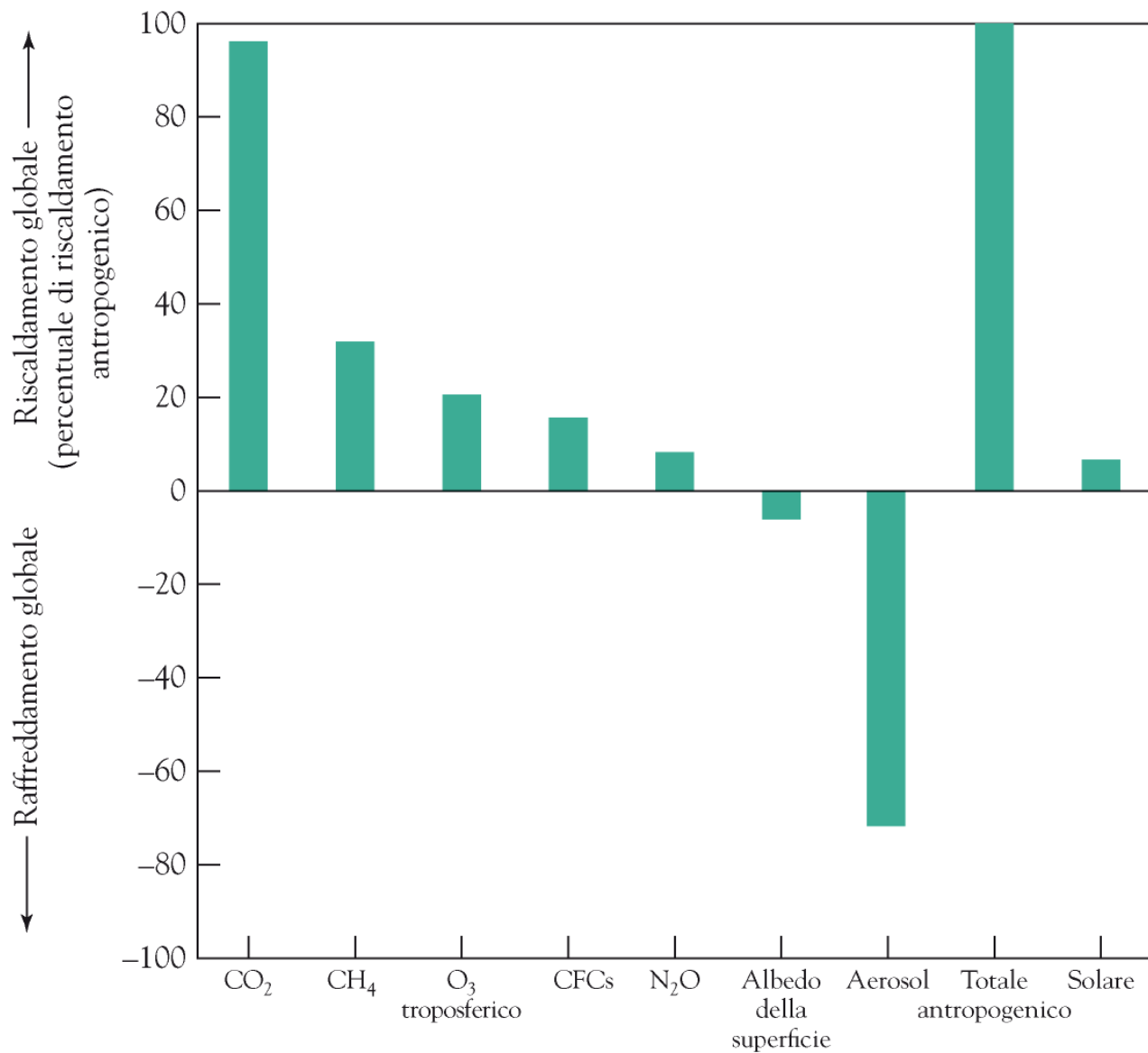


CHIMICA AMBIENTALE

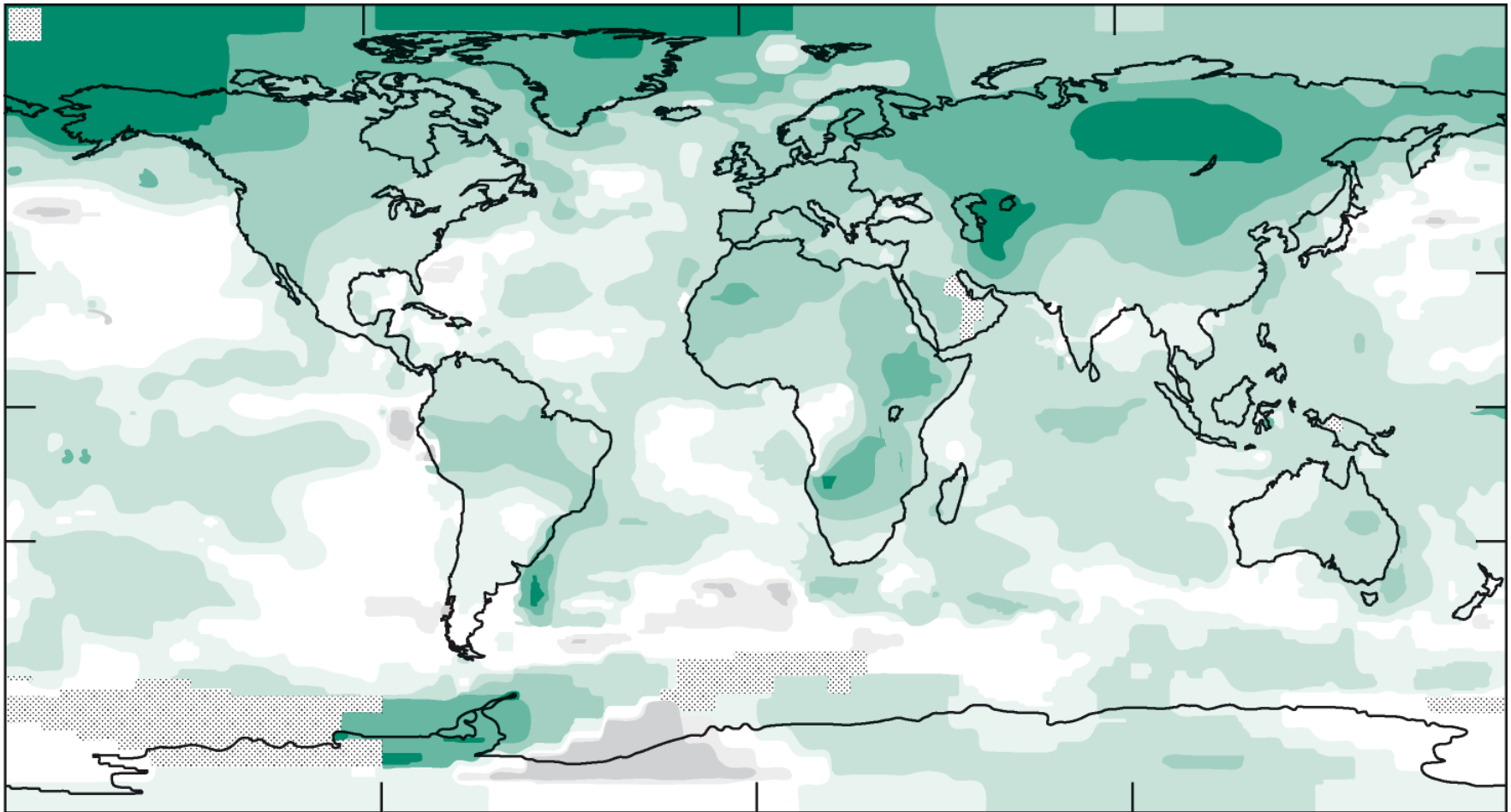
CdL triennale in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura
e in
Chimica

Docente
Pierluigi Barbieri

SSD Chimica dell'ambiente e dei beni culturali, CHIM/12



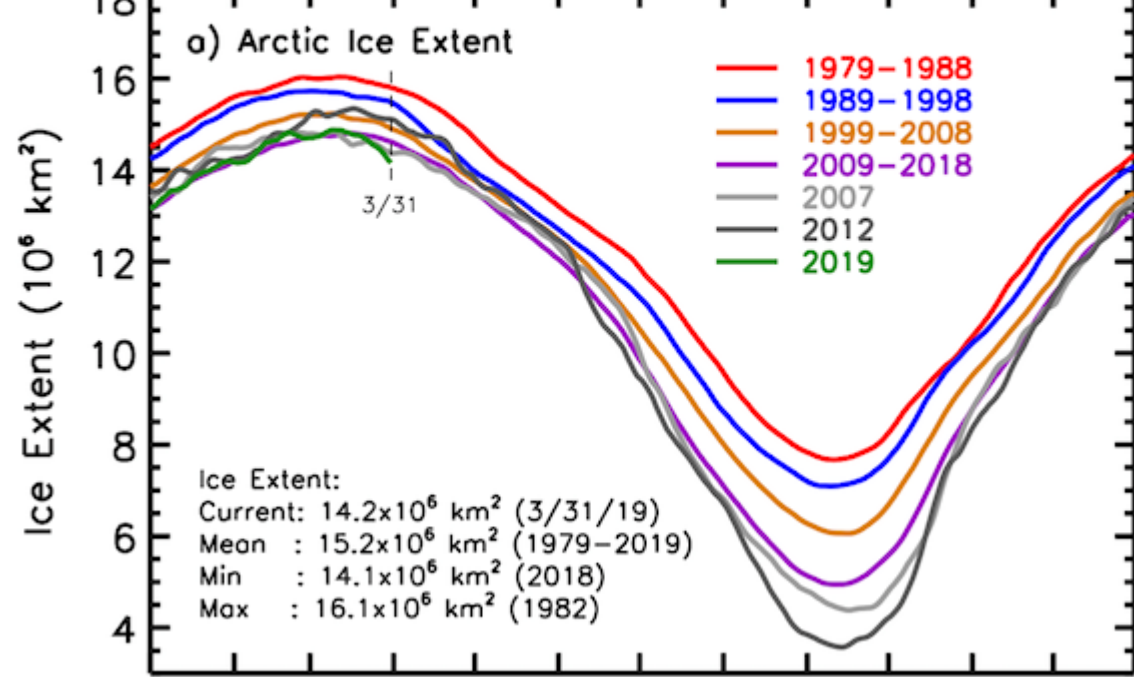
Contributi al riscaldamento e raffreddamento globale prodotti da vari fattori relativi al 2005 espressi come percentuale del riscaldamento di origine antropica totale



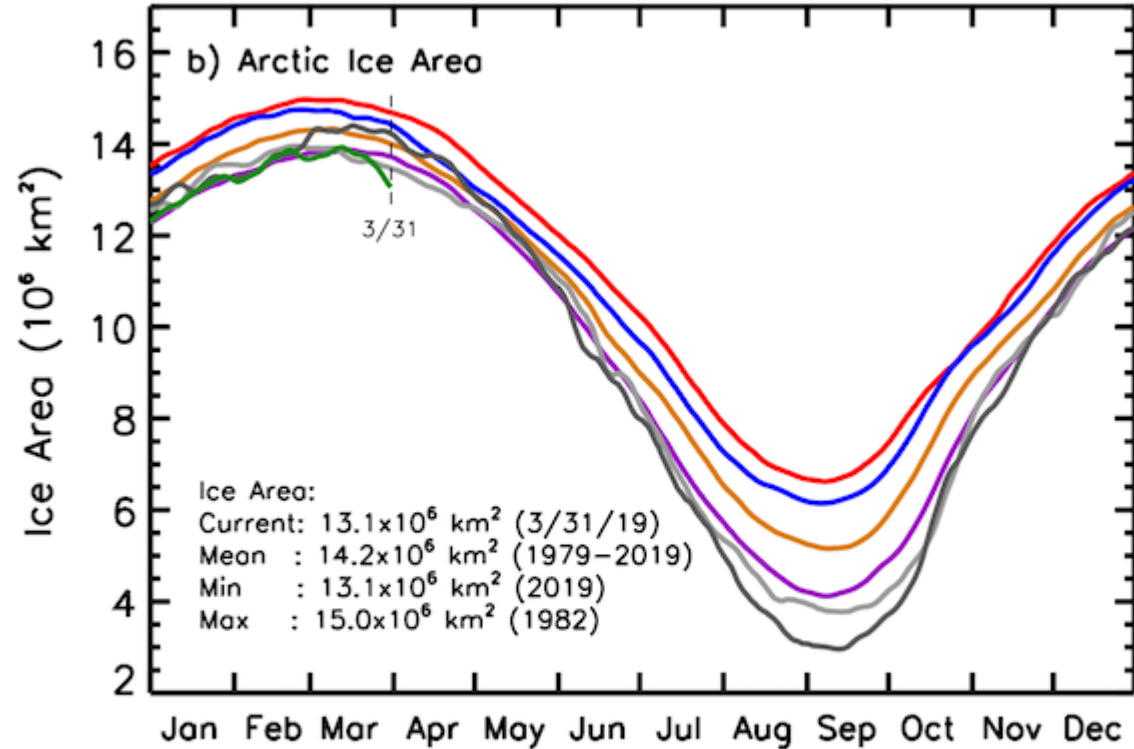
Cambiamento di temperatura (°C)

Modifiche in °C della T media della superficie nel 2001-2005 in rapporto alla media 1951-1980
(puntini nelle aree in cui dati insufficienti)

In generale: Temperature di aria su terre emerse riscaldata più di quella su aree marine



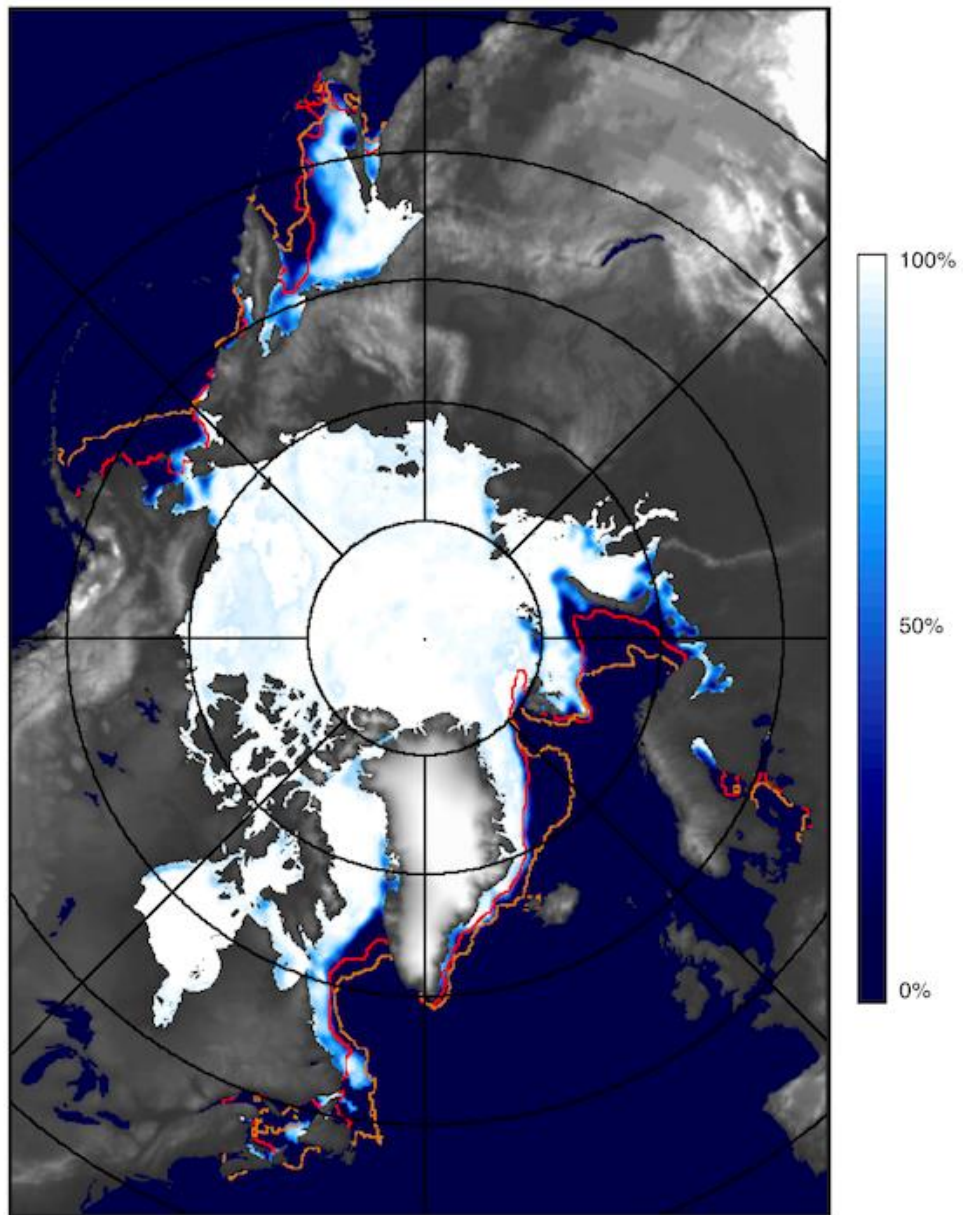
La regione dell'Artide riscaldata più di tutte (ghiaccio marino sta scomparendo; retroazione positiva (rinforzo) del riscaldamento poiché ghiaccio riflette luce solare meglio che acqua liquida)



<https://neptune.gsfc.nasa.gov/csb/index.php?section=234>

<http://nsidc.org/arcticseaicenews/faq/>

Northern Hemisphere, March 31, 2019



Current Ice Extent: $14.2 \cdot 10^6 \text{ km}^2$

— Minimum 3/31 Extent Outline, 2018 ($14.1 \cdot 10^6 \text{ km}^2$)

— Maximum 3/31 Extent Outline, 1982 ($16.1 \cdot 10^6 \text{ km}^2$)

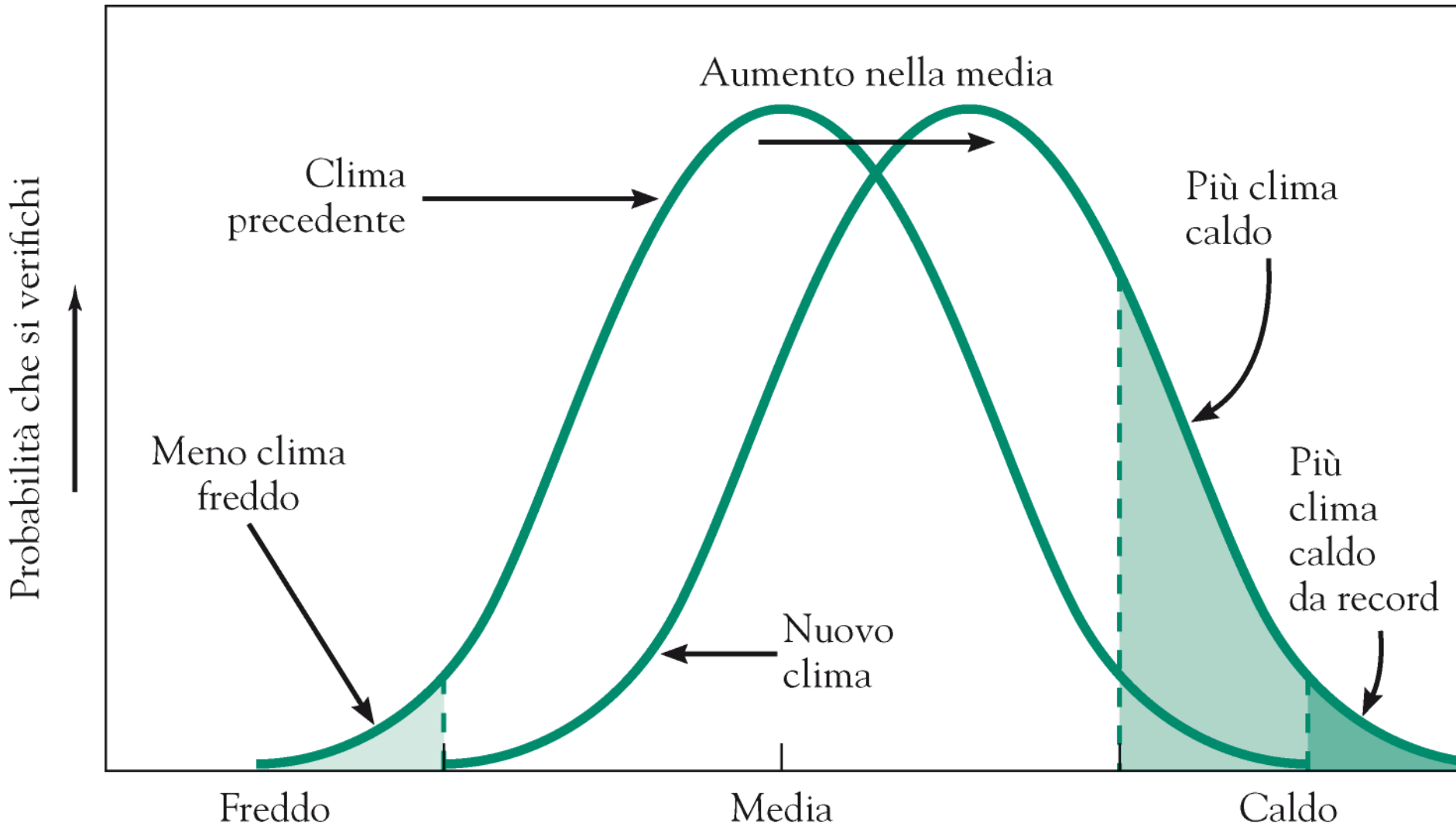
Segni del riscaldamento globale

1. Nella maggior parte delle aree si è registrato aumento delle precipitazioni (in alcune regioni diminuzione)
2. Manifestazioni climatiche estreme sono sempre più comuni (aumentano giorni caldo record e diminuiscono giorni freddi invernali)
3. Inverni accorciati di circa 11 giorni [primavera (comparsa gemme, foglie, fioriture) anticipa e autunno (caduta foglie) posticipa]
4. Copertura di ghiaccio sta regredendo
5. Riscaldamento dell'acqua sta uccidendo coralli
6. Malattie trasmesse da zanzare raggiungono latitudini più elevate
7. Aumento del livello degli oceani minaccia di sommergere isole del Pacifico



23 febbraio 2019

Segni del riscaldamento globale

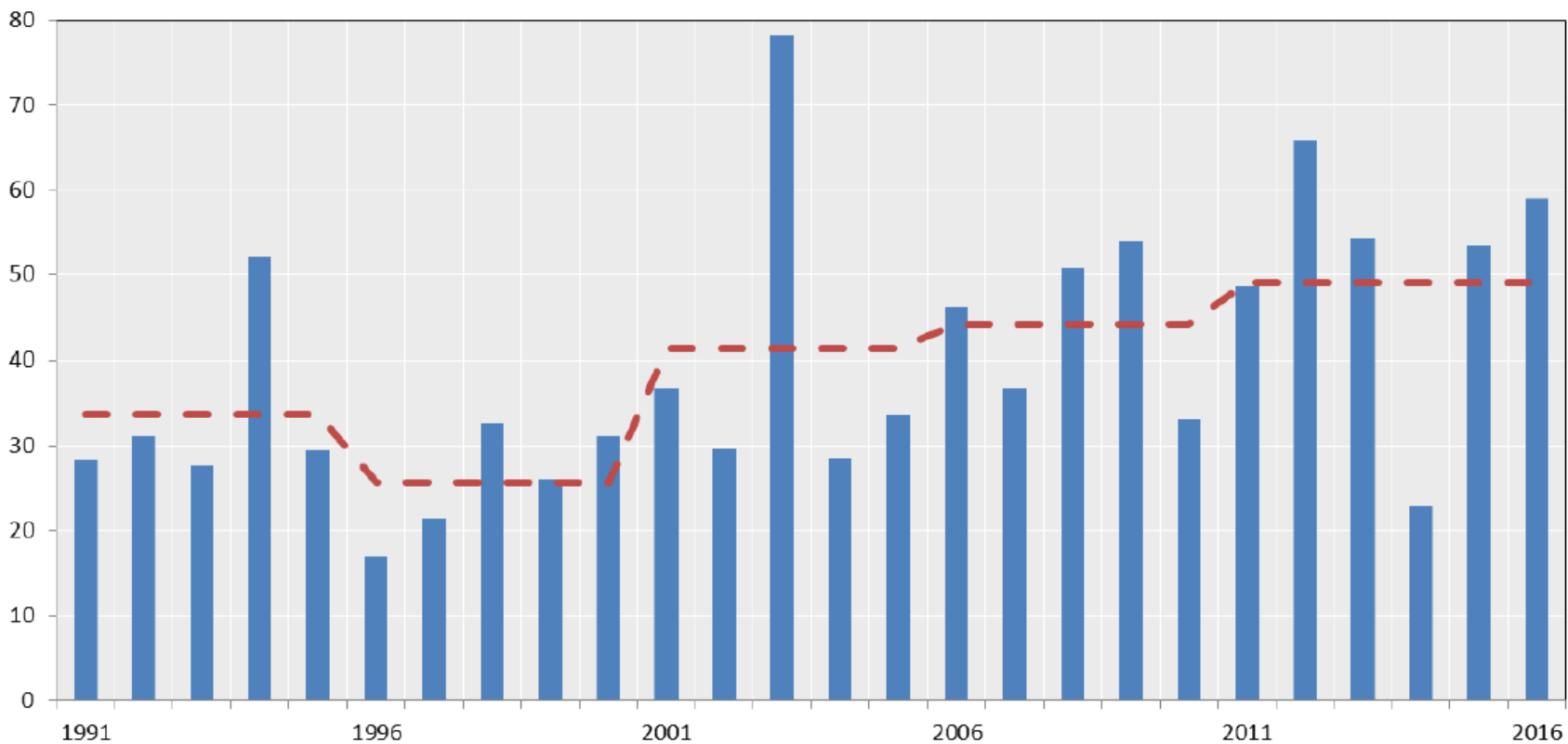


Localmente

http://www.meteo.fvg.it/clima/clima_fvg/03_cambiamenti_climatici/CambiaClimaFVG_Studio2018_sintesi20190315.pdf

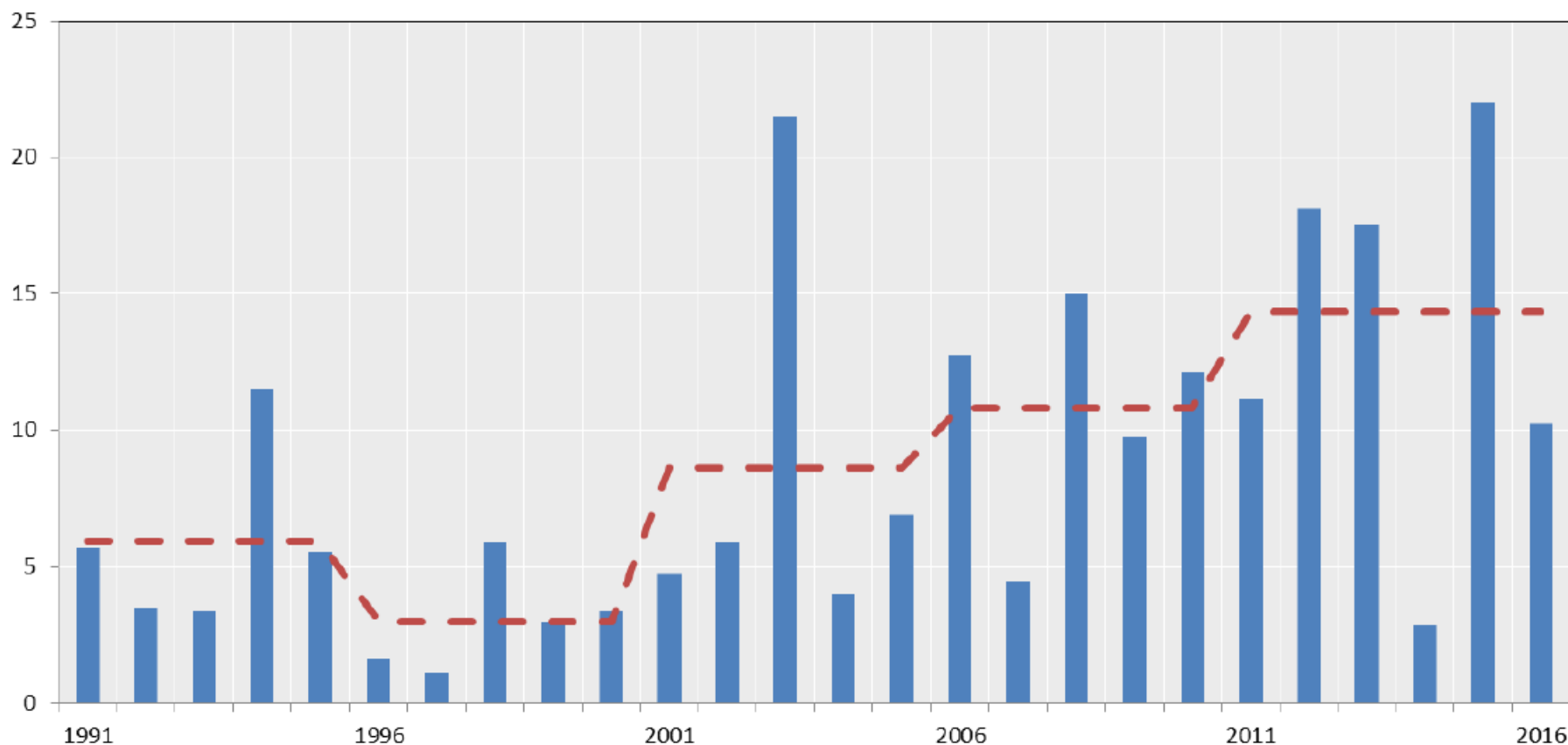
umentano le T MASSIME estive

Numero di giorni caldi (T max maggiore di 30°C)



Periodo 1991-2016 per la pianura del FVG. La linea rossa rappresenta l'andamento medio quinquennale:
da 30 giorni degli anni '90 **a quasi 50** nell'ultimo quinquennio.

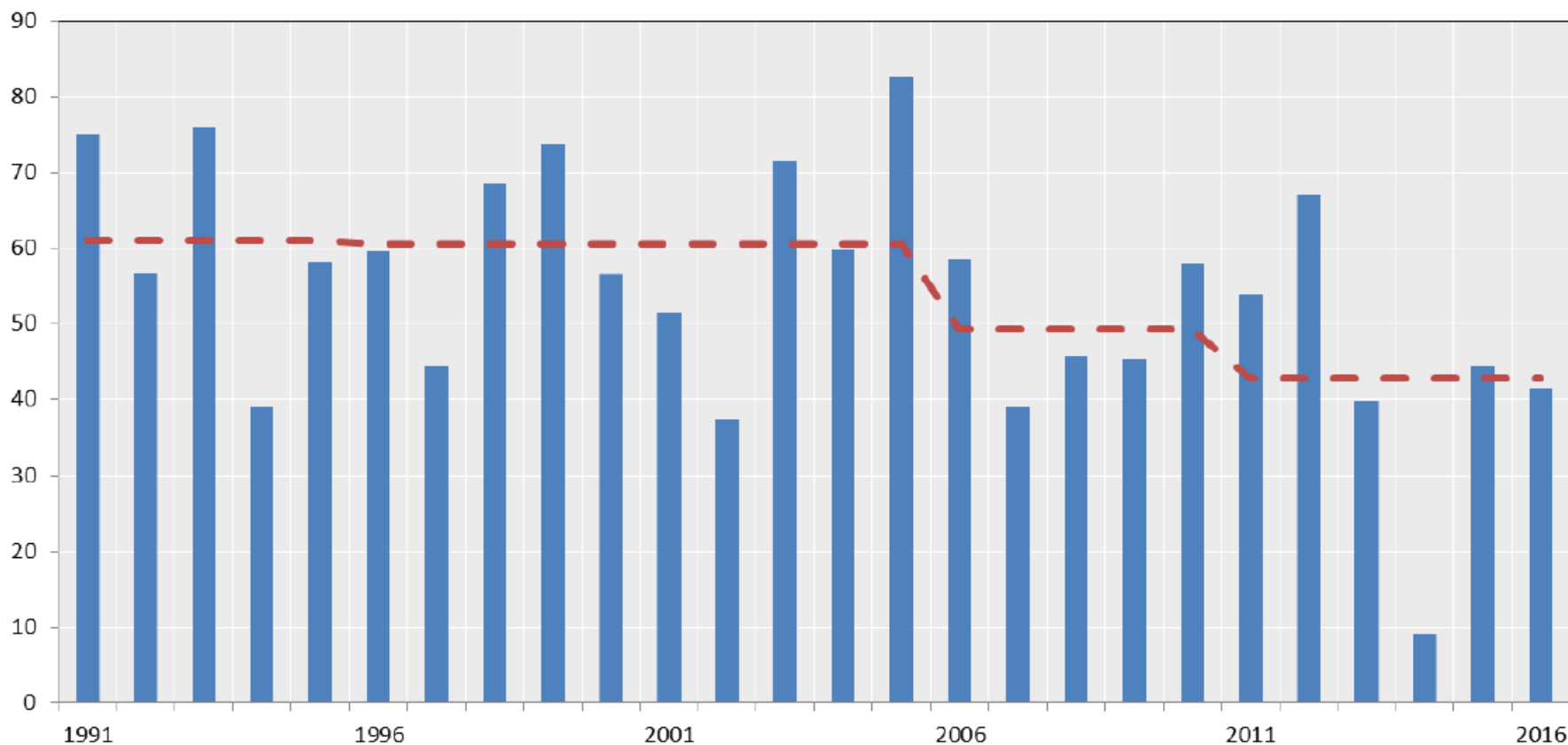
Numero di notti calde (T min maggiore di 20 °C)



Periodo 1991-2016 per la pianura del FVG. La linea rossa rappresenta l'andamento medio quinquennale:

da 5 notti degli anni '90 a quasi 15 nell'ultimo quinquennio.

Numero di giorni di gelo (T min minore di 0 °C)



Periodo 1991-2016 per la pianura del FVG.

La linea rossa rappresenta l'andamento medio quinquennale.

CLIMATOLOGY

Projected changes in persistent extreme summer weather events: The role of quasi-resonant amplification

Michael E. Mann^{1*}, Stefan Rahmstorf^{2,3}, Kai Kornhuber², Byron A. Steinman⁴, Sonya K. Miller¹, Stefan Petri², Dim Coumou^{2,5}

Persistent episodes of extreme weather in the Northern Hemisphere summer have been associated with high-amplitude quasi-stationary atmospheric Rossby waves, with zonal wave numbers 6 to 8 resulting from the phenomenon of quasi-resonant amplification (QRA). A fingerprint for the occurrence of QRA can be defined in terms of the zonally averaged surface temperature field. Examining state-of-the-art [Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5)] climate model projections, we find that QRA events are likely to increase by ~50% this century under business-as-usual carbon emissions, but there is considerable variation among climate models. Some predict a near tripling of QRA events by the end of the century, while others predict a potential decrease. Models with amplified Arctic warming yield the most pronounced increase in QRA events. The projections are strongly dependent on assumptions regarding the nature of changes in radiative forcing associated with anthropogenic aerosols over the next century. One implication of our findings is that a reduction in midlatitude aerosol loading could actually lead to Arctic de-amplification this century, ameliorating potential increases in persistent extreme weather events.

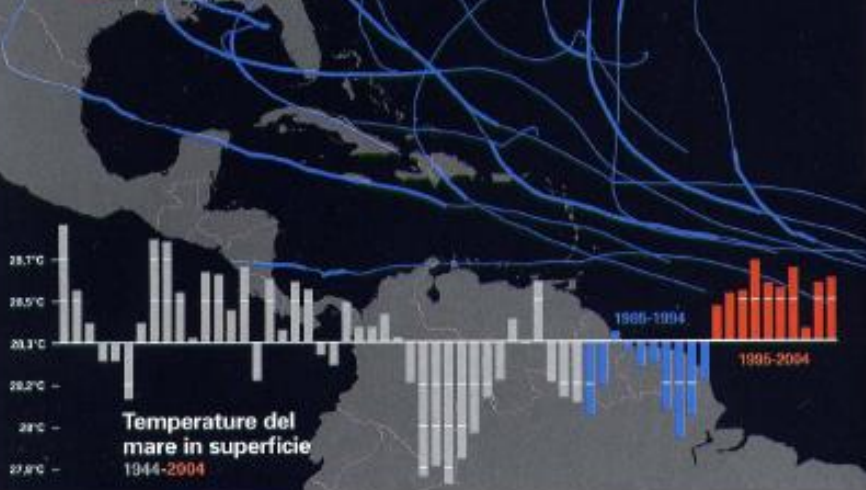
Copyright © 2018
The Authors, some
rights reserved;
exclusive licensee
American Association
for the Advancement
of Science. No claim to
original U.S. Government
Works. Distributed
under a Creative
Commons Attribution
NonCommercial
License 4.0 (CC BY-NC).

<http://advances.sciencemag.org/content/advances/4/10/eaat3272.full.pdf>

Il percorso degli uragani

Quando le temperature in superficie erano più basse (1985-1994)

— Categoria 3-5
— Tempesta di minore intensità



Febbraio 2019:

<https://www.gfdl.noaa.gov/global-warming-and-hurricanes/>

National Geographic
Agosto 2005

E' L'effetto di un aumento della temperatura dell'acqua di soli 0,3°C

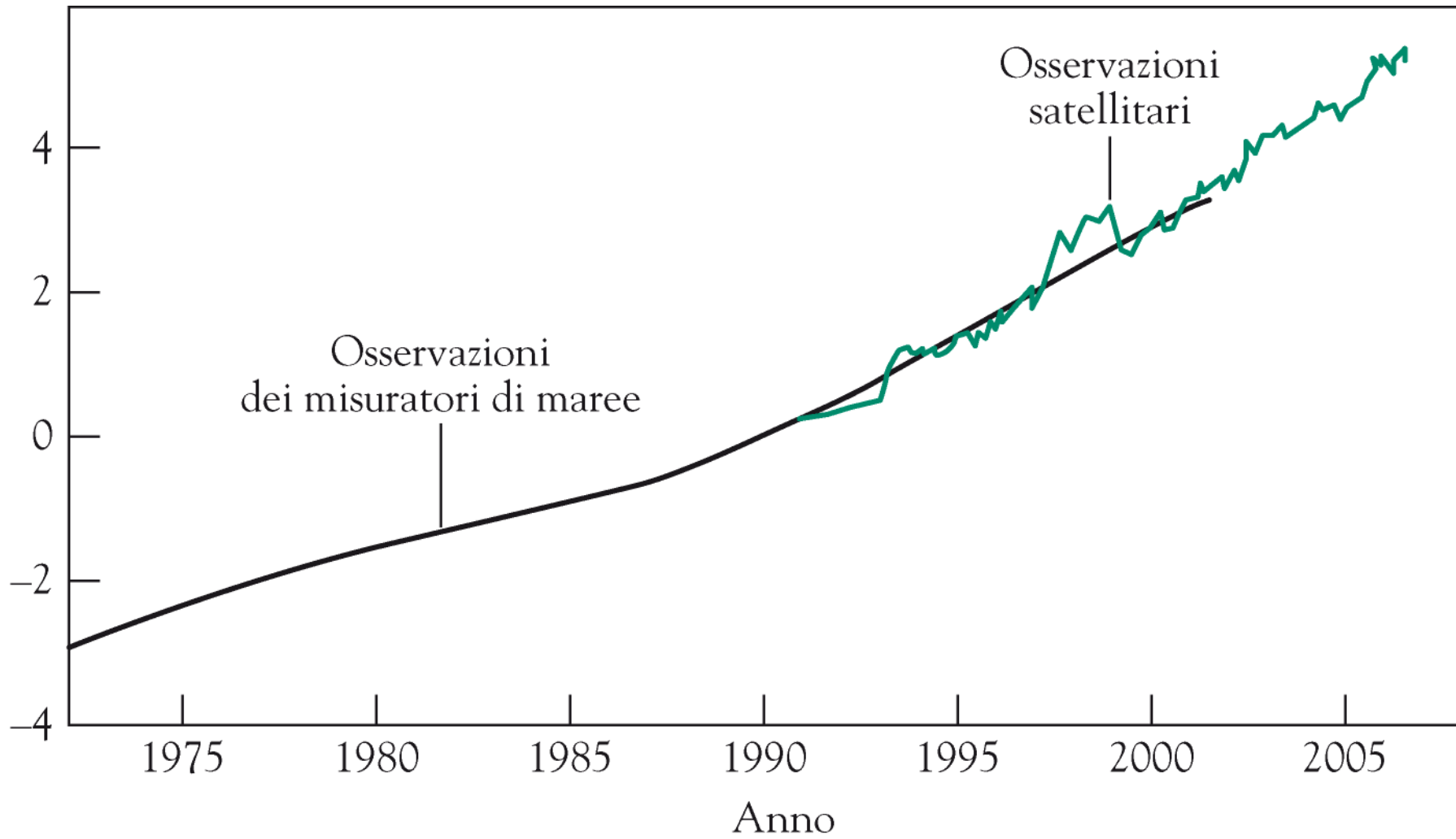
Si stimano costi per 43 miliardi di \$

Ora che sono più alte (1995-2004)



DALLA CALMA AL CAOS L'analisi di due decenni di uragani dimostra che quando le temperature della superficie marina erano più basse (1985-1994) i grandi uragani erano circa metà rispetto all'ultimo decennio, in cui le temperature di superficie sono salite da 0,5 a 1 grado centigrado in seguito a cambiamenti nelle correnti oceaniche che fanno circolare acqua e calore fra l'Atlantico settentrionale e i tropici. La frequenza degli uragani aumenta o diminuisce seguendo uno schema multidecennale (a sinistra) che gli scienziati stanno ancora studiando.

Cambiamento del livello del mare (cm)



Riscaldamento Globale

Riduzione dei ghiacciai montani



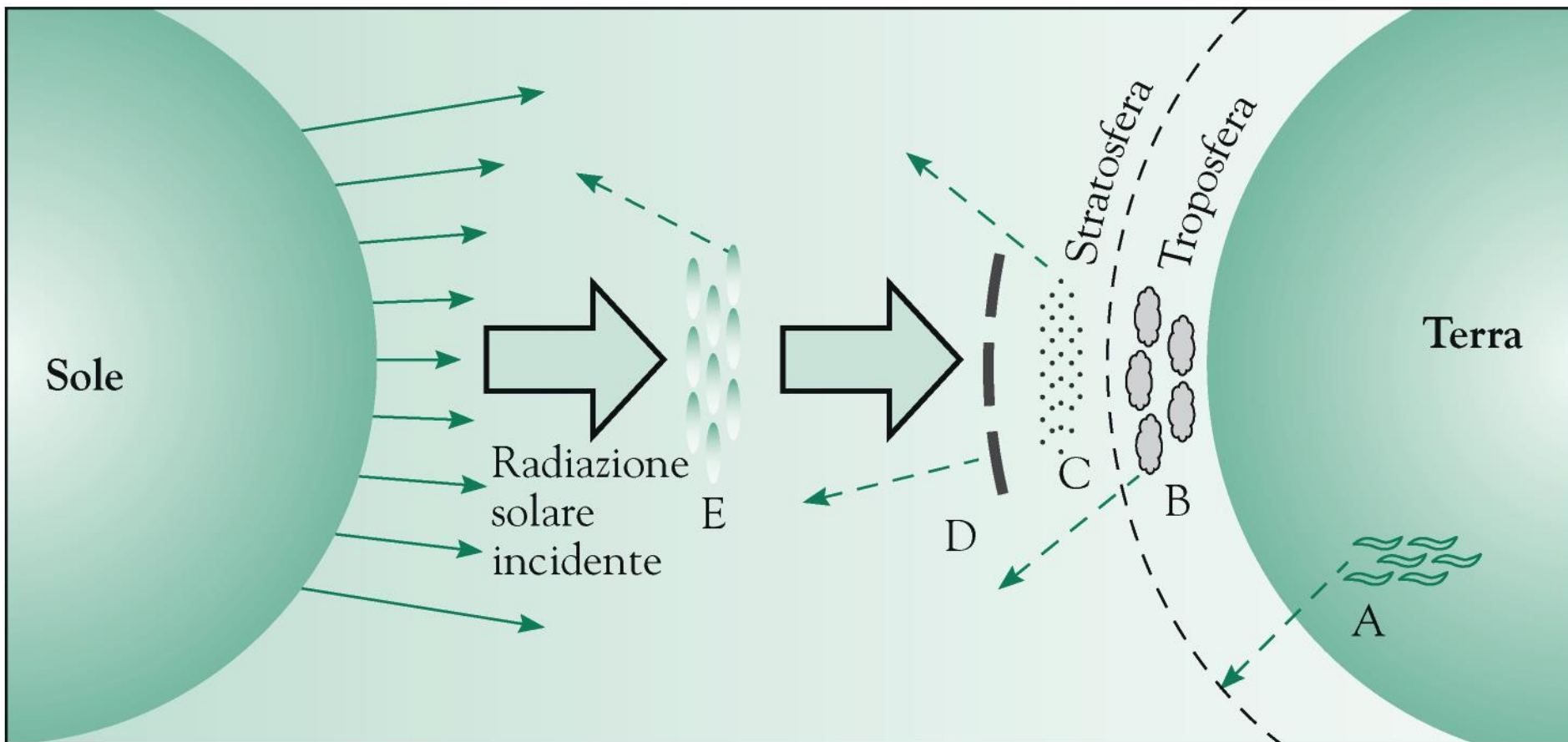
Risposte alle evidenze di riscaldamento

Baird & Cann 213, p.191: **Interventi di geingegneria per combattere il riscaldamento globale**

Geingegneria: elaborazione di progetti su larghissima scala finalizzati a modificare

*intenzionalmente il clima dell'intero pianeta: **riflettere radiazione incidente (-2% I) o assorbire CO₂***

SOLAR RADIATION MANAGEMENT: effetti relativamente rapidi



D Superfici metalliche riflettenti

C Aumento dell'aerosol di solfato in stratosfera

B sbiancamento delle nubi sopra oceani

A superfici riflettenti al suolo (verniciatura tetti, strade etc; deserti)

Preoccupazioni: diminuzione regionale piogge e ozono stratosferico

TABELLA 5.1 • Caratteristiche dei progetti SARM

Metodo	Efficacia	Accessibilità	Velocità di implementazione	Sicurezza
Dischi nello spazio	Alta	Da bassa a molto bassa	Molto bassa	Media
Aerosol nella stratosfera	Alta	Alta	Alta	Bassa (problemi legati alle piogge)
Sbiancamento delle nubi	Bassa-media	Media	Media	Bassa (quadri climatici)
Imbiancamento di tetti e strade	Molto bassa	Molto bassa	Media-alta	Molto alta
Riflettori nei deserti	Da bassa a media	Molto bassa	Alta	Molto bassa

Nota: adattata da "Geoengineering the Climate," *The Royal Society*, settembre 2009.

Nel frattempo ad Harvard

<https://www.nature.com/articles/d41586-018-07533-4>

<https://projects.iq.harvard.edu/keutschgroup/scopex>

Gas serra

Effetti attesi del raddoppio di concentrazione di gas serra
(obiettivo degli esperimenti di geoingegneria di riduzione del 2% della radiazione
incidente è correlato a ipotesi di raddoppio della concentrazione di CO₂)

Gas traccia	Aumento della concentrazione		Aumento della temperatura [K]
Anidride carbonica (CO ₂)	300	→ 600 ppm	2 ... 4
Ozono troposferico (O ₃)	0,03	→ 0,06 ppm	0,9
Clorofluoroidrocarburi (CFC)	0	→ 1 ppbs	0,6
Protossido di azoto (N ₂ O)	0,3	→ 0,6 ppm	0,4
Metano (CH ₄)	1,7	→ 3 ppm	0,3
Ammoniaca (NH ₃)	0	→ 1 ppb	0,09
Tetraclorocarburo (CCl ₄)	0	→ 1 ppb	0,08
Cloroformio (CHCl ₃)	0	→ 1 ppb	0,06
Tetrafluorocarburo (CF ₄)	0	→ 1 ppb	0,06
Acido nitrico (HNO ₃)	raddoppio		0,06
Metilcloruro (CH ₂ CCl ₂)	0	→ 1 ppb	0,03
Metilcloroformio (CH ₃ CCl ₃)	0	→ 1 ppb	0,02
Etilene (C ₂ H ₄)	0,2	→ 0,4 ppb	0,01
Totale (con 3 K per il CO ₂)			5,6

Positive proof of global warming.



**18th
Century**

1900

1950

1970

1980

1990