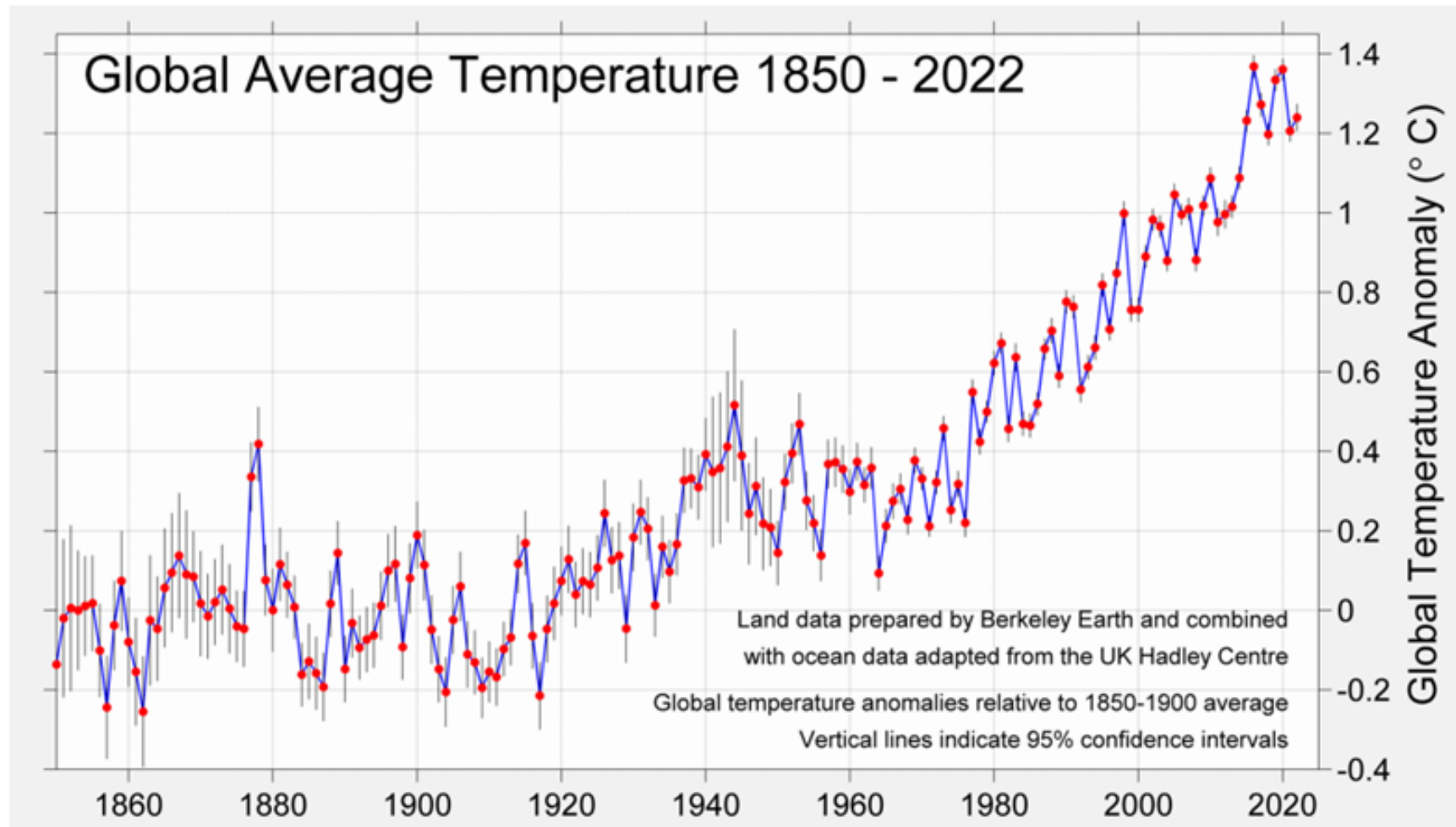


# Τι σημαίνει κλιματική αλλαγή; - **Ανωμαλίες θερμοκρασίας**



# Υπολογισμοί απλών κλιματικών μοντέλων

- Ενέργεια προς (ενέργεια του ήλιου που φτάνει στη γη) =
- Ενέργεια από (ενέργεια που ακτινοβολεί η γη στο σύμπαν)

$$L(1 - \alpha)A = \varepsilon\sigma T^4 A$$

$$L(1 - \alpha)\pi R^2 = \varepsilon\sigma T^4 4\pi R^2$$

$$\frac{L(1 - \alpha)}{4} = \varepsilon\sigma T^4$$

Θέμα 2<sup>ο</sup>

Ο υπολογισμός της θερμοκρασίας στην επιφάνεια ενός πλανήτη που δεν έχει αντανάκλαση από την ατμόσφαιρα είναι:  
 $\varepsilon\sigma T^4 = L(1 - \alpha)$  όπου  $\alpha = 0,3$  είναι η φωταύγεια (albedo),  $L$  η ενέργεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας  $1350 \text{ Watts/m}^2$ , η σταθερά  $\varepsilon$  είναι 1 και η σταθερά Stefan-Boltzmann είναι  $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$ . Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι αληθής;

- A. Η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας  $L$  είναι ίδια με την ενέργεια της ακτινοβολίας από τον πλανήτη  $\varepsilon\sigma T_1^4$
- B. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη είναι  $255 \text{ }^\circ\text{C}$
- Γ. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη είναι  $255 \text{ K}$
- Δ. Όλα τα παραπάνω
- E. Κανένα από τα παραπάνω

# Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα αέρια θερμοκηπίου

- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου: Κάποιο μέρος υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη γη περνά μέσα από την ατμόσφαιρα αλλά το μεγαλύτερο μέρος επανεκπέμπεται από σύννεφα και μόρια αερίων του θερμοκηπίου προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας.
- Τα μόρια κάποιων αερίων ενώσεων έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν υπέρυθρη ενέργεια που εκπέμπεται από τη γη διότι η μοριακή ταλάντωση τους και η ενέργεια περιφοράς τους αντιστοιχεί με ενέργειες στην υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Αυτό αυξάνει τη θερμοκρασία τους.
- Τέτοια αέρια είναι:
  - Φυσικά (παράγονται από φυσικές διαδικασίες) όπως το νερό ( $H_2O$ ), το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), το μεθάνιο ( $CH_4$ ), το οξείδιο του αζώτου ( $N_2O$ ) και το όζον ( $O_3$ )
  - Τεχνητά (παράγονται από τον άνθρωπο) όπως οι φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (HFC), οι υπερφθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (PFC) και το εξαφθοριούχο θείο ( $SF_6$ ).
- Το GWP (δυναμικό θέρμανσης αερίων) είναι ένα μέτρο για το πόση ενέργεια θα προσθέσει ένα αέριο θερμοκηπίου στην ατμοσφαιρική θέρμανση σε μια δεδομένη χρονική στιγμή σε σύγκριση με το  $CO_2$ .

# Ανατροφοδοτήσεις και σημεία ανατροπής

- Οι ανατροφοδοτήσεις είναι διαδικασίες οι οποίες επηρεάζουν μία αρχική μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Οι ανατροφοδοτήσεις μπορεί να είναι θετικές (ενισχύσεις) όταν αυξάνουν τη θέρμανση του πλανήτη ή αρνητικές (περιοριστικές) όταν την μειώνουν
- Τα σημεία ανατροπής είναι κρίσιμες θερμοκρασίες που όταν θα ξεπεραστούν θα δώσουν έναυσμα για πολύ γρήγορη (επιταχυνόμενη) αύξηση της θερμοκρασίας χωρίς μεταστροφή. Τα σημεία ανατροπής διαχωρίζουν μη αναστρέψιμες (irreversible) διαδικασίες

# Η ταυτότητα Kaya

Ο καθηγητής Kaya, βασιζόμενος στην εξίσωση IPAT διατύπωσε μια χρήσιμη ταυτότητα για τον ποσοτικό προσδιορισμό των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ή όλων των αερίων του θερμοκηπίου μετρούμενων σε ισοδύναμα CO<sub>2</sub>.

$$I = P * \frac{GDP}{P} * \left[ \frac{E}{GDP} * \frac{GHG}{E} \right]$$

όπου:

P, ο παγκόσμιος πληθυσμός,

GDP, το παγκόσμιο ακαθάριστο προϊόν

E, η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας

GHG, η παγκόσμια εκπομπή αερίων θερμοκηπίου σε CO<sub>2</sub> ισοδύναμο

Συνεπώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε τα κλάσματα της ταυτότητας Kaya ως εξής:

$\frac{GDP}{P}$ , ακαθάριστο κατά κεφαλή προϊόν, ένα μέτρο ευημερίας

$\frac{E}{GDP}$ , η ένταση ενέργειας (energy intensity) ή η ενέργεια που χρειάζεται (joules) για να δημιουργηθεί μία χρηματική μονάδα προϊόντος (ευρώ ή δολάριο)

$\frac{GHG}{E}$ , η αποτελεσματικότητα χρήσης της ενέργειας ως προς τις εκπομπές (carbon intensity), δηλαδή πόσες εκπομπές δημιουργεί κάθε μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιούμε.



Yoichi Kaya

## Μονάδες

P, σε ανθρώπους

$\frac{GDP}{P}$ , σε  $\frac{\$}{\text{ανθρώπους}}$

$\frac{E}{GDP}$ , σε  $\frac{\text{Joule}}{\$}$

$\frac{GHG}{E}$ , σε  $\frac{CO_{2eq}}{\text{Joule}}$

Συνολικά:

$\text{ανθρώπους} * \frac{\$}{\text{ανθρώπους}} * \frac{\text{Joule}}{\$} * \frac{CO_{2eq}}{\text{Joule}}$

# Ένα αριθμητικό παράδειγμα με την ταυτότητα Kaya

		2030 σε σχέση με το 2010	2050 σε σχέση με το 2010
Προσδοκώμενος:			
Πληθυσμός	P	123%	140%
Προϊόν ανά κεφαλή	GDP/P	184%	250%
Ένταση χρήσης ενέργειας	E/GDP	73%	54%
Επίπεδο μεταβολής GHG για να συμμορφωθούμε με τους στόχους IPCC	I	55% (δηλαδή 45% μείωση από τα επίπεδα του 2010)	0% (δηλαδή 100% μείωση από τα επίπεδα του 2010)
Ζητούμενο:			
Αποτελεσματικότητα χρήσης ενέργειας	GHG/E	33%	0%

$$I = P * \frac{GDP}{P} * \frac{E}{GDP} * \frac{GHG}{E} \Rightarrow \frac{55}{100} (GHG_{2010}) = \frac{123}{100} (P_{2010}) * \frac{73}{100} \left( \frac{E_{2010}}{GDP_{2010}} \right) * x \frac{GHG_{2010}}{E_{2010}} \Rightarrow \frac{GHG_{2010}}{E_{2010}} = \frac{55}{100} * \frac{100}{123} * \frac{100}{184} * \frac{100}{73} = 0.33$$

$$x = 33\% \frac{GHG_{2010}}{E_{2010}}$$

Άρα ο στόχος για το 2030 θα επιτευχθεί εάν το carbon intensity το 2030 φτάσει στο 33% του αντίστοιχου το 2010, δηλαδή οι εκπομπές μειωθούν κατά 55% - "Fit for 55" .