

BIOLOGICKÁ FAKULTA JIHOČESKÉ UNIVERZITY V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH



Dendrochronologická analýza
horského smrkového lesa
na gradientu nadmořské
výšky v Nízkých Tatrách,
Slovensko

Tomáš Kolář

**Bakalářská práce
2002**

Vedoucí práce: Miroslav Šrůtek

Bakalářská práce

Kolář, T. (2002): Dendrochronologická analýza horského smrkového lesa na gradientu nadmořské výšky v Nízkých Tatrách, Slovensko [Dendrochronological analysis of mountain spruce forest on altitudinal gradient in Nízke Tatry Mountains, Slovakia]. Faculty of Biological Sciences, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic. 34 pp.

Anotace:

Dendrochronological analysis of mountain spruce forest on altitudinal gradient was made in 1999 and 2000 in Nízke Tatry Mountains, Slovakia. Standard chronology was created, age structure was found out and excentricity of stem was described.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval sám pouze s použitím citované literatury.

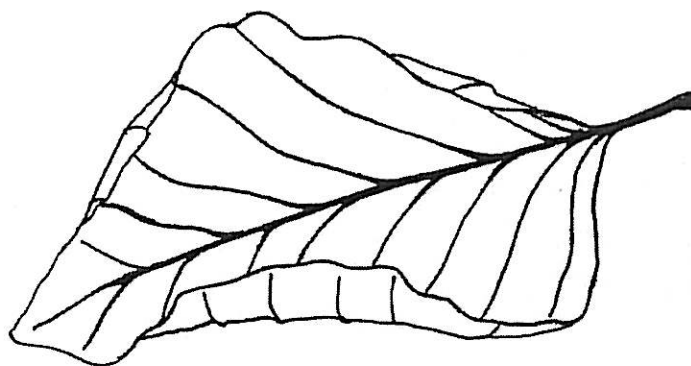
České Budějovice, 7.1. 2002

Tomáš Kolář
Tomáš Kolář

Obsah

Anotace	1
Obsah	2
Předmluva	3
1. Úvod	4
2. Lokalita	6
3. Materiál a metody	8
3.1 Metodika založení pokusné plochy	8
3.2 Odběr datovacího materiálu	8
3.2 Zpracování a měření vzorků	9
3.4 Zpracování a analýza dat	10
4. Výsledky	13
4.1 Standardní chronologie	13
4.2 Excentricita kmene	14
4.3 Závislost excentricity na věku	14
4.4 Závislost průměrného přírůstku na věku	15
4.5 Změna excentricity na gradientu nadmořské výšky	16
4.6 Změna šířky letokruhů na gradientu nadmořské výšky	17
4.7 Věková struktura porostu	17
4.8 Chybějící letokruhy	
5. Diskuse	19
6. Závěr	22
Poděkování	23
Literatura	24
Přílohy	
Mapa lokality	
Klimadiagramy	
Půdní poměry na lokalitě	
Standardní chronologie	
Šířky letokruhů	
Fotografická příloha	

Ve střední Evropě je nepřehlédnutelný vliv člověka na prakticky všechna lesní území a nelze proto žádný porost považovat za zcela přirozený. Nejinak je tomu i v Nízkých Tatrách, kde se po staletí pásala velká stáda ovcí. Pastviny se rozprostíraly především nad horní hranicí lesa, ale páslo se také v nich. Tím docházelo k postupnému snižování horní hranice lesa až o 200 výškových metrů. Pastva byla od devatenáctého století postupně redukována – především z hospodářských důvodů. Definitivní konec salašnictví v Nízkých Tatrách pak znamenalo založení národního parku a vyloučení pastvy na jeho území. Od té doby dochází k postupné regeneraci lesů a především k posunu jejich horní hranice na původní úroveň. Na druhou stranu ukončení pastvy zapříčinilo ochuzení původních i polopřirozených travních společenstev. V neposlední řadě došlo také k výraznému ochuzení krajinné a kulturní rozmanitosti území. Naskýtá se tedy otázka, zda je člověk schopen obhospodařovat krajinu tak, aby nejen nezničil to, co je v ní původní, ale aby ji svou prací také obohatil.



1. Úvod

Lesy jsou biologicky nejrozmanitější terestrické ekosystémy. Zároveň jsou velikou zásobárnou globálního uhlíku, který je zde uložen především ve formě dřeva. Z mnoha praktických důvodů byly lesy vždy v centru pozornosti všech kultur, které s nimi přicházely do styku. Důležitost lesů pro člověka dokumentují snahy o jejich ochranu již ve středověku. Nejstarší evropské rezervace jsou – jak jinak – lesní. Již od devatenáctého století je patrná snaha o bližší prozkoumání vztahů v lesích dokumentovaná založením rezervace Boubínský prales v roce 1858, který měl sloužit především k účelům vědeckým. Zpočátku se jednalo především o poznávání zaměřené na produkci dřevní hmoty a na způsoby trvalého obhospodařování lesa. Teprve později se objevují snahy o poznání struktury a fungování přirozených lesů jako důležitého ekologického činitele. Počáteční zájem o lesní ekosystémy pocházel pochopitelně především z lesnických kruhů, teprve později přišla s ekosystémovým zkoumáním lesů také biologie. Není se proto možné příliš divit, že většina dnes používaných metod pochází z lesnického výzkumu (např. VINŠ 1956, 1961).

Specifikem lesních ekosystémů je především dlouhověkost jejich hlavní složky – stromů. K tomu přistupuje mohutnost jednotlivých individuí a jejich nahloučenost na relativně malé ploše. Významná je také značná rozlehlost lesních porostů, které v minulosti pokrývaly takřka celou západní a střední Evropu (ELLENBERG 1986). Důležitým faktorem pro biologickou diversitu lesních ekosystémů je nejen rozmanitost reliéfu a podkladu, ale také různorodost prostorového uspořádání druhů dřevin a jedinců daného druhu. Struktura lesa se neustále mění spolu s měnícími se podmínkami stanoviště. Při studiu lesa je proto nezbytné mít tuto trvalou dynamiku na paměti. Snahy o její postihnutí vedly k zakládání trvalých výzkumných ploch, na kterých se provádějí pravidelná měření (např. PRŮŠA 1985). Nevýhodou této metody je samozřejmě její značná časová náročnost. Řešením mohou v některých případech být dendrochronologické studie, které umožňují do jisté míry popsat dynamiku porostu v minulosti pomocí měření šířek letokruhů a dalších parametrů přírůstku (např. SCHWEINGRUBER 1996). V případě znalosti klimatických dat je možné usuzovat na vliv jednotlivých klimatických faktorů na růst a dynamiku porostů. Tímto tématem se zabývá velké množství dendrochronologických studií. Vlivu množství srážek během růstové periody na šířku letokruhů se věnují například GASSNER et CHRISTIANSEN-WEINIGER (1942) na borovici černé (*Pinus nigra*) v Antolii či HUGHES (1989) na sekvojovci obrovském (*Sequoiadendron giganteum*) v Kalifornii. Vlivem teploty, která je důležitým faktorem při horní hranici lesa, na přírůstek se zabývají například SANDER ET AL. (1995),

LAMARCHE ET AL. (1974); SHIYATOV ET AL. (1996). Další studie se věnují vlivu měnícího se klimatu na gradientu nadmořské výšky (KIENAST ET AL. 1988; LINGG 1986; FRITTS 1965; NORTON 1984) nebo srovnávají jednotlivé standardní chronologie právě s ohledem na klima v místě jejich původu (SHOVE 1987; FELIKSIK 1993; TESSIER 1988).

Studie zabývající se změnou vlastností lesa na gradientu nadmořské výšky využívají především různých dendrometrických metod (VACEK ET LEPŠ 1996; CALLAWAY 1998; DOLEŽAL 1998; RIPLEY 1977; FRITTS 1965).

Předložená studie je součástí dlouhodobého výzkumu struktury a dynamiky temperátních a boreálních lesů severní polokoule, jehož vůdčí osobností je d. T. Hara z Hokkaido University, Sapporo. Dosavadní studie se věnovaly především výzkumu prostorové struktury porostů a populací založené na dendrometrických analýzách a její změně na gradientu nadmořské výšky (DOLEŽAL 1998; ŠŤASTNÁ 2000). Jedná se o klasický dlouhodobý výzkum založený na studiu porostů na trvalých plochách, které jsou v současnosti lokalizovány ve finském Laponsku, Nízkých Tatrách (Slovensko), centrálních Pyrenejích (Španělsko), Hokkaidu (severní Japonsko) a na Kamčatce (Rusko). Hlavním sledovanými proměnnými prostředí jsou změny klimatických faktorů podél gradientu nadmořské výšky (HARA ET AL. 1995; KUBOTA ET HARA 1995; DOLEŽAL 1998; ŠŤASTNÁ 2000.). Dendrochronologická analýza byla v rámci předložené studie prováděna v porostu horského lesa na již vytyčené ploše v Nízkých Tatrách (viz níže). Hlavní cíle zadanou studií jsou:

- 1) Vytvořit dostatečně proloženou standardní chronologii, podle které by bylo možno datovat uschlé stromy.
- 2) Určit věkovou strukturu porostu.
- 3) Ověřit teorii, že s rostoucí nadmořskou výškou se zmenšuje průměrná šířka letokruhů.
- 4) Ověřit, zda s rostoucí nadmořskou výškou stoupá počet chybějících letokruhů.
- 5) Zdokumentovat excentricitu kmenů.

2. Lokalita

Studovaná plocha se nachází v západní části Nízkých Tater na jihovýchodním svahu Velkého Gápeľa (1776 m n. m.; 48°55' s. š., 19°30' v. d.), který je součástí hřebene vyběhajícího jihozápadním směrem od centrálního hřebene v oblasti Ďumbiera. Jedná se o jižní svahy Nízkých Tater spadající do údolí Hronu směrem k Breznu.

Svah Velkého Gápeľa směřuje do Mlynickej doliny; je velmi členitý s množstvím skalních výchozů především v horních partiích. Spodní část svahu tvoří zpevněná suť. Celková délka svahu je 1 300 m s převýšením přibližně 700 m. Průměrný sklon činí 30°. Příkrý svah je v 1 530 m n. m. přerušen mírněji skloněnou plošinou.

Podloží tvoří starší krystalinikum, především ruly prvohorního stáří. Půdním substrátem jsou svahoviny, mezi nimiž převažují hnědé lesní půdy (kambisoly) s méně zastoupenými půdami oglejenými, které se nacházejí především na bázi svahu v blízkosti potoka. Na skalních výchozech v horní části lokality jsou vytvořeny lithosoly (názvosloví dle KUTÍLEK ET AL 1989). V roce 1996 byly odebrány dvě půdní sondy. Jedna na horní hranici smrkového lesa v nadmořské výšce cca 1 500 m., druhá na dolní hranici bučiny v 1 250 m.n.m. (blíže viz. příloha a DOLEŽAL 1998).

Klimatické poměry jsou charakterizovány daty z dvou blízkých meteorologických stanic - Chopok (2023 m.n.m.) a Srdiečko (1183 m.n.m.) (viz. Příloha).

Z fytogeografického hlediska patří Nízké Tatry do oblasti západokarpatské flóry - *Carpaticum occidentale* (ANONYMUS 1972). Stejně jako pro většinu karpatských pohoří je pro Nízké Tatry charakteristická velmi pestrá mozaika přirozených společenstev. Tuto různorodost ještě zvyšuje modelace hlavního hřebenu, který má jižní svahy pozvolnější, zatímco severní jsou prudké modelované ledovci s množstvím karů. Důležitým faktorem pro rozmanitost květeny je také přítomnost vápenců např. v oblasti Krakovej hoľe či Salatína.

Jihovýchodní svah Velkého Gápeľa je pokryt souvislým lesem sub- až supramontánního stupně, který v nadmořské výšce přibližně 1 500 m přechází ve stupeň subalpínský s rozvolněným porostem kosodřeviny, které směrem k vrcholu ubývá na úkor alpské vegetace (DOLEŽAL 1996). Vliv pastvy je v lesním porostu prakticky

nepostřehnutelný. Patrný je především snížením horní hranice lesa, která by přirozeně probíhala na jižním svahu kolem 1 600 m n. m. a nad touto hranicí (MÍCHAL 1994).

Podle lesní hospodářské knihy pro celek Ďumbier lze vegetaci lokality rozdělit do třech vegetačních stupňů (ANONYMUS 1988):

- 1) Nižší horský stupeň (1 100 - 1 300 m.n.m.). Porosty patří do lesních typů *Fageta abietino-piceosa* (50%), *Abieti-fageta* (40%) a *Fagi-acereta* (10%). Ve stromovém patře převládá *Fagus sylvatica* (85%). Dále jsou zde zastoupeny *Abies alba* (5%), *Acer pseudoplatanus* (5%), *Picea abies* (5%) a *Sorbus aucuparia*. V keřovém patře opět převládá *Fagus sylvatica* (95%) a *Acer pseudoplatanus* (5%). (DOLEŽAL 1998).
- 2) Vyšší horský stupeň (1 300 - 1 500 m.n.m.). Porosty tvoří především lesní typy *Sorbi-piceeta* (50%), *Aceri-piceeta* (30%) a *Fageta abietino-piceosa* (20%). Ve stromovém patře převládá smrk (95%) nad bukem (5%), zatímco v keřovém patře je poměr přesně opačný; místy je zastoupen jeřáb (*Sorbus aucuparia*). (DOLEŽAL 1998).
- 3) Subalpinský stupeň (1 500 - 1 776 m.n.m.). Převažují klečové porosty asociace *Mughetum acidifilum* s *Pinus mugo* var. *mughus* (HEJNÝ ET SLAVÍK 1988). Zastoupeny jsou též *Sorbus aucuparia* (4%), *Picea abies* (1%) a *Fagus sylvatica*. (DOLEŽAL 1998).

3. Materiál a metody

Trvalá plocha v Nízkých Tatrách byla založená v roce 1994 a dendrometrické měření bylo provedeno v letech 1996 a 1997 (DOLEŽAL 1998). Kritérii pro výběr lokality byly :

- 1) Minimální velikost 1,4 ha.
- 2) Orientace plochy podél výškového gradientu.
- 3) Různé orientace svahů na jednotlivých lokalitách. Vzhledem k výběru první lokality nebyla tato podmínka aktuální.
- 4) Smíšený porost s alespoň dvěma dominantními druhy. V případě Nízkých Tater buk lesní (*Fagus sylvatica*) a smrk ztepilý (*Picea abies*).

3.1 Metodika založení pokusné plochy

Plocha má rozlohu 50 x 400 metrů a je rozdělena na menší plošky velikosti 10 x 10 metrů. Kratší stranou je plocha umístěna po vrstevnici a začíná na horní souvislé hranici lesa (1 430 m n. m.). Pro určení nadmořské výšky byl používán výškoměr (THOMMEN, Švýcarsko). V terénu je plocha vyznačena plastovými kolíky a stromy jsou očíslovány pomocí štítků a nápisů na kmenech. Bílou barvou je vyznačena též výčetní výška. Poloha stromů je určena pomocí dvou kolmých souřadnic. Průměr kmene (DBH) byl změřen dvakrát v na sebe kolmých měřeních ve výčetní výšce 135 cm od paty, a poté byl spočítán aritmetický průměr. Použita byla FLURYHO průměrka s přesností 1 mm. Výška byla změřena ze dvou různých stanovišť hypsometrem (SUUNTO, Finsko), a opět byl spočten aritmetický průměr.

3.2 Odběr datovacího materiálu

Pro studii bylo zvoleno smrkové pásmo lesa v rozmezí 1 230 - 1430 m n. m.. Bylo vybráno 40% ploch (viz: Příloha), na nichž byly z každého stromu s průměrem vyšším než 10 cm odebrány dva vzorky. Vzhledem k výrazné excentricitě středů a cílům studie nemohla být použita standardní metoda dvou na sebe kolmých odběrů. Jeden odběr byl proto proveden vždy po spádnici a druhý naproti němu. To si vyžádalo odběr jednoho vzorku vždy o něco níže než ve výčetní výšce, což také vyhovovalo vzhledem k morfologii

terénu (na spodní straně stromu nebyla DBH mnohdy prakticky dosažitelná). Pro odběr byl zvolen PRESSLERŮV nebozez (MORA, Švédsko; SUUNTO, Finsko; různé délky - 20, 30, 40 cm).

3.3 Zpracování a měření vzorků

Vzorky ve formě vrtů byly nejprve vysušeny. Poté byly vodou rozpustným lepidlem nalepeny do 2 mm hlubokých drážek v dřevěných lištách. Všechny vzorky pak byly zbrušeny na pásové brusce (BOSCH). Byly použity brusné papíry s hrubostí zrna 200 a 400 a dobroušené byly vzorky zcela sbroušeným papírem. Vzorky byly rozděleny do dvou skupin - pro počítačové a pro manuální měření. Vzorky z druhé skupiny pak byly ještě seříznuty strojovou žiletkou a byla do nich zatřena bílá křída pro zvýraznění hranice letokruhů.

Pro počítačové měření byly vzorky naskenovány (HP PRECISIONSCAN 2300) do programu WINIMAGE (KODAK). Poté byl u obrazových výstupů v programu PHOTOSHOP 5.0 (ADOBE) upraven kontrast a jas a soubory byly přepsány do standardního grafického formátu *tiff* s rozlišením 600 dpi. V této formě pak byla data importována do programu WINDENDRO. Tento program umožňuje automatické měření letokruhů na základě kontrastu na přechodu pozdního a časného dřeva s přesností 0,02mm. Výhodou programu je relativně rychlé a přesné měření. Nevýhodou je, že musí být manuálně doplněny automaticky nedetekované méně výrazné letokruhy a v případě excentrických vrtů je potřeba zvolit několik křivek, které je pak nutné sesadit v textovém editoru (viz níže). Problémem je také s exportem dat do klasického *tuc* (dekadického) formátu. Exportní podprogram totiž posunuje křivku o rok do minulosti.

K manuálnímu měření byly zvoleny vzorky s velmi úzkými či málo kontrastními letokruhy. K měření byl použit měřicí stůl KUTSCHENREITER s mikroskopem ZEISS připojený na počítač, který odečítá šířky letokruhů s přesností na setinu milimetru. Data byla zaznamenávána v programu DAS a poté byla exportována do *tuc* formátu. Nevýhodou manuálního měření je jeho pomalost. Výhodou je naopak veliká přesnost i při velmi úzkých letokruzích a možnost lépe reagovat na přírůstové anomálie.

Všechna data byla pak importována do programu PAST32 (SCIEM), kde byla dále analyzována, a odkud byla exportována do tabulkového formátu.

3.4 Zpracování a analýza dat

Detrendace dat

Z důvodů přirozeného poklesu šířky letokruhů s rostoucím věkem stromu způsobené jednak zvětšováním jeho průměru a také dalšími endogenními příčinami je zpravidla nutno letokruhové řady před letokruhovou analýzou detrendovat (COOK 1990). Detrendace je důležitá zejména v případech, kdy je zpracováván soubor různověkých stromů kde na věku závislý růstový trend může výrazně ovlivnit výsledek.

Pro jehličnaté dřeviny je zpravidla používána negativní exponenciální funkce (např. FRITTS 1976), případně též lineární křivka. K detrendaci dat byl použit program ARSTAN (COOK 1986), který každou letokruhovou řadu prokládá exponenciální křivkou a vypočítá reziduální hodnoty šířek letokruhů. Poté byla data importována do programu PAST32, upravena a exportována do tabulkového formátu.

Zpracování dat

Letokruhové řady byly upraveny a rozříděny v programu EXCEL 5.0. K následnému testování byla použita pouze data ze vzorků, které bylo možné spolehlivě odatovat pomocí standardní křivky. Pro většinu analýz byly vyřazeny vzorky, které nebyly dvojité (tzn., že pro daný strom chyběl jeden z vývrtů). Pro testování hypotéz byla data použita následovně:

- 1) Byl vypočten aritmetický průměr všech šířek letokruhů pro jednotlivé vzorky a následně pro celý strom. Poté byl spočítán poměr průměrného přírůstku ze strany po svahu a proti němu.
- 2) Stejný výpočet byl proveden pro posledních padesát let růstu, tzn. pro roky 1950 – 1999.
- 3) Stejně hodnoty byly spočteny i pro prvních padesát let růstu stromu, čímž bylo do jisté míry odstraněn vliv stáří na šířku letokruhů, za předpokladu že ve výčetní výšce jsou stromy přibližně stejně staré. — do asi 100 let (?)
- 4) U všech stromů, pro které byly změřeny oba vrty, byl spočítán průměr a poměr z obou vzorků pro každý rok.

Stejně úpravy byly provedeny s daty neupravenými i detrendovanými.

Standardní chronologie

K vytvoření standardní chronologie byl použit program PAST 32, jehož výhodou je schopnost vypočítat míru podobnosti mezi jednotlivými řadami a zároveň možnost optické konfrontace křivek. Nevýhodou je, že při porovnávání křivek bere v úvahu pouze krátkodobé trendy.

Standardizovaná křivka byla vytvořena postupným průměrováním vzorků s velmi podobnými letokruhovými křivkami, přičemž program si všímá především krátkodobého trendu; méně prostoru je v analýze dáno absolutním hodnotám změn. Míra podobnosti byla charakterizována pomocí koeficientu souběžnosti GI - pro každé dva následující letokruhy v letokruhové řadě je zjištěn lokální trend, tzn. vzrůst (+1) nebo pokles (-1) nebo žádná změna (0). Řady takto převedených šířek letokruhů jsou porovnány a je spočítáno procento shody v těchto trendech.

Jako kritérium pro zařazení do standardní chronologie byla použita hodnota GI 70% a více, pro použití k dalším analýzám pak velikost GI 60% a více.

Program umožňuje též export dat do tabulkového formátu, v kterém byla dále upravována.

Statistické hodnocení

1) Excentricita kmene

Pro ověření excentricity kmene byl zvolen jednostranný párový t-test v programu STATISTIKA 5.1 (ANONYMUS 1996), který byl použit i pro ostatní analýzy. Jako srovnávané proměnné byly použity průměrné přírůstky na straně po a proti svahu. Jednostranný test byl zvolen vzhledem k předpokladu, že přírůstky po svahu jsou vyšší než proti němu vzhledem k anatomii dřeva jehličnanů. Ty totiž při nerovnoměrné růstové zátěži vytvářejí takzvané tlakové reakční dřevo (MATTHECK 1991, SCHWEINGRUBER 1996); tím se ve svazích snaží vyrovnat rozdílné zátěže na stranách po a proti svahu a posun svahu, který je sice minimální, ale vzhledem k délce života stromů se do jisté míry projevuje. Střed kmene by měl být proto posunut směrem proti svahu. Z tohoto důvodu byl použit jednostranný test a výsledek, musí být v případě potvrzení předpokladu dělen dvěma (LEPŠ 1996). Byla testována excentricita pro celou dobu růstu a pro prvních i posledních padesát letokruhů.

2) Změny na gradientu nadmořské výšky

Rozdíly v přírůstku a změna excentricity na gradientu nadmořské výšky byly testovány pomocí lineární regrese. Jako nezávislá proměnná byla v obou případech použita nadmořská výška. Závislá proměnná byla v prvním případě průměrná šířka letokruhu – pro celou dobu růstu a pro prvních a posledních padesát let. V druhém případě byla jako závislá proměnná použit poměr průměrných přírůstků proti a po svahu – opět pro celou dobu růstu a pro prvních a posledních padesát let. Průměry i poměry byly spočítány a analyzovány pro detrendovaná i nedetrendovaná data. Vzhledem k jednoduché regresi nebyl použit rozdíl, ačkoliv je v novějších pracích označován za statisticky korektnější.

3) Věková struktura

Jako věk stromu byl brán počet letokruhů ve vzorku (u synchronizovaných dat včetně přidávaných chybějících letokruhů). V případě excentricity vrtu nebyl počet letokruhů chybějících do jádra odhadován. Průměrný věk porostu byl spočítán jako normální aritmetický průměr věku všech stromů na lokalitě. K odvození struktury porostu byla použita lineární regrese. Za nezávislou proměnnou posloužila nadmořská výška, za závislou věk stromu ve výčetní výšce.

4) Závislost růstových charakteristik stromů na jejich věku

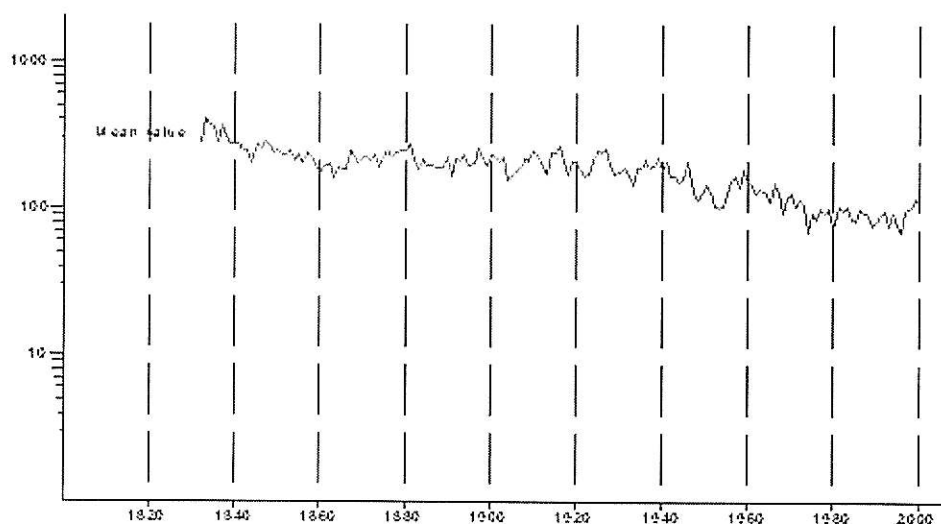
Závislost excentricity kmene a průměrného přírůstku na věku stromu byla otestována také pomocí lineární regrese. Jako nezávislá proměnná byl použit věk stromu ve výčetní výšce, jako proměnná závislá poměr přírůstků na straně po a proti svahu. Pro stromy s dvěma vzorky byla také spočítána regrese s průměrným přírůstkem v každém roce jako závislou proměnnou a věkem stromu v daném roce jako proměnnou nezávislou.

4. Výsledky

Všechny analýzy byly provedeny s nedetrendovanými daty. Použití detrendovaných dat je v textu vždy vyznačeno.

4.1 Standardní chronologie

Pro vytvoření standardní chronologie byly použity pouze velmi dobře se shodující vzorky. Zařazeno do ní bylo 86 vzorků z 56 stromů, čímž vznikla poměrně kvalitní a dobře proložená křivka, podle které již lze s jistou opatrností datovat. Chronologie začíná rokem 1832 a velmi dobře otestovaná data jsou od roku 1838. Délka křivky vypovídá o značném stáří lesa. Skutečný věk stromů je však ještě vyšší, jelikož výčetní výšky dřůstá strom až po několika letech.



Obrázek 4.1 Standardní chronologie

Vzhledem k rozdílnému počtu vzorků ze strany po a proti svahu použitých pro vytvoření standardní chronologie byly vytvořeny další tři křivky (viz. Příloha). První se skládá pouze ze vzorků ze strany kmene po svahu, druhá z proti svahu a třetí je vytvořena z dvojitých vzorků (viz. výše). Vzájemnou podobnost ukazuje tabulka 4.1.

Vysněklená sypulka 2

	Standardní	P	S	P+S	Překrytí
Standardní	X	88,1	89,9	92,3	168
P	88,1	X	78	85,1	167
S	89,9	78	X	89,3	168
P+S	92,3	85,1	89,3	X	168

Tabulka 4.1 Srovnání jednotlivých křivek. Čísla vyjadřují procento shody.

Možnost datování pomocí vytvořené křivky byla několikrát ověřena na vzorcích z uschlých stromů. Rok jejich smrti bylo možno určit pomocí srovnání se standardní chronologií.

4.2 Excentricita kmene

proč?

Získaná data potvrzují předpoklad značné excentricity kmene, která souvisí s anatomii jehličnatých dřevin. Excentricita vyšla průkazně pro celé stromy i pro prvních a posledních padesát let. Vzhledem k pozitivním výsledkům byla hodnota výsledné pravděpodobnosti vydělena dvěma. Je patrná větší excentricita v mladším věku stromu. Výsledky shrnuje tabulka 4.2. Na obrázku 4.2 jsou patrné průměrné šířky letokruhů na straně po a proti svahu.

	t	p
celý vzorek	-3,613	0,0003
prvních 50 let	-3,996	0,0001
posledních 50 let	-2,263	0,0137

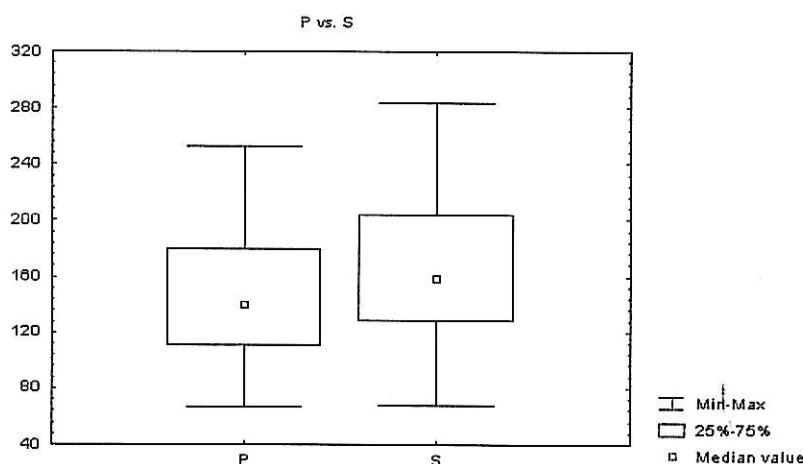
Tabulka 4.2 Výsledky t-testu na excentricitu kmenů

kalorická?

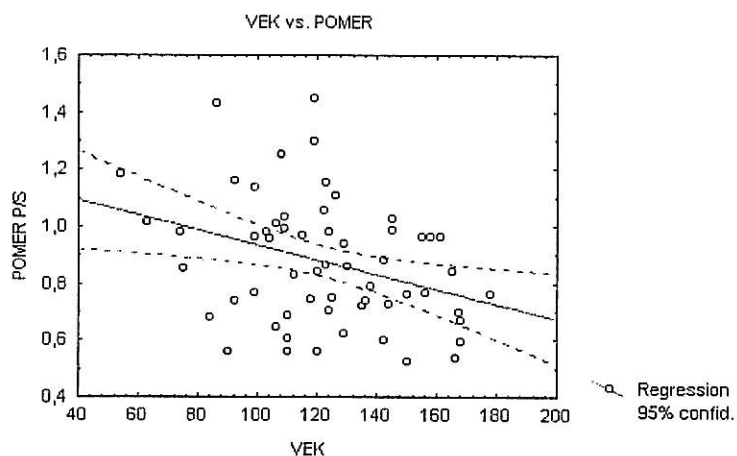
4.3 Závislost excentricity na věku

Regresní analýza ukázala na závislost excentricity na věku stromu ve výčetní výšce ($r = -0,3311$; $p < 0,05$), což byla jedna z hlavních otázek při určování věku stromů a poměru přírůstku na stranách po a proti svahu. Na obrázku 4.3 je patrný negativní sklon křivky, který ukazuje na větší excentricitu starších stromů. Zároveň je na něm vidět, že mladší stromy mají častěji střed posunutý směrem po svahu, tedy opačně, než jak je tomu

v běžných případech. Naopak t-test ukazuje na větší excentricitu v prvních padesáti letech růstu (viz kap. 4.2).



Obrázek 4.2 Průměrné přírůstky na straně proti (P) a po (S) svahu.



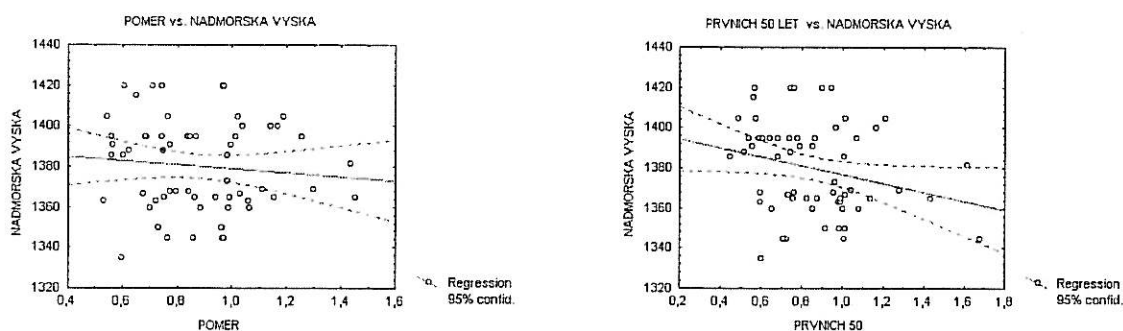
Obrázek 4.3 Závislost excentricity na celkovém věku stromu.

4.4 Závislost průměrného přírůstku na věku

Závislost průměrné šířky letokruhu na celkovém věku stromu není statisticky významná ($r = -0,169$; $p = 0,19$). Tato skutečnost pravděpodobně souvisí se změnou věkové struktury na gradientu nadmořské výšky (viz. níže). Pro 58 z 62 testovaných dvojitých vzorků vyšla průkazně regresní analýza závislosti šířky letokruhu na věku stromu v daném roce.

4.5 Změna excentricity na gradientu nadmořské výšky

Výsledky regresní analýzy nepotvrdily jakoukoliv závislost excentricity na nadmořské výšce ($r = -0,097$; $p = 0,46$), jak je vidět na obrázku 4.5. Závislost nebyla potvrzena ani ve změně poměru v posledních padesáti letech ($r = -0,208$; $p = 0,87$). Tuto hodnotu lze uvažovat jako kontrolní, jelikož je nezatížena věkem stromu, respektive obsahuje různé „věkové“ kategorie. Naproti tomu regresní křivka pro prvních padesát let růstu stromu se blíží hodnotě průkaznosti na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($r = 0,251$; $p = 0,051$). Rozložení dat názorně ukazuje graf 4.5. Prakticky stejné výsledky vyšly i pro detrendovaná data.

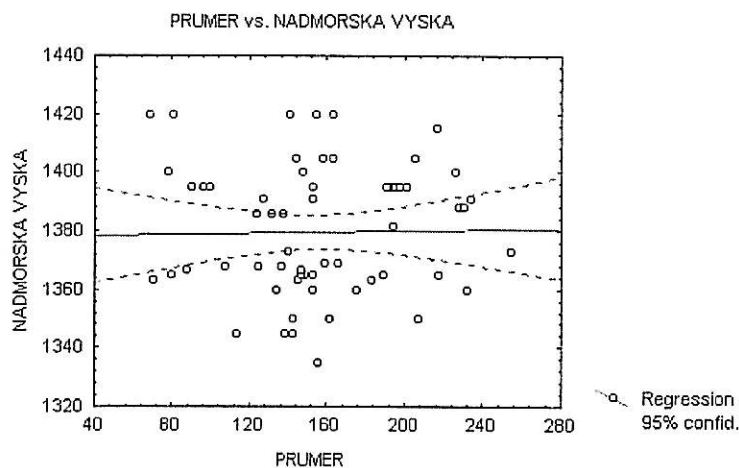


Obrázek 4.4 Změna excentricity na gradientu nadmořské výšky pro celý věk stromu a pro prvních 50 let.

4.6 Změna velikosti letokruhů na gradientu nadmořské výšky

Původní hypotéza, že se stoupající nadmořskou výškou se šířka letokruhů zmenšuje nebyla potvrzena. Regresní křivka na obrázku 4.5 jasně dokumentuje, že nadmořská výška neměla na daném transektu na šířku letokruhů žádný podstatný vliv.

Je možné, že tato skutečnost souvisí se změnou věkové struktury na nadmořské výšce. Teorie byla otestována také na prvních a posledních padesáti letech růstu stromu a na detrendovaných datech. Ani zde nebyly výsledky průkazné.



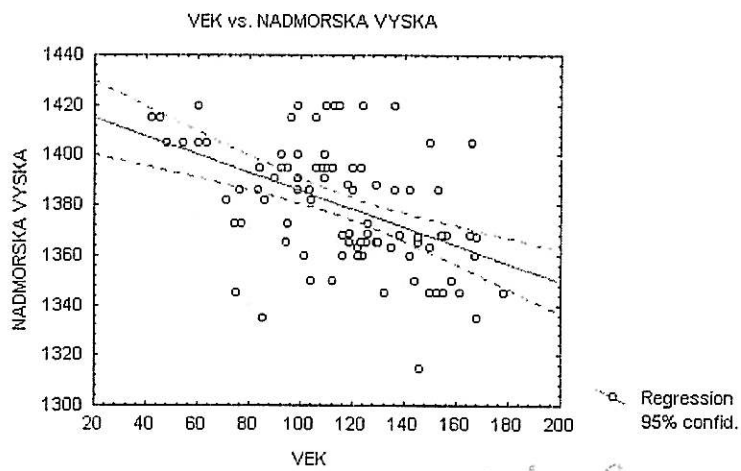
Obrázek 4.5 Závislost průměrného přírůstku na nadmořské výšce.

4.7 Věková struktura porostu

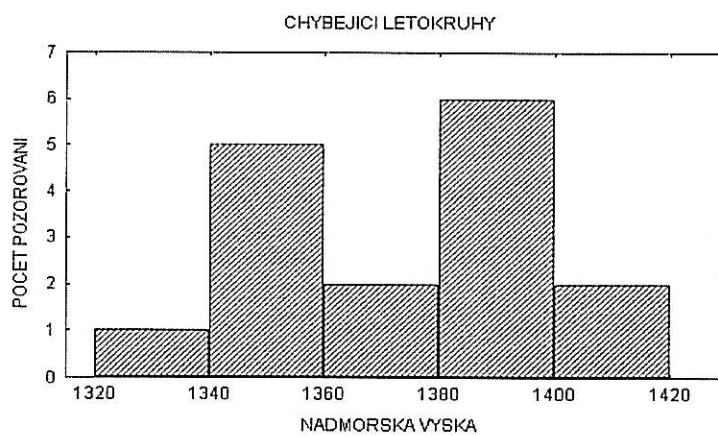
Průměrný věk porostu ve výčetní výšce je 116 let, což je věk pro přirozenou smrččinu vcelku běžný. Zajímavé je především rozložení věku stromů na gradientu nadmořské výšky, související pravděpodobně s vývojem porostu, jak ho ukazuje obrázek 4.7. Tato závislost vyšla průkazně při regresní analýze ($r = -0,431$; $p < 0,01$).

4.8 Chybějící letokruhy

Původní myšlenka otestovat závislost v množství chybějících letokruhů na nadmořské výšce nebyla uskutečnitelná vzhledem k malému počtu dat. Celkový počet vzorků s chybějícími letokruhy je totiž pouze patnáct z 80. Z toho jen u dvou chybějící letokruhy dva. Obrázek 4.8 ukazuje rozložení stromů s chybějícími letokruhy na gradientu nadmořské výšky.



Obrázek 4.6 Věková struktura porostu (měřená ve výčetní výšce) mění se na gradientu nadmořské výšky.



Obrázek 4.7 Rozložení stromů s chybějícími letokruhy na gradientu nadmořské výšky.

5. Diskuse

Standardní chronologie je poměrně velmi kvalitně proložena ^{od?} do roku 1838 a je ji možno pro toto období použít ke křížovému datování (KYNCL 1999). To bylo několikrát ověřeno odatováním vzorků z uschlých stromů. Jedná se o první křivku vytvořenou v Nízkých Tatrách. V blízké oblasti existují dvě křivky pro polskou stranu Vysokých Tater z lokalit Gasienicowy a Swistowko Wygnic (SCHWEINGRUBER). Obě však končí šedesátými léty dvacátého století. Všeobecně je na Slovensku velmi málo standardních chronologií. Velmi zajímavé by samozřejmě bylo prodlužování této křivky do minulosti pomocí dat ze starých staveb, jakými jsou například polorozpadlé salaše, pokud jsou postaveny ze smrkového dřeva.

Dalším použitím této standardní chronologie je sledování vlivu jednotlivých klimatických činitelů na přírůstky, popřípadě zpoždění reakce na tyto vlivy v růstu stromů (GIERTZ ET GRIESSER 1975; SCHWEINGRUBER 1984; NORTON 1989; GRAYBILL ET SHIYATOV 1990). Zde se naskýtá i možnost studia vlivu klimatu na růst stromu v závislosti na jeho věku (SZEISC ET MACDONALD 1994).

Při používání této standardní chronologie je však potřeba počítat s tím, že křivka byla vytvořena pro klimaxovou smrčinu na horní hranici lesa. Možnost využití křivky pro datování staveb v údolích může být omezená tím, že zde se stavby stavěli především ze stromů rostoucích (díky příhodnému mikroklimatu) v nižších partiích (KYNCL 1999). Tuto možnost by bylo dobré ověřit. Stromy rostoucí blízko hranice lesa mají zpravidla silnější společný signál, jelikož je růst limitován jedním klimatickým činitelem - teplotami horní a srážkami dolní hranice lesa (SCHWEINGRUBER 1996), lze tedy předpokládat možnost použití chronologie i pro jiné lokality v Nízkých Tatrách i v přilehlých pohořích. Tomu nasvědčuje i jistá podobnost obou vysokotatranských chronologií s novou křivkou.

Zcela podle předpokladů dopadl test na excentricitu kmenů s vyšším přírůstkem na straně po svahu. Vytváření reakčního dřeva, které slouží jako opora pro růst, je u jehličnanů dobře dokumentovanou vlastností (SCHWEINGRUBER 1996; WIMMER 1994). Zajímavý je rozpor ve výsledcích testů, které měly objasnit, zda se excentricita kmene mění spolu s věkem. T-test vychází průkazněji pro prvních padesát let růstu než pro posledních. To lze vysvětlit vlivem plazivého sněhu, který působí na stromy každý rok. Je samozřejmé, že na mladší a tudíž slabší stromy bude mít tento činitel větší vliv než na staré a silné stromy (MATTHECK 1991; WIMMER 1994; SZEISC ET MACDONALD 1994). Na druhou

stranu regrese ukázala na zvyšující se excentricitu u starších stromů. Výsledky tohoto testu jsou ovšem na hranici průkaznosti. Mohlo by jít o vliv reliéfu, jelikož starší stromy rostou spíše v nižších partiích transektu, kde je terén prudší s více skalními výchozy, což může mít pozitivní vliv na excentricitu kmenů (viz např. WIMMER 1994).

Faktory, které by mohly ovlivňovat excentricitu vzhledem k nadmořské výšce jsou především vítr, plazivý sníh a laviny. Právě poslední dva zmiňované faktory by mohly způsobovat ohyb stromů v horních partiích lesa, a tím i jejich větší excentricitu. Jejich vliv by pak byl větší u malých stromů (MATTHECK 1991). Tomu by odpovídal výsledek analýzy, který se pro prvních padesát let blíží hranici průkaznosti, kdy by bylo možné uvažovat o zvyšující se excentricitě s nadmořskou výškou. Stromy na horní hranici lesa by totiž byly vlivům lavin a sněhu vystaveny více, než stromy níže v zapojeném porostu. Ve vyšším věku by se postupně s narůstající hmotou mohl více uplatňovat vliv reliéfu, který je v nižších partiích prudší, a snižovat vliv plazivého sněhu a zapříčínovat tak, že se excentricita na gradientu nadmořské výšky na lokalitě nemění (SCHWEINGRUBER 1996; WIMMER 1994).

Jednou z nejdůležitějších otázek bylo, zda se mění průměrná šířka letokruhů v závislosti na nadmořské výšce a na věku stromu. Ani jedna z těchto hypotéz nebyla potvrzena. V případě závislosti na nadmořské výšce to může být zapříčiněno příliš krátkým gradientem (SCHWEINGRUBER 1996). V obou případech pak může důležitou úlohu hrát snižující se věk s nadmořskou výškou. Závislost věku na nadmořské výšce se ukázala být velmi průkaznou. Regresní analýza, která měla zjistit, zda se mění přírůstek spolu se stárnutím stromu totiž vyšla zcela průkazně. Většina studií zabývajících se věkovou strukturou horských lesů nepoukazuje na klesající věk s nadmořskou výškou (SCHWEINGRUBER 1996). V případě studované lokality se tedy jedná spíše o mladší stádium lesa ve vyšších partiích, na které poukazuje i předchozí práce z pokusné plochy (DOLEŽAL 1996). Může se také jednat o postupnou regeneraci horních partií lesa a navrácení lesní hranice směrem k její původní nadmořské výšce díky postupnému omezení pastvy v lese a na polopřirozených horských loukách v minulém a předminulém století.

Jestliže by tedy průměrná šířka letokruhů klesala se stářím stromů a stoupající nadmořskou výškou, bude analýza ovlivněna křížovým vlivem těchto dvou faktorů. Šířka letokruhů by potom s nadmořskou výškou neklesala, jelikož by tento pokles vyrovnal nižší věk stromů ve vyšších partiích (SCHWEINGRUBER 1996). Dalším důležitým faktorem je rozvolněnost porostu při horní hranici lesa, díky čemuž je zde menší konkurence o vodu a především světlo (HARA et al 1995).

pod na slovech?

K nedostatku dat nebylo možno provést analýzu s množstvím chybějících letokruhů v závislosti na nadmořské výšce. Zajímavá je však skutečnost, že v nižších partiích lesa nejčastěji chyběl rok 1974, který byl i v České republice extrémní malým množstvím srážek ve vegetačním období. Naproti tomu v horních partiích lesa chyběly především roky 1989 a 1996, které naopak patřily k letům s nízkou teplotou. To může být vysvětleno extrémnějšími podmínkami při horní hranici lesa. Naopak níže ve zcela zapojeném porostu, kde je teplota stabilnější, může docházet ke konkurenci o vodu, která mohla vést i v horských podmínkách až k naprosté redukci růstu v daném roce (KERN ET MOLL 1960; BARRY 1992).

Důvodem toho, že nebyly objeveny žádné chybějící letokruhy před rokem 1974, je pravděpodobně skutečnost, že mladší stromy mají tendenci letokruh vytvořit i v nepříznivých letech; staré stromy už letokruh vytvořit nemusí, respektive ho vytvoří spíš ve vrcholové části stromu (kompetice o světlo - investice do výškového růstu) (SCHWEINGRUBER 1996).

6. Závěr

Cílem této práce bylo popsat změny v šířkách letokruhů v závislosti na různých charakteristikách prostředí – především měnící se nadmořské výšce a reliéfu terénu. Dále pak vytvořit standardní chronologii pro smrk na jižním úbočí Nízkých Tater. Na základě provedených analýz lze vyvodit tyto závěry:

- 1) Vytvořená standardní chronologie je dostatečně proložena, aby s její pomocí bylo možno datovat staré dřevo. Podobnost této chronologie s křivkami z Vysokých Tater potvrzuje, že smrk je dřevina, pro kterou je možno používat jednotné chronologie pro větší území.
- 2) Průměrný věk stromů ve výčetní výšce na studované lokalitě je 116 let. Skutečný průměrný věk bude o několik let více.
- 3) Nepotvrdil se předpoklad o zmenšující se šířce letokruhů s rostoucí nadmořskou výškou. Tato skutečnost je však jistě ovlivněna věkovou strukturou porostu, kdy klesá průměrný věk s rostoucí nadmořskou výškou. Z tohoto důvodu pravděpodobně nebyl prokázán ani vliv stáří na průměrnou šířku letokruhů.
- 4) Výsledky poukazují na značnou excentricitu kmenů způsobenou velkým sklonem terénu. Excentricita není závislá na nadmořské výšce, z čehož lze s jistotou opatrností vyvodit závěr, že daný svah není příliš lavinózní.
- 5) Vzhledem k nedostatku dat nebylo možné vysledovat závislost množství chybějících letokruhů na nadmořské výšce.

Poděkování

Děkuji svému školiteli Mírkovi Šrůtkovi za téma této práce a za to, že mě jej nechal zpracovat samostatně bez nucení k tomu, abych dělal věci, které jsem nechtěl. Tomášovi Kynclovi děkuji za nedocenitelnou pomoc a trpělivost při měření vzorků a za to, že mě strpěl ve své laboratoři i s hromadou lištiček, kartiček a všetečných otázek. Děkuji mu také za trpělivost s čtením všech možných verzí této práce. Janu Šuspovi Lepšovi děkuji za pomoc se statistickým vyhodnocením práce a za podporou při jejím dopisování. Dále děkuji Jirkovi Doly Doležalovi za „poskytnutí“ lokality a dat z ní pocházejících, Jirkovi Součkovi pak za pomoc s metodikou odběru dat a s jejich fyzickým odběrem, Petře Šťastné za zorganizování první cesty do Tater a též všem kdo se této cesty zúčastnili. Tomášovi Tichému a Marcele Mácové děkuji, že mě nechali používat jejich počítač, ačkoliv jsem je tak zdržoval od jejich vlastní vědecké práce. Velký dík patří Jaromíru Benešovi za zprostředkování kontaktů a literatury. Svému bratrovi Ondrovi děkuji za cenné grafické rady. Velikou zásluhu na této práci mají všichni ti, kdo mě po celou dobu jejího vzniku podporovali, především pak moji rodiče a Jitka s Hankou Šafránkovy.

Literatura

- ANONYMUS (1972): Slovensko-Príroda. Obzor, Bratislava.
- ANONYMUS (1988): Prehľad mapových listů: Lesný hospodársky celok Ďumbier. Ms. (Depon In: LZ Čierny Balog).
- ANONYMUS (1996): STATISTICA for Windows. (Computer program manual). StatSoft, Tulsa.
- BARRY, R.G. (1992): Mountain weather & climate. Routledge, London. 402 pp.
- CALLAWAY, R. M. (1998): Competition and facilitation on elevation gradients in subalpine forests of the northern Rocky Mountains, USA. *Oikos*, 82:561-573.
- COOK, E.R. ET HOLMES, R.L. (1986): User manual for Program ARSTAN. In: Tree-Ring Chronologies of Western North America. California, Eastern Oregon and Great Basin. Laboratory of Tree-Ring Research, The University of Arizona, p 50-60.
- COOK, E.R. ET KAIRIUKSTIS, L.A. (eds) (1990): Methods of Dendrochronology. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London.
- DOLEŽAL, J. (1996): Analýza vegetace podél gradientu nadmořské výšky v Nízkých Tatrách. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. Bakalářská práce.
- DOLEŽAL, J. (1998): Druhová a prostorová struktura temperátního a boreálního lesa. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. Magisterská práce.
- FELIKSIK, E. (1993): Teleconnection of the radial growth of fir (*Abies alba* Mill.) within central Europe. *Dendrochronologia*, 11: 171-175.
- FRITTS, H.C. (1965): Tree-ring evidence for climatic changes in Western North America. *Mon. Weather Revue*, 93: 421-443.
- FRITTS, H.C.; SMITH, D.G.; CARDIS, J.W. ET BUDELSKY, C.A. (1965): Tree-ring characteristics along vegetation gradient in northern Arizona. *Ecology*, 46: 393-401.

- FRITTS, H.C. (1976): Tree rings and climate. London, Academia Press, 567 pp.
- GASSNER, G.; CHRISTIANSEN-WENIGER, F. (1942): Dendroklimatologische Untersuchung über die Jahresringentwicklung der Kiefer in Anatolien. Nova Acta Leopoldina, 12: 1-134.
- GIERTZ, V. ET GIESSER, I. (1975): Dendrochronologie. Tiroler Heimatblätter, 3: 94-100.
- GRAYBILL, D.A. ET SHIYATOV, S.G. (1990): A 1009 year tree-ring reconstruction of mean June-July temperature deviations in the polar Urals. Air pollution effects on vegetation including forest ecosystems. USA Forest Serv., IPA, 37-42.
- HARA, T.; NISHIMURA, N. ET YAMAMOTO, S. (1995): Tree competition and species coexistence in a cool-temperate old-growth forest in southwestern Japan. Journal of Vegetation Science, 6: 565-574.
- HEJNÝ, S. ET SLAVÍK, B. (1988): Květena ČSR 1. Academia, Praha.
- HUGHES, M.K. (1989): The tree-ring record. In: BRADLEY, R.S. (ed): Global changes in the past. Boulder, Colorado, UCAR/Office for Interdisciplinary Earth Studies, 117-137.
- KERN, G. ET MOLL, W. (1960): Der Jahrzeitliche Ablauf des Dickenwachstums von Fichten verschiedener Standorte im Trockenjahr 1959. Allg. Forst-Jagdztg., 131: 97-116.
- KIENAST, F.; SCHWEINGRUBER, F.H.; BRÄKER, O.U. ET SCHÄR, E. (1988): Tree-ring studies on conifers along ecological gradients and the potential of single-year analyses. Can.J.For.Res., 683 -696.
- KUTÍLEK, M.; NĚMEČEK, J. ET SMOLÍKOVÁ, L. (1989): Pedologie a paleopedologie. Academia, Praha.
- KUBOTA, Y. ET HARA, T. (1995): Tree competition and species coexistence in a sub-boreal forest, northern Japan. Annals of Botany, 76: 503-512.
- KYNCL, T. (1999): Dendrochronologické datování dřeva jako součást průzkumu historických staveb v České republice. Sborník 2. symposia - Rekonštrukcia a konzervácia historického dreva , Zvolen. pp 15-20.

- LAMARCHE, V.C., JR., ET STOCKTON, CH.W. (1974): Chronologies from temperature-sensitive bristlecone pines at upper treeline in Western United States. *Tree-Ring Bull*, 21-45.
- LEPŠ, J. (1996): Biostatistika. Jihočeská universita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. Skripta ke stejnojmennému předmětu.
- LINGG, W. (1986): Dendroökologische Studien an Nadelbäumen in alpinen Trockental Wallis (Schweiz). *Ber. Eidgenöss. Forsch. anst. Wald Shnee Landsch* 287: 1-81.
- MATTHECK, G.C. (1991): *Trees. The mechanical design*. Springer-Verlag, Berlin, 121 pp.
- MÍČHAL, I. (1994): *Ekologická stabilita*. Veronika, Brno. 275 pp.
- NORTON, D.A. (1984): Phenological growth characteristics of *Nothofagus solandri* trees at three altitudes in the Creibieburn Range, New Zealand. *N. Z. J. Bot.*, 22:413-424.
- NORTON, D.A.; BRIFFA, K.R. ET SALINGER, M.J. (1989): Reconstruction of New Zealand summer temperatures to 1730 A.D. using dendroclimatic techniques. *Int. J. Climatol.*, 9: 633-644.
- RIPLEY, B.D. (1977): Modelling spatial patterns. *Journal of Royal Statistical Society*, B 39: 172-192.
- SANDER, C.; ECKSTEIN, D.; KYNCL, J. ET DOBRÝ, J. (1995): The growth of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Krkonoše-(Giant) Mountains as indicated by a ring width and wood density. *Ann Sci For* 52:401-410.
- SCHWEINGRUBER, F.H.; SCHÄR, E. ET BRÄKER, O.U (1984): Jahrringe aus sieben Jahrhunderten. *Saaner Jahrbuch 1984*. Gstaad, Müller 1-30.
- SCHWEINGRUBER, F.H. (1996): Tree rings and environmental dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 pp.
- SHIYATOV, S.S.; MAZEPA, V.S.; VAGANOV, E.A. ET SCHWEINGRUBER, F.H. (1996): Summer temperature variations reconstructed by tree-ring data at the polar timberline in Siberia. In: DEAN, J.S.; MEKO, D.M. ET SWETNAM, T.W. (ED.): *Tree Rings, Environment and Humanity*. Radiokarbon 1996, 61-70.

- SHOVE, D.J. (1987): Sunspot cycles and weather history. IN RAMPINO, M.R. et al. (ed): Climate History, periodicity and predictability. New York, Van Nostrand Reinhold, 335-377.
- SZEISC, J.M ET MACDONALD, G.M. (1994): Age-dependent ring-growth responses of subarctic white spruce to climat. Canadian J. Forest Res., 24: 120-132.
- ŠRŮTEK, M. ET LEPŠ, J. (1994): Variation in structure of *Larix olgensis* along the altitudal gradient on Peak-tu-san, Changbai-shan, North Korea. Arctic and Alpine Research, 26: 166-173.
- ŠTASTNÁ, P. (2000): Změna druhové a prostorové struktury horského temperátního lesa podél gradientu nadmořské výšky v Národním parku Ordesa, Pyreneje, Španělsko. Jihočeská universita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. Bakalářská práce.
- TESSIER, L. (1988): Spatio-temporal analysis of climate tree-ring relationship. New Phytol., 111: 517-529.
- VINŠ, B. (1956): Studium struktury a vývoje porostů. Výzkumný ústav lesního hospodářství. Zbraslav-Strnady.
- VINŠ, B. (1961): Struktura a vývoj přirozených porostů s jedlí. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Zbraslav-Strnady.
- WIMMER, R. (1994): Structural, chemical and mechanical trends within coniferous trees. In: SPIECKER, H. ET KAHLE, P. (ED): Modelling tree-ring development cell structure and environment. Proc. Workshop, Freiburg, Sept. 5-9, 1994, 2-11.

V. Vacek, Lepš 96

Přílohy

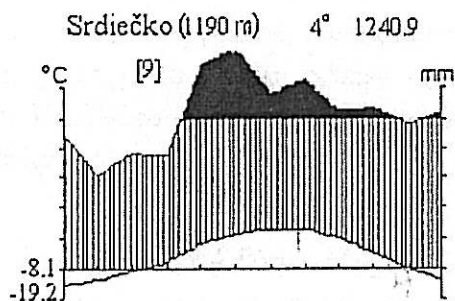
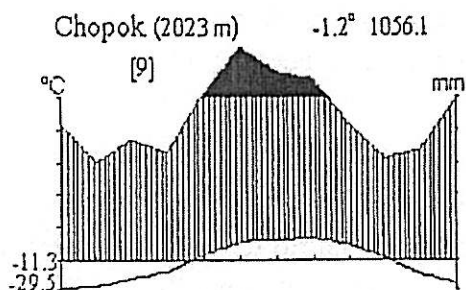
Mapa lokality

1	2	3	4	5	1 420 m.n.m.
6	7	8	9	10	
11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	1 400 m.n.m.
21	22	23	24	25	
26	27	28	29	30	
31	32	33	34	35	
36	37	38	39	40	1 380 m.n.m.
41	42	43	44	45	
46	47	48	49	50	
51	52	53	54	55	
56	57	58	59	60	1 360 m.n.m.
61	62	63	64	65	
66	67	68	69	70	
71	72	73	74	75	
76	77	78	79	80	1 340 m.n.m.
81	82	83	84	85	
86	87	88	89	90	
91	92	93	94	95	
96	97	98	99	100	1 320 m.n.m.
101	102	103	104	105	

Mapa lokality.

Šedě jsou vyznačeny plochy, z kterých byly odebírány vzorky.

Klimadiagramy



Klimadiagramy. V prvním řádku, vedle jména lokality, je nadmořská výška, průměrná roční teplota vzduchu a souhrn ročních srážek. Spodní křivka ukazuje prům. měsíční teploty, horní křivka srážky, které nejsou v černé části 10x kráceny. Vlevo dole je absolutní minimum a denní prům. teplot v nejchladnějším měsíci

H. Zdeněk

Půdní poměry na lokalitě

Použité zkratky:

L – nerozložený odpad (litr)

F – částečně rozložený opad; podíl amorfnní hmoty se pohybuje mezi 10 a 70%

H – amorfnní hmota zaujímá víc jak 70%; s částečným minerálním podílem

E – eluviální albikový horizont

Bh až *Bs* – iluviální horizonty

Přechod *F* – *H* značí organominerální horizont

Půdní sonda č. 1

Sonda byla umístěna při horní hranici souvislého lesa v nadmořské výšce přibližně 1 500 m n. m.. Substrátem zde jsou svahoviny a skalní výchozy, na nichž se vytváří hnědé lesní půdy a lithosol.

horizont	barva	mocnost (cm)	skelet %
L		4 - 3	
FH		3 - 0	5
A		0 - 10	20
B	tmavě rezivohnědý	10 - 25	35
B	světle žlutorezivý	25 - 45	65
B	světle šedožlutý	45 - 80	75
B	tmavě šedožlutý	> 80	75

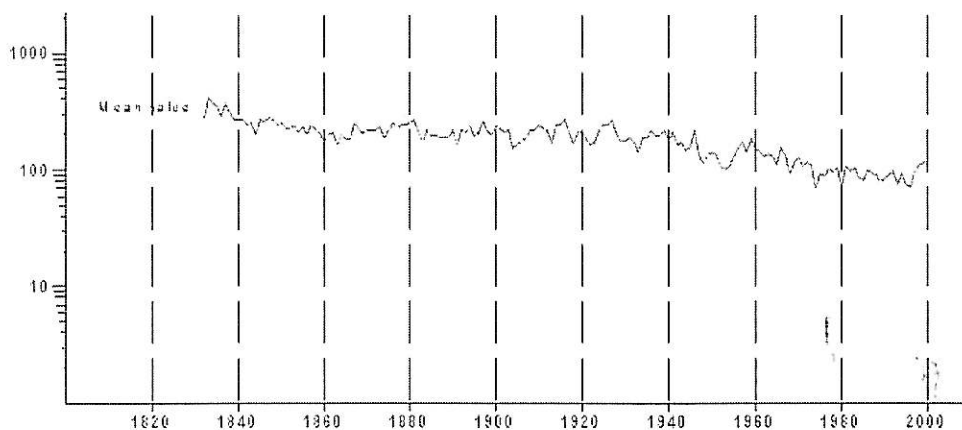
Půdní sonda č. 2

Sonda byla umístěna v bukovém pásmu v nadmořské výšce přibližně 1 250 m n. m.. Substrátem jsou svahoviny, na nichž jsou vyvinuty hnědé lesní půdy. Níže v blízkosti potoka jsou oglejené půdy různých půdních typů.

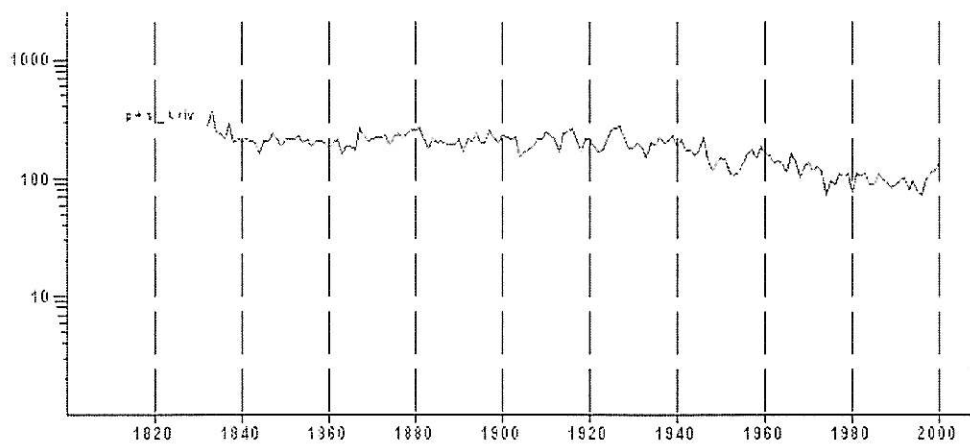
horizont	barva	mocnost (cm)	skelet %
L		15 - 11	20
F	černohnědý	11 - 4	35
H	hnědý	4 - 0	40
A	šedohnědý	0 - 5	50
B	žlutohnědý	5 - 25	75
B	rezivohnědý	25 - 50	75 - 80
B	světle žlutookrový	50 - 80	75 - 80

je zprávné?

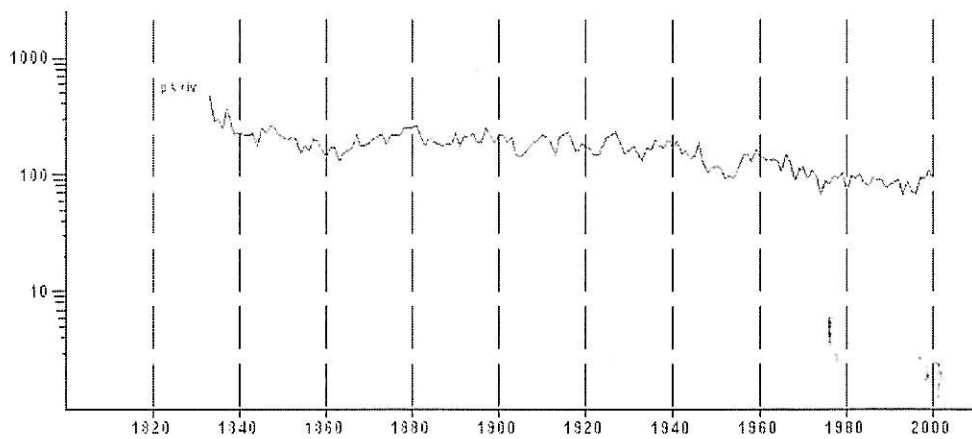
Standardní chronologie



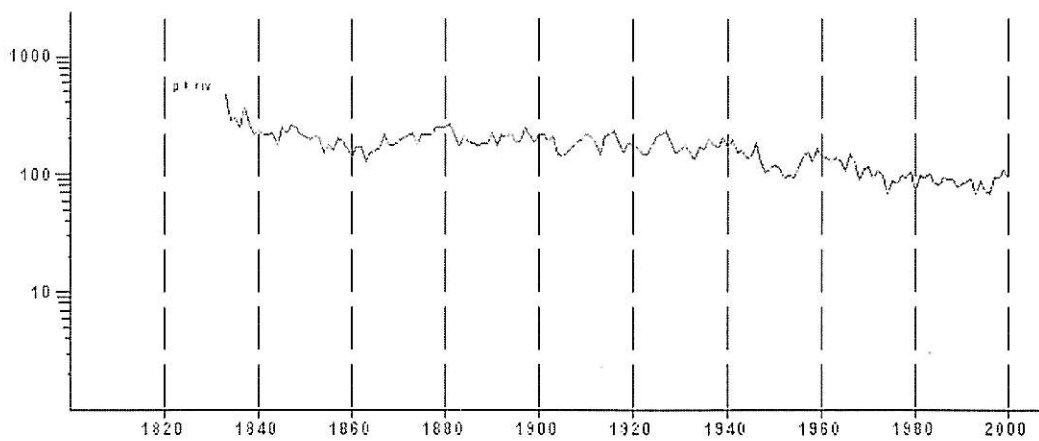
Standardní chronologie ze všech signifikantních vzorků



Standardní chronologie ze vzorků ze stromů, od kterých jsou oba vrty

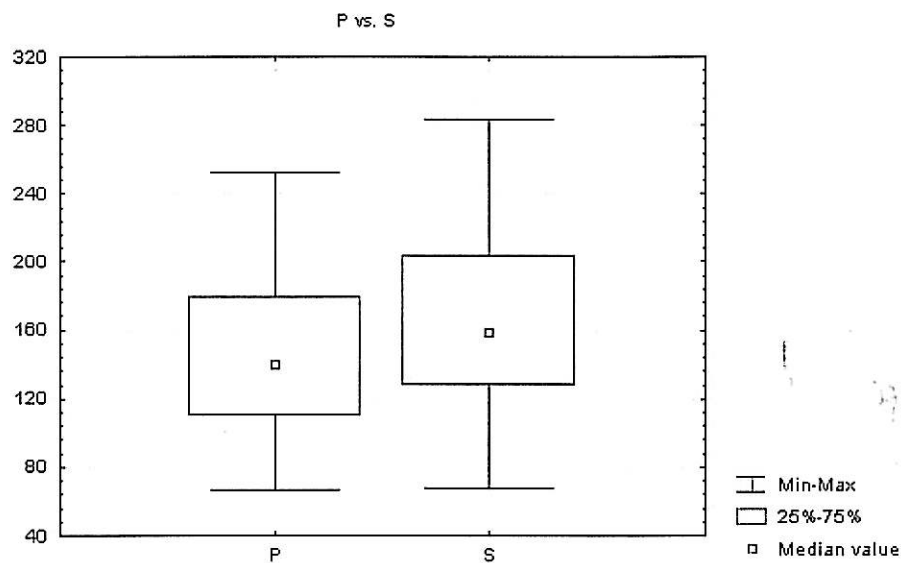


Standardní chronologie ze vzorků ze strany proti svahu

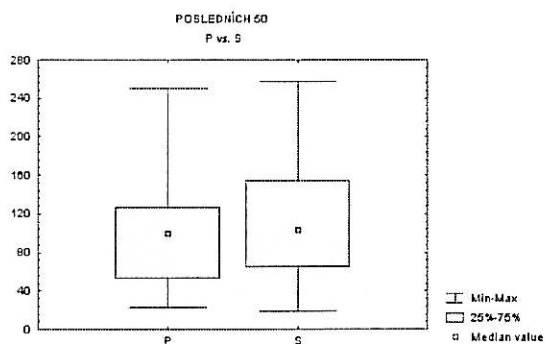


Standardní chronologie ze vzorků ze strany po svahu

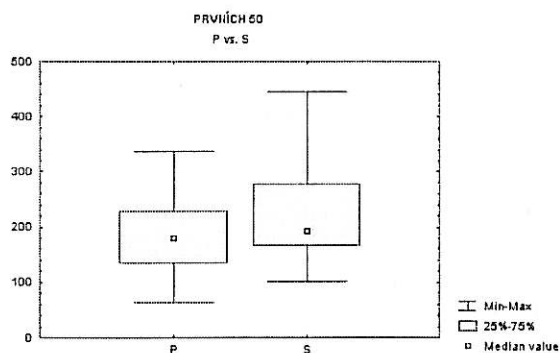
Šířky letokruhů na stranách po a proti svahu



Histogram průměrných šířek letokruhů na stranách proti (P) a po (S) svahu pro celé vzorky



Histogram průměrných šířek letokruhů na stranách proti (P) a po (S) svahu pro posledních padesát let.



Histogram průměrných šířek letokruhů na stranách proti (P) a po (S) svahu pro prvních padesát let růstu stromu.

