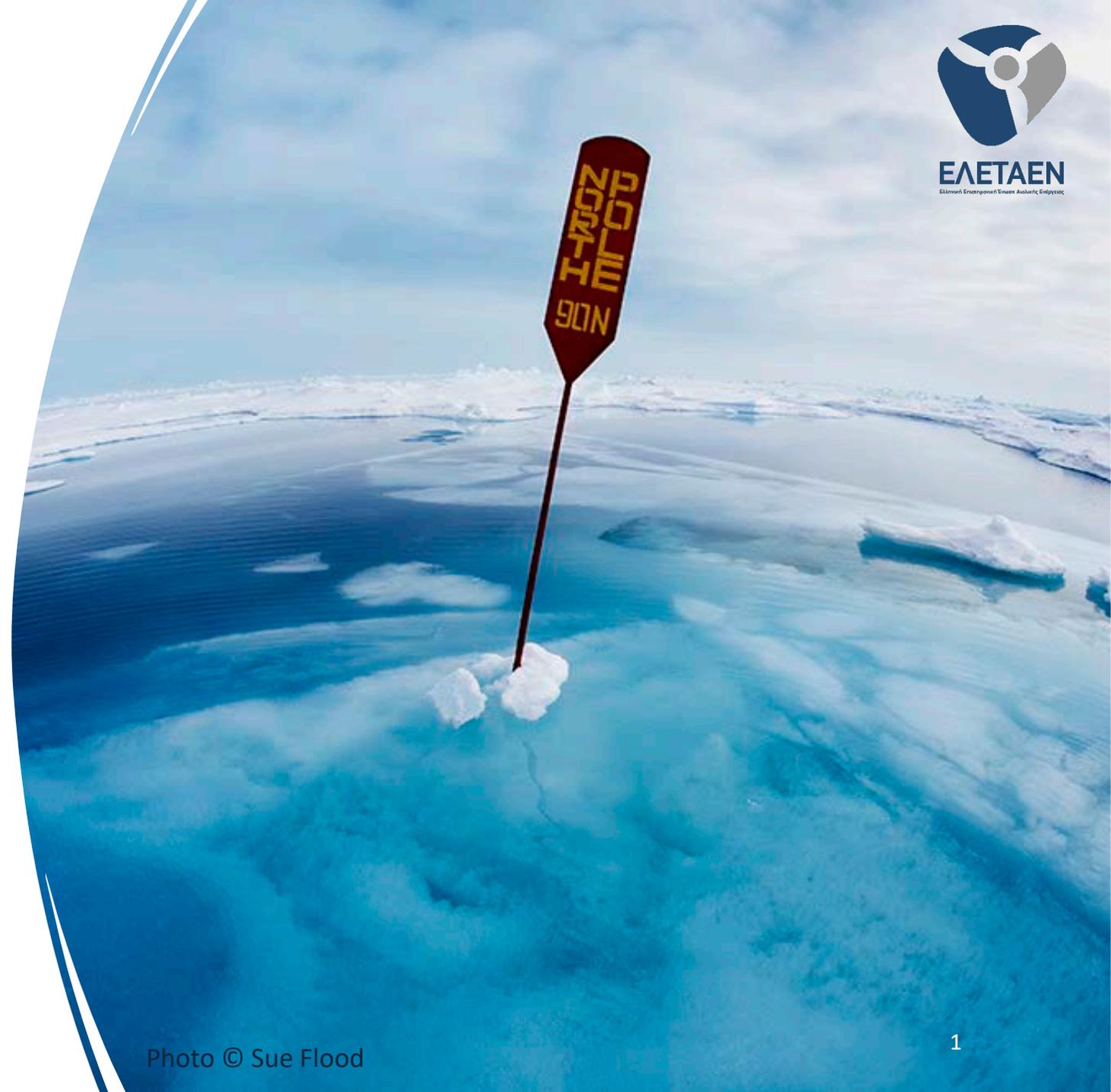


Εκδήλωση ΕΛΕΤΑΕΝ

Κλίμα και αιολική ενέργεια: πολιτικές και δεδομένα

Ανθρωπογενής Κλιματική
Αλλαγή: Ναι συμβαίνει,
Δεδομένα και προοπτικές

Ανδρέας Βλαμάκης, Φυσικός



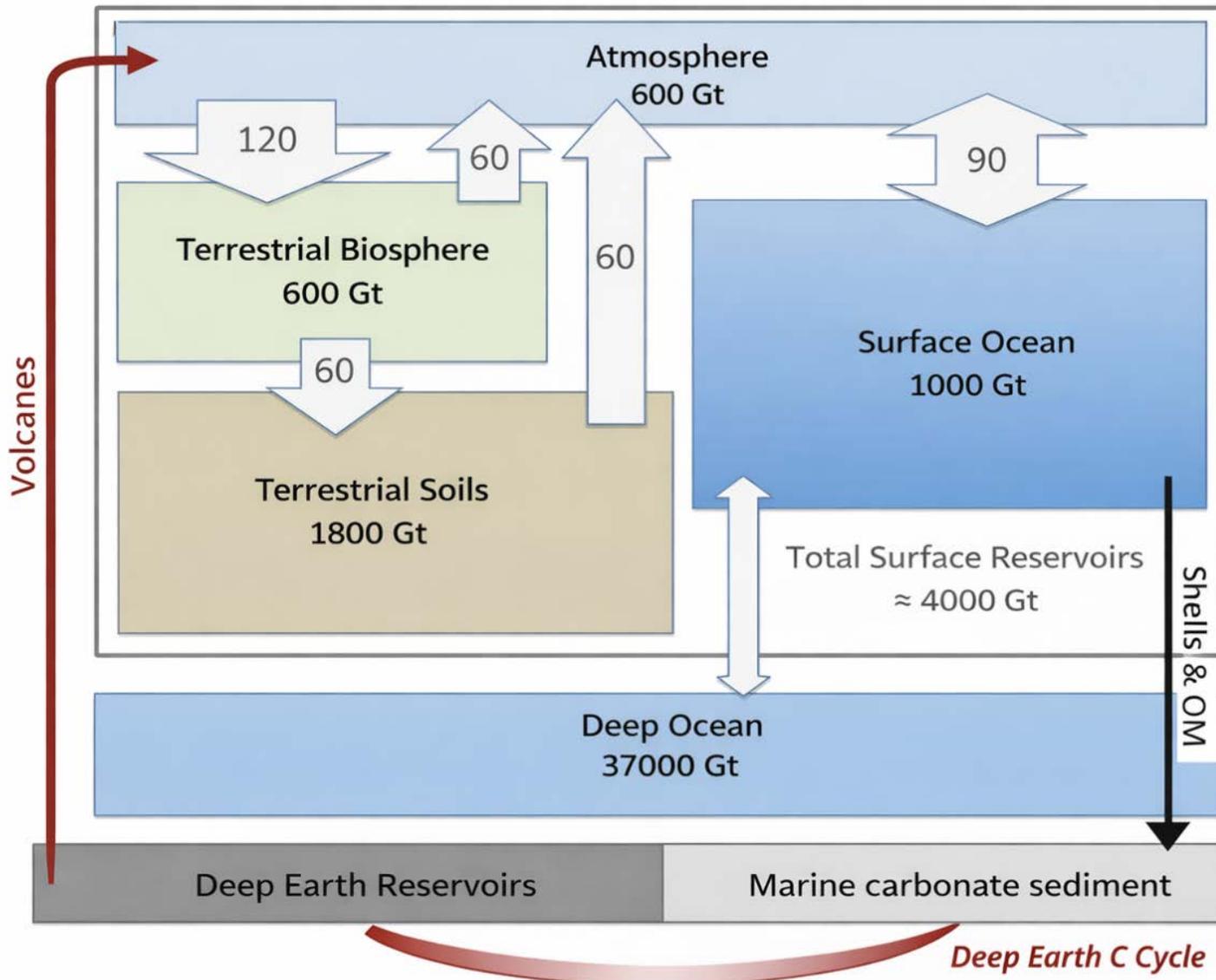


1

- Ανθρωπογενείς Εκπομπές
- Συγκέντρωση CO₂
- Θερμοκρασία



Ο φυσικός κύκλος του άνθρακα (προ βιομηχανικής επανάστασης)

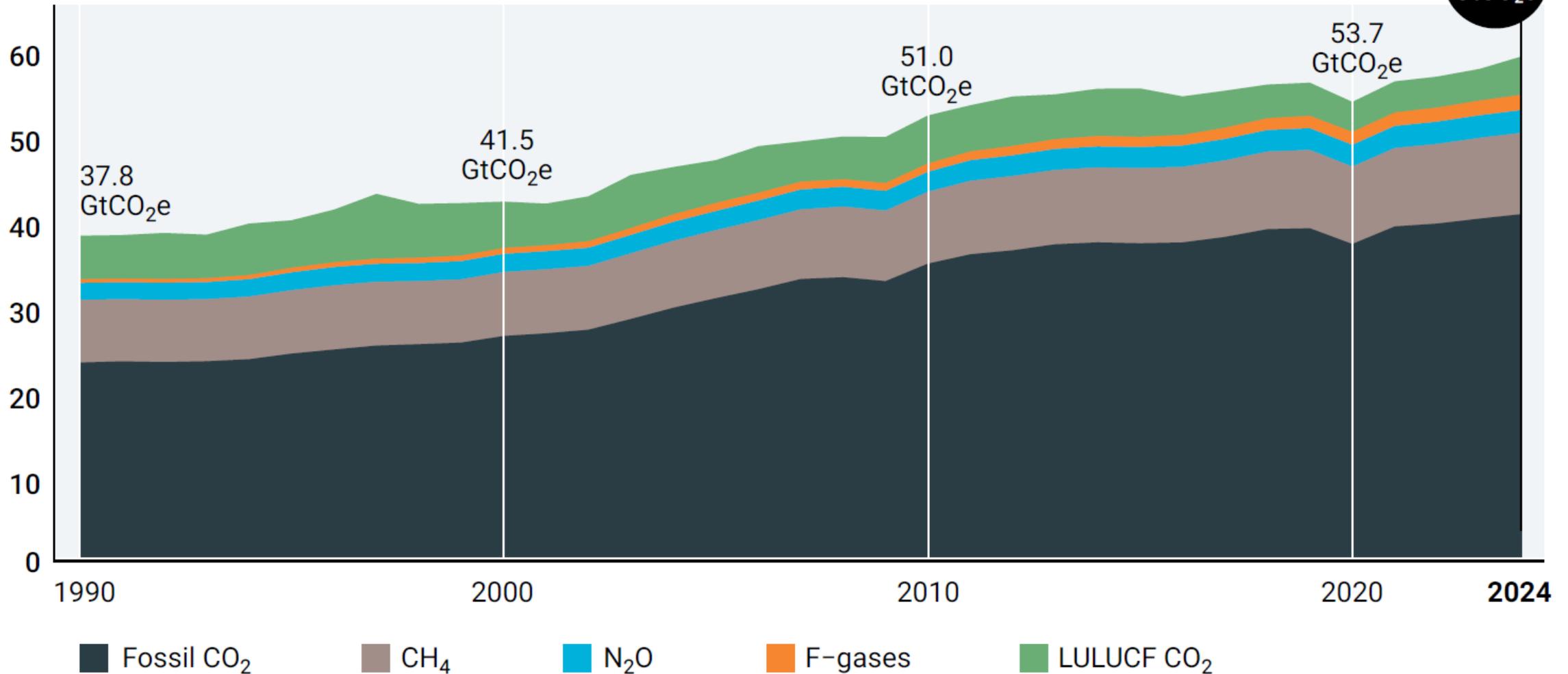


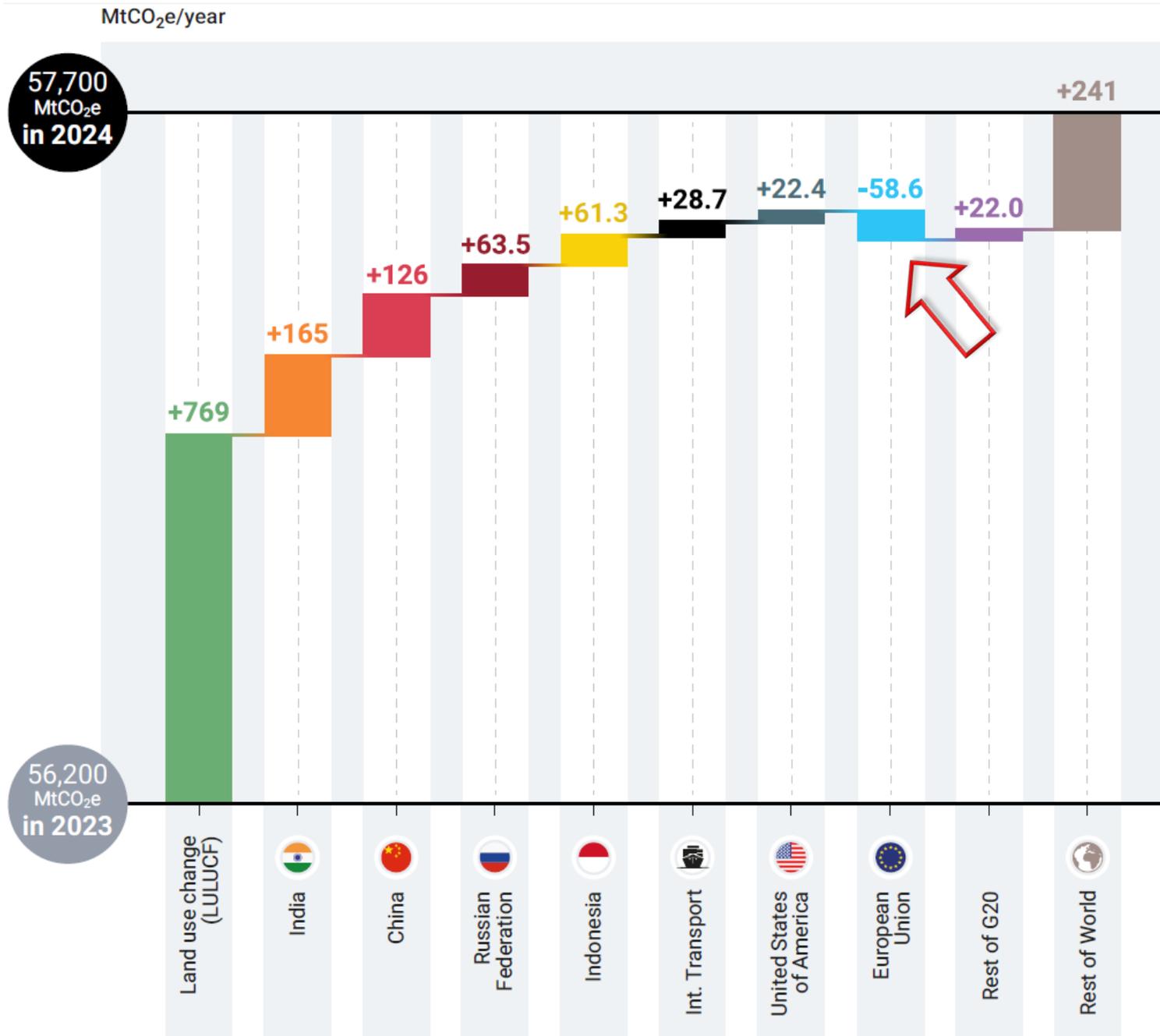
Η φύση ανταλλάσσει
~210 Gt C (**770 Gt CO₂**)
αμφίδρομα, ανάμεσα σε
ατμόσφαιρα, έδαφος και
ωκεανούς

Ανθρωπογενείς εκπομπές ΑτΘ, 1990-2024



Total GHG emissions 1990–2024 (GtCO₂e/year)





- Χρήσεις γης/αλλαγές χρήσεων γης: η «χώρα» με τη μεγαλύτερη ετησία αύξηση εκπομπών (+21%)
- Μόνο η Ευρώπη μειώνει τις εκπομπές

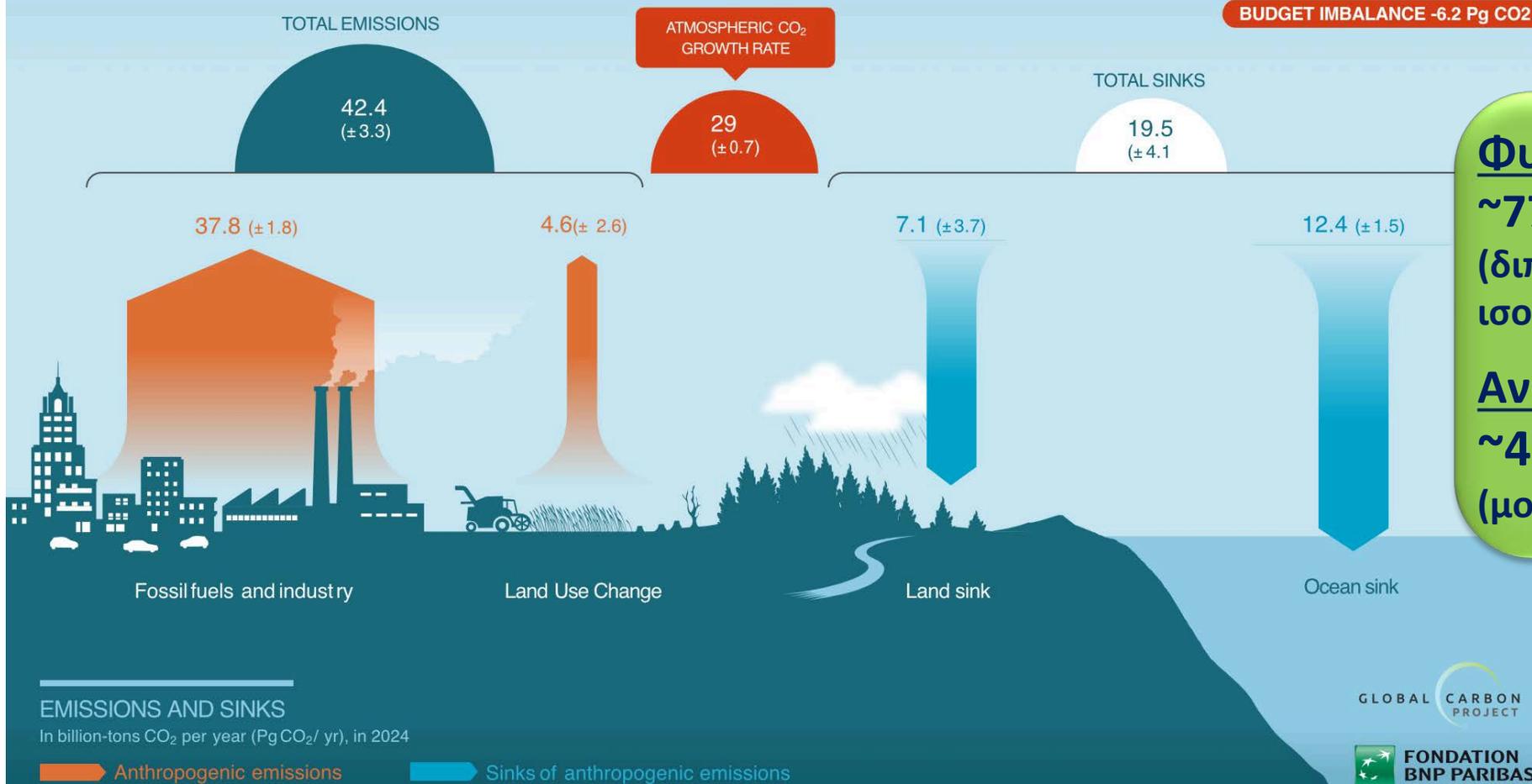
Source: UNEP's [Emissions Gap Report 2025: Off Target](#), November 2025

Το μεγαλύτερο γεωλογικό πείραμα στην ιστορία του πλανήτη



GLOBAL CARBON BUDGET in the year 2024

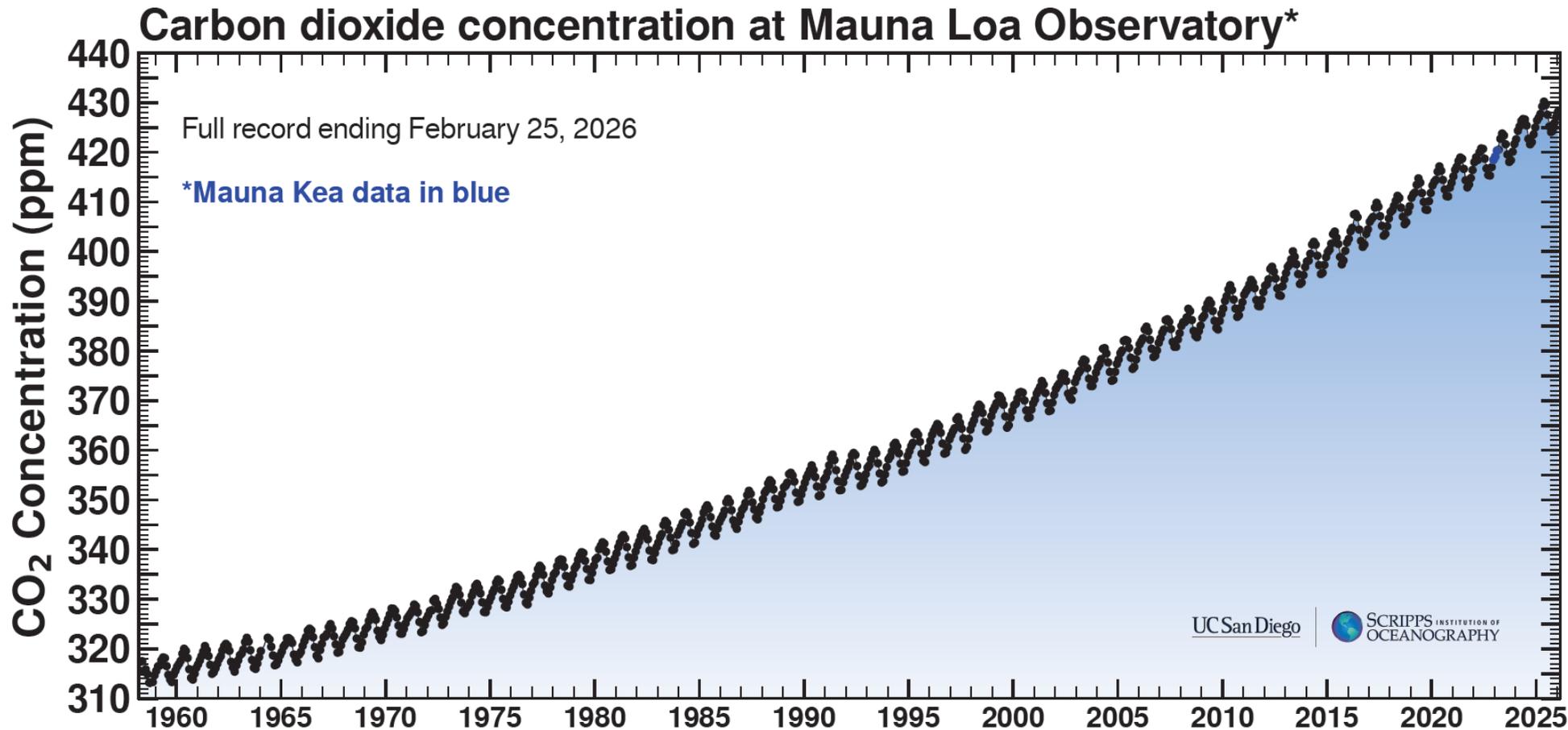
CC BY-NC
Global Carbon Project



Φυσικές ανταλλαγές
~770 GtCO₂/έτος
(διπλής κατεύθυνσης, σχεδόν ισορροπημένες)

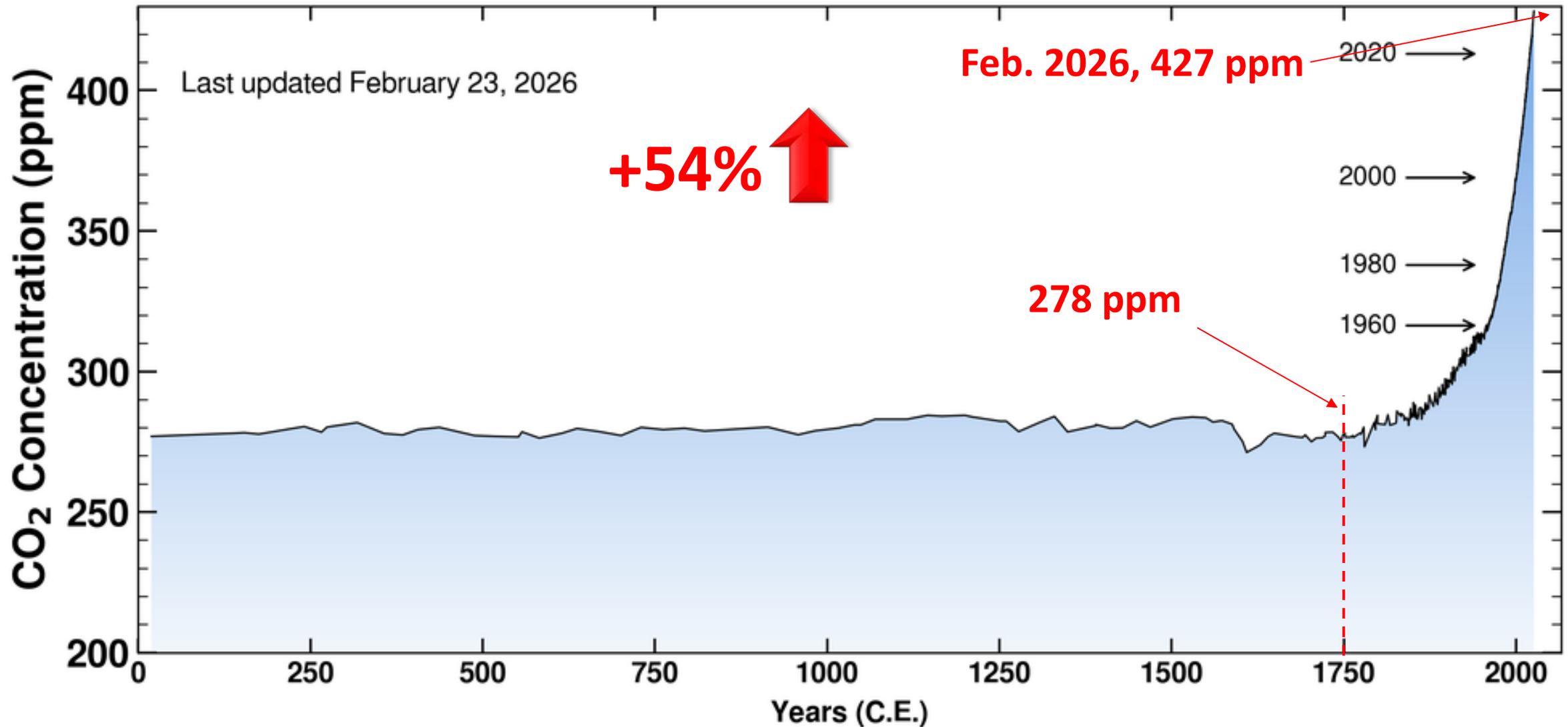
Ανθρωπογενείς εκπομπές
~42 GtCO₂/έτος
(μονόδρομες, συσσωρευτικές)

Sources: IPCC AR6 WG1 (2021) & Global Carbon Project 2024

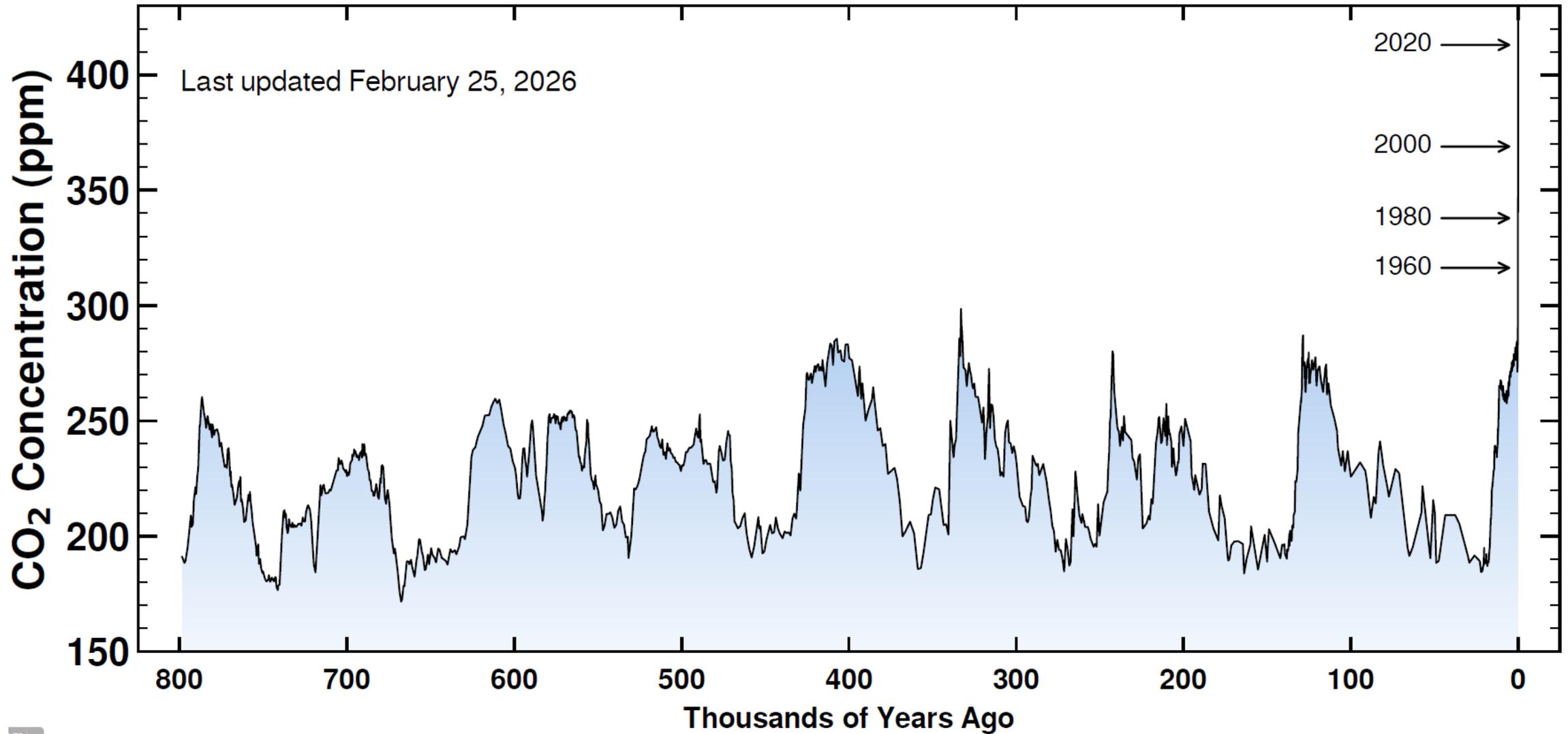


Keeling Curve
αδιάλειπτες μετρήσεις
ατμοσφαιρικού CO₂
από το 1957

Συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα (2)



Συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα (3)

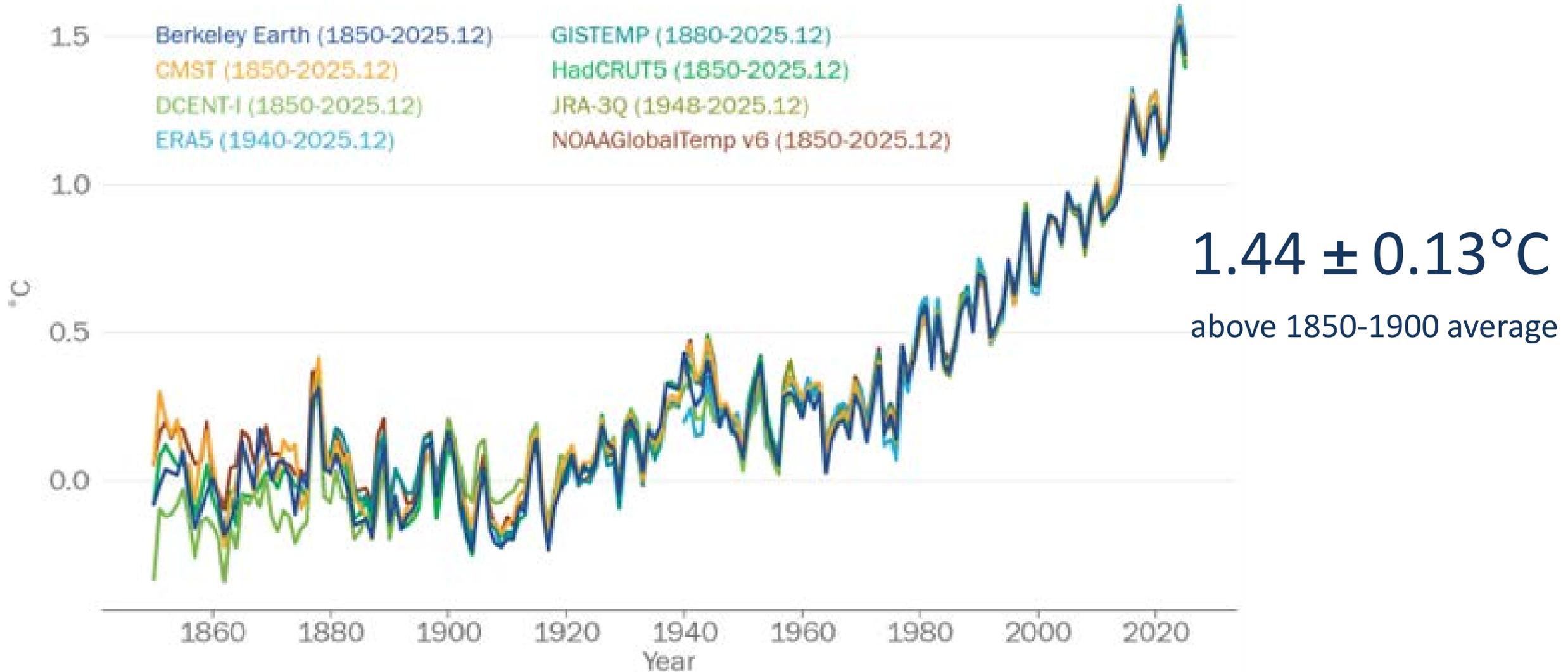


73 in



Global Mean Temperature Difference (°C)

Difference from 1850-1900 average



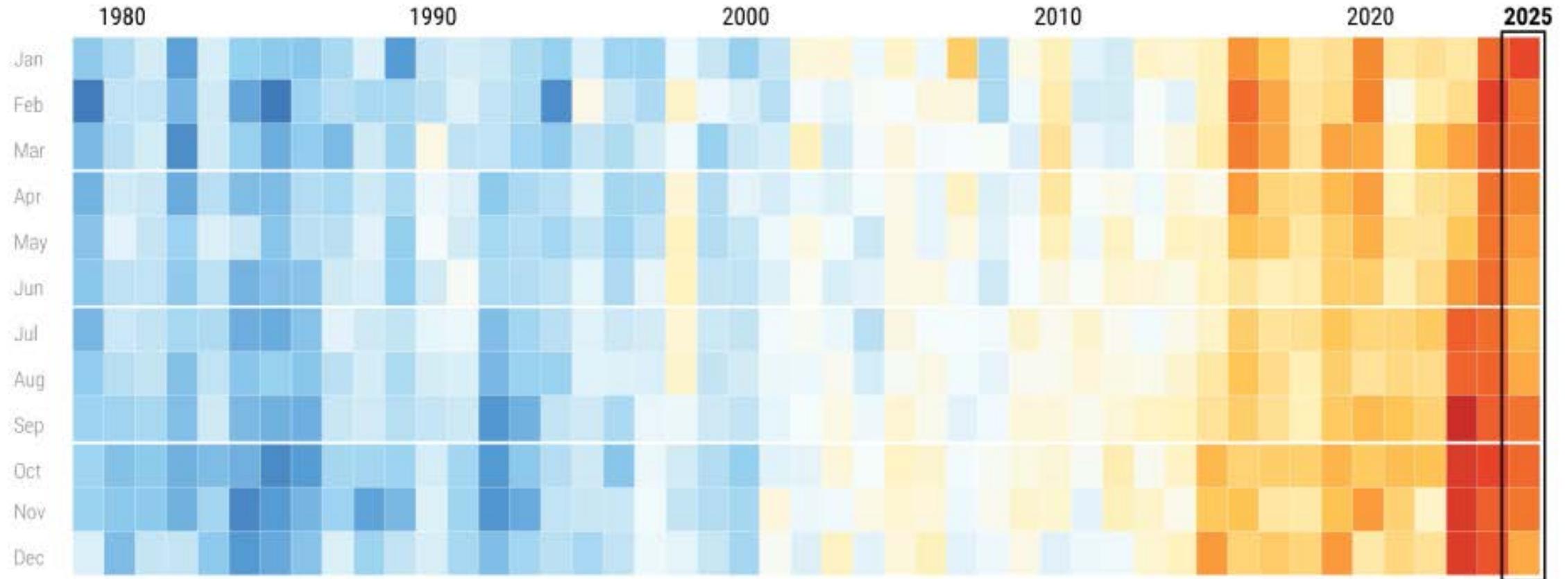
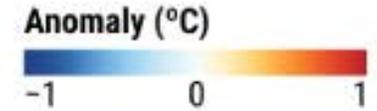
Source: WMO confirms 2025 was one of warmest years on record, PR, 14 January 2026

Global surface air temperature monthly anomalies

Data: ERA5 • Reference period: 1991–2020 • Credit: C3S/ECMWF



2025

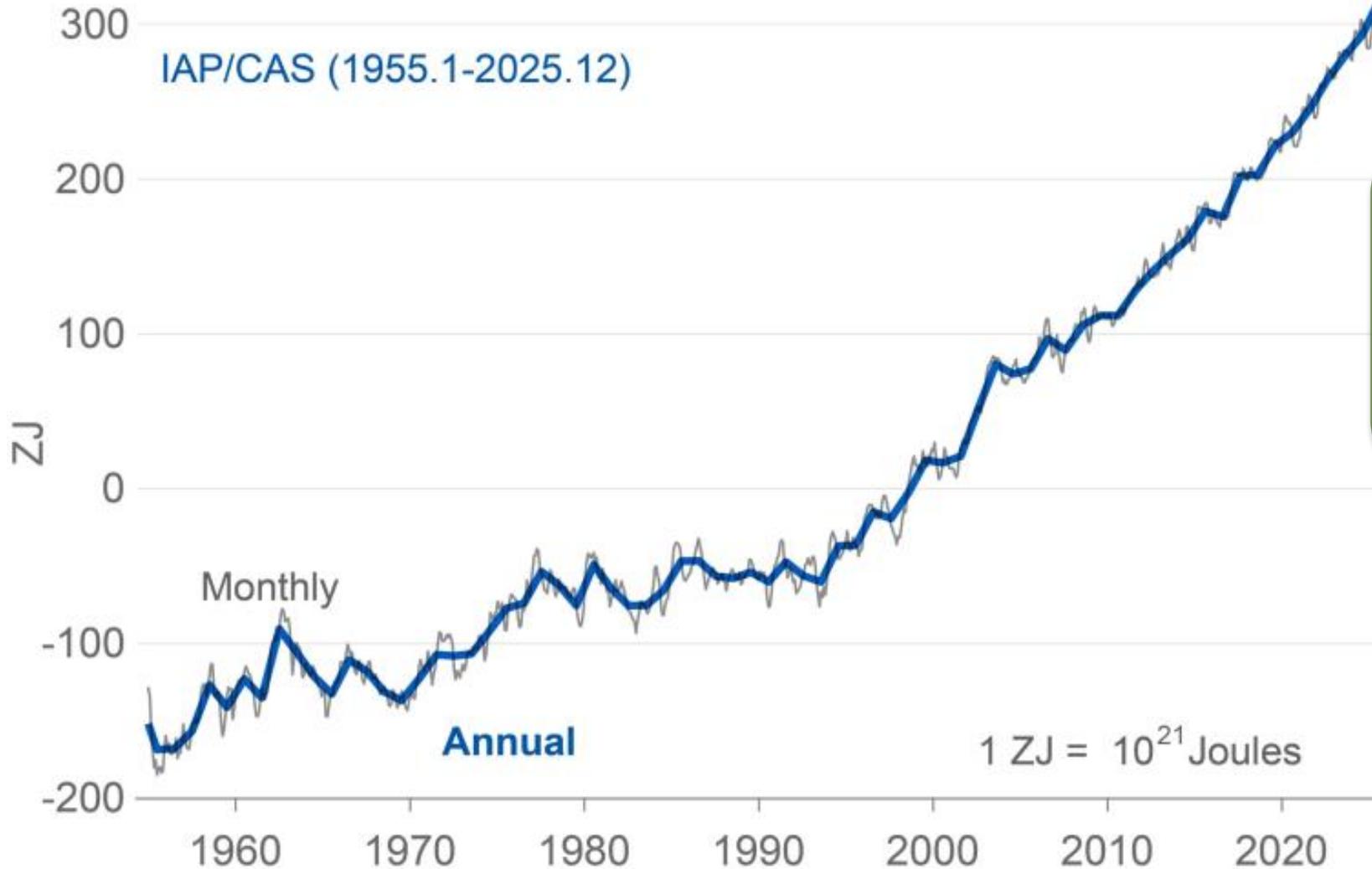


Source: Copernicus Climate Change Service (C3S) / ECMWF — Global Climate Highlights 2025. ERA5 reanalysis: Global surface air temperature monthly anomalies (reference 1991–2020). <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2025>



Global upper 2000 m Ocean Heat Content (OHC) change

Difference from 1981-2010 average



Οι ωκεανοί
απορροφούν το 90%
της επιπλέον θερμότητας
λόγω κλιματικής αλλαγής

Hiroshima bomb= 10^{13} J

Source: Pan, Y., Cheng, L., Abraham, J. *et al.* Ocean Heat Content Sets Another Record in 2025. *Adv. Atmos. Sci.* (2026).

<https://doi.org/10.1007/s00376-026-5876-0>



Φυσικό χιόνι

Marka/Touring Club Italiano/Universal Images Group/Getty



Wikimedia Commons



+3.6°C



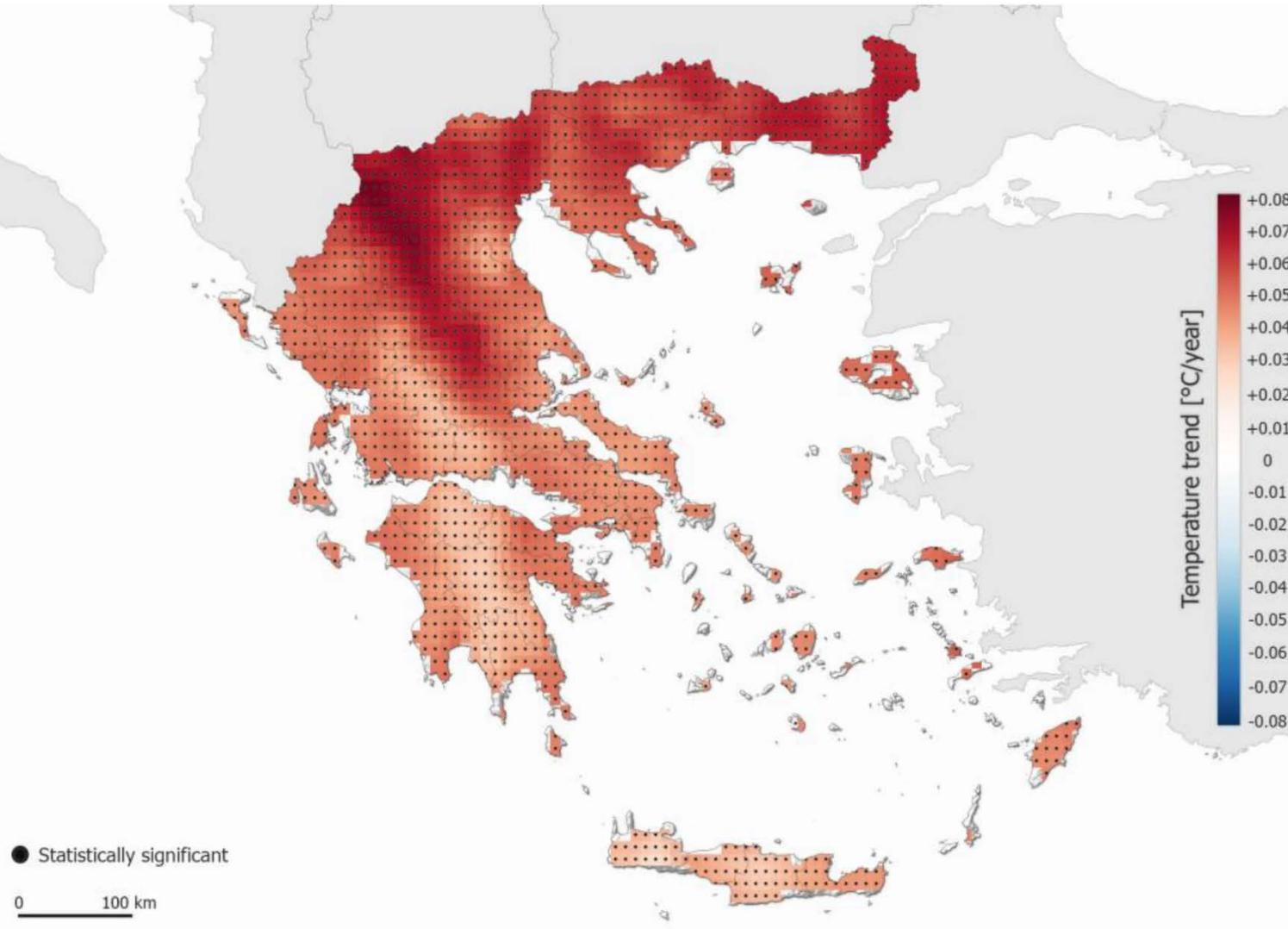
70 έτη μετά

Τεχνητό χιόνι



Mattia Ozbol—Getty Images

Source: Climate Central analysis, "Warming Winter Olympics: February warming and freezing days trends", 2026



Η Ελλάδα είναι ένα κλιματικό hot spot

- Έχει θερμανθεί κατά μέσο όρο $\sim +1.5$ °C μέσα σε 30 έτη (1991–2020)
- Περιοχές της ΒΔ Ελλάδας ξεπερνούν τους $+2$ °C

Source: Observed mean annual air temperature trend in Greece (1991–2020) based on ERA5-Land reanalysis (~ 9 km resolution). Country-average warming ~ 0.05 °C/yr, locally exceeding 0.07 °C/yr. Lagouvardos et al., Atmosphere (2024), <https://doi.org/10.3390/atmos15091104>



2

- Κλιματική ευαισθησία
- Προβλέψεις

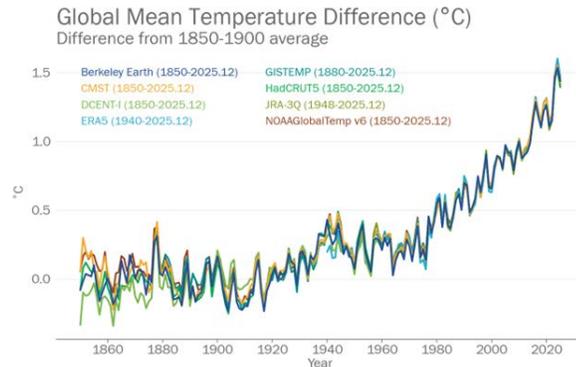
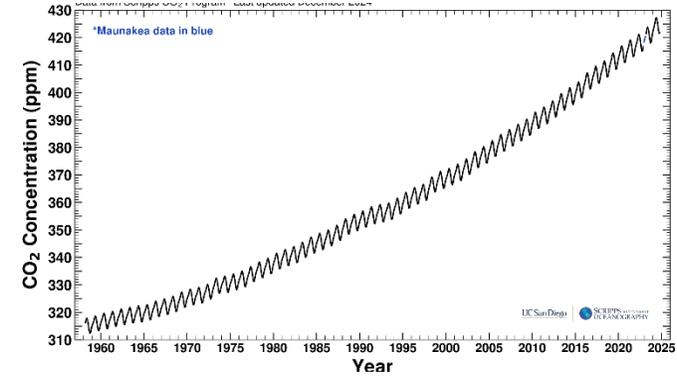
Κλιματική ευαισθησία (Climate Sensitivity) [1]



Radiative Forcing (W/m^2): $\Delta P \sim \ln \frac{C}{C_0}$ $\leftarrow \times 2$

$3.7 \text{ W}/\text{m}^2$

$+2.6\text{--}3.9^\circ\text{C}$



Συμφωνία Παρισίων
 $+1.5\text{--}2^\circ\text{C}$
Σενάριο IPCC: SSP1-2.6

Source: Sherwood et al. (2020), *An assessment of Earth's climate sensitivity using multiple lines of evidence*, Reviews of Geophysics (AGU)



Αλλά αυτή τη σχέση την γνωρίζαμε εδώ και 130 χρόνια!!



1896, Svante Arrhenius

“On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground

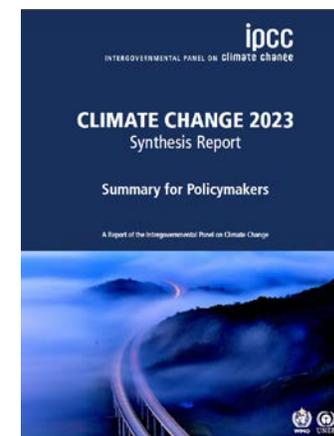
Συνέλαβε σωστά τη λογαριθμική σχέση θερμοκρασίας–CO₂

Διπλασιασμός CO₂ → +5-6°C

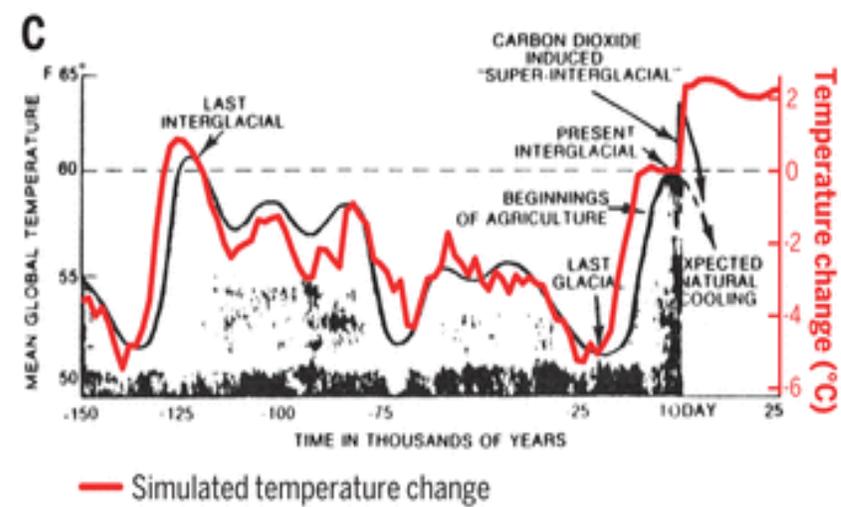
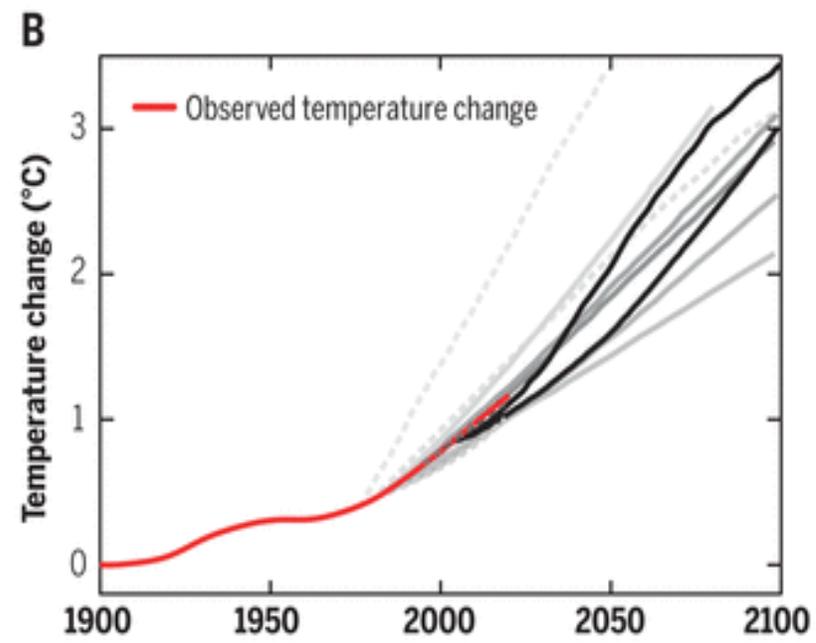
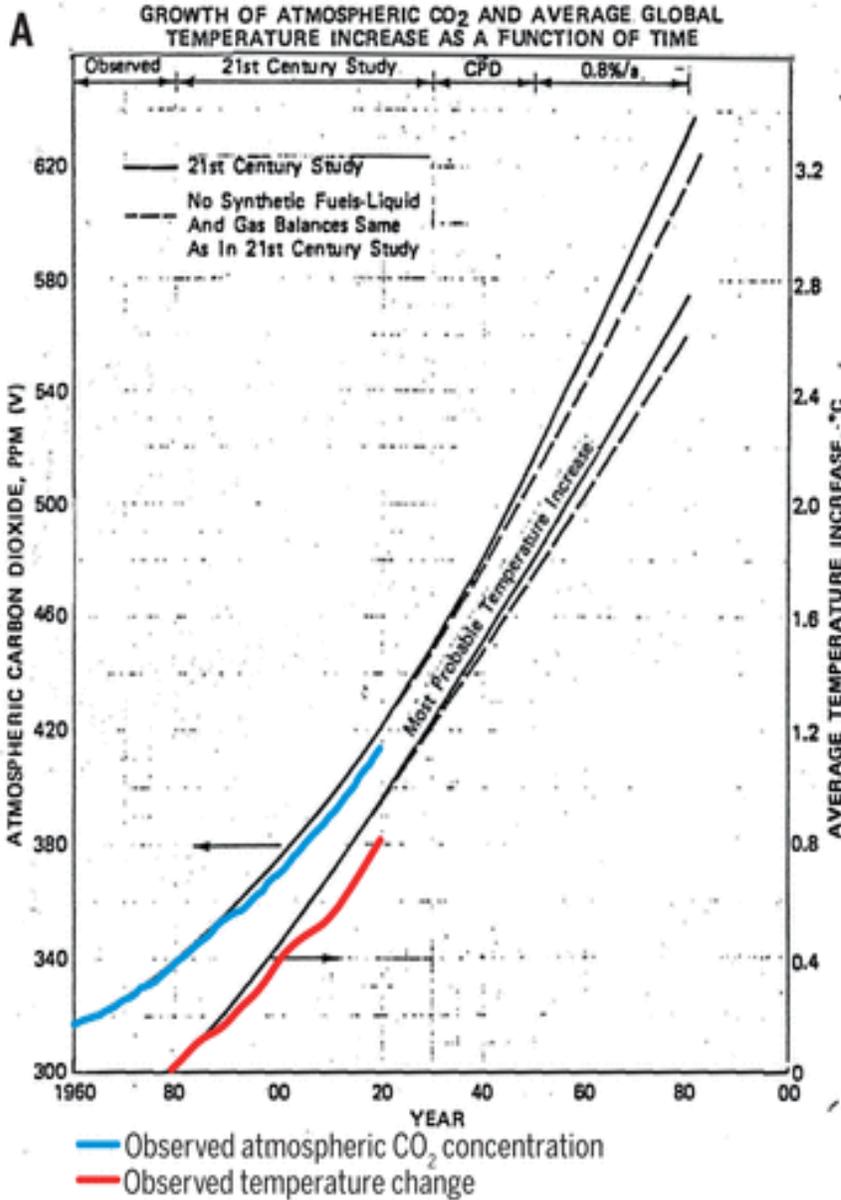


- 1990 “by increasing [greenhouse gas] concentrations...**humankind is capable of raising the global-average annual-mean surface-air temperature**”
- 1995 “The balance of evidence suggests a **discernible human influence on global climate**”
- 2001 “most of the observed warming over the last 50 years **is likely to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations**”
- 2007 “Most of the observed increase in global average temperatures since the mid-20th century **is very likely due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations**”
- 2014 “**Human influence on the climate system is clear**, and recent anthropogenic emissions of green-house gases are the highest in history. Recent climate changes have had widespread impacts on human and natural systems”
- 2023 “**Human activities, principally through emissions of greenhouse gases, have unequivocally caused global warming, with global surface temperature reaching 1.1 °C above 1850-1900 in 2011-2020**”

Οι Εκθέσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής του ΟΗΕ για το κλίμα γίνονται όλο και πιο σαφείς για την επίδραση του ανθρώπου



Παλαιότερες προβλέψεις για την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή

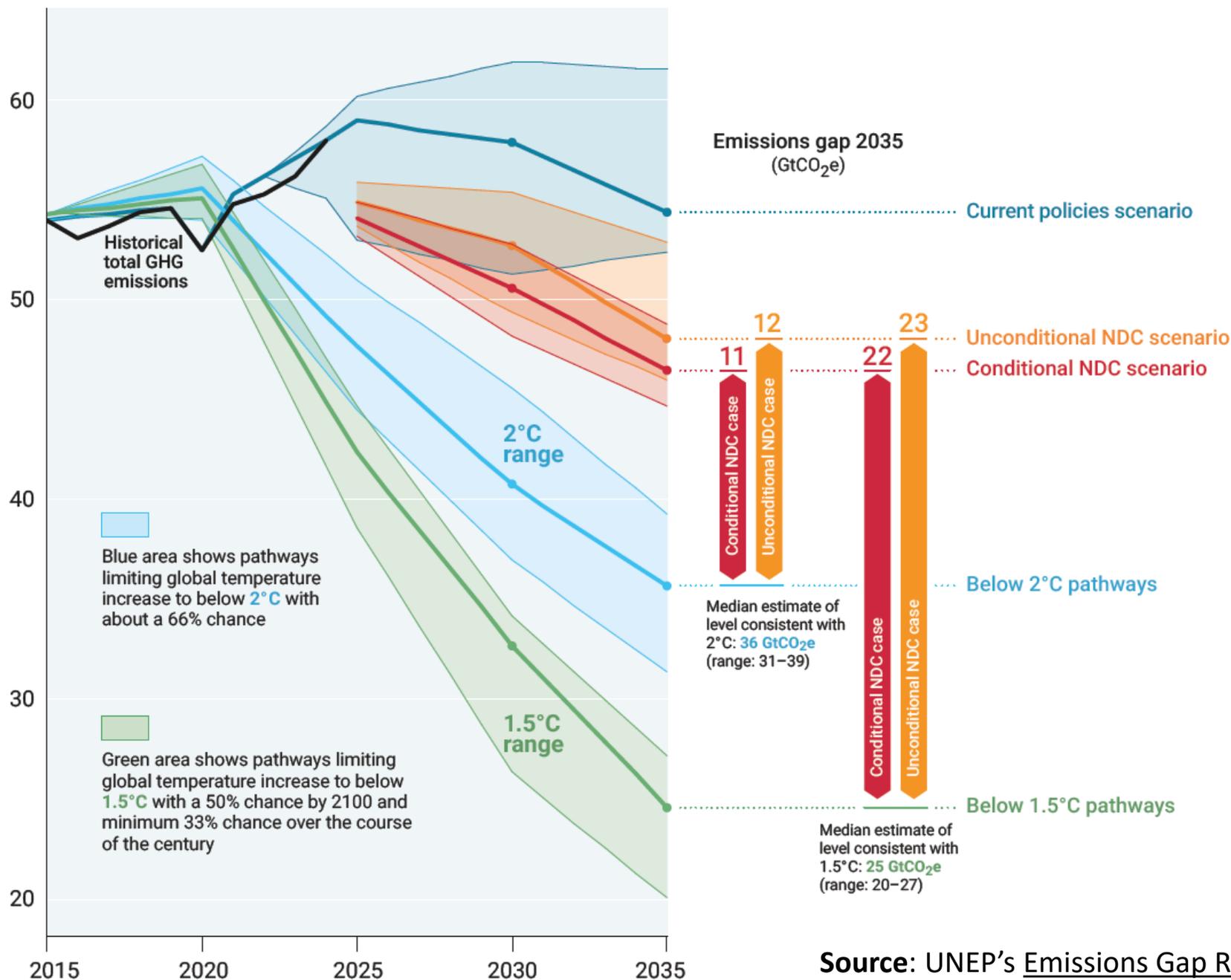


Ήδη από το **1982**, οι επιστήμονες της Εχρη υπολόγιζαν παγκόσμια θέρμανση **~0,20 °C ανά δεκαετία** — πρακτικά όση ακριβώς παρατηρήθηκε.

Source: Supran, Rahmstorf & Oreskes, Science (2023), DOI: [10.1126/science.abk0063](https://doi.org/10.1126/science.abk0063)



GtCO₂e



- Οι εκπομπές το 2030 θα πρέπει να μειωθούν κατά **25%** σε σχέση με τα επίπεδα του 2019 για στόχο **2°C**, και κατά **40%** για στόχο **1.5°C**
- Στα δέκα χρόνια από τη Συμφωνία των Παρισίων, καταγράφηκε σημαντική μείωση στις προβλεπόμενες μελλοντικές θερμοκρασίες μεταξύ άλλων λόγω επιταχυνόμενης διεύθυνσης ΑΠΕ

Source: UNEP's Emissions Gap Report 2025: Off Target , November 2025

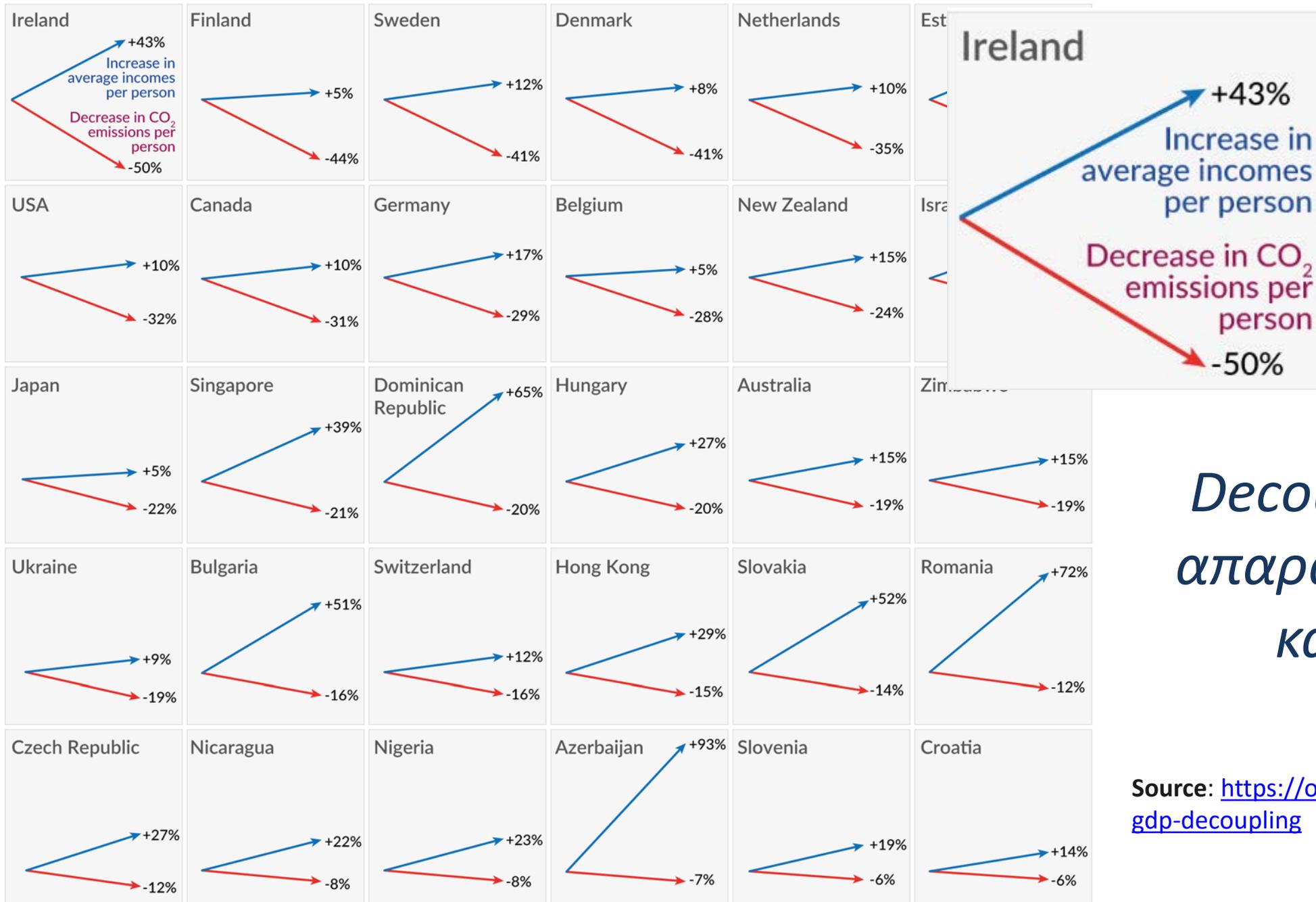


3

- Τρόποι αντιμετώπισης
- Ο ρόλος της αιολικής ενέργειας



ΕΛΕΤΑΕΝ
Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας



*Decoupling: είναι
απαραίτητο...είναι
και εφικτό*

Source: <https://ourworldindata.org/co2-gdp-decoupling>

Change in CO₂ emissions and GDP, Greece



Consumption-based emissions¹ are national emissions that have been adjusted for trade. This measures fossil fuel and industry emissions². Land-use change emissions³ are not included.



Data source: Eurostat, OECD, IMF, and World Bank (2026); Global Carbon Budget (2025)

Note: GDP is measured in international-\$⁴ at 2021 prices to account for inflation and differences in living costs between countries.

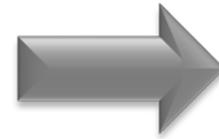
Source: <https://ourworldindata.org/grapher/co2-emissions-and-gdp?time=earliest..2024&country=~GRC>



Stern Review, 2007

*“The costs of action – reducing greenhouse gas emissions **by 80%** – can be limited to around **1-2%*** of global GDP each year”*

** Initially 1%, revised to 2% in the next year*



UK Climate Change Committee (CCC) 2020 analysis

The *annualised cost* of reducing greenhouse gas emissions to **net zero by 2050** is estimated to be **~0.5 % of GDP**

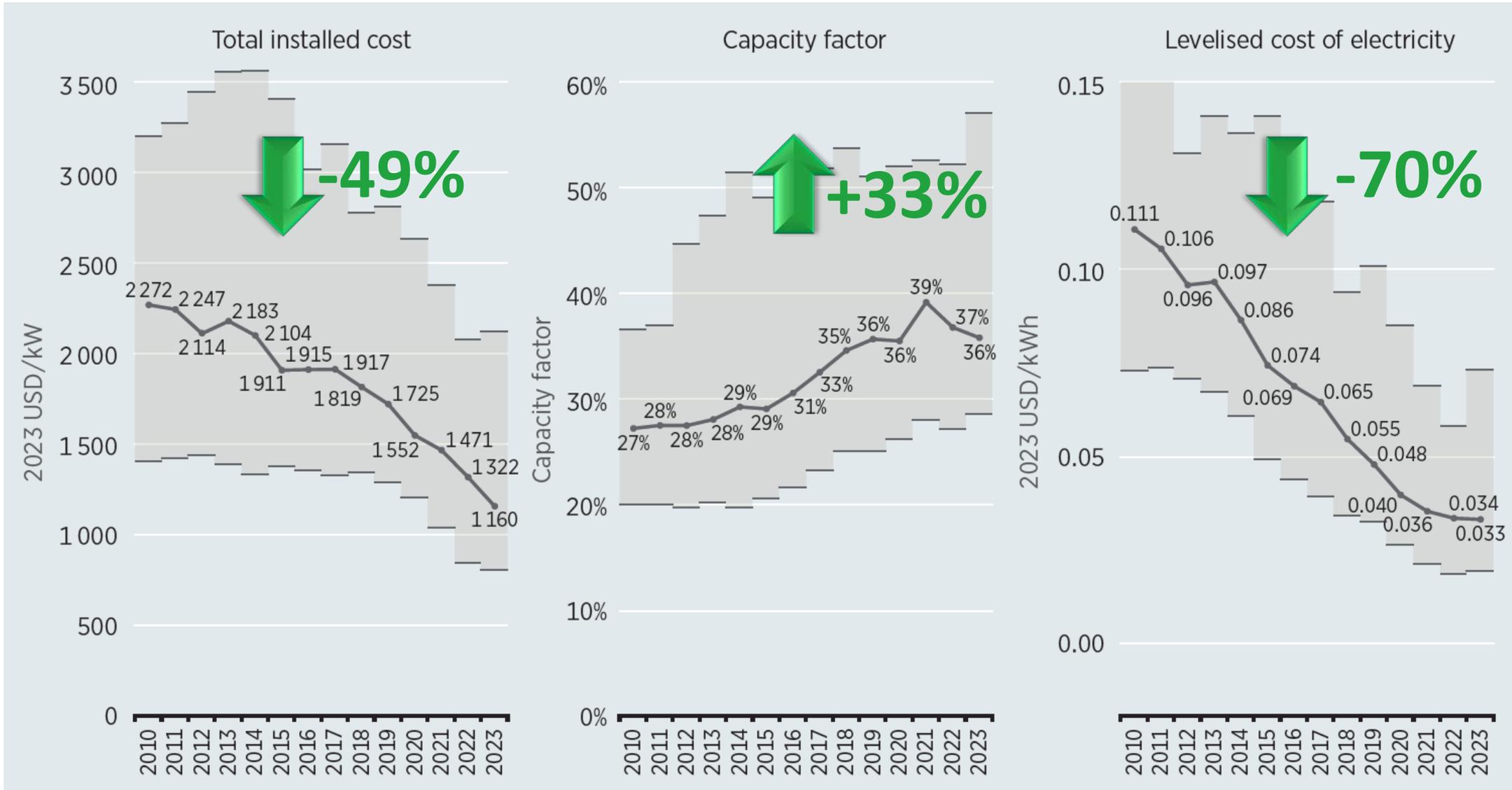
Πως έγινε εφικτή αυτή η μείωση του κόστους για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής;

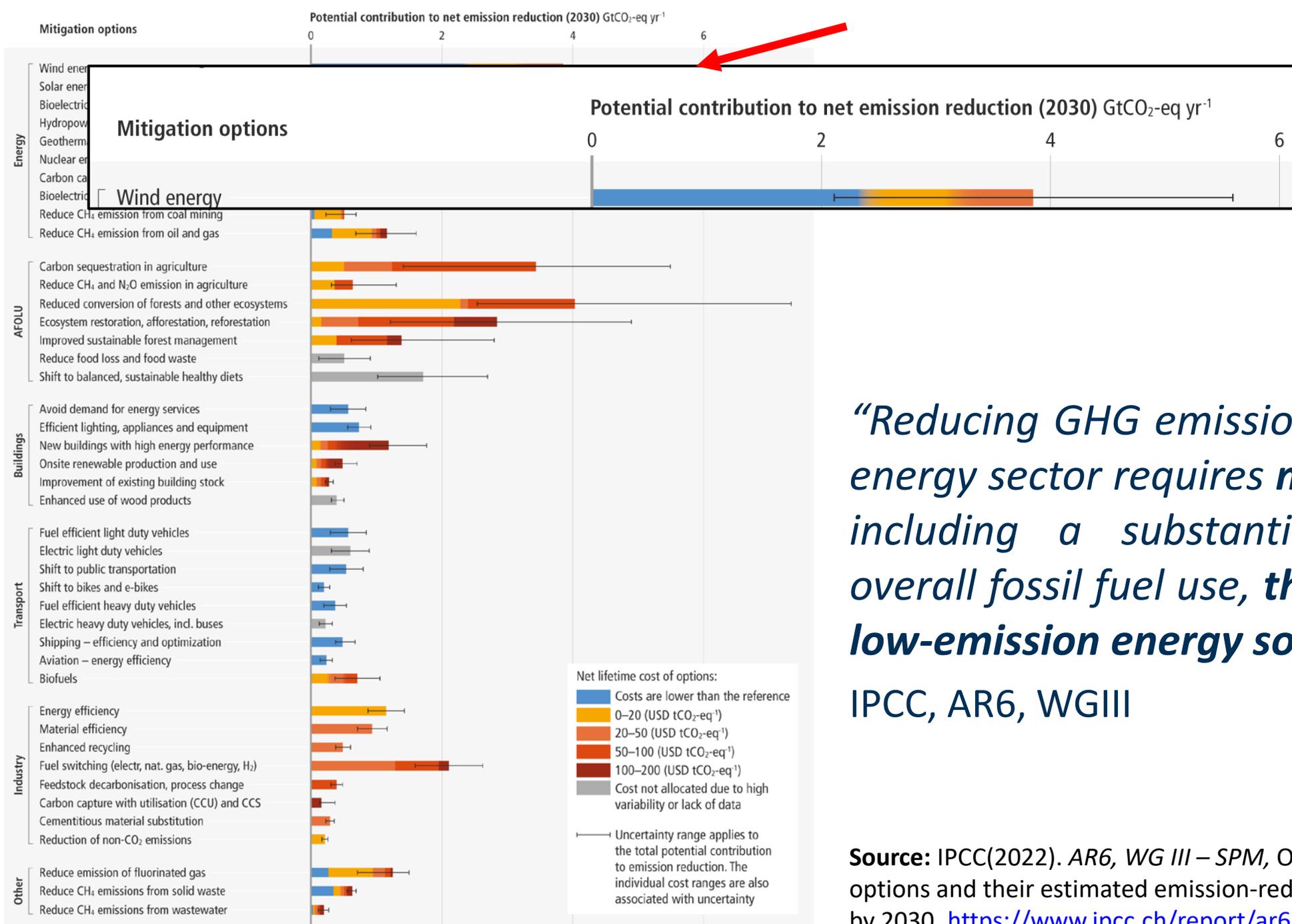
Sources: Stern Review (2007) estimated ~1% of GDP for stabilisation — <https://www.lse.ac.uk/grantham/tony-stern/stern-review> ;

UK Climate Change Committee (2020) net-zero cost report — <https://www.theccc.org.uk/publication/net-zero-technical-report>;

Academic analysis referencing ~0.5% GDP net-zero cost — <https://academic.oup.com/ej/article/132/644/1259/6519262>

Η τεχνολογία υπάρχει και είναι σημαντικό μέρος της λύσης





“Reducing GHG emissions across the full energy sector requires major transitions, including a substantial reduction in overall fossil fuel use, the deployment of low-emission energy sources...”

IPCC, AR6, WGIII

Source: IPCC(2022). AR6, WG III – SPM, Overview of mitigation options and their estimated emission-reduction potential and costs by 2030. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>



1. Ο άνθρωπος χωρίς αμφιβολία έχει προκαλέσει παγκόσμια θέρμανση
2. Γνωρίζουμε πλέον με μεγάλη ακρίβεια τι θα γίνει αν δεν δράσουμε άμεσα (δεν έχουμε δικαιολογία!)
3. Η κλιματική κρίση είναι ένα παγκόσμιο ζήτημα, με κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές πτυχές για αυτό υπάρχει μεγάλη αδράνεια στη λήψη αποφάσεων
4. Η αντιμετώπισή της απαιτεί δράσεις σε πολλά επίπεδα
5. Η αιολική ενέργεια και οι ΑΠΕ εν γένει είναι ένα από τα βασικότερα εργαλεία για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης



Article

Beyond the Footprint: Empirical Land Use and Environmental Patterns of Wind Energy in Mountainous Landscapes

Andreas Vlamakis ^{1,2,*}, Ioanna Eleftheriou ², Sevie Dima ², Efi Karra ¹ and Panagiotis Papastamatiou ^{1,2}

¹ Hellenic Wind Energy Association, Kosta Varnali 52 & Epidavrou, 152 33 Athens, Greece

² ENTEKA S.A., Tychis 2, 152 33 Athens, Greece

* Correspondence: avlamakis@enteka.gr

Abstract

In a world of over 8.2 billion people, the land footprint of any infrastructure has become a critical factor in sustainable spatial planning. In the case of wind energy deployment, land use primarily involves hardstands, access roads, and interconnection infrastructure. This study focuses on Greece, a country with complex mountainous terrain, where Wind Power Stations are predominantly installed along ridgelines and slopes. Using GIS analysis based on digitization of actual on-site infrastructure, we measured the land coverage of wind energy facilities with a total installed capacity of nearly 2.6 GW. We found an average land-use intensity of 0.33 hectares per megawatt (ha/MW), placing it near the lower end of the range reported in international literature. For the subset of projects with available energy yield data, the value was 1.58 square meters per megawatt-hour (m²/MWh). This approach provides one of the largest, nationally representative, infrastructure-based estimates of actual wind energy land use in complex terrain. Applying these findings to the onshore wind deployment targets of Greece's National Energy and Climate Plan (NECP) for 2030 and 2050, we estimate that only 0.02–0.03% of the country's land area will be occupied by wind energy infrastructure. By comparison, lignite mining has already transformed approximately 0.13% of the national territory—almost four times more land than projected for wind energy use in 2050. Further spatial analysis was conducted to identify the land use categories associated with wind energy infrastructure, while for the subset of projects located within Natura 2000 protected areas, the types of affected habitats were also examined. Treating land coverage as a standalone proxy for environmental impact should be avoided; the study demonstrates the need for a context-sensitive interpretation of land use, accounting for ecological context, land-use compatibility, and positive co-benefits, such as improved forest accessibility, fire prevention works and recreation parks. Repowering maximizes land efficiency by extending wind farm lifetimes without expanding their footprint.

Keywords: land-use planning; wind energy; renewable energy; complex terrain; Greece; environmental impacts; Geographic Information Systems; compensatory measures; repowering

1. Introduction

In a world where nearly 40% of the planet's ice-free land is devoted to agriculture

Οι αλλαγές στη χρήσεις γης παίζουν σημαντικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή...και η αιολική ενέργεια εμφανίζει από τα πιο μικρά εδαφικά αποτυπώματα σε σύγκριση με άλλες μορφές ενέργειας

Δείτε τη μελέτη μας εδώ:

<https://doi.org/10.3390/land15020344>

Και εδώ:



Academic Editors: Sofia Spyridonidou and Vasiliki Tsoukala

Received: 3 November 2025

Revised: 13 February 2026

Accepted: 14 February 2026

Published: 19 February 2026

A silhouette of a wind turbine is positioned in the center-left of the frame, set against a dark night sky. The Milky Way galaxy is visible as a bright, glowing band of stars and dust, stretching diagonally across the sky from the upper left towards the lower right. The overall scene is a combination of modern technology and natural cosmic beauty.

Σας ευχαριστώ!