

Land Surface Temperature Anomaly  
for November 2022  
Image from NASA's Terra satellite

**ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΑΚΡΑΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ**  
**ΔΙΑΛΕΞΗ 1: Εκτίμηση παροντικού κλίματος**  
 Επιμέλεια: Ε. Κωστοπούλου

**Κλίμα:** οι συνθήκες της ατμόσφαιρας σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η μακροπρόθεσμη άθροιση των ατμοσφαιρικών στοιχείων (και των διακυμάνσεων τους) που, σε μικρές χρονικές περιόδους, αποτελούν καιρικές συνθήκες.

Τα στοιχεία αυτά είναι:

- Ηλιακή ακτινοβολία
- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Υετός (τύπος, συχνότητα και ποσότητα)
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Άνεμος (ταχύτητα και κατεύθυνση)



## Οι συνιστώσες του Περιβάλλοντος

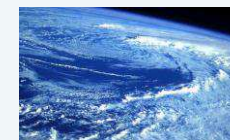


- Ατμόσφαιρα
- Λιθόσφαιρα
- Βιόσφαιρα
- Υδρόσφαιρα
- Κρυόσφαιρα
- Ανθρωπώσφαιρα

- Η γη είναι ο μόνος πλανήτης με ζωή. Αποτελείται από 3 κύριες συνιστώσες: Λιθόσφαιρα, Υδρόσφαιρα και Ατμόσφαιρα. Η δημιουργία ζωής (Βιόσφαιρα) οφείλεται στις αλληλεπιδράσεις των 3 συνιστωσών.
- Η Βιόσφαιρα αποτελεί το μεγαλύτερο βιολογικό σύστημα. Αποτελείται από μικρότερες ενότητες που είναι γνωστά ως οικοσυστήματα.

## Οι συνιστώσες του Περιβάλλοντος

**Ατμόσφαιρα** – το αερώδες περίβλημα που περιβάλλει τη Γη. Τα όριά της δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμα. Αποτελείται από ένα περίπλοκο μίγμα αερίων και αιωρούμενων σωματιδίων που συμπεριφέρεται ως ρευστό. Πολλά από τα συστατικά προέρχονται από τη Γη μέσω χημικών αντιδράσεων.



**Λιθόσφαιρα** – περιγράφει το στερεό ανόργανο μέρος της Γης (βράχους, ορυκτά και στοιχεία). Περιλαμβάνει την εξωτερική επιφάνεια και το εσωτερικό της στερεάς Γης.

## Οι συνιστώσες του Περιβάλλοντος

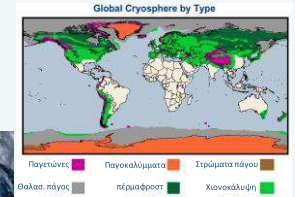
**Βιόσφαιρα** – αποτελείται από όλους τους ζώντες οργανισμούς, φυτά και ζώα. Ο κύκλος της ύλης σε αυτή τη σφαίρα περιλαμβάνει μεταβολικές αντιδράσεις στους οργανισμούς, αλλά και αβιοτικές χημικές αντιδράσεις.



**Υδρόσφαιρα** – περιγράφει τα ύδατα στη Γη. Το 71% της γης καλύπτεται από νερό και μόνο 29% από ξηρά. Το νερό κινείται με διάφορους τρόπους: εξάτμιση, συμπύκνωση, απορροή, κατακρημνίσματα και υπόγεια ροή.

## Οι συνιστώσες του Περιβάλλοντος

**Κρυόσφαιρα** – είναι το τμήμα της γήινης επιφάνειας όπου το νερό βρίσκεται στη στερεά μορφή του, συνήθως ως χιόνι ή πάγος. Δηλ. παγετώνες, παγόβουνα, μόνιμα χιονισμένες εκτάσεις (i.e. permafrost).



**Ανθρωπόσφαιρα** – αποτελείται από τους ανθρώπους και τις κατασκευές τους. Δηλαδή τις πόλεις, γέφυρες, φράγματα, δρόμοι κλπ.

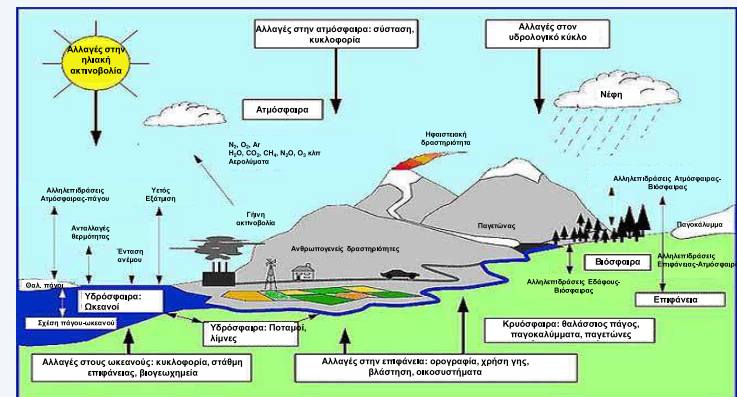
## Κλιματικό σύστημα

• Ένα σύνθετο σύστημα που αποτελείται από διάφορες συνιστώσες, συμπεριλαμβανομένων της δυναμικής και της σύνθεσης της ατμόσφαιρας, ωκεανών, πάγων και χιονοκάλυψης, επιφάνεια εδάφους και τα χαρακτηριστικά του, τις διάφορες αλληλεπιδράσεις τους και την ποικιλία φυσικών, χημικών και βιολογικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα μεταξύ αυτών των συστασιών.

• Το κλίμα αναφέρεται στην κατάσταση του κλιματικού συστήματος περιλαμβάνοντας τη στατιστική περιγραφή και τις διακυμάνσεις του.

• Ατμόσφαιρα: αποτελείται από άζωτο (N<sub>2</sub>) 78,1% κατ' όγκο, οξυγόνο (O<sub>2</sub>) 21%, αργό (Ar) 0,93%, διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) 0,03% υδρατμούς (H<sub>2</sub>O) 0-2% και σε πολύ μικρότερες ποσότητες από άλλα αέρια όπως Ne, He, CH<sub>4</sub>, Kr και H<sub>2</sub>.

## Συνιστώσες του κλιματικού συστήματος

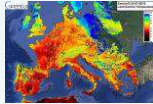




## Μεταβολές στο κλίμα

Μια σειρά παρατηρούμενων επιπτώσεων θεωρούνται αποτέλεσμα αλλαγής στο κλίμα του πλανήτη π.χ.:

Αυξανόμενες  
θερμοκρασίες



Ακραία καιρικά  
φαινόμενα



Οικοσυστήματα  
σε κίνδυνο



Αύξηση της στάθμης  
των θαλασσών



## Παραδείγματα επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος

- 1.1 έως 3.2 δισεκατομμύρια άνθρωποι θα έρθουν αντιμέτωποι με **αυξημένη λειψυδρία** έως το 2080
- Τα **έσοδα από τις καλλιέργειες** ενδέχεται να μειωθούν κατά 90% έως το 2100 στην Αφρική
- 20-30% των **ειδών** ενδέχεται να κινδυνεύουν να εξαφανιστούν εάν η αύξηση της θερμοκρασίας > 1,5-2,5 °C



➤ Αυτές οι τάσεις κινδύνου καθορίζονται ριζικά από τη **θέση σε χρόνο και χώρο**

## Κλιματική αλλαγή

- Με τον όρο **κλιματική αλλαγή** αναφερόμαστε στη μεταβολή του παγκοσμίου κλίματος και ειδικότερα σε μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική κλίμακα. Τέτοιου τύπου μεταβολές περιλαμβάνουν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις ως προς τη **μέση κατάσταση** του κλίματος ή τη **μεταβλητότητα** του, που εκτείνονται σε βάθος χρόνου δεκαετιών ή περισσότερων ακόμα ετών.
- Οι κλιματικές αλλαγές οφείλονται σε **φυσικές διαδικασίες**, καθώς και σε **ανθρώπινες δραστηριότητες** με επιπτώσεις στο κλίμα, όπως η τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας.
- Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCC), η **κλιματική αλλαγή** ορίζεται **ειδικότερα ως η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες**, διακρίνοντας τον όρο από την **κλιματική μεταβλητότητα** που έχει φυσικά αίτια.

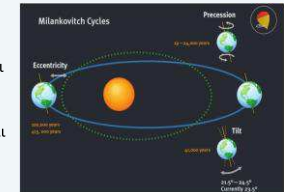
United Nations Framework Convention on Climate Change

## Τι μπορεί να αλλάξει το κλίμα;

Η θεωρία Milankovitch, αναφέρει ότι καθώς η Γη κινείται στο διάστημα γύρω από τον ήλιο, συνδυάζονται οι περιοδικές μεταβολές **τριών στοιχείων της γεωμετρίας Γης – Ήλιου**, για να δημιουργήσουν περιοδικές μεταβολές στο **ποσό της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στη Γη**

Οι τρεις περίοδοι αυτών των τροχιακών κινήσεων είναι γνωστές ως **κύκλοι του Milankovitch**.

1. Μεταβολές στην **εκκεντρότητα της γήινης τροχιάς** — τη μορφή της τροχιάς γύρω από τον ήλιο (~ 100.000 χρόνια).
2. Αλλαγές στην **λόξωση της εκλειπτικής** — αλλαγές στη γωνία που σχηματίζει ο γήινος άξονας με το επίπεδο της γήινης τροχιάς (~ 41.000 χρόνια).
3. **Μετάπτωση των ισημεριών** — η μεταβολή στην κατεύθυνση του γήινου άξονα της περιστροφής, δηλαδή ο άξονας της περιστροφής συμπεριφέρεται όπως ο άξονας περιστροφής μιας σβούρας, σχηματίζοντας έναν κύκλο στην ουράνια σφαίρα (~ 23.000 χρόνια).



## Τι μπορεί να αλλάξει το κλίμα;

### Το μαγνητικό πεδίο του ήλιου

Ο ήλιος έχει ένα ισχυρό και σύνθετο μαγνητικό πεδίο και η περισσότερη **ηλιακή δραστηριότητα** εμφανίζεται να συνδέεται άμεσα με τις ιδιότητες αυτού του μαγνητικού πεδίου.

- Το μαγνητικό πεδίο του ήλιου έχει 22ετή κύκλο - αναστρέφεται κάθε 11 χρόνια.
- Η αντιστροφή του μαγνητικού πεδίου του ήλιου συνδέεται με τη μέγιστη δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων.
- Ο ήλιος εκπέμπει ελαφρώς **περισσότερη ενέργεια** κατά τις περιόδους **μέγιστης δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων**.
- Στο δεύτερο μισό του 17ου αιώνα μ.Χ., σπάνια εμφανίζονταν ηλιακές κηλίδες. Αυτό συμπίπτει με το ψυχρότερο τμήμα μιας περιόδου ψυχρού κλίματος που είναι γνωστή ως «Μικρή Εποχή Παγετώνων».



Παρατήρηση του ηλιακού δίσκου με τηλεσκόπιο δείχνει την ύπαρξη ηλιακών κηλίδων που συνδέονται άμεσα με το μαγνητικό του πεδίο.

## Τι μπορεί να αλλάξει το κλίμα;

### Σύσταση της ατμόσφαιρας

- Αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας της γης επηρεάζουν το ισοζύγιο της ακτινοβολίας της γης.
- Τα αερολύματα του θείου (όπως αυτά που προκαλούνται από τις ηφαιστειακές εκρήξεις) δρουν για να ψύξουν τον πλανήτη εμποδίζοντας την είσοδο μικρού μήκους ακτινοβολία από τον ήλιο.
- Ορισμένα άλλα αερολύματα, μαζί με τους υδατμούς και το διοξείδιο του άνθρακα, λειτουργούν για να θερμάνουν τον πλανήτη εμποδίζοντας την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος να διαφύγει από τη γη (φαινόμενο του θερμοκηπίου).

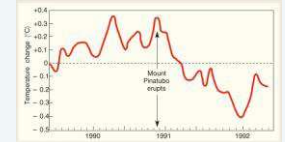


Σχήμα που δείχνει τη μικρού μήκους ηλιακή ενέργεια (λευκά βέλη), η οποία απορροφάται και στη συνέχεια εκπέμπεται ως μεγάλου μήκους γήινη ενέργεια (πράσινα βέλη) και θερμαίνει την ατμόσφαιρα καθώς απορροφάται από αέρια του θερμοκηπίου (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>).

## Τι μπορεί να αλλάξει το κλίμα;

### Οι ηφαιστειακές εκρήξεις

- Οι εκρήξεις απελευθερώνουν μεγάλα ποσά αιθάλης και τέφρας στην ατμόσφαιρα, μειώνοντας έτσι το φως του ήλιου που εισέρχεται στον πλανήτη και ελαττώνουν την επιφανειακή θερμοκρασία.
- Επίσης απελευθερώνονται τεράστιες ποσότητες αερίων στην ατμόσφαιρα, όπως **θειικό οξύ**. Το θείο αντιδρά με τους υδατμούς παράγει ένα πυκνό νέφος στη στρατόσφαιρα μπλοκάροντας έτσι την ηλιακή ακτινοβολία και προκαλώντας πτώση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης για 1-3 χρόνια μετά την αρχική έκρηξη.
- Η έκρηξη του Ρινάτοβο στις Φιλιππίνες το 1991 από την άλλη δημιούργησε ένα νέφος αερίων που κύκλωσε τον πλανήτη μέσα στις επόμενες εβδομάδες, μειώνοντας τις θερμοκρασίες κατά 0,6 βαθμούς Κελσίου.



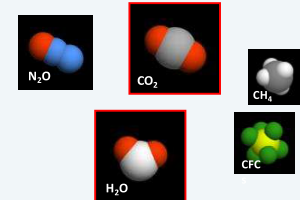
## Θερμοκηπικά αέρια

Τι είναι τα θερμοκηπικά αέρια;

Είναι διάφορα αέρια στην ατμόσφαιρα που απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία (που εκπέμπεται από τη γη) και προκαλεί το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Κυριότερα θερμοκηπικά αέρια:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)
- Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>)
- Υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O)
- Υδατμοί (H<sub>2</sub>O)



Υπάρχουν διάφορα αέρια βιομηχανικής προέλευσης που επίσης συμμετέχουν στο μηχανισμό γένεσης του φαινομένου του θερμοκηπίου (χλωροφθοράνθρακες).

Το πιο σημαντικό θερμοκηπικό αέριο είναι το CO<sub>2</sub>, στο οποίο οφείλεται το 60% της επαύξησης του φαινομένου του θερμοκηπίου.



## Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

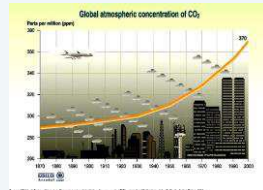
### Το επαυξημένο φαινόμενο του θερμοκηπίου – Ανθρωπογενείς επιδράσεις

Το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται κατά τις ηφαιστειακές εκρήξεις, την καύση δέντρων και την εκπονή των έμβιων όντων.

Ωστόσο, με την Βιομηχανική επανάσταση (1800's), ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν αυξήσει τα ποσοστά CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.

#### Καύση ορυκτών καυσίμων για:

1. παραγωγή ενέργειας
2. βιομηχανικές μονάδες
3. μεταφορές
4. κατασκευαστικά έργα



## Τι μπορεί να αλλάξει το κλίμα;

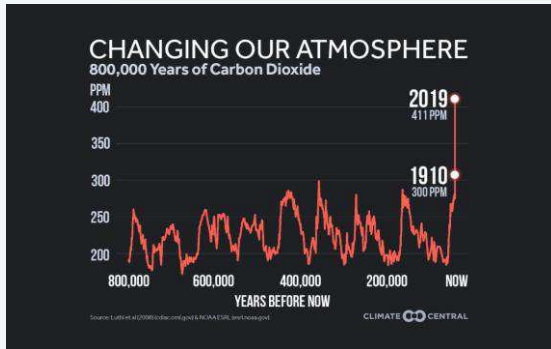
### Ο ρόλος του φαινομένου του θερμοκηπίου στην αλλαγή του κλίματος

Η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου μέσω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων είναι γνωστή ως το ενισχυμένο (ή ανθρωπογενές) φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Ομάδα για την Αλλαγή του Κλίματος, "οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις **διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και οξειδίου του αζώτου** είναι πρωτοφανείς τουλάχιστον για τα τελευταία 800.000 χρόνια και οι επιπτώσεις τους, μαζί με άλλες ανθρωπογενείς επεμβάσεις στη φύση και στο κλιματικό σύστημα και είναι εξαιρετικά πιθανό να ήταν η κυρίαρχη αιτία της παγκόσμιας θέρμανσης που παρατηρείται από τα μέσα του 20ού αιώνα».



## Τι μπορεί να αλλάξει το κλίμα;



### 800.000 χρόνια διακύμανσης του διοξειδίου του άνθρακα

Τα επίπεδα του CO<sub>2</sub> ποικίλλουν στο παρελθόν της Γης. Αλλά τα σημερινά επίπεδα είναι τα υψηλότερα σε εκατομμύρια χρόνια και αυξάνονται με έναν άνευ προηγουμένου ρυθμό.



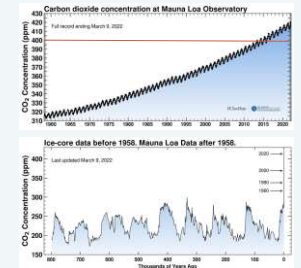
## Τι μπορεί να αλλάξει το κλίμα;

### Ο ρόλος του φαινομένου του θερμοκηπίου στην αλλαγή του κλίματος

Το CO<sub>2</sub> παράγεται από καύση ορυκτών καυσίμων και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η παραγωγή τασιμένου και η αποψίλωση των τροπικών δασών.

Μετρήσεις CO<sub>2</sub> από το παρατηρητήριο Mauna Loa δείχνουν ότι οι συγκεντρώσεις αυξήθηκαν από περίπου 313 ppm το 1960, περνώντας το ορόσημο των 400 ppm στις 9 Μαΐου 2013.

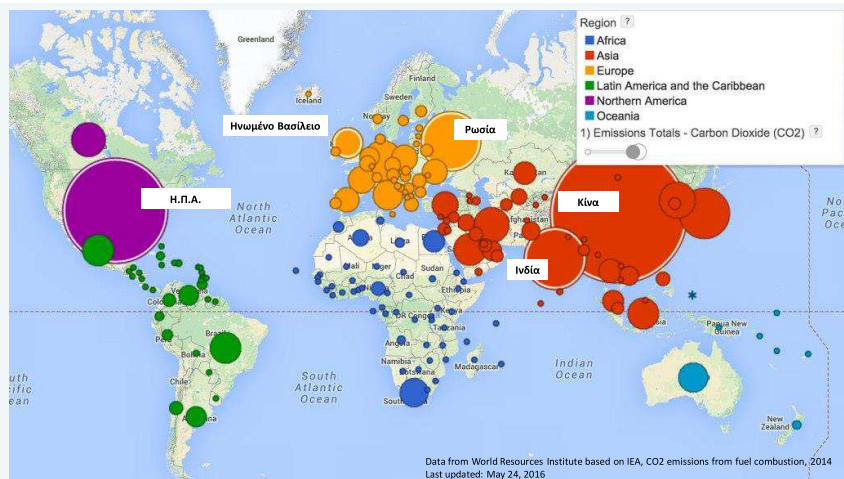
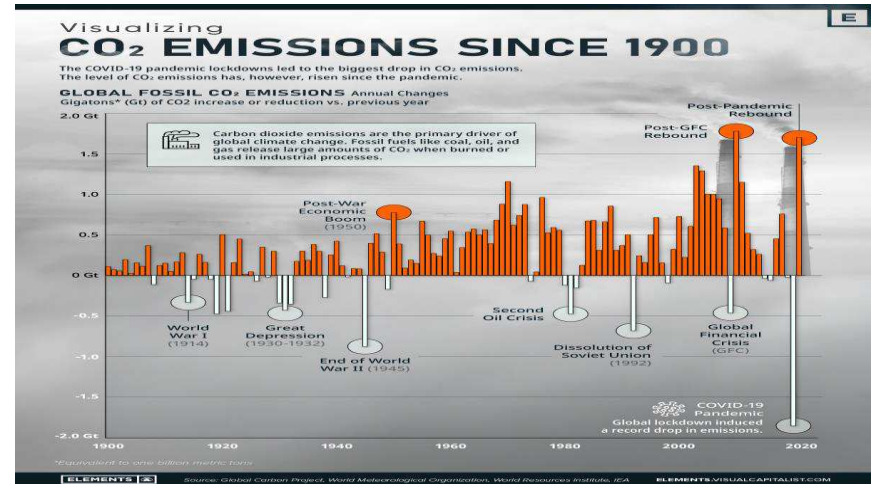
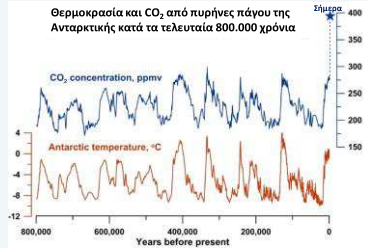
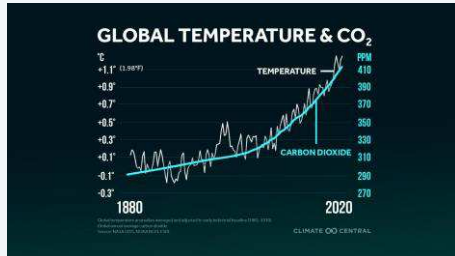
Η τρέχουσα παρατηρούμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> υπερβαίνει τα μέγιστα γεωλογικά αρχεία (~ 300 ppm) από τα δεδομένα πυρήνων πάγου.



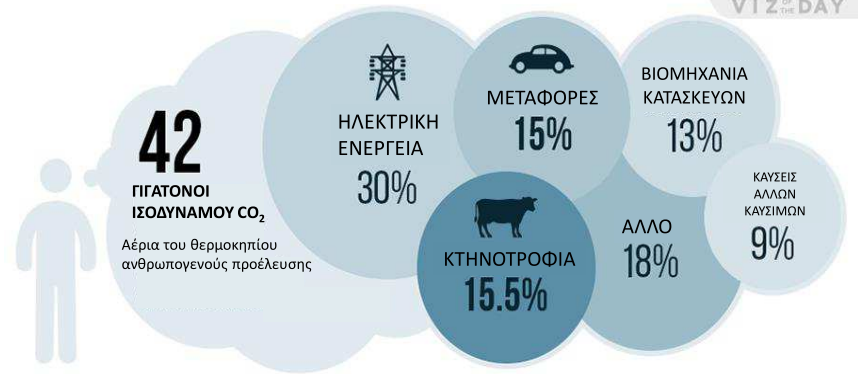
<https://keelingcurve.ucsd.edu/>

Τα τελευταία 800.000 χρόνια, στοιχεία από πυρήνες πάγου δείχνουν ότι το διοξείδιο του άνθρακα έχει μεταβληθεί από χαμηλές τιμές ~180 ppm έως τα προβιομηχανικά επίπεδα των 270 ppm.

Οι Παλαιοκλιματολόγοι θεωρούν ότι οι διακυμάνσεις της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν θεμελιώδη παράγοντα που επηρεάζει τις κλιματικές διακυμάνσεις σε αυτή τη χρονική περίοδο.



### Τομείς που παράγουν θερμκηπικά αέρια





Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε  
αέρια θερμοκηπίου μεταβάλλεται από την  
ανθρώπινη δραστηριότητα.  
Το αποτέλεσμα αυτής της αλλαγής είναι η  
υπερθέρμανση του πλανήτη.

Τα αποδεικτικά στοιχεία της αλλαγής  
του κλίματος προέρχονται από πολλές  
διαφορετικές πηγές.



### Agassiz Glacier 1913 & 2005

Agassiz Glacier is in Glacier National Park in the U.S. state of Montana.

Οι παγετώνες προβλέπεται να λιώσουν μέχρι ~ 2030.



Glacier NP Archives photos by: W.C. Alden & Greg Pederson



### Αλλαγές σε ζώα και φυτά



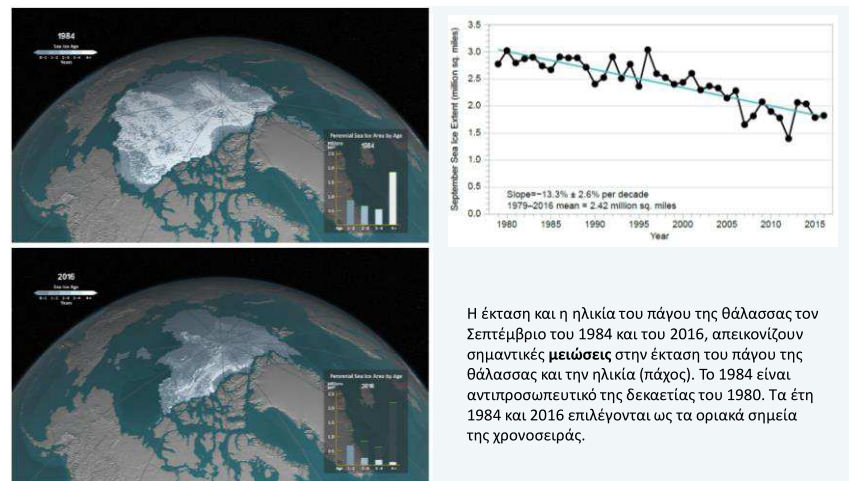
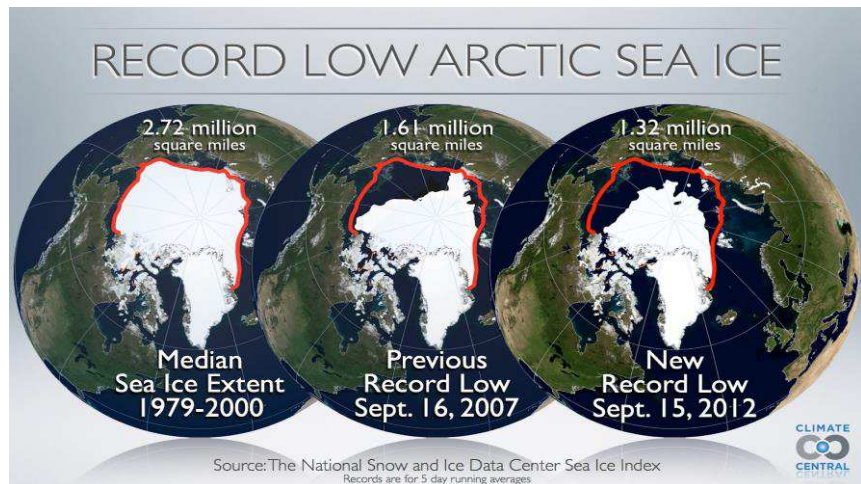
Τα 2/3 των ευρωπαϊκών ειδών  
πεταλούδων έχουν μετατοπίσει  
το εύρος διαβίωσής τους προς  
βόρρα κατά περίπου 150 μίλια  
(Parmesan, 1996; Parmesan et al., 1999)



Ανάλυση των κατανομών των  
Βρετανικών πουλιά διαπίστωσε ότι  
πολλά είδη έχουν μετακινηθεί βόρεια  
κατά μέσο όρο 18,9 χιλιόμετρων  
(Thomas et al., 1999)



Στο βοτανικό κήπο της Βοστώνης  
Arnold Arboretum, τα φυτά ανθίζουν  
οκτώ ημέρες νωρίτερα κατά μέσο όρο  
σε σχέση με την περίοδο 1900-1920  
(Primack, 2004)



## Δείκτες της θέρμανσης του πλανήτη

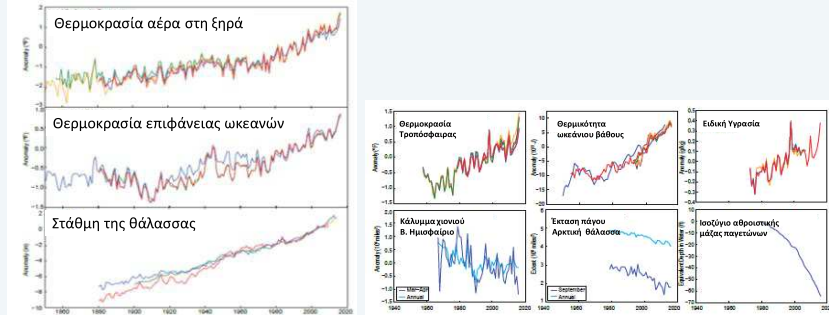
Διαφορετικοί τύποι μετρήσεων σε γη, θάλασσα και ατμόσφαιρα για πολλές δεκαετίες έχουν επιτρέψει στους επιστήμονες να καταλήξουν με μεγάλη εμπιστοσύνη στο συμπέρασμα ότι η **παγκόσμια μέση θερμοκρασία αυξάνεται**.

Οι **θερμοκρασίες στην κατώτερη ατμόσφαιρα και τους ωκεανούς έχουν αυξηθεί**, όπως επίσης η επιφανειακή υγρασία και η στάθμη της θάλασσας.

Η **θερμότητα ωκεάνιου βάθους (Ocean heat content, OHC) αυξήθηκε δραματικά**, αλλά πάνω από το 90% της ενέργειας που αποκτήθηκε από το σύστημα ωκεανών-ατμόσφαιρας κατά τις πρόσφατες δεκαετίες έχουν περάσει στους ωκεανούς.

Πέντε διαφορετικά σύνολα δεδομένων παρατήρησης δείχνουν η θερμότητα ωκεάνιου βάθους των ωκεανών αυξάνεται.

## Δείκτες της θέρμανσης από πολλαπλά σετ δεδομένων



## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων

Άλλα δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανοικοδόμηση παλαιότερων κλιμάτων, είναι:

- Εδαφικά ιζήματα και ιζήματα πυθμένων (λιμνών, ωκεανών)
- Μελέτη της γύρης σε βαθιές σπηλιές πάγου
- Γεωλογικά στοιχεία (αρχαία στρώματα άνθρακα, αμμόλοφοι και απολιθώματα) και η αλλαγή της στάθμης του νερού σε κλειστές λίμνες
- Ιστορικά έγγραφα που αφορούν την ξηρασία, τις πλημμύρες, τις καλλιέργειες, τη βροχή, το χιόνι και τις ημερομηνίες ψύξης λιμνών
- Μελέτη των αναλογιών των ισότοπων του οξυγόνου σε κοράλλια
- Χρονολόγηση στρωμάτων σταλακτιτών ανθρακικού ασβεστίου σε σπηλιές
- Θερμοκρασιακά προφίλ γεωτρήσεων (*borehole temperature profiles*), τα οποία μπορούν να αντιστραφούν και να πληροφορήσουν για προηγούμενες αλλαγές θερμοκρασίας στην επιφάνεια
- Αναλογίες δευτερίου (βαρύ υδρογόνο) στους πυρήνες πάγου, που υποδηλώνουν μεταβολές θερμοκρασίας

## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων

To **World Data Service for Paleoclimatology** ([www.ncdc.noaa.gov/paleo](http://www.ncdc.noaa.gov/paleo)), του National Oceanic and Atmospheric Administration's National Centers for Environmental Information, παρέχει δεδομένα και πληροφορίες για την κατανόηση της φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος και της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής.



Παλιокλιματικά προξεία και ανακατασκευές χρησιμοποιούνται για την κατανόηση του παρελθόντος κλίματος της Γης

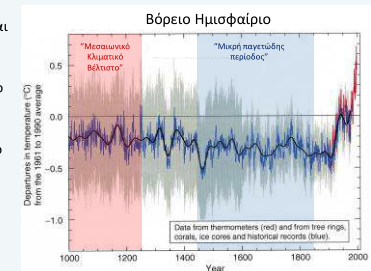
## Τάσεις της θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 1000 χρόνια

Το διπλανό σχήμα δείχνει πώς άλλαξε η μέση θερμοκρασία του αέρα στο Βόρειο Ημισφαίριο τα τελευταία 1000 χρόνια. Τα δεδομένα που απαιτούνται για την ανακατασκευή του προφίλ θερμοκρασίας προέρχονται από διάφορες πηγές, όπως θερμομέτρα (κόκκινη καμπύλη), δακτύλιοι δέντρων, κοράλλια, πυρήνες πάγου, ιστορικά αρχεία (μπλε καμπύλη).

Για περίπου 1000 χρόνια, το Βόρειο Ημισφαίριο ήταν ελαφρώς ψυχρότερο από το μέσο όρο (όπου ο μέσος όρος αντιπροσωπεύει τη μέση θερμοκρασία από το 1961 έως το 1990).

Ωστόσο, ορισμένες περιοχές στο Βόρειο Ημισφαίριο ήταν θερμότερες από άλλες. Π.χ., κατά τη διάρκεια της περιόδου 950-1250 μ.Χ. στην Αγγλία καλλιεργήθηκαν αμπέλια και παραχθηκε κρασί, συμβάν που υποδηλώνει ένα κλίμα με θερμά, ξηρά καλοκαίρια.

Αυτή η σχετικά θερμή περίοδος αρκετών εκατοντάδων ετών στη Δυτική Ευρώπη αναφέρεται ως το **Μεσαιωνικό Κλιματικό Βέλτιστο**. Ήταν κατά τα πρώτα χρόνια της χλιετίας που οι Βίκινγκ αποίκισαν την Ισλανδία και τη Γροιλανδία και ταξίδεψαν στη Βόρεια Αμερική.





## Τάσεις της θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 1000 χρόνια

Το Βόρειο Ημισφαίριο βίωσε ψύξη από τον 15ο έως τον 19ο αιώνα. Αυτή η ψύξη ήταν αρκετά σημαντική σε ορισμένες περιοχές με τους αλτικούς παγετώνες να αυξάνουν το μέγεθος και να εκτείνονται στις κοιλάδες των ποταμών.

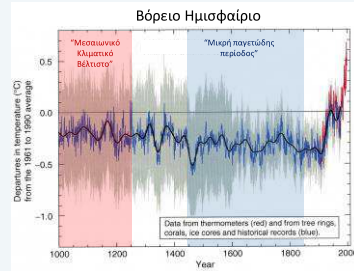
Σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, οι χειμώνες ήταν σφοδροί και μεγάλης διάρκειας και τα καλοκαίρια σύντομα και υγρά.

Οι αμπελώνες στην Αγγλία εξαφανίστηκαν και η καλλιέργεια έγινε αδύνατη στα βορειότερα γεωγραφικά πλάτη.

Οι αποικίες των Βίκινγκ στη Γροιλανδία εγκαταλείφθηκαν.

Στην Ευρώπη, αυτή η ψυχρή περίοδος έγινε γνωστή ως η **Μικρή παγετώδης περίοδος**. Οι άσχημες καιρικές συνθήκες συνέβαλαν σε κακές παραγωγές των καλλιεργειών και λιμούς. Ακολούθησαν οικονομικές επιπτώσεις και κοινωνικές αναταραχές.

Κατά τη διάρκεια αυτών των ψυχρότερων ετών, ξεχωρίζει ένα συγκεκριμένο έτος: το **1816** που έγινε γνωστό ως «**το έτος χωρίς καλοκαίρι**» με ασυνήθιστα κρύο καλοκαίρι που ακολούθηθηκε από έναν εξαιρετικά ψυχρό χειμώνα.



## Παρατηρούμενες αλλαγές στο παροντικό κλίμα

## Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές στο ΠΑΡΟΝ

Αλλαγές στην ατμόσφαιρα και στο κλίμα που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής εποχής και αφορούν σε:

- Αλλαγές στη σύσταση της ατμόσφαιρας
- Αλλαγές στη θερμοκρασία
- Αλλαγές στη βροχόπτωση και τις καταιγίδες
- Αλλαγές στην στάθμη του επιπέδου της θάλασσας
- Οξείδωση των Ωκεανών

## Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές στο ΠΑΡΟΝ

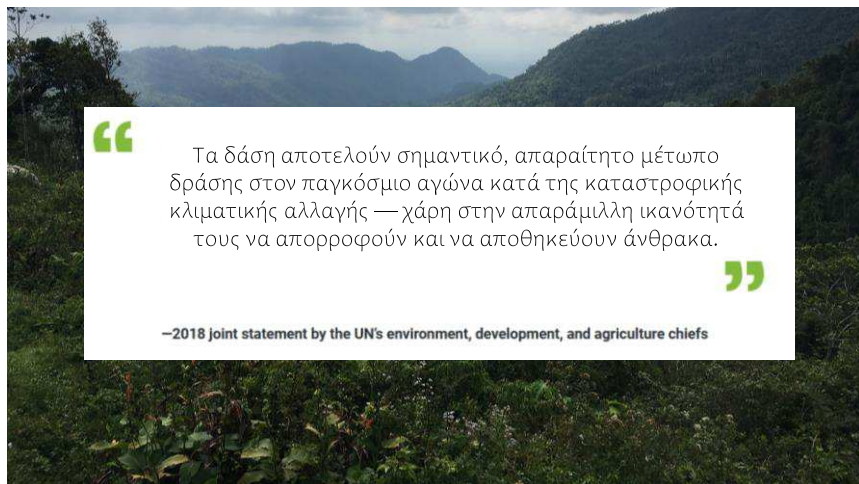
### Χρήση Γης & Μεταβολές στη χρήση γης

Εκτός από τις **αλλαγές στην σύσταση της ατμόσφαιρας**, **αλλαγές στην επιφάνεια της γης** μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο κλίμα. Για παράδειγμα, μια αλλαγή στη χρήση γης μπορεί να επηρεάσει τη θερμοκρασία μέσω της επίδρασης στο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που η γη αντανακλά και απορροφά.

Διαδικασίες όπως η αποψίλωση των δασών, αναδάσωση, ερημοποίηση και η αστικοποίηση συχνά συμβάλλουν σε **περιφερειακές κλιματικές αλλαγές** (αναφορικά με: θερμοκρασία, άνεμο, βροχή) στους τόπους που συμβαίνουν. Οι επιδράσεις είναι κυρίως σημαντικές σε περιφερειακή κλίμακα, αλλά μικρές σε παγκόσμιο επίπεδο (ωστόσο προκαλούν επιδράσεις).

**Αλλαγές στην κάλυψη και χρήση γης μπορεί επίσης να επηρεάσει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που απορροφάται ή απελευθερώνεται από την επιφάνεια της γης.**





“ Τα δάση αποτελούν σημαντικό, απαραίτητο μέτωπο δράσης στον παγκόσμιο αγώνα κατά της καταστροφικής κλιματικής αλλαγής — χάρη στην απaráμιλλη ικανότητά τους να απορροφούν και να αποθηκεύουν άνθρακα. ”

—2018 joint statement by the UN's environment, development, and agriculture chiefs



## Αποψίλωση των δασών παγκοσμίως

Πάνω από 43 εκατομμύρια εκτάρια δασών καταστράφηκαν σε 13 χρόνια

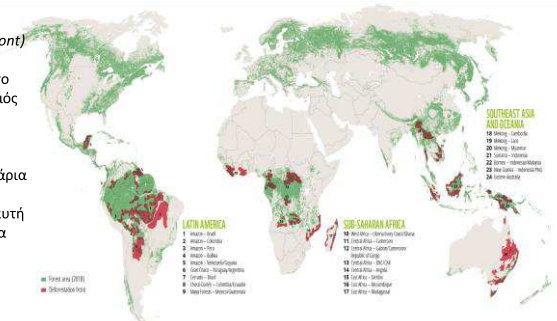
■ Υπάρχοντα δάση (Forest area) to 2018  
■ Μέτωπα αποψίλωσης (Deforestation front)

Βασικοί τομείς που εντοπίστηκαν από το WWF όπου σημειώθηκε κατακερματισμός 2004-2017

Σύνολο: 710 εκατομμύρια εκτάρια  
Πάνω από το 10% έχει χαθεί: 43 εκ.εκτάρια

Η μισή έκταση (377 εκ. εκτάρια) είναι αυτή τη στιγμή δασωμένη, με 256 εκ. εκτάρια πρωτογενούς ή ανέπαφου δάσους

Πηγή: WWF



## Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές στο ΠΑΡΟΝ

### Δάση & Κλιματική αλλαγή

Η αποψίλωση των δασών είναι βασικός παράγοντας στην κλιματική αλλαγή που προκαλείται από τον άνθρωπο. Όταν τα δάση κόβονται ή καίγονται, απελευθερώνουν τον άνθρακα που αποθηκεύουν. Η αφαίρεση των δέντρων μειώνει επίσης μια σημαντική «δεξαμενή αποθήκευσης» άνθρακα που απορροφά CO2 από την ατμόσφαιρα.

Επιπλέον, τα δέντρα καταπολεμούν τη διάβρωση, διατηρούν το έδαφος κάτω από τα κλαδιά τους δροσερό και παρέχουν στέγη για περίπου 80% των χερσαίων ειδών φυτών και ζώων στον κόσμο.

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα, τα δάση καλύπτουν σήμερα περίπου το 30% της παγκόσμιας έκτασης. Η αποψίλωση των δασών από πυρκαγιά, ανάπτυξη ή γεωργία αφαιρεί μεγάλες εκτάσεις δασών και συμβαίνει με πρωτοφανή ρυθμό.

Μόνο πέρυσι, οι τροπικές περιοχές έχασαν 30 εκ. στρέμματα δάσους, ίσο με μια έκταση όσο το μέγεθος του Βελγίου.



## Σημάδια της κλιματικής αλλαγής

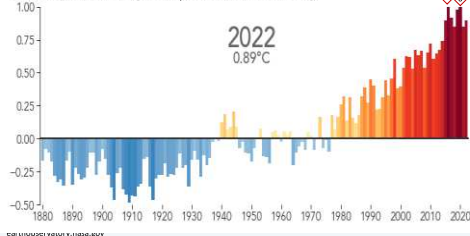
- Οι **θερμοκρασίες αυξάνονται** παγκοσμίως λόγω των **αερίων του θερμοκηπίου** που παγιδεύουν περισσότερη θερμότητα στην ατμόσφαιρα.
- Οι **ξηρασίες** γίνονται μεγαλύτερες και πιο ακραίες σε όλο τον κόσμο.
- Οι **τροπικές καταιγίδες** γίνονται πιο έντονες λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών του νερού των ωκεανών.
- Καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται, υπάρχει **λιγότερη συσσώρευση χιονιού** στις οροσειρές και τις πολικές περιοχές και το χιόνι λιώνει πιο γρήγορα.
- Συνολικά, οι **παγετώνες λιώνουν** με ταχύτερο ρυθμό.
- Ο θαλάσσιος πάγος στον Αρκτικό Ωκεάνο γύρω από τον Βόρειο Πόλο λιώνει γρηγορότερα με τις υψηλότερες θερμοκρασίες.
- Το λιώσιμο του μόνιμου πάγου απελευθεώνει μεθάνιο, ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου, στην ατμόσφαιρα.
- Η **στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει**, απειλώντας τις παράκτιες κοινότητες και τα οικοσυστήματα των εκβολών ποταμών.

## Τάσεις της θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 100+ χρόνια

Η ενόργανη περίοδος καταγραφής της θερμοκρασίας της Γης παρέχεται από το ιστορικό δίκτυο των μετρήσεων των θερμοκρασιών του αέρα στην επιφάνεια ξηράς και θάλασσας.

### Last 9 Years Warmest on Record

Global Temperature Anomaly (°C compared to the 1951-1980 average)



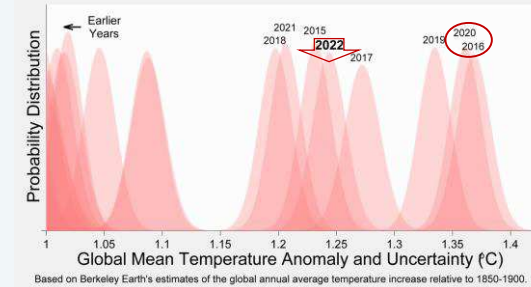
Στις αρχές του 1900, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία επιφάνειας άρχισε να αυξάνεται. Από το 1900 έως το 1945, η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε σχεδόν 0,5 °C. Ακολουθεί περίοδος ελαφριάς ψύξης τα επόμενα 25 χρόνια περίπου.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, εμφανίζεται μια τάση αύξησης της θερμοκρασίας που συνεχίζεται και στον 21<sup>ο</sup> αιώνα.

Εκτιμάται ότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε στο Βόρειο Ημισφαίριο κατά τον 20ο αιώνα πιθανότατα ήταν η μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας οποιουδήποτε αιώνα κατά τα τελευταία 1000 χρόνια.

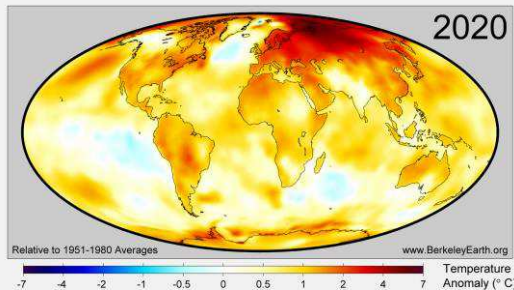
Year	Rank	Warming in °C
2022	5	1.24 ± 0.03
2021	7	1.21 ± 0.03
2020	2	1.36 ± 0.03
2019	3	1.33 ± 0.03
2018	8	1.20 ± 0.03
2017	4	1.27 ± 0.02
2016	1	1.37 ± 0.03
2015	6	1.23 ± 0.03
2014	9	1.09 ± 0.03
2013	13	1.02 ± 0.03
2012	16	1.00 ± 0.04
2011	19	0.98 ± 0.03
2010	10	1.09 ± 0.03

BERKELEY EARTH.



## Γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας το 2020

Ο χάρτης παρουσιάζει τη μεταβολή στις τοπικές θερμοκρασίες το 2020 σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1951-1980.

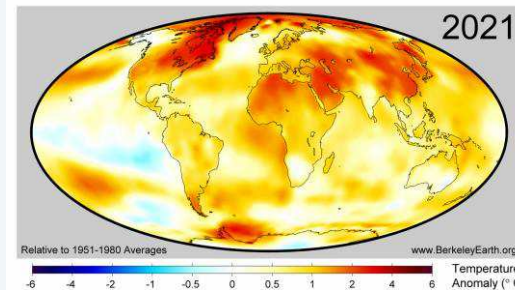


Ο χάρτης παρουσιάζει τη μεταβολή στις τοπικές θερμοκρασίες το 2020 σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1951-1980.

Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ευρέως κατανομημένη σε όλο τον πλανήτη, επηρεάζοντας σχεδόν όλες τις χερσαίες και ωκεάνιες περιοχές. Το 2020, το 87% της επιφάνειας της Γης ήταν σημαντικά θερμότερο από τη μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του 1951-1980, το 12% ήταν παρόμοιας θερμοκρασίας και μόνο το 1,3% ήταν σημαντικά ψυχρότερο.

## Γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας το 2021

Ο χάρτης παρουσιάζει τη μεταβολή στις τοπικές θερμοκρασίες το 2021 σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1951-1980.

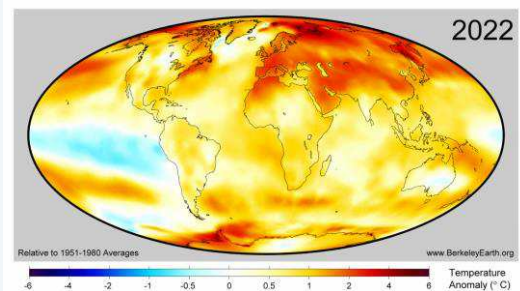


Ο χάρτης παρουσιάζει τη μεταβολή στις τοπικές θερμοκρασίες το 2021 σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1951-1980.

Το 2021, το 87% της επιφάνειας της Γης ήταν σημαντικά θερμότερο από τη μέση θερμοκρασία κατά την περίοδο 1951-1980, το 11% ήταν παρόμοιας θερμοκρασίας και μόνο το 2,6% ήταν σημαντικά ψυχρότερο.

## Γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας το 2022

Ο χάρτης παρουσιάζει τη μεταβολή στις τοπικές θερμοκρασίες το 2022 σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1951-1980.



Ο χάρτης παρουσιάζει τη μεταβολή στις τοπικές θερμοκρασίες το 2022 σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1951-1980.

Το 2022, το 88% της επιφάνειας της Γης ήταν σημαντικά θερμότερο από τη μέση θερμοκρασία κατά την περίοδο 1951-1980, το 7% ήταν παρόμοιας θερμοκρασίας και μόνο το 5% ήταν σημαντικά ψυχρότερο.

## Αλλαγές στην ατμόσφαιρα

Η απελευθέρωση των αερίων του θερμοκηπίου και τα αερολύματα που προκύπτουν από ανθρώπινες δραστηριότητες αλλάζουν το ποσό της ακτινοβολίας που εισέρχεται και εξέρχεται από την ατμόσφαιρα, και πιθανόν να συνέβαλαν σε αλλαγές στο κλίμα.

## Αλλαγές στην ατμόσφαιρα

### Θερμοκηπικά αέρια - Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

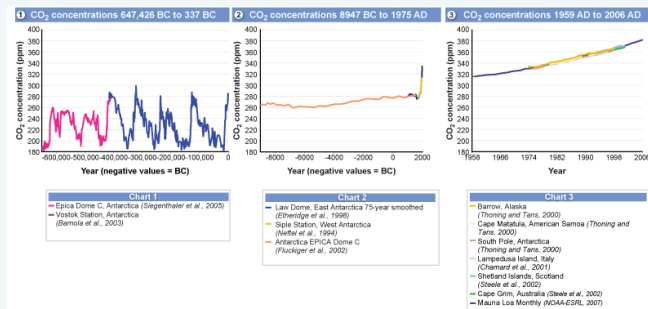
Οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα αυξήθηκαν από περίπου 280 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο) από την προ-βιομηχανική εποχή έως 382 ppm το 2006 και ξεπέρασε τα 400 ppm το 2013, σύμφωνα με το National Oceanic and Atmospheric Administration's (NOAA) ⇒ 36% αύξηση.

Σχεδόν όλη η αύξηση οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες (IPCC, 2007).

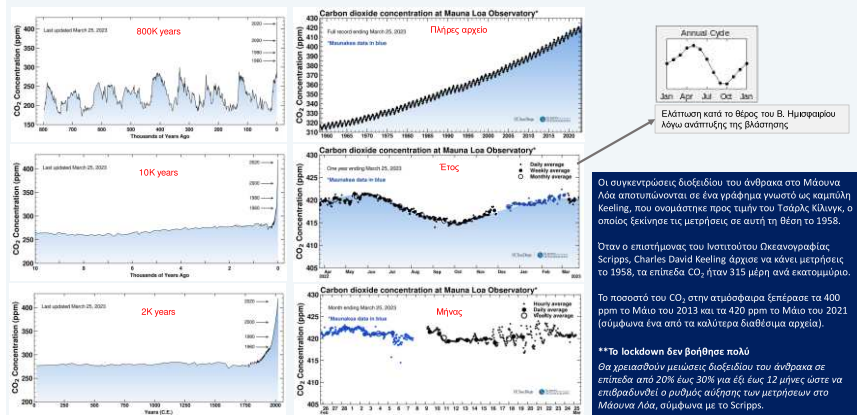
Ο τρέχων ρυθμός αύξησης των συγκεντρώσεων του CO<sub>2</sub> είναι περίπου 1,9 ppmv / έτος.

### Θερμοκηπικά αέρια - Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

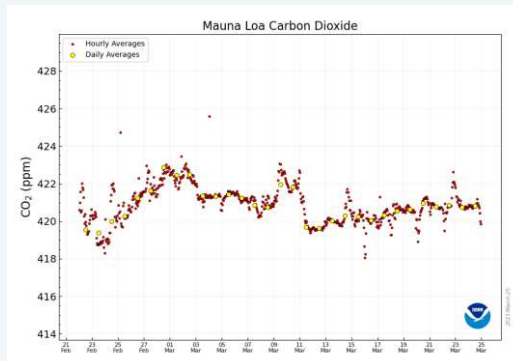
Οι σημερινές συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> είναι οι υψηλότερες από οποιαδήποτε άλλη περίοδο στα τελευταία 650.000 χρόνια (IPCC, 2007).



Plots of the longest continuous record of atmospheric carbon dioxide, taken at Mauna Loa Observatory, Hawaii (19.5 °N, 155.6 °W) <http://keelingcurve.ucsd.edu>  
[https://scrippsco2.ucsd.edu/graphics\\_gallery/mauna\\_loa\\_record/](https://scrippsco2.ucsd.edu/graphics_gallery/mauna_loa_record/)



### NOAA Daily CO<sub>2</sub> Recent Daily Average CO<sub>2</sub> at Mauna Loa (last 31 days)



### ΜΑΡΤΙΟΣ 2023

#### Latest Daily CO<sub>2</sub>

A leading signal of environmental, economic and social changes ahead.

Mar. 24, 2023	420.82 ppm
Mar. 24, 2022	417.98 ppm
1 Year Change	2.84 ppm (0.68%)

Last CO<sub>2</sub> Earth update: 7:33:02 AM on Mar. 23, 2023, Hawaii local time (UTC-10)

## Αλλαγές στην ατμόσφαιρα

### Θερμοκηπτικά αέρια - Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>)

Οι σημερινές συγκεντρώσεις CH<sub>4</sub> στην ατμόσφαιρα της Γης είναι μεγαλύτερες από τα τελευταία 650.000 χρόνια (IPCC, 2007).

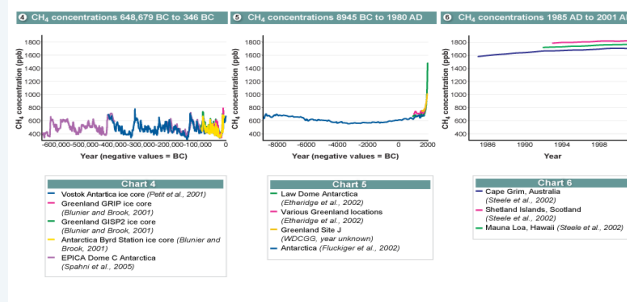
Οι συγκεντρώσεις μεθανίου αυξήθηκαν απότομα κυρίως στον 20<sup>ο</sup> αιώνα και σήμερα είναι 148% πάνω από τα προ-βιομηχανικά επίπεδα.

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο ρυθμός αύξησης έχει επιβραδυνθεί σημαντικά (βλ. επόμενη διαφάνεια).

### Θερμοκηπτικά αέρια - Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>)

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο ρυθμός αύξησης έχει επιβραδυνθεί σημαντικά

Atmospheric Concentrations of Methane in Geologic Time and in Recent Years





## Αλλαγές στην ατμόσφαιρα

### Θερμοκηπικά αέρια - Υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O)

Το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) έχει αυξηθεί περίπου 18 % κατά τα τελευταία 200 χρόνια και συνεχίζει να αυξάνεται.

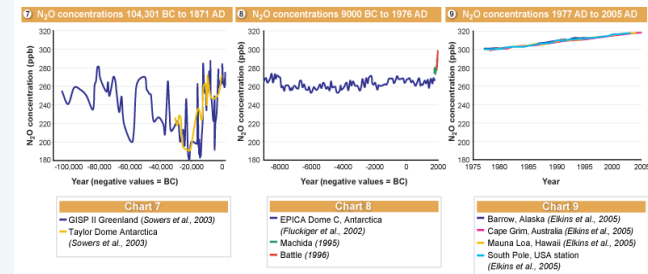
Για περίπου 11.500 χρόνια πριν από τη βιομηχανική εποχή, οι συγκεντρώσεις N<sub>2</sub>O μεταβαλλόταν ελάχιστα.

Οι ρυθμοί αύξηση εντάθηκαν προς το τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα (IPCC, 2007).

### Θερμοκηπικά αέρια - Υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O)

Οι ρυθμοί αύξηση εντάθηκαν προς το τέλος του 20ου αιώνα (IPCC, 2007).

Atmospheric Concentrations of Nitrous Oxide in Geologic Time and in Recent Years



### Πως εκτιμώνται οι συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων για χιλιάδες χρόνια πριν;

Τμήματα του παγοκαλύμματος της Ανταρκτικής εκτείνονται σε μεγάλα βάθη και αποτελούνται από πάγο που έχει συσσωρευτεί από εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια ή και περισσότερο. Παλαιοκλιματολόγοι κάνουν γεωτρήσεις σε αυτόν τον πάγο και εξάγονται οι λεγόμενοι "πυρήνες πάγου."

Οι πυρήνες πάγου μπορούν να παράσχουν πολύτιμες πληροφορίες για το παρελθόν της Γης.

Πχ. οι πυρήνες περιέχουν παγιδευμένες φυσαλίδες αέρα που καθώς αναλύονται παρέχουν πληροφορίες για τη σύνθεση της ατμόσφαιρας κατά τη χρονική στιγμή συσσώρευσης του πάγου.

Μέσω αυτής της ανάλυσης, οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) χρονολογούνται για χιλιάδες χρόνια πριν και αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ένα υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης.



Οι φυσαλίδες αέρα που παγιδεύονται στους πυρήνες του πάγου παράσχουν ένα αρχείο παλαιότερης ατμοσφαιρικής σύνθεσης. Τα αρχεία αυτά αποδεικνύουν ότι το σημερινό επίπεδο διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου, των δύο σημαντικών αερίων του θερμοκηπίου, είναι υψηλότερα από οποιαδήποτε προηγούμενο επίπεδο τα τελευταία μισό αιώνα.

[http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Paleoclimatology\\_IceCores/](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Paleoclimatology_IceCores/)

## Αλλαγές στην ατμόσφαιρα

### Θερμοκηπικά αέρια – Τροποσφαιρικό Όζον O<sub>3</sub>

Το Τροποσφαιρικό όζον δημιουργείται από χημικές αντιδράσεις των εκπομπών από αυτοκίνητα, βιομηχανικές και οικιακές εκπομπές με την παρουσία ηλιακού φωτός.

Εκτιμάται ότι το O<sub>3</sub> έχει αυξηθεί κατά περίπου 36% από την προ-βιομηχανική εποχή (IPCC, 2007, αλλά παρατηρείται σημαντική περιοχική μεταβλητότητα).

Εκτός από θερμοκηπικό αέριο, το όζον είναι επιβλαβής επιφανειακός ρύπος, ειδικά για τα άτομα με αναπνευστικά νοσήματα, παιδιά και ενήλικες οι οποίοι δραστηριοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους.

## Αλλαγές στην ατμόσφαιρα

### Θερμοκηπικά αέρια – Χλωροφθοράνθρακες (CFC)

Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) και υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) χρησιμοποιούνται σε ψυκτικά υγρά, πυροσβεστήρες, διαλύτες, φυτοφάρμακα και ως προωθητικά αέρια.

Οι ενώσεις αυτές έχουν σταθερά αυξηθεί στην ατμόσφαιρα από την εισαγωγή τους στη βιομηχανία το 1928.

Οι συγκεντρώσεις μειώνονται με αργούς ρυθμούς, ως αποτέλεσμα της σταδιακής κατάργησής τους μέσω του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ καθώς αποτελούν ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος.

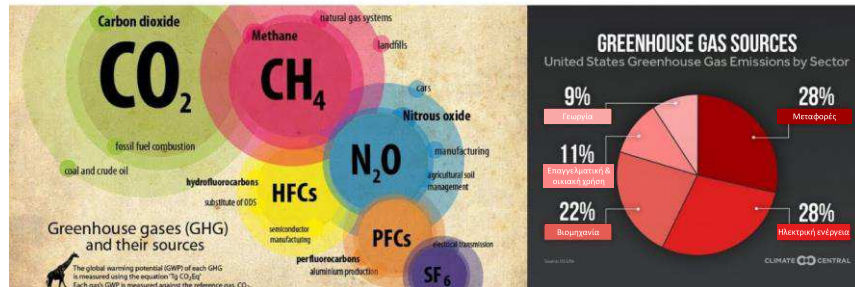
## Αλλαγές στην ατμόσφαιρα

### Θερμοκηπικά αέρια – Φθοριούχα αέρια

Τα φθοριούχα αέρια όπως οι υδροφθοράνθρακες (HFC), υπερφθοράνθρακες (PFC) και εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>) συχνά χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατα των CFC και HCFC και έτσι τα ποσοστά τους στην ατμόσφαιρα αυξάνονται.

Τα διάφορα αυτά φθοριούχα αέρια συχνά ονομάζονται «υψηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (HGWP- High Global Warming Potential)», διότι, από μόριο σε μόριο παγιδεύουν περισσότερη θερμότητα από το CO<sub>2</sub>.

# Αέρια του θερμοκηπίου και οι πηγές τους



## Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές

### Αλλαγές στη βροχόπτωση και τις καταιγίδες

#### Βροχόπτωση

Η άνοδος της θερμοκρασίας τείνει να αυξάνει την εξάτμιση η οποία οδηγεί σε αύξηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (IPCC, 2007).

Όπως οι μέσες παγκόσμιες θερμοκρασίες έχουν αυξηθεί, η μέση παγκόσμια βροχόπτωση έχει επίσης αυξηθεί.

## Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές

### Αλλαγές στη βροχόπτωση και τις καταιγίδες

Σύμφωνα με την IPCC, οι ακόλουθες τάσεις έχουν παρατηρηθεί για τις βροχοπτώσεις :

Η βροχόπτωση έχει γενικά αυξηθεί στην ξηρά κατά την περίοδο 1900 -2005, βόρεια του 30° N, αλλά ως επί το πλείστον μειώθηκε πάνω από τους τροπικούς κύκλους από το 1970.

Σε παγκόσμιο επίπεδο δεν βρέθηκε καμία στατιστικά σημαντική τάση στις βροχοπτώσεις για τον προηγούμενο αιώνα, αν και οι τάσεις διαφοροποιούνται έντονα ανά περιοχές και σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.

Το κλίμα έχει γίνει πολύ πιο υγρό σε ανατολικές περιοχές της Βόρειας και Νότιας Αμερικής, στη Βόρεια Ευρώπη και τη βόρεια και κεντρική Ασία, αλλά ξηρότερο στην υποσαχάρια Αφρική, τη Μεσόγειο, τη νότια Αφρική και τμήματα της νότιας Ασίας.

## Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές

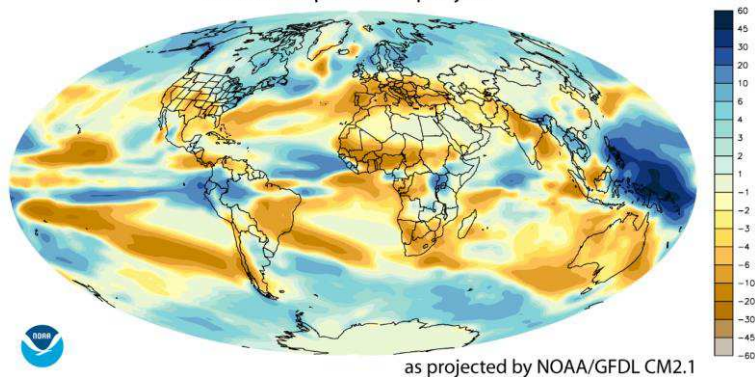
### Αλλαγές στη βροχόπτωση και τις καταιγίδες

Σύμφωνα με την IPCC, οι ακόλουθες τάσεις έχουν παρατηρηθεί για τις βροχοπτώσεις :

Στα **μέσα και υψηλά γεωγραφικά πλάτη** του βορείου ημισφαιρίου, οι τάσεις της βροχόπτωσης συμφωνούν με τις προσομοιώσεις των κλιματικών μοντέλων, που προβλέπουν **αύξηση** των βροχοπτώσεων και οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Αντίθετα, ο βαθμός στον οποίο οι ανθρώπινες δραστηριότητες ευθύνονται για οποιοδήποτε μεταβολές στα πρότυπα (patterns) των βροχοπτώσεων στις τροπικές περιοχές δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητό, καθώς τα κλιματικά μοντέλα παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις στις περιφερειακές προβλέψεις τους.

### CHANGE IN PRECIPITATION BY END OF 21st CENTURY inches of liquid water per year



## Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές

### Αλλαγές στη βροχόπτωση και τις καταιγίδες

#### Καταιγίδες μέσα ΓΠ

Υπάρχει μεγάλη φυσική μεταβλητότητα στην ένταση και τη συχνότητα των καταιγίδων των μέσων γεωγραφικών πλατών και των συνοδίων τους φαινομένων, όπως κεραυνοί, χαλάζι, ανεμοστρόβιλοι.

Μέχρι σήμερα, δεν έχουμε κάποια ένδειξη για συστηματικές αλλαγές σε αυτούς τους τύπους κατά τη διάρκεια των τελευταίων 100 χρόνων (IPCC, 2007).

Οι μελέτες των φαινομένων αυτών παρουσιάζουν δυσκολίες λόγω:  
της επίδρασης τοπικών παραγόντων,  
της ασυνέπεια των δεδομένων των μεθόδων παρατήρησης,  
και των περιορισμένων περιοχών στις οποίες έχουν διεξαχθεί μελέτες.

## Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές

### Αλλαγές στη βροχόπτωση και τις καταιγίδες

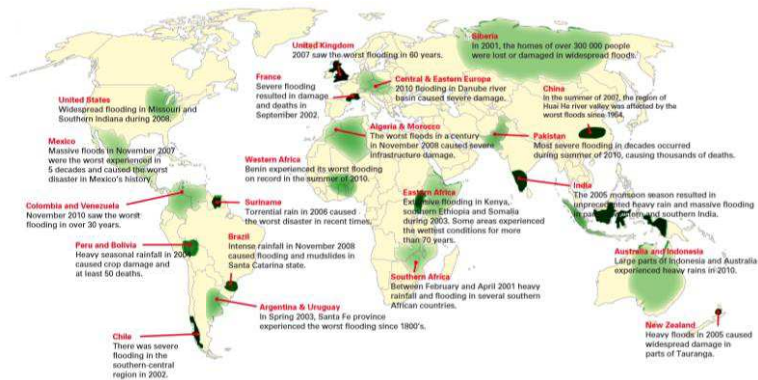
#### Καταιγίδες μικρά ΓΠ

Η συχνότητα και η ένταση των τροπικών καταιγίδων παρουσιάζουν επίσης διακυμάνσεις κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, σε ετήσιες, δεκαετείς, αλλά και πολλών δεκαετιών χρονικές κλίμακες.

Πχ, στη λεκάνη του Ατλαντικού, η περίοδος 1995-2005 υπήρξε εξαιρετικά ενεργή τόσο αναφορικά με τον συνολικό **αριθμό** των τροπικών καταιγίδων, συμπεριλαμβανομένων των τυφώνων, καθώς και στην **ένταση** των καταιγίδων.

Ωστόσο, οι προηγούμενες 2-3 δεκαετίες πριν από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 χαρακτηρίστηκαν ως μία σχετικά ανενεργή περίοδος.

Με το τέλος της εποχής των τυφώνων του Ατλαντικού το 2005, κατά το οποίο σημειώθηκαν **27 ονομασμένες θύελλες**, μεγάλη προσοχή έχει επικεντρωθεί στη σχέση μεταξύ των τυφώνων και τις κλιματικές αλλαγές.



Μια σειρά από μεγάλα γεγονότα πλημμύρας 2000-2010 (WHO)

## Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

Οι **πλημμύρες** μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες καταστροφές, με αποτέλεσμα απώλειες ανθρώπινων ζώων και ζημιές σε περιουσίες και υποδομές αλλά και σε κρίσιμες υποδομές δημόσιας υγείας που ανέρχονται σε δισεκατομμύρια δολάρια σε οικονομικές απώλειες.

Οι πλημμύρες και οι καταιγίδες μπορεί να επηρεάσουν άμεσα και έμμεσα την ανθρώπινη υγεία με πολλούς τρόπους:

- αυξανόμενες περιπτώσεις πνιγμού και άλλων σωματικών τραυματίων
- αυξανόμενοι κίνδυνοι λομώξεων που μεταδίδονται από το νερό και άλλους φορείς ασθενειών
- αύξηση των επιπτώσεων στην ψυχική υγεία που σχετίζονται με καταστάσεις έκτακτης ανάγκης
- διατάραξη των συστημάτων, εγκαταστάσεων και υπηρεσιών υγείας, αφήνοντας τις κοινότητες χωρίς πρόσβαση στην υγειονομική περιβαλλήση όταν την χρειάζονται περισσότερο
- καταστροφή βασικών υποδομών όπως προμήθειες σε τρόφιμα και νερό και ασφαλή καταφύγια.

## Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

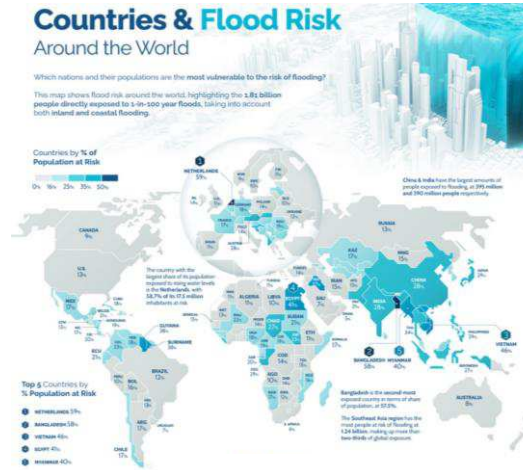
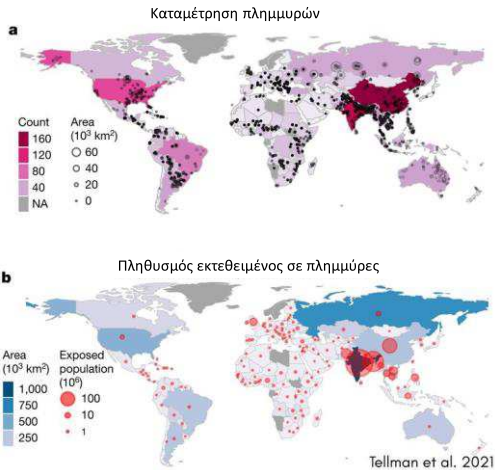
Οι καταστροφές που σχετίζονται με το νερό κυριαρχούν στον κόσμο. Ο παγκόσμιος πληθυσμός που εκτίθεται σε πλημμύρες αυξήθηκε κατά 24% από το 2000

Μια νέα μελέτη που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Nature δείχνει ότι η **Ινδία** έχει τον μεγαλύτερο πληθυσμό στον κόσμο που διατρέχει τον υψηλότερο κίνδυνο πλημμύρας.

- Tellman, B., Sullivan, J.A., Kuhn, C. et al. Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods. *Nature* **596**, 80–86 (2021).

Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός ορίζει τους κινδύνους που σχετίζονται με το νερό ως τις κυρίαρχες καταστροφές τα τελευταία 50 χρόνια.





**Κίνδυνος πλημμύρας**

Χώρες με εκτενείς ακτογραμμές, ποτάμια συστήματα και πεδινές περιοχές βρίσκονται με υψηλά ποσοστά του πληθυσμού τους σε κίνδυνο έκθεσης σε πλημμύρα.

Η Ολλανδία και το Μπαγκλαντές είναι τα μόνα δύο έθνη στον κόσμο που έχουν περισσότερο από το ήμισυ του πληθυσμού τους σε κίνδυνο λόγω των πλημμυρών, με ποσοστό 59% και 58%, αντίστοιχα.

Το Βιετνάμ (46%), η Αίγυπτος (41%) και η Μιανμάρ (40%) συμπληρώνουν τις υπόλοιπες πέντε χώρες.

Εκτός από την Ολλανδία, μόνο δύο άλλες ευρωπαϊκές χώρες βρίσκονται στις πρώτες 20 χώρες κατά ποσοστό πληθυσμού σε κίνδυνο, η Αυστρία (18η με 29%) και η Αλβανία (20η με 28%).

Rank	Country	Flood risk, by population exposed (%)	Total population exposed
#1	Netherlands	58.7%	10,100,000
#2	Bangladesh	57.5%	94,424,000
#3	Vietnam	46.0%	45,584,000
#4	Egypt	40.5%	38,871,000
#5	Myanmar	39.9%	19,104,000
#6	Laos	39.7%	2,985,000
#7	Cambodia	38.1%	7,431,000
#8	Guyana	37.9%	276,000
#9	Suriname	37.7%	233,000
#10	Iraq	36.8%	16,350,000
#11	Thailand	33.9%	25,431,000
#12	South Sudan	32.5%	5,437,000
#13	Pakistan	31.1%	71,786,000
#14	Nepal	29.4%	11,993,000
#15	Republic of the Congo	29.3%	1,170,000
#16	Philippines	29.0%	30,483,000
#17	Japan	28.7%	36,060,000
#18	Austria	27.8%	2,437,000
#19	India	27.7%	389,816,000
#20	Albania	27.6%	773,000
#21	China	27.5%	394,826,000
#22	Chad	27.4%	4,547,000
#23	Indonesia	27.0%	75,696,000
#24	Croatia	26.9%	1,094,000
#25	Slovakia	26.7%	1,401,000

Μόνο η περιοχή της Νοτιοανατολικής Ασίας αποτελεί πάνω από τα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού που εκτίθεται σε κίνδυνο πλημμύρας με 1,24 δισεκατομμύρια ανθρώπους. Η Κίνα και η Ινδία αντιστοιχούν σε 395 εκατομμύρια και 390 εκατομμύρια ανθρώπους, αντίστοιχα, με τις δύο χώρες να βρίσκονται στην κορυφή όσον αφορά τον απόλυτο αριθμό ανθρώπων που κινδυνεύουν από άνοδο της στάθμης του νερού. Οι υπόλοιπες από τις πέντε κορυφαίες χώρες κατά συνολικό πληθυσμό σε κίνδυνο είναι το Μπαγκλαντές (94 εκατομμύρια άνθρωποι σε κίνδυνο), η Ινδονησία (76 εκατομμύρια άνθρωποι σε κίνδυνο) και το Πακιστάν (72 εκατομμύρια άνθρωποι σε κίνδυνο).



**Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ**

**Η κλιματική αλλαγή πιθανότατα αύξησε τις ακραίες βροχοπτώσεις των μουσώνων, πλημμυρίζοντας ευάλωτες κοινότητες π.χ. στο Πακιστάν**

○ Otto, F. et al. *Climate change likely increased extreme monsoon rainfall, flooding highly vulnerable communities in Pakistan (2023)*

Από τα μέσα Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου 2022, μεγάλες περιοχές του Πακιστάν υπέστησαν ρεκόρ μουσωνικών βροχοπτώσεων, με αποτέλεσμα μεγάλες περιοχές της χώρας να πλημμυρίσουν.

Οι βροχές των μουσώνων ήταν τροπλάσιες από τις συνήθεις βροχοπτώσεις του Αυγούστου, καθιστώντας τον ως τον υγρότερο Αύγουστο από το 1961. Οι δύο νότιες επαρχίες (Sindh & Balochistan), βίωσαν η καθεμία τον υγρότερο Αύγουστο που έχει καταγραφεί ποτέ, λαμβάνοντας 7 και 8 φορές περισσότερη από τη μέση μηνιαία βροχόπτωση. Ο ποταμός Ινδός, που διατρέχει το μήκος της χώρας, πλημμύρησε τις όχθες του σε χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα, ενώ οι έντονες βροχοπτώσεις οδήγησαν επίσης σε αστικές πλημμύρες και κατολισθήσεις.

## ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: 2022 Πλημμύρες στο Πακιστάν

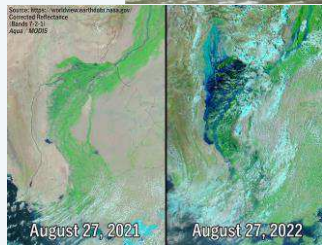
Η εποχή των μουσώνων του Πακιστάν το 2022 προκάλεσε σημαντικές βροχοπτώσεις, καταστροφικές- **φονικές** πλημμύρες και κατολισθήσεις, επηρεάζοντας περισσότερους από 33 εκατομμύρια ανθρώπους, κατέστρεψαν 1,7 εκατομμύρια σπίτια και σχεδόν 1700 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους.

Στις 25 Αυγούστου, η κυβέρνηση κήρυξε κατάσταση έκτακτης ανάγκης.

Το κόστος των ζημιών υπολογίζεται σε 30 δισ. δολάρια ΗΠΑ, καθώς καταστράφηκαν ~6700 χιλιόμετρα δρόμου, 269 γέφυρες και 1460 εγκαταστάσεις υγείας, 18590 σχολεία υπέστησαν ζημιές, περίπου 750 χιλιάδες ζώα θανατώθηκαν και περίπου 18.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα καλλιεργήσιμης γης καταστράφηκαν, συμπεριλαμβανομένου περίπου του 45% της καλλιέργειας βαμβακιού – μία από τις βασικές εξαγωγές της χώρας.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εξέφρασε ανησυχίες για μια επικείμενη "δεύτερη καταστροφή" οφειλόμενη στις υδατογενείς ασθένειες που εξαπλώθηκαν στη χώρα. Κυρίως στις πληγείσες νότιες επαρχίες εμφανίστηκαν κρούσματα ελονοσίας, αλλά και διάρροια, χολέρα και λοιμώξεις του δέρματος και των ματιών.

Καταγράφηκε επίσης ως μία από τις πιο δαπανηρές φυσικές καταστροφές στον κόσμο όλων των εποχών.



Δορυφορικές εικόνες που παρουσιάζουν το νότιο Πακιστάν στις 27 Αυγούστου 2021 (έναν χρόνο πριν από τις πλημμύρες) και στις 27 Αυγούστου 2022

### Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΤΡΟΠΙΚΟΙ ΚΥΚΛΩΝΕΣ

Οι κυμαινόμενες επιπτώσεις του κύκλου El Niño/La Niña μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφικά φαινόμενα που τοπικές κοινότητες είναι συχνά ανεπαρκώς προετοιμασμένες να αντιμετωπίσουν.

Οι τροχικές τροπικών κυκλώνων ποικίλλουν σημαντικά μεταξύ των κύκλων El Niño/La Niña. Οι θέσεις των τροπικών κυκλώνων εμφανίζονται παραπάνω για μήνες συνθηκών La Niña (πάνω πλαίσιο) και μήνες συνθηκών El Niño (κάτω πλαίσιο)

### Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΤΡΟΠΙΚΟΙ ΚΥΚΛΩΝΕΣ

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τους τροπικούς κυκλώνες με διάφορους τρόπους: εντονότερη βροχόπτωση και αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, μείωση της συνολικής συχνότητας, αλλά αύξηση της συχνότητας των πολύ έντονων καταιγίδων.

Οι τροπικοί κυκλώνες χρησιμοποιούν ζεστό, υγρό αέρα ως πηγή ενέργειας ή «καυσίμου». Καθώς η κλιματική αλλαγή αυξάνει τις θερμοκρασίες των ωκεανών, υπάρχει δυναμικά περισσότερο από αυτό το καύσιμο διαθέσιμο. Μεταξύ 1979 και 2017, σημειώθηκε παγκόσμια αύξηση στην αναλογία των τροπικών κυκλώνων της Κατηγορίας 3 και υψηλότερης στην κλίμακα Saffir-Simpson. Η τάση ήταν πιο σαφής στον Βόρειο Ατλαντικό και στον Νότιο Ινδικό Ωκεανό.

Έξι τροπικοί κυκλώνες στροβιλίζονται πάνω από δύο λεκάνες στις 16 Σεπτεμβρίου 2020



## Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΞΗΡΑΣΙΑ

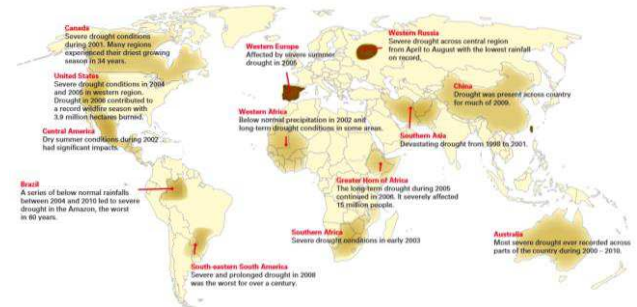
Η **ξηρασία** είναι μια παρατεταμένη ξηρή περίοδος στο φυσικό κλιματικό κύκλο που μπορεί να συμβεί οπουδήποτε στον κόσμο.

Είναι ένα φαινόμενο βραδείας έναρξης που προκαλείται από έλλειμμα βροχοπτώσεων.

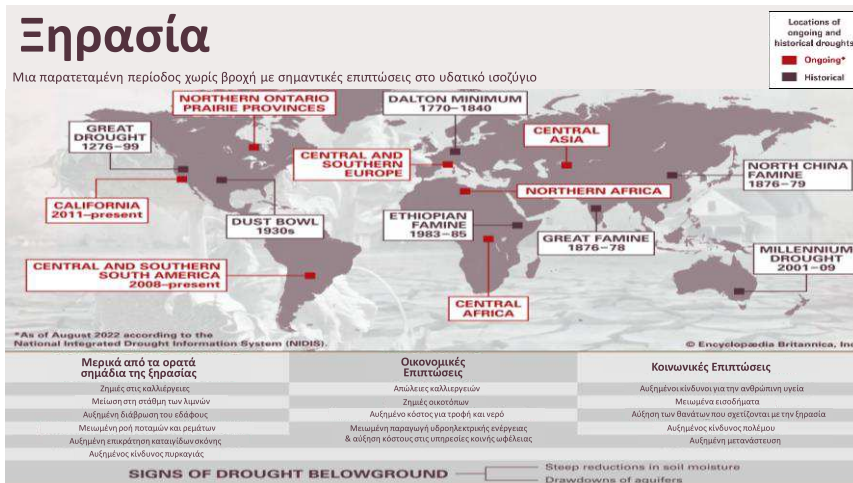
Παράγοντες κινδύνου όπως η φτώχεια και αλόγιστες πρακτικές της χρήσης γης αυξάνει την ευπάθεια στην ξηρασία.

Όταν η ξηρασία προκαλεί ελλείψεις νερού και τροφίμων, εκεί μπορεί να έχει πολλές επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού αυξάνοντας τη νοσηρότητα και προκαλώντας θανάτους.

Τα τελευταία χρόνια, θνησιμότητα που σχετίζεται με την ξηρασία έχει παρατηρηθεί σε χώρες που βρίσκουν επίσης πολιτικές αναταραχές και εμφύλιες συγκρούσεις.



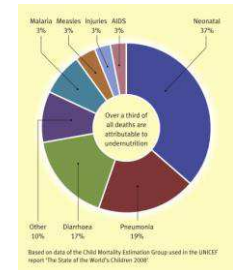
Μια σειρά από μεγάλα γεγονότα ξηρασίας 2000-2010 (WHO)



## Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΞΗΡΑΣΙΑ

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η **ξηρασία** μπορεί να έχει οξείες και χρόνιες επιπτώσεις στην υγεία:

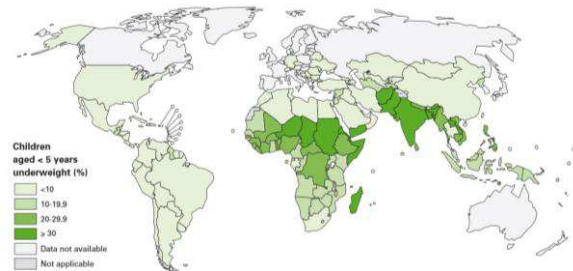
- υποσιτισμός λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας τροφίμων
- αυξημένος κίνδυνος μεταδοτικών ασθενειών λόγω οξείας υποσιτισμού, ανεπαρκές ή μη ασφαλές νερό για κατανάλωση και υγιεινή και αυξημένος συνωστισμός μεταξύ εκποτισμένων πληθυσμών
- ψυχοκοινωνικό στρες και διαταραχές ψυχικής υγείας
- συνολική αύξηση της μετατόπισης πληθυσμού
- διακοπή των τοπικών υπηρεσιών υγείας λόγω έλλειψης ύδρευσης ή/και εργαζομένων στον τομέα της υγείας που αναγκάστηκε να εγκαταλείψει τις τοπικές περιοχές







## Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΞΗΡΑΣΙΑ

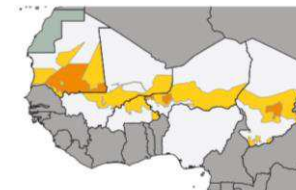


Ποσοστά λιποβαρών παιδιών ηλικίας κάτω των 5 ετών (WHO)

## ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: THE SAHEL

Οι μειωμένες βροχοπτώσεις κάτω από το μέσο όρο στην περιοχή του Σαχέλ στα τέλη του 2011 οδήγησε σε συνθήκες ξηρασίας το 2012 και εκτεταμένη επισιτιστική ανασφάλεια σε όλη την περιοχή. Ο ΟΗΕ υπολόγισε ότι πάνω από 18 εκατομμύρια άνθρωποι κινδύνευαν σε εννέα χώρες όπου η επισιτιστική ανασφάλεια και ο υποσιτισμός ήταν ήδη χρόνια πρόβλημα.

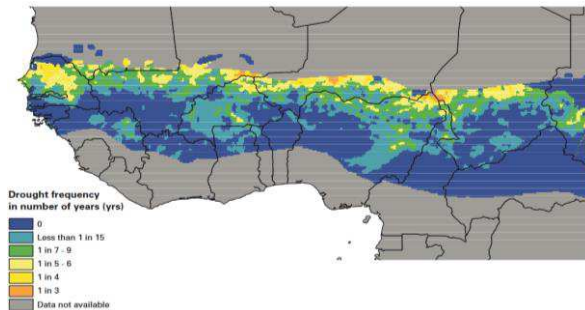
- Η απόκριση της παγκόσμιας ανθρωπιστικής αρωγής στην έγκαιρη προειδοποίηση περιλάμβανε:
- Παροχή επισιτιστικής βοήθειας, συμπεριλαμβανομένης ειδικής διατροφής σχεδιασμένης για την καταπολέμηση του υποσιτισμού
  - Αντιμετώπιση του υποσιτισμού, με την εκπαίδευση νοσηλευτών, παροχή ιατρικών προμηθειών και δωρεάν υποστήριξη πρόσβαση στην υγιεινολογική περιθαλψή
  - Πρόληψη μεταδοτικών ασθενειών μέσω εμβολιασμών, επιτήρηση ασθενειών και ετοιμότητα για επιδημίες
  - Βελτίωση των υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης προάγοντας έτσι την υγιεινή



Most likely food security conditions in the Sahel Region between April-June (at 2 April 2012). Senegal, Gambia, northern Nigeria and northern Cameroon was also affected<sup>2</sup>



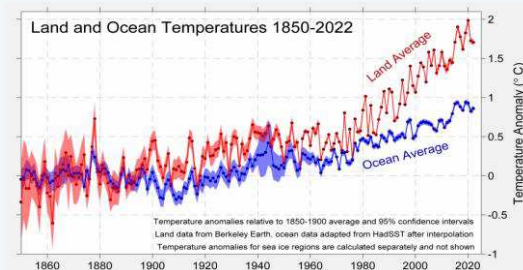
## Σημάδια της κλιματικής αλλαγής: ΞΗΡΑΣΙΑ



Συχνότητα ξηρασίας από το 1996-2011 στην περιοχή του Σαχέλ (WHO)



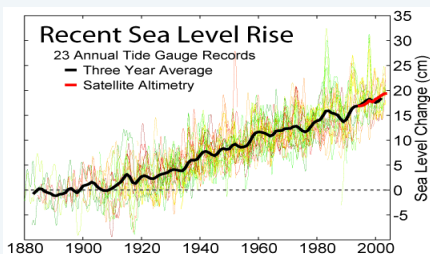
## Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας της περιόδου 1850-2022 σε ξηρά και θάλασσα



Το παραπάνω σχήμα δείχνει τις μεταβολές της θερμοκρασίας της ξηράς και των ωκεανών σε σχέση με τον μέσο όρο από το 1850 έως το 1900. Η τάση για τους μέσους όρους της ξηράς να αυξάνονται πιο γρήγορα από τους μέσους όρους των ωκεανών είναι σαφώς ορατή.



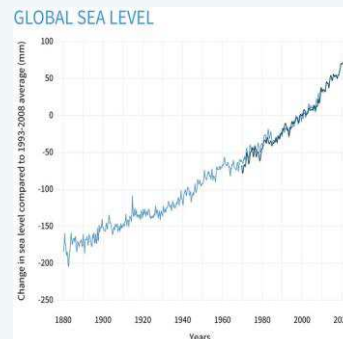
## Αλλαγές στη στάθμη του επιπέδου της θάλασσας



Μετρήσεις της στάθμης της θάλασσας από 23 παλιρροιόμετρα σε γεωλογικά σταθερό περιβάλλον δείχνουν μια αύξηση της τάξης των 20 cm κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα (2mm / έτος).

Ένα σημαντικό μέρος της ανόδου της στάθμης της θάλασσας πιθανόν έχει προκύψει από την παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των ωκεανών.

## Αύξηση της στάθμης της θάλασσας

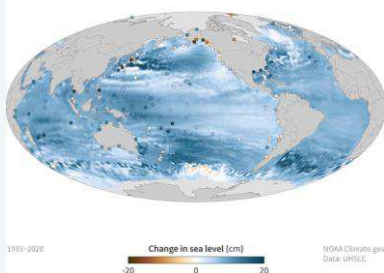


Εποχιακές (3 μήνες) εκτιμήσεις της στάθμης της θάλασσας από τους Church and White (2011) (ανοικτό μπλε) και τα δεδομένα της στάθμης της θάλασσας του Πανεπιστημίου της Χαβάης (σκούρο μπλε). Οι τιμές εμφανίζονται ως μεταβολή της στάθμης της θάλασσας σε χιλιοστά σε σύγκριση με τον μέσο όρο της περιόδου 1993-2000.

- Η στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει 21–24 cm από το 1880.
- Το 2020, η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας σημείωσε νέο υψηλό ρεκόρ: 91,3 mm πάνω από τα επίπεδα του 1993.
- Ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας επιταχύνεται: έχει υπερδιπλασιαστεί από 1,4 χιλιοστά ετησίως στο μεγαλύτερο μέρος του εικοστού αιώνα σε 3,6 χιλιοστά ετησίως από το 2006–2015.
- Σε πολλές τοποθεσίες κατά μήκος της ακτογραμμής των ΗΠΑ, οι πλημμύρες υψηλής παλίρροιας είναι τώρα 300% έως περισσότερο από 900% πιο συχνές από ό,τι πριν από 50 χρόνια.
- Ακόμα κι αν ο κόσμος ακολουθήσει μια οδό χαμηλών αερίων του θερμοκηπίου, η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας πιθανότατα θα ανέβει τουλάχιστον 0,3 μέτρα πάνω από τα επίπεδα του 2000 έως το 2100.
- Εάν ακολουθήσουμε ένα μονοπάτι με υψηλές εκπομπές, δεν μπορεί να αποκλειστεί ένα χειρότερο σενάριο έως και 2,5 μέτρα πάνω από τα επίπεδα του 2000 έως το 2100.

## Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας

### SEA LEVEL CHANGE (1993-2020)



Μεταξύ 1993 και 2020 η μέση στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει στο μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου ωκεανού (μπλε χρώματα). Σε ορισμένες λεκάνες των ωκεανών, η στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει 15-20 εκατοστά. Οι ρυθμοί της τοπικής στάθμης της θάλασσας (κουκκίδες) στην ακτή μπορεί να είναι μεγαλύτεροι από τον παγκόσμιο μέσο όρο λόγω γεωλογικών διεργασιών όπως η καθίζηση του εδάφους ή μικρότεροι από τον παγκόσμιο μέσο όρο λόγω διαδικασιών όπως η μακροχρόνια ανύψωση των χερσαίων μαζών από την απώλεια των παλαιών παγετώνων της εποχής των παγετώνων. Map by NOAA Climate.gov based on data provided by Philip Thompson, University of Hawaii.

## Συνιστώσες της ανόδου της στάθμης της θάλασσας

Σήμερα η τήξη των παγοκαλυμμάτων, η τήξη των παγετώνων και η θερμική διαστολή των ωκεανών συμβάλλουν κατά 1/3 στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Μέχρι το 2100, οι πάγοι των παγετώνων θα λιώσουν σε μεγάλο βαθμό και η συνεχιζόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα οφείλεται σε δυσανάλογα μεγάλο βαθμό από το λιώσιμο των παγοκαλυμμάτων της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής, που μαζί συγκρατούν 134 φορές περισσότερο πάγο της ξηράς από όλους τους παγετώνες (ξηράς) μαζί.



## Συνιστώσες της ανόδου της στάθμης της θάλασσας

### Θερμική διαστολή

Καθώς η Γη θερμαίνεται, οι ωκεανοί επεκτείνονται. Εκτιμάται μεταβολή της στάθμης της θάλασσας 0,2 έως 0,63 m ανά 1°C αύξηση της θερμοκρασίας. Οι ωκεανοί θερμαίνονται με διαφορετικούς ρυθμούς σε διαφορετικές περιοχές, αλλά μια ομοιογενής αύξηση του 1°C θα οδηγήσει σε αύξηση της μέσης στάθμης θάλασσας κατά 0,38 m.

### Τήξη των Παγετώνων

Οι παγετώνες είναι πιθανό να συμβάλλουν σημαντικά στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά τον 21ο αιώνα (αλλά μακροπρόθεσμα αποτελούν μικρή συμβολή). Η συμβολή των παγετώνων εκτιμάται σε 0,21 m ανά 1°C της αύξησης της θερμοκρασίας.



### Το παγοκάλυμμα της Γροιλανδίας

Το μεγάλο κάλυμμα πάγου της Γροιλανδίας (ισοδύναμο με 7m του επιπέδου της θάλασσας) μπορεί να έχει σημαντική συνεισφορά στην παγκόσμια άνοδο της στάθμης της θάλασσας για τα επόμενα χίλια χρόνια. Το παγοκάλυμμα της Γροιλανδίας θα συμβάλει ~ 0,18 m με 1°C αύξησης της θερμοκρασίας, και 0,34 m ανά 1°C της αύξησης της θερμοκρασίας μεταξύ 2-4°C.

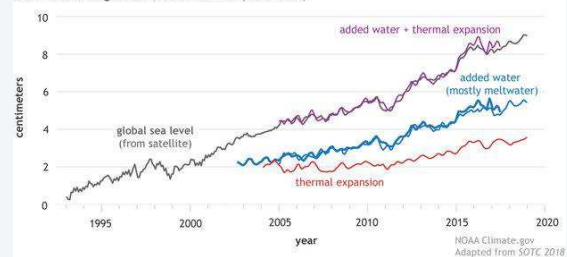


### Το στρώμα πάγου της Ανταρκτικής

Οι προσομοιώσεις για τα τελευταία 5 εκατ. χρόνια δείχνουν ότι στρώμα πάγου της Ανταρκτικής (ισοδύναμο με 58m του επιπέδου της θάλασσας) έχει μια σχετικά σταθερή προσφορά των 1,2 m ανά 1°C αύξησης της θερμοκρασίας.

## Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας

Contributors to global sea level rise (1993-2018)



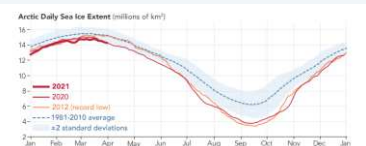
NOAA Climate.gov graphic, adapted from Figure 3.15a in *State of the Climate in 2018*.

Παρατηρήσεις της στάθμης της θάλασσας από το 1993 από δορυφόρο (μαύρη καμπύλη).

Ανεξάρτητες εκτιμήσεις των διαφορετικών συνιστωσών στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας: Θερμική διαστολή (κόκκινο), τήξη των παγετώνων (μπλε).

Συνολικά (μωβ γραμμή), οι ξεχωριστές εκτιμήσεις συμφωνούν με τις παρατηρούμενες μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας.

## Θαλάσσιοι πάγοι Arctic sea ice



Η έκταση θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής μειώνεται σε ποσοστό 12,8 % ανά δεκαετία, σε σχέση με το μέσο όρο 1981-2010. Ο πάγος της Αρκτικής θάλασσας φθάνει την ελάχιστη τιμή του κάθε Σεπτέμβριο.

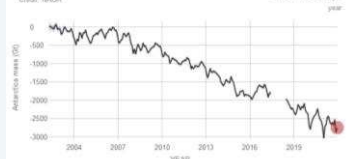


## Χερσαίοι πάγοι

Τα στρώματα πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής χάνουν σημαντικές ποσότητες χερσαίου πάγου ως αποτέλεσμα της ανθρωπογενούς υπερθέρμανσης του πλανήτη.

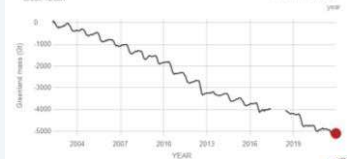
ANTARCTICA MASS VARIATION SINCE 2002  
Data source: Ice mass measurement by NASA's GRACE satellites. Gap represents time between missions. Credit: NASA

RATE OF CHANGE  
↓ 152.0  
billion metric tons per year

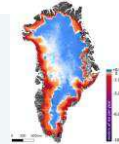
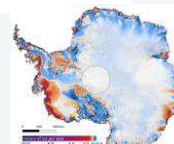


GREENLAND MASS VARIATION SINCE 2002  
Data source: Ice mass measurement by NASA's GRACE satellites. Gap represents time between missions. Credit: NASA

RATE OF CHANGE  
↓ 275.0  
billion metric tons per year

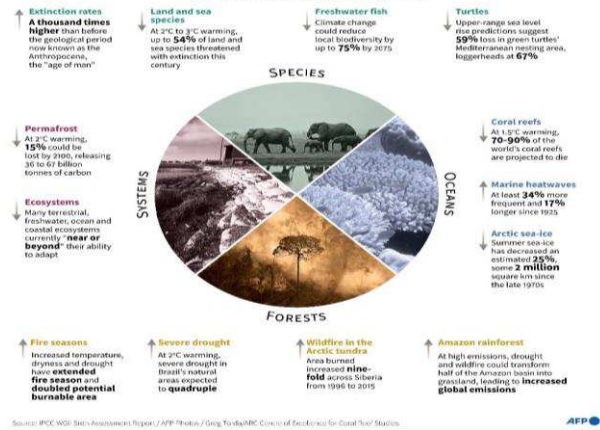


Credit: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ice-sheets/>  
Credit: Smith et al./Science



## Climate change: the impact on nature

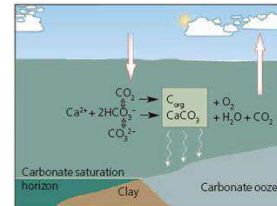
Highlights of a landmark intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) draft report on how a warming planet impacts nature



## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Οξείδωση των ωκεανών

- Οι ωκεανοί εμφανίζονται πιο όξινοι εξαιτίας των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες.
- Η αύξηση του ποσού του CO<sub>2</sub> που διαλύεται στους ωκεανούς έχει αυξήσει τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στους ωκεανούς.
- Το επιφανειακό pH των ωκεανών έχει γίνει πιο όξινο κατά περίπου 0,1 μονάδες από την προβιομηχανική εποχή.



Η οξείδωση των ωκεανών επηρεάζει τον κορεσμό των ωκεανών νερών σε ανθρακικό ασβέστιο, καθιστώντας λιγότερο διαθέσιμο αυτό το δομικό στοιχείο για τα όστρακα και τους σκελετούς, επηρεάζοντας την υγεία των κοραλλιών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών.



## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Κοραλλιογενείς ύφαλοι

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι στις διάφορες θαλάσσιες περιοχές του πλανήτη έχουν υποστεί σοβαρές βλάβες λόγω των ασυνήθιστα υψηλών θερμοκρασιών των ωκεανών.

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι είναι εξαιρετικά σημαντικοί όχι μόνο για τη βιοποικιλότητα (αποτελούν οικότοπους 'ενδιατήματα' για πάνω από το 25% του συνόλου των θαλάσσιων οργανισμών), αλλά και για τους ανθρώπους. Παρέχουν καταφύγιο σε πολλά είδη ψαριών, προστατεύουν τις παράκτιες περιοχές από τα κύματα των καταιγίδων, ενώ είναι σημαντικοί και για την τομή του τουρισμού.



Πρόκειται για πολύ εύθραυστα και ευαίσθητα οικοσυστήματα, τα οποία μπορούν να αντέξουν μόνο σε μικρό εύρος θερμοκρασιών.

Η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης μπορεί να σημαίνει το τέλος πολλών κοραλλιογενών υφάλων.



## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Κοραλλιογενείς ύφαλοι

Μια από τις πιο ορατά δραματικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος σε αυτά τα οικοσυστήματα είναι ο **αποχρωματισμός των κοραλλιών**. Όταν η θερμοκρασία του ωκεανού ανέβει σε υψηλά επίπεδα, τα κοράλλια γίνονται λευκά ή "αποχρωματίζονται". Αυτός ο παράγοντας πίεσης μπορεί να οδηγήσει σε νέκρωση των κοραλλιών.



- Η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης θα αυξήσει τη συχνότητα των τροπικών καταιγίδων, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν τη διάσπαση των κοραλλιογενών υφάλων.
- Ασυνήθιστα θερμά νερά (έως και 5°C) λόγω της αύξησης της συχνότητας της εμφάνισης του φαινομένου El Niño, θα αποτελέσει έναν ακόμα παράγοντα πίεσης για τα κοράλλια.
- Η αύξηση της συχνότητας των έντονων βροχοπτώσεων μπορεί να σημαίνει περισσότερες πλημμύρες, περισσότερο όγκο νερού από την εκροή των ποταμών και επομένως μεγαλύτερες εναποθέσεις ιζημάτων στις θάλασσες.
- Τέλος, η αλλαγή του κλίματος μπορεί επίσης να ελαττώσει την ικανότητα των κοραλλιών να κατασκευάζουν τους ασβεστολιθικούς σκελετούς τους.



## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα

- Απονέκρωση (αποχρωματισμός) των κοραλλιογενών υφάλων με δραματική ταχύτητα καταγράφεται κατά την έκθεση σε θερμοκρασίες κατά 3-4 °C υψηλότερες από τη μέγιστη εποχιακή SST για 6 μήνες ή περισσότερο
- Σημαντική ελάττωση των παγετώνων ή του όγκου των παγοσκεπών κορυφών
- Απώλεια σπάνιων ειδών χλωρίδας και ενδημικών ειδών (e.g. vegetation of Cape region of South Africa)
- Εκτεταμένη μείωση των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής με οφέλη στη ναυσιπλοΐα αλλά αντίθετες επιδράσεις σε ζώα που ανήκουν σε τέτοια περιβάλλοντα (π.χ. πολικές αρκούδες, φώκιες κλπ)



## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα

- Εξαφάνιση μέρους παράκτιων εδαφών λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας (έως 10% παγκοσμίως για 20 cm αύξηση, μεγαλύτερα ποσοστά κατά περίπτωση)
- Αυξημένες διαταραχές σε οικοσυστήματα λόγω πυρκαγιών και παρασιτικά έντομα
- Εξαφάνιση πολλών ειδών που βρίσκονται υπό κρίσιμη απειλή εξαφάνισης



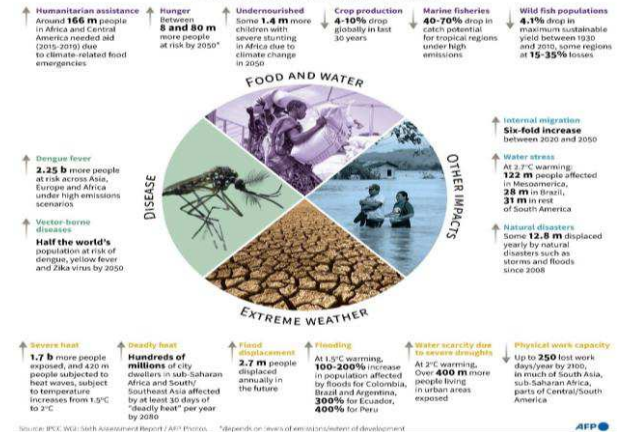
## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Επιπτώσεις στη γεωργία

- Γενική ελάττωση στην παραγωγή σιτηρών στις περισσότερες τροπικές και υποτροπικές περιοχές
- Γενική ελάττωση στην παραγωγή σιτηρών- δημητριακών στα μέσα γεωγ. πλάτη
- Μειώσεις στις παραγωγές σε περιοχές με αύξηση ξηρασίας
- Αυξημένος κίνδυνος λόγω υψηλών θερμοκρασιών σε κτηνοτροφία και καταστροφή σοδιών από εκτεταμένα κύματα καύσωνα
- Μειωμένος κίνδυνος λόγω παγετών στις παραγωγές

## Climate change: the impact on humanity

Highlights of a landmark Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) draft report on the effects of a warming planet on people







## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους

- Ελάττωση ποσότητας και ποιότητας νερού σε περιοχές με αυξημένη ξηρασία
- Αυξημένος κίνδυνος καταστροφών από πλημμύρες λόγω έντονων βροχοπτώσεων
- Μειωμένα αποθέματα νερού σε κάποιες χώρες (στην κεντρική Ασία, νότια Αφρική, Μεσογειακές χώρες και Μέσης Ανατολής)



## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Επιπτώσεις στην υγεία

- Επέκταση περιοχών με πιθανή εξάπλωση ελονοσίας (malaria) και του Δάγκειου πυρετού (dengue fever) εκτιμάται ότι 300 εκατομμύρια περισσότεροι άνθρωποι θα βρεθούν σε κίνδυνο να προσβληθούν
- Αύξηση θανάτων σχετιζόμενων με υψηλές θερμοκρασίες. Θα επηρεάσουν περισσότερο ευπαθείς ομάδες (αρρώστους, ηλικιωμένους κλπ) και ανθρώπους που δεν κάνουν χρήση κλιματιζόμενων χώρων.
- Αυξημένοι κίνδυνοι από μεταδιδόμενες ασθένειες και άλλα θέματα υγιεινής σε περιοχές με αύξηση (ένταση/συχνότητα) πλημμυρών, ξηρασιών, καταιγίδων
- Μείωση χειμερινών θανάτων σε εύκρατες ζώνες



## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Επιπτώσεις στην υγεία

Ο WHO δηλώνει ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει προκαλέσει, επίσης, αλλεργικές και αναπνευστικές παθήσεις.

"Καύσωνες αυξάνουν σωματίδια και σκόνη στον αέρα, ενώ η αύξηση του επιπέδου της θάλασσας μπορεί να προκαλέσει πλημμύρες στις παράκτιες περιοχές, και μολύνσεις στις πηγές πόσιμου νερού". Το άλλο αποτέλεσμα είναι μια αύξηση της χολέρας και της ελονοσίας, ιδίως στις φτωχές χώρες.

Κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία λόγω των κλιματικών αλλαγών μπορεί να προκύψουν από την έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες (θνησιμότητα από καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις) και από αύξηση των φυσικών καταστροφών λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων (συμπεριλαμβανομένων των θανάτων και των τραυματισμών που συνδέονται με την καταστροφή).

#### Άλλοι κίνδυνοι ενδέχεται να προκύψουν λόγω:

- Της μεταβαλλόμενης δυναμικής των φορέων της νόσου, όπως η ελονοσία και ο δάγκειος πυρετός,
- Μείωση στην απόδοση των καλλιεργειών
- Αύξηση σε φυτικά και ζωικά παράσιτα και παθογόνους παράγοντες
- Αυξημένη υφαλμύρωση των παράκτιων εδαφών και γλυκού νερού (λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας)
- Κίνδυνος λόγω εξάντλησης φυσικών πόρων.



## Επιπτώσεις της Κλιματικής αλλαγής

### Επιπτώσεις στην οικονομία

- Αυξημένες τιμές σε ασφάλειες και μείωση στα συμβόλαια ασφάλισης (εκ μέρους των ασφαλιστικών εταιριών) λόγω των συχνότερων και εντονότερων ακραίων κλιματικών φαινομένων
- Μειωμένες απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση κτιρίων το χειμώνα και αυξημένες απαιτήσεις για ψύξη κτιρίων το καλοκαίρι



# Μεσόγειος

ένα hotspot της κλιματικής αλλαγής όπου οι ευπάθειες επιδεινώνονται



Θέρμανση  
**20%**

ταχύτερα από τον παγκόσμιο μέσο όρο

Αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιάς λόγω επιμύκνσης της περιόδου πυρκαγιών, από την αύξηση των καύσωνες και της ηρασίας



#SustainableMED

Παρατηρείται ήδη

**0,4°C**

αύξηση της θερμοκρασίας του θαλασσινού νερού (έως +3,5°C έως το 2100)



Χαμηλού υψομέτρου παράκτια μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς απειλούνται από πλημμύρες και διάβρωση



Μείωση **-0,1** στο pH της θάλασσας από την προβιομηχανική περίοδο και προβλεψή **-0,4** έως το 2100

pH



Μείωση **-30%**

βροχοπτώσεων σε άνοιξη/καλοκαίρι έως 2080 και +10/20% των έντονων βροχοπτώσεων εκτός καλοκαιριού



**-30%**

Μείωση **-30%**

## Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

μεταξύ 0,43 και 2,5 m έως το 2100, ανάλογα με τα σενάρια και τις προβλέψεις. Αυξημένος κίνδυνος για τα 20 εκατ. ανθρώπους που ζουν κάτω από τα 5m του σημερινού επιπέδου

Αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιάς λόγω επιμύκνσης της περιόδου πυρκαγιών, από την αύξηση των καύσωνες και της ηρασίας

## Συνέπειες

- + κύματα καύσινα
- + διάβρωση των ακτών
- + πυρκαγιές
- + εισβάλλοντα είδη
- + αξίωση της θάλασσας
- + πλημμύρες
- τροποποίηση των μεταναστεύσεων και κίνδυνος εξαφάνισης ορισμένων ειδών
- ποιότητα αλιεία υδατοκαλλιέργειας
- αγροτική παραγωγή



© 2019 by the IEMed on the basis of the assessment and 'State of the Mediterranean and the information sources: www.planblue.org/med164