



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

**ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ
ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ**

**ΕΝΟΤΗΤΑ: 9. Κλιματικά Μοντέλα – Μηχανισμοί
ανατροφοδότησης (feedbacks) – Σενάρια για το μέλλον**

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

**ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
ΑΓΡΙΝΙΟ**



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Φαινόμενο του Θερμοκηπίου & Κλιματικές Μεταβολές

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Επίκουρη Καθηγήτρια

του Τμήματος Διαχείρισης Περιβάλλοντος &
Φυσικών Πόρων

 2641074156

 afotiadi@upatras.gr

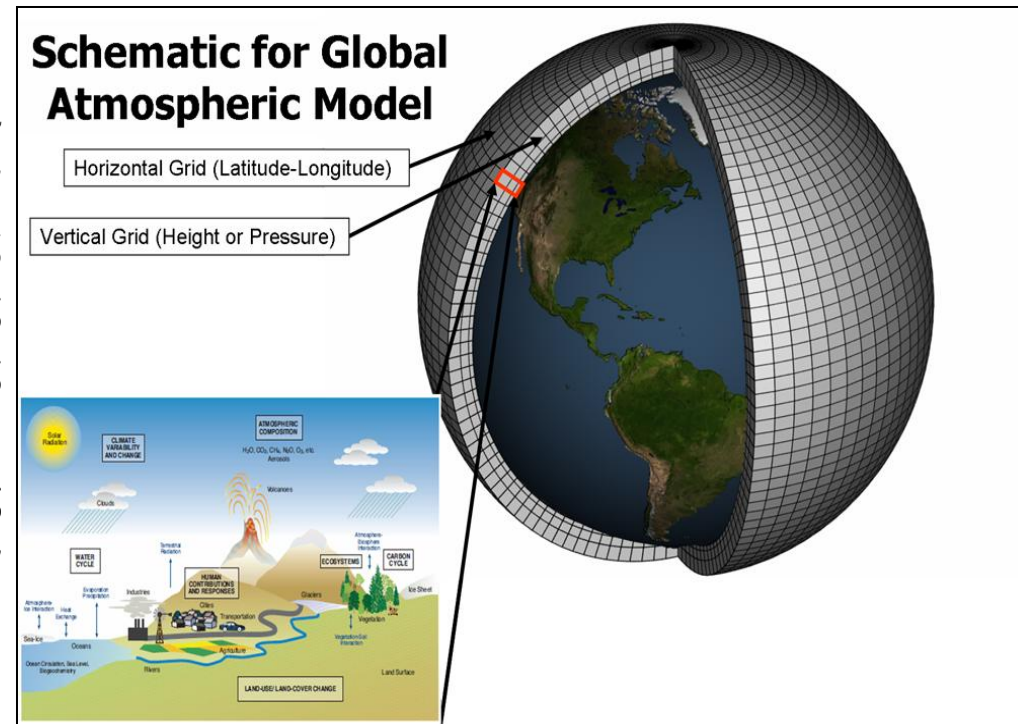


Κλιματικά Μοντέλα

■ Κλιματικά Μοντέλα ή Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (GCMs):

Αποτελούν το ένα από τα σημαντικότερα επιστημονικά εργαλεία για την προσομοίωση του κλιματικού συστήματος της Γης, καθώς και για την κατανόηση αλλά και πρόγνωση των μελλοντικών μεταβολών του κλίματος εξ' αιτίας φυσικών ή ανθρωπογενών αιτιών

■ Τα κλιματικά μοντέλα είναι μαθηματικά μοντέλα αποτελούμενα από ένα σύνολο διαφορικών εξισώσεων οι οποίες στηρίζονται πάνω σε νόμους της Φυσικής (αρχή διατήρησης της ενέργειας & της ορμής, μηχανική των ρευστών, αρχές της θερμοδυναμικής, νόμοι της ακτινοβολίας, λανθάνουσα θερμότητα, ...) και της Χημείας χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την αλληλεπίδραση της Ατμόσφαιρας με τον ωκεανό, την ξηρά & την Κρυόσφαιρα



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_model

■ Στα κλιματικά μοντέλα, η σφαίρα (Γη) διαιρείται κυψελίδες πλέγματος 3 διαστάσεων και οι εξισώσεις επιλύονται για κάθε κυψελίδα

■ Κλιματικά Μοντέλα ή Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (GCMs):

- Τα κλιματικά μοντέλα υπολογίζουν για κάθε κυψελίδα πλέγματος:
 - ✓ την κίνηση του αέρα (ανέμους)
 - ✓ τη μεταφορά θερμότητας
 - ✓ το ενεργειακό ισοζύγιο ηλιακής & γήινης ακτινοβολίας
 - ✓ την υγρασία
 - ✓ την υδρολογία της επιφάνειας (εξάτμιση, βροχόπτωση, τήξη πάγων, runoff)
- Υπολογίζονται επίσης οι αλληλεπιδράσεις αυτών των διαδικασιών με γειτονικά σημεία
- Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται με ένα χρονικό βήμα που ποικίλει ανάλογα με το είδος της μελέτης και μπορεί να εποχικό μέχρι κάποιους αιώνες
- Τα σημερινά κλιματικά μοντέλα, χάρη στην πρόοδο που έχει επιτευχθεί ως προς την υπολογιστική δυνατότητα, περιλαμβάνουν αλληλεπιδράσεις της ατμόσφαιρας με τον ωκεανό, την ξηρά την κρυόσφαιρα, καθώς και υδρολογικές διαδικασίες, τον κύκλο του άνθρακα (τόσο την γήινη όσο και την ωκεάνια συνιστώσα) και ατμοσφαιρική χημεία
- Η πρόοδος στην υπολογιστική δυνατότητα βελτίωσε σημαντικά την ακρίβεια των υπολογισμών των κλιματικών μοντέλων, η οποία εξαρτάται βέβαια σημαντικά και από τις διαστάσεις της κυψελίδας πλέγματος



■ Κλιματικά Μοντέλα ή Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (GCMs):

- Τα κλιματικά μοντέλα σήμερα προσομοιώνουν με σημαντική ακρίβεια το κλίμα της Γης καθώς και την μεταβλητότητα του (π.χ. εποχική ή και σε επίπεδο δεκαετίας)
- Τα κλιματικά μοντέλα χρησιμοποιούνται:
 - ✓ σαν κύριο εργαλείο προσομοίωσης & μελέτης του τρέχοντος κλίματος της Γης καθώς και της μεταβλητότητας του (π.χ. περιοδικά φαινόμενα όπως το El Nino, ο ενδεκαετής κύκλος των ηλιακών κηλίδων, εποχική μεταβλητότητα, ...)
 - ✓ σαν το μόνο εργαλείο για να εκτιμήσουμε την επίδραση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στο μελλοντικό κλίμα του πλανήτη
 - ✓ να μελετηθεί η αλληλεπίδραση ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και χημικής ρύπανσης (π.χ, έτσι διαπιστώθηκε η μεταφορά της ασιατικής ρύπανσης πάνω από τον Ειρηνικό και στη Βόρεια Αμερική) καθώς και η αλληλεπίδραση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και πλανητικής θέρμανσης
 - ✓ να προσομοιωθούν κλιματικές συνθήκες του παρελθόντος ή ακόμη π.χ την επίδραση πρόσφατων σχετικά ηφαιστειακών εκρήξεων στο κλίμα
 - ✓ να μελετηθεί η ωκεάνια κυκλοφορία και πως αυτή επιδρά στο κλίμα και όχι μόνο του πλανήτη
 - ✓ αν διαθέτουν υψηλή χωρική ανάλυση, να προβλεφθούν ακραία καιρικά φαινόμενα και η επίδραση του κλίματος σε αυτά



■ Κλιματικά Μοντέλα ή Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (GCMs):

- Ένας τρόπος ελέγχου της ακρίβειας των υπολογισμών των κλιματικών μοντέλων είναι να πραγματοποιήσουμε με αυτά υπολογισμούς των κλιματικών συνθηκών του πρόσφατου παρελθόντος για τις οποίες διαθέτουμε μετρήσεις και στη συνέχεια να συγκρίνουμε τις εκτιμήσεις των μοντέλων με τις μετρήσεις
- Για τις εκτιμήσεις του IPCC χρησιμοποιούνται αποτελέσματα από περίπου 20 (21) κλιματικά μοντέλα από διάφορα ερευνητικά κέντρα του κόσμου
 - Η ακρίβεια των υπολογισμών αυτών των κλιματικών μοντέλων θεωρείται ικανοποιητική και έχει βελτιωθεί σε σχέση με την προηγούμενη έκθεση του IPCC το 2001 γιατί έχουν βελτιωθεί οι παραμετροποιήσεις, η υπολογιστική ικανότητα και κυρίως γιατί οι προβλέψεις που είχαν γίνει για το διάστημα 2000-2005 είναι πολύ κοντά με αυτά που τελικά συνέβησαν και μετρήθηκαν
 - Μία από τις κυριότερες πηγές αβεβαιότητας στις εκτιμήσεις των κλιματικών μοντέλων οφείλεται στους μηχανισμούς ανατροφοδότησης (**feedbacks**) που υπάρχουν στο κλιματικό σύστημα της Γης
 - Για να εκτιμήσουν τις μελλοντικές μεταβολές του κλίματος εξ' αιτίας της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου λόγω των αυξημένων εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, χρησιμοποιούνται κάποια σενάρια που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια



Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

- Στο κλιματικό σύστημα υπάρχουν ορισμένοι μηχανισμοί οι οποίοι δρώντας μπορούν
 - είτε να ενισχύσουν μια εκδηλούμενη μεταβολή του κλίματος (στην συγκεκριμένη περίπτωση να προκαλέσουν αύξηση της θέρμανσης) οπότε καλείται **θετική ανατροφοδότηση** ή **ανάδραση (positive feedback)**
 - είτε να ακυρώσουν μια εκδηλούμενη μεταβολή του κλίματος (μείωση της θέρμανσης) οπότε καλείται **αρνητική ανατροφοδότηση** ή **ανάδραση (negative feedback)**
- => μηχανισμοί feedback παίζουν σημαντικό ρόλο στην ευαισθησία του κλιματικού συστήματος (**climate sensitivity**)

■ Γενικά, ανατροφοδότηση ή feedback είναι εκείνη η διαδικασία κατά την οποία αλλάζοντας μία ποσότητα αλλάζει και μια δεύτερη και η αλλαγή της δεύτερης προκαλεί μία εκ νέου αλλαγή της πρώτης ποσότητας

■ Εξ' ορισμού: τα forcings (επιδράσεις) διαφόρων παραγόντων το κλιματικό σύστημα είναι εξωτερικά ενώ τα feedbacks είναι εσωτερικές διαδικασίες του κλιματικού συστήματος

■ Σε κάθε περίπτωση **forcings, feedbacks** και η **δυναμική** του κλιματικού συστήματος καθορίζουν σε ποιο βαθμό και πόσο γρήγορα αυτό αλλάζει

■ Στο κλιματικό σύστημα της Γης της υπάρχει ένας αριθμός μηχανισμών feedbacks. Κάποιοι από αυτούς είναι:

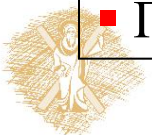
Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

- **Μηχανισμός ανατροφοδότησης του κύκλου του άνθρακα (carbon cycle feedback)**
 - Υπενθυμίζεται ότι οι δύο σημαντικότερες καταβόθρες του CO₂ είναι οι ωκεανοί & η βλάστηση
 - Κάτω από συνθήκες πλανητικής θέρμανσης επηρεάζονται οι 2 συνιστώσες του κύκλου του C (χερσαία & ωκεάνια) με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωση του ανθρωπογενούς CO₂ στην ατμόσφαιρα και να ενισχύεται περαιτέρω η δράση του φαινομένου του θερμοκηπίου και επομένως να αυξάνει η θέρμανση

Πιο συγκεκριμένα:

- **Χερσαία συνιστώσα του κύκλου του C**
 - Υπάρχουν ενδείξεις ότι λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, θα αυξηθεί το CO₂ που απελευθερώνει το έδαφος (χερσαία οικοσυστήματα) λόγω των διαδικασιών της αναπνοής & της αποικοδόμησης στην ατμόσφαιρα
 - Εκτιμάται ότι αυτή η επιπλέον ποσότητα CO₂ στην ατμόσφαιρα θα ενισχύσει περαιτέρω το φαινόμενο του θερμοκηπίου και άρα και την θέρμανση

- Πρόκειται για περίπτωση θετικής ανάδρασης (**positive feedback**)



Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

- Μηχανισμός ανάδρασης του κύκλου του άνθρακα (carbon cycle feedback)
- Ωκεάνια συνιστώσα του κύκλου του C
- Η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών προκαλεί μείωση της ικανότητας του ωκεανού να δεσμεύσει CO₂ καθώς επηρεάζει τους εξής μηχανισμούς:

- Μείωση της διαλυτότητας του CO₂
- Περιορισμός της κατακόρυφης ανάμιξης που μεταφέρει το CO₂ στα βαθύτερα στρώματα του ωκεανού
- Μείωση της αλατότητας στην επιφάνεια
- ενώ σε μεγαλύτερες κλίμακες χρόνου (>70 χρόνια) μπορεί να επηρεαστεί (επιβράδυνση) η ωκεάνια κυκλοφορία (thermohaline circulation)
- επηρεάζονται επίσης τα ωκεάνια οικοσυστήματα τα οποία επίσης συνεισφέρουν στην δέσμευση του CO₂. Η θέρμανση επηρεάζει τα επίπεδα της τροφής της μεσοπελαγικής ζώνης (200-1000 m βάθος) με αποτέλεσμα να ευνοείται η ανάπτυξη μικρού μεγέθους φυτοπλαγκτόν το οποίο είναι φτωχότερη καταβόθρα C

=> Αυτός ο περιορισμός της ικανότητας του ωκεανού να δεσμεύει CO₂ => περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα και συνεπώς ενίσχυση της θέρμανσης =>

=> Πρόκειται για μηχανισμό θετικής ανάδρασης (positive feedback)



Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

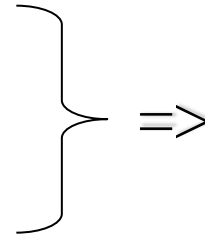
■ Μηχανισμός ανάδρασης του κύκλου του άνθρακα (carbon cycle feedback)

■ Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις 11 μοντέλων:

■ Ωκεάνια συνιστώσα του κύκλου του C

+

■ Χερσαία συνιστώσα του κύκλου του C



Με βάση το Σενάριο A2 λόγω της λειτουργίας αυτού του μηχανισμού ανάδρασης η αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του CO₂ θα κυμαίνεται μεταξύ **20** και **224 ppm** μέχρι το 2100

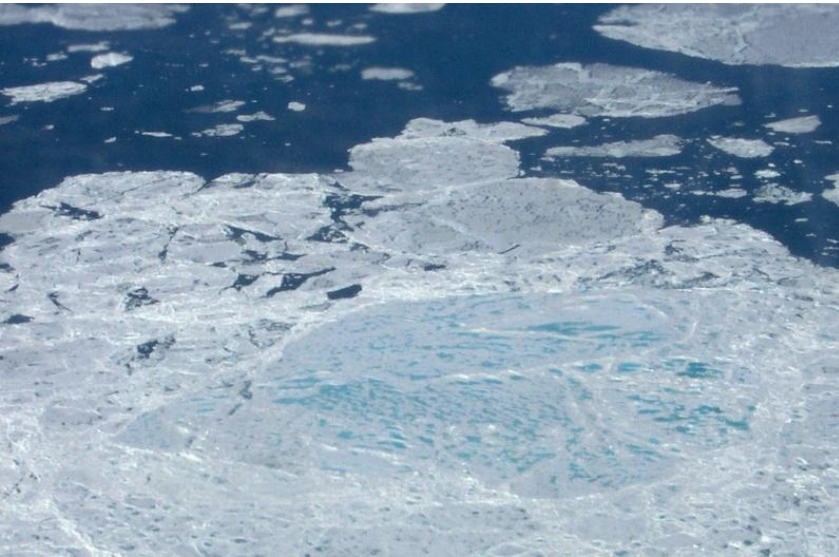
■ Η παραπάνω εκτίμηση χαρακτηρίζεται από μεγάλη αβεβαιότητα

■ Ο μηχανισμός ανάδρασης δεν είναι απλός και μονοσήμαντος δηλ. πλανητική θέρμανση – κύκλος του C γιατί παρεμβαίνουν και άλλοι μηχανισμοί όπως αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ – κύκλος του C, ενώ στη χερσαία συνιστώσα σημαντικό ρόλο εκτός της θερμοκρασίας παίζει και η υγρασία



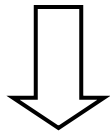
Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

■ Μηχανισμός ανατροφοδότησης λόγω τήξης των πάγων (Ice albedo feedback)



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_feedback

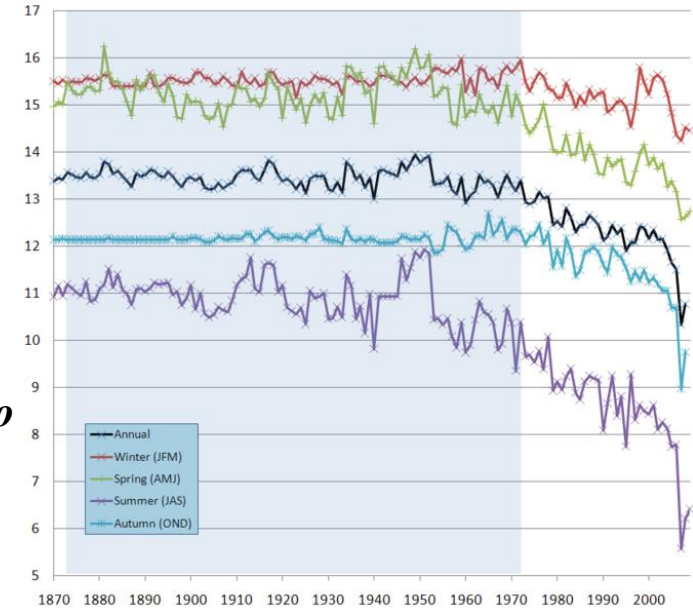
■ οπότε οι επιφάνειες αυτές θα θερμαίνονται περισσότερο με την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολία και επομένως => θα επιταχύνεται περαιτέρω η τήξη των πάγων & του χιονιού



Έκταση της παγοκάλυψης στο βόρειο ημισφαίριο

Πρόκειται για μηχανισμό θετικής ανάδρασης (positive feedback)

- Υπενθυμίζεται ότι οι επιφάνειες που είναι καλυμμένες με πάγο έχουν ανακλαστικότητα 90% => το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτές ανακλάται πίσω στο διάστημα
- Η τήξη (λιώσιμο) των πάγων 'αποκαλύπτει' πιο σκουρόχρωμες υδάτινες & χερσαίες επιφάνειες οι οποίες έχουν μικρότερη ανακλαστικότητα => με αποτέλεσμα να απορροφάται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία =>



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_feedback

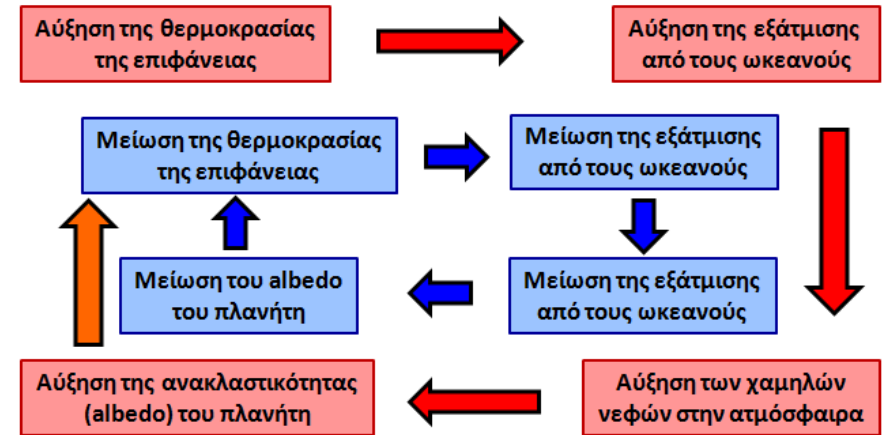
Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

■ Μηχανισμός ανάδρασης των υδρατμών (water vapour feedback)

Μηχανισμός Θετικής Ανάδρασης (Positive Feedback Cycle)



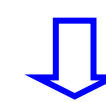
Μηχανισμός Αρνητικής Ανάδρασης (Negative Feedback Cycle)



■ Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της ποσότητας των υδρατμών στην ατμόσφαιρα λόγω ενίσχυσης της εξάτμισης & αύξησης της ικανότητας της ατμόσφαιρας να συγκρατήσει περισσότερους υδρατμούς



■ Οι υδρατμοί όμως είναι αέριου του θερμοκηπίου. Επομένως, αύξηση της ποσότητας τους => πιο έντονο φαινόμενο του θερμοκηπίου & επομένως περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας => μηχανισμός θετικής ανάδρασης (positive feedback)



■ Αύξηση της ποσότητας των υδρατμών στην ατμόσφαιρα => μπορεί να προκαλέσει αύξηση της νέφωσης, η οποία μειώνει την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία => προκαλώντας έτσι ψύξη του πλανήτη => μηχανισμός αρνητικής ανάδρασης (negative feedback)



Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

■ Μηχανισμός ανάδρασης των νεφών (Cloud feedback)

Εικόνα 2.11
από IPCC report 2013

- Τα νέφη παίζουν κυρίαρχο ρόλο-κλειδί στο ενεργειακό ισοζύγιο της Γης
- Εμπλέκονται τόσο στη ρύθμιση του ενεργειακού ισοζυγίου της ηλιακής ακτινοβολίας όσο και της υπέρυθρης μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας

■ Τα νέφη καλύπτουν το 50-60% της ατμόσφαιρας της Γης και συνεισφέρουν κατά ~30% στην ανακλαστικότητα του πλανήτη (albedo) =>

■ => λόγω των νεφών ~30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα μειώνοντας την ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια => προκαλώντας ψύξη του πλανήτη

■ Τα νέφη όμως συμμετέχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου απορροφώντας την υπέρυθη γήινη ακτινοβολία και επανεκπέμποντας προς την επιφάνεια μεγάλου μήκους κύματος θερμική ακτινοβολία => προκαλώντας έτσι **θέρμανση**



Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

■ Μηχανισμός ανάδρασης των νεφών (Cloud feedback)

- Τα νέφη καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τύπων νεφών (π.χ. χαμηλά, μεσαία, υψηλά, νέφη υδροσταγόνων, νέφη παγοκρυστάλλων ή μικτά)
- Η πλανητική θέρμανση μπορεί να επιφέρει μεταβολές στη νέφωση οι οποίες δεν σχετίζονται μόνο με την νεφοκάλυψη (ποσοστό της νέφωσης) & τη γεωγραφική κατανομή της νέφωσης
- Μπορεί να επηρεάσει τις μικροφυσικές & οπτικές ιδιότητες των νεφών (π.χ. οπτικό βάθος σκέδασης & απορρόφησης), το ύψος του νέφους (δηλ. αν είναι υψηλό, μεσαίο ή χαμηλό)
- Επομένως, για να κατανοήσουμε τον μηχανισμό ανάδρασης νεφών-πλανητικής θέρμανσης, θα πρέπει να κατανοήσουμε πως η μεταβολή του κλίματος επιδρά πάνω σε όλες τις παραπάνω ιδιότητες όλων των τύπων νεφών για να υπολογιστεί στη συνέχεια η επίπτωση αυτών των μεταβολών στο ενεργειακό ισοζύγιο και να διαπιστώσουμε αν το feedback είναι θετικό ή αρνητικό & να ποσοτικοποιηθεί
- Επιπλέον, επειδή οι περιοχές της ατμόσφαιρας όπου βρίσκονται τα νέφη είναι περιοχές με αυξημένη υγρασία, μια μεταβολή στο ποσοστό της νέφωσης ή στις ιδιότητες των νεφών αφορά όχι μόνο το feedback των νεφών αλλά και των **υδρατμών**, καθώς και την κατακόρυφη βαθμίδα των υδρατμών => συχνά το feedback των νεφών & των υδρατμών είναι αλληλένδετα



Μηχανισμοί ανατροφοδότησης (feedbacks)

■ Μηχανισμός ανάδρασης των νεφών (Cloud feedback)

- Ο μηχανισμός ανάδρασης των νεφών χαρακτηρίζεται από την μεγαλύτερη αβεβαιότητα σε σχέση με τους άλλους μηχανισμούς και είναι εκείνος ο παράγοντας που εισάγει την μεγαλύτερη αβεβαιότητα στα κλιματικά μοντέλα, μάλιστα
 - η αβεβαιότητα είναι μεγαλύτερη στα χαμηλά νέφη &
 - σε ότι αφορά τις περιοχές η αβεβαιότητα είναι μεγαλύτερη στις τροπικές περιοχές
- Μπορεί το feedback των νεφών να αποτελεί τον μεγαλύτερο παράγοντα αβεβαιότητας στα κλιματικά μοντέλα όμως
- ο ισχυρότερος μηχανισμός feedback είναι αυτός των υδρατμών



Σενάρια για το Μέλλον

- Οι εκτιμήσεις/προβολές του κλίματος στο μέλλον πραγματοποιούνται με την χρήση των κλιματικών μοντέλων
- Τα κλιματικά μοντέλα για να ‘τρέξουν’ και να δώσουν τις προγνώσεις του κλίματος χρειάζονται κάποια δεδομένα εισόδου
- Τα κρίσιμα δεδομένα εισόδου είναι **οι εκτιμήσεις των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στο μέλλον**
- Η εκτίμηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στο μέλλον στηρίζεται πάνω σε σενάρια που αφορούν την **οικονομική, αναπτυξιακή & κοινωνική εξέλιξη** των κρατών του Πλανήτη
- Άλλοι παράγοντες είναι: η **εξέλιξη του πληθυσμού της Γης**, η **τεχνολογική εξέλιξη & η σύγκλιση των Περιφερειών** στα πλαίσια ενός παγκοσμιοποιημένου περιβάλλοντος
- Όλες αυτές οι παράμετροι απαιτούνται για να εκτιμηθούν οι ανάγκες σε κατανάλωση ενέργειας αλλά και τροφής του πληθυσμού της Γης ώστε τελικά να εκτιμηθούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου



Σενάρια για το Μέλλον

- Κοινωνικο-οικονομικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη ώστε να γίνει η διαμόρφωση των σεναρίων πάνω στα οποία θα στηρίξουν τα κλιματικά μοντέλα τις προγνώσεις του κλίματος στο μέλλον

Σενάριο	Πληθυσμός	Οικονομία	Περιβάλλον	Ισότητα	Τεχνολογία	Παγκοσμιοποίηση	Κλίμα
A1F1	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗
A1B	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗
A1T	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗
B1	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
A2	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗
B2	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↗

With the courtesy of E. Kodouli



Σενάρια για το Μέλλον

- Οι προγνώσεις των κλιματικών μοντέλων στην 4^η έκθεση του IPCC στηρίζεται στα ίδια σενάρια (ονομάζονται SRES) με αυτά της 3^{ης} έκθεσης
- Στα πλαίσια του IPCC, έχουν επεξεργαστεί **40 διαφορετικά σενάρια**, τα οποία ομαδοποιούνται σε **6 οικογένειες σεναρίων**
- Τα περισσότερα σενάρια προβλέπουν αύξηση στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, ενώ κάποια σενάρια προβλέπουν ότι η κατανάλωση στα τέλη του αιώνα (2100) θα κυμαίνεται σε μικρότερα επίπεδα σε σχέση με το 1990
- Τα σενάρια εκπομπών προβλέπουν το εθνικό ακαθάριστο προϊόν των κρατών θα αυξηθεί κατά έναν παράγοντα μεταξύ 5 και 25
- Τα σενάρια SRES δεν προβλέπουν να ληφθούν επιπλέον πρωτοβουλίες για το κλίμα, κάτι που σημαίνει ότι δεν έχουν λάβει υπόψη τους την υπογραφή συνθηκών στα πλαίσια πρωτοβουλιών των Ηνωμένων Εθνών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (π.χ. Πρωτόκολλο του Κυότο)



Σενάρια για το Μέλλον – Οικογένειες Σεναρίων

■ Η Οικογένεια Σεναρίων Α1

- Η οικογένεια των σεναρίων Α1 αναφέρεται σε έναν μελλοντικό κόσμο με ταχεία οικονομική ανάπτυξη, ενώ,
- Ο πληθυσμός του πλανήτη αναμένεται να αγγίξει το μέγιστο του (9 δισεκατομμύρια) στα μέσα του αιώνα και στη συνέχεια μειώνεται
- Επίσης, προβλέπει την ταχύτατη εισαγωγή και χρήση νέων και περισσότερο αποδοτικών και αποτελεσματικών τεχνολογιών
- Από τις βασικές παραδοχές είναι: η σύγκλιση μεταξύ των περιφερειών, δυνατότητα απόκτησης στέγης, αυξημένες πολιτιστικές και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και σημαντική μείωση των περιφερειακών διαφορών ως προς το κατά κεφαλή εισόδημα
- Μία από τις **κριτικές** που δέχονται τα σενάρια SRES είναι ότι δεν προβλέπουν εξάντληση των φυσικών αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων (π.χ. του πετρελαίου)



■ Η Οικογένεια Σεναρίων A1

- Η οικογένεια των σεναρίων A1 επιμερίζεται σε **τρεις (3) κατηγορίες** ανάλογα με τις εναλλακτικές κατευθύνσεις της τεχνολογικής προόδου και αλλαγής στον τομέα της ενέργειας
- Τα τρία γκρουπ σεναρίων A1 διακρίνονται από την έμφαση που δίνει το καθένα στην τεχνολογία και στο είδος της τεχνολογίας
- Τα τρία αυτά σενάρια είναι:
 - **Σενάριο A1FI:** δίνει έμφαση στη χρήση ορυκτών καυσίμων (fossil-intensive)
 - **Σενάριο A1T:** δίνει έμφαση στη χρήση ενεργειακών πηγών άλλων από τα ορυκτά καύσιμα (non-fossil energy)
 - **Σενάριο A1B:** δίνει έμφαση στην ισόρροπη χρήση όλων των πηγών ενέργειας (balance across all energy sources), όπου ισόρροπη σημαίνει ότι δεν στηριζόμαστε μονομερώς σε μια συγκεκριμένη πηγή ενέργειας



■ Η Οικογένεια Σεναρίων Α2

- Η οικογένεια των σεναρίων Α2 θεωρεί έναν κόσμο πολύ ετερογενή
- Η βασική του θεώρηση είναι η ‘αυτοεξάρτηση’ και η διατήρηση της τοπικής ταυτότητας
- Τα μοντέλα παραγωγικότητας μεταξύ των διαφόρων περιφερειών συγκλίνουν πολύ αργά με αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση του πληθυσμού
- Η οικονομική ανάπτυξη εμφανίζει έναν προσανατολισμό κυρίως σε περιφερειακό επίπεδο, ενώ η κατά κεφαλήν οικονομική ευμάρεια και τεχνολογική πρόοδο θεωρεί ότι θα είναι περισσότερο αποσπασματική και με βραδύτερους ρυθμούς σε σχέση με τα άλλα σενάρια.



Σενάρια για το Μέλλον – Οικογένειες Σεναρίων

■ Η Οικογένεια Σεναρίων B1

- Η οικογένεια των σεναρίων **B1** περιγράφει έναν κόσμο που συγκλίνει συνεχώς δηλαδή απαλείφονται οι ανισότητες του
- Η πρόβλεψη του για τον πληθυσμό του πλανήτη είναι ίδια με αυτή των σεναρίων A1 δηλαδή, εμφανίζει ένα μέγιστο στα μέσα του αιώνα (~2050) και στη συνέχεια μειώνεται
- Προβλέπει επίσης ταχύτατη αλλαγή στις οικονομικές δομές προς μια οικονομία της υψηλής τεχνολογίας, της πληροφορικής (μετά-βιομηχανική) και του τομέα παροχής υπηρεσιών, δίνοντας έμφαση στη μείωση της κατανάλωσης υλικών (και φυσικών πόρων) και στην εισαγωγή καθαρών και (resource-efficient) τεχνολογιών
- Η συγκεκριμένη οικογένεια σεναρίων προβλέπει συνολικές λύσεις για ολόκληρο τον πλανήτη οι οποίες θα οδηγήσουν σε οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντικά βιώσιμη ανάπτυξη και σταθερότητα
- Προβλέπει επίσης εξάλειψη των ανισοτήτων και βελτίωση της ισότητας μεταξύ των λαών και των ομάδων χωρίς όμως να ληφθούν επιπλέον πρωτοβουλίες για το κλίμα

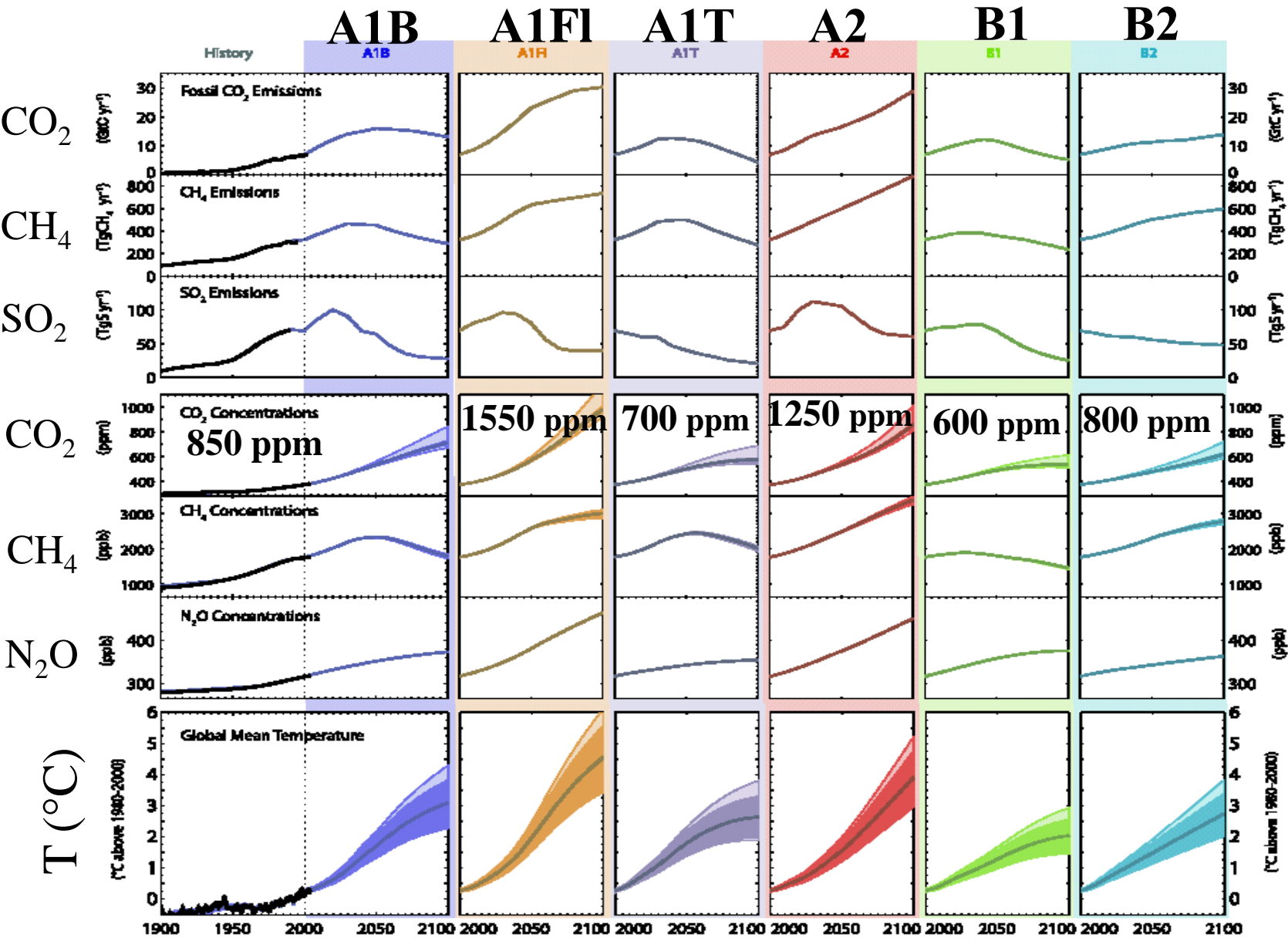


■ Η Οικογένεια Σεναρίων B2

- Η οικογένεια των σεναρίων **B2** περιγράφει έναν κόσμο στον οποίο δίνεται έμφαση σε τοπικές πρωτοβουλίες και λύσεις για οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιώσιμη ανάπτυξη
- Προβλέπει ότι ο πληθυσμός του πλανήτη αυξάνει συνεχώς αλλά με μικρότερο ρυθμό απ' ό,τι προβλέπεται στην οικογένεια σεναρίων A2
- Προβλέπει ενδιάμεσα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης και λιγότερο ταχύτερη και πιο αποσπασματική τεχνολογική πρόοδο σε σχέση με τις οικογένειες σεναρίων B1 και A1
- Παρότι και τα σενάρια B2 προσανατολίζονται προς την κατεύθυνση της προστασίας του περιβάλλοντος και της κοινωνικής ισότητας, επικεντρώνονται περισσότερο σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.



Σενάρια για το Μέλλον - Συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου



■ Προβλέψεις των σεναρίων για τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την 1^η έκδοση.

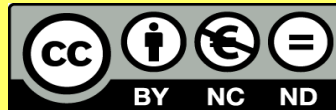
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright: Πανεπιστήμιο Πατρών, Αγγελική Φωτιάδη, 2014. Αγγελική Φωτιάδη. «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και Κλιματικές Μεταβολές. 9η ενότητα». Έκδοση: 1.0. Αγρίνιο 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/ENV119/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού, Απαγόρευση Εμπορικής Χρήσης και Όχι Παράγωγα Έργα. 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».

« Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις της καθηγήτριας Αγγελικής Φωτιάδη».



Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Διαφάνεια 5: https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_model

Διαφάνεια 13: https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_feedback
https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_feedback

Διαφάνεια 26: <https://wiki.csiro.au/display/ozclim/Science>

