

STORIA DEL CLIMA

PARTE SECONDA

Fine del Proterozoico

- Un'ultima breve glaciazione e.....

La sorpresa del cambriano



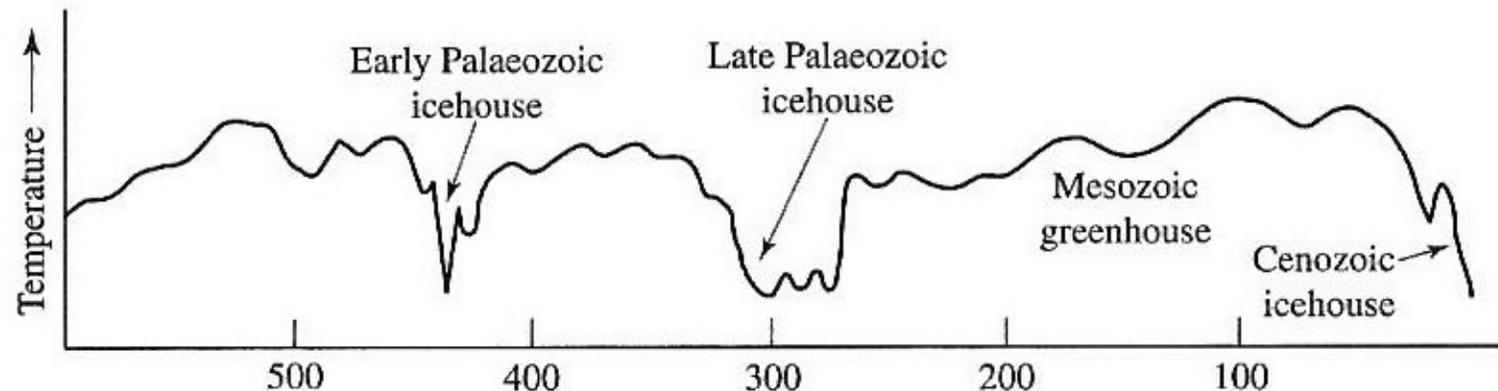
L' avvento degli animali cambia la paleoclimatologia

- Compaiono animali di grandi dimensioni con strutture solide e fossilizzabili
- Nuovi strumenti di indagine:
 - Frequenze isotopiche relative
 - Composizione dei gusci (calcite vs aragonite)
 - Ossigenazione ed anossia dei fondali
 - Circolazione termoalina
- Dati sui climi preistorici molto piu' precisi e dettagliati.

Il clima negli ultimi 500 mln di anni

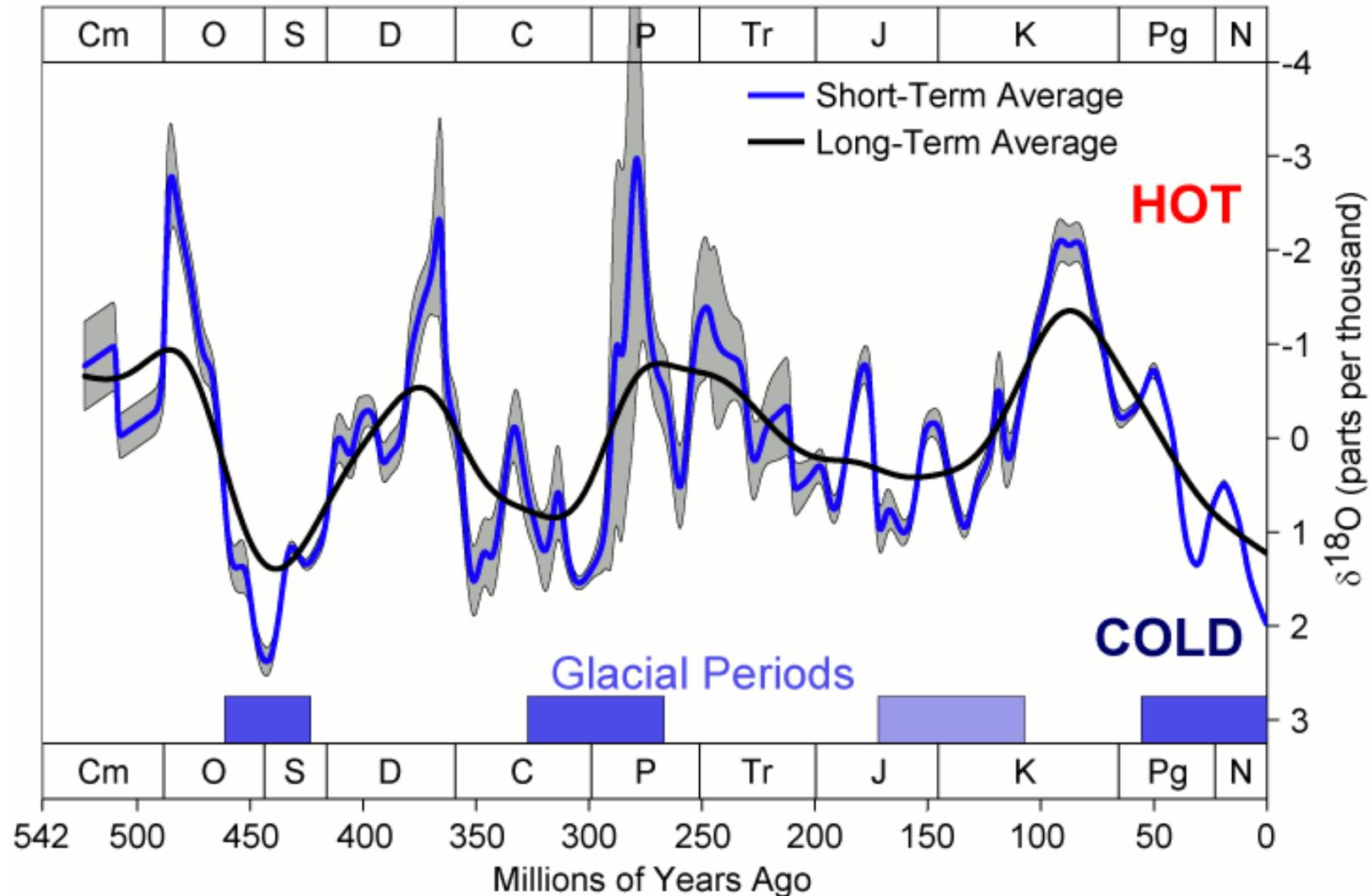
was considerably warmer, though again, the climate was variable, and at times modest amounts of polar ice could form.

Of the Earth's Phanerozoic icehouse states, two are in the Palaeozoic Era: one, now termed the 'Early Palaeozoic Icehouse' centred on the boundary between the Ordovician and Silurian periods, peaking some 440 million years ago; and a later one centred on the Carboniferous and early Permian periods, 325 to 280 million years ago. The Mesozoic Era was essentially a greenhouse state, being almost



Il clima negli ultimi 500 mln di anni

Phanerozoic Climate Change



Il clima nel paleozoico (542-251)

- Inizialmente un lungo periodo caldo
- Ciò favorisce la vita negli oceani
- E la colonizzazione delle terra emerse
- Prima alghe e piante acquatiche
- Poi molluschi e insetti e infine anfibi
- Seguono due grandi glaciazioni
- E finisce con la Grande Estinzione del Permiano

Alternanza di due equilibri

- Terra Tropicale:
- Clima caldo:
 - medie vicino ai 30°C
 - Oceani caldi fino in profondità
 - Assenza di calotte polari
 - Alte latitudini con clima temperato
 - Co₂ da 20 a 30 volte superiore all' attuale
 - Linea di costa 200 metri piu' in alto
 - Arresto della circolazione Oceanica
 - Fondo marino anossico

Alternanza di due equilibri

- Clima glaciale:
 - Comparsa di calotte polari
 - Fondali freddi
 - Forte circolazione termoalina
 - Fondali marini ossigenati e pieni di vita
 - Riduzione della CO_2 atmosferica
 - Ampie fluttuazioni climatiche
- Negli ultimi 30 milioni di anni clima glaciale

Picchi ipertermici

- Periodi super-caldi
- Brevi (da 100.000 a qualche milione di anni) impennate della temperatura, anche di 20°C
- Co2 100 volte superiore all' attuale
- Si pensa dovute a gigantesche eruzioni vulcaniche con emissioni di quantità devastanti di gas serra
- Esamineremo fra poco il peggiore di tutti: il PETM

Alteranti climatici naturali

- Ricordiamo l'equazione dell'equilibrio termico:



- Possiamo distinguere in alteranti esterni al pianeta e alteranti endogeni

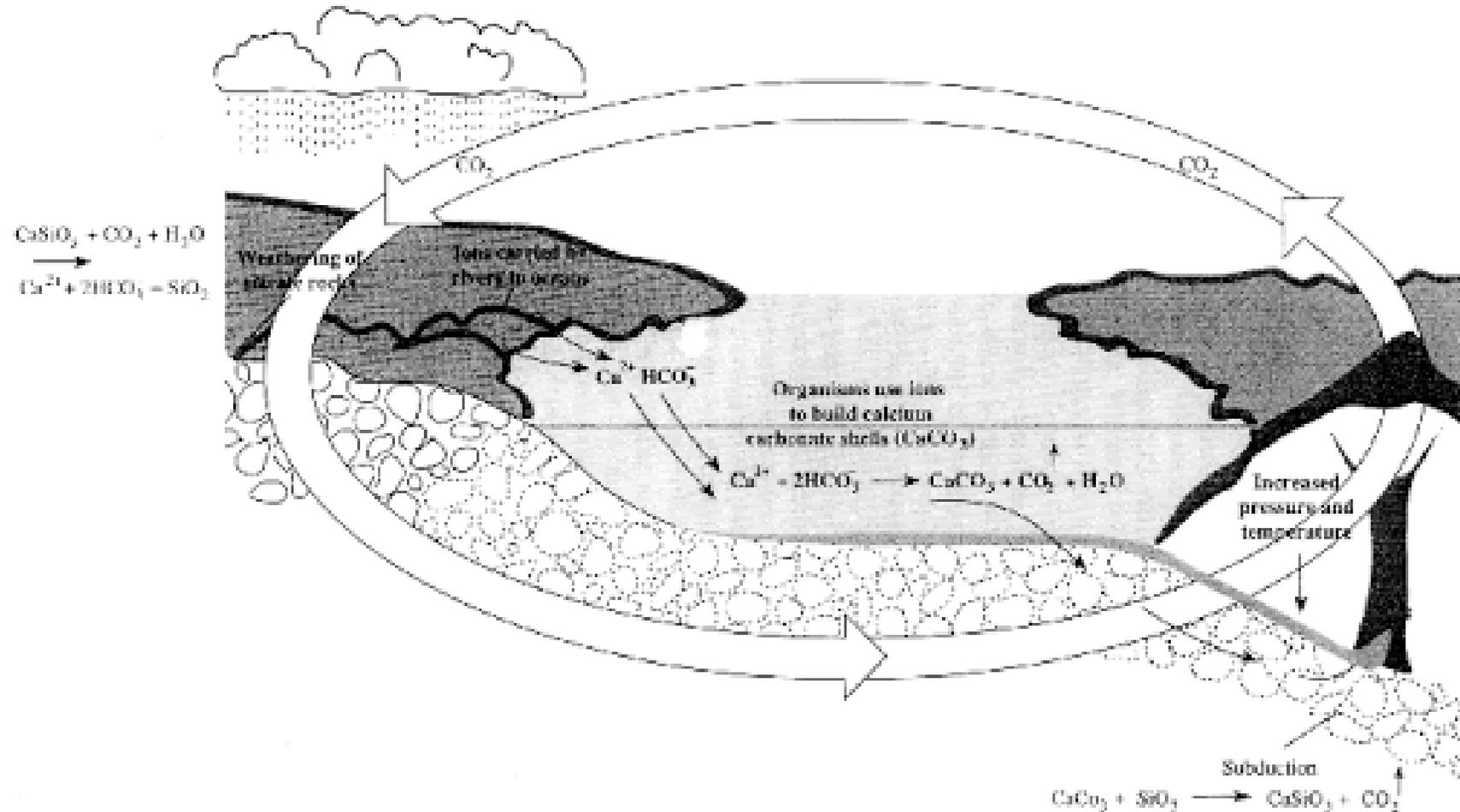
Alteranti esogeni

- Radiazione solare (+1% ogni 100 milioni di anni)
- Variazioni della orbita terrestre o cicli di Milankovic
 - Precessione
 - Eccentricità
 - Inclinazione asse polare
 - Fondamentali nelle fasi glaciali.

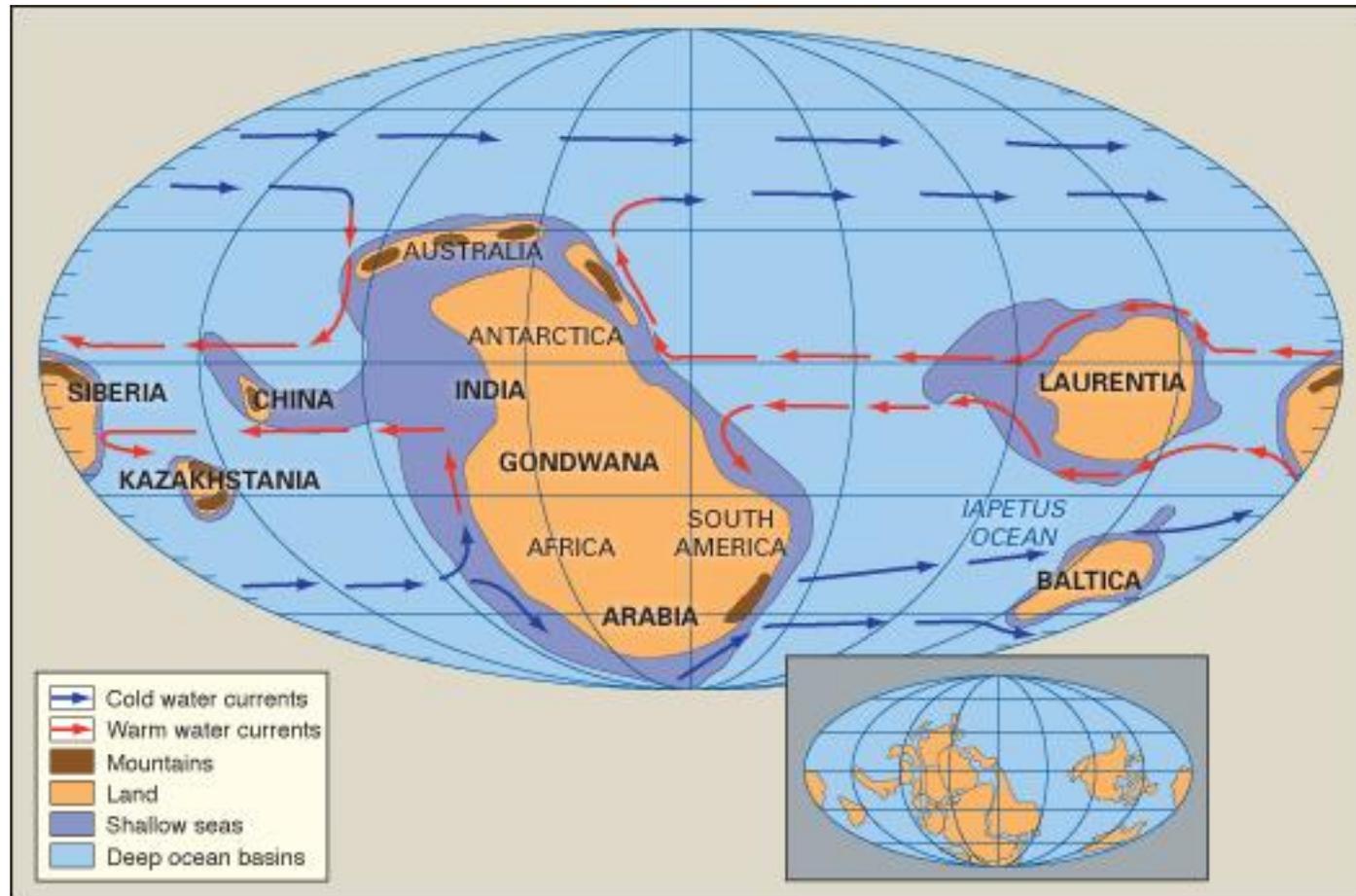
Alteranti endogeni

- Ciclo del Carbonio
- Variazioni di albedo
- Posizionamento dei continenti
- Formazione o frazionamento dei supercontinenti (Rodinia e Palla di Neve)
- LIP (Large Igneous Province) eruzioni catastrofiche di portata globale

Ciclo del Carbonio



Primo paleozoico (542-444)



Primo Paleozoico (543-444)

- La suddivisione di Rodinia in due super continenti (Laurentia e Gondwana) favorì clima caldo e stabile
- Sopravvengono intense glaciazioni con la seconda più grande estinzione di massa della storia
- Causa non conosciuta
- Ipotesi due concause:
 - Gondwana sul Polo Sud
 - Esplosione vegetali sulla terra ferma con diminuzione CO_2 (sempre oltre 10 volte l'attuale)

Paleozoico medio (444-360)

- Torna il caldo
- Terra priva di ghiacci e livello dei mari massimo
- Enormi foreste (errore attribuire a Carbonifero)
- Clima tropicale anche ai poli
- Ossigeno al 30%, insetti giganteschi
- Grande riduzione Co₂ La Terra si Raffredda

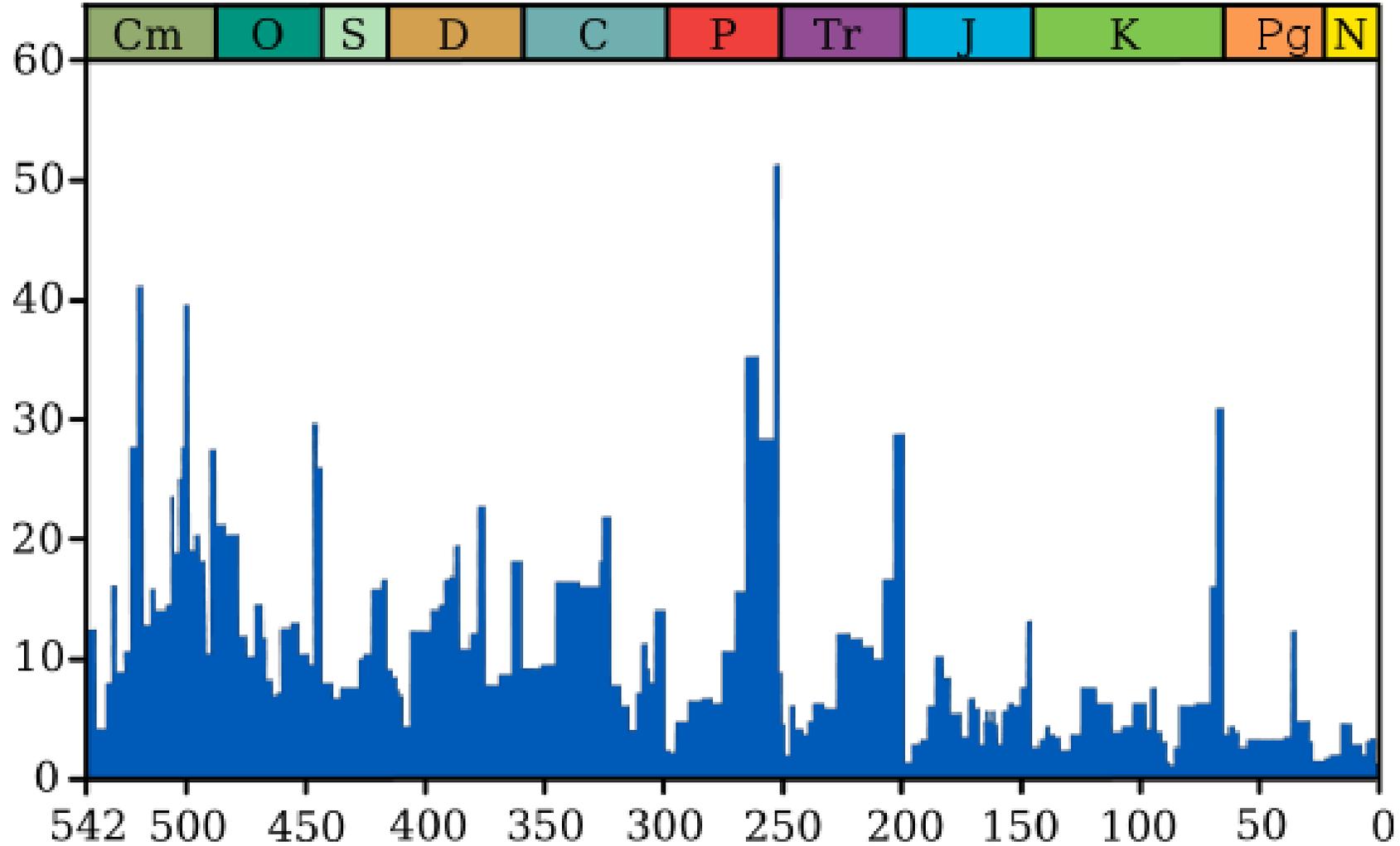
Paleozoico tardo (360-251)

- Co₂ simile a livelli odierni
- Glaciazione intensa e durevole (80 milioni di anni)
- La Terra ne esce piu' calda che mai
- La ricostituzione di un unico supercontinente: Pangea, favorisce un clima arido e caldo
- Su questo si innesta la piu' grande catastrofe ambientale conosciuta: la PTME (Permian-Triassic Mass Extinction)

Ma ecco la catastrofe

- Nel breve spazio di 80.000 anni
- La piu' grande estinzione di massa della storia
- 96% delle specie marine
- 75% delle specie terrestri inclusa la vegetazione
- Unica grande estinzione degli insetti
- Lascia il pianeta quasi disabitato e i mari deserti
- Cosa e' successo: una grande catastrofe ecologica

La piu' grande estinzione



Indizi

- Sparizione dei fossili in tutto il mondo per circa 4 milioni di anni
- Aumento di funghi sarcofagi
- Aumento di C12
- Annerimento dei depositi marini
- Segni di grande riscaldamento
- Quasi dimezzamento dell'ossigeno atmosferico
- La soluzione nelle rocce della Groenlandia

Le eruzioni Siberiane



Causa piu' probabile

- Forse attivata dalla caduta di un meteorite 100 volte piu' massiccio di quello dei dinosauri
- Cratere di Wilkes in Antartide
- Oppure emersioni ricorrenti di gocce di mantello surriscaldato con ciclo di 30 milioni di anni

Le eruzioni Siberiane

- 7 Milioni di km²
- 4 milioni di km³
- Spessore fino a 3 km
- Tipo esplosivo
- Enormi quantitativi di H₂S e CO₂ immessi nell' atmosfera

La sequenza

- Prima ondata
 - Piogge acide con distruzione di flora e fauna con guscio
 - Moria di massa con aumento dei funghi e rilascio di C12
 - Rialzo d 8 gradi
 - CO2 non piu' assorbita
 - Dissoluzione di tutti i gusci calcarei
 - Morte quasi totale delle creature marine

Seconda ondata dopo circa 80.000 anni

- CH₄ reagisce con l'ossigeno in acqua e atmosfera
- Oceani anossici: morte totale
- Ossigeno -50%: il colpo finale
- La temperatura si alza di altri 10 gradi
- Terraferma un forno
- Oceani con temperatura superficiale di 50 gradi

Cosa sopravvisse e come

- Specie Lazzaro
- Sopravvivenza forse casuale o nicchie fortunate
- 4 milioni di anni per ripopolare la terra
- Da 10 a 30 milioni di anni per gli oceani
- 100 milioni di anni per la stessa diversificazione

L' epoca dei Dinosauri (251-65)

- Inizio poco promettente
- Carezza di Ossigeno
- Mari bollenti e anossici
- Atmosfera acida
- Vita quasi estinta

Il clima torna in equilibrio

- Potentissimi riequilibratori:
 - CO_2 si scioglie negli Oceani e precipita sul fondo come carbonato (millenni)
 - L' aumento di evaporazione cresce la copertura nuvolosa con aumento dell' albedo
 - Aumento delle piogge, dell' erosione e dilavamento della CO_2
 - Arricchimento nutrienti marini fanno ripartire microfauna che assorbe CO_2 e produce Ossigeno

Il clima torna in equilibrio

- Si ristabilisce il clima Tropicale
- Co₂ su livelli 10 volte gli attuali
- Temperatura media sui 20°C con picchi fino a 30°C (oggi 15°C)
- Poli temperati
- Oceani anossici e assenza di circolazione termoalina
- I modelli climatici attuali non riescono a spiegare

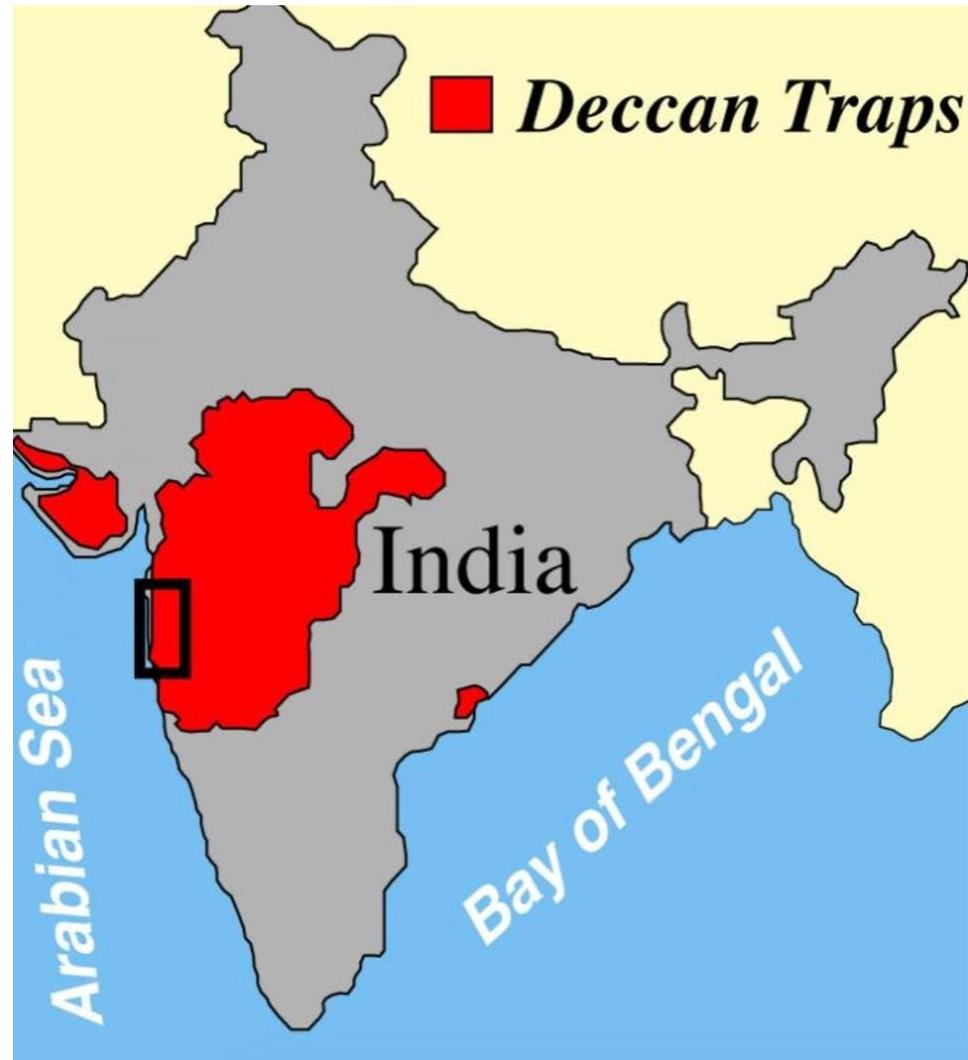
Considerazioni sui modelli previsionali

- Applicati al passato, i modelli attuali per lo piu' falliscono:
 - Non riproducono terra palla di neve
 - Non riproducono la Terra Tropicale (carenza di scambio termico fra
 - Non riescono a riprodurre i picchi ipertermici e soprattutto il loro smorzamento
 - C'è qualche fattore importante che sfugge:
 - Forse il tipo di circolazione atmosferica
 - Forse il ruolo completo della copertura nuvolosa

La fine dei Dinosauri

- Il clima tropicale diviene piu' arido verso la fine del mesozoico
- Si riscalda anche di quasi 5°C
- Si scatena un' altra bufera vulcanica quando mezza India viene ricoperta di lava
- Lo biosfera e' già sotto stress

Le eruzioni del Deccan



Le eruzioni del Deccan



E per finire



E per finire

- Termina drammaticamente il Mesozoico
- Estinzione del 75% delle specie viventi
- Poco effetto sul clima
- Effetti intensi e catastrofici ma limitati a pochi anni al massimo un centinaio
- Inizia l'ultima epoca: il Cenozoico

Lo strato K-T



Cenozoico inferiore: fine della Terra Tropicale (65-35)

- Clima caldo per 30 milioni di anni
- Costante calo della Co₂ atmosferica
- Un potente motore di cambiamento in atto: Pangea si stava spezzando in tanti continenti separati
- Si apriva l' Atlantico
- L'India era in rotta di collisione con l'Asia

Si spezza Pangea



Andamento della temperatura nel Cenozoico

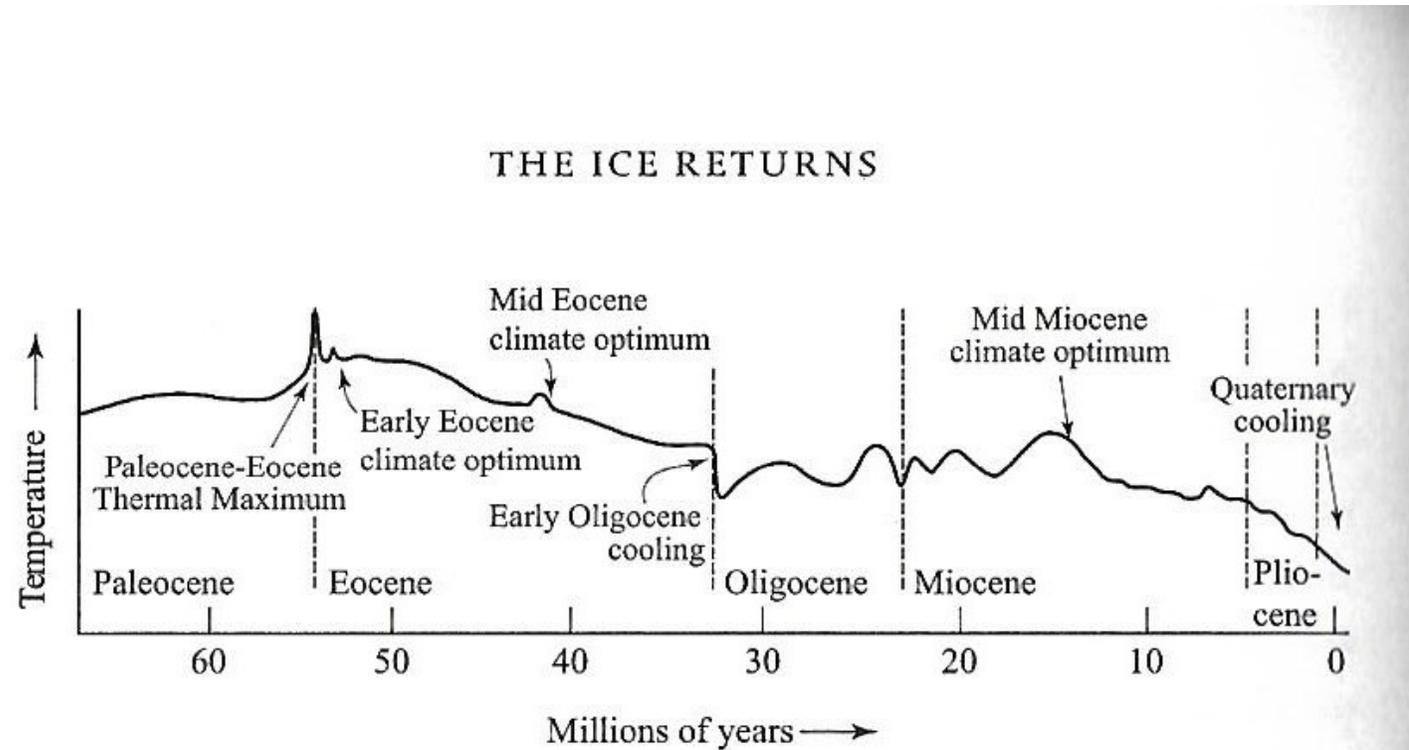
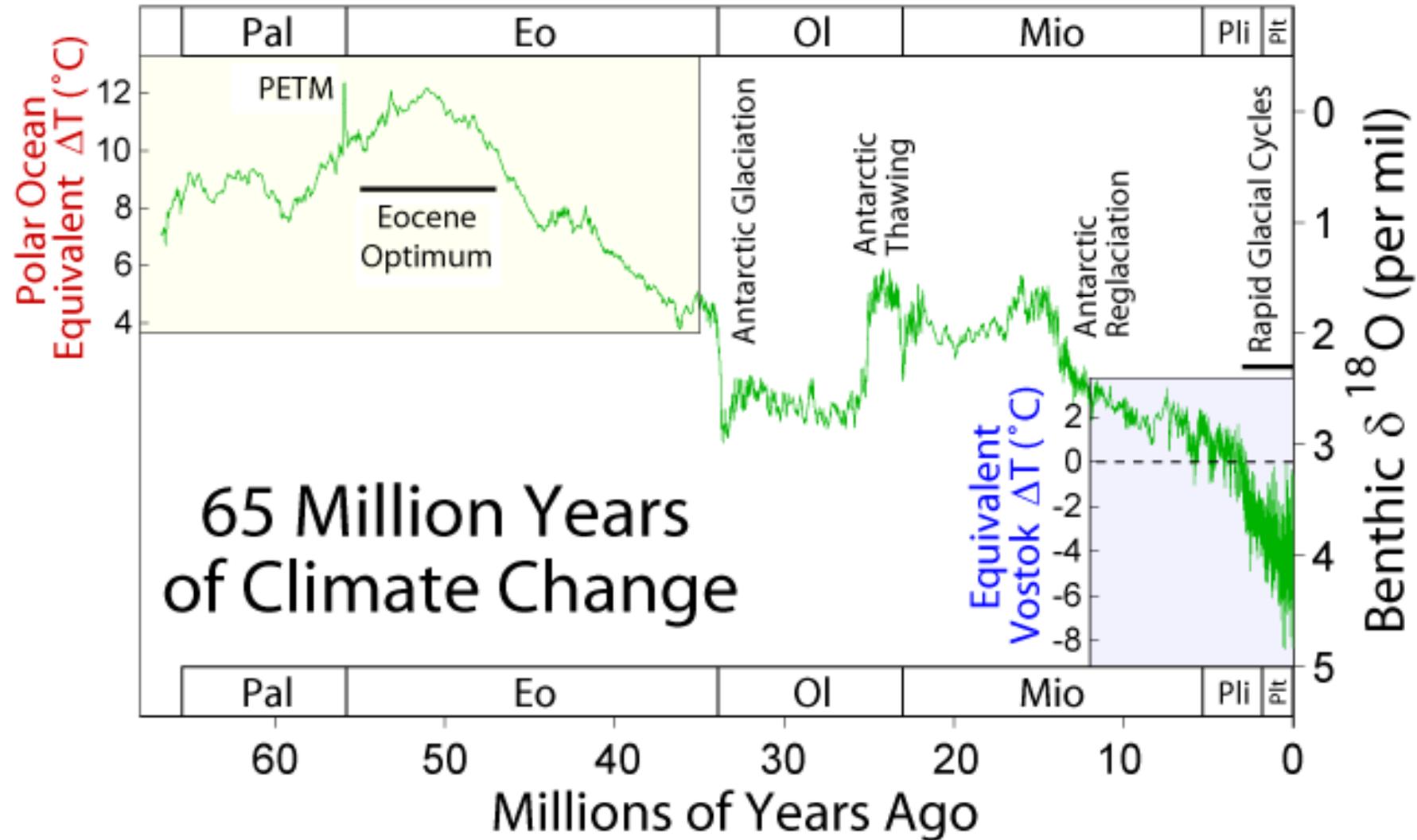


FIG. 18. Major events in the climate history of the past seventy million years. The hyperthermals of the earlier Cenozoic were followed by long-term global cooling. Antarctic glaciation commenced at the Eocene–Oligocene boundary. Extensive Arctic ice sheets were already forming during the Pliocene.

Andamento della temperatura nel Cenozoico



Tettonica in subbuglio

- Due picchi ipertermici causati dalle eruzioni nel Nord Atlantico e l'emersione dell' Islanda
- Riscaldamento di +10°C il piu' intenso in epoca recente
- Intanto si creano l' Himalaya e le Alpi
- Sempre piu' Co2 e' assorbita
- Il clima si raffredda lentamente
- Ma non c'è via di mezzo: o caldo o gelo

Tardo Cenozoico (35-3)

- Irrompe il gelo:
 - Le temperatura cala in poco tempo di 5°C
 - Formazione della calotta antartica permanente
 - Aumento dell' Albedo
- Possibili cause
 - Dilavamento della Himalaya : riduzione Co2
 - Distacco America del Sud da Antartide
 - Formazione della corrente circumpolare antartica che isola climaticamente l' Antartide