

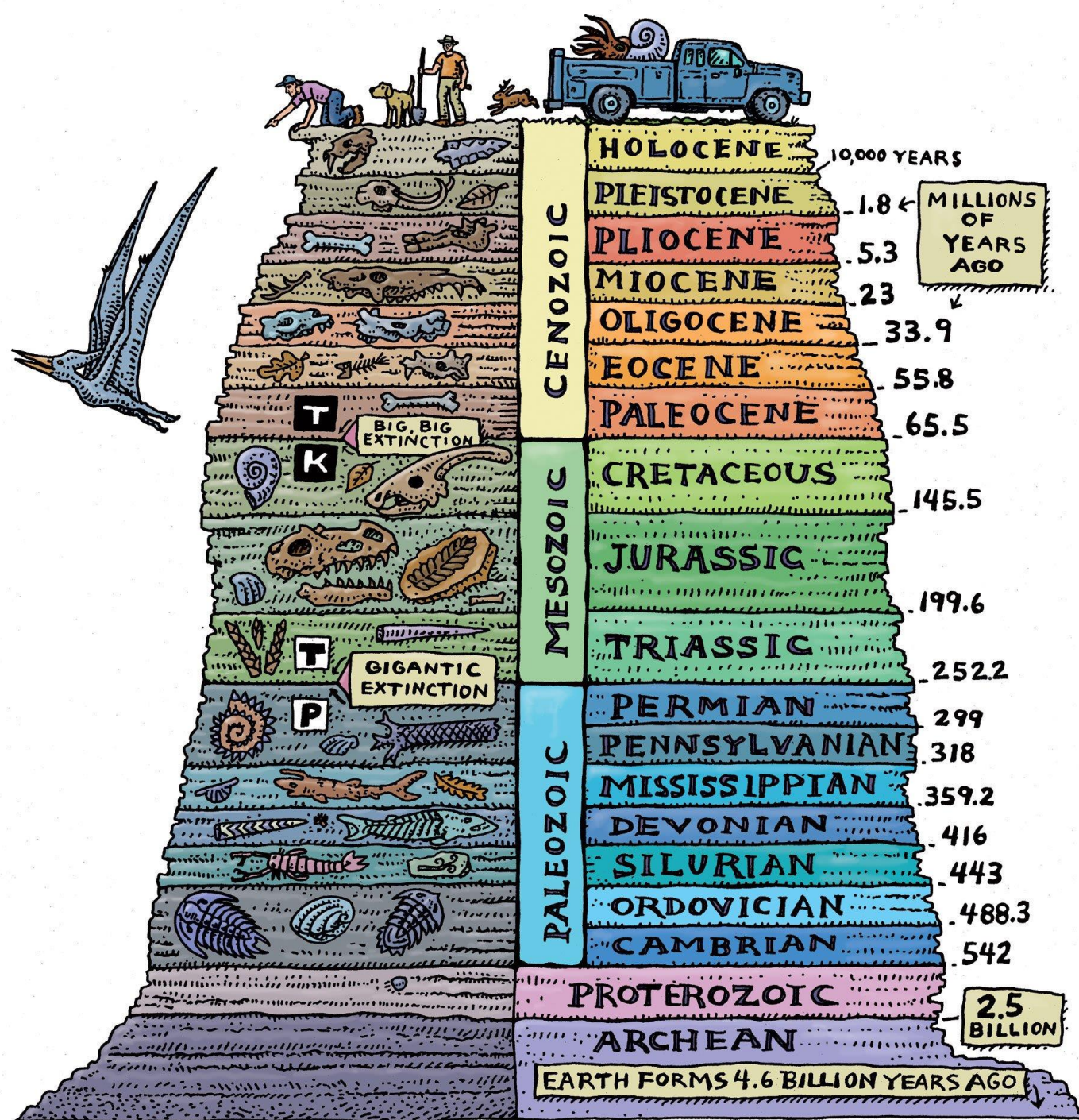
# Geologiset maailmankaudet



Kenotsooinen =  
elämän uusi aika

Mesotsooinen =  
elämän keskiaika

Paleotsooinen =  
elämän vanha aika



Holoseeni  
Pleistoseeni  
Plioseeni  
Mioseeni  
Oligoseeni  
Eoseeni  
Paleoseeni

Liitu

Jura

Trias

Permi

Kivihilli

Devoni

Siluri

Ordoviki

Kambri

Prekambri

EARTH FORMS 4.6 BILLION YEARS AGO

## Ihmislajien synty

-yksi laji jäljellä (me, hiukan risteytyneenä muiden kanssa)

Vahvan tietoisuuden ja abstraktin ajattelun synty

Maanviljelyn keksiminen

Tieteellisen ajattelun synty

Prokaryootteja  
(pieniä soluja)

Eukaryootteja

(monimutkaisia isoja soluja,  
synty kahden solun symbioosina\*)

Monisoluisia  
eukaryootteja

↑  
Yhteyttäviä  
happea tuottavia  
prokaryootteja

↑  
Yhteyttäviä  
eukaryootteja,  
synty kahden  
solun symbioosina

0

3700000000

Elämän synty:  
tapahtunut kerran?

Älä unohda  
viruksia!

Eukaryogeneesi:  
tapahtunut kerran  
"tiistai-iltapäivänä noin 2  
miljardia vuotta sitten  
jossain valtameressä"  
Cobb, M. 2016

Monisoluisuus:  
kehittynyt monta kertaa.  
Solujen erilaistumisaste  
vaihtelee.

Aika  
[vuotta]

## Maapallon elämän historia **24 tunnissa**

Miljoonaa vuotta sitten	Taphtumia	Kellonaika
0,01	Viimeisin jääkausi päättyy	23.59.59,80
0,2	<i>Homo sapiens</i> , nykyihminen	23.59.56
2	<i>Homo habilis</i> , <i>Homo</i> -suvun ensimmäinen laji	23.59.22
65	Liitukauden loppu, dinosaurusten tuho	23.39
175	Nisäkkäät	23.04
227	Ensimmäiset dinosaurukset	22.48
315	Ensimmäiset matelijat	22.20
375	Neliraajaiset sammakkoeläimet kehittyvät kaloista ja siirtyvät maalle	22.00
450	Niveljalkaiset, ensimmäiset maaeläimet	21.36
530	Kalat	21.10
542	Kambriikauden alku	21.07
900	Monisoluiset eläimet	19.12
2 000	Aitotumaiset solut	13.20
3 000	Hapen tuotanto alkaa	8.00
3 500	Alkeelliset yksisoluiset	5.20
4 570	Maapallon synty	0.00.00

Kausi	Päätyi (miljoonaa vuotta sitten)
(Prekambrin kaudet)	541
Kambri	485
Ordoviki	444
Siluri	419
Devoni	359
Kivihili	299
Permi	252
Trias	201
Jura	145
Liitu	66
Paleogeeni	23
Neogeeni	2.6
Kvartääri	

Dinosaurusten synty noin 233 miljoonaa vuotta sitten ja joukkotuho noin 66 miljoonaa vuotta sitten

Kausi	Päätyi (miljoonaa vuotta sitten)
(Prekambrian kaudet)	541
Kambri	485
Ordoviki	444
Siluri	419
Devoni	359
Kivihälli	299
Permi	252
Trias	201
Jura	145
Kriata	66
Paleogeeni	23
Neogeeni	2.6
Kvartääri	

Kausi	Epookki	Päätyi (miljoonaa vuotta sitten)
Paleogeeni	Paleoseeni	56
	Eoseeni	34
	Oligoseeni	23
Neogeeni	Mioseeni	5.3
	Plioseeni	2.6
Kvartääri	Pleistoseeni	0.0012
	Holoseeni	

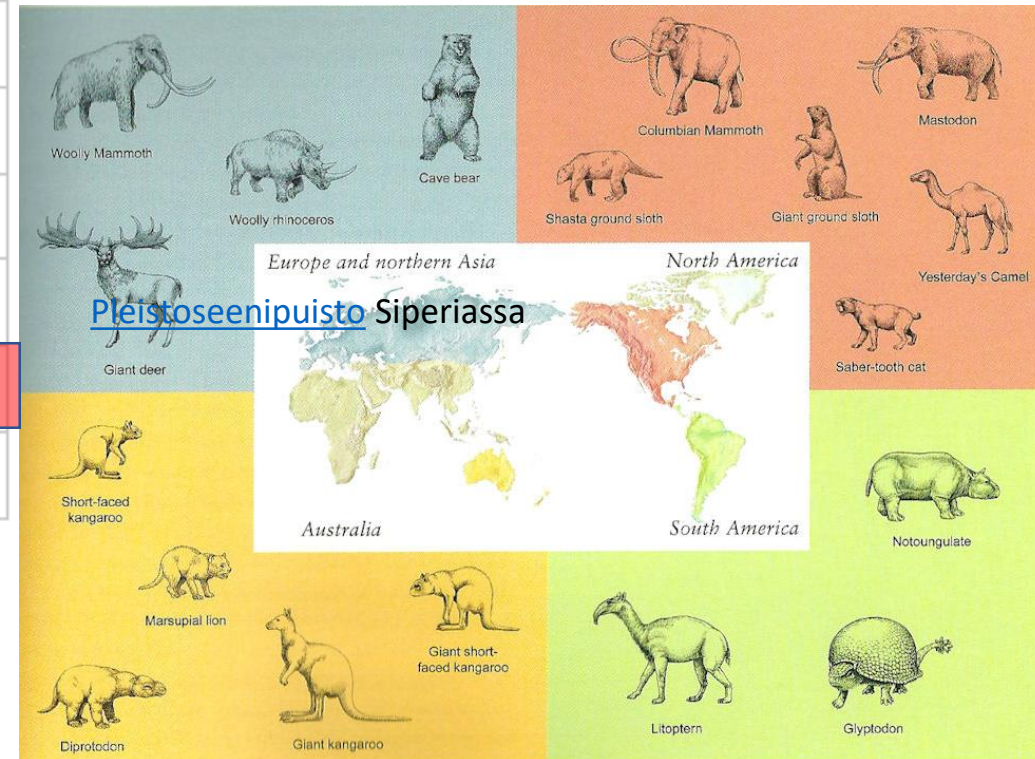


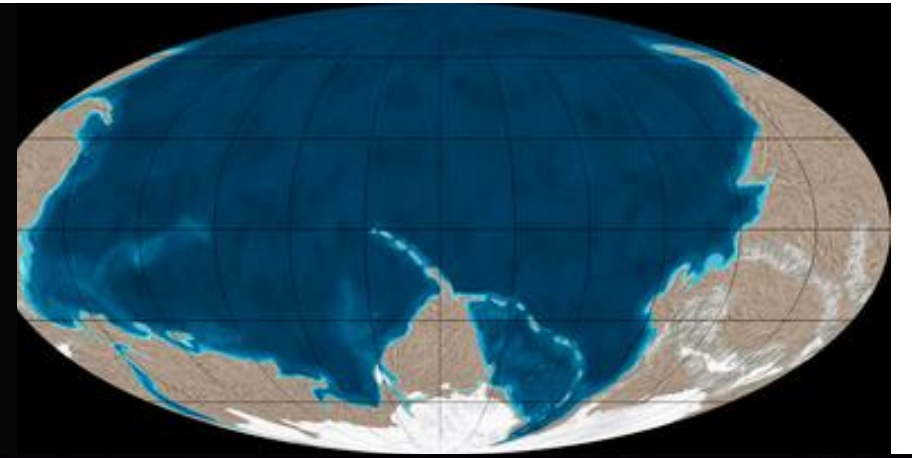
Table 25.1 The Geologic Record

Relative Duration of Eons	Era	Period	Epoch	Age (Millions of Years Ago)	Some Important Events in the History of Life	
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	0.01	Historical time	
			Pleistocene	2.6	Ice ages; origin of genus <i>Homo</i>	
		Neogene	Pliocene	5.3	Appearance of bipedal human ancestors	
			Miocene	23	Continued radiation of mammals and angiosperms; earliest direct human ancestors	
			Oligocene	33.9	Origins of many primate groups	
		Paleogene	Eocene	55.8	Angiosperm dominance increases; continued radiation of most present-day mammalian orders	
			Paleocene	65.5	Major radiation of mammals, birds, and pollinating insects	
		Proterozoic	Mesozoic	Cretaceous	145.5	Flowering plants (angiosperms) appear and diversify; many groups of organisms, including most dinosaurs, become extinct at end of period
				Jurassic	199.6	Gymnosperms continue as dominant plants; dinosaurs abundant and diverse
				Triassic	251	Cone-bearing plants (gymnosperms) dominate landscape; dinosaurs evolve and radiate; origin of mammals
Archaean	Paleozoic	Permian	299	Radiation of reptiles; origin of most present-day groups of insects; extinction of many marine and terrestrial organisms at end of period		
		Carboniferous	359	Extensive forests of vascular plants form; first seed plants appear; origin of reptiles; amphibians dominant		
		Devonian	416	Diversification of bony fishes; first tetrapods and insects appear		
		Silurian	444	Diversification of early vascular plants		
		Ordovician	488	Marine algae abundant; colonization of land by diverse fungi, plants, and animals		
		Cambrian	542	Sudden increase in diversity of many animal phyla (Cambrian explosion)		
		Ediacaran	635	Diverse algae and soft-bodied invertebrate animals appear		
Hadean				1,800	Oldest fossils of eukaryotic cells appear	
				2,500		
				2,700	Concentration of atmospheric oxygen begins to increase	
				3,500	Oldest fossils of cells (prokaryotes) appear	
				3,850	Oldest known rocks on Earth's surface	
			Approx. 4,600	Origin of Earth		

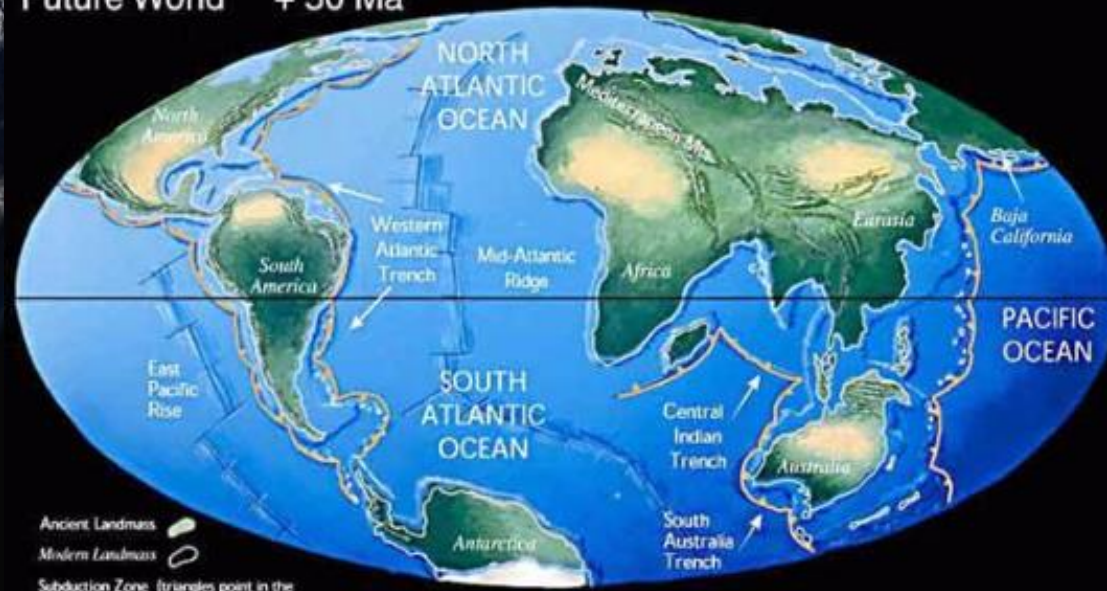
Vanhat geologiset kaudet ovat niin pitkiä nuorempiin verrattuna, että lineaarinen aika-asteikko on hankala

- eikä [logaritminenkaan](#) ole täydellinen

# Mannerliikunnot

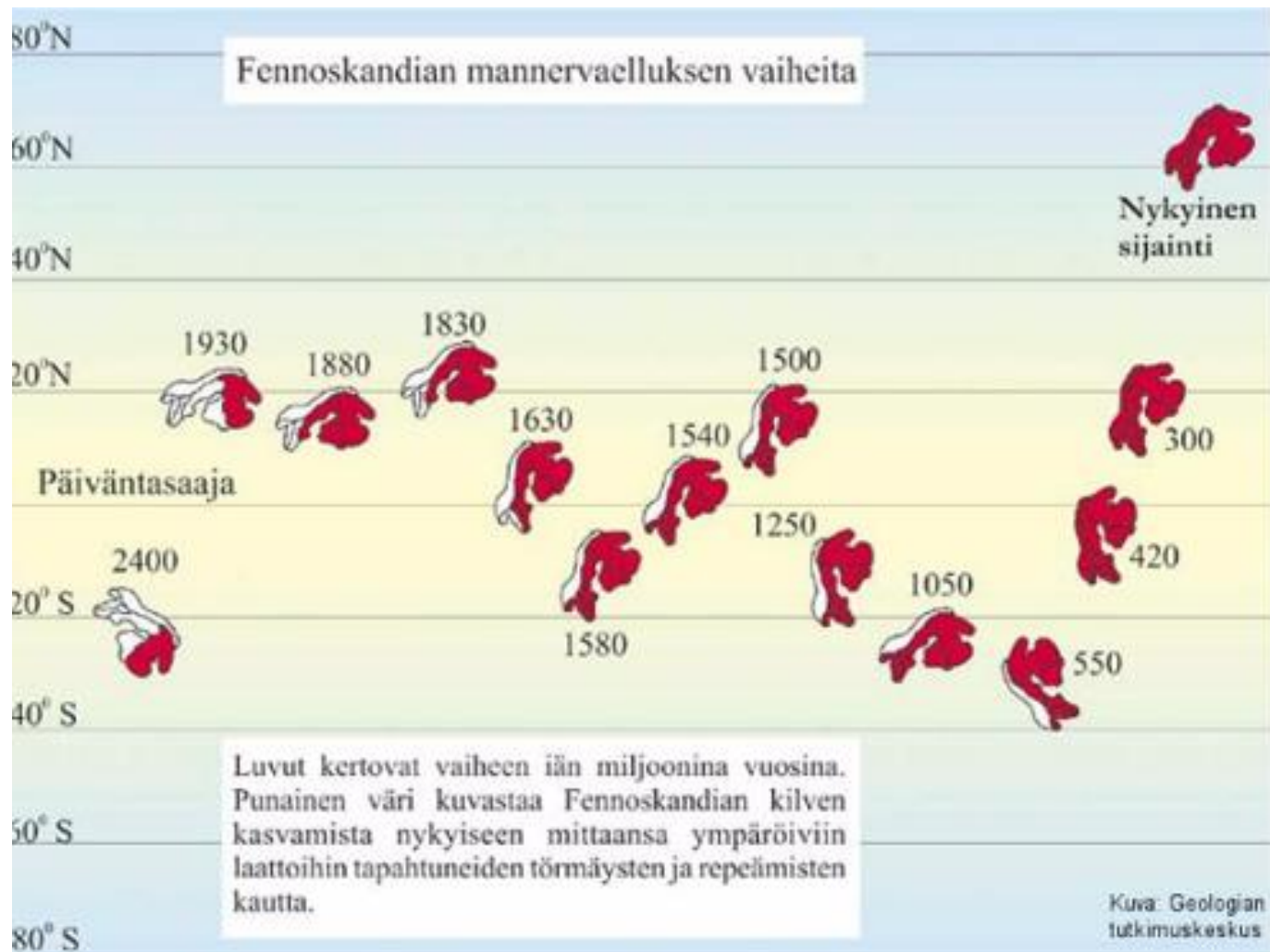


Future World + 50 Ma



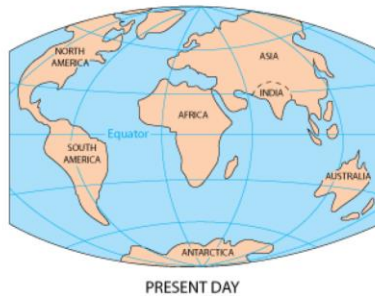
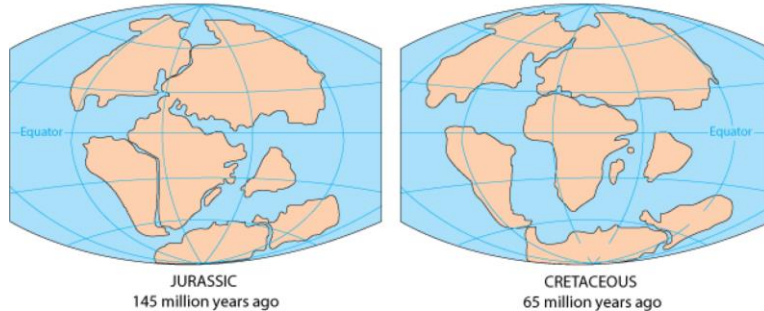
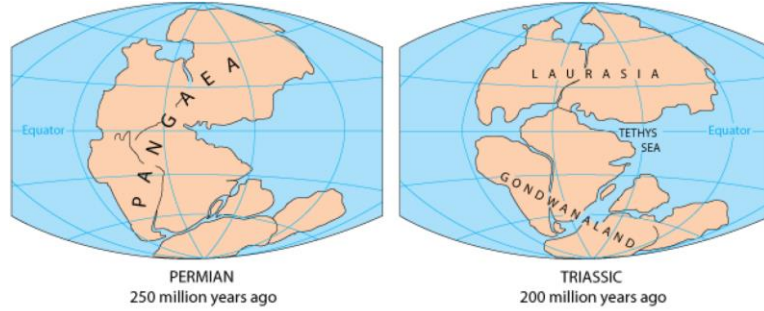
- Ancient Landmass
- Modern Landmass
- Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)
- Sea Floor Spreading Ridge





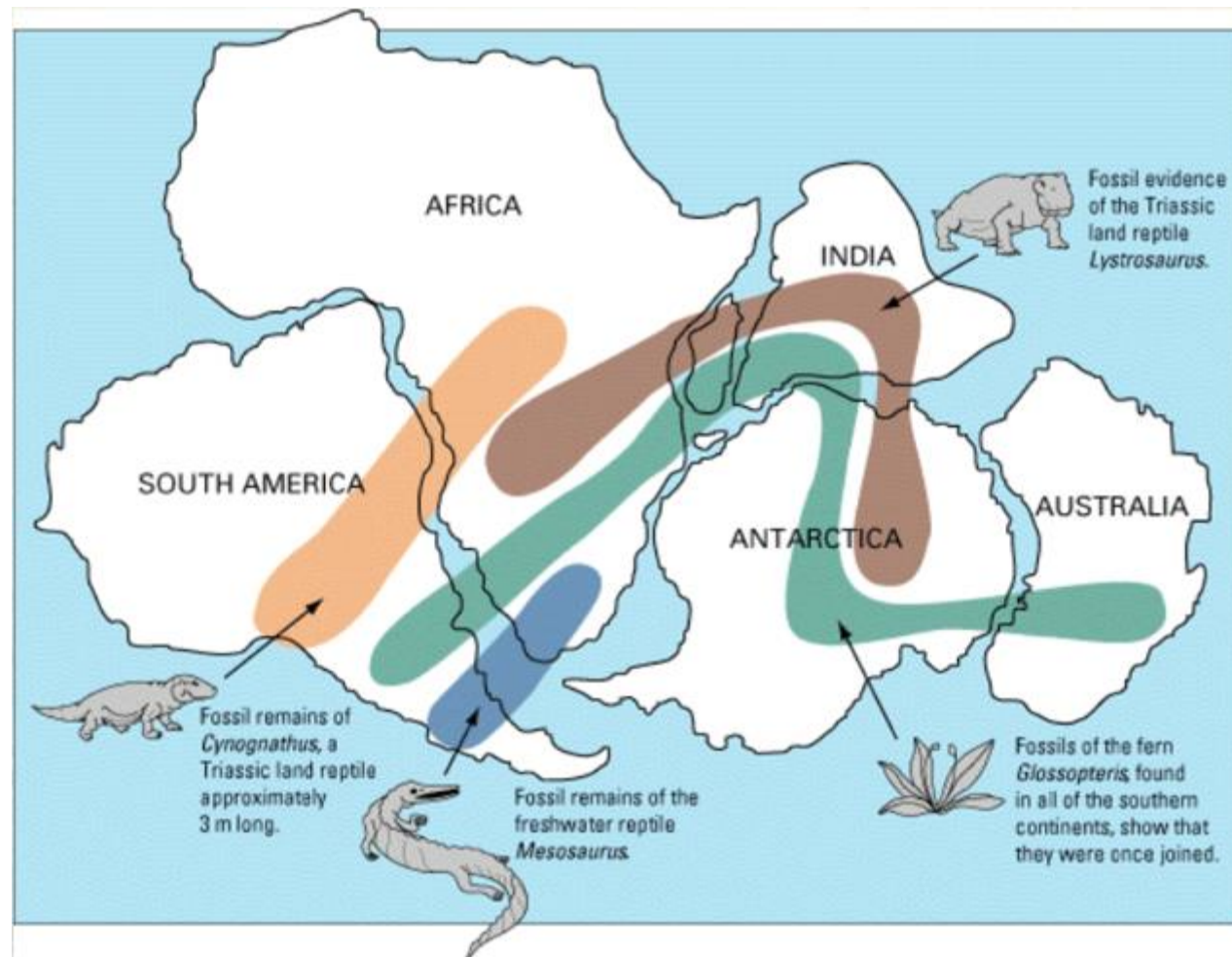
# Mannerlaatat;

miten mannerlaattojen liikkuminen liittyy evoluutioon?



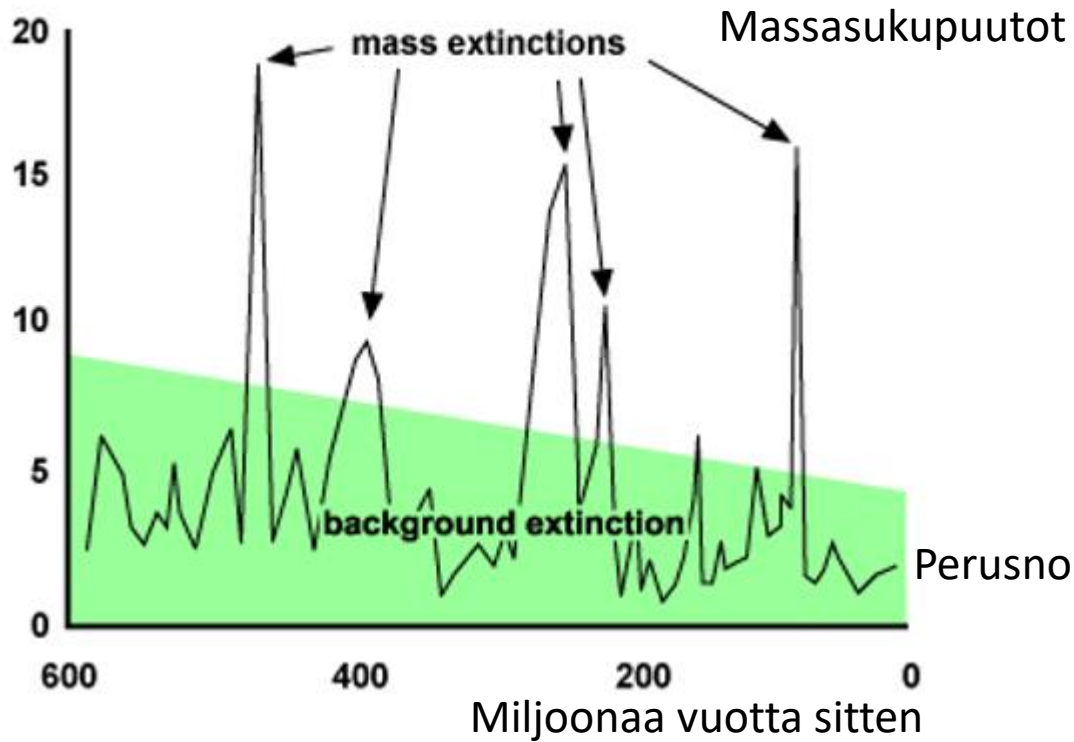
Vaikuttaa maapallon ilmastoon  
(merenpinnan korkeus, jäätiköt, merivirrat)  
> eliöiden elinoloihin  
maalla ja merissä

Vaikuttaa eliöiden  
levittäytymismahdollisuuksiin  
> radiaatio, lajiutuminen  
>> alueelliset erot eliöstössä



# Sukupuutot

Sukupuuttoon  
kuolleita  
heimoja /  
miljoona vuosi



Perusnopeus sukupuuttoon kuolemiselle

Source: University of California Museum of Paleontology's Understanding Evolution/evolution.berkeley.edu.



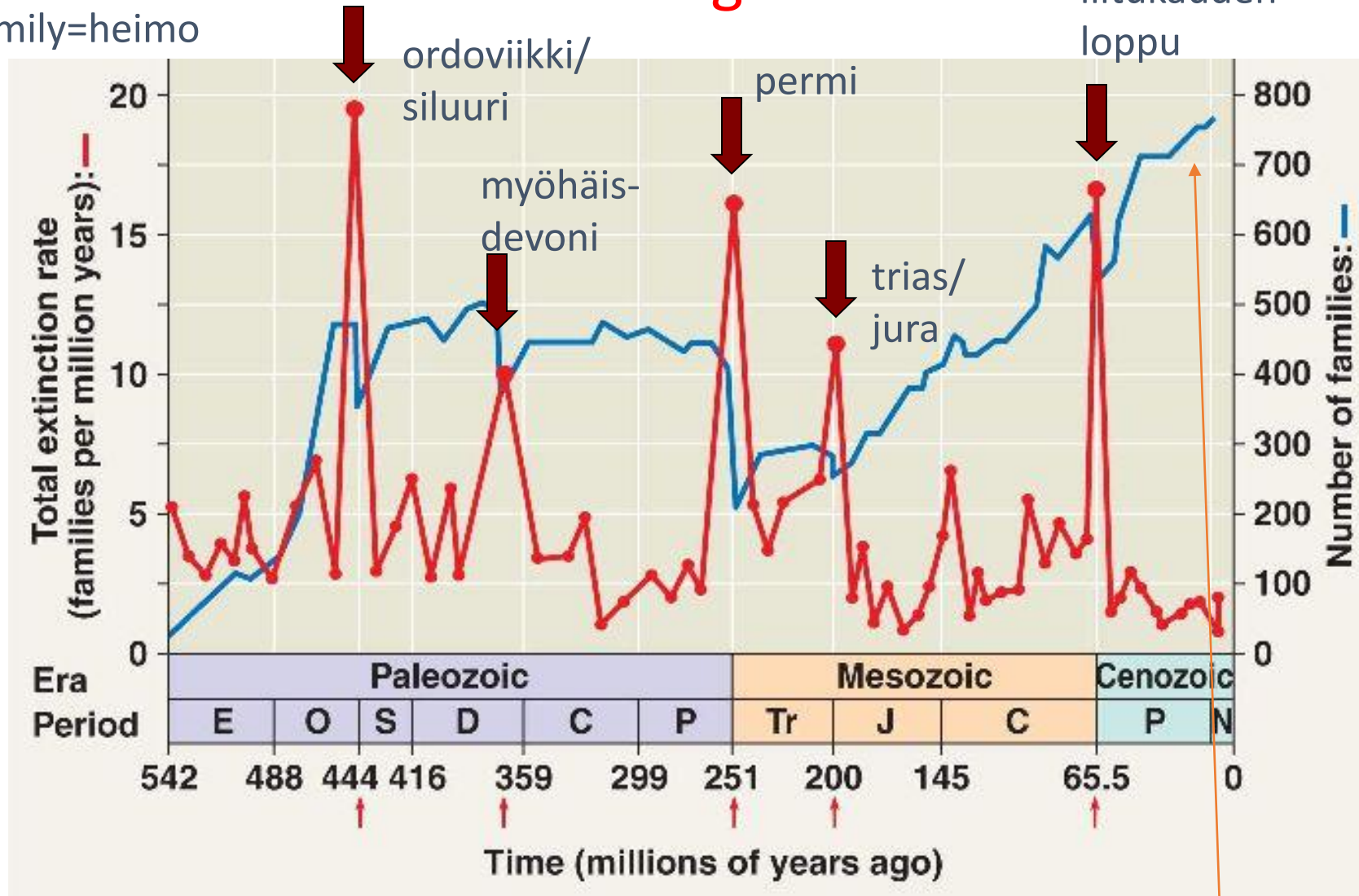
## Lajien arvioituja keskimääräisiä elinikiä

<b>Taxonomy</b>	<b>Source of Estimate</b>	<b>Species Average Lifespan years (MYA)</b>
All Invertebrates	Raup (1978)	11
Marine Invertebrates	Valentine (1970)	5–10
Marine Animals	Raup (1991)	4
Marine Animals	Sepkoski (1992)	5
All Fossil Groups	Simpson (1952)	.5–5
Mammals	Martin (1993)	1
Cenozoic Mammals	Raup and Stanley (1978)	1–2
Diatoms	Van Valen	8
Dinoflagelates	Van Valen (1973)	13

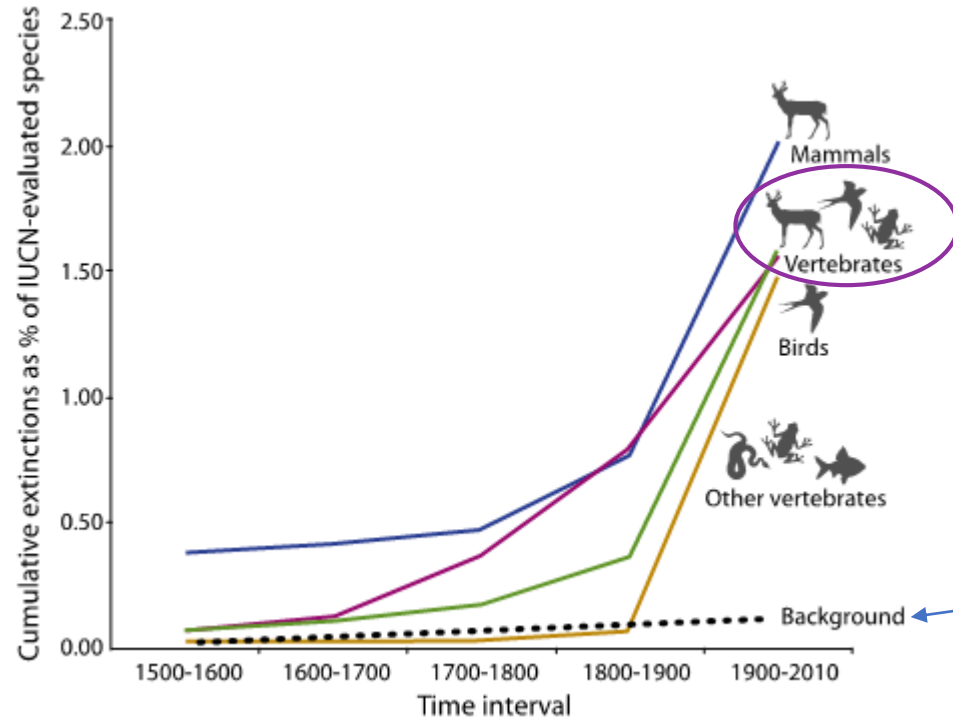
# 5 massasukuputtoa

”the Big Five”

family=heimo



# Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction

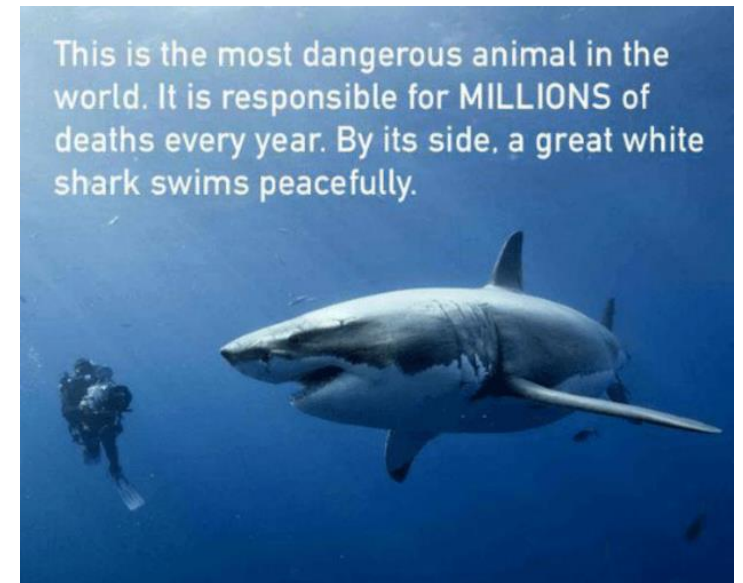


though biologists cannot say precisely how many species there are, or exactly how many have gone extinct in any time interval, we can confidently conclude that modern extinction rates are exceptionally high, that they are increasing, and that they suggest a mass extinction under way—the sixth of its kind in Earth’s 4.5 billion years of history.

**Kuudes massasukuputto?**

Varovainen arvioi sukupuuttoon kuolleiden lajien osuudesta

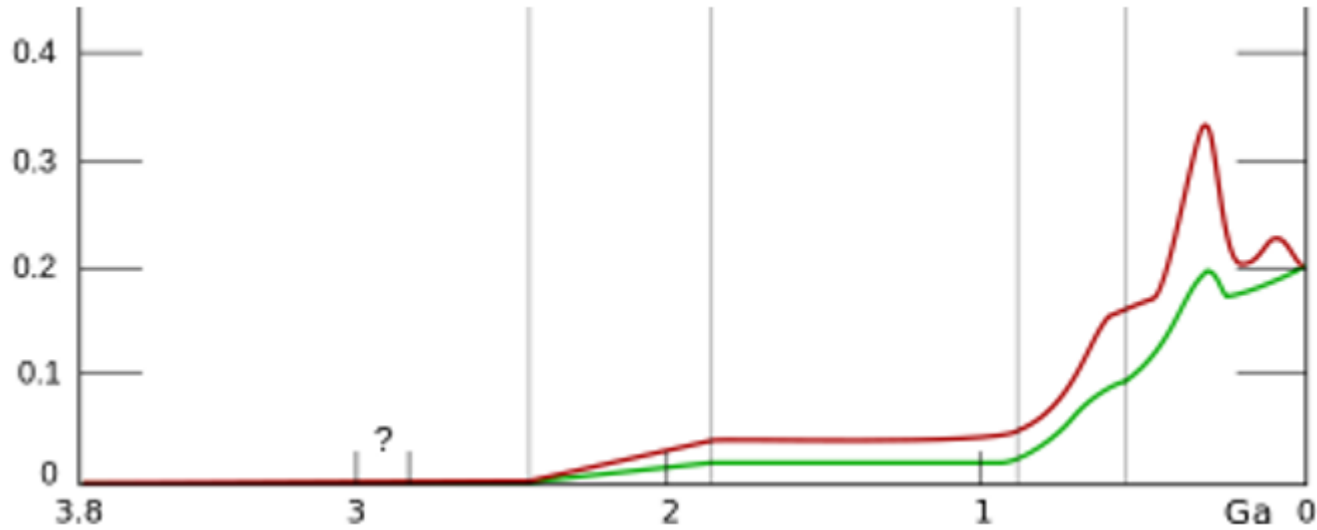
Sukupuutot normaalilla nopeudella



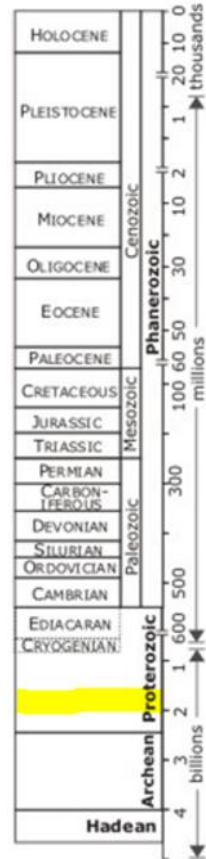
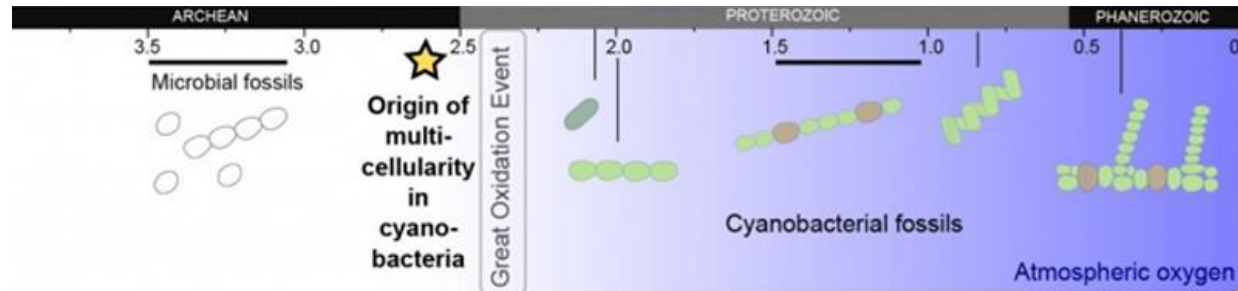
# Happivallankumous

Yhteyttävät eliöiden tuottamaa happea alkoi kertyä ilmakehään  
 Happi myrkyllistä sen aikaiselle elämälle  
 Osa elämänmuodoista kehittyi hyödyntämään happea

Hapen  
 osapaine  
 ilmakehässä



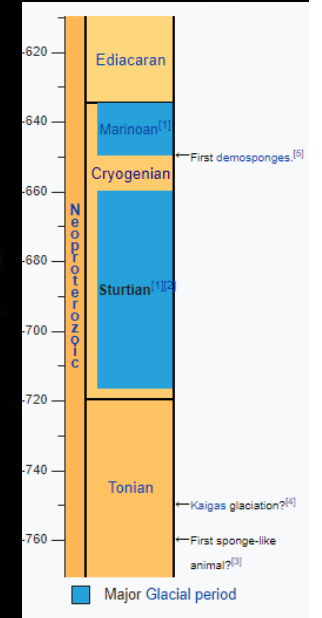
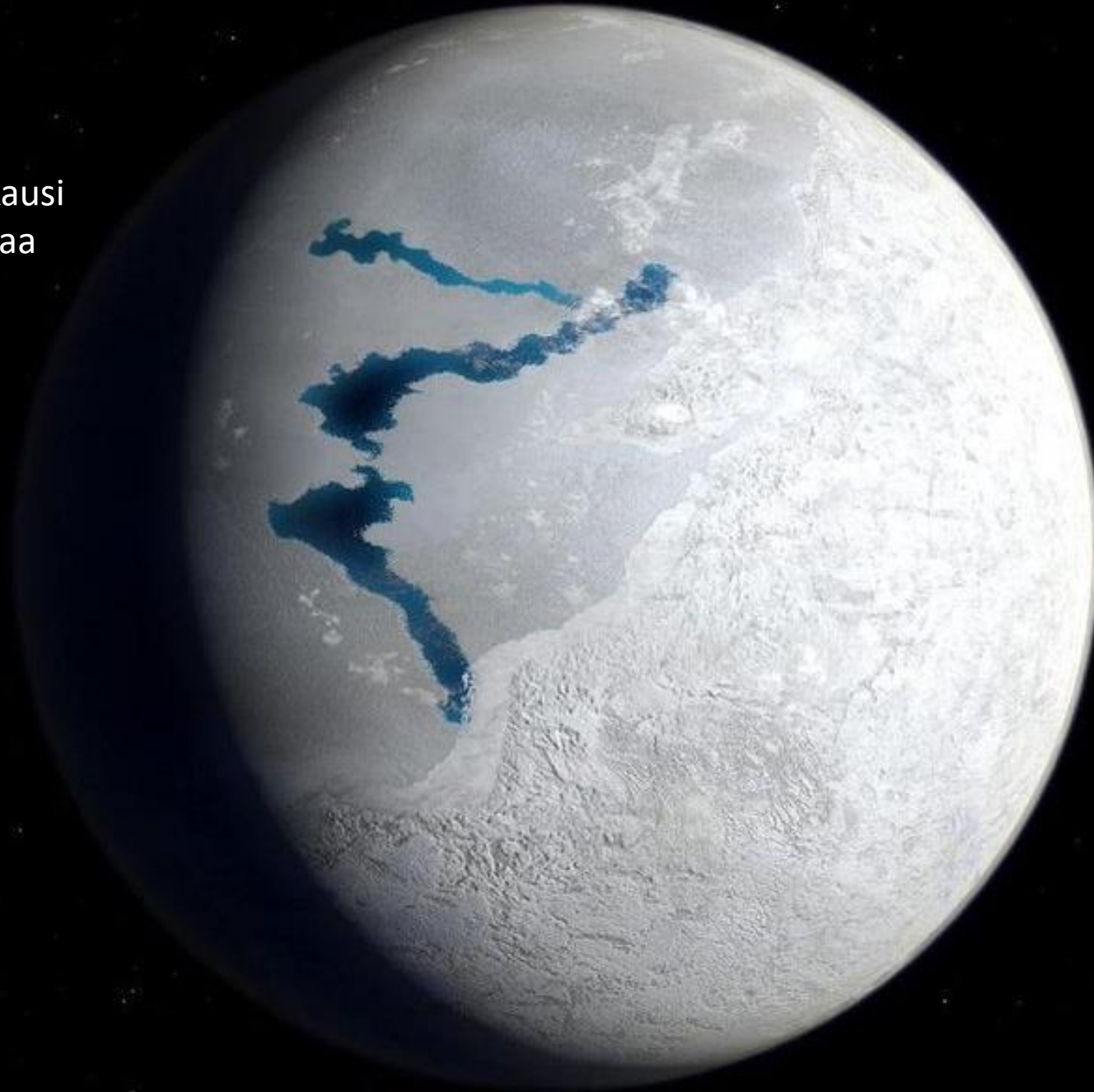
Gigavuotta  
 (miljardia vuotta)  
 sitten





# Lumipallomaa

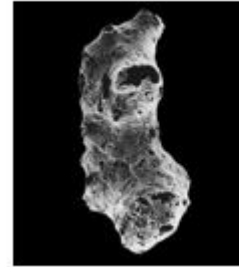
Äärimmäinen jääkausi  
620 – 730 miljoonaa  
vuotta sitten



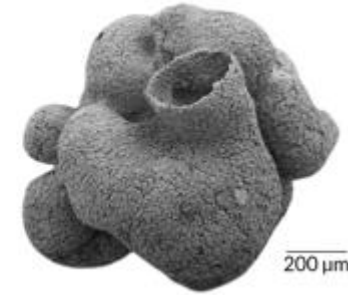
# Prekambrinen aika



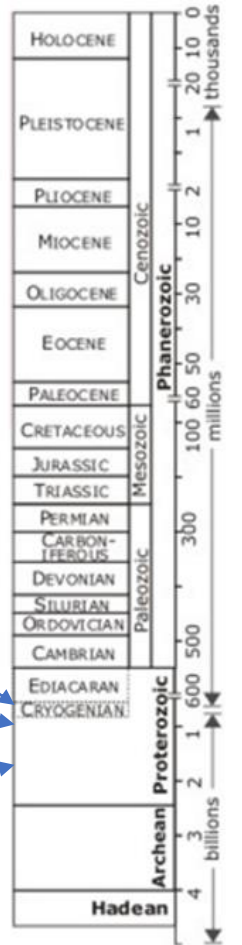
*Bangiomorfa*. Yksinkertainen monisolainen eukaryootti. 1.2 Ga



*Otavia* ja *Eocyathispongia*.  
Monisoluisia (sieni-)eläimiä.  
0.7 – 0.8 Ga

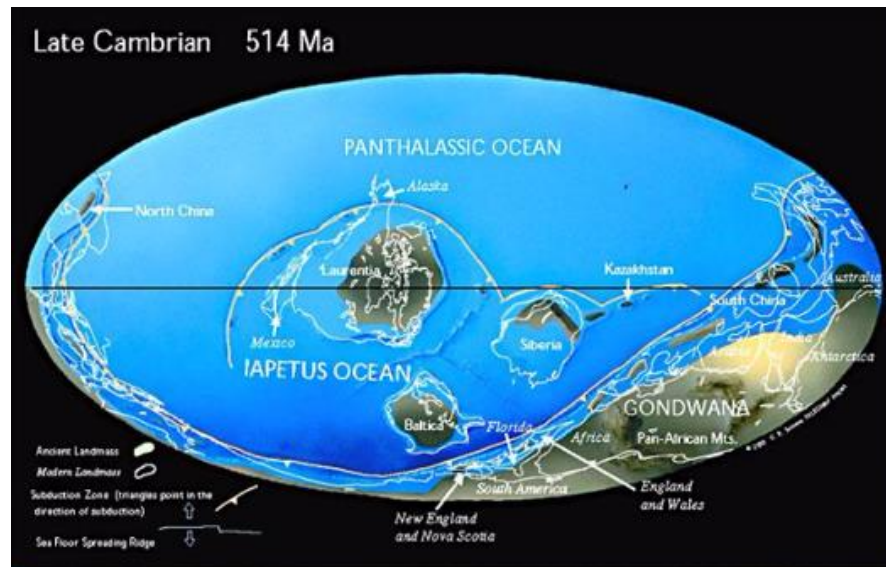


*Grypania*. Eukaryootti? 1.9 Ga

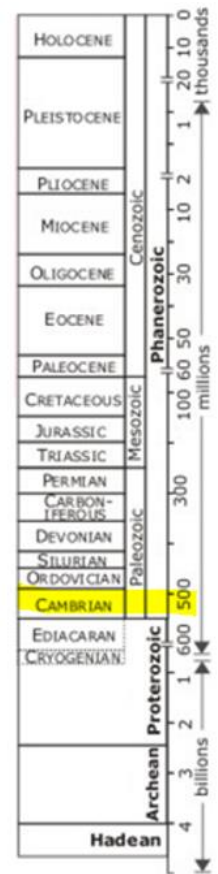




# Kambrikausi



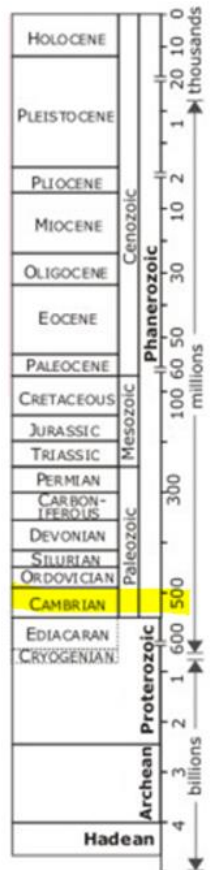
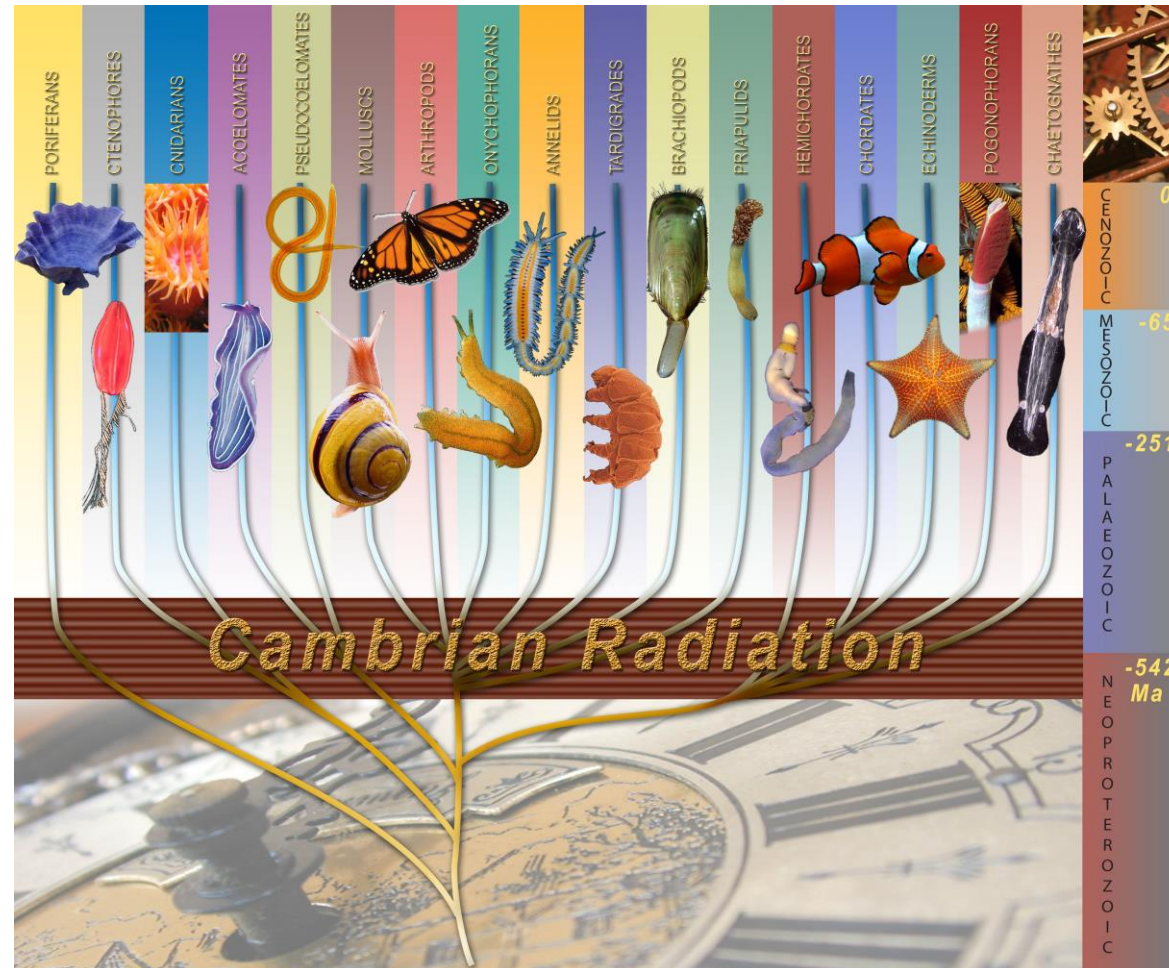
Supermanner Gondwana syntyy  
 Matala suuri meri  
 Ilmasto lämmin

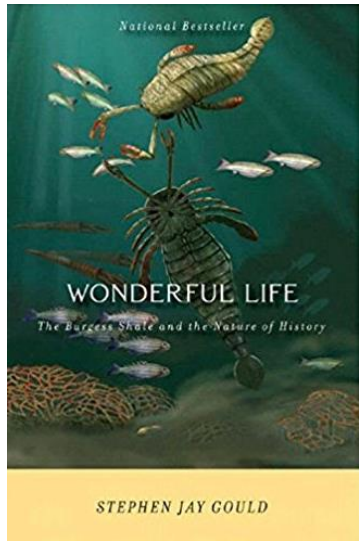


# ”Kambrikan räjähdys”

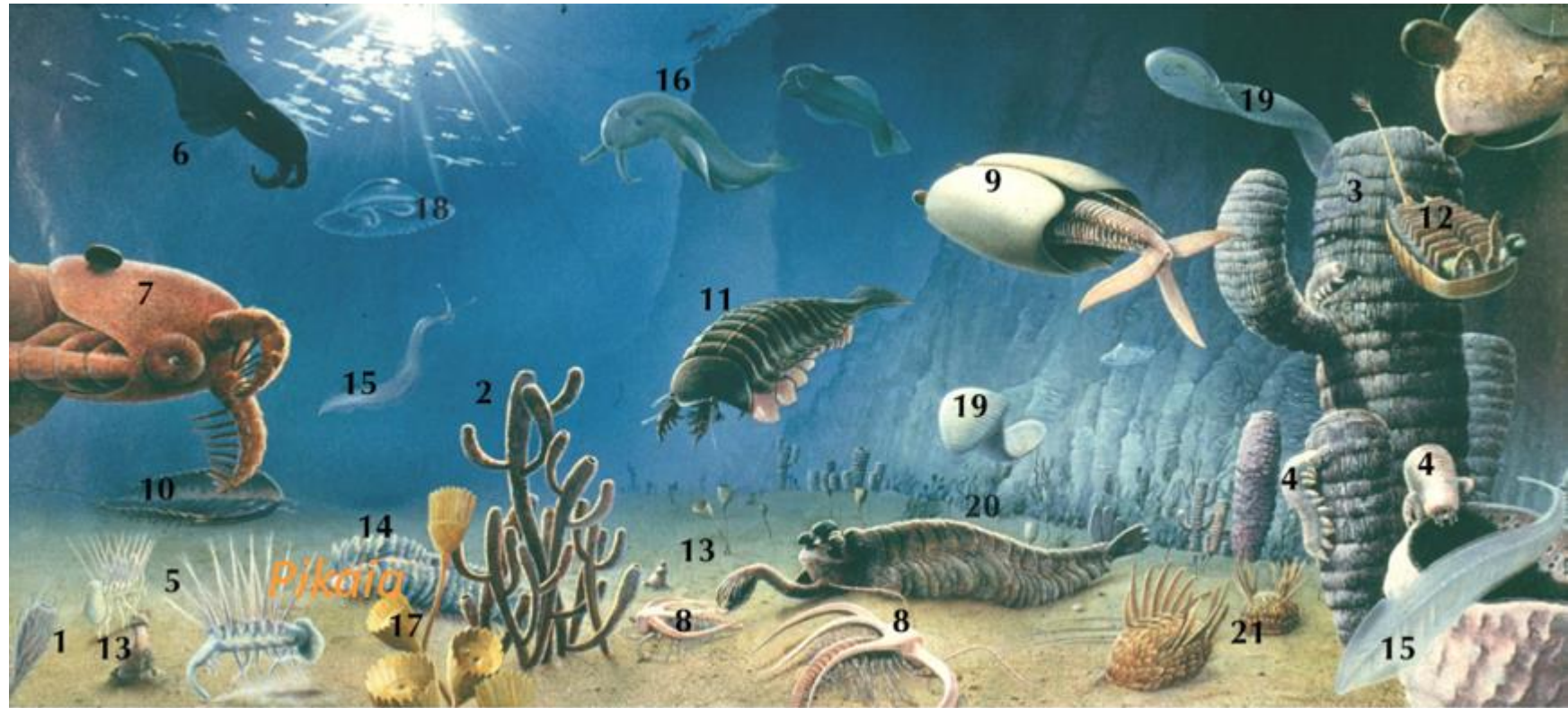
**Eläinten  
nopea  
monimuotoistuminen  
merissä;  
lähes kaikki nykyiset  
pääjaksot  
ilmestyivät  
fossiilaineistoon**

toisaalta monet  
elioryhmät  
häviävät...



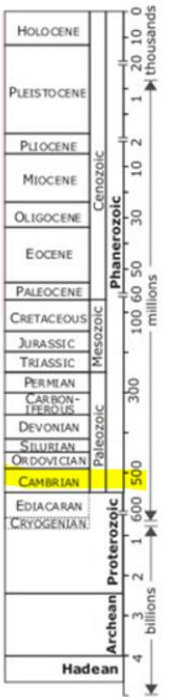


Gould, S. J. 1989

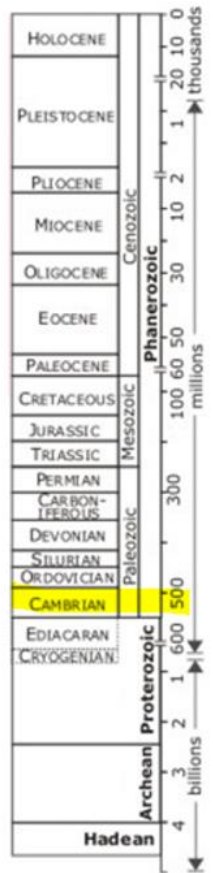
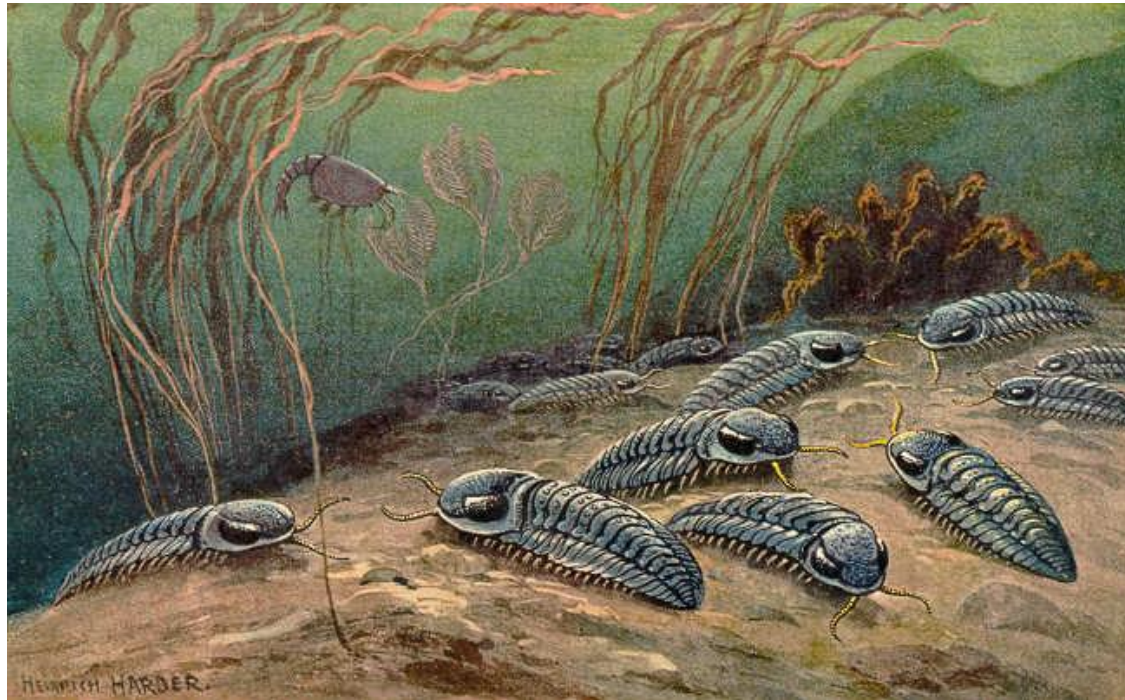


## Burgess-faunaa

Selkeä kaksikytkisyys, kaivautujat, kovat kuoret, selkäjännteiset, pedot...

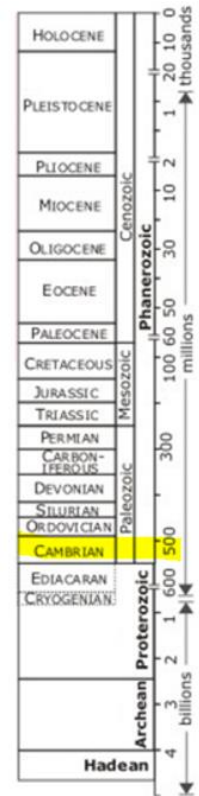
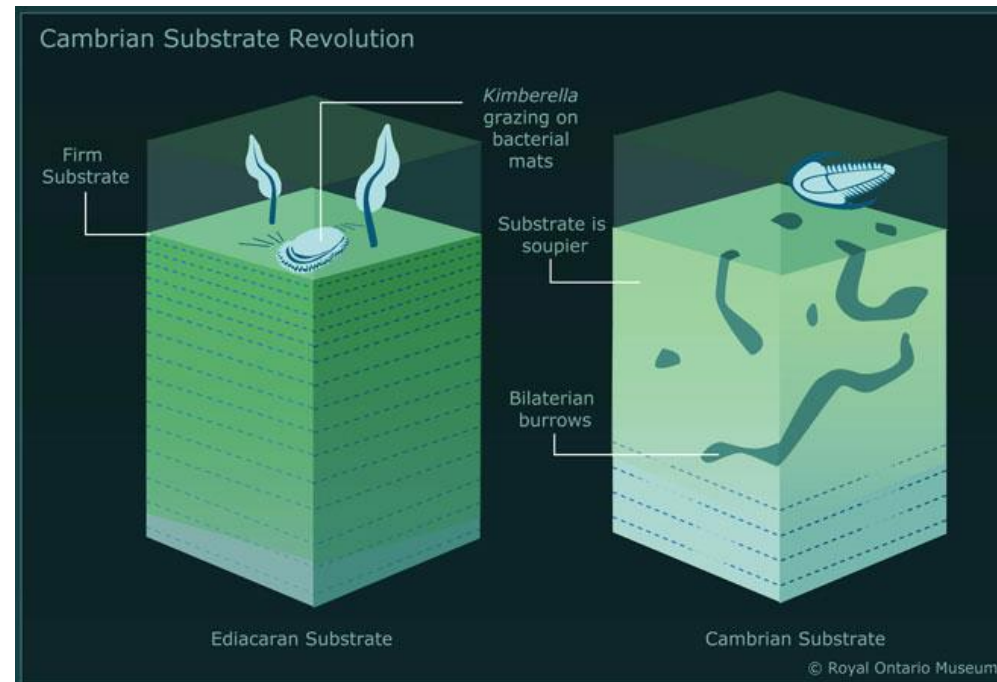


Kasvit;  
merissä "leviä"



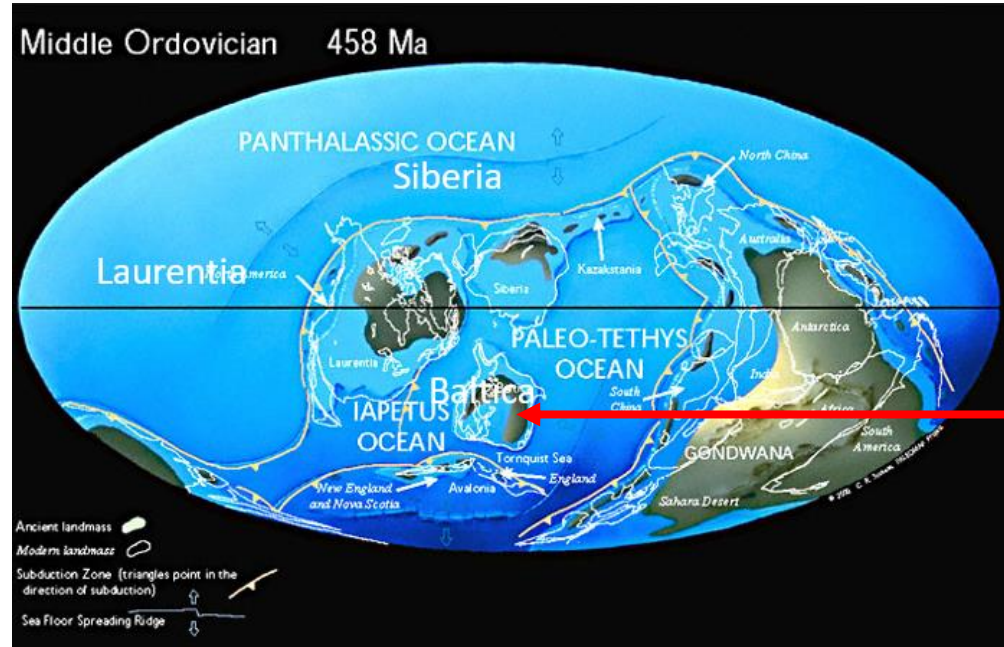
## Millaiset tekijät voisivat olla Kambrikan eläinkunnan monimuotoistumisen (radiaation, evoluution) taustalla?

- ympäristöolot (lämpö, happi)
- geneettiset innovaatiot (yksilönkehitys > rakenteet)
- ekologiset/evoluutiiviset vuorovaikutukset



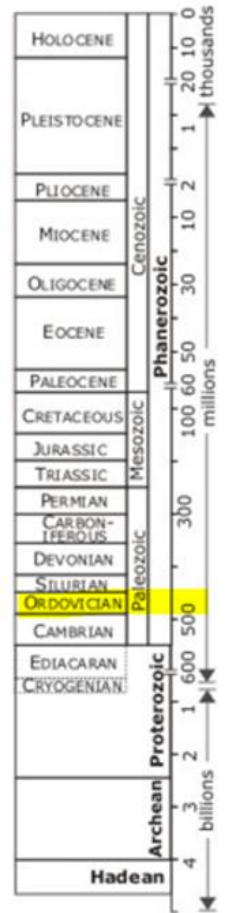


# Ordoviki

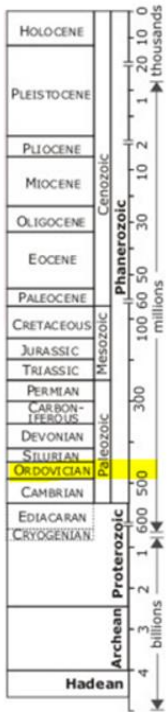


"Suomi"

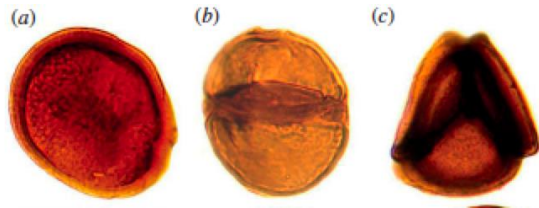
Ilmasto viileni ordovikikauden aikana:  
jäätiköt peittivät suuren osan Gondwanan eteläpuolta



Runsaita ryhmiä  
mm. trilobiitit, erilaiset nilviäiset, lonkerokiehkuralliset, piikkinahkaiset,  
graptoliitit ja korallit, sammaleläimet... selkärangkaisia leuattomia kaloja

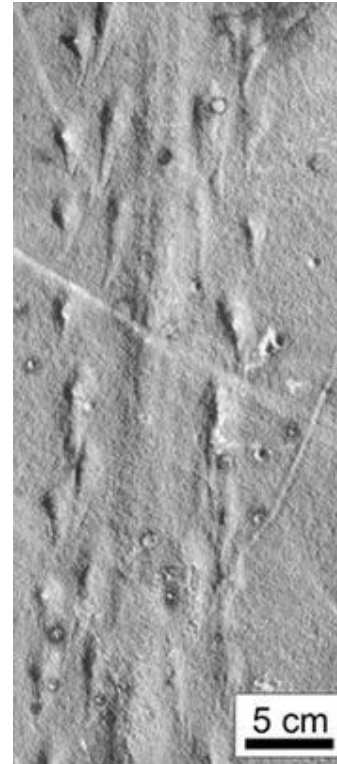


## Jotain elämää jo myös (kosteissa) maaympäristöissä

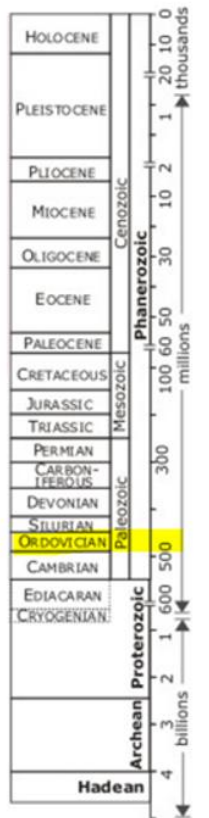


Monisoluisten kasvien kappaleita

Sienet ilmeisesti ennen kasveja  
maalle



Niveljalkaisen  
(tuhattajalkaisen)  
fossiloituneita  
jalanjälkiä 530 Ma



# Ordoviikkikauden massasukuputto 443 Ma

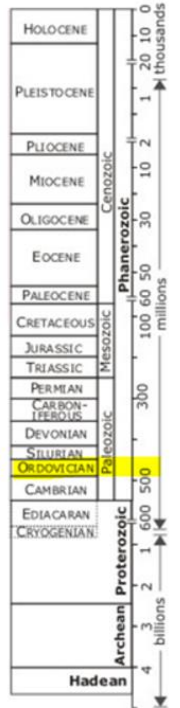
- n. 26% heimoista, n. 60% suvuista, n. 85% lajeista



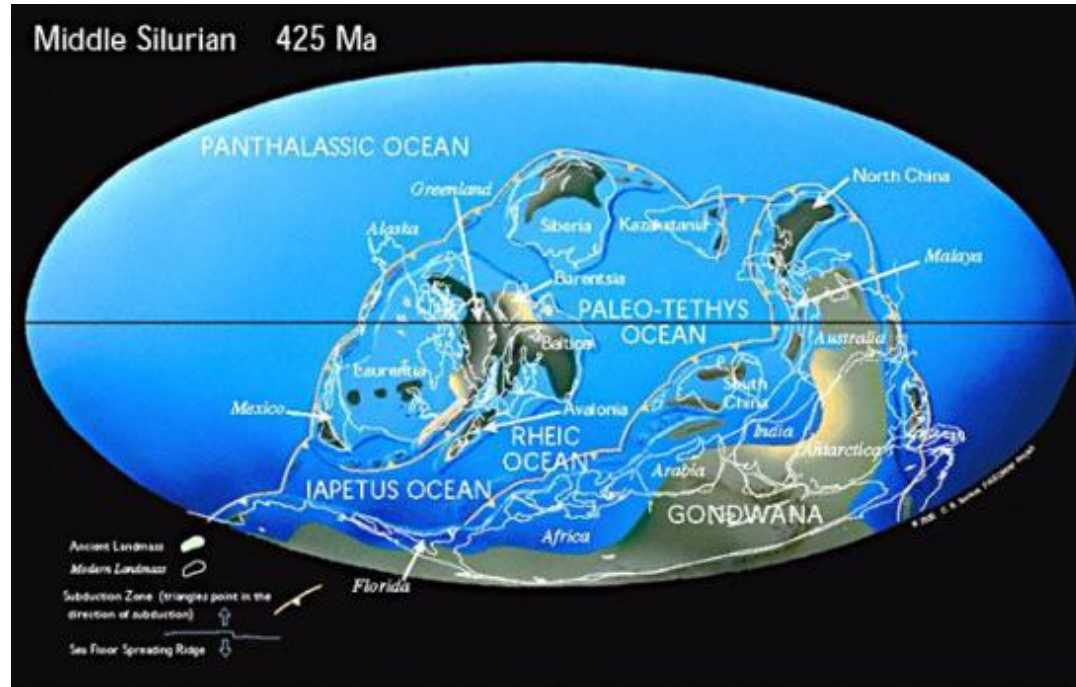
Kärsijöitä esimerkiksi lonkerojalkaiset (2/3), trilobiitit (90% lajeista),



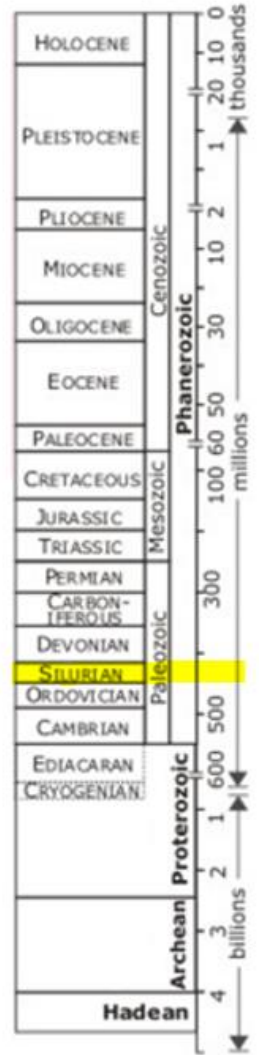
[konodontit](#), sammaleläimet, [graptoliitit](#) ja riuttoja muodostavat sienieläimet



# Siluri

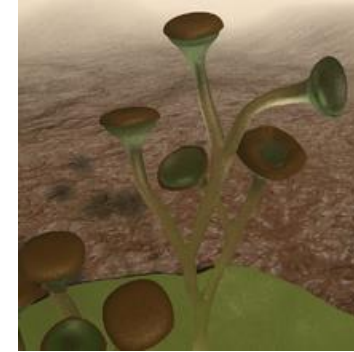


Lämmin ilmasto  
 Matalia lämpimiä meriä  
 Kasvit ja selkärangattomat eläimet kolonisoivat mantereita

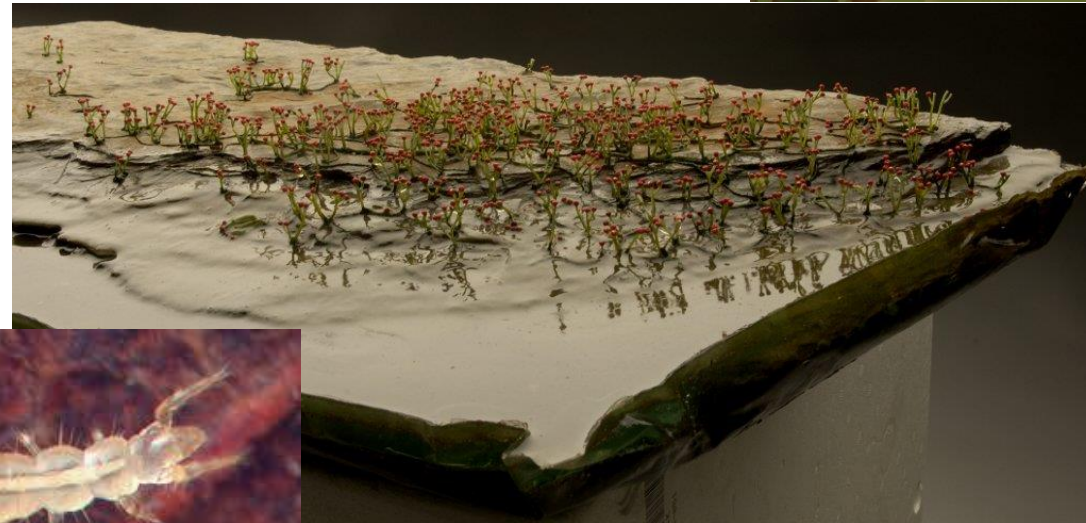


# Elämää maaympäristöissä!

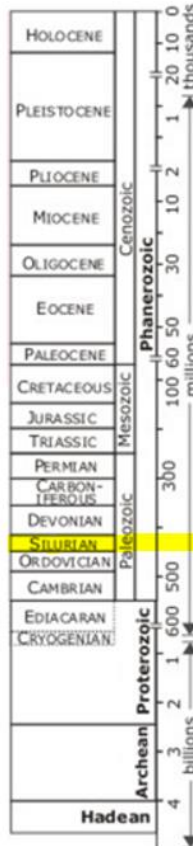
*Cooksonia*



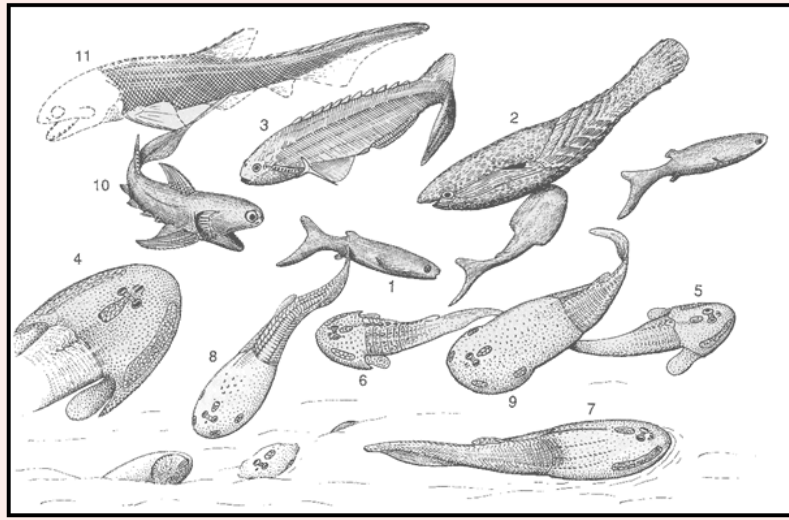
- maakasvien makrofossiileita (semiakvaattisia)
- sieniä
- niveljalkaisia;
  - tuhatjalkaisia
  - hämähäkkejä
  - meriskorpioneja
  - skorpioneja
  - esihyönteisiä (Protura)



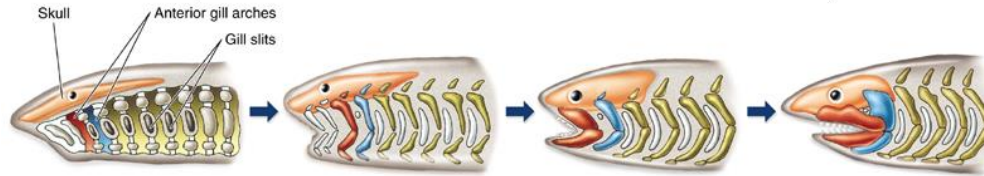
**kokonaisia ekosysteemejä siis**



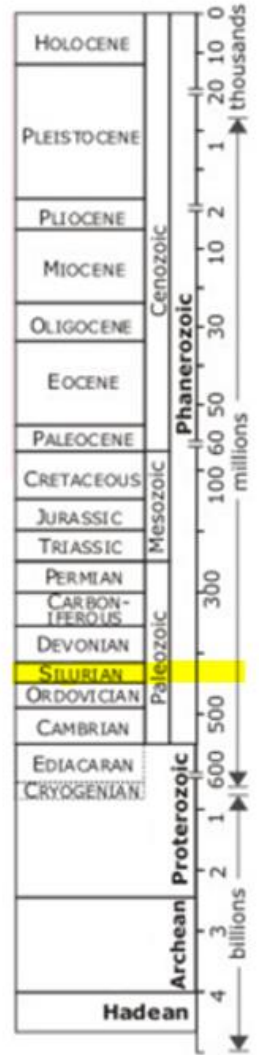
# Siluri



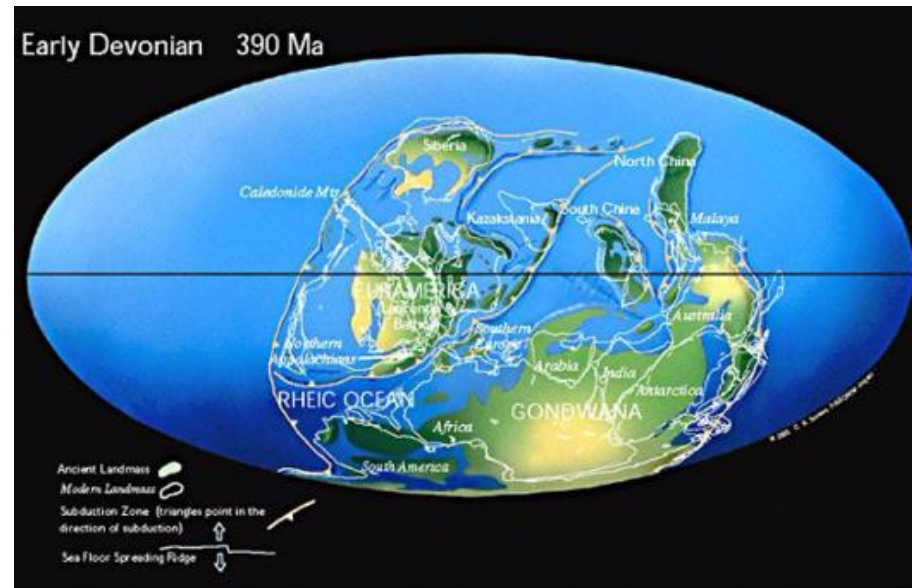
A typical Silurian ([Wenlock-Ludlow](#)) vertebrate fauna from Saaremaa Island, Estonia.



Ensimmäiset  
leualliset  
kalat

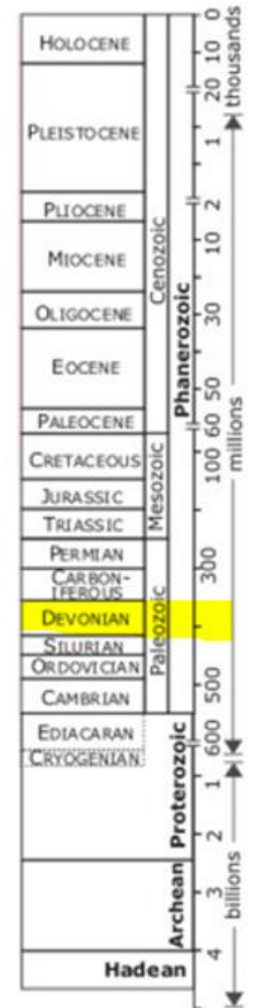


# Devoni

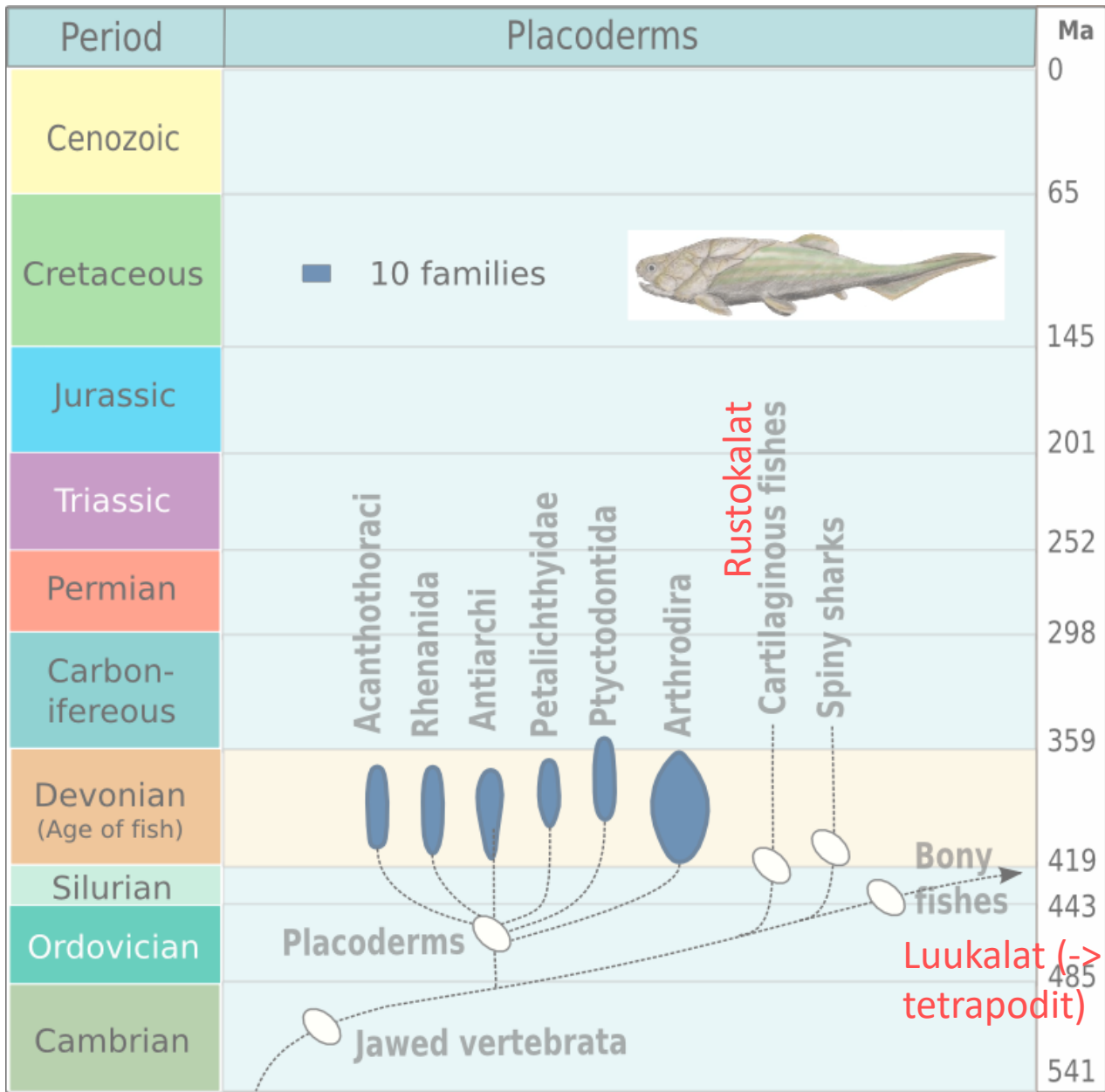


## Kalojen valtakausi

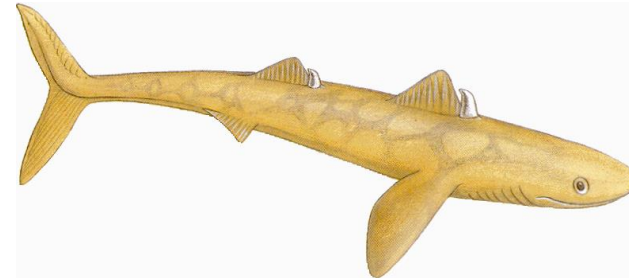
(adaptinen radiaatio eli sopeutumisleivittäytyminen)



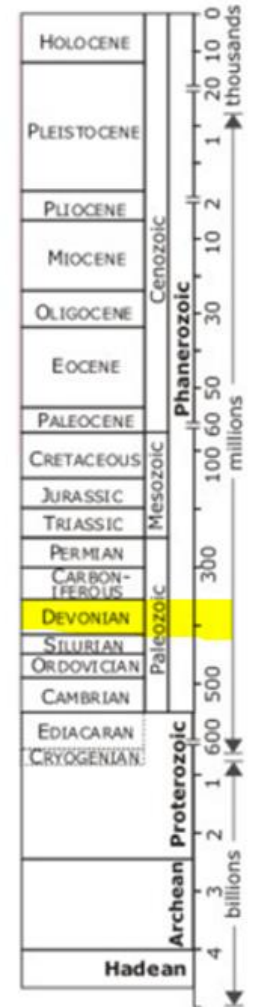




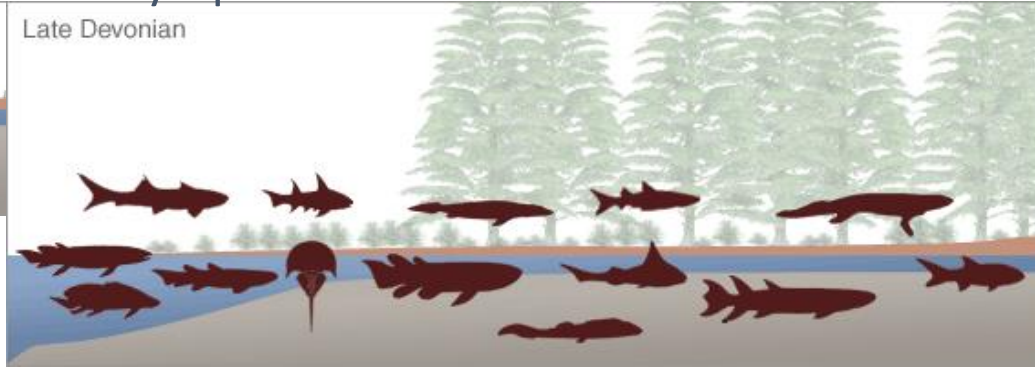
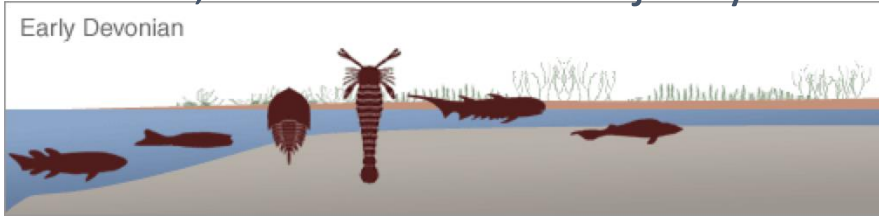
Devonikauden rustokala *Cladoseleche*



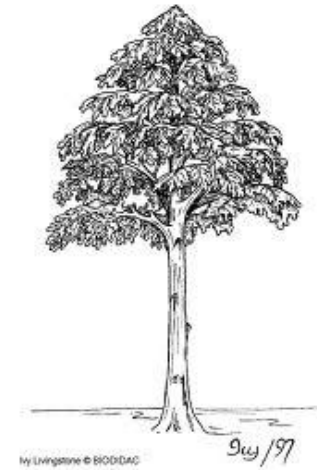
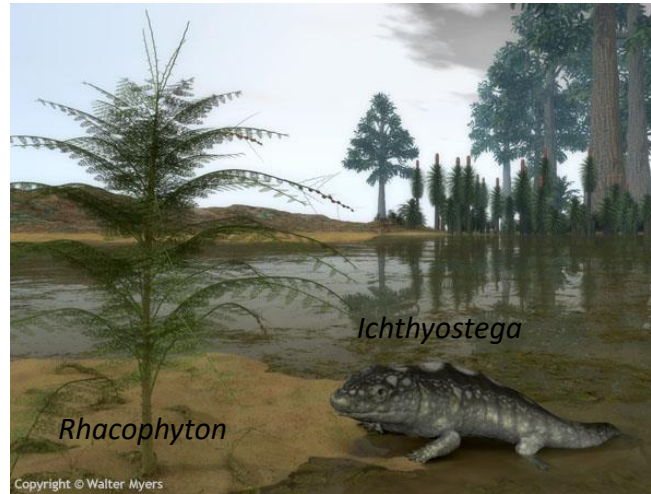
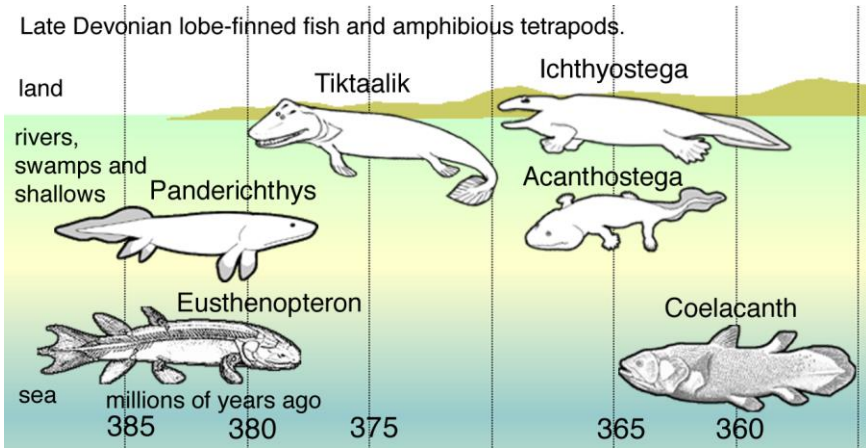
Devonikauden luukala *Dapedium*



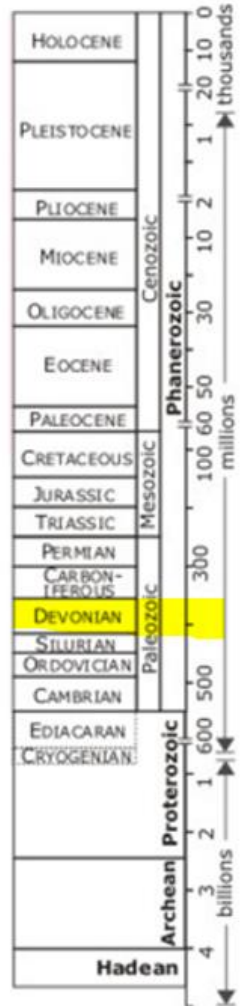
# Merissä, makeissa vesissä... ja myös kohti maaympäristöä



www.devoniantimes.org/

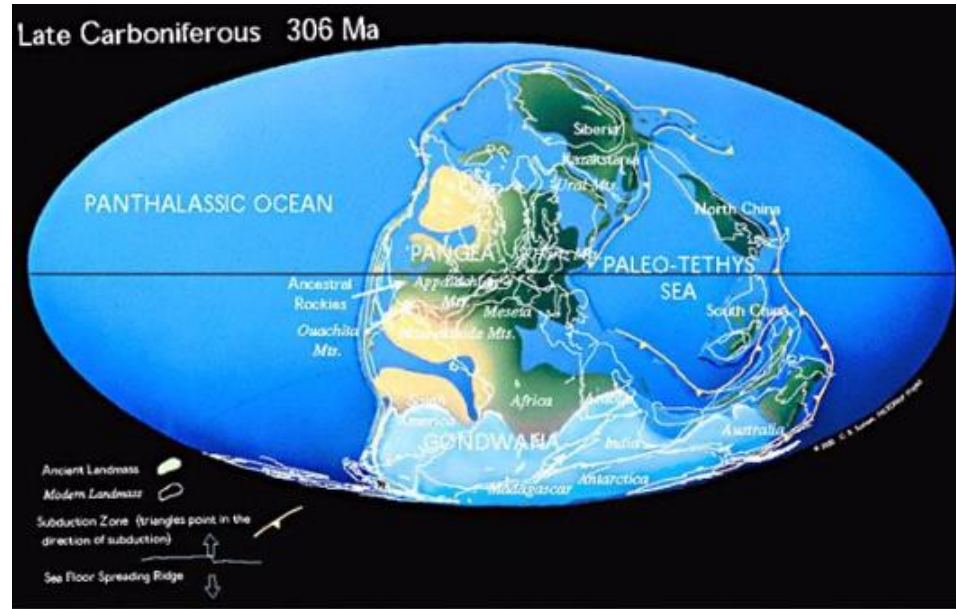


Archaeopteryx

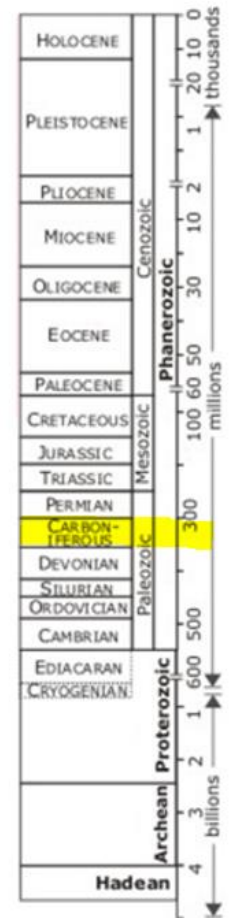


Siemensianaisia, ensimmäiset metsät

# Kivihiiili

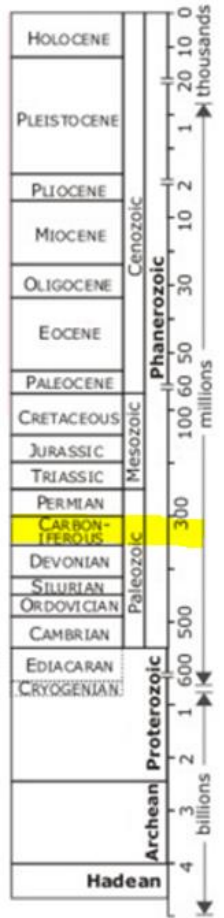


Kosteiden alueiden metsistä syntyi valtavia hiilikerrostumia.  
 Pohjois-Amerikan ja Euroopan muodostavat mantereet  
 törmäsivät Gondwanaan → Pangea supermanner.  
 Eteläinen manner jäi peitossa kauden loppupuolella



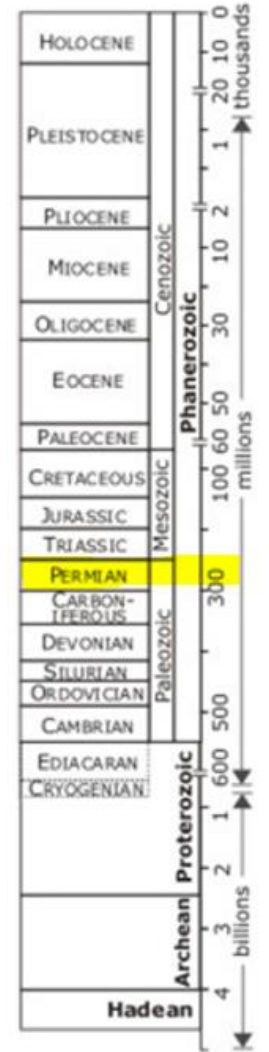
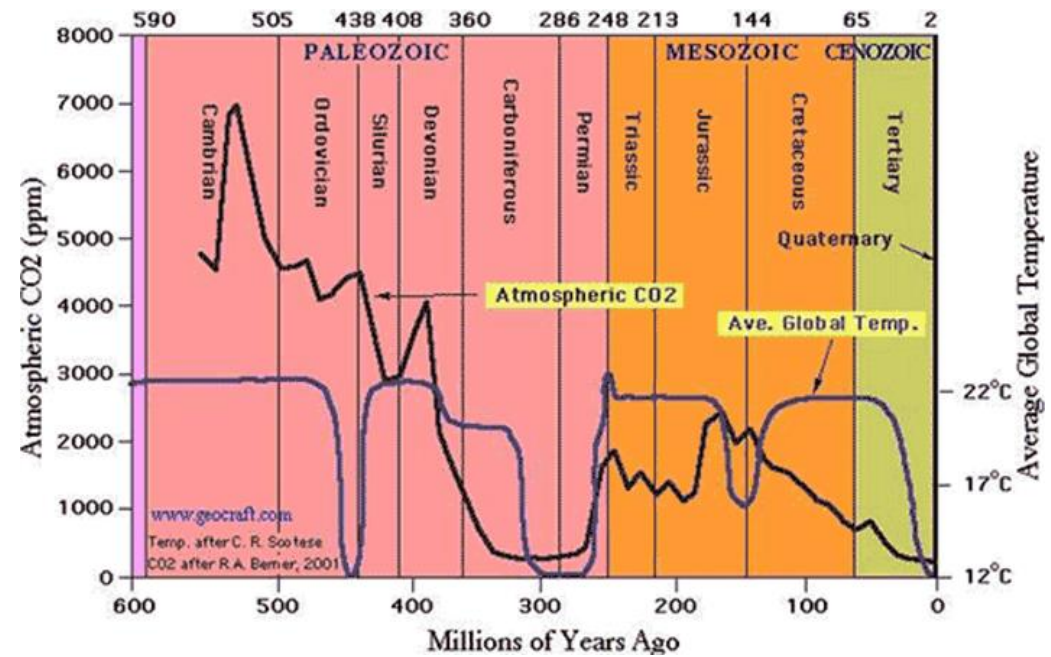
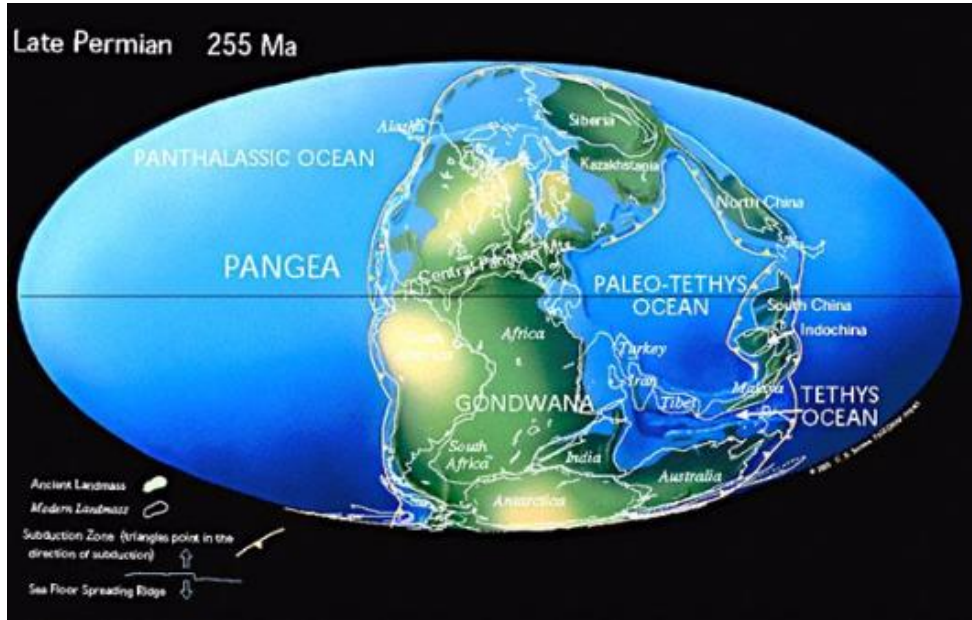


Liekopuita  
Kortepuita  
Siemensaniaisia



**ensimmäiset lentävät hyönteiset n. 350 Ma (korentoja)**

# Permi



Isoja autiomaa-alueita  
Pangea-mantereella

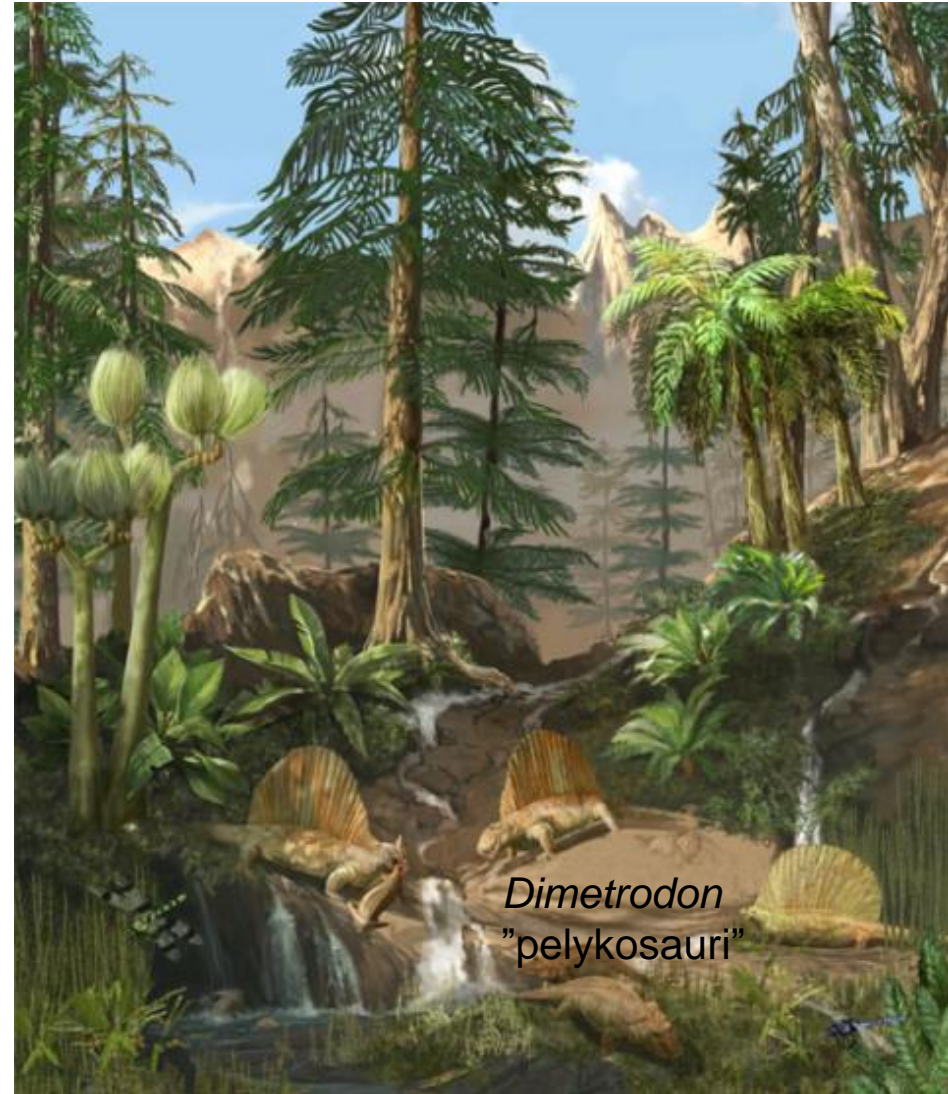
Ilmasto lämpeni voimakkaasti  
kauden lopulla (liikaakin?)

Kosteiden alueiden metsät  
hupenivat ja lieko- ja  
kortepuiden valta-asema  
heikkeni

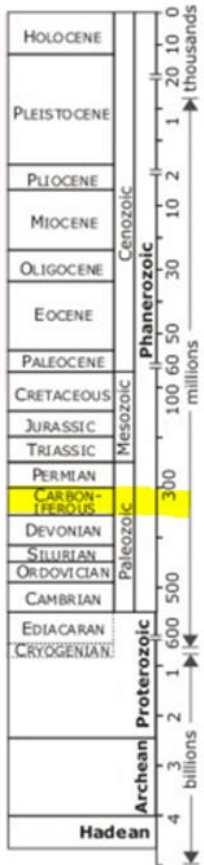
Havupuut levittäytyivät

Käpypalmut kehittyivät  
noin 280 Ma

Neidonhiuspuut  
noin 250 Ma

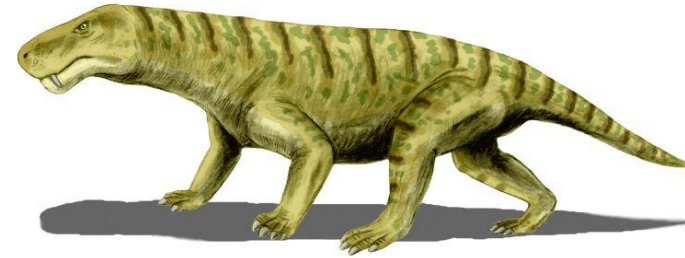
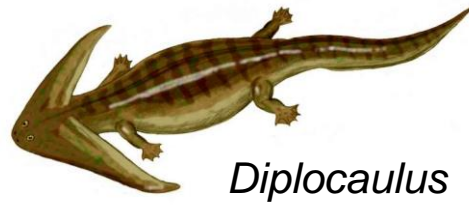


*Dimetrodon*  
"pelykosauri"



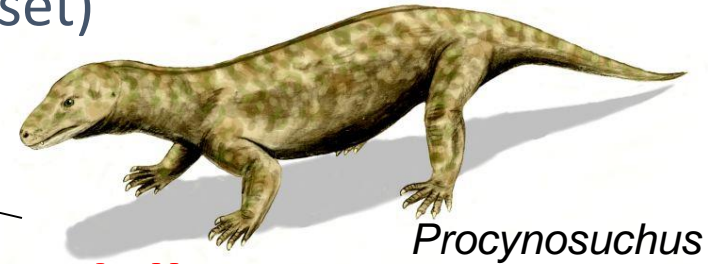
Mitä kuiva ilmasto merkitsi eläimille?

Tetrapodeista;  
Sammakkoeläimiä

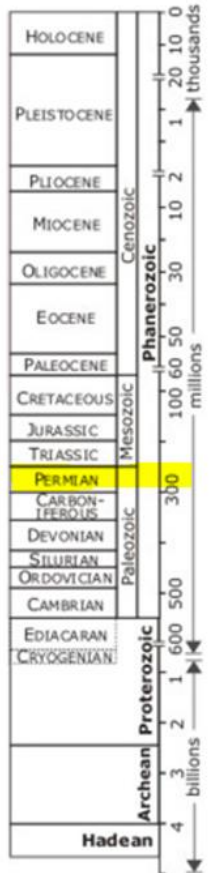


**Vesikalvolliset ovat sopeutuneet kuivempaan elinympäristöön!  
(vesikalvollinen muna hiilikaudella 320 Ma)**

”Pelycosaurit”  
Therapsidit  
Archosaurit (> myöhemmin dinosaurukset)  
Cynodontit (> myöhemmin nisäkkäät)



**Vesikalvollisten radiaatio permikaudella  
mm. ensimmäiset varsinaiset matelijat kehittyivät**



Peleotsooinen maailmankausi loppuu,  
mesotsooinen maailmankausi alkaa:  
trias-, jura- ja liitukaudet

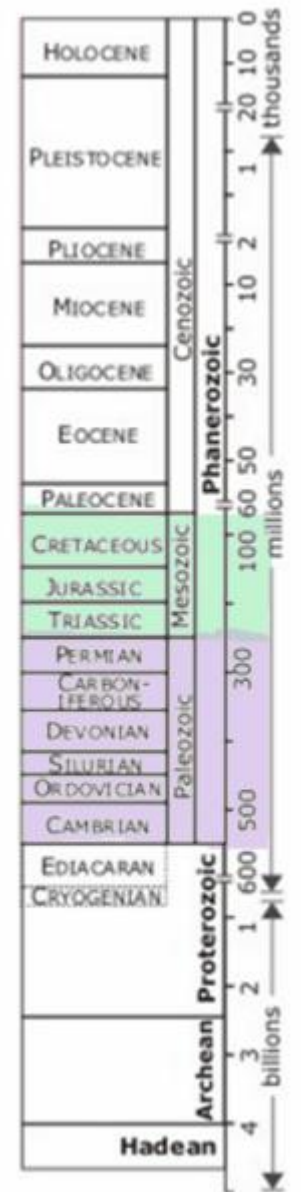
Permikauden lopussa 252 Ma

**suurista suurin massasukuputto "Great Dying"**

- n. 51% heimoista, n. 82% suvuista, n. 95% lajeista (mereisistä)

**Kärsijöitä sekä merissä että maalla;**

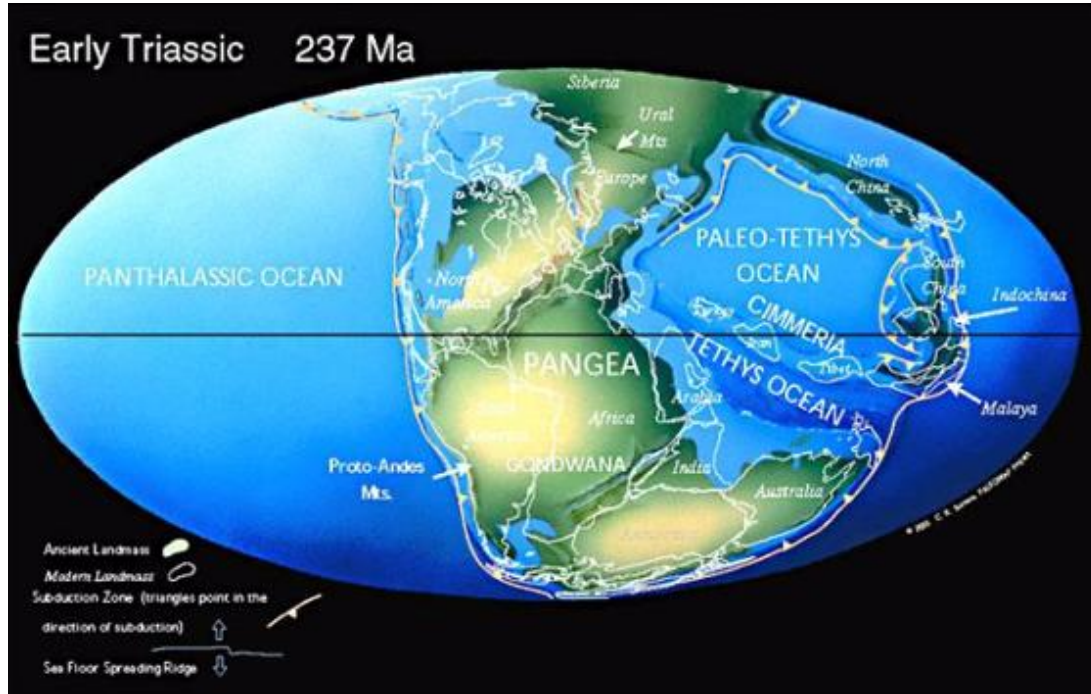
- trilobiitit ja meriskorpionit hävisivät lopullisesti
- koralliriutat käytännössä hävisivät
- nilviäiset, ammoniitit, merililjat, sammaleläimet ja panssarissiimalevät (Foraminifera)
- monet hyönteiset!
- pelykosaurit, monet muut matelijat ja sammakkoeläimet





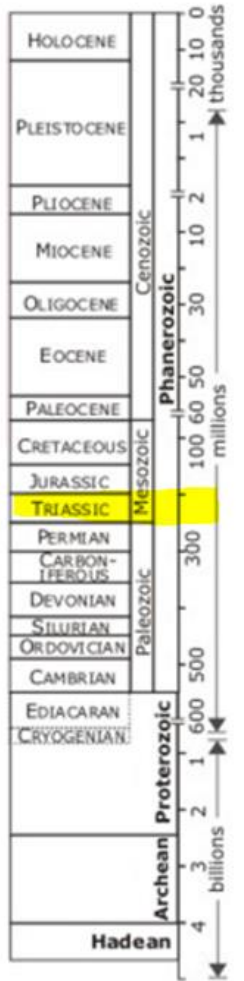
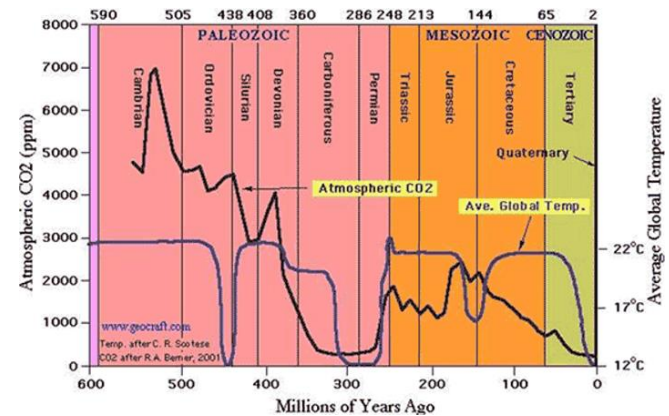


# Trias



Maayhteys navalta navalle

## Lämmin ilmasto





Ichtyosaurusia (kalaliskoja)

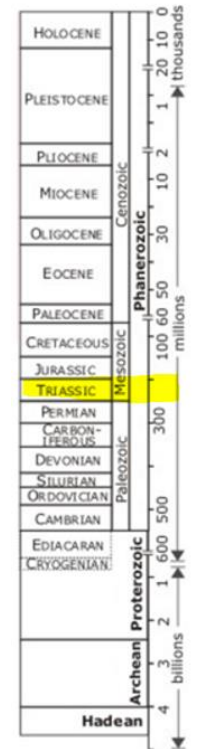
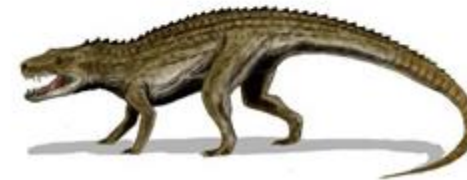
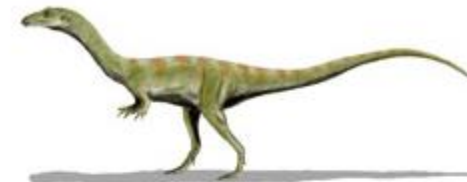


Plesiosaurusia (joutsenliskoja)



ei unohdeta ammoniitejakaan

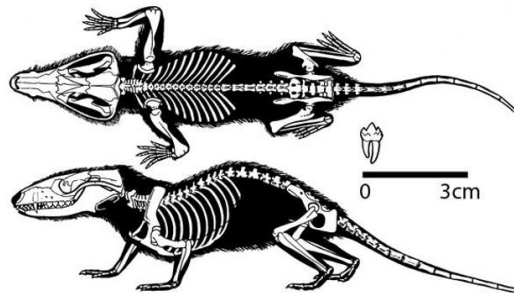
Havupuut  
Käypalmut  
Neidonhiuspuut



Triaskauden lopulla (n. 210-190 Ma)  
ensimmäiset varsinaiset nisäkkäät



Sinoconodon

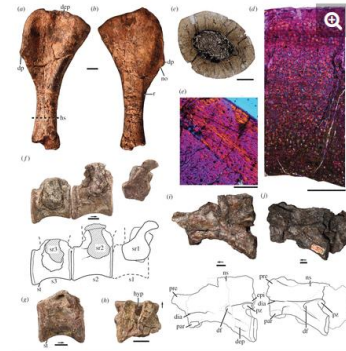


Megazostrodon

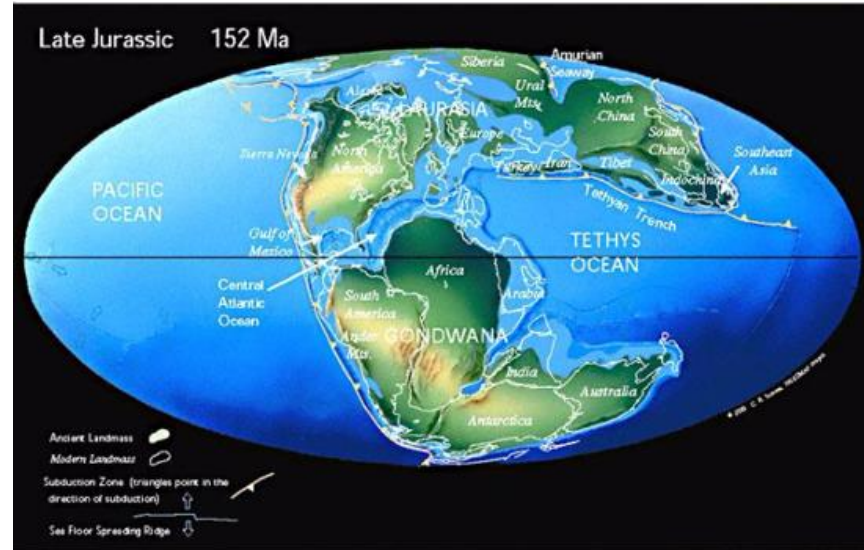
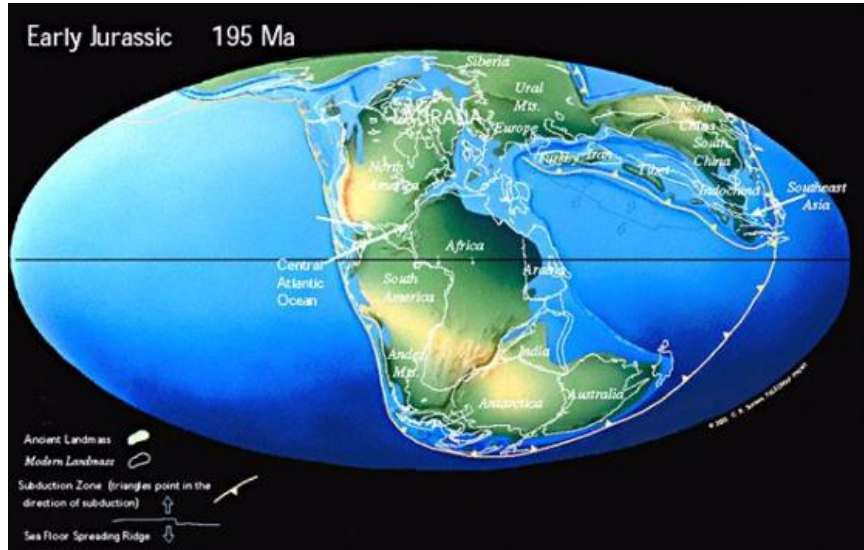
0 3cm

Pseudosuchia-matelijat hallitsevia (krokotiilit kehittyneet näistä)

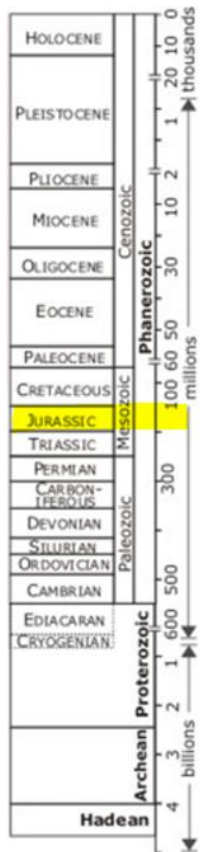
Ensimmäiset dinosaurukset noin 230 Ma

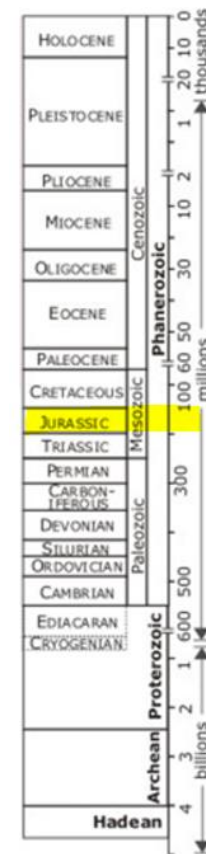


# Jura



Pangea supermanner alkaa hajota Gondwana ja Laurasia mantereiksi





© UCMP

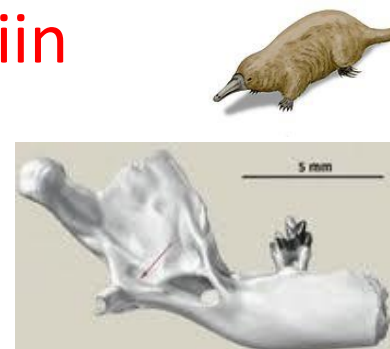
# Istukasnisäkkäisiin, pussieläimiin ja nokkaeläimiin johtaneet linjat erkaantuivat toisistaan



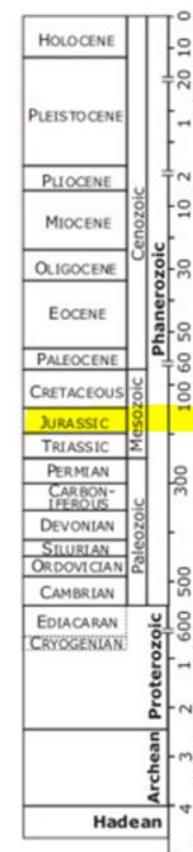
*Juramaia sinensis* (Kiina)  
vanhin tunnettu  
istukkanisäkäsfoossiili  
160 Ma



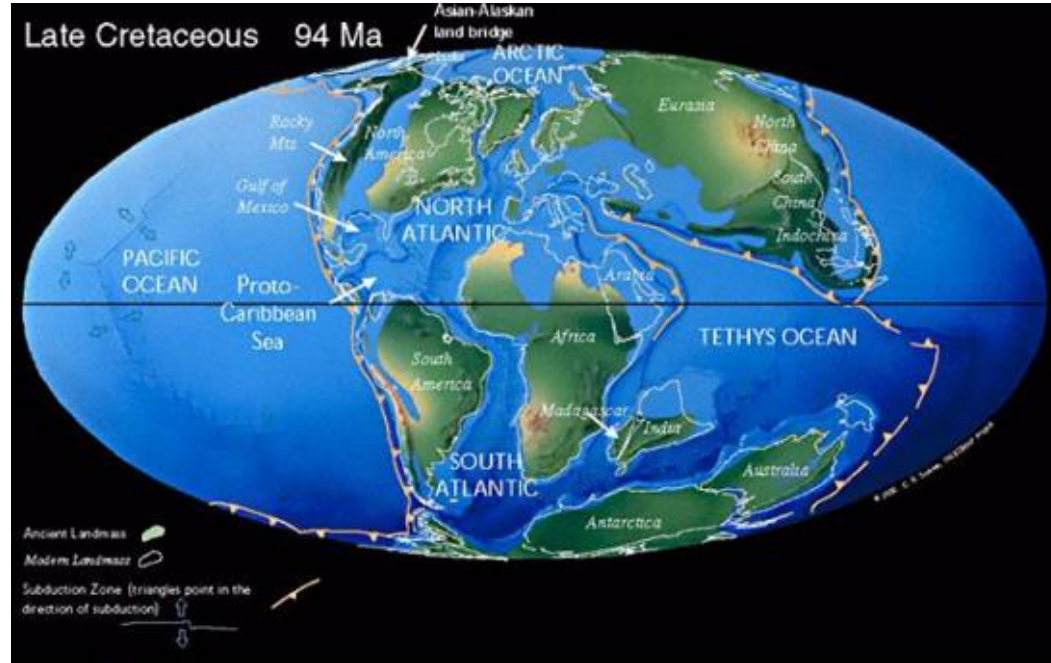
*Sinodelphys szalayi* (Kiina)  
vanhin tunnettu  
pussieläinfoossiili  
125 Ma



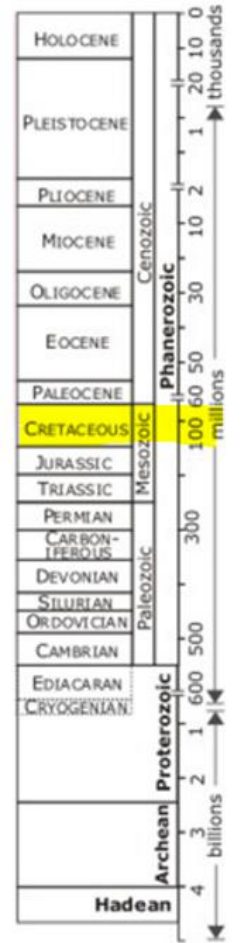
*Teinolophos*  
(Australia)  
nokkaeläinfoossiili  
123 Ma



# Liitu

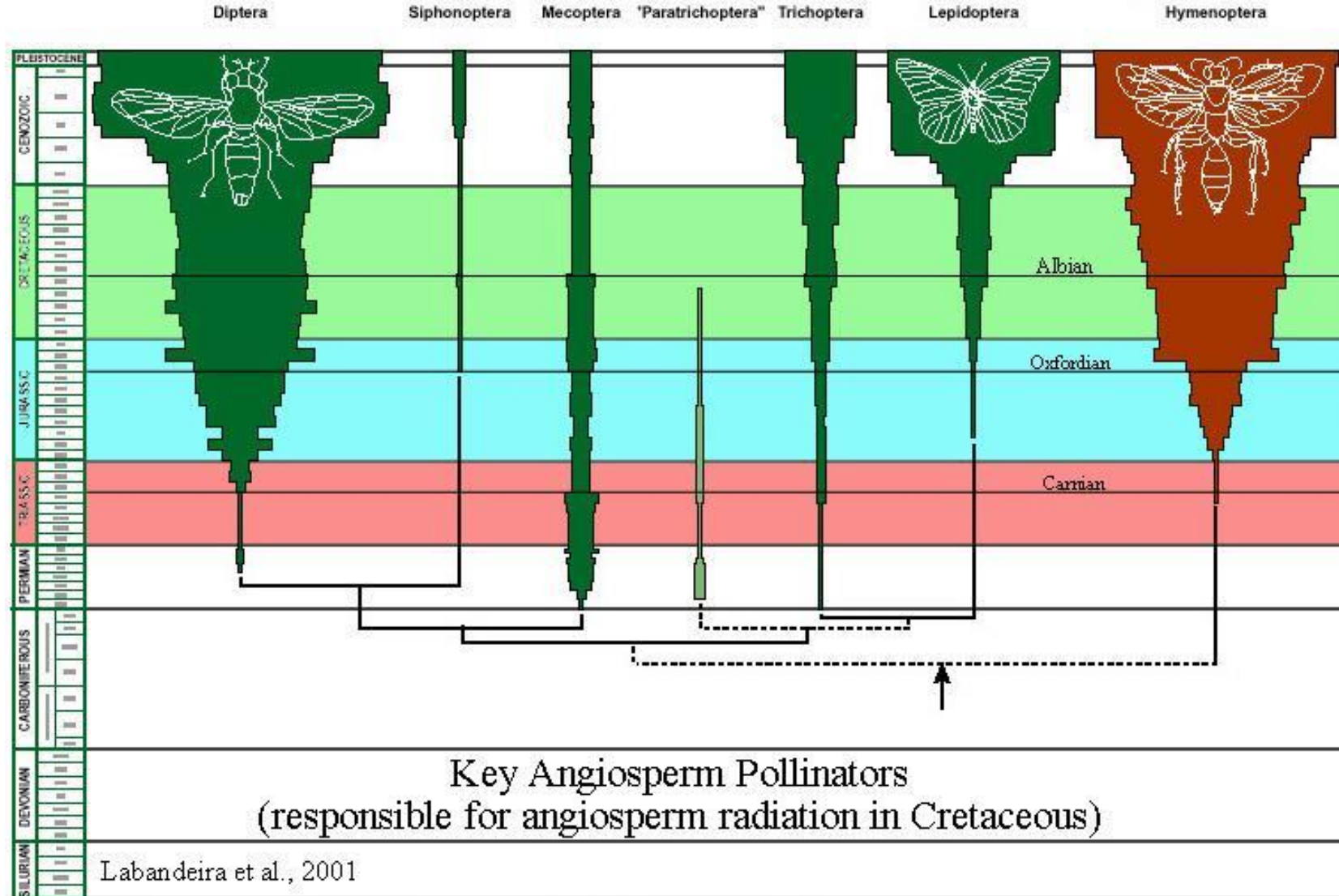


Atlantti syntyy Etelä-Amerikan ja Afrikan väliin  
Intia irtoaa Madagaskarista ja lähtee kohti Aasiaa  
Pohjois-Amerikka on yhä yhteydessä Eurooppaan ja Australia Antarktukseen



# Kukkakasvit ja niiden pölyttäjät

Liitukausi





# Nisäkkäät pieniä, mutta melko monimuotisia jo ”dinosaurusten aikaan”

