

CONVEGNO
PACE NUCLEARE E SFIDE AMBIENTALI
NELL'EUROPA, DA CRISTIANI
8 maggio 2018, ore 9.00 – 16.00

c/o Istituto Maria Santissima Bambina
Via Paolo VI, 21 – 001210 Città del Vaticano

*Energia e Ambiente:
quali prospettive per l'Umanità?*

Relazione del Prof. Agostino Mathis

Prof. Agostino Mathis – Via Bertero, 61 – 00156 ROMA (Italy)
Cell. 338-1901198; E-mail: amathisit@yahoo.com

Dinamica e controllo del Sistema Clima-Società

Relazione del Prof. Agostino Mathis

Cell. 338190119 - Email: amathisit@yahoo.com

Sommario

- Storia del clima (paleoclimatologia) e del genere *Homo* (paleoantropologia).
- Reciproche interazioni tra cambiamenti climatici ed evoluzione umana.
- Ere glaciali del Pleistocene, deglaciazione dell'Olocene e Neolitico.
- Negli ultimi decenni, l'*Homo sapiens* ha cominciato a condizionare in misura sensibile l'evoluzione del clima del Pianeta Terra: siamo nell' "Antropocene".
- I limiti delle nuove energie rinnovabili (sole, vento): richiedono enormi quantità di territorio e di materie prime, ma producono poca energia elettrica, ed in modo intermittente. Il rifiuto «psico-sociale» dell'opzione nucleare in alcuni Paesi.
- Nell'ipotesi allora che continui ad aumentare l'effetto-serra, si individuano le sfide globali che l'Umanità, e soprattutto i Paesi più sviluppati, dovranno affrontare nei prossimi decenni: in particolare, la probabile inevitabilità di interventi diretti sul clima (Climate Engineering).

Homo erectus, Africa, circa 1 milione di anni fa...



Figure 1 *Humans harnessing fire set us apart from all other species and on the energy course we still find ourselves on today. Fire provided heat and light, security from wild animals, a means to cook meat, enhancing calorie intake, and a means to manufacture tools and weapons. These early humans had calculated that the risk of burning a hand was outweighed by the aforementioned benefits of having fire. Wood is a solar energy store that can be burned when we identify the need of its benefits.*

From: <http://euanmearns.com/energy-and-mankind-part-1/>

La fortunosa vicenda del Genere *Homo*

La «**gestione del fuoco**» è stata la **dote distintiva** del **Genere *Homo*** rispetto a tutti gli altri animali.

Nell'ultimo milione di anni, sopravvivendo ad **una decina di ere glaciali**, il Genere *Homo* ha dato luogo ad un «**cespuglio**» di **Specie più o meno intelligenti**, tra cui la ***Neanderthal***, e infine la ***Sapiens***, che è riuscita, coraggiosamente e fortunatamente, a sopravvivere fino ad oggi.

Che sia stata **la sfida delle ere glaciali a selezionare i più intelligenti?**

GLACIAL-INTERGLACIAL ICE CORE DATA

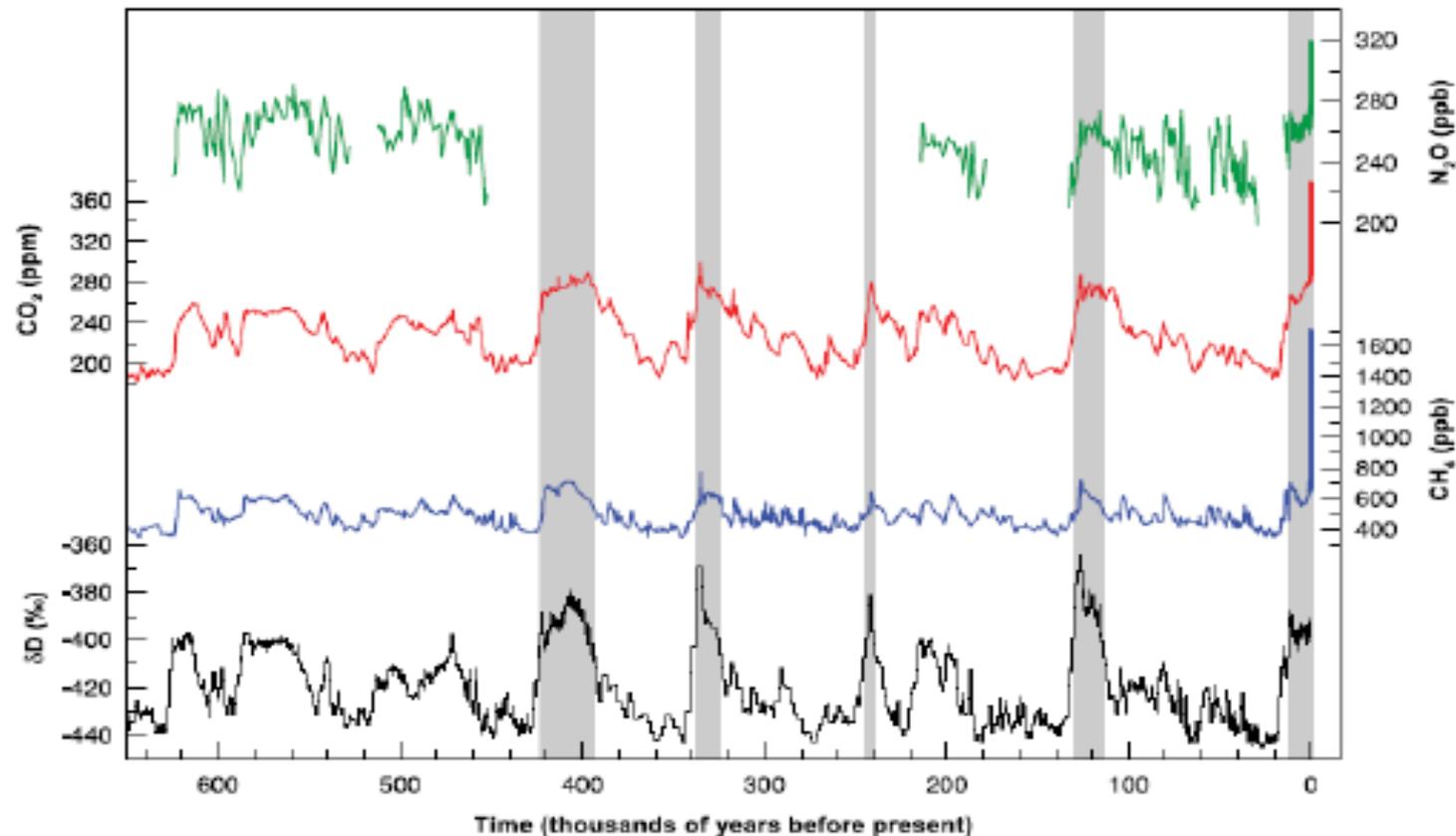


Figure TS.1. Variations of deuterium (δD) in antarctic ice, which is a proxy for local temperature, and the atmospheric concentrations of the greenhouse gases carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), and nitrous oxide (N_2O) in air trapped within the ice cores and from recent atmospheric measurements. Data cover 650,000 years and the shaded bands indicate current and previous interglacial warm periods. *{Adapted from Figure 6.3}*

Fig. 4 – Alternanza di periodi glaciali ed interglaciali durante l'ultimo milione di anni. (Da: IPCC "Climate Change 2007 – The Physical Science Basis - Technical Summary – TS.2 Changes in Human and Natural Drivers of Climate – TS.2.1 Greenhouse Gases - TS.2.1.1 Changes in Atmospheric Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide" <http://www.ipcc.ch/>).

Interazioni tra clima ed evoluzione umana

Da **almeno un milione di anni** il clima influenza profondamente l'evoluzione umana, in particolare nel **continente africano**:

- **fasi calde e umide** favoriscono l'aumento delle popolazioni e la **comparsa di nuove specie**;
- **fasi fredde ed aride**, aggravate da **eruzioni di supervulcani** e conseguenti inquinamenti atmosferici, **selezionano le specie vincenti**.

Da **almeno ottomila anni**, *Homo sapiens* influisce sulle **tendenze del clima terrestre**.

La storia della popolazione umana: la deglaciamento ed il neolitico

Con la fine dell'ultima era glaciale, **circa 11.000 anni fa**, e probabilmente proprio grazie alla conseguente **stabilizzazione del clima**, *Homo sapiens* fu in grado di adottare su larga scala **le tecniche dell'agricoltura e dell'allevamento**, e quindi di costruire **centri stanziali** sempre più vasti (periodo delle **civiltà neolitiche**). Comunque, il tasso di incremento della popolazione **non dovette mai superare lo 0,1% all'anno**.

Da: P. Pellegrini "Meno nascite: futuro a rischio" il nostro tempo – 30 Ottobre 2011.

Nature Unbound III: Holocene climate variability (Part A)

Posted on [April 30, 2017](#) | [124 Comments](#)

by Javier

First in a two part series on Holocene climate variability.

Summary: Holocene climate is characterized by two initial millennia of fast warming followed by four millennia of higher temperatures and humidity, and a progressively accelerating cooling and drying for the past six millennia. These changes are driven by variations in the obliquity of the Earth's axis. The four millennia of warmer temperatures are called the Holocene Climatic Optimum which was 1-2°C warmer than the Little Ice Age. This climatic optimum was when global glaciers reached their minimum extent. The Mid-Holocene Transition, caused by orbital variations, brought a change in climatic mode, from solar to oceanic dominated forcing. This transition displaced the climatic equator, ended the African Humid Period and increased El Niño activity.

From: <https://judithcurry.com/2017/04/30/nature-unbound-iii-holocene-climate-variability-part-a/>

...continua...

...continua...

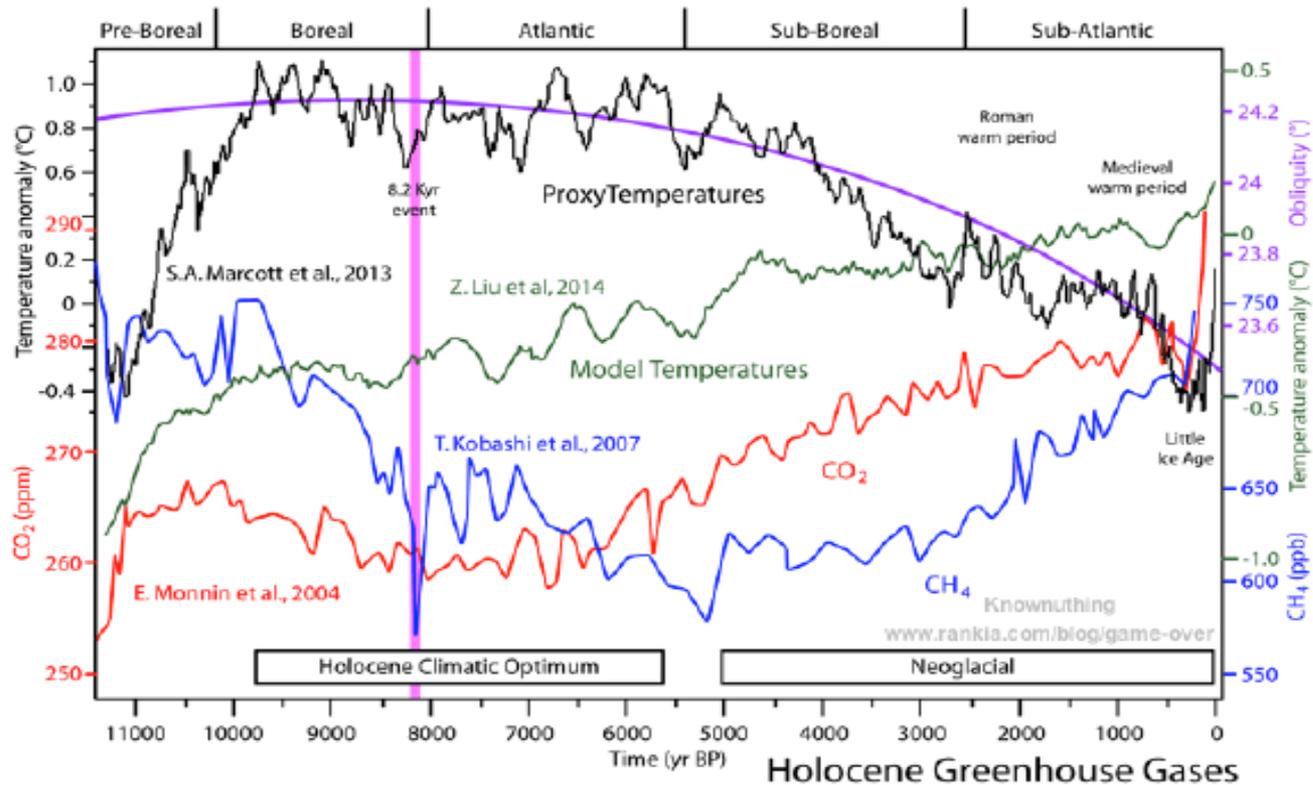
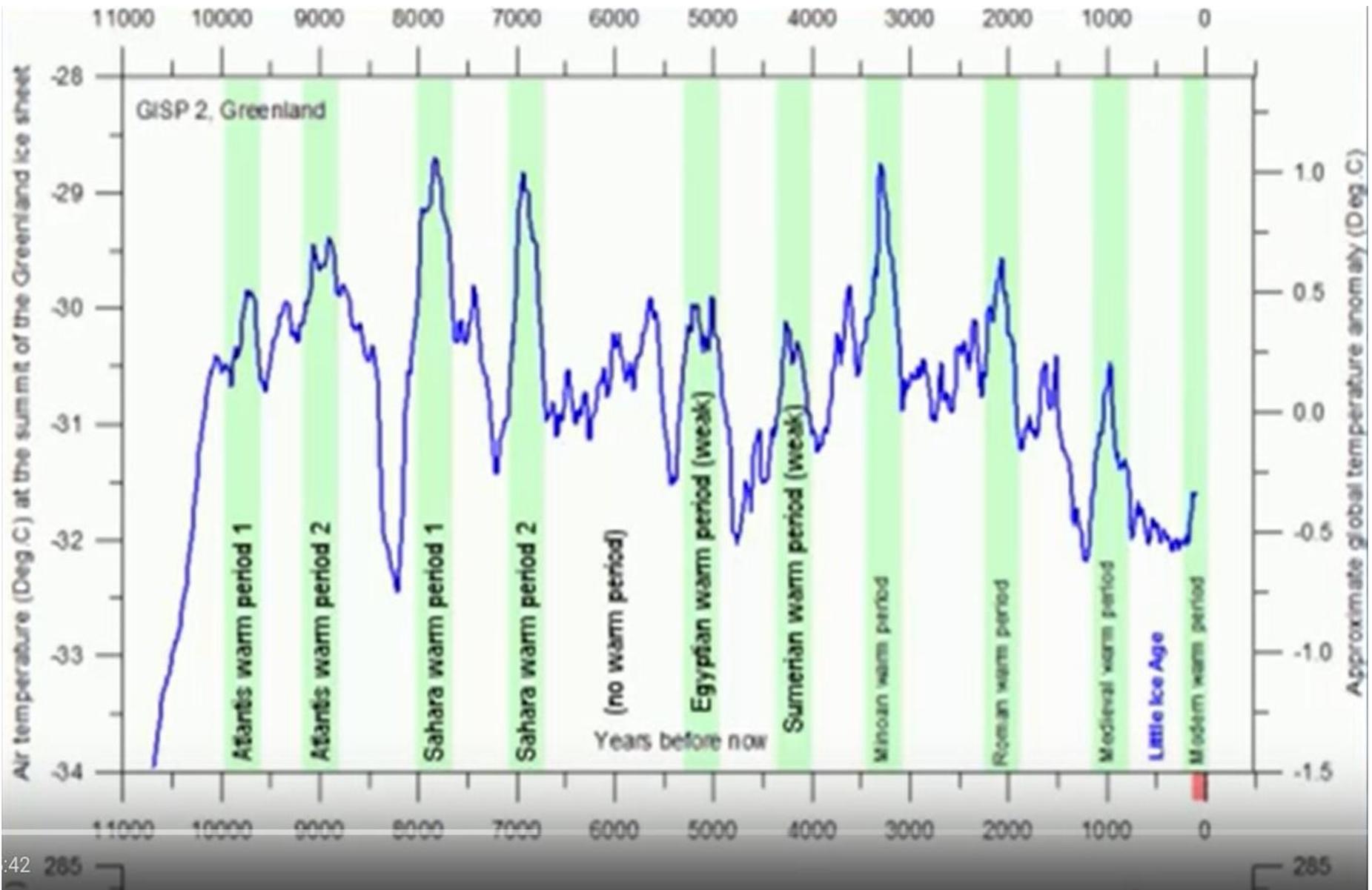


Figure 38. Temperature and greenhouse gases changes during the Holocene. Black curve, global temperature reconstruction by Marcott et al., 2013, as in figure 37. Purple curve, Earth's axis obliquity cycle. Red curve, CO₂ levels as measured in Epica Dome C (Antarctica) ice core, reported in Monnin et al., 2004. Blue curve, methane levels as measured in GISP2 (Greenland) ice core from Kobashi et al., 2007. Notice the great effect of the 8.2 kyr event on methane concentrations. Green curve, simulated global temperatures from an ensemble of three models (CCSM3, FAMOUS, and LOVECLIM) from Liu et al., 2014, show the inability of general climate models to replicate the Holocene general temperature downward trend. Pink bar, 8.2 kyr BP climatic event. Major Holocene climatic periods are indicated.

Da metà Olocene siamo nell'«Antropocene»?

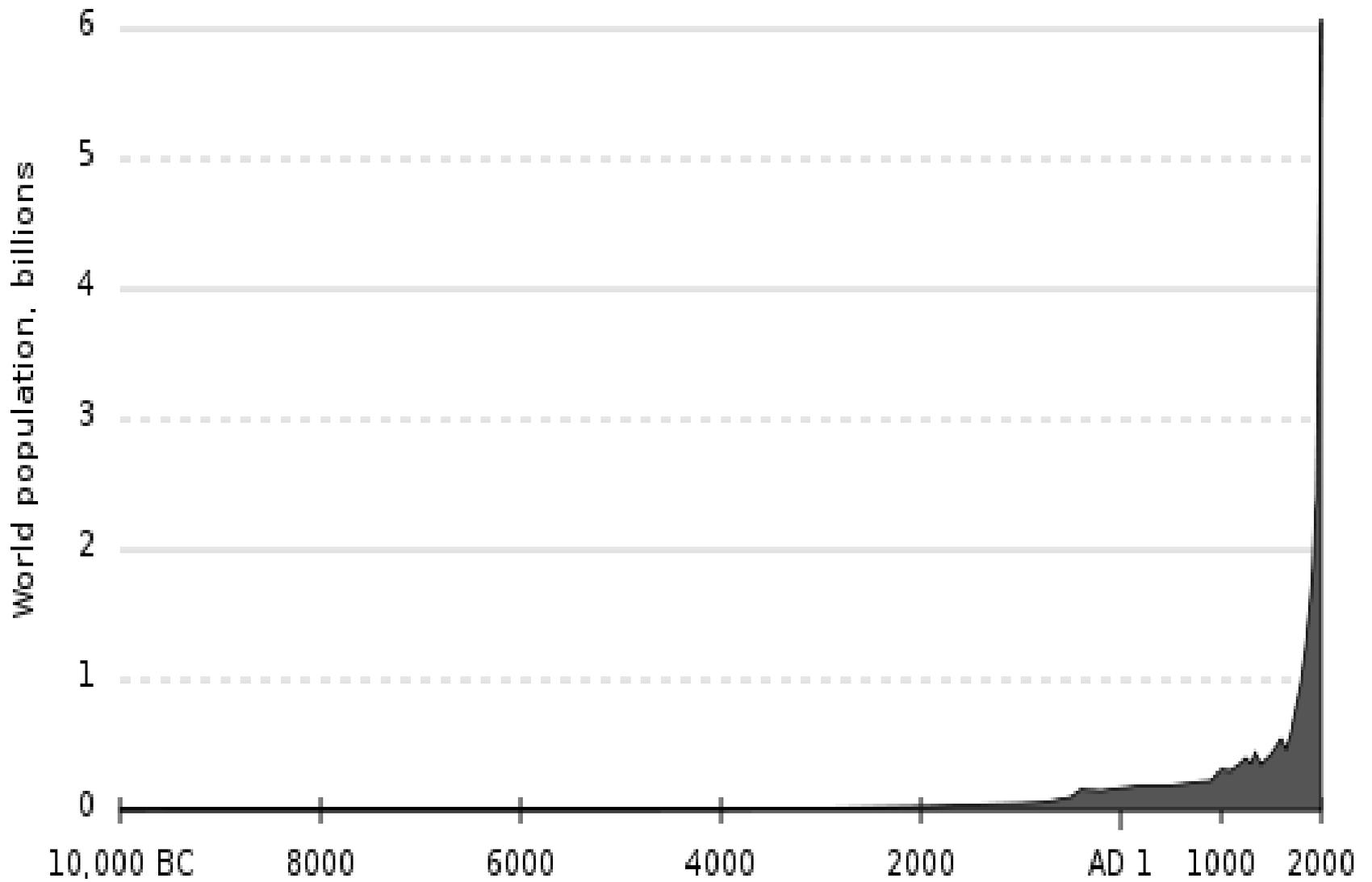
Dal precedente diagramma si può notare che **da circa 6000 anni fa** (Mid-Holocene Transition) **le concentrazioni di CO₂ e di CH₄ hanno cominciato a risalire** (contrariamente a quanto di norma avviene nei precedenti interglaciali).

Alcuni climatologi (**Ruddiman**) suppongono che ciò possa essere **conseguenza dell'attività dell'*Homo sapiens***, che prima ha cominciato a **bruciare e tagliare foreste** per farne pascoli e coltivazioni su interi continenti, poi, specie nel Sud Est Asiatico, a **coltivare risaie e allevare animali**, ambedue grandi fonti di metano: **che sia questi il vero inizio dell'Antropocene?**



La storia della popolazione umana: l'attuale interglaciale

Le **civiltà neolitiche** comportarono **la più profonda trasformazione dell'ambiente naturale** finora verificatasi: **estinzione di molte specie animali**, in particolare la megafauna dell'era glaciale; **distruzione di vaste distese di foreste** per farne pascoli e campi; conseguente **liberazione di grandi quantità di CO₂ e di metano**, che potrebbero avere influito sul clima al punto da averne finora **ritardato la "naturale" tendenza verso una nuova era glaciale**. In questo modo, la popolazione umana fu in grado di raggiungere, ormai **in epoca storica**, **le centinaia di milioni di individui**.



Da: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Population_curve.svg

La storia della popolazione umana: la rivoluzione industriale

Soltanto **lo sviluppo della scienza moderna** a partire dal **XVII secolo in Europa**, e la conseguente **rivoluzione tecnologica ed industriale**, hanno permesso l'avvio di una **esplosione demografica** che **in tre soli secoli** ha portato la popolazione mondiale a **oltre sette miliardi di individui** (il tasso di incremento, oggi in riduzione, aveva raggiunto un massimo del **2% all'anno**, cioè un raddoppio in 35 anni!).

Si tratta di un andamento che, per altre specie viventi, **di norma porta ad una catastrofe...**

Da: P. Pellegrini "Meno nascite: futuro a rischio" il nostro tempo – 30 Ottobre 2011.

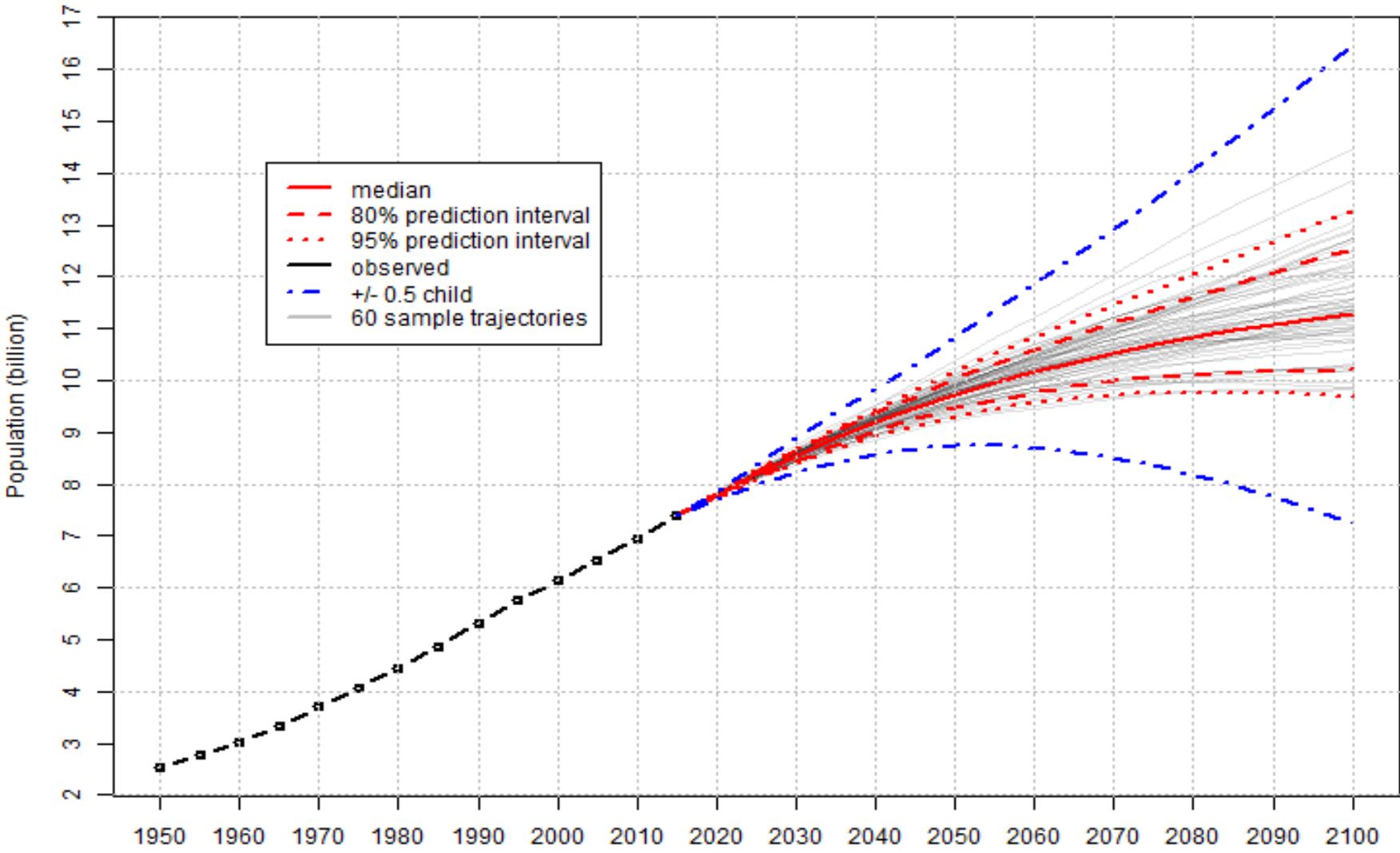
Esplosione demografica e crisi geopolitiche

I Paesi che generarono e gestirono la rivoluzione scientifica e industriale si sono oggi portati ad un **regime di popolazione stabile** (o decrescente...) **e con alti livelli di vita.**

Ma quella stessa rivoluzione ha esteso a tutto il mondo le **nuove tecniche sanitarie e farmacologiche**, che hanno **ridotto la mortalità infantile e allungato la vita media** anche nei **Paesi pre-industriali.**

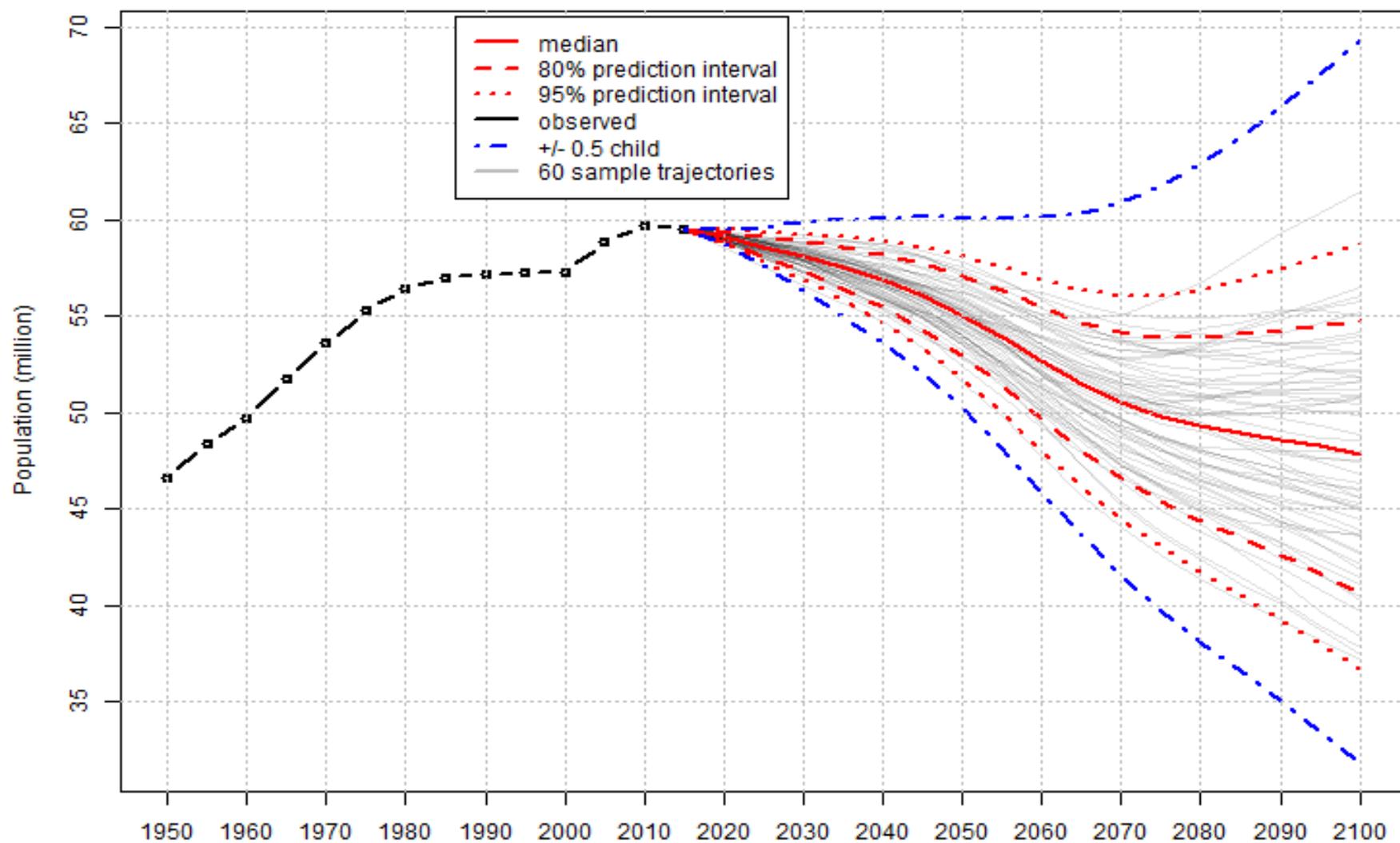
Salvo catastrofi, o enormi flussi migratori, le **previsioni dei demografi** sono le seguenti:

World: Total Population



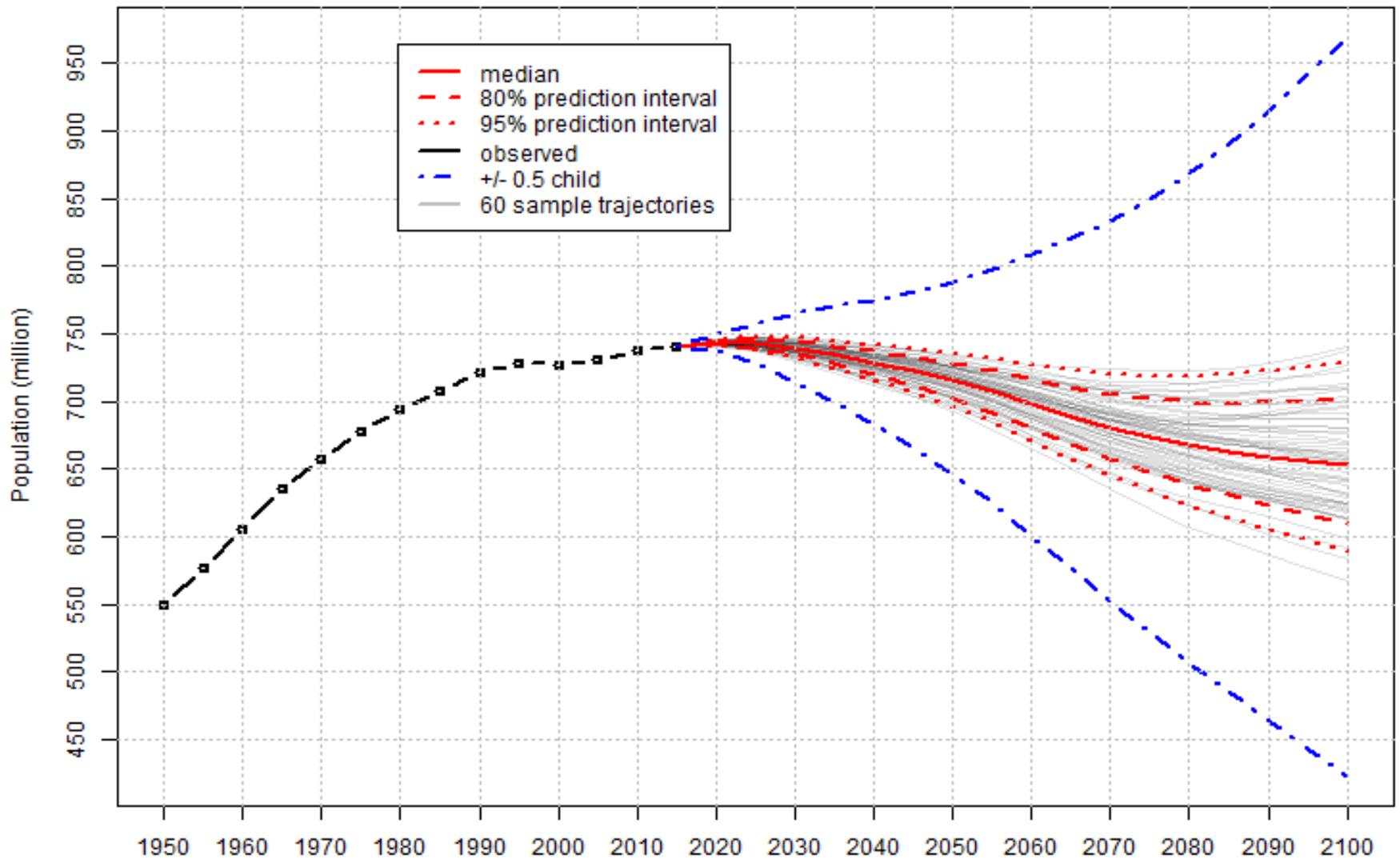
Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017).
World Population Prospects: The 2017 Revision. <http://esa.un.org/unpd/wpp/>

Italy: Total Population



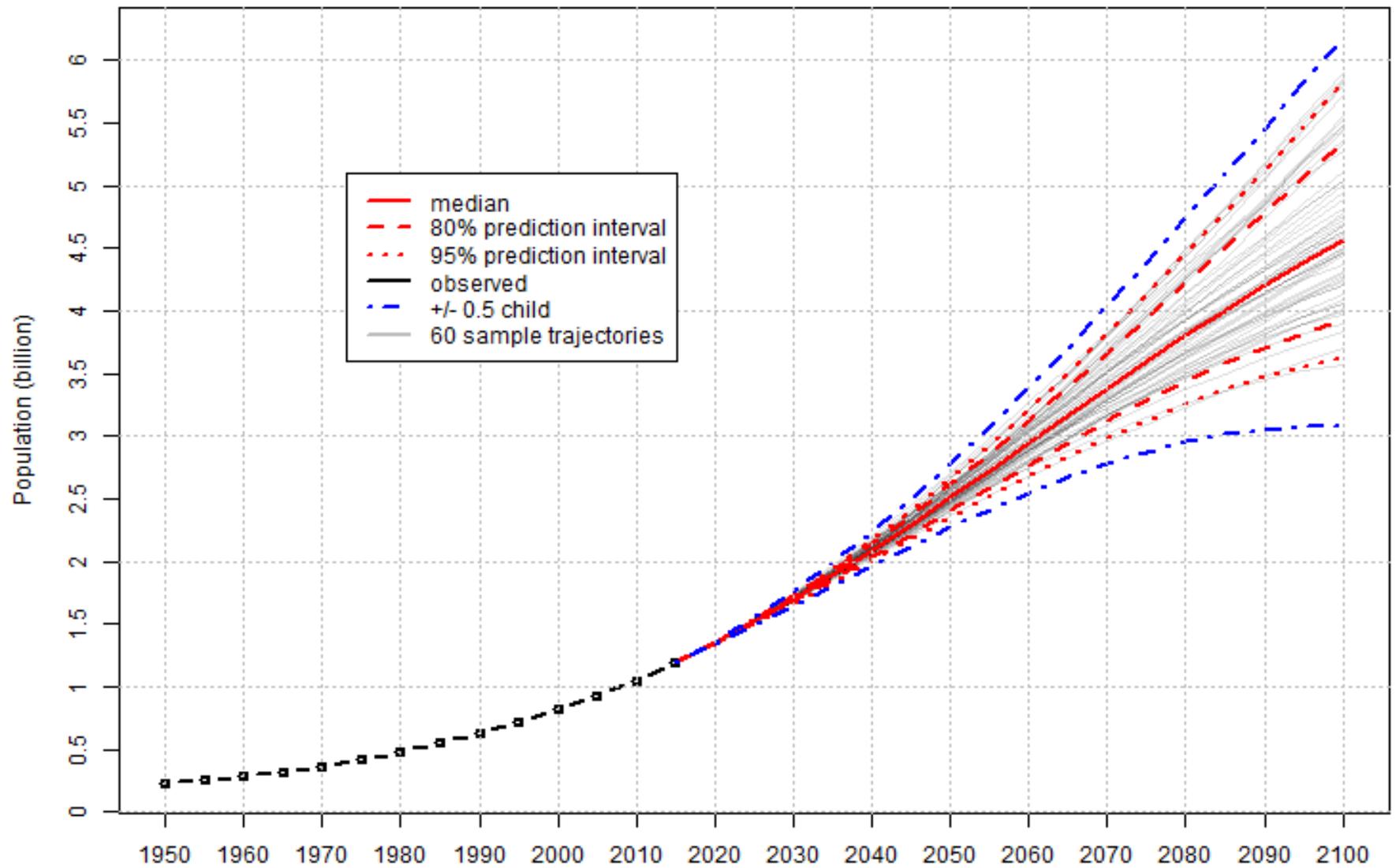
Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017).
World Population Prospects: The 2017 Revision. <http://esa.un.org/unpd/wpp/>

Europe: Total Population



Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017).
World Population Prospects: The 2017 Revision. <http://esa.un.org/unpd/wpp/>

Africa: Total Population



Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017).
World Population Prospects: The 2017 Revision. <http://esa.un.org/unpd/wpp/>

La storia della popolazione umana: energia e tenore di vita

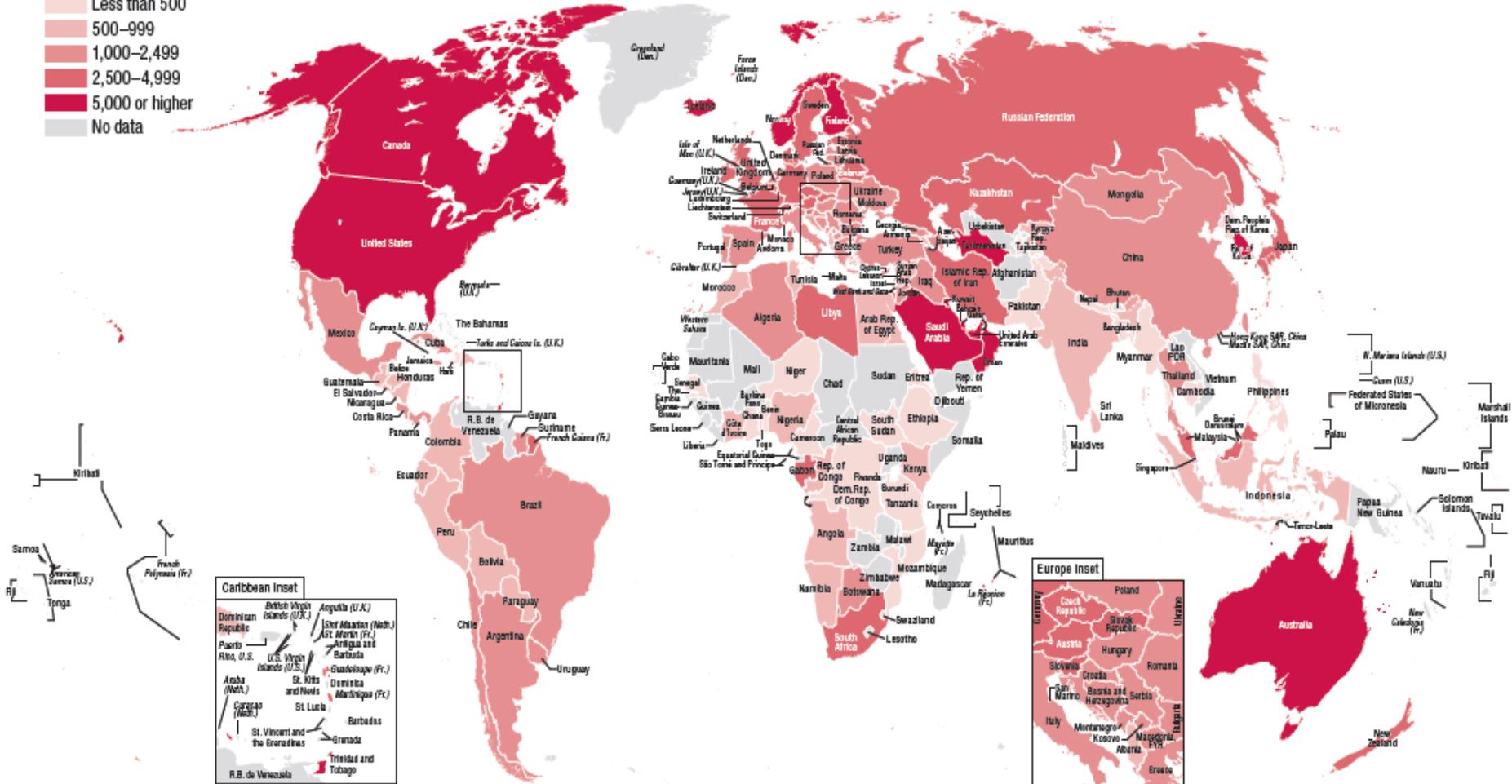
Gli squilibri nello sviluppo stanno portando ad **aree fortemente sovrappopolate** rispetto alle risorse ivi generate, e a conseguenti **gravissime crisi politiche e spinte migratorie**.

Così oggi circa **un settimo della popolazione mondiale** ha conseguito un **tenore di vita (e di consumi energetici)** mai visti nella storia, **e superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto al resto dell'umanità**.

Energy use

Energy use per capita, 2014 (kilograms of oil equivalent)

- Less than 500
- 500–999
- 1,000–2,499
- 2,500–4,999
- 5,000 or higher
- No data



From: <https://data.worldbank.org/products/wdi-maps>

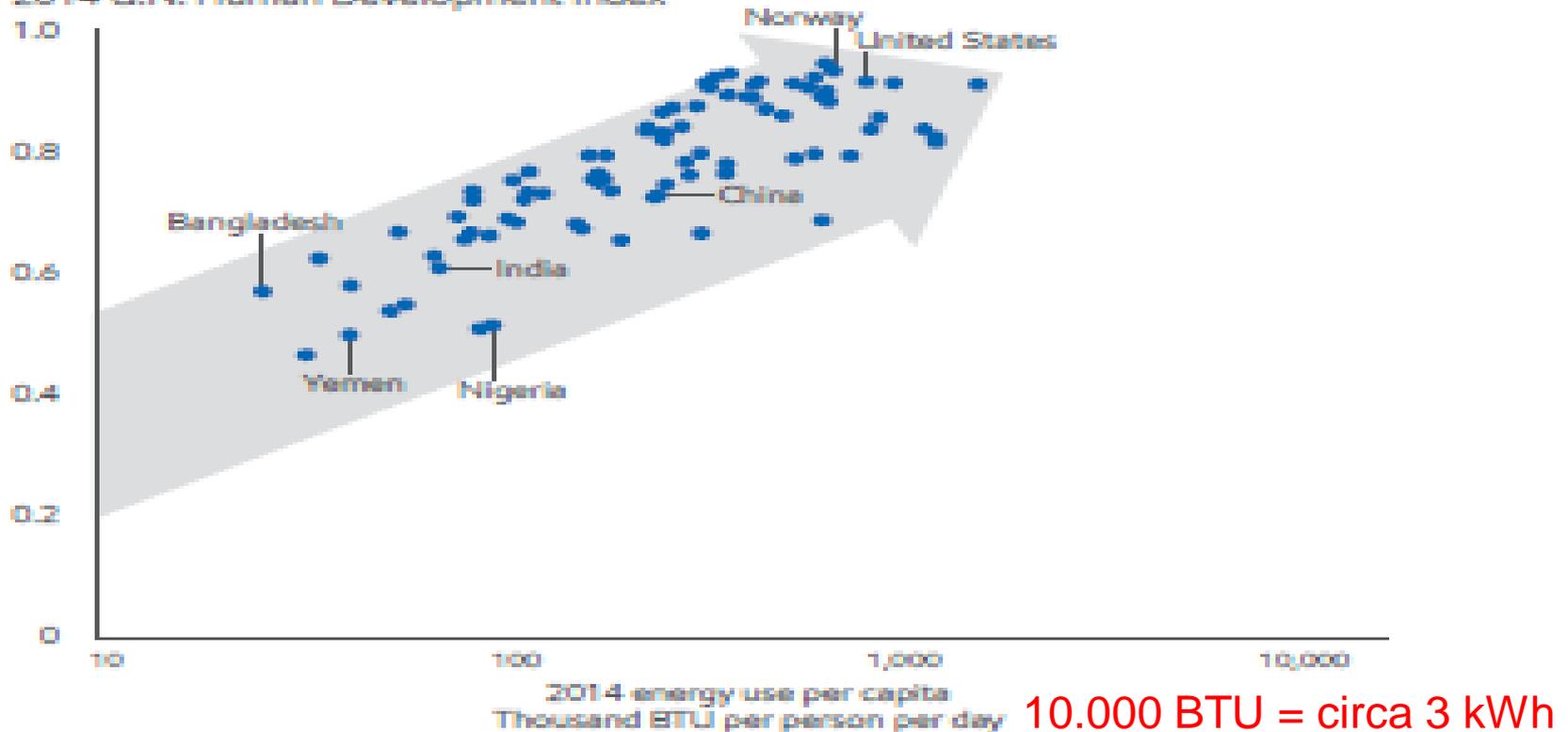
Energia e tenore di vita: i nuovi pretendenti

Di fatto, negli ultimi tre decenni, **in modo imprevisto**, quasi **una metà dell'umanità ha intrapreso un elevato ritmo di sviluppo**: si tratta, come noto, di **Cina, Brasile, Sud-Africa, India, e parte del Sud Est asiatico**.

Molti altri Paesi, tuttavia, in particolare **in Africa, ed anche in Asia del Sud-Est e in America Latina**, sono rimasti a **livelli di vita inaccettabili**.

Energy fuels human development

2014 U.N. Human Development Index



Source: United Nations, ExxonMobil estimates

- Energy plays a critical role in supporting modern living standards around the world
- The U.N. Human Development Index summarizes a society's achievements in its citizens' life expectancy, education and income
- A country's energy use per capita is well-aligned with its level of human development

From: ExxonMobil «2017 Outlook for Energy: A View to 2040».

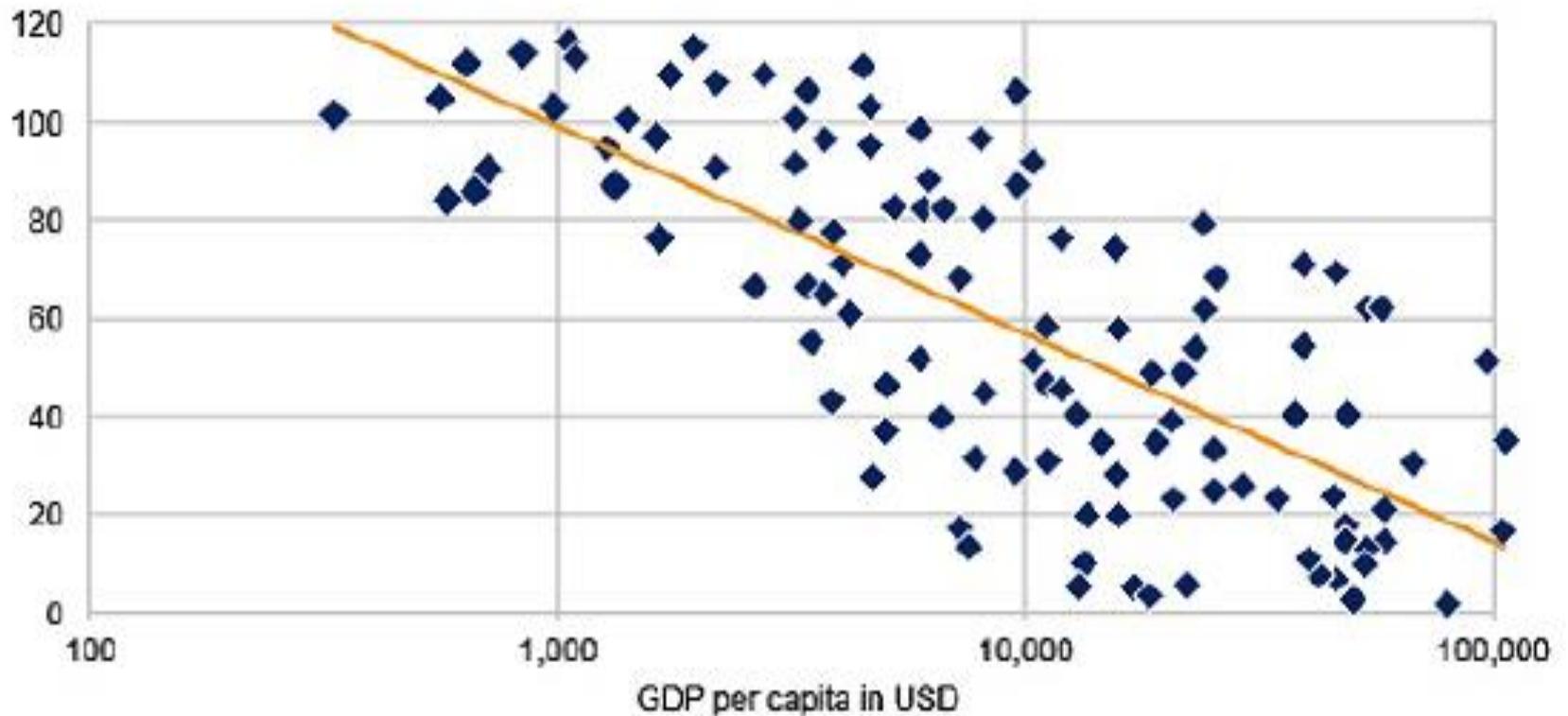


Legenda: Gross domestic product (GDP); Purchasing power parity (PPP).

It is clear from the graph that **happy life years increase logarithmically with GDP per capita**. **The rate of increase in happy life years is therefore directly proportional to the per capita growth rate of a country**. Specifically, the best fit to the data says that the rate of increase in happy life years in any given year equals the yearly per capita growth rate divided by 13.1. In other words, if a country could grow at 13.1%, it would add one happy life year to its population every year. Gross domestic product (GDP) Purchasing power parity (PPP)

From: <http://www.theenergycollective.com/schalk-cloete/2401534/externality-avoiding-fossil-fuels>

Vulnerability to climate change is inversely related to prosperity



Source: Standard and Poor's, 2014

Economic development offers excellent protection against climate change ([image source](#)).

Aumento del GDP mondiale: premessa per le “carbon negative technologies” necessarie per la seconda metà del secolo XXI

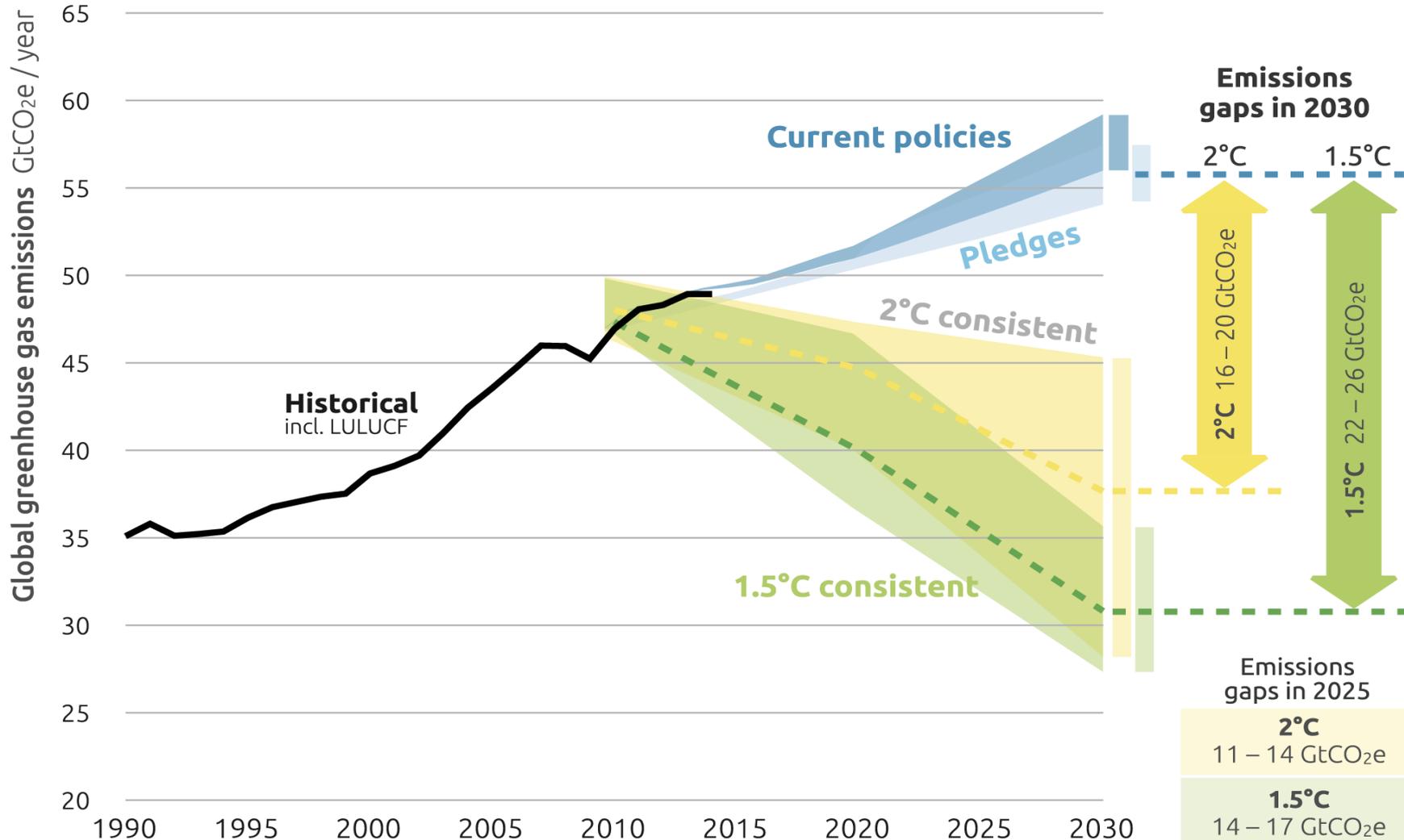
Finally, we should acknowledge that **rapid increases in global productivity** will make it much easier to **balance our carbon budget by the end of this century**. Let’s consider a worst-case scenario where we eventually need to **extract a massive 2000 Gt of CO2 from the atmosphere via bio-CCS (*), direct air capture and reforestation, at a high average cost of \$150/ton**.

Currently, the enormous total cost of **\$300 trillion** is more than **double present global GDP (PPP)**. However, if we can bring **the developing world up to developed world** productivity, the **total cost suddenly reduces to less than 6 months** of global production (1% of output spread over 50 years) – certainly a manageable number if we consider what is at stake.

(*) **CCS**: Carbon Capture and Storage; **bio-CCS**: CCS applied to biomass.

2030 EMISSIONS GAPS

CAT 2017 projections and resulting emissions gaps in meeting the Paris Agreement's temperature goals



The "gap" range results only from uncertainties in the pledge projections. Gaps are calculated against the mean of the benchmark emissions for 1.5°C and 2°C.

Energia e tenore di vita: che fare?

Alcuni ambientalisti e politologi suggeriscono di far fronte a questa emergenza con un **drastico controllo dello sviluppo demografico** (ovviamente non nei Paesi sviluppati ormai a popolazione stabile o decrescente, ma **in quelli in via di sviluppo**).

Ma una tale politica appare anche più **difficile da fare accettare** ai Paesi interessati rispetto ai piani di riduzione delle emissioni di gas-serra, ed in ogni caso avrebbe **effetti soltanto a lungo termine** (cioè ben oltre la metà di questo secolo, che viene considerata la data critica per la stabilità del clima).

Decrescita dei paesi "ricchi"? Inutile...

Certi **atteggiamenti "nostalgici"**, frequenti nei nostri Paesi ricchi e viziati, esaltano la «**decrescita economica**» ed il «**ritorno alla Natura**», ma sono **fuori luogo**.

Infatti, **se anche i Paesi ricchi sparissero** dall'oggi al domani, e le risorse da essi consumate venissero destinate agli **altri Paesi, questi migliorerebbero di poco** il loro tenore di vita, restando **ben al di sotto delle loro aspettative**.

Decrescita dei paesi "ricchi"? Inutile...

Certi **atteggiamenti "nostalgici"**, frequenti nei nostri Paesi ricchi e viziati, esaltano la «**decrescita economica**» ed il «**ritorno alla Natura**», ma sono **fuori luogo**.

Infatti, **se anche i Paesi ricchi sparissero** dall'oggi al domani, e le risorse da essi consumate venissero destinate agli **altri Paesi, questi migliorerebbero di poco** il loro tenore di vita, restando **ben al di sotto delle loro aspettative**.

Il «ritorno alla Natura»: irrealistico

Il «**ritorno alla Natura**» per salvaguardare il Pianeta, poi, non dovrebbe certo limitarsi a ritornare a prima della rivoluzione industriale, quando già la rivoluzione agricola aveva profondamente stravolto l'ambiente "naturale", ma dovrebbe **far riferimento al Paleolitico od anche prima**, quando il Pianeta poteva sostenere solo **pochi milioni di individui: che fare allora del resto della popolazione attuale?**

L'utopia del Rapporto Brundtland

Il famoso **Brundtland Report del 1987** fu commissionato dalle Nazioni Unite per delineare un futuro sostenibile a livello globale. Esso fu redatto da **ambientalisti e sociologi** (ovviamente **nati e cresciuti nella bambagia** dei Paesi allora più ricchi del mondo), i quali si ritennero in diritto di affermare che, **per salvaguardare il Pianeta, i Paesi poveri non avrebbero dovuto ripetere il cammino di sviluppo seguito dai Paesi ricchi**, ma avrebbero dovuto perseguire **un percorso a bassa intensità energetica**, basata **su generazione diffusa da fonti rinnovabili**.

Le tendenze nei Paesi in via di sviluppo (1/3)

In realtà, le cose stanno andando **molto diversamente**: i **grandi Paesi sottosviluppati**, alcuni di nobile ed antichissima tradizione culturale, assimilate le **tecnologie e le capacità finanziarie ed organizzative** necessarie per l'industrializzazione, si avviano **su un ritmo di sviluppo anche più rapido di quello dei vecchi Paesi industriali**, mirando addirittura ad una **leadership mondiale in molti settori**, ed in particolare **in quello energetico**.

La disponibilità di **energia, a buon mercato e possibilmente pulita**, sta alla base di questo sviluppo.

Le tendenze nei Paesi in via di sviluppo (2/3)

In **questi Paesi** una gran parte delle nuove centrali elettriche sono **a carbone**. Di conseguenza, nel mondo **nei prossimi 10 anni sono in costruzione o pianificati oltre 1600 nuovi impianti** (che presumibilmente **resteranno in funzione per 40 o 50 anni!**).

Una gran parte (**oltre 700**) saranno costruiti **dall'industria cinese**, sia per la Cina stessa, sia **per l'esportazione**, così da mantenere **alto il tasso di utilizzo** della enorme capacità produttiva sviluppata negli scorsi decenni per industrializzare il Paese.

Le tendenze nei Paesi in via di sviluppo (3/3)

Poi abbiamo **l'India**, che deve **triplicare la sua potenza elettrica installata**, in gran parte con fonti fossili.

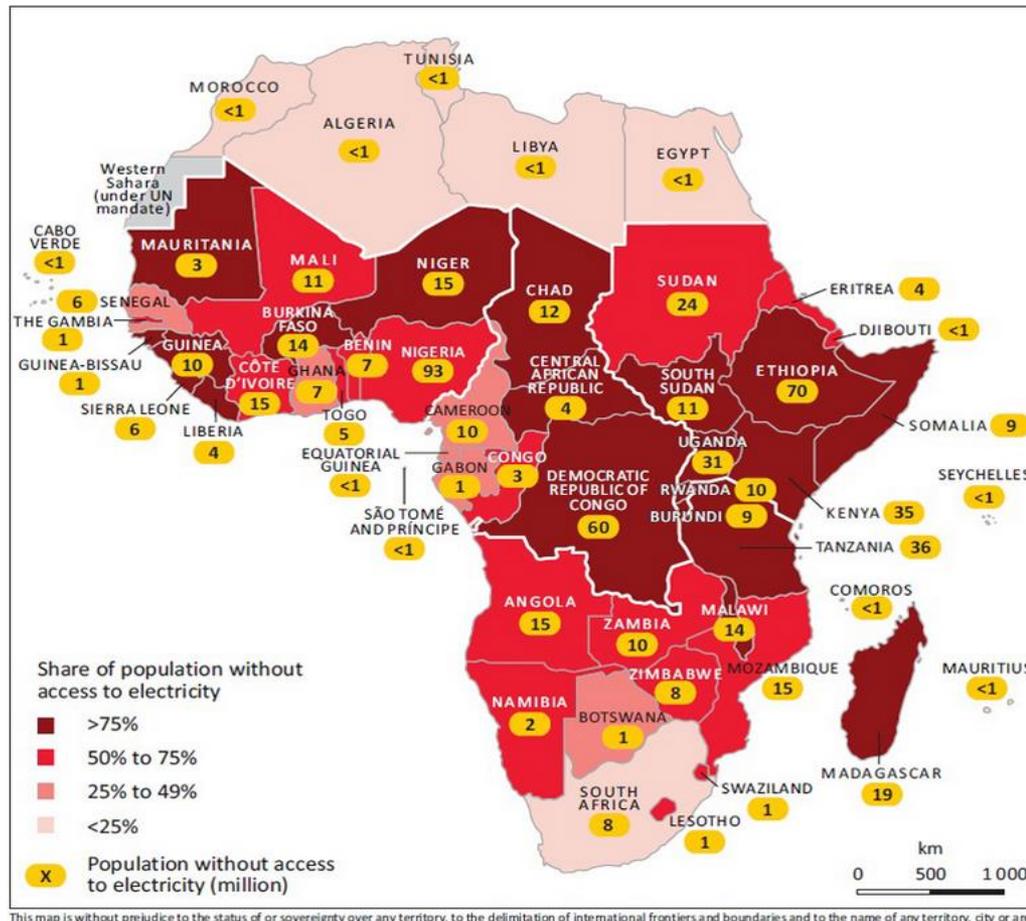
Poi abbiamo **l'Indonesia**, il **Vietnam**, le **Filippine**, ecc., ed anche il **Giappone**, che dopo Fukushima ha dovuto chiudere definitivamente le centrali nucleari più vecchie.

Poi abbiamo **l'Africa**, che ha «**fame**» **di energia**, e dove la **Cina investe da anni** con l'obiettivo di farne la **futura «manifattura del mondo»** (mentre lei passerebbe all'economia post-manifatturiera...):

AFRICAN NATIONS TO BUILD MORE THAN 100 NEW COAL POWER PLANTS

- Date: 10/05/17
- Jonathan W. Rosen, National Geographic

More than 100 coal power plants are in various stages of planning or development in 11 African countries outside of South Africa — more than eight times the region's existing coal capacity. Africa's embrace of coal is in part the result of its acute shortage of power.



Energia: la transizione in atto

La sfida che ora si pone è allora quella di **gestire al meglio la difficile transizione** verso una Umanità di **10-12 miliardi di individui**, a ciascuno dei quali non può essere negato il diritto **ad un tenore di vita, e quindi a consumi energetici, paragonabili a quelli degli attuali Paesi sviluppati** (non necessariamente quelli del cittadino degli USA, ma quelli ad esempio **dell'italiano medio di oggi**).

Le premesse per una transizione efficace

Dagli esempi storici dell'**Inghilterra** (200 anni fa), del **resto dell'Europa**, degli **Stati Uniti** e del **Giappone** (150 anni fa), della **Russia** (100 anni fa) e della **Cina** (30 anni fa) appare evidente che le **premesse necessarie per conseguire un accettabile tenore di vita sono:**

- la **industrializzazione** e
- la concomitante **urbanizzazione**.

Un **futuro sostenibile** per una **Umanità** delle dimensioni previste nei prossimi decenni, infatti, non può che passare per un **sistematico "disaccoppiamento" tra lo sviluppo socioeconomico dei popoli e gli ecosistemi naturali.**

I vantaggi di una urbanizzazione «pianificata»

Come noto, **da qualche anno oltre la metà del genere umano vive in città**, e si prevede che questa frazione nel 2050 raggiungerà il 70%, e **a fine secolo anche l'80%**.

Ma **le città occupano oggi non più del 2-3% della superficie terrestre**, ospitando **ben quattro miliardi di persone** (su otto).

Le **città**, correttamente pianificate e realizzate, sono quindi **l'esempio (positivo) ed il simbolo del disaccoppiamento tra l'Umanità e la Natura**: esse infatti, **rispetto alle economie rurali**, si dimostrano **molto più efficienti nell'uso delle risorse e nella salvaguardia degli ecosistemi**.

La dinamica dei sistemi energetici

La **potenza utilizzata nel mondo** è oggi pari a circa **16 TW** (terawatt) (equivalenti, in potenza elettrica, a 16.000 grandi centrali), di cui circa **l'80% proviene da combustibili fossili.**

Questo è **il flusso vitale che alimenta la "civiltà industriale"** nel suo stadio attuale, la quale tuttavia come visto **riguarda oggi soltanto una frazione minoritaria dell'Umanità.**

La teoria di Tim Garrett (1/4)

Tim Garrett, professore di **bioeconomia** dell'Università dello Utah, ha pubblicato sulla rivista Climatic Change un lavoro con cui, **in base ai dati della storia economica ed industriale degli ultimi decenni**, dimostra che la **“civiltà industriale” è assimilabile ad un organismo vivente** (v. figure seguenti): è come **un bambino**, che **cresce consumando cibo e, man mano che cresce, è in grado di consumare più cibo** per crescere ancora; **se il cibo scarseggia, il bimbo si ammala e può anche morire di fame**. Quanto più nutriente ed abbondante è il cibo, tanto più sano e forte crescerà il bambino.

Climatic Change (2011) 104:437–455

DOI 10.1007/s10584-009-9717-9

Are there basic physical constraints on future anthropogenic emissions of carbon dioxide?

Timothy J. Garrett

La teoria di Tim Garrett (2/4)

Quindi, **nel corso dell'ultimo secolo** non è stata la quadruplicazione della popolazione mondiale a moltiplicare per 16 il consumo di energia, ma viceversa **è stata la capacità di sfruttare con crescente efficienza abbondanti nuove fonti energetiche a permettere una mai vista esplosione demografica ed economica.**

La teoria di Tim Garrett (3/4)

Tra noi fortunati **“pionieri” della civiltà industriale**, si parla di **ritorno alla “frugalità”**, o addirittura di **“decrescita”**, come se il famoso “bambino” fosse ormai diventato **adulto**, o anche **anziano**: ma come stiamo vedendo, **decreocere non è facile!**

Ma non dimentichiamoci che **per i sei settimi dell’umanità il “bambino” è ancora in fasce**, ed ha bisogno di latte, pappe, ecc. in quantità mai viste. Di conseguenza **i consumi di energia a livello mondiale non potranno che crescere ancora per decenni.**

La teoria di Tim Garrett (4/4)

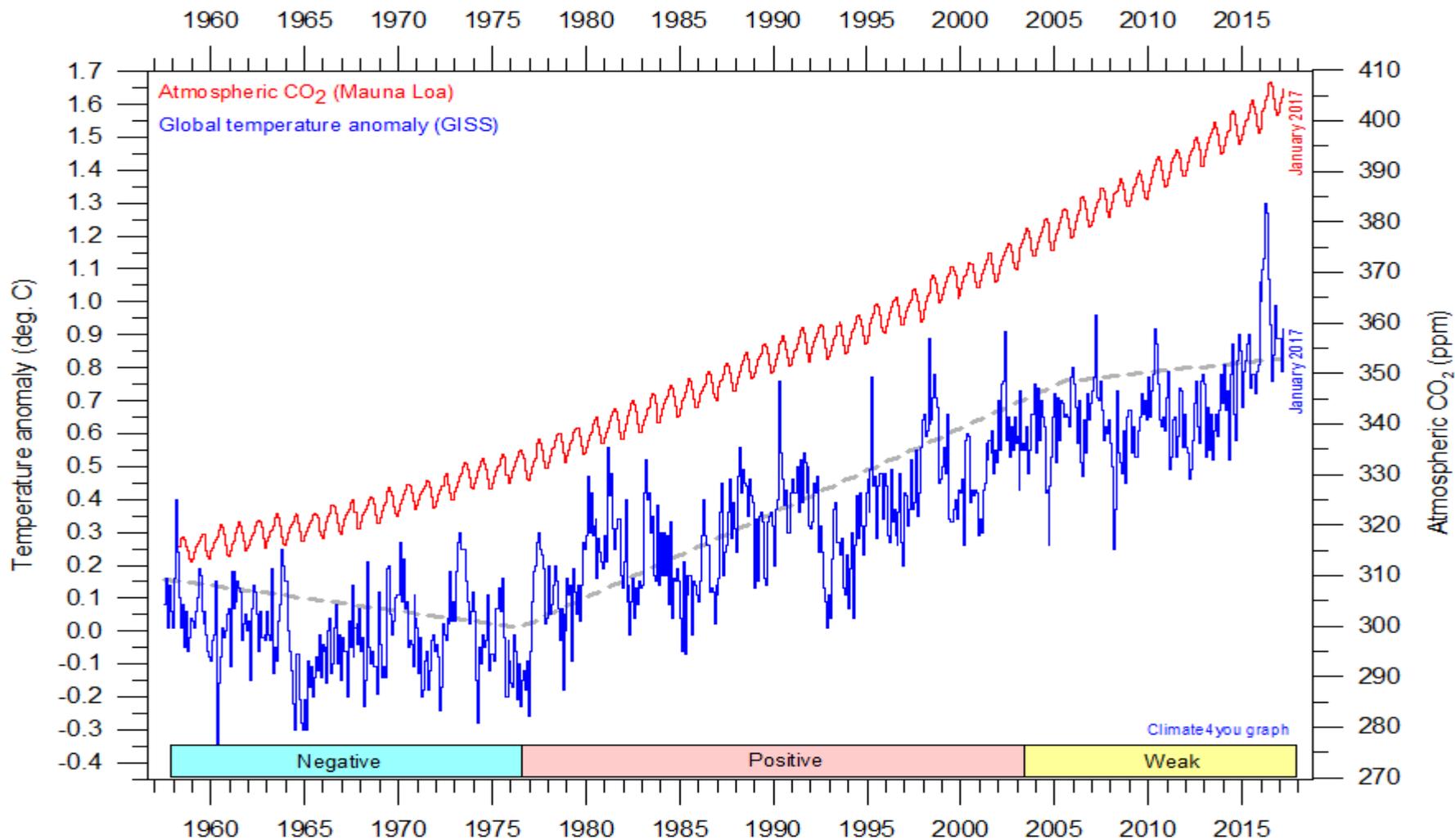
In questa prospettiva risulta anche evidente che **ulteriori miglioramenti dell'efficienza nell'uso dell'energia**, fortemente auspicati dagli ambientalisti, non farebbero che **favorire un più rapido sviluppo della "civiltà industriale"** (effetto «**rebound**»).

Non per niente **già nel 1865** W. Stanley **Jevons**, nel suo libro **"The Coal Question"**, sosteneva che l'introduzione di **motori a vapore perfezionati** avrebbe portato a sempre **maggiori consumi di energia**, fino ad un possibile esaurimento del carbone in Gran Bretagna...

Le conseguenze sugli ecosistemi

Nel corso del **XX secolo** la **popolazione** mondiale è **quadruplicata** e il suo **consumo di energia si è moltiplicata per 16**. In massima parte questa energia proviene dal bruciamento di **combustibili fossili**, con la conseguente **immissione nell'atmosfera di un crescente flusso di anidride carbonica (CO₂)**.

Dall'era pre-industriale al 2017 la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera è **passata da circa 275 a oltre 400 parti per milione (ppm)**.



GISS (Goddard Institute for Space Studies): **dati da stazioni meteo e boe.**

From: <http://www.climate4you.com/>

Nota: Andamento della concentrazione di anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera nell'ultimo cinquantennio; la netta ondulazione di periodo annuale è dovuta al ciclo stagionale dell'emisfero Nord, ricco di terre emerse e vegetazione, che assorbe la CO₂.

Anni '60 e '70: una nuova glaciazione?

La lieve decrescita di temperatura di questi decenni indusse alcuni climatologi a non escludere **l'avvio di una nuova glaciazione**, come avvenuto in precedenti «interglaciali»:

REPORTS

Atmospheric Carbon Dioxide and Aerosols: Effects of Large Increases on Global Climate

S. I. Rasool¹, S. H. Schneider¹

+ See all authors and affiliations

Science 09 Jul 1971:
Vol. 173, Issue 3992, pp. 138-141
DOI: 10.1126/science.173.3992.138

Article

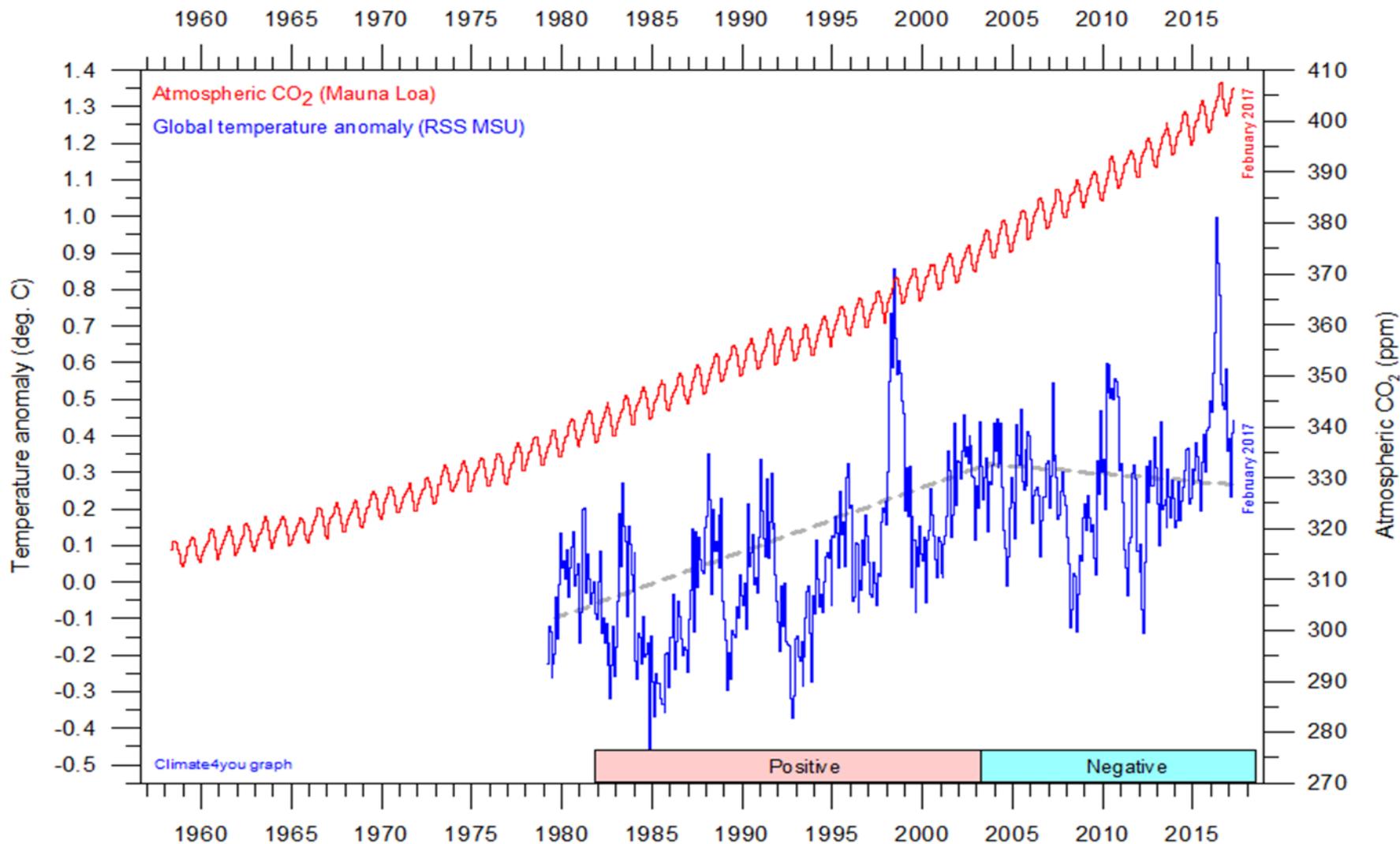
Info & Metrics

eLetters

PDF

Abstract

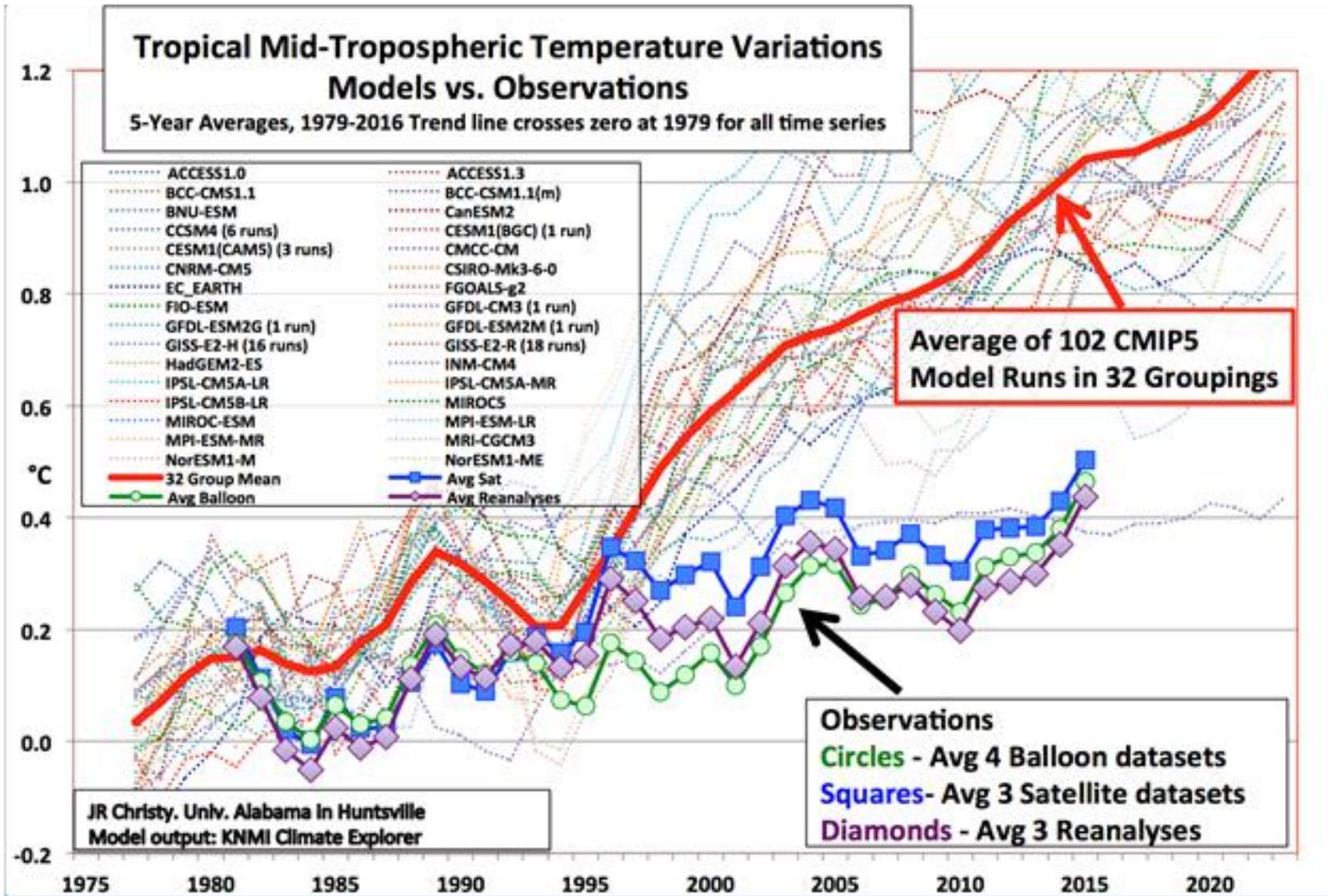
Effects on the global temperature of large increases in carbon dioxide and aerosol densities in the atmosphere of Earth have been computed. It is found that, although the addition of carbon dioxide in the atmosphere does increase the surface temperature, the rate of temperature increase diminishes with increasing carbon dioxide in the atmosphere. For aerosols, however, the net effect of increase in density is to reduce the surface temperature of Earth. Because of the exponential dependence of the backscattering, the rate of temperature decrease is augmented with increasing aerosol content. An increase by only a factor of 4 in global aerosol background concentration may be sufficient to reduce the surface temperature by as much as 3.5 ° K. If sustained over a period of several years, such a temperature decrease over the whole globe is believed to be sufficient to trigger an ice age.



RSS MSU (Remote Sensing Systems - Microwave Sounding Units): **dati da satellite.**

From: <http://www.climate4you.com/>

Nota: Andamento della concentrazione di anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera nell'ultimo cinquantennio; la netta ondulazione di periodo annuale è dovuta al ciclo stagionale dell'emisfero Nord, ricco di terre emerse e vegetazione, che assorbe la CO₂.



Il futuro della anidride carbonica

Le **correlazioni dinamiche tra le principali variabili climatologiche** sono essenzialmente **di tipo integrale**, cioè la variabile a valle è l'integrale di quella a monte, salvo la presenza di retroazioni stabilizzanti con costanti di tempo più o meno lunghe.

In base a queste correlazioni, **per una istantanea immissione (o sottrazione) di CO₂** nell'atmosfera, il **92%** è ancora presente (o rimosso) **dopo un anno**, il **64% dopo 10 anni**, il **34% dopo 100 anni**, ed il **19% dopo 1000 anni**.

Il futuro dell'effetto-serra

Appare quindi evidente come **l'effetto-serra**, se veramente esiste, **sia già "decollato"** con un andamento che è correlato all'"integrale" dell'incremento di concentrazioni di gas-serra già avvenuto rispetto ai tempi preindustriali. Questo **incremento è già molto notevole** (per l'anidride carbonica, **da circa 275 a oltre 400 ppm: oltre il 40%**), e persisterà comunque in larga misura **per molti secoli**.

Tale incremento provocherebbe **un aumento della temperatura** dell'atmosfera non solo finché venisse bloccato, ma **finché non fosse del tutto eliminato** con il ritorno alle concentrazioni preindustriali.

Clima ed energia: possibili future dinamiche

Senza interventi attivi, il **ritorno alle concentrazioni preindustriali** mediante il ciclo del carbonio "naturale" non sarebbe possibile **neanche dopo un millennio**.

Se comunque, **mediante interventi attivi**, si ritornasse alle **concentrazioni preindustriali**, a quel punto **resterebbero poi da raffreddare l'atmosfera e soprattutto gli oceani** (evento quest'ultimo molto più arduo e lento, dato il loro enorme contenuto di calore).

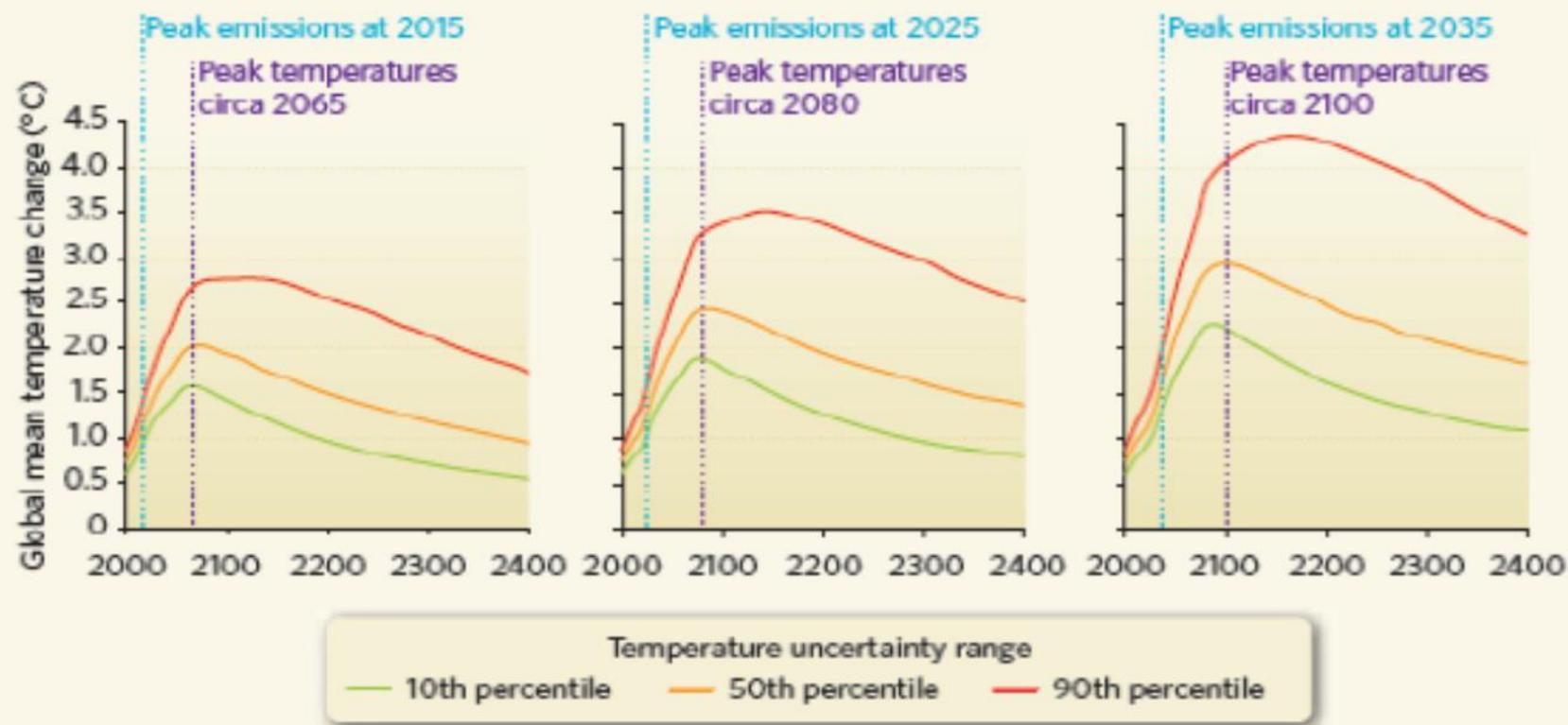


Figure 1 | Temperature scenarios. Global average surface temperature scenarios for peak emissions at three different dates (2015, 2025 and 2035) with 3%-per-year reductions in greenhouse-gas emissions.

Fig. 13 - Scenari fino all'anno 2400 della temperatura superficiale globale media, per diverse date di raggiungimento del picco delle emissioni, e nell'ipotesi che dopo il picco le emissioni vengano ridotte regolarmente del 3% all'anno. (Da: M. Parry et al. "Overshoot, adapt and recover" *Nature*, Vol. 458, pp. 1102-1103 - 30 April 2009).

WMO, UNEP, IPCC

Il **Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico** (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) è il foro scientifico formato nel [1988](#) da due organismi delle [Nazioni Unite](#), l'[Organizzazione meteorologica mondiale](#) (WMO) ed il [Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente](#) (UNEP) allo scopo di studiare il [riscaldamento globale](#).

I "**rapporti di valutazione**" diffusi dall'IPCC sono alla base di **accordi mondiali** quali la [Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici](#) e il [Protocollo di Kyōto](#) che l'attua, e le Conferenze delle Parti (COP).

Da: https://it.wikipedia.org/wiki/Gruppo_intergovernativo_sul_cambiamento_climatico

La COP21 di Parigi - 2015

Alla **ventunesima Conferenza delle Parti** (COP21), svoltasi a fine 2015 a Parigi, **ben 195 Paesi**, tutti i partecipanti, hanno **raggiunto un accordo su clima ed energia** che dovrebbe regolare le emissioni di CO₂, e di conseguenza la produzione e l'utilizzo dell'energia, **per gli anni successivi al 2020**.

L'accordo, infatti, potrà entrare in vigore, **a partire dal 2020**, soltanto **se sarà ratificato da almeno 55 Paesi**, **rappresentanti almeno il 55% delle emissioni**.

Limiti degli esiti della COP21

Nell'accordo sottoscritto **non si fa riferimento a clausole vincolanti** per i dati quantitativi delle emissioni, ma **solo per le scadenze delle future verifiche.**

L'accordo va comunque **oltre la suddivisione tra Paesi sviluppati e Paesi in via di sviluppo**, che caratterizzava il Protocollo di Kyoto, e tutti i Paesi a partire dal 2020 dovranno comunicare **ogni cinque anni i propri obiettivi**, cioè il grado massimo di ambizione che un paese può raggiungere.

Resta tuttavia il fatto che **160 dei Paesi** presenti a Parigi sono collettivamente **responsabili di meno del 10%** delle emissioni globali di gas climalteranti; invece **Stati Uniti, Cina, India e Unione Europea ne producono il 75%.**

Il nocciolo dell'accordo della COP21

Il nocciolo dell'accordo, raggiunto nella **Conferenza di Parigi del 2015** (COP21), è contenuto **all'Articolo 2**, riportato nella tavola seguente, dove si indica che l'obiettivo prefissato è di **bloccare la crescita della temperatura globale "ben al di sotto dei 2 °C"** rispetto all'era pre-industriale, e di cercare di contenere tale aumento **"entro 1,5 °C"**: si tratta però evidentemente di **obiettivi che non sono sotto il controllo diretto** dei decisori politici (mentre lo sarebbero invece le emissioni di gas-serra).

Altro punto nodale è che l'accordo è sottoscritto secondo un principio di equità e di **"responsabilità comuni ma differenziate"** in base alle caratteristiche dei singoli Paesi.

COP21: le “Intended Nationally Determined Contributions”

Prima dell'avvio della Conferenza, già **185 Paesi** avevano **indicato cosa intendono fare per ridurre le emissioni di gas serra dopo il 2020**, fornendo le “**Intended Nationally Determined Contributions**” (**INDC**).

Tuttavia, la **stima dei livelli di emissione di gas-serra aggregati**, derivante dalle **INDC**, **non permetterebbe di rientrare nello scenario di aumento di non più di 2 °C** della temperatura globale rispetto ai livelli pre-industriali, ma porterebbe **le emissioni dalle attuali 35 a ben 55 GtCO₂** (miliardi di tonnellate di CO₂) **annue nel 2030**.

Da questa **Figura 3**, comunque, appare chiaro che, **anche se le INDC di Cina, UE e USA venissero puntualmente attuate, poco dopo il 2030 praticamente non resterebbero emissioni disponibili per tutto il "resto del mondo"!**

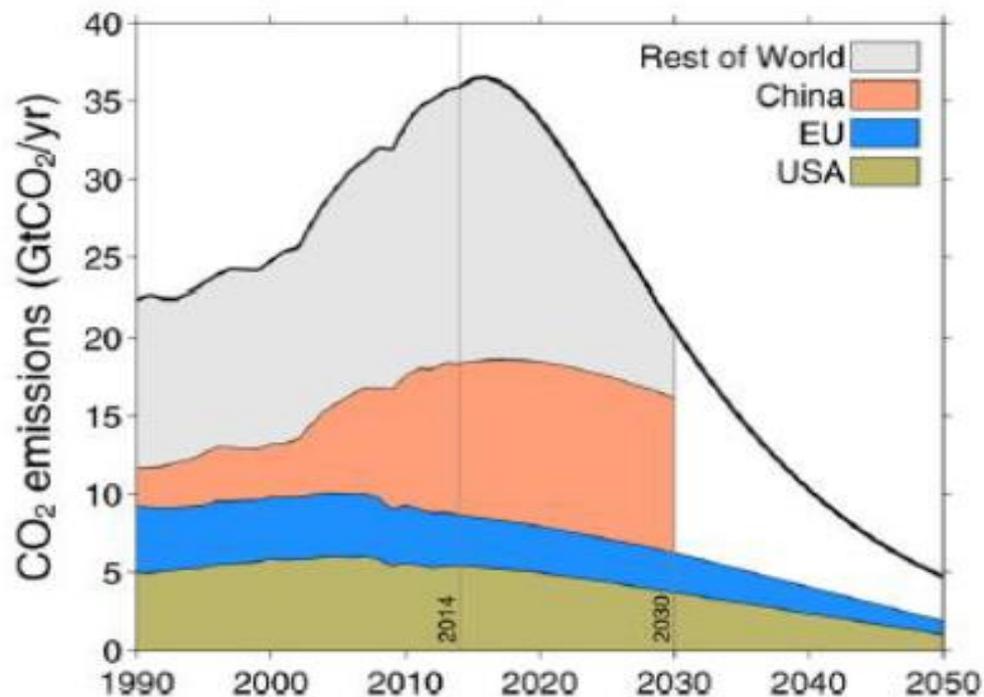


Figure 3. The combined emissions from these three countries compared to global emissions, with the thick solid line representing a global pathway consistent with 2 °C.

L'«utopia» dei climatologi

Di fatto, date le difficoltà economiche, psicologiche e politiche, presenti in molti Paesi, **né le energie rinnovabili, e neanche l'opzione nucleare**, sembrano in grado di **conseguire la stabilizzazione delle concentrazioni di CO₂** nei prossimi decenni.

Da queste preoccupanti considerazioni appare chiara l'«**utopia**» **che sta alla base delle speranze dei climatologi** (e dei politici da essi indotti ad iniziative come i ripetuti convegni sui cambiamenti climatici).

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) nel Synthesis Report del **5° Rapporto del 2014 (AR5)** affermava infatti:

“In scenarios reaching 450 ppm CO₂-eq concentrations by 2100, global CO₂ emissions from the energy supply sector are projected to decline over the next decade and are characterized by reductions of 90% or more below 2010 levels between 2040 and 2070. In the majority of low-concentration stabilization scenarios (about 450 to about 500 ppm CO₂-eq, at least *about as likely as not* to limit warming to 2°C above pre-industrial levels), the share of low-carbon electricity supply (comprising renewable energy (RE), nuclear and carbon dioxide capture and storage (CCS) including bioenergy with carbon dioxide capture and storage (BECCS)) increases from the current share of approximately 30% to more than 80% by 2050, and fossil fuel power generation without CCS is phased out almost entirely by 2100. {4.3}”

From: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - Fifth Assessment Report (AR5) - Climate Change 2014: Synthesis Report.

Le fonti energetiche rinnovabili (1/3)

Fonti energetiche rinnovabili sono le seguenti:

- biomasse,
- idraulica,
- solare termica, termodinamica e fotovoltaica,
- eolica,
- geotermica, ad alta e bassa entalpia,
- oceanica mareale, ondosa e termica.

Tutte le **sorgenti rinnovabili**, salvo la geotermica ad alta entalpia, soffrono all'origine di **ridottissime densità di potenza per unità di superficie**.

Le fonti energetiche rinnovabili (2/3)

Per l'energia da **biomasse**, l'**idraulica** e la **geotermica**, da secoli **l'Uomo** ha trovato, **anche previa concentrazione ed accumulo**, i modi per **uno sfruttamento conveniente**, almeno **in particolari situazioni geografiche ed economiche**.

Ma la **idroelettrica** è già largamente sfruttata almeno nei Paesi sviluppati, ed un ulteriore sfruttamento, pure possibile anche sulle Alpi ed in Scandinavia, incontra a sua volta **l'opposizione degli ambientalisti**.

Le fonti energetiche rinnovabili (3/3)

Invece per le “**nuove rinnovabili**”, e cioè in particolare la **solare termica, termodinamica e fotovoltaica, e l'eolica**, la implementazione ingegneristica comporta **l'occupazione di vaste aree territoriali o marine**, e quindi:

- la costruzione e la gestione di **immense infrastrutture**, con l'utilizzo di **materiali anche pregiati** e di
- **una grande quantità di energia** che spesso è una frazione considerevole di quella producibile dall'impianto stesso in tutta la sua vita utile.

Limiti di solare ed eolico (1/3)

Si definisce «**fattore di capacità**» di un impianto energetico il **rapporto** tra l'**energia di fatto fornita in un anno**, e quella che sarebbe stata fornita **se l'impianto avesse sempre funzionato alla sua massima potenza** (potenza nominale). **In Italia**, per il **solare** esso varia **dal 10 al 15%**, per l'**eolico dal 15 al 25%**.

Si tenga poi presente che **solare ed eolico** sono **intermittenti e non programmabili**, e richiedono quindi la coesistenza in rete di **generatori od accumulatori regolabili di una potenza paragonabile**.

Limiti di solare ed eolico (2/3)

Di fatto, si constata che la **“penetrazione”** (frazione di mercato soddisfatta) di una data **fonte non-programmabile** diviene **insostenibile**, anche dal punto di vista dell'economicità dell'investimento, **se supera il “fattore di capacità”** tipico di quella fonte.

Ciò è conseguenza del fatto che, quanto è **minore** tale fattore di carico, tanto è **maggiore la probabilità che quella fonte**, nei periodi di alta produttività, **superi la domanda di rete**, provocando **prezzi negativi del kWh**, o la necessità di **smaltire l'energia prodotta**.

Limiti di solare ed eolico (3/3)

Per gli accumulatori, si parla di **accumulatori elettrochimici** a livello domestico, ma, a parte **i costi e la durata**, il loro limite è che sarebbero di fatto in grado di compensare al massimo **il giorno con la notte**.

Il problema più difficile, invece, specie per il **fotovoltaico alle medie ed alte latitudini** (dove si pone anche l'Italia), è la **compensazione tra estate ed inverno** (quando il fotovoltaico produce poco o niente): sarebbero necessari potenti **impianti idroelettrici di pompaggio**, che in poche aree geografiche esistono o potrebbero essere costruiti.

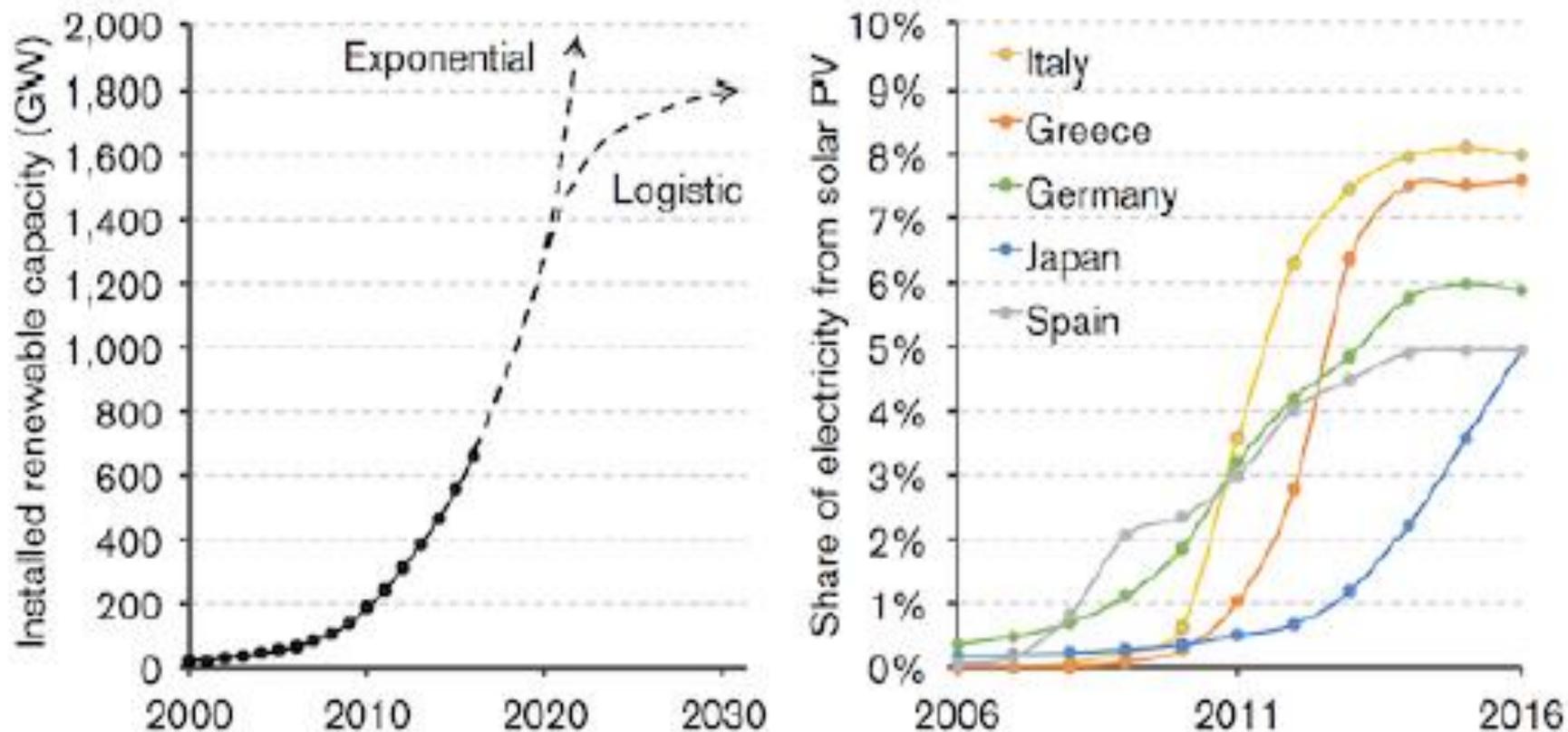
Quindi le **“nuove fonti rinnovabili elettriche”**, e cioè la solare e l'eolica, non potranno coprire più di **una frazione dei consumi elettrici**, i quali a loro volta in un paese industrializzato non sono più di **un quarto o un quinto del consumo di energia primaria**: di conseguenza, il loro contributo al mix energetico di tali paesi non potrà che restare **marginale**.

Le «nuove rinnovabili» in Italia

In **Italia** il **fotovoltaico**, con potenza installata doppia ma fattore di capacità ridotto rispetto all'**eolico**, **riduce a circa il 15% il fattore di capacità globale** del mix delle fonti non-programmabili. Quindi, anche la **penetrazione totale** delle fonti non-programmabili **non sarebbe praticamente sostenibile, senza sussidi pubblici, oltre il 15%**.

Nel **2015, fotovoltaico ed eolico** hanno dato **in totale il 13,4%**. **Senza incentivi, quindi, si potrà andare poco oltre**, divenendo sempre meno conveniente vendere sul libero mercato l'energia prodotta da queste fonti.

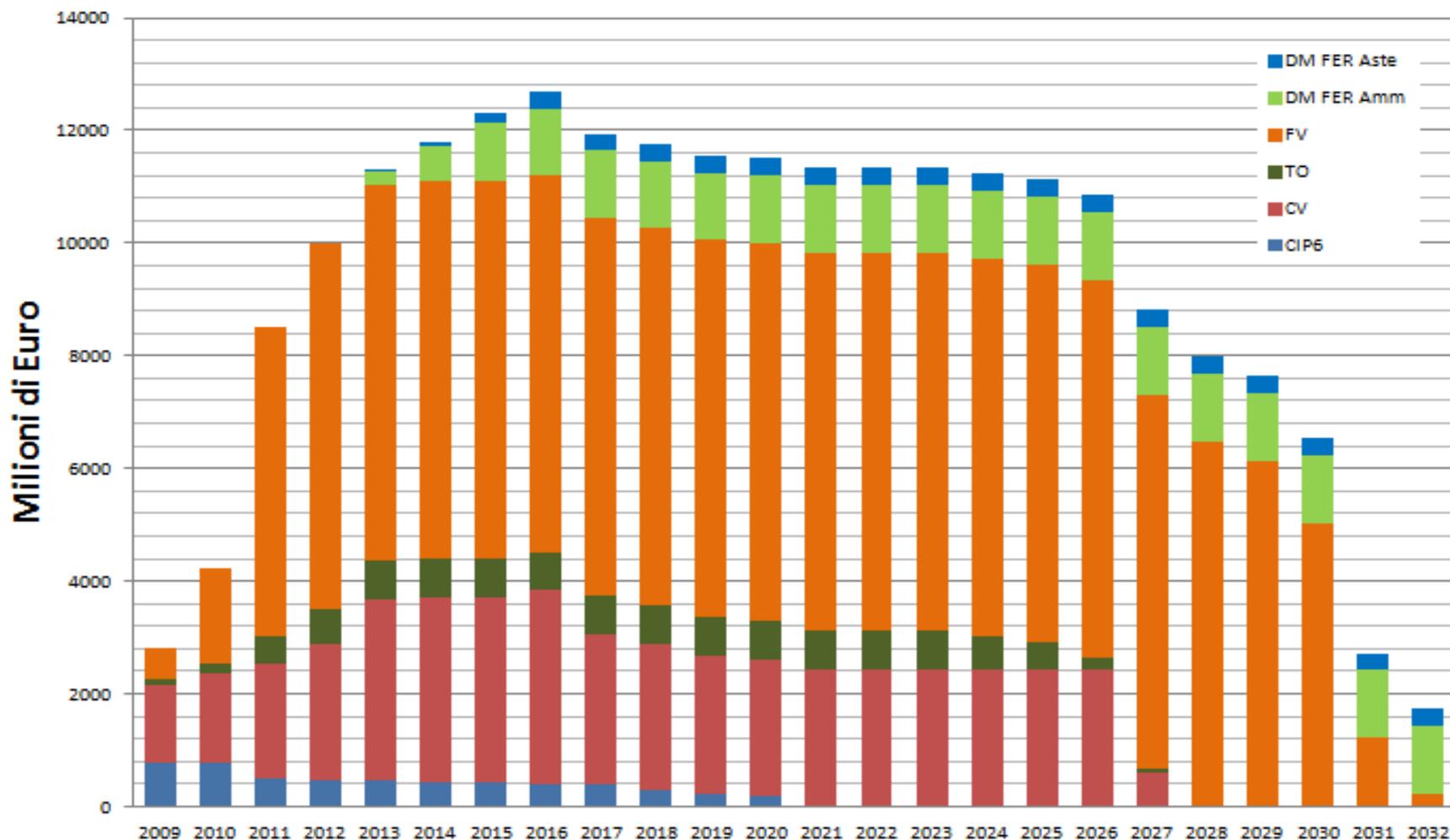
Figure 2: Exponential and logistic growth for renewable energy



In Panel A, the plotted points through 2017 represent the actual installed capacity, in gigawatts, of global wind and solar power installations. The dashed lines are exponential and logistic extrapolations of the trend that best fit the existing data. Both extrapolations pass through the value in 2020 that was the average prediction from a group of experts. Panel B displays the share of electricity from solar PV over the decade from 2006 to 2016 in five countries with some of the highest solar penetrations in the world. Source: Panel A adapted from Hansen et al. (2017); Panel B generated from data in BP Statistical Review (2017).

From: <https://thebreakthrough.org/index.php/journal/no.-8-winter-2018/a-tale-of-two-technologies>

Costo incentivazione fonti rinnovabili

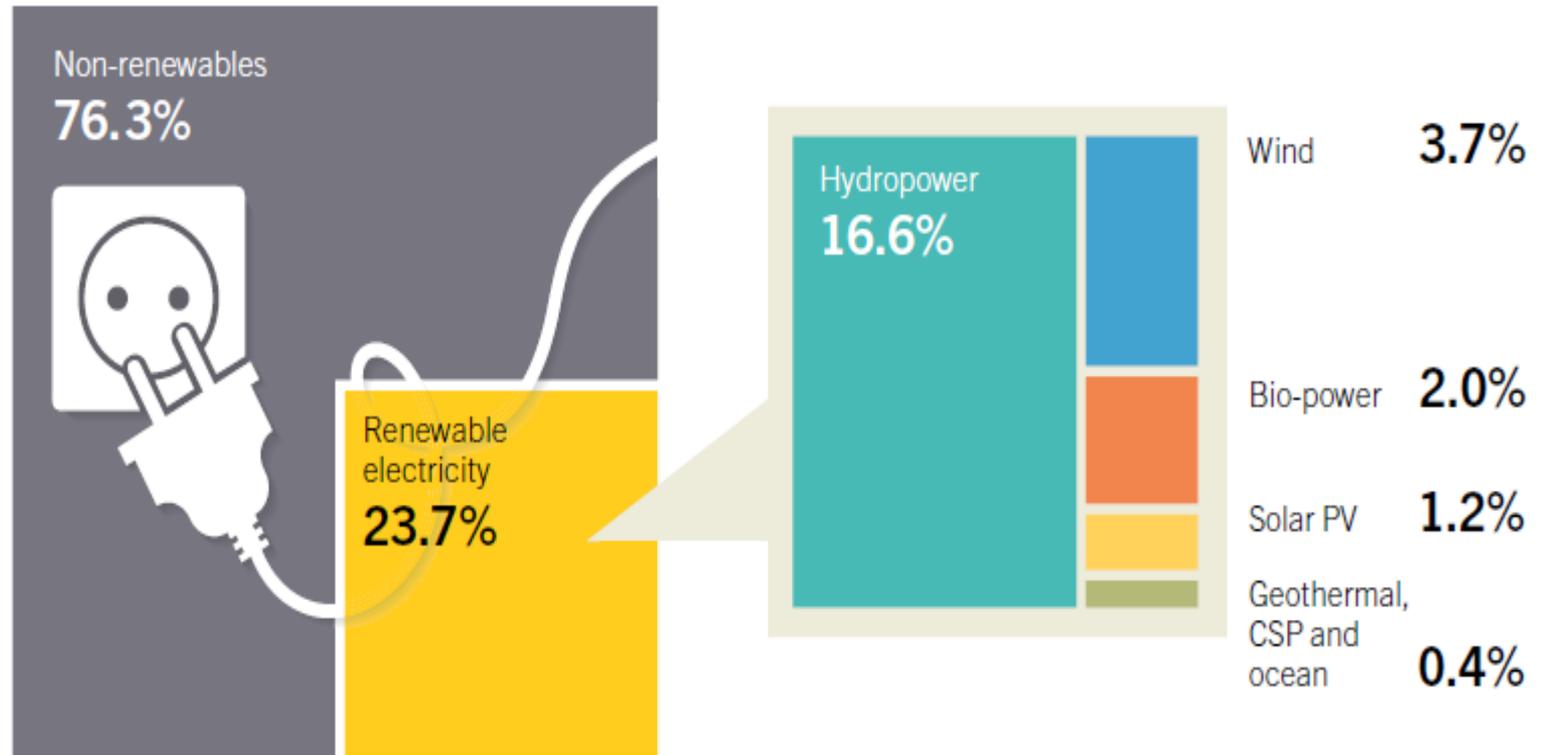


Elaborazioni Assoelettrica su dati AEEG e GSE

Da: Rinnovabili. Il conto, per ora, è di 200 miliardi nei prossimi 20 anni
Assoelettrica – <http://www.assoelettrica.it/blog/?p=2214> – 14 febbraio 2013.

Le rinnovabili elettriche nel mondo

Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2015

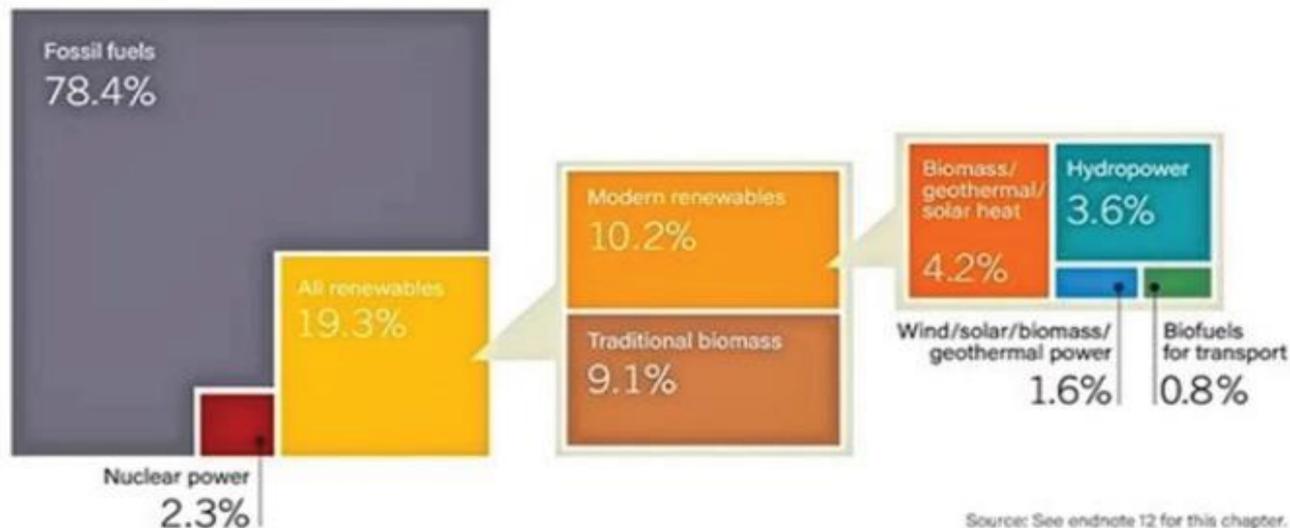


Based on renewable generating capacity at year-end 2015. Percentages do not add up internally due to rounding.

From: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf

Le fonti di energia primaria nel mondo

The report presents the following breakdown of total 2015 world energy consumption provided by fossil, nuclear, hydro, geothermal, biomass and other renewable energy resources.

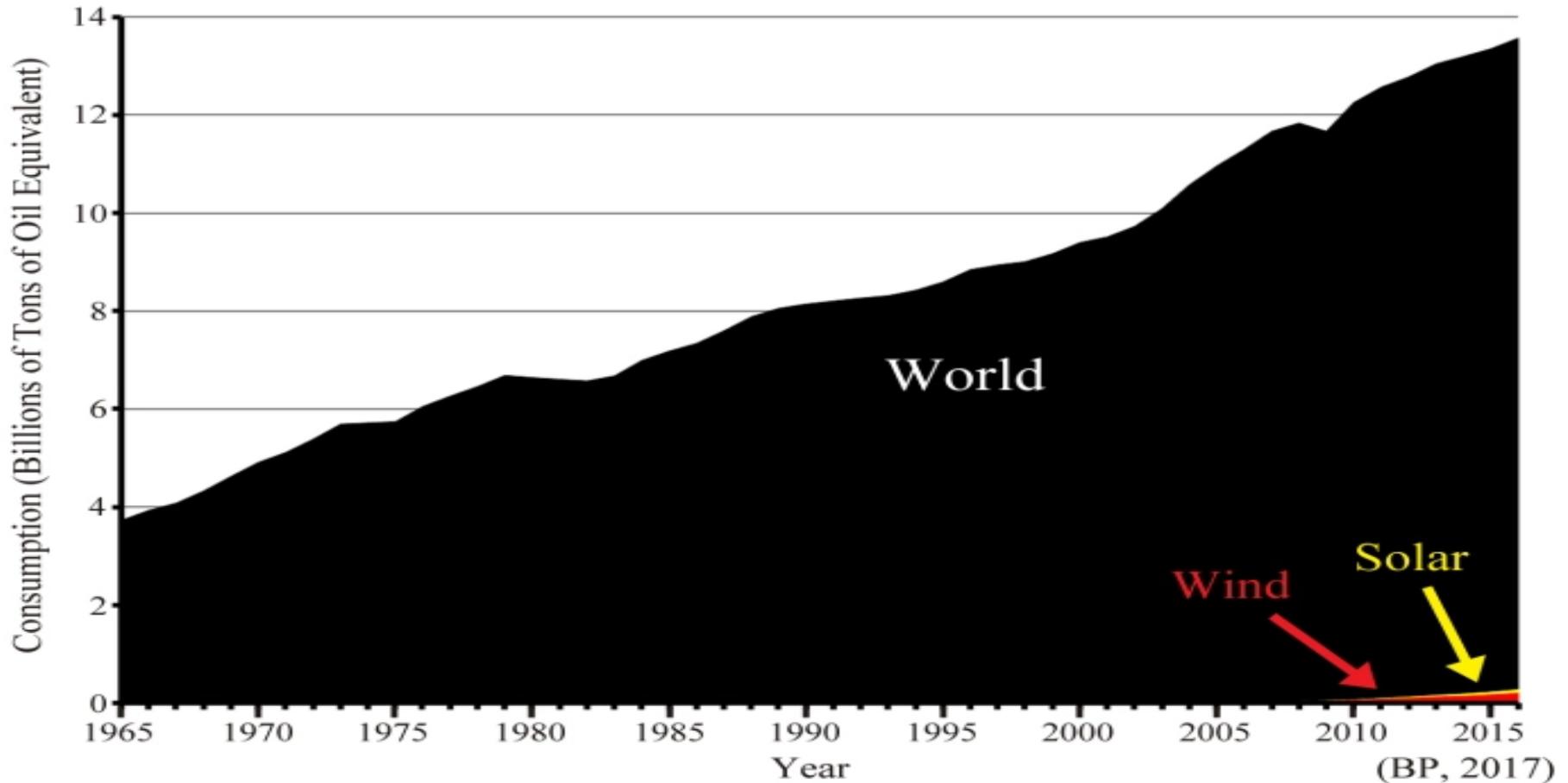


The category “traditional biomass” (9.1 percent of global energy) reflects the global twigs, leaves and dung fuel sources use while the category “Modern renewables” (10.2 percent of global energy) reflects wind, solar, geothermal and biomass from mostly government crop subsidized energy programs.

Investment data is provided for renewables showing that since 2006 nearly \$2.5 trillion has been funneled into government mandated renewable energy programs globally.

From: «Shocker: Government mandated trillions in global renewable investment tally» Guest essay by Larry Hamlin - Watts Up With That - June 17, 2017

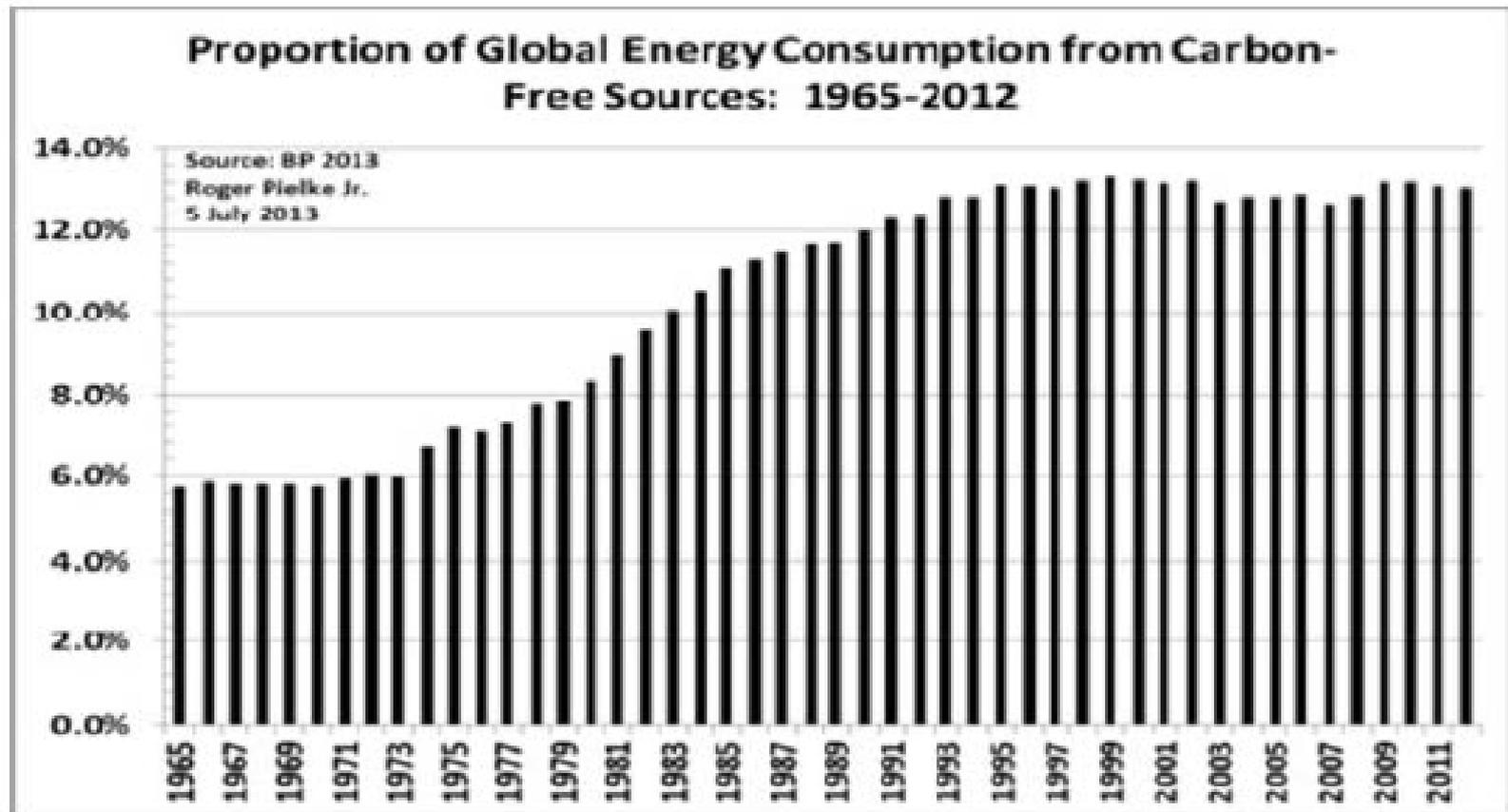
Total World, Wind, and Solar Energy Consumption (1965-2016)



Since 1965, global energy consumption more than tripled to 13.3 billion tons of oil equivalent, according to the BP Statistical Review of World Energy. In 2016, wind and solar provided about two percent of the total. Each year the world consumes an additional United Kingdom worth of energy. Wind and solar sources are unable to supply even the annual growth in world demand, let alone replace our traditional energy sources.

From: Roger Pielke, Jr "Clean Energy Stagnation" The Breakthrough Institute, 09 July 2013.

Growth in Renewables Outpaced by Fossil Fuels



BP, in its excellent annual statistical report on world energy, provides data that allows us to answer this question. The figure above shows the proportion of global energy consumption that comes from carbon-free sources. These sources include nuclear, hydro, solar, wind, geothermal, and biomass. The graph shows that from 1965 to 1999 the proportion of carbon-free energy in global consumption more than doubled to more than 13 percent, coincident with nuclear power increasing by a factor of 100 and hydropower by a factor of 6.

La diga delle Tre Gole in Cina...



La diga delle Tre Gole, Cina. Con la sua capacità di 22.500 megawatt e 98,8 terawattora generati ogni anno, è **l'impianto energetico più potente al mondo**. Si tratta di una centrale idroelettrica alimentata dalle acque del fiume Yangtze, nella provincia di Hubei.

From: https://www.ilturista.info/ugc/foto_viaggi_vacanze/225

Cosa_visitare_in_Cina_dalla_Grande_Muraglia_alla_Diga_delle_tre_gole/?idfoto=5128

Idroelettrico: Italiani sempre all'avanguardia nel mondo



17/12/2016 - Inaugurata in Etiopia GIBE III, la più importante diga nel Paese, con una capacità installata di 1870 MW, e la più grande al mondo del suo tipo.

Da: <https://www.salini-impregilo.com/it/lavori/in-corso/dighe-impianti-idroelettrici/progetto-idroelettrico-gibe-iii.html>

ETIOPIA: LA TORRE D'ACQUA DELL'AFRICA



Gerd e Koysa, due grandi progetti che vedranno la luce nei prossimi anni. Il primo, Gerd, è già in fase di realizzazione. La **Grand Ethiopian Renaissance Dam** sorge a 700 chilometri da Addis Abeba. Qui, a poca distanza dal confine con il Sudan, **Salini Impregilo** sta costruendo quella che – una volta conclusa – sarà la diga più grande d’Africa e una delle prime dieci al mondo con una **potenza installata complessiva di 6.000 MW e una produzione prevista di 15.000 GWh/anno**. Grazie alle **esportazioni** verso Sudan, Djibouti, South Sudan e Yemen si prevedono **introiti per un valore di 2 miliardi di dollari l’anno**.

Da: <https://www.webuildvalue.com/it/numero-speciale/gerd-e-koysa-le-dighe-del-futuro.html>

Nucleare di successo: Svezia e Francia (1/2)

Due programmi del passato (**anni '70 e '80 del secolo XX**) si sono rivelati degli **innegabili successi** per il fine che si erano posti (**l'indipendenza energetica** dalle importazioni degli idrocarburi), ma che hanno avuto come **effetto collaterale** una **drastica riduzione delle emissioni di CO₂** dei Paesi interessati.

Si tratta dei **programmi di costruzione delle centrali elettronucleari di Svezia e Francia**, che hanno permesso a quei due Paesi di disporre, ormai da molti anni, di **sistemi elettrici sostanzialmente "carbon-free"**, basati sull'integrazione di **nucleare e idroelettrico**.

Nucleare di successo: Svezia e Francia (2/2)

Questi Paesi inoltre stanno **estendendo sistematicamente l'uso dell'elettricità, così decarbonizzata**, anche in altri settori tradizionalmente grandi consumatori di fonti fossili, come:

- # la **climatizzazione degli edifici** (con **pompe di calore**) ed
- # i **trasporti** (con **veicoli elettrici**, ed in futuro forse anche **a idrogeno**, ottenibile sia per elettrolisi che per scissione diretta dell'acqua in reattori nucleari ad alta temperatura).

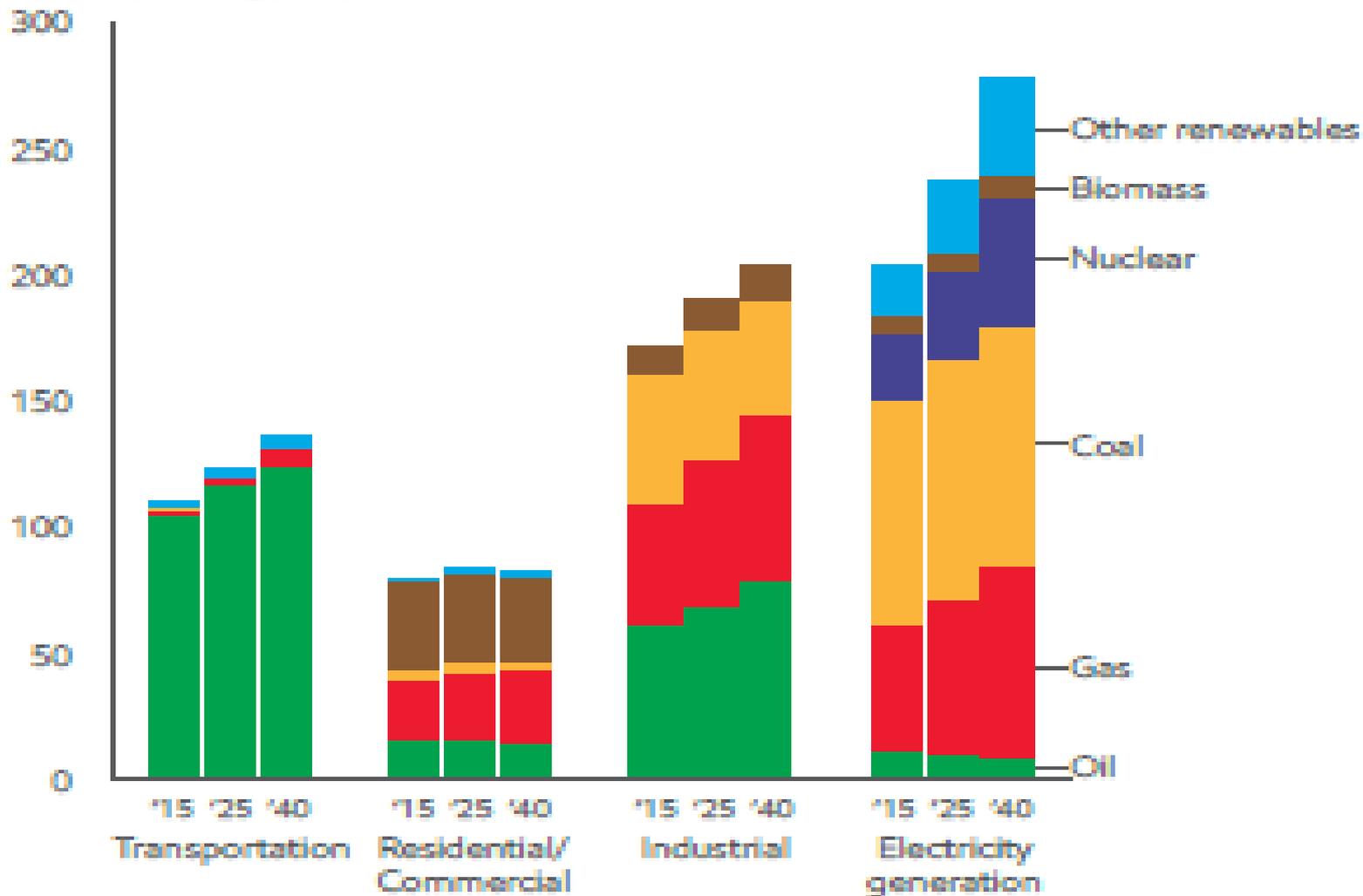
Nucleare vs. fossili: conclusioni

Per la **produzione di energia elettrica**, in particolare, le **esperienze di Svezia e Francia** dimostrano che, per quanto riguarda gli aspetti **tecnologici e industriali**, sarebbe possibile **sostituire in circa trent'anni tutte le fonti fossili attualmente in uso con la fissione nucleare**, coadiuvata, ove possibile e conveniente, con le **energie rinnovabili**, in particolare la **idroelettrica**, che è **agevolmente accumulabile e regolabile**.

Evidentemente, l'effettiva attuazione di una simile impresa dipenderà dalla volontà politica e dalla accettazione dell'opinione pubblica.

Energy demand varies by sector

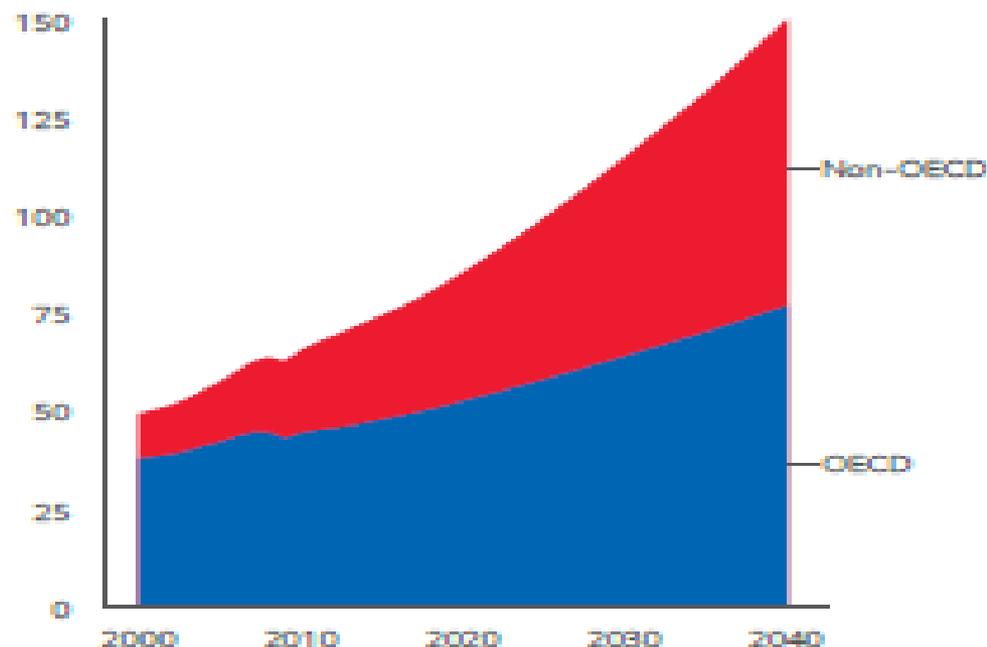
Primary energy—quadrillion BTUs



From: ExxonMobil «2017 Outlook for Energy: A View to 2040».

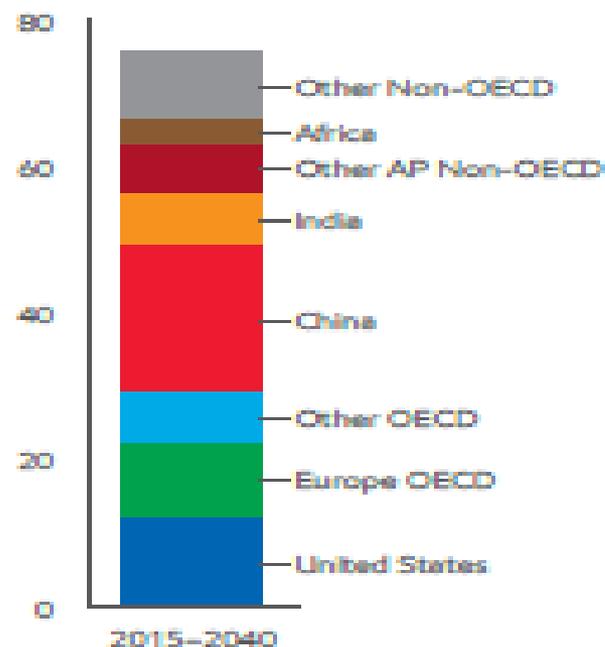
World GDP doubles

Trillions of 2010 dollars



World GDP growth

Trillions of 2010 dollars



- World GDP doubles from 2015 to 2040, with non-OECD GDP increasing 175 percent and OECD GDP growing 60 percent
- Non-OECD share of global GDP will rise to about 50 percent by 2040, up from about 35 percent in 2015
- China is likely to be the largest contributor of GDP gains, with its share of global GDP in 2040 similar to that of Europe OECD and the U.S. at close to 20 percent
- India will grow strongly with its share of global GDP doubling

GDP: Gross Domestic Product (Prdotto Interno Lordo).

From: ExxonMobil «2017 Outlook for Energy: A View to 2040».

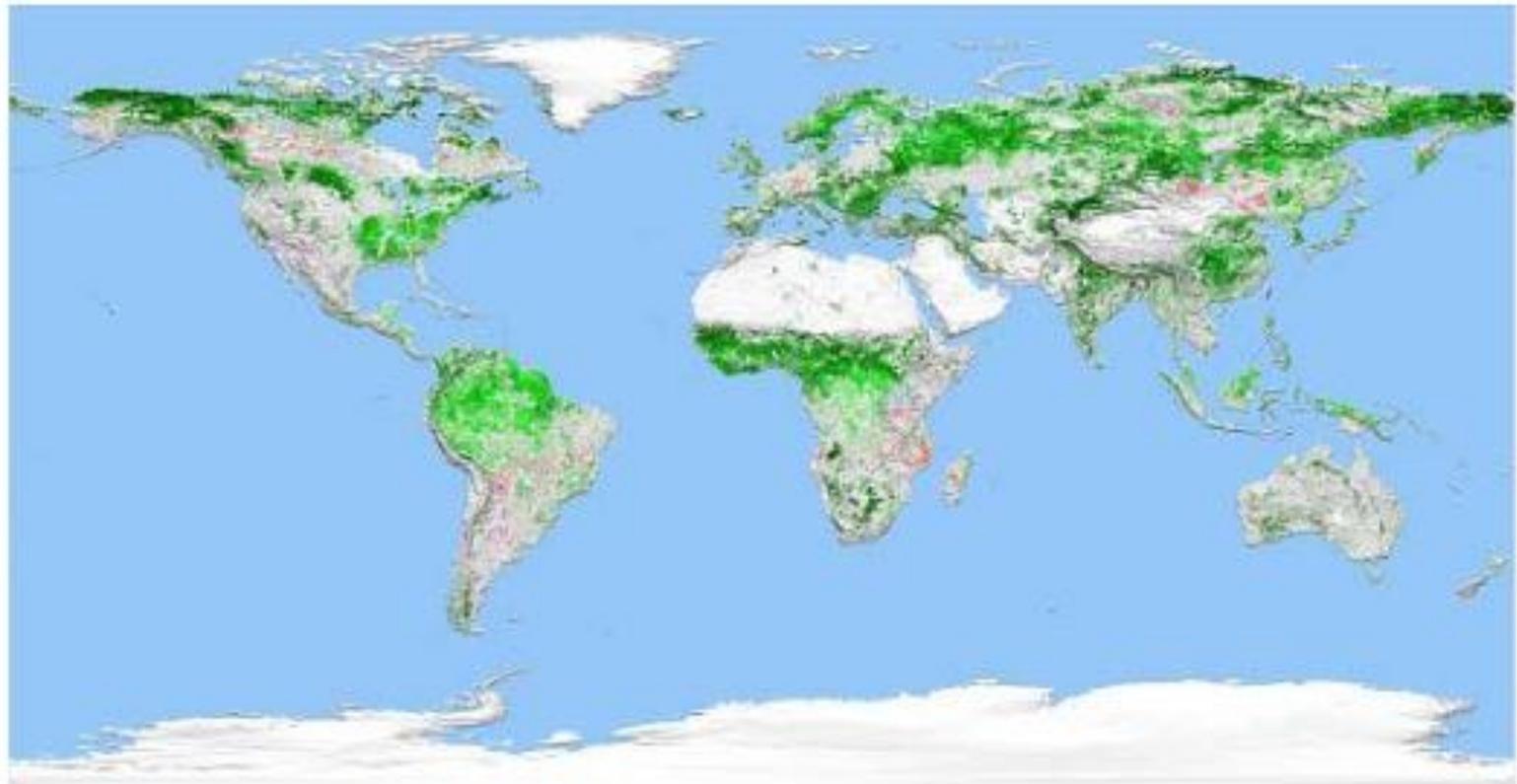
Ma allora che fare?

Intanto, è bene tener presente che **probabilmente qualche grado di temperatura in più nella troposfera non sarebbe un disastro**, ma anzi potrebbe **avvantaggiare alcuni ecosistemi ed anche in generale l'esistenza umana** (a differenza di quanto da decenni predicano i "catastrofisti"...).

Temperature più alte delle attuali di qualche grado appaiono **portare vantaggi**, come dimostra tra l'altro la storia dell'**Olocene**: a **raffreddamenti** corrispondono **carestie, epidemie e crisi politiche**, a **periodi caldi** corrisponde **sviluppo economico e demografico**.

Anche impatti positivi sugli ecosistemi...

Ad esempio, è ormai assodato che **negli ultimi decenni** sono di nuovo **aumentate le precipitazioni nel Sahel**, che rinverdisce, presumibilmente a seguito **dell'aumento della temperatura e quindi dell'umidità nella troposfera**, come descritto nel rapporto **"The Sahel is greening"** del Global Warming Policy Forum (GWPF) (Rif. 5). Vi si afferma addirittura che **se il "global warming" continuasse ancora per qualche decennio**, potremmo assistere al **rinverdimento dell'intero Sahara**, fatto di **enormi conseguenze geopolitiche**.



< -10 -3.2 -1.1 0 1.5 2.9 4.6 7.8 > 20

Figure 2: Greening of the Earth, 1982–2011

Trends in gross annual productivity per decade in percentage terms.

Source: Zhu & Myneni 2014

REDEMPTION OF THE BEAST – The Carbon Cycle and the Demonization of CO₂ – Part 2

by [Randall Carlson](#)



[Read part 1 here:](#)

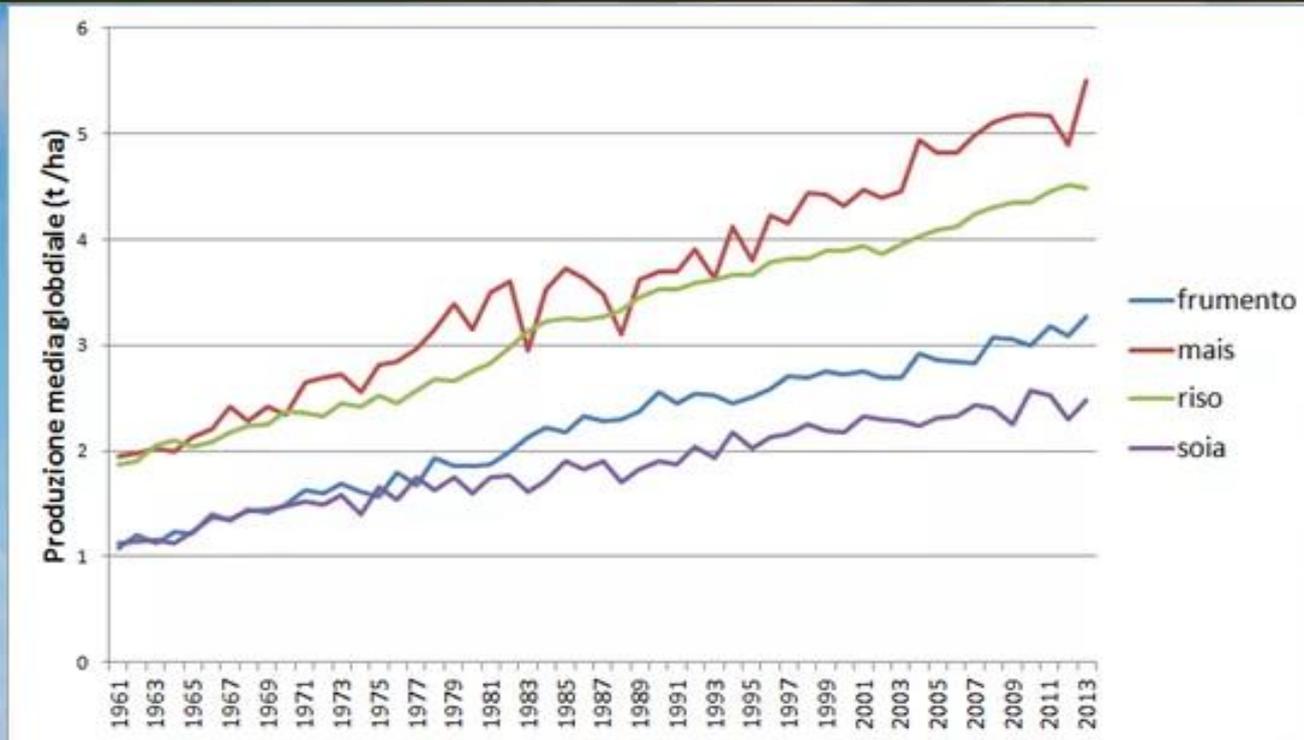
After 21 more years of study, one of these authors, the late Sylvan Wittwer, (who passed away in 2012 at the age of 95) reiterated the fact that there were benefits to the increase in atmospheric carbon dioxide. But then he went on to say something else very interesting. He, along with co-author Emeritus Professor of Biology, Boyd R. Strain pondered the effect of the increasing supply of CO₂ on the planetary vegetation realm and speculated that

“An increase in plant growth due to ‘fertilization’ of extra CO₂ has not been measured, but a 5 to 10% increase may already have occurred. Current data indicate that plants growing at higher than normal CO₂ levels are more tolerant of water, temperature, light, and atmospheric pollutant stresses. There are effects on carbon metabolism, plant growth and development, microbial activity, and terrestrial and aquatic plant communities.” [see: [Wittwer, Sylvan H. & Boyd R. Strain \(1985\) Carbon dioxide levels in the biosphere: Effects on plant productivity. Critical Reviews in Plant Sciences, vol. 2, No. 3, pp. 171 – 198](#)]

Here we see that by 1985 these scientists were speculating that there may have already occurred as much as a 5 to 10% increase in plant growth worldwide due to carbon dioxide fertilization, but at that time did not have sufficient data available to confidently make such a claim. We will come back to this question directly, and see that now, in 2017, we do have enough data to draw some conclusions.

La produzione delle 4 colture che nutrono il mondo

(fonte: faostat3 - <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>)



Resa media ettariale del 2013 rispetto al 1961:

Frumento: triplicata (da 1.24 a 3.26 t/ha = +200% = +3.8% l'anno)

Mais: quasi triplicata (da 1.9 a 5.5 t/ha = +183% = +3.5% l'anno)

Riso: più che raddoppiata (da 1.9 a 4.5 t/ha = +140% = +2.6% l'anno)

Soia: più che raddoppiata (da 1.2 a 2.5 t/ha = +119% = +2.3% l'anno)

Inevitabili interventi "diretti" sul clima?

Se si nel futuro si riterrà indispensabile **limitare l'aumento della temperatura di non oltre i 2 °C al 2100** al fine di evitare rischi inaccettabili per l'ecosistema terrestre, come è stato affermato anche **alla COP21**, allora anche i semplici ragionamenti delle tavole precedenti confermano **l'inevitabilità di interventi "attivi" sul clima.**

Interventi di questo tipo potrebbero poi costituire **l'«ultima ratio»** per garantire **un futuro all'attuale Genere Umano se l'Olocene terminerà in una nuova Era Glaciale** in tempi di **centinaia o poche migliaia di anni**, come appare **praticamente certo** dalla storia recente del clima.

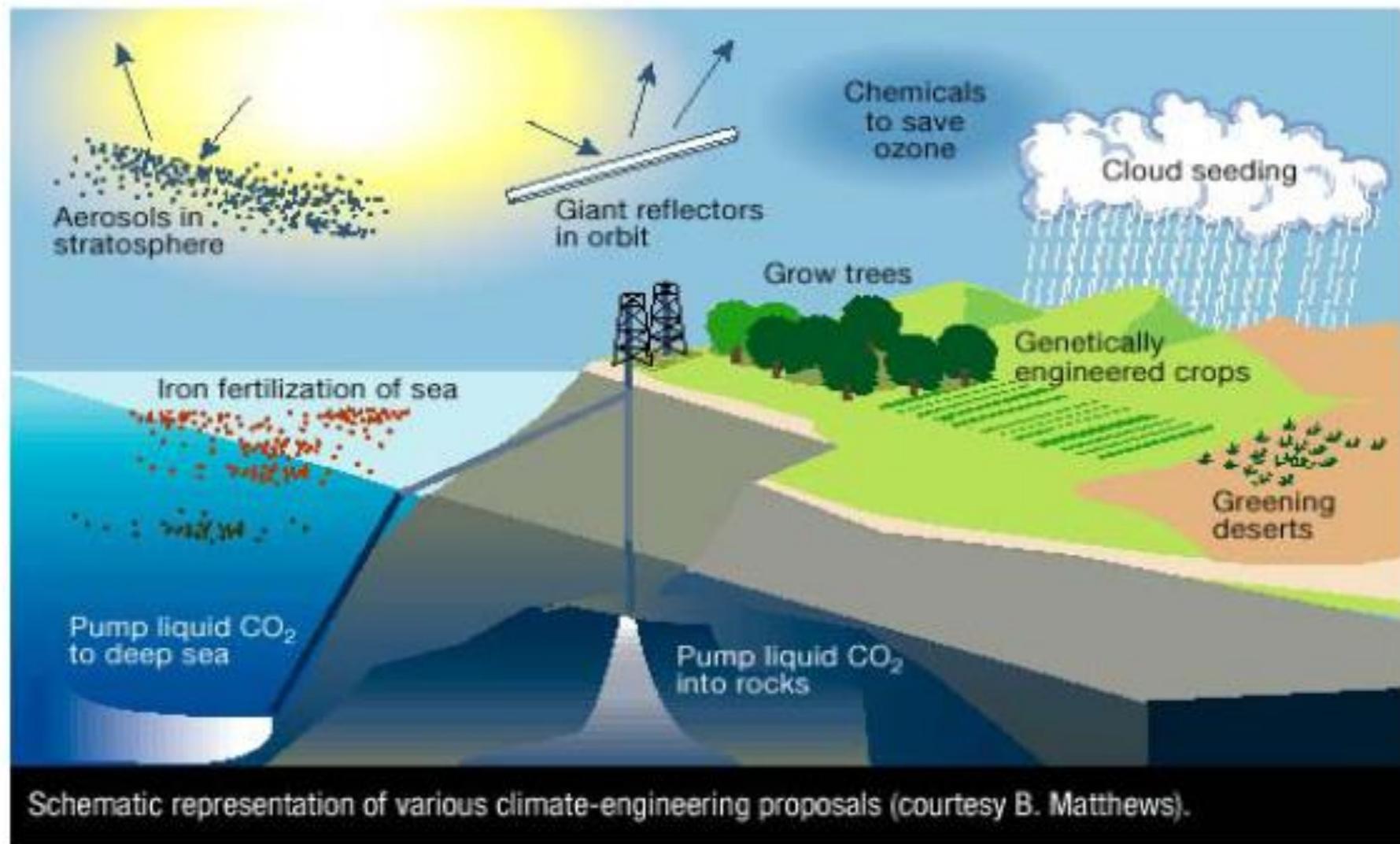


Fig. 14 - La varietà di opzioni che si potrebbero considerare per l'intervento diretto sul Sistema Clima. (Da: D.W. Keith "Geoengineering" *Nature*, Vol. 409, p. 420 - 18 January 2001).

Riferimenti

- 1) G. P. Peters, R. M. Andrew, S. Solomon and P. Friedlingstein “Measuring a fair and ambitious climate agreement using cumulative emissions” *Environ. Res. Lett.* 10 (2015) 105004.
- 2) “World Population Prospects – The 2015 Revision” United Nations – New York, 2015.
- 3) T. M. Lenton and N. E. Vaughan, 2009 “The radiative forcing potential of different climate geoengineering options” *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, Vol. 9, pp. 2559–2608.
- 4) Kevin Anderson “Talks in the city of light generate more heat” *Nature* **528**, 437 (24 December 2015).
- 5) Philipp Mueller “The Sahel is greening” The Global Warming Policy Forum (GWPF) - 12 August 2011.
- 6) Ben Webster “New Study Confirms GWPF Report on Greening Sahel” The Global Warming Policy Forum (GWPF) - June 2, 2015.
- 7) Luigi Mariani “La prima vittima della guerra al Global Warming è la verità” *Climatemonitor* – 15 dicembre 2015.
- 8) Gasparrini A. et al. “Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study” *The Lancet*, vol. 386 - July 25, 2015.
- 9) Luigi Mariani “Produzione agricola e Global Warming” *Climatemonitor* – 4 agosto 2014.