



# VYBRANÉ KAPITOLY Z BIOGEOGRAFIE

Jan Divíšek

# Sylabus

- **1. Úvod:** Úvod do biogeografie a makroekologie, biogeografická literatura, atlasy, časopisy, zdroje dat, software
- **2. Geografie biodiverzity:** alfa-beta-gama diverzita, jak se diverzita měří, geografické rozložení alfa diverzity a hypotézy které ho vysvětlují, beta diverzita (indexy beta diverzity), výpočet beta diverzity – úvod do R, výpočet beta diverzity v praxi na velkém souboru, vizualizace beta diverzity (NMDS)

# Sylabus

- **3. Rozšíření druhů:** frekvenční rozložení velikosti areálů, vliv velikosti populace (source/sink populations), migrace/disperze, důsledky (autokorelace, složení lokálních společenstev)
- **4. Složení lokálních společenstev:** modely metaspolečentva, variabilita ve společenstvu vysvětlená prostředím a prostorem

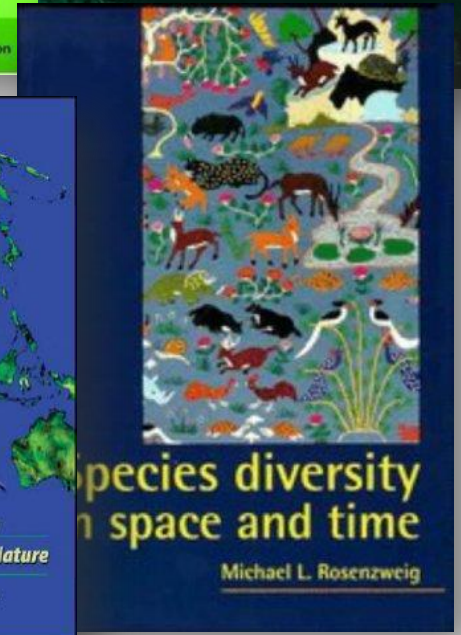
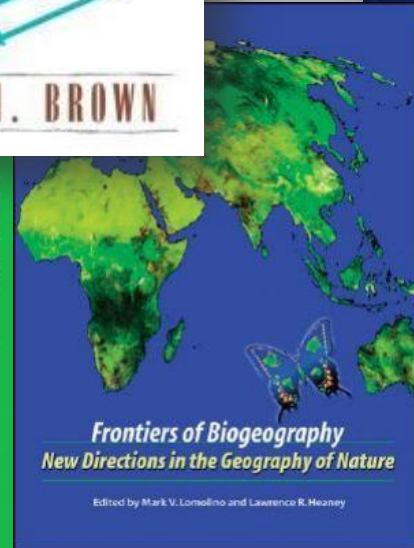
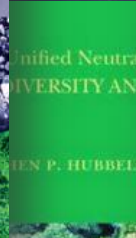
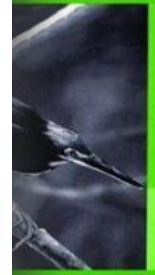
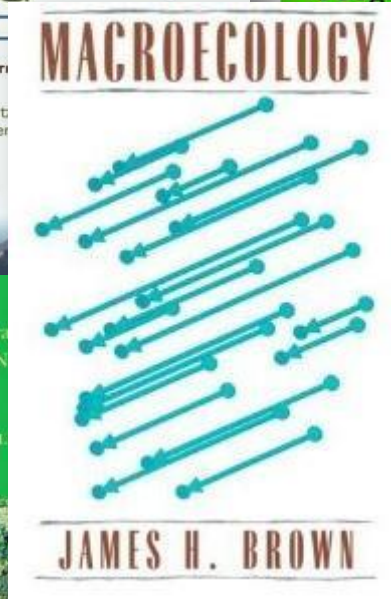
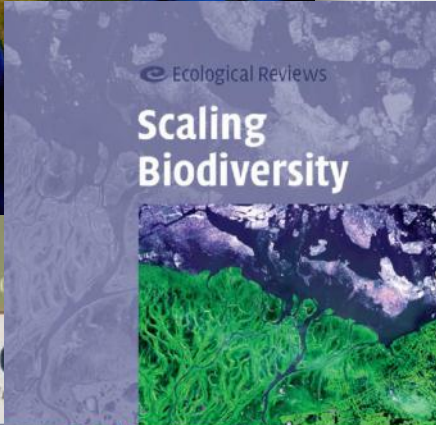
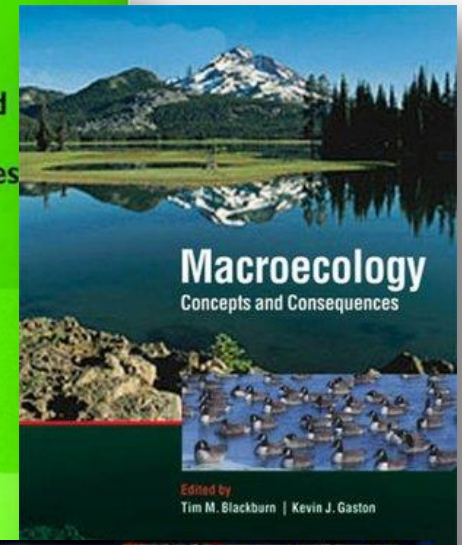
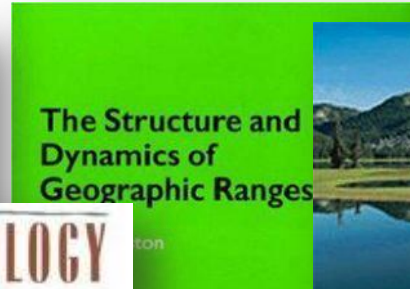
# Sylabus

- **5. Možnosti popisu prostoru a prostorové analýzy struktury lokálních společenstev:** gradientová analýza, problém prostorové autokorelace, metody popisu prostorové struktury (PCNM, Mantel), software pro prostorové analýzy, příklady, vlastní výpočet
- **6. Jak se dělají biogeografické regionalizace:** data, výpočet indexu (ne)podobnosti, cluster analysis, příklady, vlastní výpočet

# Bonus(?)

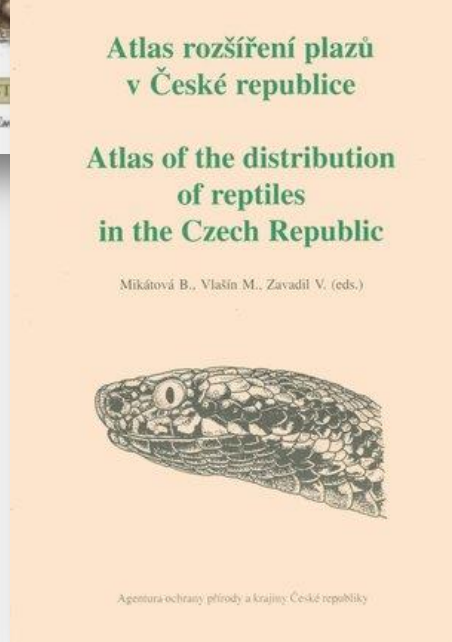
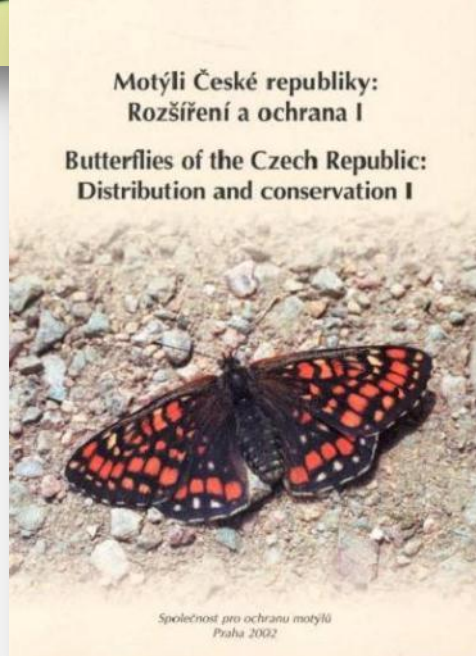
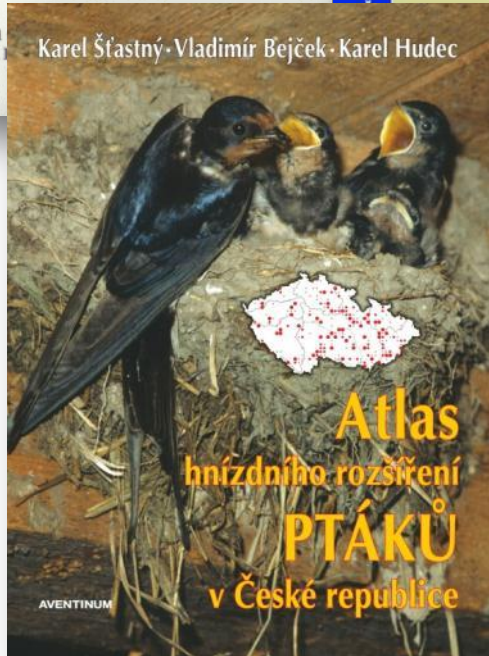
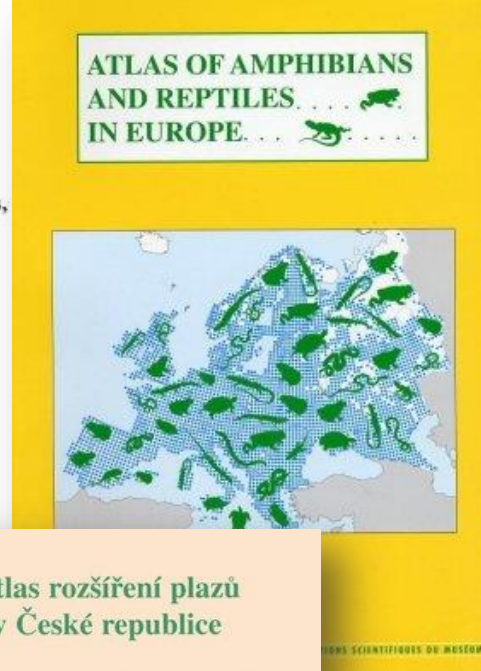
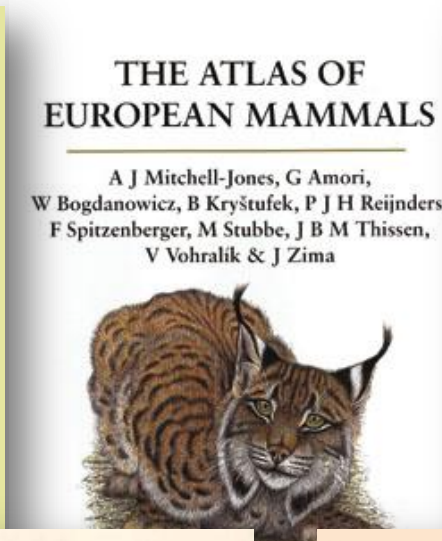
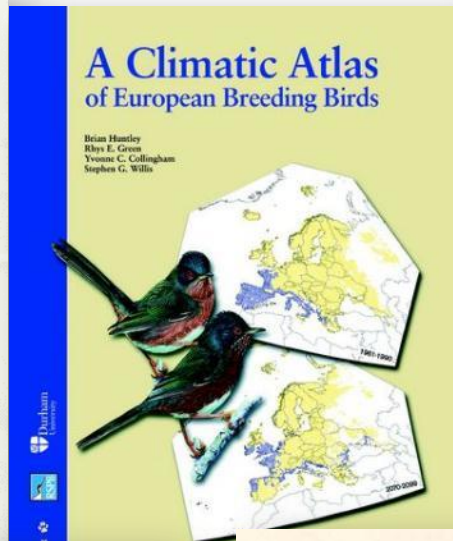
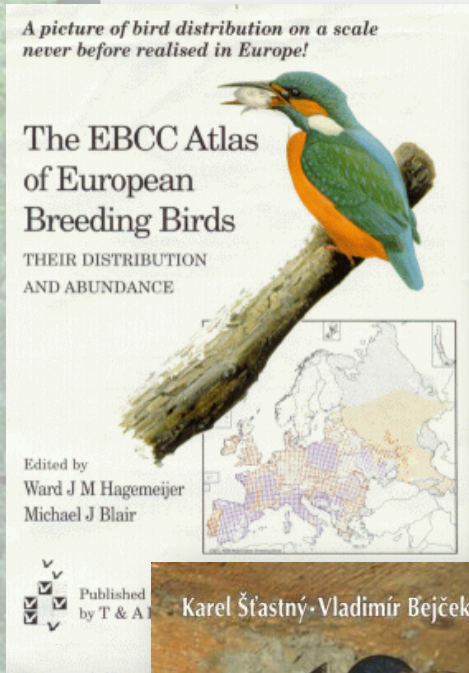
- **Theory of Island Biogeography**
- **The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography**
- **[Exkurze na Lednické rybníky](#)**

# Biogeografická literatura



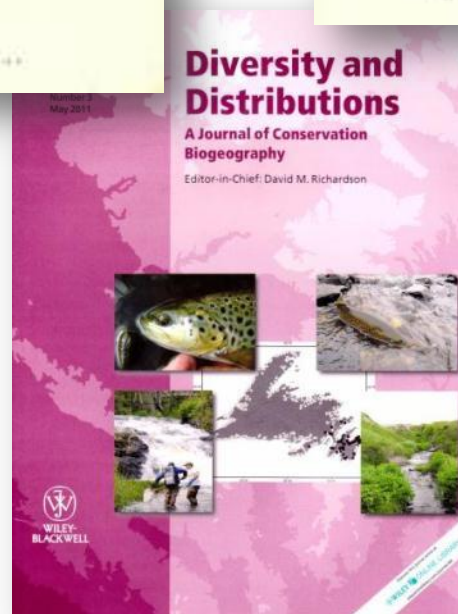
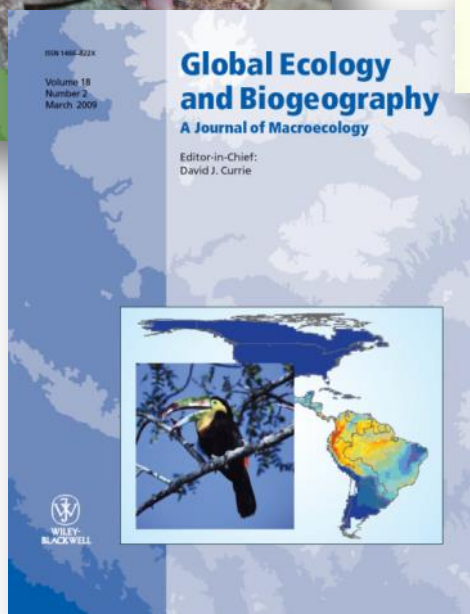
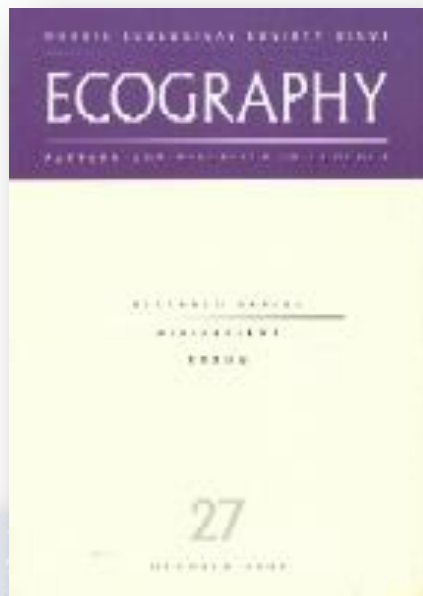
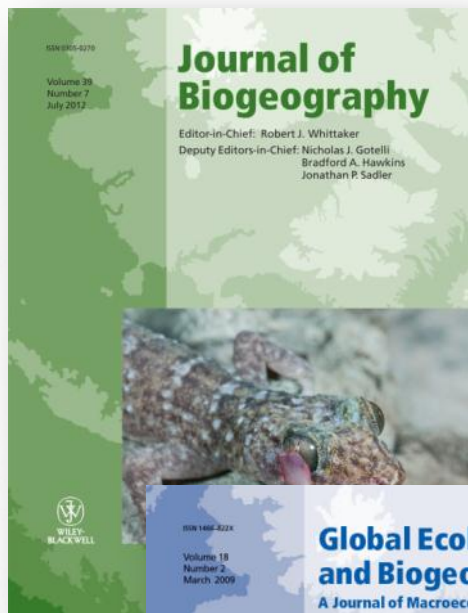
an Divíšek  
Vybrané kapitoly z biogeografie

# Atlasy



Vybrané kapitoly

# Časopisy





# Časopisy

## LOGIN

Enter e-mail address

Enter password






REMEMBER ME

NOT REGISTERED ?  
FORGOTTEN PASSWORD ?  
INSTITUTIONAL LOGIN >

[PUBLICATIONS](#) | [BROWSE BY SUBJECT](#) | [RESOURCES](#) | [ABOUT US](#)

Home > Ecology > Ecology & Organismal Biology > Global Ecology and Biogeography

### JOURNAL TOOLS

-  Get New Content Alerts
-  Get RSS feed
-  Save to My Profile
-  Get Sample Copy
-  Recommend to Your Librarian

### JOURNAL MENU

[Journal Home](#)

### FIND ISSUES

[Current Issue](#)  
[All Issues](#)

### FIND ARTICLES

[Early View](#)  
[Most Accessed](#)  
[Most Cited](#)

### GET ACCESS

[Subscribe / Renew](#)

## Global Ecology and Biogeography

A Journal of  
Macroecology

## Global Ecology and Biogeography

© Blackwell Publishing Ltd



Edited By: David J. Currie

Impact Factor: 5.145

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2011: 1/43 (Geography Physical);  
13/131 (Ecology)

Online ISSN: 1466-8238

Associated Title(s): [Diversity and Distributions](#), [Journal of Biogeography](#)

Recently Published Issues | [See all](#)

Current Issue: [October 2012](#)

Volume 21, Issue 10

[September 2012](#)

Read the most cited papers in 2011

**Predicting the past distribution of species climatic niches**

David Noqués-Bravo

### SEARCH

In this journal

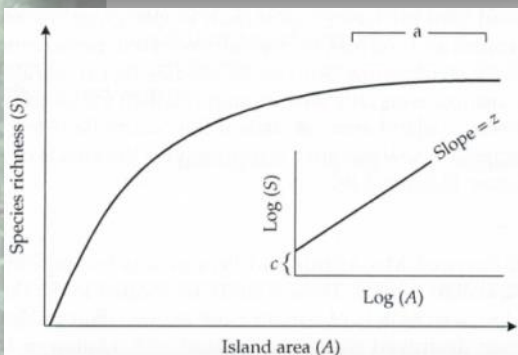
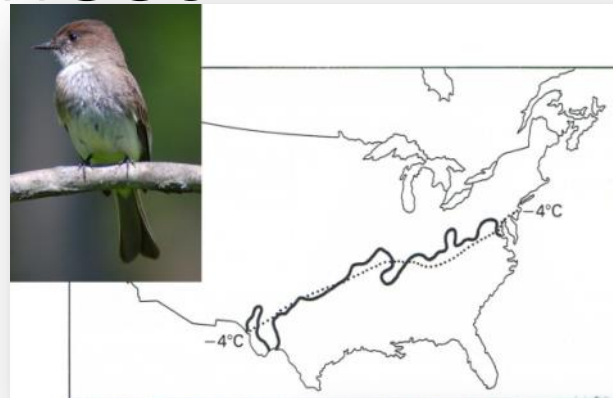
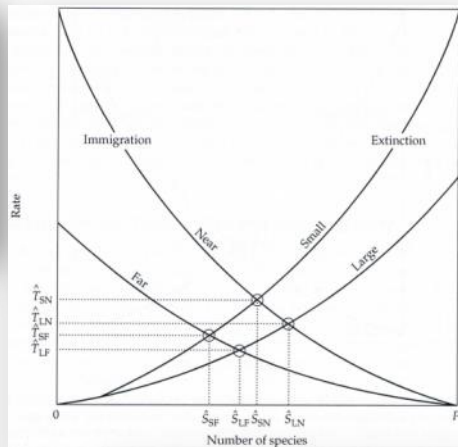
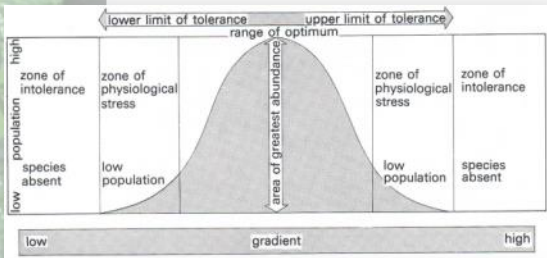
[Advanced >](#) [Saved Searches >](#)



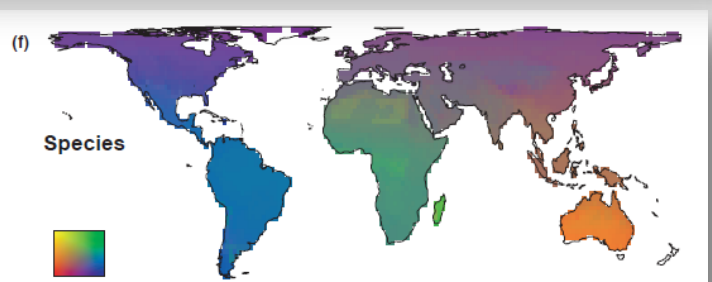
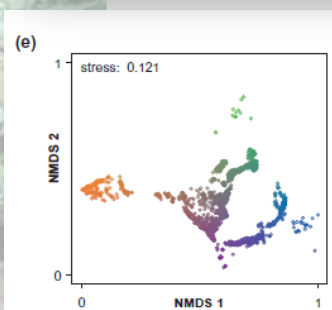
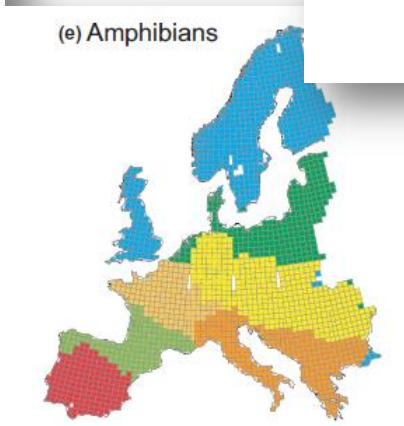
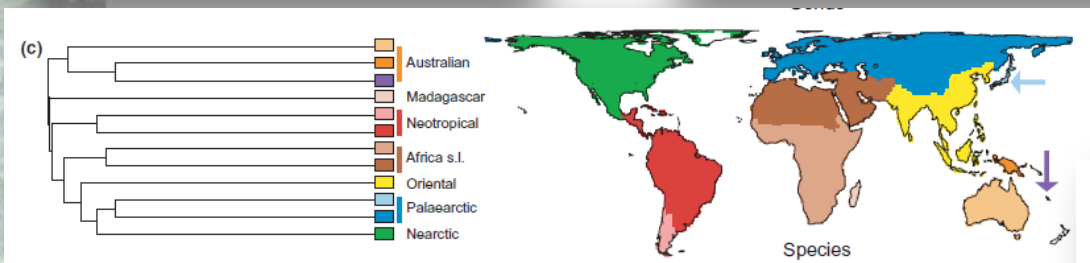
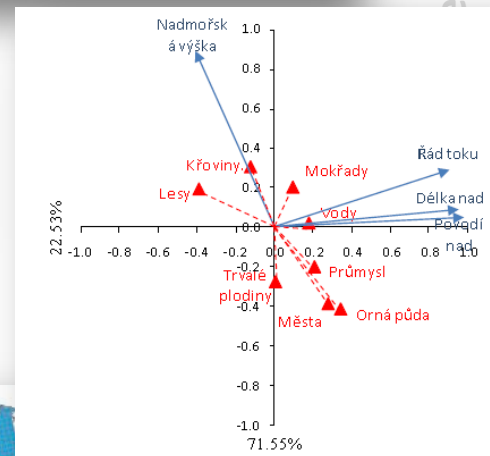
# Historie...



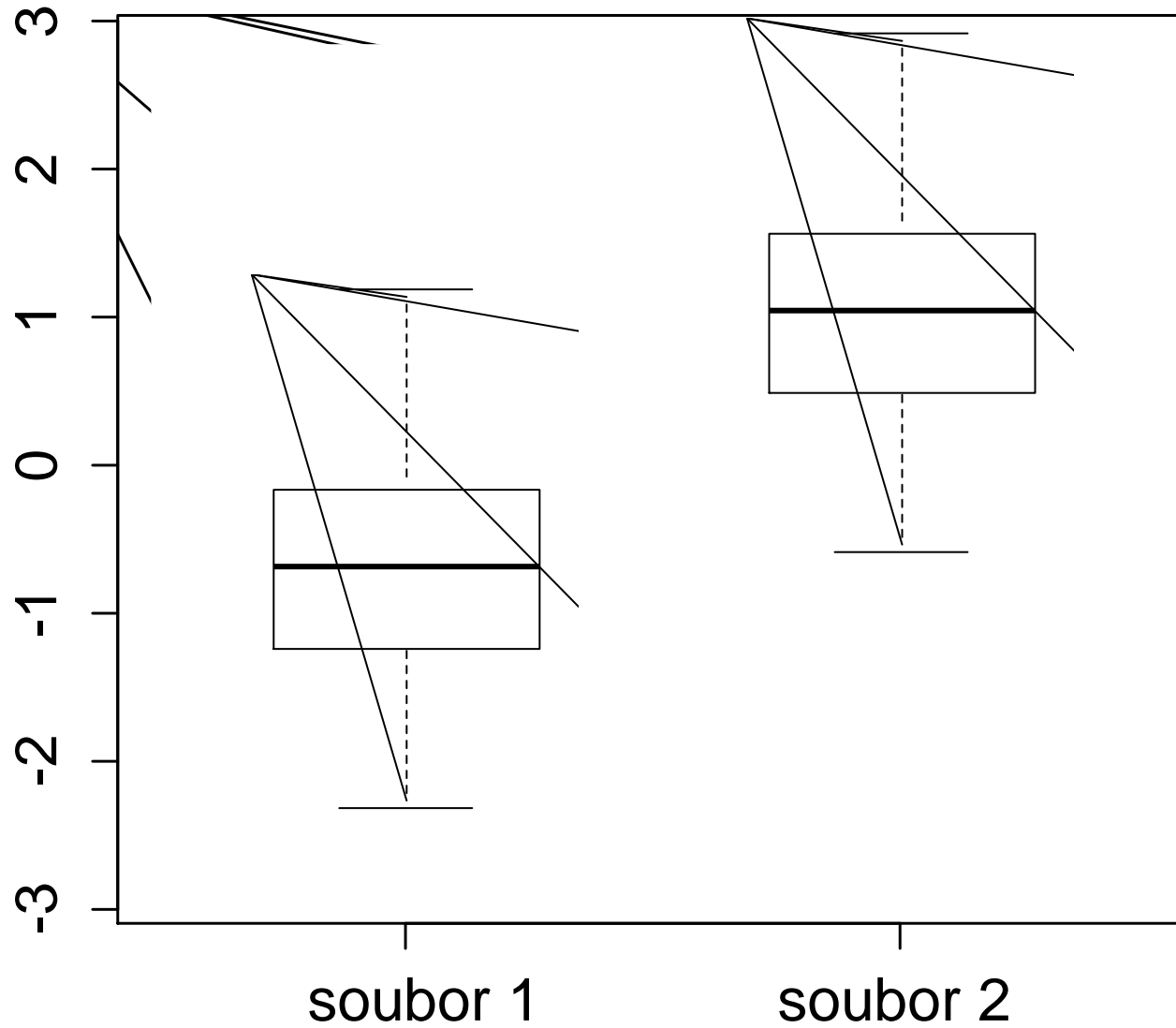
# ...a současnost



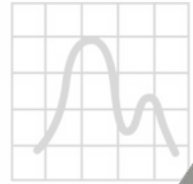
$$SI = \frac{\sqrt{(C \times D) + C}}{\sqrt{(C \times D) + A + B - C}}$$



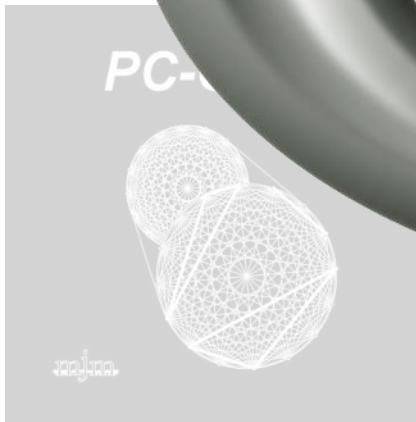
# Statistika - proč?



# Software v biogeografii



ST...TIC

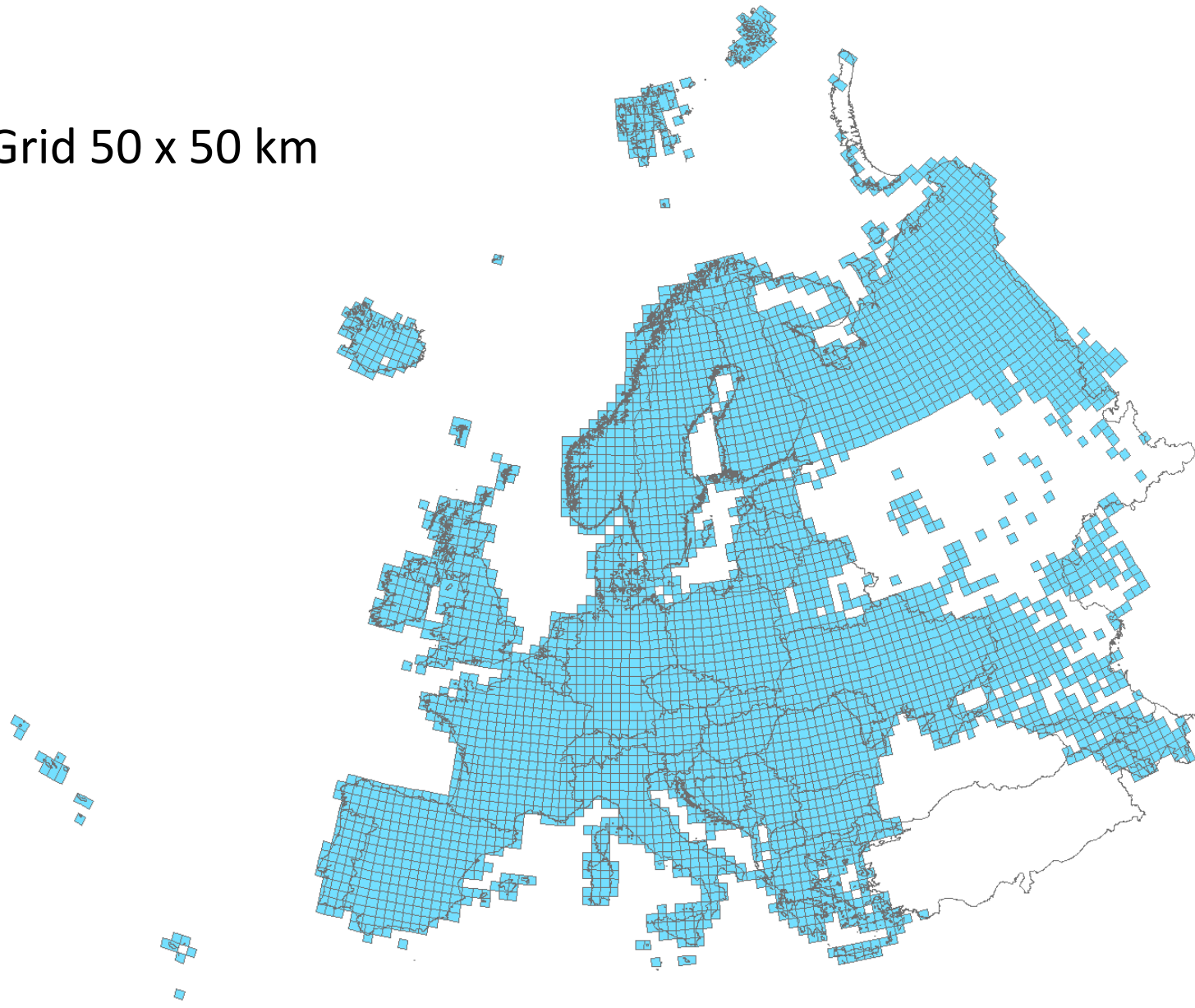


# Zdroje biogeografických dat

- Vlastní data
- Přejímaná data
  - Síťové mapy rozšíření druhů
    - Empirická data o rozšíření různých taxonů sbíraná přímo v terénu
    - Dnes již velmi rozsáhlá území (státy, kontinenty)
  - Snímkované/vzorkované/sčítané lokality
    - „lokální data“ X databáze se stovkami tisíc lokalit
  - „expert drawn maps“
    - Odhadnuté/generalizované rozšíření taxonu

# Evropa

Grid 50 x 50 km



# Rozšíření rostlin

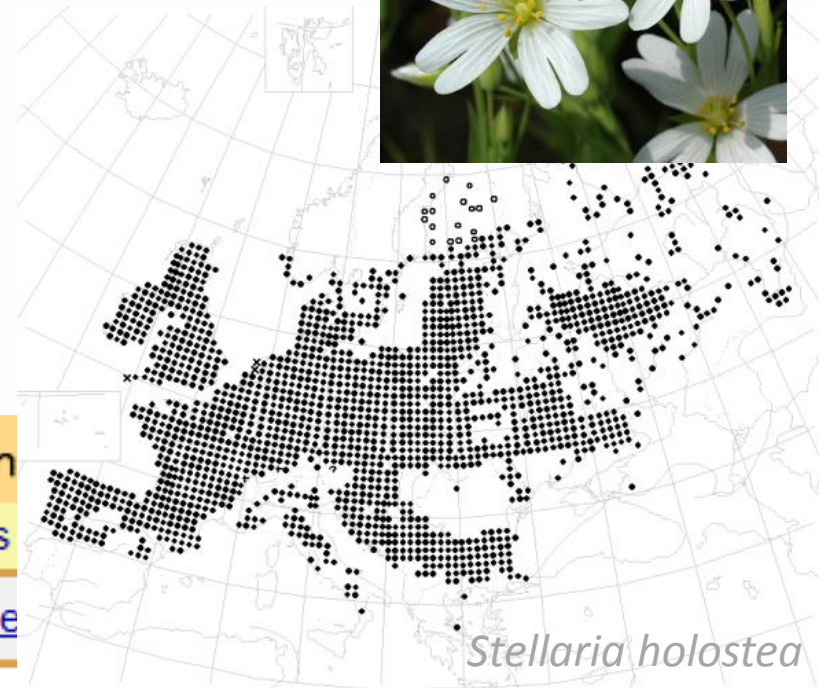


- [Atlas Florae Europaeae](#)

FINNISH MUSEUM OF NATURAL HISTORY, Un

Home Visit us Research & collections Publications

You are here: [Home](#) > [Research and Collections](#) > [Botany](#) > [Re](#)



## The database of Atlas Florae Europaeae

The database of *Atlas Florae Europaeae* (AFE) accommodates plant records of native and naturalised alien taxa from Europe, mapped on the scale of about 50 × 50 km. The database is compiled in Helsinki on the basis of the team-work of botanists from all countries of Europe. The data collection results in the stepwise production of [printed books](#) published by the Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo. The production follows the sequence of families in *Flora Europaea*; at present over 20% of the European flora is mapped.



# Rozšíření savců

- [Atlas of European Mammals](#)
  - on-line verze
  - Data ke stažení jako supplementum článku Heikinheimo et al. 2007

## *Sorex alpinus*

### Legend

- *Sorex alpinus*, post-1970
  - *Sorex alpinus*, pre-1970
- Total cells for this species = 170



## THE ATLAS OF EUROPEAN MAMMALS

A J Mitchell-Jones, G Amori,  
W Bogdanowicz, B Kryštufek, P J H Reijnders,  
F Spitzenberger, M Stubbe, J B M Thissen,  
V Vohralik & J Zima



POYSER NATURAL HISTORY

Published by T & A D Poyser for the Societas Europaea Mammalogica

Heikinheimo, H., Fortelius, M., Eronen, J. & Mannila, H. (2007) Biogeography of European land mammals shows environmentally distinct and spatially coherent clusters. *Journal of Biogeography* 34, 1053–1064.

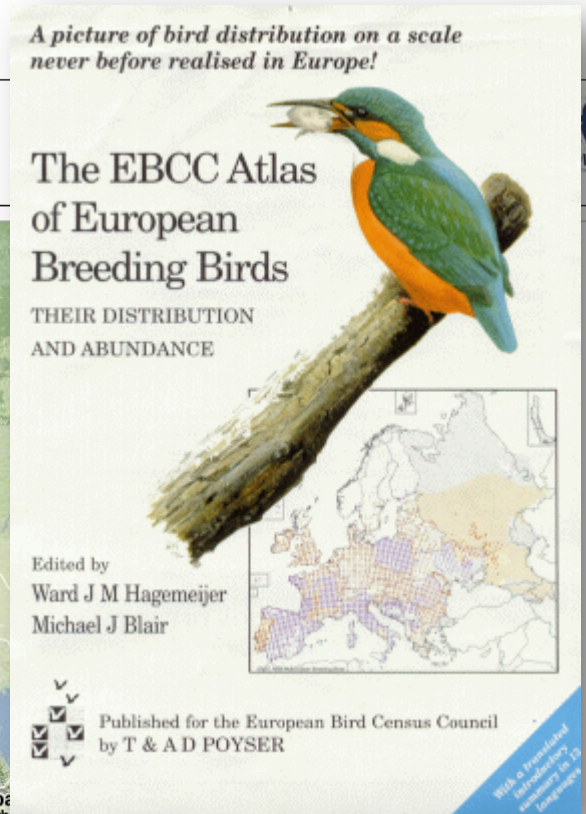
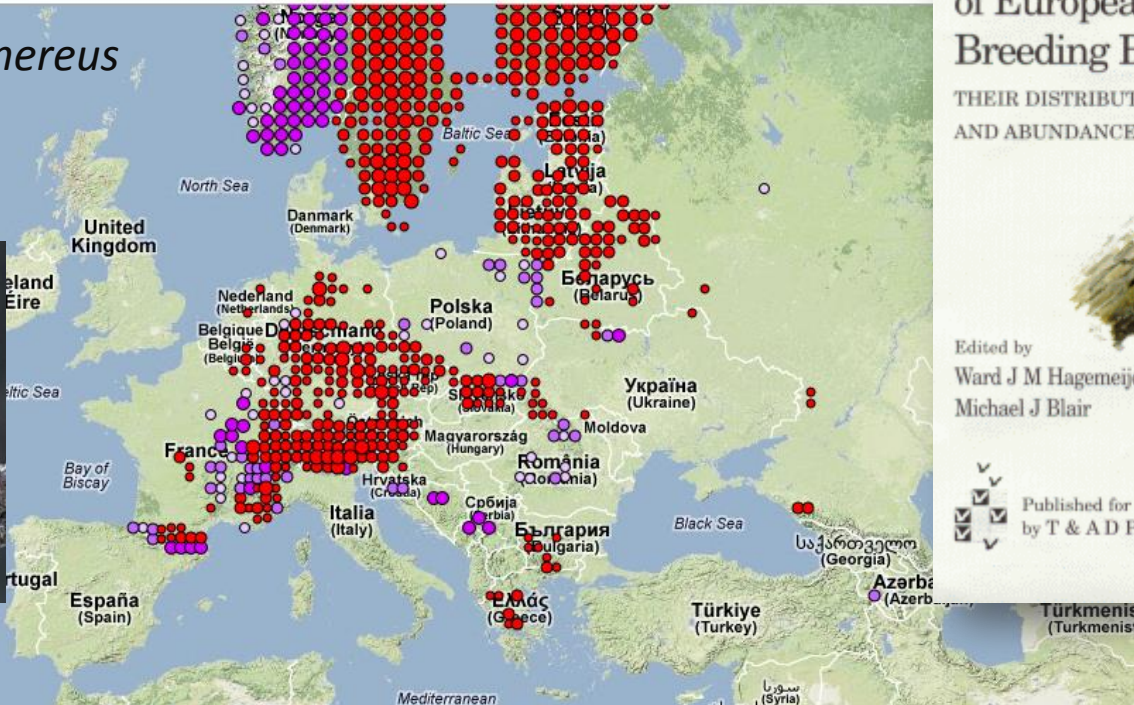
# Rozšíření ptáků

- [EBCC Atlas of European Breeding Birds](#)
  - on-line verze



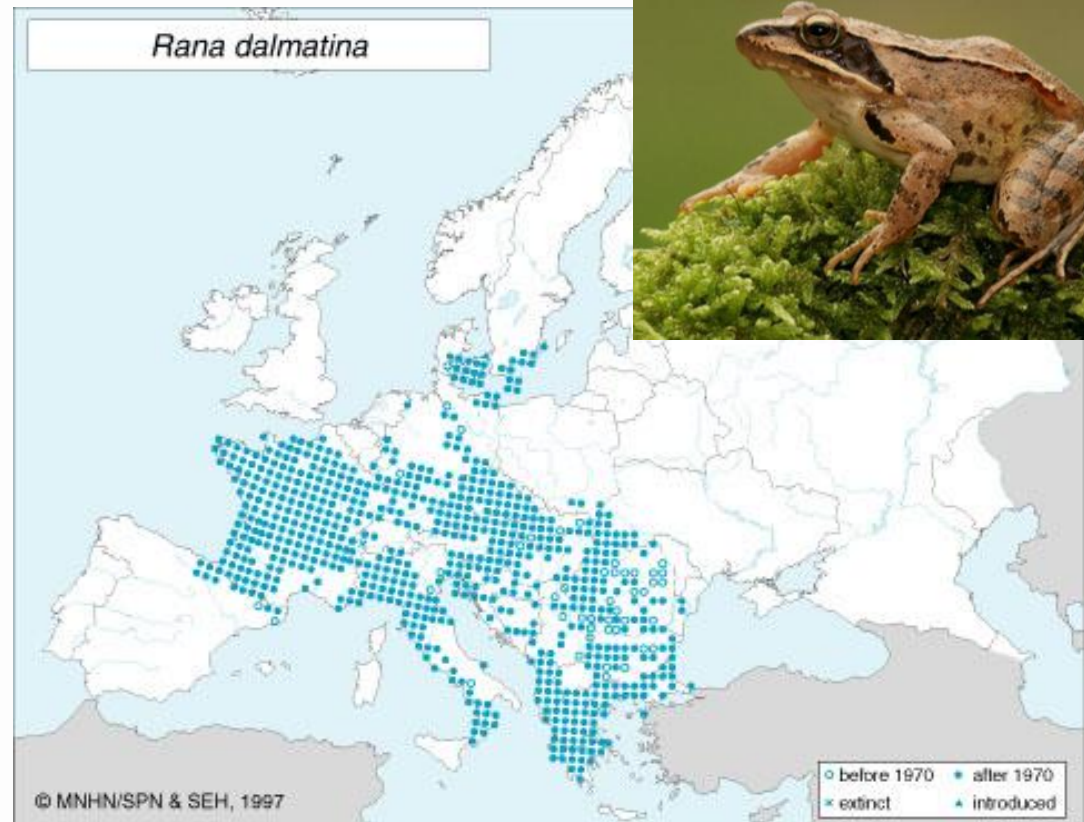
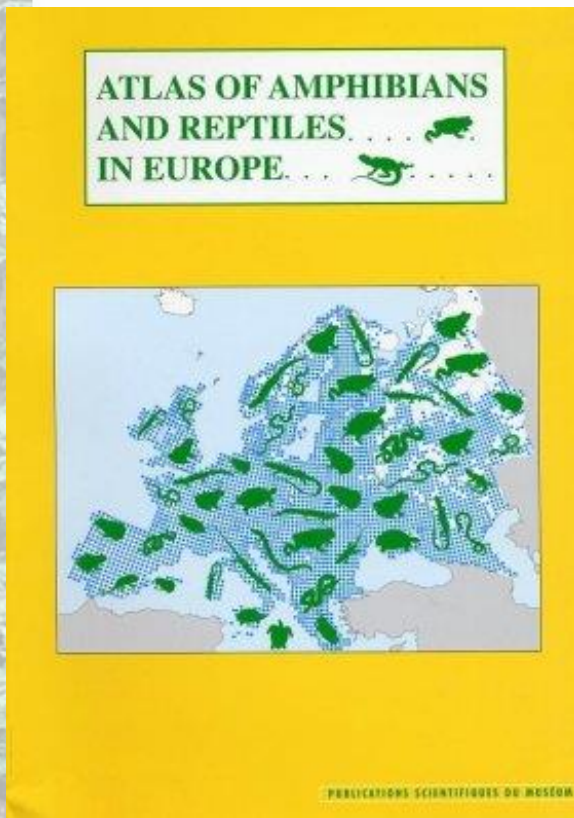
The EBCC Atlas of European Breeding Birds

*Aegolius funereus*



# Rozšíření obojživelníků a plazů

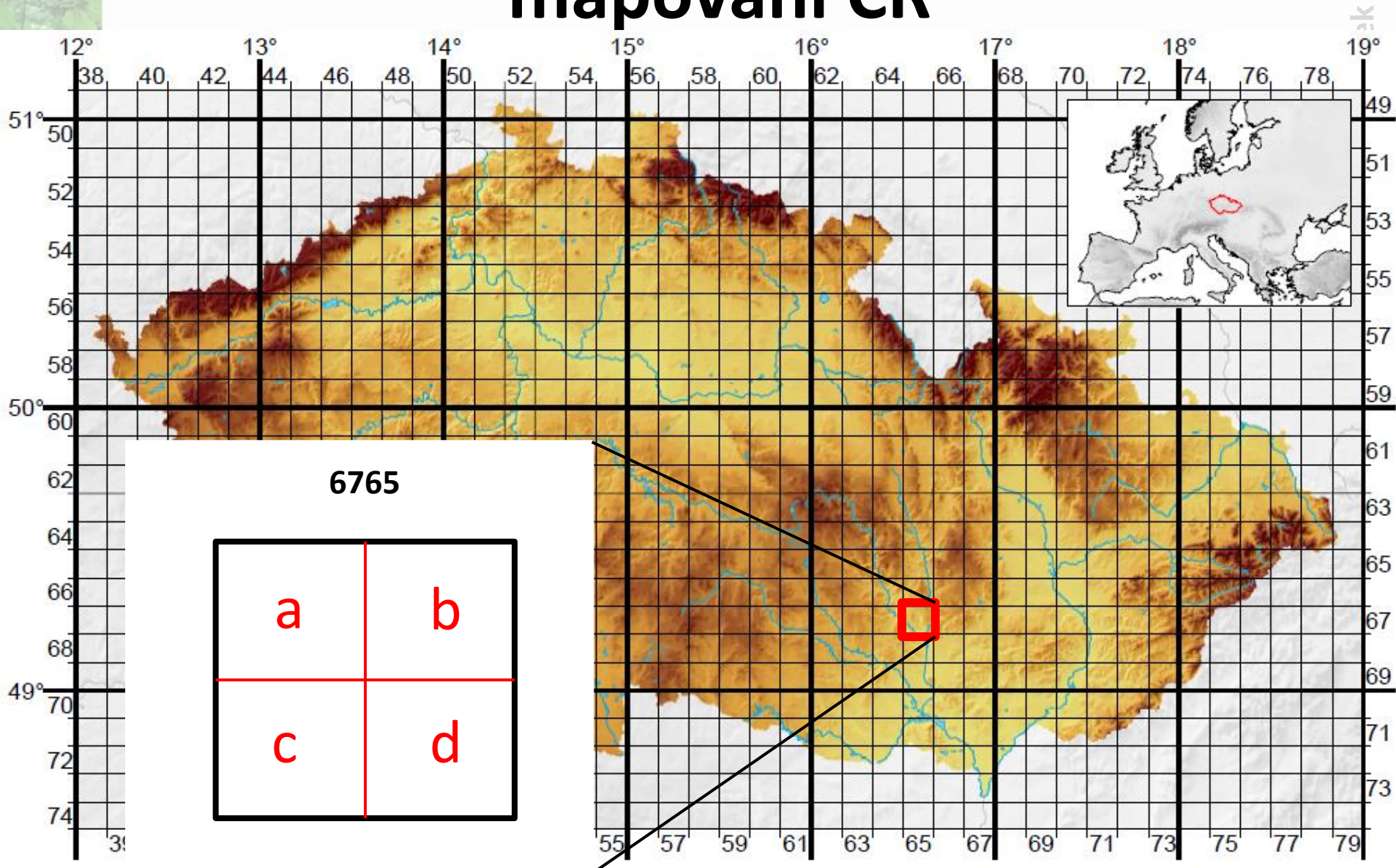
- [Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe](#)
  - Mapy on-line jako pdf



# Česká republika

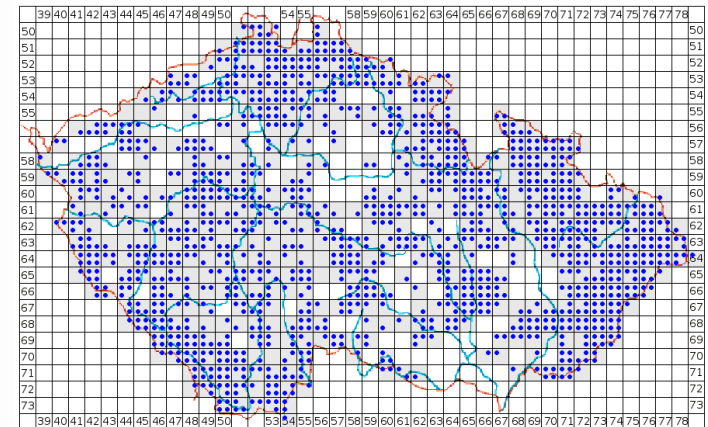
- Dříve grid  $10 \times 10$  km
  - Na ČR tehdy připadalo 846 kvadrátů
- Dnes grid  $10'$  z.š.  $\times$   $6'$  z.d.
  - 679 kvadrátů
  - Zhruba  $12 \times 11,1$  km
  - Plocha  $133,2$  km<sup>2</sup>
  - Čtverce se dále dělí na čtvrtiny

# Sytém síťového (kvadrátového) mapování ČR



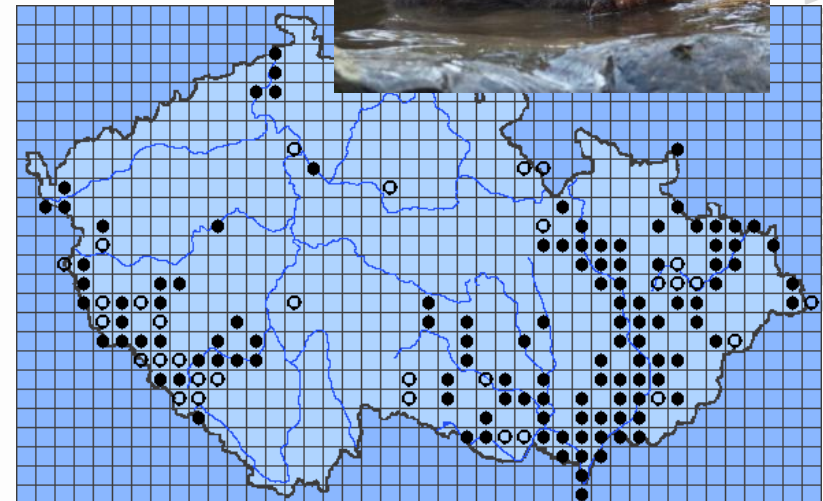
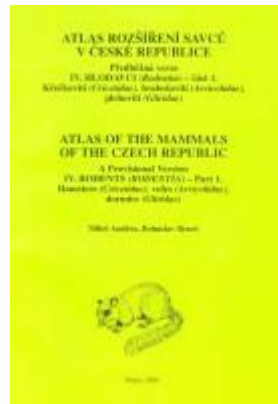
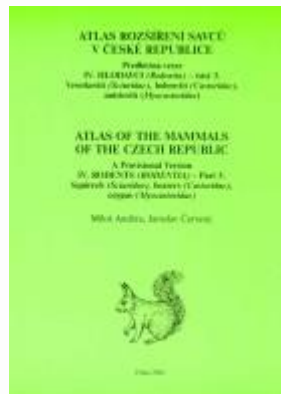
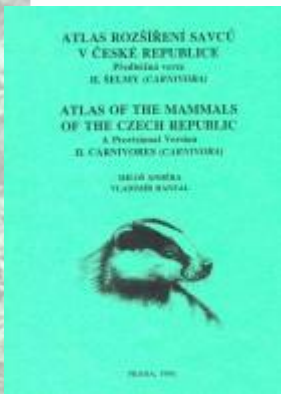
# Cévnaté rostliny

- [Databanka flóry České republiky](#)
  - on-line – nutné přihlášení
  - Na portálu jsou zpřístupněny údaje o výskytu rostlin z těchto zdrojů:
    - [FLoristická DOKumentace \(FLDOK\)](#) Botanického ústavu Akademie věd ČR
    - [Česká národní fytoocenologická databáze \(ČNFD\)](#), spravovaná Ústavem botaniky a zoologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity
    - [Jihočeská pobočka ČBS \(JPCB\)](#)
    - [Česká botanická společnost \(CBS\)](#)



# Savci

- Série atlasů od Miloše Anděry z Národního muzea v Praze
- Aktualizovaná data on-line na [BioLib](http://www.biomonitoring.cz) a pro vybrané druhy na <http://www.biomonitoring.cz>

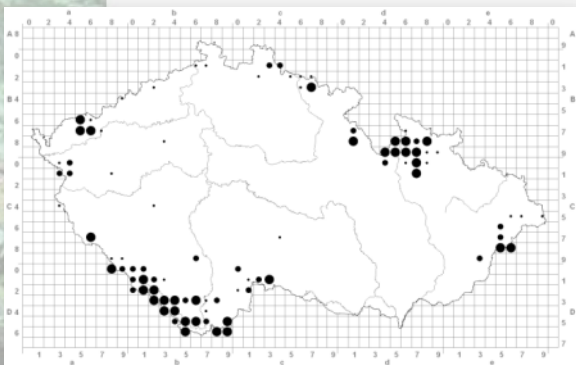




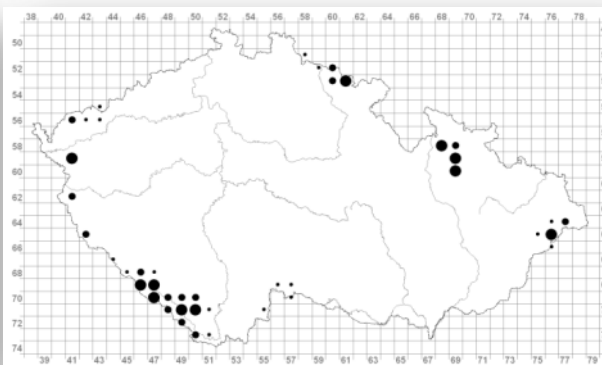
# Ptáci

- Série atlasů od K. Šťastného, V. Bejčka a K. Hudce
  - Atlas hnízdního rozšíření ptáků v ČSSR 1973/77
  - Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice 1985–1989
  - Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice 2001–2003

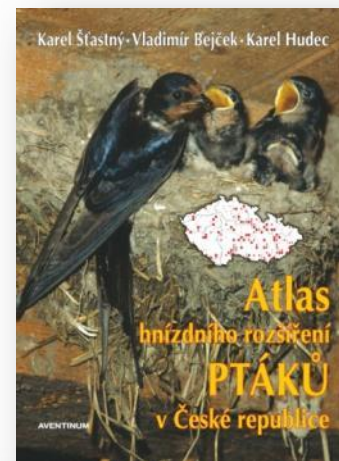
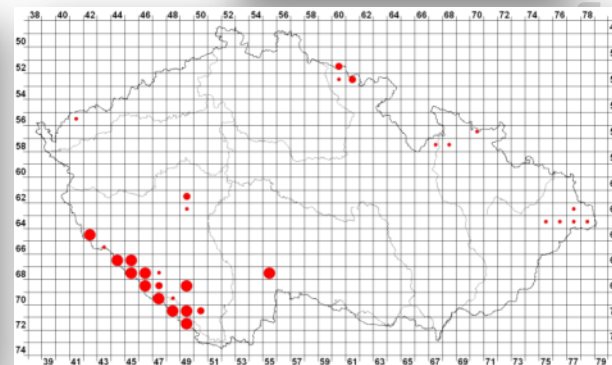
*Tetrao urogallus*  
1973-77



1985-89



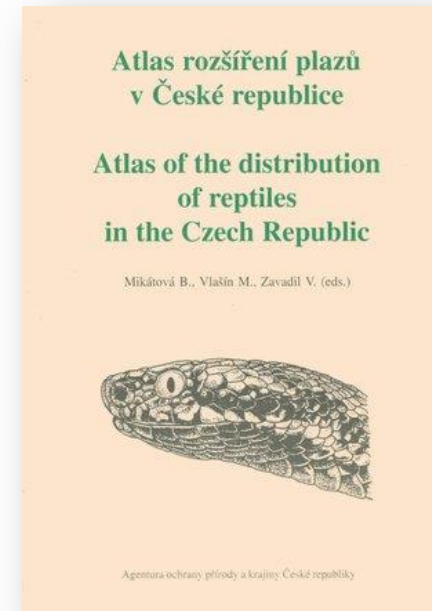
2001-03





# Plazi a obojživelníci

- Mikátová, B., Vlašín, M. & Zavadil, V. (2001) Atlas rozšíření plazů v České republice, AOPK, Brno.
- Moravec, J. (1994) Atlas rozšíření obojživelníků v České republice. Národní muzeum, Praha.
- Aktualizovaná data on-line na [BioLib](https://www.biolib.cz) a pro vybrané druhy na <http://www.biomonitoring.cz>
- Možnost zadávat záznamy o pozorování
- Aktuálně probíhá nové mapování organizované AOPK

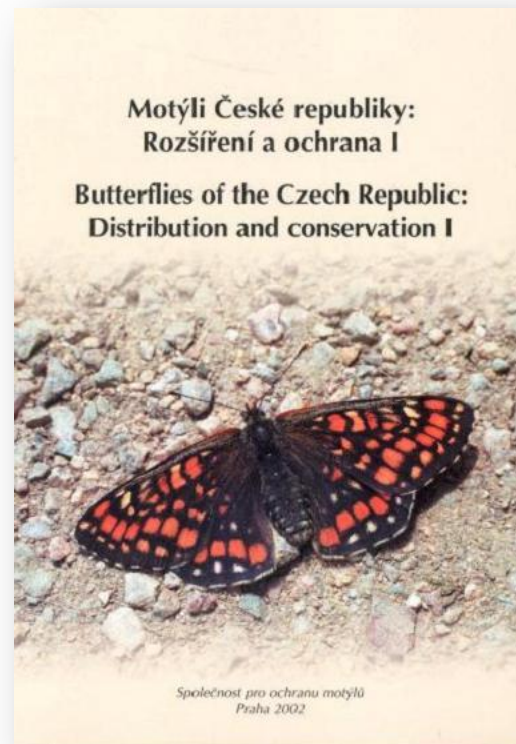
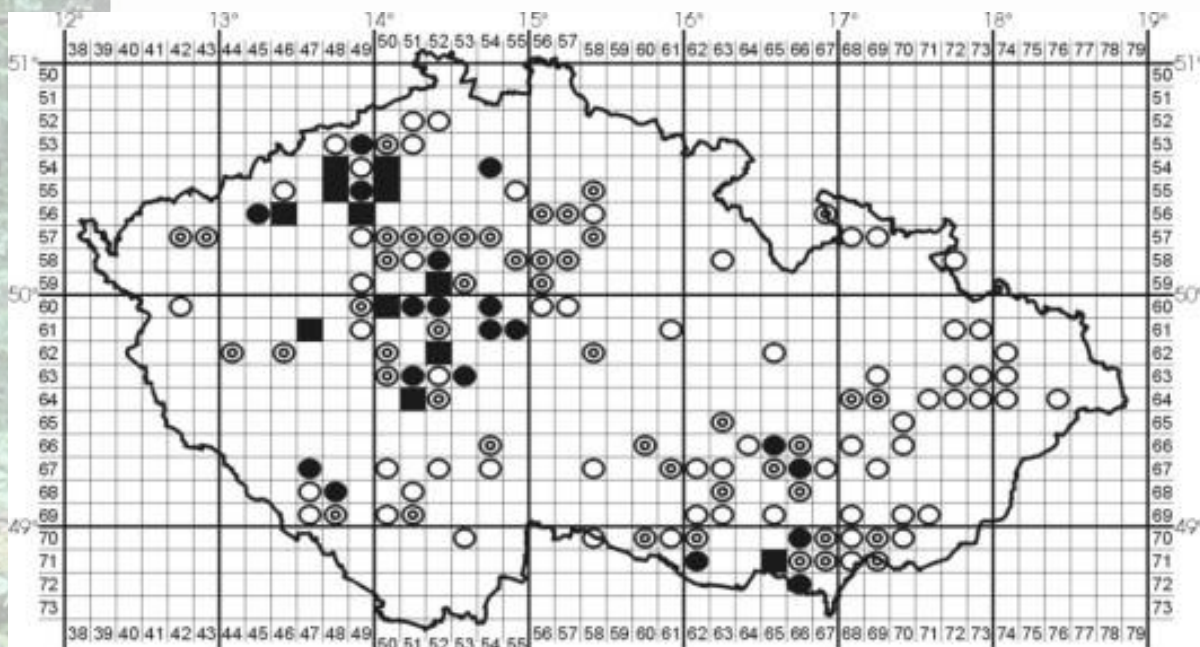


# Motýli

- Motýli České republiky I a II  
– Mapy dostupné on-line



Jan Divíšek



Vybrané kapitoly z biogeografie

# Biogeografie a makroekologie

- Zřejmě nelze zcela rozlišit
  - Biogeografie: Táže se konkrétně
  - Makroekologie: Táže se obecně
- Analytická biogeografie → makroekologie
- Makroekologie:
  - Důraz na obecné zákonitosti na velkých prostorových i časových škálách
  - Snaží se odpovídat na velmi staré otázky (A. von Humboldt)
  - Velmi rigorózní – nejexaktnější ekologický obor

# Vznik makroekologie

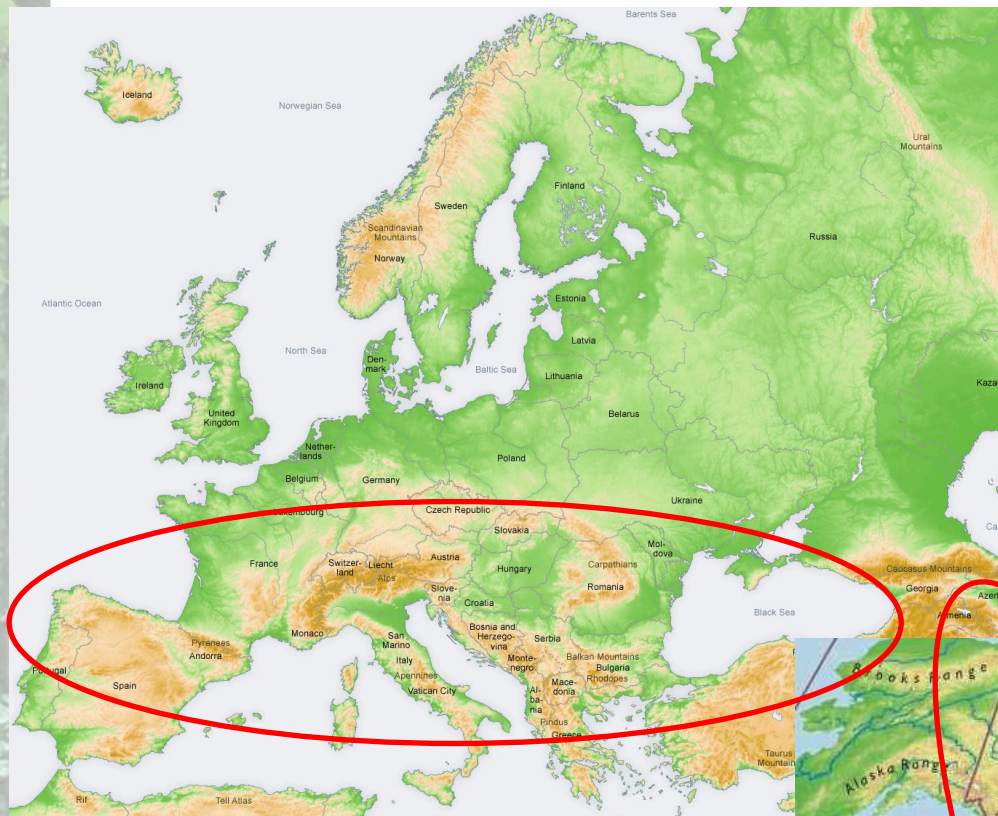
1. Krize ekologie společenstev na konci 70. let
  - Myslelo se, že se všechno vysvětlí přes niky a společenstva → krize
  - Zjistilo se, že nelze najít obecné zákonitosti → nelze predikovat
  - Nemá cenu se věnovat souborům druhů, jen jednotlivcům
  - ALE: na vyšších úrovních nacházíme zobecnitelné zákonitosti

# Vznik makroekologie

## 1. Krize ekologie společenstev na konci 70. let

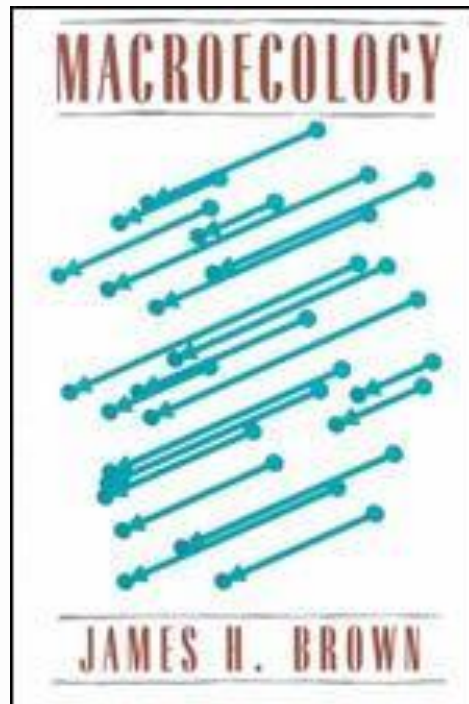
- Řada jevů se vysvětlí až ve velkém měřítku:
  - Lokální diverzita lesů v temperátní zóně:
    - Evropa – jen pár druhů
    - S. Amerika a V. Asie – daleko více druhů
  - Vysvětlení na úrovni celých kontinentů
  - Glaciály a poloha horských pásem
- Lokální jevy nelze vysvětlit bez regionálního kontextu

## 2. Dostatek dat a výpočetní technika



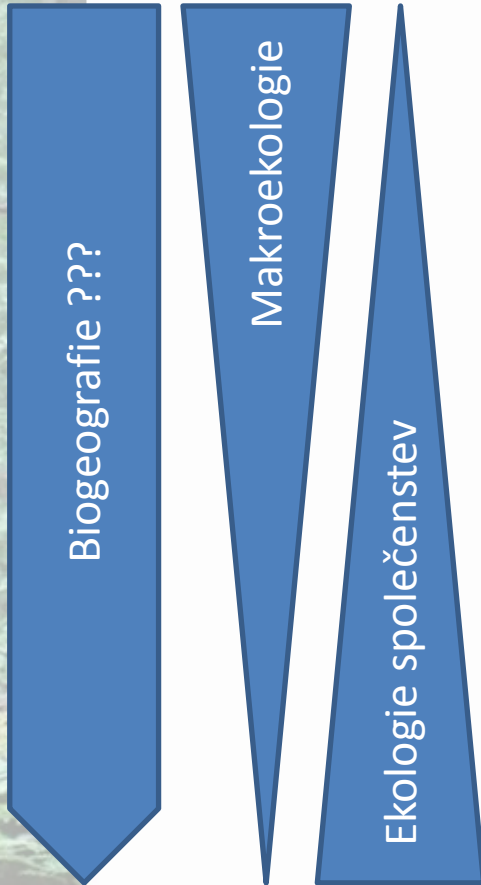
# Termín „macroecology“

- Vžil se až po vydání knihy **Macroecology J.H. Browna** v r. 1995 → zakladatel makroekologie

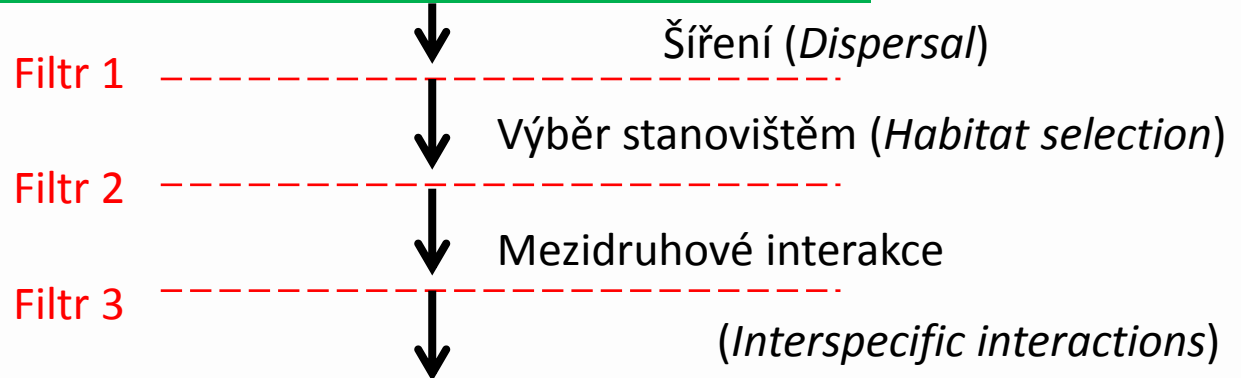


# Biogeografie, makroekologie a ekologie společenstev

Evolve, speciace      Historické vlivy  
(např. vymírání, změny areálů)



Regionální fauna nebo flóra



Lokální společenstvo



# Důležité pojmy I

- **Druh (*species*)**

- Neexistuje jednotná definice
- Soubor jedinců, kteří se mezi sebou mohou plodně křížit a jsou reprodukčně izolováni od jiných podobných skupin

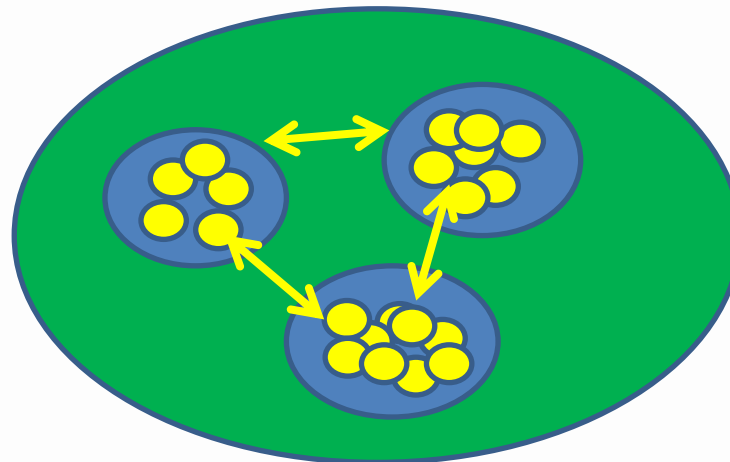
**TABLE 7.1** *Twenty-two species concepts and standardized abbreviations*

1. Agamospecies (ASC)	14. Morphological (MSC)
2. Biological (BSC)	15. Non-dimensional (NDSC)
3. Cohesion (CSC)	16. Phenetic (PhSC)
4. Cladistic (CISC)	17. Phylogenetic (PSC)
5. Composite (CpSC)	a. Diagnosable Version (PSC <sub>1</sub> )
6. Ecological (EcSC)	b. Monophyly Version (PSC <sub>2</sub> )
7. Evolutionarily Significant Unit (ESU)	c. Diagnosable and Monophyly Version (PSC <sub>3</sub> )
8. Evolutionary (ESC)	18. Polythetic (PtSC)
9. Genealogical Concordance (GCC)	19. Recognition (RSC)
10. Genetic (GSC)	20. Reproductive Competition (RCC)
11. Genotypic Cluster Definition (GCD)	21. Successional (SSC)
12. Hennigian (HSC)	22. Taxonomic (TSC)
13. Internodal (ISC)	

Source: Mayden 1998.

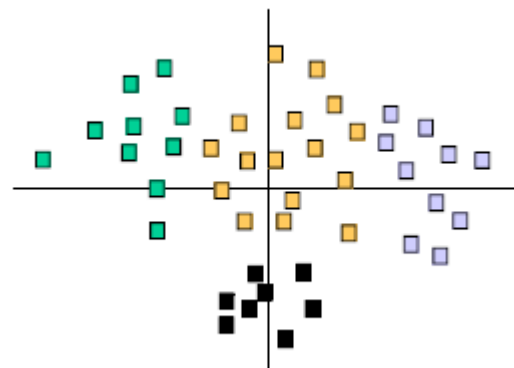
# Důležité pojmy II

- **Populace (*population*)**
  - Soubor jedinců téhož druhu nacházejících se v jednom určitém místě v jednom určitém čase
- **Metapopulace (*metapopulation*)**
  - Soubor prostorově oddělených populací stejného druhu, které se navzájem ovlivňují (existuje mezi nimi migrace)



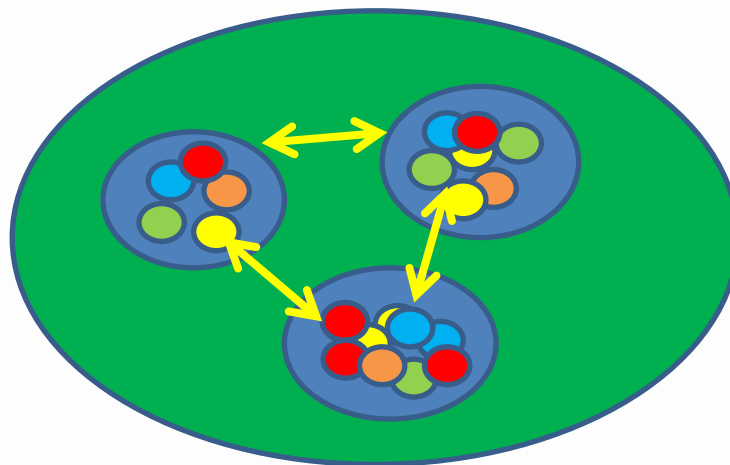
# Důležité pojmy III

- **Společenstvo/cenóza (*community, assemblage*)**
  - Taxocenóza (*taxocene, taxocoenosis*) – ptáci, měkkýši...
  - Guild (*guild*) – herbivoři, garnivoři...
- Ohraničení společenstva
  - Přirozené hranice (jezero, mrtvola...)
  - Arbitrárně vymezená část území (kvadrát)
  - Vybraný biotop (listnatý les, rašeliniště)
  - Dominance druhů (bukový les)
  - Druhové složení (statisticky definované shluky)



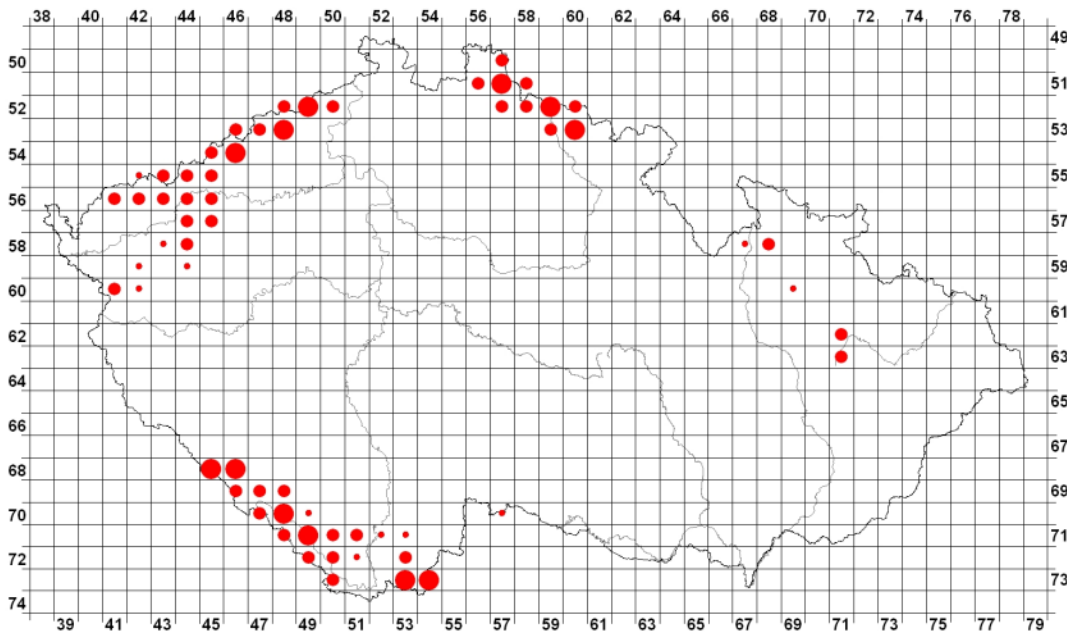
# Důležité pojmy III

- **Společenstvo/cenóza (*community, assemblage*)**
  - Taxocenóza (*taxocene, taxocoenosis*) – ptáci, měkkýši...
  - Guild (*guild*) – herbivoři, garnivoři...
- **Metaspolečenstvo (*metacommunity*)**
  - Soubor prostorově oddělených společenstev, mezi nimiž existují interakce (existuje migrace, interakce druhů apod.)



# Důležité pojmy IV

- **Areál (*geographic range*)**
  - Území obývané určitým taxonem
- **Pattren → distribution pattern**
  - Nemá vhodný český ekvivalent (vzor, patrnost...)



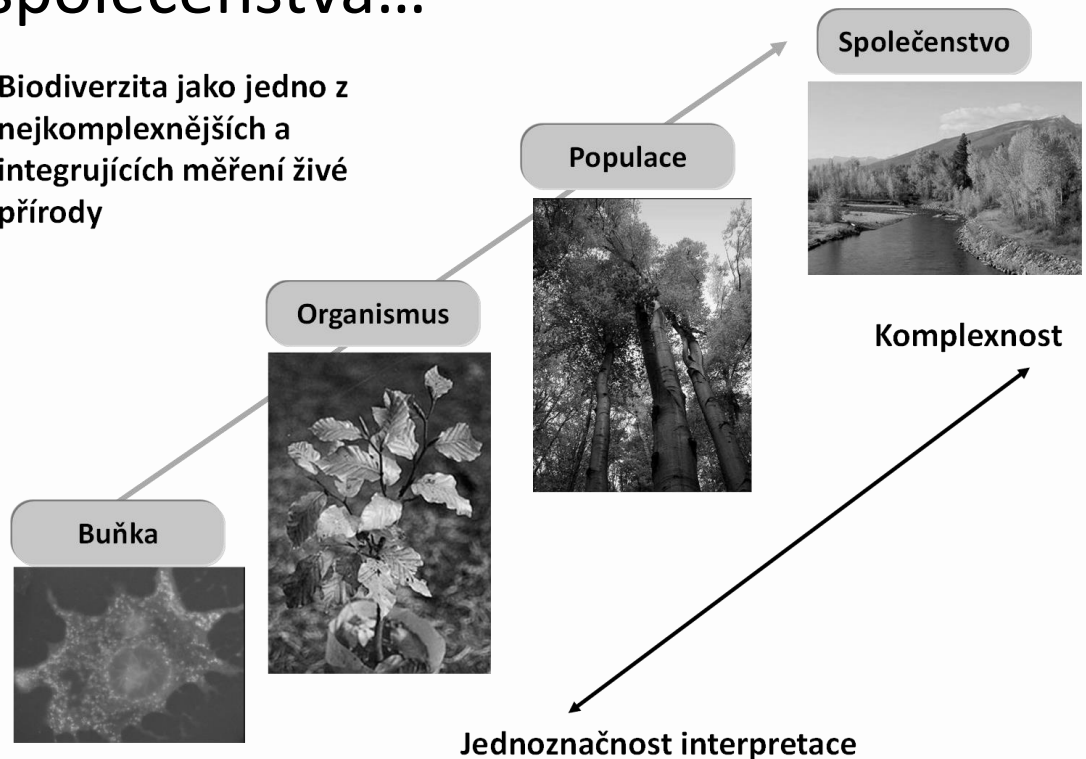


# **GEOGRAFIE BIODIVERZITY**

# Biodiverzita

- Diverzita = rozmanitost
- Biodiverzita = biologická rozmanitost
  - Geny, druhy, společenstva...

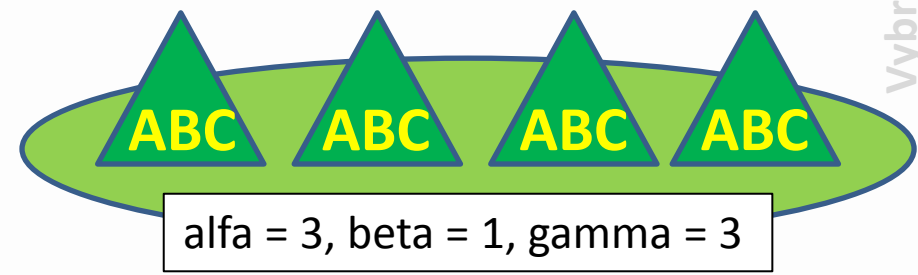
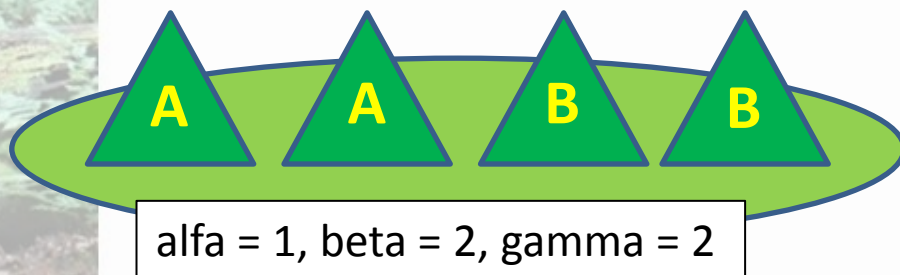
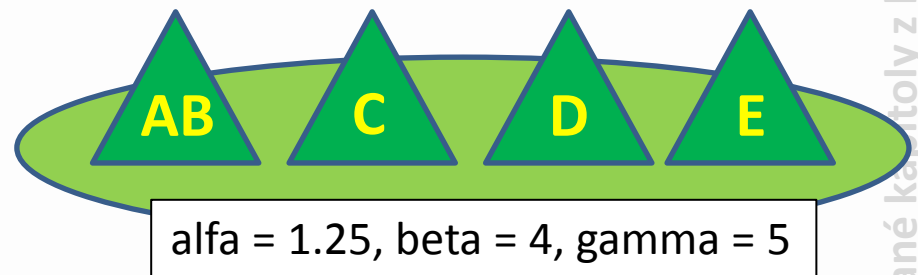
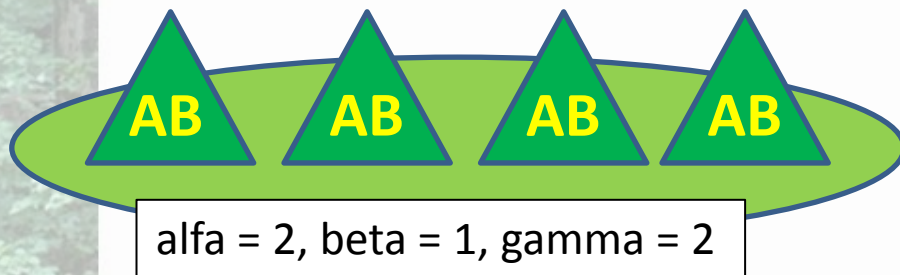
Biodiverzita jako jedno z  
nejkomplexnějších a  
integrujících měření živé  
přírody



# Typy diverzity

Whittaker 1960, *Ecological Monographs* 30: 279-338

- **Alfa diverzita** (alpha diversity, within-habitat diversity)
  - Počet druhů na lokalitě, ve vzorku, v kvadrátu apod.
- **Beta diverzita** (beta diversity, between-habitat diversity)
  - Rozdíl v druhovém složení mezi lokalitami, počet různých stanovišť v krajině
- **Gamma diverzita** (gamma diversity)
  - Počet druhů v krajině





# Měření alfa diverzity

- Počet druhů (*number of species*)
- Indexy alfa diverzity (míry heterogenity, spojují počet druhů a ekvitabilitu (vyváženost do jednoho čísla)
  - **Shannon-Wienerův index diverzity** (Wiener jej vynalezl nezávisle na Shannonovi) nebo Shannon-Weaverův (publikován v knize Shannon & Weaver 1949, *The mathematical theory of communication*)
  - **Simpsonův index diverzity** (Simpson 1949, Nature 163: 688)
- Rao's diversity coefficient (Rao's quadratic entropy; Rao 1982)

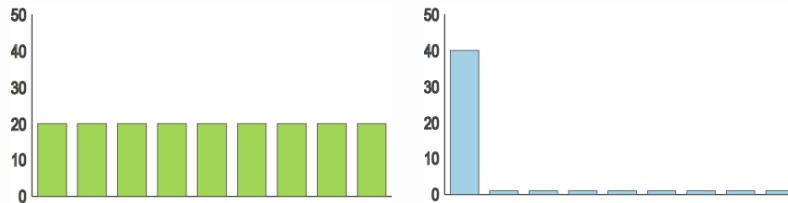
# Shannon-Wienerův index diverzity

Shannon & Weaver (1949), *The mathematical theory of communication*

$$H' = - \sum \left( \frac{n_i}{N} \right) \times \ln \left( \frac{n_i}{N} \right)$$

$n_i$  je abundance  $i$ -tého druhu

$N$  je počet jedinců všech druhů dohromady



**$N$**

- Odvozen z informační teorie
- Hodnota závisí na počtu druhů a na vyváženosti jejich abundancí
- Rozsah od 0 při absolutní dominanci jednoho druhu do  $\ln S$  (počet druhů) při absolutní vyrovnanosti
- Obvyklá hodnota je mezi 1,5 a 3,5
- Někdy je používán  $\log_{10}$  nebo  $\log_2$

# Příklad

- Spočítejte Shannonův index diverzity pro vesmírnou loď Nostromo

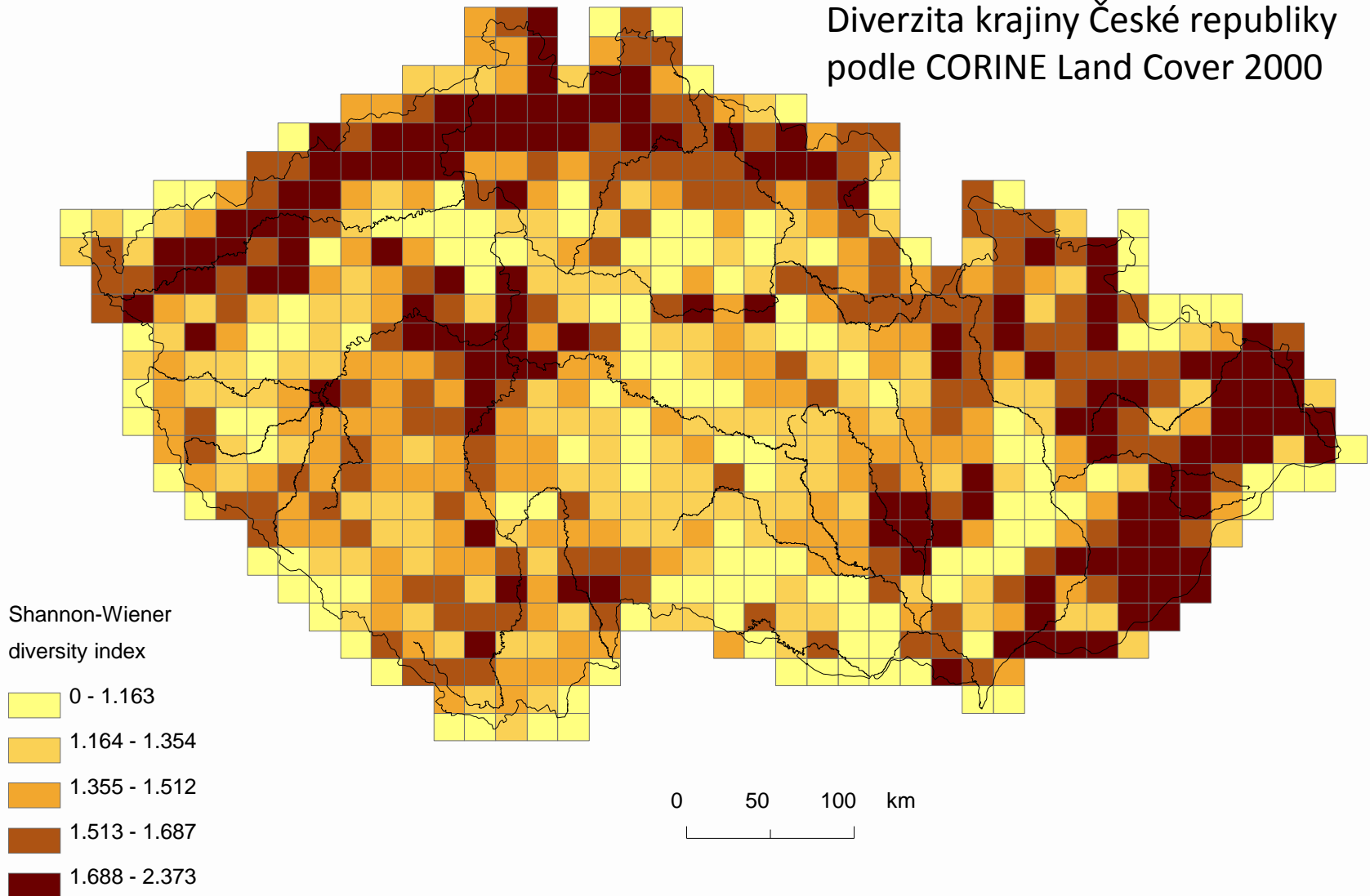
$$H' = - \sum \left( \frac{n_i}{N} \right) \times \ln \left( \frac{n_i}{N} \right)$$



Species	Abundance
Homo sapiens sapiens	5
Humanoid	1
Alien	1
Felis domesticus	1
Ratus ratus	20
$\Sigma$	28

# ...často se používá i v krajinné ekologii

Diverzita krajiny České republiky  
podle CORINE Land Cover 2000



# Rao's diversity coefficient

- Rao's diversity coefficient also called quadratic entropy

$$D_k = \sum_i \sum_j p_{ik} p_{jk} d_{ij}$$

$p_{ik}$  zastoupení i-tého druhu na k-té lokalitě

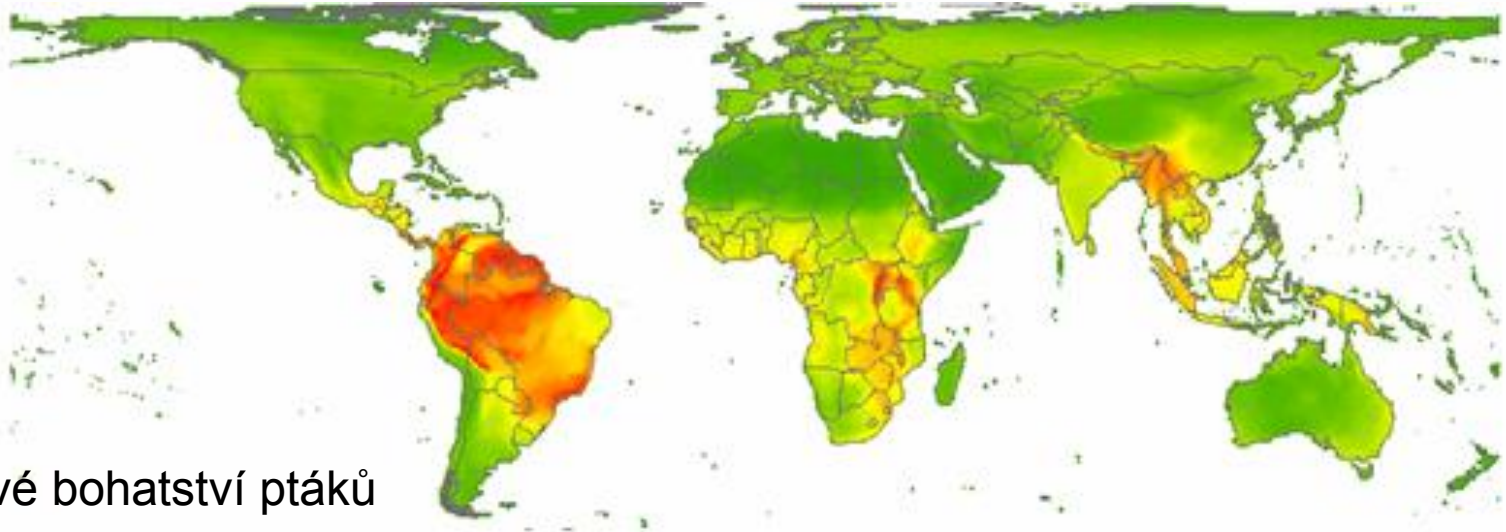
$p_{jk}$  zastoupení j-tého druhu na k-té lokalitě

$d_{ij}$  taxonomická vzdálenost i-tého a j-tého druhu

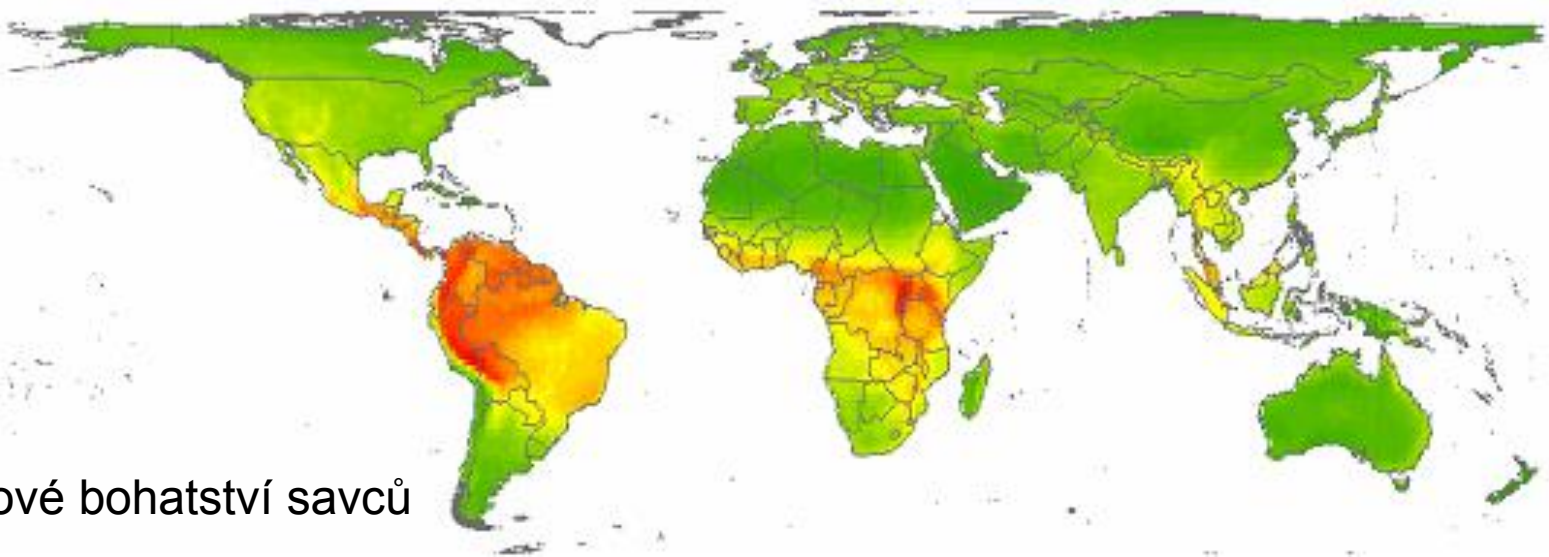


# LATITUDINÁLNÍ GRADIENT DIVERZITY (LDG)

# Latitudinální gradient diverzity: nejnápadnější globální jev

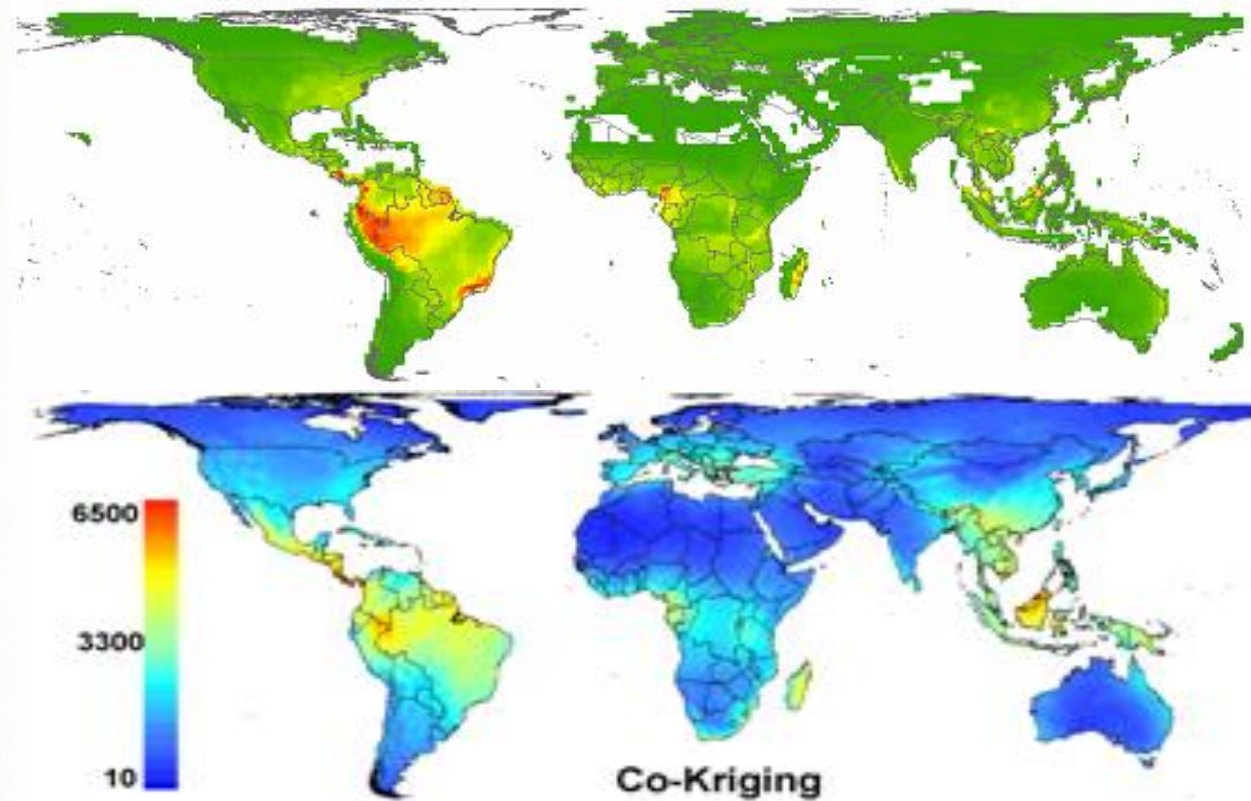


druhové bohatství ptáků



druhové bohatství savců

LAT

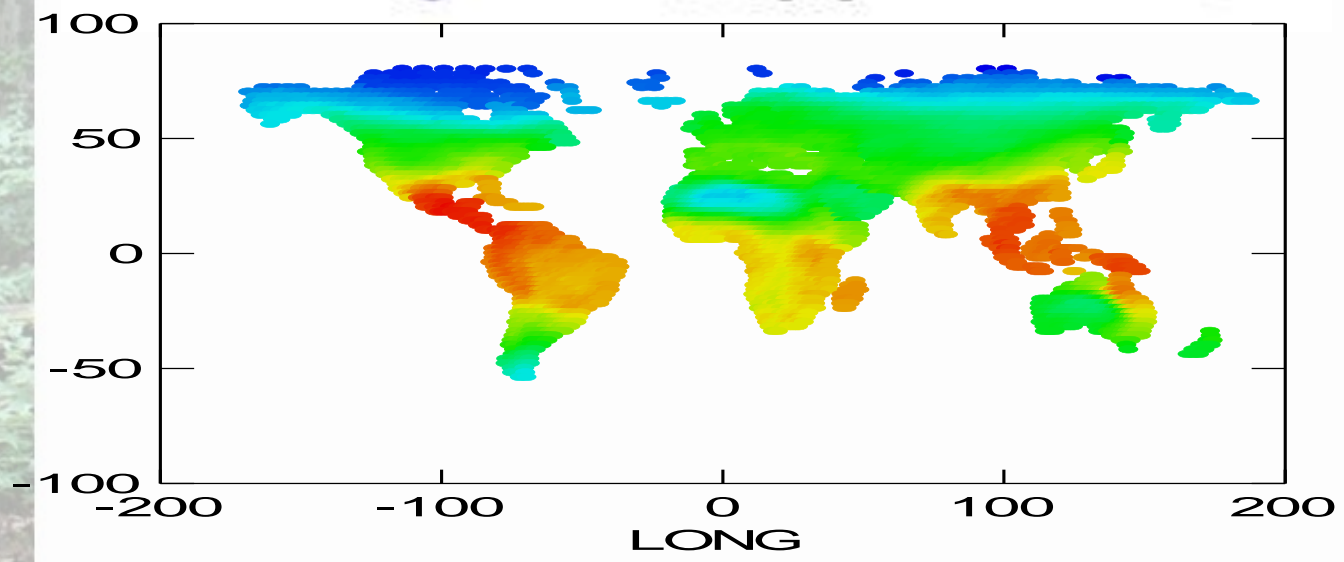


oboživelníci

cévnaté rostliny

Kreft & Jetz 2007,  
*Proceedings of the  
Natl. Acad. Sci.*  
USA 104: 5925–5930

Co-Kriging



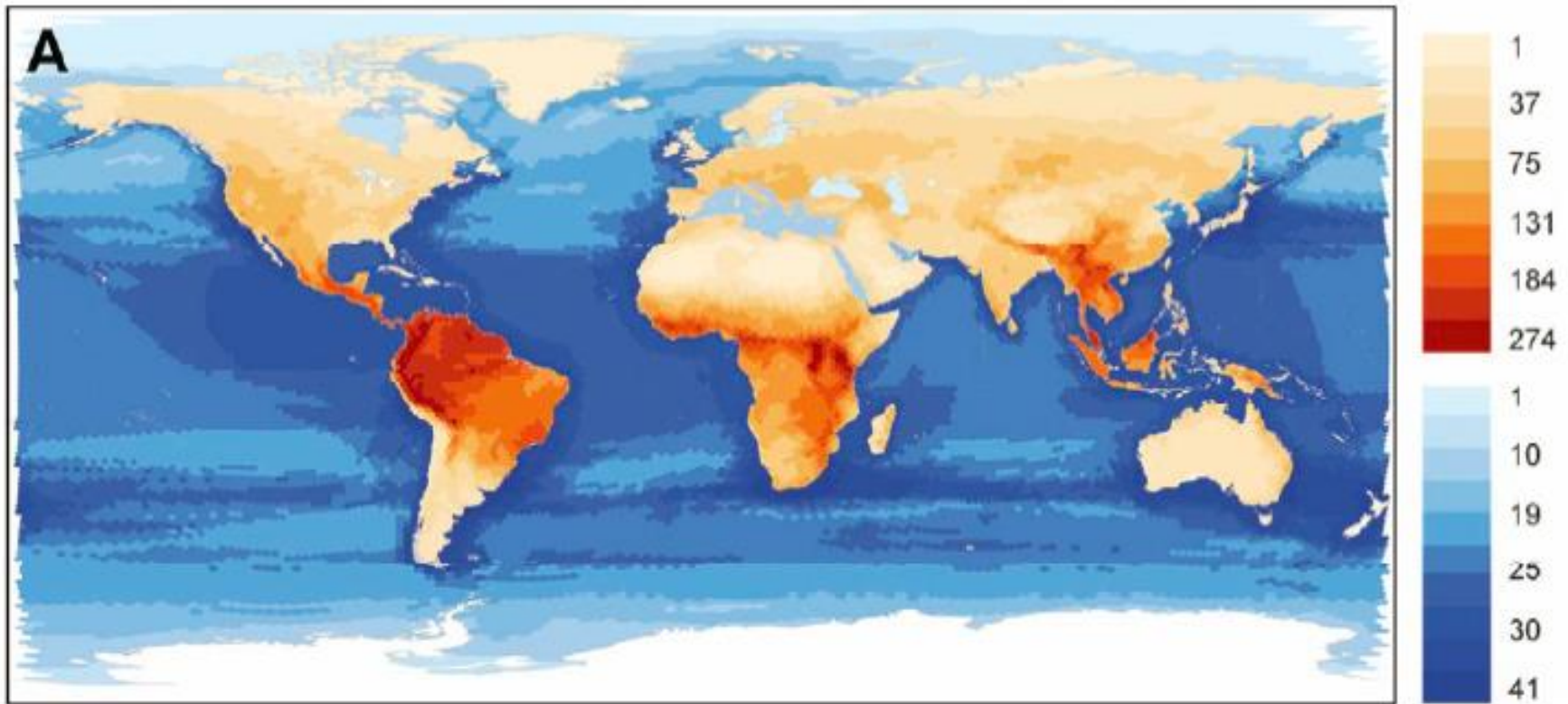
FAMILIE  
2000  
1500  
1000  
500  
0

Jan Divíšek

Vybrané kapitoly z biogeografie



## Počet druhů terestrických a mořských savců



Schipper et al. 2008, *Science* 322: 225-230

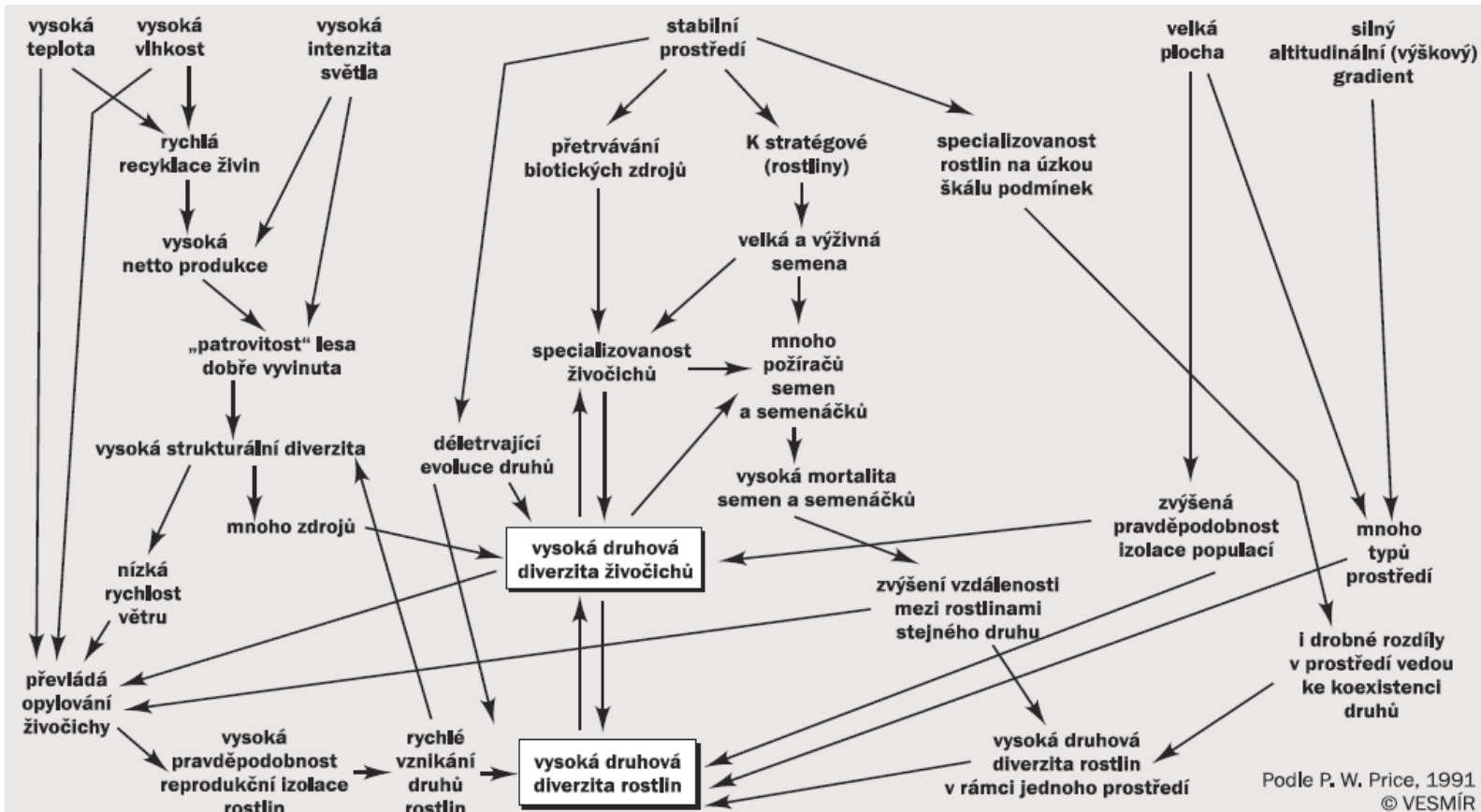
Platí i pro lidi!!!



Existují jen malé, o to však zajímavější výjimky (mšice, lumci, vodní makrofyta)

# Pokusy o vysvětlení

- Zpočátku zaměřené na koexistenci druhů ve společenstvech
- Soustředěné na vysvětlení diverzity tropického pralesa
- Často zacyklené



# Hypotézy

**TABLE 1** Hypotheses proposed to account for the latitudinal gradient of diversity\*

† <b>Abiotic-biotic</b> <sup>1</sup>	§ <b>Geographic area</b> <sup>RI</sup>	§ <b>Rapoport rescue</b> <sup>4</sup>
§ <b>Ambient energy</b> <sup>R</sup>	§ <b>Geometric constraints</b> <sup>3</sup>	Rapoport's rule <sup>RI</sup>
Environmental predictability <sup>RI</sup>	Interspecific interactions <sup>B</sup>	† <b>Scale hierarchy</b> <sup>5</sup>
Environmental stability <sup>P, RI</sup>	Competition <sup>P, RC</sup>	<b>Spatial heterogeneity</b> <sup>P, B</sup>
Harshness <sup>B, RC</sup>	‡ Host diversity <sup>RC</sup>	Biotic spatial heterogeneity <sup>RC</sup>
Seasonality <sup>RI</sup>	Mutualism <sup>RC</sup>	Epiphyte load <sup>RC</sup>
† <b>Energetic-equivalents</b> <sup>2</sup>	Niche width <sup>B, RC</sup>	Number of habitats <sup>RI</sup>
<b>Evolutionary rates</b>	Predation <sup>P, RC</sup>	Patchiness <sup>RC</sup>
Extinction rate <sup>B</sup>	<b>Population dynamics</b>	Physical heterogeneity <sup>RI</sup>
Origination rate <sup>B</sup>	Epidemics <sup>RC</sup>	‡ Solar angle <sup>RI</sup>
§ <b>Evolutionary speed</b> <sup>R</sup>	Population growth rate <sup>RC</sup>	<b>Time</b> <sup>P, B</sup>
Temperature-dependent	Population size <sup>RC</sup>	Abiotic rarefaction <sup>RI</sup>
chemical reactions <sup>R</sup>	§ <b>Productivity</b> <sup>P, B, RI</sup>	Ecological time <sup>R</sup>
	‡ Aridity <sup>RI</sup>	Evolutionary time <sup>R</sup>

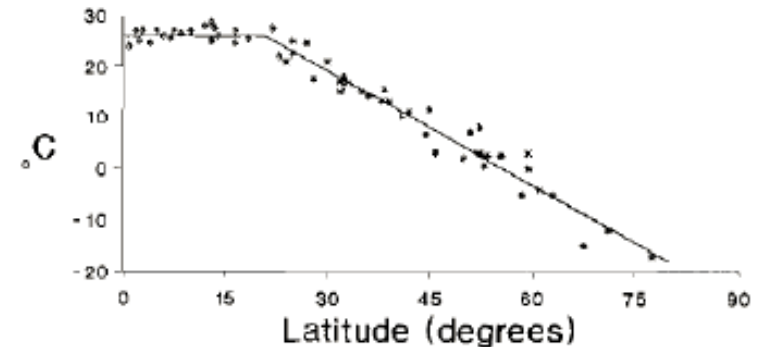
# Species-area relationship

**Tropy zabírají větší plochu:**

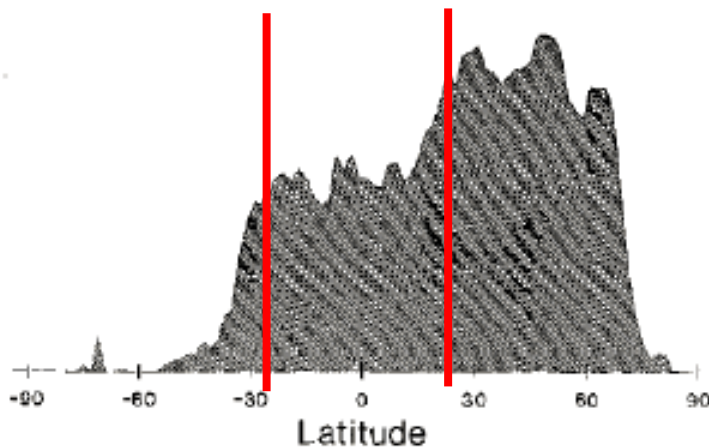
Větší plocha zvyšuje pravděpodobnost:

- Rozdělení populací a následné alopatrické speciace
- Oddělení menších populací na okraji areálů a následné peripatrické speciace

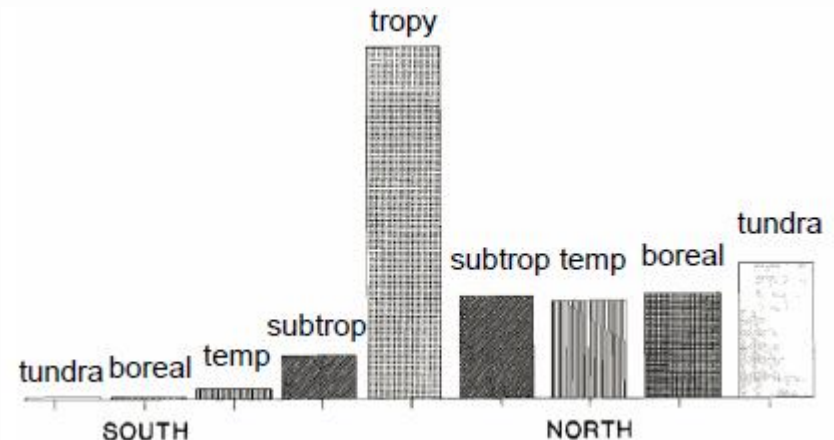
Průměrná roční teplota



Relativní plocha souše



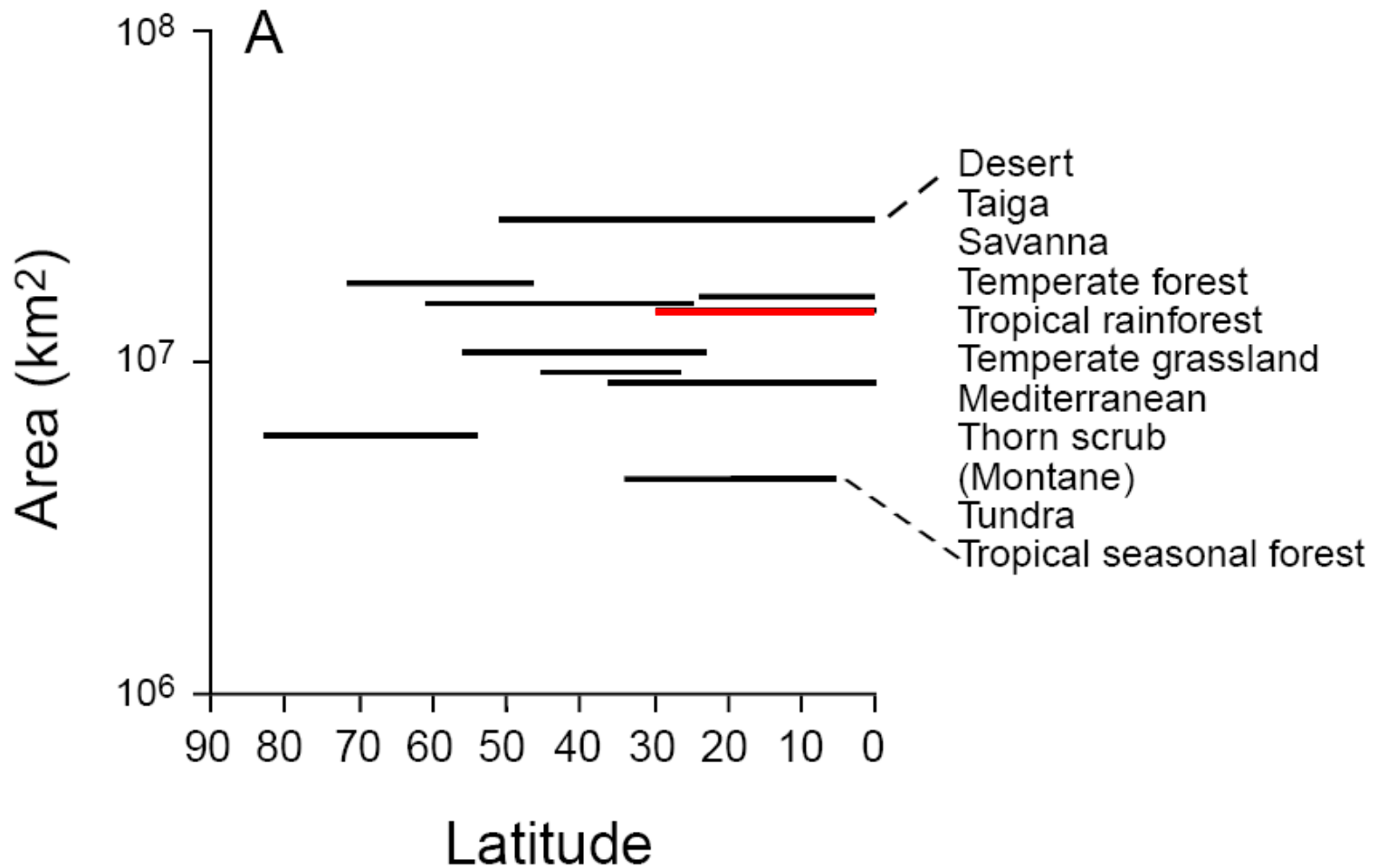
Relativní plocha terestrických biotů



Rosenzweig 1992, *Journal of Mammalogy* 73: 715-730

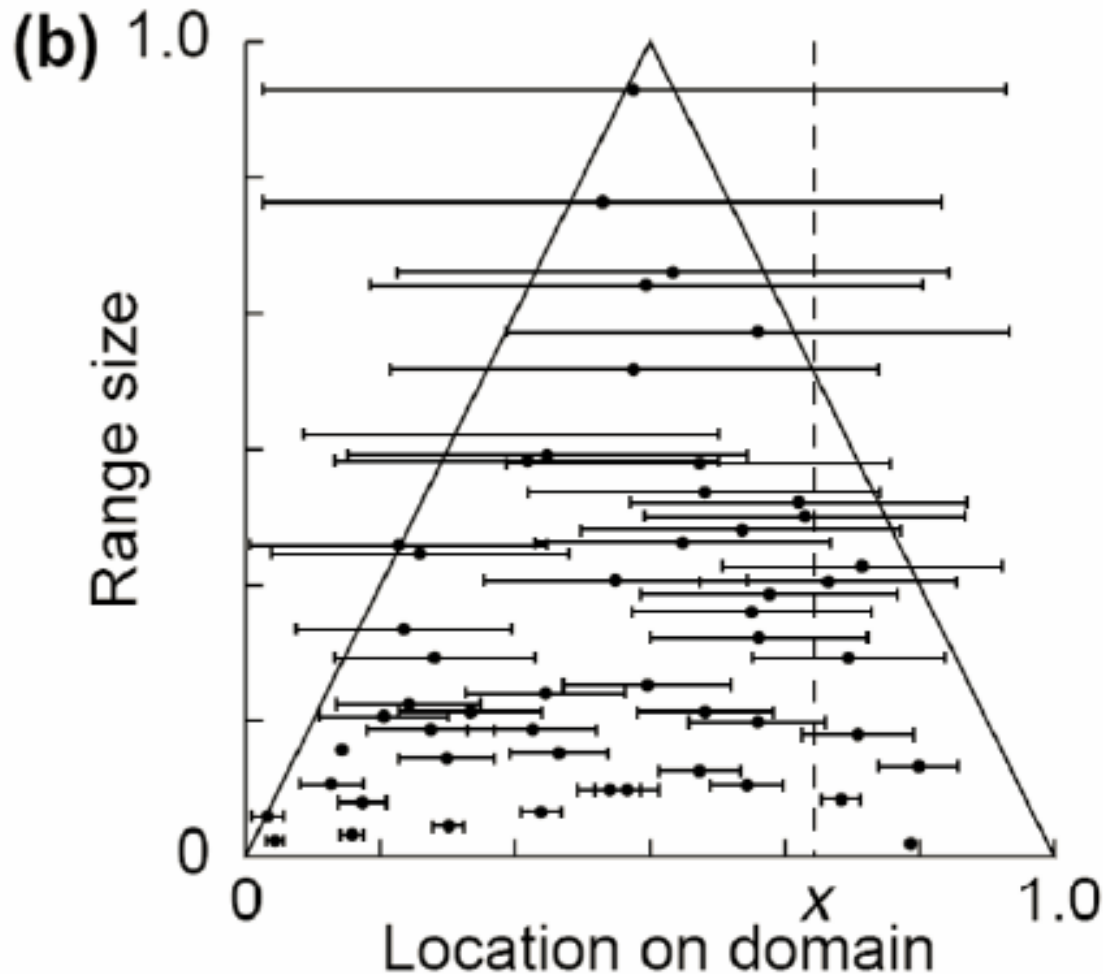
# ...ale

## Skutečná plocha terestrických biomů



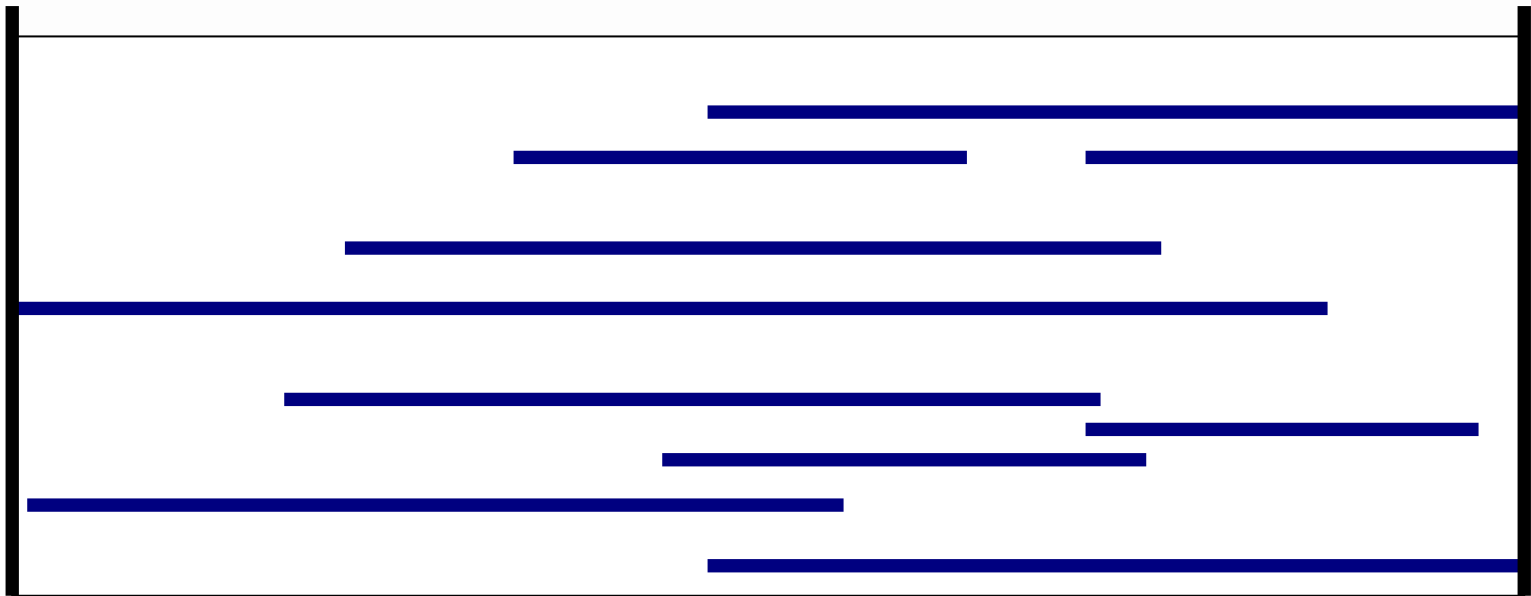
# Mid-domain effect (MDE)

Efekt středu domény



Colwell & Lees 2000, *Trends in Ecology and Evolution* 15: 70–76

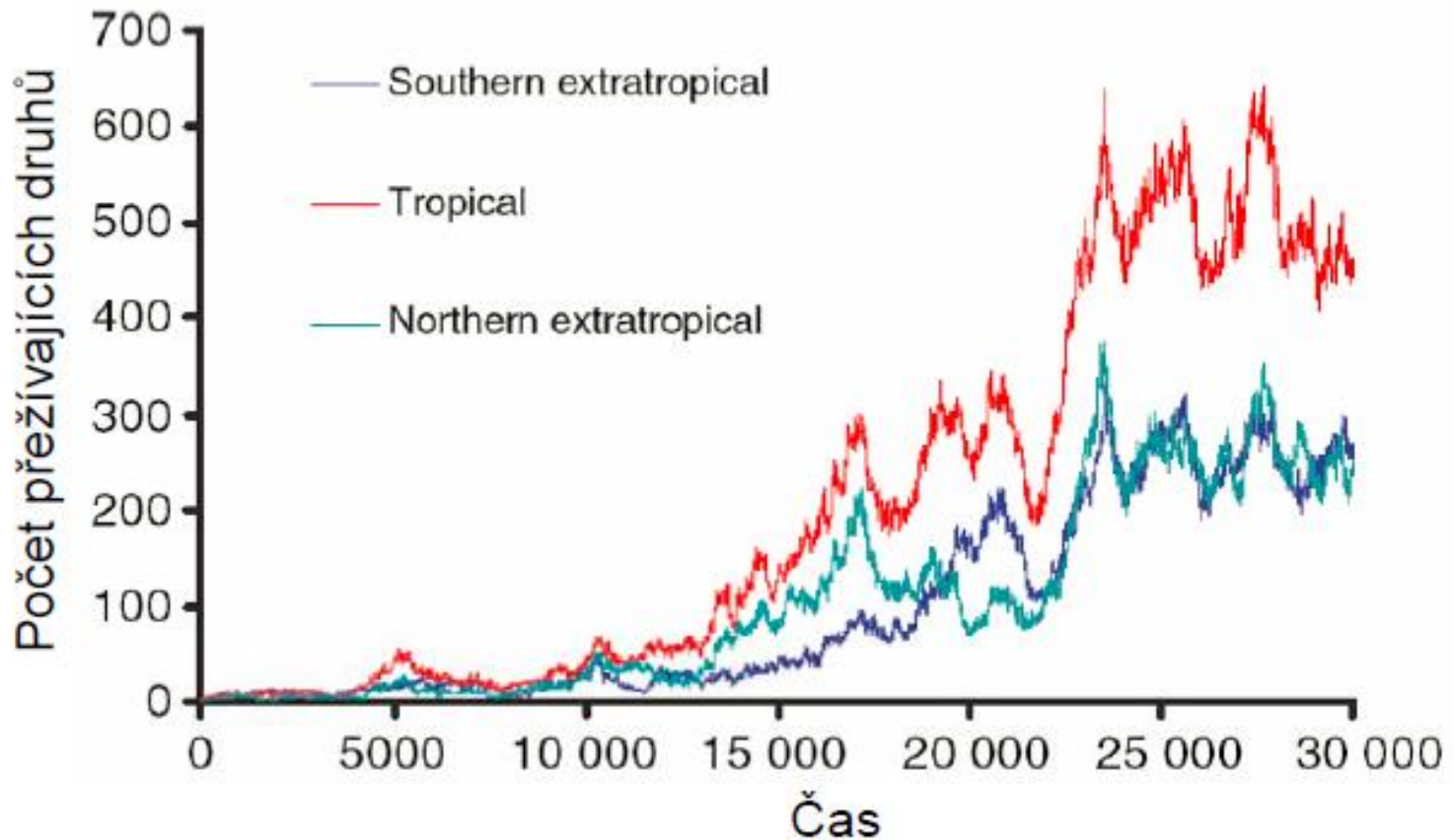
# Mid-domain effect (MDE)





# Mid-domain effect simulační model

Simulační model evoluce jedné vývojové linie  
(tři stejně velké oblasti, stejná rychlost evoluce)

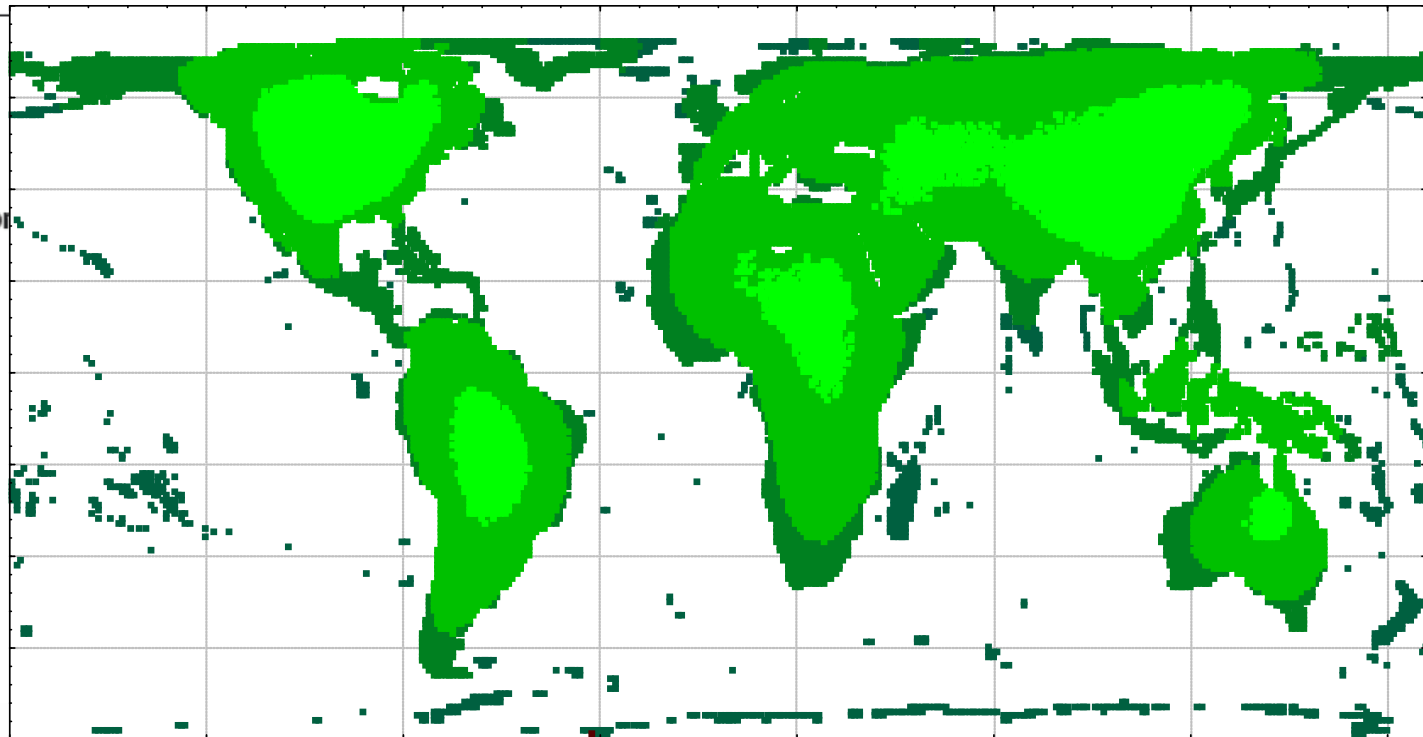


Arita & Vázquez-Domínguez 2008, *Ecology Letters* 11: 653–663

## LETTER

### Energy, range dynamics and global species richness patterns: reconciling mid-domain effects and environmental determinants of avian diversity

David Storch,<sup>1,2\*</sup> Richard G. Davies,<sup>3</sup> Samuel Zajíček,<sup>1</sup> C. David L. Orme,<sup>4</sup> Valerie Olson,<sup>5</sup> Gavin H. Thomas,<sup>6</sup> Tzung-Su Ding,<sup>7</sup> Pamela C. Rasmussen,<sup>8</sup> Robert S. Ridgely,<sup>9</sup> Peter M. Bennett,<sup>5</sup> Tim M. Blackburn,<sup>6</sup> Ian P. F. Owens<sup>4,10</sup> and Kevin J. Gaston<sup>3</sup>

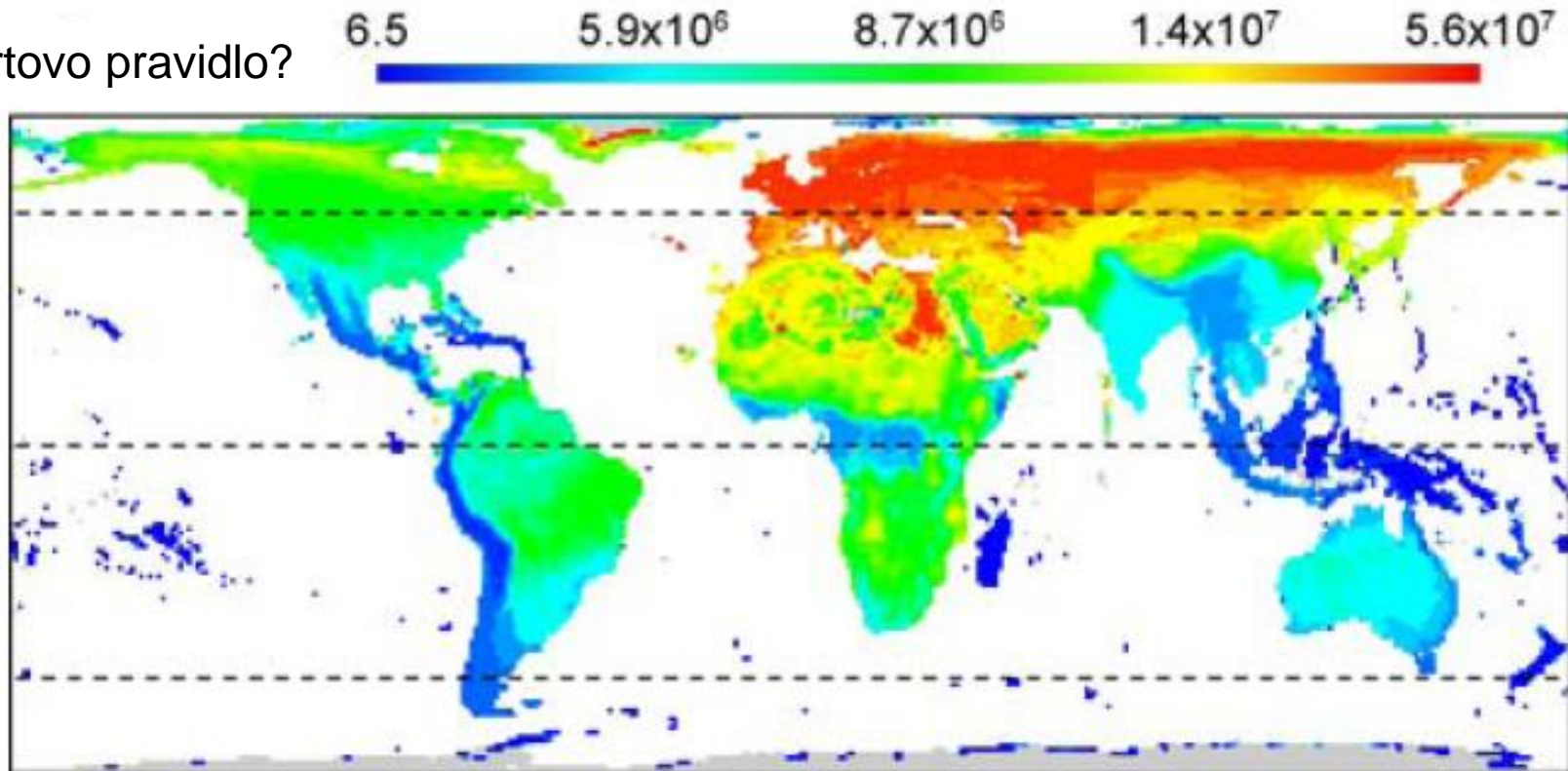


# Klimatická stabilita

## V řádu statisíců let

**Wallace 1878:** Tropy jsou dlouhodobě stabilní, zatímco vyšší zeměpisné šířky byly postiženy vymíráním v dobách ledových

Rapoportovo pravidlo?



# Klimatická stabilita

## Sezónní a meziroční

velikost snůšky u ptáků

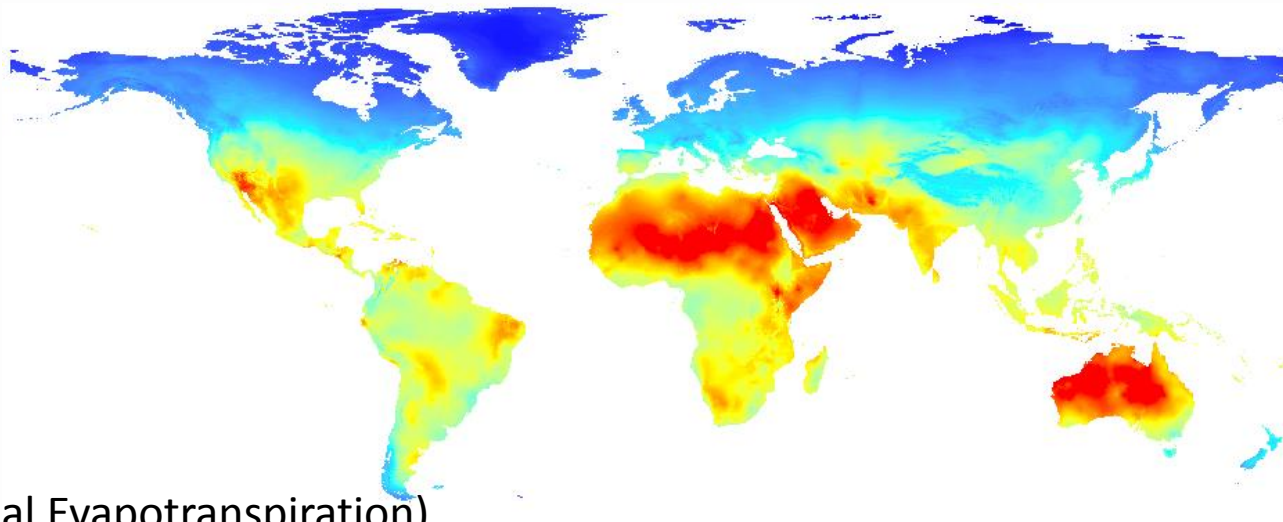


A

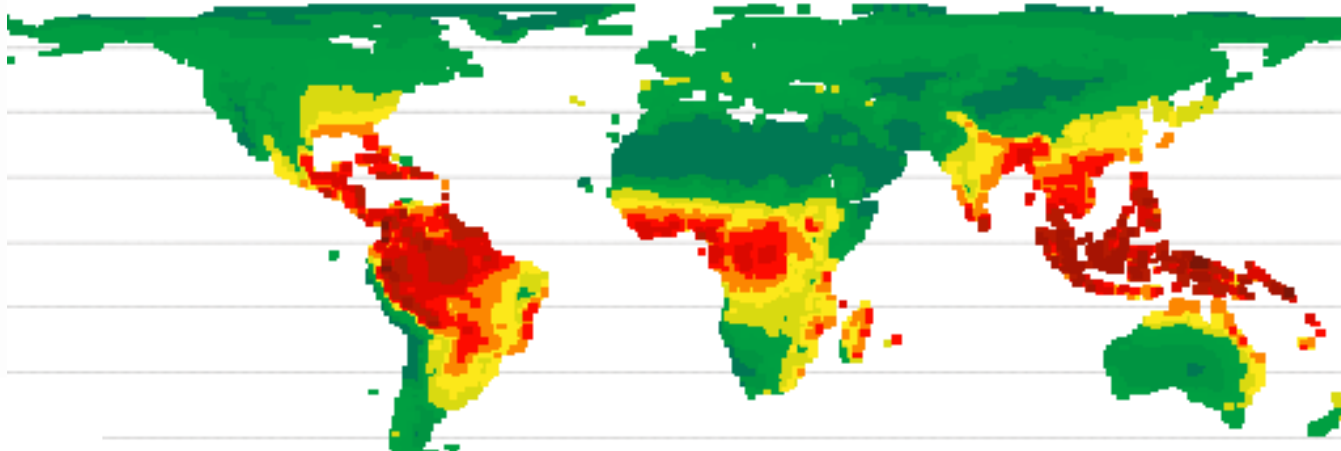
# Species-energy hypothesis

Vyšší produktivita (dostupnost energie) → vyšší počet druhů

PET (Potential Evapotranspiration)

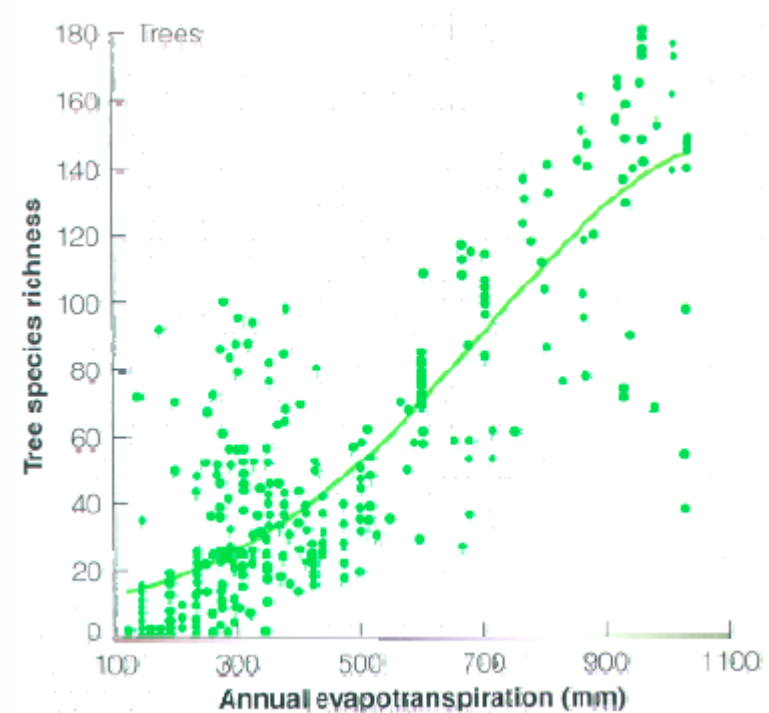
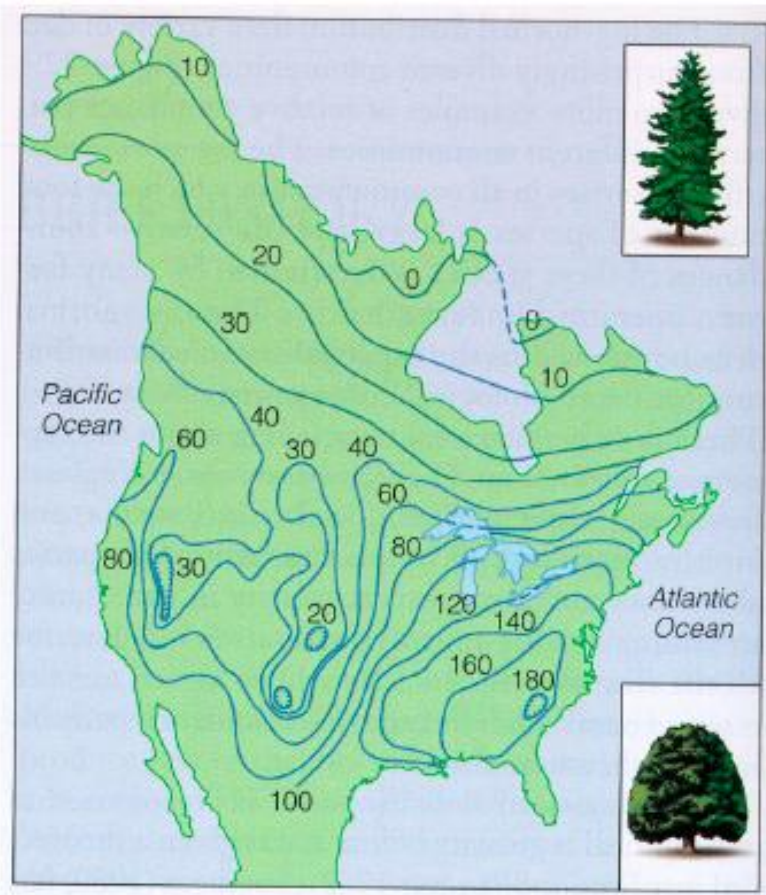


AET (Actual Evapotranspiration)



# Species-energy hypothesis

## Počet druhů stromů v Severní Americe



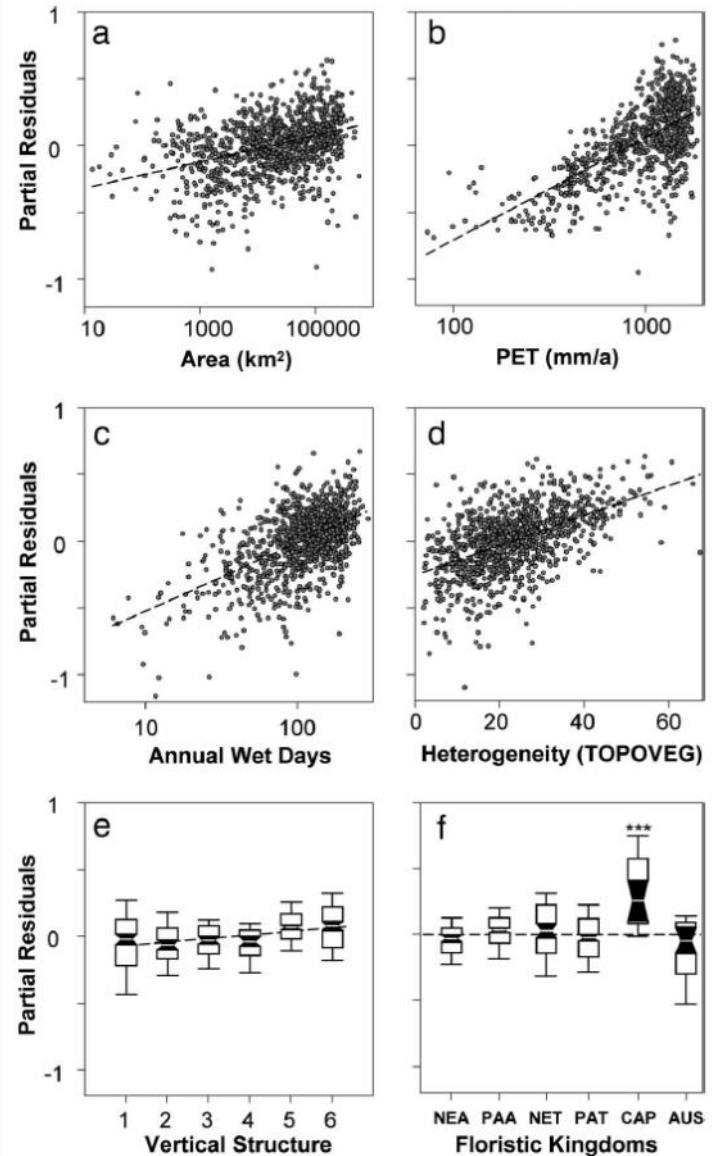
Currie & Paquin 1987 in Krebs 2001: 438

# Species-energy hypothesis

## Model globální diverzity cévnatých rostlin

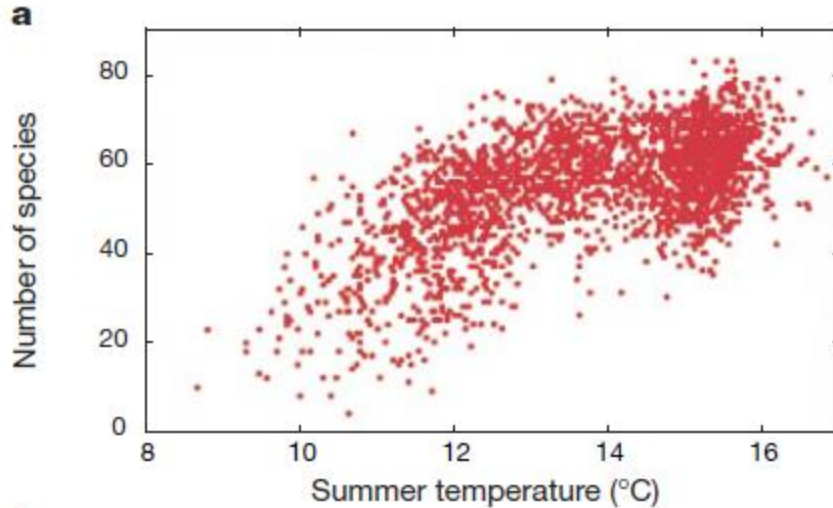
Combined model	GLM	
	Coefficient	<i>t</i>
AREA	0.096	9.4
PET	<b>0.759</b>	<b>18.2</b>
WETDAYS	0.507	14.9
TOPOVEG	0.011	14.9
STRUCT	0.030	5.9
KINGDOM		—
NEA	-0.154	-2.2
AUS	-0.061	-3.9
CAP	0.285	6.1
PAT	-0.051	-2.3
PAA	-0.006	-0.2
Deviance, %	65.9	
AIC	-353.5	
Moran's I	0.17***	

Kreft & Jetz 2007, *Proceedings of the Natl. Acad. Sci. USA* 104: 5925–5930



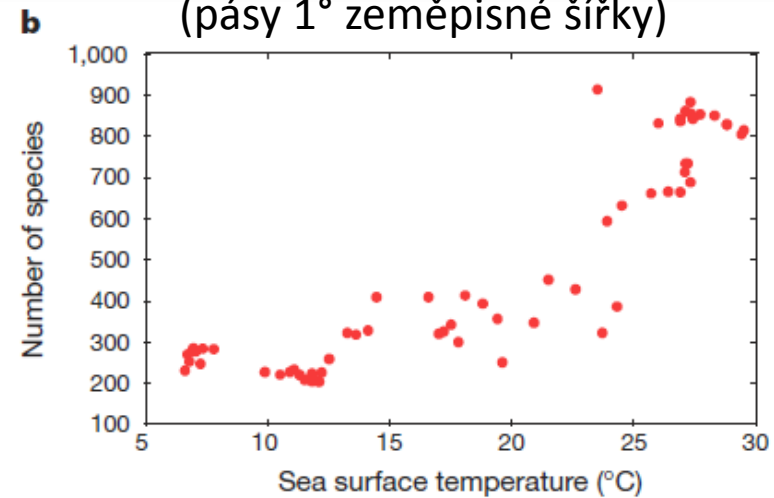
# Species-energy hypothesis

Hnízdní ptáci v Británii  
(čtverce 10 x 10 km)

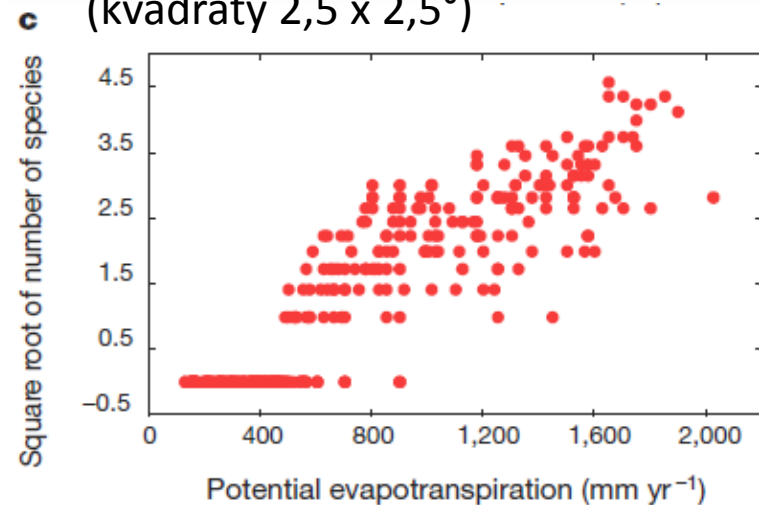


Gaston 2000, *Nature* 405: 220-227

Mořští plži v Tichém oceánu  
(pásky 1° zeměpisné šířky)



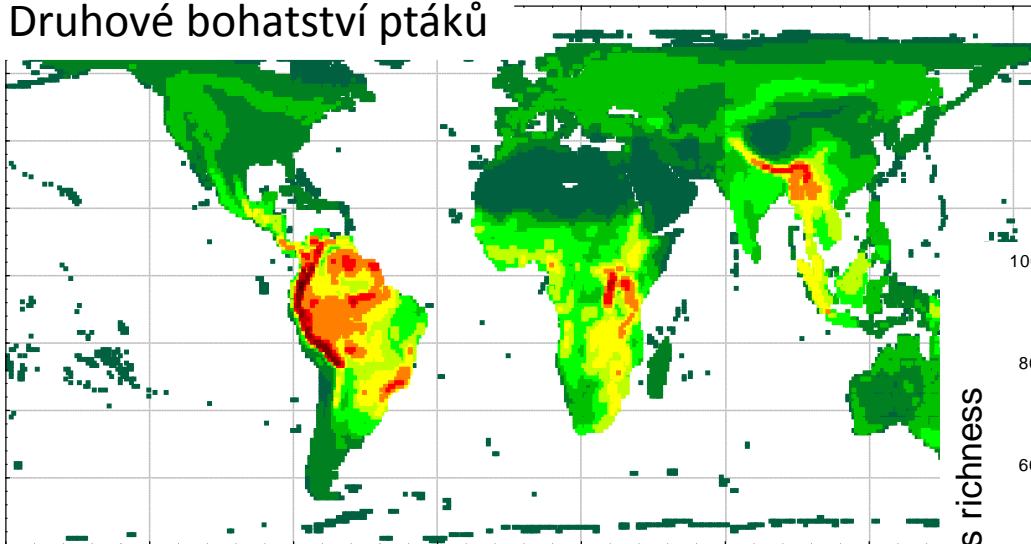
Brouci Meloidae v Severní Americe  
(kvadráty 2,5 x 2,5°)



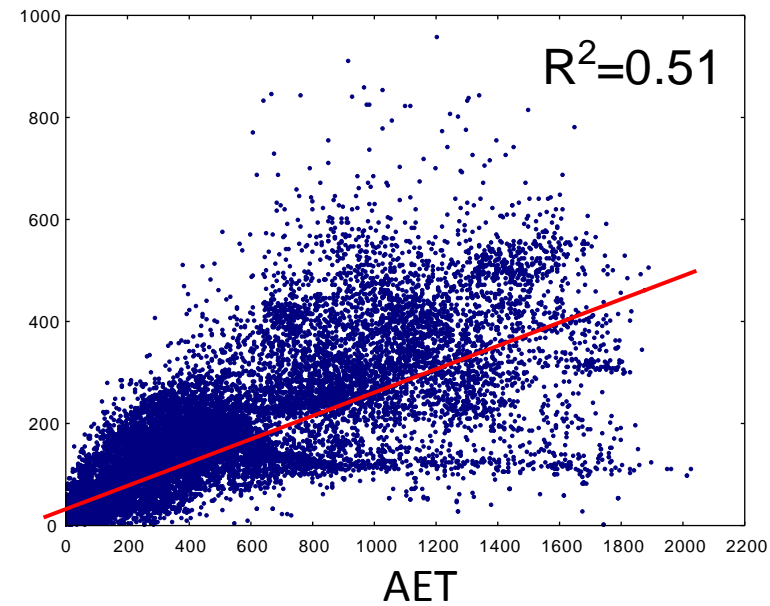
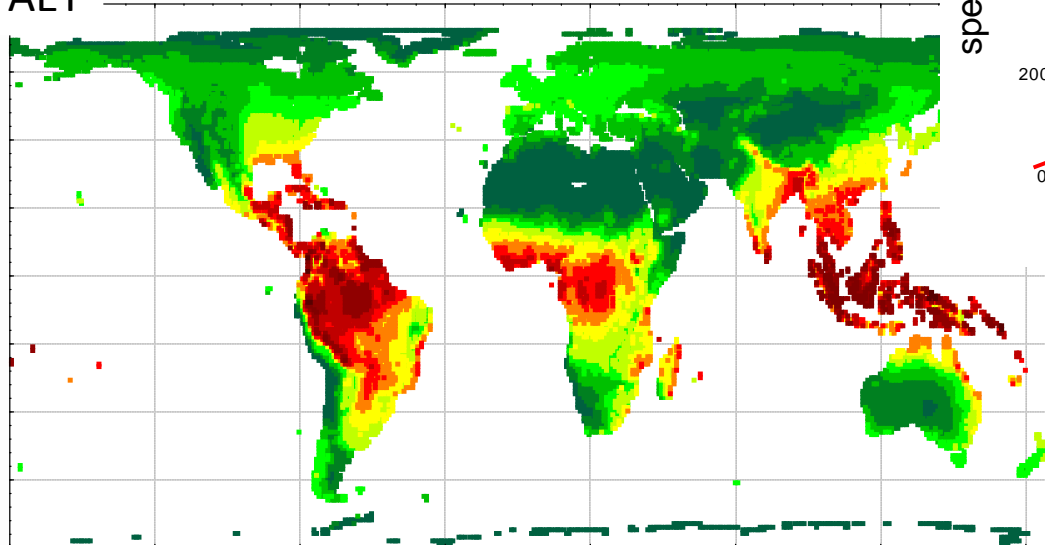


# Species-energy hypothesis

Druhové bohatství ptáků



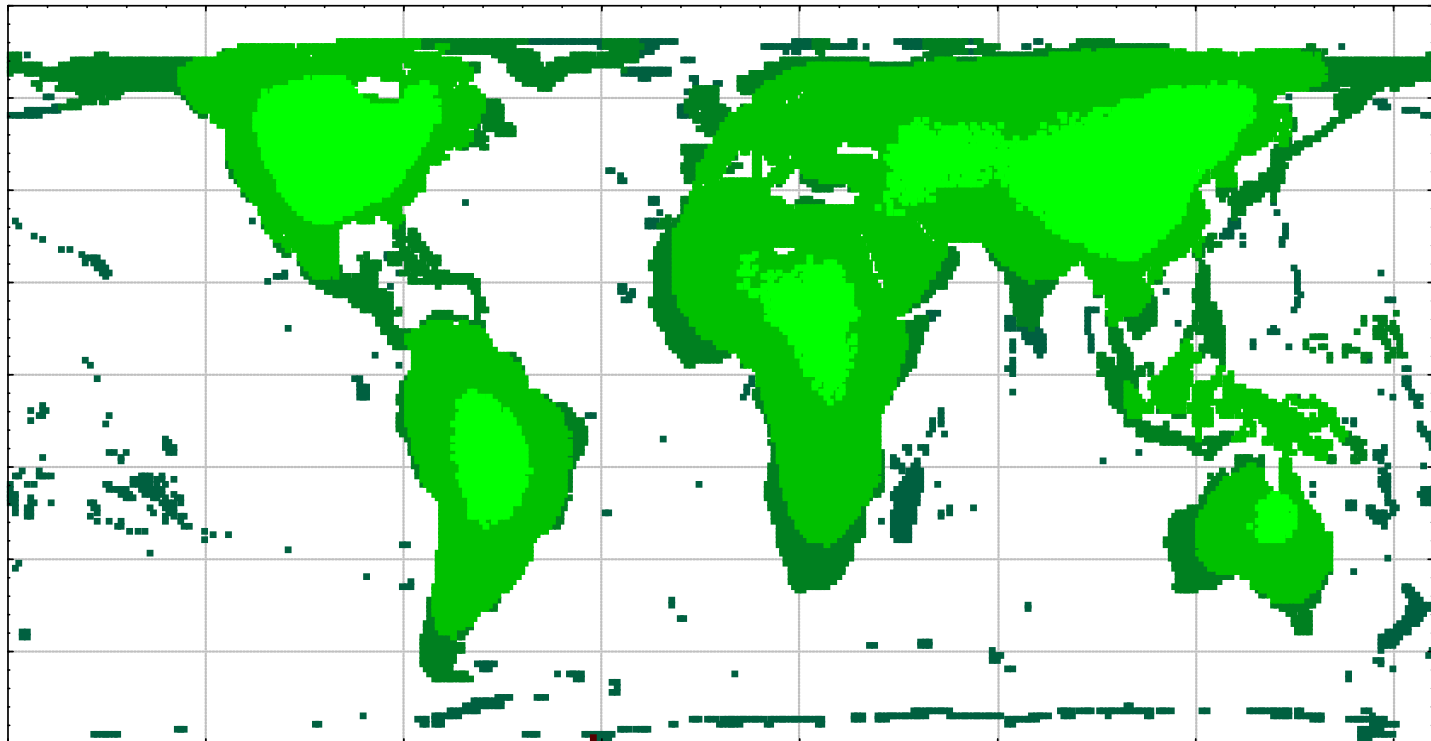
AET



Storch et al. 2006,  
Ecology Letters 9: 1308-1320

# Species-energy hypothesis + Mid-domain effect

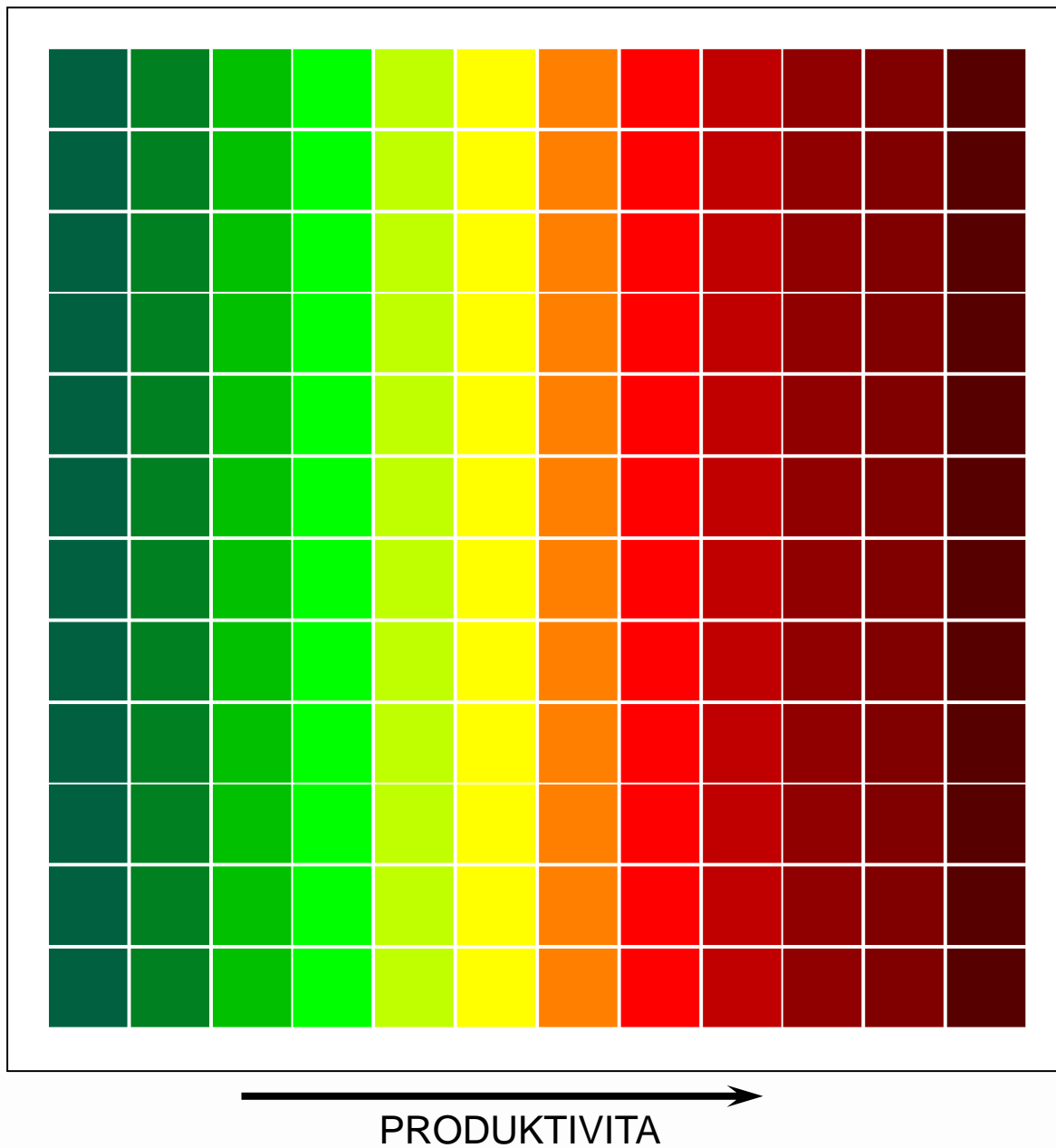
Mid-domain efekt pro celou pevninu „nesedí“, AET je dobrý korelát diverzity  
→ Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)



Storch et al. 2006, Ecology Letters 9: 1308-1320

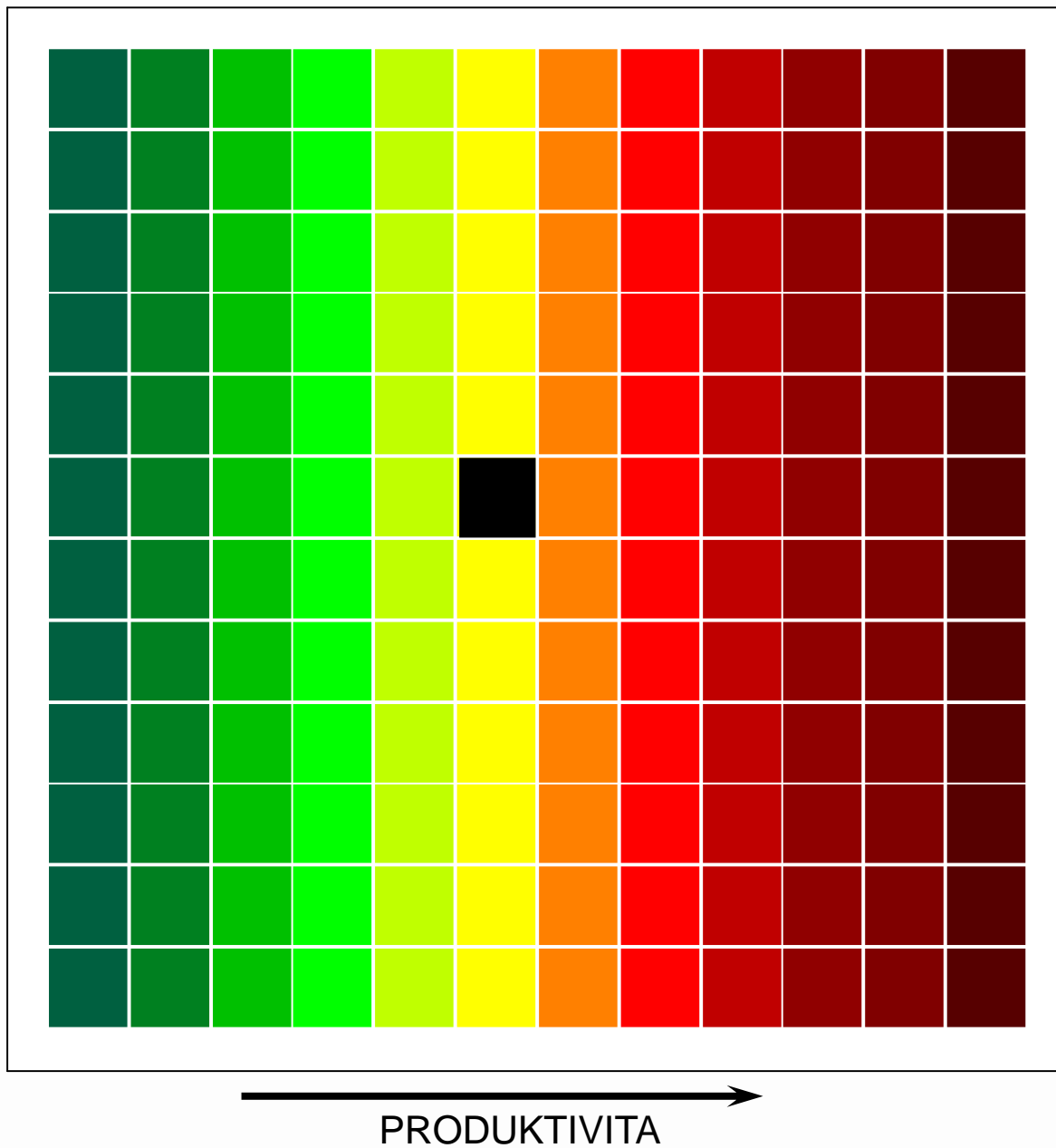
# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012



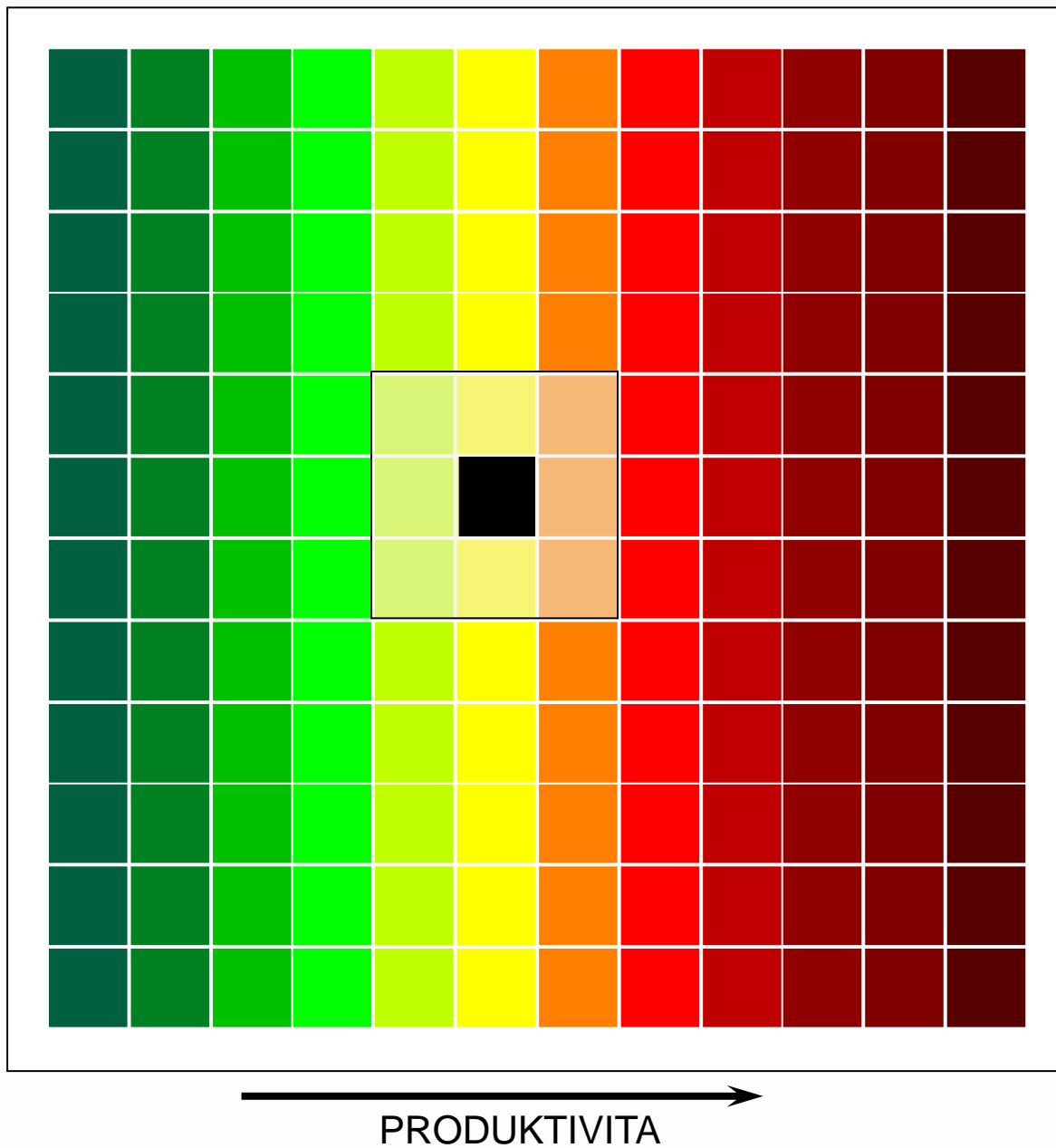
# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012



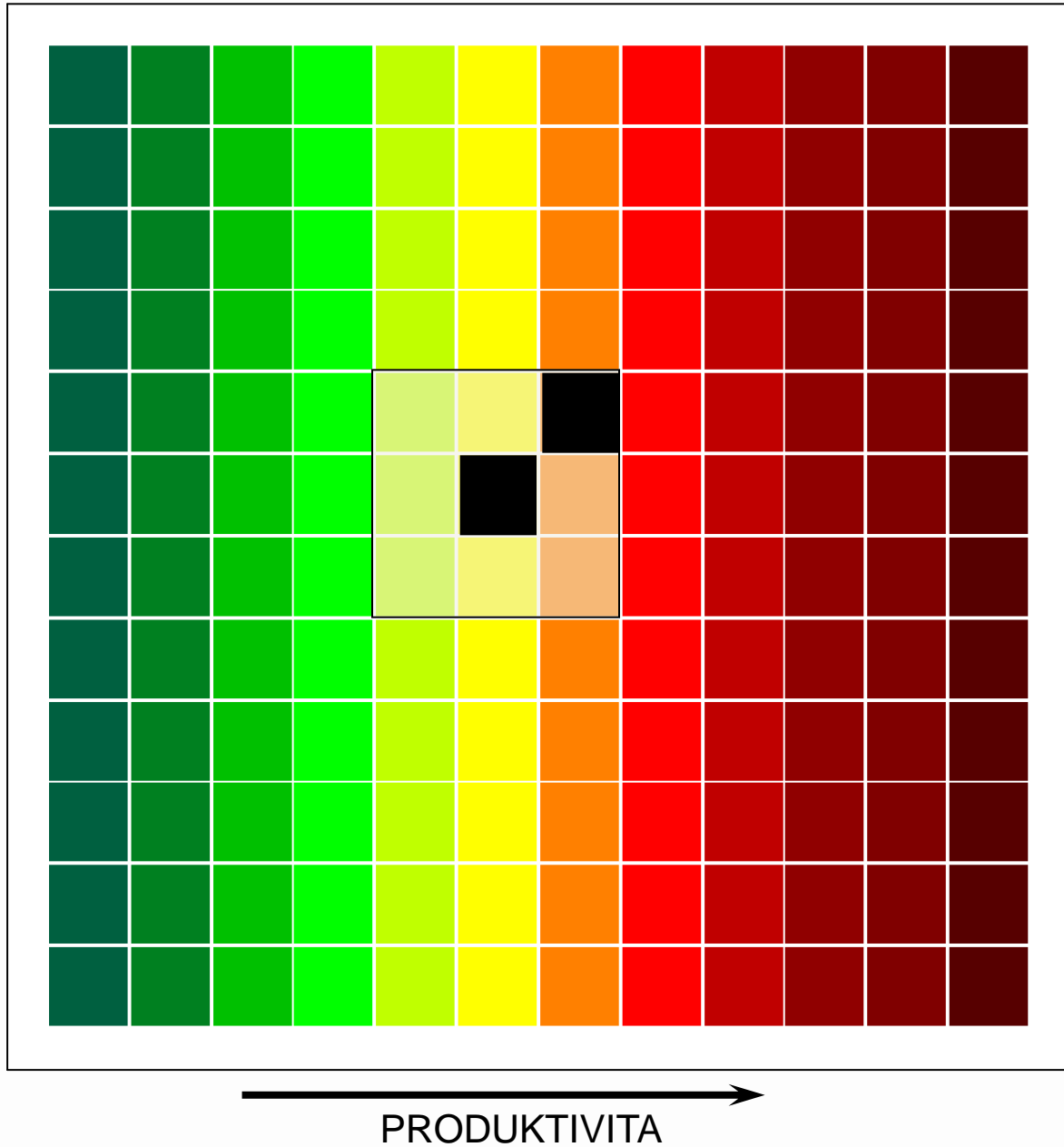
# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012



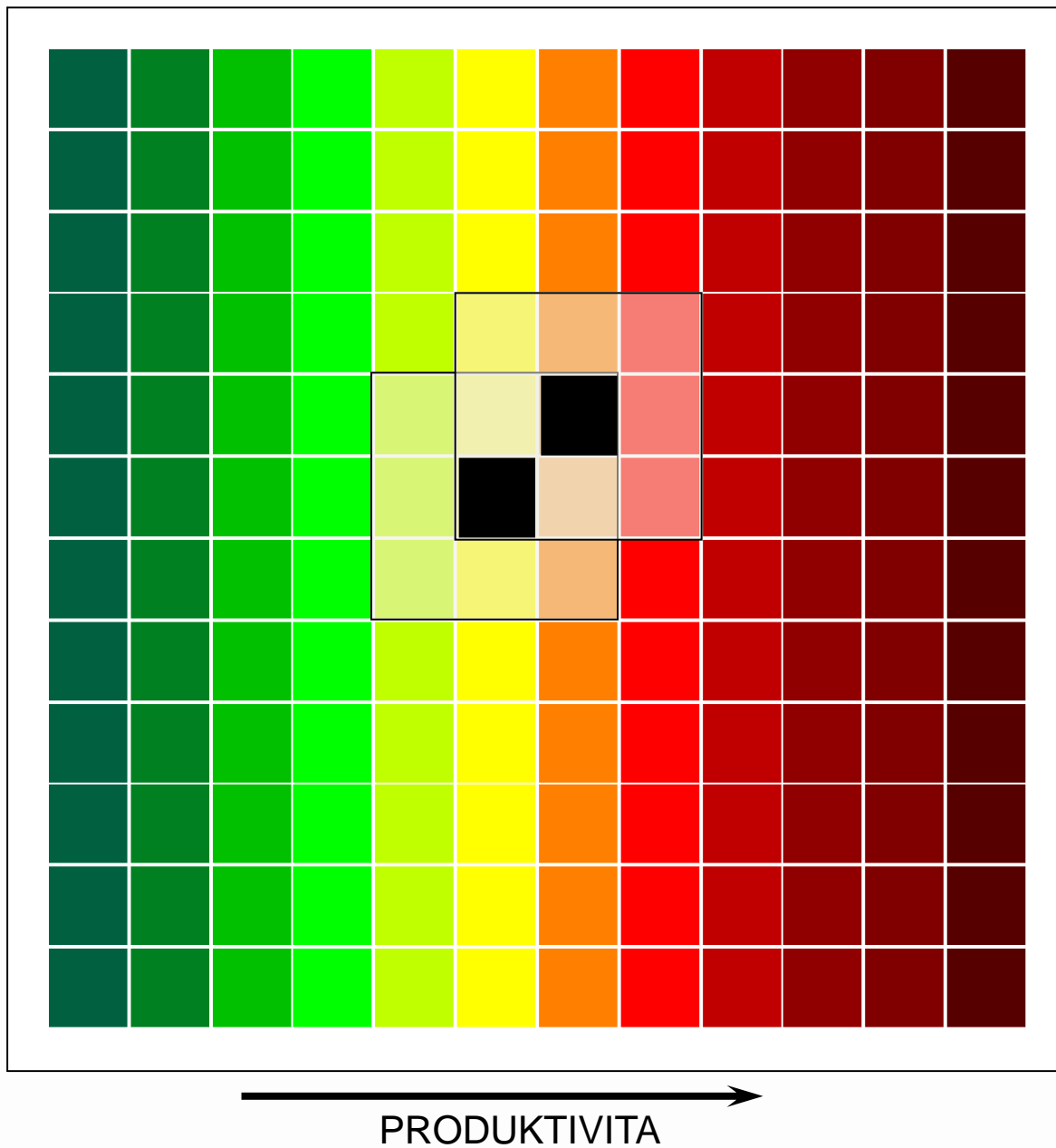
# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012



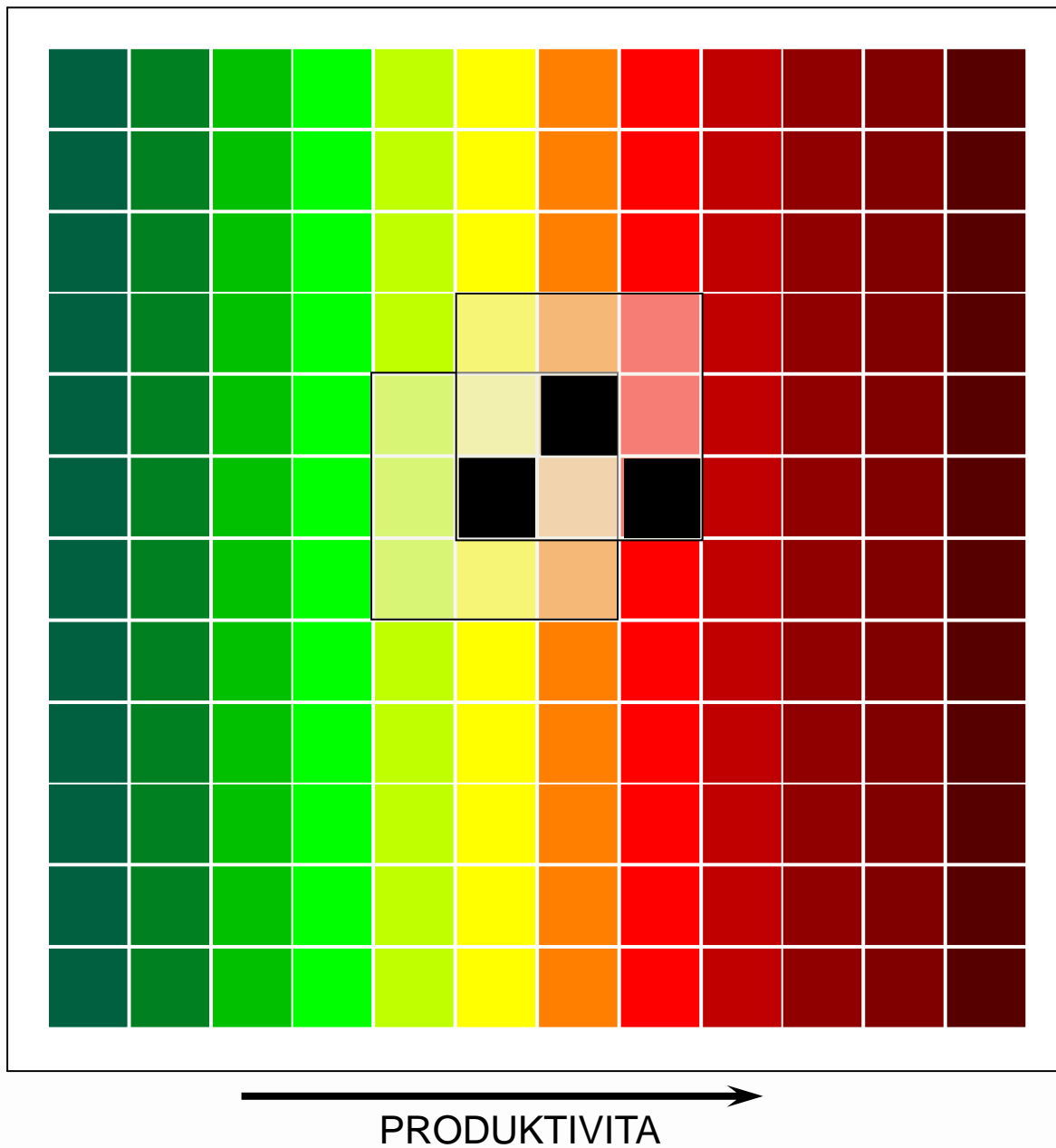
# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012



# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

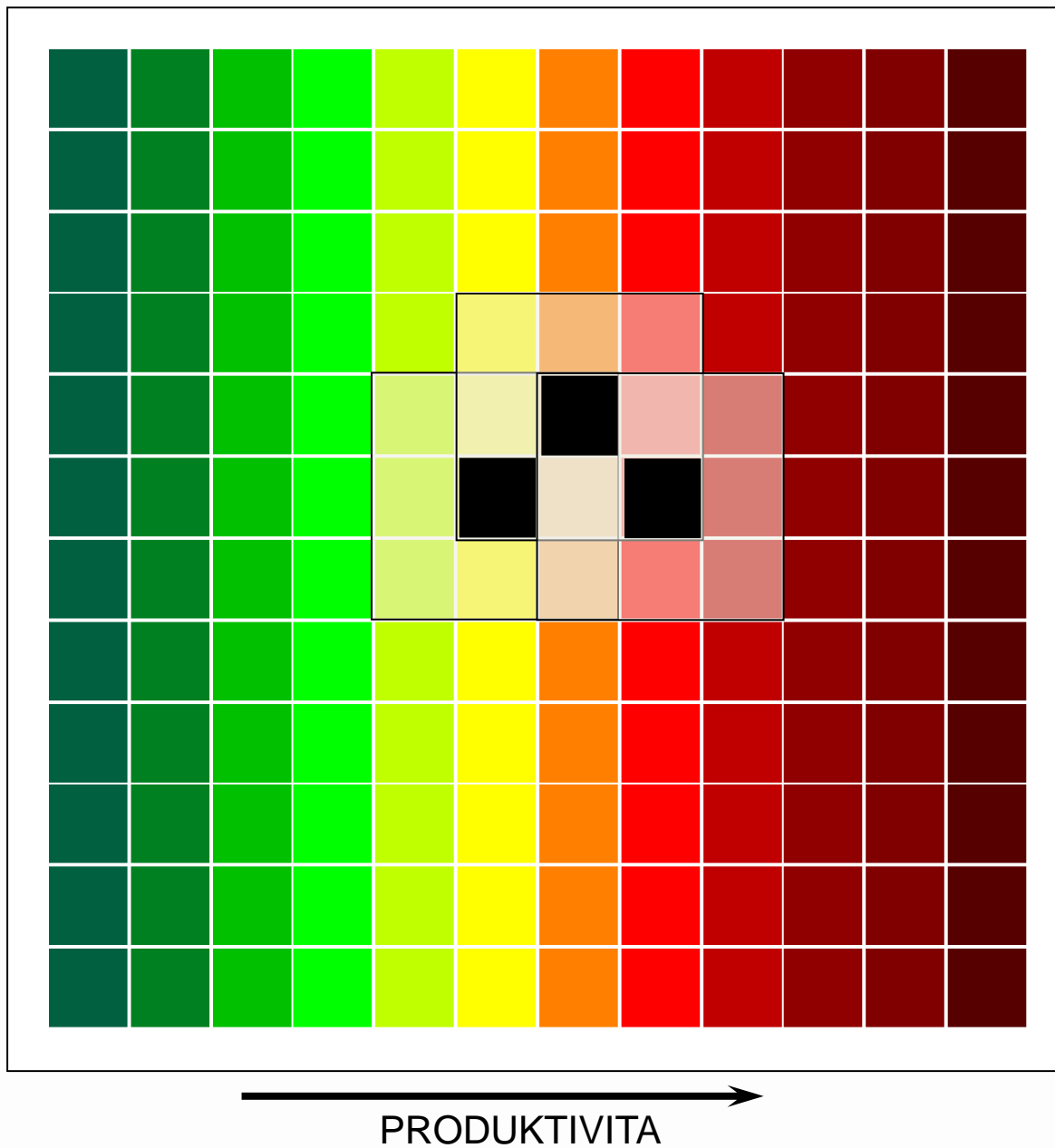
D. Storch: Makroekologie 2012





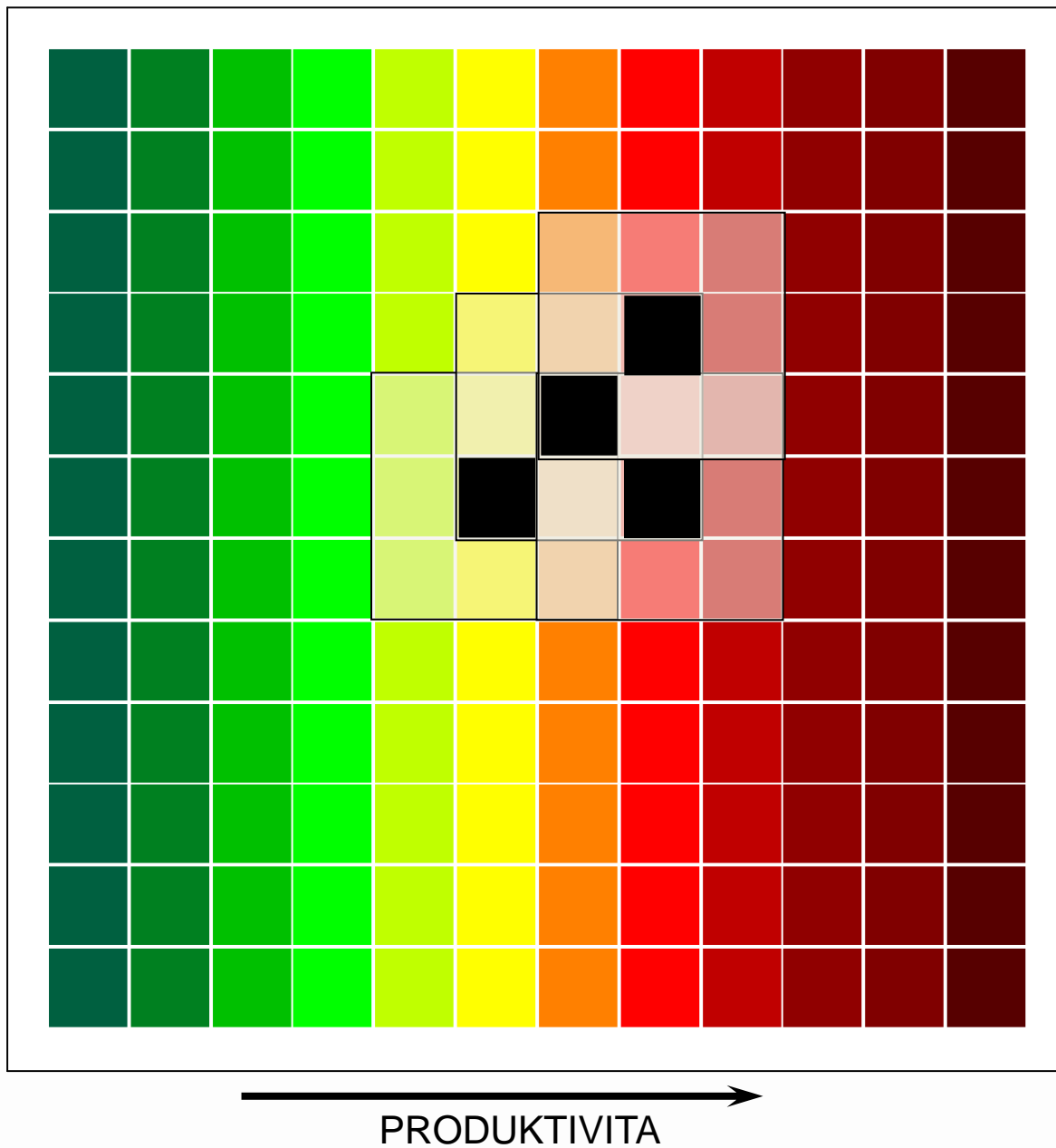
# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012



# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012

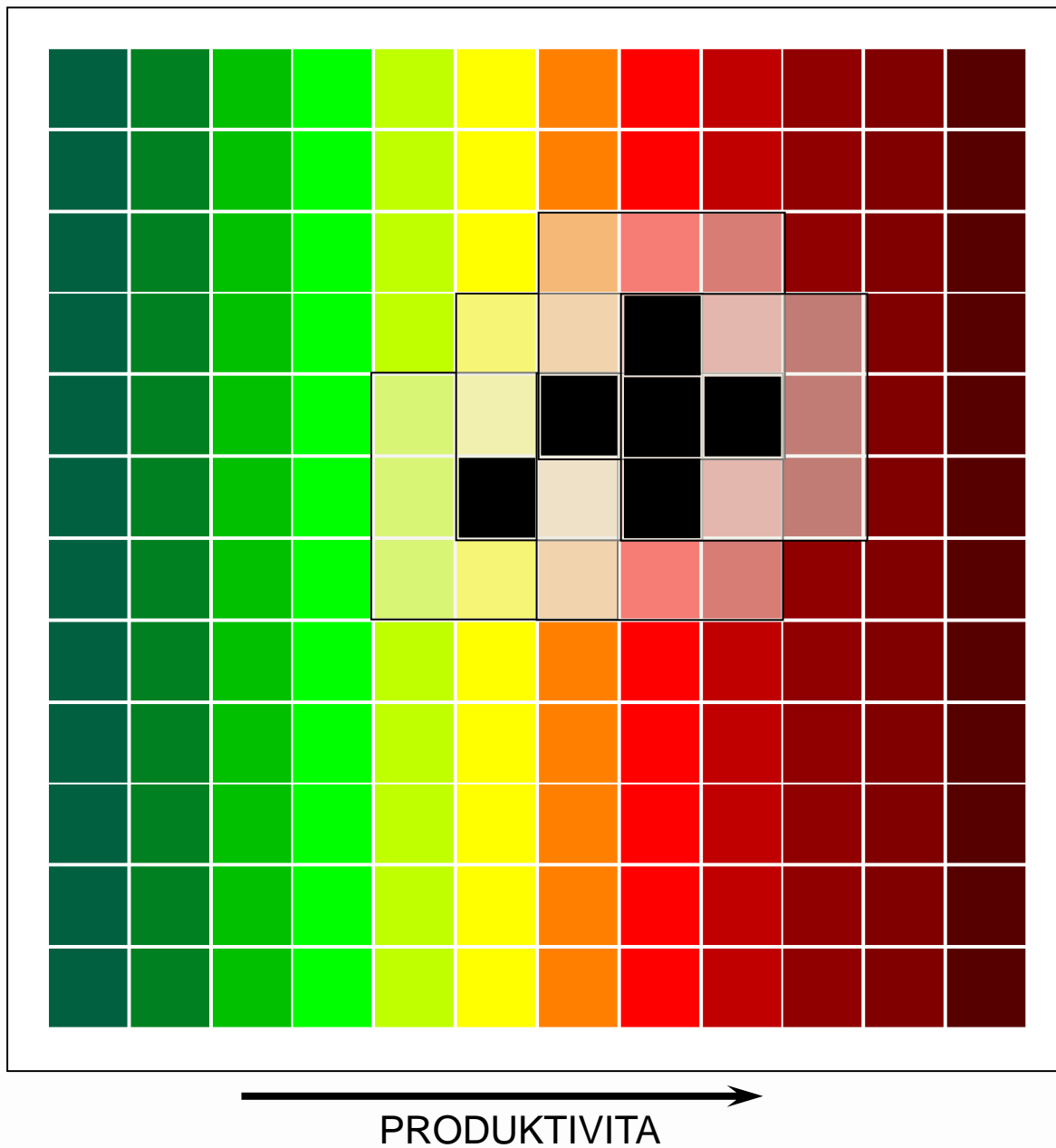


Jan Divíšek

Vybrané kapitoly z biogeografie

# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012

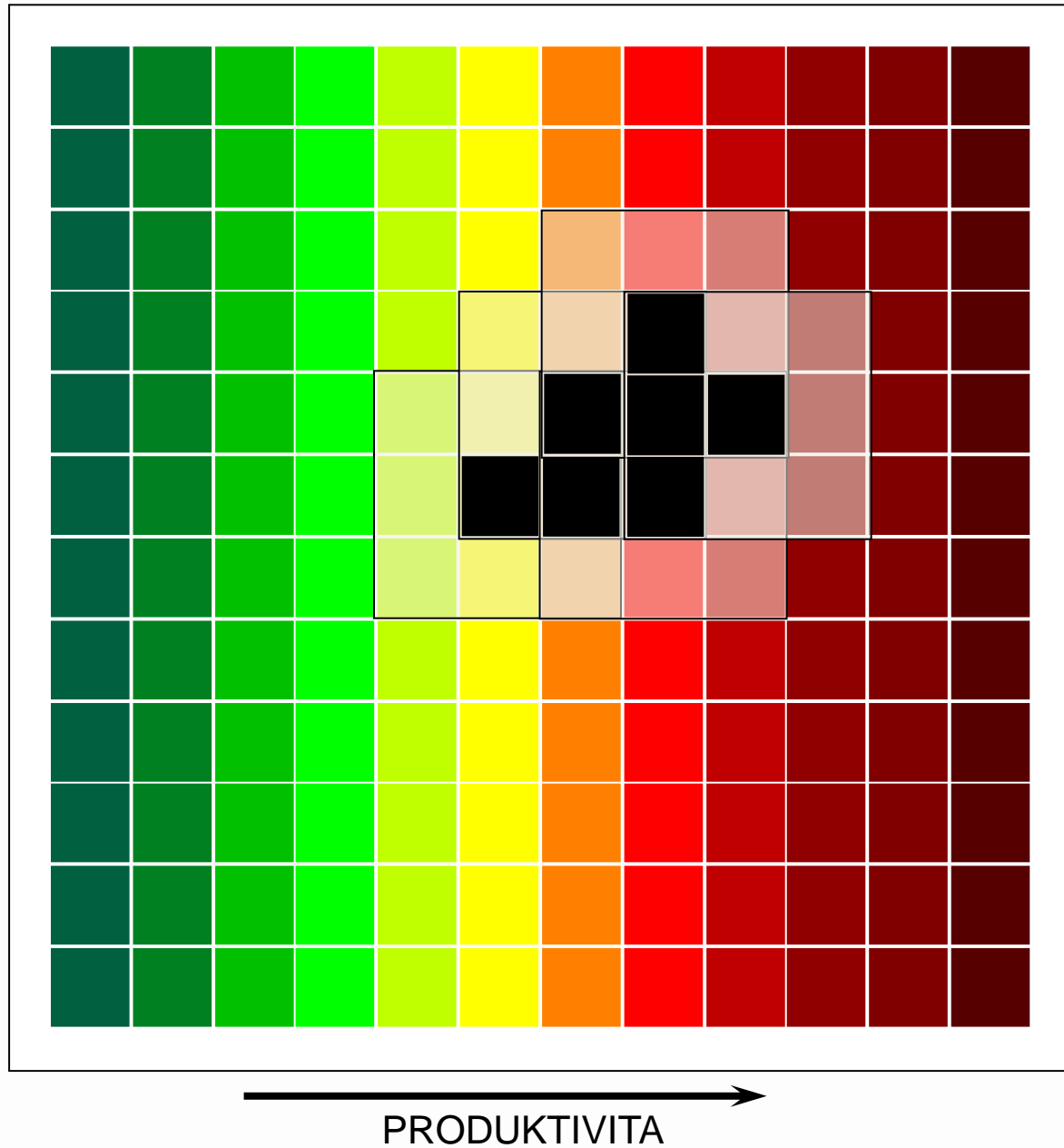


Jan Divíšek

Vybrané kapitoly z biogeografie

# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

D. Storch: Makroekologie 2012

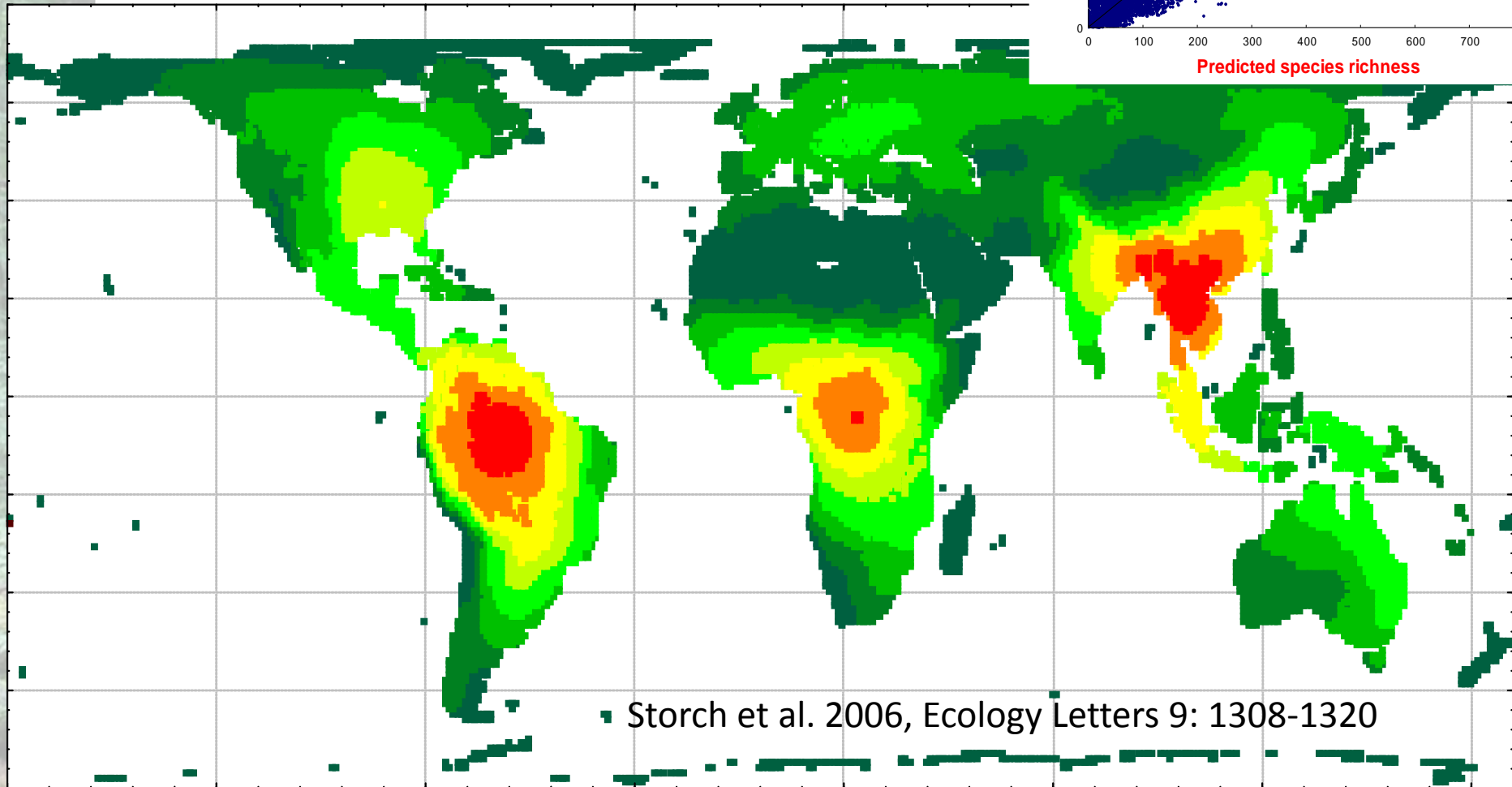
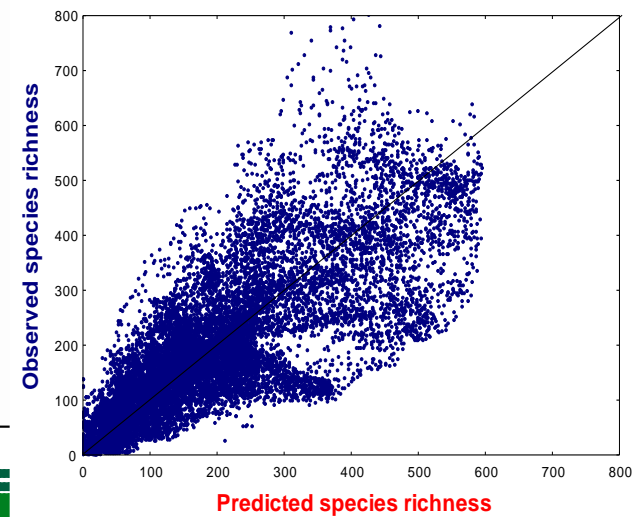


Jan Divíšek

Vybrané kapitoly z biogeografie

# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

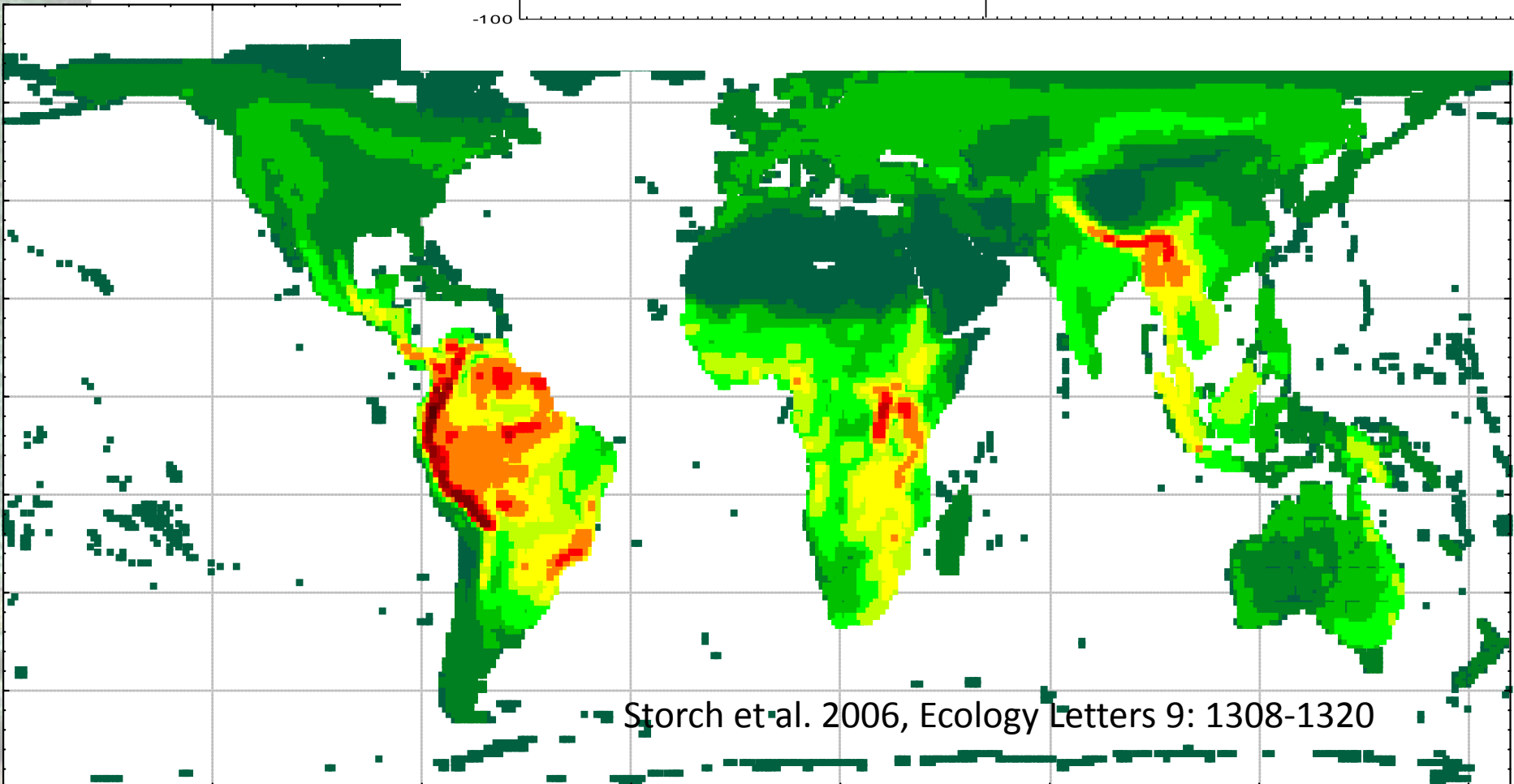
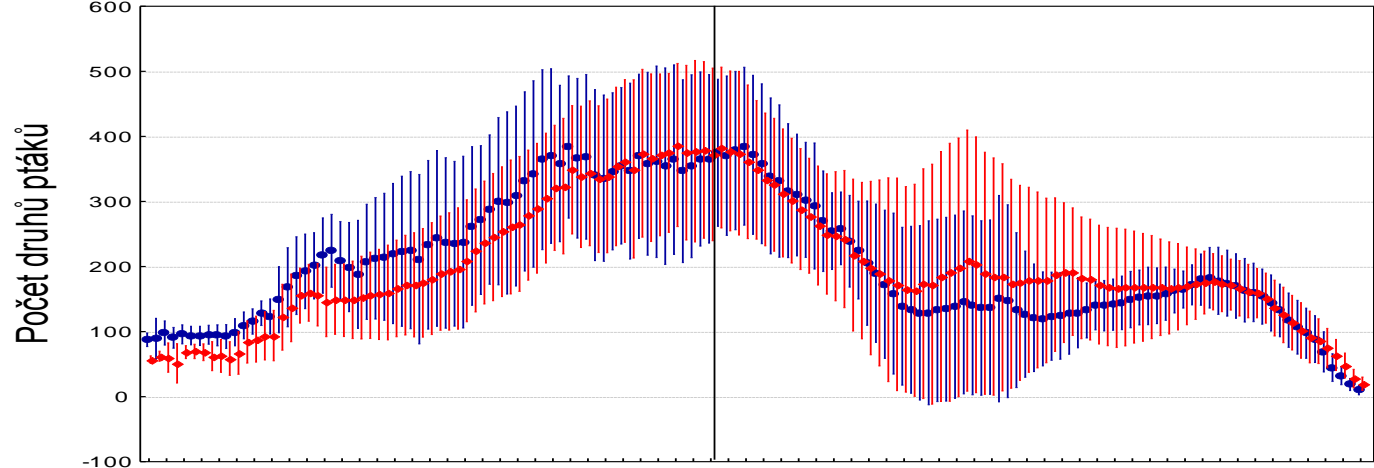
Predikce modelu



Storch et al. 2006, Ecology Letters 9: 1308-1320



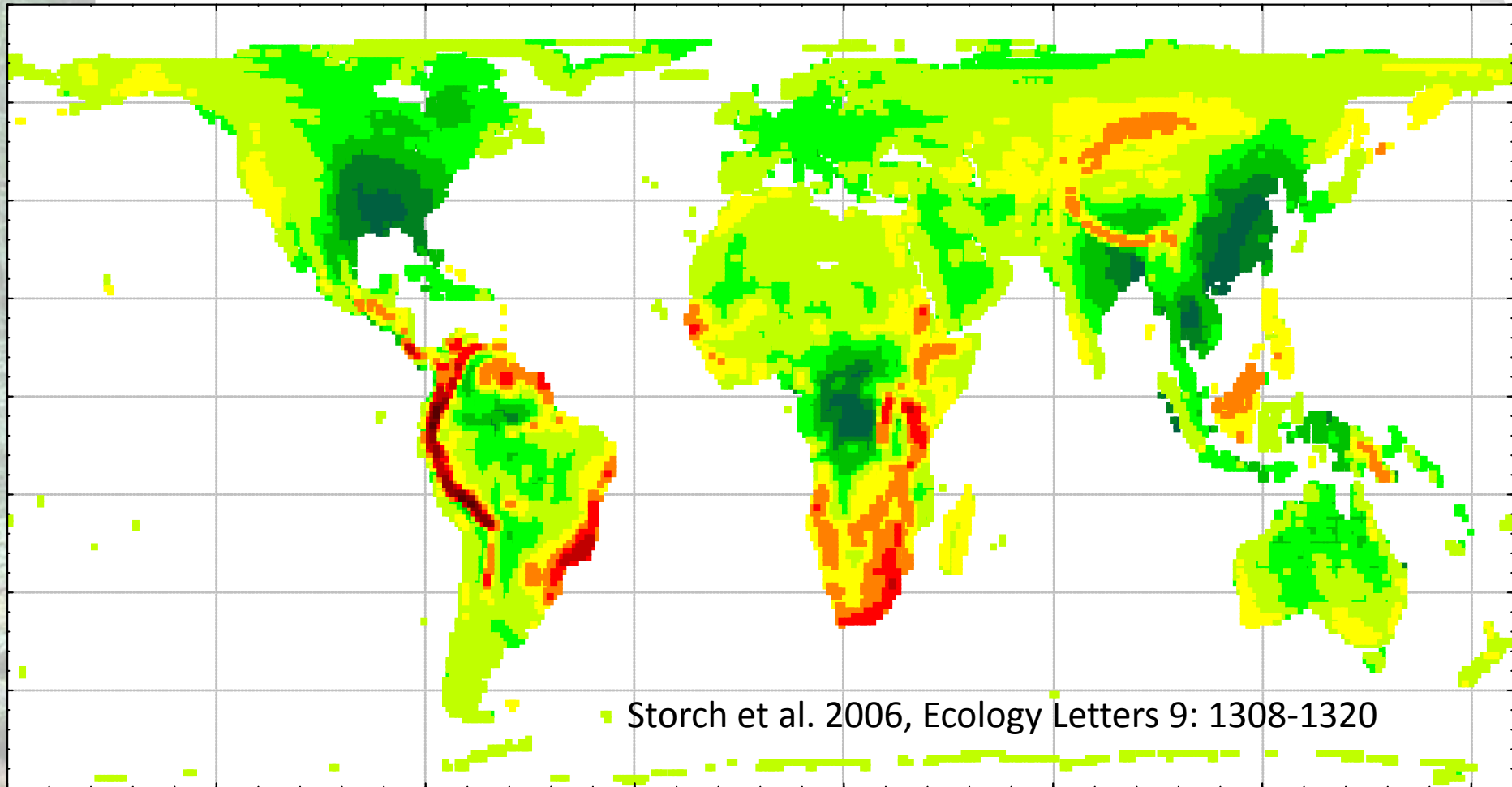
druhové bohatství ptáků



Storch et al. 2006, Ecology Letters 9: 1308-1320

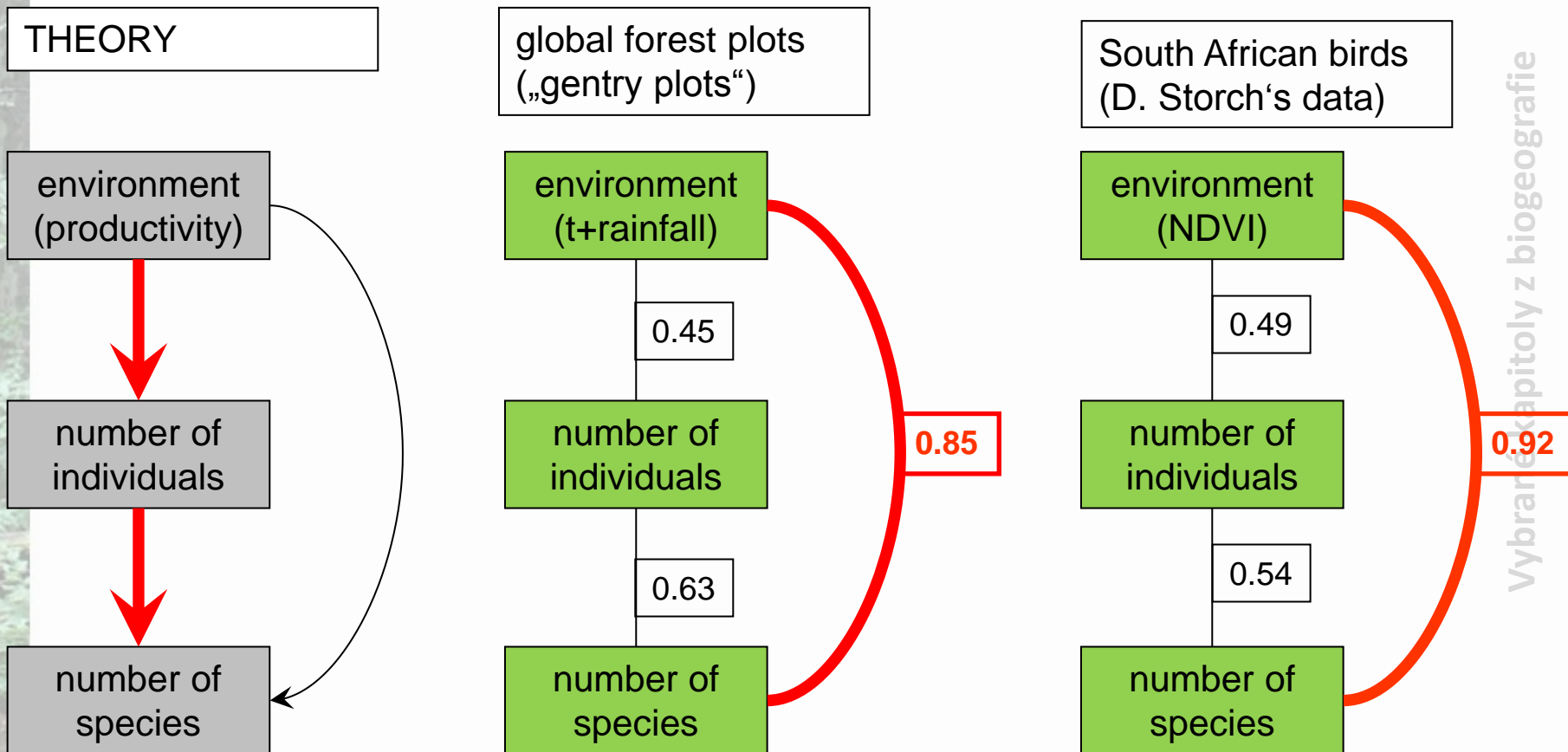
# Dynamika areálů modulovaná produktivitou (AET)

residuály signalizují roli dalších faktorů, jako jsou speciální centra a refugia



# Hypotéza více jedinců (More Individuals Hypothesis, MIH)

- Větší množství energie znamená větší celkové množství jedinců
- Víc jedinců lze rozdělit do většího počtu druhů, které pořád ještě mají životaschopné populace
- Intenzita vymírání klesá s velikostí populací



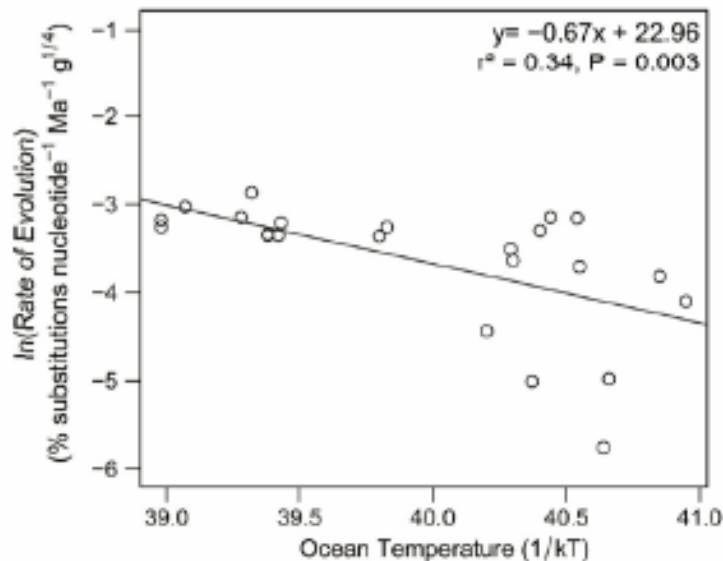


# V tropech je rychlejší evoluce

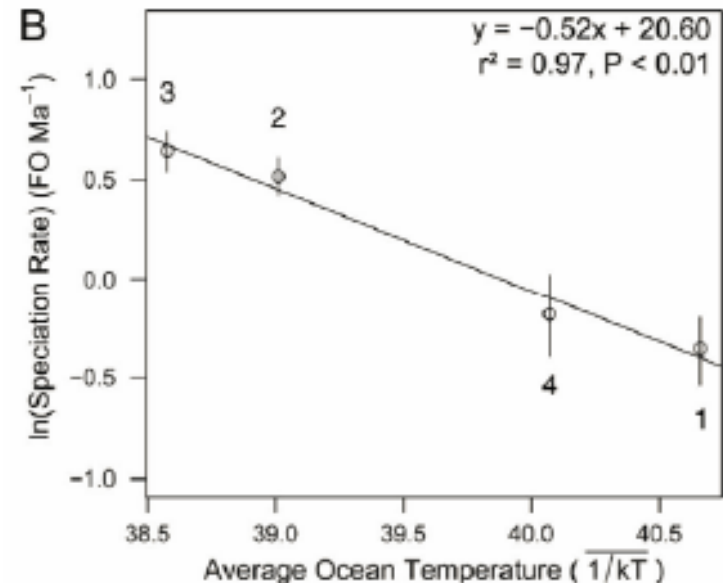
- Dírkonosci (*Foraminifera*; planktonní prvoci)
- 1013 J energie na 1 g biomasy způsobí substituci jednoho nukleotidu
- 1023 J energie v populaci vede ke vzniku nového druhu



Rychlost evoluce rDNA u současných dírkonosci



Rychlost speciace dírkonosci ve fosilním záznamu za posledních 30 mil. let



Allen et al. 2006, *Proceedings of the Natl. Acad. Sci. USA* 103: 9130–9135

# Vztah mezi dostupností energie a evolučními procesy podílejícími se na LGD

Pokus o unifikovanou teorii vztahu diverzity a energie, založený na rozlišení různých forem energie

## Kinetic effects of temperature on rates of genetic divergence and speciation

Andrew P. Allen<sup>\*†</sup>, James F. Gillooly<sup>‡</sup>, Van M. Savage<sup>§</sup>, and James H. Brown<sup>†¶</sup>

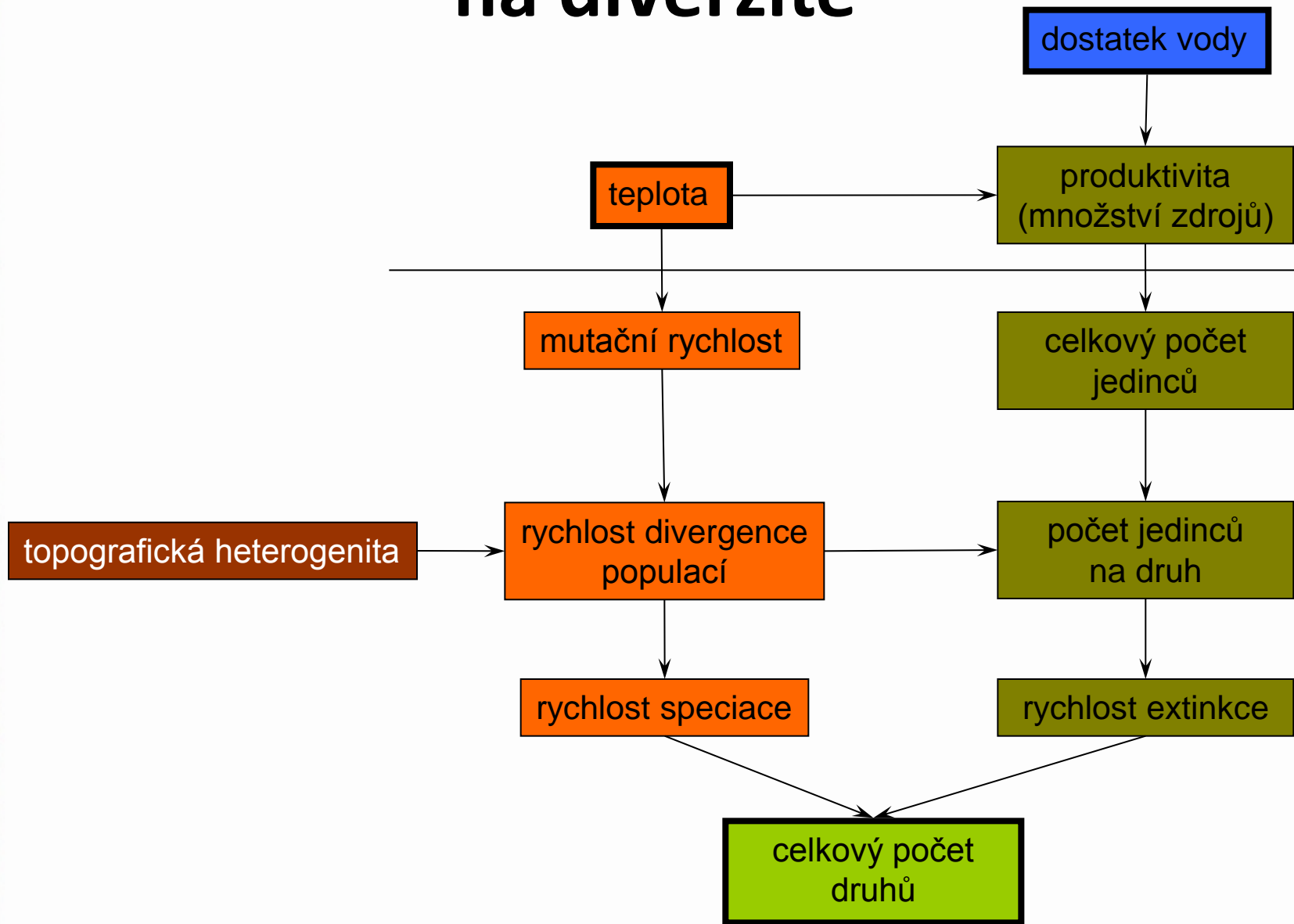
<sup>\*</sup>National Center for Ecological Analysis and Synthesis, 735 State Street, Suite 300, Santa Barbara, CA 93101; <sup>†</sup>Department of Zoology, University of Florida, Gainesville, FL 32611; <sup>‡</sup>Bauer Center for Genomics Research, Harvard University, Boston, MA 02138; and <sup>¶</sup>Department of Biology, University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131



10<sup>-19</sup> J of energy flux per gram of tissue generates one substitution per nucleotide in the nuclear genome, and  $\approx 10^{23}$  J of energy flux per population generates a new species of foraminifera.

$10^{-19}$  J), and  $k$  is the Boltzmann constant ( $8.62 \times 10^{-5}$  eV K<sup>-1</sup>). This Boltzmann–Arrhenius factor has been shown to describe the temperature dependence of metabolic rate for a broad

# Sjednocení procesů podílejících se na diverzitě

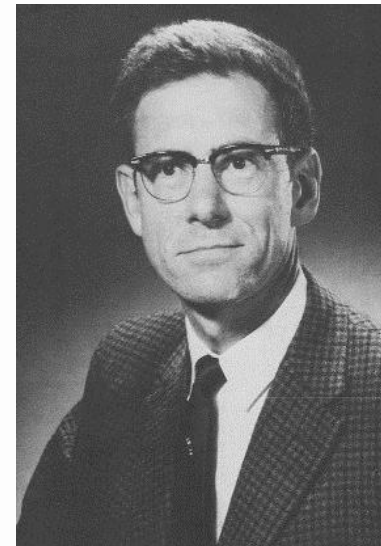
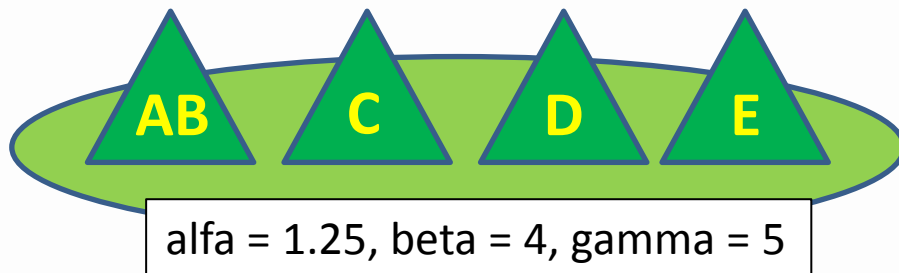




# BETA DIVERZITA

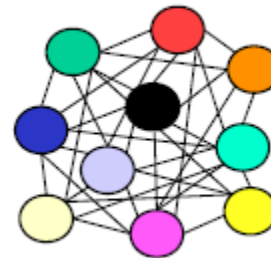
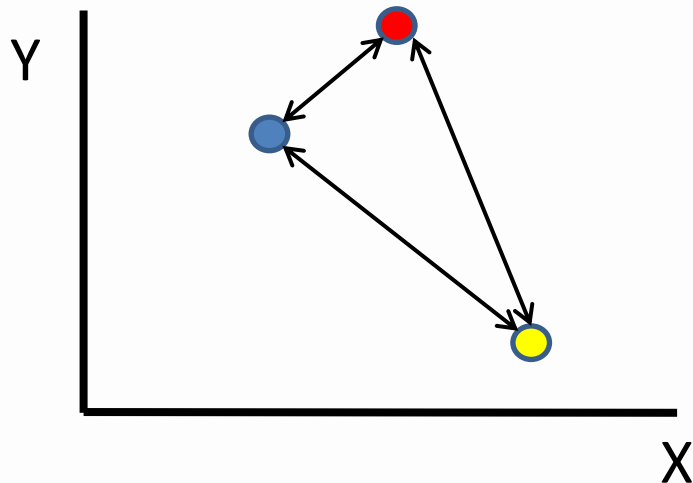
# Beta diverzita ( $\beta$ -diversity)

- Definována R. H. Whittakerem společně s termínem alfa diverzita ( $\alpha$ -diversity) a gamma diverzita ( $\gamma$ -diversity)
- „the variation in species composition among sites within studied area (Whittaker, 1960, 1972)“
- Species turnover



# Beta diverzita

- Podobnost (similarity)
  - Podobnost druhového složení mezi vzorky
- Nepodobnost/vzdálenost (dissimilarity/distance)
  - „1-podobnost“ = nepodobnost – vzdálenost = míra beta diverzity mezi vzorky
- Indexy většinou nabývají hodnot 0 – 1
  - Pokud měřena vzdálenost: 0 = absolutní podobnost vzorků
  - Pokud měřena podobnost: 0 = absolutní nepodobnost vzorků



beta diverzita =  
průměr všech  
párových nepodobností

# Míra beta diverzity

- Indexy ekologické nepodobnosti
  - Binární – počítají jen s 1 (prezence) a 0 (absence)
  - Kvantitativní – počítají i s abundancemi taxonů

*Journal of Animal Ecology* 2003  
72, 367–382

## Measuring beta diversity for presence–absence data

PATRICIA KOLEFF\*†, KEVIN J. GASTON\* and JACK J. LENNON‡

*\*Biodiversity and Macroecology Group, Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield, Sheffield S10 2TN, UK; and †The Macaulay Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH, UK*

### Summary

1. Little consensus has been reached as to general features of spatial variation in beta diversity, a fundamental component of species diversity. This could reflect a genuine lack of simple gradients in beta diversity, or a lack of agreement as to just what constitutes beta diversity. Unfortunately, a large number of approaches have been applied to the investigation of variation in beta diversity, which potentially makes comparisons of the findings difficult.

2. We review 24 measures of beta diversity for presence/absence data (the most frequent form of data to which such measures are applied) that have been employed in the literature, express many of them for the first time in common terms, and compare some of their basic properties.

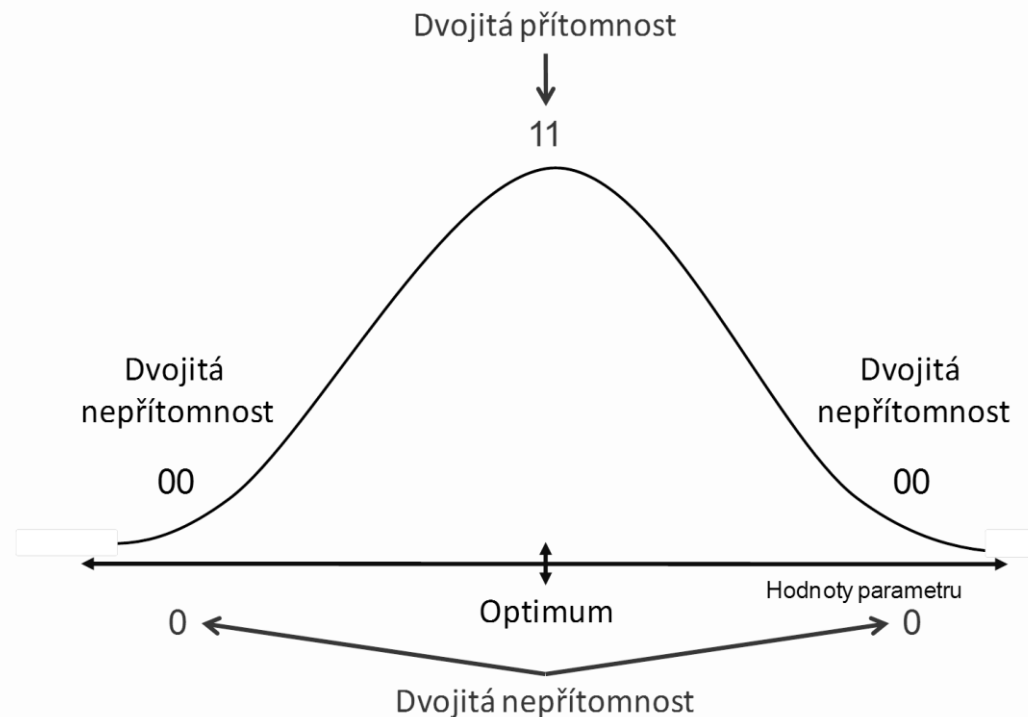
# Double-zero problem

- Dvojitá nepřítomnost je častým problémem beta diverzity a vícerozměrné analýzy v ekologii
- Symetrické X asymetrické indexy

Společenstvo 1

	1	0	
1	a	b	a + b
0	c	d	c + d
	a + c	b + d	

Společenstvo 2





# Jaccardův index

- Jaccard (1900, 1901, 1908)
- Index podobnosti – po odečtení od 1 = nepodobnost/vzdálenost
- Nejstarší a zřejmě nejpoužívanější
- Všechny členy mají stejnou váhu

$$S_J = 1 - \frac{a}{a + b + c}$$

$a$  = počet druhů vyskytujících se **v obou vzorcích** (dvojitá přítomnost)

$b$  = počet druhů vyskytujících se **jen v prvním vzorku**

$c$  = počet druhů vyskytujících se **jen ve druhém vzorku**

# Sørensenův index

- Sørensen (1948)
- Dává dvojnásobnou váhu dvojitým prezencím

$$S_S = 1 - \frac{2a}{2a + b + c}$$

$a$  = počet druhů vyskytujících se **v obou vzorcích** (dvojitá přítomnost)

$b$  = počet druhů vyskytujících se **jen v prvním vzorku**

$c$  = počet druhů vyskytujících se **jen ve druhém vzorku**

# $\beta$ -sim index

- Nezávislý na rozdílech ve druhové bohatosti lokalit
- Doporučovaný pro biogeografické regionalizace (Kreft & Jetz 2010)

$$\beta_{sim} = 1 - \frac{a}{\min(b, c) + a}$$

$a$  = počet druhů vyskytujících se **v obou vzorcích** (dvojitá přítomnost)

$b$  = počet druhů vyskytujících se **jen v prvním vzorku**

$c$  = počet druhů vyskytujících se **jen ve druhém vzorku**

# Baroni-Urbani & Buser index

- Baroni-Urbani & Buser (1976)
- Symetrický index – bere v úvahu i dvojitě nepřítomnosti
- Možnost, že by dvě lokality byly považovány za podobné jen díky dvojitým absencím je eliminována násobením dvojitých prezencí dvojitými absencemi

$$S_B = 1 - \frac{\sqrt{C \times D} + C}{\sqrt{C \times D} + A + B - C}$$

$A$  = počet druhů vyskytujících se **v prvním vzorku**

$B$  = počet druhů vyskytujících se **ve druhém vzorku**

$C$  = počet druhů vyskytujících se **v obou vzorcích**

$D$  = počet druhů, které nejsou přítomny **ani v jednom z porovnávaných vzorků**

# Sørensenův kvantitativní koeficient

$$C_N = \frac{1jN}{(aN + bN)}$$

kde  $aN$  a  $bN$  jsou celkové počty jedinců v společenstvech A a B,  $jN$  je pak suma abundancí pokud se druh nachází v obou společenstvech, je počítána vždy z nižší abundance daného druhu ve společenstvu

# Morisita-Horn index

$$C_{mH} = \frac{2 \sum (an_i bn_i)}{(da + db) \cdot aN \cdot bN}$$

$$da = \frac{\sum an_i^2}{aN^2}$$

kde  $aN$  je celkový počet jedinců ve společenstvu A a  $an_i$  počet jedinců druhu  $i$  ve společenstvu A (obdobně platí pro společenstvo B)

# Jak indexy počítat?

- Ručně
- Pomocí makra např. v excelu
- Specializovaný software pro ekology
- R
  - package `simba`
    - Počítá řadu indexů podobnosti
  - package `vegan`
    - Funkce `betadiver` počítá indexy betadiverzity obsažené v Koleff et al. 2003
    - Funkce `vegdist` počítá míry vzdálenosti (např. euklidovská vzdálenost) a základní indexy nepodobnosti

# STRUČNÝ ÚVOD DO

Výpočet a vizualizace  
beta-diverzity



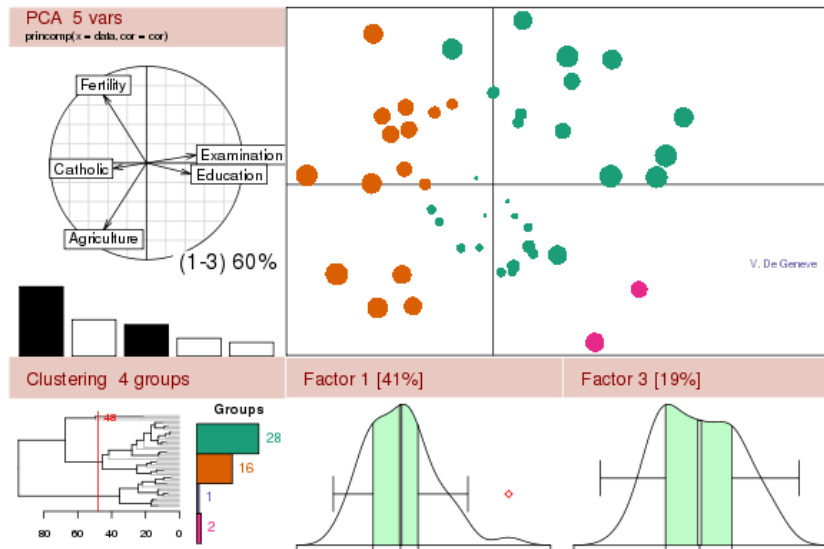


# Krátce o R

- R je programovací jazyk a programové prostředí určené pro statistické zpracování dat a jejich grafickou prezentaci
- Freeware, tedy zdarma šiřitelná aplikace, jejíž duchovními otci jsou [Ross Ihaka](#) a [Robert Gentleman](#)



## The R Project for Statistical Computing



About R  
[What is R?](#)  
[Contributors](#)  
[Screenshots](#)  
[What's new?](#)

Download, Packages  
[CRAN](#)

R Project  
[Foundation](#)  
[Members & Donors](#)  
[Mailing Lists](#)  
[Bug Tracking](#)  
[Developer Page](#)  
[Conferences](#)  
[Search](#)

Documentation  
[Manuals](#)

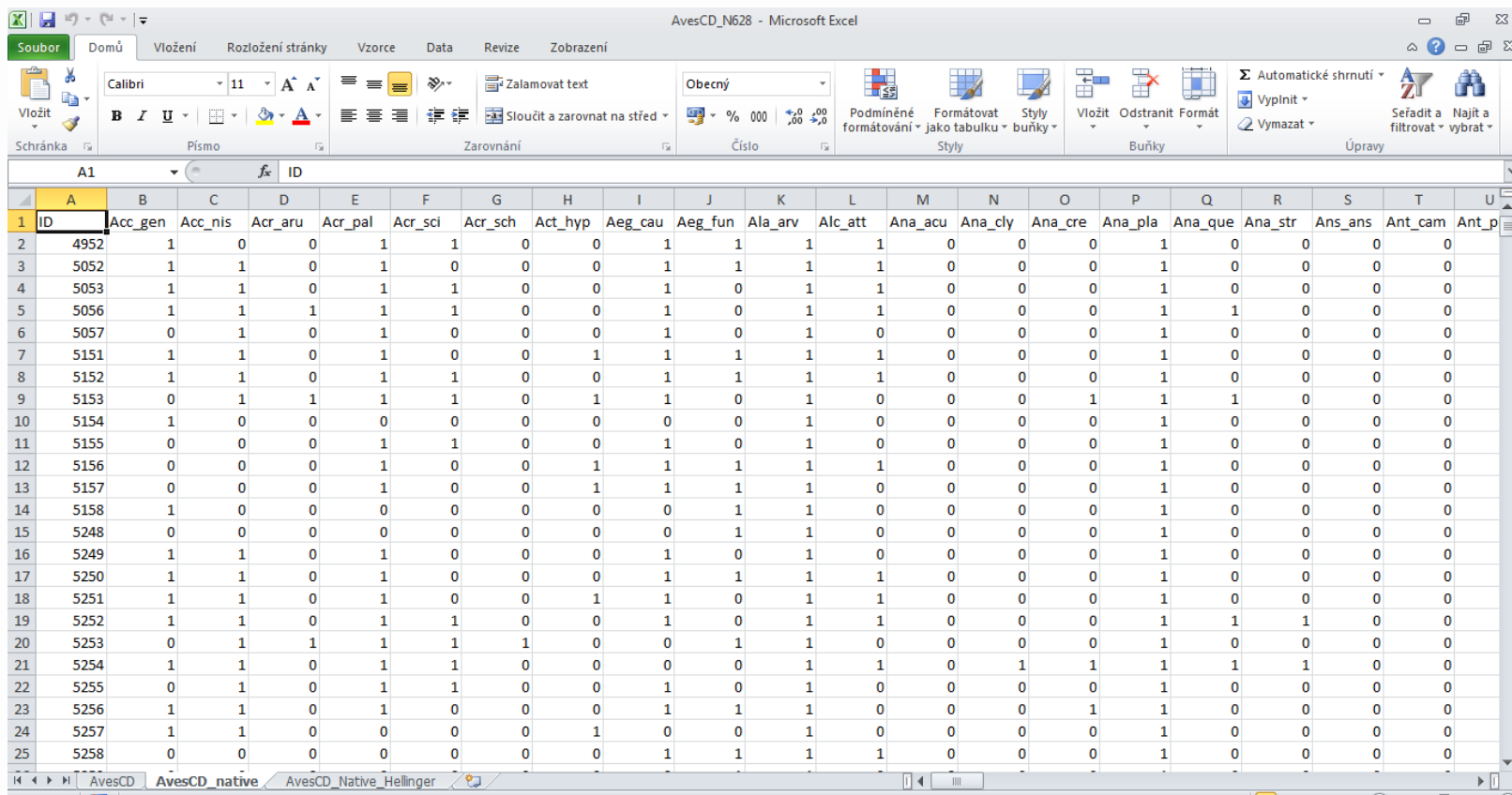
Getting Started:

# Jak se R naučit?

- Existuje řada specializovaných učebnic
  - Většina v angličtině ([Numerical Ecology with R](#))
    - Skripty ke stažení
  - Některé i v češtině ([Moderní analýza biologických dat 1. \(Zobecněné lineární modely v prostředí R\)](#))
- Předměty na MU
  - Úvod do R (Víta Syrovátka)
  - Analýza dat v ekologii společenstev v programu R (David Zelený)
  - Další předměty na IBA
  - Bohužel na GÚ **nic!**
- <http://www.sci.muni.cz/botany/zeleny/wiki/anadat-r/doku.php?id=cs:start>

# Postup výpočtu beta diverzity v R

- Příprava dat v excelu
  - Tabulka – sloupce = druhy, řádky = lokality
  - Abundance nebo prezenze(1)/absence(0)



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "AvesCD\_N628 - Microsoft Excel". The spreadsheet contains a table with 25 columns and 25 rows. The columns are labeled with species abbreviations: ID, Acc\_gen, Acc\_nis, Acr\_aru, Acr\_pal, Acr\_sci, Acr\_sch, Act\_hyp, Aeg\_cau, Aeg\_fun, Ala\_arv, Alc\_att, Ana\_acu, Ana\_cly, Ana\_cre, Ana\_pla, Ana\_que, Ana\_str, Ans\_ans, Ant\_cam, and Ant\_p. The rows represent different localities, with the first row (row 1) being the header and rows 2-25 containing data. The data is binary, with 1 indicating presence and 0 indicating absence.

ID	Acc_gen	Acc_nis	Acr_aru	Acr_pal	Acr_sci	Acr_sch	Act_hyp	Aeg_cau	Aeg_fun	Ala_arv	Alc_att	Ana_acu	Ana_cly	Ana_cre	Ana_pla	Ana_que	Ana_str	Ans_ans	Ant_cam	Ant_p
2	4952	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	5052	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	5053	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	5056	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
6	5057	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	5151	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	5152	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
9	5153	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
10	5154	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	5155	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	5156	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	5157	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
14	5158	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15	5248	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
16	5249	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17	5250	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
18	5251	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
19	5252	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
20	5253	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	5254	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
22	5255	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
23	5256	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
24	5257	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
25	5258	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0

# Postup výpočtu beta diverzity v R

- Instalace programu → instalace knihovny `vegan`
- Import dat do R
- Výběr indexu (ekologické vzdálenosti) a jeho výpočet
  - `vegan` – `betadiver`
- Export nebo vizualizace a další analýza

# Matrice vzdáleností (ecological distance)

N628\_similarity - Microsoft Excel

Soubor Domů Vložení Rozložení stránky Vzorce Data Revize Zobrazení

Calibri 11 A A Zalomatovat text Obecný Vložit Odstranit Formát

Schránka Písmo Zarovnání Číslo Styly

Automatické shrnutí Vyplnit Vymazat Seřadit a Najít a filtrovat vybrat

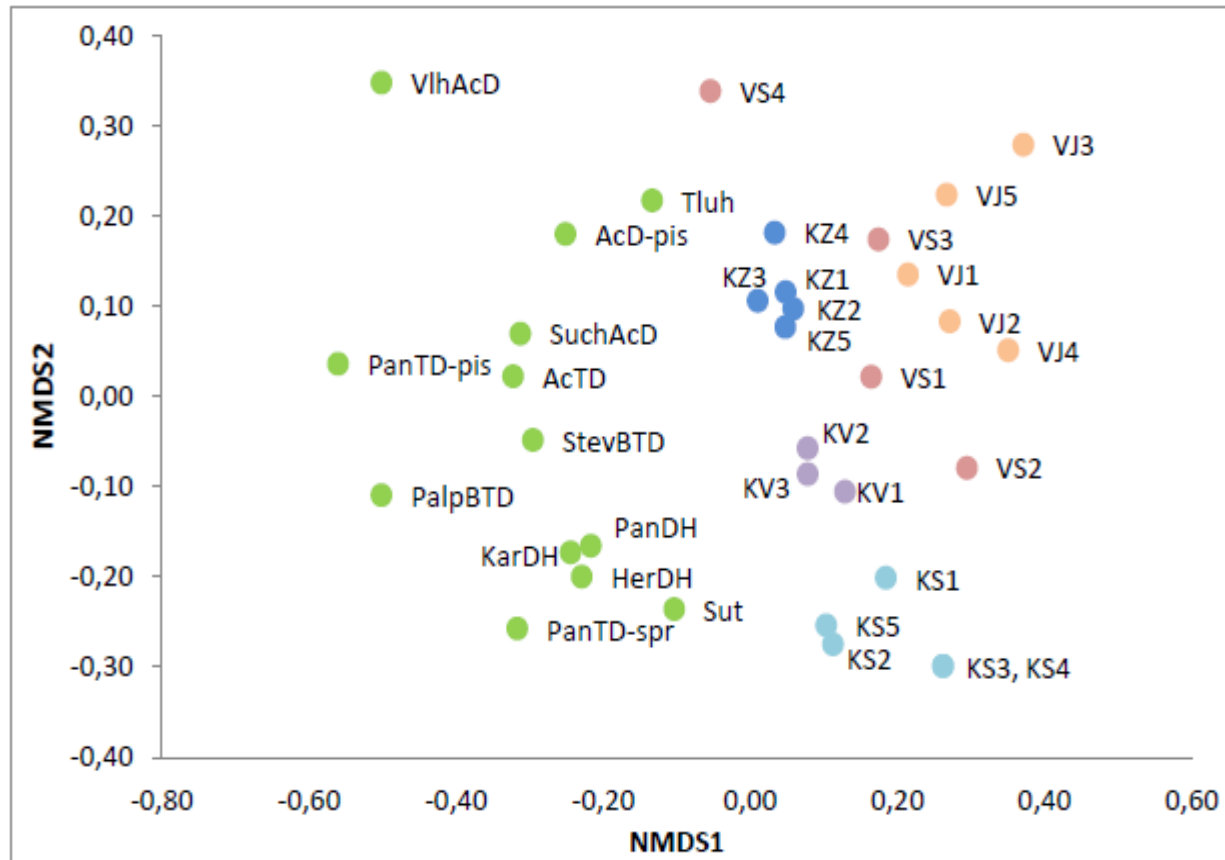
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	ID	4952	5052	5053	5056	5057	5151	5152	5153	5154	5155	5156	5157	5158	5248	5249	5250	5251	5252	5253	5
2	4952	0	0.072464	0.065217	0.15942	0.198473	0.202899	0.115942	0.195652	0.160494	0.253623	0.188406	0.195652	0.226087	0.255814	0.166667	0.202899	0.115942	0.094203	0.15942	0.353
3	5052	0.072464	0	0.080214	0.123288	0.076336	0.09589	0.124294	0.174419	0.111111	0.147436	0.125828	0.141892	0.069565	0.100775	0.127168	0.133333	0.153439	0.164021	0.125714	0.240
4	5053	0.065217	0.080214	0	0.116438	0.099237	0.150685	0.146893	0.168605	0.111111	0.147436	0.18543	0.182432	0.104348	0.100775	0.115607	0.169697	0.149733	0.139037	0.137143	0.218
5	5056	0.15942	0.123288	0.116438	0	0.083969	0.150685	0.191781	0.19863	0.123457	0.273973	0.219178	0.232877	0.156522	0.217054	0.184932	0.19863	0.130137	0.123288	0.191781	0.360
6	5057	0.198473	0.076336	0.099237	0.083969	0	0.061069	0.145038	0.198473	0.098765	0.206107	0.145038	0.145038	0.165217	0.209302	0.137405	0.145038	0.083969	0.122137	0.152672	0.427
7	5151	0.202899	0.09589	0.150685	0.150685	0.061069	0	0.150685	0.239726	0.08642	0.287671	0.178082	0.178082	0.130435	0.178295	0.184932	0.157534	0.09589	0.157534	0.212329	0.43
8	5152	0.115942	0.124294	0.146893	0.191781	0.145038	0.150685	0	0.226744	0.160494	0.160256	0.145695	0.148649	0.182609	0.217054	0.219653	0.157576	0.135593	0.152542	0.217143	0.308
9	5153	0.195652	0.174419	0.168605	0.19863	0.198473	0.239726	0.226744	0	0.074074	0.230769	0.205298	0.216216	0.182609	0.186047	0.244186	0.230303	0.174419	0.122093	0.209302	0.293
10	5154	0.160494	0.111111	0.111111	0.123457	0.098765	0.08642	0.160494	0.074074	0	0.234568	0.160494	0.135802	0.222222	0.185185	0.098765	0.209877	0.098765	0.160494	0.160494	0.407
11	5155	0.253623	0.147436	0.147436	0.273973	0.206107	0.287671	0.160256	0.230769	0.234568	0	0.251656	0.236486	0.226087	0.232558	0.185897	0.217949	0.134615	0.121795	0.205128	0.345
12	5156	0.188406	0.125828	0.18543	0.219178	0.145038	0.178082	0.145695	0.205298	0.160494	0.251656	0	0.141892	0.156522	0.186047	0.205298	0.18543	0.15894	0.172185	0.192053	0.398
13	5157	0.195652	0.141892	0.182432	0.232877	0.145038	0.178082	0.148649	0.216216	0.135802	0.236486	0.141892	0	0.130435	0.186047	0.216216	0.182432	0.135135	0.195946	0.236486	0.406
14	5158	0.226087	0.069565	0.104348	0.156522	0.165217	0.130435	0.182609	0.182609	0.222222	0.226087	0.156522	0.130435	0	0.086957	0.104348	0.13913	0.104348	0.13913	0.113043	0.408
15	5248	0.255814	0.100775	0.100775	0.217054	0.209302	0.178295	0.217054	0.186047	0.185185	0.232558	0.186047	0.186047	0.086957	0	0.100775	0.193798	0.108527	0.131783	0.155039	0.418
16	5249	0.166667	0.127168	0.115607	0.184932	0.137405	0.184932	0.219653	0.244186	0.098765	0.185897	0.205298	0.216216	0.104348	0.100775	0	0.187879	0.127168	0.150289	0.184971	0.270
17	5250	0.202899	0.133333	0.169697	0.19863	0.145038	0.157534	0.157576	0.230303	0.209877	0.217949	0.18543	0.182432	0.13913	0.193798	0.187879	0	0.115152	0.139394	0.187879	0.338
18	5251	0.115942	0.153439	0.149733	0.130137	0.083969	0.09589	0.135593	0.174419	0.098765	0.134615	0.15894	0.135135	0.104348	0.108527	0.127168	0.115152	0	0.148718	0.188571	0.263
19	5252	0.094203	0.164021	0.139037	0.123288	0.122137	0.157534	0.152542	0.122093	0.160494	0.121795	0.172185	0.195946	0.13913	0.131783	0.150289	0.139394	0.148718	0	0.131429	0.172
20	5253	0.15942	0.125714	0.137143	0.191781	0.152672	0.212329	0.217143	0.209302	0.160494	0.205128	0.192053	0.236486	0.113043	0.155039	0.184971	0.187879	0.188571	0.131429	0	0.225
21	5254	0.353383	0.240602	0.218045	0.360902	0.427481	0.43609	0.308271	0.293233	0.407407	0.345865	0.398496	0.406015	0.408696	0.418605	0.270677	0.338346	0.263158	0.172932	0.225564	
22	5255	0.297521	0.115702	0.123967	0.305785	0.322314	0.31405	0.157025	0.214876	0.345679	0.231405	0.272727	0.289256	0.365217	0.31405	0.14876	0.206612	0.140496	0.157025	0.123967	0.305
23	5256	0.20438	0.131387	0.138686	0.131387	0.145038	0.138686	0.160584	0.226277	0.185185	0.233577	0.19708	0.167883	0.182609	0.24031	0.189781	0.153285	0.109489	0.145985	0.19708	0.421
24	5257	0.2	0.136	0.12	0.2	0.208	0.192	0.144	0.184	0.148148	0.216	0.16	0.144	0.208696	0.24	0.12	0.152	0.128	0.128	0.16	0.
25	5258	0.224638	0.116438	0.164384	0.321918	0.229008	0.280822	0.123288	0.178082	0.135802	0.212329	0.184932	0.178082	0.13913	0.20155	0.178082	0.171233	0.123288	0.143836	0.19863	0.413

jaccard soerensen baroni-urbani\_buser simplematching kulczynski beta-sim

# Vizualizace beta diverzity

- Výpočet míry beta diverzity
- Nemetrické mnohorozměrné škálování (NMDS)
  - vegan – funkce `metaMDS`
- Heathmap
- Zobrazení map turnoveru v ArcGIS

# Vizualizace pomocí NMDS



Obr. 14. Jaccardův index podobnosti bylinné skladby fytoecologických snímků z biokoridorů ve Vracově a Křížanovicích a referenčních biotopů znázorněný pomocí NMDS

# Heat map

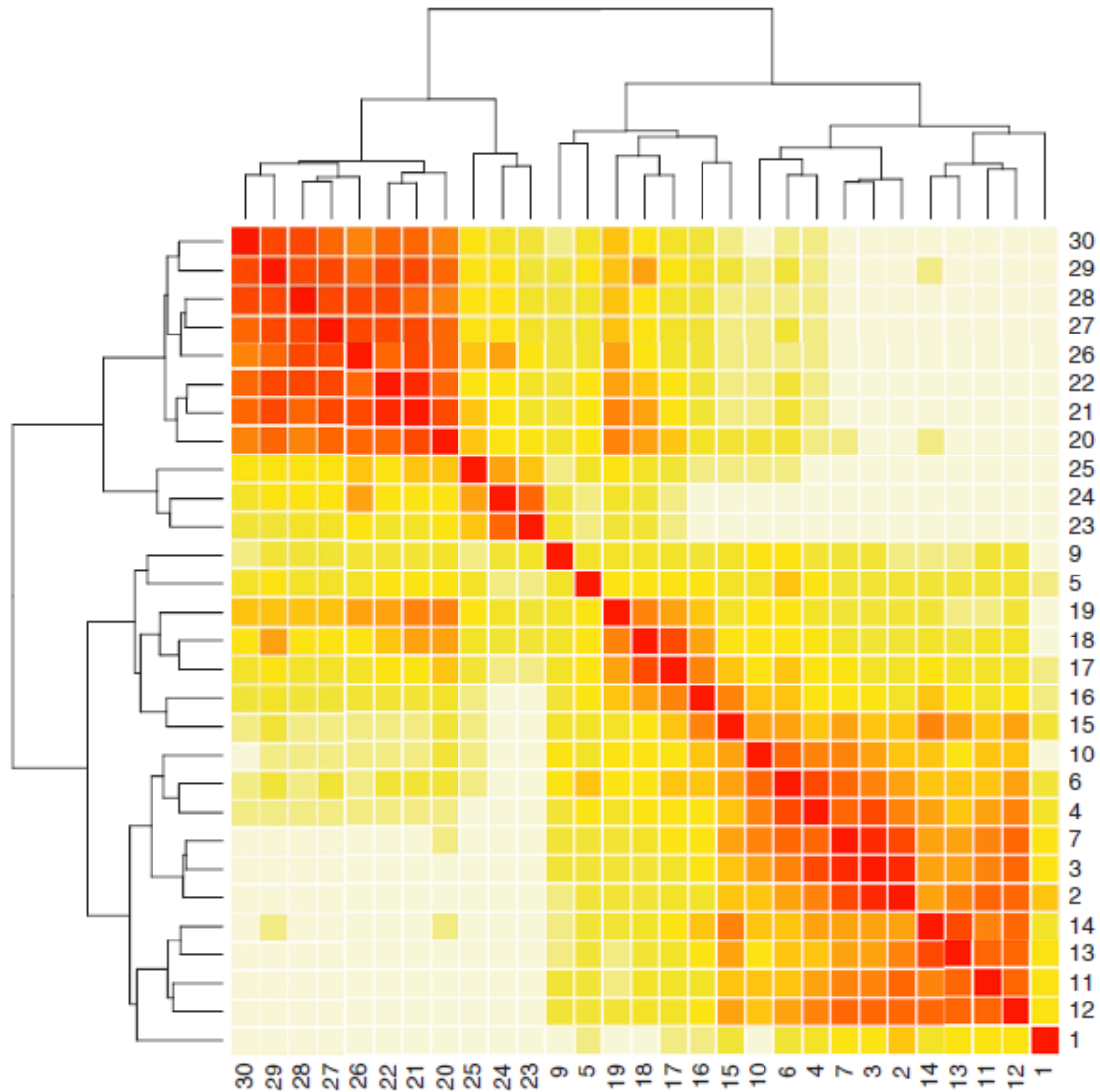
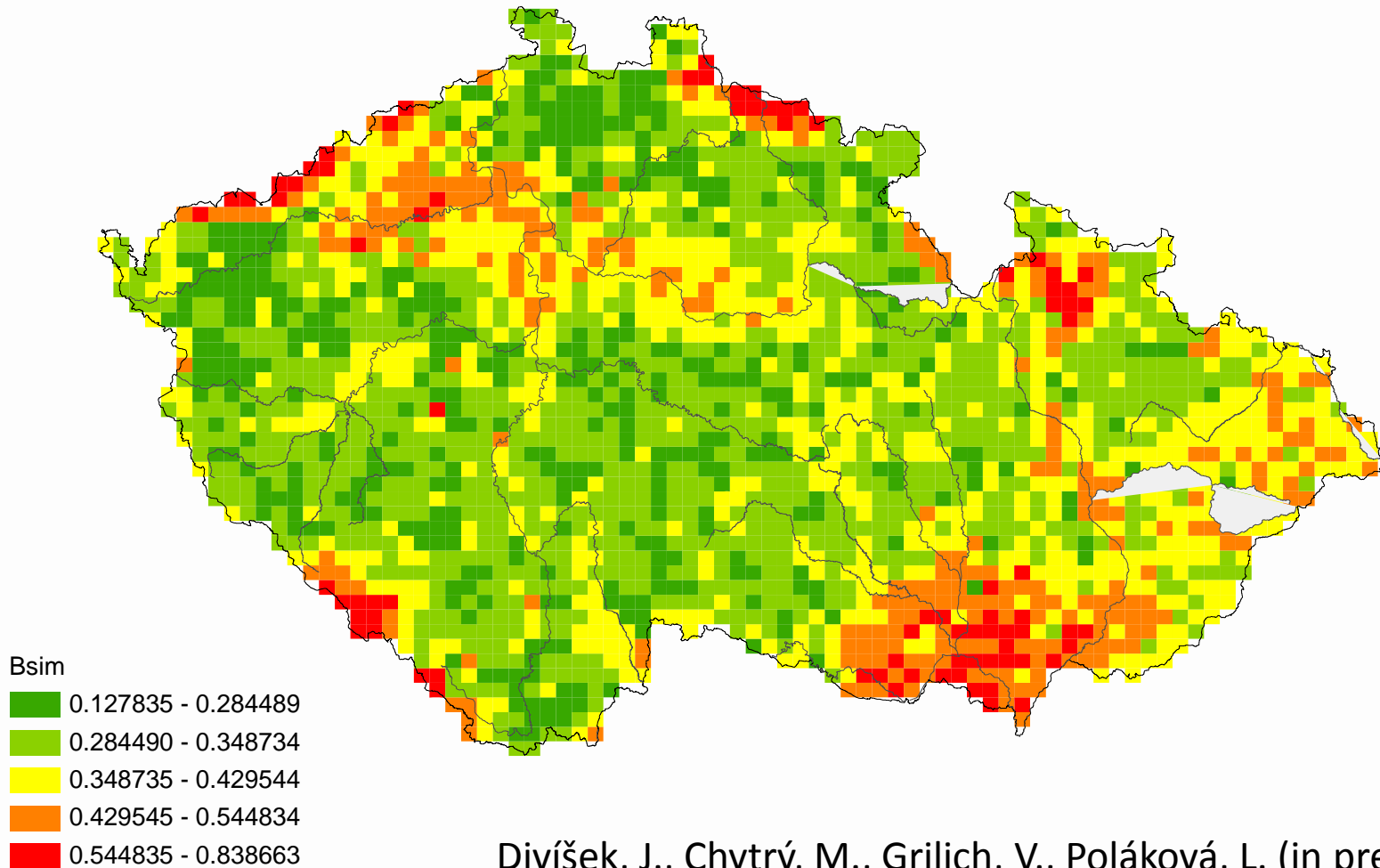


Fig. 4.13 Heat map of the distance matrix reordered according to the dendrogram



# Vizualizace turnoveru

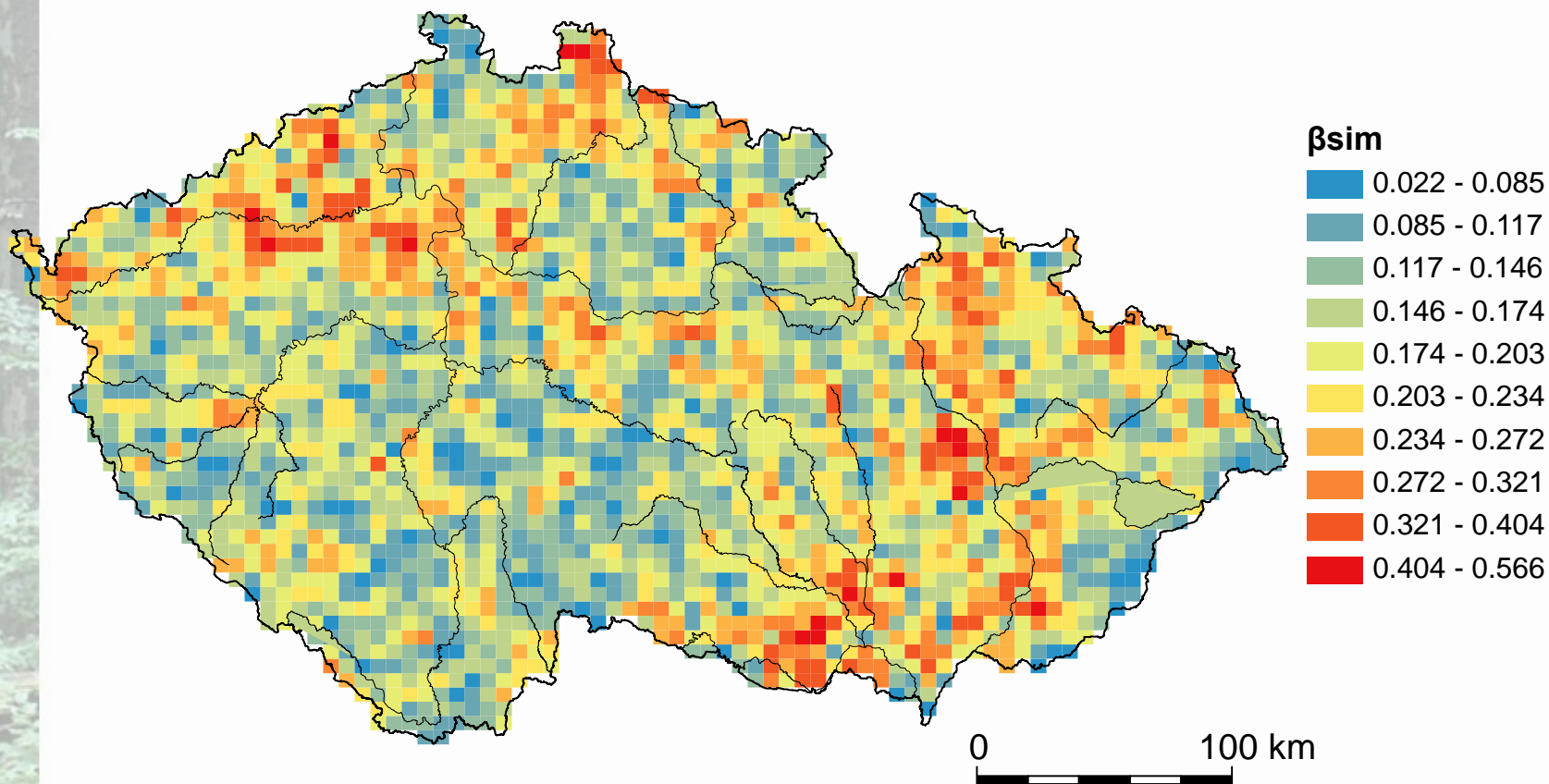
Průměrná hodnota  $\beta$ -sim indexu pro přírodní biotopy ve čtvrtinách mapovacích kvadrátů ČR



Divíšek, J., Chytrý, M., Grilich, V., Poláková, L. (in prep.)

# Vizualizace turnoveru

Průměrná hodnota  $\beta$ -sim indexu přírodních biotopů ve čtvrtinách mapovacích kvadrátů ČR počítaná jako průměr osmi sousedních buněk



Divíšek, J., Chytrý, M., Grilich, V., Poláková, L. (in prep.)



# ROZŠÍŘENÍ DRUHŮ

Distribution patterns

# Studium geografického rozšíření druhů

- Jedno z hlavních témat biogeografie a makroekologie (Lomolino et al., 2010)
- Areografie (Rapoport, 1975)
- Areál = území obývané daným taxonem (Buchar, 1983)
- Geographic range, species distribution
- Distribution patterns
- [Biogeografie, 2. vydání](#)

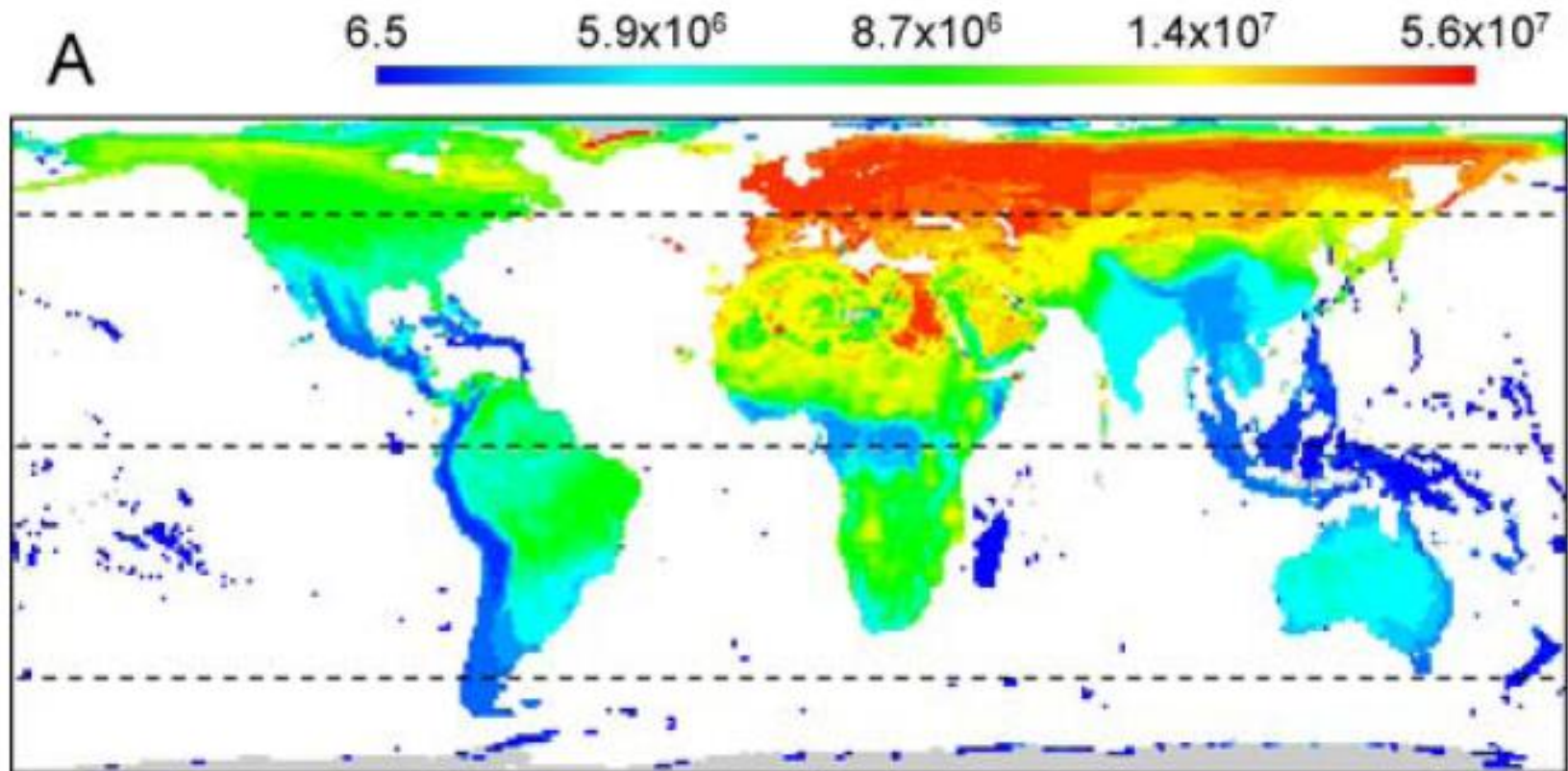
A vertical strip on the left side of the slide shows a lush green forest with sunlight filtering through the trees.

# Klasické biogeografické/makroekologické jevy: Patrnosti u areálů rozšíření

- Latitudinální trendy ve velikosti areálů
- Tvar areálů
- Vnitřní struktura areálů
- Rozložení velikosti areálů
- Faktory ovlivňující velikost areálů

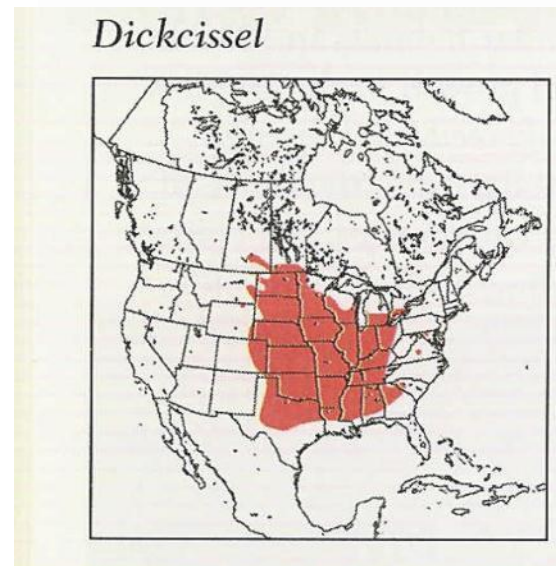
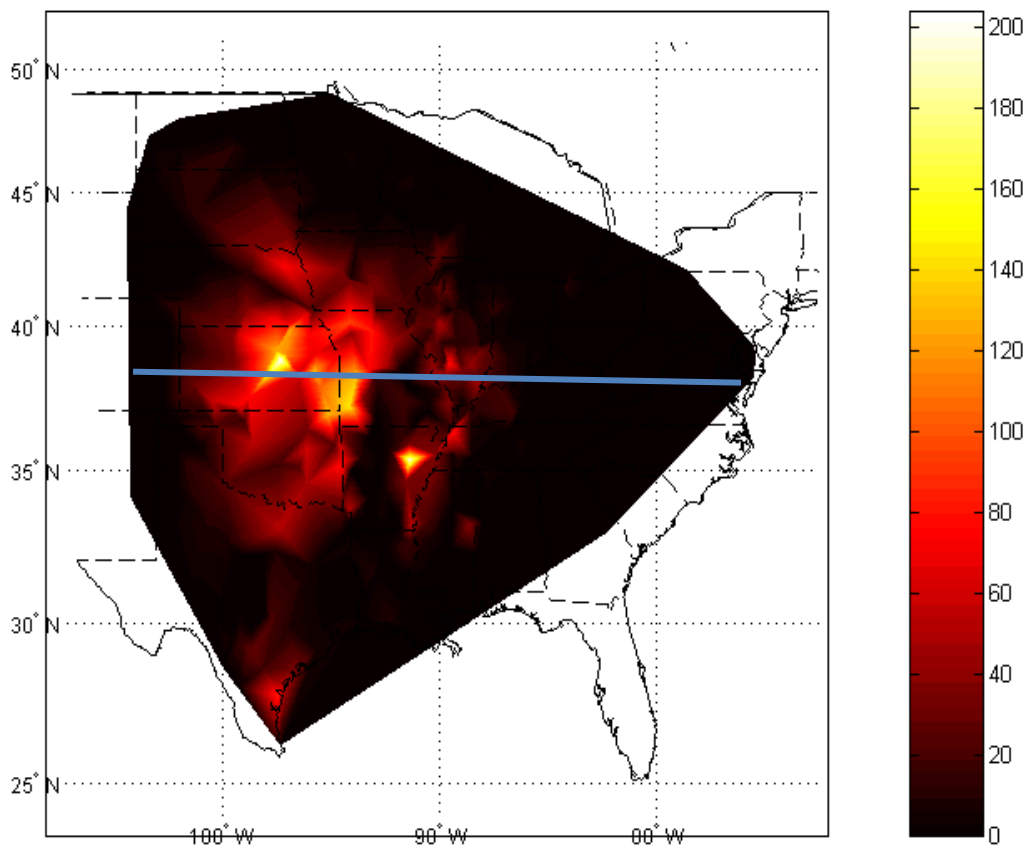
# Latitudinální trendy ve velikosti areálů

Rapoportovo pravidlo



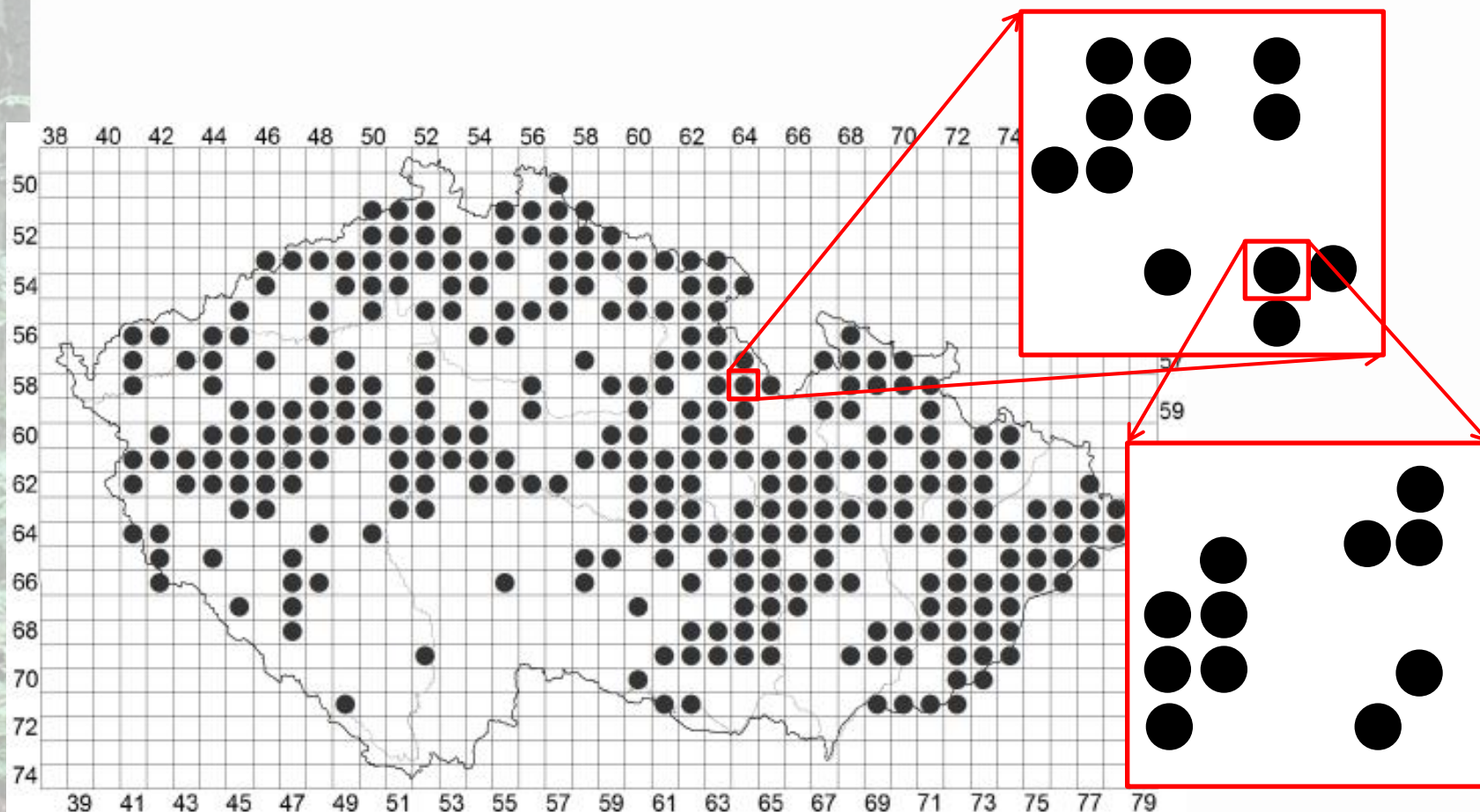
# Vnitřní struktura areálů

Jen pár míst s vysokou hustotou jedinců



# Vnitřní struktura areálů

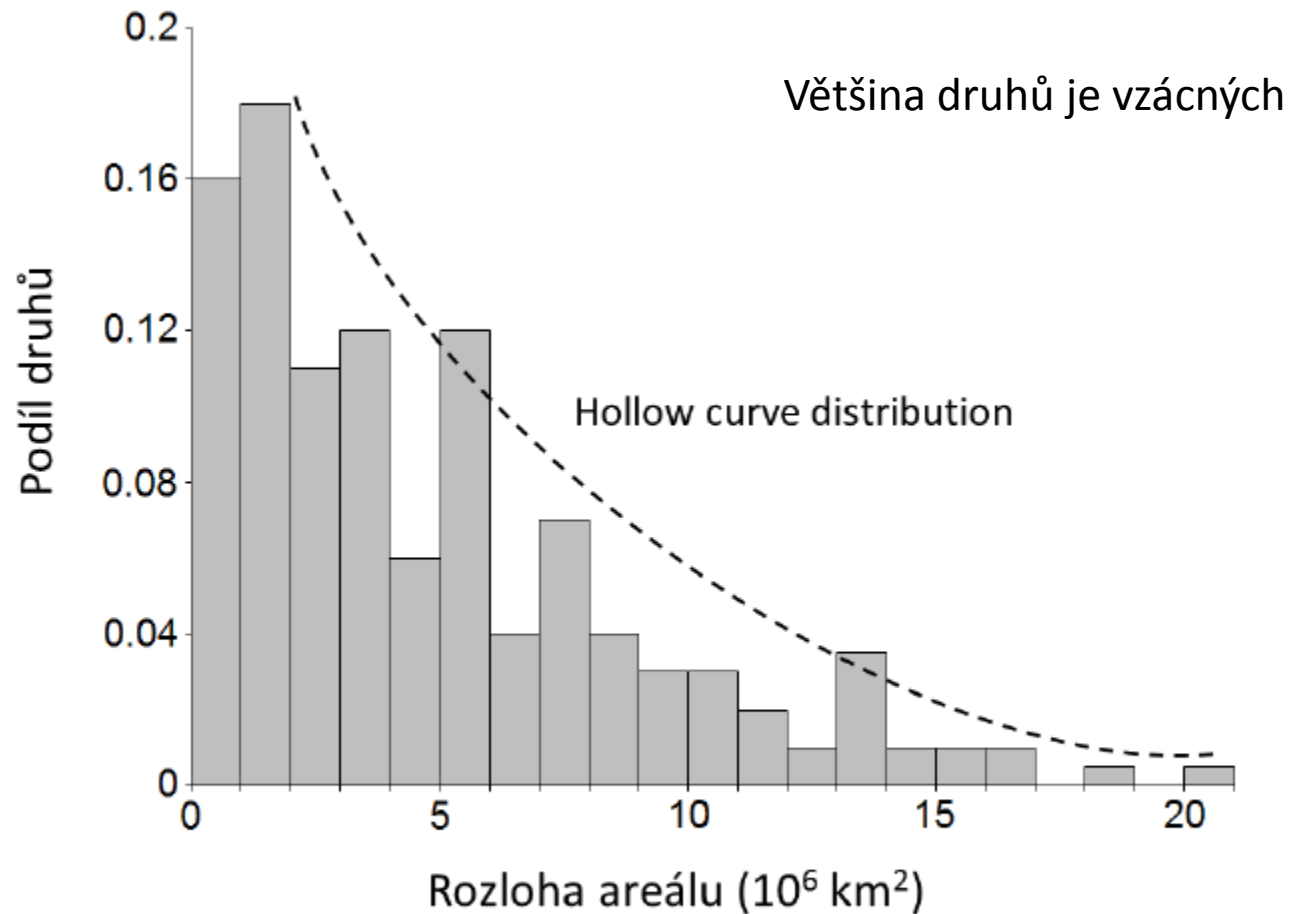
- Autokorelace ve všech měřítkách





# Frekvenční rozložení velikosti areálů

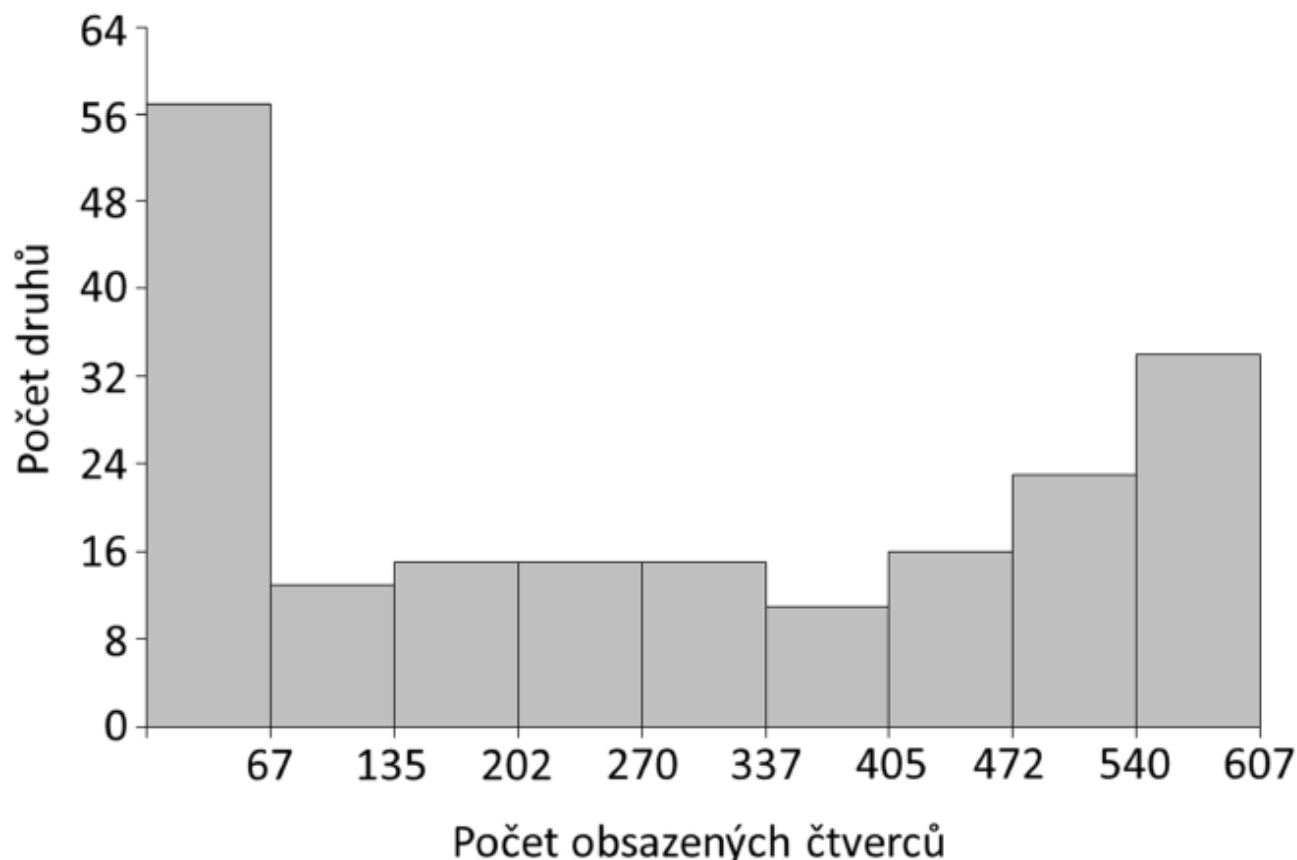
## Na velkých územích



Obr. 1: Rozložení velikostí areálů ptáků Severní a centrální Ameriky (podle Brown, 1995).

# Frekvenční rozložení velikosti areálů

## Na menších územích

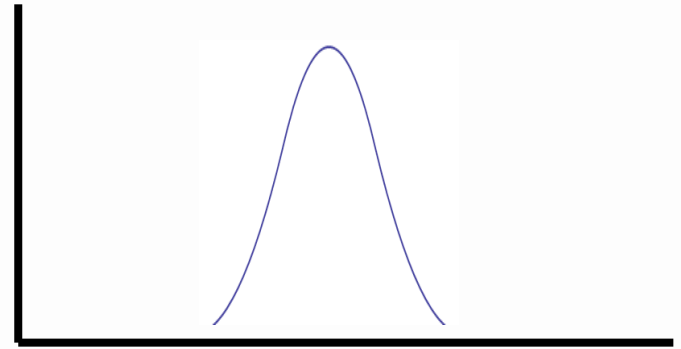
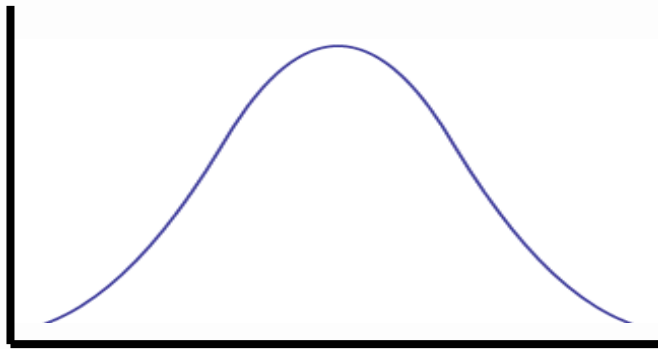


Obr. 2: Frekvenční rozložení počtu kvadrátů osídlených ptáky hnízdícími v České republice v období 1985-1989 (podle Storcha & Šizlinga 2002).

# Faktory ovlivňující rozšíření druhu

## 1. Šířka niky

- Klasický model – druhy osídlují příznivé prostředí
- Druhy se širokou nikou osídlují různé typy prostředí → vysoké lokální populační hustoty

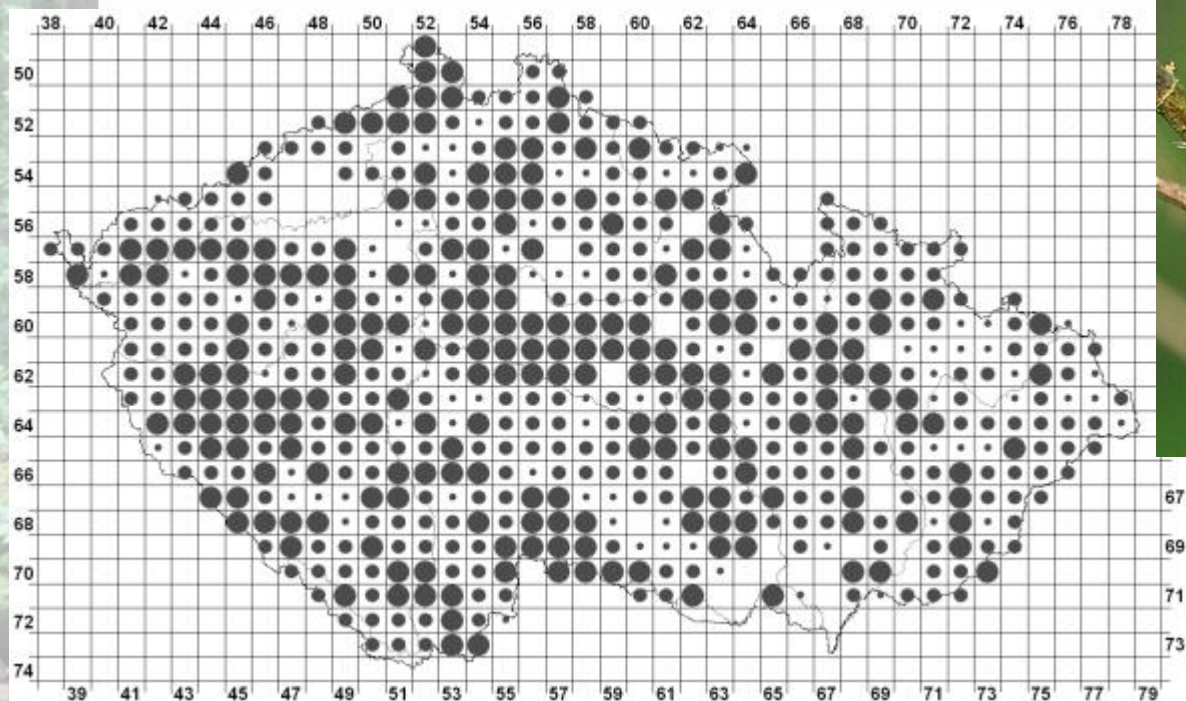


ale... i druhy specializované na jeden zdroj mohou být široce rozšířené a mít vysoké lokální populační hustoty

# Faktory ovlivňující rozšíření druhu

## 2. „Poloha niky“

- Gregory a Gaston (2000) prokázali, že nejde ani tak o šířku niky, ale spíše o to jak vzácný je zdroj, na který je druh vázaný



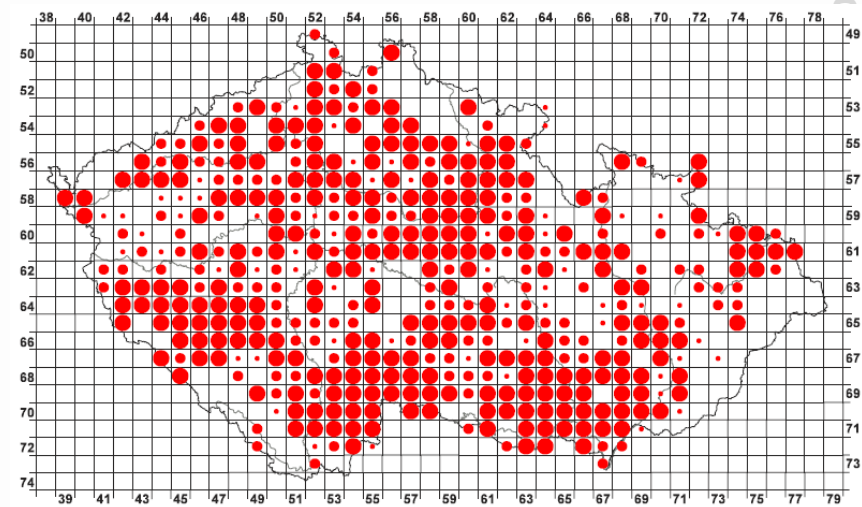
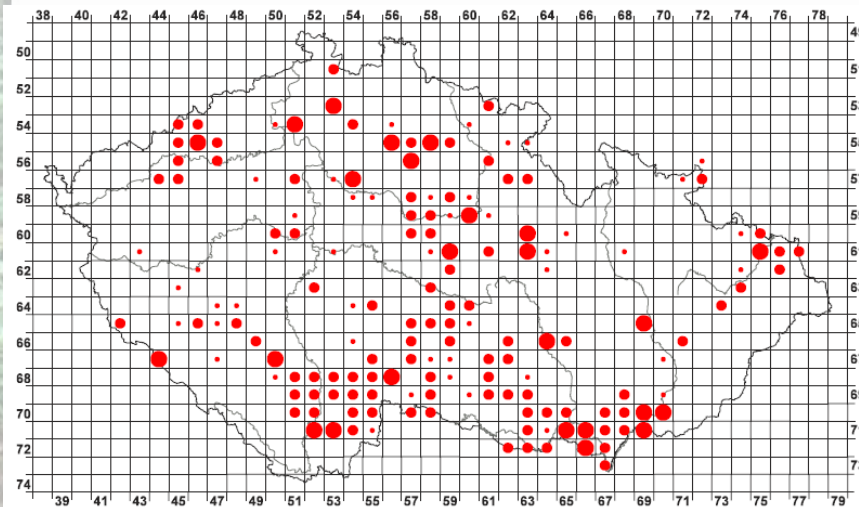
# Faktory ovlivňující rozšíření druhu

- Šířka a pozice niky – základní předpoklady rozšíření druhu (vliv na lokální početnost i na velikost areálu)
- Ale... vazba k určitému typu prostředí nedokáže vysvětlit proč mají některé stejně specializované druhy velké rozdíly v početnosti a rozšíření.

# Proč mají některé stejně specializované druhy velké rozdíly v početnosti a rozšíření?

Cvrčilka slavíková (*Locustella luscinioides*)

Rákosník obecný (*Acrocephalus scirpaceus*)



# Faktory ovlivňující rozšíření druhu

## 3. Vliv lokální četnosti druhu

- Přítomnost druhu na lokalitě nemusí svědčit o vhodnosti prostředí, ale o tom, že lokalita je blízko zdroje přistěhovalců
- Počet osídlených lokalit a populační četnost se navzájem posilují prostřednictvím migrantů (Hanski, 1982)
- Koncept metapopulací

→ osídlení velkého množství lokalit a vytvoření silné populace (**source population**)

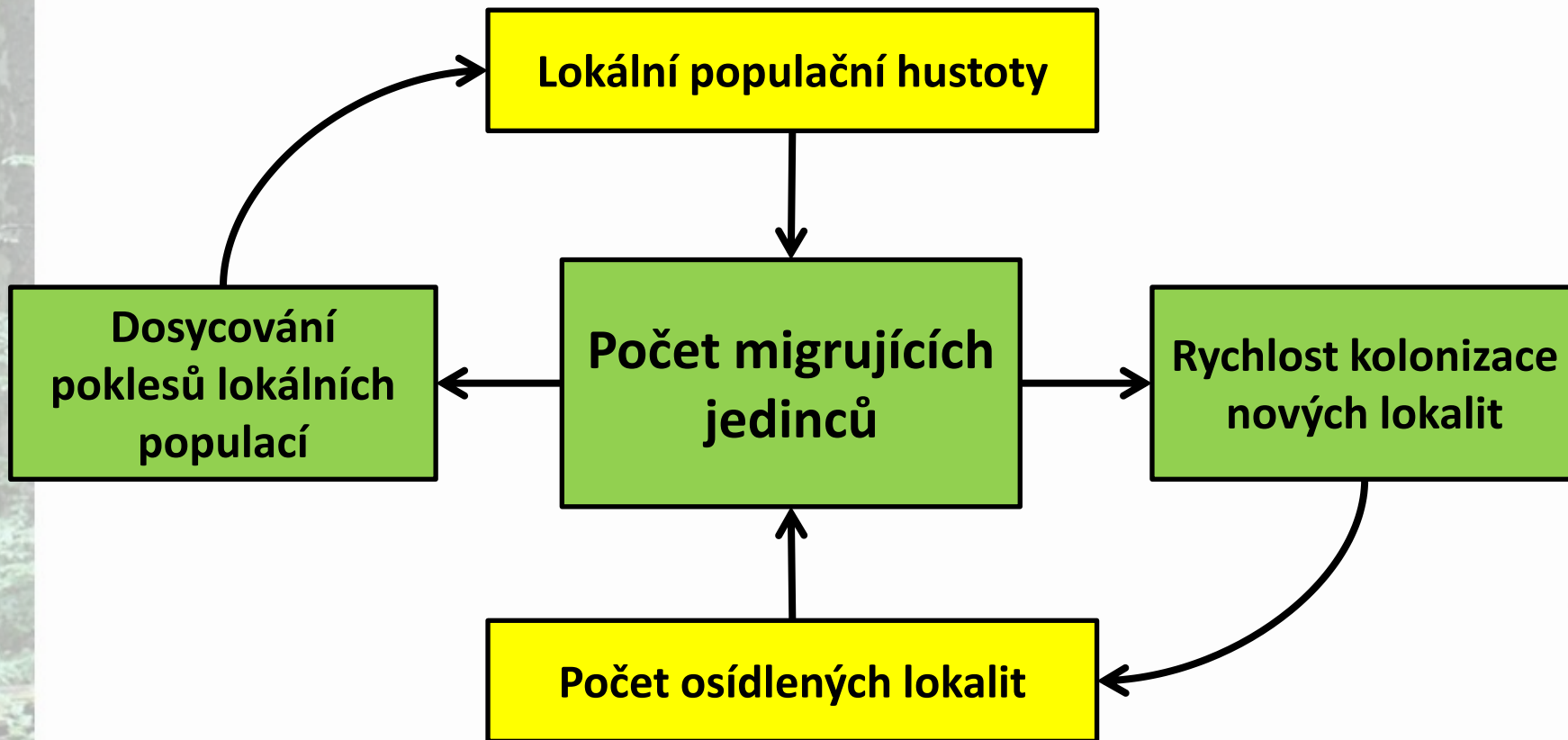
→ hodně jedinců migruje a osídluje nové lokality včetně těch s méně příhodným prostředím

→ rychlá rekolonizace nebo nahrazení úbytku početnosti na ostatních lokalitách (**sink populations**)

→ **resuce effect**

# Faktory ovlivňující rozšíření druhu

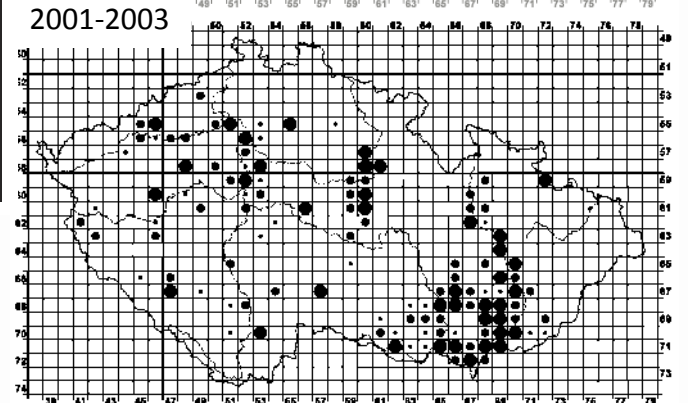
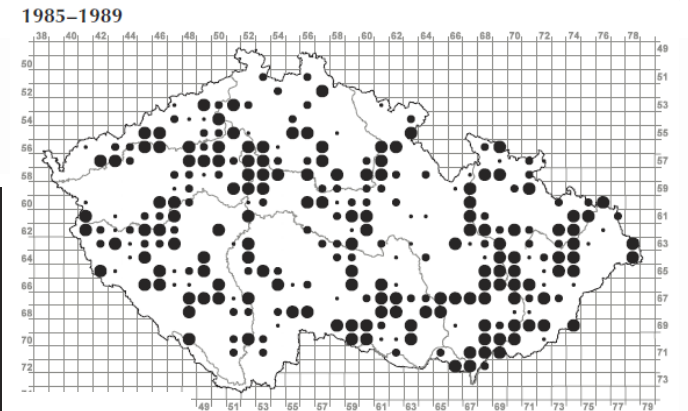
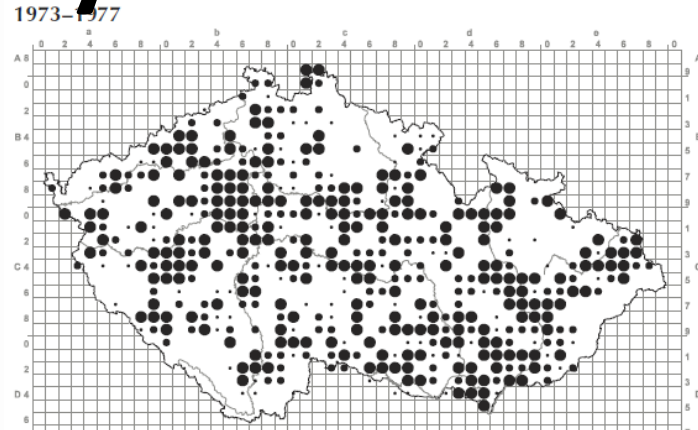
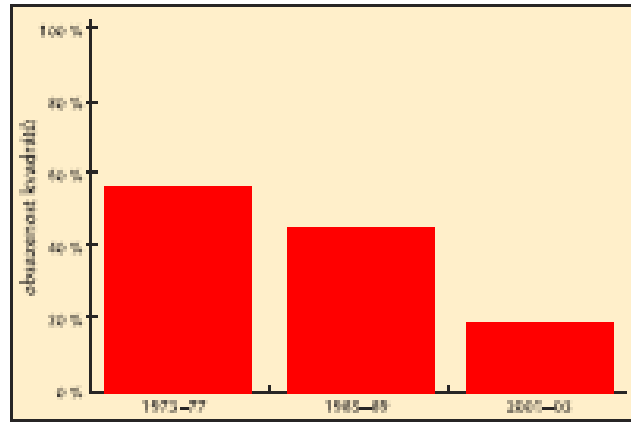
## Vliv lokální četnosti druhu





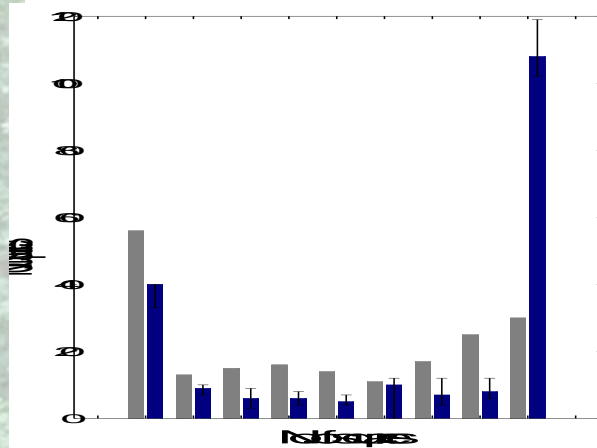
# Příčina úbytku některých druhů

- Pokud dojde k poklesu lokální četnosti druhu počet migrujících jedinců nestačí doplňovat úbytek na ostatních lokalitách
- Pravděpodobně důvod ústupu některých našich druhů ptáků
  - Čírka obecná (*Anas crecca*)
  - Chocholouš obecný (*Galerida cristata*)

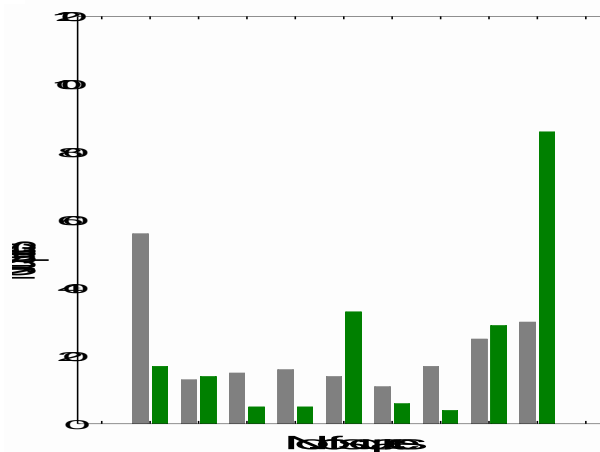


# Bimodální rozložení velikostí areálů na menších územích

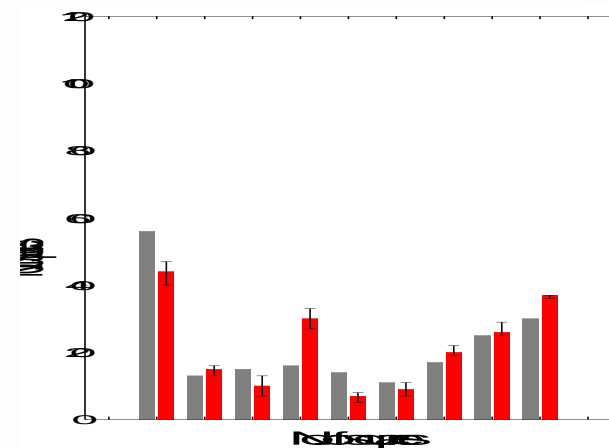
Sampling model – ptáci náhodně osidlují mapovací čtverce, ale ti vzácní (většina) osídlí jen málo, zatímco ti jen o málo běžnější brzy nasytí všechny čtverce



Habitatový model – počet osídlených čtverců odpovídá počtu čtverců s příznivým habitatem pro jednotlivé druhy



Kombinovaný model – druhy se rozmísťujú náhodně na základě své početnosti, ale jen v místech s příznivým habitatem



# Core and satellite species

- **Core species** = druhy, které nejsou specializované nebo jsou specializované na hojný zdroj, vysoké abundance, hodně migrantů → osídlují hodně lokalit včetně těch s méně příznivým prostředím
- **Satelite species** = druhy specializované na vzácné zdroje, slabé populace, málo migrantů → většinou osídlují ještě méně lokalit než by mohli

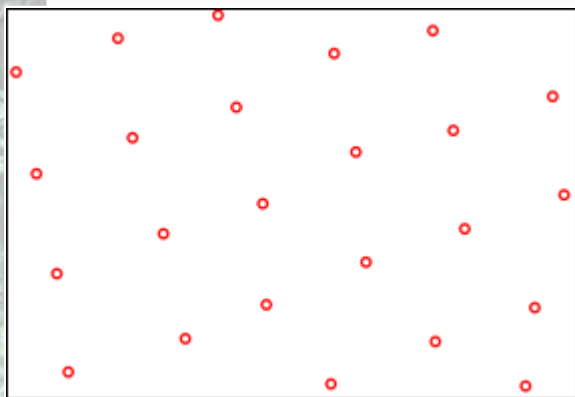
# Rozšíření druhů je dáno:

1. Šířkou niky
2. Polohou niky
3. Abundancí
4. Schopností disperze
5. Velikostí území možného k osídlení

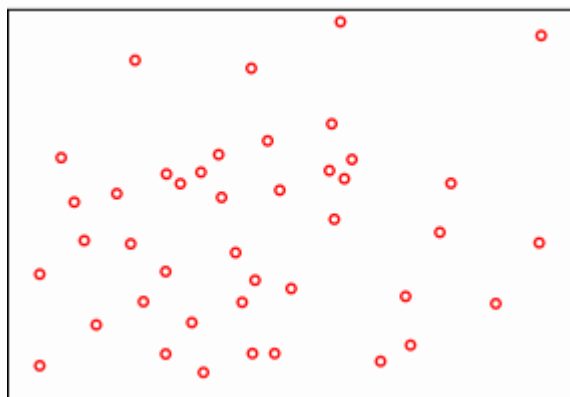
# Důsledky I

- Autokorelace

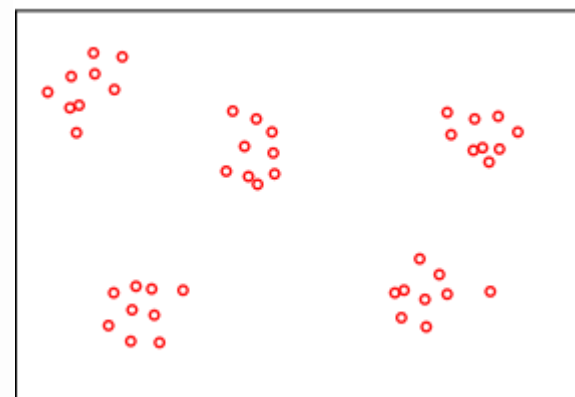
Rovnoměrná distribuce



Náhodná distribuce

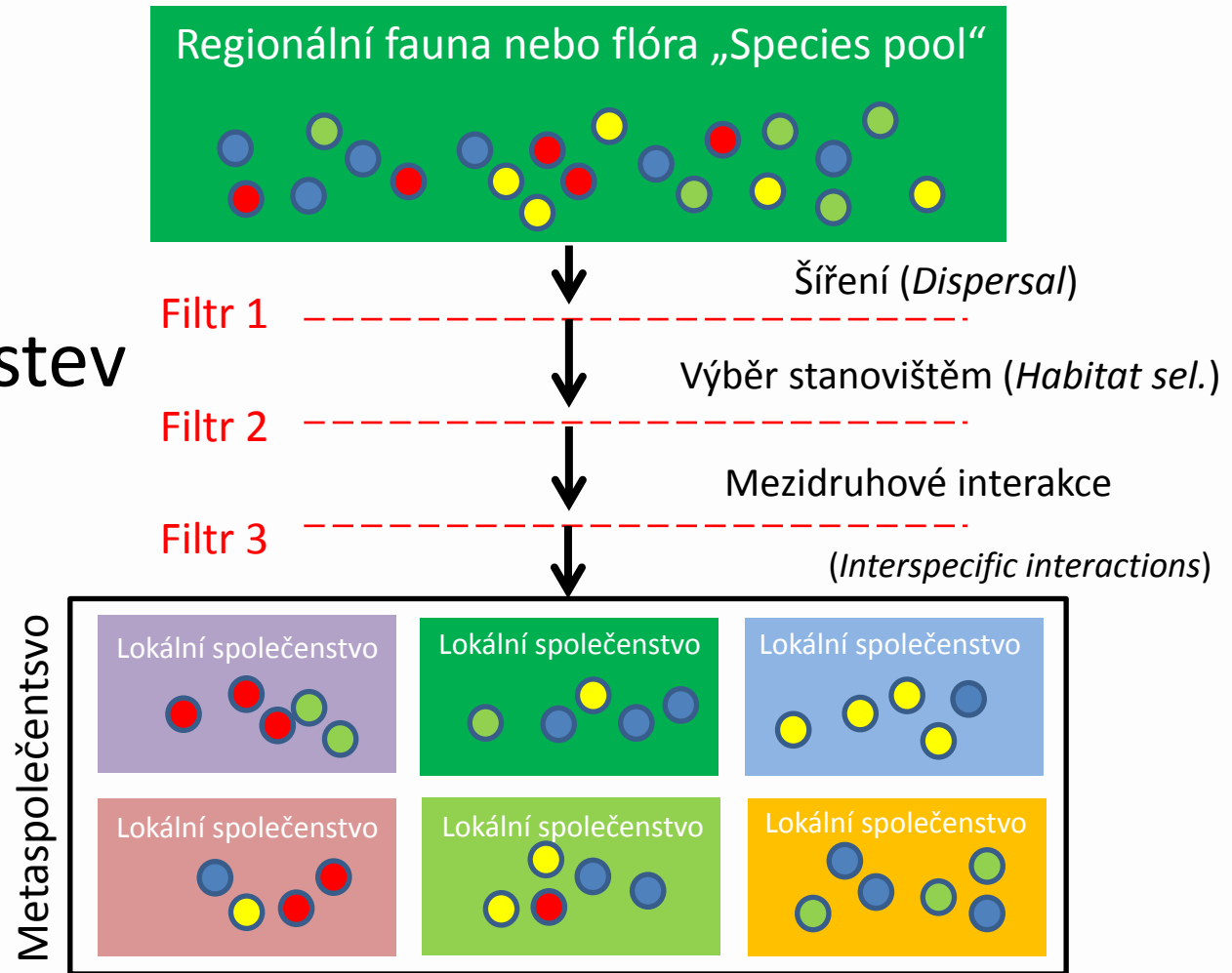


Agregovaná distribuce



# Důsledky II

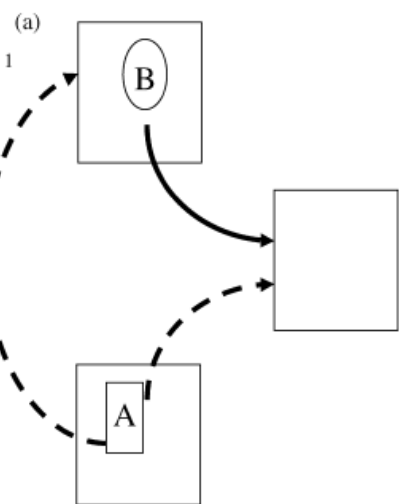
- Složení lokálních společenstev



**BETA DIVERZITA**

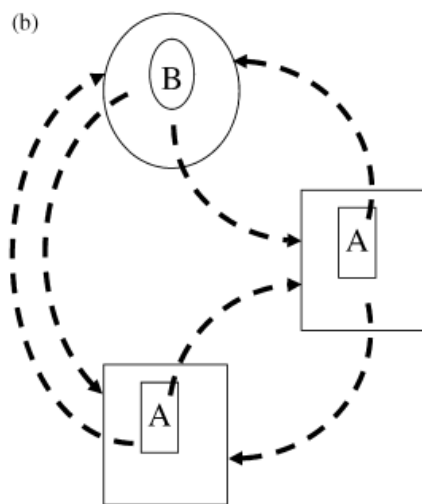
# Modely metaspolečenstva

## Patch dynamics



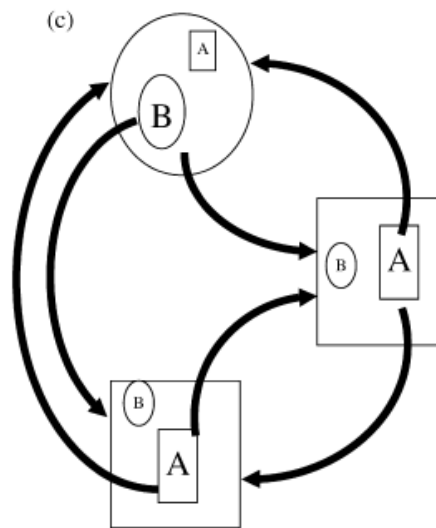
Druh A je kompetitivně silnější, druh B se lépe šíří.

## Species sorting



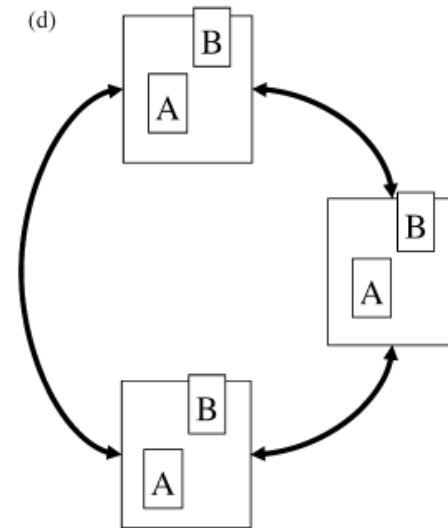
Druhy jsou vázány na prostorově oddělené niky

## Mass effect (sink-source dynamics)



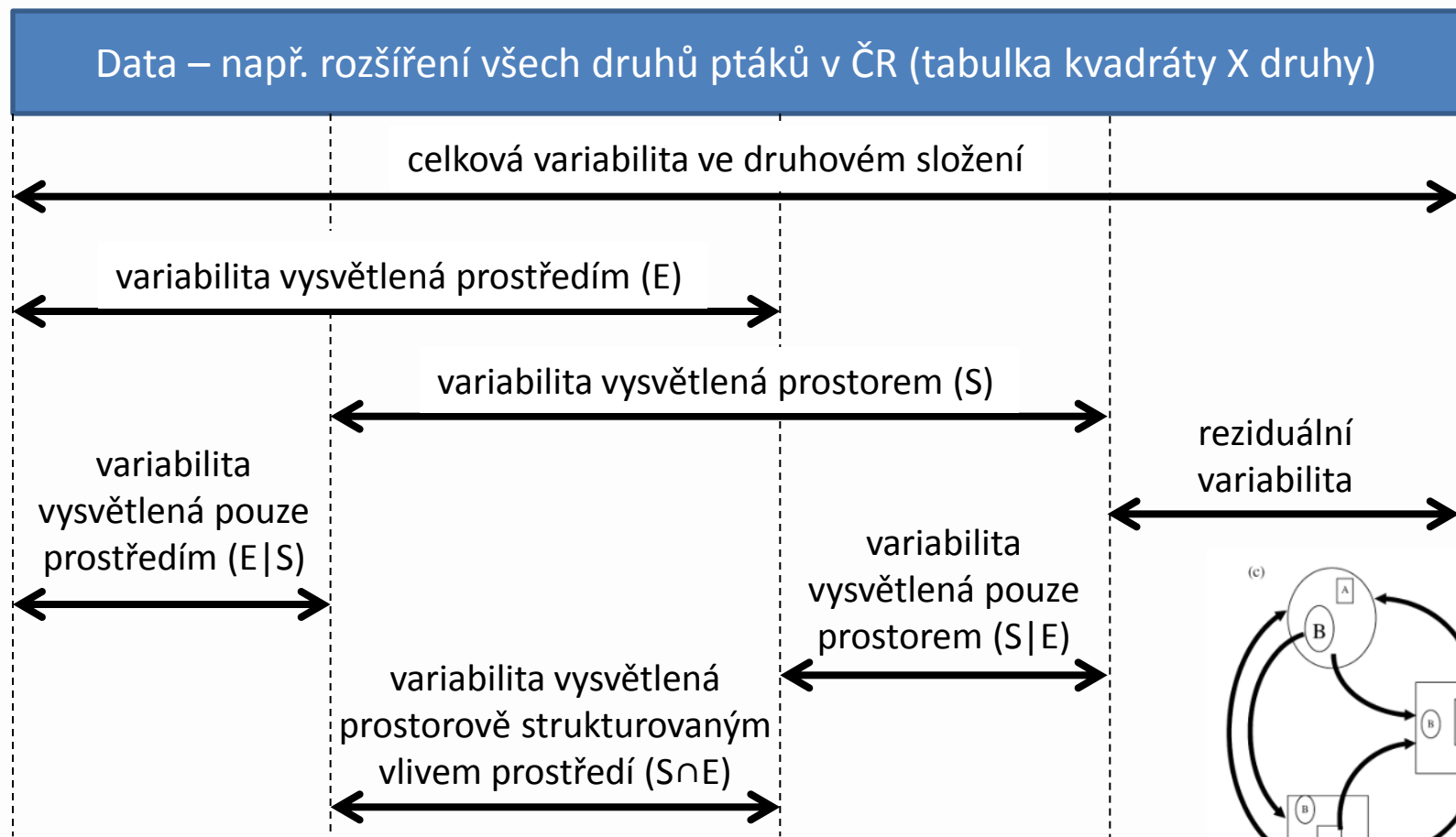
Intenzivní šíření z rostoucích populací na vhodných stanovištích na méně vhodná stanoviště

## Neutral model



Šíření funkčně shodných druhů do homogenního prostředí

# Dělení variability strukturované prostředím a prostorem



**E|S** signifikantní a **S|E** nesignifikantní → species sorting

**S|E** signifikantní a **E|S** nesignifikantní → neutrální model nebo patch dynamics

**S|E** i **E|S** signifikantní → species sorting + mass effect



# Dispersal limitation is stronger in communities of microorganisms than macroorganisms across Central European cities

- Porovnání variability společenstev různých skupin organismů v Evropských městech
- Předpoklad: mikroorganismy se dobře šíří → prostorová omezení disperze by neměla být významná
- Výsledek: silná „dispersal limitation“

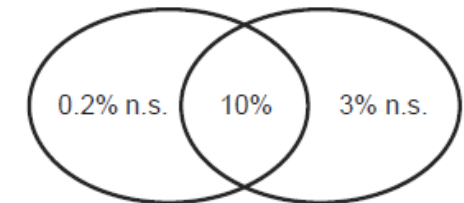


(a) cyanobacteria/algae: 34.6%



climate: 13.4%\*\*\* space: 36.2%\*\*\*

(d) herbs: 13.2%



climate: 10.2%\*\*\* space: 13%\*\*\*

(b) plants: 14.2%



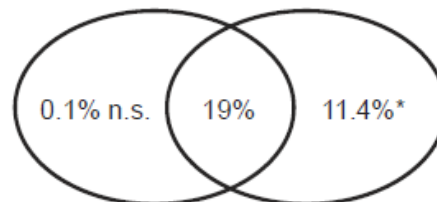
climate: 9.6%\*\*\* space: 13.6%\*\*\*

(e) animal-dispersed trees and shrubs: 16.6%



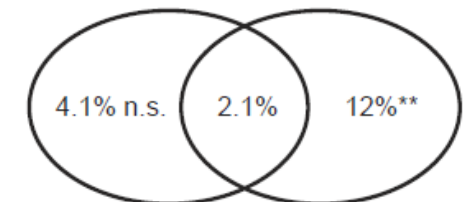
climate: 6.5%\*\*\* space: 14.9%\*\*\*

(c) snails: 30.5%



climate: 19.1%\*\*\* space: 30.4%\*\*\*

(f) wind-dispersed trees and shrubs: 18.2%



climate: 6.2%\*\*\* space: 14.1%\*\*\*



**MOŽNOSTI POPISU  
PROSTORU A PROSTOROVÉ  
ANALÝZY STRUKTURY  
LOKÁLNÍCH SPOLEČENSTEV**

# V minulém díle...😊

- Rozšíření druhů a tedy i rozdíly ve struktuře lokálních společenstev (beta diverzita) jsou dány:

## 1. Ekologickými procesy (Environmental control)

- Habitat selection
- Interspecific interactions

## 2. Neutrálními procesy (Neutral processes)

- Šíření (Dispersal)
- Populační dynamika (Population dynamics)
  - Mass effect (source/sink populations)

# Analýza struktury lokálních společenstev

- Jaké faktory/procesy mají vliv na rozdíly ve druhovém složení studovaných lokalit?  
→ čím je dáno rozšíření druhů v určitém území?
- **Závislá proměnná (vícerozměrná):**
  - Data o rozšíření druhů (např. např. tabulka prezenze/absence druhů v mapovacích kvadrátech)
- **Vysvětlující proměnné:**
  - **Environmentální data** – popisují podmínky prostředí (např. tabulka lokality × biotopy)
  - **Prostorová data** – popisují prostorovou strukturu našich dat (např. tabulka lokality × souřadnice X a Y, nebo jejich polynomy)

# Proč potřebujeme popsat prostorovou strukturu v našich datech?

## 1. Stanovení relativní role neutrálních procesů

## 2. Problém prostorové autokorelace

- Vliv environmentálních faktorů (teplota, nadm. výška, pH půdy, rozloha určitého biotopu apod.) nelze uspokojivě stanovit bez přihlédnutí k prostorové autokorelaci
- Pokud jsou data autokorelovaná nesplňují základní podmínku statistického testování – **nezávislost měření** → testy jsou příliš liberální
- Red-shifts (Lennon 2000)

# Prostorová autokorelace

## (Spatial autocorrelation, SAC)

- Podobnost dvou míst (lokalit, kvadrátů atp.) klesá s jejich geografickou vzdáleností (**distance decay**)  
→ prostorově bližší lokality jsou si podobnější
  1. Druhovým složením → druhová data jsou autokorelovaná
  2. Environmentálními podmínkami → environmentální data jsou autokorelovaná

# Prostorová autokorelace (Spatial autocorrelation)

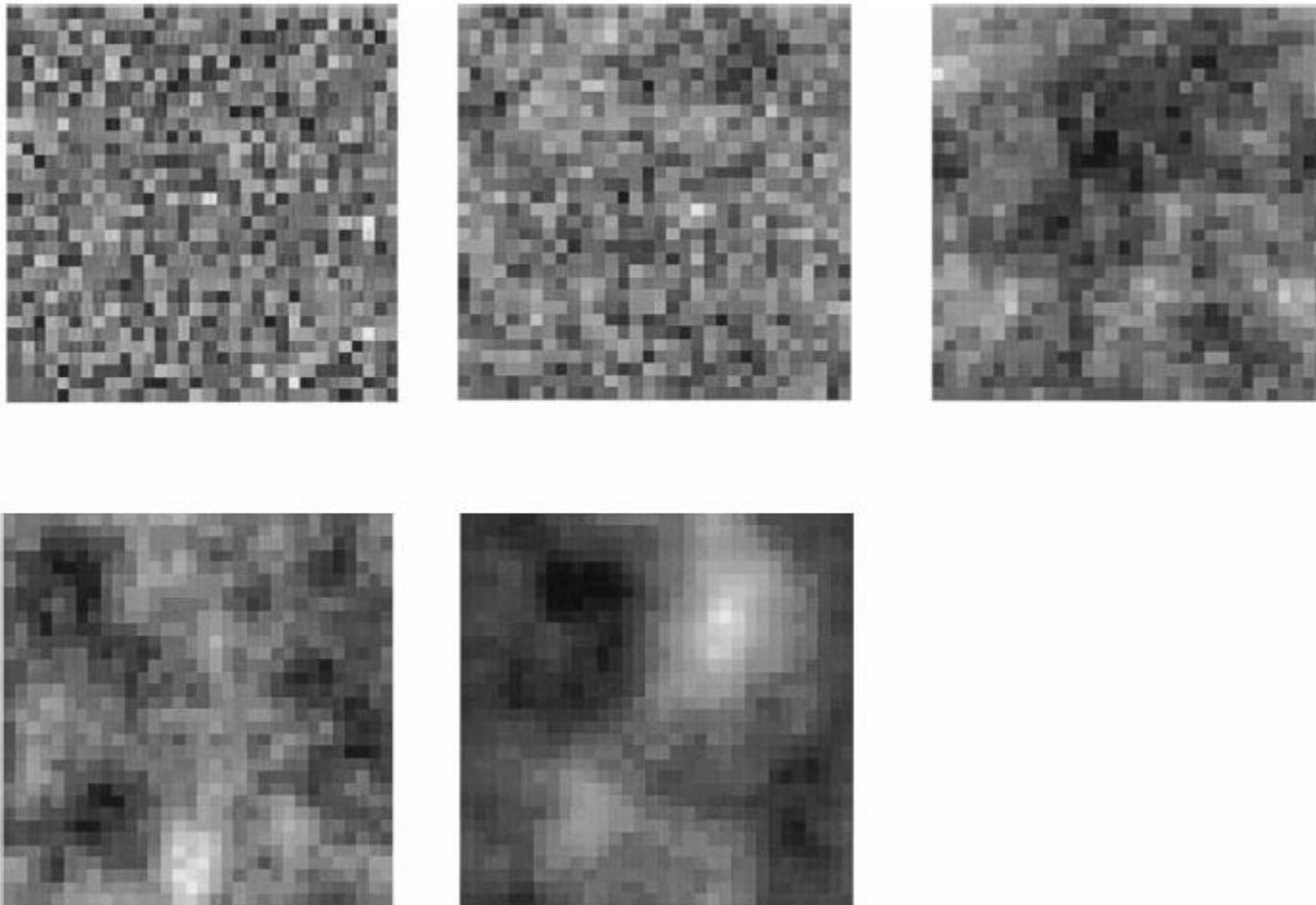
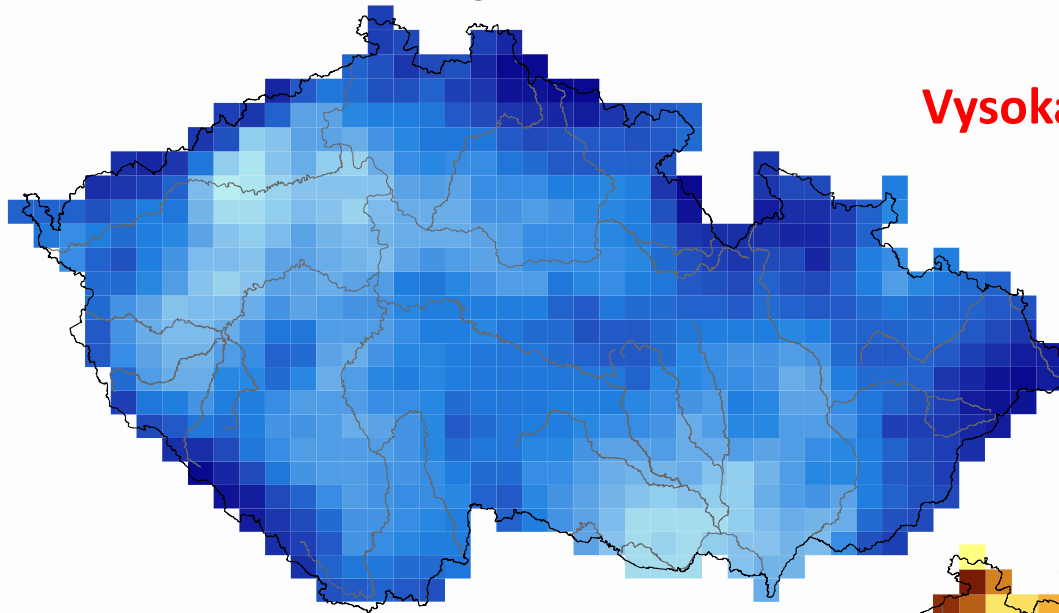


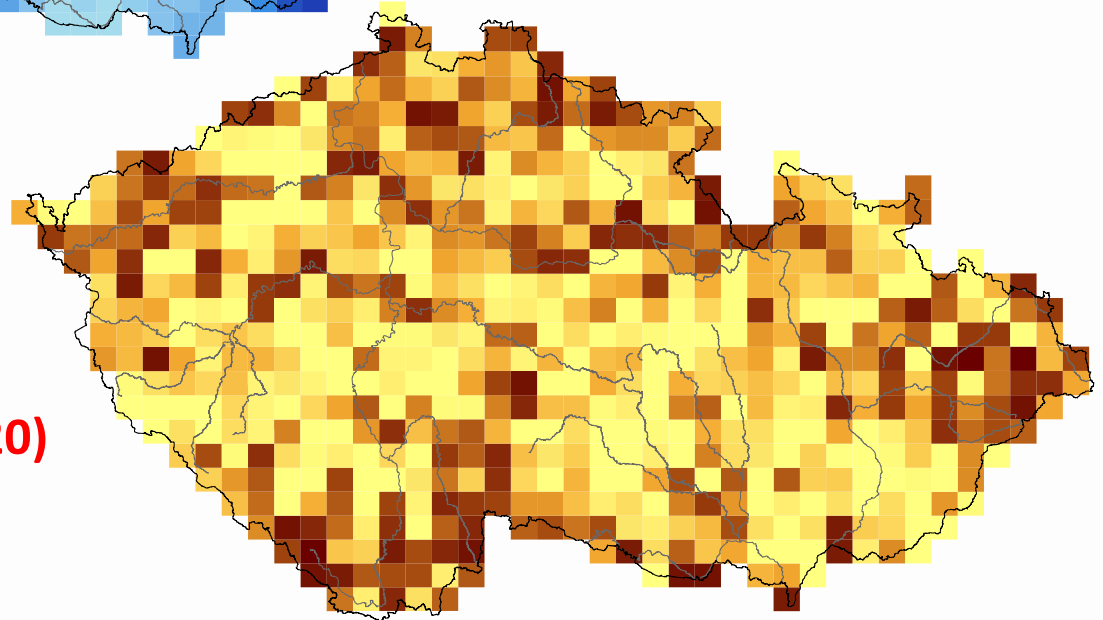
Fig. 2. Typical synthetic surfaces generated by the IDFT. The surfaces shown have  $32 \times 32$  elements but the analyses used a  $16 \times 16$  element area to reduce boundary effects. The spectral density-frequency exponents of these surfaces are  $\beta = 0$  white noise ( $D = 3$ ),  $\beta = -0.5$  white-pink noise ( $D = 2.75$ ),  $\beta = -1$  pink noise ( $D = 2.5$ ),  $\beta = -1.5$  pink-brown noise ( $D = 2.25$ ) and  $\beta = -2$  brown noise ( $D = 2$ ), where  $D$  is the fractal dimension, related to  $\beta$  such that  $D = 3 + \beta/2$  (Russ 1994).

Lennon, J. 2000, *Ecography* 23: 101-113

# Prostorová autokorelace (Spatial autocorrelation)



Vysoká (Moran's  $I = 0.161$ )



Nízká (Moran's  $I = 0.020$ )



Variable	Description	Min.	Max.	Mean	Moran's I
TEMP	Mean annual temperature (°C)	3.0	9.5	7.4	0.125
PREC	Mean annual precipitation (mm)	432.0	1387.1	677.8	0.161
ALT	Mean altitude (m a.s.l.)	157.3	1160.4	456.4	0.139
ALPINE	Alpine habitats including alpine grasslands, Pinus mugo scrub and subalpine low shrub vegetation (ha)	0.0	1257.2	5.2	0.041
WETSCR	Willow carrs and riverine willow scrub (ha)	0.0	145.7	7.7	0.092
TALLSCR	Tall mesic and xeric scrub (ha)	0.0	1442.6	26.5	0.086
LOWSCR	Low xeric scrub (ha)	0.0	13.7	0.1	0.021
ALDCARRS	Alder carrs (ha)	0.0	130.9	3.5	0.037
BIRCH	Birch mire forests (ha)	0.0	112.2	1.5	0.059
PINE	Pine forests including dry forest-steppe forests and pine mire forests (ha)	0.0	529.4	13.4	0.090
ASHALD	Ash-alder alluvial forests and montane grey alder galleries (ha)	0.0	324.9	54.6	0.070
HARDWOOD	Hardwood forests of lowland rivers (ha)	0.0	1889.3	21.3	0.066
WILLPOP	Willow-poplar forests of lowland rivers (ha)	0.0	80.6	1.6	0.068
OAKHORN	Oak-hornbeam forests (ha)	0.0	2066.9	110.9	0.127
RAVINE	Ravine forests (ha)	0.0	551.6	18.6	0.044
BEECH	Beech forests (ha)	0.0	3098.4	194.7	0.094
OAK	Oak forests including thermophilous oak forests and acidophilous oak forests (ha)	0.0	1401.6	42.6	0.076
OAKPINE	Oak-pine forests (ha)	0.0	1198.7	11.9	0.095
SPRUCE	Spruce forests (ha)	0.0	3292.6	57.3	0.076
WETLAND	Wetlands including reed and tall-sedge beds, vegetation of annual hydrophilous herbs and perennial amphibious herbs (ha)	0.0	251.2	16.8	0.077

# Měření prostorové autokorelace

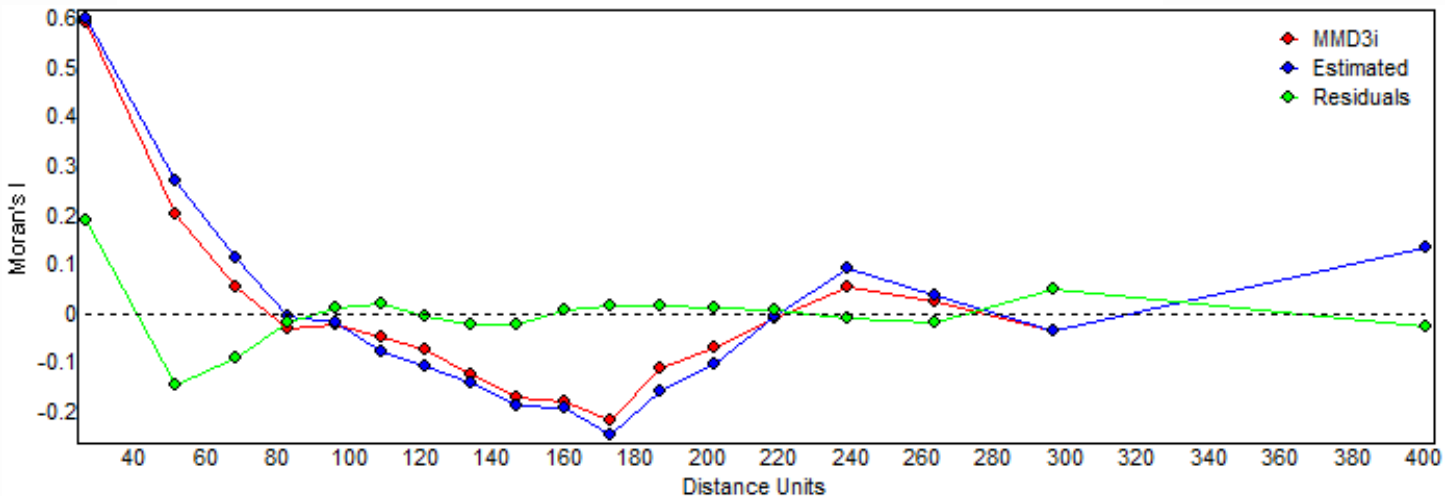


- Moran's  $I$  (Moran, 1950)

$$I(d) = \frac{\frac{1}{W} \sum_{h=1}^n \sum_{i=1}^n w_{hi} (y_h - \bar{y})(y_i - \bar{y})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad \text{for } h \neq i$$

The expected value of Moran's  $I$  for no spatial correlation is

$$E(I) = \frac{-1}{n-1}$$



# Možnosti popisu prostorové struktury

- 1) Trend surface analysis
- 2) Mantel correlation/Mantel tests
- 3) Moran's eigenvector maps

# Trend-surface analysis

- Prostorová struktura je vyjádřena geografickými souřadnicemi (XY) lokalit/kvadrátů a jejich polynomy

$$\hat{z} = f(X, Y) = b_0 + b_1X + b_2Y$$

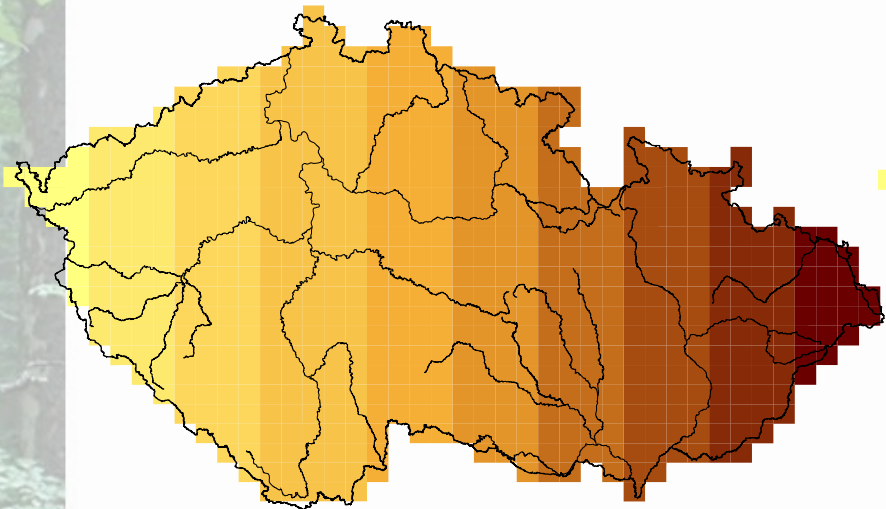
$$\hat{z} = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4XY + b_5Y^2$$

$$\hat{z} = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4XY + b_5Y^2 + b_6X^3 + b_7X^2Y + b_8XY^2 + b_9Y^3$$

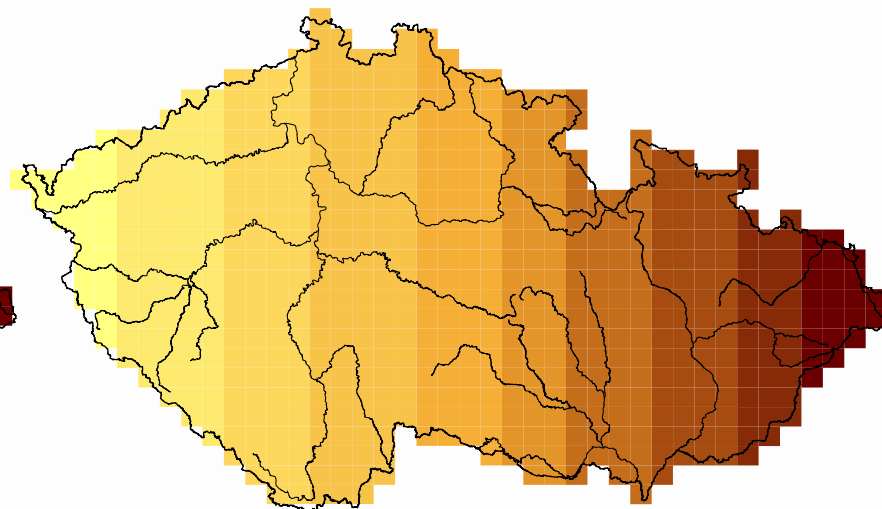
- Postihuje pouze velkoškálové vztahy

# Trend-surface analysis

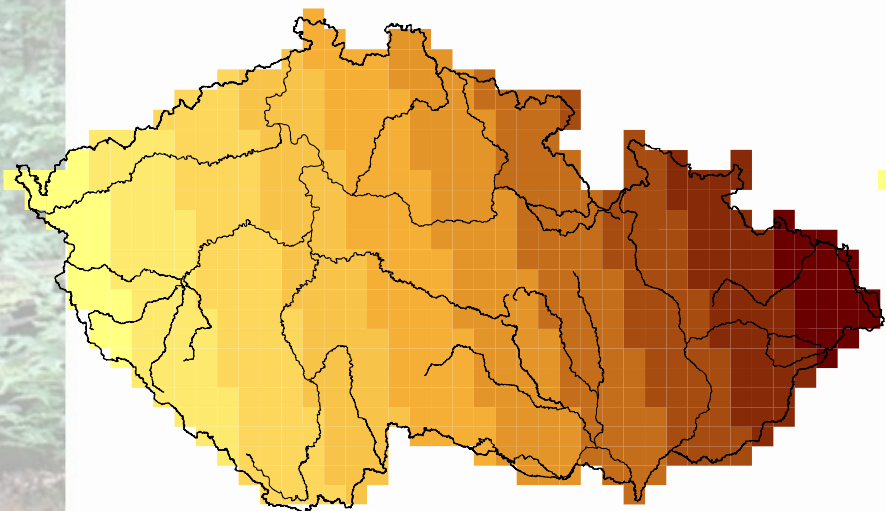
X



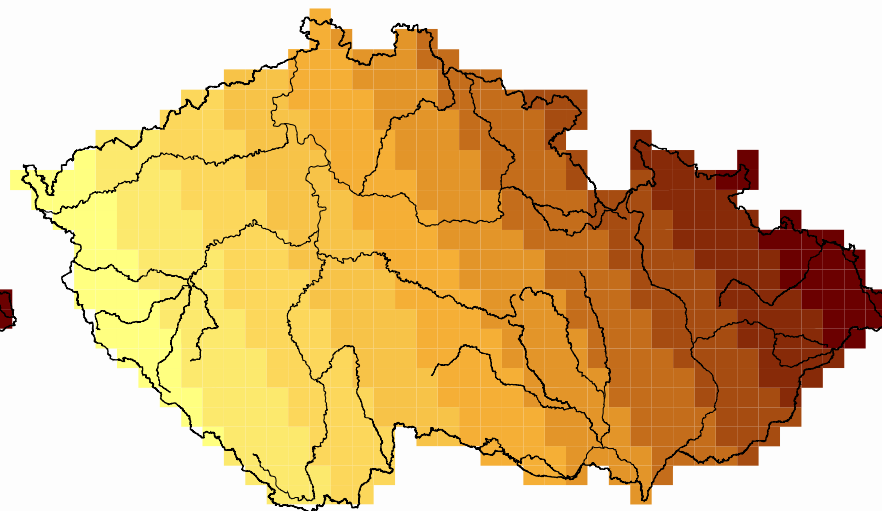
X<sup>2</sup>

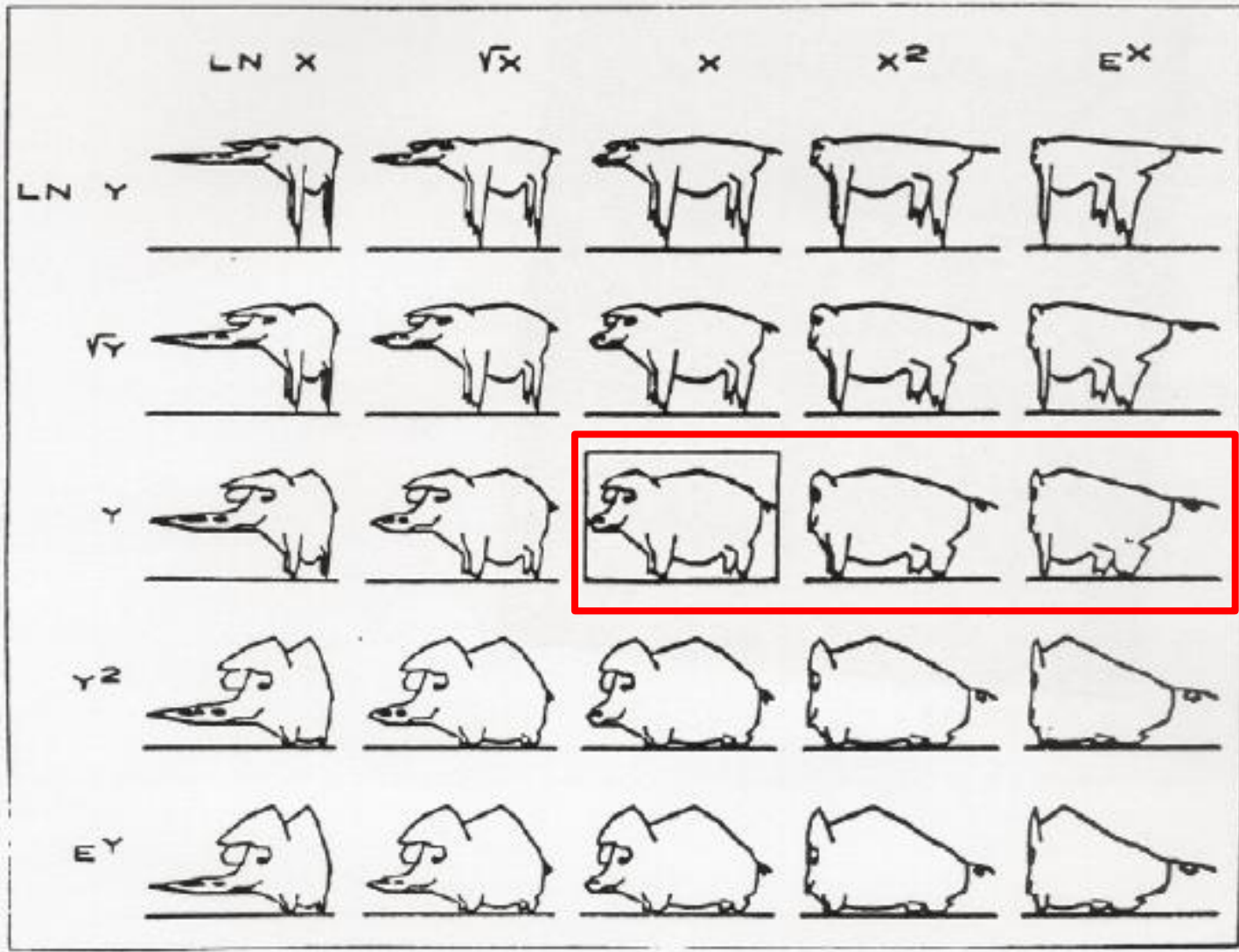


X\*Y



X\*Y\*Y





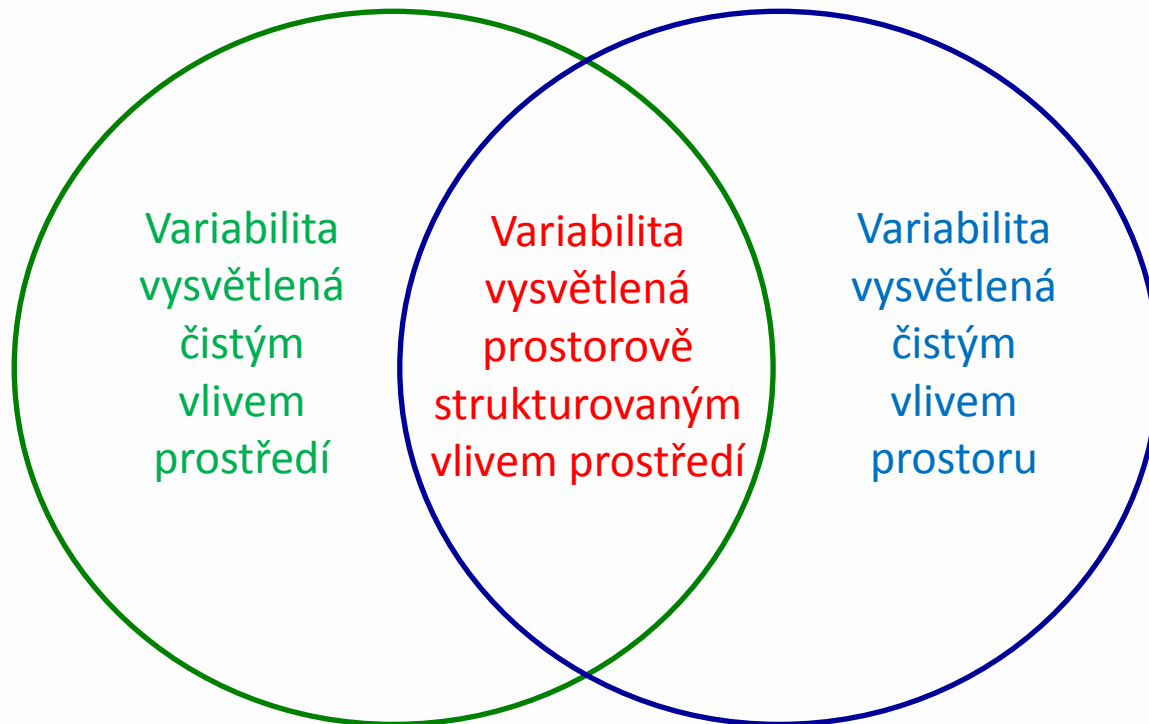
# Výsledná analýza

$$Y = f(\text{Environmental variables, Trend-surface polynomials})$$

## Varinace partitioning

Environmental variables

Trend-surface polynomials



# Moran's eigenvector maps

- MEM → Principal Coordinates of Neighbour Matrices (PCNM; Borcard & Legendre 2002, Dray et al. 2006)
- Založeno na vygenerování prostorových proměnných pomocí analýzy hlavních koordinát (PCoA)

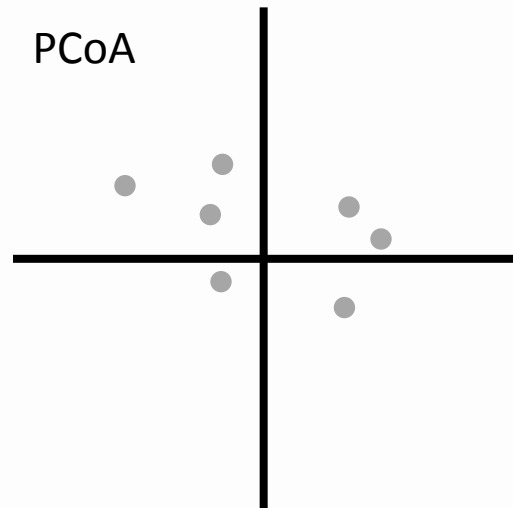


# Moran's eigenvector maps

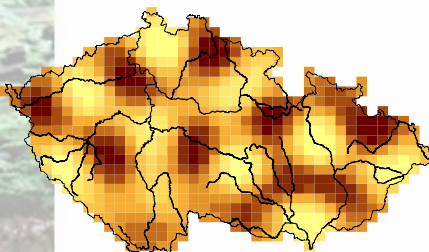
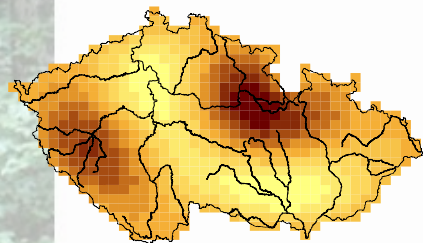
ID	X_UTM	Y_UTM
4952	1604678	6596804
5052	1604675	6579165
5053	1623227	6579161
5056	1678870	6579154
5057	1697415	6579153
5151	1586125	6561568
5152	1604672	6561564
5153	1623225	6561561
5154	1641772	6561558
5155	1660318	6561556
5156	1678870	6561555
5157	1697415	6561554
5158	1715961	6561553



	4952	5052	5053	5056	5057	5151
4952	0	17638.26	25599.13	76262.53	94401.97	39821.69
5052	17638.26	0	18552.19	74195.19	92740.27	25569.04
5053	25599.13	18552.19	0	55643	74188.07	41062.4
5056	76262.53	74195.19	55643	0	18545.07	94398.07
5057	94401.97	92740.27	74188.07	18545.07	0	112671.3
5151	39821.69	25569.04	41062.4	94398.07	112671.3	0

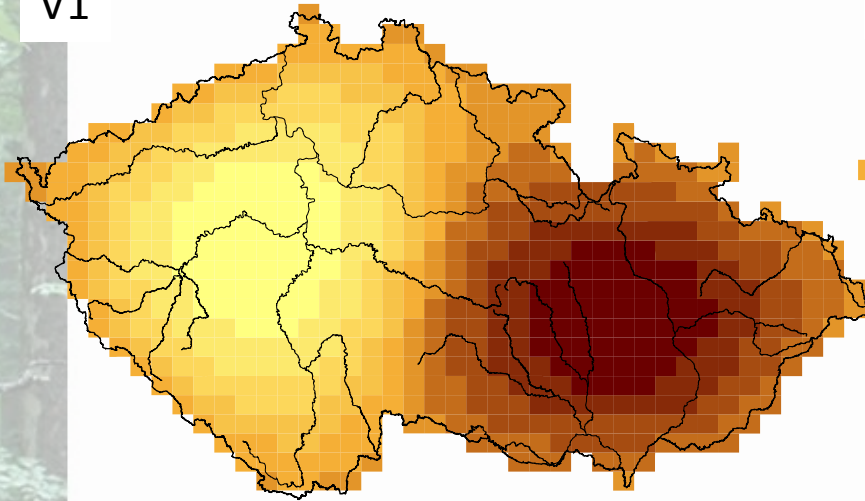


ID	V1	V2	V3
4952	-239.536	-49.6009	-839.176
5052	-1001.74	-413.727	-2968.25
5053	-1033.39	-618.2	-3213.31
5056	-663.895	-1261.2	-2912.25
5057	-540.904	-1227.53	-2618.41
5151	-1886.69	-421.861	-4789.88
5152	-2399.11	-1071.73	-6558.18
5153	-2442.21	-1685.84	-7161.99
5154	-2174.38	-2215.51	-6952.89
5155	-1883.57	-2775.82	-6798.2
5156	-1646.21	-3218.09	-6747.98
5157	-1293.25	-3185.75	-5991.62
5158	-793.561	-2478.86	-4230.45
5248	-1946.56	1022.099	-3515
5249	-2631.26	846.2563	-5086.65

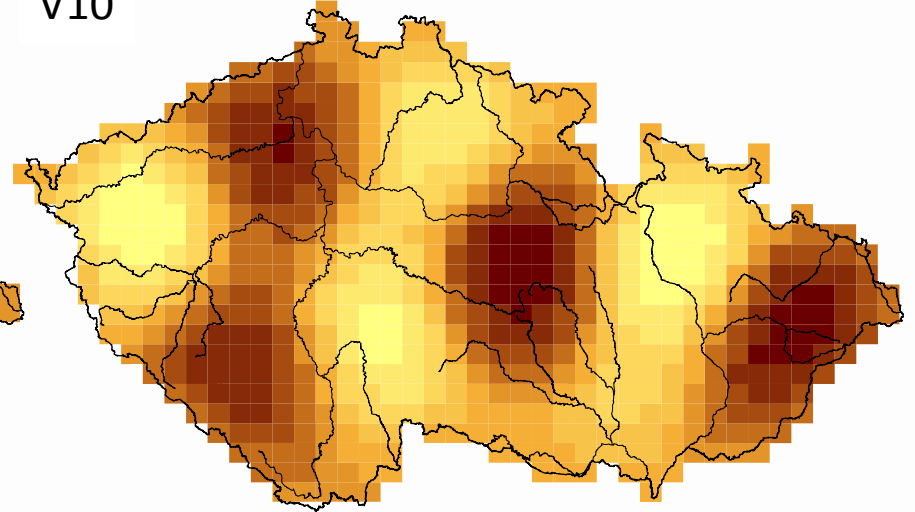


# Moran's eigenvector maps

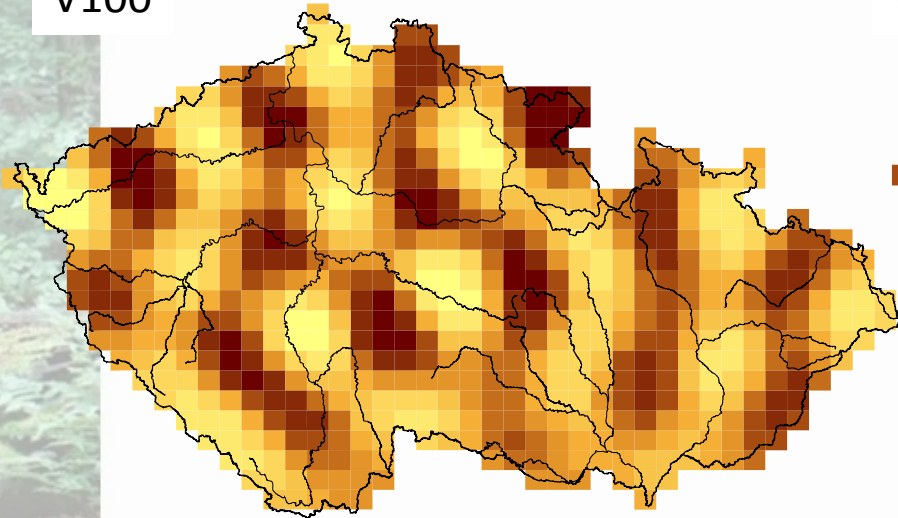
V1



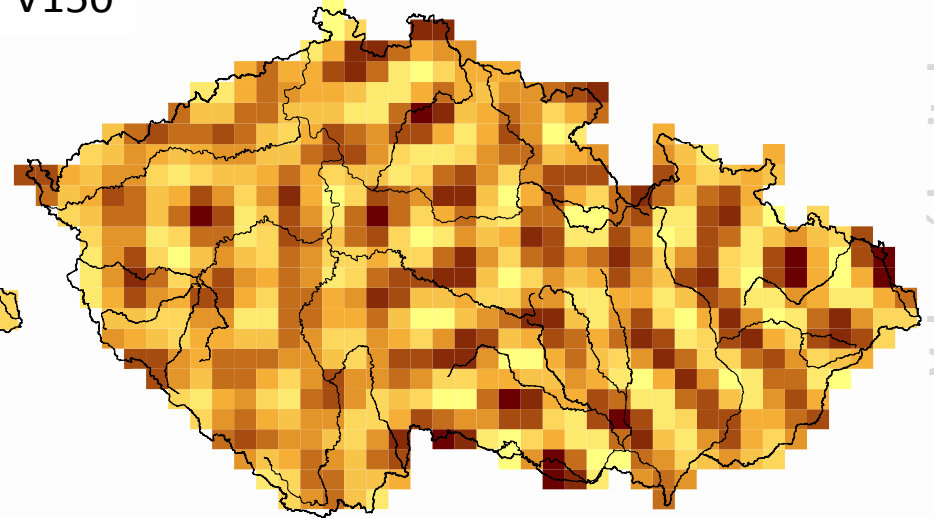
V10



V100



V150



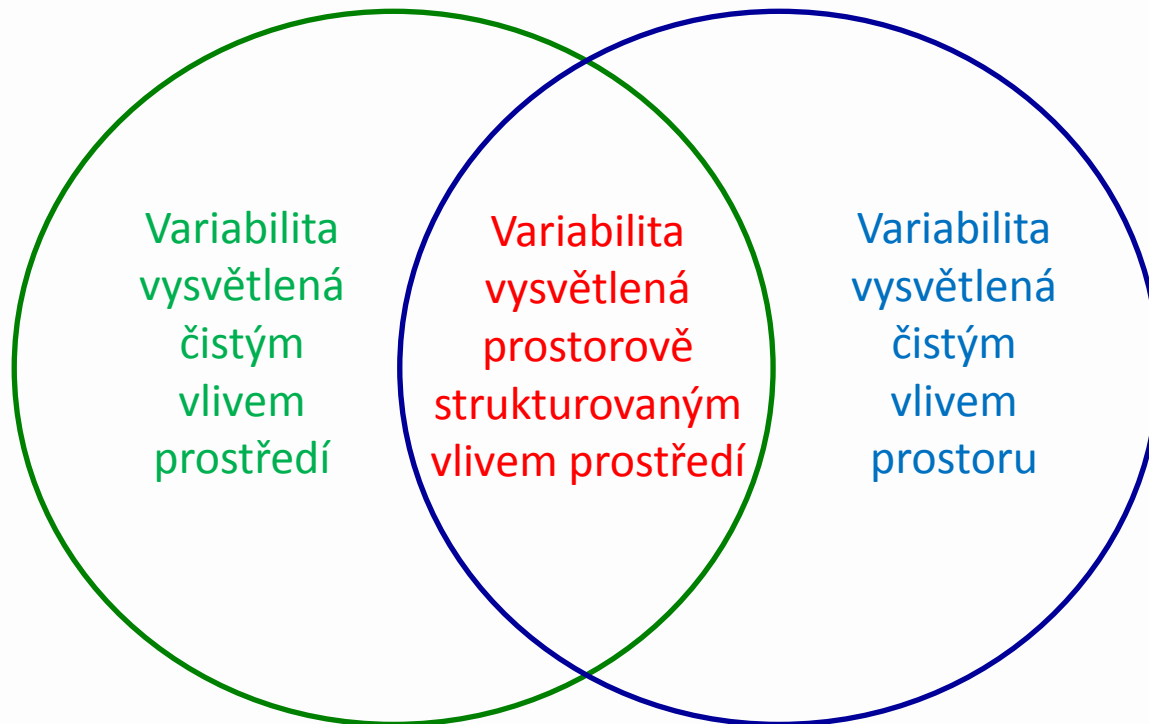
# Výsledná analýza

$$Y = f(\text{Environmental variables, MEM variables})$$

## Varinace partitioning

Environmental variables

MEM variables



# Mantel statistic

- Metoda založena na korelaci matic
  - Matice **ekologických vzdáleností** mezi lokalitami vypočtená z **druhových dat** (vícerozměrná vysvětlovaná proměnná)
  - Matice **ekologických vzdáleností** mezi lokalitami vypočtená z **environmentálních dat** (vícerozměrná vysvětlující proměnná)
  - Matice **geografických vzdáleností** mezi lokalitami vypočtená z **geografických souřadnic** (vícerozměrná vysvětlující proměnná)

# Mantel statistic

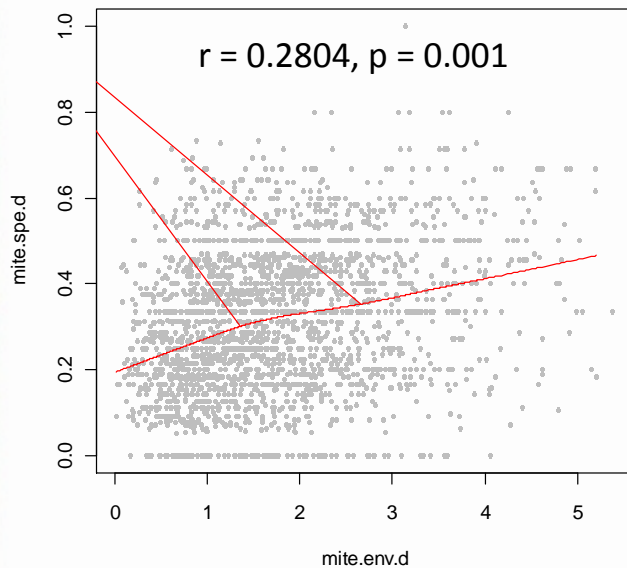
Environmentální model

B-sim index

row.names	1	2	3	4	5
1	0	0.25	0.2105263	0.2	0.2105263
2	0.25	0	0.05263158	0.1739130	0.1578947
3	0.2105263	0.05263158	0	0.1052632	0.1578947
4	0.2	0.1739130	0.1052632	0	0.2105263
5	0.2105263	0.1578947	0.1578947	0.2105263	0

Ekologická vzdálenost mezi lokalitami

row.names	1	2	3	4	5
1	0	1.451148	0.5964359	0.7578642	1.662693
2	1.451148	0	0.8684193	0.7723978	3.091077
3	0.5964359	0.8684193	0	0.1942090	2.22817
4	0.7578642	0.7723978	0.1942090	0	2.337184
5	1.662693	3.091077	2.22817	2.337184	0



Prostorový model

B-sim index

row.names	1	2	3	4	5
1	0	0.25	0.2105263	0.2	0.2105263
2	0.25	0	0.05263158	0.1739130	0.1578947
3	0.2105263	0.05263158	0	0.1052632	0.1578947
4	0.2	0.1739130	0.1052632	0	0.2105263
5	0.2105263	0.1578947	0.1578947	0.2105263	0

Geografická vzdálenost mezi lokalitami

row.names	1	2	3	4	5
1	0	0.8	1.019804	1.264911	2.280351
2	0.8	0	0.2828427	0.5656854	1.523155
3	1.019804	0.2828427	0	0.2828427	1.264911
4	1.264911	0.5656854	0.2828427	0	1.019804
5	2.280351	1.523155	1.264911	1.019804	0

