



Παραλείπόμενα της εκπαιδευτικής διαδικασίας (στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ) Ροβιές 3-9 Ιουλίου 2023

Artificial intelligence & 3D printing. Ο ρόλος του μηχανικού
Κλιματική αλλαγή
Μεταβαλλόμενα τοπία (πυρκαγιές, μεταβολές χλωρίδας)
Τοπία και έργα υποδομής
Ο ρόλος του πλέγματος νερού-ενέργειας-τροφίμων

campingrovies

Βόρεια Εύβοια, κάμπινγκ Ροβιές
Κόστος διανυκτέρευσης 5 €/ημέρα

Δηλώσεις συμμετοχής
email: fnvos@itia.ntua.gr

Προθεσμία υποβολής δηλώσεων: 31.5.2023 (θέσεις περιορισμένες)

ADDOPTML



Κλίμα-Κλιματική αλλαγή: Βασικές έννοιες

Νίκος Μαμάσης

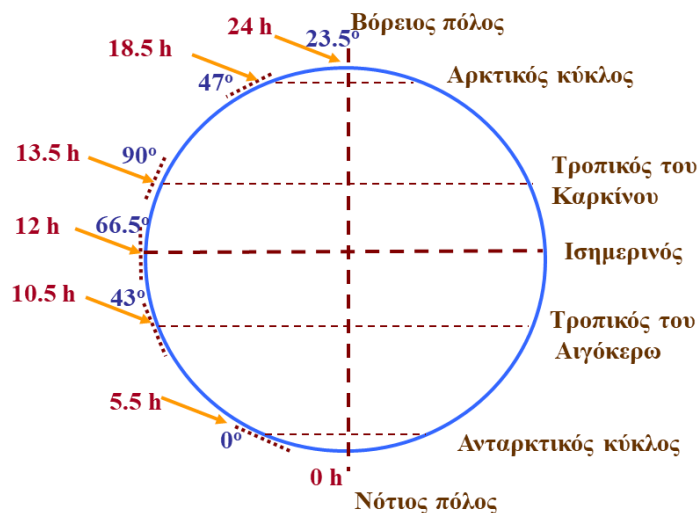
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Το φαινόμενο: καιρός-κλίμα-διακύμανση

Καιρός: η σύνθεση των τιμών των ατμοσφαιρικών παραμέτρων (θερμοκρασίας, υγρασίας, ανέμου, ακτινοβολίας κ.α.) σε μια μικρή χρονική περίοδο.

Κλίμα: Η σύνθεση των στοιχείων του καιρού για ένα μακρό χρονικό διάστημα. Ο μέσος καιρός για μια χρονική περίοδο τουλάχιστον 30 ετών (NOOA).

Θερινό ηλιοστάσιο (22 Ιουνίου)



- Ο όρος είναι της ελληνιστικής εποχής (2^{ος} αιώνας π.Χ. Προέρχεται από το **κλίνω** και σχετίζεται με την κλίση των ακτίνων του ήλιου στα διάφορα γεωγραφικά πλάτη.
- Αποδίδεται στον αστρονόμο **Ίππαρχο** ο οποίος όρισε 5 κλίματα (βασισμένος σε παλαιότερη εργασία του Παρμενίδη) και διαίρεσε τη Γη σε αντίστοιχες ζώνες γεωγραφικού πλάτους.
- Χρησιμοποίησε ως βάση τη μέγιστη διάρκεια ημέρας στον κάθε τόπο (από 13 μέχρι 19 ώρες).

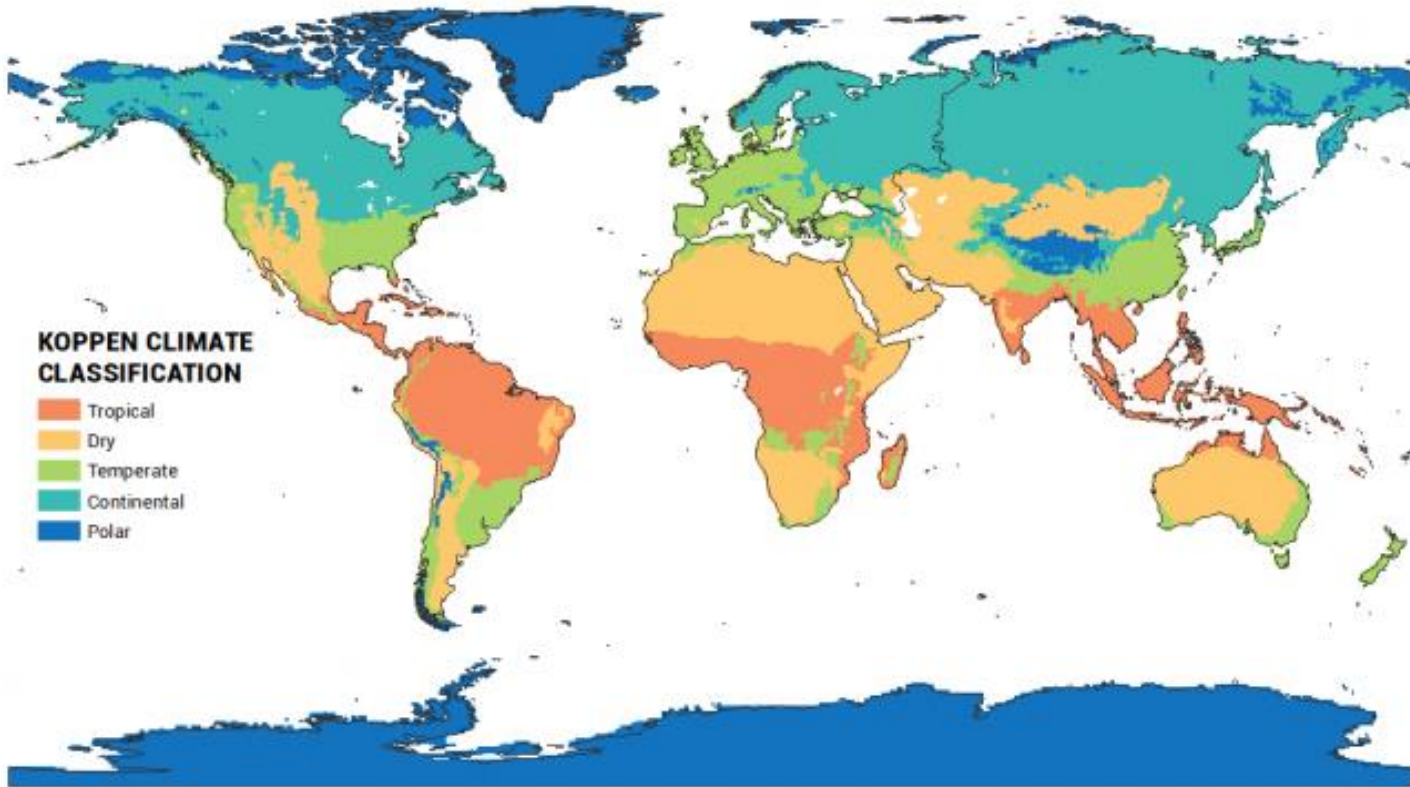
Αβάσιμη η εικόνα ενός σταθερού κλίματος – «Καθεστώς» η αλλαγή του κλίματος: «Το κλίμα αλλάζει ακανόνιστα, για άγνωστους λόγους, σε όλες τις κλίμακες» *National Research Council (1991)*,

- Διακύμανση:**
- Προσδιοριστική π.χ. για αστρονομικούς ή γεωγραφικούς λόγους
 - Στατιστική-Στοχαστική
 - Ανθρωπογενής, π.χ. θερμική νησίδα

Στην ανθρώπινη χρονική κλίμακα, η χρονική μεταβολή του καιρού γίνεται εύκολα αντιληπτή αλλά του κλίματος όχι.

Η μεταβολή του κλίματος στο χώρο

Κλιματικές ζώνες κατά KÖPPEN



ΤΥΠΟΣ A: Υγρό τροπικό

Κριτήριο: $T_{\psi} > 18^{\circ}\text{C}$

ΤΥΠΟΣ B: Ξηρό

Κριτήριο: $R < R_1$

όπου

$R_1 = 20 * T + 280$ αν $R_{60} > 0.7 * R$ (ξηρός χειμώνας)

$R_1 = 20 * T$ αν $R_{6\psi} > 0.7 * R$ (ξηρό καλοκαίρι)

$R_1 = 20 * T + 140$ αν υπάρχει ισοκατανομή

ΤΥΠΟΣ C: Υγρό με ήπιους χειμώνες

Κριτήριο: $T_{\theta} > 10^{\circ}\text{C}$ και $-3^{\circ}\text{C} < T_{\psi} < 18^{\circ}\text{C}$

ΤΥΠΟΣ D: Υγρό με ψυχρούς χειμώνες

Κριτήριο: $T_{\theta} > 10^{\circ}\text{C}$ και $T_{\psi} < -3^{\circ}\text{C}$.

ΤΥΠΟΣ E: Πολικό

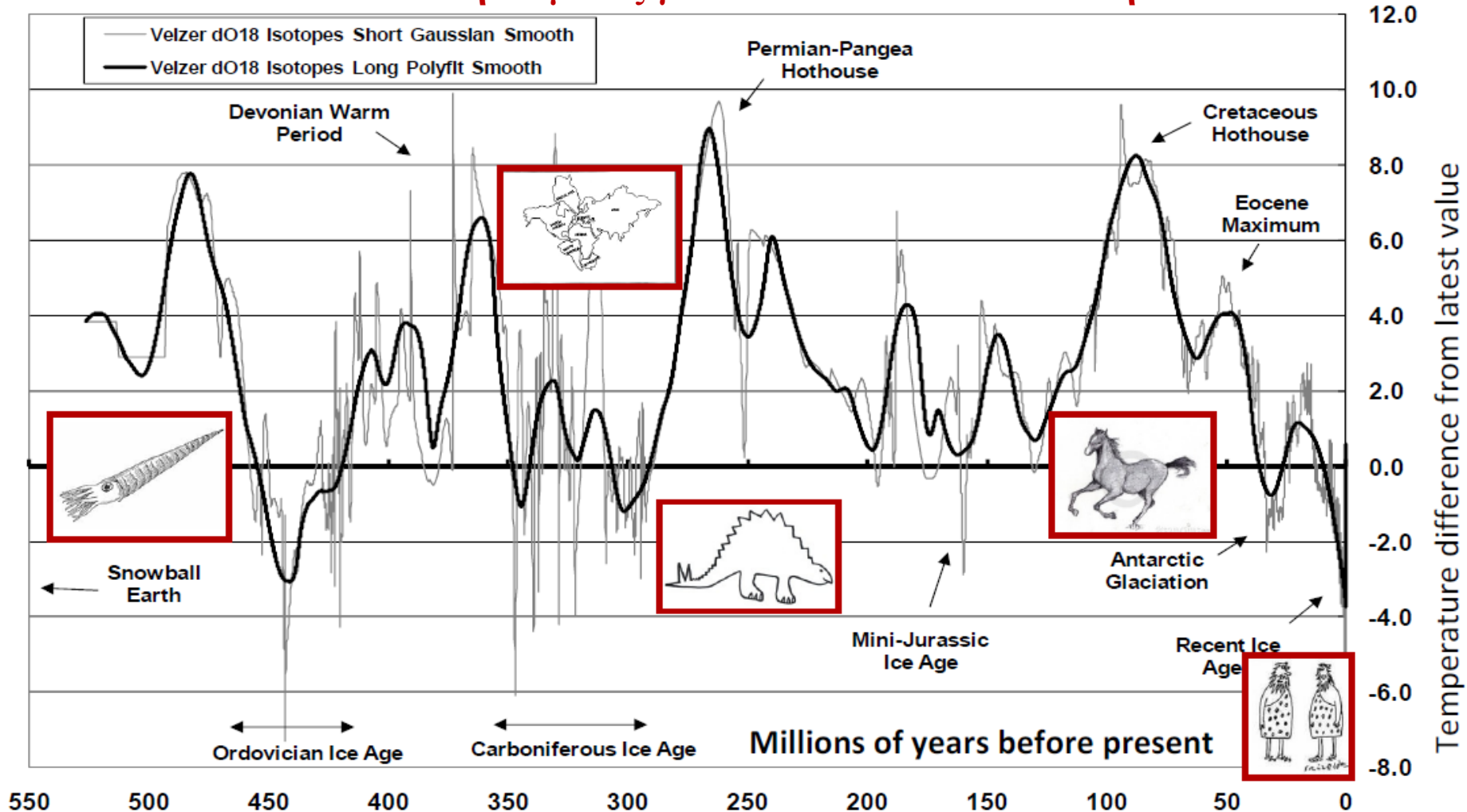
Κριτήριο: $T_{\theta} < 10^{\circ}\text{C}$

ΤΥΠΟΣ H: Ορεινό

Διακύμανση θερμοκρασίας στο χρόνο ($550 * 10^6$ έτη)

Ο όρος **κλιματική αλλαγή** χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια **σημαντική?** μεταβολή που παρατηρείται στο κλίμα μιας περιοχής μεταξύ δυο περιόδων αναφοράς.

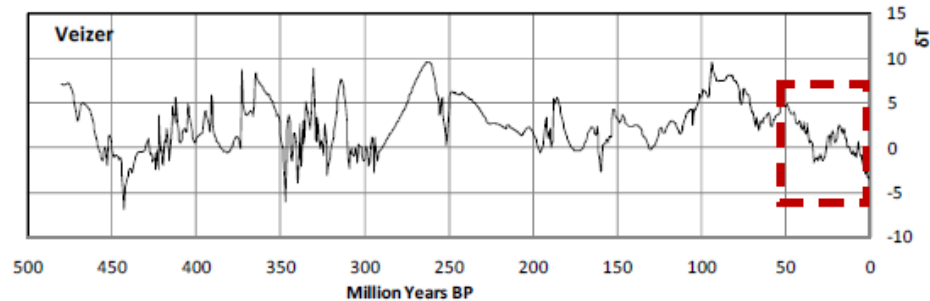
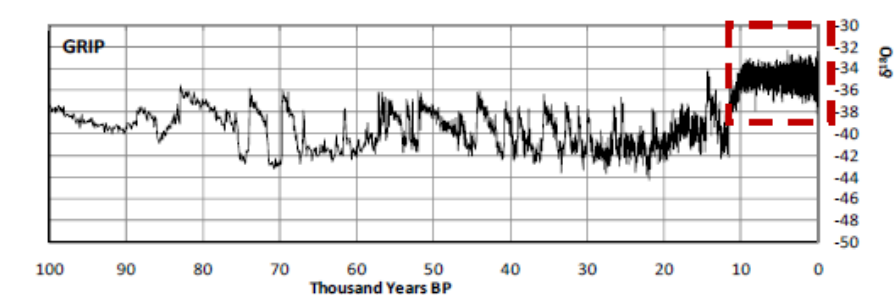
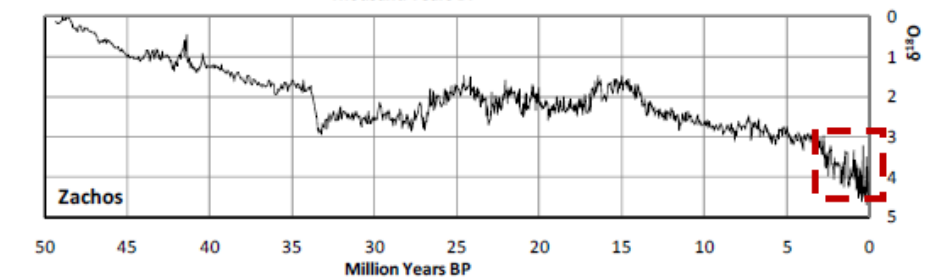
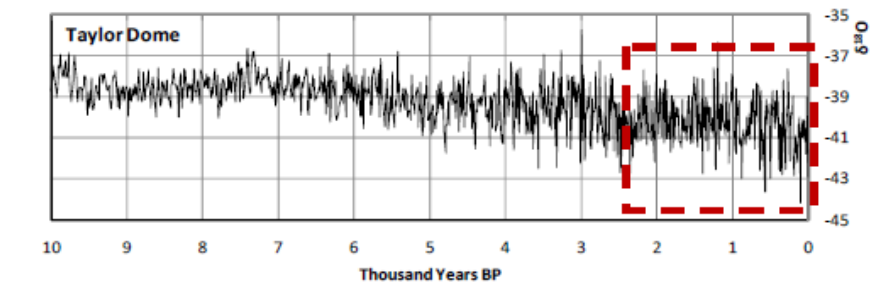
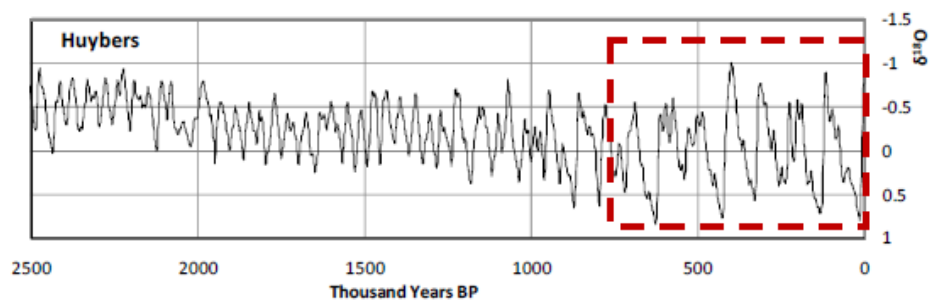
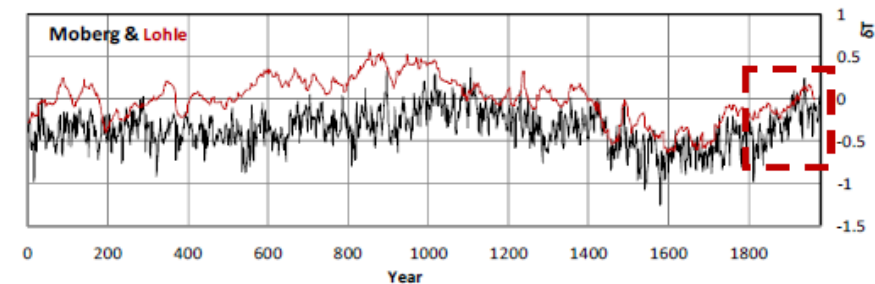
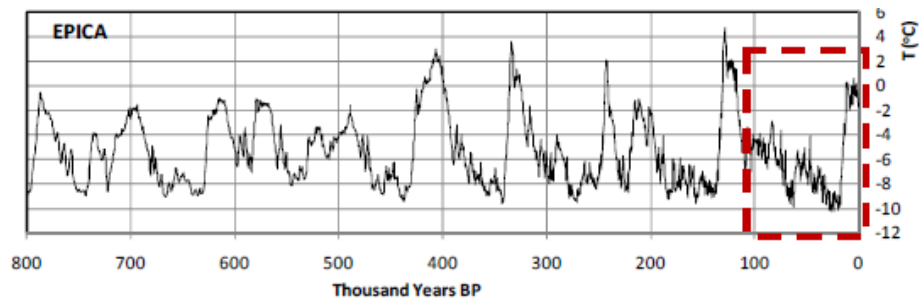
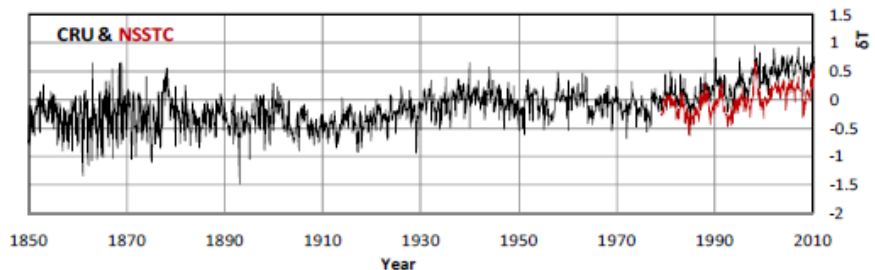
Ανακατασκευή κλίματος για τα τελευταία $550 * 10^6$ έτη



Ανακατασκευή κλίματος [Veizer] βασισμένη σε ισότοπα οξυγόνου ($\delta^{18}O$) σε ιζήματα, μετά από προσαρμογή· βλ. και Markonis and Koutsoyiannis (2011).

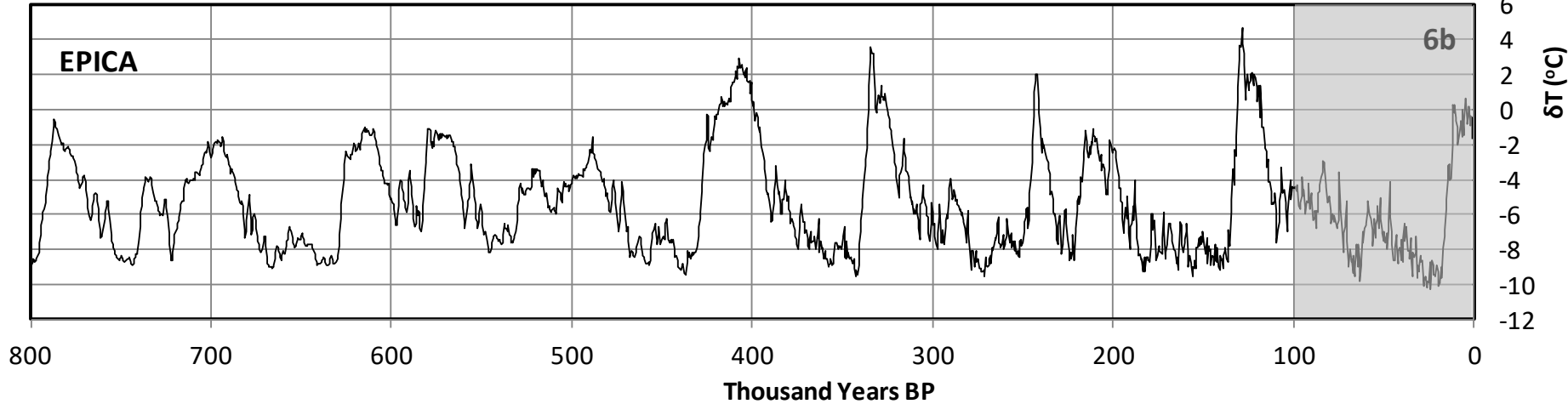
Κλιματική αλλαγή

Διακύμανση θερμοκρασίας σε διάφορες χρονικές κλίμακες

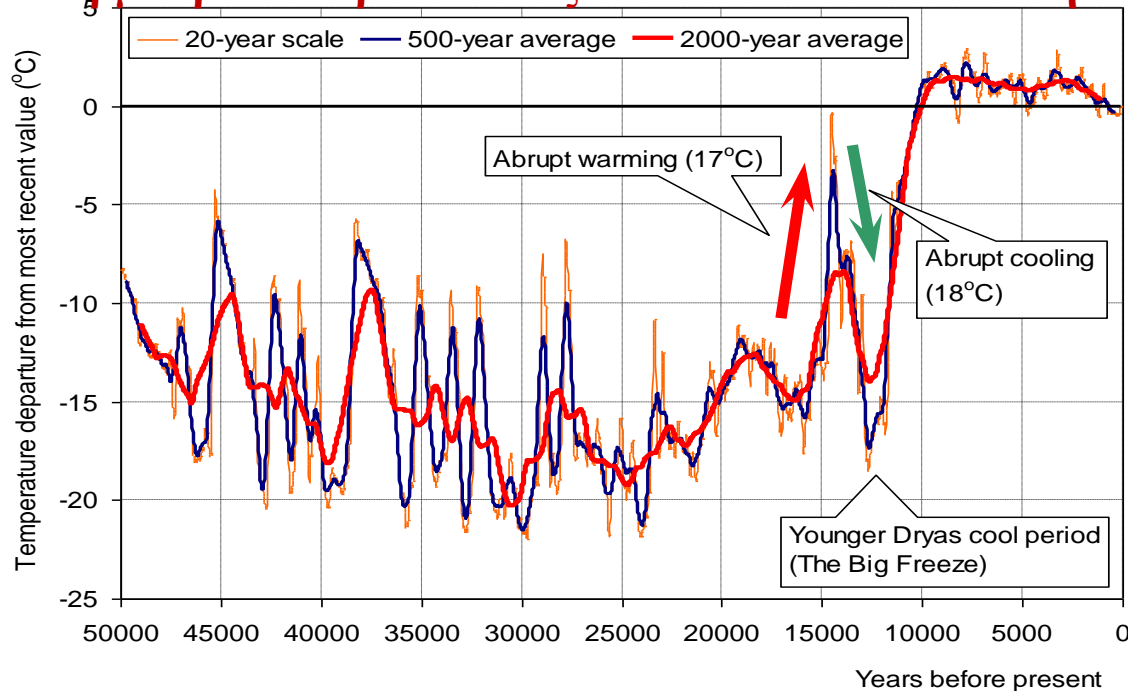


Διακύμανση θερμοκρασίας στο χρόνο (800 000 έτη)

Ανακατασκευή κλίματος για τα τελευταία 800 000 έτη



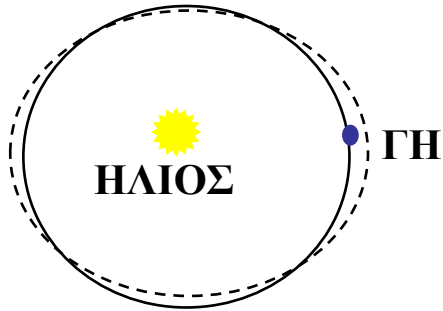
Θερμοκρασία Γροιλανδίας τα τελευταία 50.000 έτη



Πηγή: GISP2 Ice Core (Alley 2000, 2004)

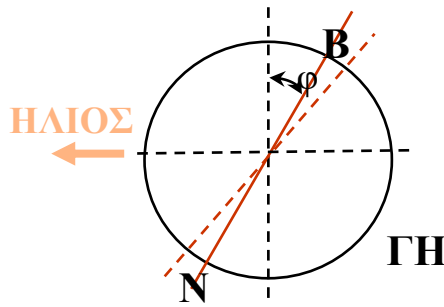
Μία εξήγηση για την διακύμανση του κλίματος ($2 \cdot 10^6$ έτη)

Διάταση τροχιάς (eccentricity)



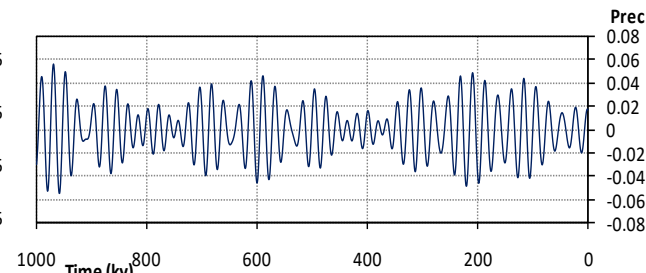
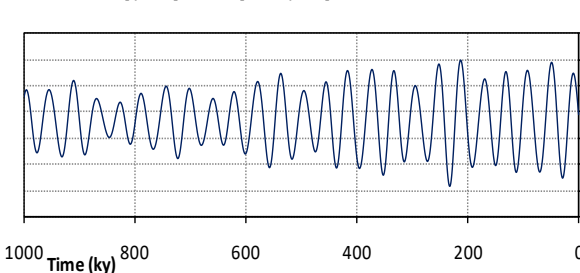
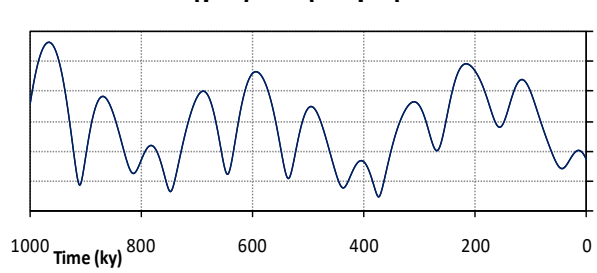
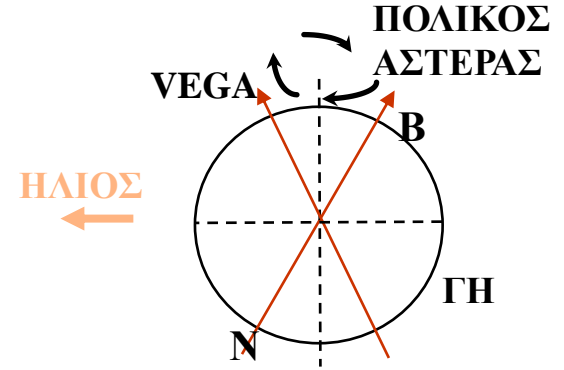
Διακύμανση: 0-5%
Σημερινή τιμή: 1.7%

Λόξωση άξονα (Obliquity)



Διακύμανση: 21.8° - 24.4°
Σημερινή τιμή: 23.5°

Ταλάντευση άξονα (Precession)



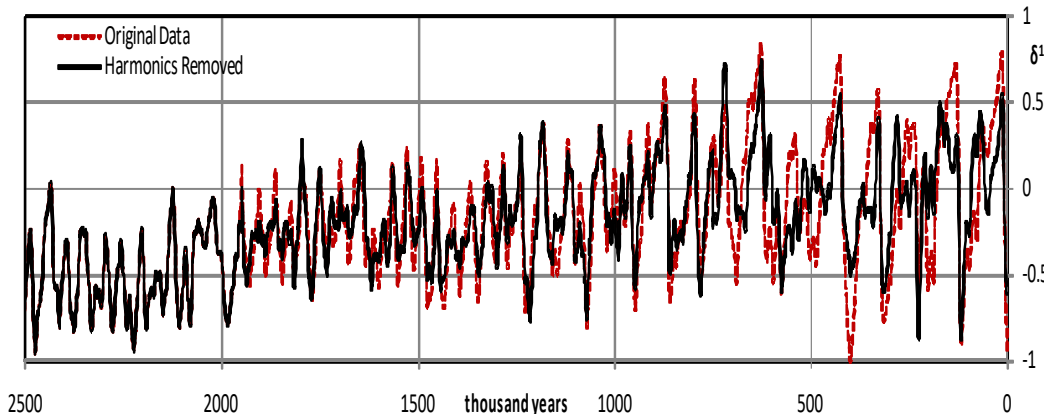
Κύκλοι 100 και 400 kyr

Κύκλος 41 kyr

Κύκλοι 19 και 23 kyr

Κύκλοι ↓ Milankovich

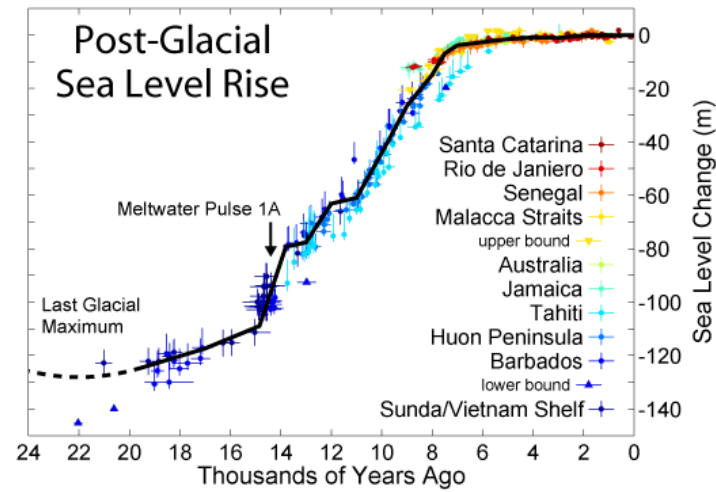
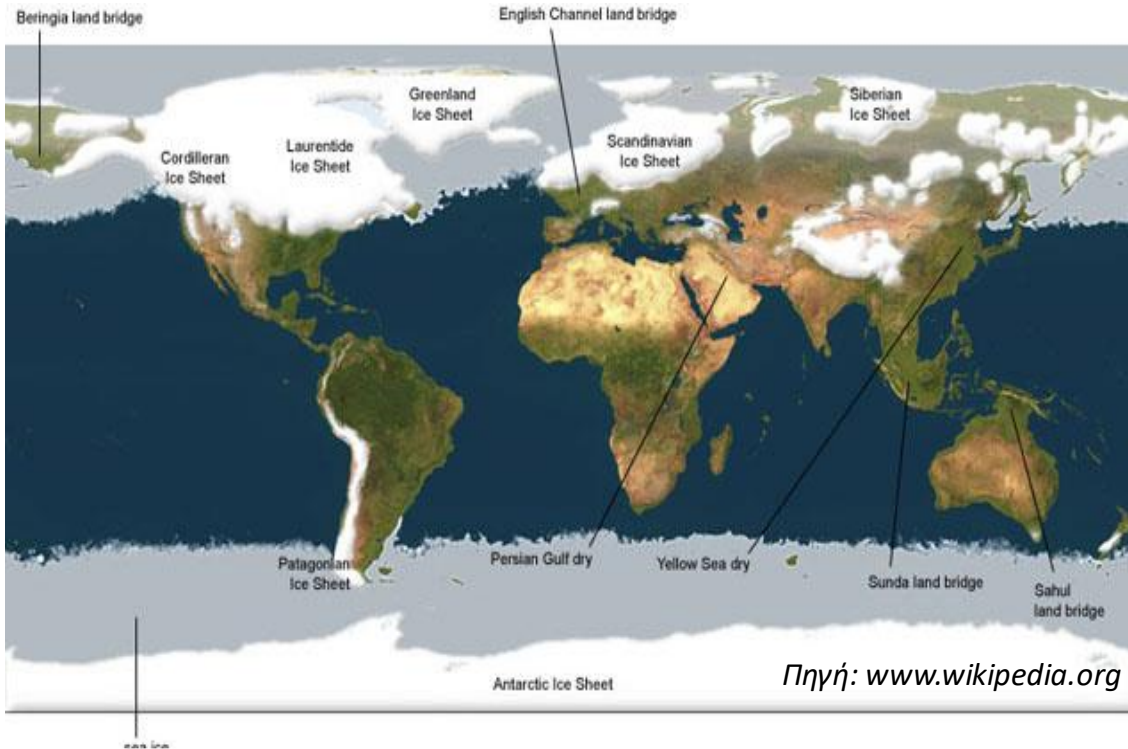
Η ανάλυση δείχνει ότι οι αρμονικές των 41 και 100 ky εξηγούν το 27% της διασποράς για τα τελευταία 2 εκατομμύρια χρόνια (όχι στο σύνολο)



Η υπόθεση Milankovitch έχει αδυναμίες και η συσχέτιση δεν είναι θεμελιωμένη φυσικά.

Διακύμανση κλίματος στο χρόνο (30 000 έτη)

Η τελευταία παγετώδης περίοδος



Πριν από 20 000 χρόνια η στάθμη της θάλασσας ήταν 130 m χαμηλότερα

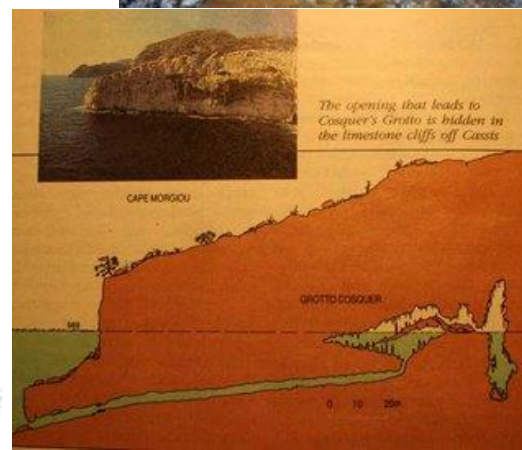
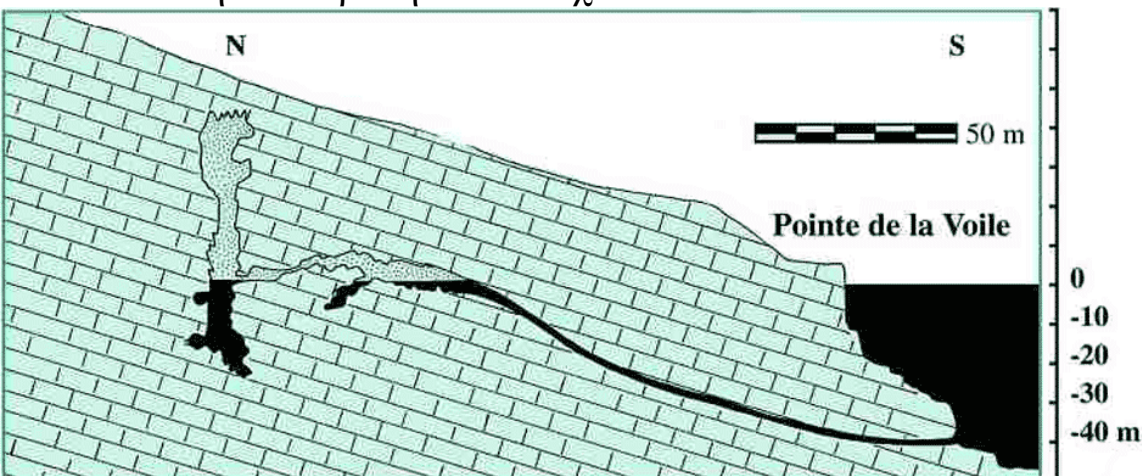
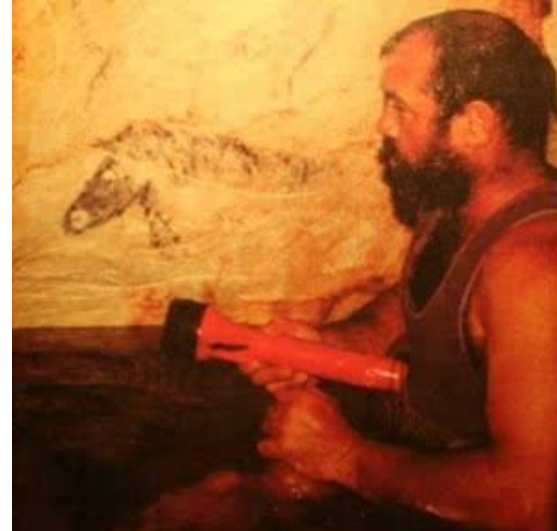
«Επειδή όμως έγιναν πολύ κατακλυσμοί στη διάρκεια των 9000 ετών (τόσα πέρασαν από τότε μέχρι σήμερα) το χώμα απομακρυνόταν από τα υψώματα...»

Πλάτων, Κριτίας 111α

Διακύμανση κλίματος (30 000 έτη)

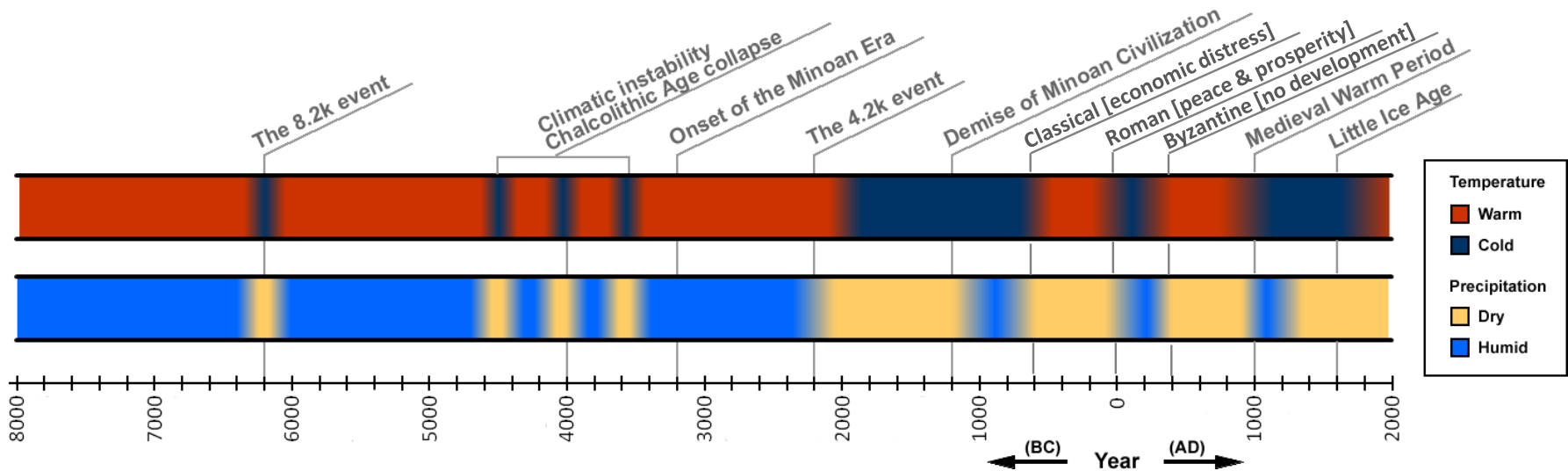
Η σπηλιά του Cosquer

- Το 1985 ο Γάλλος δύτης Henri Cosquer ανακάλυψε στη περιοχή Massif des Calanques κοντά στη Μασσαλία μια υποθαλάσσια η είσοδος της οποίας βρίσκεται σε βάθος 37 μέτρων από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας.
- Από την είσοδο μια γαλαρία (ανηφορική για 120 μέτρα) καταλήγει σε ένα θάλαμο που σε σημαντικό βαθμό παραμένει πάνω από τη επιφάνεια της θάλασσας.
- Στη σπηλιά ανακαλύφθηκαν το 1991 τοιχογραφίες (με ζωγραφική και χαρακτική) οι οποίες απεικονίζουν κυρίως ζώα (άλογα, ελάφια, κατσίκια) και γεωμετρικά σχήματα καθώς και ίχνη χεριών και δακτύλων. Τα ευρήματα αυτά χρονολογήθηκαν στην περίοδο 27000-18000 π.Χ. και αποδεικνύουν σημαντική ανθρώπινη δραστηριότητα κατά την εποχή αυτή.
- Σημειώνεται ότι έρευνες στην περιοχή έδειξαν παλιές ακτογραμμές σε διάφορα βάθη από -36 έως -100 μέτρα και τεκτονική σταθερότητα τουλάχιστον 10000 ετών



Διακύμανση κλίματος (8000 έτη)

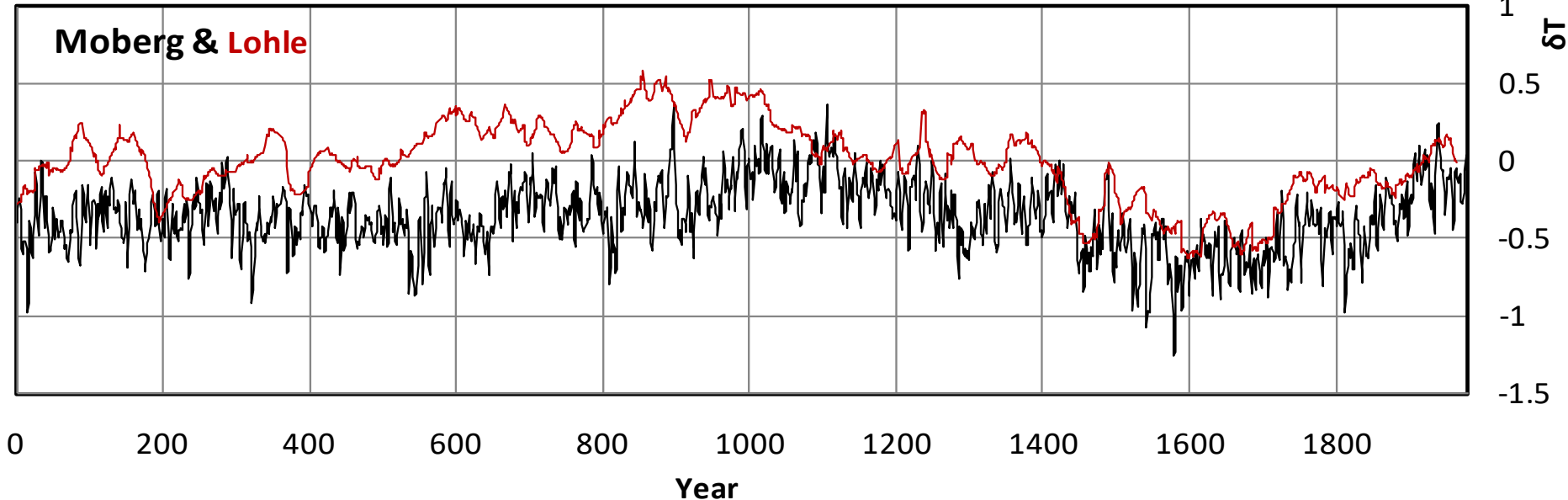
Ανακατασκευή κλίματος θερμοκρασίας και
κατακρήμισης για τη Μεσόγειο



Πηγή: Markonis, Y., *Stochastic Investigation of Large-Scale Hydroclimatic Correlations over the Mediterranean*, Phd thesis, 2015

Διακύμανση θερμοκρασίας (2000 έτη)

Διακύμανση θερμοκρασίας τα τελευταία 2000 έτη



Καταγεγραμμένες μαρτυρίες

Το καλοκαίρι στην Ευρώπη ξεκινά τον Απρίλιο ή το Μάρτιο, είναι θερμότερο, μεγάλης διάρκειας και με ελάχιστες βροχές, **1420, 1473, 1540, 1893**

Μέσα σε δεκαετίες γίνονται εναλλαγές ψυχρών και θερμών περιόδων (μετάβαση από τη θερμή μεσαιωνική περίοδο στο «μικρο-παγετωνικό αιώνα»), **1330-1340**

Διαδοχικά ψυχρά καλοκαίρια δεν επιτρέπουν ωρίμανση των φρούτων (σταφυλιών), **1435-1447, 1812-1817**

Λιώνουν οι πάγοι σε μεγάλο τμήμα της Γροιλανδίας, **985**

Στο Παρίσι και πιο νότια τα δένδρα ανθίζουν τα Χριστούγεννα, **1357, 1361**

Ο Τάμεσης σχεδόν ξεραίνεται: **1114, 1325-1326, 1538-1541, 1665-1666, 1716**

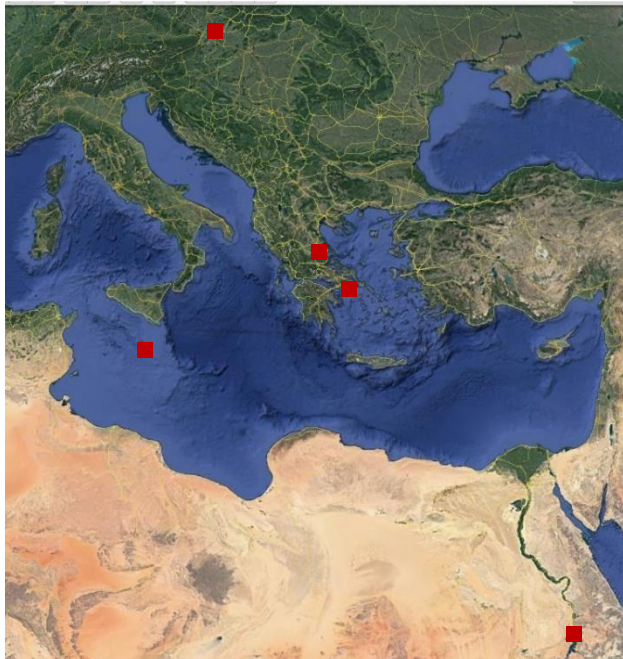
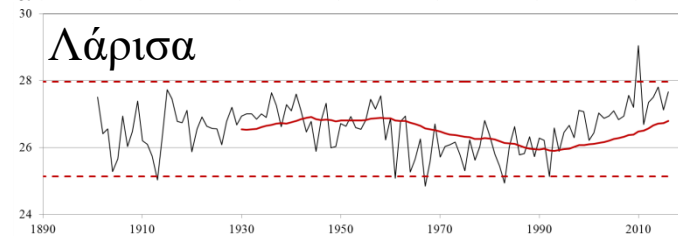
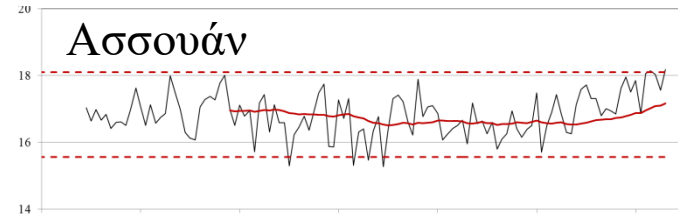
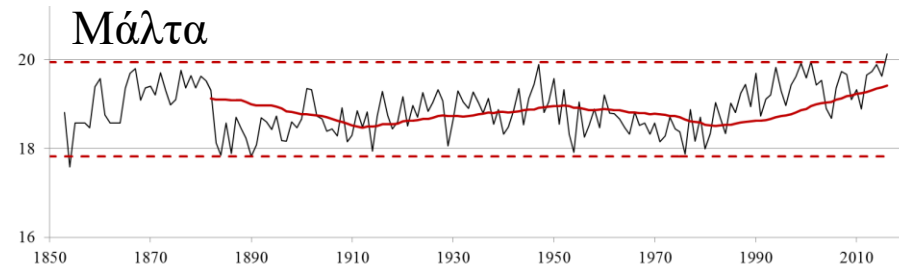
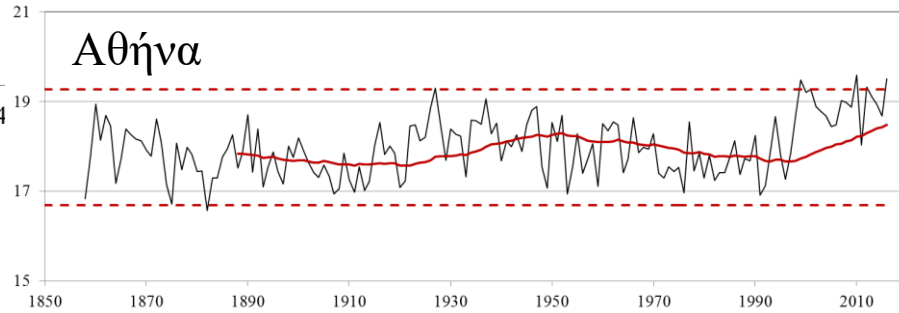
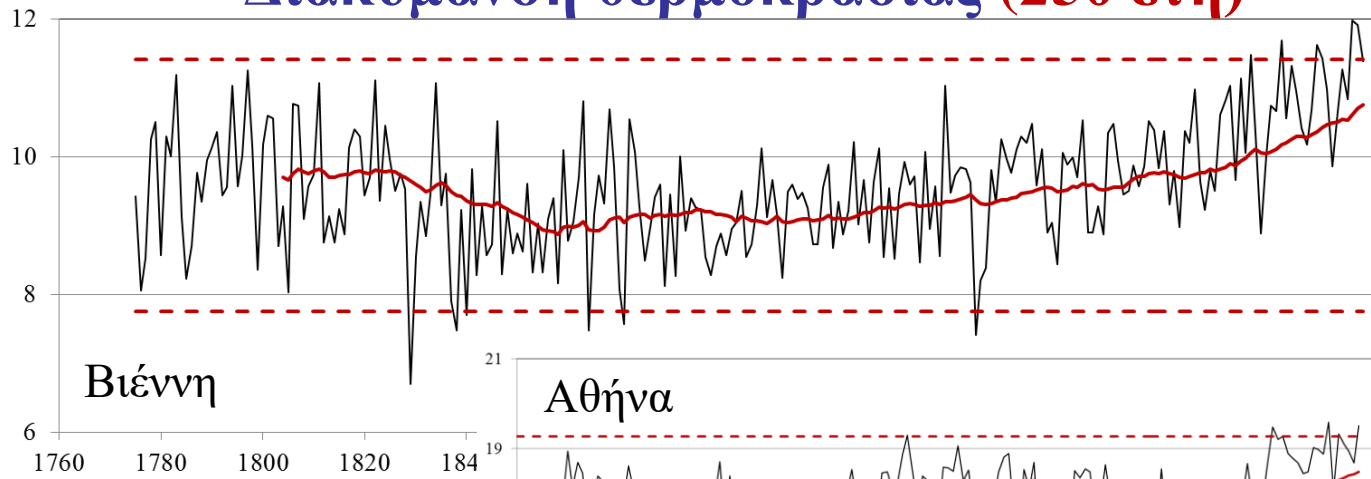
Ελλάδα: Κρύοι χειμώνες, λίμνες (Ιωαννίνων) παγωμένες για τρεις μήνες, **1686/87**

Ελλάδα: Συνεχείς βροχές γεννούν πλημμύρες και δεν επιτρέπουν την καλλιέργεια αγροτικών προϊόντων, **1684/1685**

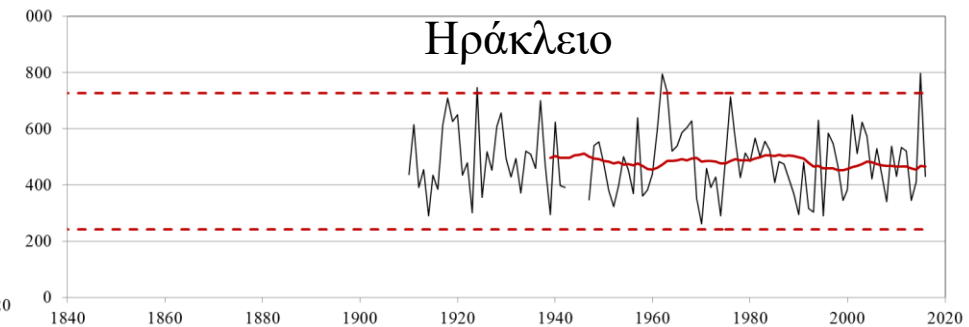
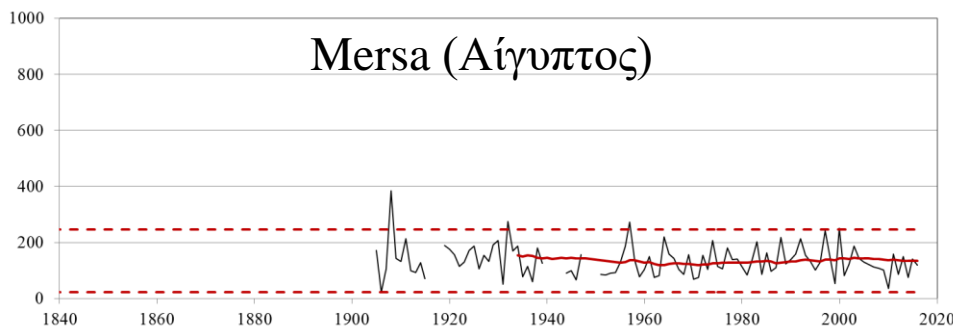
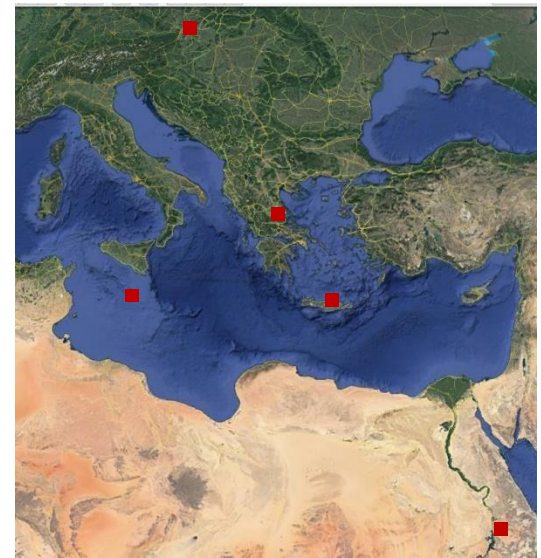
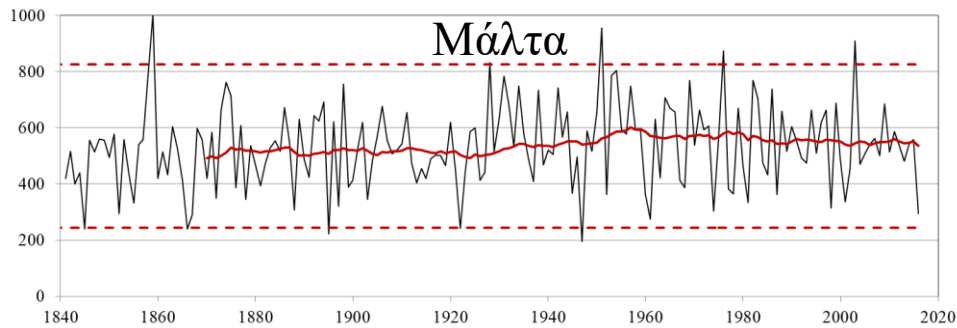
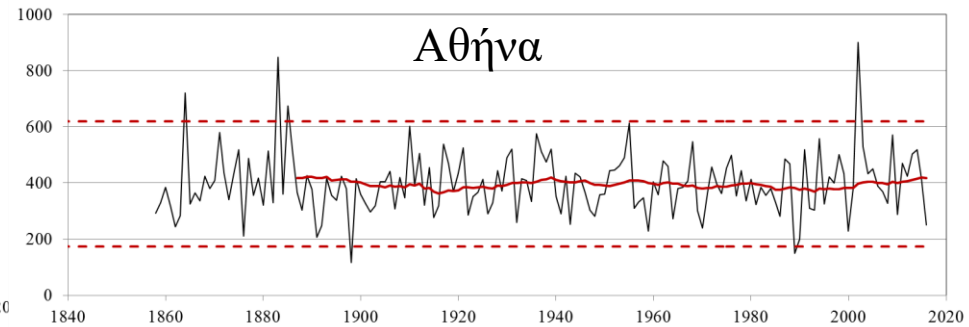
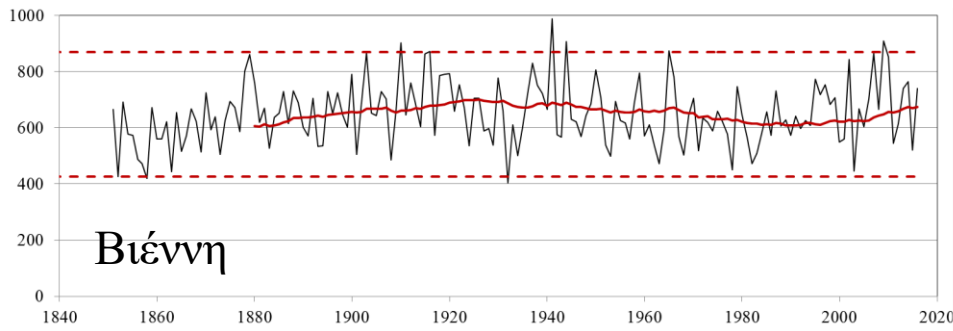
Ελλάδα: Πυκνές χιονοπτώσεις, μόνιμα χιόνια σε όλη τη διάρκεια του έτους ακόμη και στην Κρήτη, **1699/1700**

Ελλάδα: Φθινόπωρο και χειμώνας χωρίς καθόλου βροχή, **1680/1681, 1695/1696, 1712-1714**

Διακύμανση θερμοκρασίας (250 έτη)



Διακύμανση βροχόπτωσης (150 έτη)

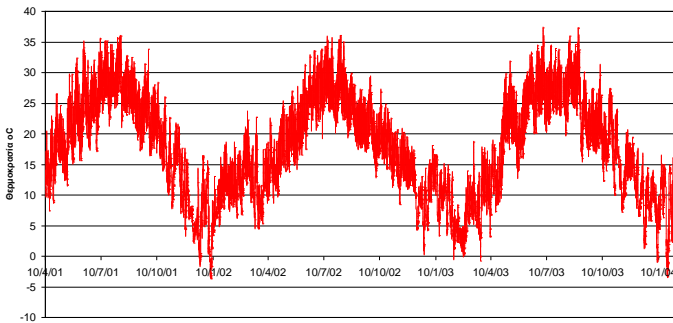


Διακύμανση κλίματος στο έτος

Επίδραση της χρονικής κλίμακας στην αντίληψη για το κλίμα

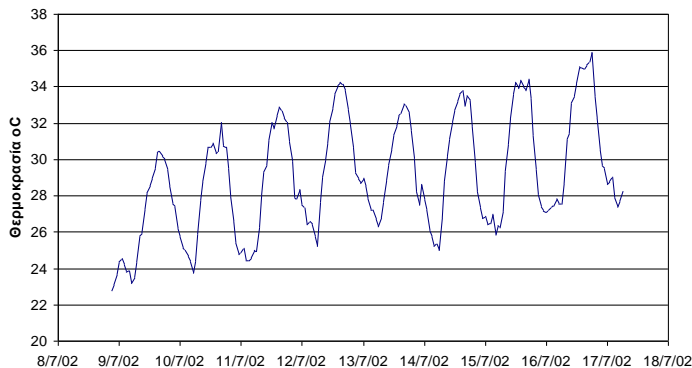
Ωριαίες
θερμοκρασίες
στο σταθμό
Ζωγράφου για:

3 έτη
Συνήθης
διάρκεια ζωής
ενός ποντικιού.



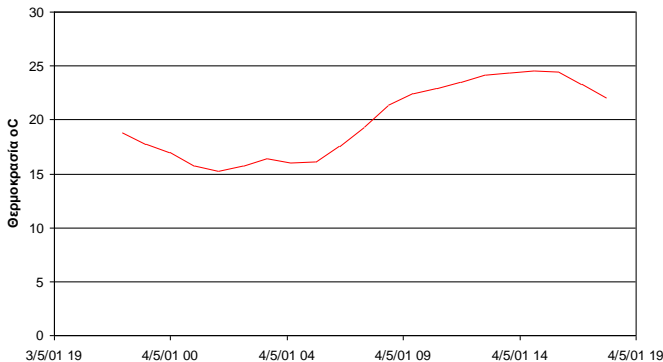
Σε αυτή τη χρονική κλίμακα γίνεται αντιληπτή η ημερήσια και εποχιακή περιοδικότητα αλλά υπάρχει η αίσθηση ενός προσδιοριστικού τρόπου μεταβολής

10 ημέρες
Συνήθης
διάρκεια ζωής
μιας οικιακής
μύγας.



Σε αυτή τη χρονική κλίμακα γίνεται αντιληπτή η ημερήσια περιοδικότητα αλλά η εποχιακή περιοδικότητα φαίνεται σαν ανοδική τάση

20 ώρες
Συνήθης
διάρκεια ζωής
μιας μύγας
Mayfly.



Σε αυτή τη χρονική κλίμακα δεν γίνεται αντιληπτή η ημερήσια περιοδικότητα. Τρεις ώρες πριν πεθάνει θα μπορούσε σχολιάσει “Ποτέ μέχρι τώρα στη ζωή μου δεν αισθάνθηκα τόση ζέση”

Πρόγνωση κλίματος

Μεγέθυνση διαταραχών στη χρονική εξέλιξη ενός μη γραμμικού φαινομένου

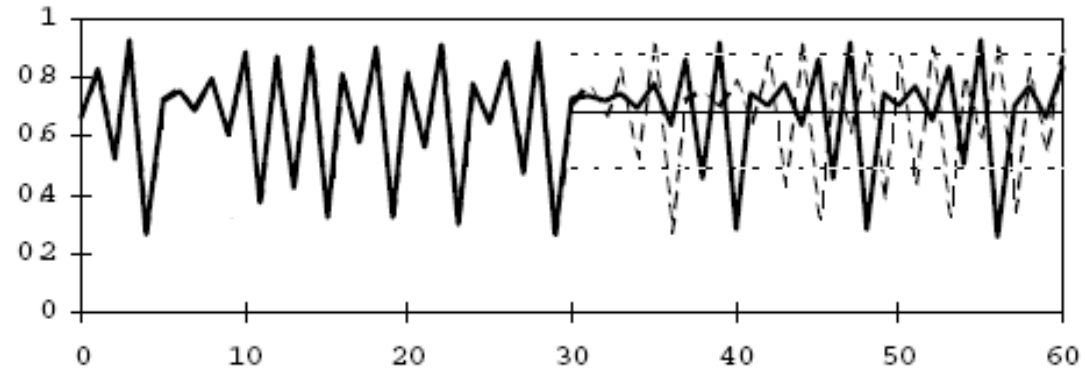
Σύστημα που περιγράφεται μόνο από τη μεταβλητή X_t από τη σχέση:

$$X_t = k * x_{t-1} * (1 - x_{t-1}) \quad \text{όπου } t \text{ ο χρόνος}$$

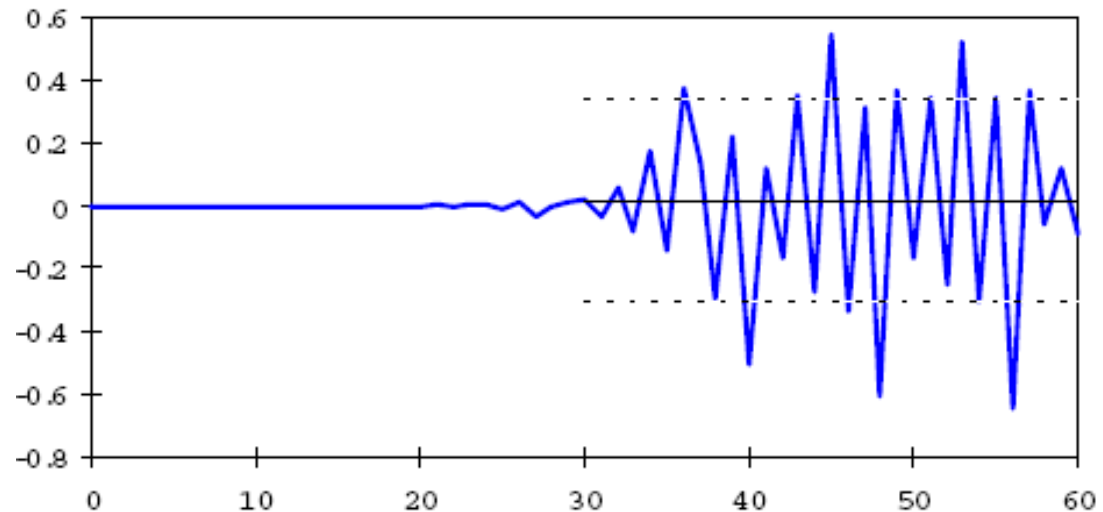
Χρονική εξέλιξη $X1_t, X2_t$

Με ελάχιστα
διαφορετικές
αρχικές συνθήκες

$$X1_0 = 0.660001 \quad X2_0 = 0.66$$



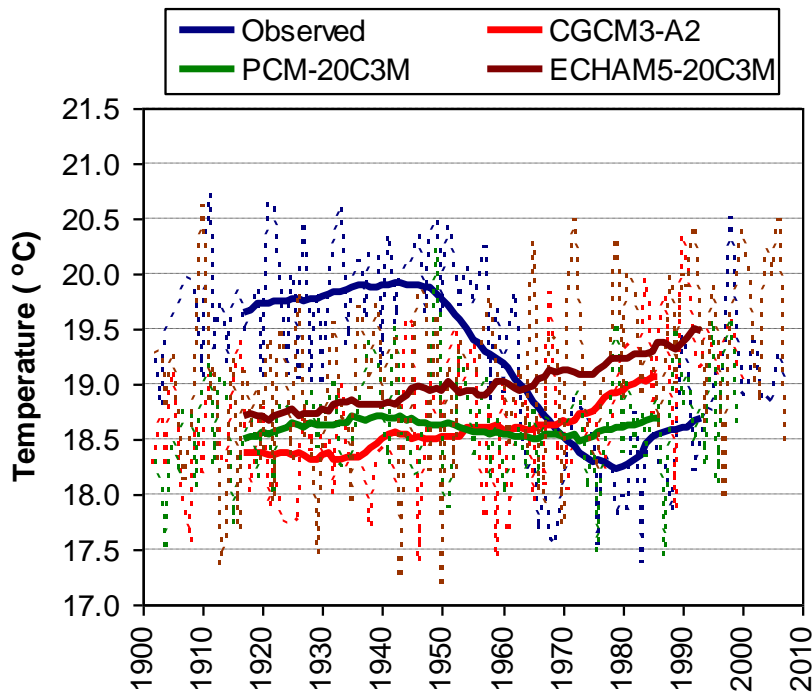
Χρονική εξέλιξη
 $X1_t - X2_t$



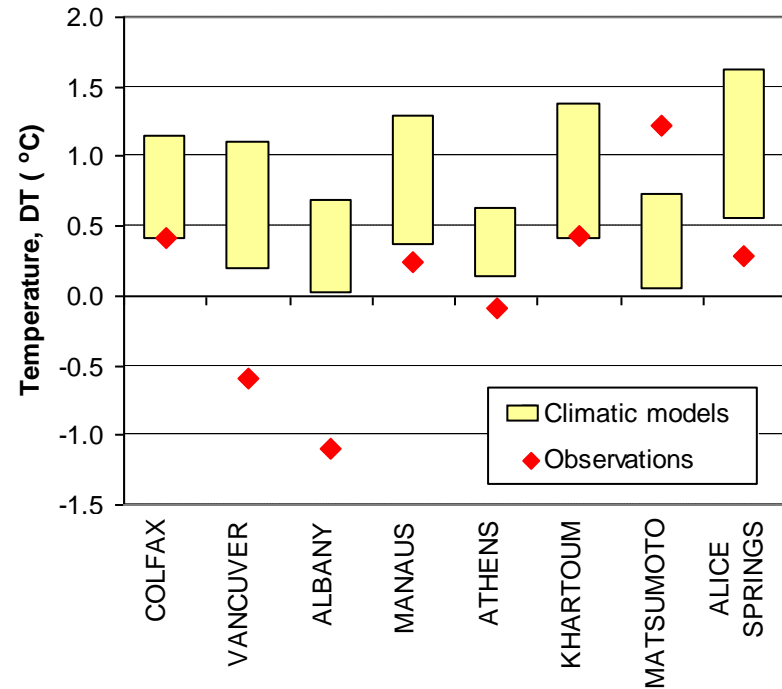
Πρόγνωση κλίματος

Μπορούν τα μοντέλα να προβλέψουν το μέλλον;

Σύγκριση παρατηρημένης θερμοκρασίας στο Albany, Georgia, USA, και μοντελοποιημένης από 3 AR4 μοντέλα



Μεταβολή θερμοκρασίας (30-έτη κινούμενος μέσος όρος (20^{ος} αιώνας: μοντέλα και πραγματικότητα)



Οι Koutsoyiannis *et al.* (2008) σύγκριναν παλαιές προγνώσεις από τρία κλιματικά μοντέλα του IPCC AR4 και τρία του TAR σε οκτώ θέσεις που είχαν μεγάλο δείγμα παρατηρήσεων (> 100 έτη) θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Τα εξαγόμενα των μοντέλων ήταν ασύμφωνα με τις παρατηρήσεις.

Ασυμφωνία κλιματικών μοντέλων και παρατηρημένων τιμών

Πρόγνωση κλίματος

Πρόγνωση καιρού 15 ημερών

Lorenz (1963): «ακόμα και με τέλεια μοντέλα και τέλειες παρατηρήσεις η χαοτική φύση της ατμόσφαιρας θα επέβαλε ένα άνω χρονικό όριο περίπου δύο εβδομάδων στην προγνωσιμότητα του καιρού»

Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε η τεχνική του ensemble forecasting – πολλαπλών δειγμάτων κατά την οποία πραγματοποιούνται πολλές προγνώσεις είτε διαταράσσοντας τις αρχικές συνθήκες ενός μοντέλου είτε χρησιμοποιώντας διαφορετικά μοντέλα.

