

ZPRACOVÁNÍ DAT V EKOLOGII SPOLEČENSTEV

David Zelený

VEGETATION
SCIENCE
GROUP
MASARYK UNIVERSITY BRNO



OSNOVA PŘEDNÁŠKY

- Příprava dat pro numerické analýzy
 - čištění dat, odlehlé body, transformace, standardizace, EDA
- Design ekologických experimentů
 - manipulativní experimenty vs přírodní experimenty (pozorování)
- Typy sbíraných dat
 - kategoriální vs kvantitativní, pokryvnosti, frekvence
- Ekologická podobnost
 - indexy podobnosti a vzdálenosti mezi vzorky
- Klasifikace
 - hierarchická vs nehierarchická, aglomerativní vs divisivní
- Ordinance
 - lineární vs unimodální, přímá vs nepřímá
- Regrese
 - zobecněné lineární modely, regresní a klasifikační stromy
- Ellenbergovy indikační hodnoty
 - kalibrace
- Indexy druhové bohatosti
 - alfa, beta a gamma diverzita, akumulární druhová křivka, rarefaction
- Případové studie na použití jednotlivých metod

LITERATURA

Doporučená

- Lepš & Šmilauer (2001) *Mnohorozměrná analýza ekologických dat*
 - v anglické verzi vyšlo v Cambridge v roce 2003 jako *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*
 - <http://regent.jcu.cz/skripta.pdf>
- Herben & Münzbergová (2003) *Zpracování geobotanických dat v příkladech. Část 1. Data o druhovém složení*
 - ftp://botany.natur.cuni.cz/skripta/zpracovani_geobot_dat/multivar.pdf

Pro fajnšmekry

- Wildi (2010) *Data Analysis in Vegetation Ecology*. Wiley-Blackwell
- Gotelli & Ellison (2004) *A Primer of Ecological Statistics*. Sinauer Associates
- Palmer – *Ordination methods for ecologists*, website
 - <http://ordination.okstate.edu/>
- Oksanen (2004) *Multivariate Analysis in Ecology, Lecture Notes*.
 - <http://cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/notes.pdf>
- Legendre & Legendre (1998) *Numerical Ecology* (Second English Edition). Elsevier

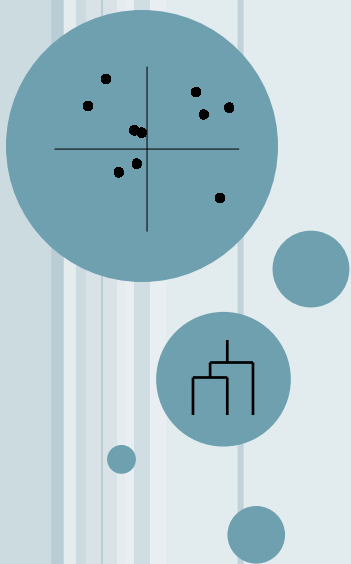
SOFTWARE

- **CANOCO for Windows 4.5** – ordinační analýzy
- **CanoDraw for Windows 4.0** – kreslení ordinačních diagramů a odpovědných křivek druhů
- **PC-ORD 5** – numerické klasifikace, ordinační analýzy, analýza odlehlých bodů
- **STATISTICA 9.0** – regrese, regresní a klasifikační stromy

Kde co sehnat:

- CANOCO, CanoDraw a PC-ORD – instalace z AVRUMELu nebo webových stránek předmětu (záložka *Studijní materiály*)
- STATISTICA – licenci je třeba získat po přihlášení na <http://inet.sci.muni.cz> v sekci *Nabídka software*

TYPY SBÍRANÝCH DAT PŘÍPRAVA DAT PRO ANALÝZY



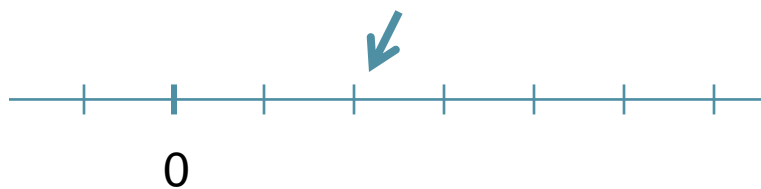
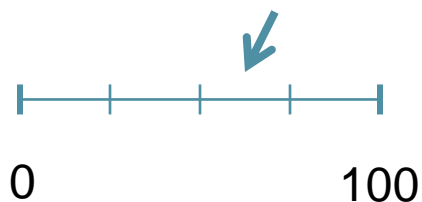
CHARAKTERISTIKA EKOLOGICKÝCH DAT

- popisují **společenstvo** a jeho **prostředí**
- k popisu obojího potřebujeme většinou více proměnných
 - druhů (v případě společenstva) a faktorů prostředí
- jsou ve své podstatě **mnohorozměrná**

- ekologické procesy nejsou deterministické, ale náhodné
 - jejich výsledek není jednoznačně určitelný (jako ve fyzice), ale zahrnuje velké množství různých stavů (některé častější)
- jedinci stejného druhu se liší ve svém chování (i když mohou mít stejný genotyp)
- ekologická data vždy obsahují nějaké zkreslení – **bias**
 - např. *sampling bias* – přehlédnutí některých druhů

TYPY PROMĚNNÝCH

- **Kategoriální (kvalitativní, nominální, prezenčně-absenční)**
 - např. geologický substrát, půdní typy, binární proměnné (přítomnost-absence druhu)
 - kategorie jsou unikátní (každý jedinec/pozorování spadá právě do jedné z nich) a nelze je smysluplně seřadit
- **Ordinální (semikvantitativní)**
 - např. Braun-Blanquetova stupnice pro odhad pokryvnosti druhů
 - jednotlivé stupně (kategorie) lze seřadit, rozdíly mezi stupni jsou různě velké
- **Kvantitativní**
 - **diskrétní** (počty, měření s malou přesností) x **kontinuální** (přesná měření)
 - **poměrová stupnice** (*ratio scale*) x **rozdílová stupnice** (*interval scale*)



TYPY PROMĚNNÝCH

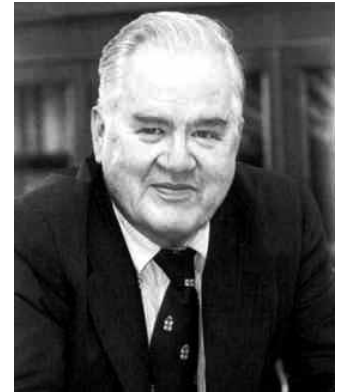
ALTERNATIVNÍ TŘÍDĚNÍ

Typ proměnné	Příklady
binární (dvoustavový, presence-absence)	přítomnost nebo absence druhu
mnohostavový	
neseřazený	geologický substrát
seřazený	
semikvantitativní (ordinální)	stupnice pokryvností druhů
kvantitativní (měření)	
diskontinuální (počty, diskrétní)	počet jedinců
kontinuální	teplota, hloubka půdy

PRIMÁRNÍ DATA

1. Zadávání primárních dat
 - *spreadsheet, metadata*
2. Uchování a zpřístupnění primárních dat
 - *problematika dlouhodobé archivace a nosičů dat*
 - *zpřístupnění primárních dat*
3. Kontrola a čištění dat
 - *sloučení taxonomické nomenklatury*
 - *chyby a chybějící data (možnosti nahrazení chybějících dat)*
 - *analýza odlehlých bodů (outlier analysis)*
 - *vyločení vzácných druhů (odstranění šumu v datech)*
 - *EDA – exploratory data analysis*

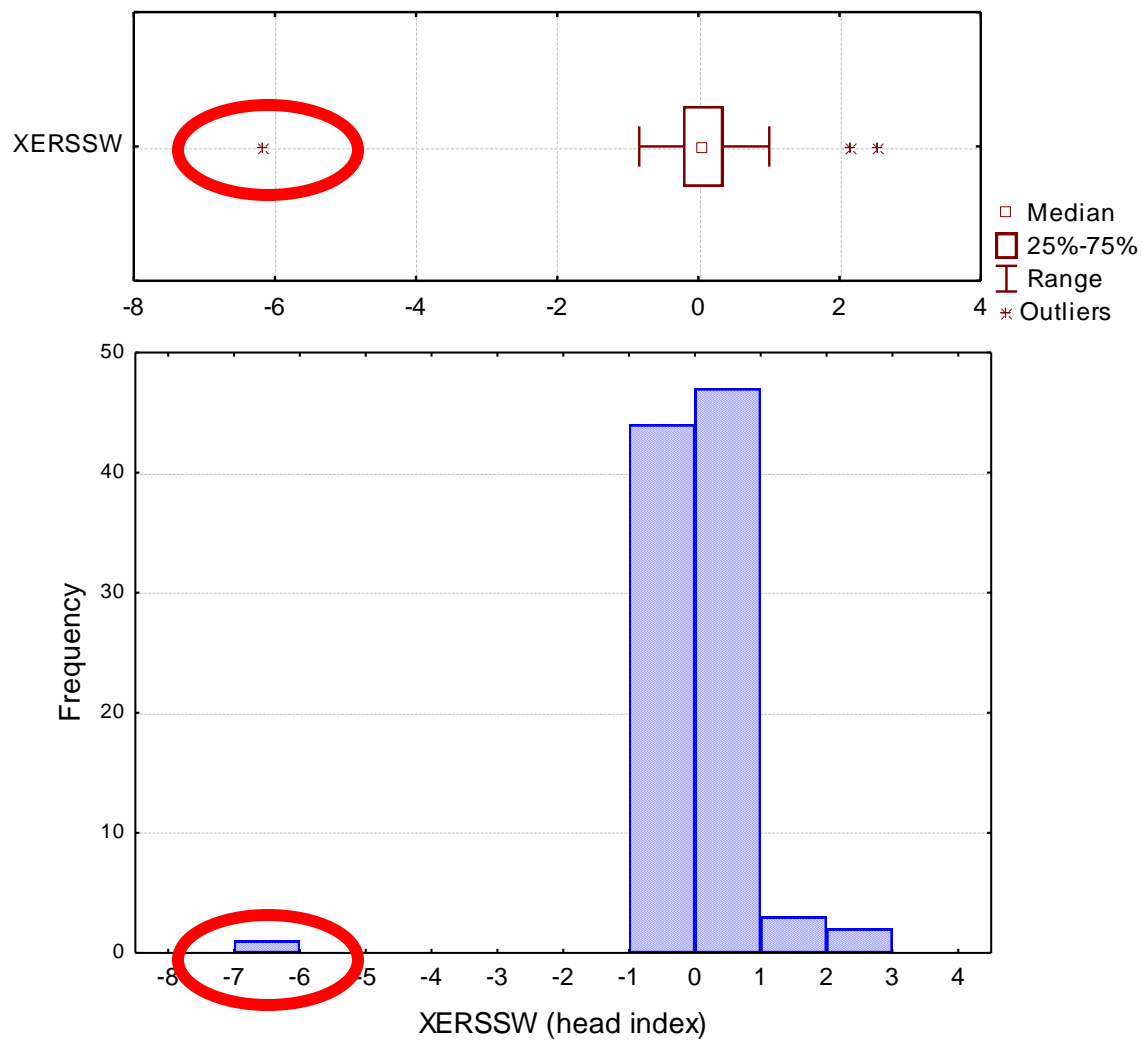
EDA – *EXPLORATORY DATA ANALYSIS*



- obecně: metoda pro odhalení různých vlastností dat (*description of pattern in data*)
- navrhl John Tukey (1915-2000)
- slouží např. k „vytěžování“ dat (***data mining***, *data dredging* – moderní, ale problematická metoda zpracování dat)
- grafická EDA:
 - odhalení odlehlých bodů (*outlier analysis*)
 - distribuce dat (normalita) a nutnost transformace
 - **box-plot** (krabicový graf) a **histogram** pro jednorozměrná data
 - **scatterplot** (bodový graf) pro dvou a vícerozměrná data

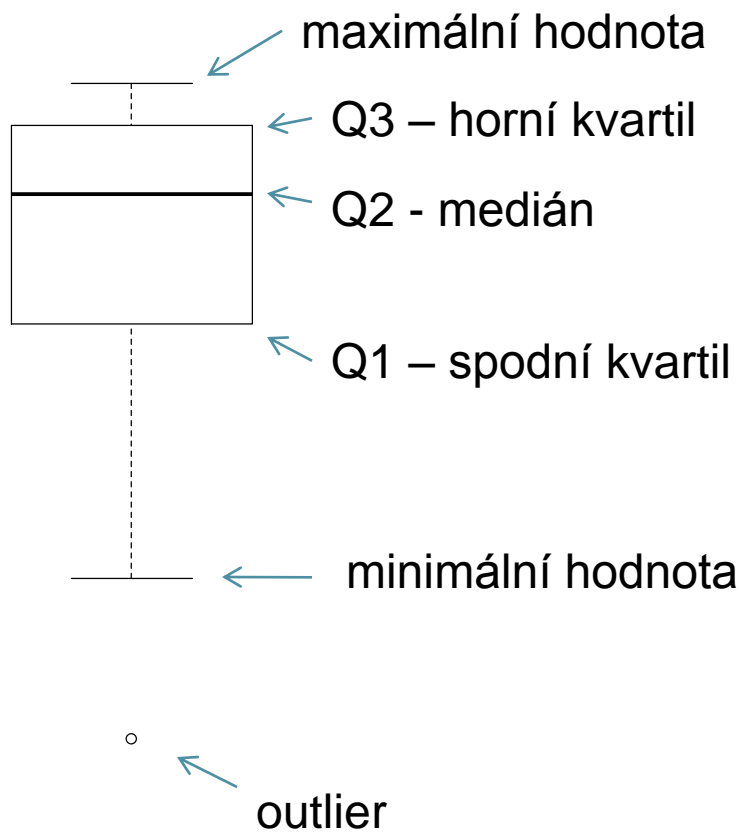
EDA – *EXPLORATORY DATA ANALYSIS*

ANALÝZA ODLEHLÝCH BODŮ – BOX-PLOT & HISTOGRAM

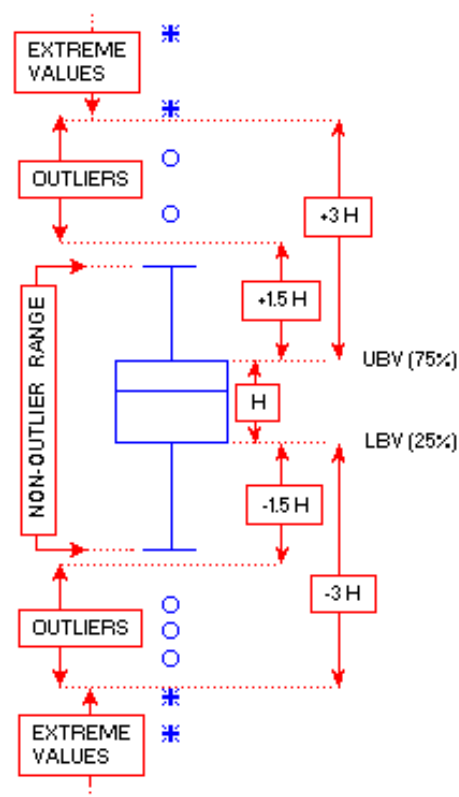


DETAILY KE KRABICOVÝM GRAFŮM (BOXPLOT)

Klasický boxplot
(střední hodnota = medián)

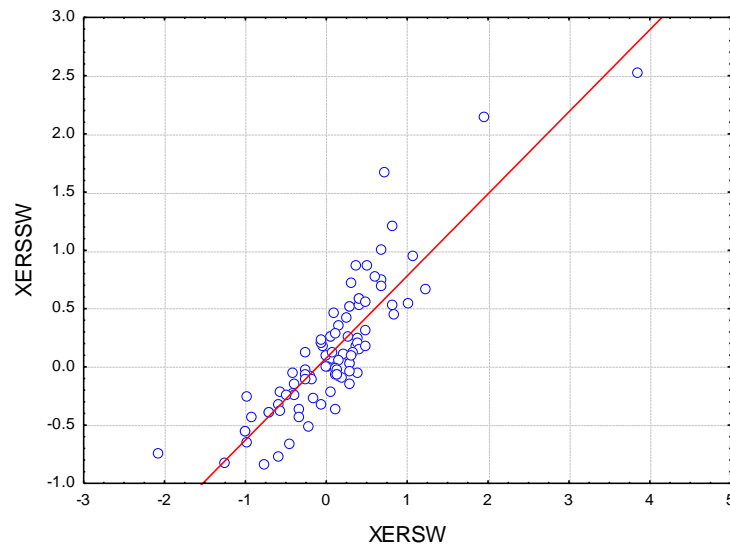
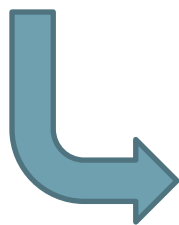
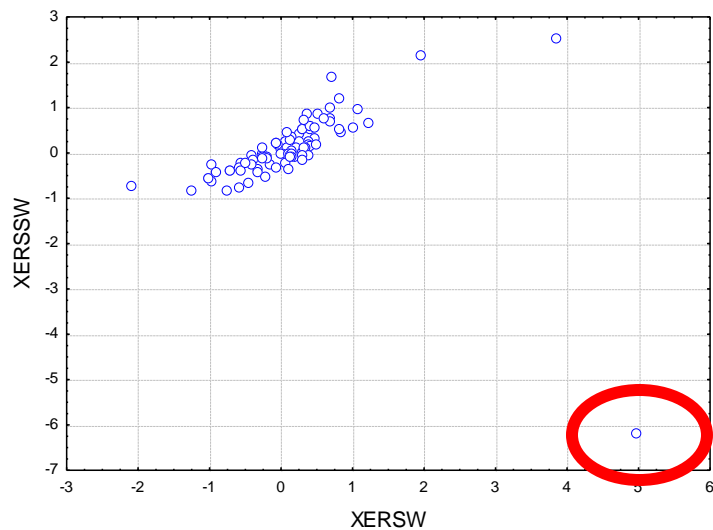


Definice odlehlých bodů a extrémů (STATISTICA)



EDA – *EXPLORATORY DATA ANALYSIS*

ANALÝZA ODLEHLÝCH BODŮ - SCATTERPLOT



PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

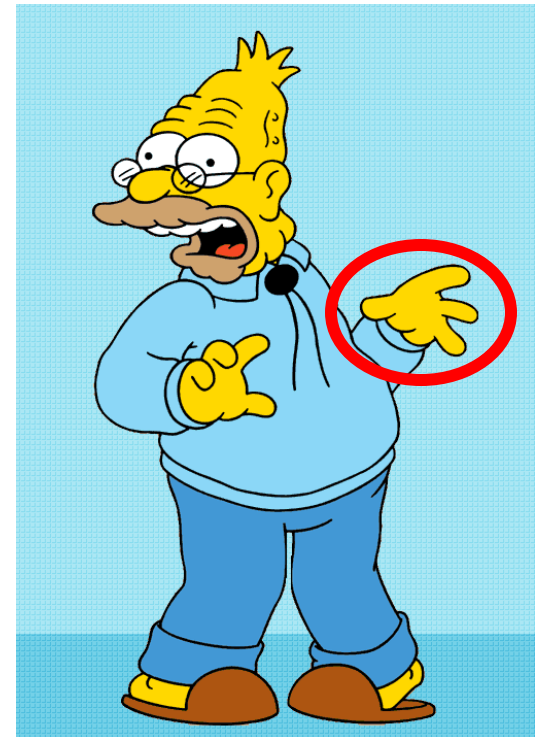
TRANSFORMACE

Transformace dat

- mění relativní vzdálenosti mezi jednotlivými hodnotami a tím i tvar jejich distribuce

Proč data transformovat?

- protože škála měření je arbitrární a nemusí odpovídat ekologickému významu proměnné
 - deset prstů -> používání desítkové soustavy
- protože (některé) statistické testy vyžadují, aby data
 - byla normálně rozložená (*normal distribution*)
 - měla homogenní varianci (homoskedasticita, mezi průměrem a směrodatnou odchylkou není žádný vztah)
- protože lineární vztahy se interpretují lépe než vztahy nelineární



PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

TRANSFORMACE

Na co si dát při transformaci pozor?

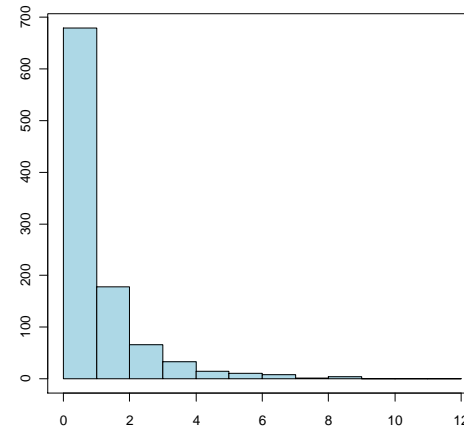
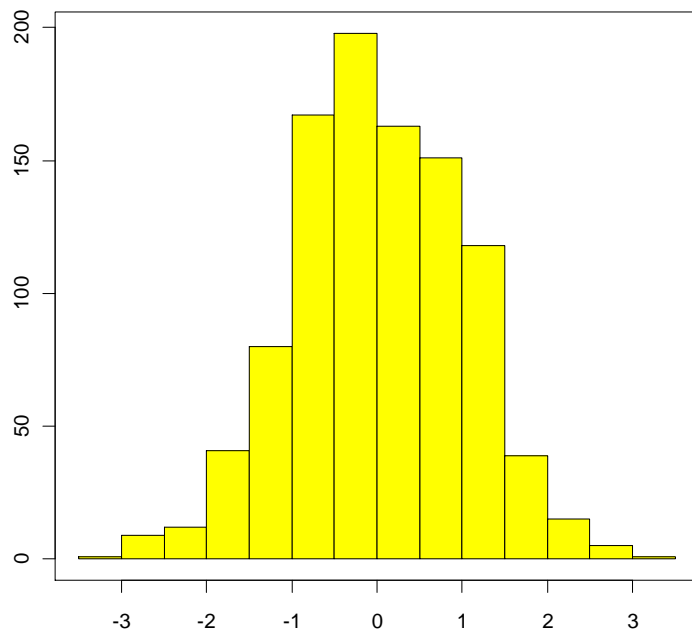
- aby transformace rozložení dat ještě nezhoršila a nevytvořila nové odlehlé body
- abychom při komentování výsledků používali netransformované hodnoty proměnných

Typy transformace

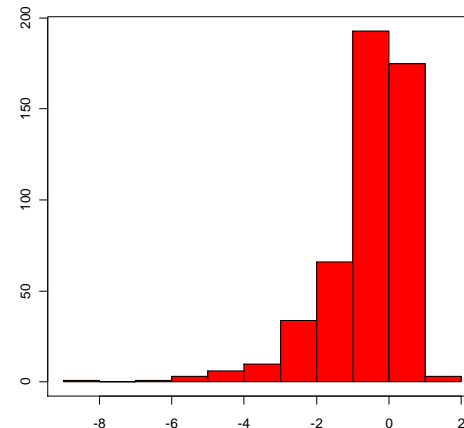
- lineární
 - přičtení konstanty nebo vynásobení konstantou
 - nemění výsledky statistického testování nulových hypotéz
 - např. převod teploty měřené ve stupních Celsia na stupně Fahrenheita
- nelineární
 - log transformace, odmocninová transformace atd.
 - může změnit výsledky statistického testování

ROZDĚLENÍ DAT (*DATA DISTRIBUTION*)

symetrické
(*symmetrical*)



pozitivně
(doprava)
zešikmené*
(*right skewed*)

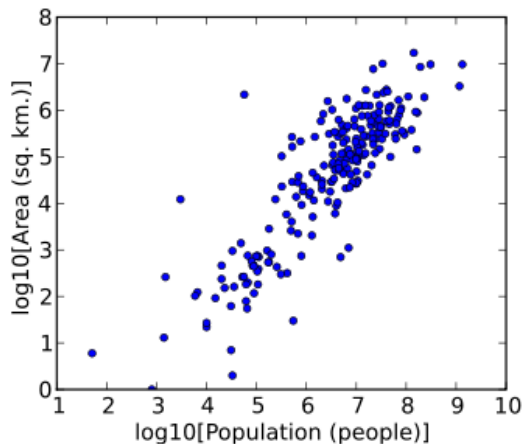
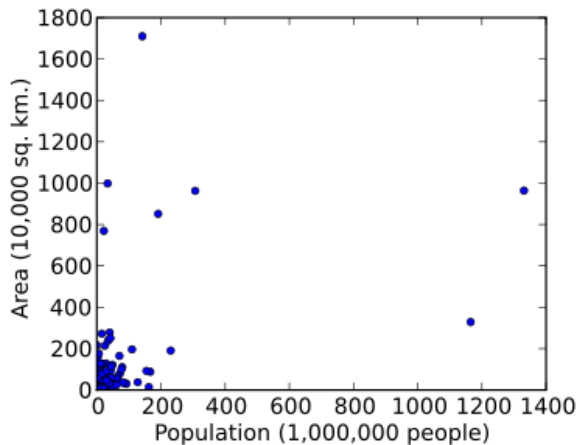


negativně
(doleva)
zešikmené
(*left skewed*)

* ekologická data jsou často zešikmená pozitivně (doprava), protože jsou omezená nulou na začátku

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

TRANSFORMACE



zdroj: wikipedia.org

Logaritmická transformace (*log transformation*)

- vhodná pro data s výrazně pozitivně (doprava) šikmou distribucí (*right skewed*), u kterých existuje vztah mezi směrodatnou odchylkou a průměrem (lognormální rozložení)
- $Y^* = \log(Y)$, případně $Y^* = \log(a \cdot Y + c)$
 - na základě logaritmu nezáleží (nejčastěji desítkový)
 - konstanta $a = 1$; pokud Y je z intervalu $<0;1>$, potom $a > 1$
 - konstanta c se přidává, pokud proměnná Y obsahuje nuly
 - c může být např. 1, nebo arbitrárně zvolené malé číslo (0,001)
 - na konstantě c může záležet výsledek analýz (ANOVA), a proto je dobré vybírat takové číslo, aby transformovaná proměnná byla co nejvíce symetrická

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

TRANSFORMACE

Odmocninová transformace (*square-root transformation*)

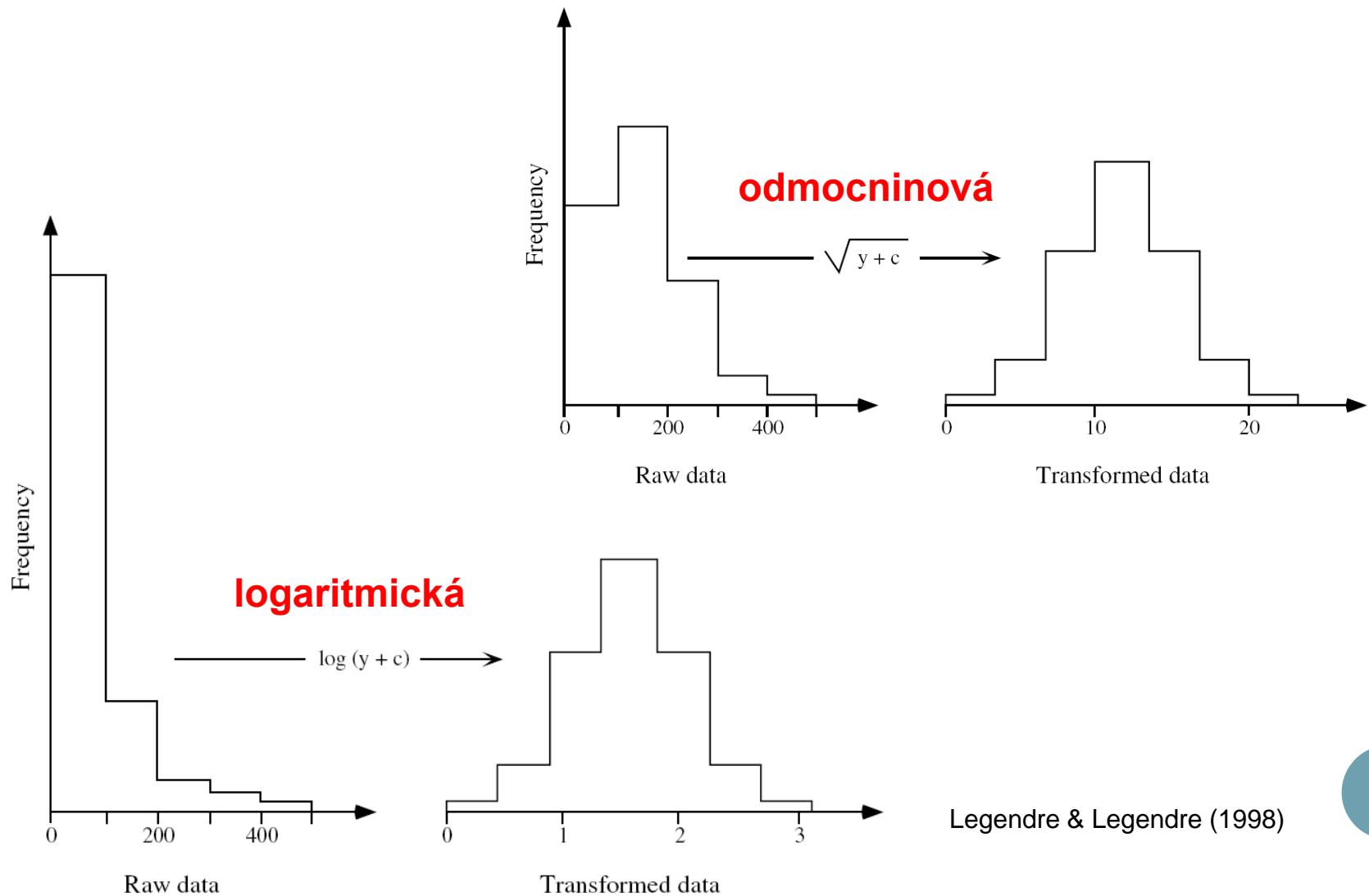
- vhodná pro mírně doprava sešikmená data, např. počty druhů (*Poisson distribution*)
- $Y^* = \sqrt{Y}$, případně $Y^* = \sqrt{Y + c}$
 - konstanta c se přičítá, pokud soubor obsahuje nuly
 - c bývá např. 0,5, nebo 3/8 (0,325)
- třetí a vyšší odmocnina je účinnější na více sešikmená data (čtvrtá odmocnina se používá pro abundance druhů s mnoha nulami a několika vysokými hodnotami)

Mocninná transformace (*power transformation*)

- vhodná pro data negativně (doleva) sešikmená (*left skewed*)
- $Y^* = Y^p$
 - pokud $p < 1$ - **odmocninová transformace** ($p = 0,5$ – druhá odmocnina, $p = 0,25$ – čtvrtá odmocnina atd.)

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

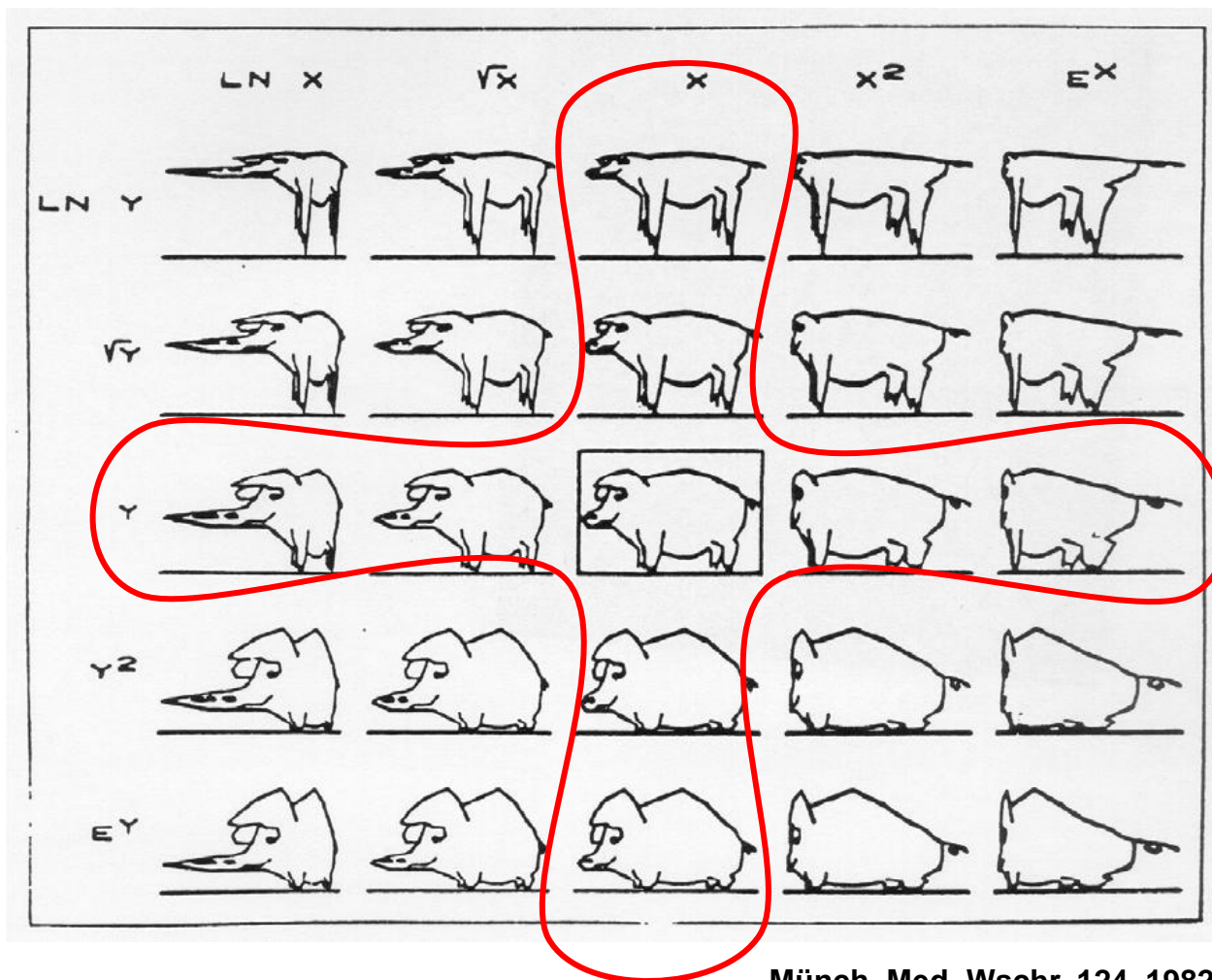
TRANSFORMACE



Legendre & Legendre (1998)

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

TRANSFORMACE



Münch. Med. Wschr. 124, 1982

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

TRANSFORMACE

Transformace pomocí arcsin (*angular transformation*)

- vhodná pro procentické hodnoty (a obecně podíly)
- $Y^* = \arcsin Y$ nebo $Y^* = \arcsin \sqrt{Y}$
 - použitelná pro hodnoty v intervalu $\langle -1; 1 \rangle$
 - transformované hodnoty jsou v radiánech

Reciproká transformace

- vhodná pro poměry (například výška/hmotnost, počet dětí v populaci na počet žen atd.)
- $Y^* = 1/Y$

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

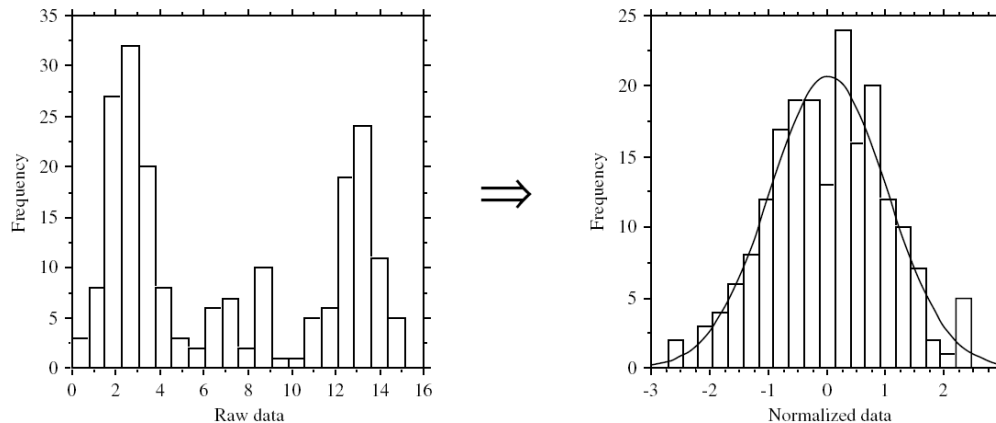
TRANSFORMACE

Box-Cox transformace (zobecněná mocniná transformace)

- zobecněná parametrická transformace
- iterativní hledání parametru λ (lambda), pro které je rozdělení transformované proměnné nejbližší normálnímu rozdělení
- používá se v případě, že nemáme *a priori* představu, jakou transformaci použít

Neparametrické metody transformace

- např. metoda Omnibus pro ordinální data

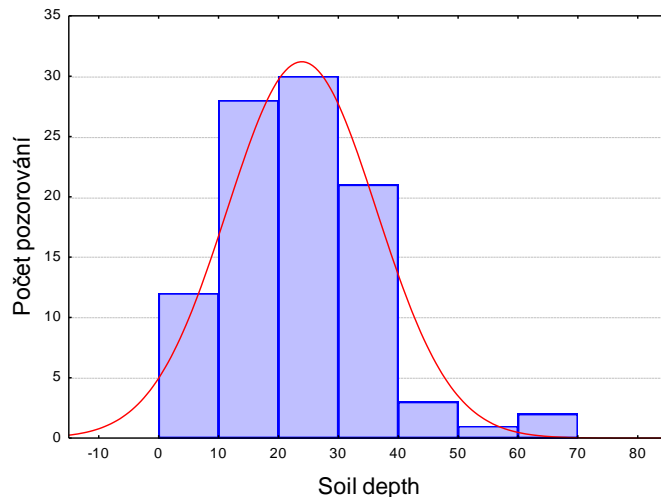


Legendre &
Legendre 1998

MAJÍ DATA NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ?

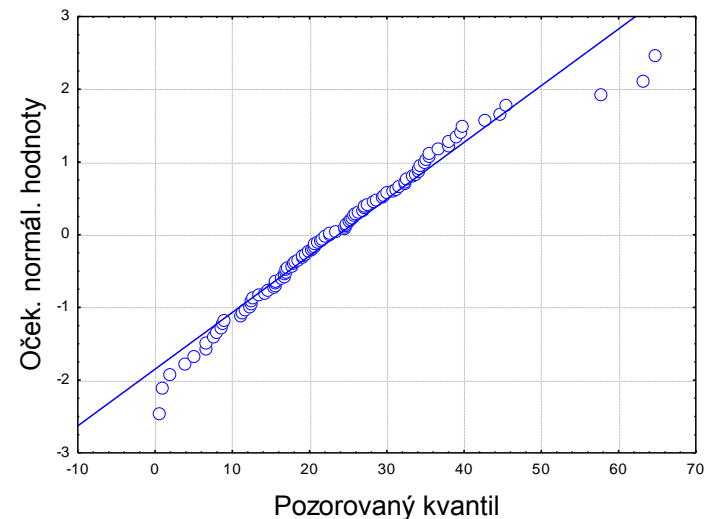
GRAFICKÁ ANALÝZA

Histogram s křivkou normálního rozdělení



- vizuální zhodnocení normality dat

Q-Q diagram (*Quantil-Quantil plot*)

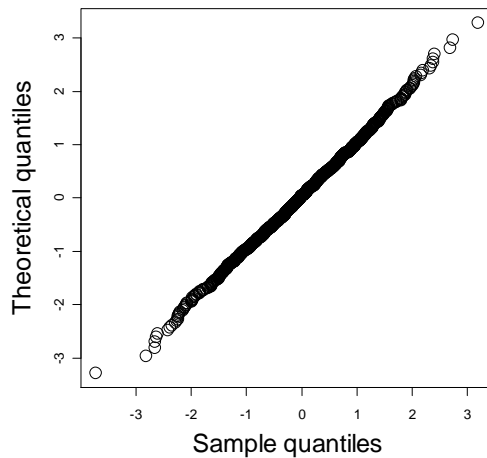
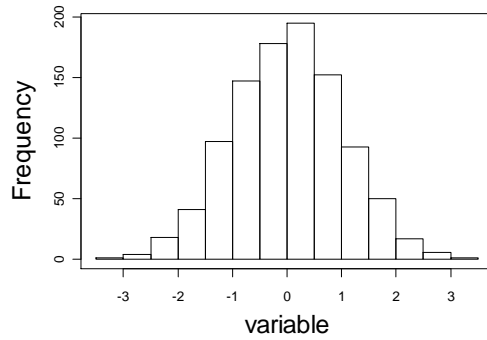


- porovnání rozdělení dvou proměnných
- vynáší proti sobě kvantily jednotlivých proměnných
- jedna proměnná může být teoretická distribuce (v tomto případě normální rozdělení, kdy se vychází z **kumulativní distribuční funkce**)

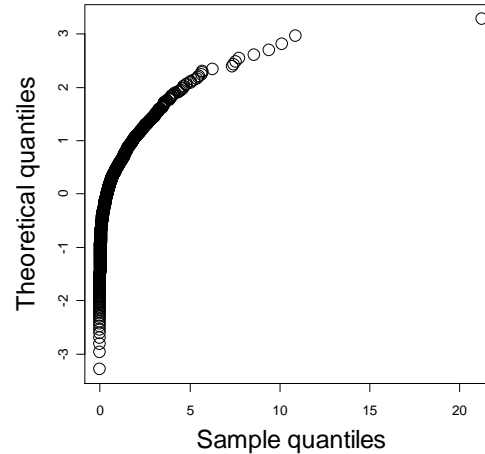
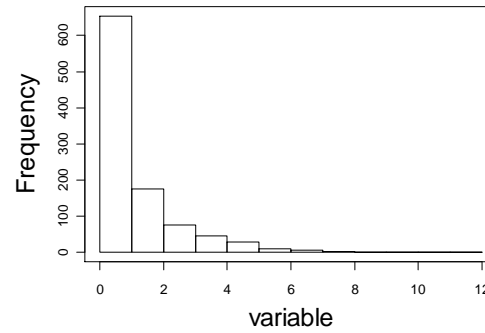
MAJÍ DATA NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ?

GRAFICKÁ ANALÝZA

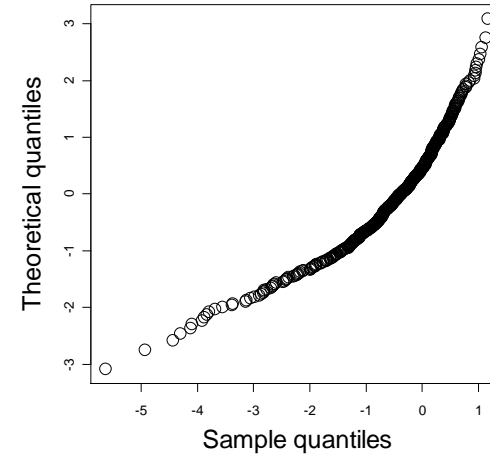
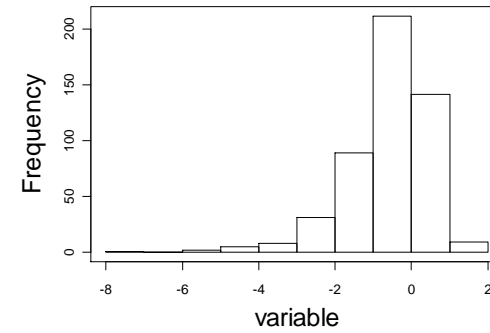
normální rozdělení



pozitivně sešikmené



negativně sešikmené

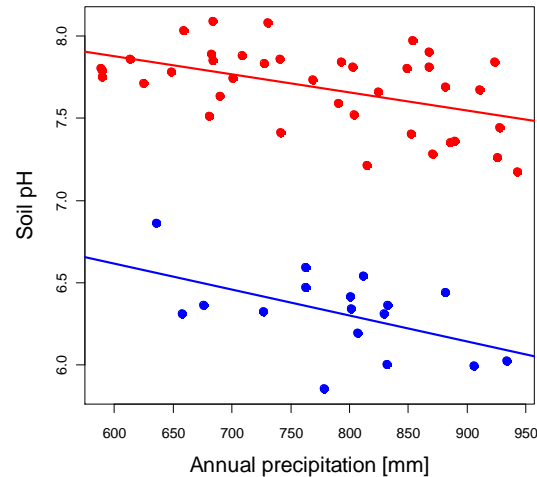
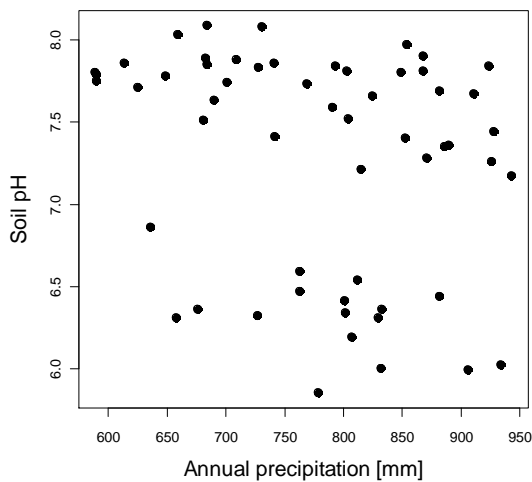
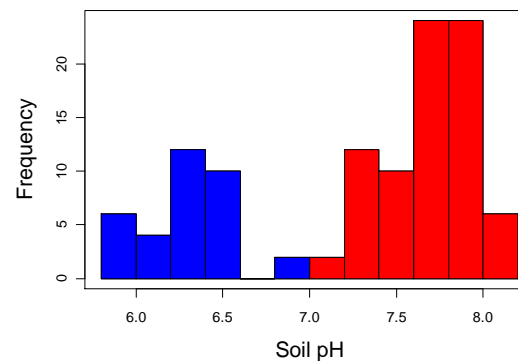
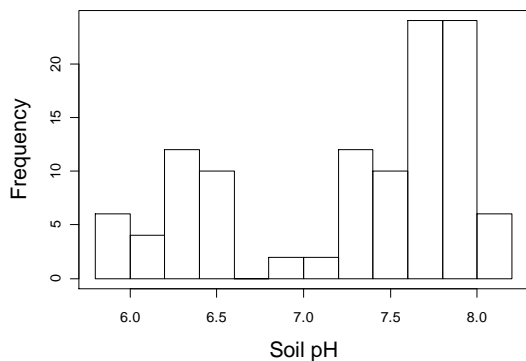


SOUBORY S VELKÝM POČTEM NUL (SPÍŠ FILOZOFICKÝ PROBLÉM)

- dva možné významy nuly:
 1. hodnota může být ve skutečnosti nenulová, ale díky našim možnostem měření jsme ji naměřili jako nulovou (například koncentrace látky v roztoku)
 2. hodnota je skutečná nula – například absence druhu
- data obsahující „pravé nuly“ obsahují dva typy informace:
 1. druh chybí nebo je přítomen?
 2. pokud je druh přítomen, jaká je jeho abundance?
- v datech obsahujících velké množství „pravých nul“ je většina informace prvního typu
- problém „pravých“ nul při **logaritmické transformaci** – soubor s velkým počtem „pravých“ nul není vhodné logaritmicky transformovat (přičítat k nim konstantu c), ale lépe ji nahradit binární proměnnou (prezence-absence)

BIMODÁLNÍ DATA

- transformace nepomůže, možnost rozdělit na dva podsoubory



PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

STANDARDIZACE

Centrování

- výsledná proměnná má průměr roven nule
- $y_i^* = (y_i - \text{průměr } (y))$

Standardizace v úzkém slova smyslu

- výsledná proměnná má průměr roven nule a směrodatnou odchylku rovnu jedné
- „synchronizuje“ proměnné měřené v různých jednotkách a na různých stupnicích
- $y_i^* = (y_i - \text{průměr } (y)) / \text{směrodatná odchylka } (y)$

Změna rozsahu hodnot (*ranging*)

- výsledná proměnná je v rozsahu 0 až 1
- $y_i^* = y_i / y_{\max}$ nebo $y_i^* = (y_i - y_{\min}) / (y_{\max} - y_{\min})$

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

STANDARDIZACE

Standardizace v případě matice společenstva (vzorky x druhy)

- standardizace po druzích (*by species*)
 - dává velkou váhu vzácným druhům
 - ne vždy smysluplná (pokud se druh vyskytuje vzácně v jednom snímku, standardizace po druzích dá tomuto snímku velkou váhu)
- standardizace po vzorcích (*by samples*)
 - pokud je analýza zaměřená na relativní proporce mezi druhy, ne jejich absolutní abundance
 - vhodné v případě, že výsledné abundance závisí na důkladnosti, s jakou sbíráme data (např. při odchytu živočichů doba strávená na ploše nebo počet pastí)

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

TRANSFORMACE

- matematická funkce, jejíž argumenty nejsou odvozené z dat, na která je transformace aplikovaná (*data independent*)
- nejčastější důvod je změnit tvar rozložení proměnné, případně zajistit homoskedasticitu

STANDARDIZACE

- mění data pomocí statistiky, která je spočtená na datech samotných, např. průměr, součet, rozsah aj. (*data dependent*)
- nejčastější důvod použití je vyrovnat rozdíly v relativním významu (váze) jednotlivých ekologických proměnných, druhů nebo vzorků
- ve své podstatě je to další typ transformace

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

KÓDOVÁNÍ DAT (*DATA CODING*)

- o např. nahrazení kódů u alfa-numerických stupnic, např. Braun-Blanquetovy stupnice dominance-abundance

• Br.-Bl.:	r	+	1	2	3	4	5
• ordinální hodnoty:	1	2	3	4	5	6	7
• střední hodnoty procent:	1	2	3	15	38	63	88

PŘÍPRAVA DAT PRO NUMERICKÉ ANALÝZY

KÓDOVÁNÍ DAT (*DATA CODING*)

○ *Dummy variables*

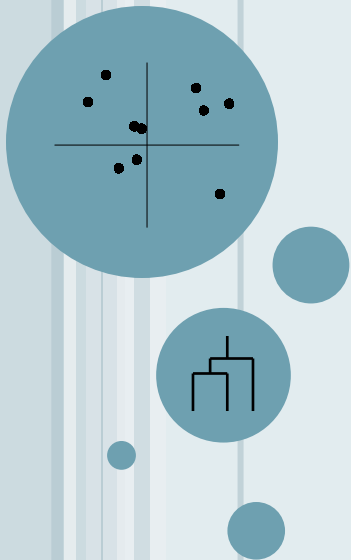
- metoda, jak převést **kvalitativní** (kategoriální) proměnnou na **kvantitativní** (binární) proměnné použitelné v analýzách
- pokud má kategoriální proměnná n stavů (hodnot), pro její vyjádření stačí $n-1$ dummy proměnných (jedna z proměnných je vždy lineárně závislá na ostatních)

hodnoty	<i>dummy proměnné</i>			
	KAMB	LITO	RANK	FLUVI
kambizem	1	0	0	0
litozem	0	1	0	0
ranker	0	0	1	0
fluvizem	0	0	0	1

DESIGN EKOLOGICKÝCH EXPERIMENTŮ

“To call in the statistician after the experiment is done may be no more than asking him to perform a post mortem examination: he may be able to say what the experiment died of.”

Sir Ronald Fisher, Indian Statistical Congress, Sankhya 1939



ZÁKLADNÍ OTÁZKA: CO CHCI EXPERIMENTEM ZJISTIT?

- Jaká je variabilita proměnné Y v čase nebo prostoru?
 - *pattern description*
 - nejčastější otázka v ekologických observačních studiích
- Má faktor X vliv na proměnnou Y ?
 - *hypothesis testing*, otázka pro manipulativní experiment
 - může platit i pro některé přírodní experimenty, ale výsledky těchto testů jsou podstatně slabší (nemáme kontrolu nad vlivem ostatních faktorů, které mohou výsledky ovlivnit)
- Chová se proměnná Y tak, jak předpovídá hypotéza H ?
 - klasická konfrontace mezi teorií a reálnými daty
 - platí pro data získaná jak manipulativním tak přírodním experimentem
 - ne vždy je snadné najít správnou hypotézu
- Jaký model nejlépe vystihuje vztah mezi faktorem X a proměnnou Y ?
 - experimentem sbíráme podklady pro matematické modelování

MANIPULATIVNÍ VS PŘÍRODNÍ EXPERIMENTY

○ Manipulativní experimenty

- uměle manipulujeme vysvětlující proměnnou (X) a sledujeme reakci vysvětlované proměnné (Y)
- umožňuje přímé testování hypotéz
- známe směr vztahu mezi příčinou a důsledkem - **kauzalita**

○ Přírodní experimenty (pozorování, observační studie)

- vysvětlující proměnnou „manipuluje“ sama příroda
- slouží spíše ke generování než testování hypotéz
- neznáme směr vztahu mezi příčinou a důsledkem - **korelace**

MANIPULATIVNÍ VS PŘÍRODNÍ EXPERIMENTY

SROVNÁNÍ TESTOVANÝCH HYPOTÉZ

Příklad: na ostrovech v Karibiku sledujeme vztah mezi počtem ještěrek na určité ploše a počtem pavouků (Gotelli & Ellison 2004)

Manipulativní experiment

- Provedení:
 - v jednotlivých plochách (klecích) je uměle ovlivněn počet ještěrek a sledováno množství pavouků
- Nulová hypotéza:
 - počet ještěrek nemá vliv na počet pavouků v klecích
- Alternativní hypotéza:
 - se vzrůstající hustotou ještěrek klesá počet pavouků (ještěrky žerou pavouky)

MANIPULATIVNÍ VS PŘÍRODNÍ EXPERIMENTY

SROVNÁNÍ TESTOVANÝCH HYPOTÉZ

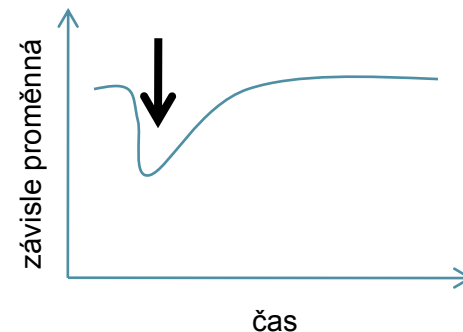
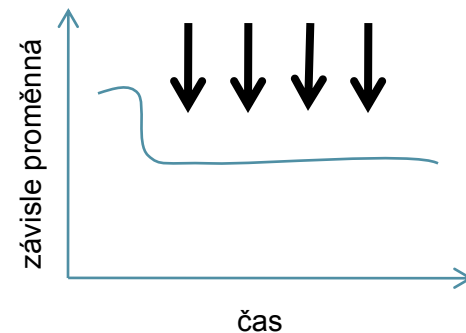
Přírodní experiment (pozorování, observační studie)

- Provedení:
 - na vybraných plochách je sledován počet ještěrek a počet pavouků
- Možné hypotézy:
 1. počet ještěrek (negativně) ovlivňuje počet pavouků (ještěrky žerou pavouky)
 2. počet pavouků má vliv na počet ještěrek (draví pavouci napadají mláďata ještěrek)
 3. počet ještěrek i pavouků je ovlivňován neměřeným faktorem prostředí (třeba vlhkostí)
 4. některý faktor prostředí ovlivňuje sílu vztahu mezi ještěrkami a pavouky (třeba zase vlhkost)

MANIPULATIVNÍ EXPERIMENT

„*PRESS*“ VS „*PULSE*“ EXPERIMENT

- „*Press*“ experiment (experiment „pod stálým tlakem“)
 - zásah je proveden na začátku experimentu a pak znovu v pravidelných intervalech
 - měří **resistenci** systému na experimentální zásah – jak je systém (společenstvo) schopné odolávat, případně se přizpůsobit změnám v podmínkách prostředí
- „*Pulse*“ experiment (pulzní experiment, „jednou a dost“)
 - zásah je proveden jen jednou, obvykle na začátku experimentu
 - měří **resilienci** systému – jak pružně je systém (společenstvo) schopné reagovat na experimentální zásah



PŘÍRODNÍ EXPERIMENT (POZOROVÁNÍ)

„*SNAPSHOT*“ VS „*TRAJECTORY*“ EXPERIMENT

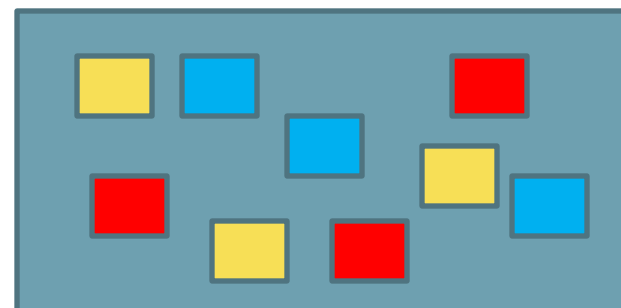
- „*Snapshot*“ experiment (momentka)
 - opakuje se v prostoru, ale ne v čase
 - sběr vzorků provedu na několika (mnoha) lokalitách v relativně krátkém čase (týden, sezóna, dva roky sběru dat pro diplomku ...)
 - představuje většinu přírodních experimentů v ekologii
 - zahrnuje i sukcesní studie, kdy sledujeme zároveň různá sukcesní stadia
- „*Trajectory*“ experiment (sledujeme trajektorii procesu v čase)
 - opakuje se v čase (a případně i v prostoru)
 - sběr vzorků se na daných (většinou pevně vymezených plochách) opakuje několikrát za sebou
 - sukcesní studie prováděné několik let, trvalé plochy v lesních porostech opakovaně měřené jednou za x let

MANIPULATIVNÍ EXPERIMENT

ZÁKLADNÍ TYPY ROZMÍSTĚNÍ PLOCH

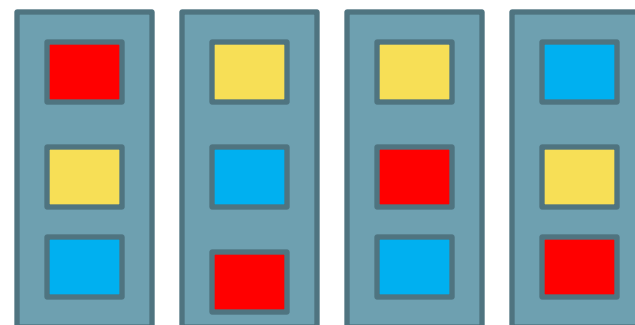
- kompletně znáhodněný design

- nebere v úvahu heterogenitu prostředí
- ne vždy je nejvhodnější



- znáhodněné bloky

- vlastní bloky jsou vnitřně homogenní (pokud možno)
- počet bloků = počet opakování
- bloky jsou umístěné podle gradientu prostředí
- v každém bloku je právě jedna replikace každého zásahu



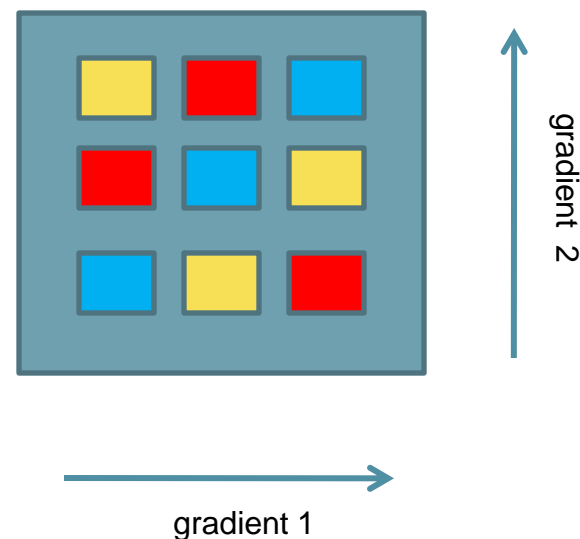
gradient prostředí

MANIPULATIVNÍ EXPERIMENT

ZÁKLADNÍ TYPY ROZMÍSTĚNÍ PLOCH

○ latinský čtverec

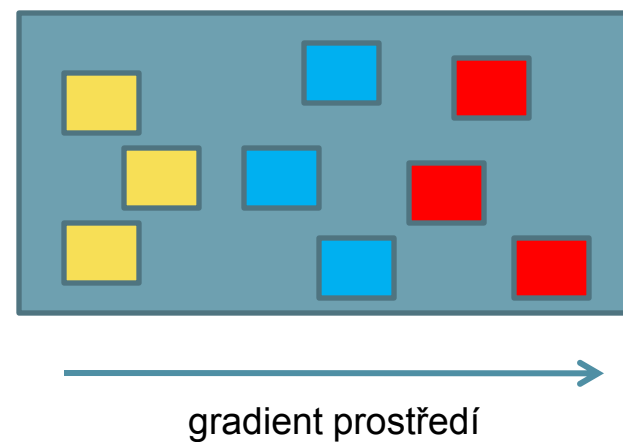
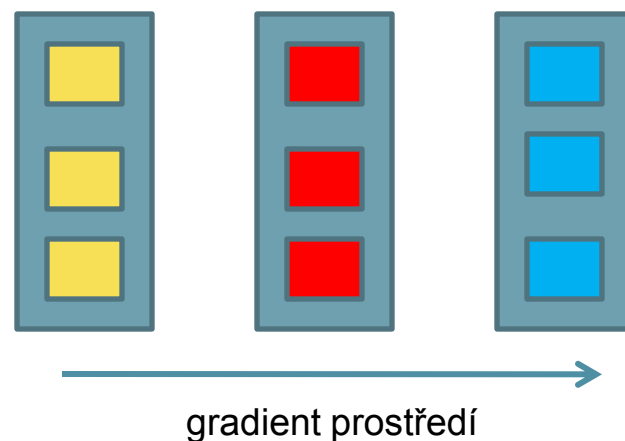
- předpokládá přítomnost dvou gradientů v prostředí
- každý sloupec a každý řádek obsahuje právě jednu variantu zásahu
- možno použít i několik latinských čtverců



MANIPULATIVNÍ EXPERIMENT

NEJČASTĚJŠÍ CHYBY

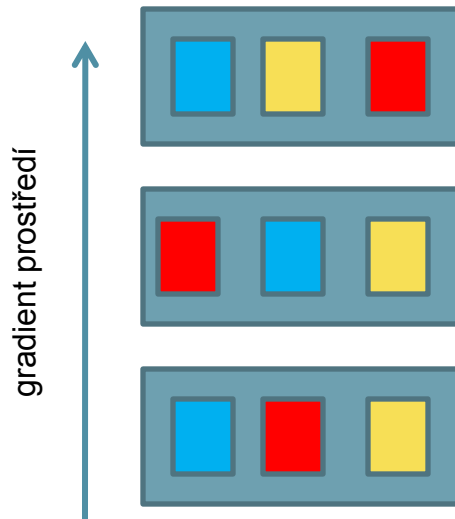
- pseudoreplikace
 - testovat lze jen rozdíly v průměrech jednotlivých bloků
 - plochy se stejným zásahem jsou umístěny blízko sebe, a mají proto větší pravděpodobnost, že si budou podobné i bez vlivu vlastního zásahu
- neúplně znáhodněný design
 - v podstatě pseudoreplikace, jen méně zřejmá



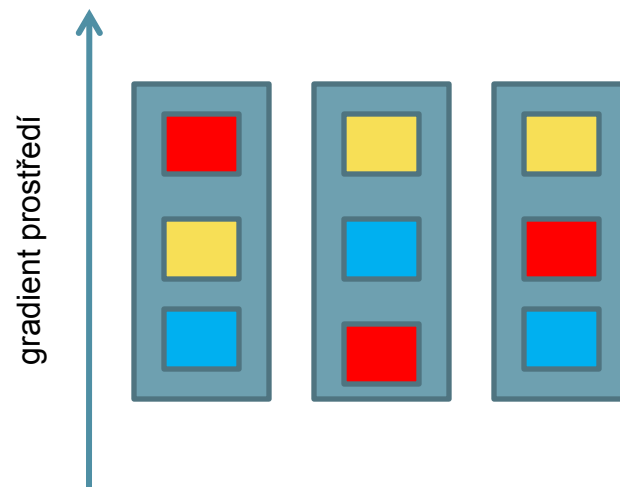
MANIPULATIVNÍ EXPERIMENT

NEJČASTĚJŠÍ CHYBY

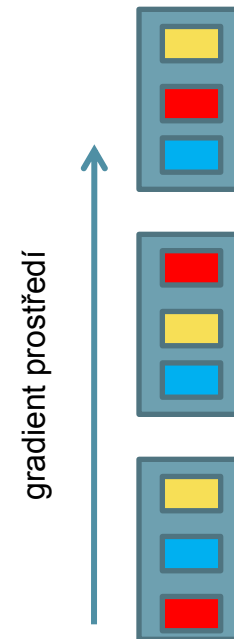
- design se znáhodněnými bloky – špatná orientace bloků



správně



špatně

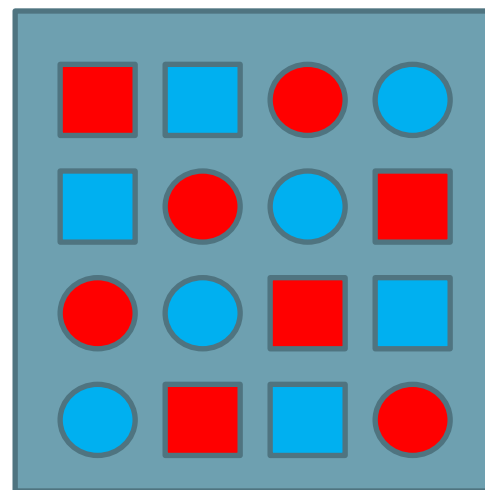


špatně

MANIPULATIVNÍ EXPERIMENT S VÍCE NEŽ JEDNÍM TYPEM ZÁSAHU

o faktoriální design

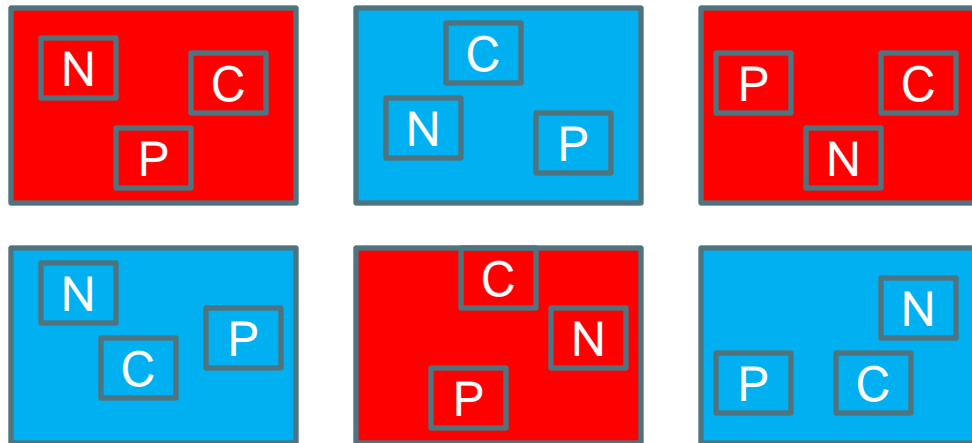
- každá hladina prvního faktoru je kombinovaná s každou hladinou druhého faktoru (případně třetího atd.)
- například kombinace
 - o koseno vs nekoseno
 - o hnojeno vs nehnojeno
- jednotlivé kombinace mohou být rozmístěny v prostoru např. v rámci latinského čtverce



	ano	ne
koseno		
hnojeno		

MANIPULATIVNÍ EXPERIMENT S VÍCE NEŽ JEDNÍM TYPEM ZÁSAHU

- split-plot design
 - faktory jsou strukturovány hierarchicky, “nested”
 - například plochy hnojené různými hnojivy (C, N, P) v rámci bloků umístěných na vápenci (modrá) a žule (červená barva)



MANIPULATIVNÍ EXPERIMENTY – PŘÍPADOVÉ STUDIE

ROTHAMSTED (ENGLAND) – PARK GRASSLAND

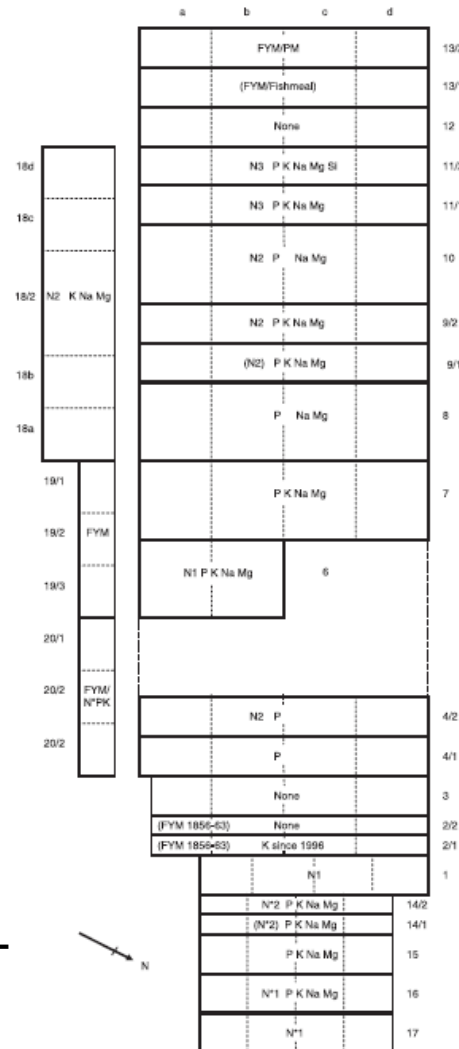
EXPERIMENT (ZALOŽEN 1843)

letecký pohled



Silvertown et al. (2006) *J.Ecol.*

plán zásahů



Plot treatments
(per hectare per year unless indicated)

Nitrogen (applied in spring)

N1, N2, N3: ammonium sulphate supplying
48, 96, 144 kg N and 55, 110, 165 kg S

N*1, N*2: sodium nitrate supplying
48, 96 kg N and 78, 157 kg Na

(N2), (N*2): last applied 1989

Minerals (applied in winter)

P: triple superphosphate supplying 35 kg P

K: potassium sulphate supplying 225 kg K
and 99 kg S

Na: sodium sulphate supplying 15 kg Na
and 10 kg S

Mg: magnesium sulphate (Epsom salts)
supplying 10 kg Mg and 13 kg S

Si: water soluble sodium silicate supplying
135 kg Si and 63 kg Na

Plot 20: rates of fertilizer in years when FYM
is not applied; 30 kg N*, 15 kg P, 45 kg K

Organics (applied every 4 years)

FYM: 35 t ha⁻¹ farmyard manure supplying
c. 240 kg N, 45 kg P, 350 kg K,
25 kg Na, 25 kg Mg, 40 kg S, 135 kg Ca

PM: Pelleted poultry manure (replaced
fishmeal in 2003) supplying c. 65 kg N

On plot 13/2 FYM and PM (previously fishmeal)
are applied in a 4-year cycle, i.e.
FYM in 2005, 2001, 1997, 1993 etc.
PM in 2003, fishmeal in 1999, 1995, 1991 etc.

(FYM/Fishmeal): FYM and fishmeal last applied
in 1993 and 1995 respectively.

Lime

Sub-plots a, b and c: differential amounts of
chalk applied, if needed, every 3 years to
maintain soil pH 7, 6 and 5, respectively

Sub-plot d receives no chalk

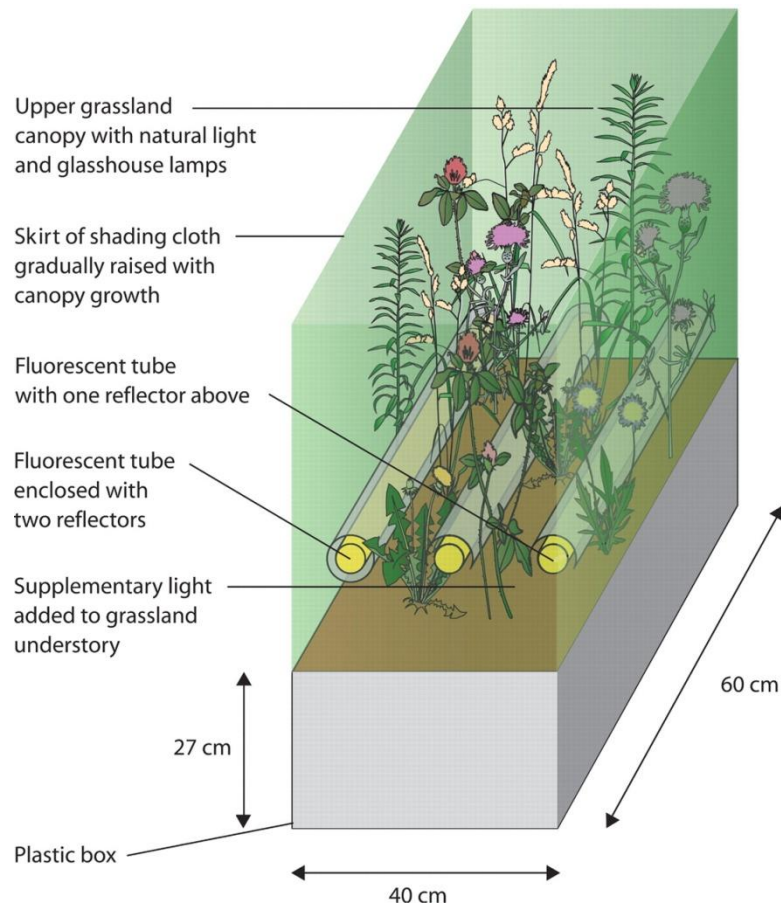
MANIPULATIVNÍ EXPERIMENTY – PŘÍPADOVÉ STUDIE ROTHAMSTED (ENGLAND) – PARK GRASSLAND EXP.



Třídění bylinné biomasy do druhů (kolem roku 1930) (<http://www.rothamsted.ac.uk>)

MANIPULATIVNÍ EXPERIMENTY – PŘÍPADOVÉ STUDIE

KOMPETICE O SVĚTLO V EXPERIMENTÁLNÍM PROSTŘEDÍ



Při vyšším přísunu živin rostou rostliny rychleji a začnou si konkurovat o světlo – tak proč jim trochu nepřisvítit?

Hautier et al. (2009) *Science* 324: 636-638

MANIPULATIVNÍ EXPERIMENTY – PŘÍPADOVÉ STUDIE

STANOVENÍ POTENCIÁLNÍ STANOVIŠTNÍ PRODUKTIVITY V DOUBRAVÁCH PĚSTOVÁNÍM ŘEDKVIČEK VE SKLENÍKU



The most obvious differences



Control pot with Perlite
– the lowest concentration of fertilizer



Control pot with Perlite
– the highest concentration of fertilizer



PŘÍRODNÍ EXPERIMENT (OBSERVAČNÍ STUDIE) ROZMÍSTĚNÍ VZORKOVACÍCH PLOCH

- Preferenční



PŘÍRODNÍ EXPERIMENT (OBSERVAČNÍ STUDIE)

ROZMÍSTĚNÍ VZORKOVACÍCH PLOCH

- Systematické rozmístění v síti (*lattice*)



PŘÍRODNÍ EXPERIMENT (OBSERVAČNÍ STUDIE)

ROZMÍSTĚNÍ VZORKOVACÍCH PLOCH

- Systematické rozmístění v síti (*grid*)



PŘÍRODNÍ EXPERIMENT (OBSERVAČNÍ STUDIE)

ROZMÍSTĚNÍ VZORKOVACÍCH PLOCH

- Systematické rozmístění na transektu



PŘÍRODNÍ EXPERIMENT (OBSERVAČNÍ STUDIE)

ROZMÍSTĚNÍ VZORKOVACÍCH PLOCH

- Náhodné rozmístění



PŘÍRODNÍ EXPERIMENT (OBSERVAČNÍ STUDIE)

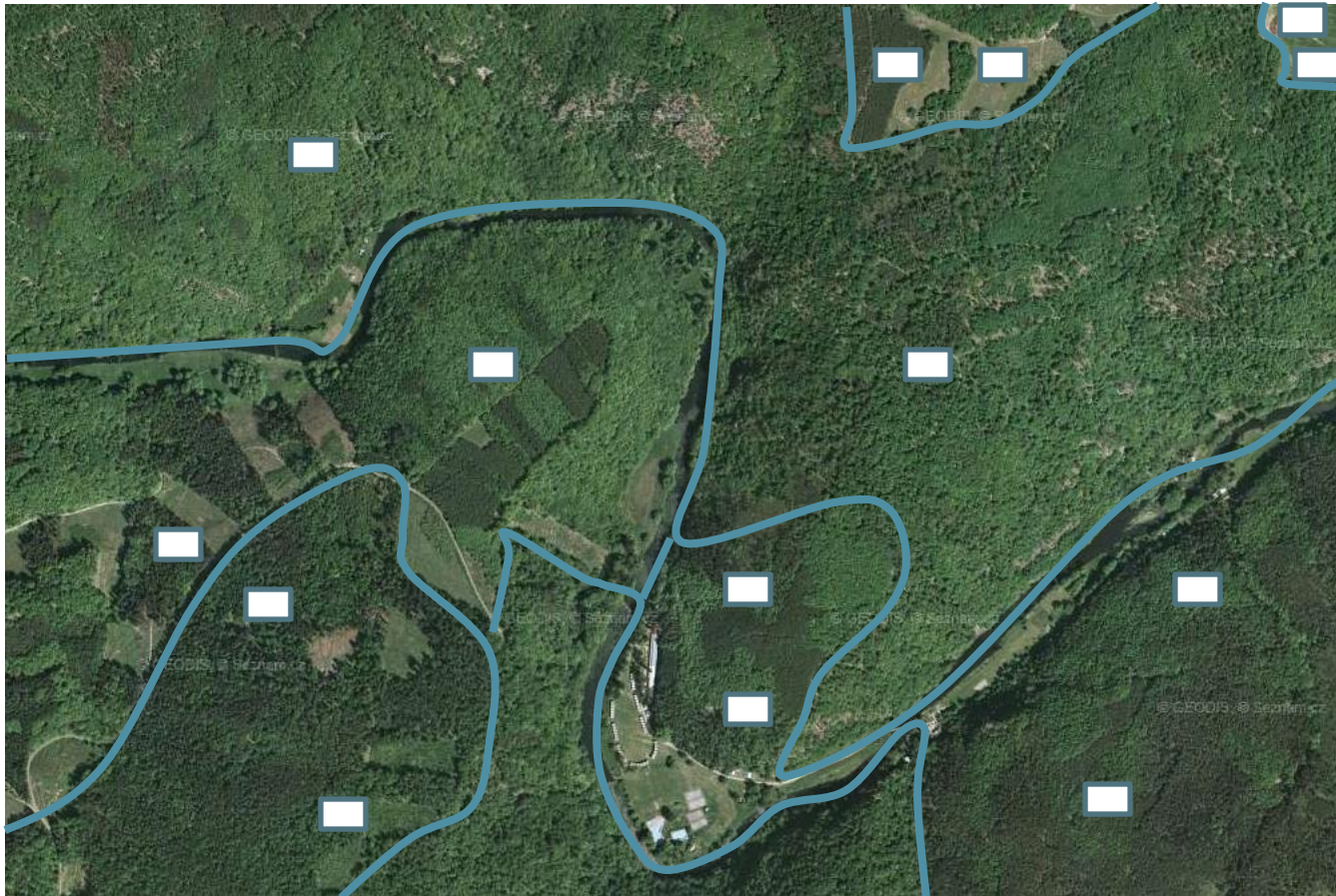
ROZMÍSTĚNÍ VZORKOVACÍCH PLOCH

- Preferenční rozmístění
 - **statistické hledisko:** snímky nejsou náhodným výběrem, což limituje jejich použití při statistických analýzách (Lajer 2007, *Folia Geobotanica*)
 - **hledisko vegetačního ekologa:** popisují maximální variabilitu vegetace
 - **praktické důsledky:** snímky bývají druhově bohatší, obsahují větší počet diagnostických nebo vzácných druhů
- Náhodné (a systematické) rozmístění
 - **statistické hledisko:** snímky jsou náhodným výběrem v reálném prostoru (ne ale v ekologickém hyperprostoru)
 - **hledisko veg. ekologa:** nezachytí celou variabilitu vegetace - chybí maloplošné a vzácné vegetační typy, převládají velkoplošné a běžné typy, zahrnují řadu špatně klasifikovatelných vegetačních přechodů
 - **praktické důsledky:** snímky odrážejí reálnou strukturu a bohatost vegetace v krajině, ale metoda je neúměrně pracná

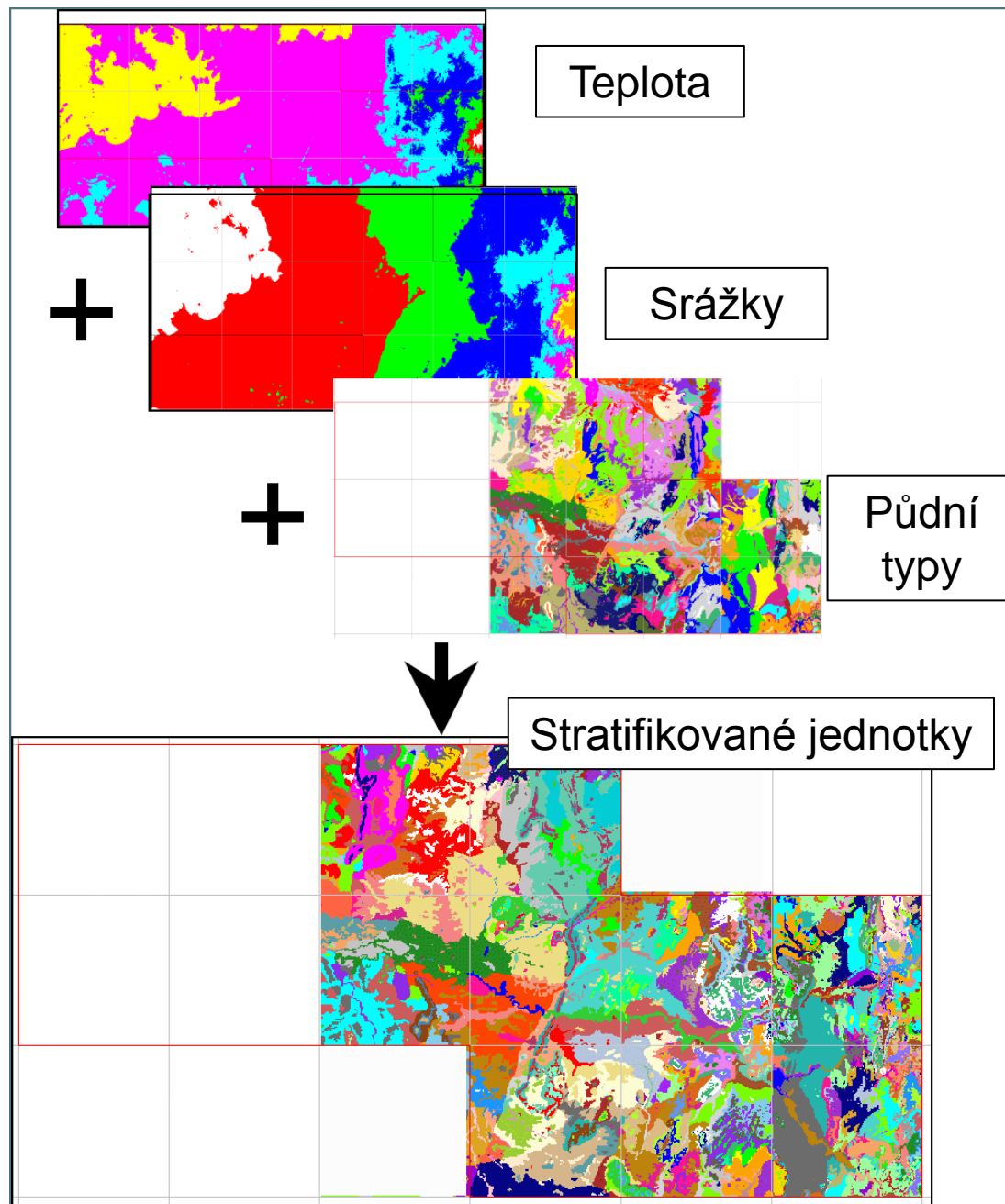
PŘÍRODNÍ EXPERIMENT (OBSERVAČNÍ STUDIE)

ROZMÍSTĚNÍ VZORKOVACÍCH PLOCH

- Stratifikované náhodné rozmístění



STRATIFIKACE KRAJINY V GIS



Austin et al. 2000

PROBLÉM PROSTOROVÉ AUTOKORELACE

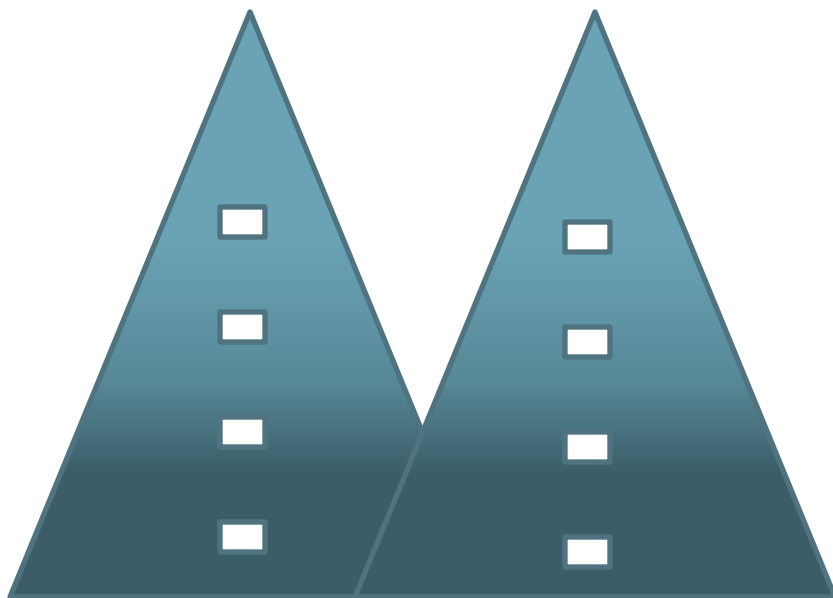
- o bližší plochy jsou si podobnější



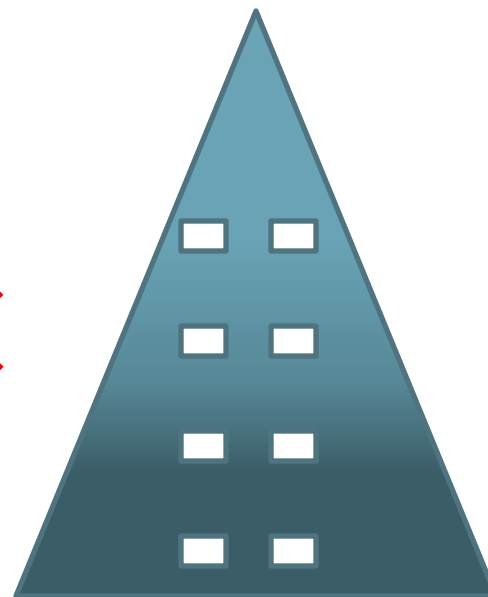
PROBLÉM PROSTOROVÉ AUTOKORELACE

transekty podél nadmořské výšky

prostorově neautokorelované
(dvě různé hory)



prostorově autokorelované
(paralelně vedle sebe)



PROBLÉM PROSTOROVÉ AUTOKORELACE

- o bližší plochy jsou si podobnější



-> je vhodné stanovit si *minimální vzdálenost* mezi plochami dostatečně velkou tak, aby se problém prostorové autokorelace minimalizoval

ZRNITOST (JEMNOST) A ROZSAH STUDIE (*GRAIN AND EXTENT OF THE STUDY*)

- **zrnitost studie** – velikost nejmenší studované jednotky, zpravidla vzorkované plochy
- **rozsah studie** – velikost studovaného území



ZRNITOST (JEMNOST) A ROZSAH STUDIE (*GRAIN AND EXTENT OF THE STUDY*)

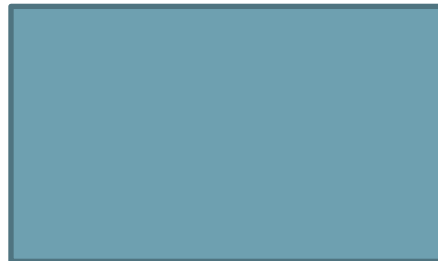
- velikost zrna (plochy, vzorku) je dána vlastnostmi a velikostí studovaného objektu
- platí pravidlo, že studie malého rozsahu jsou hůře zobecnitelné



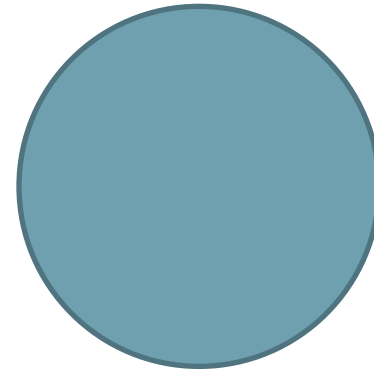
TVAR PLOCHY



čtvercová



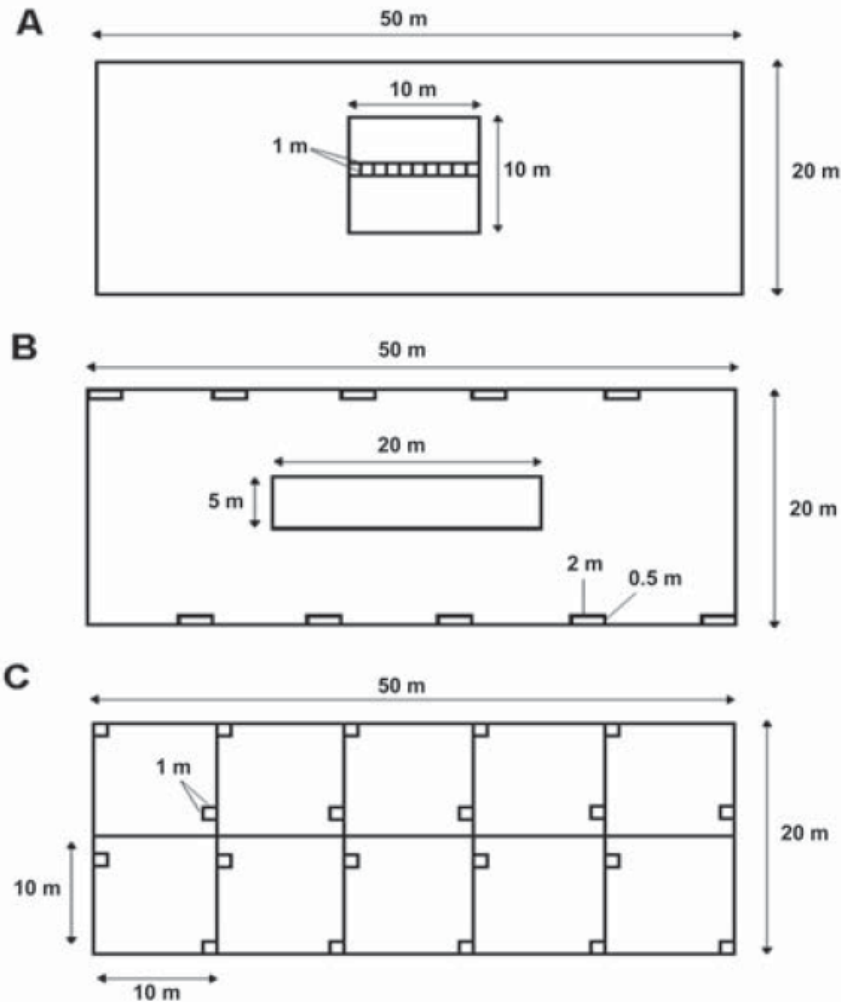
obdélníková



kruhová

	čtverec	obdélník	kruh
celková plocha	100 m ²	100 m ²	100 m ²
rozměr tvaru	10 × 10 m	20 × 5 m	poloměr ≈ 5,64 m
obvod	40 m	50 m	~ 35 m

TVAR PLOCHY



Whittaker

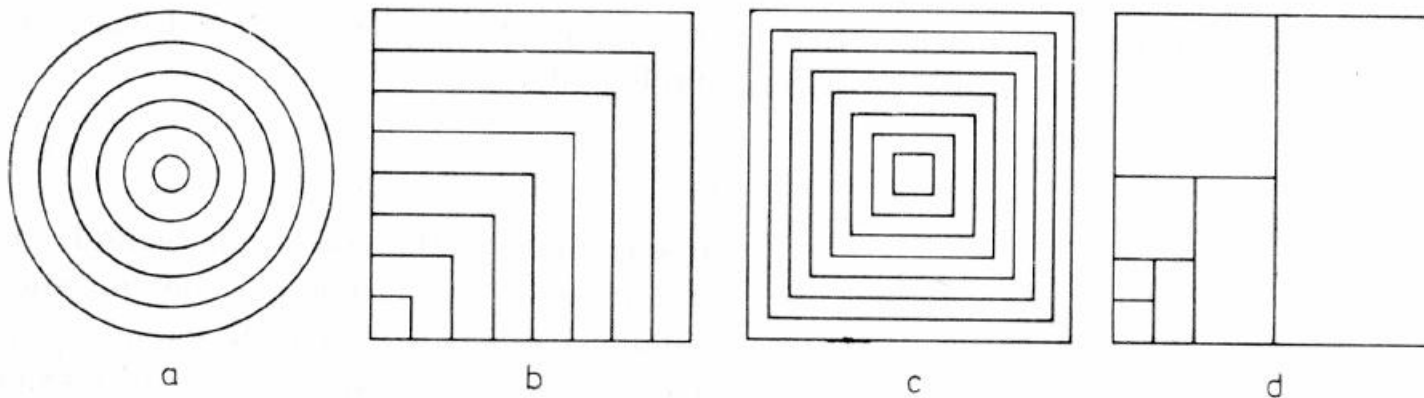
Stohlgren

Kunin

Keeley &
Fotheringham
(2005) *J. Veg. Sci.*

VELIKOST PLOCHY

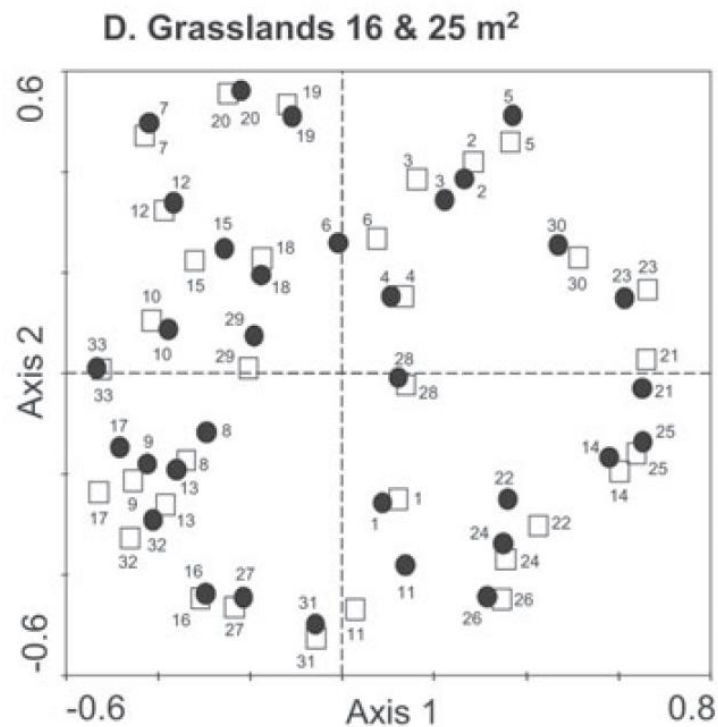
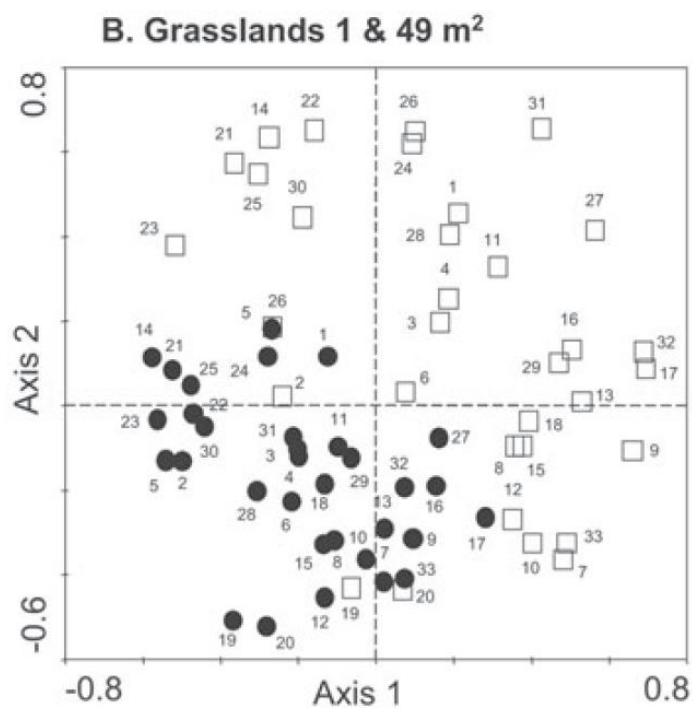
STUDIUM VEGETACE NA VÍCE MĚŘÍTCÍCH SOUČASNĚ



Podani 1984, *Acta Bot. Hung.* 30: 75-118

VELIKOST PLOCH

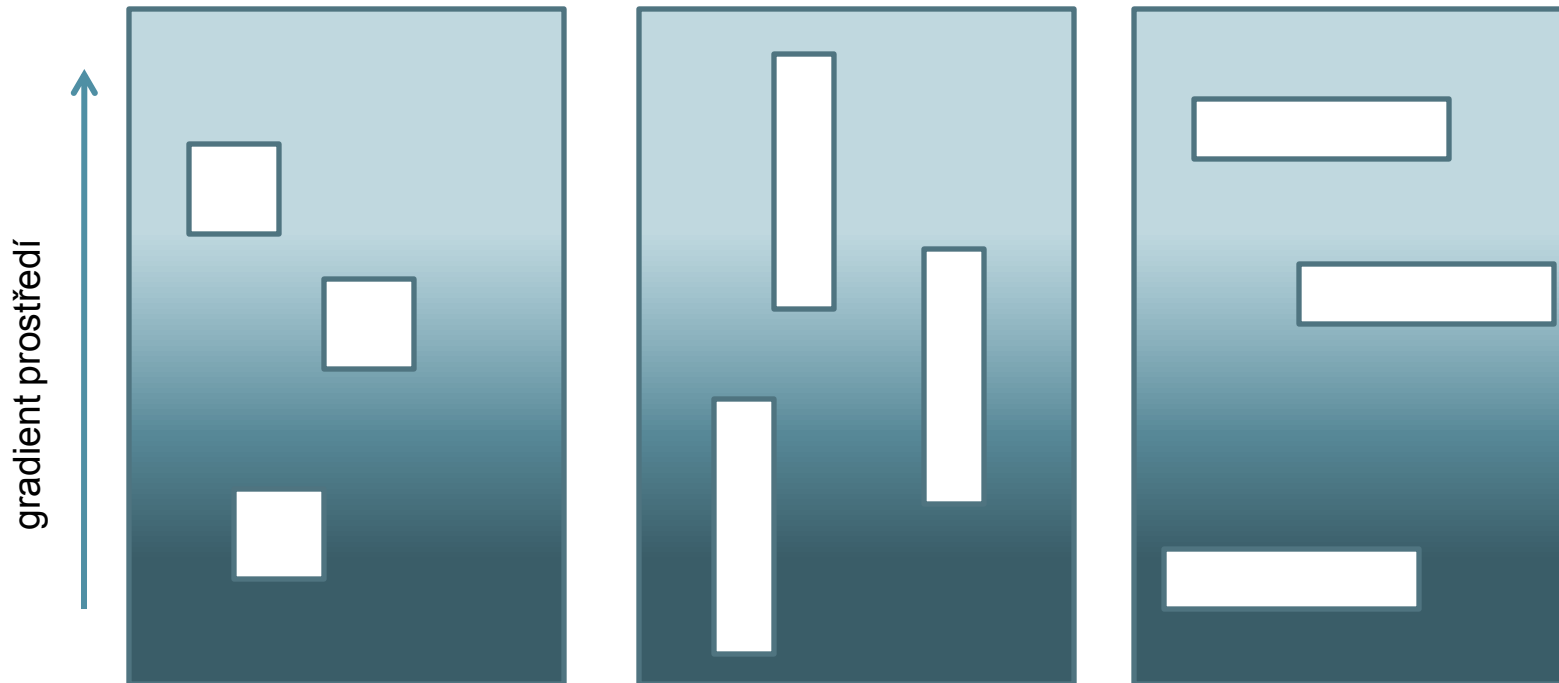
SPOLEČNÁ ORDINACE PLOCH O RŮZNÉ VELIKOSTI



Otýpková & Chytrý (2006), *J. Veg. Sci.* 17: 465-472

VLIV TVARU A ORIENTACE PLOCHY NA ZAZNAMENANOU DRUHOVOU BOHATOST

- obdélníkové plochy mohou mít vyšší druhovou bohatost než čtvercové plochy (o stejné ploše)



Stohlgren et al. (1995) *Vegetatio* 117:113-121; Condit et al. (1996) *J.Ecol.* 84: 549-562;
Keeley & Fotheringham (2005) *J.Veg.Sci.* 16: 249-256.