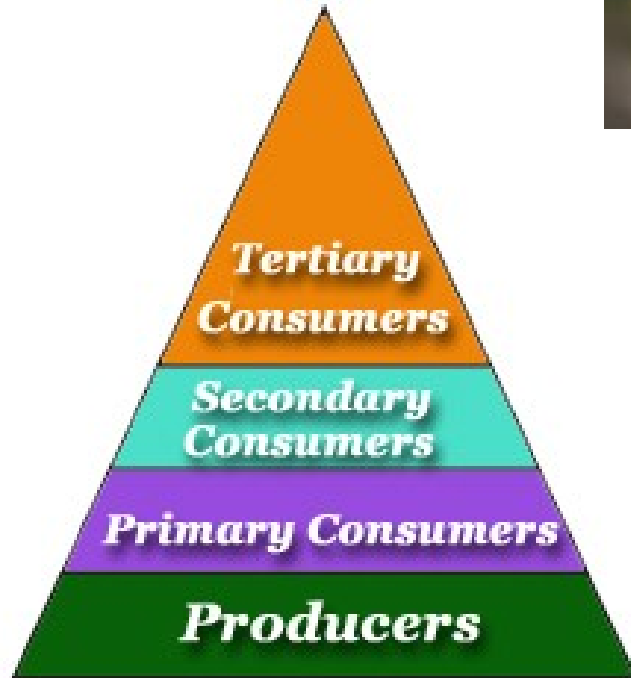
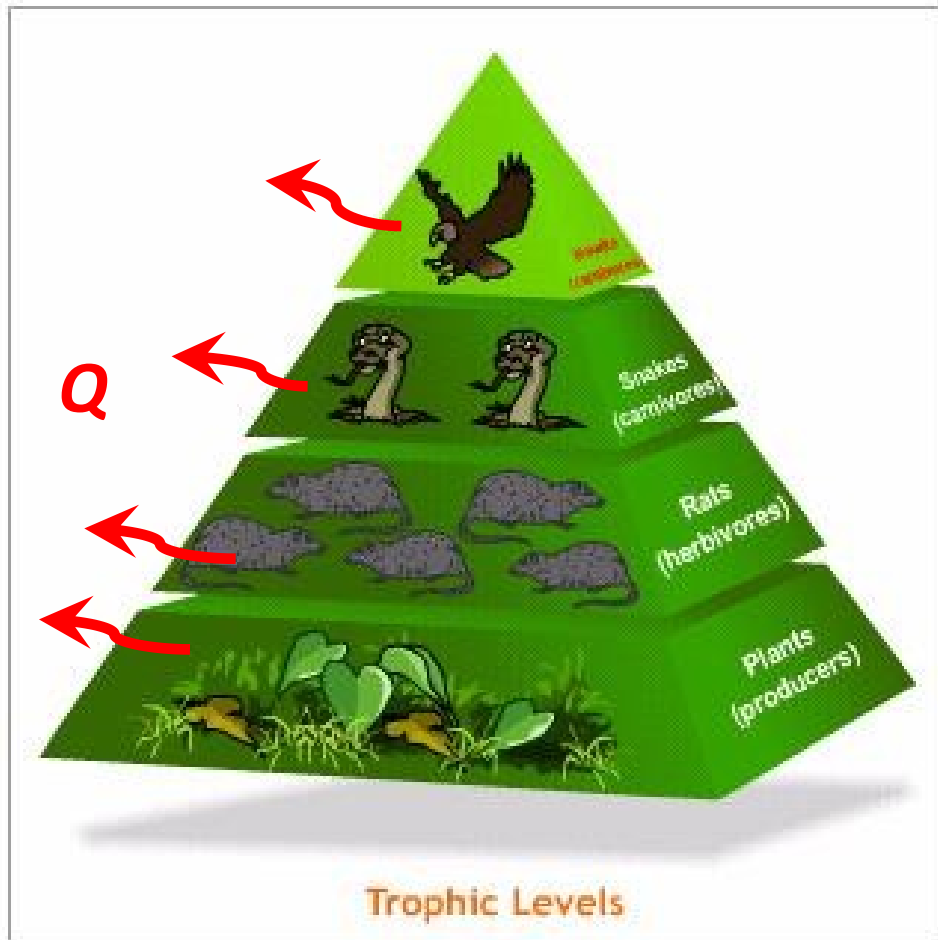


Obečná struktura ekosystému a potravních sítí



Tok energie ekosystémem



ekosystém lze z pohledu termodynamiky chápat jako systém konající práci, který odebírá teplo horkému rezervoáru (slunce, sluneční záření) a předává jej chladnému rezervoáru

při přechodu mezi trofickými stupni se velká část přenesené energie přeměňuje v odpadní teplo

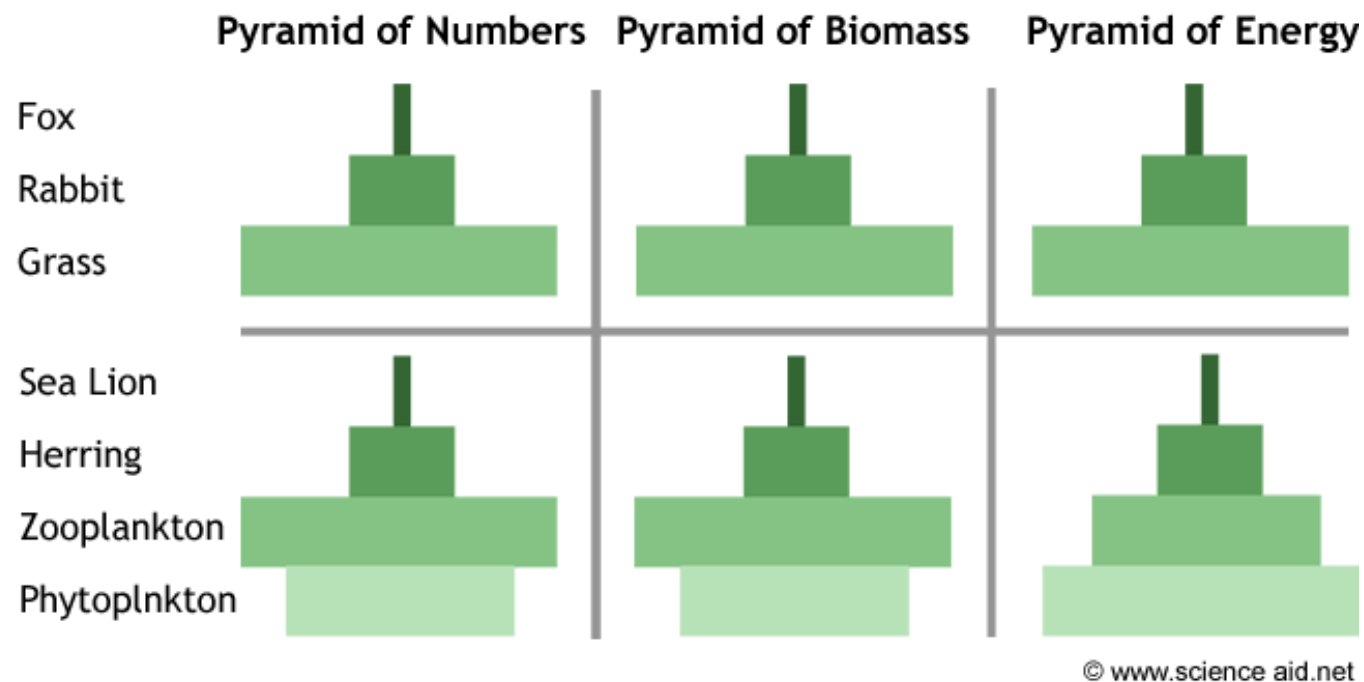
ztráty v rámci každé úrovně potravního řetězce 70 – 80% !!!

DŮSLEDKY???

Tok energie ekosystémem

Ztráty na úrovni každého trofického stupně omezují možnou délku potravních řetězců v daném ekosystému.

Obvyklý počet trofických úrovní v ekosystému tak dosahuje 4-5 a je tedy určen energeticky: volná energie se spotřebovává.



Pokud dochází v ekosystému ke změnám v přísunu energie ve smyslu jejího růstu, zvyšuje se pravděpodobnost vytvoření nového stupně potravního řetězce.



Tok energie ekosystémem

důsledky ztrát energie...

globální trendy

...z každých 100 kalorií požitelných plodin zkrmených zvířatům získáme pouze 30 kalorií ve formě masa a mléka, což je 70 % ztráta...

...celá třetina světového úlovku ryb se nikdy nedostane lidem na talíř, většina se promění v krmivo pro ryby, prasata a drůbež ve velkochovech...

...chov hospodářských zvířat využívá až 70 % veškeré zemědělské půdy a 30 procent suchozemského povrchu, skoro dvě třetiny úrody potravin v Severní Americe a západní Evropě se spotřebují na výrobu masa...

...dva hektary půdy uživí jednoho člověka konzumujícího maso, čtrnáct vegetariánů a padesát veganů...



Zdroje: Philip Lymbery, Farmageddon, Slutečná cena levného masa; zpráva FAO (zpráva vydaná mezinárodní Organizací pro výživu a zemědělství)



důsledky ztrát energie...
lokální specifika



Foto: Pavel Rotter

Tok energie a obecná struktura ekosystém

Tertiary consumers



10 J

Secondary consumers



100 J

Primary consumers



1,000 J

Primary producers



10,000 J

1,000,000 J of sunlight

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.



Struktura potravních sítí

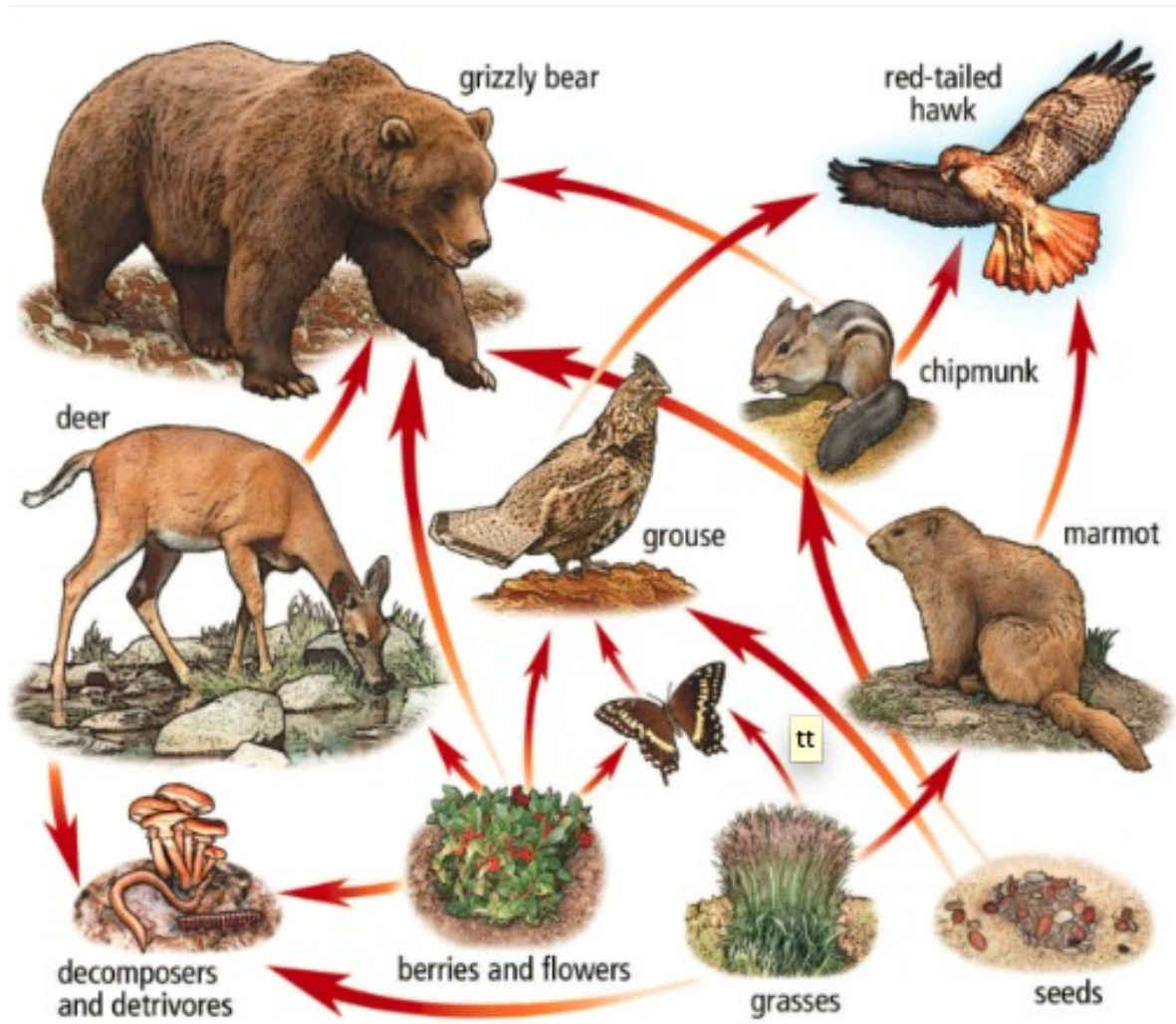


Figure 2.11 A food web in a terrestrial ecosystem

<http://mrsdallas.weebly.com/unit-1.html>

terciální konzument (vrcholový predátor), může být zároveň i primárním konzumentem....



...život využívá existujících (potravinových) nik...



Role v potravní síti

terciální konzument (vrcholový predátor), může být zároveň i primárním konzumentem....



60-80% potravy tvoří u populací medvědů v Evropě rostlinná složka

v oblasti s absencí volně žijících kopytníků (některé oblasti Řecka a Portugalska) tvoří vege složka většinu potravy i u vlka



...život využívá existujících (potravinových) nik...



Role v potravní síti

...organismy využívají existujících (potravinových) nik...

...ale s ohledem na jejich potravní valence...

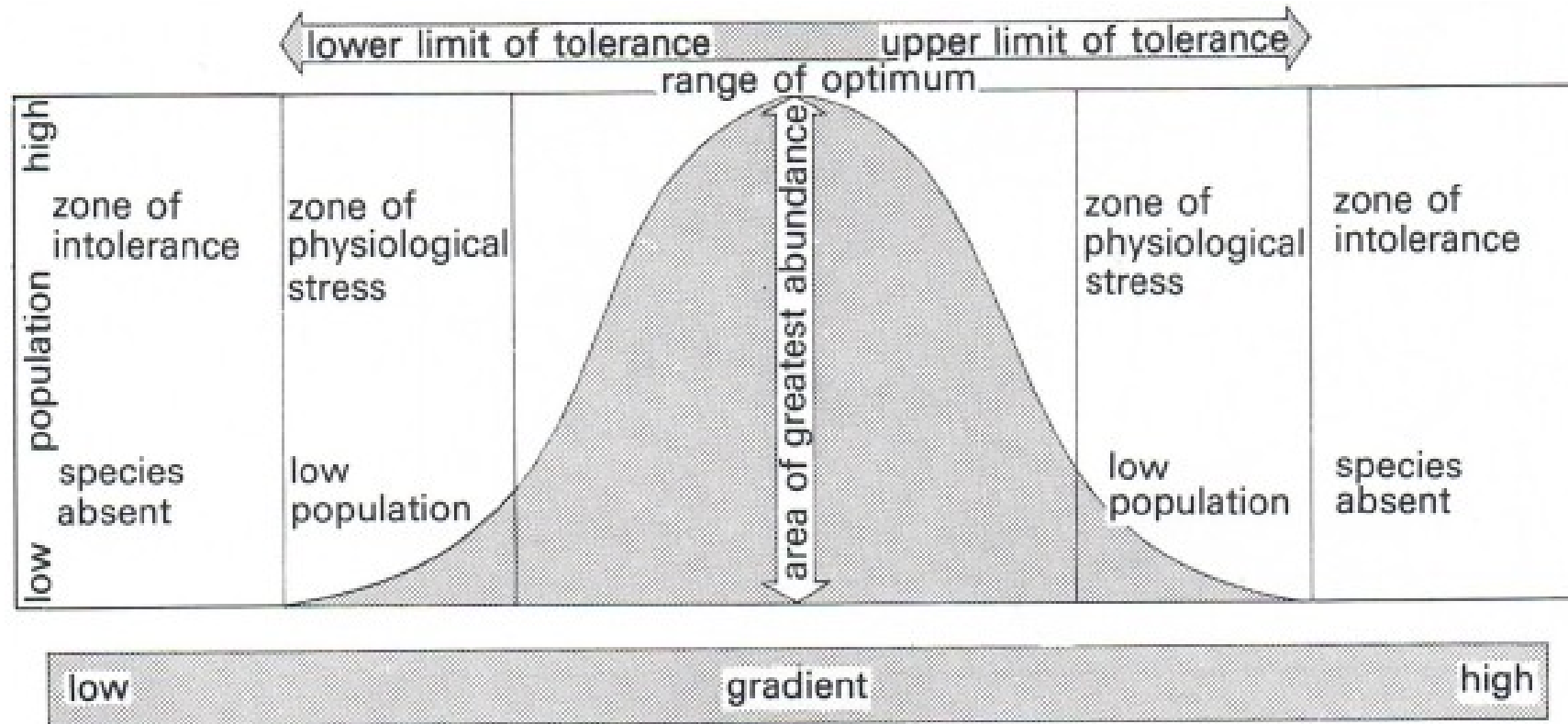


*...plachá,
samotářsky žijící
šelma je ze tří
velkých šelem
nejmenší, loví proto
menší kopytníky,
jako jsou srnci,
méně jeleny, divoká
prasata, hlodavce
nebo lišky...*



Ekologická valence

rozmezí podmínek prostředí (teplota, množství vody, velikost znečištění, hustota predátora, konkurence), při které je příslušná populace schopná existovat)



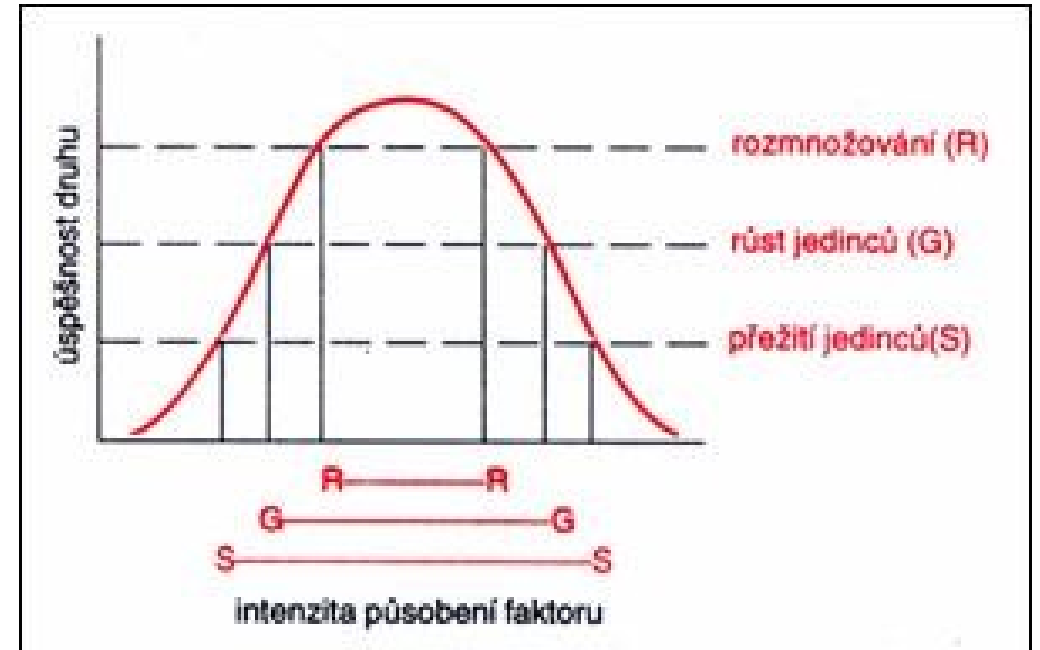
Grafický model populační abundance druhu podél environmentálního gradientu (Kendeigh 1974, Cox & Moore 1999).



Shelfordův zákon tolerance

Každý druh toleruje určité rozpětí libovolného faktoru a nejlépe v prostředí prospívá, působí-li vnější vlivy v rozsahu optimálních hodnot.

- k určitým faktorům mohou mít organismy široké meze tolerance, k jiným naopak úzké
- druhy, které jsou k většině faktorů tolerantní, mívají i největší rozšíření
- pokud druh nemá optimální podmínky, co se týče jednoho faktoru, může se rozsah tolerance u ostatních zúžit



Ekologická valence

K čemu nám může být valence dobrá?

obecné určení tolerance druhu ke změně daného faktoru:

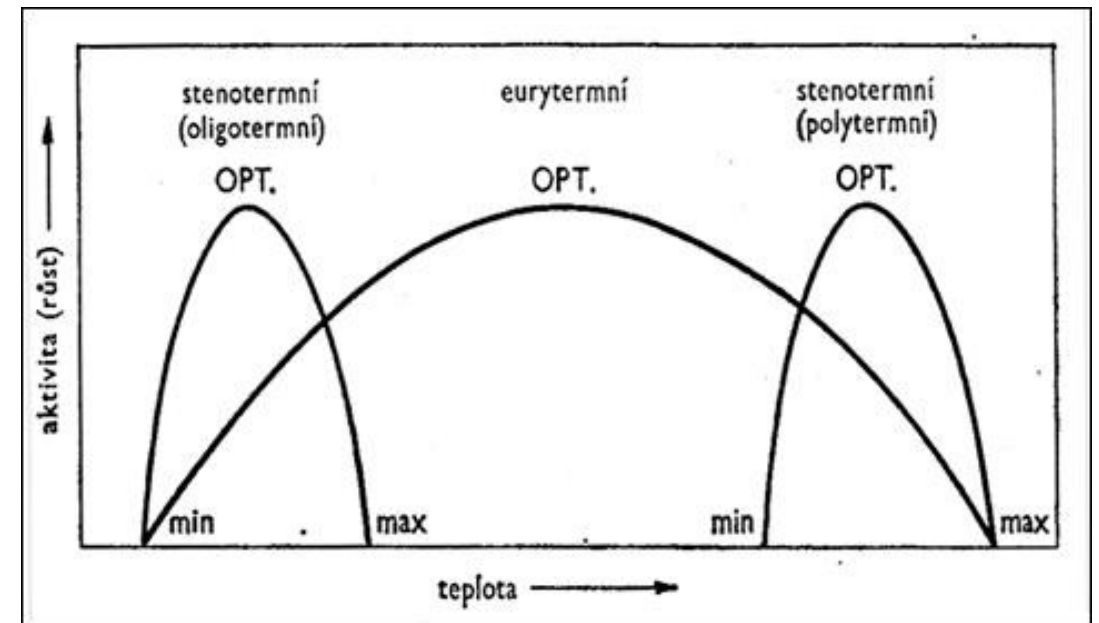
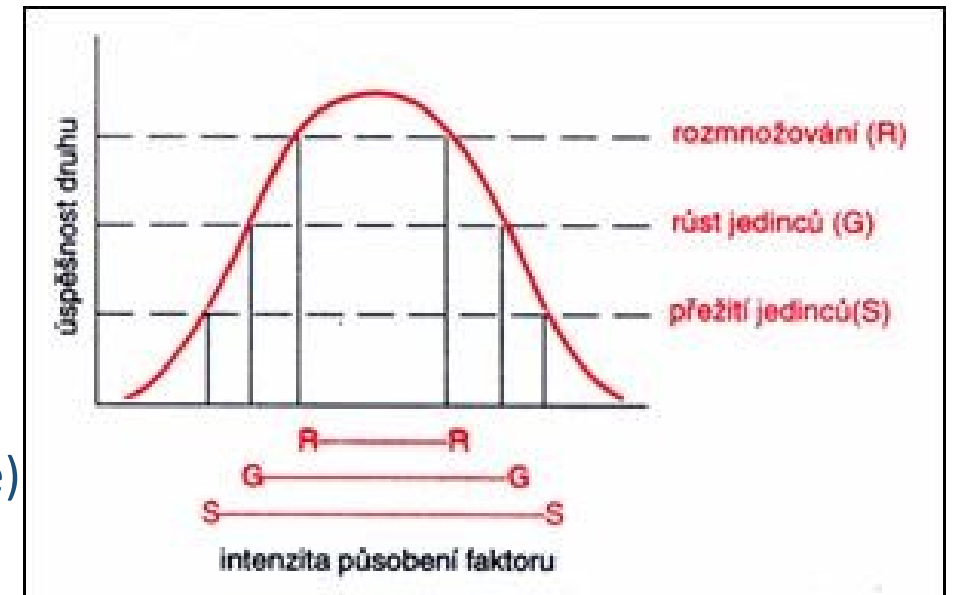
eury- existence druhu je možná v širokém rozmezí (generalisté)

steno- existence druhu je možná pouze v úzkém rozmezí (specialisté)



bioindikace

evoluční strategie



Bioindikace

- využívá druhů stenoektních vůči určitému faktoru/rům prostředí
- druh organismu schopný snášet jen malé rozpětí faktorů prostředí; např. druh málo tolerantní ke změnám teplot se nazývá stenotermní, druh vyžadující pouze určitý typ potravy stenofágní



Příklady

svraštělka javorová

je stenoektní vůči zvýšené koncentraci SO₂ v ovzduší, v oblastech s vysokou imisní zátěží vyhynula



lišejníky

podvojný organismy (houba + řasa nebo sinice), používané k bioindikaci imisní zátěže, např. *terčovník mnohoplodý* (*Xanthoria polycarpa*) indikuje nadbytečný vstup dusíku, rod provazovka (*Usnea*) indikuje velmi čistý vzduch



Zdroje: Petr Anděl,
*Ekotoxikologie,
bioindikace a
biomonitoring;*
Wikipedia;
<http://atlasposkozeni.mendelu.cz/>



Bioindikace

Příklady

bělomech sivý

Indikátor kyselých půd, akumulace surového humusu, indikátor podzolizace

lípa srdčitá

společně s lípou velkolistou reaguje na zvýšené koncentrace posypových solí zimní údržby silnic nekrózami na listech šířícími se od kraje do středu

jiříčka obecná

hustota hnízdění je parametrem, který může být využit k bioindikaci antropogenního zatížení krajiny, především ve vazbě na imise a spalování fosilních paliv



Zdroje:

<http://www.biolib.cz/>

<http://www.wildlifeforum.cz/>



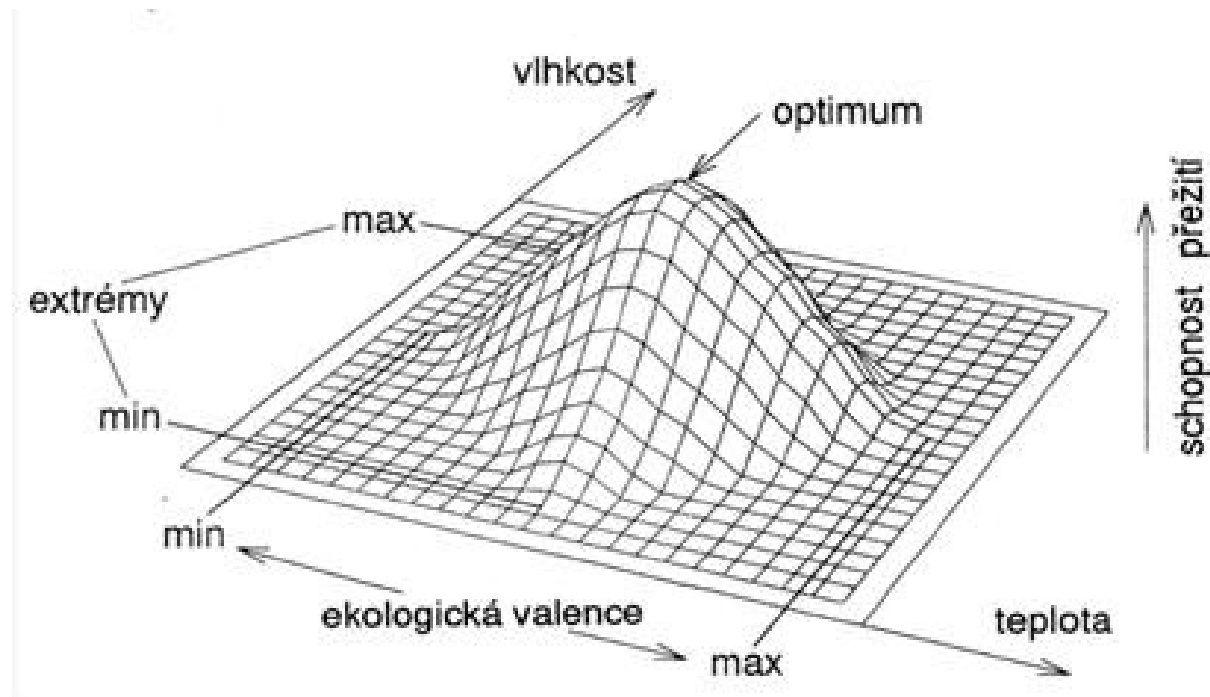
Ekologická nika

Zobecnění konceptu ekologické valence nás může dovést k definování ekologické niky

Nika představuje rozmezí všech důležitých vlastností prostředí, v nichž mohou jedinci daného druhu přežít, růst a rozmnožovat se.

Petr Anděl, *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*

Ekologická nika je soubor všech ekologických valencí příslušného druhu.



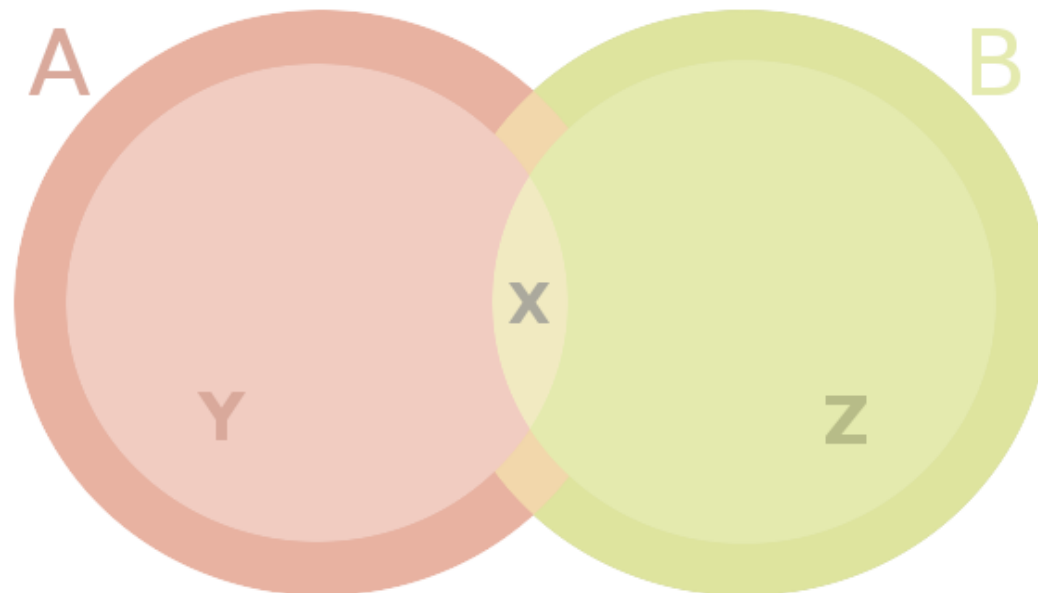
Ekologická nika

Zobecnění konceptu ekologické valence nás může dovést k definování ekologické niky

Nika představuje rozmezí všech důležitých vlastností prostředí, v nichž mohou jedinci daného druhu přežít, růst a rozmnožovat se.

Petr Anděl, *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*

Ekologická nika je soubor všech ekologických valencí příslušného druhu.



Pochopení evolučních strategií

(potravní) generalisté, specialisté a překryv ekologických nik

Generalisté

- široký okruh potravních zdrojů
- potrava se lépe vyhledává
- neinvestují do přizpůsobení na zacházení s potravou

Specialisté

- úzký okruh potravních zdrojů
- náročnější vyhledávání kořisti
- investice do specializovaných orgánů ke zpracování potravy

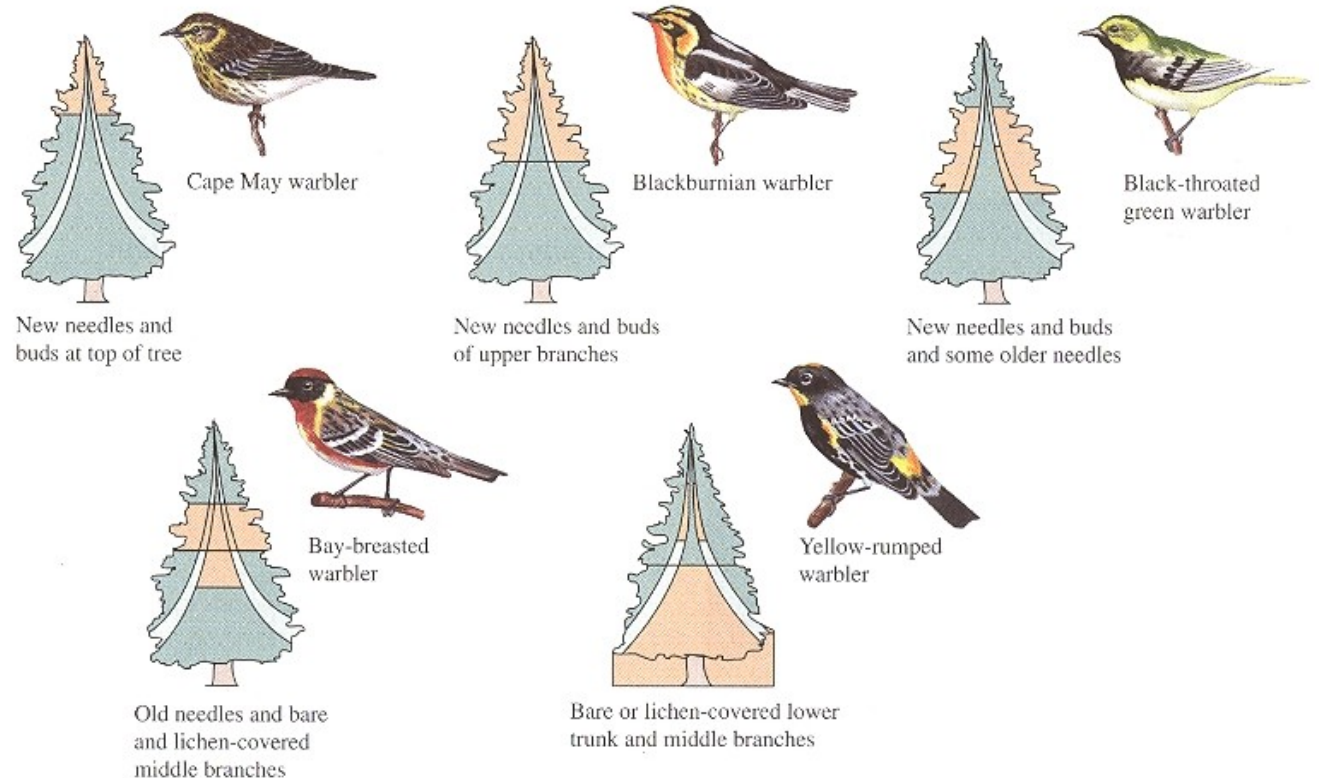


FIGURE 5.19 Niche Specialization Although all of these warblers have similar feeding habits, the intensity of competition is reduced because they search for insects on different parts of the tree.



Pochopení evolučních strategií



specializace vede ke zmenšení překryvu ekologických nik, a proto omezuje konkurenci

příklady: čáp černý a čáp bílý si potravně nekonkurují, protože mají odlišné potravní niky (čáp bílý loví drobné obratlovce a hmyz v otevřené krajině; čáp černý – lesní, loví převážně vodní živočichy)

potravní nika poštolky a lasice se překrývá, přesto je konkurence nízká – nika se nepřekrývá časově ani prostorově



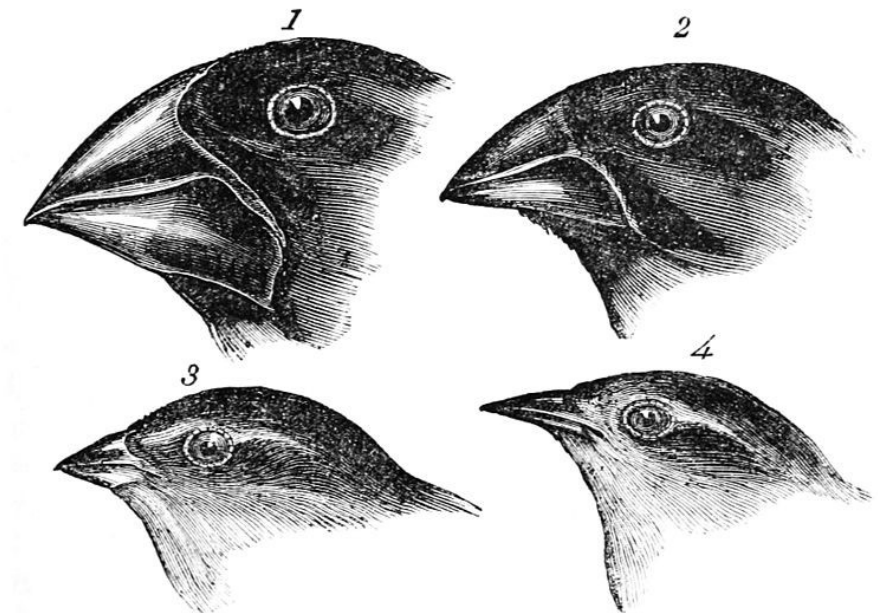
Pochopení evolučních strategií

specializace vede ke zmenšení překryvu ekologických nik, a proto omezuje konkurenci



- omezení konkurence zvyšuje stabilitu příslušných trofických sítí
- specializace vede ke vzniku nových druhů

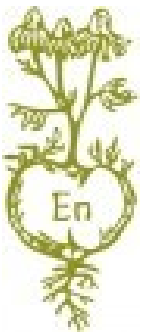
proč tedy existuje generalismus?



1. *Geospiza magnirostris*.
3. *Geospiza parvula*.

2. *Geospiza fortis*.
4. *Certhidea olivacea*.

Darwinovy pěnkavy a evoluce, viz článek prof. Petra v poznámce



Pochopení evolučních strategií

proč tedy existuje generalismus?

- jedna z odpovědí může vyplývat z **Liebigova zákona minima**:
nedostatkový (limitující) zdroj určuje další osud organismu/populace/ekosystému
- při změně environmentálních podmínek, což může zahrnovat např. abnormální průběh roku, roste riziko zasažení příslušné populace s mírou její specializace
- historie nás rovněž poučuje o tom, že zaměření se na jeden zdroj obživy (či přímo na jednu plodinu) vede dříve, či později ke katastrofě



Pochopení evolučních strategií

Kde může být generalismus výhodnější strategií?

tajga



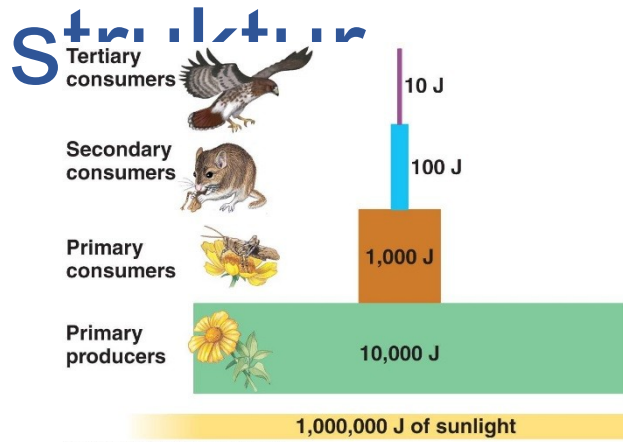
tropický deštný les



souvislost s resiliencí a rezistencí



Zranitelnost vyplývající z výstavby trofických



V důsledku akumulace některých POPs v tukových tkáních stoupá koncentrace polutantu směrem k vrcholu trofické pyramidy, proces se nazývá biobohacování.

Nejohroženější skupinou jsou z tohoto pohledu vrcholoví predátoři.

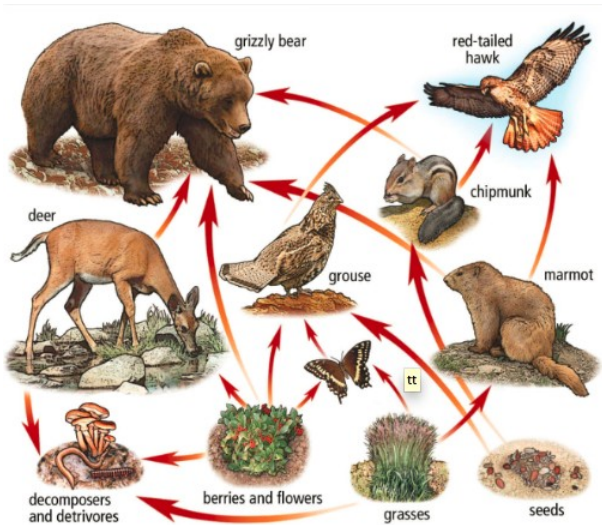


Figure 2.11 A food web in a terrestrial ecosystem

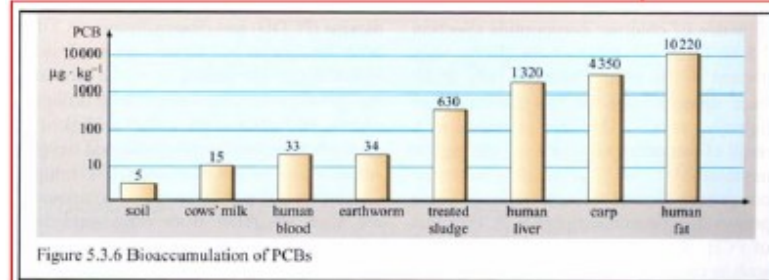
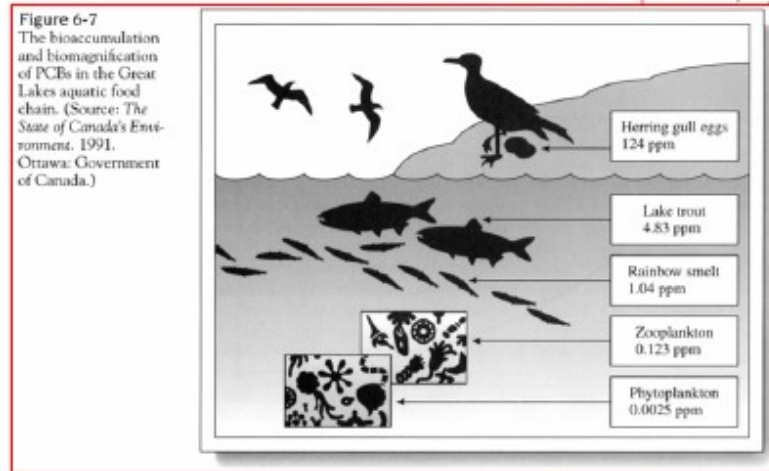


Figure 5.3.6 Bioaccumulation of PCBs



Zranitelnost vyplývající z výstavby trofických struktur

Figure 6-7
The bioaccumulation and biomagnification of PCBs in the Great Lakes aquatic food chain. (Source: The State of Canada's Environment, 1991. Ottawa: Government of Canada.)

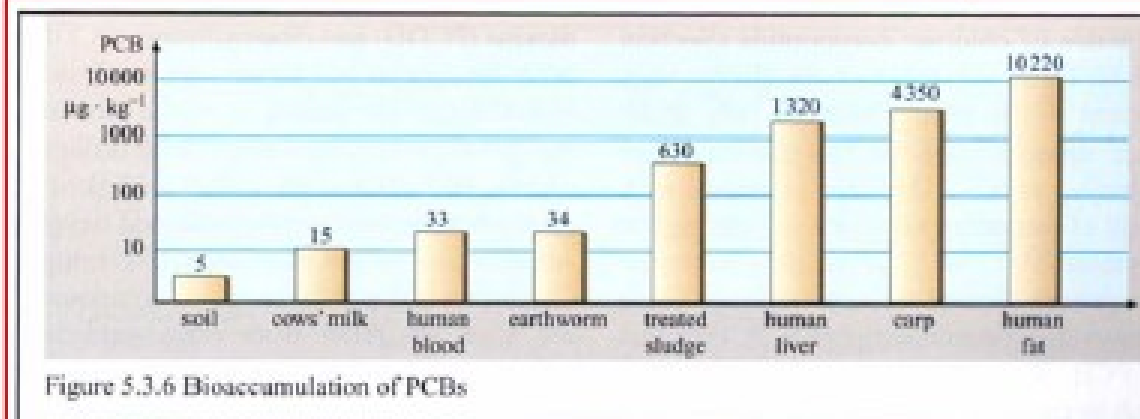
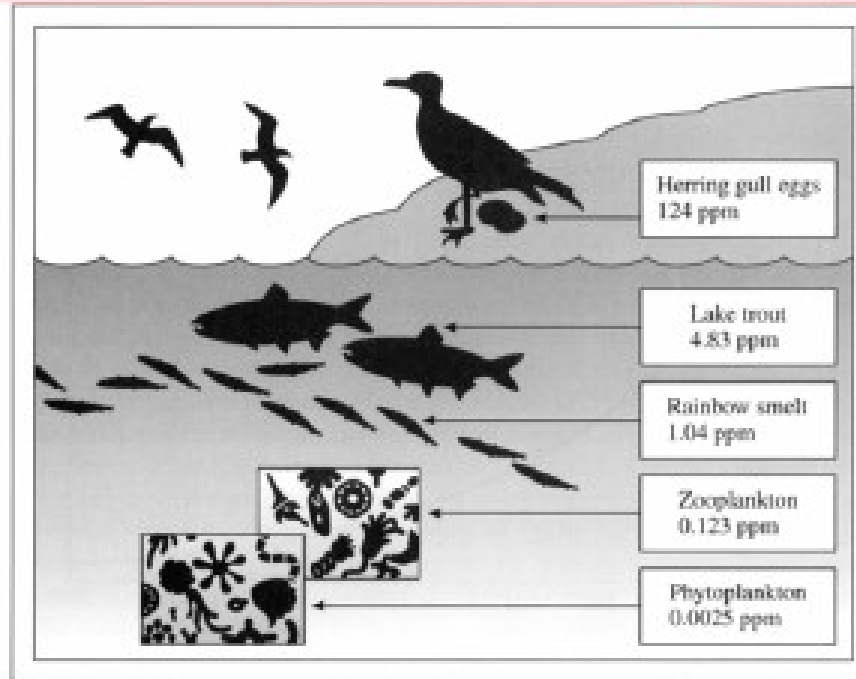
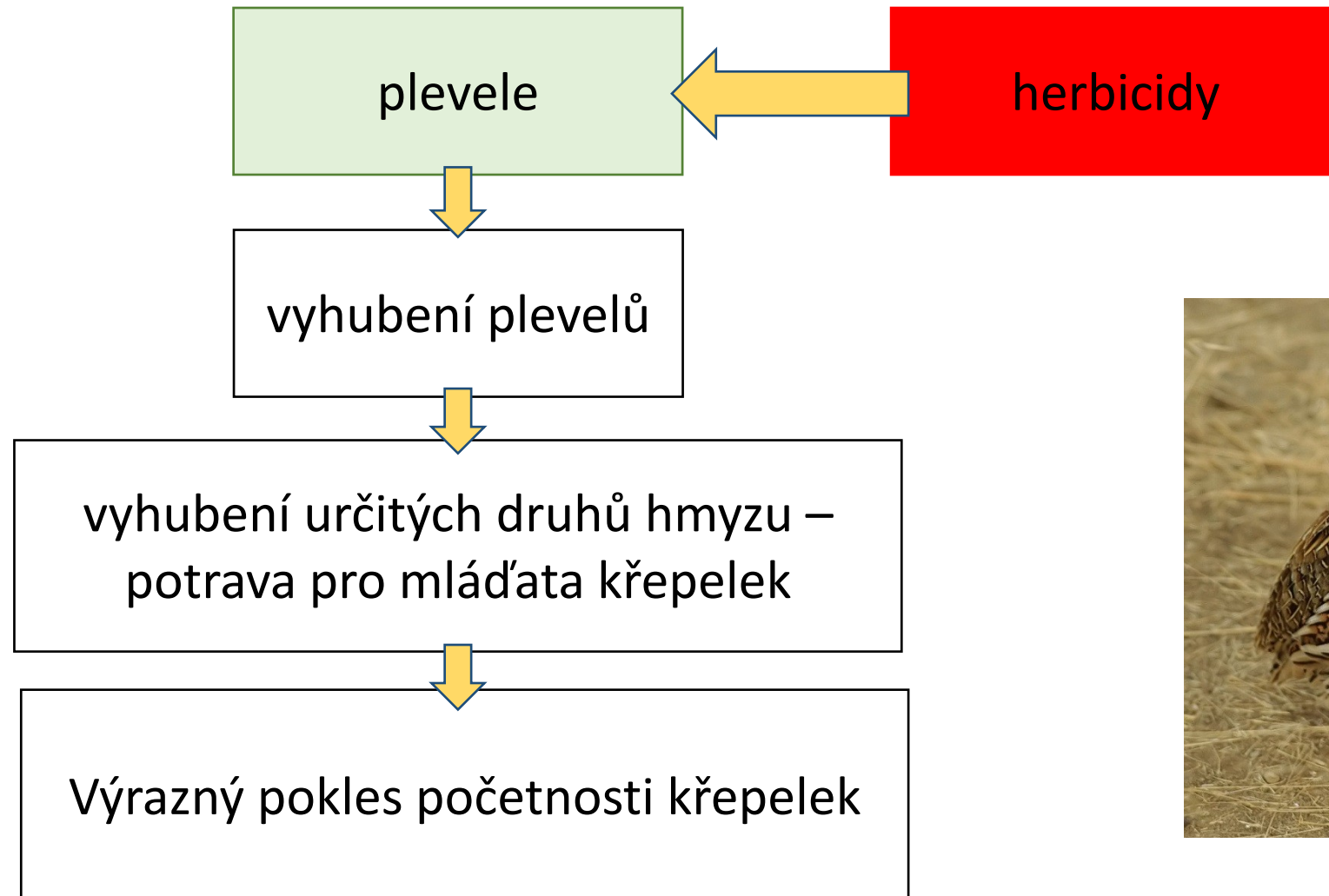


Figure 5.3.6 Bioaccumulation of PCBs



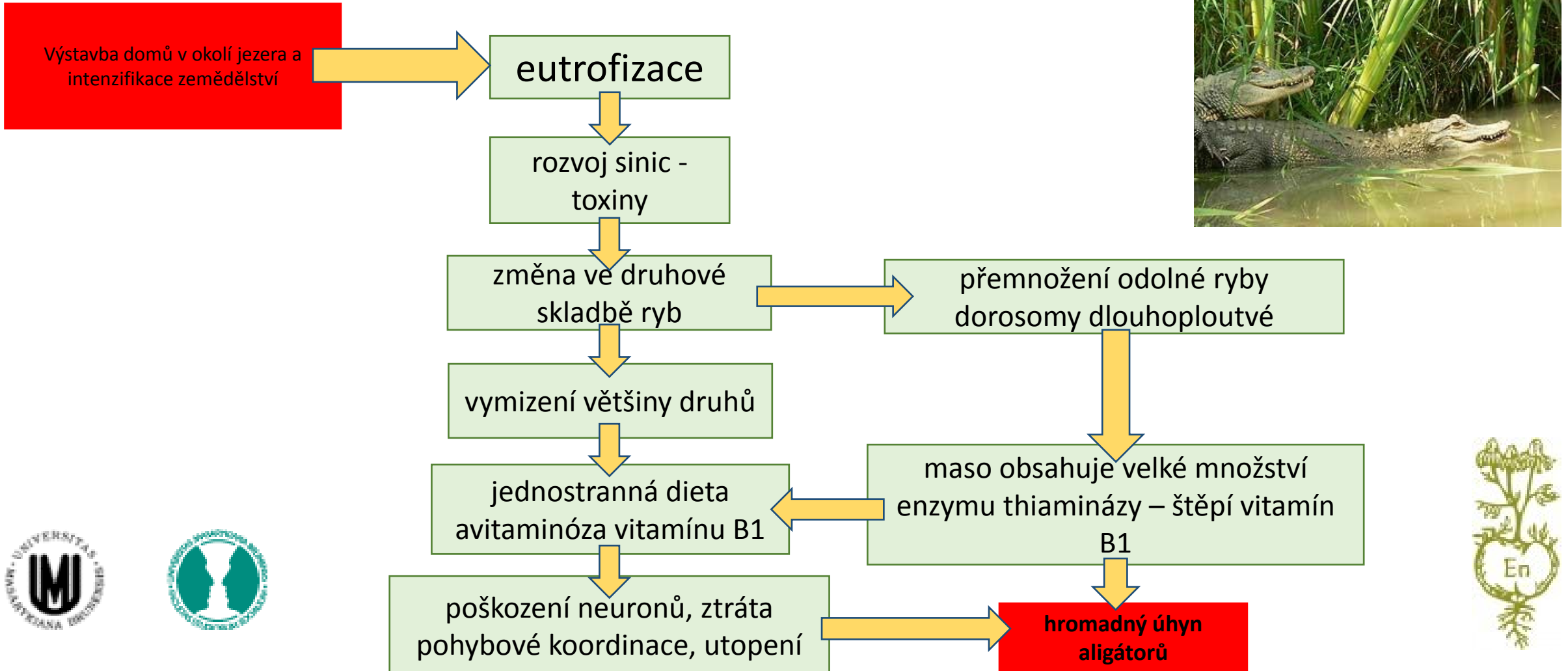
Zranitelnost vyplývající z výstavby trofických struktur

Negativní efekty šířené podél potravních sítí mohou mít značně komplexní a nepredikovatelné důsledky... kombinace přímých a nepřímých vlivů



Zranitelnost vyplývající z výstavby trofických

struktury
Negativní efekty šířené podél potravních sítí mohou mít značně komplexní a nepredikovatelné důsledky... kombinace přímých a nepřímých vlivů



Mezidruhové interakce

		Species 2		
		+	-	0
Species 1	+	Mutualism		
	-	Predation/ Parasitism	Competition	
	0	Commensalism	Amensalism	Neutralism



Mezidruhové interakce

Vliv na fitness

		Species 2		
Species 1		+	-	0
+	Mutualism			
-	Predation/ Parasitism		Competition	
0	Commensalism	Amensalism		Neutralism

Stará Darwinovská idea **fitness** (Spencer, 1852) je schopnost organismu prosadit se v daných podmínkách prostředí a přenést tuto schopnost na potomky díky efektivní reprodukci, fitness je úzce spojena s ideou přirozeného výběru (natural selection, NS).

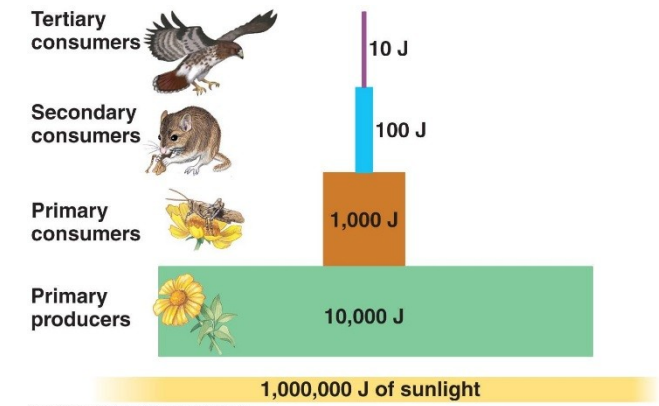


Důležitost vrcholových predátorů při utváření

ekosystému
Každý časť ekosystému může hrát stěžejní roli: vliv na Ekosystém nelze vyjádřit jeho biomasou

Příklad: vlk jako doktor lesa

<http://videacesky.cz/video/jak-vlci-meni-tok-rek>



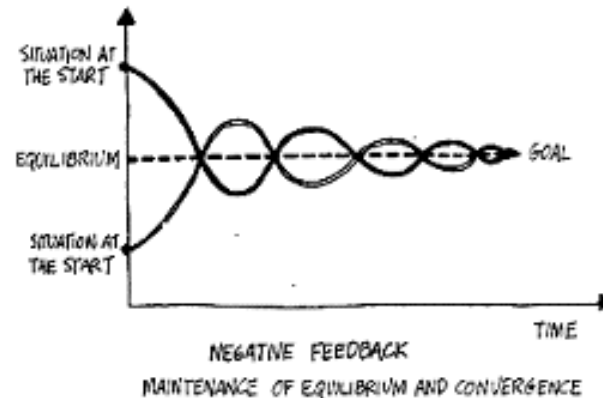
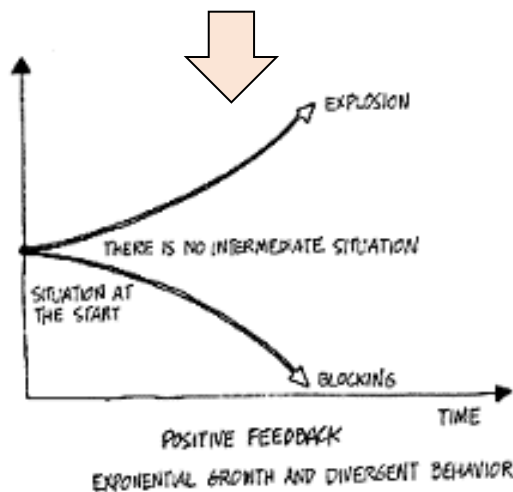
zdroj: Fine Art America



Regulace predátorem: princip zpětné vazby

Obecně se dá zpětná vazba definovat jako kruhové uspořádání kauzálně spojených prvků, v němž prvotní příčina postupuje podél prvků smyčky, až poslední z nich přenese efekt na počáteční prvek cyklu a zpětná vazba se tak uzavře.

*pozitivní zpětná vazba je spjatá s **divergencí***



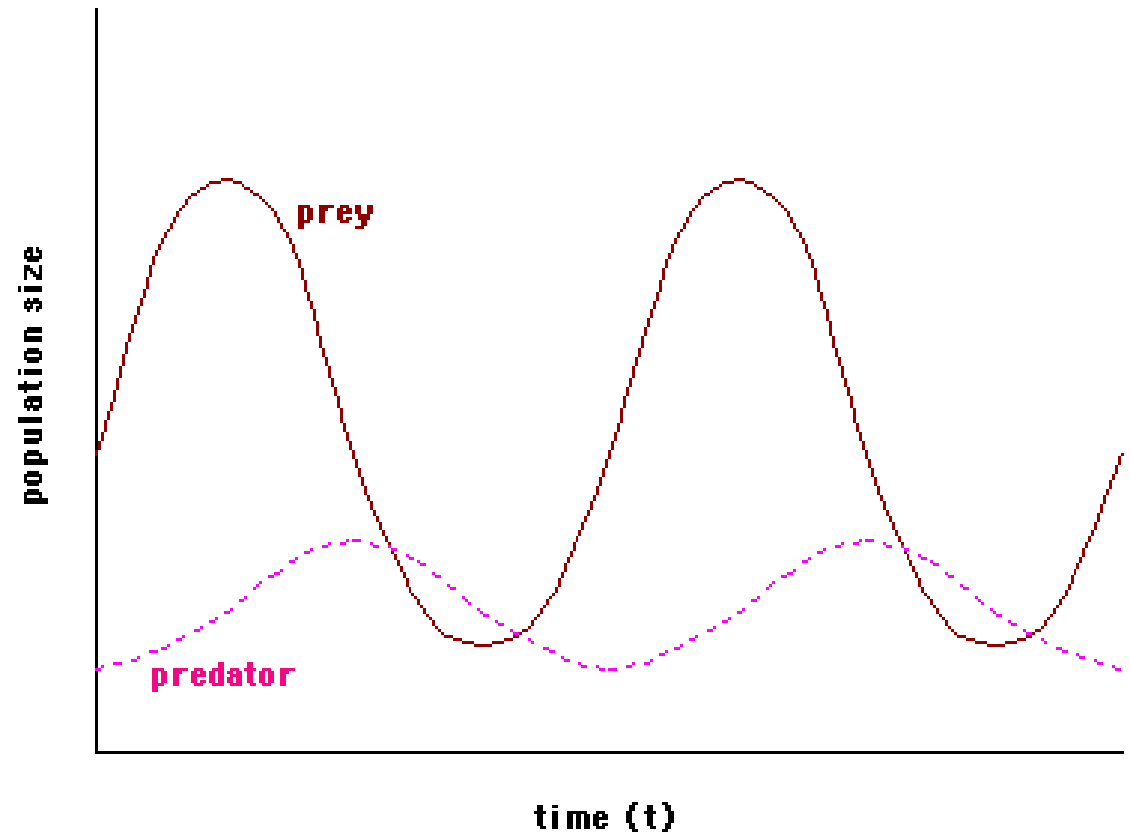
*negativní zpětná vazba je spjatá s **konvergencí***



Regulace predátorem: princip zpětné vazby

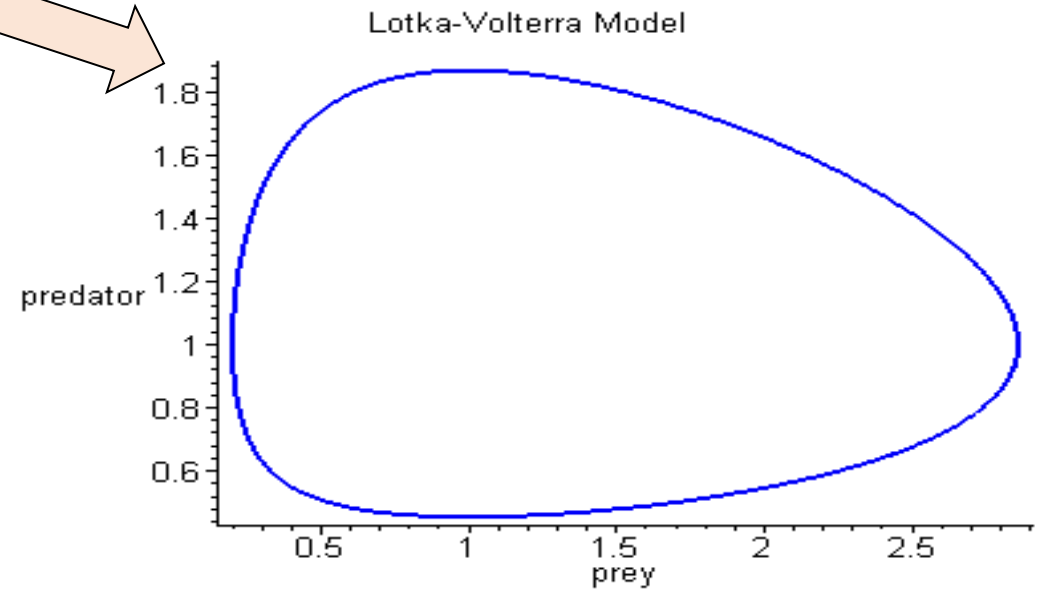
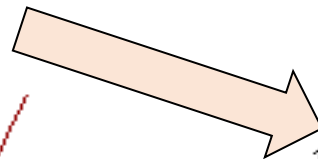
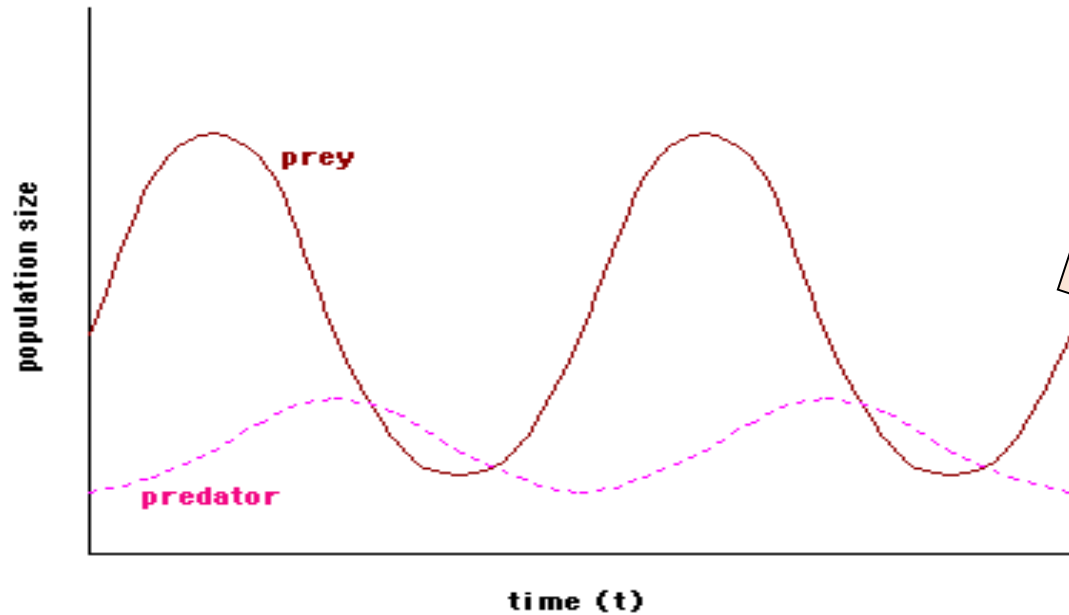


liška působí jako regulátor populace zajíce



Regulace predátorem: princip zpětné vazby

Vztah kořist-predátor můžeme graficky vyjádřit i jinak, než v závislosti na čase:

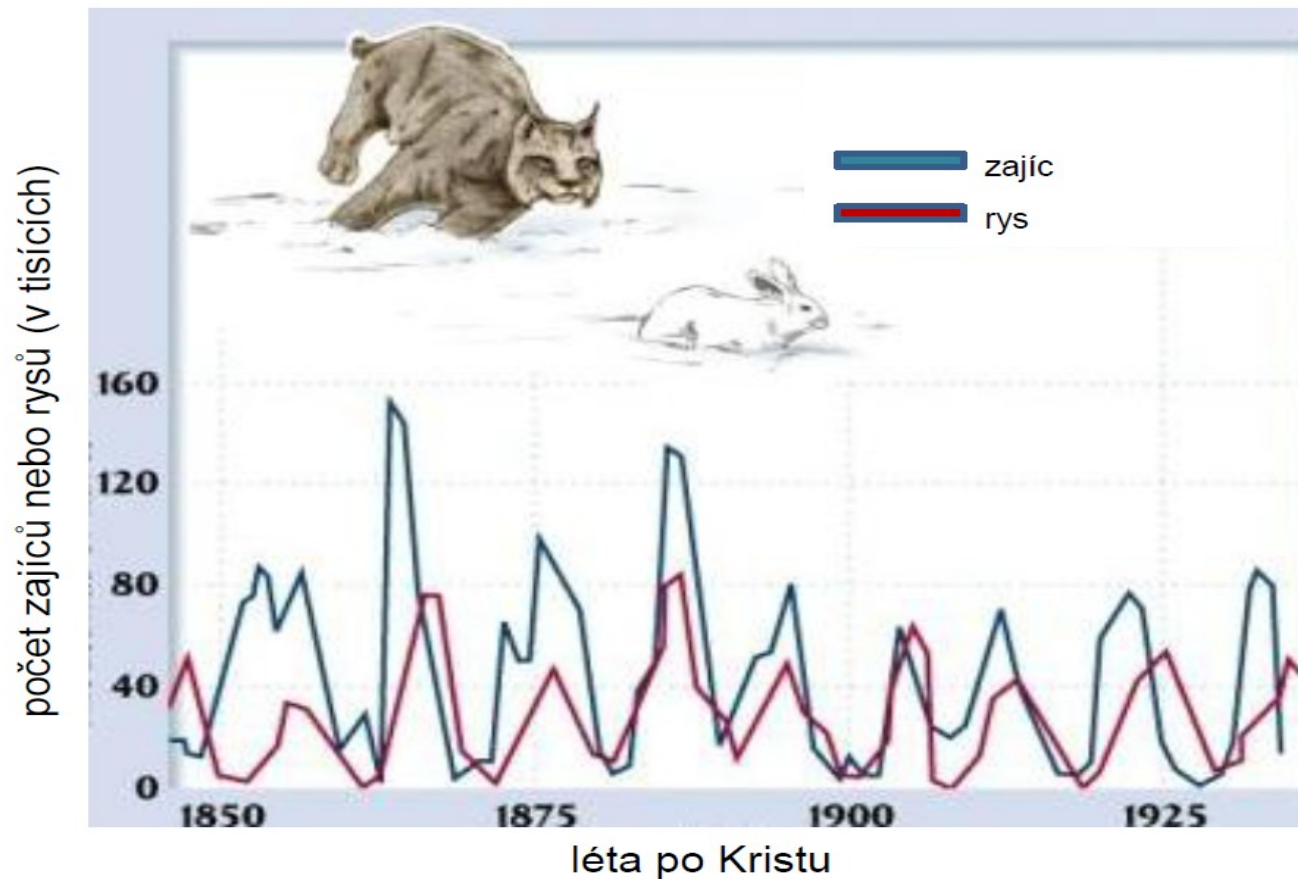


druhý graf lépe vyjadřuje princip zpětné vazby



Regulace predátorem: princip zpětné vazby

cyklické kolísání populace zajíce měnivého a jeho predátora, rysa kanadského na obrovských územích od Aljašky po Newfoundland je příkladem interakce predátor-kořist-prostředí

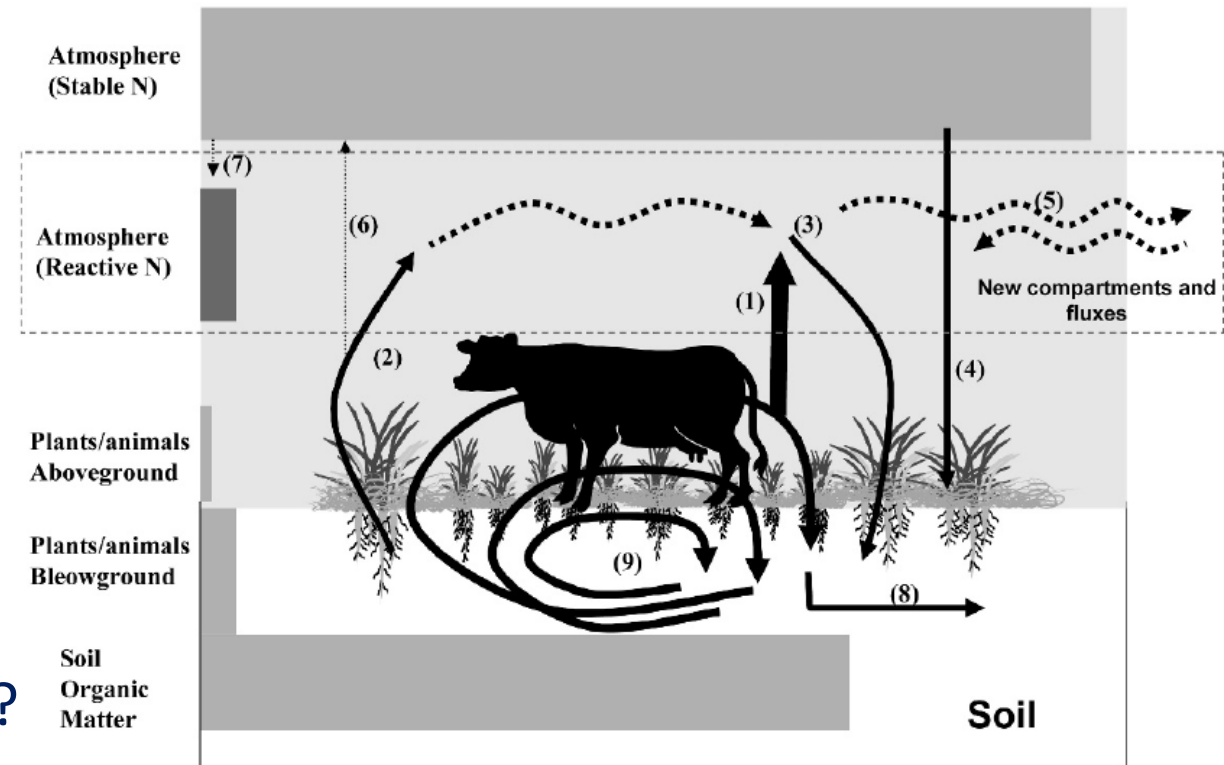


Možný výsledek koevoluce vztahu predátor-kořist

ekosystém
savany v
Serengeti



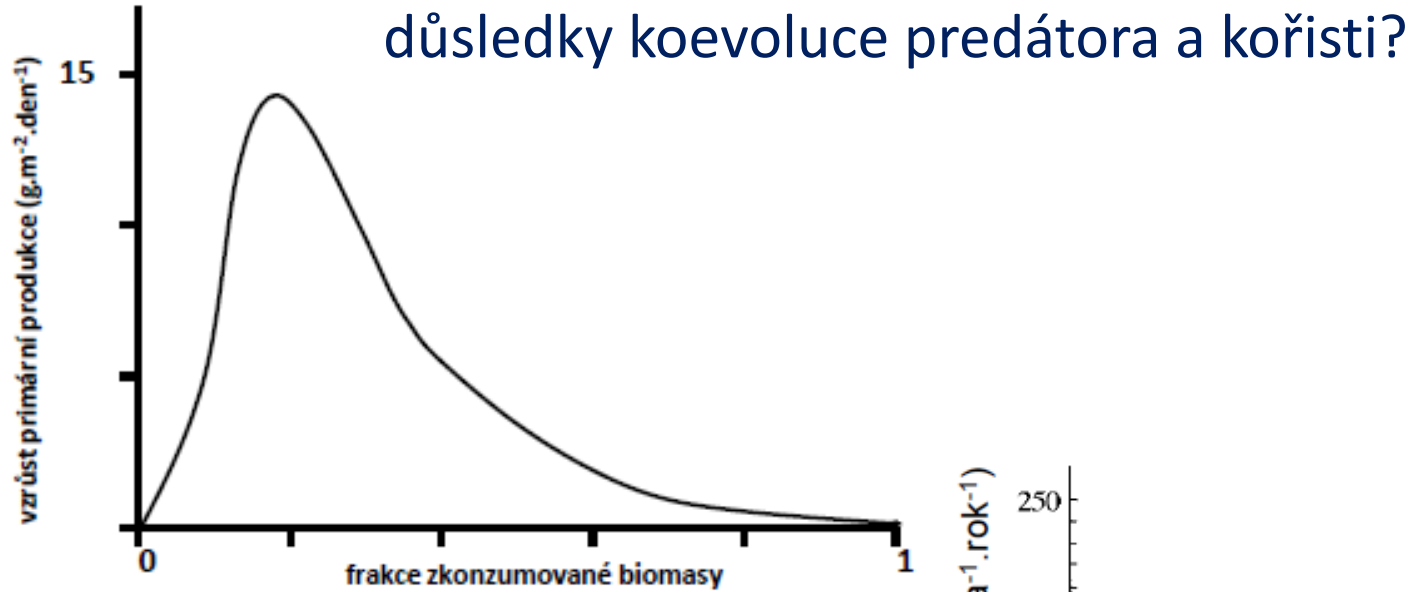
Nitrogen Cycle in Grazed Ecosystems



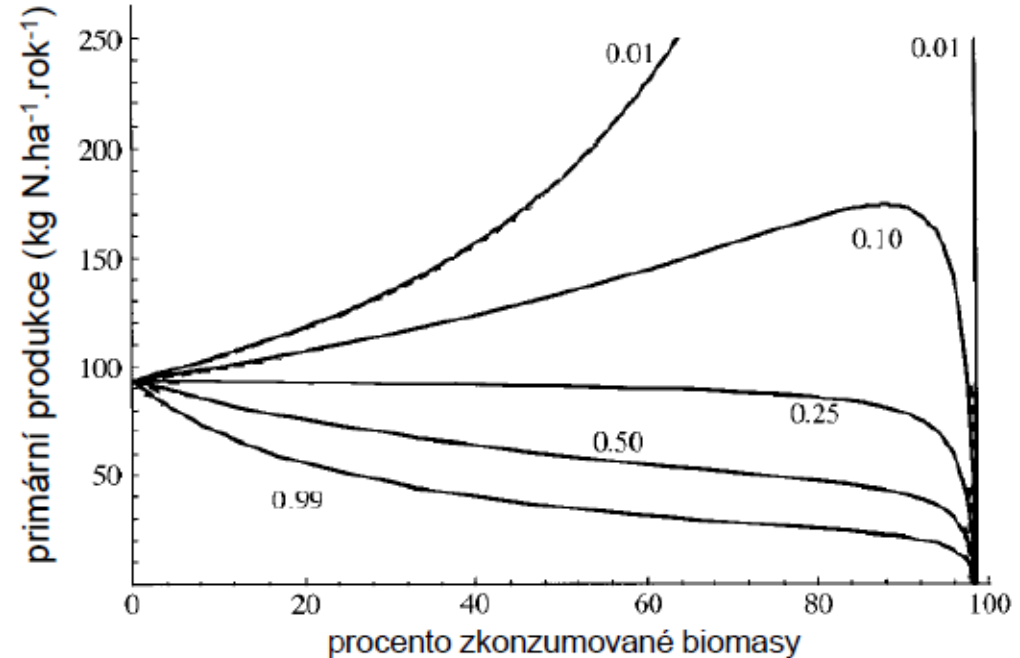
jaký je vztah mezi zebrou a trávou?
(herbivorem a primárním producentem)?



Možný výsledek koevoluce vztahu predátor-kořist



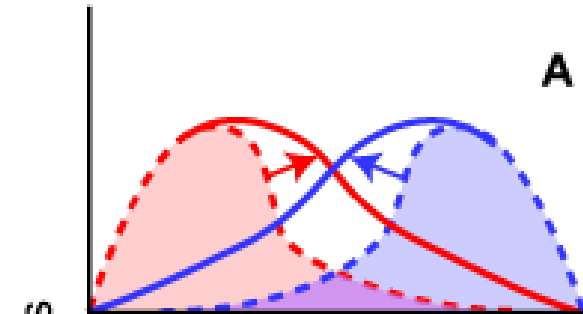
Výsledek efektu závisí účinnosti recyklace uvolněného dusíku.



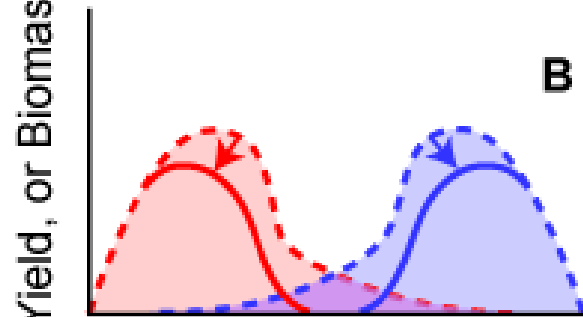
Příklady symbióz, kooperací a facilitací

Interakce a vliv na vztah mezi fundamentální a realizovanou nikou

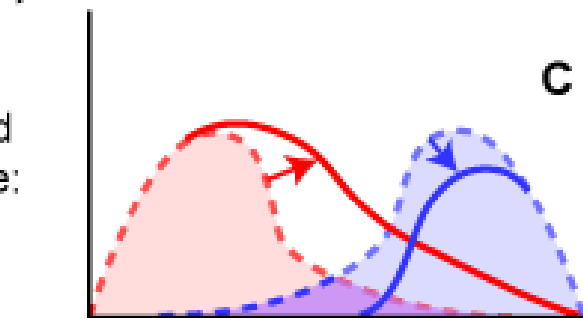
A) Facilitation effect:
Mutual cooperation



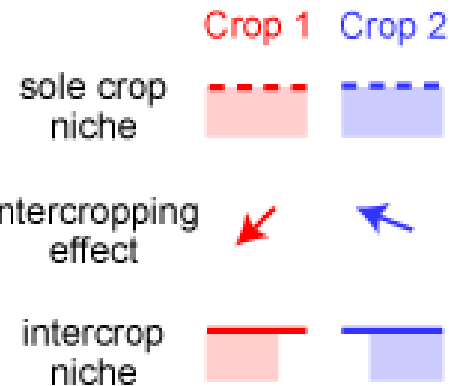
B) Competition:
Mutual inhibition



C) Both facilitation and competition operate:
Compensation.



usnadnění (symbióza) vede k jevu, kdy je realizovaná nika větší, než fundamentální, kompetice má obrácený efekt (Vandermeer, 1989).



(After Vandermeer, 1989)

Environmental niche



Příklady symbióz, kooperací a facilitací

Fixace dusíku: probíhá v rámci různých vztahů

- v půdě volně žijící bakterie a sinice: volně žijící fixátoři vzdušného dusíku jsou schopni za rok fixovat 8 – 120 kg dusíku/ha (Procházka a kol., 1998)
- nejčastěji zmiňovaným organismem v souvislosti s volně žijícími fixátory dusíku jsou gramnegativní bakterie rodu *Azotobacter*, vyskytují se volně v půdě s vyšším obsahem organické hmoty
- je známo, že aplikace průmyslových N hnojiv potlačuje nitrogenásovou aktivitu v půdě a tedy N_2 fixační aktivitu těchto bakterií, naopak aplikace organických hnojiv (jako je hnůj, kompost apod.), případně zaorávka slámy, zvyšuje výskyt těchto prospěšných bakterií v půdě a zvyšuje i jejich aktivitu.



Příklady symbióz, kooperací a facilitací

Fixace dusíku: probíhá v rámci různých vztahů

- organismy žijící v mutualistickém vztahu s vyššími rostlinami jsou schopni ročně fixovat 45 – 400 kg N/ha (Prochazka a kol., 1998):
- některé půdní bakterie vytvářejí volný vztah, asociativní symbiózu (př. bakteriální rody *Azotobacter* a *Pseudomonas*), kdy osidlují kořenové soustavy rostlin (nejčastěji tropických a subtropických)
- dlouhou dobu známá a dobře prozkoumaná je symbióza bakterií dříve řazených do r. *Rhizobium* (v širším pojetí) s rostlinami z cel. bobovitých (*Fabaceae*), ale i dalších čeledí. U bobovitých má schopnost takové symbiózy asi 90 % druhů, většinou bylin (fixační kapacita u některých rostlin může dosáhnout až 500–600 kg N.ha⁻¹.rok⁻¹)
- bakterie rodu *Frankia* jsou rovněž dusík fixující symbionti, ale žijí v symbióze s některými dřevinami, např. olšemi, pro olše (*Alnus*) se běžně udává 80 kg N.ha⁻¹.rok⁻¹, u olše červené (*A. rubra*) dosahují udávané hodnoty za optimálních podmínek 200–300 kg N.ha⁻¹.rok⁻¹.



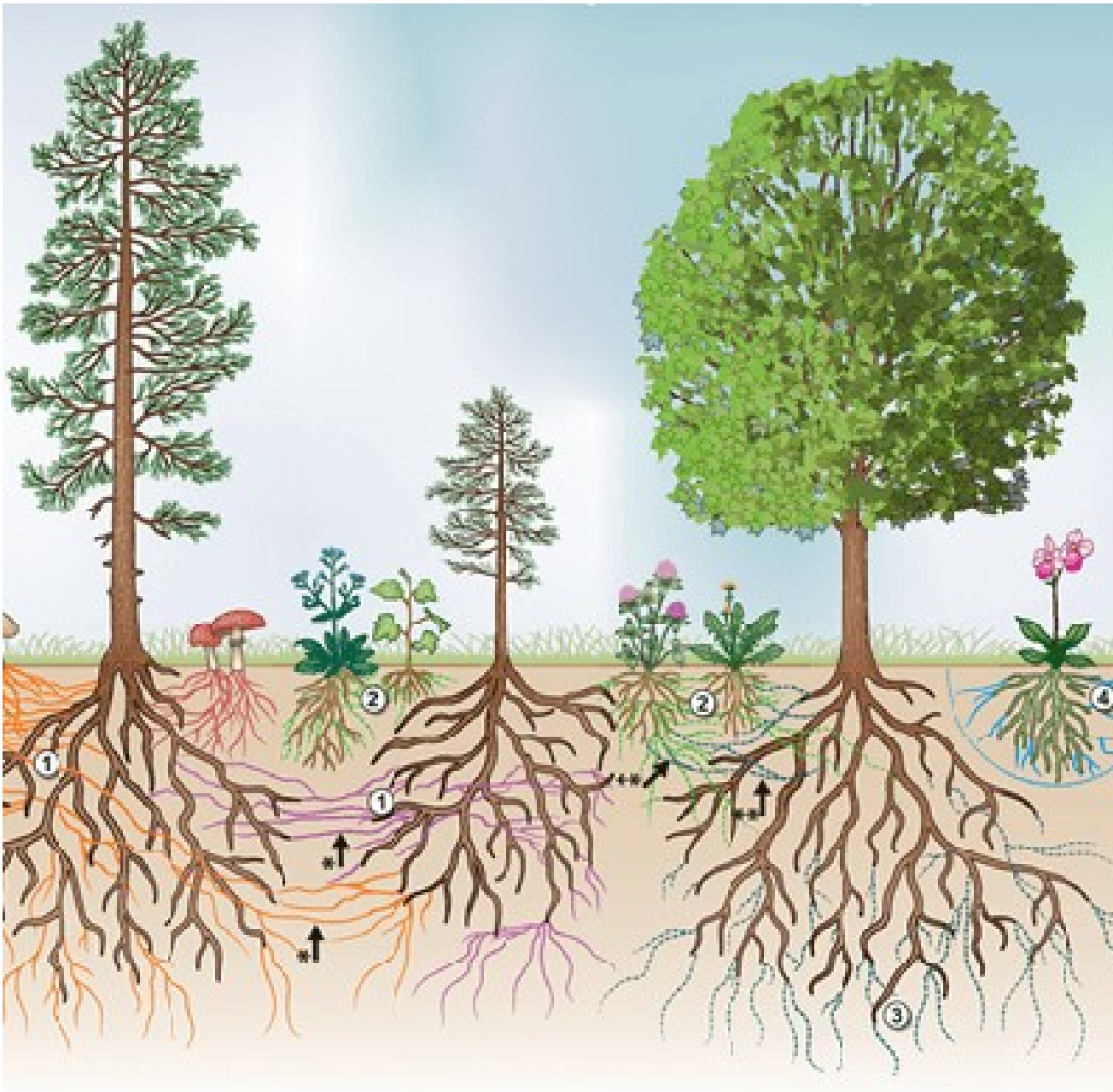
Příklady symbióz, kooperací a facilitací



Zdroj: <http://www.ueb.cas.cz/>



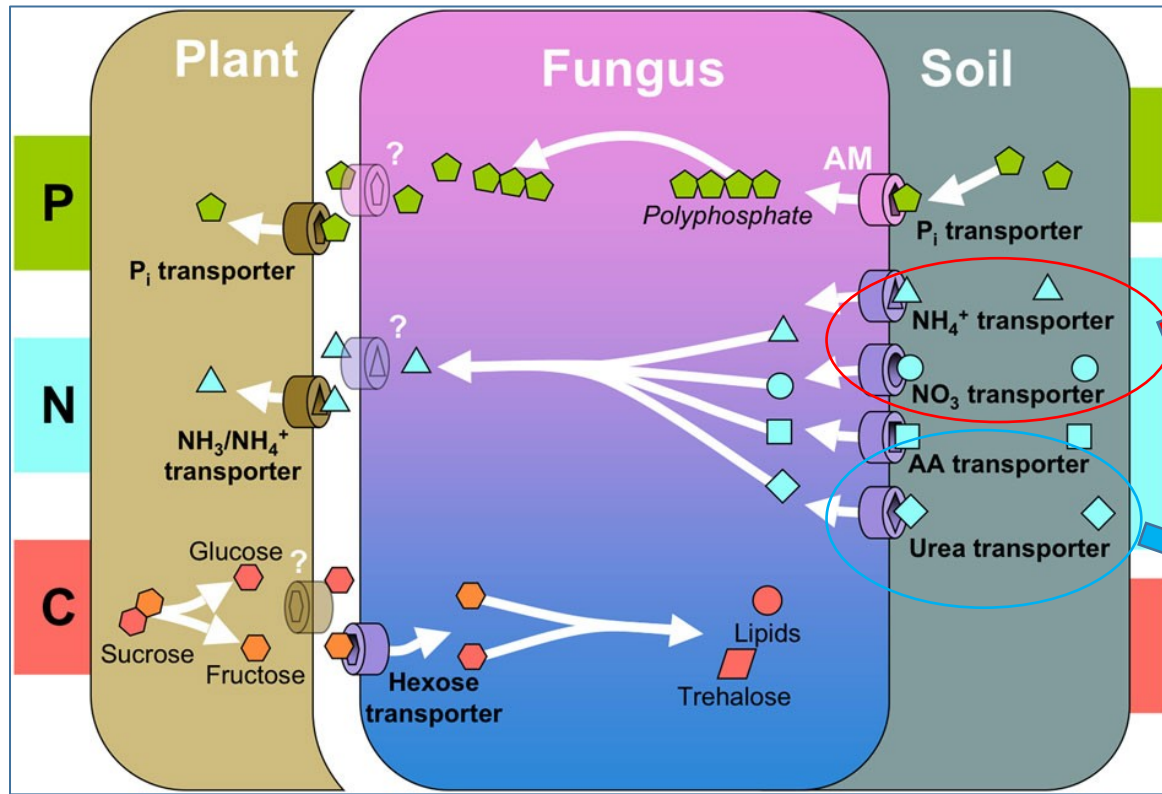
Mykorrhizní symbióza



- Vytváří půdní síť
- Umožňuje uvolňování prvků z organické i anorganické půdní hmoty
- Rozšiřuje aktivní plochu kořenů pro příjem vody a nutrientů
- Pravděpodobně zprostředkovává část komunikace mezi stromy

Mykorrhizní symbióza

- mobilita dusíku v půdě a mykorrhiza



AM



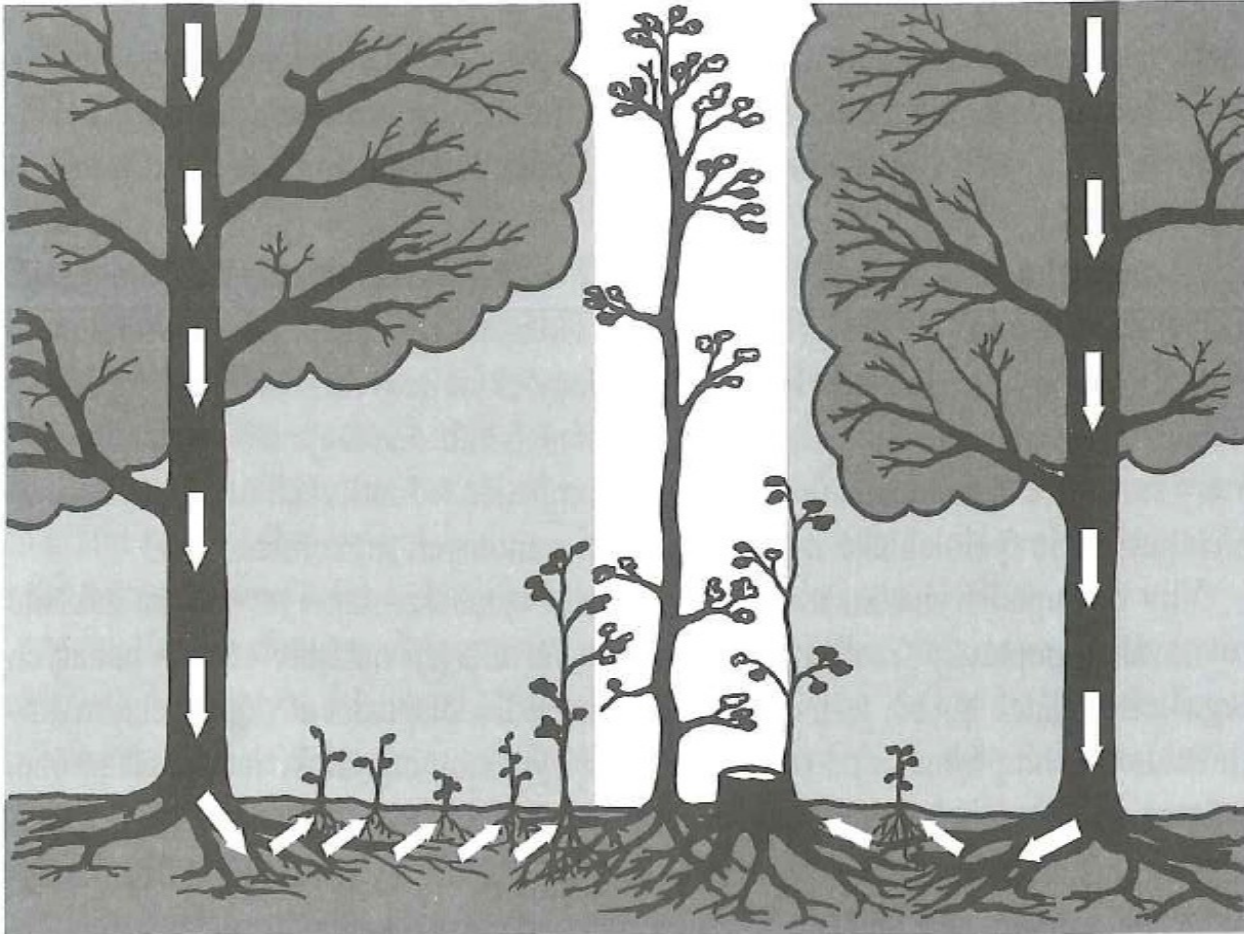
ECM

zdroj: Bonfante, P. & Genre, A. Mechanisms underlying beneficial plant – fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. Nat. Commun. 1:48 doi: 10.1038 /ncomms1046 (2010).



Mykorhizní symbióza

Funkční význam mykorhizy a posun k superorganismu...



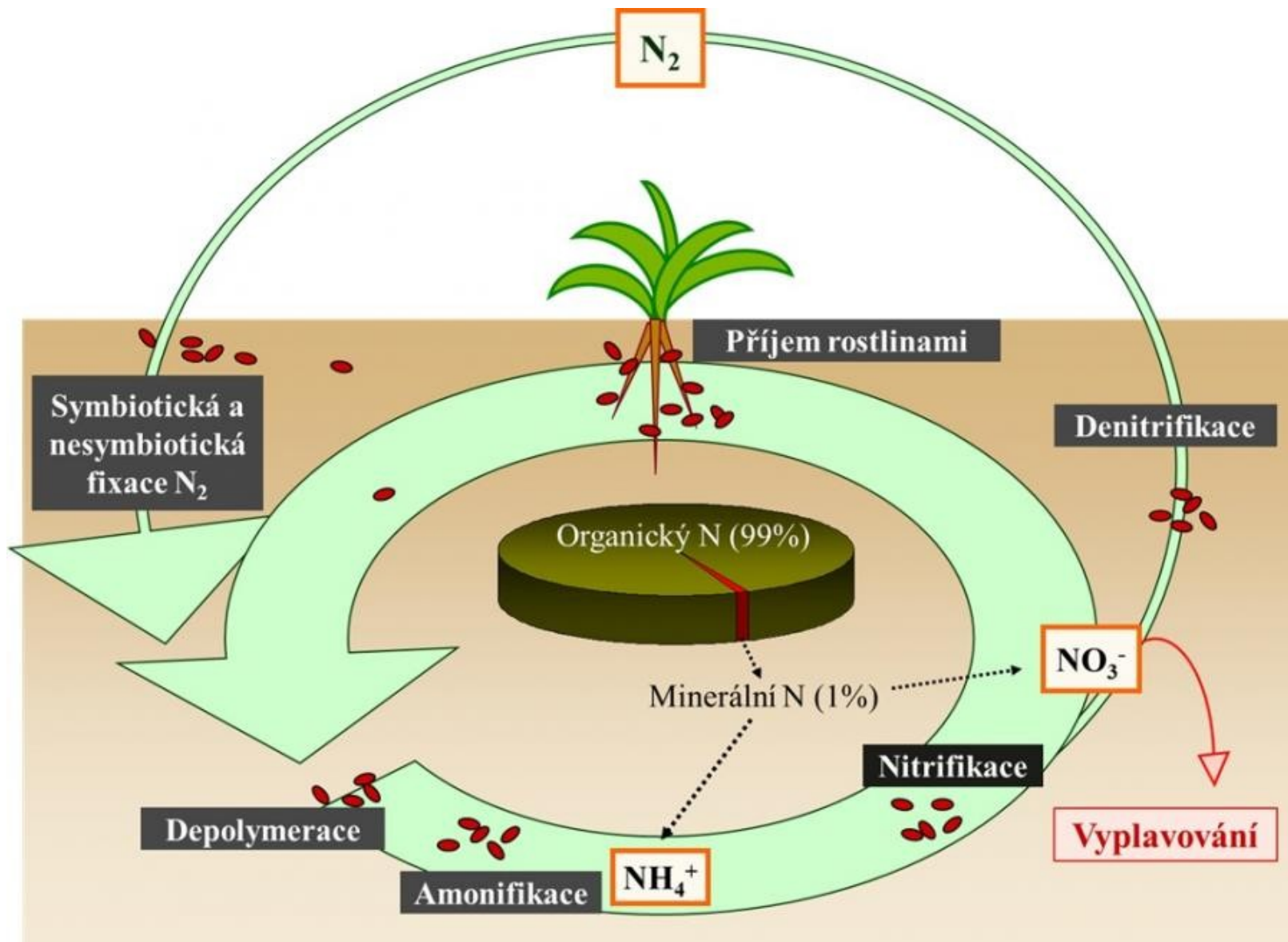
Efekt chûvy
(Simard et al., 1997)

- transport energií bohatých organických látek skrze mycelium do následující generace stromků v zástinu
- může fungovat i mezidruhově
- mycelium představuje jakousi síť v rámci lesního ekosystému



Zdroj: Gryndler a kol.

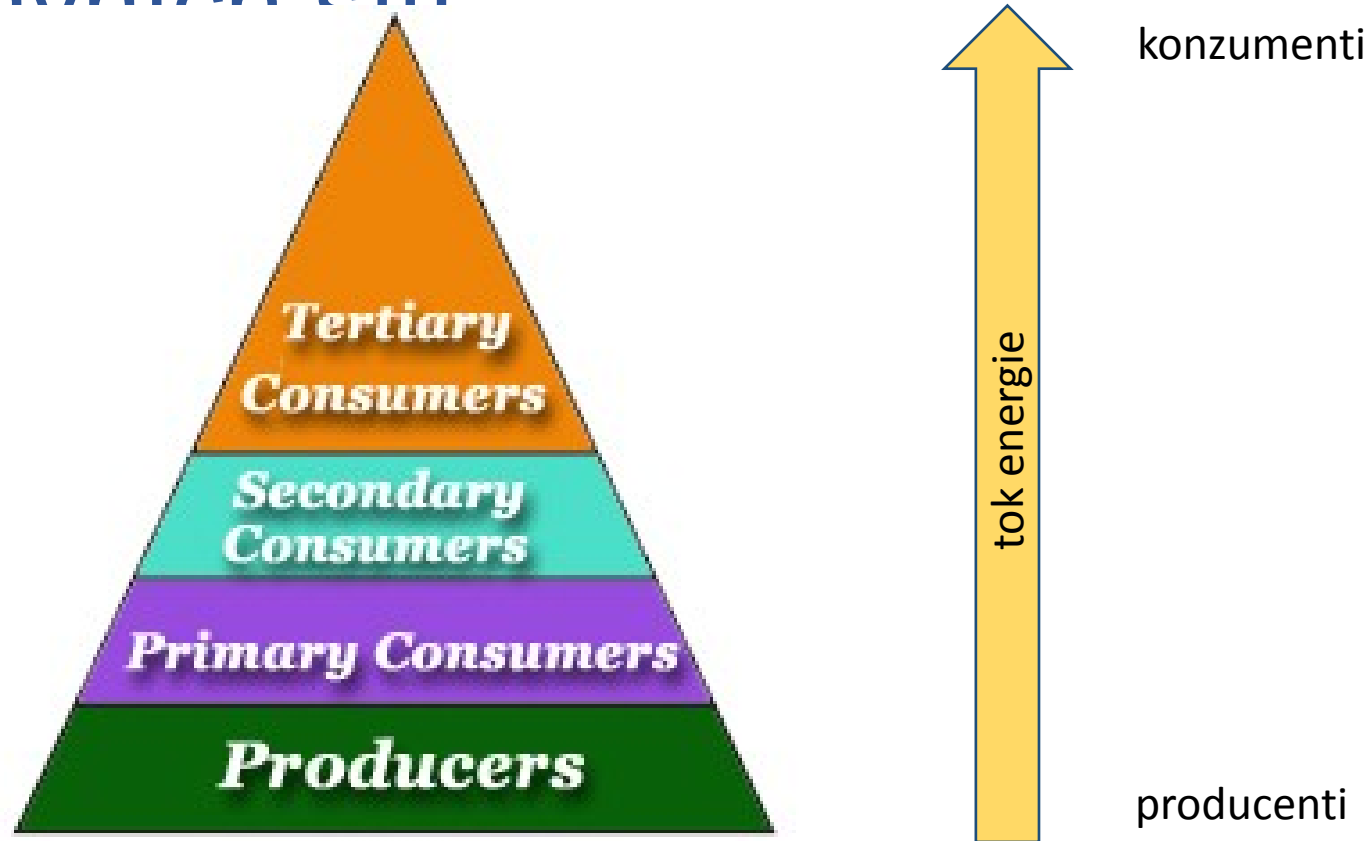
Cyklus dusíku



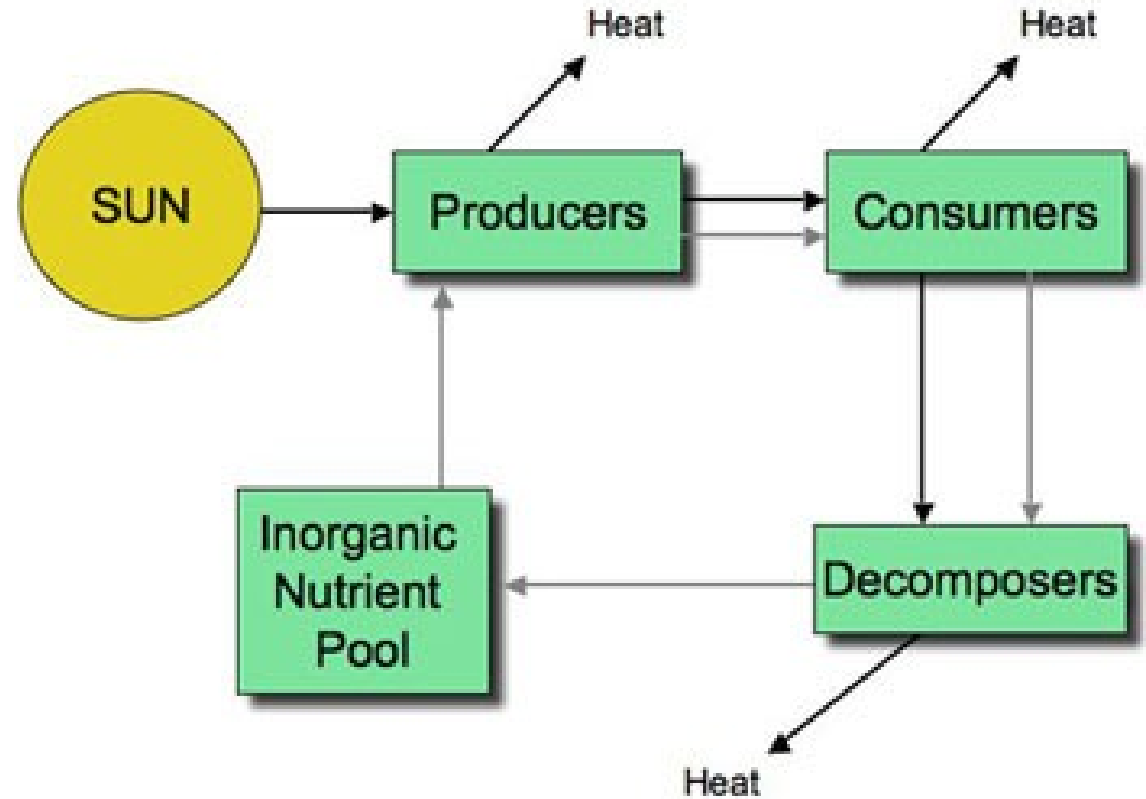
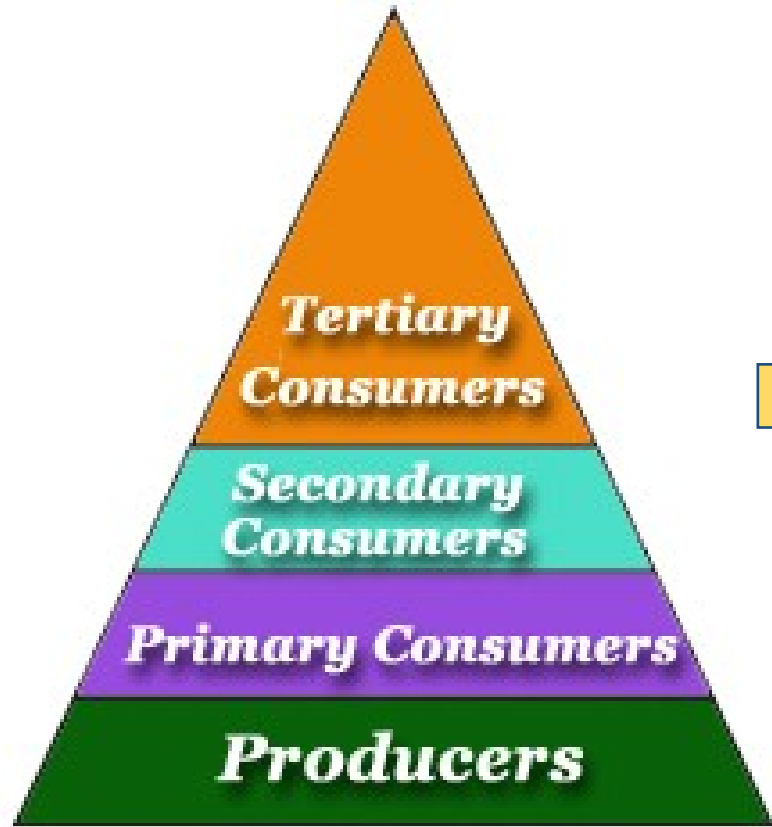
Zdroj: Záhora, 2012; http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4007&typ=html



Obečná struktura ekosystému a potravních sítí



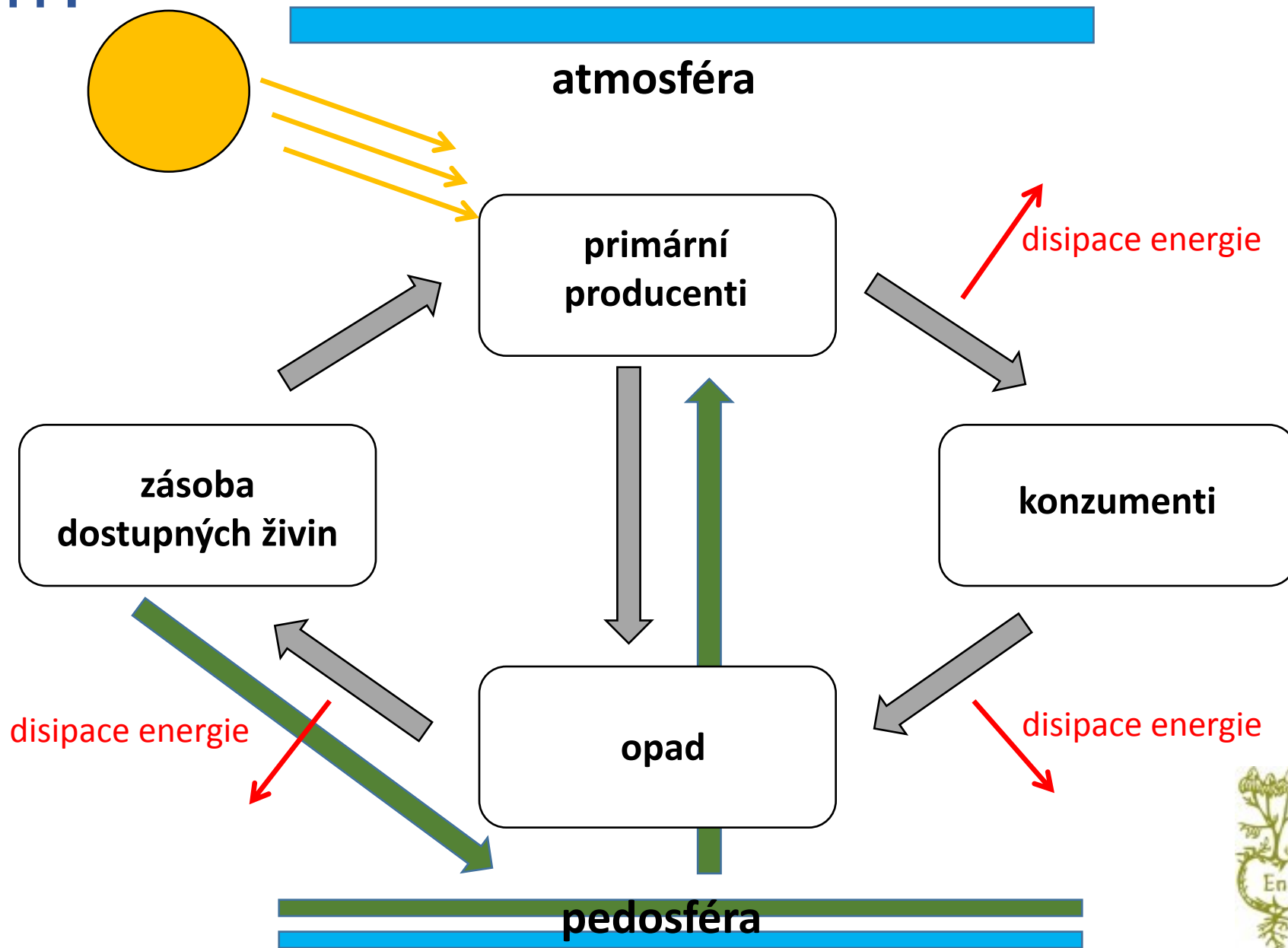
Z pyramidy kruh?



Z pyramidy kruh?

dva fundamentální principy utváření ekosystémů:

- využití volných zdrojů processchopné energie
- recyklace důležitých prvků v rámci systému



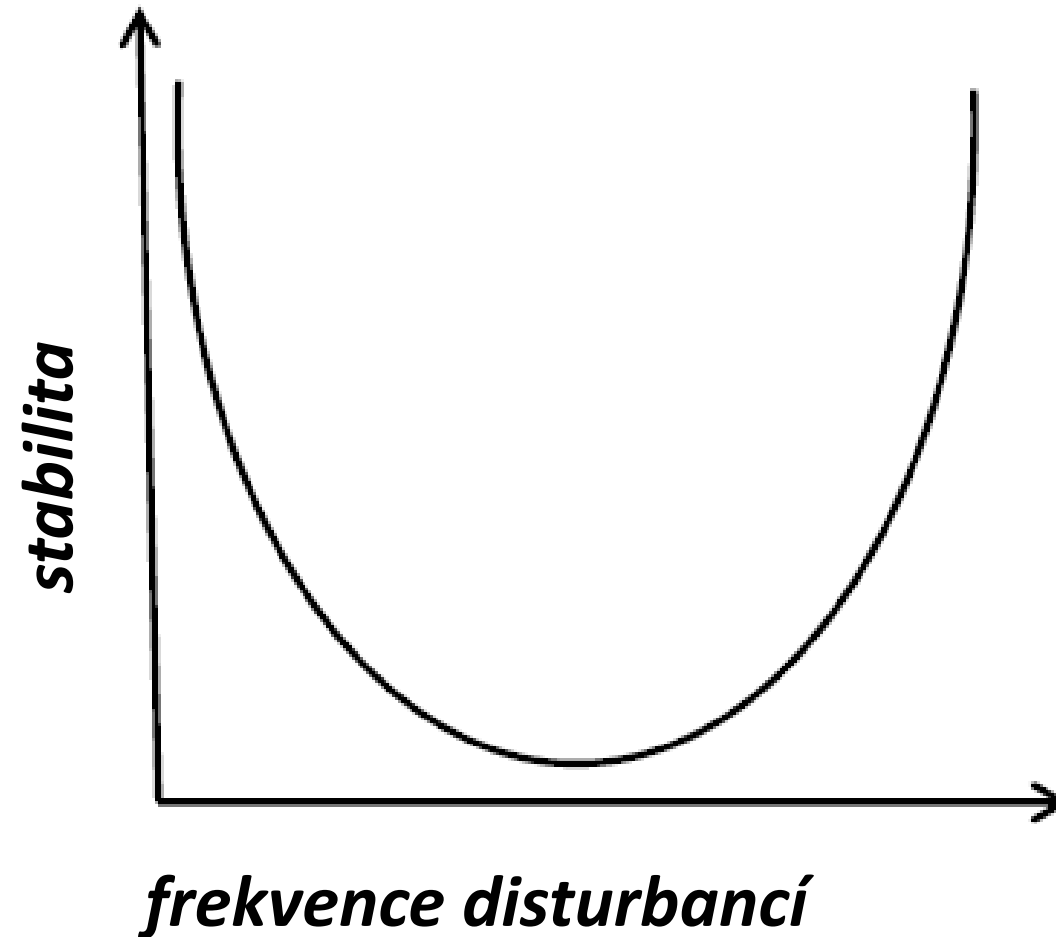
Cesta k pochopení stability ekosystémů...

- podmínky prostředí se na různých místech světa podstatně liší
- prostředí se liší mimo jiné v počtu a síle disturbancí



Cesta k pochopení stability ekosystémů...

- persistence: obecná schopnost systému udržet se v daném prostředí (přežít) v průběhu času



modified from Hobbs and Suding, 2009



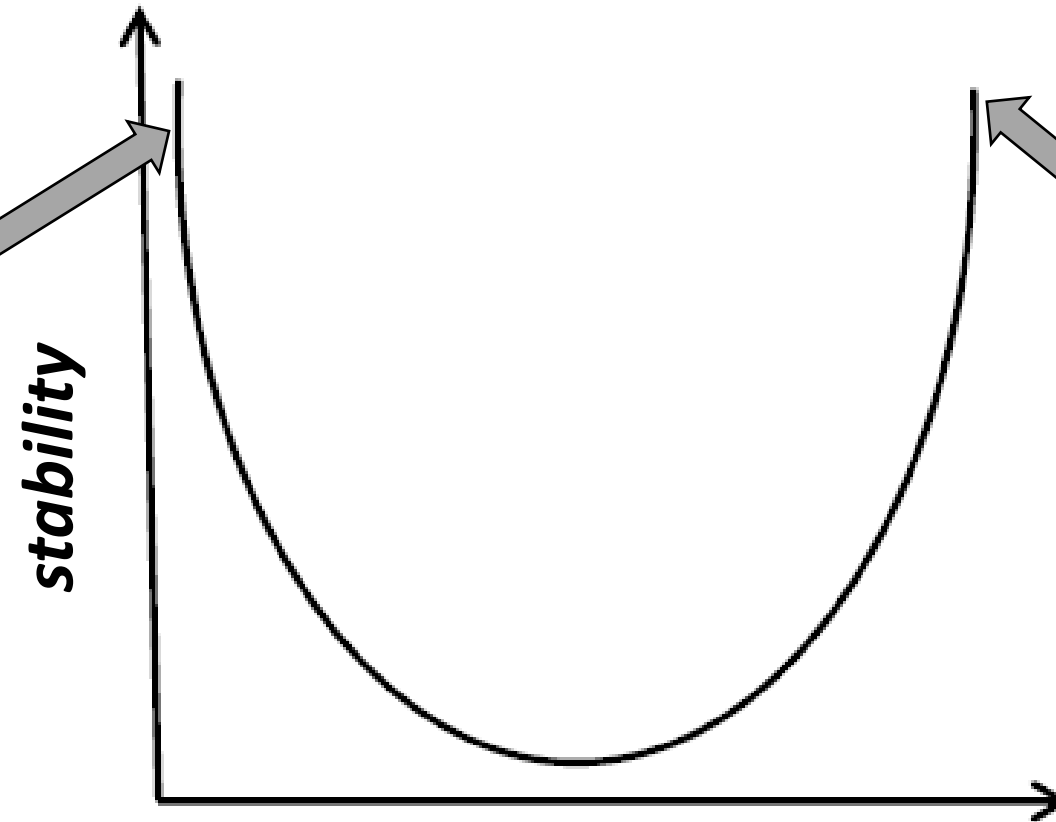
Cesta k pochopení stability ekosystémů...

- persistence: obecná schopnost systému udržet se v daném prostředí (přežít) v průběhu času

tropický deštný les



stabilní podmínky, bohatý vstup energie: komplexní systém, komplikovaná struktura, bohatá potravní síť, diferenciace nik, potravní specialismus, optimalizace toků



boreální les



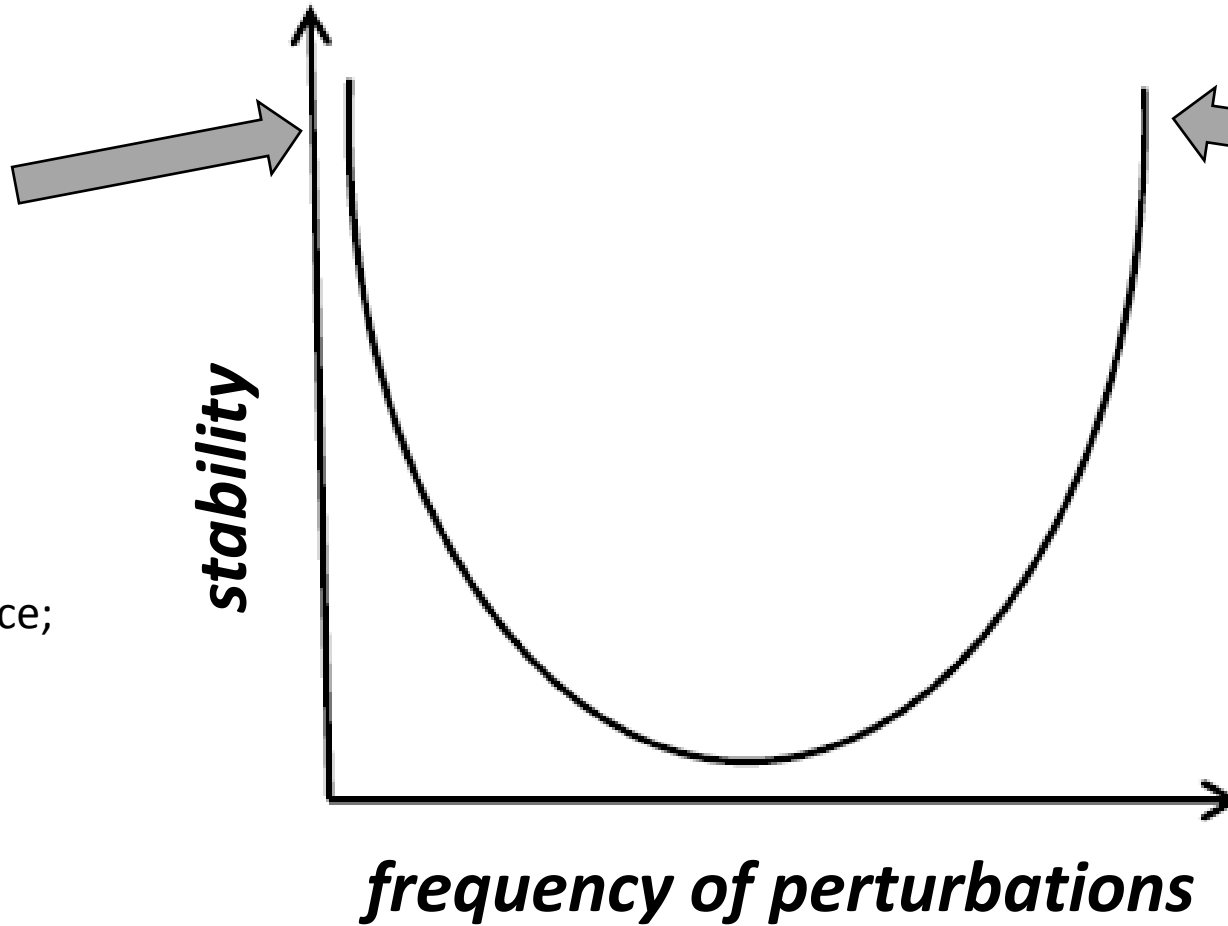
výrazná sezonalita, variabilní vstup energie, extrémnost klimatu: jednoduchá struktura, jednoduchá potravní síť, potravní generalismus simple structure, disturbance zahrnutý ve vývojovém cyklu ekosystému

Cesta k pochopení stability ekosystémů...

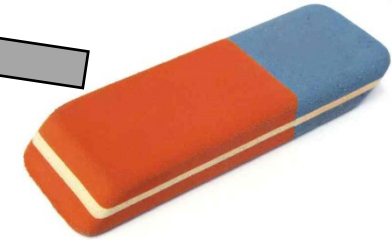
rezistence



Míra změny, které nastanou v systému po distorbanci, problém s měřením síly disturbance; často používaná jako měřítko schopnosti komunity vzdorovat invazivnímu druhu.



resilience

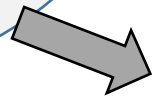


Měřítko stability využívající čas, jaký systém potřebuje po distorbanci k návratu do původního stavu. Rychlá odpověď systému znamená, že systém se rychle navrátí do svého rovnovážného stavu.

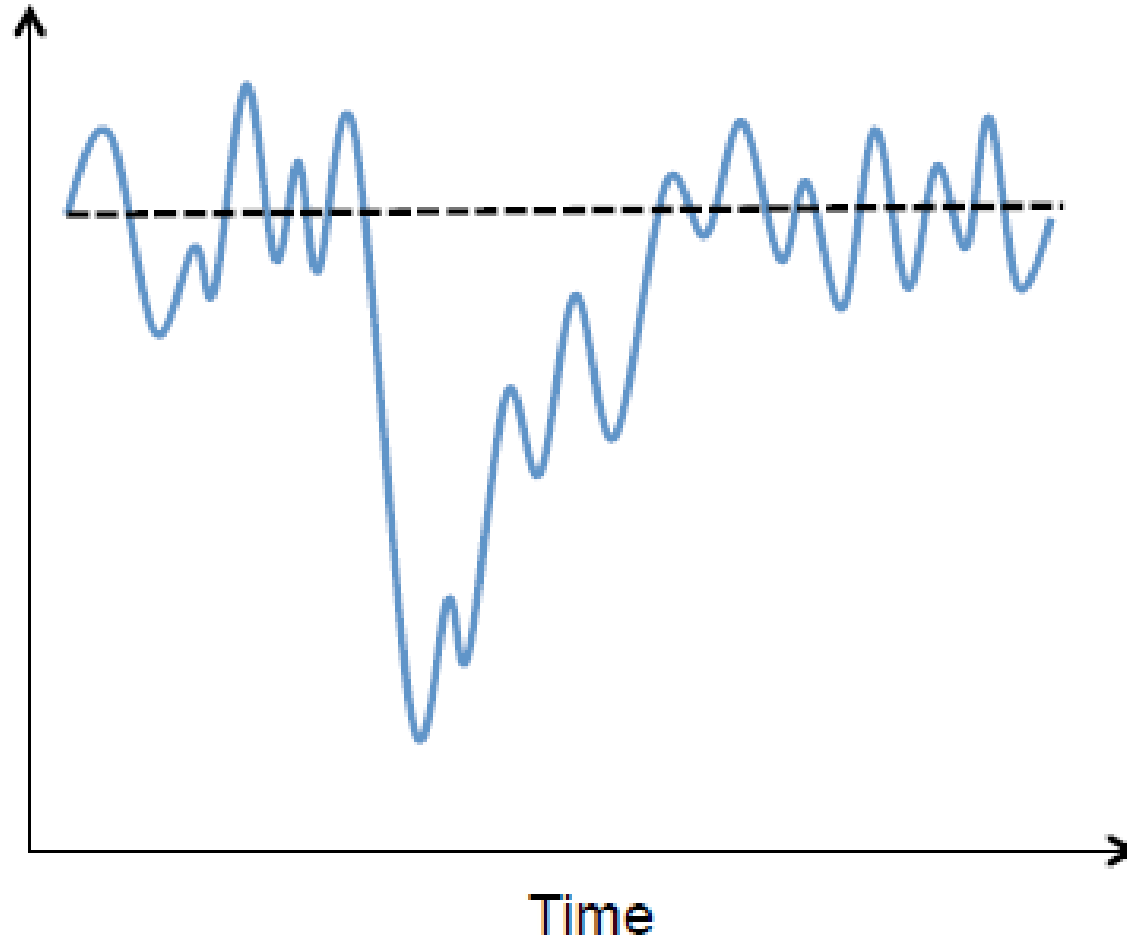
McCann 2000

Cesta k pochopení stability ekosystémů...

ekosystémová proměnná,
popisující stav, nebo proces v
ekosystému (např. biomasa,
početnost populace,
produktivita, účinnost využití
světla, efektivita recyklace,
biodiversita)



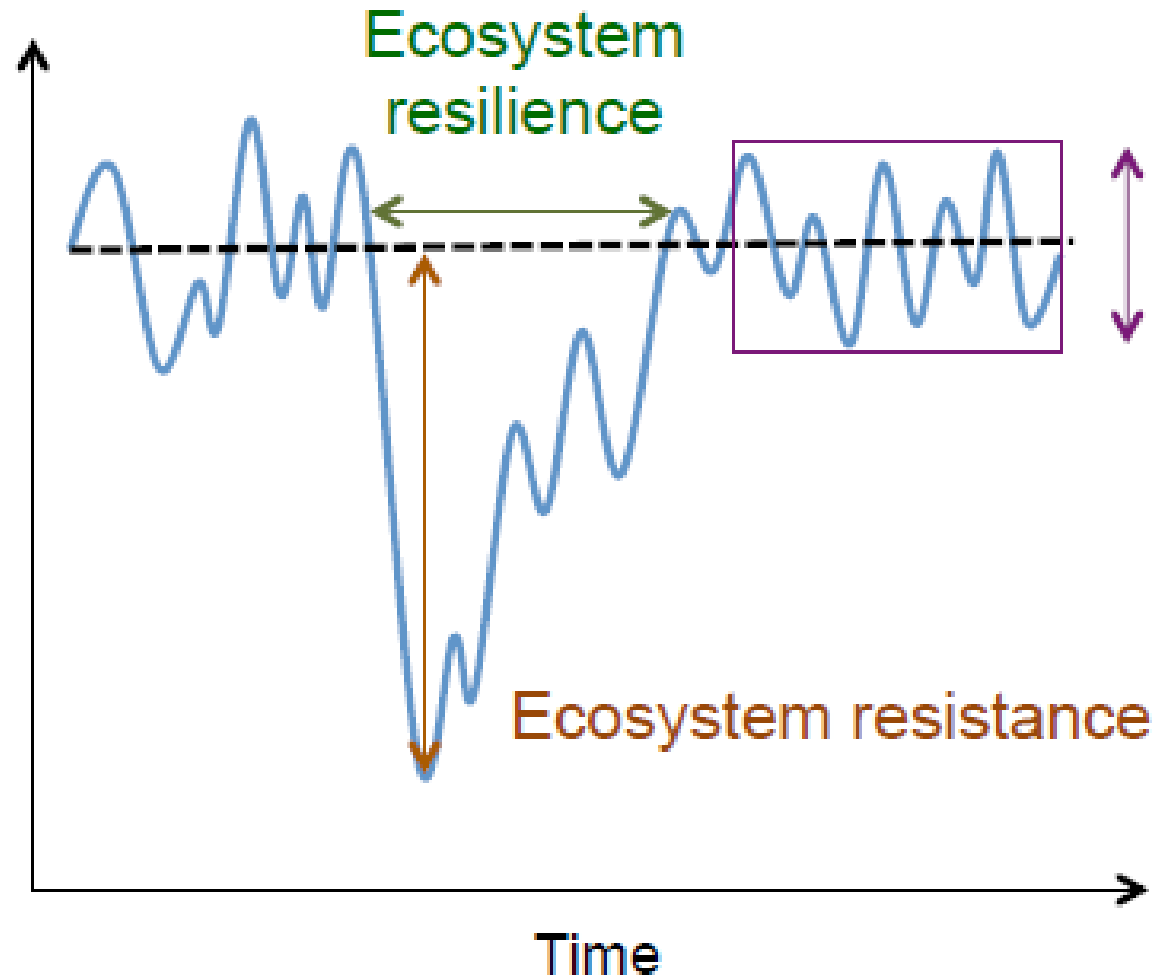
Ekosystémová
proměnná



Cesta k pochopení stability ekosystémů...

ekosystémová proměnná,
popisující stav, nebo proces v
ekosystému (např. biomasa,
početnost populace,
produktivita, účinnost využití
světla, efektivita recyklace,
biodiversita)

Ecosystem variable



Ecosystem
variability

Ecosystem resistance

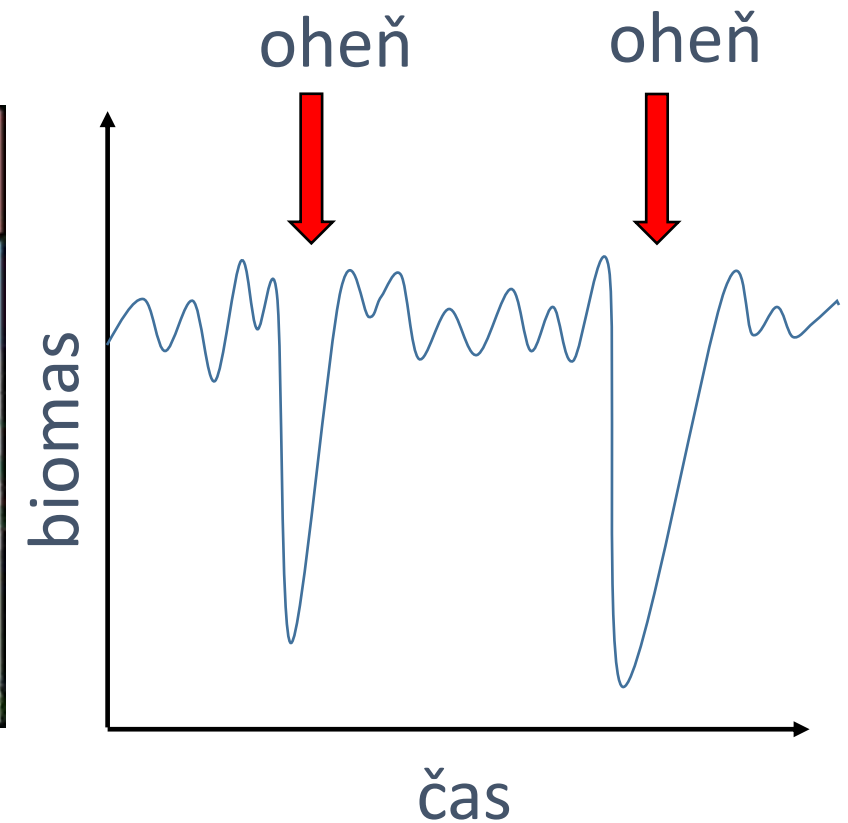
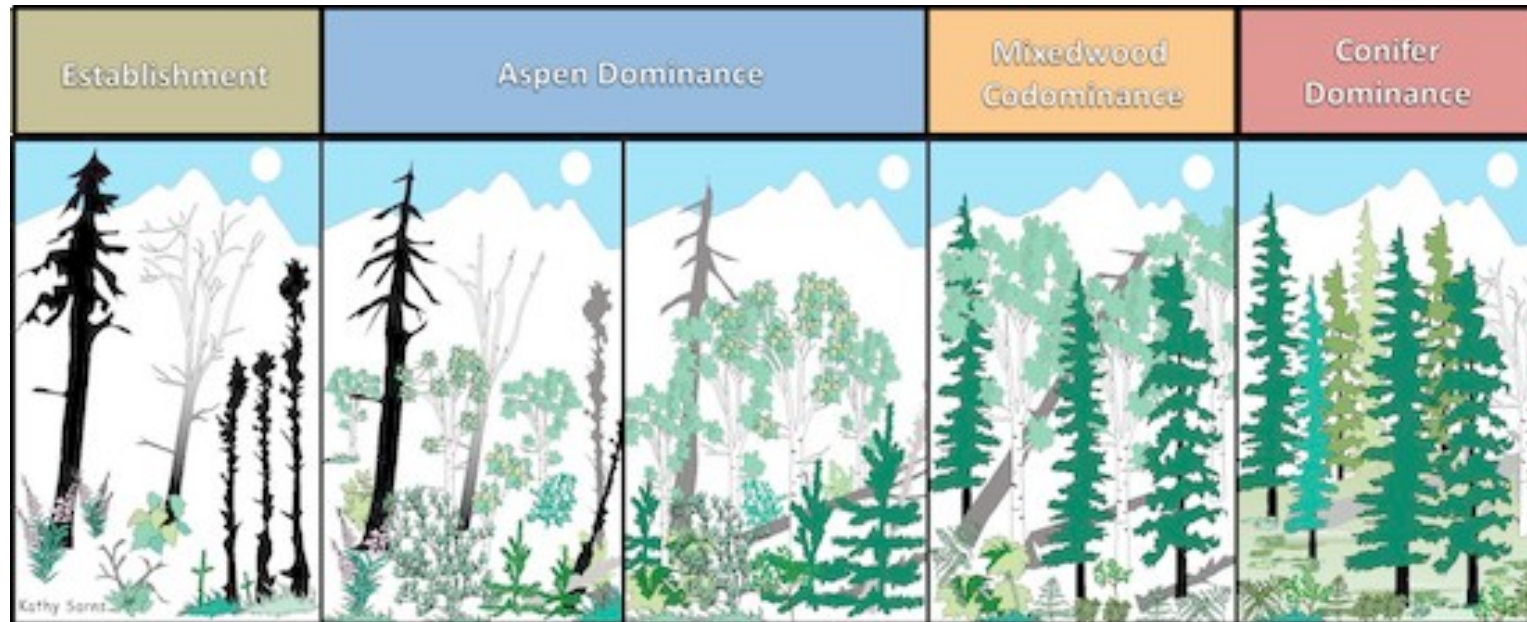
Time

v empirických studiích může být problém s určením síly disturbance



Cesta k pochopení stability ekosystémů...

- Stabilita v prostoru a čase



Dramatické změny v některých systémových proměnných mohou být součástí dynamiky systému, jako odpověď na povahu prostředí. Pokud bychom takový systém pozorovali po dostatečně dlouhý čas, mohli bychom vysledovat specifické opakující se rysy v dynamice systému.

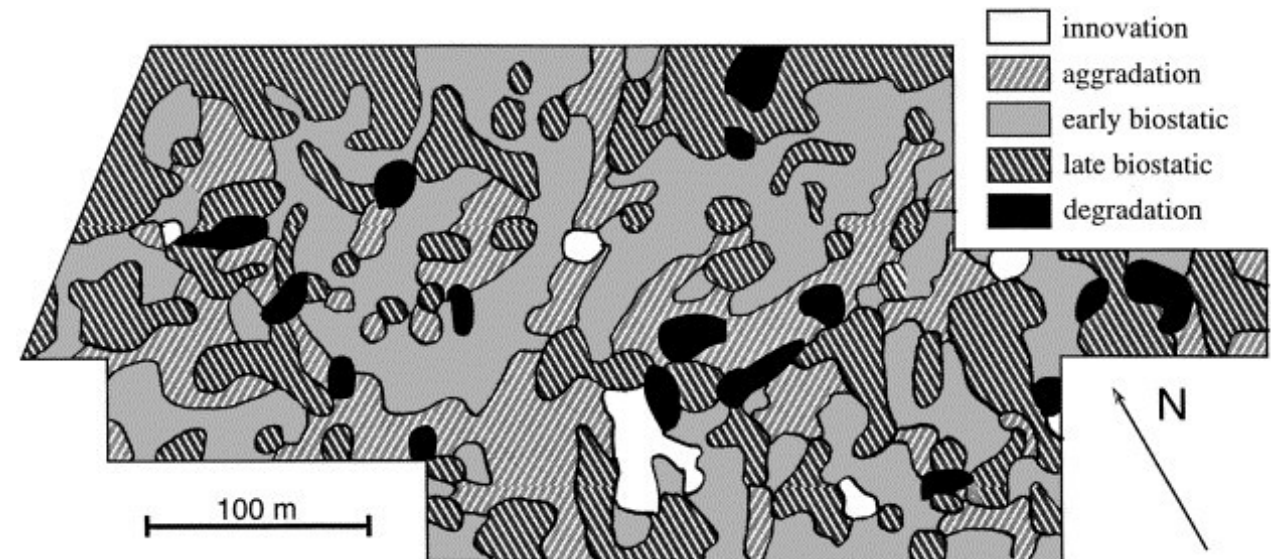
Cesta k pochopení stability ekosystémů...

mozaika a dynamika boreálních lesů



velké požáry jsou méně pravděpodobné, než malé (požáry individuálních zrn) s ohledem na mozaikovitou strukturu lesa

- přirozená struktura boreálního lesa sestává z vývojových zrn různého stáří
- k propuknutí požáru jsou nejvíce náchylná zrna s největší zásobou nekromasy
- požár iniciuje fázi obnovy v přestárlých zrnech s velkým množstvím nekromasy
- mozaikovitá struktura ekosystému zaručuje, že požár nezasáhne velké území



Cesta k pochopení stability ekosystémů...

mozaika a dynamika boreálních lesů



<http://www.pacificbirds.org>



Cesta k pochopení stability ekosystémů...

mozaika a dynamika boreálních lesů

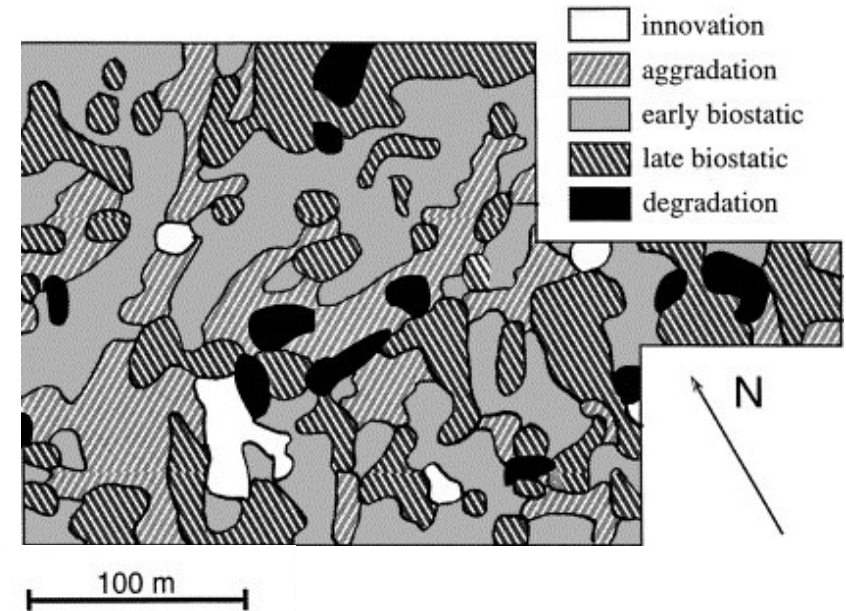
- mozaikovitá dynamika udržuje systém stabilní na větším měřítku a zamezuje příchodu velkoplošného kolapsu (velkého požáru)
- homogenizace struktury narušuje stabilitu a vede k možnosti propuknutí velkého požáru schopného hluboce změnit strukturu systému na větším měřítku
- příklad poskytuje situace v Yellowstone national park USA, kde správa parku dlouhodobě hasila malé požáry ve víře, že tím prospívá ekosystému, což však vedlo k tomu, že došlo k homogenizaci struktury, kdy převládla zrna s velkým množstvím nekromasy (Pickett, 1985)
- důsledkem byl obrovský požár, který území zachvátil v roce 1988



Cesta k pochopení stability ekosystémů...

nejen boreální lesy mají mozaikovitou strukturu

- maximální plocha stejného vývojového stádia je pro přirozené horské lesy v ČR 0,5 ha a pro smíšené lesy nižších vegetačních stupňů je ještě menší (Košulič, 2010)
- mozaikovitá struktura obecně umožňuje koexistenci r a K strategií
- mozaikovitá struktura tak poskytuje možnost pro ko-existenci raně sukcesních a pozdně sukcesních druhů, a proto mění časovou osu sukcese zahrnutím prostorové heterogenity
- lesy napříč kontinenty se však liší velikostí vývojových zrn v prostorové mozaice, obecně boreální lesy mají zrna větší, temperátní a tropické pak vykazují jemnější strukturu mozaiky
- V literatuře se často uvádí výraz ploška (patches) místo výrazu zrno



Cesta k pochopení stability ekosystémů...

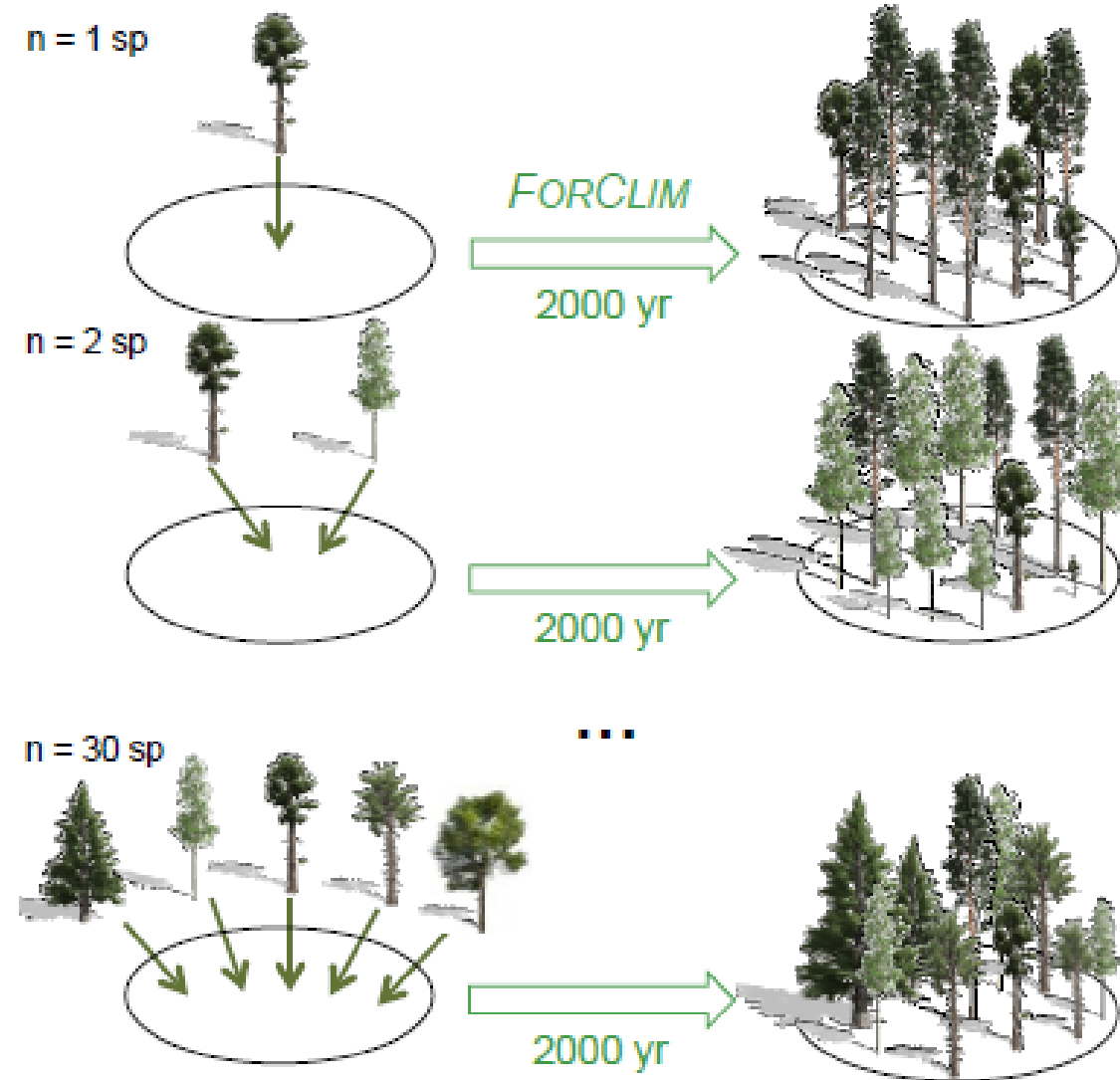
- mozaikovitá struktura je také většinou spojena s větší biodiverzitou v porovnání s homogenní strukturou



• Vztah stability a biodiverzity

modelová studie:

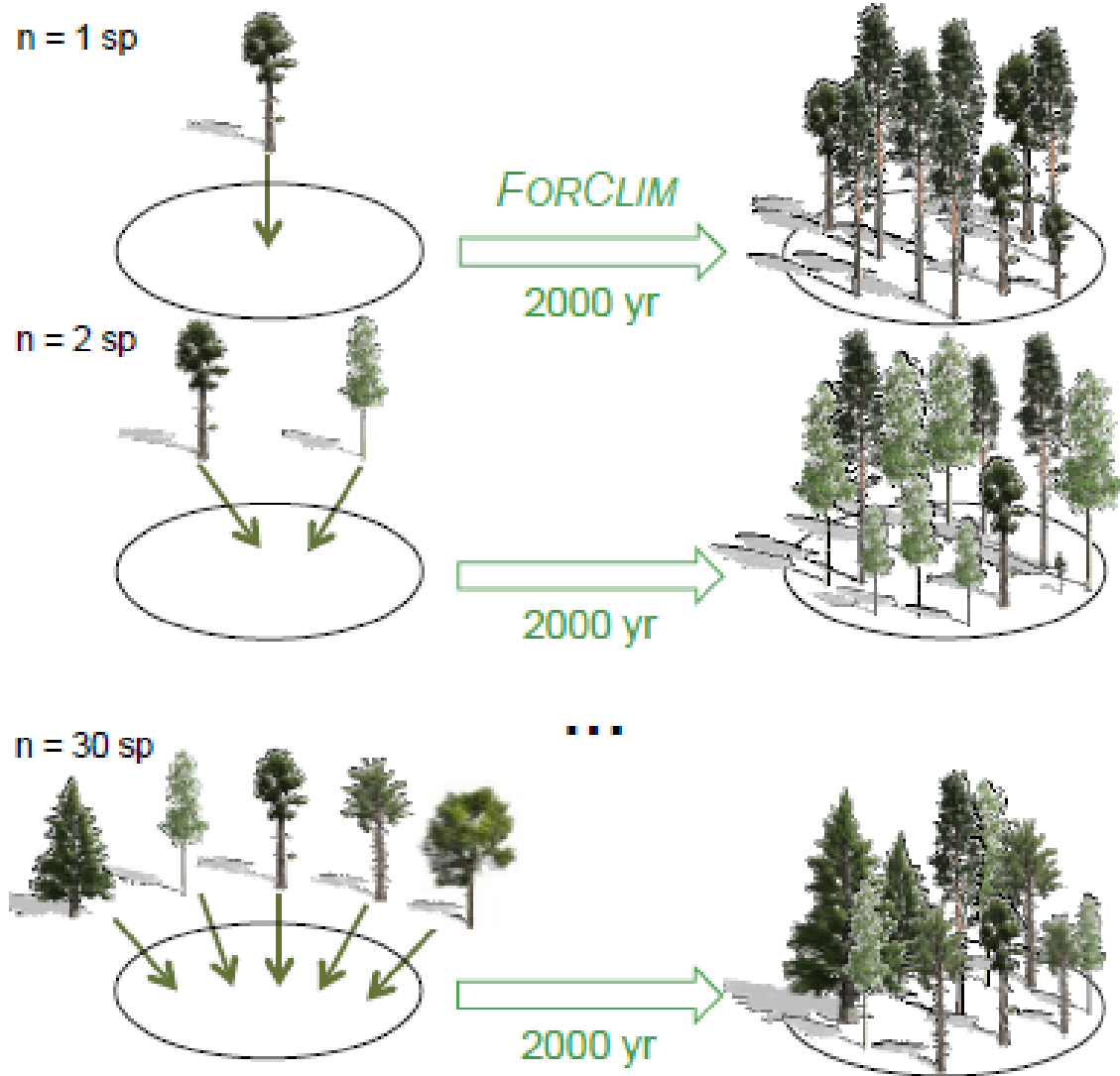
- model cyklické sukcese ForClim (Bugmann, 1996)
- kvantitativní popis populační dynamiky dřevin
- model zahrnuje konkurenci o světlo zprostředkovanou faktory prostředí (teplota, vlhkost, N_{avai})
- model byl validován podél klimatického gradientu v Švýcarsku a Německu
- simulace 2000 let sukcese porostu



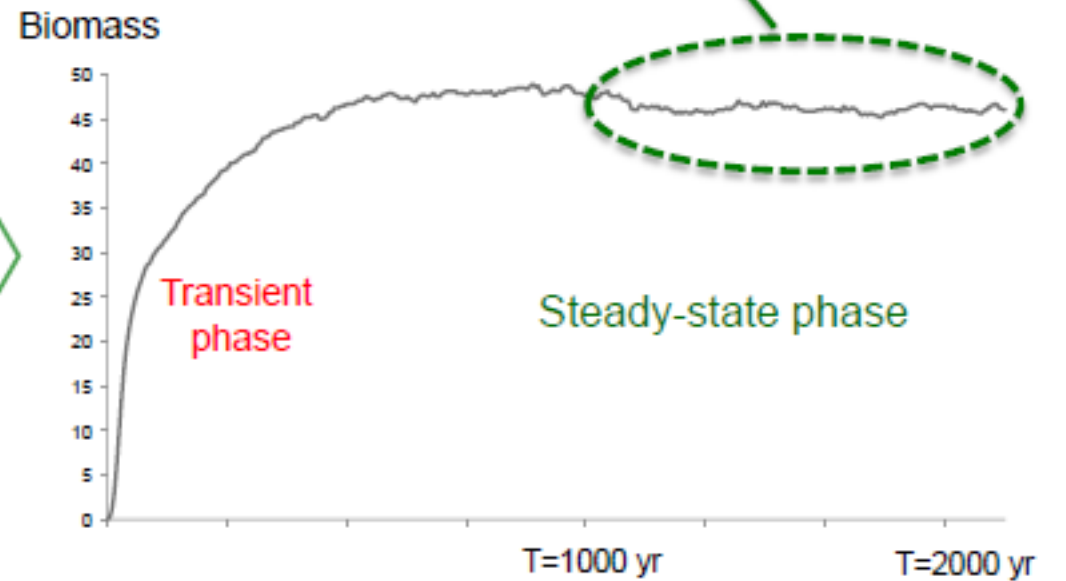
Morin, 2011



• Vzťah stability a biodiverzity



1. Productivity and its temporal stability (TS)



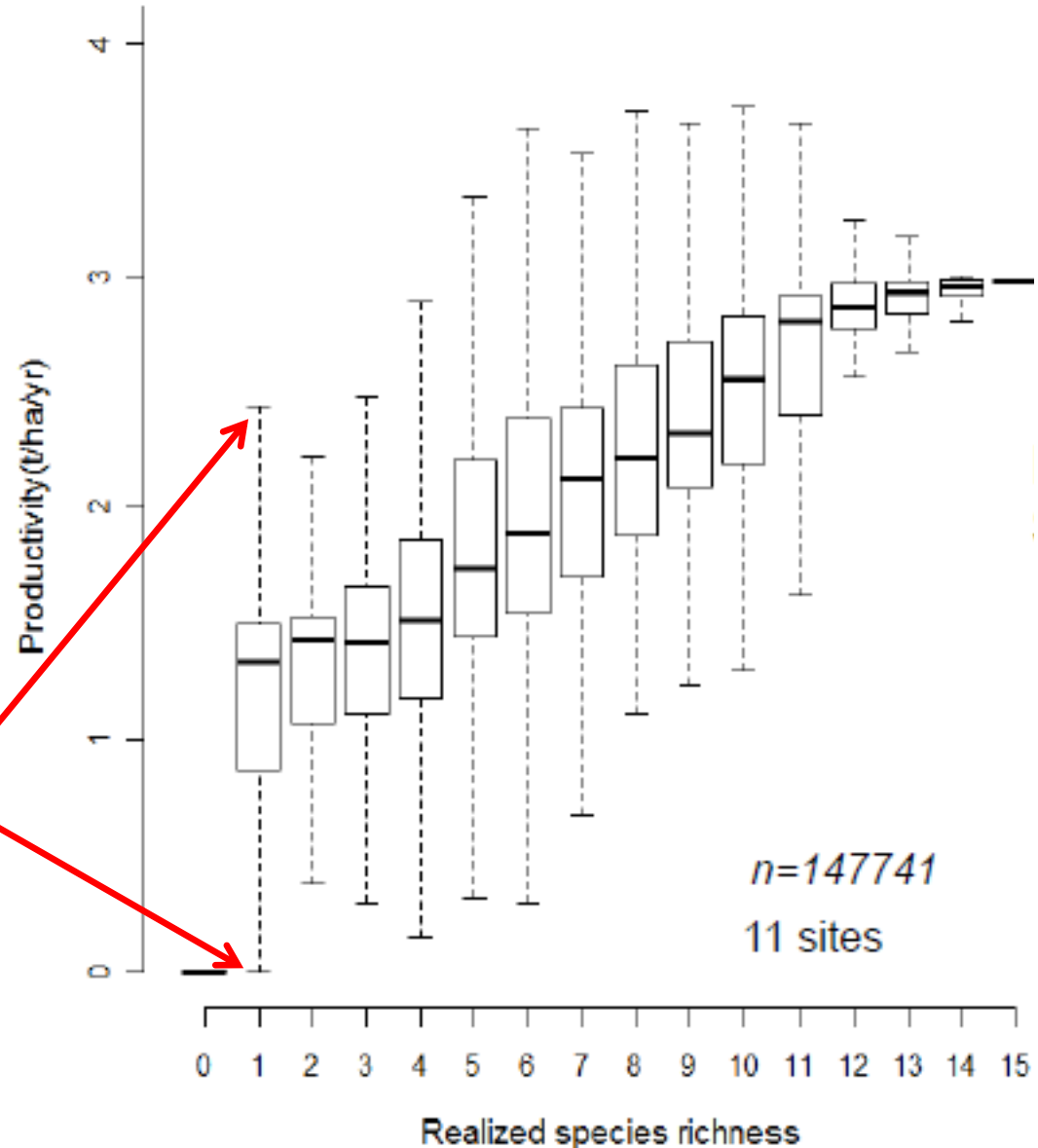
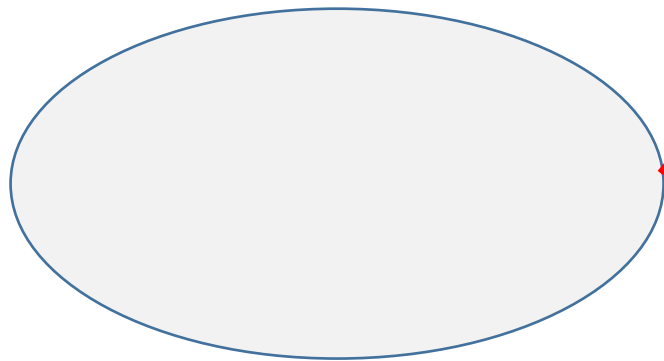
2. Final species richness & composition



• Vztah stability a biodiverzity

výsledek z modelové studie:

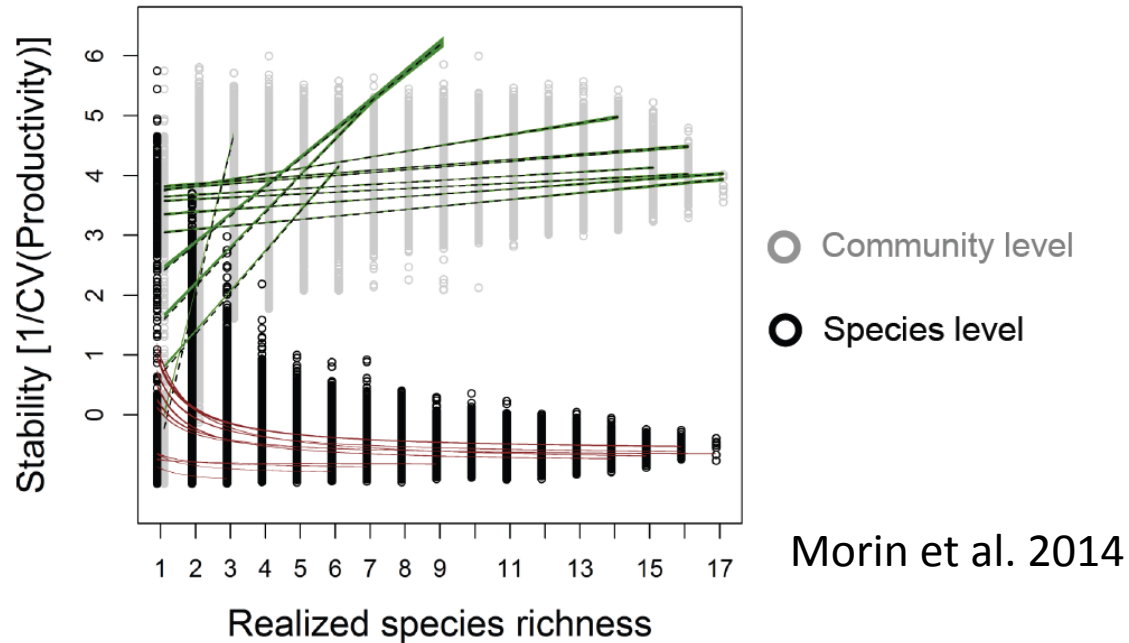
- pozitivní efekt větší biodiverzity na průměrnou produktivitu
- pozitivní efekt biodiverzity na stabilitu na ekosystémové, nikoliv na populační, úrovni



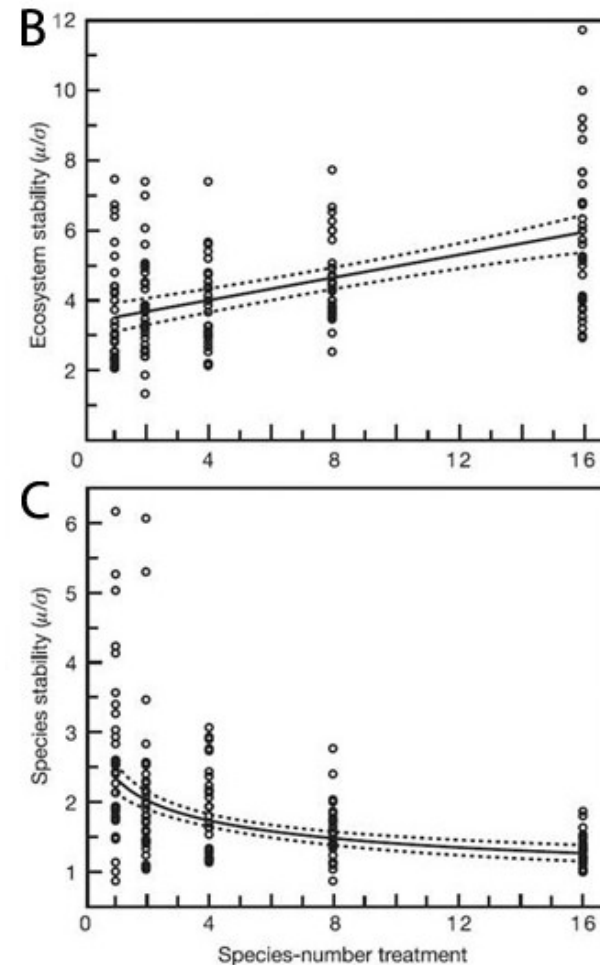
Morin, 2011



- **Vztah stability a biodiverzity**
- biodiverzita zvyšuje stabilitu na ekosystémové úrovni
 - výsledky simulační studie jsou stejné jako výsledky polních experimentů BIODEPTH (EU) a Ceder Creek experiment (USA) s trávami



výsledky simulační studie



EU: velké množství experimentálních ploch v různých podmínkách
USA: dlouhodobý experiment

Tilman et al. 2006

výsledky studií s trávami

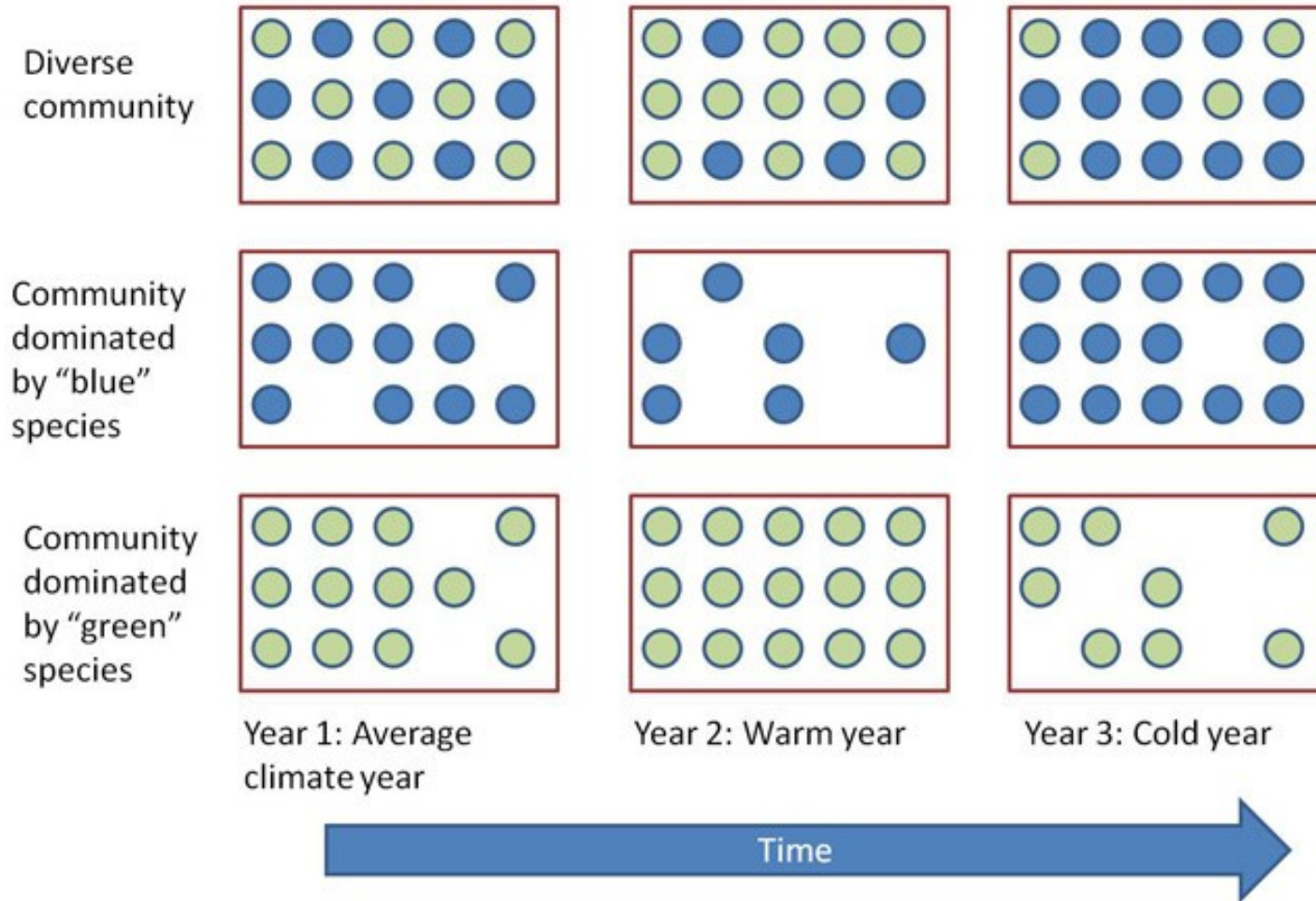
podobné vztahy byly získány i s uvážením funkční diverzity



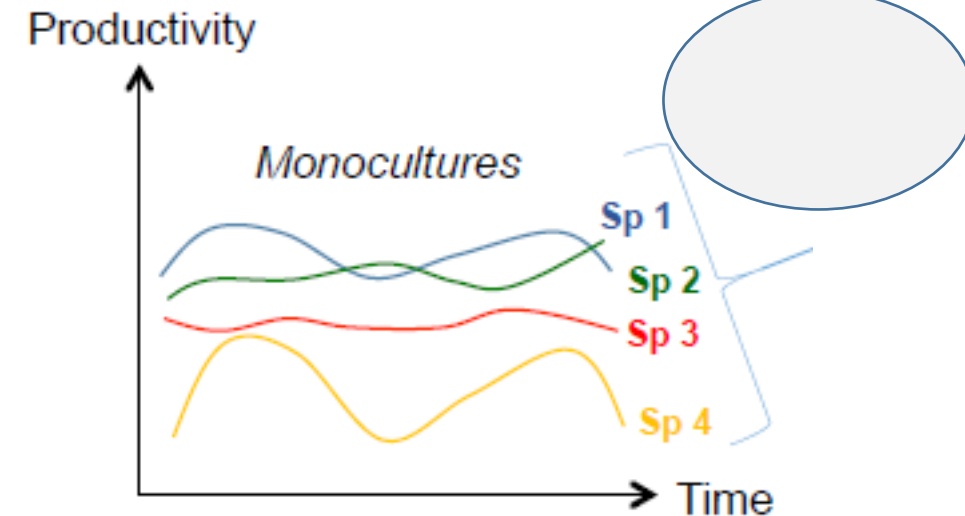
Cesta k pochopení stability ekosystémů...

růst stability s
biodiverzitou

asynchronita v odpovědi druhu na fluktuace prostředí (Yachi and Loreau, 1999)



- s určitými fluktuacemi prostředí je třeba vždy počítat
- vede k průměrně větší produktivitě a stabilitě



Zdroje informací:

Petr Anděl, *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*

Pavel Rotter, *Stabilita ekologických systémů*

Josef Lhotský, *Úvod do studia symbiotických interakcí mikroorganismů*

Igor Míchal, *Ekologická stabilita*

Stanislav Rozsypal, *Přehled biologie*

Begeon, Harper, Townsend, *Ekologie: Jedinci, populace, společenstva*

Michel Loreau, *From populations to ecosystem*

