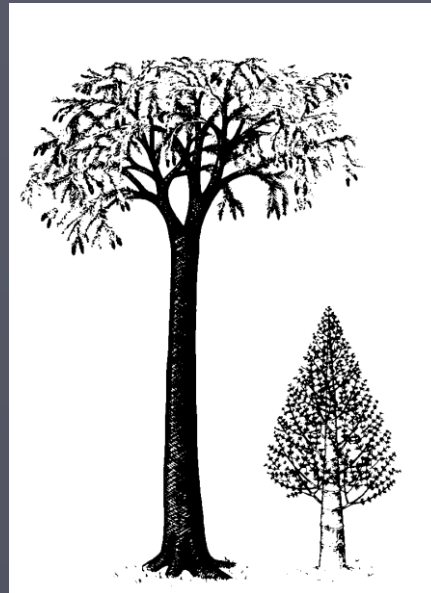
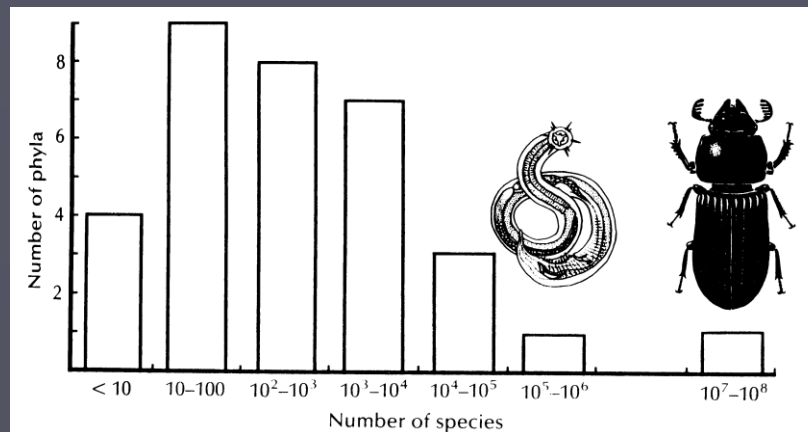


Diverzita organizmů z pohledu evoluční ekologie



Proč existuje tolik druhů na zemi?

- ▶ Proč jsou některé taxony tak diverzifikované?
- ▶ Proč u některých taxonů dochází ke vzniku a následně k zániku, zatím co jiné perzistují v rozsáhlém časovém měřítku?
- ▶ 1. Kolik druhů existuje? jak se jejich počet mění v čase?
- ▶ 2. Jaké faktory udržují druhovou diverzitu uvnitř společenstev a regionů?
- ▶ 3. Proč určité taxony mají více druhů než jiné?



Kolik je druhů?

- ▶ Méně než 2 miliony druhů formálně popsanych
- ▶ Revize druhů, popisy nových druhů pro vědu
- ▶ Paradox – od roku 1970 – 2 druhy lemurů a 2 druhy opic, vzorek neprobádaných roztočů
- ▶ Kolik druhů je nepopsaných?
- ▶ **Tropické dešťové pralesy – neadekvátní vzorkování obrovské fauny**
- ▶ Erwin (1988) Arthropoda dešťového pralesu v Peru – 1093 druhů – 3099 jedinců
- ▶ Stork (1988) – dešťové pralesy na Borneu – 1455 jedinců = 739 druhů Chalcidoidea (Hymenoptera)

Kolik je druhů?

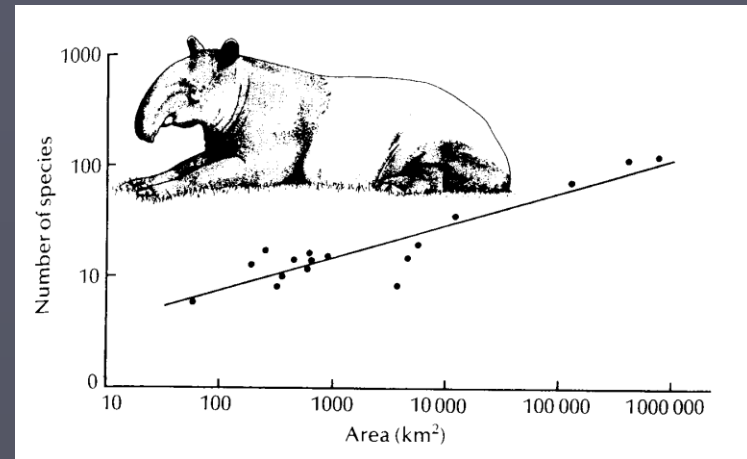
- ▶ Vliv vzorkování
- ▶ Enormní rozdíl mezi faunou vzorkovanou na lokalitách s krátkými vzdálenostmi
- ▶ Erwin (1983) – 1080 analyzovaných druhů, pouze 1% se překrývá u 4 lokalit z pralesa
- ▶ Specializace (brouci na jednotlivé stromy a parazitoidi na hostitele)
- ▶ Odhad diverzity cca 30 milionu druhů jenom tropických členovců
- ▶ Kolik je druhů? Ale proč je tolik druhů?

Proč jsou určitá společenstva druhově bohatší než jiná?

- ▶ Rozdíly v druhové diverzitě mezi různými oblastmi
- ▶ V určitých případech rozdíly opakovatelné
- ▶ **Typy diverzity** – Whittaker (1972)
 - α -diverzita – uvnitř společenstva nebo v jednotce habitatu
 - β -diverzita – mezi habitaty
 - γ -diverzita – v regionu

Druhová diverzita se zvyšuje s plochou

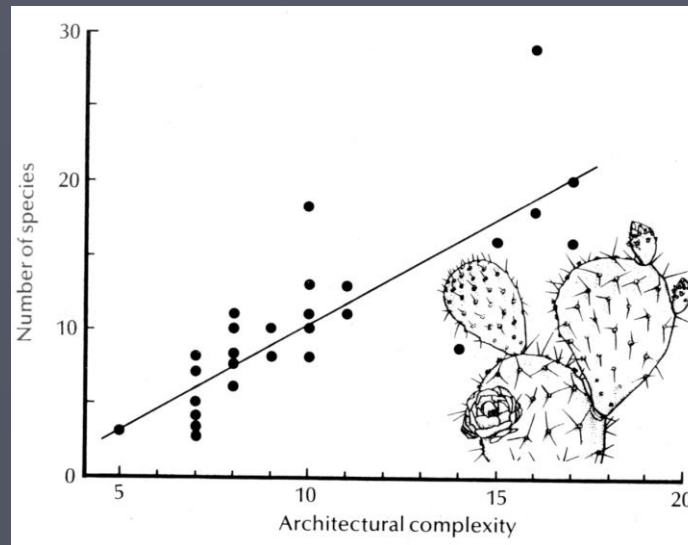
- ▶ Diverzita v běžných vs. vzácných habitatach
- ▶ **Počet druhů na ostrově se zvyšuje s velikostí ostrova**
- ▶ Interpretace plochy ostrovu



- ▶ Př. Geograficky rozšířené druhy rostlin mají více diverzifikovanou faunu hmyzu než podobné druhy s limitovanou distribucí
- ▶ **3 hypotézy – všechny tři přispívají k vysvětlení vztahu**

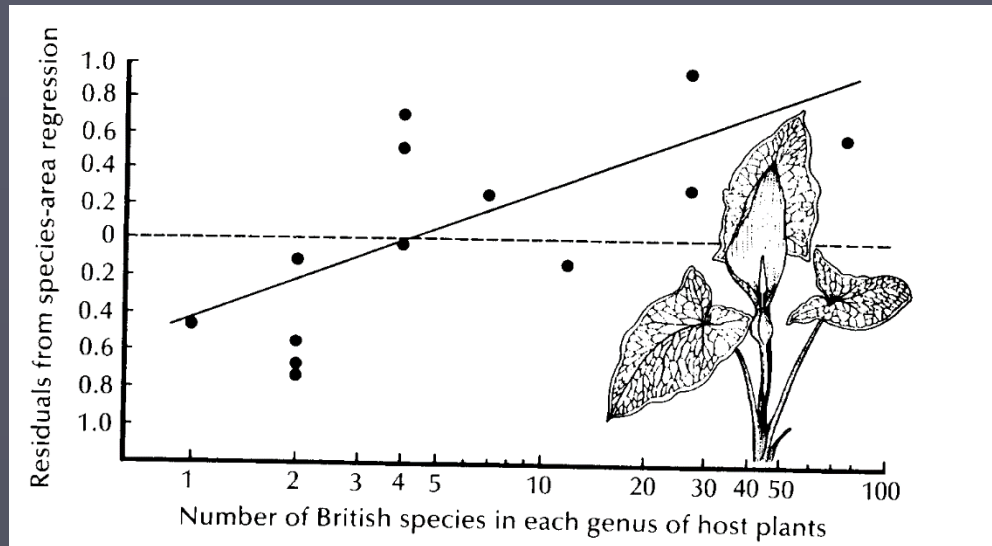
Jak vysvětlit vztah mezi diverzitou a velikostí plochy?

- ▶ 1. velká plocha zahrnuje hodně mikrohabitátů
- ▶ Vyšší diverzita mikrohabitátů → vyšší β -diverzita a γ -diverzita



Jak vysvětlit vztah mezi diverzitou a velikostí plochy?

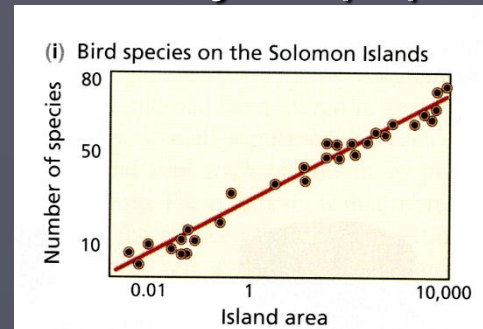
- ▶ 2. Velkoplošné habitaty jsou potkávány častěji než maloplošné
- ▶ Úroveň taxonomické izolace hostitele spojená s diverzitou parazitů



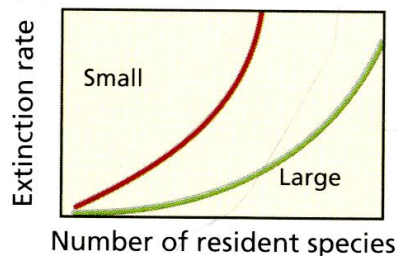
Rody s málo druhy mají menší diverzitu hmyzu

Jak vysvětlit vztah mezi diverzitou a velikostí plochy?

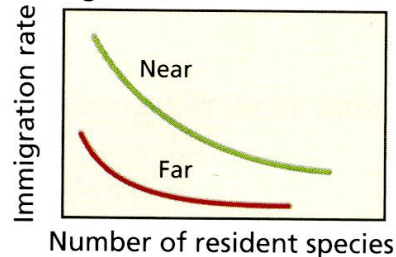
- ▶ 3. ostrovní biogeografická teorie rovnováhy (MacArthur & Wilson, 1967)
- ▶ Determinanty kolonizace – vzdálenost mezi zdrojem a novou jednotkou, chování migrantů, velikost zdrojové populace, velikost kolonizované jednotky



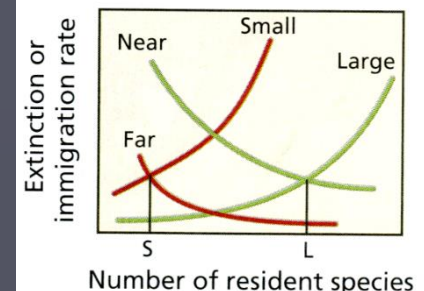
(ii) Extinction



Immigration

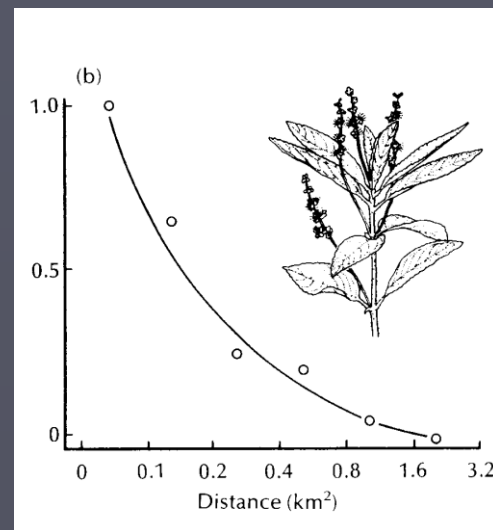
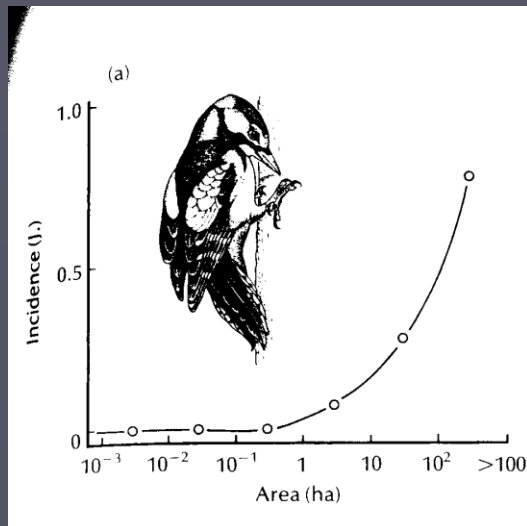


(iii) An equilibrium is reached between extinction and immigration.



Jak vysvětlit vztah mezi diverzitou a velikostí plochy?

- ▶ Výskyt určitých druhů závisí na kritické velikosti jednotek habitatu
- ▶ Druhová diverzita dosahuje rovnováhu v čase – MacArthur & Wilson (1967) – Krakatau ostrovy – 1883 vulkanická erupce, rovnováha 30 let

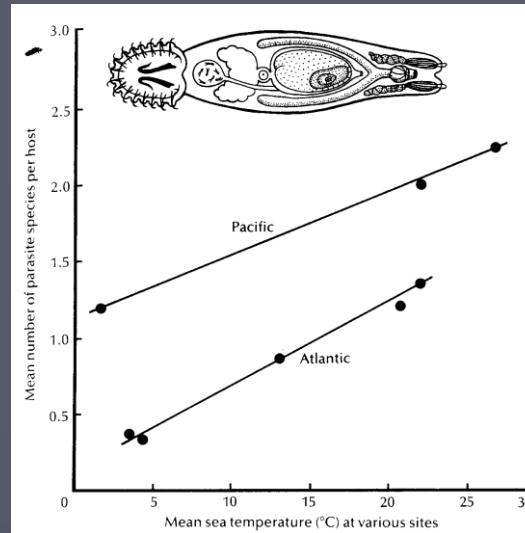


Bažanka vytrvalá

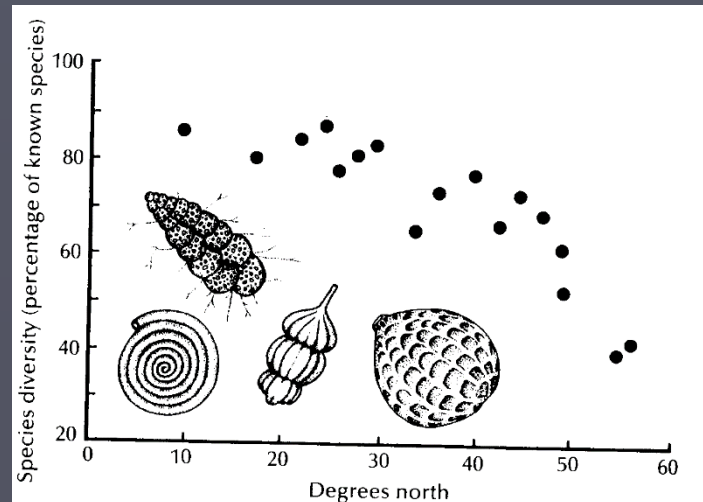
Druhová diverzita se mění se zeměpisní šířkou

- ▶ Rostliny, živočichy, mořské, sladkovodní
- ▶ Výjimky
- ▶ **1. hypotéza efektu plochy**
- ▶ Plocha tropů větší → více vyrovnaná diverzita
- ▶ Větší plocha = zvyšování komplexity habitatů → vyšší stupeň specializace habitatů
- ▶ **2. čas kolonizace**
- ▶ Tropické oblasti jsou starší a stabilnější → speciace, specializace a kolonizace delší dobu

Druhová diverzita se mění se zeměpisní šířkou



- Vztah mezi diverzitou a zeměpisní šířkou je historický



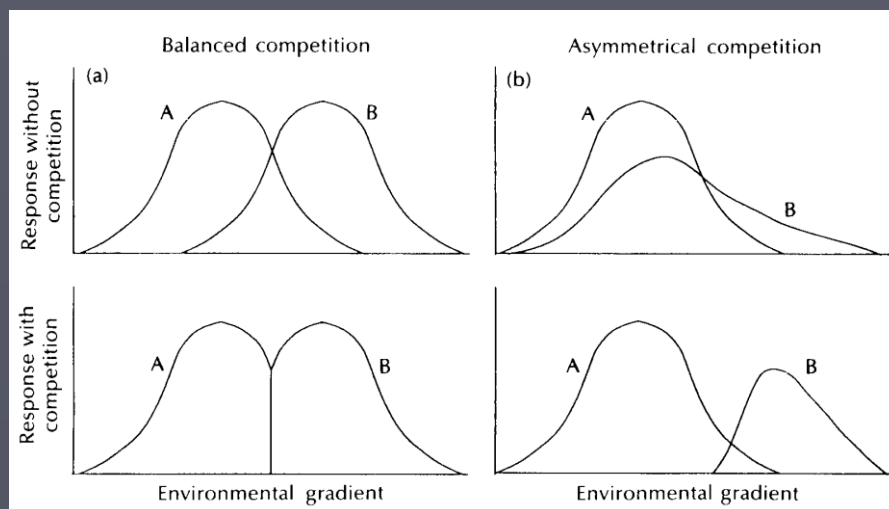
Druhová diverzita se mění se zeměpisní šířkou

- ▶ **3. Hypotéze druh-energie**
- ▶ Zvyšování energie dostupné na (1) velkých plochách, (2) tropech
- ▶ Velké množství energie → velké populace a zvyšování resilience k extinkci

- ▶ Obtížnost experimentálního testování
- ▶ Turner a kol. (1988) – insektivorní ptáci UK – 3 kategorie, celoroční, letní, zimní
- ▶ Studie savců SA – diverzita spojená s topografií
- ▶ Studie rostlin – nepotvrzuje hypotézu energie

Procesy uvnitř společenstev a regionů

- ▶ Které procesy ovlivňují diverzitu společenstev?
- ▶ **Biologické interakce a jejich kapacita ovlivnit niku koexistujících druhů**
- ▶ **Kompetice**

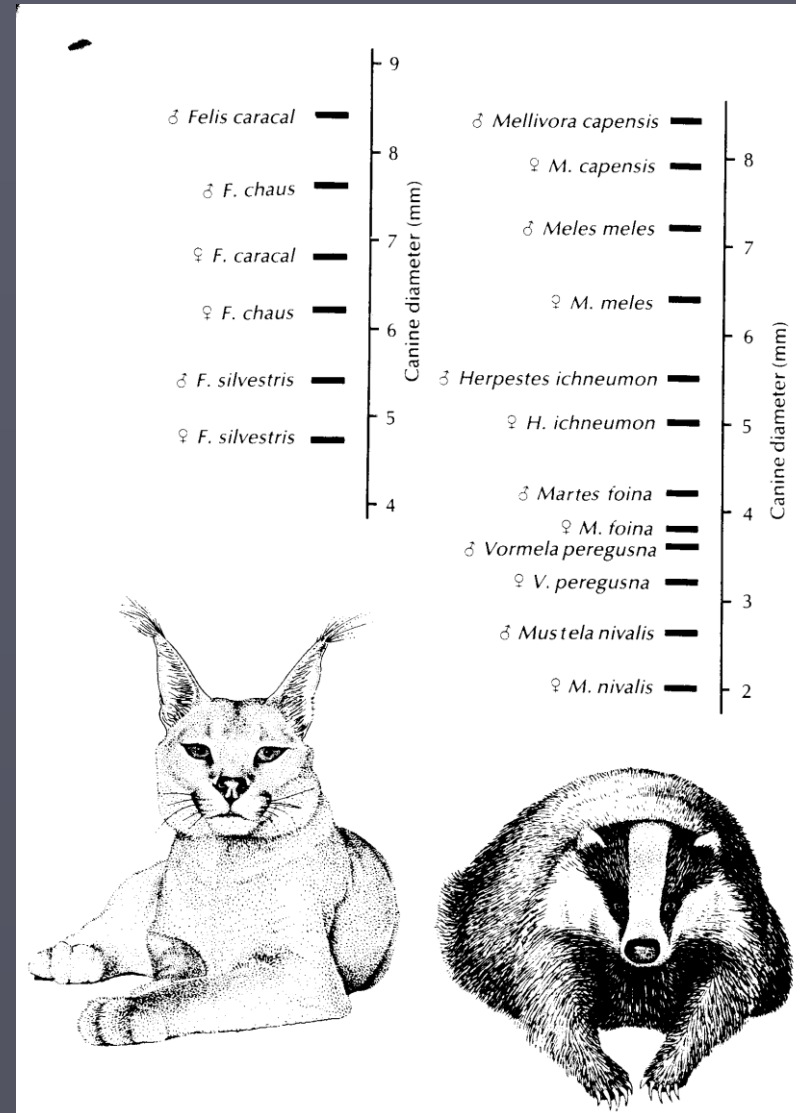


- ▶ Druhy ve společenstvu dosahují rovnováhu, pokud jsou koevolučně-strukturované (posun charakteru v sympatrii) nebo invazně-strukturované (selektivní přežívání invadujícího druhu)

Procesy uvnitř společenstev a regionů

► Kompetice

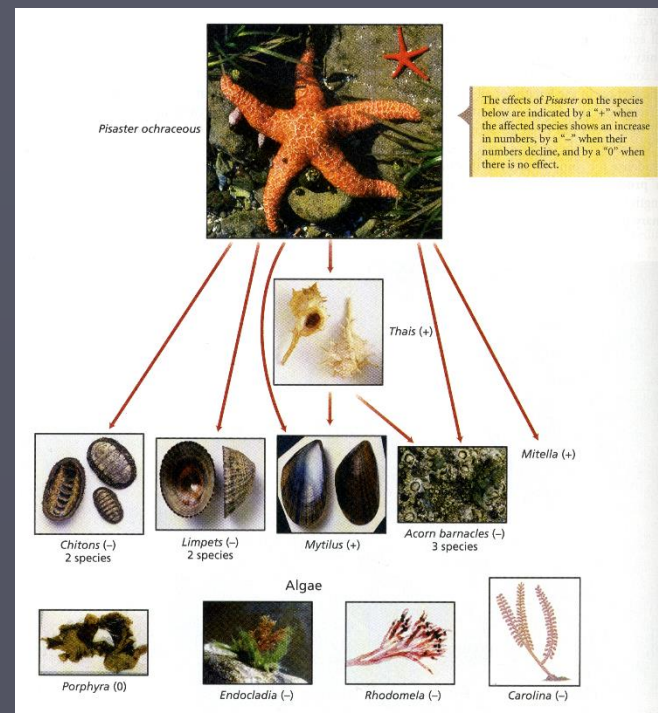
- Rozdělení zdrojů mezi skupiny s podobnými požadavky určuje druhovou diverzitu ve společenstvech
- Př. Poloměr špičáků podél zdrojového gradientu (určuje velikost kořisti)



Procesy uvnitř společenstev a regionů

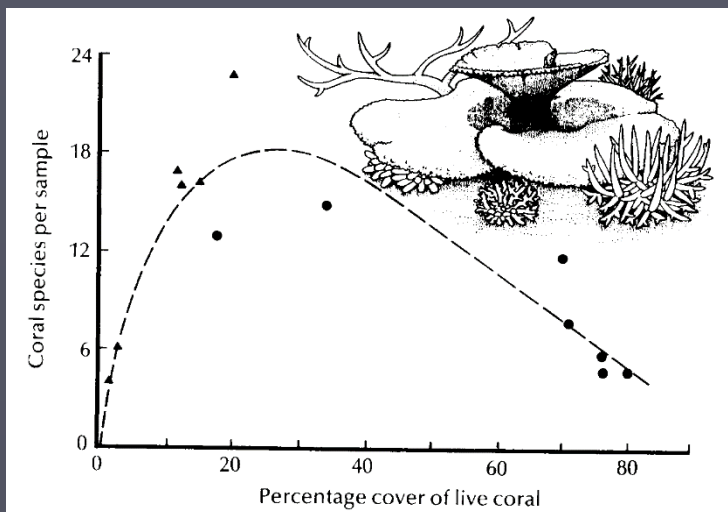
- ▶ **Kompetice a predace**
- ▶ **Model dělení zdrojů (predátorů)** – koexistence druhů je umožněná využitím různých zdrojů (útokem se strany různých nepřátel), alternativně stejné zdroje, ale každý je limitován jiným zdrojem nebo jiná schopnost zdroj dosáhnout
→ maximální diverzita ve společenstvu při úplném kompetitivním dělení zdrojů

Alternativní argument – vyšší diverzita ve společenstvu pokud je zabráněno kompetici



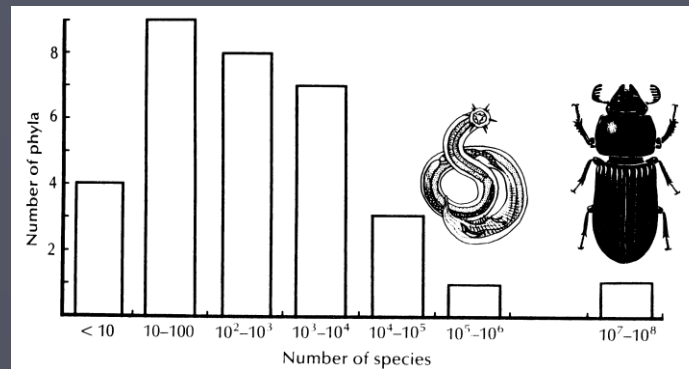
Procesy uvnitř společenstev a regionů

- ▶ **Disturbance**
- ▶ Podobně jak predace
- ▶ Útesy chráněné před cyklony mají méně korálových druhů
- ▶ Diverzita roste po disturbanci, snižuje se pod vlivem kompetice
- ▶ Př. Disturbance v dešťových pralesech padnutím stromů



Proč je diverzita brouků vysoká?

- ▶ Co je příčinou velkých rozdílů v diverzitě mezi jednotlivými taxonomickými skupinami?
- ▶ Počet druhů v taxonu = rovnováha mezi speciací, extinkcí (lokální nebo celkovou) a časem



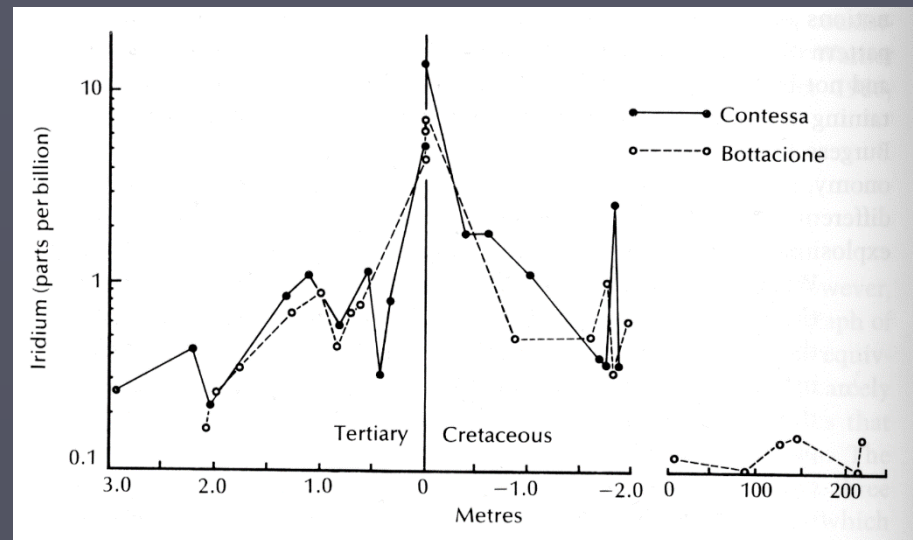
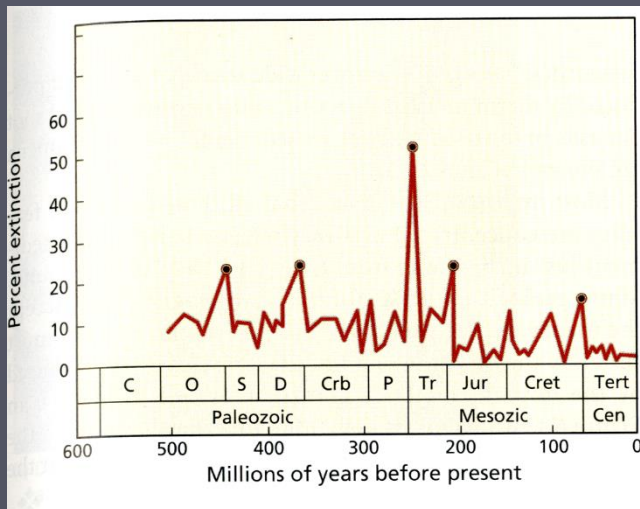
Extinkce

- ▶ **Masová extinkce** – různé taxony a široká geografická škála
- ▶ „background“ **extinkce** – vymizení taxonu v čase
- ▶ **Antropogenní extinkce** – přímé nebo nepřímé aktivity člověka

- ▶ Historická extinkce
- ▶ Moderní extinkce

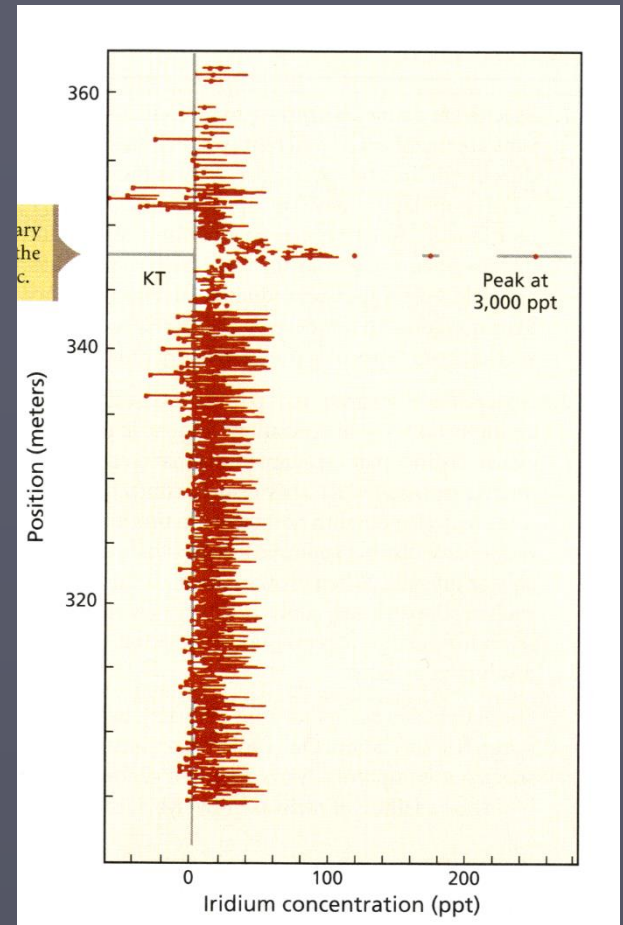
Masová extinkce

- ▶ extinkce randomizují evoluci eliminací celých skupin a přerušením konvenčních procesů
- ▶ nejdůležitější extinkce (K/T) – vysoká depozice vzácných elementů – iridium
- ▶ extinkce mořských mnohobuněčných jsou periodické = stejná příčina



Masová extinkce křída - terciér

- ▶ Objevili se před 235 mil. let
- ▶ Vyhylnuli před 65 mil. let
- ▶ Vymřeli dinosauři a plazy, rozvoj savců a ptáků
- ▶ Zásah velkého astronomického tělesa



Masová extinkce křída - terciér

- ▶ Kritika hypotézy
 - vymizení skupin, které byly na ústupu
 - selektivita extinkce
 - mnohonásobný impakt komety v geologickém času
 - komety mají málo iridia (meteorit?)
- ▶ Vulkanický původ extinkce
 - rychlá fluktuace hladiny moře
- ▶ Globální ochlazení
 - zpochybněno, dinosauři v extréměch



Masová extinkce perm-trias



- ▶ 253 mil. let
- ▶ Evoluční scénář: vznik superkontinentu Pangei
- ▶ 96% mořských druhů a 70% terestrických obratlovců
- ▶ Pravděpodobně druhově-bohaté skupiny, geograficky rozšířené a environmentálně tolerantní perzistovali



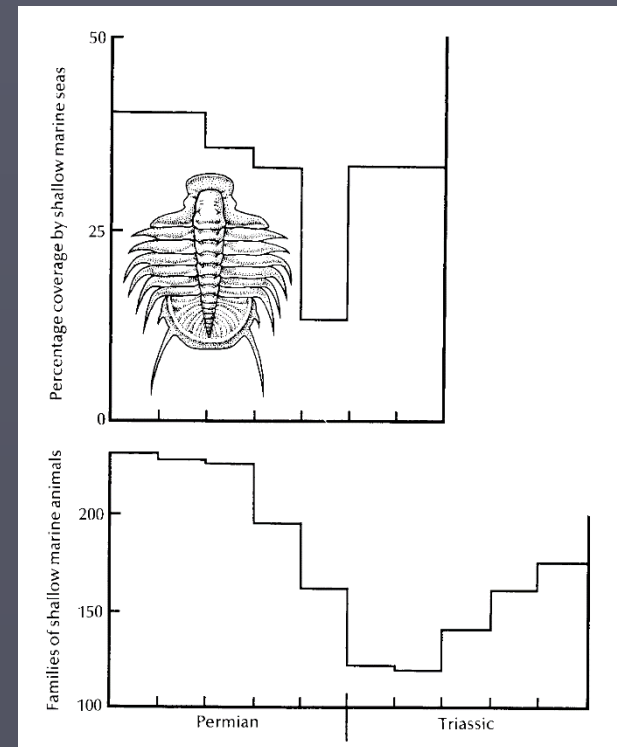
Eupterida, Arthropoda
Mořský skorpion



Trilobita, Arthropoda



Chrupavčité ryby

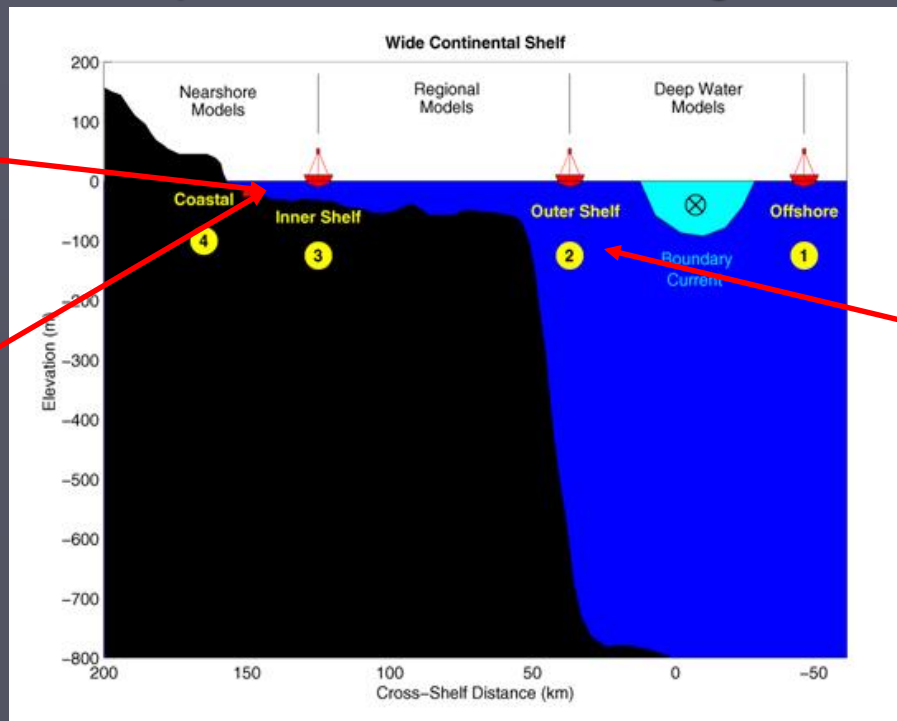


Background extinkce

- ▶ Málo poznatků pro závěry dlouhodobého vlivu na druhovou diverzitu
- ▶ Větší riziko pro druhy – malé geograficky izolované populace, demografická a environmentální stochasticita, fluktuující populace
- ▶ Odlišná vnímavost pro masovou a background extinkci

Trilobiti
Vysoká extinkce

Bivalvia
Gastropoda
Nízká extinkce



Brachiopoda
Anthozoa
Vysoká extinkce

Disperze snižuje background extinkci, ale nesnižuje masovou extinkci

- ▶ Masivní disperze planktonických larev – omezená genetická diferenciace, redukovaná míra speciace, větší geografická distribuce, větší velikost populace, redukovaný vliv demografické a environmentální stochasticity a extinkce

	Planktotrophs	Non-planktotrophs
<i>Background extinction</i>	(<i>n</i> = 50)	(<i>n</i> = 50)
Range (km)	1600	250
Median survival (million years)	6	2
Extinction rate (spp. per lineage million years)	0.17	0.34
<i>Mass extinction</i>	(<i>n</i> = 28)	(<i>n</i> = 21)
Percentage survival of genera at the Cretaceous/Tertiary boundary	39	39

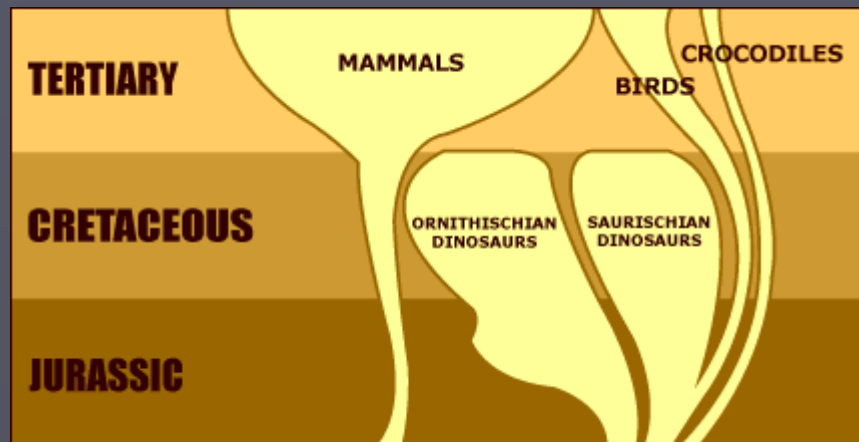
Red Queen hypotéze a stálost extinkce

- ▶ Van Valen (1973) aplikace RQ hypotéze k vysvětlení background extinkce
- ▶ Uvnitř určité taxonomické skupiny pravděpodobnost extinkce rodu nebo čeledě je nezávislá na jeho předešlé existenci
- ▶ Nepřátelské druhy se vyvíjejí pořád, kontinuální tlak na adaptace
- ▶ Některé druhy se nepřizpůsobí → extinkce bude probíhat konstantní rychlostí

Diverzifikace

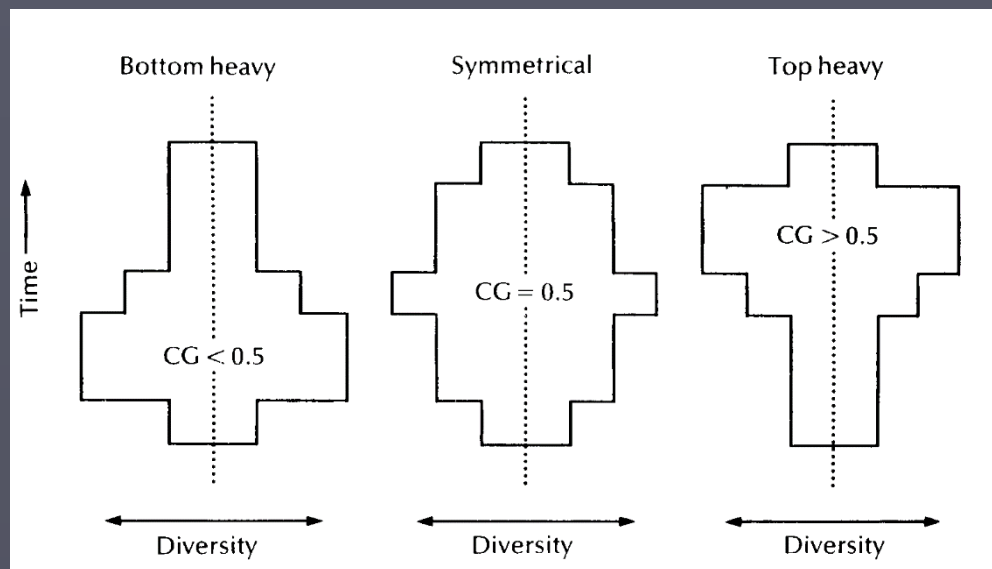
► Adaptivní radiace

- odpověď k ekologické příležitosti nebo k získání klíčového adaptivního znaku
- následuje po masové extinkci u málo diverzifikovaného taxonu
- ostrovní fauna dosahuje radiace, na pevnině taxony nejsou tak úspěšné př. pěnkavy na Galapágách vs. pěnkavy na pevnině



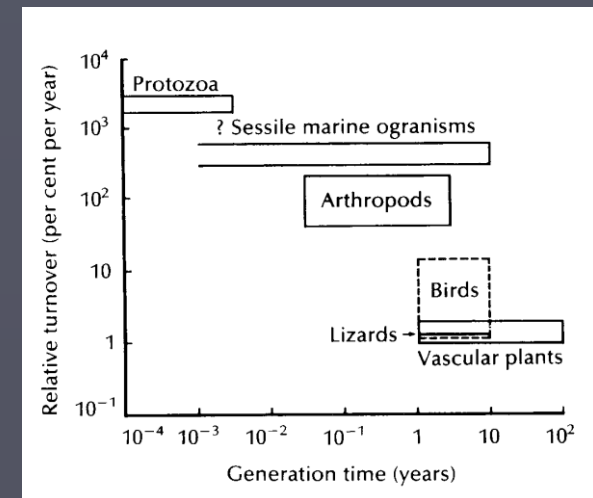
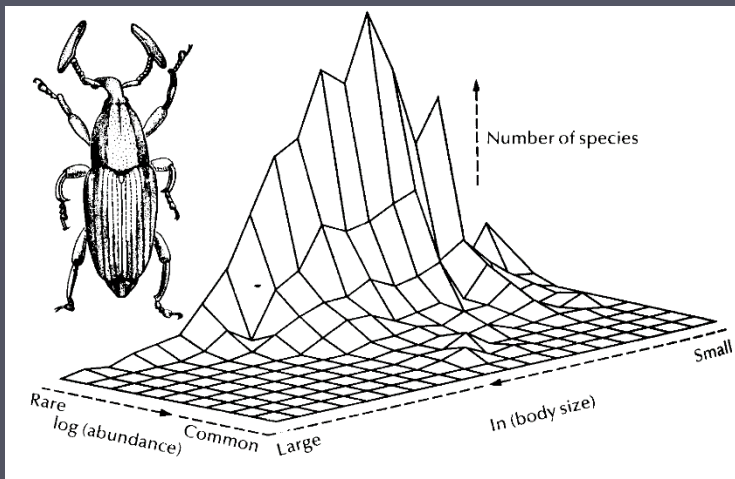
Diverzita kladů v čase

- ▶ 1. bottom - heavy diverzita – podle fosilních dat nejfrekventovanější
- ▶ 2. symetrická diverzita
- ▶ 3. top heavy diverzita



Diverzifikace a velikost druhů

- ▶ Tendence nejvíc středních druhů s velmi silným sklonem k malým druhům → prostředí může být rozděleno mezi více malých druhů
- ▶ Převaha malých druhů – význam u náhodných masových extinkcí – zakladatele evolučních větví – začátek radiace
- ▶ Zvyšování velikosti druhů v evolučním čase = Copeho zákon fyletické velikosti
- ▶ Velké druhy výhodnější z hlediska background extinkce – introdukce velkých druhů je jednodušší



Efekt člověka na diverzitu

- ▶ Problematika ohrožených a vzácných druhů
- ▶ Biologická introdukce
- ▶ Využití produktivních kmenů (linií) nebo organismů
 - genové inženýrství, genetická modifikace zemědělských plodin, genové banky...

Vzácné a ohrožené druhy

- ▶ Jak definovat druh vzácný?
- ▶ - běžně rozšířený vs. lokálně endemický
- ▶ - na jakémkoliv místě obývá různé habitaty nebo je specialista
- ▶ - je běžný podél svého rozšíření nebo se vyskytuje v malých počtech
- ▶ **Vzácný druh je více ohrožen extinkcí**

	Geographical distribution			
	Wide		Narrow	
	Broad	Restricted	Broad	Restricted
<i>Local habitat breadth</i>				
<i>Local population sizes</i>				
Somewhere large	58	71	6	14
Everywhere small	2	6	0	3

Vzácné a ohrožené druhy

Hanski (1982) – **core-sattelite hypotéza**

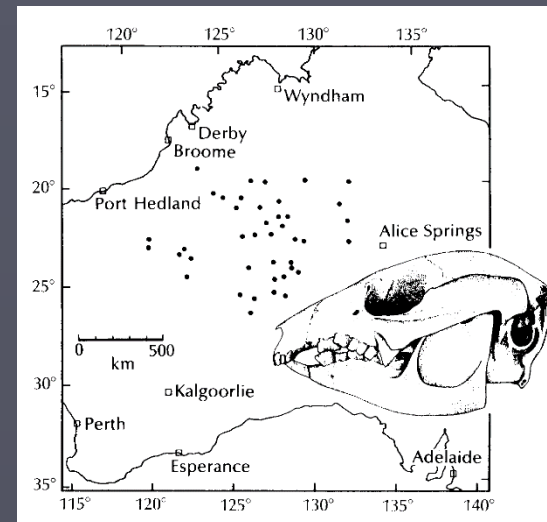
– modelovat důsledky pravděpodobnosti extinkce

Core druhy – abundantní, odolné vůči extinkci,
dominantní v organizaci a interakcích

Satellite druhy – objekt lokální extinkce, ochrana druhů

Lidská aktivita vedla k extinkci mnoha druhů v recentní historii

- ▶ Vačnatci v Austrálii - *Lagorchestes asomatus* (klokan Finlaysonův) † 1943
- ▶ Distribuce vzácného druhu v čase
- ▶ Více faktorů – chov hospodářských zvířat, predace, požáry



Lidská aktivita vedla k extinkci mnoha druhů v recentní historii

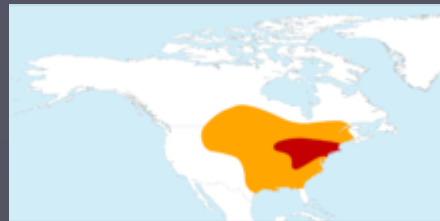
Taxa	Continental	Island	Oceanic	Total
Mammals	30	51	2	83
Birds	21	90	2	113
Reptiles	1	20	0	21
Amphibians	2	0	0	2
Fish	22	1	0	23
Invertebrates	40	48	1	98
Vascular plants	245	139	0	384

- ▶ Dronte mauricijský (blboun nejapný, dodo) *Raphus cucullatus* (Columbiformes) † 1688-1715
- ▶ Vyhnutím klíčového druhu riziko sekundární extinkce darmota *Sideroxylon grandiflorum* (dominantní dřevina na ostrově Mauricius v době existence dronta)



Lidská aktivita vedla k extinkci mnoha druhů v recentní historii

- ▶ Holub stěhovavý (*Ectopistes migratorius*) (Columbiformes)
†1914
- ▶ Nejpočetnější pták na Zemi (3-5 miliard jedinců) - 40 % všech ptáků Severní Ameriky
- ▶ Obří kolonie - 8 km široké, 60 km dlouhé, na jednom stromě až 90 hnízd
- ▶ Alleeho efekt – sociální dysfunkce = nedostatek sociální stimulace pro úspěšné páření v důsledku nízkých hustot



Lidská aktivita vedla k extinkci mnoha druhů v recentní historii

- ▶ Vakovlk tasmánský (*Thylacinus cynocephalus*) †1936
- ▶ Austrálie, Nová Guinea, Tasmánie
- ▶ Příčina: lov chovatelů dobytka, kompetice s introdukovanými psy (pes dingo), vyhynutí druhů, kterými se živil, nemoc podobná psince



Ohrožené druhy

- ▶ Vysoké riziko extinkce
- ▶ Nosorožci - pytláctví

n. tuponosý (*Ceratotherium simum*) - bílý nosorožec

n. tuponosý jižní - 8500 jedinců

n. tuponosý severní - poslední 3 jedinci v roce 2015

n. dvourohý (*Diceros bicornis*) - černý nosorožec

n. sumaterský (*Dicerorhinus sumatrensis*) - kriticky ohrožený

n. jávský (*Rhinoceros sondaicus*)

n. indický (*Rhinoceros unicornis*)

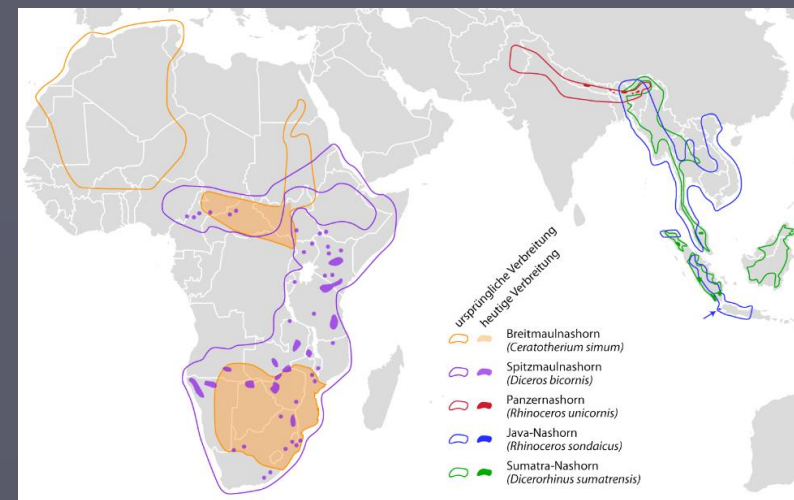


TABLE 17.9A Population Size Estimates of Wild Rhinoceroses

Species	1979	1988	1993
African black	14,875	3780	2550
African white	3841	—	6784
Indian	—	1200–1500	1900
Sumatran	—	500–900	500
Javan	—	65–70	50

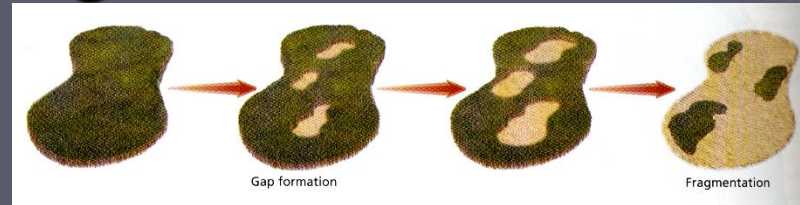
Ohrožené druhy



- ▶ Rod gorila (*Gorilla*)
- ▶ gorila západní (nížinná) (*Gorilla gorilla*) – 2 poddruhy
- ▶ gorila východní (horská) (*Gorilla beringei*) – 2 poddruhy
- ▶ Příčiny ohrožení: pytláctví, ničení biotopů, Ebola virus

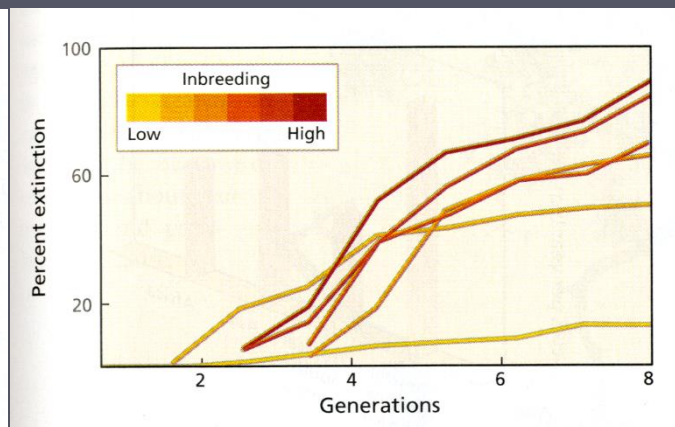
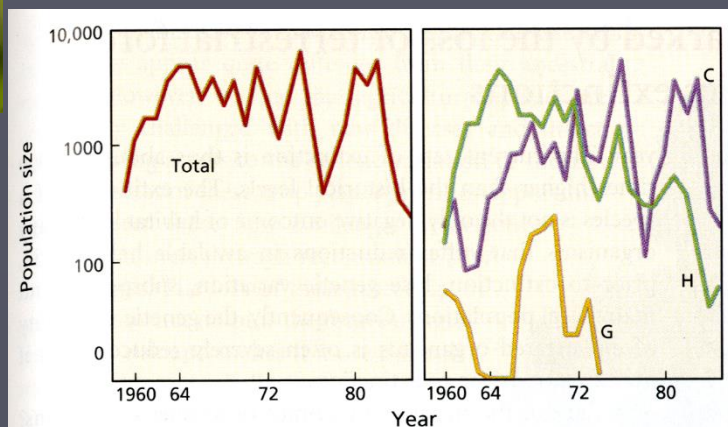


Ztráta, redukce a fragmentace habitatů



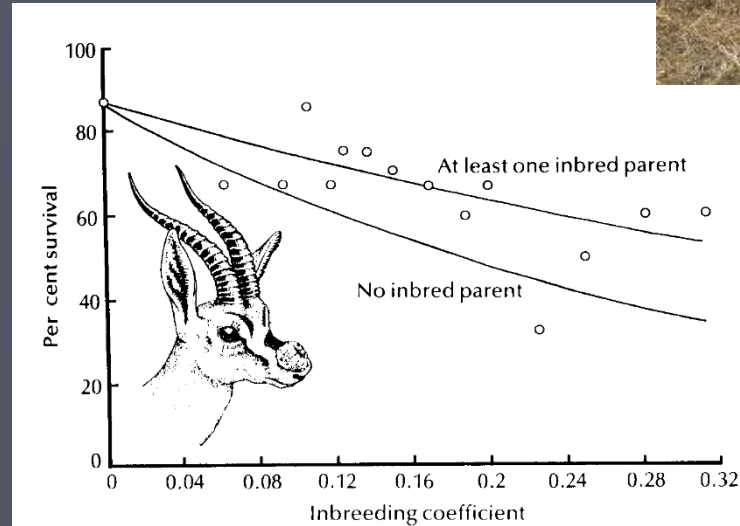
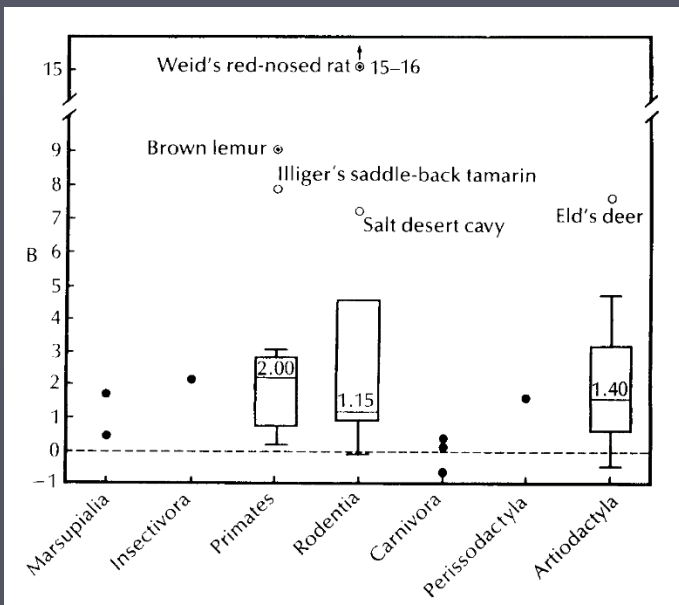
- ▶ fragmentace populací
- ▶ ničení specializovaných habitatů druhů s úzkou distribucí jsou zničeni → extinkce
- ▶ zvyšování rizika extinkce populace v důsledku inbreedingu
- ▶ odlišná fixace alel (vzácné alely)
- ▶ babočka *Euphydryas editha bayensis*

drozofila



Ztráta, redukce a fragmentace habitatů

- ▶ **Inbreední deprese** – redukce fekundity a viability (33% pokles)
- ▶ Př. Variabilita v nákladech na inbreeding u 40 populací 38 druhů savců (letální efekty na gamety)
- ▶ Záchrana druhu v zajetí – program kontrolovaného inbreedingu s cílem eliminace škodlivých alel
- ▶ Př. gazela Spekeova (*Gazella spekei*)



Zrychlení extinkce druhů v důsledku introdukce nepůvodních druhů

- ▶ 27 tis. druhů zmizne za rok především činností člověka
- ▶ 1954 jezero Victoria – ztráta kolem cca 200 z 300 druhů cichlid
- ▶ Extinkce přímo v důsledku introdukce robalo nilský „nilský okoun“ (*Lates niloticus*)

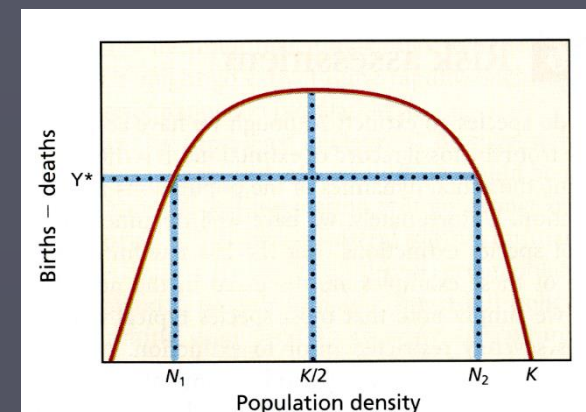
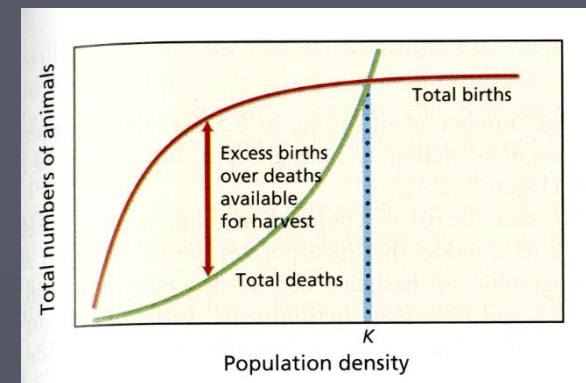
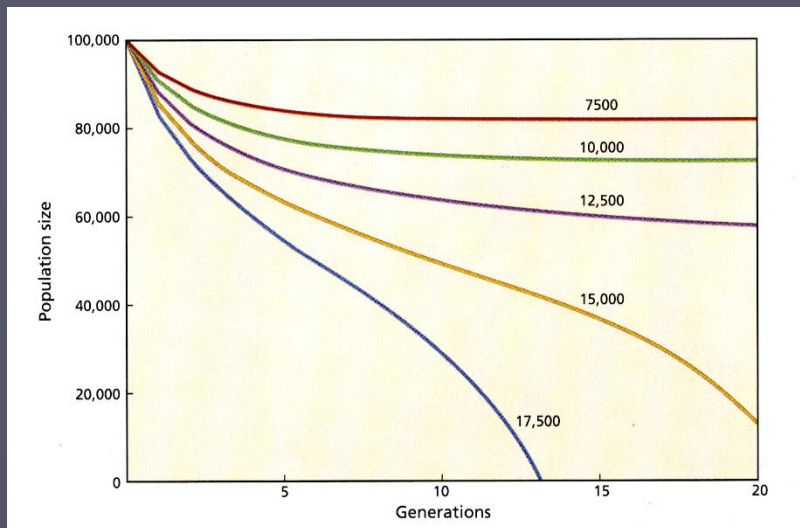


Problémy spojené s introdukcí obecně

- ▶ Jenom 10% introdukcí nevede k žádným problémům
- ▶ Nejsilnější dopad introdukce:
 - ▶ 1. Introdukce do oblastí s absencí predátorů a parazitů (př. ostrovy)
 - ▶ 2. Introdukce do relativně jednoduchých společenstev – odstranění několika druhů rostlin kolaps celého potravního řetězce
 - ▶ 3. Introdukce vysoce polyfágních druhů

Ekonomicky důležité druhy

- ▶ Predikce lovu (sběru) s rizikem extinkce populace
- ▶ Maximální trvalý výnos – hustota, u které dochází k nejvyšším počtu nadbytečných porodů



Odhad rizika extinkce

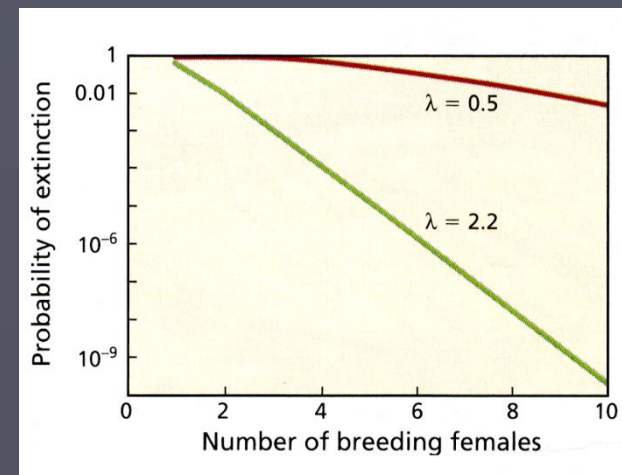
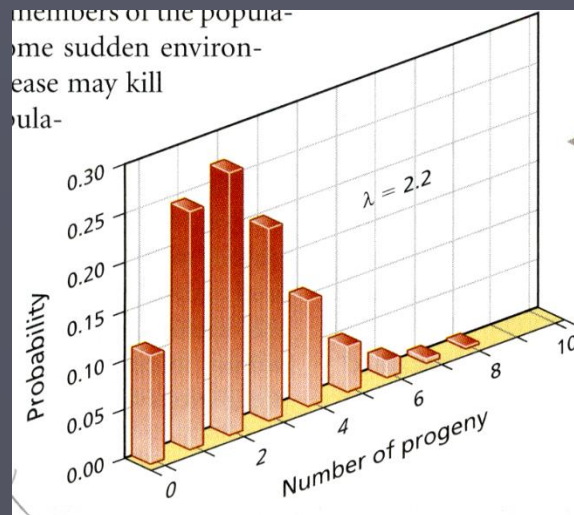
► Environmentální stochasticita

- omezené rozšíření, malé populace → selhání reprodukce v důsledku environmentální katastrofy (rozšíření nemoci, počasí)

► Demografická stochasticita

► Variabilita v počtu potomků produkovaných samicí

► Populace s málo samicemi nebo s malým počtem potomků má vyšší riziko extinkce



Odhad rizika extinkce

- ▶ Model s informacemi pro demografickou stochasticitu – na hustotě závislé přežívání a fertilita a environmentální variabilitou na přežívání a fertilitu
- ▶ Odhad rizika pomocí průměrného času, který zbývá k extinkce

