

Università di Parma – Anno Accademico 2025-2026

Corso di cambiamenti climatici

Prof. Stefano Caserini

Gli impatti dei cambiamenti climatici



Agenti inquinanti / climalteranti

I principali impatti dei cambiamenti climatici

Tempo e clima

Probabilità e attribuzione

I gas climalteranti sono sostanze inquinanti ?

Definizione di «inquinamento» (DLgs 152/2006, «testo unico sull'ambiente»):

«Introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore nell'aria, nell'acqua o nel terreno, che potrebbero nuocere alla salute umana o alla qualità dell'ambiente, causare il deterioramento di beni materiali, oppure danni o perturbazioni a valori ricreativi dell'ambiente o ad altri suoi legittimi usi»

- Generalmente un inquinante nuoce direttamente alla salute umana (es. PM10 in aria – polmoni; arsenico nell'acqua).
- La CO₂ e i gas serra agiscono indirettamente, causando danni alla salute umana e al benessere.
- Per questo i gas climalteranti possono comunque essere definiti inquinanti, seppur sono diversi dagli inquinanti atmosferici tradizionali.

Non è solo una questione semantica.

Il fatto che la CO₂ non faccia direttamente male alla salute è un argomento a lungo usato per negare la necessità di controllarne le emissioni.

GeoHealth

RESEARCH ARTICLE

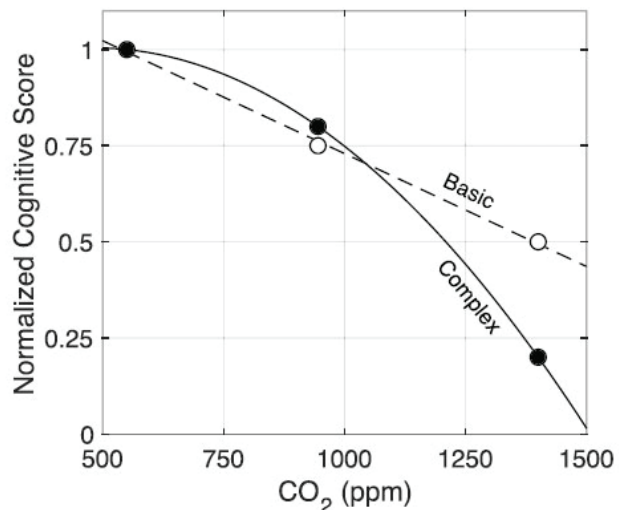
10.1029/2019GH000237

Fossil Fuel Combustion Is Driving Indoor CO₂ Toward Levels Harmful to Human Cognition

Kristopher B. Karaukas^{1,2,3} , Shelly L. Miller⁴, and Anna C. Schapiro⁵ 

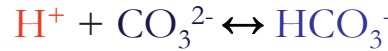
Key Points:

- Atmospheric carbon dioxide concentrations are reaching levels never experienced by *Homo sapiens*
- Recent experiments have linked high indoor carbon dioxide concentrations to reduced cognitive function
- Our models predict that future carbon emissions will increase indoor concentrations to levels harmful to human cognition



Il «gemello nascosto» del riscaldamento globale: l'acidificazione dei mari

Aumento CO_2



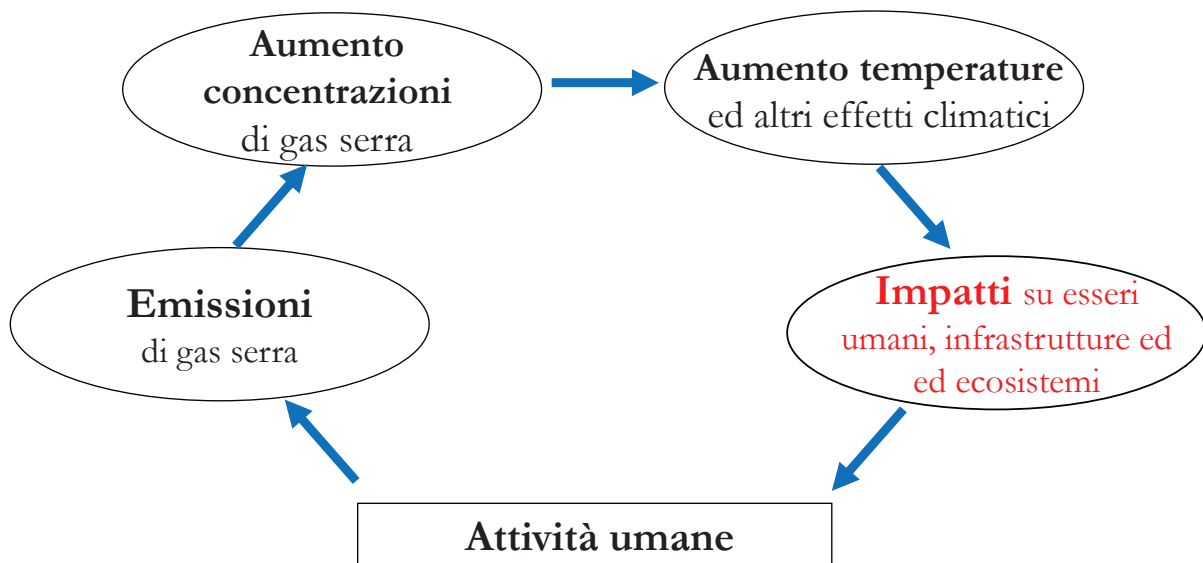
Aumenta l'acidità
del mare
(diminuisce il pH)



«Il pH oceanico è diminuito di 0,1 unità dal periodo preindustriale, una variazione che non ha precedenti negli ultimi 65 milioni di anni (alta confidenza)».

IPCC, Special Report 1,5° di riscaldamento globale, 3.3.10

«In alcune regioni oceaniche, il riscaldamento e l'acidificazione degli oceani hanno influito negativamente sulla produzione alimentare ittica e sulla acquacoltura di molluschi (confidenza elevata)» (IPCC-AR6, SYR-SPM).

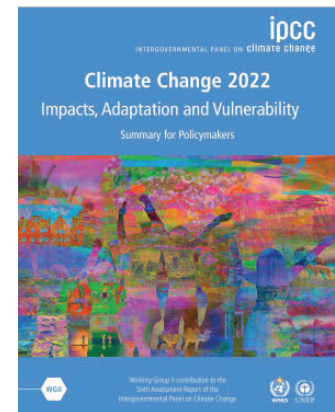


I principali impatti dei cambiamenti climatici

- Ondate di calore
- Eventi meteorologici estremi /1: siccità
- Eventi meteorologici estremi /2: precipitazioni intense
- Incendi
- Riduzione dei ghiacci (alpini, banchisa artica, calotte polari)
- Aumento del livello del mare
- Riduzione della biodiversità
- Altre cose importanti

Nel secondo volume del rapporti IPCC è contenuta una valutazione dettagliata dei diversi tipi di impatti dei cambiamenti climatici, con una valutazione globale e per ogni continente dei principali rischi, delle misure di adattamento e del loro potenziale di ridurre i rischi in diversi orizzonti temporali

www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/



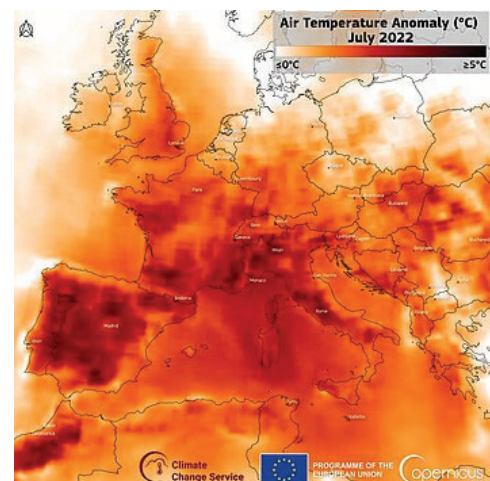
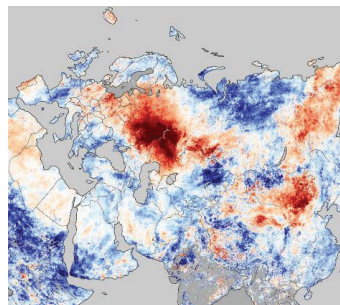
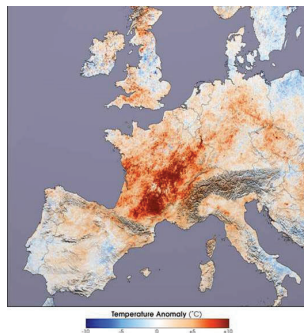
Aumento dello stress termico per le ondate di calore

In tutte le regioni, l'aumento degli eventi di calore estremo ha causato morti e malattie (confidenza molto elevata) (IPCC-AR6, SYR-SPM).

Ondata di calore (“heat wave”): periodo con temperature massime elevate rispetto alle temperature massime medie.

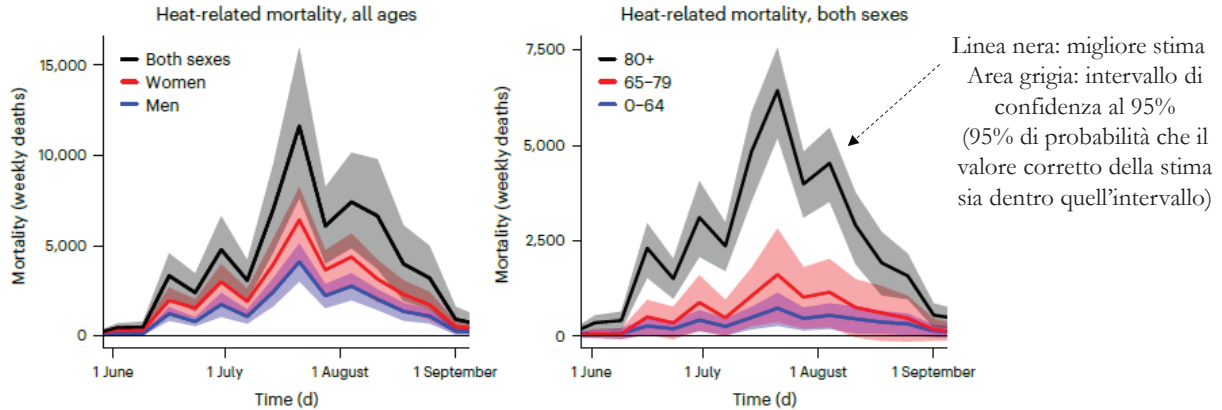
La definizione del World Meteorological Organization è

“quando le temperature giornaliere di cinque giorni consecutivi superano le temperature medie di quel periodo nel 1961-1990 di più di 5 °C”.



Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022

- 62.000 morti in eccesso in Europa
- 18.000 morti in eccesso in Italia

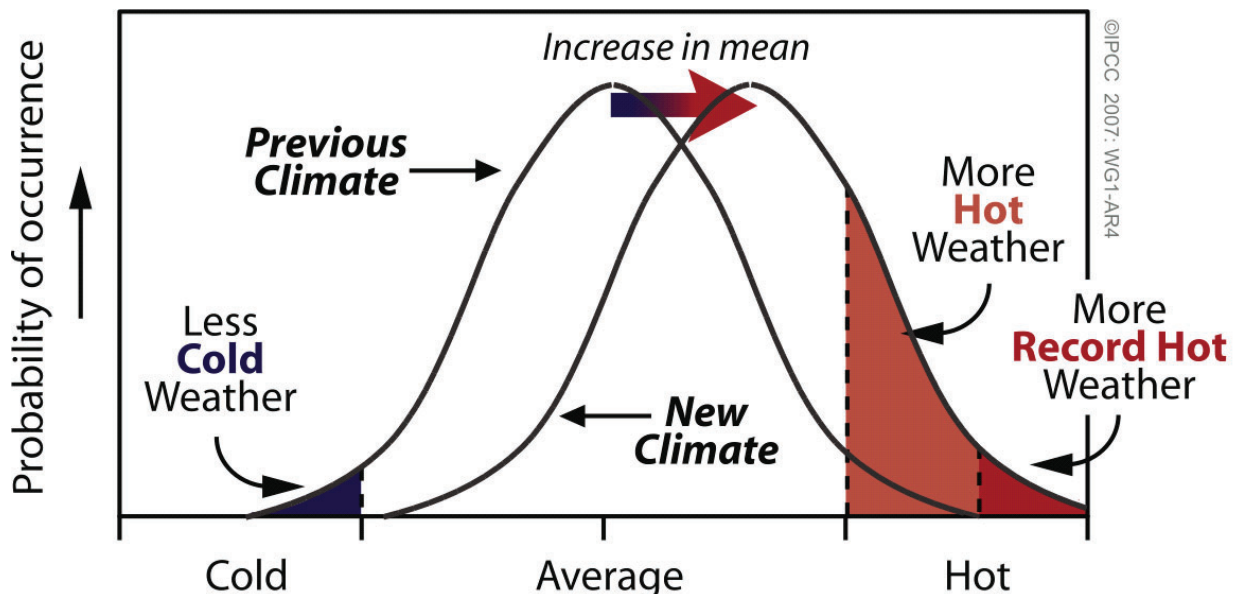


Il cambiamento climatico sta già colpendo ogni regione abitata del mondo, con l'influenza umana che contribuisce a molti cambiamenti osservati nel meteo e negli estremi climatici.

(IPCC, AR6-WG1-SPM)

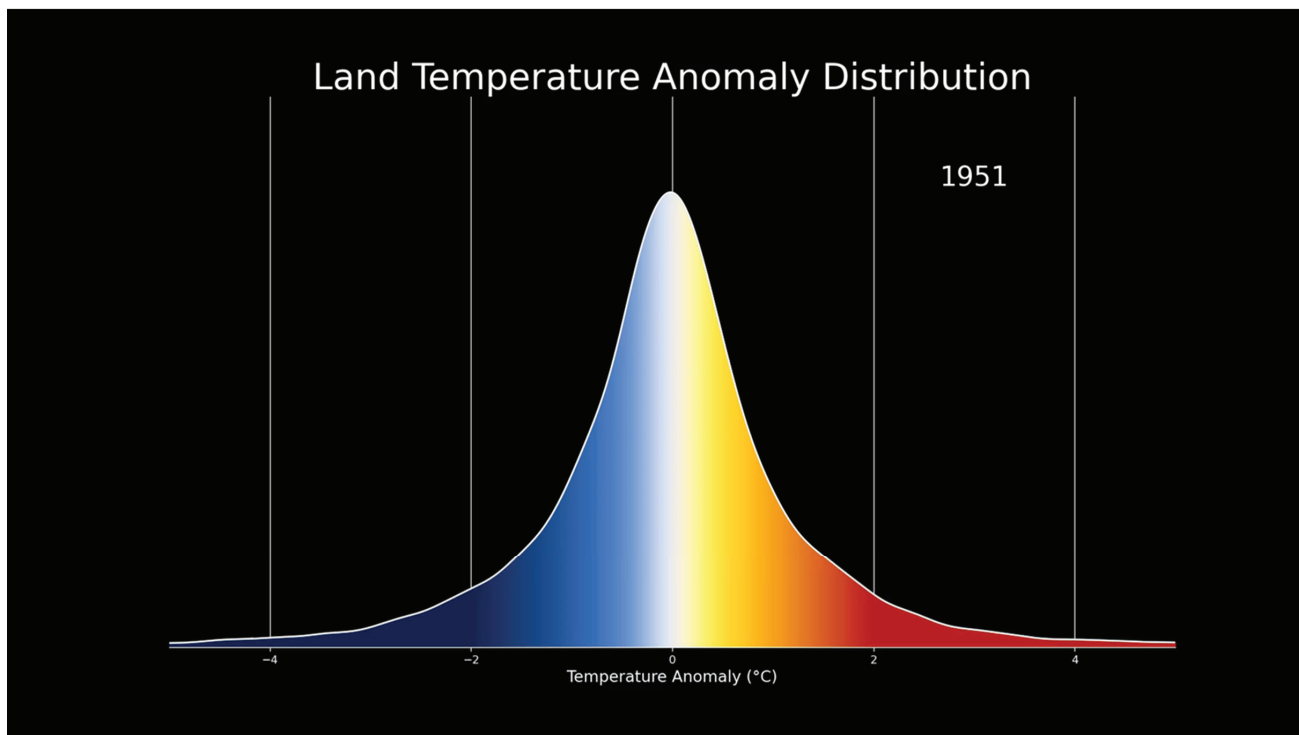
In diverse aree del pianeta è aumentata la frequenza di **eventi “estremi”** di temperature e precipitazioni.

Eventi estremi = eventi che si collocano all'estremità delle distribuzioni delle frequenze “storiche”, con cui gli eventi si sono presentati nel passato



La modifica delle temperature comporta non solo un cambiamento dei valori medi ma anche una maggiore probabilità di occorrenza dei valori estremi.

Esempio: distribuzione dei dati delle temperature sulla terraferma

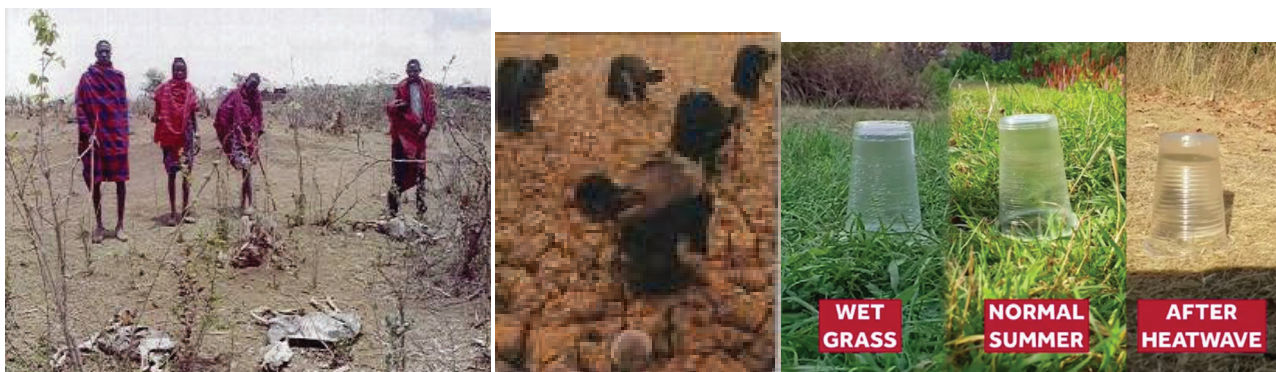


Fonte: NASA Scientific Visualization Study. Shifting distribution of land temperature anomalies, 1951-2020

Aumento dei danni da eventi meteorologici estremi – siccità

Le proiezioni del cambiamento climatico indicano una diminuzione della disponibilità d'acqua in molte aree aride o semi aride, con l'aumento della popolazione con scarsità d'acqua. Va considerato che un terzo della popolazione mondiale ha già problemi di approvvigionamento idrico.

Mentre in alcune zone una maggiore siccità può ridurre il rischio di malattie infettive, in altre zone è invece previsto un aumento dell'umidità, che con l'aumento di temperature può portare alla maggiore diffusione di malattie infettive, anche quelle causate o trasmesse da parassiti (es. malaria)



Aumento dei danni da eventi meteorologici estremi - precipitazioni

Per valutare quanto una precipitazione intensa è anomala, è necessario disporre dei dati storici sugli accadimenti delle precipitazioni di quella intensità.

Più la precipitazione è intensa, meno è frequente

→ meno dati sono disponibili

→ effettuare valutazione statistiche affidabili è più difficile

*La frequenza e l'intensità degli eventi di forti precipitazioni sono **probabilmente** aumentate su scala globale nella maggior parte delle regioni terrestri con una buona copertura di osservazione. Le forti precipitazioni sono **probabilmente** aumentate su scala continentale in tre continenti: Nord America, Europa e Asia. Aumenti regionali nella frequenza e/o intensità delle forti precipitazioni sono stati osservati con almeno una **confidenza media** per quasi la metà delle regioni...*

*L'influenza umana, in particolare le emissioni di gas serra, è **probabilmente** il principale motore dell'intensificazione osservata su scala globale delle forti precipitazioni sulle regioni terrestri. È **probabile** che il cambiamento climatico indotto dall'uomo abbia contribuito all'intensificazione osservata delle forti precipitazioni su scala continentale in Nord America, Europa e Asia.*

Fonte: IPCC-AR6-WG1, cap. 11 Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate

Incendi

In molte regioni, gli incendi boschivi hanno avuto effetti negativi sugli ecosistemi e sulle specie, sulle persone e sui loro beni edili, sulle attività economiche e sulla salute (livello di confidenza medio-alto).
(IPCC-AR6, WG2, SPM)



Riduzione dei ghiacci – ghiacci montani

I ghiacciai montani e polari continueranno a sciogliersi per decenni o secoli (confidenza molto alta)

IPCC-AR6, WG1-SPM

Ghiacciaio Fellaria, 2600 metri, Valmalenco

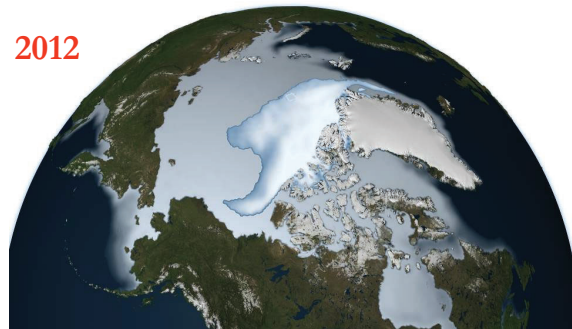


Riduzione dei ghiacci – banchisa artica

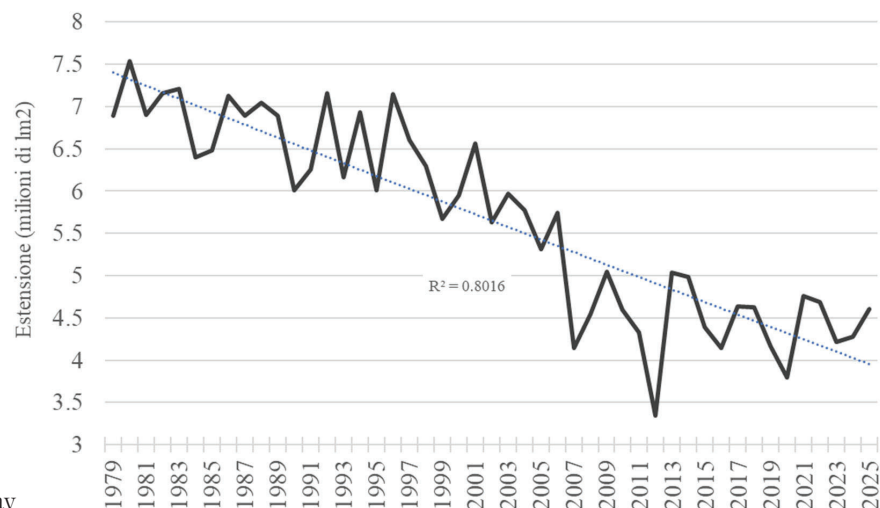
1980



2012



Estensione della
banchisa artica nel
punto di minimo (in
settembre)

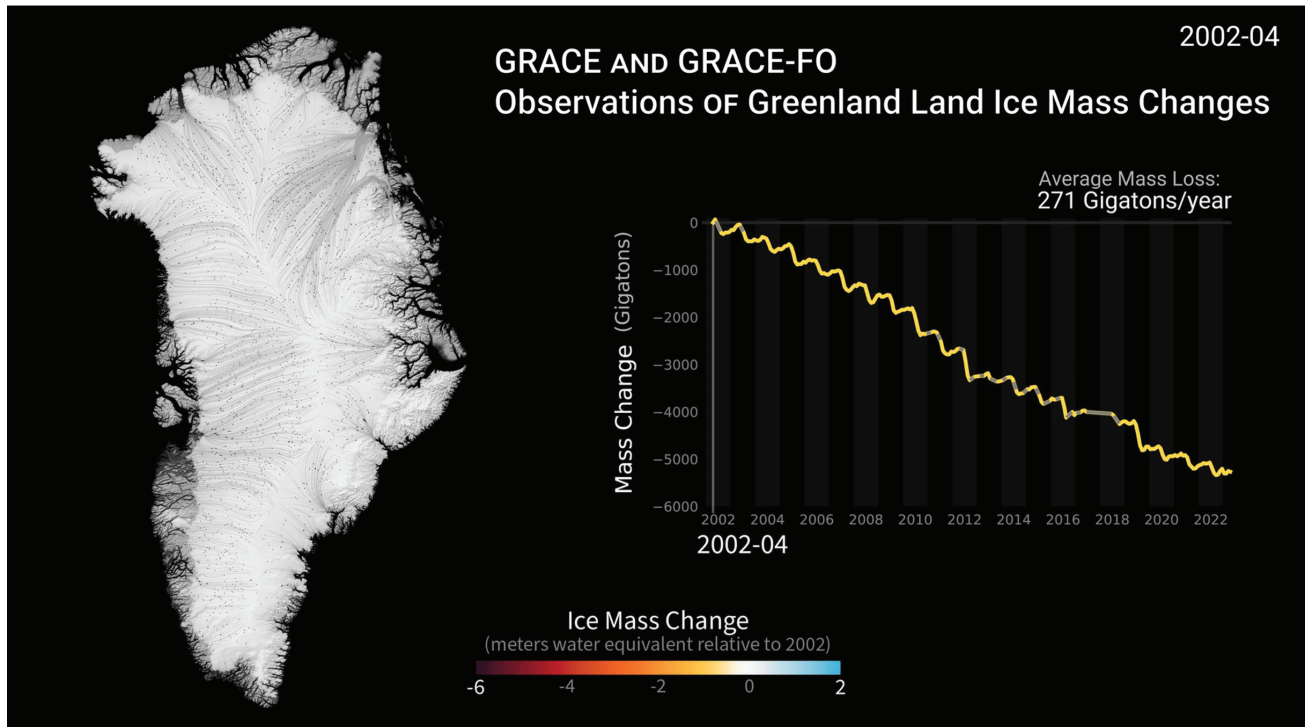


Fonte:

<https://nsidc.org/sea-ice-today>

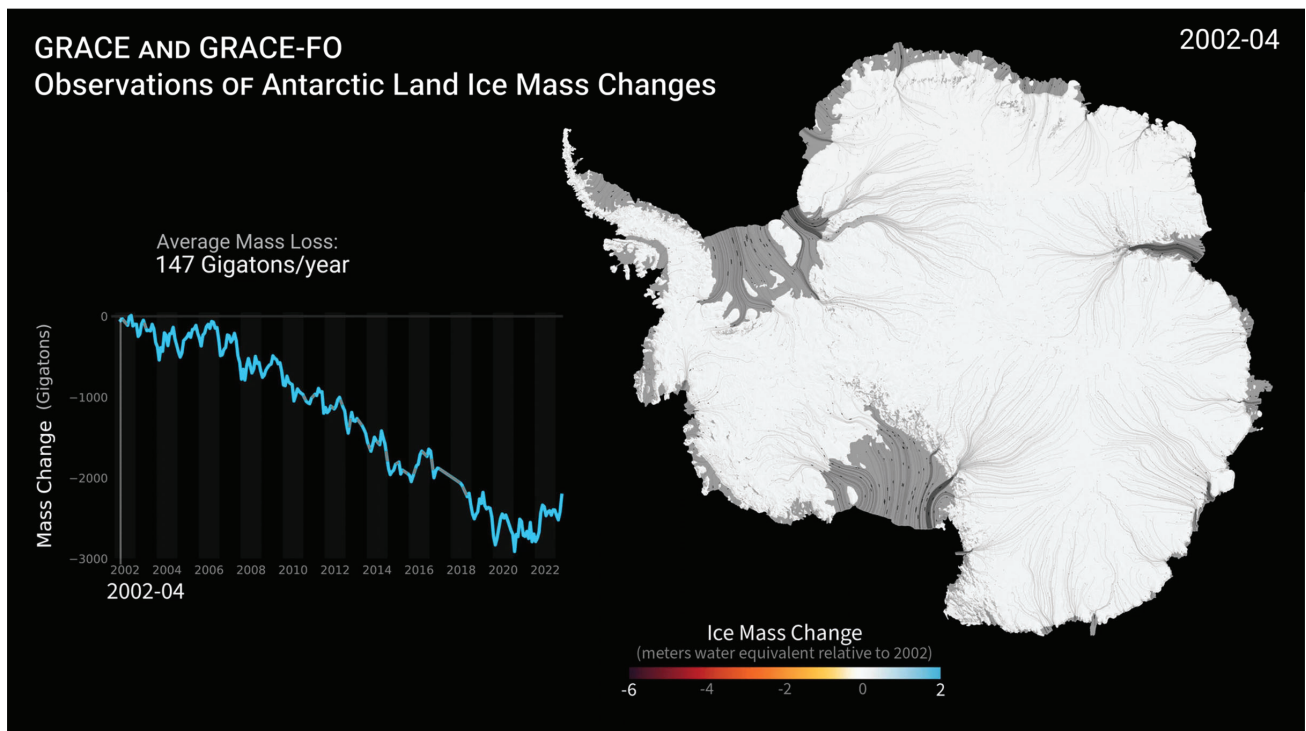
Riduzione dei ghiacci – calotta glaciale della Groenlandia

Le calotte glaciali della Groenlandia e dell'Antartide, dove risiede il 99% dell'acqua dolce del pianeta, stanno perdendo massa glaciale, a partire dai margini



Riduzione dei ghiacci – calotta glaciale dell'Antartide

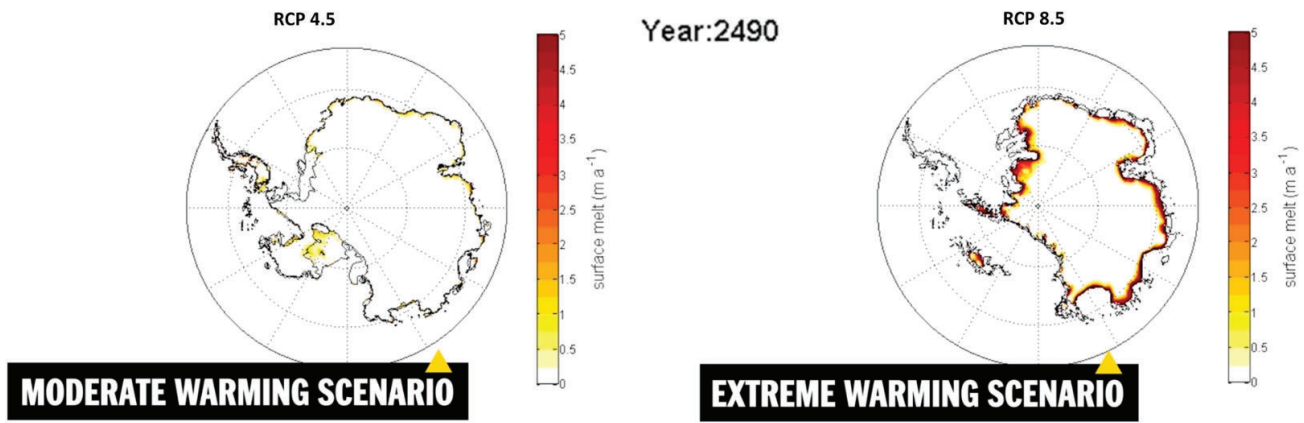
La parte est dell'Antartide ha ghiacci profondi fino a 4 km. La parte occidentale dell'Antartide è invece più sensibile al riscaldamento dell'atmosfera e dell'oceano, e può essere soggetta in tempi più brevi a fenomeni di instabilità



Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise

31 MARCH 2016 | VOL 531 | NATURE | 591

Robert M. DeConto¹ & David Pollard²



Dall'abstract dell'articolo:

L'Antartide ha il potenziale per contribuire a un innalzamento del livello del mare di oltre un metro entro il 2100 e di oltre 15 metri entro il 2500, se le emissioni continueranno senza sosta. In questo caso, il riscaldamento atmosferico diventerà presto il motore dominante della perdita di ghiaccio, ma il riscaldamento prolungato degli oceani ne ritarderà il recupero per migliaia di anni.

Aumento del livello del mare

Le cause principali dell'innalzamento del livello del mare sono l'espansione termica e la fusione dei ghiacci (ghiacciai e calotte glaciali)

Il livello medio globale del mare è aumentato di 0,20 [0,15–0,25] m tra il 1901 e il 2018. Il tasso medio di innalzamento del livello del mare è stato di (confidenza alta):

- 1,3 [0,6–2,1] mm annui tra il 1901 e il 1971
- 1,9 [0,8–2,9] mm annui tra il 1971 e il 2006
- 3,7 [3,2–4,2] mm annui tra il 2006 e il 2018

Aumento del livello del mare già registrato: circa 20 cm (200 mm)

Ulteriori aumenti del livello del mare

Scenario con emissioni molto basse

0,15–0,23 m entro il 2050

0,28–0,55 m entro il 2100;

2–3 m nei successivi 2000 anni

Scenario con emissioni molto alte

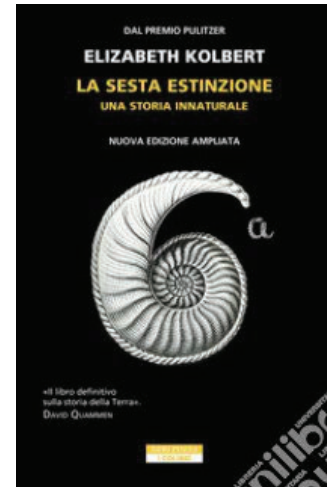
0,20–0,29 m entro il 2050

0,63–1,01 m entro il 2100

>15 metri nei successivi 2000 anni



Riduzione della biodiversità



Defaunation in the Anthropocene

Rodolfo Dirzo,^{1*} Hillary S. Young,² Mauro Galetti,³ Gerardo Ceballos,⁴ Nick J. B. Isaac,⁵ Ben Collen⁶

We live amid a global wave of anthropogenically driven biodiversity loss: species and population extirpations and, critically, declines in local species abundance. Particularly, human impacts on animal biodiversity are an under-recognized form of global environmental change. Among terrestrial vertebrates, 322 species have become extinct since 1500, and populations of the remaining species show 25% average decline in abundance. Invertebrate patterns are equally dire: 67% of monitored populations show 45% mean abundance decline. Such animal declines will cascade onto ecosystem functioning and human well-being. Much remains unknown about this “Anthropocene defaunation”; these knowledge gaps hinder our capacity to predict and limit defaunation impacts. Clearly, however, defaunation is both a pervasive component of the planet’s sixth mass extinction and also a major driver of global ecological change.

Impatti su altre cose importanti per gli esseri umani

Quali sono le cose per noi importanti, che potrebbero essere impattate dal cambiamento climatico?

Quali sono le cose per noi davvero importanti?

Quali sono le cose per cui vale la pena vivere?

1000 LIRE! **CUORE** **TUTTI I VOSTRI VOTI**

SETTIMANALE DI RESISTENZA UMANA
 * ANNO 1 * NUMERO 48 * 30 DICEMBRE 1991 * LIRE 1.000

IL GIUDIZIO UNIVERSALE

ANIME NELLA TEMPESTA

TOP TEN		VALORI CALDI	
1 L'amore	15792	11 La salute	3025
2 Gli amici	10024	12 La Juventus	2788
3 Il sesso	8810	13 La famiglia	2475
4 La figa	8591	14 Le donne	2417
5 La fine di Andreotti	5661	15 Leccare la figa	2396
6 La musica	5293	16 Cuore	2376
7 I soldi	4530	17 Toccare le tette	2374
8 Viaggiare	4468	18 Gli spinelli	2287
9 La libertà	3473	19 Ridere	2246
10 Scopare	3360	20 La pace	2187

IN QUESTO NUMERO SPECIALE DI CAPODANNO PUBBLICHIAMO, A GRANDE RICHIESTA, LA CLASSIFICA INTEGRALE DEL NOSTRO ERDICO, MOSTRUOSO SONDAGGIO - PARLANO I NOSTRI LETTORI, COMICI SPAVENTATI GUERRIERI INVITATI AD APRIRE IL LORO CUORE: IL RISULTATO SONO QUESTE DODICI PAGINE DI PASSIONE E DI CAOS - E TU, CHE CI STAI LEGGENDO CON QUELLA FACCIA DA NAUFRAGO, HAI GIÀ CAPITO PER CHE COSA STAI VIVENDO?

Too darn hot

(Cole Porter, 1948)

È troppo dannatamente caldo

Mi piacerebbe cenare con la mia ragazza stasera

E fare l'amore con la mia ragazza stasera

Ma io non sono dalla mia ragazza stasera

Perché è troppo dannatamente caldo.

Secondo il Rapporto Kinsey ogni uomo in media

Preferisce di gran lunga corteggiare la sua dolce amata

Quando la temperatura è moderata.

Ma quando il termometro va su

E il tempo è rovente

Caro mio, uno non se la sente di amoreggiare

Perché è troppo, troppo

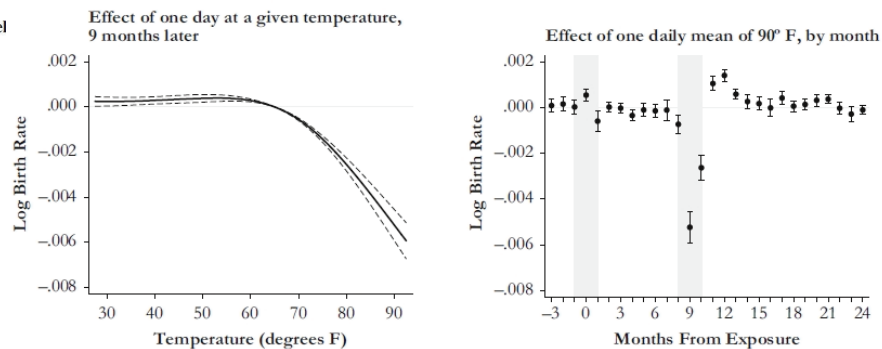
Troppo dannatamente caldo.



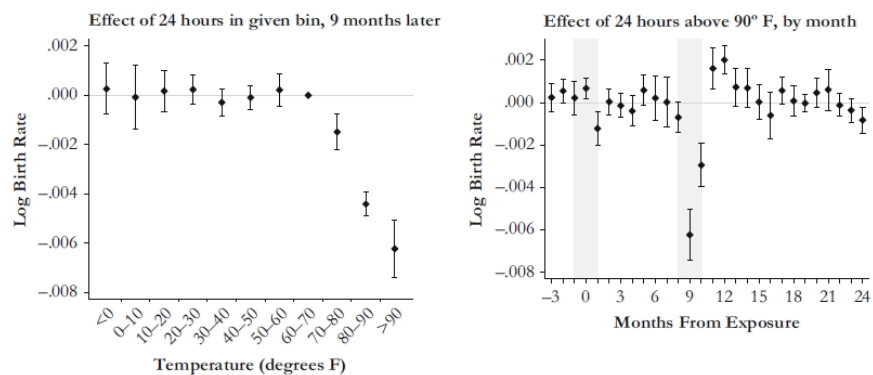
Maybe Next Month? Temperature Shocks and Dynamic Adjustments in Birth Rates

Alan Barreca^{1,2,3} · Olivier Deschenes^{2,3,4} · Mel

a. Spline of daily mean temperature



b. Diurnal temperature bins



SCIENTIFIC REPORTS

OPEN

Extreme thermal fluctuations from climate change unexpectedly accelerate demographic collapse of vertebrates with temperature-dependent sex determination

Nicole Valenzuela¹, Robert Litzman¹, Jennifer L. Neuwald^{1,2}, Beatriz Mizoguchi¹, John B. Iverson¹, Julia L. Riley^{3,4} & Jacqueline D. Litzgus⁵

genes

Article

Climate Change and Green Sea Turtle Sex Ratio—Preventing Possible Extinction

Jana Blechschmidt, Meike J. Wittmann and Chantal Blüml *



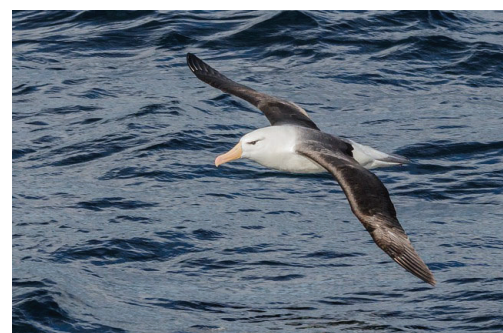
PROCEEDINGS B

royalsocietypublishing.org/journal/rsob

Research

Environmental variability directly affects the prevalence of divorce in monogamous albatrosses

Francesco Ventura¹, José Pedro Granadeiro¹, Paul M. Lukas², Amanda Kuepfer^{3,4} and Paulo Catry⁵



Tempo e clima

Il tempo meteorologico (lo stato dell'atmosfera in un dato tempo e luogo) ha una sua variabilità, che porta la possibilità di ondate di calore, di precipitazioni molto intense, di periodi siccitosi.

Il clima è il «tempo medio» su un lungo periodo e su un'area vasta

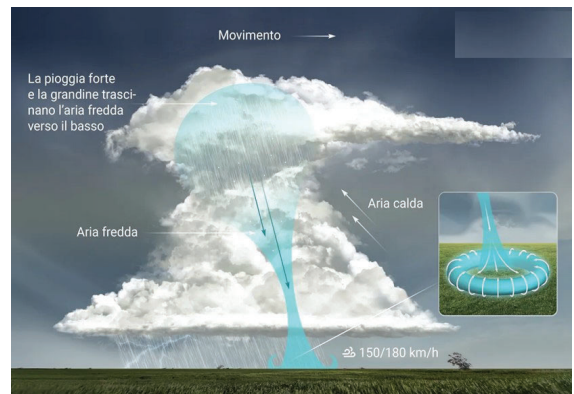
Il cambiamento climatico (la variazione del clima) influisce sulla variabilità del tempo meteorologico, rendendo più probabili alcuni eventi e meno altri.

Anche prima del cambiamento climatico antropico la variabilità meteorologica e le lente oscillazioni climatiche generavano impatti sulle società umane e gli ecosistemi

Probabilità e attribuzione



Milano , 25 luglio 2023



Downburst

CHI SPECULA SUL CLIMA L'URAGANO DEGLI SCIACALLI

Tempesta sul Nord: Milano paralizzata, centinaia di alberi sbiancati e tetti divelti. Al Sud incendi e vittime. E la sinistra accusa il governo perché piove...

**IL FLAGELLO DI OGNI ESTATE PIEGATO ALLA PROPAGANDA
PER IL TERRORISMO CLIMATICO
ARRUOLANO ANCHE I PIROMANI**

Tutti gli incendi sono dolosi e giornali e tv prima grondavano indignazione verso i responsabili. Ora però i criminali spariscono per far credere che sia fuoco che grandine facciano parte dell'apocalisse ambientale

Il terrorismo green divide anche i ministri



Come distinguere se quanto un evento estremo è dovuto alla variabilità meteorologica o risente del contributo del cambiamento climatico ?



World
Weather
Attribution

Home

About ▾

Analyses ▾

News

Peer reviewed research ▾



Methodological
papers

Event papers



Climate change increased the likelihood of wildfire disaster in highly exposed Los Angeles area



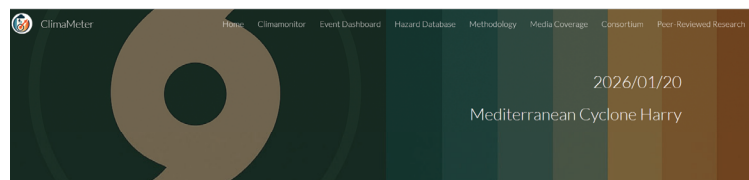
Heatwave

Heatwaves can be particularly dangerous to humans, and occur all over the world with increasing intensity.



Extreme rainfall

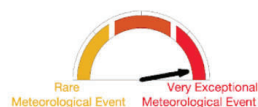
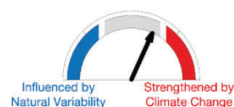
Rainfall events from a major storm or hurricane, or intense localised downpours can lead to flooding in any type of location.



Strong winds in Mediterranean Cyclone Harry mostly strengthened by human-driven climate change

24-Jan-2026 CNRS-IPSL (ERA5 + CFS Data)

ClimaMeter for Mediterranean Cyclone Harry
20-Jan-2026



Fonte: <https://www.climameter.org/20260120-mediterranean-cyclone-harry>