



# Φυσική Περιβάλλοντος :

## “Εισαγωγή - Πρόλογος”

*Καθ. Μιχάλης Γρ Βραχόπουλος  
Επ Καθ Δημήτρης Λαδάκης*

Energy and Environmental Research Laboratory



## Σκοπός του μαθήματος:

- Το πρόγραμμα του μαθήματος παρέχει ολοκληρωμένη εκπαίδευση σχετικά με τη φυσική και τους νόμους της που διέπουν το περιβάλλον, τόσο σε ότι αφορά στην αέρια του μάζα αλλά και στην υγρή και στερεή του μορφή.
- Ολοκληρωμένη εκπαίδευση επίσης σχετικά με την κατανόηση, τη μοντελοποίηση και την πρόβλεψη των ατμοσφαιρικών διεργασιών. Βασικός στόχος του προγράμματος είναι η εφαρμοσμένη γνώση ώστε οι απόφοιτοι να μπορούν να γνωρίζουν βασικά εργαλεία και να βρίσκονται σε πλεονεκτική θέση στη μετέπειτα ενασχόλησή τους σε ότι αφορά στη Φυσική Περιβάλλοντος και τις διεργασίες – προβλέψεις - αντιμετώπιση.
- Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην κατανόηση των φυσικών και μαθηματικών περιγραφών για μια σειρά από ατμοσφαιρικά φαινόμενα. Έτσι, το πρόγραμμα καλύπτει τη θεωρητική βάση για διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα.

## Περιεχόμενο μαθήματος:

1. Η ατμόσφαιρα της Γης.
2. Η ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα.
3. Το νερό στην ατμόσφαιρα.
4. Θερμοδυναμική και στατική της ατμόσφαιρας.
5. Η κίνηση στο ατμοσφαιρικό ρευστό.
6. Το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα.
7. Οι κλίμακες κινήσεων.
8. Η ατμοσφαιρική διασπορά-διάχυση.
9. Ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες.
10. Ο ήχος και ο θόρυβος στην ατμόσφαιρα.
11. Το νερό στη Γη και ο παγκόσμιος ωκεανός.
12. Η φυσική του εδάφους.
13. Η υπερθέρμανση του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή.

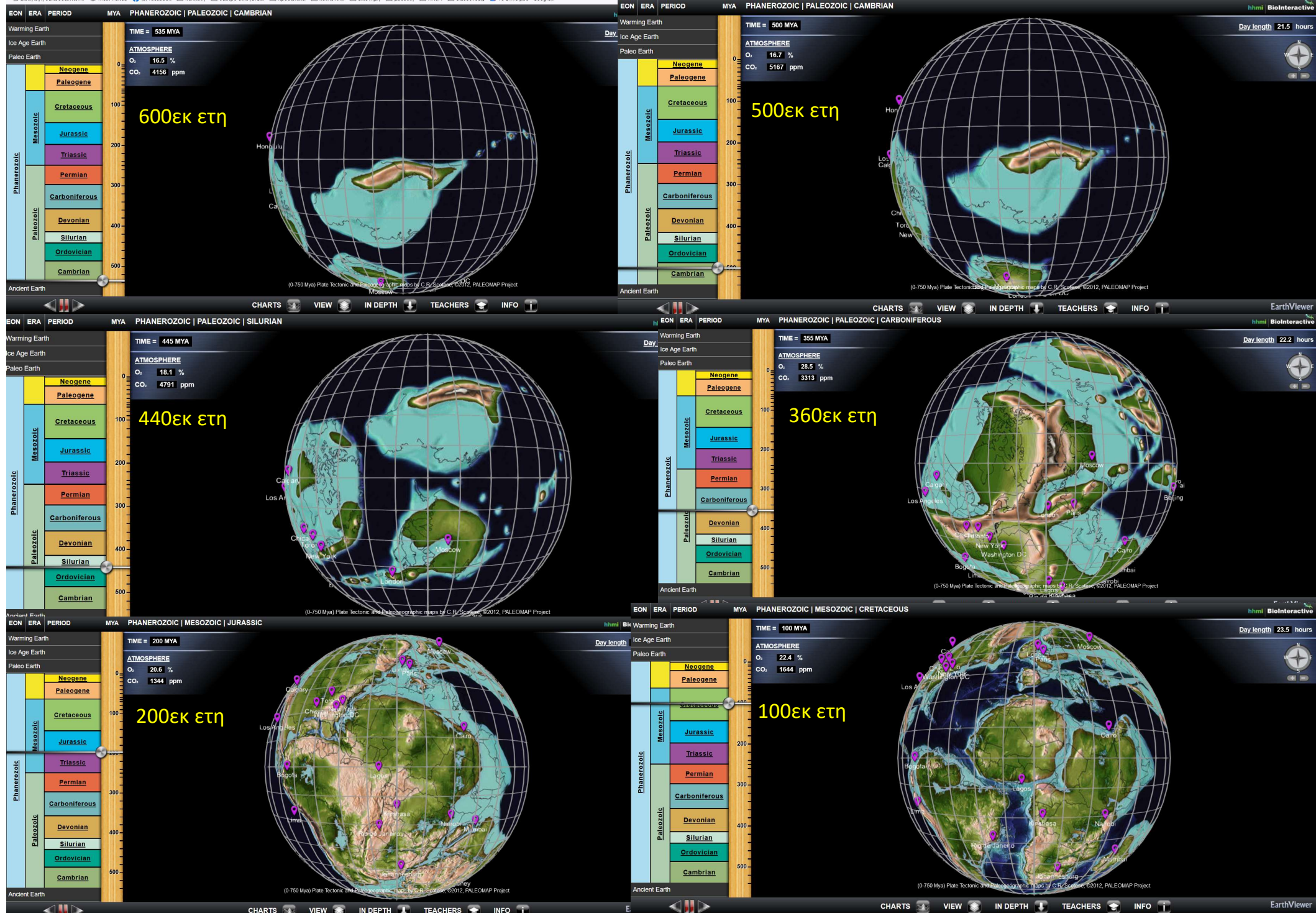
# Πρόλογος -

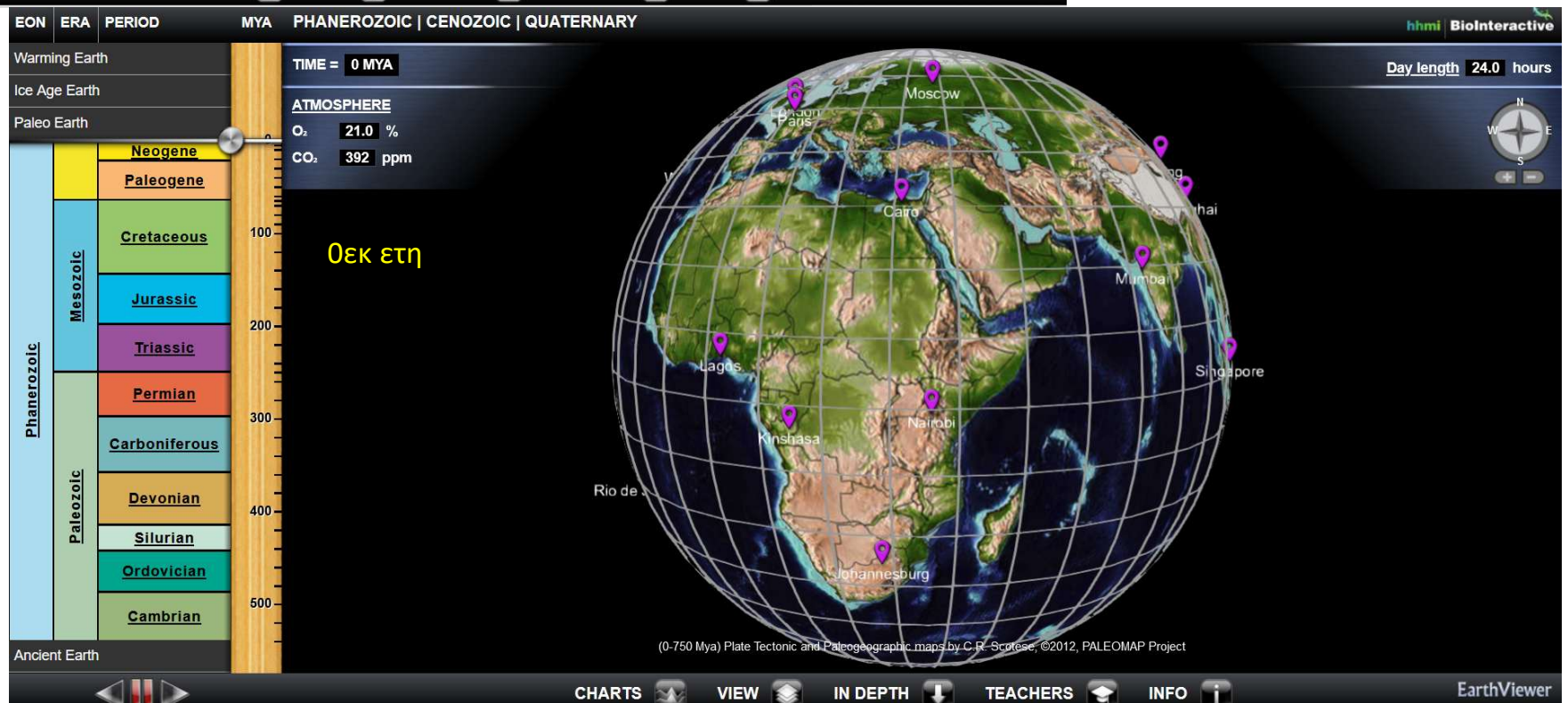
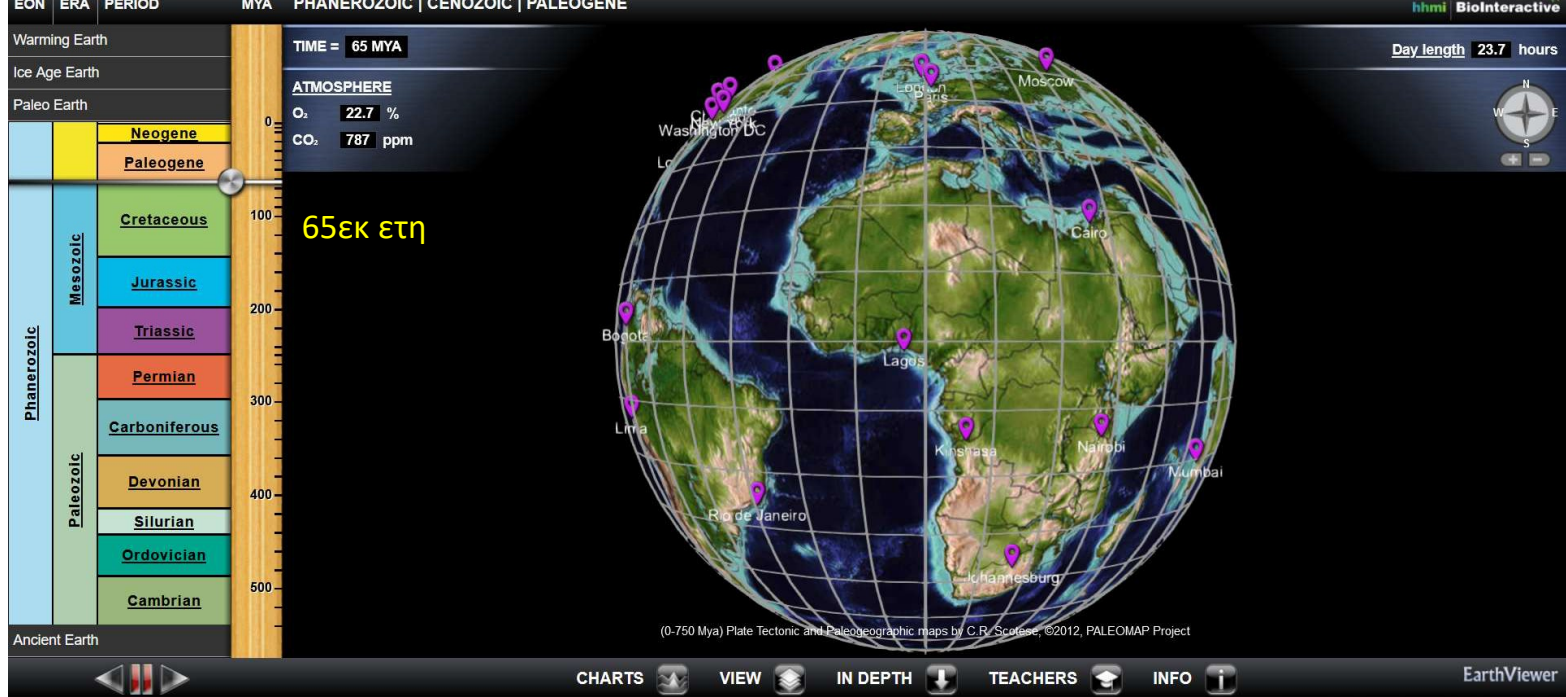
Στο παρελθόν η γη άλλαξε ατμόσφαιρα, άλλαξε και αλλάζει τις θέσεις των ηπείρων, **όλα αλλάζουν και τίποτα δεν παρέμεινε στατικό όπως υποστήριζε και ο Ηράκλειτος.**

*Γενικά μπορούμε να πούμε ότι στην παγκόσμια φύση τα πάντα είναι κίνηση*

[https://media.hhmi.org/biointeractive/earthviewer\\_web/earthviewer.html](https://media.hhmi.org/biointeractive/earthviewer_web/earthviewer.html)

<https://el.forvm.at/earth-seen-from-space-500-million-years-ago>





# Φυσική Περιβάλλοντος

Από τη μυθολογία είναι γνωστά τα καταστροφικά φαινόμενα, από τον κατακλυσμό του Δευκαλίωνα (ή του Νώε), μέχρι τις αλλαγές της μαύρης θάλασσας, του Νείλου και του κλίματος του Άργους που περιγράφει ο Αριστοτέλης.

Στις νεότερες περιόδους, δηλαδή στις τελευταίες δύο χιλιετίες, οι πλανητικές αλλαγές συνεχίζονται με αποκορύφωμα την μικρή παγετώδη εποχή που άρχισε στο Μεσαίωνα και σε πολλές περιοχές του βορείου ημισφαιρίου τελείωσε κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα ή την περίοδο του Μεσαιωνικού μεγίστου αμέσως πριν.

# Φυσική Περιβάλλοντος

Οι αλλαγές αυτές έγιναν από φυσικά αίτια, χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου.  
Η γη όταν δημιουργήθηκε ήταν ένας καυτός πλανήτης με ατμόσφαιρα όμοια με εκείνη του γενεσιουργού της Ήλιου.

Η ατμόσφαιρα αυτή είχε τη χαρακτηριστική οσμή που υπάρχει κοντά σε θερμές πηγές ή ηφαίστεια.

η ατμόσφαιρα αυτή ονομάζεται αναγωγική.

Η εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη:

πριν από 2-3 δισεκατομμύρια χρόνια συσσωρεύθηκε οξυγόνο στην ατμόσφαιρα και από αναγωγική την μετέτρεψε σε οξειδωτική.

Είναι η ατμόσφαιρα μέσα στην οποία έγιναν όλες οι πλανητικές αλλαγές του παρελθόντος, από τις βιβλικές καταστροφές μέχρι τη μικρή παγετώδη περίοδο που τελείωσε τον 19<sup>ο</sup> αιώνα και την ακολούθησε η βιομηχανική επανάσταση.

# Φυσική Περιβάλλοντος

Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας, χαρακτηριστικός της άκρατης εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος από τον άνθρωπο σηματοδοτεί, την έναρξη μιας νέας περιόδου στην ιστορία της γης.

Στόχος:

Η οικονομική ανάπτυξη και οι αριθμοί κυριαρχούν σε μια νέα περίοδο αριθμολαγνείας και οικονομικής αριθμολατρίας.

Μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο .....,

πεθαίνουν μερικές εκατοντάδες άνθρωποι από το νέφος της αιθαλομίχλης στο Λονδίνο.

Παίρνονται μέτρα έκτακτα, μέτρα πανικού στην αρχή, ορθά μετά.

Εισάγεται η δράση για καθαρό αέρα στο Βρετανικό κοινοβούλιο.

# Φυσική Περιβάλλοντος

Δεύτερο καμπανάκι, νέο «νέφος», το φωτοχημικό τώρα, θεωρείται υπεύθυνο για θανάτους στην Καλιφόρνια.

Νέος πανικός για την μετάλλαξη του κινδύνου, νέα μέτρα.

Δημιουργία ειδικής δράσης για την αντιμετώπιση του φωτοχημικού νέφους στη δυτική ακτή των ΗΠΑ.

Στη δεκαετία του 60, διαπιστώνεται ότι η αέρια ρύπανση όχι μόνο βλάπτει τοπικά αλλά και «εξάγεται» με την κίνηση των μετεωρολογικών συστημάτων.

Μηνύσεις από τον Καναδά στις ΗΠΑ και από τη Σουηδία στη Γερμανία για τη διακρατική μεταφορά της δασοκτόνου όξινης βροχής οδηγούν στην πρώτη σοβαρή διεθνή σύμβαση που υπεγράφη στη Στοκχόλμη το 1972 για μείωση των εκπομπών  $\text{SO}_2$  στην ατμόσφαιρα.

# Φυσική Περιβάλλοντος

Το δεύτερο ήμισυ του 20<sup>ου</sup> αιώνα είναι η περίοδος όπου πραγματικά η ίδια η φύση άρχισε να προειδοποιεί για σοβαρές ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

Είναι η πεντηκονταετία της αναγνώρισης της σπουδαίας αλλαγής στη σύσταση της ατμόσφαιρας που έγινε από τον άνθρωπο, με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και στα οικοσυστήματα, η βιοποικιλότητα των οποίων συνεχώς μειώνεται.

Η αλλαγή στη σύσταση της ατμόσφαιρας παίρνει ανησυχητικές διαστάσεις με την κατάρρευση της προστατευτικής ασπίδας του όζοντος πρώτα στην Ανταρκτική και στα νότια πλάτη και μετά στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη.

Οι επιστήμονες ανακαλύπτουν ότι όχι μόνον το προστατευτικό στρώμα του όζοντος ελαττώνεται τις τελευταίες δεκαετίες, αλλά και ότι αυξάνουν μονότονα και με ανησυχητικό ρυθμό οι συγκεντρώσεις αερίων που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο του «θερμορρυθμιστικού» συστήματος του πλανήτη.

# Φυσική Περιβάλλοντος

Τα αέρια αυτά είναι:

το διοξείδιο του άνθρακος,  
το μεθάνιο και  
το υποξείδιο του αζώτου.

Από μετρήσεις εγκλωβισμένου αέρα σε «καρότα» πάγων προέκυψε ότι ενώ κατά τα τελευταία 400.000 χρόνια το διοξείδιο του άνθρακος παρέμεινε σχεδόν σταθερό με συγκέντρωση περίπου 280 μέρη στο εκατομμύριο μορίων αέρα (ppm), τώρα έχει φθάσει τα 400 ppm.

Ο ρυθμός αύξησης είναι περίπου 0,6% το χρόνο.

Το ίδιο ισχύει περίπου και για το μεθάνιο που από 0,7 ppm του παρελθόντος βρίσκεται σήμερα στο 1,7 ppm, με ρυθμό αύξησης περίπου 1% το χρόνο.

Μέσα στα τελευταία τριάντα χρόνια ο άνθρωπος έχει αυξήσει:  
κατά 15% το διοξείδιο του άνθρακος και 3% το μεθάνιο,  
ενώ αντίστοιχα έχει ελαττώσει σχεδόν κατά 10% το στρώμα του όζοντος.

# το στρώμα του όζοντος

Το στρώμα αυτό απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της επικίνδυνης 9(UV) ακτινοβολίας του ήλιου.

Η παρατεταμένη έκθεση σ' αυτήν την επικίνδυνη ακτινοβολία αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης ορισμένων μορφών καρκίνου του δέρματος, εμφάνιση καταρράκτη στα μάτια ... κ.λπ.

.... και η αύξησή της έχει συνέπειες και στα οικοσυστήματα.

Ο άνθρωπος στα τελευταία χρόνια κατέστρεψε τόσο από το προστατευτικό στρώμα του όζοντος, όσο δημιούργησε η φύση μέσα σε 1 δισεκατομμύριο χρόνια.

# φαινόμενο του θερμοκηπίου

Σε ό,τι αφορά στο διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, το ζήτημα αποδεικνύεται εξίσου σοβαρό γιατί αυτά διατηρούν τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη στους 15°C περίπου πάνω από το μηδέν ενώ χωρίς αυτά η μέση θερμοκρασία της γης θα ήταν (-18°C) μείον δεκαοχτώ βαθμούς Κελσίου!

Δηλαδή η γη θα ήταν παγωμένη παντού και ακατοίκητη.

Η ιδιαιτερότητα που έχουν αυτά τα αέρια είναι ότι απορροφούν τη θερμική εκπομπή της γης και την εμποδίζουν να ψυχθεί προς το διάστημα.

# φαινόμενο του θερμοκηπίου

Στη Φύση, το διοξείδιο του άνθρακα συμμετέχει στο συνολικό φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 60% περίπου και το μεθάνιο κατά 20%.

Το διοξείδιο του άνθρακα ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από τις πάσης φύσεως καύσεις των ορυκτών καυσίμων.

Το μεθάνιο προέρχεται από την κτηνοτροφία και άλλες οικολογικές και μη διαδικασίες, ενώ

Το υποξείδιο του αζώτου προέρχεται από τα αζωτούχα λιπάσματα.

Οι μεταφορές και η βιομηχανία μοιράζονται την κύρια ευθύνη εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα.

Μεταξύ των κρατών επικρατεί μεγάλη ανισότητα, οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και η Αυστραλία έχουν κατά κεφαλήν 2,5 φορές μεγαλύτερη εκπομπή  $\text{CO}_2$  από ότι ο μέσος Ευρωπαίος. Και πολλαπλάσιες των κατοίκων του υπολοίπου πλανήτη...

# φαινόμενο του θερμοκηπίου

Αυξάνονται τα αέρια του θερμοκηπίου και οι συνέπειες γίνονται σοβαρές:

το διοξείδιο του άνθρακα ζει περίπου 100 χρόνια στην ατμόσφαιρα.

Επομένως ακόμα και αν παρθούν μέτρα σήμερα, η απομάκρυνσή του από την ατμόσφαιρα αργεί.

Στην ανθρωπόκαινο περίοδο διαταράξαμε την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε «θερμοκηπιακά» αέρια.

Ο άνθρωπος στα τελευταία 100 χρόνια παράγαγε τόσο διοξείδιο του άνθρακα όσο απορρόφησε η φύση με τη φωτοσύνθεση μέσα σε 1.5 δισεκατομμύριο χρόνια.

Πρώτος υποστήριξε ο Arrhenius ήδη από το 1896, ότι οι διαταραχές στα θερμοκηπιακά αέρια αναμένεται να έχουν άμεσες επιπτώσεις στο κλίμα.

# φαινόμενο του θερμοκηπίου

Τα τελευταία 10 χρόνια ο πληθυσμός του πλανήτη αυξήθηκε κατά 800 εκατομμύρια και τα θερμοκηπιακά αέρια συνεχίζουν την ανεξέλεγκτη ανοδική τους πορεία.

| Εκτιμήσεις παγκόσμιου πληθυσμού                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Πληθυσμός<br>(σε δισεκατομμύρια)                                 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| Έτος                                                             | 1804 | 1927 | 1960 | 1974 | 1987 | 1999 | 2011 | 2023 | 2035 |
| Αριθμός ετών που πέρασαν<br>από το προηγούμενο<br>δισεκατομμύριο | -    | 123  | 33   | 14   | 13   | 12   | 12   | 12   | 12   |

**Σήμερα 8.250.314.322 (– πέρυσι 8.180.000.000 ) αύξηση περίπου 0,86% (70εκ)**

Αλλάζουν οι ζώνες βροχής και περιοχές με προβλήματα ερημοποίησης ή εμφάνισης καυσώνων είναι οι πιο ευπαθείς.

Μεταξύ αυτών και η Ελλάδα, που βρίσκεται πραγματικά στο σταυροδρόμι όλων των αλλαγών.

# σταθεροποίηση του κλίματος

Ο δρόμος για τη σταθεροποίηση του κλίματος είναι μακρύς και δύσκολος διότι υπεισέρχονται νέες χώρες με ταχύτατο ρυθμό ανάπτυξης και βεβαίως εκπομπών, όπως η Κίνα και η Ινδία.

Η Ευρώπη από μόνη της είναι αδύνατο να αντιστρέψει την παγκόσμια κλιματική μεταβολή ακόμα και αν φτάσει ή και ξεπεράσει τις κατά 30% μειώσεις των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, δεδομένου ότι το 2030 η ΕΕ θα συνεισφέρει λιγότερο από 10% στις παγκόσμιες εκπομπές αυτών των αερίων.

Επομένως η μείωση των εκπομπών κατά 30% σε επίπεδο Ευρώπης θα οδηγήσει μόλις σε μείωση 2-2.5% παγκοσμίως, ποσοστό αμελητέο για να σταθεροποιηθεί η κλιματική αλλαγή, για τη σταθεροποίηση της οποίας απαιτούνται μειώσεις που ξεπερνούν το 40% παγκοσμίως.

# σταθεροποίηση του κλίματος

Οι χώρες που κυριαρχούν από το 2020 στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου είναι η Κίνα\*, οι ΗΠΑ, η Ινδία\* και η Ιαπωνία οι οποίες εκτιμάται ότι συνολικά ξεπερνούν σε εκπομπές το 65% των παγκόσμιων εκπομπών.

Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι εάν δεν οδηγηθούμε σταδιακά σε παγκόσμια απεξάρτηση από τον άνθρακα και το πετρέλαιο ή έστω σε σημαντική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο βιομηχανικό τομέα, στις μεταφορές και στον οικιστικό τομέα, είναι βέβαιο ότι η ΕΕ και η πολιτική της πολύ λίγο θα βοηθήσει στην αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Σχέδιο νομοθεσίας με την οποία τίθεται ως στόχος η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) κατά 40% μέχρι το 2030, υιοθέτησε το Ευρωκοινοβούλιο.

Παρόμοιος είναι ο στόχος και για τα φορτηγά.

\*: όχι κατά κεφαλή αλλά λόγω πληθυσμού

# Σταθεροποίηση κλίματος και Ελλάδα

Δυστυχώς, η εθνική έκθεση για το Αναμενόμενο Επίπεδο Διείσδυσης των ΑΠΕ\* επικεντρώθηκε κυρίως στο αιολικό δυναμικό, κατά πολύ μικρό ποσοστό στη βιομάζα (η καύση της οποίας συνεισφέρει δυστυχώς και αυτή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου), στα μικρά υδροηλεκτρικά έργα και κατά ένα μικρό ποσοστό στα φωτοβολταϊκά, ενώ ο μεγάλος απών είναι η Γεωθερμία.

Οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις ΑΠΕ (μαζί με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά) συνολικώς έχουν ισχύ περίπου 5 GW (γιγαβάτ) από τα οποία τα 2,3 GW προέρχονται από το αιολικό δυναμικό, ενώ πρακτικά η γεωθερμία απουσιάζει. Η απουσία της γεωθερμίας από τις ΑΠΕ για τη χώρα μας αποτελεί μέγα πλήγμα και αυτό διότι υπάρχει διαπιστωμένο γεωθερμικό δυναμικό και μάλιστα αναπτυγμένη και έτοιμη τεχνολογία για τις διάφορες χρήσεις του, όπως π.χ. για την ηλεκτροπαραγωγή, για την παραγωγή υδρογόνου, για τη θέρμανση οικισμών και κτιρίων, για τη θέρμανση θερμοκηπίων και ξηραντηρίων, για τις ιχθυοκαλλιέργειες κλπ.

# Σταθεροποίηση κλίματος & ΑΠΕ

Ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί και στην ανάγκη στροφής της χώρας μας και στις τεχνολογίες παραγωγής υδρογόνου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το οποίο θα μπορούσε να αποτελέσει μία σοβαρή διέξοδο στο ενεργειακό μας πρόβλημα, δεδομένης και της δυνατότητας παραγωγής του και από τη γεωθερμία.

Το γεωθερμικό δυναμικό είναι συνάρτηση τόσο της θερμοκρασίας όσο και της παροχής όγκου ρευστού ανά γεώτρηση.

Συγκεκριμένα, η ηλεκτροπαραγωγή υδρογόνου από τη γεωθερμία απαιτεί ρευστά θερμοκρασίας άνω των 85°C το οποίο ικανοποιείται στην Ελλάδα σε διάφορα πεδία, τα γνωστότερα των οποίων βρίσκονται στη Μήλο, στη Νίσυρο, στη Λέσβο, στη Σαμοθράκη, Αριστηνου-Αλεξανδρουπολης, στον Ακροπόταμο Καβάλας και αλλού.

Με εξαίρεση την Ιταλία και την Ισλανδία, οι υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης και οι γειτονικές μας, π.χ. Τουρκία, μολονότι έχουν φτωχότερο γεωθερμικό δυναμικό από εκείνο της Ελλάδας, έχουν αναπτύξει ήδη τη γεωθερμία, όπως προκύπτει από τις σχετικές εκθέσεις της λεγομένης «πράσινης ενέργειας».

# Σταθεροποίηση κλίματος & ΑΠΕ

Η χρήση του υδρογόνου, ως αερίου κίνησης, αλλά και ως αερίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα βοηθήσει σημαντικά στην απεξάρτησή μας από το πετρέλαιο και θα μειώσει τις υποχρεώσεις μας που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κυότο και από τη Μετά το Κυότο σύμβαση, με σοβαρές συνέπειες στη βιομηχανία, στη βιοτεχνία, στη ΔΕΗ και στην εθνική οικονομία γενικότερα.

Οι μειώσεις που προβλέπονται μπορούν να επιτευχθούν στη χώρα μας με μία ορθή στρατηγική εξοικονόμησης ενέργειας και μία ορθή μακροπρόθεσμη στρατηγική για τη μετάβαση σε οικονομία κατά το δυνατόν απεξαρτημένη από το πετρέλαιο και τον άνθρακα.

# Σταθεροποίηση κλίματος & ΑΠΕ

Οι άλλες πηγές ενέργειας (π.χ. παλίρροιες) αλλά και το τεράστιο ηλιακό και αιολικό δυναμικό είναι σχεδιασμένα να παράγουν μόνον ηλεκτρισμό, ενώ θα μπορούσαν να παράγουν και υδρογόνο.

Αυτό υποστηρίζεται και από πρόσφατα πιλοτικά προγράμματα παραγωγής υδρογόνου από αιολική ενέργεια, η οποία μπορεί να είναι σε τόση επάρκεια, ώστε να κινήσει σημαντικό ποσοστό των αστικών συγκοινωνιών της χώρας.

Η μετατροπή των λεωφορείων σε υδρογονοκίνητα είναι μία πάρα πολύ εύκολη διαδικασία, όπως απέδειξαν οι Γερμανοί στο αεροδρόμιο του Μονάχου, αλλά και άλλες χώρες οι οποίες έχουν παράδοση στη βιομηχανία του αυτοκινήτου.

**Η άλλη προσέγγιση:**

**Κλιματική Αλλαγή:**

**Πως ένα φυσικό φαινόμενο μετατράπηκε σε απάτη ?**

# Κλιματική Αλλαγή ως ένα φυσικό φαινόμενο

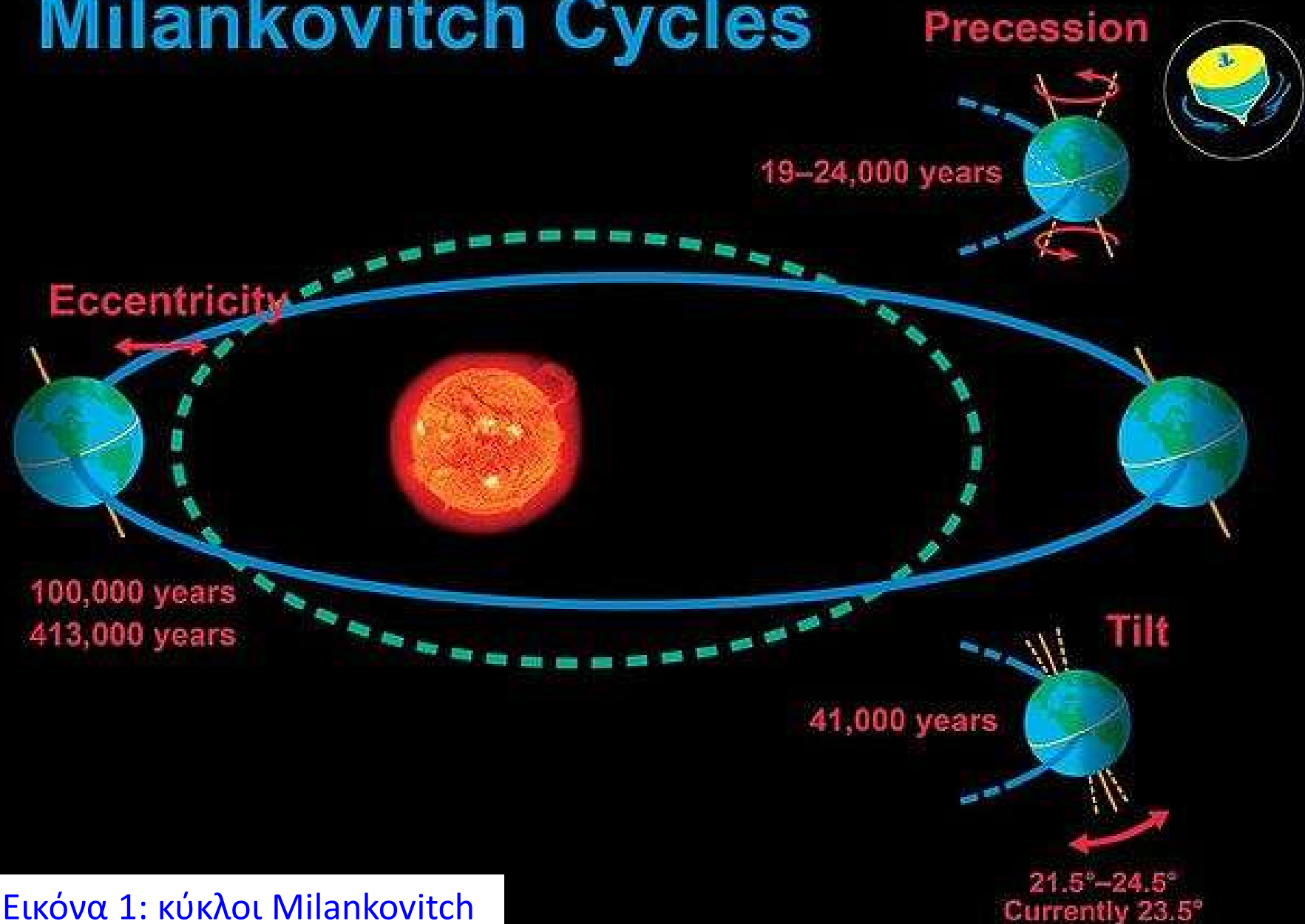
Η Κλιματική Αλλαγή είναι ένα διαχρονικό φαινόμενο που εμφανίστηκε εδώ και εκατομμύρια χρόνια και μελετήθηκε από τους Γεωλόγους του Τεταρτογενούς (Quaternary Geologists).

Αυτή η κατηγορία των γεω-επιστημόνων μελετούν το παλαιό-κλίμα και την παλαιό-εδαφολογία. Από τα τέλη του 17ου αιώνα μελέτησαν τις παλινδρομικές κινήσεις των παγετώνων που γινόντουσαν κάθε περίπου 120.000 χρόνια, αρχής γενομένης από τα μέσα του Τεταρτογενούς, ήτοι, περίπου, πριν 1.000.000 χρόνια. Την αιτία δεν την γνώριζαν.

Το 1942 οι Γερμανοί συνέλαβαν και φυλάκισαν στο Βελιγράδι έναν διάσημο Σέρβο αστροφυσικό ονόματι **Milutin Milankovic**.

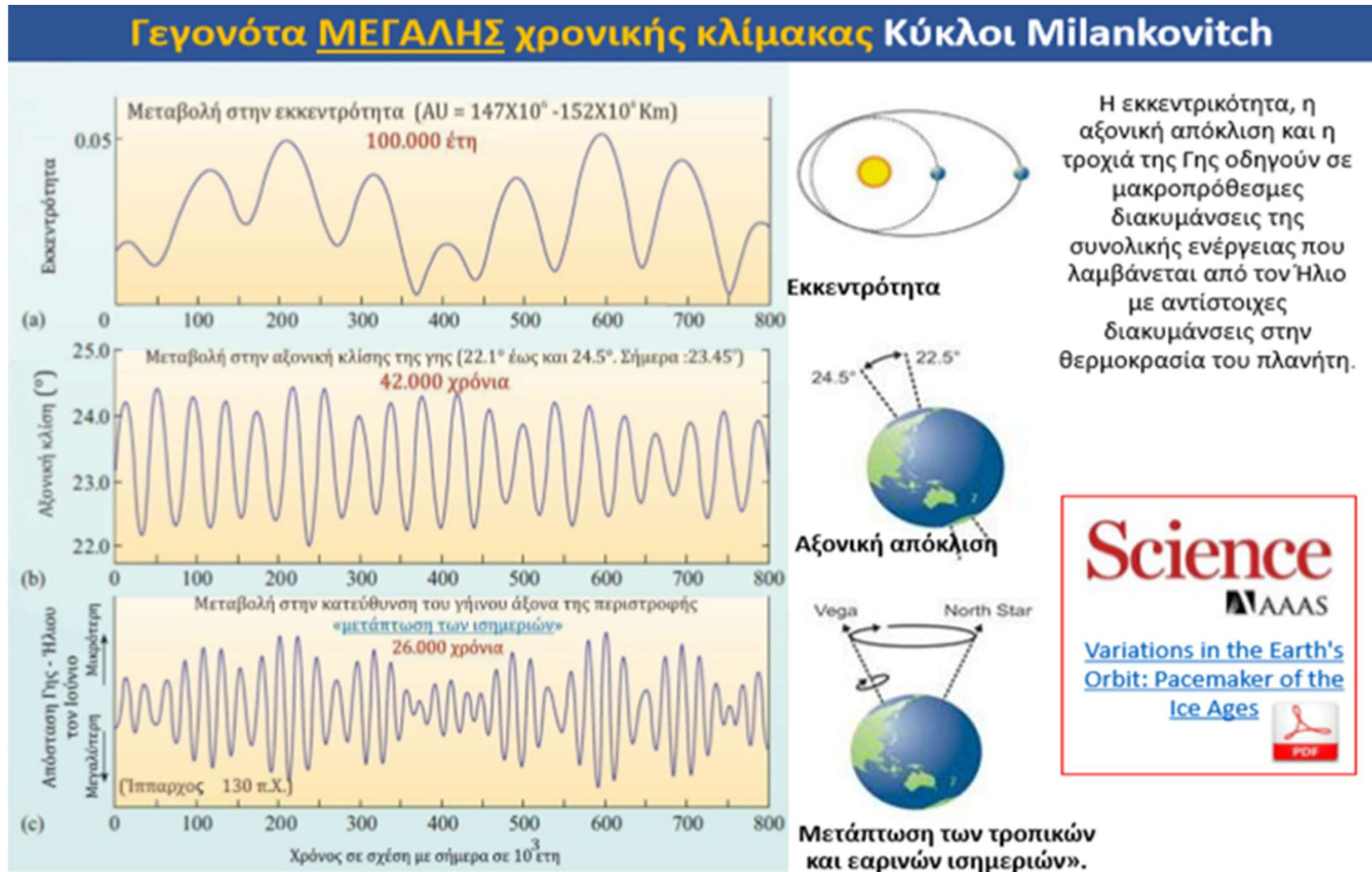
Κατά την διάρκεια της παραμονής του στις φυλακές μελέτησε τις τροχιές της Γης γύρω από τον ήλιο και παρατήρησε ότι όταν η τροχιά της Γης μεταβάλλεται από κυκλική, σε ελλειψοειδή αναπτύχθηκαν οι παγετώνες των 100.000 ετών. Όταν ο άξονας περιστροφής αλλάζει κλίση κάθε 40.000 χρόνια, αναπτύσσεται επίσης πάλι μια παγετώδης περίοδος (εικόνα 1, 1α).

# Milankovitch Cycles



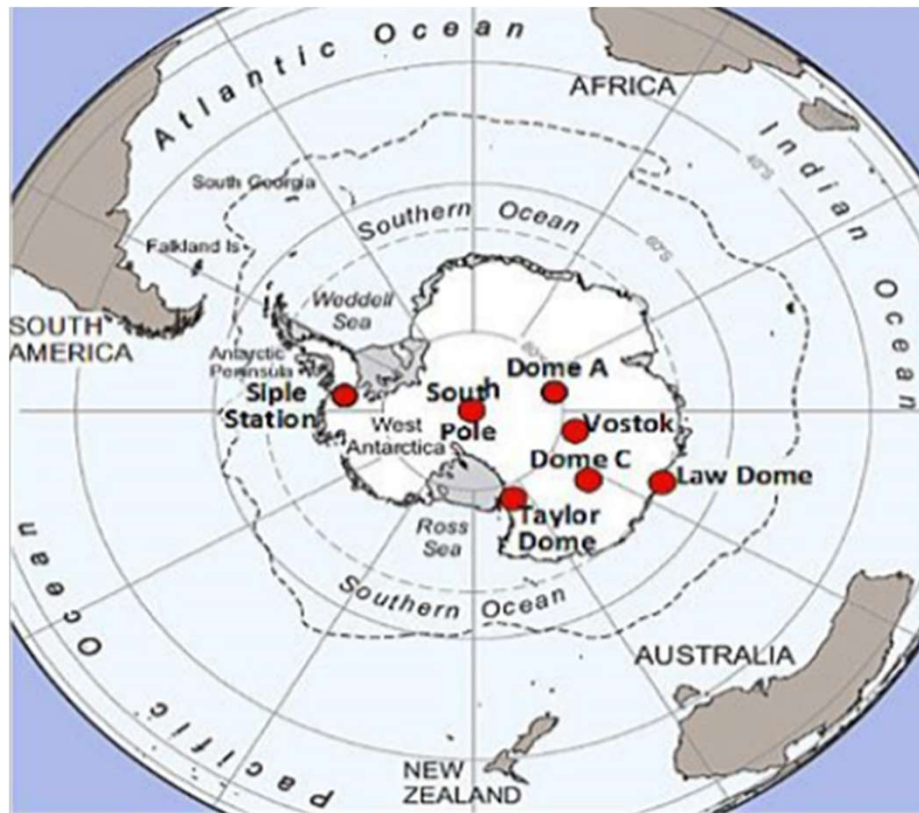
Εικόνα 1: κύκλοι Milankovitch

Εικόνα 1α: εκκεντρότητα, αξονική απόκλιση και η μετάπτωση των τροπικών και εαρινών ισημεριών, κύκλοι Milancovitch, που δημιουργούν κλιματικές αλλαγές κάθε 100.000 χρόνια, κάθε 40.000 χρόνια και κάθε 20.000 χρόνια αντιστοίχως, (Σταύρος Αλεξανδρής, 2019).



Όταν ο ημερήσιος άξονας περιστροφής της Γης αλλάζει τοποθεσία επανέρχεται στην αρχική του θέση κάθε 20.000 χρόνια. **Αυτός ο στροβιλισμός δημιουργεί κάθε 20.000 χρόνια μια παγετώδη περίοδο.**

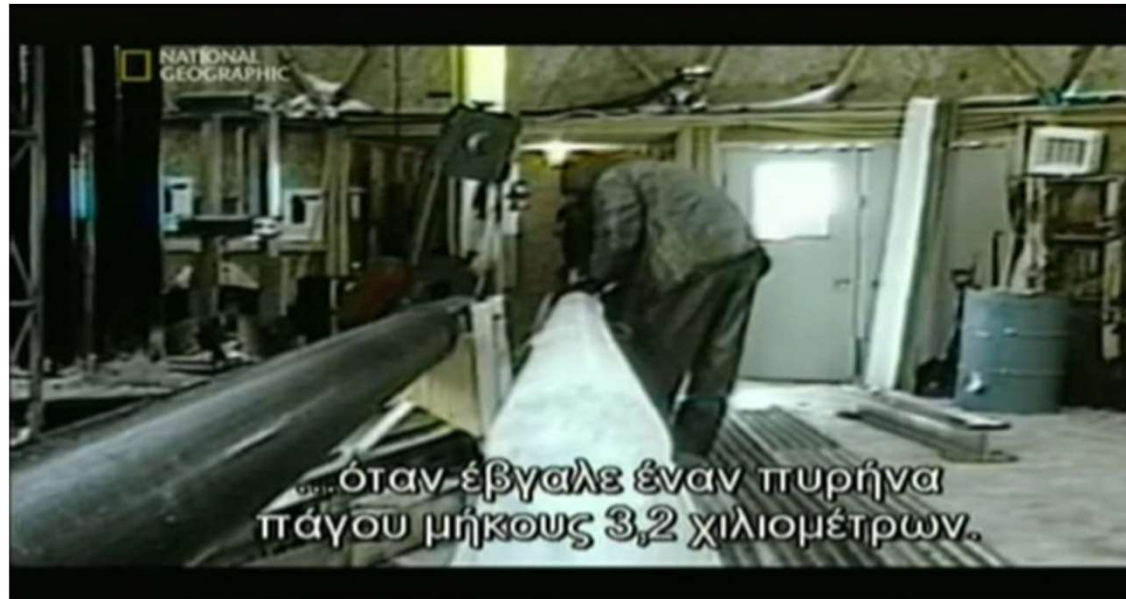
Διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει η επίδραση ούτε του ανθρώπου ούτε του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα. Φυσικά, εκείνη την περίοδο, δεν γινόταν χρήση των υδρογονανθράκων. Παρόλα αυτά υπήρξαν κλιματικές αλλαγές.



Εικόνα 2. Μερικές τοποθεσίες από τις παγο- κολώνες που λήφθηκαν από τον Νότιο Πόλο και που φυλάγονται σε ειδικές αποθήκες του Πανεπιστημίου OHIO, USA

Το 1995 εκατοντάδες επιστήμονες από όλον τον κόσμο άρχισαν να κάνουν γεωτρήσεις στον Βόρειο και Νότιο Πόλο, όπως επίσης και στη Γροιλανδία (εικόνα 2) για να πάρουν παγο- κολώνες που δείχνουν τις κλιματικές αλλαγές τα τελευταία 450.000 χρόνια. (περιοχές permafrost)

Αυτές οι πάγο- κολώνες **ορισμένες μήκους 3.200 μέτρων**, (εικόνα 3) φυλάγονται στο μουσείο του πανεπιστημίου Οχάιο των ΗΠΑ ενώ οι πάγο- κολώνες από την Γροιλανδία στο Ινστιτούτο Niels Bohr της Κοπεγχάγης στη Δανία.

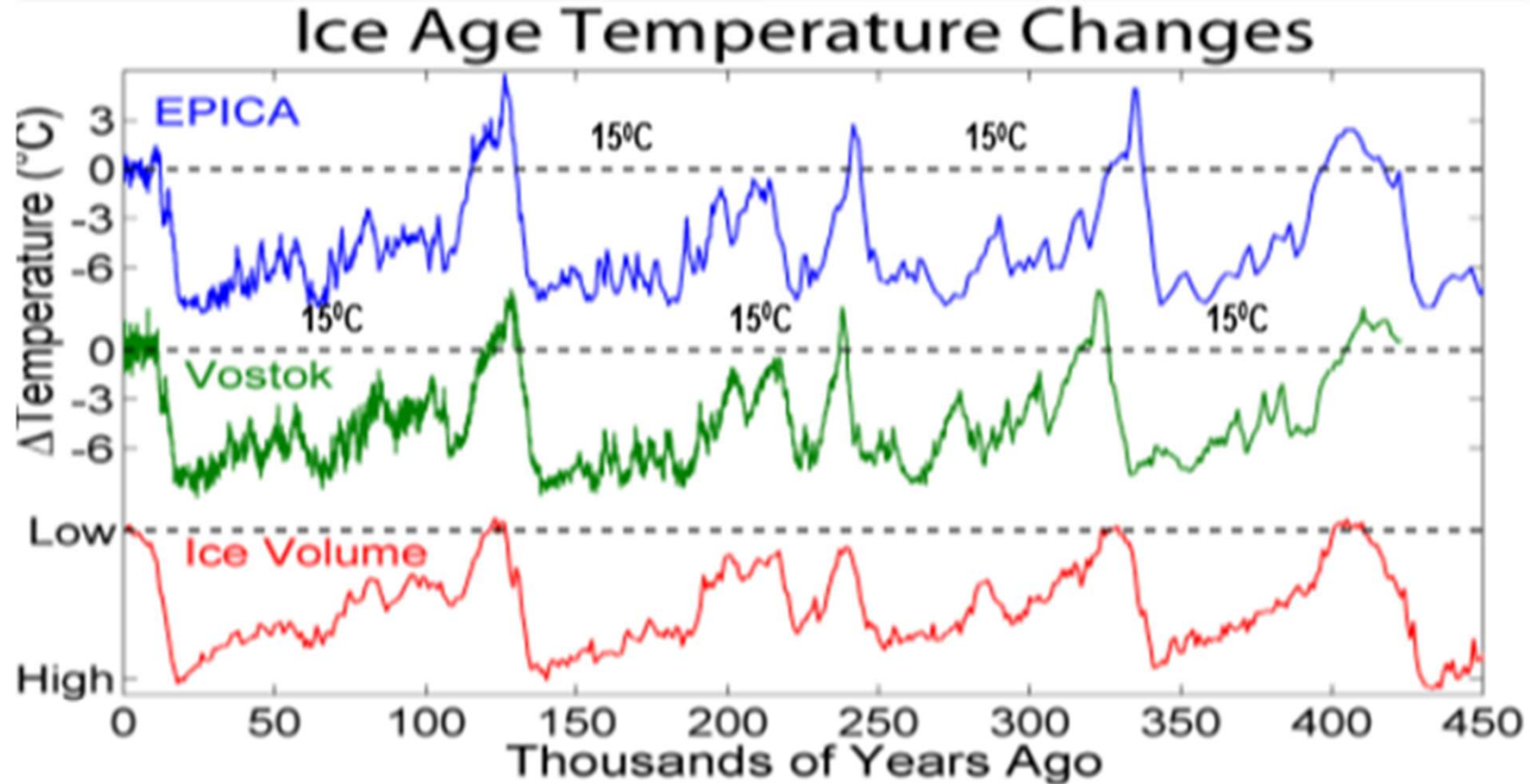


Εικόνα 3. Η παγο-κολώνα VOSTOK-1 μήκους 3.2 χιλιομέτρων που λήφθηκε από τον Νότιο Πόλο για την μελέτη της κλιματικής αλλαγής, Petit, et. al., 1999.

Μελετώντας τις διακυμάνσεις της περιεκτικότητας του διοξειδίου του άνθρακα που υπήρχαν ως εγκλείσματα στις παγοκολόνες όπως επίσης τα ισότοπα οξυγόνου 18 (δ  $^{18}\text{O}$ ) που βρίσκονται σε εγκλείσματα αέρα και είναι θερμοκρασιακοί δείκτες, κατασκεύασαν διαγράμματα διακύμανσης της θερμοκρασίας και του διοξειδίου του άνθρακος των τελευταίων 450.000 ετών, (εικόνα 4).

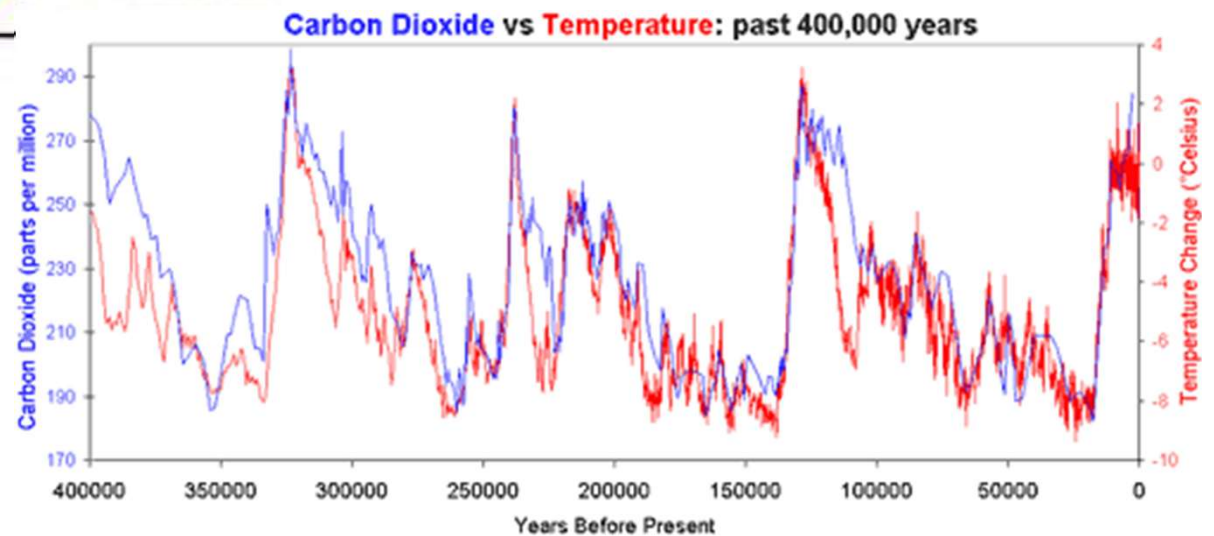
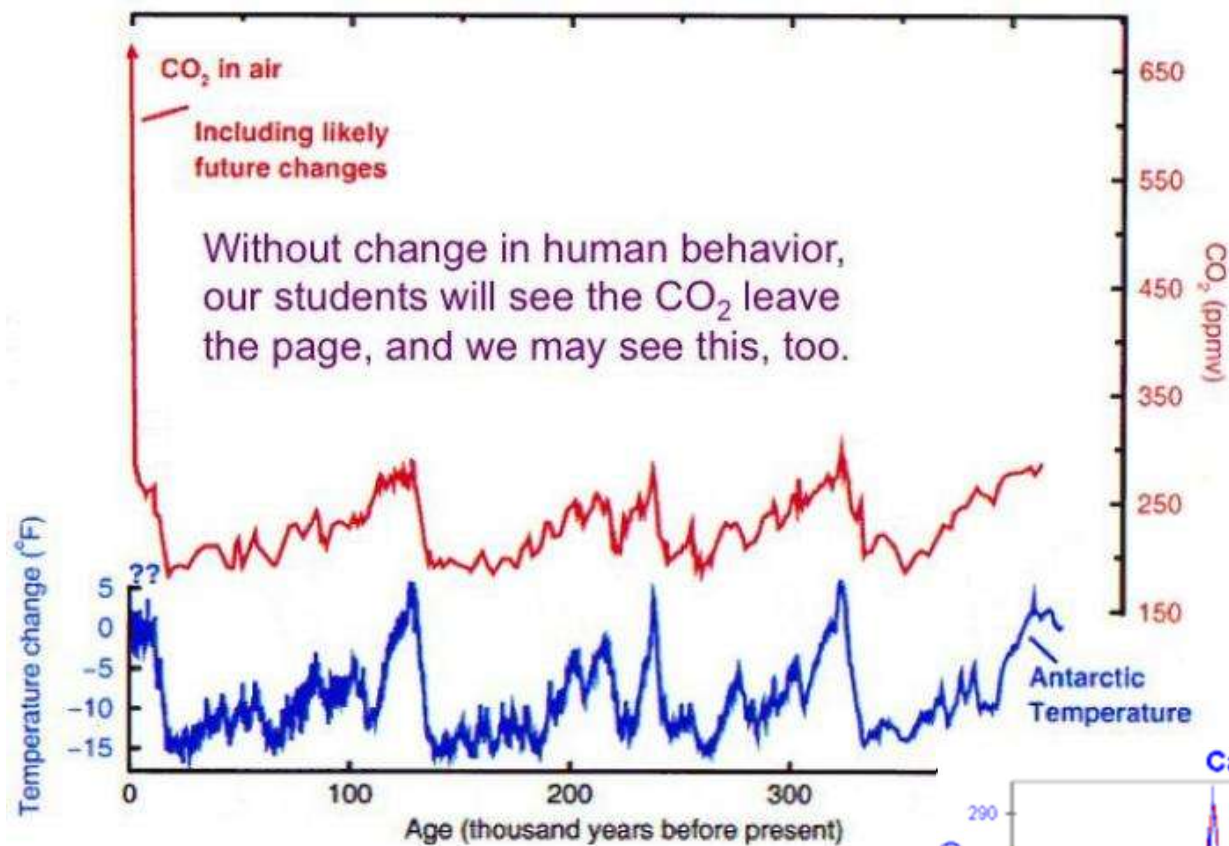
Στην εικόνα 4, παρουσιάζεται το πόσες φορές η μέση γήινη θερμοκρασία υπερέβη την σημερινή μέση γήινη θερμοκρασία των  $15^{\circ}\text{C}$  ασχέτως της ατμοσφαιρικής περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακος.

Επιπροσθέτως, επιβεβαιώνεται η θεωρία του Milancovitch, δηλαδή ότι περίπου κάθε 100.000 χρόνια πρέπει και πράγματι δημιουργούνται μέσο-παγετώδεις περίοδοι, δηλαδή κλιματικές αλλαγές, όπως επίσης επιβεβαιώνεται από τις υπαίθριες παρατηρήσεις που έκαναν οι γεωλόγοι του Τεταρτογενούς πριν 200 χρόνια για τις κλιματικές αλλαγές.



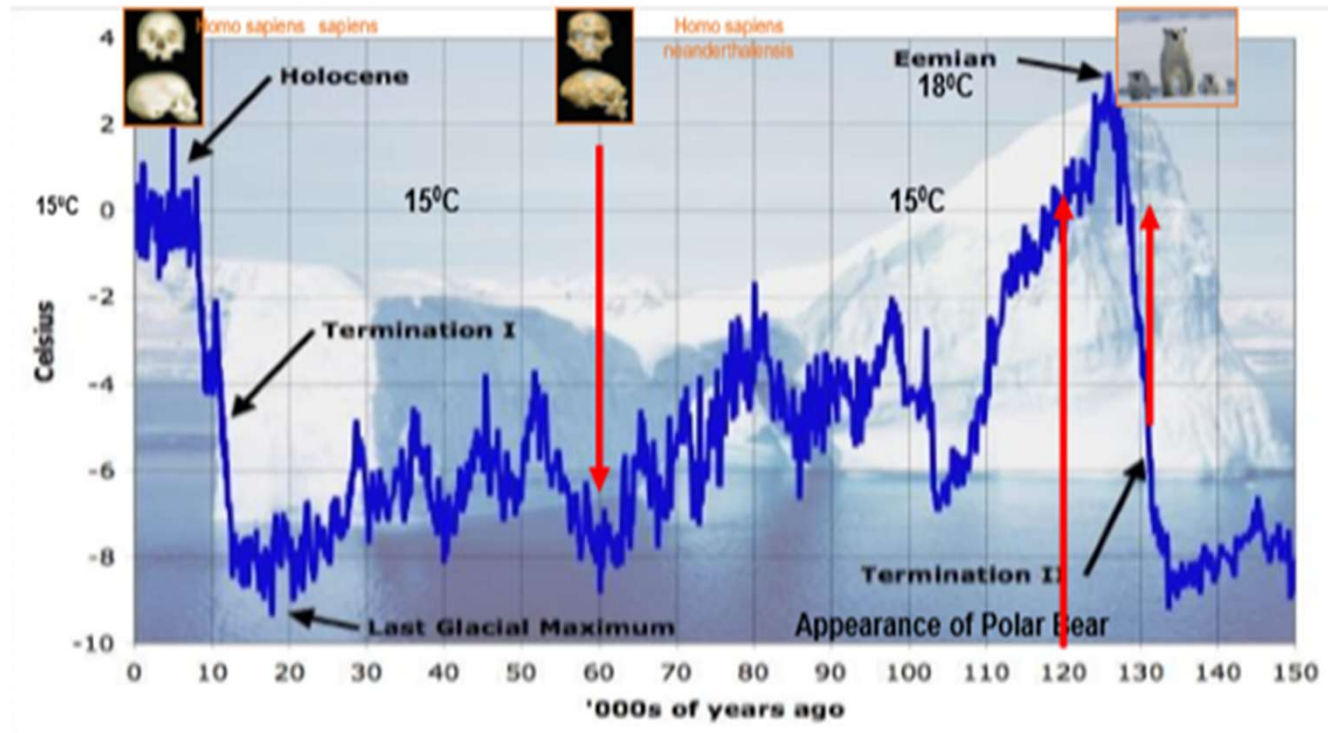
Climatic changes as documented from Vostok-1 ice core data, Petit et. al., 1999, and EPICA ice core data, EPICA, 2004, for the last 450000 years. Worth noticing is the temperature rise well above the today's one during the long interglacial periods without the complete melting of ice caps

Εικόνα 4. Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις κατά τα τελευταία 450.000 χρόνια. Άξιο παρατήρησης είναι το πόσες φορές είχαν αναπτυχθεί θερμοκρασίες πάνω από την σημερινή μέση γήινη θερμοκρασία των 15° C για πολλά χρόνια χωρίς να λιώσουν οι πάγοι. Αυτό δείχνουν οι πάγο- κολώνες Vostok-1 και EPICA.



Εικόνα 4α. Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και διακύμανση διοξειδίου του άνθρακα κατά τα τελευταία 450.000 χρόνια.

Το πολύ σημαντικό συμπέρασμα, είναι ότι κατά την διάρκεια του Τεταρτογενούς ιδιαίτερα τα τελευταία 450.000 χρόνια είχαν αναπτυχθεί μέσο-παγετώδεις περίοδοι με μέσες γήινες θερμοκρασίες πολύ μεγαλύτερες από ότι σήμερα και για πολύ μεγάλες περιόδους (χωρίς να λιώσουν οι πάγοι στον Βόρειο και Νότιο Πόλο).



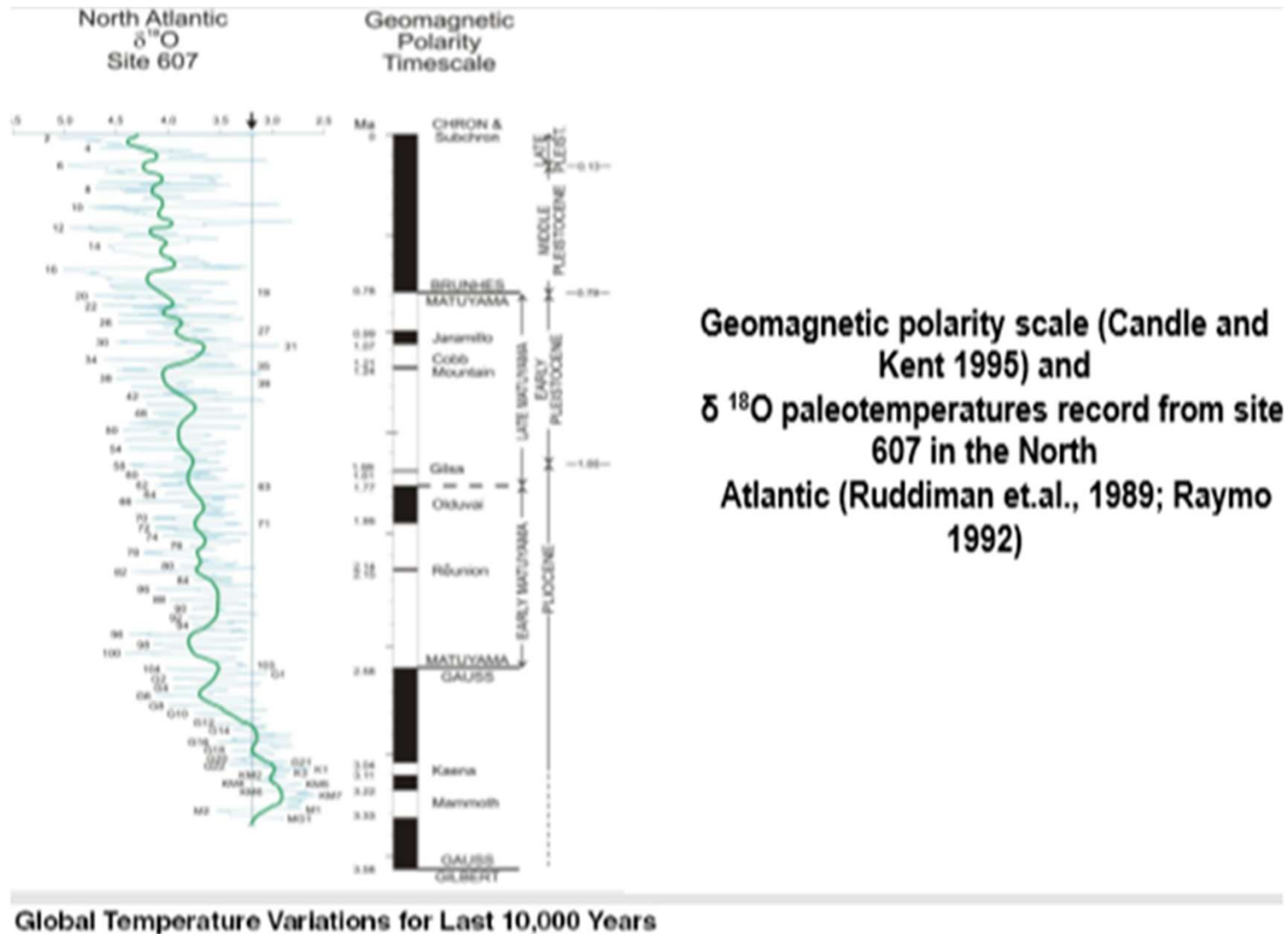
Εικόνα 5. Μέση γήινη θερμοκρασία των 18°C κατά την διάρκεια της μεσοπαγετώδους περιόδου που διήρκεσε 10.000 χρόνια.

**“Ούτε ο Βόρειος Πόλος ούτε ο Νότιος Πόλος έλιωσαν”.**

Αυτή η περίπτωση καταγράφεται από την Εέμιο Περίοδο, που κράτησε περίπου 10.000 χρόνια, διάρκεια σχεδόν ίση με την Ολοκαινική περίοδο (14.000 χρόνια π.Χ. μέχρι σήμερα), εικόνα 5, με μέση γήινη θερμοκρασία της Εεμίου περιόδου τους 18°C έναντι της σημερινής των 15,8 (15,3)°C (βαθμών Κελσίου).

Κατά την περίοδο αυτή των 10.000 ετών δεν έλειψαν οι πάγοι και δεν πέθαναν οι αρκούδες στον Βόρειο Πόλο, ούτε οι πιγκουίνοι στον Νότιο Πόλο. Άρα, η τοποθέτηση και η ανησυχία ότι ο πλανήτης θα καταστραφεί αν η μέση γήινη θερμοκρασία ανέβει κατά 1 βαθμό Κελσίου ήτοι στους 16,8° C είναι αμφισβητήσιμη.

Αυτό μαρτυρούν οι μελέτες των 400 παγο- κολώνων που βρίσκονται σήμερα στα μουσεία. Επίσης, οι τελευταίες μελέτες που αφορούν τα τελευταία 10.000 χρόνια, (εικόνα 6), έδειξαν με βάση τις θερμοκρασίες που καταγράφηκαν σε ιζήματα του Βόρειου Ατλαντικού, (μελέτη ισοτόπων  $\delta^{18}\text{O}$ ), ότι υπήρξαν πάνω από 100 φορές κλιματικές αλλαγές χωρίς να υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα.

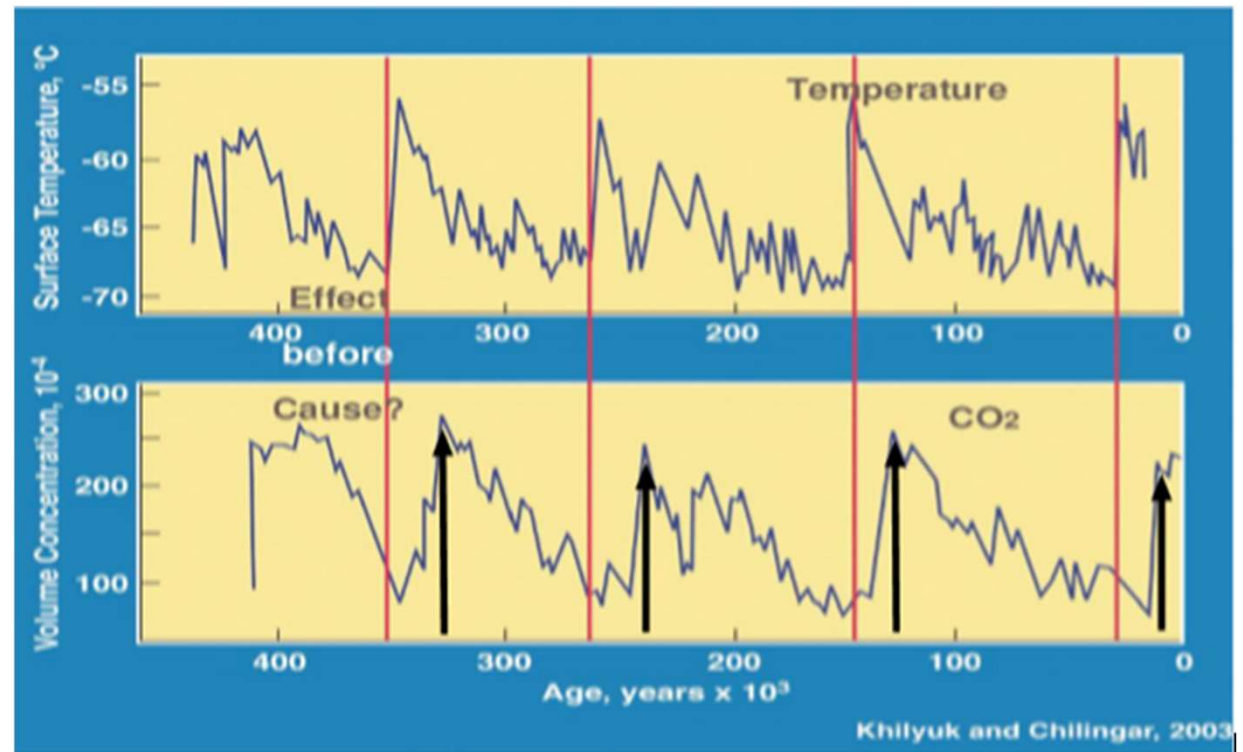


Εικόνα 6. Πάνω από 100 κλιματικές αλλαγές διαπιστώθηκαν τα τελευταία 10.000 χρόνια κάνοντας χρήση της γεωμαγνητικής πολικότητας και των ισοτόπων  $\delta^{18}\text{O}$ .

Είναι άξιο παρατήρησης ότι η άνοδος της ατμοσφαιρικής περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα διαμέσου των αιώνων έπεται της ανόδου της θερμοκρασίας σε όλες τις μέσο-παγετώδεις περιόδους. Ήτοι παρουσιάζει χρονική υστέρηση έναντι της ανόδου της θερμοκρασίας (εικόνα 7) γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η άνοδος της ατμοσφαιρικής περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακος είναι το αποτέλεσμα της ανόδου της γήινης μέσης θερμοκρασίας.

Εικόνα 7. Υστέρηση μεταξύ της εμφάνισης της μέσης γήινης θερμοκρασίας και της περιεκτικότητας της γήινης ατμόσφαιρας σε CO<sub>2</sub> κατά τον Φανεροζωϊκό Αιώνα

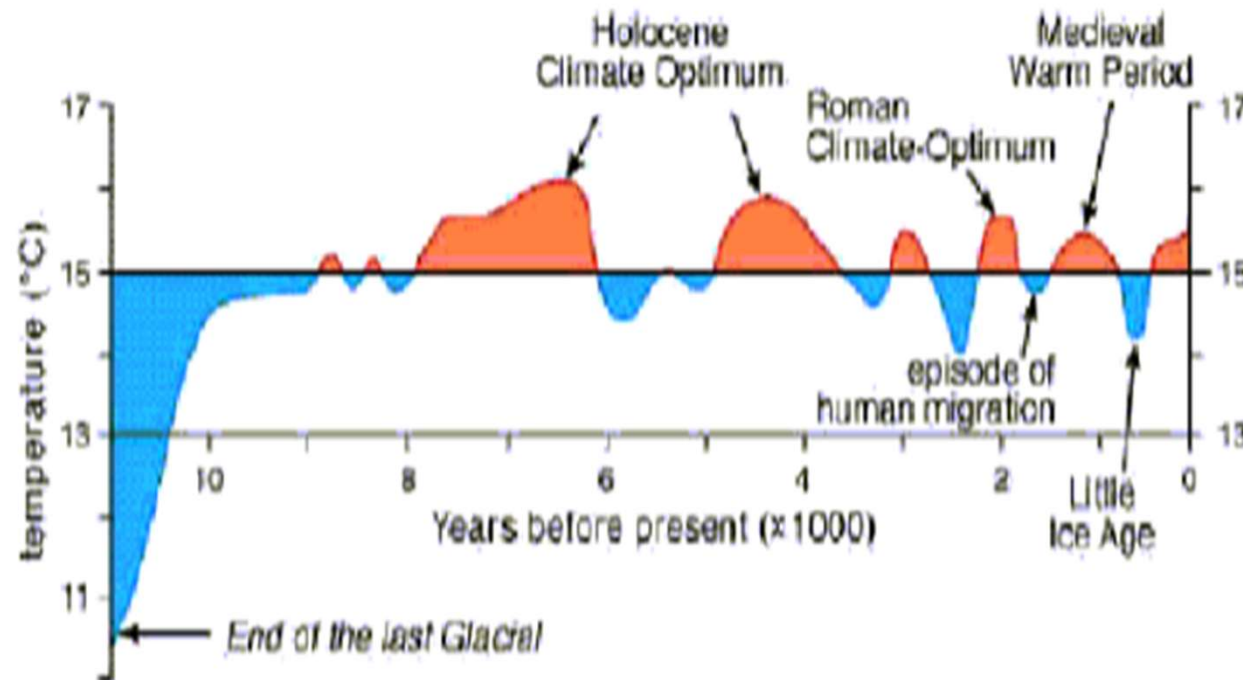
Αυτή η διαχρονική παρατήρηση αναφέρει ότι η περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> είναι το αιτιατό και όχι η αιτία της ανόδου της γήινης θερμοκρασίας, Khilyuk and Chilingar, 2003.



## Όταν υπήρξε ο Homo Sapiens

Πριν 14.000 χρόνια, η μέση γήινη θερμοκρασία στον πλανήτη ανέβηκε από 11°C στους 15°C χωρίς να γνωρίζουμε την αιτία (εικόνα 8). Μεταξύ 8.500 π.Χ. και 4.500 π.Χ., ήτοι κατά την παλαιολιθική περίοδο, η μέση γήινη θερμοκρασία ανέβηκε στους 17°C.

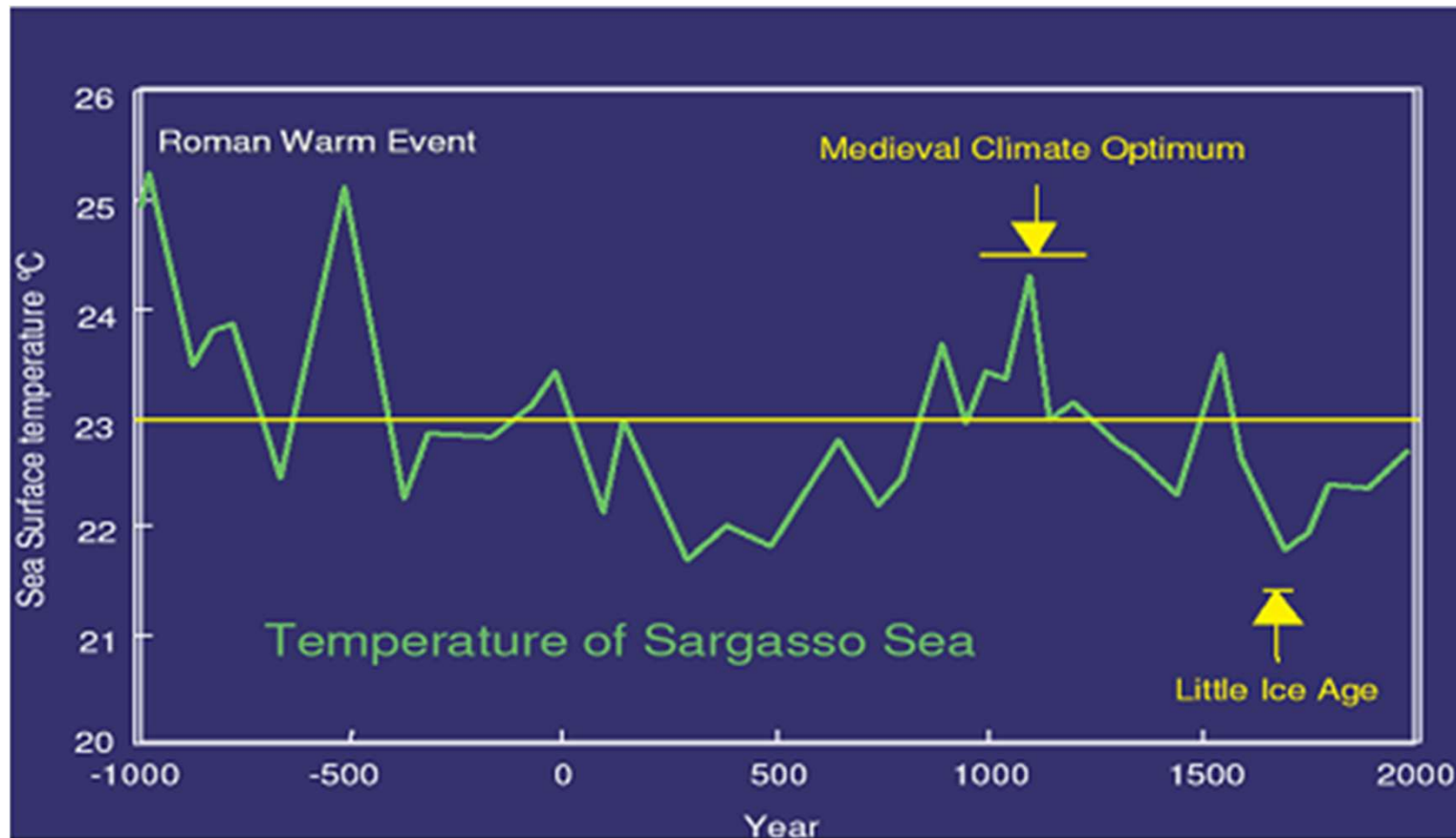
Αυτή την εποχή, που ονομάζεται η περίοδος του Ολοκαινικού μεγίστου, **ΤΟΤΕ** δημιουργήθηκε η Σαχάρα χωρίς να εξαφανιστούν ούτε οι πάγοι από τον Βόρειο και Νότιο Πόλο, ούτε οι αρκούδες και ούτε οι πιγκουίνοι.



Εικόνα 8. Οι διακυμάνσεις της μέσης γήινης θερμοκρασίας τα τελευταία 11.000 χρόνια, Dansgard et al., 1969 και Shonwiese 1995.

Μεταξύ 4.500 π.Χ. και 500 π.Χ. δημιουργήθηκαν μικρές κλιματικές αλλαγές.

Η μεγάλη άνοδος της θερμοκρασίας άρχισε κατά την εποχή του Περικλή και κράτησε, περίπου μέχρι το 300 μ.Χ., ήτοι για 800 χρόνια με μέση γήινη θερμοκρασία πάλι τους 17° C (εικόνα 9). Αυτή η κορύφωση ονομάζεται Ρωμαϊκό ή Ελληνορωμαϊκό μέγιστο.



Εικόνα 9. Διακύμανση των επιφανειακών θερμοκρασιών στην θάλασσα των Σαργασσών τα τελευταία 3000 χρόνια (Μετρήσεις μέχρι το 1975) βάση των ισοτοπικών μετρήσεων  $\delta^{18}\text{O}$  στο πλαγκτόν *Globigerinoides ruber*, Keigwin, L.D., Science 274: 1504-1508.

Φανερά είναι τα θερμοκρασιακά μέγιστα της Ρωμαϊκής Εποχής και το Μεσαιωνικό Μέγιστο.

Μεταξύ 100 π.Χ. και της γέννησης του Χριστού, ήτοι για 100 χρόνια, δεν έγινε καμία βροχόπτωση στην Αθήνα και οι κάτοικοι γονυπετείς πήγαιναν στους ναούς του Όμβριου Διός (δύο ναοί, ένας στους πρόποδες του Υμηττού, περιοχή Αργυρούπολης, και ο άλλος στα Τουρκοβούνια) ψάλλοντας «Υσον, Υσον ώ φίλε Ζεύ κατά της Αρούρης των Αθηναίων και Πεδίων» και προσφέροντας κοχύλια σαν τάματα.

Παρατηρούνται πάλι ότι οι υψηλές θερμοκρασίες για 800 χρόνια δεν οδήγησαν στην τήξη των πάγων, που δεν δικαιολογεί υποχρεωτικά ότι αύξηση της σημερινής γήινης θερμοκρασίας στους 16,5°C θα επιφέρει κοσμογονικές και απρόβλεπτες καταστροφές στην Γη.

**Από το 300 μ.Χ. μέχρι το 800 μ.Χ. υπήρξε αντίστοιχα πτώση της μέσης γήινης θερμοκρασίας κάτω των 15°C. Μετά από αυτή την πτώση δημιουργήθηκε πάλι άνοδος της μέσης γήινης θερμοκρασίας στους 17°C από το 800 μ.Χ. έως το ~1350 μ.Χ. χωρίς να λιώσουν οι πάγοι στον Βόρειο και Νότιο Πόλο, χωρίς να εξαφανιστούν οι αρκούδες και οι πιγκουίνοι.**

Εικόνα 10.

Καλλιέργεια σιτηρών στην Γροιλανδία κατά την περίοδο του Μεσαιωνικού Μεγίστου.



Thanks for your attention!

Prof. Mic.Gr.Vrachopoulos



HELLENIC REPUBLIC

**National and Kapodistrian  
University of Athens**

— EST. 1837 —

## Βιβλιογραφία.

1. Φυσική περιβάλλοντος, Κασσωμένος, παν Ιωαννίνων
2. Φυσική Περιβάλλοντος, Αλεξ. Παπαγιαννης , ΕΜΠ
3. Φυσική Περιβάλλοντος, Ζερεφός, ΕΚΠΑ
4. One Thousand Centuries of Climatic Record from Camp Century on the Greenland Ice Sheet, W. Dansgaard<sup>1</sup>, S. J. Johnsen<sup>1</sup>, J. Møller<sup>1</sup>, C. C. Langway Jr.<sup>2</sup>
5. Evidence of general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record, July 1993, Nature 364(6434):218-220, DOI: 10.1038/364218a0, Dansgaard WS, S. J. Johnsen, H. B. Clausen, Bond GC
6. A brief history of ice core science over the last 50 yrJ. Jouzel<sup>1</sup>
7. One thousand centuries of climatic record from cAMP century on the greenland ice sheet., Dansgaard W, Johnsen SJ, Møller J, Langway CC Jr.
8. Greenland ice core evidence for spatial and temporal variability of the Atlantic Multidecadal Oscillation
9. Dansgard et al., 1969 και Shonwiese 1995, Khilyuk and Chillingar, 2003
10. Σταύρος Αλεξανδρής, 2019
11. Αντώνης Φώσκολος, αλληλογραφία

# Greenland Ice Core: Geophysics, Geochemistry, and the Environment

C. C. Langway, Jr., H. Oeschger, and W. Dansgaard  
Editors

STABLE ISOTOPE GLACIOLOGY

BY

W. DANSGAARD, S. J. JOHNSEN, H. B. CLAUSEN  
AND N. GUNDESTRUP