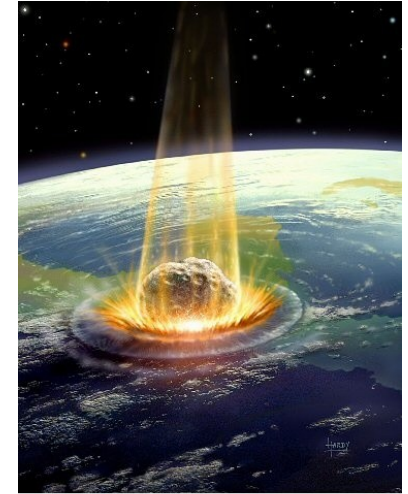
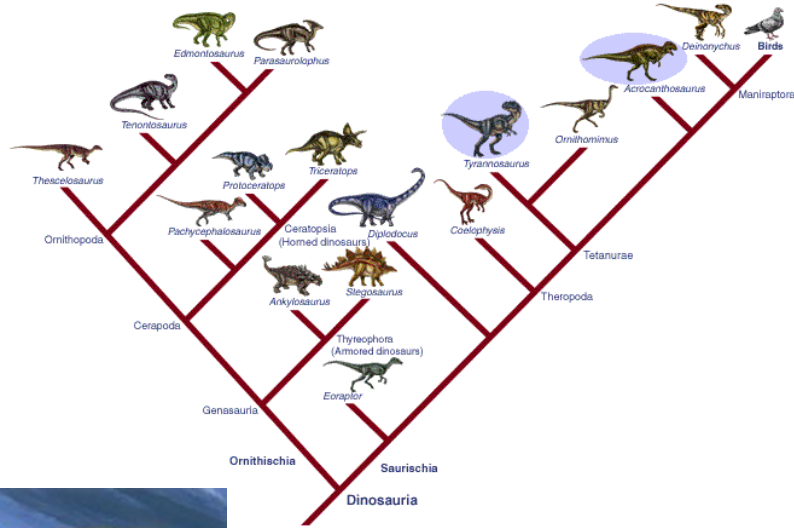
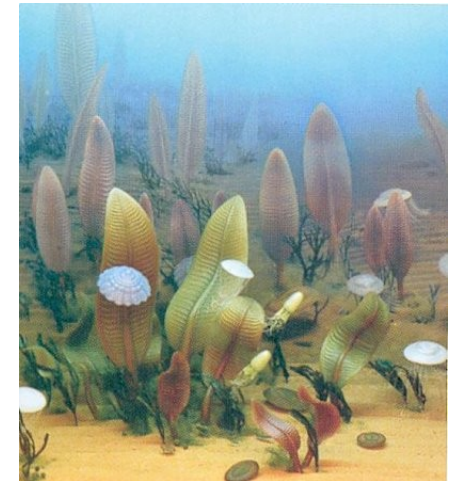


# HISTORIE ŽIVOTA NA ZEMI



Asteroid Impact

David A. Hardy



# Systematika a taxonomie

systematika, paleontologie → historie evolučních změn

**systematika** = studium vztahů mezi organismy

**taxonomie** = teorie a praxe klasifikace

**kategorie:** třída, řád, čeleď, druh, ...

**taxon:** Mammalia, Primates, Hominidae, *Homo sapiens*, ...

# 1. Předlinnéovská

včela medonosná = *Apis pubescens, thorace subgriseo, abdomine fusco, pedibus posticis glabris utrinque margine ciliatis*

[ochlupená včela, s tmavě šedou hrudí, tmavohnědým zadečkem a holýma, po obou stranách obrvenýma zadníma nohama]

*Acaciae quodammodo accedens, Myrobalano chebulo Veslingii similis arbor Americana spinosa, foliis ceratoniae in pediculo geminatis, siliqua bivalvi compressa corniculata seu cochlearum vel arietinorum cornuum in modum incurvata, sive Unguis cati*

[americký trnitý strom poněkud připomínající akát, podobný Veslingovu vrcholáku *Myrobalanus chebula*, s párovými listy rohovníku *Ceratonia* na řapíku, stlačenou šešulí o dvou chlopních, zahnutou jako tykadla hlemýždě nebo rohy berana nebo jako kočičí drápy]

zubr = buffle, urus, bubalus, catoblepas,  
theur, the bubalus of Belon, Scottish bison  
... Aristoteles: bonasus → totéž?



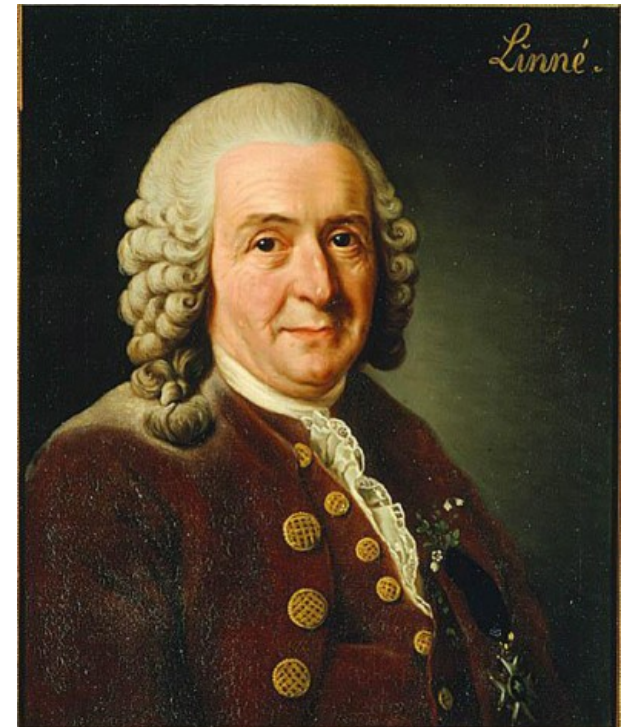
## 2. Karl Linné:

1735 *Systema Naturae*

binominální nomenklatura: rod + druh

hierarchická klasifikace:

říše, kmen, třída, řád, čeleď, rod, druh



Carolus Linnaeus

### 3. Darwin:

kladogeneze (větvení) a anageneze (změna znaků)

system by měl odrážet reálnou fylogenezi → otázka Jak?

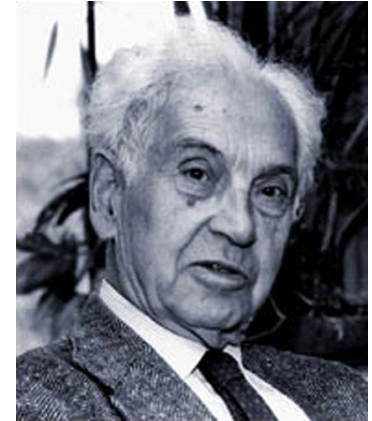
### Evoluční systematika

před 1950: společný předek + adaptivní divergence

diskuse, zda vhodnější adaptivní, nebo neadaptivní znaky

subjektivní a nejasná kritéria výběru a vážení znaků ⇒ krize taxonomie  
(⇒ samotné slovo taxonomie nahrazeno pojmem „systematika“)

kontroverze mezi „rozdělovači“ (*splitters*) a „slučovači“ (*lumpers*)



E. Mayr

# Numerická taxonomie (fenetika)

1957: Charles Michener, Robert Sokal, P.H.A. Sneath

taxonomie by neměla být založena na malém počtu „důležitých“ znaků,  
ale na celkové podobnosti

⇒ co největší počet znaků

numerické metody: morfologické a genetické distance, ordinační (PCA, DFA, CVA, MDS, ...), shluková analýza (UPGMA)

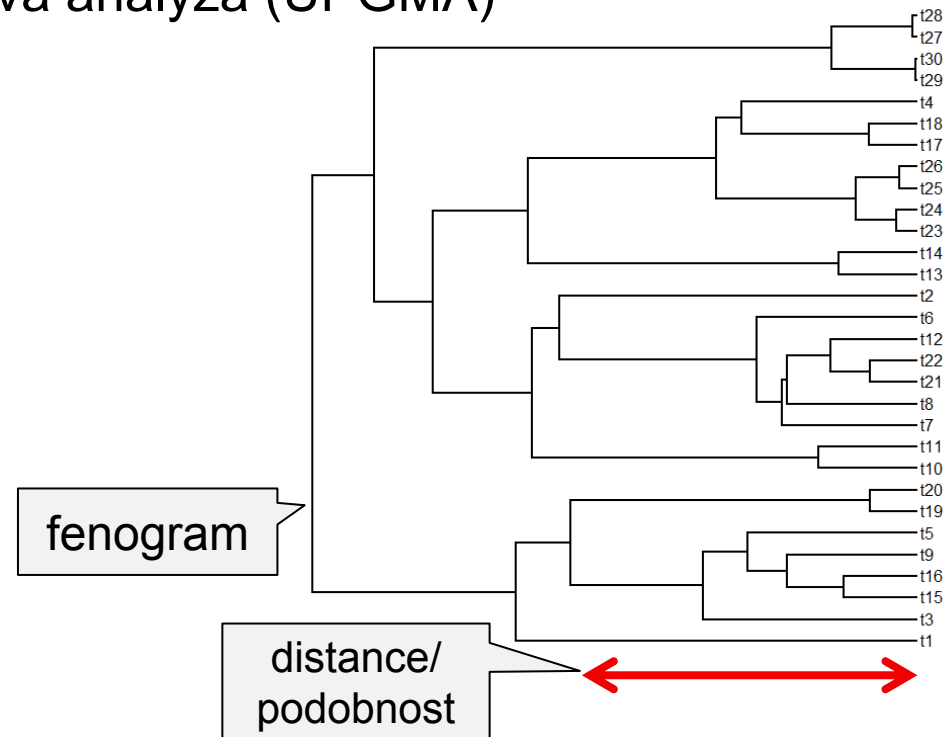
fenogramy

problémy:

homoplazie (= konvergence,  
paralelismus, reverze)

sdílené primitivní znaky

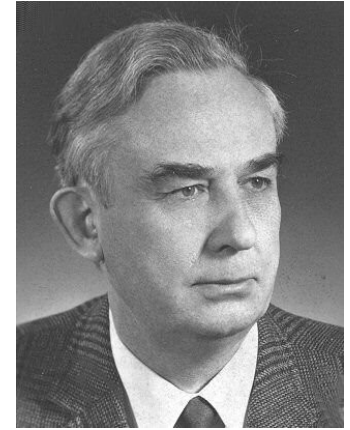
nestejná rychlost evoluce



# Fylogenetická systematika (kladistika)

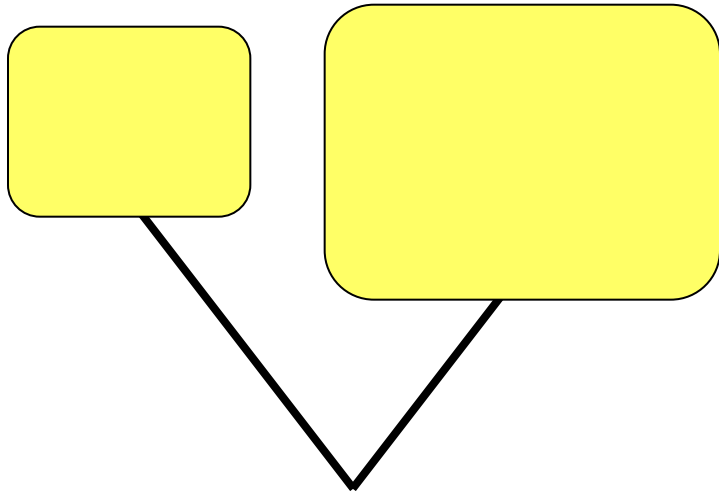
1950, 1966: **Willi Hennig**: *Phylogenetic Systematics*  
pouze reflexe genealogie, nikoli adaptivní divergence  
striktní monofylie

monofyletická skupina = **klad** (*clade*)

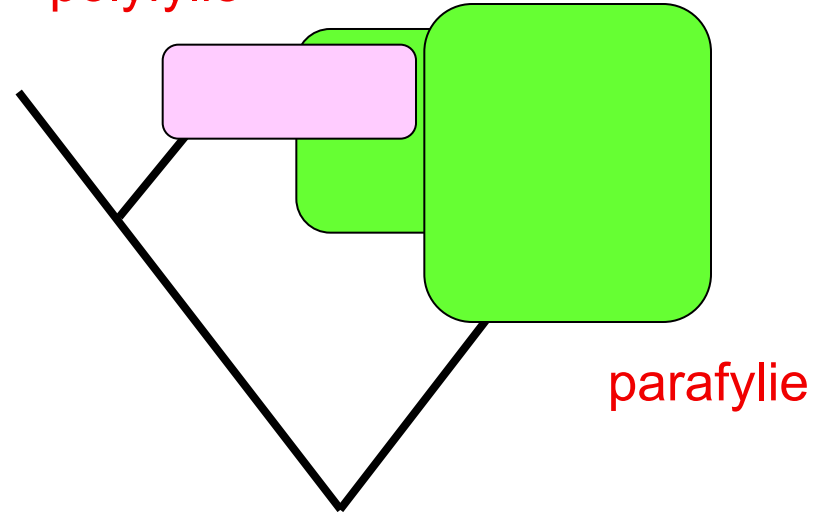


W. Hennig

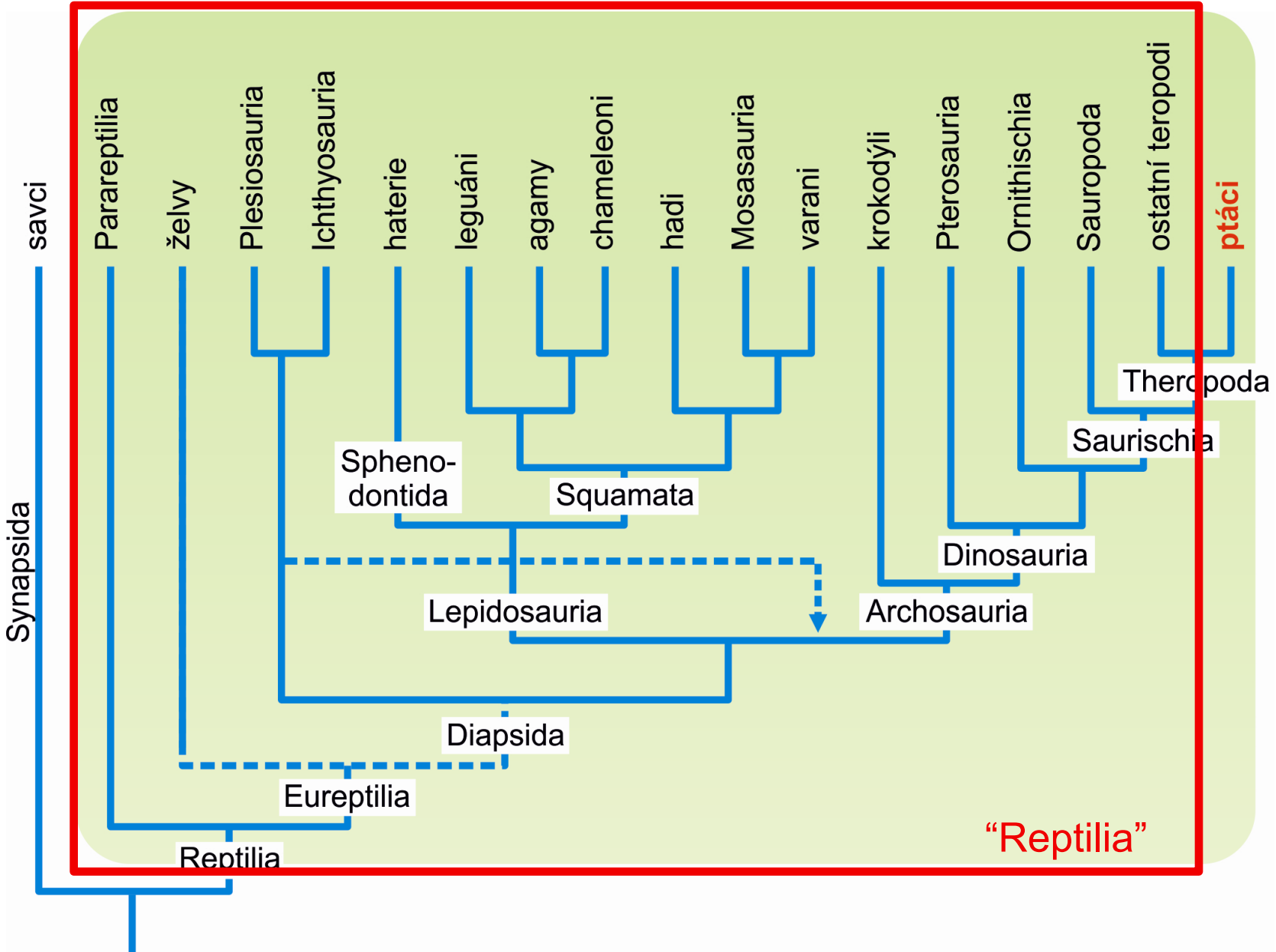
monofylie



polyfylie



parafylie





# “Pongidae”



Orangutan  
48 chromosomes  
(24 pairs)



Gorilla  
48 chromosomes  
(24 pairs)



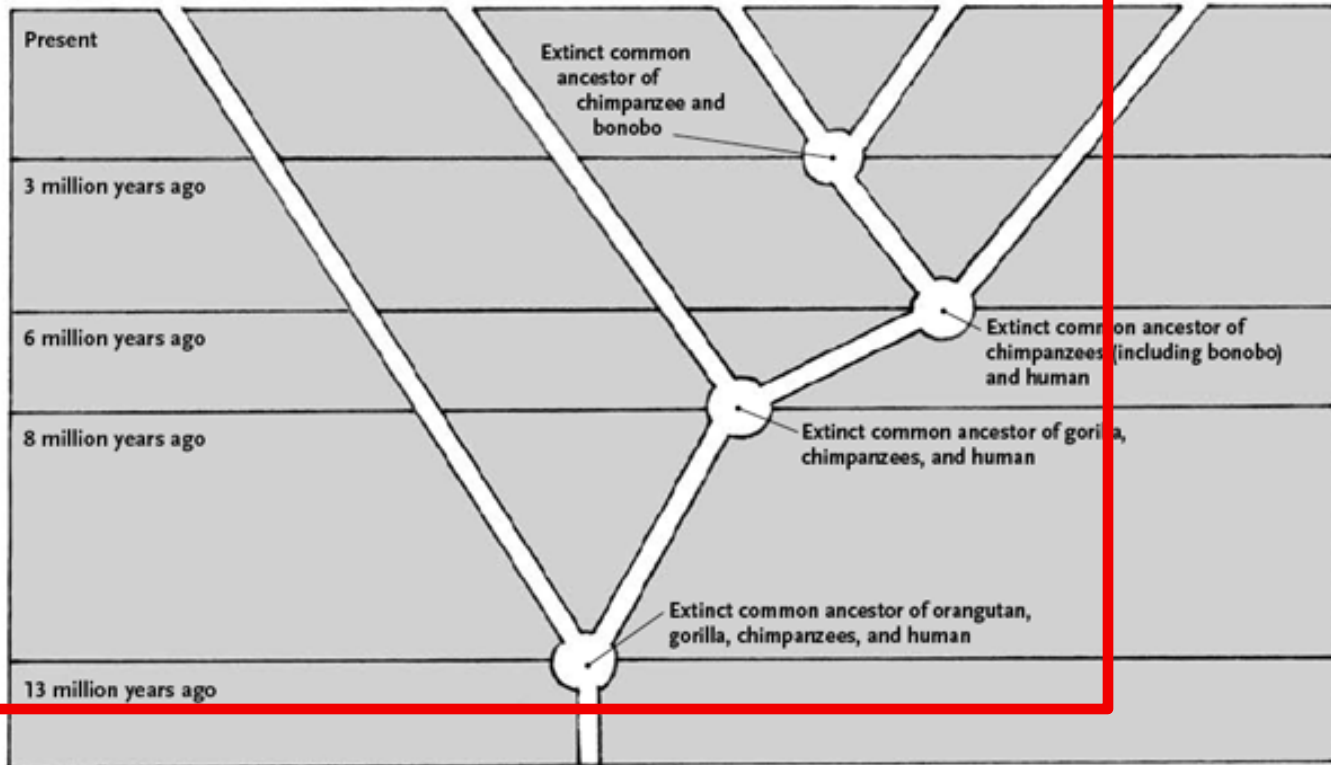
Chimpanzee  
48 chromosomes  
(24 pairs)



Bonobo  
48 chromosomes  
(24 pairs)



Human  
46 chromosomes  
(23 pairs)



znaky:

**pleziomorfní** (= původní, „primitivní“)

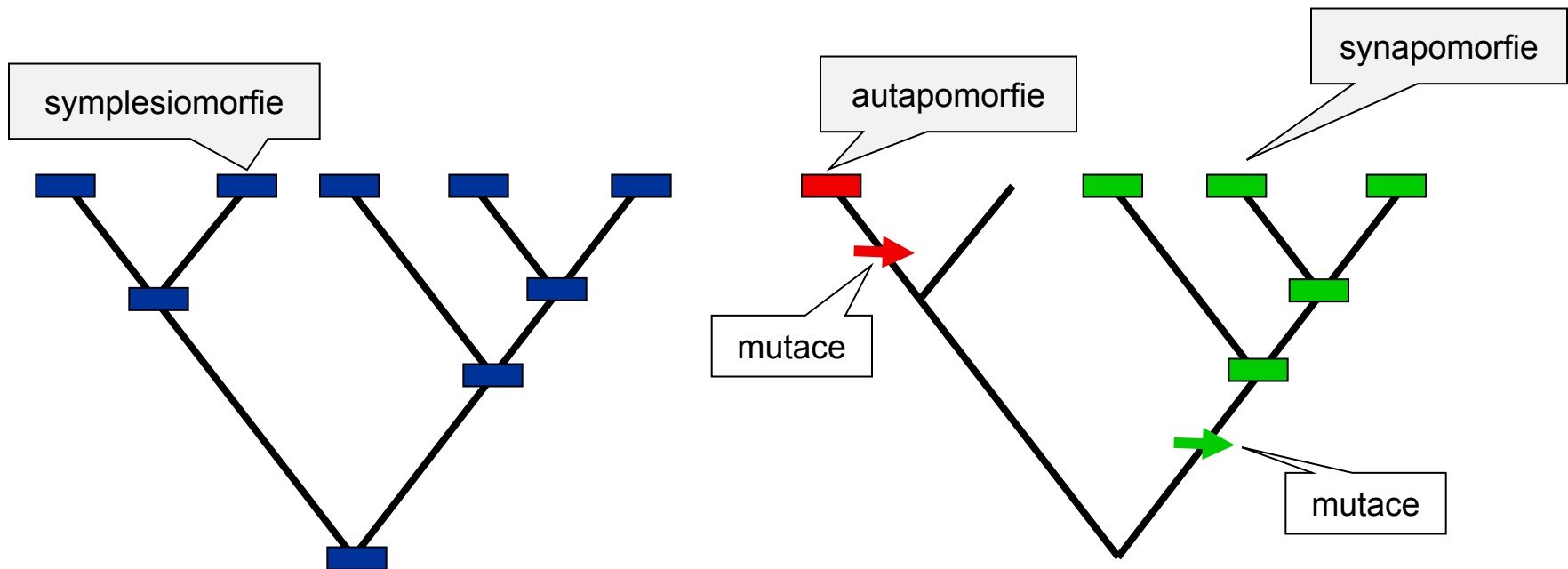
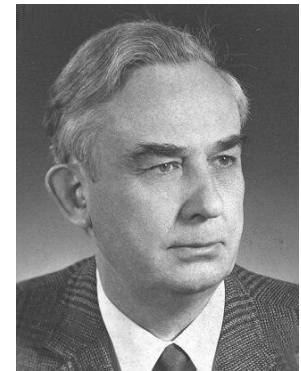
sympleziomorfní (= sdílené původní)

**apomorfní** (= odvozené)

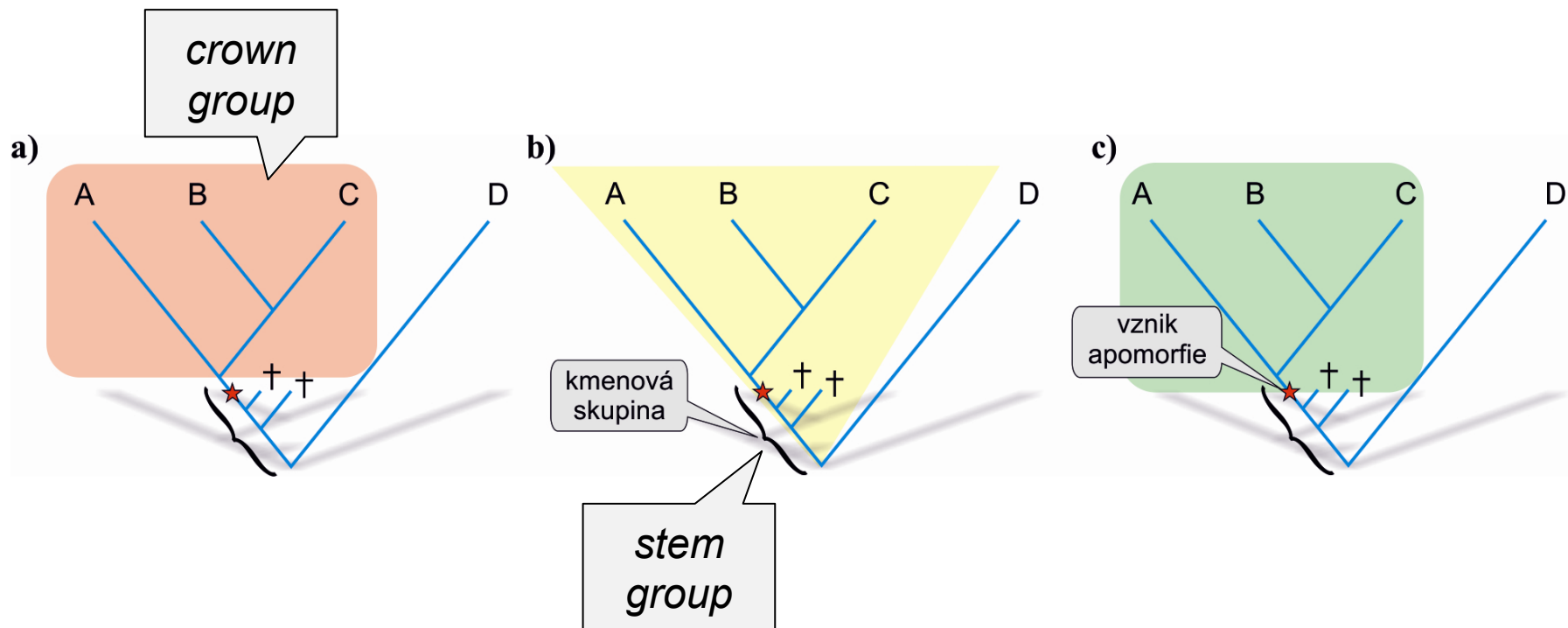
synapomorfní (= sdílené odvozené)

autapomorfní (= specifické odvozené)

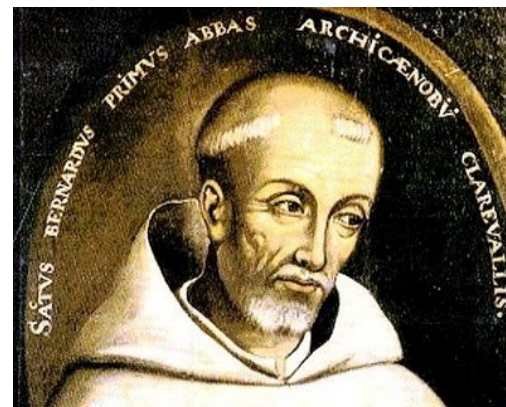
klady definovány pouze na základě synapomorfii



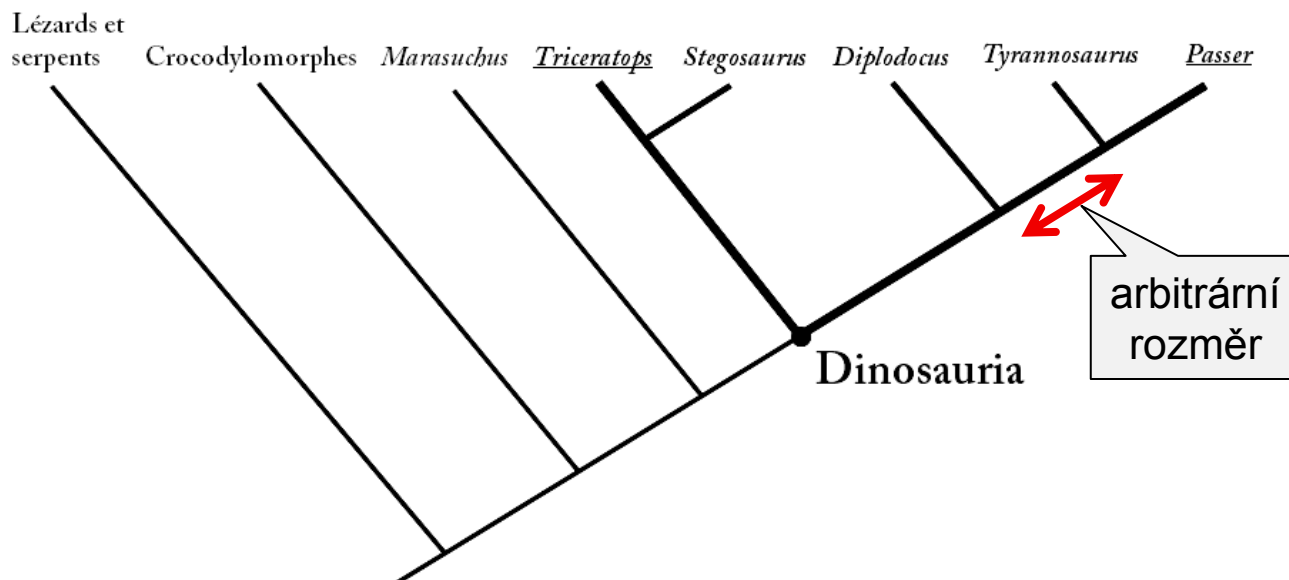
# Definice kladů a klasifikace vymřelých taxonů:



princip parsimonie: Occamova břitva  
(William of Ockham, 14. stol.)



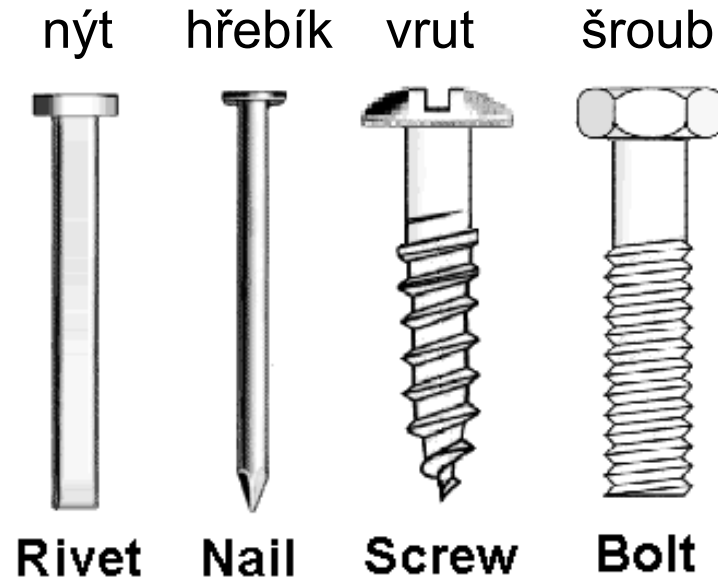
kladogramy



PhyloCode (*International Code of Phylogenetic Nomenclature*)  
dosud poněkud kontroverzní a málo praktický

problémy: homoplazie, rychlá evoluce

# Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů



Nýt má nejjednodušší strukturu a proto předpokládáme, že je nejbliž tvaru společného předka současných spojovacích materiálů

Mezi ostatními typy můžeme definovat 7 odvozených stavů (tj. neexistujících u nýtu):

- 1) hlavička se zářezem,
- 2) zakulacená hlavička,
- 3) šestihranná hlavička,
- 4) dřík se závitem,
- 5) zužující se dřík,
- 6) ostrý hrot,
- 7) silný průměr

# Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů

Stavy znaků všech 4 typů jsou srovnány v tabulce, kde

„0“ = pleziomorfní („nýtovitý“) stav

„1“ = apomorfní (odvozený) stav

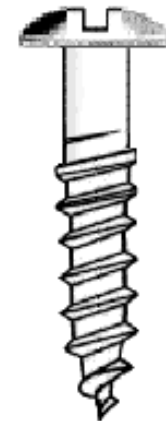
Character	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Head notch	0	0	1	0
Rounded head	0	0	1	0
Hex head	0	0	0	1
Threaded shaft	0	0	1	1
Tapered shaft	0	0	1	0
Pointed tip	0	1	1	0
Thick diameter	0	0	1	1



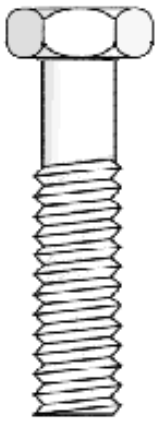
Rivet



Nail



Screw



Bolt

# Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů

Character	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Head notch			1	0
Rounded head			1	0
Hex head			0	1
Threaded shaft			1	1
Tapered shaft			1	0
Pointed tip			1	0
Thick diameter			1	1

Phenetic Comparison (Total of all shared states)				
	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Rivet	-	6	1	4
Nail		-	2	3
Screw			-	2
Bolt				-

Jestliže ke klasifikaci typů spojovacích materiálů použijeme **fenetický** přístup, srovnáváme je navzájem počítáním celkového počtu sdílených stavů (jak původních, tak odvozených).

Např. nýt vs. hřebík: 6 podobností, 1 rozdíl

# Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů

Character	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Head notch	0	0	1	0
Rounded head	0	0	1	0
Hex head	0	0	0	1
Threaded shaft	0	0		
Tapered shaft	0	0	1	0
Pointed tip	0	1	1	0
Thick diameter	0	0		

Cladistic Comparison (Total of derived states only)				
	Rivet	Nail	Screw	Bolt
Rivet	-	0	0	0
Nail		-	1	0
Screw			-	2
Bolt				-

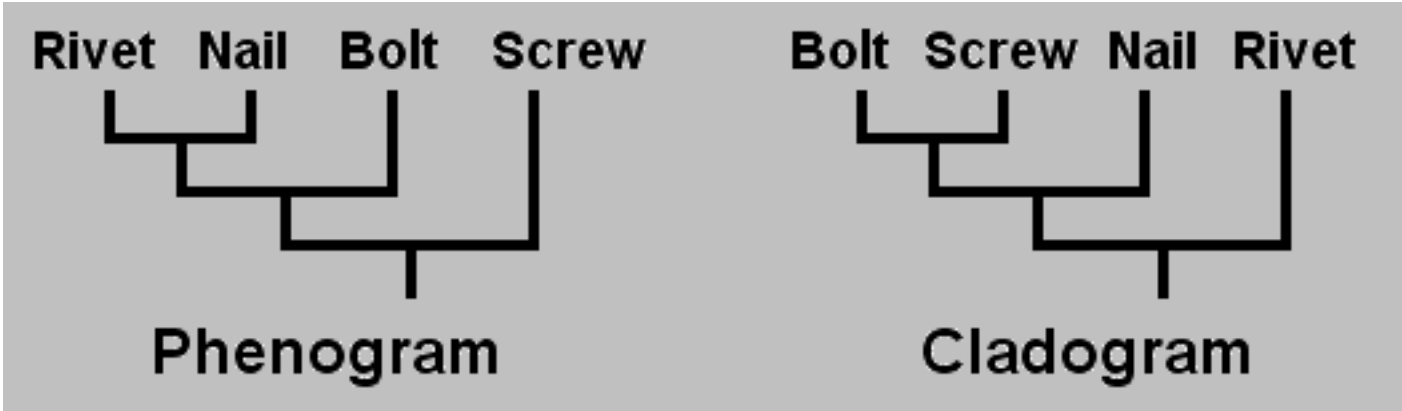
Jestliže ke klasifikaci typů spojovacích materiálů použijeme **kladistický** přístup, srovnání je založeno pouze na počtu odvozených stavů (○).

Např. šroub vs. vrut: 2 **synapomorfie**



# Kladistika a fenetika na příkladu „evoluce“ spojovacích materiálů

<b>Phenetic Comparison</b> (Total of all shared states)					<b>Cladistic Comparison</b> (Total of derived states only)				
	<b>Rivet</b>	<b>Nail</b>	<b>Screw</b>	<b>Bolt</b>		<b>Rivet</b>	<b>Nail</b>	<b>Screw</b>	<b>Bolt</b>
<b>Rivet</b>	-	6	1	4	<b>Rivet</b>	-	0	0	0
<b>Nail</b>		-	2	3	<b>Nail</b>		-	1	0
<b>Screw</b>			-	2	<b>Screw</b>			-	2
<b>Bolt</b>				-	<b>Bolt</b>				-



# Evoluční systematika - reakce

fylogenetické vztahy + rozsah divergence  $\Rightarrow$  kombinace fenetického a kladistického přístupu

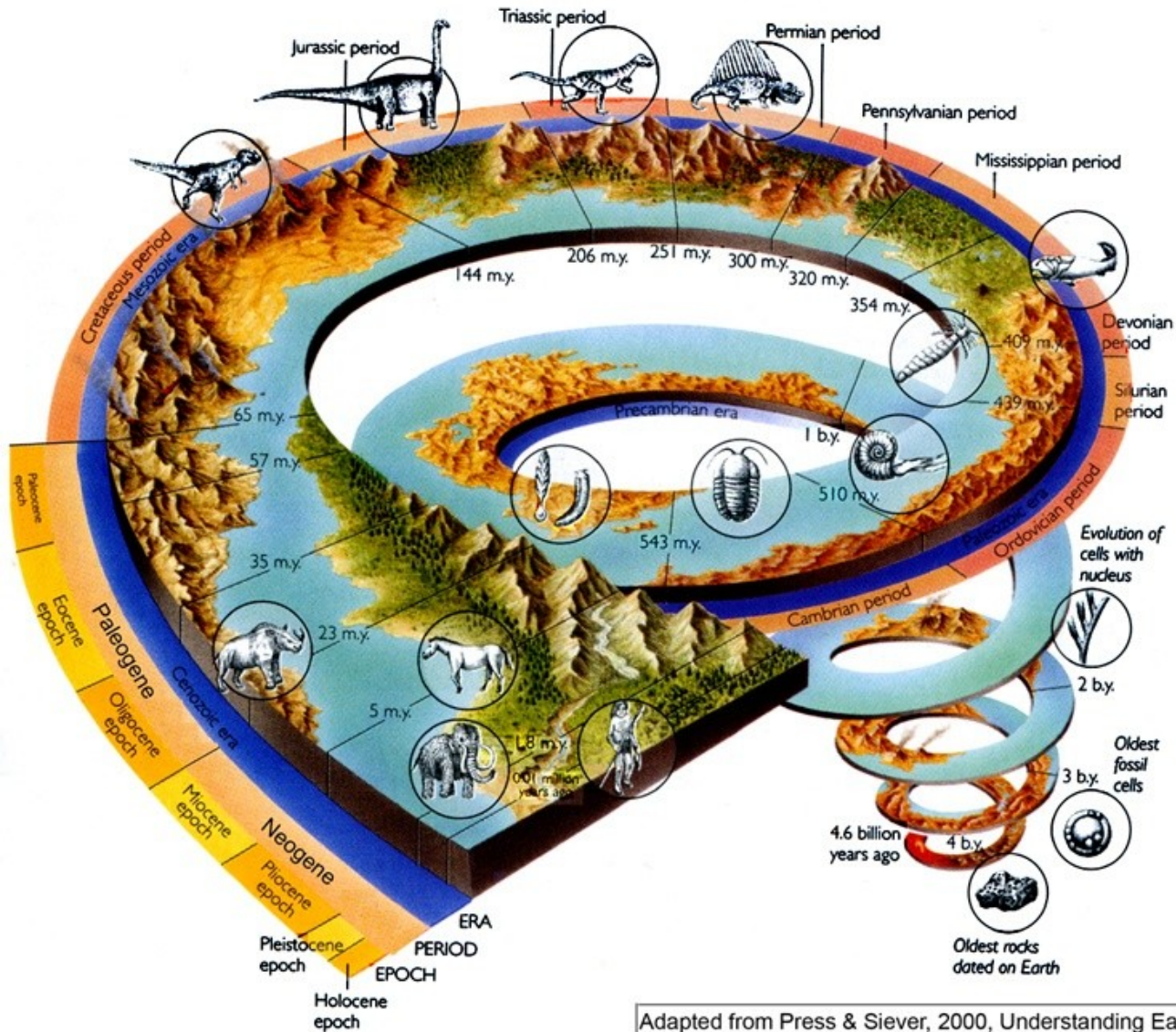
reflexe kladů i gradů

grad = skupina druhů, ze které vznikla jiná skupina, jejíž rozrůznění od ancestrální dosáhlo vysokého stupně (plazi, ještěři, ryby v tradičním pojetí)

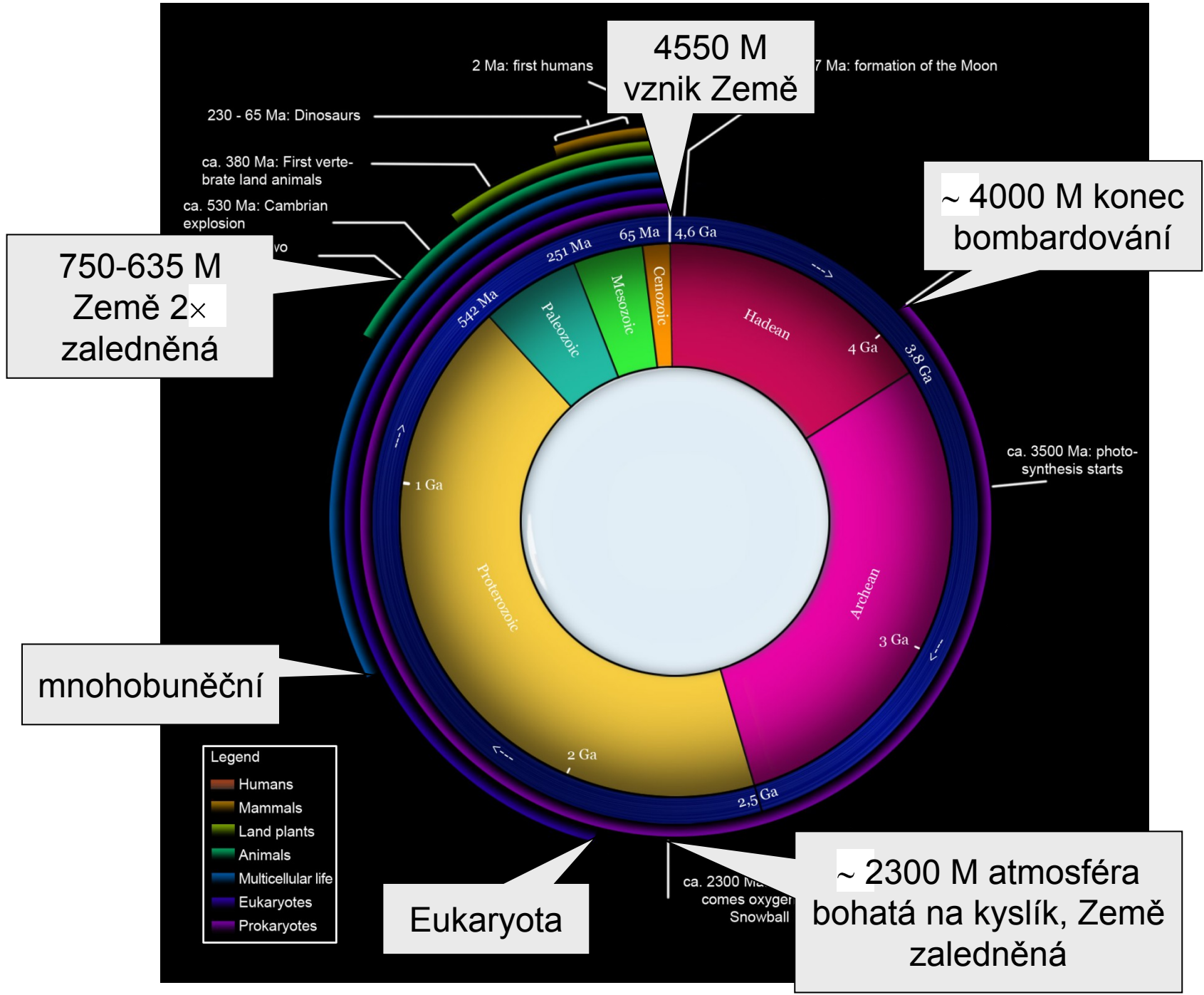


E. Mayr

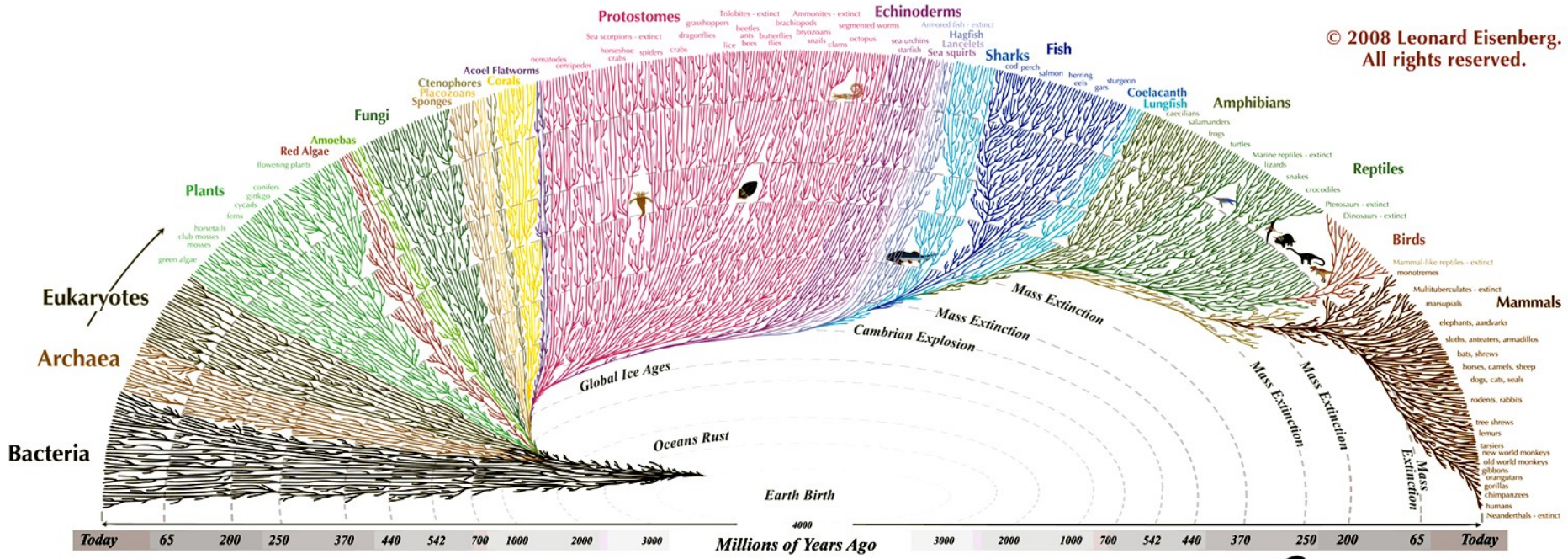
# HISTORIE ŽIVOTA NA ZEMI




Adapted from Press & Siever, 2000, Understanding Earth



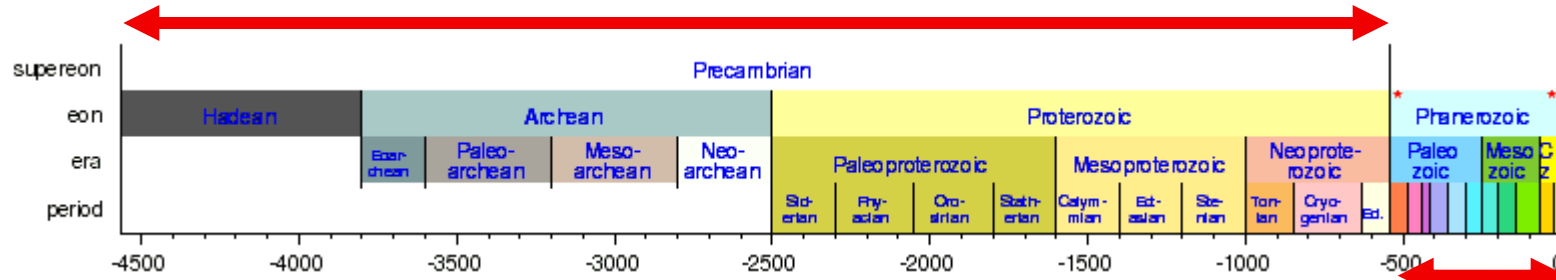
© 2008 Leonard Eisenberg.  
All rights reserved.



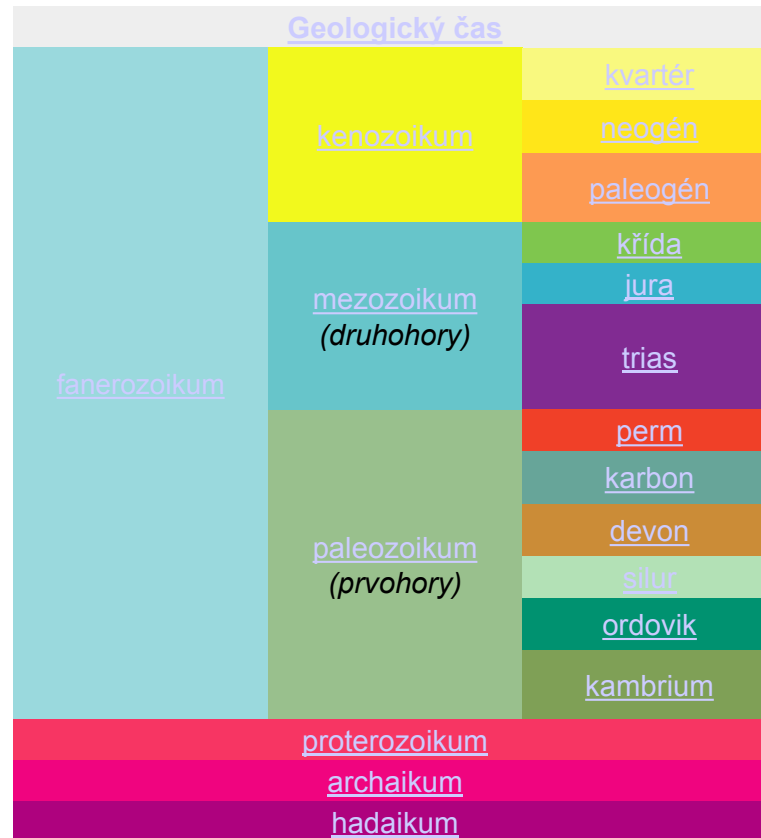
All the major and many of the minor living branches of life are shown on this diagram, but only a few of those that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct 

© 2008 Leonard Eisenberg. All rights reserved.  
evogenes.com

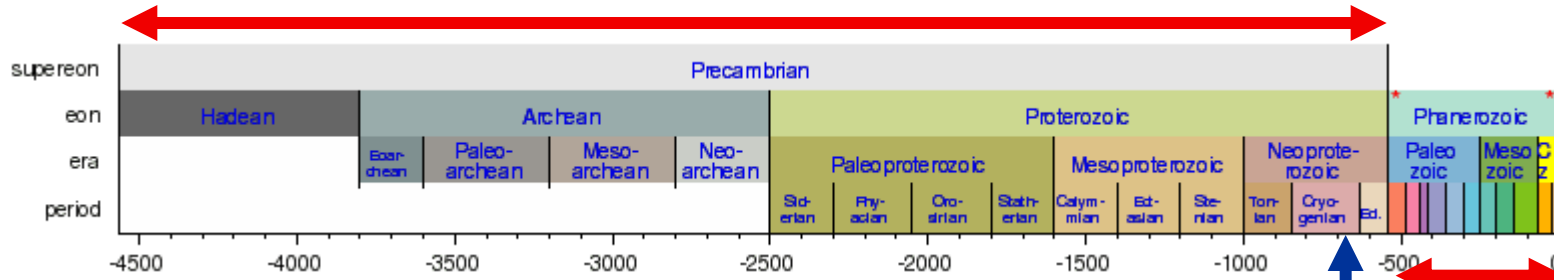
# Prekambrium



eon      Hadaikum (Hadean)      Archaikum (Archean)      Proterozoikum (Proterozoic)      **Fanerozoikum**



# Prekambrium



**eon** Hadaikum (Hadean) Archaikum (Archean) Proterozoikum (Proterozoic) Fanerozoikum

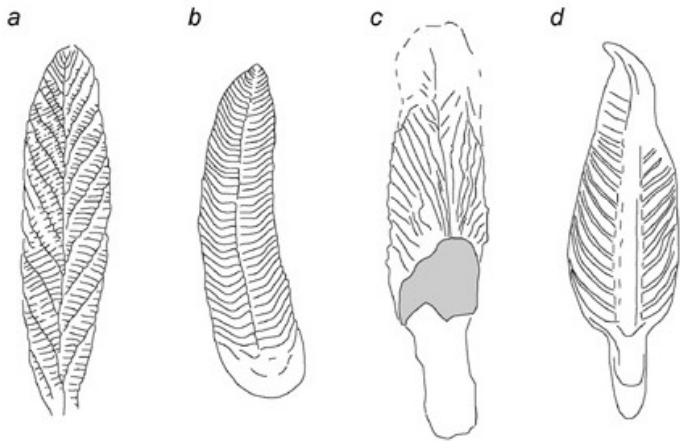
Ediakarská fauna (Vendian) ~635-542 M



Charnwood, Leicestershire ~ 560 M

Mistaken Point, Newfoundland ~ 565 M





*Charnia*

*Charnia*

*Spriggina*

*Stromatoveris*

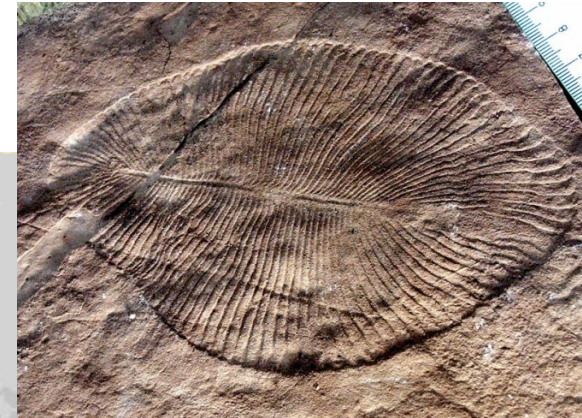
*Thaumaptilon*



Ediacara Hills,  
Australie



*Spriggina*

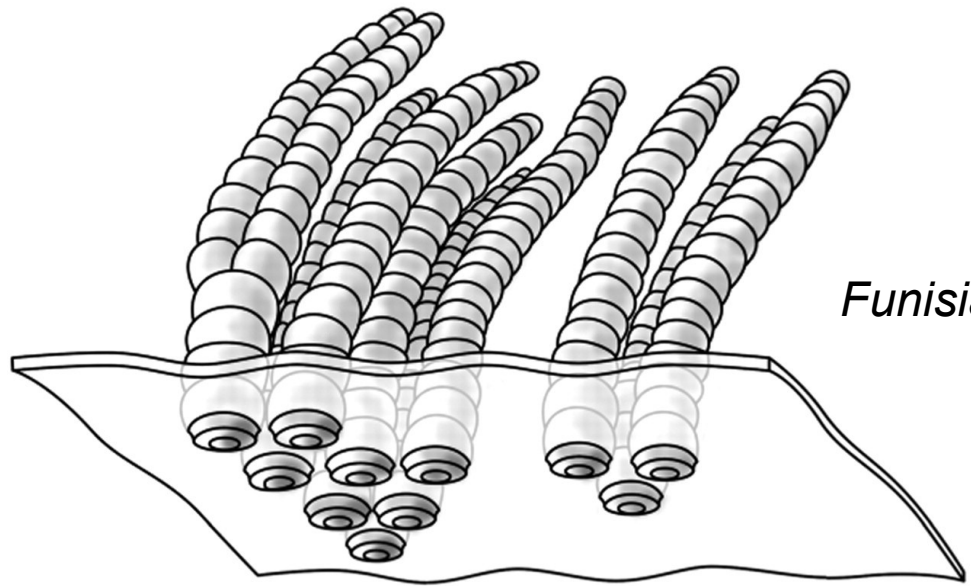
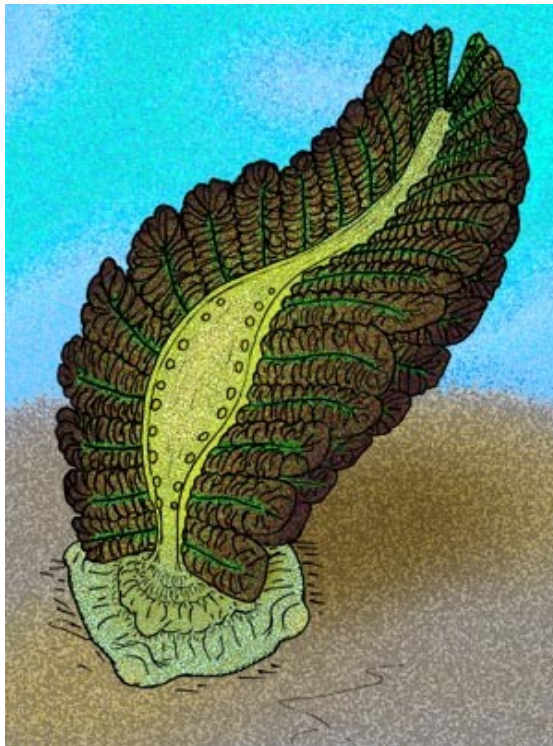


*Dickinsonia*  
~ 580 M



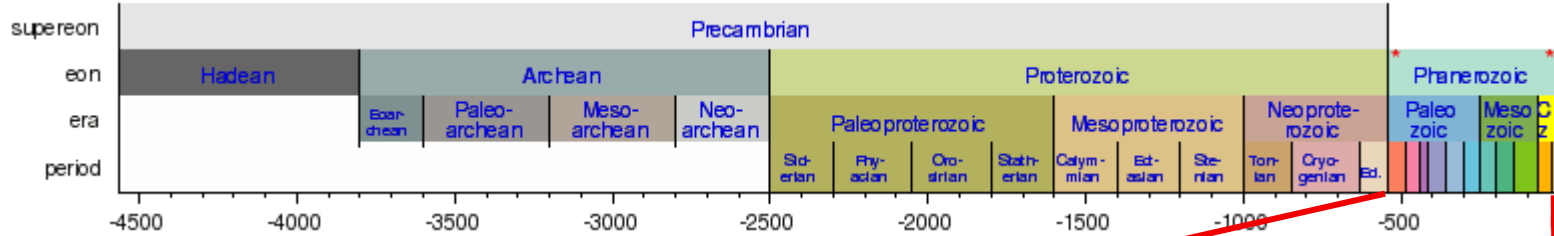


*Spriggina*



*Funisia: sex?*

# Fanerozoikum

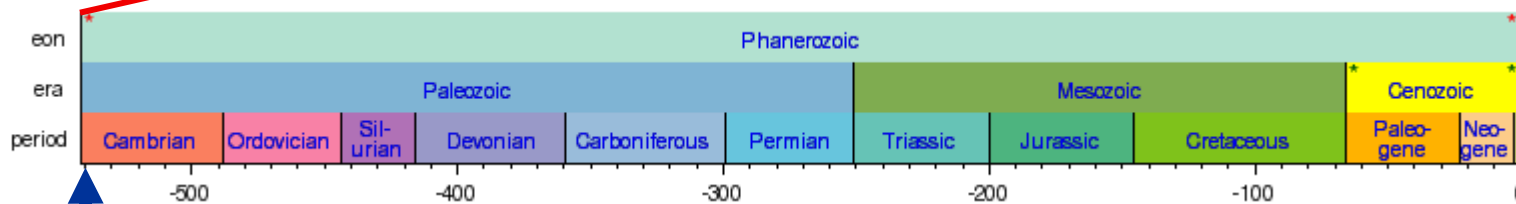


éra

Paleozoikum

Mesozoikum

Kenozoikum



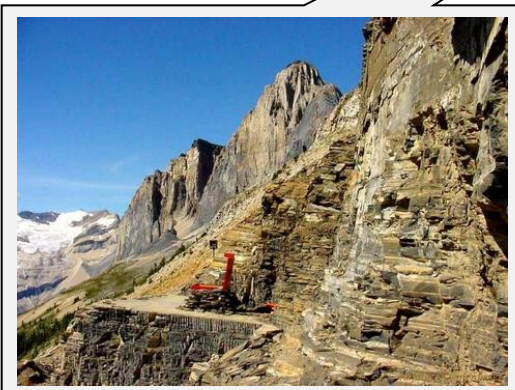
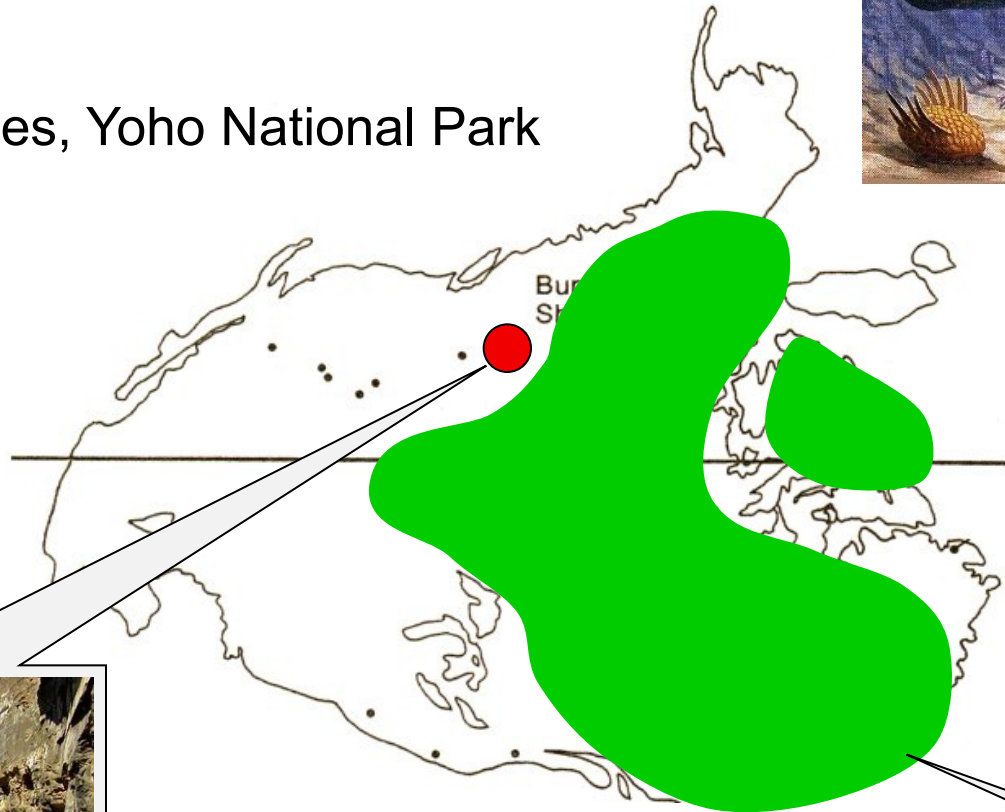
kambrická exploze  
~ 542-520 M

# Kambrická exploze

## Burgessova břidlice (*Burgess Shale*)

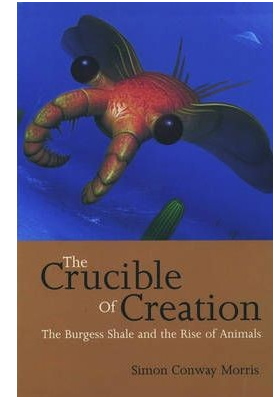
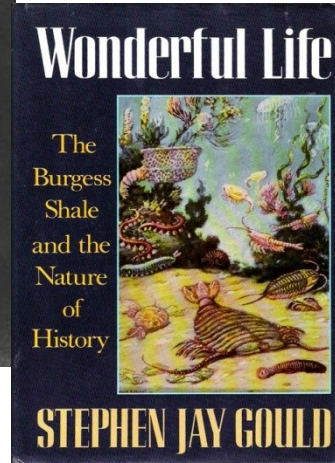
~ 542-520 M

Canadian Rockies, Yoho National Park

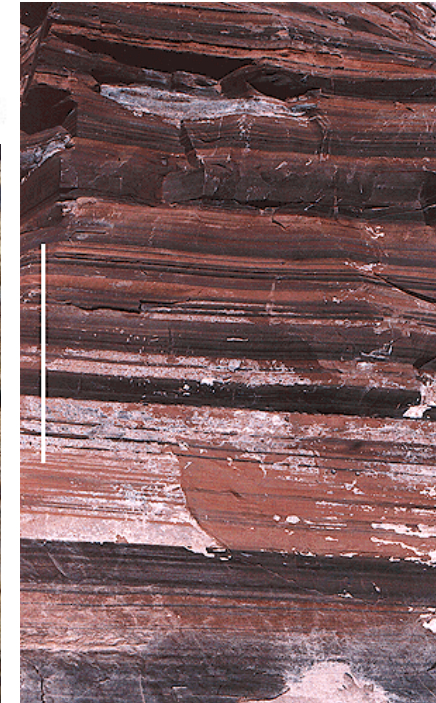


kontinent

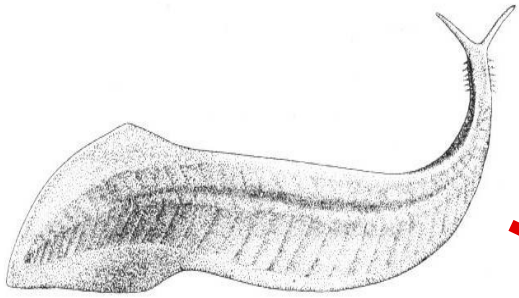
# Charles Doolittle Walcott (1909)



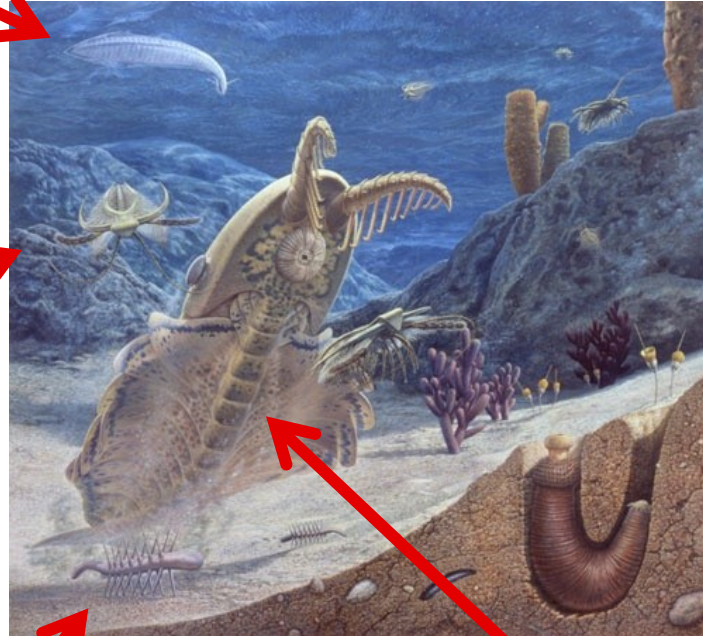
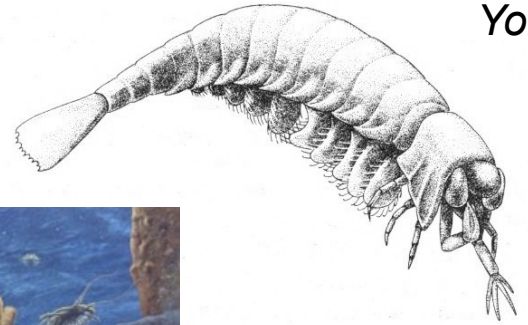
Simon Conway Morris



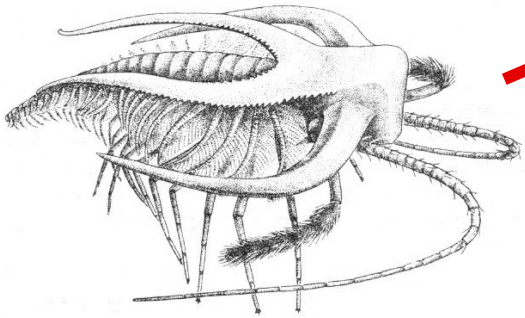
*Pikaia gracilens*



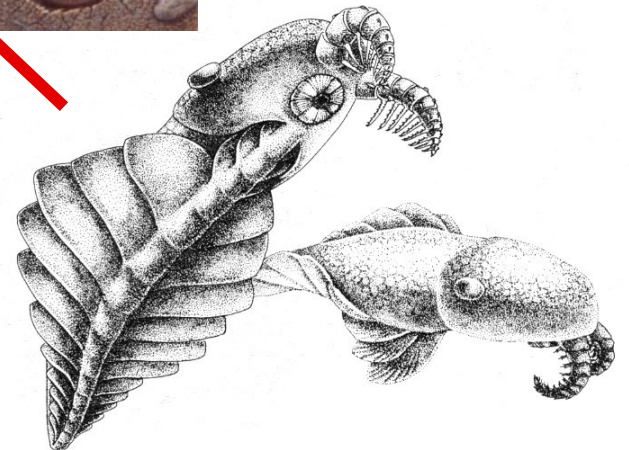
*Yohoia*



*Marella*

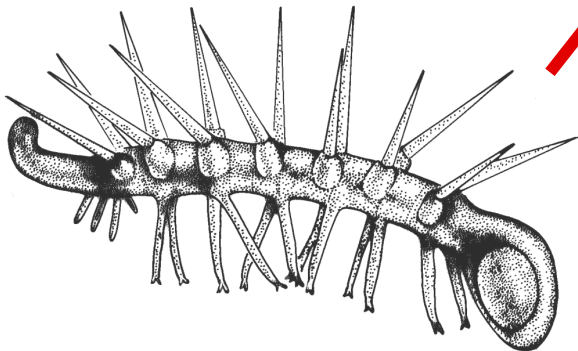


*Anomalocaris nathorsti*

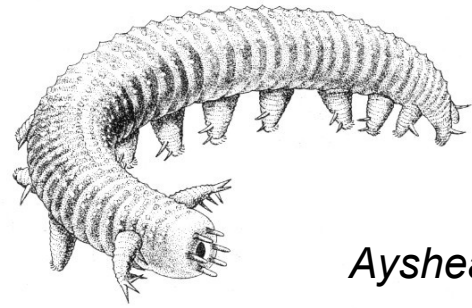
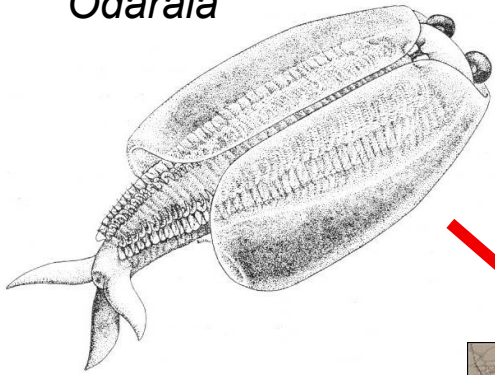


*A. canadensis*

*Hallucigenia*



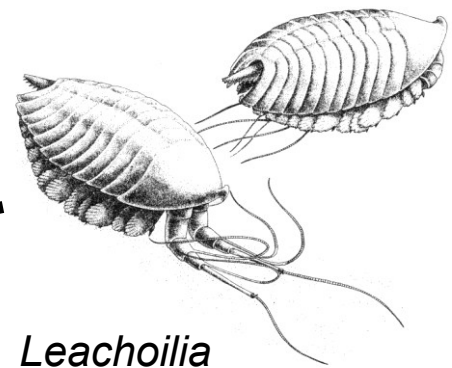
*Odaraia*



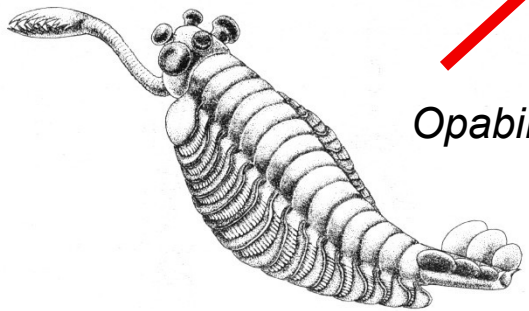
*Aysheaia*



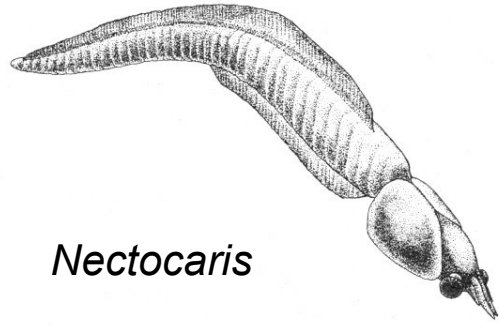
*Wiwaxia*



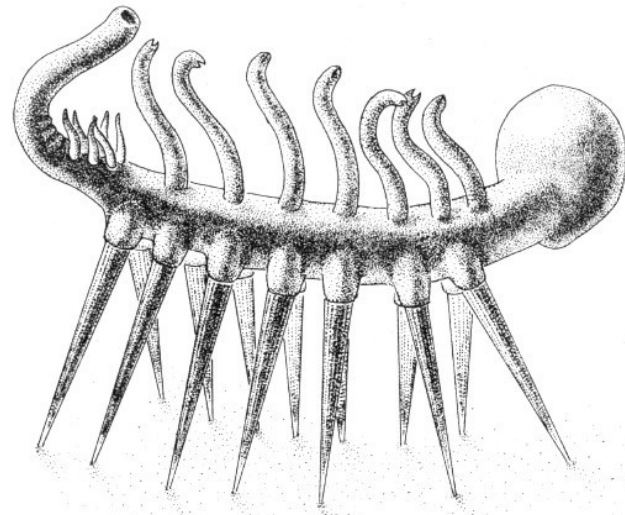
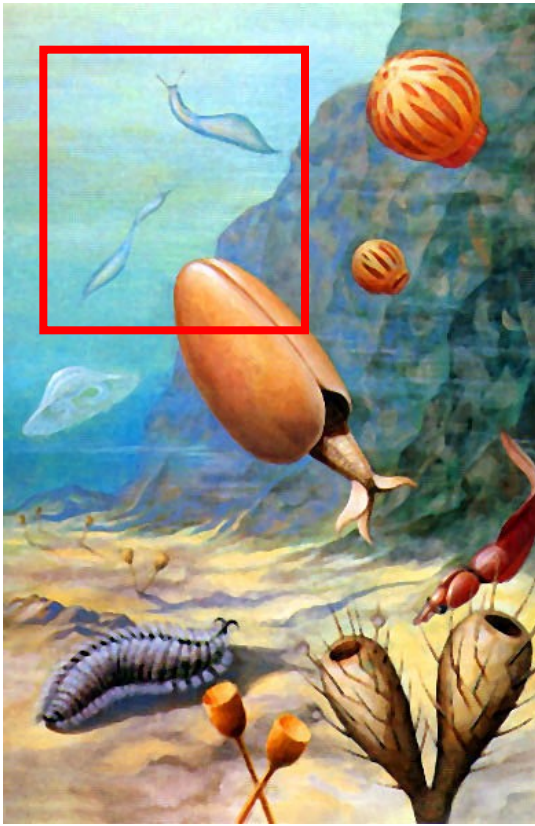
*Leachoilia*



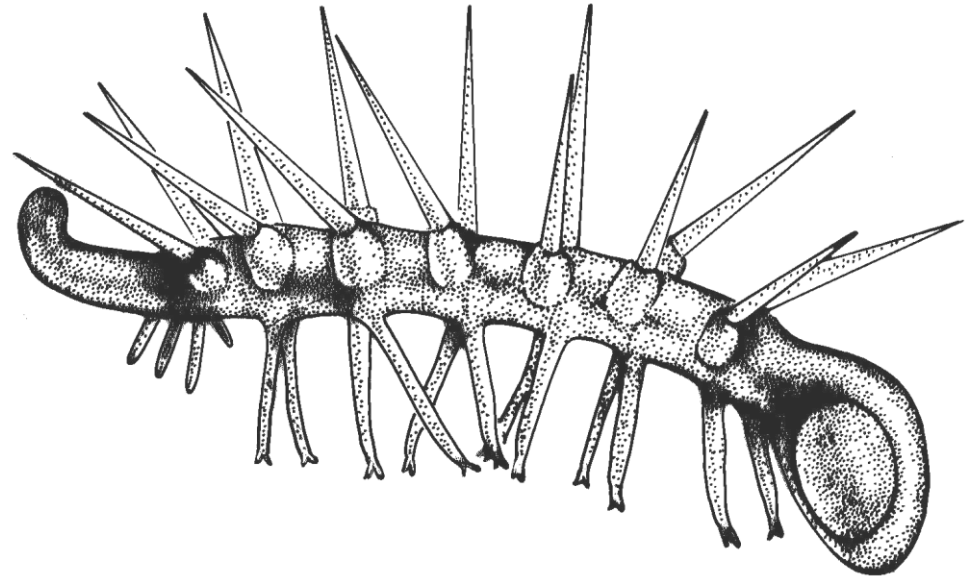
*Opabinia*



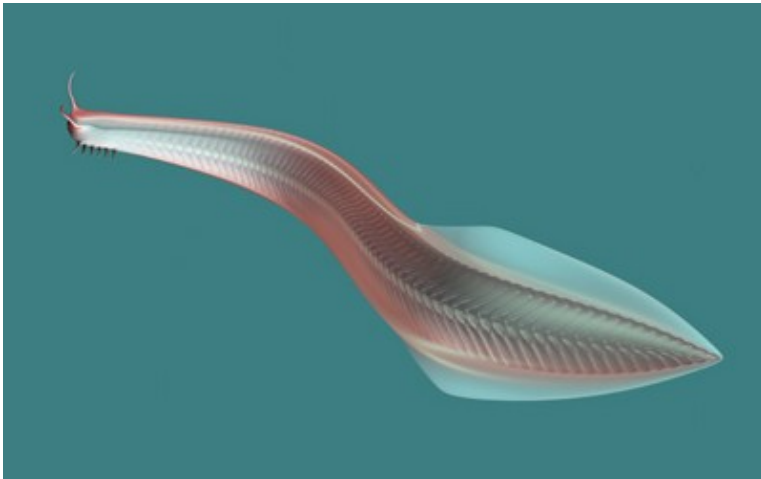
*Nectocaris*

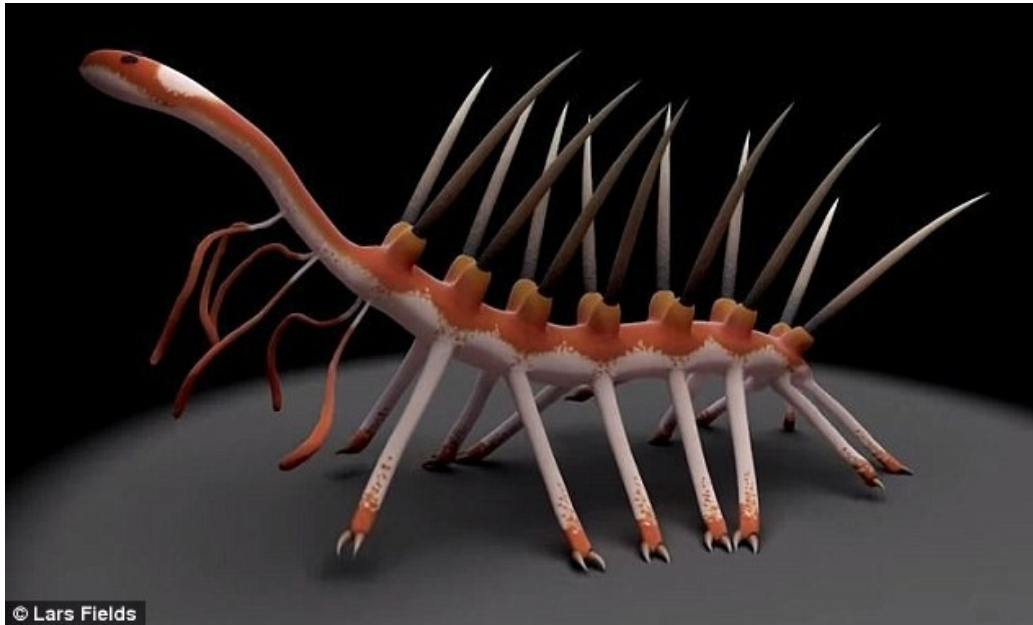
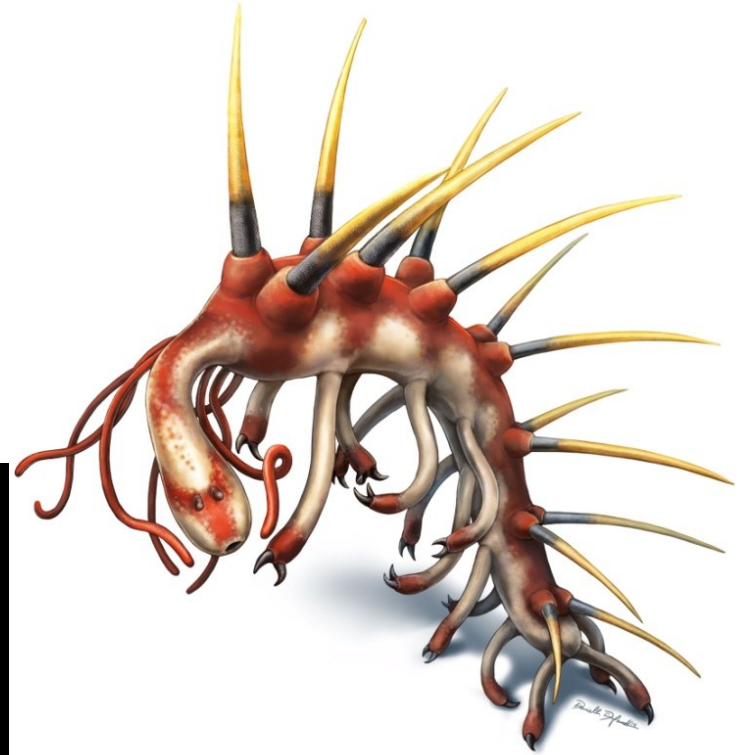


*Hallucigenia*



*Pikaia gracilens* (Chordata)





© Lars Fields





*Aysheaia*

Prechod z moře na souš?



drápkovci  
(Onychophora)

# diverzita a disparita:

interpretace burgesských nálezů

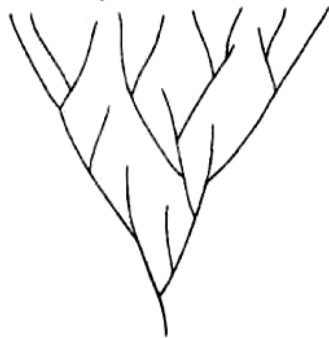
Stephen Jay Gould vs. Simon Conway Morris

diverzita = počet druhů

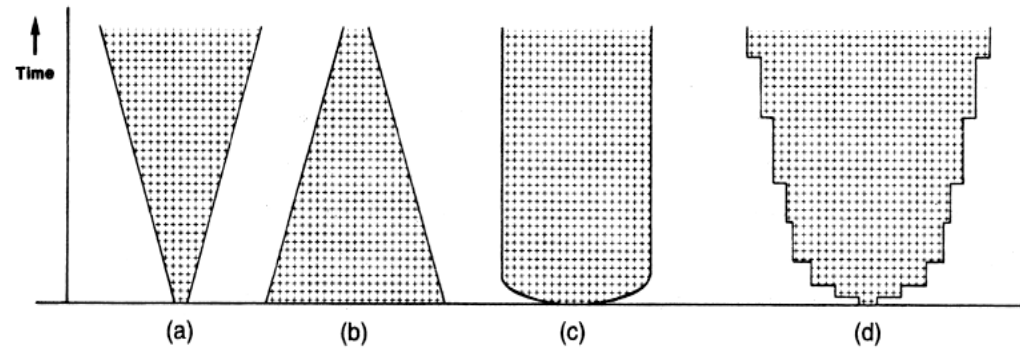
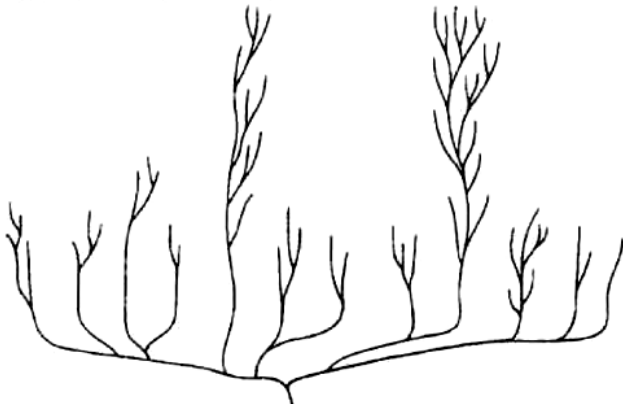
disparita = počet stavebních plánů (morfologická rozmanitost)



The Cone of Increasing Diversity



Decimation and Diversification



tradiční

Gould

Conway Morris

růst diverzity

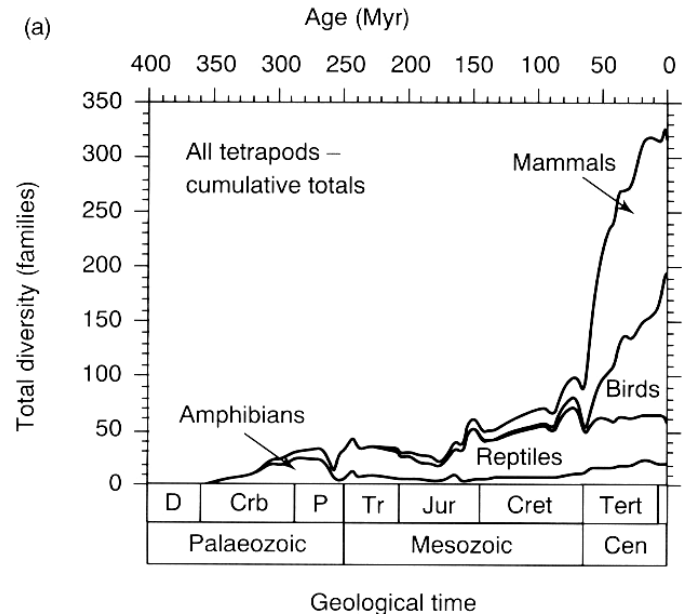
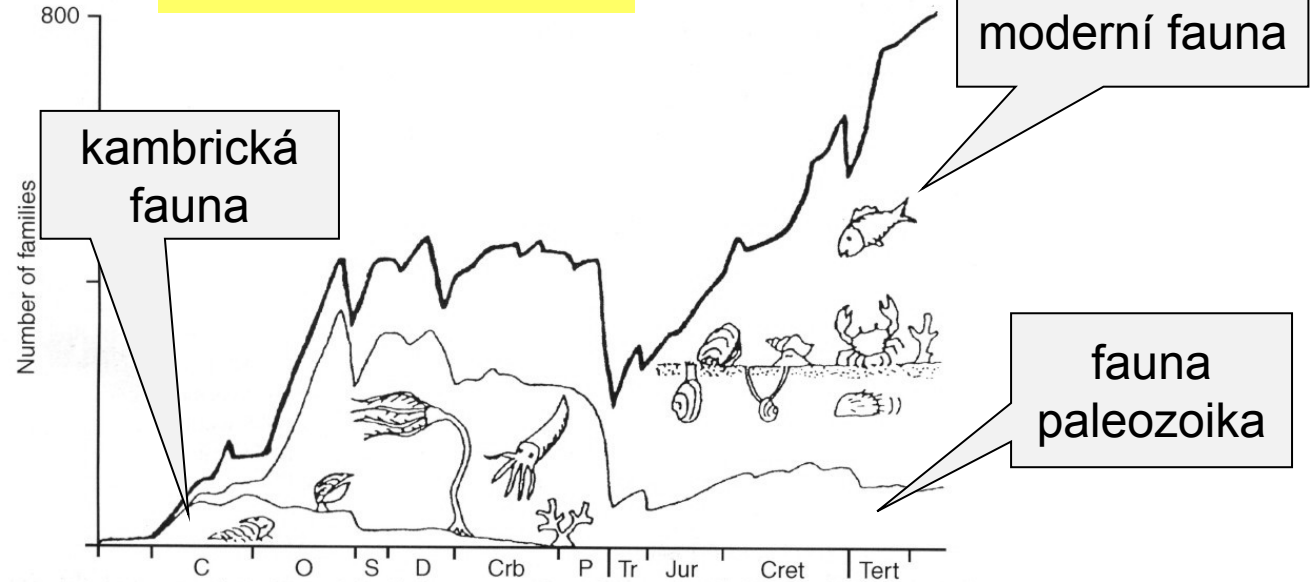


Jack J. Sepkoski (1981): logistický model

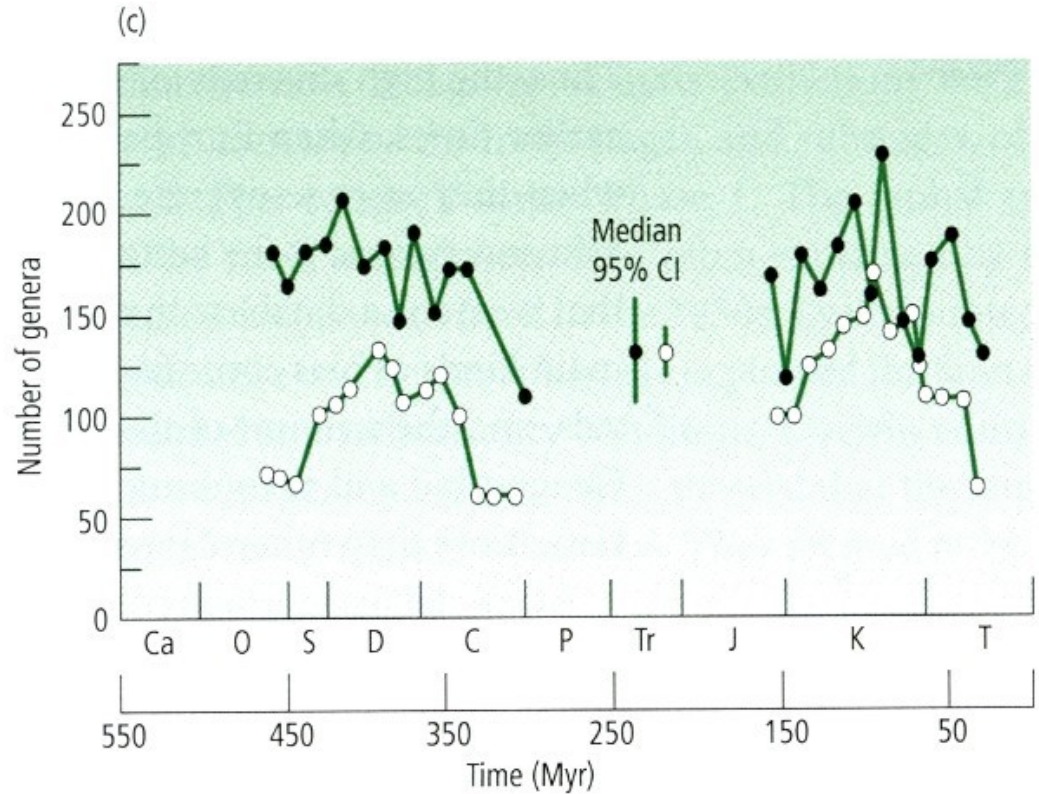
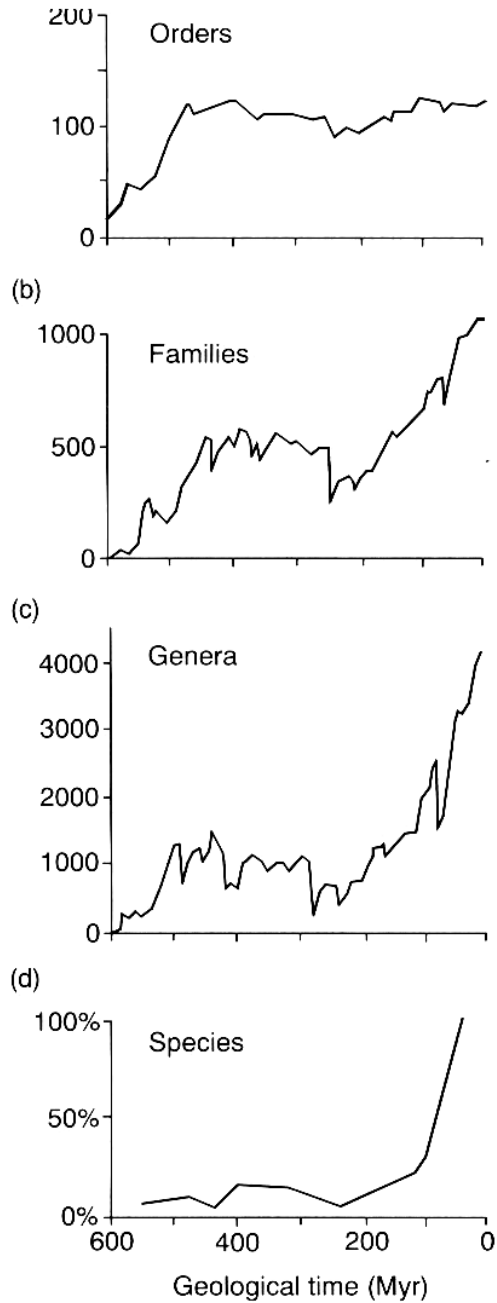
Michael J. Benton (1997):

křivka pro suchozemské organismy odlišná  
exponenciální model

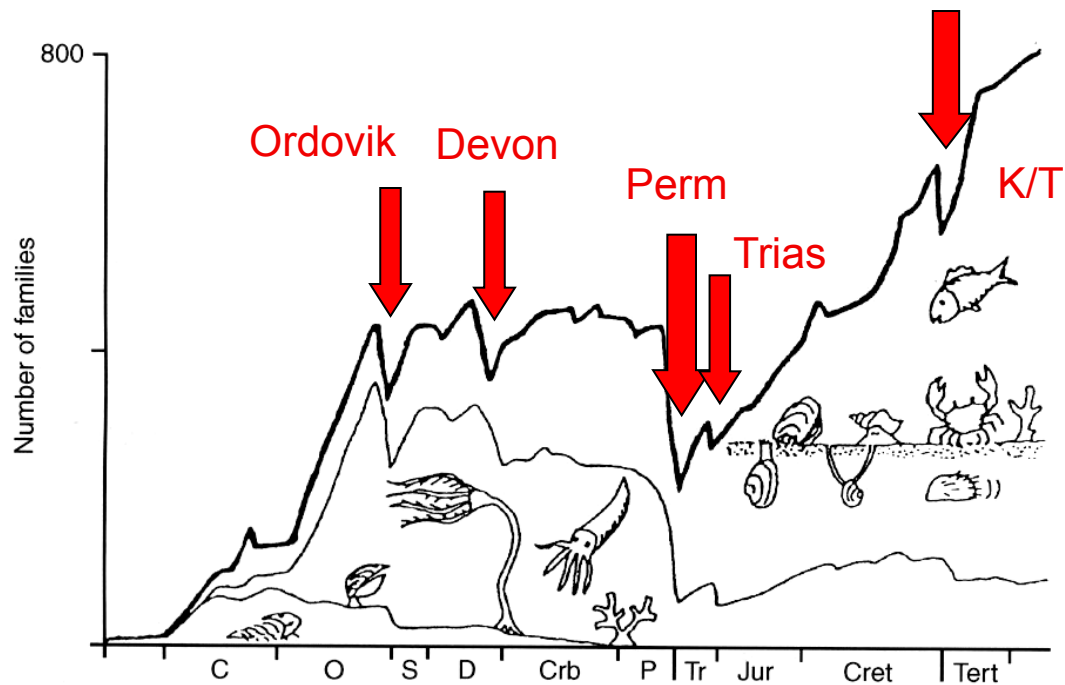
# Fanerozoikum



M. J. Benton (1997):



bereme-li v úvahu nekompletnost fosilního záznamu → žádný trend?

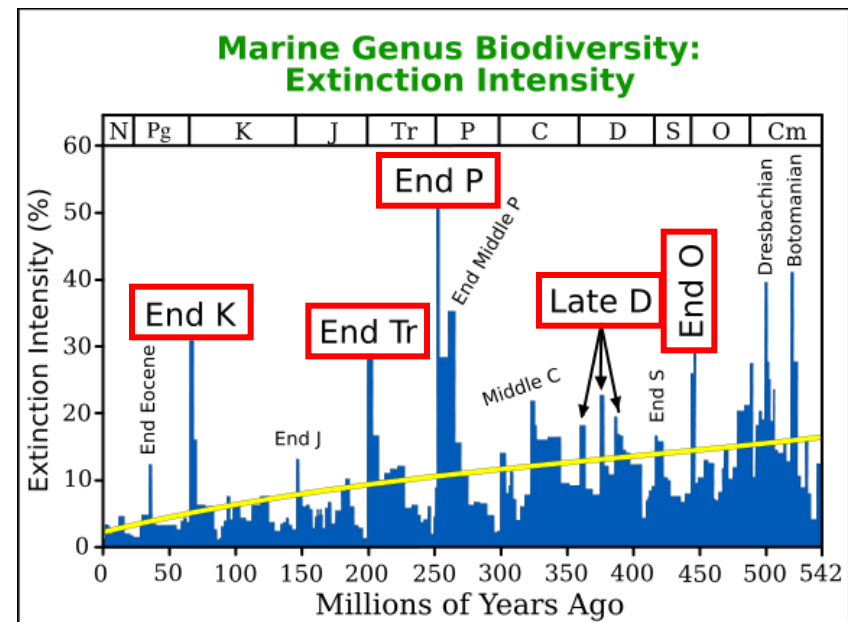


## Extinkce:

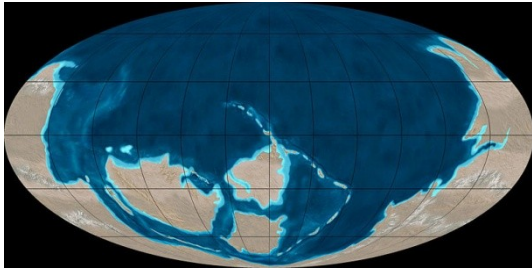
background extinctions („šum“)

masové extinkce → „Velká pětka“

největší: konec Permu

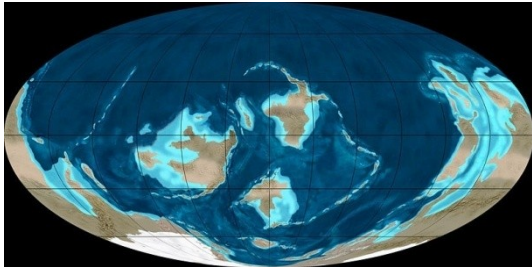


# Paleozoikum



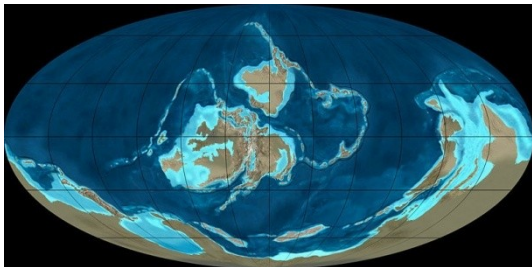
## Kambrium:

jediný superkontinent Rodinia (Proterozoikum) → Gondwana, Laurentia, Baltica, Angara (Siberia), Avalonia ...



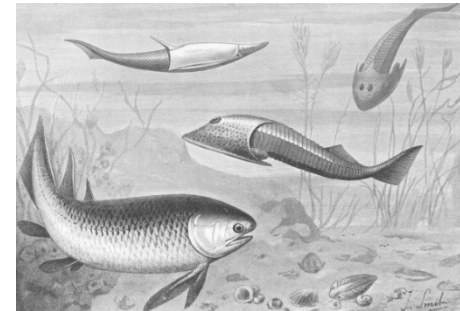
## Ordovik:

růst diverzity (mořské o.)  
na konci 1. masová extinkce

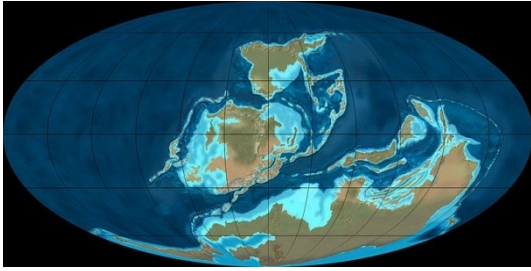


## Silur:

čelistnatci  
první suchozemské o.  
(rostliny, štíři)

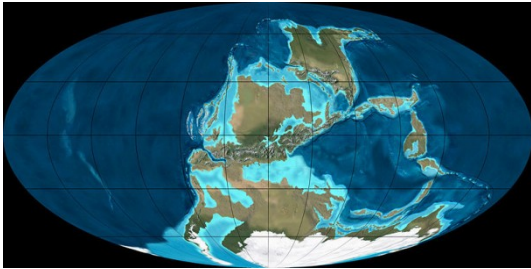


Laurentia+Baltica = Laurasia



## Devon:

radiace ryb, první žraloci, lalokoploutví, obojživelníci  
na konci 2. masová extinkce

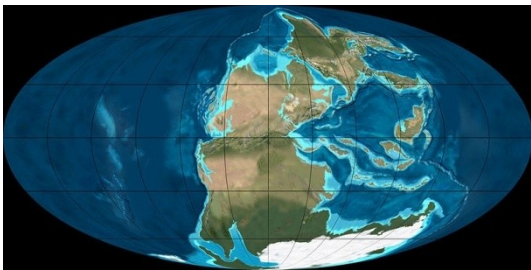


## Karbon:

přesličky, hmyz, první plazi



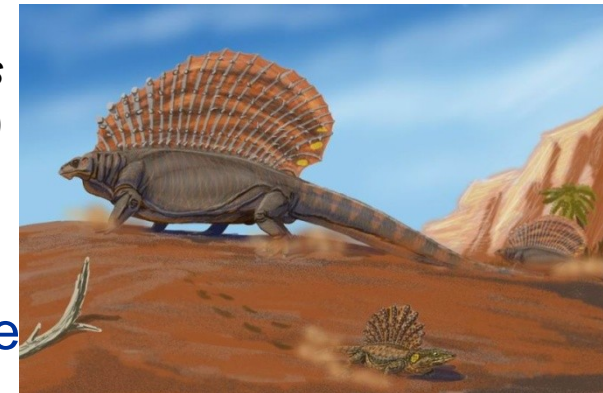
*Archaeothyris*  
(Synapsida)



## Perm:

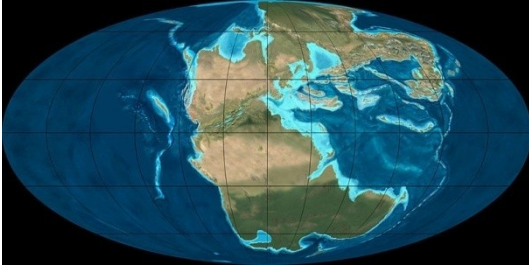
Pangea  
Therapsida (→ savci)  
na konci 3. masová extinkce

*Edaphosaurus*  
(Pelycosauria)





# Mesozoikum



## Trias:

motýli, dvojkřídli

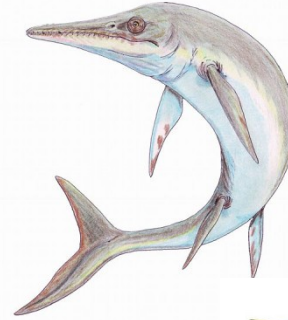
radiace plazů (želvy, ichthyosauři, plesiosauři, pterosauři, archosauři)

konec triasu: dinosauři, savci, 4. extinkce

synapsidní plaz  
Pelycosauria  
(*Palaeohatteria*)



Therapsida



ichthyosauři



plesiosauři



kynodont  
(*Cynognathus*)



pterosauři



primitivní savec (*Castorocauda*)

## Evolution savců

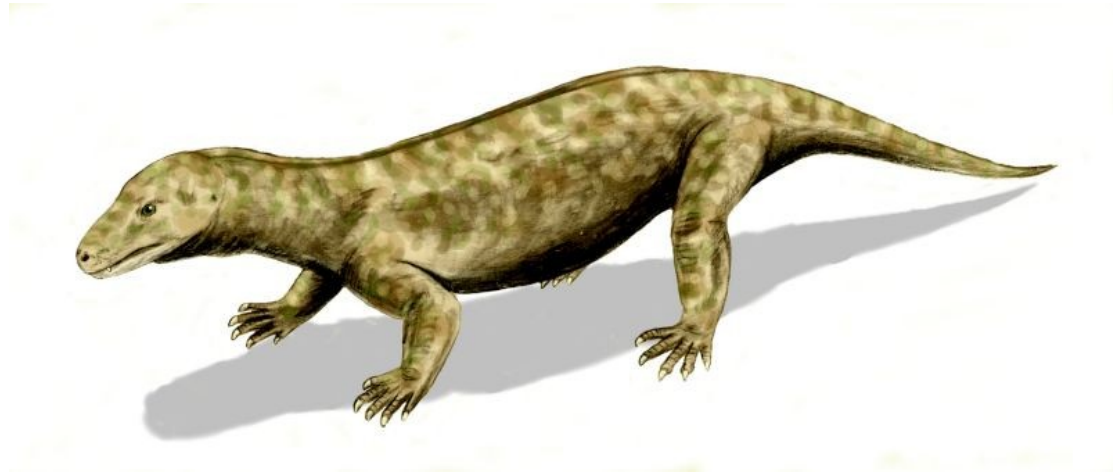
*Sphenacodon*: spodní perm (270 M ) – spodní čelist z více kostí, zakloubení čelisti plazí, žádný bubínek

*Biarmosuchia*: svrchní perm – jeden z nejranějších terapsidů, zakloubení čelisti více savčí, horní čelist srostlá, zadní nohy vzpřímenější



*Biarmosuchus*

*Procynosuchus*: konec permu – primitivní kynodont



*Thrinaxodon*: spodní trias – odvozenější kynodont, bubínek ve spodní čelisti



*Probainognathus*: střední trias (~ 235 M) – 2 klouby, savčí a plazí

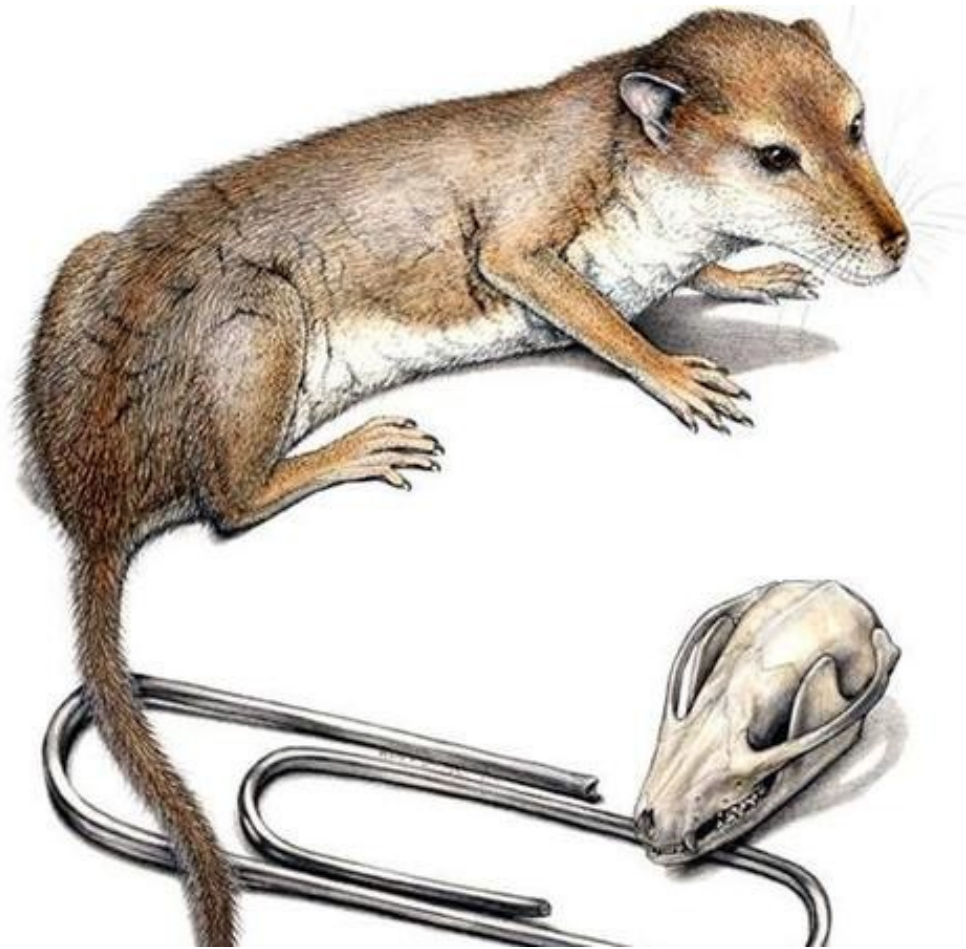


*Diarbrognathus*: spodní jura (~ 209 M) – pokročilý kynodont, sice pořád 2 klouby, ale plazí používán téměř zcela ke slyšení

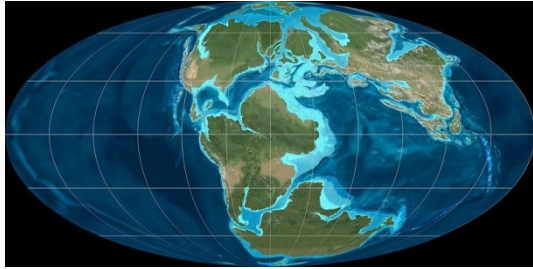
*Morganucodon*: spodní jura (~ 220 M)  
– stále zbytek plazího kloubu



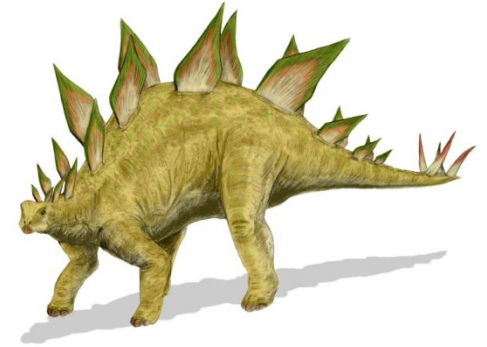
*Hadrocodium*: spodní jura – kůstky středního ucha se přesunuly z čelisti do krania



# Mesozoikum



**Jura:**  
kostnaté ryby  
evoluce ptáků

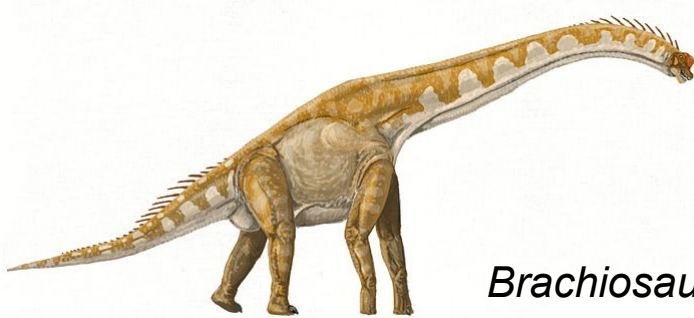


*Stegosaurus*

**Saurischia**

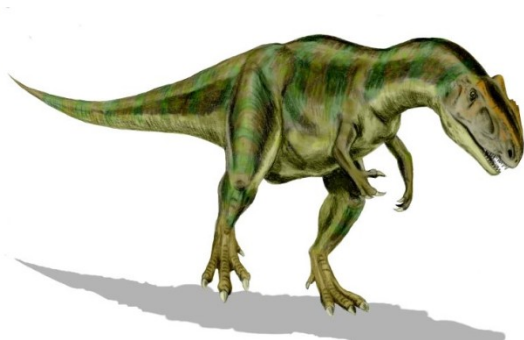
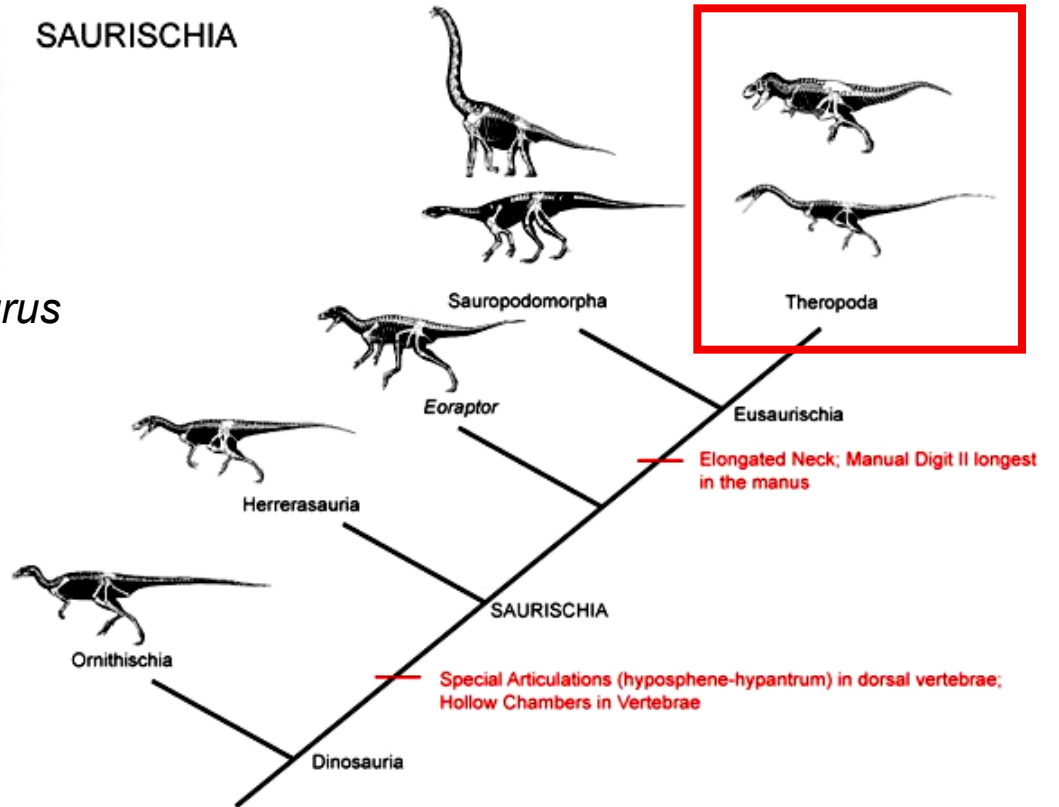
dinosauři

**Ornithischia**



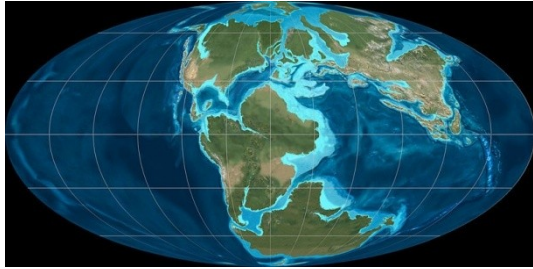
*Brachiosaurus*

SAURISCHIA

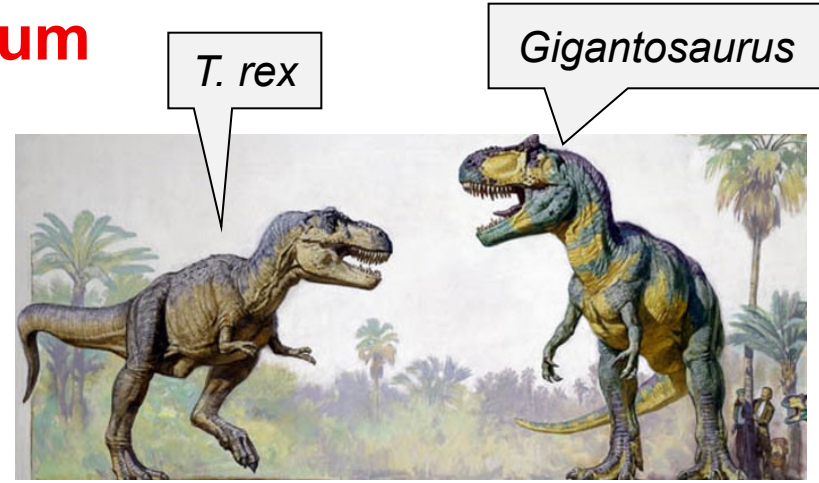


*Allosaurus*

# Mesozoikum



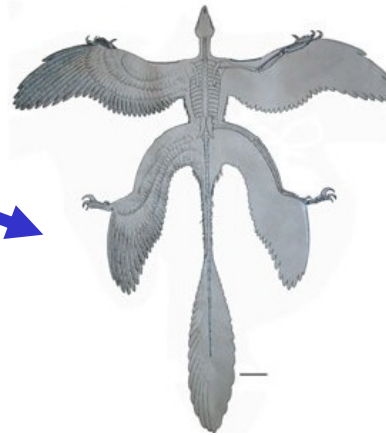
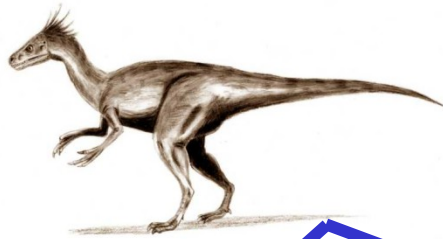
**Jura:**  
kostnaté ryby  
evoluce ptáků



theropodní dinosauři

Maniraptora

tyranosauři  
(křída)



ptáci



*Archaeopteryx lithographica*

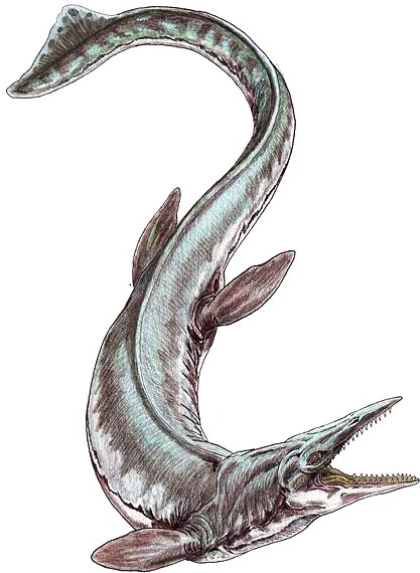
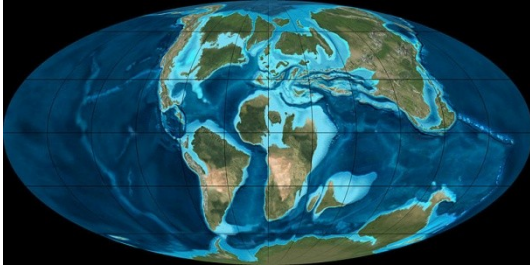
*Microraptor gui*



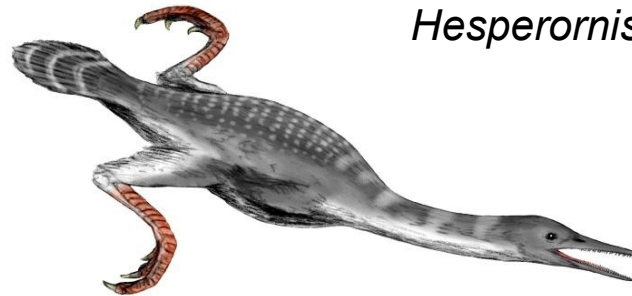
# Mesozoikum

## Křída:

krytosemenné rostliny  
moderní žraloci a rejnoci, mosasauři, první hadi, ptáci  
savci: divergence vačnatců a placentálů



mosasauři

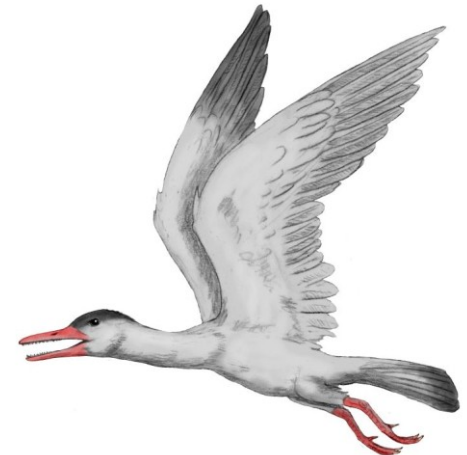


*Hesperornis*

na konci křídly: 5. extinkce, 65 M

→ otázka příčiny

*Ichthyornis*





## Extinkce na K/T hranici:

1980 Louis Alvarez a kol.:

katastrofická hypotéza – asteroid 10 km v průměru  
 $10^9 \times$  víc než Hirošima



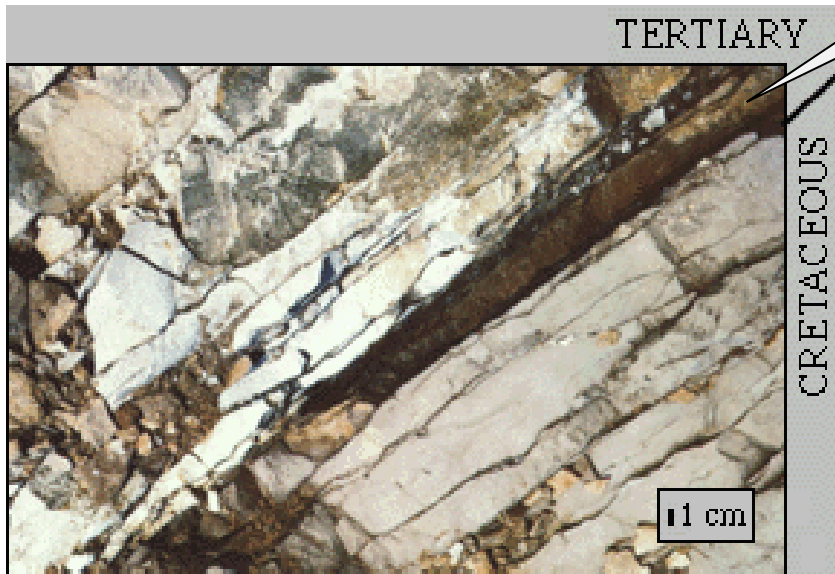
L. Alvarez



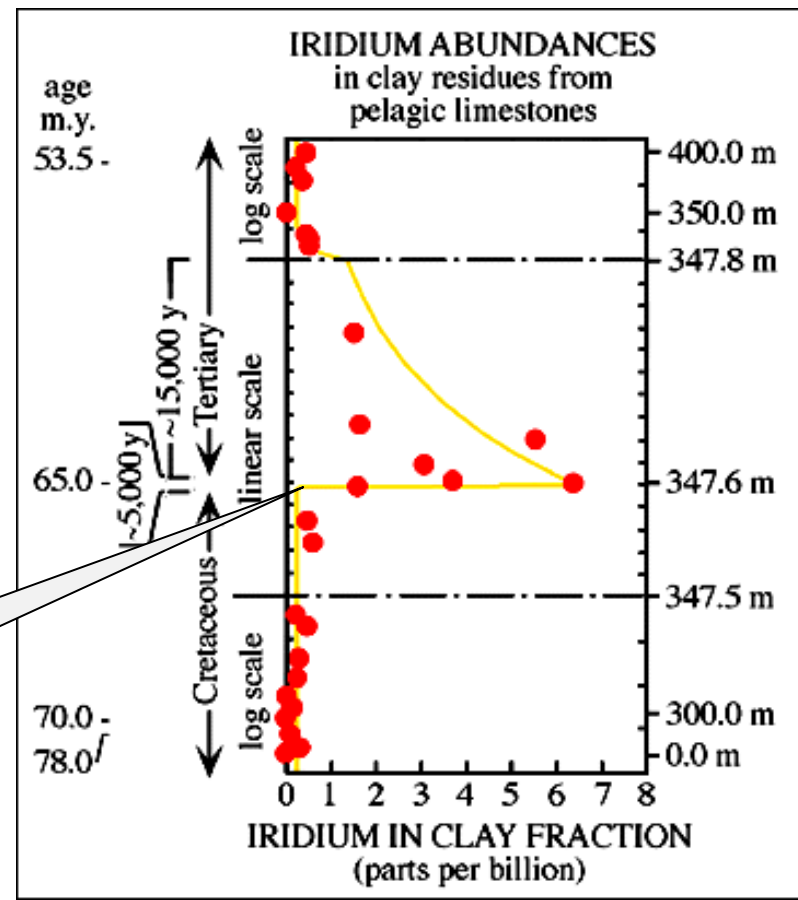
# Extinkce na K/T hranici:

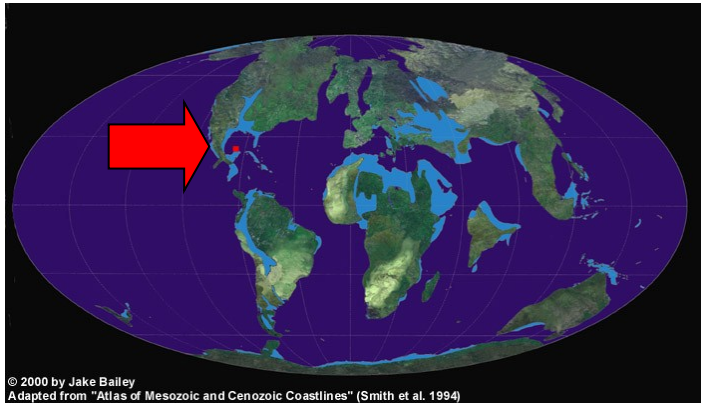
iridium na K/T rozhraní

K/T hranice



cca. 100-násobné zvýšení množství iridia

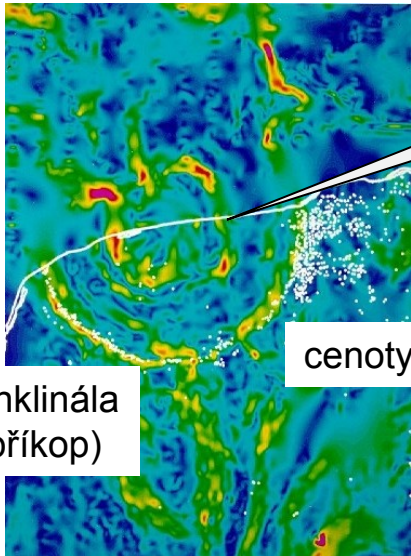




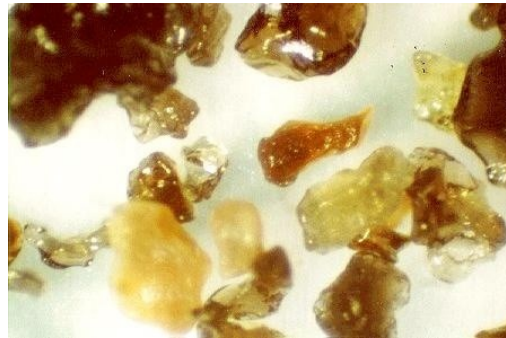
kráter Chicxulub (Mexiko)



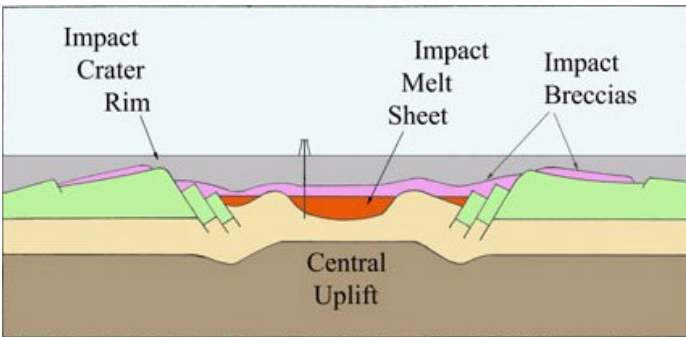
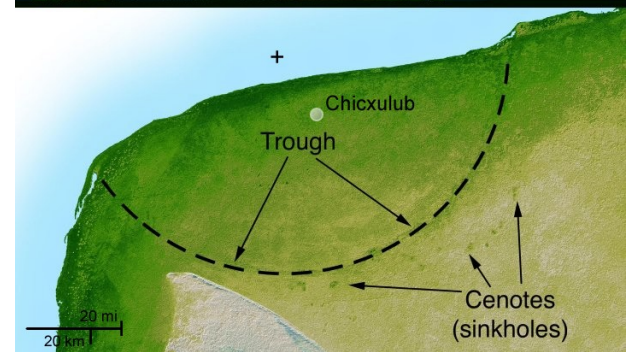
mapa gravitačního pole



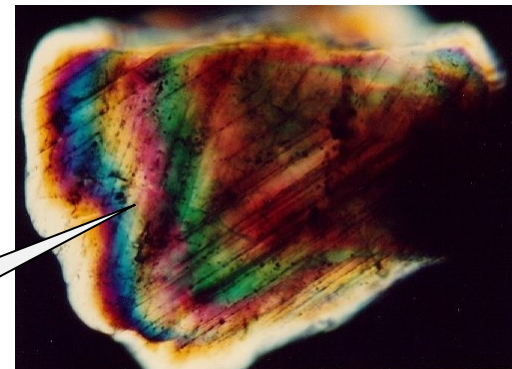
synklinála (příkop)



tektity z K/T rozhraní



šokový krystal



## Problémy impaktivé teorie:

vymírání nebylo pro většinu živočichů tak náhlé, docházelo k němu už před katastrofou

druhy mizely po etapách od teplomilnějších po méně teplomilné

srážka s asteroidem o cca. 300 tisíc let starší než vymírání (× dopad meteoritu spustil vlny tsunami a zemětřesení ⇒ promíchání vrstev)

lokalita El Penon (Mexiko): stejné druhy nad „meteoritickou“ vrstvou jako pod ní)

## Alternativní hypotéza:

postupné ochlazování v důsledku gigantických sopečných erupcí na Dekkánské plošině v Indii

čedičová vrstva 1200-1800 metrů silná, 100 000 km<sup>2</sup> ⇒ v průběhu 1 mil. let  
→ min. 1,5 mil. km<sup>3</sup> čedičů

vznik plošiny na přelomu křídý a třetihor

## Recentní poznatky:

Podle nového datování k dekkánskému jevu došlo dříve než k dopadu bolidu/asteroidu

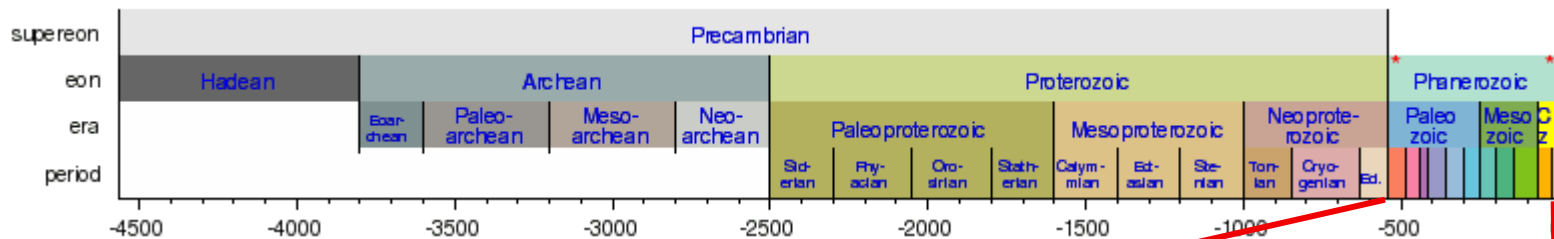
Zpřesněné datování: kráter Chicxulub odpovídá

~ 100 tisíc let před dopadem ochlazení o 6–8 °C, asi v důsledku dekkánské katastrofy – dopad pak ranou z milosti

Problém je, že indické datování stále málo přesné

Některé teorie: dopad dvou těles těsně po sobě (některá data naznačují – mj. tým z Astronomického ústavu před 3 lety, dnes Francouzi na modelech)

**eon: Fanerozoikum**

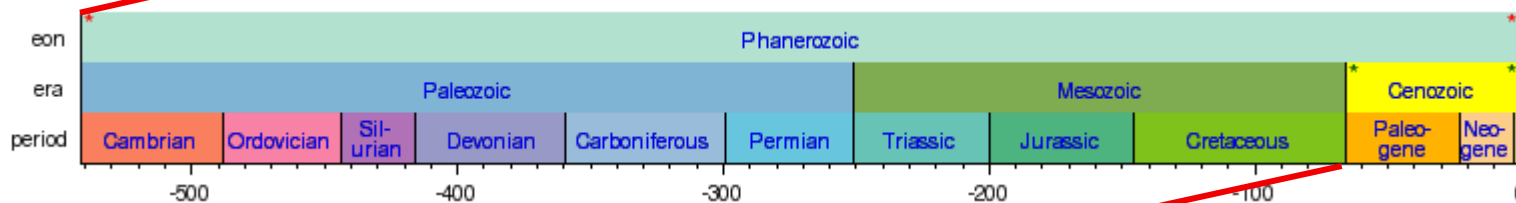


**éra**

**Paleozoikum**

**Mesozoikum**

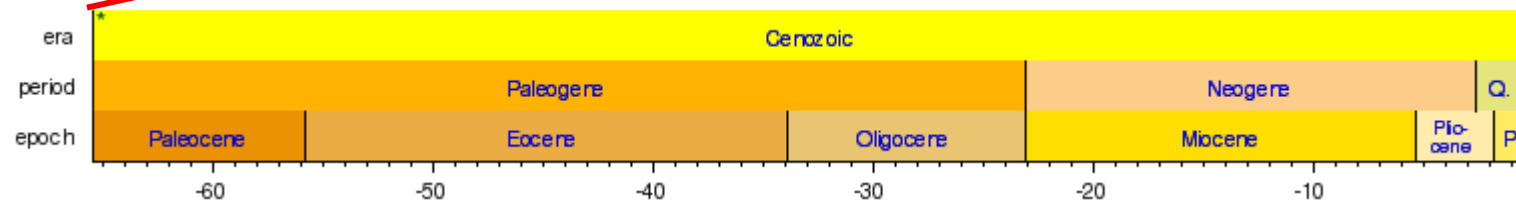
**Kenozoikum**



**perioda**

**Paleogén**

**Neogén**



**epocha**

**Paleocén**

**Eocén**

**Oligocén**

**Miocén**

**Plio- Pleisto-**

# Paleontologická vs. molekulární data

otázka vzniku živočišných kmenů a savčích a ptačích řádů

Kambrická exploze?

molekulární data (Wray et al. 1996):

Protostomia-Deuterostomia ~ 1200 M

Chordata-Echinodermata ~ 1000 M

„fylogenetická pojistka“?

# Paleontologická vs. molekulární data

otázka vzniku živočišných kmenů a savčích a ptačích řádů

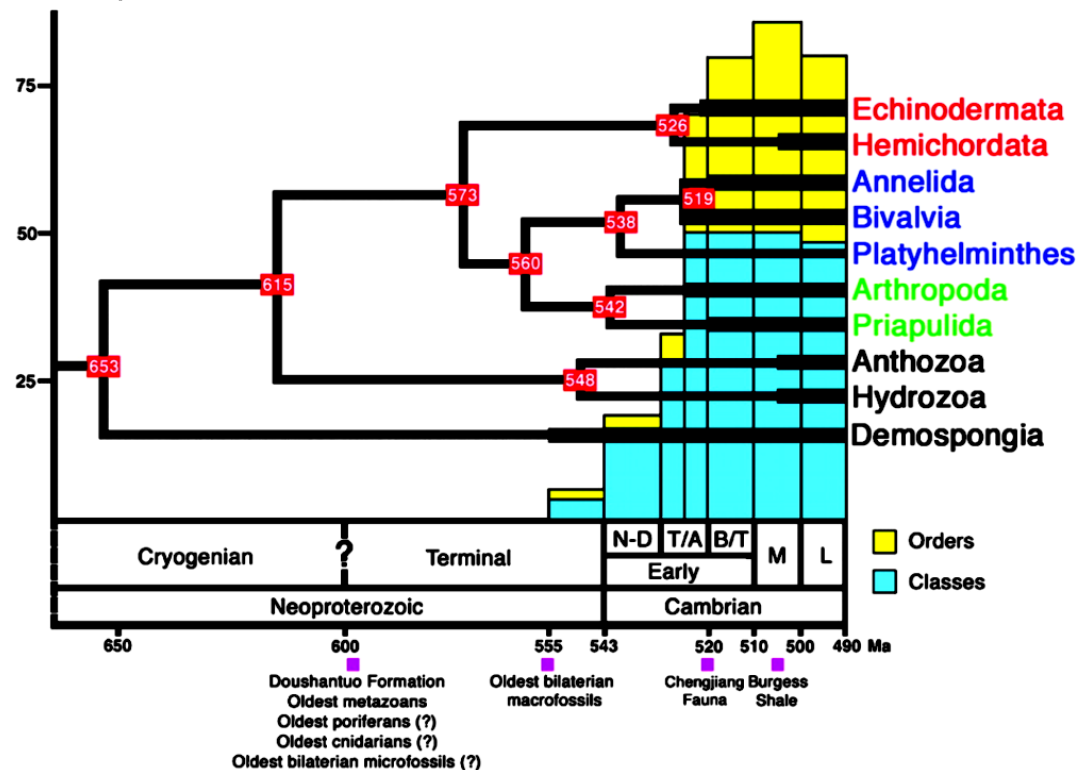
## Kambrická exploze?

dnešní molekulární odhady bližší kambrické explozi:

Metazoa ~ 650 M (Peterson et al. 2004)

Protostomia-Deuterostomia ~ 582 M

(Aris-Brosou and Yang 2003)



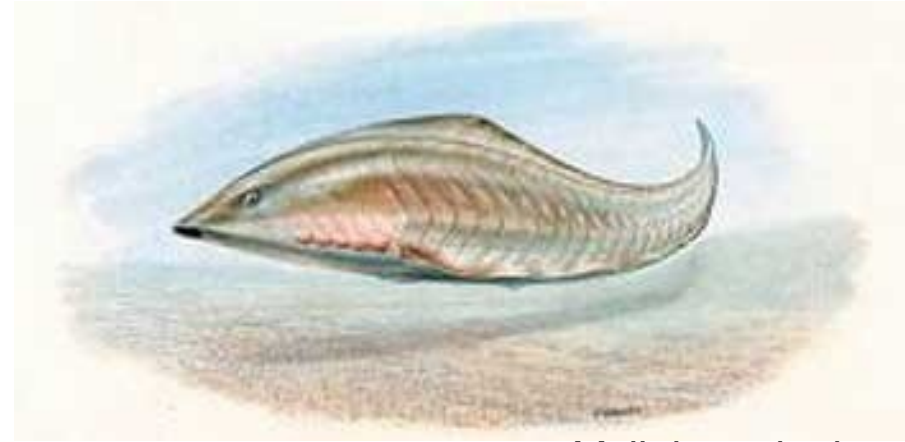


# Kambrická exploze?

fauna z Chengjiang (Čína) ~ 525 M



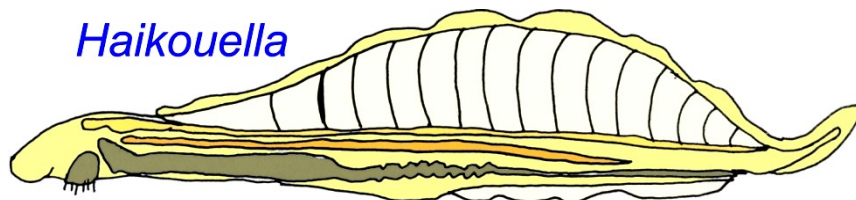
*Yunnanozoon lividum*



*Myllokunmingia*



*Haikouella lanceolata*



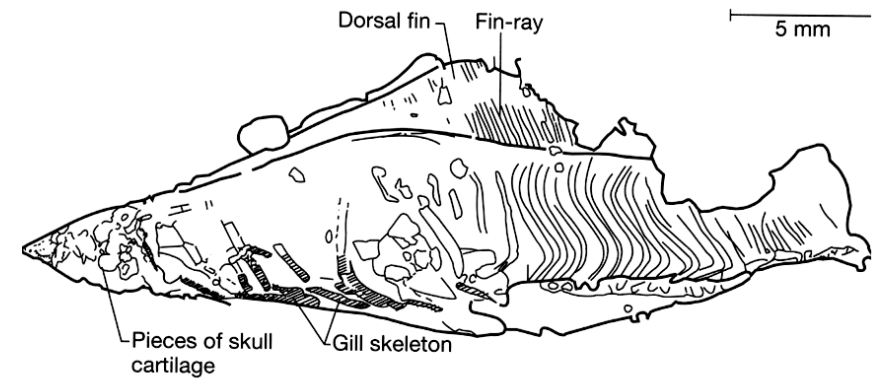
*Haikouella*



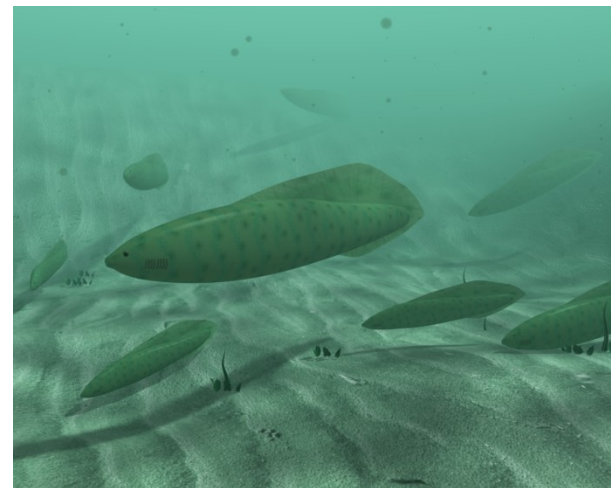
## Kambrická exploze?

fauna z Chengjiang (Čína) ~ 525 M

formace Doushantuo (J Čína),  
590–560 M: spousta druhů



časná embryologická stadia?



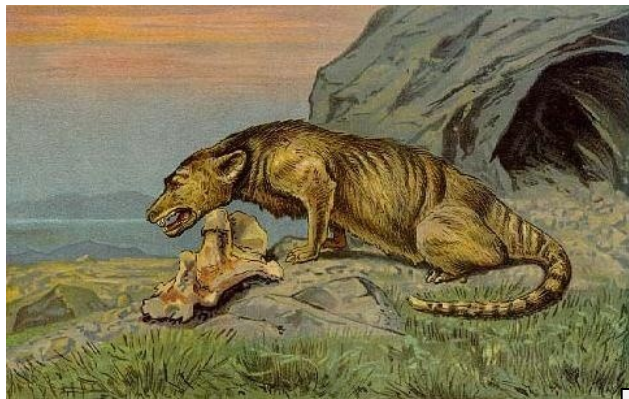
*Haikouichthys  
ercaicunensis*  
525 M

# Paleontologická vs. molekulární data

otázka vzniku živočišných kmenů a savčích a ptačích řádů

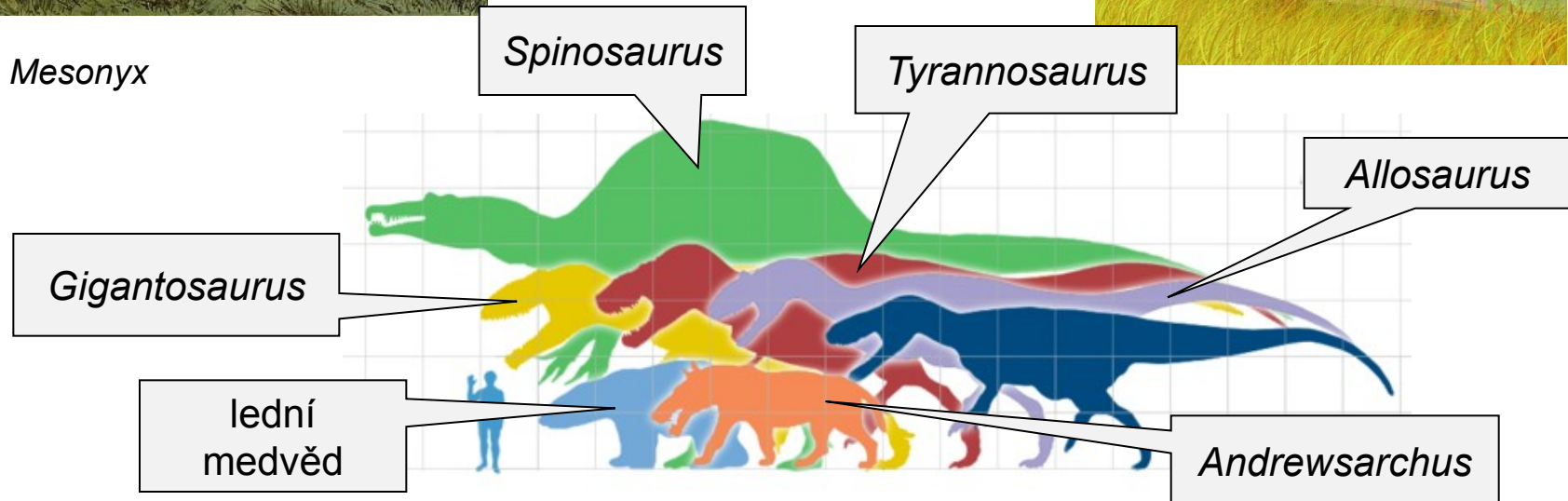
recentní skupiny savců a ptáků a K/T hranice

evoluce kytovců: mesonychidi → přechod do vody → kytovci

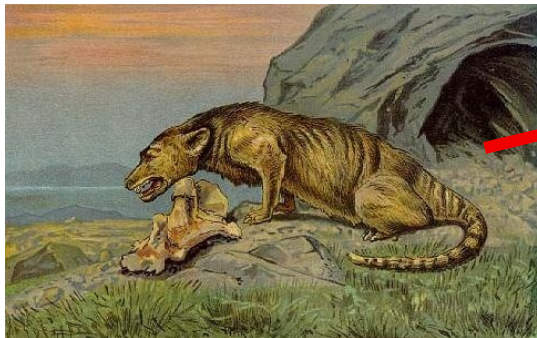


Mesonyx

*Andrewsarchus mongolicus*



# evoluce kytovců



mesonychidi ~ 56 M



*Pakicetus* 56-34 M

*Ambulocetus* 50-49 M

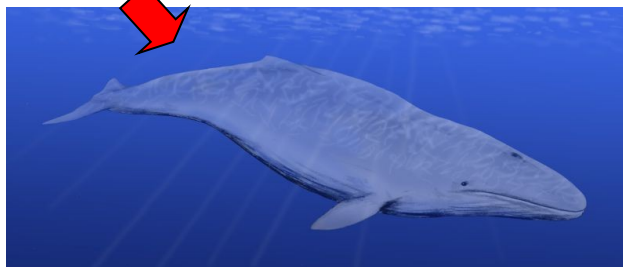


*Rodhocetus* 47 M

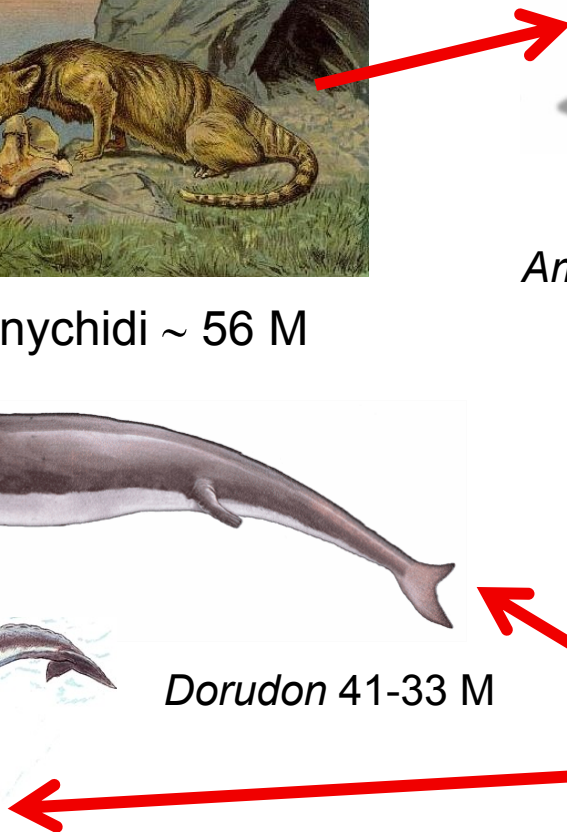
*Dorudon* 41-33 M



*Basilosaurus* 40-34 M



*Cetotherium* 15 M



# Obecné zákonitosti

diverzita: analogie s burzou

extinkce: model pěšáka v poli

délka života linií: model bankrotu hazardního hráče

David Raup, Jack Sepkoski:  
periodicita? (26 M)



D. Raup



J. J. Sepkoski

