

“

**La grande sfida dell'energia:
come evitare
la ‘tempesta perfetta’**



”

**Maurizio Fermeglia
Università di Trieste**

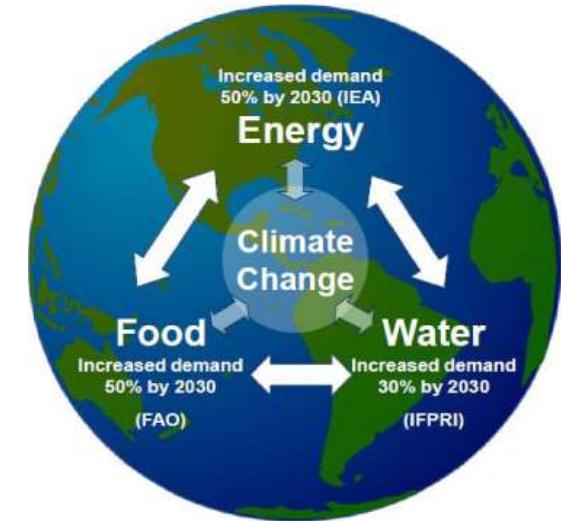
Maurizio.Fermeglia@units.it - www.molbnl.it

La tempesta perfetta di John Beddington



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

- Aumento **popolazione globale** (da 6.8 miliardi a 8.3 miliardi).
- Richiesta di **cibo** aumentata del 50%, ma produzione non adeguata
- Richiesta di **energia** aumentata del 60% ma produzione non adeguata
- Domanda globale di **acqua** aumentata del 30%, problemi di approvvigionamento acqua potabile
- Riduzione delle **emissioni di gas serra** inferiori alle aspettative - cambiamenti climatici sempre più evidenti
- Scarsità di cibo, energia ed acqua portano a **tensioni internazionali e migrazioni**



the guardian

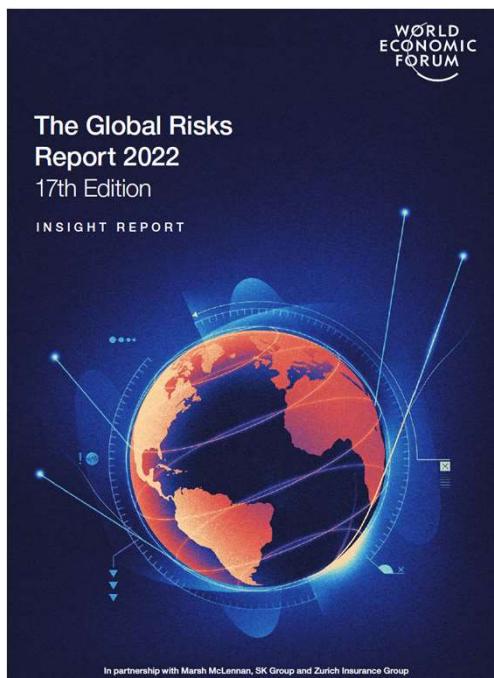
News | Sport | Comment | Culture | Business | Money | Life & style |

News > Science

World faces 'perfect storm' of problems by 2030, chief scientist to warn

Food, water and energy shortages will unleash public unrest and international conflict, Professor John Beddington will tell a conference tomorrow

- Breve
(0-2 anni)
- Medio
(2 – 5 anni)
- Lungo
(5 – 10 anni)



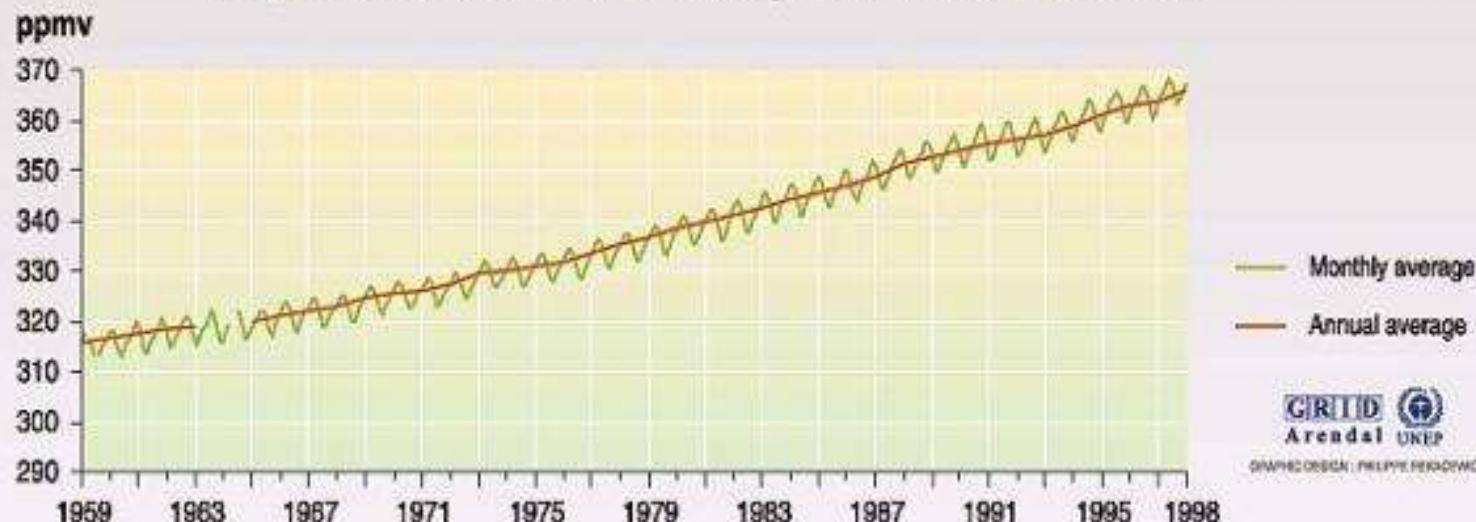
Effetto: variazioni della concentrazione di gas serra in atmosfera



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

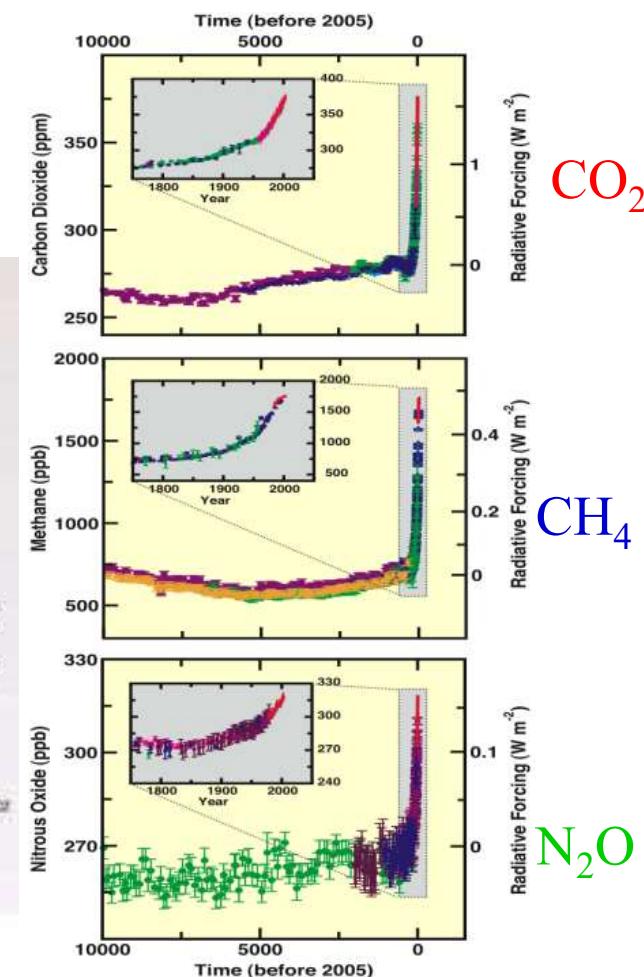
2010: 380ppm
1900: 280ppm

CO₂ concentration in the atmosphere: Mauna Loa curve



Source : Scripps Institution of Oceanography (SIO), University of California, 1998.

La grande sfida dell'energia: come evitare la 'tempesta perfetta'

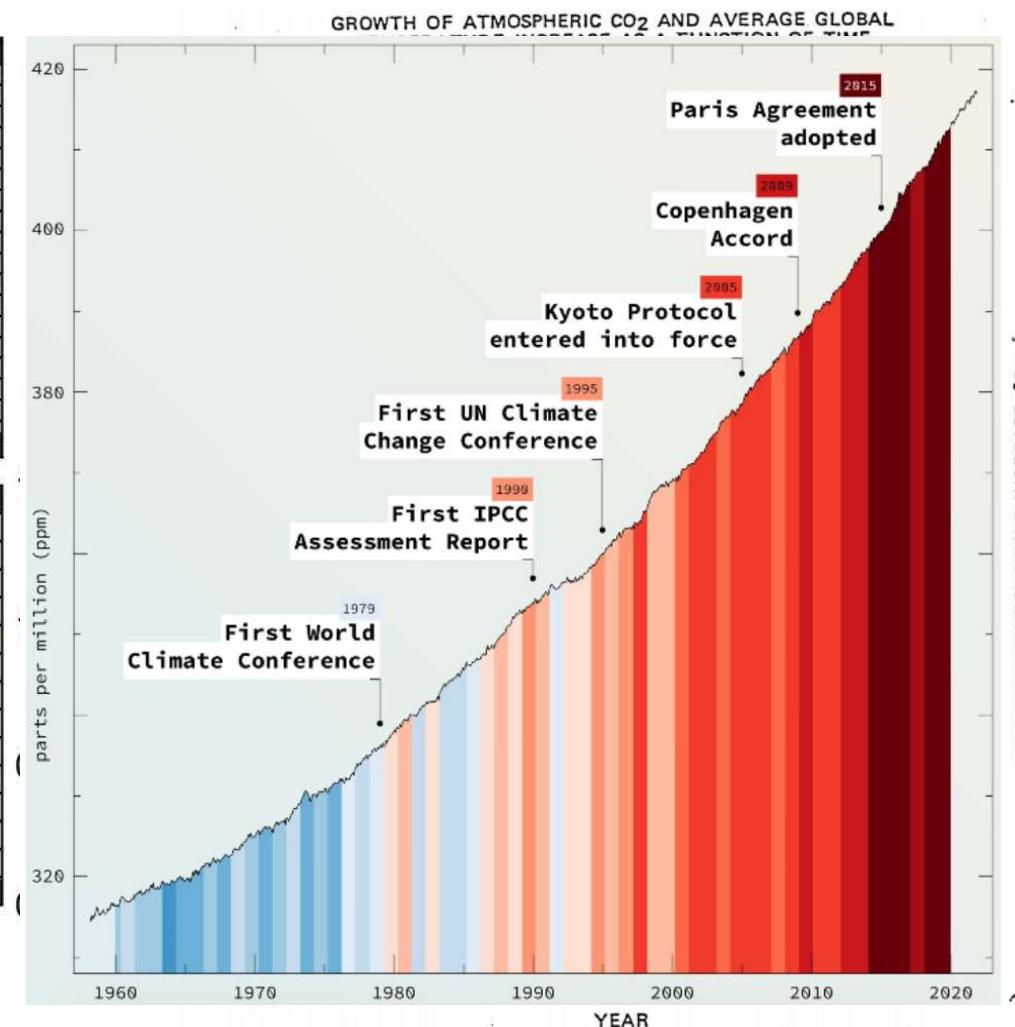
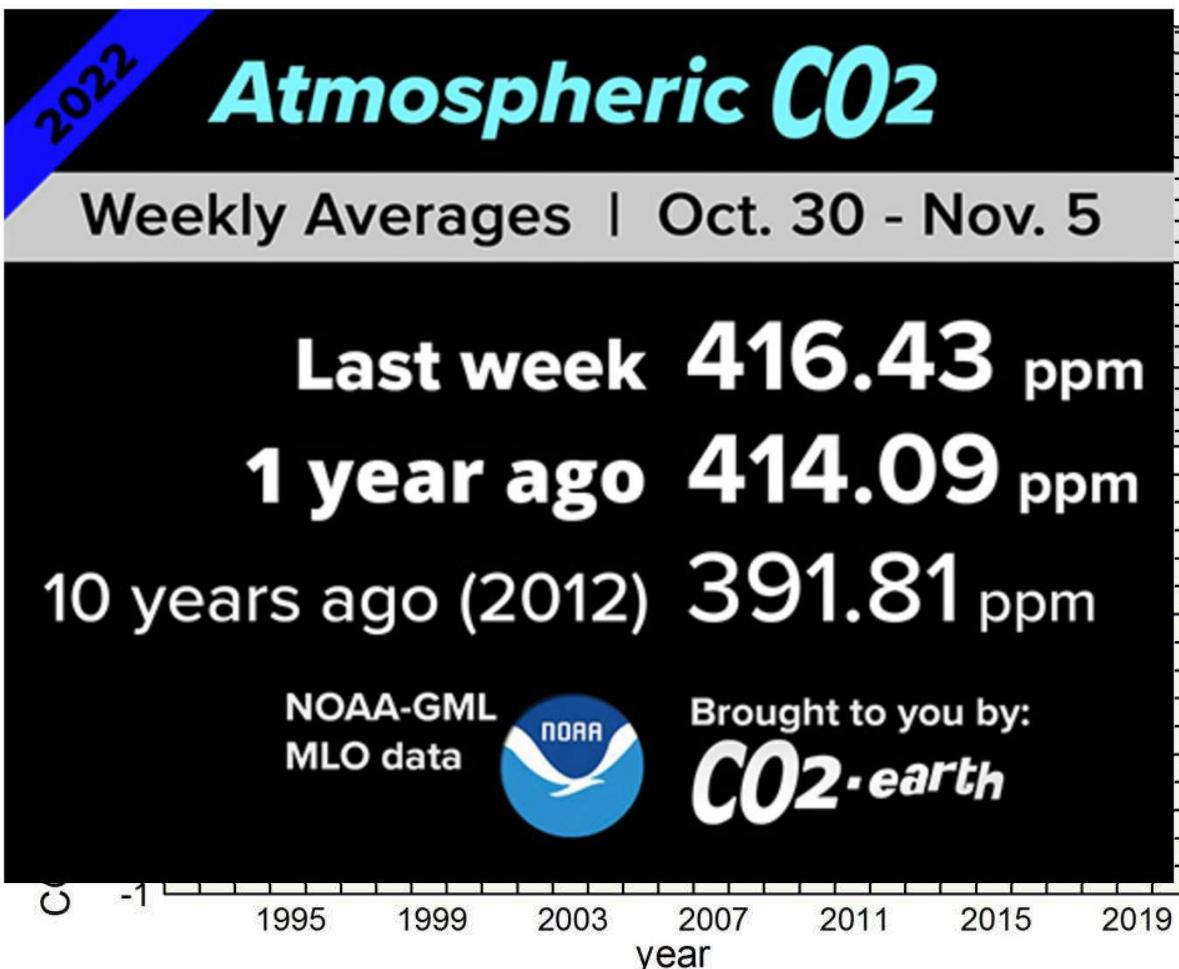


Trieste, 18 November, 2022 - 4

Effetto: variazioni della concentrazione di gas serra in atmosfera



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

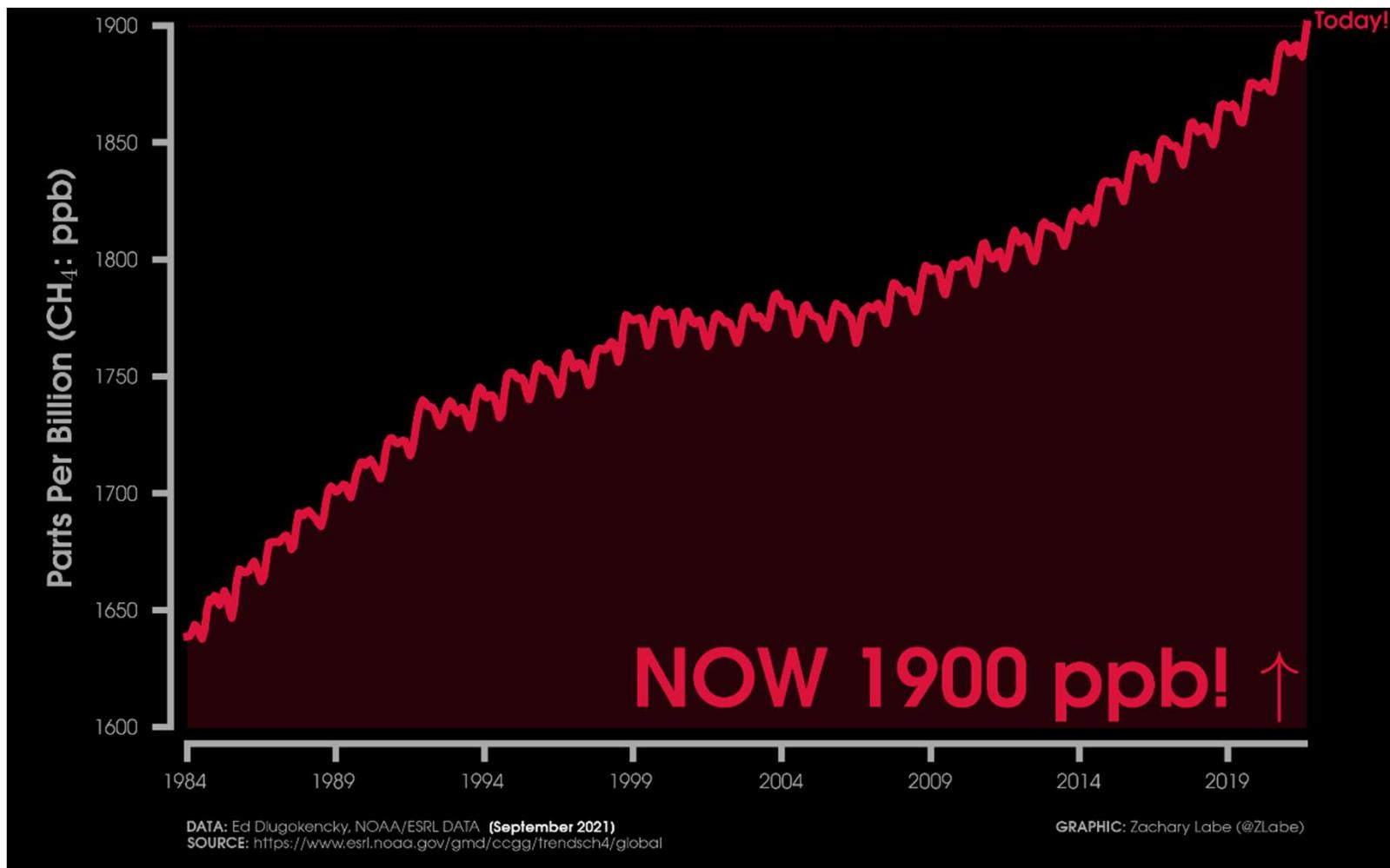


La grande sfida dell'energia: come evitare la 'tempesta perfetta'

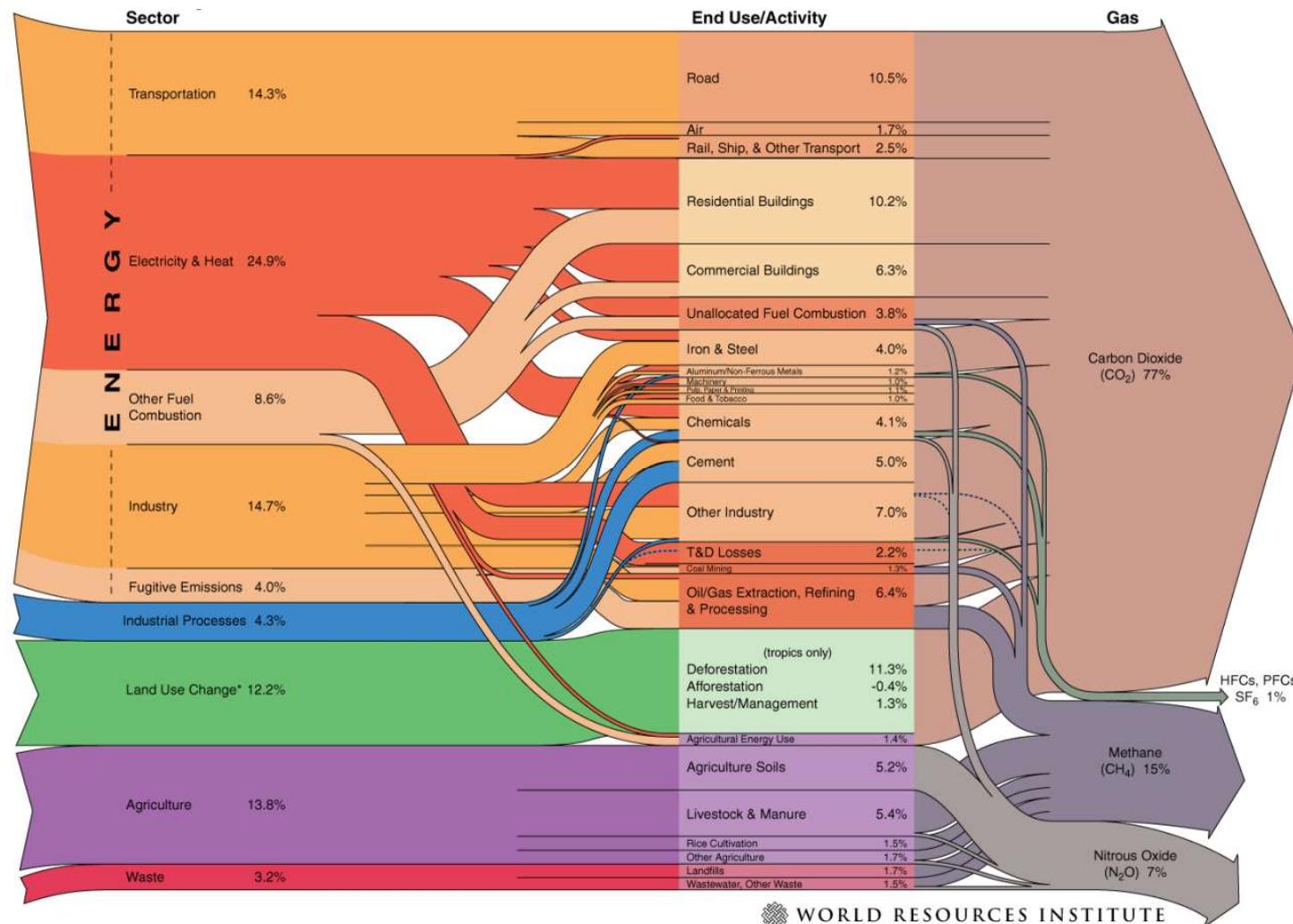
Variazioni della concentrazione di gas serra in atmosfera: metano



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



Da dove vengono le emissioni? Dal sistema energetico!



Energia: quanta e come ... un pioniere ...



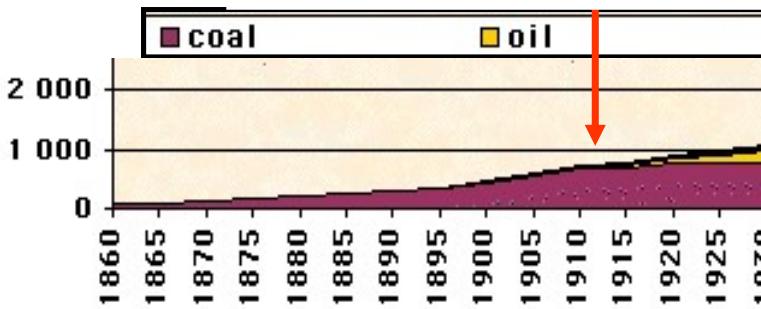
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



"...if our black and nervous civilization, based on coal, shall be followed by a quieter civilization based on the utilization of solar energy, that will not be harmful to progress and to human happiness."

1912
~ 1 TW

Mtoe/anno



La grande sfida dell'energia: come evitare la 'tempesta perfetta'

SCIENCE

FRIDAY, SEPTEMBER 27, 1912

CONTENTS

- The Photochemistry of the Future: PROFESSOR GIACOMO CIAMICIAN* 385
The First International Eugenics Congress: PROFESSOR RAYMOND PEARL 395
Industrial Education in the Philippines 396
Graduates from American Colleges and Universities 397

THE PHOTOCHEMISTRY OF THE FUTURE¹

MODERN civilization is the daughter of coal, for this offers to mankind the solar energy in its most concentrated form; that is, in a form in which it has been accumulated in a long series of centuries. Modern man uses it with increasing eagerness and thoughtless prodigality for the conquest of the world and, like the mythical gold of the Rhine, coal is to-day the greatest source of energy and wealth.

1912 è un anno importante: 110 anni fa ...



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

- "Le fornaci del mondo stanno bruciando circa 2 miliardi di tonnellate di carbone all'anno", si legge nell'articolo. "Quando questo viene bruciato, unendosi con l'ossigeno, aggiunge circa 7 miliardi di tonnellate di anidride carbonica all'atmosfera ogni anno. Questo tende a rendere l'aria una coperta più efficace per la terra e ad aumentarne la temperatura. L'effetto potrebbe essere considerevole in pochi secoli".

The Rodney & Otamatea Times
WAITEMATA & KAIPARA GAZETTE.
PRICE—10s per annum in advance
WARKWORTH, WEDNESDAY, AUGUST 14, 1912.
3d. per Copy.

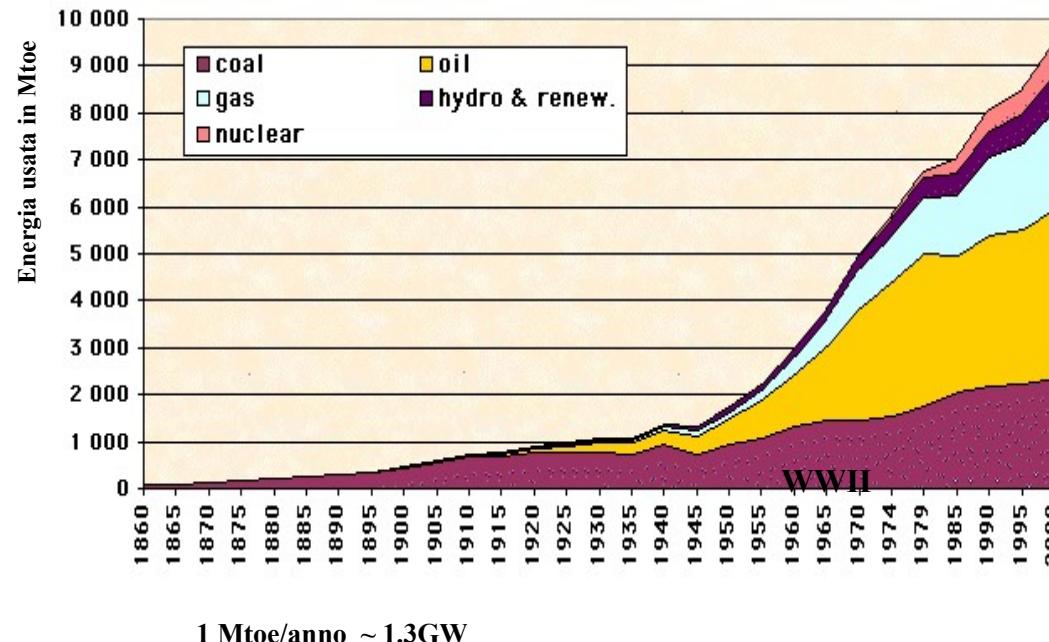
Science Notes and News.

COAL CONSUMPTION AFFECTING CLIMATE.

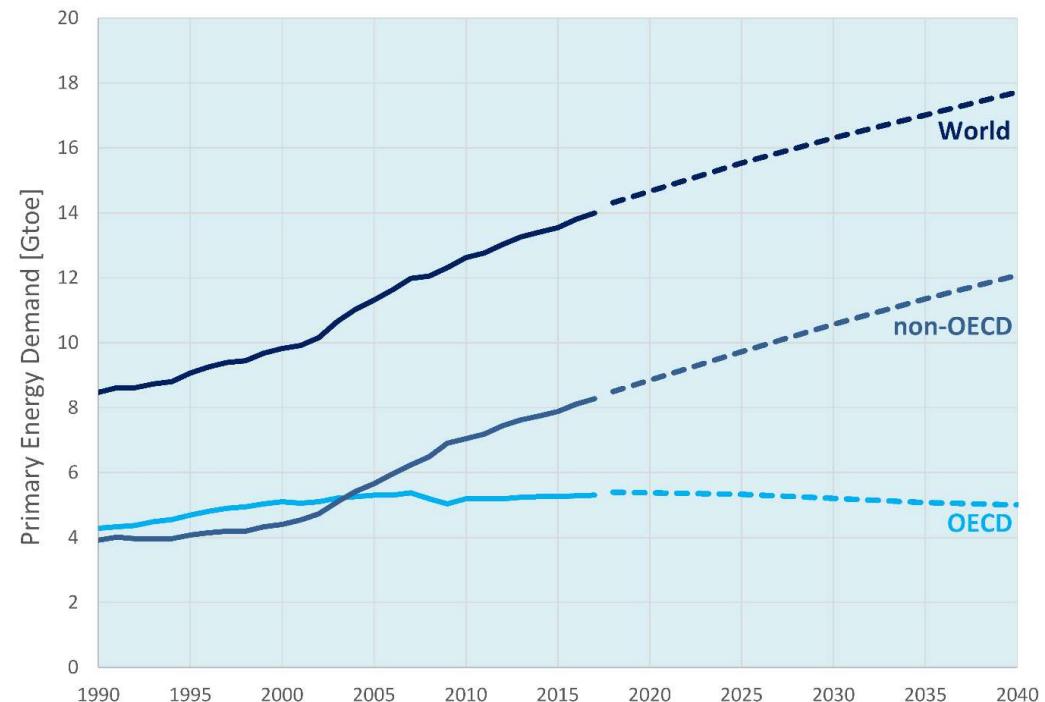
The furnaces of the world are now burning about 2,000,000,000 tons of coal a year. When this is burned, uniting with oxygen, it adds about 7,000,000,000 tons of carbon dioxide to the atmosphere yearly. This tends to make the air a more effective blanket for the earth and to raise its temperature. The effect may be considerable in a few centuries.

Ma dopo il 1912 ... nessuna buona notizia!

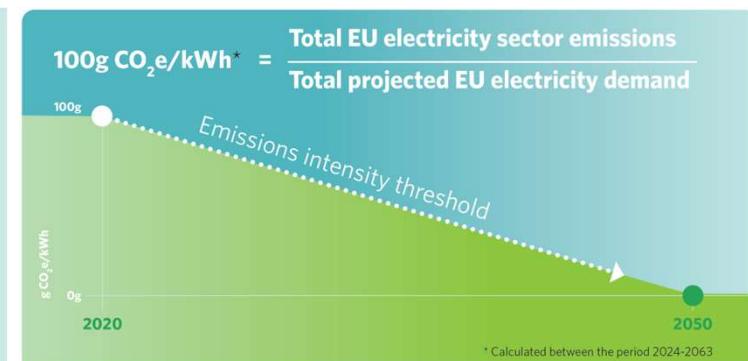
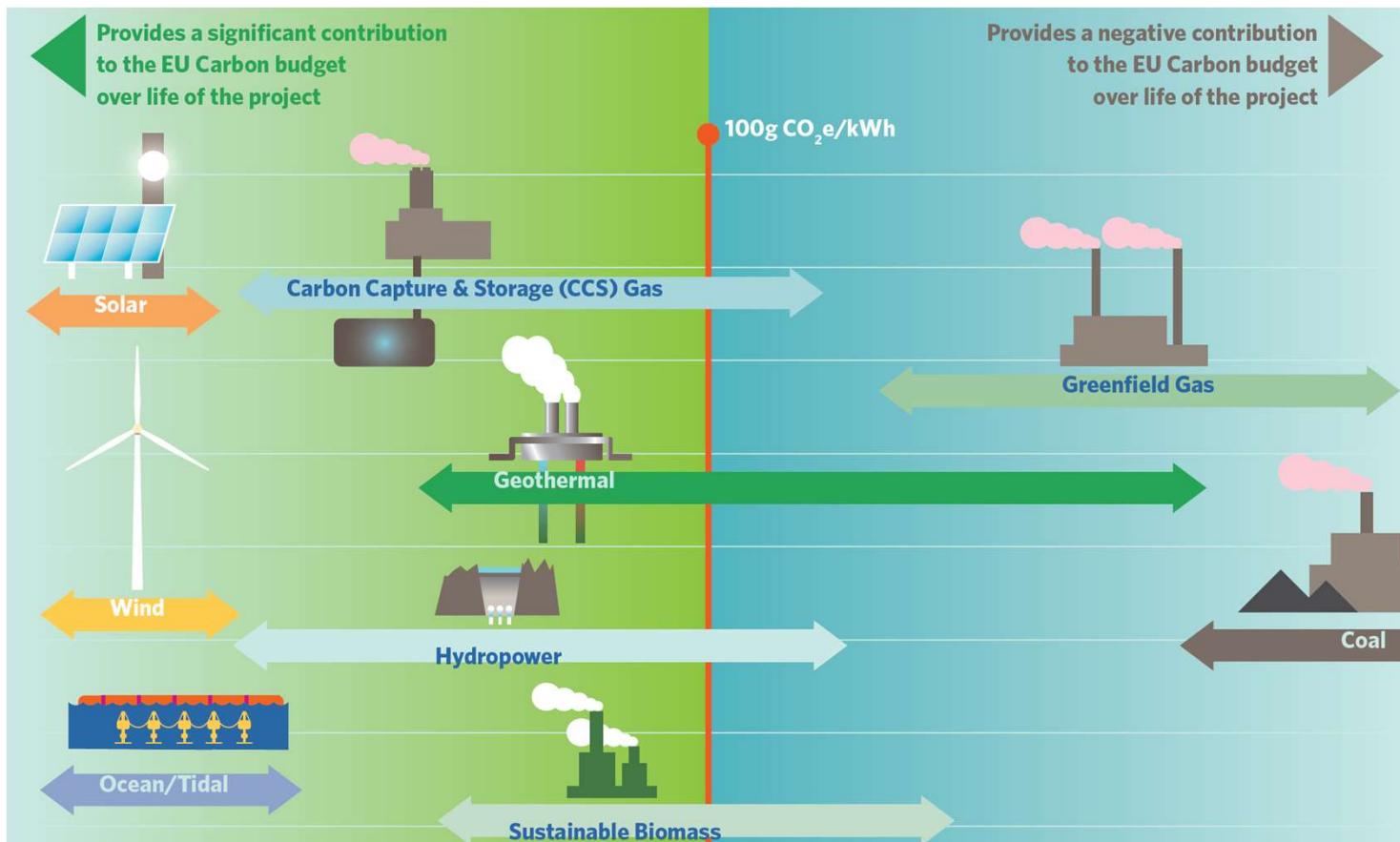
Nel 2000 12.3 TW



Nel 2040 TW 23.5



EU taxonomy: net zero emission target 2050



The Takeaway

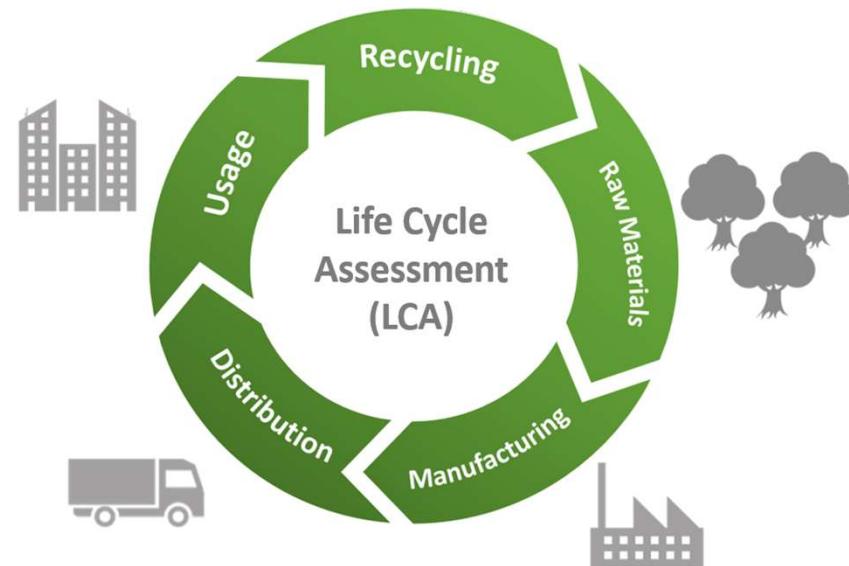
A power plant operating below 100g CO₂e/kWh over its lifetime is making a substantial contribution to reaching Paris Agreement targets.

Any power plant that emits more than 270g CO₂e/kWh is making this more difficult.

Indicatori su cui basare le decisioni



- Ritorno dell'investimento energetico – EROEI e indicatori da esso derivati (ESOEI – EROC)
- Costo dell'energia – LCOE
- Analisi del ciclo di vita - LCA



EROEI: King et al. 2081

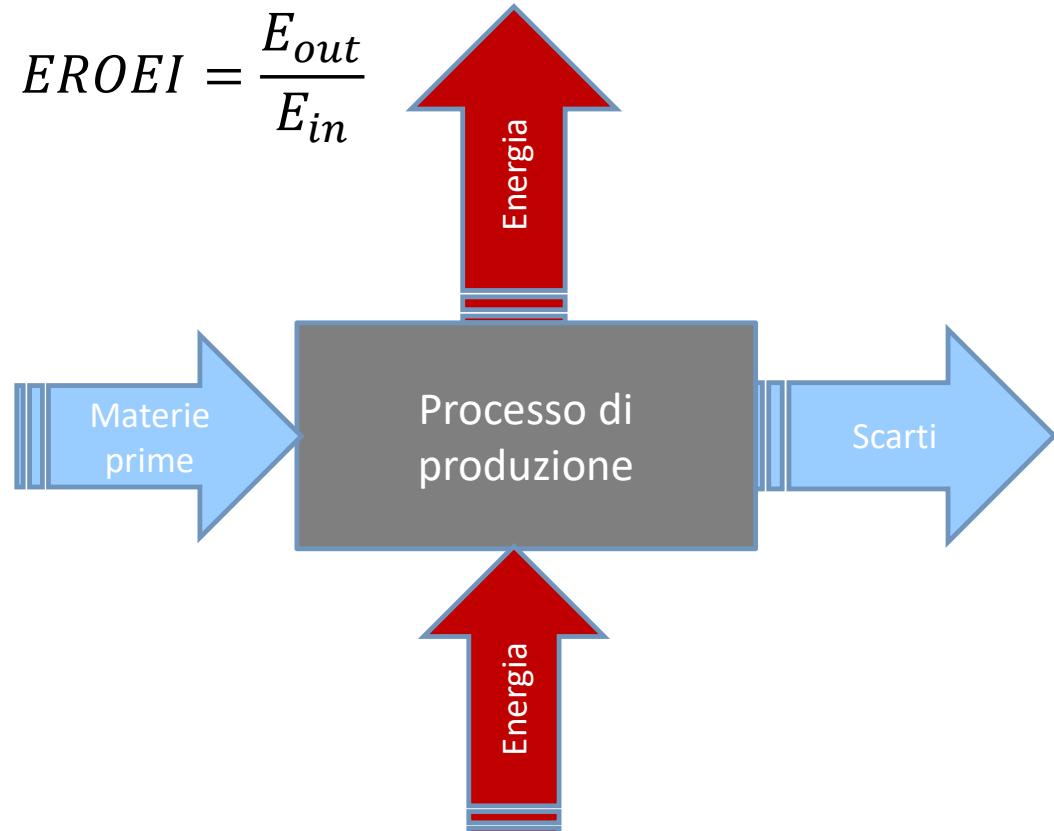


Table 1 | Comparison of mean EROIs for different energy sources

	Energy source	Optimistic EROI	Optimistic net energy percentage
Coal	Thermal	46:1	98
	Electricity	17:1	94
	Electricity with CCS	13:1	92
Oil	Thermal	19:1	95
	Electricity	7:1	85
Gas	Thermal	19:1	95
	Electricity	8:1	88
	Electricity with CCS	7:1	86
Biofuels & waste	Solids	Thermal	25:1
		Electricity	10:1
	Gases and liquids	Thermal	5:1
		Electricity	2:1
Nuclear		14:1	93
Hydroelectric		84:1	99
Geothermal		9:1	89
Wind		18:1	94
Solar PV		25:1	96
Solar thermal		19:1	95

Fonte: King et al, Nature Energy, 2018

$$EROEI = \frac{E_{out}}{E_{in}}$$



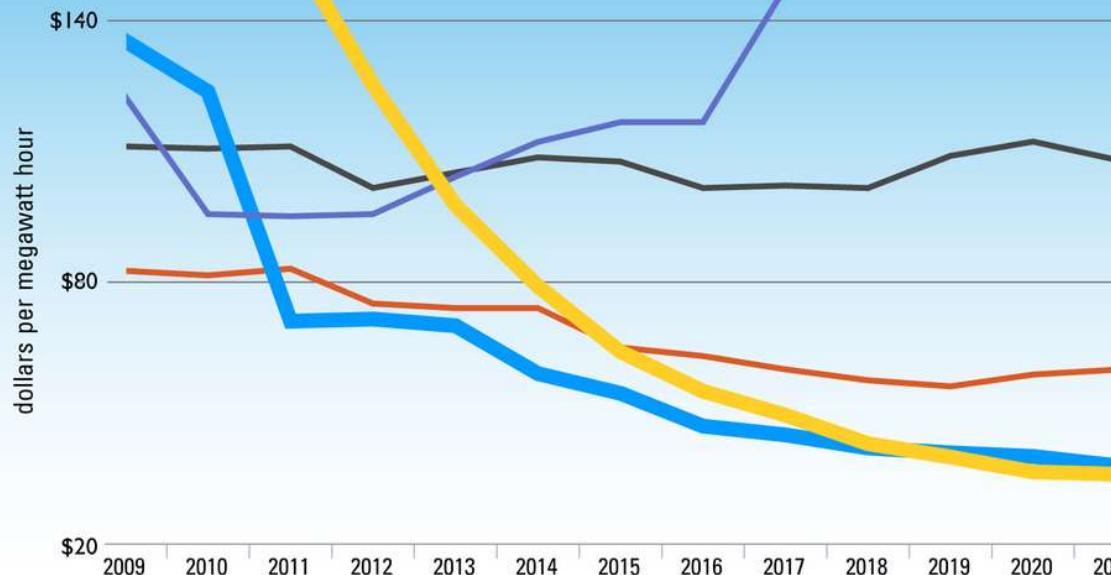
LCOE - LCA



Lazard Levelized Cost of Energy Comparison

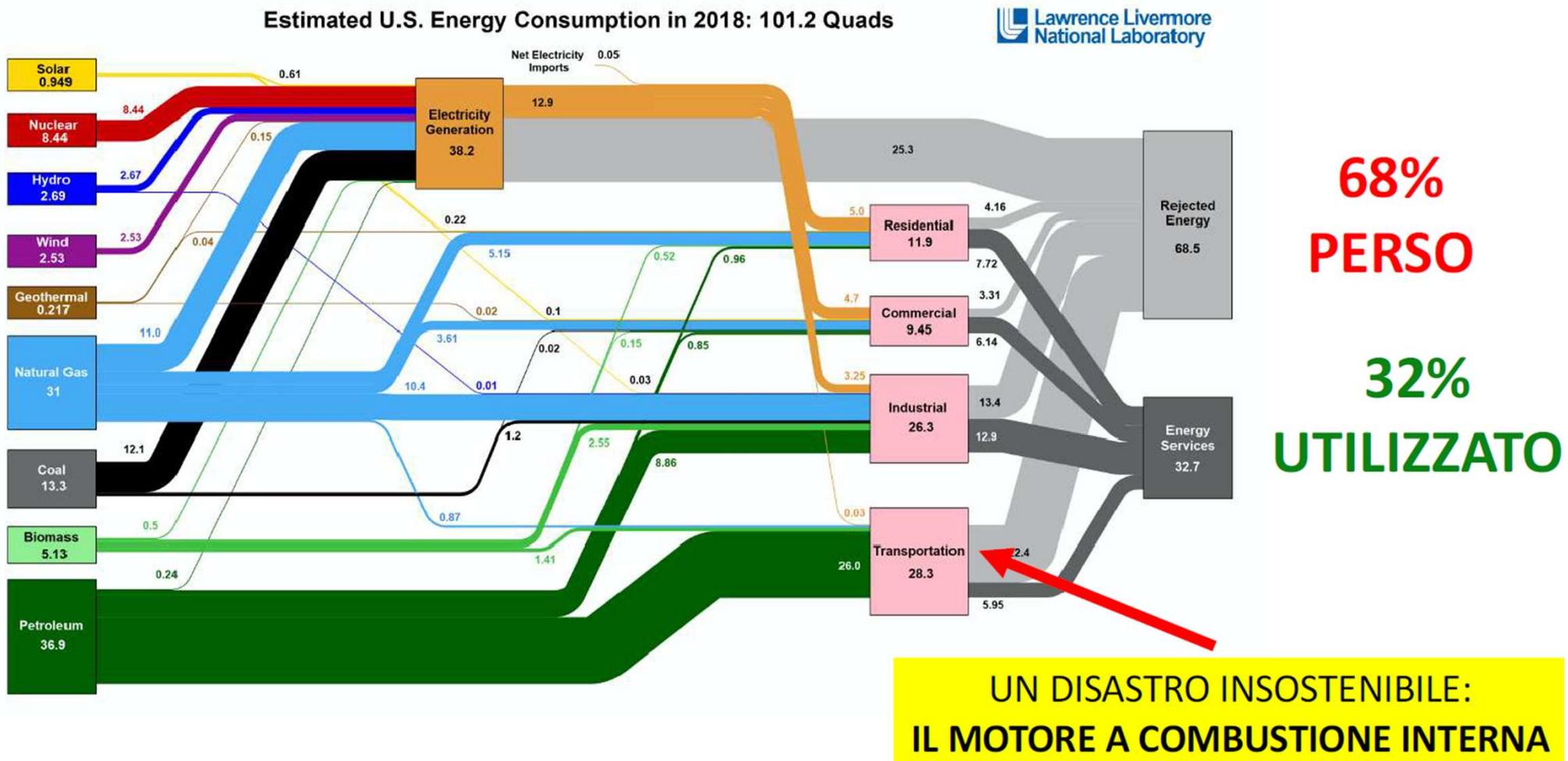
Historical Utility-Scale Generation Comparison

2021



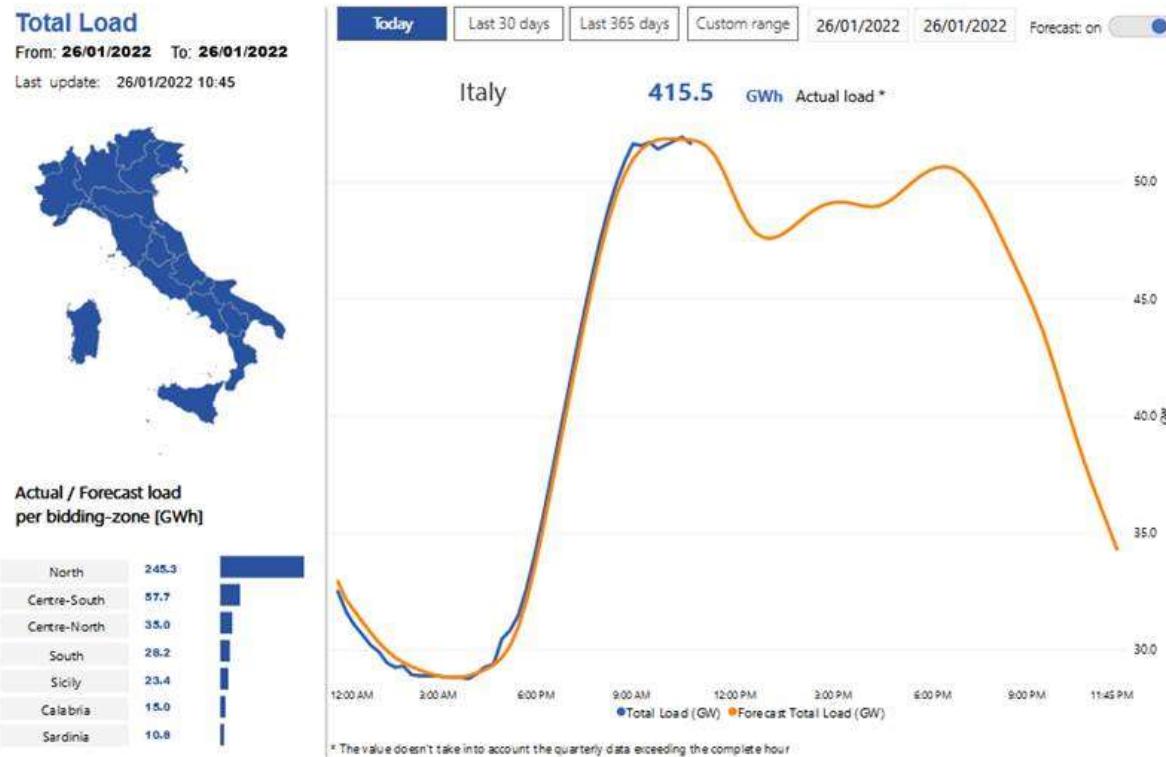
GCO	
Human toxicity	Kg chloroethylene [in aria]
Respiratory (inorganics)	Kg PM2.5 [in aria]
Ionizing radiations	bq carbon-14 [in aria]
Ozone layer depletion	Kg CFC-11 [in aria]
Photochemical oxidation	Kg ethylene [in aria]
Acquatic ecotoxicity	Kg triethylene [in acqua]
Terrestrial ecotoxicity	Kg triethylene [in acqua]
Terrestrial acidification/nutritification	Kg SO2 [in aria]
Acquatic acidification	Kg SO2 [in aria]
Acquatic eutrophication	Kg PO4 [in acqua]
Land occupation	m ² organic arable land/yr
Global warming	Kg CO2 [in aria]
Non-renewable energy	Kg crude oil [860kg/mc] o MJ total primary non-renewable
Mineral extraction	Kg iron [in ore]

Dalle fonti di energia ai servizi: il sistema energetico USA



Italia: potenza installata

- Dati Terna: Potenza richiesta è variabile in funzione del giorno e dell'ora:
 - <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/transparency-report/total-load>



POWER GENERATION – ITALY

	2020	2005
Thermal power	60%	81%
Hydropower	17%	15%
Photovoltaics	9%	0%
Wind power	6%	1%
Biomass	6%	2%
Geothermal	2%	2%

Total Renewables in 2020 was 40%, whereas in 2005 was 20!!!

Alternative??



- Carbone?
 - Non ne parliamo
- Petrolio?
 - Trasporto e petrolchimica
- Gas con CCS?
 - Emissioni CO₂ sopra ai 100 g/kWh e fughe CH₄
 - impatto ambientale per solventi
 - EROEI si riduce ad 1/3
 - problemi stoccaggio ed uso CO₂
 - costi del gas e dipendenza geopolitica
- Idroelettrico?
 - Saturato
- Biomasse?
 - Solo marginali (no da biomassa legnosa)
 - basso EROEI
 - biodiversità e ambiente
- Nucleare
 - IV o III generazione ? SMR ?? Fusione ??? Scorie????
 - Sostenibilità economica (costi e tempi costruzione)
 - LCOE 155 \$/MWh (REN 40 \$/MWh) - Basso EROEI
 - Bassa accettabilità sociale (10-15 reattori da 1.2 GW):
 - sismicità, densità popolazione, acqua raffreddamento



La terra è un sistema isolato ricordiamoci di Ciamician



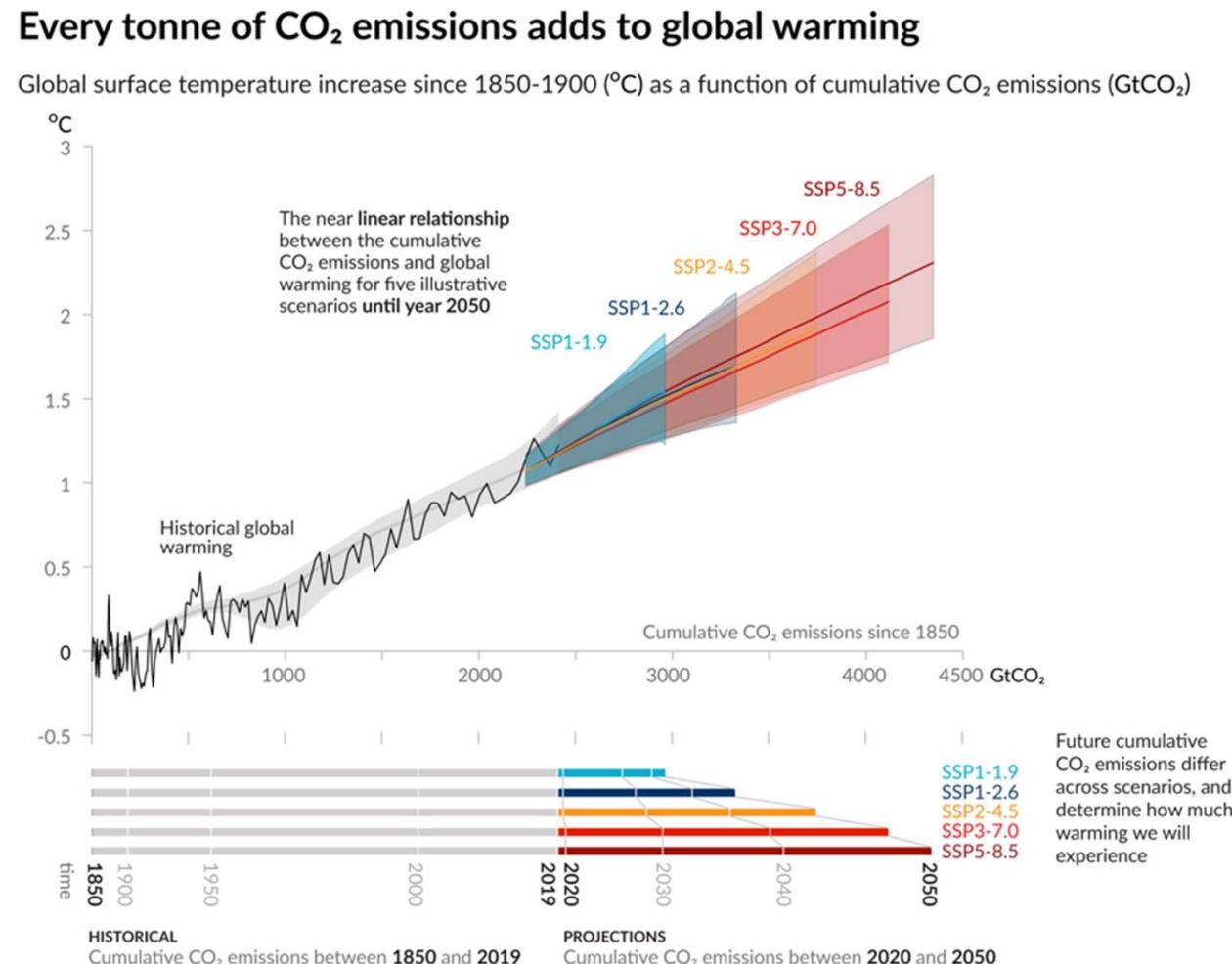
- ... eccetto che per l'irraggiamento solare
- Solare e eolico
 - Buon EROEI
 - Ottimo LCOE
 - LCA competitivo (riciclo moduli)
 - No emissioni gas serra
 - No import, no costi materie prime
- Sistema 100% rinnovabile
 - Smart grids, batterie, idrogeno digitalizzazione
 - 70 GW elettrici da REN al 2030
- Il problema principale??
 - Tempo
 - No distrazioni



Perche' dobbiamo agire subito?



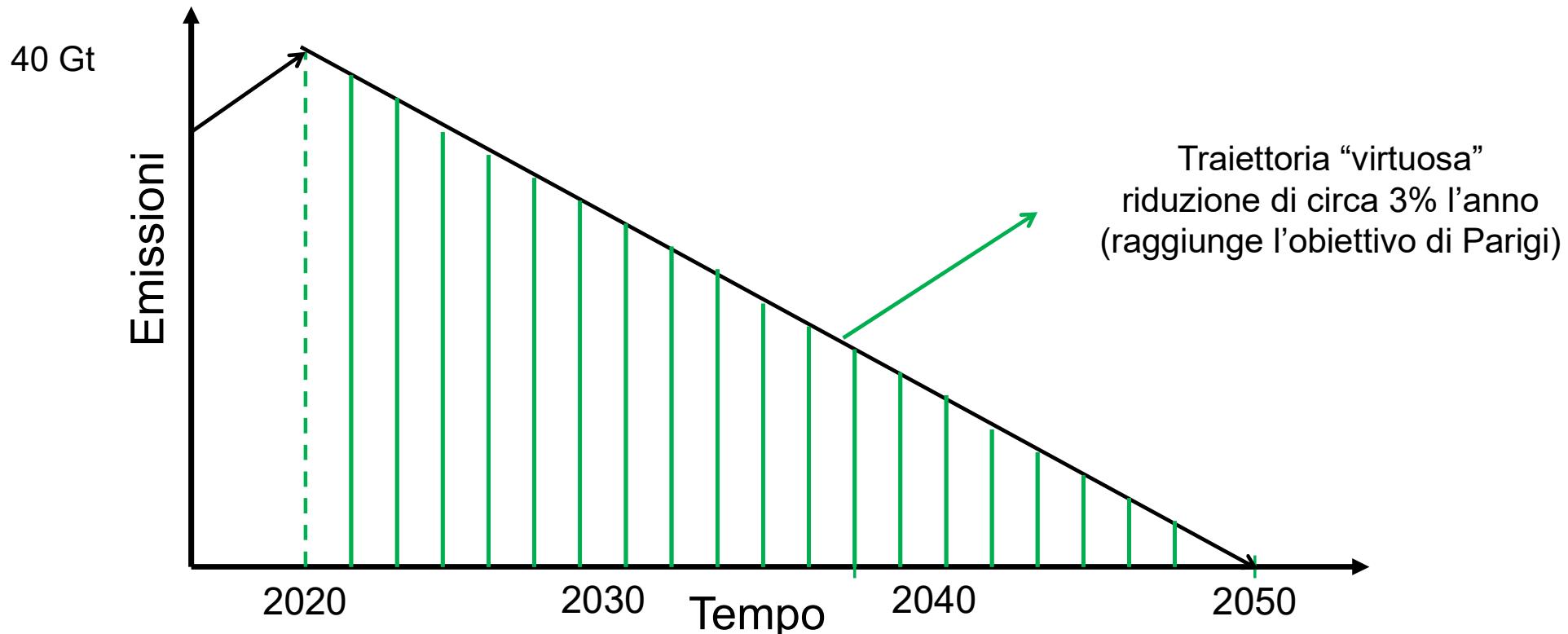
- Relazione quasi lineare fra le emissioni cumulative di CO₂ e il riscaldamento globale
- ~1000 Gton CO₂ → +0.45 (0.27-0.63) °C



Perché non possiamo perdere tempo!



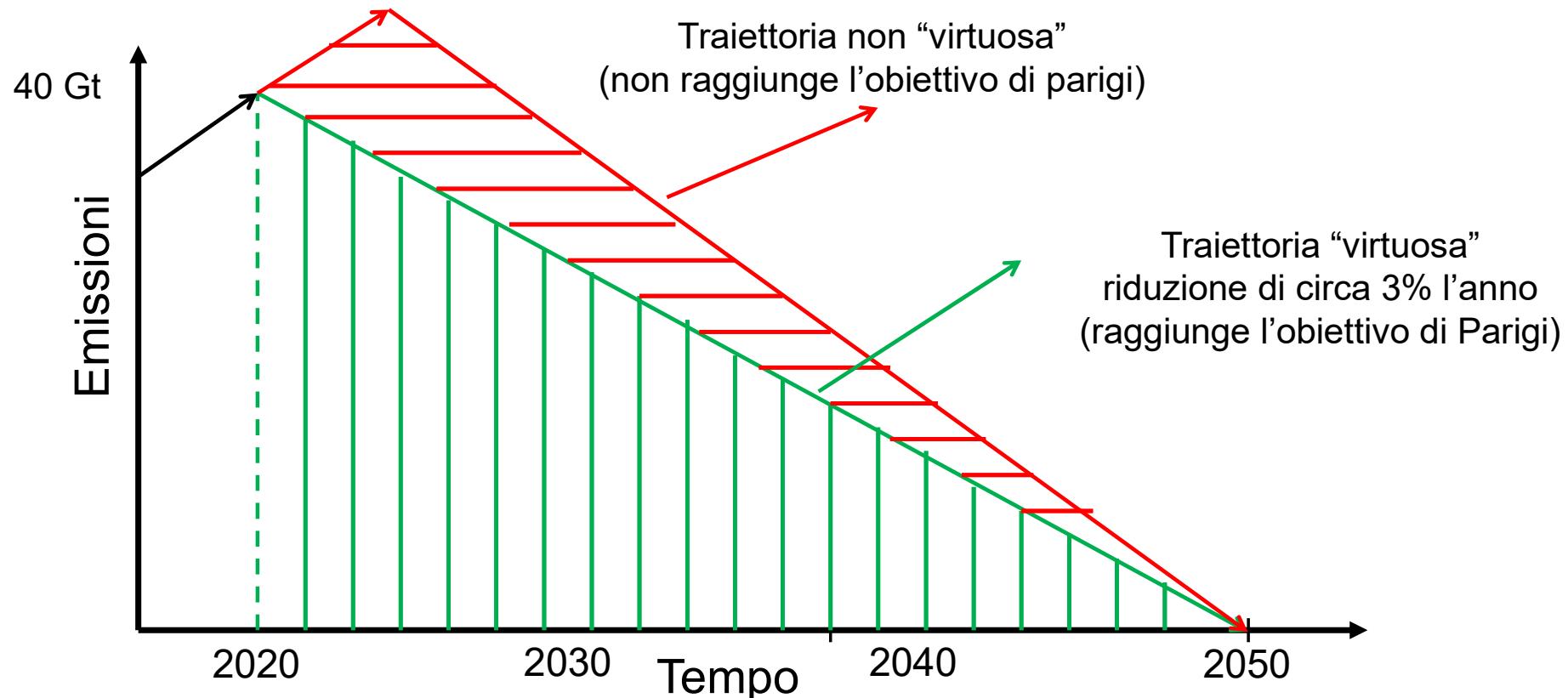
- Quello che conta non e' il valore dell'obiettivo di emissioni per un certo anno (e.g. il mantra "0 emissioni nel 2050"), ma la traiettoria che si adotta per raggiungere questo obiettivo



Perché non possiamo perdere tempo!



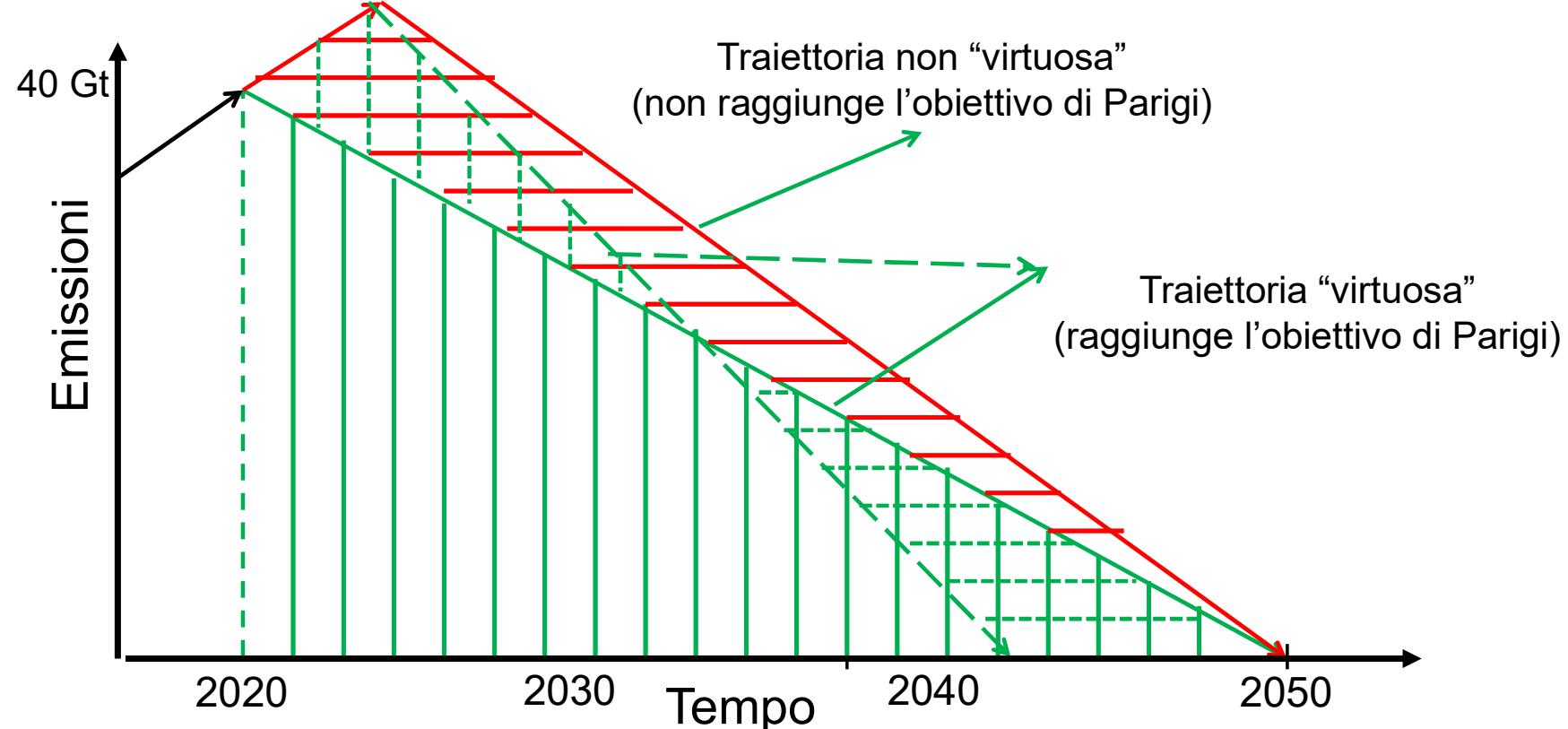
- Quello che conta non e' il valore dell'obiettivo di emissioni per un certo anno (e.g. il mantra "0 emissioni nel 2050"), ma la traiettoria che si adotta per raggiungere questo obiettivo



Perché non possiamo perdere tempo!



- Quello che conta non e' il valore dell'obiettivo di emissioni per un certo anno (e.g. il mantra "0 emissioni nel 2050"), ma la traiettoria che si adotta per raggiungere questo obiettivo



Sixth Assessment Report

WORKING GROUP III – MITIGATION OF CLIMATE CHANGE

“ The evidence is clear:
The time for action is now

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Climate Change 2022

Mitigation of Climate Change



Working Group III contribution to the
Sixth Assessment Report of the
Intergovernmental Panel on Climate Change



Ecco, appunto ... e quindi?



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

**“L’età della pietra non è finita perché si
sono esaurite le pietre
... non dobbiamo attendere che si esaurisca
il petrolio per chiudere l’età del petrolio”**



Don Huberts

Shell
Hydrogen

