

Přednáška: Základy dendrochronologie I.

Michal Rybníček

DENDROCHRONOLOGICKÁ LABORATOŘ
ÚSTAV NAUKY O DŘEVĚ

Lesnická a dřevěná fakulta
Mendelova univerzita v Brně



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Podmínky udělení zápočtu

- ✓ docházka
- ✓ seminární práce
- ✓ zápočtový test

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Doporučená literatura

- DRÁPELA K., ZACH J. (1995): Dendrometrie (Dendrochronologie). Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 152 s.
- FRITTS H.C. (1976): Tree ring and climate. Academic Press. London, New York, San Francisco, 567 s.
- RYBNÍČEK M. (2007): Dendrochronologické datování dřevěných částí historických staveb, archeologických vzorků a výrobků ze dřeva – sestavení národní dubové standardní chronologie. Disertační práce, MZLU v Brně, 111 s.
- SCHWEINGRUBER F.H. (1996): Tree Rings and Environment Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Bern, Stuttgart, Vienna, 609 s.
- SCHWEINGRUBER F.H. (1993): Trees and Wood in Dendrochronology. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 402 s.
- VINAR J., KYNCL J., RŮŽIČKA P., ŽÁK J. (2005): Historické krovy II. – průzkumy a opravy, Grada, Praha, 301 s.
- www.dendrochronologie.cz
- <http://web.utk.edu/~grissino/>
- www.tree-ring.org

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

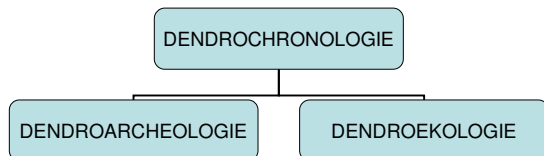
Obsah

1. Definice
2. Historie oboru
3. Faktory ovlivňující tl. růst dřevin
4. Princip dendrochronologického datování
5. Dendrochronologické standardní chronologie
6. Nejvýznamnější dřeviny
7. Odběr vzorků
8. Příprava vzorků
9. Měření vzorků
10. Datování
11. Limity pro datování dřev
12. Problémy při měření a vyhodnocování
13. Detrendace
14. Počítačové zpracování dat pomocí programu PAST
15. Aplikace dendrochronologie

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Úvod a definice

- ✓ Všechny stromy v oblasti mírného pásma vytváří během každého vegetačního období novou vrstvu dřeva → letokruhy
- ✓ Dendrochronologie: metoda datování dřeva, která je založená na měření šířek letokruhů.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Historie oboru

- ✓ Leonarda da Vinciho → písemné odkazy o pozorování letokruhů (vztah mezi letokruhy a prostředím)
- ✓ Konec 19. století
- ✓ Andrew Ellicott Douglass (astronom) → na kolísání šířek letokruhů mají vliv klimatické podmínky

Princip dendrochronologie: stromy, které rostou na stejném území a tedy i ve stejných klimatických podmínkách, vykazují stejnou reakci vyjádřenou množstvím vytvořeného dřeva (existuje tedy podobnost ve změnách šířky letokruhů v rámci porostu, zejména pokud se jedná o maximální a minimální hodnoty).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Dendrochronologie v Evropě a ČR

- ✓ Bruno Huber (německý lesní botanik)
- ✓ Velká řada studií v Německu k vykopávkám z oblastí Haithabu (Eckstein, Schietzel 1977).
- ✓ V Nizozemí datování deskových obrazů (maleb na dřevě) vlámského malířství
- ✓ F. Schweingruber (Švýcarsko)
- ✓ **ČR** → **léta třicátá až padesátá** (Bečvář, Hanzlík, Křivský, Vinš)
 - **léta šedesátá a sedmdesátá** (Vinš, J. Kyncl (Most), Židek (Mikulčice))
 - **léta osmdesátá až současnost** (Vinš, Dobrý, J. Kyncl, Vrbová, Poláček, Rybníček, Čejková, Kolář)

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Co lze vyčíst z letokruhů?

Faktory prostředí, které modelují až modifikují fyziologické a růstové procesy stromů, se trvale ukládají ve struktuře vytvářené biomasy a stromy stavbou svých letokruhů stav prostředí doslova monitorují.

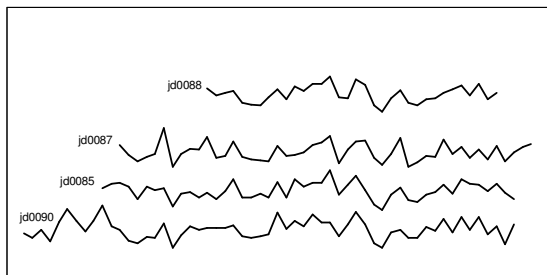
- ✓ Datování
- ✓ Identifikace původu dřeva - (Německo, Irsko, Polsko, Litva), r.1650, Rýn, Dunaj, ČR (Labe, Vltava, Ohře – SM krovky v nížinách), Praha (14. a 15. stol. BO, 17. stol. SM, JD)
- ✓ Socioekonomické informace (lidská aktivita, osídlení,...)
- ✓ Změny klimatu a ovzduší (průmyslové znečištění, extrémní teploty, velké srážky, sopečná činnost (Tambora 1816, Katmai 1912), eroze půdy, zemětřesení)
- ✓

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

- ✓ Dendrochronologie umožňuje datovat dřeva z archeologických výzkumů včetně uhlíků, dřevěné prvky historických staveb, především krovů, stejně jako nábytek, dřevěné sochy nebo staré obrazy
- ✓ Měření (stůl, lupa)
- ✓ Informace do počítače → křivka
- ✓ Vzájemné srovnání jednotlivých naměřených křivek → najít nejlepší pozici křivek (křivky jsou současné) (statistika)
- ✓ Zprůměrováním křivek → křivka střední (zvýrazní společný signál)
- ✓ Křivka porovnávána se *standardní chronologií* (statistika)
- ✓ Zpětné datování dílčích křivek
- ✓ Množství vzorků (ojedinělá dřeva x soubor vzorků)

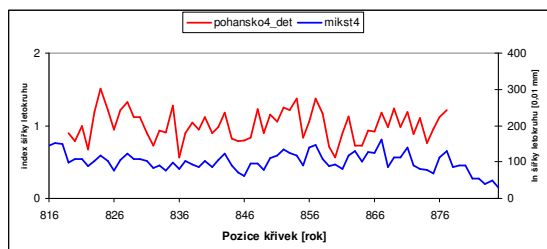
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Příklad synchronizace: relativní (křivky jednotlivých trámů z datované konstrukce)



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Příklad synchronizace: absolutní vůči standardní chronologii



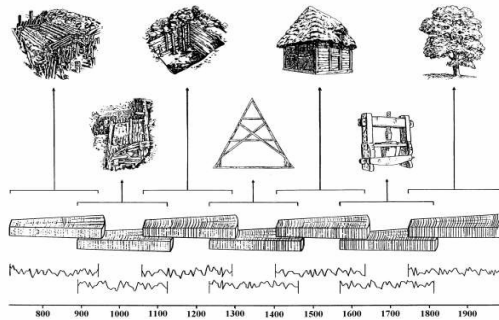
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Standardní chronologie

- ✓ Správná datování vzorku je závislé na standardních chronologiích
- ✓ Tvoří se pro každou dřevinu zvlášť
- ✓ Vzniká postupným překrýváním letokruhových sekvencí od současnosti směrem do minulosti
- ✓ Proloženy co největším množstvím výborně spolu korelujících středních křivek
- ✓ Neustále doplňován, prodlužován a vylepšován.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Tvorba standardní chronologie od současnosti až do raného středověku



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Přehled standardních chronologií pro ČR

Standard	Oblast použití	Autor	Délka	Začátek	Konec
Dub					
czges2004	ČR	Rybniček	1537	462	1998
cehges2004	Čechy	Rybniček	835	974	1808
morges2004a	Morava	Rybniček	402	881	1282
morges2004b	Morava	Rybniček	658	1341	1998
Jedle					
je-cr05	ČR	Kyncl	1048	949	1996
je-mp05	Morava	Kyncl	1048	949	1996
je-ce05	Čechy	Kyncl	718	1131	1911
Borovice					
bo-mo05	Morava	Kyncl	528	1468	1995
bo-ce05	Čechy	Kyncl	816	1183	1996
Smrk					
sm-cr05	ČR	Kyncl	897	1101	1997
sm-mo05	Morava	Kyncl	665	1333	1997
sm-ce05	Čechy	Kyncl	795	1150	1944

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Nejvýznamnější dřeviny DUB

- ✓ Současná chronologie pro ČR 462 – 2004
- ✓ Nejdelší chronologie pro Jižní Německo (8021 BC)
- ✓ V našich podmínkách významně zastoupeno v archeologickém materiálu
- ✓ Použití: piloty mostů, přístavních zařízení, výdřevy studní, odpadních jímek, hrázdné konstrukce, zvonové stolice a základy staveb (rošty, piloty)



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

BUK

- ✓ Pro ČR zatím není chronologie
- ✓ Archeologický materiál a pro deskové obrazy.
- ✓ Buk lze do jisté míry datovat pomocí chronologie jedle a německých bukových standardů.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Jedle

- ✓ Jedle je nejčastěji se vyskytující dřevinou v historických konstrukcích u nás a je také nejlépe datovatelná



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

SMRK

- ✓ Smrkové dřevo je dobře datovatelné pomocí chronologie jedle
- ✓ U smrkového materiálu do konce 18. století → přirozené stanoviště
- ✓ Od počátku 19. století intenzivní umělé zalesňování → smrkové dřevo mimo jeho přirozený výskyt → lokální chronologie
- ✓ Historické stavební konstrukce



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

BOROVICE

- ✓ Borové dřevo se vyskytuje poměrně řídky (10% dřeva z historických staveb).
- ✓ Pro datování je možné použít chronologii jedle



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Odběr vzorků

- ✓ Řádný odběr vzorku pro dendrochronologické měření je hlavním *předpokladem* pro správné datování vzorku
- ✓ Každý typ materiálu si vyžaduje *specifický přístup a techniku odběru*:
 1. Živé stromy
 2. Historické objekty
 3. Archeologická dřeva
 4. Subfossilní kmeny

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Odběr ze živých stromů

- ✓ Odebrat vzorek z části kmene, která je co nejméně zatížená lokálními vlivy (kořenové náběhy, poranění, reakční dřevo)
- ✓ Vzorky odebírány jako vývrty, nebo kotouče
- ✓ Vývrty jsou prováděny pomocí *Presslerova nebozezu*
- ✓ Vývrty 1,3 m nad zemí.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Historické objekty

- ✓ Není-li možné odřezat příčné kotouče (u funkčních prvků), musíme odebrat vzorek opět odvrtním (*Presslerovým nebozezem, elektrickou vrtačkou se speciálním frézovacím vrtákem*)
- ✓ Vzorek se snažíme odebrat v místě podkorního letokruhu



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Archeologická dřeva

- ✓ Archeologická dřeva ležely několik staletí ve vlhkém prostředí → změnilo složení buněčných stěn
- ✓ Při rychlém schnutí by mohlo dojít ke kolapsu buněk → znemožnění změření vzorku
- ✓ Dřeva by proto měla být uchovávána ve vlhku (folie)
- ✓ Co nejdříve zpracovat
- ✓ Hodnotnější archeologická dřeva konzervovat



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Subfossilní kmeny

- ✓ Zpravidla se odebírá kmenový disk (*motorová pila*).
- ✓ Subfossilní kmeny pochází z:
 - náplavy řek
 - kmeny uložené v rašeliništích
 - kmeny uložené na dně jezer
 - suché aridní oblasti



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Umělecké předměty

- ✓ Odebírání vzorků nežádoucí
- ✓ Použití speciální světelné měřicí lupy, nebo měřicího stolu se stereo-lupou v obráceném uspořádání
- ✓ Ve výjimečných případech fotografie, otisk, obkreslení posloupnosti letokruhů apod.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Příprava vzorků

- ✓ Šířky letokruhů se měří na příčném řezu vedeném kolmo na osu kmene.
- ✓ Je nutné vzorky před měřením upravit
→ kotoučové či pásové brusky
→ žiletky, skalpel, kobercové nože
- ✓ Mokrá dřeva, ležící několik tisíciletí pod vodní hladinou, mají konzistenci houby. Musí se zmrazit, seříznout povrch zmrzlého vzorku žiletkou a měření provést přímo na vzorku v dopadajícím světle, nebo mikrotomovým nožem zhotovit preparáty, které jsou měřeny v prošlém světle
- ✓ Vývrty z Presslerova nebozazu jsou upevňovány buď do předem připravených dřevěných nebo do plastových vodičů ve tvaru žlábků

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Měření vzorků

- ✓ **Měřicí stůl** - šroubový mechanismus a impulsmetr, (zaznamenává posun desky stolu (šířku letokruhu))
- ✓ Vzorek je měřen vždy *od středu* (od nejstaršího letokruhu) směrem k obvodu a *vždy kolmo na následující letokruh* – křivka
- ✓ Roční přírůstky dřeva jsou zpravidla měřeny s *přesností na 0,05 - 0,01 mm*.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Měřicí lupa

- ✓ **Speciální světelná lupa** s měřicí škálou
- ✓ Hodnoty šířek letokruhů jsou mechanicky měřeny a zapisovány do záznamového listu → přepsány do počítače
- ✓ Dosahovaná přesnost je 0,1 mm



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

10. Limity pro datování dřev

- ✓ Aby bylo vůbec možné použít statistické výpočty, musí mít datované vzorky minimálně 40-50 letokruhů, v závislosti na četnosti vzorků v souboru.
- ✓ Při dataci většího množství dřev z jedné lokality lze někdy datovat i dřeva kratší na základě již datované střední křivky z dřev delších.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

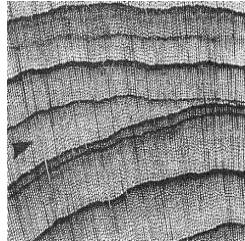
Vyhodnocení výsledků datování

- ✓ Cílem dendrochronologického datování je především datovat rok, ve kterém byl strom smýcen
- ✓ Přesné stanovení tohoto data je možné provést pouze v případech, kdy je zachován nejkrajnější vytvořený letokruh - tzv. podkorní letokruh. → je možné říci přesné datum skácení stromů
- ✓ Komplikovanější je situace kdy je vzorek bez podkorního letokruhu
 - dubové dřevo má barevně rozlišené jádro a běl.
 - V případě, že je na vzorku zachován alespoň jeden bělový letokruh, lze provést přibližný odhad chybějících letokruhů běle (5 - 21 letokruhů běle)
 - pro ostatní běžně se vyskytující jádrové dřeviny lze stanovit rok, po kterém byl daný strom pokácen s neznámou hodnotou kladné odchylky

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Chybějící letokruh

- ✓ V důsledku působení nepříznivých podmínek může být tvorba dřeva omezena pouze na část kmene, či dokonce zastavena úplně.
- ✓ Důvodem může být nedostatek dostupné vody v jarním období, významné poškození stromu jako jsou vrcholové zlomy, silný ořez koruny, poškození imisemi.
- ✓ Typicky se letokruhy nevytvorí u stromů rostoucích v podrostu v silném zástínu.
- ✓ Letokruh může také chybět pouze na části průřezu kmene → odběr vzorků ve více směrech.



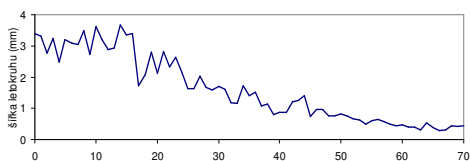
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Problémy při měření a vyhodnocování

- ✓ Asi nejkomplicovanější skupinou dřevin jsou dřeviny roztroušeně pórovité (lípa, vrba, buk, javor atd.).
- ✓ Hranice letokruhů je často velmi nezřetelná a frekvence chybějících a dvojitých letokruhů je poměrně vysoká.
- ✓ V těchto případech je velmi často nutné odebrat několik vzorků z jednoho kmene, případně odebrat příčný průřez.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Analýza kontinuálních řad



Pro statistickou analýzu musí být splněna podmínka stacionarity:

- ✓ normální rozdělení
- ✓ jednotlivé hodnoty nezávislé (bez autokorelace)

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Detrendace

- ✓ Letokruhová křivky jednotlivých stromů jsou ovlivněny tzv. růstovým trendem.
- ✓ Tento trend je do jisté míry pro každý strom individuální, a proto zeslabuje hledaný společný signál.
- ✓ Z tohoto důvodu je nutno před sestavením průměrné řady tento trend odstranit - křivky detrendovat.
- ✓ Standardizace (odstranění věkového trendu z časové řady) → stacionární řada (odstranění členu A Cookova modelu)
- ✓ Průměrné řady jsou poté vypočítány z letokruhových indexů počítaných jako podíl mezi skutečnou šířkou letokruhu a příslušnou hodnotou proložené detrendující křivky.

$$I_t = R_t / G_t$$

I_t je výsledný letokruhový index, R_t naměřená hodnota šířky letokruhu
a G_t je věkový trend

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Detrendace

- ✓ Cílem je tedy odstranění celkového trendu G_t v letokruhových řadách. Metody pro odhad trendu G_t se obecně dělí do dvou skupin:

Deterministické (používají stanovenou funkci) → růst je funkcí věku

Stochastické (přizpůsobují se měřeným datům, nepředpokládají žádný stanovený trend) → zohledňují působení všech vlivů na tl. přírůst

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Detrendace (deterministické)

1. lineární regresní přímka

b_0 – konstanta, b_1 – koeficient regrese, t – čas v rocích od 1 do n

$$G_t = b_0 + b_1 t$$

2. negativní exponenciální funkce

a , b , k – koeficienty funkce, t – čas v rocích od 1 do n

$$G_t = a \exp^{-bt} + k$$

3. hyperbolická funkce

a , b , k – koeficienty funkce, k – střední rok řady ($k = n/2$)

$$\frac{1}{G_t} = a + b(t - k)$$

4. mocnná funkce

a , b – koeficient funkce, t – čas v rocích od 1 do n

$$G_t = at^{-b}$$

5. Generalizovaná exponenciála

a , b , g – koeficienty funkce, t – čas v rocích od 1 do n

$$G_t = at^b \exp^{-gt}$$

6. Weibullova funkce

a , b – koeficient funkce, t – čas v rocích od 1 do n

$$G_t = at^{a-1} b^{-a} \exp\left[-(t/b)^a\right]$$

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Detrendace (stochastické)

Dochází k potlačení relativně vyšších frekvencí (kratších period) a propuštění relativně nižších frekvencí (delších period) v závislosti na délce filtru

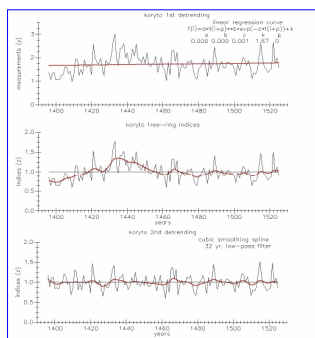
$$\hat{W}_t = \frac{\sum_{i=-n}^{+n} q_i W_{t+i}}{\sum_{i=-n}^{+n} q_i}$$

W_t - naměřená šifka letokruhu, q_i - váha, kterou se násobí jednotlivé měřené hodnoty kolem W_t , n - délka filtru (celkem je $2n+1$ vah)

Vážený klouzavý průměr, negativní exponenciální funkce, lineární regresní přímka, kubické spline funkce

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Příklad standardizace



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Statistické výpočty používané v programu PAST

Souběžnost (Gleichlaufigkeit)

Tato hodnota představuje procento směrové shody křivky vzorku a standardu v překrývající se části obou křivek.

Souběžnost se vypočítává následujícím způsobem:

- ✓ 1. Hodnoty standardu i vzorku jsou digitalizovány po jednoletých intervalech. Možné hodnoty jsou -1 pro klesající trend křivky, 0 pro stagnující a $+1$ pro rosy s rostoucím trendem.
- ✓ 2. Druhým krokem je porovnání digitalizovaných hodnot překrývající se části standardu a vzorku a sečtení jednoletých intervalů se souhlasným trendem křivek.
- ✓ 3. Počet souhlasných let ku počtu všech překrývajících se roků udává hodnotu souběžnosti (0 až 100%).
- ✓ Obecně by neměla být souběžnost nižší než 55%.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Statistické výpočty používané v programu PAST

Směrodatné roky (Weise Jahren)

- ✓ Směrodatné roky představují významné letokruhy, charakterizované vysokou shodou v tendenci křivek u individuů tvořících standard. Předpokládáme, že míra podobnosti hodnocená pouze v těchto letech bude vyšší než míra pro celou křivku.
- ✓ Obvykle mluvíme o směrodatných rocích, pokud minimálně 75% letokruhů (minimálně však 4 letokruhy!), budujících v daném roce standardní chronologii, má stejnou tendenci (stoupající nebo klesající).
- ✓ Směrodatné roky jsou v grafu zvýrazněny tučně.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Statistické výpočty používané v programu PAST

T-Test

T-Test je založen na porovnání vzorku se standardní chronologií (v překrývajících se částech křivek) jako dvou datových řad. Míra podobnosti je spočítána pomocí korelace a její statistická významnost hodnocena pomocí t-testu.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Statistické výpočty používané v programu PAST

Transformace dat

Původní data jsou před vlastním provedením statistického výpočtu transformována. Transformace je nutná pro splnění statistických podmínek, které použití t-testu vyžaduje (**normalita rozdělení, odstranění autokorelace**). Oba níže uvedené testy se liší způsobem transformace dat, která jsou pak již shodně použita k výpočtu koeficientu korelace:

- ✓ **Transformace Baillie/Pilcher:**

$$y^b p_i = \ln \left(\frac{5y_i}{y_{i-2} + y_{i-1} + y_i + y_{i+1} + y_{i+2}} \right)$$

- ✓ **Transformace Hollstein:**

$$y^h_i = \ln \left(\frac{y_i}{y_{i+1}} \right)$$

Hollsteinova transformace poskytuje lepší výsledky pro jehličnany.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Statistické výpočty používané v programu PAST

Korelační koeficient

Transformované a indexované datové řady standardní chronologie a vzorku jsou použity pro výpočet korelačního koeficientu (jsou reprezentovány proměnnými s_i a r_i v následujícím vzorci):

$$c_{\text{corr}} = \frac{\sum_{i=x,y} (s_i - \bar{s})(r_i - \bar{r})}{\sqrt{\sum_{i=x,y} (s_i - \bar{s})^2 (r_i - \bar{r})^2}}$$

- x, y : hranice překrytí křivek
- r_i, s_i : hodnoty letokruhů po transformaci
- \bar{r}, \bar{s} : průměrné hodnoty transformovaných letokruhových řad
- Konečná hodnota T-Testu má pak podobu:

$$t_{\text{sp}} / t_{\text{sk}} = \frac{c_{\text{corr}} \sqrt{n-2}}{(1 - c_{\text{corr}}^2)^{1/2}}$$

- n : počet překrývajících se let

Při hodnotě T-Testu nižší než 3 je pravděpodobnost pozitivní korelace křivek jen malá. Hodnoty vyšší než 5 naopak s velkou pravděpodobností (při dostatečném překrytí křivek) signalizují shodné chronologické zařazení vzorků.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Aplikace dendrochronologie

Letokruhové analýzy mají široké využití nejen jako prostředek datace starých dřev, ale také pro nejrůznější ekologické studie. Pro ně se užívá obecného názvu dendroekologie.

Dendroekologie zahrnuje vědní disciplíny jako:

- ✓ **dendroklimatologie** - rekonstrukce klimatu na základě parametrů letokruhů
- ✓ **dendrogeomorfologie** - využívá detekce růstových změn pro sledování pohybů svahů, eroze atd.
- ✓ **Dendroglaciologie**
- ✓ **Dendrohydrologie**
- ✓ **studium pohybu větrů**
- ✓ **historie lesních požárů**
- ✓ **historie tektonické a vulkanické činnosti**
- ✓ **pohyb lavin v horských oblastech**
- ✓ **konkurenční vztahy mezi jedinci v porostu**
- ✓ **vliv člověka a zvířat na růst stromu**

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Datování pomocí radioaktivního uhlíku ^{14}C

- ✓ Asi od roku 1950 je známa a používána metoda datování, která měří podíl radioaktivního uhlíku v organických látkách.
- ✓ Metoda je založena na skutečnosti, že ^{14}C , přijatý dřevinou za jejího života asimilací ze vzduchu, se rozpadá na radioaktivní elementy. Protože je znám poločas rozpadu radioaktivního uhlíku, předpokládá se, že objem ^{14}C ve dřevě klesá za 100 let asi o 1 %.
- ✓ Pomocí velmi jemných přístrojů lze zjistit obsah zbylého radioaktivního uhlíku ve dřevě a ze zjištěného údaje pak usuzovat na dobu, kdy dřevina odumřela, přesněji kdy byl asimilovaný uhlík vázán do celulosy.
- ✓ Přesnost této metody závisí na stáří analyzovaného vzorku, tzn. zatímco dřeva asi 1000 let stará jsou datována s tolerancí ± 50 let, u dřev starých několik tisíc let se tato hodnota zvyšuje až na 100 a více.
- ✓ Mezi datací pomocí ^{14}C a dendrochronologií existuje úzký vztah. Na jedné straně využívá dendrochronologie zejména u subfossilních kmenů dataci radiokarbonovou metodou, na straně druhé je standard pro ^{14}C pravidelně kalibrován na základě dendrochronologických dat.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

**Žižkův dub (Třemošnice), Žižkův dub (Náměšť nad Oslavou), ...
???**



600 až 1000 let ???

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Lukášova lípa (Telecí)



více než 700 let, obvod kmene 11,6 m

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Praskoleská lípa



stáří asi 800 let, obvod kmene 10,5 m

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

(Thuja occidentalis 1006 let) Roste na Niagarském srázu. Nejstarší známé stromy na východě Severní Ameriky.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Juniperus occidentalis (vznešený) roste v Yosemitešském národním parku stáří přes 1000 let.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Juniperus occidentalis (velmi starý) roste v Sierra Nevadě (Kalifornie).



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Pinus aristata (longaeva - dlouhověká) roste ve White Mountains (východní Kalifornie), nejstarší známý strom na světě.



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Sekvojovce obrovské (2300 – 2700, 83 m)
Sekvoje vždyzelené (112,6 m)



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

The trunk of the above tree is less than 600 years old—but its roots date back to 9,550 years ago, making it the world's oldest known living tree (Norway Spruce)



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Děkuji za pozornost



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018
