

# Základy ekologie

Doc. RNDr. Milan Gelnar, CSc.

Doc. RNDr. Michal Hájek, PhD

Ústav botaniky a zoologie, PřF MU, Brno

A11/306; čtvrtek 8.00 – 10.00

# Doc. RNDr. Michal Hájek, PhD



# Základy ekologie - sylabus

- **Základní pojmy**, hraniční obory, ekologické faktory, biosféra
- **Voda**, chemismus, druhy a zdroje, ekologické faktory, adaptace
- **Organismus** jako prostředí, parazit a hostitel, prostředí parazitů, buňky, tkáně, orgány, P-H systémy
- **Populace**, základní pojmy, růst, dynamika, vnitrodruhové vztahy, životní strategie
- **Behaviorální ekologie**, potravní vztahy, způsoby výživy, komunikace, teritorium; evoluční ekologie
- **Aplikované ekologie**, destrukce a degradace životního prostředí, populační exploze lidstva, ekotoxikologie, chemie životního prostředí, znečištění, biomonitring a bioindikace, ochrana životního prostředí
- **Sluneční záření**, atmosféra, fotosyntéza, adaptace na diurnální a sezónní změny, teplotní gradienty, ekto a endotermní organismy, adaptace, rozšíření
- **Půda** a její složení, pedogenetické procesy, humus, edafon, půdní horizonty a typy půd.
- **Společenstva**, prostorové vztahy a gradienty, sukcese, klimax, nika, kompetice ve společenstvu, diverzita
- **Ekosystémy**, biomasa, primární a sekundární produktivita, toky energie, potravní řetězce, bilance živin v ES, geochemické cykly, vliv člověka (P,N,S,C)
- **Biomy** Země, definice, základní typy biomů,
- **Přehled ekosystému střední Evropy** (opadavé listnaté lesy, horské jehličnaté lesy, kosodřevina, křoviny, ES sladkých vod, skalní ES, písečné duny, moře, rašeliniště, louky, primární alpské bezlesí, kulturní step, synantropní ekosystémy)

# Stručná historie ekologie

- Theophrastos – staré Řecko – psal o vztazích organismů a prostředí
- 1798 - Thomas Malthus: Essay on the Principle of Population
- 1805 - Alexander von Humboldt: plant communities
- 1859 - Charles Darwin – On the Origin of Species – koncept evoluce
- Gregor Mendel (1822-1884) populační genetika
- 1877 – Karl Mobius – biocenosis
- 1887 – Stephen Forbes – Lake as a Microcosm
- 1913 – Victor E. Shelford – Animal Communities in Temperate America
- Charles Adams (USA) - 1913 – A Guide to study of Animal Ecology
- Arthur G. Tansley (1871-1955) – holistický koncept – ekosystém
- 1925 – Alfred J. Lotka – Elements of Physical Biology
- Charles Elton (UK) - 1927 – Animal Ecology

Druhá polovina 20. století – rozvoj ekologie:

- Populační ekologie
- Evoluční ekologie
- Ekologie společenstev
- Fyziologická ekologie
- Behaviorální ekologie
- Krajinná ekologie
- Conservation ecology
- Restoration ecology
- Globální ekologie
- Teoretická ekologie
- Ekologická statistika
- Imunoekologie
- Molekulární ekologie

# Osnova přednášky

- Ekologie – základní definice a pojmy
- Metody ekologického výzkumu
- Ekologie versus evoluce
- Ekologické faktory
- Ekologická valence a ekologická nika
- Biosféra a působení člověka

# Ekologie – základní definice a pojmy

Termín ekologie – Ernst Haeckel (1869) – z řeckého oikos – „domov“

**Ekologie je věda o vzájemném působení organismů a jejich prostředí.**

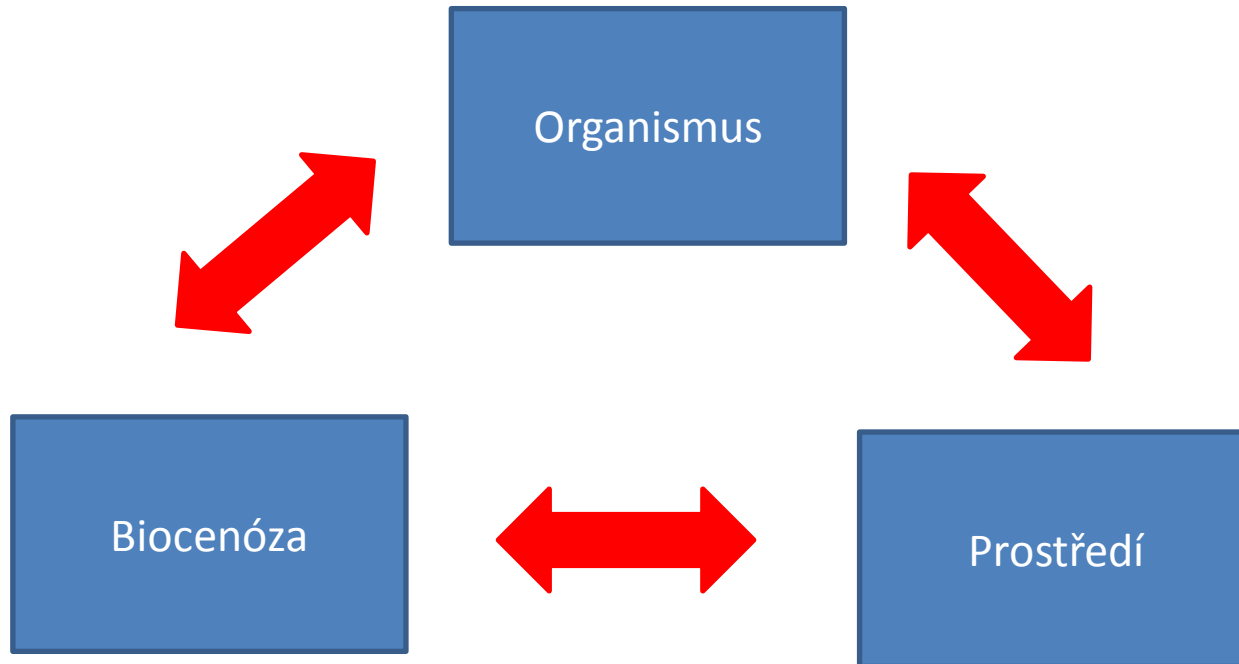
Krebs (1972): Ekologie je vědecké studium interakcí, které ovlivňují výskyt a hojnost organismů – vymezuje zde základní předmět studia – **rozšíření a početnost organismů** – kde se organismy vyskytují a jak se tam chovají.

**Jak definovat slovo prostředí ?**

Prostředí organismu se skládá ze všech faktorů a jevů vně organismu, které na tento organismus působí, ať jsou těmito jevy faktory fyzikální a chemické (**faktory abiotické**), anebo jiné organismy (**faktory biotické**).

Pojem prostředí tak má v ekologii ústřední postavení.

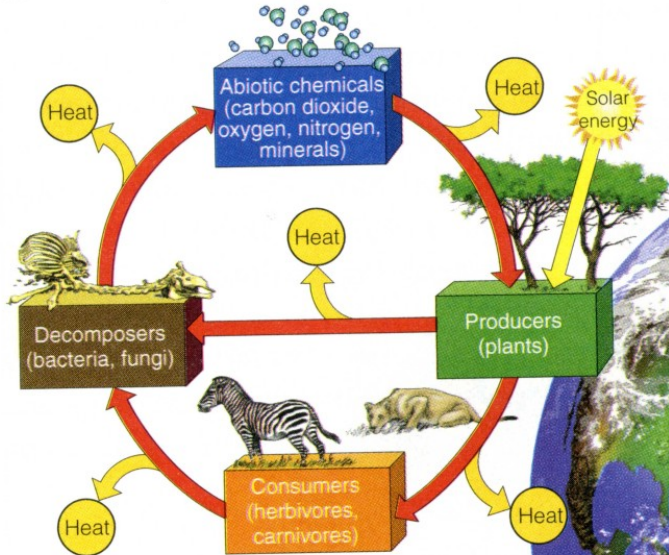
# Vzájemné působení v ekologii



# Ekologie je komplexní věda

## Functional Diversity

The biological and chemical processes such as energy flow and matter recycling needed for the survival of species, communities, and ecosystems.



## Ecological Diversity

The variety of terrestrial and aquatic ecosystems found in an area or on the earth.



## Genetic Diversity

The variety of genetic material within a species or a population.



## Species Diversity

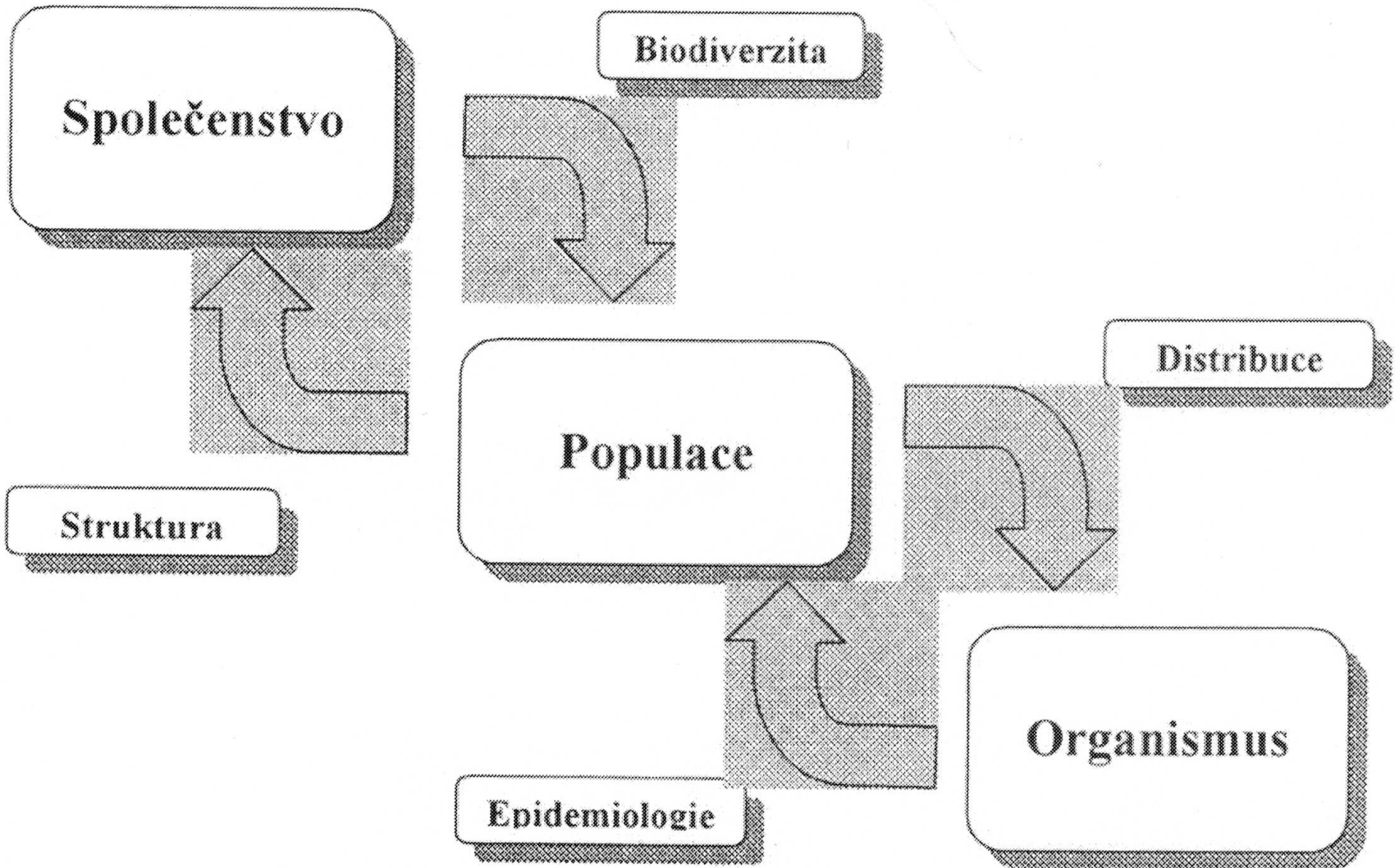
The number of species present in different habitats



# Ekologie – základní definice a pojmy

- Ekologie se zabývá třemi základními stupni biologické organizace/hierarchie:
  - Jednotlivým organismem
  - Populací složenou z jedinců téhož druhu
  - Společenstvem – složeným z většího či menšího počtu populací

# Hierarchické úrovně ekologie



# Hierarchické úrovně ekologie

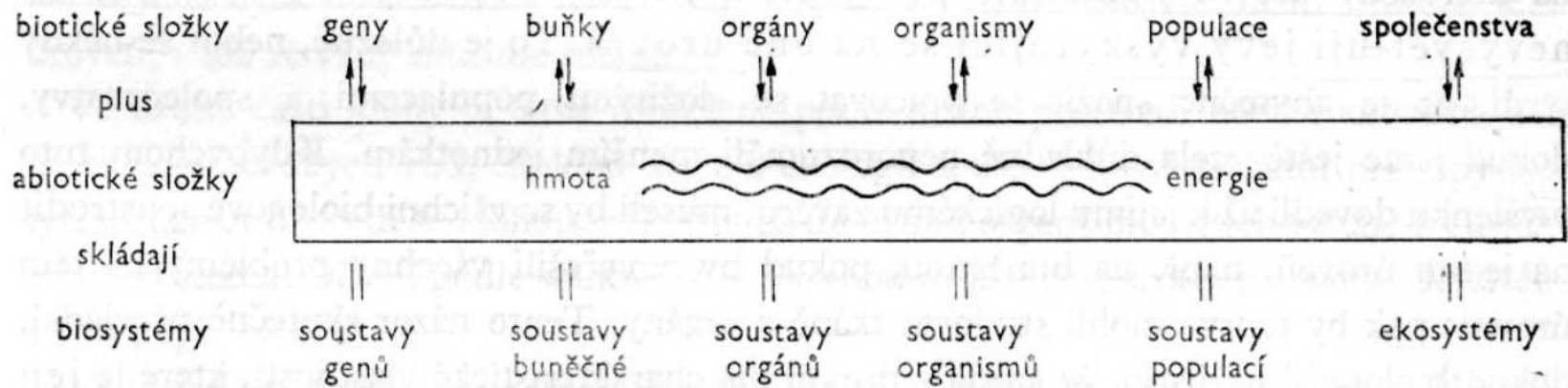
3 základní jednotky:  
organismus, populace, společenstvo

**Autekologie** – individuální organismus ve vztahu k biotickým a abiotickým faktorům prostředí

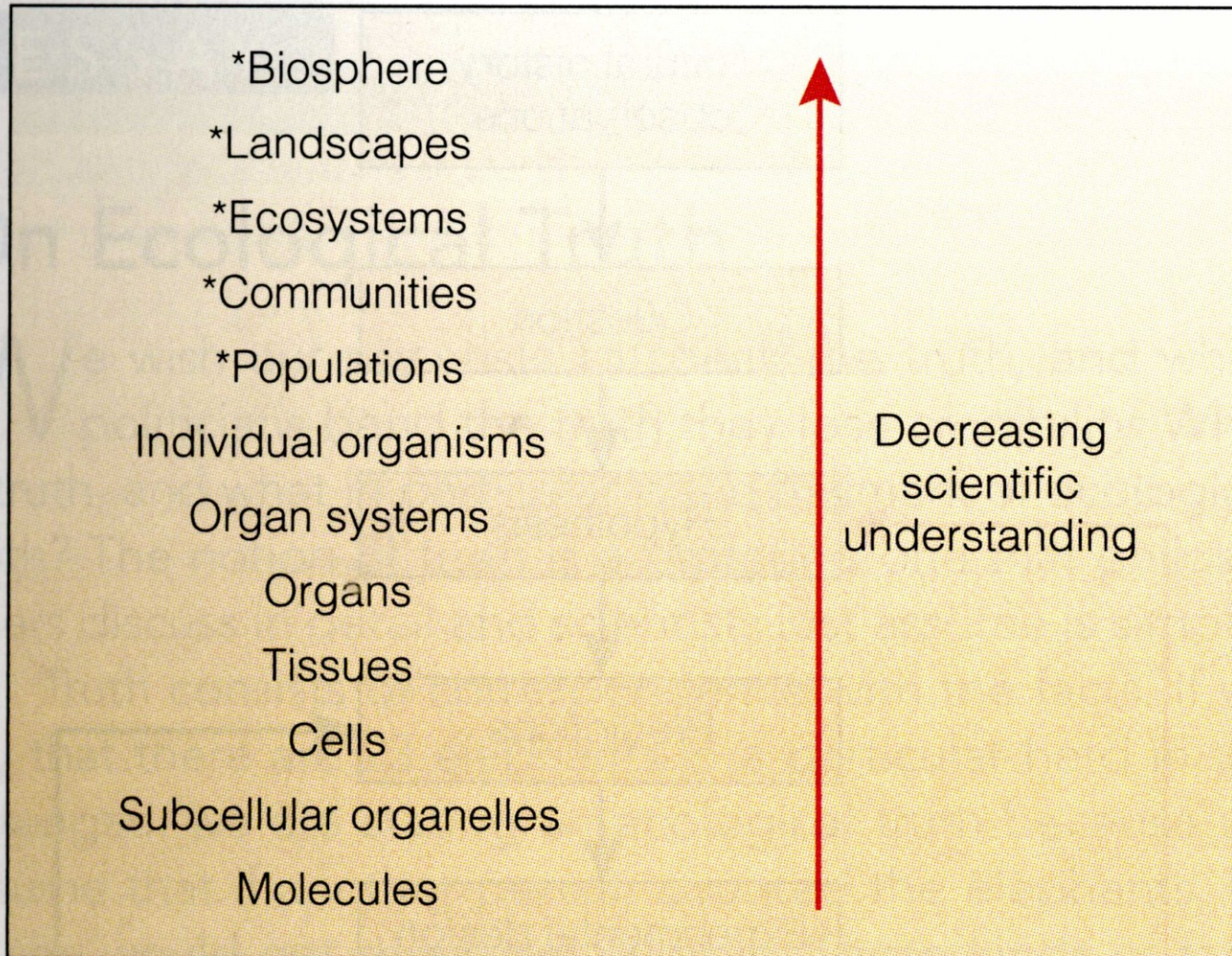
**Demekologie** – jedinci jedné populace ve vztahu k faktorům prostředí

**Synekologie** – skupina organismů ve vztahu k faktorům prostředí

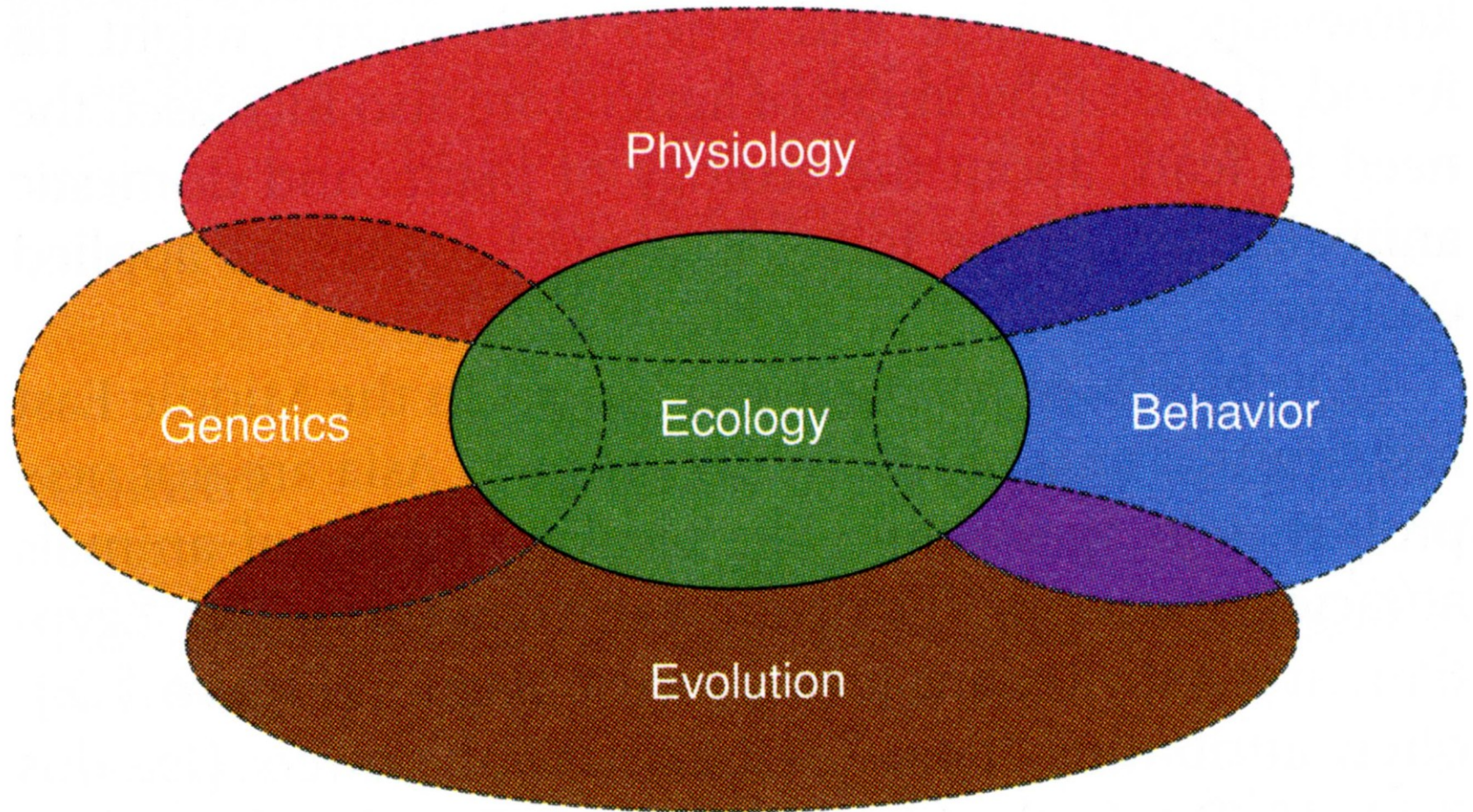
# Biologická hierarchie



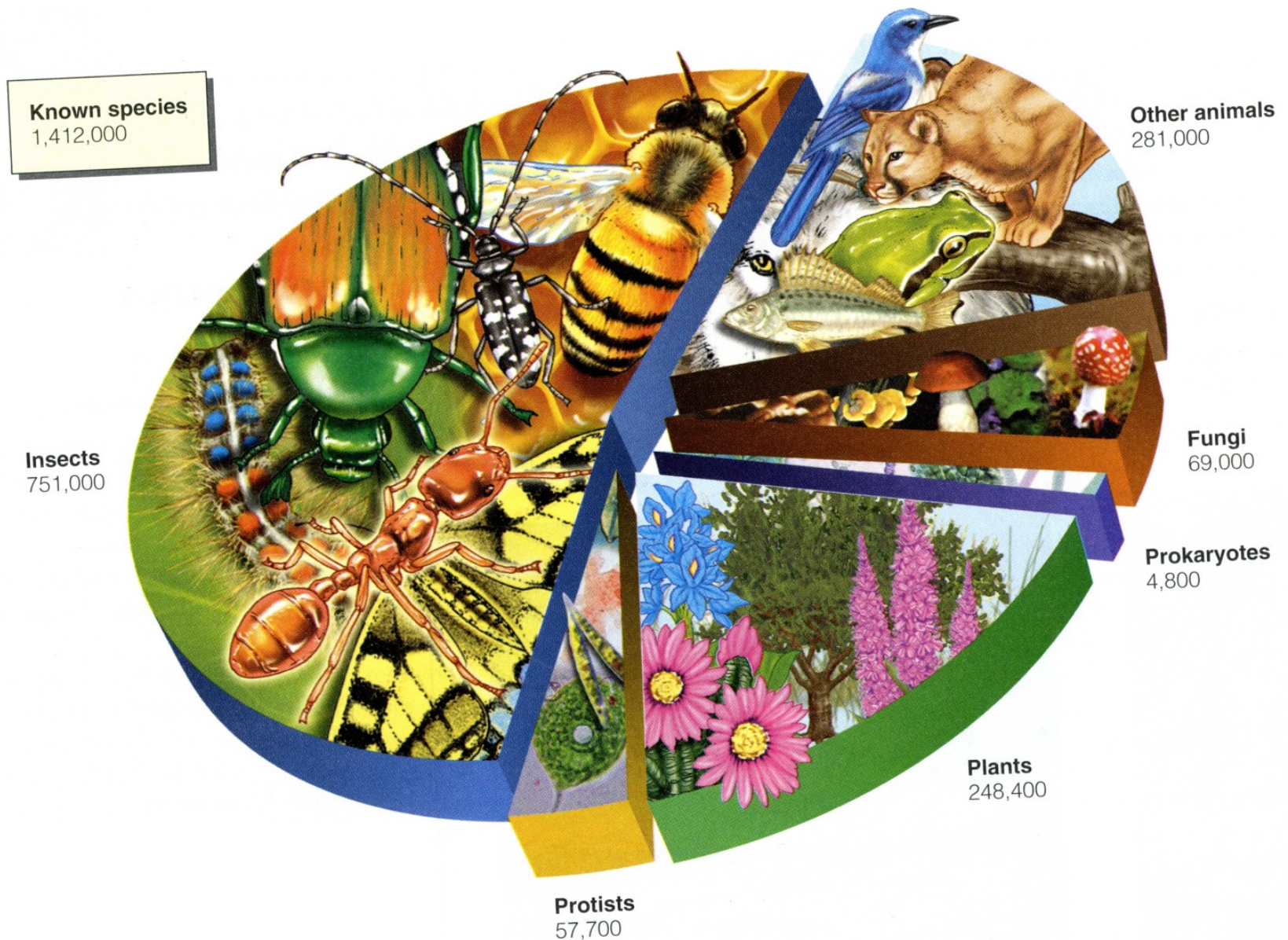
# Úroveň porozumění procesům biologické integrace



# Biologické disciplíny blízce příbuzné ekologii



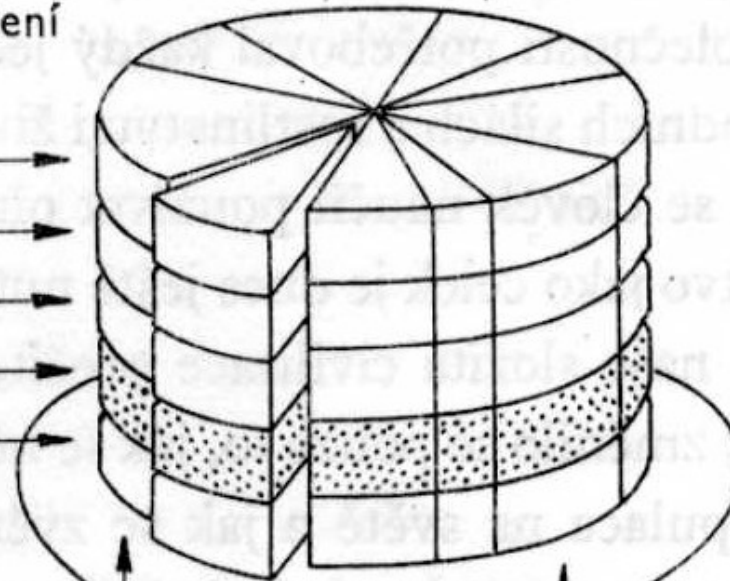
# Předpokládané počty druhů



# Biologický dort – Odum (1977)

„vrstvy“ základního dělení

- molekulární biologie
- vývojová biologie
- genetika
- ekologie
- jiné



„řezy“  
taxonomického dělení

- bakteriologie
- ornitologie
- botanika
- entomologie
- jiné



# Ekologie – hraniční obory

**Deskriptivní ekologie** – procesy spojené s popisem vzájemných vztahů organismů pro každý ekosystém

**Funkční ekologie** – identifikuje a kvantifikuje vztahy, analyzuje obecné problémy společné většině různých prostředí, **JAK SYSTÉM PRACUJE ?**

**Evoluční ekologie** – historické důsledky, proč přírodní výběr favorizoval určité ekologické řešení. **PROČ SYSTÉM PRACUJE ?**

**Behaviorální ekologie** – vztahy spojené s chováním živočichů

**Molekulární ekologie** – aplikace molekulárních metod při řešení ekologických problémů

**Ekologická genetika** – studuje variabilitu genotypů a jejich expresi na úrovni fenotypu

**Matematická ekologie** – teoretická ekologie; kvantitativní ekologie, matematické modelování, ekologická statistika, numerická ekologie

# Metody ekologického výzkumu

Pozorování v přírodě (v terénu)

Experimentální pozorování (v laboratoři)

Matematické modelování

Vzájemné propojení různých přístupů

Porovnávání teorie (**hypotézy**) s realitou (pozorováním)

**Hypotéza** – testovaná empiricky (experimentálně) – hypotézy je nutno definovat předem – pak jejich testování- **experimentální design** – správný sběr dat

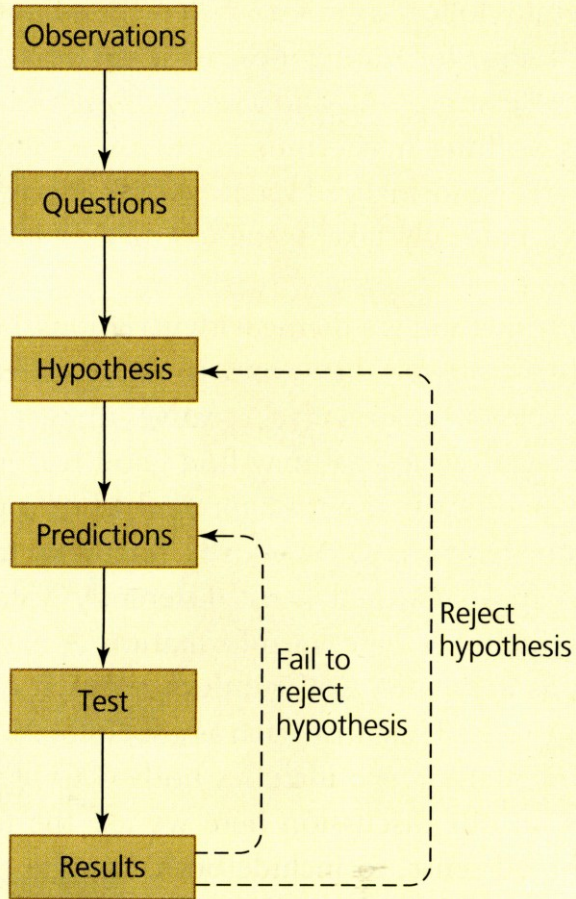
Pozorování by mělo být verifikovatelné

Nutnost kontroly

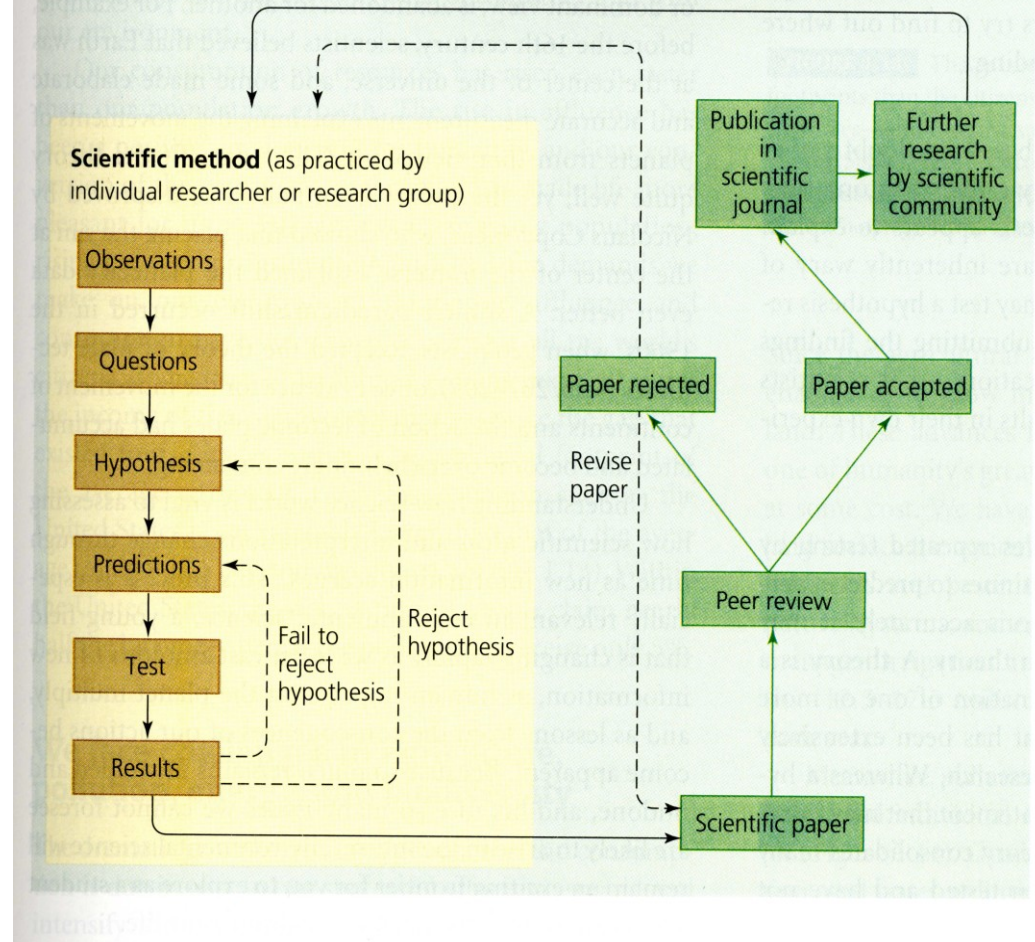
Správná interpretace výsledků – velikost studovaného vzorku - statistika

# Ekologie jako exaktní věda

## Scientific method

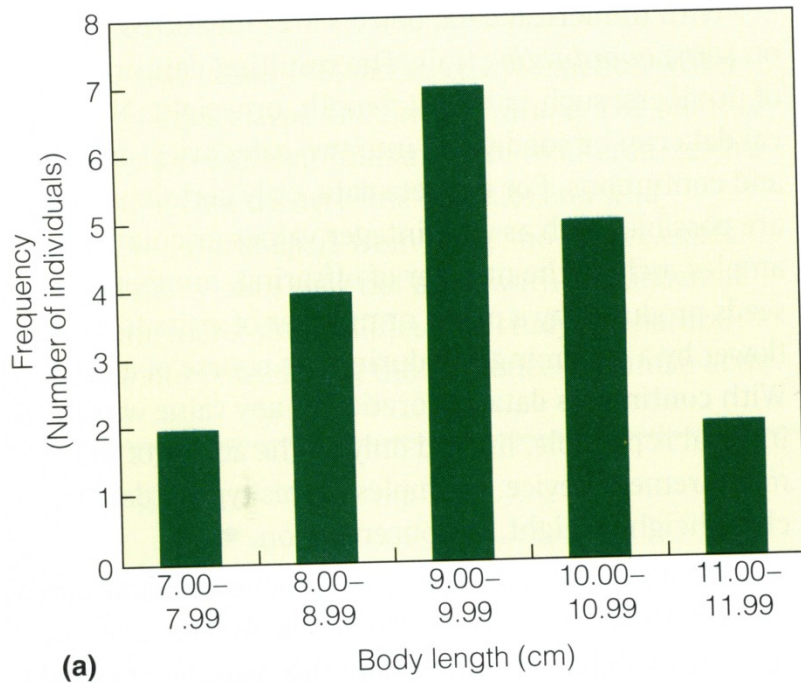


## Scientific process (as practiced by scientific community)

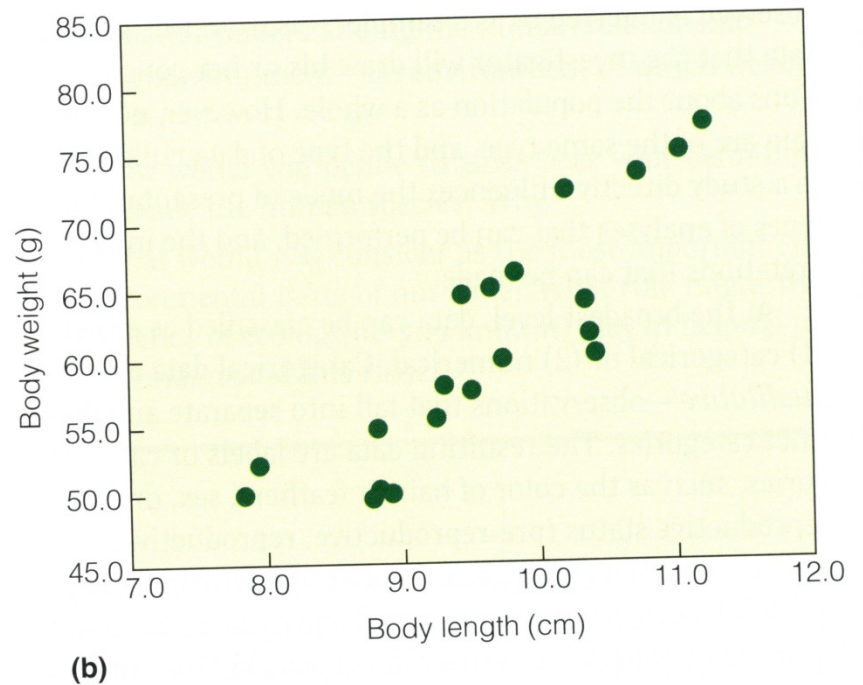


# Prezentace ekologických dat

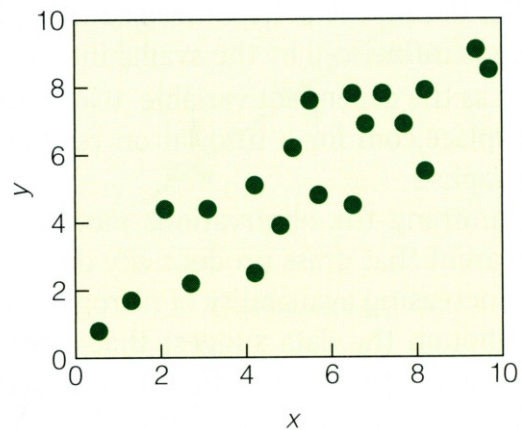
Histogram



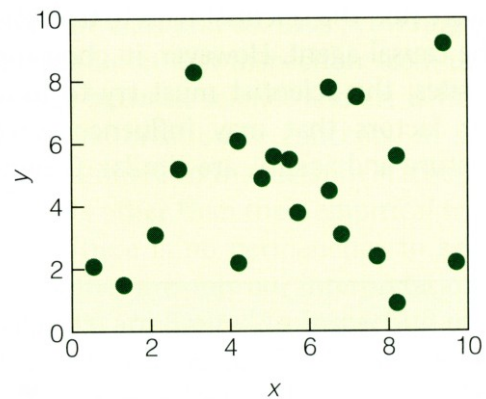
Scatter plot diagram



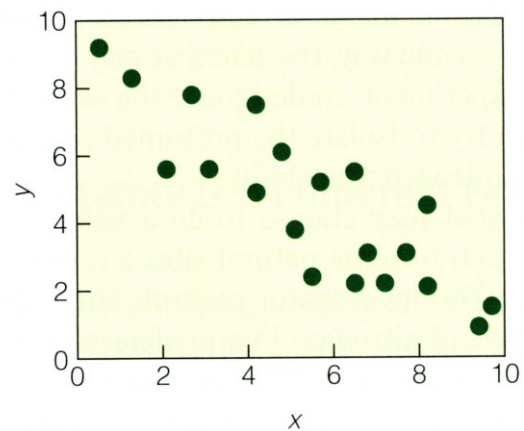
# Základní typy scatter plot grafu



(a)



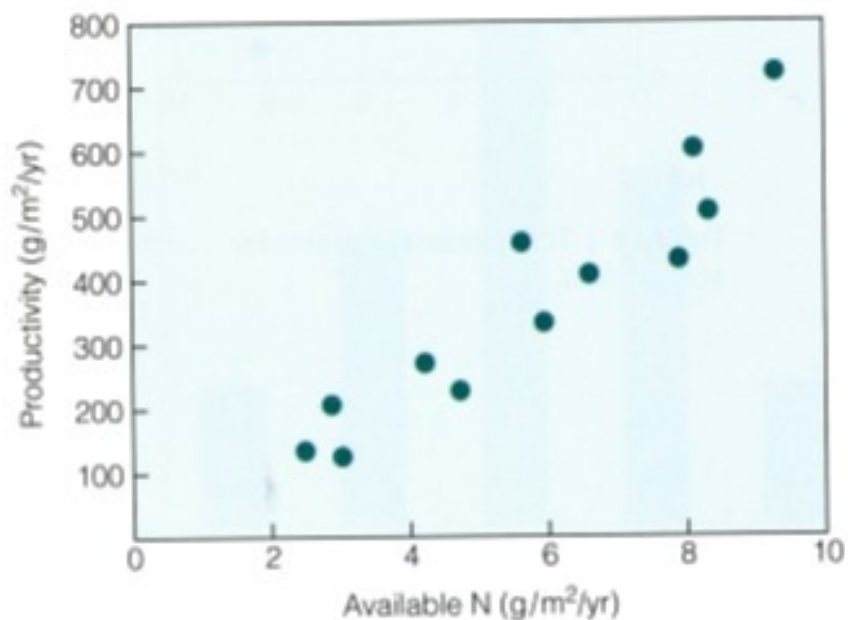
(c)



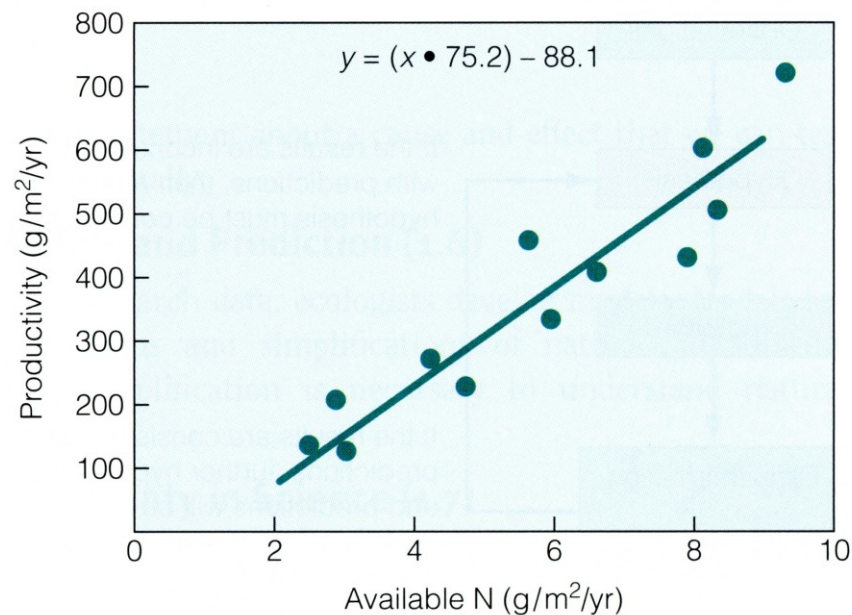
(b)

# Analýza ekologického vztahu

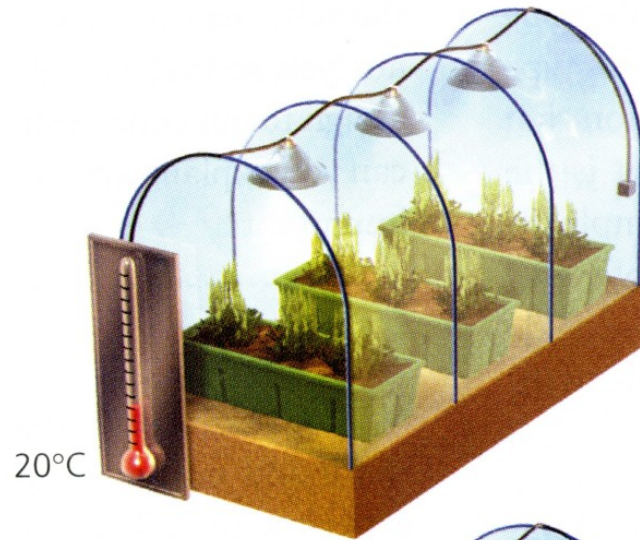
Pozitivní vztah mezi N a produkcí



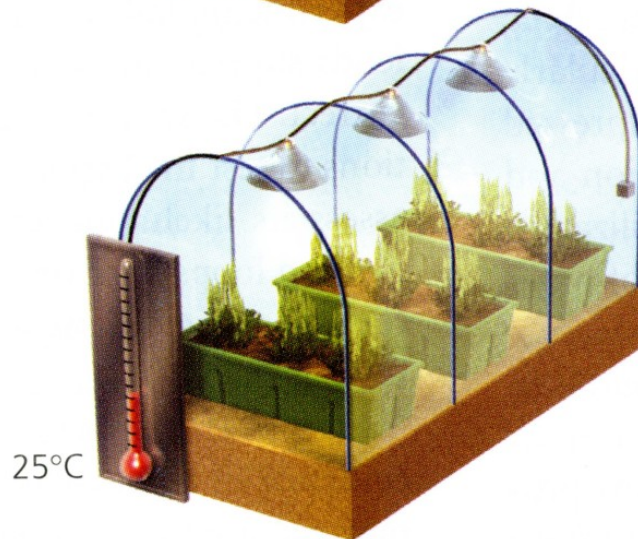
Jednoduchý model lineární regrese



# Ekologie jako experimentální věda

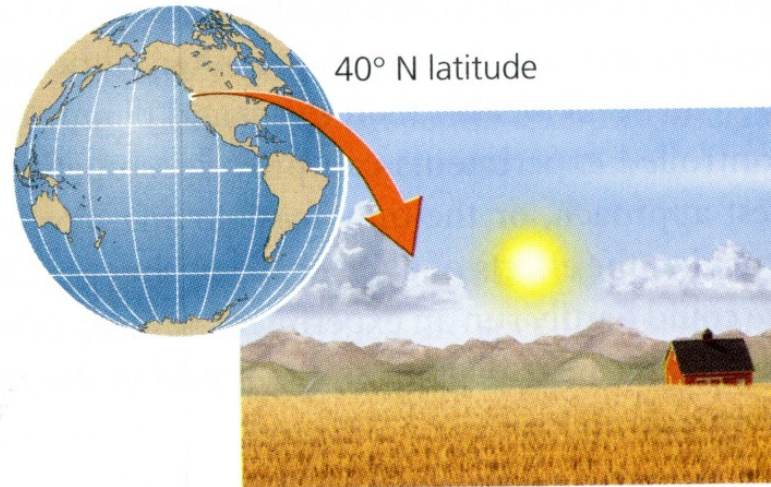


20°C

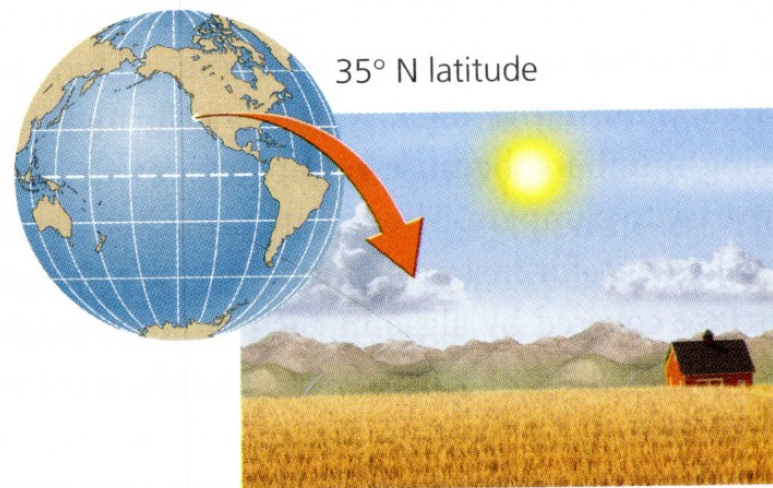


25°C

(a) Manipulative experiment



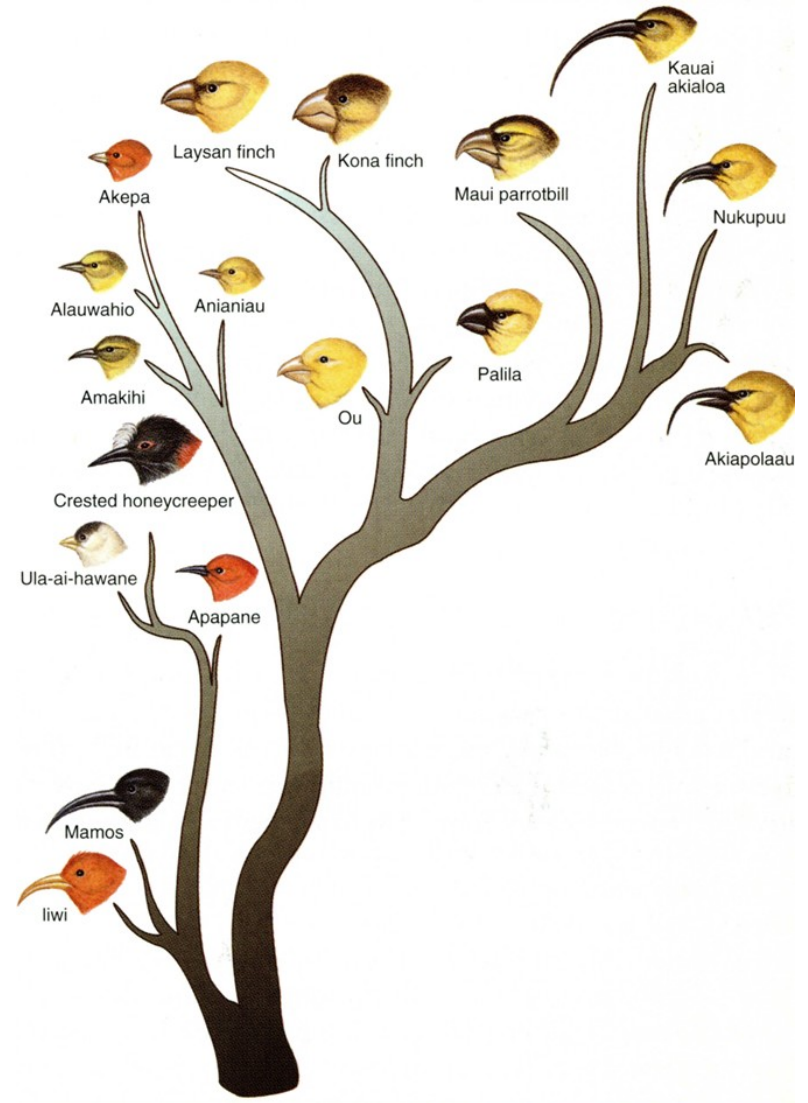
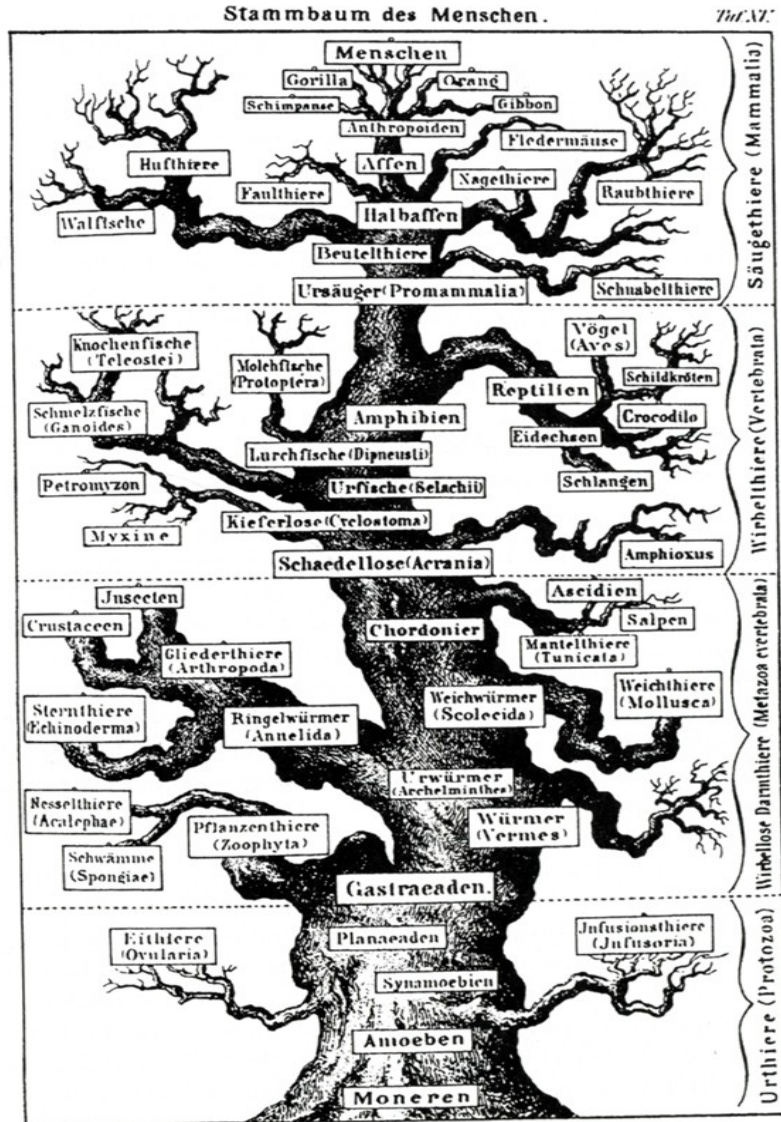
40° N latitude



35° N latitude

(b) Natural experiment, or correlational study

# Ökologie versus Evolution





# Charles Darwin (1809 – 1882)

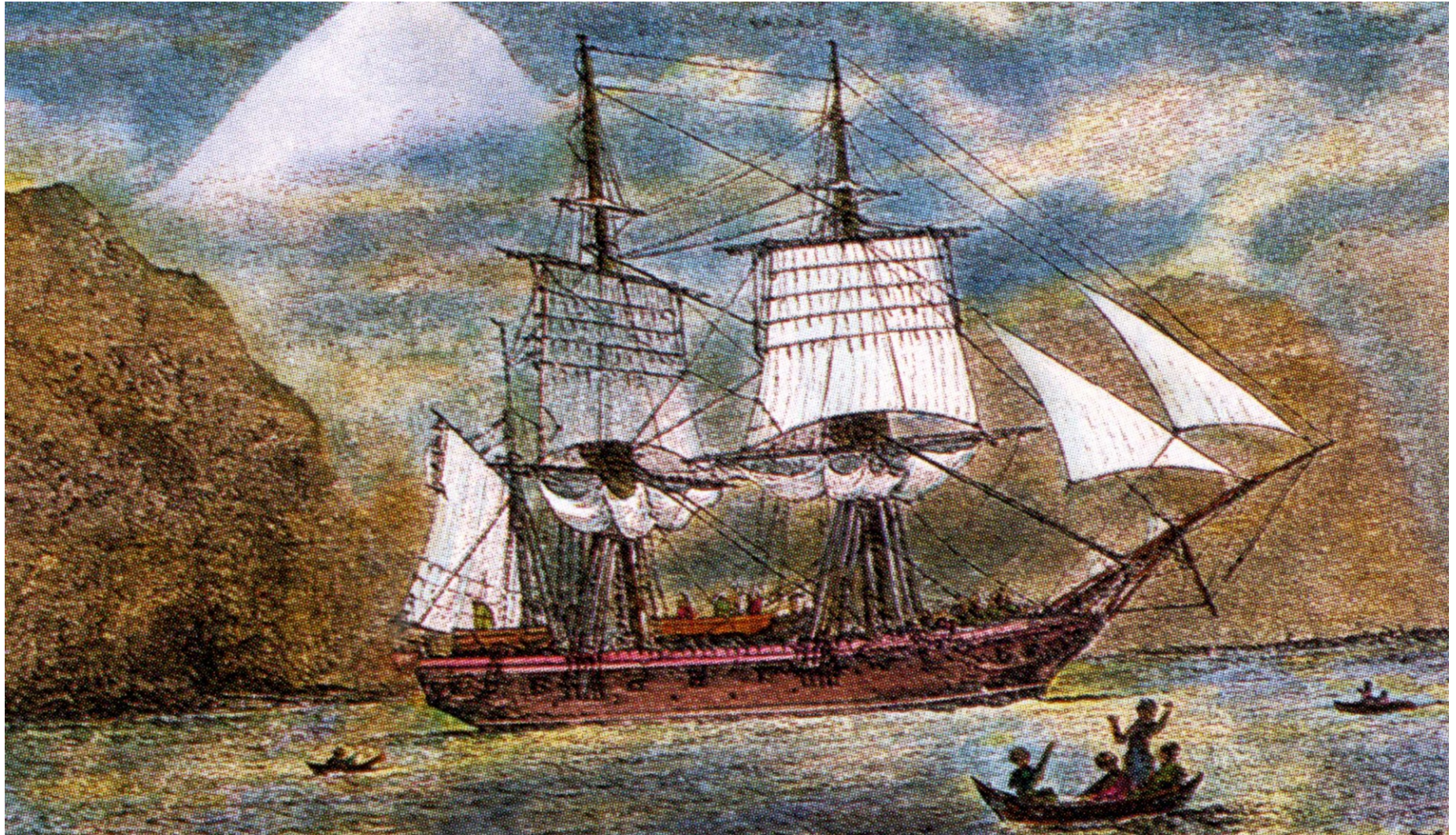
Charles Darwin, 1849



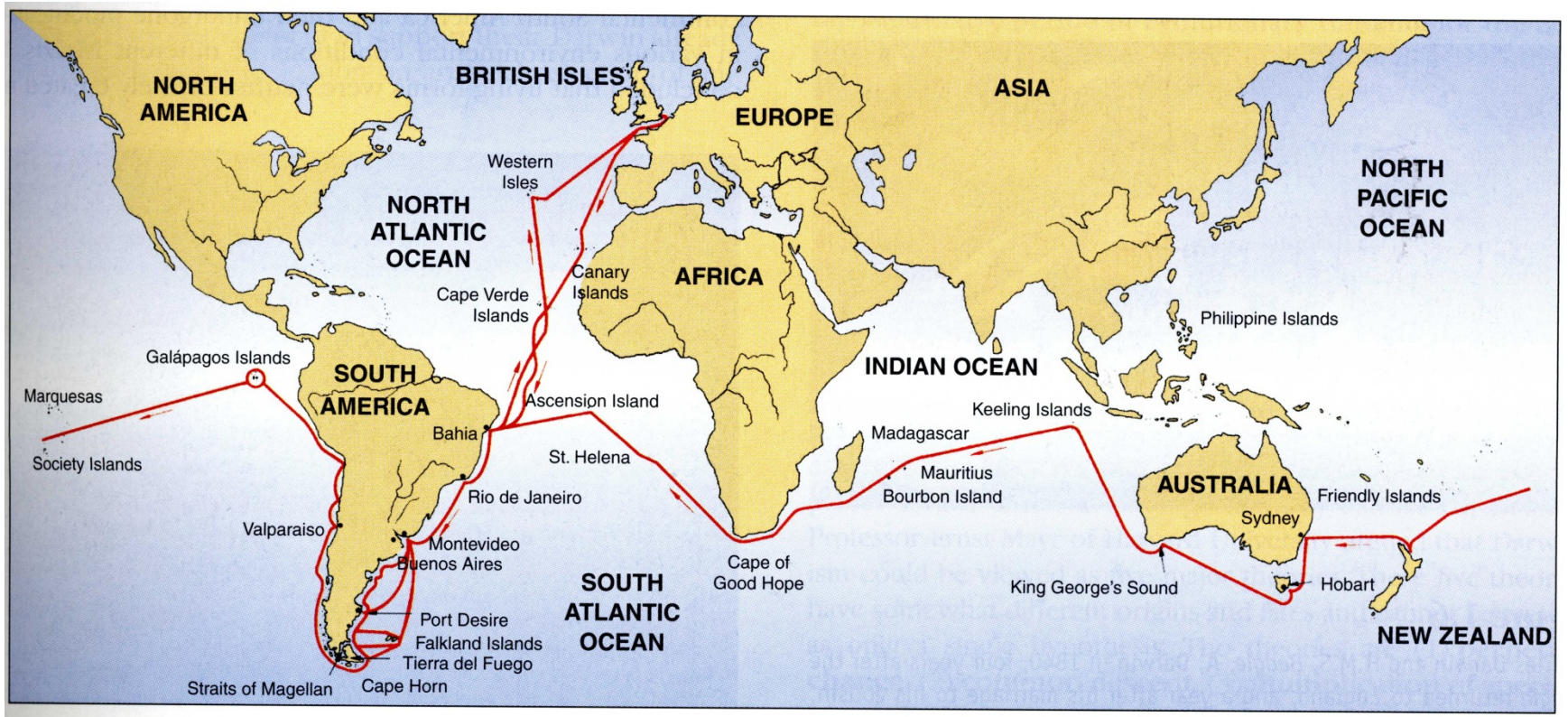
Darwinova pracovna v Down House v Kentu, Anglie



# H.M.S. Beagle



# 5 letá cesta kolem světa lodi H.M.S. Beagle



# Přírodní výběr - Darwinova teorie, 1859

Jedinci, kteří tvoří jednu populaci nejsou stejní (velikost, reakce na teplotu, fyziologie atd. - heterogenita)

Některé z těchto vlastností jsou dědičné, takže favorizované formy se přenášejí do další generace.

Každá populace je schopna vyprodukovat nadmíru potomstva, avšak jedinci se prakticky reprodukují v menší míře než jsou reálně schopni.

Různí jedinci po sobě zanechávají různé množství potomků. Počet potomků, které jedinec po sobě zanechává může záviset na interakcích mezi jeho vlastnostmi a prostředím.

# Přírodní výběr, adaptace k prostředí

**Evoluční změny zahrnují:**

Adaptivní charakteristiky

Změny ve frekvenci individuálních genů,  
které se přenášejí z generace na  
generaci

# Zdatnost - fitness

Nejzdatnější jedinci jsou takoví, kteří v porovnání s jinými zdatnými jedinci zanechávají nejvíc potomstva

Přírodní výběr zvýhodňuje nejzdatnější jedince z právě přítomných a ne z maximálně zdatných tj. nejsou nejdokonalejší

Evoluce optimalizuje fitness organismů

# Vztah mezi organismy a jejich prostředím

Prostředí: abiotické versus biotické

Rozmístění druhů v prostředí:  
nenáhodné, nehomogenní

Jaké jsou příčiny rozmístění druhů ?

Které vlastnosti umožňují druhu žít v daném prostředí a které ho vylučují ?

Rozmanitost druhů:

Co je příčinou druhové rozmanitosti ?

Jak došlo k diverzifikaci druhů ?

# Adaptace k prostředí

Dědičný charakter:

morfologický

fyziologický

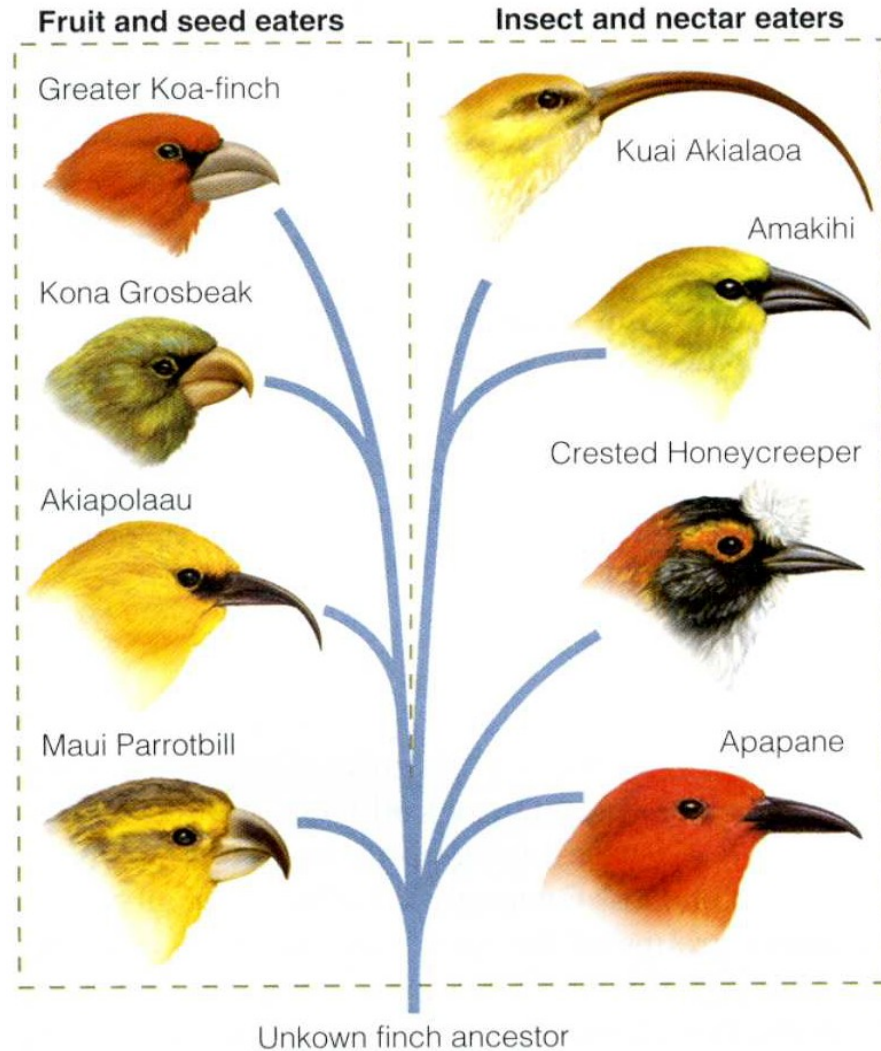
behaviorální

Pomáhá jakýmkoliv způsobem při přežívání a reprodukci !

Je výsledkem přírodního výběru !



# Evoluční divergence ptáků specializovaných na různé ekologické niky



# Specializované potravní niky ptáků

Black skimmer  
seizes small fish  
at water surface



Flamingo  
feeds on  
minute  
organisms  
in mud

Scaup and other  
diving ducks feed on  
mollusks, crustaceans,  
and aquatic vegetation



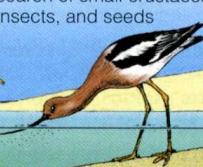
Brown pelican dives for fish,  
which it locates from the air



Avocet sweeps bill through  
mud and surface water in  
search of small crustaceans,  
insects, and seeds



Louisiana heron wades into  
water to seize small fish



Oystercatcher feeds on  
clams, mussels, and  
other shellfish into which  
it pries its narrow beak



Dowitcher probes deeply  
into mud in search of  
snails, marine worms,  
and small crustaceans



Knot (a sandpiper)  
picks up worms and  
small crustaceans left  
by receding tide



Herring gull is a  
tireless scavenger



Ruddy turnstone searches  
under shells and pebbles  
for small invertebrates



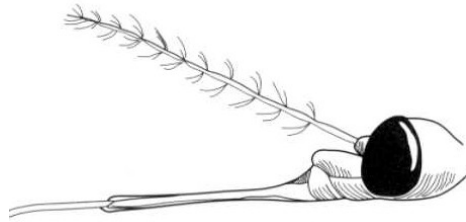
Piping plover feeds  
on insects and tiny  
crustaceans on  
sandy beaches



(Birds shown here are not drawn to scale)

# Adaptace ústního ústrojí živočichů

a) Bodavě savé u komára



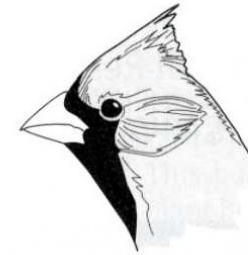
(a)

b) Kousací u sarančete



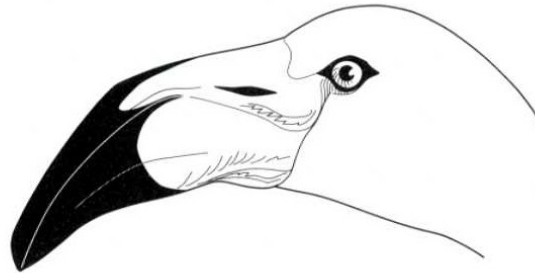
(b)

c) Zobák semenožravého ptáka



(c)

d) Zobák pro filtraci vody



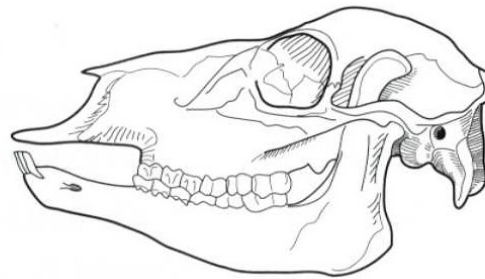
(d)

e) Zobák dravce



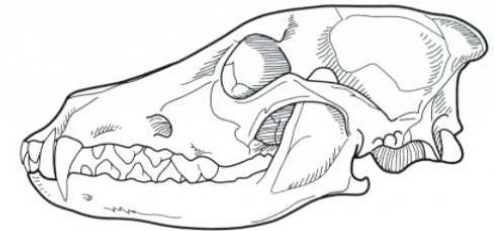
(e)

f) Chrup přežvýkavce



(f)

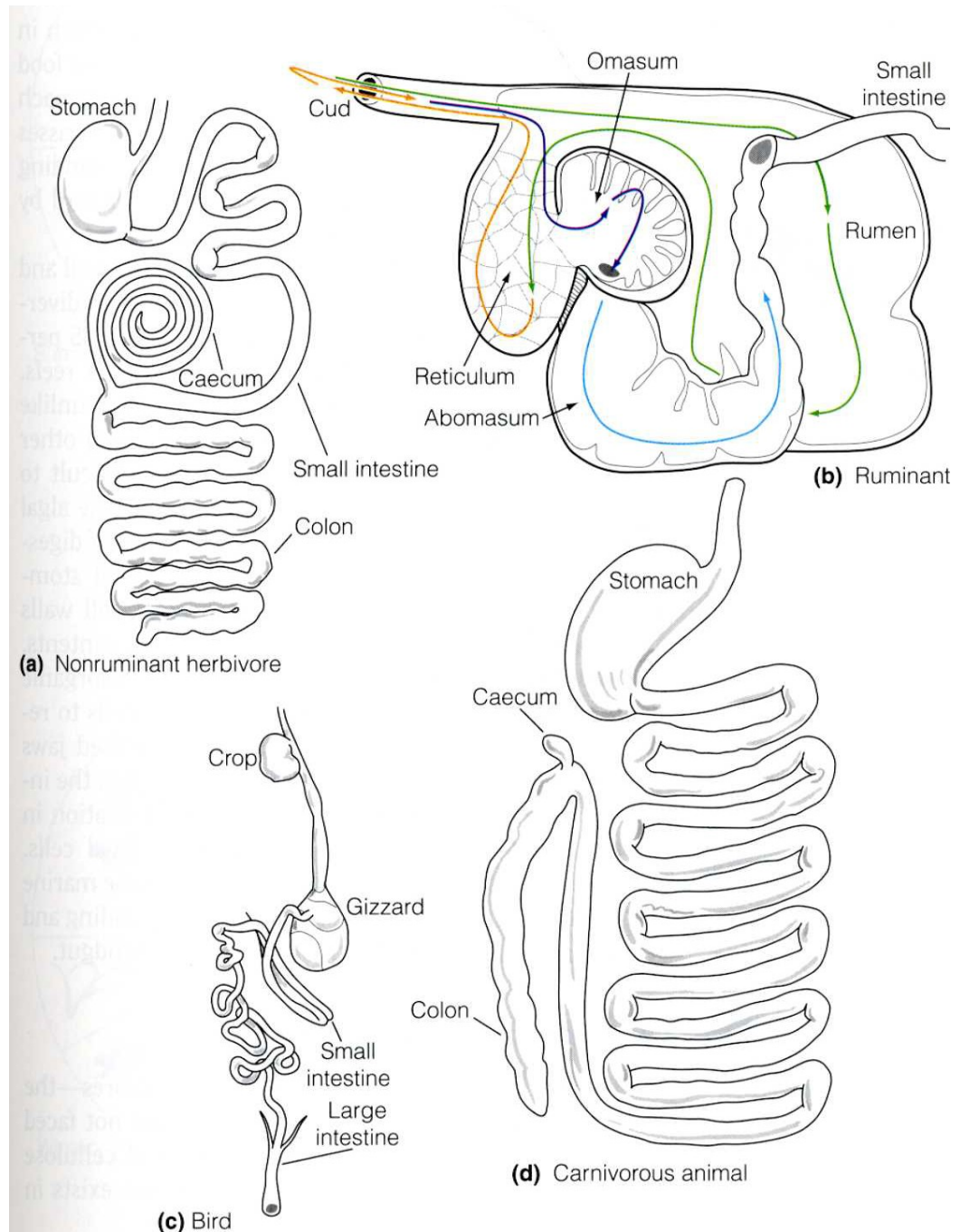
g) Chrup šelmy



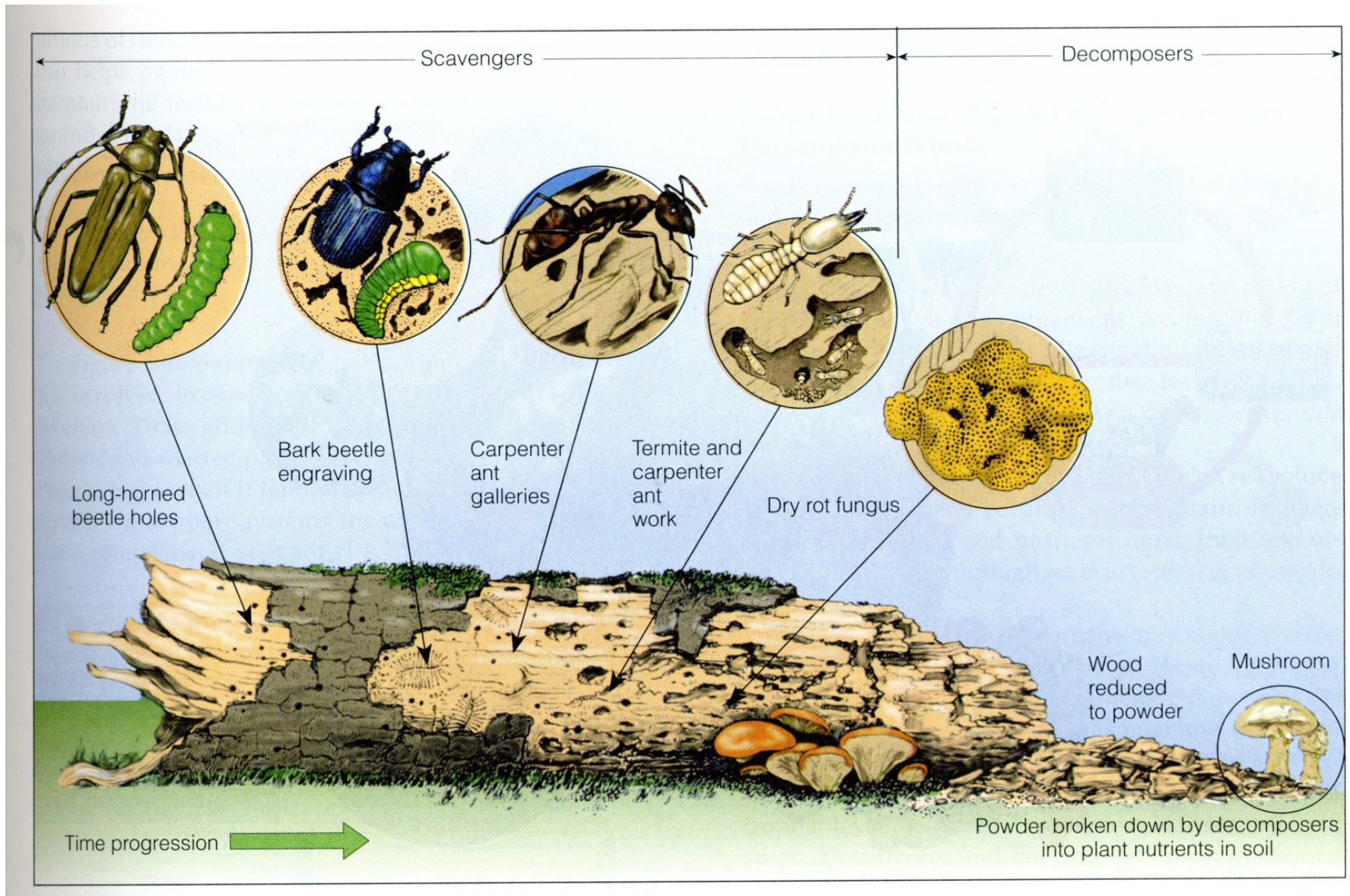
(g)

## Adaptace na úrovni zažívacího traktu obratlovců

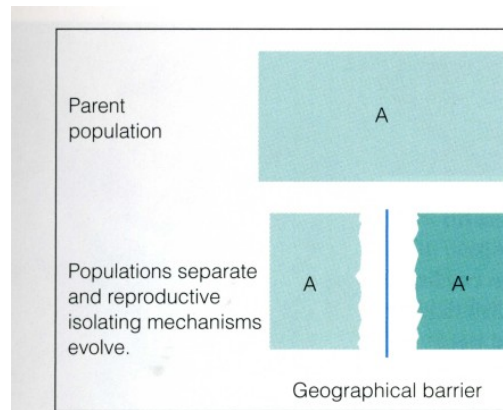
- a) **Nepřežvýkavý herbivor – dlouhé tenké střevo a dobře vyvinuté slepé střevo**
- b) **Přežvýkavec – žaludek se skládá ze čtyř částí (bachor, čepec, kniha, slez)**
- c) **Zažívací trakt ptáka – má vole**
- d) **Masožravý savec – jícen, žaludek, tenké střevo, malé slepé střevo, tlusté střevo**



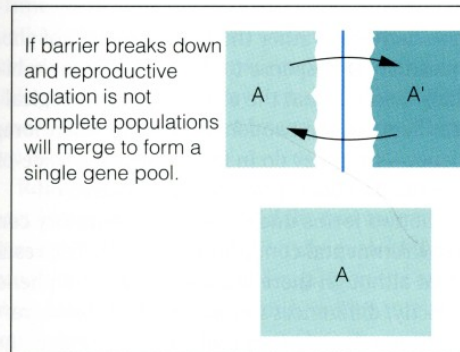
# Specializace organismů a gradient prostředí



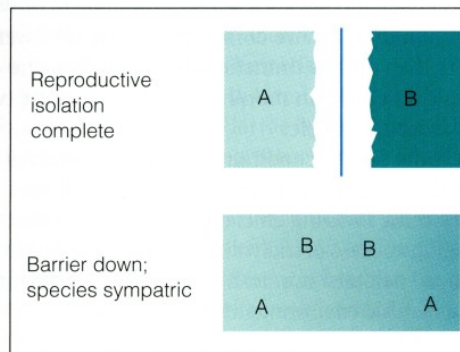
# Allopatrická (geografická) speciace



(a)

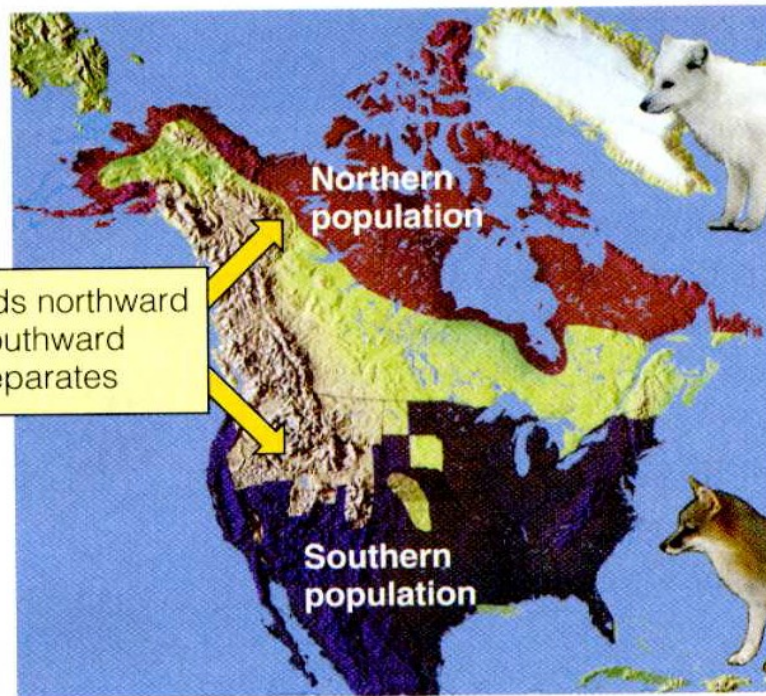


(b)



(c)

# Speciace v důsledku geografické izolace – příklad divergence



**Arctic Fox**

Adapted to cold through heavier fur, short ears, short legs, short nose. White fur matches snow for camouflage.



Different environmental conditions lead to different selective pressures and evolution into two different species.

**Gray Fox**

Adapted to heat through lightweight fur and long ears, legs, and nose, which give off more heat.



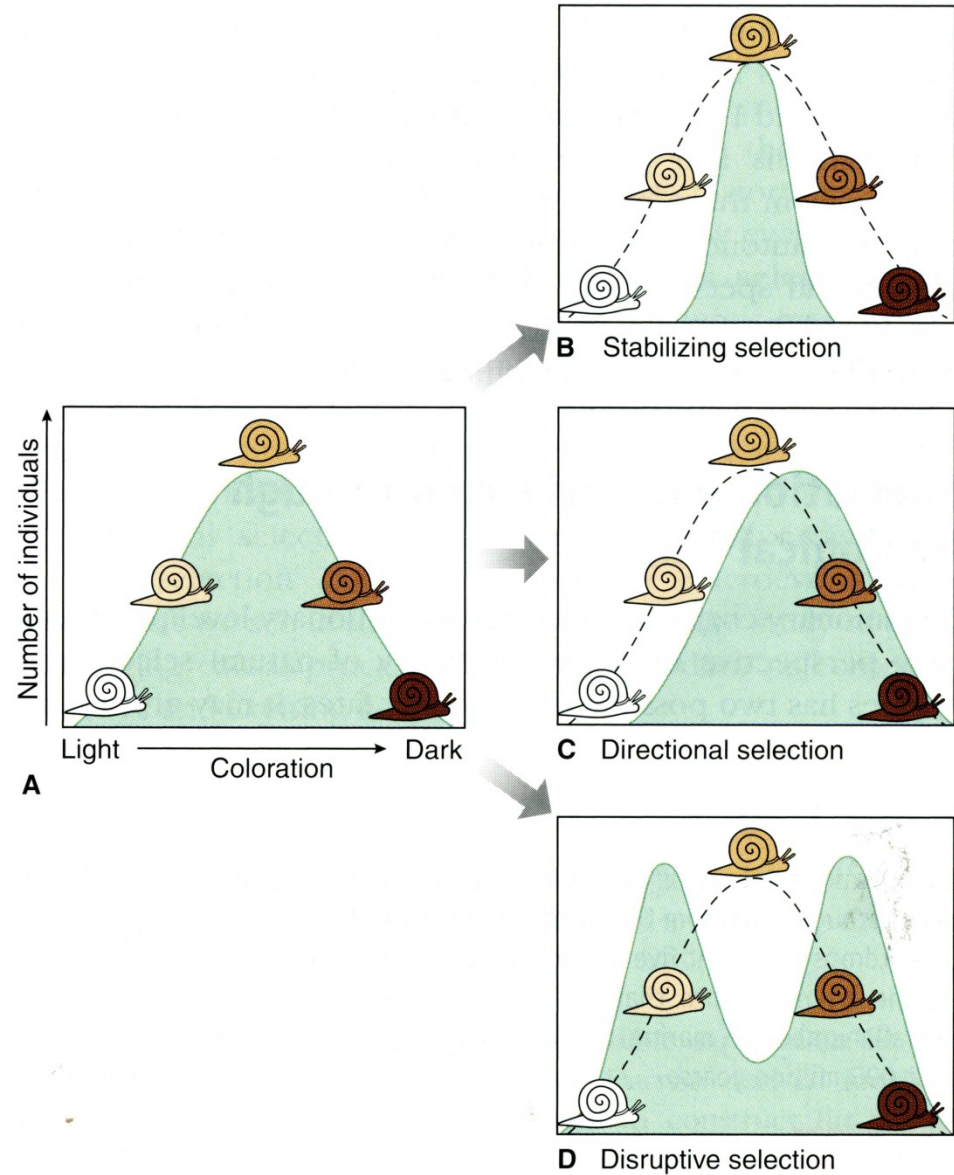
Divergence *versus* konvergenz



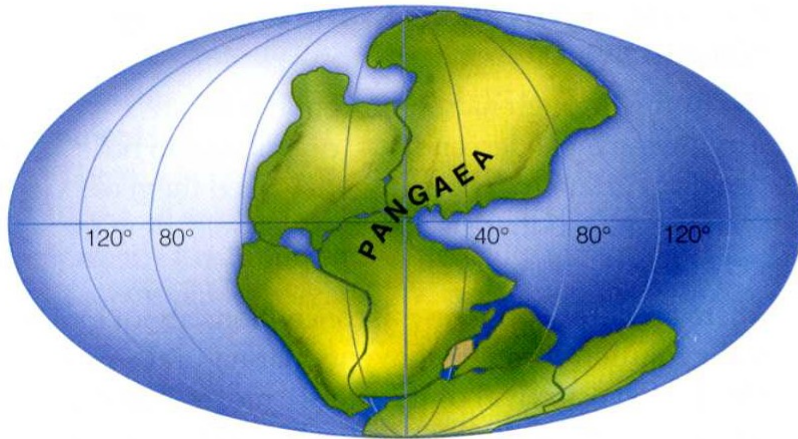
# DIVERGENCE

## Selekce na příkladu zbarvení plžů

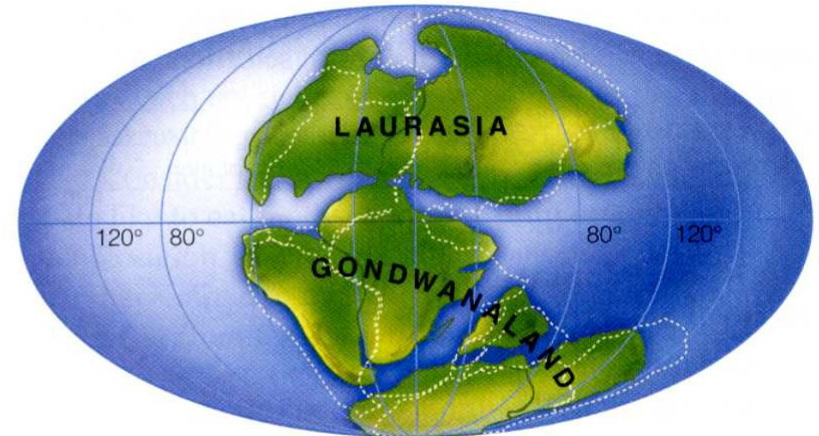
- a) Frekvence distribuce zbarvení před selekčním tlakem
- b) Stabilizující efekt eliminuje světlé a tmavé varianty
- c) Směrová selekce vede k posunu průměru jedním směrem
- d) Disruptivní selekce eliminuje „průměrné“ varianty fenotypu a může vést až ke vzniku dvou druhů



# Geologické procesy a biologická evoluce



225 million years ago



135 million years ago



65 million years ago



Present

# Rekonstrukce dělení starého superkontinentu Gondwany

Historické vlivy:

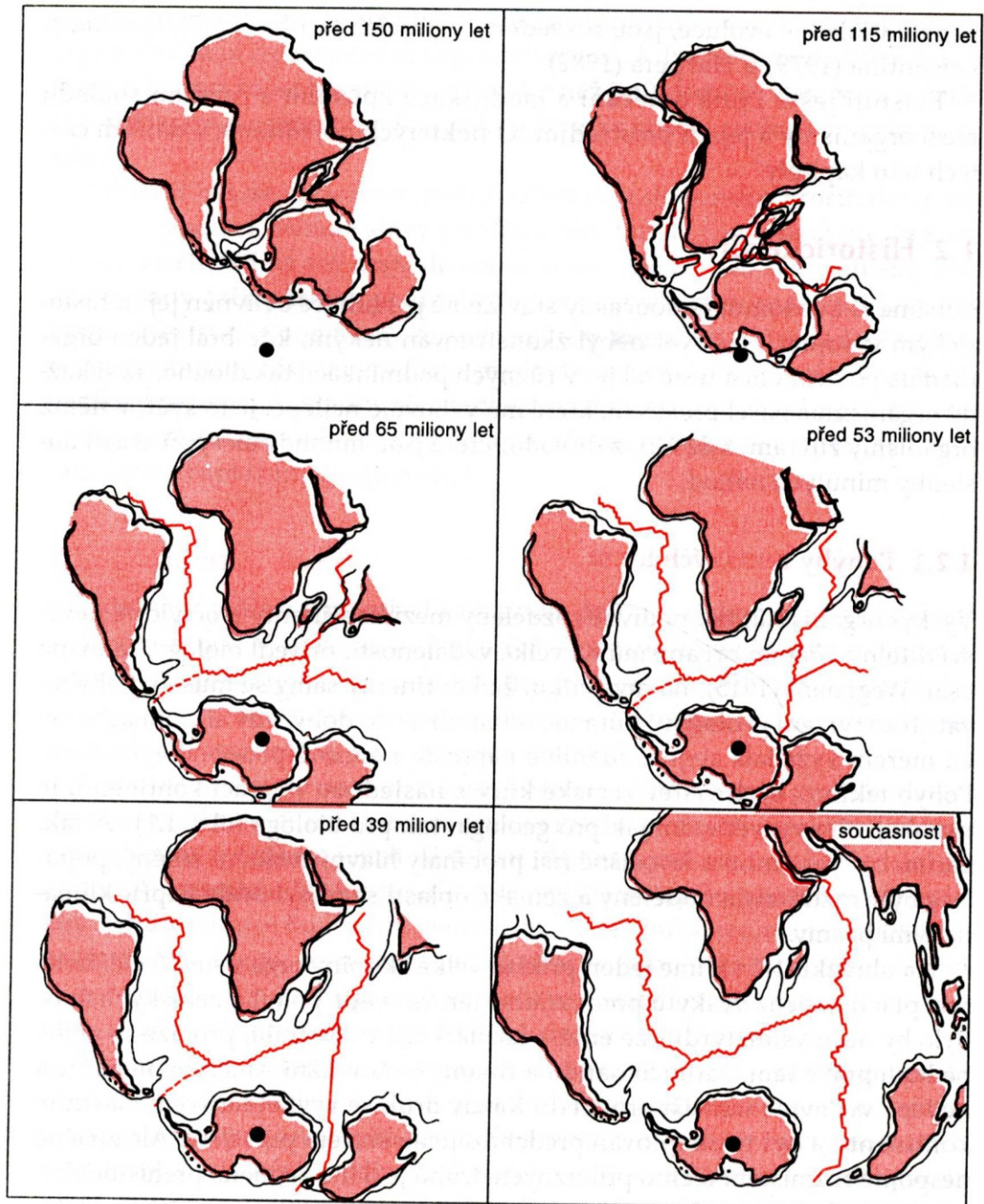
Pohyby zemských hmot – výskyt  
organismů byl během evoluce  
ovlivněn

pohybem kontinentů – Wegener  
(1915) – **kontinentální drift**.

Během tohoto pohybu – výrazné  
klimatické změny.

Zásadní vliv na rozšíření  
organismů na povrchu země.

- poloha jižního pólu



# Evoluce velkých nelétavých ptáků a kontinentální drift

Míra příbuznosti zjišťována metodou hybridizace DNA

První divergencí je odlišení tinamy

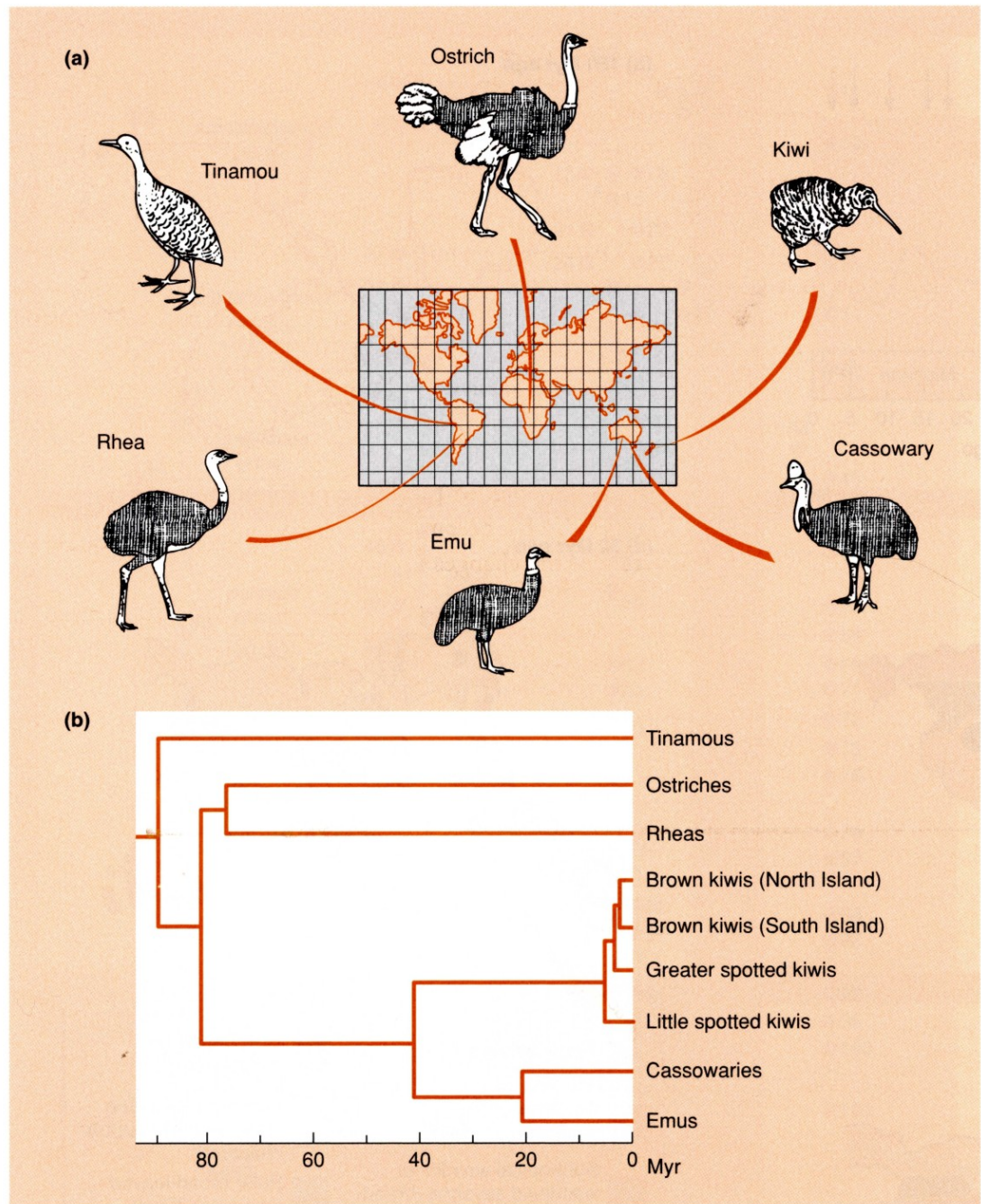
Následující divergence odpovídají rozpadu Gondwany a následnému kontinentálnímu driftu

Průrva mezi Austrálií a ostatními jižními kontinenty

Vstup Atlantiku mezi Afriku a Jižní Ameriku

Záliv Tasmánského moře (80MIL)

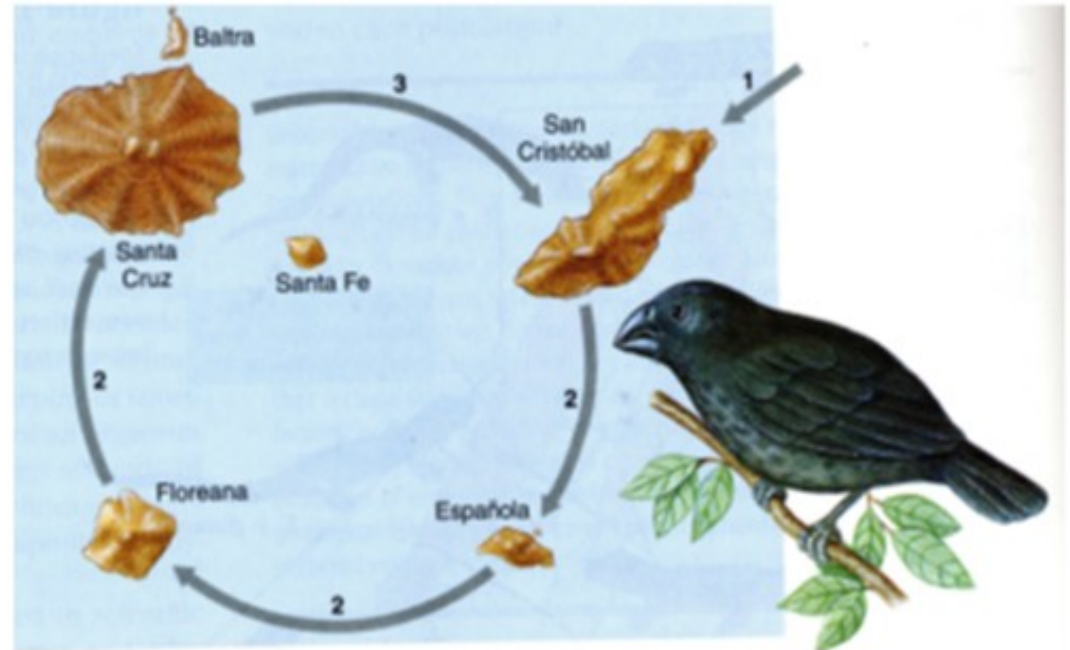
Předchůdci Kiwi se dostali na Nový Zéland (40MIL)



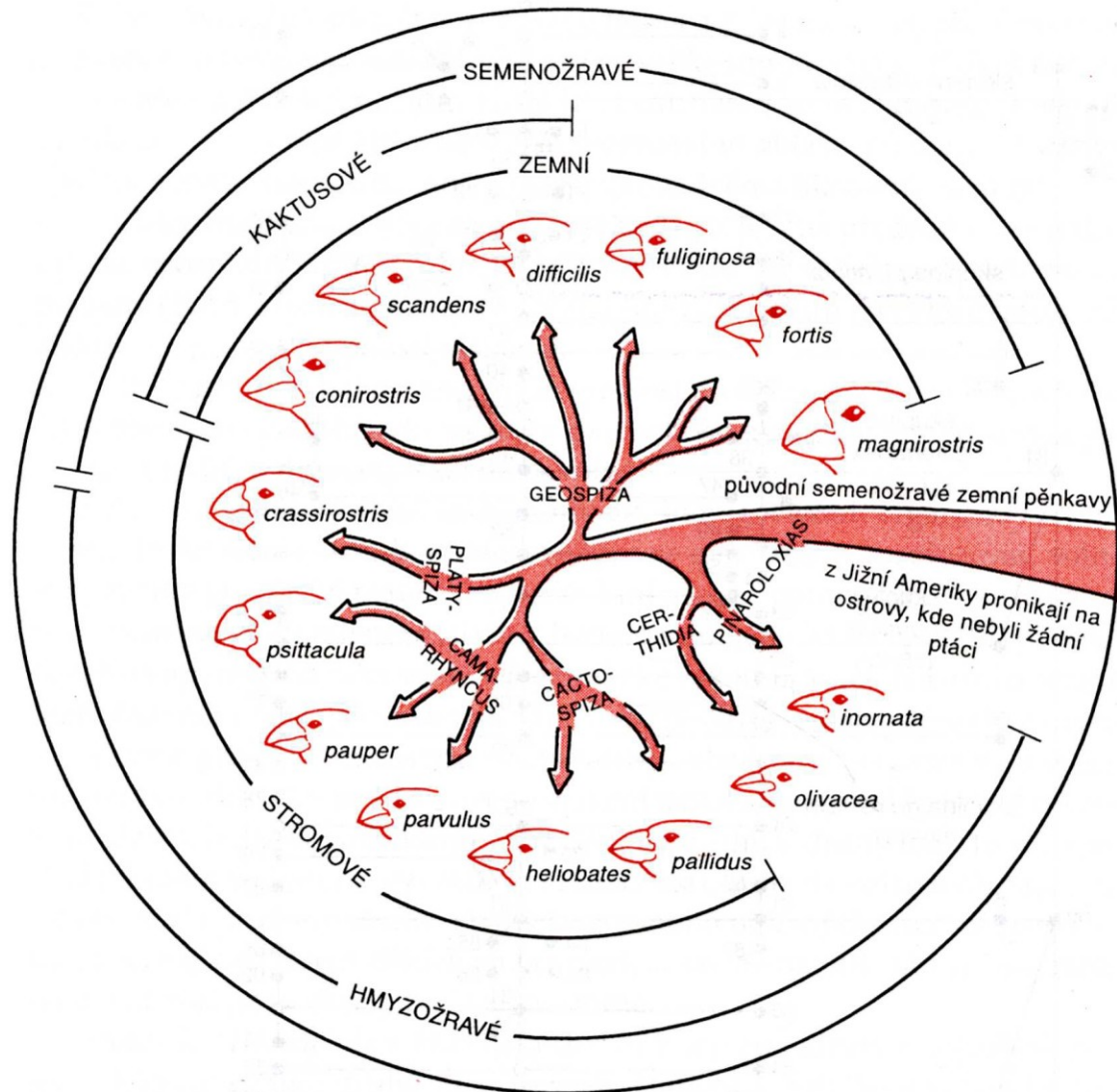
# Model evoluce 13 druhů darwinových pěnkav na ostrovech Galapágy

Kolonizace proběhla ve třech krocích:

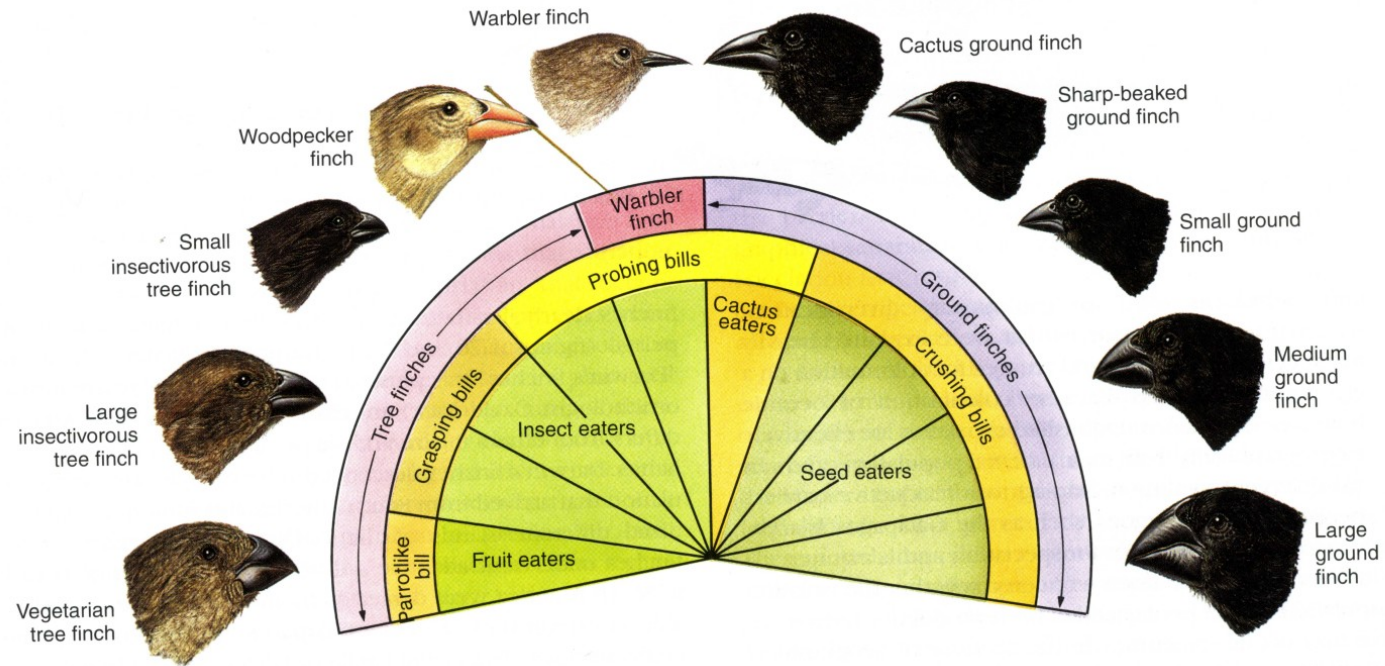
- 1) Druh imigrující z Jižní Ameriky dosáhl Galapágy a kolonizoval ostrov San Cristobal
- 2) Po stabilizaci populace se tento druh šířil na další ostrovy a adaptoval se na nové podmínky a změnil se geneticky
- 3) Po dostatečné době izolace se původní populace dostaly do kontaktu již jako nové druhy , které se vzájemně nekříží



# Darwinovy pěnkavy na Galapágách



# Adaptivní radiace 10 druhů darwinových pěnkav



A



B

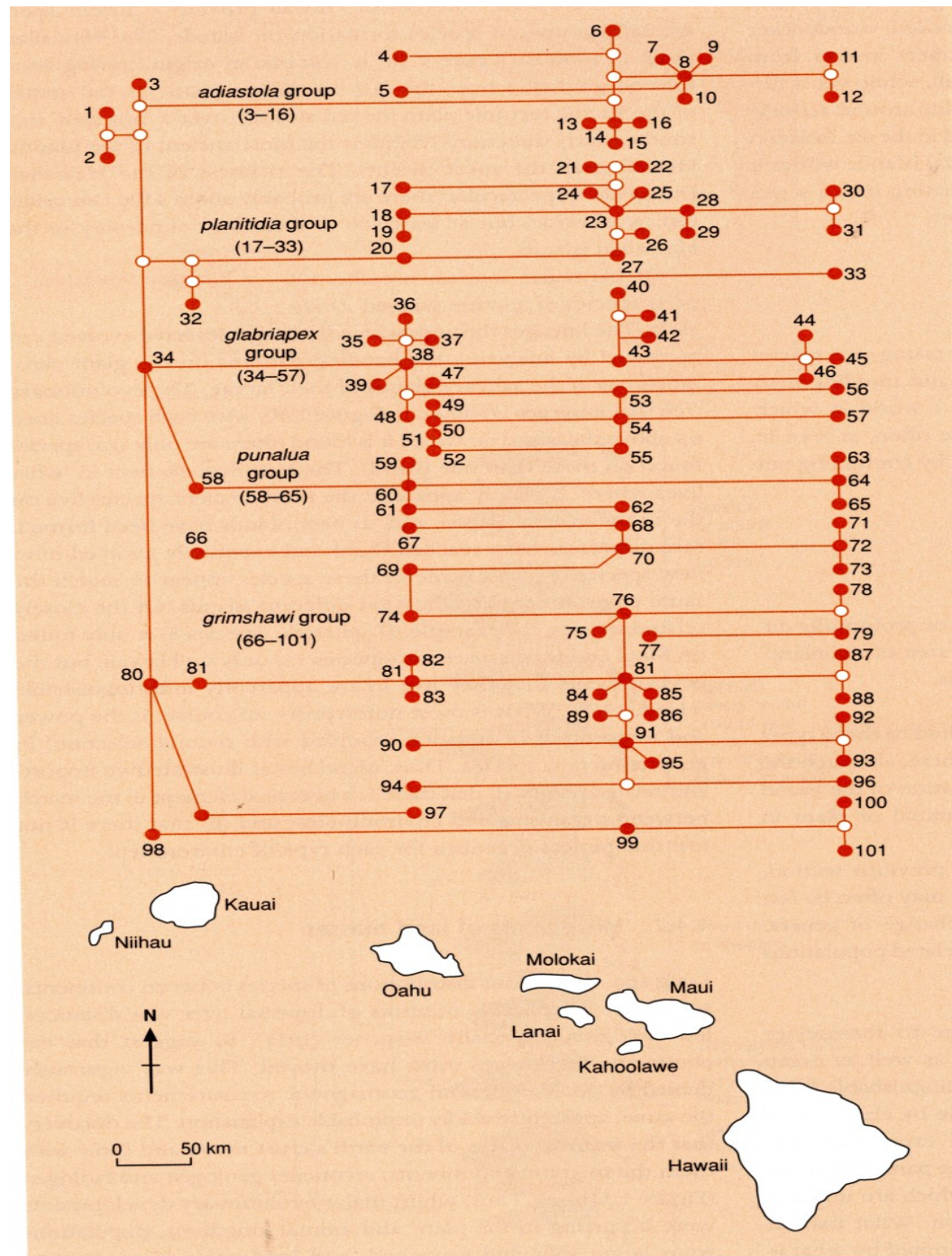
# Evoluční strom havajských druhů rodu *Drosophila*

Nejstarší druhy – *D. primaeva* (1) a *D. attigua* (2) jsou pouze na ostrově Kauai

Další druhy jsou umístěny nad ostrovy

Na Niihau a Kahoolawe se žádná *Drosophila* nevyskytuje

První kolonizátoři dosáhli Havajské ostrovy zřejmě před 40 MIL



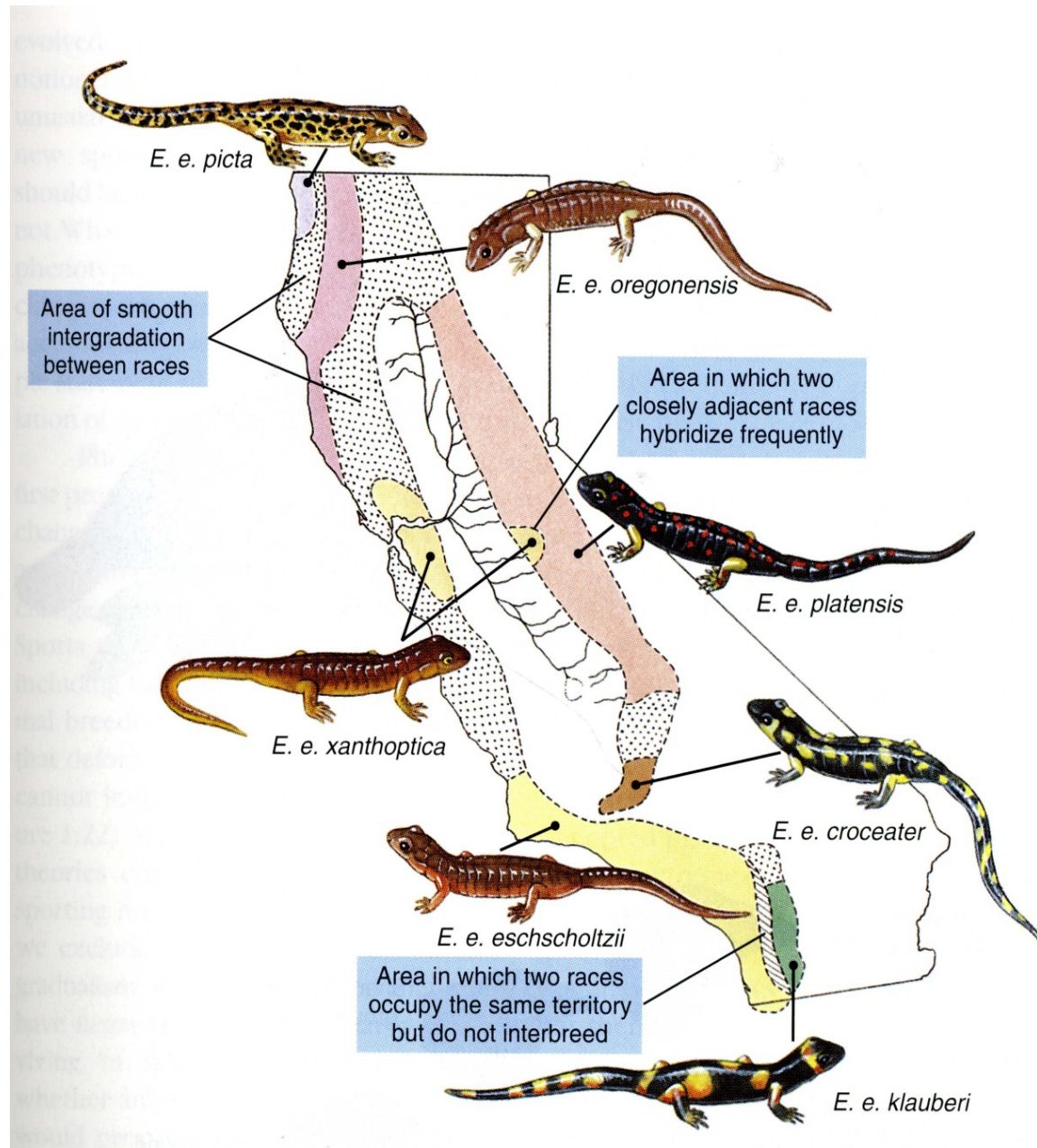


## Proces allopatrické speciace: geografické barevné variace mloků rodu *Ensatina*

Populace mloků rodu *Ensatina* z  
geografické oblasti Central Valley v  
Kalifornii

Rozrůzněné populace původního  
druhu *E. e. eschscholtzii* žijící v oblasti  
jsou izolovány geografickou bariérou

Druhy *E. e. eschscholtzii* a *E. e. klauberi*  
lze již považovat za samostatné druhy,  
které se nekříží



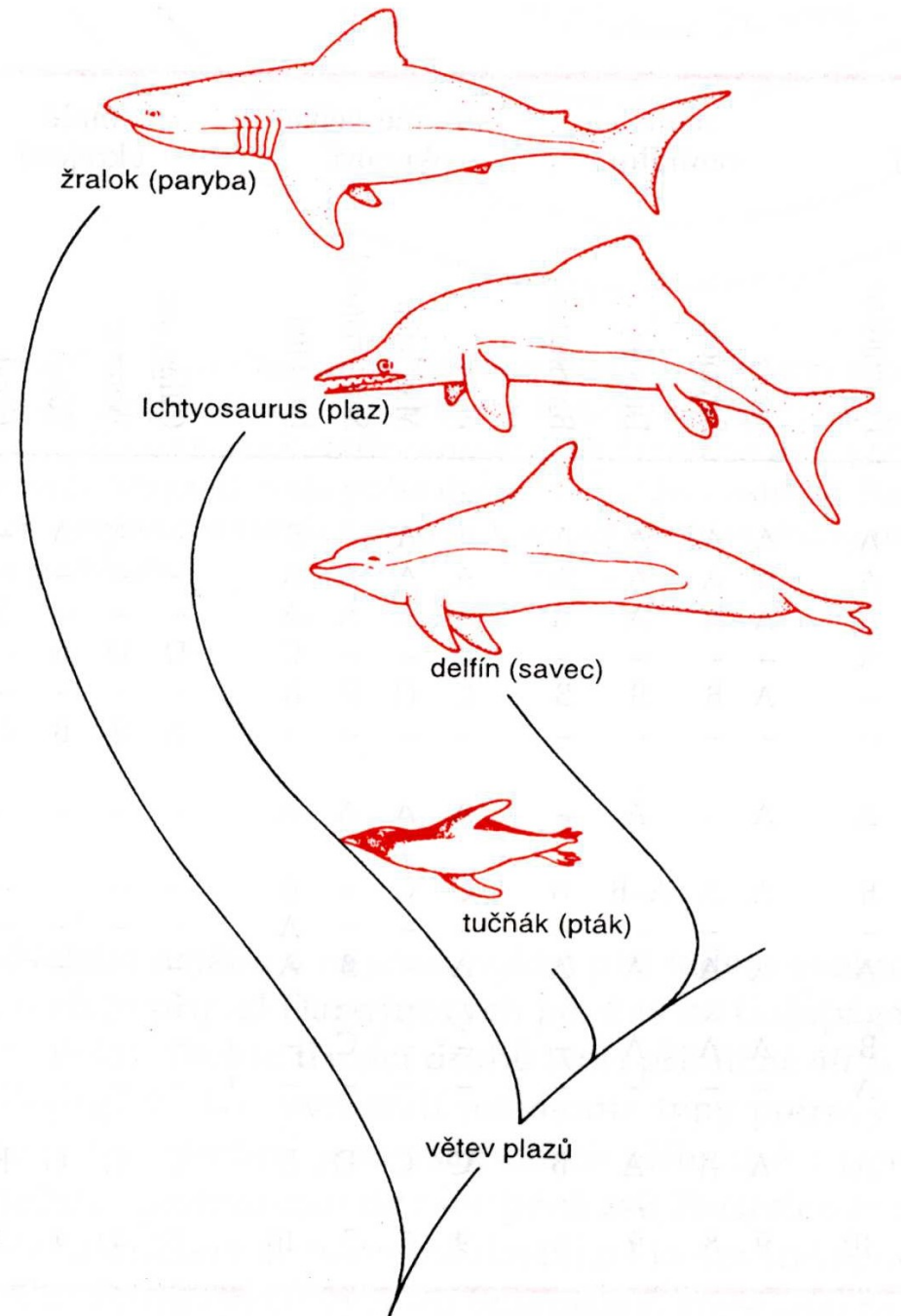
# KONVERGENCE

## Příklad konvergentního vývoje tvaru těla u velkých mořských masožravců

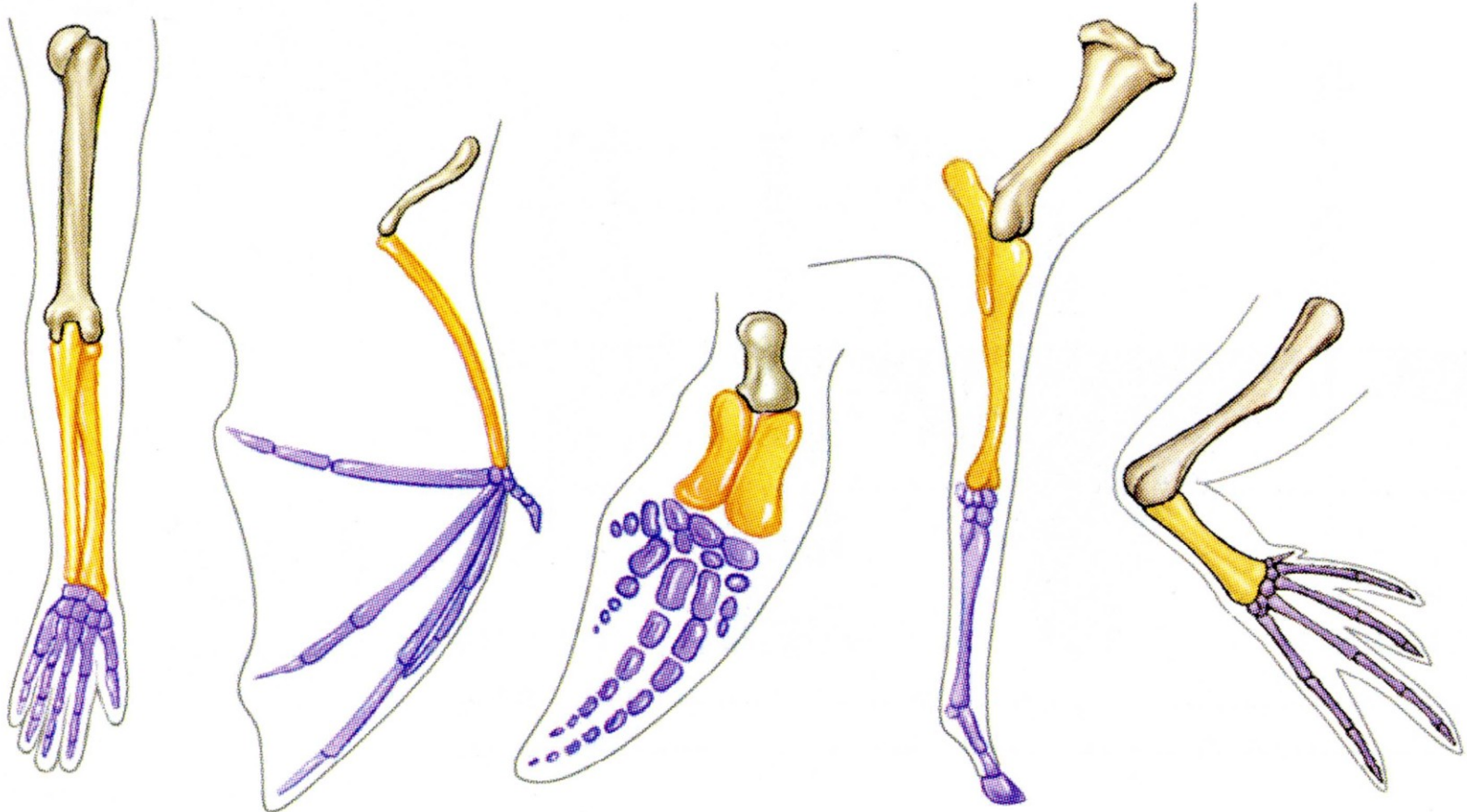
Shodu mezi povahou organismů a jejich prostředím můžeme vnímat jako podobnost tvaru a chování organismů, které žijí v podobném prostředí, ale patří k rozdílným evolučním liniím.

Struktury zcela odlišného evolučního původu zde plní obdobné role – jsou tedy **analogické**, na rozdíl od struktur **homologických**, kdy dochází ke vzniku odpovídajících struktur ze společného předka.

Hovoříme tedy o **konvergentní evoluci**.



# Příklad homologního vývoje předních končetin



Human

Bat

Porpoise

Horse

Frog

# Konvergence a paralely

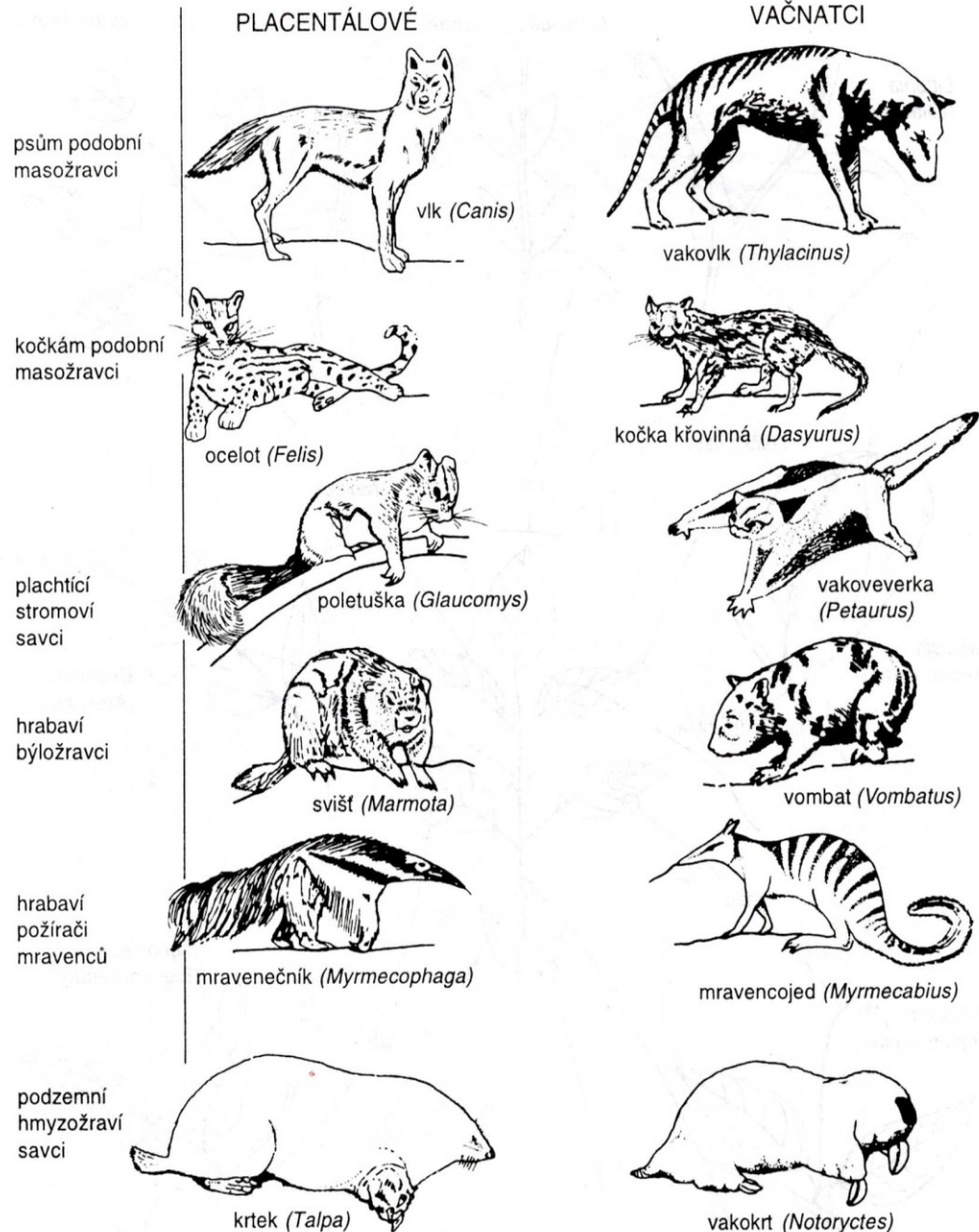
Klasickým příkladem paralelní evoluce je evoluční radiace placentárních savců a vačnatců.

Australští vačnatci dospěli na tento kontinent v křídě (cca před 90 MIL), kdy jediní v této době přítomní savci byli podivní vejcorodí savci z řádu ptakořitých (dnes pouze ježury a ptakopysci).

Došlo k evolučnímu rozrůznění a tento proces v mnoha směrech stejný jako u jiných savců na jiných kontinentech.

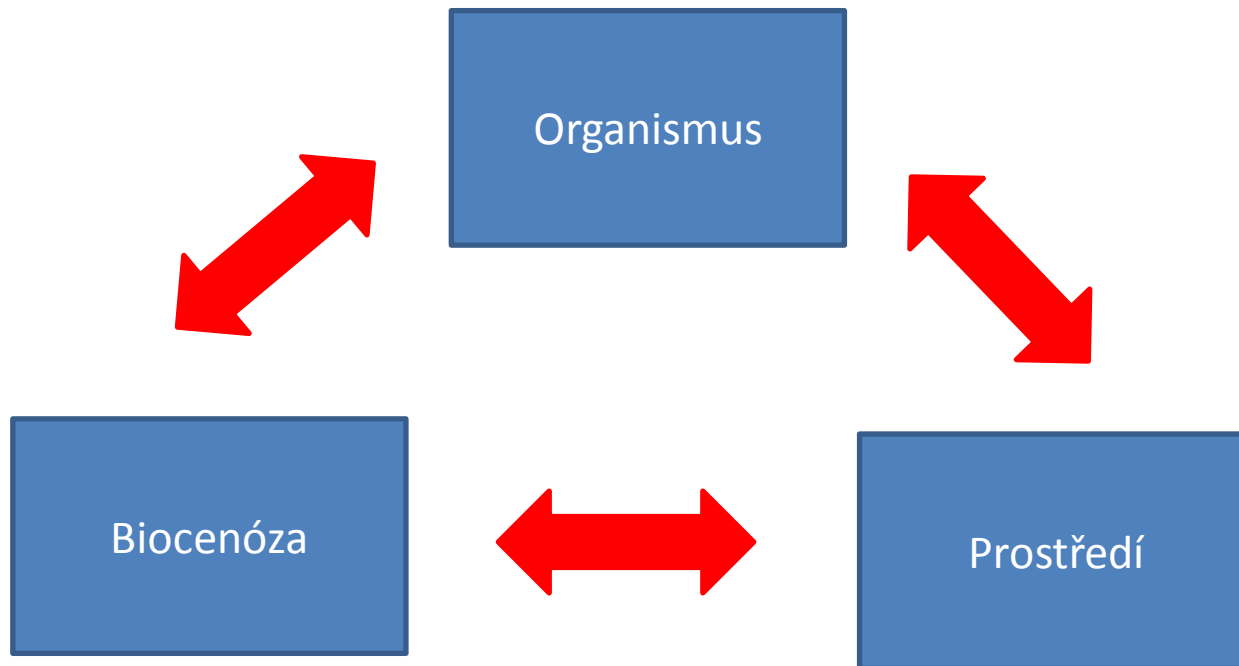
Dokonalá shoda jak v podobě organismů a jejich způsobu života je tak mimořádně nápadná.

Jsou to tzv. **ekologicky ekvivalentní druhy**.



Děkuji za pozornost

# Vzájemné působení v ekologii



# Speciace

