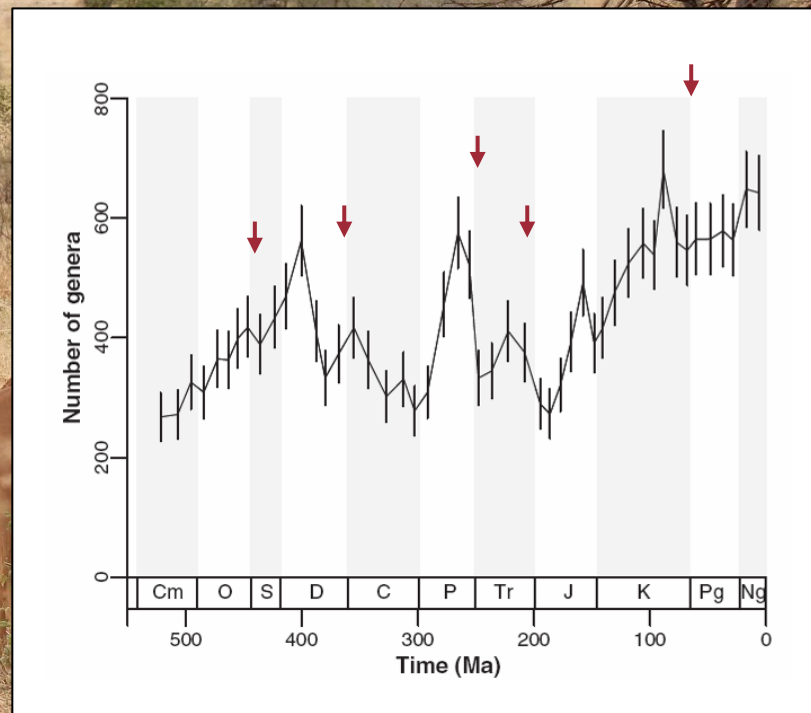
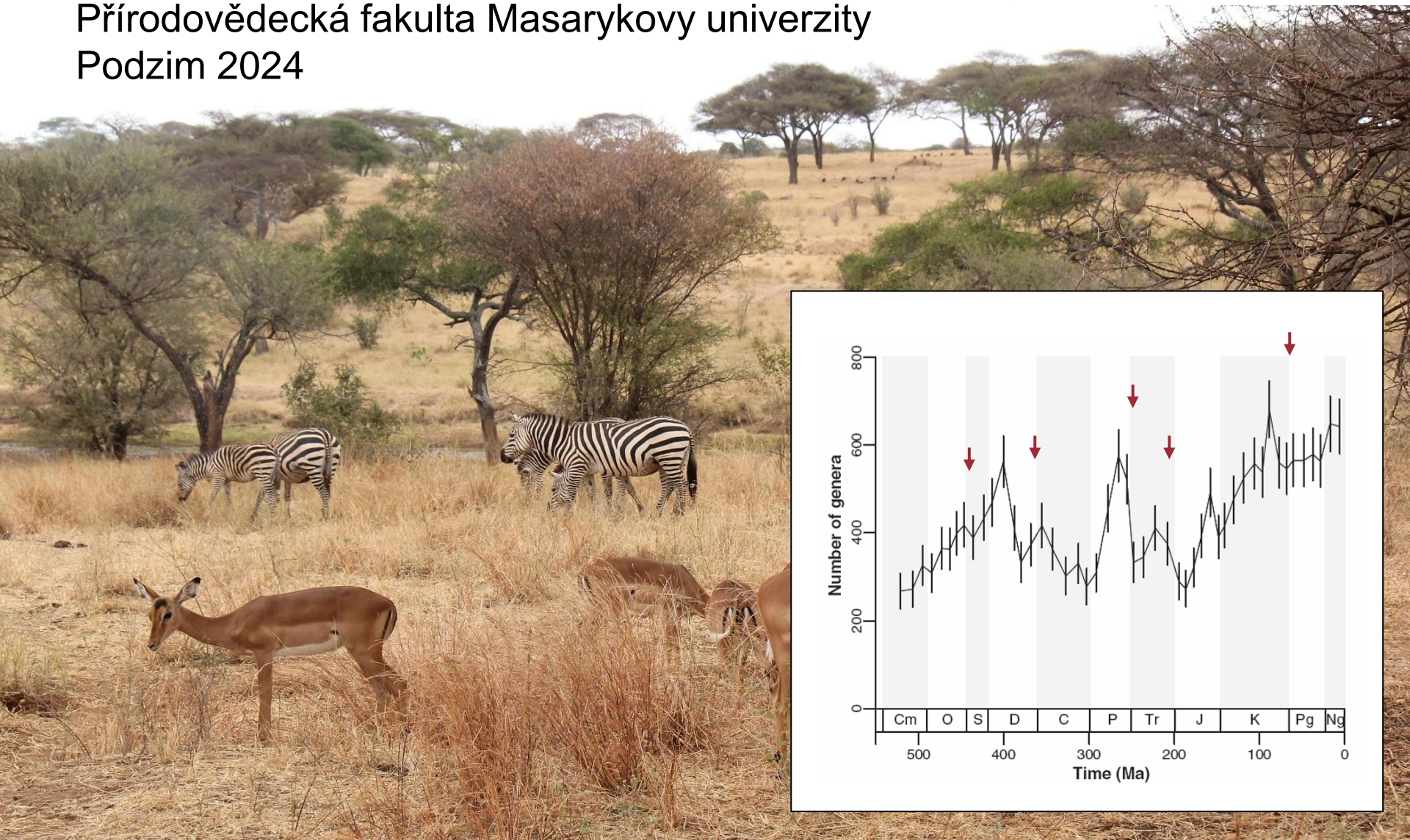


Ekologie společenstev a makroekologie

5. Globální druhové bohatství

Přednáší: Milan Chytrý, Ústav botaniky a zoologie,
Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity
Podzim 2024



Kolik druhů žije na Zemi?

Kolik je popsaných druhů?

Catalogue of Life

catalogue.life



Kolik je popsáných druhů?

Catalogue of Life



catalogueoflife.org

Živočichové
1,5 mil.



Rostliny
382 tis.



Houby
155 tis.



Ostatní říše
77 tis.



Find taxon



▼ unranked: [Biota](#) • [Multiple providers](#)

▶ kingdom: [Animalia](#) • 1525728 est. spp. • [Multiple providers](#)

▶ kingdom: [Archaea](#) • 502 est. spp. • [ITIS](#) [CoLDP](#) 

▶ kingdom: [Bacteria](#) • 10358 est. spp. • [ITIS](#) [CoLDP](#) 

▶ kingdom: [Chromista](#) • 19016 est. spp. • [Multiple providers](#)

▶ kingdom: [Fungi](#) • 140000 est. spp. • [Species Fungorum Plus](#) 

▶ kingdom: [Plantae](#) • 382000 est. spp. • [Multiple providers](#)

▶ kingdom: [Protozoa](#) • 15078 est. spp. • [Multiple providers](#)

▶ kingdom: [Viruses](#) • 3031 est. spp. • [ICTV](#) [MSL](#) 

Souhrn

2,1 mil. druhů v databázi
2,3 mil. druhů celkem
(odhad)

Jaký je celkový počet druhů na Zemi?

Data

- na 19 jedincích jednoho druhu středně velkého tropického stromu (*Luehea seemannii*) v Panamě nalezeno 1200 druhů brouků
- 57 % brouků bylo herbivorních

Předpoklady

- brouci tvoří asi 40 % druhů tropických členovců
- asi 20 % tropických herbivorních brouků je monofágních
- celosvětově existuje asi 50 tis. druhů tropických stromů

Odhad

- na Zemi žije asi 30 mil. tropických členovců

The Coleopterists Bulletin, 36(1):74–75. 1982.

TROPICAL FORESTS: THEIR RICHNESS IN
COLEOPTERA AND OTHER ARTHROPOD SPECIES

TERRY L. ERWIN



Roce 2015, Zookeys

Terry L. Erwin (1940–2020)

Jaký je celkový počet druhů na Zemi?

.....

Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest

**Vojtech Novotny^{*}, Yves Basset[†], Scott E. Miller[‡], George D. Weiblen[§],
Birgitta Bremer^{||}, Lukas Cizek^{*} & Pavel Drozd[¶]**

- v tropech je mnohem méně specializovaných druhů herbivorních členovců, než se předpokládalo
- existuje herbivorní specializace spíše na rody nebo čeledi rostlin než na druhy
- mnoho rodů tropických stromů má velké množství druhů
- odhad globální diverzity členovců byl upřesněn na 4,9 mil.

Jaký je celkový počet druhů na Zemi?

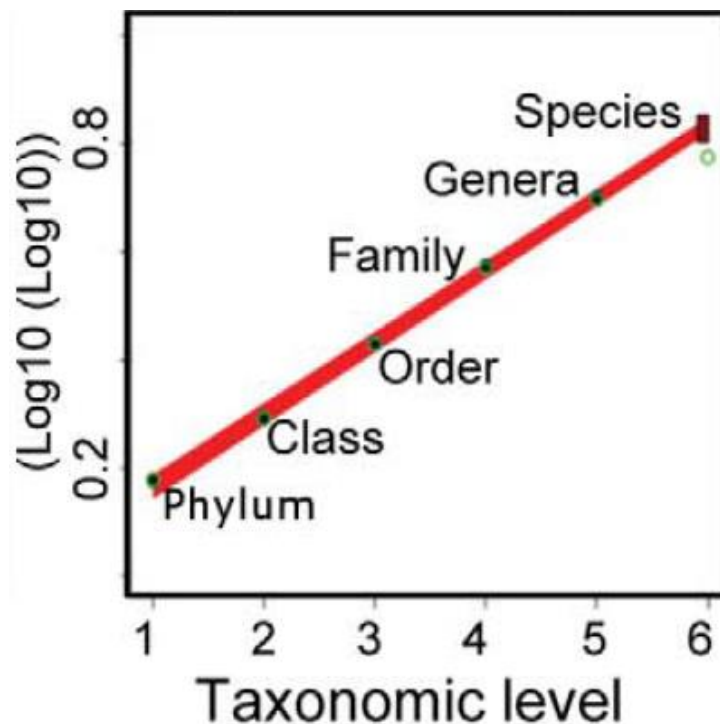
OPEN ACCESS Freely available online

PLoS BIOLOGY

How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?

Camilo Mora^{1,2*}, Derek P. Tittensor^{1,3,4}, Sina Adl¹, Alastair G. B. Simpson¹, Boris Worm¹

¹ Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada, ² Department of Geography, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, United States of America, ³ United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, United Kingdom, ⁴ Microsoft Research, Cambridge, United Kingdom



Předpoklad: Existuje závislost mezi počty nižších taxonů ve vyšších taxonech

Odhad:

- 8,7 mil. eukaryotních druhů
- z toho 2,2 mořských

Jaký je celkový počet druhů na Zemi?

AMERICAN JOURNAL OF
Botany

American Journal of Botany 98(3): 426–438. 2011.

THE FUNGI: 1, 2, 3 ... 5.1 MILLION SPECIES?¹

MEREDITH BLACKWELL²

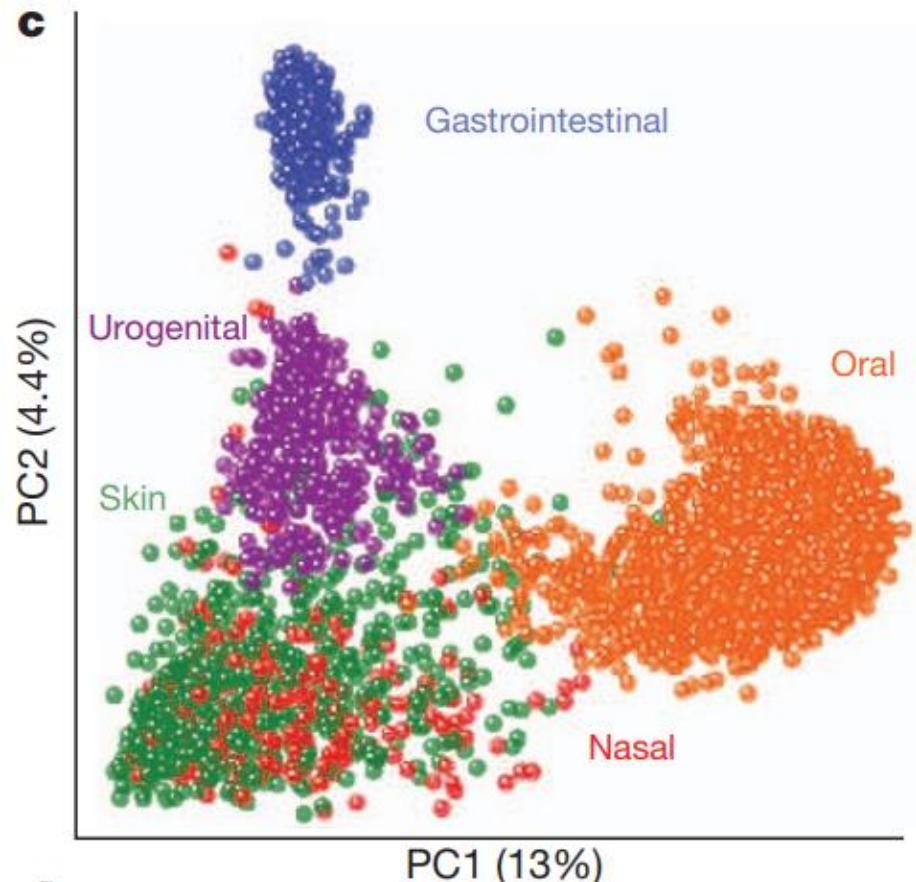
Department of Biological Sciences; Louisiana State University; Baton Rouge, Louisiana 70803 USA

- *Premise of the study:* Fungi are major decomposers in certain ecosystems and essential associates of many organisms. They provide enzymes and drugs and serve as experimental organisms. In 1991, a landmark paper estimated that there are 1.5 million fungi on the Earth. Because only 70 000 fungi had been described at that time, the estimate has been the impetus to search for previously unknown fungi. Fungal habitats include soil, water, and organisms that may harbor large numbers of understudied fungi, estimated to outnumber plants by at least 6 to 1. More recent estimates based on high-throughput sequencing methods suggest that as many as 5.1 million fungal species exist.
- *Methods:* Technological advances make it possible to apply molecular methods to develop a stable classification and to discover and identify fungal taxa.

Jaký je celkový počet druhů na Zemi?

Human Microbiome Project (2007–2016)

- 242 dobrovolníků, vzorky z 18 míst na těle
- Miliardy buněk, možná 10x více než buněk lidských
- 1–3 % hmotnosti těla
- Zjištěno asi 10 000 druhů (OTU) mikroorganismů (shoda v sekvenci 16S rRNA genu < 97 %)

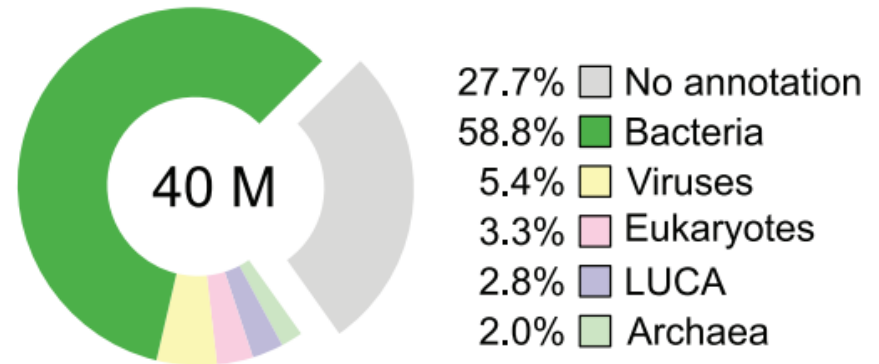


Jaký je celkový počet druhů na Zemi?

Tara Oceans Expeditions (2009–2013)

- Metabarcoding mořského planktonu po celém světě (68 lokalit)
- Zjištěna nečekaně velká diverzita bakterií, archeí, virů, prvoků aj.
- 37 000 druhů (OTU), hodně z nich dosud neznámých

Taxonomic breakdown

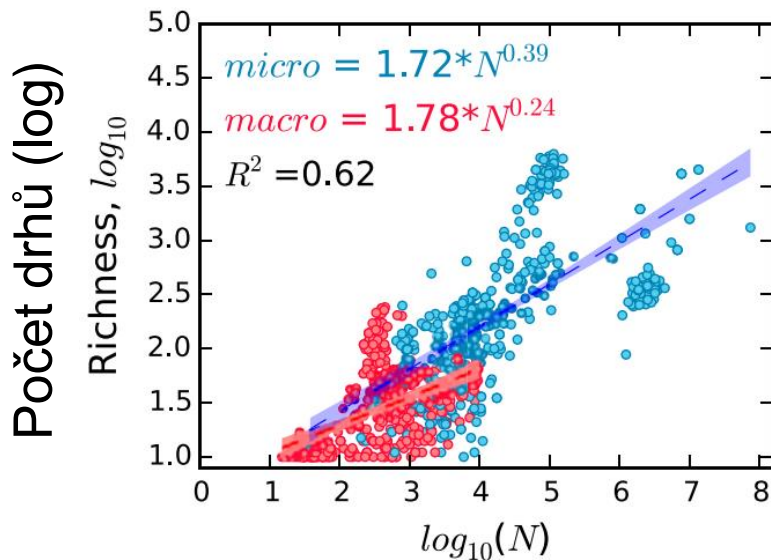


Sunagawa et al. 2015, *Science*

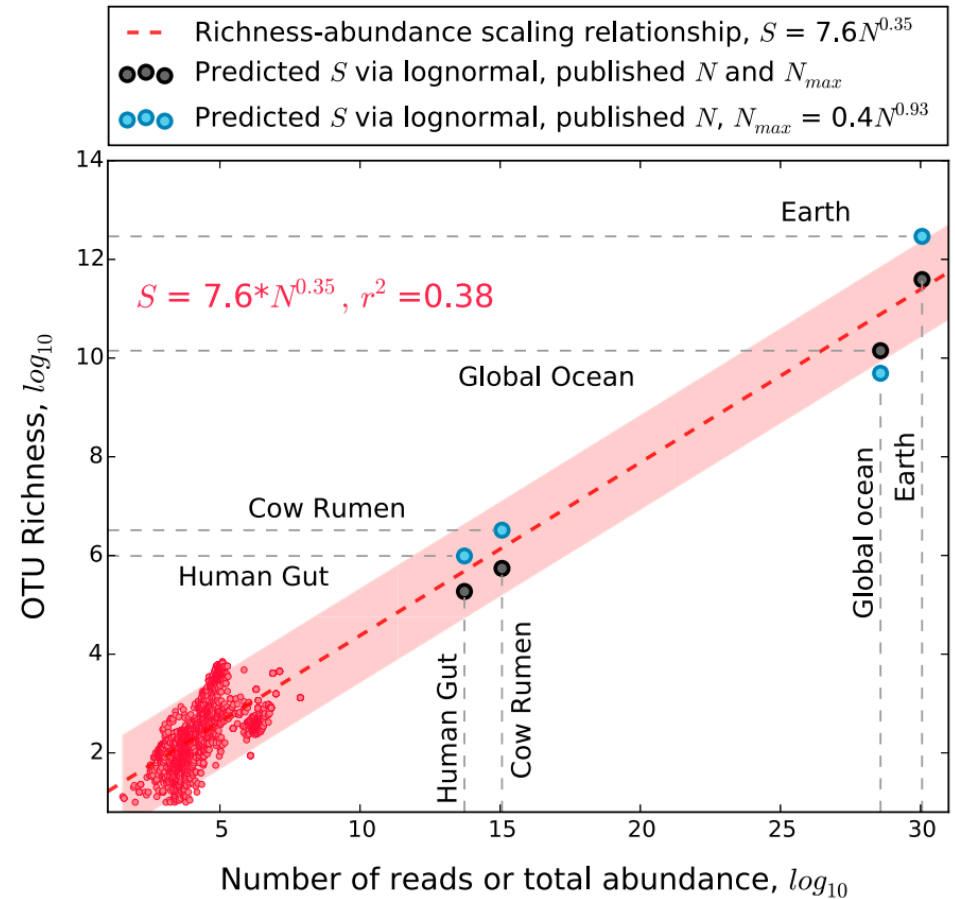


Jaký je celkový počet druhů na Zemi?

Vztah mezi počtem druhů a počtem jedinců
(data pro mikro- a makroorganismy)



Extrapolace vztahu



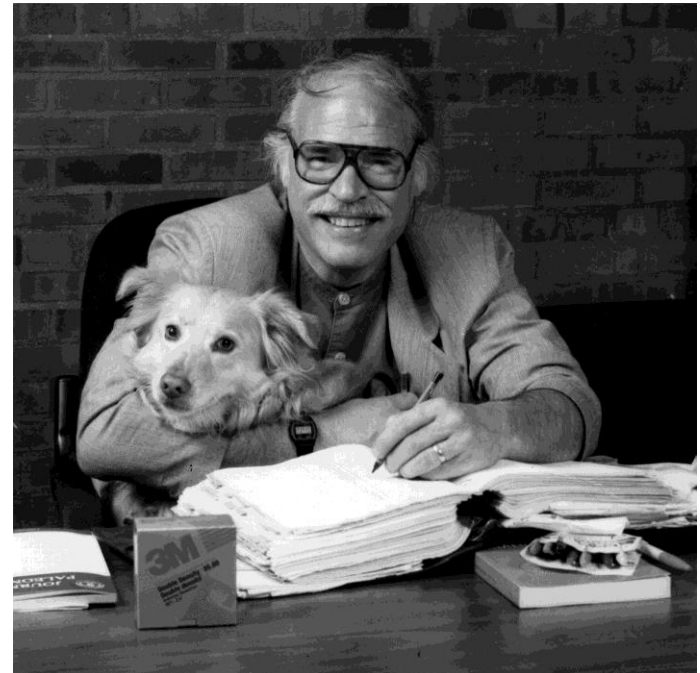
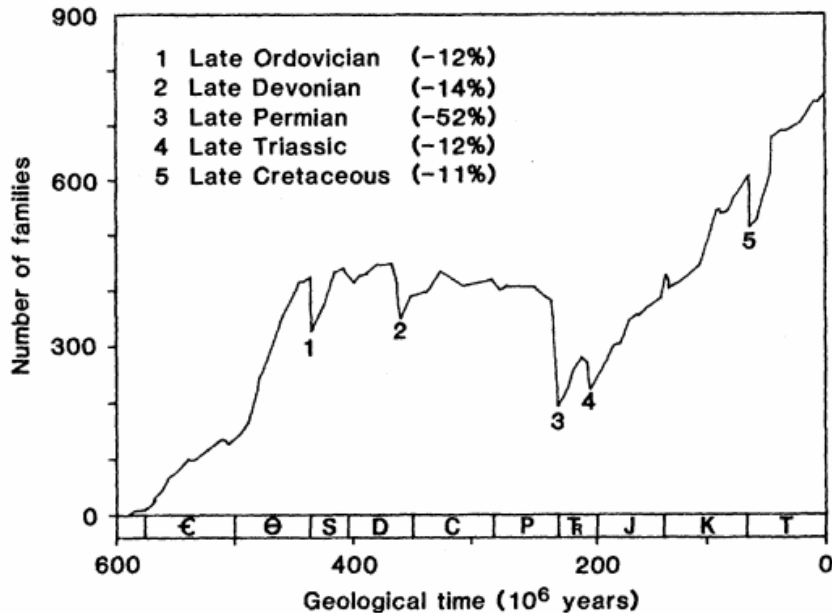
Odhad:
 10^{12} (bilion) druhů

Počet jedinců (log)

**Jak se počet druhů měnil
v průběhu evoluce?**

Počet druhů a čas – evoluční škála

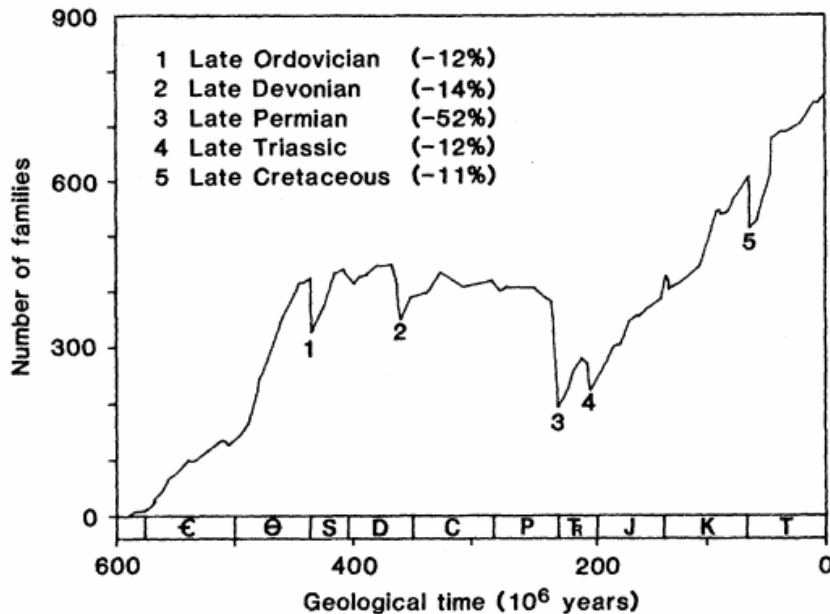
Počet čeledí mořských
obratlovců a bezobratlých
během fanerozoika



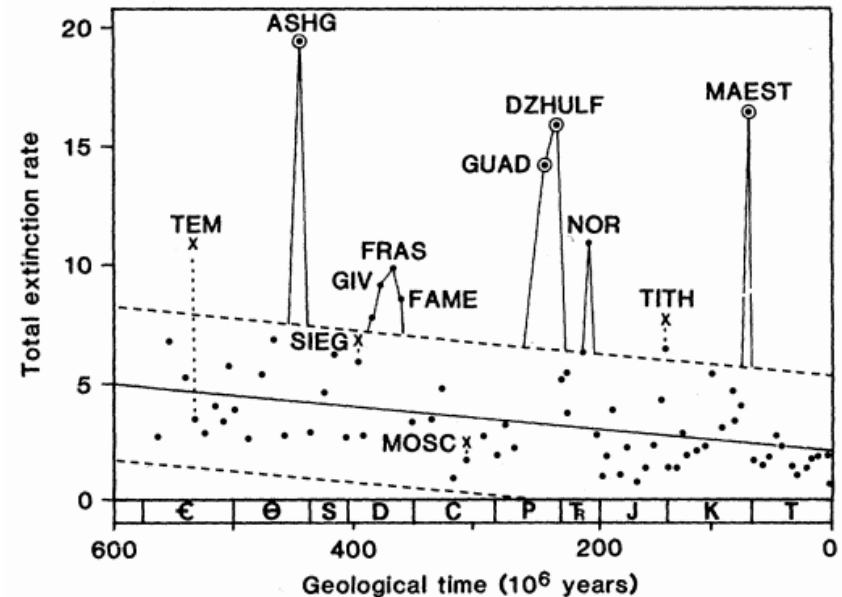
J. John Sepkoski Jr. (1948 – 1999)

Počet druhů a čas – evoluční škála

Počet čeledí mořských obratlovců a bezobratlých během fanerozoika

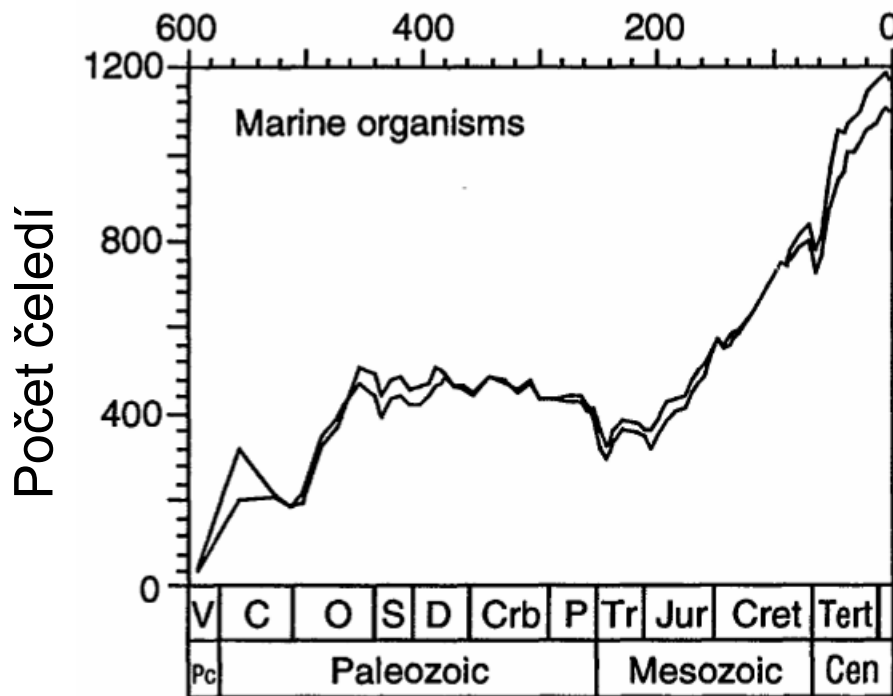


Rychlosti vymírání během času (odchylky od 95% konfidenčního intervalu regrese indikují „masová vymírání“)



Počet druhů a čas – evoluční škála

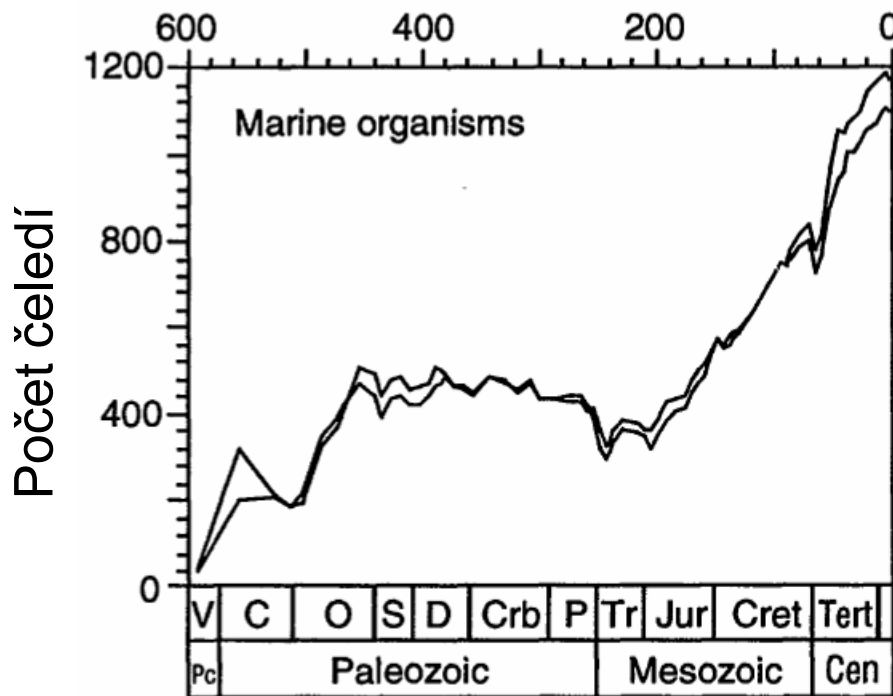
Počet čeledí mořských organismů



↑
kambrická
exploze

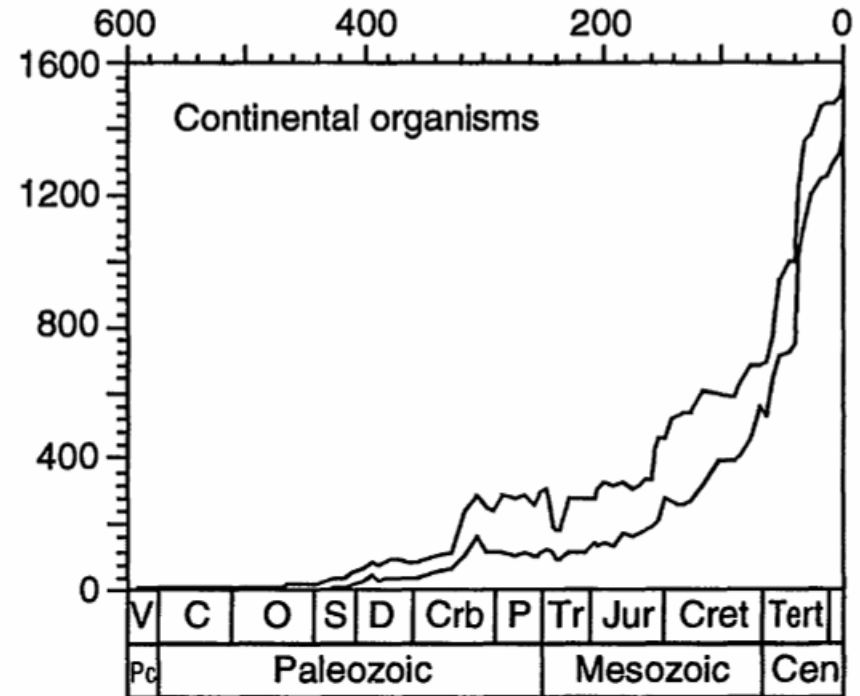
Počet druhů a čas – evoluční škála

Počet čeledí mořských organismů



↑
kambrická
exploze

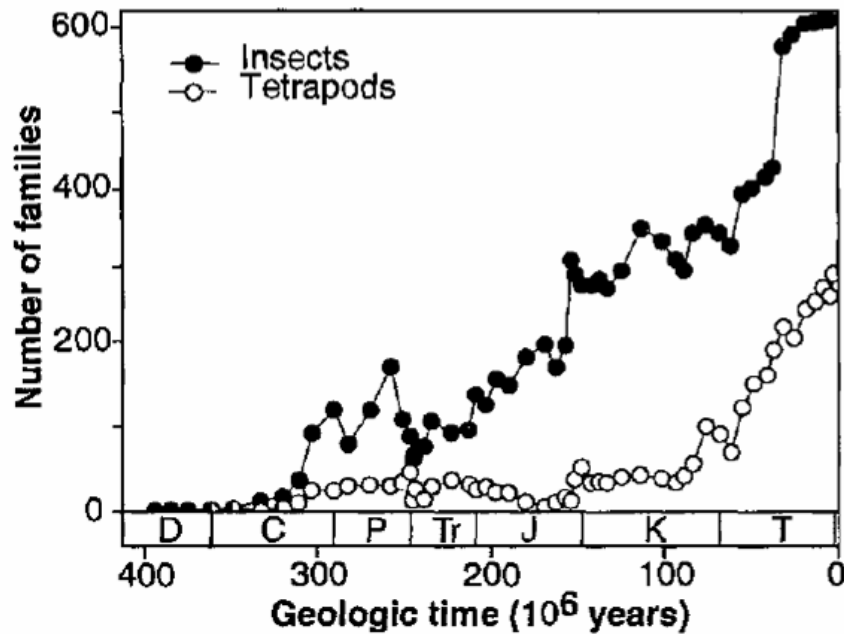
Počet čeledí terestrických organismů



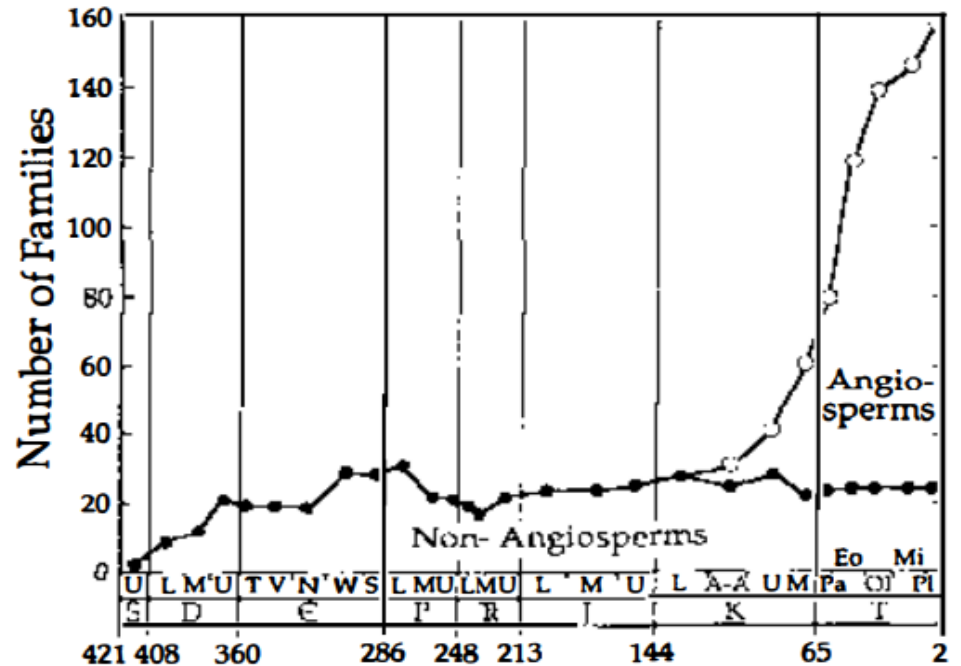
↑
osídlení
souše

Počet druhů a čas – evoluční škála

Počet čeledí čtyřnožců a hmyzu



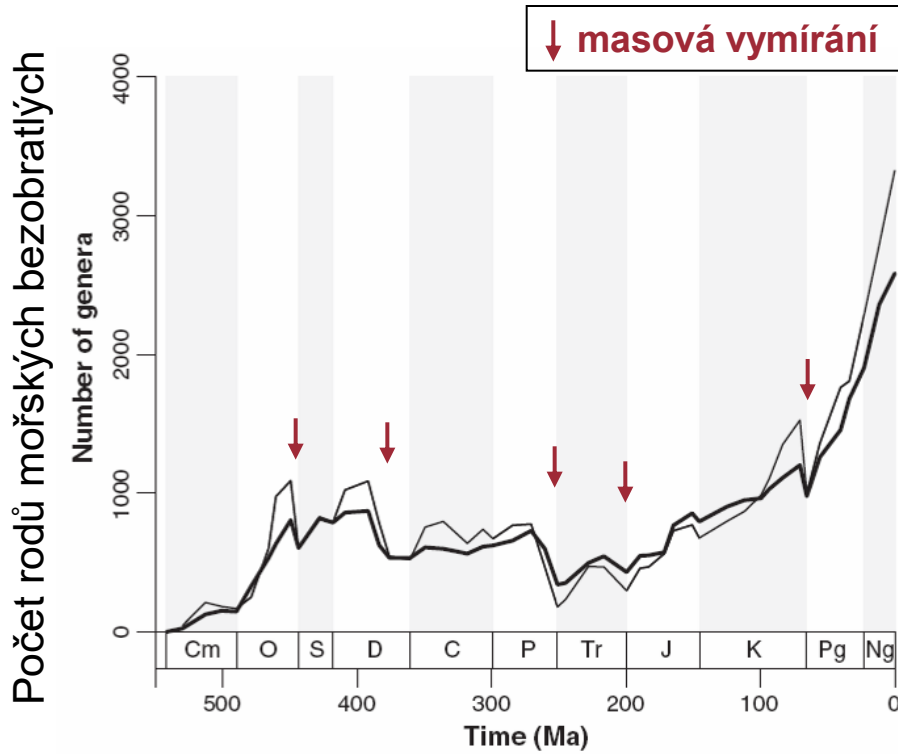
Počet čeledí cévnatých rostlin



Počet druhů a čas – evoluční škála

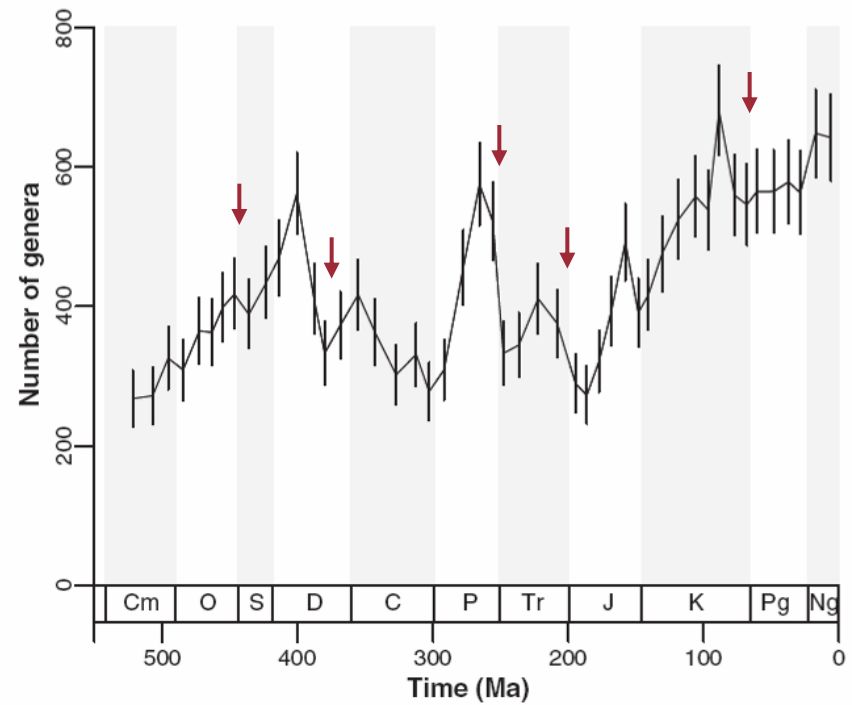
Korekce artefaktů předchozích studií (*Pull of the Recent*)

Křivka založená na intervalu mezi prvním a posledním záznamem jednotlivých rodů



The Paleobiology Database
<https://paleobiodb.org/#/>

Křivka založená na počtu rodů ve standardizovaném počtu fosilních vzorků pro intervaly 11 mil. let



Alroy et al. 2008, *Science*
Populárně v češtině: Storch 2008, *Vesmír*

Masová vymírání

Pět velkých vymírání (vymřelo přes 75 % druhů)

	mil. let	% vymřelých čeledí	% vymřelých rodů	% vymřelých druhů
Ordovik	439	26	60	84-85
Devon	367	22	57	79-83
Perm	245	51	82	95
Trias	208	22	53	79-80
Křída	65	16	47	70-76

Masová vymírání

Pět velkých vymírání (vymřelo přes 75 % druhů)

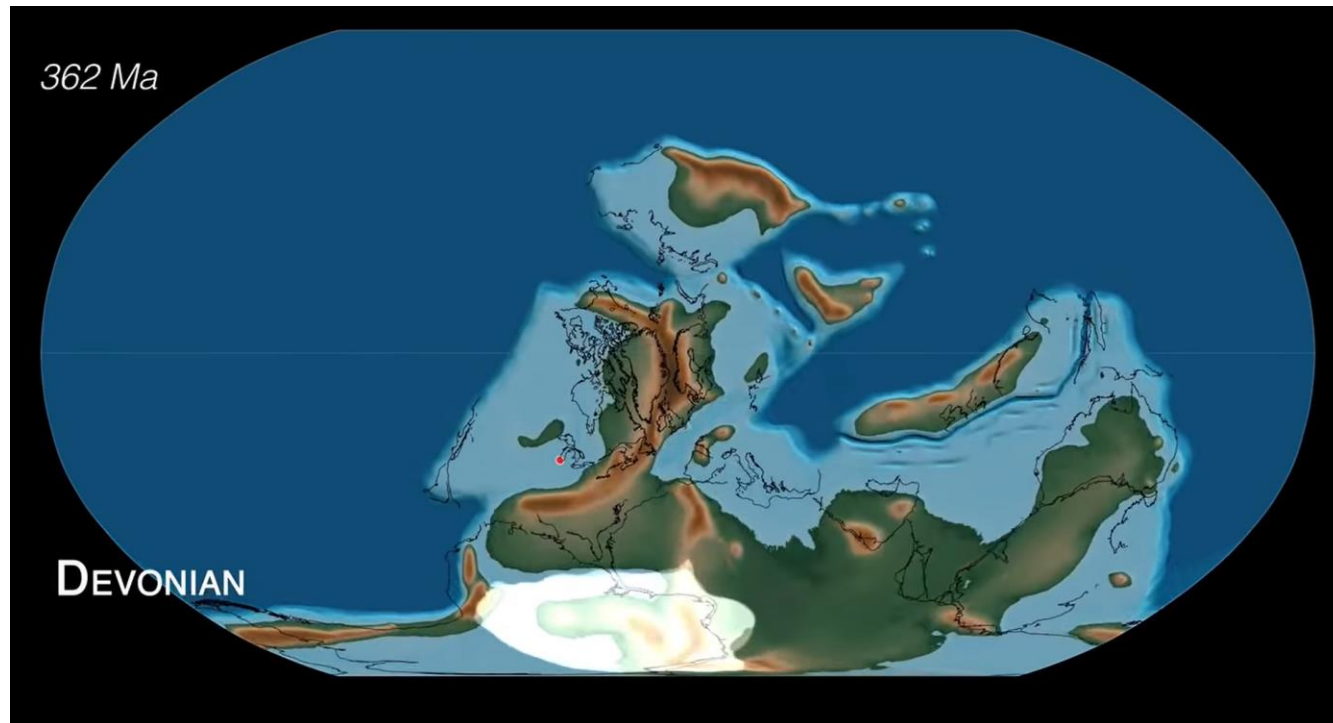
1. konec ordovíku – vymřely mořské organismy, suchozemských ještě moc nebylo, příčinou asi zalednění kontinentů, pokles hladiny moře a globální ochlazení, v druhé fázi nedostatek kyslíku v oceánu



Masová vymírání

Pět velkých vymírání (vymřelo přes 75 % druhů)

2. konec devonu – příčiny možná klimatické: méně CO₂ v atmosféře kvůli osídlení souše, proto ochlazení, možná také vulkanické erupce nebo dopad kosmického tělesa (také zpomalení vývoje nových druhů, patrně kvůli tektonicky podmíněnému propojení biogeografických oblastí a následným velkým migracím druhů)



Masová vymírání

Pět velkých vymírání (vymřelo přes 75 % druhů)

3. konec permu – největší vymírání, příčinou patrně tektonická aktivita při vzniku kontinentu Pangea, vulkanismus na Sibiři a následné klimatické změny, možná ale i pád vesmírného tělesa, prokázán je také nedostatek kyslíku v oceánech



Masová vymírání

Pět velkých vymírání (vymřelo přes 75 % druhů)

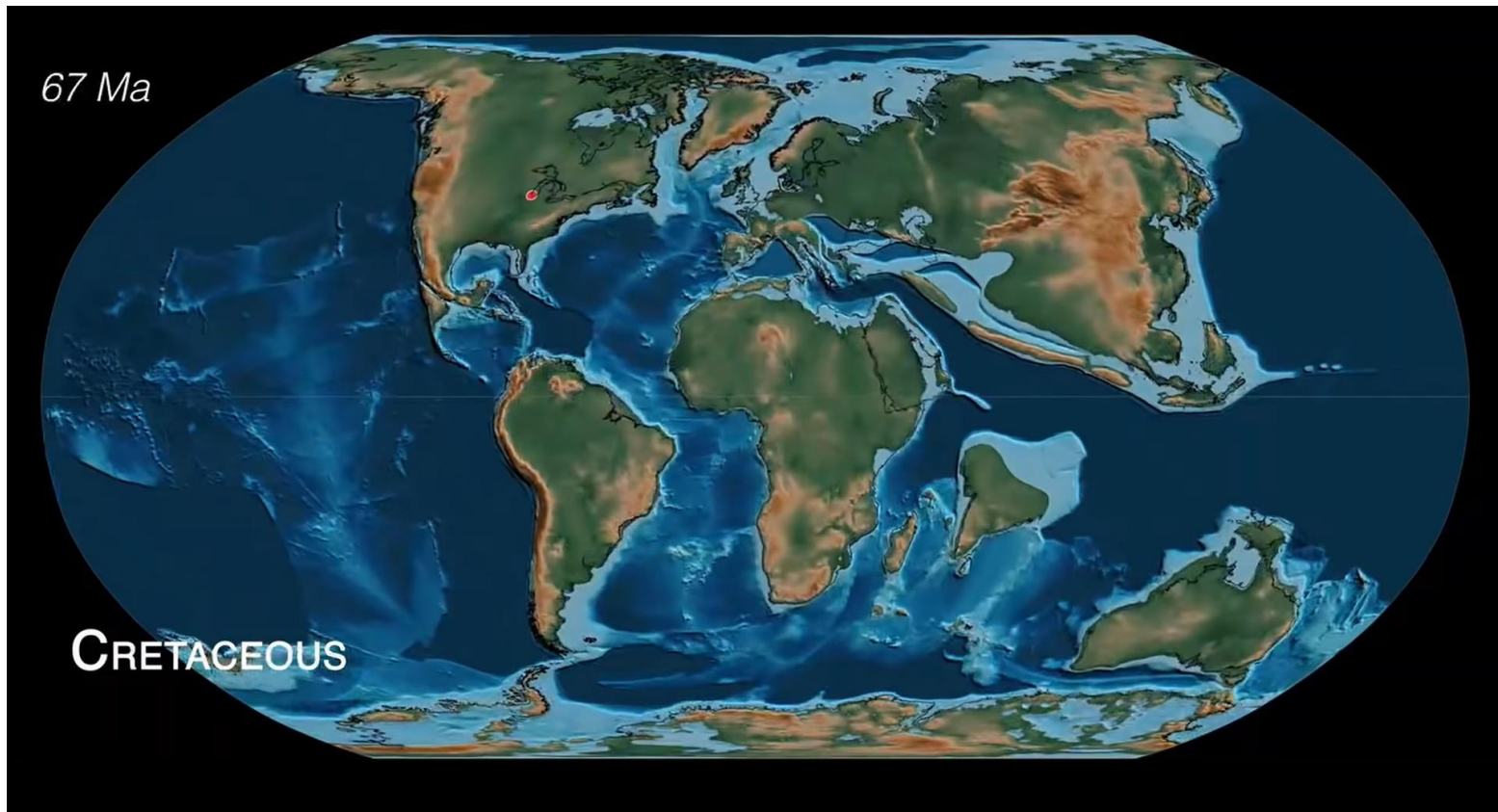
4. konec triasu – příčinou hlavně asi vulkanická aktivita, více menších událostí po sobě (také zpomalení vývoje nových druhů)



Masová vymírání

Pět velkých vymírání (vymřelo přes 75 % druhů)

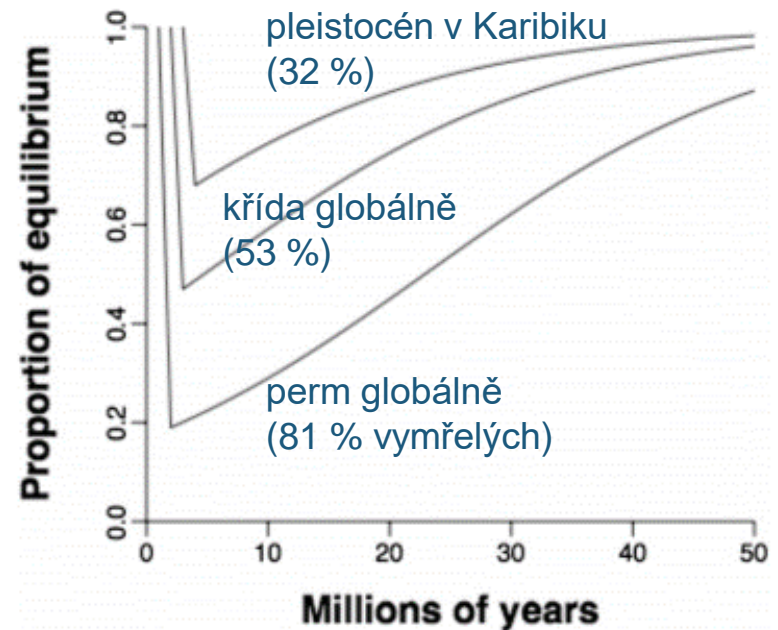
5. konec křídy – příčinou pád vesmírného tělesa na poloostrov Yucatán



Masová vymírání

- Dnes žije asi 1/1000 všech druhů
- Množství energie je v průběhu historie přibližně konstantní, proto stále stejně jedinců
- Po masovém vymírání vzniknou velké populace několika málo druhů, ale během několika milionů let se obnovuje původní počet druhů
- Obnova biodiverzity po masovém vymírání často probíhá adaptivní radiací do uvolněných nik, např.
 - nika ramenonožců (Brachiopoda) byla po permském vymírání vyplněna mlži
 - nika nelétavých dinosaurů byla po křídovém vymírání vyplněna savci

Model obnovy diverzity po vymírání



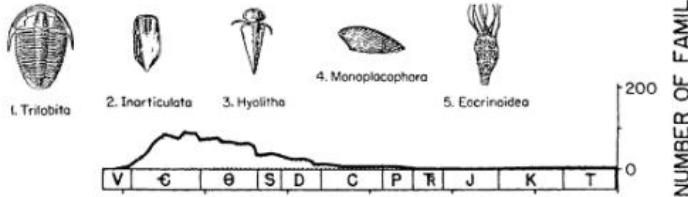
Alroy 2008, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*

Masová vymírání

Výměna fauny po vymírání

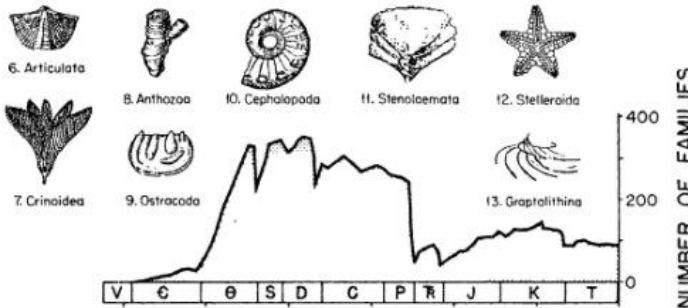
Trilobitomorpha

CAMBRIAN FAUNA



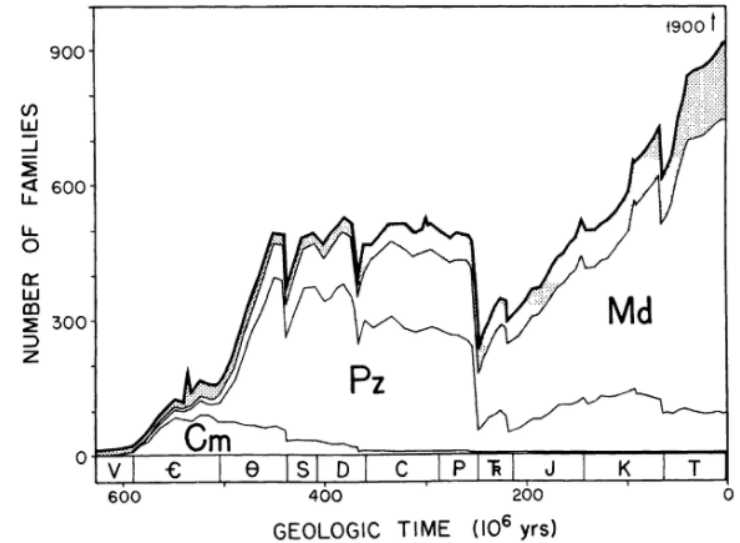
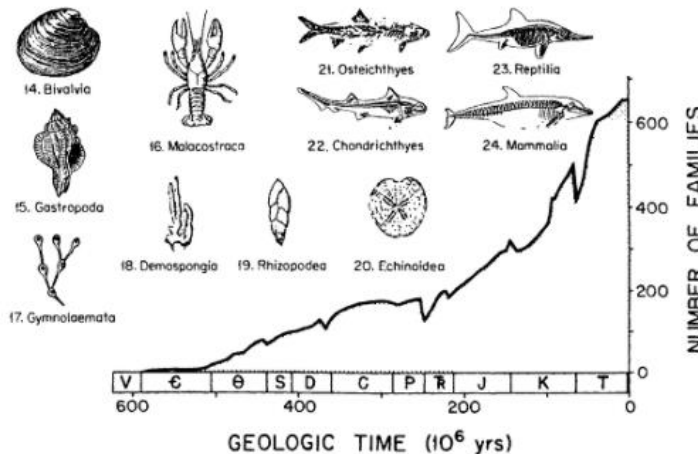
Brachiopoda
Crinoidea
Ostracoda
Cephalopoda
Anthozoa
Stelleroidea

PALEOZOIC FAUNA



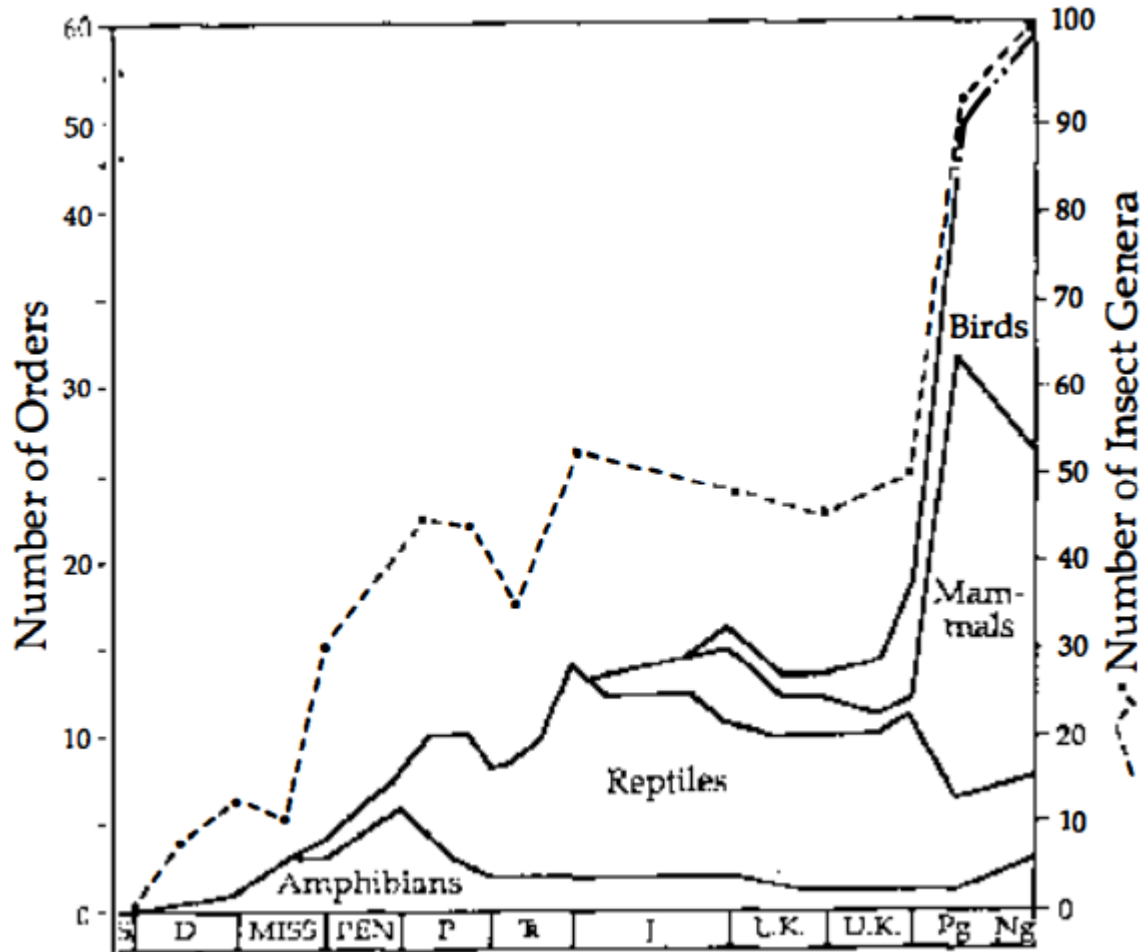
Gastropoda
Bivalvia
Osteichthyes
Chondrichthyes
Malacostraca
Echinoidea

MODERN FAUNA



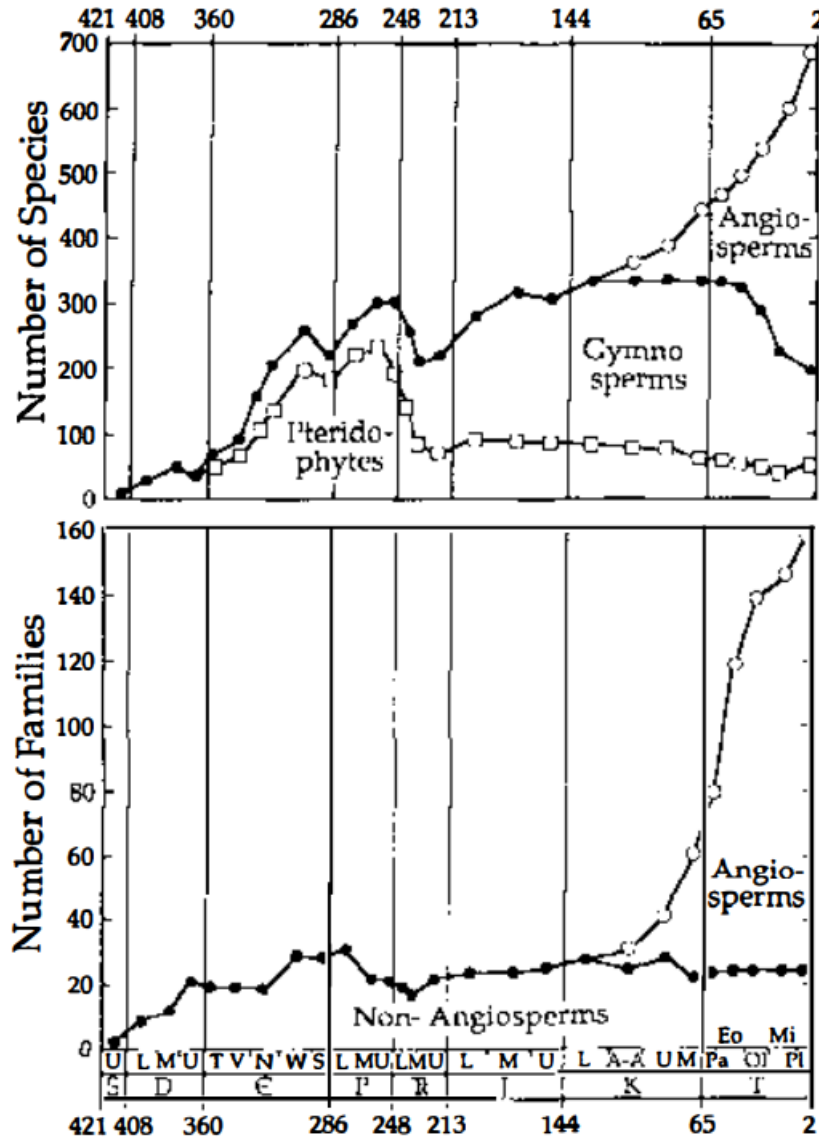
Masová vymírání

Výměna fauny po vymírání



Masová vymírání

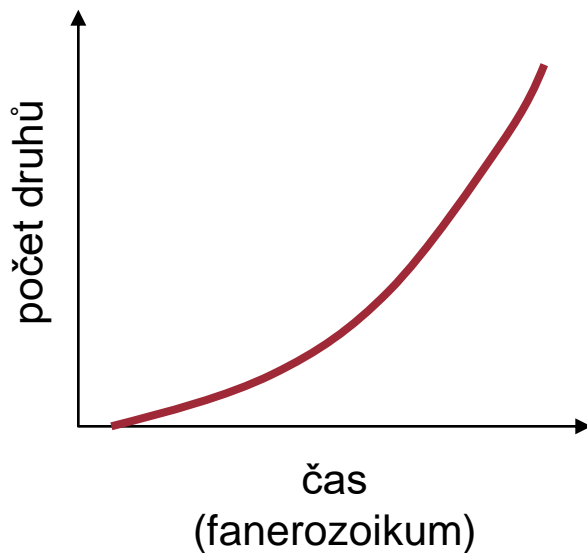
Výměna flóry po vymírání



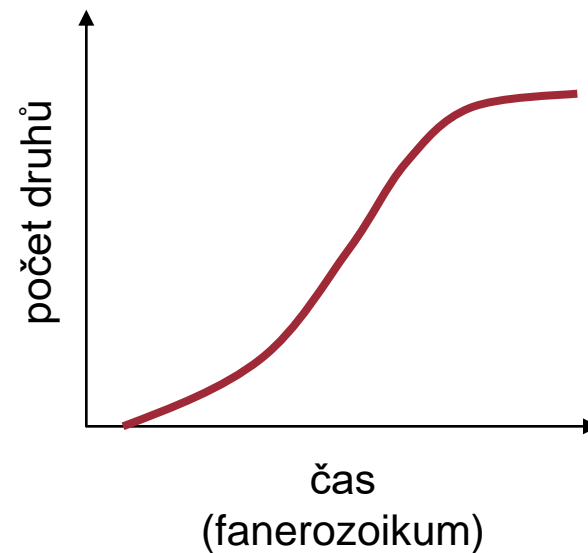
Signor 1990, *Annual Review of Ecology and Systematics*

Existuje nosná kapacita pro počet druhů?

Dochází v průběhu evoluce k neustálému růstu počtu druhů na Zemi, nebo má počet druhů horní limit daný omezeným množstvím zdrojů a mezidruhovou konkurencí o ně?



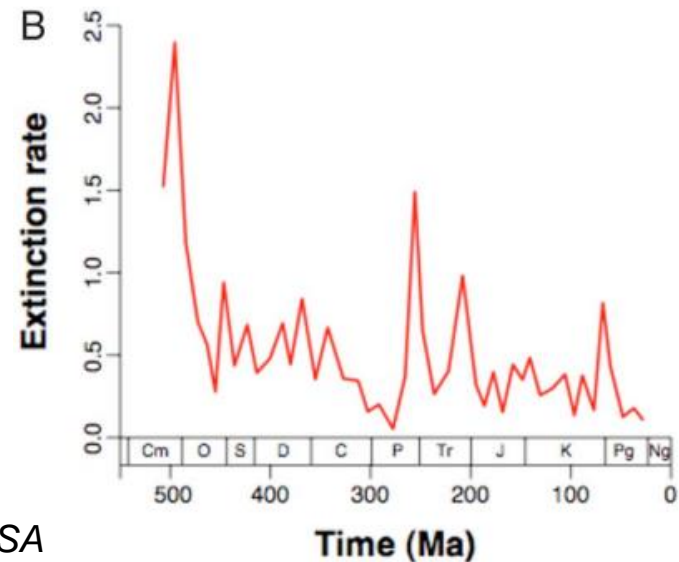
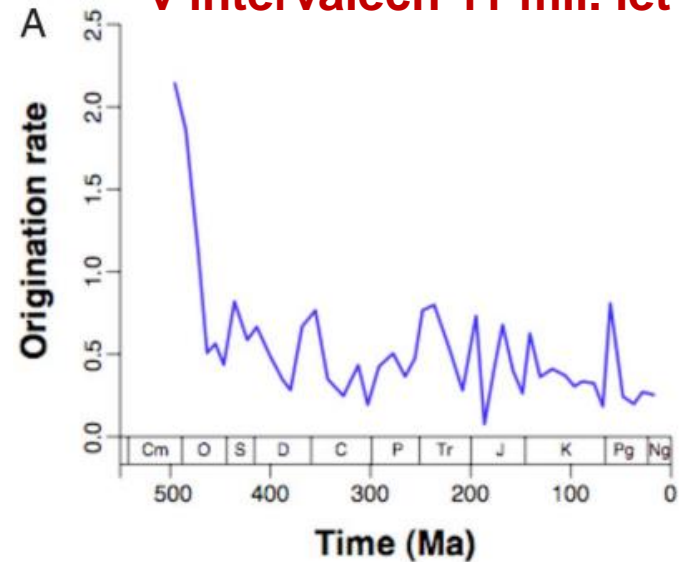
vs.



Existuje nosná kapacita pro počet druhů?

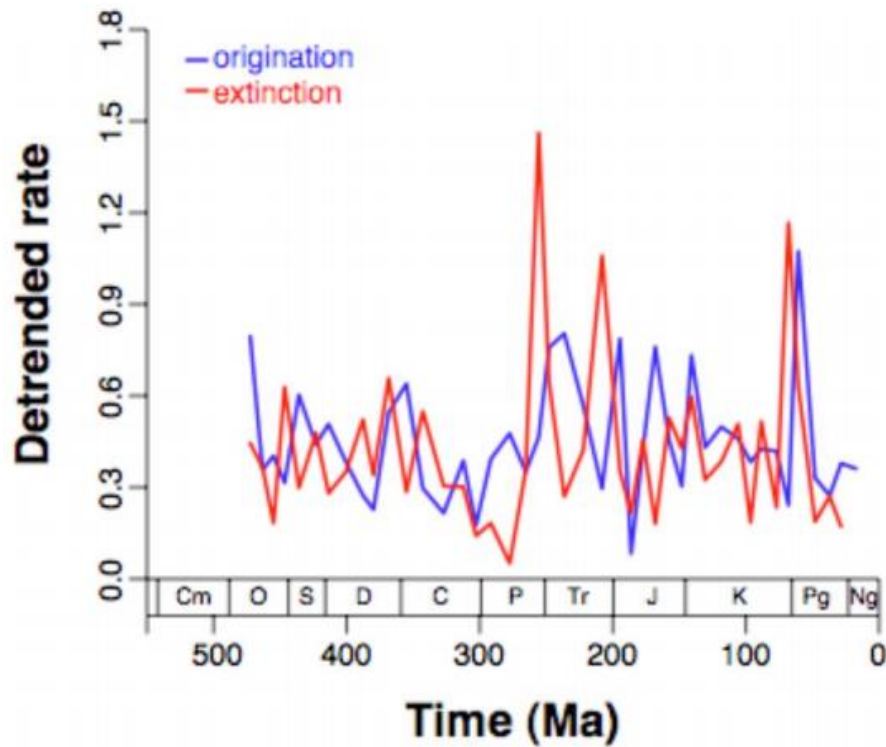
- V průběhu fanerozoika se postupně snižuje rychlost vzniku taxonů i rychlost vymírání
- Měří se to na rodech a čeledích, příčinou je proto možná vznik více druhů, které omezují možnost vymření rodu
- V prvohorách bylo v průměru méně druhů na rod než v druhohorách a třetihorách
- Možná regulace počtu druhů

Rody mořských bezobratlých v intervalech 11 mil. let



Existuje nosná kapacita pro počet druhů?

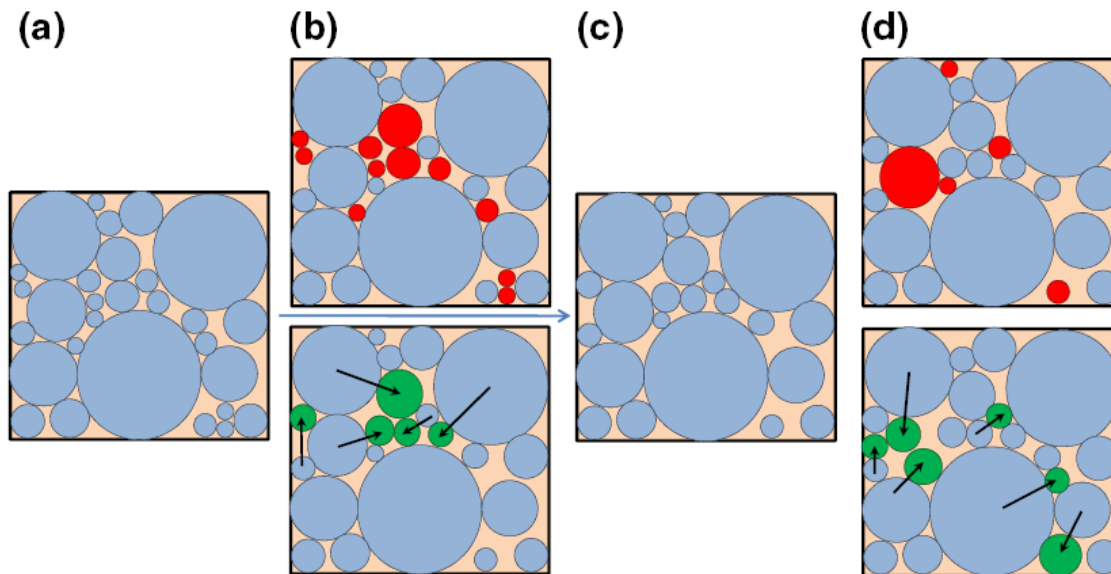
Vzniky a vymření rodů mořských bezobratlých
(detrendovaná data, tj. rezidua regrese)



Existuje nosná kapacita pro počet druhů?

Hypotéza rovnovážné dynamiky biodiverzity

- Globální množství energie a zdrojů je víceméně konstantní
- Vznikne-li víc druhů, musí se víc dělit o zdroje, proto mají menší populace
- Druhy s menšími populacemi vymírají s větší pravděpodobností
- Rychlost vymírání proto závisí pozitivně na počtu druhů
- Vznikne-li víc druhů, víc jich vymírá, a tak se celkový počet druhů stabilizuje



několik vzácných druhů vymírá
méně hojnějších druhů vzniká

druhů je méně, méně jich
vymírá, více jich vzniká

- čtverce: množství energie v území
- kruhy: druhy (velikost odpovídá velikosti populace)
- červeně: vymírání
- zeleně: speciace