



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Χημεία Περιβάλλοντος

Ενότητα 3: Ατμοσφαιρική Ρύπανση

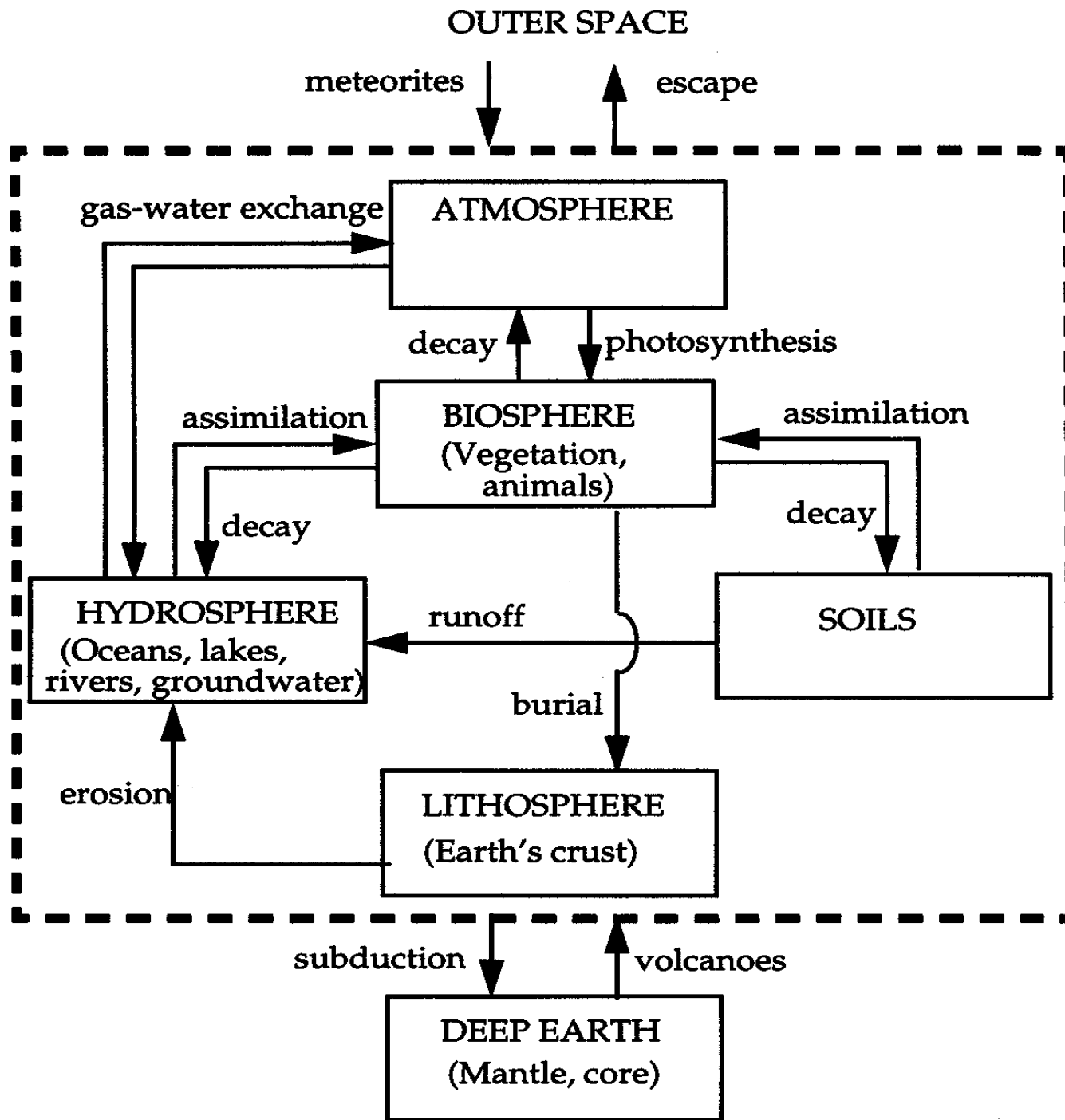
Εμμανουήλ Δασενάκης  
Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Χημείας

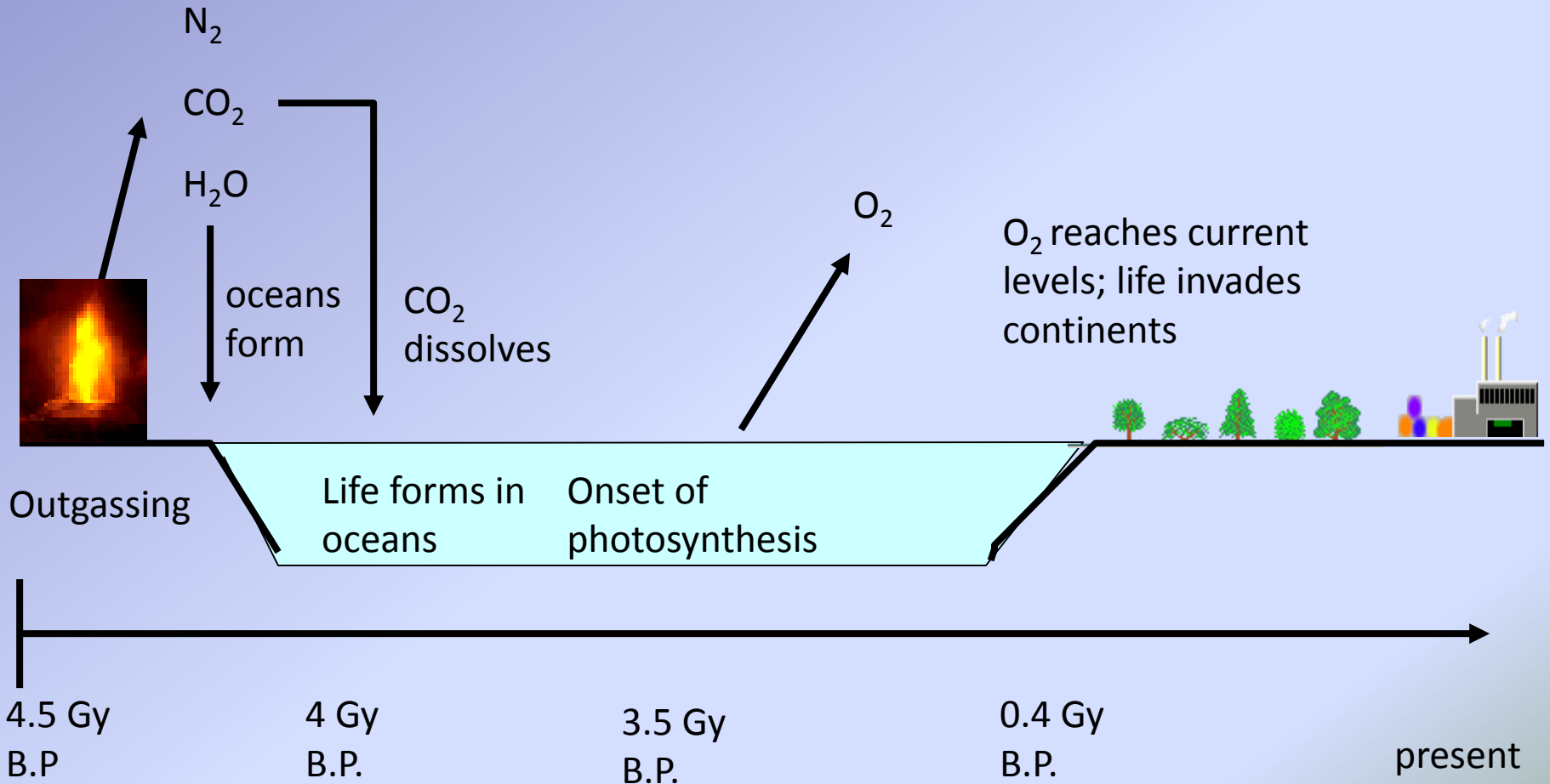
Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ





# HISTORY OF EARTH'S ATMOSPHERE



# Σύσταση της γήινης ατμόσφαιρας

(μέχρι το ύψος των 25 km).

Αναλογία κατ' όγκο

Άζωτο	$N_2$	78,08%
Οξυγόνο	$O_2$	20,95%
*Υδρατμοί	$H_2O$	0 έως 4%
Αργό	Ar	0,93%
* Διοξείδιο του άνθρακα	$CO_2$	0,036%
Νέο	Ne	0,0018%
Ήλιο	He	0,0005%
*Μεθάνιο	$CH_4$	0,00017%
Υδρογόνο	$H_2$	0,00005%
*Νιτρώδες οξύ	$N_2O$	0,00003%
*Όζον	$O_3$	0,000004%

\* Αέριο μεταβλητής συγκέντρωσης

# COMPARING THE ATMOSPHERES OF EARTH, VENUS, AND MARS

	Venus	Earth	Mars
Radius (km)	6100	6400	3400
Surface pressure (atm)	91	1	0.007
CO <sub>2</sub> (mol/mol)	0.96	3x10 <sup>-4</sup>	0.95
N <sub>2</sub> (mol/mol)	3.4x10 <sup>-2</sup>	0.78	2.7x10 <sup>-2</sup>
O <sub>2</sub> (mol/mol)	6.9x10 <sup>-5</sup>	0.21	1.3x10 <sup>-3</sup>
H <sub>2</sub> O (mol/mol)	3x10 <sup>-3</sup>	1x10 <sup>-2</sup>	3x10 <sup>-4</sup>

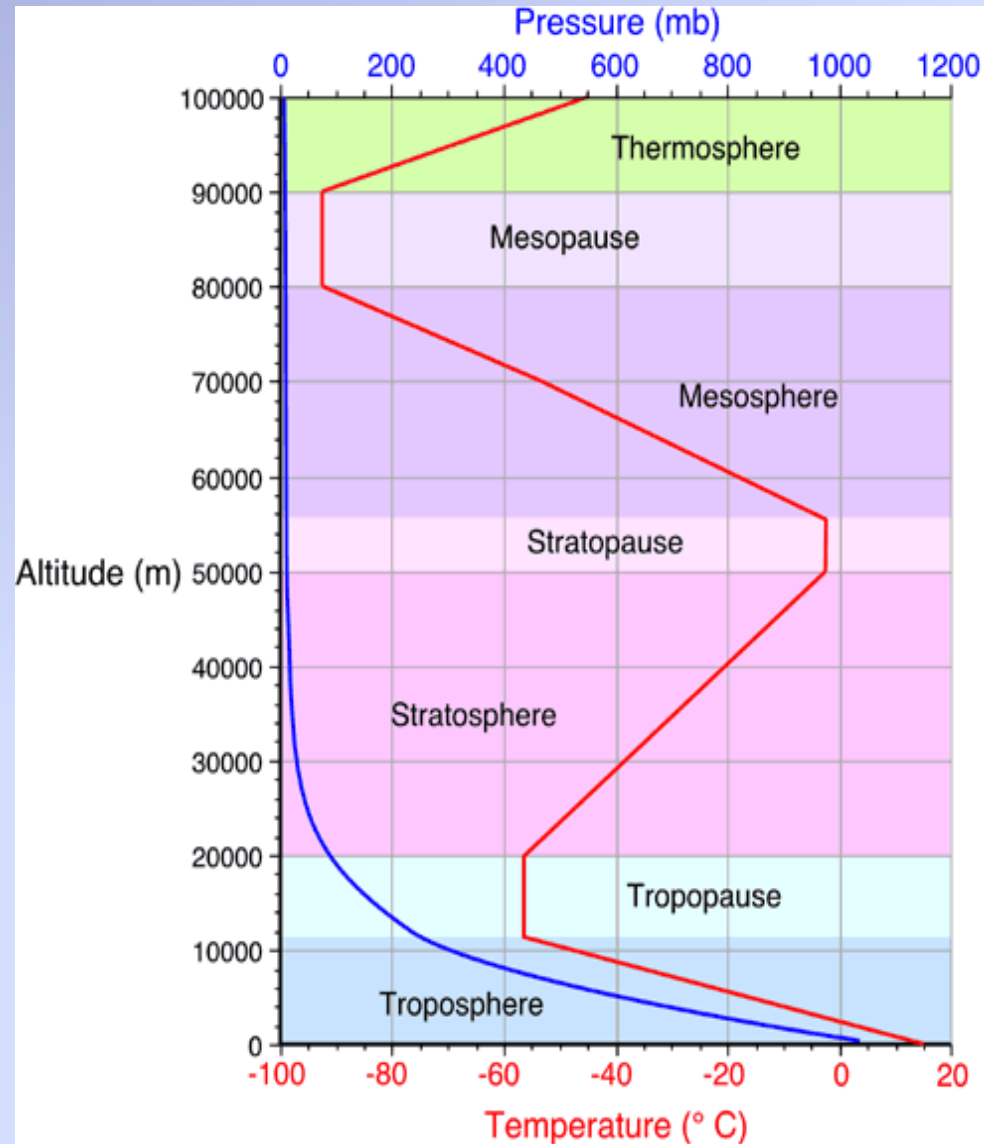
# Στρωμάτωση της γήϊνης ατμόσφαιρας

Η γήϊνη ατμόσφαιρα αποτελείται από 7 διαφορετικά στρώματα.

1. Η **τροπόσφαιρα** επεκτείνεται από την επιφάνεια ως τα 11 km. Εδώ περιέχεται το 75% της μάζας του αέρα και επισυμβαίνει η πλειονότητα των καιρικών φαινομένων, ενώ παρατηρείται συνεχής μείωση της θερμοκρασίας.

2. Η **τροπόπαυση** εκτείνεται από τα 11 ως τα 20 km και παρουσιάζει **ισόθερμες συνθήκες**.

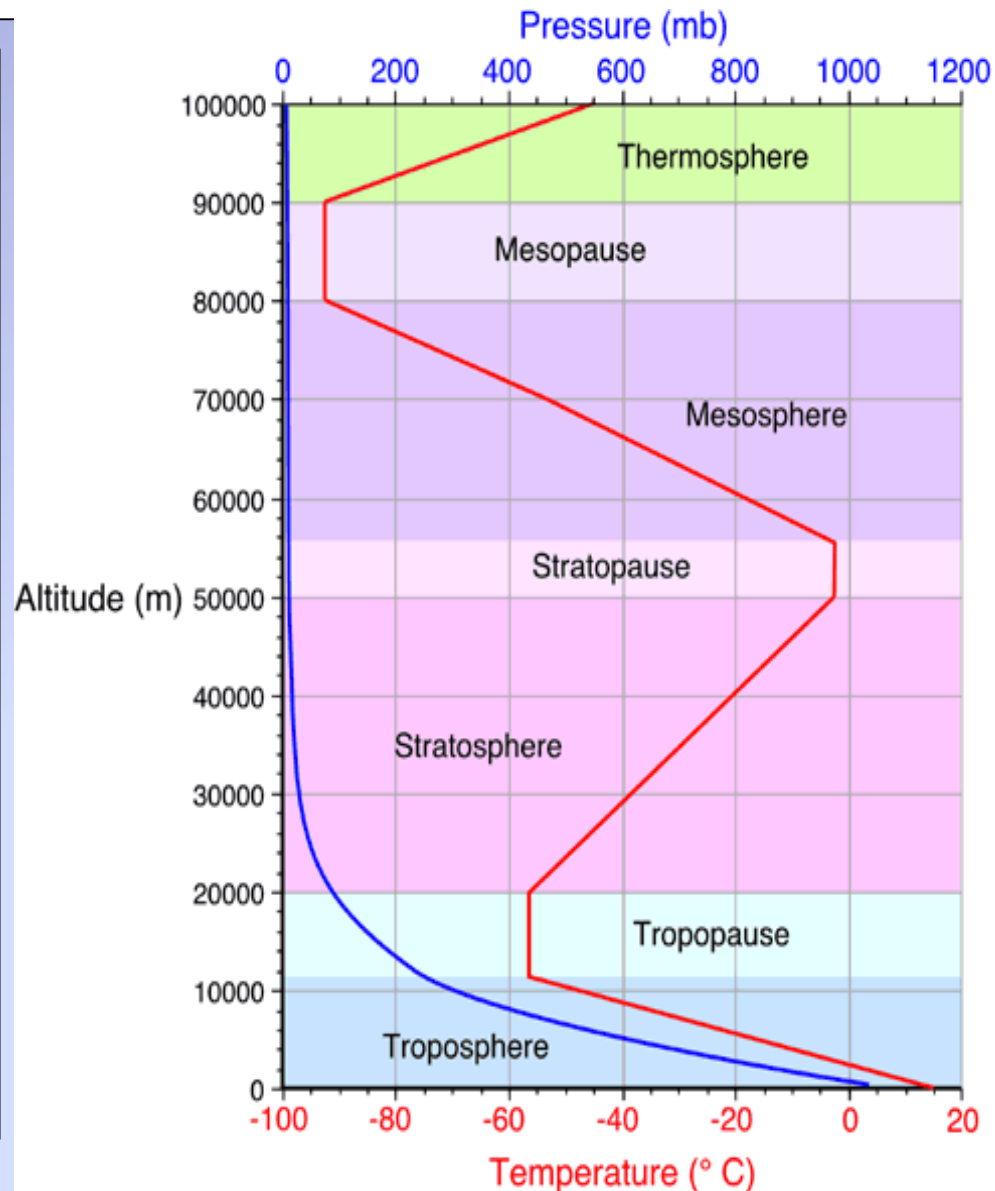
3. Η **στρατόσφαιρα** εκτείνεται από τα 20 ως τα 50 km κατά μέσον όρο. Εδώ η θερμοκρασία ανέρχεται λόγω αυξημένης συγκέντρωσης του  $O_3$  (**στοιβάδα όζοντος**).



Κατατομή της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής πίεσης.

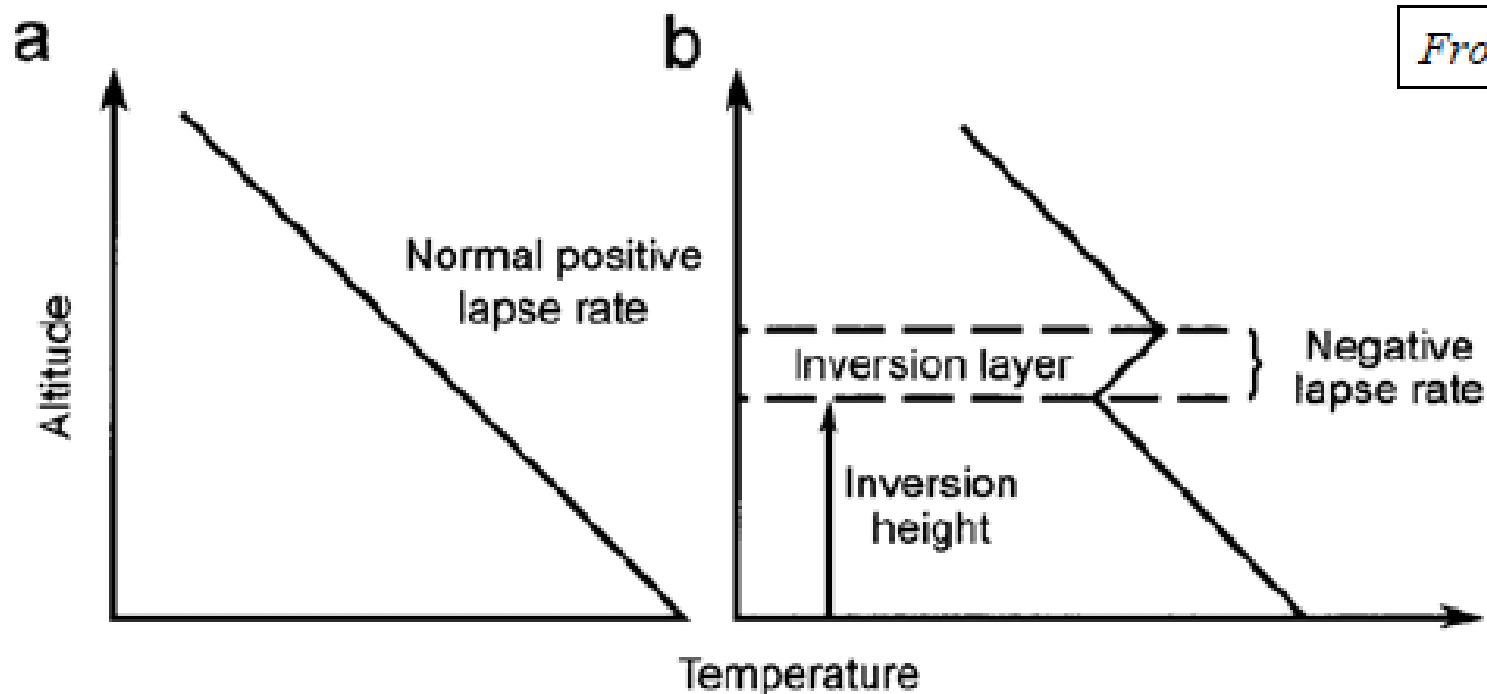
## Στρωμάτωση της γήινης ατμόσφαιρας

4. Η **στρατόπαυση** εκτείνεται πάνω από την στρατόσφαιρα.
5. Η **μεσόσφαιρα** εκτείνεται έως τα 80 km, όπου η ατμόσφαιρα φθάνει στην μικρότερη θερμοκρασία της των  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$  περίπου.
6. Η **μεσόπαυση** παρουσιάζει ισόθερμες συνθήκες και εκτείνεται μέχρι τα 90 km κατά μέσον όρο.
7. Η **θερμόσφαιρα** εκτείνεται πέραν των 90 km. Η θερμοκρασία ανέρχεται λόγω απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας από τα μόρια του οξυγόνου και μπορεί να φθάσει τους  $1300\text{ με }1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ .





# Temperature Inversions



Variation of temperature with altitude within the troposphere: (a) normal lapse rate; (b) change in lapse rate from positive to negative, characteristic of a thermal inversion.

“Inversion layer”: temperature increases with height

# Στοιβάδα του όζοντος

Το όζον δημιουργείται κατά φυσικό τρόπο στην στρατόσφαιρα από την αντίδραση μοριακού και ατομικού οξυγόνου:



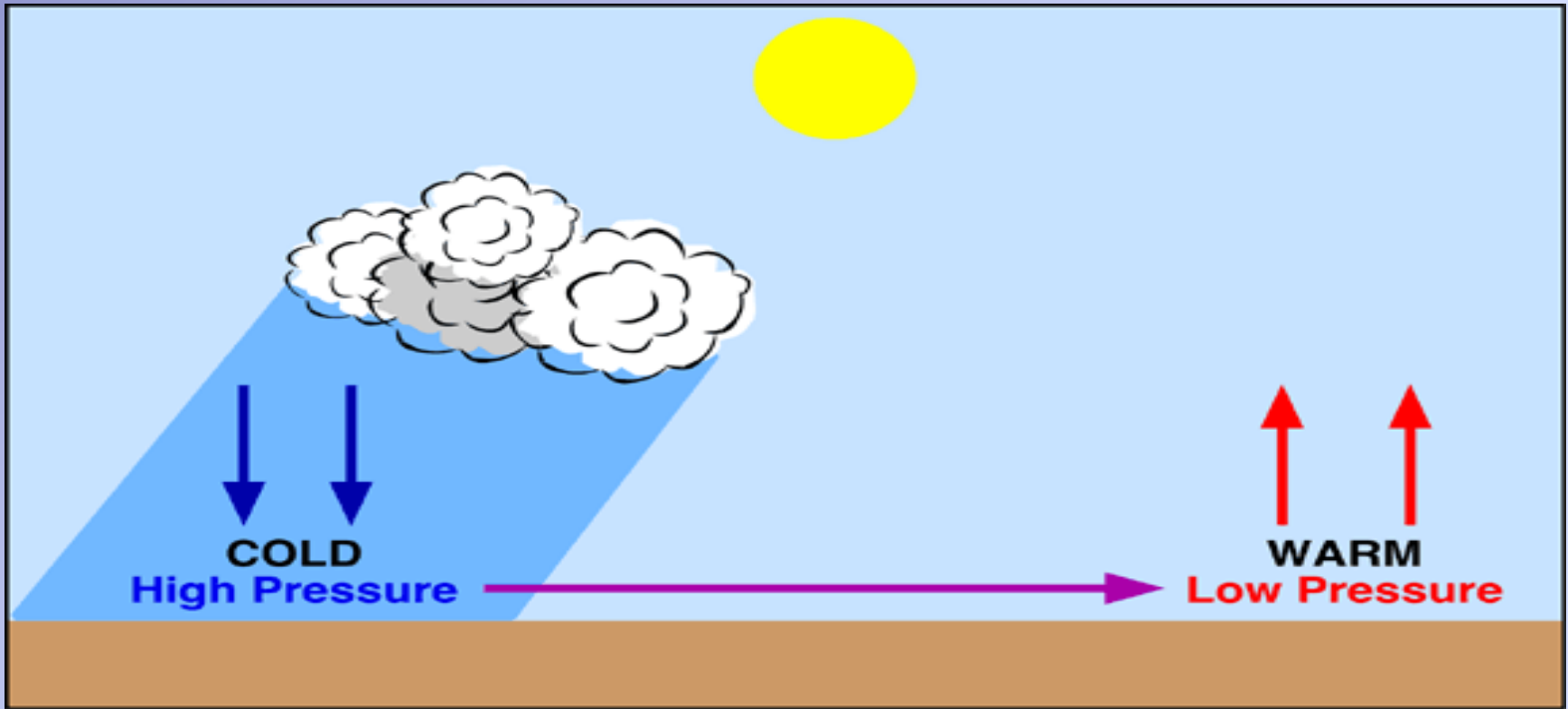
Από την άλλη μεριά, το  $\text{O}_3$  αυτο-καταστρέφεται με απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου:



Από τα τέλη του '70, έχει μετρηθεί μείωση της στοιβάδας του  $\text{O}_3$  έως και 60% πάνω από την Ανταρκτική. Στα γεωγραφικά πλάτη  $65^\circ \text{B}$ - $65^\circ \text{N}$  η μείωσή της έχει φθάσει στο 3% από το 1978 μέχρι τα τέλη του '90.

Αιτία της λέπτυνσης της στοιβάδας του  $\text{O}_3$  ήταν κύρια η χρήση των χλωροφθορανθράκων (ή CFC) στα διάφορα σπρέϋ και ψυκτικές μονάδες (ηλεκτρικά ψυγεία, κλιματιστικές συσκευές). Για την αντιμετώπιση του φαινομένου πολλά κράτη αναγκάστηκαν να υπογράψουν το [Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ](#) για την οριστική απαγόρευση της χρήσης των χημικών αυτών ουσιών (1987, 1990, 1992, 1996).

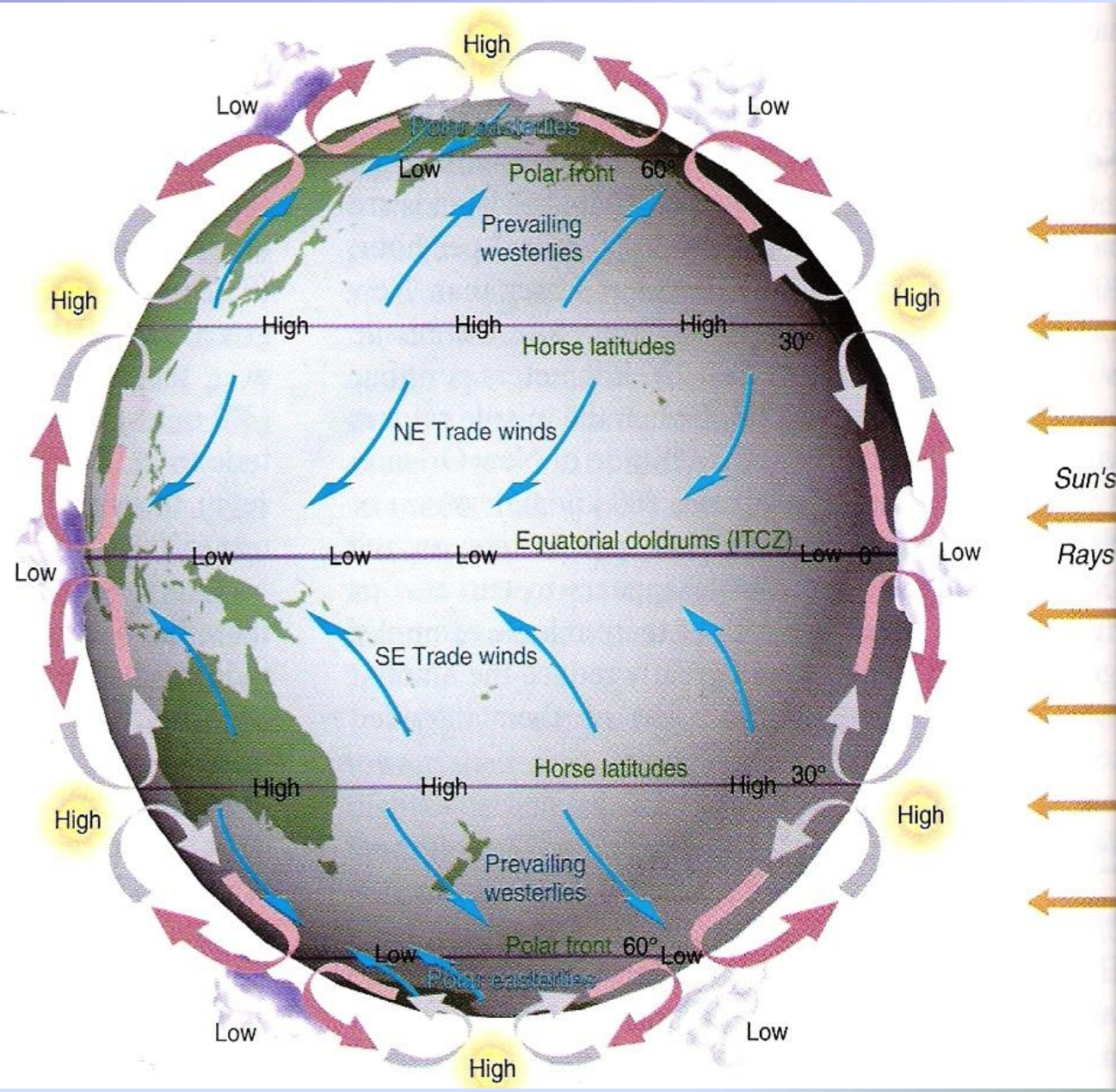
## Κίνηση αέριων μαζών



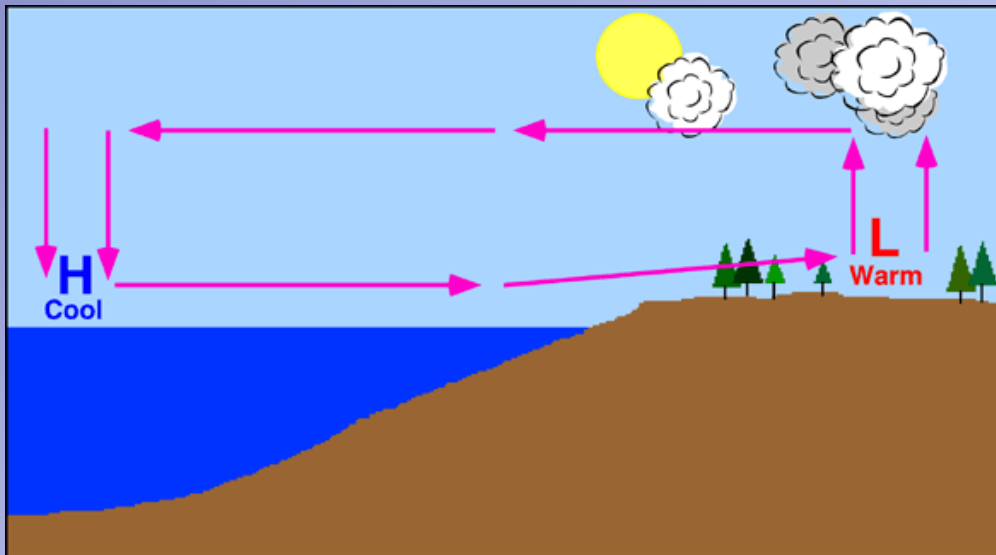
Ο **άνεμος** είναι κίνηση αέριας μάζας. Μπορεί να είναι οποιασδήποτε διεύθυνσης, αλλά κυρίως ο **οριζόντιος άνεμος** είναι εκείνος που συνήθως λαμβάνεται υπόψη.

Ο άνεμος δημιουργείται λόγω διαφοράς στην **ατμοσφαιρική πίεση**. Γενικά, οι διαφορές αυτές συμβαίνουν λόγω **ανομοιόμορφης απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας** στην επιφάνεια της γης

**Atmospheric circulation and wind belts of the world.** The three-cell model of atmospheric circulation creates the major wind belts of the world. Boundaries between wind belts and surface atmospheric pressures are also shown. The general pattern of wind belts is modified by seasonal changes and the distribution of continents.

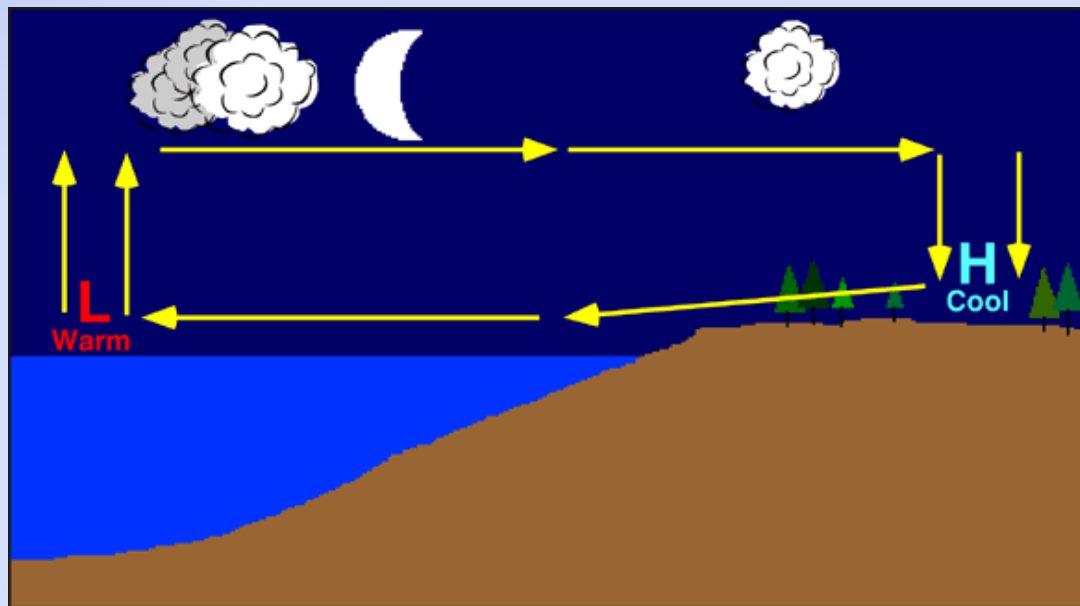


# Θαλάσσια και απόγεια αύρα



Φαινόμενο θαλάσσιας αύρας.

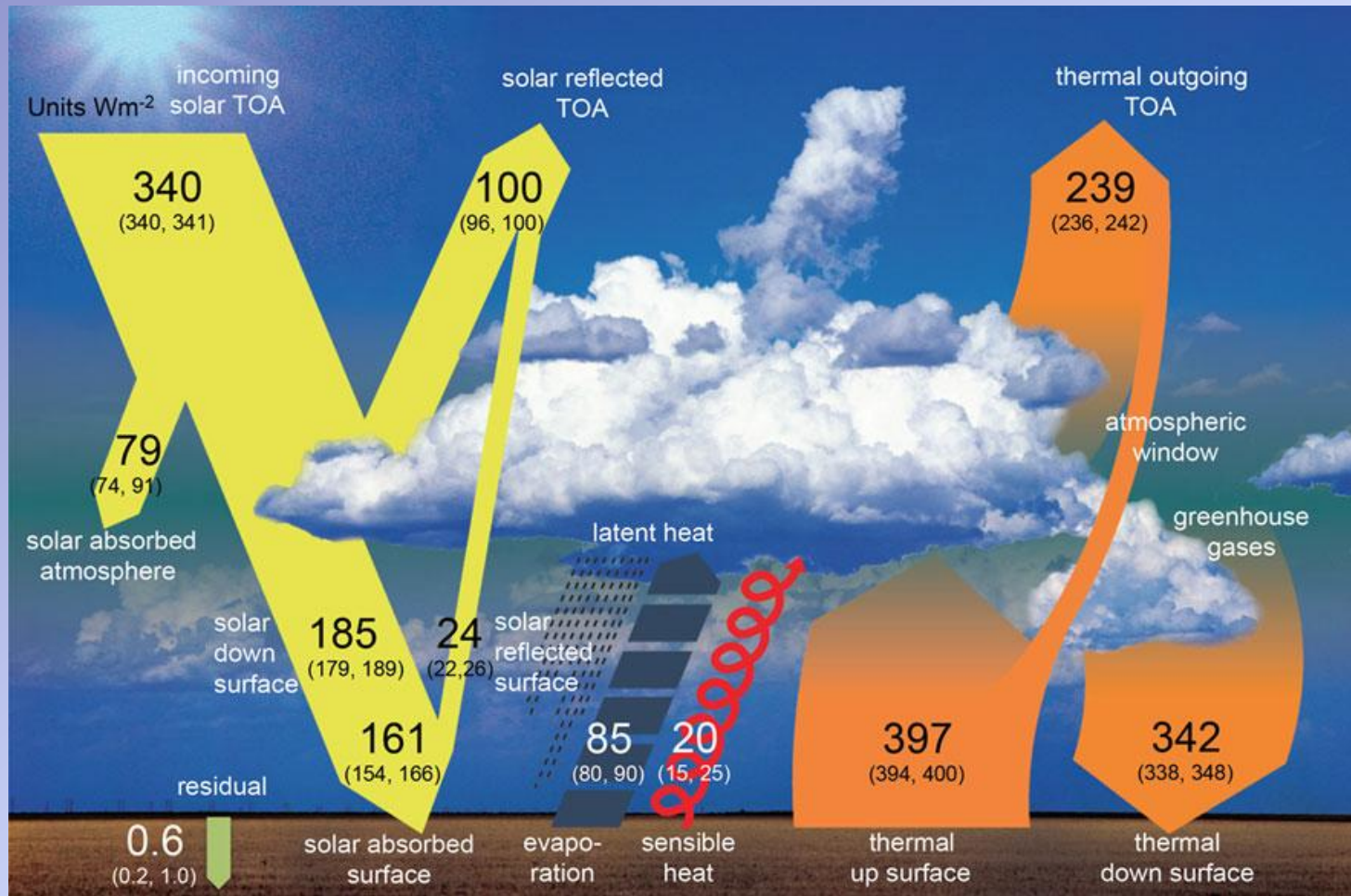
Η κίνηση των αερίων μαζών στην ατμόσφαιρα με τον συνδυασμό διαφοράς πίεσης, θερμοκρασίας και γειτνίασης ξηράς-θάλασσας δημιουργεί το φαινόμενο της **θαλάσσιας αύρας** την ημέρα και της **απόγειας αύρας** την νύκτα



Φαινόμενο απόγειας αύρας.

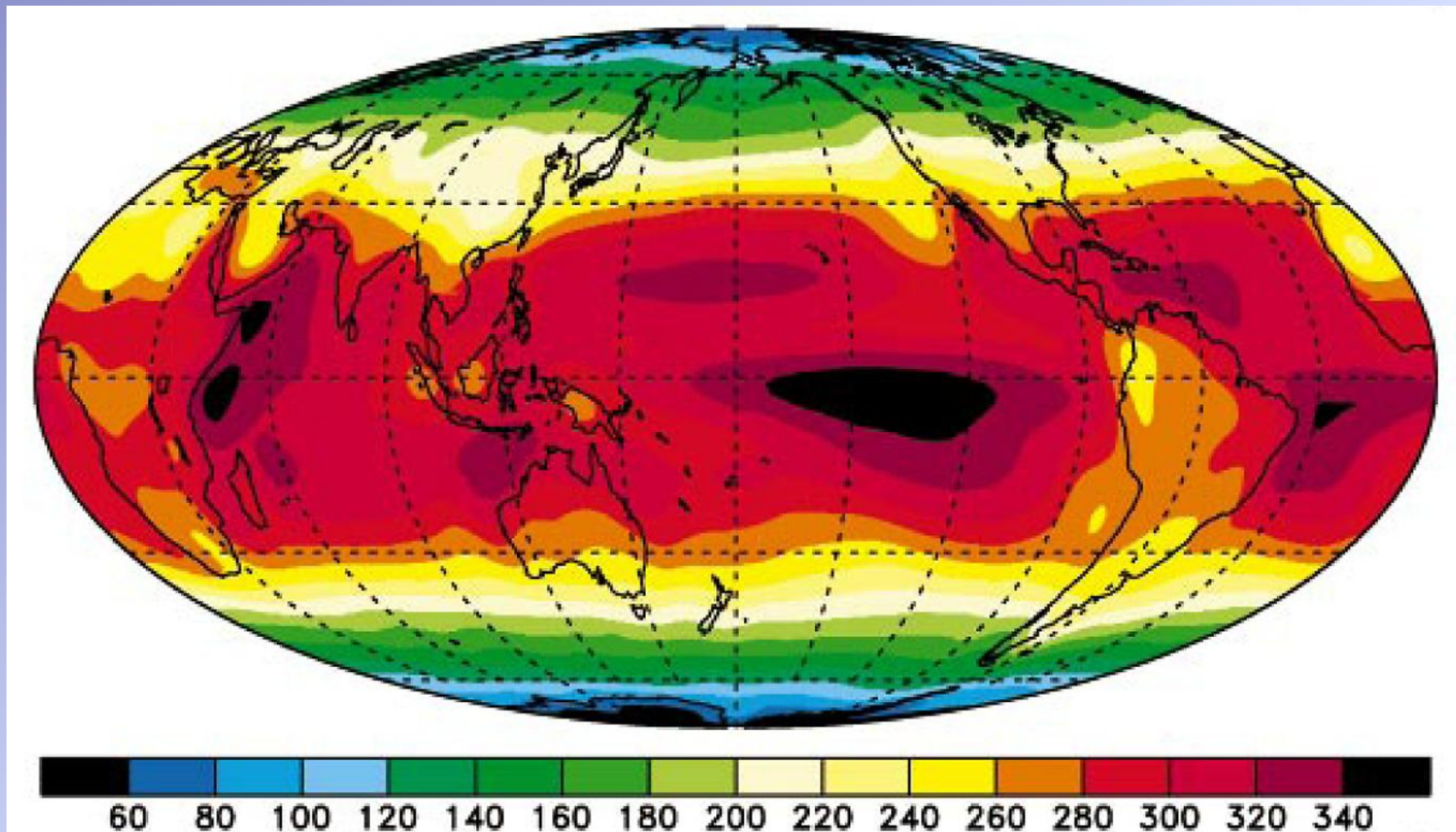
<b>Κλίμακα Beaufort</b>	<b>Χαρακτηρισμός, ταχύτητες ανέμου (m/sec)</b>	<b>Επίδραση στο περιβάλλον</b>
0	Νηνεμία, <0,3	Ο καπνός ανέρχεται κατακόρυφα.
1	Ελαφρός αέρας, 0,3-1,4	Θρόϊσμα φύλλων, ελαφρά κίνηση ανεμοδείκτη.
2	Ελαφριά αύρα, 1,5-3,1	Κίνηση φύλλων και μίσχων.
3	Ήπια αύρα, 3,2-5,3	Κίνηση φύλλων και μικρών κλαδιών.
4	Μέτρια αύρα, 5,4-8,1	Κίνηση κλαδιών μικρών δένδρων, σκόνη σηκώνεται από το έδαφος.
5	Σχετικά ισχυρή αύρα, 8,2-10,6	Κίνηση μικρών δένδρων.
6	Ισχυρή αύρα, 10,7-14,2	Κίνηση μεγάλων κλαδιών, τηλεφωνικών καλωδίων και σύριγμα γραμμών ισχύος.
7	Σχεδόν θύελλα, 14,3-16,9	Κίνηση ολόκληρων δένδρων, δυσκολία στο περπάτημα.
8	Θύελλα, 17-20,1	Αποκοπή μεγάλων κλαδιών δένδρων.
9	Ισχυρή θύελλα, 20,2-23,9	Αποκοπή κορμών δένδρων, αρπαγή στεγών.
10	Γενικευμένη θύελλα, 24-28	Ξερίζωμα δένδρων, κάποιες ζημιές σε σπίτια.
11	Καταιγίδα, 28,1-33,3	Εκτεταμένες ζημιές σε σπίτια και δένδρα.
12	Τυφώνας, >33,4	Σοβαρές ζημιές σε σπίτια και δένδρα.

# Επίδραση της γήινης ατμόσφαιρας επί της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας



Από τα  $340 \text{ W/m}^2$  (κατά μ.ο.) της εισερχόμενης στην γήινη ατμόσφαιρα ακτινοβολίας, το 1/3 διαφεύγει προς το διάστημα. Το υπόλοιπο απορροφάται από την ατμόσφαιρα της γης είτε την επιφάνειά της.

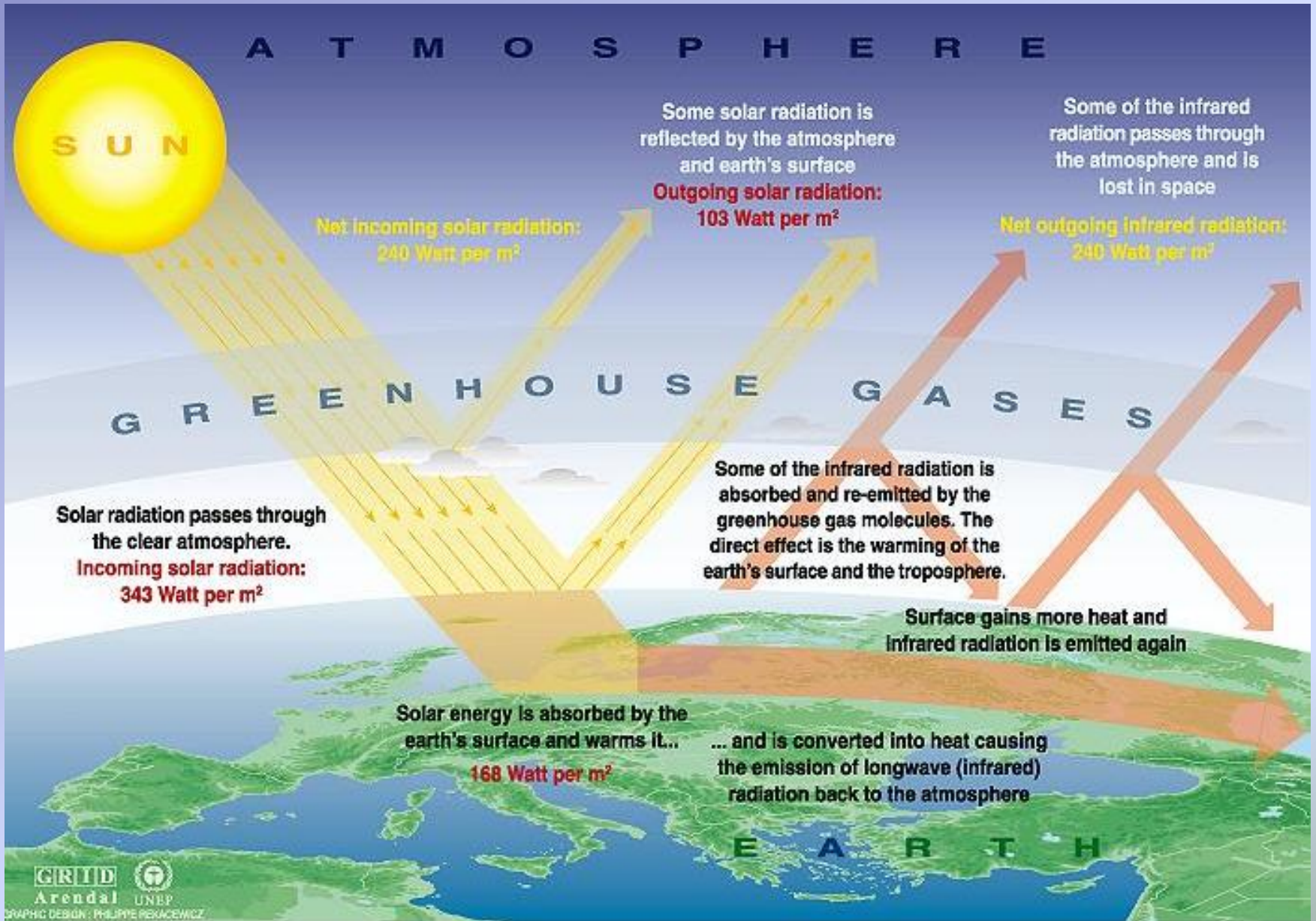
# Κατανομή της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας



Κατανομή της μέσης ετήσιας (2003) απορροφημένης ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης. Οι μονάδες είναι  $W/m^2$ .



# ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

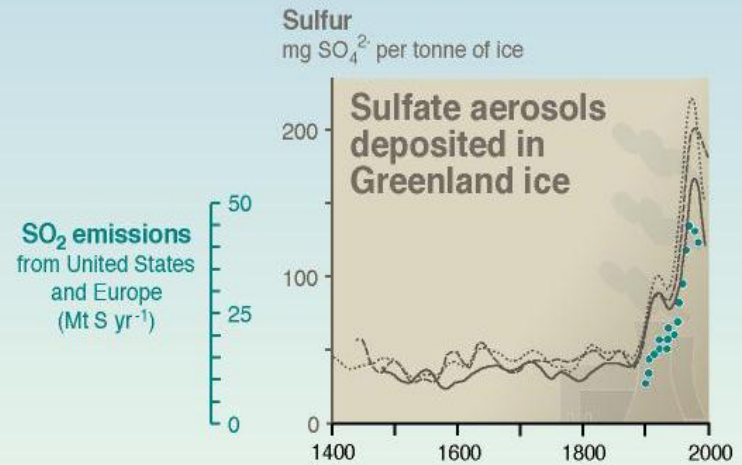
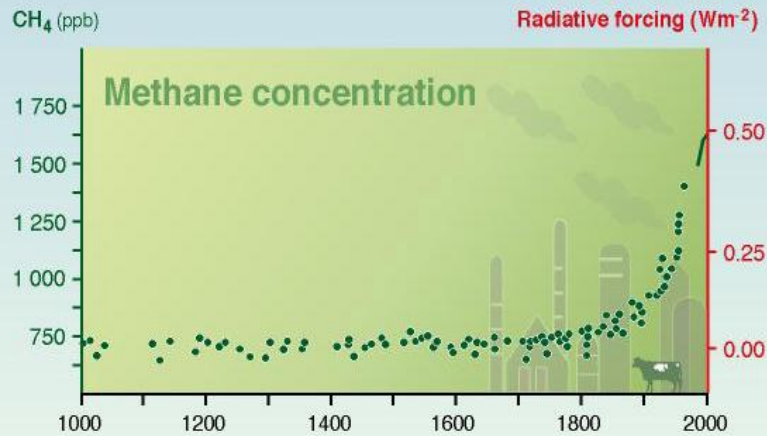
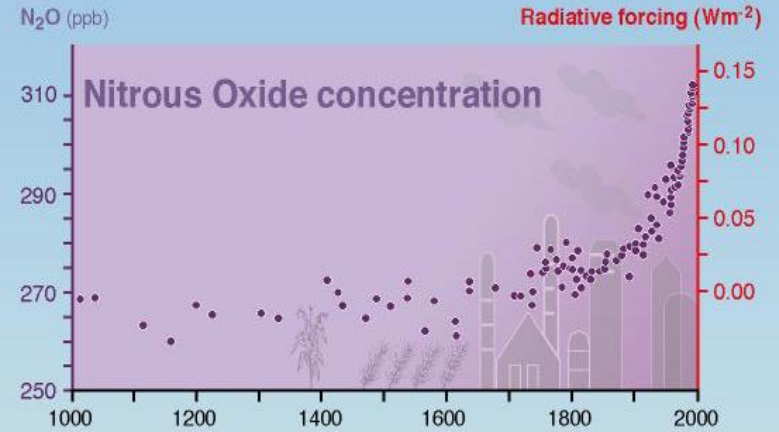
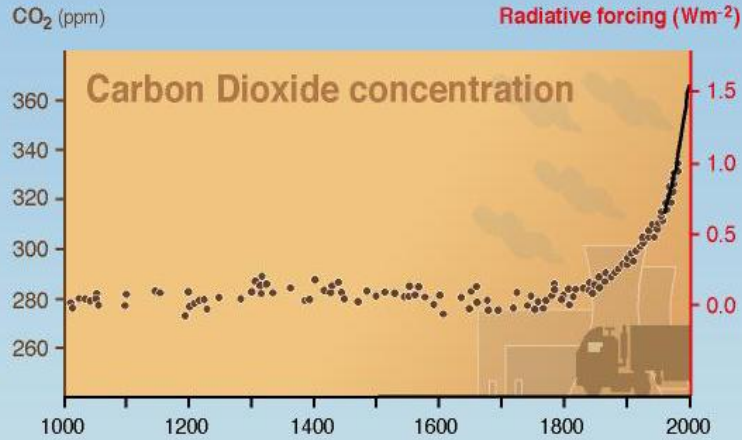


## The main greenhouse gases

Greenhouse gases	Chemical formula	Pre-industrial concentration	Concentration in 1994	Atmospheric lifetime (years) <sup>***</sup>	Anthropogenic sources	Global warming potential (GWP) <sup>*</sup>
Carbon-dioxide	CO <sub>2</sub>	278 000 ppbv	358 000 ppbv	Variable	Fossil fuel combustion Land use conversion Cement production	1
Methane	CH <sub>4</sub>	700 ppbv	1721 ppbv	12,2 +/- 3	Fossil fuels Rice paddies Waste dumps Livestock	21 <sup>**</sup>
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	275 ppbv	311 ppbv	120	Fertilizer industrial processes combustion	310
CFC-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0	0,503 ppbv	102	Liquid coolants. Foams	6200-7100 <sup>****</sup>
HCFC-22	CHClF <sub>2</sub>	0	0,105 ppbv	12,1	Liquid coolants	1300-1400 <sup>****</sup>
Perfluoromethane	CF <sub>4</sub>	0	0,070 ppbv	50 000	Production of aluminium	6 500
Sulphur hexa-fluoride	SF <sub>6</sub>	0	0,032 ppbv	3 200	Dielectric fluid	23 900

Note : pptv= 1 part per trillion by volume; ppbv= 1 part per billion by volume, ppm v= 1 part per million by volume

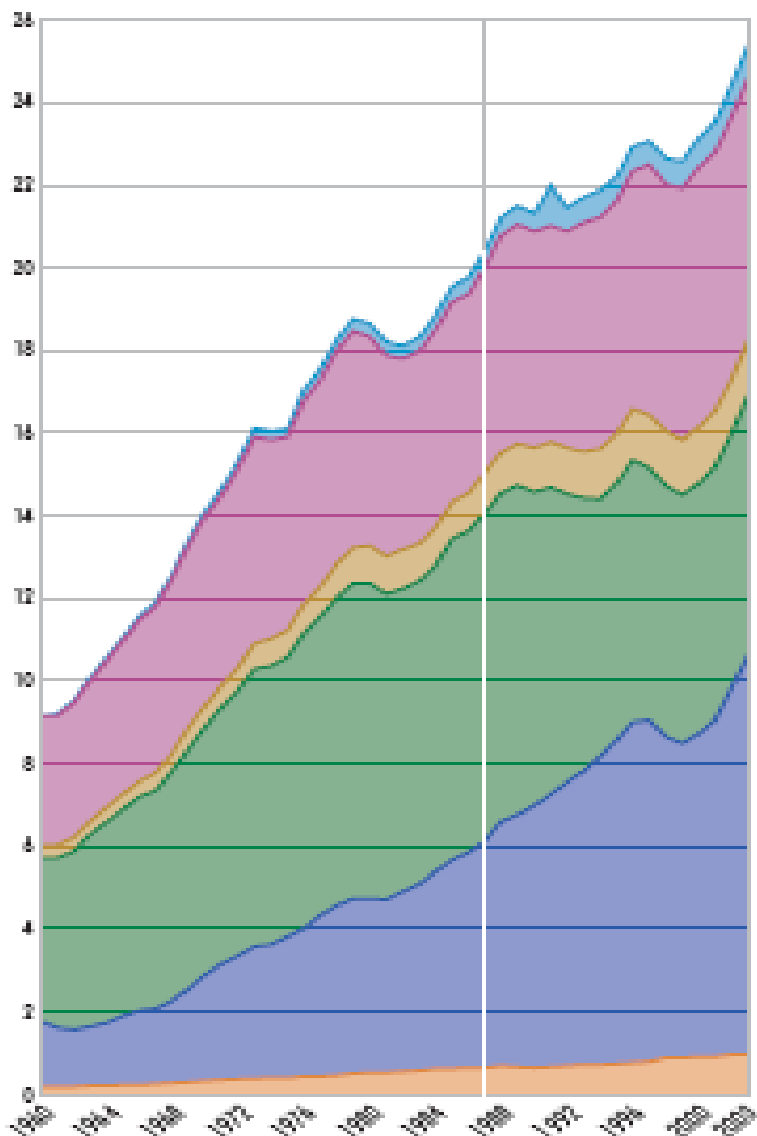
# ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ



### CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuels by region

billion tonnes per year

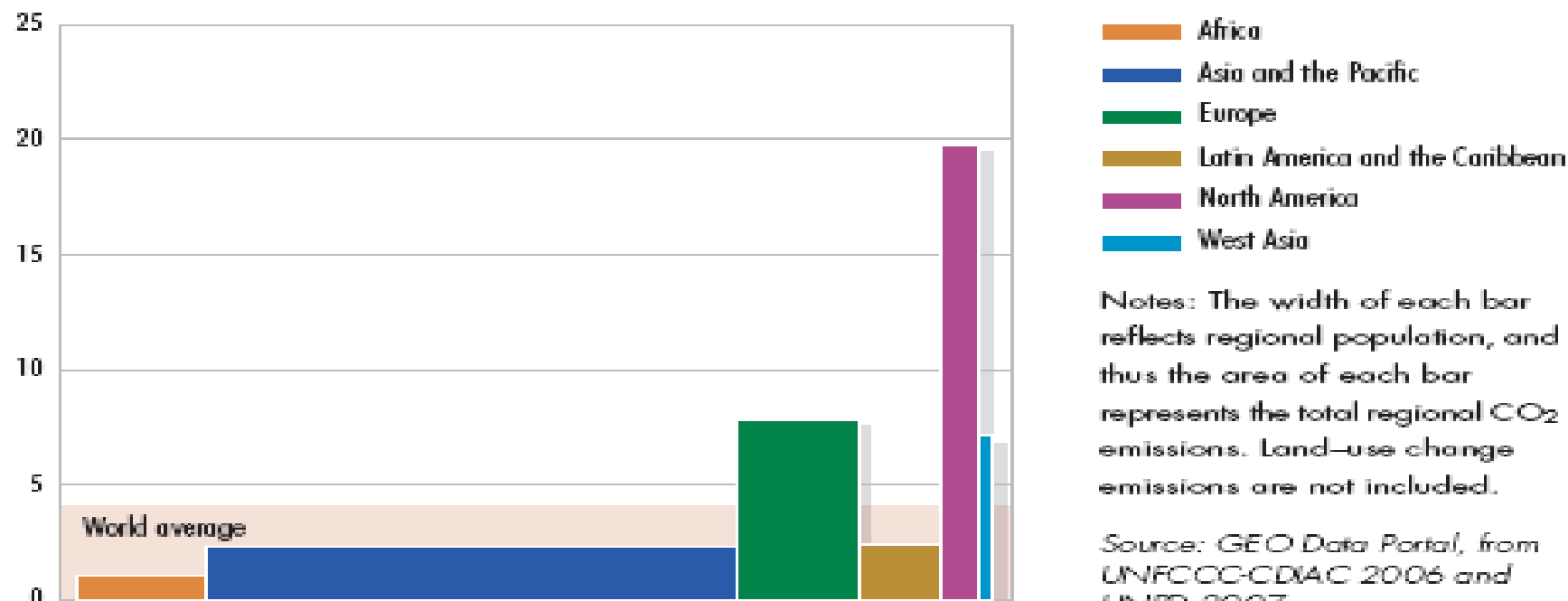
- Africa
- Asia and the Pacific
- Europe
- Latin America and the Caribbean
- North America
- West Asia



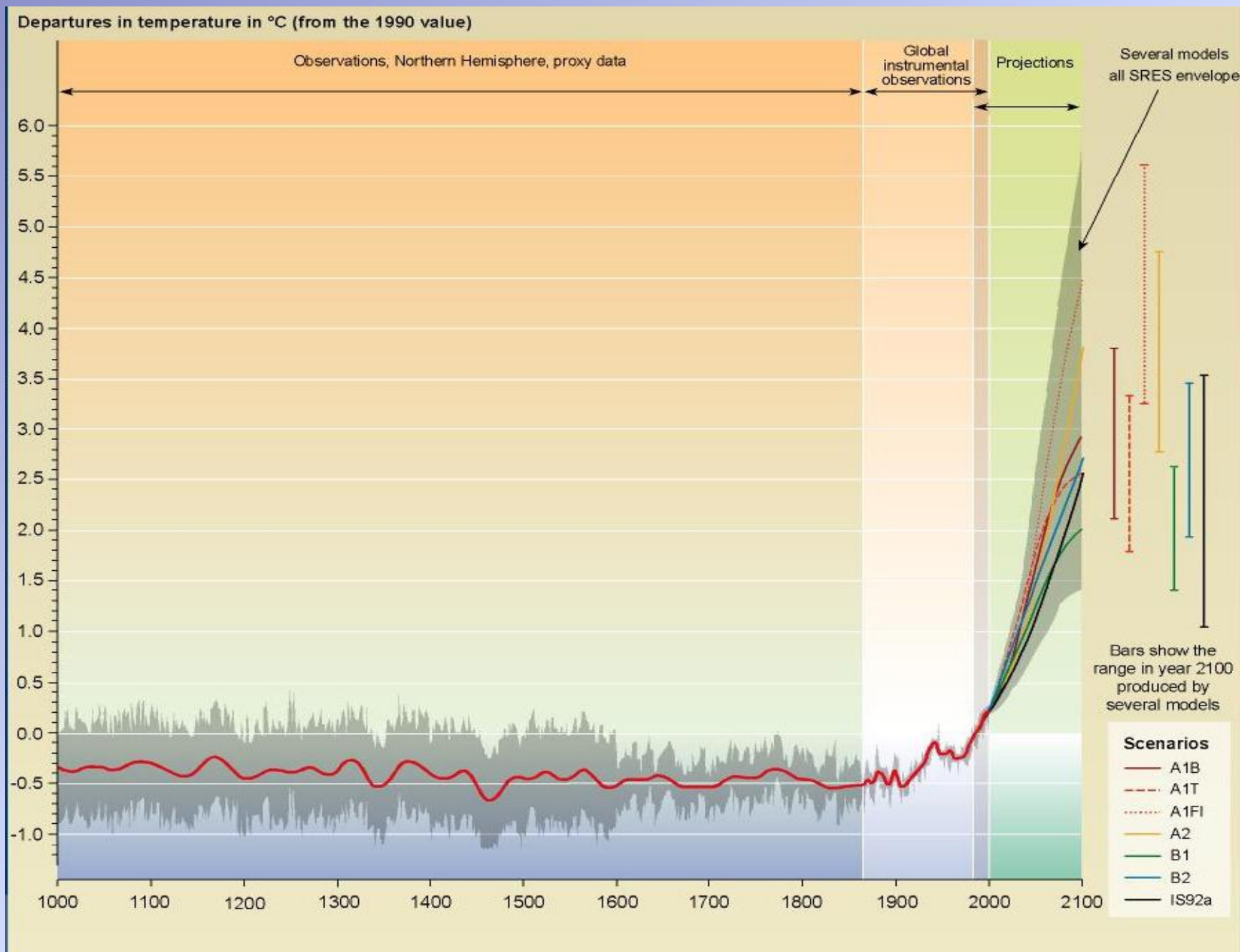
Source: (GEO Data Portal),  
compiled from UNFCCC,  
CDIAC 2006

### Per capita CO<sub>2</sub> emissions at the regional level in 2003

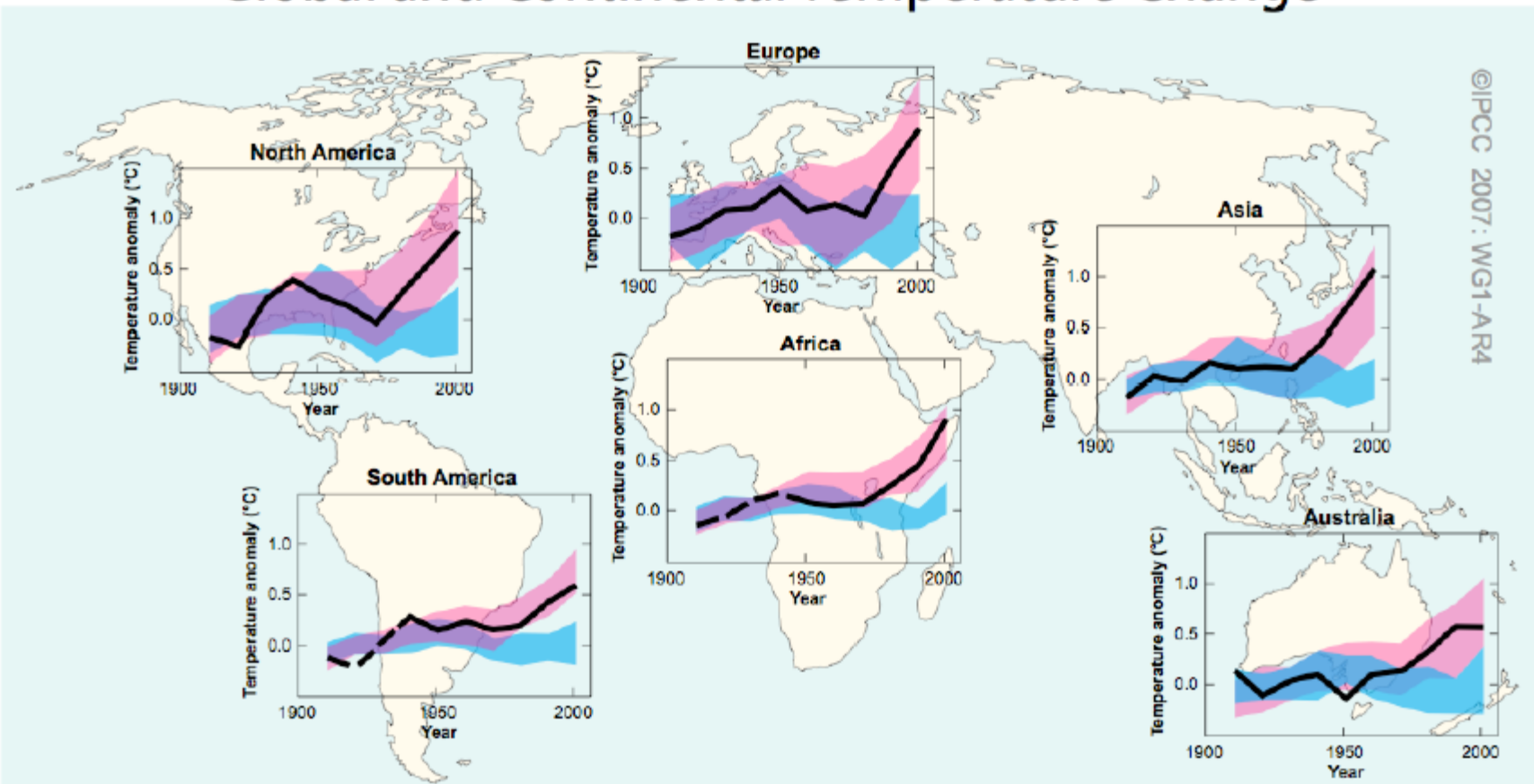
CO<sub>2</sub> emissions in tonnes per capita



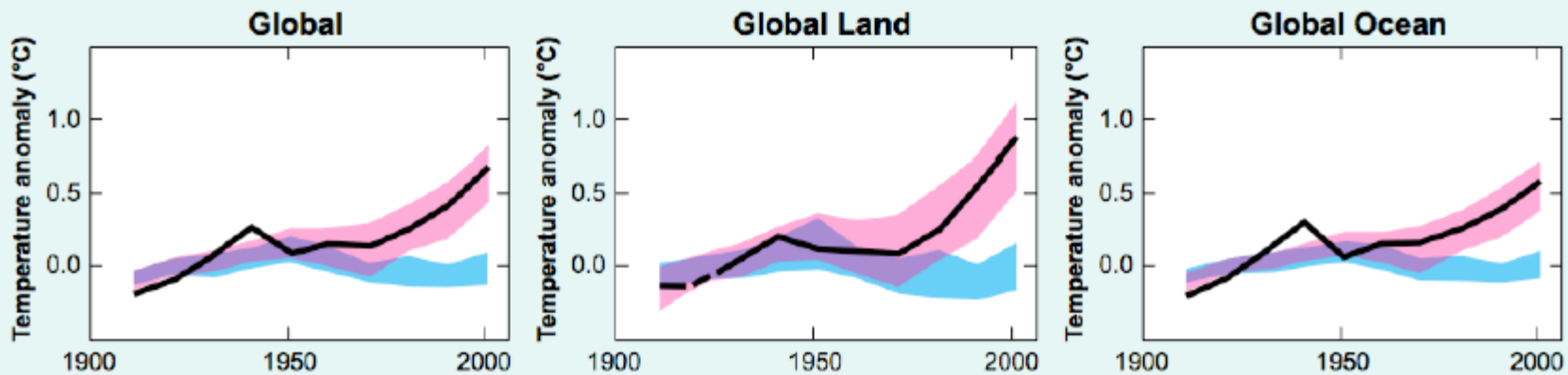
# ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ



# Global and Continental Temperature Change

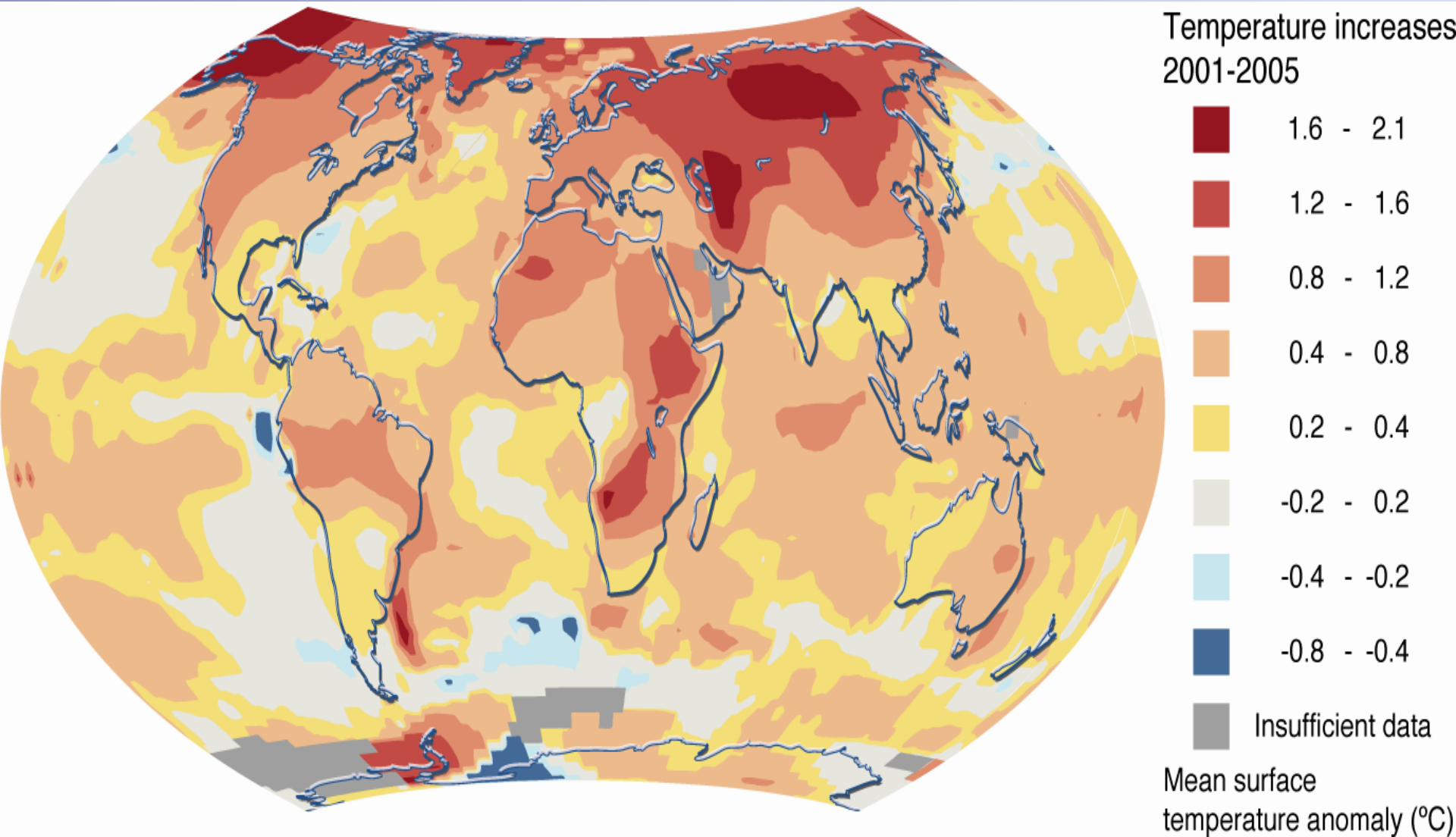


©IPCC 2007: WG1-AR4



IPCC 2007

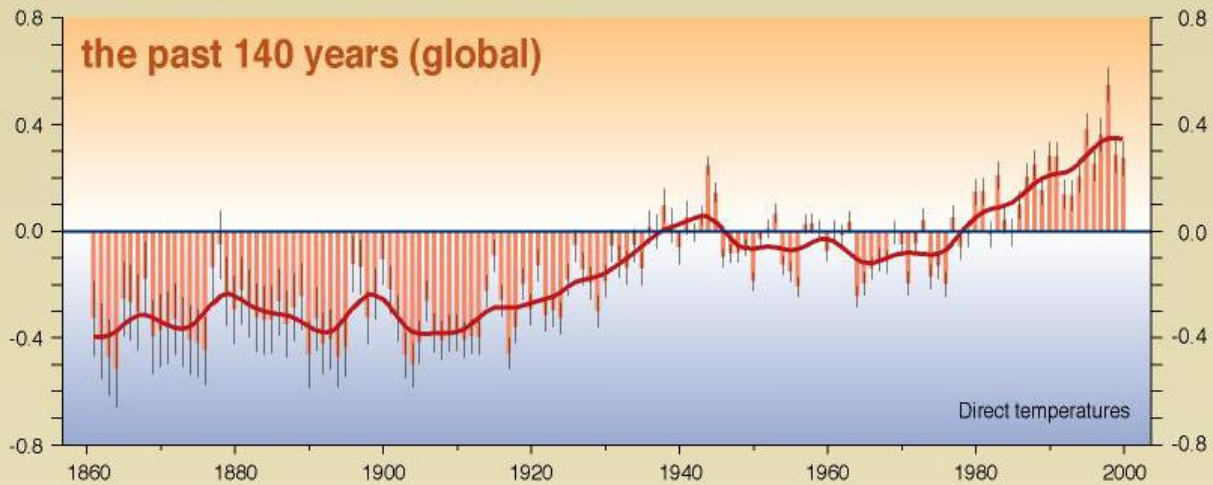
# ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ



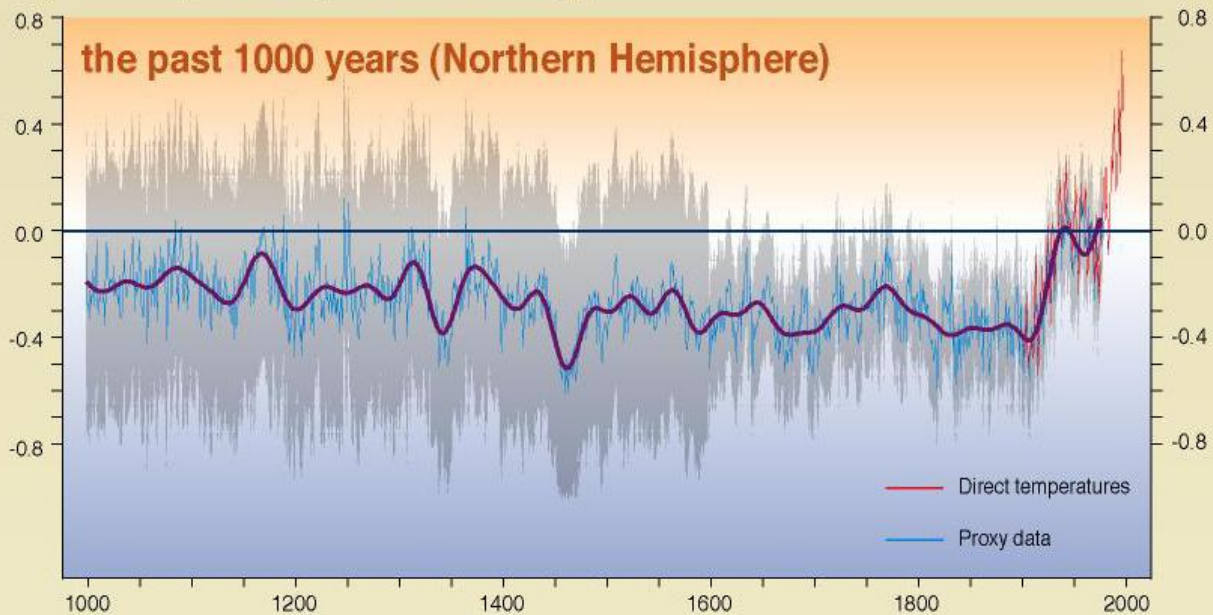


## Variations of the Earth's surface temperature for...

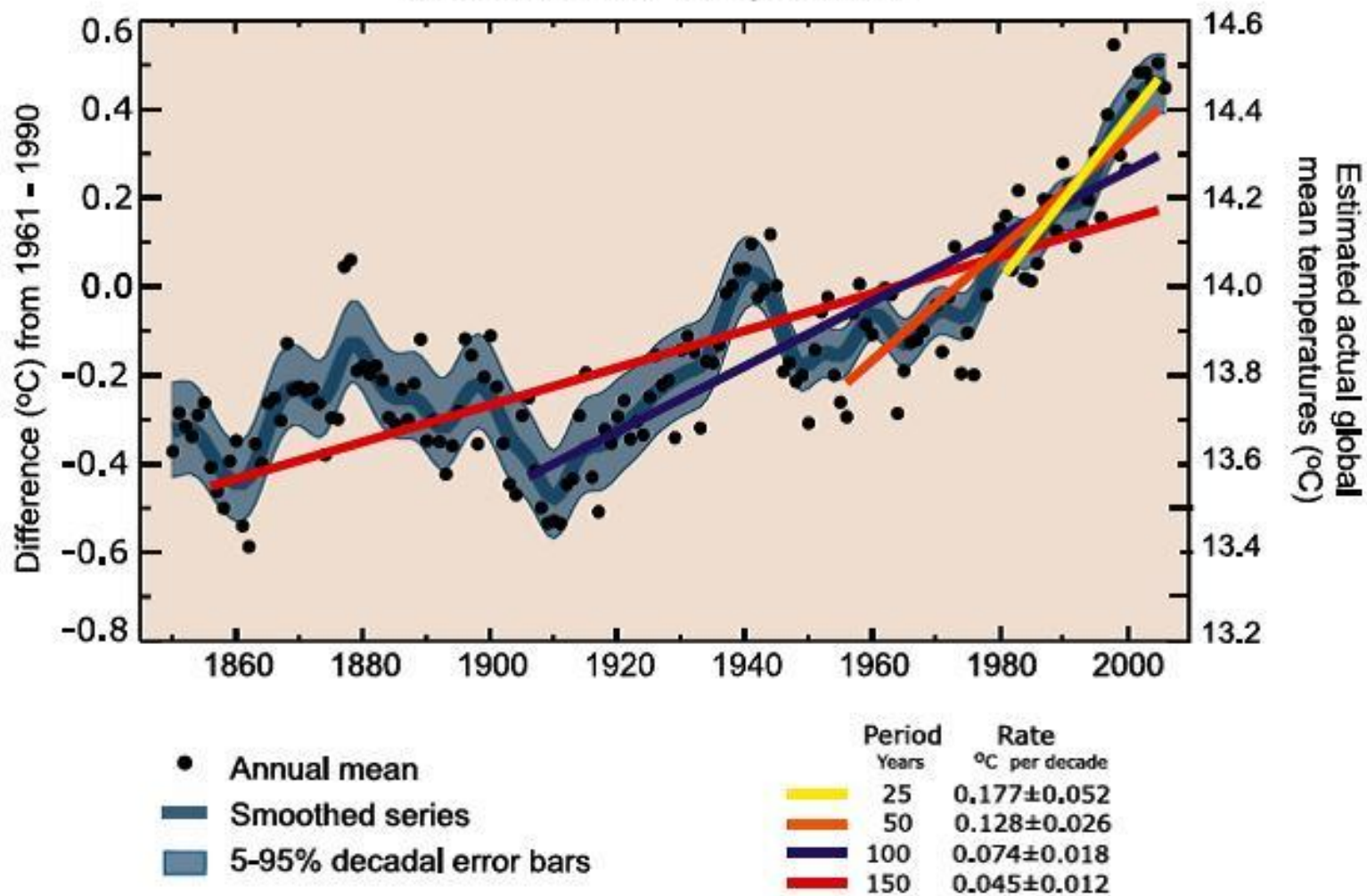
Departures in temperature in °C (from the 1961-1990 average)



Departures in temperature in °C (from the 1961-1990 average)



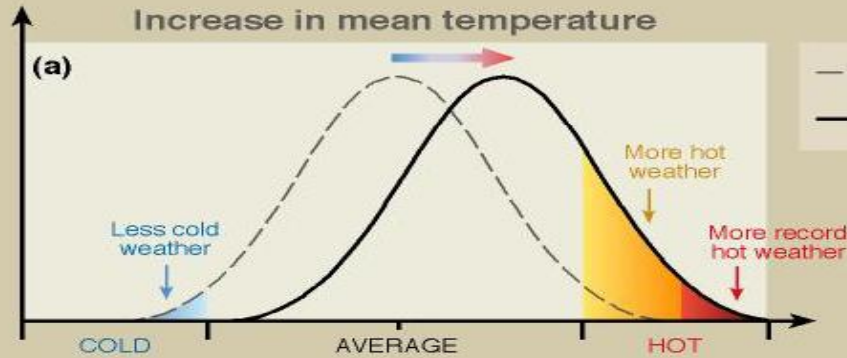
## Global Mean Temperature



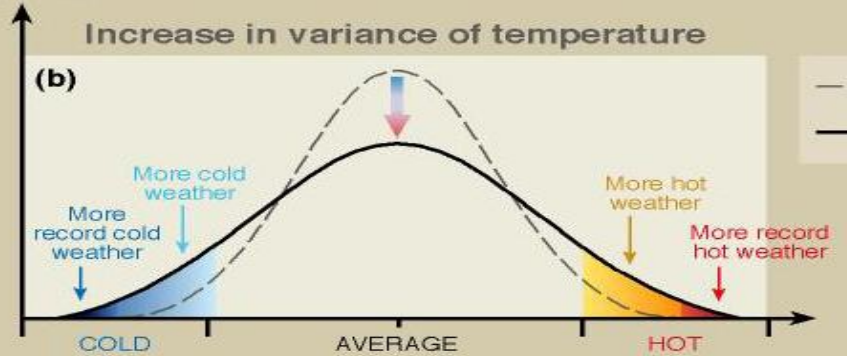
Τα τελευταία 100 χρόνια η μέση θερμοκρασία του πλανήτη εκτιμάται ότι αυξήθηκε κατά 0,74 οC. Τα επόμενα χρόνια, αυτή η τάση θα ενισχυθεί. Η αύξηση θα ξεπεράσει τους 3 οC κάποια στιγμή μεταξύ 2050 – 2065. Αν δεν εφαρμοστούν οι διεθνείς συνθήκες, αυτή η αύξηση θα συμβεί γρηγορότερα.

# ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ

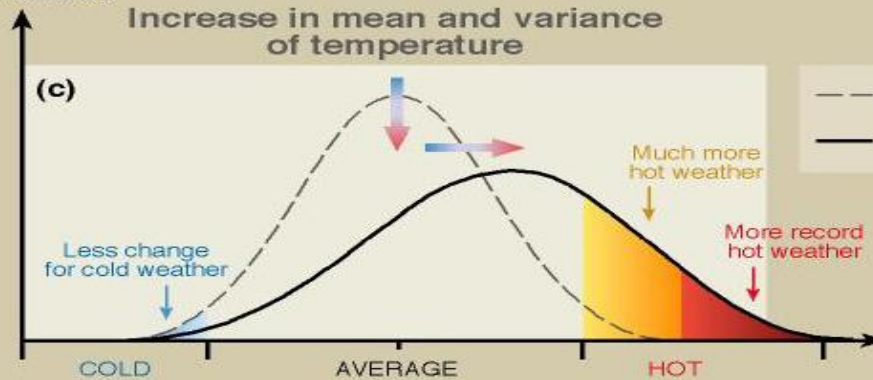
Probability of occurrence



Probability of occurrence



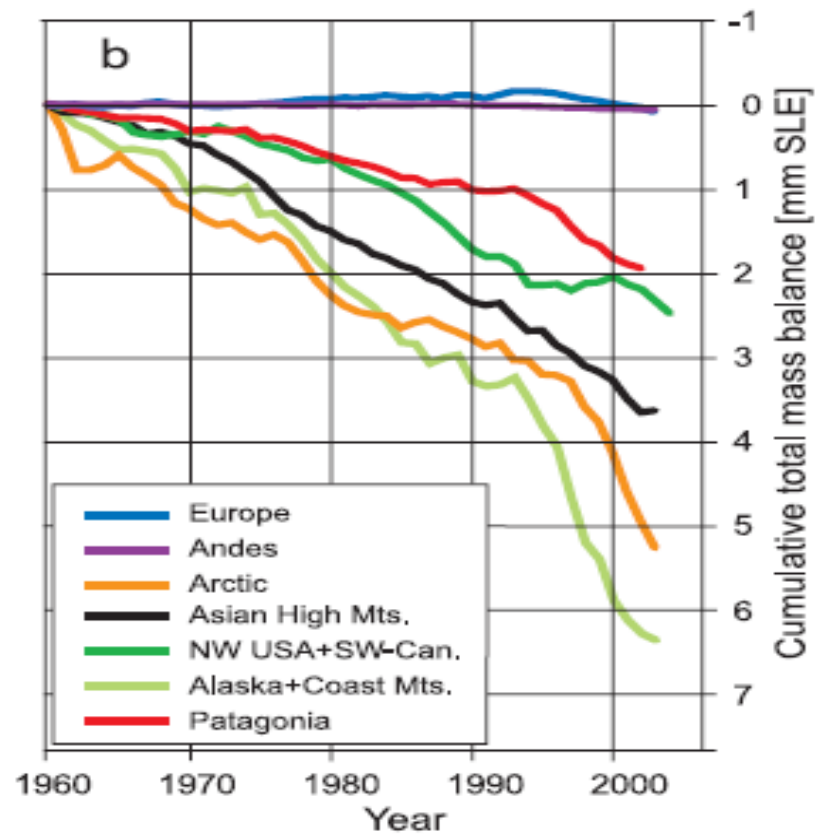
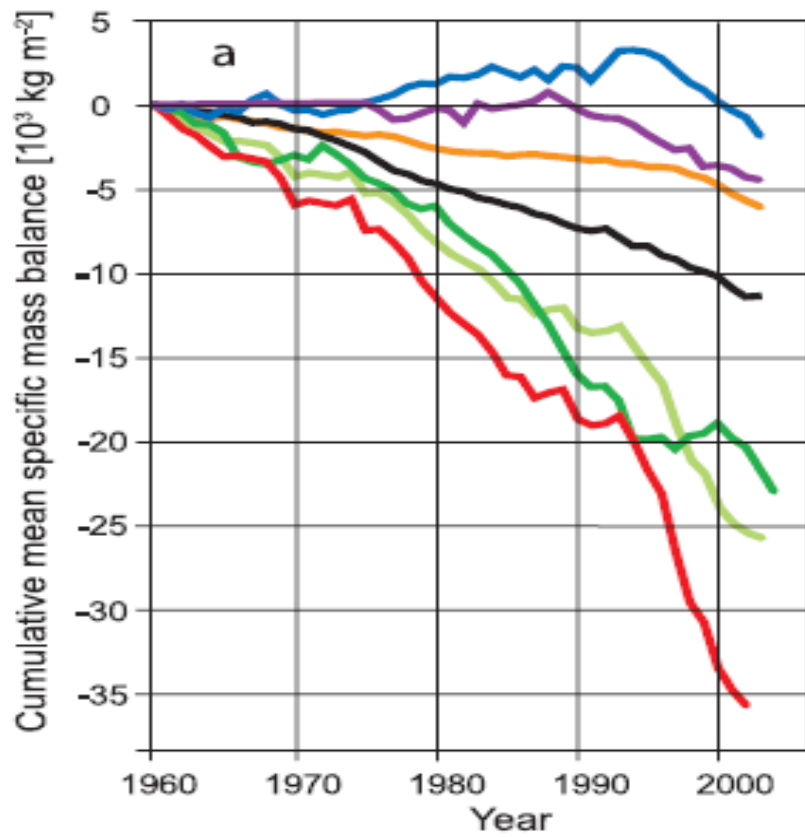
Probability of occurrence



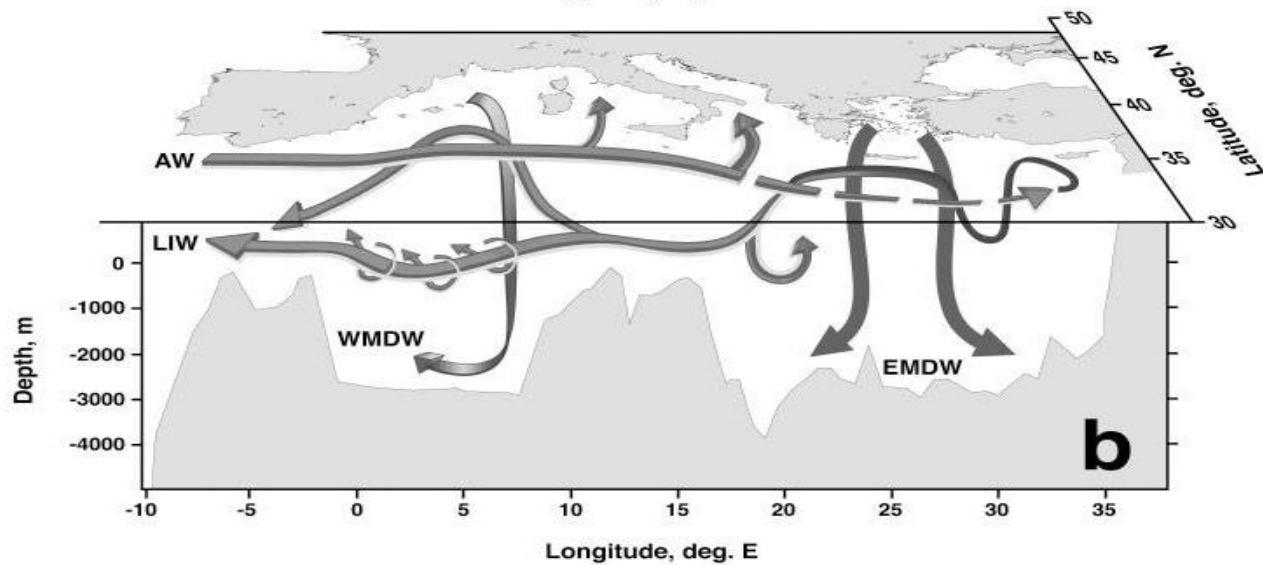
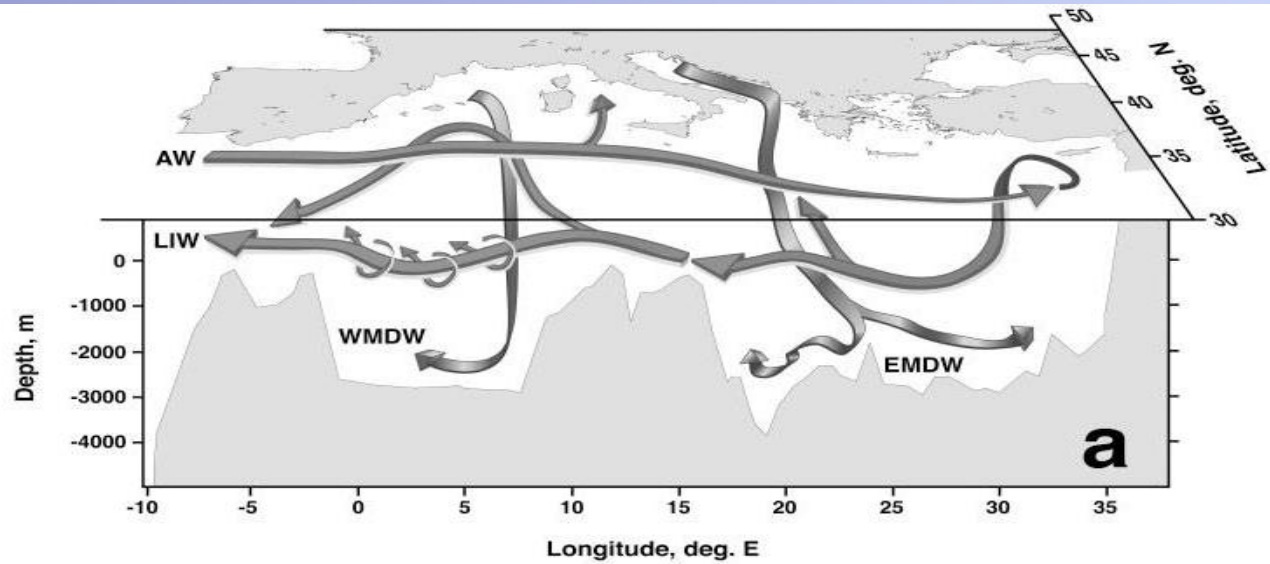
# Λιώσιμο των πάγων και υποχώρηση των παγετώνων στους πόλους και στις μεγάλες οροσειρές



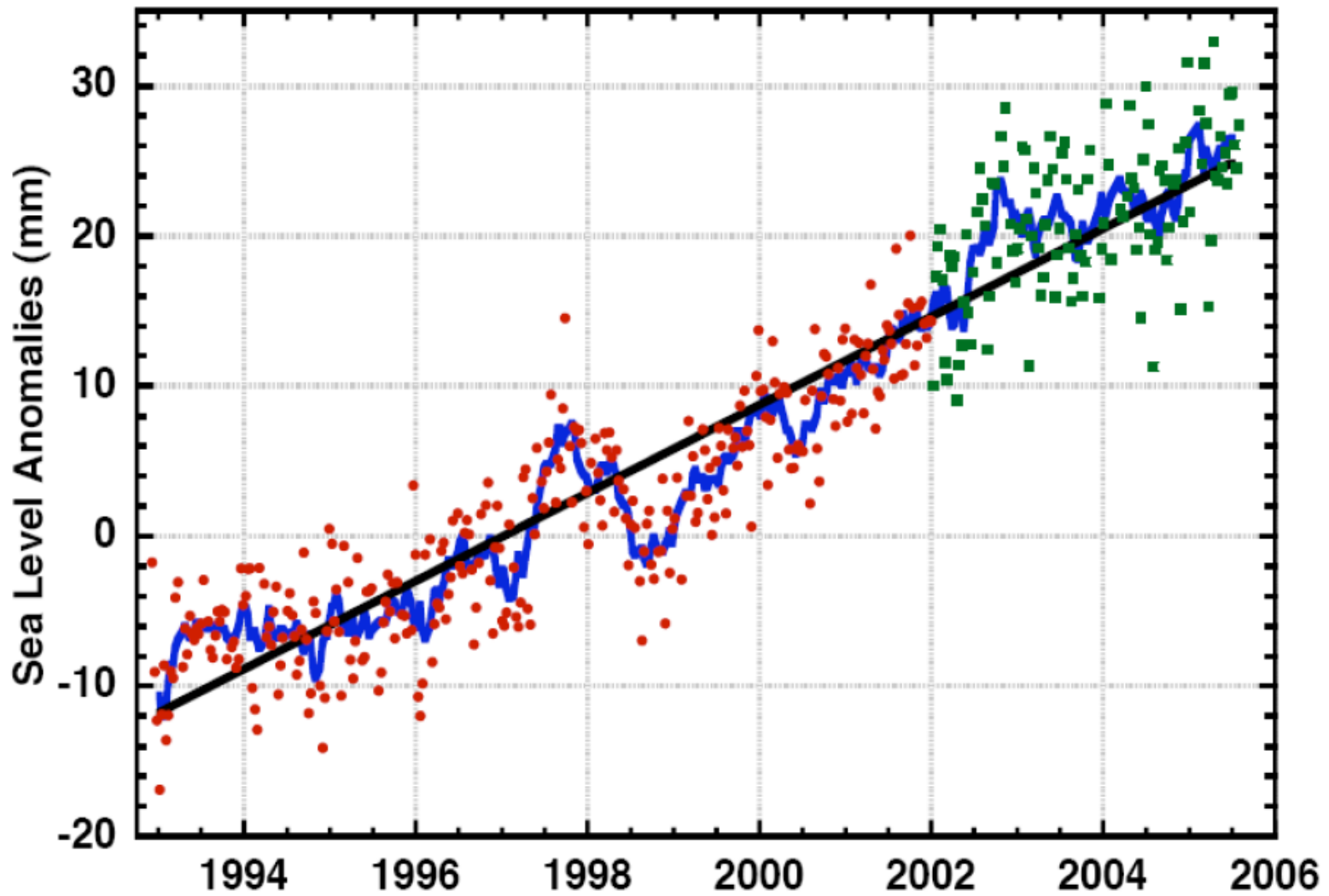
Το λιώσιμο των παγετώνων (α) επιταχύνει την υπερθέρμανση του πλανήτη, (β) αυξάνει το επίπεδο της θάλασσας (γ) καταστρέφει το permafrost αφήνοντας πίσω του ένα σαθρό και λασπώδες έδαφος (δ) προκαλεί ανύψωση του εδάφους και (ε) μεταβάλλει τα θαλάσσια ρεύματα



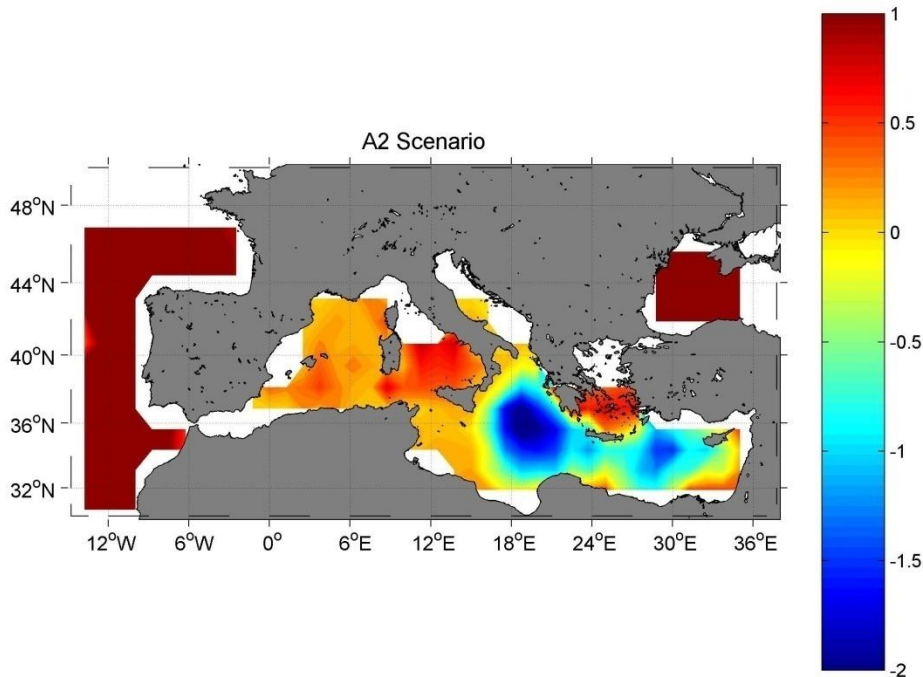
# ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΟ 1987



# ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

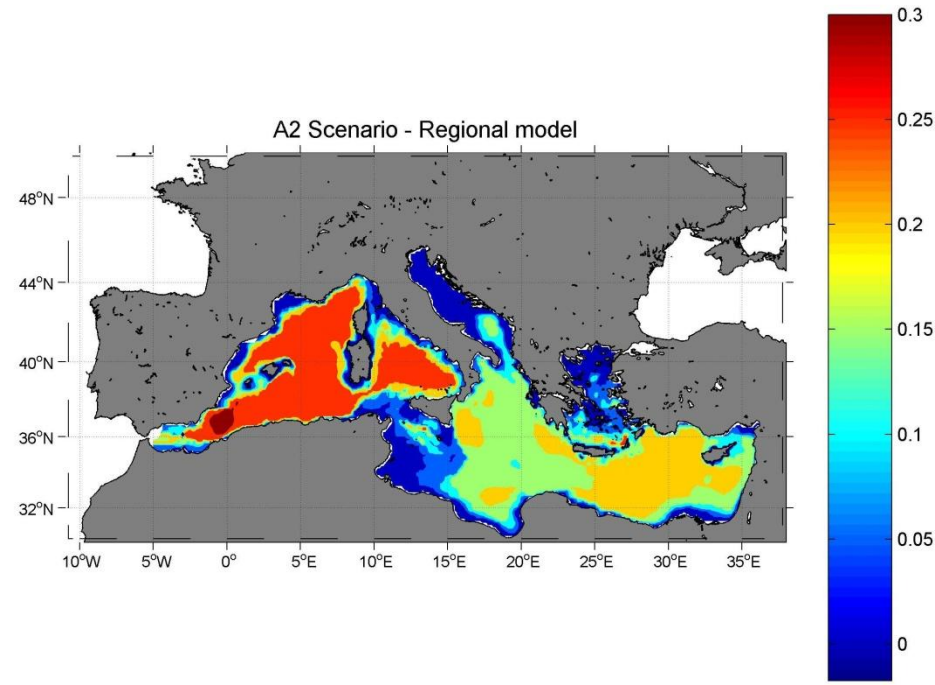


# ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ



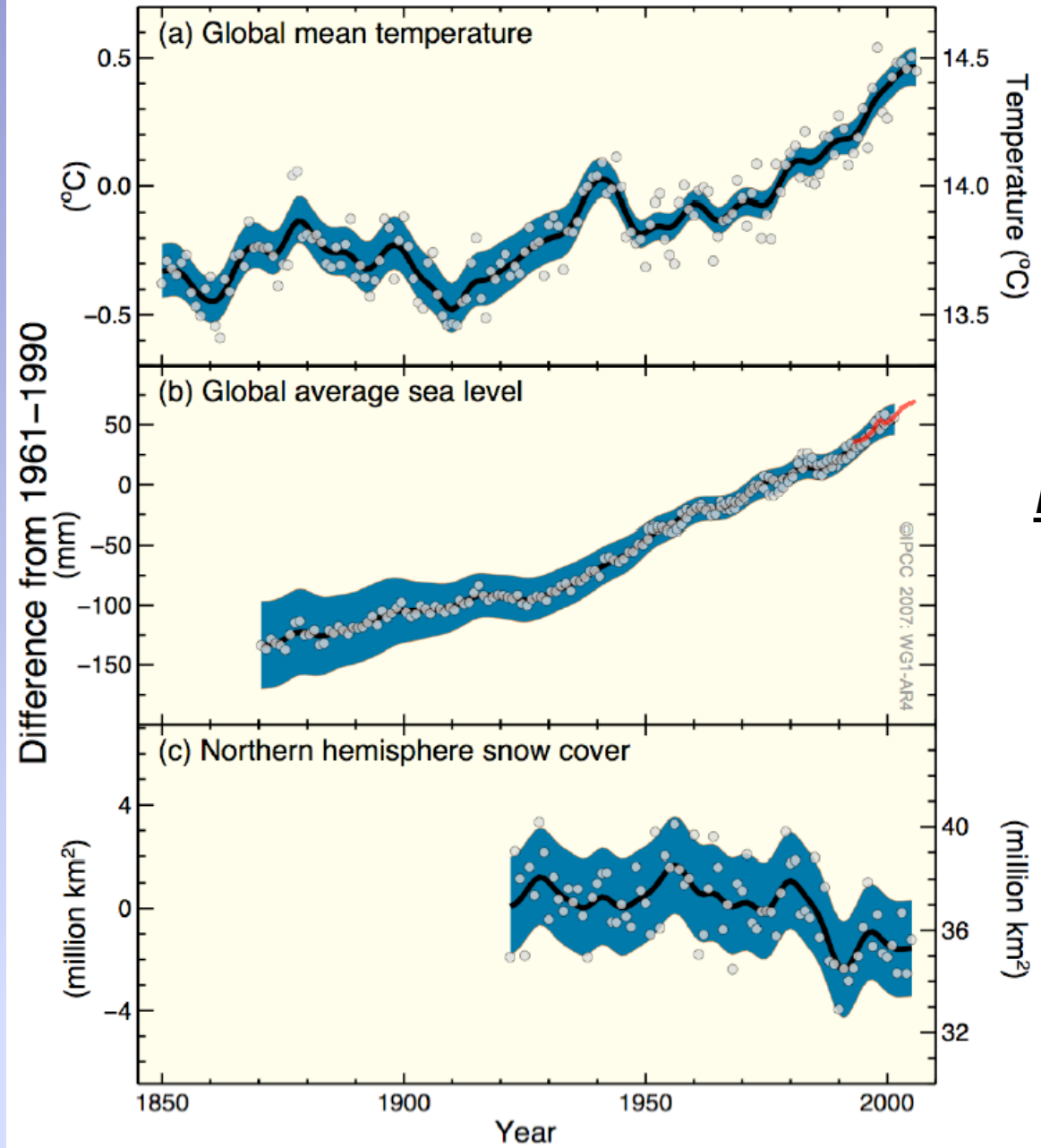
## Μεταβολές στη Μεσόγειο

- Πριν το 1960 η στάθμη αυξανόταν με τους παγκοσμίους ρυθμούς
- Την περίοδο 1960-90 καταγράφηκε πτώση της στάθμης
- Την περίοδο 1990-99 ο ρυθμός ανόδου ήταν έντονος στην ανατολική Μεσόγειο
- Από το 1999 ως σήμερα καταγράφεται εκ νέου πτώση της στάθμης αλλά δεν ξέρουμε μέχρι πότε



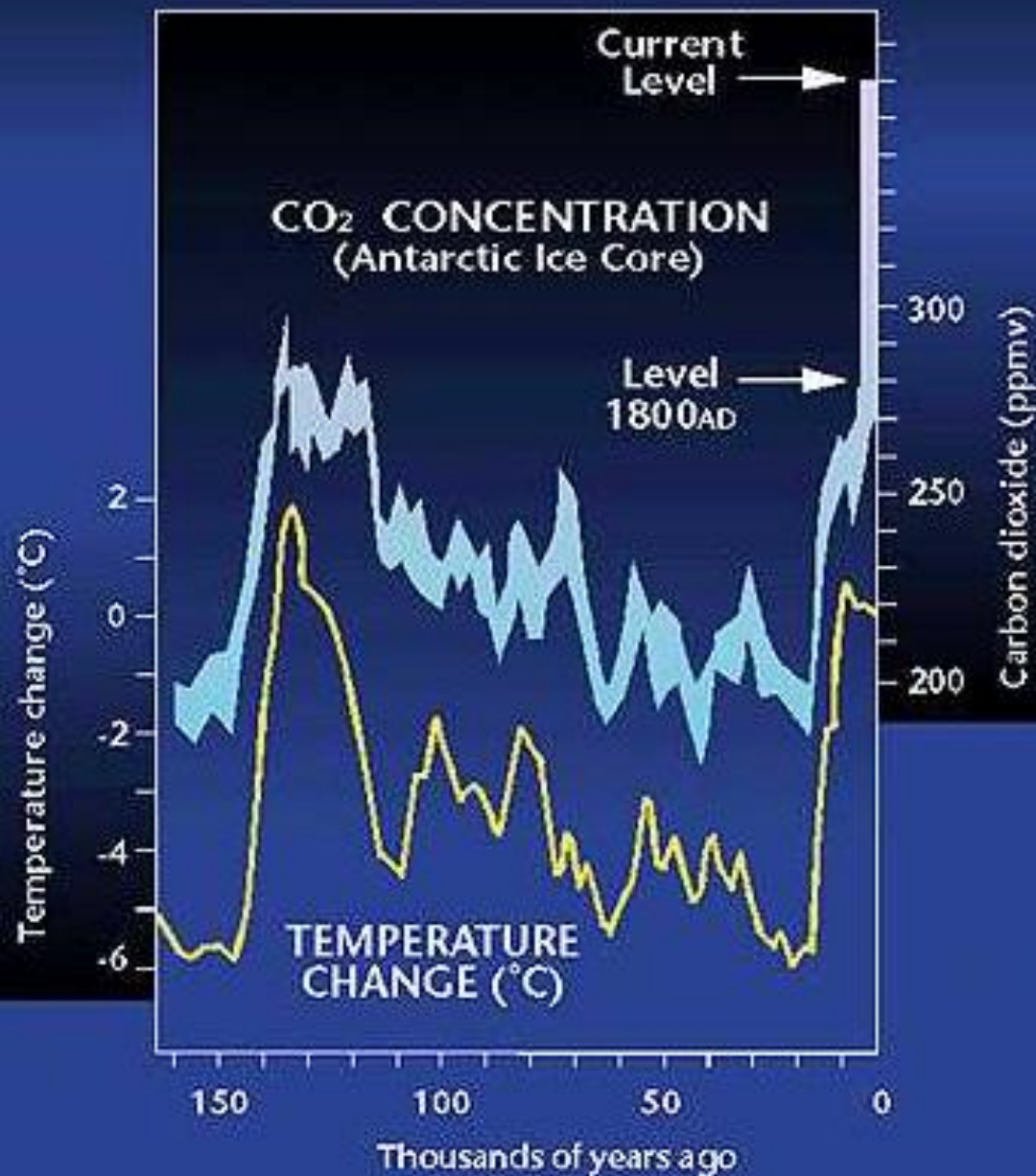


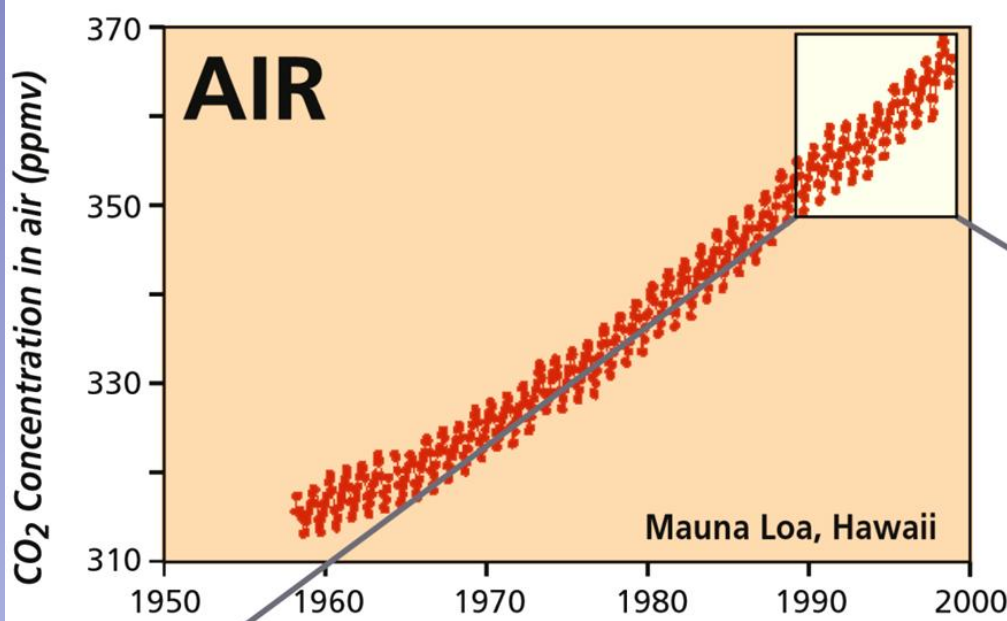
# Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



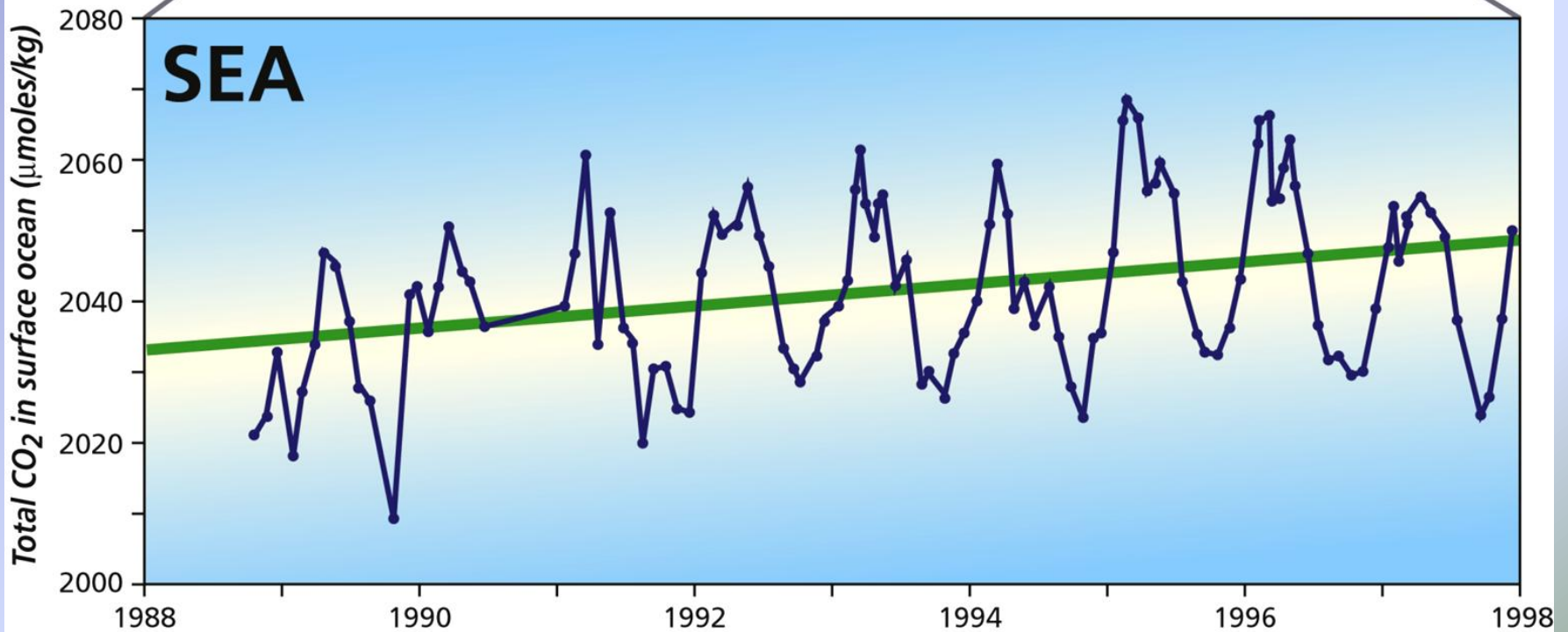
**IPCC 2007**

# Atmospheric Carbon Dioxide Concentration and Temperature Change



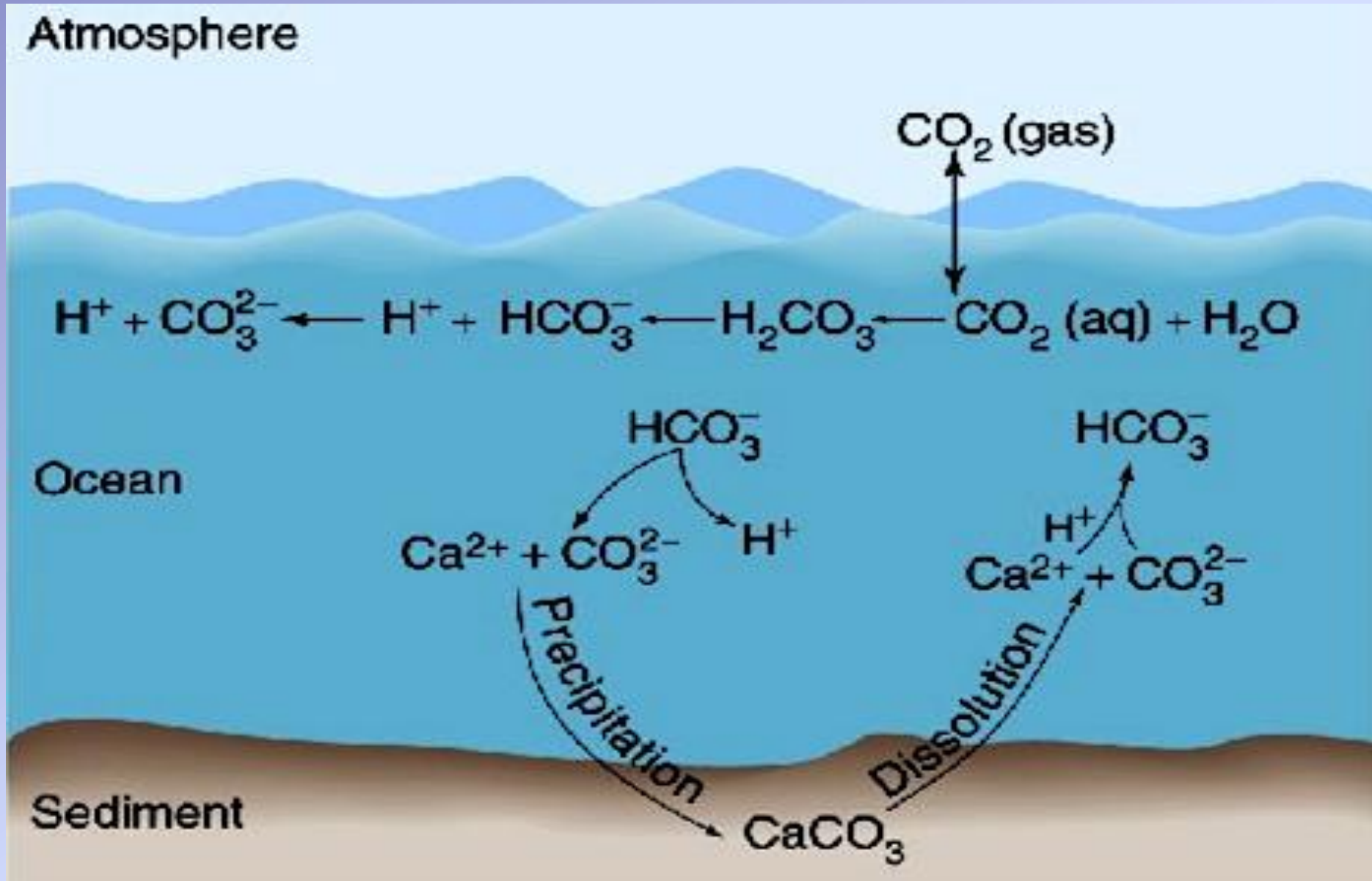


**το CO<sub>2</sub> αυξάνεται  
τόσο στην  
ατμόσφαιρα όσο  
και στον ωκεανό.**



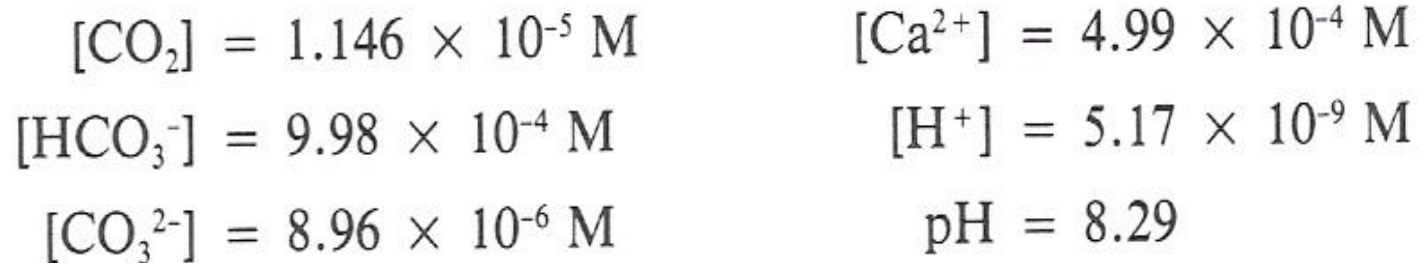
➤ Καθώς το  $\text{CO}_2$  εισέρχεται στα επιφανειακά ύδατα μέσω της ανταλλαγής αερίων αέρα - θάλασσας, αυξάνει τη συγκέντρωση του ολικού  $\text{CO}_2$  ( $C_T$ ) και τη μερική πίεση του  $\text{CO}_2$  ( $p\text{CO}_2$ ). Καθώς η  $p\text{CO}_2$  στο θαλασσινό νερό αυξάνει μειώνεται η εισροή  $\text{CO}_2$  στην επιφάνεια της θάλασσας. Επιπλέον, η  $p\text{CO}_2$  είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην αύξηση της θερμοκρασίας (~ 4,3 % ανά  $^\circ\text{C}$ ). Συνεπώς, η αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια και της εισροής του ανθρωπογενούς άνθρακα αυξάνουν την  $p\text{CO}_2$ , ελαττώνοντας την περαιτέρω εισροή του ανθρωπογενούς άνθρακα στο θαλασσινό νερό.

# ΙΣΟΡΟΠΙΕΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ





To summarize, for water in equilibrium with solid calcium carbonate and atmospheric  $\text{CO}_2$ , the following concentrations are calculated:



**Συνήθως το  $\Sigma\text{CO}_2$  στον ωκεανό επιμερίζεται σε:**  
 **$\sim 1\% \text{ dCO}_2 + 88\% \text{ HCO}_3^- + 11\% \text{ CO}_3^{2-}$**

# Επιδράσεις φαινομένου θερμοκηπίου στα θαλάσσια οικοσυστήματα

Αύξηση  $CO_2$  → Μείωση pH → Επίδραση σε οργανισμούς με ασβεστολιθικό κέλυφος

Μαλάκια, Εχινόδερμα, Καρκινοειδή, Κοραλία,  
Ασβεστολιθικά φύκη, Κοκκολιθοφόρα, Τρηματοφόρα

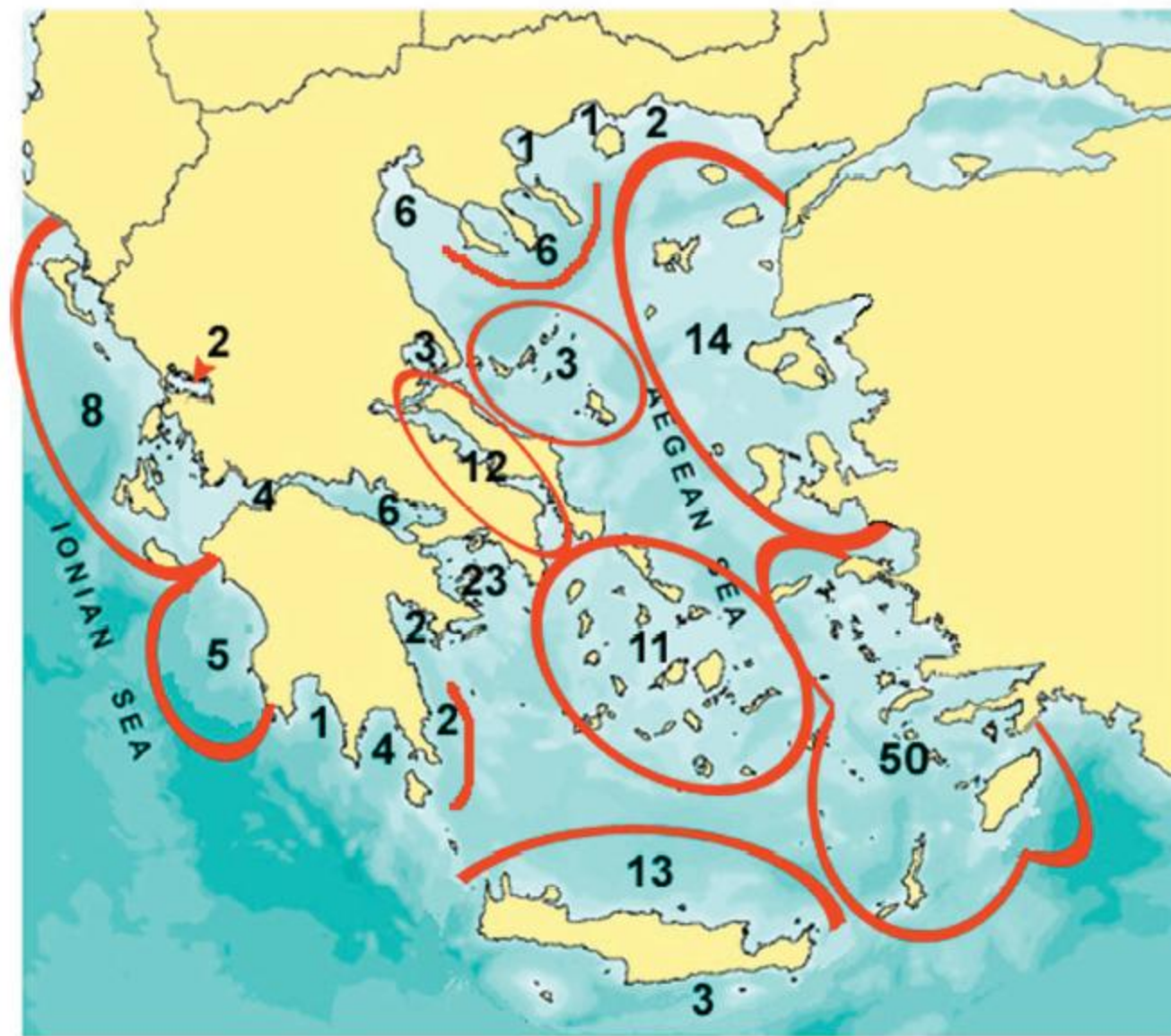
• Η μείωση του pH επιδρά στη φυσιολογία των οργανισμών.

• Παρατηρήθηκαν σημαντικές βιογεωγραφικές μετατοπίσεις όλων των συναθροίσεων κωπηπόδων με εξάπλωση προς βορρά κατά  $10^\circ$  γεωγραφικού πλάτους, των θερμόφιλων ειδών, παράλληλα με τη μείωση του αριθμού των ψυχρόφιλων ειδών

• Μαζικοί θάνατοι κοραλλιών ήταν το αποτέλεσμα απότομης αύξησης της θερμοκρασίας σε παράκτιες περιοχές

• Στη Βόρειο θάλασσα παρατηρήθηκε επιμήκυνση της περιόδου ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού και άνθιση της βιομάζας του. Οι επιβλαβείς ανθίσεις έγιναν συχνότερες και από περισσότερα είδη.

# ΕΞΩΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΣΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΘΑΛΑΣΣΕΣ



*Caulerpa taxifolia*



*Rapana venosa*



# ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του πλανήτη είναι πλέον ένα αποδεδειγμένο γεγονός όπως και η επακόλουθη κλιματική αλλαγή
- Οπωσδήποτε, η έρευνα πάνω στα φαινόμενα αυτά πρέπει να συνεχιστεί κμε εντατικούς ρυθμούς καθώς πολλές πτυχές τους είναι ακόμα άγνωστες.
- Ο ρόλος των ωκεανών στην εξέλιξη του φαινομένου προβλέπεται ότι θα είναι καθοριστικός για όλο τον πλανήτη. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας η οποία επίσης είναι επιστημονικά αποδεδειγμένη θα προκαλέσει πολλά προβλήματα.
- Η ανθρωπότητα οφείλει να κινηθεί με βάση την αρχή της πρόληψης και να πάρει μέτρα για γρήγορη αναστροφή της κατάστασης
- Η επιστημονική κοινότητα πρέπει να πιέσει έντονα προς την κατεύθυνση αυτή διαχέοντας τα συμπεράσματά της στην κοινωνία
- Η ενημέρωση και κινητοποίηση των νεότερων γενεών και μέσω της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης θα είναι ένα πολύ θετικό βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση.

## Η Πλανητική Αλλαγή τον 20<sup>ο</sup> Αιώνα

- Ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού έφθασε τον διπλασιασμό ανά 40 χρόνια. Ο πληθυσμός τετραπλασιάστηκε για να ξεπεράσει τα 6 δισεκατομμύρια ανθρώπους.
- Η αστυφιλία δεκαπλασιάστηκε και το μισό του πληθυσμού ζει σε πόλεις.
- Το 50% της καλλιεργήσιμης επιφάνειας μεταμορφώθηκε από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.
- Οι εκπομπές της βιομηχανίας αυξήθηκαν 40 φορές και η χρήση της ενέργειας 16 φορές. Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα η ανθρωπότητα χρησιμοποίησε δεκαπλάσια ενέργεια από όλη όση είχε χρησιμοποιήσει στα προηγούμενα χίλια χρόνια.
- Οι εκπομπές του διοξειδίου του θείου (160 Tgs/έτος) από τη βιομηχανία έγιναν δύο φορές μεγαλύτερες από το άθροισμα όλων των εκπομπών από φυσικές πηγές. Πάνω από την ξηρά οι εκπομπές του διοξειδίου του θείου επταπλασιάστηκαν αυξάνοντας τα αιωρούμενα σωματίδια, δημιουργώντας όξινη βροχή και προβλήματα στην υγεία των κατοίκων.

## Η Πλανητική Αλλαγή τον 20<sup>ο</sup> Αιώνα

- Αυξήθηκαν οι εκπομπές του ΝΟ στην ατμόσφαιρα από τα ορυκτά καύσιμα και από την καύση της βιομάζας. Οι εκπομπές αυτές ξεπέρασαν τις εκπομπές από φυσικές πηγές και συντηρούν υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος παγκόσμια με συνέπειες στην υγεία.
- Τα αέρια του θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί κατά 30% το διοξείδιο του άνθρακος και κατά 100% το μεθάνιο, για να φθάσουν τις υψηλότερες τιμές των προηγούμενων 15 εκατομμυρίων ετών.
- Η θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί τα τελευταία 30 χρόνια περισσότερο από όσο τα προηγούμενα χίλια χρόνια κατά μέσο όρο 0,4 βαθμούς Κελσίου και υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για αύξηση της μεταβλητότητας των καιρικών συστημάτων σε πλανητική κλίμακα εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Τα τελευταία τριάντα (30) χρόνια καταστρέψαμε όσο όζον παρήγαγε η φύση μέσα σε 1 δισεκατομμύρια χρόνια. Η ανάκαμψη του στρώματος του όζοντος με την εφαρμογή του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ δεν αναμένεται πριν από το 2050.

# Μια ιστορική αναδρομή

---

Η πρώτη αναφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου έγινε το **1824** από το γάλλο μαθηματικό **J.B. Fourier**, ο οποίος προέβλεψε ότι η ατμόσφαιρα της γης θα μπορούσε να θερμανθεί υπό ορισμένες προϋποθέσεις, και σύγκρινε το φαινόμενο αυτό με τη λειτουργία των θερμοκηπίων

Το **1957** ο αμερικανός ωκεανογράφος **Roger Revelle** προειδοποίησε την επιστημονική κοινότητα ότι «η ανθρωπότητα διεξάγει ένα γεωφυσικό πείραμα πρωτοφανούς κλίμακας» εκπέμποντας CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Ο γεωλόγος **David Keeling** εγκαθιστά το πρώτο όργανο μέτρησης του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, στη Χαβάη

Το **1979** πραγματοποιείται η πρώτη συζήτηση για τις πιθανές επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στον ΟΗΕ

Το **1988** ιδρύεται από τον ΟΗΕ η «**Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές**» (IPCC)

Το **1992** υπογράφεται η «**Σύμβαση Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές**» (UNFCCC) στο πλαίσιο της παγκόσμιας διάσκεψης για το περιβάλλον στο Ρίο Ντε Τζανέϊρο της Βραζιλίας

Το **1997** υπογράφεται το πρωτόκολλο του Κιότο που υπαγορεύει δεσμεύσεις μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008 - 2012

## Το πρωτόκολλο του Κιότο:

Η Τρίτη συνδιάσκεψη των συμβαλλόμενων μερών (COP3) πραγματοποιήθηκε στο Κιότο το 1997. Αποτελεί τη σημαντικότερη διεθνή συνάντηση για τις κλιματικές αλλαγές καθώς κατέληξε το λεγόμενο «**Πρωτόκολλο του Κιότο**», μια από τις περισσότερο αμφιλεγόμενες διεθνείς συνθήκες.

Ορίζονται τα αέρια του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, PFCs, HFCs)

Ορίζονται συγκεκριμένες ποσοτικές δεσμεύσεις για τη μείωση των εκπομπών ΑΘ από τις χώρες του Παραρτήματος Ι (Ε.Ε.-15 -8%, ΗΠΑ: -7%, Αυστραλία: +8%, Ισλανδία: +10%, Καναδάς: -6%, Ιαπωνία: -6%, Νορβηγία: +1%, Ρωσία/Ν. Ζηλανδία: 0%, χώρες ανατ. Ευρώπης: -5 έως 8%). Οι μειώσεις υπολογίζονται σύμφωνα με τις εκπομπές ενός έτους βάσης (συνήθως το 1990) και πρέπει να επιτευχθούν την περίοδο 2008 – 2012.

**Άρθρο 25:** Το πρωτόκολλο θα τεθεί σε εφαρμογή όταν επικυρωθεί από 55 συμβαλλόμενα μέρη της συνθήκης, συμπεριλαμβανομένων τόσων χωρών του Παραρτήματος Ι ώστε οι συνολικές εκπομπές των τελευταίων να αποτελούν τουλάχιστο το 55% των συνολικών εκπομπών των χωρών του Παραρτήματος Ι σε σχέση με τις εκπομπές που έχουν δηλώσει για το 1990. Τέθηκε σε εφαρμογή το 2005

## **REDD (Reducing Emissions from Deforestation in Developing countries):**

Διεθνείς «δωρητές» (donors) αναλαμβάνουν να χρηματοδοτήσουν φτωχές χώρες που φιλοξενούν στο έδαφος τους δάση της βροχής. Η χρηματοδότηση αφορά (α) την προστασία των δασών και (β) την «αποζημίωση» της χώρας που αν δεν υπήρχαν οι κλιματικές αλλαγές θα μπορούσε να «εκμεταλλευτεί εμπορικά» τα δάση της. Ο μηχανισμός αυτός ψηφίστηκε το 2007 στο Bali (COP 13)

## **Μηχανισμός εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (emissions trading):**

Χώρες του Παραρτήματος II έχουν το δικαίωμα να εφαρμόσουν υποχρεωτικά ή/και εθελοντικά συστήματα εμπορίας ρύπων. Η βασική ιδέα είναι ότι ένα κράτος ορίζει κάποιες υπόχρεες δραστηριότητες (π.χ. όλες οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας) και υπολογίζει μια ποσότητα εκπομπών την οποία οι υπόχρεοι δεν πρέπει να ξεπεράσουν (cap). Στη συνέχεια εκχωρεί τις εκπομπές αυτές στους υπόχρεους (είτε δωρεάν είτε έναντι τιμήματος). Κάθε υπόχρεος έχει το δικαίωμα να συναλλάσσεται με τους υπόλοιπους (trade) αγοράζοντας και πουλώντας εκπομπές έτσι ώστε στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου, οι εκπομπές του να μην ξεπερνούν την ποσότητα που του έχει εκχωρηθεί

# Η δράση της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Το πρωτόκολλο του Κιότο εγκρίθηκε με την **Απόφαση 2002/358/ΕΚ**. Από αυτή προκύπτει ότι η Ελλάδα έχει το δικαίωμα να αυξήσει τις εκπομπές της έως και +25% για την πενταετία 2008 – 2012. Το έτος βάσης για τον υπολογισμό είναι το 1990 (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) και το 1994 (HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>). Το όριο εκπομπών για την Ελλάδα είναι περίπου 137 εκατ. τόνοι ισοδύναμου CO<sub>2</sub> ανά έτος για την πενταετία 2008 - 2012

Το 2003 υιοθετήθηκε η **Οδηγία 2003/87/ΕΚ** (σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής..). Με βάση την οδηγία αυτή, η εφαρμογή του μηχανισμού εμπορίας δικαιωμάτων είναι υποχρεωτική για όλα τα κράτη μέλη από τις αρχές του 2005

Το 2004 υιοθετήθηκε η **Οδηγία 2004/101/ΕΚ** με βάση την οποία καθορίζεται η σχέση του συστήματος εμπορίας ρύπων με τους άλλους δύο ευέλικτους μηχανισμούς του Κιότο

Το 2009 υιοθετήθηκε η **Οδηγία 2009/29/ΕΕ**, με την οποία (α) η εμπορία ρύπων επεκτείνεται στην περίοδο 2013 – 2020 και (β) σταματά η δωρεάν εκχώρηση δικαιωμάτων στην ηλεκτροπαραγωγή

# Οι εκπομπές της Ελλάδας

Βασική συνιστώσα των εκπομπών στην Ελλάδα είναι η καύση ορυκτών καυσίμων (ηλεκτροπαραγωγή, μεταφορές, βιομηχανία)

Ελληνικό μίγμα καυσίμου στην ηλεκτροπαραγωγή (MMWh)													
Έτος	Λιγνίτης	%	ΦΑ	%	Πετρέλαιο	%	Υ/Η	%	ΑΠΕ	%	Εξωτ. Ισοζ	%	Σύνολο
2005	32.058.710	60,9	7.941.086	15,1	3.301.600	6,3	5.422.330	10,3	894.934	1,7	3.780.844	7,2	52.624.411
2006	29.163.797	54,2	10.167.867	18,9	3.309.020	6,2	6.267.152	11,6	1.131.668	2,1	4.366.930	8,1	53.799.358
2007	31.091.892	56,2	13.210.529	23,9	3.132.071	5,7	3.316.513	6,0	1.309.116	2,4	4.354.191	7,9	55.297.717

Year	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Emissions (Mt CO2 eq)</b>								
Aviation	1.47	1.22	1.58	1.34	1.23	1.18	1.24	1.25
Road transport	12.10	14.18	16.48	16.90	17.51	18.59	18.74	19.58
Railways	0.23	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14
Navigation	1.84	1.76	1.60	2.17	1.96	1.94	2.17	2.11
<b>Total</b>	<b>15.64</b>	<b>17.32</b>	<b>19.80</b>	<b>20.59</b>	<b>20.94</b>	<b>21.92</b>	<b>22.34</b>	<b>23.09</b>
<b>Energy consumption ('000 TJ)</b>								
Aviation	20.60	17.17	22.16	18.87	17.26	16.50	17.39	16.96
Road transport	170.68	198.07	228.55	234.41	242.04	256.67	258.71	263.75
Railways	2.76	1.89	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.73
Navigation	24.85	23.48	21.36	28.89	26.15	26.02	28.98	27.31
<b>Total</b>	<b>218.89</b>	<b>240.61</b>	<b>273.85</b>	<b>283.95</b>	<b>287.23</b>	<b>300.98</b>	<b>306.86</b>	<b>343.63</b>



# Πως θα επηρεαστεί η Ελλάδα από τις κλιματικές αλλαγές

Οι βασικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον που αναμένονται τα επόμενα 50 χρόνια είναι οι εξής:

**Σημαντική μείωση της διαθέσιμης ποσότητας πόσιμου νερού** κυρίως στα νησιά και κάποιες παράκτιες περιοχές (π.χ. νότια Πελοπόννησος)  
**Σταδιακή μείωση της δασοκάλυψης** στην ηπειρωτική Ελλάδα.

**Μείωση της βιοποικιλότητας** και ιδιαίτερα αμφίβιων, θηλαστικών και κάποιων φυτικών ειδών (μεταξύ των οποίων και της Κεφαλληνιακής ελάτης)

**Μικρή αύξηση της στάθμης της θάλασσας** (0,10 – 0,30 m) με αποτέλεσμα να «χαθούν» κάποιες τουριστικές παραλίες (π.χ. δυτική Πελοπόννησος) και να κινδυνεύουν με υφαλμύρωση σημαντικοί υδροβιότοποι (π.χ. τα δέλτα των ποταμών Έβρου, Αξιού, Νέστου)

**Μειωμένη απόδοση** της σοδειάς κάποιων καλλιεργειών

**Μεταφορά κάποιων ασθενειών** από τη Β. Αφρική (επανερχεται η ελονοσία)

# Πως θα επηρεαστεί η Ελλάδα από τις κλιματικές αλλαγές

---

Οι αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον θα επηρεάσουν αρνητικά την κοινωνία και την οικονομία:

**Αύξηση της θνησιμότητας** ευαίσθητων ομάδων πληθυσμού λόγω αύξησης του αριθμού και της έντασης των περιστατικών καύσωνα

Αύξηση του φαινομένου της «**θερμικής νησίδας**» σε μεγάλες πόλεις με αποτέλεσμα την αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την αύξηση της συχνότητας εμφάνισης άσθματος σε παιδιά κάτω των 5 ετών

**Επανεμφάνιση ασθενειών** όπως η ελονοσία, λοιμώξεις του αναπνευστικού, κλπ

**Μείωση του αγροτικού εισοδήματος** λόγω αύξησης του κόστους του νερού και μείωσης της απόδοσης των ετήσιων σοδειών

**Μείωση του τουρισμού** λόγω αφενός της αύξησης των περιστατικών καύσωνα και αφετέρου της μείωσης των διαθέσιμων τουριστικών παραλιών

**Αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας** για ψύξη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού

Αύξηση του κόστους **ασφάλισης**



Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



**ΣΗΜΕΙΩΜΑΤΑ**

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Εμμανουήλ Δασενάκης. «Χημεία Περιβάλλοντος. Εισαγωγή στην Ατμοσφαιρική Χημεία». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/CHEM3/>.



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/8)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Εικόνα 1: [διαφάνεια 2] Copyrighted.

Εικόνα 2: [διαφάνεια 7,8] The structure of the atmosphere. Copyrighted.

Σύνδεσμος: <http://www.weatheronline.co.uk/reports/wxfacts/The-Earths-Atmosphere.htm>. Πηγή: [www.weatheronline.co.uk](http://www.weatheronline.co.uk).

Εικόνα 3: [διαφάνεια 9] Temperature Inversions. Copyrighted.

Εικόνα 4: [διαφάνεια 11] Κίνηση αέριων μαζών. Copyrighted. Σύνδεσμος:

<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7n.html>. Πηγή: [www.physicalgeography.net](http://www.physicalgeography.net).

Εικόνα 5: [διαφάνεια 12] Atmospheric circulation and wind belts of the world.

Copyright 2004 Pearson Prentice Hall, Inc. Σύνδεσμος:

<http://www.iupui.edu/>. Πηγή: [www.iupui.edu](http://www.iupui.edu).

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/8)

Εικόνα 6: [διαφάνεια 13 άνω] Φαινόμενο θαλάσσιας αύρας. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.eoearth.org/view/article/154276/>. Πηγή: [www.eoearth.org](http://www.eoearth.org).

Εικόνα 7: [διαφάνεια 13 κάτω] Φαινόμενο απόγειας αύρας. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.eoearth.org/view/article/154276/>. Πηγή: [www.eoearth.org](http://www.eoearth.org).

Εικόνα 8: [διαφάνεια 15] Επίδραση της γήινης ατμόσφαιρας επί της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.metlink.org/ipcc-updates-geography-teachers/#!/prettyPhoto>. Πηγή: Wild et al., 2013.

Εικόνα 9: [διαφάνεια 16] Κατανομή της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Copyright 2003 American Meteorological Society (AMS). Σύνδεσμος: [http://www.elic.ucl.ac.be/textbook/chapter2\\_node6.html](http://www.elic.ucl.ac.be/textbook/chapter2_node6.html). Πηγή: [www.elic.ucl.ac.be](http://www.elic.ucl.ac.be).

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/8)

Εικόνα 10: [διαφάνεια 17] The Greenhouse effect. Copyrighted. Σύνδεσμος: [http://gcmd.nasa.gov/learn/faqs/glob\\_warmfaq.html](http://gcmd.nasa.gov/learn/faqs/glob_warmfaq.html). Πηγή: [gcmd.nasa.gov](http://gcmd.nasa.gov).

Εικόνα 11: [διαφάνεια 18] The main greenhouse gases. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.grida.no/publications/vg/climate/page/3060.aspx>. Πηγή: [www.grida.no](http://www.grida.no).

Εικόνα 12: [διαφάνεια 19] Indicators of the human influence on the atmosphere during the Industrial era. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.conservationinstitute.org/global-climate-change-initiative/>. Πηγή: [www.conservationinstitute.org](http://www.conservationinstitute.org), from [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).

Εικόνα 13: [διαφάνεια 20] Εκπομπές CO<sub>2</sub> από ορυκτά καύσιμα ανά περιοχή (1960-2003). Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.env-edu.gr/Chapters.aspx?id=145>. Πηγή: [www.env-edu.gr](http://www.env-edu.gr), UNEP 2007.

Εικόνα 14: [διαφάνεια 21] Per capita CO<sub>2</sub> emissions at the regional level in 2003. Copyrighted. Πηγή: GEO Data Portal, from UNFCCC-CDAC 2006 and UNFD 2007.

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/8)

Εικόνα 15: [διαφάνεια 22] Temperature trends and projections. Copyrighted. Σύνδεσμος: [http://www.grida.no/graphicslib/detail/temperature-trends-and-projections\\_5870](http://www.grida.no/graphicslib/detail/temperature-trends-and-projections_5870). Πηγή: [www.grida.no](http://www.grida.no).

Εικόνα 16: [διαφάνεια 23] Global and Continental Temperature Change. Copyrighted. Σύνδεσμος: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/spms2.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/spms2.html). Πηγή: IPCC 2007.

Εικόνα 17: [διαφάνεια 24] Γεωγραφική κατανομή αύξησης θερμοκρασίας. Copyrighted. Σύνδεσμος: [http://www.grida.no/graphicslib/detail/increases-in-annual-temperatures-for-a-recent-five-year-period-relative-to-1951-1980\\_ddc1](http://www.grida.no/graphicslib/detail/increases-in-annual-temperatures-for-a-recent-five-year-period-relative-to-1951-1980_ddc1). Πηγή: [www.grida.no](http://www.grida.no).

Εικόνα 18: [διαφάνεια 25] Variations of the Earth's surface temperature. Copyrighted. Σύνδεσμος: [http://www.grida.no/graphicslib/detail/comparison-between-modeled-temperature-rise-and-observations-of-temperature-since-1860\\_1269](http://www.grida.no/graphicslib/detail/comparison-between-modeled-temperature-rise-and-observations-of-temperature-since-1860_1269). Πηγή: [www.grida.no](http://www.grida.no).

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/8)

Εικόνα 19: [διαφάνεια 26] Global Mean Temperature. Copyrighted. Σύνδεσμος: [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/figure-ts-6.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-ts-6.html). Πηγή: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).

Εικόνα 20: [διαφάνεια 27] Επιπτώσεις θερμοκρασιακών αλλαγών. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.intechopen.com/books/climate-change-research-and-technology-for-adaptation-and-mitigation/mainstreaming-climate-change-for-extreme-weather-events-management-of-disasters-an-engineering-chall>. Πηγή: [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com).

Εικόνα 21: [διαφάνεια 28 άνω αριστερά] Alaska. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.worldviewofglobalwarming.org/pages/glaciers.php>. Πηγή: [www.worldviewofglobalwarming.org](http://www.worldviewofglobalwarming.org).

Εικόνα 22: [διαφάνεια 28 δεξιά] Quori Kalis. Copyrighted. Σύνδεσμος: [http://faculty.geog.utoronto.ca/Harvey/Harvey/images/South%20America/Quori\\_Kalis\\_1978\\_2004\(www.realclimate.org\).jpg](http://faculty.geog.utoronto.ca/Harvey/Harvey/images/South%20America/Quori_Kalis_1978_2004(www.realclimate.org).jpg). Πηγή: [www.utoronto.ca](http://www.utoronto.ca).

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/8)

Εικόνα 23: [διαφάνεια 28 κάτω αριστερά] Λιώσιμο των πάγων και υποχώρηση των παγετώνων. Copyrighted. Σύνδεσμος: [https://nsidc.org/cryosphere/sotc/glacier\\_balance.html](https://nsidc.org/cryosphere/sotc/glacier_balance.html). Πηγή: [nsidc.org](https://nsidc.org).

Εικόνα 24: [διαφάνεια 29] Copyrighted.

Εικόνα 25: [διαφάνεια 30] Schematic representation of the Mediterranean circulation. Copyrighted. Σύνδεσμος: [http://marine-climate.uib.es/medworkshop\\_archivos/presentations\\_pdf/oral/02\\_MedMaHBJosey.pdf](http://marine-climate.uib.es/medworkshop_archivos/presentations_pdf/oral/02_MedMaHBJosey.pdf). Πηγή: Tsimplis, et al. 2005, Chapter 4, MedCLIVAR Book 1.

Εικόνα 26: [διαφάνεια 31] Μεταβολές μέσης στάθμης θάλασσας. Copyrighted.

Εικόνες 27,28: [διαφάνεια 32] Σενάρια μεταβολών θαλάσσιας στάθμης στη Μεσόγειο. Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/8)

Εικόνα 29: [διαφάνεια 33] Changes in Temperature, Sea level and Northern Hemisphere Snow Cover. Copyrighted. Σύνδεσμος:

<https://www.climate.gov/teaching/resources/changes-global-average-surface-temperature-global-average-sea-level-and-northern>. Πηγή: IPCC 2007.

Εικόνα 30: [διαφάνεια 34] Atmospheric Carbon Dioxide Concentration and Temperature Change. Copyrighted. Σύνδεσμος:

[http://eesc.columbia.edu/courses/v1003/lectures/global\\_carbon\\_cycle/](http://eesc.columbia.edu/courses/v1003/lectures/global_carbon_cycle/).  
Πηγή: [eesc.columbia.edu](http://eesc.columbia.edu).

Εικόνα 31: [διαφάνεια 35] Change in partial pressure of carbon dioxide in the atmosphere and ocean at Hawaii. Copyrighted. Σύνδεσμος:

<http://www.bodc.ac.uk/36n/research/>. Πηγή: U.S. JGOFS.

Εικόνα 32: [διαφάνεια 37] Ισορροπίες ανόργανου άνθρακα. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.energy-without-carbon.org/StoringCO2InTheOcean>.

Πηγή: [www.energy-without-carbon.org](http://www.energy-without-carbon.org).

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/8)

Εικόνα 33: [διαφάνεια 40 αριστερά] Χάρτης Ελληνικών θαλασσών. Copyrighted.

Εικόνα 34: [διαφάνεια 40 άνω δεξιά] *Caulerpa taxifolia*. Copyrighted.  
Σύνδεσμος: <http://marinebio.org/oceans/alien-species/>. Πηγή: [marinebio.org](http://marinebio.org) from NOAA.

Εικόνα 35: [διαφάνεια 40 κάτω δεξιά] *Rarana venosa*. Copyrighted.

Εικόνα 36: [διαφάνεια 51] Ανεμογεννήτριες. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.eoearth.org/topics/view/51cbfc78f702fc2ba8129e5f/>. Πηγή: [www.eoearth.org](http://www.eoearth.org).