

Ekologie populací

Osnova přednášky

- Definice populace
- Základní pojmy
- Typy populací
- Hierarchická struktura populace
- Populace a přírodní výběr
- Typy selekce
- Populace jako dynamický systém
- Limitující faktory
- Co je jedinec ?
- Formální vlastnosti populace
- Abundance a hustota populace
- Disperze (distribuce) populace
- Migralita – migrace
- Metapopulace
- Typy struktury populace
- Dynamické vlastnosti populace
- Natalita
- Mortalita
- Typy růstu populace
- Životní strategie organismů
- Dynamika, fluktuace, gradace

Ekologie populací - definice

- V přírodě – hierarchická úroveň: -
molekuly – organely – buňky – tkáně – orgány –
orgánové soustavy – organismy – **populace** –
společenstva – ekosystémy – krajina – biosféra
- **Populace je soubor jedinců určitého druhu žijícího v určitém prostředí, které uspokojuje jeho požadavky na rozmnožování, přežívání a migraci.**
- Ekologie populací – studuje základní životní procesy (pattern), jejich dynamiku a strukturu v populacích.

Základní charakteristiky populace

- Homotypická
- Ontogenetická
- Časově vymezená
- Osídlující určitý prostor
- Vlastnosti populace jsou dědičné
- Integrovaná ekologickými, evolučními a genetickými faktory

- Populace je rovněž úroveň určující jaké bude mít jedinec fitness – tj. jakým směrem se bude ubírat evoluce daného druhu – vnitrodruhová kompetice

Ekologie populací – základní pojmy

- **Demografie** – teoretický základ populační ekologie – vztah mezi populačními strukturami/vlastnostmi a populačním růstem
- **Teorie životních historií** (life-history theory) – vztahy mezi životně důležitými znaky (life-history traits) a jejich společný vliv na fitness jedince
- **Populační dynamika** – dynamika početnosti populace – analýza časových řad abundancí a experimentální studium kauzálních faktorů

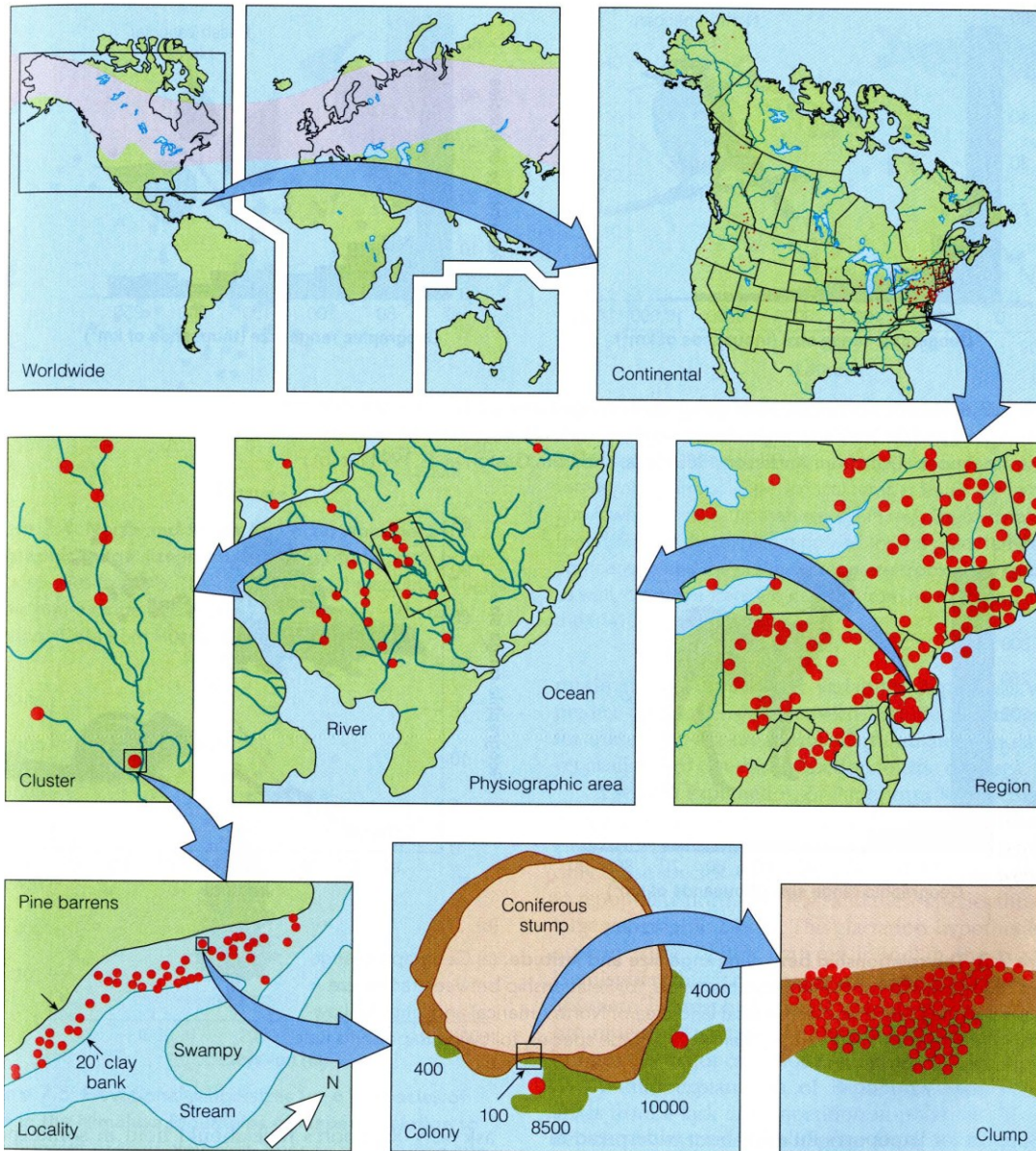
Typy populací I

- **Geografická populace** – homotypický soubor jedinců osídlující geograficky rovnocennou oblast – stejné morfofyziologické vlastnosti - jiná doba rozmnožování, plodnost, migrace, složení potravy
- **Ekologická populace** – soubor jedinců stejného druhu osídlující určitý biotop – liší se strukturou, hustotou, dynamikou
- **Lokální populace** (subpopulace, dem) – soubor jedinců stejného druhu osídlujících stejné stanoviště, kteří se vzájemně kříží
- **Elementární populace** – soubor jedinců osídlujících určité mikrobiotopy uvnitř daného stanoviště
- **Metapopulace** – ve fragmentovaných habitatech, prostorově oddělené populace vzájemně propojené disperzí

Typy populací II

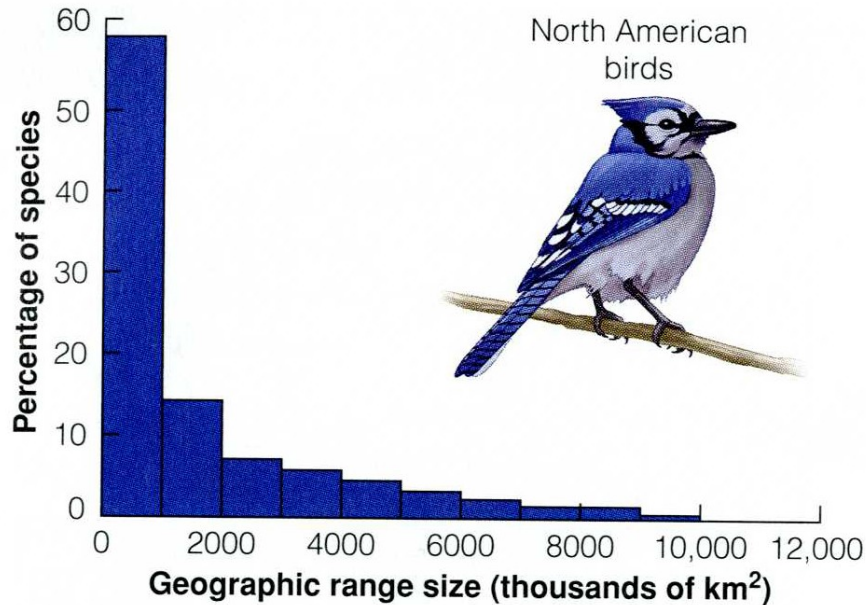
- Přírodní *versus* experimentální populace
- Otevřené *versus* uzavřené populace
- Centrální *versus* periferní populace

Hierarchická struktura populace

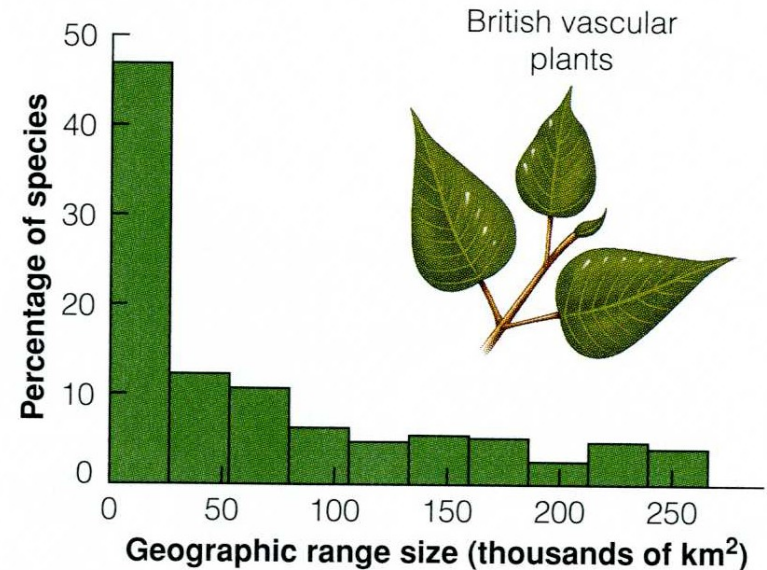


Frekvenční distribuce velikosti stanoviště:

(a) severoamerických ptáků – 1370 druhů a (b) britských cévnatých rostlin – 1499 druhů



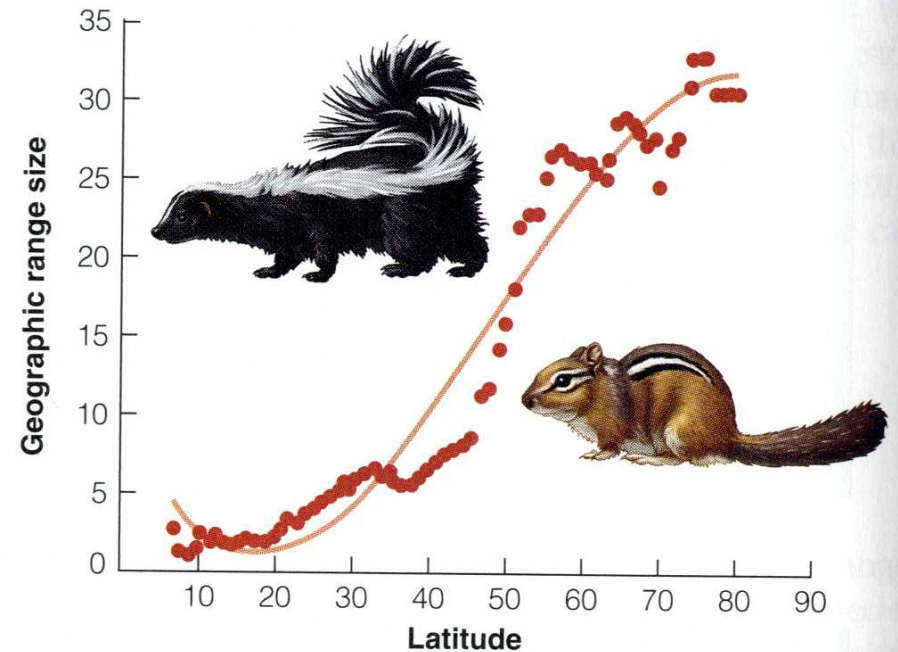
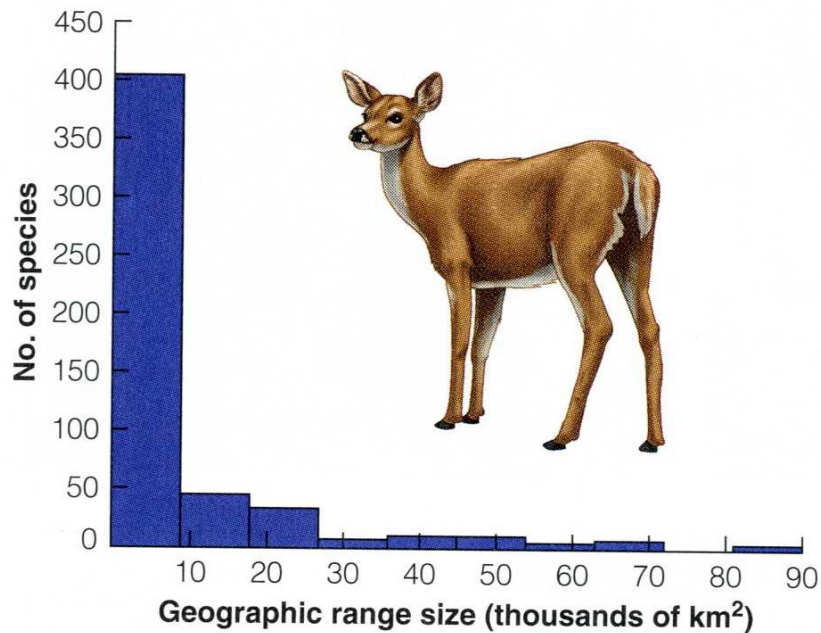
(a)



(b)

Vztah mezi velikostí stanoviště

u 523 druhů severoamerických savců – (a) velikost stanoviště (b) – zeměpisná šířka



Populace a přírodní výběr

- Populace je základní jednotkou působení přírodního výběru
- Spolupůsobení heterogenity prostředí a variability genotypu populace
- Populace je ontogenetická – vlastnosti jedinců se v průběhu života jedinců mění a přenášejí do další generace

Populace a přírodní výběr (Darwin, 1842)

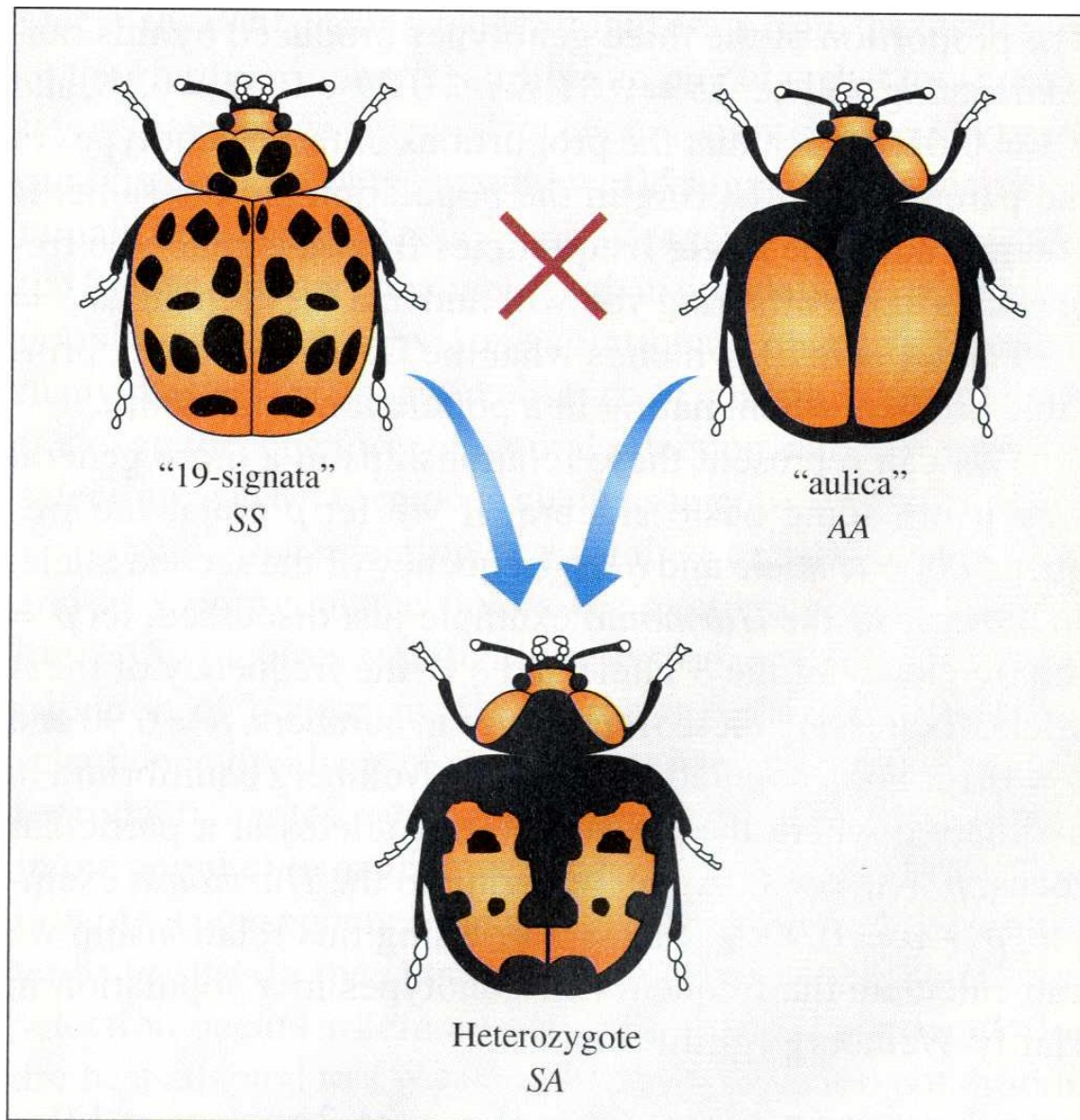
- Organismy se rozmnožují, tj. potomci vypadají, chovají se, fungují atd. stejně jako jejich rodiče
- Mezi jedinci vznikají náhodné variace (rozdíly mezi rodiči), které jsou dědičné a přenášejí se na potomky
- Organismy produkují větší počet potomků, než kolik se uplatní v prostředí
- Někteří jedinci (díky svým fyziologickým etologickým vlastnostem) jsou úspěšnější než jiní a produkují více potomstva

Variabilita fenotypů

Barevné varianty v populaci jedinců asijských slunéček druhu *Harmonia axyridis*.

Tyto rozdíly fenotypu se dědí, jsou tedy důsledkem variability v genotypu populace.

Jaký bude poměr jednotlivých variant, tedy homozygotů a heterozygotů ?



Hardy-Weinbergova rovnováha

p – proporce jedinců s alelami typu S

q – proporce jedinců s alelami typu A

Platí vztah:

$$p + q = 1.0$$

Po umocnění:

$$(p + q)^2 =$$

Se vypočte poměr:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1.0$$

Genotyp SS SA AA

For a population in Hardy-Weinberg equilibrium, in which there are only two alleles at a particular locus,

p = frequency or proportion of one allele, e.g., S, in the population,
and
 q = frequency, or proportion, of the alternative allele, e.g., A,
and

Frequency of S
Frequency of A
 $p + q = 1.0$

The sum of p and q must equal 1.0 since there are only two alleles at this locus.

The frequency of genotypes in a randomly mating population in Hardy-Weinberg equilibrium can be calculated as:

Squaring $p + q$ is analogous to allowing random mating among individuals carrying alleles S and A at frequencies p and q .

$$(p + q)^2 =$$

$$(p + q) \times (p + q) = p^2 + pq + pq + q^2$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1.0$$

The result of this calculation gives the frequency of genotypes in the population.

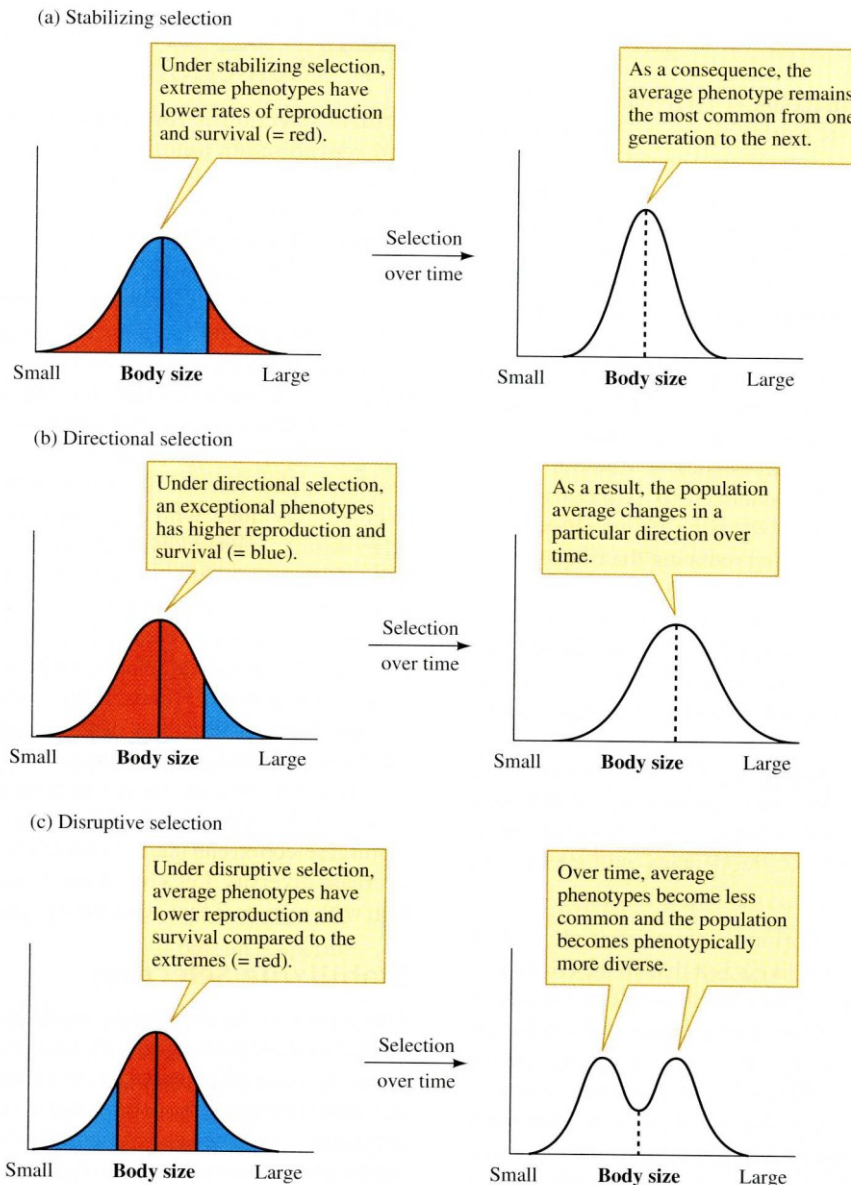
Frequency of SS genotype Frequency of SA genotype Frequency of AA genotype

Typy selekce – selekčního tlaku

1) Stabilizující selekce –
pod vlivem této selekce
mají extrémní fenotypy
nižší reprodukci a
přežívání

2) Směrová selekce – část
fenotypů má větší
reprodukci a přežívání

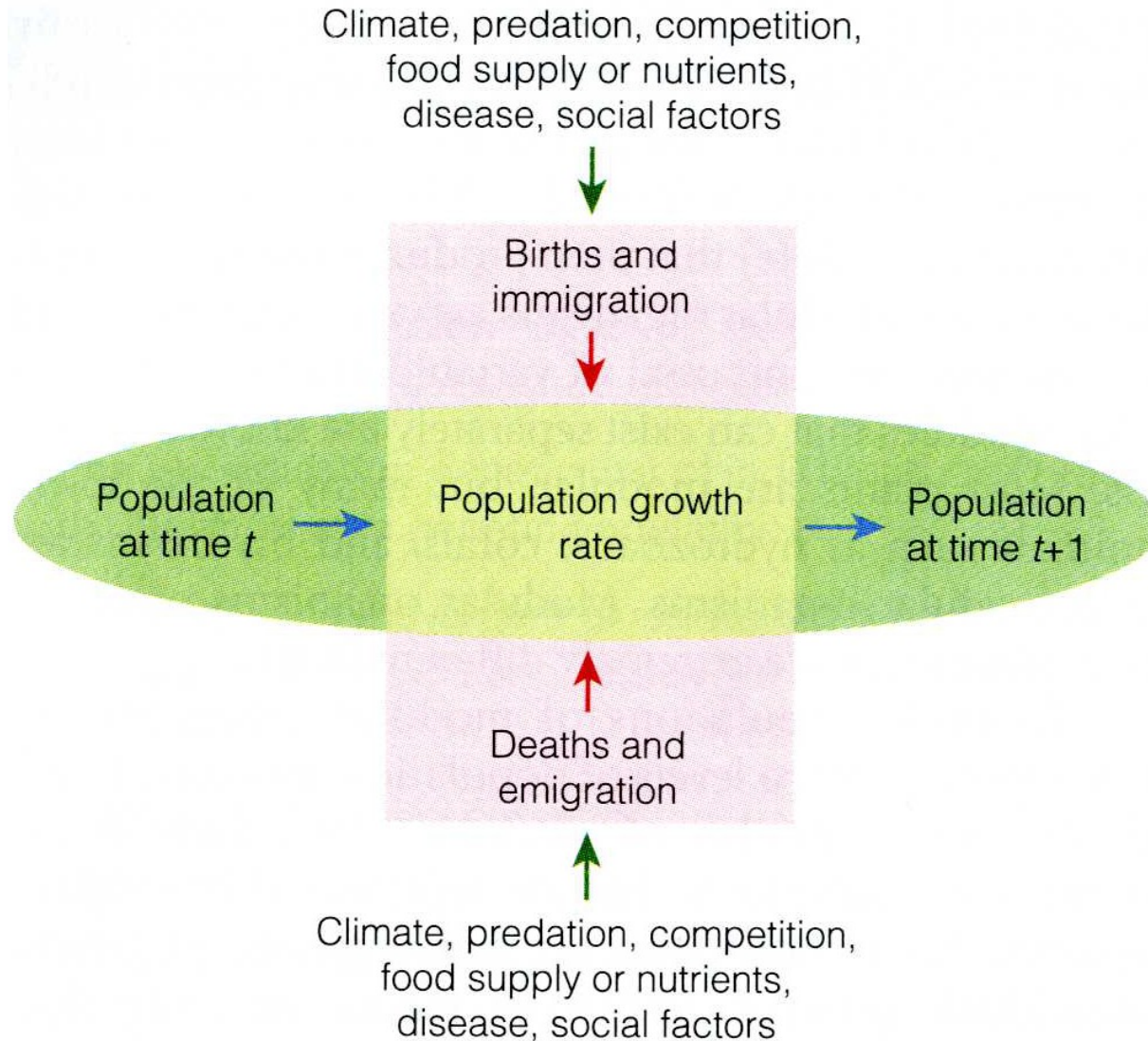
3) Disruptivní selekce –
průměrné fenotypy
mají nižší reprodukci a
přežívání



Populace jako dynamický systém

- Populace – jedinci seskupení do struktur podle věku, vývojového stádia, hmotnosti atd.
- Podmínky – teplota, vlhkost, proudění, pH, salinita atd.
- Zdroje – teplo, vody, kyslík, prostor atd.
- Ostatní organismy – kompetice, predace, patogenní organismy, paraziti

Populace jako dynamický systém



Proč studujeme populace ?

Početnost populace – abundance – počet jedinců v populaci

Příklad 1:

1. ledna má populace	$N_1 = 100$ jedinců
1. ledna následujícího roku má jedinců	$N_2 = 200$
Jaký bude počet jedinců za další rok ? jedinců	$N_3 = 400$

Počet jedinců roste jako peníze v bance !

Každoroční růst je dán úrokovou mírou a množstvím peněz !

Pokles počtu jedinců v populaci – analogie

Příklad 2:

čas t_1 :	$N = 100$ jedinců
čas t_2 :	$N = 50$ jedinců
čas t_3 :	$N = 25$ jedinců

Je to stejný proces – opačný charakter

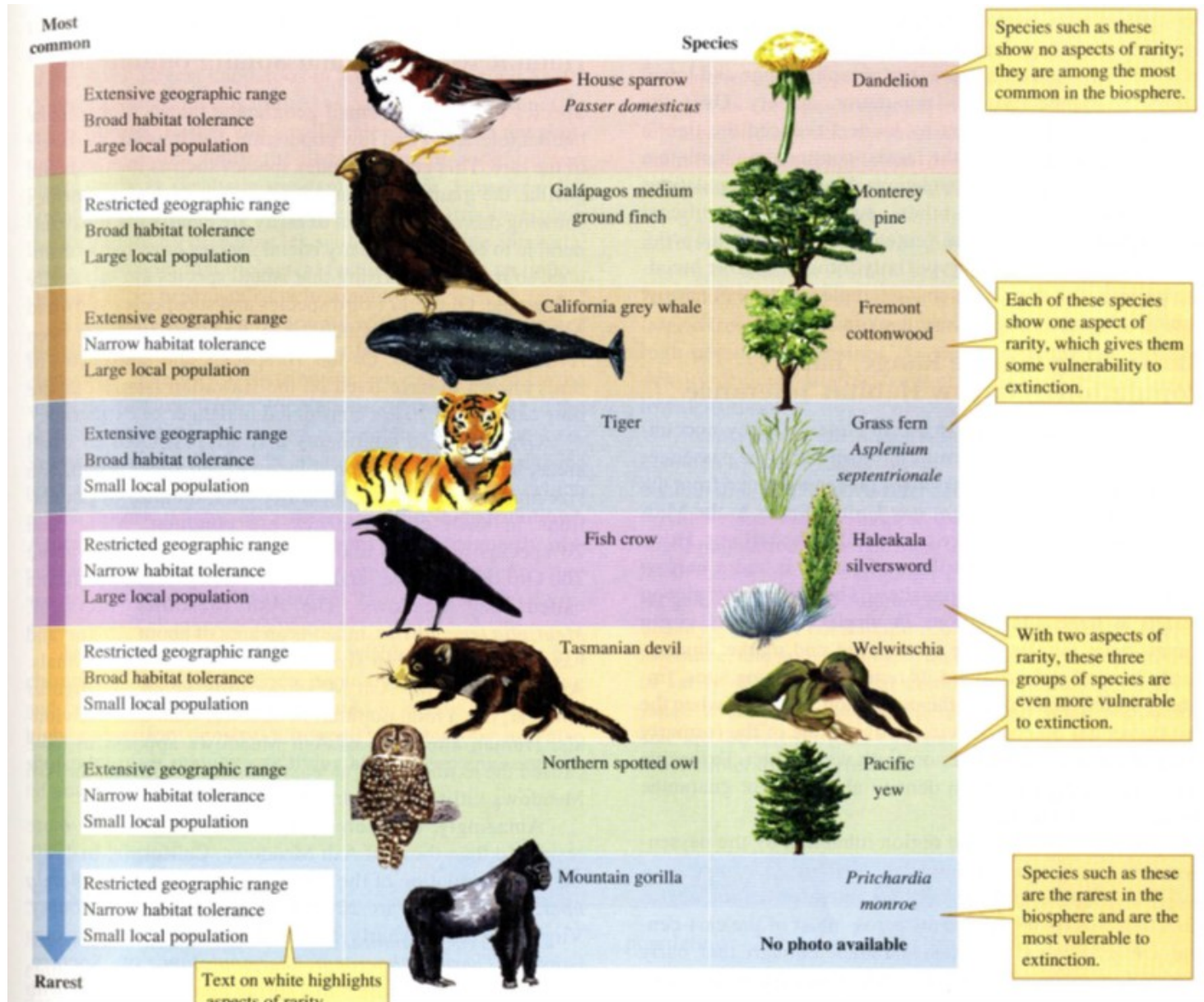
Potřebujeme tedy metodu jak měřit míru růstu populace !

Co ovlivňuje počty jedinců v populaci ?

Limitující faktory - Liebigův zákon minima

- Růst populace je limitován relativně **nejvzácnějším zdrojem**
- Zdroje mohou limitovat nejen růst a **početnost** konzumenta, ale také mohou regulovat **populační růst**
- Dynamický vztah mezi zdroji a konzumenty – tzv. **regulace zdola** – regulace prostřednictvím potravních zdrojů

Limitující faktory ohrožených druhů



Co je to jedinec ?

Unitární organismus

- Unitární organismus vzniká z jedné zygoty, tvar a forma tohoto jedince je predikovatelná (např. hmyz, ryby, ptáci savci). Jsou pohybliví.

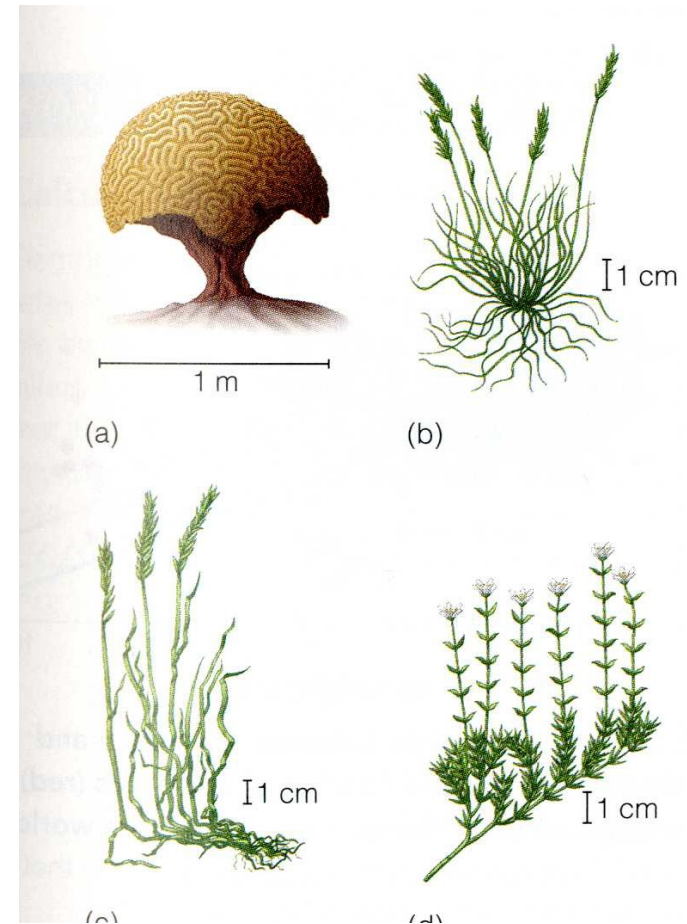
Modulární organismus

- Modulární organismus – z jediné zygoty vzniká stavební prvek, **modul**, který dává vznik dalšímu modulu, tvoří se struktura,, která se rozrůstá a větví (např. většina rostlin, houby, polypi, koráli, mechovky, sumky – celkem 19 kmenů živočichů). Jsou silně proměnliví, nemají pevný tvar, jsou nepohybliví.

Jak charakterizovat jedince ?

Unitární organismy

Modulární organismy



Kategorie modulárních organismů

	Rostliny	Živočichové
rozpadající se během života	okřehek (Lemna)	nezmar (Hydra)
volně se větvící	jetel (Trifolium)	Pennaria sp. (Cnidaria)
oddenky a výběžky	„bizoní tráva“ (Buchloe)	Camnanularia (Cnidaria)
trsovité moduly	kostřava (Festuca)	Cryptosula sp (mechovka)
mnohonásobně se větvící	dub (Quercus)	Gorgonia sp. (rohovitka-korál)

Příklady modulárních organismů



Modulární organismy

- Individuální modulární organismy – **geneta** – genetický jedince – produkt jedné zygoty
- Četnost modulů je často důležitější než četnost genet:

$$\text{moduly}_{\text{pres}} = \text{moduly}_{\text{past}} + \text{vznik modulů} - \text{úhyn modulů}$$

- Modularita vede k mimořádné proměnlivosti jedinců (stárnutí na úrovni modulů – opadávání listů u stromů)
- Modulární jedinci mají věkovou strukturu. Je dána buď stářím genet, nebo stářím modulů

Rostliny a živočichové s klonálním rozmnožováním

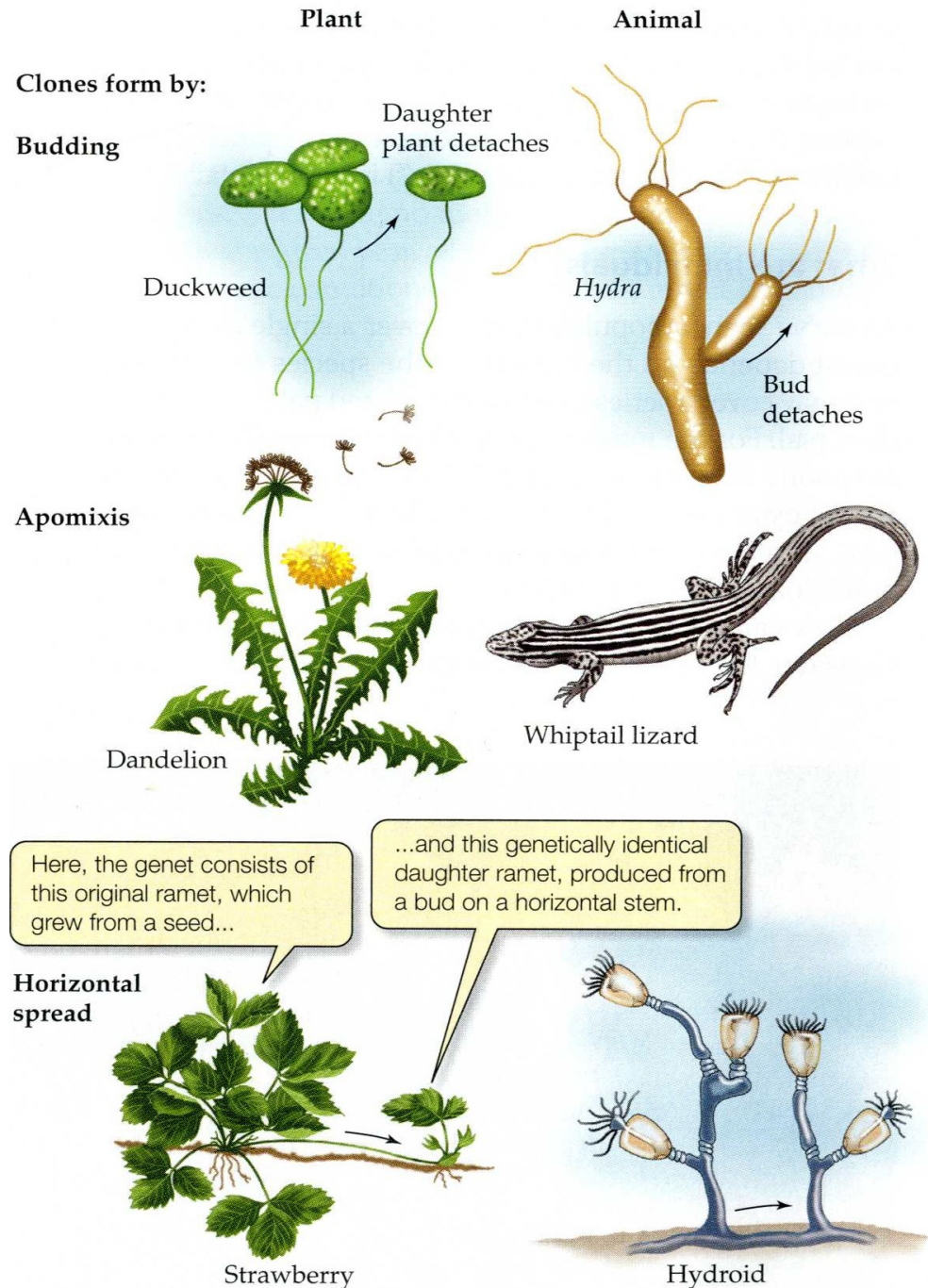
Mnoho rostlin a živočichů se rozmnožuje asexuálně a vytváří v podstatě klony geneticky identických jedinců.

Příklady demonstrují:

1) Množení tzv. pučením – potomek se odškrcuje (pučí) na rodiči

2) Apomiktické rozmnožování – potomek vzniká z neoplozeného vajíčka – partenogeneze

3) Horizontální šíření – potomek vzniká během růstu a vývoje rodiče – modulární organismy



Důležité rozdíly mezi unitárními a modulárními organismy

- Taxonomické vlastnosti, podle nichž rozlišujeme druhy modulárních organismů, jsou převážně vlastnostmi modulu, nikoliv celého organismu
- Způsob interakce modulárních organismů s jejich prostředím je dán stavbou těchto organismů

Základní vlastnosti populace

Formální

- Početnost (abundance)
- Hustota (densita)
- Disperze (distribuce)
- Struktura

Funkční

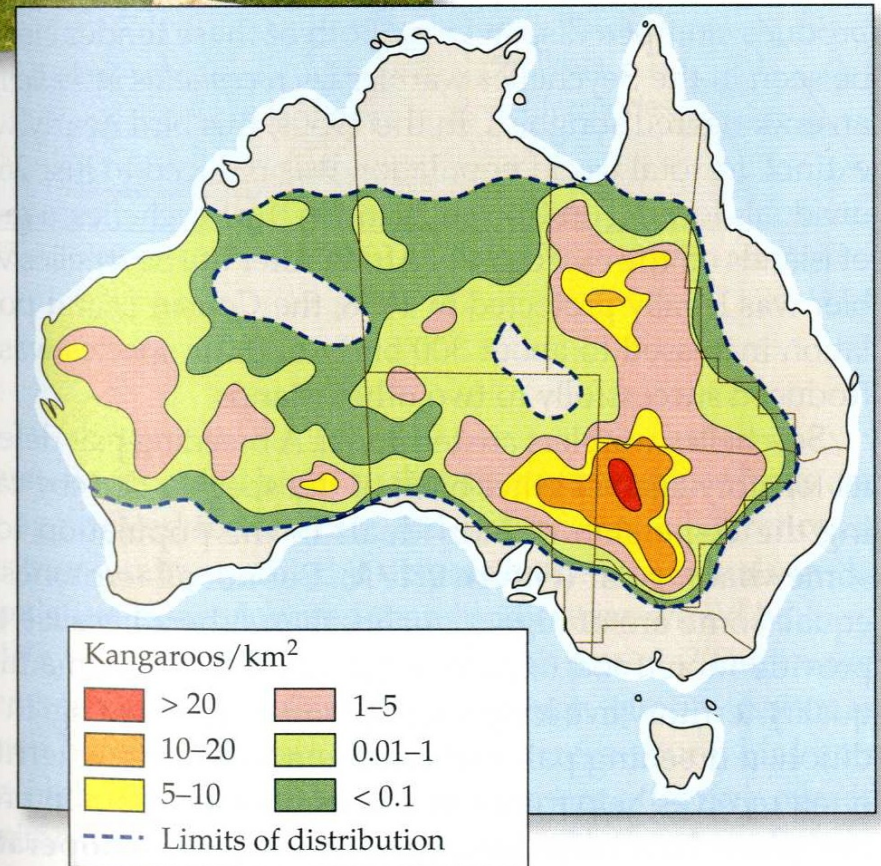
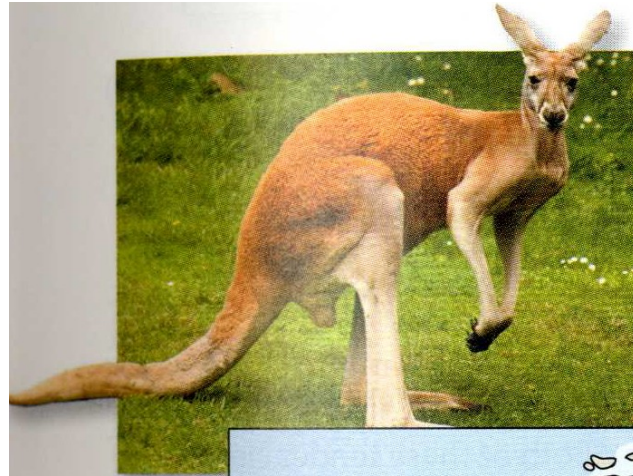
- Plodnost (natalita)
- Úmrtnost (mortalita)
- Migralita
- Růst a dynamika

Abundance a hustota populace

- Abundance je součet všech jedinců v populaci
- Obvykle se stanovuje ve vztahu k nějaké jednotce plochy nebo objemu – hustota
- Relativní abundance - indexy
- Absolutní densita – vztahuje se na jednotku plochy

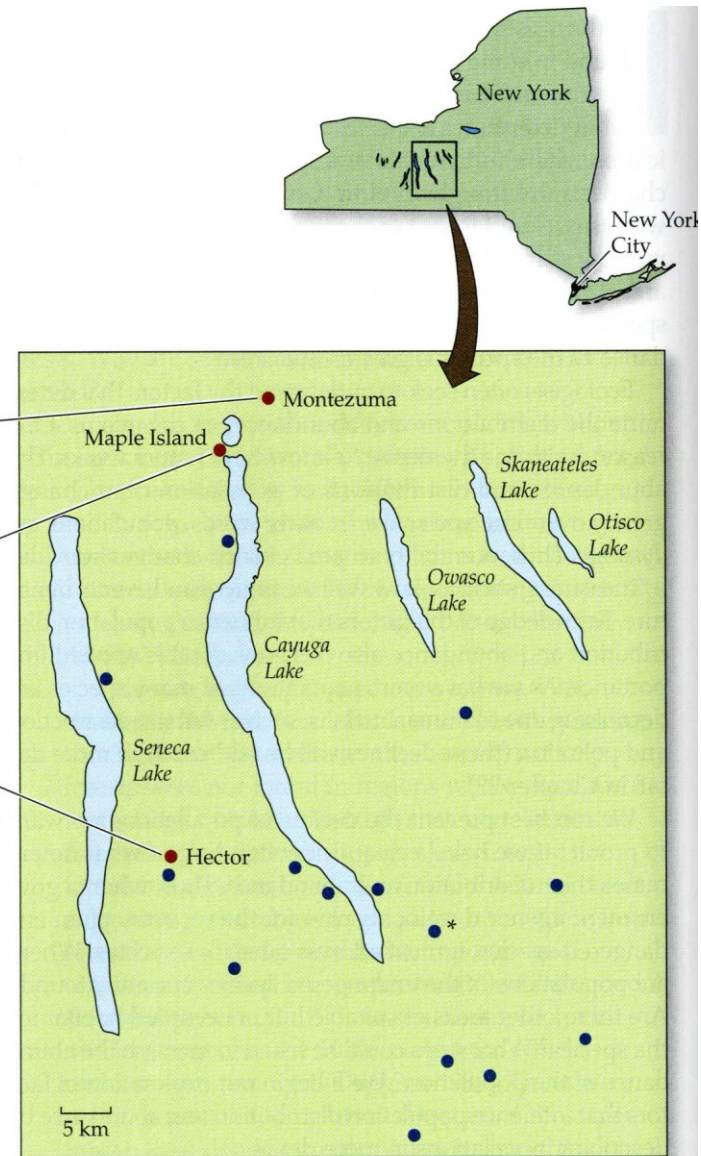
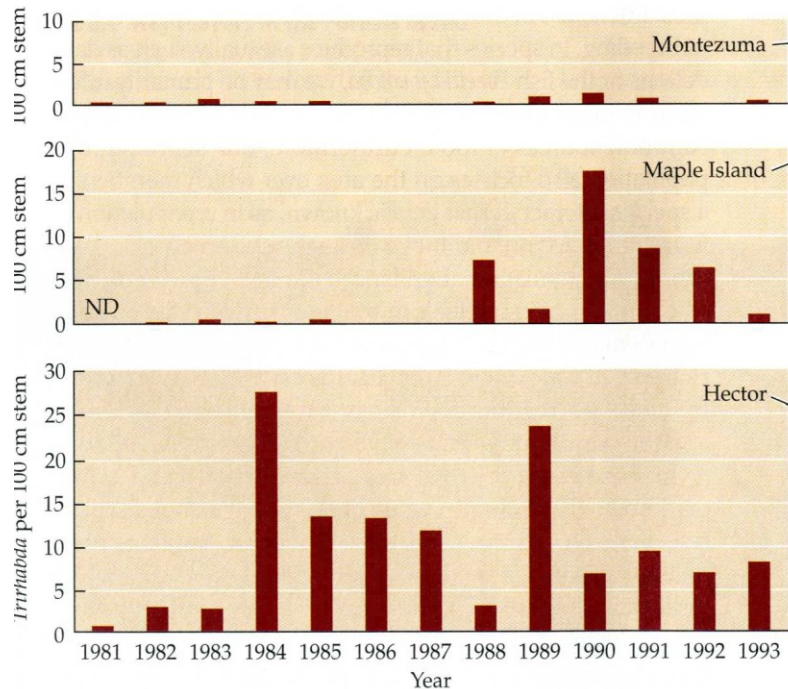
Abundance je v rámci a reálu rozšíření často velmi variabilní

Příklad: klokani v Austrálii



Abundance je často velmi dynamická

FIGURE 8.3 Abundances are Dynamic Abundances over time of the beetle *Irrirhabda* feeding on tall goldenrod (*Solidago altissima*) at Montezuma, Maple Island, and Hector, three of the 22 sites studied by Richard Root and Naomi Cappuccino. Study sites are indicated by data points on the map; five study sites are located close to one another at the position marked with an asterisk. (After Root and Cappuccino 1992.)



Hustota populace

- Hustota (densita) – množství jedinců určitého druhu na jednotku plochy nebo objemu

Vyjádření: **Abundance** (početnost) = Nm^{-2} , $N\ ha^{-1}$, Nml^{-1} ,
 Nl^{-1} , p/h
Biomasa (váha živé hmoty) $g\ m^{-2}$, $kg\ ha^{-1}$, $mg\ ml^{-1}$,
 $g\ l^{-1}$

Hustota absolutní – konkrétní počet jedinců

Hustota relativní – různé indexy nebo v %

Hustota hrubá – jedinci na ploše bez ohledu na rozdílnost míst

Hustota specifická – počet na jednotlivé plochy

Hustota malých a velkých organismů v přirozených populacích

Hustota v běžných jednotkách (např. m² nebo m³)

Rosivky 5 000 000/m³

Půdní členovci 500 000/m²

Barnacles (přílipky) 20/100cm²

Stromy 500/ha

Myši 250/ha

Jeleni 4/km²

Člověk – Holandsko 395/km²

USA 31/km²

Kanada 3,2/km²

Metody stanovení hustoty

Absolutní

- Celkové sčítání
- Vzorkování populace
- Značkování populace

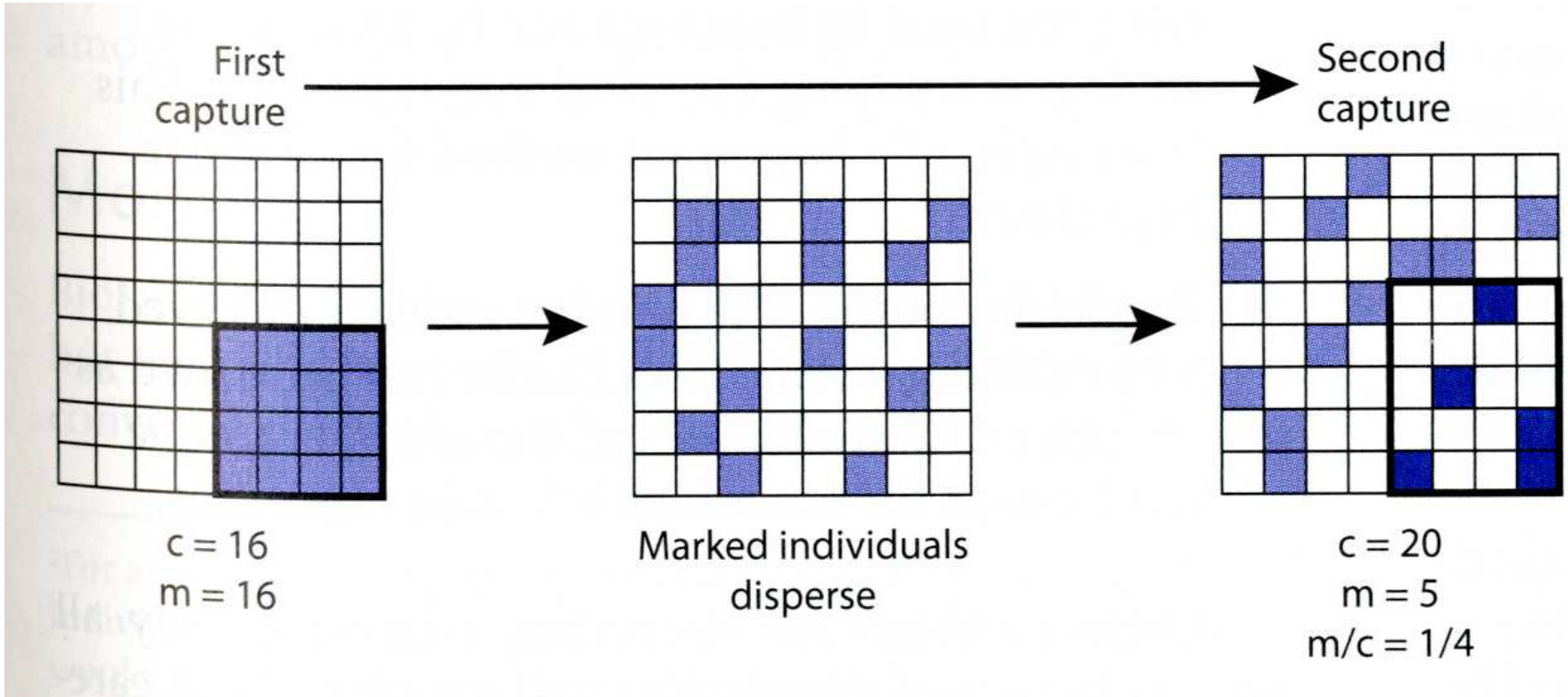
Relativní

- Odhad
- Smýkací metody
- Lineární metody

Metody stanovení hustoty populace

- **Celkové sčítání** (census) – součet všech jedinců v populaci (velcí kopytníci, velryby, kolonie netopýrů)
- **Vzorkování populace** – součet jedinců v části populace - odběr reprezentativního množství vzorků – problémy se vzorkováním u nerovnoměrně distribuovaných jedinců
- **Určování relativní početnosti** pomocí indexů – lineární versus nelineární indexy (korekce na saturaci)
- **CMR metody** „capture-mark-recapture“, „catch-mark-release“ – stejná pravděpodobnost odchyty u všech zvířat – značení nesmí mít vliv na odlovitelnost
- Sledování numerických změn se zřetelem na demografické procesy v populaci

Metody CMR



Lincoln – Patersonův index

- napr. **Paterson-Lincoln** metóda – nahodnocuje veľkosť vzorku, preto sa používa korekcia

$$\frac{N}{n_1} = \frac{n_2}{m_2} \Rightarrow N = \frac{n_1 n_2}{m_2}$$

N = veľkosť populácie v dobe značenia

n_1 = počet jedincov označených v 1. vzorku

n_2 = počet jedincov odchytených v 2. vzorku

m_2 = počet označených jedincov v 2. vzorku

$$N = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} - 1$$

Metody CMR

Dva odchyty ($k = 2$)
Uzavřená populace
Lincoln-Petersonův model

Více odchyťů ($k > 2$)

Modely pro uzavřené populace
(program CAPTURE)

Modely pro
otevřené populace

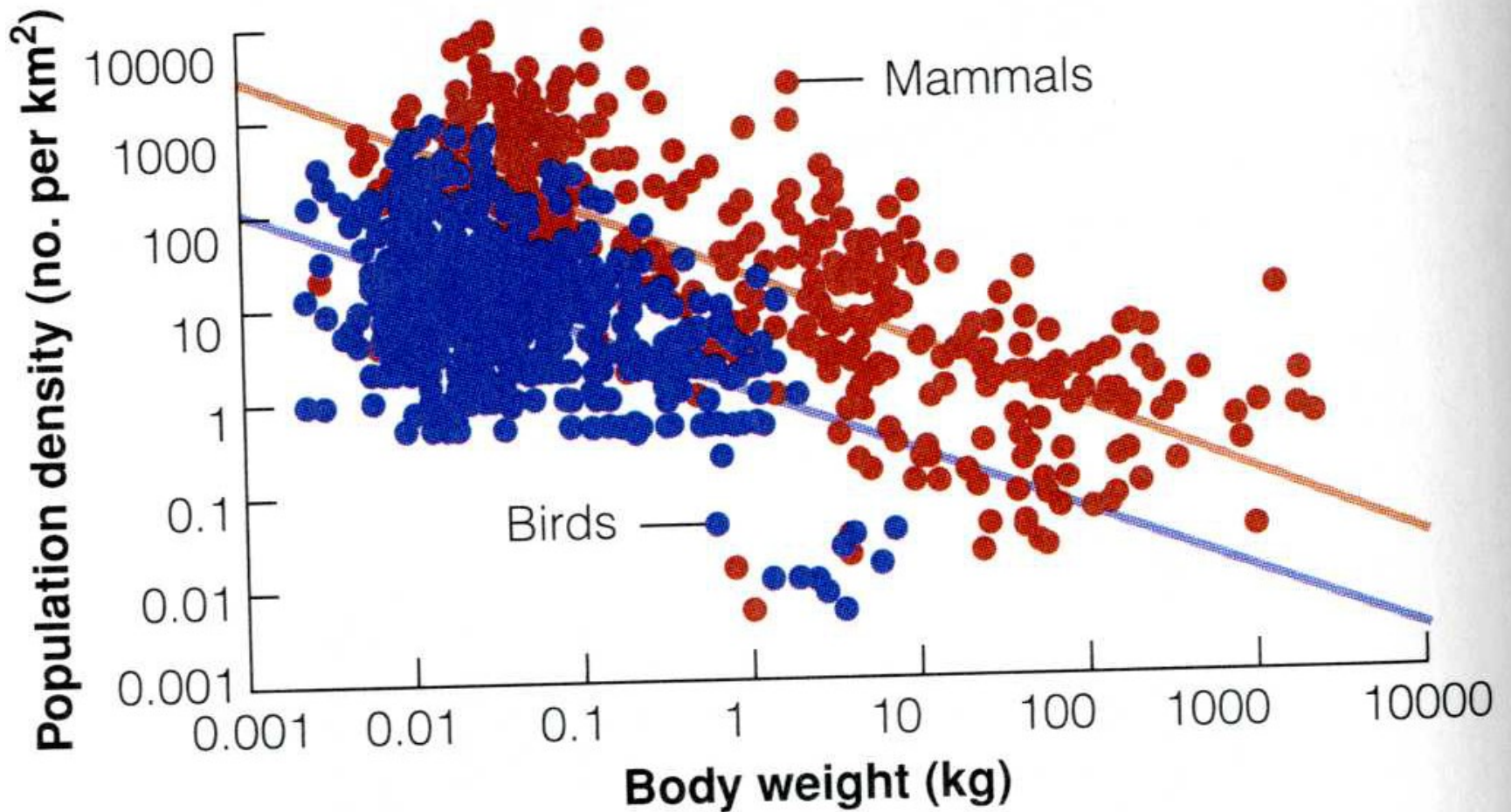
Kombinovaný model
pro uzavřené a otevřené
populace

JS model

"Robust design"

Zjednodušování a zobecňování
Testování specifických faktorů

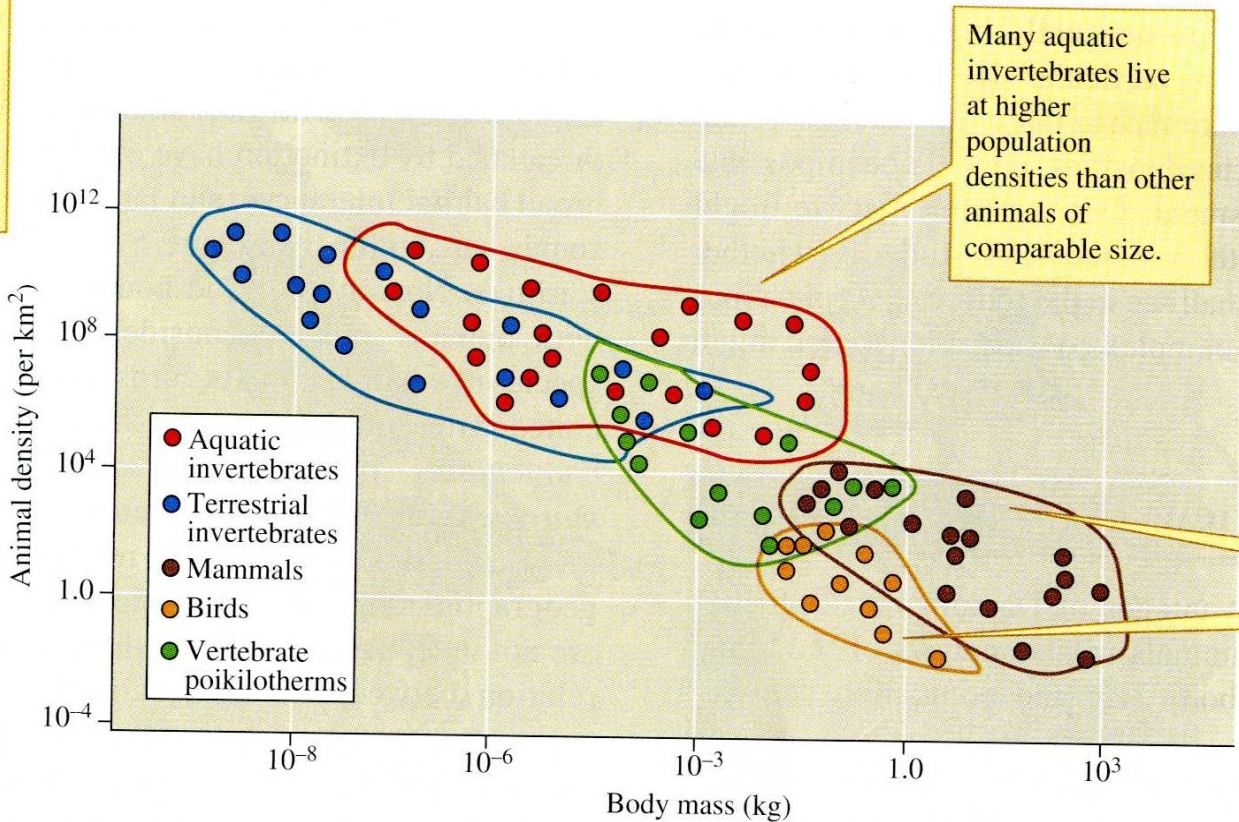
Vztah hustoty a hmotnosti těla



Velikost živočichů a hustota populace

průměrná hustota populace klesá s rostoucí velikostí těla

Overall, average population density decreases with increasing body size across a wide spectrum of animal groups.



Many aquatic invertebrates live at higher population densities than other animals of comparable size.

Mammals tend to live at higher population densities than birds.

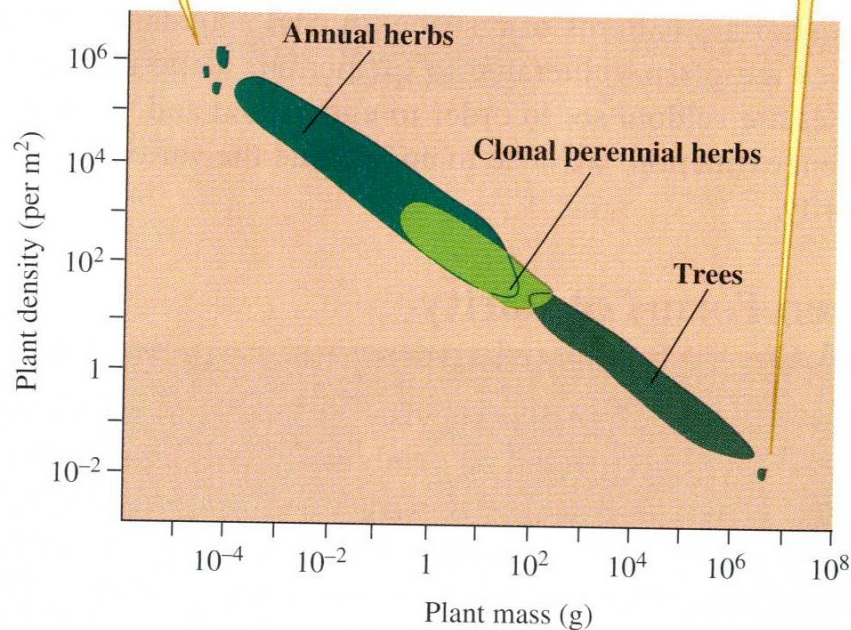
Velikost rostlin a hustota populace

Hustota populace rostlin klesá s rostoucí velikostí těla a jejich areálem rozšíření

As in animals, plant population density decreases with increasing plant size across a wide range of plant growth forms.

Duckweed, *Lemna*, one of the smallest flowering plants, lives at very high population densities.

The coastal redwood, *Sequoia sempervirens*, one of the largest trees, lives at one of the lowest population densities.



Disperze (distribuce) populace

- **Disperze** - vyjadřuje rozmístění jedinců v prostoru, tj. na demotopu - je to tzv. vnitropopulační rozptyl na určité ploše
- **Nahodilá disperze** – (nepravidelná) – vzácně se vyskytující
- **Rovnoměrná disperze** – (pravidelná) – tam, kde je silná vnitrodruhová konkurence
- **Nahloučená disperze** – (agregovaná) - nejčastější

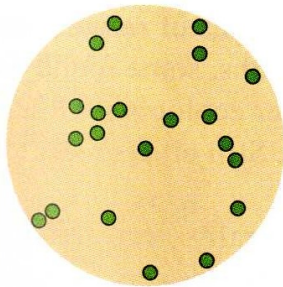
Typy disperze – grafické znázornění

Nahodilá

An individual has an equal probability of occurring anywhere in an area.

Patterns

Random



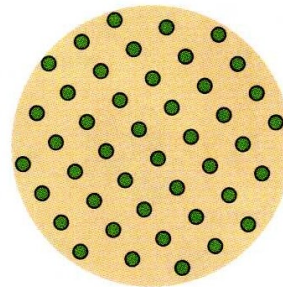
Processes

Neutral interactions between individuals, and between individuals and local environment

Rovnoměrná

Individuals are uniformly spaced through the environment.

Regular

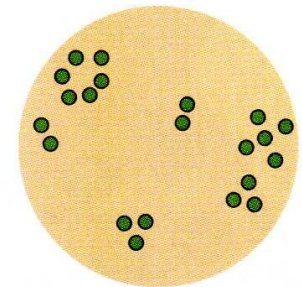


Antagonistic interactions between individuals or local depletion of resources

Nahloučená

Individuals live in areas of high local abundance, separated by areas of low abundance.

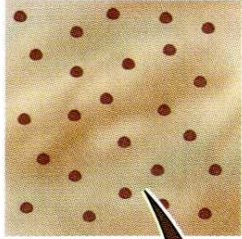
Clumped



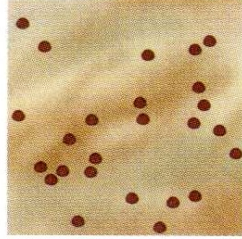
Attraction between individuals or attraction of individuals to a common resource

Typy disperze populace

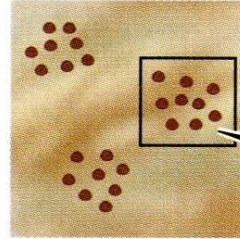
Nearly regular



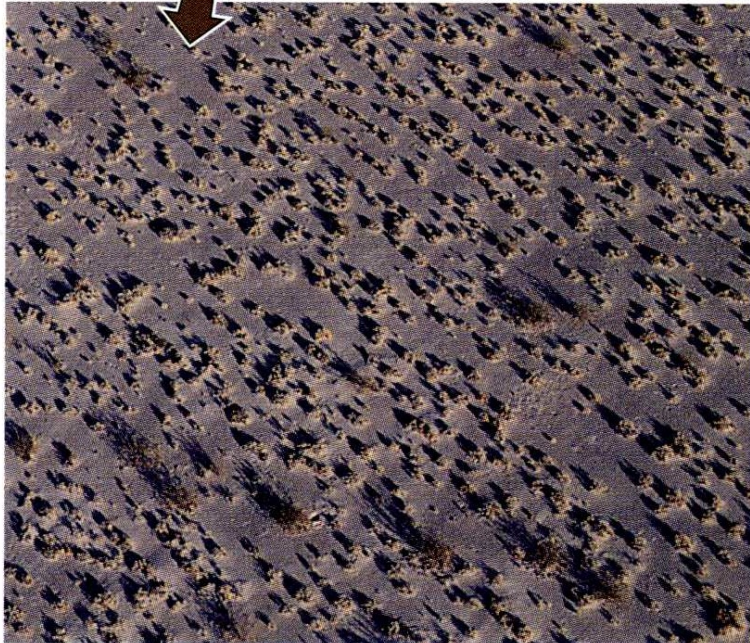
Random



Clumped



(A)



(B)



Variabilita disperze

- Rozdíly v disperzi mohou být dány geneticky (rozdílné genotypy šířících a nešířících se jedinců)
- Rozdíly dané pohlavím
- Sociální rozdíly – populace drobných savců
 - Sociální podřízenost
 - Geneticky daný polymorfismus
 - Rozptyl jedinců před nasycením a při nasycení populační hustoty
 - Sociální soudržnost

Síly podporující agregaci - shlukování

- Shodný výběr stanoviště
- Přitažlivost jedinců – sobecké stádo
- Přesycení predátora v čase
- Distribuce jako kompromis mezi faktory pro a proti shlukování

Disperze populace

- Alliho princip – při agregaci se může zvyšovat vnitrodruhová kompetice, ale tento jev je kompenzován příznivým vlivem skupiny na jedince.
- Izolace jedinců – důsledek vnitrodruhové konkurence
- Disperze a izolace – se působením sezónních změn mění, např. vlivem vývoje a růstu populace

Migralita

- **Migralita** (stěhování) – zahrnuje všechny pohyby nebo stěhování z jednoho místa na druhé uvnitř ekotopu i mimo něj
- Tři typy migrace: migrace
 emigrace
 imigrace
- Další pojmy: permigrace
 komigrace
 introdukce
 invaze

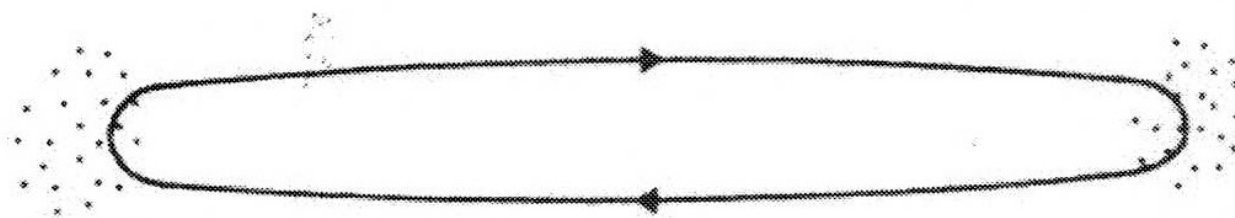
Migrace – periodicky se opakující pohyb živočišných populací různého rozsahu a směru s pozdějším návratem do původního stanoviště

Míra migrace – podíl migrantů v populaci (%)

- Příklady:
- zajíc sněžný = 1 %
 - norník rudý = méně než 5%
 - vrabec domácí = 9%
 - sýkora koňadra = 36%
 - praví migranti = celá populace - sezónní migrace

Typy migrace

A. MIGRACE S ČETNÝMI NÁVRATY – „několikanásobný zpáteční lístek“



biotop 1

epilimnion

potravní
stanoviště

voda

horské oblasti

palearktida

tundra

antarktická moře

denní migrace

planktonní živočichové
a rostliny

netopýři, slimáci
mnoho ptáků

roční migrace

žáby, mloci, čolci

jelenec, los

pěvci

sob

kosticovci

biotop 2

hypolimnion

shromaždiště

souš

nížina

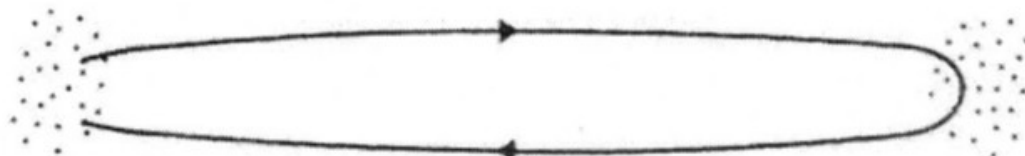
savana

boreální les

tropická moře

Typy migrace

B. MIGRACE S JEDINÝM NÁVRATEM – „jednoduchý zpáteční lístek“



evropské rybníky
a řeky
evropské řeky

biotop larev

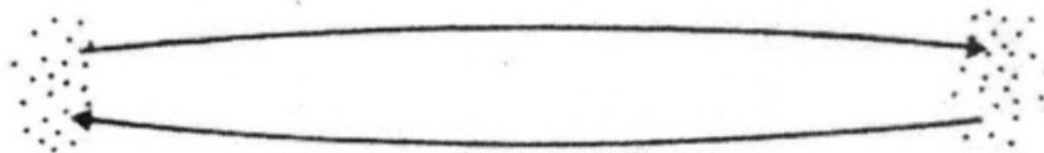
úhoř (tření probíhá
v mořském prostředí)
atlantický losos (tření
ve sladkovodním prostředí)
motýli, mûry, chrostíci,
pošvatky, vážky atd.

sargasové moře

atlantický oceán

biotop dospělců

C. JEDNOSMĚRNÁ MIGRACE – „jednosměrný lístek“

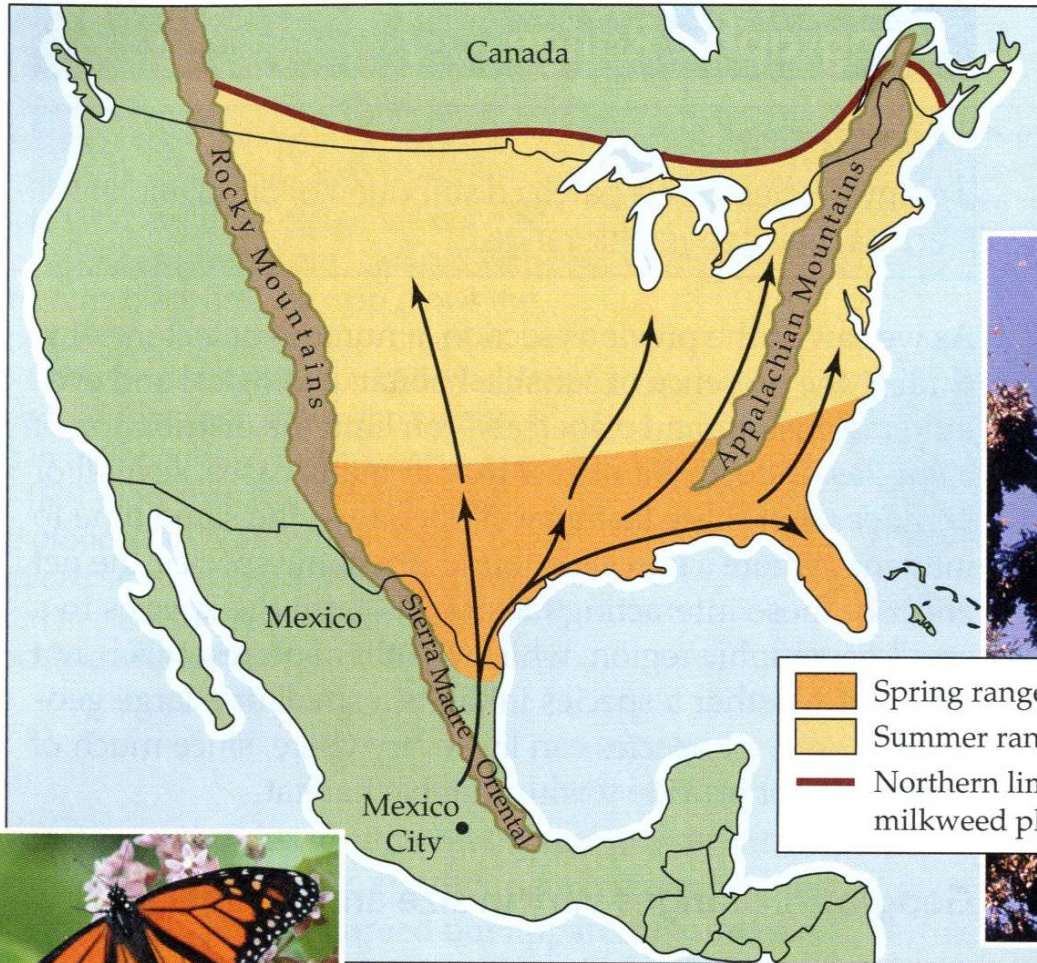


severní Evropa

několik druhů motýlů
(viz text)

jižní Evropa

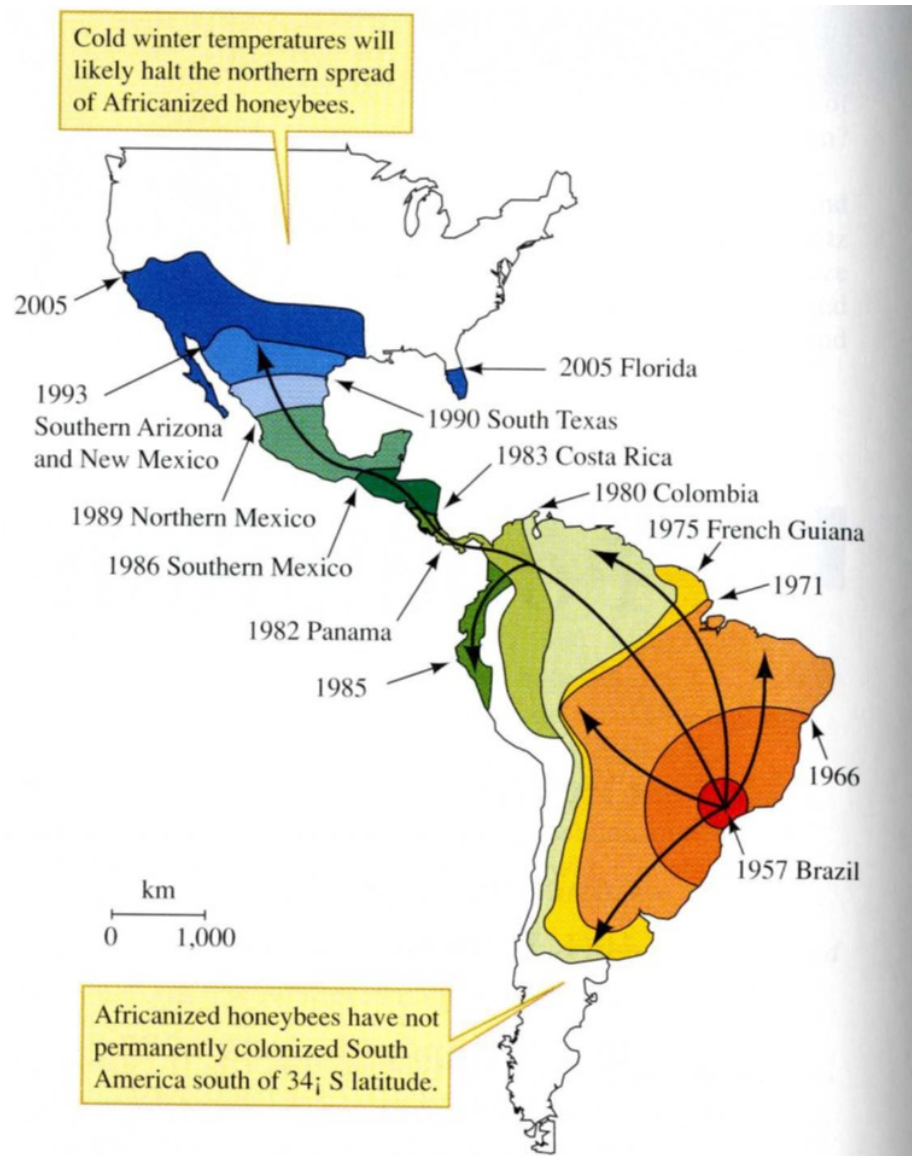
Sezónní migrace motýlů Monarcha



Fir branches covered with monarchs at a Mexican overwintering site.



Biologická expanze afrických včel z jižní do střední a severní Ameriky



Míra migrace (expanze) různých populací živočichů

Africké včely v Americe

Králík v Evropě

Kůň

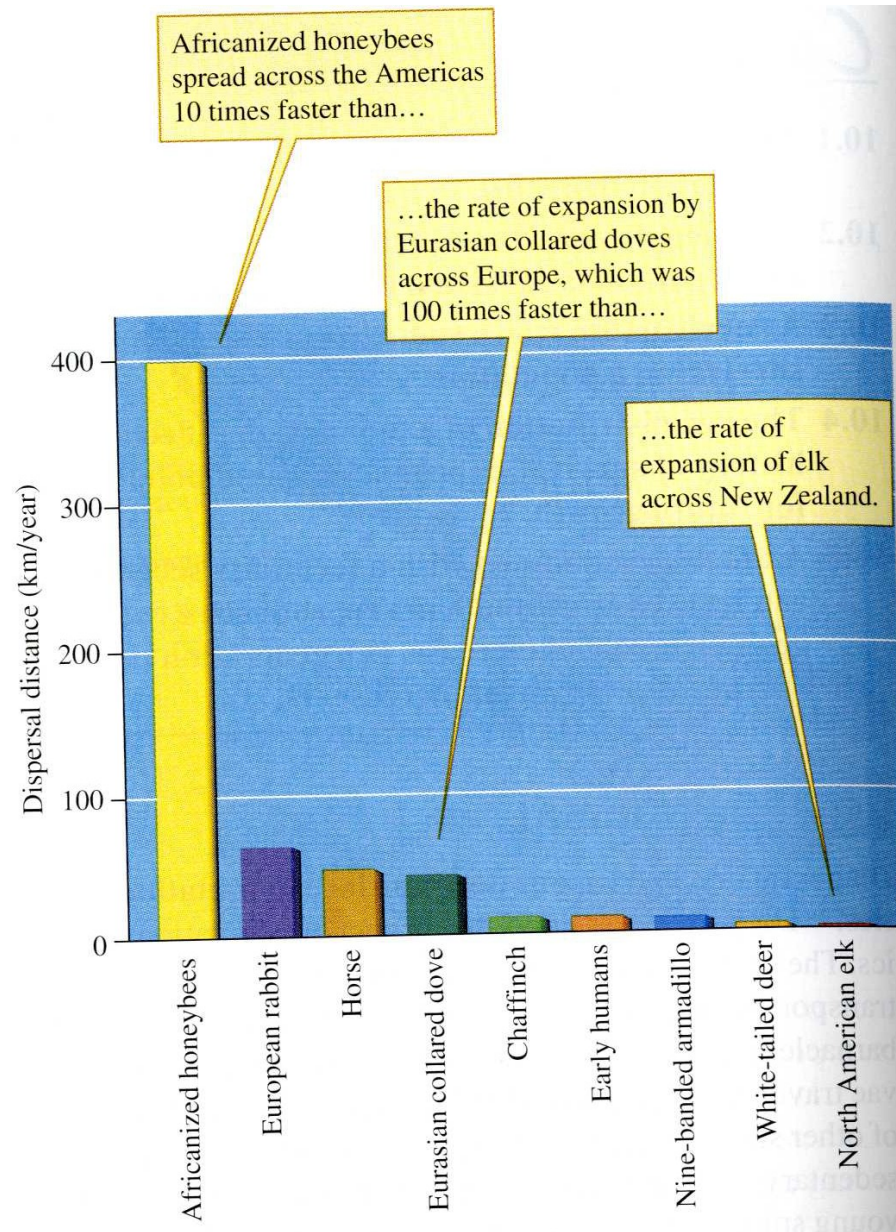
Holub v Eurasii

Pěnkava

Ranní Homo

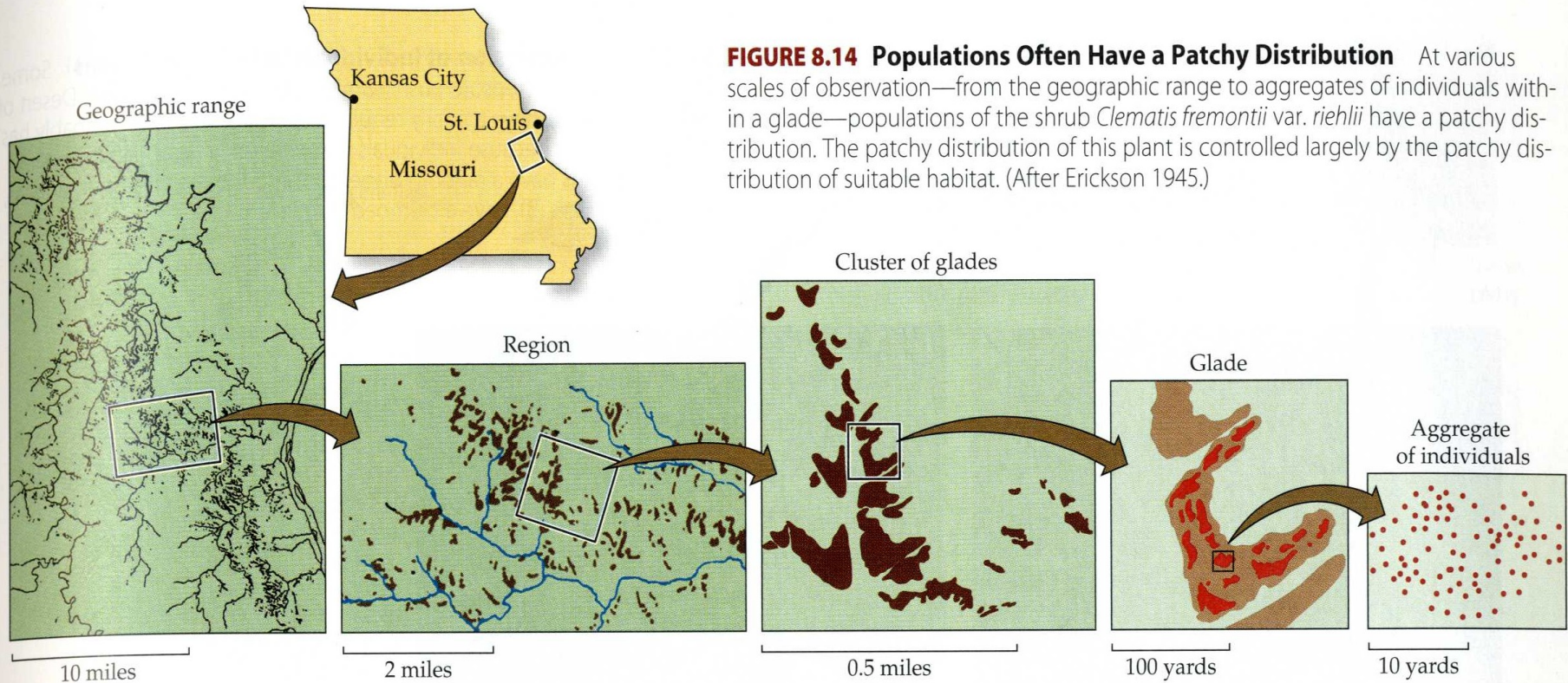
Jeleni

Los



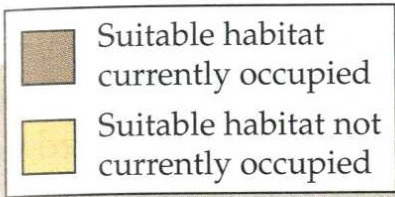
Metapopulace

většina populací má fragmentovaný charakter

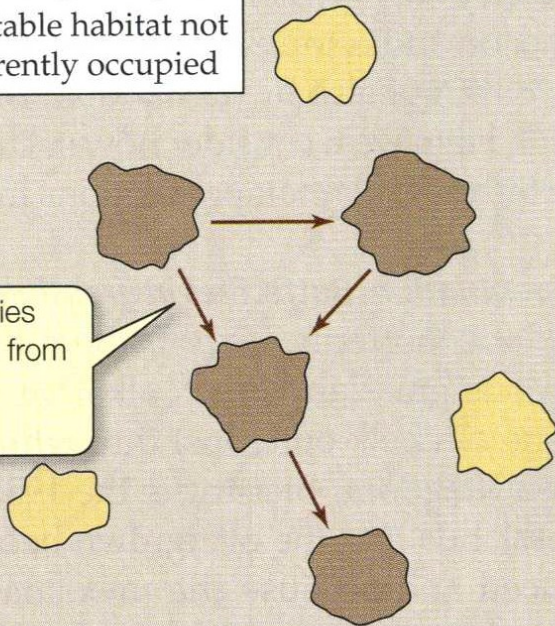


Fragmentované habitaty - metapopulace

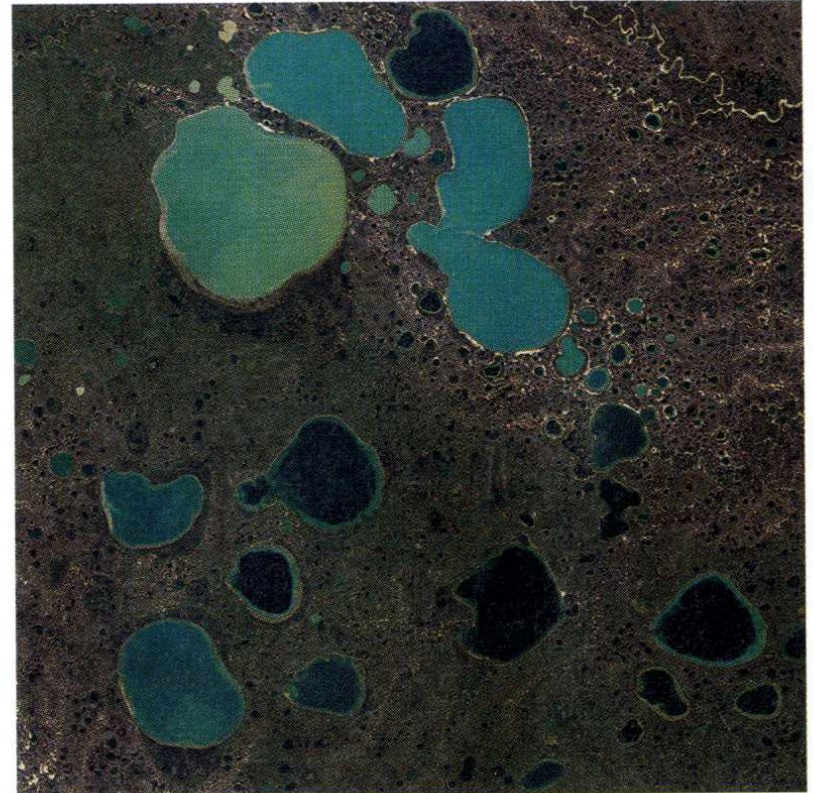
(A)



Members of the species occasionally disperse from one patch of suitable habitat to another.

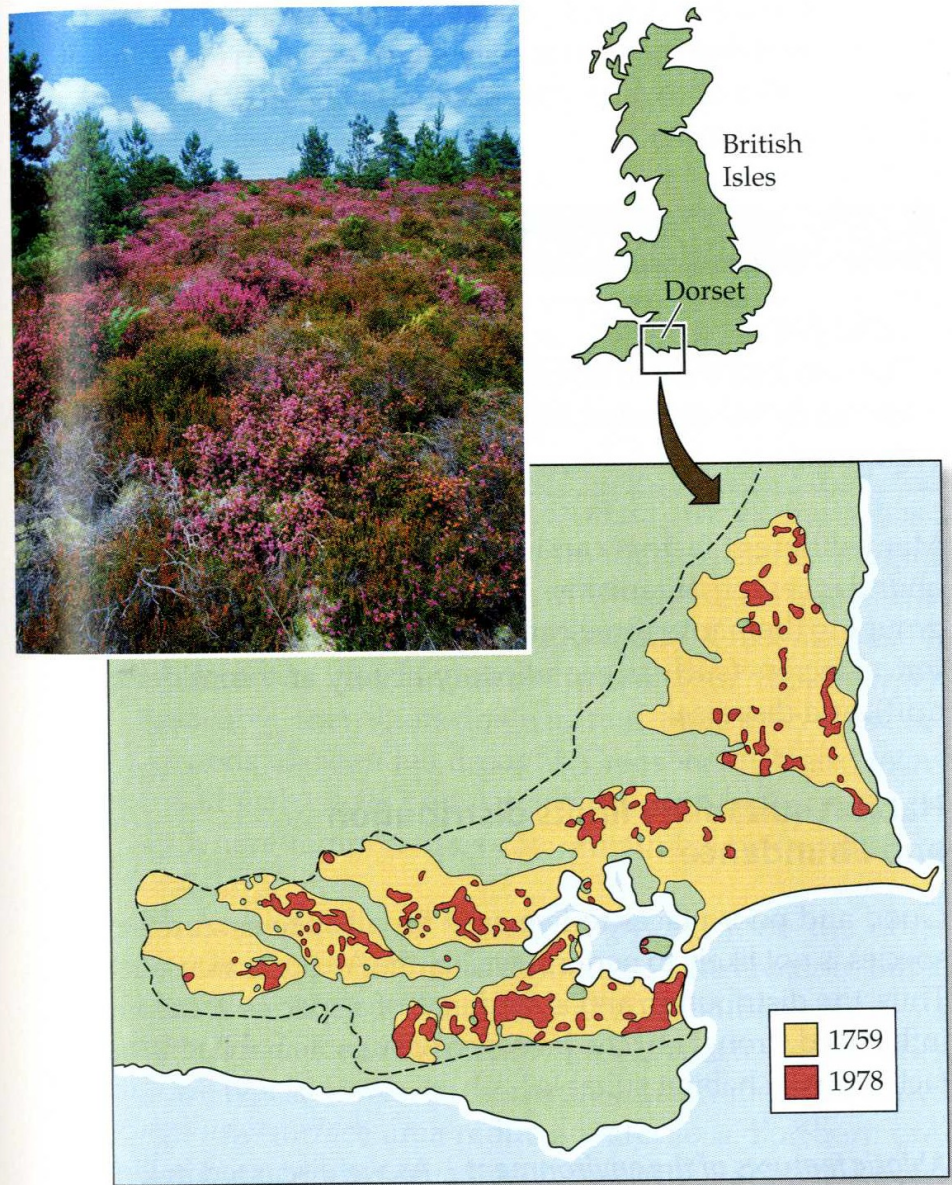


(B)



Fragmentace vrchovišť v Dorsetu (UK)

Srovnání stavu z roku 1759
a z roku 1978



Dynamika metapopulace

- Mnoho druhů má strukturu **metapopulací**, pro kterou je charakteristický výskyt na mnoha izolovaných habitatech propojených vzájemně disperzí (migrací)
- Metapopulace jsou charakteristické opakovanou extinkcí a kolonizací.
- Dynamika početnosti metapopulací se odvozuje ze vztahu:

$$dp/dt = cp/1 - p - ep$$

Struktura populace

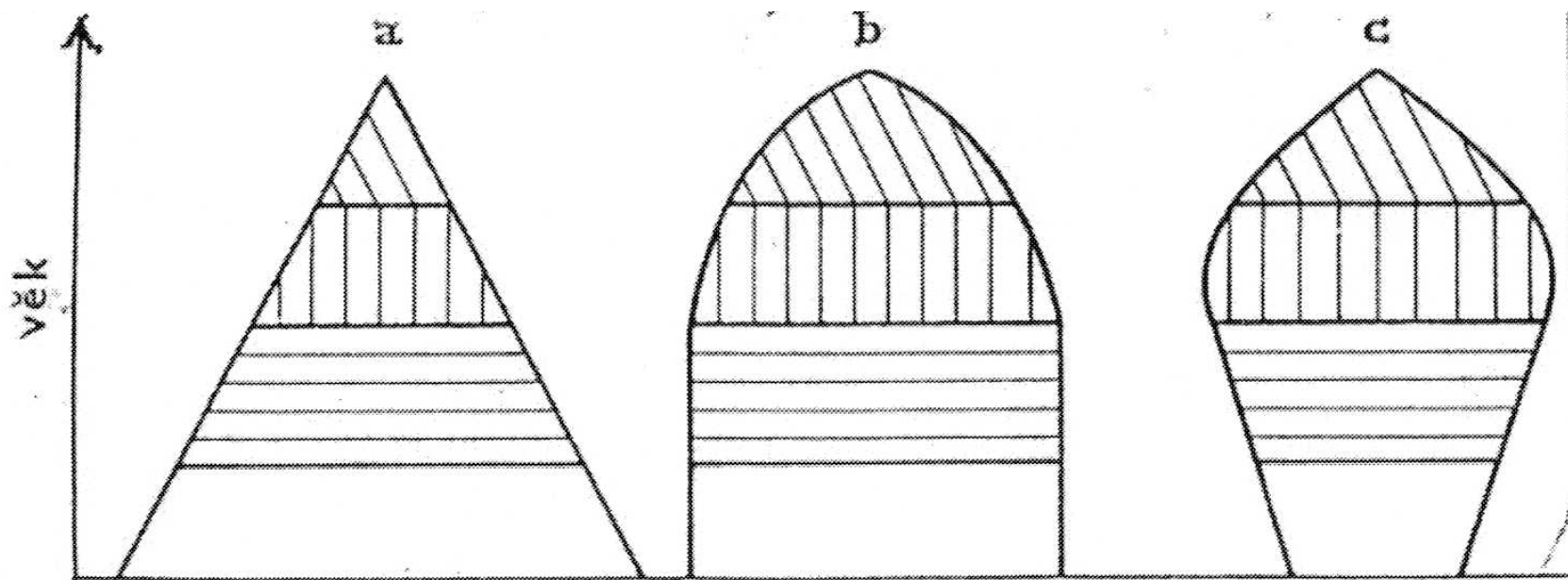
- **Věková struktura** - vyjadřuje poměrné zastoupení jednotlivých věkových tříd populace – nejčastěji:
 - předreprodukční**
 - reprodukční**
 - postreprodukční**
- **Váhová struktura** – tam, kde nelze rozpoznat věk jedinců (např. u hlodavců)
- **Pohlavní struktura** – poměr pohlaví (sex ratio):
 - primární**
 - sekundární**
 - terciální**
- **Sociální struktura** – studuje etologie

Věková struktura populace

populace v rozvoji

stálá populace

vymírající populace

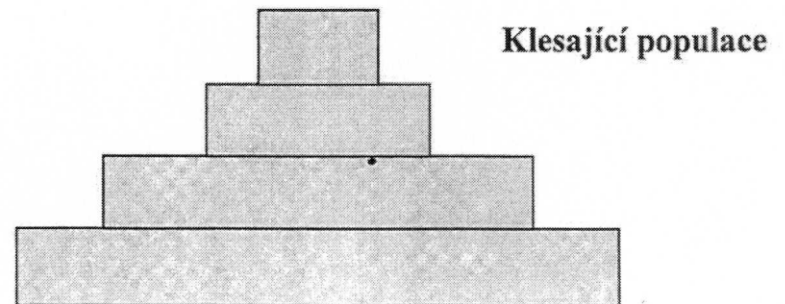
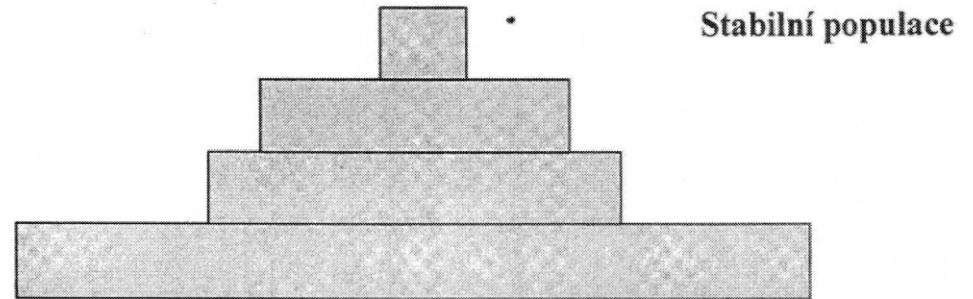
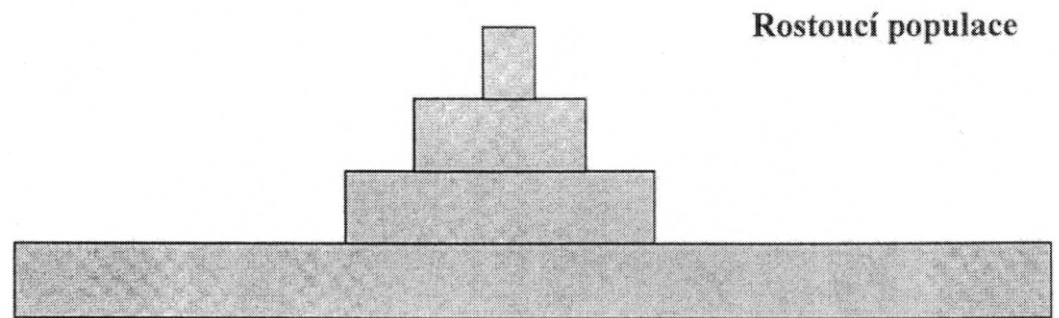


Věkové pyramidy

Věková struktura populace – udává relativní počet jedinců v jednotlivých věkových třídách

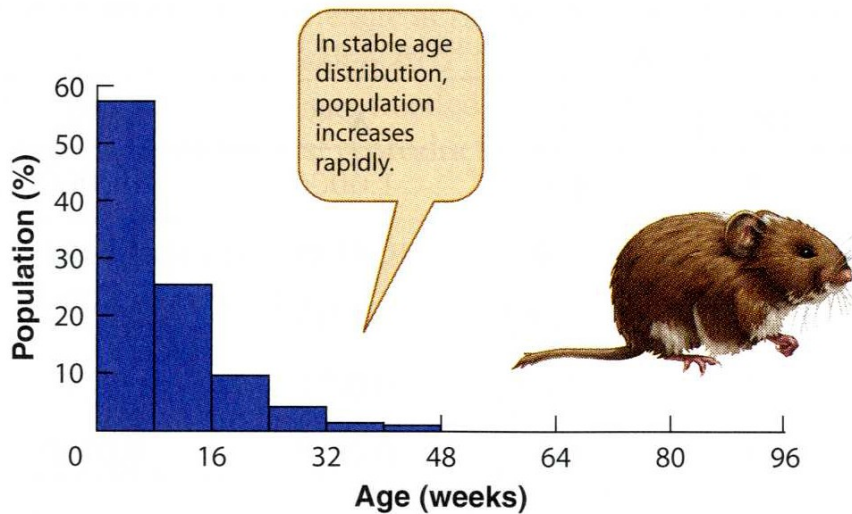
Věkové třídy jsou specifické kategorie jako např. roky, měsíce, vajíčka, larvy, kukly, larvální instary

Věkové pyramidy – při stabilní distribuci věkových tříd je jejich tvar stabilní

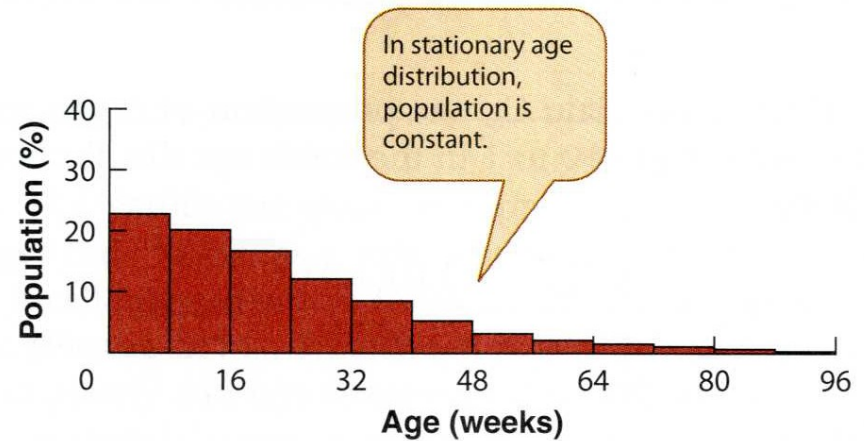


Věková struktura populace hraboše

Rostoucí populace

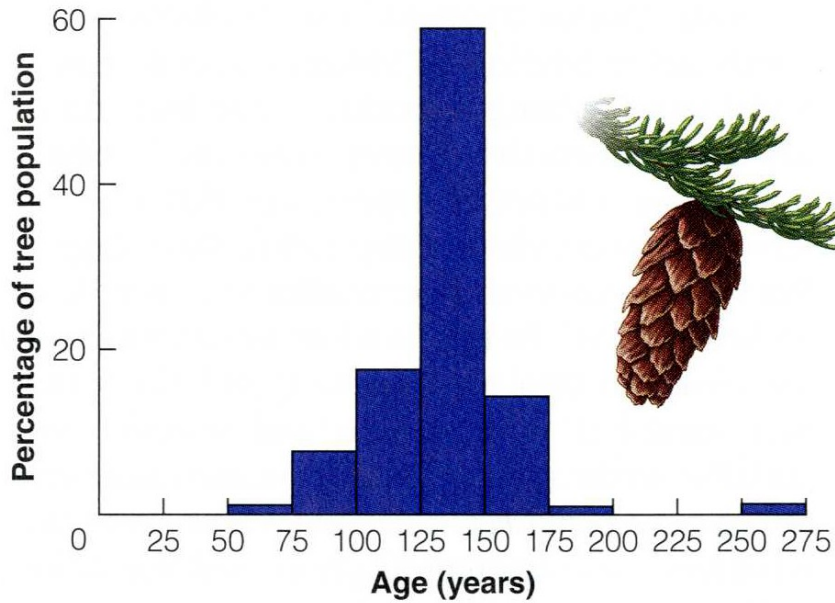


Stabilní populace



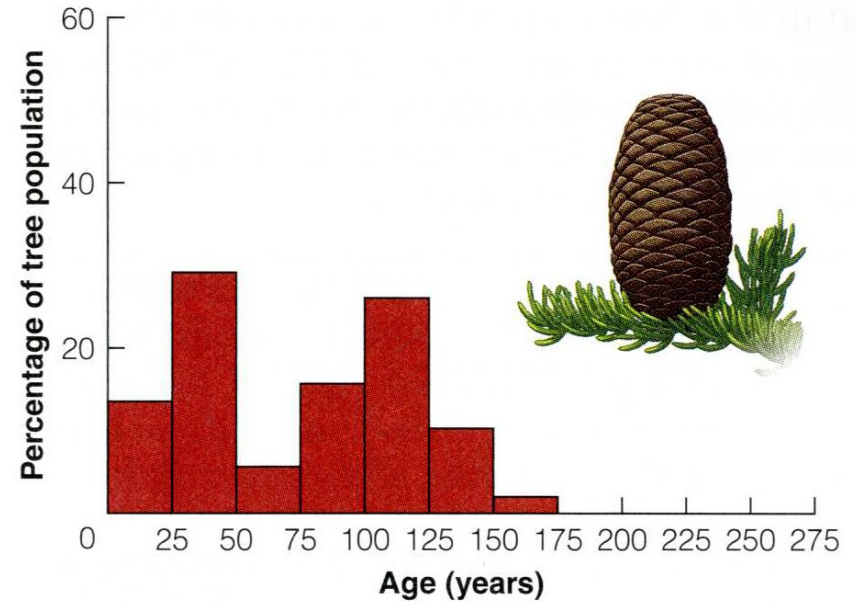
Věková struktura populace 2 druhů jehličnanů

jedle smolná



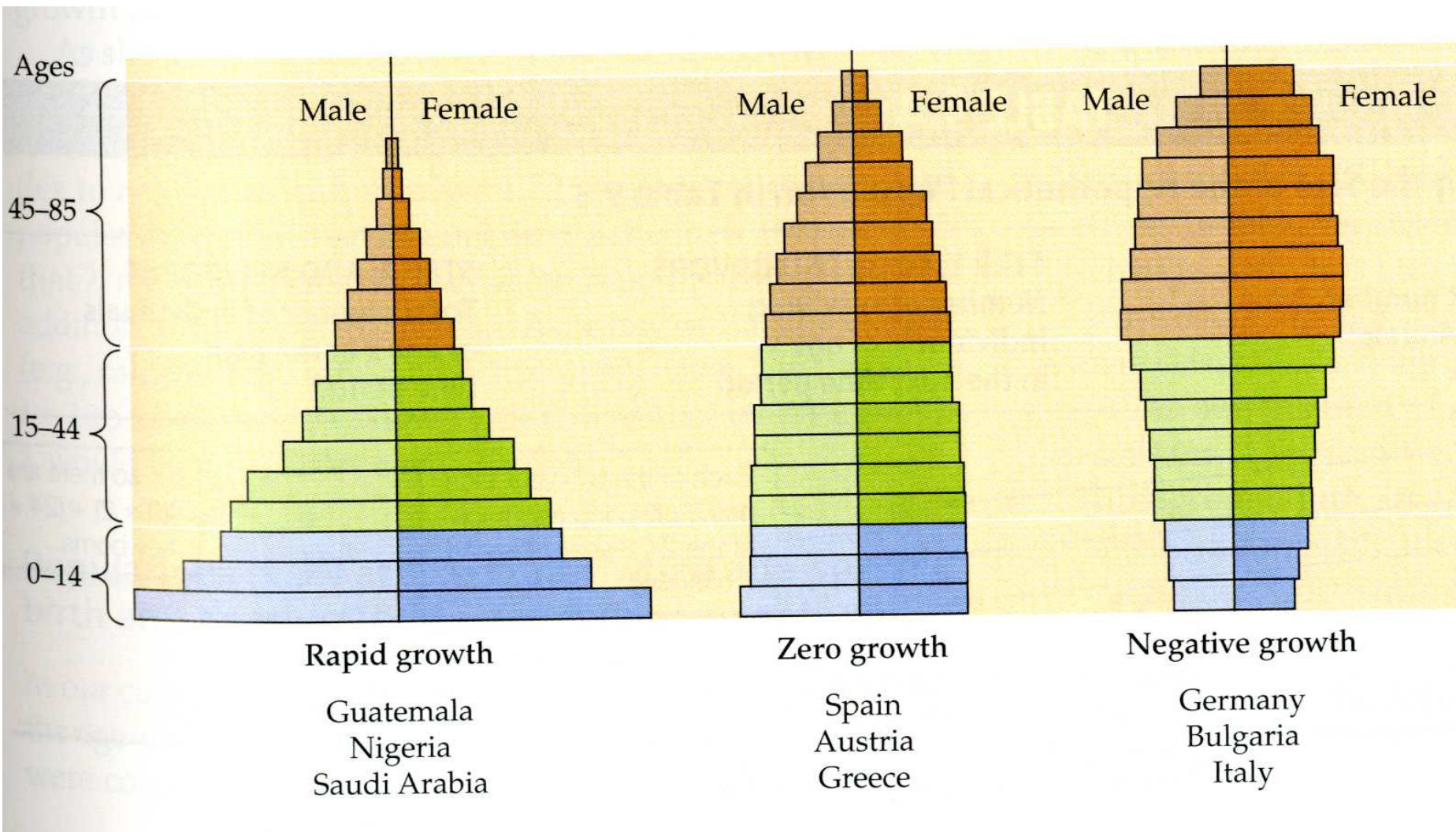
(a)

jedle „alpinská“

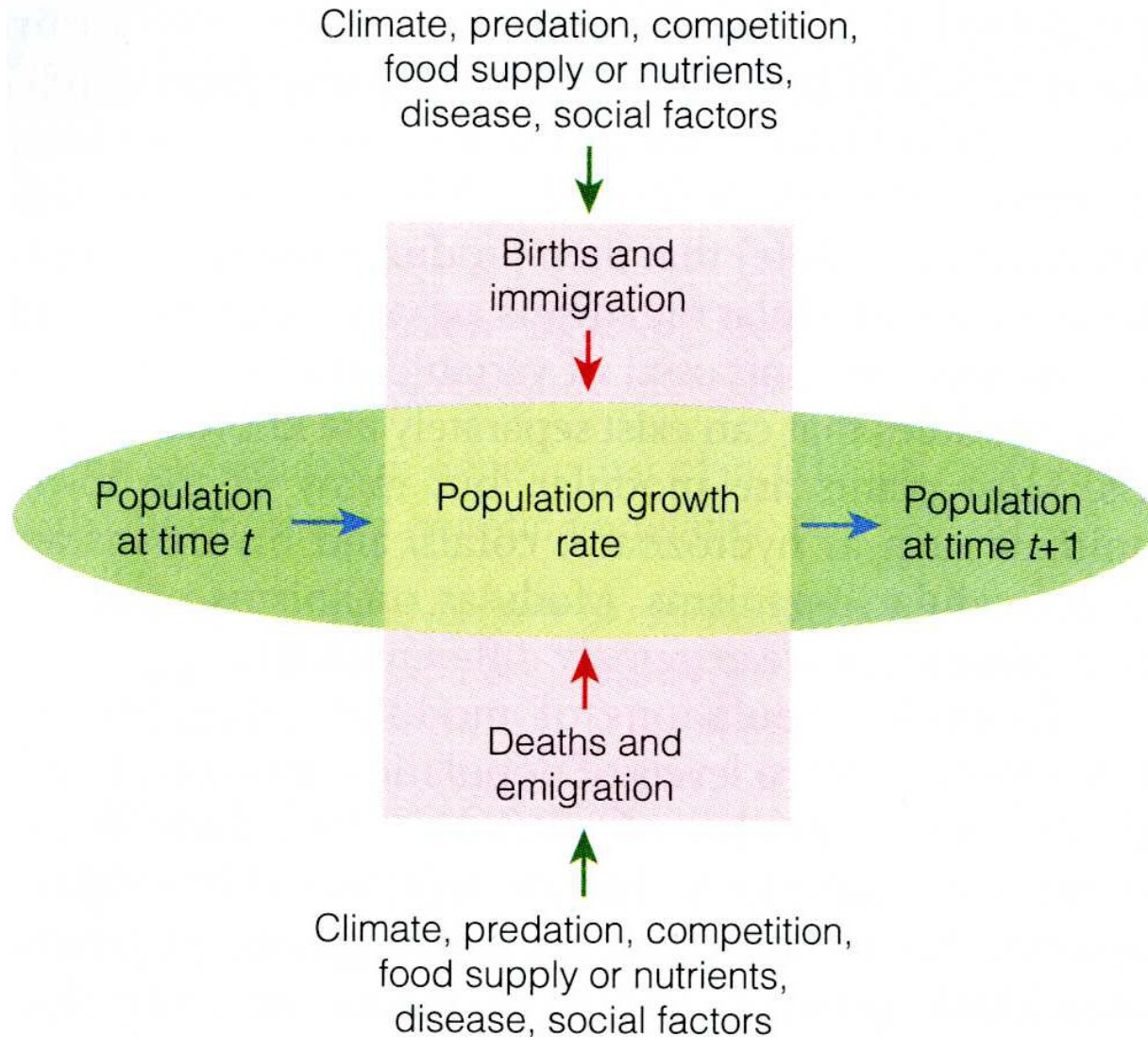


(b)

Příklady věkové struktury populace člověka



Funkční - dynamické vlastnosti populace



Natalita populace

- **Natalita** – je dána rozením (vznikem) nových jedinců v populaci.
- **Realizovaná natalita** - je dána skutečným počte vzniklých potomků na jednu samici za jednotku času
- **Fyziologická natalita** – maximální – biotický potenciál druhu
- **Věkově specifická natalita** – počet potomků narozených za jednotku času samicím určité věkové třídy,

Mortalita populace

- **Mortalita** – počet uhynulých jedinců v populaci za jednotku času.
- **Míra mortality** je dána podílem počtu uhynulých jedinců za jednotku času a průměrné početnosti populace za tuto časovou jednotku. Míra mortality může být stanovena pro celou populaci nebo pro jednotlivé věkové třídy
- **Specifická mortalita** - např. věkové třídy
- **Fyziologická mortalita** – minimální, hynou přirozenou smrtí
- **Realizovaná mortalita** – skutečná v přírodě

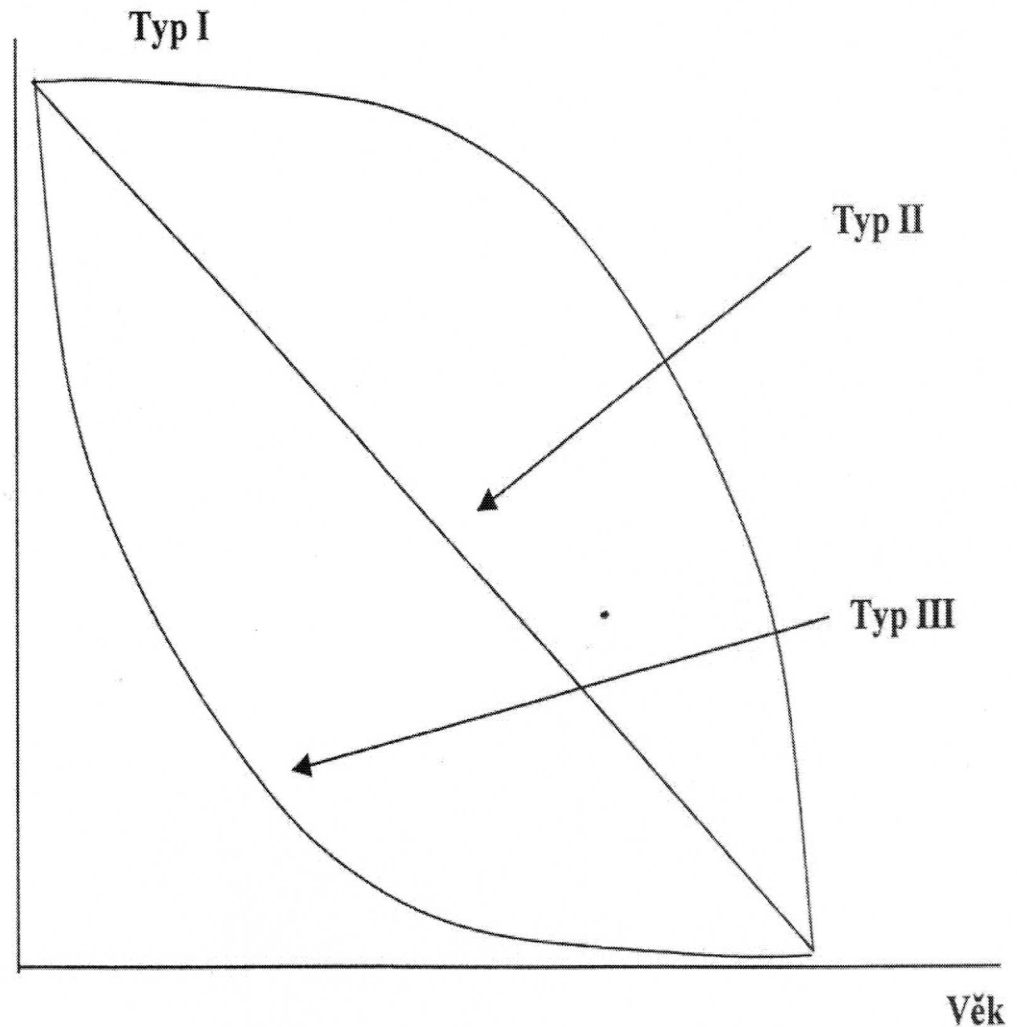
Mortalita populace - příklad

- Populace má na začátku $N = 1000$ jedinců a na konci sledovaného časového úseku $N = 600$ jedinců.
- Průměrná velikost populace tedy je $N = 800$
- Míra mortality je dána $400/800 = 0.5$
- Pravděpodobnost úhynu jedince je dána jako počet hynoucích na počátku, což je $400/1000 = 0.4$

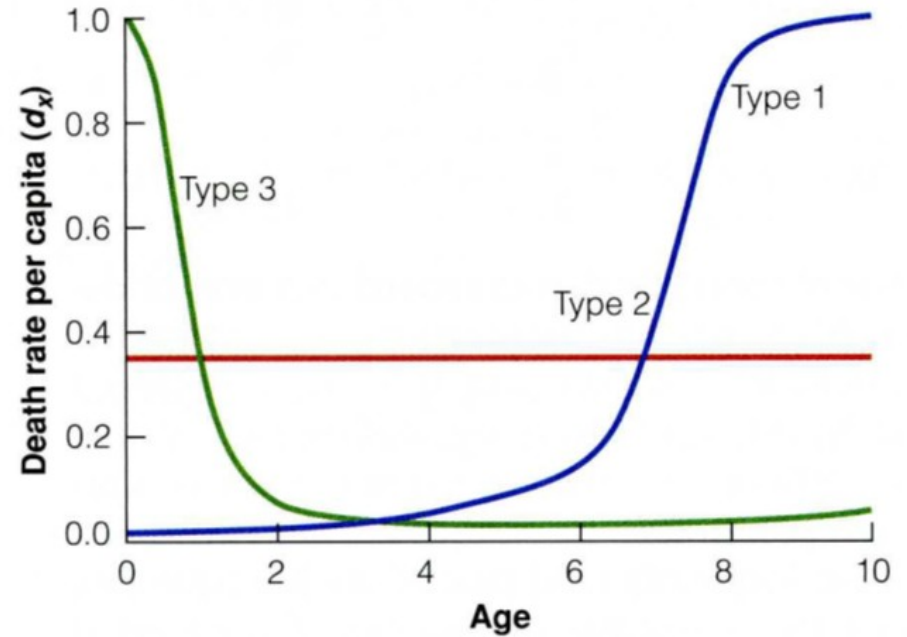
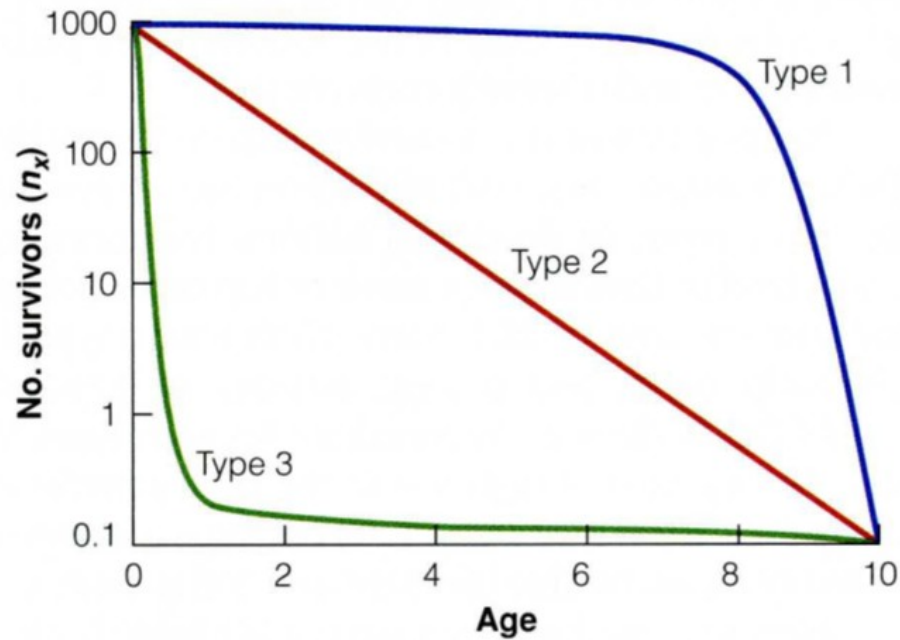
Křivky přežívání populace

Tři typy:

- 1) Typ I – nízká mortalita mladých jedinců, avšak vysoká mortalita u starších (např. velcí savci)
- 2) Typ II – rovnoměrná mortalita během celého života (většina ptáků)
- 3) Typ III – velmi vysoká mortalita mláďat, ale nízká mortalita ve stáří (např. ryby)



Křivky přežívání – natalita *versus* mortalita



Tabulka přežívání vrabců v Kanadě výpočet mortality

Table 8.3 Cohort life table for the song sparrow on Mandarte Island, British Columbia.^a

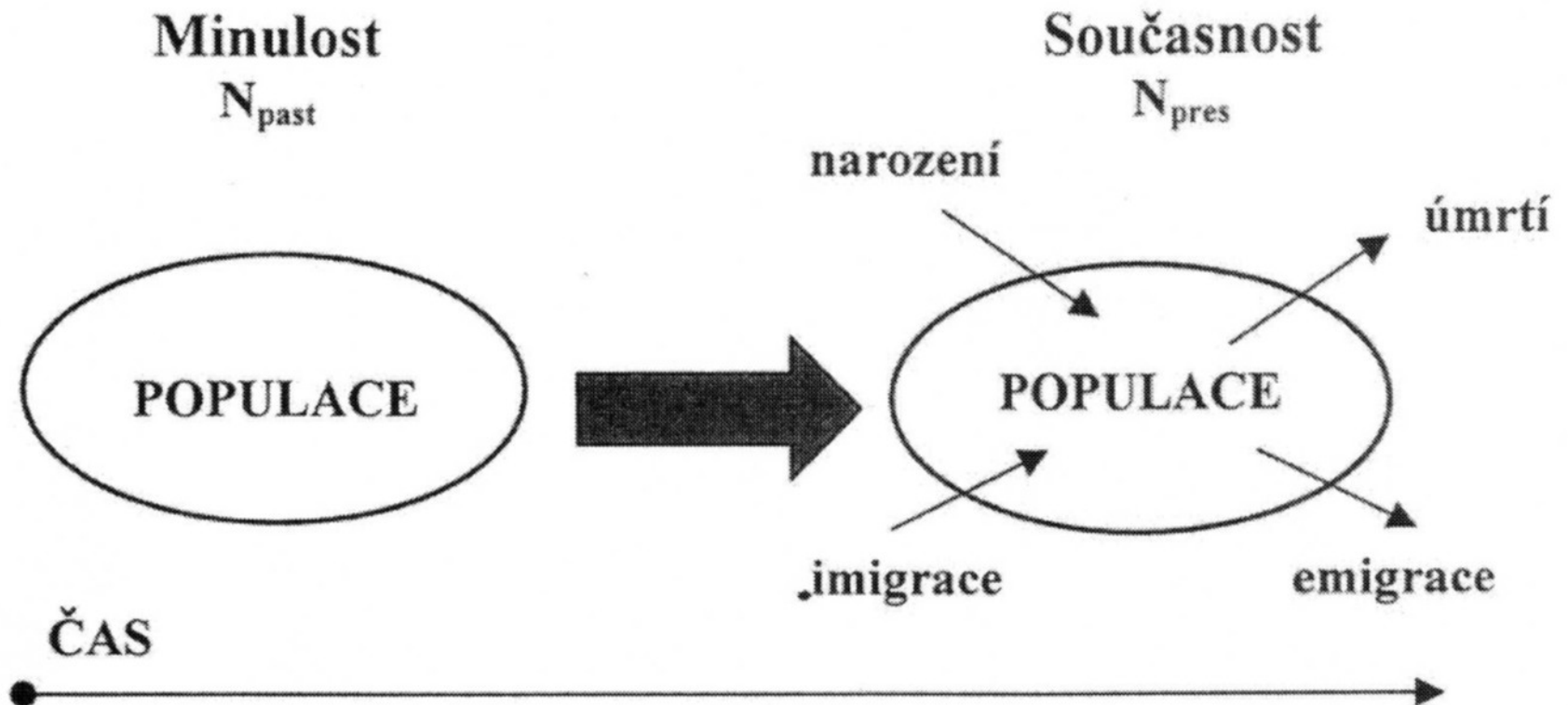
Age in years (x)	Observed no. of birds alive (n_x)	Proportion surviving at start of age interval x (l_x)	No. dying within age interval x to $x + 1$ (d_x)	Rate of mortality (q_x)
0	115	1.0	90	0.78
1	25	0.217	6	0.24
2	19	0.165	7	0.37
3	12	0.104	10	0.83
4	2	0.017	1	0.50
5	1	0.009	1	1.0
6	0	0.0	—	—

Tabulka přežívání sarančí

Tabulka 4.1. Kohortní tabulka přežívání pro saranči, *Chorthippus brunneus*. Sloupce vysvětleny v textu. (Richards & Waloff, 1954)

Stadium (x)	Počet jedinců na počátku každého stadia a_x	Poměrná část přežívajících jedinců z původní kohorty do počátku každého stadia l_x	Poměrná část jedinců z původní kohorty, kteří odumírají v průběhu každého stadia d_x	Rychlost úmrtnosti q_x	$\log_{10} a_x$	$\log_{10} l_x$	$\log_{10} a_x - \log_{10} a_{x+1}$ $= k_x$	Počet vajíček vyprodukovaných v průběhu každého stadia F_x	Počet vajíček vztažených na přežívajícího jedince v každém stadiu m_x	Počet vajíček vztažených na jedince z původního počtu v každém stadiu $l_x m_x$
vajíčka (0)	44 000	1,000	0,920	0,92	4,64	0,00	1,09	-	-	-
instar I (1)	3513	0,080	0,022	0,28	3,55	-1,09	0,15	-	-	-
instar II(2)	2529	0,058	0,014	0,24	3,40	-1,24	0,12	-	-	-
instar III (3)	1922	0,044	0,011	0,25	3,28	-1,36	0,12	-	-	-
instar IV (4)	1461	0,033	0,003	0,11	3,16	-1,48	0,05	-	-	-
dospělci (5)	1300	0,030	-	-	3,11	-1,53	-	22617	17	0,51

Růst populace



Růst populace

- Počet jedinců v populaci je ovlivněn těmito vlivy:

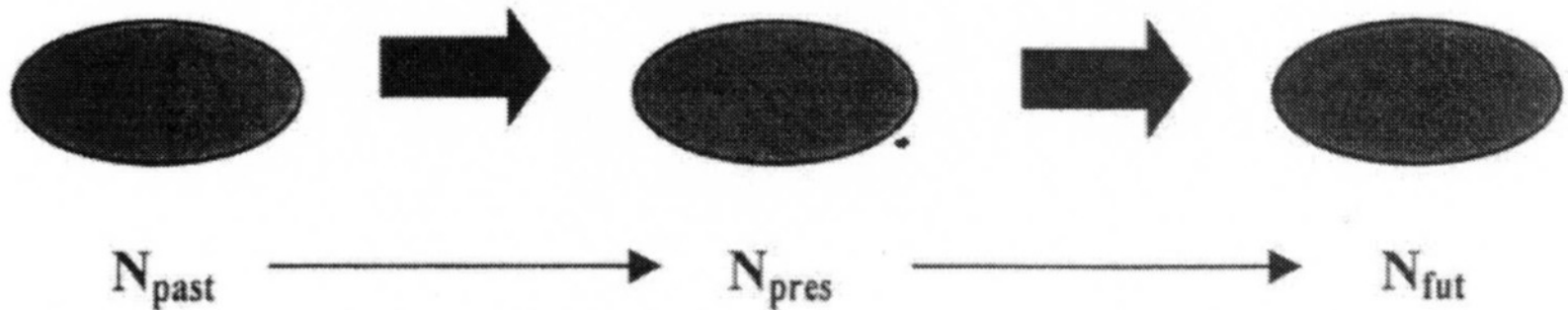
$$N_{\text{pres}} = N_{\text{past}} + B - D + I - E$$

- Počet jedinců jistého organismu, který v současné době obývá určité místo (N_{pres}) je roven součtu organismů, které toto místo obývaly dříve (N_{past}), organismu nově narozených v období od daného bodu v minulosti po současnost (B) a organismů-imigrantů (I); od tohoto součtu je odečteno množství jedinců zemřelých (D) a organismů-emigrantů (E).

Růst populace

- Podobně pro počet jedinců v budoucnosti tedy platí:

$$N_{\text{fut}} = N_{\text{pres}} + B - D + I - E$$



Růst populace

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E$$

B = růst populace rozmnožováním (natalita)

I = růst populací imigrací

D = pokles populace hynutím (mortalita)

E = pokles populace emigrací

N_t = početnost populace v čase t

N_{t+1} početnost populace v čase t+1

V uzavřených populacích je růst pouze závislý na **B** a **D**

$$B + I > D + E$$

Růst populace může být ovlivňován její hustotou

Za určitých okolností má každý druh okamžitou míru růstu populace = **r**

Hodnota **r** však bude různá za různých podmínek prostředí, podle toho jak na těchto zdrojích závisí **B** a **D**

Růst populace

- Teoretická hodnota r je dosažena za ideálních podmínek, kdy zdroje nejsou ničím limitované
- Populace může mít pozitivní, negativní nebo nulovou hodnotu r , podle toho, zda její počet roste, klesá a nebo je stálý.

$$r = \ln R_0 / T$$

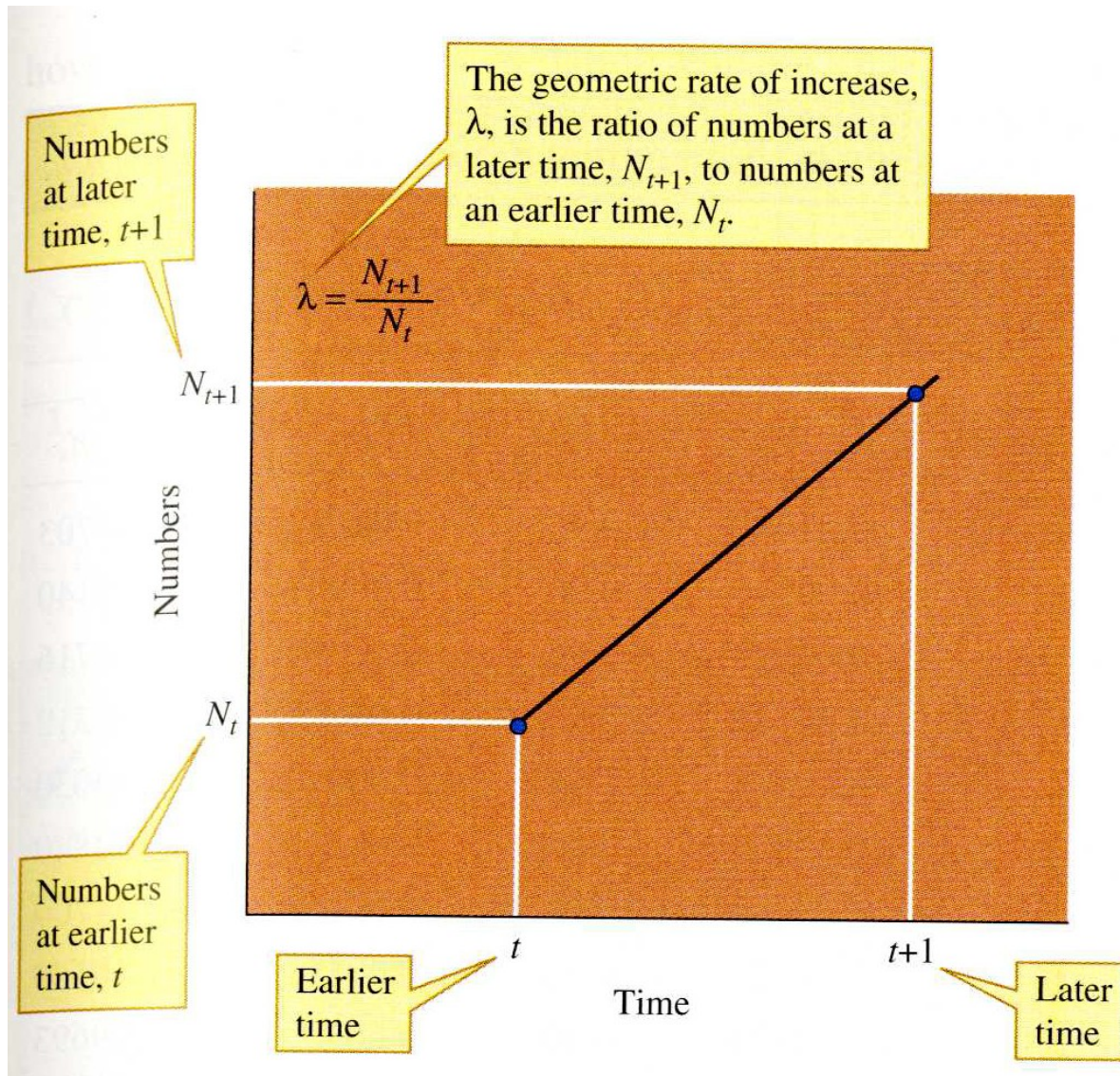
$\ln R_0$ = log průměrného počtu potomků na jednoho jedince

T = generační čas

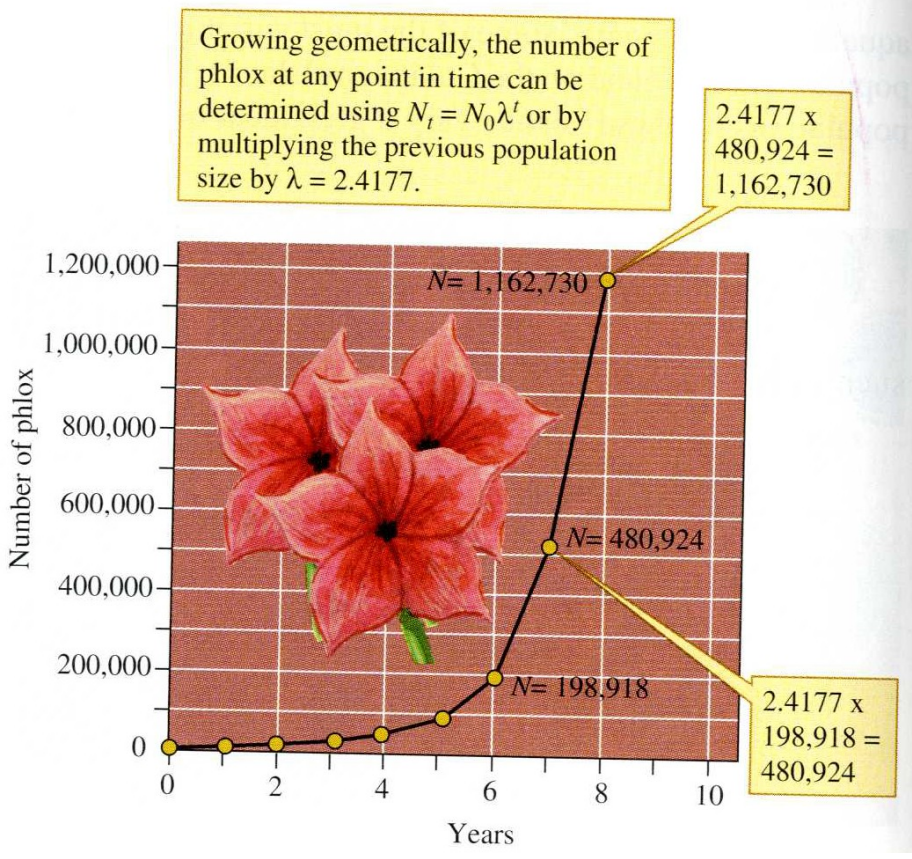
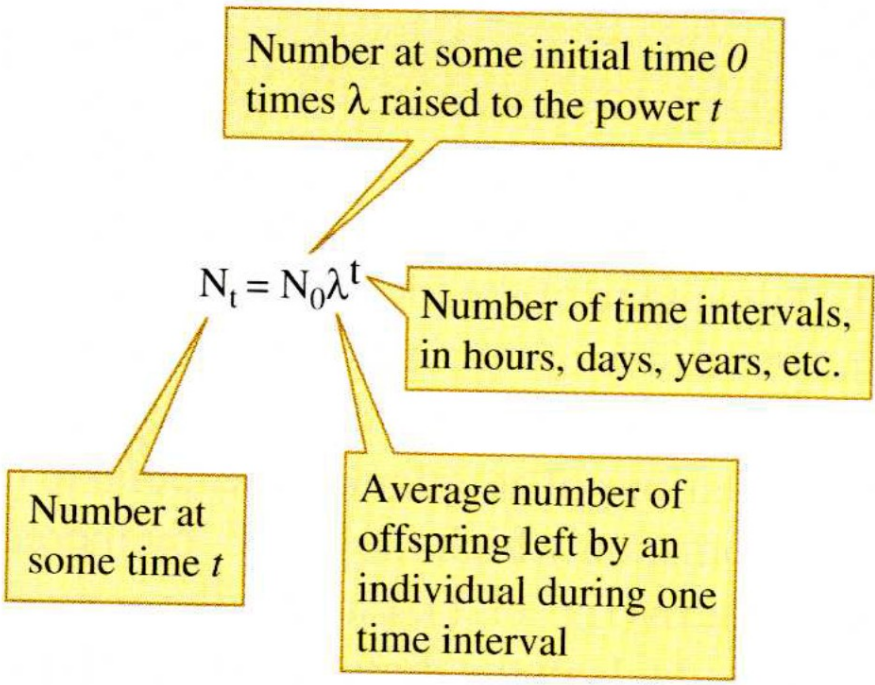
Parametr r je obvykle používán u uzavřených populací, tj. tam kde není vliv E a I . Představuje zde rozdíl mezi B a D

$$r = B - D$$

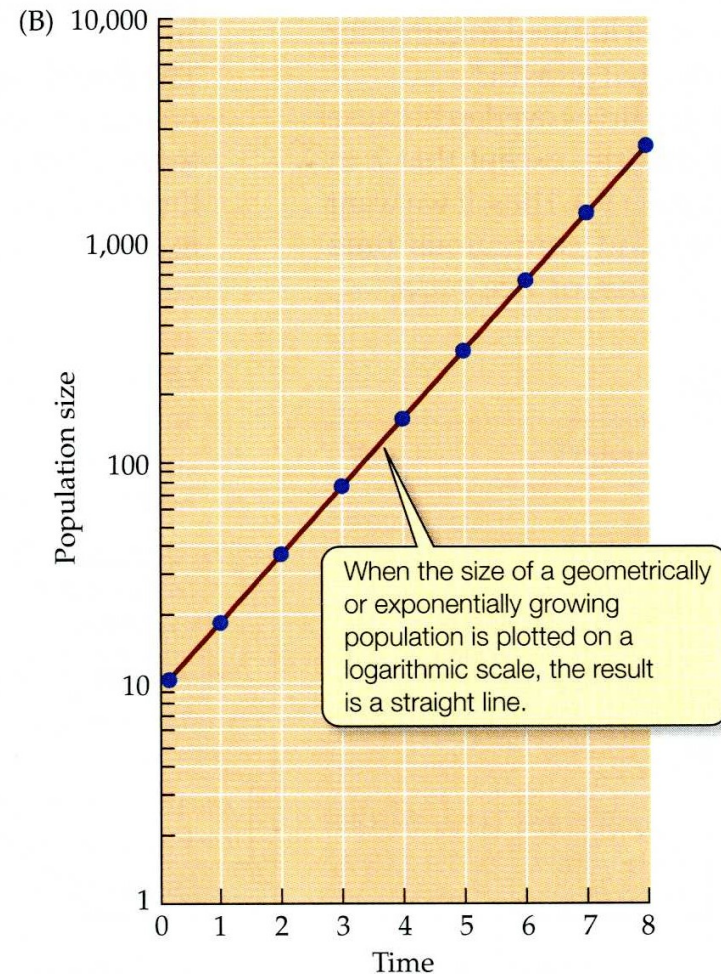
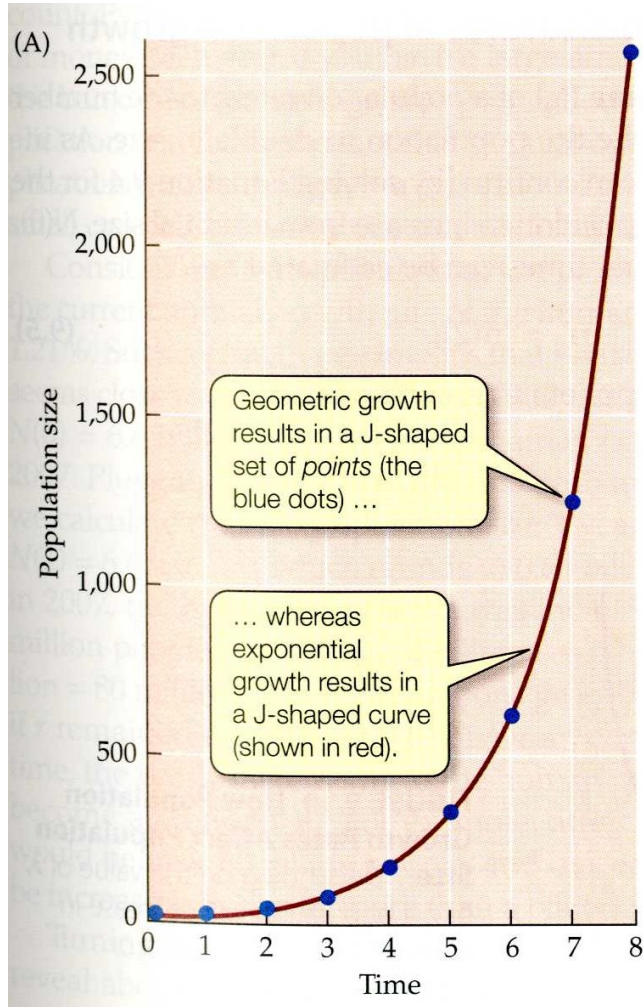
Formy růstu populace



Anatomie rovnice geometrického růstu populace



Geometrický a exponenciální růst



Exponenciální růst populace

Geometrický růst populace je vyjádřen vztahem:

$$N_{t+1} = \lambda N_t$$

kde λ = geometrická míra růstu populace, rovněž jako (per capita) = okamžitá míra růstu

N_t = početnost v čase t

Geometrická forma růstu může být rovněž vyjádřena vztahem:

$$N_t = \lambda^t N_0$$

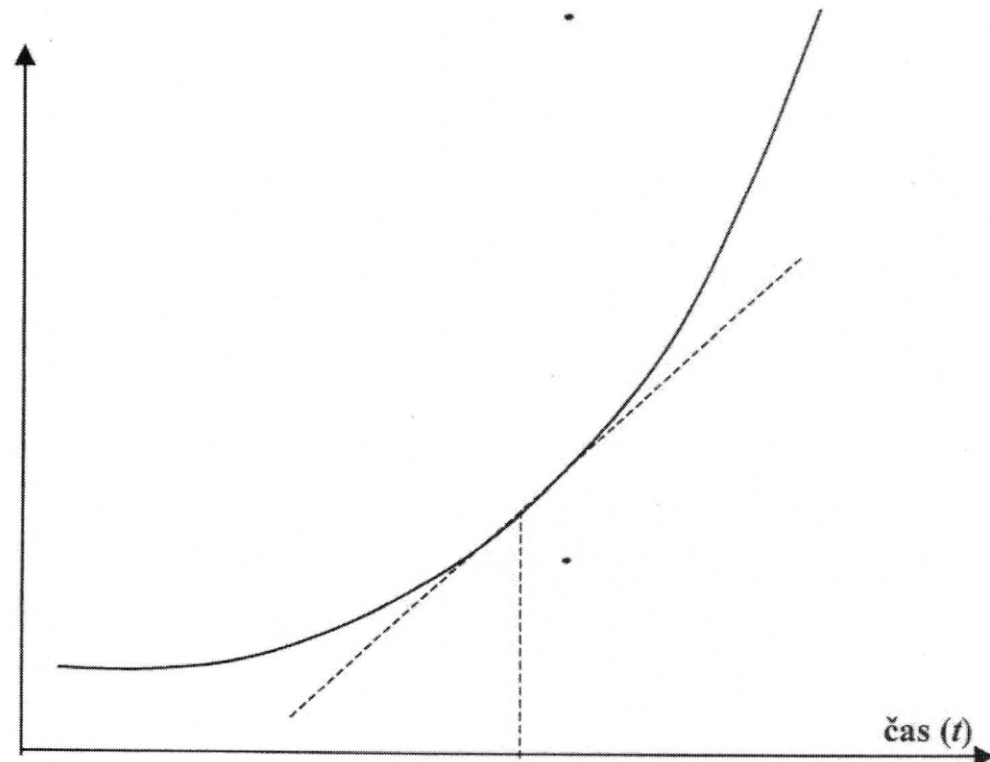
Míra změny populace v čase (t)

Okamžitá míra růstu populace (r)

Velikost populace (N)

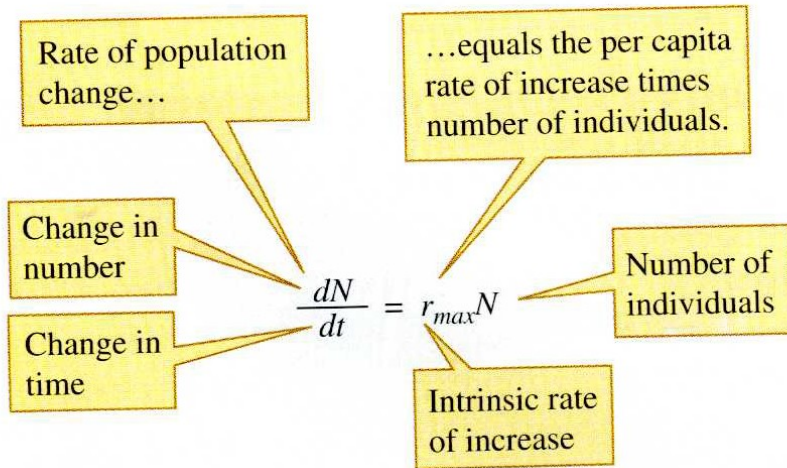
$$\frac{dN}{dt} = rN$$

početnost (N)

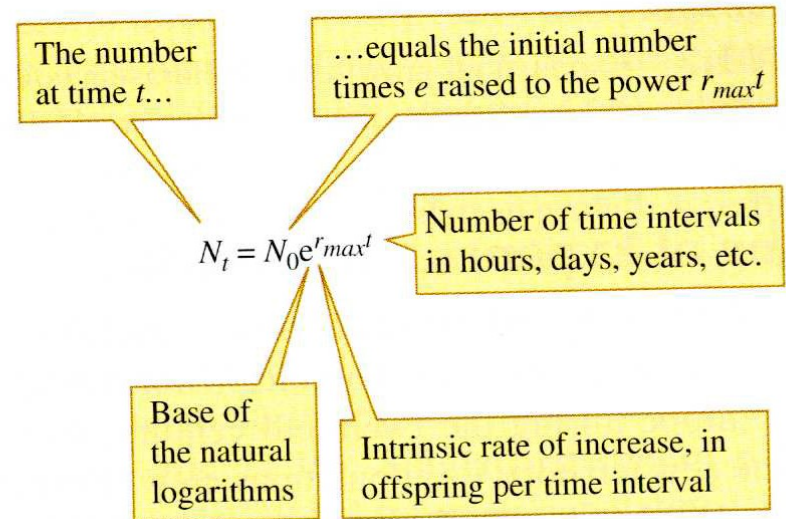


Anatomie rovnice pro exponenciální růst populace

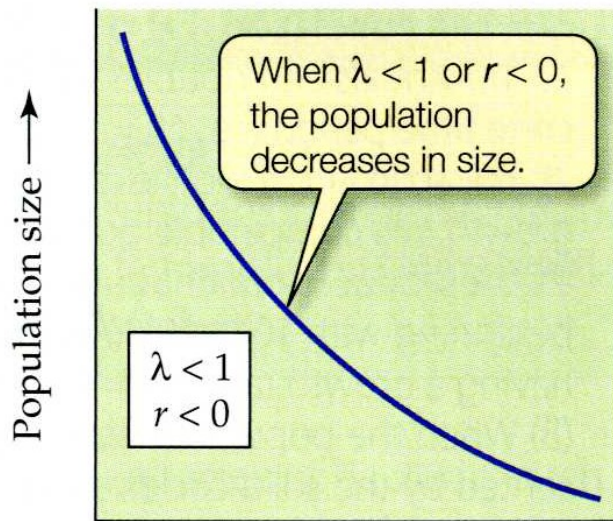
This form of the equation for exponential population growth expresses the rate of population change as the product of r_{max} and N .



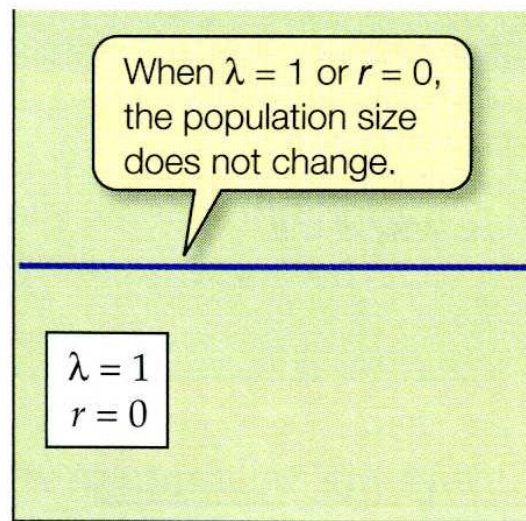
This form of the equation for exponential population growth calculates population size.



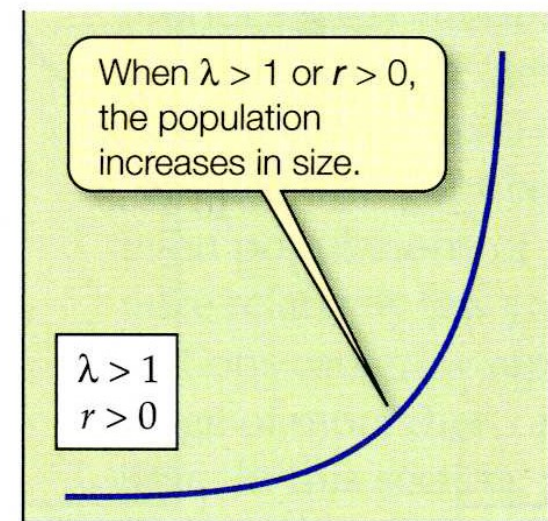
Jak míra růstu populace r ovlivňuje velikost populace ?



Time \rightarrow

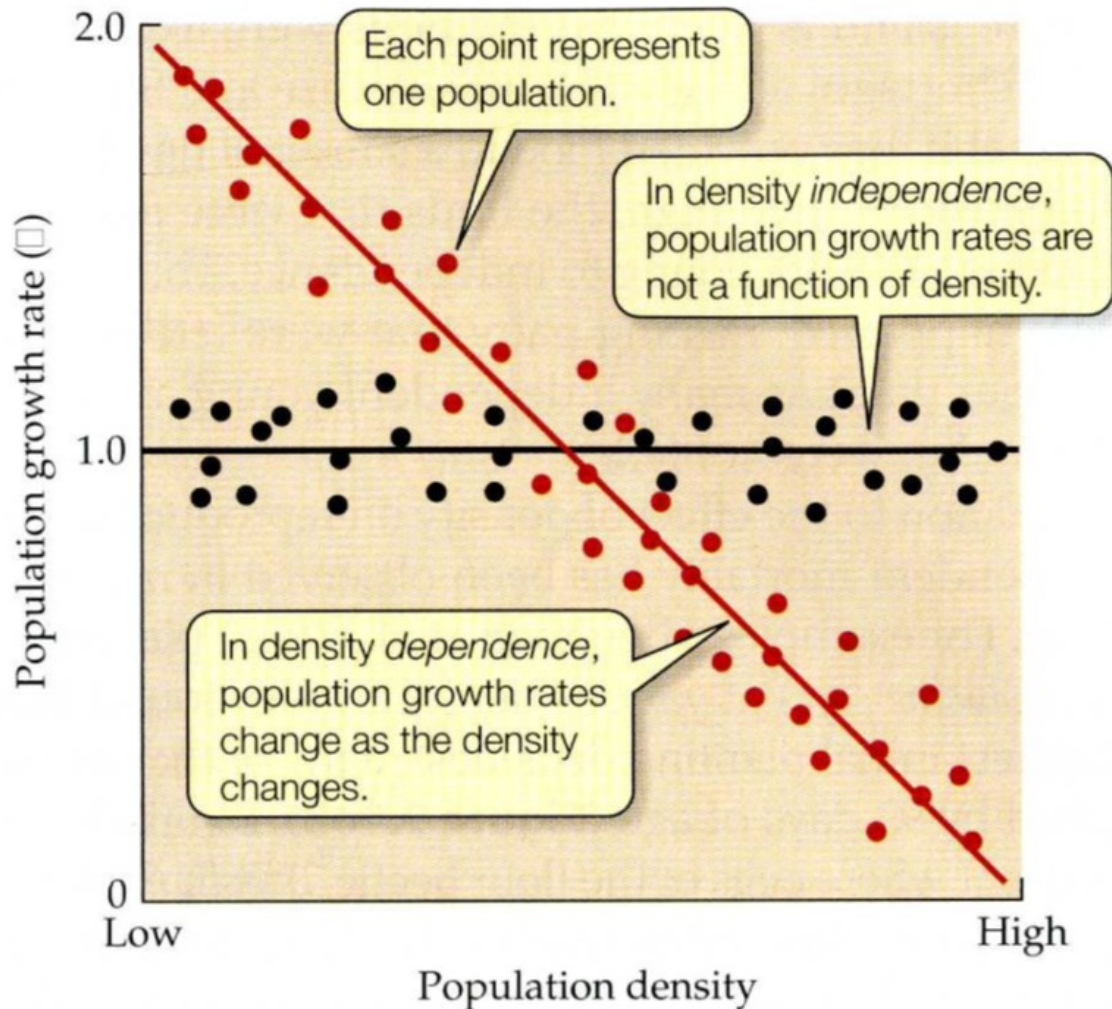


Time \rightarrow



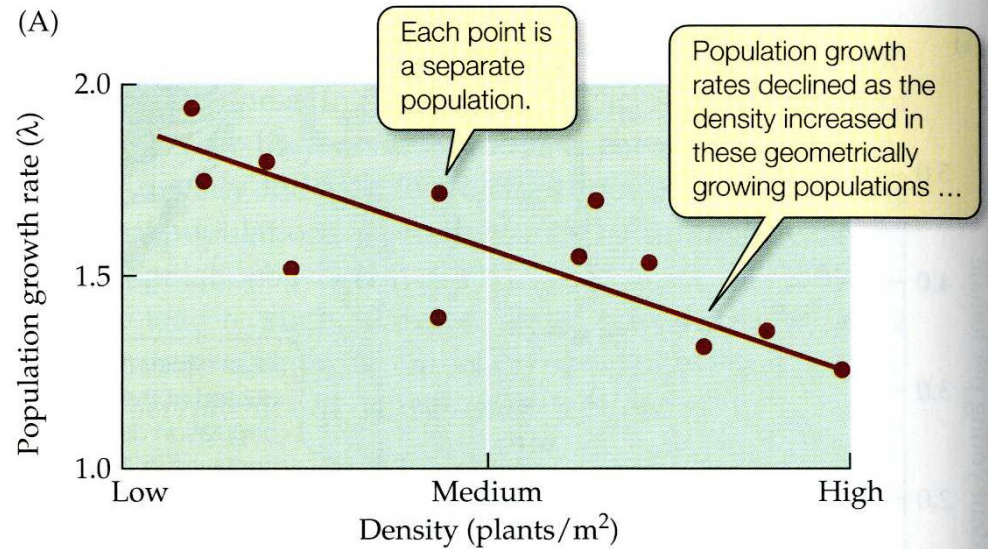
Time \rightarrow

Srovnání závislosti a nezávislosti r na hustotě

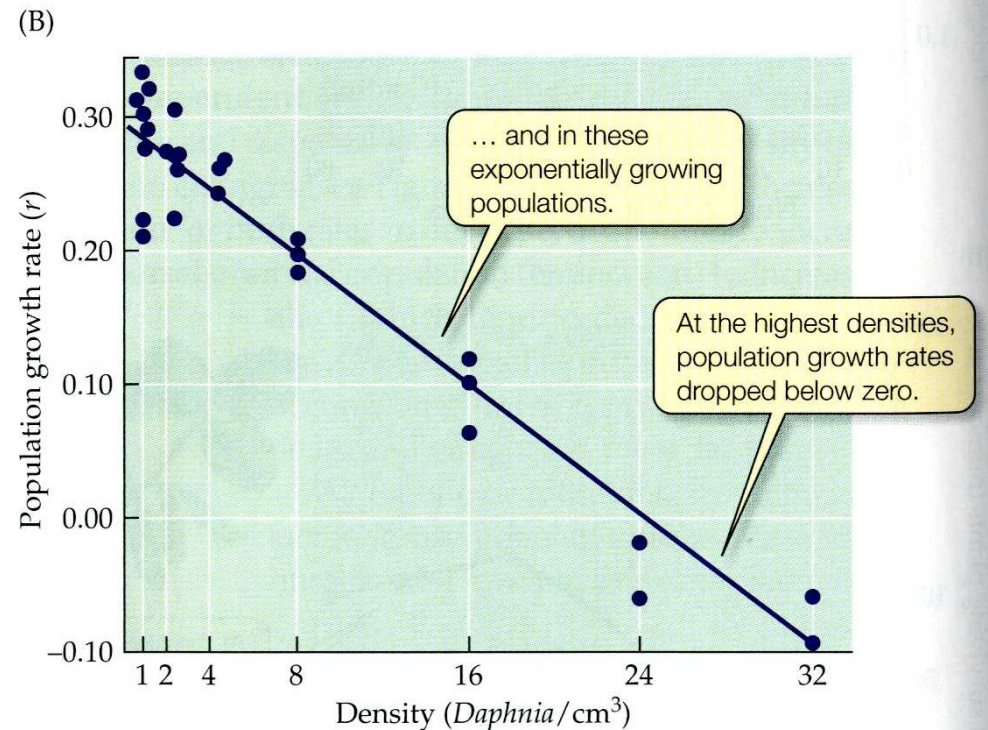


Míra populačního růstu λ může být ovlivněna vysokou hustotou populace

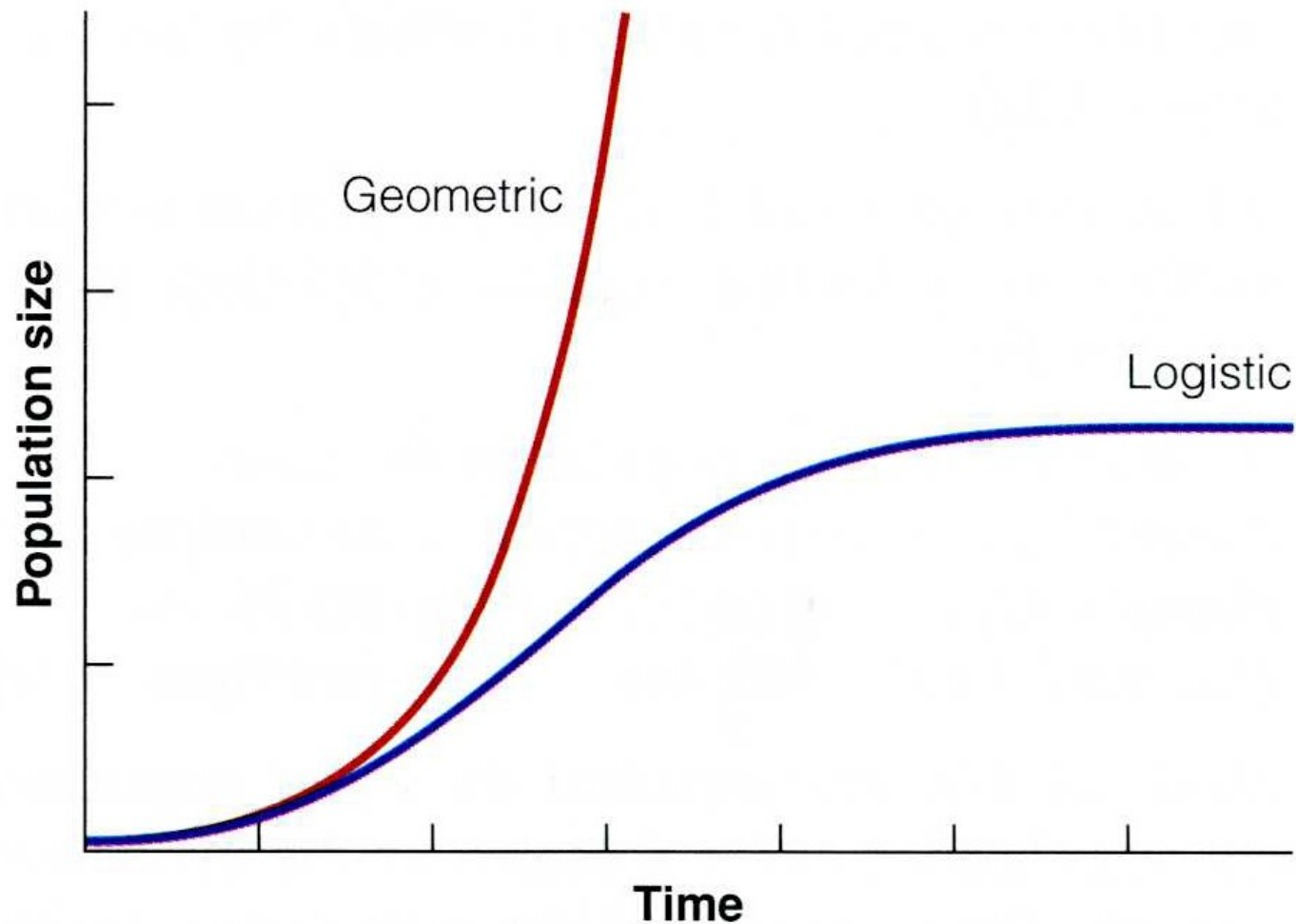
(A) Geometrická míra růstu populace λ trávky druhu *Poa annua* je negativně závislá na hustotě



(B) Totéž platí pro populační růst jedinců druhu *Daphnia pulex*



Dvě základní formy růstu populace



**Logistická křivka růstu –
limitace prostředím –
kapacita prostředí K**

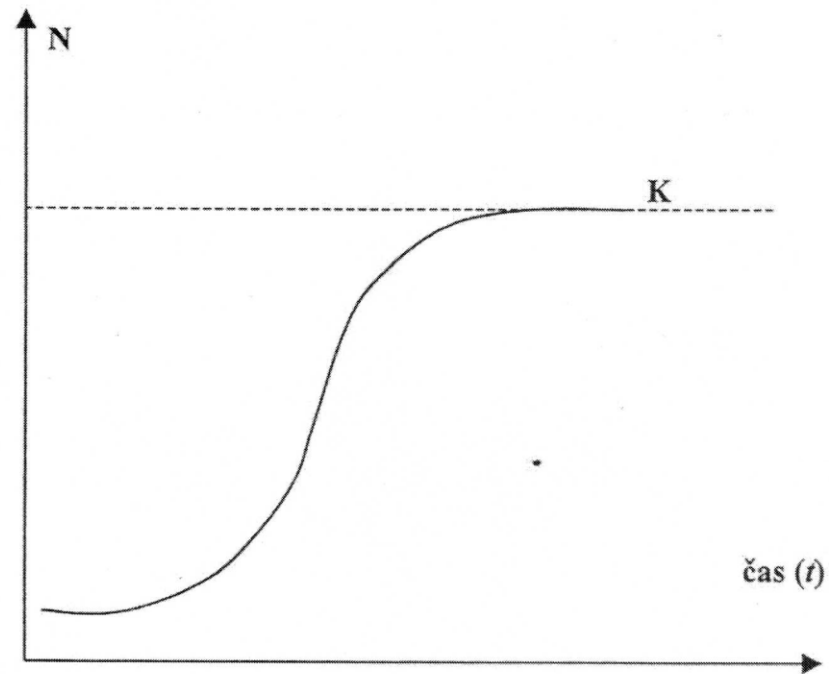
Míra změny
populace v
čase (t)

Okamžitá
míra růstu
populace (r)

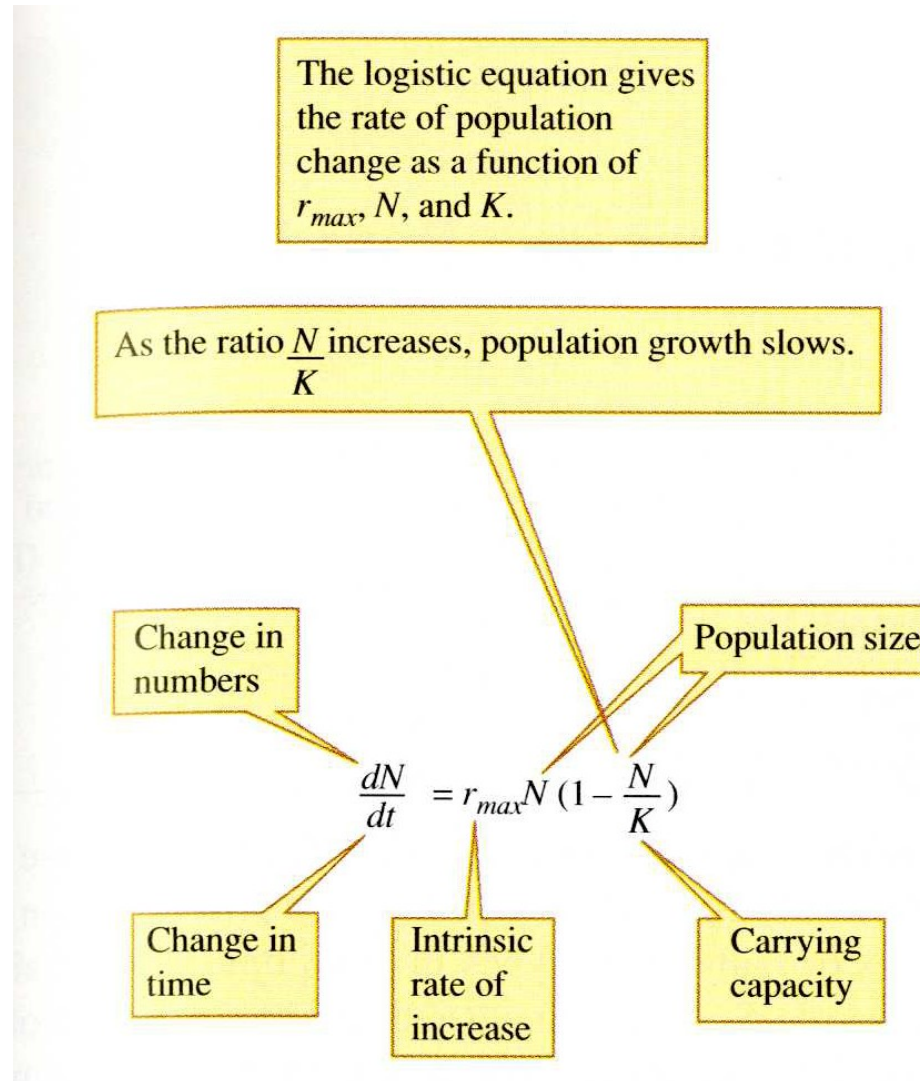
Velikost
populace
(N)

Faktor
závislý na
hustotě

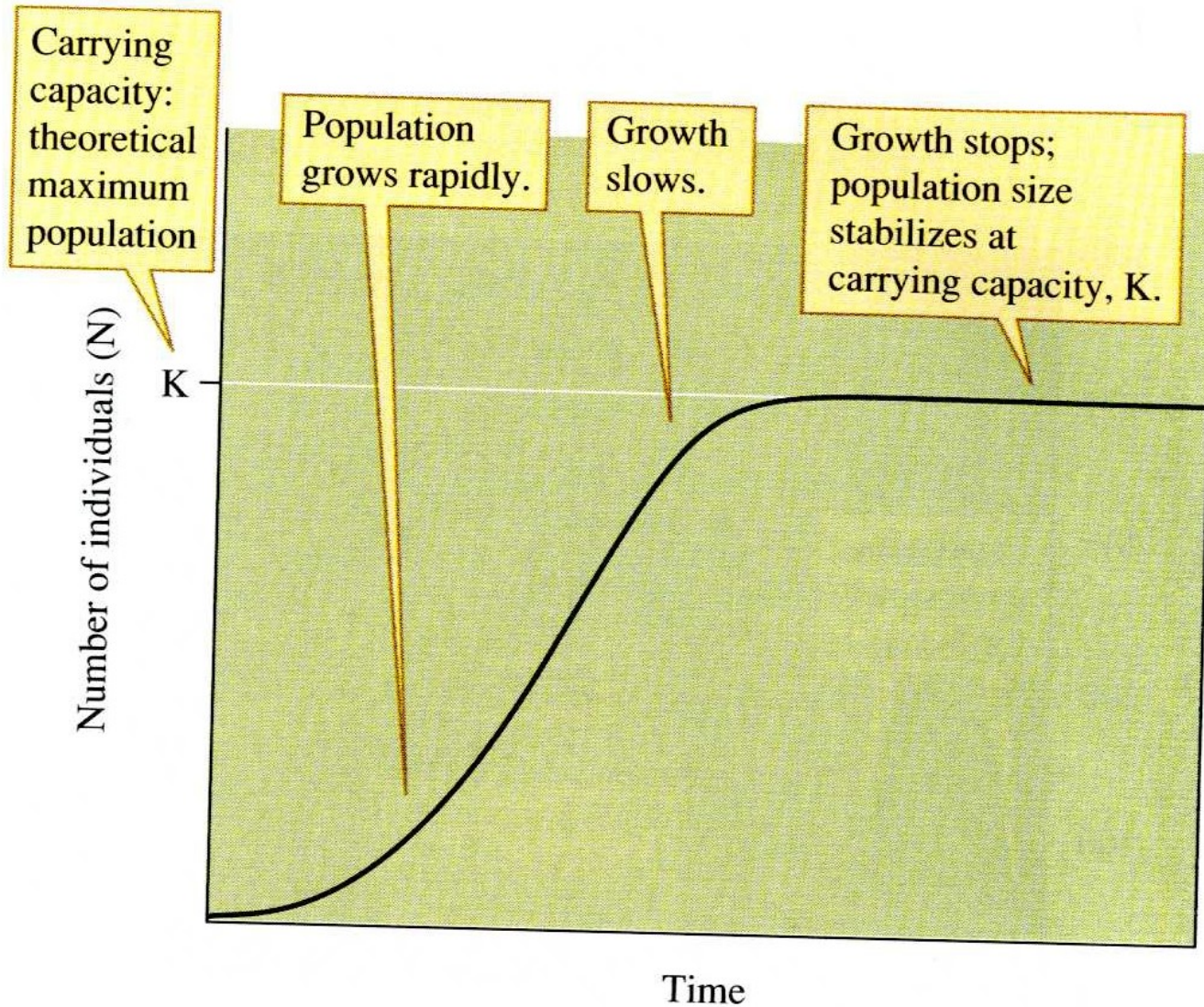
$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right)$$



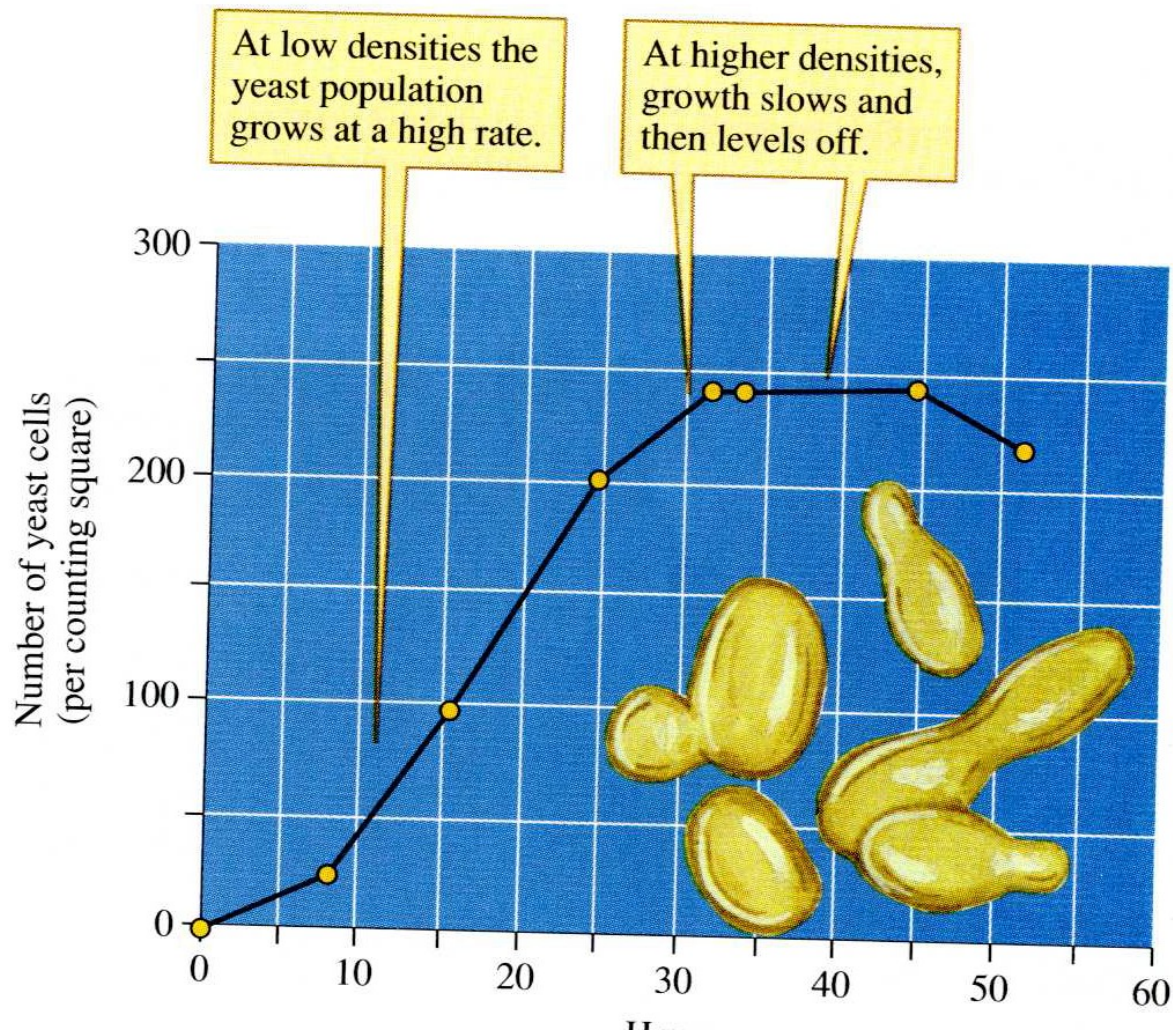
Anatomie logistické rovnice pro sigmoidní křivku populačního růstu



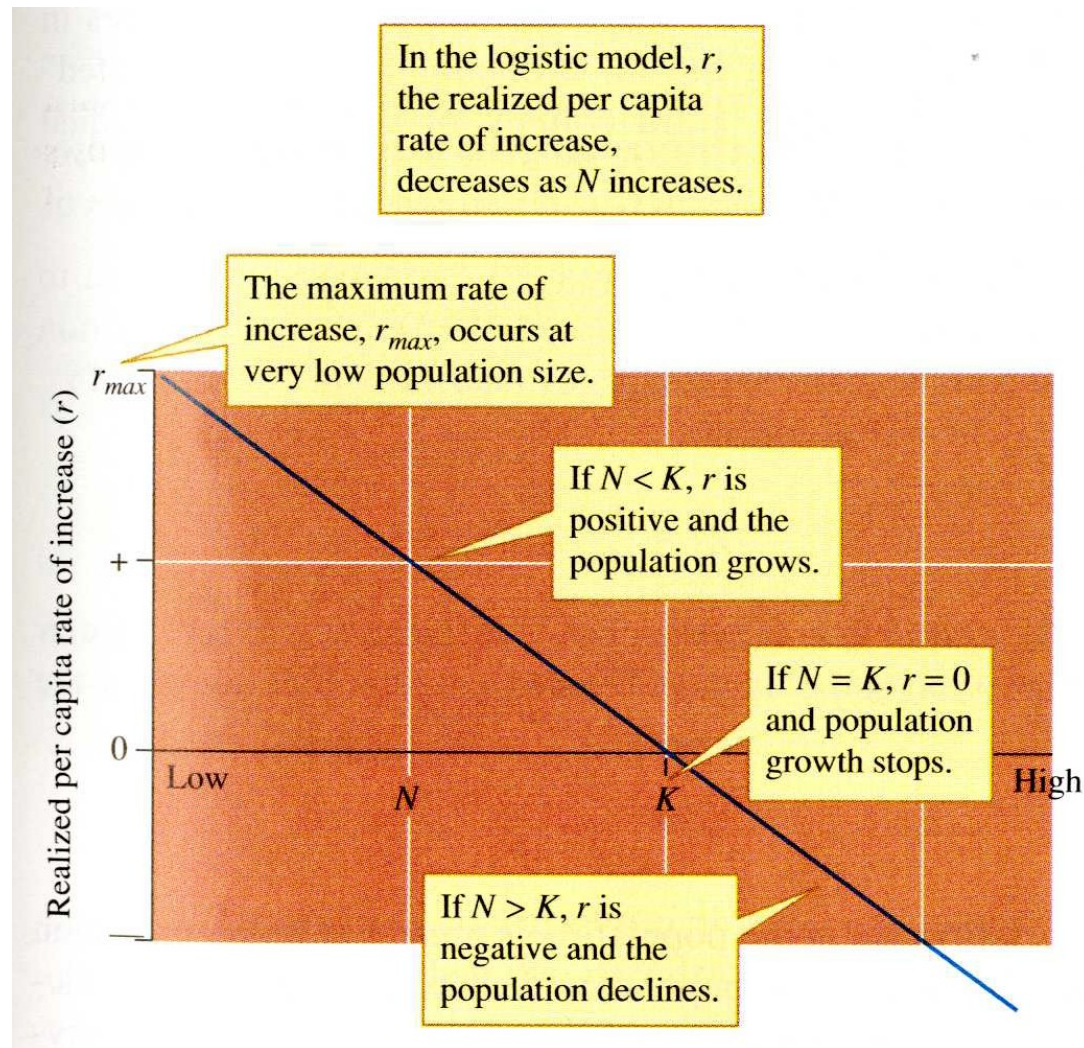
Logistická – sigmoidní křivka růstu



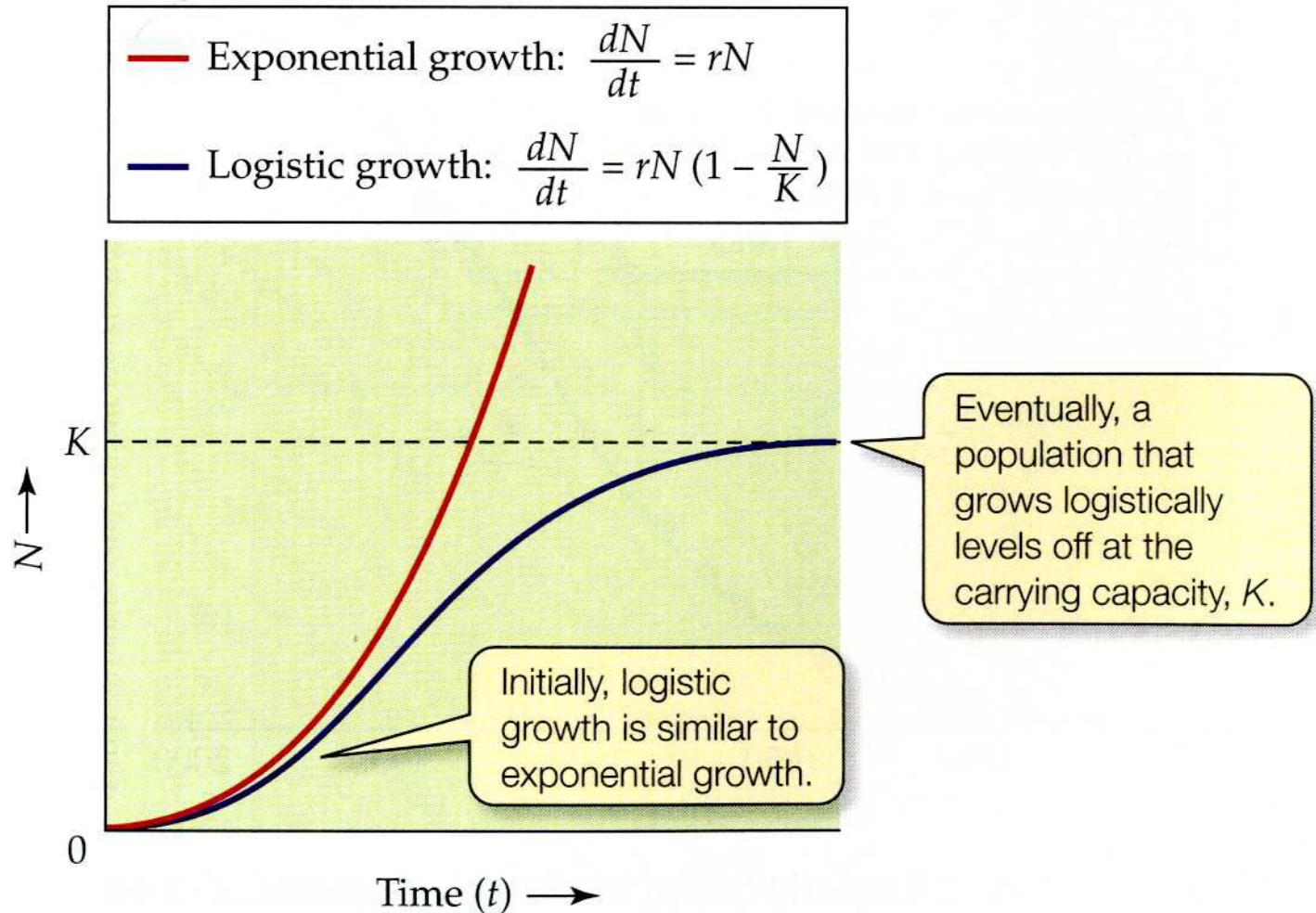
Sigmoidní růst populace kvasinek *Saccharomyces cerevisie*



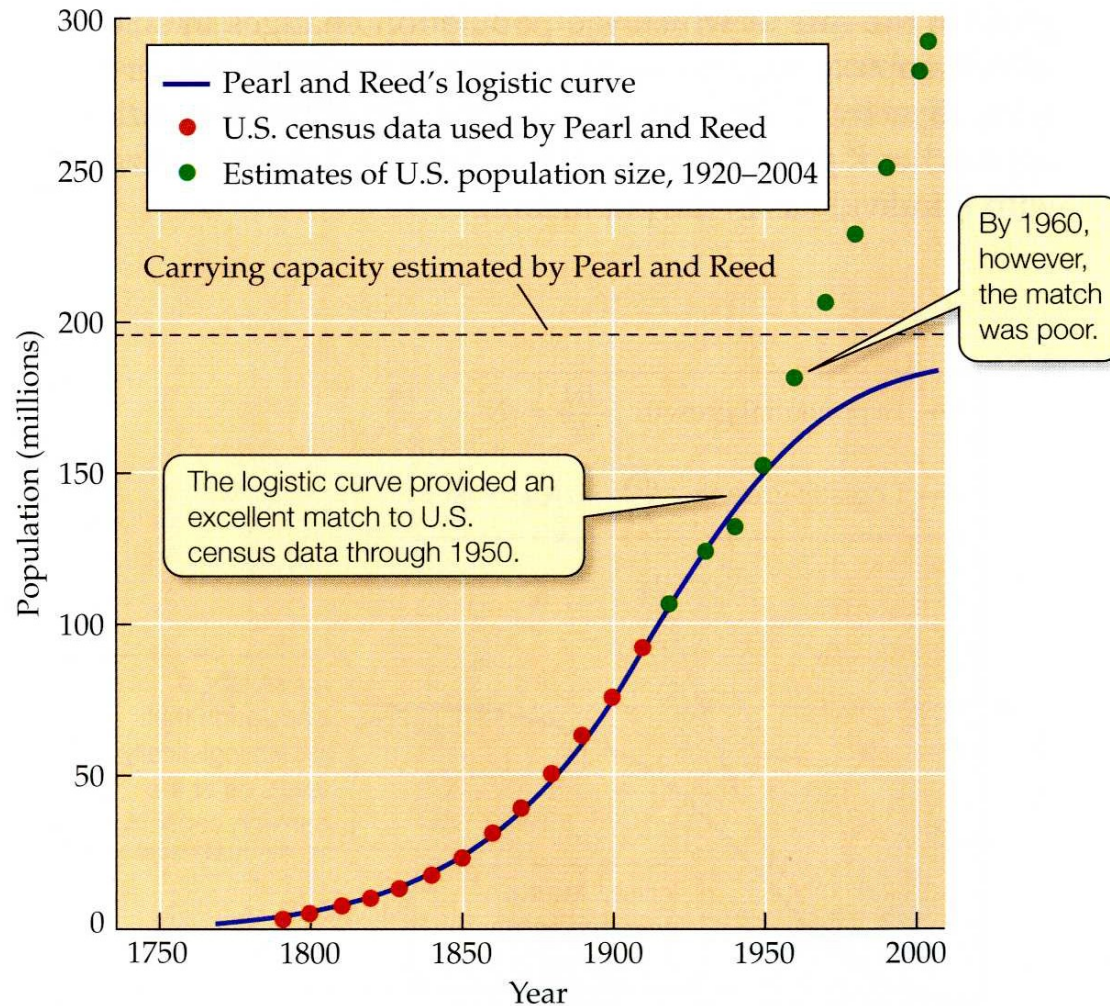
Vztah mezi velikostí populace **N** a realizovaným *per capita* růstem **r** – logistický model populačního růstu



Srovnání exponenciálního a logistického růstu populace



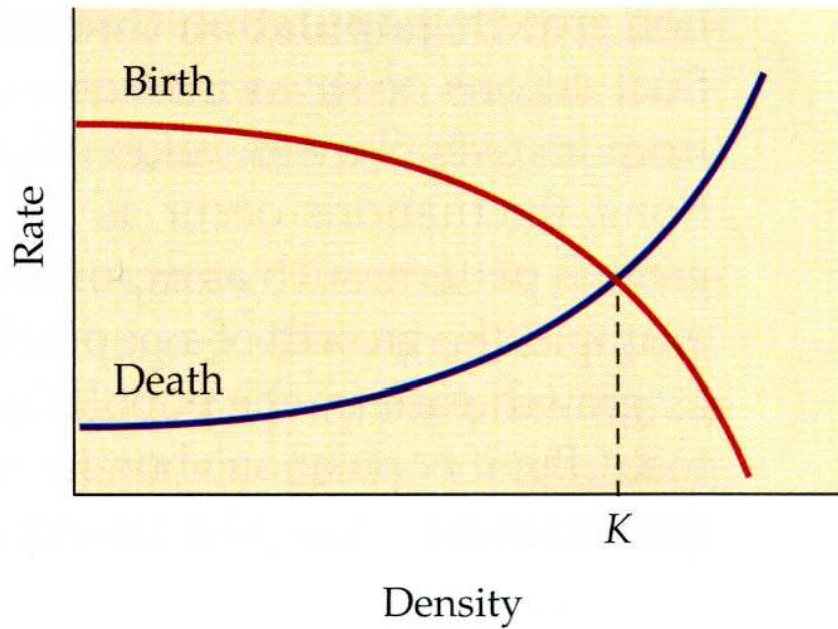
Modelování logistické křivky populace obyvatel USA



Proč jsou fluktuace v kapacitě prostředí ?

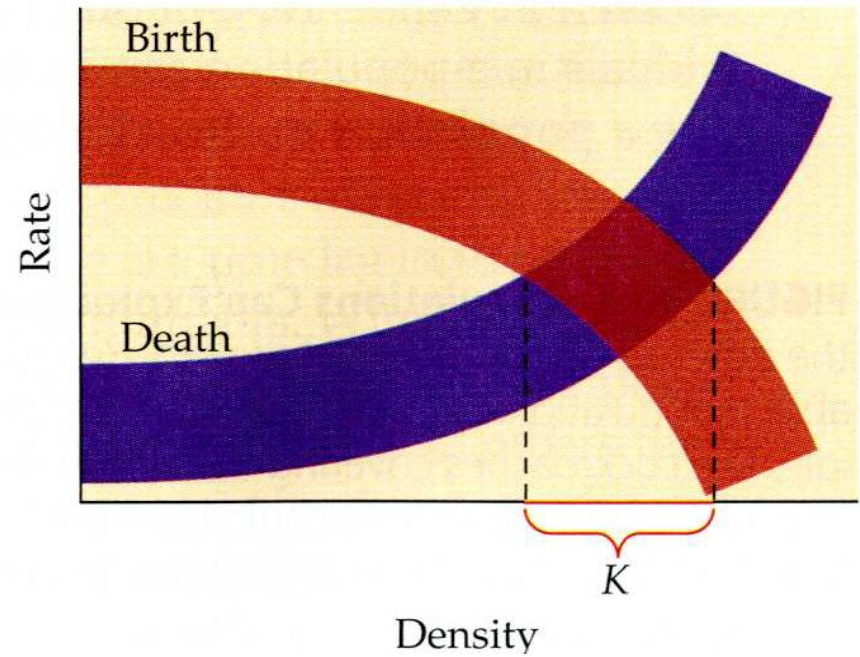
Předpoklad konstantního K

(A)



Kapacita K se v čase mění

(B)



Typy strategií živočichů

r -specialisti

- Relativně drobných rozměrů
- Rychlý růst populace
- Vysoký biotický potenciál
- Časně rozmnožování
- Relativní krátkověkost
- Rozmnožují se jen jednou
- Malá kompetice
- Schopnost rychlého šíření
- Malé schopnosti homeostázy
- v nevyvážených systémech
(hlodavci, mšice, perloočky)

K - specialisti

- Relativně větších rozměrů
- Pomalý růst populace
- Malý biotický potenciál
- Pozdní rozmnožování
- Relativní dlouhověkost
- Opakované rozmnožování
- Silná kompetice
- Slabší schopnost šíření
- Menší dynamika populace
- Velká homeostáza
- Vyvážené ekosystémy
(velcí kopytníci tropů)

Dynamika populace

- **Závislosti na hustotě:**
 - 1) při vysokých hustotách – **limitace zdroje**
– negativní růst populace
 - 2) při nízkých hustotách – **zdroj v dostatku** –
růst populace není maximální
- Maximální růst populace je při optimální (střední) hustotě ! Alleeho efekt
- Rovnovážná hustota populace je když *per capita*
D = per capita B

Dynamika populací

- **Dynamika populace** – kolísání početnosti je vrozená vlastnost populace a je druhově charakteristická
- Dva základní typy:
 - 1) **Oscilace** – kolísání v průběhu jednoho roku
 - 2) **Fluktuace** – kolísání v průběhu více let
- **Oscilace** – kmitání hustoty populace vyvolané náhlým růstem početnosti a jejich pozdějším poklesem během jedné generace (tzv. intraanuální dynamika populace) – vznikají tak oscilační vlny:
 - 1) **univoltinní druhy**
 - 2) **bivoltinní druhy**
- **Fluktuace** – změny v hustotě populace v průběhu víceletého cyklu: pravidelné versus nepravidelné

Dynamika populace

- Většina skutečných populací mění v čase svoji početnost
- Různé příčiny změny početnosti:
 - 1) **časový posun změny hustoty** a jejího vlivu na velikost populace, čili závislost na hustotě např. dravec - kořist.
 - 2) **závislosti typu over kompenzace**, vede ke vzniku tlumených oscilací.
 - 3) **environmentální stochasticita** -nedeterministické, nepredikovatelné variace v podmínkách prostředí, které mají za následek změny hustoty populace.
 - 4) **chaos** – vzniká v deterministickém prostředí v důsledku interakcí mnoha vlivů a působení. Výskyt chaosu dosud nejasný, nutnost studia dlouhých časových řad.

Příčiny dynamiky populací

- Faktory nezávislé na hustotě – **klimatické faktory**
- Faktory závislé na hustotě – fungují jako zpětná vazba
- Příčiny cyklických výkyvů populační hustoty:
 - 1) **teorie meteorologické** – klimatické a kosmické cykly
 - 2) **teorie interakcí uvnitř populace** – fyziologické a genetické změny jedinců
 - 3) **teorie náhodného kolísání** – žádný činitel není rozhodující
 - 4) **teorie interakcí mezi trofickými úrovněmi** – hypotéza obnovování živin

Typy fluktuace

Tři základní typy fluktuace:

- 1) Latentní
- 2) Temporální (Bekyně mniška)
- 3) Permanentní (Obaleč dubový)

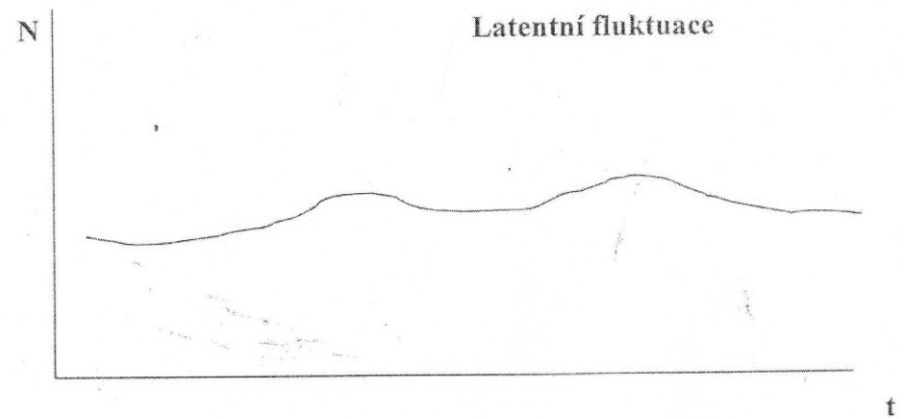
Gradace – katastrofické přemnožení – přesáhne kapacitu prostředí K

Fáze gradační křivky:

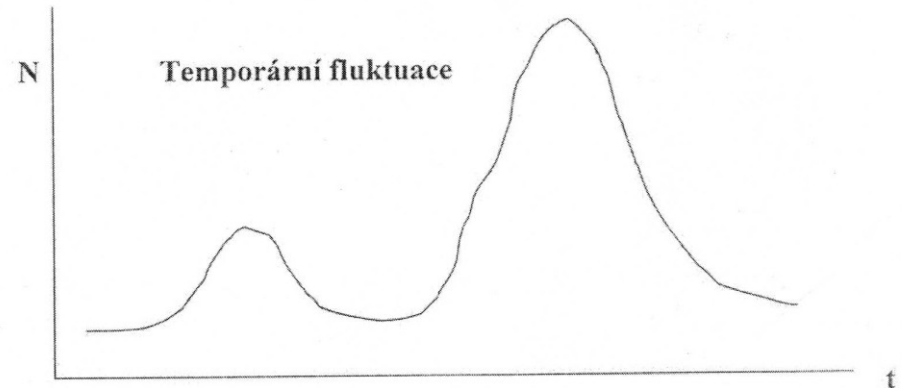
- latence
- progradace
- kulminace
- retrogradace
- latence

Typy fluktuací

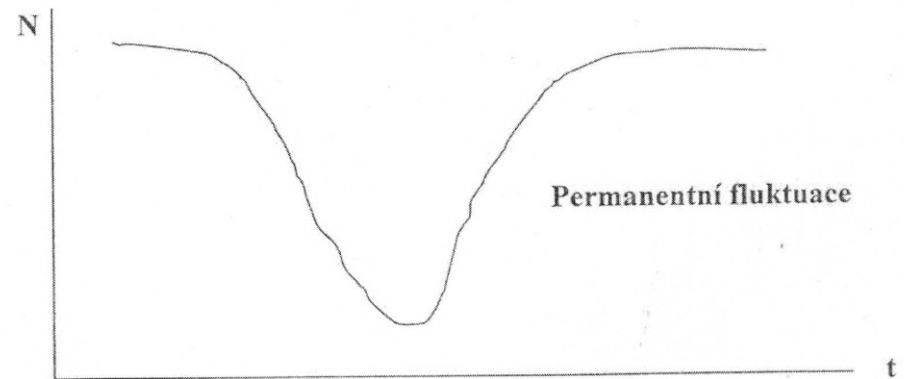
1) Latentní



2) Temporární

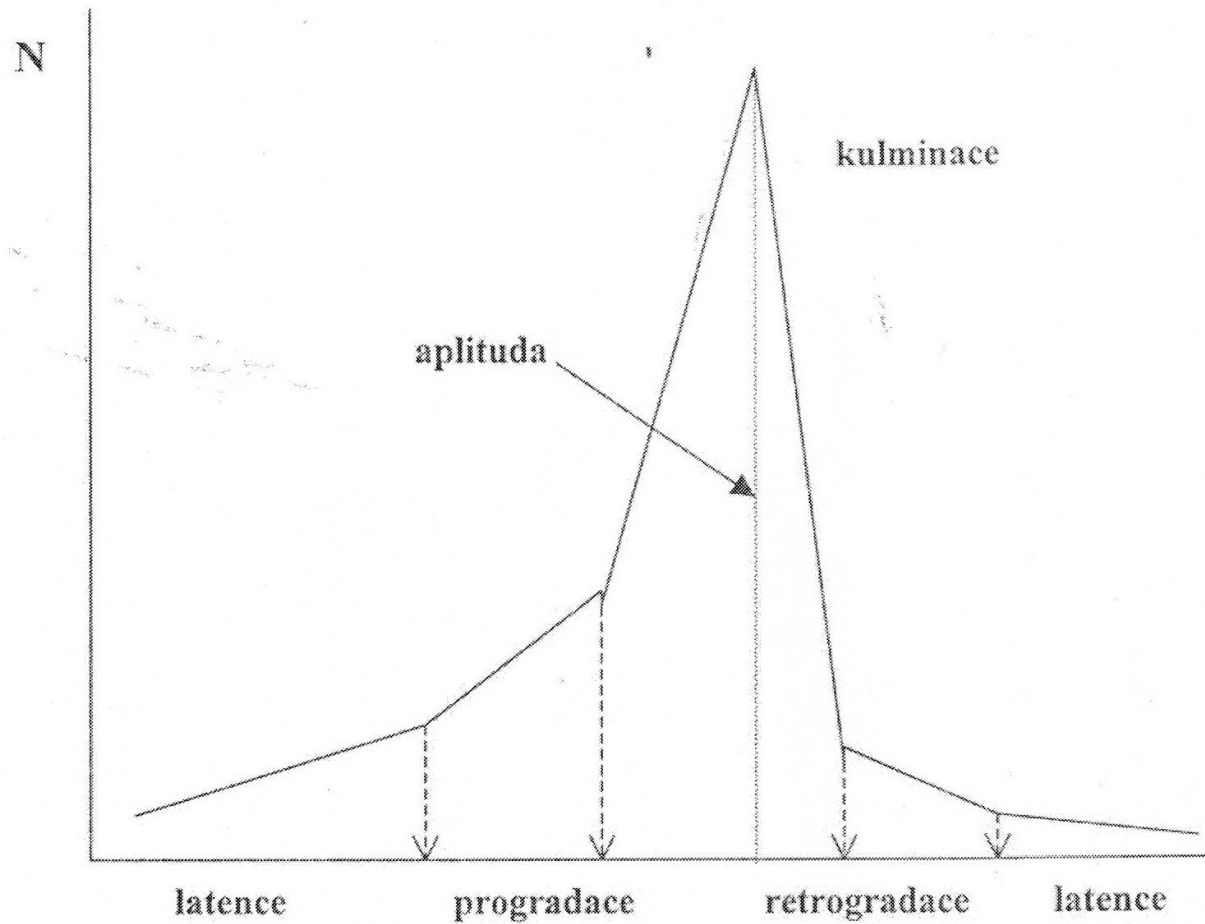


3) Permanentní



Fáze gradáční křivky

Křivka gradace



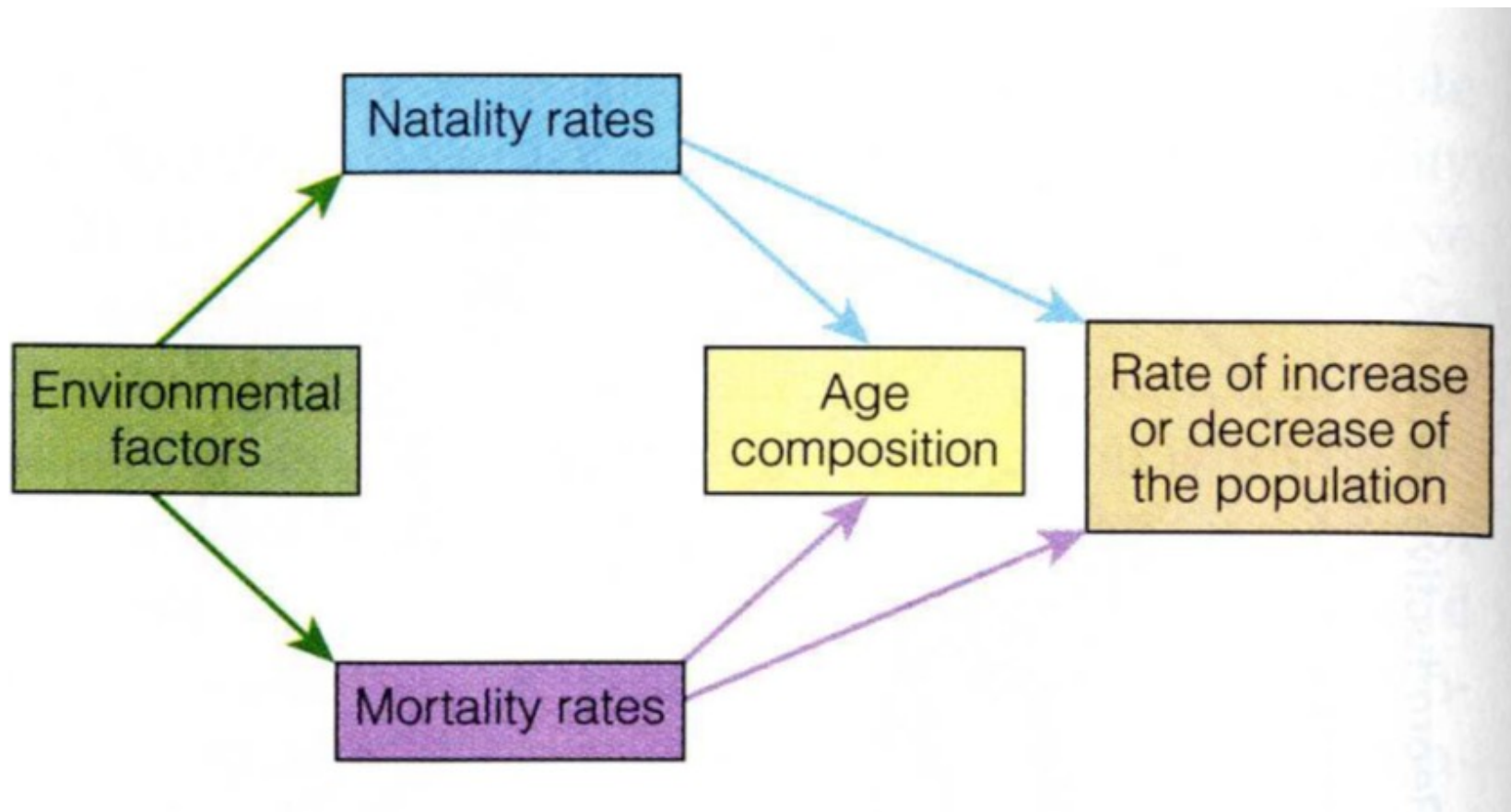
Děkuji za pozornost

Náklady vynaložené na rozptyl

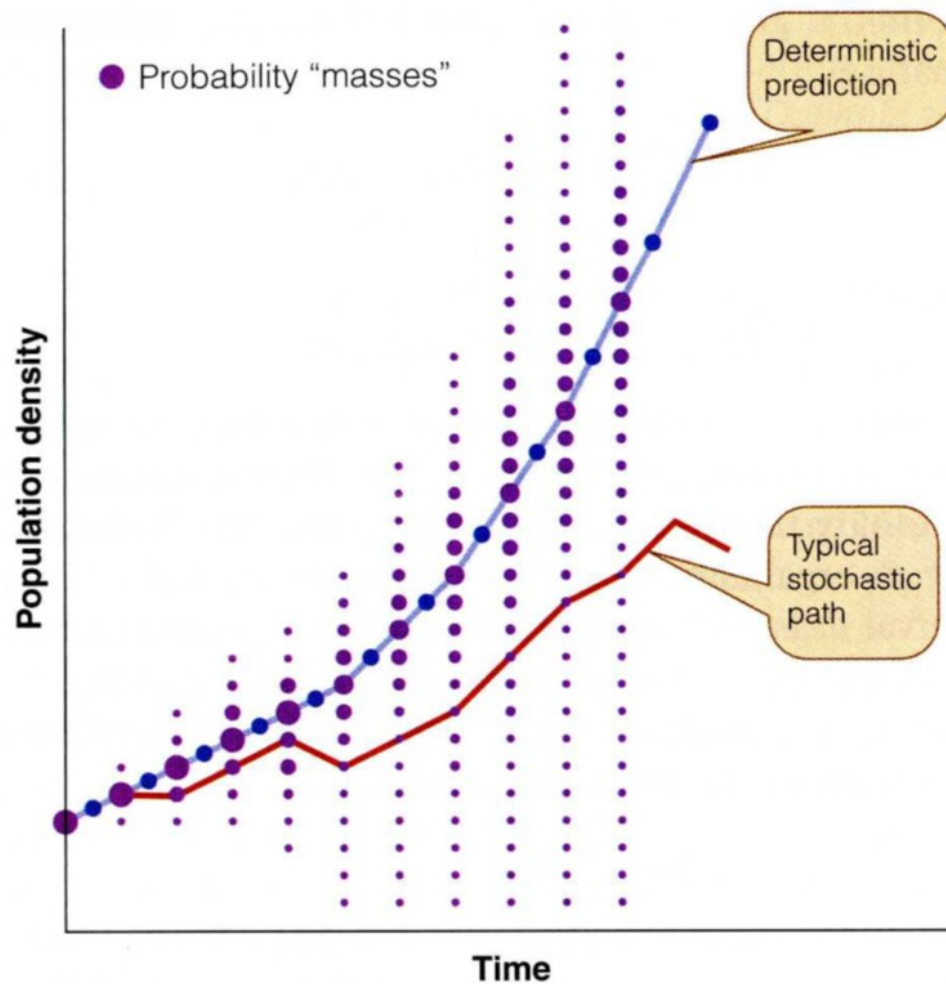
Evoluční konflikt – kompromis:

- Mezi hmotností disperzní jednotky a její schopností rozptylu (dispersibilitou)
- Mezi hmotností zásob, kterými vybaví rodič jednotlivého potomka a počtem potomků
- Mezi rozdělením zdrojů mezi několik málo těžkých potomků a nebo větší počet potomků s nižší hmotností

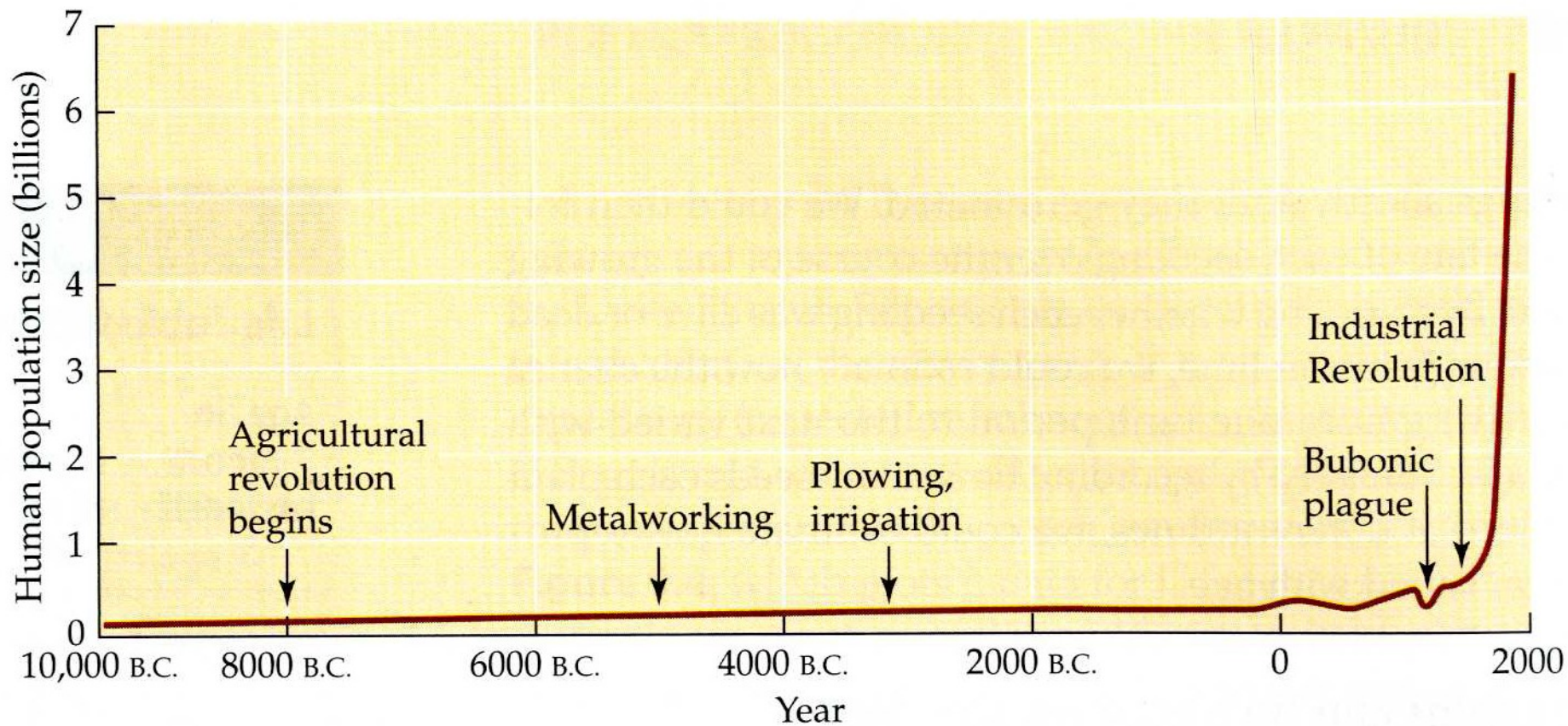
Vztah mezi natalitou, mortalitou věkovou strukturou populace



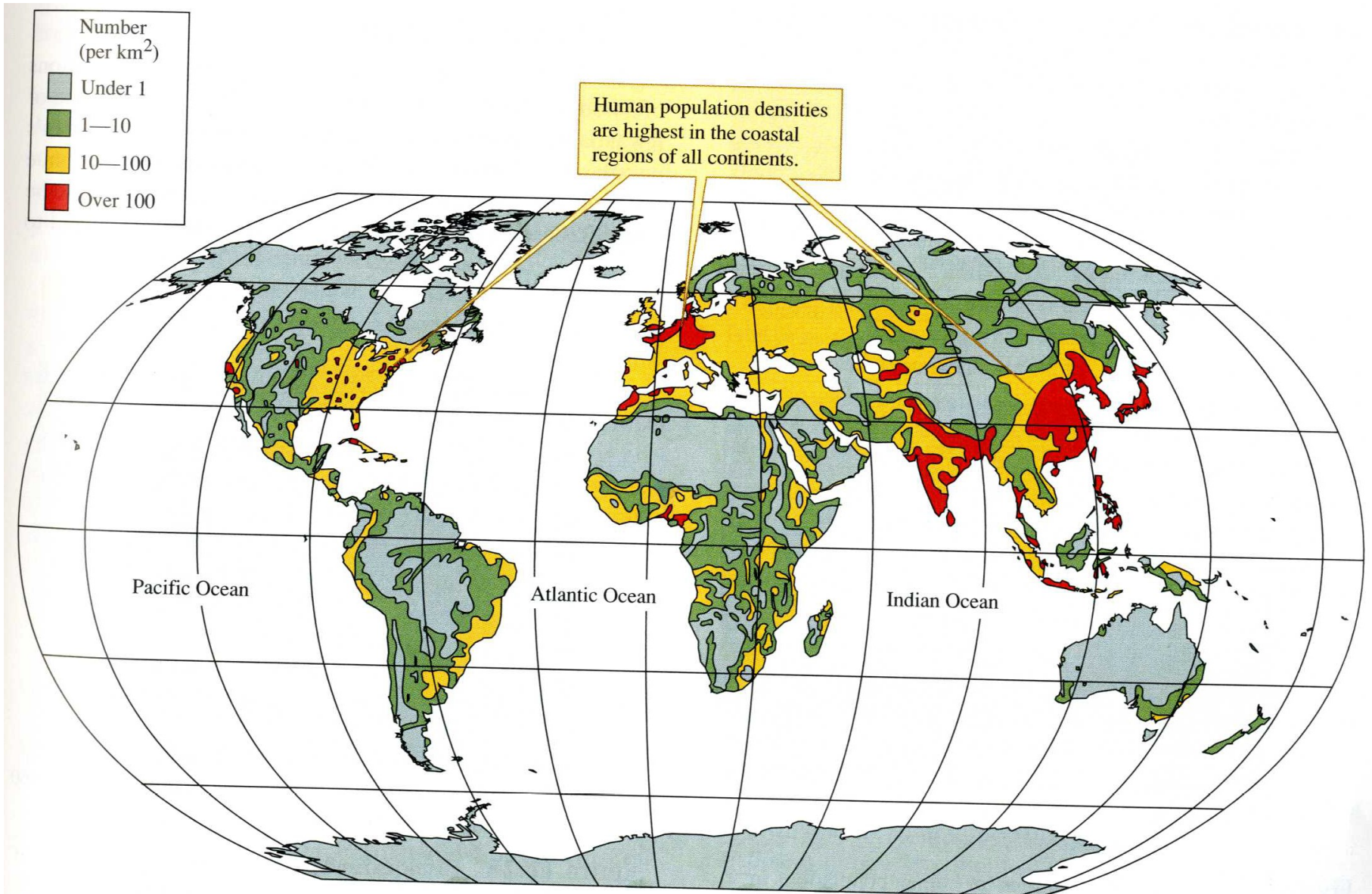
Stochastický model geometrického růstu populace pro překrývající se generace



Růst populace člověka na Zemi



Variace hustoty populace člověka



Distribuce populace člověka podle kontinentů

