



ACQUA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

ROBERTA PADULANO

Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Sì, ma quindi???

RISOLVERE UN PROBLEMA

1 Misurare

2 Analizzare

3 Progettare soluzioni

4 Monitorare i progressi

5 Mettersi sempre in discussione

IL RUOLO DELL'INGEGNERE

Cambiamento climatico:
abbiamo già fatto
qualche giro



Come si misura il cambiamento climatico?

...facciamo un passo indietro...

Come si misura la natura?

ALLARME ROSSO PER IL CLIMA



IL MONDO SI AVVICINA A UN PUNTO DI NON RITORNO

Il nuovo rapporto dell'IPCC rivela che il riscaldamento globale ha effetti peggiori del previsto e che solo una riduzione drastica delle emissioni può evitare scenari catastrofici.

Il cambiamento climatico non è più una minaccia futura, ma una realtà che sta già colpendo il mondo naturale e la vita di miliardi di persone. Questo è il messaggio allarmante che emerge dal nuovo rapporto del Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC) delle Nazioni Unite, pubblicato il 28 febbraio 2024.

Il rapporto, intitolato "Cambiamento climatico 2024: impatti, adattamento e vulnerabilità", è il secondo volume del Sesto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, la più aggiornata e completa valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi, la biodiversità, la salute, la sicurezza e il benessere umano.

Secondo il rapporto, le emissioni di gas a effetto serra hanno causato un aumento della temperatura media globale di poco meno di 1,1 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali, e molti degli impatti sono peggiori del previsto e si manifestano a temperature più basse di quelle stimate.

- Siccità e ondate di calore che stanno uccidendo alberi e coralli, riducendo la disponibilità di acqua dolce e aumentando il rischio di incendi boschivi.
- Inondazioni e innalzamento del livello del mare che stanno obbligando gli abitanti delle aree costiere e delle isole a lasciare le proprie case e a perdere le proprie fonti di sostentamento.
- Scioglimento dei ghiacci polari e delle calotte glaciali che stanno alterando i cicli dell'acqua e del carbonio, minacciando la sopravvivenza di specie animali e vegetali e amplificando il riscaldamento globale.
- Eventi meteorologici estremi come tempeste, uragani, cicloni, tornado, che stanno provocando danni ingenti alle infrastrutture, alle colture, alle abitazioni e alle vite umane.
- Riduzione della biodiversità e della produttività agricola che stanno compromettendo la sicurezza alimentare e la nutrizione di milioni di persone, soprattutto nei paesi in via di sviluppo.
- Diffusione di malattie infettive e problemi di salute mentale che stanno mettendo a repentaglio la salute pubblica e la qualità della vita.

MORIREMO TUTTI



Il rapporto evidenzia anche che i cambiamenti climatici non colpiscono tutti allo stesso modo, ma aggravano le disuguaglianze esistenti e rendono più vulnerabili i gruppi più poveri, giovani, anziani, le minoranze etniche e le popolazioni indigene.

COSA INDOSSARE IN CASO DI FINE DEL MONDO

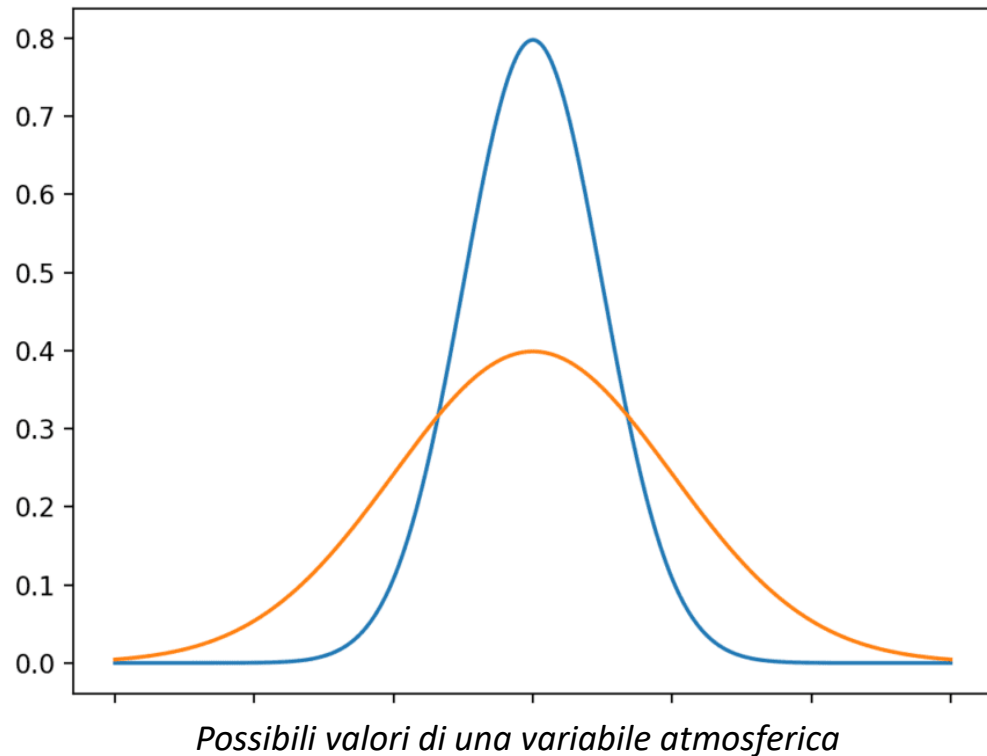


IL CONCETTO DI NORMALITÀ

Come distinguere ciò che è «normale» da ciò che non lo è?

Che significa «normale»?

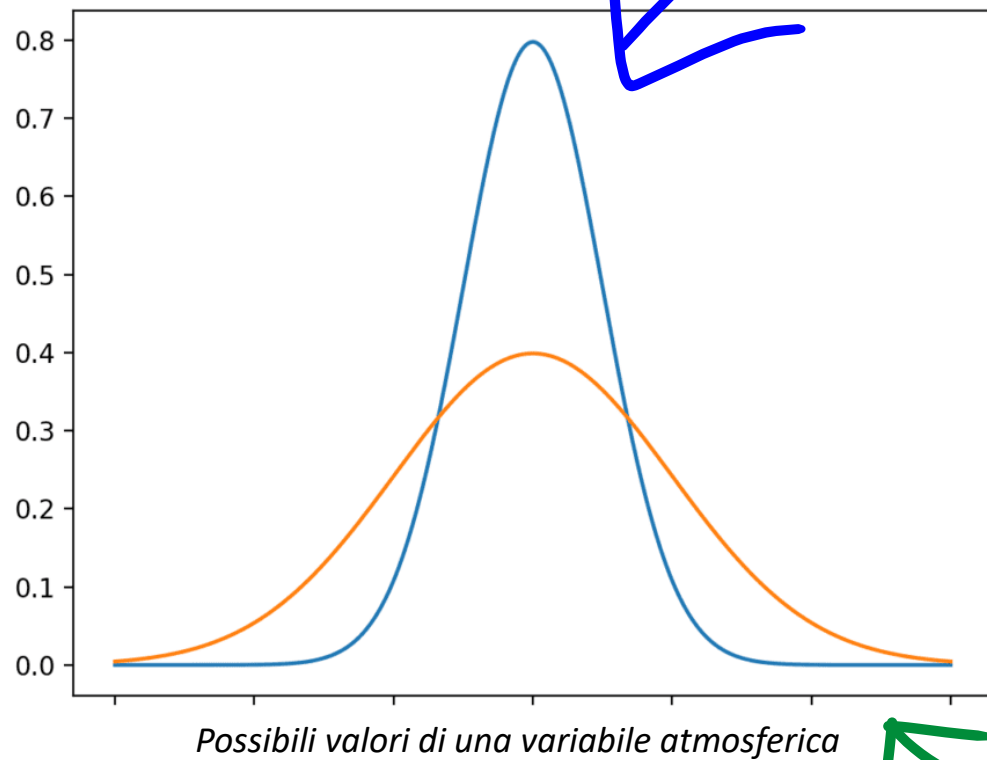
IL CONCETTO DI NORMALITÀ



Una forma «**bassa e larga**» significa che le misure sono tutte diverse tra loro → c'è una **grande variabilità**.

Una forma «**alta e stretta**» significa che le misure sono tutte molto simili tra loro → c'è una **piccola variabilità**.

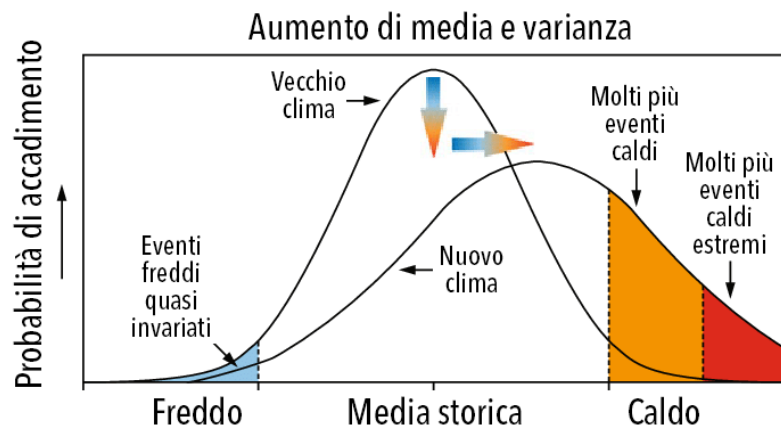
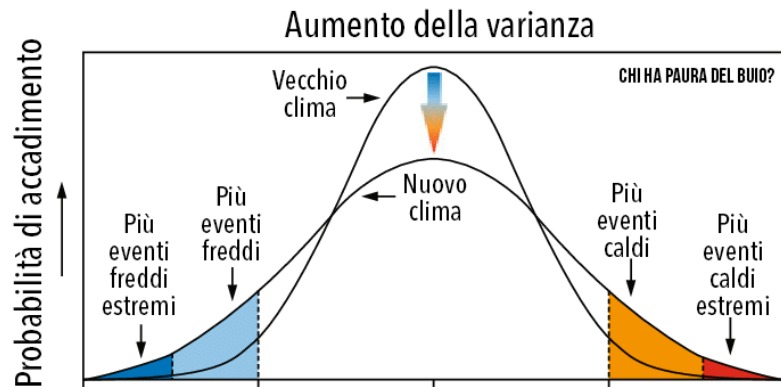
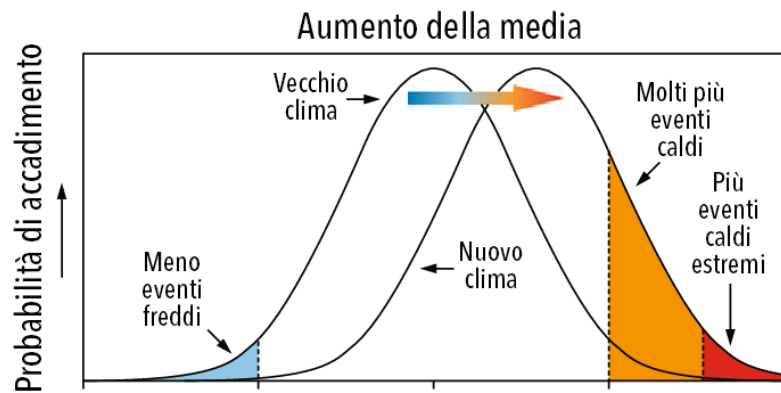
IL CONCETTO DI NORMALITÀ



Dove la curva è più alta, ci sono le misure più probabili, cioè la «normalità»

Dove la curva è più bassa, ci sono le misure più probabili, cioè gli «estremi»

IL CONCETTO DI NORMALITÀ



Studiare gli «impatti» del cambiamento climatico significa capire **come cambiano (e se cambiano!)** queste curve per le variabili atmosferiche e quelle derivate:

- ✓ Temperatura (massima o minima, mensile o annuale, etc.)
- ✓ Precipitazione (pioggia, neve)
- ✓ Vento (direzione, intensità)
- ✓ Umidità
- ✓ Radiazione solare
- ✓ Livello del mare

Il brivido della realtà
Riscaldamento
del pianeta?
Ma se fa freddo

Neve in montagna. E a Milano minima a 5°
Il termometro smentisce i gretini nostrani

LIBERO, lunedì 6 maggio 2019

Anche il tempo si è rotto di Greta

Effetto serra? No, invece del riscaldamento ci troviamo a maggio con un gelo globale
La climatologa: «Accadeva anche in passato. Quella ragazzina è pilotata ed esagera»

IL TEMPO, lunedì 6 maggio 2019

Facciamo parlare i dati

...ma soprattutto...

Ricordiamo la differenza tra
«meteo» e «clima»

METEO

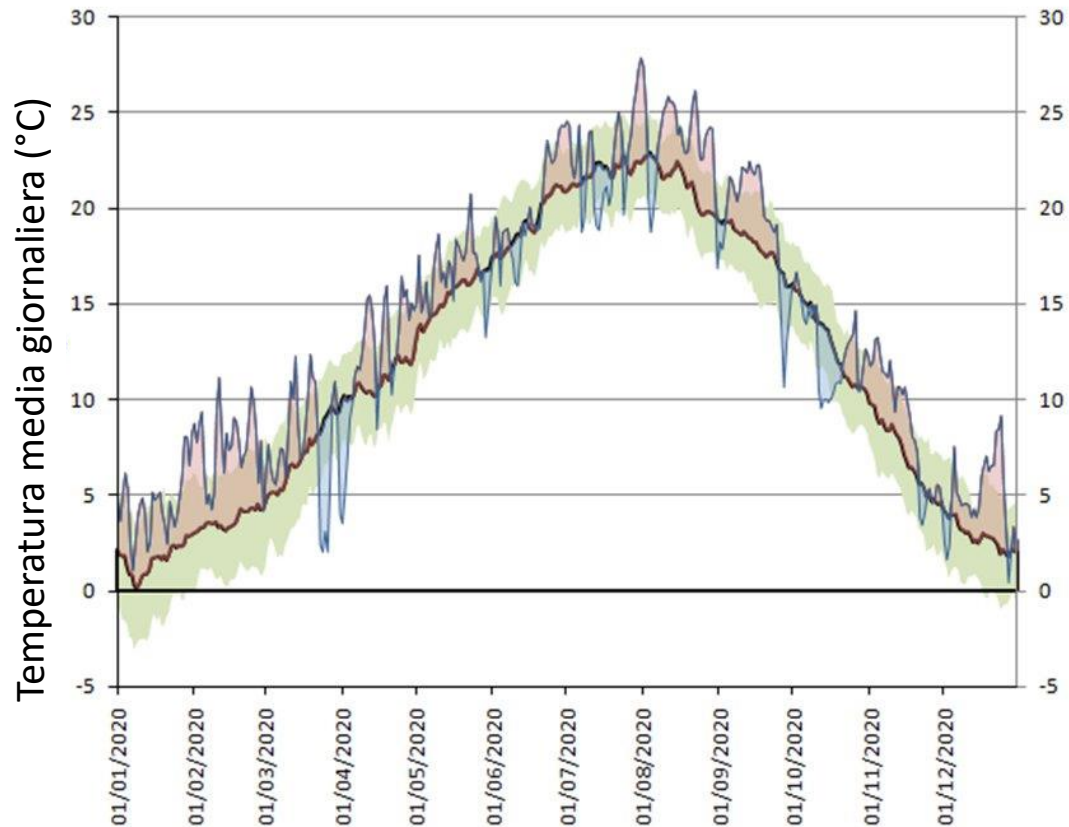
- ✓ Il tempo meteorologico è quello che osserviamo in un dato luogo **in un dato momento**.
- ✓ Esso **può variare di giorno in giorno**, e anche più volte nello stesso giorno, all'improvviso.



CLIMA

- ✓ Il clima è l'insieme delle condizioni meteo che si manifestano in un dato luogo nel corso di un **lungo periodo di tempo**.
- ✓ In un dato luogo esso tende ad avere, mediamente negli anni, **sempre le stesse caratteristiche**.





Naturale variabilità climatica: è la variabilità di una specifica grandezza climatica (ad esempio la temperatura) intorno al suo valore medio (osservato su un lungo periodo).

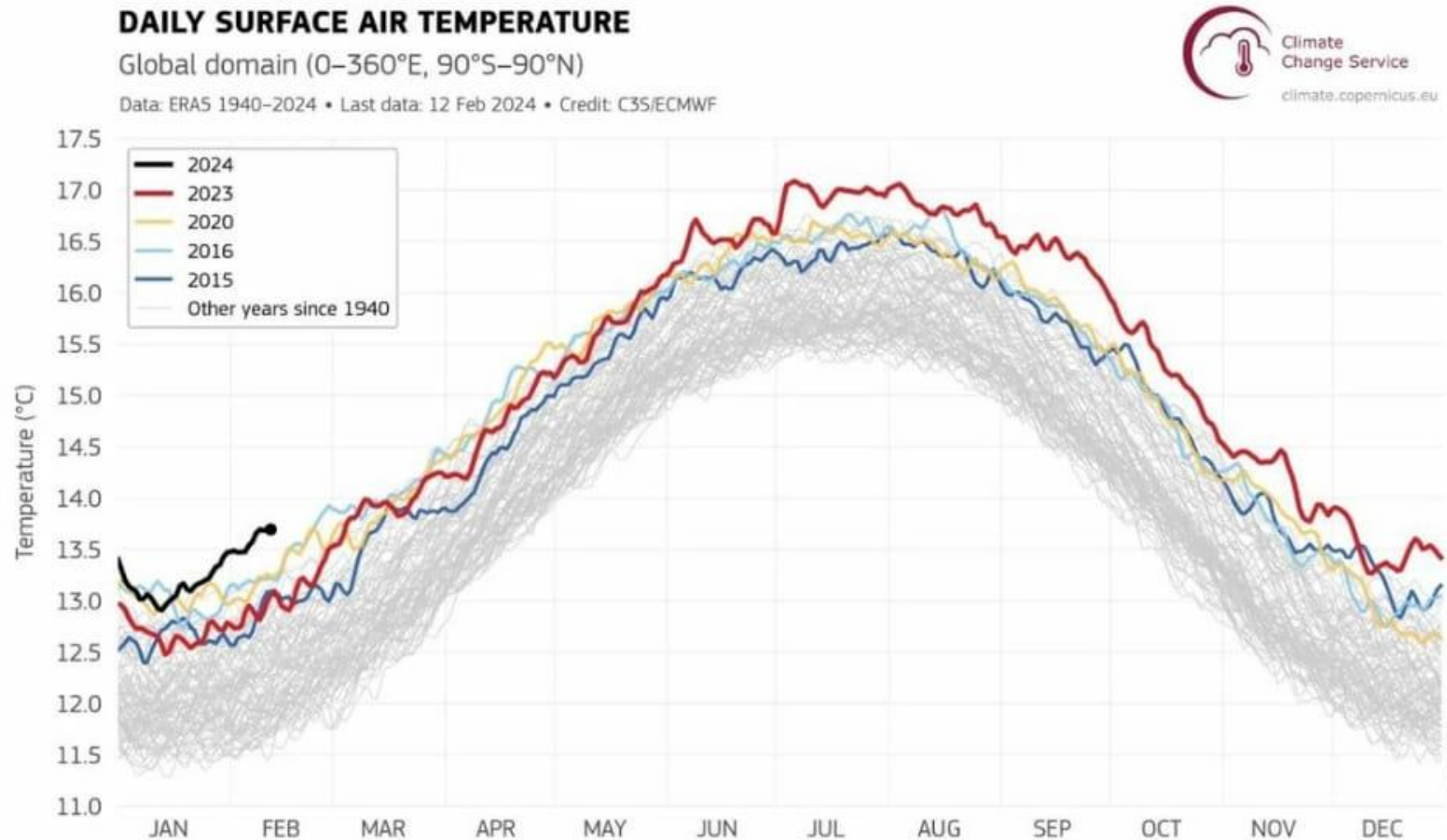
Il **Clima** viene definito in termini di proprietà statistiche (es. valore medio e variabilità). È possibile calcolare la probabilità di accadimento degli eventi (ad esempio, di una pioggia di una certa **intensità**) e la loro **frequenza** (ogni quanto tempo devo aspettarmi un certo evento)



copernicusecmwf con altri 2

METEO VS. CLIMA

Temperatura media giornaliera (°C)



METEO VS. CLIMA

Close to **50%** of days were **more than 1.5°C warmer** than the 1850-1900 level



and two days in November were, for the first time, **more than 2°C warmer**



copernicusecmwf

Segui già

Messaggio

+8 ...

736 post

12.500 follower

74 seguiti

Copernicus ECMWF

@copernicusecmwf

Servizio ambientale

#CopernicusClimate Change Service (#C3S) & #CopernicusAtmosphere Monitoring Service (CAMS), implemented by #ecmwf on behalf of European Commission.

linkin.bio/copernicusecmwf

Follower: casamento.federica e paolamercogliano

#EUSpace



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



Copernicus Services

Atmosphere

Marine

Land

Climate Change

Security

Emergency



Atmosphere



Marine



Land



Climate Change



Security

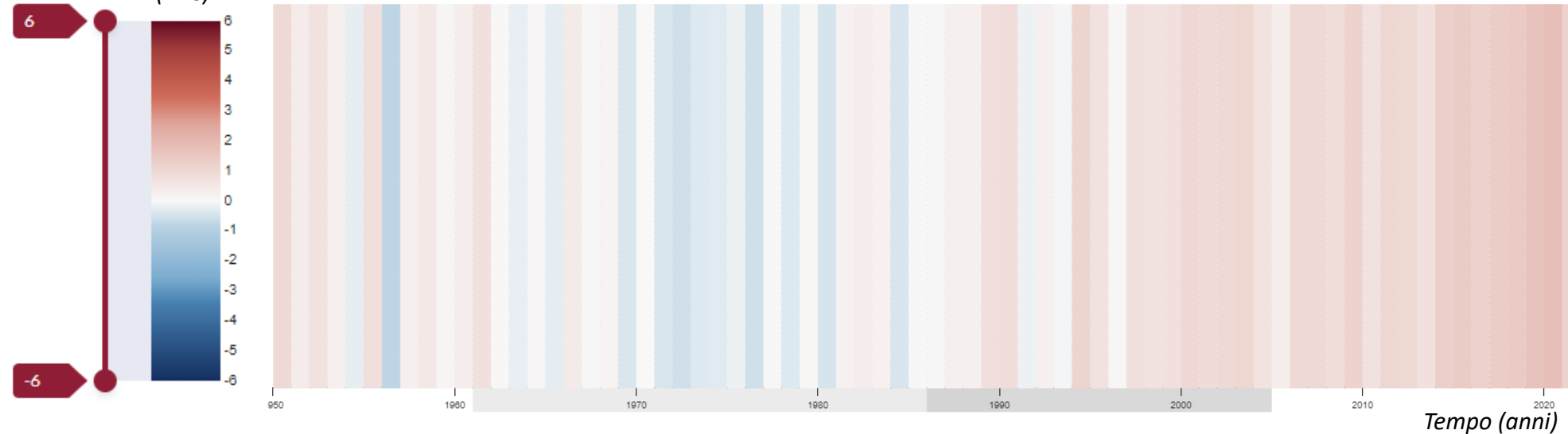


Emergency

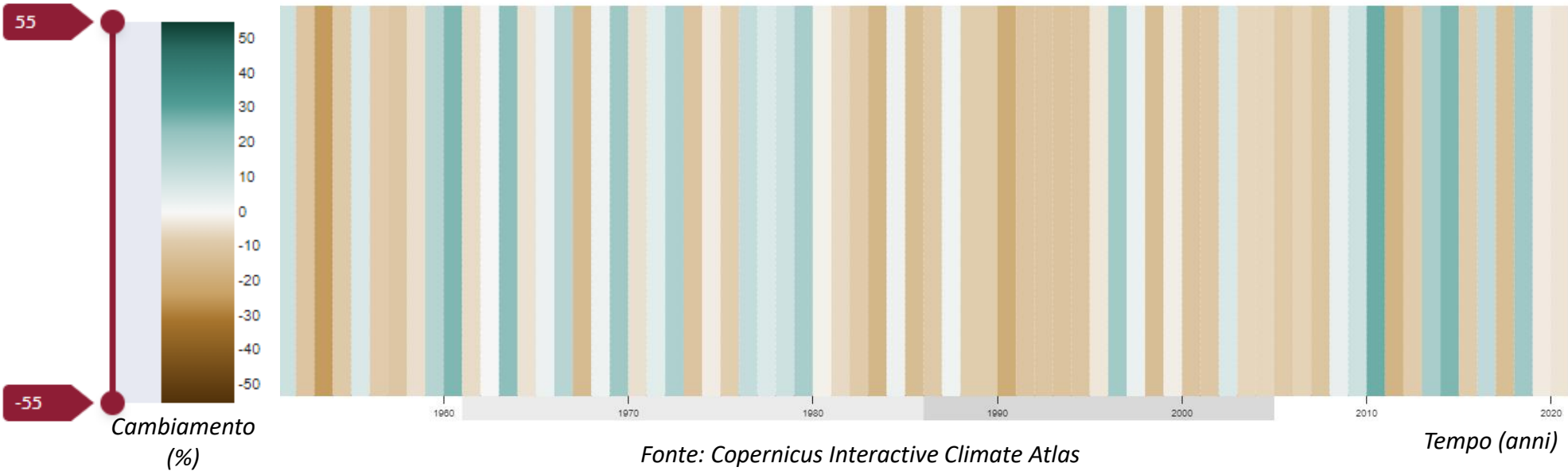
Climate Change – We provide authoritative information about the past, present and future climate, as well as the tools to enable climate change mitigation and adaptation strategies by policy makers and businesses.

PIOGGIA VS. TEMPERATURA

Cambiamento
(° C)



L'andamento della temperatura (media giornaliera) è **più netto!**

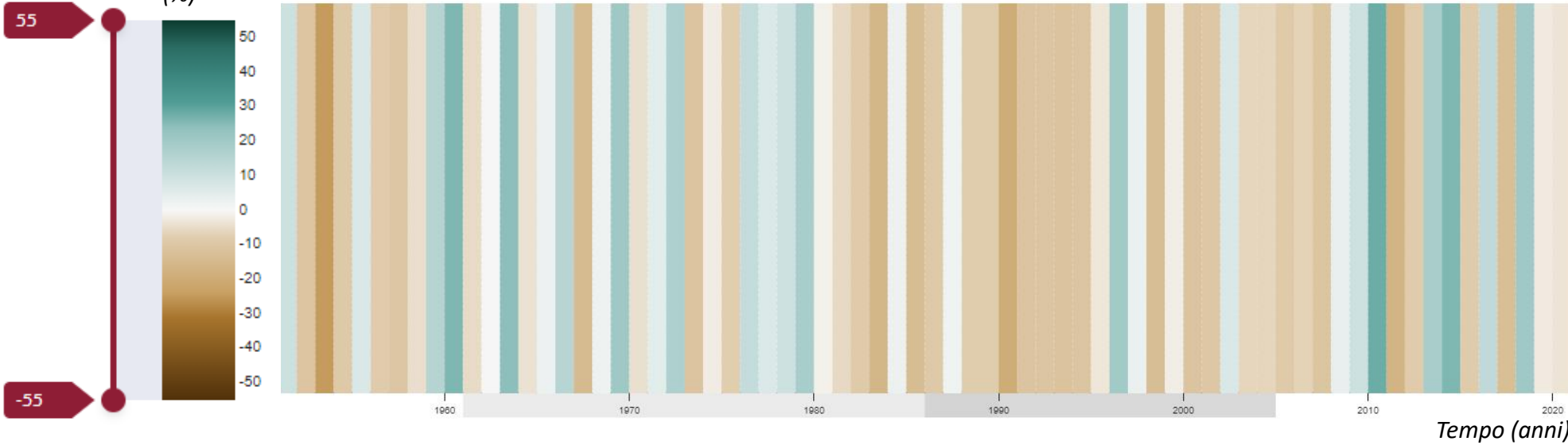


L'andamento della precipitazione (media giornaliera) è **meno netto!**

Fonte: Copernicus Interactive Climate Atlas

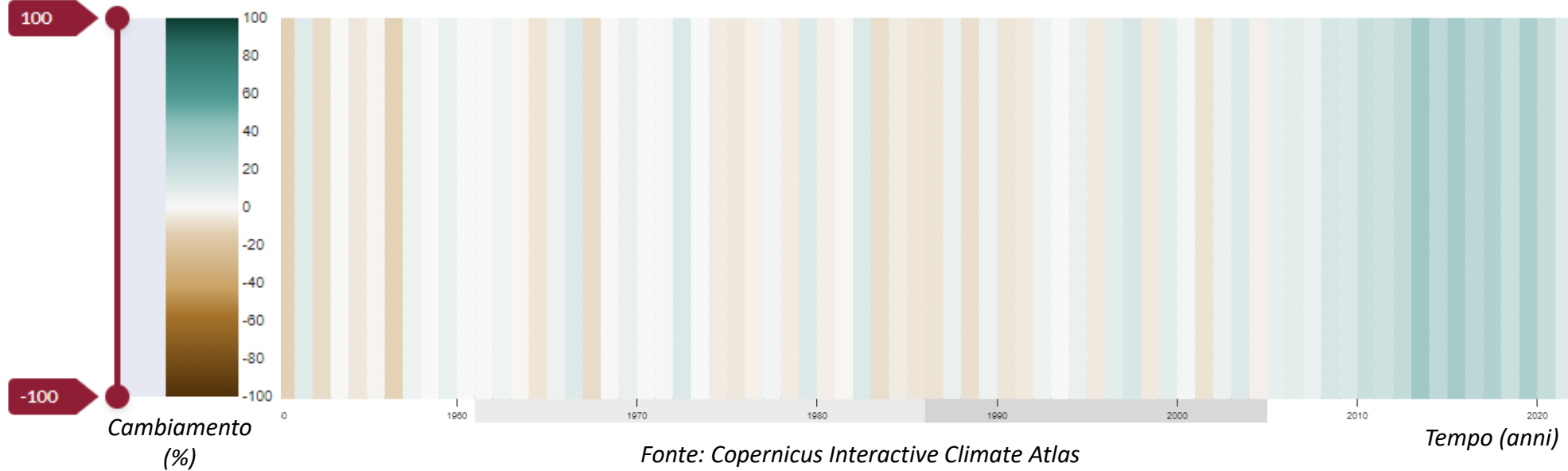
PIOGGIA MEDIA VS. ESTREMA

Cambiamento (%)



L'andamento della precipitazione (media giornaliera) è **meno netto!**

100



L'andamento della precipitazione (massimo annuale di pioggia giornaliera) è **più marcato!**

Fonte: Copernicus Interactive Climate Atlas

CARATTERISTICHE DELLA PRECIPITAZIONE



Il modo in cui la precipitazione si scarica a terra dipende da molti fattori locali, soprattutto:

- ❖ Distanza dal mare
- ❖ Vicinanza con versanti montuosi

Il modo in cui la precipitazione si trasforma in risorsa idrica dipende da molti fattori, soprattutto:

- ❖ Morfologia del territorio (es. pendenze)
- ❖ Permeabilità del terreno (es. coperture)
- ❖ Intensità dell'evento di pioggia

È possibile capire se un evento che accade oggi è eccezionale?

Sì! Un evento eccezionale è un **evento poco probabile** (non «normale»).

Ho bisogno di avere a disposizione moltissimi anni di misura : **più ce ne sono**, più sarò fiduciosa della mia conclusione.

È possibile capire se l'eccezionalità è dovuta al cambiamento climatico?

È molto più difficile! Si tratta di capire come il cambiamento climatico cambia l'aspetto della probabilità di accadimento degli eventi (**potrebbe rendere normale ciò che nel passato era eccezionale**).

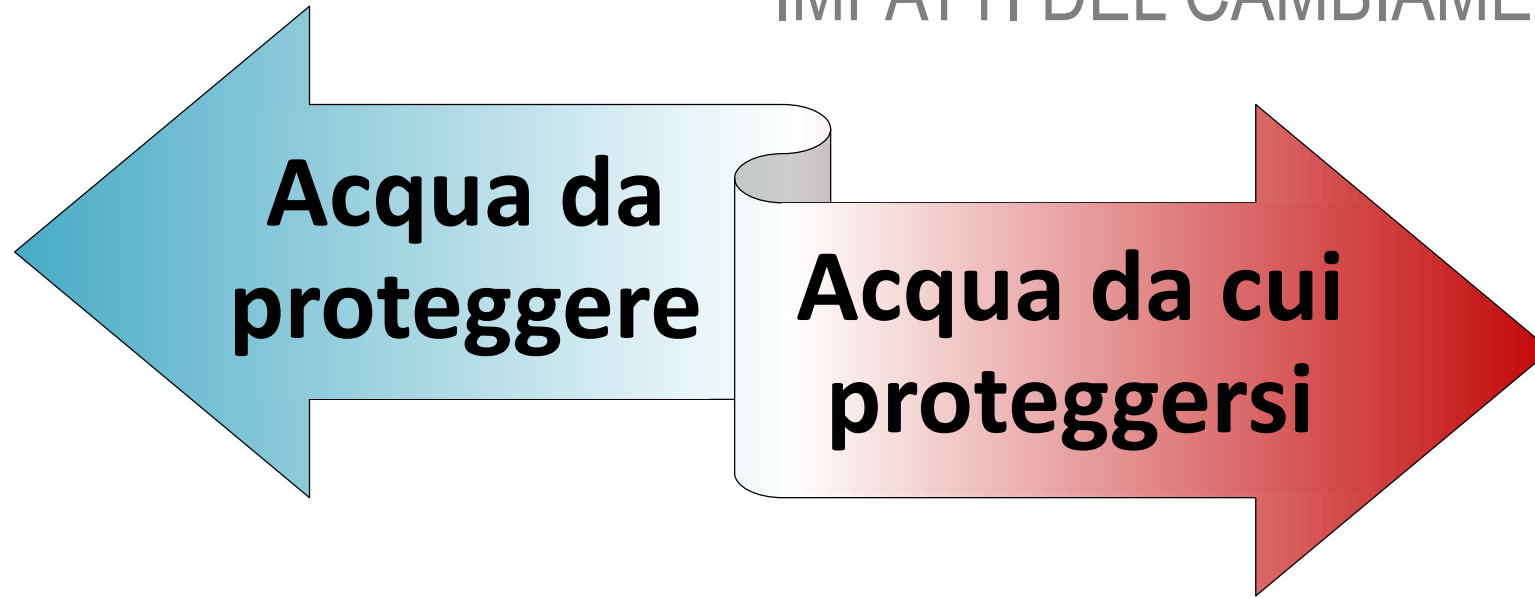
Ci crea difficoltà il fatto che **ci vogliono molti anni** per capire se la «differenza» osservata con il passato rientra nella naturale variabilità del clima

La **Temperatura media (giornaliera, annua, mensile) sta aumentando dappertutto, seppure con ritmi un po' diversi**

Questo effetto del cambiamento climatico è comprovato dalle osservazioni e valido un po' ovunque nel mondo.

La **Precipitazione media annua sta aumentando in variabilità, e in alcuni luoghi tende a diminuire. La **Precipitazione massima annua** sta aumentando un po' dappertutto.**

In entrambi i casi, però, questo cambiamento può essere molto diverso da luogo a luogo.



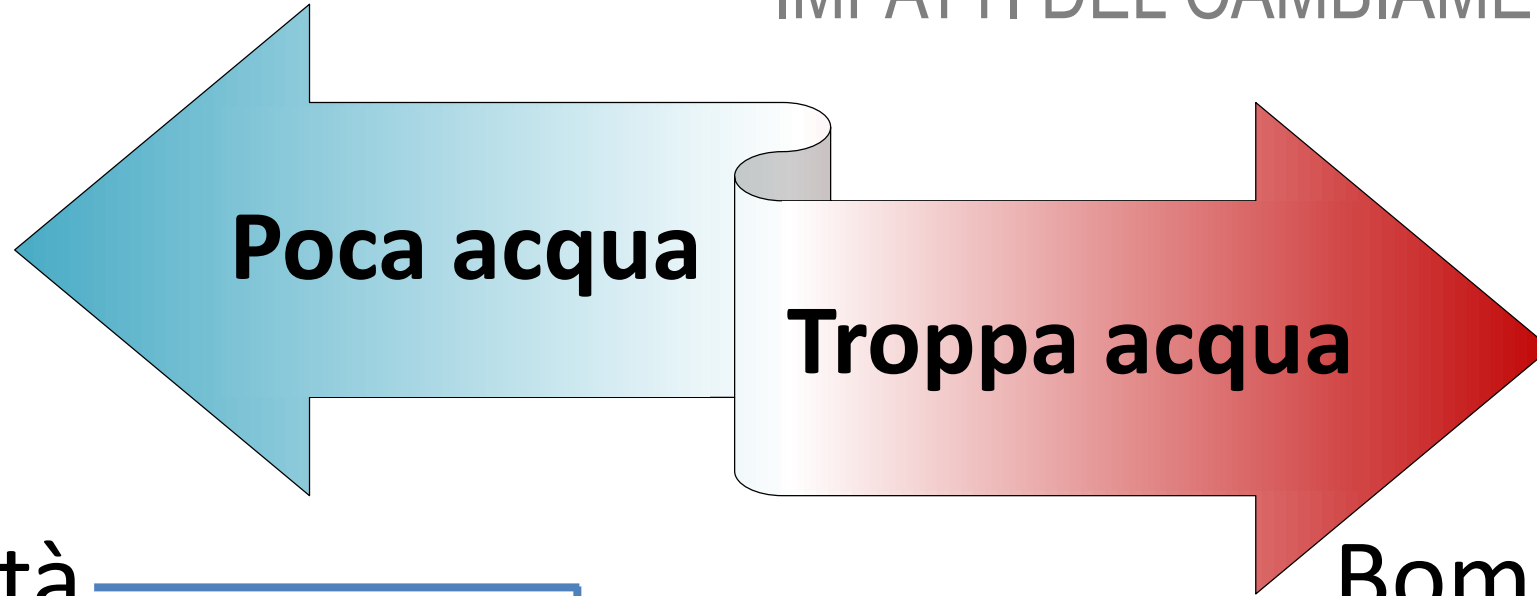
Il cambiamento climatico può diminuire la disponibilità e/o peggiorare la qualità dell'acqua che serve:

All'uomo per bere e per svolgere attività sociali ed economiche
Agli ecosistemi per preservarsi

Il cambiamento climatico può aumentare l'intensità e/o la frequenza degli eventi estremi e ciò rappresenta un pericolo:

Per l'uomo, la sua salute, le proprietà, i beni, le infrastrutture

Per gli ecosistemi, che ne potrebbero essere danneggiati



Siccità



impreciso

Scarsità idrica

La risorsa disponibile non riesce a soddisfare i fabbisogni

L'acqua (pioggia o altro) è minore del «normale»

Bombe d'acqua



Non esiste

Alluvioni

L'acqua sommerge territori che normalmente sono asciutti

IL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

- Dissesti sugli impianti di trattamento

- Aumento dei volumi da trattare

- Dissesti sulla rete di drenaggio

Recapito

A norma di legge per preservare l'ambiente

Trattamento

Protegge il corpo idrico ricettore

Raccolta

Tramite la fognatura (acque reflue e acque di pioggia)



1 Captazione e prelievo

Da sorgenti, invasi e/o pozzi

2 Potabilizzazione

Qualità dell'acqua

3 Distribuzione

Assicura il recapito con adeguate quantità e qualità

- Diminuzione della disponibilità di risorsa idrica
- Interrimento dei serbatoi
- Competizione all'uso della risorsa

- Peggioramento della qualità dell'acqua

- Dissesti sulla rete idrica
- Aumento dei consumi

PERICOLOSITÀ

È la probabilità che si verifichi un evento eccezionale in un dato luogo in un dato arco di tempo. Dipende dall'evento naturale.

$$R = P \times E \times V$$

ESPOSIZIONE

Sono le «cose» che potrebbero essere danneggiate: persone, abitazioni, beni, infrastrutture, attività economiche.

VULNERABILITÀ

È la propensione delle «cose» ad essere danneggiate da quel tipo di evento. Ad esempio: età o altezza delle persone, stato di manutenzione delle infrastrutture.

PERICOLOSITÀ

Agire sulle cause primarie
riducendo le emissioni

e

Aumentando gli
assorbimenti



MITIGAZIONE

$$R = P \times E \times V$$

ESPOSIZIONE

Diminuire gli elementi
esposti

Delocalizzando persone e
attività economiche
dalle zone a rischio



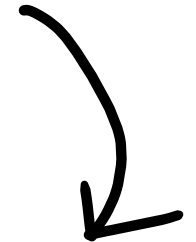
ADATTAMENTO

VULNERABILITÀ

Migliorare le condizioni degli
elementi esposti
manutenendo il territorio e le
infrastrutture

e

diminuendo il consumo di suolo



PIANO NAZIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Strategia Nazionale adattamenti climatici

DICEMBRE 2022

EU Climate Adaptation Strategy

Community Workshops
14.00 - 16.00 CET

High-level science-policy panels
16.15 - 18.00 CET

25-26
February 2021



**LAZIO,
REGIONE SOSTENIBILE**

Presentazione della
**STRATEGIA DI ADATTAMENTO
CLIMATICO DI ROMA CAPITALE**

PIANO
clima
ROMA

AZIONI DI ADATTAMENTO

REGIONE LIGURIA



**STRATEGIA REGIONALE
DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**



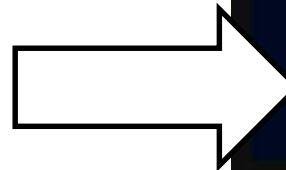
**STRATEGIA DI ADATTAMENTO
AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

della Regione autonoma Valle d'Aosta

Il cambiamento climatico può inasprire i pericoli, ma può anche aumentare le vulnerabilità. Agire sulle vulnerabilità è una iniziativa **win-win** (conviene a tutti!). Agire sulle vulnerabilità significa ad esempio:

- ❖ migliorare la gestione del territorio
- ❖ migliorare la gestione della risorsa acqua
- ❖ contrastare il consumo di suolo
- ❖ aumentare la consapevolezza dei rischi
- ❖ migliorare le conoscenze (digitalizzazione dei dati e dei territori)

Verso il Digital Twin del sistema Terra



Grazie per l'attenzione

Dipartimento di **Ingegneria Civile, Edile e Ambientale**

Università degli Studi di Napoli Federico II

roberta.padulano@unina.it

È possibile capire se un evento che accade oggi è eccezionale?

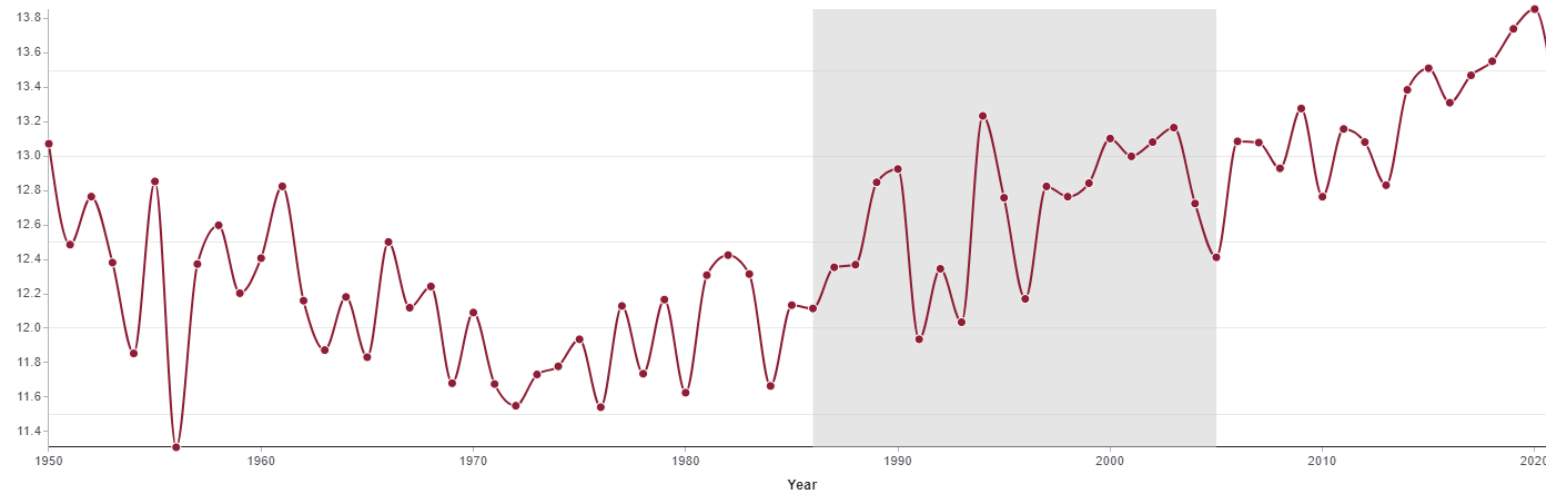
Sì! Basta confrontare la misura con tutte quelle precedenti: **più ce ne sono**, più sarò fiduciosa della mia conclusione

È possibile capire se l'eccezionalità è dovuta al cambiamento climatico?

No! Ci crea difficoltà il fatto che **ci vogliono molti anni** per capire se la «differenza» osservata con il passato rientra nella naturale variabilità del clima

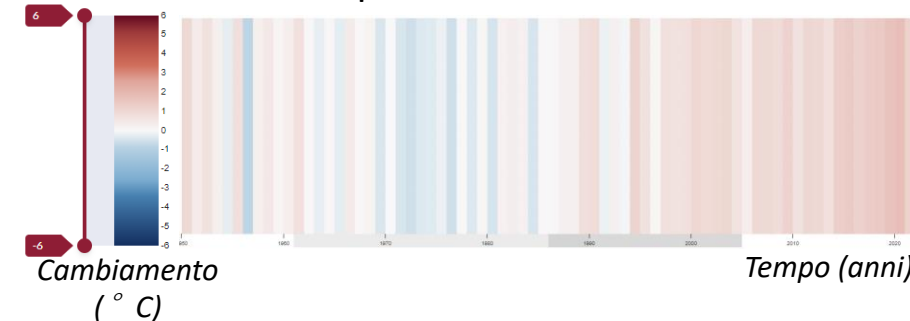
MEDITERRANEAN

Time series Climate stripes Annual cycle Seasonal stripes



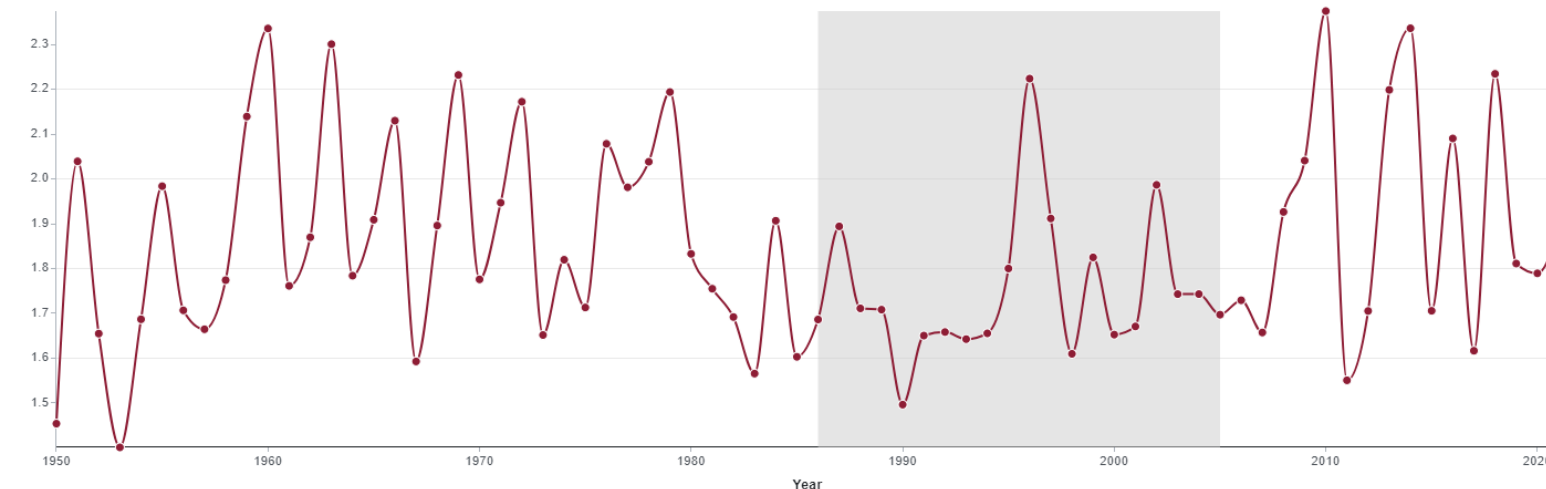
× PIOGGIA VS. TEMPERATURA

L'andamento della temperatura (media giornaliera) è più netto!

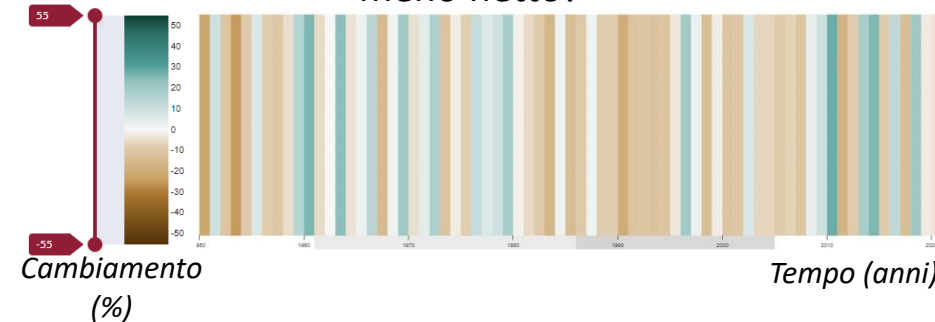


MEDITERRANEAN

Time series Climate stripes Annual cycle Seasonal stripes



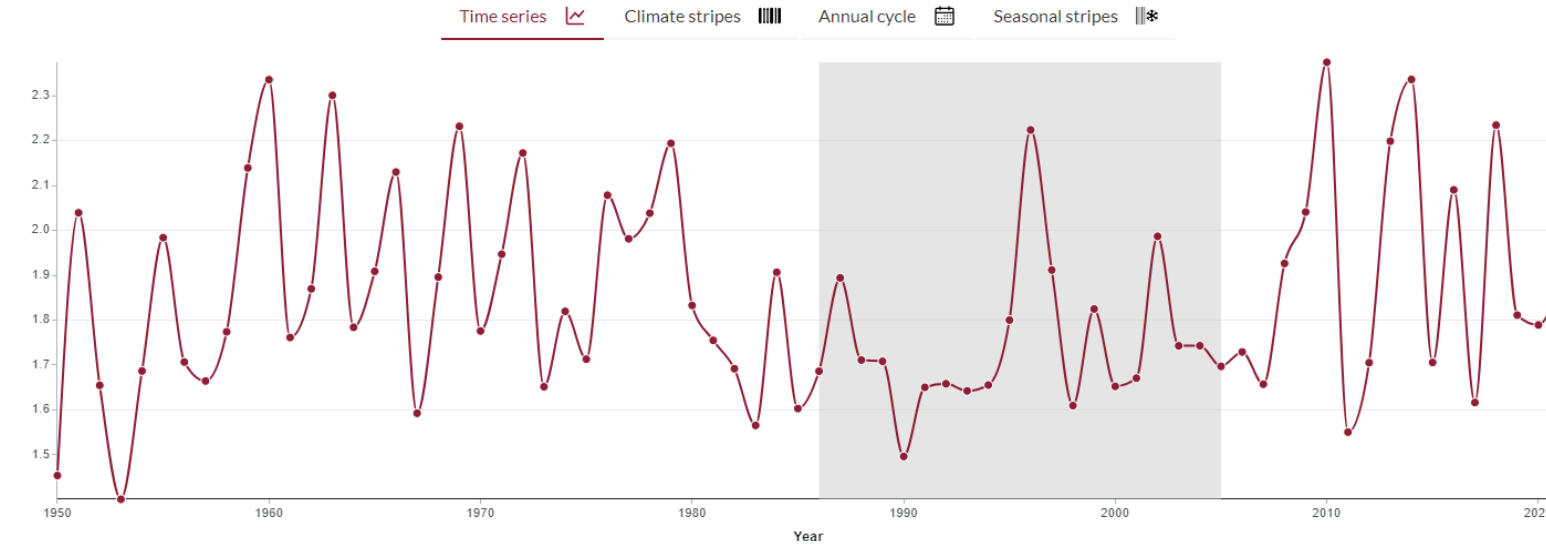
L'andamento della precipitazione (media giornaliera) è meno netto!



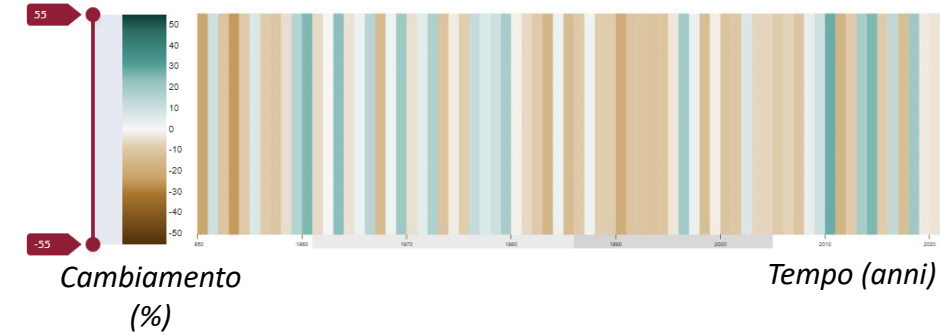
Fonte: Copernicus Interactive Climate Atlas

PIOGGIA MEDIA VS. ESTREMA

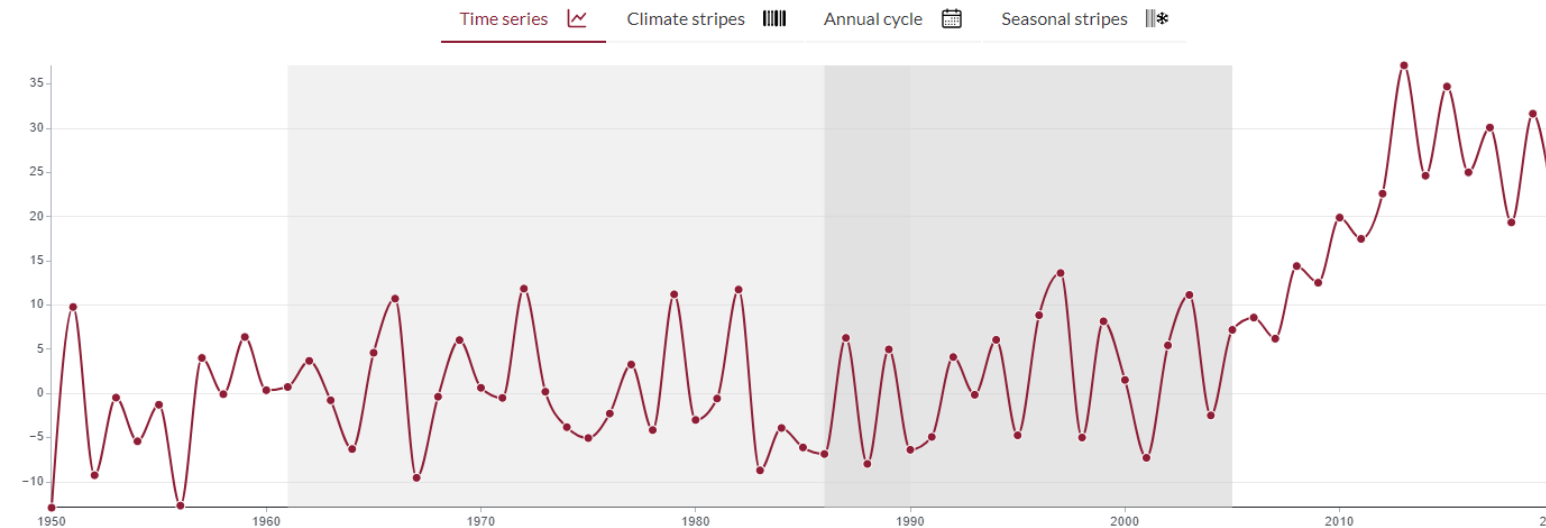
MEDITERRANEAN



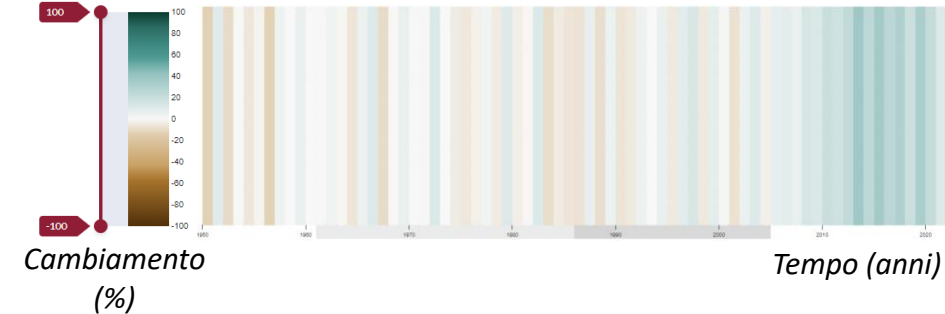
L'andamento della precipitazione (media giornaliera) è meno netto!



MEDITERRANEAN

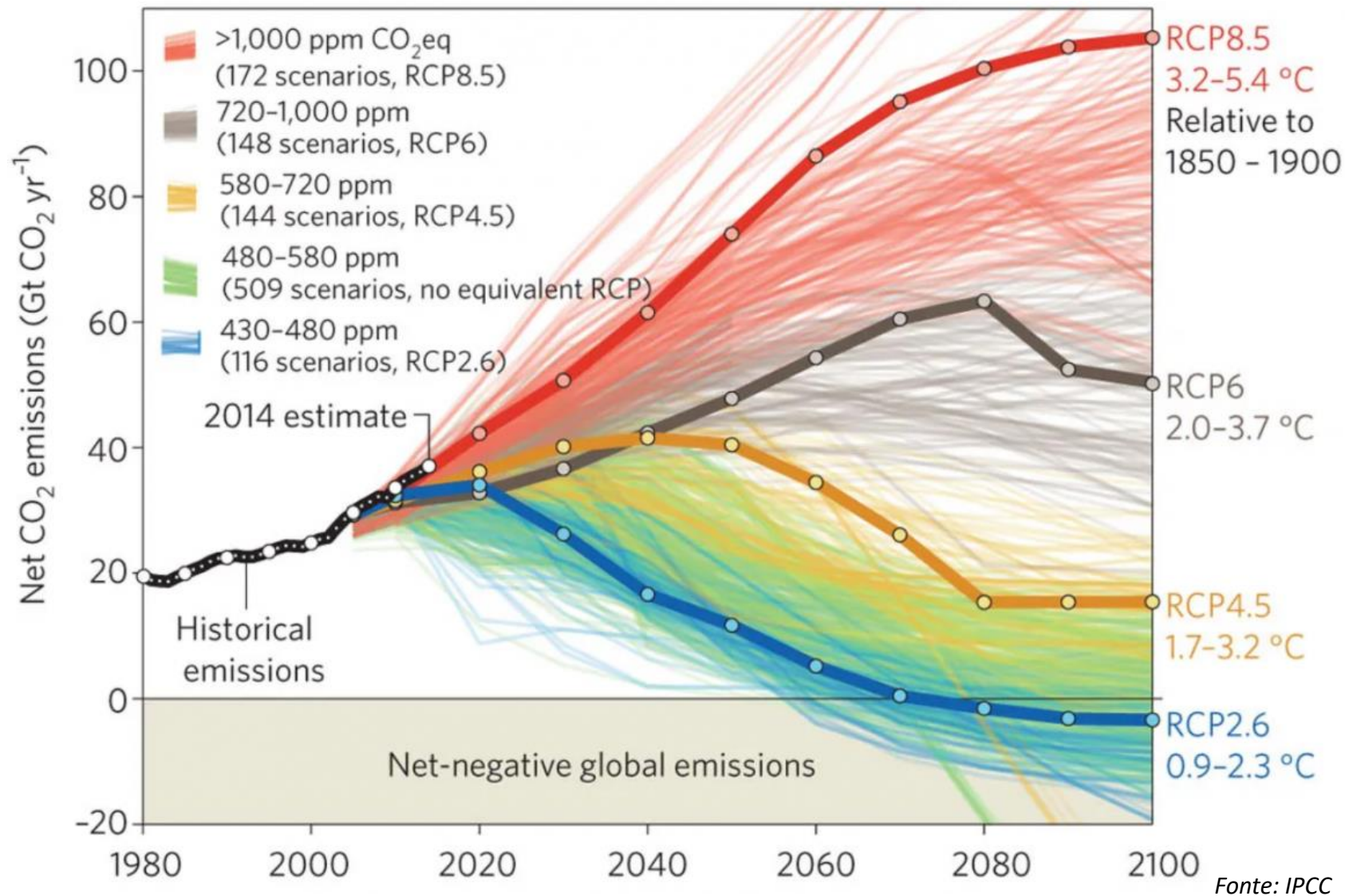


L'andamento della precipitazione (massimo annuale di pioggia giornaliera) è più marcato!



Fonte: Copernicus Interactive Climate Atlas

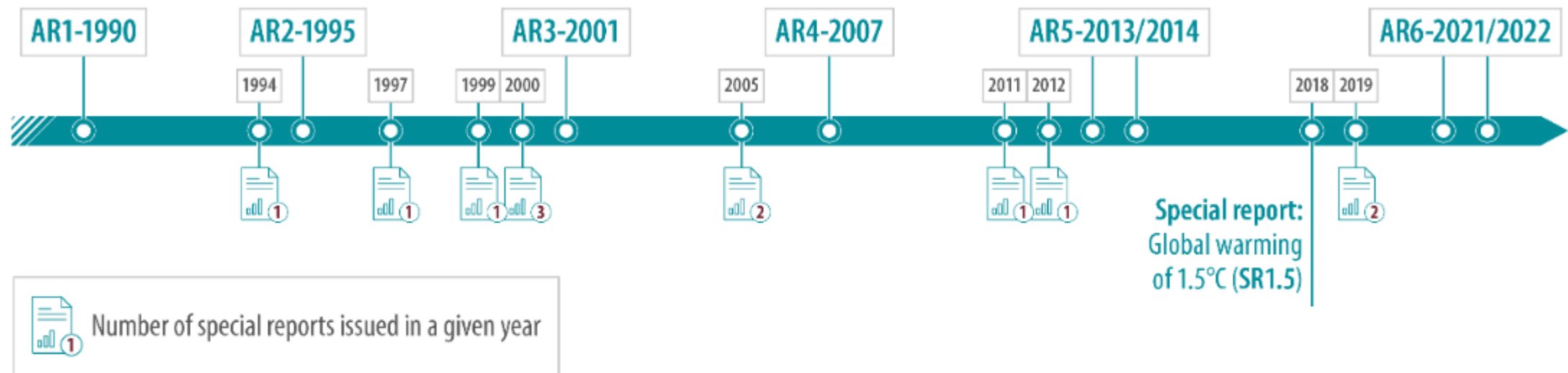
SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO



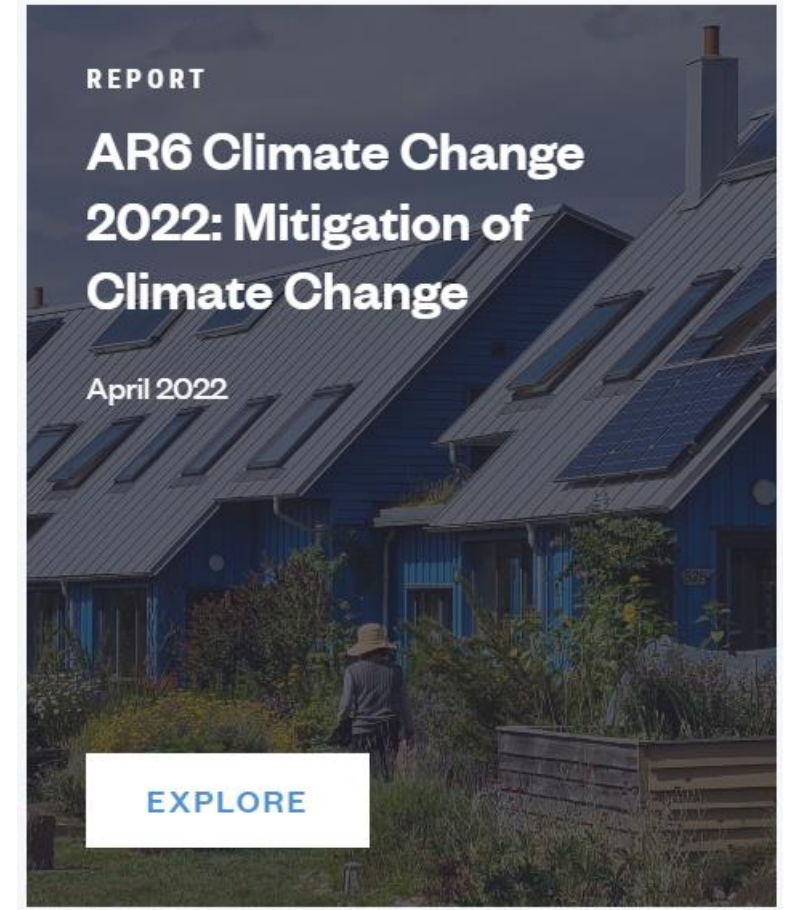
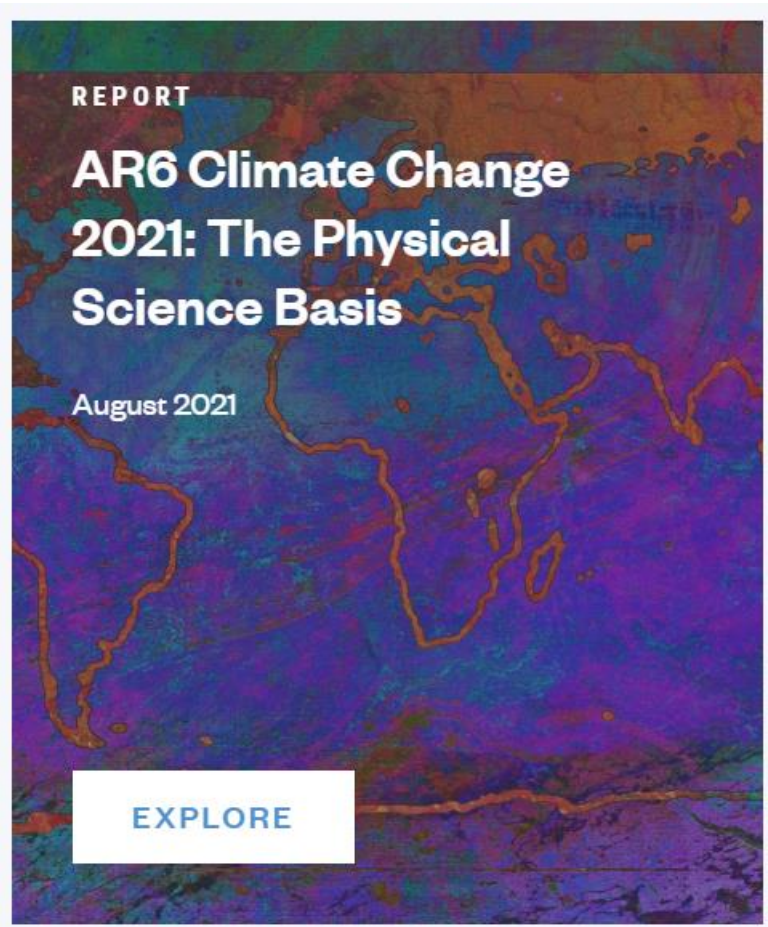
La comunità scientifica consiglia di **guardare più avanti nel tempo**, per comprendere come il cambiamento climatico possa avere impatti sul lungo periodo.

Intergovernmental Panel on Climate Change

È un panel che raggruppa scienziati ed esperti da tutto il mondo sulle tematiche del cambiamento climatico, in un'ottica di multidisciplinarietà.



Source: EPRS graphic, based on information from IPCC website.



Comprendere

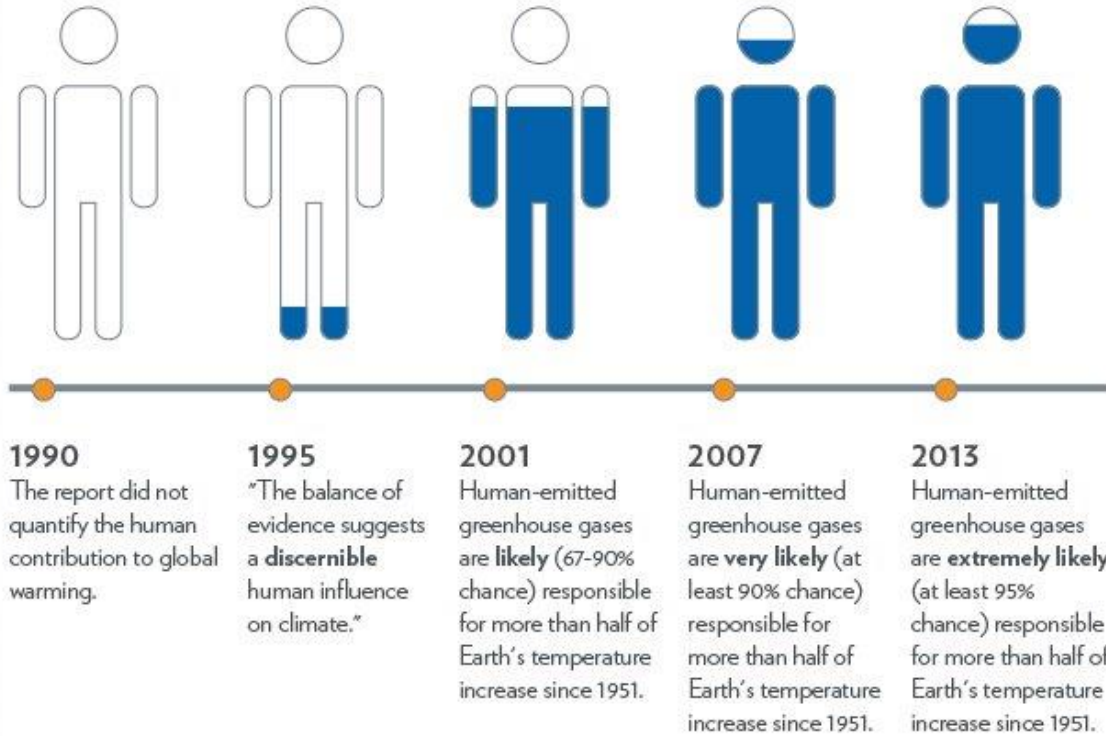
Misurare e Analizzare

Progettare soluzioni

Q: How have the IPCC reports changed through time?

(1990-2013)

■ Amount of Human-caused Warming



ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change

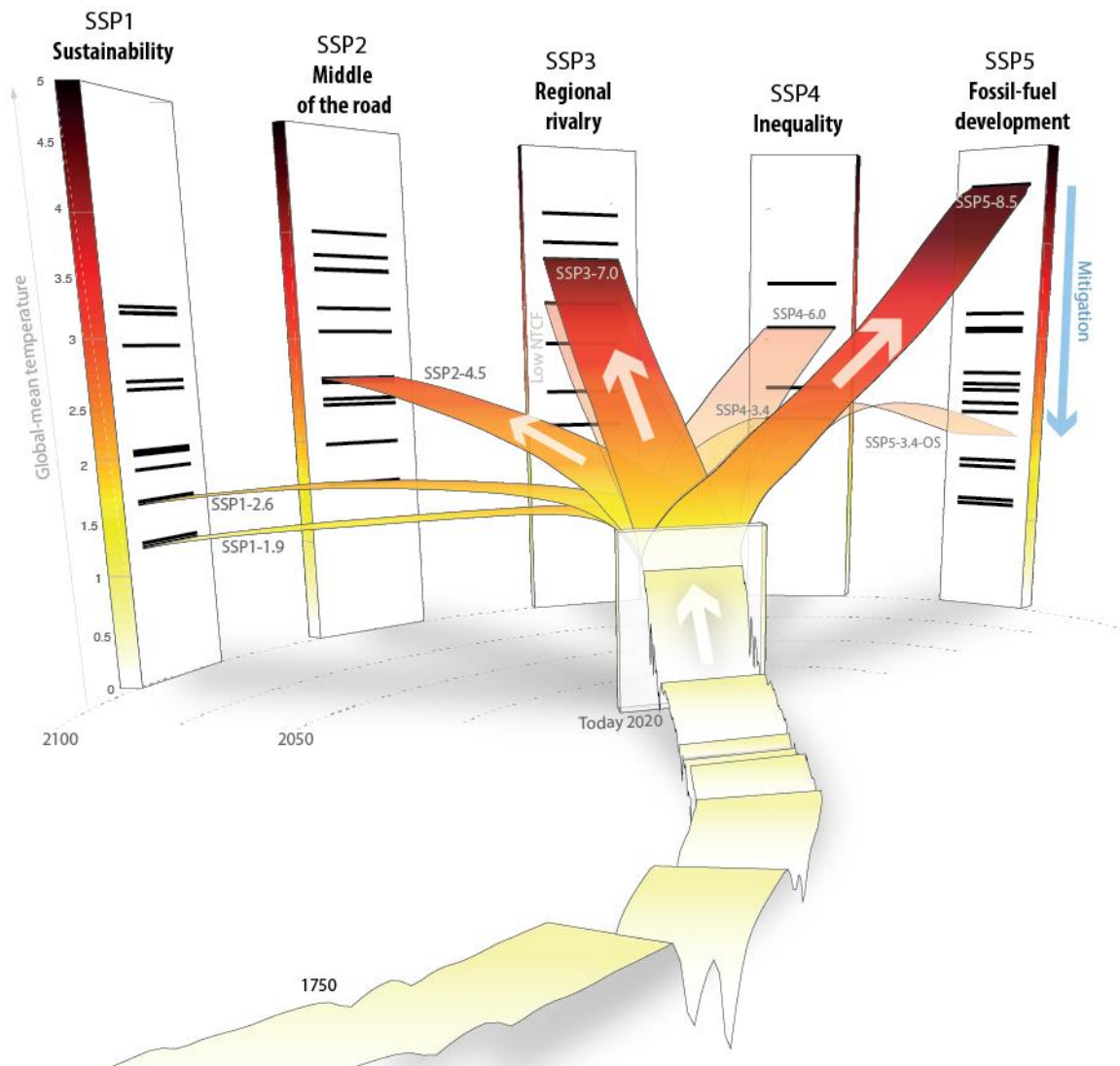


Nobel Peace Prize
Winner, 2007

Fonte: IPCC

La motivazione: "... per i loro sforzi volti alla costruzione e alla divulgazione di una vasta consapevolezza dell'effetto dell'uomo sui cambiamenti climatici, e per aver posto le fondamenta per le misure necessarie per contrastare tale cambiamento, l'IPCC ha fornito informazioni equilibrate sulle cause e sugli effetti del cambiamento del clima e sulle risposte possibili".

MITIGAZIONE E ADATTAMENTO



Fonte: Meinshausen et al. (2020) – <https://climatedata.ca/resource/understanding-shared-socio-economic-pathways-ssps/>

Il concetto di MITIGAZIONE

Intervento antropico volto a ridurre le fonti o a potenziare i pozzi di assorbimento dei gas a effetto serra.

Il concetto di ADATTAMENTO

Adattamento dei sistemi naturali o umani in risposta a stimoli climatici reali o previsti o ai loro effetti, che modera i danni o sfrutta le opportunità positive.

Previsioni (*forecast*) → meteo

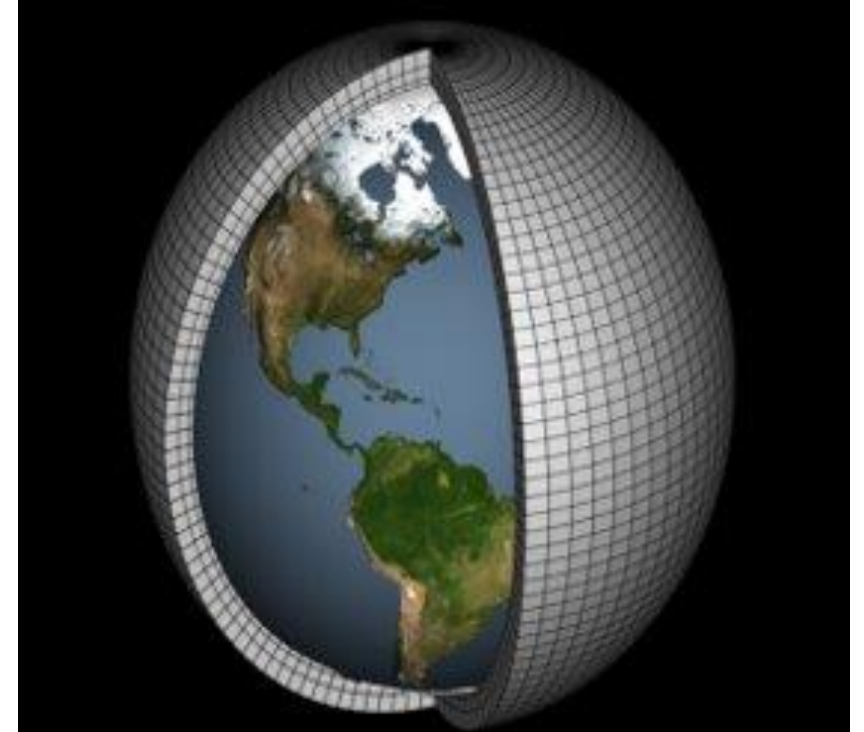
- Le previsioni tentano di dirci cosa accadrà domani (breve termine)
- Si basano su modelli e sono verificabili (basta aspettare che arrivi domani!)

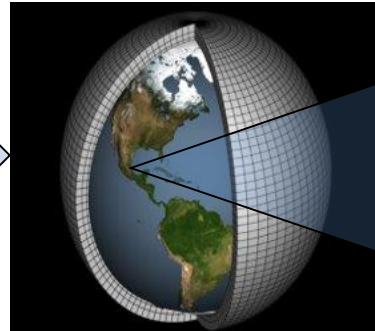
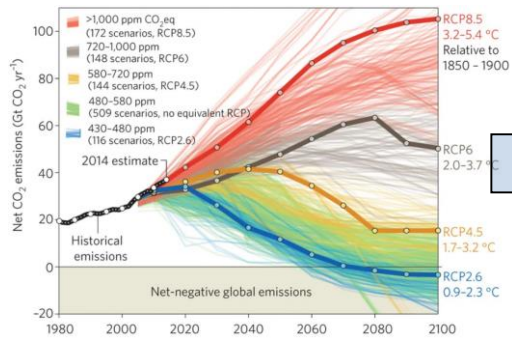
Proiezioni (*projections*) → clima

- Le proiezioni tentano di ipotizzare cosa potrebbe verosimilmente accadere nelle prossime decine di anni sotto certe ipotesi (lungo termine, condizioni al contorno)
- Si basano su modelli, ma non sono verificabili (non possiamo aspettare che passino trent'anni!)

Cos'è un **MODELLO DI CLIMA**?

- Un insieme di equazioni matematiche che rappresentano le leggi fisiche che descrivono l'evoluzione del sistema climatico.
- I modelli climatici possono essere molto semplici fino a molto complessi, inclusi tutti i componenti del sistema (Atmosfera, Oceano, Terra, Criosfera e Biosfera) e tutte le dinamiche, i processi fisici e le interazioni tra di loro.





Selezione dello scenario

Proiezione a scala globale

Proiezione a scala regionale

Modellazione dell'impatto

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



NUMEROSI
MULTIFACETTATI
|
INTERCONNESSI

IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO



| | |
|------------------|--|
| Chapter 1 | Point of Departure and Key Concepts |
| Chapter 2 | Terrestrial and Freshwater Ecosystems and Their Services |
| Chapter 3 | Oceans and Coastal Ecosystems and Their Services |
| Chapter 4 | Water |
| Chapter 5 | Food, Fibre and Other Ecosystem Products |
| Chapter 6 | Cities, Settlements and Key Infrastructure |
| Chapter 7 | Health, Wellbeing and the Changing Structure of Communities |
| Chapter 8 | Poverty, Livelihoods and Sustainable Development |

Il cambiamento climatico si misura osservandone gli impatti nell'atmosfera e al suolo.

Bisogna capire se il cambiamento climatico sta alterando le proprietà statistiche **(di lungo periodo)** del clima rispetto al passato. Non è semplice!

I modelli climatici, accoppiati agli scenari, sono delle **ipotesi di evoluzione del clima (*what if?*)**, ma non ambiscono a «prevedere» cosa realmente accadrà.

Sono comunque degli utili strumenti per capire se, sotto le stesse ipotesi, il cambiamento climatico **comporterà:**

- Un **inasprimento** dei pericoli naturali che già esistono
- La **nascita** di nuovi pericoli naturali

Hard → prevedono la realizzazione di un intervento fisico.

Soft → prevedono l'introduzione di regole e normative

Green → si ispirano a, emulano o ricreano processi naturali.
funzionano solo se diffuse sul territorio
vanno ad agire sulle prime fasi del processo «pericoloso»

Grey → Prevedono l'utilizzo di materiali artificiali.
funzionano anche in modo puntuale
vanno ad agire sulle ultime fasi del processo «pericoloso»

AZIONI DI ADATTAMENTO PER IL DISSESTO IDROGEOLOGICO

Green → funzionano bene per gestire gli eventi più frequenti (meno «eccezionali»)

Grey → funzionano bene in occasione di eventi particolarmente gravosi

Non sottovalutiamo le azioni Soft!

Manutenzione del territorio

Digitalizzazione del territorio

Monitoraggio del territorio

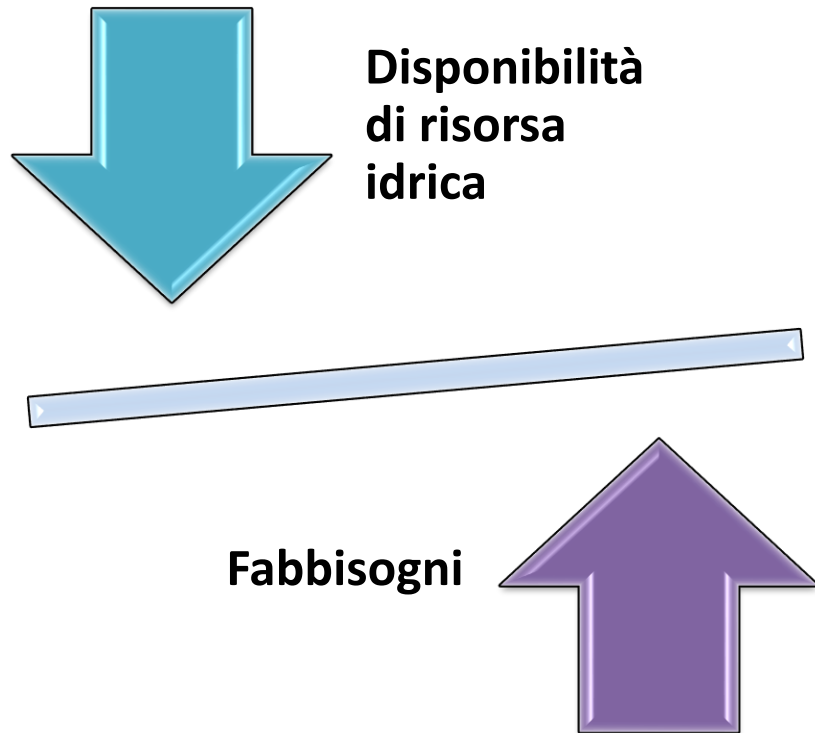
Per «alluvione» si intende la condizione in cui un luogo normalmente asciutto viene ad essere occupato dall'acqua

Alluvioni:
Urbane
Naturali

Alluvioni:
Fluviali
Pluviali

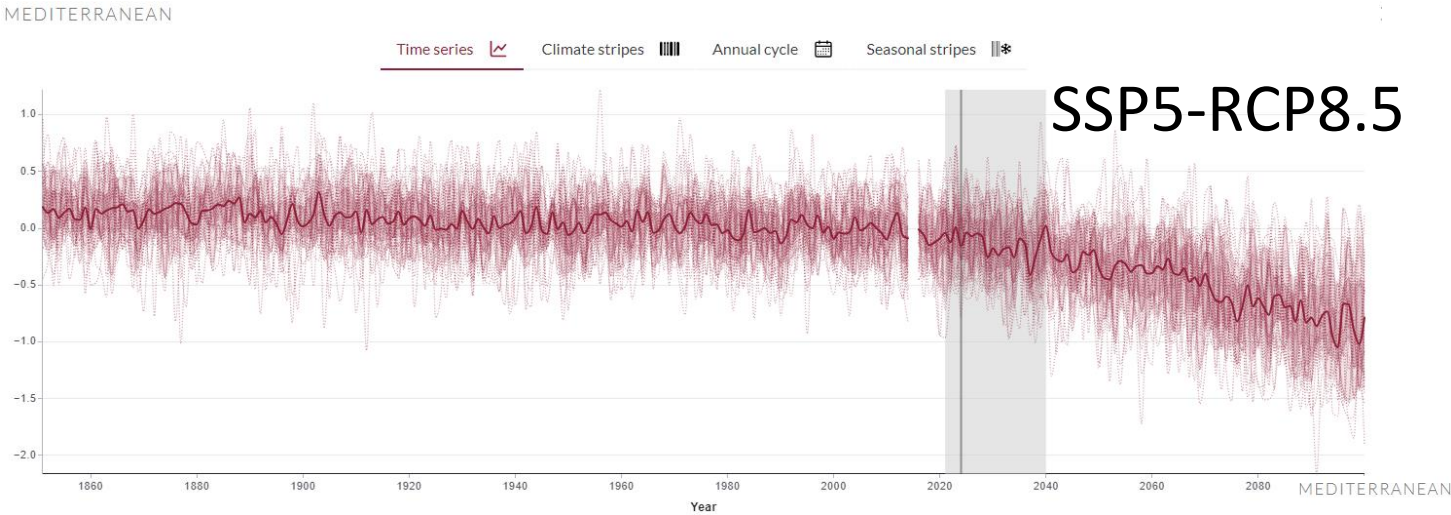
Le alluvioni pluviali urbane sono le più difficili da studiare!

SICCITÀ VS. SCARSITÀ IDRICA

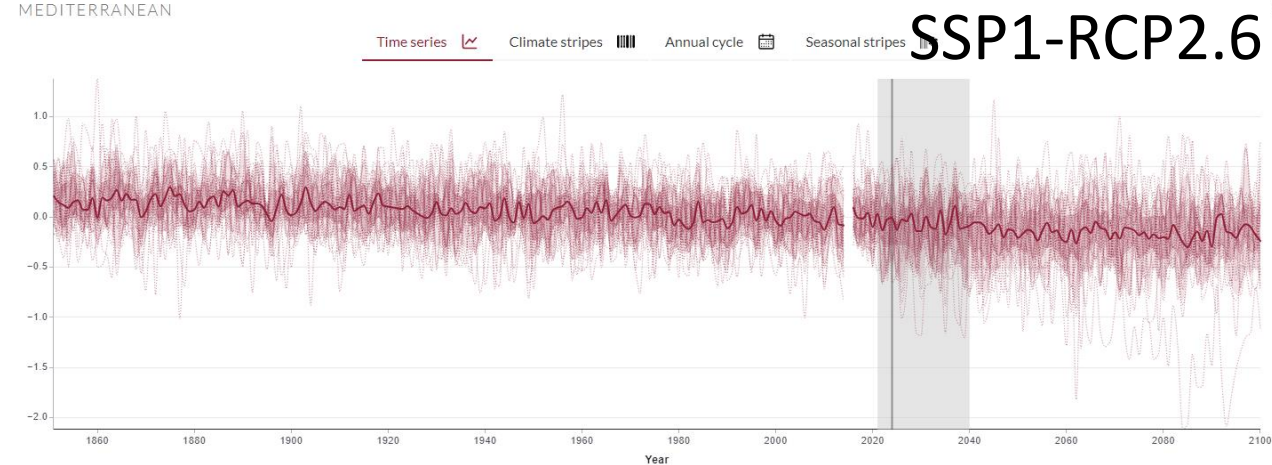


- ❖ La siccità consiste in una indisponibilità (quantitativa) di risorsa idrica, mentre la scarsità idrica si ha quando la disponibilità è inferiore al fabbisogno. Ci può essere siccità senza scarsità idrica.
- ❖ La siccità si definisce come una condizione in cui una quantità risulta particolarmente più bassa delle sue condizioni “normali” cioè medie.
- ❖ Ne consegue che se in un certo periodo dell’anno normalmente la pioggia è scarsa (ad esempio in estate), non si può parlare di siccità.

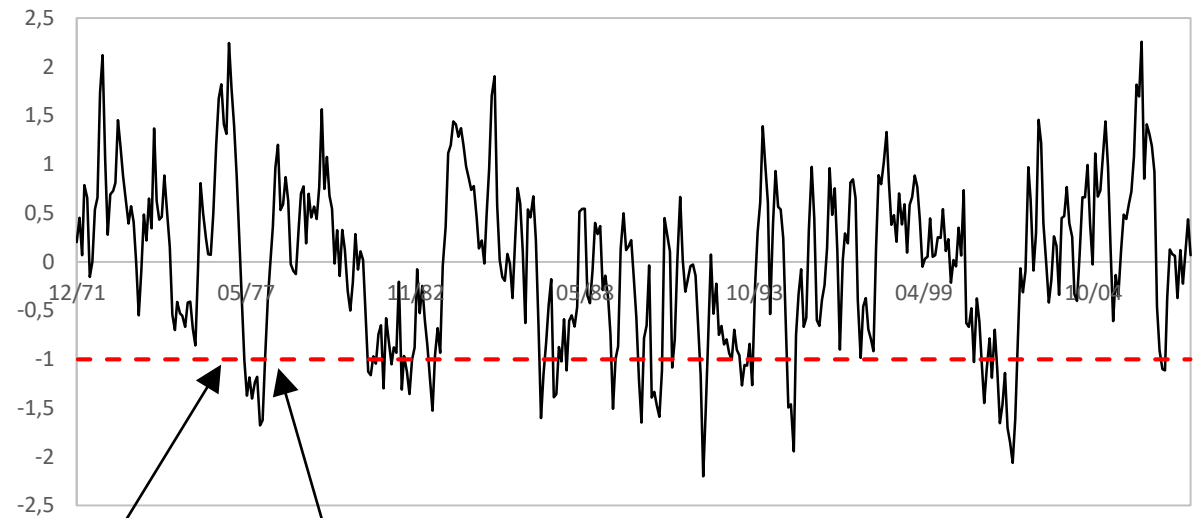
Come si misura la siccità?



SPI-6 misura il deficit di pioggia nell'arco di 6 mesi – Più è piccolo meno pioggia c'è

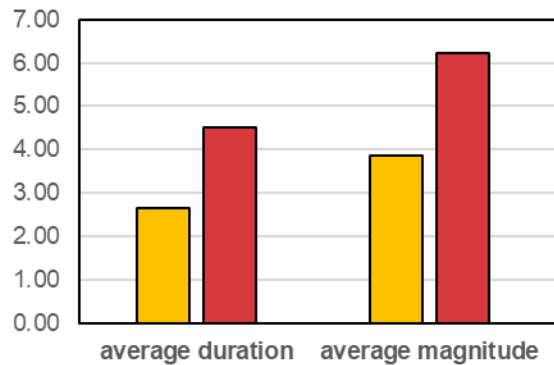


In alcuni bacini del Sud-Italia si proietta un futuro in cui vi saranno meno eventi di siccità, ma più lunghi e intensi



L'evento inizia quando SPI scende sotto -1

L'evento finisce quando SPI risale sopra -1

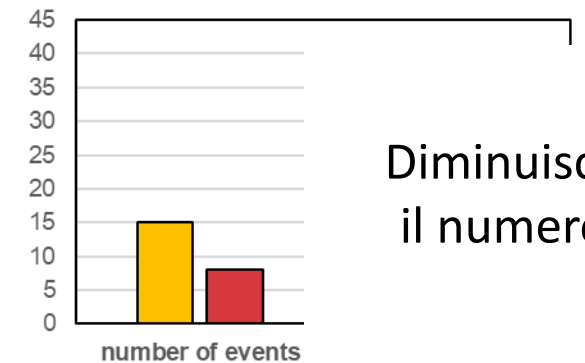


Aumentano la durata e l'intensità



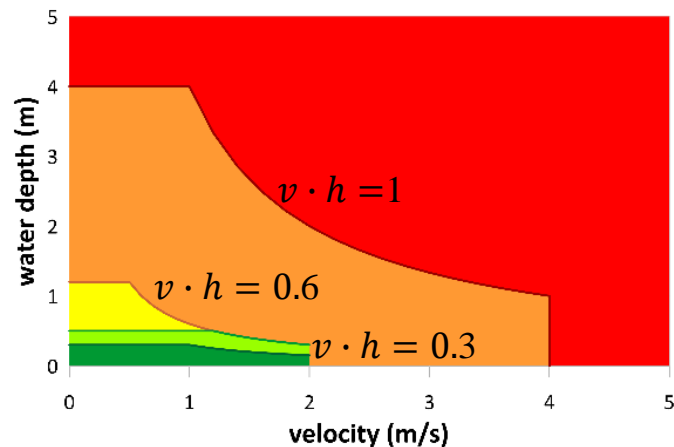
Highlander

High performance computing to support smart land services

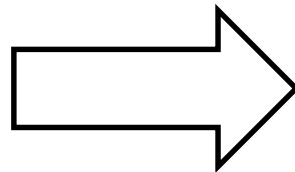


Diminuisce il numero

Bisogna modellare, per un certo evento di pioggia, quali parti del suolo saranno coperte di acqua; quanto vale il battente di acqua; con che velocità si sposta. Per far questo è necessario conoscere la morfologia del suolo nel dettaglio (strade, edifici, pendenze, quote, tipologia di copertura, **permeabilità**, posizione della rete fognaria)



Si trasformano questi numeri in «classi di pericolo» per i pedoni, gli edifici etc.

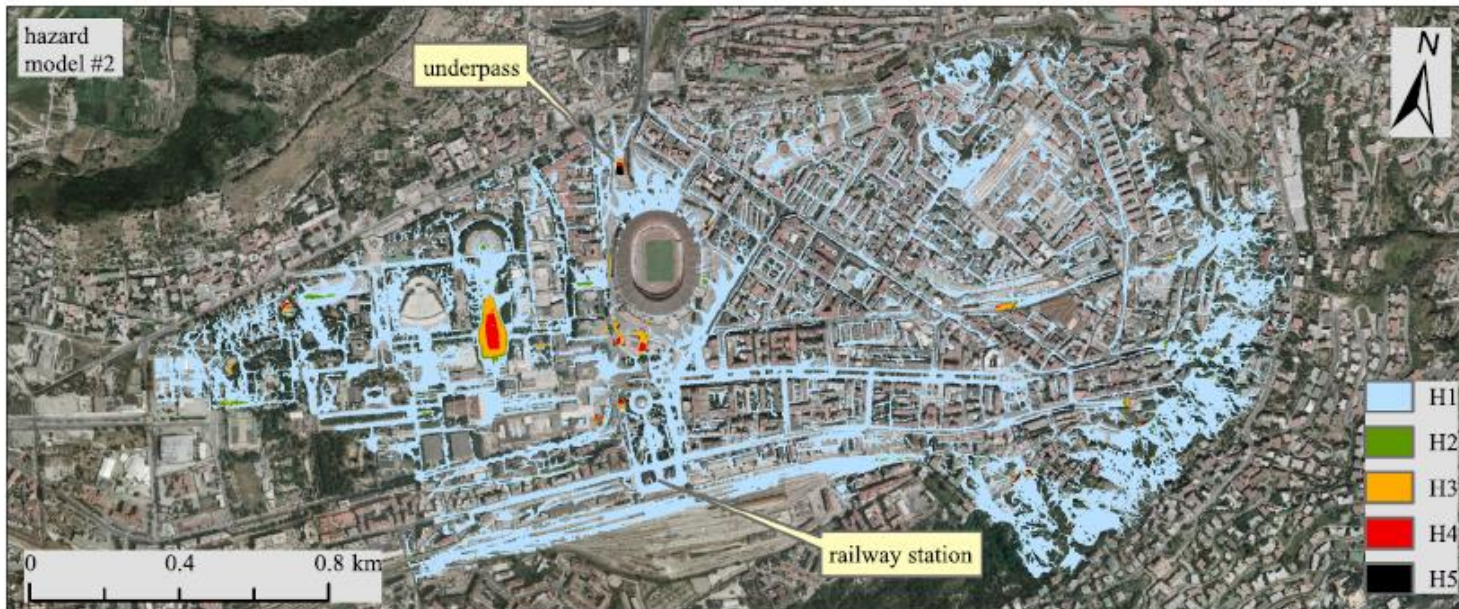
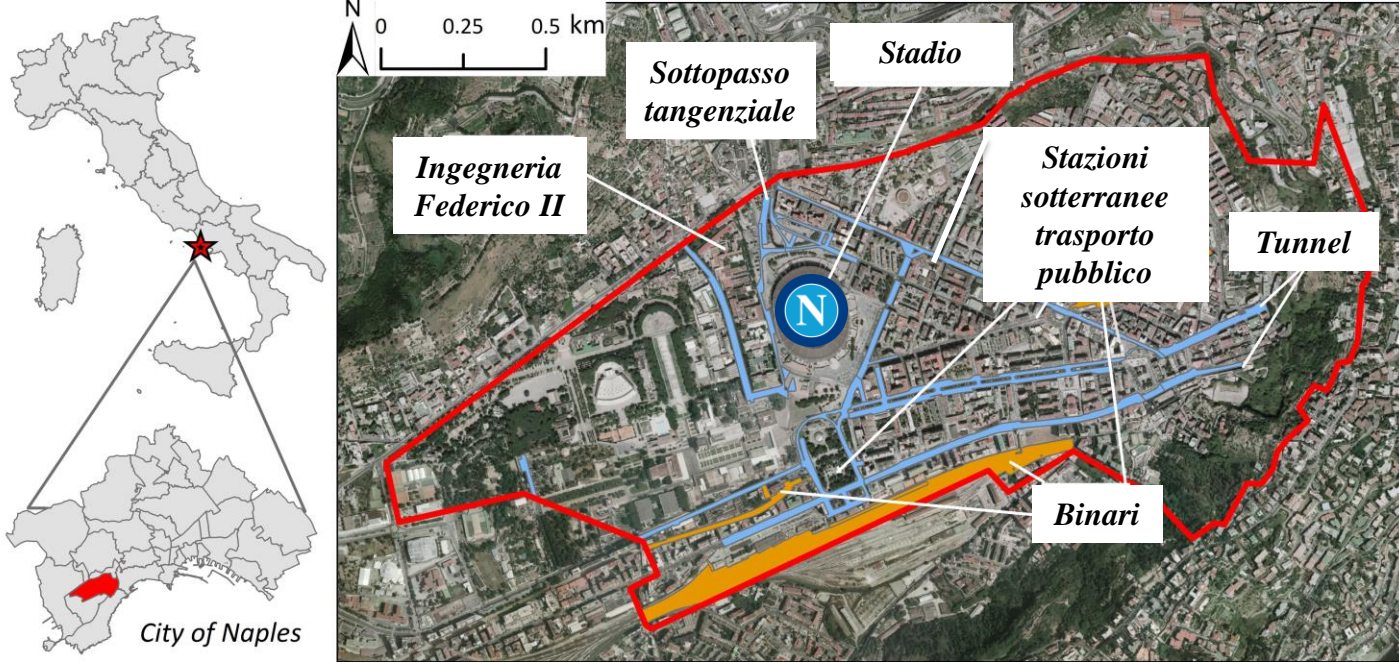


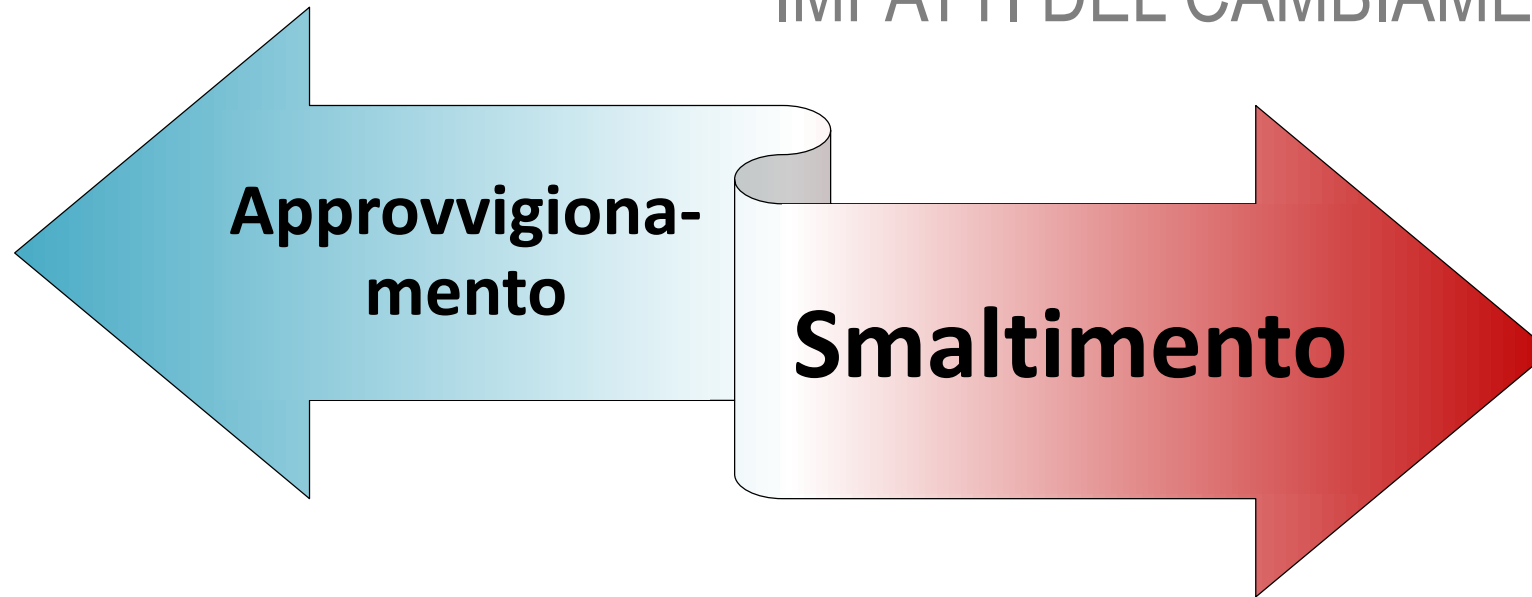
- Conceived for inundation problems due to rivers.
- Five Hazard classes according to depth, velocity and unitary discharge (velocity*depth product).
- Velocities < 2 m/s are OK!
- Depths < 0.3 m are OK!

Come si misurano le alluvioni?

Per Napoli è stato dimostrato che gli eventi di pioggia intensa (e dunque di alluvione) aumenteranno in intensità e frequenza

Un evento che oggi è stimato accadere mediamente una volta ogni 200 anni avverrà, in futuro, tra ogni 20 ca. (RCP 8.5) e ogni 80 ca. (RCP 2.6)





- **Diminuzione della disponibilità di risorsa idrica (sia superficiale che profonda)**
 - Peggioramento della qualità dell'acqua
 - Dissesti sulla rete idrica
 - Interrimento dei serbatoi
 - Competizione all'uso della risorsa
 - Aumento dei consumi
- **Aumento delle portate da smaltire**
 - Dissesti sulla rete di drenaggio
 - Aumento dei volumi da depurare
 - Dissesti sugli impianti di trattamento