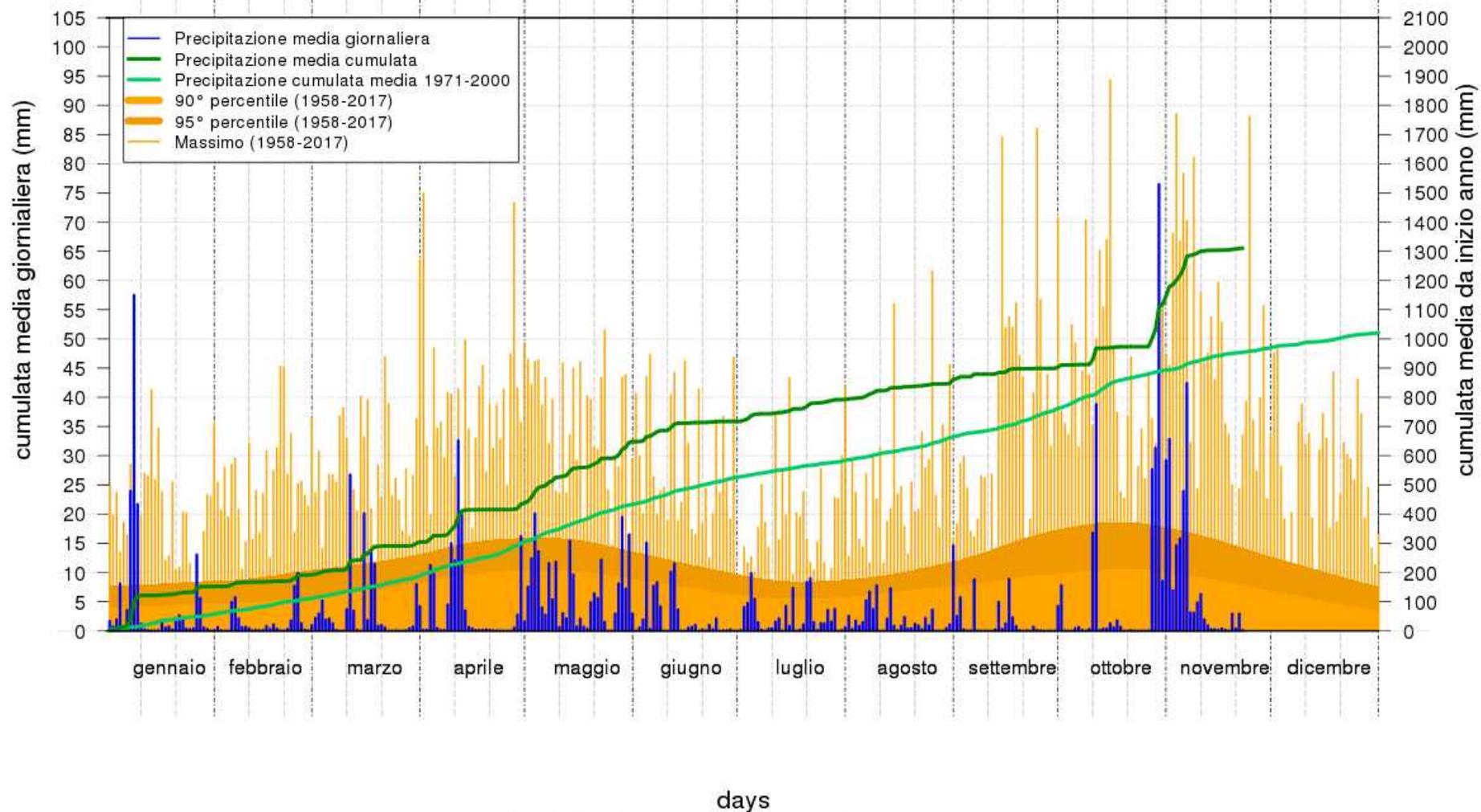
scarto precipitazione cumulata da inizio anno: -34% (676 mm)



Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 23 November 2018 - ore 09:25

Precipitazioni giornaliere: media Piemonte ANNO 2018

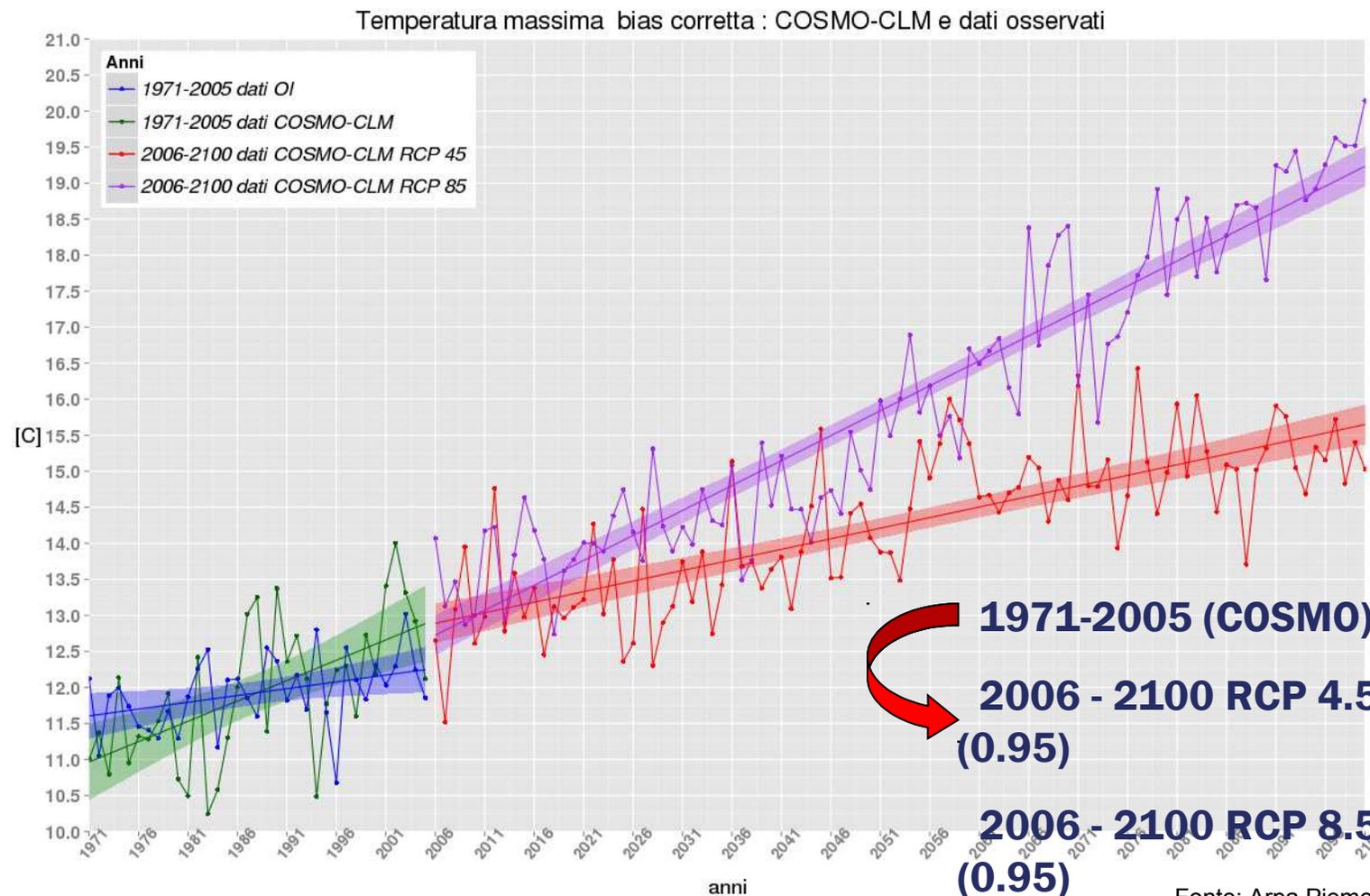
scarto precipitazione cumulata da inizio anno: 37% (1310 mm)



Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 23 November 2018 - ore 09:25

Le proiezioni climatiche future: Piemonte

Temperatura massima giornaliera



1971-2005 (COSMO) 0.56 °C/10y (r=0.60) sign (0.95)

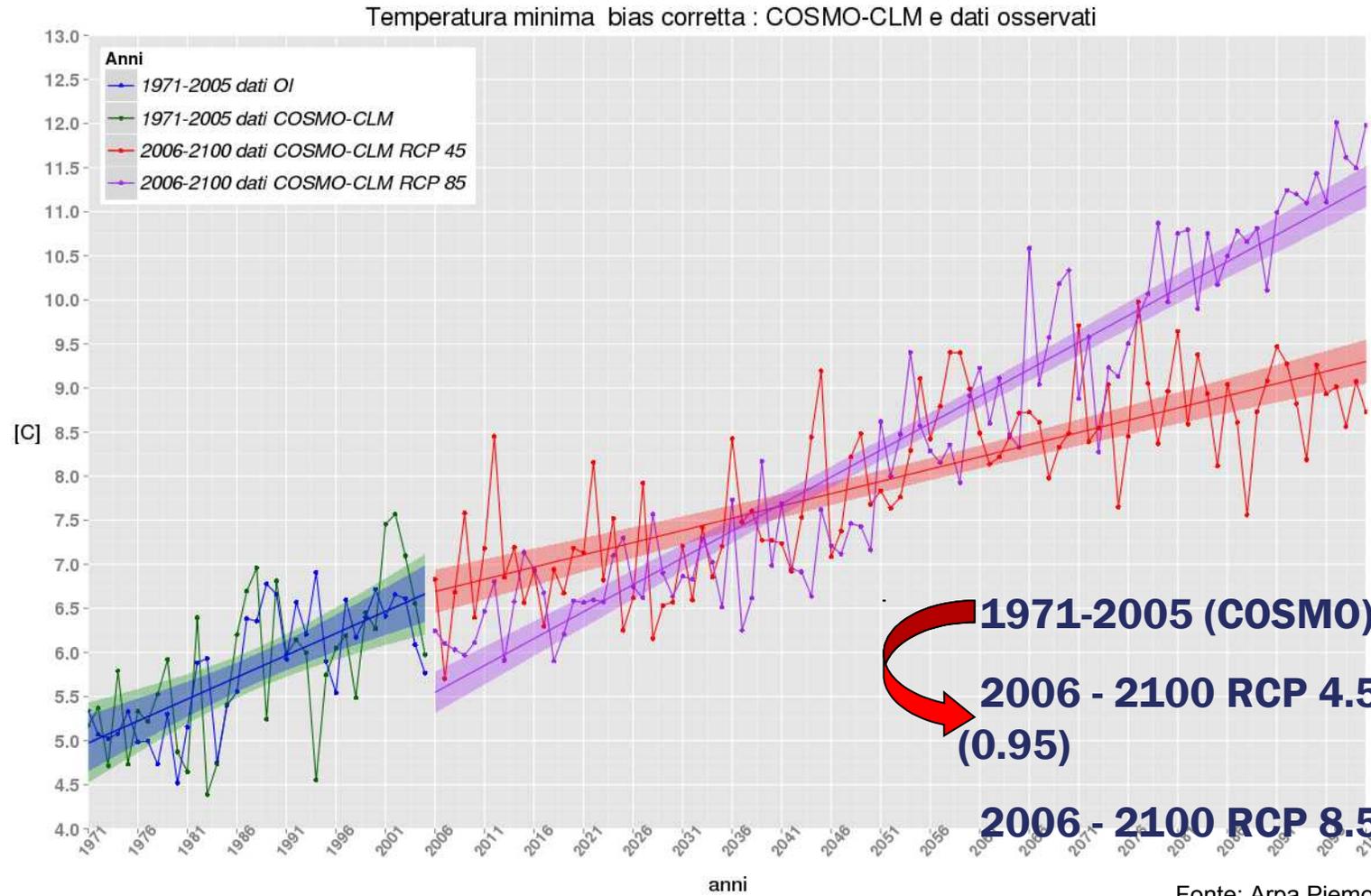
2006 - 2100 RCP 4.5 0.29 °C/10y (r=0.77) sign (0.95)

2006 - 2100 RCP 8.5 0.70 °C/10y (r=0.94) sign (0.95)

Fonte: Arpa Piemonte

Le proiezioni climatiche future: Piemonte

Temperatura minima giornaliera



1971-2005 (COSMO) 0.50 °C/10y (r=0.61) sign (0.95)

2006 - 2100 RCP 4.5 0.27 °C/10y (r=0.79) sign (0.95)

2006 - 2100 RCP 8.5 0.60 °C/10y (r=0.9) sign (0.95)

Le proiezioni climatiche future: Piemonte

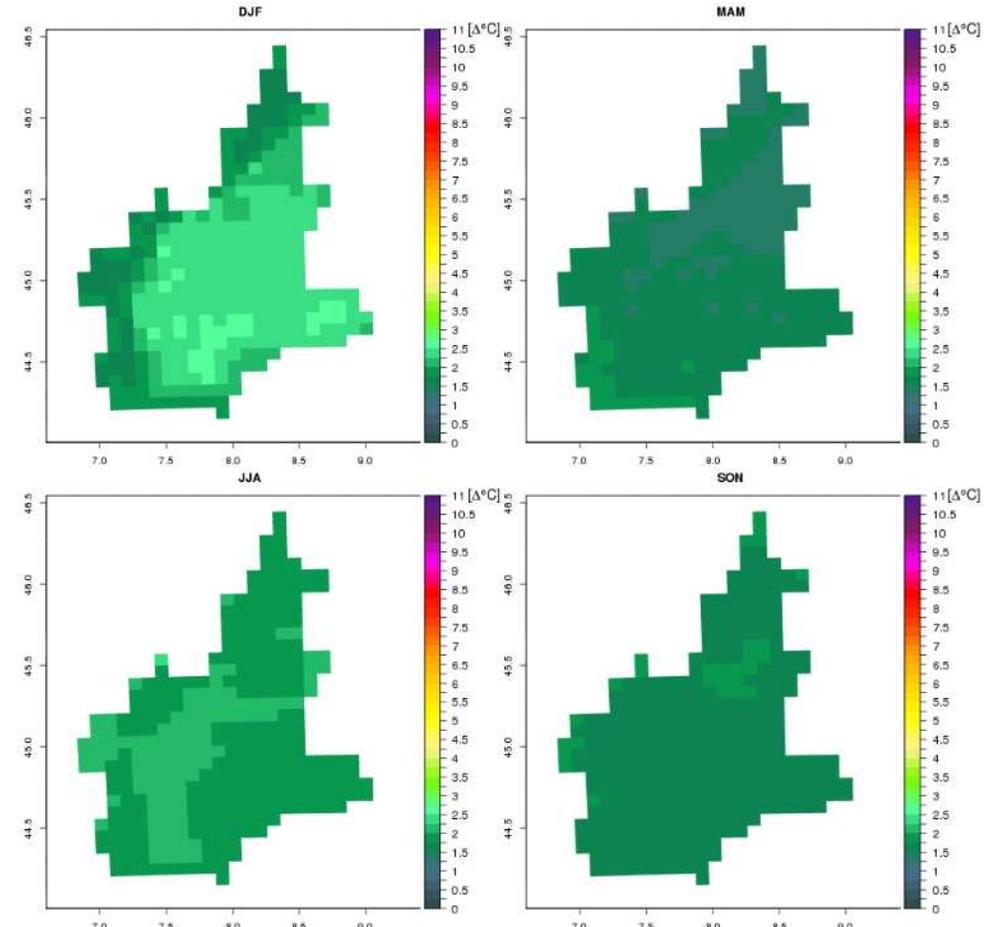
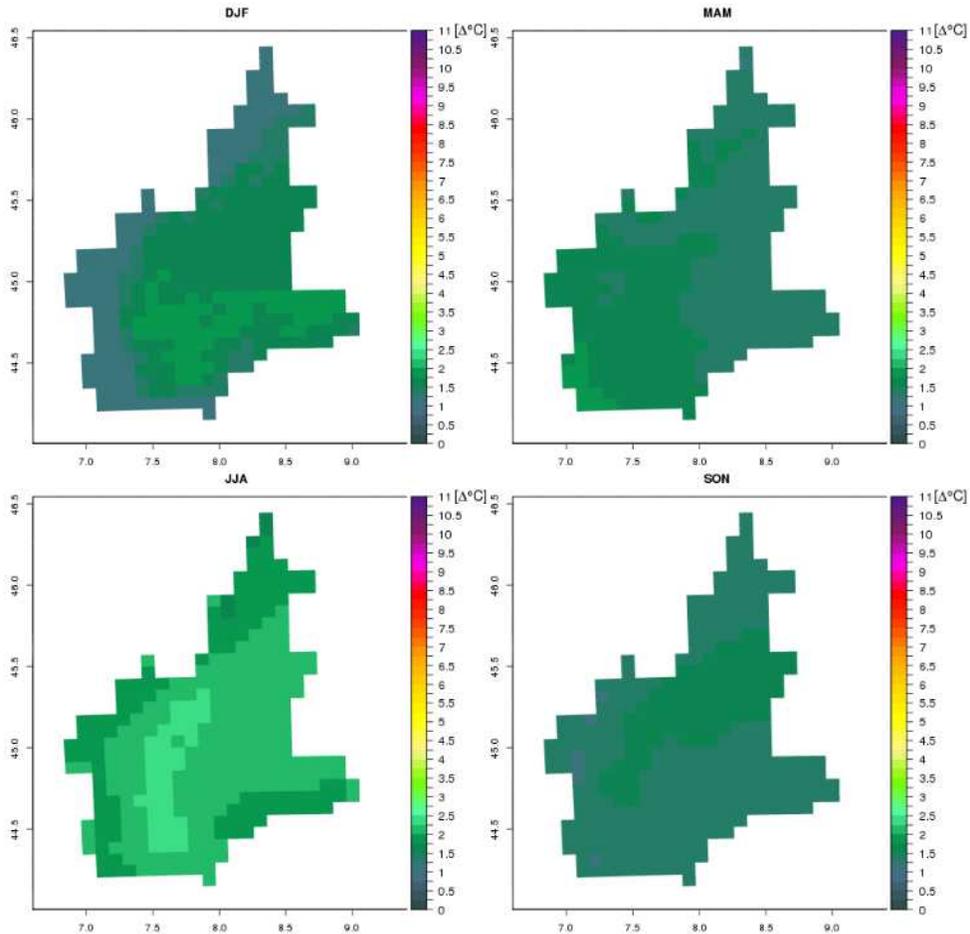
Temperatura media giornaliera STAG

VARIAZIONE rispetto a periodo rifer.1971-2000

RCP45

2011-2040

RCP85



Le proiezioni climatiche future: Piemonte

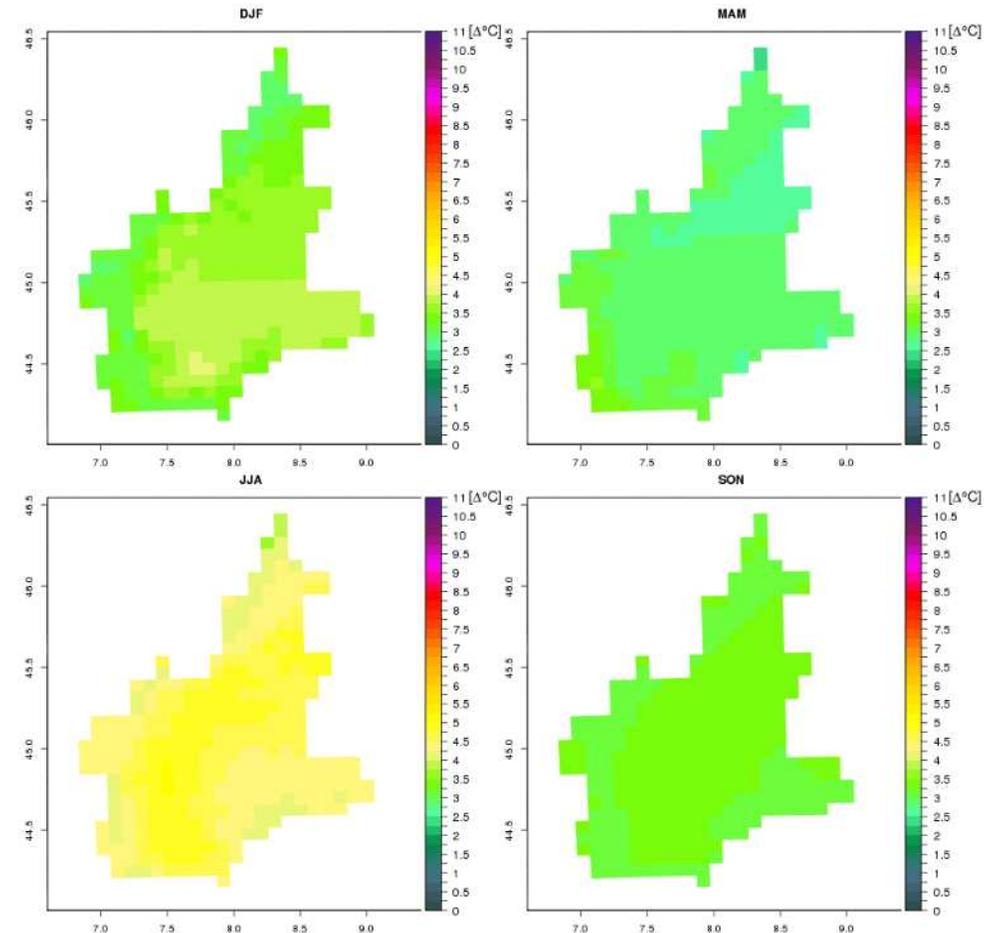
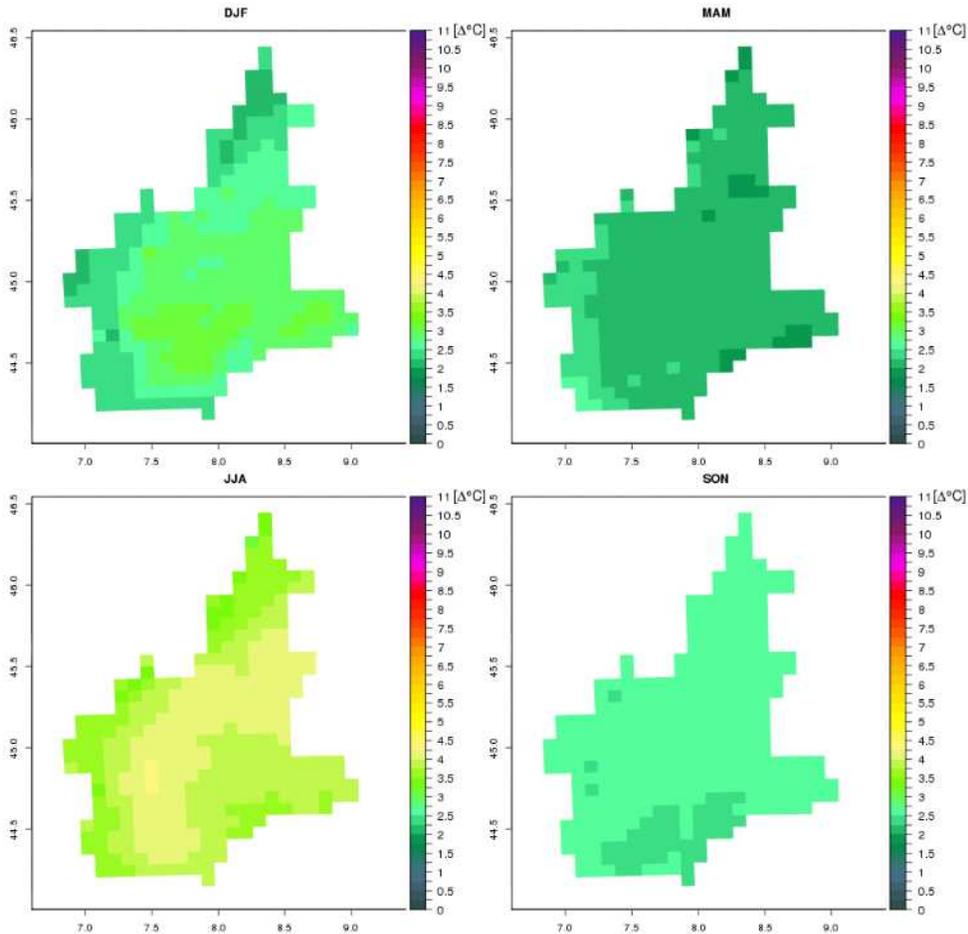
Temperatura media giornaliera STAG

VARIAZIONE rispetto a periodo rifer.1971-2000

RCP45

2041-2070

RCP85



Le proiezioni climatiche future: Piemonte

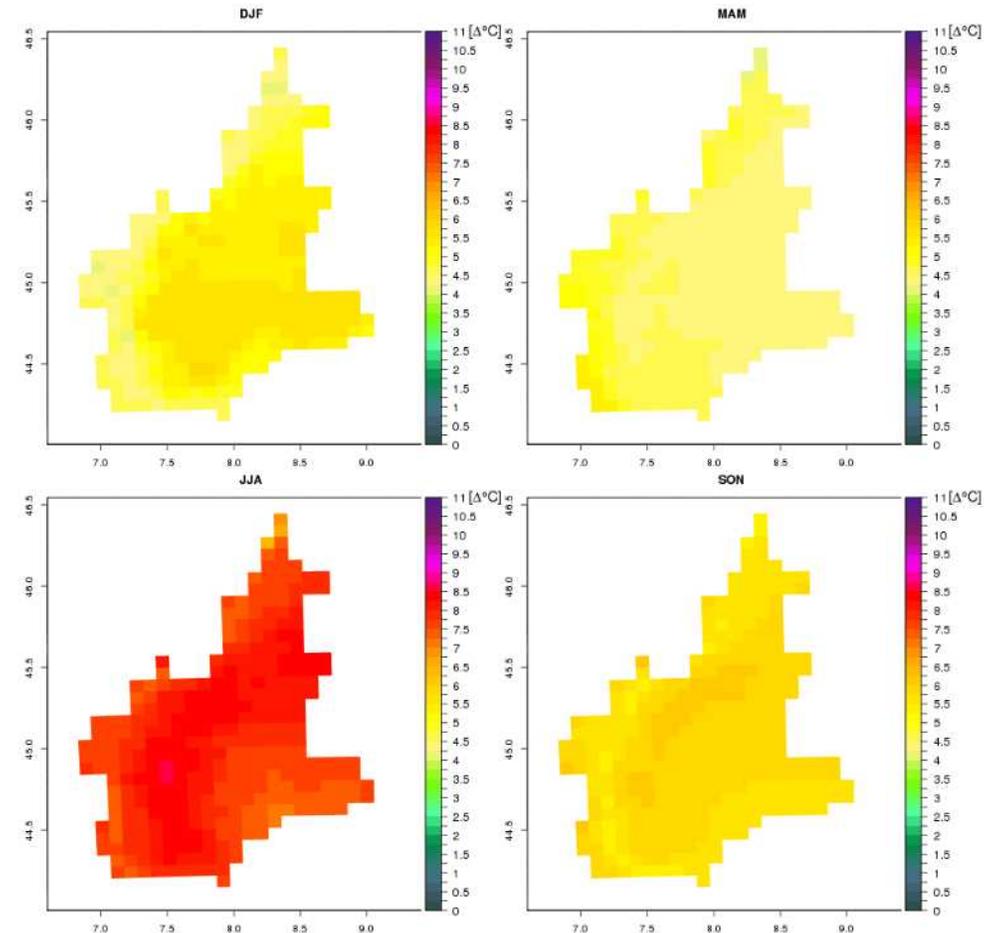
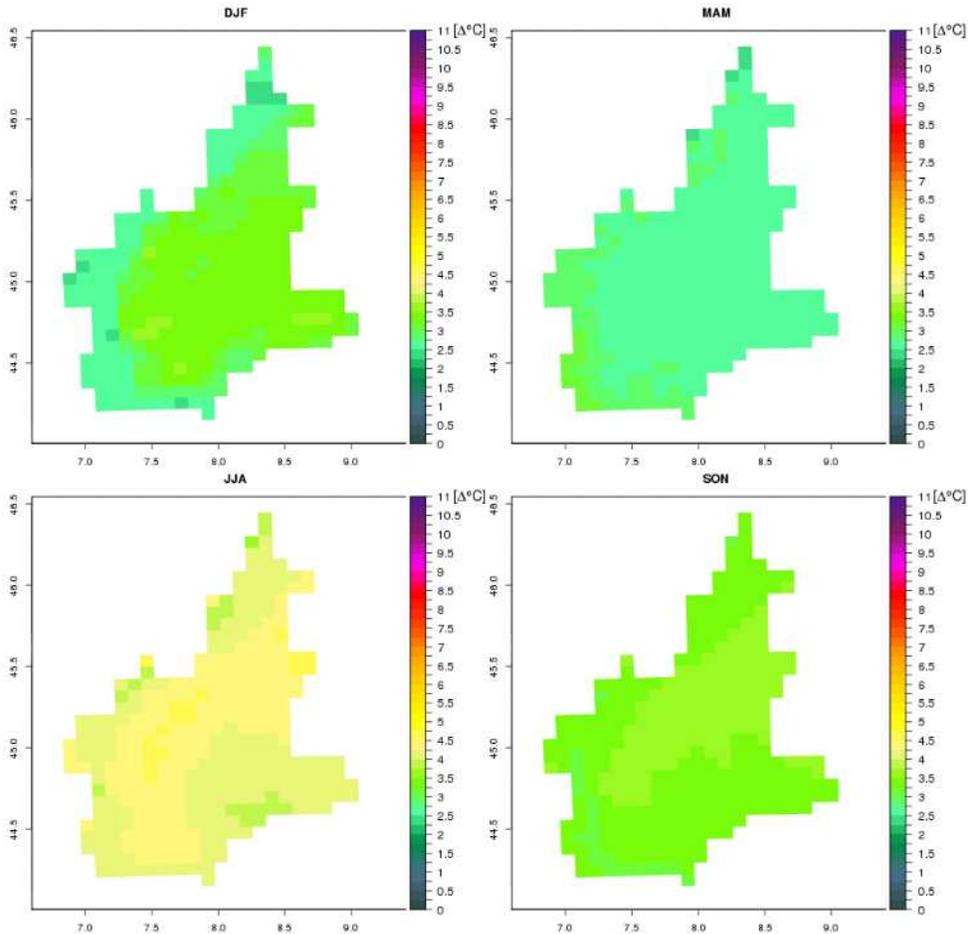
Temperatura media giornaliera STAG

VARIAZIONE rispetto a periodo rifer.1971-2000

RCP45

2071-2100

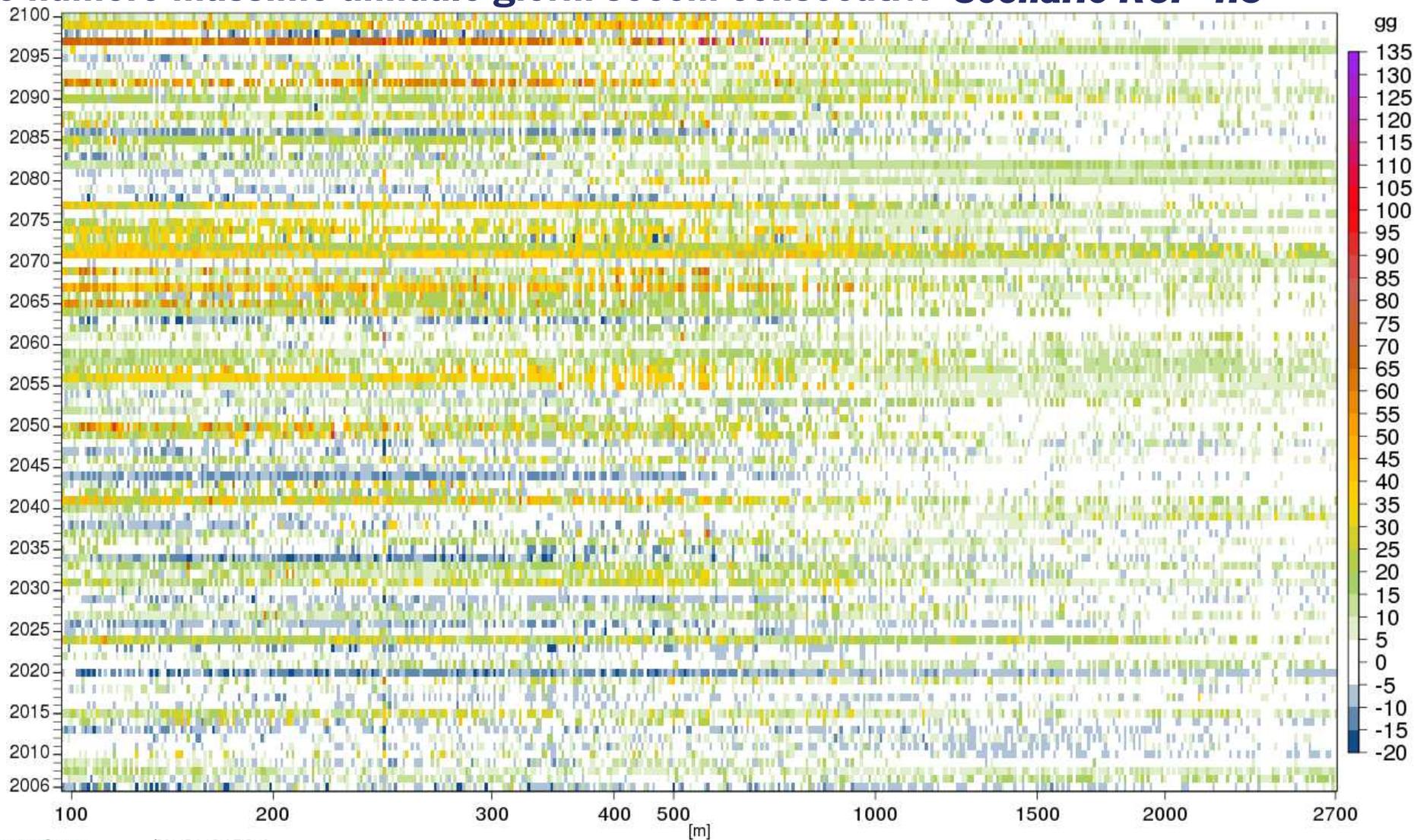
RCP85



Le proiezioni climatiche future: Piemonte

Precipitazione

Variazione numero massimo annuale giorni secchi consecutivi **Scenario RCP 4.5**

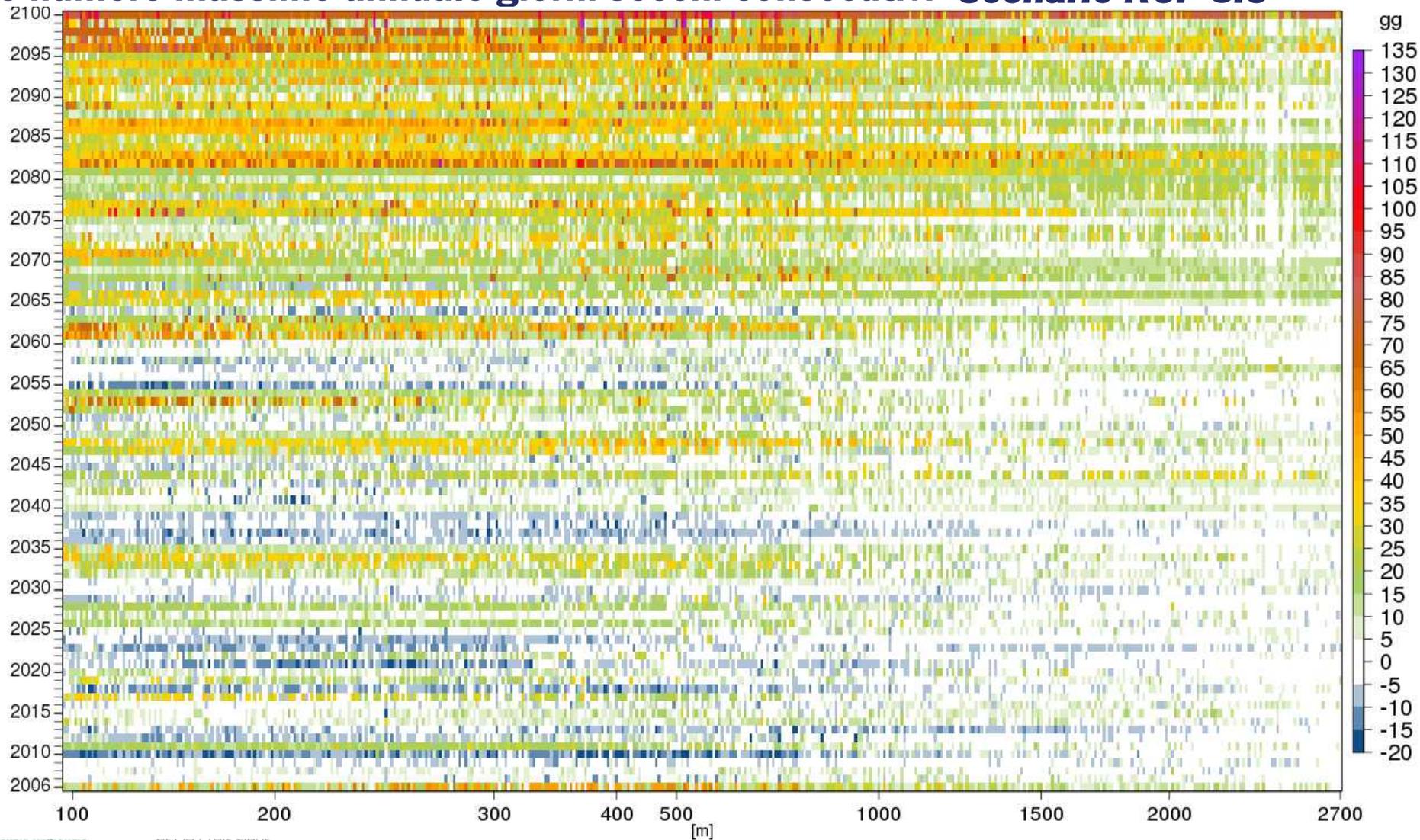


**2006-2100 -
1971-2005**

Le proiezioni climatiche future: Piemonte

Precipitazione

Variazione numero massimo annuo giorni secchi consecutivi **Scenario RCP 8.5**



**2006-2100 -
1971-2005**

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



TEST CO₂

Nella Scheda Didattica, che vi sottoponiamo adesso sono elencate alcune azioni che potete scegliere di adottare in futuro: si tratta di azioni che non solo causano eccessive emissioni di CO₂ ma anche spreco energetico ed economico.

http://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/gioca-con-il-meteo/La-tua-influenza-sul-clima_bis.pdf

