

Biotické krize a globální ekosystémy v historii Země – část X.

Epistemologie hromadných vymírání a příčiny krizí

Rostislav Brzobohatý

Hen-výběrovka 09

Epistemologie hromadných vymírání a biotických krizí

- **Definice HV:** Vymizení relativně velkého procentuálního podílu druhů různých taxonomických skupin během krátkého úseku geologického času v globálním měřítku
- **Problémy:** měření vymírajících druhů, rychlost („náhlost“) vymírání, problém taxonomie
- **Korelace mezi záznamy velkých událostí a biotickými krizemi (empirická zjištění):**
 - 1) eustatické změny mořské hladiny (příčiny: desková tektonika, změny klimatu)
 - 2) černé břidlice (ohřátí mořské vody, anoxie, ochlazení mořské vody)
 - 3) posun v poměrech stabilních izotopů ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)
 - 4) zvýšené obsahy prvků v horninách (siderofilní, chalkofilní)
 - 5) magnetická polarizace (normální, reverzní)
 - 6) desková tektonika (konfigurace kontinentů a oceánů)
 - 7) vulkanická aktivita (trapy)
 - 8) zalednění (ice-house, green-house)
 - 9) mimozemské impakty
- **Provázání a vzájemné vztahy většiny událostí.**

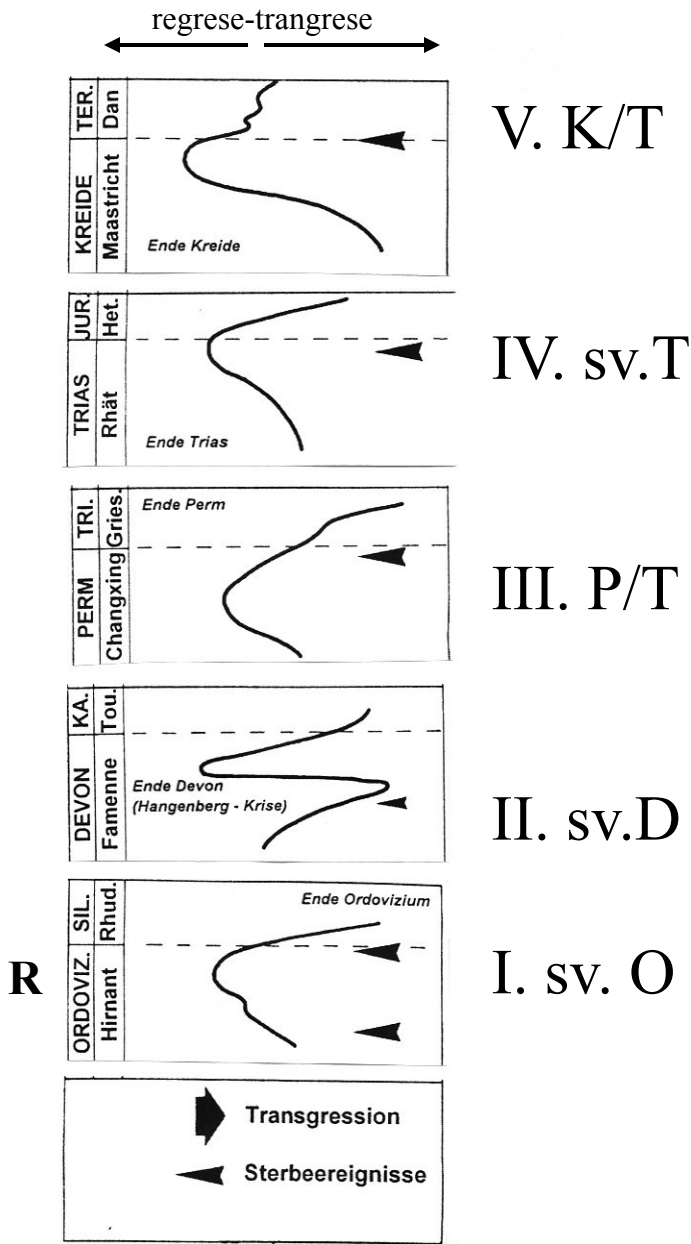
Ad 1) **Eustatické změny**

Příčiny:

- a) **Desková tektonika – růst středooceánských hřbetů, subdukce, konvekce, izostáze – probíhají na dlouhých časových škálách (cyklus regrese-transgrese)**
regrese – ztráta kontinentálních šelfů jako prostředí pro velkou část fosilizovatelné bioty (většinou spojeno s poklesem teploty)

- b) **Změna klimatu – růst nebo rozpouštění polárních čepiček => regrese-transgrese, změny intenzity a směru mořských proudů, převládající cirkulace větrů, změny albeda, kontinentalizace**

Vztah transgrese-regrese k masovým vymíráním



Ad 2) **Černé břidlice** – sedimenty s vysokým obsahem C se ukládají v anoxických podmínkách, spojeno většinou s transgresemi a ohřátím mořské vody po rozpuštění polárních čepiček. Ohřev mořské vody = snížení rozpouštění kyslíku (tj. jeho přítomnost v oceánské vodě), hluboké vody jsou málo větrané - OMZ leží vysoko a šíří se do šelfových prostředí = likvidace šelfových společenstev

Řada vymírání je nepochybně spojena s tvorbou černých břidlic (např. I., II., III.) jiné pravděpodobně (IV., V.)

Jiný oceánský zvrat nastává ochlazením povrchových oceánských vod v takovém rozsahu, že překročí hustotu podložní vody a klesají.

Ad 3) **Posun v poměrech stabilních izotopů**

O: 3 přirozené v přírodě O16 (~99, 75 %) O17, O18 (~0, 2 %)

O18/O16 - závisí na teplotě prostředí a celkovém objemu zemského ledu. Odpařovaná voda – bohatá na lehčí izotop – když se nevrací (ledovce) pak poměr vzrůstá (např. výrazně ve sv. permu)

C: 2 stabilní- C12 (98, 9 %), C13 (1, 1 %), C14 (radioaktivní – stopy)
obecně: karbonáty obohaceny o C13, organická hmota o C12.

Fluktuace C13/C12 odráží ráz cirkulace oceánů a velké klimatické změny. V mořských karbonátech (např. schránky živočichů) je stejný jako v CO₂ rozpuštěném v mořské vodě – odráží poměry prostředí života v moři, CO₂ mořský = CO₂ atmosférický

Uvedený poměr = představa o množství biomasy na Zemi zachované v sedimentech konkrétního stáří.

Příkl. = sv. perm, pokles této hodnoty, „Strangelove ocean“
katastrofický pokles fotosyntetizujícího planktonu.

Formální vyjádření = delta C13 (= rozdíl mezi poměrem C13/C12 vzorku a tzv. standardu vyjádřený v tisícinách)

S: 4 stabilní izotopy – S32 (95%), S33, S34(4,2 %), S36

S34/S32 – tento poměr je v sedimentech zvyšován aktivitou síranových bakterií (metabolizují S32) – anaerobní podmínky – např. hranice P/T, tento poměr kolísá v zemské historii i podle různých materiálů (mořské sulfáty, řasy, dešťové vody etc.).

Sr: Sr87 a Sr86 – Sr87/Sr86 rovněž v zemské historii silně kolísá, odráží v globále geotektoniku:

- eroze sialických hornin (např. granity) = přínos Sr87 (= zvyšování poměru)

- vulkanická aktivita (rifty, paltóbazalty etc.) = přínos Sr86 (= snižování poměru, např. konec permu = aktivita riftů)

Ad 4) **Zvýšené obsahy prvků v horninách**

V této souvislosti 2 skupiny prvků: a) siderofilní, b) chalkofilní

- a) Siderofilní** – především skupina Pt (nejlépe se měří Ir, ovšem Ru, Rh, Pd, Os a Pt se rovněž berou v potaz), na povrchu – vzácné.
Zvýšené obsahy = 3 možné výklady:
vzestup z pláště (vulkanizmus), činnost bakterií (koncentrace), mimozemské impakty.
Po vyloučení prvních dvou (lze geol. dokázat), zbývají impakty jako nejčastější zdroj vyššího obsahu Pt skupiny v sedimentech – např. tzv. iridiové anomálie
- b) Chalkofilní** – As, Mo, Se – spojeny velmi silně s vulkanickou činností, indikují intenzivní vulkanizmus (např. trapy)

Ad 5) **Magnetické anomálie (změna magnetické polarizace)**

Magnetické pole Země

Normální

Reverzní

Přepólování (rozpětí x – 40. 000 let)

Vztah k HV – relativně málo prozkoumaný

Obraz magnetických anomálií části středoatlantského hřbetu u Islandu

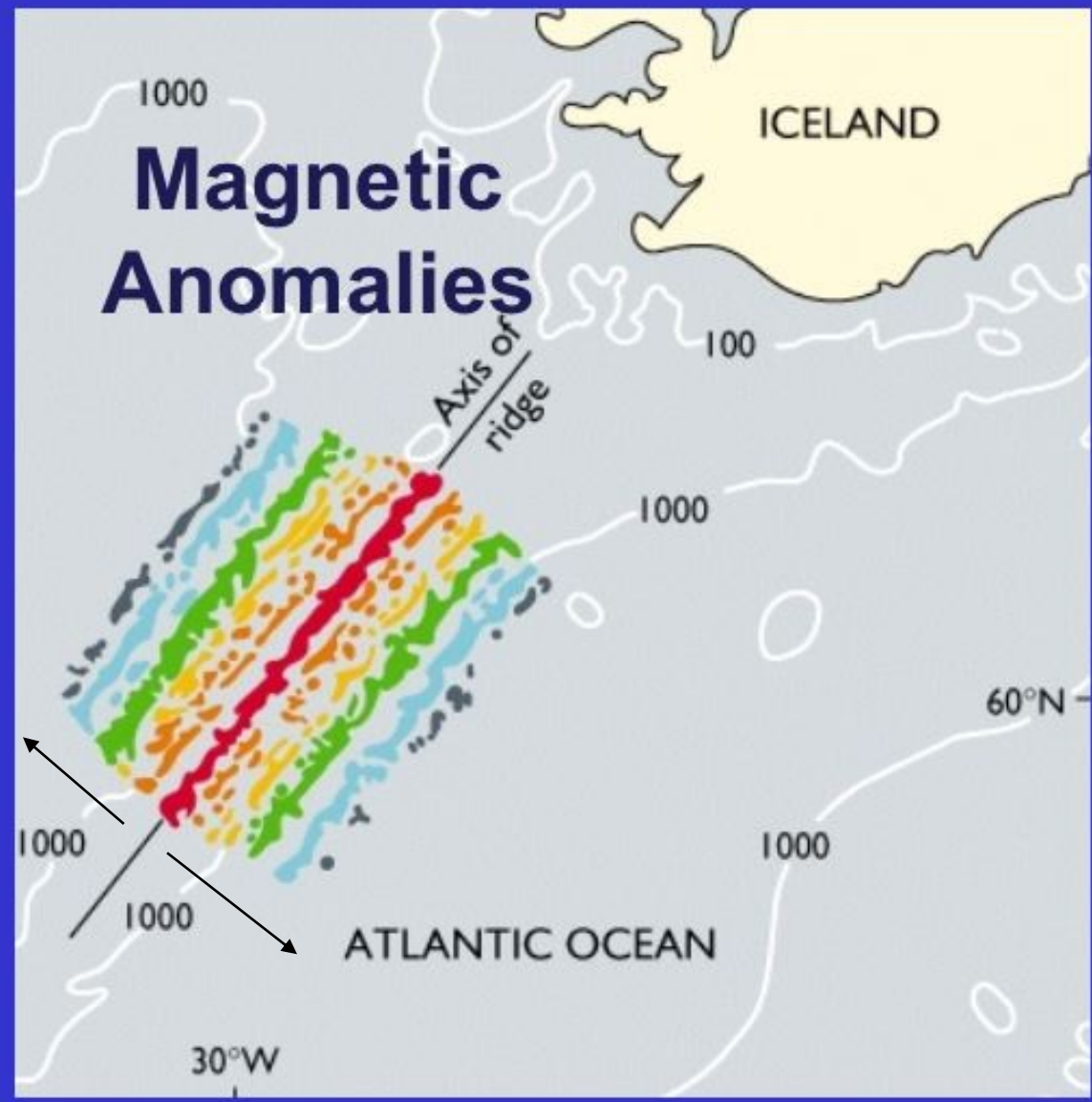
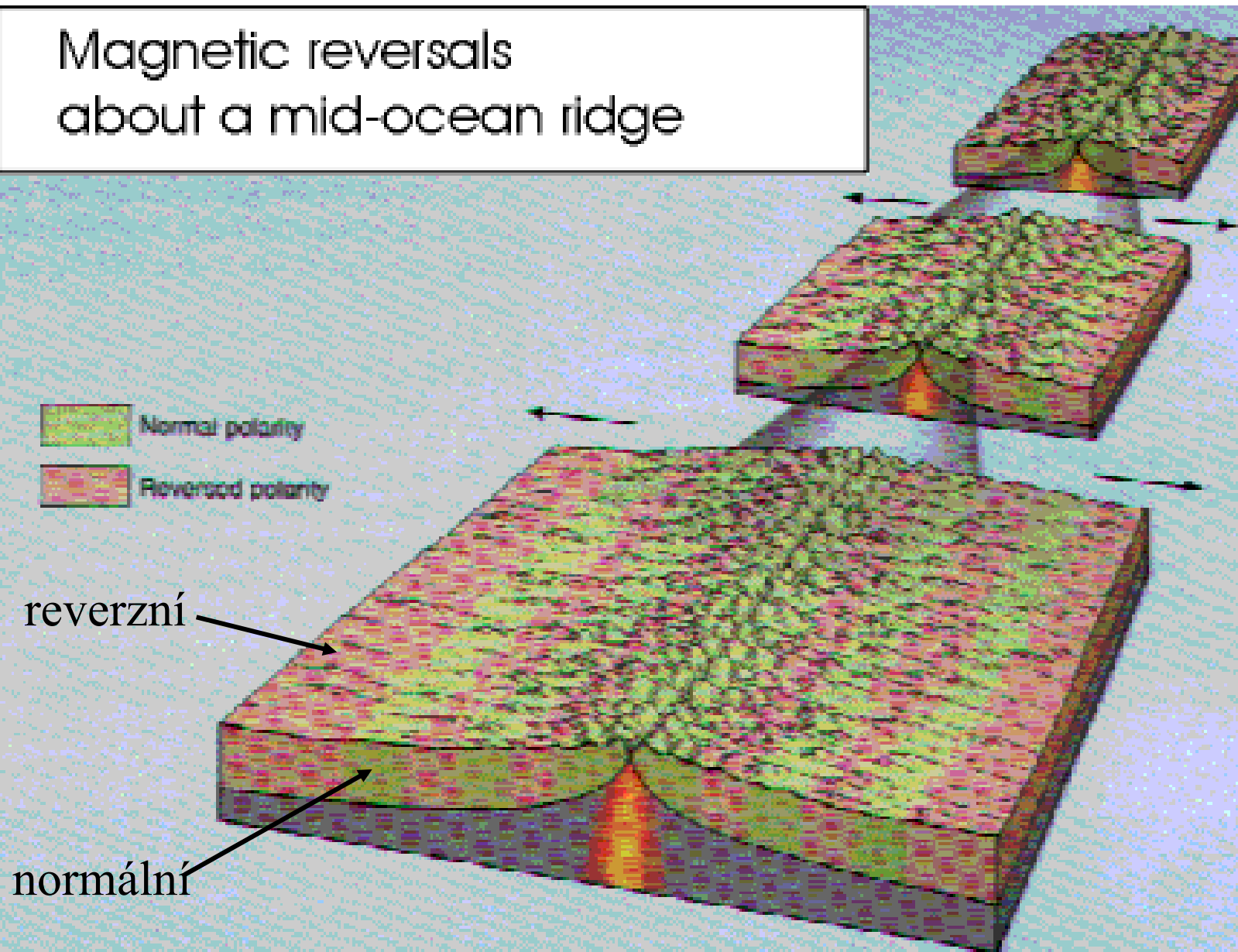


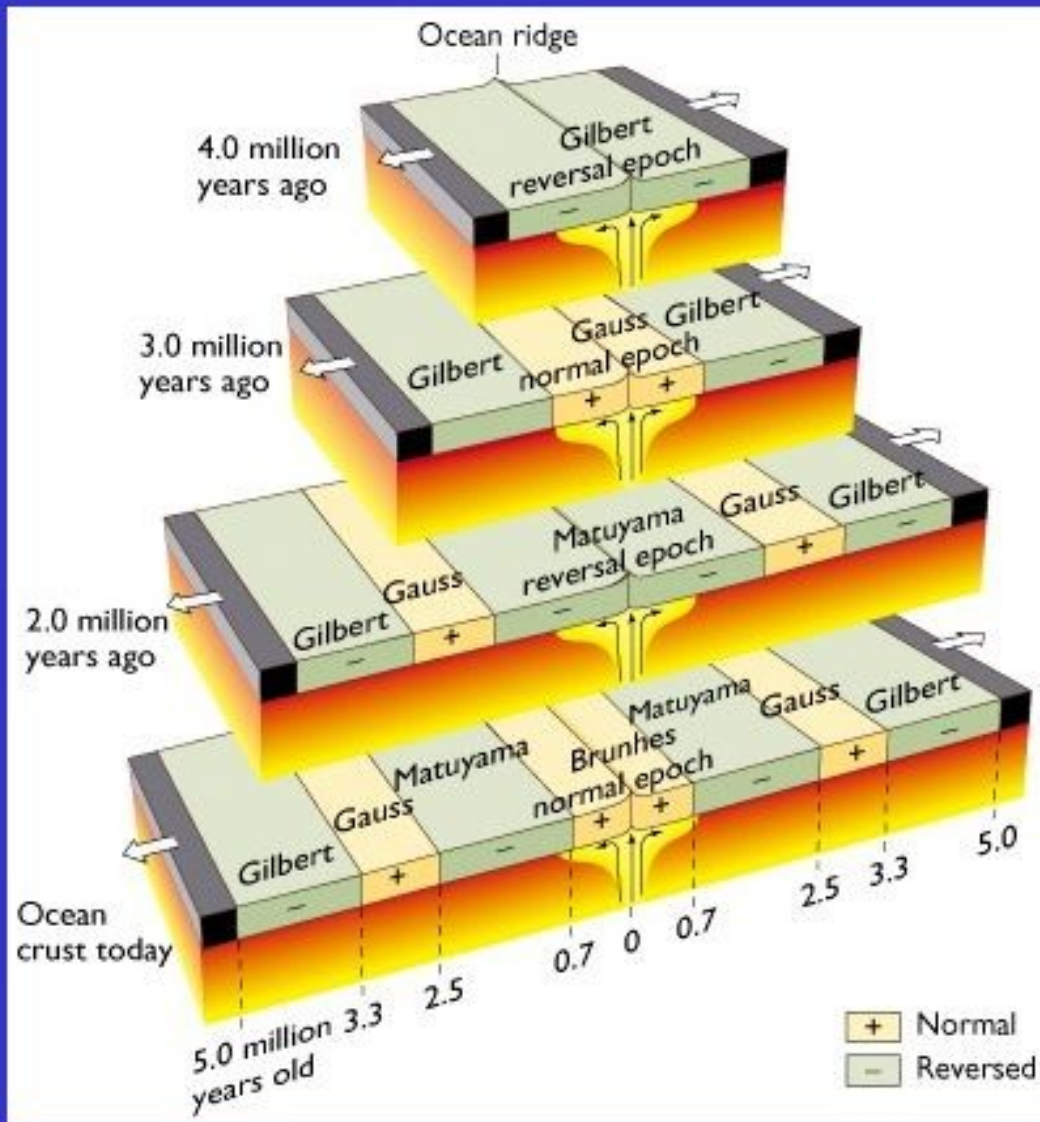
Fig. 20.9

Záznam změn magnetické polarity v okolí oceánských hřbetů (blokdiagram)

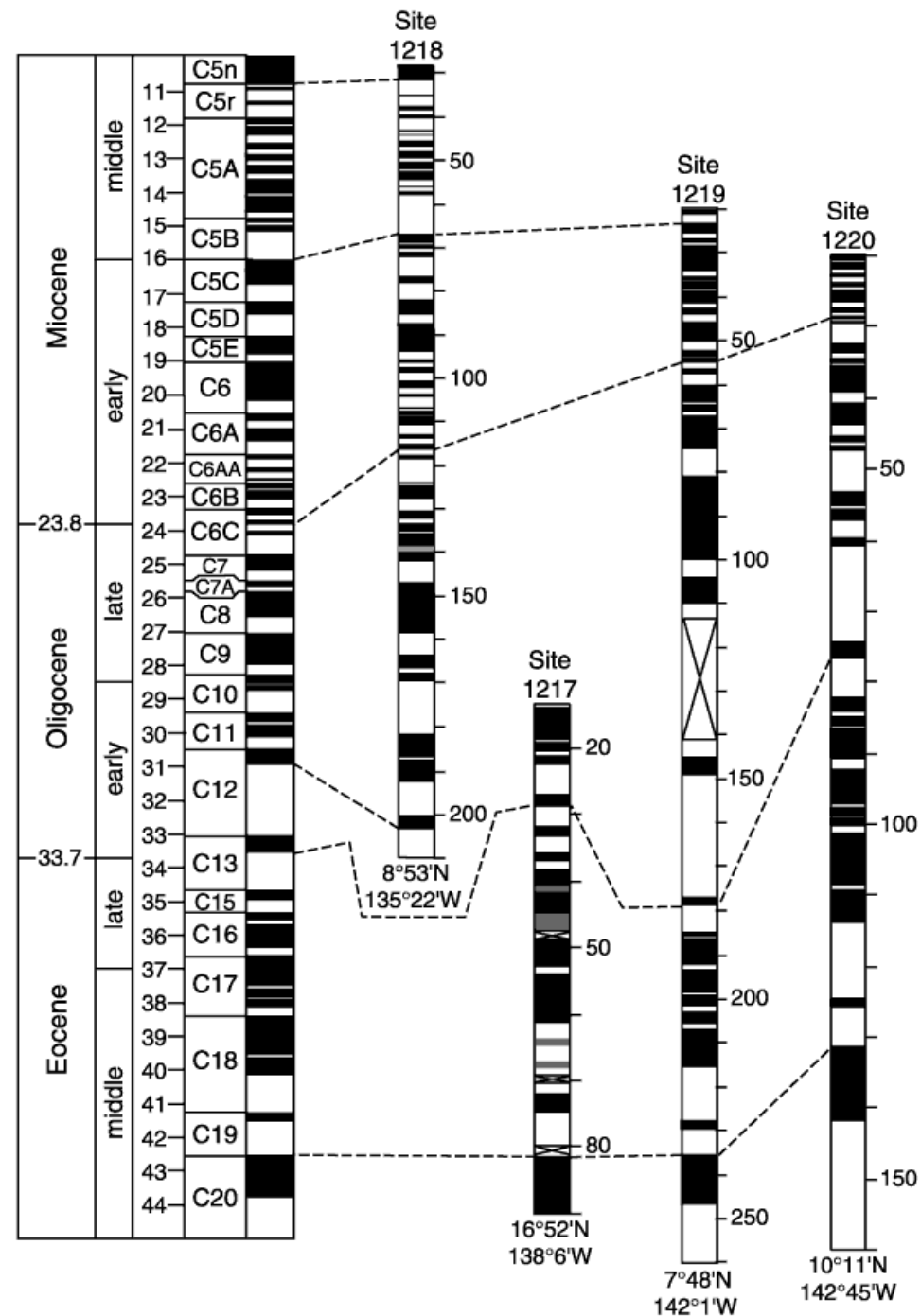
Magnetic reversals
about a mid-ocean ridge



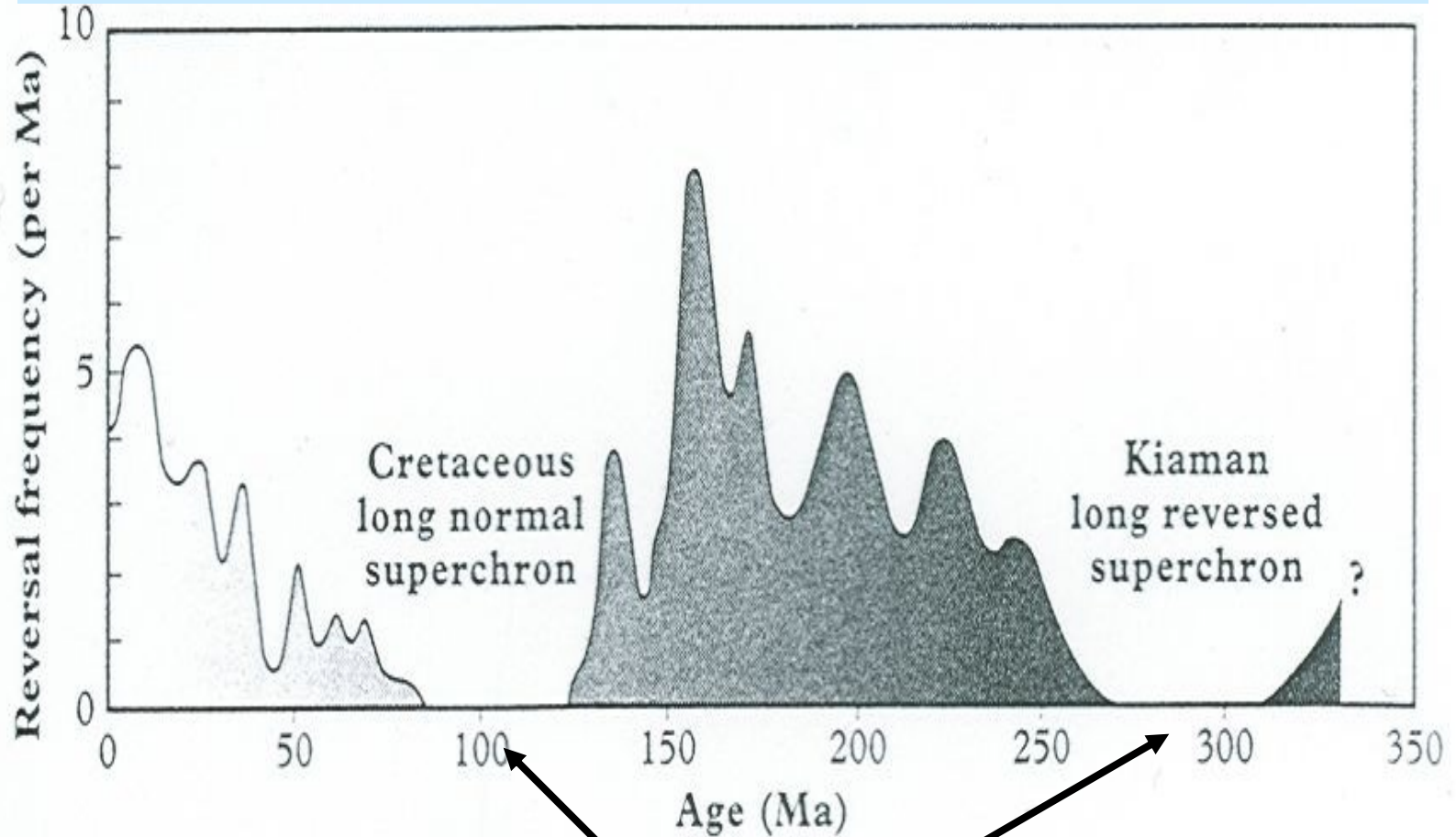
Formation of Magnetic Anomalies



Příklad kalibrace magnetiky radiometrickým stářím, magnetostratigrafie a korelace různých vrtů



Průběh změn magnetické polarizace v čase (- 350 Ma).



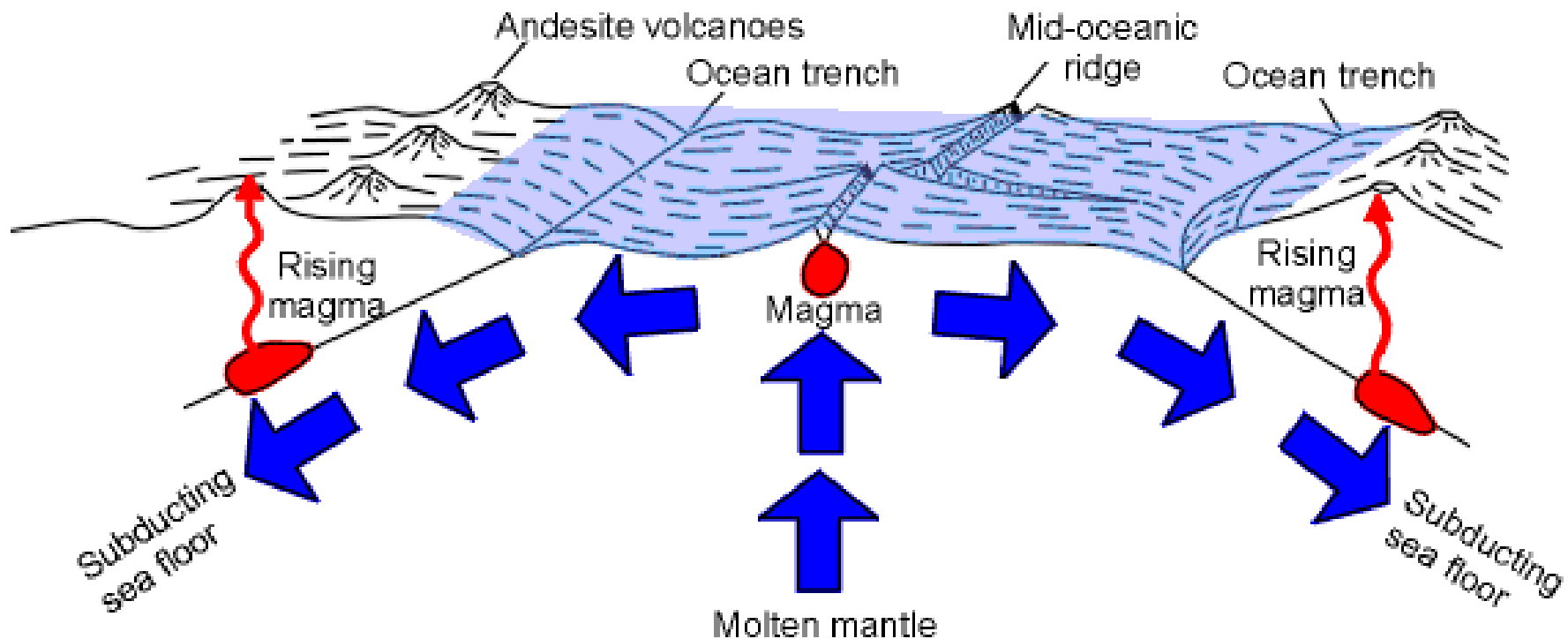
dlouhá období beze změn (klidu)

Figure 7.1

Changes in magnetic reversal frequency in the last 300 Ma. Two unusually long periods without any reversal are indicated as superchrons.

Ad 6) **Desková tektonika** (tříštění, oddalování a shlukování litosférických desek → změna konfigurace a morfologie kontinentů, vznik šíjí, pánevních spojení, izolace, migrace či zamezení biotických migrací, změna oceánských proudů, změna proudění vzduchu, klimatické změny, vulkanismus, transgrese, regrese), dlouhodobé procesy + náhlé změny
Rychlost pohybů = X-X0 cm/rok, recent = cca 4-5 cm/rok

Rozšiřování oceánského dna – divergentní rozhraní desek a s ním spojené jevy

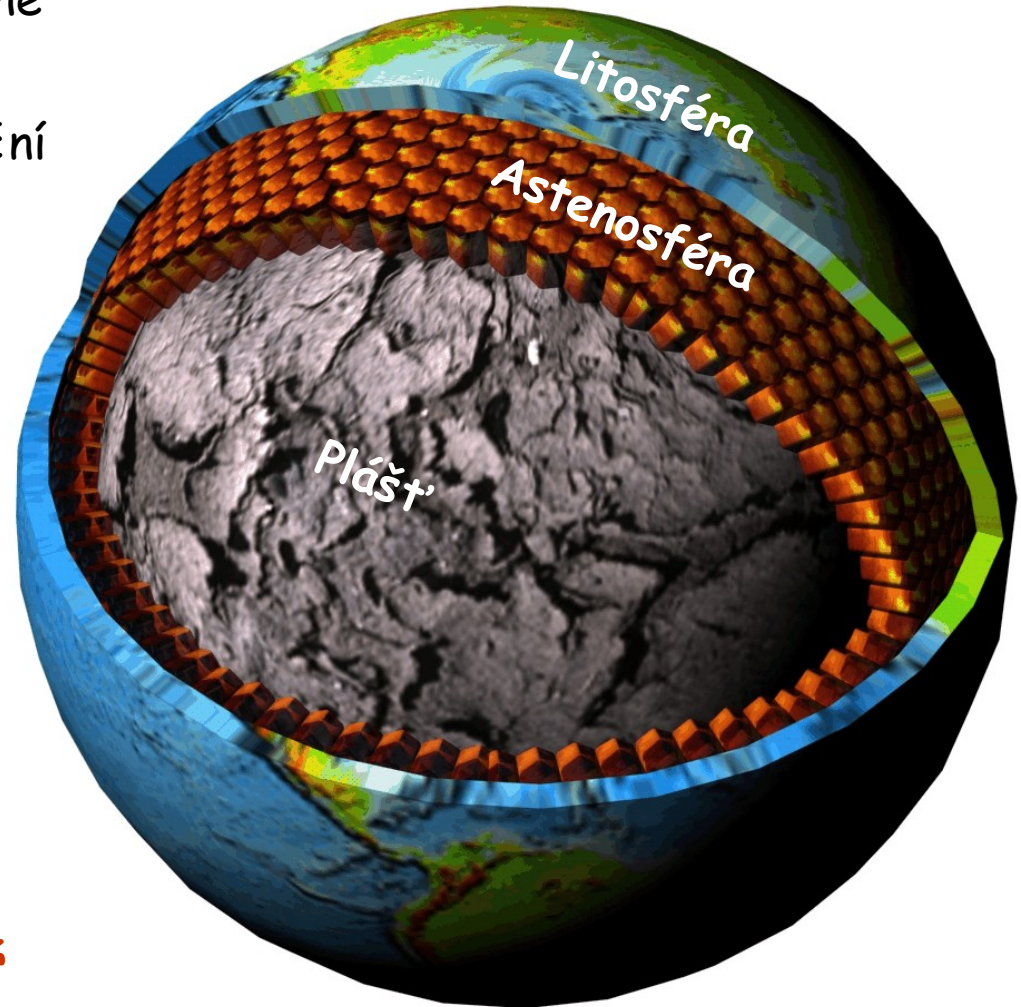
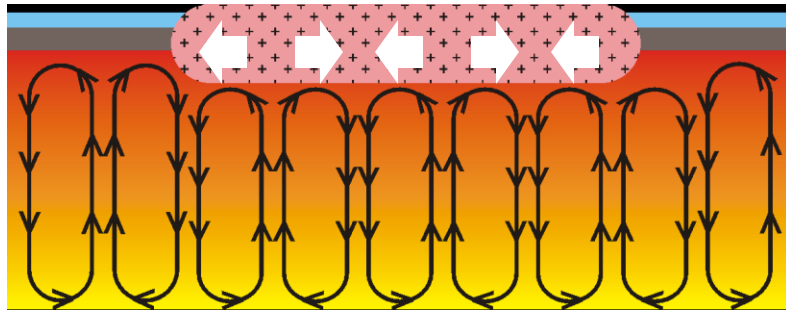


Další možné konsekvence:

Dezertifikace (nástup pouští) na kontinentech, výpar, evapority (v solných jezerech mikrobiální procesy produkují těkavé uhlovodíky, např. chloroform, trichlorethan etc. jako dnes v jižním Rusku a jižní Africe) => velké množství jedovatých látek (viz např. perm Evropy)

Jak je to tedy s konvekčními proudy

- Astenosféra je velmi plastická a horká = musí v ní probíhat konvekce
- konvekční buňky jsou avšak relativně malé a pravidelné
- experimenty prokázaly, že konvekční buňky mají zhruba tvar šestibokého hranolu, o délce hrany ~500 km
- vzhledem ke své velikosti nemohou konvekční proudy hýbat deskami, jejich účinky se vzájemně ruší

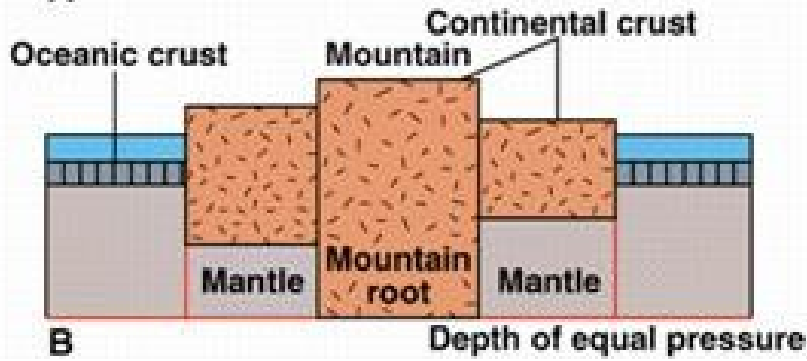


Konvekční proudy (buňky) vytvářejí jakýsi polštář, po kterém desky kloužou

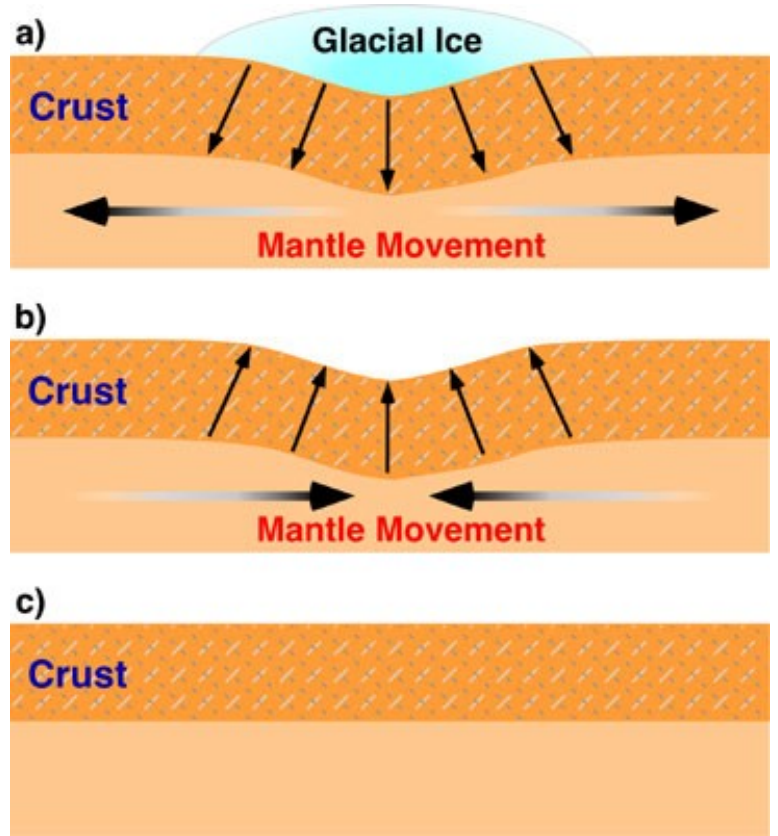
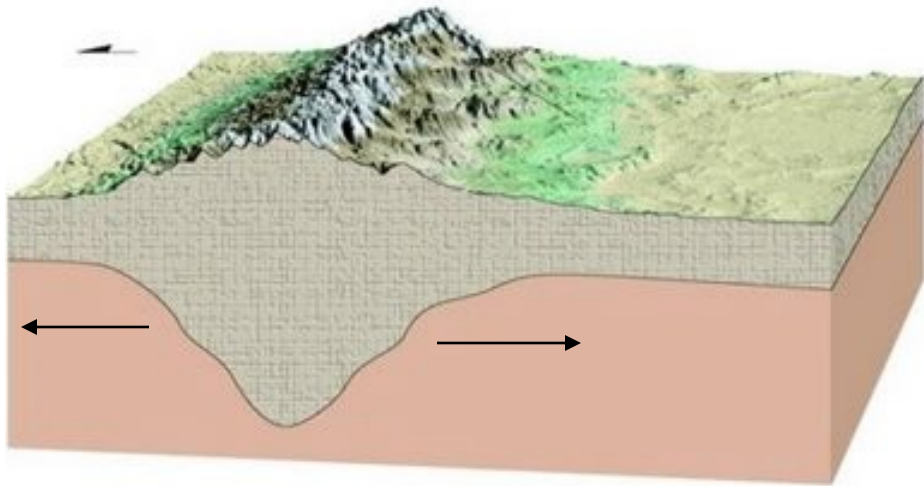
Isostatic Balance



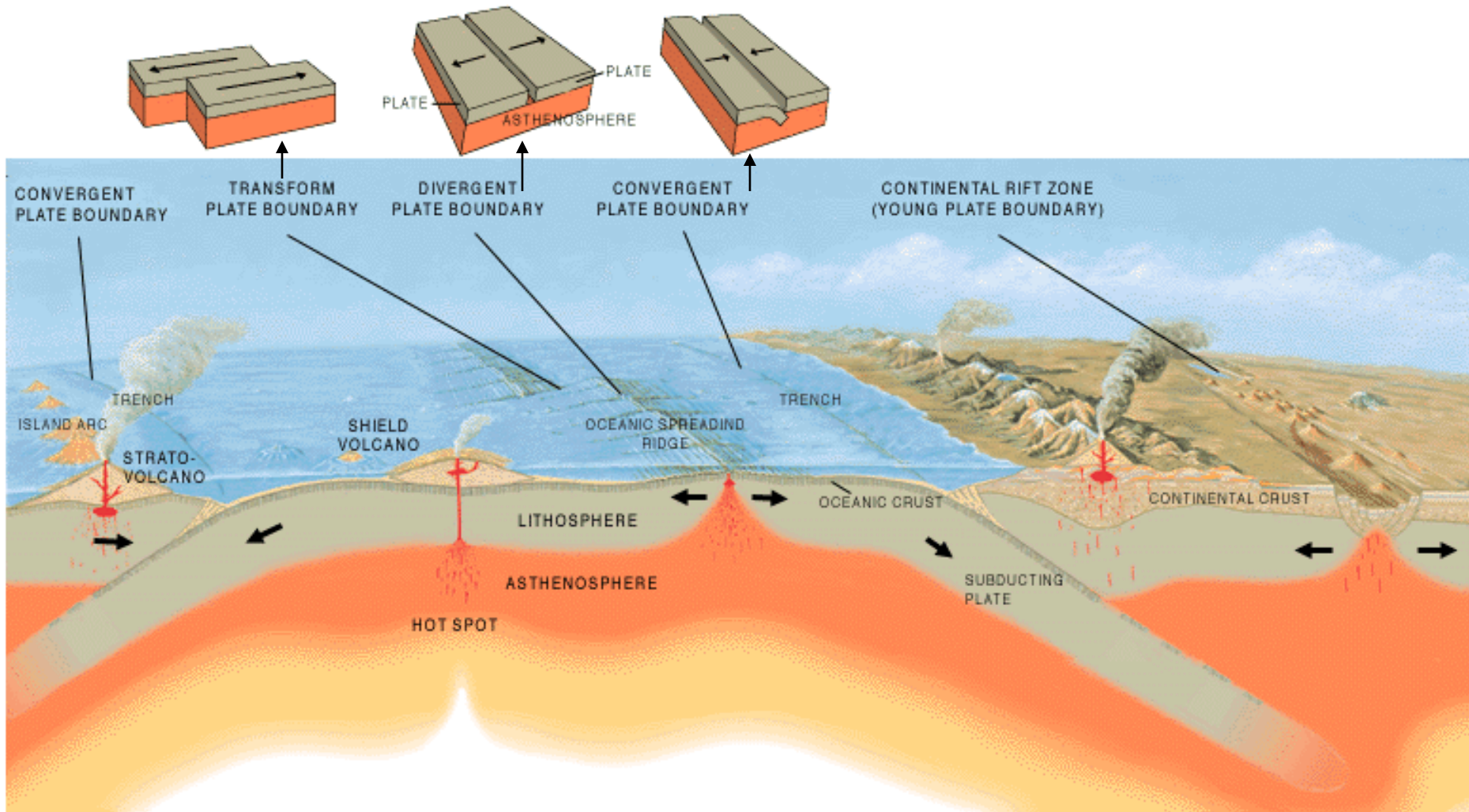
A



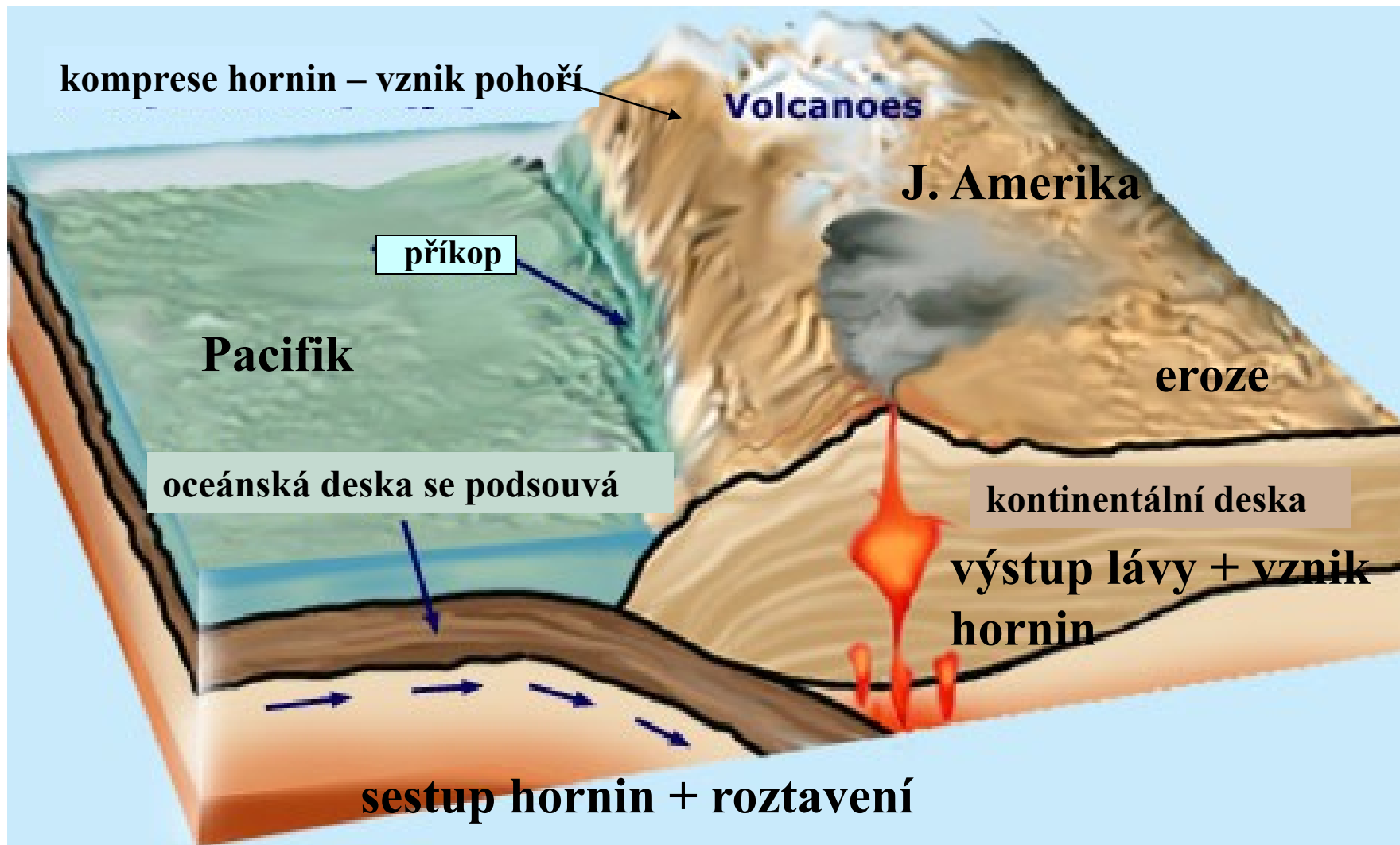
B



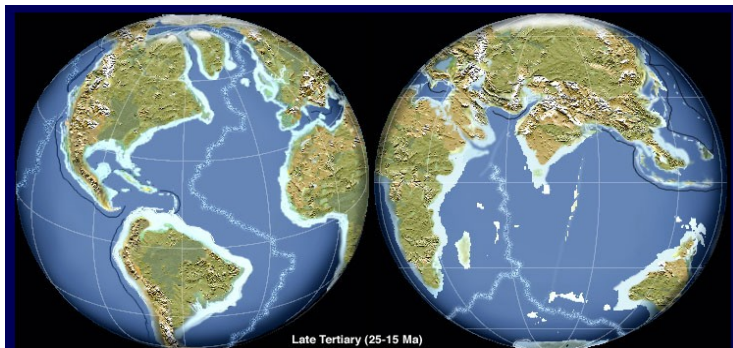
Dynamika planety



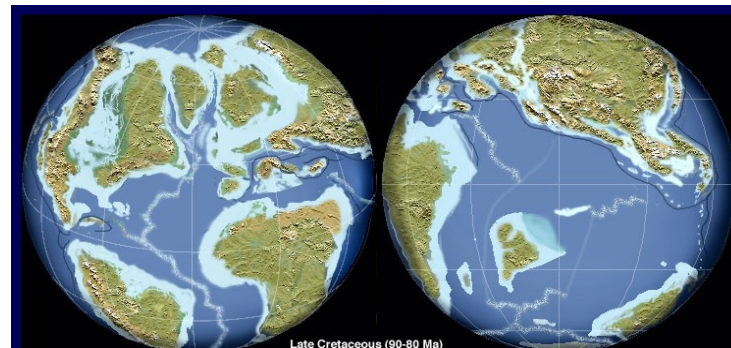
Podsouvání (subdukce) oceánské desky pod kontinentální desku (např. Nazca pod Jihoamerickou) v současnosti



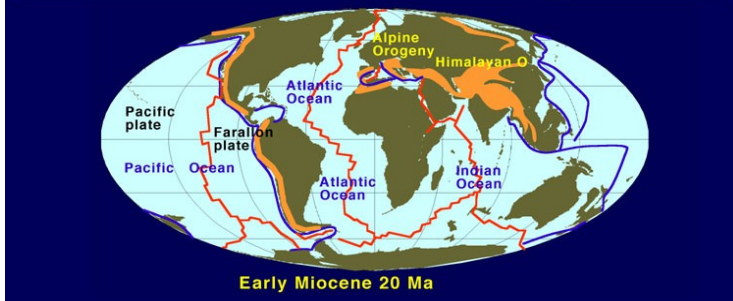
Konfigurace desek a kontinentů v juře, křídě a neogénu



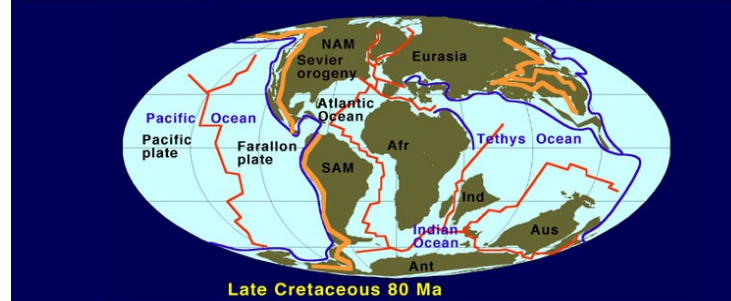
Late Tertiary (25-15 Ma)



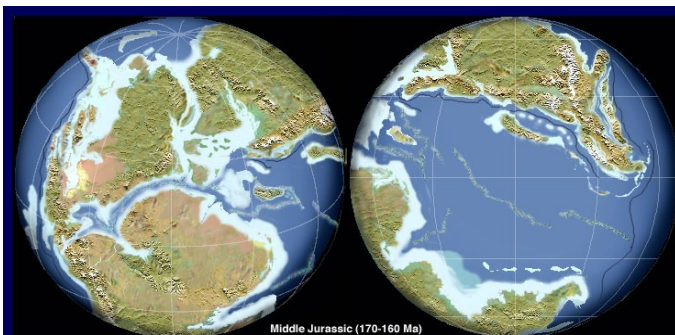
Late Cretaceous (90-80 Ma)



Early Miocene 20 Ma



Late Cretaceous 80 Ma



Middle Jurassic (170-160 Ma)

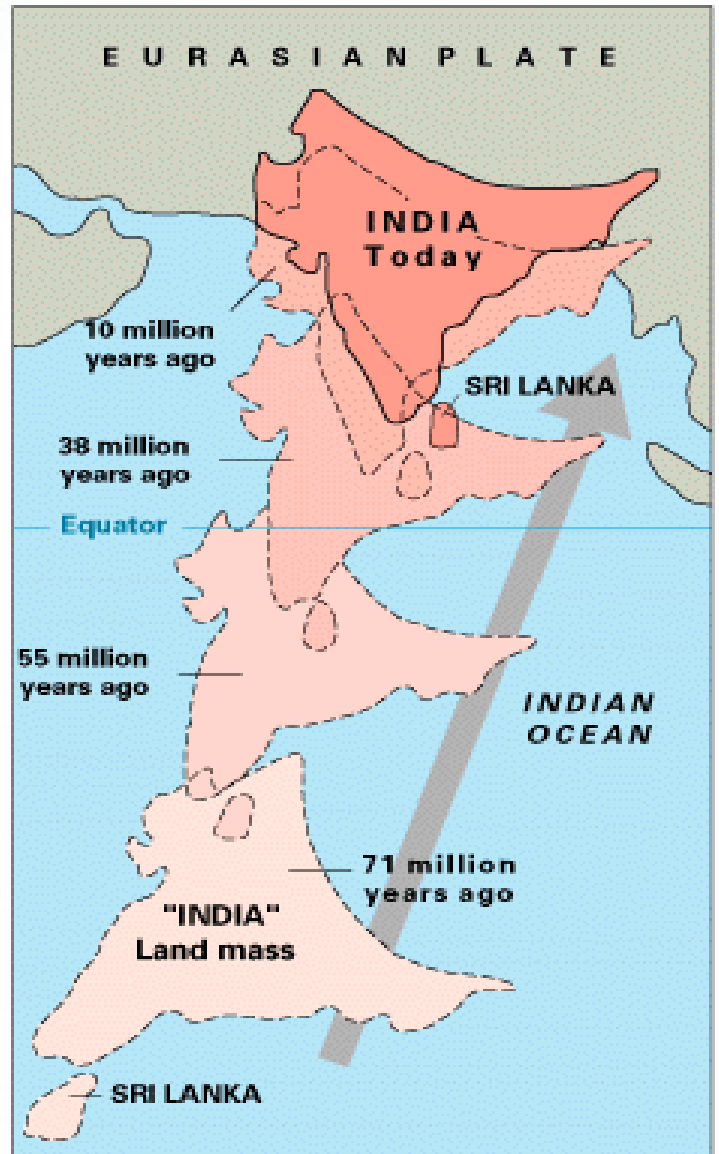
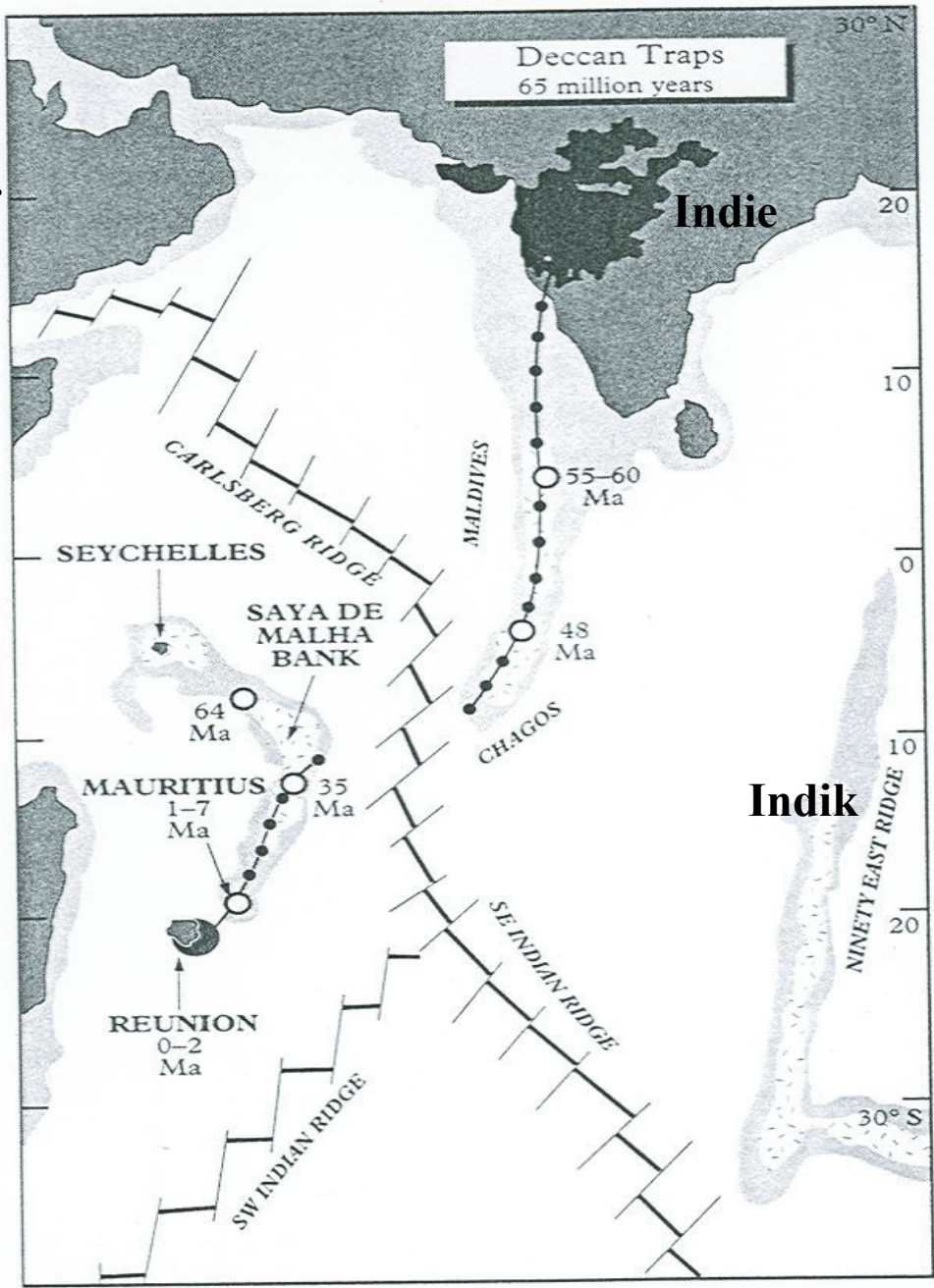


Middle Jurassic 160 Ma

Pohyb subkontinentu Indie a jeho desky od sv. křídý

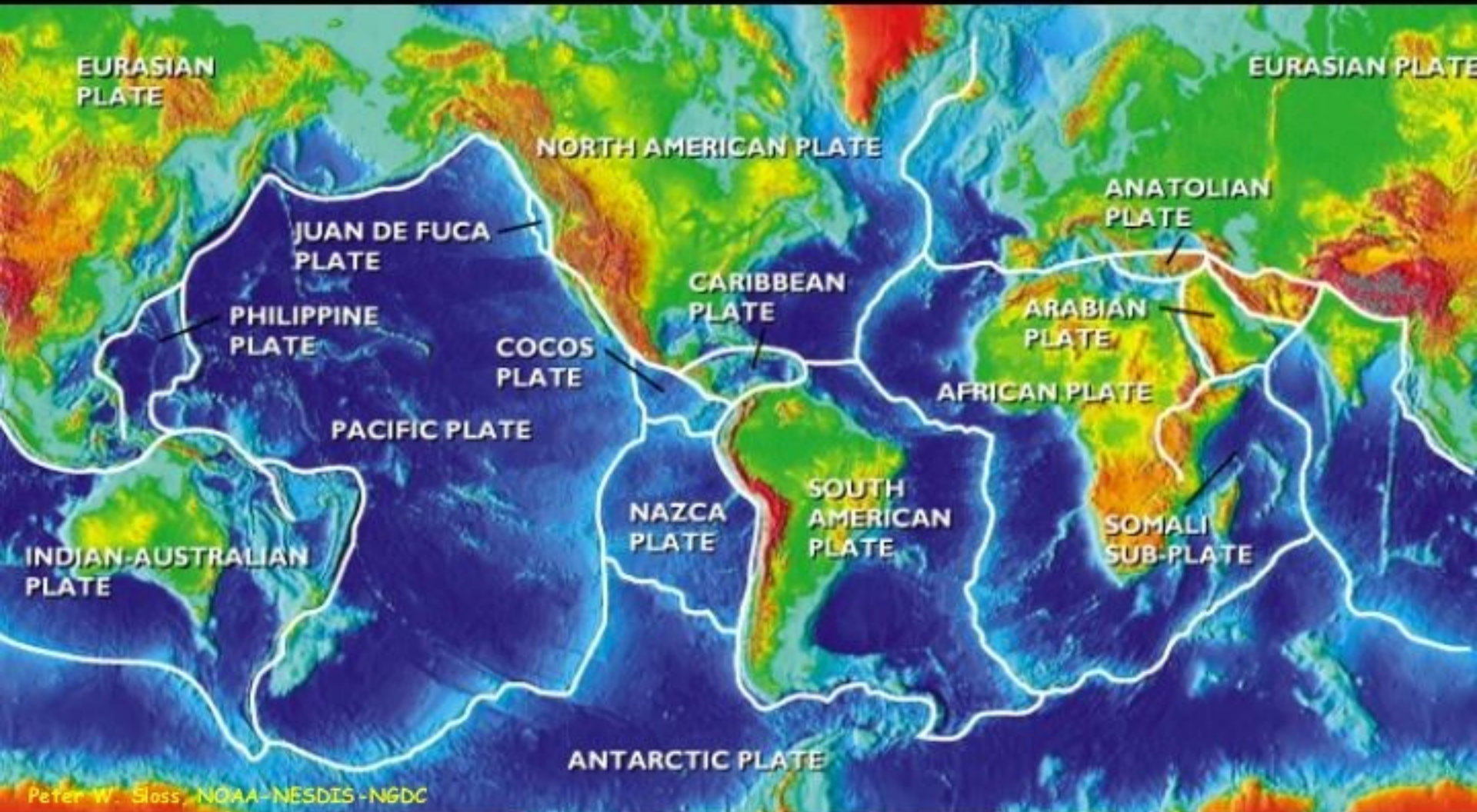
Arab.

Mad.



Dnešní rozložení desek na planetě

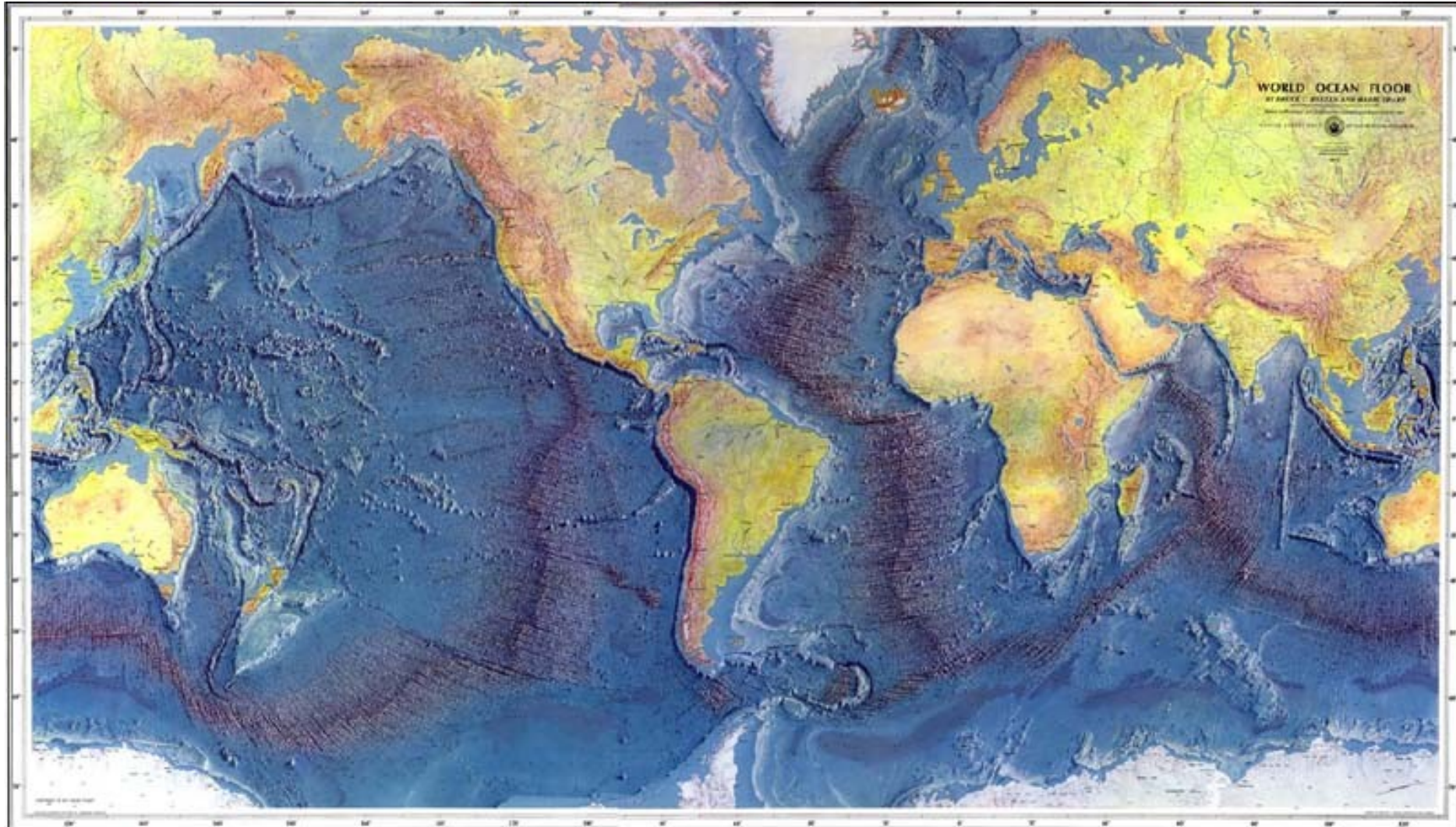
Mosaic of Earth's Plates



Glóbus – Atlantik bez vody, převýšeno



Oceánské dno - svět

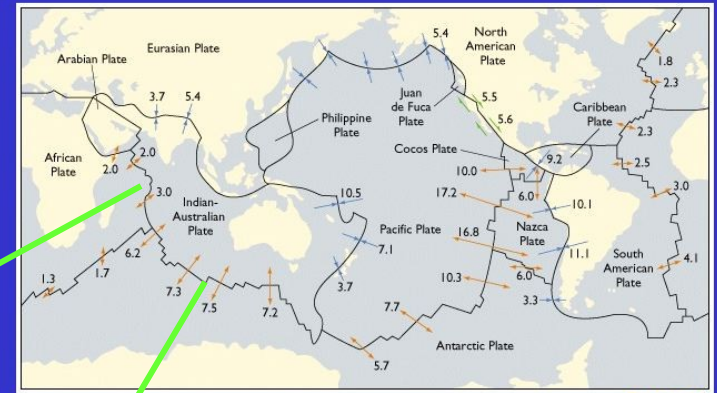
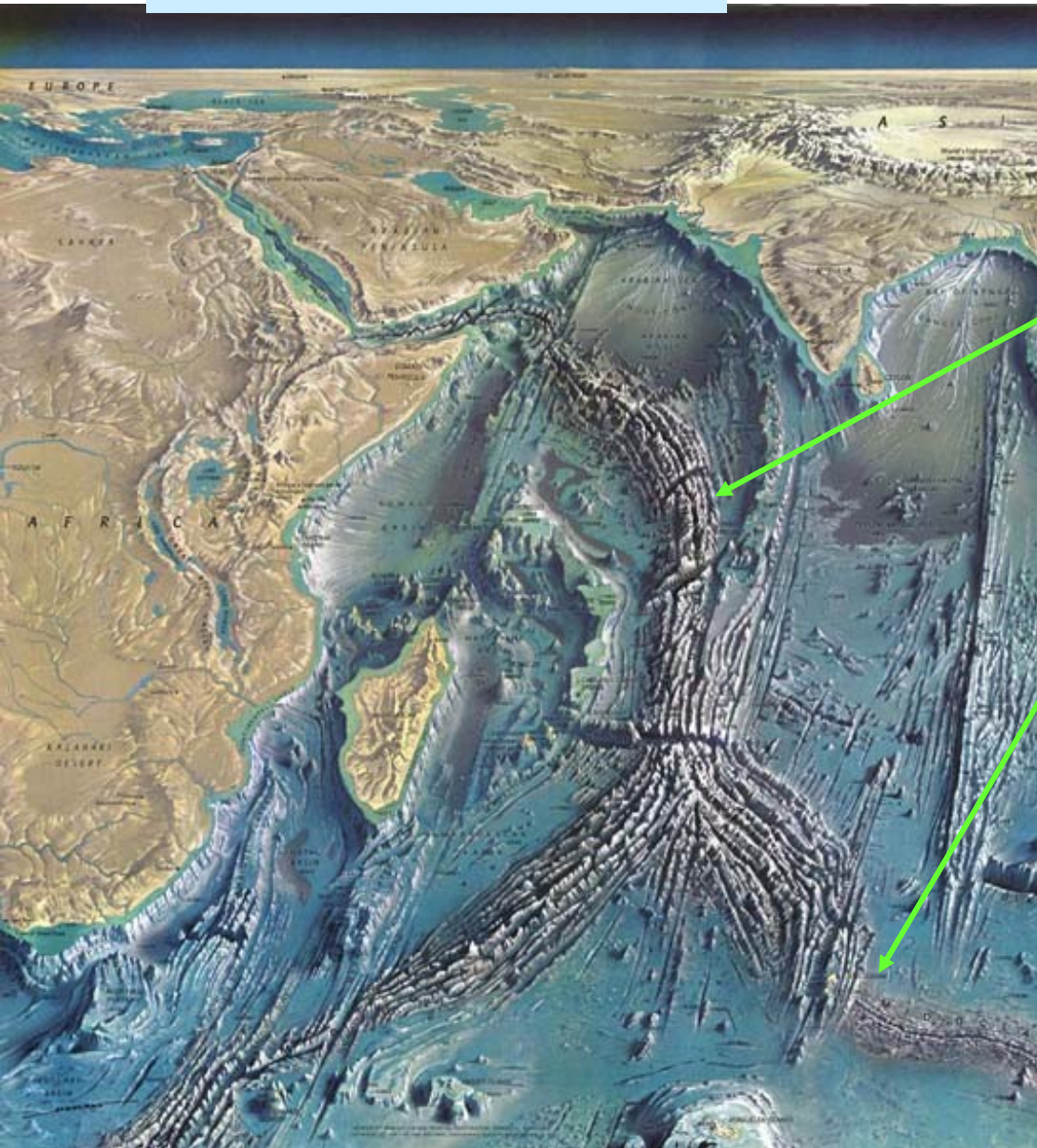


Středozevní oblast – mořské dno



Oceánské dno - Indik

Relative Velocity and Direction of Plate Movement



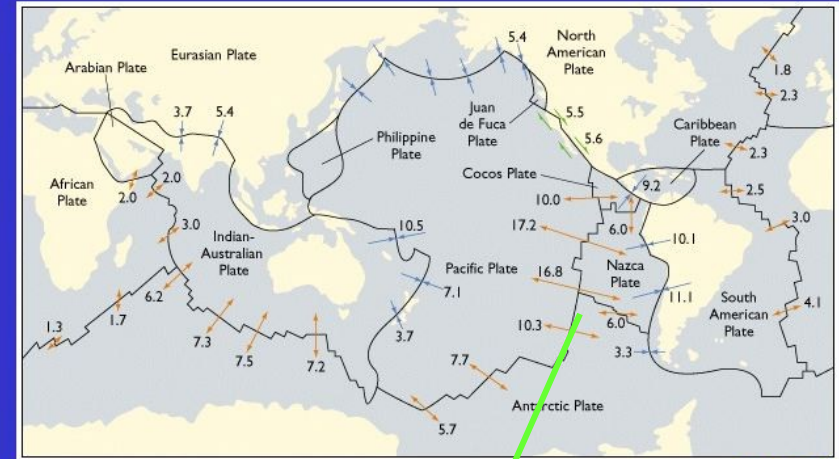
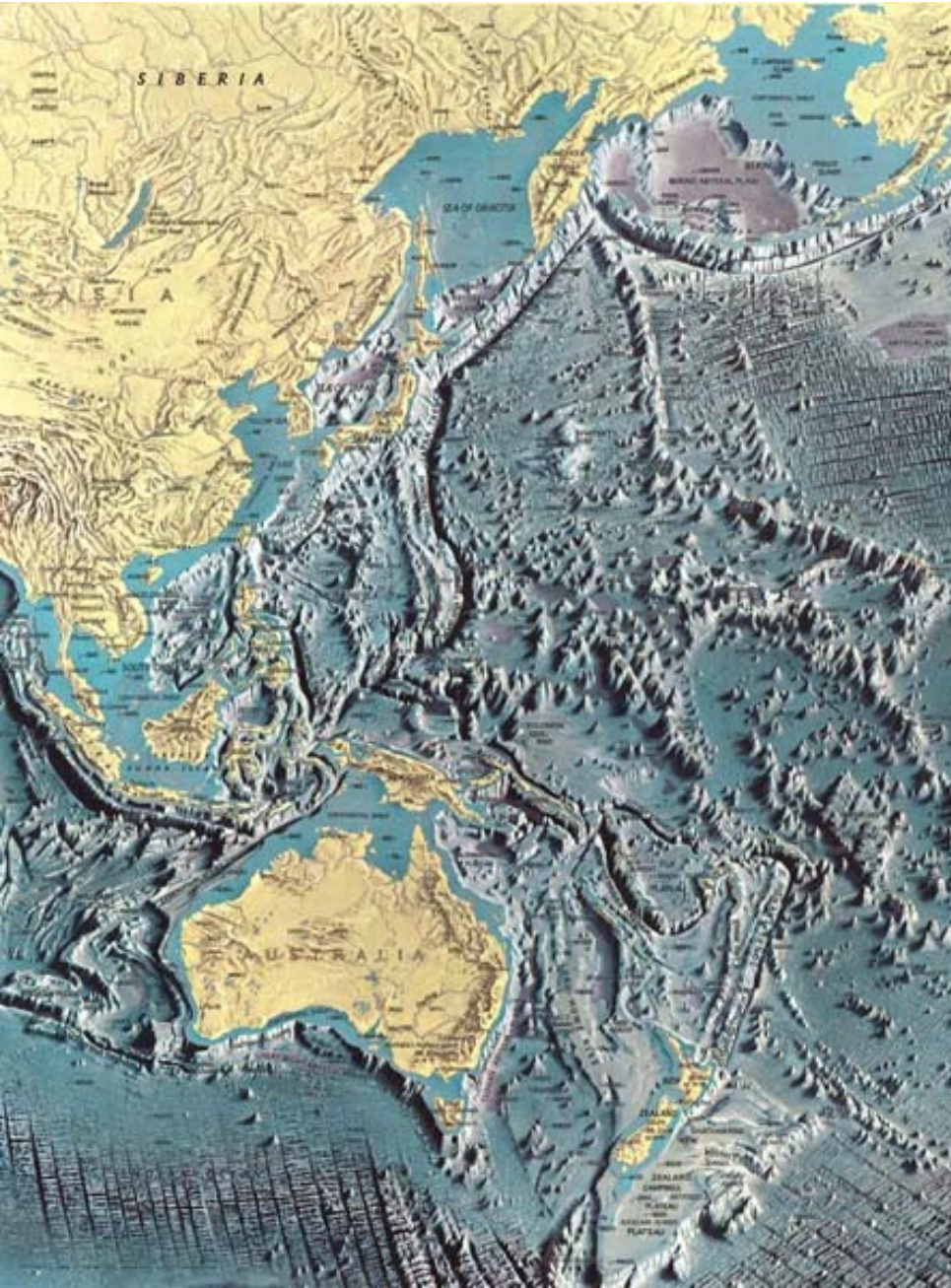
Data from C. Demets, R.G. Gordon, D.F. Argus, and S. Stein, Model Nuvel-1, 1990

Fig. 20.12

INDIAN OCEAN FLOOR

Oceánské dno - Pacifik

Relative Velocity and Direction of Plate Movement



Data from C. Demets, R.G. Gordon, D.F. Argus, and S. Sten, Model Nuvel-1, 1990

Fig. 20.12





Zlom San Andreas, Kalifornie

Ad 7) Vulkanizmus



Mt. Taranaki (Nový Zéland)

Současný stav Země – relativně klidný

a) V geol. minulosti plošné výlevy bazaltů (platóbazalty) s přímými vazbami na HV:

Sibiřské trapy – hranice P/T – 2,5 000 000 km² x 300 m mocnosti

Dekkanské trapy – svrchní křída až K/T (trvání > 2 miliony let)

Některé trapy bez přímých vazeb na biotu – např. ve stř. ordoviku (život jen v mořích) – včetně největších zjištěných trapů vůbec v S. Americe

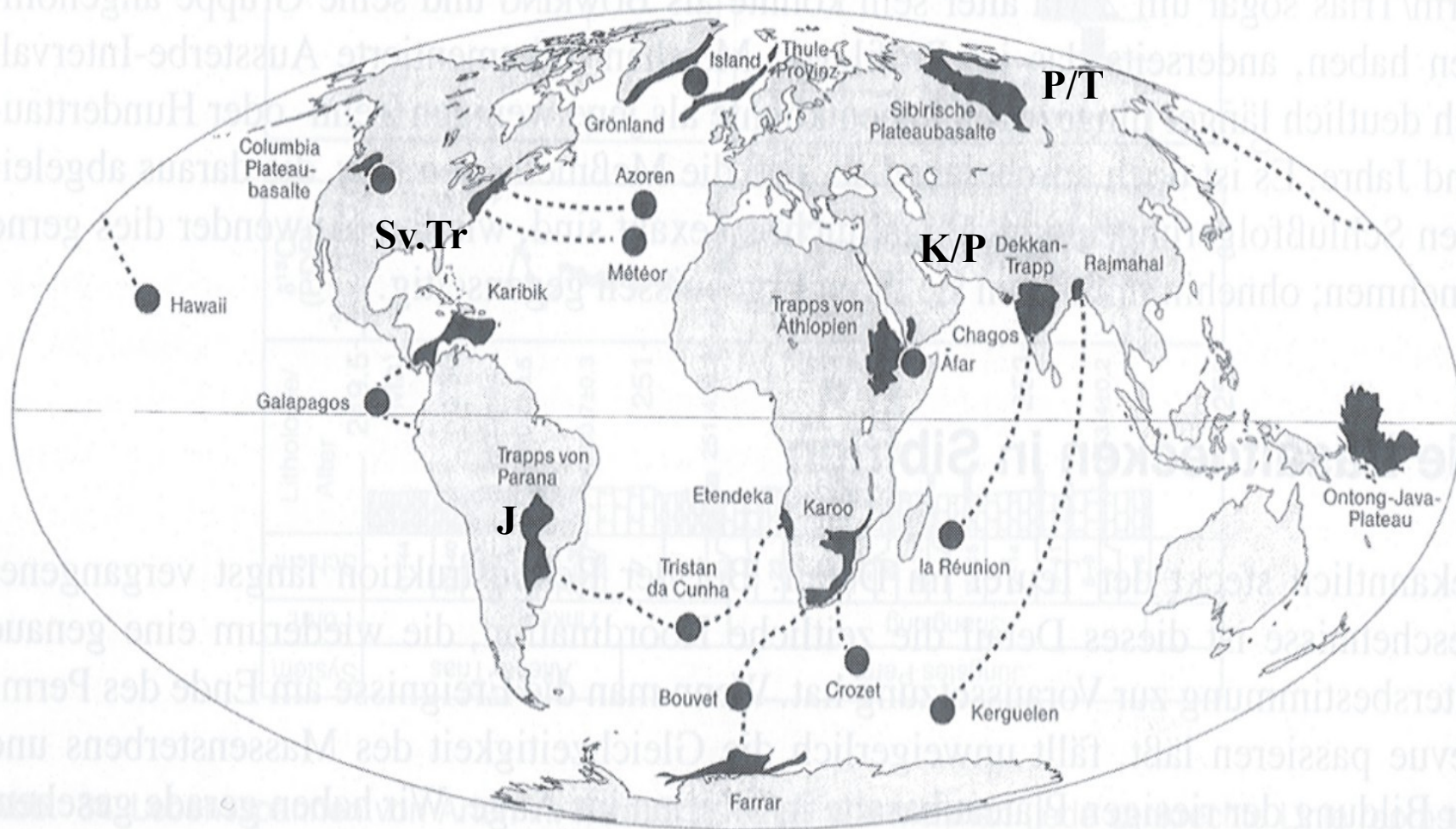
Spojení trapů s rifty – „hot spots“ (magma vystupuje od hranice jádro/plášť-2 900 km, 3000 st.C, hřibovité krby ve sv. plášti, často v okolí riftů)

b) Velké erupce sopečné, menší intenzita než trapy, podobně jako trapy: vysoká úroveň N, oxidů S = dlouhodobé kyselé deště (celosvětově), globální požáry

Další účinky:

Velké erupce či výlevy v podmínkách mořského dna => obrovské oteplení, tání hydrátu metanu → únik do atmosféry, výrazně zesílený skleníkový efekt + další oteplení etc., metan odbourává O₂

Rozšíření trapů a horkých skvrn v současném obrazu Země



☛ trapy (geol. minulost – dokumentace pohybu desek)

● horké skvrny (recent)

Dekkanské trapy (záp. Indie), jedna z největších vulkanických oblastí světa. Více než 2,000 m mocné ploché uložení láv pokrývají oblast cca 450. 000 km². Objem čedičů je odhadován na 512,000 km³(srovnání: 1980 erupce Svaté Heleny produkovala 1km³ vulkanického materiálu). *Photograph by Lazlo Keszthelyi, January 28, 1996.*





Trapy



Jurské platóbazalty v jižní Brazílii, krajina kolem vodopádu Iguacú (Paraná, 800. 000 km², ~ 1500m mocnost), Vznik: desková tektonika, vazba na vymírání = cca 0.

Vztah velkých vulkanických trapů a masových vymírání

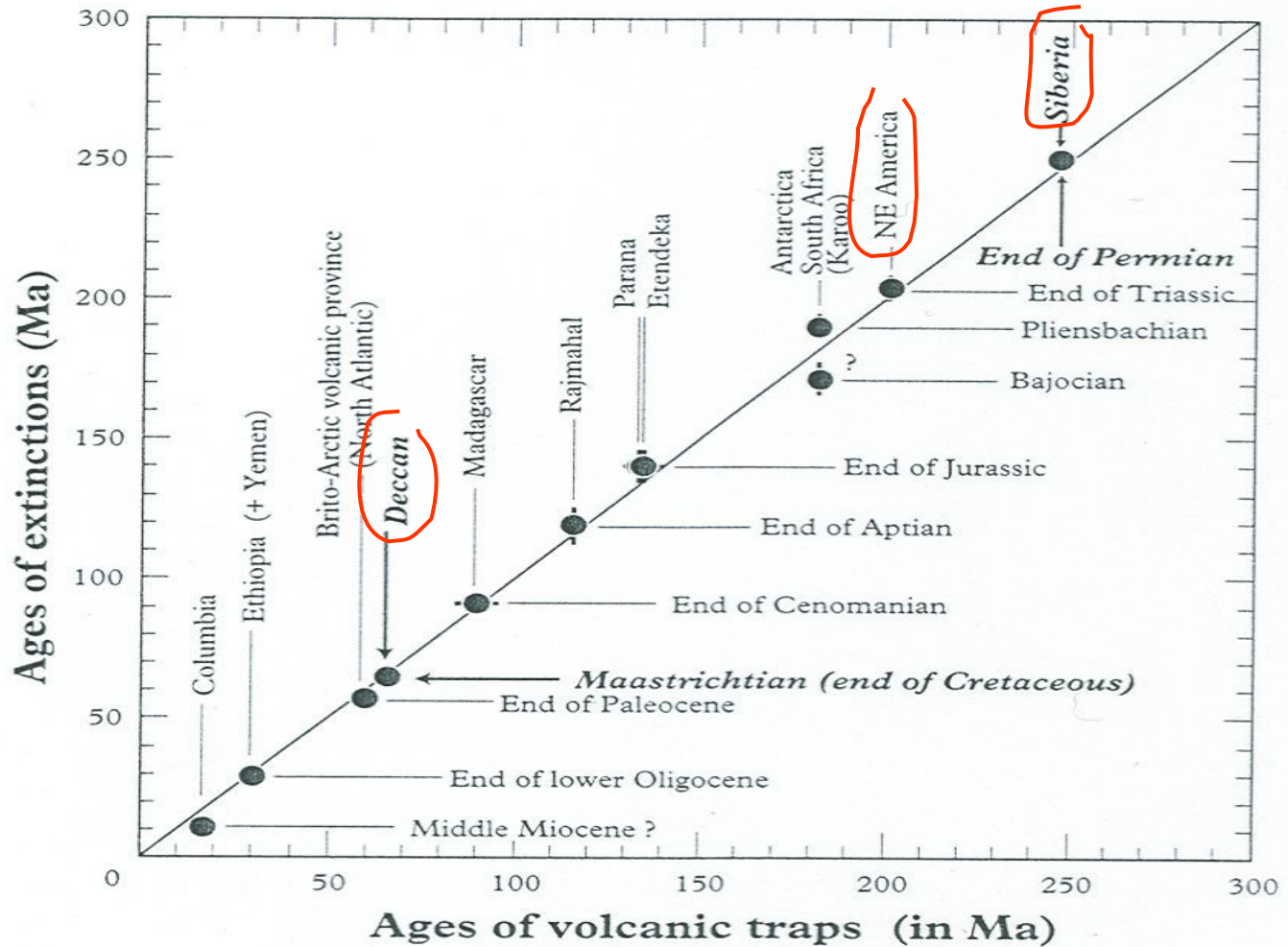
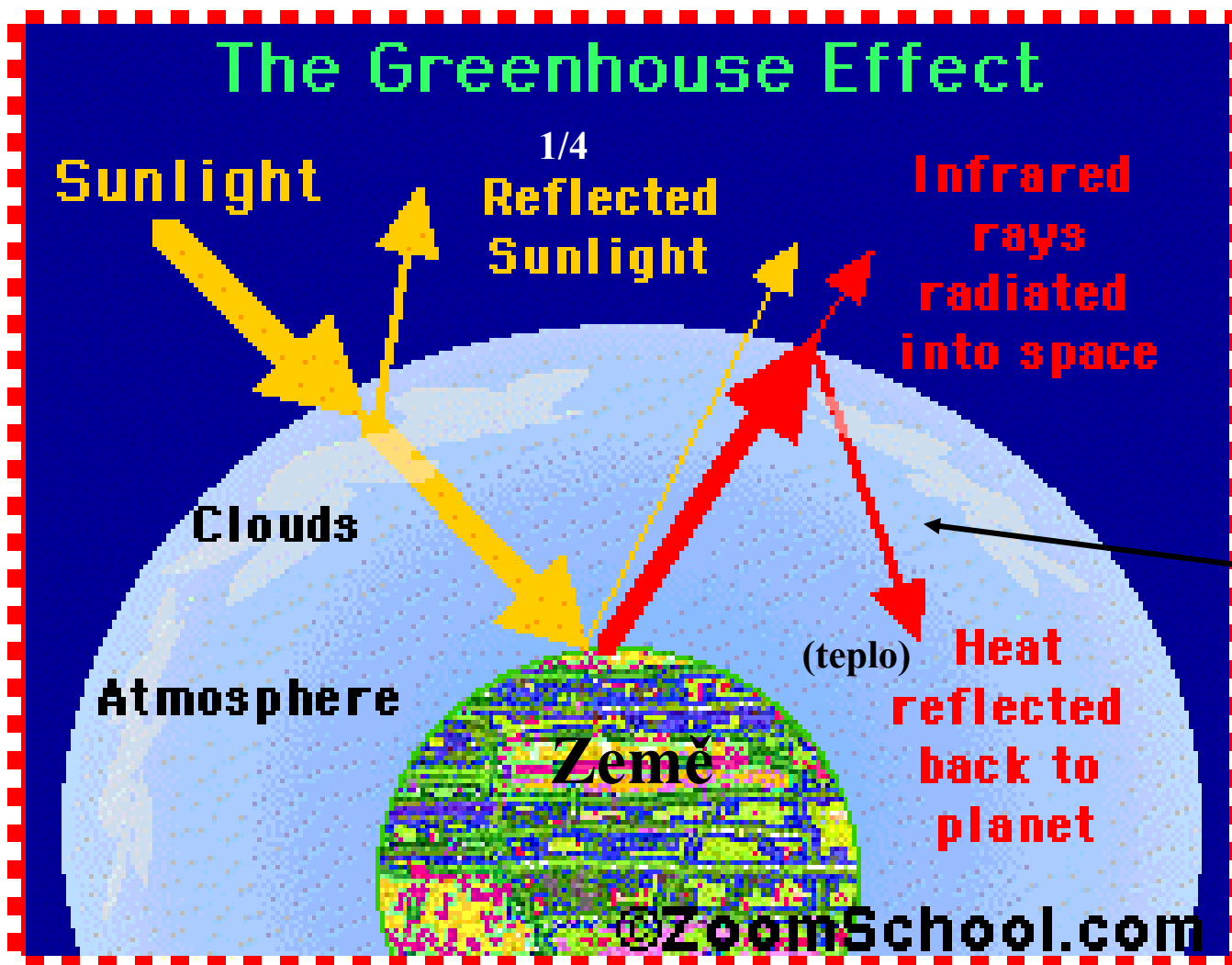


Figure 6.1

A comparison of the ages of the main traps (measured in most cases with potassium-argon or argon-argon geochronology) and mass extinctions (keyed to the geological time scale). Uncertainties shown as bars (or not shown when smaller than dot). All but two show an excellent correlation. The main Periods and Epochs are shown.

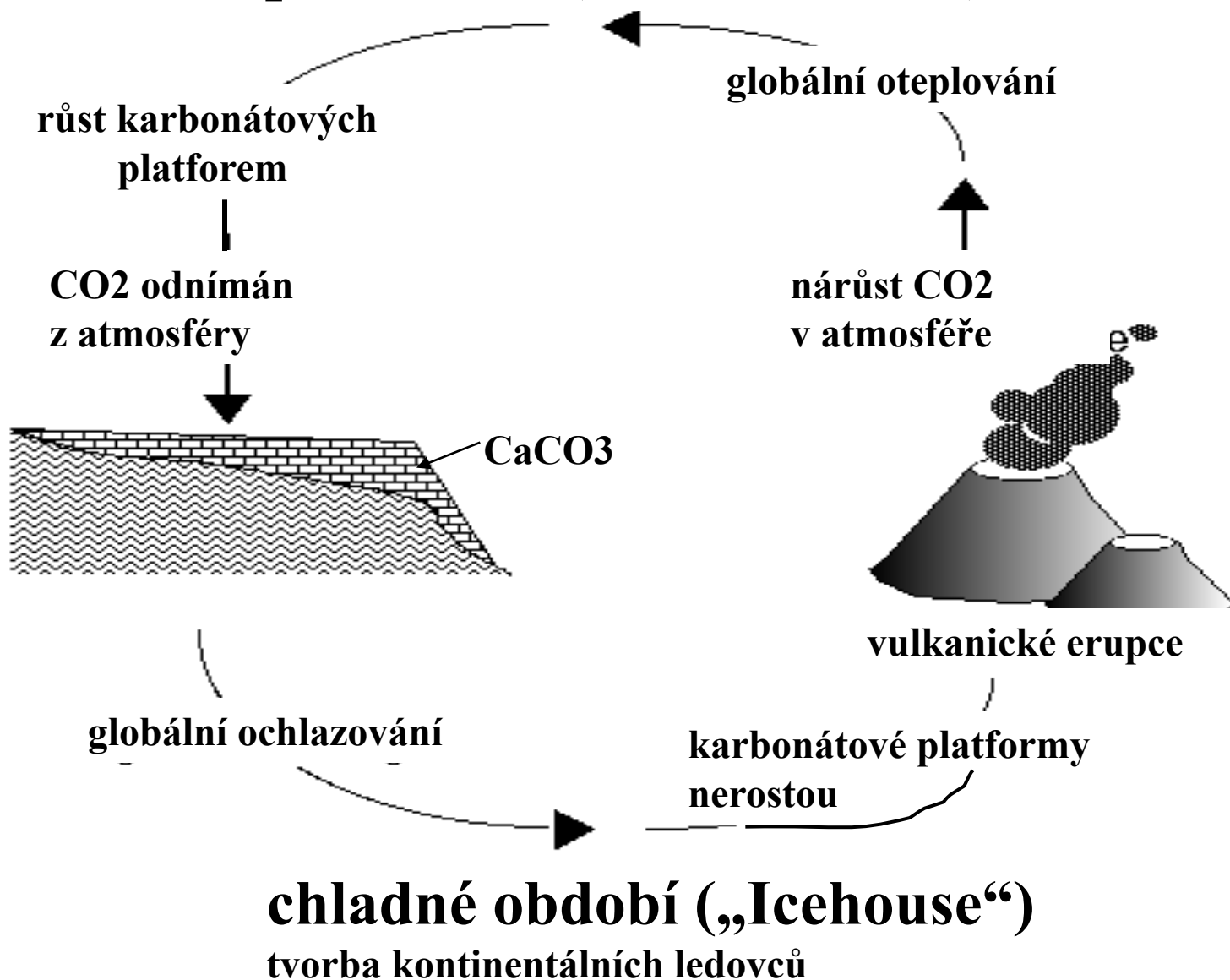
Ad 8) Klimatické změny – ice-house/green-house, zalednění



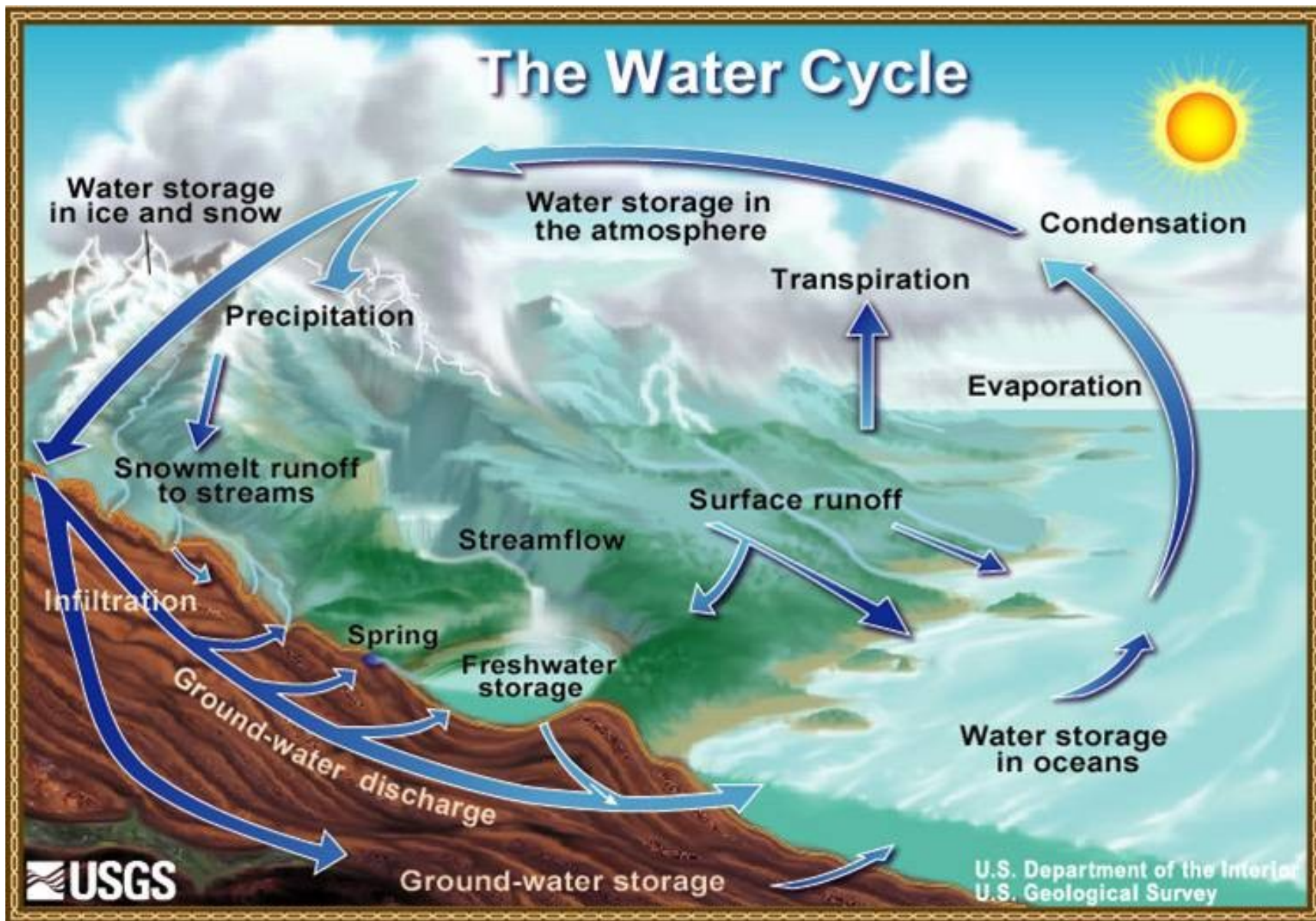
Čím více odráží atmosféra infrazářeni zpět, tím více vzrůstá teplota Země

Sluneční energie = krátkovlnná radiace, lehce proniká atmosférou -jen $\frac{1}{4}$ odrážena
=> ohřev Země, ta emituje dlouhovlnnou radiaci (infračerv. vlny, tj. tepelnou energii), její větší část je vrácena atmosférou zpět k Zemi.

teplé období („Greenhouse“)



Pro planetu je charakteristické střídání teplých a chladných období



Vztahy: vody vázané v ledovcích = < regrese, snížení hladiny svět. oceánu, zvýšení poměru O18/O16 (+ vice versa)

Zalednění je v horninách většinou dobře datováno (tility, morény, souvky), vazba na HV je zřejmá



Tility, Karélie

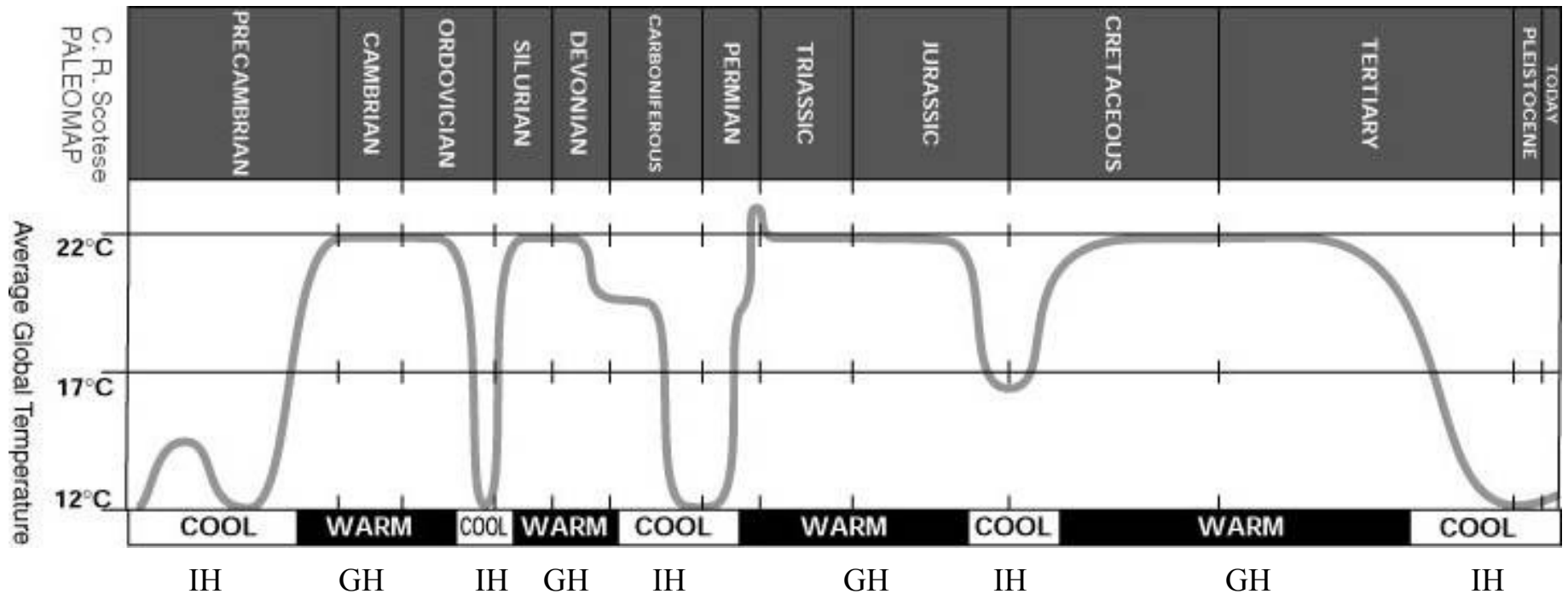
Dlouhodobé globální klimatické oscilace v historii Země

(Ice-House : Green-House). Model Fischer et Arthur (1977), IH-GH (- CO₂, + CO₂),

Příčiny: konvekce v plášti – oceánská hladina – vulkanismus. HV vázány na přechod GH – IH

Diskuse: i další vlivy - Milankovičovy cykly, orogeneze, eroze, impakty, aktivita bioty =>

spíše komplexita jevů



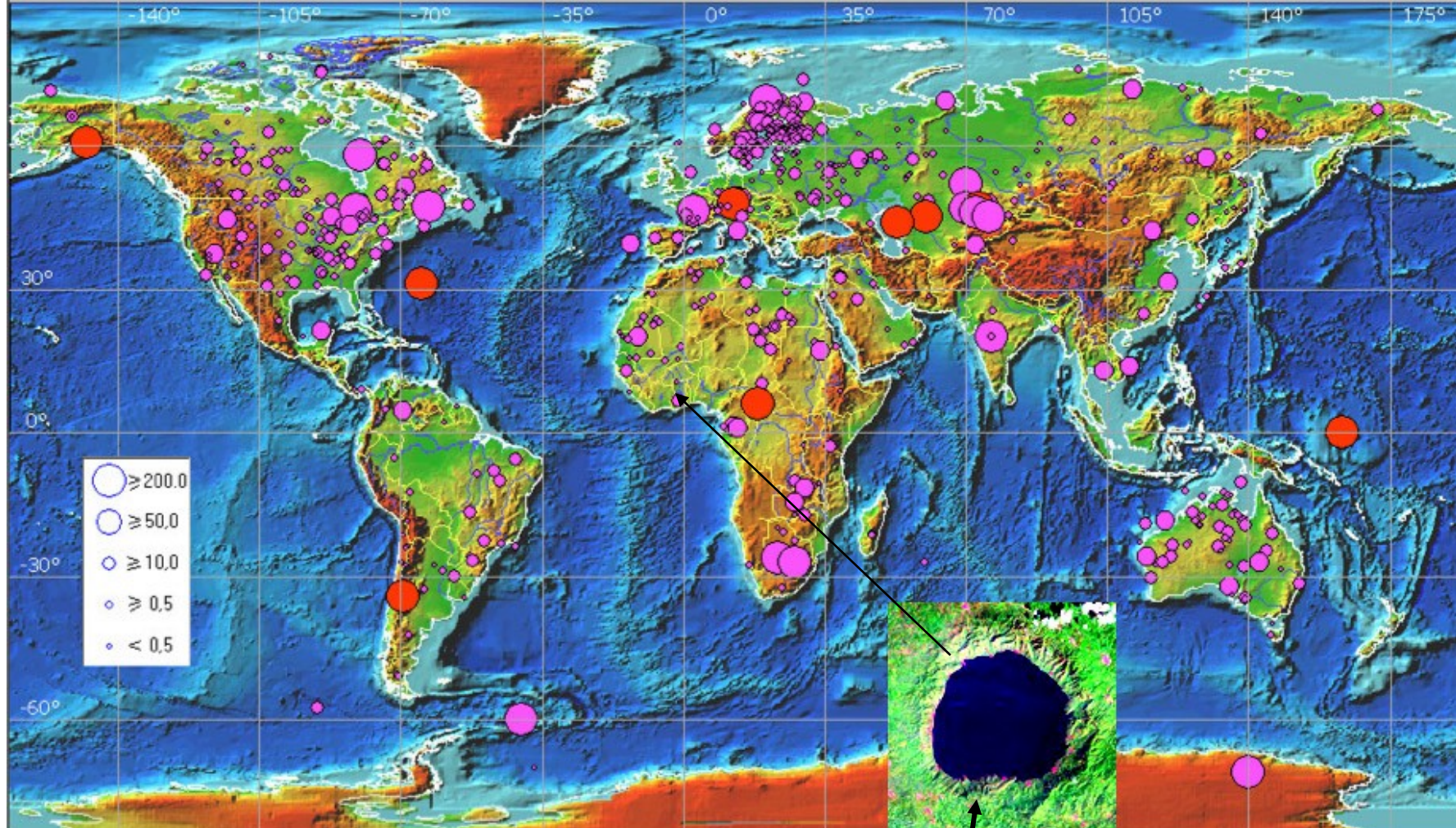
Ad 9) **Impakty**

- nedílná součást vývoje planety
- přímé doklady = krátery (vnitřní val, zjištěno > 100 kráterů s prům. > 3 km, 3 - 6 impaktů cca prům. 1 km/1 milion let, 6 bolidů >10 km ve fanerozoiku (cca 550 mil. let).

Přímá vazba na HV – Chixulub (K/T)

Bez vztahu k HV – Manicouagan (Quebec, starší o 12 Ma než HV v triasu, Montagnais Crater (u N. Skotska, prům 50 km, 50 Ma – žádný vliv na druhovou diverzitu ani v regionální škále)

Další doklady impaktů: šokové křemeny, mikrotektity, šokově a teplotně zirkon, spinel (oxid Al, Mg, obohacen o Ni) etc., anomálie prvků Pt skupiny (viz výše)



Bosumtwi (Ghana cca 1 Ma)

Mapa možných impaktivých kráterů světa (červeně > 500 km)



Barringer (Meteor) Crater (jednoduchý), Arizona

<http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/craters/>

Wolf Creek, Western Australia, Australia

Aerial image courtesy of V. L. Sharpton

South-looking, oblique aerial view of the crater

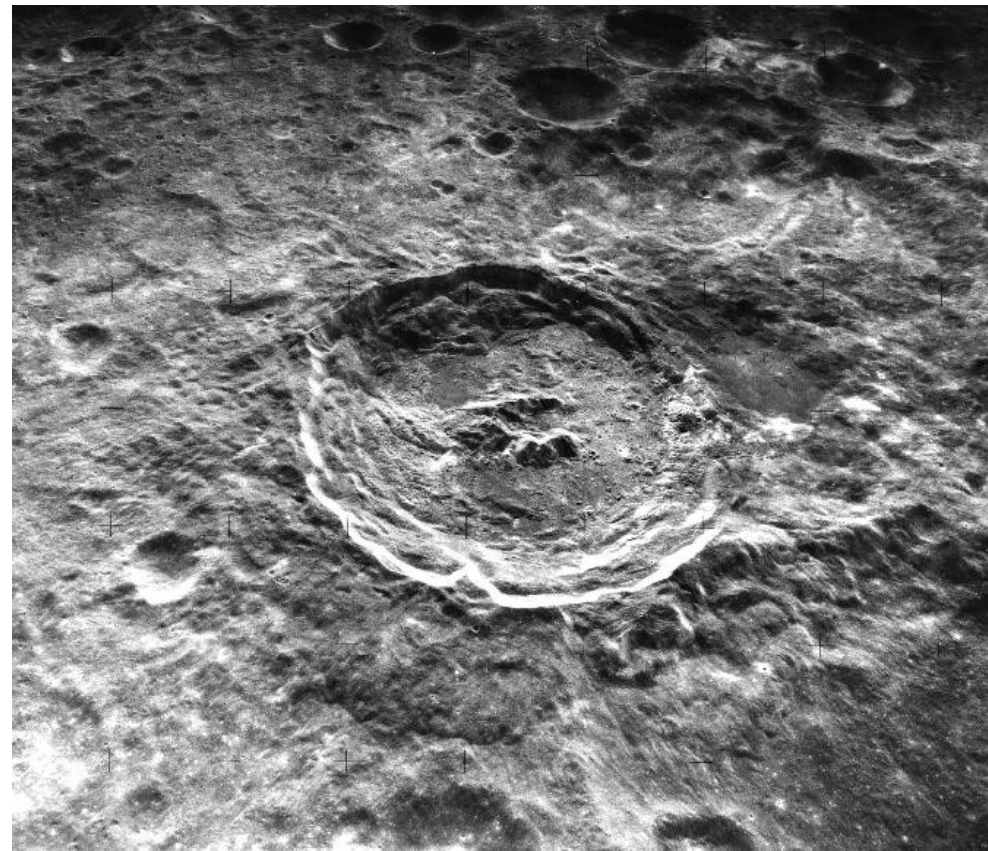
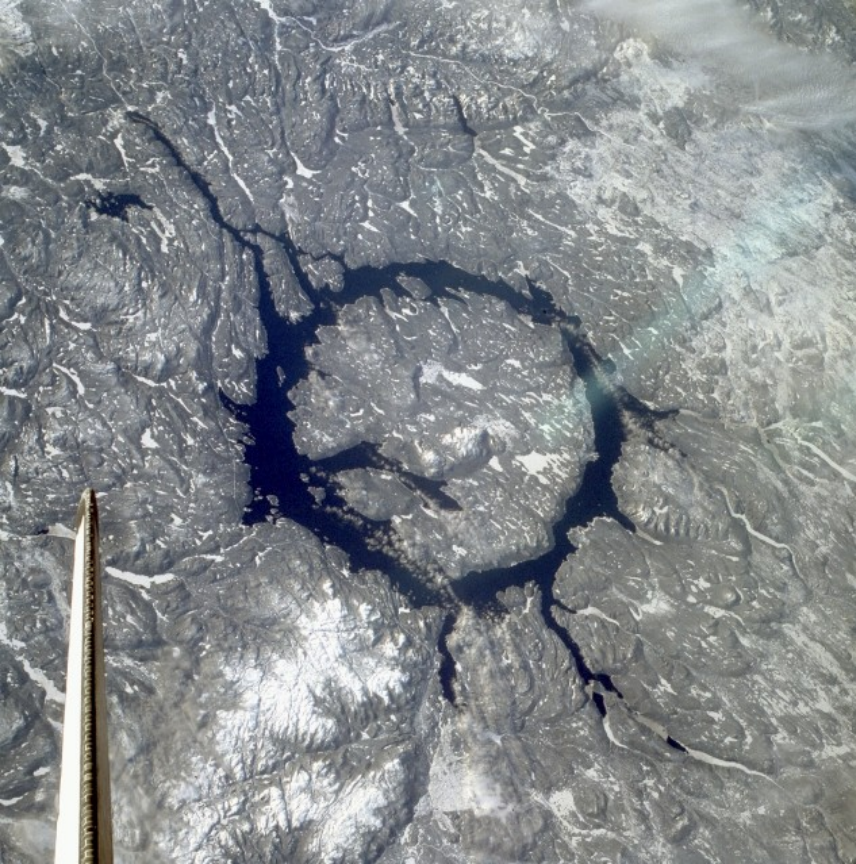
Location: 19°10'S, 127°47'E

Rim diameter: 0.85 kilometers

Age: ~300,000 years



**Manicouagan Crater, Kanada
~ 200 Ma**



**King Crater (komplexní,
s vnitřními prstenci),
Měsíc (odvr. strana)**

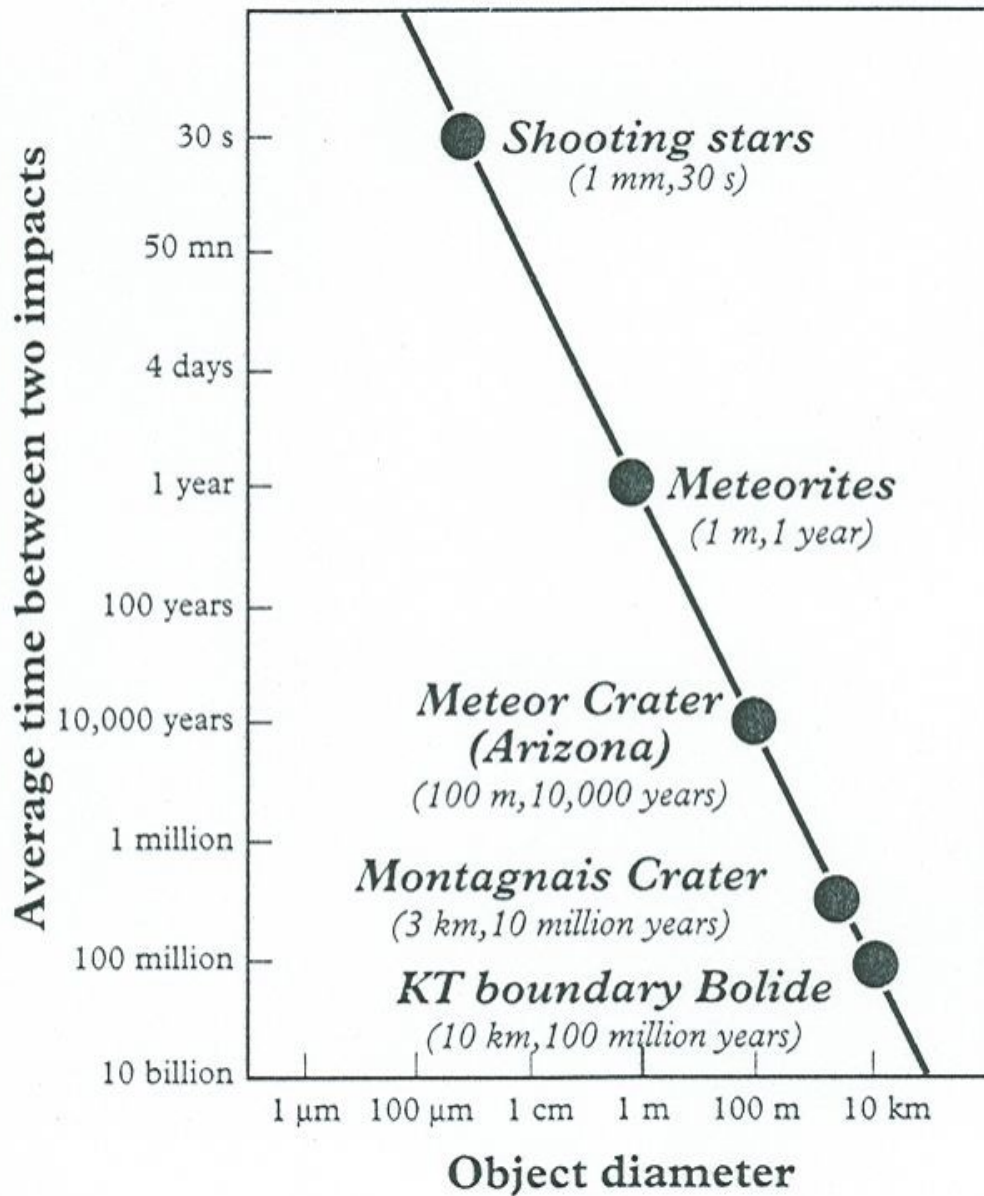
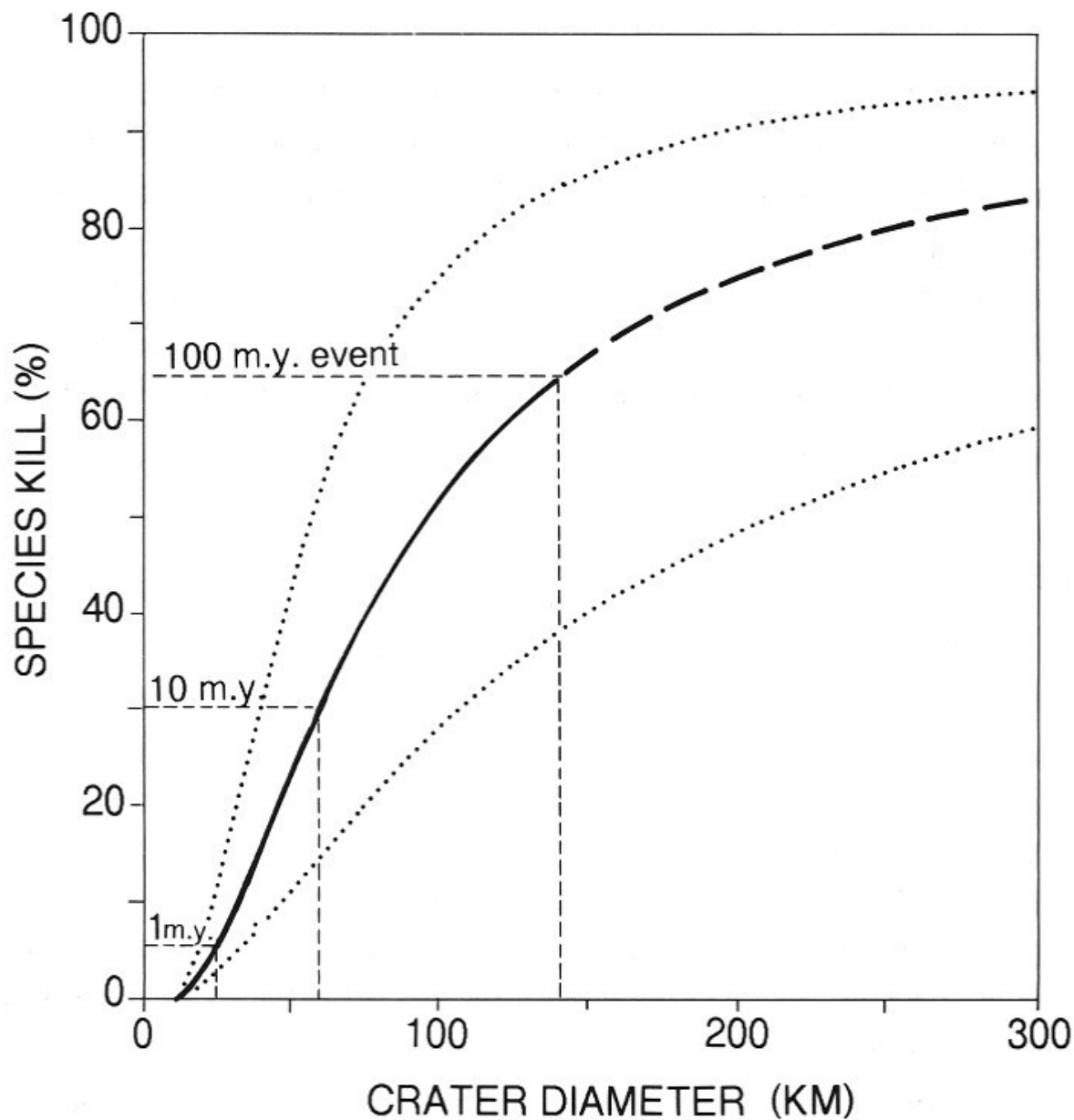
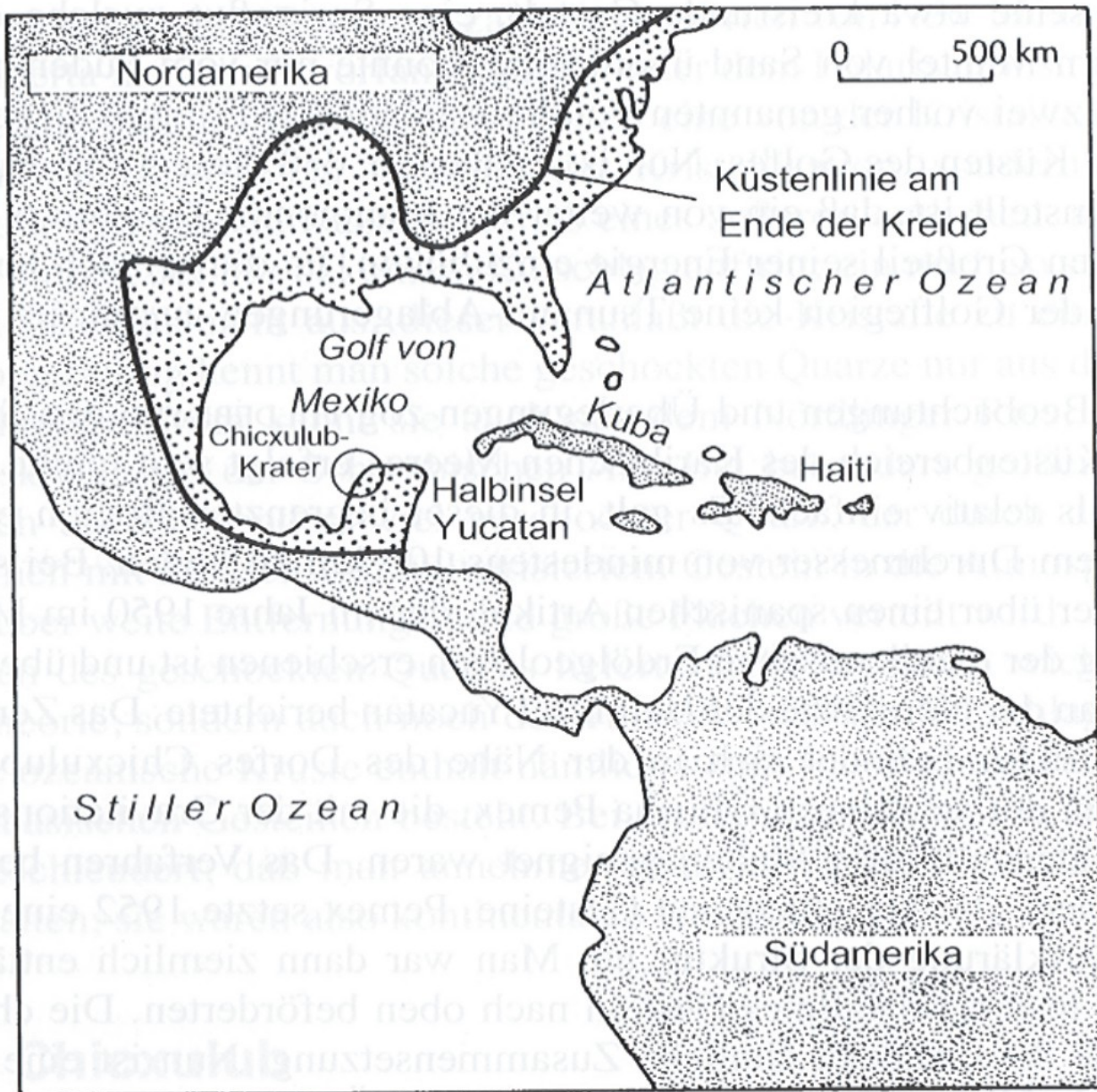


Figure 2.6
Average time between asteroid impacts as a function of object diameter. Note that the bottom line is older than the age of the Earth (4.5 billion years).

Vztah mezi vymíráním druhů a rozměry impakťových kráterů (Raup 1992)





bb. 46. Die Lage des Chicxulub-Kraters an der Küste der Halbinsel Yucatan. Nach HALLAM & WIGNALL (1997).

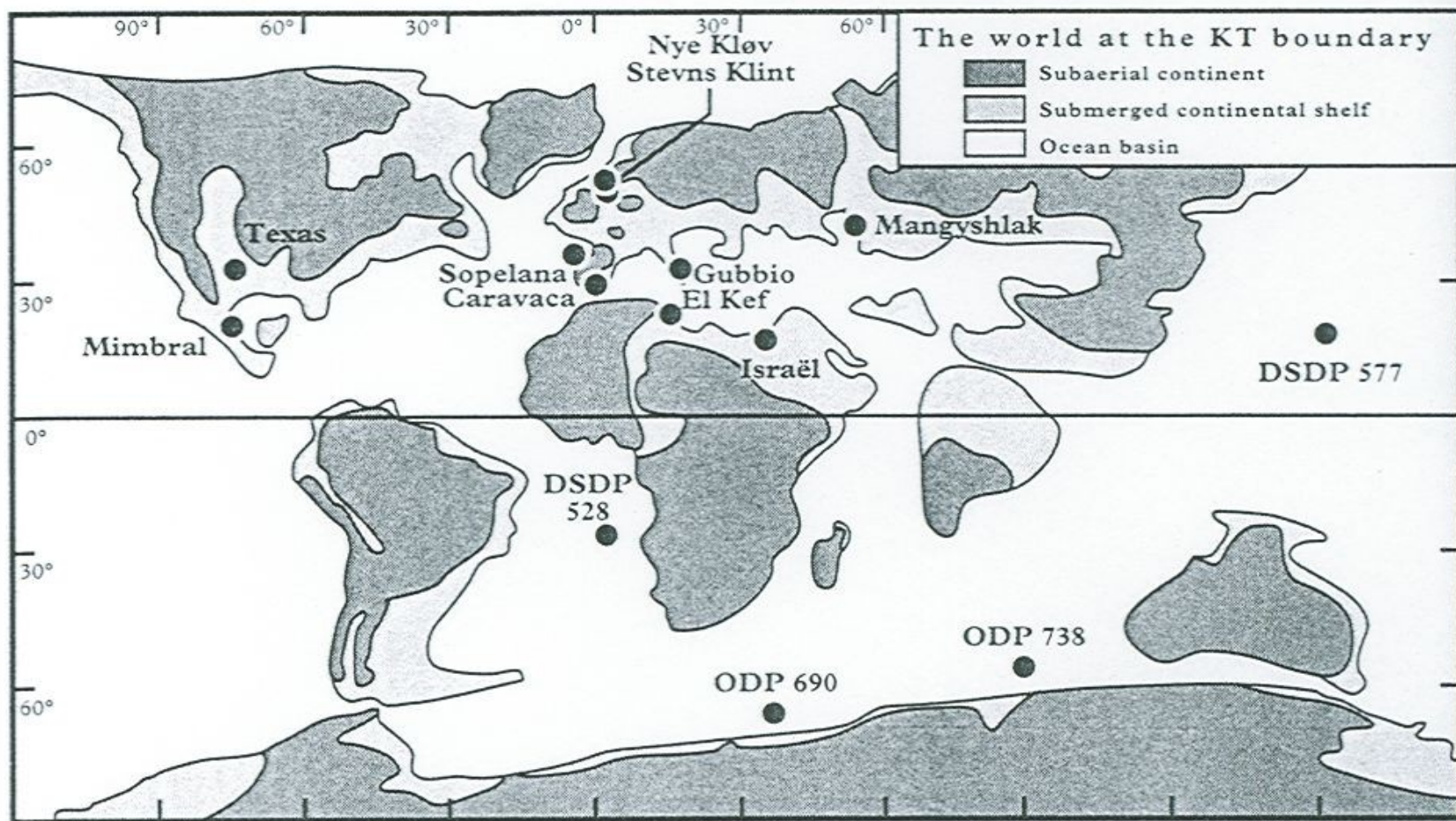


Figure 1.4

The world at the Cretaceous–Tertiary (KT) boundary, 65 Ma ago. Locations of the main sections, some quoted in the text, are indicated. (After Gerta Keller.)



Figure 1.5

Species distribution in the El Kef (Tunisia) section (after Gerta Keller). Each vertical bar represents presence of a given species, some of which are illustrated. Geological stages, paleontologic zones, and sedimentary facies are given as columns to the left. The reference Cretaceous-Tertiary (KT) boundary, defined by the spike in iridium concentration, is indicated.

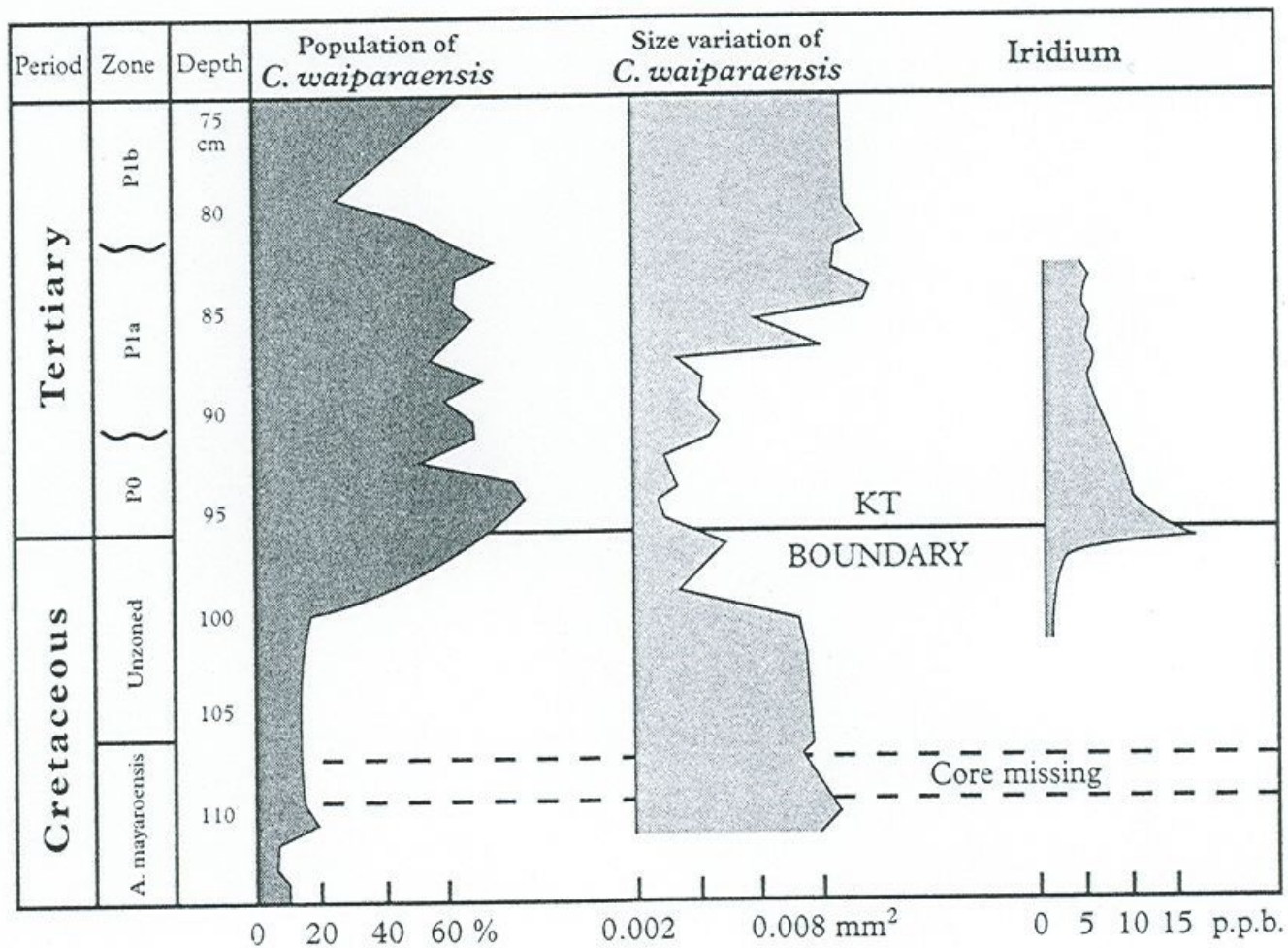


Figure 1.6

Stratigraphic distribution of population and size variation of microfossil *C. waiparaensis* across the Cretaceous–Tertiary (KT) boundary (after Gerta Keller). Iridium concentration is given on the right. The size decrease then restoration of this survivor species is clearly marked.



Ries, Bavorsko, impakt 500 m prům., kráter 23 km x 700 m, ejekce 50-100 km³ hornin, 3 km³ výpar, 5 km³ natavení (energie=7500 Hbomb), vltavíny, (500 km-0 život)

Biotické korelace HV

- **Z historie planety vyplývá (empirie):**
 - **ve vývoji nedochází k opakování téže cesty, neexistuje cesta zpět (viz evoluce)**
 - **životnost druhů je omezená**
 - **druhy s malými populacemi vymírají velmi snadno**
 - **velmi rozšířené a individuálně početné druhy není snadné vyhubit. Likvidující faktor musí působit v celém areálu**
 - **taxony s jedinci velkých rozměrů těla jsou citlivější k nárazům vyvolávajícím HV (menší reprodukční rychlosti, většinou vyšší stupeň specializace)**
 - **citlivější na HV jsou organizmy tropické (žijí u tropické zdi)**
 - **je-li správný argument, že HV je proces na úrovni druhů, potom celá řada druhových znaků ovlivňuje citlivost k HV („bad luck“ : „bad genes“)**
 - **druh se stává citlivým k vymírání v důsledku tzv. prvního úderu (náhlá změna snižující výrazně počet jedinců)**
 - **vymírání zvyšují zátěže, s nimiž nemá druh běžnou zkušenost (normální stresy svého prostředí zvládá)**
 - **vymírání postihuje spíše skupiny specializované, než skupiny univerzalistů**
 - **v posledních 3,5 (?) Ga nedošlo na planetě nikdy k totální eliminaci života**

„Klasifikace“ vymírání (Raup 1994)

- A) podle intenzity a rychlosti:
 - **pozad'ové (fonové)** (+- konstantní rychlost, běžné zemské faktory a jejich kombinace)
 - **HV** (nepříznivá kombinace silných zemských faktorů, mimozemské faktory – impakty)
- B) podle způsobu vymírání:
 - „**pěšák v poli**“
 - „**poctivá hra**“ (přírodní výběr – darwinismus)
 - „**základné vymírání**“ (selekce eliminuje některé nevybavené skupiny, nepůsobí však konstruktivně a dlouhodobě)

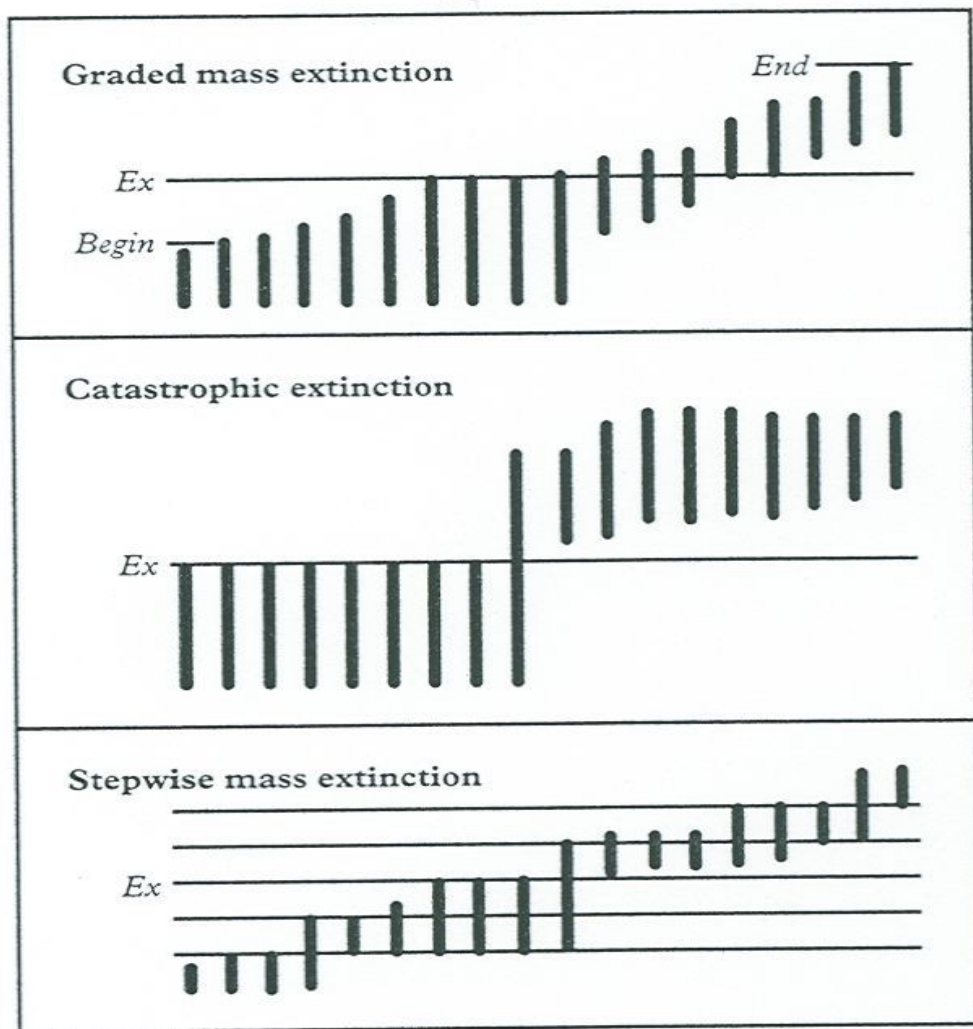


Figure 1.3
 Various extinction scenarii (each vertical bar represents presence of a given species at a given level or time). (After P. Hut.)

Modifikace Raupovy křivky vymírání

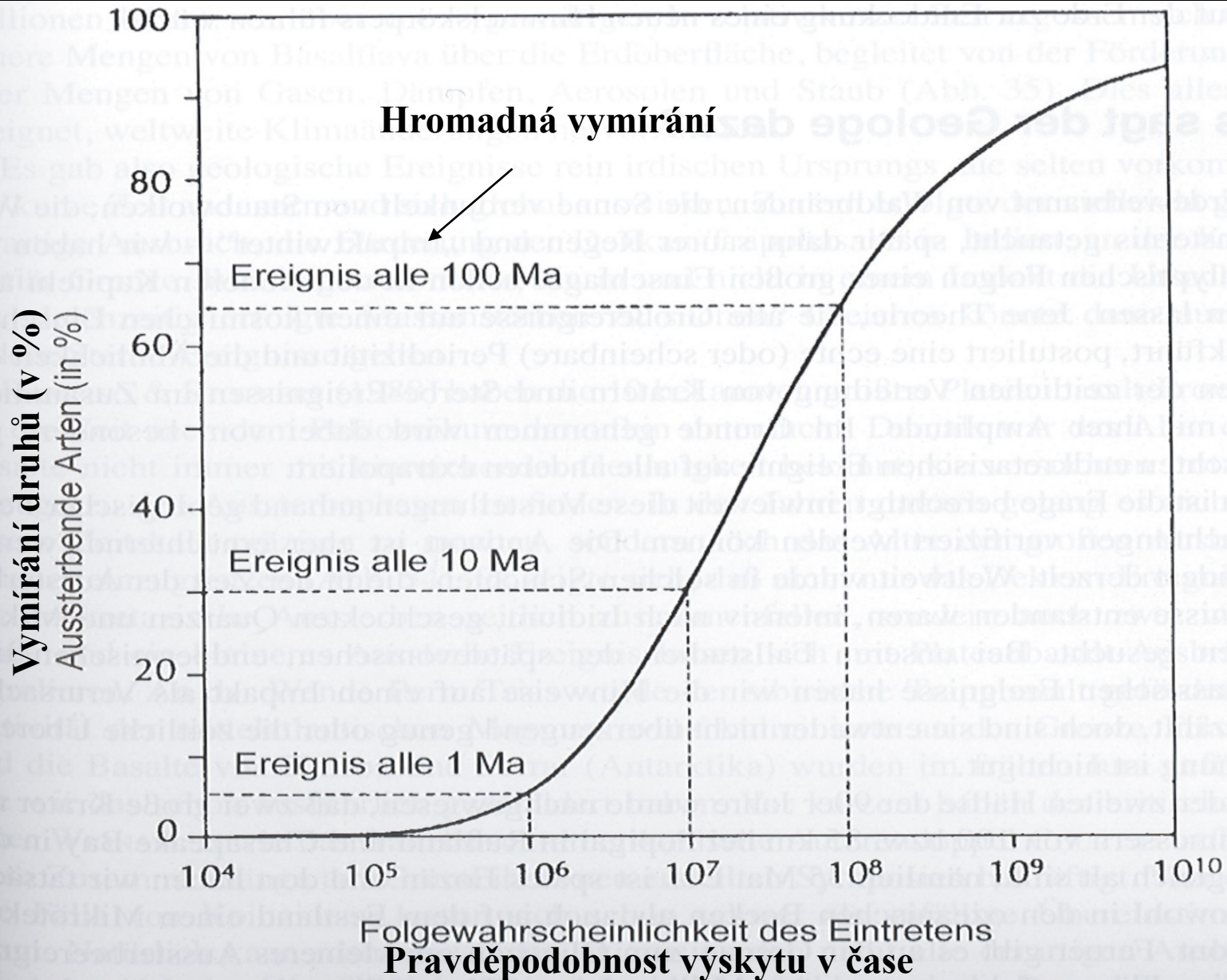


Abb. 53. Die „Sterbekurve“ („kill curve“) von RAUP. Sie gibt die durchschnittliche Eintrittshäufigkeit von Ereignissen in der Funktion ihrer Amplitude an. Nach RAUP (1991).

Velké události a jejich vztah k vymírání a následnému rozvoji (podle Wallisera, 2003)

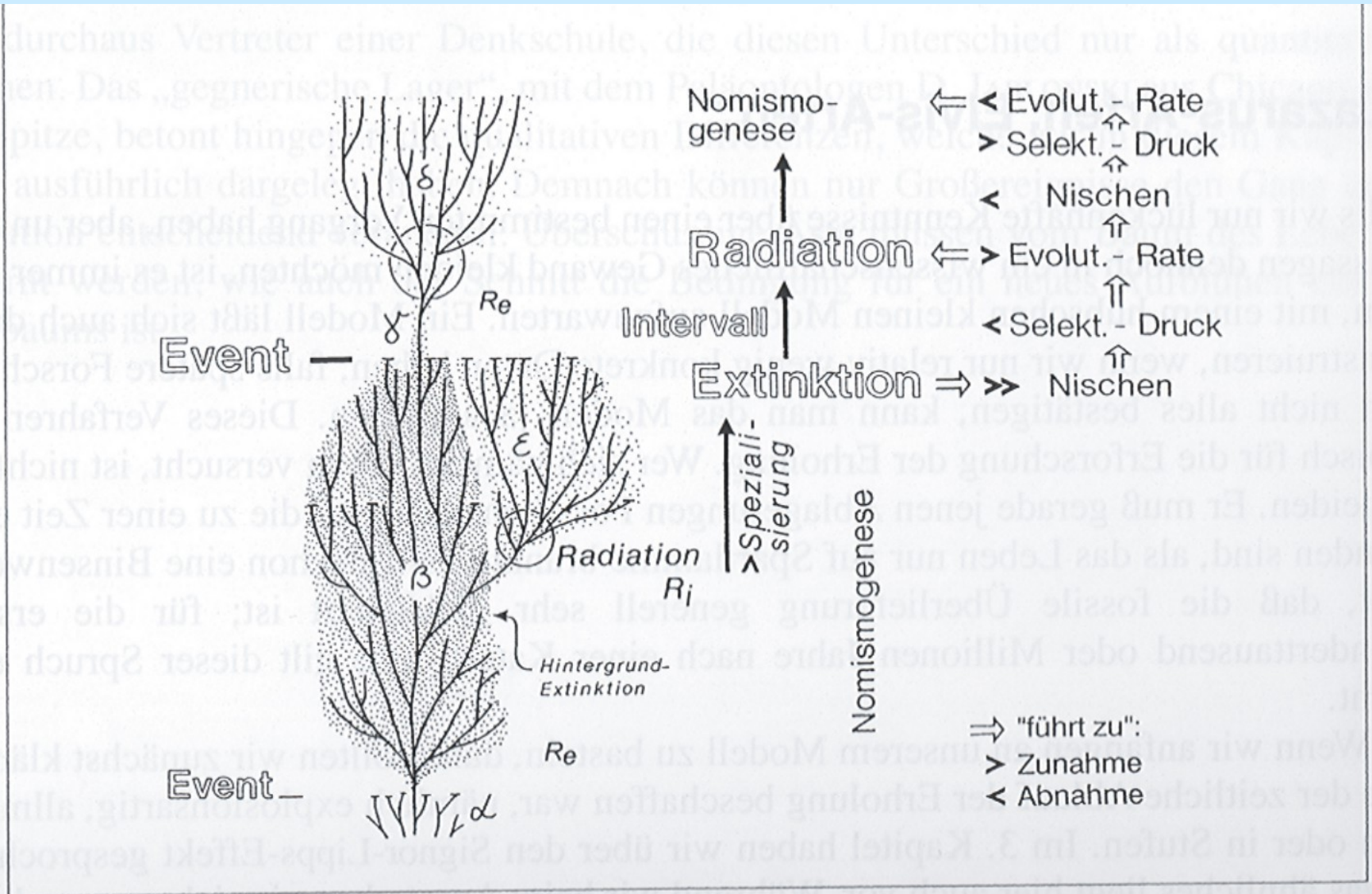
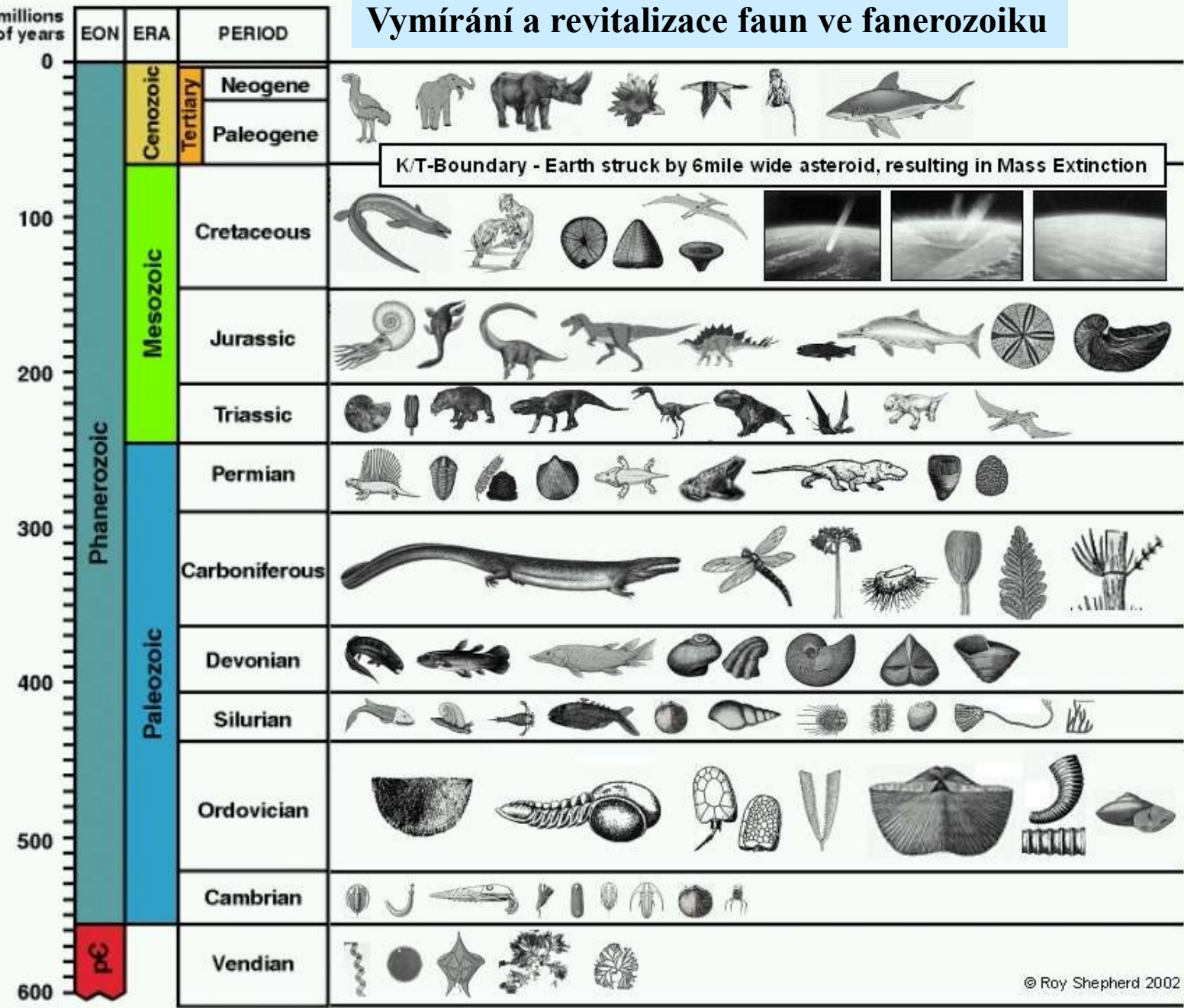


Abb. 65. Entfaltung und Aussterben. R_e : Radiation nach einem „Extinktion-Event“; R_i : Radiation nach einer biologischen Innovation. Nach WALLISER (2003; bei Kap. 1).

Vymírání a revitalizace faun ve fanerozoiku

Hromadná vymírání



← V.

← IV.

← III.

← II.

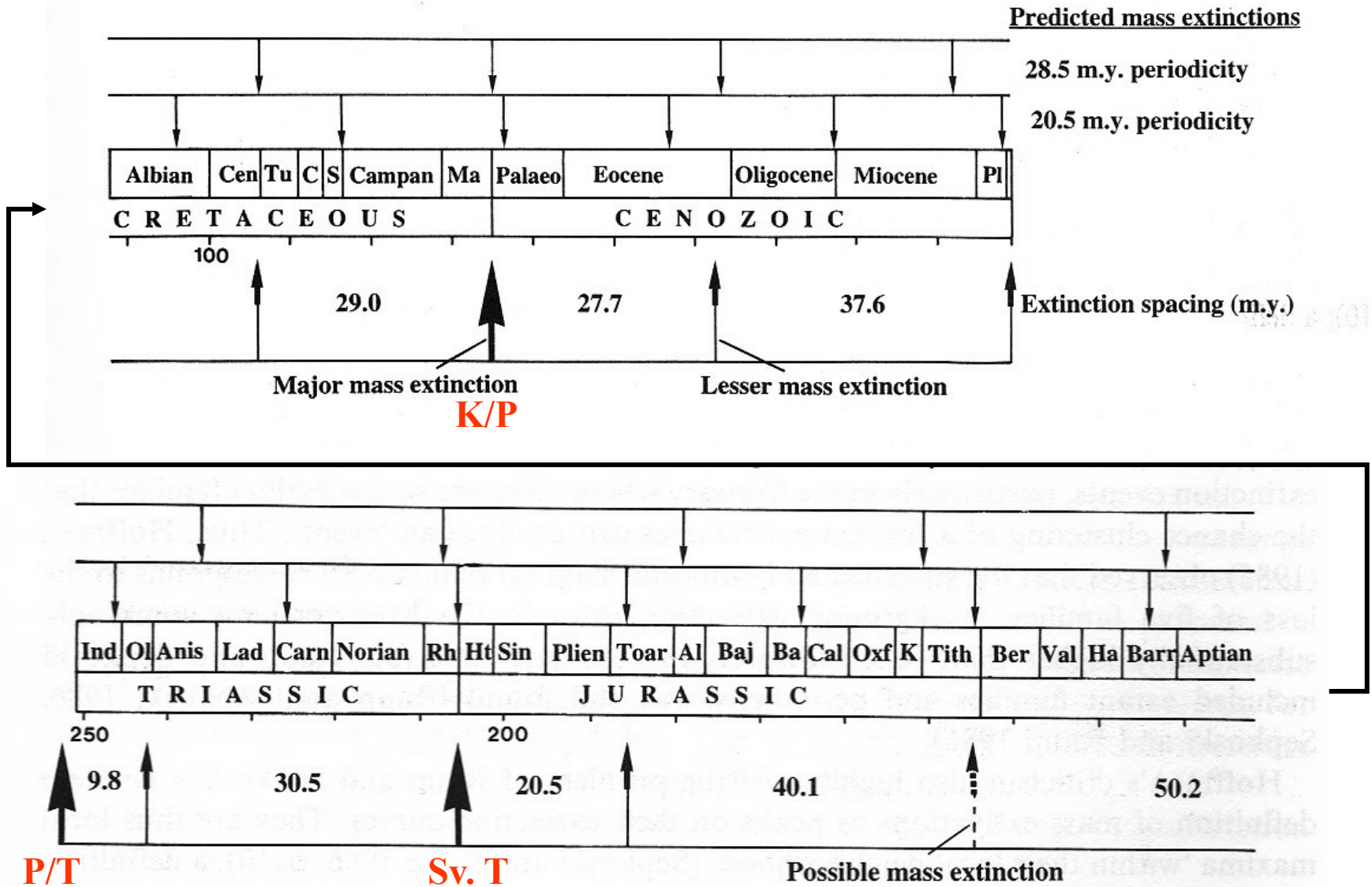
← I.

K/T-Boundary - Earth struck by 6 mile wide asteroid, resulting in Mass Extinction

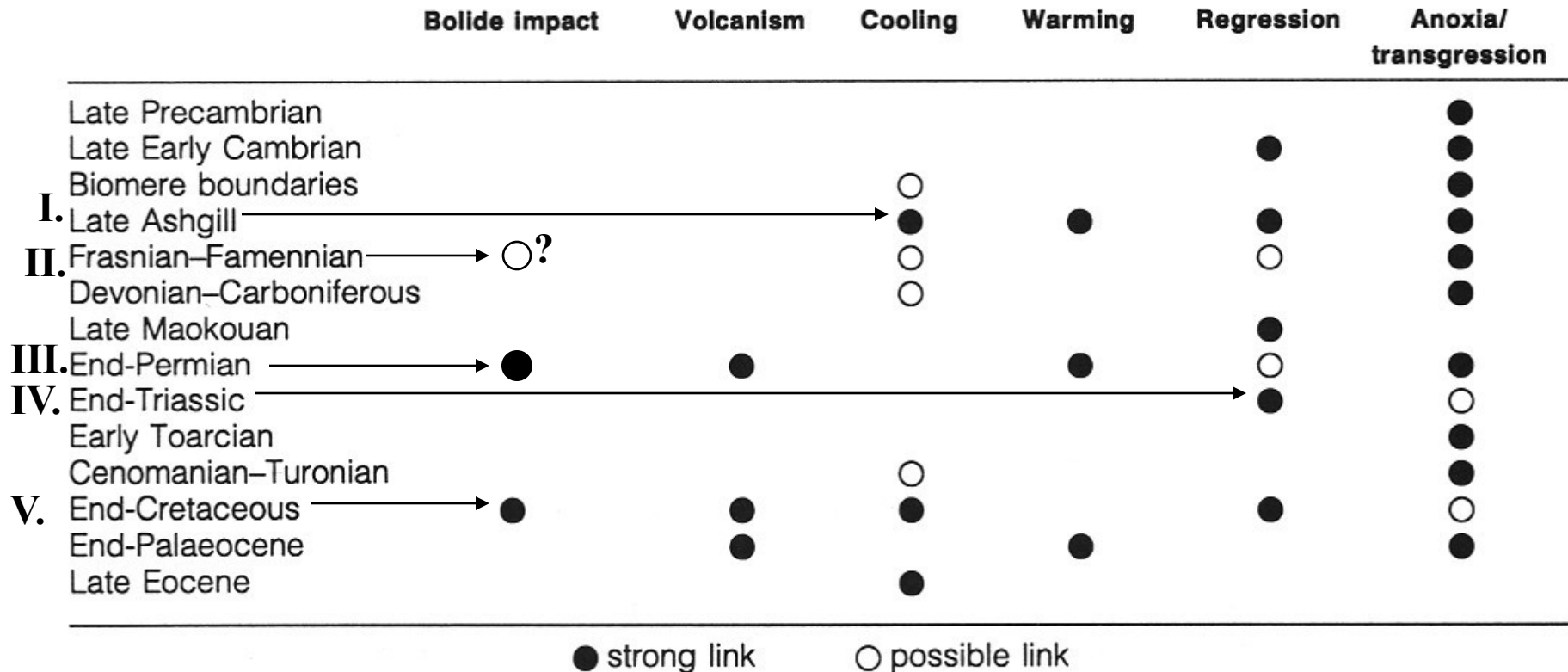
Souhrn biotických aspektů HV:

- HV vykazují celkem malou taxonomickou selektivitu (tj. jsou nedarwinistické)**
- Raup – „bad luck“ nikoliv „bad genes“ (být ve špatný čas na špatném místě)**
- Události spojené s HV jsou vzácné a velmi rozdílné – problém evoluce prostřednictvím přírodního výběru**
- Problém periodicity vymírání během fanerozoika (Raup et Sepkoski 1984, á 26 Ma 1 pik na křivce vymírání mezi permem a současností – model diskutován: přesnost datování, astronomická situace-kometový materiál v blízkosti Oortova oblaku etc. (viz následující obr.)**
- Autoři se shodují: HV hrají (mohou hrát ?) tvůrčí roli v evoluci, chrání život před ustrnutím, drží biosféru v souvislém toku (dynamice, zrychlení), opakovaně “natahují hodiny evoluce“ a zvyšují biotické tlaky, obrovské inovace během geologického času, zvyšování diverzity v krátkém čase a udržení ekodiverzity na geologické časové škále**

Graf počítané periodicity HV v meso- a kenozoiku a jeho soulad s geologickým záznamem (20.5 m.y. = 50 %, 28.5 m. y. = cca 40%)

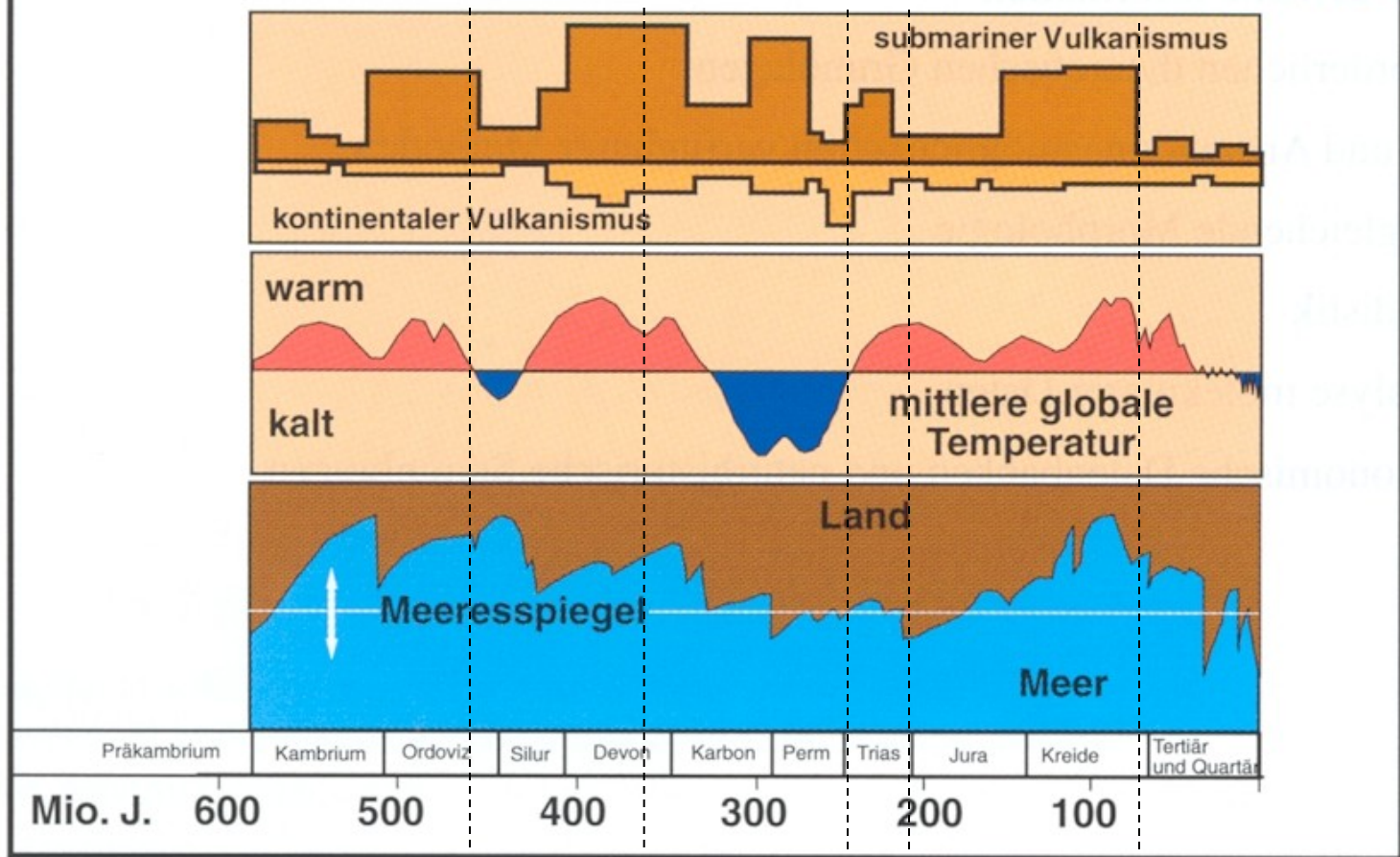
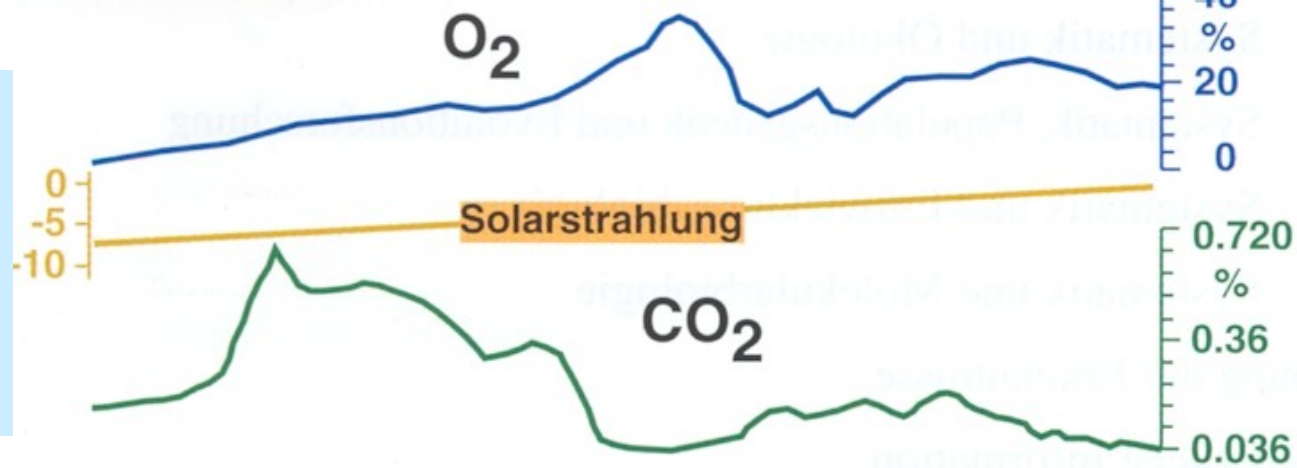


Souhrn předpokládaných příčin HV ve fanerozoiku (upraveno podle Hallam et Wignall 1997)



**Fanerozoikum:
intenzita vulkanizmu a
kolísání**

- teplot,
- mořské hladiny,
- O₂ a CO₂



I. II. III. IV. V.

Závěr k HV

- **HV = vymizení relativně velkého procentního podílu druhů různých taxonomických skupin během krátkého úseku geologického času v globálním měřítku**
- **při HV nejde většinou o jednotlivou a náhlou událost, spíše se většinou rozprostírá na ekologicky dlouhé časové škále (10. 000 –100. 000 let, většinou řada vln v rozmezí 1- 2 Ma**
- **HV jsou spouštěna různou kombinací environmentálních výkyvů, určitá úroveň změny pak vede ke kolapsu zemského ekosystému.**
- **HV říkají hodně o původu globálních ekosystémů a úrovni jejich nestability. Ukazují konečnou rezistenci vůči celkovému kolapsu (obrovská variabilita života a prostředí)**

Historie pojmu vymírání:

- Vědecké uznání fosílií jako dříve žijících organismů (Steno 1666), otázka, zda mohou druhy vymírat
- Georges Cuvier (1769-1832), National Museum, Paris, difference mezi slony recentními a fosilními, odmítnutí myšlenky, že fosilní žijí někde skrytě na Zemi → oddělené druhy, které vymizely → na Zemi dochází ke katastrofám vedoucím k náhlým změnám v biotě – **KATASTROFIZMUS** (vymírání jako fakt)
- Charles Lyell (1797-1875), 1830 Principles of Geology, akceptace Jamese Huttona (1790) – Země neprodělává katastrofy, ale postupné pomalé změny – **UNIFORMITARIANIZMUS** (v geol. aktualismus)
- Poté diskuse K:U, Wegener, desková tektonika, DSDP, Alvarez, neokatastrofismus, přerušovaná rovnováha, akceptace obou pohledů (dále viz kapitola EVOLUCE)

HV + dnešní stav planety:

- Tzv. „Třetí krize“, v pleistocénu vymírá např. 2/3 měkkýšů v Záp. Atlantiku a Karibiku (regrese a růst kont. ledovců), v S. Americe 1/3 savců.

11 Ka – mizí 2/3 velkých savců v J. a S. Americe

– dtto Evropa (vše nad 50 kg mizí)

– většina autorů to spojuje s migrací člověka přes Beringovu úžinu do Ameriky.

G.H. Miller (aminokyseliny vajíček) např. prokázal, že gigantický pták *Genyornis* v Austrálii vymizel nikoliv vlivem změny klimatu, ale náhle s příchodem člověka.

Současná lidská aktivita – vymírání na Pacifických ostrovech (Hawai), Madagaskaru, Novém Zélandu etc.

-Přesto, že se zvýšil odhad dnes žijících druhů na planetě (z 5 na 50 miliónů), je tempo mizení druhů (až 100 druhů/den) likvidací některých habitatů (korálové útesy, tropické pralesy) příliš vysoké (dříve než je poznáme). Toto vymírání podle některých autorů:

- třetí největší HV v historii Země,

- ne konec evoluce, ale změna směru,

- nelze srovnávat HV v minulosti a nyní (čas, neznalost až 70% „měkkých“ v minulosti)

- člověk = impakt („co pleistocén začal, to člověk razantně završuje“)

Na časové škále lidského života může nyní dojít k HV buď mimozemským impaktem nebo kolosálními erupcemi platóbazaltů (neokatastrofisté ,V. Courtilot) – obě možnosti mají oporu v geologické minulosti („survival of the luckiest“, nikoliv „fittest“)

Závěr pro vymírání (nejen HV) v oblasti etické:

- **sebereflexe, ? aktivní úloha v evoluci ?**
- **respektovat evoluci se všemi atributy včetně vymírání,**
- **vyhnout se vyvolání prvního globálního úderu v planetárním ekosystému,**
- **Lovelock:**
 - V technické oblasti rozvíjet naši obratnost při manipulacemi informacemi rychleji než naši potřebu energie**

Použité prameny:

Courtillot, V., 1999: Evolutionary Catastrophes, The Science of Mass Extinction. – Cambridge University Press, pp.173, Cambridge (UK).

Gould J.S. (ed.), 1998: Dějiny planety Země. – Knižní klub, Columbus, pp. 256, Praha.

Hallam, A., Wignall, P.B., 1997: Mass Extinctions and their Aftermath. – Oxford Univ. Press, pp. 320. Oxford.

Kalvoda, J., Bábek, O., Brzobohatý, R., 1998: Historická geologie. – UP Olomouc, pp. 199. Olomouc.

Lovelock, J., 1994: Gaia, živoucí planeta. – MF, MŽP ČR, Kolumbus 129, pp. 221. Praha.

Margulisová, L., 2004: Symbiotická planeta, nový pohled na evoluci. – Academia, pp. 150. Praha.

Pálfy, J., 2005: Katastrophen der Erdgeschichte – globales Aussterben ? – Schweizerbart. Ver. (Nägele u. Obermiller), pp. 245, Stuttgart.

Raup, D.M.,1995: O zániku druhů. – Nakl. LN, pp.187. Praha.

Internet – různé databáze (především obrazová dokumentace)