Evidenze scientifiche del cambiamento climatico

Paola Mercogliano

EDUCATION

Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

La Fondazione CMCC è un **ente di ricerca no profit**, che realizza **studi e modelli del sistema climatico e delle sue interazioni con la società e con l'ambiente** per garantire risultati affidabili, tempestivi e rigorosi al fine di **stimolare una crescita sostenibile, proteggere l'ambiente e sviluppare**, nel contesto dei cambiamenti climatici, **politiche di adattamento e mitigazione** fondate su conoscenze scientifiche.

Le sedi

I partner

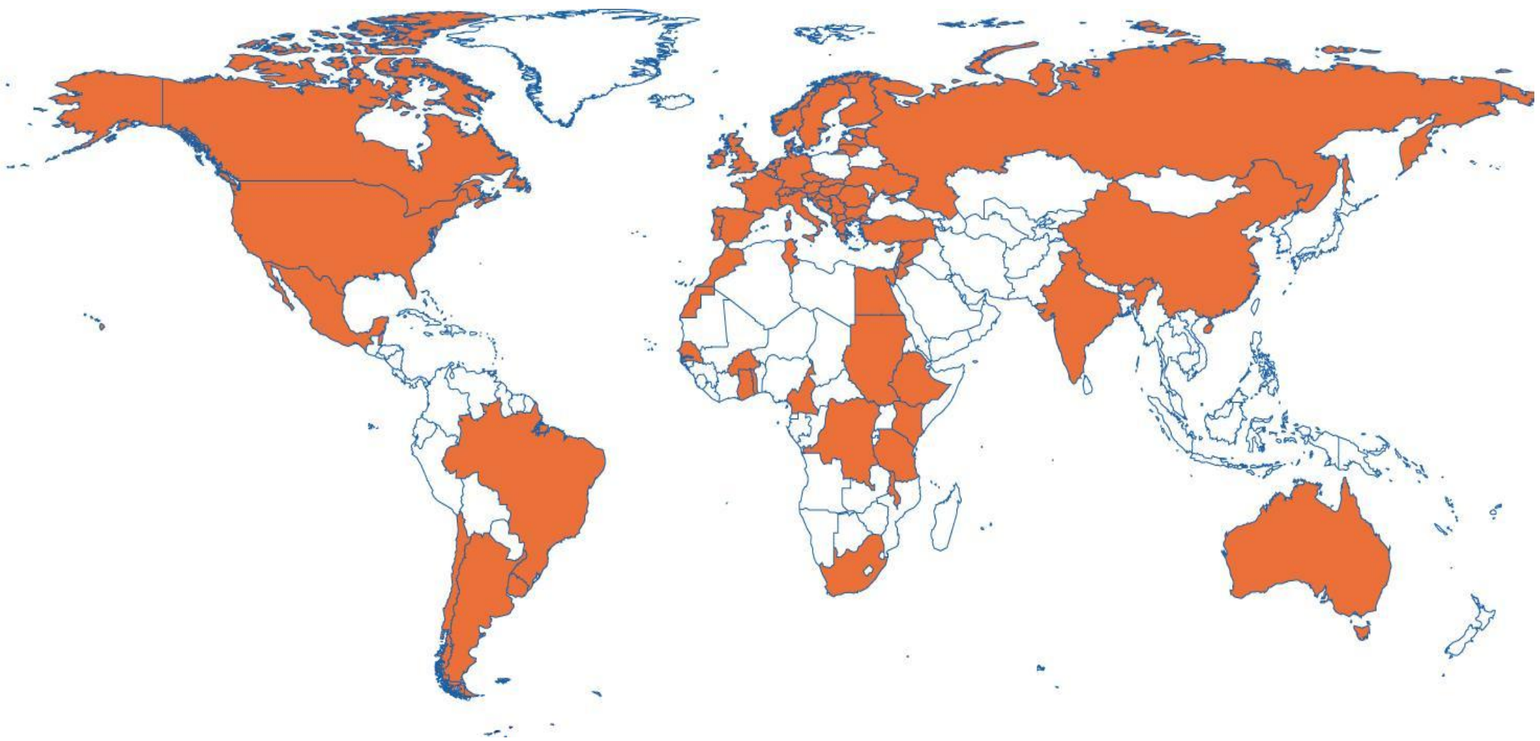
Università del Salento
Università degli Studi della Tuscia
uniss Università degli Studi di Sassari
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Politecnico Milano 1863
Università Ca'Foscari Venezia
RFF cmcc European Institute on Economics and the Environment
CIRA Centro Italiano Ricerche Aerospaziali

WEBINAR

EDUCATION

La fondazione CMCC e l'IPCC

Il CMCC collabora con i migliori centri internazionali specializzati nella ricerca climatica avanzata e applicata ed ha partecipato a progetti d'avanguardia in collaborazione con oltre **700 istituzioni di 71 Paesi**.



Dal 2006 il CMCC è **National Focal Point dell'IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change), il principale organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici.

ipcc

The Intergovernmental Panel on Climate Change

L’IPCC è un forum scientifico istituito nel 1988 dall’Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e dal Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP), con l’obiettivo di studiare il riscaldamento globale.

L’IPCC non effettua ricerche “in proprio”, né effettua attività di monitoraggio del clima e dei fenomeni ad esso connessi. L’attività principale dell’IPCC è la pubblicazione di report (special reports), che sono poi alla base di accordi mondiali quali la **Convenzione quadro delle Nazioni Unite** sui cambiamenti climatici e il **Protocollo di Kyoto che l'attua**.

WMO UNEP

Nobel

2007 PEACE PRIZE

©® THE NOBEL FOUNDATION

WEBINAR

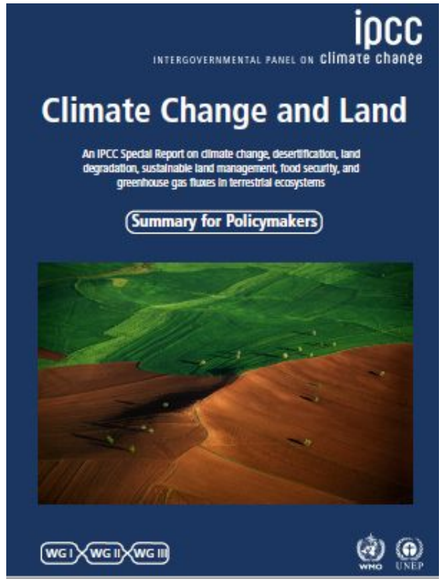
EDUCATION

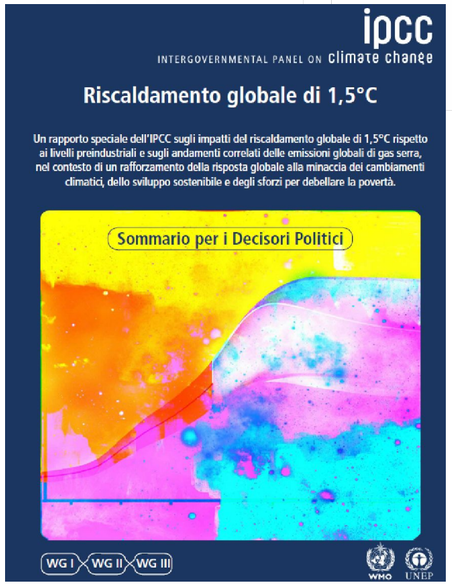
ipcc

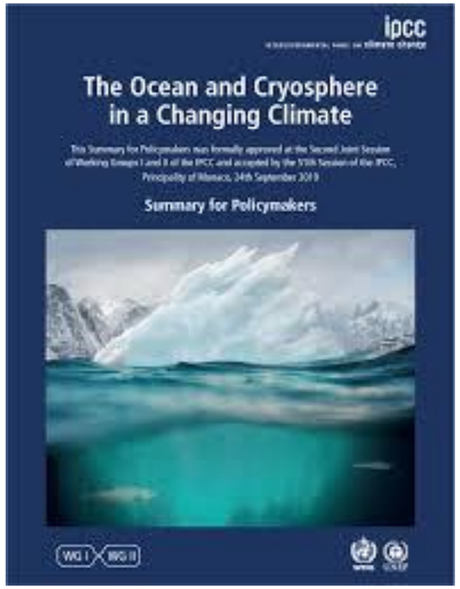
The Intergovernmental Panel on Climate Change

All’IPCC contribuiscono centinaia di scienziati provenienti da tutto il mondo. La scelta degli scienziati in questi comitati è basata su alti standard scientifici e sulla rappresentazione geografica equilibrata.

Gli ultimi Report dell’IPCC



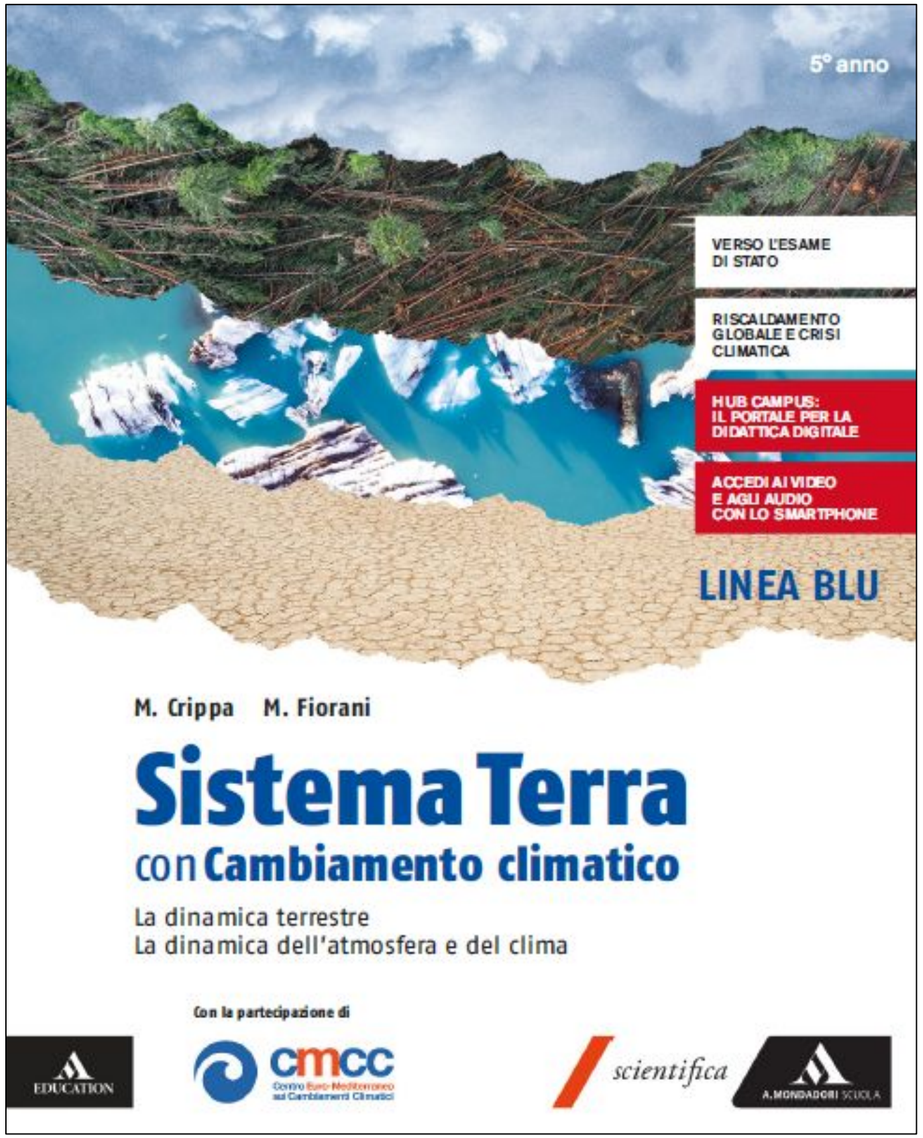


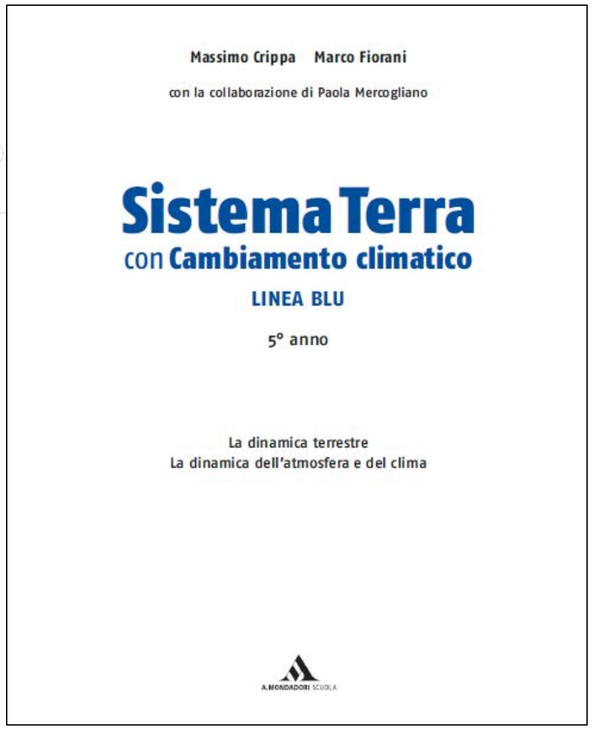


I report dell’IPCC sono politicamente neutrali

WEBINAR
EDUCATION

CMCC e Mondadori Education: una collaborazione





EDUCATION

Le parole del cambiamento climatico

WEBINAR

EDUCATION

Il clima e il meteo

Il **tempo meteorologico** è una successione di fenomeni atmosferici dalla durata molto limitata, dell'ordine di ore o di qualche giorno; per esempio: il vento, le formazioni delle nubi, le precipitazioni.

Quando ci riferiamo alle condizioni meteorologiche di una località, diamo sempre precise indicazioni temporali.
Il tempo meteorologico cambia di minuto in minuto, di ora in ora e così via.

Il **clima** è l'insieme delle condizioni meteorologiche in un determinato posto per un periodo lungo (almeno 30 anni); ovvero la media dei valori meteorologici.

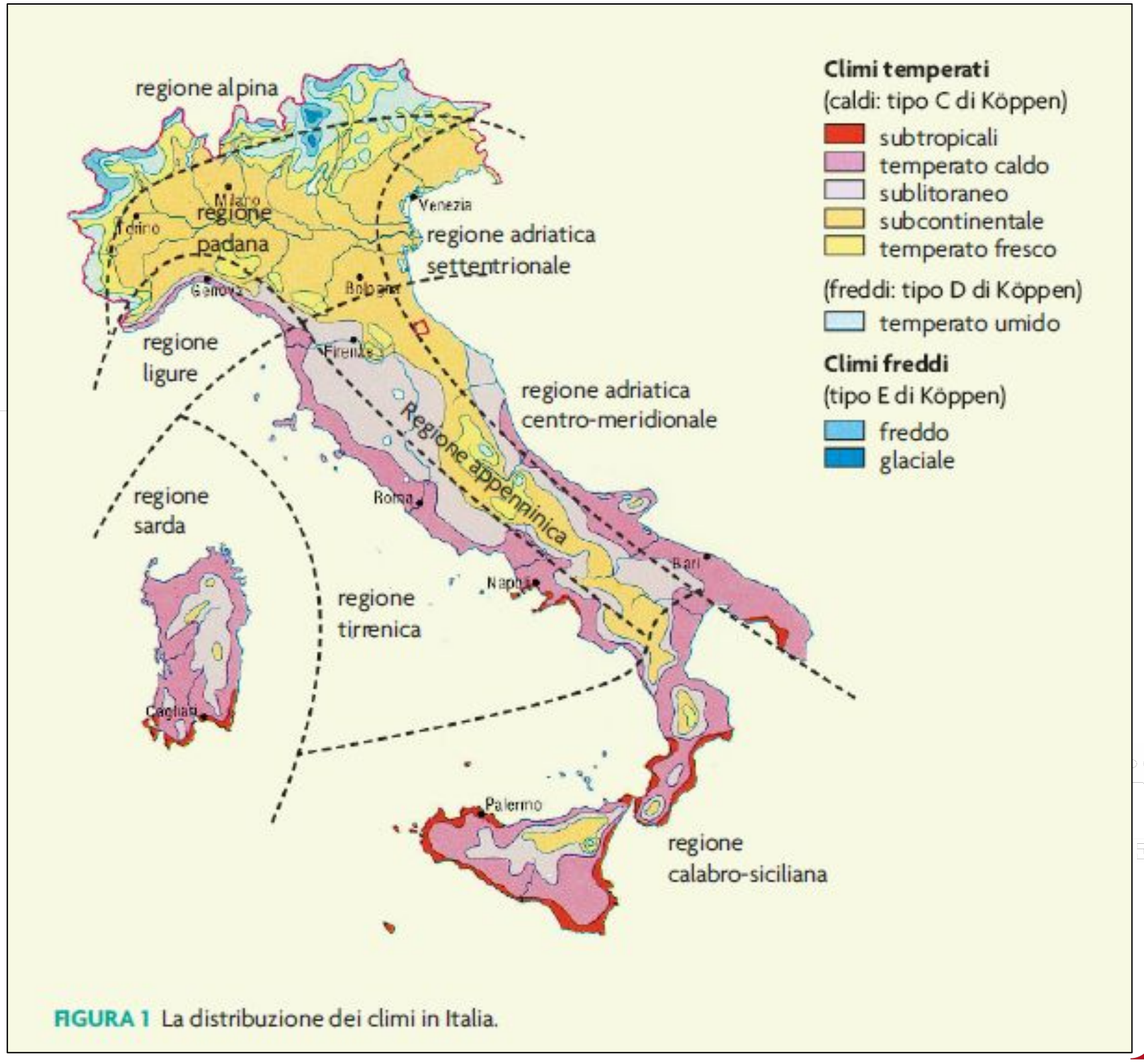


FIGURA 1 La distribuzione dei climi in Italia.

EDUCATION

Eventi intensi ed eventi estremi

I termini evento intenso ed evento estremo non sono affatto sinonimi.

- Un **evento meteo intenso** è un qualsiasi fenomeno atmosferico che è caratteristiche quantitative rilevanti, mentre un evento meteo estremo è sì intenso quanto raro, in base alla statistica che descrive la probabilità che possa accadere in un determinato luogo.

- Un **evento meteo estremo** si definisce come un record di temperature elevate o di quantità di precipitazioni.

L'IPCC definisce un evento estremo come "*un evento raro all'interno della sua distribuzione statistica, in un determinato luogo ad un determinato istante*". L'aggettivo "raro" ovviamente non permette di definire un valore preciso, tuttavia generalmente esso definisce un evento che si collochi al di sopra del 90° percentile o al di sotto del 10° percentile della distribuzione densità di probabilità (PDF).

WEBINAR
EDUCATION

Previsioni vs Proiezioni

Previsione

- Risultato *univoco* dell'applicazione di un modello
- Parzialmente, è quello che accade anche in meteorologia, seppure, per via della non linearità, l'affidabilità della previsione si estenda per un periodo di tempo limitato

Vs.

Proiezione

- Passiamo dall'univocità ad un ventaglio di possibilità tanto ampio quanto sono numerosi e vari gli scenari, gli assetti futuri
- Diversamente dalle previsioni, sono condizionali nelle ipotesi riguardanti, per esempio, i futuri sviluppi socio-economici e tecnologici che potrebbero essere realizzati o no.

Proiezione climatica

Una proiezione climatica è la risposta simulata del sistema climatico a uno scenario di emissioni future o di concentrazione di gas serra e aerosol, generalmente ricavata utilizzando i modelli climatici. ***Le proiezioni climatiche sono diverse dalle previsioni climatiche per la loro dipendenza dallo <u>scenario di emissione/concentrazione/forzante radiativo utilizzato</u>, a sua volta basato sulle ipotesi riguardanti, per esempio, i futuri sviluppi socio-economici e tecnologici che potrebbero essere realizzati o no***.

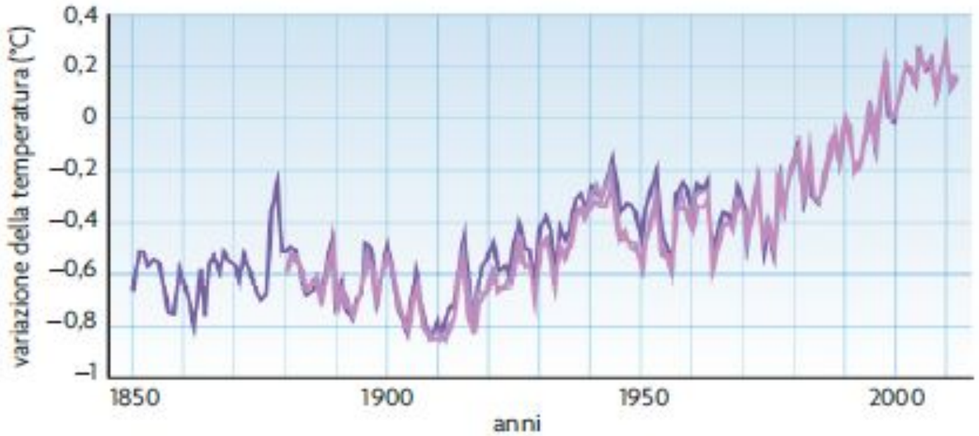
WEBINAR
EDUCATION

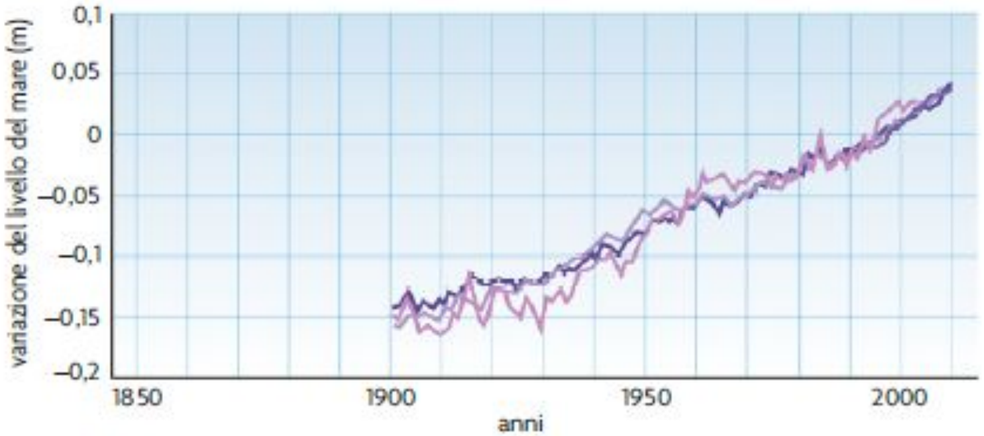
Clima, variabilità climatica naturale e…

Il **clima** rappresenta l'insieme delle condizioni meteorologiche che caratterizzano una regione geografica e viene definito in termini di proprietà statistiche (ec. Valore medio della temperatura estiva in un'area).

Per **variabilità climatica** si intende la fluttuazione di una specifica grandezza climatica (ad esempio la temperatura media della superficie terrestre) intorno al suo valore medio, ottenuto dalle rilevazioni di lungo termine, almeno trenta anni, del parametro climatico considerato. Più specificatamente, le fluttuazioni sono legate alle variazioni anno per anno (interannuali e stagionali) e alle oscillazioni decennali, che si sovrappongono al valore medio della grandezza.

FIGURA 10 **a**) Variazioni della temperatura media annuale globale della superficie terrestre e dell'oceano. I colori indicano diversi insiemi di dati raccolti. (**b**) Variazione media annuale globale del livello del mare. I colori indicano diversi insiemi di dati raccolti.





WEBINAR
EDUCATION

Fattori naturali che determinano la variabilità climatica

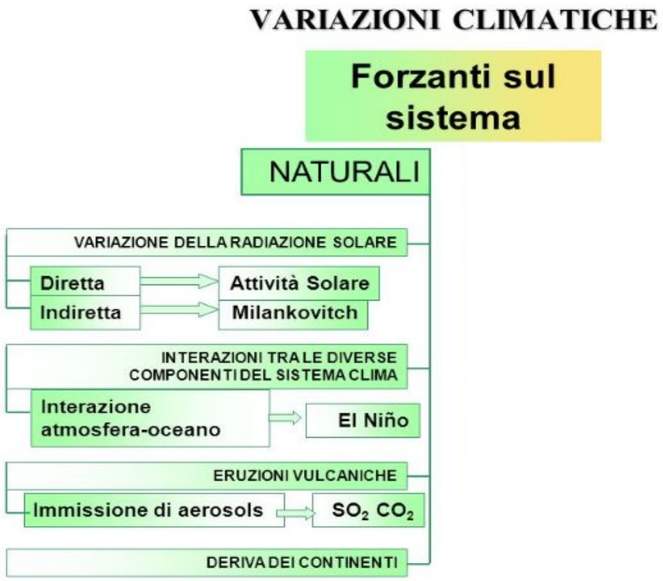
I fattori che intervengono a perturbare l'equilibrio con la radiazione solare, e di conseguenza possono cambiare il clima, sono detti forzanti.

Le principali forzanti naturali sono i **cambiamenti del flusso dell'energia solare** che incide sulla Terra. Questa può variare a causa dei cambiamenti nella quantità di energia emessa dal Sole e della variazione dei moti astronomici della Terra rispetto al Sole (cfr. i cicli di Milankovitc).

Altra forzante naturale è rappresentata dalle **attività vulcaniche**. Queste possono immettere nell'atmosfera grandi quantità di polveri che modificano l'albedo e riducono la temperatura. Più in generale, anche i raggi cosmici sono considerati una possibile forzante poiché in grado di modificare l'albedo.

Altre **forzanti naturali sono i lenti cambiamenti del territorio e della composizione atmosferica dovuti allo sviluppo della biosfera**.

Si è visto inoltre che l'alternanza fra periodi glaciali e temperati avvenuta nel passato è associata alle **variazioni dei parametri dell'orbita terrestre**.



EDUCATION

Variazioni del clima indotte da fenomeni naturali

Il 1816 fu il momento più critico perché il gelo e l'umidità vennero aggravati dall'esplosione del vulcano Tambora in Indonesia. Si valuta un'eruzione di circa 150 chilometri cubi di ceneri.

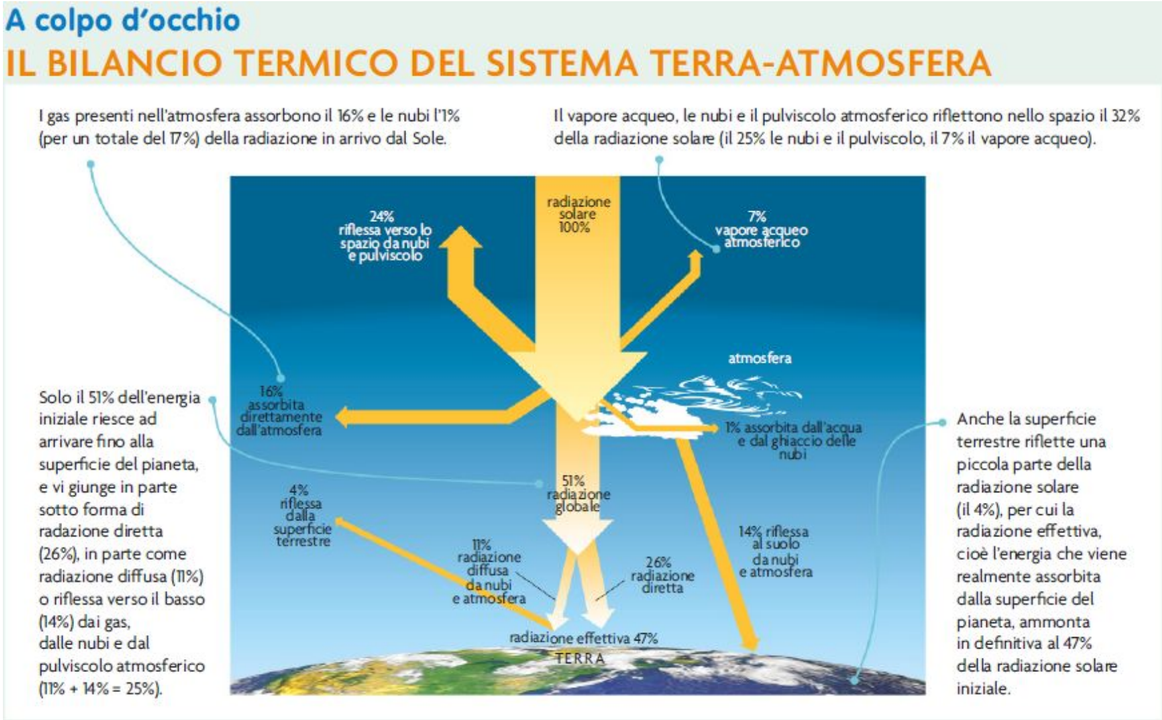
Sotto la spinta di venti in quota, le particelle leggere hanno reso torbida l'atmosfera su tutto il pianeta, intercettando anche la radiazione solare.

Giugno, luglio e agosto portarono ovunque freddo, neve e ghiaccio: fu definito l'anno senza estate.

WEBINAR

EDUCATION

Alcuni principi di fisica dell’atmosfera



La temperatura dell’atmosfera terrestre dipende sostanzialmente dall'equilibrio tra la **radiazione solare** che il nostro Pianeta assorbe e la **radiazione “terrestre”** che esso emette verso lo spazio esterno. I termini di questo bilancio hanno caratteristiche spettrali molto diverse.

Parte entrante: intensità massima nella **regione del visibile**.

Parte uscente: intensità massima nella **regione dell’infrarosso**.

La radiazione solare è diversa per latitudine e a seconda della stazione. In un intero anno solare però la quantità ricevuta dalla Terra è quasi sempre la stessa.

La radiazione terrestre: la Terra non può solo accumulare energia, tramite il meccanismo della radiazione terrestre la Terra restituisce nello spazio l’energia ricevuta dal Sole non necessaria per i diversi processi attivi nel sistema terrestre (evapotraspirazione…ecc).

L’atmosfera però è abbastanza trasparente alla radiazione visibile (del Sole) ma ha una grande capacità di assorbire la radiazione infrarossa.

WEBINAR
EDUCATION

Effetto serra

La conseguenza è che solo una piccola parte della radiazione emessa dalla superficie terrestre e dagli strati inferiori dell'atmosfera riesce ad abbandonare il nostro Pianeta, mentre la parte preponderante viene assorbita dall’atmosfera sovrastante.

Ciò avviene principalmente grazie ad alcuni gas presenti nell'atmosfera, detti gas serra, assorbono la radiazione infrarossa in uscita verso lo spazio e la irradiano nuovamente verso la superficie.

Questo meccanismo è fondamentale, se ciò non avvenisse, la temperatura media del pianeta sarebbe ben oltre la temperatura di congelamento e non vi sarebbero condizioni adatte alla vita.

I più potenti gas a effetto serra sono:

- vapore acqueo
- una serie di costituenti minori come il biossido di carbonio (CO_2), il metano (CH_4), il protossido di azoto (N_2O) e i clorofluorocarburi (CFCs).

EDUCATION

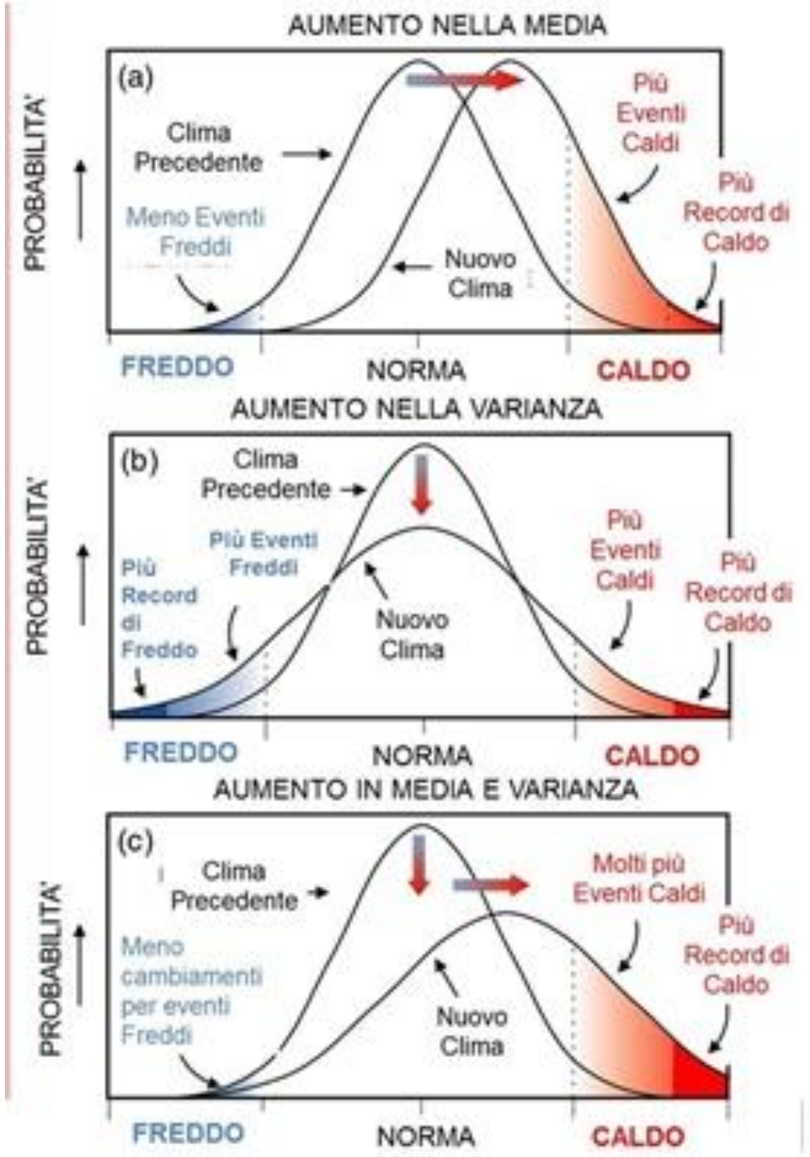
Permafrost e metano

Una grande quantità di CH_4 è immagazzinata negli strati del permafrost in Siberia.

Con ulteriori aumenti delle concentrazioni di gas serra e conseguenti aumenti delle temperature, è molto probabile che il permafrost si sciolga, causando la fuoriuscita di metano e, in un feedback positivo, provochi ulteriori aumenti delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera.

WEBINAR
EDUCATION

Cambiamento climatico



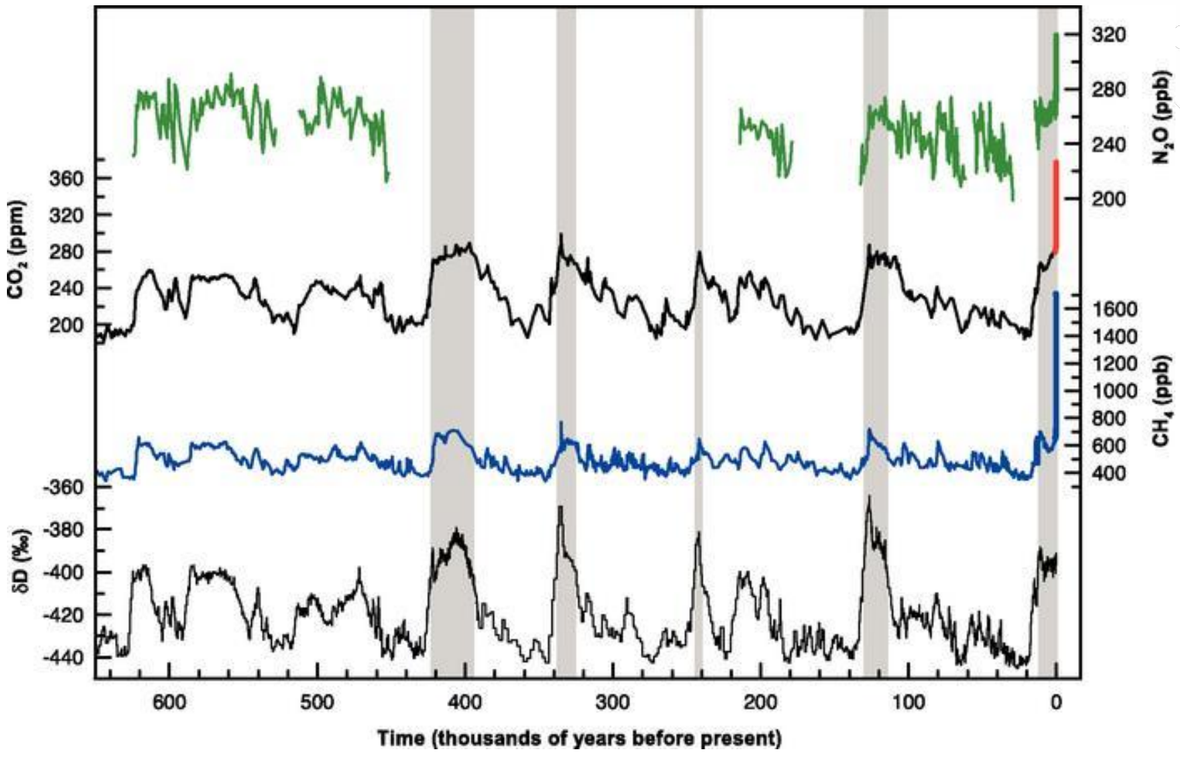
CAMBIAMENTI CLIMATICI: variazioni statisticamente significative dello stato medio del clima o della sua variabilità, persistente per un periodo esteso.

Anche con riferimento al cambiamento climatico, deve essere associato il concetto di **fluttuazione di grandezze climatiche**, ma tali grandezze oscillano intorno a un nuovo valore medio il quale, insieme a tutti quelli calcolati in un lungo arco di tempo, definiscono **un trend climatico**.

WEBINAR
EDUCATION

Evidenze osservative

Secondo l'IPCC, le concentrazioni atmosferiche, desunte da misure sistematiche effettuate dalla rete di monitoraggio internazionale e indirette (mediante, ad esempio, l'analisi delle bolle d'aria intrappolate nei ghiacciai), di diossido di carbonio (CO_2), metano (CH_4) e protossido di azoto (N_2O) hanno raggiunto valori mai rilevati negli ultimi 800000 anni.

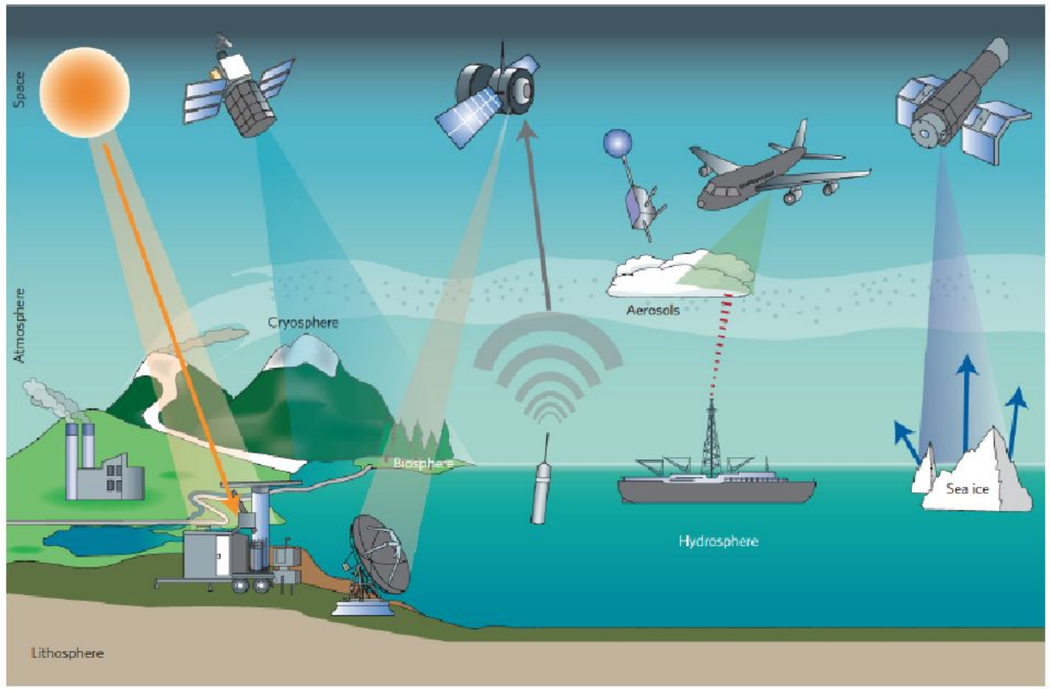


Andamento di alcuni gas serra (CO_2 in colore nero e valori recenti in rosso, CH_4 in blu e N_2O in verde) a partire da 650000 anni fino all'anno 2011 (Solomon et al., 2007).

WEBINAR
EDUCATION

Avanzamento nelle metodologie di misura

Negli ultimi decenni nuovi sistemi di osservazione, particolarmente quelli basati sulle misure satellitari, hanno aumentato di un ordine di grandezza il numero di osservazioni sul sistema climatico terrestre.



IPCC AR5 Working Group I
Climate Change 2013: The Physical Science Basis

ipcc INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Dati strumentali: ricostruzione più precisa delle variazioni a breve termine (a valle di un processo di omogeneizzazione). Limitati nel tempo.

Evidenze osservative

Per il 2011 l'IPCC riporta i seguenti valori medi globali: CO_2 391 ppm, CH_4 1803 ppb e N_2O 324 ppb

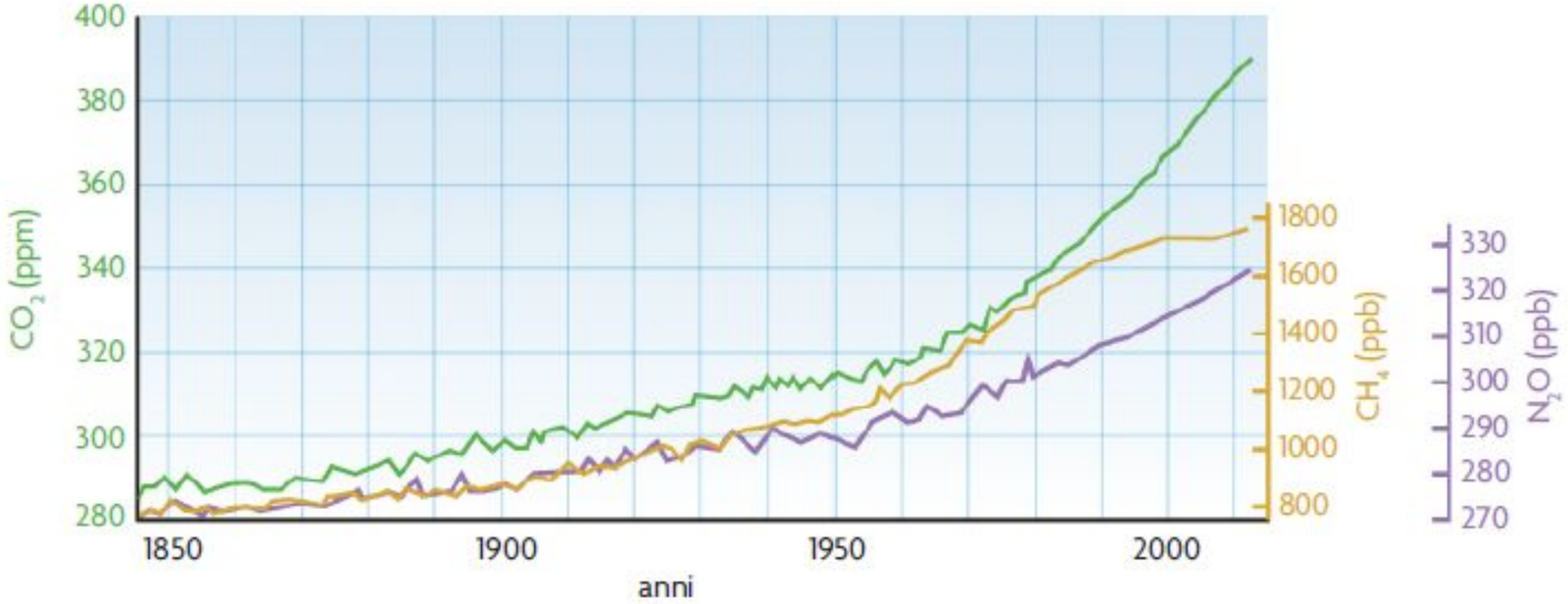


FIGURA 11 Concentrazioni atmosferiche dei gas serra, registrate tra il 1850 e il 2015.
La concentrazione di CO_2 è espressa in parti per milione (ppm), quella di CH_4 e di N_2O in parti per miliardo (ppb).

EDUCATION

Sorgenti di emissione di CO_2

FIGURA 1 La quota di CO_2 emessa è maggiore di quella riassorbita.

Rispetto al **ciclo del carbonio naturale** la specie umana, con l'utilizzo di combustibili fossili, non fa altro che ri-immettere nell'atmosfera - come CO_2 - quello che la natura, in milioni di anni, ha sottratto e stoccato in colossali giacimenti organici sotterranei.

Anche la crescente antropizzazione del pianeta e il cambio d'uso del territorio contribuiscono all'aumento della concentrazione atmosferica di CO_2, perturbando il clima attraverso la ri-immissione in atmosfera quello che la biosfera terrestre aveva prima "sequestrato".

EDUCATION

Fattori antropici sorgenti di CO_2

Le principali sorgenti di CO_2 si natura antropica sono legate all'uso di combustibili fossili

Il valore complessivo deriva essenzialmente da:

- **riscaldamento di costruzioni private o commerciali**
- **produzione di energia elettrica**
- **uso di combustibili in processi industriali e alimentazione per autoveicoli**

Altre fonti di emissioni di CO_2 dipendono dall'uso di combustibili ricavati da biomassa, da processi industriali, dalla deforestazione ed dalle discariche di rifiuti.

WEBINAR
EDUCATION

Esprimere correttamente la conoscenza sul cambiamento climatico

Nuova stima delle incertezze

- **Confidenza**: espressa in maniera qualitativa (molto bassa, bassa, media, alta e molto alta) e basata sul livello di evidenze (robusto, medio e limitato) e sull'accordo nella comunità scientifica (alto, medio e basso).

- **Probabilità**: fornisce una valutazione quantitativa dell'incertezza tramite un'analisi statistica delle osservazioni e dei risultati dei modelli o tramite una valutazione di esperti.

TABELLA 4	INDICI
Confidenza	**Grado di confidenza**
molto alta *very high confidence*	9/10
alta *high confidence*	8/10
media *medium confidence*	5/10
bassa *low confidence*	2/10
molto bassa *very low confidence*	> 1/10
Affidabilità	**Probabilità**
virtualmente certo *virtual certain*	99-100 %
estremamente probabile *extremely likely*	95-100 %
molto probabile *very likely*	90-100 %
probabile *likely*	66-100 %
più probabile che non *More likely that not*	50-100 %
tra probabile e improbabile *Abous as likely as not*	33-66 %
improbabile *unlikely*	0-33 %
molto improbabile *very unlikely*	0-10 %
estremamente improbabile *extremely unlikely*	0-5 %
eccezionalmente improbabile *exceptionally unlikely*	0-1%

WEBINAR
EDUCATION

Il cambiamento climatico: un fenomeno antropico

Certezza sulle cause umane del CC

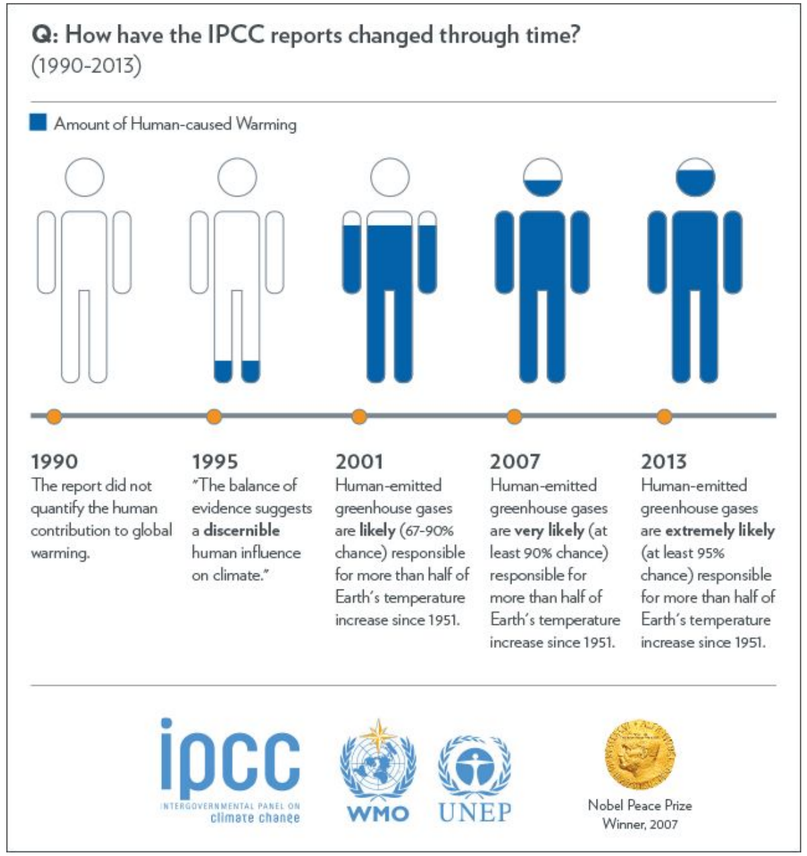
1990. « […] le emissioni da attività umane stanno sostanzialmente aumentando la concentrazione di gas serra nell'atmosfera» (1°Rapporto IPCC)

1995. «Questi andamenti [di aumento di concentrazione di gas serra nell'atmosfera] **possono essere largamente attribuiti** alle attività umane» (2°Rapporto IPCC)

2001. «Alla luce delle nuove evidenze e tenendo conto delle restanti incertezze; **è possibile affermare** che il riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni sia dovuto all'incremento della concentrazione dei gas ad effetto serra» (3°Rapporto IPCC)

2007. «La maggior parte dell'aumento osservato delle temperature medie globali dalla metà del XX secolo **è molto probabilmente dovuto** all'aumento osservato delle concentrazioni di gas serra di origine antropica» (4°Rapporto IPCC)

2013. «**L'influenza umana sul sistema climatico è chiara** e le recenti emissioni antropogeniche di gas serra sono le più alte nella storia con diffusi impatti sui sistemi umani e naturali» (5° Rapporto IPCC)



EDUCATION

Cambiamenti osservati nel sistema climatico

In corrispondenza di questo aumento a partire dal 1950 sono stati osservati cambiamenti in tutti i comparti del sistema climatico terrestre:

- Atmosfera e oceano si sono riscaldati
- L'estensione ed il volume dei ghiacci si sono ridotti
- Il livello del mare si è innalzato
- L'aumento della CO_2 ha causato la diminuzione del ph dell'oceano (acidificazione oceanica)
- La copertura nevosa nell'emisfero nord è diminuita

Molti di questi cambiamenti non trovano riscontro negli scorsi due millenni

Per questo il riscaldamento globale è definito nell'AR5* come "*virtualmente certo*" (probabilità > 99%)

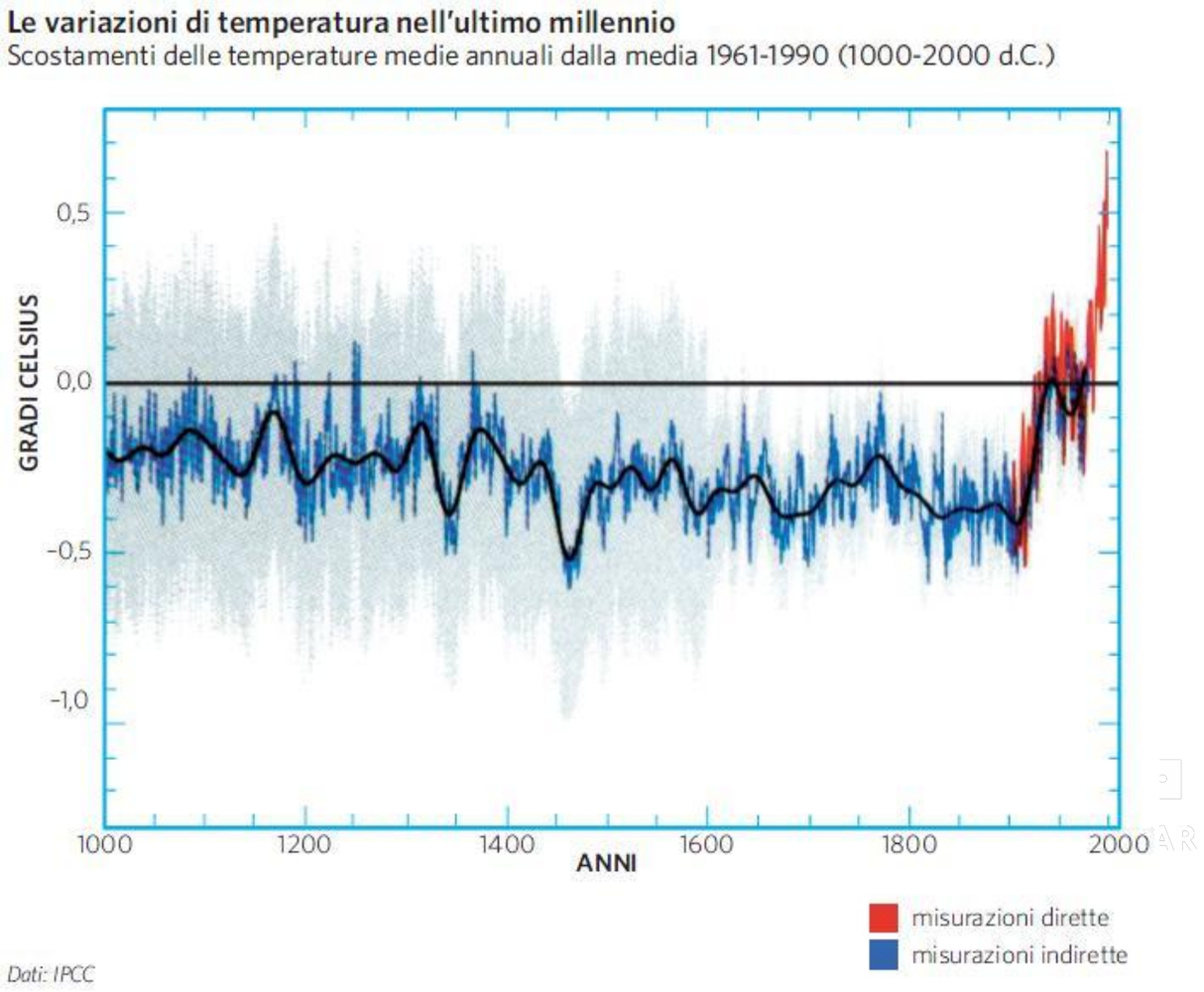
*IPCC Fifth Assessment Report (**AR5**)

WEBINAR
EDUCATION

Variazione della temperatura nell'ultimo millennio

Ricostruzione della temperatura media globale degli ultimi 1000 anni, ottenuta tramite misurazioni dirette (ultimi 100 anni, in rosso) ed indirette (in blu).

Si nota chiaramente il sovrapporsi della piccola variabilità naturale, rispetto alla quale l'aumento di quasi un grado centigrado che si osserva negli ultimi 100 anni si distingue per escursione e per rapidità.



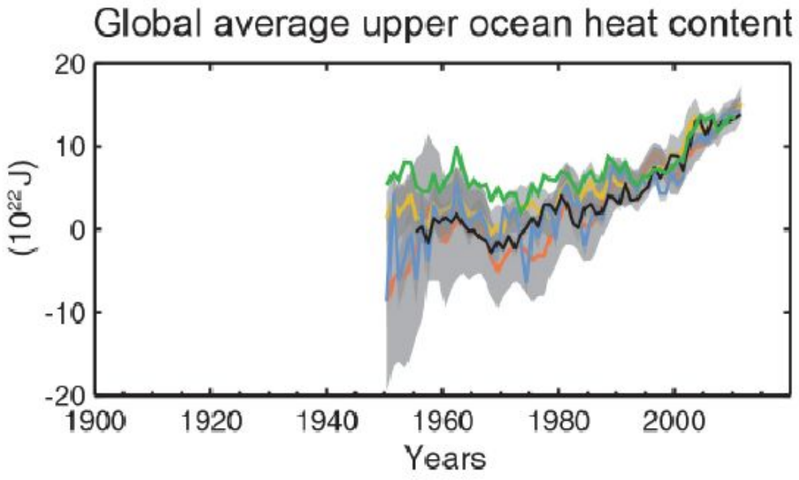
Proxy data: adatti per studiare le variazioni climatiche a lungo periodo (fino alle scale geologiche). Permettono di risalire al clima di epoche remote ma hanno una maggior incertezza rispetto ai dati strumentali

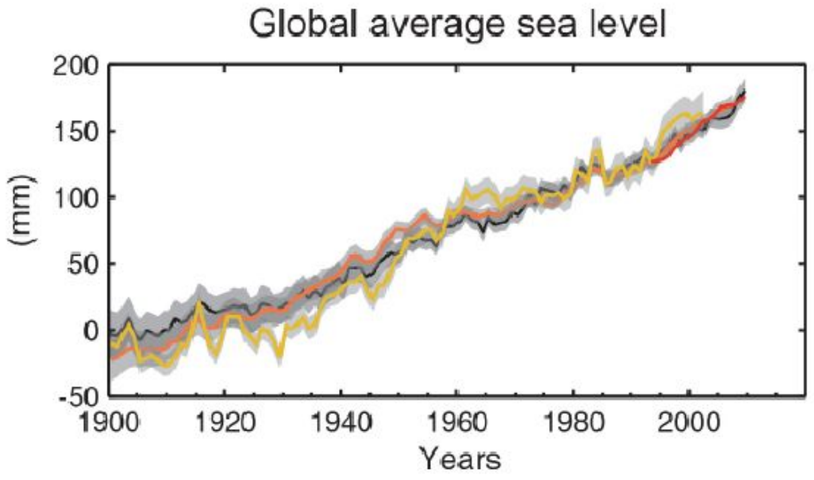
EDUCATION

Osservazioni sull'oceano

- Il contenuto di calore dell'oceano è aumentato. L'aumento è più rilevante nei primi **700 m**, ma il riscaldamento si estende fino a **2000 m** di profondità

- Il livello medio del mare è cresciuto di **19 cm** nel periodo 1901-2010, l'aumento più elevato degli ultimi 2000 anni





IPCC AR5 Working Group I
Climate Change 2013: The Physical Science Basis

ipcc INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

WMO UNEP

EDUCATION

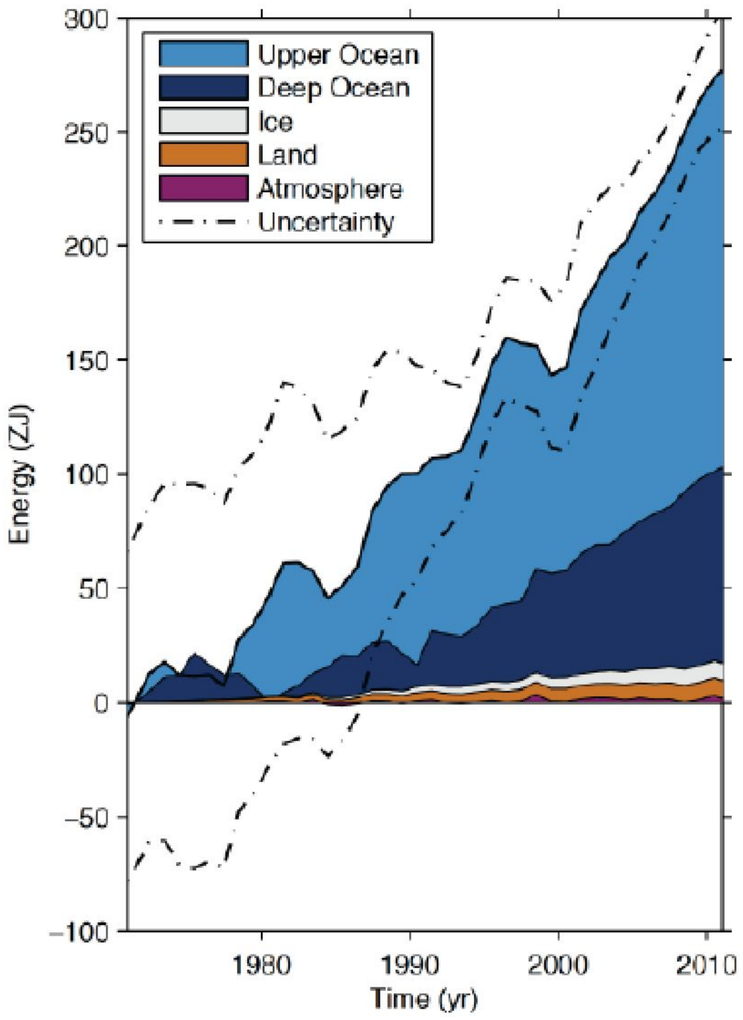
Energia accumulata

Il 93% dell'aumento dell'energia del sistema climatico si è accumulato nell'oceano

L'1% ha riscaldato l'atmosfera

Il 3% ha riscaldato la superficie terrestre

Il 3% ha fuso i ghiacci terrestri e marini

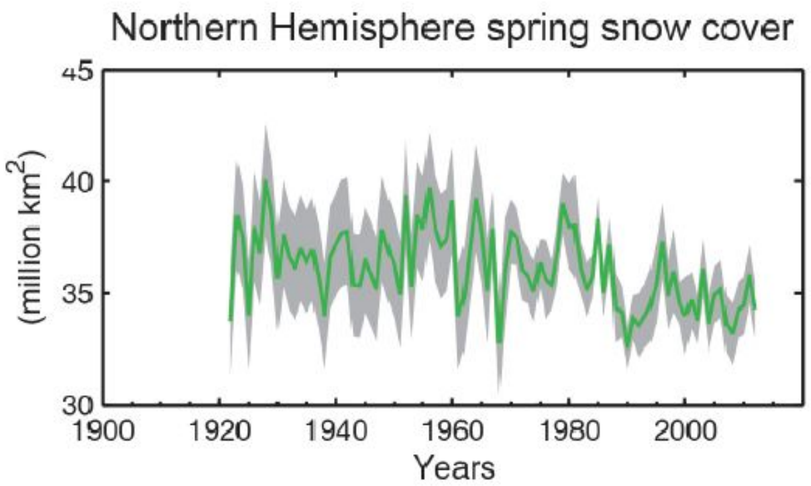


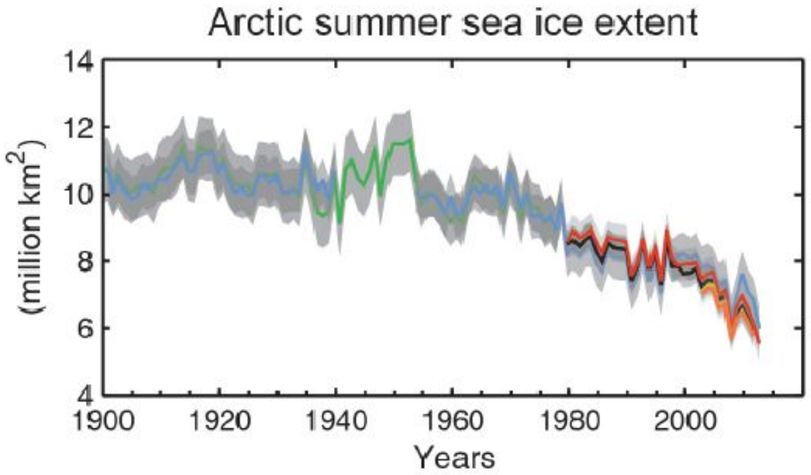
WEBINAR
EDUCATION

Osservazioni dei ghiacciai

I ghiacciai si stanno riducendo su tutto il pianeta*

- **Nel periodo 1971-2009 la massa dei ghiacciai è diminuita ad una velocità di 226 Gt/anno**
- **Nel periodo 2002-2011 la massa dei ghiacci della Groenlandia e dell'Antartide sono diminuite rispettivamente al ritmo di 215 e 147 Gt/anno**
- **Il ghiaccio marino dell'Artide è diminuito fra il 3.5 ed il 4.1% per decennio nel periodo 1979-2012**





***Massa totale approx. dei ghiacci terrestri = 30.000.000 Gt**

IPCC AR5 Working Group I
Climate Change 2013: The Physical Science Basis

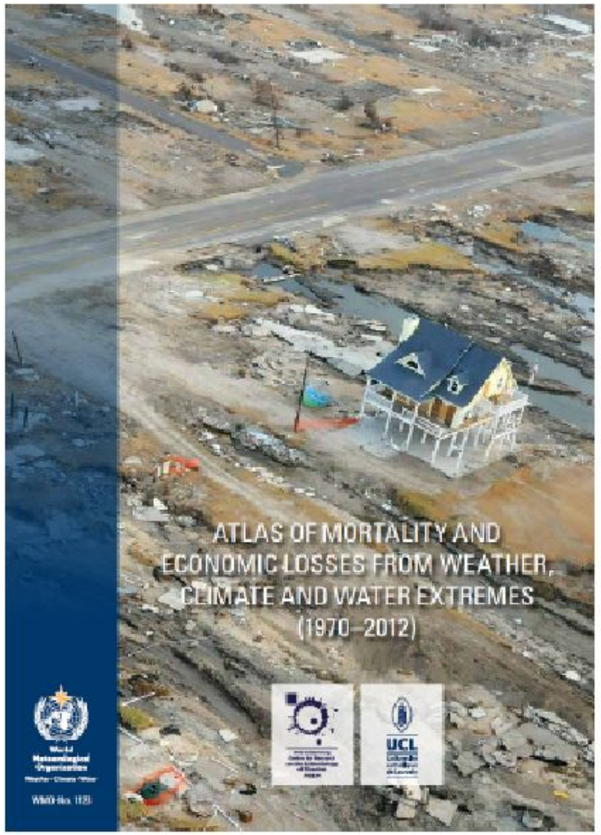
ipcc INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

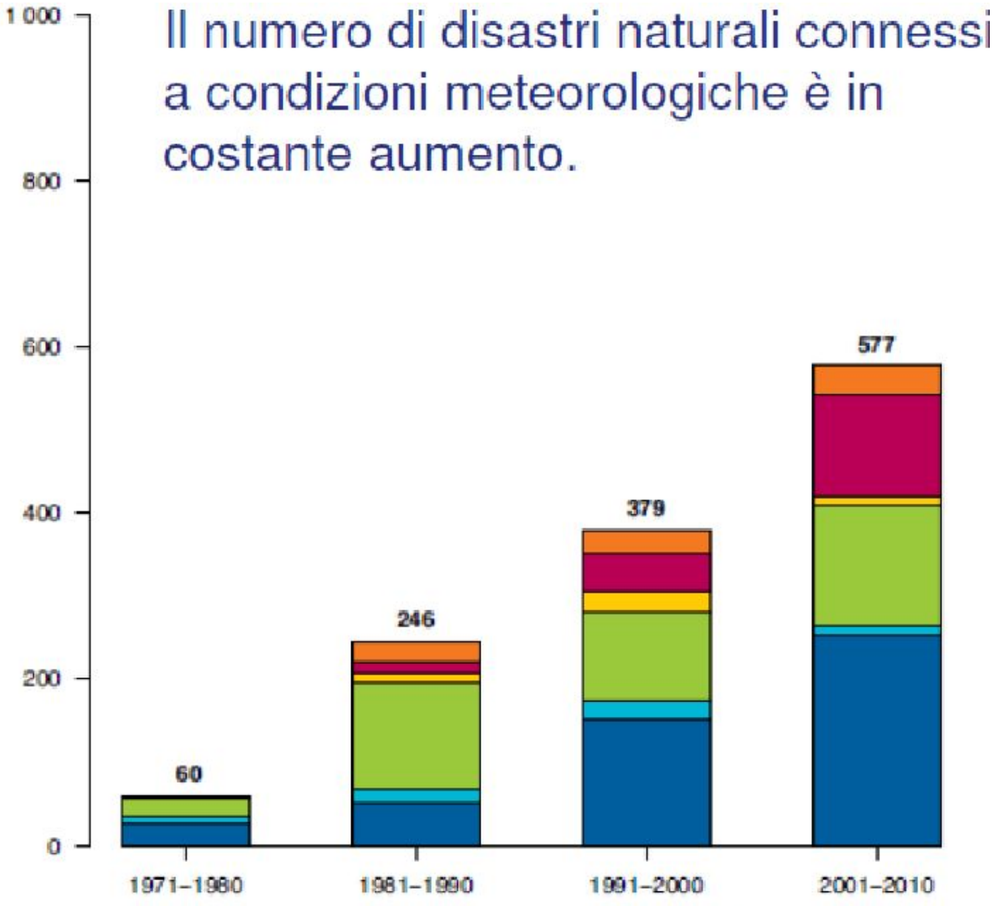
WMO UNEP

WEBINAR

EDUCATION

Catastrofi naturali connesse a condizioni meteorologiche





Floods | Mass movement wet | Storms | Droughts | Extreme temperature | Wildfires

WMO - Atlante della mortalità e delle perdite economiche dovute al clima 1970-2012

WEBINAR
EDUCATION

Scioglimento dei ghiacciai delle Alpi

Alpi:
serbatoio d'acqua dell'Europa
origine e regolazione dei grandi fiumi
forniscono acqua a 170 milioni di persone

Lungo addio Il ghiacciaio dei Forni negli scatti di Vittorio Sella, Ardito Desio e Claudio Smiraglia. Nell'ultima immagine, la simulazione dell'aspetto della montagna nel 2050 (Comitato Glaciologico Italiano)

I ghiacciai alpini hanno un'estensione di appena 3000 chilometri quadrati e costituiscono appena lo 0,018 %. Il 46 % si trova in Svizzera, il 20% in Italia, il 18 % in Austria, il 14 % in Francia e lo 0,03 % in Germania.

Portate dei fiumi
Q inverno = sino a +20% (15/30%)
Q primavera = sino a -17%
Q estate = -55% sud alpi (-35/40%)

Scioglimento progressivo dei ghiacciai
(dal 1850 a 1980 = -30-40% area e -50% massa)
(da 1980 a 2010 = ancora -20%; solo nel 2003 = -10%)

WEBINAR
EDUCATION

Aumento delle ondate di calore in Italia

- Aumento della mortalità e della morbilità
- Disagio diffuso per condizioni di afa
- Aumento della concentrazione di ozono troposferico
- Aumento del consumo di acqua per irrigazione
- Problematiche legate ai rilasci industriali
- Propensione a generare condizioni di siccità (aumento dell'evapotraspirazione, dell'esigenza irrigua ed energetica)
- Sviluppo e propagazione incendi boschivi

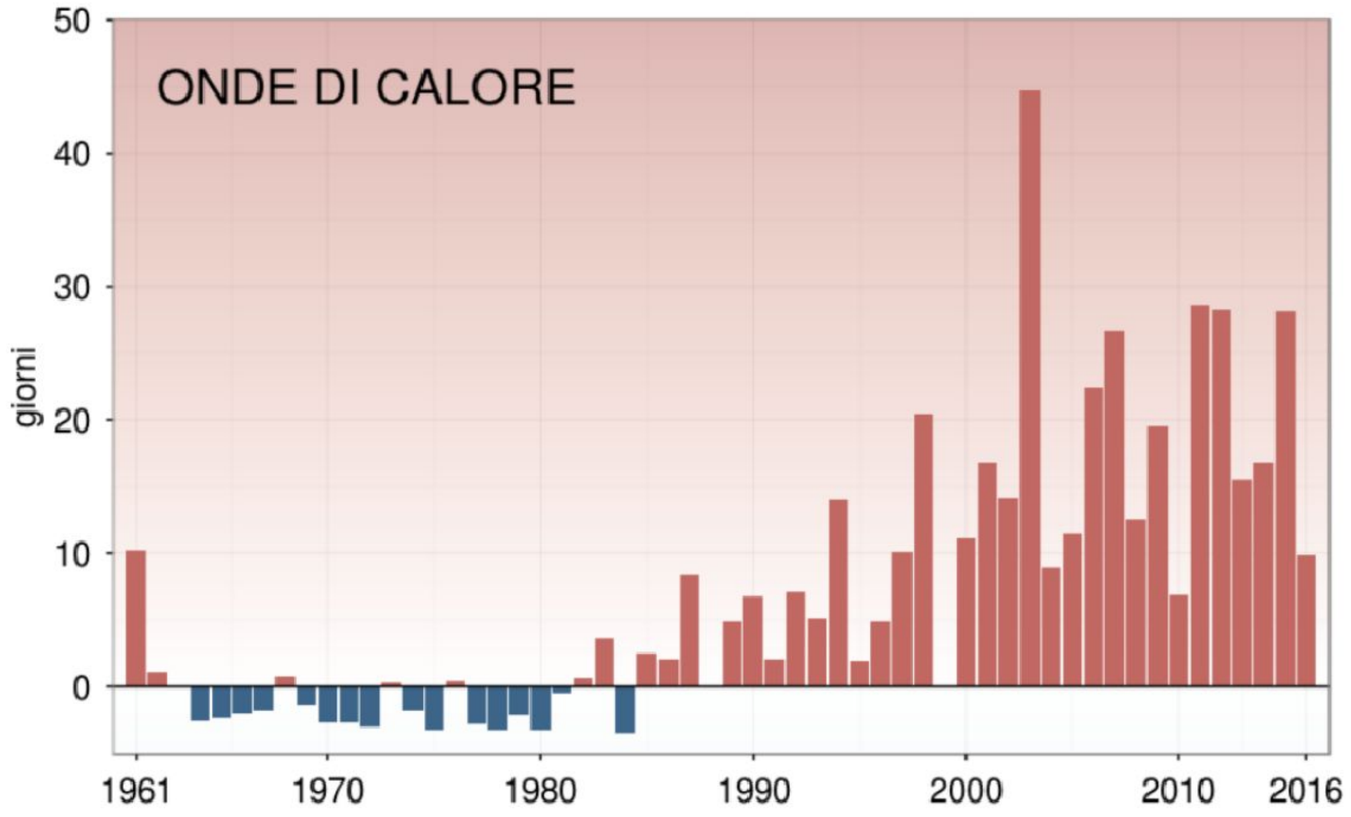
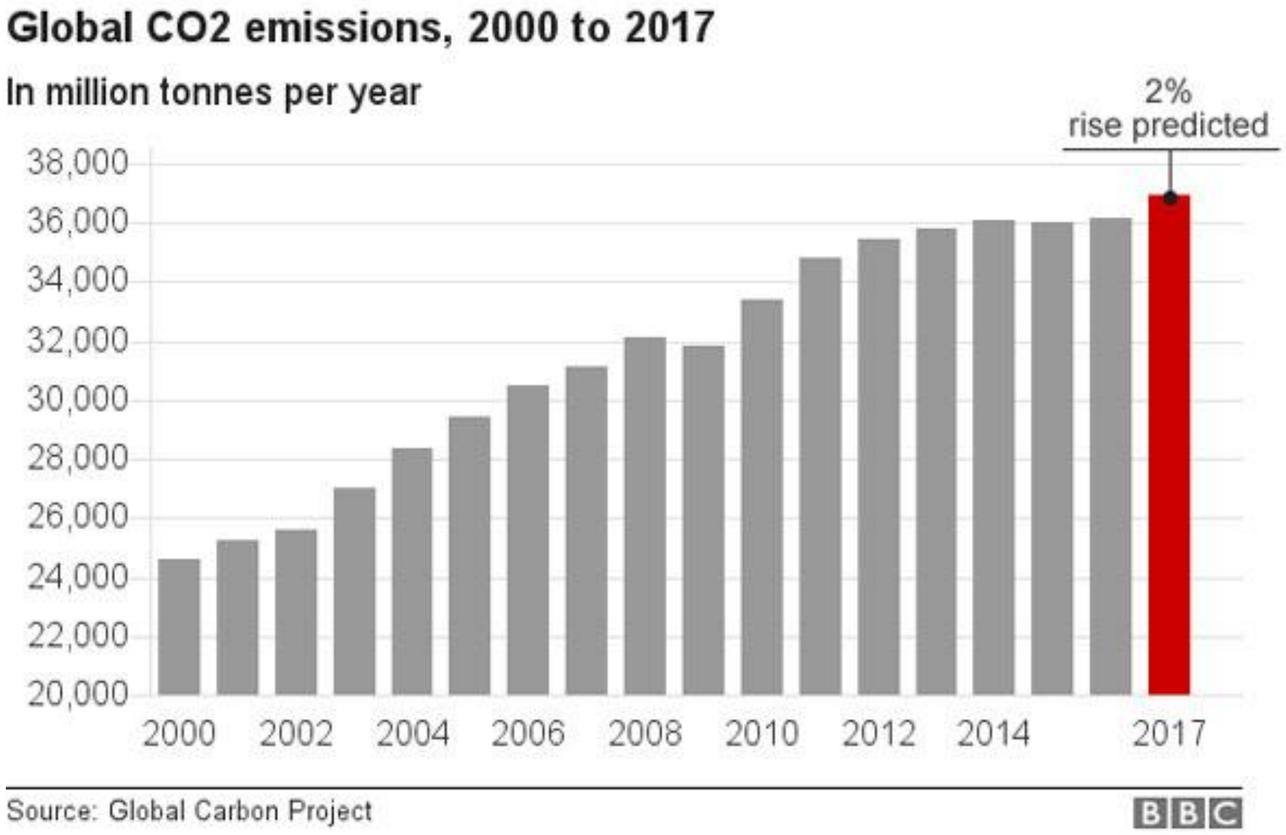


Figura 2: Anomalie medie annuali del numero di giorni con ondate di calore (WSDI) in Italia rispetto al valore Cli.No 1961-1990 (Fonte: ISPRA-Area Climatologia Operativa)

EDUCATION

L’andamento delle emissioni di CO_2 è nuovamente in aumento



Gli ultimi dati indicano che nel 2017 le emissioni di CO_2 di tutte le attività umane sono cresciute di circa il 2% a livello globale.

C'è qualche incertezza sui dati, ma i ricercatori coinvolti hanno concluso che le emissioni sono di nuovo in aumento.

WEBINAR
EDUCATION

MONDADORI EDUCATION

Rizzoli EDUCATION

FORMAZIONE SU MISURA

WWW.FORMAZIONESUMISURA.IT

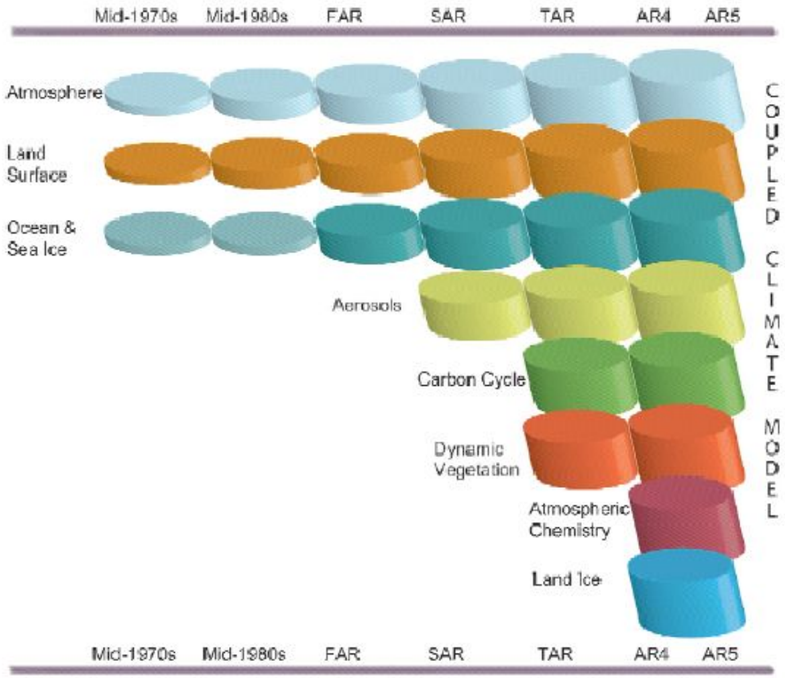
webinar@mondadorieducation.it

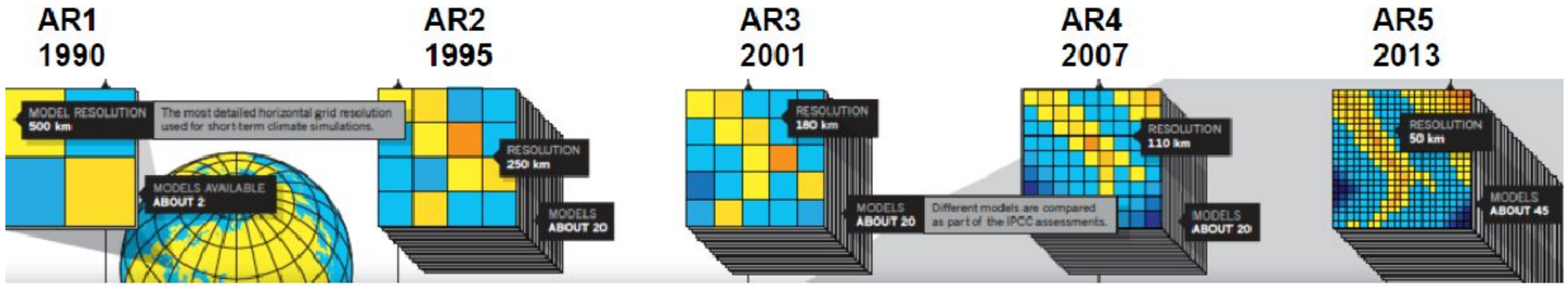
www.mondadorieducation.it

EDUCATION

Avanzamenti nella modellistica climatica

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





IPCC AR5 Working Group I
Climate Change 2013: The Physical Science Basis

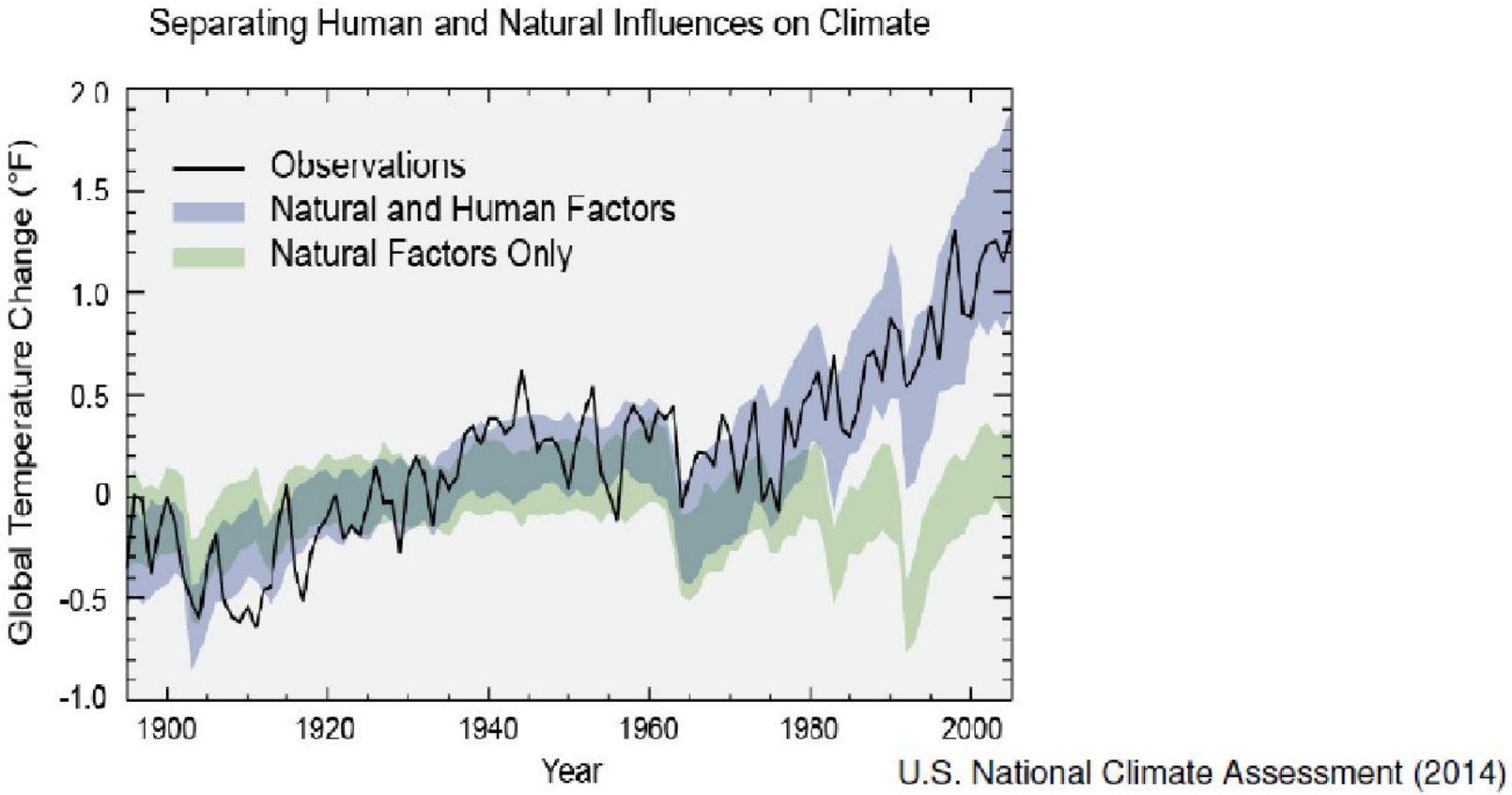
ipcc INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

WMO UNEP

WEBINAR

EDUCATION

I modelli climatici



I modelli numerici del clima che rappresentano solo gli effetti dei processi naturali non sono in grado di spiegare il riscaldamento nel secolo scorso. I modelli numerici del clima che rappresentano anche per i gas serra emessi dagli esseri umani sono in grado di spiegare questo riscaldamento e riprodurre la temperatura superficiale osservata (source: http://www.epa.gov/climatechange/science/overview.html).

WEBINAR
EDUCATION