

# Κλιματική Αλλαγή

## Εισαγωγή



Η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει τις επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων



ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ



ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ



ΣΥΧΝΟΤΕΡΑ ΨΥΧΡΑ ΕΠΙΣΤΟΔΙΑ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ ΚΑΥΣΩΝΑ



ΙΣΧΥΡΟΤΕΡΕΣ ΚΑΤΑΠΛΙΔΕΣ ΚΑΙ ΤΥΦΩΝΕΣ



## Κλιματική Αλλαγή, Τι ακούμε;



## Εισαγωγή στην κλιματική αλλαγή

Το κλίμα αλλάζει,  
το κλίμα πάντα αλλάζει,  
αλλά τώρα εμείς επιταχύνουμε τη  
διαδικασία σε ανεξερεύνητο έδαφος



## Κλιματική Αλλαγή

Το κλίμα αλλάζει συνεχώς. Τα στοιχεία δείχνουν ότι το κλίμα έχει αλλάξει στο παρελθόν, και τίποτα δεν υποδηλώνει ότι δεν θα συνεχίσει να αλλάζει στο μέλλον. Καθώς το αστικό περιβάλλον μεγαλώνει, το κλίμα του διαφέρει από αυτό των γειτονικών του περιοχών.



Μερικές φορές η διαφορά είναι εντυπωσιακή, όπως όταν οι νύχτες της πόλης είναι πιο ζεστές από τις νύχτες των αγροτικών περιοχών.



## Κλιματική Αλλαγή

Η **αλλαγή του κλίματος συμβαίνει τώρα** καθώς ο κόσμος θερμαίνεται με ανησυχητικό ρυθμό. Κατά συνέπεια, στο Βόρειο Ημισφαίριο, ο πολικός θαλάσσιος πάγος το χειμώνα δεν εκτείνεται τόσο νότια όσο κάποτε, ο πάγος της Γροιλανδίας λιώνει γρήγορα και η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται παγκοσμίως.

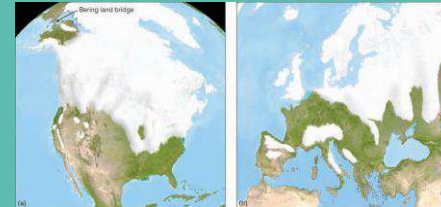
Η κύρια αιτία αυτής της υπερθέρμανσης του πλανήτη φαίνεται να είναι οι **ανθρώπινες δραστηριότητες**.

- Θα εξετάσουμε πρώτα τα στοιχεία για την κλιματική αλλαγή στο παρελθόν.
- Θα αναφέρουμε τις αιτίες της κλιματικής αλλαγής, τόσο λόγω των φυσικών διακυμάνσεων, όσο και της ανθρώπινης παρέμβασης.
- Θα δούμε πώς παρατηρείται η κλιματική αλλαγή και ποιες είναι οι επιπτώσεις της.



## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων

Πριν από 18.000 χρόνια η γη βίωσε μία ψυχρή περίοδο, με τους αλπικούς παγετώνες να εξαπλώνονται στις κοιλάδες των ποταμών και τεράστια καλύμματα ηπειρωτικών παγετώνων να εκτείνονται σε περιοχές της Βόρειας Αμερικής και Ευρώπης.



Εκταση παγετώνων πριν από περίπου 18.000 χρόνια πάνω από (α) τη Βόρεια Αμερική και πάνω από (β) τη δυτική Ευρώπη



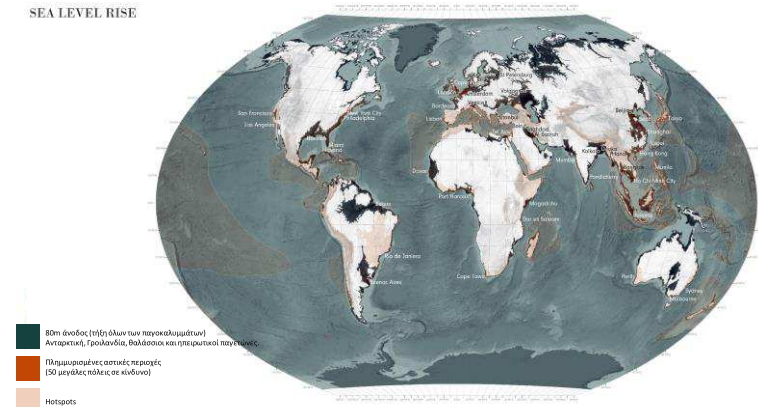
## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων

Σήμερα, οι παγετώνες καλύπτουν λιγότερο από το 10% της επιφάνειας της γης. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του πάγου βρίσκεται στα παγοκαλύμματα της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής και η συσσώρευσή του με την πάροδο του χρόνου επέτρεψε στους επιστήμονες να μετρήσουν τις κλιματικές αλλαγές του παρελθόντος.

Εάν οι παγκόσμιες θερμοκρασίες επρόκειτο να αυξηθούν τόσο ώστε να λιώσουν όλοι αυτοί οι πάγοι, το επίπεδο του ωκεανού θα ανέβαινε κατά 60-80 m.

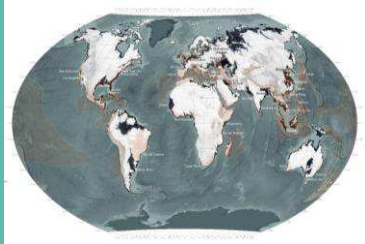
Τα καταστροφικά αποτελέσματα: Πολλές μεγάλες πόλεις (όπως η Νέα Υόρκη, το Τόκιο και το Λονδίνο) θα πλημμυρίσουν. Ακόμη και μια αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας αρκετών βαθμών Κελσίου μπορεί να είναι αρκετή για να αυξήσει τη στάθμη της θάλασσας κατά 1 m ή περισσότερο, πλημμυρίζοντας παράκτιες πεδινές περιοχές.

### SEA LEVEL RISE





## Άνοδος στάθμης της θάλασσας



- Σε αυτό το σενάριο (άνοδος κατά 80m), θα δημιουργηθούν τεράστιες νέες ακτές και εσωτερικές θάλασσες και 50 από τις μεγαλύτερες πόλεις του κόσμου θα γίνουν αρχιτεκτονικοί ύφαλοι.
- Ακόμα κι αν η στάθμη της θάλασσας ανεβεί μόνο 0,74 μέτρα έως το 2100, όπως προβλέπεται, περίπου 115 εκατομμύρια άνθρωποι θα εκτοπιστούν και 420.000 km<sup>2</sup> γης θα καλυφθούν από τις θάλασσες.



## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων

Άλλα στοιχεία για την παγκόσμια κλιματική αλλαγή προέρχονται από δείγματα **πυρήνων πάγου** που λαμβάνονται από παγετώνες της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής.

Τα δείγματα μπορεί να περιέχουν υπολείμματα κελυφών ανθρακικού ασβεστίου μικροοργανισμών που κάποτε ζούσαν κοντά στην επιφάνεια. Επειδή ορισμένοι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν μόνο σε ένα στενό εύρος θερμοκρασίας, η κατανομή και ο τύπος των οργανισμών εντός του δείγματος υποδηλώνουν τη θερμοκρασία του επιφανειακού νερού.

Επιπλέον, η αναλογία των ισotόπων οξυγόνου παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη στρωμάτωση των παγετώνων. Π.χ., το μεγαλύτερο μέρος του οξυγόνου στο θαλάσσιο νερό αποτελείται από 8 πρωτόνια και 8 νετρόνια στον πυρήνα του, δίνοντάς του ατομικό βάρος 16. Ωστόσο, ένα στα χίλια άτομα οξυγόνου περιέχει επιπλέον 2 νετρόνια, δίνοντάς του ατομικό βάρος 18. Όταν το νερό του ωκεανού εξατμίζεται, το βαρύ <sup>18</sup>O τείνει να μένει πίσω. Κατά συνέπεια, κατά τις περιόδους προόδου του παγετώνα, οι ωκεανοί, που περιέχουν λιγότερο νερό, έχουν υψηλότερη συγκέντρωση <sup>18</sup>O.

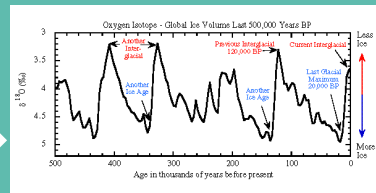


## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων

Τα κελύφη των θαλάσσιων οργανισμών κατασκευάζονται από τα άτομα οξυγόνου που υπάρχουν στο νερό των ωκεανών, προσδιορίζοντας την αναλογία <sup>18</sup>O προς <sup>16</sup>O μέσα σε αυτά τα κελύφη, δίνονται πληροφορίες για το πώς ήταν το κλίμα στο παρελθόν.

Υψηλότερη αναλογία <sup>18</sup>O προς <sup>16</sup>O στο δείγμα υποδηλώνει ψυχρότερο κλίμα, ενώ χαμηλότερη αναλογία υποδηλώνει θερμότερο κλίμα.

Ratio of <sup>18</sup>O to <sup>16</sup>O (known as δ<sup>18</sup>O)



Διαχρονική συγκέντρωση <sup>18</sup>O



## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων

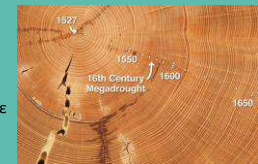
Άλλες ενδείξεις κλιματικής αλλαγής προέρχονται από την επιστήμη που μελετά τους ετήσιους δακτύλιους ανάπτυξης των δέντρων, και ονομάζεται **δενδροχρονολογία**.

Καθώς μεγαλώνει ένα δέντρο, παράγει ένα στρώμα κυττάρων ξύλου κάτω από το φλοιό του. Η ανάπτυξη κάθε έτους εμφανίζεται ως δαχτυλίδι. Οι αλλαγές στο πάχος των δακτυλίων υποδηλώνουν κλιματικές αλλαγές που μπορεί να έχουν συμβεί από το ένα έτος στο άλλο.

Η πυκνότητα των δαχτυλιδιών με καθυστερημένη ανάπτυξη είναι μια ακόμη καλύτερη ένδειξη των αλλαγών στο κλίμα. Η παρουσία δακτυλίων παγετού σε ιδιαίτερα κρύες περιόδους και η χημεία του ίδιου του ξύλου παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με ένα μεταβαλλόμενο κλίμα.

Οι δακτύλιοι των δέντρων είναι χρήσιμοι μόνο σε περιοχές που βιώνουν έναν ετήσιο κύκλο και σε δέντρα που τονίζουν τη θερμοκρασία ή την υγρασία κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου τους.

Η ανάπτυξη των δακτυλίων δέντρων έχει συσχετιστεί με τα πρότυπα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για εκατοντάδες χρόνια στο παρελθόν σε διάφορες περιοχές του κόσμου.





## 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 ισωτόπων 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 δευτέρου (βαρύ υδρογόνο) στους πυρήνες πάγου, που υποδηλώνουν μεταβολές θερμοκρασίας



## Παλιοκλιματολογία



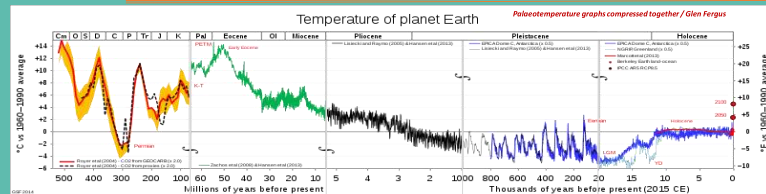
Η ανακατασκευή του παλαιο-κλίματος είναι σημαντική για την κατανόηση της φυσικής διακύμανσης του κλίματος και της εξέλιξης του σημερινού κλίματος.

Η **Παλιοκλιματολογία** είναι η μελέτη των κλιμάτων για τα οποία δεν υπάρχουν συστηματικές μετρήσεις. Καθώς τα ενόργανα αρχεία καλύπτουν μόνο ένα μικρό μέρος της ιστορίας της Γης, η ανακατασκευή του παλαιού κλίματος είναι σημαντική για την κατανόηση της φυσικής διακύμανσης του κλίματος και της εξέλιξης του τρέχοντος κλίματος.

Χρησιμοποιεί μια ποικιλία εναλλακτικών μεθόδων από τις γεω- και βιο-επιστήμες (προxy) για να ανακτήσει πληροφορίες και δεδομένα που είχαν διατηρηθεί σε πετρώματα, ιζήματα, παγοκαλύμματα, δακτυλίους δέντρων, κοράλλια, κοχύλια και μικροσπολιώματα. Σε συνδυασμό με τεχνικές προσδιορισμού της ηλικίας των προxy, αυτά στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των προηγούμενων κλιματικών καταστάσεων των διαφόρων περιοχών της Γης.



## Παλιοκλιματολογία



540 έως 65 εκ. χρόνια πριν

Τα δεδομένα προέρχονται από μετρήσεις ορυζήτων οξυγόνου από το **επίλυση** μικροσκοπικών θαλάσσιων οργανισμών.

Είναι δύσκολο η ερμηνεία τόσο παλαιών δεδομένων. Επισήμανο το κλίμα 1. Θερμότερο ως **παλαιότερο** (θερμότερο/ψυχρότερο).

65 έως 5,3 εκ. χρόνια πριν

Τα δεδομένα προέρχονται από μετρήσεις **οξυγόνου οξυγόνου** από το **επίλυση** μικροσκοπικών θαλάσσιων οργανισμών.

Αυτή είναι μια άριστη εκτίμηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST) (ανάλογη της T<sub>air</sub>).

Μία κριτική εκτίμηση για το βάθος 1. Είναι πιο ποσοτική από το κλίμα 1.

5,3 έως 1 εκ. χρόνια πριν

Τα δεδομένα προέρχονται από μετρήσεις **οξυγόνου οξυγόνου** από το **επίλυση** μικροσκοπικών θαλάσσιων οργανισμών.

Αυτή είναι μια άριστη εκτίμηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST).

Μία κριτική εκτίμηση για το βάθος 1. Είναι πιο ποσοτική από το κλίμα 1.

1 εκ. έως 20.000 χρόνια πριν

Εκτιμήσεις θερμοκρασίας από μετρήσεις **οξυγόνου οξυγόνου** από το **επίλυση** μικροσκοπικών θαλάσσιων οργανισμών.

Οι εκτιμήσεις της θερμοκρασίας είναι πολλές, όχι παγκόσμιες και γι' αυτό διαφέρουν με έναν τυπικό συνολικό πολλαπλό ενόργανο για να μετατραπούν κατά προτίμηση σε παγκόσμιες εκτιμήσεις.

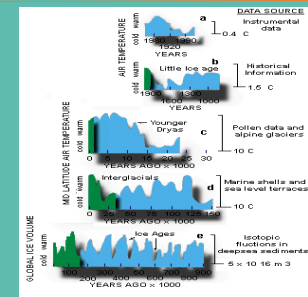
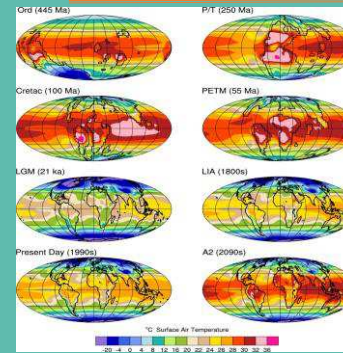
20.000 χρόνια πριν έως σήμερα (2015)

Παρουσιάζονται γραφικά πέντε σύνολα δεδομένων:

(1,2) Εκτιμήσεις θερμοκρασίας από μετρήσεις οξυγόνου οξυγόνου στους παγώνες πάχους της EPICA Dome C από την κεντρική Ανταρκτική. (3) Εκτιμήσεις της παγκόσμιας θερμοκρασίας για τα "12.000 χρόνια του Ολόκαινου από τη σελήνη και ερμηνεία πολλών προxy. (4) Ενόργανη καταγραφή από το 1850 από το σύνολο δεδομένων της αερίωσης. (5) Προβλεπόμενες θερμοκρασίες για το 2050 και το 2100 για το σενάριο RCP8.5.



## Παλιοκλιματολογία



Αναδόμηση θερμοκρασίας σε παλαιές περιόδους για διάφορες χρονικές κλίμακες, χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές της Παλιοκλιματολογίας.



## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων

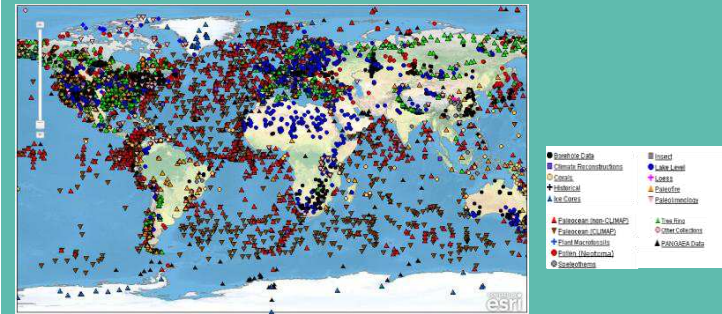
Το **World Data Service for Paleoclimatology** (<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo>), του National Oceanic and Atmospheric Administration's National Centers for Environmental Information, παρέχει δεδομένα και πληροφορίες για την κατανόηση της φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος και της μελλοντικής κλιματικής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



Παλαιοκλιματικά proxies και ανακατασκευές χρησιμοποιούνται για την κατανόηση του παρελθόντος κλίματος της Γης



## Ανακατασκευή προηγούμενων κλιμάτων



Γεωγραφική κάλυψη της World Data Service για δεδομένα Παλαιοκλιματολογίας



## Το κλίμα μέσα στο γεωλογικό χρόνο

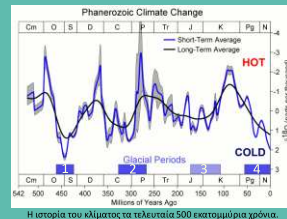
Στο μεγαλύτερο μέρος της ιστορίας της γης, το παγκόσμιο κλίμα ήταν πιθανώς πολύ θερμότερο σε σχέση με σήμερα.

Κατά το μεγαλύτερο μέρος, οι πολικές περιοχές ήταν απαλλαγμένες από πάγο. Αυτές οι συγκριτικά θερμές συνθήκες, ωστόσο, διακόπηκαν από αρκετές παγετώδεις περιόδους.

Γεωλογικά στοιχεία δείχνουν ότι μία παγετώδης περίοδος εμφανίστηκε πριν από 450 εκατομμύρια χρόνια (*Andean-Saharan*) και μια άλλη περίπου 300 εκ. Χρόνια (*Karoo*). Μια λιγότερο σοβαρή ψυχρή περίοδος ή εποχή παγετώνων εμφανίζεται κατά την Ιουρασικό-Κρητιδικό (150 Ma).

Η πιο πρόσφατη - η εποχή του Πλειστόκαινου ή, απλά, η εποχή των παγετώνων - ξεκίνησε περίπου πριν 2,5 εκ. χρόνια.

Ας συνοψίσουμε τις κλιματολογικές συνθήκες που οδήγησαν στο Πλειστόκαινο.



## Το κλίμα μέσα στο γεωλογικό χρόνο

Πριν περίπου 65 εκ. χρ., η γη ήταν θερμότερη από σήμερα και δεν υπήρχαν παγοκαλύμματα στους πόλους.

Πριν 55 εκ. χρ., η γη εισήλθε σε μια μακρά περίοδο ψύξης και εκατομμύρια χρόνια αργότερα εμφανίστηκαν πολικοί πάγοι.

Με τη σταδιακή μείωση των θερμοκρασιών, ο πάγος έγινε πιο παχύς και περίπου πριν 10 εκ. χρ. ένα παχύ στρώμα πάγου κάλυψε την Ανταρκτική. Επίσης, χιόνι και πάγος άρχισαν να συσσωρεύονται σε ψηλές ορεινές κοιλάδες του Βόρειου Ημισφαιρίου και σύντομα εμφανίστηκαν οι αλπικοί παγετώνες.

Περίπου 2,5 εκ. χρ., ηπειρωτικοί παγετώνες εμφανίστηκαν στο Βόρειο Ημισφαίριο, σηματοδοτώντας την αρχή της εποχής του Πλειστόκαινου. Το Πλειστόκαινο, ήταν μια περίοδος που οι παγετώνες επεκτείνονταν και υποχωρούσαν σε μεγάλα τμήματα της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης.

Οι πιο πρόσφατοι παγετώνες της Β. Αμερικής έφτασαν το μέγιστο πάχος και την έκτασή τους πριν από περίπου 18.000–22.000 χρόνια. Οι μέσες θερμοκρασίες στη Γροιλανδία ήταν περίπου 10° C και στους τροπικούς περίπου 4°C χαμηλότερα από σήμερα.

Επειδή μεγάλο μέρος του νερού είχε τη μορφή πάγου πάνω από την θηρά, η στάθμη της θάλασσας ήταν ~120 m χαμηλότερη από αυτήν που είναι τώρα.

Η χαμηλότερη στάθμη της θάλασσας εξέθεσε τεράστιες εκτάσεις γης, όπως η γέφυρα της γης Bering (μια λωρίδα γης που συνέδεε τη Σιβηρία με την Αλάσκα, όπως φαίνεται στην Εικόνα), η οποία επέτρεψε τη μετανάστευση ανθρώπων και ζώων από την Ασία στη Βόρεια Αμερική.





## Το κλίμα μέσα στο γεωλογικό χρόνο



Οι πάγοι άρχισαν να υποχωρούν περίπου πριν 14.000 χρόνια και οι επιφανειακές θερμοκρασίες άρχισαν να αυξάνονταν αργά.

Πριν ~12.700 χρόνια, η μέση θερμοκρασία ξαφνικά μειώθηκε και η ΒΑ Αμερική και η Β Ευρώπη επανήλθαν στις παγετώδεις συνθήκες. Περίπου 1000 χρόνια αργότερα, το ψυχρό κλιματικό επεισόδιο που είναι γνωστό στη βιβλιογραφία με τον όρο Νεαρή Δρυάς ("Younger Dryas", 11.000-10.000 π.Χ) έληξε απότομα και οι θερμοκρασίες αυξήθηκαν σε πολλές περιοχές.

Άλλη μία ψυχρή περίοδος ξεκίνησε πριν 8000 χρόνια (η μέση θερμοκρασία μειώθηκε κατά 2 °C) στην Κεντρική Ευρώπη. Οι θερμοκρασίες άρχισαν πάλι να αυξάνονται πριν 6000 χρόνια και επειδή αυτή η θερμή περίοδος ευνόησε την ανάπτυξη των φυτών, είναι γνωστή ως το κλιματικό βέλτιστο του Ολοκαίνου.

Περίπου πριν 5.000 χρόνια, ξεκίνησε άλλη μια περίοδος ψύξης, κατά την οποία επέστρεψαν εκτεταμένοι αλπικοί παγετώνες, αλλά όχι πεπτωκτικοί παγετώνες.



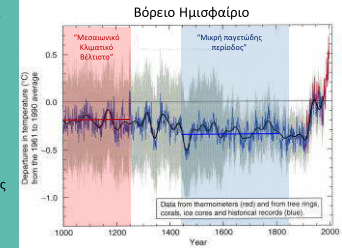
## Τάσεις της θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 1000 χρόνια

Το διπλό ο 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 παράχθηκε 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 αλπικούς παγετώνες να αυξάνουν το μέγεθος και να εκτείνονται στις κοιλάδες των ποταμών.

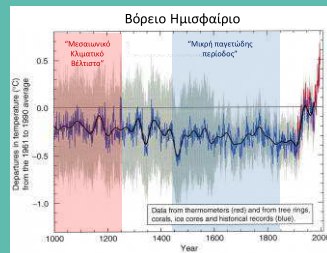
Σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, οι χειμώνες ήταν σφοδροί και μεγάλης διάρκειας και τα καλοκαίρια σύντομα και υγρά.

Οι αμπέλιες 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.



## Συνιστώσες του κλιματικού συστήματος

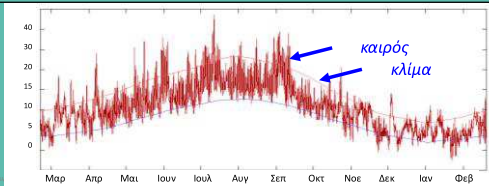




## Κλιματική Αλλαγή & κλιματική Μεταβλητότητα, Τύποι φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος

“Climate is what you expect  
Weather is what you get”

- **Καιρός:** Τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια μιας σύντομης χρονικής περιόδου (όχι περισσότερο από μερικές ημέρες).
  - Π.χ.: **Τρέχουσα θερμοκρασία**, βροχόπτωση, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία
- **Κλίμα:** Τα στατιστικά (μέσοι όροι) του καιρού κατά τη διάρκεια μακράς περιόδου.
  - Π.χ.: **Μέση θερμοκρασία**, βροχόπτωση, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία



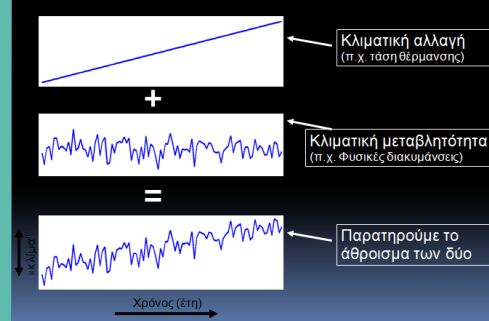
## Κλιματική Αλλαγή & κλιματική Μεταβλητότητα, Τύποι φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος

- Κλίμα είναι η μέση καιρική κατάσταση σε μια δεδομένη περιοχή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Το κλίμα είναι το μακροπρόθεσμο μοτίβο καιρικών συνθηκών σε μια περιοχή, επί μακρό χρονικό διάστημα (συνήθως 30 έτη).
- Περιμένουμε ο καιρός να αλλάζει πολύ από μέρα σε μέρα, αλλά το κλίμα να παραμένει σχετικά σταθερό.
- Αν το κλίμα δεν παραμένει σταθερό, τότε μιλούμε για κλιματική αλλαγή.
- Το βασικό ερώτημα είναι: τι είναι σημαντική αλλαγή? - και αυτό εξαρτάται από το επίπεδο της κλιματικής μεταβλητότητας.
- Είναι κρίσιμης σημασίας να καταλάβουμε τη διαφορά μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και κλιματικής μεταβλητότητας ...



## Κλιματική Αλλαγή & κλιματική Μεταβλητότητα, Τύποι φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος

### Κλιματική αλλαγή vs. Κλιματική Μεταβλητότητα



## Κλιματική Αλλαγή & κλιματική Μεταβλητότητα, Τύποι φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος

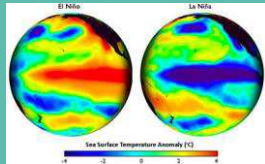
Οι κατηγορίες φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος ταξινομούνται σύμφωνα με τους παράγοντες (*forcing type*) που τις προκαλούν (εσωτερικοί ή εξωτερικοί του κλιματικού συστήματος) και εάν είναι περιοδικές/κυκλικές ή επεισοδιακές.

### Γνωστές κατηγορίες φυσικής μεταβλητότητας:

1. Εποχικότητα	90 ημέρες	περιοδικό	εξωτερικό
2. El Niño/La Nina	3-5 έτη	περιοδικό	εσωτερικό
3. North Atlantic Oscillation	δεκαετία	περιοδικό	εσωτερικό?
4. Ηφαιστειακά φαινόμενα	καμία	επεισοδιακό	εξωτερικό
5. Παγετώδεις περίοδοι	40,000 έτη	περιοδικό	εσωτερικό
6. Pacific Decadal Oscillation	20-50 έτη	περιοδικό	εσωτερικό?



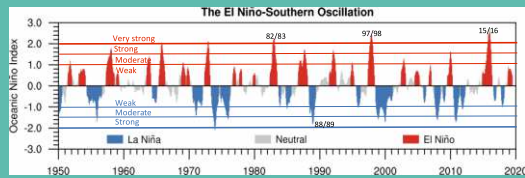
## Κλιματική Μεταβλητότητα: ENSO - El Niño Southern Oscillation



- Ετήσιες διακυμάνσεις που συχνά σχετίζονται με το ENSO. Πχ ΒΔ ΗΠΑ:
  - El Niño = **θερμολίξηροι** χειμώνες.
  - La Niña = **ψυχροί/υγροί** χειμώνες.

• Επιπτώσεις του ENSO παρατηρούνται σε παγκόσμιο επίπεδο.

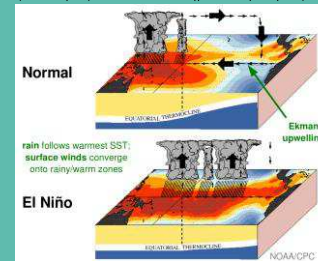
• Η πρόβλεψη του ENSO και οι πιο έντονες επιπτώσεις παρατηρούνται νοτιότερα, κοντά στον Ισημερινό Ειρηνικό.



## Κλιματική Μεταβλητότητα: ENSO - El Niño Southern Oscillation

Τι είναι το ENSO;

Το El Niño / Southern Oscillation (ENSO) είναι μια ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST), των βροχοπτώσεων, των ανέμων και των ρευμάτων στον τροπικό Ειρηνικό ωκεανό, η οποία επηρεάζει τον καιρό, τις οικονομίες και τα οικοσυστήματα παγκοσμίως.



## Κλιματική Αλλαγή & κλιματική Μεταβλητότητα, Τύποι φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος

Οι ερευνητές έχουν τώρα μια αρκετά καλή κατανόηση των παγκόσμιων καιρικών επιδράσεων που προκαλούνται από το φαινόμενο El Niño.

Οι επιστήμονες έχουν δείξει ότι το El Niño προκαλεί ξηρασία στην Αφρική, την Αυστραλία και τη Νοτιοανατολική Ασία, ενώ η μείωση της παραγωγικότητας στον Ειρηνικό Ωκεανό επηρεάζει τις αλιευτικές δραστηριότητες.



Τυπικές συνθήκες El Niño



Τυπικές συνθήκες La Niña



## Αλλαγή του κλίματος που προκαλείται από φυσικά αίτια

Γιατί αλλάζει το κλίμα της γης; Υπάρχουν τρεις «εξωτερικές» αιτίες της κλιματικής αλλαγής:

1. αλλαγές στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία
2. αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας
3. αλλαγές στην επιφάνεια της γης



Νέφος τέφρας από το ηφαιστειακό Σαργόνιο στα νησιά Κουή, ΒΑ της Ιαπωνίας. Η φωτογραφία τραβήχτηκε από τον Διαστημικό Τομέα στο αρχικό στάδιο της έκρηξης του ηφαιστειακού στις 12 Ιουνίου 2009. Credit: NASA



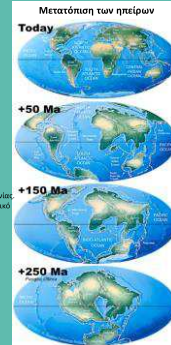
Υψηλό αλbedo, χαμηλή απορρόφηση ακτινοβολίας



Χαμηλότερο αλbedo, υψηλότερη απορρόφηση ακτινοβολίας, αύξηση επιφανειακής θερμοκρασίας



Πολύ χαμηλό αλbedo, πολύ υψηλή απορρόφηση ακτινοβολίας, μεγάλο αύξηση επιφανειακής θερμοκρασίας

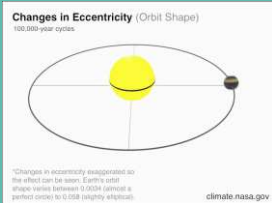




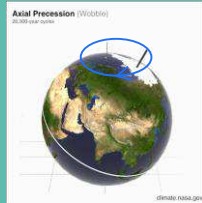


## Αλλαγή του κλίματος που προκαλείται από φυσικά αίτια

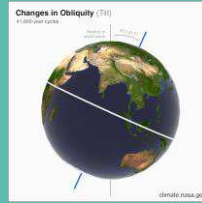
Μια θεωρία που αποδίδει κλιματολογικές αλλαγές σε μεταβολές στην τροχιά της γης είναι η θεωρία του **Milankovitch**, που ονομάστηκε για τον αστρονόμο Μίλουτιν Μιλάνκοβιτς, ο οποίος πρότεινε την ιδέα τη δεκαετία του 1930. Η βασική προϋπόθεση αυτής της θεωρίας είναι ότι, καθώς η γη ταξιδεύει στο διάστημα, τρεις ξεχωριστές κυκλικές κινήσεις συνδυάζονται προκαλώντας μεταβολές στην ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που πέφτει στη γη.



Εκκεντρότητα



Μετάπτωση των ισημεριών



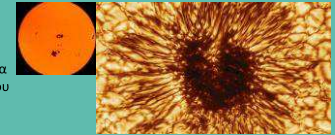
Λόξωση της ελλειπτικής



## Αλλαγή του κλίματος που προκαλείται από φυσικά αίτια

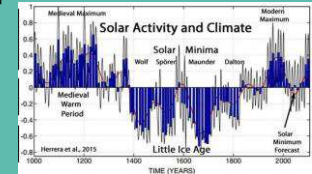
### Διακυμάνσεις ηλιακής ακτινοβολίας

Οι ηλιακές κηλίδες είναι σκοτεινές ψυχρότερες περιοχές στην επιφάνεια του ήλιου, που δημιουργούνται από τη δυναμική του μαγνητικού πεδίου του.



Η ηλιακή δραστηριότητα, όπως μετρείται με βάση τον αριθμό των παρατηρούμενων κηλίδων, ακολουθεί ένα περιοδικό 11ετή κύκλο. Όταν η ηλιακή δραστηριότητα φθάνει στο αποκορύφωμά της, ο Ήλιος γεμίζει σκούρες κηλίδες.

Μελετώντας τις ηλιακές κηλίδες, οι ερευνητές θεωρούν ότι η αύξηση της ηλιακής δραστηριότητας κατά τον 11ετή ηλιακό κύκλο είναι ανάλογη με την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη Γη και θερμαίνει τον πλανήτη.



## Αλλαγή του κλίματος που προκαλείται από φυσικά αίτια

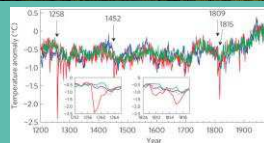
### Ηφαιστειακές εκρήξεις

- Απελευθερώνονται τεράστιες ποσότητες τέφρας.
- Εκπομπές αερολυμάτων, όπως διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ )

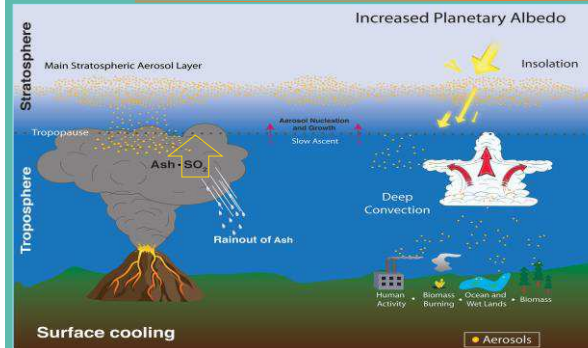


### Επίδραση των αερολυμάτων, όπως $\text{SO}_2$ στην ατμόσφαιρα:

- θέρμανση στη στρατόσφαιρα
- ψύξη στην τροπόσφαιρα (θέρμανση του χειμώνα είναι πιθανή)



## Επίδραση των ηφαιστειακών αερίων



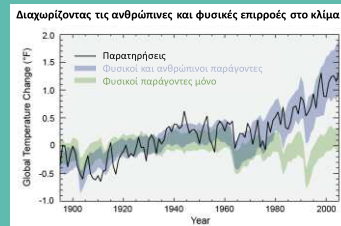
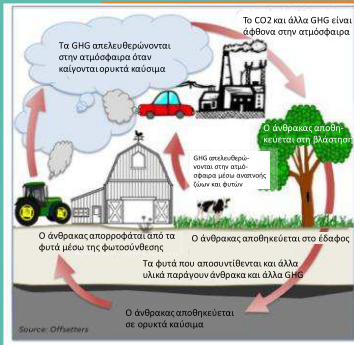
Εκατομμύρια τόνοι αερίων διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) από μια μεγάλη ηφαιστειακή έκρηξη μπορούν να φτάσουν στη στρατόσφαιρα.

Αφού μετατραπούν σε σταγονίδια θειικού οξέος, αυτά τα αερολύματα αντανακλούν την ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο, εμποδίζοντας έτσι τις ακτίνες του ήλιου να θερμάνουν την επιφάνεια της Γης.

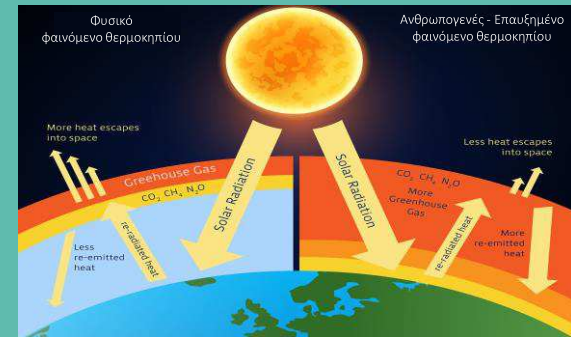
Credit: Kr. Ruhlman/NASA



## Ανθρωπογενής Κλιματική Αλλαγή



## Το φαινόμενο του θερμοκηπίου



## Το επαυξημένο φαινόμενο του θερμοκηπίου – Ανθρωπογενείς επιδράσεις

- Διαταραχές στη σύσταση της ατμόσφαιρας - **επαυξημένο φαινόμενο του θερμοκηπίου**
- Επίδραση αερολυμάτων:
  - Άμεση επίδραση (διάχυση εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας)
  - Έμμεση επίδραση (επίδραση στις ανακλαστικές ιδιότητες των νεφών)
- Αλλαγές στη χρήση γης (γεωργία, αποψίλωση, αναδάσωση, αστικοποίηση, κυκλοφοριακή κίνηση, ...)



## Θερμοκηπικά αέρια

### Ποια είναι?

Υδατμοί (H<sub>2</sub>O)

Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>)

Χλωροφθοράνθρακες (CFC's)

Υποξείδια του αζώτου (N<sub>2</sub>O)

Όζον (O<sub>3</sub>)

- Οι υδατμοί ευθύνονται για το **60%** του φαινομένου του θερμοκηπίου,
- το CO<sub>2</sub> για τα **26%** και
- τα υπόλοιπα θερμοκηπικά αέρια για το **14%**.
- CO<sub>2</sub> συνεισφέρει περισσότερο (55-60%) στο επαυξημένο (ανθρωπογενές) φαινόμενο του θερμοκηπίου, και το μεθάνιο έρχεται δεύτερο με διαφορά (16%).



## Κλιματικές Αλλαγές στο Παρόν

- Η παγκόσμια θερμοκρασία της επιφανείας έχει αυξηθεί κατά περίπου 0,6 °C από το 1900
- Είναι πιθανό ότι αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα είναι μεγαλύτερη από οποιοδήποτε άλλον αιώνα από το 200μΧ, και ότι η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη δεκαετία στην τελευταία χιλιετία.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας διαφέρει σε διαφορετικά μέρη του κόσμου, αλλά κατά τα τελευταία 25 χρόνια, σχεδόν παντού έχει παρατηρείται θέρμανση, ενώ πολύ λίγα μέρη έχουν ψυχθεί.
- Άλλες παρατηρούμενες αλλαγές:
  - Η στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά περίπου 20 εκατοστά,
  - Αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών,
  - Σχεδόν όλοι οι παγετώνες έχουν υποχωρήσει
- Παράλληλα με τη υπερθέρμανση του πλανήτη, τα επίπεδα του CO2 (και άλλων «αερίων του θερμοκηπίου») έχουν αυξηθεί δραματικά, σε επίπεδα υψηλότερα από εκείνα που παρατηρήθηκαν ίσως για εκατομμύρια χρόνια.



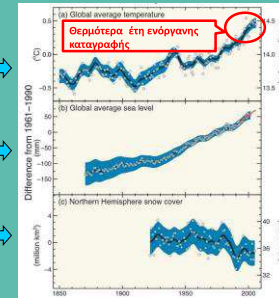
## Κλιματικές Αλλαγές στο Παρόν

### Θέρμανση του κλιματικού συστήματος

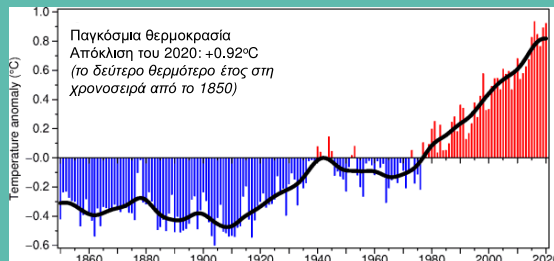
Αύξηση στην μέση παγκόσμια θερμοκρασία του αέρα & της θάλασσας

Αύξηση της στάθμης της θάλασσας

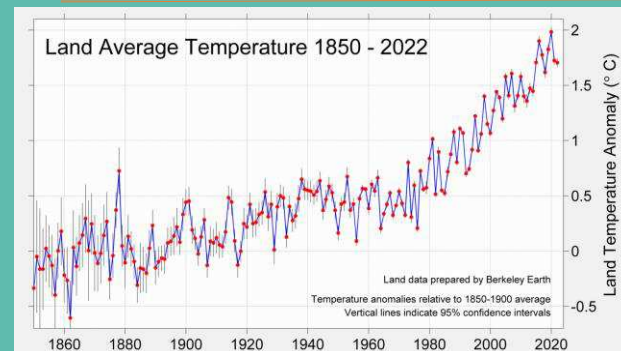
Ελάττωση χιονιού & πάγου



## Κλιματικές Αλλαγές στο Παρόν

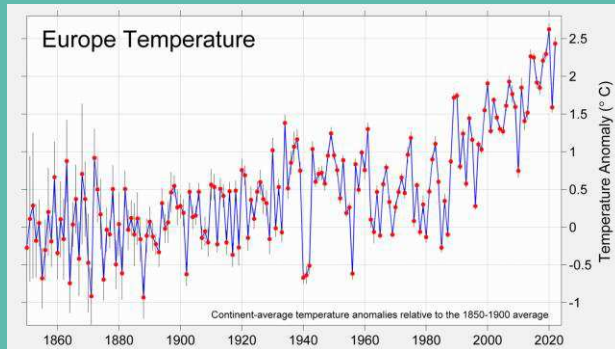


## Κλιματικές Αλλαγές στο Παρόν



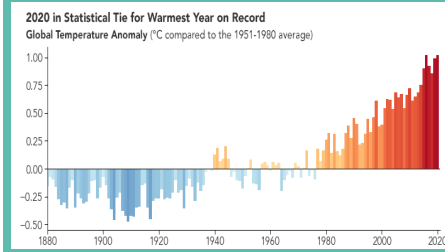


## Κλιματικές Αλλαγές στο Παρόν



## 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.



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.

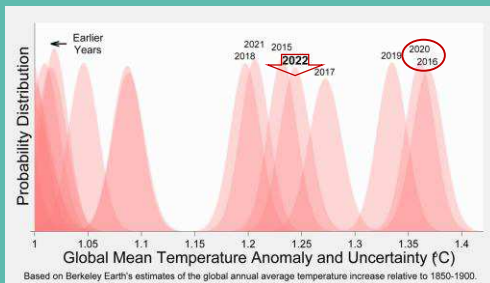
Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, εμφανίζεται μια τάση αύξησης της θερμοκρασίας που συνεχίζεται και στον 21<sup>ο</sup> αιώνα.

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



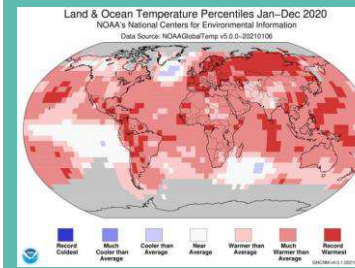
## Τάσεις της θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 100+ χρόνια

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



## Τάσεις της θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 100+ χρόνια

NOAA: Το 2020 αποτελεί το 2<sup>ο</sup> θερμότερο έτος στο αρχείο της ενόργανη παρατήρησης, ακριβώς μετά το 2016



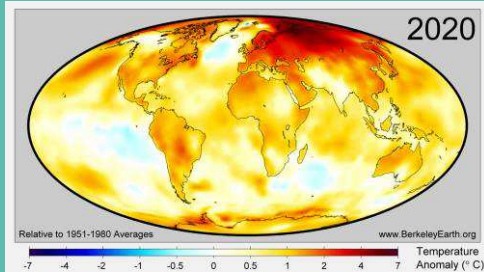
Τα επτά θερμότερα χρόνια έχουν συμβεί όλα από το 2014, με 10 από τα θερμότερα χρόνια από το 2005.

Ήταν επίσης η 44η συνεχόμενη χρονιά της Γης με παγκόσμιες θερμοκρασίες εδάφους και ωκεανού, τουλάχιστον ονομαστικά, πάνω από τον μέσο όρο του 20ού αιώνα, σύμφωνα με επιστήμονες στα Εθνικά Κέντρα Περιβαλλοντικών Πληροφοριών της NOAA.

Σε διαφορετική μελέτη, οι επιστήμονες της NASA, κατατάσσουν το 2020 ίσο με το 2016 ως τη θερμότερη χρονιά, μοιράζοντας την πρώτη θέση. Επιστήμονες από το Copernicus θεωρούν επίσης το 2020 ίδιο με το 2016 ως το θερμότερο έτος στο αρχείο, ενώ στο UK Met Office κατατάχθηκε το 2020 ως το δεύτερο θερμότερο έτος στο αρχείο.



## Γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας το 2020

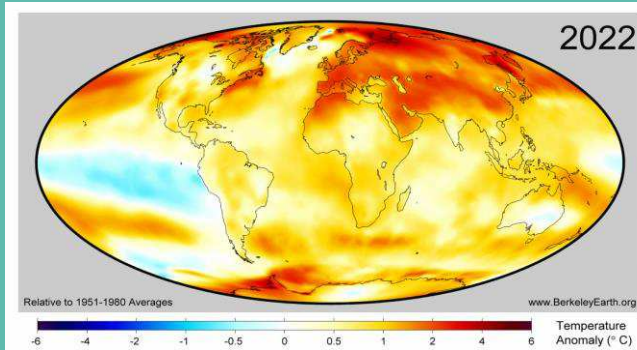


Ο χάρτης παρουσιάζει τη μεταβολή στις τοπικές θερμοκρασίες το 2020 σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1951-1980.

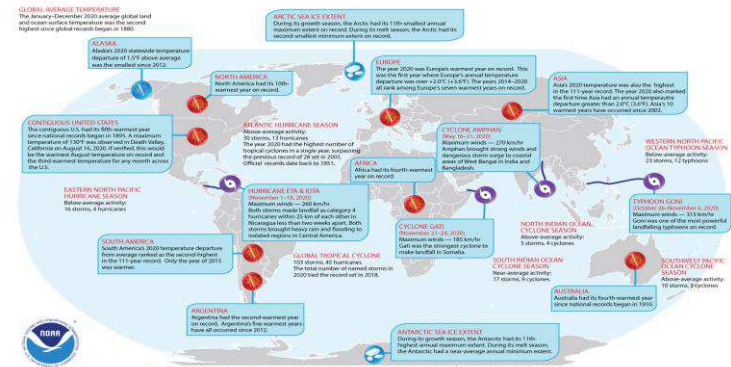
Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ευρέως καταμετρημένη σε όλο τον πλανήτη, επηρεάζοντας σχεδόν όλες τις χερσαίες και ωκεάνιες περιοχές. Το 2020, το 87% της επιφάνειας της Γης ήταν σημαντικά θερμότερο από τη μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του 1951-1980, το 12% ήταν παρόμοιας θερμοκρασίας και μόνο το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



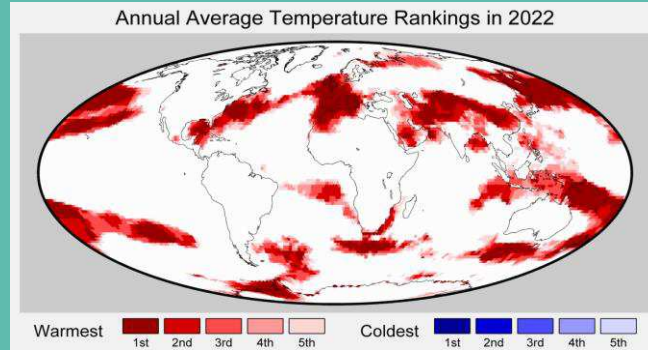
## Γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας το 2022

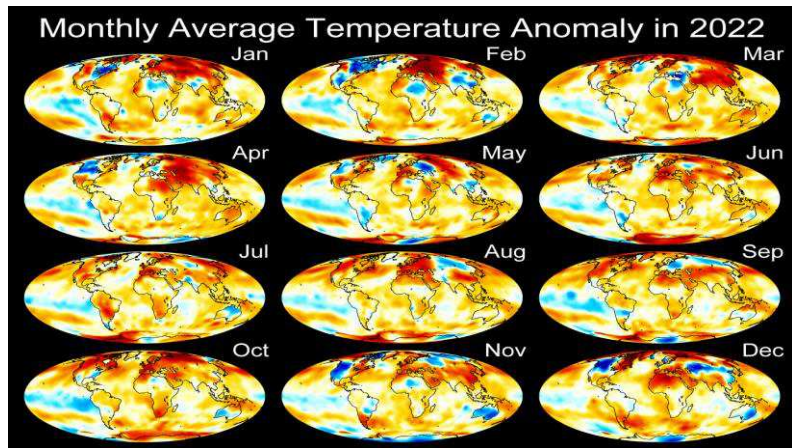


## Selected Significant Climate Anomalies and Events in 2020



## Γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας το 2022





### Παρατηρούμενες και προβλεπόμενες επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος για τις κύριες βιογεωγραφικές περιοχές της Ευρώπης – European Environment Agency

- Αρκτική**
  - Μείωση της κάλυψης του πάγου της Αρκτικής
  - Απώλεια πάγου της Γροιλανδίας
  - Υψηλότερος κίνδυνος απώλειας ποικιλομορφίας
- Βόρεια Ευρώπη (boreal region)**
  - Λιγότερο χιόνι, πάχος σε λίμνες και ποτάμια
  - Μετακίνηση ειδών προς το Βορρά
  - Περισσότερη ενέργεια από υδροηλεκτρική ενέργεια
  - Υψηλότερος κίνδυνος ζημιών από χειμερινές καταιγίδες
- Βόρεια-δυτική Ευρώπη**
  - Αύξηση στη χειμερινή βροχόπτωση
  - Αύξηση στις ροές των ποταμών
  - Μετακίνηση ειδών γλυκού νερού προς Βορρά
  - Υψηλότερος κίνδυνος πλημμύρας στις ακτές
- Παράκτιες ζώνες και περιφερειακές θάλασσες**
  - Λιγότερη της στάθμης της θάλασσας
  - Υψηλότερες θερμοκρασίες στην επιφάνεια της θάλασσας
  - Μετακίνηση των ειδών προς το Βορρά
  - Αύξηση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού
  - Υψηλότερος κίνδυνος για τα αποθέματα λιθιοκαλιέργειας
- Μεσογείος**
  - Μείωση στην ετήσια βροχόπτωση
  - Μείωση στις ροές των ποταμών
  - Αυξανόμενη ζήτηση νερού στη γεωργία
- Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη**
  - Περισσότερες ακραίες θερμοκρασίες
  - Λιγότερες θερινές βροχοπτώσεις
  - Περισσότερες ποτάμιας πλημμύρες το χειμώνα
  - Υψηλότερη θερμοκρασία του νερού
  - Υψηλότερη διακύμανση της απόδοσης των καλλιεργειών
  - Αύξημένος κίνδυνος δασικών πυρκαγιών
- Ορεινά πελάγια**
  - Αύξηση στη θερμοκρασία
  - Μικρότερη μάζα παγετώνων
  - Μείωση μόνιμου πάγου (permafrost)
  - Ανοδική μετατόπιση φυτών και ζώων
  - Μείωση χονδροειδούς τουρισμού το χειμώνα
  - Υψηλότερος κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους
- Χαμηλότερες αποδόσεις των καλλιεργειών**
  - Περισσότερες δασικές πυρκαγιές
  - Λιγότερη ενέργεια από υδροηλεκτρική ενέργεια
  - Περισσότεροι θάνατοι από καύσους
- Περισσότερες ασθένειες που μεταδίδονται από φορείς**
  - Μείωση στο θερινό τουρισμό
  - Υψηλότερος κίνδυνος απώλειας βιοποικιλότητας
  - Υψηλότερος κίνδυνος ερημοποίησης

### Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές

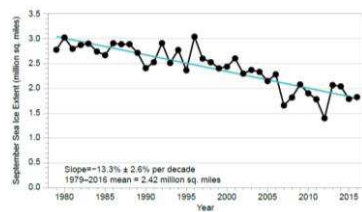
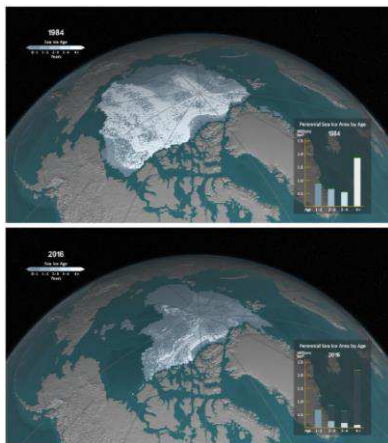
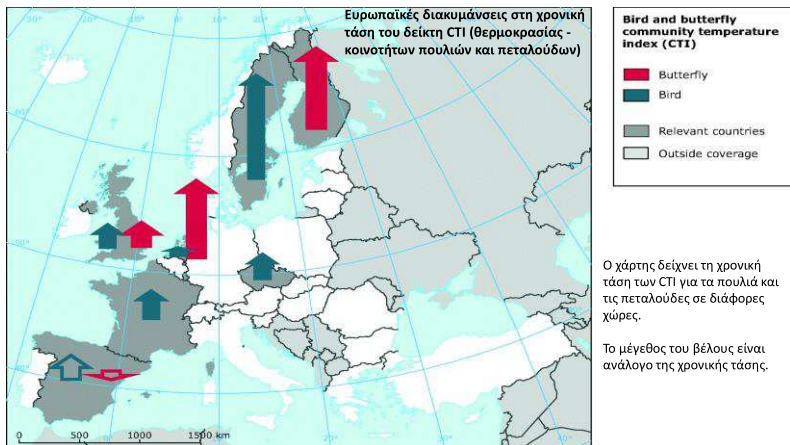
**Agassiz Glacier** is in Glacier National Park in the U.S. state of Montana.  
Οι παγετώνες προβλέπεται να λιώσουν μέχρι ~ 2030.

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

### Παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές

#### Αλλαγές σε ζώα και φυτά

- Τα 2/3 των ευρωπαϊκών ειδών πεταλούδων έχουν μετατοπίσει το εύρος διαβίωσής τους προς βορρά κατά περίπου 150 μίλια (Parmesan, 1996; Parmesan et al., 1999)
- Ανάλυση των κατανομών των Βρετανικών πουλιών διαπίστωσε ότι πολλά είδη έχουν μετακινηθεί βόρεια κατά μέσο όρο 18,9 χιλιόμετρα (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 (Parmack, 2004)



Η έκταση και η ηλικία του πάγου της θάλασσας τον Σεπτέμβριο του 1984 και του 2016, απεικονίζουν σημαντικές μειώσεις στην έκταση του πάγου της θάλασσας και την ηλικία (πάχος). Το 1984 είναι αντιπροσωπευτικό της δεκαετίας του 1980. Τα έτη 1984 και 2016 επιλέγονται ως τα οριακά σημεία της χρονοσειράς.

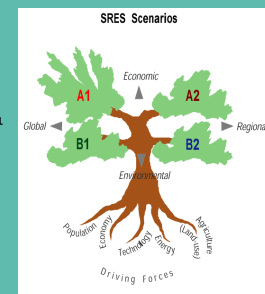


## Κλιματικές Αλλαγές στο Μέλλον:

Σενάρια IPCC κλιματικής αλλαγής – Κλιματικά μοντέλα

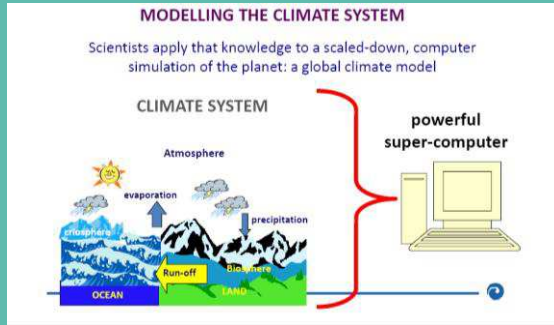
### Σενάρια εκπομπών GHG

- Τα σενάρια αντιπροσωπεύουν πιθανές μορφές του μελλοντικού κόσμου σε σχέση με τα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του.
- Τα σενάρια μετριασμού (mitigation) συνήθως ορίζονται με ποσοτικές προβολές για το πώς οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) μπορούν να μειωθούν σε σχέση με κάποιο βασικό σενάριο.
- Ειδική έκθεση για τα σενάρια εκπομπών (SRES): Τέσσερις οικογένειες σεναρίων. Κάθε οικογένεια έχει ένα κεντρικό θέμα με τη μορφή μιας «ιστορίας» ή αφήγησης που περιγράφει τις μελλοντικές δημογραφικές, κοινωνικές, οικονομικές, τεχνολογικές, πολιτικές και τάσεις.

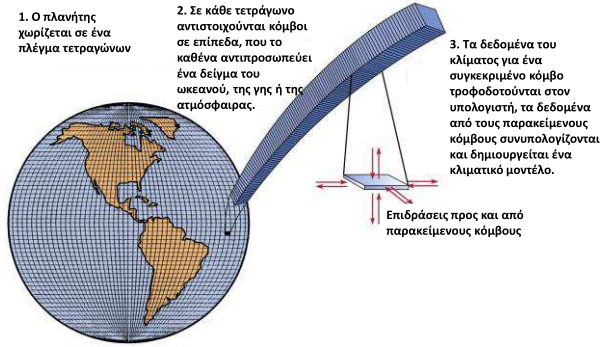




## Κλιματικά μοντέλα και προσομοιώσεις



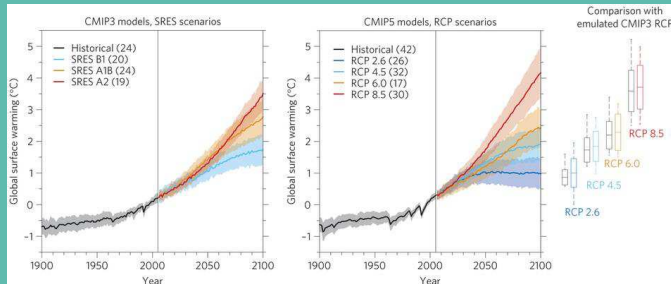
## Κλιματικά μοντέλα και προσομοιώσεις



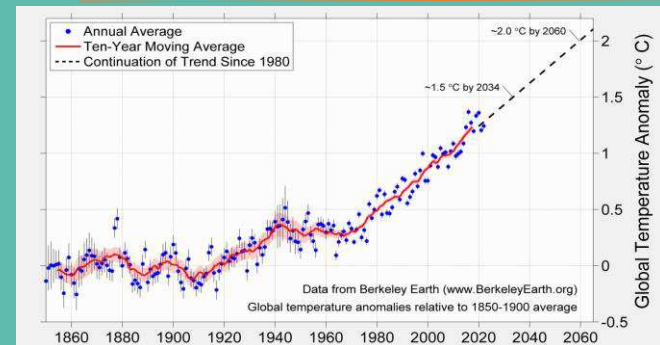
## Κλιματικές Αλλαγές στο Μέλλον:

Σενάρια IPCC κλιματικής αλλαγής – Κλιματικά μοντέλα

### Προβολές Θερμοκρασίας υπό διαφορετικά κλιματικά σενάρια



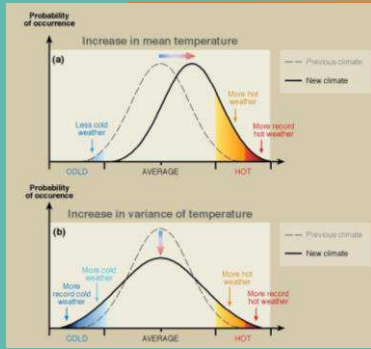
## Μακροπρόθεσμη Τάση της θερμοκρασίας







## Ακραία κλιματικά φαινόμενα & Επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών



### Κίνδυνοι μελλοντικής κλιματικής αλλαγής

#### Πιθανές απειλές:

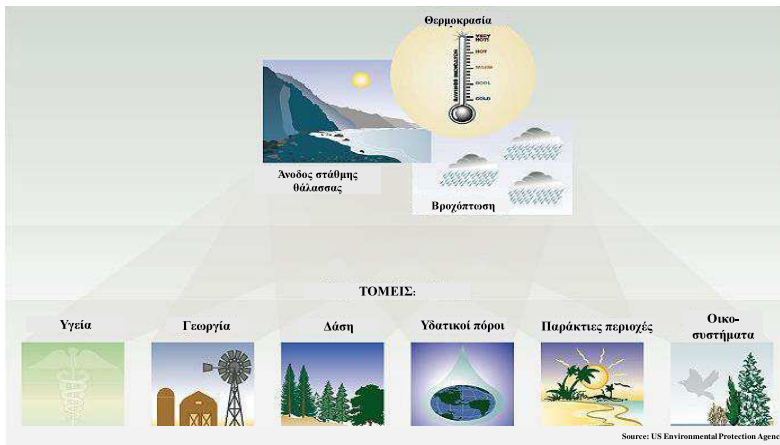
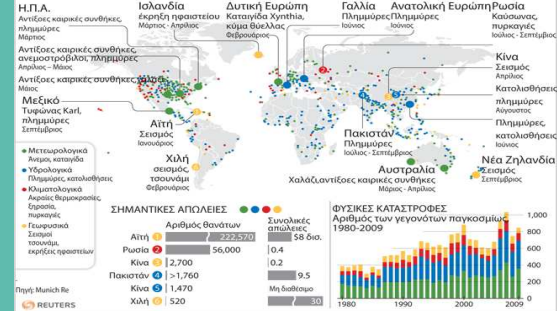
- Μεταβολές στα οικοσυστήματα
- Πλημμυρές παράκτιων κοινοτήτων
- Εξάπλωση ασθενειών
- Αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων



## Ακραία κλιματικά φαινόμενα & Επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών

### ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Φυσικές καταστροφές, Ιανουάριος - Σεπτέμβριος, 2010

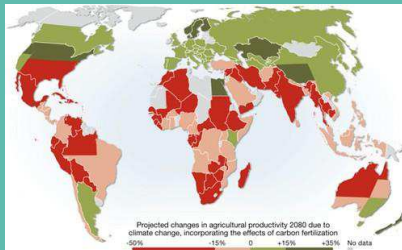


## 1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις



## 1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

### 1. Μείωση της αγροτικής παραγωγικότητας

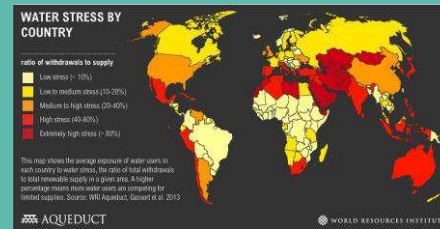


- Χαμηλότερη βροχόπτωση
- Υψηλότερες θερμοκρασίες
- Αυξημένη ξηρασία
- Μείωση της επικονίασης
- Υποβάθμιση του εδάφους
- Μειωμένες ροές νερού
- Αυξημένες ζημιές από παράσιτα



## 1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

### 2. Υδατικό στρες



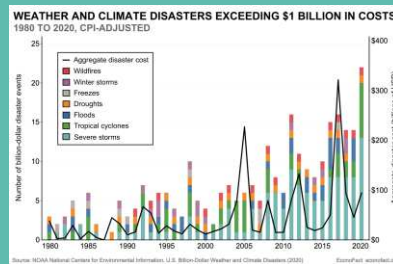
- Μειωμένη βροχόπτωση
- Αυξημένη ξηρασία
- Αυξημένη πίεση στα επιφανειακά ύδατα
- Αυξημένη πίεση στα υπόγεια ύδατα



## 1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

### 3. Ακραία καιρικά φαινόμενα

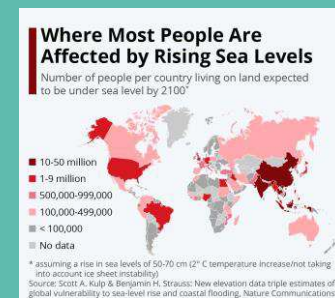
- Τυφώνες
- Ξηρασία
- Ακραίες βροχόπτώσεις
- Πλημμύρα
- Χαλαζι
- Κύματα καύσωνα
- πυρκαγιές



## 1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

### 4. Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

- Θερμική διαστολή
- Τήξη πάγων και παγετώνων
- Πενήντα εκατομμύρια άνθρωποι στις παράκτιες ζώνες σε κίνδυνο σφοδρών καταιγίδων με κύματα θύελλας (Storm surges)
- Σε κίνδυνο η παράκτια γεωργία και οι υγρότοποι





## 1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

### 5. Ερημοποίηση

Αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση των βροχοπτώσεων προκαλούν συνθήκες ξηρασίας και εμποδίζουν τη διαρκή ανάπτυξη της βλάστησης.

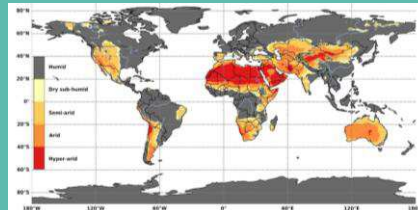


Figure 3.1 Geographical distribution of drylands, delimited based on the Aridity Index. The classification of the aridity index (AI) is: Humid AI > 0.65, Dry sub-humid 0.50 < AI < 0.65, Semi-arid 0.20 < AI < 0.50, Arid 0.05 < AI < 0.20, Hyper-arid AI < 0.05. Data: TerraClimate precipitation and potential evapotranspiration (1980-2015) (Abatzoglou et al., 2018)



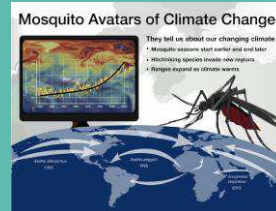
## 2. Κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις



## 2. Κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις

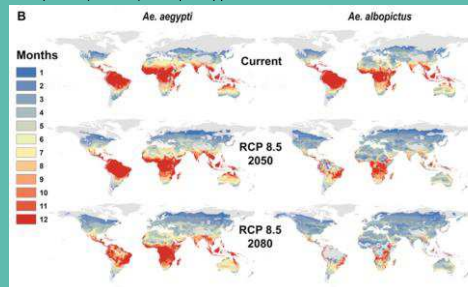
### 1. Ασθένειες και ανθρώπινη υγεία

- 250.000 θάνατοι ετησίως έως το 2040 (ΠΟΥ)
- Καύσωνες και πλημμύρες
- Ζώνες εξάπλωσης ασθενειών π.χ. δάγκειος πυρετός και ελονοσία
- Ασθένειες που μεταδίδονται με τα τρόφιμα και το νερό



## 2. Κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις

Οι ασθένειες που μεταδίδονται από τα κουνούπια θα μπορούσαν να φτάσουν επιπλέον «ένα δισεκατομμύριο ανθρώπους» καθώς το κλίμα θερμαίνεται



Γεωγραφική κατανομή του κουνουπιού κίτρινου πυρετού (*A. aegypti*) και του ασιατικού κουνουπιού τίγρης (*A. albopictus*) στις μέρες μας (πάνω), το 2050 (μέση) και το 2080 (κάτω) υπό ένα σενάριο ακραίας κλιματικής αλλαγής. Το χρώμα χρησιμοποιείται για να υποδείξει τον αριθμό των μηνών σε ένα έτος με κίνδυνο μετάδοσης ασθένειας και το γκρι σημαίνει απουσία κινδύνου. Πηγή: Ryan et al. (2019)



## 2. Κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις

### 2. Υποδομές

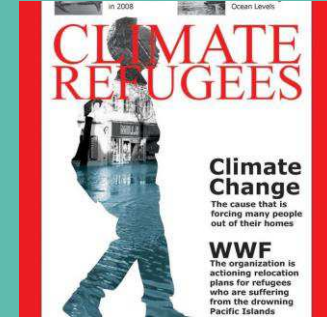
- Κίνδυνοι για μεγάλες υποδομές
- Αποτυχία προστασίας της πλημμυρικής πεδιάδας
- Αστική αποχέτευση/δίκτυο αποχέτευσης
- Αυξημένες ζημιές από καταιγίδες και πυρκαγιές
- Περισσότερα black-out



## 2. Κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις

### 3. Μετανάστευση

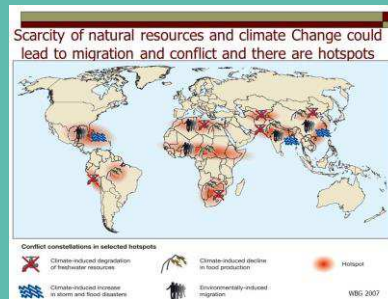
- Η αναγκαστική μετανάστευση λόγω της κλιματικής αλλαγής προβλέπεται να αυξηθεί.



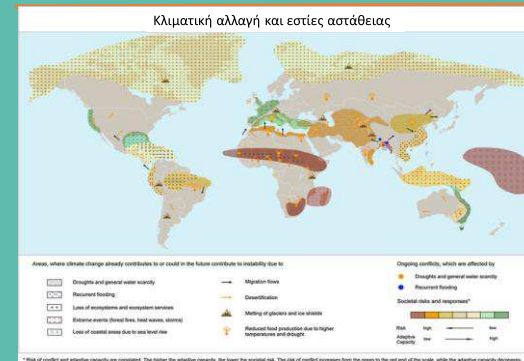
## 2. Κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις

### 4. Συγκρούσεις

- Πόροι
- Νερό
- Καλλιεργήσιμες περιοχές
- Χρήση ενέργειας
- Αποψίλωση των δασών



## 2. Κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις





## Τρωτότητα & Προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος

**Προσαρμογή (Adaptation):** Προσαρμογή των φυσικών ή ανθρώπινων συστημάτων σε ανταπόκριση στις πραγματικές ή αναμενόμενες κλιματικές τάσεις ή στις επιδράσεις τους, η οποία περιορίζει τις ζημιές ή εκμεταλλεύεται τις ευεργετικές συνέπειες.

**Μετριασμός (Mitigation):** Ανθρωπογενής παρέμβαση μείωσης των επιπτώσεων του ανθρώπου στο κλιματικό σύστημα. Περιλαμβάνει στρατηγικές μείωσης των πηγών αερίων και εκπομπών που ενισχύουν τη δεξαμενή αερίων θερμοκηπίου.



## Δράσεις για την αντιμετώπιση της Κλιματικής αλλαγής

Στοιχεία από τις δεκαετίες του 1960 και 1970 έδειχναν αύξηση στις συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, γεγονός που οδήγησε τους επιστήμονες να πιέσουν για δράσεις.

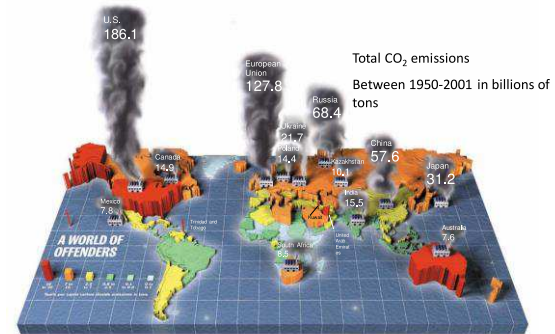
Το 1988, δημιουργήθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO) και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).



## UNFCCC και το πρωτόκολλο του Κιότο

Η σύμβαση για την κλιματική αλλαγή θέτει ένα γενικό πλαίσιο στις διακυβερνητικές προσπάθειες για την αντιμετώπιση της πρόκλησης που θέτει η κλιματική αλλαγή. Αναγνωρίζει ότι το κλιματικό σύστημα είναι ένα κοινό αγαθό του οποίου η σταθερότητα μπορεί να επηρεαστεί από βιομηχανικές και άλλες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου.

Η μεγαλύτερη διάκριση μεταξύ του πρωτοκόλλου και της σύμβασης είναι ότι, ενώ η **Σύμβαση ενθαρρύνει** τις βιομηχανικές χώρες να σταθεροποιήσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, το **πρωτόκολλο** τους **δεσμεύει** να το πράξουν.



© TIME magazine

US: 4% of world's total population  
25% of the world's greenhouse gases

China: 25% of the world's population  
8.5% of the world's greenhouse gases (since 1950)

## IPCC Reports



FAR 1990 SAR 1995 TAR 2001 AR4 2007 AR5 2013

IPCC had produced 5 Assessment Reports plus several other special reports including the recently released SREX & SRREN.



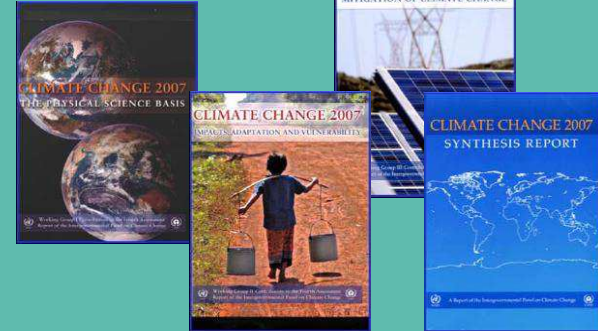
SRREN (2011)

SREX (2012)

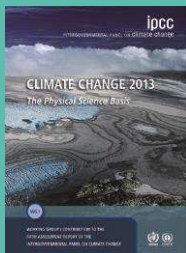
Nobel Peace Prize 2007



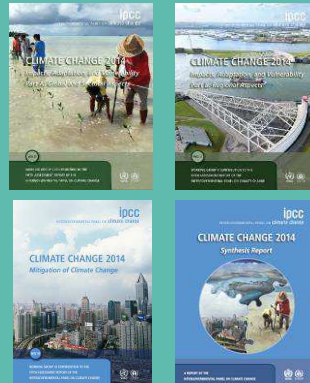
## 2007 - 4<sup>η</sup> έκθεση αξιολόγησης



## 2013/14 - 5<sup>η</sup> έκθεση αξιολόγησης

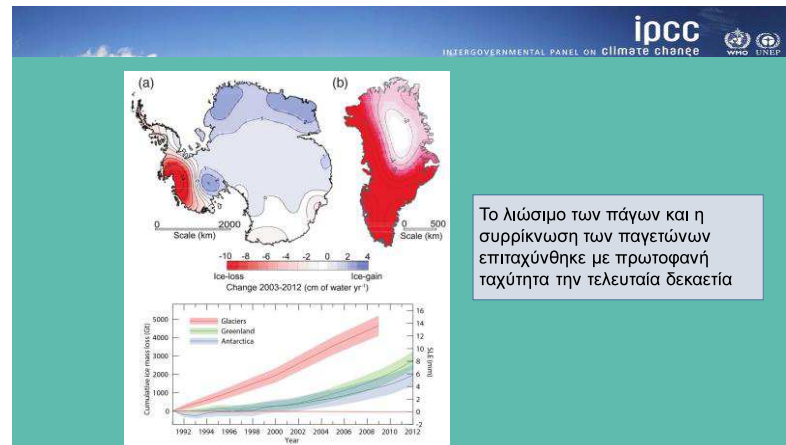
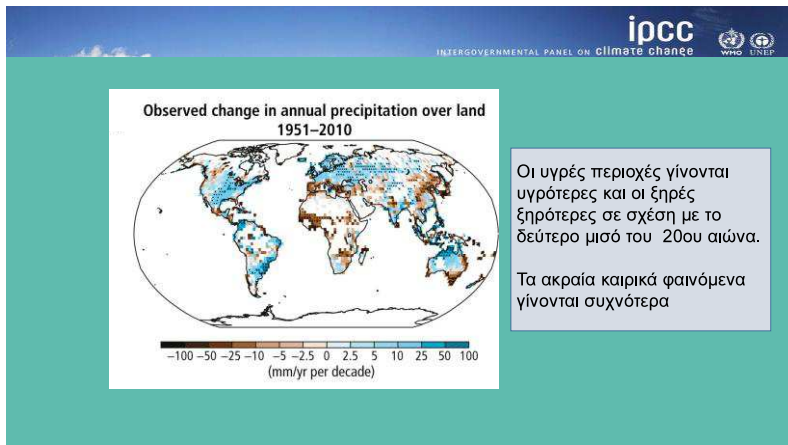
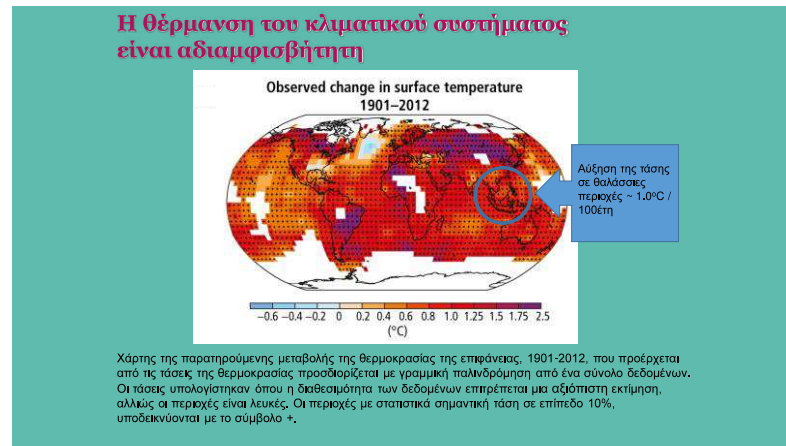
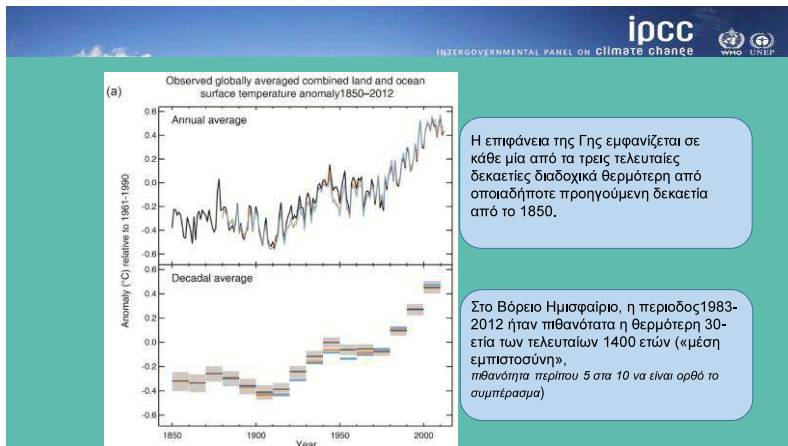


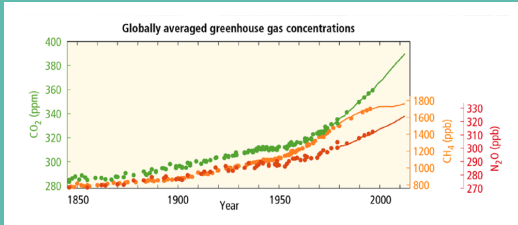
<http://www.ipcc.ch/>



## Κεντρική δήλωση / Επικεφαλίδα IPCC WG1 AR5

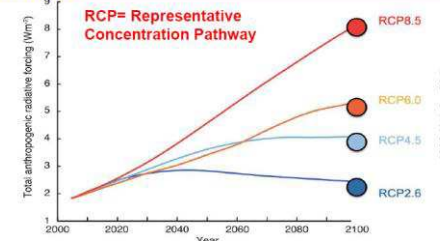
Η αύξηση της θερμοκρασίας του κλιματικού συστήματος είναι κατηγορηματική, και από το 1950, πολλές από τις παρατηρούμενες αλλαγές είναι άνευ προηγουμένου επί σειρά δεκαετιών σε χιλιατίες. Η ατμόσφαιρα και οι ωκεανοί έχουν θερμανθεί, τα στρώματα χιονιού και πάγου έχουν μειωθεί, το επίπεδο της θάλασσας έχει αυξηθεί και οι συγκεντρώσεις των αέριων του θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί.





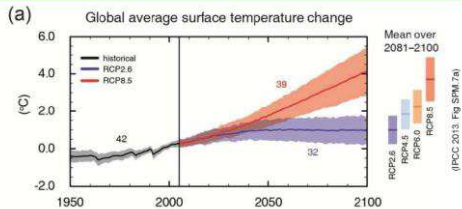
Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) έχει αυξηθεί σε πρωτοφανή επίπεδα για τα τελευταία 800.000 χρόνια.

### Indicative Anthropogenic Radiative Forcing (RF) for RCPs



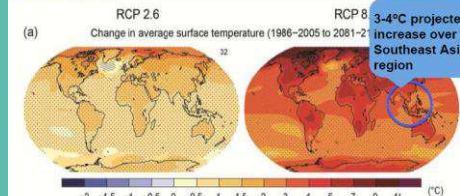
(IPCC 2013, Box TS.6)

### Projected Global Average Temperature Change by end of 21<sup>st</sup> Century



The temperature increase during the last 100 years was only about 0.8°C.

### Projected Global Average Temperature Change by end of 21<sup>st</sup> Century



The temperature increase during the last 100 years is only about 0.8°C.





## Σύνοψη IPCC WG1 AR5

- Η αύξηση της θερμοκρασίας του κλιματικού συστήματος είναι αδιαμφισβήτητη. Από το 1950 κ έπειτα, πολλές από τις παρατηρούμενες αλλαγές είναι άνευ προηγουμένου εδώ και δεκαετίες έως χιλιετίες.
- Η ατμόσφαιρα και οι ωκεανοί έχουν θερμανθεί, τα ποσά του χιονιού και του πάγου έχουν μειωθεί, το επίπεδο της θάλασσας έχει αυξηθεί, και οι συγκεντρώσεις των αερίων θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί.
- Η ανθρώπινη επίδραση στο κλιματικό σύστημα είναι σαφής.
- Οι συνεχιζόμενες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου θα προκαλέσει περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας και αλλαγές σε όλες τις συστατικές του κλιματικού συστήματος.
- Η παγκόσμια αλλαγή της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης για το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα, είναι πιθανό να υπερβεί το 1,5 ° C σε σχέση με το 1850-1900 για όλα τα RCP σενάρια εκτός του RCP2.6.
- Περιορισμός της αλλαγής του κλίματος θα απαιτήσει σημαντικές και διαρκείς μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.



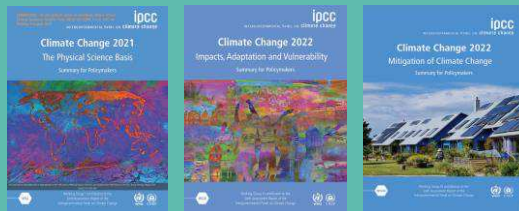
## Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη Μεσόγειο και την Ελλάδα

### IPCC AR4 :

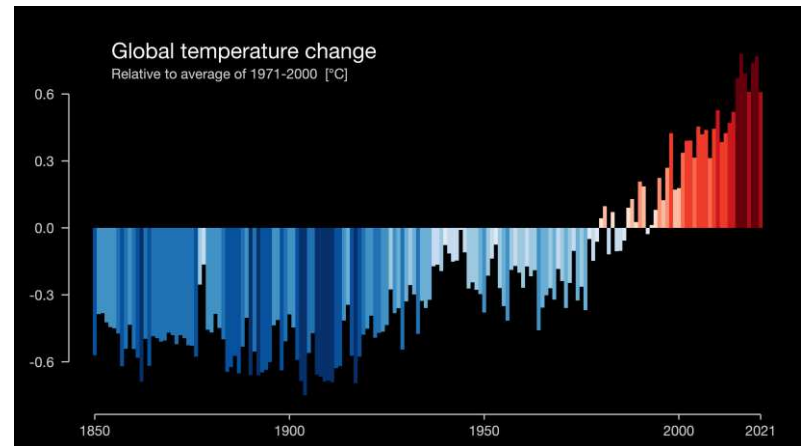
- 1) **Οικοσυστήματα** της Μεσογείου: πιθανότατα εντάσσονται ανάμεσα στα οικοσυστήματα που επηρεάζονται περισσότερο από τις παγκόσμιες μεταβολές. Με μια αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από 2°C, οι άγονες και χορτολιβαδικές εκτάσεις θα αυξηθούν εις βάρος των θαμνωδών εκτάσεων, ενώ τα αείφυλλα και τα μικτά φυλλοβόλα δέντρα θα εξαπλωθούν εις βάρος των κωνοφόρων της βλαστητικής ζώνης των ψυχροβίων κωνοφόρων (ελάτη, μαύρη πεύκη κλπ).
- 2) Οι ξηρές περιοχές που είναι περισσότερο εκτεθειμένες θα υποφέρουν ιδιαίτερα από την μείωση των **υδάτινων πόρων** λόγω της κλιματικής αλλαγής.
- 3) Οι πιο ζεστές και ξηρές συνθήκες είναι μερικούς υπεύθυνες για τη μειωμένη **δασοπονία** έχουν δείξει την ευπάθειά τους στην πρόσφατες αυξητικές τάσεις των κυμάτων καύσωνα, των ξηρασιών και των πλημμυριών.



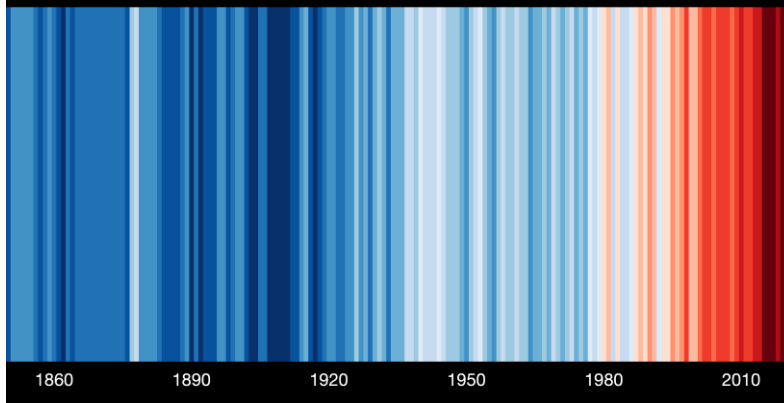
## IPCC Sixth Assessment Report: Climate Change 2022



<https://www.unep.org/resources/report/ipcc-sixth-assessment-report-climate-change-2022>



Global temperature change (1850-2021)



## Χρήσιμοι σύνδεσμοι..

**The Intergovernmental Panel on Climate Change** - [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

**United Nations Climate Change** - <https://unfccc.int/>

**NASA Global Climate Change** - <https://climate.nasa.gov/>

**World Meteorological Organization** - <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate>

**Copernicus Europe's eye on Earth** - <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/climate-change>

**European Climate Foundation** - <https://europeanclimate.org/>

**European Commission Climate Action** - [https://climate.ec.europa.eu/climate-change\\_en](https://climate.ec.europa.eu/climate-change_en)

**Berkeley Earth** - <https://berkeleyearth.org/>

**Warming stripes** - <https://showyourstripes.info/>

**Skeptical Science** *Getting skeptical about global warming skepticism* - <https://skepticalscience.com/>