

Základy ekologie

Michal Hájek

Ústav botaniky a zoologie, PŘF MU, Brno

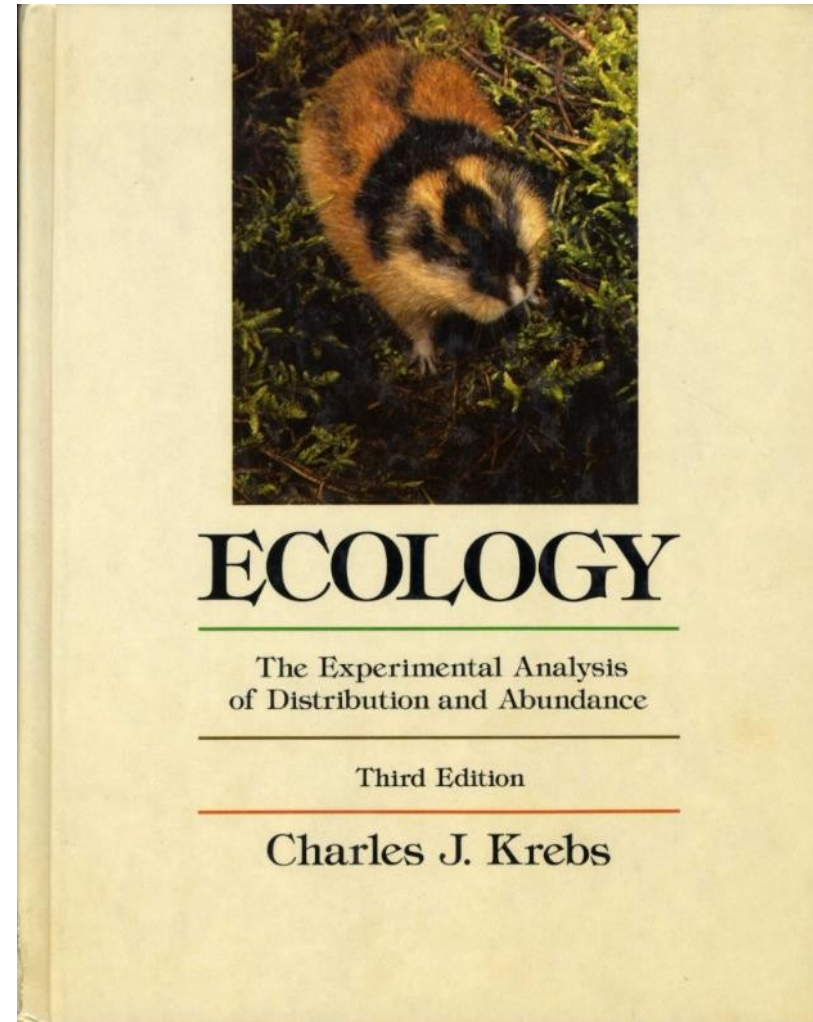
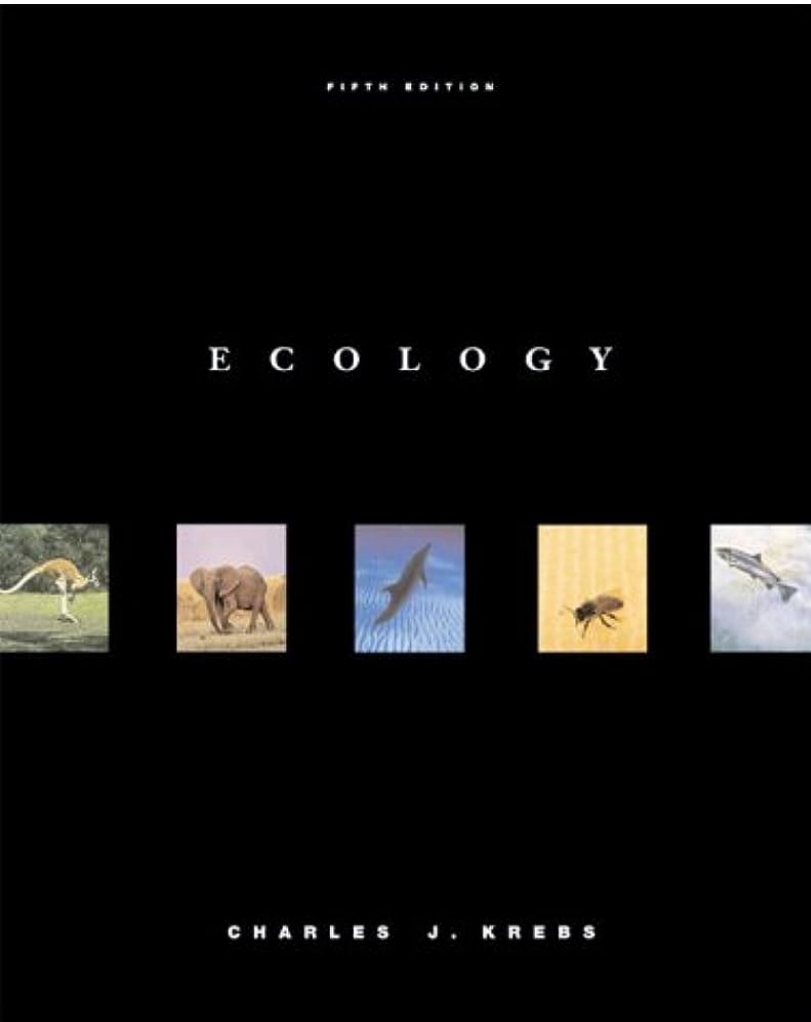
Čtvrtek 8.00 – 10.00

Autorem nebo spoluautorem některých slajdů je prof. RNDr. Milan Gelnar, který se mnou až do akademického roku 2022/2023 předmět přednášel. V současnosti probíhá přestavba přednášek tak, aby mohly být odpřednášeny jedním vyučujícím. Z tohoto důvodu berte prosím materiály nahrané v IS na začátku semestru jako provizorní. Budu je postupně nahrazovat aktuálními proslovenými přednáškami.

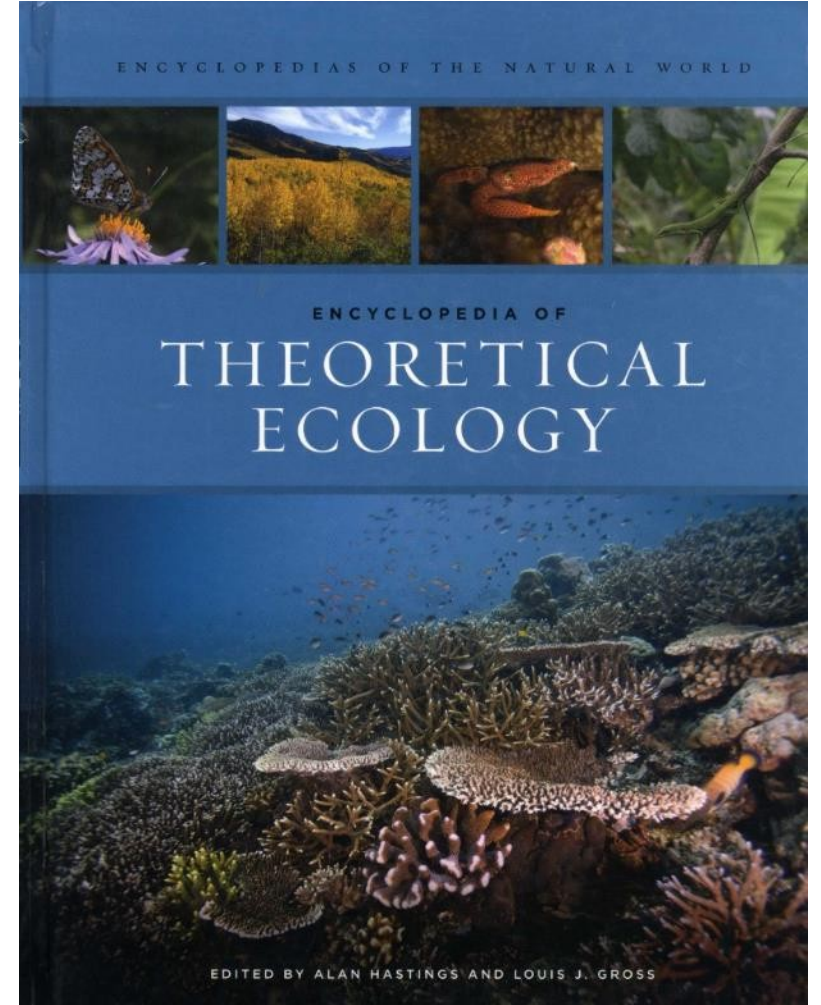
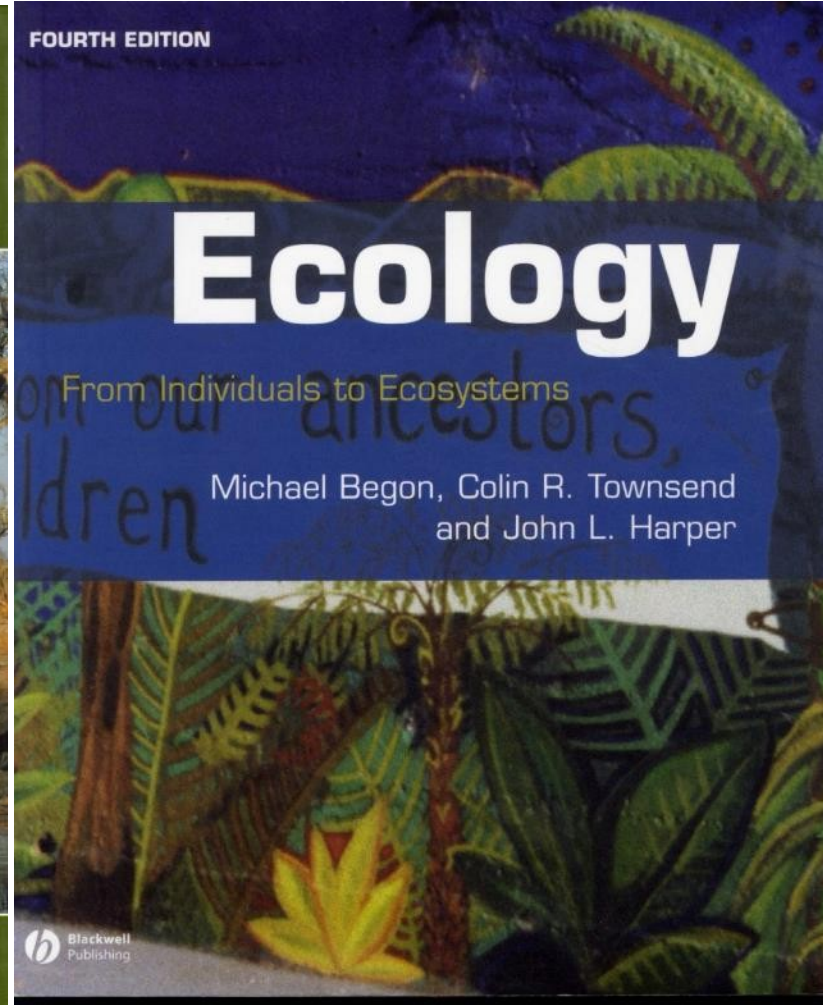
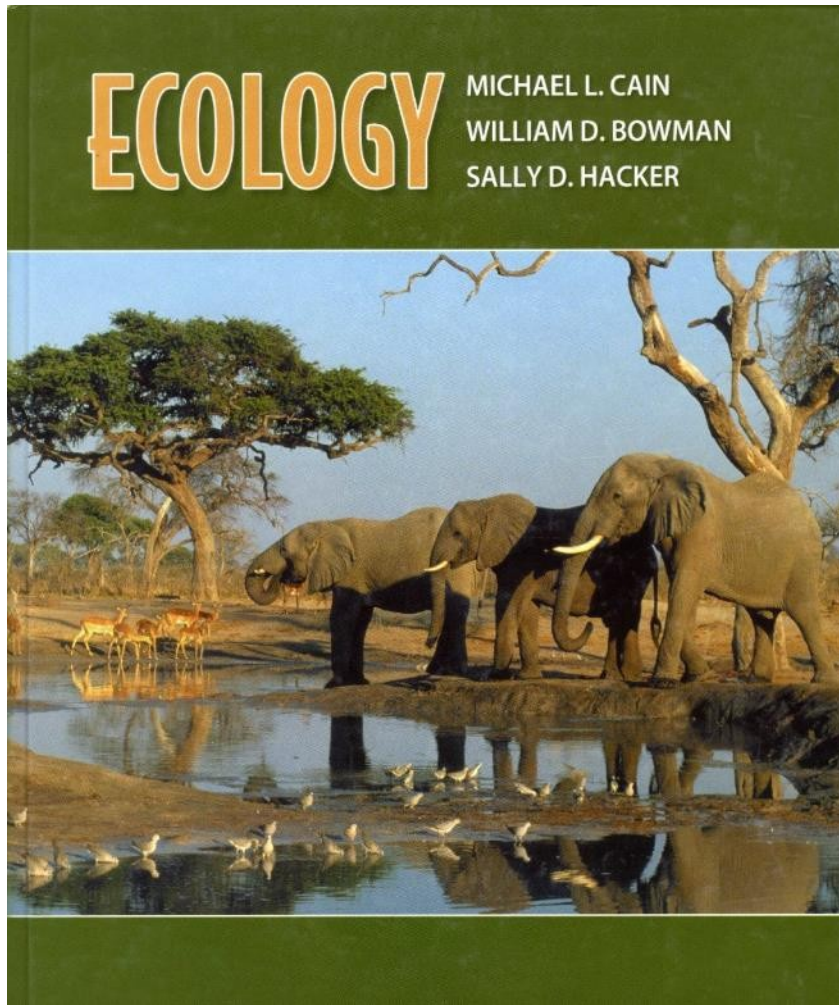
Učebnice ekologie – starý dobrý Krebs

https://www.sci.muni.cz/botany/nekola/foe/Krebs__Charles_J._-_Ecology__the_experimental_analysis_of_distribution_and_abundance-Pearson_Education_Limited__2014_.pdf

knihovna



Učebnice ekologie



OXFORD

FIRST ECOLOGY

ECOLOGICAL PRINCIPLES AND ENVIRONMENTAL ISSUES

SECOND EDITION

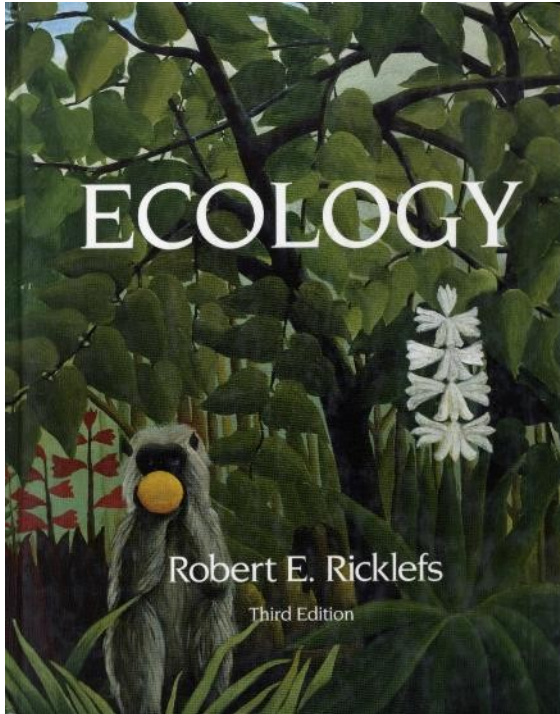
ALAN BEEBY
ANNE-MARIA BRENNAN



ECOLOGY

Robert E. Ricklefs

Third Edition



Pearson International Edition

Sixth Edition

ECOLOGY

Charles J. Krebs

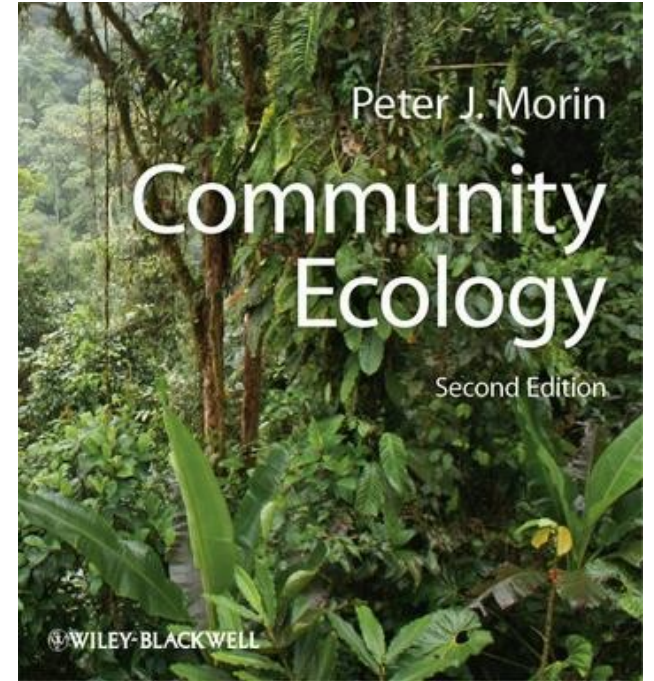


Peter J. Morin

Community Ecology

Second Edition

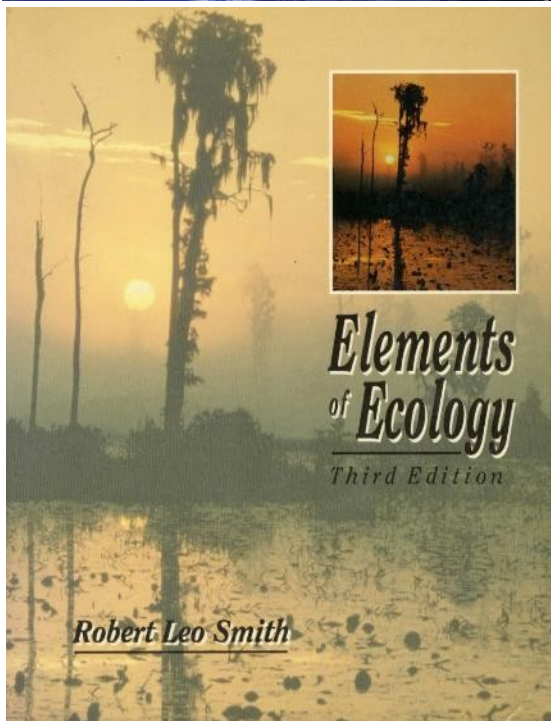
WILEY-BLACKWELL



Elements of Ecology

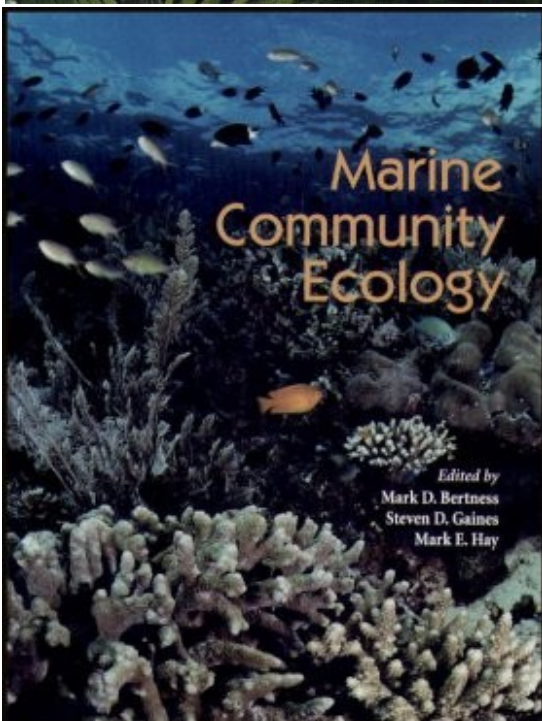
Third Edition

Robert Leo Smith



Marine Community Ecology

Edited by
Mark D. Bertness
Steven D. Gaines
Mark E. Hay



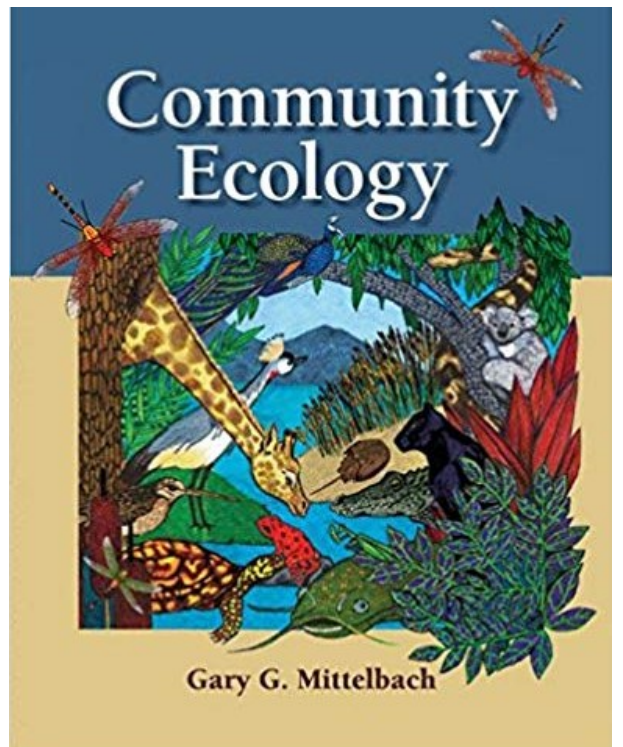
Community Ecology

Gary G. Mittelbach



Community Ecology

Gary G. Mittelbach



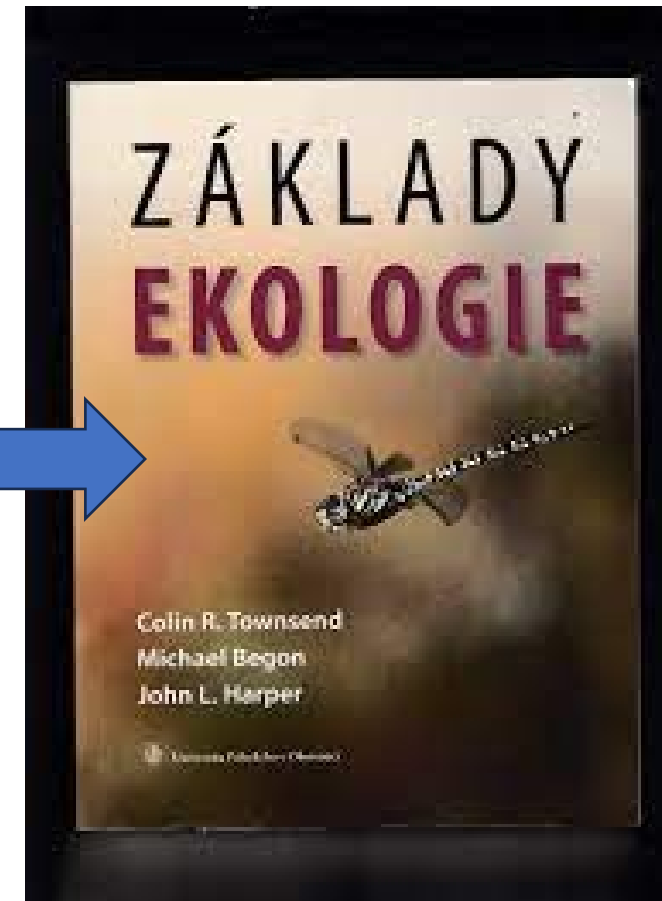
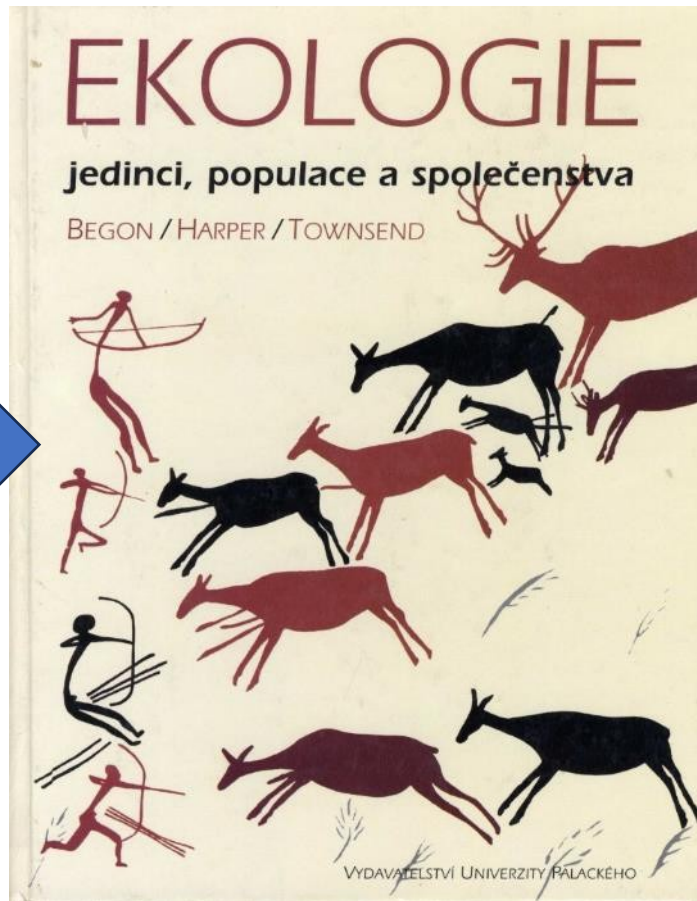
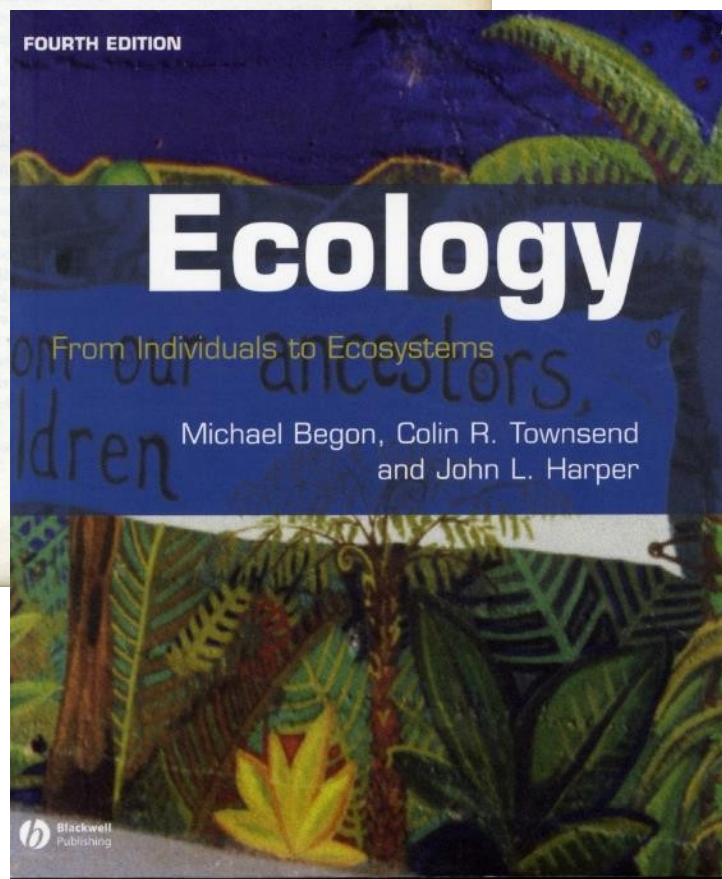
Učebnice ekologie - čeština

Základy ekologie

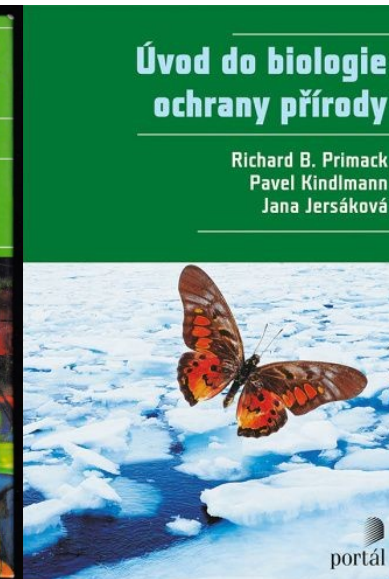
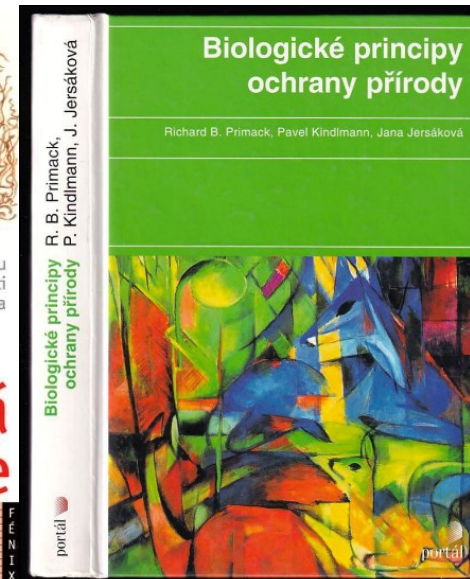
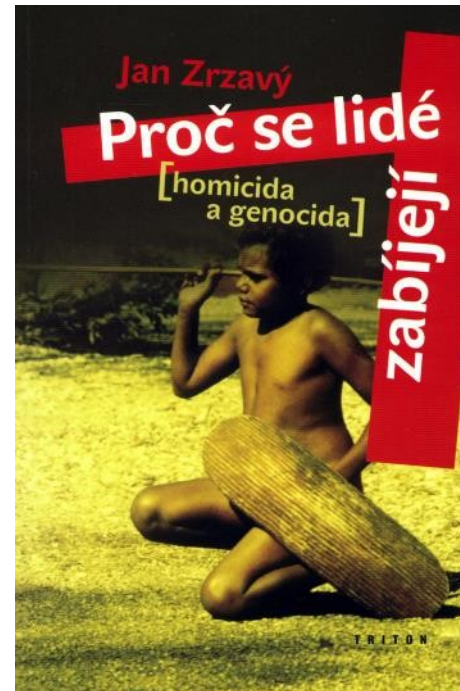
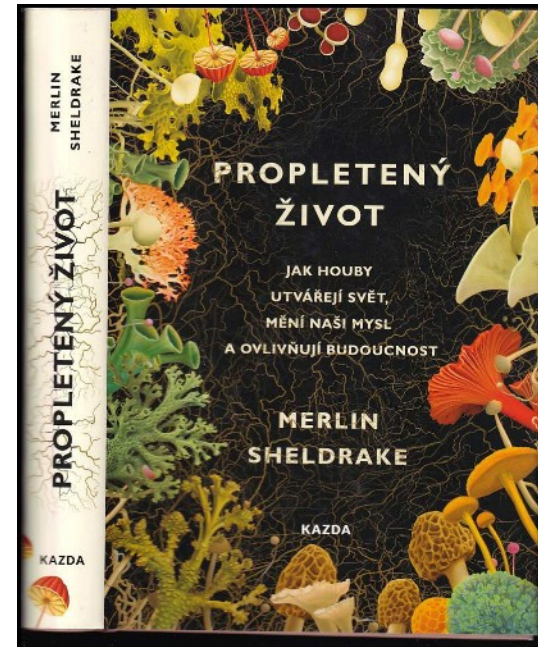
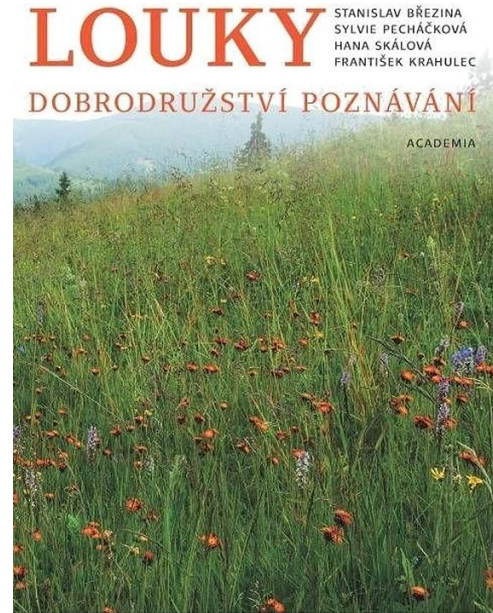
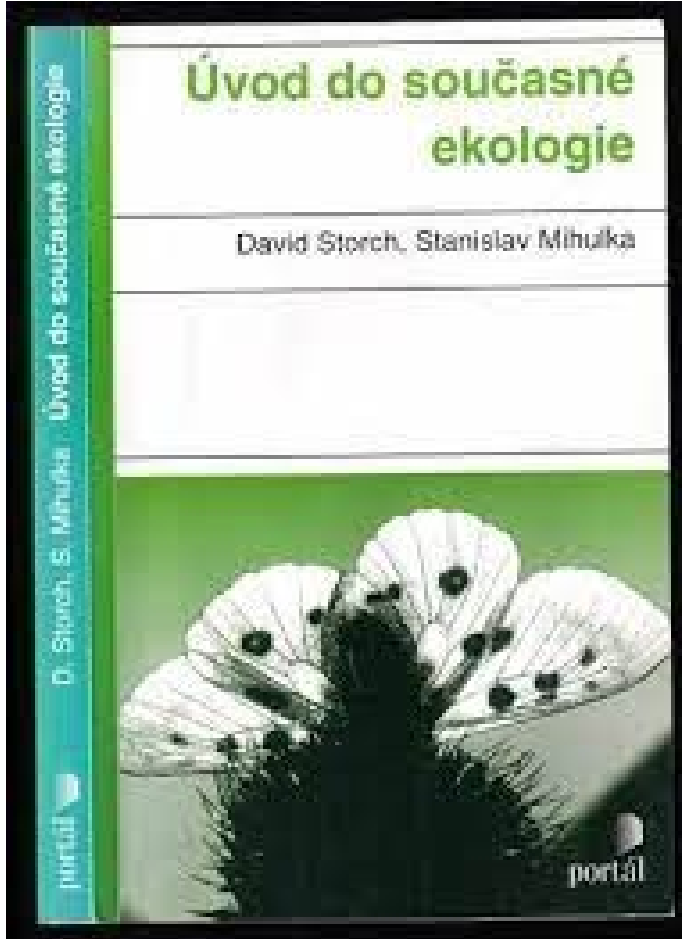
EUGENE P. ODUM

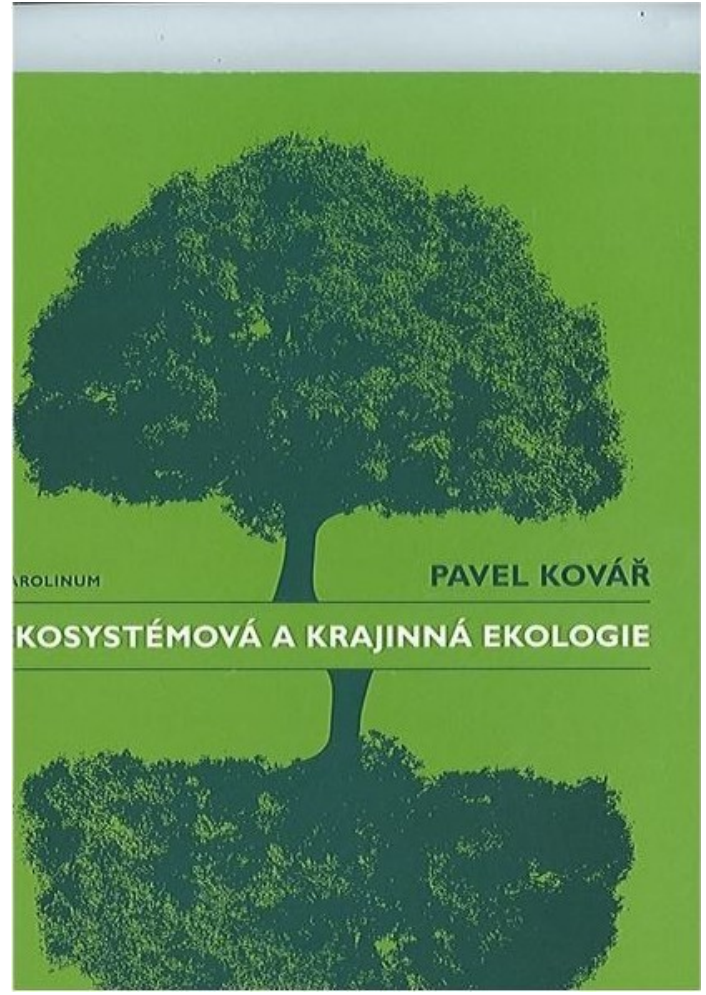
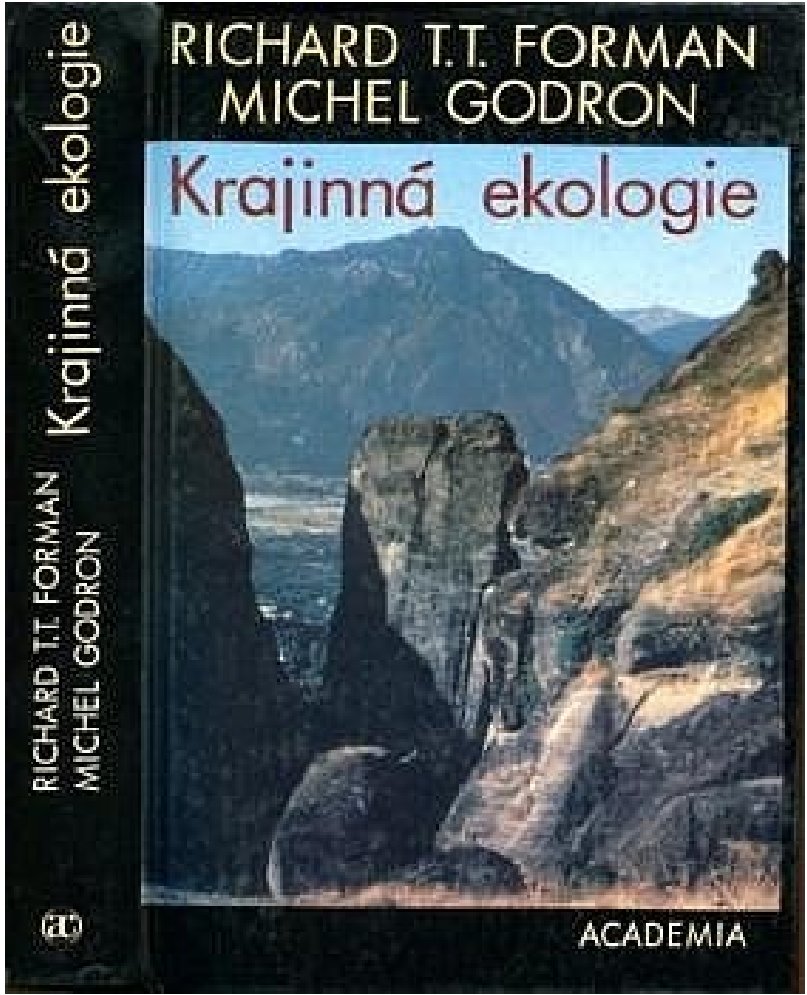
Přeložil
R. Obrtel a kolektiv

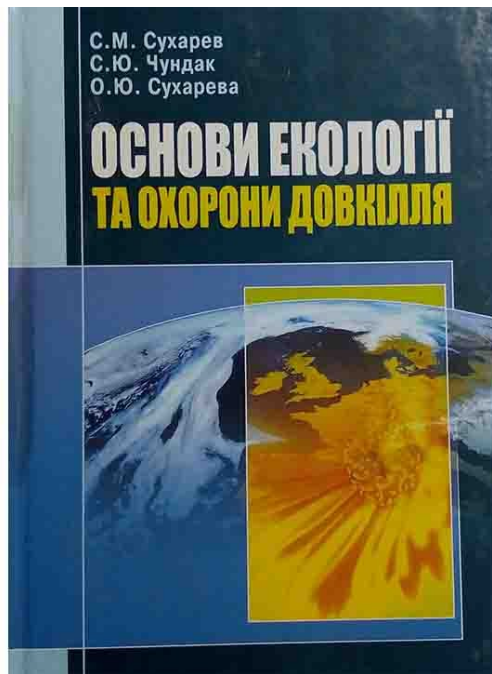
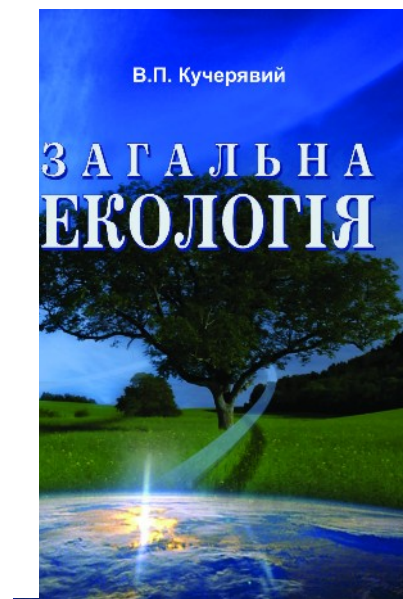
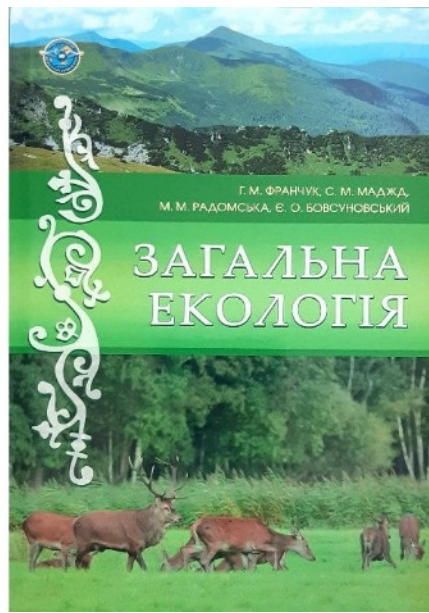
ACADEMIA / PRAHA 1977



Učebnice a popularizace ekologie v češtině







ekologie?

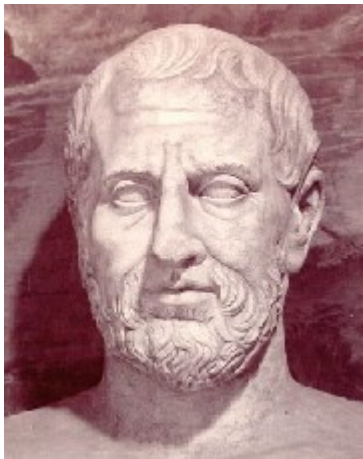
Ekologie je věda o vztazích organismů (včetně člověka) a jejich prostředí.

Ekologie se snaží vysvětlit, proč svět vypadá tak, jak vypadá (Khan Academy, 2020)

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

Ale i dřívější práce pojednávali o tom, co je dnes součástí oboru ekologie.

Theophrastos



Carl Linnaeus, 1753
Species Plantarum



Píše o vztazích k prostředí, k lidským etnikům apod.

1798: Thomas Malthus, *Esej o principu populace*: Lidstvo nemá neomezené možnosti, ale naopak je spoutáno populačním zákonem. Podmínky obživy rostou lineárně (aritmeticky), zatímco populace roste geometricky.

1805: Alexander von Humboldt: biogeografie, historická biogeografie, společenstva

1859: Charles Darwin: *On the origin of species*

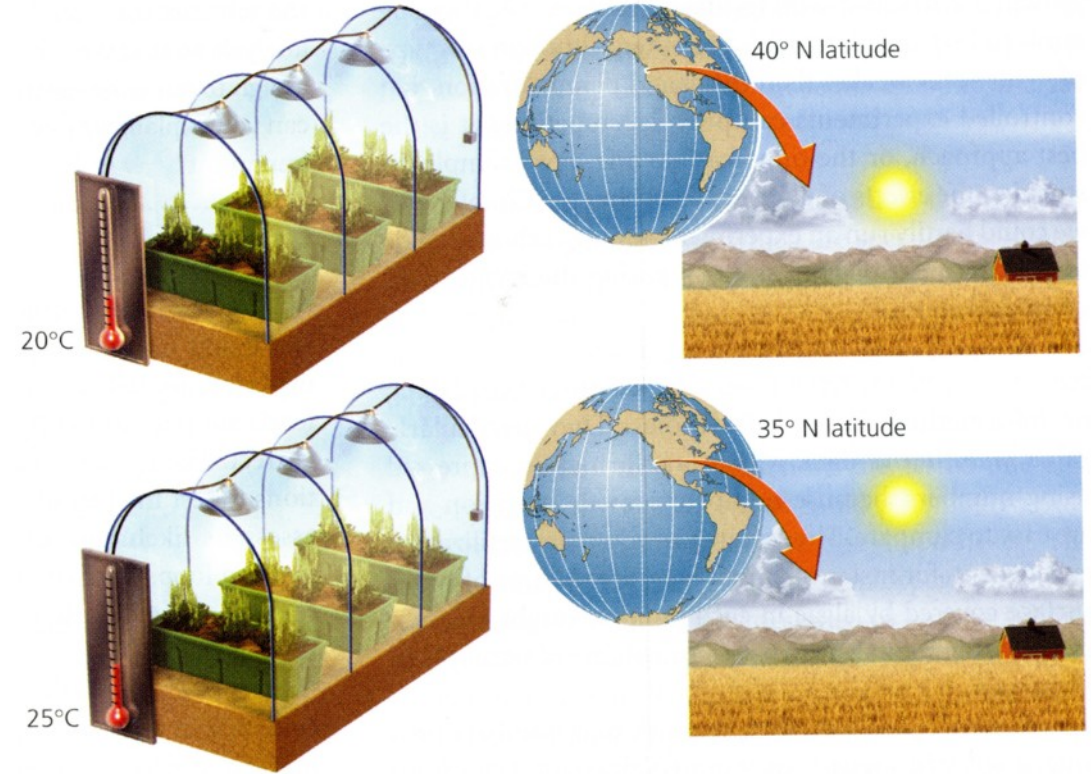
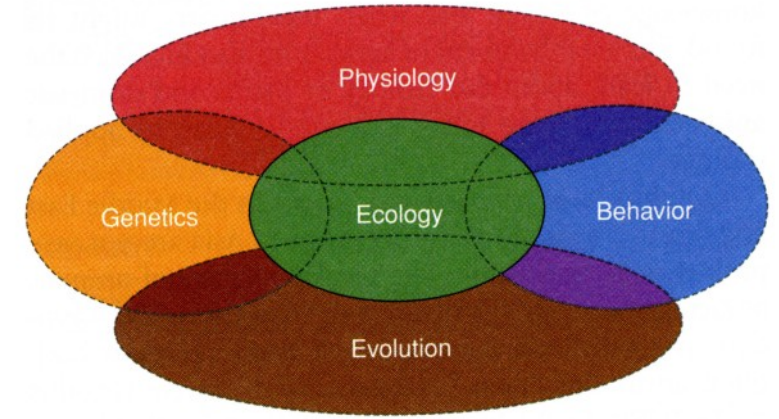
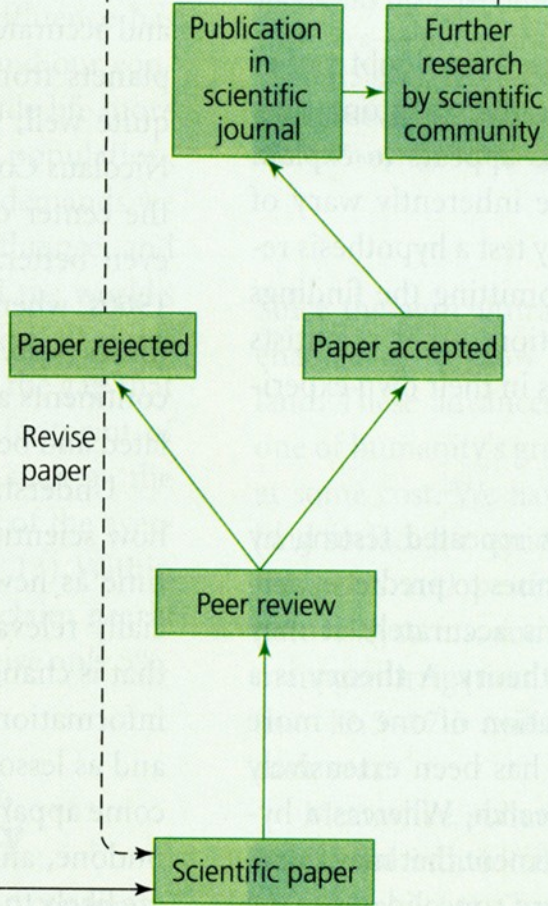
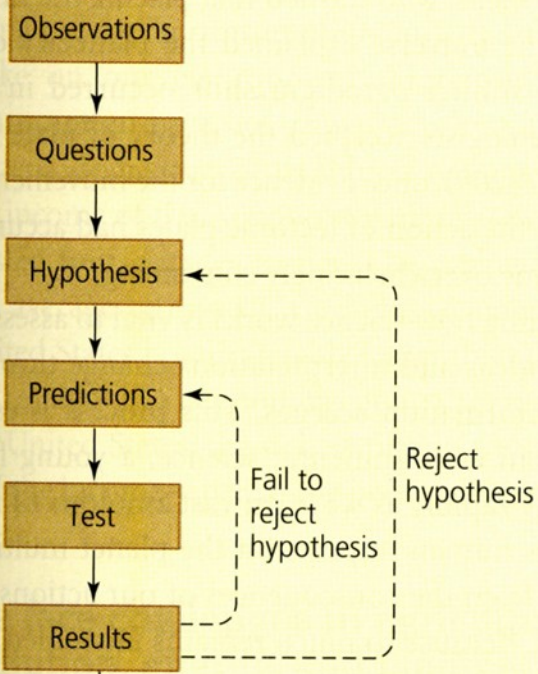
1862: Sven Ludvig Lovén používá slovo (glaciální) relikv: historická biogeografie

1866: J. G. Mendel: *Versuche über Pflanzen-Hybriden*; populační genetika, bioklimatologie

Ekologie jako věda

Scientific process (as practiced by scientific community)

Scientific method (as practiced by individual researcher or research group)

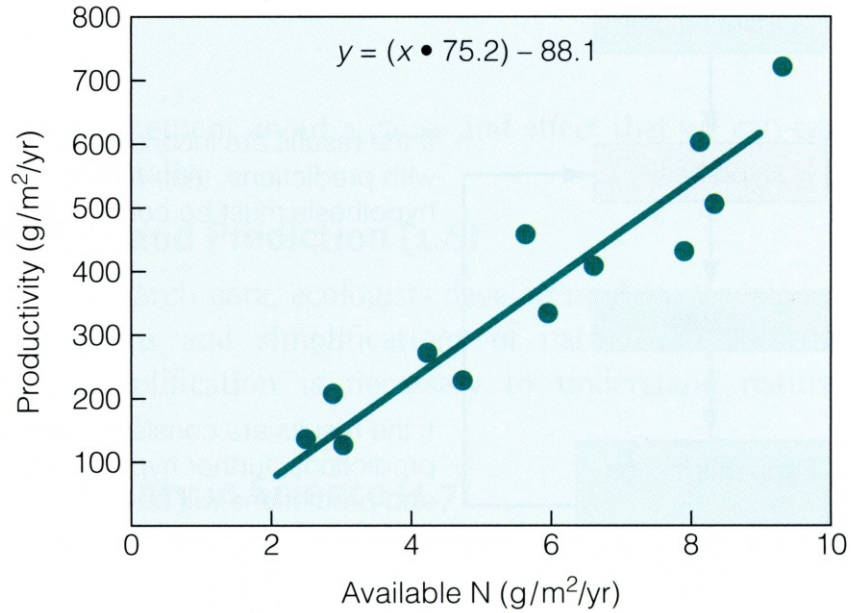


(a) Manipulative experiment

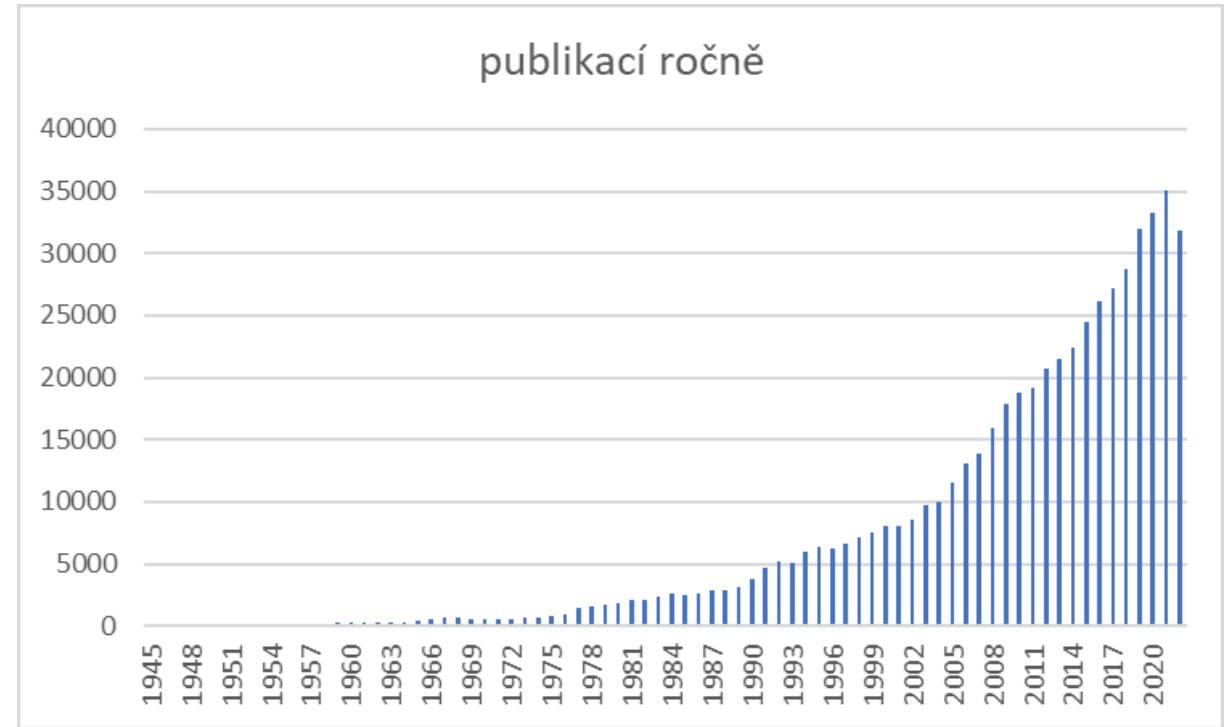
(b) Natural experiment, or correlational study

Příklady analýzy ekologických vztahů

pozitivní vztah mezi N a produkcí

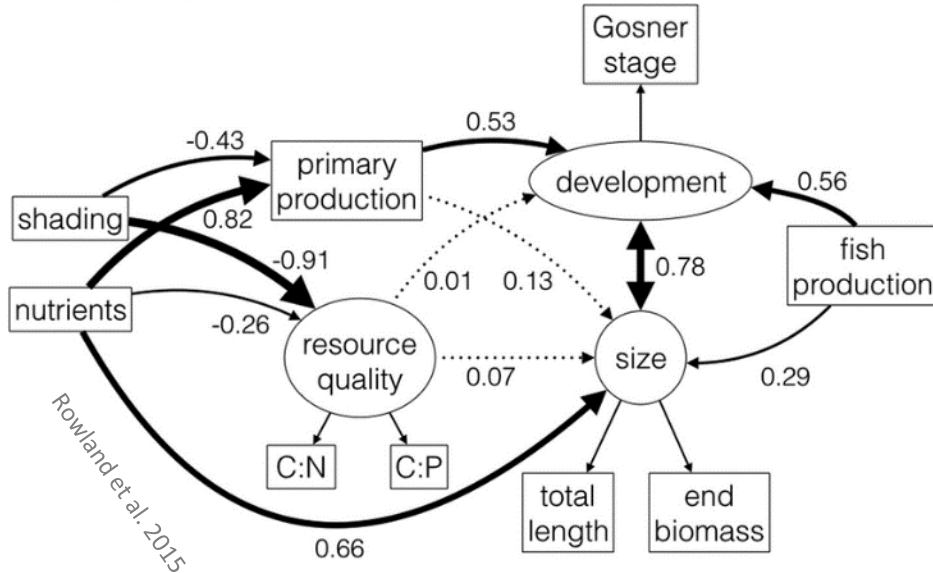


574,672 results from Web of Science Core Collection for *Ecology* (od roku 1945, jen časopisy indexované na ISI Web of Science)



Zkoumané úrovně

- jedinci
- populace
- společenstva
- ekosystémy



Podobory ekologie podle meritka a urovne zkoumání

Autekologie: úroveň jednotlivých druhů (základní výzkumná jednotka bývá jedinec): například **populační ekologie (demekologie)** ohroženého nebo expanzivního druhu, ekotoxikologie člověka.

Synekologie (Ekologie společenstev - *community ecology*): zkoumá **společenstva** (*communities*), tj. soubory jedinců a **populací** (!) různých druhů osídlující jednotlivé biotopy (stanoviště). Pozor: Ekologie **společenstev** zkoumá **populace**, ale ve společenstvech různých druhů! Zabývá se biodiverzitou (počty druhů ve společenstvech, biotopech i celých ekosystémech; diverzita společenstev = diverzita biotopů). Druhové složení společenstev většinou indikuje konkrétní **biotopy** (důležité jednotky v ochraně přírody).

Ekosystémová ekologie (*ecosystem ecology*): měřítko celých ekosystémů, zkoumá současně společenstva různých trofických úrovní (producenti, konzumenti rozkladači: pojednáme detailněji!), jejich vztahy k prostředí, procesy a fungování, toky živin a energie, vztah ke globálním cyklům apod.

Krajinná ekologie (*landscape ecology*): uspořádání a dynamika ekosystémů v krajině, vztah k člověku

Makroekologie (*macroecology*): procesy a patrnosti (*patterns*) společenstev a ekosystémů na velkých měřítkách, až na úrovni celé Země (globální ekologie), buď v kontextu biogeografie (pochopení rozšíření druhů, společenstev, diverzity a jejich historie) nebo v kontextu globální změny prostředí (*global change biology*).

Je-li ekologie vědou o vztazích organismů a prostředí, co je vlastně to prostředí?

Prostředí organismu (*environment*) se skládá ze všech **faktorů** (*factors*) a jevů vně organismu, které na tento organismus působí, ať jsou těmito jevy faktory fyzikální a chemické (faktory **abiotické**), anebo jiné organismy (faktory **biotické**). Hodnoty jednotlivých faktorů prostředí se snaží ekologie měřit a číselně vyjádřit, a toto číslo nazývá **proměnná prostředí** (= ekologická proměnná): *environmental/ecological variable*, která dosahuje různých **hodnot** (*values*). Tyto proměnné v analýzách **vysvětlují** (*account for / explain*) různé ekologické **veličiny** (druhové složení společenstva, diverzitu, stabilitu, rozšíření apod.), a při popisu analýz a výsledků se proto nazývají **vysvětlující proměnné** (*explanatory variables*).

Souhrnný vliv všech těchto faktorů nazýváme **podmínky prostředí** (= ekologické podmínky): *environmental / ecological conditions*. Některé podmínky působí na velmi malém měřítku, jiné na velkých prostorových měřítcích: na úrovni celých **krajin** (*landscapes*).

Jak abiotický faktor (například vody, světlo, živiny, prostor), tak biotický faktor (jiný organismus, jeho část nebo zbytky), může být **zdroj** (*resource*), který organismus potřebuje k normálnímu fungování (přežití, růst, reprodukce).

Co je to prostředí?

Abiotické faktory

Například množství světla, tepla, oxidu uhličitého, vody, živin a jiných prvků v půdě nebo ve vodě. Mohou sloužit jako **zdroj** (organismus je stresován nebo nepřežije při jejich nedostatku), ale i jako **stresor** (letální vliv při velkých hodnotách), a často jako obojí (organismus je limitován při nedostatku, ale stresován při nadbytku). Rozsah hodnot faktoru, který organismus toleruje, nazýváme **tolerance***. Podmínky při kterých prosperuje nejlépe, se nazývají **optimum**.

Stenotolerantní (= stenoekní) druhy: tolerují jen úzký rozsah podmínek, jsou to ekologičtí specialisté (*environmental specialists*)

Eurytolerantní (= euryekní) druhy: tolerují široký rozsah podmínek, jsou to ekologičtí generalisté (*environmental generalists*). Největší generalisté vykazují symptomy hypotetického, ničím nelimitovaného organismu, tzv. Darwinova démona*.

* Žádný druh netoleruje celé rozsahy všech podmínek. Pokud by takový druh existoval, a navíc by neměl žádná omezení v šíření (v literatuře se takovýto neexistující druh nazývá Darwinův démon – **Darwinian Demon**), na Zemi by nebyla biodiverzita.

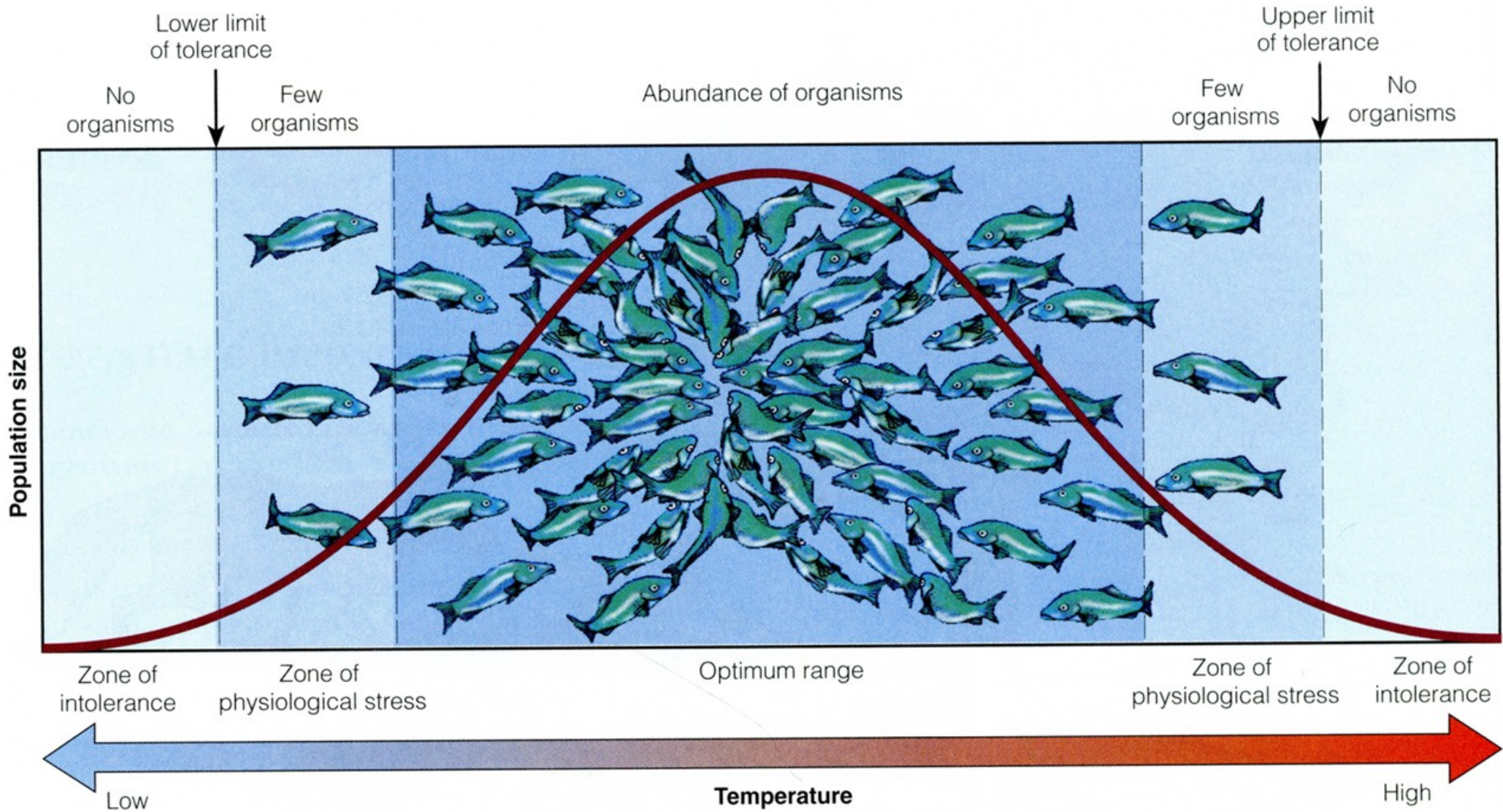


Figure 3-11 Natural capital: range of tolerance for a population of organisms, such as fish, to an abiotic environmental factor—in this case, temperature. These restrictions keep particular species from taking over an ecosystem by keeping their population size in check.

Faktory edafické a

klimatické

Často se ekologické (vysvětlující) faktory dělí na **edafické** (související s půdou, ale zeširoka – tj. související s podložím, chemismem vody a půdy, strukturou půdy, topografií (**topografické** faktory jsou někdy samostatně – vysvětlím za chvíli proč) apod. **Klimatické** faktory souvisí s podnebím (teplota, srážky) a jsou v souhrnu hrubozrnné (*coarse-scaled*), zatímco edafické jsou spíše jemnozrnné (*fine-scaled*). Ale ne v jednotlivostech, viz jemné mikroklima sutě versus velký žulový masív v málo členěném území).

Cyklické faktory

Faktory, jejichž hodnoty se periodicky nebo cyklicky mění.

Primárně periodické faktory: světlo, mořské dmutí (příliv / odliv), teplota půdy nebo vzduchu v některých klimatických zónách

Sekundárně periodické: závislé na předešlých, například vlhkost půdy v závislosti na teplotě vzduchu (a tedy výparu), viskozita vody klesající se zvyšováním teploty, některé biotické faktory

Periodické požáry: vyskytují se opakovaně v některých ekosystémech jako důsledek biotických procesů v ekosystému (například nahromadění hořlavé organické hmoty).

Občasné katastrofické (necyklické) faktory

Neperiodické požáry (antropogenní), sopečné výbuchy, sesuvy, povodně, úniky polutantů apod.

Jeden příklad aby bylo jasno

Teplota

- Může být faktor **edafický**: teplota půdy, teplota vody na prameništi
- Může být ale i faktor **klimatický**: průměrná roční teplota vzduchu

Takže je potřeba tento faktor specifikovat – jaká teplota čeho! To se týká skoro každého faktoru.

Zároveň může být teplota **cyklická** (v tajze nebo ve stepi je v létě +30°C a v zimě -40°C) nebo i katastrofická (letální teplota při požáru).

Jednotlivé faktory jsou různě významné (limitující nebo stresující) v různých prostředích

suchozemské
prostředí
(**terestrické**)

vodní
prostředí
(**aquatické**)

podzemní
prostředí

voda



živiny (N, P, K)



energie (světlo)



kyslík



oxid uhličitý



teplota



UV-B



salinita

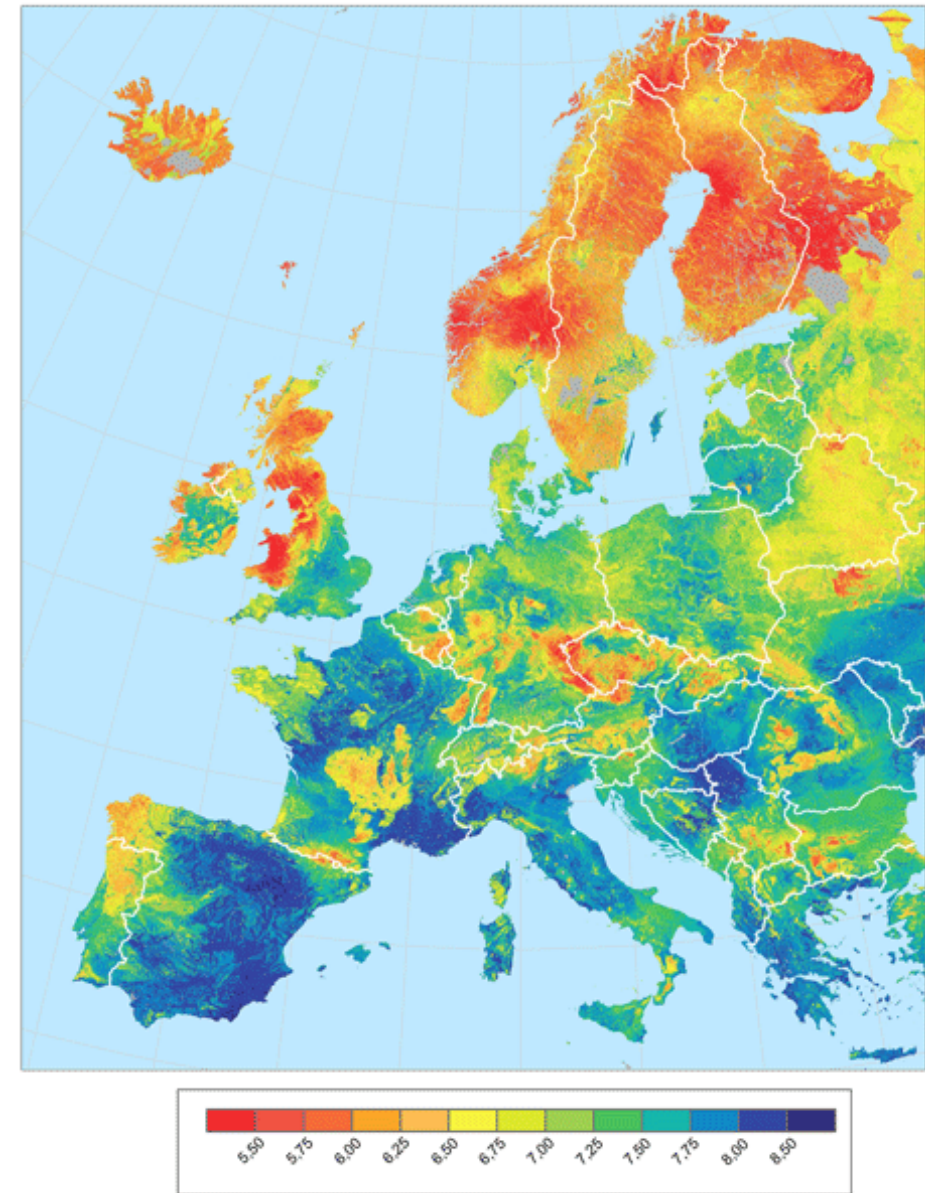


disturbance - oheň



Gradienty prostředí

Hodnoty faktorů (ekologické proměnné) se mění v prostoru a čase; zejména ty abiotické. Například existují místa, kde je málo vody nebo konkrétních prvků v půdě a místa, kde je jich hodně. Většinou se proměnné v prostoru postupně spíše než skokově a náhle. Celá škála hodnot ekologické proměnné se nazývá **gradient** (například **gradient pH**, **gradient dostupnosti vody**, **gradient zastínění**). Podél těchto gradientů se pak mění výskyt jednotlivých druhů a vzniká **gradient v druhovém složení**. Pojem **gradient** můžeme použít i v kontextu biotických faktorů (gradient kompetičního tlaku, gradient množství mršin nebo trusu v prostředí apod.) nebo v kontextu časové změny (časový gradient = časová řada sběru vzorků).



Ale pozor, gradienty spolu mohou částečně nebo hodně korelovat!

Otázka kauzality (příčinnosti): má skutečně faktor, jehož hodnoty měříme, přímý vliv na organismy?

Zjistíme-li, že průkazně jeden naměřený faktor souvisí s jiným naměřeným faktorem (když hodnota jednoho roste, hodnota druhého taky roste nebo klesá), hovoříme o **korelaci**. Znamená ale korelace příčinnou souvislost (kauzalitu)? Toto je velmi složitá otázka v ekologii a pohledy na kauzalitu jednotlivých faktorů na různé organismy nebo jejich společenstva se vyvíjí.

Bezprostředně kauzální faktor přímo ovlivňuje fyziologické fungování organismu. Buď je to pro něj **zdroj** a musí se vyskytovat v dostatku, nebo je pro něj v nadbytku **letální**. Takovýchto bezprostředně kauzálních faktorů není mnoho. Jenomže některé kauzální faktory se velmi těžko měří, zvláště v terénních podmínkách. A přežívání druhu neovlivňují jen bezprostředně kauzální faktory!

Zprostředkovaně kauzální faktor: V přírodě se organismus nevyskytuje sám, ale s jinými jedinci téhož druhu a hlavně s jedinci jiných druhů: působení těchto jiných organismů spadá do skupiny biotických faktorů, které se ale velmi těžko měří (kvantifikují). Síla těchto biotických faktorů se mění podél abiotických gradientů prostředí, u rostlin například gradientu pH nebo množství živin a vody. Výskyt a hojnost druhu nebo složení společenstva může silně **korelovat** s nějakým faktorem prostředí, který bezprostředně kauzálně ovlivňuje pouze některé druhy ve společenstvu. Oddělit tyto vlivy pak lze jen **manipulativními experimenty**. Pro řadu praktických a urgentních aplikací ekologie (ochrana přírody, biomonitoring) to ale nemusí být vždy nutné.

Otázka kauzality (příčinnosti): má skutečně faktor, jehož hodnoty měříme, přímý vliv na organismy?

Interakce a spolupůsobení faktorů

Velmi často dochází v přírodě ke spolupůsobení faktorů. Jeden abiotický faktor sám o sobě vliv nemá (není bezprostředně kauzální ve fyziologickém slova smyslu), ale v kombinaci s jinými faktory může být jeho vliv zásadní: opět buď přímo (fyziologicky), nebo zprostředkovaně přes biotické faktory.

Mohou například nastat tyto situace:

- několik abiotických faktorů spolu koreluje, a jejich vliv na organismus se sčítá: buď přímo, nebo opět přes kompetici s jinými organismy. Malá změna jednoho faktoru (teplota) ještě moc neznamená, ale ve spojení s jinou malou změnou (třeba vlhkost) se vliv už projeví
- jeden abiotický faktor má vliv jen v určitém rozsahu jiného abiotického faktoru: například může být jedno, jaké je pH, když je příliš sucho, ale ve vlhku už to jedno není
- jeden abiotický faktor způsobuje, prohlubuje nebo zmírňuje letalitu (toxicitu) jiného faktoru
- jeden faktor vyvolá změnu jiného faktoru, který působí podobným způsobem (tzv. zpětná vazba)

Otázka kauzality (příčinnosti): má skutečně faktor, jehož hodnoty měříme, přímý vliv na organismy?

Zpětnovazebné působení faktorů a směry příčinnosti:

Zpětnovazebné vztahy mezi abiotickými a biotickými faktory tedy taky mohou příčinnost zamlžovat:

- vyskytuje se druh kauzálně při nízkém pH, nebo naopak druh okyseluje prostředí?
- vyskytuje se druh na suchých půdách, nebo půdy vysušuje?
- vyskytuje se druh stromu na vápnitě půdě, nebo půdu obohacuje o vápník svým listovým opadem?



The many types of sphagnum moss. Photo: Moors For The Future

Proč to všechno zmiňuji?

Například kvůli tzv. **topografickým faktorům**, které jsou velmi lehce měřitelné, jsou často zahrnuté do analýz, pěkně vychází, ale nejsou kauzální ani zpětnovazebné:

Nadmořská výška: spolupůsobení několika abiotických a biotických faktorů, někdy i historie (Skandinávský uplift). Jedinci druhu je jedno jak vysoko nad mořem žije!

Sklon svahu, expozice a jejich kombinace: spolupůsobení, tepla, výparu, hloubky půdy, světelného režimu, konkurence se stromy

Zeměpisná šířka a délka: Vliv konkrétních edafických a klimatických podmínek v daném prostoru, biogeografické vlivy. Jedinci druhu je jedno, na jaké žije koordinátě.

Směr pohoří: vliv na šíření a přežívání druhů při klimatických změnách. Jedinci druhu je jedno, jaký směr má pohoří, kde žije.

A taky kvůli tak zvaným **proxy faktorům**, které absolutně nemají vliv na studované organismy, ale silně korelují s jinými, bezprostředně nebo zprostředkovaně kauzálními proměnnými, které se měří hůř (draž nebo složitěji).

Vodivost vody nebo půdy: levné a lehké měření, silně koreluje s koncentrací vápníku nebo celkovým obsahem minerálů. Organismu je ale úplně jedno, jak jeho prostředí vede elektrický proud.

Biotické faktory – pojednáme v samostatné přednášce

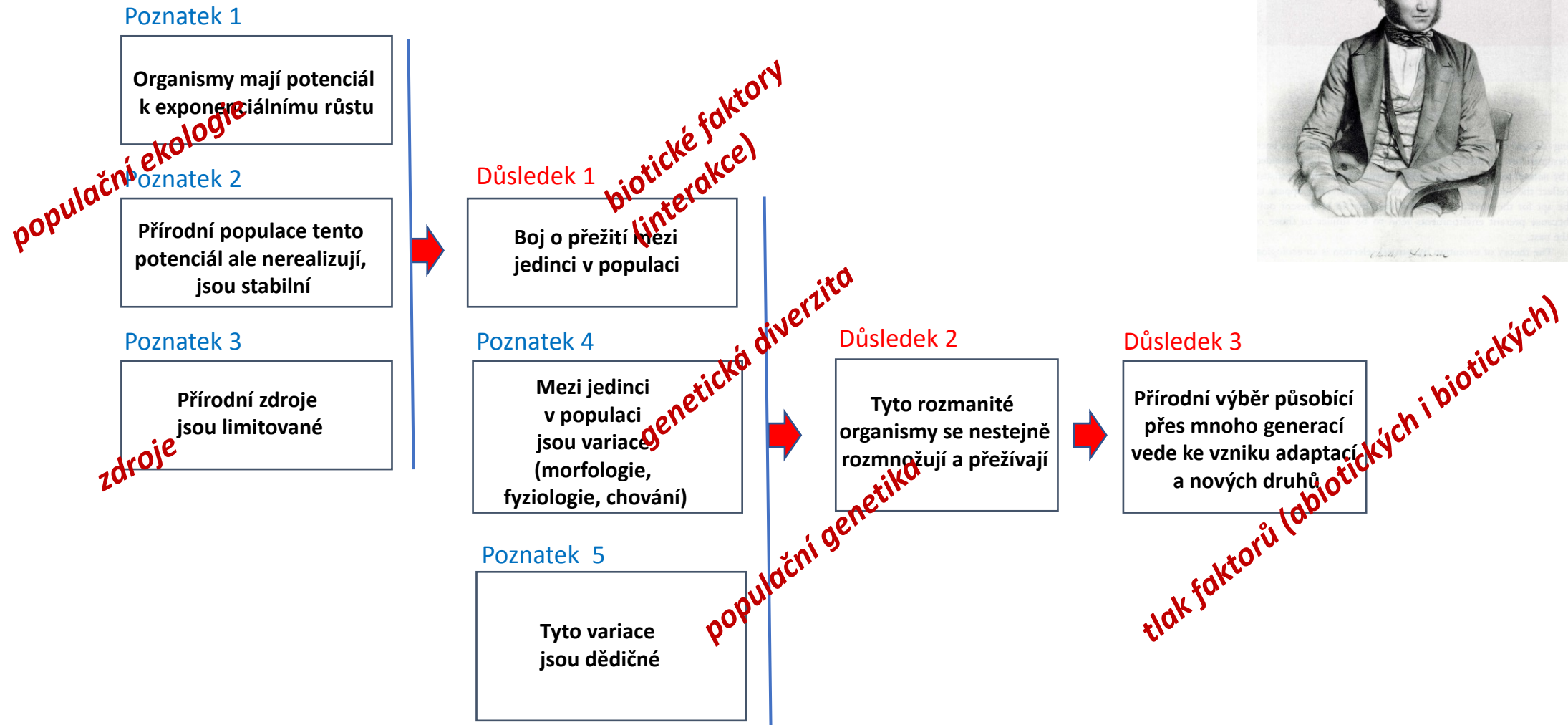
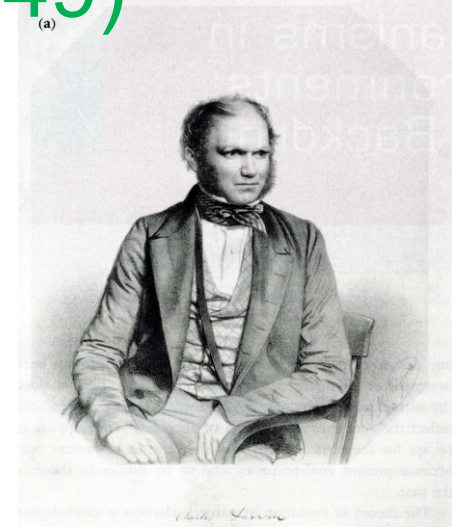
- **Biologické mezidruhové interakce** (*kompetice* – soupeření o zdroje; *herbivorie* – pastva; *mutualismus* – vzájemně prospěšný vztah apod.)
- Faktory související s dynamikou populací
- Antropogenní tlak

Většinou se hůř kvantifikují – snadněji změříme pH půdy než „kompetiční tlak“ každého druhu ve společenstvu na každý jiný druh a jejich spolupůsobení

Některé jsou v důsledku velmi podobné biotickým: periodický rychlý **ohněň působí podobně jako herbivorie**; kompetice o fosfor může stresovat druh podobně jako abioticky podmíněný nedostatek fosforu.

Vztah ekologie a evoluce („*Ekologická a evoluční biologie*“)

Darwinův model přírodního výběru (1849)



Důležité a podobné pojmy k evoluci

Lingvisticky *evoluce* = *vývoj* obecně. V biologii je tento pojem, pokud jej použijeme jednoslovně (**evoluce / evolution**), vyhrazen pro **vývoj adaptací biologických populací na jejich měnící se prostředí**, typicky tento pojem používáme pro vývoj celých linií rostlin a živočichů (třídy, rody, čeledě, druhy ...) z jejich společných předků na dlouhých časových škálách (miliony let); odehrává se pořád, tedy i na krátké časové škále, ale důležitá je zde genetická fixace změn na úrovni jedinců a populací. **Nepoužíváme** tedy tento pojem například pro vývoj druhového složení a struktury celých společenstev a ekosystémů v řádu jednotek nebo desítek let; pro tento vývoj používáme slovo **sukcese**. Jde o úplně něco jiného!

aklimatizace versus adaptace

Aklimatizace (*acclimation*): krátkodobé přizpůsobení novým nebo postupně se měnícím podmínkám prostředí v rámci existujících fyziologických možností, na úrovni jedince:

Ester Ledecká se po týdenním pobytu v horách aklimatizovala na menší koncentraci kyslíku a nižší teploty.

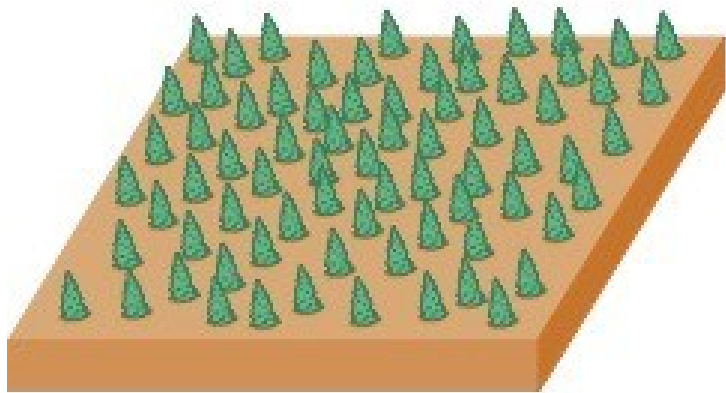
Adaptace (*adaptation*): geneticky fixované přizpůsobení se novým podmínkám, na úrovni populací (nejen jedinců). Trvá po generace.

*Skupina několika set lyžařů, včetně Ester Ledecké, uvízla v horách. Nikdo je nebyl schopen zachránit a nikdo se k nim už nikdy nedostal. Takto strávili úplně izolovaní od okolního světa několik generací a pářili se jen mezi sebou. Ti, kteří měli kvůli genetické výbavě větší plíce, víc červených krvinek a menší ztráty tepla (hustější chlupy) líp přežívali a měli víc potomků. Po mnoha generacích se tito horští lidé lišili geneticky i morfologicky / anatomicky. Vědci, kteří se do oblasti dostali ve 32. století, popsali nový poddruh *Homo sapiens subsp. alpinus*.*

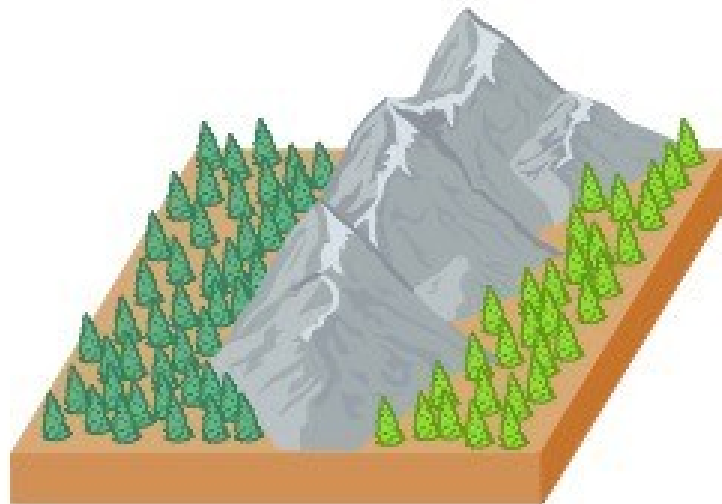
speciace versus specializace

Specializace (*specialisation*): stav, kdy je určitý druh nebo populace úzce vázaná na konkrétní prostředí, je na něj úzce vázaný (vázána), je to **specialista**.

Speciace (*speciation*): je **proces** vzniku druhu v evoluci. Speciací prošel jak specialista, tak i generalista!

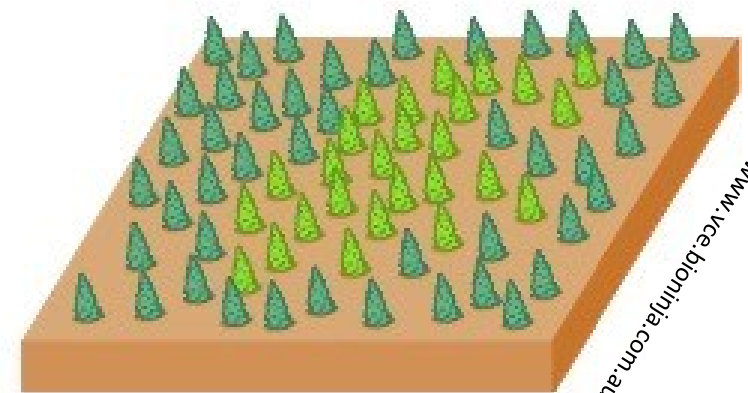


Ancestral Population
(with gene flow)



Allopatric Speciation
(physical separation)

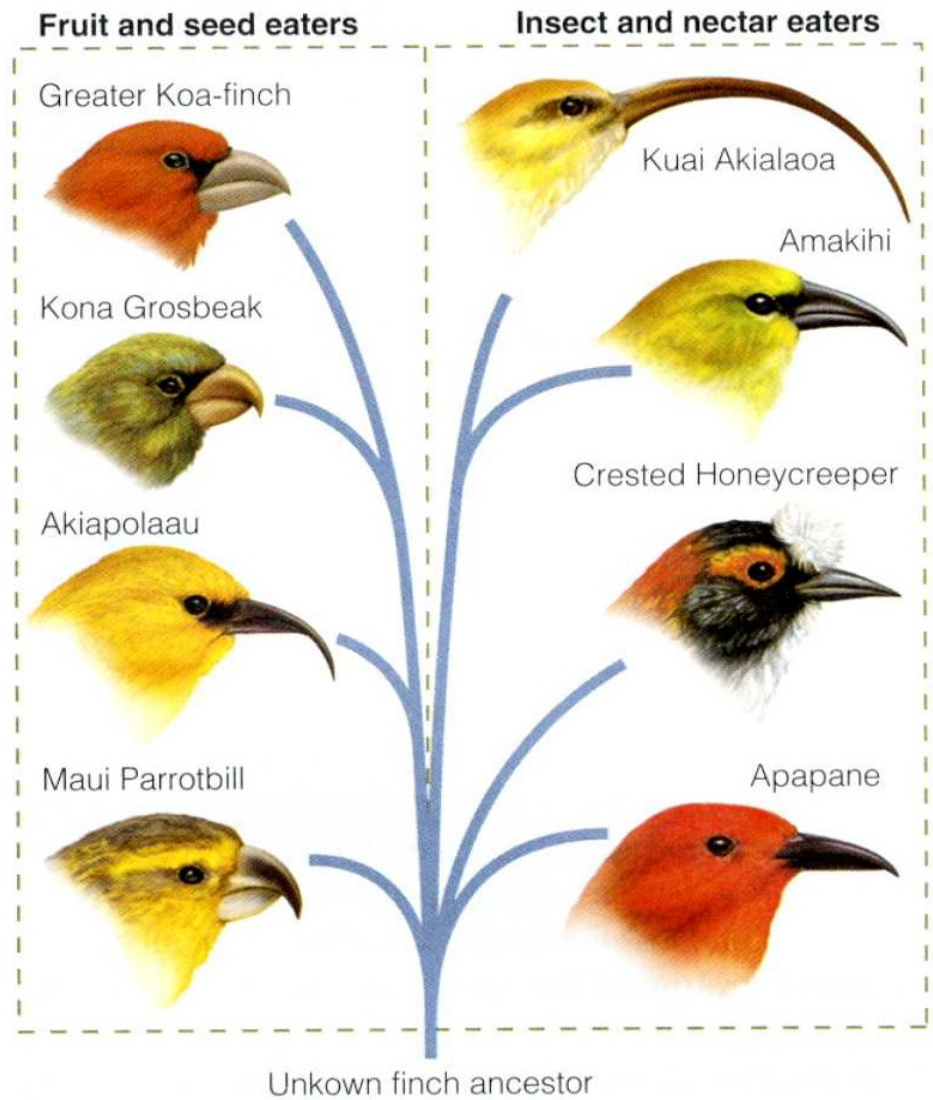
**allopatrická
speciace**
endemické druhy na ostrovech, v horách,
lyžaři v naší pohádce



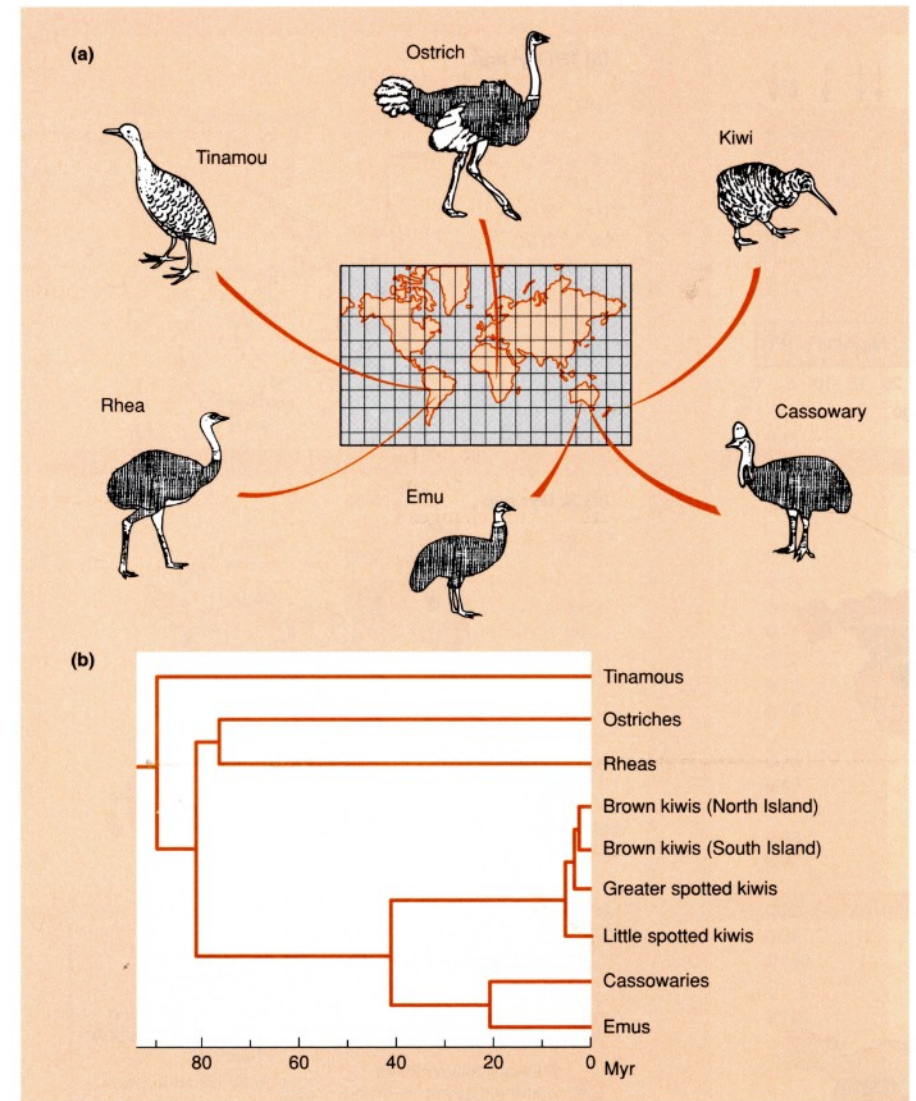
Sympatric Speciation
(no physical separation)

**sympatrická
speciace**
Reprodukční bariéra související s časovým
oddělením, chováním, chromozomálními
odchylkami apod.

divergence



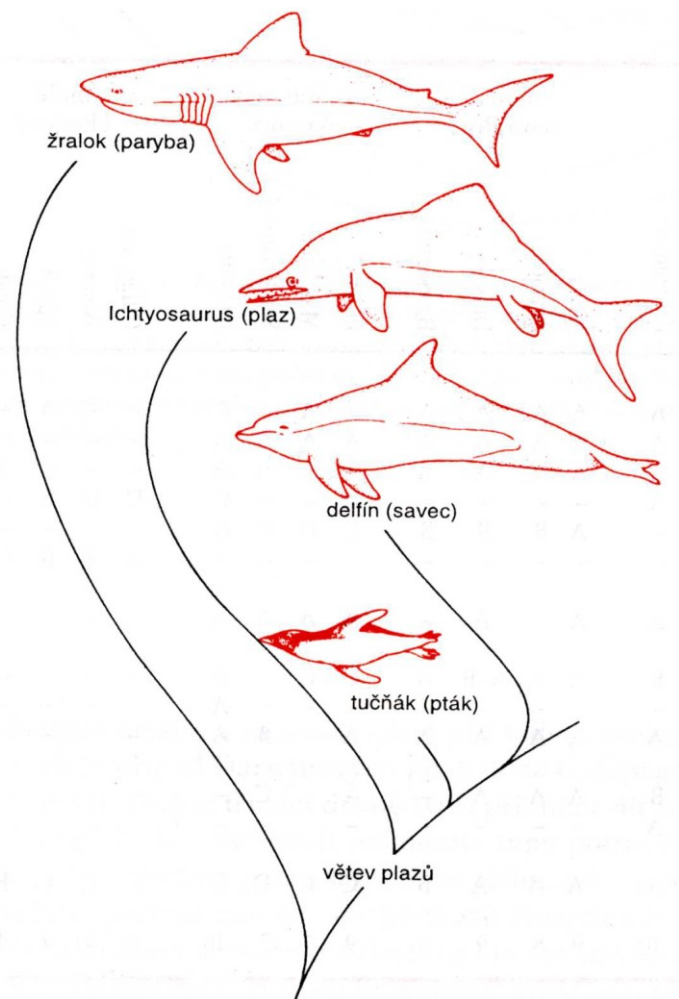
jiné zdroje



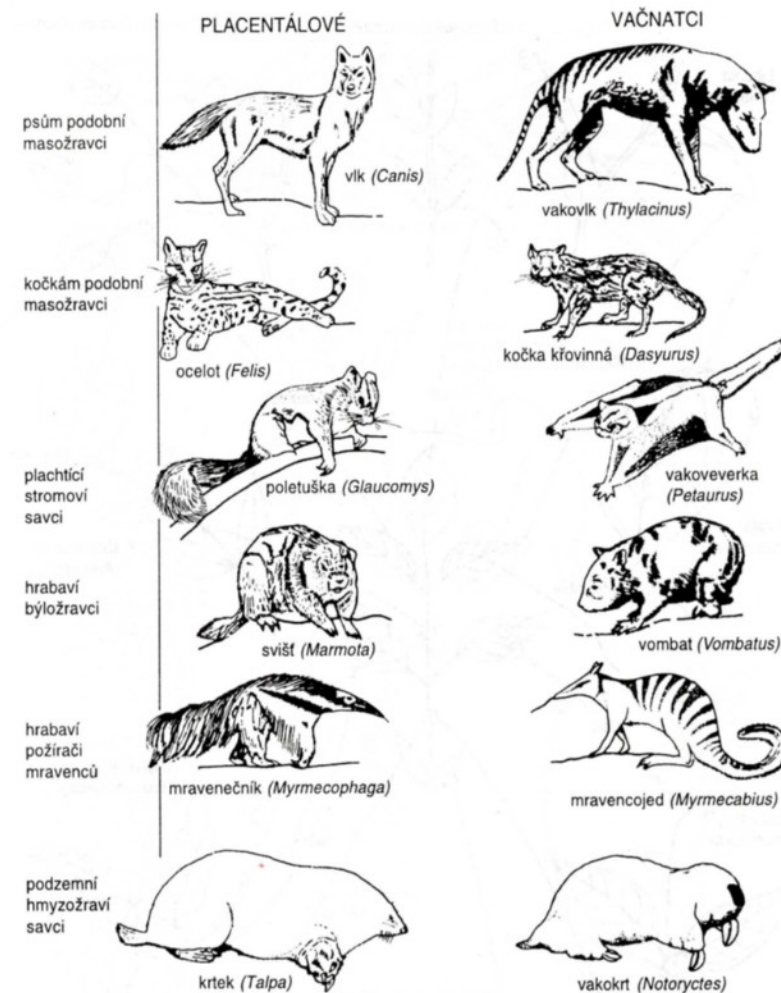
jiné oblasti

konvergence

Struktury zcela odlišného evolučního původu plní obdobné role – jsou analogické, na rozdíl od struktur homologických, kdy dochází ke vzniku odpovídajících struktur ze společného předka. Hovoříme o konvergentní evoluci.



paralelní evoluce: ekologicky ekvivalentní druhy.
Příklad: linie vačnatců v Austrálii paralelní k liniím savců jinde.

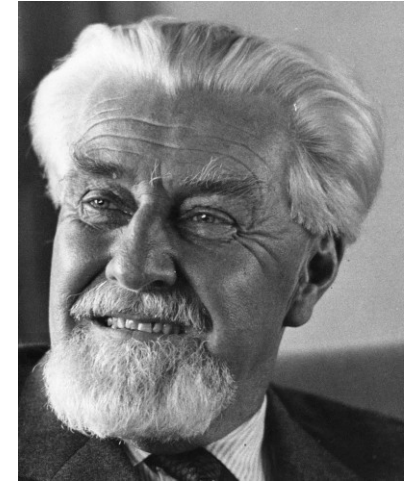


U živočichů může být adaptací na měnící se prostředí i **změna chování**. Chování také může ovlivňovat reprodukční úspěch. Evolučně a funkčně podmíněné vzorce chování zkoumá **behaviorální ekologie**, která se vyvinula ze spíše popisně založené **etologie**, vědy o chování živočichů (nositel Nobelovy ceny Konrad Lorenz).

Selekční tlak během evoluce vede k vývoji **evolučně stabilní strategie chování**, jde o odpověď nejen na biotické faktory, ale zejména na abiotické faktory, jako je mezidruhová a vnitrodruhová kompetice (soutěž o zdroje).

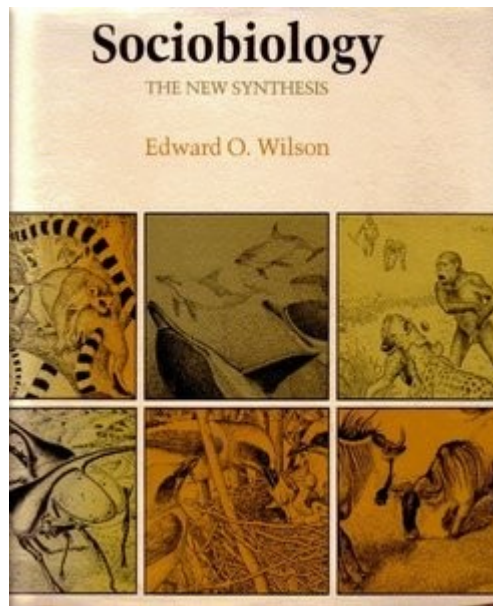
Tato strategie zahrnuje:

- ochranu zdrojů, hnízd a mláďat – vývoj teritoriality (když výhody teritoriality převyšují náklady)
- pohyb za zdroji
- sexuální chování, sexuální konflikty (boj o samice), partnerské konflikty, konflikt pohlaví (jiné reprodukční strategie samců a samic: samice investuje mnoho energie do kvality, samec investuje do kvantity).
- sobeckost, altruismus, reciproční altruismus
- infanticidy, genocidy, rituály
- vzorce rozhodování (teorie her – původně ekonomický koncept)

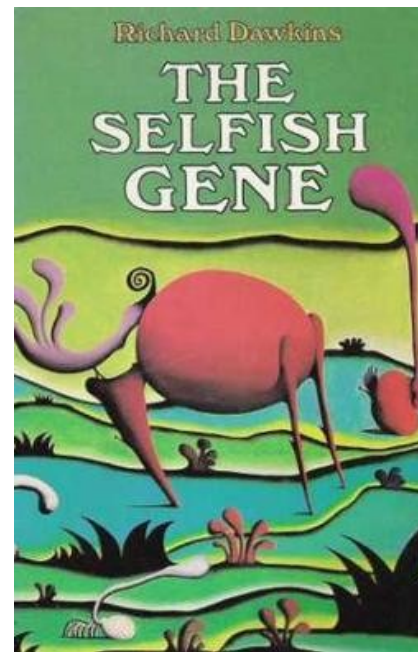


Sociobiologie

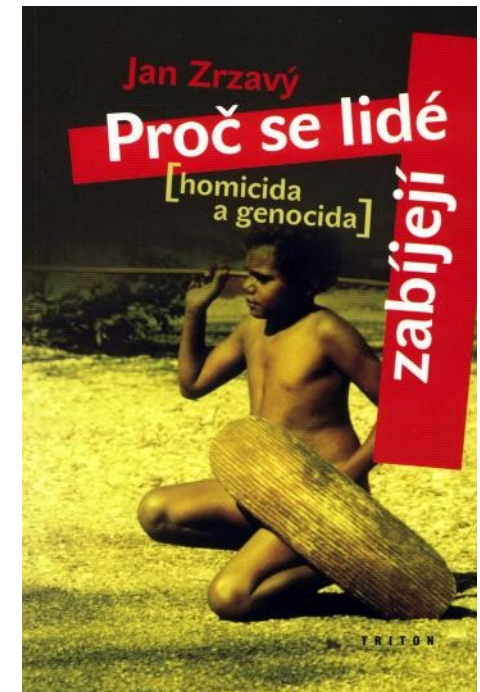
Sociobiologie je disciplína behaviorální (populační) ekologie, zabývající se biologickými a evolučními základy sociálního chování zvířat včetně člověka. Zkoumá vliv sociálního prostředí na evoluci chování. Aplikuje výsledky evoluční biologie na vysvětlení fungování lidských společností.



E. O. Wilson, 1975



Richard Dawkins – Sobecký gen:
genocentrický pohled na evoluci: soupeří
geny, ne druhy, jedinci nebo populace. Čím
jsou si jedinci geneticky bližší, tím víc
kooperují.



Proč zabíjíme manželky častěji než sestry?

Ekologie na Masarykově Univerzitě

Přírodovědecká fakulta

Ústav experimentální biologie

Ústav botaniky a zoologie

Geografický ústav

Fyziologická ekologie rostlin (Gloser)

Základy Ekologie (Hájek)

Úvod do ekologie a ochrany
přírody (Culek)

Mykorhizní symbiózy (Baláž)
Minerální výživa rostlin (Gloser)

Ochrana přírody (Schlaghamerský)

Fundamentals of Ecology (Nekola)

Populační ekologie rostlin (Tichý)

Populační ekologie živočichů (Pekár)

Krajinná ekologie (Culek)
Ekologie a životní prostředí (Culek)

Ekologie společenstev a makroekologie (Chytrý)

Molekulární ekologie (Bryja et al.)

Behaviorální ekologie (Bartonička)

Evoluční ekologie (Vetešníková-Šimková)

Hydrobiologie (Bojková)

Ústav geologických věd

RECETOX

Ekotoxikologie

Vybrané kapitoly z ekologie stojatých vod (Bojková), Ekologie mokřadů (Šumberová), Ekologie lesa (Roleček), Ekologie rašelinišť (Hájek), Biologie a ekologie mechorostů (Mikulášková), Biologie a ekologie lišejníků (Košuthová), Vybrané problémy z ekologie, Paleoekologické metody, Příroda ve čtvrtohorách, Právo a státní správa v ochraně přírody

Ekologie člověka v kvartéru
(Ivanov)

Ekologie na Masarykově Univerzitě

Fakulta sociálních studií

Obecná ekologie a ekologie krajiny

Ekologie krajiny

Sociální a ekologická ekonomie → *sociologie, ekonomie*

Hlubinná ekologie → *psychologie, duchovno, filozofie*