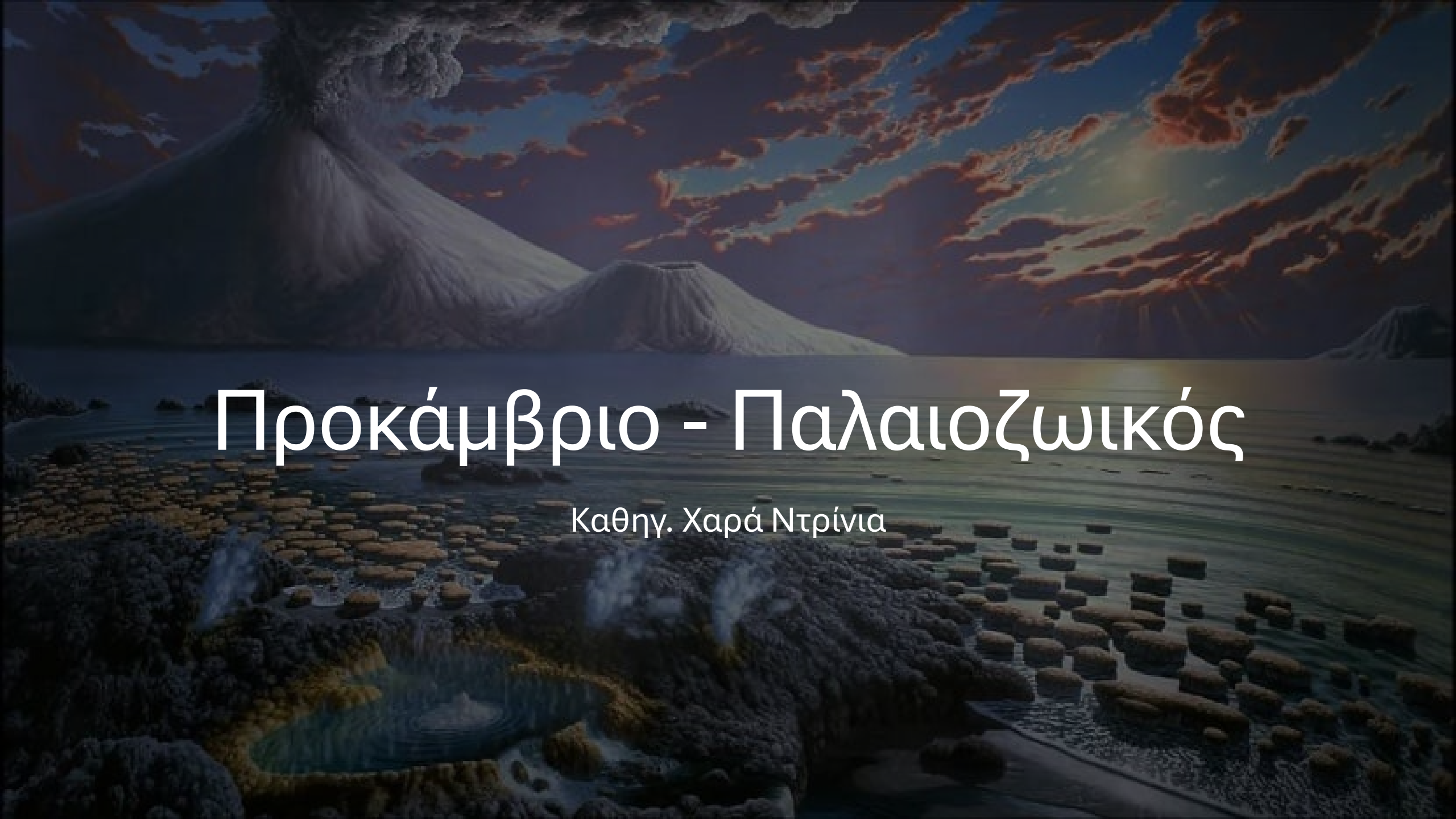


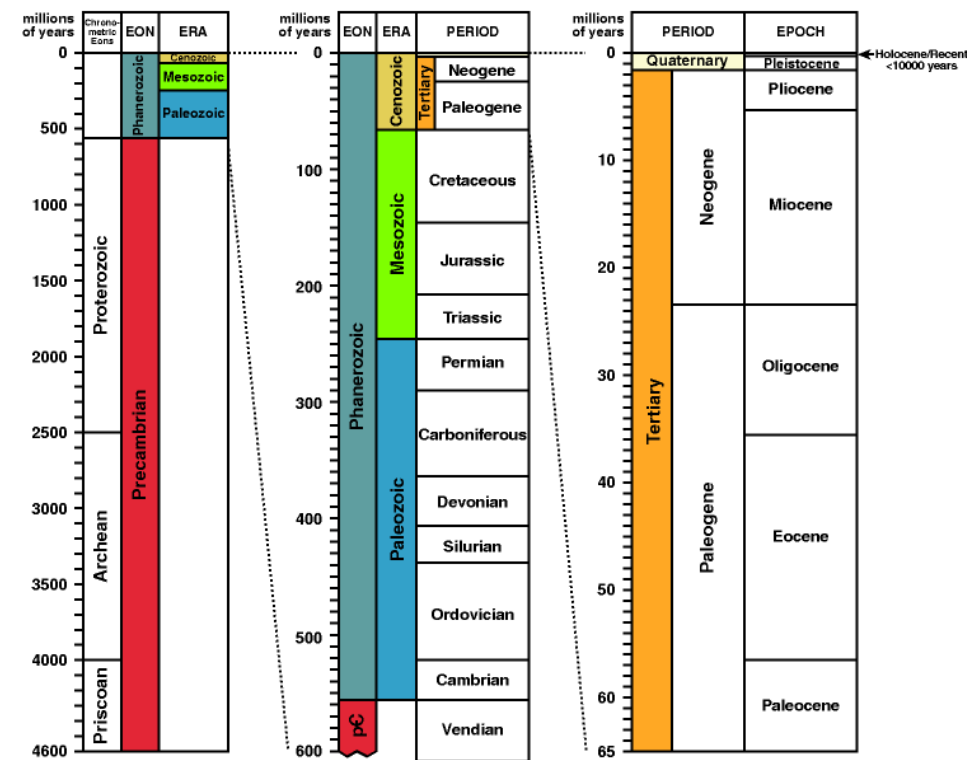


Προκάμβριο - Παλαιοζωικός

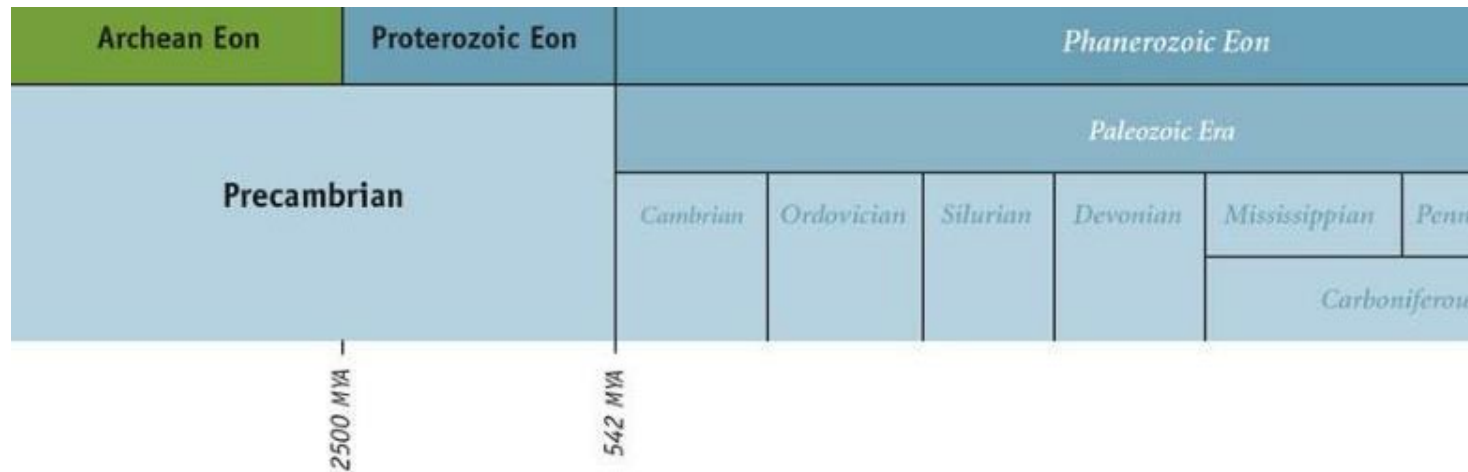
Καθηγ. Χαρά Ντρίνια

Ο γεωλογικός χρόνος διακρίνεται στο:

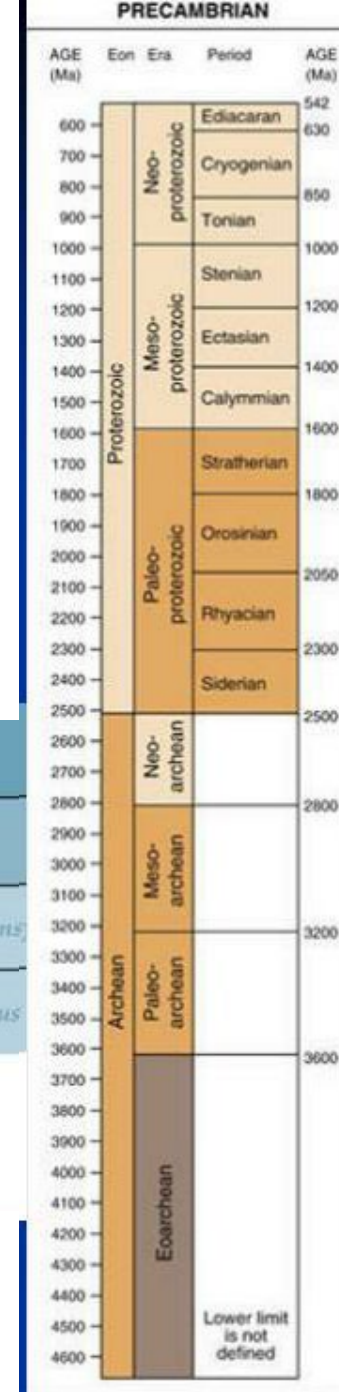
- Προκάμβριο : 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια ως 540 εκατομμύρια χρόνια. Έχουμε τον σχηματισμό της γης, τα πρώτα ιζηματογενή πετρώματα, αναερόβια βακτήρια και μικροσκοπικά φύκη.
- Παλαιοζωικό : 540 ως 250 εκατομμύρια έτη. Ζώα οστρακοφόρα, πρώτοι ιχθείς, χερσαία φυτά, αμφίβια, έντομα, ερπετά, πτέριδες, κωνοφόρα.
- Μεσοζωικό : 250 ως 63 εκατομ. έτη. Επικράτηση αλλά και εξαφάνιση των δεινοσαύρων, πρώτα θηλαστικά, φυτά με άνθη.
- Καινοζωικό : 63 εκατομ. έτη ως σήμερα. Επικράτηση των θηλαστικών και ιδιαίτερα του ανθρώπου (2.500.000 homo- 198.000 έτη *homo sapiens*).



Γεωλογική κλιμακα

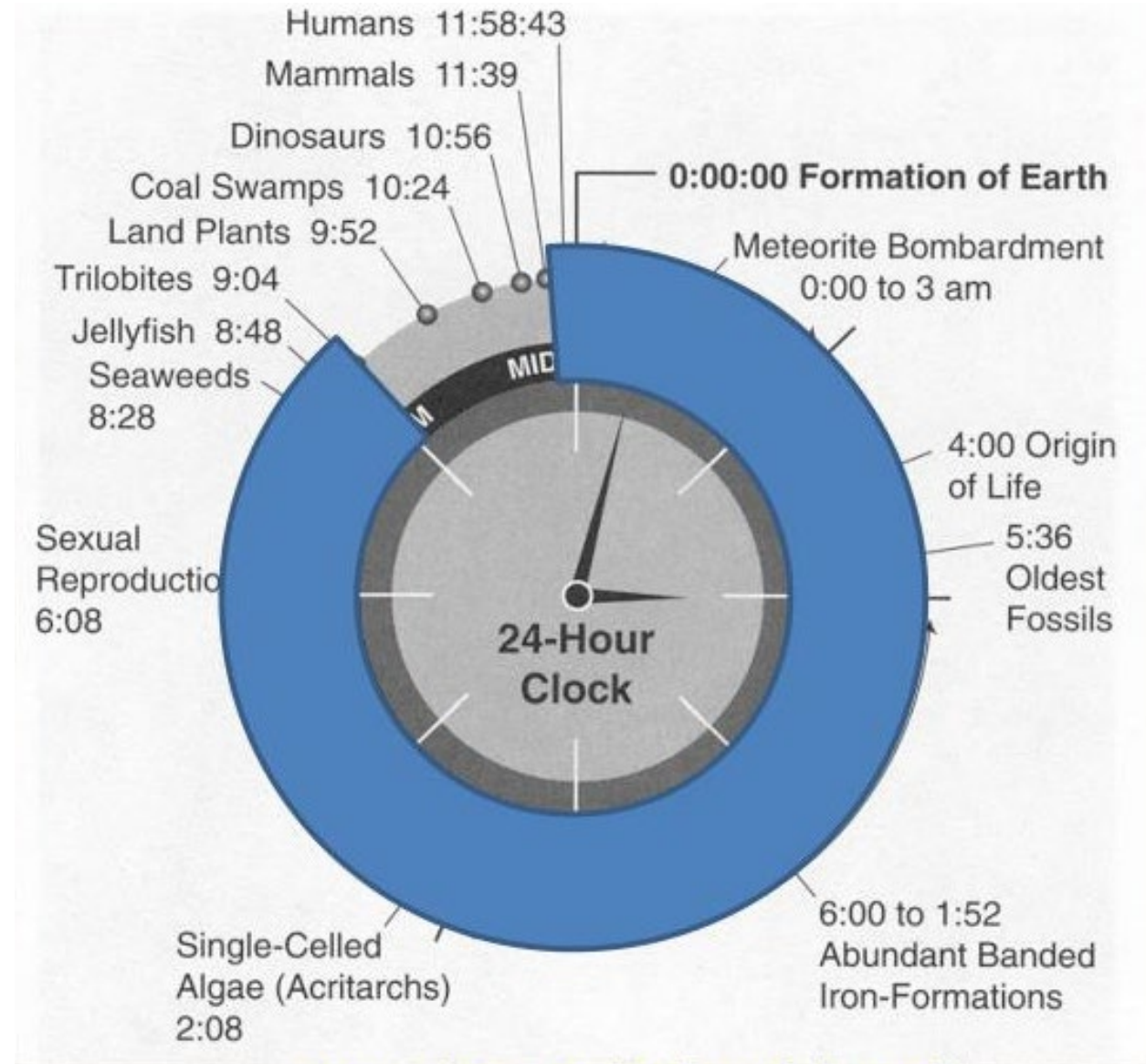


© 2007 Thomson Higher Education



© 2007 Thomson Higher Education

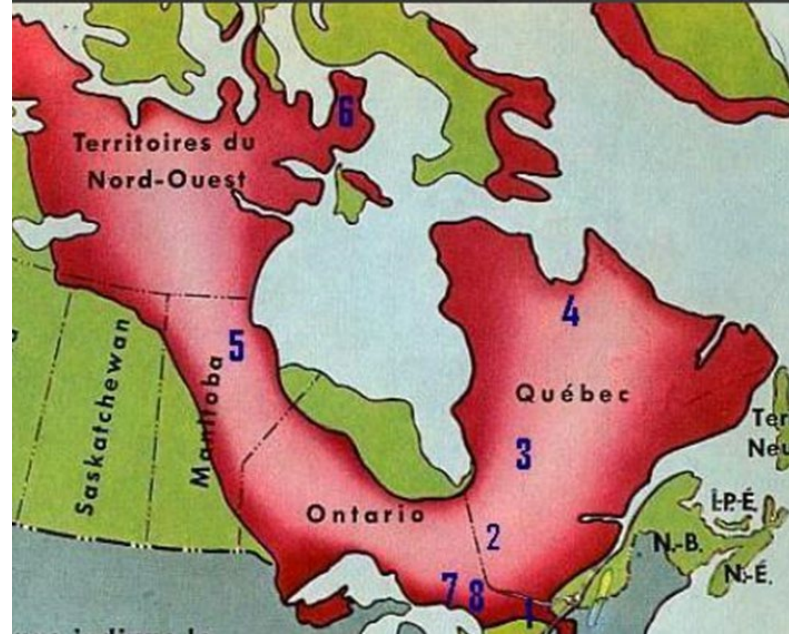
**Αν
αναπαραστήσουμε
την ιστορία της Γης
σε ένα ρολόι 24
ωρών**



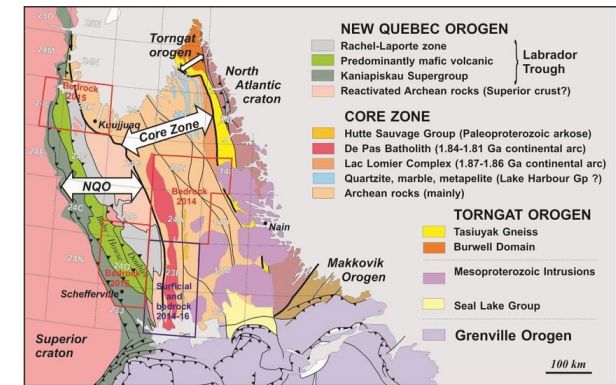
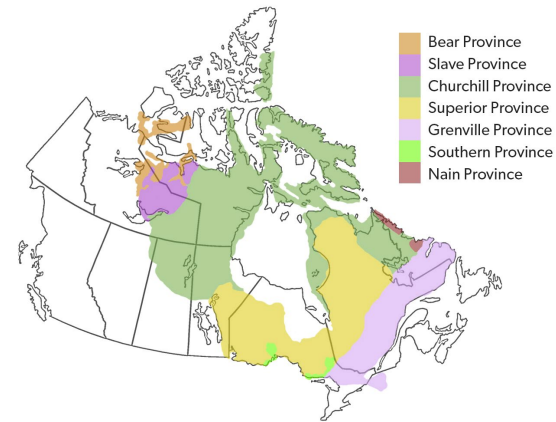
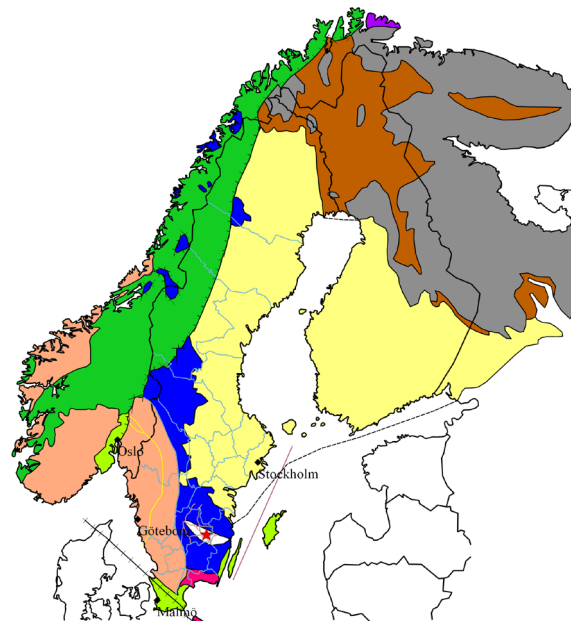
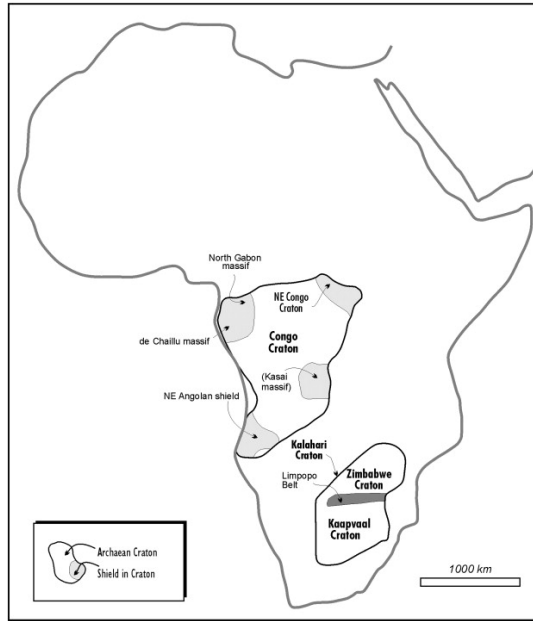
Προκάμβριο (4,6 δισ. – 541 Ma)

- Δεν είναι «περίοδος» αλλά υπερ-αιώνας:
 - Αδαϊκός (Hadean)
 - Αρχαϊκός: ~4,0 – 2,5 δισ. έτη πριν
 - Ηωαρχαϊκός: ~4,0 – 3,6 δισ. Έτη
 - Παλαιοαρχαϊκός: ~3,6 – 3,2 δισ. Έτη
 - Μεσοαρχαϊκός: ~3,2 – 2,8 δισ. Έτη
 - Νεοαρχαϊκός: ~2,8 – 2,5 δισ. έτη
 - Πρωτεροζωικός: ~2,5 – 0,541 δισ. έτη πριν
 - Παλαιοπρωτεροζωικός
 - Μεσοπρωτεροζωικός
 - **Νεοπρωτεροζωικός**
 - Τονιανό
 - Κρυογενές
 - Εδιακαριανό
- ~88% της ιστορίας της Γης
 - δημιουργία των ωκεανών,
 - πρώτη ζωή
 - ριζική μεταβολή της ατμόσφαιρας.
- Έλλειψη μακροσκοπικών απολιθωμάτων → **γεωχημικά και ισοτοπικά τεκμήρια**



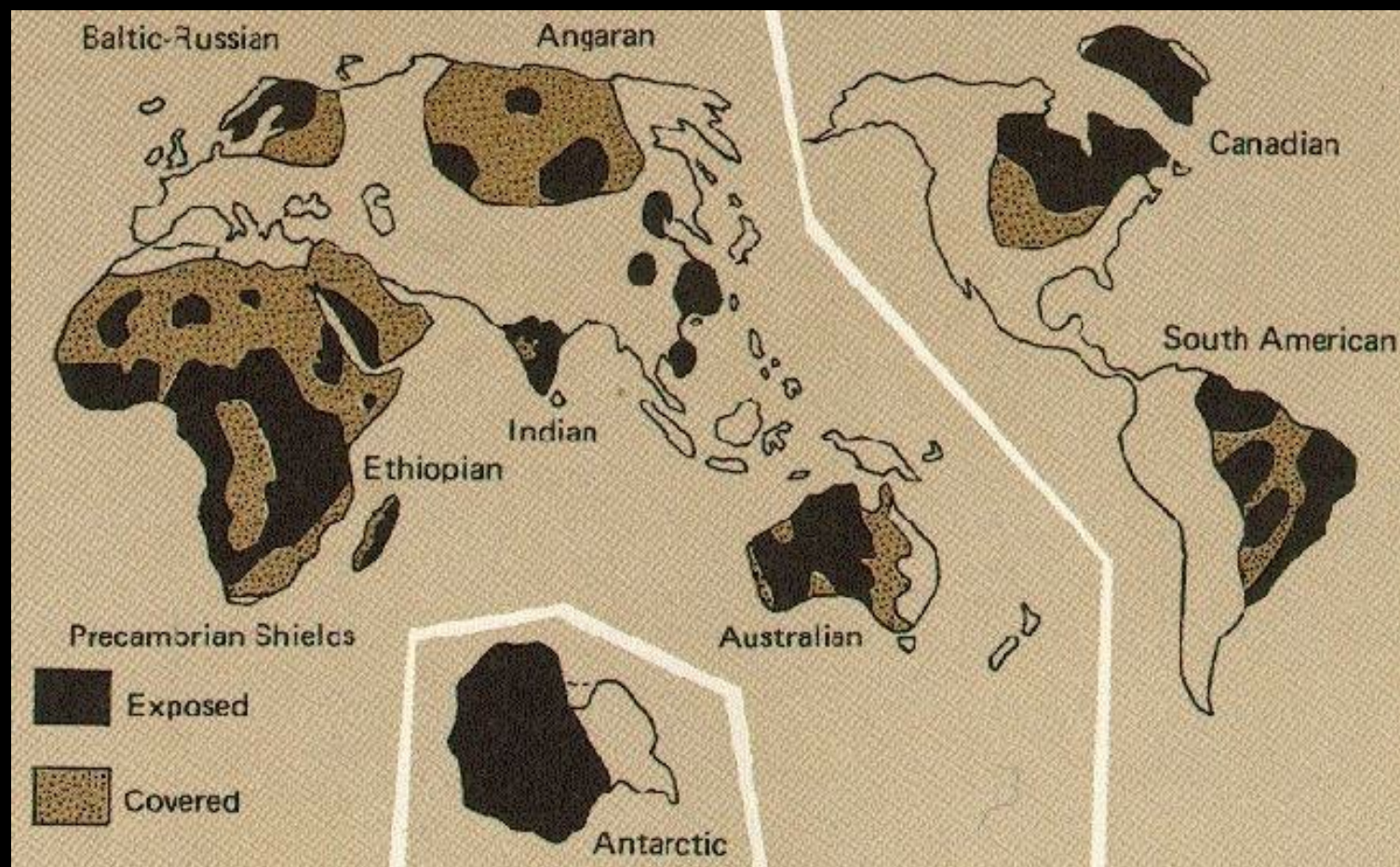


Προκάμβριο...

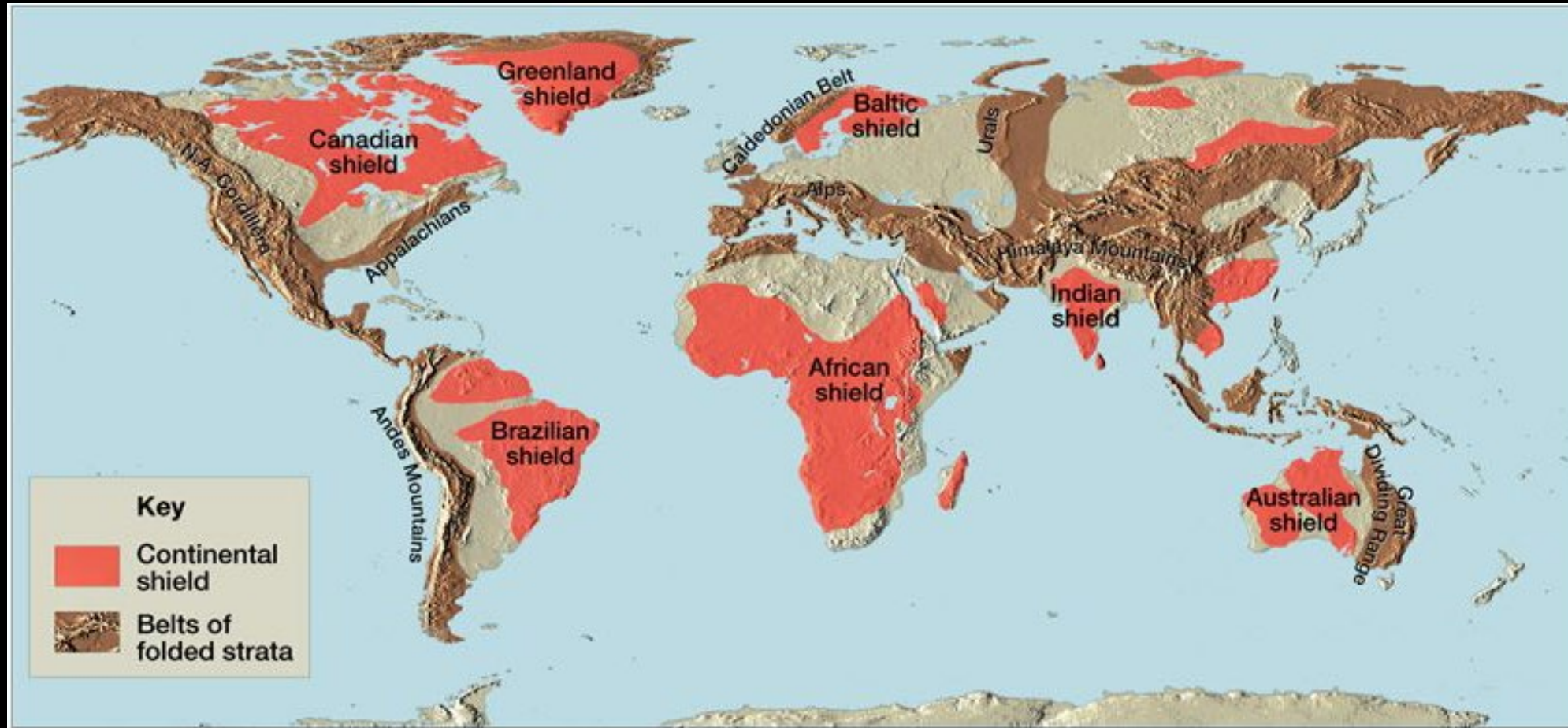


Προκάμβριο....

Παγκόσμια κατανομή Ασπίδων



Υπολείμματα πετρωμάτων του Προκαμβρίου

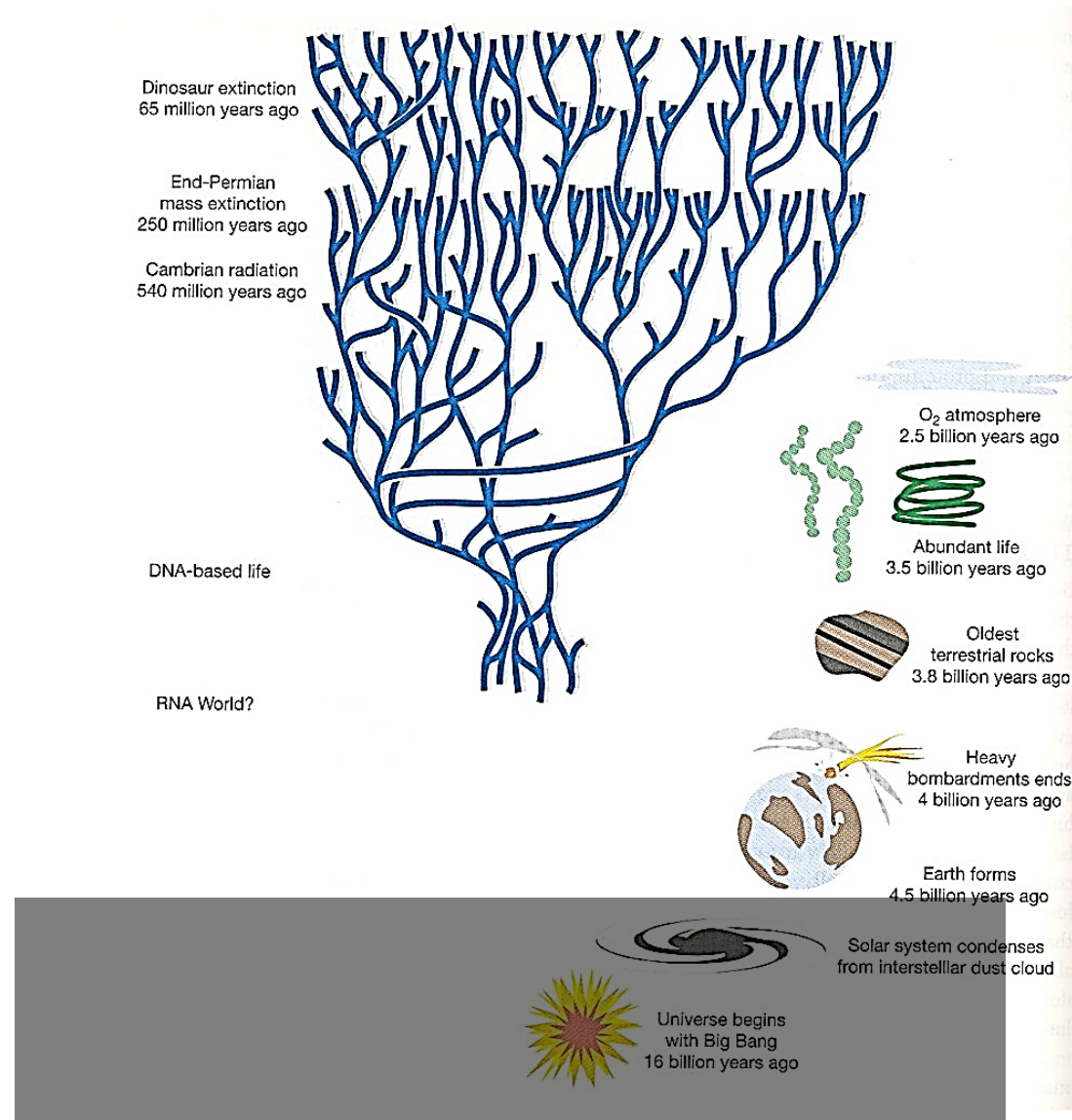


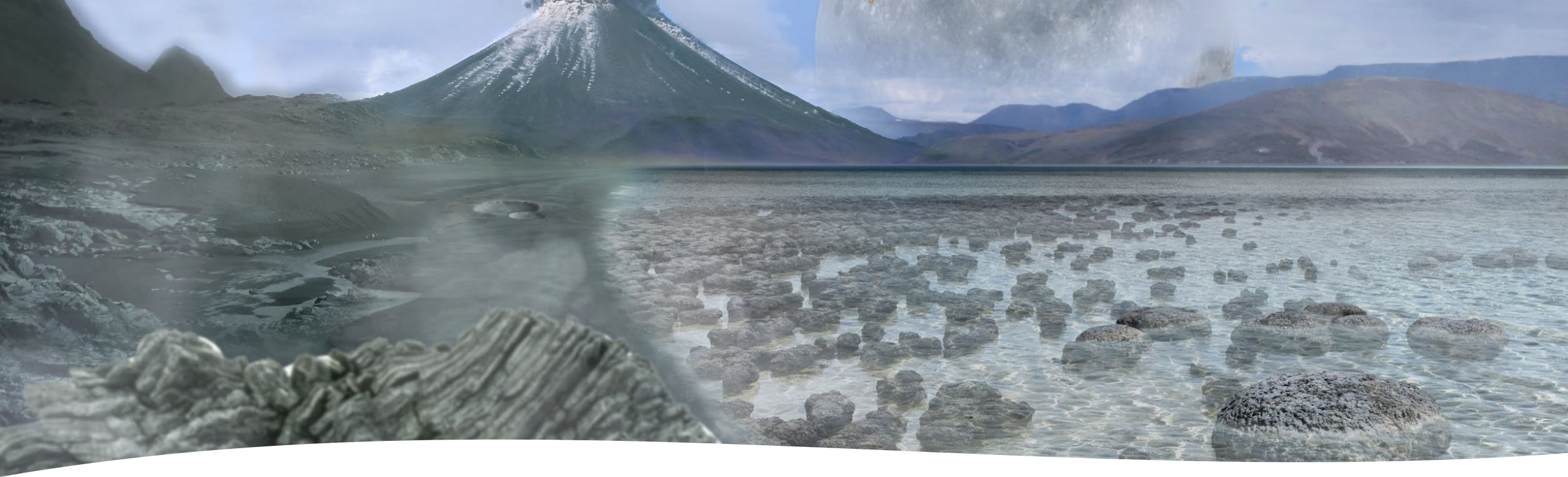
Τι συνέβη κατά το Προκάμβριο;;;

- Σχηματισμός της Γης
- Ανάπτυξη της ζωής
- Οι πρώτες τεκτονικές πλάκες εμφανίστηκαν και άρχισαν να κινούνται
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα εξελίχθηκαν
- Η ατμόσφαιρα εμπλουτίστηκε σε οξυγόνο
- και, λίγο πριν από το τέλος του Προκάμβριου, αναπτύχθηκαν πολύπλοκοι πολυκύτταροι οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων ζώων

Εξέλιξη της Γης και δημιουργία της ζωής

- Σχηματισμός φλοιού και ωκεανών
- Αναερόβια ατμόσφαιρα
- Πρώτη μικροβιακή ζωή





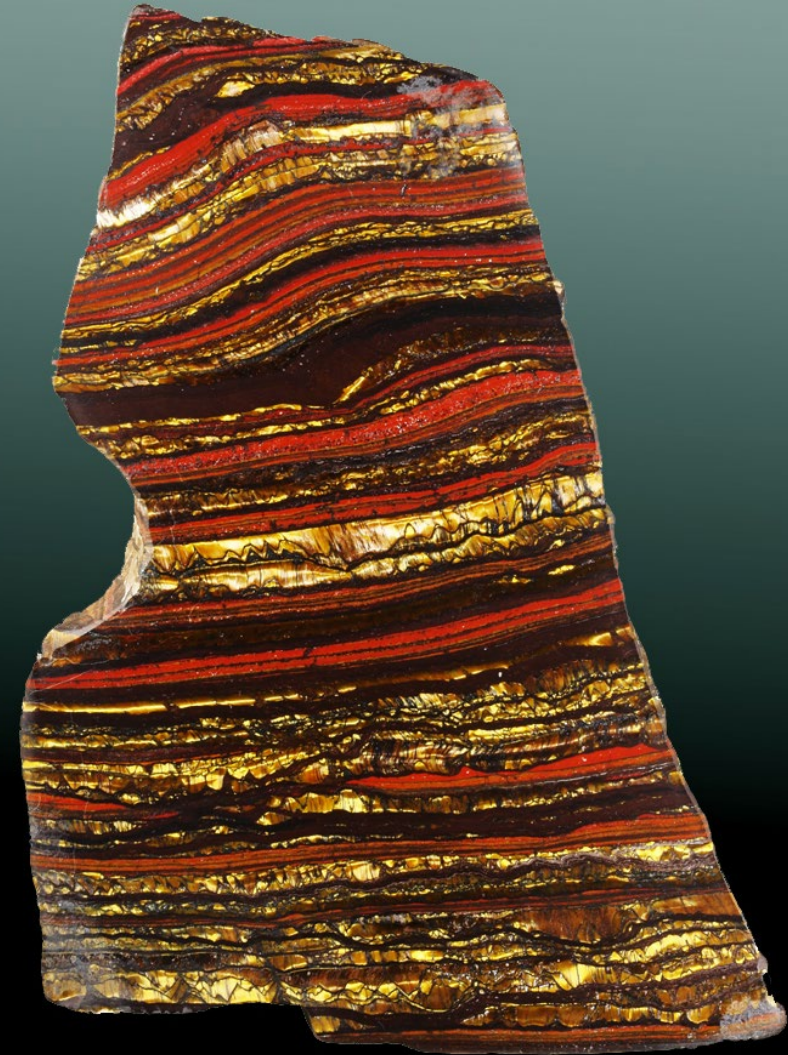
Ατμόσφαιρα στο Προκάμβριο

- Χωρίς ελεύθερο οξυγόνο (O_2) στα πρώτα στάδια.
- Κυριαρχούσαν CO_2 , N_2 , CH_4 , NH_3 , υδρατμοί.
- Αναγωγική ατμόσφαιρα (ευνοούσε πρωτογενή ζωή).
- Έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα → συνεχής τροφοδότηση αερίων.
- Μεγάλη Τομή (~2,4 δισ. έτη):
 - Μεγάλο Οξειδωτικό Γεγονός (GOE).
 - Αύξηση O_2 από κυανοβακτήρια (φωτοσύνθεση).
 - Σχηματισμός στρώματος όζοντος.
- → Από αναγωγική → σταδιακά οξειδωτική ατμόσφαιρα.

Great Oxidation Event (GOE):

- Η **πρώτη μεγάλη αύξηση ελεύθερου οξυγόνου (O_2)** στην ατμόσφαιρα της Γης.
- Έγινε στο **Πρωτεροζωικό** (~2,4 δισ. έτη).
- Προκλήθηκε από **κυανοβακτήρια** (οξυγονική φωτοσύνθεση).
- Το O_2 αρχικά δεσμεύτηκε σε **σιδήρο** → σχηματισμός **ταινιωτών σιδηρομεταλλευμάτων (BIFs)**.
- Μετά κορέστηκαν οι «παγίδες» → το O_2 συσσωρεύτηκε στην ατμόσφαιρα.
- **Σημασία:**
 - Μετάβαση από **αναγωγική** σε **οξειδωτική** ατμόσφαιρα.
 - Προϋπόθεση για **ευκαρυωτική και σύνθετη ζωή**.





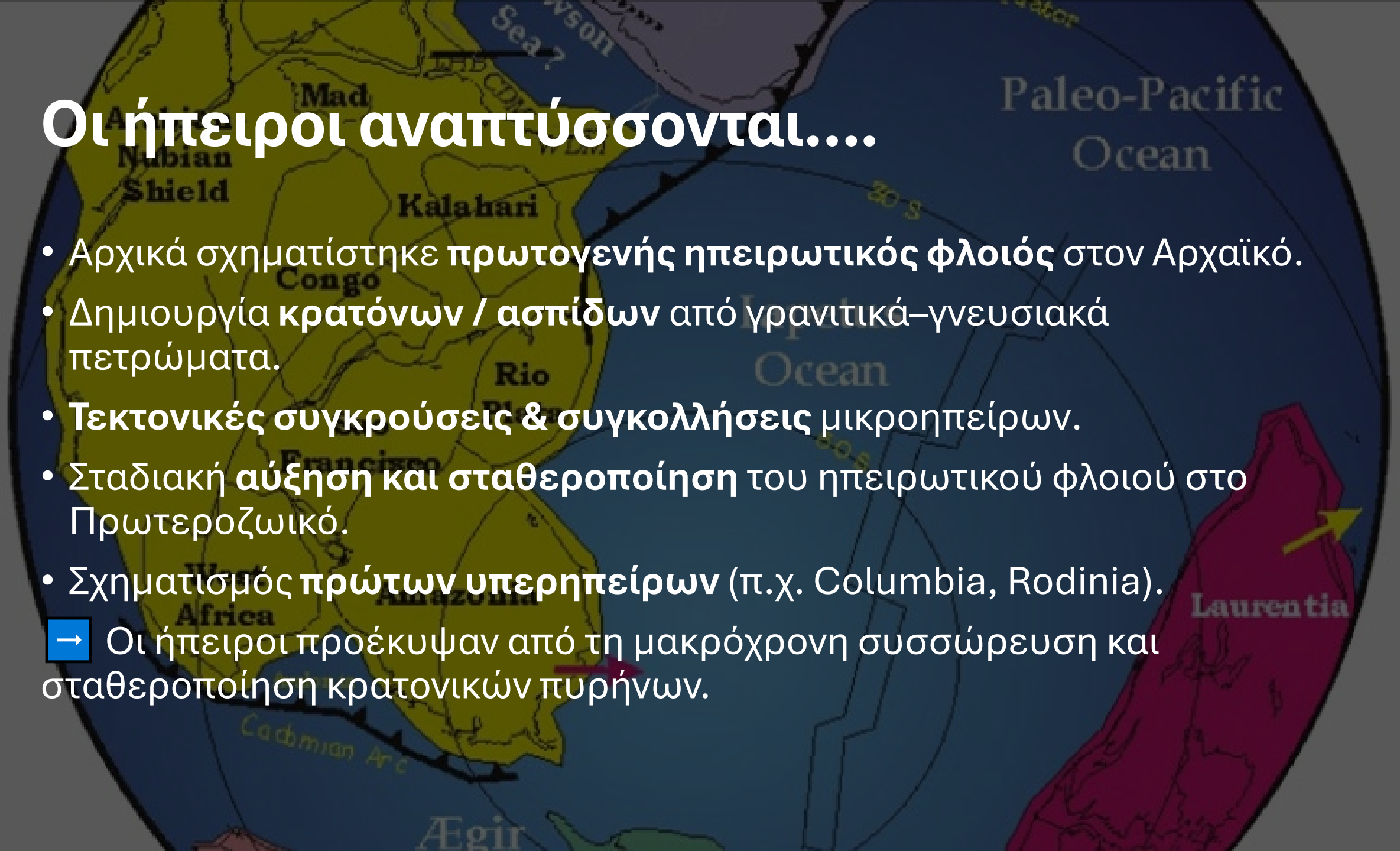
Banded Iron Formation

Οι ωκεανοί σχηματίζονται....

- Αρχικά η Γη ήταν **πολύ θερμή** → το νερό σε μορφή **υδρατμών**.
 - **Ηφαιστειακές εκρήξεις** απελευθέρωσαν H_2O στην ατμόσφαιρα.
 - Με τη **σταδιακή ψύξη** του πλανήτη, οι υδρατμοί **συμπυκνώθηκαν**.
 - Έντονες και παρατεταμένες **βροχοπτώσεις** → δημιουργία πρώτων ωκεανών.
 - Οι ωκεανοί υπήρχαν ήδη από το **Αρχαϊκό** (~4,0–3,8 δισ. έτη).
- Οι ωκεανοί σχηματίστηκαν όταν η Γη ψύχθηκε αρκετά ώστε το νερό να περάσει από αέριο σε υγρό.

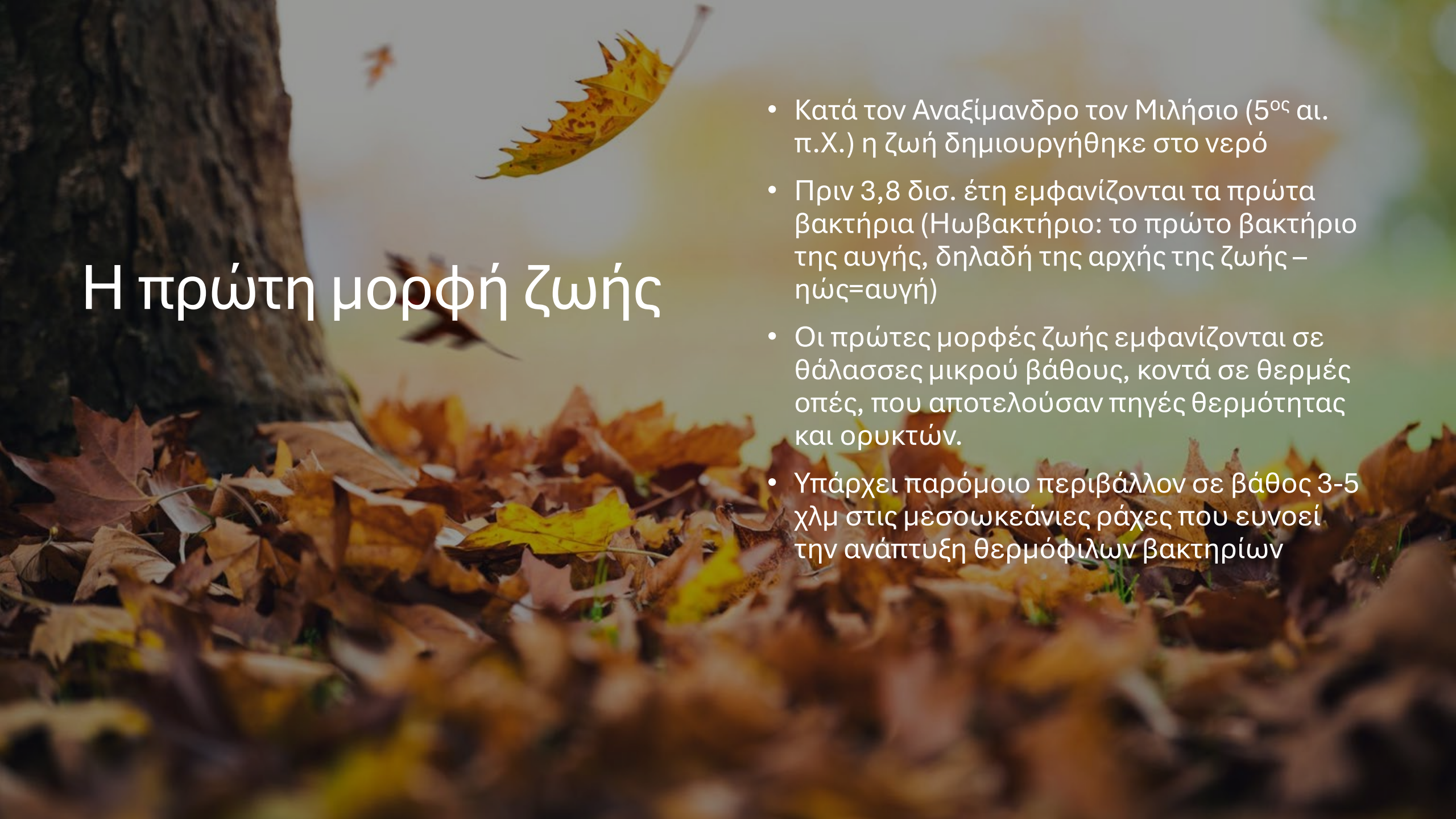
Οι ήπειροι αναπτύσσονται....

- Αρχικά σχηματίστηκε **πρωτογενής ηπειρωτικός φλοιός** στον Αρχαϊκό.
 - Δημιουργία **κρατώνων / ασπίδων** από γρανιτικά–γνευσιακά πετρώματα.
 - **Τεκτονικές συγκρούσεις & συγκολλήσεις** μικροηπείρων.
 - Σταδιακή **αύξηση και σταθεροποίηση** του ηπειρωτικού φλοιού στο Πρωτεροζωικό.
 - Σχηματισμός **πρώτων υπερηπείρων** (π.χ. Columbia, Rodinia).
- Οι ήπειροι προέκυψαν από τη μακρόχρονη συσσώρευση και σταθεροποίηση κρατονικών πυρήνων.





- Το παλαιότερο ηφαιστειογενές πέτρωμα είναι ηλικίας 3.76 δισεκατομμυρίων ετών.
- Μετεωρίτες (πρωτογενή σώματα του ηλιακού συστήματος) που προσέκρουσαν στη Γη έχουν ηλικία 4.55 δισεκατομμυρίων ετών.
- Τα παλαιότερα πετρώματα στη Γη βρέθηκαν στη Γροιλανδία και η ηλικία τους είναι 3.7-3.8 δισεκατομμύρια έτη.
- Τα παλαιότατα χρονολογημένα υγρά είναι κρύσταλλοι ζirkονίου. Βρέθηκαν σε ιζηματογενή πετρώματα της Αυστραλίας και έχουν ηλικία 4.0 – 4.2 δις έτη.

A background image showing a close-up of a tree trunk on the left and a thick layer of fallen autumn leaves in shades of brown and orange on the ground. A single yellow leaf is captured in mid-air, falling from the top left towards the center.

Η πρώτη μορφή ζωής

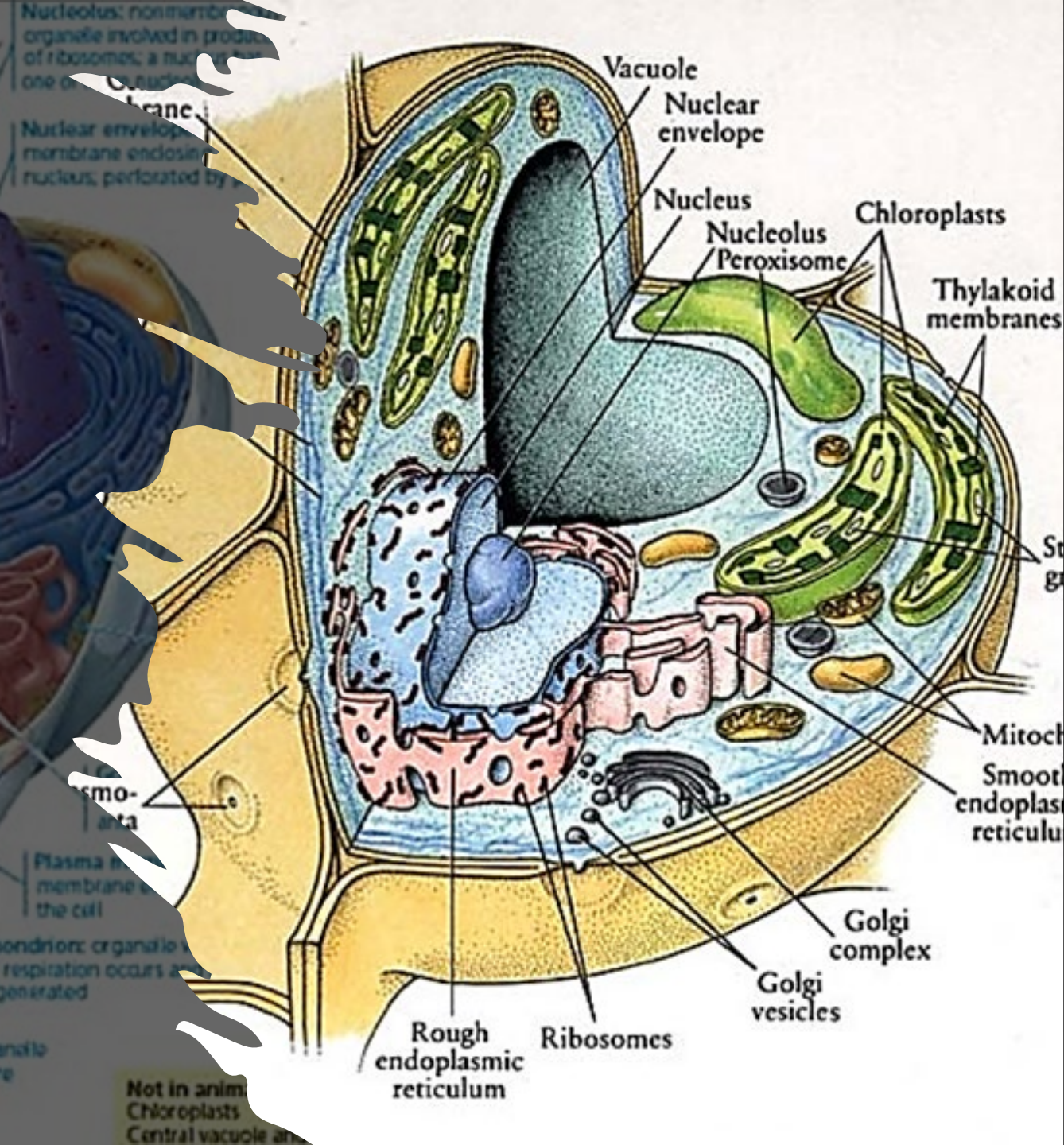
- Κατά τον Αναξίμανδρο τον Μιλήσιο (5^{ος} αι. π.Χ.) η ζωή δημιουργήθηκε στο νερό
- Πριν 3,8 δισ. έτη εμφανίζονται τα πρώτα βακτήρια (Ηωβακτήριο: το πρώτο βακτήριο της αυγής, δηλαδή της αρχής της ζωής – ηώς=αυγή)
- Οι πρώτες μορφές ζωής εμφανίζονται σε θάλασσες μικρού βάθους, κοντά σε θερμές οπές, που αποτελούσαν πηγές θερμότητας και ορυκτών.
- Υπάρχει παρόμοιο περιβάλλον σε βάθος 3-5 χλμ στις μεσσωκεάνιες ράχες που ευνοεί την ανάπτυξη θερμόφιλων βακτηρίων

Στρωματολίθοι:

- Στρωματώδεις βιογενείς δομές σε ανθρακικά ιζήματα.
- Δημιουργούνται από **κυανοβακτήρια** (μικροβιακά στρώματα).
- Εμφανίζονται από το **Αρχαϊκό**.
- Παράγουν **οξυγόνο** μέσω φωτοσύνθεσης.
- Σώζονται ως απολιθώματα και **σήμερα** (π.χ. Shark Bay).
- **Σημασία:**
κύρια ένδειξη **πρώιμης ζωής** και βασικός παράγοντας του **GOE**.
 - ήταν η **κύρια βιολογική πηγή οξυγόνου** που οδήγησε στο **Great Oxidation Event**.

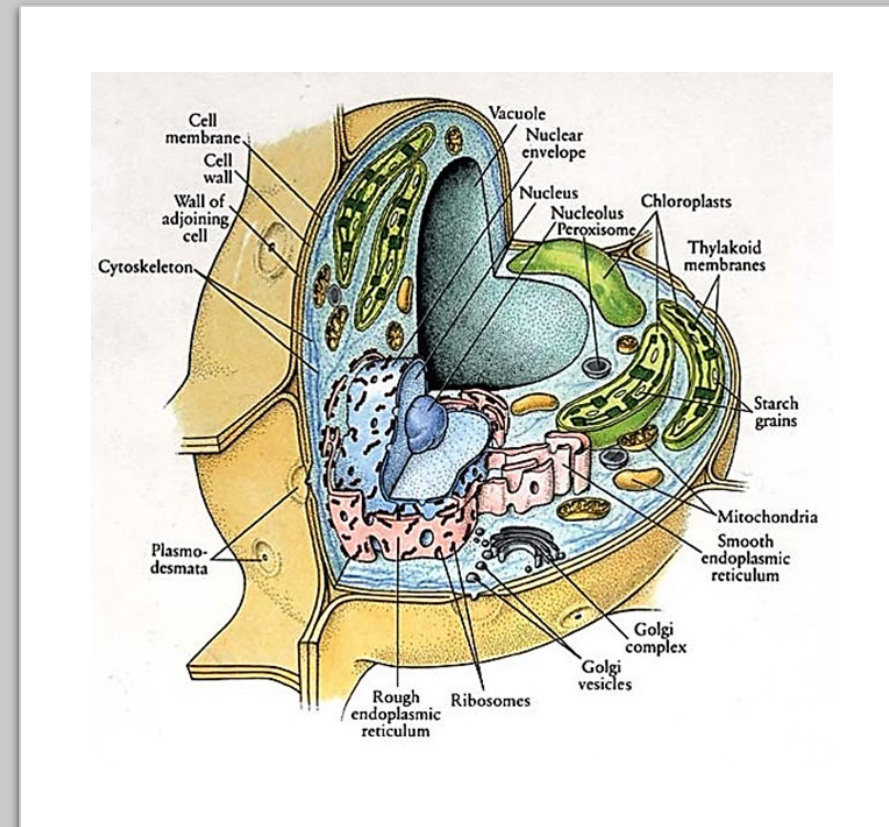
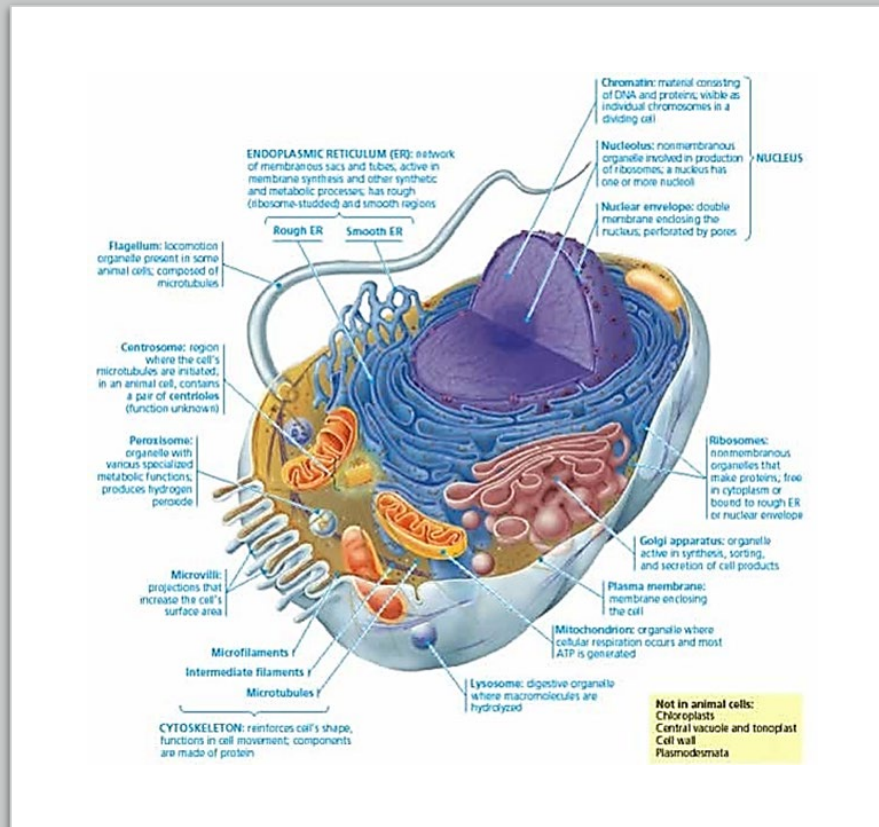
Η εμφάνιση των ευκαρυωτικών οργανισμών

- Στο Πρωτεροζωικό.
 - Πρώτες ενδείξεις: ~2,1–1,8 δισ.
έτη πριν.
 - Μετά το **Great Oxidation Event**.
- Η αύξηση του O_2 επέτρεψε
μεγαλύτερα, πιο σύνθετα κύτταρα
με πυρήνα.



Η εμφάνιση των ευκαρυωτικών οργανισμών

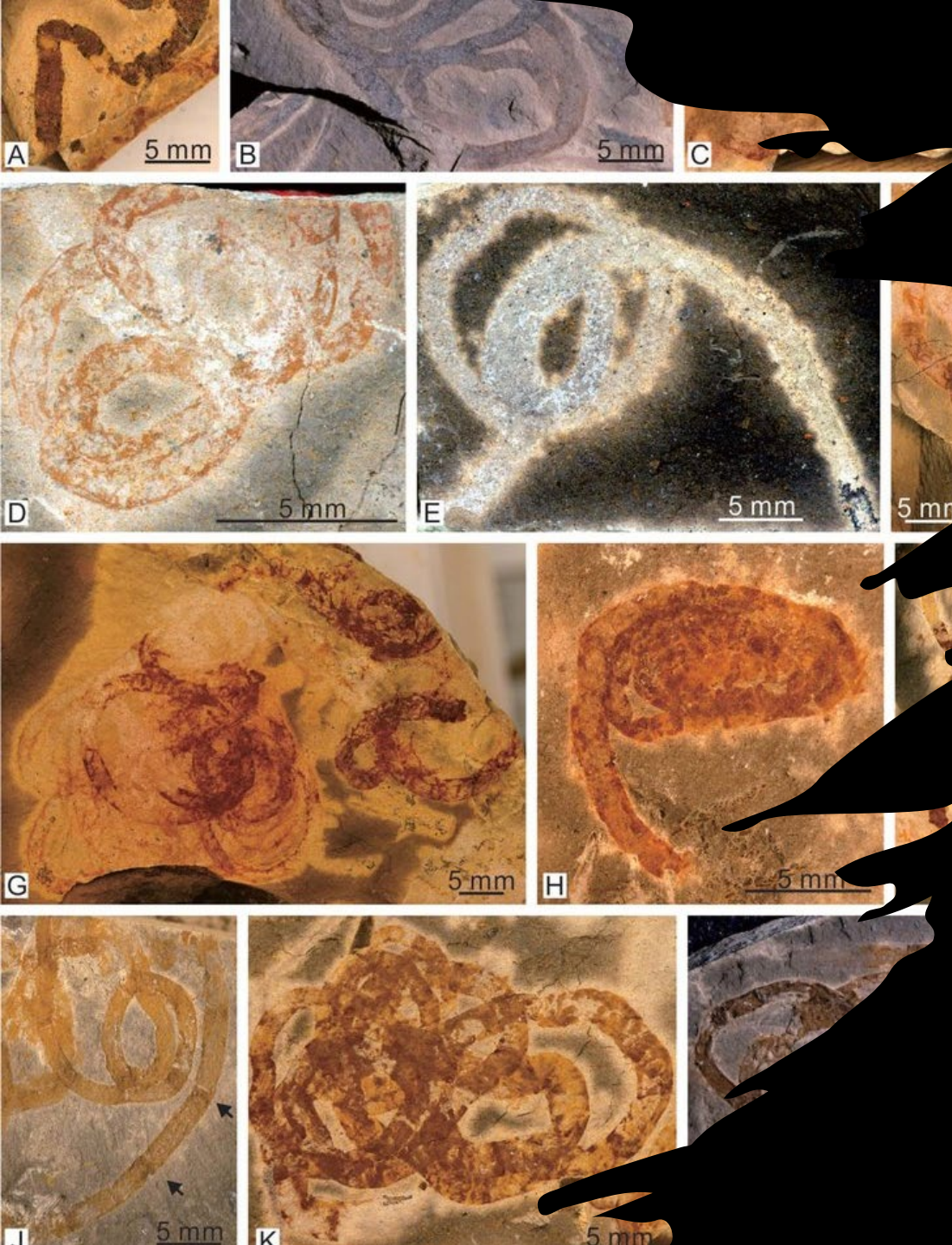
- Οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί έχουν κύτταρα με πυρήνες που περικλείονται σε μεμβράνη και που περιέχουν χρωμοσώματα που αποτελούνται από χρωματίνη.
- Η προέλευση των Ευκαρυωτικών οργανισμών γύρω στα **2.7 δις έτη**, βασίζεται σε μοριακά απολιθώματα. Σε μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους στη Νοτιοδυτική Αυστραλία.





Ακριτάρχα (acritarchs):

- Μικροσκοπικά απολιθώματα οργανικών τοιχωμάτων.
 - Κυρίως πλαγκτονικοί μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί.
 - Εμφανίζονται από το Προκάμβριο (κυρίως Πρωτεροζωικό).
 - Πιθανώς πρώιμα φύκη ή πρωτόζωα.
 - Σημαντικά για βιοστρωματογραφία και εξέλιξη της ζωής.
- ακριτάρχα = πρώιμο ευκαρυωτικό πλαγκτόν.



Grypania (Γρυπάνια):

- Από τα αρχαιότερα μακροσκοπικά απολιθώματα ζωής.
 - Εμφανίζεται στο Πρωτεροζωικό (~2,1 δισ. έτη).
 - Σπειροειδής/ταινιοειδής μορφή.
 - Θεωρείται πιθανό ευκαρυωτικό φύκος (άλγη).
 - Δείχνει ότι ευκαρυωτική, πολυκύτταρη οργάνωση υπήρχε πολύ νωρίς.
- **Σημασία:** ένδειξη πρώιμης σύνθετης ζωής στο Προκάμβριο.

Πανίδα Ediacara

- Η πρώτη γνωστή μακροσκοπική πολυκύτταρη πανίδα.
- Τέλος Προκαμβρίου (Εδιακαριανό, 635–541 Ma).
- **Μαλακόσωμοι οργανισμοί**, χωρίς σκληρά μέρη.
- Αποτυπώματα σε ιζήματα (όχι «κανονικά» απολιθώματα).
- Πολλοί δεν έχουν άμεσους σύγχρονους απογόνους.
- **Σημασία:** προάγγελος της Κάμβριας Έκρηξης.

Γιατί εξαφανίστηκε η πανίδα Ediacara:

- Εξαφανίζεται προς το τέλος του Προτεροζωικού μεγαιώνα, περίπου πριν από 541 εκατομμύρια χρόνια, λόγω διαφόρων αιτιών:
 - Αλλαγές στο περιβάλλον (οξυγόνωση, χημεία ωκεανών).
 - Έντονη βιολογική ανταγωνιστικότητα με τα πρώτα καμβριανά ζώα.
 - Εμφάνιση θηρευτών.
 - Ανάπτυξη σκληρών σκελετών στην Κάμβρια → μειονέκτημα για μαλακόσωμα.
 - Αλλαγές στα ιζήματα (bioturbation) που κατέστρεψαν τα ενδιαιτήματα.
 - Laflame et al. (2013): η εξαφάνιση οφείλεται στην εμφάνιση της *θήρευσης* και τις μεγάλες αλλαγές στα οικοσυστήματα. Οι ειδικοί τρόποι διατροφής των σπόγγων μέσω φιλτραρίσματος και των αμφίπλευρων οργανισμών μέσω βόσκησης και τρώσης, σε συνδυασμό με την εμφάνιση μικτών αεριζόμενων θαλάσσιων πυθμένων, συνέβαλαν στην αλλαγή του οικοσυστήματος.

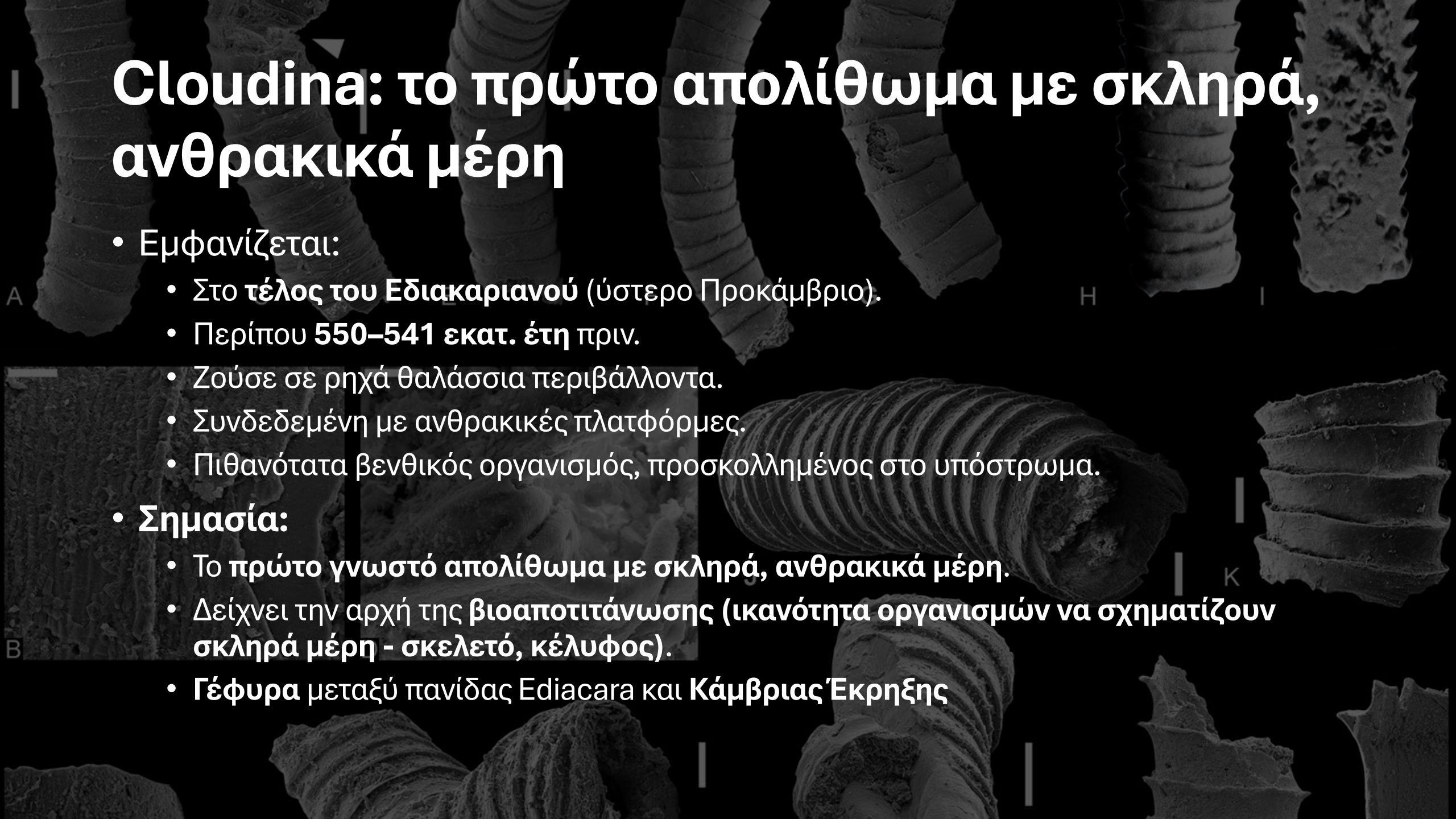
Cloudina: το πρώτο απολίθωμα με σκληρά, ανθρακικά μέρη

- Εμφανίζεται:

- Στο **τέλος του Εδιακαριανού** (ύστερο Προκάμβριο).
- Περίπου **550–541 εκατ. έτη** πριν.
- Ζούσε σε ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα.
- Συνδεδεμένη με ανθρακικές πλατφόρμες.
- Πιθανότατα βενθικός οργανισμός, προσκολλημένος στο υπόστρωμα.

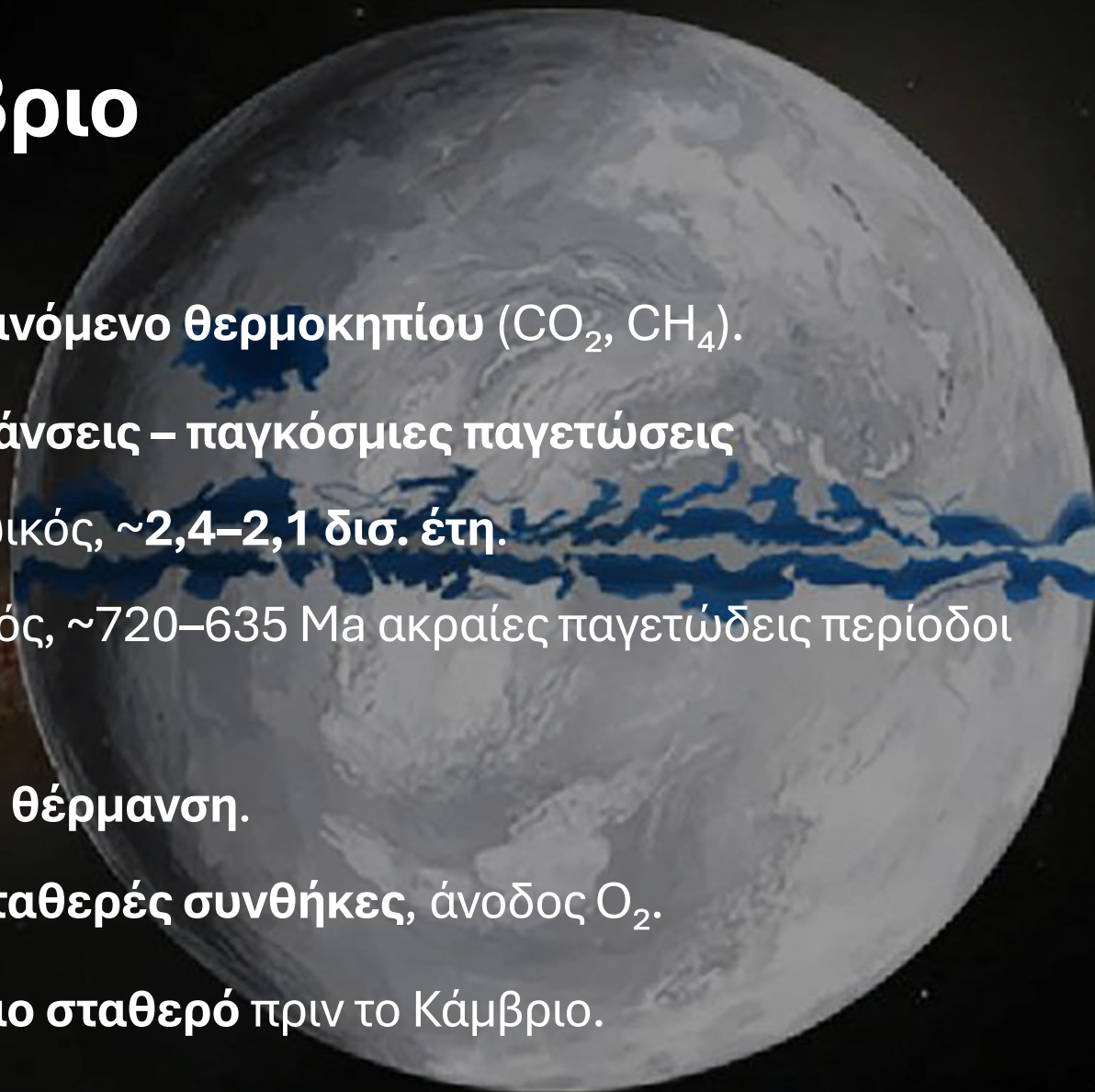
- Σημασία:

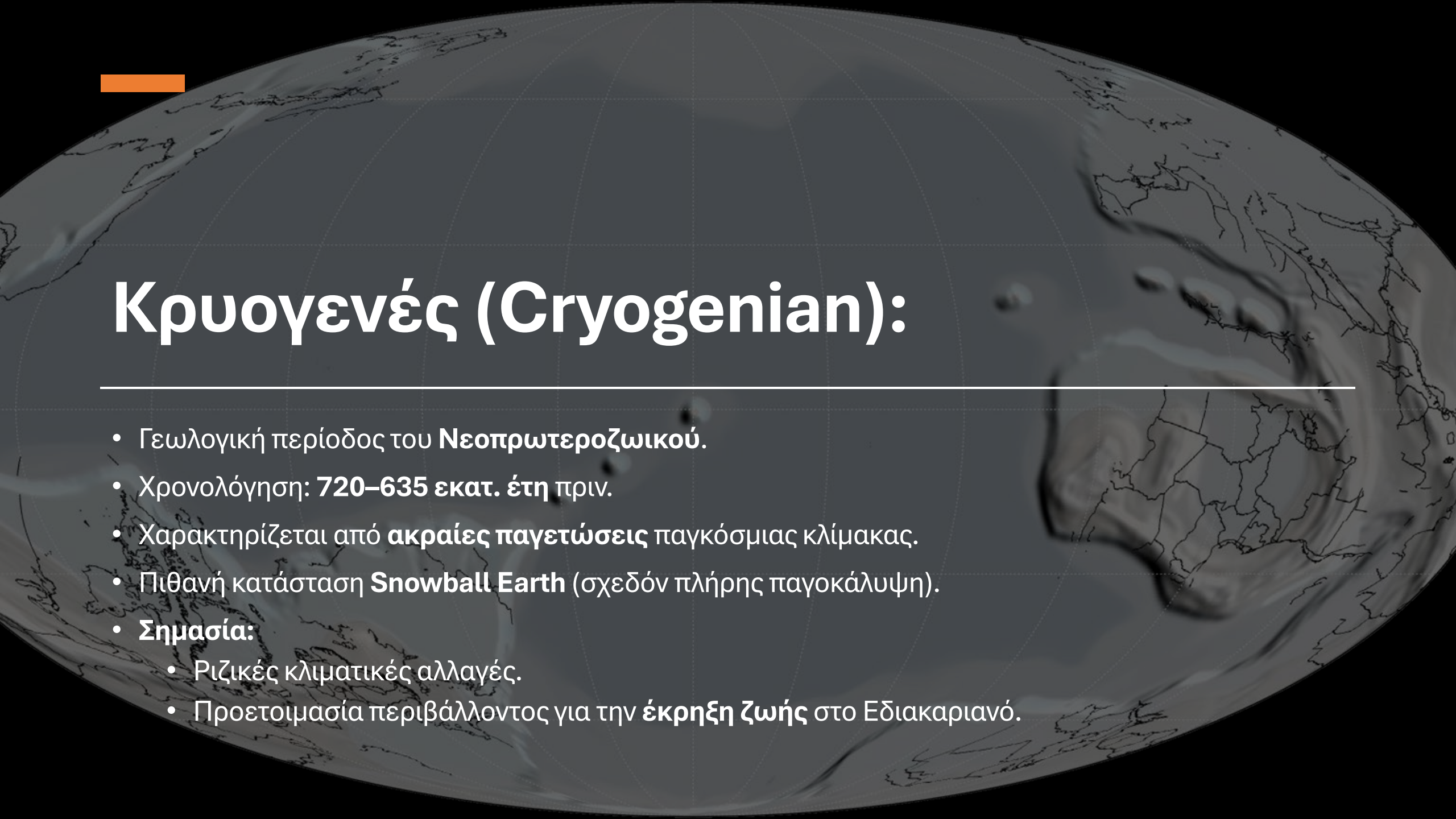
- Το **πρώτο γνωστό απολίθωμα με σκληρά, ανθρακικά μέρη**.
- Δείχνει την αρχή της βιοαποτιτάνωσης (ικανότητα οργανισμών να σχηματίζουν σκληρά μέρη - σκελετό, κέλυφος).
- **Γέφυρα** μεταξύ πανίδας Ediacara και Κάμβριας Έκρηξης



Κλίμα στο Προκάμβριο

- **Αρχαϊκός:** θερμό κλίμα, έντονο φαινόμενο θερμοκηπίου (CO_2 , CH_4).
 - **Πρωτεροζωικός:** μεγάλες διακυμάνσεις – παγκόσμιες παγετώσεις
 - **Χουρώνιο:** Παλαιοπρωτεροζωικός, ~2,4–2,1 δισ. έτη.
 - **Κρυογενές:** Νεοπρωτεροζωικός, ~720–635 Ma ακραίες παγετώδεις περίοδοι (Snowball Earth).
 - Μετά τις παγετώσεις: **απότομη θέρμανση.**
 - Στο τέλος (Εδιακαριανό): πιο **σταθερές συνθήκες**, άνοδος O_2 .
- Από θερμό → ακραία ψυχρό → πιο σταθερό πριν το Κάμβριο.





Κρυογενές (Cryogenian):

- Γεωλογική περίοδος του **Νεοπρωτεροζωικού**.
- Χρονολόγηση: **720–635 εκατ. έτη** πριν.
- Χαρακτηρίζεται από **ακραίες παγετώσεις** παγκόσμιας κλίμακας.
- Πιθανή κατάσταση **Snowball Earth** (σχεδόν πλήρης παγοκάλυψη).
- **Σημασία:**
 - Ριζικές κλιματικές αλλαγές.
 - Προετοιμασία περιβάλλοντος για την **έκρηξη ζωής** στο Εδιακαριανό.

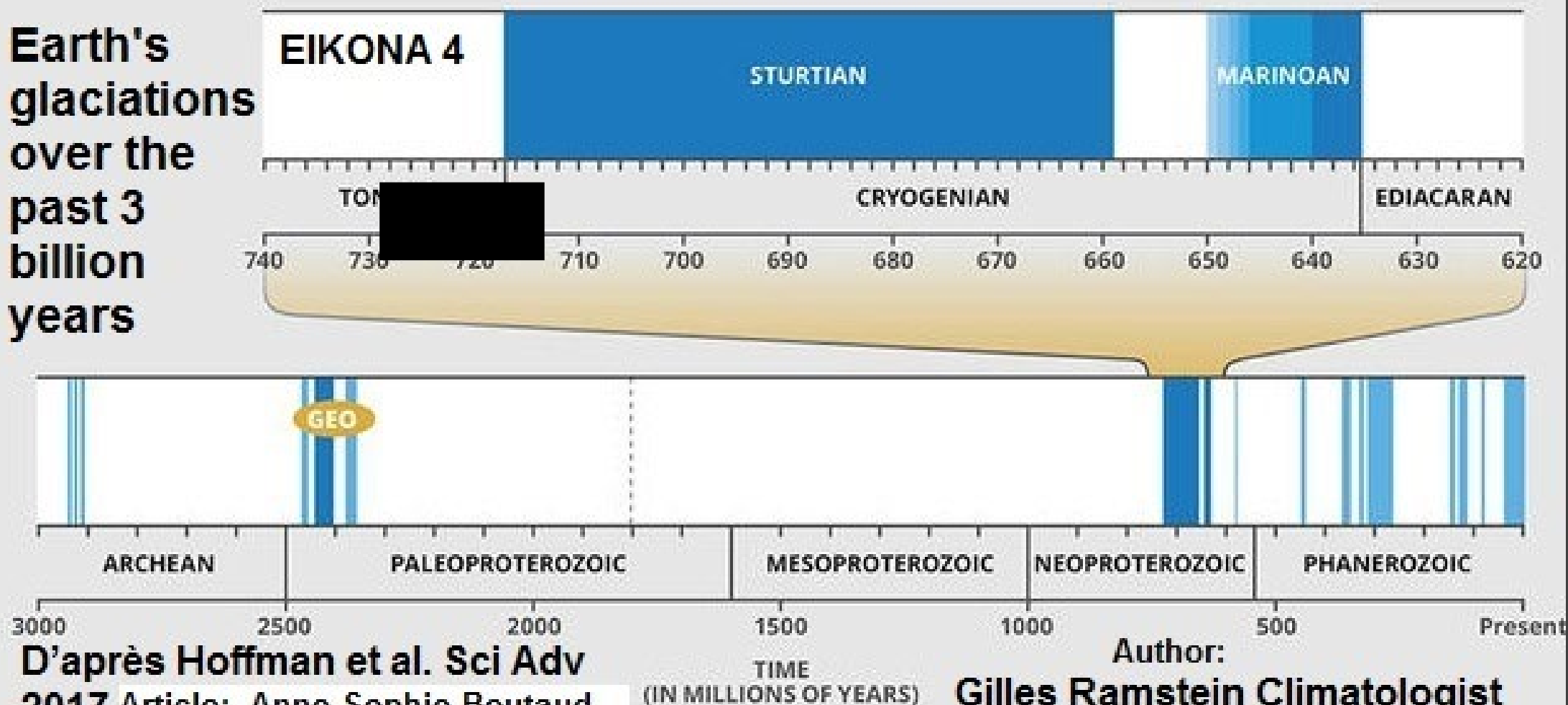
Χιονόμπαλα Γη (Snowball Earth)

- Υπόθεση ότι η Γη καλύφθηκε **σχεδόν πλήρως από πάγο**.
- Συνέβη στο **Κρυογενές** (Νεοπρωτεροζωικός, ~720–635 Ma).
- Πάγος μέχρι και στον **ισημερινό**.
- Οφείλεται σε **θετική ανατροφοδότηση αλμπέντο** (πάγος → περισσότερη ψύξη).
- **Τέλος παγετώσεων:**
 - Συσσώρευση **CO₂** από ηφαίστεια → απότομη **υπερθέρμανση**.
- **Σημασία:**
 - Ακραία κλιματική κρίση.
 - Προϋπόθεση για την **εμφάνιση πολύπλοκης ζωής** στο Εδιακαριανό.



The big freeze: did rapid growth of the ice caps envelop the entire planet?

Earth's glaciations over the past 3 billion years



Παγετώδεις Περίοδοι . Με βαθύ μπλε χρώμα οι περίοδοι όπου ο πλανήτης ήταν καλυμμένος σχεδόν εξ' ολοκλήρου με πάγο "Χιονόμπαλα Γη-Snowball Earth" ενώ με γαλάζιο όταν οι παγετώνες κάλυπταν τμήματα επιφανειών της γης.

Τέλος Προκάμβριου

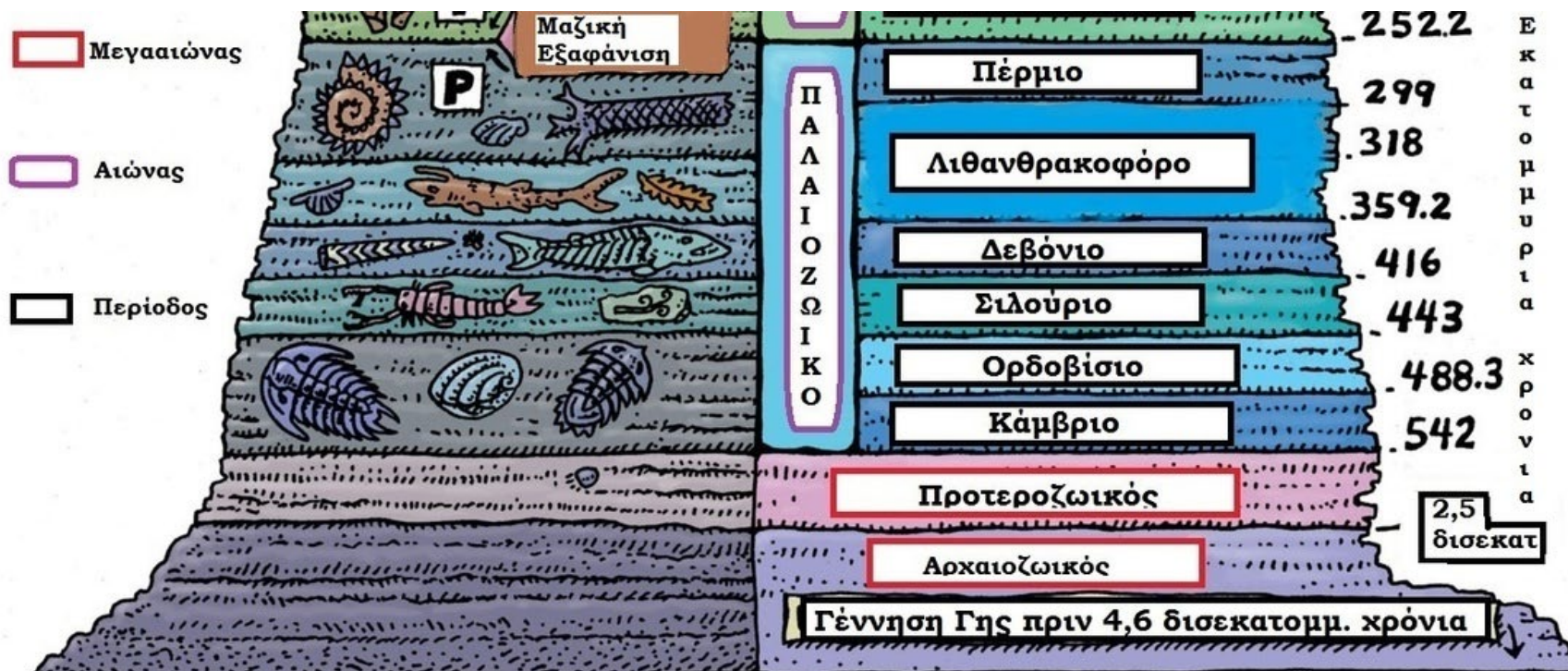
Προς το τέλος του
Προκάμβριου
υπάρχει ζωή μόνο
στη θάλασσα.

Η ζωή στη
θάλασσα
συνεχίζεται μέχρι
τις μέρες μας.

ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟΣ ΑΙΩΝΑΣ (541-252 my)

ΦΑΝΕΡΟΖΩΙΚΟΣ ΜΕΓΑΑΙΩΝΑΣ





Treptichnus pedum

- **Ιχνοαπολίθωμα** (όχι σώμα οργανισμού).
- Αποτελείται από **διακλαδιζόμενες στοές** σε ιζήματα.
- Παράγεται από **διμερή, σκωληκόμορφα ζώα**.
- Εμφανίζεται στην **αρχή του Καμβρίου** (~541 Ma).
- **Σημασία:**
 - Χρησιμοποιείται για τον **ορισμό του ορίου Προκαμβρίου–Παλαιοζωικού**.
 - Δείχνει **ενεργή βιοαναμόχλευση (bioturbation)** και σύνθετη συμπεριφορά.

➔ Είναι το «βιολογικό σημάδι» έναρξης του Παλαιοζωικού.



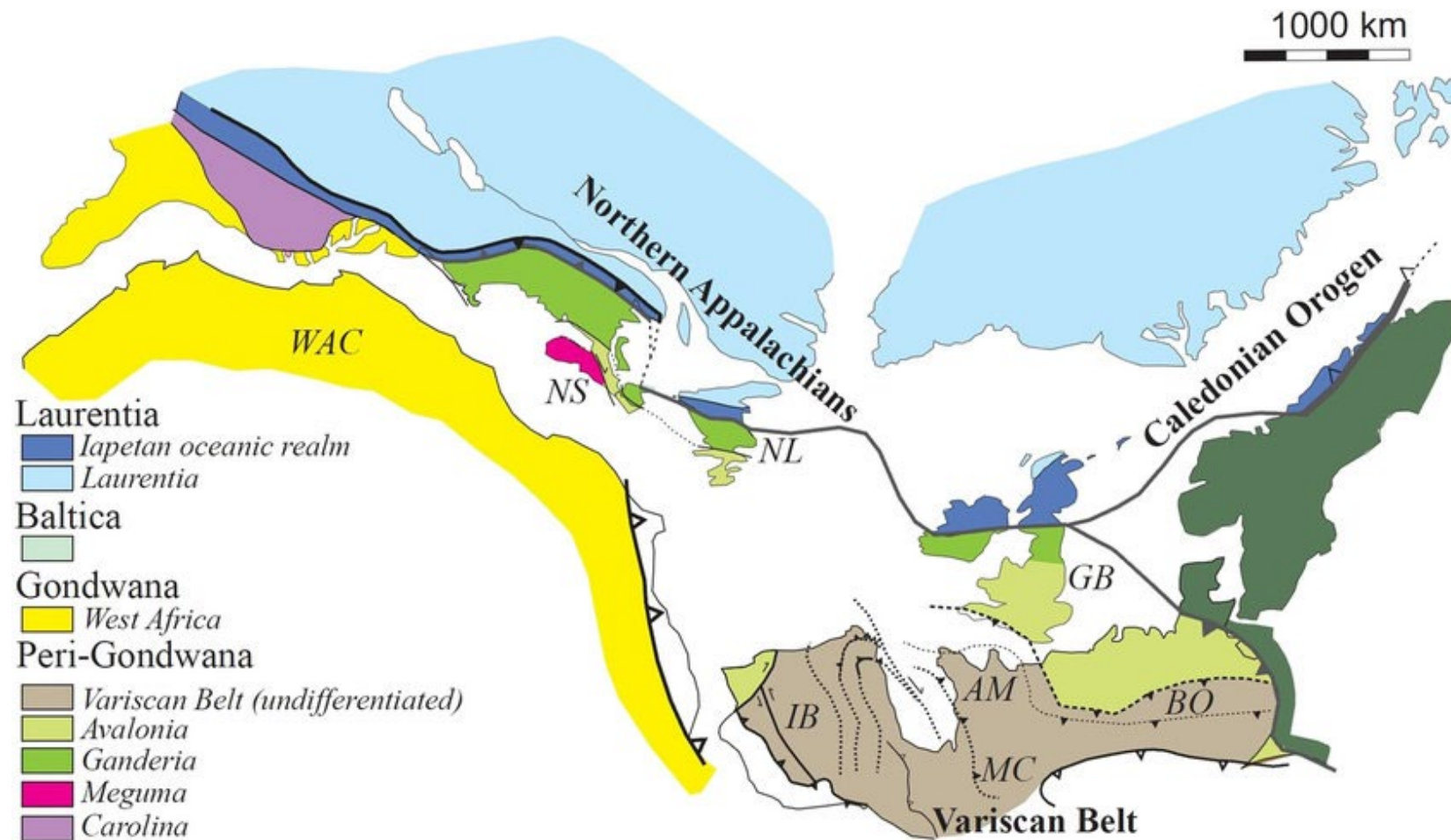
Χαρακτηριστικά Παλαιοζωικού (541–252 Ma):

- **Κάμβρια Έκρηξη** → ραγδαία ποικιλότητα ζωής.
- **Σκληροί σκελετοί** και πλούσιο απολιθωτικό αρχείο.
- Εξέλιξη και εξάπλωση **θαλάσσιων οργανισμών**.
- **Αποίκιση της ξηράς** (φυτά, αρθρόποδα, αμφίβια).
- Σχηματισμός **μεγάλων δασών** (Λιθανθρακοφόρος).
- Μεγάλες **ορογενέσεις** και **υπερήπειρος Παγγαία**.
- Κλείνει με τη **μεγαλύτερη μαζική εξαφάνιση** (τέλος Περμίου).

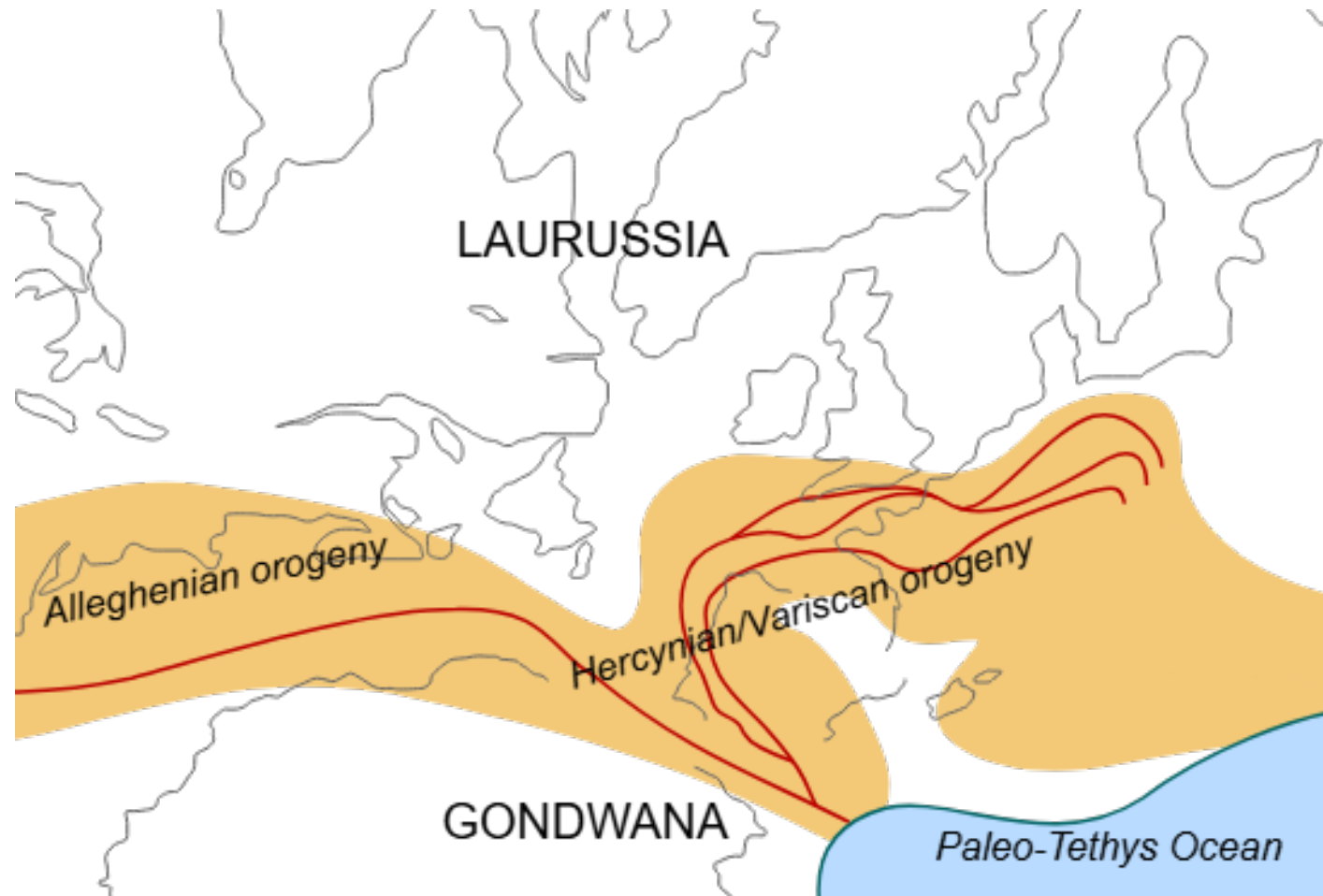
Μεγάλες ορογενέσεις & υπερήπειρος Παγγαία

- **Καληδόνια ορογένεση** (Ορδοβίσιο–Σιλούριο): σύγκρουση Λαυρεντίας–Βαλτικής.
- **Ερκύνια / Βαρίσκεια ορογένεση** (Δεβόνιο–Λιθανθρακοφόρο): σύγκρουση Γοντβάνας με Λαυρασία και διαδοχικές συγκρούσεις στη Β. Αμερική.
- **Αποτέλεσμα:**
 - Συγκόλληση ηπείρων → σχηματισμός της **Παγγαίας** (τέλος Παλαιοζωικού).
- **Σημασία:**
 - Μεγάλα ορεινά συστήματα.
 - Αλλαγές κλίματος & θαλάσσιων λεκανών.
 - Προετοιμασία για τη Μεσοζωική τεκτονική.

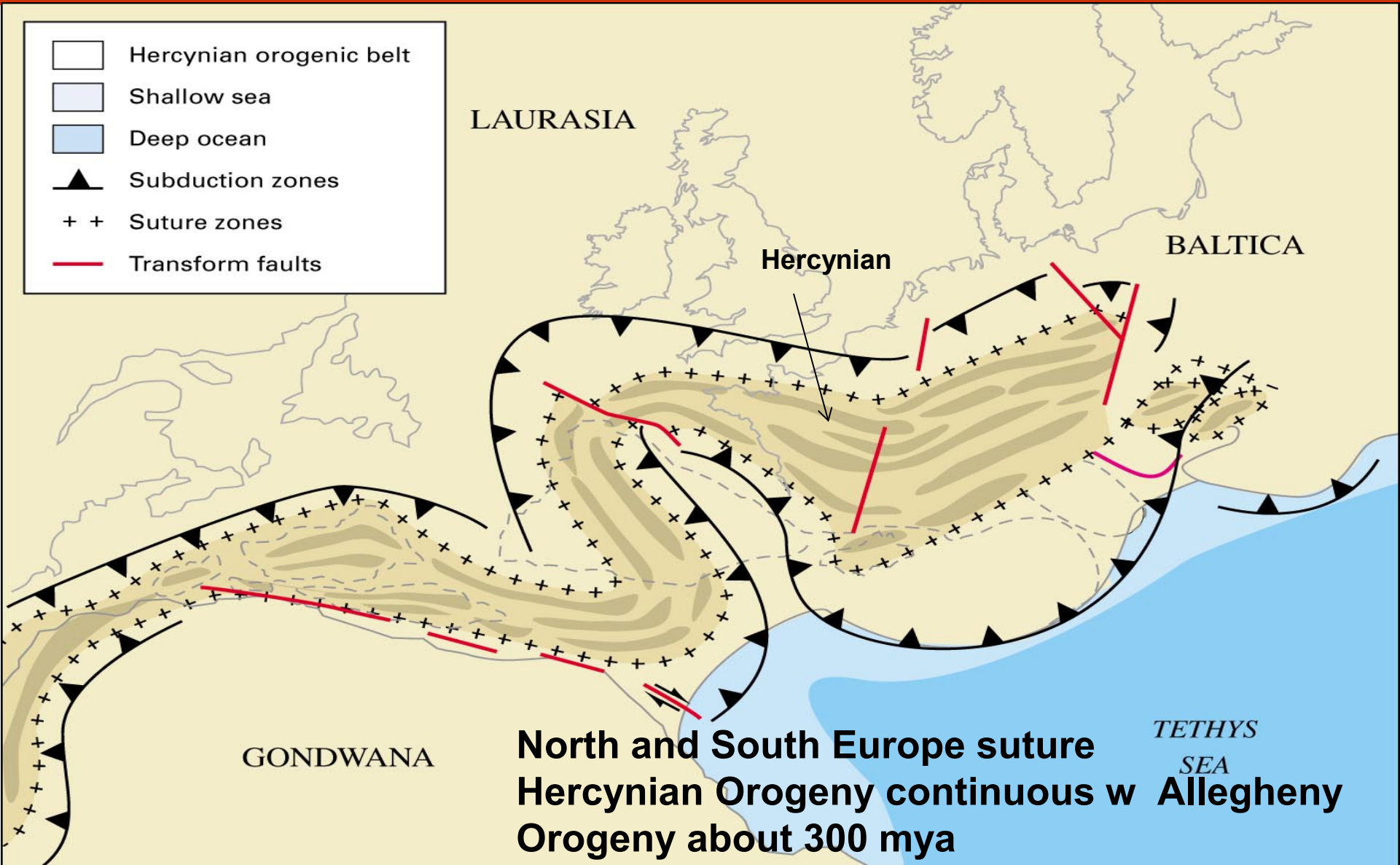
Τεκτονικός χάρτης της Καληδόνιας ορογένεσης



Βαρίσκεια ορογένεση



Σύγκρουση Γκοντβάνα – Λαυρασία Ερκύνια Ορογένεση

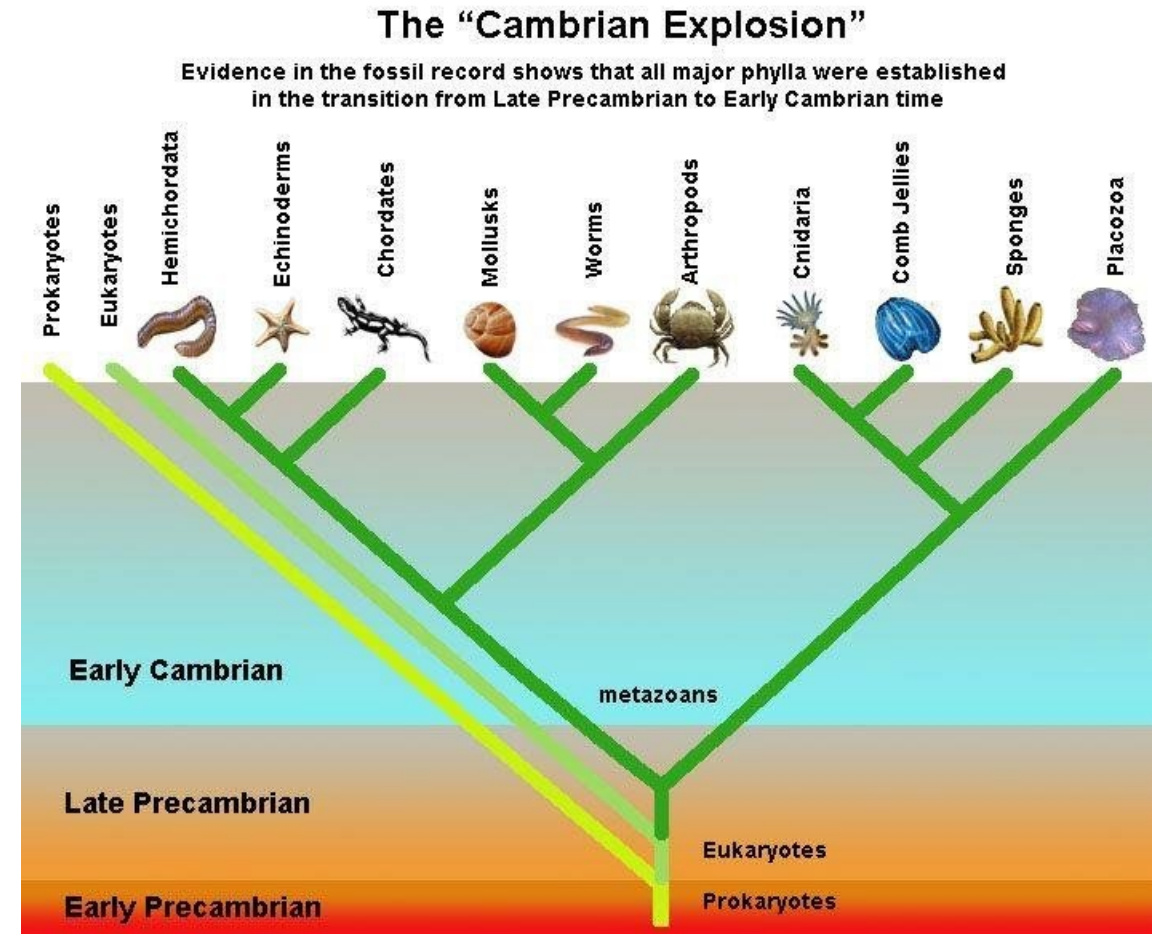


Παλαιογεωγραφική ανασύσταση της Παγγαίας υπερηπείρου



Κάμβρια Έκρηξη:

- Σύντομη γεωλογικά περίοδος (~541–520 Ma).
 - **Απότομη αύξηση** ποικιλίας πολυκύτταρων ζώων.
 - Εμφάνιση **σχεδόν όλων των βασικών ζωικών φύλων**.
 - **Σκληροί σκελετοί** → πλούσιο απολιθωματοφόρο αρχείο.
 - Έντονη **θηρευτική αλληλεπίδραση** και **βιοαναμόχλευση**.
 - **Πιθανοί λόγοι:**
 - ↑ O₂, βιοαποτιτάνωση, οικολογικός ανταγωνισμός, γενετικές καινοτομίες.
- Η απαρχή της σύγχρονης ζωικής βιοποικιλότητας.



Παλαιοκλίμα

Κάμβριο (541-485 Ma): Το κλίμα ήταν σχετικά σταθερό και θερμό. Υπάρχουν ενδείξεις για έναν Κόσμο θερμοκηπίου με υψηλότερες θερμοκρασίες και υψηλότερα επίπεδα θάλασσας. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η ζωή υπέστη σημαντική διαφοροποίηση (Έκρηξη του Καμβρίου), οδηγώντας στην εμφάνιση διαφόρων πολύπλοκων πολυκύτταρων οργανισμών.

Ορδοβίσιο (485 – 443 Ma): Αρχικά, το κλίμα ήταν σχετικά θερμό και η Γη ήταν σε μεγάλο βαθμό απαλλαγμένη από πάγους. Ωστόσο, προς το τέλος της Ορδοβίσιου, υπήρξε ένα σημαντικό γεγονός παγετώνων.

Σιλούριο (443 – 419 Ma): Το κλίμα σταθεροποιήθηκε και θερμάνθηκε, με αποτέλεσμα την υποχώρηση των παγετώνων. Η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε και η θαλάσσια ζωή άνθισε.

Δεβόνιο (419 – 358 Ma): Το κλίμα παρέμεινε θερμό και δεν υπήρχαν εκτεταμένα παγόβουνα. Η φυτική ζωή άρχισε να αποικίζει την ξηρά, σηματοδοτώντας τη μετάβαση σε ένα πιο σύνθετο χερσαίο οικοσύστημα.

Λιθανθρακοφόρο (358 – 298 Ma): Επικράτησαν θερμές και υγρές συνθήκες, που οδήγησαν στην ανάπτυξη εκτεταμένων ανθρακικών βάλτων. Τα υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικού οξυγόνου κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου υποστήριξαν την ανάπτυξη μεγάλων εντόμων.

Πέρμιο (298 – 252 Ma): Το κλίμα συνέχισε να είναι θερμό, αλλά προς το τέλος του Περμίου, η Γη γνώρισε σημαντικές κλιματικές διακυμάνσεις. Στα τέλη του Περμίου σημειώθηκε η έναρξη των παγετώνων στο νότιο ημισφαίριο.

Κάμβριο (541–485 Ma):

- Αρχή του **Παλαιοζωικού**.
- Διακρίνεται σε **τρεις υποπεριόδους**:
 - **Κάτω Κάμβριο** (Γεώργιο)
 - **Μέσο Κάμβριο** (Ακάδιο)
 - **Άνω Κάμβριο** (Ποτσδάμιο)
- **Κάμβρια Έκρηξη**: ραγδαία αύξηση ζωικής ποικιλότητας.
- Εμφάνιση **σχεδόν όλων των βασικών ζωικών φύλων**.
- Ανάπτυξη **σκληρών σκελετών** (κελύφη, εξωσκελετοί).
- Κυριαρχία **θαλάσσιων οικοσυστημάτων**.
- Έντονη **βιοαναμόχλευση** των ιζημάτων.
- Υψηλή **στάθμη θάλασσας** → εκτεταμένες επιηπειρωτικές θάλασσες.
- Πλούσιο απολιθωτικό αρχείο (π.χ. **Burgess Shale**).
-  Το Κάμβριο θέτει τις βάσεις της σύγχρονης ζωής στους ωκεανούς.

Η βάση του Καμβρίου



Ξεκινά με την εμφάνιση πρώτων ορατών απολιθωμάτων

Ορδοβίσιο (485–444 Ma):

- **Δεύτερη περίοδος του Παλαιοζωικού.**
- Μεγάλη **ακμή θαλάσσιας ζωής** (Great Ordovician Biodiversification Event).
- Κυριαρχούν **ασπόνδυλα**: τριλοβίτες, βραχιόποδα, βρυόζωα, κεφαλόποδα.
- Εμφάνιση **πρώτων ιχθύων χωρίς γνάθους**.
- **Υψηλή στάθμη θάλασσας** → εκτεταμένες ρηχές θάλασσες.
- Προς το τέλος: **παγετώδης φάση** στη Γοντβάνα.
- Κλείνει με **μαζική εξαφάνιση** (2η μεγαλύτερη), λόγω ψύξης και πτώσης στάθμης θάλασσας.
-  Περίοδος **βιοποικιλότητας**, που τελειώνει με **κλιματική κρίση**.

Υποδιαιρέσεις Ορδοβισίου

- **Κατώτερο Ορδοβίσιο**
 - Τρεμαδόκιο (Tremadocian)
 - Σκιδάβιο (Skiddavian – παλαιός όρος)
 - Αρενίκιο (Arenigian)
- **Μέσο Ορδοβίσιο**
 - Λανβίρνιο (Llanvirnian)
 - Λανδέιλο (Llandeilo)
- **Ανώτερο Ορδοβίσιο**
 - Καραδόκιο (Caradoc)
 - Ασγίλιο (Ashgill)
- **Σήμερα (ICS):**
 - ✓ Ισχύουν ως ιστορικοί/εκπαιδευτικοί όροι
 - ✗ Όχι ως σύγχρονη επίσημη στρωματογραφία

Μαζική εξαφάνιση Ανώτερου Ορδοβισίου (~443 Ma):

- 2η μεγαλύτερη μαζική εξαφάνιση στην ιστορία της Γης.
- Εξαφανίστηκε ~85% των θαλάσσιων ειδών.
- Συνδέεται με απότομη ψύξη του κλίματος.
- Παγετώνες στη Γοντβάνα → δέσμευση νερού ως πάγος.
- Ραγδαία πτώση στάθμης θάλασσας → απώλεια ρηχών θαλάσσιων οικοτόπων.
- Ακολούθησε ταχεία θέρμανση, που επιδείνωσε την κρίση.
-  Καθαρά κλιματικά–ευστατικό γεγονός.
-  Είναι η πρώτη από τις “Big Five” μαζικές εξαφανίσεις.

Αναπαράσταση της ζωής πριν
από τη μαζική εξαφάνιση του
ανώτερου Ορδοβισίου (πριν
440 εκατ. χρόνια).



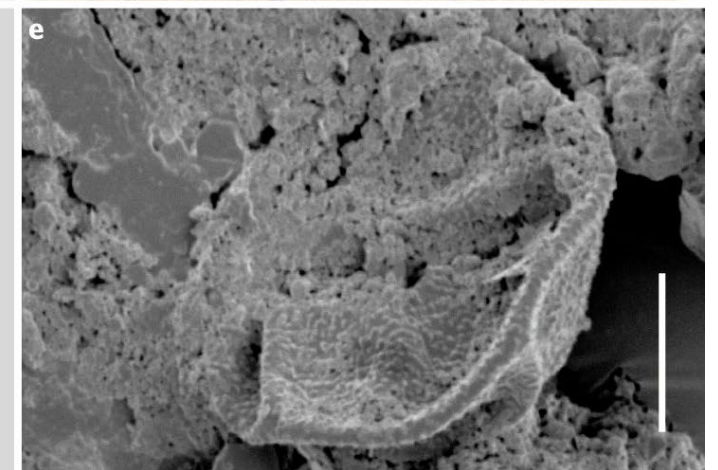
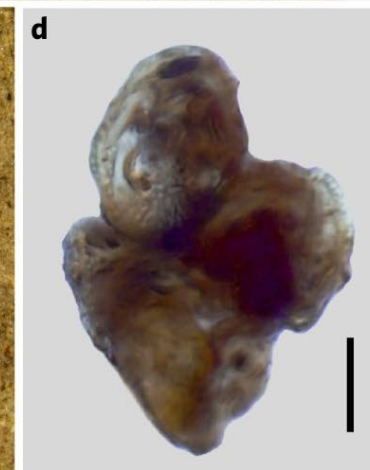


Σιλούριο (444–419 Ma):

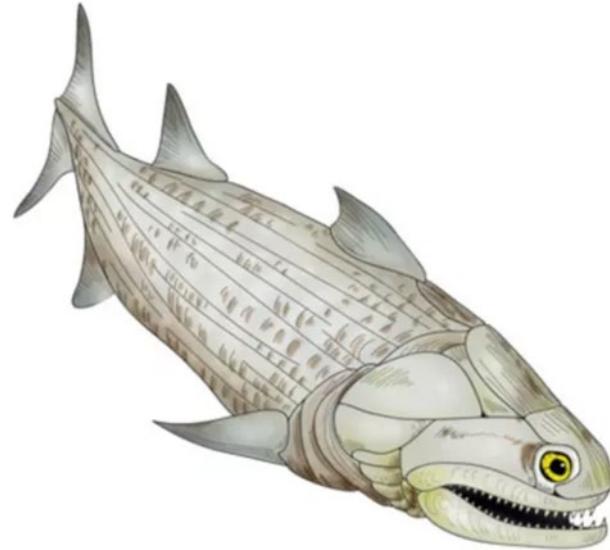
- Περίοδος **ανάκαμψης** μετά τη **μαζική εξαφάνιση** του **Ορδοβισίου**.
- **Θερμότερο και σταθερότερο κλίμα**, άνοδος στάθμης θάλασσας.
- Ανάπτυξη **κοραλλιογενών υφάλων**.
- Εξέλιξη **ιχθύων με γνάθους**.
- **Πρώτα αγγειακά φυτά** και αρθρόποδα στη **ξηρά**.
- Σημαντικές **ορογενέσεις** (Καληδόνια).
-  Το Σιλούριο σηματοδοτεί την **αρχή της ζωής στη στεριά**.
- Υποδιαιρέσεις
 -  Κατώτερο Σιλούριο
 - Llandovery (Λανδοβέριο)
 -  Μέσο Σιλούριο
 - Wenlock (Βενλόκιο)
 -  Ανώτερο Σιλούριο
 - Ludlow (Λαδλώβιο)
 - Pridoli (Πριδόλιο)



Πρώτα αγγειόσπερμα (Κατώτερο Σιλούριο)



Γναθόστομα



Αναπαράσταση της θάλασσας του Σιλουρίου



Δεβόνιο (419–359 Ma) — «Εποχή των Ιχθύων»

- Μεγάλη **εξέλιξη ιχθύων** (πλακόδερμα, ακάνθια, πρώιμα οστεϊχθύα).
- **Πρώτα δάση** και αγγειακά φυτά με ρίζες → αλλαγή εδαφών & CO₂.
- **Μετάβαση στη ξηρά**: πρώτα **τετράποδα** (π.χ. *Tiktaalik*).
- Εκτεταμένοι **κοραλλιογενείς ύφαλοι**.
- Κλίμα αρχικά **θερμό**, προς το τέλος πιο **ασταθές**.
- Κλείνει με **μαζικές εξαφανίσεις Ανώτερου Δεβονίου**.
- **Υποδιαιρέσεις (ICS)**:
 - **Κατώτερο**: Λογκόβιο – Πράγιο – Εμσιο
 - **Μέσο**: Αϊφέλιο – Ζιβέτιο
 - **Ανώτερο**: Φράσνιο – Φαμμένιο

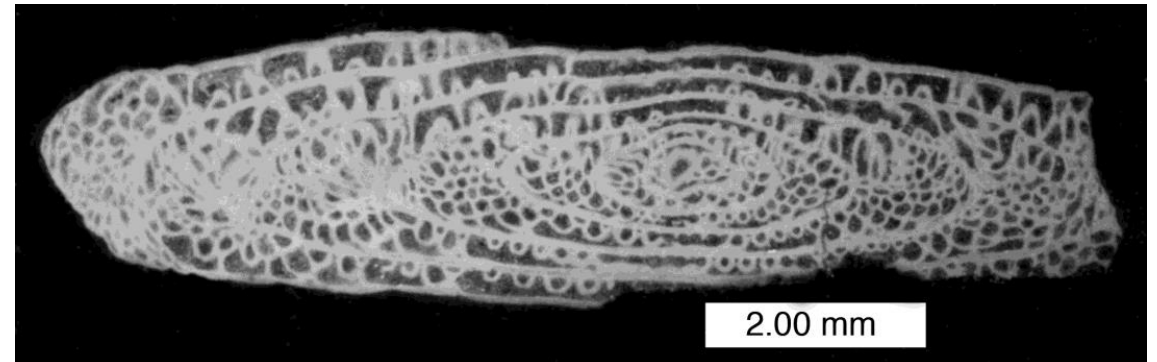


**Κοράλλια από το Δεβόνιο της Χίου
(400 εκ. χρόνια πριν)**

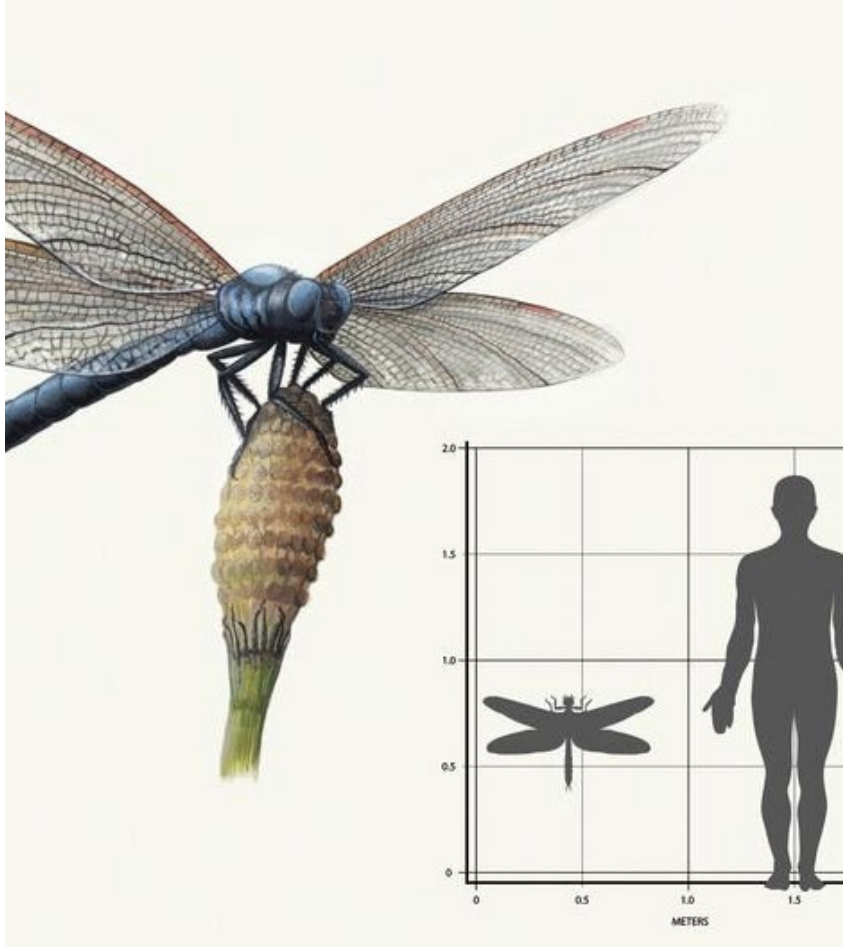
Ασβεστόλιθος με φουσουλίνες



Triticites sp. (φουσουλίνα)

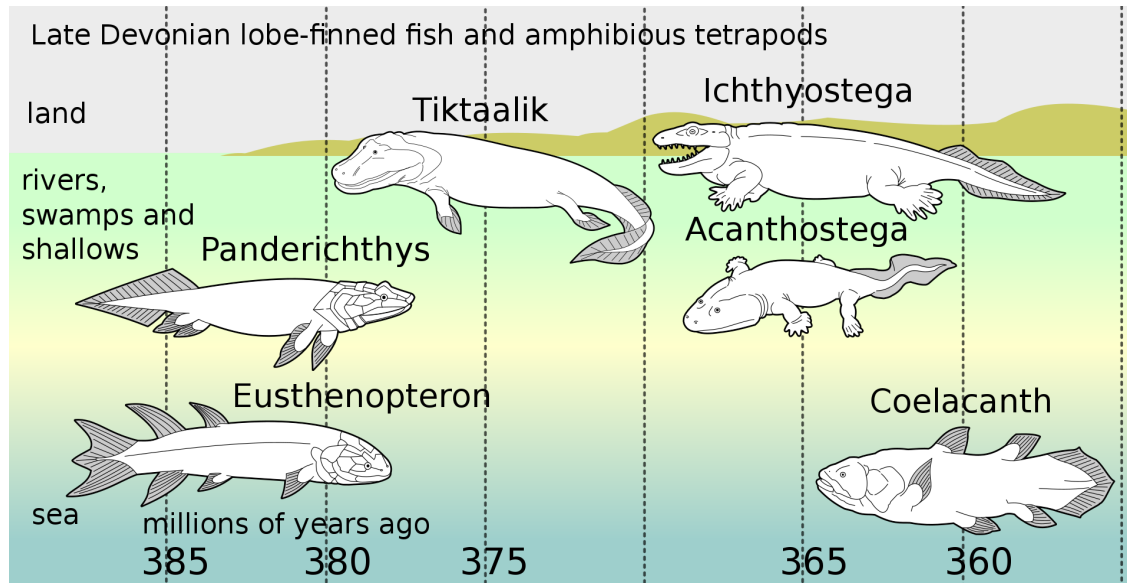


Εξάποδα (Hexapoda):



- Ομάδα **αρθρόποδων** με **έξι πόδια**.
- Σώμα σε **τρία τμήματα**: κεφάλι – θώρακας – κοιλία.
- Περιλαμβάνουν τα **έντομα** και συγγενείς ομάδες.
- Πρώτη εμφάνιση στη **ξηρά** στο **Σιλούριο–Δεβόνιο**.
- ➡ Τα πιο επιτυχημένα ζώα της ξηράς.

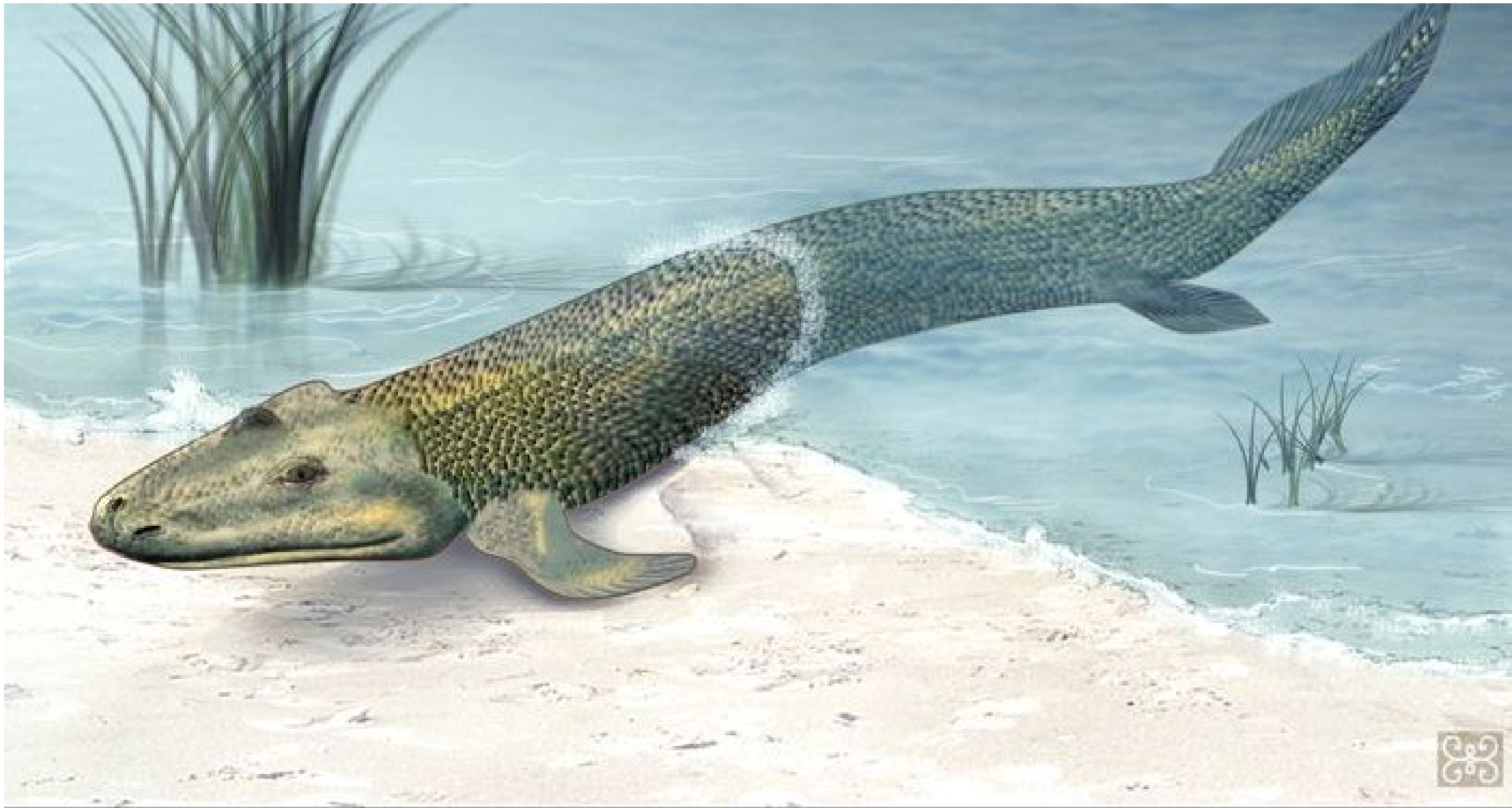
Τα αμφίβια



- Τέλος **Δεβονίου**.
- Περίπου **370–360 εκατ. έτη** πριν.
- Προήλθαν από **λοβοπτερύγια ψάρια**.
- Πρώτα **τετράποδα**, προσαρμοσμένα σε νερό και ξηρά.
- ➔ Σηματοδοτούν τη **μετάβαση της ζωής από το νερό στη στεριά**.

Tiktaalik





Μαζική εξαφάνιση Ανώτερου Δεβονίου (~372–359 Ma):

- **Σειρά εξαφανίσεων** (όχι ένα στιγμιαίο γεγονός).
- Επηρέασε έντονα **θαλάσσια οικοσυστήματα**.
- Μεγάλη απώλεια **κοραλλιογενών υφάλων**, πλακόδεερμων ιχθύων και βενθικών οργανισμών.
- Πιθανά αίτια:
 - **Ανοξία ωκεανών** (black shales),
 - **Κλιματική αστάθεια** (ψύξη/θέρμανση),
 - **Μείωση CO₂** λόγω εξάπλωσης χερσαίων φυτών,
 - Πιθανή **ηφαιστειακή δραστηριότητα**.
-  Άνοιξε τον δρόμο για την **εξέλιξη νέων ομάδων** στο Λιθανθρακοφόρο.

Αναπαράσταση της ζωής πριν από τη μαζική
εξαφάνιση του ανώτερου Δεβονίου (πριν 360
εκατ. χρόνια).

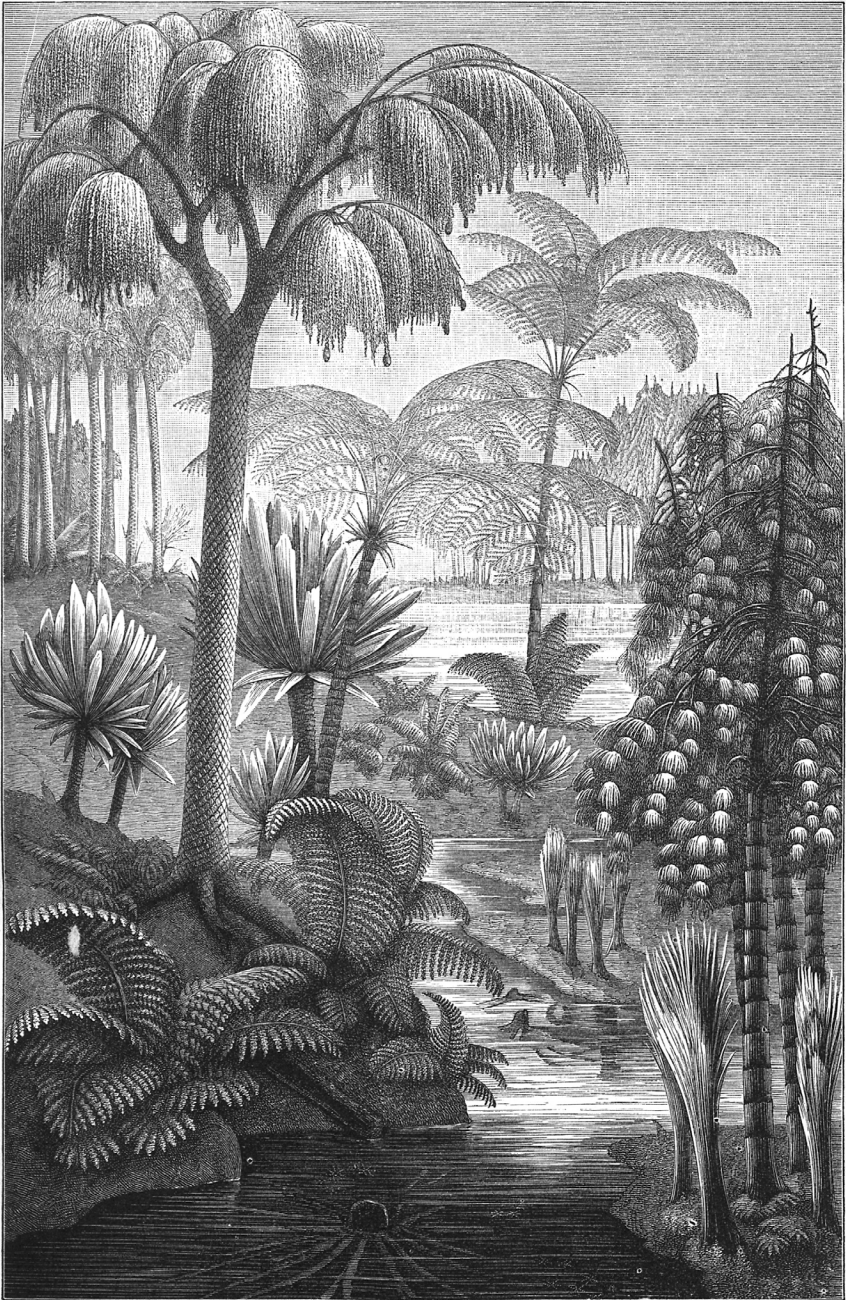


Λιθανθρακοφόρο (359–299 Ma):

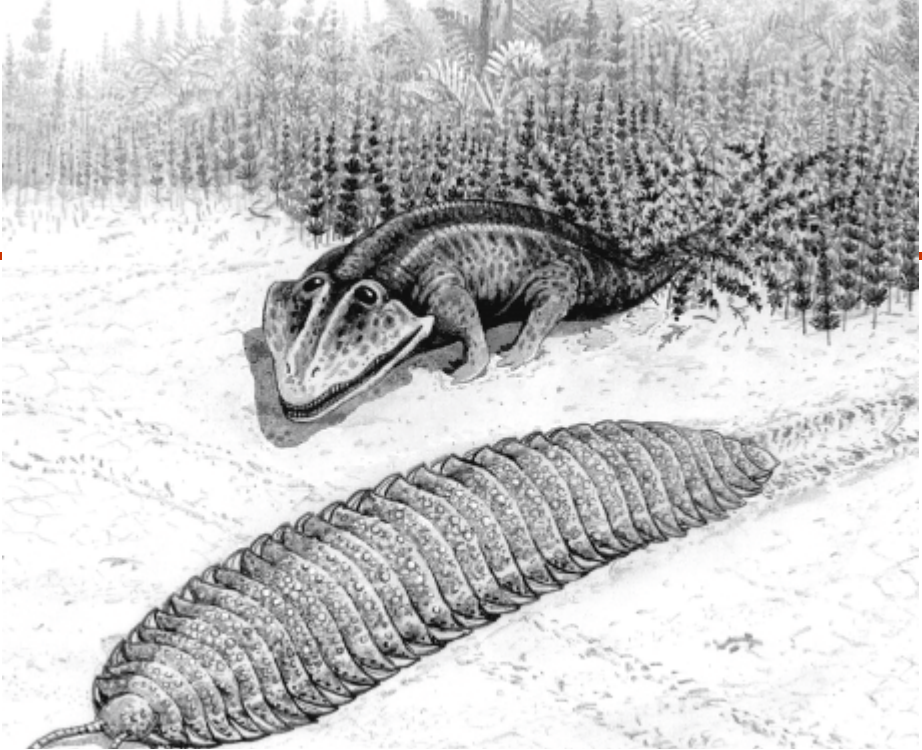
- Εκτεταμένα **έλη και δάση** → σχηματισμός **λιθανθράκων**.
- **Υψηλό O₂** στην ατμόσφαιρα.
- **Γιγαντισμός εντόμων** (π.χ. *Meganeura*).
- Ακμή **αμφίβιων**.
- Εμφάνιση **πρώτων ερπετών** (αμνιωτικό αυγό).
- Κλίμα: **θερμό–υγρό**, με παγετώνες στη **Γοντβάνα**.
- **Υποδιαιρέσεις:**
 - **Μισσισσίπιο (Κάτω)**
 - Τουρναίσιο
 - Βιζέο
 - **Πενσυλβάνιο (Άνω)**
 - Ναμούριο
 - Βεστφάλιο
 - Στεφάνιο



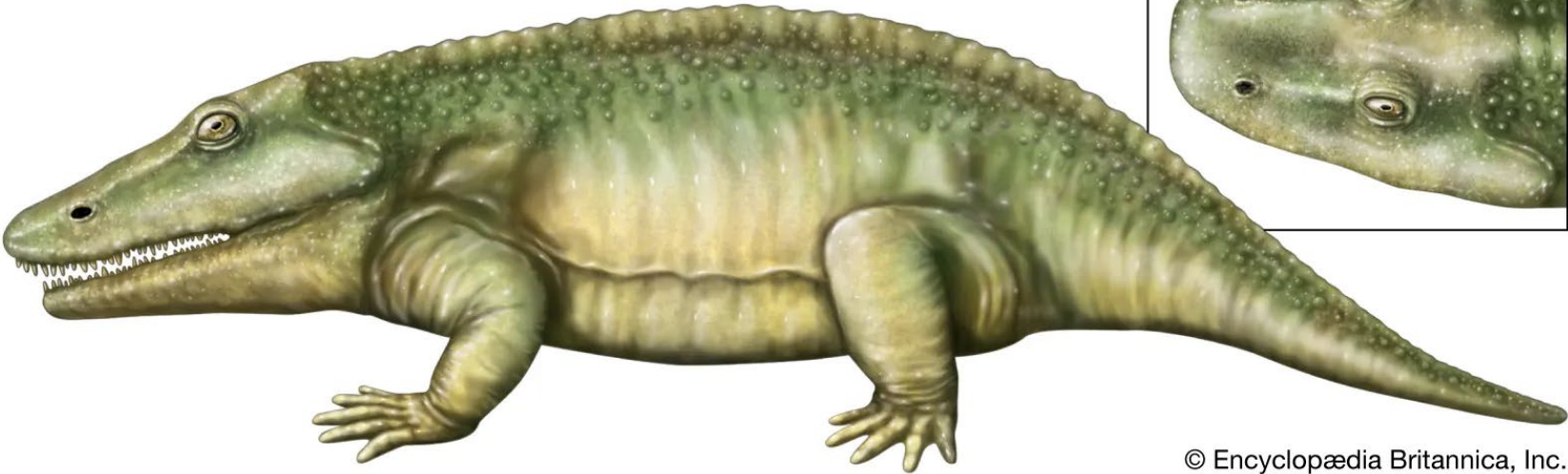
Steinkohlenformation II.



1. Zahnfarn (Odontopteris). — 2. Schuppenbaum (Lepidodendron). — 3. Cordaites borassifolia. — 4. Pecopteris cyathea. — 5. Kalamiten. — 6. Sigillaria. — 7. Stigmarienform einer Sigillarie mit Wurzeln im Wasser. — 8. Blattstern von Annularien.

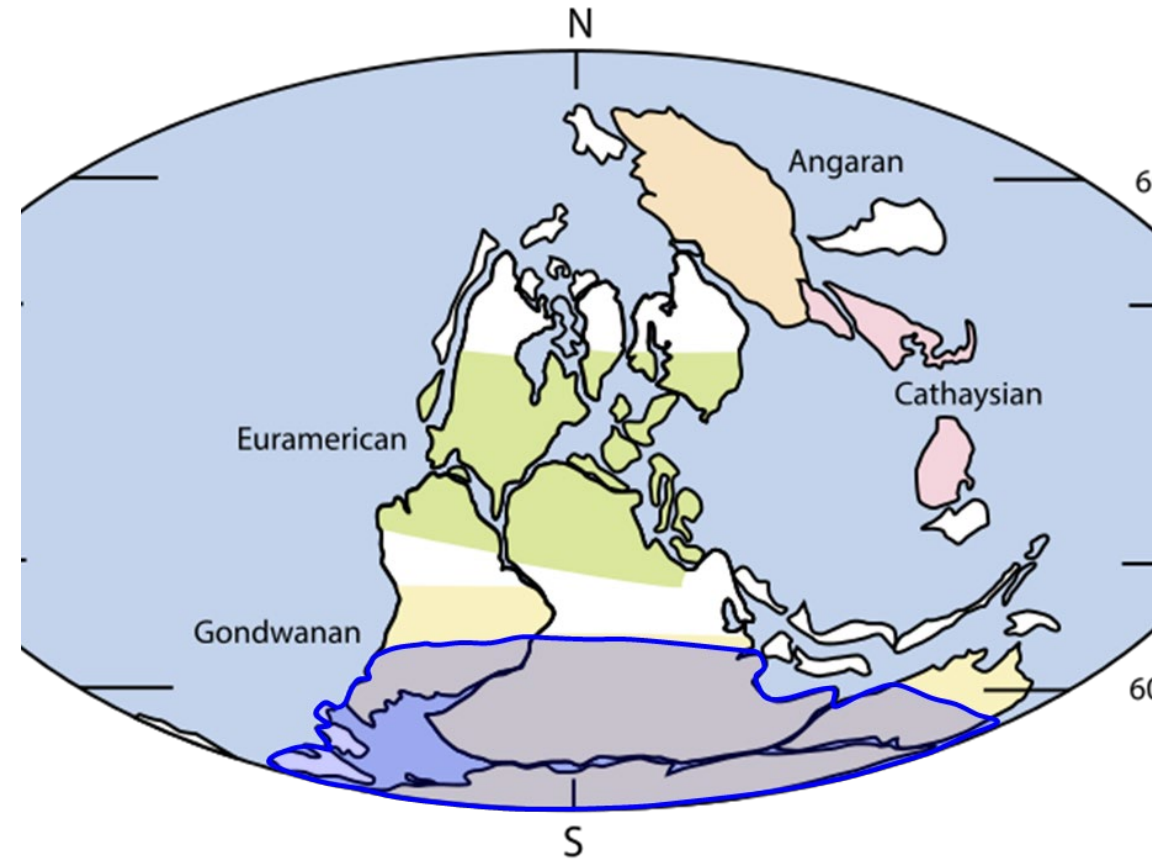


Eryops



Παγετώνες Λιθανθρακοφόρου–Πέρμιου (Late Paleozoic Ice Age):

- **Χρονικό πλαίσιο:** Ανώτερο Λιθανθρακοφόρο → Κατώτερο Πέρμιο (~320–280 Ma).
- **Θέση:** κυρίως στη **Γκοντβάνα** (N. Αμερική, Αφρική, Αυστραλία, Ανταρκτική, Ινδία).
- **Αποδείξεις:** **τιλλίτες**, παγετωνικές χαράξεις, dropstones.
- **Κλίμα:** επαναλαμβανόμενες **παγετώδεις–μεσοπαγετώδεις** φάσεις.
- **Αίτια:**
 - χαμηλό **CO₂** (δέσμευση από εκτεταμένα δάση),
 - θέση ηπείρων σε **υψηλά νότια πλάτη**,
 - επίδραση της **Παγγαίας** στην κυκλοφορία ατμόσφαιρας/ωκεανών.
- **Συνέπειες:** μεγάλες **ευστατικές πτώσεις/άνοδοι** στάθμης θάλασσας, κλιματική ξήρανση προς το Πέρμιο.
- ➔ Η μεγαλύτερη και μακροβιότερη παγετώδης φάση του Παλαιοζωικού.



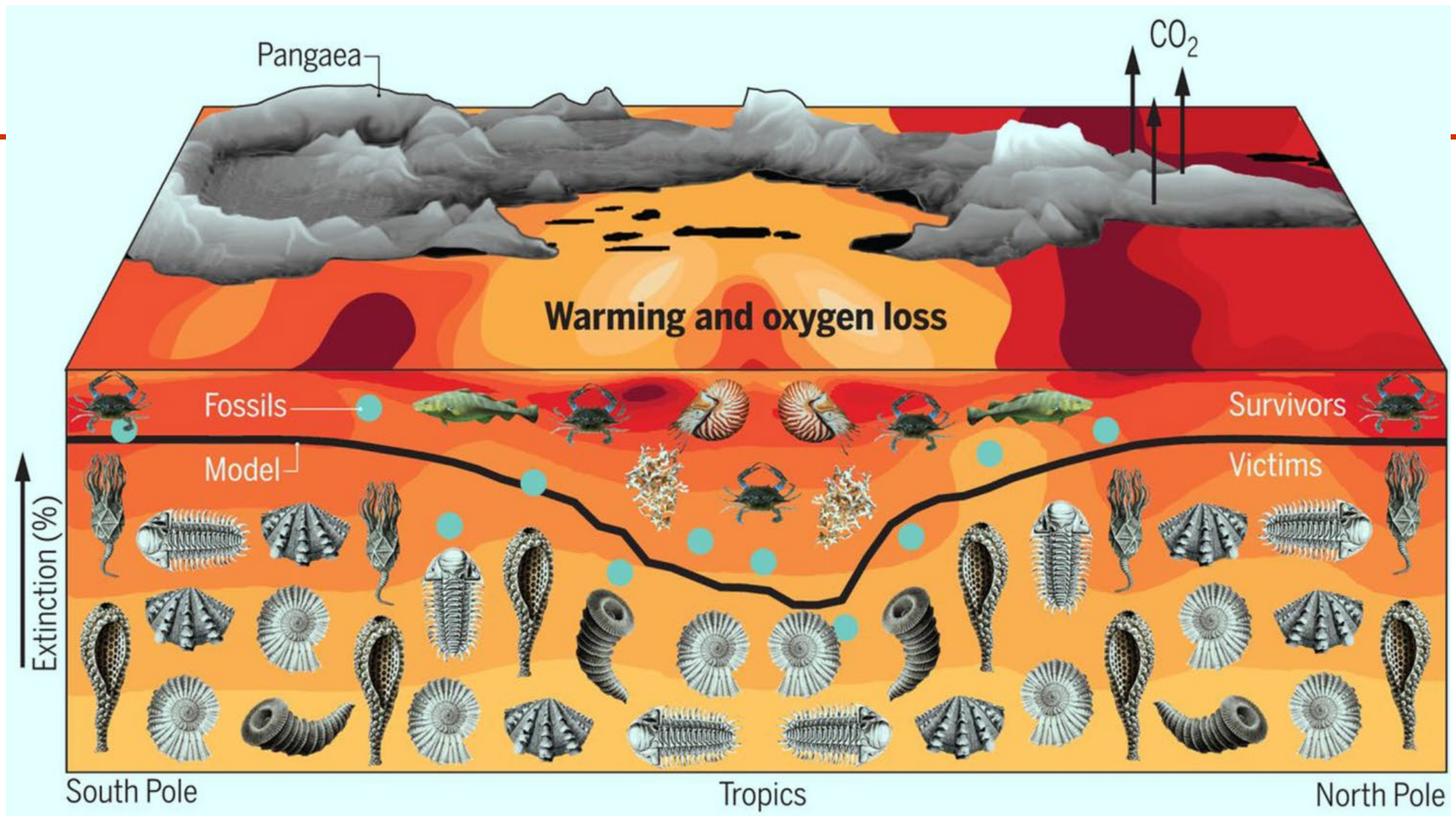
Drawn from DiMichele et al. 2005, Plant Biodiversity Partitioning in the Late Carboniferous

Πέρμιο (299–252 Ma):

- Τελευταία περίοδος του **Παλαιοζωικού**.
- **Υπερήπειρος Παγγαία** → έντονα ηπειρωτικό, ξηρό κλίμα.
- Υποχώρηση παγετώνων Λιθανθρακοφόρου.
- Κυριαρχία **ερπετών και συναψιδωτών** (πρόγονοι θηλαστικών).
- Μείωση υφάλων· αλλαγή θαλάσσιων οικοσυστημάτων.
- Κλείνει με τη **μεγαλύτερη μαζική εξαφάνιση** (τέλος Πέρμιας, ~252 Ma).
- **Υποδιαιρέσεις (ICS):**
 - Κάτω Πέρμιο
 - Μέσο Πέρμιο
 - Άνω Πέρμιο
-  Σηματοδοτεί το τέλος του Παλαιοζωικού και την αρχή του Μεσοζωικού.

Μαζική εξαφάνιση τέλους Περμίου (P–T):

- **Ανεπίσημα ονομάζεται “το μεγάλο θανατικό”**
- **~252 εκατ. έτη πριν.**
- **Η μεγαλύτερη** μαζική εξαφάνιση στην ιστορία της Γης.
- Εξαφανίστηκε **~90–96%** των θαλάσσιων ειδών και **~70%** των χερσαίων σπονδυλοζώων.
- **Κύρια αίτια:**
 - **Τεράστια ηφαιστειακή δραστηριότητα** (Σιβηρικές Παγίδες).
 - Απότομη αύξηση **CO₂ & CH₄** → έντονο θερμοκήπιο.
 - **Ανοξία/ευξινία** ωκεανών, οξίνιση.
 - Κλιματική και οικολογική κατάρρευση.
-  **Όριο Παλαιοζωικού–Μεσοζωικού.**



Παλαιοζωικός στην Ελλάδα – τι γνωρίζουμε:

- **Δεν υπάρχουν εκτεταμένες, συνεχείς παλαιοζωικές ακολουθίες** όπως στη Β. Ευρώπη.
- Ο Παλαιοζωικός **σώζεται αποσπασματικά** και κυρίως ως **μεταμορφωμένο υπόβαθρο**.
- **Κύρια στοιχεία:**
 - **Μεταμορφωμένα πετρώματα Παλαιοζωικού** (γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, αμφιβολίτες)
→ π.χ. **Ροδόπη, Σερβομακεδονική μάζα, Πελαγονική ζώνη**.
 - **Παλαιοζωικοί γρανίτες & πλουτωνίτες** (Δεβόνιο–Λιθανθρακοφόρο).
 - **Ιζηματογενή αποσπάσματα** (κυρίως Δεβόνιο–Πέρμιο) σε τεκτονικά καλύμματα.
 - Απολιθώματα **σπάνια**, λόγω μεταμόρφωσης.
- **Τεκτονική σημασία:**
 - Ο Παλαιοζωικός αντιστοιχεί στο **προαλπικό υπόβαθρο** της Ελλάδας.
 - Έχει υποστεί **πολλαπλές ορογενέσεις** (Βαρισκική + μεταγενέστερες Αλπικές).

Αλλόχθονο της Χίου - Μέσο Πέρμιο





Αλλόχθονο της Χίου – Μέσο Πέρμιο

Αμμωνίτες Κορακάρη φάσεως Hallstatt ηλικίας 280-225 εκατομ. ετών



Αναπαράσταση αμμωνιτών



Ο Παλαιοζωϊκός στην Ελλάδα

Σχηματισμοί Ορδοβισίου: Βρέθηκαν στην Κω, μαύροι σχιστόλιθοι και ασβεστόλιθοι με τα παλαιότερα απολιθώματα της Ελλάδας (*Fenestella cornicola*, *Orthis noctilio*) με ηλικία Αν. Ορδοβίσιο.

Σχηματισμοί Σιλουρίου: Στη Χίο προσδιορίστηκε σε σχιστόλιθους το Κατώτερο Σιλούριο με γραπτόλιθους και τον τριλοβίτη *Harpes*, και το Ανώτερο σε ασβεστόλιθους με κωνόδοντα

Σχηματισμοί Δεβονίου: Στη Κω και τη Χίο σε ασβεστόλιθους βρέθηκαν κοράλλια, βραχιονόποδα, γαστερόποδα.

Σχηματισμοί Λιθανθρακοφόρου: Ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι με κοράλλια, βραχιονόποδα, τρηματοφόρα, εχινόδερμα, γαστερόποδα. Βρέθηκαν σε Χίο, Ύδρα, Αττική, Εύβοια, Κρήτη. Στην Πάρνηθα ο παλαιότερος αμμωνίτης της Ελλάδας *Pericleites atticus*.

Σχηματισμοί Περμίου: Ασβεστόλιθοι με κοράλλια, βραχιονόποδα, τρηματοφόρα, εχινόδερμα, γαστερόποδα. Βρέθηκαν σε Χίο, Ύδρα, Αττική, Εύβοια, Κρήτη, Λέσβο, Πελοπόννησο, Όρθρυ, Λοκρίδα, Λέρο, Κάλυμνο. Στη Πελοπόννησο και τη Κρήτη αποτελούν το προαιπικό υπόβαθρο της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως και της Ιόνιας ζώνης.