



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Dendrochronologický průzkum růstových charakteristik

Disertační práce

Ing. Pavel Karnet

2008

Děkuji na tomto místě všem kolegům a známým, kteří mi s vyhotovením práce pomáhali cennými radami a potřebnou motivací, zejm. Ing. D. Zahradníkovi, Ph.D., doc. Ing. Marušákovi, Ph.D., doc. Ing. V. Malíkovi, Ph.D., doc. Ing. J. Sequensovi, CSc. a dalším.

Obsah:

1	Úvod.....	4
2	Cíl a zaměření disertační práce	10
3	Růst dřevin.....	11
3.1	Makroskopická struktura dřeva	13
3.2	Stavba letokruhů.....	15
3.3	Charakteristiky letokruhů	16
3.4	Faktory ovlivňující růst dřevin	18
3.4.1	Sluneční záření.....	19
3.4.2	Teplotní režim	22
3.4.3	Vodní režim	26
3.4.4	Větrné podmínky a hmyzí kalamity	29
3.4.5	Vliv znečištění atmosféry na rostlinné organismy	30
4	Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	31
4.1	Areál výskytu smrku ztepilého	31
5	Typologický systém v České republice	33
6	Metodika	38
6.1	Datový materiál.....	38
6.2	Matematicko statistické metody	39
6.3	Charakteristika oblasti.....	43
6.3.1	Historický vývoj PLO 10 - Středočeská pahorkatina	44
6.3.2	Klimatické poměry	44
6.3.3	Geologické poměry.....	48
6.3.4	Pedologické poměry	48
6.3.5	Růstové poměry.....	49
6.3.6	Rekreační zatížení.....	51
6.3.7	Zhodnocení stavu lesa.....	51
7	Výsledky.....	54
8	Závěr.....	77
9	Literatura.....	81

1 Úvod

Dendrochronologie jako věda nachází v poslední době široké uplatnění při výzkumu rozličných témat. Jedná se o vědní disciplínu, kde na základě datování jednotlivých letokruhů, měření jejich tloušťek, případně jiných charakteristik a následného matematického zpracování můžeme odvozovat řadu environmentálních vztahů. Dendrochronologie v širším slova smyslu zahrnuje několik subdisciplín, jako je dendroekologie – věda zkoumající na základě letokruhů vztahy v ekosystémech, dendroklimatologie – věda využívající letokruhy k zjišťování současného nebo uplynulého charakteru klimatu, dendroarcheologie – věda, která datováním vzorků dřeva zjišťuje doby jejich pokácení, transportu, použití ve stavebnictví apod., dendrogeomorfologie – věda využívající letokruhy k datování procesů na zemském povrchu, dendrohydrologie – věda popisující změny v toku řek, hladin jezer apod., dendroentomologie - věda, ve které se studiem letokruhů dají odvodit souvislosti s dynamickým vývojem hmyzích populací ad. Skutečné využití dendrochronologie je vskutku velmi široké, letokruhy mohou být využity i pro výzkum dynamiky vývoje ledovců, výskytů požárů či areálu výskytu některých predátorů.

Počátky dendrochronologie jsou zasazeny do přelomu 19. a 20. století, kdy Andrew Ellicott Douglas ve státě Arizona hledal vhodný indikátor pro výzkum skvrn na slunci. Jeho potřebou bylo nalézt takový organismus, který ve své tělesné schránce každoročně zaznamenává růstové zóny v závislosti na klimatických podmínkách. Vhodným objektem pro jeho výzkum se ukázaly dřeviny tvořící letokruhy. Na těch se Douglas snažil odvodit příčinné souvislosti s výskytem skvrn na slunci, neboť předpokládal, že cyklická aktivita slunečních skvrn má souvislost se změnami klimatu, zvláště srážkové aktivity (Drápela, Zach 1995). Klimatický pás, do kterého byl výzkum situován, byl pro charakter zkoumaného úkolu velmi vhodný – aridní podmínky, ve kterých je tloušťka jednotlivých letokruhů limitována „pouze“ množstvím slunečního záření a úhrnem srážek. Douglass využíval metodiku křížového datování, která je známá již z dřívějších dob, ale za zakladatele celého vědního oboru je považován právě Douglas, který tuto vědní disciplínu aplikoval na konkrétní podmínky a

rozvinul ve vědní obor. Ve 20. století založil v Arizoně na univerzitě v Tucsonu první zcela dendrochronologicky specializovanou laboratoř pro výzkum letokruhů.

Základem pro zkoumání rozličných vlivů na růst stromu je provedení letokruhové analýzy, tzn. dodržení sledu jednotlivých kroků, jež jsou nutné ke správnému posuzování dat. Prvotním problémem je rozhodnutí, jak budou odebírány vzorky pro výzkum, zda se použijí vývrty nebo destruktivnější metoda kmenových kotoučů. Obě metody mají svá pro a proti. Nevýhody použití kmenových kotoučů spočívají zejména ve vyšších nákladech na odběr vzorků, nutnosti skácet strom, vyšší pracnosti - obtížném přenosu odebraných kotoučů do laboratoře atd. Na druhé straně je možné si vybrat vhodný směr pro měření letokruhů a vyvarovat se úsekům, které jsou deformovány nebo pro měření z jiného důvodu nevhodné. Pro směr měření lze vybrat takovou orientaci, ve které letokruhy nejsou ovlivněny růstovými změnami – reakčním dřevem (v případě listnáčů tahovým dřevem), a jinými růstovými deformacemi např. zarostlými suký. Při odběru vývrtů Presslerovým nebozezem zůstává ve dřevě otevřená rána, která je vstupním místem pro potencionální napadení stromu houbovou infekcí. Ke zmírnění tohoto negativního dopadu odběru vzorků se doporučuje používat štěpařský vosk, případně mít k dispozici sterilní dřevěné válečky k vyplnění otvoru po nebozezu. V žádném případě se nedoporučuje vyplňovat vzniklé otvory větvičkami právě pro zvýšené riziko zanesení infekce do dřeva.

Hned vedle způsobu odběru vzorků je třeba rozhodnout o počtu odebíraných vývrtů resp. určení počtu měření z 1 vzorníku. Samotný fakt, že se strom podrobí většímu množství měření v různých směrech ještě nemusí snížit variabilitu tloušťkového přírůstu. Použití čtyř vývrtů oproti jednomu statisticky významně nesníží variační koeficient tloušťkového přírůstu (Šmelko in Drápela, Zach 1995). Proto se doporučuje vývrty odebírat náhodně z různých směrů, čímž se jednotlivé výchylky tloušťkového přírůstu po obvodu kmene vyrovnají.

Následně se odebrané vzorky musí vyhladit (vybrousit či seříznout) a změřit sledované charakteristiky, v žádném případě se nemusí jednat jen o tloušťky celých letokruhů, sleduje se i poměr jarního a letního dřeva. Když opomineme měření vzorků na mechanickém stole (sestava binokulárního mikroskopu, posuvného stolku a počítadla spojeného s počítačem), je možné vývrt či kotouč

naskenovat a vyhodnocovat tak jeho kopii. Naskenovanou bitmapu je možné vyhodnotit několika způsoby. Na prvním místě se nabízí počítačová analýza obrazu. Naskenovaný snímek se vyhodnocuje pomocí speciálního programu (např. WinDENDRO), který je schopen pracovat automaticky až poloautomaticky na základě rozlišování stupňů šedi, případně barev mezi jednotlivými letokruhy. Zpracování je přesné a díky zautomatizovanému postupu také rychlé. Pro tuto práci byl také zkonstruován na Fakultě lesnické a dřevařské při České zemědělské univerzitě v Praze program Letokruhy, který umožňuje vyhodnotit tloušťkové přírůsty postupným manuálním načítáním šířek letokruhů. Jedná se tedy o časově náročnější postup. Jestliže jsou skenovány kotouče, je možné do bitmapy vložit prostorovou růžici o libovolném počtu paprsků, jež slouží k vyhodnocování letokruhů s ohledem na světové strany. Tato problematika byla již dříve zkoumána a bylo dosaženo výsledku, že mnohem větší vliv na různé tvarové deformace na příčném průřezu kmene má sklonitost svahu.

Letokruhy jehličnatých a listnatých dřevin se od sebe liší, u jehličnatých dřevin je letokruh většinou dobře patrný, takže před skenováním vývrtů nebo během měření na mechanickém měřickém zařízení stačí zkoumaný materiál pro zvýšení kontrastu navlhčit. Je-li v oblasti zájmu výzkum přírůstu listnatých dřevin, je třeba hranice letokruhů zvýraznit použitím různých barviv nebo u dubu se doporučuje přetření křídou, čímž se zvýší kontrast mezi lumenem a buněčnou stěnou (Schweingruber 1983).

Datování (synchronizace) – V této části výzkumu je třeba přiřadit každému letokruhu rok vzniku. Dále je nutné opravit nepravidelnosti v tvorbě letokruhů (odstranit dvojité letokruhy a doplnit letokruhy chybějící). Jedná se o postup, při kterém se vnáší do řešeného projektu subjektivní pohled zkoumajícího dendrochronologa. S chybějícími letokruhy se lze setkat u jehličnatých dřevin, kruhovitě pórovité dřeviny tento jev nevykazují. Vizuálním porovnáním letokruhových sérií lze chyby v tvorbě letokruhů nalézt a následně odstranit. Z tohoto pohledu jsou nejvýhodnější letokruhové křivky, které vykazují vysokou míru senzitivity – absolutní hodnoty tloušťkových přírůstů s věkem výrazně kolísají. Díky změnám v tloušťkovém přírůstu se na letokruhové křivce vymezí body, pouhým okem odlišitelné od ostatních. Jsou to buď maximální nebo minimální hodnoty tloušťkových přírůstů. Nazývají se signatury a úkolem

synchronizace je „sjednotit“ signatury dvou a více letokruhových sérií na sebe tak, aby došlo k jejich časovému sesouhlasení. Významné roky např. pro oblast Šumavy popisuje např. Čejková a Kolář (2006). Po vytvoření takové chronologie přichází na řadu matematicko statistické postupy dle povahy řešeného úkolu (korelace, response funkce atd.). Běžným problémem, který se vyskytne patrně vždy při porovnávání více letokruhových sérií je jistá nehomogenita dat. Určité procento vzorků je po provedeném měření šířek z výzkumu vyřazeno, může to být i každá šestá letokruhová série (Vitas 2003).

Následnými kroky v letokruhové analýze jsou standardizace (odstranění věkového trendu z letokruhové řady), vytvoří se tzv. letokruhové indexy a ty následně vstupují do dalších matematicko - statistických vztahů např. response funkcí za účelem odvození vztahu klimatu k tloušťkovému přírůstu.

Současná druhová dřevinná skladba v našich lesích doznala značných změn v porovnání se skladbou přirozenou, vzniklou po době ledové. Z původních smíšených porostů s významným podílem buku (přirozeně 40,2%, dnes pouze 6,9%) dubu (přirozeně 19,4%, současný stav 6,7%), jedle (přirozeně 19,8%, dnes pouze 0,9%), se v důsledku velkého tlaku na dřevní hmotu konkrétních vlastností postupně staly porosty monokulturní, či druhově málo pestré. Je pravdou, že dříve než začaly být v souvislosti s holosečným hospodařením prosazovány borové a smrkové monokultury, nebyly tyto jehličnany preferovány, spíše naopak se v 16. a 17. století kladl důraz na listnaté dřeviny, jejichž plody byly krmivem pro vepře. Smrk ztepilý se začal vysazovat na stanoviště, kde se přirozeně nevyskytoval a kde trpí pod různými abiotickými či biotickými faktory v 18. – 19. století. Na těchto stanovištích jsou častým jevem větrné polomy, zničující jsou i nálety hmyzích škůdců apod. Z produkčního hlediska jsou mezi těmito stanovišti rozdíly.

Výzkumem dendrochronologických souvislostí se zabývala řada autorů a tato problematika nabrala společně s výzkumem globálních změn klimatu nové impulsy. Tak například u smrku probíhala zkoumání na charakter sezónní dynamiky jeho přírůstu (Kamlerová, Schejbalová 2006) v závislosti na sociálním postavení jednotlivých jedinců. Růstové křivky pro stromy v podúrovni, úrovni i nadúrovni vykazovaly typický tvar protáhlého písmene S, což potvrzuje, že roční průběh tloušťkového růstu a růstový proces jako funkce věku mají stejný průběh. Stromy v nadúrovni zaznamenávaly v období od začátku příjmu vody

ještě před růstem pletiv přes vegetační období statisticky průkazně vyšší tloušťkové přírůsty, de facto více jak dvojnásobné.

Ve světě se dlouhodobými trendy v letokruhových sériích smrku zabývali např. Cherubini et al. (1998). Pro výzkum letokruhů si vybral oblast Trentina ve východní části Itálie, v Dolomitech. Zkoumané stromy rozdělil do dvou skupin dle dendrometrických parametrů – největší a nejmenší. Zjistil, že rozdílné skupiny vykazují rozdílné růstové křivky. Stromy s větším průměrem v nadúrovni vykazovaly často i nižší přírůsty než jedinci, kteří se dominantními teprve v budoucnu stanou. Z toho důvodu Cherubini et. al. doporučuje věnovat při výzkumu růstových charakteristik pozornost všem tloušťkovým třídám, než preferování stromů s největším výčetním průměrem. Ovlivnění tloušťkového přírůstu předchozími těžebními zásahy v porostu považuje za všeobecně platné. Vzhledem k němu tvrdí, že porovnávání současných a dřívějších přírůstů vede k systematické chybě. Historie zkoumaných stanovišť může být pokládána za značně problematickou zejména v regionech, kde se dlouhodobě člověk angažuje v lesní výrobě a kde došlo ke změně lesních ekosystémů. Lesy jsou ovlivněny pěstebně těžebními zásahy a dřívějším pasením dobytka či hrabáním steliva. Proto musí být všechny tyto záležitosti brány v potaz ještě dříve, než se začne uvažovat o zkoumání dendroekologických souvislostí růstu lesních dřevin. Techniky standardizace, které spolehlivě odstraňují systematické odchylky růstu, způsobené faktorem věku, efektivně minimalizují nepřesnosti způsobené dynamikou porostu, bohužel také odstraňují nízkofrekvenční signály jako jsou dopady znečištění a dlouhodobé změny klimatu. Z toho důvodu doporučuje Cherubini et al. (1998) vynechání standardizačních technik ke zvýraznění dlouhodobých trendů v letokruhových chronologiích.

Dlouhodobými trendy u smrku červeného (*Picea rubens*) se zabýval např. Goelz et. al. (1999). Výzkum zaměřil na oblast Virginie a Severní Karolíny. Studie byla vypracována na konci 20. století, tedy v době, kdy někteří autoři poukazovali na snižování přírůstu u smrku červeného v oblasti severní a jižní části Apalačských hor (Johnson et al. 1984, McLaughlin 1985, Cook et al. 1992). Goelz et al. (1999) snižování přírůstu ve spojení s mortalitou nepotvrdil. K výzkumu používal poměrně mladé věkové třídy, zejm. ze stejnověkových porostů.

V Polsku probíhal průzkum ohledně charakteru radiálního růstu v závislosti na teplotě a atmosférických srážkách u smrku sitky (*Picea sitchensis*), introdukované lesní dřeviny, původem pocházející ze západního pobřeží Severní Ameriky. Byla prokázána relativně velká homogenita tloušťkových přírůstků, což umožňovalo sestavit chronologii s relativně význačnou senzitivitou i k mírným klimatickým podmínkám, jež panují v oblasti výzkumu – baltickém pobřeží. Byla prokázána kladná korelace mezi tloušťkovým přírůstem a teplotami zimních a jarních měsíců (leden-duben), mezi tl. přírůstem a úhrnem srážek v červenci a listopadu předešlého roku a mezi tl. přírůstem a množstvím srážek v měsíci únoru a obdobím červen-srpen současného roku. Negativní korelace byla zaznamenána mezi tloušťkovým přírůstem a teplotou v měsíci květnu (Feliksik, Vilczynski 2008). Autoři se vzhledem k vysoké intenzitě růstu a kvalitě jeho dřeva domnívají, že se smrk sitka stane v Polsku ceněnou dřevinou. Proti této domněnce nelze vcelku nic namítat, druhová dřevinná skladba v Polsku je odlišná třeba od skladby v České republice, v polských lesích mají větší zastoupení zejm. borových porostů. Smrk sitka se testoval i v českých lesích v imisemi poškozených oblastech, kam se vysazoval stejně jako smrk pichlavý (*Picea pungens*).

Dalším kolektivem autorů, popisujícím rozdíly v charakteru radiálního přírůstu byl Mäkinen et al. (2002), jehož výzkum byl zaměřen na odchylky v tloušťkovém přírůstu smrku ztepilého v oblasti Německa, Norska a Finska s ohledem nejen na zeměpisnou šířku ale i nadmořskou výšku. Dlouhodobá složka časové řady se v rámci jednotlivých regionů velmi lišila, zejména mezi jižní a severní částí zkoumané oblasti. Na druhé straně byl průběh dlouhodobých odchylek v rámci vlastních regionů podobný bez ohledu na výškovou zonalitu. Krátkodobé odchylky byly shodné pro všechny oblasti což naznačuje, že některé faktory, determinující růst, jsou společné pro celou zkoumanou oblast. Krátkodobá složka růstu byla více vázaná na měsíční teploty a úhrn srážek než střednědobá složka. Limitující efekt nízkých srážek na růst smrku se snižoval a efekt teploty se zvyšoval se zvyšující se zeměpisnou šířkou a nadmořskou výškou.

2 Cíl a zaměření disertační práce

Cílem disertační práce je provést průzkum radiálního přírůstu stromů (vzorníků nadúrovňové třídy) na území ŠLP v Kostelci n.Č.l. a odvodit možné rozdíly v tloušťkovém růstu smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) na různých lesních typech, jakožto jednotkách diferenciací růstových podmínek. Jiným dřevinám nebyla pro rozsáhlost získávaného materiálu věnována pozornost. Práce si neklade za cíl zhodnotit dynamiku radiálního růstu na rozsáhlejších územích, středobodem zájmu budou vybrané vhodné porosty ve vzájemné blízkosti, shodné z hlediska věkového složení dřevin, oproštěné od rozdílných vlivů expozice a sklonu svahů. Lesní typy jako nejnižší jednotky diferenciací stanovištních podmínek se jeví jako vhodné prostorové jednotky. Vyšší jednotky - soubory lesních typů - jsou vymezeny edafickou kategorií a klimatickými podmínkami definovanými zejm. výškovou zonalitou (Viewegh, Kusbach, Mikeska 2003). Na území ŠLP je zastoupena i většina edafických řad typologického systému. Práce je zaměřena na porovnání charakteru radiálního přírůstu a klimatických podmínek – úhrnu srážek a průměrných teplot. Vedle běžných monokultur smrku ztepilého se zde nalézají porosty smíšené. Přibližně 50% lesních pozemků je situováno ve 3. lesním vegetačním stupni Querceto-Fagetum.

3 Růst dřevin

Základem pro studium vlivu rozličných faktorů na růst stromu je pochopení principu samotného růstu a vývoje dřevin. Růstem se rozumí zvětšování objemu sušiny spolu s nevratným zvětšením rozměru organismu. Podstatou je dělení a zvětšování buněk. Většinou je růst spojen s asimilací a fixací anorganických látek z okolního prostředí. Časové úseky růstu, které se v důsledku diferenciaci nových buněk z meristemických pletiv odlišují, nazýváme vývojem. Růst nemusí vykazovat zákonitě kontinuální charakter.

V našich zeměpisných podmínkách podléhá růst zejm. sezónnímu charakteru klimatu. Tloušťkový přírůst začíná na jaře nejdříve u kruhovitě pórovitých dřevin, ještě před samotným rašením listů a růst trvá cca 4,5 měsíce. Listnáče s roztroušeně pórovitým dřevem zahajují tloušťkový růst později a trvá asi 3,5 měsíce. Jehličnany by se daly rozdělit na borovici, douglasku a modřín - odpovídají růstu kruhovitě pórovitých dřevin a na smrk a jedli - obdoba s roztroušeně pórovitými dřevinami (Šebík, Polák 1990).

Buňky, které se tvoří v první polovině vegetačního období jsou tenkostěnné a široké (jarní dřevo) Z mechanického hlediska jsou výrazně měkčí. Ke konci vegetačního období se tvoří buňky silnostěnné, úzké, zploštěné (letní dřevo). Jednotlivé roční přírůsty se označují letokruhy a jsou výsledkem přerušovaného tloušťkového růstu stromů v důsledku vegetačního klidu dřevin mírného a chladného pásma. Na základě odlišných anatomických vlastností jarního a letního dřeva se od sebe dají jednotlivé vrstvy odlišit zabarvením, a je možné okulárně vymezit letokruh, jako vrstvu vytvořenou během jednoho vegetačního období (Kozłowski 1962).

Za nepříznivých podmínek (kolísání teplot, nedostatek srážek, poškození stromu biotickými činiteli) může dojít k tvorbě tzv. nepravých letokruhů. Ještě před začátkem růstu pozdního dřeva dojde k tvorbě malých silnostěnných buněk jako reakce na stresující faktor. Pokud extrémní situace pomine, vrátí se jedinec opět k tvorbě velkých tenkostěnných buněk.. U listnáčů tato situace nastává, když po holožírú následuje tzv. letní pučení (Šebík, Polák 1990) nebo když po suchém létě následuje vlhký a teplý podzim.

Opačným případem jsou tzv. chybějící letokruhy. Jestliže se v daném roce nevytvoří příslušný letokruh, případně je extrémně malý, jedinec nepřirůstá

v důsledku velmi špatných klimatických poměrů. Týká se to jedinců v podúrovni, stromů potlačených a odumírajících (Drápela, Zach 1995).

Dalším problémem je mimostřednost dřeně. Zejména u dřevin rostoucích na svazích se dřeň nenachází v přesném středu kmene. Z vývrtnu, který neprotnul tuto část stromu nedokážeme přesně odvodit stáří zkoumaného jedince.

V oblasti tropického a subtropického pásma vytvářejí dřeviny místo klasických letokruhů pouze tzv. přírůstové zóny, které neodpovídají přesně jednotlivým rokům (Schweingruber 1983).

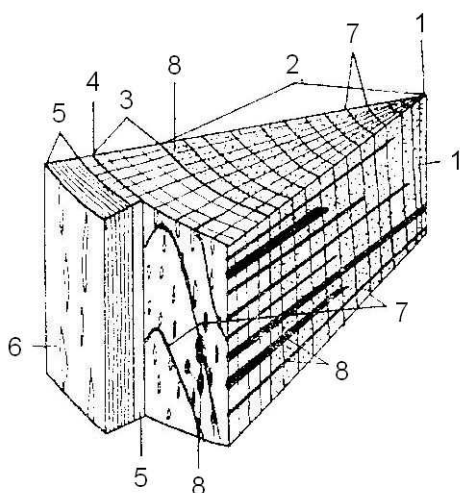
Dřeviny nevykazují jen sezónní periodicitu. Růst se mění také během dne. Ve dne je příliš vysoká teplota a silné osvětlení, proto probíhá mitotická aktivita zejm. v noci. Nejintenzivněji tedy rostliny rostou časně z rána a k večeru, jen za nedostatku vody probíhá intenzivní růst v noci.

Studiem radiálního růstu stromů se zabývá dendrochronologie. Za zakladatele tohoto vědního oboru je považován A. E. Douglass viz úvodní kapitola, který se zabýval vztahem mezi sluneční aktivitou a zemským klimatem a předpokládal, že letokruhy obsahují údaje o pravidelných klimatických cyklech. Základním postupem v dendrochronologii je letokruhová analýza, což je soubor měřických, matematických a statistických postupů, které umožňují řešení určitého problému, např. vliv antropogenních faktorů na tloušťkový přírůst, modelování klimatu, datování určitých událostí apod. (Drápela, Zach 1995). Datování vzniku různých staveb – hradů, kostelů, historických domů je v České republice aplikováno úzkou skupinou vědců např. Kyncl (1998, 1999), Kyncl - Šabatová (2004), Kyncl - Vrbová (2002). Modelováním klimatu a vztahu mezi klimatickými faktory a radiálním přírůstem se zabývali např. Brázdil et al. (2002), Schweingruber a Nogler (2003), Fritts (1990), Rolland et al. (2000), Briffa et al. (2004). Při reprodukci získaných letokruhových dat je třeba odlišit, co je důsledkem klimatických podmínek, na čem se mohlo podílet atmosférické znečištění, a jak se projevují změny, spojené se sukcesí a zráním porostu (Cook, Kairiukstis 1990).

3.1 Makroskopická struktura dřeva

Stromy jsou dřeviny vyššího až vysokého vzrůstu s nerozvětvenou hlavní osou a rozvětvenými postranními osami tvořícími korunu. Většina dřevin stromovitého vzrůstu má charakteristický válcovitý druhotně tloustnoucí kmen.

Každý strom se skládá ze tří hlavních částí: koruny, kmene a kořenů, přičemž každá z těchto vrstev druhotně periodicky přirůstá vytvářením nových vrstev dřeva – tzv. letokruhů. (Šlezingerová, Gandelová 2002). Makroskopická struktura dřeva kmene (hospodářsky nejužitečnější části stromu) je znázorněna na obr. 1.



Obr. 1: Makroskopická struktura dřeva na jednotlivých řezech (Wagenführ 1989)

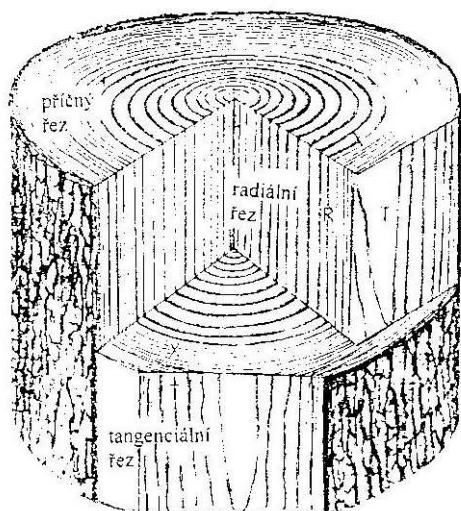
Kůra – vnější část kmene, resp. kořenů a větví, která svými vrstvami chrání zejm. lýko, kambium a živé části dřeva proti mechanickému poškození a nepříznivým vlivům abiotických činitelů. Kůra vzniká činností dělivých pletiv kambia a felogénu. Vnitřní vrstva kůry se nazývá lýko a je produktem kambia. Jeho hlavní funkcí je rozvod asimilátů na místa spotřeby. Vnější kůra se nazývá periderm a vzniká činností korového dělivého pletiva felogénu (Gandelová 2002).

Kambium – dělivé pletivo nacházející se mezi dřevem a lýkem. Tvoří ho velmi úzká vrstva živých buněk. Periodickou činností kambia je zajištěn tloušťkový přírůst dřeva a lýka.

Dřeň – světlé řídké pletivo, v prvním roce života se podílí na vedení vody. Později tuto činnost přebírá nově vytvořené dřevo v letokruzích. Dřeň se vyskytuje zhruba uprostřed kmene, i když mnohem častěji je známa dřeň excentrická (Šlezingerová, Gandelová 2002).

Dřevo – část kmene větví a kořenů, jež se nachází mezi kambiem a dřením. Zaujímá 70 – 93% objemu stromu. Směrem k vnějšímu okraji (ke kambiu) se vytváří běl. Její význam tkví v rozvodu minerálů rozpuštěných ve vodě od kořenů k listům. Jsou zde tedy zastoupeny živé buňky narozdíl od jádra, které se vytváří směrem ke středu. Z fyziologického hlediska se jedná o mrtvé pletivo.

Na obr. 2 je zobrazen průběh letokruhů na radiálním, tangenciálním a příčném řezu kmenem. Na radiálním řezu se letokruhy jeví jako svislé rovnoběžné pásy a na tangenciálním řezu vytvářejí rozmanitě zvlněné elipsy (Šlezingerová, Gandelová 2002).



Obr. 2: Průběh letokruhů na různých řezech dřevem (Hoadley 1990)

3.2 Stavba letokruhů

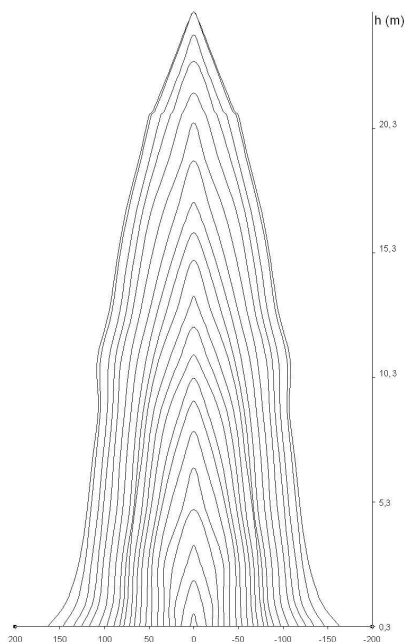
Rozdílnost ve stavbě letokruhů je do značné míry dána odlišností druhů jednotlivých dřevin. Na základě vnitřní stavby letokruhu můžeme dřeva u nás rostoucích dřevin rozdělit do tří skupin (Matovič 1981):

- **dřevo jehličnatých dřevin** – toto dřevo je charakteristické výrazným odlišením jarního a letního dřeva. Hranice letokruhu jsou tedy velmi zřetelné. Poměr mezi velikostí jarního a letního dřeva je variabilní a závisí na více faktorech. Lze vyzdvihnout tyto skutečnosti:
 - se vzrůstající šířkou letokruhu se zvyšuje podíl jarního dřeva,
 - s přibývajícím věkem se zvyšuje procento letního dřeva v letokruhu.

Nejzřetelnější letokruhy jsou u modřínu, douglasky a borovice, nejhůře jsou rozlišitelné letokruhy u jalovce a vejmutovky.

- **dřevo listnatých dřevin s kruhovitě pórovitou stavbou** má výrazné letokruhy a hranice mezi jarním a letním dřevem je též výrazná. Světlejší barva jarního dřeva je způsobena jarními cévami, které se jeví na příčném řezu jako kruhovitě seřazené póry. Na podélném řezu vypadají jako trhlínky. Letní dřevo je tmavší bez zřetelných pórů. Podíl dřeva letního je zpravidla vyšší než jarního. Z hlavních dřevin v této kategorii lze jmenovat dub, jasan, akát a jilm.
- **dřevo listnatých dřevin s roztroušeně pórovitou stavbou** se vyznačuje velmi špatně rozlišitelnými letokruhy. Hranice mezi jarním a letním dřevem je nezřetelná. Jarní a letní dřevo se makroskopicky neliší, v celém letokruhu se vyskytují úzké cévy (Šlezingerová, Gandelová 2002). Z hlavních zástupců lze jmenovat topol, olši, vrbu, buk, javor.

Někdy se vylišuje ještě skupina listnatých dřev, která tvoří přechod mezi kruhovitě pórovitým a roztroušeně pórovitým dřevem. Tato dřeva se označují jako polokruhovitě pórovitá a patří sem ořech a třešeň. Jarní dřevo je světlejší, ale větší jarní cévy nejsou seřazené v kruhu podél letokruhu (Matovič 1981).



Obr.3: Průběh letokruhů z plné kmenové analýzy vzorníku smrku

3.3 Charakteristiky letokruhů

Stavba letokruhů a jejich šířka jsou závislé na druhu dřeviny, stanovištních podmínkách, věku jedince, sociálním postavení stromu v porostu, pěstebních opatřeních a poloze na kmene. S přibývajícím věkem se absolutní hodnoty letokruhů snižují, mění se také poměr letního a jarního dřeva. Šířka letokruhů se mění také v závislosti na nadmořské výšce a zeměpisné šířce, které se navzájem kombinují. Rozhodující je vždy vliv nějakého extrémního klimatického faktoru. V oblasti mírného pásma se hodnoty letokruhů se vzrůstající nadmořskou výškou snižují v důsledku snižující se průměrné teploty vzduchu. Naopak v oblastech aridních je limitujícím faktorem růstu množství srážek. S rostoucí nadmořskou výškou se hodnoty šířek letokruhů zvětšují.

U většiny hospodářsky významných dřevin se šířka letokruhu pohybuje v rozmezí 1-5 mm. Stromy s dobře vyvinutými korunami vykazují přírůsty 5-10 mm, topol až 15 mm. Šířka letokruhů po obvodu kmene je velmi proměnlivá,

což souvisí s často mimostředně uloženou dřevinou. Mezi hlavní činitele ovlivňující rozložení tloušťkového přírůstu patří dřevina, věk, tvar koruny, sociologické postavení stromu v porostu, expozice, namáhání větrem, sněhem apod. Velký vliv hraje i sklon svahu. U jehličnanů se na tzv. tlakové straně (u listnáčů na tahové) vytváří reakční dřevo jako požadavek na zvýšení stability jedince. Vyznačuje se větším podílem tvrdšího letního dřeva v letokruhu. Jednotliví činitelé působí na formování letokruhu vždy jako celek a nelze určit přesný podíl vlivu jednotlivých faktorů (Šmelko 1982).

Šířka letokruhu a % letního dřeva slouží jako ukazatel fyzikálních a mechanických vlastností dřeva. Již dříve byly popsány spojitosti mezi šířkou letokruhu a procentickým vyjádřením podílu letního dřeva. S tím úzce souvisí hodnoty fyzikálních a mechanických vlastností (Šlezingerová, Gandelová 2002). Stejně jako není tloušťkový přírůst stejný po obvodu kmene, mění se i v různých výškách na kmeni. Výzkumy v této oblasti dělal již v první polovině 20. století např. Topcuoglu (1940), nebo na Slovensku Šmelko (1975). Se vzrůstajícím věkem se hodnota minimálního tloušťkového přírůstu posouvá výše po kmeni. Vyskytuje se v rozmezí výšek 4 - 13 m. V nejvyšších částech stromu jsou přírůsty ve věku 50 let oproti přírůstům ve výčetní výšce až několikanásobně vyšší. Ve vyšším věku již často horní partie nedosahují takových hodnot jako tloušťkový přírůst ve výčetní výšce (Šmelko 1975).

Letokruhové série mohou vykazovat kolísavé šířky letokruhů nebo jsou naopak letokruhy rok od roku stejné. Množství klimatologické informace v nich uložené se tak podstatně liší viz obr. 4.



Obr. 4: Rozdílná citlivost tvorby letokruhů, senzitivní řada odpovídá růstu na extrémnějším stanovištích (Schweingruber 1983).

3.4 Faktory ovlivňující růst dřevin

Autoři rozdělují faktory, které ovlivňují tloušťkový růst dřeva do několika skupin.

Podle Waisela a Fahna (1965) je kambiální růst závislý na:

- abiotických faktorech prostředí, jež podléhají značné periodicitě,
- růstových látkách (hormonech),
- endogenním rytmu aktivity.

Podle Philipsona (1971) lze za nejdůležitější limitující faktory považovat ty klimatické. Schweingruber (1996) volí následující rozdělení faktorů:

- biotické,
- abiotické,
- vnitřní (genetické).

Mezi biotické faktory patří napadení stromu živočišnými či rostlinnými škůdci, okus lesní zvěří apod.. Takto působící faktory ovlivňují růst často jednorázově, proto může být použita letokruhová analýza pro studium vlivu biotických faktorů, např. přesnému časovému určení vzniku a konci jednotlivých událostí (Kroupová et al., 1999).

Jakýkoli faktor, vnitřní nebo vnější, který se stává pro kambium omezujícím, limituje i radiální růst rostliny. Jeden faktor prostředí může ovlivňovat různé rostlinné procesy a navíc sám může být ovlivněn působením jiného faktoru, jako je půdní vlhkost, teplota, intenzita radiace, fotoperioda atd. Většina fyziologicky působících faktorů shodně ve svém vlivu překračuje roky, ve kterých se přímo dějí růstové procesy (Fritts 1976). Nepřímým ovlivněním pak rozumíme působení na kompetiční vztahy uvnitř porostu, které může vést k jejich změně a tím k znevýhodnění jednotlivých stromů, např. světelným deficitem, který má za následek snížení přírůstu (Horáček 1994).

Schopnost stromů reagovat na působení faktorů prostředí je velmi různorodá a odlišná. Věk kambia ovlivňuje intenzitu a frekvenci náhlých růstových změn. Mladé kambium, ať už na vrcholu starých stromů nebo na bázi mladých, vykazuje méně změn a je méně citlivé než ve vyšším věku (Schweingruber et al., 1990). Roční tloušťkový přírůst je částečně determinován stavem zralosti jedince.

Sezónní změny způsobují velkou fluktuaci mnoha faktorů prostředí, které jsou pro rostlinu nepostradatelné. Nejdůležitější a největší změny probíhají u slunečního záření, teplot, půdní vlhkosti a relativní vzdušné vlhkosti (Horáček 1994).

Dřeviny mírného pásma jsou vystaveny velké sezónnosti klimatu. Počátek zimního klidu se vyznačuje řadou fyziologických jevů: klesá hladina giberelinu a začínají převládat růstové inhibitory jako je kyselina abscisová, je selektivně potlačena genová aktivita, jsou inhibovány přenosové procesy a mitotická aktivita v meristémeh je značně redukována nebo zcela zastavena. Buněčná jádra zůstávají v té fázi cyklu dělení, kdy jsou připravena k reduplikaci DNA, k níž dochází na konci zimního klidu. Přejchod k období zimního klidu je také patrný na ultrastruktuře buněk. Snižuje se bazální metabolická aktivita, hromadí se zásobní látky. Celé přizpůsobování se dřeviny k zimnímu klidu není okamžitý proces, ale probíhá postupně (Kulhavý et al., 2003).

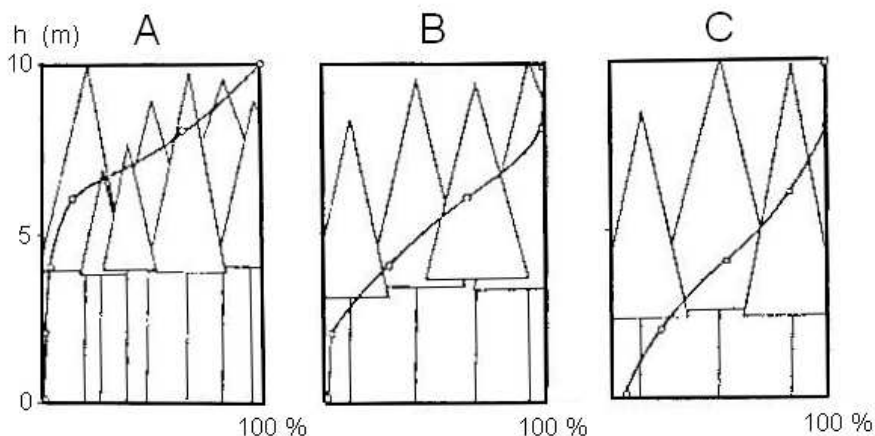
Každý rostlinný druh má vůči působení jednotlivých ekologických faktorů vymezenou toleranci, přičemž její rozsah vymezuje ekologickou amplitudu druhu, která určuje jak moc jsou výkyvy v působení daného faktoru pro organismy letální (Odum 1977). Larcher (1988) tvrdí, že o výskytu druhu na nějakém stanovišti rozhoduje ten faktor, který se nachází pod hranicí tolerance. Ekosystém označuje propojení biologických společenstev a jejich fyzikálních prostředí. Žádný ekologický systém, od jedince přes populaci po společenstvo, nelze zkoumat odděleně od prostředí, v němž se vyskytuje. Ekosystém je systémem termodynamicky otevřeným, dochází v něm ke vzájemné výměně hmoty a energie (Begon, Harper, Townsend 1997).

3.4.1 Sluneční záření

Základním procesem primární produkce v ekosystému je fotosyntetická vazba oxidu uhličitého. Tento jev znamená vstup energie a uhlíku do biomasy. Z jejich produktů se vytváří postupně veškerá organická hmota v ekosystému a je po stránce energetické základem a hnací silou životních procesů v biosféře. Energie, kterou organismy využívají k dalším životním procesům, byla svázána fotosyntézou z pohlceného slunečního záření (Kulhavý et al., 2003).

Množství slunečního záření dopadajícího na určitou plochu závisí na postavení slunce během roku a během dne, na zeměpisné šířce, expozici stanoviště, neboli sklonu svahu a jeho orientaci na světové strany. Rok za rokem vysílá slunce do vesmíru světlo a další záření s ním spojené. Část tohoto záření dopadá na zemskou kůli, prochází vrstvou atmosféry a dopadá na zemský povrch. Při průchodu atmosférou zeslábne intenzita dopadajícího světla zhruba o 50 % (Šamaj et al., 1994). Při dopadu slunečního záření se odrazí zpět do prostoru od atmosféry 8 % a od mraků 25 %. V atmosféře je absorbováno 16 % záření, které je přeměněno na teplo (Slavíková 1986). Původní hodnota zářivé energie dopadající na horní hranici atmosféry Země je označovaná jako solární konstanta a činí 1373 W/m² (Meteorologický slovník 1993).

Jaké množství slunečního záření dopadne na samotnou půdu však velmi závisí na povaze rostlinného (dřevinného) krytu. Ve smrkových mlazinách z umělé obnovy je již ve fázi zapojování zadržováno 23 % celkové radiace. Ozářenost od periferie koruny směrem ke kmeni klesá až na 2 % vnějšího ozáření. Ve stadiu hustých tyčkovin klesá ozářenost nad povrchem půdy v poledních hodinách až pod 1% (Chroust 1997). V borových mlazinách na suchých hlubokých písčích (východočeská borová oblast) proniká k povrchu půdy v průměru okolo 25 % světelné radiace (Chroust 1993). Ve stadiu tyčkovin jsou rozdíly jak mezi ozářeními vně a uvnitř porostu, tak i v profilu ještě výraznější než v mlazinách. Již v korunovém prostoru klesá ozářenost ze 100 % na 30 – 40 %. K jehličí na nejspodnějších přeslenech proniká jen asi 20 – 25 % plné radiace. Množství nakumulovaného jehličí na stromě je velmi úzce vázáno s poklesem ozáření v korunovém prostoru porostů.. Lze vytvořit modely, které hodnotu radiace v kterémkoliv místě porostu spočítají (Mäkelä 1988). Dubové mlaziny zadržují za radiačního počasí v poledních hodinách 97 – 99 % slunečního záření, k půdě se tedy takto dostává jen 1 % světla, což je výsledek srovnatelný se smrkovými mlazinami. Ty mají ovšem dvojnásobnou projekční listovou plochu (Chroust 1997).



Obr. 5: Průnik světla smrkovou mlazinou bez výchovy (A) a v porostu s podúrovňovou výchovou (B a C) (Sedloňov, Chroust 1972)

Sluneční záření se dělí na část ultrafialovou, které má rozsah spektra 290 až 380 nm (při vstupu do atmosféry činí ultrafialová složka slunečního záření cca 7 % celkové energie), na viditelné (380 – 750 nm) záření (47 %) a na infračervené záření s vlnovými délkami většími než 750 nm, kdy z celkové vyzařované energie připadá na infračervenou oblast spektra 46 %.

Jakmile sluneční záření dopadne do porostu, dochází vedle kvantitativních změn také ke změnám ve kvalitativním složení. Zelené listy odrážejí 10 až 20 % kolmo dopadajících paprsků. Množství odražené energie závisí kromě orientace listu na jeho povrchu. Hladké lesklé listy odrážejí více energie než matné, případně pokryté chlupy. Rozdílly jsou i v množství odrazu různých vlnových délek. Nejvíce se odráží infračervené záření (70 %), viditelné mezi 6-12 % a ultrafialového se odráží jen 3 %. Největší část dopadajícího záření je však v listech absorbována. Není li vázaná fotosyntézou, je přeměněna v teplo. Určité množství záření prochází i listy. Velikost závisí na tloušťce listu, případně obsažených pigmentech. Prošlé záření je složeno hlavně z vlnových délek 500 nm (zelené spektrum) a přes 800 nm (dlouhovlnná část červeného spektra). Z toho důvodu je v hustém zápoji v lese červený až červeno zelený stín (Slavíková 1986). U některých jedinců dochází při silném ozáření listů k tzv. fotorespiraci, kdy v horkém a suchém prostředí omezuje výpar uzavřením průduchů, tím ovšem omezuje i difúzi CO₂ (Rozsypal et al., 1986).

Sluneční záření mění průchodem korunami stromů a dalšími porostními vrstvami svoji kvantitu i kvalitu (při dopadu záření na porost dochází

k částečnému spektrálně selektivnímu odrazu, průniku, tj. transmisi do spodních částí porostu a spektrálně závislému částečnému pohlcování, tj. absorpci) a v porostu se vytvářejí odlišné radiační (a tím i teplotní a vlhkostní) poměry ve srovnání s volným prostorem, vytváří se specifické porostní mikroklima (Kulhavý et al., 2003). Stromy, které rostou ve stínu jsou potlačeny, ale po uvolnění je dynamika jejich růstu mnohem větší (Hoffman, Schweingruber 2002).

3.4.2 Teplotní režim

Hlavním zdrojem tepla pro ohřívání vzduchu je zemský povrch. Převod energie do ovzduší z aktivních povrchů je zajištěn molekulárním vedením, konvekcí a turbulencí (pohybem vzduchu), přenosem tepla uvolňovaného při fázových změnách vody, dlouhovlnnou radiací (výparem a kondenzací). Poměrně málo je teplota vzduchu ovlivněna pohlcováním záření při jeho průniku atmosférou (Petrík 1981). Denní perioda se dělí s ohledem na energetickou bilanci aktivního povrchu na dvě základní části – období pozitivní a období negativní energetické bilance. Část dne s pozitivní energetickou bilancí souhlasí s převládajícím ziskem radiační energie, část dne s negativní energetickou bilancí s převládajícím dlouhovlnným vyzařováním (Prošek, Rein 1982). Teplota vzduchu je definována jako hodnota změřená 2 metry nad zemským povrchem v dřevěné, žaluziové, bíle natřené budce.

Protože teplota vzduchu závisí na množství energie do ovzduší předaného ze zemského povrchu, měla by s nadmořskou výškou teplota klesat. Zemský povrch energii z ovzduší ovšem také odebírá. Pokud dosáhne vertikální gradient teploty záporné hodnoty, jedná se o inverzi. Je – li nulový, mluvíme o izotermii. Obecně však lze prohlásit, že v planetárním měřítku se vzrůstající nadmořskou výškou teploty ubývá (Rožňovský, Havlíček 1998).

Záření pohlcené rostlinou nebo rostlinným porostem se z větší části mění na teplo. Do 10 % záření je využito fotochemickými procesy fotosyntézy a nepatrné množství se absorbuje při morfogenetických procesech. Z toho vyplývá velká tepelná zátěž rostlin při přímém oslunění. Tepla se lze zbavit buď jeho spotřebou nebo výdejem. Hlavní cesty jsou:

- ohřevné teplo – předané z povrchu vegetace do vzduchu,

- latentní teplo výparu, jehož množství je úměrné transpiraci a výparu,
- dlouhovlnné záření z povrchu porostu.

Při dostatečné půdní vlhkosti = dobrém zásobení rostlin vodou a při ostatních podmínkách zvyšujících evapotranspiraci (větru a nízké vlhkosti vzduchu) jsou listy chlazeny transpirací a jejich nízká teplota způsobuje nízký výdej ohřevného tepla do vzduchu (Slavíková 1986).

Teplota je nezbytným faktorem pro fyziologické procesy rostlin. Při přímém oslunění je však teplota rostlin až o 20 °C vyšší, než je teplota ovzduší. Přehřívání kmenů při oslunění v zimě, po němž následuje rychlé ochlazení, je příčinou vzniku trhlin v kůře stromů. V noci je za nulového slunečního záření stále vyzařována energie z povrchu vegetace. Převyšší-li její hodnota velikost dlouhovlnného záření pohlcovaného porostem, klesne teplota rostlin pod teplotu vzduchu. Stromy jsou organismy poikilotermické (nemají vnitřní regulaci teploty), ale z uvedeného vyplývá, že je teplota jejich těla jen málokdy rovna teplotě vzduchu (Slavíková 1986). Většinou jsou ale teploty povrchu rostlin blízké teplotám vzduchu, a proto pro vyjádření vlivu teploty na růst porovnáváme dendrometrické charakteristiky s teplotami vzduchu (Horáček 1994).

Rostliny vykazují vůči teplotě různé hranice tolerance. Nejvíce citlivé k výkyvům teplot jsou aktivně rostoucí orgány ve fázi exponenciálního růstu a také reprodukční orgány. Největší odolnost ze všech pletiv po otužení vykazuje kambium (Šebánek 1992). V oblastech se střídáním ročních období se rostliny v procesu otužování připravují na přicházející mrazy. Tato etapa začíná až po skončení růstu kdy se postupným snižováním teploty organismy tomuto stavu přizpůsobují. Po oteplení organismus tuto odolnost ztrácí a obnoví ji až s příchodem nových extrémně nízkých teplot. Rostliny tak mohou být jarními mrazy poškozeny. Fritts (1976) tvrdí, že rostliny mohou ztratit svou odolnost i po několika dnech s teplotami vyššími než 10 °C v zimním období. Dojde – li k ochlazení náhle, může se uvnitř živých buněk vytvářet led. Nejnáchylnější částí stromu je kambium větví. Výsledkem poranění je mrazový kruh. Opakované mrazy mohou mít za následek odumření kambia i celého stromu, nebo různé formy poškození. Negativní vliv na růst dřeva je pak nesporný. Škody mrazem vznikají buď dehydratací protoplazmy tvořením ledu v intercelulárním prostoru, nebo jsou důsledkem tvoření krystalků ledu

v samotné protoplasmě (Aronsson, Eeliasson 1970). Mráz způsobuje u smrku vrcholové zlomy. Prokázalo se, že velký nárůst objemu zvyšuje nebezpečí polomu. Na teplotu ovzduší mají vliv i méně zmiňované jevy, jako je např. vulkanická činnost (Briffa 1998).

3.4.2.1 Vliv teploty na fotosyntézu

Příjem CO₂ je zcela zastaven je – li teplota extrémně vysoká nebo nízká. Existuje oblast, ve které má zvyšování teploty stimulační účinek a oblast, ve které je účinek zvyšování inhibiční. Tyto dvě oblasti jsou vymezeny třemi základními body: chladovou hranicí čili teplotním minimem, teplotním optimem a tepelnou hranicí čili teplotním maximem. Je – li teplota extrémně vysoká nebo nízká, je příjem CO₂ zcela potlačen. K fotosyntetické činnosti dochází až nastanou příznivější podmínky (Šebánek 1992). Po mrznutí začíná fotosyntéza obvykle pomalu, příjem CO₂ se zcela obnovuje až po několika hodinách. Čím byla teplota nižší a expozice delší, tím pomalejší je návrat. Narušení fotosyntézy horkem může trvat déle, než horko ve skutečnosti trvá. Rychlost fotosyntézy a dýchání se přizpůsobuje té teplotě, která v daném čase převládá (Kulhavý 2003).

Povrch půdy představuje po hladině vody a povrchu rostlinných porostů nejčastější aktivní povrch, který se podílí na teplotě vzduchu. Čím větší je zeměpisná šířka, tím větší jsou sezónní rozdíly v teplotách půdy. V rovníkových oblastech je amplituda malá. Pokud se v nižších šířkách kontinentálního typu klimatu vyskytují stepi, polopouště či pouště, je zde v létě velká amplituda, v zimě již menší (Rožnovský, Havlíček 1998). Amplituda teplotních výkyvů se zmenšuje s hloubkou půdy. Hloubka stálé denní teploty (hloubka, kde zaniká denní amplituda teploty) je v našich podmínkách mezi 40 a 100 cm. Hloubka stálých ročních teplot je mezi 15 a 30 m.

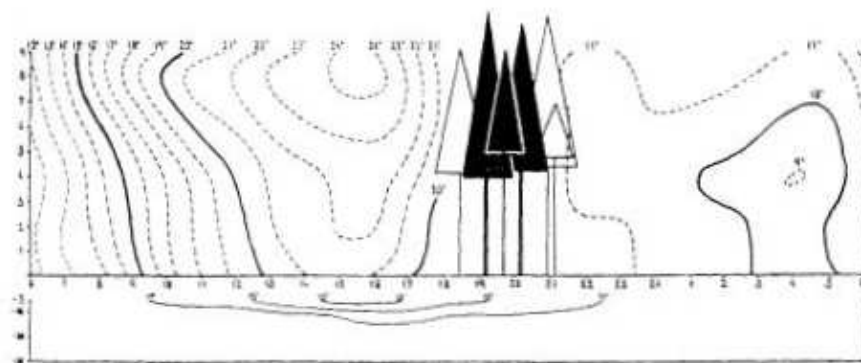
Na teplotní režim půdy v lese má velký vliv porostní klenba. Přes den zadržuje pronikající sluneční energii a přes noc naopak zabraňuje vyzařování tepla z půdy. Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím teplotu půdy je její fyzikální složení.

Teplota prostředí lesních porostů a s ním i teplota stromů se liší od prostředí bezlesí podle toho, jak hustý a vysoký je lesní porost, jaké charakteristiky má korunový prostor (struktura, barva, reflexe, tepelná kapacita). Závisí také

všeobecně na výměně vzduchu s vnějším okolím. S rostoucím věkem zapojené kultury se zvětšují teplotní rozdíly mezi volnou plochou a porostním prostředím. Ve smrkové monokultuře dosahují rozdíly (v teplotě mezi volnou plochou a porostním prostředím) ve stadiu mlazin v průměru 9 % a ve stadiu tyčkovin 18 %. Největší rozdíly jsou v přízemní vrstvě a s rostoucí výškou postupně klesají až zaniknou. Vlivem výchovného zásahu ve smrkové mlazině, kdy dojde ke snížení celkového počtu jedinců o 60 %, se přízemní teplota zvýšila v průměru o 1,8 °C. Naproti tomu teplota v korunovém prostoru se snížila o 0,2 °C. Probírka ve stadiu tyčkovin má v porovnání se stadiem mlazin menší vliv na teplotu prostředí. Lze prohlásit, že vliv výchovných sečí na teplotu vzduchu je ve smrkových porostech malý a dočasný. Na zvýšený průnik světla dřeviny reagují časnějším rašením a růstem terminálních výhonů (Chroust 1997). Podle Chalupy (1969) je v jarním období, kdy je půdní vlhkost vysoká, limitujícím růstovým faktorem pro zahájení činnosti kambia teplota. V zimním období je přízemní teplota vzduchu a půdy výrazně ovlivněna sněhovou pokrývkou, která působí jako termoizolátor. Vliv sněhové pokrývky na teplotu vzduchu a půdy zkoumala například Sapožnikova (1952).

V borových porostech jsou teploty vzduchu i půdy podstatně vyšší než v smrkových porostech. Což je dáno větší prostupností korunového prostoru. V průměru je teplota v borové mlazině o 4 % nižší než na volné ploše. Význam výchovných sečí na teplotu kmenového prostoru je velmi malý. Vliv výchovných sečí na délku vegetačního období zkoumal například Chroust (1971).

V dubových porostech je termický režim závislý na stavu olistění. Na jaře je v mlazinách dokonce vyšší teplota vzduchu než mimo porost. Tato situace se ale změní po olistění a teplota v porostu klesne oproti vnější teplotě o 3 °C (Pasák 1969). Vliv výchovných sečí na teplotu je indiferentní.



Obr. 6: Izotermy v husté smrkové tyčkovině v průběhu teplého letního dne (Chroust 1991).

3.4.3 Vodní režim

Voda je základem života na Zemi. Tvoří tenký pokryv na povrchu Země, který se nazývá hydrosféra. Voda je však zastoupena malými podíly i v dalších vrstvách Země – atmosféře a litosféře (Myslil 1999). Největší množství vody (80 %) je obsaženo v oceánech, v zemské kůře pod povrchem země je 19 %, 1 % tvoří ledovce, 0,002 % je obsaženo v tocích, jezerech a vodních nádržích a jen asi 0,0008 % je v atmosféře (Grünwald 1997). Obnovování zásob sladké vody závisí na odpařování z povrchu oceánů, ročně se z nich odpaří asi 505 000 km³ vody (Unep 2003).

Voda je důležitý faktor, který vstupuje do ekosystému a účastní se v něm všech hlavních pochodů spojených s koloběhem hmoty. Na vodě jsou závislé téměř všechny metabolické pochody a mnohdy se voda biochemických procesů přímo účastní. V pletivech suchozemských rostlin je obsaženo 80 – 90 % vody (Slavíková 1986).

Pro každé stanoviště se dají vyjádřit vláhové poměry obecnou bilanční rovnicí:

$$\text{změna zásoby vody v půdě} = S_v + S_h - I - E_s - T - O_p - O_z$$

- kde S_v jsou vertikální srážky,
 S_h jsou horizontální srážky,
 I je intercepce,
 E_s je evaporace z půdy,

T je transpirace rostlin,
Op je povrchový odtok,
Oz je podpovrchový odtok..

Primárním zdrojem vody na souši jsou srážky. V kapalně formě se jedná o déšť a mrholení, v pevné formě o sníh, kroupy a jsou známa ještě různá přechodová stadia (mrznoucí déšť, déšť se sněhem apod.). Voda z atmosférických srážek má schopnost vázat se podle svého elektrostatického náboje na hydrofilní skupiny organických molekul a vytvářet hydratační obal iontů elektrolytů. Tyto vlastnosti jí přisuzují funkci téměř univerzálního rozpouštědla (Slavík 1965). Mlha a rosa jsou také zdrojem vody. Této formě srážek se říká kondenzační nebo též horizontální. Pro růst a vývoj vegetace je rozhodující vedle celkového úhrnu srážek i jejich rozložení v průběhu celého roku. Zda bude voda ze srážek efektivně využita a jaké skutečné množství srážek dopadne na zemi závisí na dalších faktorech:

- nadmořská výška,
- reliéf terénu – zahrnuje úhel sklonu stanoviště a orientaci ke světovým stranám,
- fyzikální a chemické vlastnosti půdy a podloží,
- struktura porostu rostlin.

Jestliže množství dopadající vody v podobě srážek překoná schopnost infiltrace do půdy, dojde po zaplnění všech akumulčních prostorů k povrchovému odtoku. To však není jediný způsob ztráty vody z ekosystému. Výpar z půdy a povrchu rostlin (evaporace a transpirace) jsou další podstatné složky v bilanční rovnici změn zásoby vody v půdě. Během dne bývá často výdej vody rostlinami větší než její příjem. Rostlina se tak dostává do vodního deficitu. Mírný vodní deficit je nutný pro udržení transpiračního proudu, pro rozvod minerálních látek a zásobení rostlin vodou. Trvá-li tento stav delší dobu, je pro organismy letální (Slavíková 1986). Nejprve nastane pokles fotosyntézy, redukce asimilačního aparátu, zbrždění růstu, poruchy metabolismu, je postižen kořenový systém a nastává smrt organismu (Horáček 1994).

Při průchodu srážek porostem je k povrchu půdy propuštěna jen část srážek. Podstatná část je totiž porostem zadržována až do stavu, kdy se nasytí tzv. intercepční kapacita porostu (množství vody, jež je porost schopen zadržet). Množství je závislé na intenzitě a úhrnu srážek a na charakteristice porostu (Rožňovský, Havlíček 1998). V středohorských až horských polohách jsou ztráty intercepce nepodstatné, protože jsou eliminovány kladnou intercepce z mlh (Krečmer 1968).

Kolik vody je k dispozici rostlinám, závisí nejen na obsahu vody v půdě, ale také na tom, jakými silami je tato voda poutána na půdních částicích. Část vody vsáknuté do půdy z dešťových srážek je vázána na půdní částice a nazývá se voda adsorbční. Pro kořeny rostlin je nedostupná. Další část vsáklé vody naplní půdní póry a nazývá se voda kapilární. Tato voda je přístupná pro kořeny rostlin v závislosti na velikosti půdních pórů. Jsou-li menší než 0,2 mikrometru, voda je nepřístupná v důsledku vysokých kapilárních sil. Až od velikosti pórů 0,2 do 10 mikrometrů se tato voda stává pro rostliny hlavním zdrojem vláhy. V hrubých pórech již voda prosakuje ve směru gravitace, odtud tedy voda gravitační. Pro kořeny rostlin je samozřejmě přístupná, ale pouze po dobu než proteče do spodních vrstev (Slavíková 1986).

Již dříve bylo uvedeno, že množství vody dopadající na půdu je závislé krom jiného na intercepce porostu. Chroust (1997) uvádí, že mladá smrková mlazina zachytí asi 7 % a tyčkovina 40 % srážek. Ve starších porostech se intercepce sníží na zhruba 35 %. Tyto hodnoty se samozřejmě mohou lišit. Weihe (1974) naměřil intercepce v porostech v druhé polovině obmýcí 33 %, naproti tomu Lang (1970) až 42 %. V borových porostech jsou intercepční ztráty porovnatelné se ztrátami v porostech smrkových. Hlavním výskytem borovice jsou sušší a teplejší oblasti, kde je celkový úhrn srážek menší. Správně voleným výchovným zásahem v mladších porostech je možné upravit vodní poměry těchto stanovišť a snížit intercepční ztráty. U dubu je situace odlišná, neboť tato dřevina je hlubokokořenící. Často jsou oblasti výskytu dubu zaplavované a intercepce je z krajinně - ekologického hlediska vítaná.

3.4.4 Větrné podmínky a hmyzí kalamity

Není třeba příliš zdůrazňovat, že velmi podstatným faktorem ovlivňujícím růst dřevin jsou větrné podmínky. Stromy vystavené dlouhodobému jednostrannému působení větru zaznamenávají změny tvaru koruny a vytvářejí tzv. reakční dřevo. Velmi podstatný dopad na lesní hospodářství mají však škody na lesních porostech způsobené vichřicemi. Do historie větrných katastrof se zapsaly roky 1990 (vichřice Vivian, Wiebke) a 1999 (vichřice Lothar – zničila více jak 40 000 ha lesa, což odpovídá 29 mil. plnometrů dřeva). V živé paměti máme ještě vichřici z listopadu roku 2004 na Slovensku, byť, co se počtu zničeného dřeva týče, nedosahuje kalamity rozměrů výše zmíněných katastrof. Je dokázáno, že stromy (zejm. smrky) napadené hnilobou jsou méně odolné proti větrným kalamitám (Beossmann 1971).

Problematikou větrných polomů se zabývala řada autorů. Hledali vzájemné vazby mezi velikostí následků větrných kalamit a strukturou porostu (Bruenig 1973). Zkoumaly se ztráty přírůstu v důsledku prosvětlení a předčasné těžby smrkových porostů (Thomasius 1973), vliv různých probírkových zásahů na nebezpečí polomů větrem a sněhem (Persson 1969). Po větrných kalamitách dojde často ke škodám způsobeným hmyzem. Mezi hlavní škůdce patří zejména *Ips typographus*, *Trypodendron lineatum*, *Blastophagus minor*, *Tetropium castaneum* atd. U většiny příležitostně primárních druhů kůrovců smrku, jako je *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, *Polygraphus poligraphus*, lze při nadbytku disponibilní potravy a příznivých stanovištních podmínek očekávat namnožení a napadení živých stromů, na rozdíl od temporálně sekundárních zástupců, kteří se při nadbytku potravy mohou přemnožit, ale neatakují živé stromy, např. *Dryocoetes autographus*, *Trypodendron lineatum* (Kula, Zabecki 2006). Kalamitní výskyt *Choristoneura occidentalis* na douglasce a smrku pichlavém sledovali Weber a Schweingruber (1995). Pomocí dendrochronologických metod odhalili v Americe nejméně 9 kalamit mezi léty 1720 a 1986, více byly poškozovány otevřené porosty na výše položených místech ve srovnání s hustými porosty nižších lokalit.

3.4.5 Vliv znečištění atmosféry na rostlinné organismy

Dalším z důležitých faktorů, který ovlivňuje růst dřevin, je znečištění atmosféry. Míra vlivu imisí na rostliny závisí na tom, zda stanoviště leží ve směru převládajících větrů od zdroje, nebo je v bezprostřední blízkosti zdroje. Reliéf terénu a doba působení imisí jsou další podstatné faktory. Tuhé imise (popílek a prachové částice) ucpávají průduchy na listech, což vede ke snížení fotosyntézy, transpirace i dýchání. Z chemického hlediska působí imise toxicky, rozrušují např. chlorofyl v listech. Pokud se dostanou tuhé imise se srážkovou vodou do půdy, mění zde chemické složení a inhibují dekompoziční a mineralizační pochody.

Vlivem chemických imisí se snižuje růst, na povrchu listů se tvoří nekrotické skvrny, mění se délka a průběh fenologických fází – předčasně opadávají listy, rostliny kvetou až na podzim, snižuje se celková listová plocha, snižuje se hmotnost a klíčivost semen. Semena obsahují malé množství endospermu, radikula embrya se nevyvíjí. Rostliny mají schopnost v sobě jedovaté látky akumulovat. Přes potravní řetězce se pak dostanou jedovaté látky až ke konzumentům nejvyšším řádů včetně člověka (Slavíková 1986). Stromy rostoucí pod velkým vlivem imisí vykázaly snížení růstu oproti stromům nepoškozeným v důsledku redukce kambiálního dělení (Dunisch 1996).

Vlivem imisí jsou poškozovány rozsáhlé oblasti lesních pozemků. Odhadované škody se pohybují ve stovkách milionů korun a vede se velké množství soudních sporů o přiřknutí odškodnění za způsobené škody (Šišák, Pulkrab 1999). Znečištěním ovzduší a jeho vazbou na škody v lesním hospodářství se začal zabývat Vinš (1961, 1962), Kobayashi et al. (1997) a další.

4 Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.)

Smrk patří k naší nejčetnější dřevině, s velkým hospodářským významem, dorůstající výšky až 60 m. Je to jedna z nejodolnějších dřevin. Silné mrazy mu uškodí velmi zřídka, mnohem citlivější je k vysokým teplotám vzduchu a nesnáší nízkou relativní vlhkost (Fér, Rohon 2002). Optimální podmínky pro růst představuje krátké a chladné léto. Suchá léta mohou významně ovlivnit jeho růst, neboť je tato dřevina vzhledem k mělké kořenové soustavě značně náročná na půdní vlhkost, není schopná čerpat vodu z hlubších vrstev a na druhé straně odčerpává živiny ze svrchních částí půdního horizontu (Chmelař 1981).

Počátek vegetačního období spadá do konce dubna až začátku května. U mladších jedinců dochází k rašení o několik desítek hodin dříve než ve starších porostech smrku patrně v důsledku vyšší teploty půdy i vzduchu. Počátek rašení nejlépe vysvětluje kombinace teplotních sum vzduchu nad 5 °C a aktuální teploty půdy. Z prací i dalších autorů vyplývá, že vegetační činnost stromů značně závisí na průběhu období se sníženou teplotou (zimy). Klimatické změny mohou tuto synchronizaci narušit. Zvýšení teploty vzduchu na jaře může způsobit časnější začátek růstu s vyšším možným rizikem výskytu pozdních mrazů a naopak teplé zimy mohou zpozdit nebo snížit stimul mrznutí, který je nezbytný k překonání období klidu, a tak zpozdit rašení pupenů.

Vysoká hustota smrkových porostů spolu s opadem jehličí brzdí vývin nižších rostlinných pater, která v mlazinách a porostech středního věku obvykle zcela chybějí. Floristické složení smrčín je proto chudé, jen na světlinách, porostních okrajích a ve starých prořídých porostech bývá květena bohatší (Mráček, Pařez 1986).

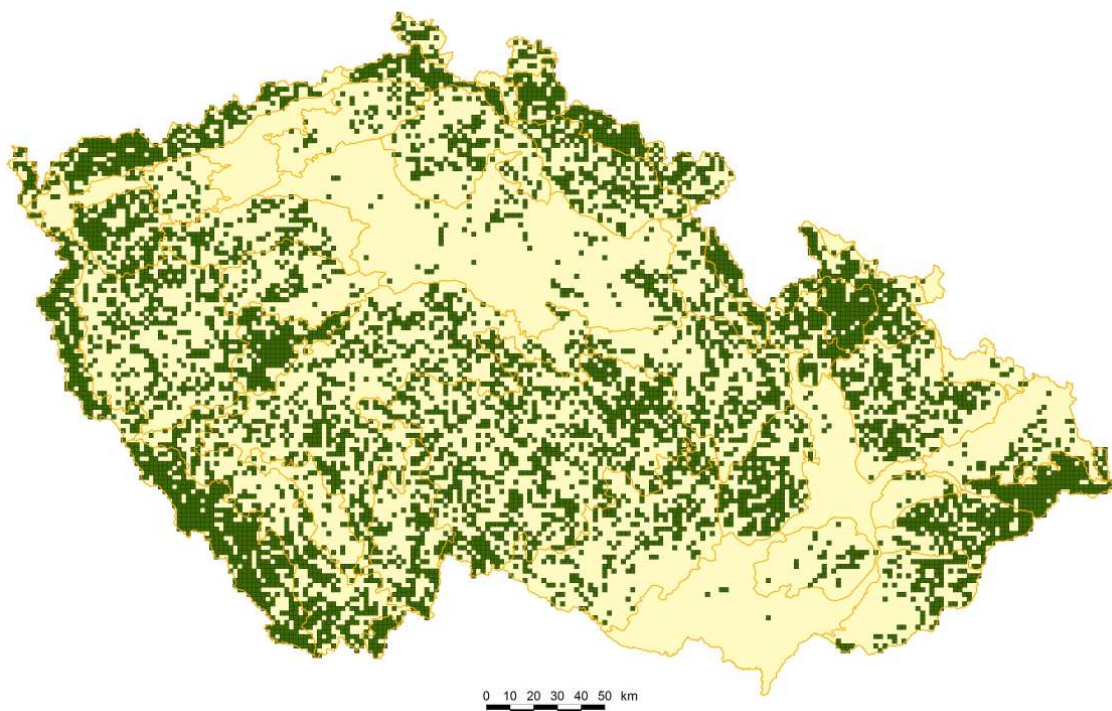
4.1 Areál výskytu smrku ztepilého

Smrk má rozsáhlý euroasijský areál – zasahuje až k Ochotskému moři. Je dosti choulostivý na okus zvěří. Snáší nadbytečnou vlhkost a vydrží i stagnující vodu

bažin a rašelinišť (Úradníček, Chmelař 1995). Dožívá se průměrného věku 300 let, ale jsou známy i případy, kdy se jedinci dožili 800 let. Přirozený výskyt smrku ztepilého může být dle Schmidta a Vogta (1977) rozdělen do tří oblastí:

- centrální a jihovýchodní evropská
- severovýchodní evropská
- sibiřská smrková oblast

Do první oblasti spadají horské a subalpínské oblasti a od druhé je oddělena „bezsmrkovou“ částí Polska. Do druhé oblasti patří pobaltské území, Skandinávie a část Ruska. Třetí oblast zahrnuje území na východ od Uralu. Přirozený výskyt smrku ztepilého pokrývá 31 stupňů zeměpisné šířky od Balkánského poloostrova (41°27'N) do nejsevernějšího výskytu v blízkosti řeky Chatanga, Sibiř (72°15'N). Zeměpisná délka zasahuje od 5°27'E ve francouzských Alpách do 154°E k Ochotskému moři ve východní Sibiři. Co se vertikálního rozmístění týče, smrk se vyskytuje prakticky až do nadmořské výšky nad 2300 m n. m. v italské části Alp. Výskyt smrku ztepilého v rámci území České republiky, pocházející z Národní inventarizace lesů ČR, je zobrazen na obrázku č. 7.



Obr. č. 7: Areál výskytu smrku ztepilého při Národní inventarizaci lesů ČR

5 Typologický systém v České republice

Vzhledem k povaze řešené problematiky disertační práce je nutné zmínit se na tomto místě i o typologickém systému v České republice. Typologie lesů vychází z přímo zjišťovaných stanovištních podmínek, podle nichž se usuzuje na působení jednotlivých ekologických faktorů. Používá se i nepřímá indikace stanovištních podmínek prostřednictvím floristického složení vegetace.

Základní jednotkou diferenciacie růstových podmínek je lesní typ, definován již v roce 1956 Zlatníkem – soubor lesních biocenóz původních a změněných a jejich vývojových stádií včetně prostředí, tj. geobiocenóz vývojově k sobě náležejících se stejnými trvalými ekologickými podmínkami (Plíva 1991). Lesní typ je produkčně jednotnou jednotkou se stejnými trvalými produkčními podmínkami. Je charakterizován význačnou kombinací druhů příslušné fytoocenózy, půdními vlastnostmi, výskytem v terénu a potenciální bonitou dřevin. Pro označení typů se používají symboly odvozené z jednotného systému, z něhož vychází i pojmenování lesního typu (bohatá bučina maňinková), které se u oblastní varianty rozšiřuje o význačný nebo diferenciální znak stanoviště (na melafyrových svazích).

Vyšší typologickou jednotkou je soubor lesních typů, který spojuje lesní typy podle ekologické příbuznosti vyjádřené hospodářsky významnými vlastnostmi stanoviště (hlinitá dubová bučina – 3H). Soubory lesních typů (SLT) jsou základními jednotkami typologického systému. V ekologické síti vymezují soubory typů edafické kategorie a klimatické stupně. Tyto stupně se označují jako vegetační lesní stupně, neboť k jejich nepřímému vymezení byla použita vegetace, především zastoupení dřevinné skladby. Příbuzné kategorie tvoří řady. Pro přehlednost a jednoduchost bylo zavedeno označování SLT jednoduchou kombinací čísel lesních vegetačních stupňů v rozmezí 0-9, kde stupeň 0 označuje bory a od stupně 1 nahoru přechází se zvyšující se nadmořskou výškou stupeň dubový až do stupně klečového. Velké písmeno na druhém místě popisné zkratky označuje půdní edafickou kategorii (K – kyselá, H – hlinitá, P – oglejená kyselá). Takže v našem případě např. 3H znamená

hlinitá dubová bučina. Lesní typ přibírá v posloupnosti další číslo např. 306, slovním označením jedlodubová bučina šřavelová.

Vegetační lesní stupně vyjadřují vztahy mezi klimatem a biocenózou v níž je vedle kombinace rostlinných druhů rozhodují složení přirozené dřevinné složky. Důležité je, že vlastní stupňovitost není jen výrazem makroklimatu, ale v přírodě je většinou podmíněna lokálními podmínkám – mezoklimatu. Jde o celý komplex podmínek, ovlivňujících výsledný poměr dřevin. Dřevinou skladbou charakterizované vegetační stupně jsou základními jednotkami pro nepřímé vyjádření výškového klimatu. Pro označení stupně je rozhodující skladba souborů živné řady, z důvodu přímější závislosti na výškovém klimatu (u ostatních řad se na zonalitě podepisuje větší množství faktorů).

Horizontální členění v ekologické síti je výraznější než třídění vertikální. Pro horizontální diferenciaci jsou podstatné zejména půdní rozdíly. Základem třídění podle půdních vlastností jsou kategorie vymezené hospodářsky významnými vlastnostmi stanoviště a příslušnou edafickou druhovou kombinací. Stanoviště lze v podstatě rozdělit do dvou základních skupin – ovlivněná vodou, a kategorie vodou neovlivněné. U první zmíněné skupiny je pro vytvoření řad prvořadým stupněm ovlivnění vodou a dále její vlastnosti. Dále je na těchto stanovištích podstatná i hospodářsky významná bohatost půdy. Kategorie neovlivněné vodou tvoří řady, jejich ekologická povaha je vyjádřena charakterem jejich fytoocenóz. Řada kyselá, živná a obohacená jsou vyhrazené fytoecologicky a tvoří základ celého systému. U extrémní řady jsou fytoocenózy jednotlivých kategorií překryty výraznějším znakem extrémního stanoviště.

Obecně lze prohlásit, že znaky, podle nichž jsou kategorie sdruženy do řad, udávají i postavení kategorií v řadě, které mohou být základní, vedlejší nebo na přechodu k jiné řadě.

Charakteristika vybraných ekologických řad:

kyselá – v České republice patří k nejrozšířenější ekologické řadě. Zahrnuje soubory na půdách minerálně chudých až výrazně chudých a kyselých, které jsou na jedné straně dobře provzdušněné, ale na straně druhé vykazují zhoršenou humifikaci. Tyto půdy se vyznačují snadnějším vysycháním, mají zhoršený vodní režim, půdy nedokáží vodu dlouhodoběji zadržet. Tato charakteristika je patrná zejména v nižších polohách. V důsledku nižšího stupně

nasycení půdních koloidů a snížené sorpční kapacity vykazují ztrátu živin. V souborech této ekologické řady je také zjevný špatný koloběh dusíku. V podrostu se nacházejí především acidofilní druhy, tzn. bika hajní, metlička křivolaká, ostřice kulkonosná, kostřava ovčí, třtina rákosovitá, třtina chloupkatá. Z lesnického hlediska je ekologická řada vhodná, neboť zde nedochází k významnému zabuřnění, do pěstební činnosti není třeba vkládat tak velké finanční prostředky, jsou zde větší možnosti přirozené obnovy lesa apod.

Živná - zahrnuje soubory na půdách středně bohatých až bohatých. Půdy jsou dobře provzdušněné, s příznivou vlhkostí a dobrou humifikací. V podrostu nalezneme mezotrofní druhy, tzn. mařinka vonná, kyčelnice cibulkonosná, ostřice chlupatá, srha říznačka. Lesnické hledisko má v této ekologické řadě svá pro i proti. Lesní porosty mají vysokou produkci, ale vzhledem k příznivým podmínkám dochází k silnému zabuřnění, je třeba věnovat větší pozornost pěstebním zásahům.

Oglejená – tato řada je střídavě zamokřená, kdy k zaplavování půd dochází zejména při jarním tání sněhu. V létě jsou půdy vyschlé a zhutnělé. Humifikace je zpomalená. Mezi převládající půdní typy lze zařadit oglejené hnědé lesní půdy, přecházející do pseudoglejových podzolů. V podrostu se nachází bika chlupatá, ostřice třeslicovitá, mochna nátržník, sítiny, hasivka orličí, metlice trsnatá atd. Typické dřeviny na těchto stanovištích jsou dub letní, jedle bělokorá, bříza, případně ve vyšších polohách smrk, který zde trpí větrem.

Charakteristika vybraných edafických kategorií:

Kyselá K – je základní kategorií kyselé řady a nejrozšířenější kategorií lesních stanovišť v České republice. Díky takovému rozsahu se u této kategorie projevuje větší rozpětí stanovištních vlastností. Typické pro tuto kategorii je kyselé podloží, oligotrofní kambizem, půdy jsou někdy jen částečně vyvinuté, humusovou formou je morový moder až mor. Charakteristické jsou typy bikové, metlicové, v nižších polohách kostřavové, ve vyšších polohách třtinové. Přechody ke kategorii S tvoří typy se šřavelem kyselým, ke kategorii I typy s bikou chlupatou.

Hlinitá H – jedná se o půdní variantu kategorie B na sprašových a svahových hlínách, popř. na spraších nebo hlinitě zvětrávajících horninách. Kategorie hlinitá je podmíněna živnějším podložím. Půdy jsou většinou hluboké, poněkud těžší, uléhavé, ale příznivě vlhké. Půdní typy často luvizemě, i s náznaky oglejení, a jejich přechody ke kambizemi. Charakteristické typy jsou šťavelové, v nižších polohách typy s ostřicí chlupatou nebo horskou, na přechodech ke kategorii I se třtinou rákosovitou.

Oglejená kyselá (pseudoglejová) P – je základní kategorií oglejené řady. Nejvýznamnějším půdním typem je logicky pseudoglej, méně často se vyskytuje oglejená kambizem a pseudoglejový podzol. Nejčastější formou humusu je morový moder. Charakteristické jsou typy s bikou chlupatou, třtinové a metlicové. Ukazatelem přechodu k chudší kategorii je borůvka, k bohatší šťavel kyselý, svízel drsný, ostřice třeslicovitá.

Tabulka č. 1: Přehled souborů lesních typů ČR – příloha č. 2 k vyhlášce č. 83/1996 Sb.

ŘADA	kat.	lys	lys													kat.						
			0 bor	1 db	2 bk-db	3 db-bk	4 bk	5 id-bk	6 sm-bk	7 bk-sm	8 sm	9 kleč										
EXTRÉMNÍ	XX	otěmnoř.	X	dřinová DB	1X	dřinová DB a bk	2X	dřinová BK	3X	dřinová BK	4X	4X						X				
	Z	reiktní BOR	OZ	zakuslá DB	1Z	zakuslá bkDB	2Z	zakuslá dbBK	3Z	zakuslá BK	4Z	zakuslá jdBK	5Z	zakuslá smBK	6Z	zakuslá bkSM	7Z	ifSM	8Z	KLEČ	9Z	
	Y	roklinoř BOR	OY																			Y
	M	chudý (db)BOR	OM	boDB	1M	chudá bkDB	2M	chudá dbBK	3M	chudá BK	4M	chudá jdBK	5M	chudá smBK	6M	chudá bkSM	7M	chudá SM	8M			M
KYSELÁ	K	kyseľý (db)BOR	OK	kyseľá DB	1K	kyseľá bkDB	2K	kyseľá dbBK	3K	kyseľá BK	4K	kyseľá jdBK	5K	kyseľá smBK	6K	kyseľá bkSM	7K	kyseľá SM	8K	kyseľá SM	9K	K
	I	uléhavá		uléhavá (hb) DB	1I	uléhavá kys. bkDB	2I	uléhavá kys. dbBK	3I	uléhavá kys. BK	4I	uléhavá kys. jdBK	5I	uléhavá kys. smBK	6I	uléhavá kys. bkSM						I
	N	kamenitá smBOR	ON	kamenitá (hb) DB	1N	kamenitá bkDB	2N	kamenitá dbBK	3N	kamenitá BK	4N	kamenitá jdBK	5N	kamenitá smBK	6N	kamenitá bkSM	7N	kamenitá SM	8N			N
ŽIVNÁ	S	středně bohatá		(hb) DB na písloch	1S	svěží bkDB	2S	svěží dbBK	3S	svěží BK	4S	svěží jdBK	5S	svěží smBK	6S	svěží bkSM	7S	svěží SM	8S			S
	C	vysýchavá		suchá hbDB	1C	vysýchavá bkDB	2C	vysýchavá dbBK	3C	vysýchavá BK	4C	vysýchavá jdBK	5C	vysýchavá smBK	6C	vysýchavá bkSM						C
	F	svahová																				F
OBOHACENÁ	H	hlinitá		sprašová hbDB	1H	hlinitá (spraš.) bkDB	2H	hlinitá dbBK	3H	hlinitá BK	4H	hlinitá jdBK	5H	hlinitá smBK	6H	hlinitá bkSM						H
	B	bohatá		bohatá hbDB	1B	bohatá bkDB	2B	bohatá dbBK	3B*	bohatá BK	4B*	bohatá jdBK	5B*	bohatá smBK	6B	bohatá bkSM	7B					B
	D	hlinitá		obohacená hbDB	1D	obohacená bkDB	2D	obohacená dbBK	3D	obohacená BK	4D	obohacená jdBK	5D	obohacená smBK	6D	obohacená bkSM						D
OBOHACENÁ	A	kamenitá		hbDB	1A	hbDB	2A	1pdbBK	3A	1pBK	4A	1kBK	5A	1ksmBK	6A	1kSM	8A					A
	J	suťová		hbAV	1J	hbAV			3J	1pJV			5J	vrcholová jdBK								J
	L	lužní		hlitný LUH	1L	potoční LUH	2L		3L	3L			5L	LUH ořeš. šedé	6L							L
OGLEJENÁ	D	údoňní		topolový LUH	1U				3U													D
	V	vlhká		vlhká hbDB	1V	vlhká bkDB	2V	vlhká dbBK	3V	vlhká BK	4V	vlhká jdBK	5V	vlhká smBK	6V	vlhká bkSM	7V	vlhká SM	8V			V
	O	středně bohatá		svěží jdBOR	0O	1pDB	1O	1pDB	2O	1pDB	3O	1pDB	4O	1pDB	5O	1pDB	6O	1pDB	7O	1pDB	8O	O
PODMÁČENÁ	P	kyseľý jdBOR		svěží jdB(sm)	0P	kyseľá jdB	2P	kyseľá dbBK	3P	kyseľá BK	4P	kyseľá jdBK	5P	kyseľá smBK	6P	kyseľá bkSM	7P					P
	Q	chudý jdBOR		bíDB	0Q	chudá jdB	2Q	chudá dbBK	3Q	chudá BK	4Q	chudá jdBK	5Q	chudá smBK	6Q	chudá bkSM	7Q	chudá SM	8Q			Q
	T	chudý bíBOR		bíDB	0T	podmáčená chudá jdB	2T	podmáčená chudá dbBK	3T	podmáčená BK	4T	podmáčená jdBK	5T	podmáčená smBK	6T	podmáčená bkSM	7T	podmáčená SM	8T			T
PODMÁČENÁ	G	středně bohatá		vrDB	0G	podmáčená jdB	2G	podmáčená dbBK	3G	podmáčená BK	4G	podmáčená jdBK	5G	podmáčená smBK	6G	podmáčená bkSM	7G	podmáčená SM	8G			G
	R	rašelinový BOR		rašelinový BOR	0R	rašelinový SM	2R	rašelinový dbBK	3R	rašelinový BK	4R	rašelinový jdBK	5R	rašelinový smBK	6R	rašelinový bkSM	7R	rašelinový SM	8R	rašelinový SM	9R	R

6 Metodika

6.1 Datový materiál

Strategie odběru vzorků – ve vyznačených porostech se provedl v době vegetačního klidu odběr vzorků s cílem získat dostatečné množství numerického materiálu – vývrtů ke studiu tloušťkového přírůstu. Pro letokruhovou analýzu byly vybírány stromy zdravé, nepoškozené a pokud možno z nejvyšších stromových tříd, v Konšelově klasifikaci hodnocené jako zástupci tříd 1 a 2a. U takovýchto jedinců se předpokládá, že byli minimálně ovlivňováni v růstu okolo stojícími stromy, resp. těžebními zásahy prováděnými v jejich blízkosti a proto jsou hodnoty jejich přírůstů považovány za nejvěrohodnější. Celkem bylo odebráno 95 vývrtů, vždy po jednom z každého vzorníku, pro následné zpracování jich bylo použito celkem 80. Výběr vzorníků v porostu byl náhodný s ohledem na výše zmíněné zadání. Odběr vzorků byl načasován tak, aby byl ukončen radiální růst a bylo možné přesně přiřadit poslednímu letokruhu rok jeho vzniku. Z každého stromového vzorníku se odebíral 1 vývrt ve výšce 1,3 m nad zemí, z náhodně měněného směru bez ohledu na světové strany.

Vývrty se po vyjmutí Presslerovým nebozezem vlepily do vyfrézovaných drážek na podkladových prknech, pomocí pásové ruční a stacionární brusky se povrch vývrtů vyhladil a v rozlišení 600 dpi naskenoval. Tím byla „zdigitalizována“ podoba letokruhů pro případné další měření jiných charakteristik tloušťkového přírůstu v budoucnu. Proměření šířek letokruhů – měření šířek letokruhů bylo provedeno pomocí počítačové analýzy obrazu a s využitím programu Letokruhy 2.3, který byl k těmto účelům sestaven - naprogramován na katedře hospodářské úpravy lesa, Fakulty lesnické a dřevařské při ČZU v Praze. Pro zvýraznění hranice letokruhů mezi letním a jarním dřevem byly vzorky před skenováním namáčeny do vody, která zajistila zvýšení kontrastu naskenované bitmapy a viditelný přechod mezi pozdním letním a jarním dřevem.

6.2 Matematicko statistické metody

Při výzkumu souborů dat byly použity následující matematické postupy. Průměrné hodnoty tloušťkových přírůstků, průměrná hodnota letokruhové chronologie ad. byly zjišťovány s použitím aritmetického průměru.

Aritmetický průměr:

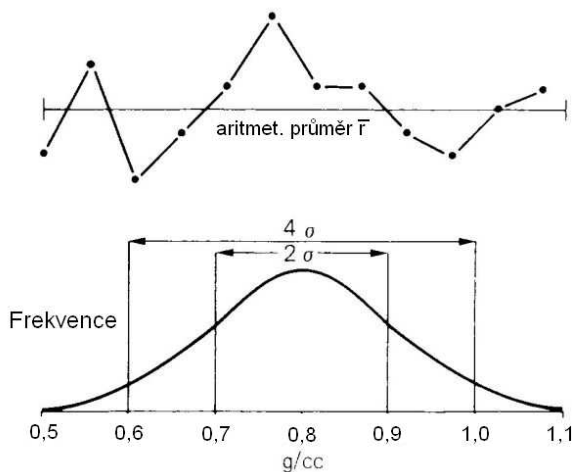
$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}, \quad (1)$$

kde x_i jsou naměřená data a n je počet měření.

Směrodatná odchylka

$$s_x = \pm \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Může být použita pro grafickou interpretaci rozdělení (hodnot kolem průměru). Pokud mají data normální rozdělení, dvě třetiny hodnot leží v hodnotě směrodatné odchylky nahoru a dolů od průměru.



Obr. 8: Normální rozdělení, 95% hodnot leží v rozmezí ± 2 směrodatných odchylek (viz. Schweingruber 1983).

Procento souběžnosti

K synchronizaci dvou letokruhových sérií byl použit Gleichläufigkeit (znaménkový test nebo též procento souběžnosti), jež je měřítkem jejich podobnosti. Interval mezi dvěma po sobě jdoucími body je testován na vzestupný nebo sestupný trend. Podobnost mezi oběma sériemi je následně vyjádřena jako procentuální podíl všech intervalů, ve kterých křivky zaznamenaly stejný trend. Do vzorce tedy nevstupují absolutní hodnoty letokruhů, ale jen charakter jejich změn.

Gleichläufigkeit pro 2 křivky:

$$G_{(x,y)} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} |G_{ix} + G_{iy}|, \quad (3)$$

přičemž hodnoty G_{ix} a G_{iy} jsou určeny podle následujícího předpisu:

$$\begin{aligned} \Delta_i = (x_{i+1} - x_i) \quad \text{kdýž} \quad \Delta_i > 0: G_{ix} = +\frac{1}{2} \\ \Delta_i = 0: G_{ix} = 0 \\ \Delta_i < 0: G_{ix} = -\frac{1}{2} \end{aligned}$$

Trend intervalu

Pro synchronizaci více křivek byl použit Trend intervalu. Vychází ze stejného principu – popisuje, kolik křivek v daném intervalu zaznamenalo shodný trend. Tím dojde k odvození roků, jež jsou důležité k datování.

Trend intervalu pro m křivek:

$$t_i = \frac{\sum_{j=1}^m t_{ij}}{m}; \quad i = 1 \dots m, \quad (4)$$

kde hodnoty T_{ix} odvodíme dle následujícího podkladu:

$$\Delta_i = (x_{i+1} - x_i) \quad \text{když} \quad \begin{aligned} \Delta_i > 0: T_{ix} &= 1 \\ \Delta_i = 0: T_{ix} &= \frac{1}{2}, \\ \Delta_i < 0: T_{ix} &= 0 \end{aligned}$$

Hodnoty jsou vyjádřeny v procentech stoupajících intervalů. Roky, které vykážou více jak 90% (80%) resp. méně jak 10% (20%) shodnosti růstu jsou z hlediska datování považovány za důležité a jsou označeny za signatury neboli pointer years.

Korelační koeficient

K synchronizaci byl využit i korelační koeficient. Ten udává, do jaké míry jsou hodnoty x_i a y_i svázány lineární funkcí. Hodnota $r = 1$ deklaruje identické hodnoty křivek, $r = 0$ naznačuje, že mezi křivkami není žádný vztah, a křivky, jejichž $r = -1$ jsou negativně korelované.

Korelační koeficient r :

$$r = \pm \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (5)$$

Pro testování rozdílů v přírůstech mezi stanovišti byl použit **párový t-test**, posuzuje se podobnost průměrů ve dvou výběrech. Směrodatná odchylka se spočte dle vzorce:

$$S_{\bar{d}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_i (d_i - \bar{d})^2}{n-1}},$$

kde $d_i = x_i - y_i$.

Testovací statistika má tvar:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}. \quad (6)$$

Pro otestování rozdílů mezi středními hodnotami přírůstků na jednotlivých stanovištích byl použit **Kruskal-Wallisův test**, který je neparametrickou obdobou analýzy rozptylu jednoduchého třídění a je zobecněním dvouvýběrového Wilcoxonova testu.

Jako testová statistika se zde používá:

$$Q = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^r \frac{T_i^2}{n_i} - 3(n+1), \quad (7)$$

kde T_i je součet pořadí pro i -tou veličinu a r je počet porovnávaných veličin. Tato statistika má asymptoticky χ^2 rozdělení s $r-1$ stupni volnosti. Zamítneme-li pomocí Kruskal-Wallisova testu hypotézu o rovnosti veličin, je ještě třeba rozhodnout, které dvojice veličin se od sebe významně odlišují. K tomu lze použít metody popsané Millerem (1966). Prohlásíme, že i -tá a j -tá veličina se od sebe významně liší, pokud

$$|t_i - t_j| > \sqrt{\frac{1}{12} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right) n(n+1) h_{r-1}(\alpha)}, \quad (8)$$

kde $h_{r-1}(\alpha)$ je kritická hodnota Kruskalova-Wallisova testu.

V rámci etapy nazvané **standardizace**, též *odstranění věkového trendu*, byl, jak již název napovídá, odstraněn vliv věku na tloušťkový přírůstek z časové řady tloušťkových přírůstků s cílem vytvořit stacionární časovou řadu. Jedná se o tvorbu letokruhových indexů. Postup se skládá ze 3 částí:

- trend letokruhové řady modelujeme vhodnou metodou jako funkci času,
- vypočítáme modelovanou hodnotu letokruhu z modelu trendu,
- vypočítáme letokruhový index podle vzorce:

$$I = W_t / W_m (*100)$$

Ihodnota letokruhového indexu

W_tnaměřená šíře letokruhu

Wm...vypočtená šíře letokruhu podle modelu trendu

Postupem, kdy se počítají letokruhové indexy, tzn. skutečná šíře letokruhu se dělí hodnotou odvozenou z modelu trendu, se docílí odstranění dlouhodobých fluktuací a vlivu věku na výši přírůstu.

Pro úplné přírůstkové řady je vhodné využívat deterministické metody, např. níže popsanou Korfovu přírůstovou funkci, popř. funkci Chapman - Richardsovu.

Korfova růstová funkce je definována vztahem:

$$y = Ae^{\frac{k}{(1-n)x^{n-1}}} = Ae^{\varphi(x)}, \quad (9)$$

kde A, k, n jsou parametry určující tvar funkce, parametr A je asymptota, k níž se hodnoty růstové veličiny v nekonečnu přibližují, x je věk, e je základ přirozených logaritmů.

Pro vyčíslení modelu trendu byly odhadnuty parametry Korfovy růstové funkce A, k, n pomocí metody nelineární regrese, speciálně Levenberg-Marquardtova algoritmu, přičemž pro výpočet byl použit software Mathematica 4.1. Běžný roční přírůst odpovídá první derivaci této funkce (Korf 1939) a je vyjádřen vztahem:

$$y' = Ae^{\varphi(x)} \cdot \alpha = Ae^{\frac{k}{(1-n)x^{n-1}}} \cdot \frac{k}{x^n}, \quad (10)$$

kde alfa je růstová intenzita.

6.3 Charakteristika oblasti

Tato disertační práce je zaměřena na dendrochronologický průzkum oblasti Kostelec nad Černými Lesy, kde se rozkládá území Školního lesního podniku při České zemědělské univerzitě v Praze. Zařizovací obvod spadá do dvou přírodních lesních oblastí:

PLO 10 - Středočeská pahorkatina 99,1%, která se dělí na 3 podoblasti
10a středočeský pluton – ŠLP Kostelec n.Č.l. náleží do této podoblasti
10b Předhoří Brd a Hřebenů
10c Železné hory
PLO 17 – Polabí

6.3.1 Historický vývoj PLO 10 - Středočeská pahorkatina

V minulosti byly lesy v této oblasti pod velkým tlakem stejně jako na jiných místech. Klučení lesů začalo na počátku 13. stol. V lese se vybíral potřebný sortiment toulavě a co nejbližší u odvozní cesty. Na potřeby lesa se nebral ohled. Velmi negativně se také projevila pastva dobytka a hrabání steliva. Tlak na les ustal až za doby husitských válek a třicetileté války, kdy se les vracel na místa zaniklých osad.

Další nerovnoměrný způsob „využívání“ lesa nastal v 17.stol s rozrůstající se sklářskou výrobou. Po vyčerpání paliva z lesů přirozené skladby v blízkostech provozů se sklárny musely stěhovat na jiná místa (Průša 2001). Změna skladby lesních porostů zde nastala se začátkem vysévání lesních dřevin roku 1790. Osvědčil se smrk jako rychle rostoucí dřevina s přímým kmenem, jejíž pěstování není na rozdíl od dubu či buku náročné. Výchovné těžby lze provádět v delších časových intervalech a s větší intenzitou, neboť zde nehrozí riziko zkošatění koruny. Od konce 19. stol. se již na větších majetcích přestalo s hrabáním steliva.

6.3.2 Klimatické poměry

Pro zjištění klimatologických údajů se ze zeměpisného hlediska nejvíce hodí postavení meteorologické stanice Ondřejov, jen několik kilometrů vzdálené od místa výzkumu disertační práce.

Průměrný roční úhrn srážek, vypočtený jako průměr od roku 1961, činí 671,9 mm, přičemž rok 1990 byl nejsušší – 454,4 mm a rok 2002 naopak nejvlhčí – 1049 mm.

Průměrná roční teplota činí 7,7 °C. Nejnižší teplota (6,2 °C) byla dosažena v roce 1996 a nejvyšší teplota (9,4 °C) v roce 2000. Souhrnný přehled všech

klimatologických hodnot je uveden v následující tabulce č. 2, podrobný přehled teplot v tabulce č. 3 a srážkových úhrnů v tabulce č. 4

Tabulka č.2: Souhrnný přehled klimatologických hodnot stanice Ondřejov

Průměrná roční teplota	7,7 °C
Průměrná teplota za vegetační období (duben-září)	13,9 °C
Průměrná teplota nejchladnějšího měsíce (leden)	-2,3 °C
Průměrná teplota nejteplejšího měsíce (červenec)	17,3 °C
Průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou	50
Průměrný roční úhrn srážek	671,9 mm
Průměrný úhrn srážek za vegetační období	423,8 mm
Průměrný úhrn srážek v zimě	278,7 mm
Průměrný úhrn srážek v nejvlhčím měsíci (červenec)	86,5 mm
Průměrný úhrn srážek v nejsušším měsíci (únor)	35,7 mm
Dny se srážkami 0,1 mm a více	90–100
Průměrný počet letních dnů	40-50

Tabulka č. 3: Podrobný přehled měsíčních teplot stanice ČHMÚ Ondřejov

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	prům.t.	veg.obd.
1961	-3,1	1,8	5,3	11,0	9,8	16,2	15,1	15,6	16,3	9,4	2,3	-3,0	8,1	14,0
1962	-1,2	-2,3	-1,1	8,5	9,5	14,1	14,8	17,0	12,8	8,4	1,6	-5,7	6,4	12,8
1963	-8,8	-6,5	1,2	8,2	12,0	15,9	18,7	16,7	14,1	7,9	6,2	-5,7	6,7	14,3
1964	-5,5	-2,7	-1,5	8,4	13,2	17,6	18,6	15,3	13,1	6,8	3,2	-1,7	7,1	14,4
1965	-0,6	-4,6	0,8	6,3	9,9	15,2	15,2	15,4	12,8	7,7	-0,6	0,8	6,5	12,5
1966	-5,5	3,8	1,8	9,1	12,7	16,5	15,9	15,4	12,8	11,4	1,2	-0,3	7,9	13,7
1967	-2,6	0,8	4,1	6,4	12,5	15,2	18,8	16,8	14,0	10,7	2,5	-1,6	8,1	14,0
1968	-3,7	-0,6	3,5	9,0	10,9	16,2	16,1	15,8	12,6	8,6	2,8	-3,9	7,3	13,4
1969	-3,1	-3,1	-0,7	6,7	14,2	15,0	18,1	15,9	13,8	9,8	3,7	-6,4	7,0	14,0
1970	-4,5	-2,8	0,4	5,3	10,6	16,4	17,0	16,6	12,6	7,1	4,5	-1,5	6,8	13,1
1971	-3,0	-0,5	-0,1	8,2	13,8	13,5	18,0	19,1	11,1	7,9	1,7	1,9	7,6	14,0
1972	-4,2	0,5	5,0	6,5	11,8	15,1	18,0	15,8	10,5	5,7	3,1	-1,7	7,2	13,0
1973	-2,0	-0,7	3,6	4,7	12,5	15,4	16,9	18,2	15,0	6,4	1,0	-1,9	7,4	13,8
1974	0,8	2,1	6,0	7,8	11,2	13,5	15,1	17,7	12,9	4,0	2,8	2,6	8,0	13,0
1975	1,8	-0,3	3,7	6,5	12,3	14,3	17,9	18,0	16,4	6,8	1,1	-0,9	8,1	14,2
1976	-1,2	-1,3	-0,7	7,1	12,7	16,6	18,9	15,4	11,9	9,2	3,9	-2,8	7,5	13,8
1977	-2,1	0,9	5,7	5,3	12,1	15,9	16,2	15,8	10,9	9,0	3,6	-1,3	7,7	12,7
1978	-1,2	-3,0	3,7	6,5	11,2	14,7	15,2	15,0	11,6	8,2	2,2	-0,5	7,0	12,4
1979	-5,5	-1,7	3,2	6,0	13,3	18,0	14,2	15,9	13,0	6,6	2,3	2,5	7,3	13,4
1980	-4,7	0,8	1,6	4,7	9,7	14,4	14,1	16,1	12,6	7,1	1,0	-1,6	6,3	11,9
1981	-4,0	-1,7	5,8	6,8	13,0	16,1	15,8	16,5	13,8	7,6	2,9	-3,8	7,4	13,7
1982	-5,5	-2,3	3,6	5,2	13,0	16,4	18,5	17,5	16,5	9,0	3,8	0,8	8,0	14,5
1983	1,8	-3,5	3,2	8,8	12,7	16,0	20,8	18,0	13,5	8,3	1,2	-1,4	8,3	15,0
1984	-1,3	-2,0	1,4	6,2	11,1	13,5	14,8	16,6	11,5	9,1	3,4	-1,5	6,9	12,3
1985	-7,2	-5,4	1,8	6,8	13,4	12,7	17,4	16,8	12,7	7,5	-0,6	2,1	6,5	13,3
1986	-1,7	-7,7	2,3	8,4	14,6	15,4	16,5	16,5	11,2	8,4	3,8	-0,3	7,3	13,8
1987	-8,2	-1,9	-2,4	8,2	10,2	14,1	16,9	14,9	14,6	8,4	3,3	0,4	6,5	13,2
1988	1,1	0,6	1,0	7,9	14,4	14,7	17,2	16,8	12,7	8,6	-0,4	0,9	8,0	14,0
1989	-0,3	1,9	5,9	7,9	13,1	14,7	17,2	17,0	13,9	9,5	0,6	0,6	8,5	14,0
1990	-0,2	4,2	6,3	6,5	13,8	15,6	17,1	18,5	10,8	8,7	3,2	-1,3	8,6	13,7
1991	0,1	-4,2	5,1	6,8	8,8	14,3	18,7	17,2	14,1	7,0	1,9	-2,1	7,3	13,3
1992	-0,2	1,5	3,5	7,7	14,1	17,2	18,8	20,5	13,3	6,1	3,2	-1,7	8,7	15,3
1993	0,6	-3,0	1,8	9,2	15,2	15,8	15,9	16,7	12,1	7,4	-0,4	1,8	7,8	14,2
1994	1,8	-1,3	5,5	7,7	12,3	16,5	21,6	17,9	13,8	6,2	5,2	0,9	9,0	15,0
1995	-2,1	3,5	2,0	8,0	12,1	14,5	20,2	17,2	12,1	10,3	0,2	-3,0	7,9	14,0
1996	-5,1	-4,2	-0,9	7,8	11,9	15,7	15,7	16,6	9,4	8,7	3,9	-5,1	6,2	12,9
1997	-4,8	2,1	4,0	4,7	12,8	16,1	16,4	18,8	13,2	5,8	2,5	0,5	7,7	13,7
1998	0,4	3,0	2,8	9,7	13,8	16,5	16,5	17,0	12,4	7,9	0,1	-1,2	8,2	14,3
1999	-0,2	-1,7	4,6	8,9	14,0	15,2	19,1	17,4	16,9	7,9	1,8	0,0	8,7	15,3
2000	-2,1	2,8	3,6	11,6	15,4	17,7	15,2	19,3	13,1	10,8	4,7	0,4	9,4	15,4
2001	-1,7	0,7	3,4	7,2	14,8	14,5	17,8	18,6	11,0	11,7	1,4	-3,2	8,0	14,0
2002	-0,9	3,8	4,3	7,6	15,8	17,8	18,5	19,2	12,3	6,8	4,0	-2,8	8,9	15,2
2003	-2,5	-3,8	4,4	7,7	15,7	20,3	19,3	21,6	14,7	5,4	4,5	-0,9	8,9	16,6
2004	-3,6	0,6	2,7	8,9	11,7	15,5	18,1	19,0	14,0	9,3	2,9	-1,3	8,2	14,5
2005	-0,5	-4,1	1,2	9,4	13,0	15,9	17,6	15,7	14,5	9,6	1,4	-1,7	7,7	14,4
2006	-6,1	-3,1	-0,1	7,8	12,6	16,8	21,7	14,7	15,9	10,2	5,3	2,2	8,2	14,9
2007	2,9	2,4	5,2	11,0	14,2	17,9	18,2	17,9	11,3	7,3	0,5	-1,3	9,0	15,1
Prům.	-2,3	-0,9	2,7	7,6	12,6	15,7	17,3	17,1	13,1	8,1	2,4	-1,2	7,69	13,90

Tabulka č. 4: Měsíční úhrny srážek stanice ČHMÚ Ondřejov

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ rok	v.obd.
1961	17,7	44,0	43,1	100,1	114,5	59,5	78,3	98,4	38,8	55,4	32,5	31,7	714,0	489,6
1962	31,9	46,0	41,7	40,3	102,8	13,2	113,5	43,9	50,2	17,3	27,9	28,7	557,4	363,9
1963	28,0	18,6	31,8	22,1	80,0	184,7	36,6	58,3	56,0	14,5	43,2	7,4	581,2	437,7
1964	18,0	24,8	30,8	40,7	56,3	82,6	25,5	128,3	24,2	113,6	45,0	32,1	621,9	357,6
1965	50,1	38,7	52,8	85,8	172,2	87,4	110,3	82,2	36,9	11,3	48,4	58,5	834,6	574,8
1966	30,3	54,8	54,8	50,7	60,5	100,6	130,9	194,7	25,1	43,4	33,0	74,0	852,8	562,5
1967	50,3	33,3	39,3	38,3	149,1	101,3	51,9	42,2	112,1	32,0	31,4	69,7	750,9	494,9
1968	48,9	24,1	40,6	42,4	48,9	103,6	55,0	107,7	50,0	54,7	61,4	29,0	666,3	407,6
1969	45,5	31,5	48,9	36,9	47,1	93,2	54,8	53,9	4,1	20,2	57,0	31,1	524,2	290,0
1970	17,7	98,6	77,1	72,0	57,3	46,1	51,9	76,9	41,6	76,4	70,6	38,1	724,3	345,8
1971	10,4	22,3	31,6	36,5	76,4	138,9	19,6	61,8	44,3	15,4	58,8	29,4	545,4	377,5
1972	20,3	12,1	13,5	49,3	104,3	98,7	60,3	62,7	90,4	15,9	16,5	2,5	546,5	465,7
1973	28,5	33,9	29,0	58,3	51,9	80,9	121,5	4,2	16,5	31,8	29,3	40,1	525,9	333,3
1974	43,3	20,0	19,0	8,0	101,5	125,1	102,6	114,9	33,9	101,5	43,6	115,4	828,8	486,0
1975	26,2	22,0	47,9	33,6	68,7	112,1	89,6	49,7	22,7	36,1	58,4	27,3	594,3	376,4
1976	94,0	11,6	31,4	15,0	70,0	46,0	20,4	59,4	47,9	64,2	63,0	31,8	554,7	258,7
1977	78,6	40,0	34,2	50,2	29,0	83,6	138,9	190,6	41,9	23,6	71,0	18,8	800,4	534,2
1978	32,2	22,7	36,8	51,8	108,8	64,1	74,5	86,8	75,3	45,4	22,6	44,0	665,0	461,3
1979	59,4	32,9	84,2	68,9	23,5	172,5	56,7	43,2	118,7	17,6	78,0	62,2	817,8	483,5
1980	30,0	33,1	61,6	134,3	68,2	94,7	211,9	38,5	58,7	76,4	38,2	72,3	917,9	606,3
1981	78,2	49,5	79,0	35,6	117,7	30,5	269,2	48,3	50,7	90,6	76,7	65,4	991,4	552,0
1982	29,7	9,8	47,9	33,7	43,5	76,9	55,6	102,6	13,6	14,7	47,1	48,3	523,4	325,9
1983	61,8	58,6	33,4	78,6	96,3	69,9	15,5	148,9	42,4	17,5	40,2	17,8	680,9	451,6
1984	37,5	39,5	40,8	62,3	81,7	42,3	91,8	73,4	99,1	26,3	24,4	18,6	637,7	450,6
1985	46,7	36,5	29,1	34,2	75,8	89,3	77,3	102,9	24,7	15,4	68,9	43,2	644,0	404,2
1986	65,5	18,5	32,1	41,1	123,6	21,1	73,9	134,0	27,9	43,5	25,9	70,6	677,7	421,6
1987	70,4	40,9	31,5	35,1	118,2	107,8	86,4	95,4	54,6	22,1	43,0	63,9	769,3	497,5
1988	29,0	39,7	65,1	12,0	30,8	109,5	124,3	101,0	47,4	18,2	52,6	70,1	699,7	425,0
1989	15,0	42,9	37,5	61,3	19,3	44,2	78,0	63,7	85,0	38,4	38,1	24,7	548,1	351,5
1990	9,2	54,5	24,5	77,1	37,5	46,8	8,9	35,5	42,6	27,5	62,7	27,6	454,4	248,4
1991	13,7	10,3	31,9	27,1	36,6	109,0	93,7	95,0	23,2	24,6	75,4	58,6	599,1	384,6
1992	29,9	42,9	71,7	26,7	9,5	97,8	41,2	82,7	37,7	52,4	30,0	34,4	556,9	295,6
1993	34,4	49,6	33,4	28,0	72,2	85,6	95,4	70,0	51,7	51,2	54,9	66,8	693,2	402,9
1994	25,5	16,1	69,7	41,3	69,3	32,0	87,3	52,6	33,4	28,6	34,8	75,9	566,5	315,9
1995	64,2	24,4	35,3	65,0	138,6	73,9	32,7	149,8	96,9	8,0	44,1	45,0	777,9	556,9
1996	8,2	19,0	33,7	25,9	148,4	99,3	111,9	99,0	49,8	42,4	32,7	28,7	699,0	534,3
1997	20,7	25,4	57,9	58,4	47,3	103,2	150,5	60,4	23,8	40,0	34,1	51,7	673,4	443,6
1998	22,9	7,3	56,5	22,9	33,4	118,1	89,0	33,4	92,0	102,5	46,5	20,1	644,6	388,8
1999	33,5	58,4	39,6	22,2	49,8	64,3	79,8	49,8	42,2	37,4	26,9	43,2	547,1	308,1
2000	47,0	47,0	136,4	11,5	47,2	54,0	98,1	32,5	42,0	53,1	24,6	18,5	611,9	285,3
2001	24,3	43,0	54,2	65,1	82,8	106,8	101,7	79,1	102,6	26,5	55,8	60,2	802	538,1
2002	23,3	74,5	38,1	26,0	42,5	118,4	207,0	261,0	66,3	82,4	76,0	33,7	1049	721,2
2003	55,4	5,7	11,5	28,9	92,3	20,7	78,1	37,0	34,9	46,3	12,5	48,5	472	291,9
2004	67,6	42,7	47,2	34,0	73,3	79,0	65,0	46,8	50,5	21,7	76,1	17,3	621	348,6
2005	62,1	66,7	33,3	24,4	85,6	63,9	144,3	74,0	35,1	10,0	19,7	53,6	673	427,3
2006	30,4	46,0	62,6	57,4	83,8	134,5	33,0	136,7	16,7	29,2	32,7	26,5	690	462,1
2007	57,6	43,1	37,6	2,8	59,1	79,3	69,3	43,1	125,1	19,7	90,1	26,0	653	378,7
Prům	38,8	35,7	45,1	44,1	74,6	84,4	86,5	83,1	51,1	39,5	46,3	42,6	671,91	423,82

6.3.3 Geologické poměry

Nejrozšířenějším geologickým útvarem je na ŠPL Kostelec permokarbon. Budují ho slepence, pískovce, arkozy, lupky, břidlice a brekcie. Jedná se o horniny snadno podléhající zvětrávání. Výsledkem tohoto procesu jsou půdy, jež se od sebe liší, mimo jiné, zrnitostí. Podle obsahu jednotlivých frakcí jsou zde vymezeny půdy písčité až písčitohlinité. Ty vznikly zvětráváním pískovců a slepenců. Dalším půdním druhem jsou půdy jílovité až jíly, které vznikly z lupků.

Významné zastoupení má též středočeský Pluton, který tvoří podloží na většině lesní správy Jevany a na části LS Skalice. Středočeský masiv hlubinných vyvřelin je zastoupený říčanskou žulou. Těleso říčanské žuly přechází od jemnozrnného typu do hrubozrnné porfyrické žuly s vrostlicemi živce. Svým složením odpovídá říčanská žula spíše granodioritu a proto se nověji nazývá adamellit. Půdy vznikající na těchto matečných horninách jsou minerálně slabé se značnou zrnitostní různorodostí. Poměrně kvalitní půdy s dobrými fyzikálními a chemickými vlastnostmi se vytvářejí na pleistocénních hlínách, převážně sprašových (Všeobecná část LHP).

6.3.4 Pedologické poměry

S ohledem na geologické podloží jsou zde vytvořeny půdy fyzikálně i živinami příznivé. Nejrozšířenější půdní typy jsou kambizem oligotrofní a mezotrofní. Oligotrofní kambizemě jsou vázány především na kyselější typy rul a migmatity; na chudých horninách a půdách druhotně ochuzených přecházejí často do kambizemí podzolovaných, dystrických a podzolů. Mezotrofní kambizemě se vyskytují především na granodioritu a syenodioritu, eutrické kambizemě na nejbohatších horninách (syenitu). Rankery a kambizemě rankerové provázejí kamenité svahy. Litozem je vázána na skalní výchozy. Na sprašových a svahových hlínách jsou časté luvizemě, hnědozemě a kambizemě luvické. Poměrně častým typem na plošinách a v úpadech je pseudoglej, kambizem pseudoglejová, popř. glej. Podél vodotečí se nacházejí fluvizemě a kambizem glejová. Organozem je zastoupena jen v menších lokalitách, antrozem se vyskytuje na několika malých lokalitách v okolí Kutné Hory jako

pozůstatek bývalých stříbrných dolů. Na vápenci a erlanu se vytvořily vápnitě hnědozemě, rendziny a kambizemě rendzinové.

6.3.5 Růstové poměry

Téměř 50% plochy zaujímá 3. vegetační stupeň (dubobukový), přes 20% zaujímá 2. vegetační stupeň (bukodubový) a 4. vegetační stupeň (bukový). Tyto vegetační stupně mají těžiště výskytu v živné a kyselé stanovištní řadě, 4. vegetační stupeň též v řadě oglejené a podmáčené. 5. vegetační stupeň (jedlobukový) zaujímá pouze nejvyšší polohy, naopak 1. vegetační stupeň (dubový) se vyskytuje v nejnižších polohách a to především na exponovaných a extrémních stanovištích. Nultý vegetační stupeň (stupeň borů) je dán vyhraněnými vlastnostmi stanoviště jednak na skalních výchozech (reliktní bor), jednak na ostrůvcích třetihorních a křídových písčítých sedimentů a hadců.

Tabulka č. 5: Zastoupení souborů lesních typů ve stanovištních řadách a kategoriích

lvs	stanovištní řada																				
	Extrémní	kyselá					živná					obohacená		oglejená	podmáč.						
		humusem		vodou																	
	kategorie																				
Z	Y	M	K	N	I	S	C	B	W	H	D	A	J	L	V	O	P	Q	T	G	
9																					
8																					
7																					
6																					
5				0,2	+		0,6		0,2			+	+		+	0,2	0,1	+		0,2	
4	+	+	0,2	3,1	0,1	0,5	3,0	0,1	1,2		0,5	0,4	0,1			0,7	4,5	4,9	1,8	0,1	
3		0,1	1,1	17,3	0,7	4,8	16,0	0,3	1,7	0,1	2,0	0,8	0,7	0,4	0,2	0,7	2,3	0,4		0,1	
2	+	+	0,9	9,5	0,2	2,0	4,7	2,1	0,9	0,1	0,6	0,1	0,1		1,2			1,0	+	0,1	
1	0,8		0,2	1,2		+		0,9	+				0,1	0,2	+	+		+		0,2	
0	0,2		0,1	+			+	+										+	0,1	+	
Σ	1,0	0,1	2,5	31,3	1,0	7,3	24,3	3,4	4,0	0,2	3,1	1,3	1,0	0,6	1,4	1,4	7,0	6,4	1,9	0,1	0,6
	1,1		42,1					35,0					2,9		2,8		15,3			0,7	

Příbuzné soubory lesních typů se z praktických důvodů slučují do cílových hospodářských souborů. V cílové druhové skladbě vedle dřevin základních (většinou smrk nebo borovice, event. buk a dub) mají vždy zastoupení ve formě příměsí i dřeviny meliorační a zpevňující. Ukázka sdružování souborů lesních typů je v tabulce č. 6

Tabulka č. 6: Výběr SLT sdružených dle příbuznosti do cílových hospodářských souborů

soubory lesních typů	cílový hospodářský soubor		cílová druhová skladba	zastoupení HS %
	označ.	název		
3K, 4K (mimo K9), 3I, 4I 3S0, 3S3, 3S5	43	Kyselá stanoviště středních poloh	SM6, BK2, BO1, MD1, DB, JD, HB, LP, BR, DG, VJ alt.: BO6, BK1, DB1, MD1, SM1, JD, HB, LP, BR, VJ	26,7
3S1, 3S2, 3S4, 3S6, 3S8, 4S (mimo 4S3 a 4S9), 3B, 4B (mimo B9), 3H, 4H, 3D (mimo 3D7), 4D (mimo 4D3)	45	Živná stanoviště středních poloh	SM7, BK2, MD1, JD, BO, DB, HB, JV, JS, LP, JL, TR, DG, JDO alt.: DB7, BK2, MD1, JD, JV, JS, LP, JL, SM, BK6-7, DB1-2, MD1, SM+-1, JD+-1, HB, LP, JV, JS, JL, TR	24,6
3O, 3V, 4V	47	Oglejená stanoviště středních poloh	SM7, DB(BK)1-2, MD1, JD+-1, LP, JV, JS, JL, HB, OLL, OS, JDO, BO alt.: DB7-8, LP2, BK(JV)+-1, JD, JS, JL, SM, BK6-8, DB+-3, SM+-2, JV(LP)+-1, JD+-1, MD, HB, JS, JL	13,5
4O, 3P, 4P			SM5-6, DB(BK)1-2, BO+-2, MD1, JD+-1, LP, OLL, OS, BR, JDO, VJ alt.: BO5-6, DB(BK)1-2, MD1, SM+- 1, JD+-1, LP, BR, OS, DB8, BK(LP)2, MD, JD, BO, BR, OS, SM	

Přes značnou rozsáhlou oblast je rozpětí růstových podmínek vymezené soubory lesních typů poměrně úzké, čemuž odpovídá i počet hospodářských souborů. Symetrické rozložení 2. a 4. lvs kolem převládajícího 3. lvs s plošně bezvýznamným uplatněním 1. a 5. lvs soustřeďuje hospodářské soubory převážně do středních poloh, v menší míře do nižších poloh. Smrkové

hospodářství má své těžiště na svěžích půdách v HS 45 a oglejených půdách HS 47. V nejrozšířenějším souboru kyselých stanovišť středních poloh - HS 43 se stýká borové i smrkové hospodářství, které odlišují v tomto rámci svěží a sušší polohy. Obě hlavní hospodářské dřeviny mají v oblasti celkem dobře odlišitelné areály, vymezené soubory lesních typů, které musí být v cílové skladbě respektovány.

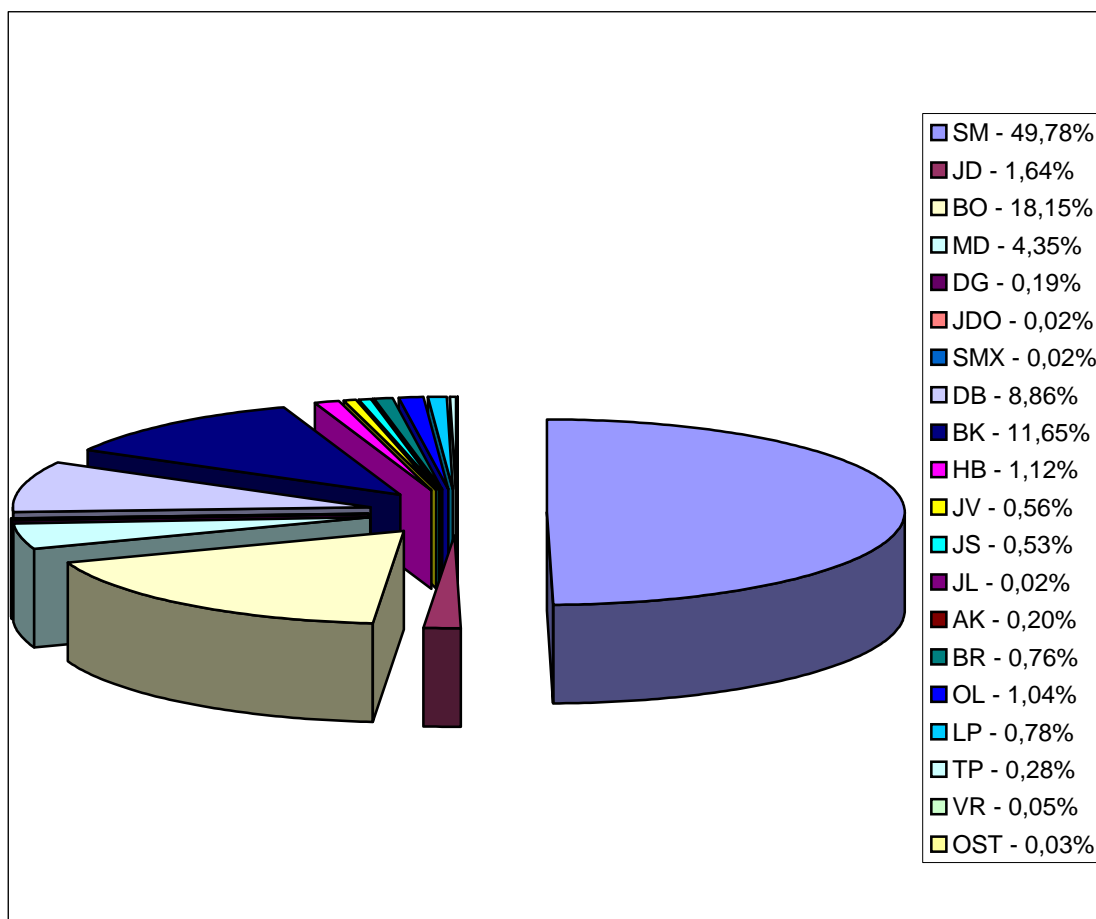
6.3.6 Rekreační zatížení

Kostelec nad Černými Lesy leží v oblasti, kde se střídají rozsáhlé komplexy lesů se zemědělsky obhospodařovanou půdou. V bezprostřední blízkosti této lokality neleží žádný hospodářský prvek, významným způsobem znečišťující životní prostředí. Tento fakt tedy spolu se zajímavým hospodářsko kulturním rázem přírody vytváří optimální podmínky pro rekreaci obyvatel přilehlých měst, zejména Prahy. Turistika má ovšem neblahý vliv na „dosud zachovalé“ přírodní ekosystémy. Lesní správy se snaží tento problém řešit a za účelem usměrnění velkého množství potenciálních návštěvníků budují naučné lesní stezky, parkoviště s podpůrnými technickými službami, altánky a pod.

V blízkosti Kostelce nad Černými Lesy se nachází Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny, založená v roce 1955 na území 682 ha.

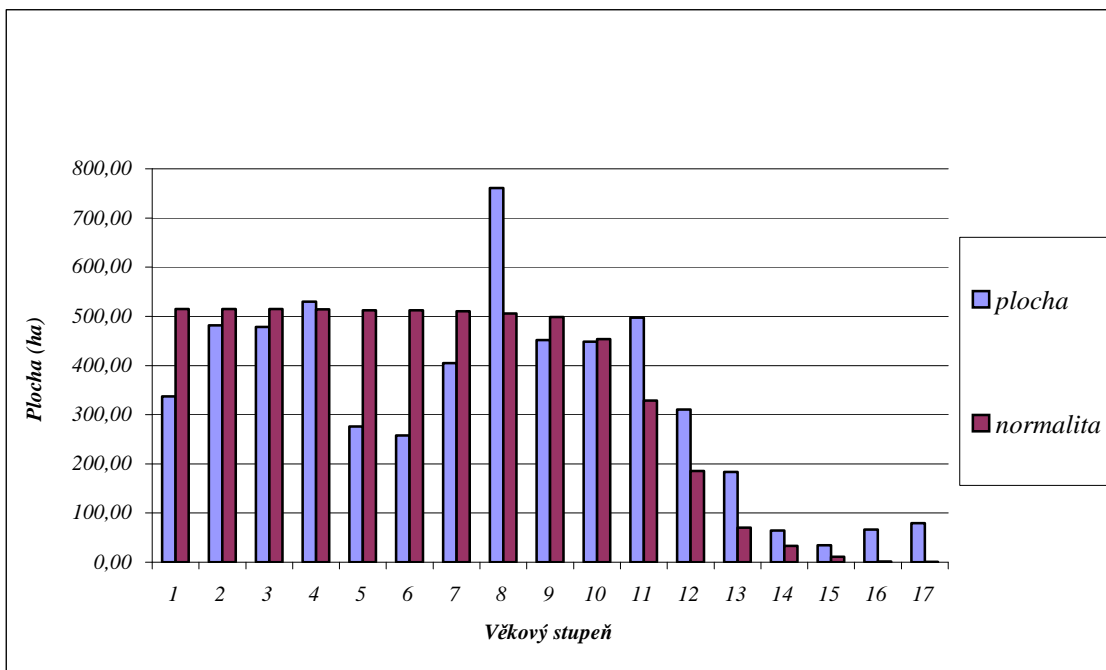
6.3.7 Zhodnocení stavu lesa

V současné době na ŠLP Kostelec n. Č. I. zcela jasně dominují jehličnaté dřeviny (74,1%). Porovnání skladby dřevin zachycuje výsečový graf zastoupení dřevin podle jejich plochy na území ŠLP.

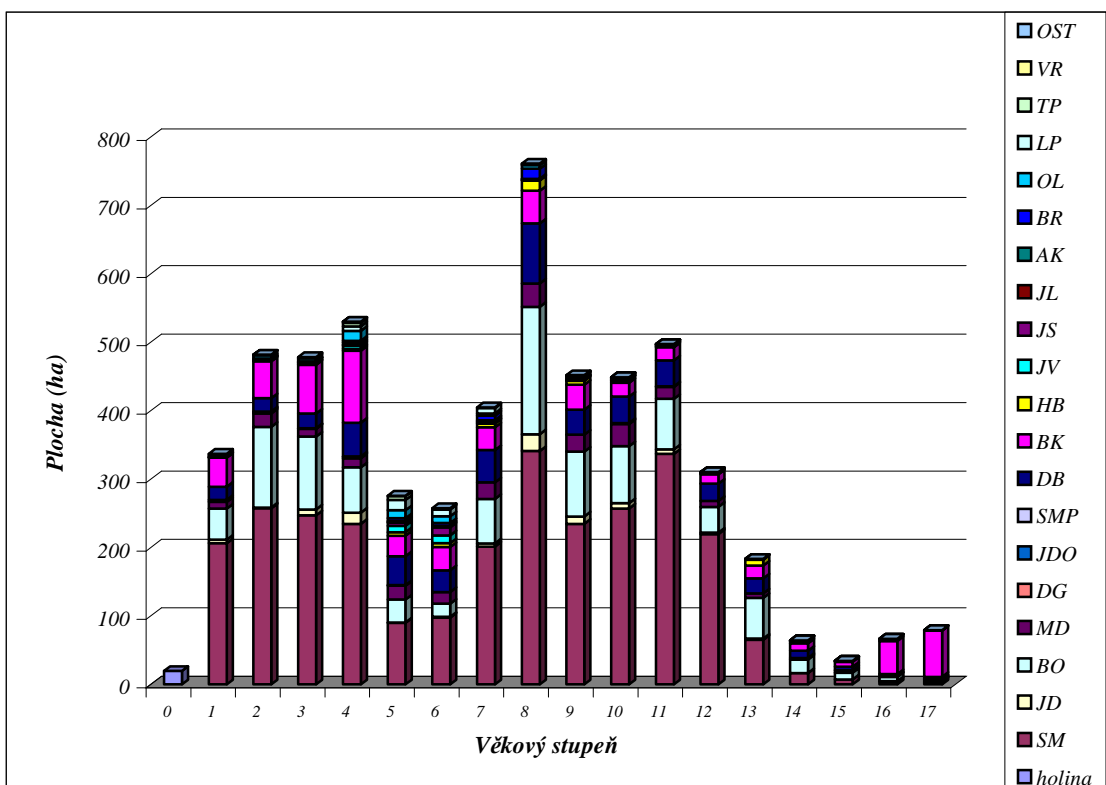


Graf č. 1: Druhová struktura dřevin na ŠLP

Rozložení věkových stupňů podle zastoupení dřevin a podle normální plochy vyjadřují následující grafy, z nichž je patrná nevyváženost věkových stupňů, a to především v malém podílu 5. a 6. věkového stupně a v nadbytku 8. věkového stupně (mnišková kalamita).



Graf č. 2: Normalita věkových stupňů



Graf č. 3: Věková struktura podle dřevin

7 Výsledky

Pro porovnání radiálních přírůstků mezi třemi typy stanovišť, vymezených 3 navzájem odlišnými lesními typy, spadajícími do 3 ekologických řad – kyselé, živné a oglejené, byly použity matematicko - statistické metody. Mezi dvojicemi průměrných letokruhových řad byly spočteny procenta souběžnosti – Gleichläufigkeit (G) a korelační koeficienty (r) pro vyjádření shodnosti resp. rozdílů v trendech růstu jednotlivých roků chronologií mezi stanovišti viz tabulka č. 7 a zároveň byly pro všechny letokruhové série na daném stanovišti vyhodnoceny trendy intervalu. Průměrné letokruhové řady mezi stanovišti 3K3 a 3H1 vykazaly shodný charakter růstu letokruhů v 87%. Korelační koeficient naznačuje také jistou podobu v charakteru tloušťkového přírůstu, jeho hodnota je 0,80. Mezi lesními typy 3H1 a 3P6 byla vykázána stejná hodnota Gleichläufigkeit – 87%, korelační koeficient je však nižší – 0,75. Mezi stanovištěm 3P6 a 3K3 byla dosažena hodnota $G_{(3P6, 3K3)}$ 86% a korelační koeficient 0,86.

Trend intervalu v rámci stanoviště 3K3 vykazuje celkovou průměrnou hodnotu 51%, u stanoviště 3H1 byla dosažena hodnota 49% a u posledního stanoviště hodnota 50%. Z výše uvedených dat je zřejmé, že i odchylky letokruhových řad v rámci jednotlivých stanovišť vykazují podobný charakter. Vyhodnocení trendu intervalu zajistilo vymezení signatur (pointer years) tzn. z hlediska časové řady významných roků, dle kterých se může provést synchronizace letokruhových sérií. Shodný trend meziletokruhových intervalů byl zaznamenán u dat (let), jež jsou zobrazeny v grafu č. 4.

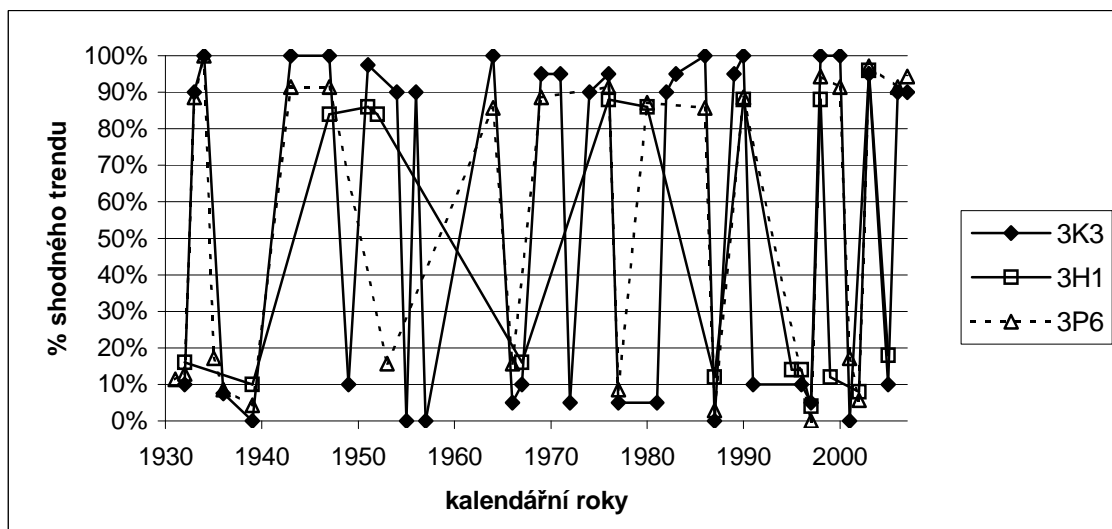
Tabulka č. 7: Testování shodného trendu pomocí Gleichläufigkeit mezi průměrnými letokruhovými řadami na lesních typech 3K3, 3H1 a 3P6

letokruhy	G_{3K3}	$G_{(3K3, 3H1)}$	G_{3H1}	$G_{(3H1, 3P6)}$	G_{3P6}	$G_{(3P6, 3K3)}$
1	0,5	1	0,5	1	0,5	1
2	0,5	1	0,5	1	0,5	1
3	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
4	0,5	1	0,5	1	0,5	1

letokruhy	G_{3K3}	$G_{(3K3, 3H1)}$	G_{3H1}	$G_{(3H1, 3P6)}$	G_{3P6}	$G_{(3P6, 3K3)}$
5	0,5	1	0,5	1	0,5	1
6	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
7	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
8	0,5	1	0,5	1	0,5	1
9	-0,5	1	-0,5	0	0,5	0
10	0,5	1	0,5	1	0,5	1
11	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
12	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
13	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
14	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
15	-0,5	0	0,5	1	0,5	0
16	0,5	1	0,5	0	-0,5	0
17	-0,5	0	0,5	1	0,5	0
18	0,5	1	0,5	1	0,5	1
19	0,5	0	-0,5	1	-0,5	0
20	-0,5	0	0,5	0	-0,5	1
21	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
22	0,5	1	0,5	1	0,5	1
23	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
24	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
25	0,5	1	0,5	0	-0,5	0
26	0,5	1	0,5	1	0,5	1
27	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
28	0,5	1	0,5	1	0,5	1
29	0,5	0	-0,5	0	0,5	1
30	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
31	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
32	0,5	1	0,5	1	0,5	1
33	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
34	0,5	1	0,5	1	0,5	1
35	0,5	1	0,5	1	0,5	1
36	-0,5	0	0,5	0	-0,5	1
37	0,5	1	0,5	1	0,5	1

letokruhy	G_{3K3}	$G_{(3K3, 3H1)}$	G_{3H1}	$G_{(3H1, 3P6)}$	G_{3P6}	$G_{(3P6, 3K3)}$
38	0,5	1	0,5	1	0,5	1
39	0,5	1	0,5	1	0,5	1
40	0,5	1	0,5	0	-0,5	0
41	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
42	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
43	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
44	0,5	1	0,5	1	0,5	1
45	0,5	1	0,5	1	0,5	1
46	0,5	1	0,5	1	0,5	1
47	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
48	0,5	1	0,5	0	-0,5	0
49	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
50	-0,5	0	0,5	0	-0,5	1
51	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
52	0,5	1	0,5	1	0,5	1
53	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
54	0,5	1	0,5	1	0,5	1
55	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
56	0,5	1	0,5	1	0,5	1
57	0,5	1	0,5	1	0,5	1
58	0,5	1	0,5	1	0,5	1
59	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
60	-0,5	0	0,5	0	-0,5	1
61	0,5	1	0,5	1	0,5	1
62	0,5	0	-0,5	1	-0,5	0
63	0,5	0	-0,5	1	-0,5	0
64	0,5	1	0,5	0	-0,5	0
65	0,5	1	0,5	1	0,5	1
66	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
67	0,5	1	0,5	1	0,5	1
68	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
69	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
70	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1

letokruhy	G_{3K3}	$G_{(3K3, 3H1)}$	G_{3H1}	$G_{(3H1, 3P6)}$	G_{3P6}	$G_{(3P6, 3K3)}$
71	-0,5	0	0,5	1	0,5	0
72	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
73	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
74	0,5	1	0,5	1	0,5	1
75	0,5	1	0,5	1	0,5	1
76	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
77	-0,5	1	-0,5	1	-0,5	1
78	0,5	1	0,5	1	0,5	1
Gleichläufigkeit mezi stanovišti		0,87		0,87		0,86
Korelační koeficient		0,80		0,75		0,86



Graf č. 4: Roky se stejnými trendy intervalu v letokruhových křivkách

Vývrty odebírané pro letokruhovou analýzu vykazovaly rozdíly mezi jednotlivými stanovišti. V rámci tohoto výzkumu muselo být již v první fázi zpracování dat vyřazeno před následnými výpočty celkem 15,8 % letokruhových sérií. Vývrty, které byly odebírány zejména na stanovišti lesního typu 3P6, musely být často z výzkumu vyřazeny pro rozvinutou hnilobu a

poškození vývrtnu při vyjímání z jehly. Rozvinutí napadení houbovými chorobami je zde patrně důsledkem střídavého zamokření půd.

Rozdíly v tloušťkových přírůstech mezi stanovišti byly testovány párovým t-testem mezi průměrnými letokruhovými řadami s využitím programu S-Plus 6. Mezi lesním typem 3K3 a 3P6 byl zaznamenán vyšší rozdíl, co se týče výšky přírůstu. Lesní typ 3P6 vykazoval v průměru o 0,75 mm vyšší tloušťkové přírůsty, přičemž rozdíl je statisticky velmi významný, hladina významnosti se blíží 0 a hypotéza o nulovosti rozdílů stanovišť se zamítá s vysokou pravděpodobností viz tabulka č. 8.

Mezi stanovišti 3K3 a 3H1 nebyl dosažen statisticky významný rozdíl, přírůst na stanovišti 3K3 je v průměru jen o 0,05 mm větší než na 3H1. Jak je níže v tabulce č. 9 vidět, tento rozdíl však není statisticky významný – hypotéza o nulovosti rozdílu stanovišť by se zamítala až na hladině významnosti 0.2685. Při testování rozdílů mezi stanovištěm 3H1 a 3P6 bylo dosaženo statisticky významných výsledků. Stromy rostoucí na lesním typu 3P6 vykazovaly v průměru o 0,80 mm větší přírůsty než stromy na 3H1. Hladina významnosti při testování hypotézy o nulovosti rozdílů mezi stanovišti se blíží 0.

Tabulka č. 8: Porovnání tloušťkových přírůstů na stanovištích 3K3 a 3P6 s některými výstupy programu S-Plus

3K3 x 3P6
t = -16.5472, df = 78, p-value = 0
Alternativní hypotéza: rozdíl stř. hodnot porovnávaných veličin je odlišný od 0
95% konfidenční interval: -0.8456064 -0.6639831
Bodový odhad střední hodnoty x: -0.7547948

Tabulka č. 9: Porovnání tloušťkových přírůstů na stanovištích 3K3 a 3H1 s některými výstupy programu S-Plus

3K3 x 3H1
t = 1.1144, df = 78, p-value = 0.2685
Alternativní hypotéza: rozdíl stř. hodnot porovnávaných veličin je odlišný od 0
95% konfidenční interval: -0.03921508 0.13893617
Bodový odhad střední hodnoty x: 0.04986055

Tabulka č. 10: Porovnání tloušťkových přírůstků na stanovištích 3H1 a 3P6 s některými výstupy programu S-Plus

3H1 x 3P6
t = -13.0703, df = 78, p-value = 0
Alternativní hypotéza: rozdíl stř. hodnot porovnávaných veličin je odlišný od 0
95% konfidenční interval: -0.9272188 -0.6820918
Bodový odhad střední hodnoty x: -0.8046553

Vzhledem k porušení předpokladů analýzy rozptylu (zejména homogenity rozptylů) bylo pro otestování rozdílu mezi středními hodnotami přírůstků na stanovištích použito Kruskal-Wallisova testu. V níže uvedeném grafu č. 5 jsou vyneseny hladiny významnosti pro tyto testy v jednotlivých letech. Pokud je tedy tato hladina menší než standardních 0,05, v příslušném roce zamítáme rovnost přírůstků. Jak je možno v grafu vidět, v posledních 7 letech růstu nebyly zaznamenány významné rozdíly, hladiny významnosti se pohybovaly nad hranicí 0,05, pak následovalo dvanáctileté období významných rozdílů v přírůstcích, po něm desetileté období, ve kterém rozdíly nebyly potvrzeny, následně se již přírůsty s drobnou výjimkou mezi stanovišti lišily.

V jednotlivých řezech, kde se ukazují významné rozdíly, bylo vyšetřeno, které konkrétní dvojice stanovišť se od sebe odlišují. Pro tento účel bylo použito Millerovy metody mnohonásobného porovnání (Anděl 1998). Výsledky jsou zobrazeny v tabulce č. 11. Použité označení je definováno následovně: 1 – 3K3, 2 – 3H1, 3 – 3P6, lišící se dvojice (na hladině významnosti 0,05) jsou označeny hvězdičkou. Z výsledků je patrné, že největší množství rozdílů bylo dosaženo ve vztazích k lesnímu typu 3P6. Mezi 3K3 a 3P6 bylo statisticky potvrzeno 34 let s vykázanými rozdíly v přírůstcích. Mezi lesními typy 3H1 a 3P6 byl statisticky významný rozdíl mezi přírůsty zjištěn u 52 let. 8 let mezi 3K3 a 3H1.

Tabulka č. 11: Millerova metoda mnohonásobného porovnávání pro jednotlivé dvojice stanovišť.

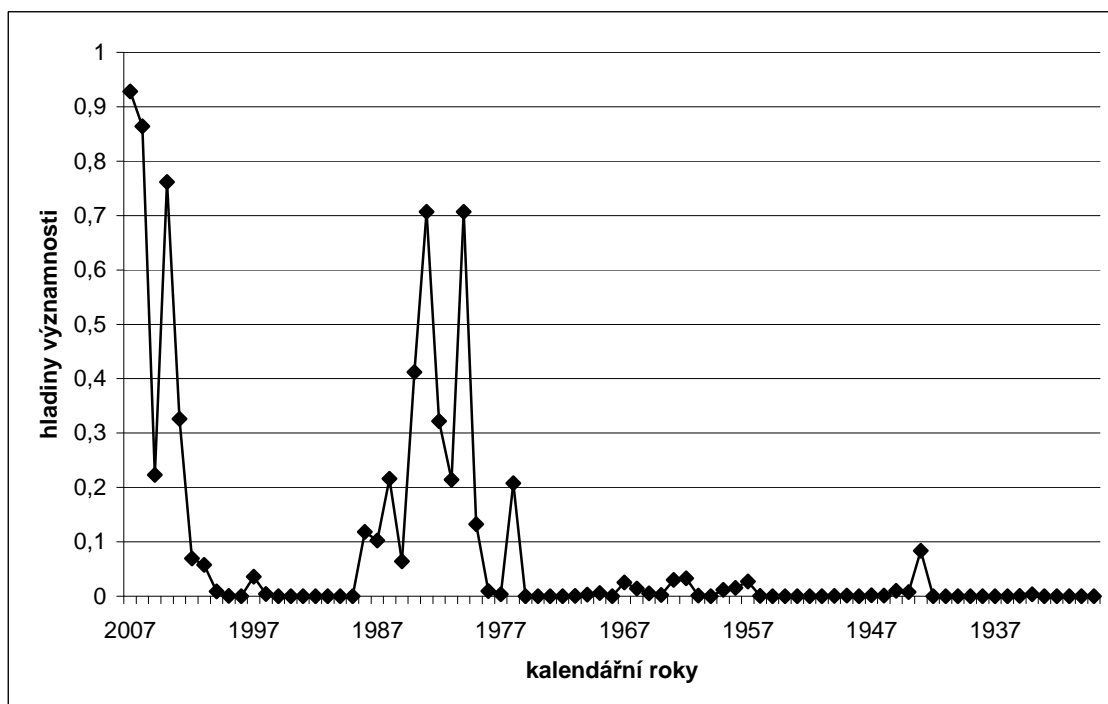
Rok 2000			Rok 1990		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	-15.140000	17.06415	1 - 2 *	-18.53000	17.06415
1 - 3 *	-20.271429	15.94394	1 - 3 *	-35.56429	15.94394
2 - 3	-5.131429	14.89481	2 - 3 *	-17.03429	14.89481
Rok 1999			Rok 1989		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	7.10000	17.06415	1 - 2	-14.18	17.06415
1 - 3	-15.12857	15.94394	1 - 3 *	-26.90	15.94394
2 - 3 *	-22.22857	14.89481	2 - 3	-12.72	14.89481
Rok 1998			Rok 1978		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	11.14	17.06415	1 - 2	5.45000	17.06415
1 - 3 *	-17.10	15.94394	1 - 3	-12.69286	15.94394
2 - 3 *	-28.24	14.89481	2 - 3 *	-18.14286	14.89481
Rok 1997			Rok 1977		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	3.74000	17.06415	1 - 2	1.47000	17.06415
1 - 3	-11.35714	15.94394	1 - 3 *	-16.93571	15.94394
2 - 3 *	-15.09714	14.89481	2 - 3 *	-18.40571	14.89481
Rok 1996			Rok 1975		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	0.21000	17.06415	1 - 2	1.89000	17.06415
1 - 3 *	-17.17857	15.94394	1 - 3 *	-22.03571	15.94394
2 - 3 *	-17.38857	14.89481	2 - 3 *	-23.92571	14.89481
Rok 1995			Rok 1974		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	-11.42	17.06415	1 - 2	7.63000	17.06415
1 - 3 *	-33.90	15.94394	1 - 3 *	-19.50714	15.94394
2 - 3 *	-22.48	14.89481	2 - 3 *	-27.13714	14.89481
Rok 1994			Rok 1973		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	-2.87000	17.06415	1 - 2	14.05000	17.06415
1 - 3 *	-30.97857	15.94394	1 - 3 *	-16.09286	15.94394
2 - 3 *	-28.10857	14.89481	2 - 3 *	-30.14286	14.89481
Rok 1993			Rok 1972		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	0.56000	17.06415	1 - 2 *	17.160000	17.06415
1 - 3 *	-26.68571	15.94394	1 - 3	-7.914286	15.94394
2 - 3 *	-27.24571	14.89481	2 - 3 *	-25.074286	14.89481
Rok 1992			Rok 1971		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	-7.14000	17.06415	1 - 2	0.00000	17.06415
1 - 3 *	-36.95714	15.94394	1 - 3 *	-19.88571	15.94394
2 - 3 *	-29.81714	14.89481	2 - 3 *	-19.88571	14.89481
Rok 1991			Rok 1970		
	Rozdíl	Krit. hodnota		Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	-0.45000	17.06415	1 - 2	5.10000	17.06415
1 - 3 *	-22.42143	15.94394	1 - 3	-15.07143	15.94394
2 - 3 *	-21.97143	14.89481	2 - 3 *	-20.17143	14.89481

Pokračování tabulky č. 11: Porovnávání jednotlivých dvojic stanovišť.

Rok 1969	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1955	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	5.48000	17.06415	1 - 2	-5.98000	17.06415
1 - 3	-13.28571	15.94394	1 - 3 *	-23.61429	15.94394
2 - 3 *	-18.76571	14.89481	2 - 3 *	-17.63429	14.89481
Rok 1968	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1954	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	3.57000	17.06415	1 - 2	-13.78000	17.06415
1 - 3 *	-20.49286	15.94394	1 - 3 *	-35.87143	15.94394
2 - 3 *	-24.06286	14.89481	2 - 3 *	-22.09143	14.89481
Rok 1967	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1953	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	3.41000	17.06415	1 - 2	-3.48000	17.06415
1 - 3	-13.52143	15.94394	1 - 3 *	-25.17143	15.94394
2 - 3 *	-16.93143	14.89481	2 - 3 *	-21.69143	14.89481
Rok 1965	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1952	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	-3.22000	17.06415	1 - 2	-3.29000	17.06415
1 - 3 *	-18.72857	15.94394	1 - 3 *	-26.33571	15.94394
2 - 3 *	-15.50857	14.89481	2 - 3 *	-23.04571	14.89481
Rok 1964	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1951	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	3.35	17.06415	1 - 2	-2.54000	17.06415
1 - 3 *	-16.45	15.94394	1 - 3 *	-26.07143	15.94394
2 - 3 *	-19.80	14.89481	2 - 3 *	-23.53143	14.89481
Rok 1963	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1950	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	11.500000	17.06415	1 - 2	8.65000	17.06415
1 - 3	-4.557143	15.94394	1 - 3	-14.06429	15.94394
2 - 3 *	-16.057143	14.89481	2 - 3 *	-22.71429	14.89481
Rok 1962	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1949	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	10.810000	17.06415	1 - 2	3.21000	17.06415
1 - 3	-5.092857	15.94394	1 - 3 *	-17.49286	15.94394
2 - 3 *	-15.902857	14.89481	2 - 3 *	-20.70286	14.89481
Rok 1961	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1948	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	7.19000	17.06415	1 - 2	-3.63000	17.06415
1 - 3	-14.16429	15.94394	1 - 3 *	-26.32143	15.94394
2 - 3 *	-21.35429	14.89481	2 - 3 *	-22.69143	14.89481
Rok 1960	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1947	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2 *	17.58000	17.06415	1 - 2	-8.89000	17.06415
1 - 3	-11.64286	15.94394	1 - 3 *	-22.33571	15.94394
2 - 3 *	-29.22286	14.89481	2 - 3	-13.44571	14.89481
Rok 1959	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1946	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	9.820000	17.06415	1 - 2	-5.68000	17.06415
1 - 3	-8.385714	15.94394	1 - 3 *	-22.22857	15.94394
2 - 3 *	-18.205714	14.89481	2 - 3 *	-16.54857	14.89481

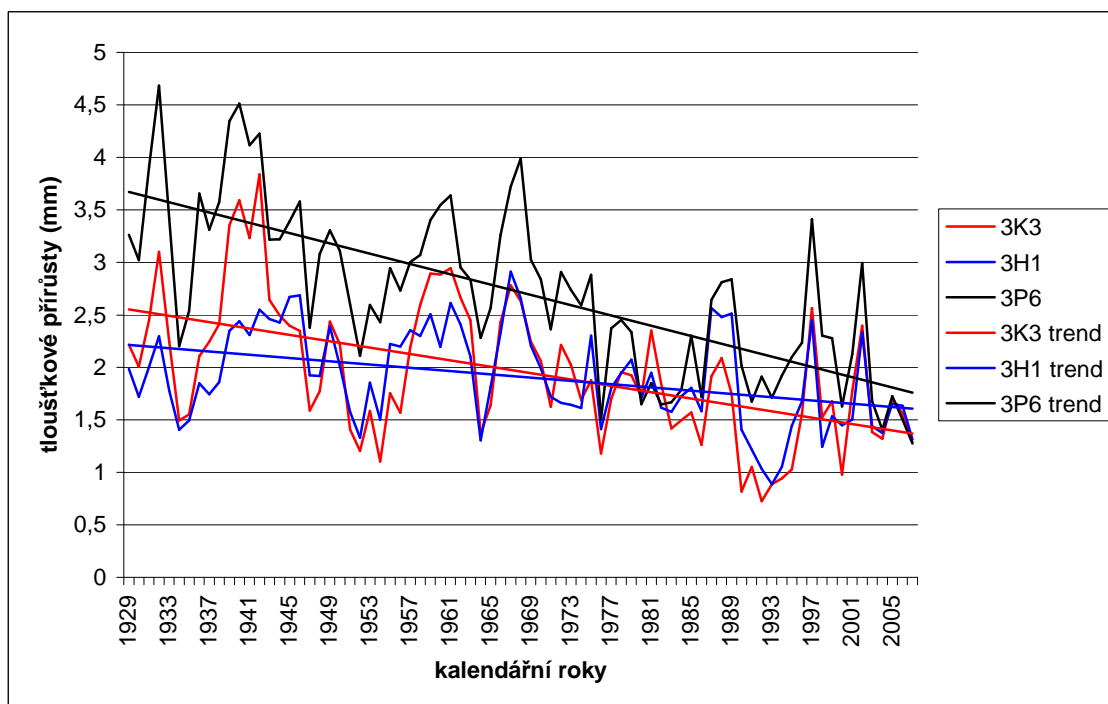
Pokračování tabulky č. 11: Porovnávání jednotlivých dvojic stanovišť.

Rok 1945	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1936	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	-4.30000	17.06415	1 - 2	8.57000	17.06415
1 - 3 *	-17.95714	15.94394	1 - 3 *	-19.03571	15.94394
2 - 3	-13.65714	14.89481	2 - 3 *	-27.60571	14.89481
Rok 1944	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1935	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	2.01000	17.06415	1 - 2	6.84000	17.06415
1 - 3	-15.26429	15.94394	1 - 3	-15.17143	15.94394
2 - 3 *	-17.27429	14.89481	2 - 3 *	-22.01143	14.89481
Rok 1942	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1934	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2 *	22.710000	17.06415	1 - 2	8.04000	17.06415
1 - 3	-4.678571	15.94394	1 - 3	-12.37143	15.94394
2 - 3 *	-27.388571	14.89481	2 - 3 *	-20.41143	14.89481
Rok 1941	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1933	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2 *	20.73000	17.06415	1 - 2	14.20000	17.06415
1 - 3	-11.72143	15.94394	1 - 3	-15.85714	15.94394
2 - 3 *	-32.45143	14.89481	2 - 3 *	-30.05714	14.89481
Rok 1940	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1932	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2 *	24.190000	17.06415	1 - 2	14.85000	17.06415
1 - 3	-8.935714	15.94394	1 - 3 *	-17.57857	15.94394
2 - 3 *	-33.125714	14.89481	2 - 3 *	-32.42857	14.89481
Rok 1939	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1931	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2 *	20.57	17.06415	1 - 2	11.56000	17.06415
1 - 3	-11.15	15.94394	1 - 3 *	-17.17143	15.94394
2 - 3 *	-31.72	14.89481	2 - 3 *	-28.73143	14.89481
Rok 1938	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1930	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2	16.50000	17.06415	1 - 2	9.97000	17.06415
1 - 3	-14.98571	15.94394	1 - 3 *	-17.29286	15.94394
2 - 3 *	-31.48571	14.89481	2 - 3 *	-27.26286	14.89481
Rok 1937	Rozdíl	Krit. hodnota	Rok 1929	Rozdíl	Krit. hodnota
1 - 2 *	17.58000	17.06415	1 - 2	4.06000	17.06415
1 - 3	-10.72857	15.94394	1 - 3 *	-19.81429	15.94394
2 - 3 *	-28.30857	14.89481	2 - 3 *	-23.87429	14.89481



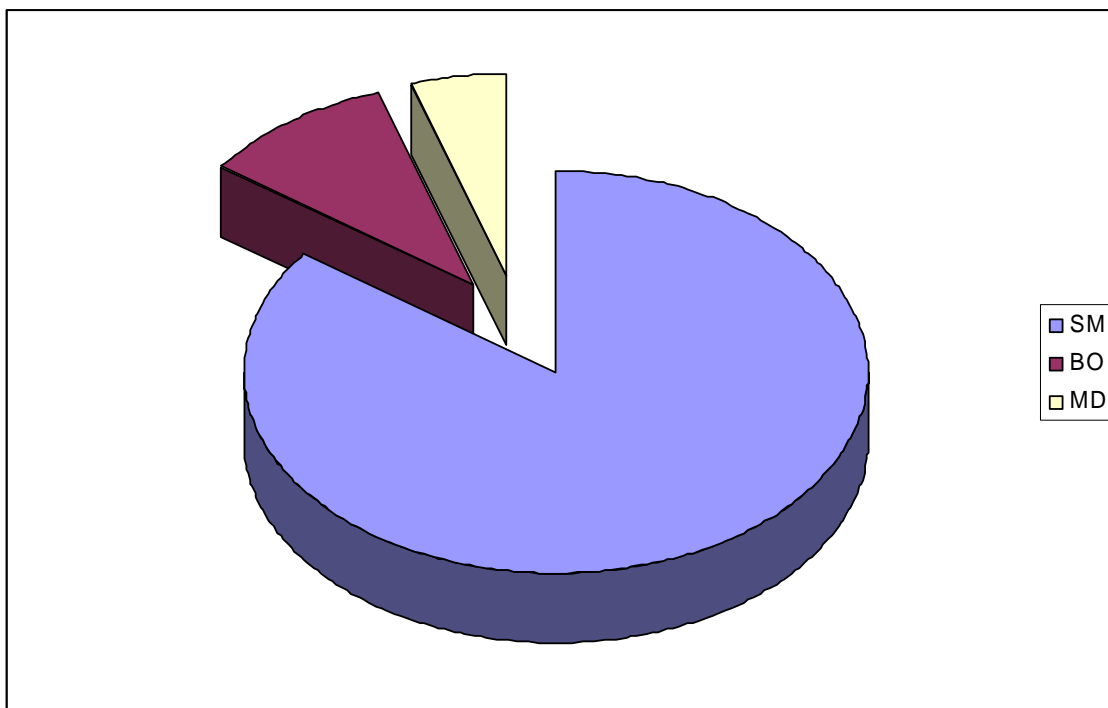
Graf č. 5: Hladiny významnosti při Kruskal Wallisově testu

Na následujícím grafu č. 6 jsou zobrazeny průměrné letokruhové řady pro jednotlivé lesní typy. Z průběhu hodnot průměrných letokruhových řad lze rozpoznat klesající trend s rostoucím věkem, letokruhy klimaticky charakteristických let jsou na sebe fixovány. Nejmenší pokles šířek letokruhů s rostoucím věkem vykazovaly stromy na lesním typu 3H1, na druhé straně tloušťkové přírůsty na stanovišti 3P6 se v průběhu 80 let snížily na polovinu a zaznamenaly nejvíce se snižující trend s rostoucím věkem.

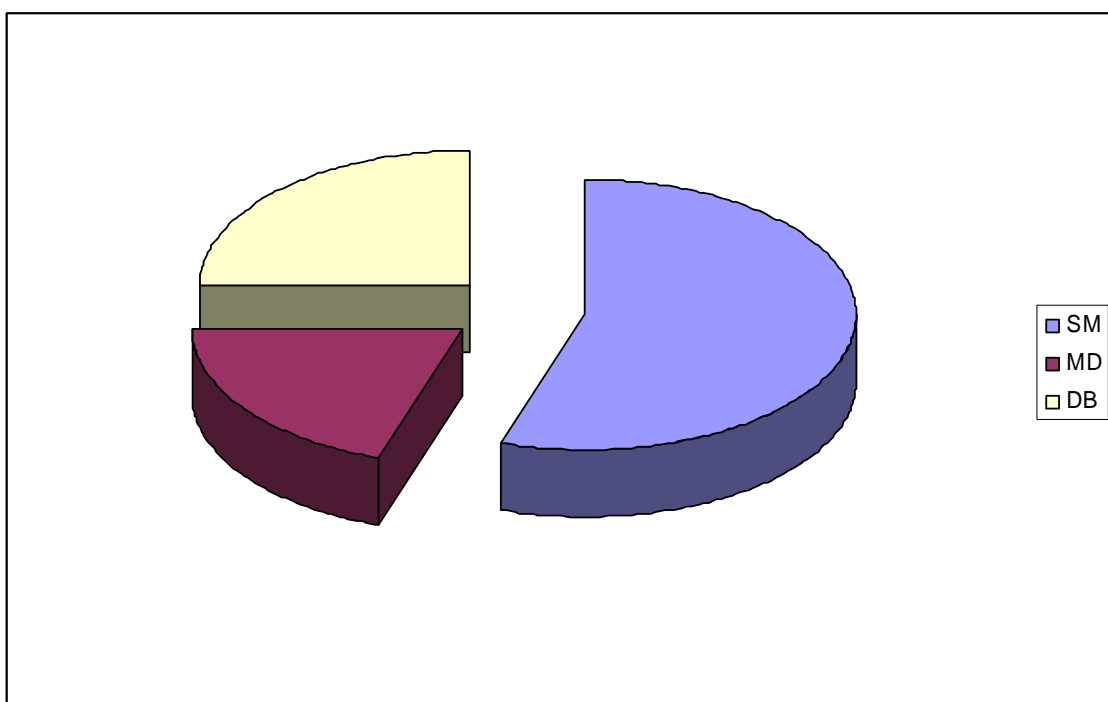


Graf č. 6: Porovnání průměrných letokruhových řad dle stanovišť, charakterizovaných lesními typy

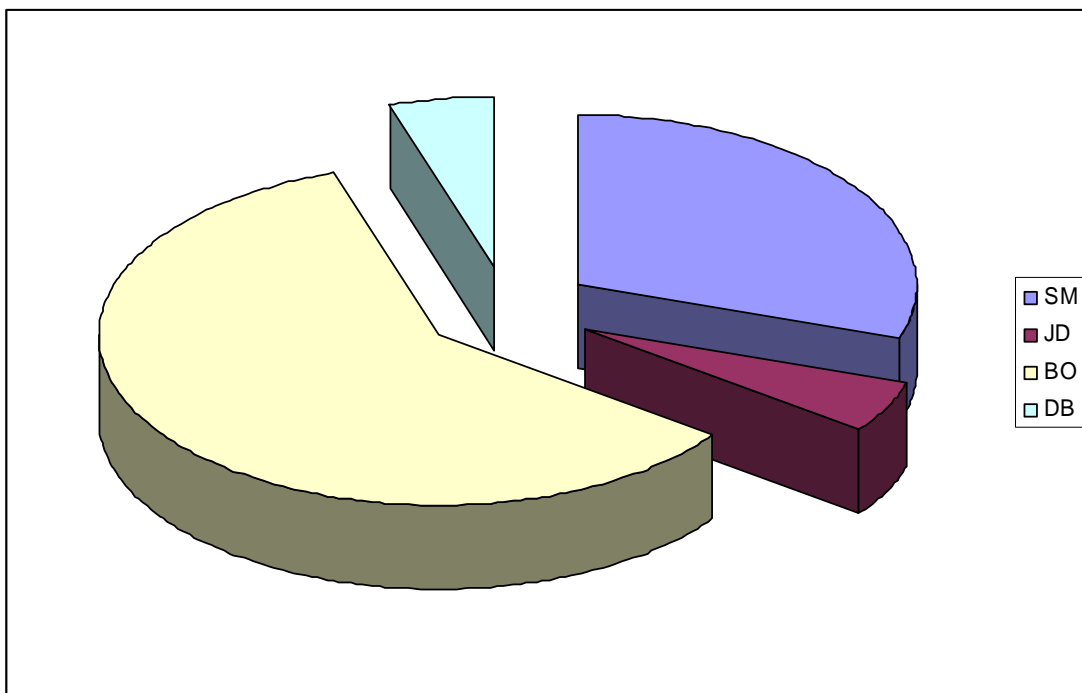
Na jednotlivých stanovištích bylo v terénu odvozeno zastoupení lesních dřevin. Výsledek je zobrazen v grafech č. 7 – 9. Smrk ztepilý byl převládající dřevinou na stanovišti lesního typu 3K3, kde jeho zastoupení dosahovalo 85%. Na lesním typu 3H1 je jeho podíl nižší, stále však nadpoloviční, druhou nejčastější dřevinou zde byl dub zimní. Na lesním typu 3P6 vykazoval smrk zastoupení již jen 30%. Dařilo se zde „relativně dobře“ jedli bělokoré (*Abies alba*).



Graf č. 7: Druhové složení dřevin v porostu na lesním typu 3K3

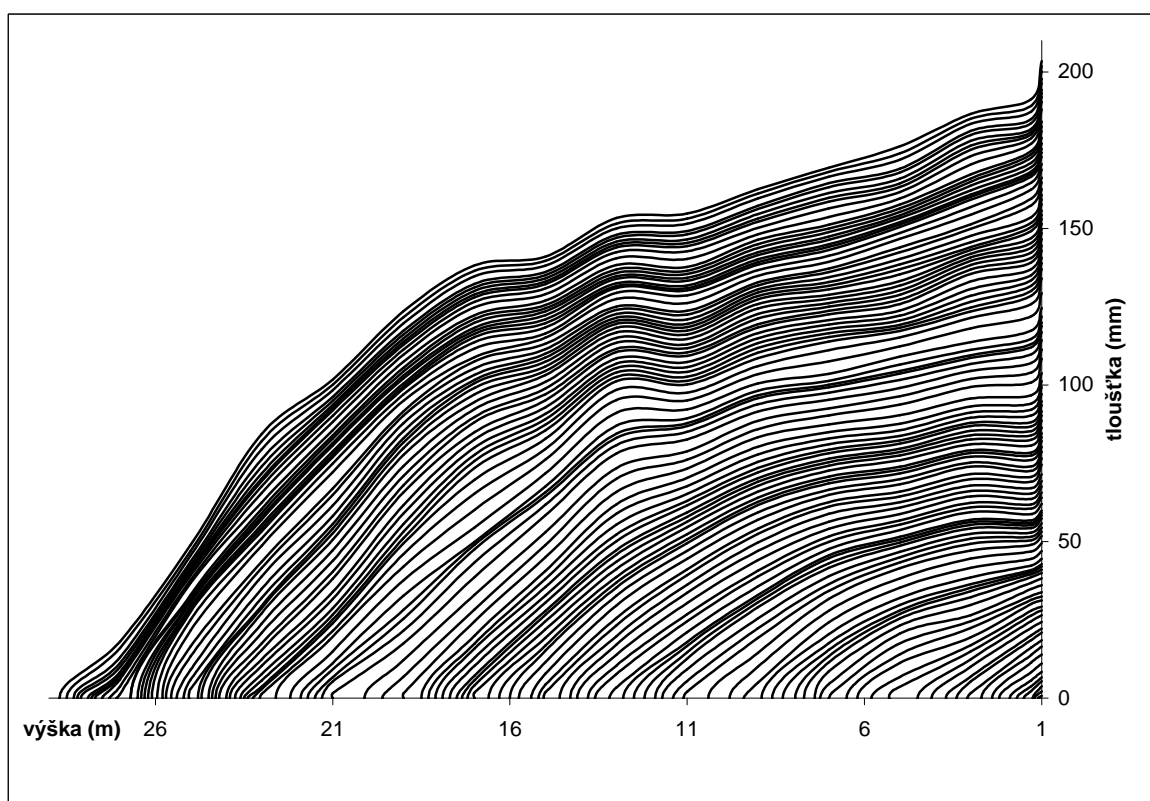


Graf č. 8: Druhové složení dřevin v porostu na lesním typu 3H1



Graf č. 9: Druhové složení dřevin v porostu na lesním typu 3P6

Za účelem okulárního posouzení tloušťkového přírůstu v čase v různých výškách na kmeni byla provedena plná kmenová analýza vzorníku smrku ztepilého. Průběh hodnot jednotlivých letokruhů je zobrazen na obrázku č. 9.



Obr. č. 9: Plná kmenová analýza smrku ztepilého ze zkoumaného les. typu 3K3

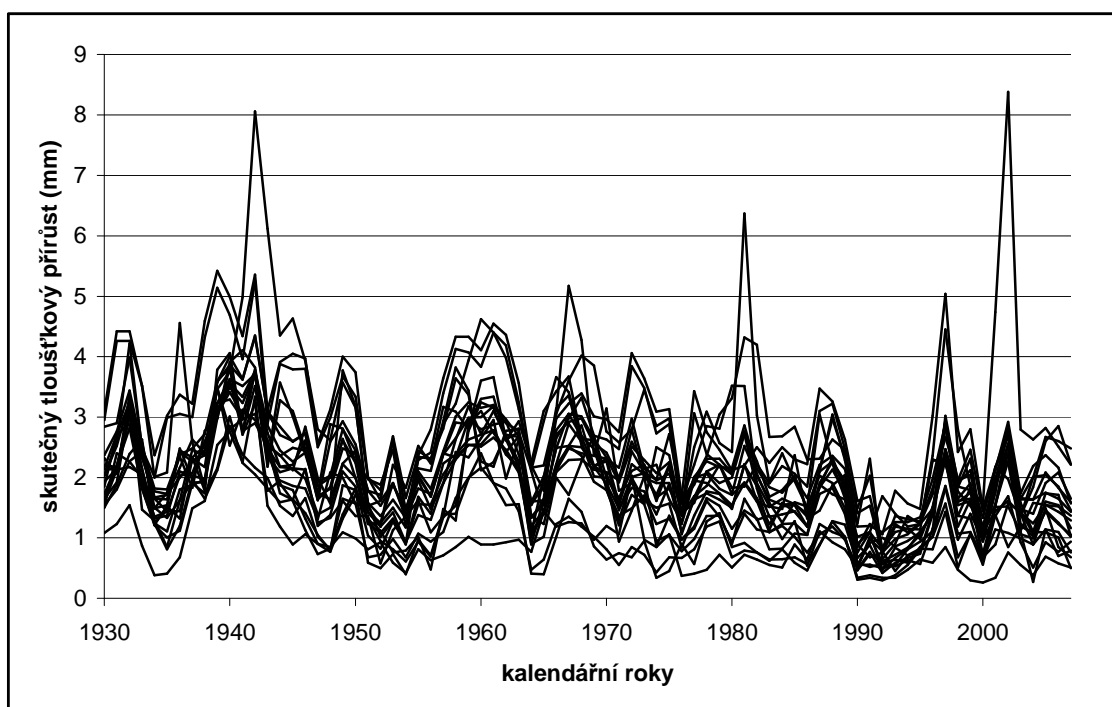
Získaná data absolutních tloušťek letokruhů byla vyrovnána s použitím Korfovy růstové funkce, modelové hodnoty tloušťkových přírůstků se použily ke tvorbě letokruhových indexů a sestavení letokruhové chronologie z těchto hodnot „oproštěných od vlivu věku na tloušťkový přírůstek“. Parametry Korfovy funkce A , k , n pro jednotlivé letokruhové řady jsou zobrazeny v tabulce č. 12. Při vyrovnávání růstových veličin se často otevírá debata o tom, jaké typy růstových funkcí vyrovnávají data nejvěrohodněji. Zmiňovány jsou zejména růstová funkce Korfova, Chapman Richardsova případně Mitscherlichova. Z porovnání přesnosti vyrovnávání dat tloušťkového a výškového růstu středního kmene stejnorodého a stejnověkého porostu mezi funkcí Korfovou, Mitscherlichovou, Gompertzovou a logistickou vyšla nejlépe funkce Korfova (Liao et al., 2003). Korfova funkce byla použita i pro vyrovnání dat absolutních tloušťkových přírůstků na porovnávaných stanovištích této práce.

Růstové křivky mají tvar protáhlého písmene S, vyrovnané přírůstové křivky se liší v rámci jednotlivých stanovišť i mezi jednotlivými lesními typy. Jejich variabilita je závislá na typu stanoviště. Křivky běžných přírůstků kulminují na stanovišti 3K3 průměrně 18. rokem, hodnotou 2,57 mm, křivky průměrných přírůstků kulminují na stejném lesním typu ve 42. roce hodnotou 2,13 mm, tedy v porovnání s běžným přírůstkem o 24 let později. Stanoviště lesního typu 3H1 vykazuje nejméně přesné vyrovnání dat Korfovou funkcí, několik vyrovnaných letokruhových řad nevykazuje běžný průběh přírůstových křivek, nelze určit doby kulminace přírůstků, tvar charakteru exponenciálního. Tyto série byly z dalšího zpracování vyloučeny. Může to být způsobeno nesymetrickým charakterem radiálního růstu. Ani předpoklad, že do výšky 1,3 m, ve které se vzorky odebíraly, strom rostl 7 let, neměl na výsledný tvar křivky podstatný vliv. V průměru kulminoval běžný přírůstek na stanovišti 3H1 rokem sedmnáctým hodnotou 2,51 mm, průměrný přírůstek kulminoval hodnotou 2,23 mm. Na lesním typu 3P6 byla zaznamenána kulminace běžného přírůstu v roce sedmnáctém ve výši 3,75 mm, průměrný přírůstek kulminoval již v roce 37. ve výši 3,07 mm. Z porovnání stanovišť lesních typu vyplývá, že mezi časem kulminací přírůstků mezi lesními typy jsou minimální rozdíly. V kulminaci běžného přírůstu se, co do časového efektu, stanoviště liší pouze o 1 rok, pouze hodnota tloušťkového přírůstu je významně vyšší na lesním typu 3P6, u průměrných přírůstků je

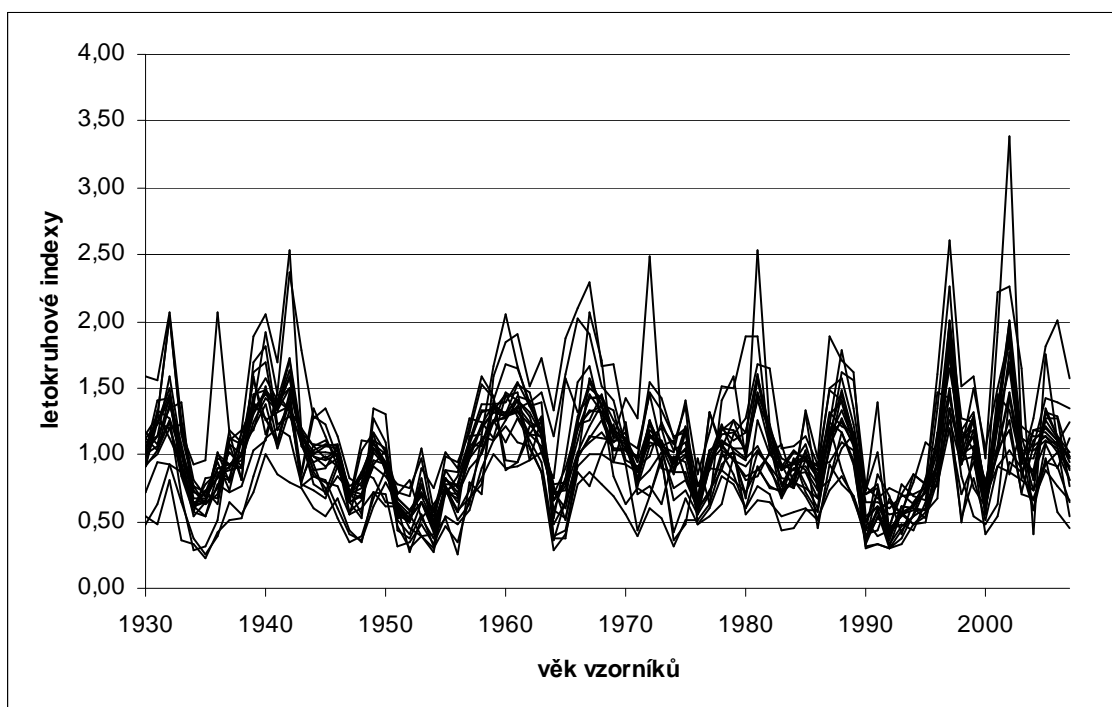
kulminace na lesním typu 3P6 „předsunuta“ o 5 let oproti zbylým dvěma stanovištím viz grafy č. 12 – 19.

Tabulka č. 12: Hodnoty parametrů Korfovy funkce pro jednotlivé letokruhové řady dle lesních typů

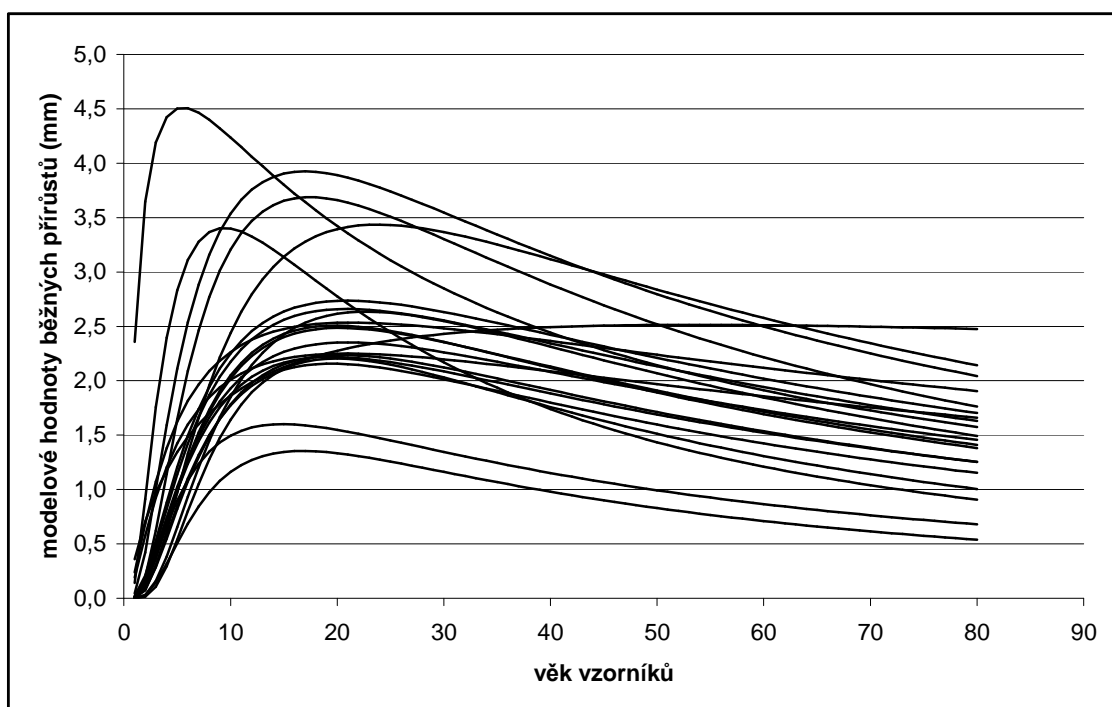
3H1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	826,22	6446,01	7,38E+11	1221,94	4,45E+14	2,66E+10	4485,51	5474,58	27807,70
k	3,513	1,975	0,968	3,457	1,113	0,990	2,766	3,850	0,904
n	1,374	1,207	1,037	1,354	1,033	1,043	1,263	1,294	1,107
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	813,25	907,26	5,63E+03	1098,57	1,46E+12	1,06E+11	2,26E+10	3837,19	6,97E+13
k	4,413	8,538	2,422	4,965	1,455	1,111	1,155	2,239	1,143
n	1,442	1,564	1,238	1,411	1,051	1,045	1,050	1,235	1,036
	19	20	21	22	23	24	25		
A	7077,01	3,98E+06	4,20E+02	35789,20	2,25E+08	1,25E+10	1056,22		
k	2,866	1,139	5,760	3,684	1,392	1,248	6,336		
n	1,251	1,079	1,570	1,256	1,071	1,053	1,515		
3K3									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1019,59	371,57	3743,66	574,98	1638,86	1061,60	2864,66	1,28E+05	187,01
k	7,758	5,061	3,089	7,163	2,119	5,467	3,202	2,262	9,547
n	1,515	1,533	1,286	1,514	1,290	1,465	1,297	1,166	1,627
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	866,97	683,81	643,55	289,18	739,89	336,32	943,02	648,68	515,60
k	5,641	6,656	6,854	6,230	7,063	11,519	5,772	6,041	7,078
n	1,447	1,497	1,507	1,522	1,534	1,650	1,454	1,476	1,519
	19	20							
A	1036,05	596,18							
k	5,544	9,330							
n	1,443	1,571							
3P6									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	498,664	1520,5	767,762	448,374	614,857	1039,42	655,03	5819,79	6376,76
k	12,946	5,519	11,771	16,494	8,183	5,893	13,532	3,151	3,468
n	1,711	1,445	1,634	1,809	1,608	1,485	1,674	1,290	1,299
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	1591,67	369,558	698,683	1017,97	2783,72	635,761	1782,75	7,42E+11	1454,38
k	7,967	13,626	11,108	8,188	3,900	5,798	4,028	1,329	3,255
n	1,508	1,757	1,616	1,548	1,340	1,500	1,359	1,048	1,350
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
A	1,42E+08	17238,8	9,92E+09	3,14E+06	2778,31	606,589	12103,6	2,03E+06	6,53E+11
k	1,205	1,700	1,128	1,328	3,242	4,702	1,359	1,390	1,132
n	1,067	1,171	1,050	1,090	1,306	1,514	1,158	1,101	1,043
	28	29	30	31	32	33	34	35	
A	1887,73	1114,51	272,926	355,094	6087,58	385878	6,9E+11	1339,5	
k	5,604	6,469	28,548	16,688	1,997	1,434	1,228	3,336	
n	1,452	1,514	2,026	1,861	1,219	1,114	1,046	1,350	



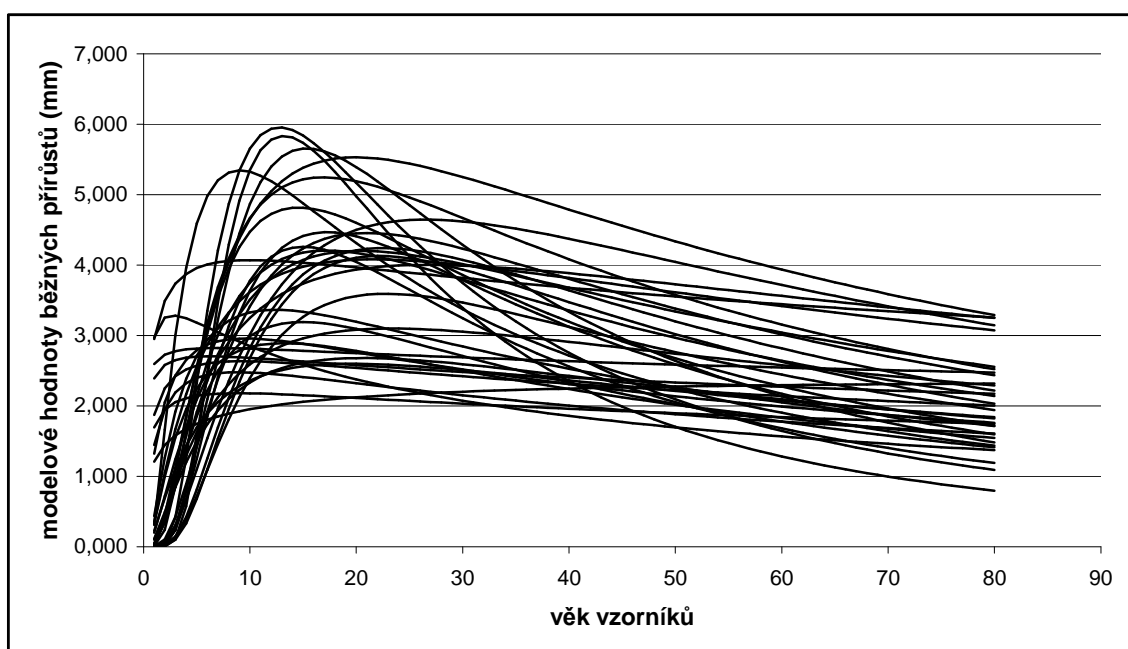
Graf č. 10: Hodnoty skutečných tloušťkových přírůstů jednotlivých vzorníků na lesním typu 3K3



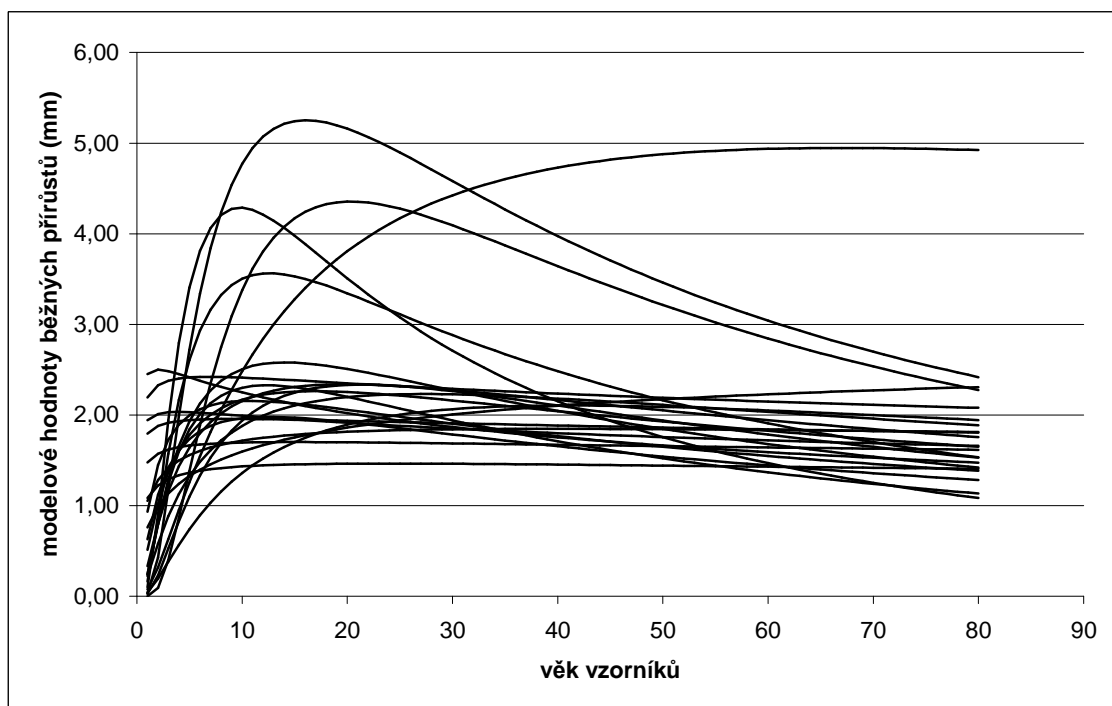
Graf č 11. : Hodnoty letokruhových indexů na lesním typu 3K3



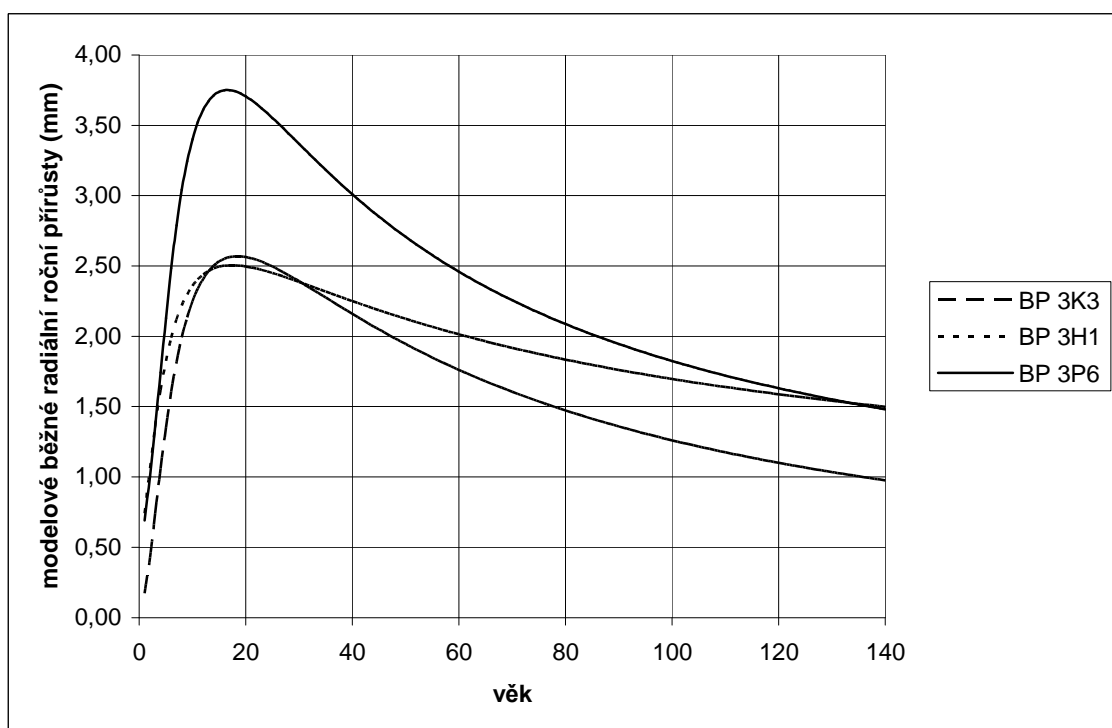
Graf č. 12: Modelový běžný radiální přírůst vzorníků dle Korfovy přírůstové funkce, lesní typ 3K3



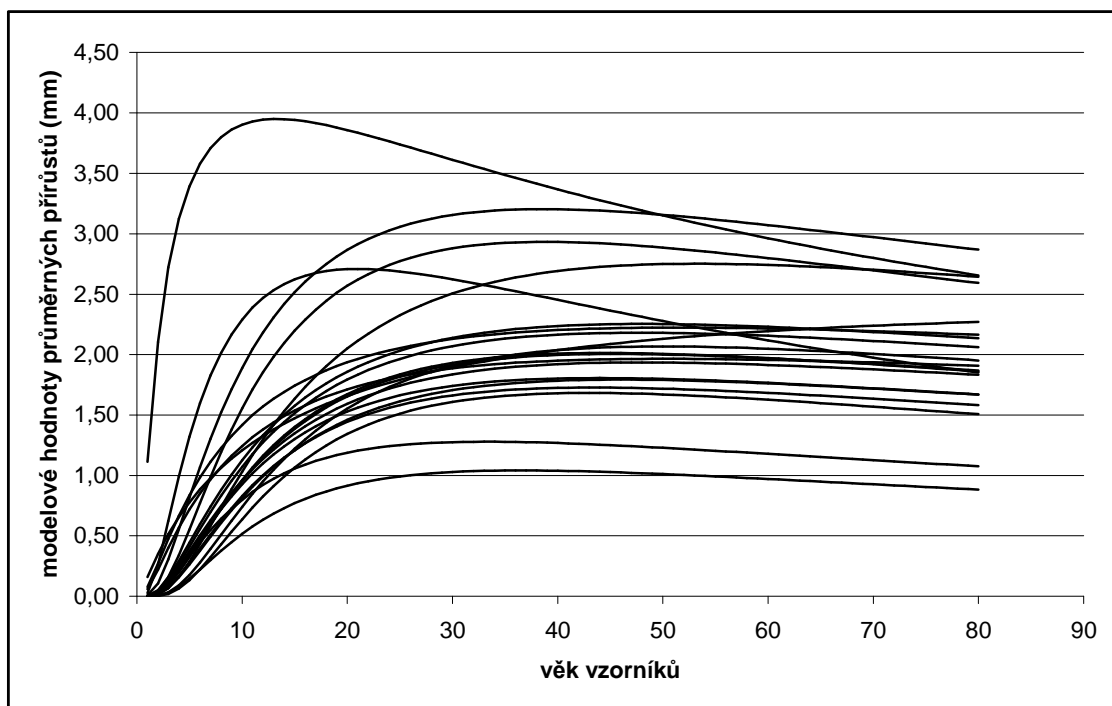
Graf č. 13 : Modelový běžný radiální přírůst vzorníků dle Korfovy přírůstové funkce, lesní typ 3P6



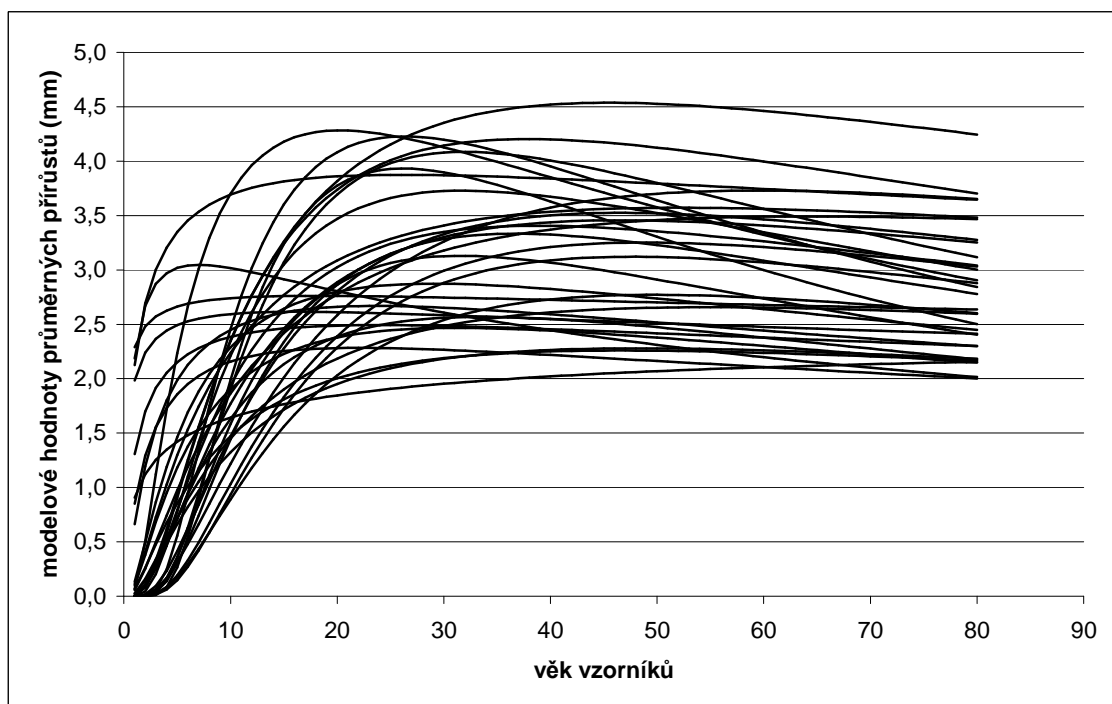
Graf č. 14: Modelový běžný radiální přírůst vzorníků dle Korfovy přírůstové funkce, lesní typ 3H1



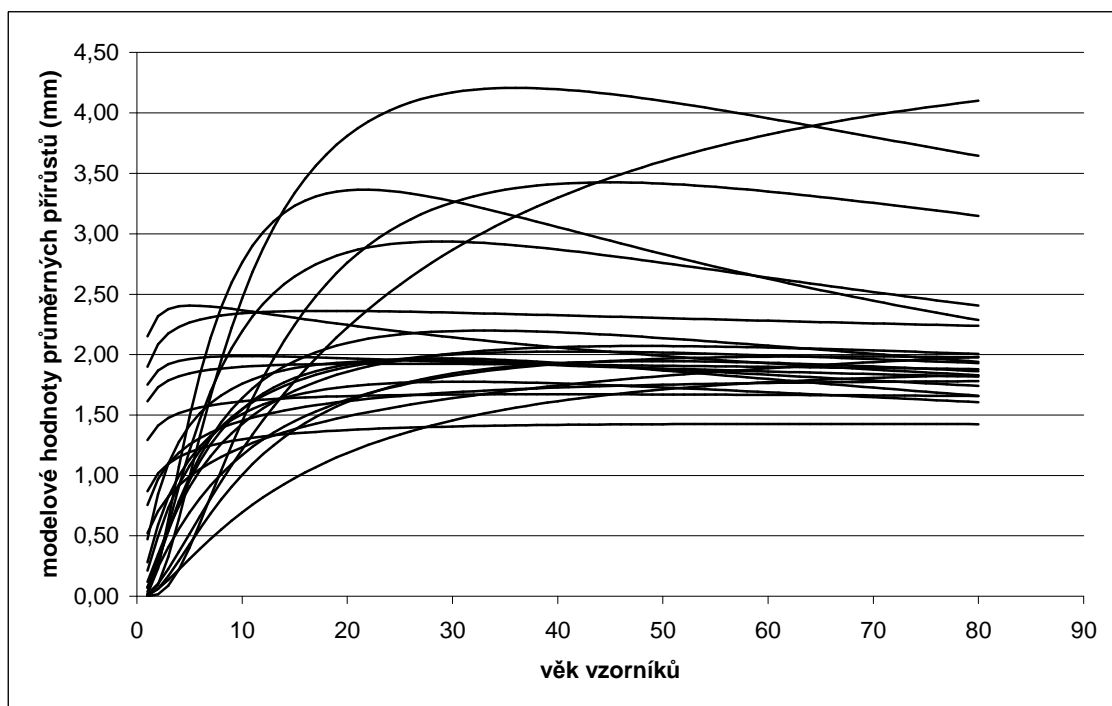
Graf č. 15: Porovnání modelových hodnot běžného radiálního přírůstu vzorníků dle Korfovy přírůstové funkce mezi 3 lesními typy



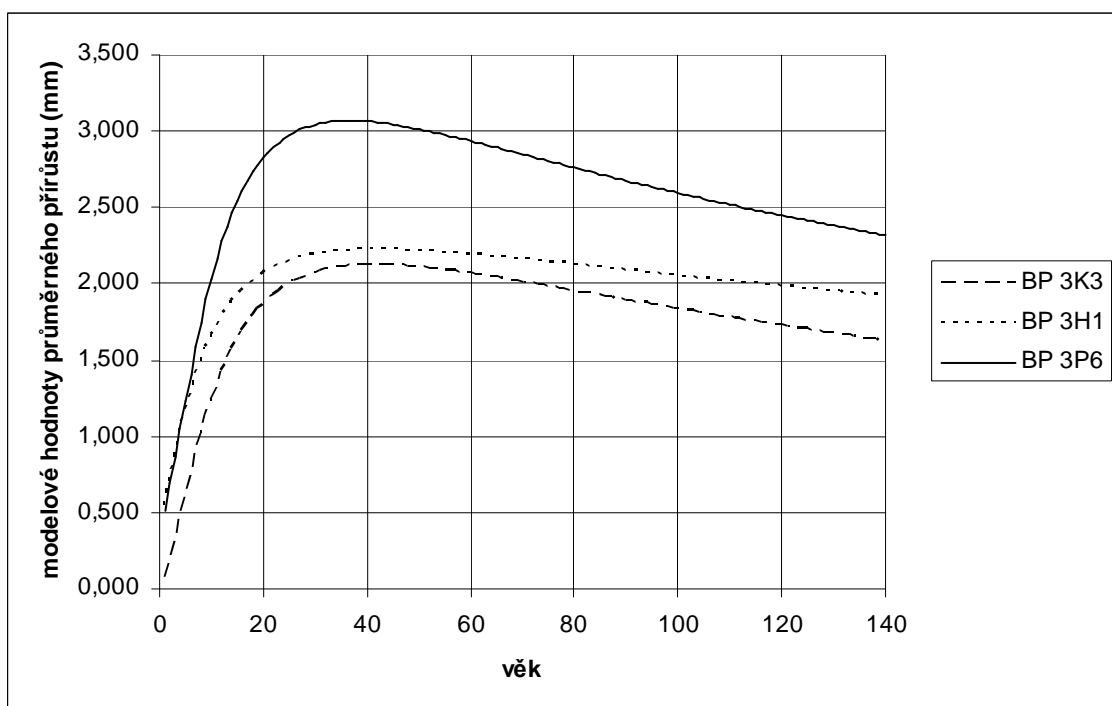
Graf č. 16: Modelový radiální průměrný přírůst vzorníků dle Korfovy přírůstové funkce, lesní typ 3K3



Graf č. 17: Modelový radiální průměrný přírůst vzorníků dle Korfovy přírůstové funkce, lesní typ 3P6

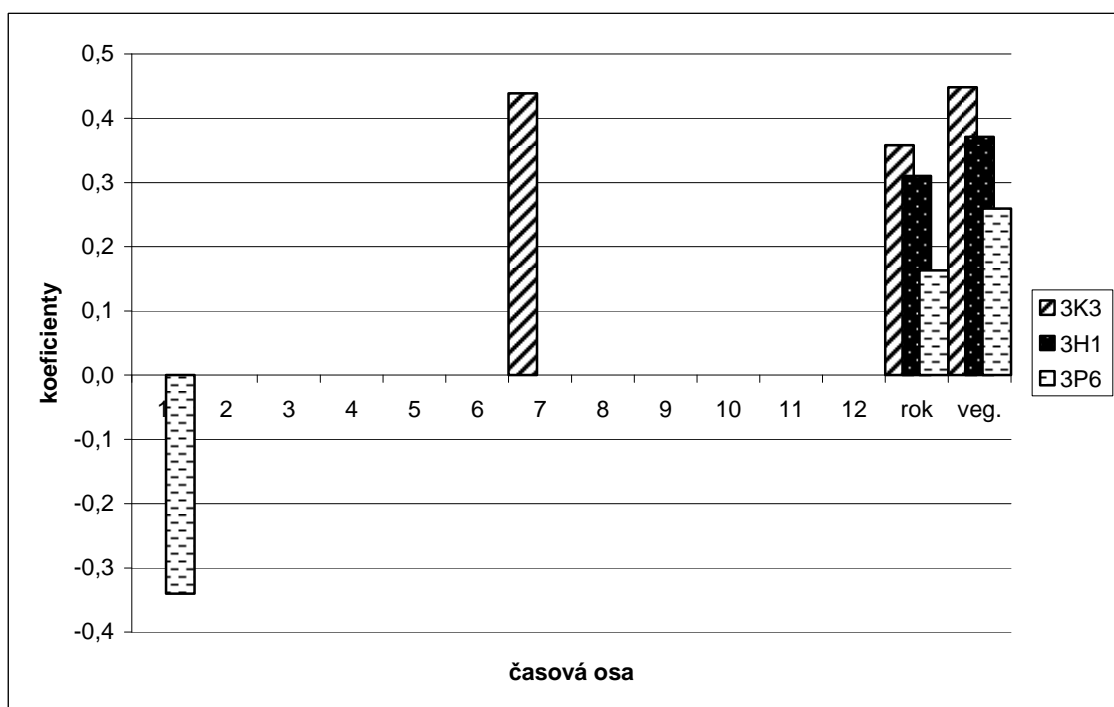


Graf č. 18: Modelový radiální průměrný přírůst vzorníků dle Korfovy přírůstové funkce, lesní typ 3H1

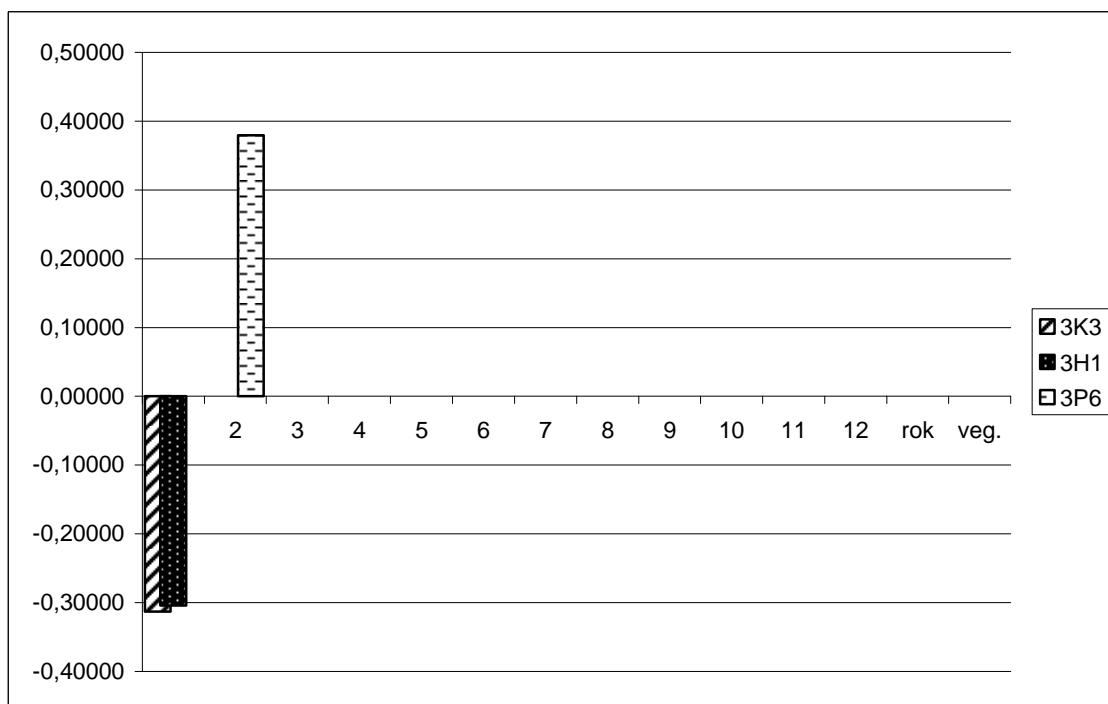


Graf č. 19: Porovnání modelových hodnot průměrného radiálního přírůstu vzorníků dle Korfovy přírůstové funkce mezi 3 lesními typy

Vztah mezi tvorbou radiálních přírůstků a charakterem klimatických faktorů byl vyšetřován korelačními metodikami nejprve na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Vyšetřovány byly vztahy mezi tvorbou letokruhů, měsíčními teplotami, měsíčními úhrny srážek, průměrnou roční teplotou, ročním úhrnem srážek, teplotou vegetačního období a úhrnem srážek za vegetační období. Výsledky jsou sumarizovány v tabulkách č. 13 a 14, kde jsou koeficienty v případě zamítnutí nulové hypotézy o nezávislosti veličin na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ vybarveny tučně, v případě zamítnutí na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ jsou koeficienty zobrazeny tučně a podtrženě. Statisticky významné srážkové veličiny jsou zobrazeny v grafu č. 20, teploty v grafu č. 21. Kladný vliv na tvorbu letokruhů vykazují srážkové úhrny v měsíci červenci, ve vegetačním období a v celoročním úhrnu srážek. Negativně se na tvorbě letokruhů podílí srážky v měsíci únoru. Lednové teploty jsou negativně korelované s letokruhovými indexy, na lesním typu 3P6 se únorová teplota jeví jako významná pro tvorbu letokruhů.



Graf č. 20: Statisticky významné měsíce a časová období pro tvorbu letokruhů v závislosti na úhrnu srážek



Graf č. 21: Statisticky významné měsíce a časová období pro tvorbu letokruhů v závislosti na teplotě

Tabulka č. 13: Hodnoty korelací mezi standardizovanými letokruhovými indexy a klimatickými charakteristikami - teplota

Teplota	3K3	3H1	3P6
leden	-0,31267	-0,30387	-0,07702
únor	0,12140	0,14925	0,37953
březen	0,03072	-0,04382	0,14741
duben	-0,10646	-0,07916	-0,03143
květen	-0,06016	-0,13460	0,02548
červen	0,00606	-0,09849	-0,07045
červenec	-0,17049	-0,21270	-0,10760
srpen	-0,15204	-0,20002	0,02399
září	0,21583	0,20615	0,08312
říjen	0,10251	0,25050	0,01914
listopad	0,00040	0,00149	-0,09039
prosinec	-0,21305	-0,13238	-0,11195
roční průměr	-0,12263	-0,12725	0,07518
veget. období	-0,07937	-0,15019	-0,02332

Tabulka č. 14: Hodnoty korelací mezi standardizovanými letokruhovými indexy a klimatickými charakteristikami - srážky

Srážky	3K3	3H1	3P6
leden	-0,09515	-0,02520	<u>-0,34020</u>
únor	0,18755	0,25404	0,15588
březen	0,01013	0,05681	-0,02522
duben	0,05602	0,12401	0,00369
květen	0,08274	0,07107	-0,09670
červen	0,22575	0,15984	0,26088
červenec	<u>0,43879</u>	0,27034	0,18320
srpen	0,12750	0,19241	0,16650
září	0,12569	0,08827	0,08743
říjen	-0,00334	-0,09797	0,04929
listopad	-0,05916	-0,02349	-0,09697
prosinec	0,02642	0,01361	0,00577
roční průměr	0,35817	0,31027	0,16311
veget. období	0,44835	0,37134	0,25956

8 Závěr

Tato práce je zaměřena na zhodnocení tloušťkového přírůstu smrku ztepilého na různých stanovištích, v nižší nadmořské výšce v rozmezí od 400 do 440 m n. m. Lokalita výzkumu byla zvolena do přírodní lesní oblasti 10 - Středočeská pahorkatina. Pro vzájemné porovnávání byly vybrány tři různé ekologické řady typologického systému – kyselá, živná, oglejená a v nich, na území Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy, častěji zastoupené edafické kategorie K, P a H. Při podrobnějším členění se na prvním stanovišti jednalo o lesní typ 3K3, na druhém stanovišti 3P6 a na posledním 3H1. Z hlediska průběhu jednotlivých letokruhů bylo zaznamenáno několik rozdílů. Jednak se stanoviště od sebe lišila co do výše absolutní produkce, což se dalo očekávat, jednak byly zaznamenány rozdíly v dynamice přírůstu. V této práci je matematicky kvantifikován rozdíl pro jednotlivé typy stanovišť s využitím párového t-testu, kterým byla testována nulová hypotéza o rovnosti přírůstů za celé zkoumané období. Byl vyjádřen vztah mezi klimatickými faktory a radiálním přírůstem.

Ve vyznačených porostech byl proveden odběr vývrtů v době vegetačního klidu. Pro letokruhovou analýzu byly vybírány stromy zdravé, nepoškozené a předrůstavé, tedy stromy neovlivněné výchovnými zásahy a konkurenčními vztahy v porostu. Celkem bylo zpracováno 80 vývrtů. Z každého stromového vzorníku se odebíral 1 vývrt z náhodně měněného směru, tedy bez ohledu na světové strany.

Vývrty byly zdigitalizovány na bitmapy, na kterých probíhala měření šířek letokruhů s využitím programu Letokruhy 2.3, který byl k těmto účelům naprogramován na katedře hospodářské úpravy lesa, Fakulty lesnické a dřevařské při ČZU v Praze.

K synchronizaci dvou letokruhových sérií byla použita Gleichläufigkeit (znaménkový test nebo též procento souběžnosti), jež je měřítkem jejich podobnosti. Následně byl tento test aplikován na průměrné letokruhové řady jednotlivých stanovišť za účelem posouzení shody v meziletokruhových trendech. Průměrné letokruhové řady mezi stanovišti 3K3 a 3H1 vykazaly

shodný charakter růstu letokruhů v 87%. Korelační koeficient naznačuje také jistou podobu v charakteru tloušťkového přírůstu, jeho hodnota je 0,80. Mezi lesními typy 3H1 a 3P6 byla vykázána stejná hodnota Gleichläufigkeit (G) – 87%, korelační koeficient je však nižší – 0,75. Mezi stanovištěm 3P6 a 3K3 byla dosažena hodnota $G_{(3P6, 3K3)}$ 86% a korelační koeficient 0,86. Z výše uvedených dat je zřejmé, že i odchylky letokruhových řad v rámci jednotlivých stanovišť vykazují podobný charakter.

Pro testování rozdílů v přírůstech mezi stanovišti byl použit párový t-test, posuzující shodu středních hodnot ve dvou výběrech. Mezi lesním typem 3K3 a 3P6 byl zaznamenán vyšší rozdíl, co se týče výšky přírůstu. Lesní typ 3P6 vykazoval v průměru o 0,75 mm vyšší tloušťkové přírůsty, přičemž rozdíl je statisticky velmi významný, hladina významnosti se blíží 0 a hypotéza o nulovosti rozdílů stanovišť se zamítá s vysokou pravděpodobností. Mezi stanovišti 3K3 a 3H1 nebyl dosažen statisticky významný rozdíl, hypotéza o nulovosti rozdílu stanovišť by se zamítala až na hladině významnosti 0.2685. Při testování rozdílů mezi stanovištěm 3H1 a 3P6 bylo dosaženo statisticky významných výsledků. Stromy rostoucí na lesním typu 3P6 vykazovaly v průměru o 0,80 mm větší přírůsty než stromy na 3H1. Hladina významnosti při testování hypotézy o nulovosti rozdílů mezi stanovišti se blíží 0, což podtrhuje jistotu dosaženého výsledku.

Pro otestování rozdílů mezi středními hodnotami přírůstů na jednotlivých stanovištích byl použit Kruskal-Wallisův test. V letech 2007-2001 nebyly pomocí testů zaznamenány významné rozdíly, hladiny významnosti se pohybovaly nad hranicí 0,05, nebylo tedy možné zamítnout hypotézu o rovnosti přírůstů. Od roku 2000 následovalo dvanáctileté období významných rozdílů v přírůstech, po něm desetileté období, ve kterém rozdíly nebyly potvrzeny, následně se již přírůsty s drobnou výjimkou mezi stanovišti lišily. V charakteru „sezónnosti“ vykazovaných rozdílů je zřejmá akumulace odchylek v rámci delšího časového období. Když už změny byly zaznamenány, stalo se tak více let po sobě. Bylo vyšetřeno, které konkrétní dvojice stanovišť se od sebe v daných letech odlišují. Pro tento účel bylo použito Millerovy metody mnohonásobného porovnání. Z výsledků je patrné, že největší množství rozdílů bylo dosaženo ve vztazích k lesnímu typu 3P6. Mezi 3K3 a 3P6 bylo statisticky potvrzeno 34 let

s vykázanými rozdíly v přírůstech. Mezi lesními typy 3H1 a 3P6 byl statisticky významný rozdíl mezi přírůsty zjištěn u 52 roků.

Z průběhu hodnot průměrných letokruhových řad na jednotlivých lesních typech lze rozpoznat klesající trend s rostoucím věkem. Mezi křivkami jsou rozdíly v dynamice přírůstů, nejmenší pokles šířek letokruhů s rostoucím věkem vykazovaly stromy na lesním typu 3H1, na druhé straně tloušťkové přírůsty na stanovišti 3P6 se v průběhu 80 let snížily na polovinu a zaznamenaly nejvíce se snižující trend s rostoucím věkem.

Data absolutních tlouštěk letokruhů byla vyrovnána s použitím Korfovy růstové funkce, modelové hodnoty tloušťkových přírůstů se použily ke tvorbě letokruhových indexů, „oproštěných“ od vlivu věku. Růstové křivky vykazují tvar protáhlého písmene S, vyrovnané přírůstové křivky se liší v rámci jednotlivých stanovišť i mezi jednotlivými lesními typy. Jejich variabilita je závislá na typu stanoviště. Křivky běžných přírůstů kulminují na stanovišti 3K3 průměrně 18.tým rokem, hodnotou 2,57 mm, křivky průměrných přírůstů kulminují na stejném lesním typu ve 42. roce hodnotou 2,13 mm, tedy v porovnání s běžným přírůstem o 24 let později. Na stanovišti lesního typu 3H1 kulminoval v průměru běžný přírůst 17. rokem hodnotou 2,51 mm, průměrný přírůst kulminoval hodnotou 2,23 mm. Na lesním typu 3P6 byla zaznamenána kulminace běžného přírůstu v roce sedmnáctém ve výši 3,75 mm, průměrný přírůst kulminoval již v roce 37. ve výši 3,07 mm. Z porovnání stanovišť lesních typu vyplývá, že mezi časem kulminací přírůstů mezi lesními typy jsou minimální rozdíly. V kulminaci běžného přírůstu se stanoviště navzájem liší pouze o 1 rok, hodnota tloušťkového přírůstu je významně vyšší na lesním typu 3P6, u průměrných přírůstů je kulminace na lesním typu 3P6 „předsunuta“ o 5 let oproti zbylým dvěma stanovištím.

Vztah mezi tvorbou letokruhů a charakterem klimatických faktorů byl vyšetřován korelačními metodikami nejprve na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Vyšetřovány byly vztahy mezi tvorbou letokruhů, měsíčními teplotami, měsíčními úhrny srážek, průměrnou roční teplotou, ročním úhrnem srážek, teplotou vegetačního období a úhrnem srážek za vegetační období. Kladný vliv na tvorbu letokruhů vykazují srážkové úhrny v měsíci červenci, ve vegetačním období a celoroční úhrn srážek. Negativně se na tvorbě letokruhů podílí srážky v měsíci únoru. Lednové teploty jsou negativně korelované s letokruhovými

indexy, na lesním typu 3P6 se únorová teplota jeví jako významná pro tvorbu letokruhů. Takto popsané výsledky jsou sumarizací získaných hodnot, z grafů v kapitole výsledky je možné vyčíst rozdíly ve vztahu ke klimatickým faktorům mezi sledovanými lesními typy.

Předložená práce hodnotí rozdíly v charakteru růstu smrku ztepilého na třech odlišných typech stanovišť. Oblast výzkumu byla zaměřena lokálně, pro potvrzení nebo vyvrácení výsledků se snahou na pojmenování obecně platných zákonů by bylo třeba v podobně zaměřeném výzkumu pokračovat a rozšířit data o hodnoty z geograficky vzdálenějších lokací.

9 Literatura

Anděl J. Statistické metody. Matfyzpress, Praha, 1998. 278 s.

Aronsson, A., Eeliasson, L. Frost hardiness in Scots pine */Pinus sylvestris L./*.
Studia Forestalia Suecica, č. 77, 1970. s. 30

Baillie, M.G.L., Pilcher, J.R. A simple Cross-dating Program for Tree Ring
Research. Tree-Ring Bulletin, 33, 1973. s. 7-14

Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. Ekologie : jedinci, populace a
společenstva. Olomouc, Univerzita Palackého, 1997. 948 s.

Beossmann, L. Fichtenbestände ohne Wurzel- und Stockfäule wären nur halb
so sturmgefährdet. Allg. Forstz., 26, 1972. s. 313 – 314

Brázdil et al. Fir tree-ring reconstruction of March-July precipitation in southern
Moravia (Czech Republic), 1376-1996. Climate research, 20, č. 2, 2002. s. 223-
239

Briffa, K.R., Osborn, T.J., Schweingruber, F.H. Large-scale temperature
inferences from tree rings: a review. Global and Planetary Change. 40, 2004. s.
11-26

Briffa, K.R., Jones, P.D., Schweingruber, F.H. Osborn, T.J. Influence of volcanic
eruptions on Northern Hemisphere summer temperature over the past 600
years. Nature, 393, 1998. s. 450-455

Bruenig, E.F. Sturmschäden als Risikofaktor bei der Holzproduktion. Holz-Zbl.
99, 1973. s. 1305

Cook, E.R., Kairiukstis, L.A. Methods of dendrochronology : applications in the
environmental sciences. Dordrecht, Kluwer, 1990. 394 s.

- Cook, E.R., Zedaker, S.M. The dendroecology of red spruce decline, In: Eager, C., Adams, M.B. (Ed.), Ecology and Decline of Red Spruce in the Eastern United States, Ecological Studies, Springer, New York, 96. 1992. s. 192-231
- Čejková, A., Kolář, T. Analýza významných roků u smrku z oblasti Šumavy. In Historie a vývoj lesů v českých zemích: sborník příspěvků z konference. Praha, Fakulta lesnická a environmentální. 2006 s. 169-175
- Drápela, K., Zach, J. Dendrometrie (Dendrochronologie). Brno, MZLU, 1995. 149 s.
- Dunisch, O., Bauch, J., Puls, J., Muller, M. Biological and chemical wood properties of long-term polluted spruce (*Picea abies* [L.] Karst) at high-altitude stands of the Erzgebirge. *Holzforschung*. 50, č. 6, 1996. s. 497-506
- Feliksik, E., Vilczynski, S. Tree-ring chronology as a source of information on susceptibility of sitka spruce to climatic conditions of Pomerania (Northern Poland). *Geochronometria*. 30, 2008. s. 79-82
- Fér, F., Rohon P. Biologie, botanika, dendrologie. Praha, ČVUT, 2002. 156 s.
- Fritts, H.C. Reconstructing large-scale climatic patterns from tree-ring data: A diagnostic study. Tucson, University of Arizona, 1990. 112 s.
- Fritts, H.C. Tree Rings and Climate. London, New York, San Francisco, Academic Press, 1976. 567 s.
- Gandelová, L. Nauka o dřevě. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. 176 s.
- Goelz, J.C.G., Burk, T.E., Zedaker, S.M. Long-term growth trends of red spruce and fraser fir at Mt. Rogers, Virginia and Mt. Mitchell, North Carolina. *Forest Ecology and Management*. 115, 1999. s. 49-59

Grünwald, A. Hydrochemie, Praha, ČVUT, 1997. 180 s.

Hoadley, R.B. Identifying Wood. Accurate results with simple tools. Newtown. 1990. 223s.

Hoffman, S., Schweingruber, F.H. Light shortage as a modifying factor for growth dynamics and wood anatomy in young deciduous trees. Iawa Journal. 23, č. 2, 2002. s. 121-141

Horáček, P. Dynamika radiálního růstu smrku ztepilého (*Picea abies* L. /Karst/) v závislosti na ekologických podmínkách. Disertační práce. Brno, MZLU, 1994. 131 s.

Horáček, P. Metodický příspěvek k analýze radiálního růstu kmene a modelování závislosti růstu na podmínkách prostředí. Lesnictví – Forestry. 40, 1994. s. 392 - 402

Chalupa, V. Počátek, trvání a ukončení vegetační činnosti u lesních dřevin. Práce VÚLHM, 37, 1969. s. 41 - 69

Cherubini, P., Dobbertin, M., Innes, J.L. Potential sampling bias in long-term forest growth trends reconstructed from tree rings: A case study from the Italian Alps. Forest Ecology and Management. 109, 1998, s. 103-118

Chmelař, J. Dendrologie s ekologií lesních dřevin. Vysoká škola zemědělská. Brno, 1981. 91 s.

Chroust, L. Das Temperaturregime in verschieden durchforsteten Eichen-Stangen - hölzern. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 139, č. 7, 1968. s. 163 - 172

Chroust, L. Vliv výchovných sečí na délku vegetačního období mladých borových porostů. Lesnictví. 17, č. 7, 1971. s. 669 - 682

Chroust, L. Pěstebně výnosový význam velikostí a tvaru korun v mladých dubových porostech. In: Práce VÚLHM. 41, Zbraslav – Strnady, 1972. s. 81 - 102

Chroust, L. Ekologické aspekty porostní výchovy mladých smrkových porostů v imisních podmínkách. Lesnictví. 37, č. 3, 1991. s. 193 - 212

Chroust, L. Světelný režim porostů borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a její asimilační biomasa. Lesnictví. 39, č. 12, 1993. s. 487 - 496

Chroust, L. Ekologie výchovy lesních porostů. Opočno, VÚLHM, 1997. 280 s.

Johnson, A.H., Siccama, T.G., Turner, R.S., Lord, D.G. Assessing the possibility of a link between acid precipitation and decreased growth rates of trees in the northeastern United States, In: Linthurst, R.A., (Ed.), Direct and Indirect Effects of Acidic Deposition on Vegetation, Butterworth, Boston, MA, 1984. s. 81-95

Kamlerová, K., Schejbalová H. Vliv klimatických faktorů na sezónní dynamiku tloušťkového přírůstu smrku ztepilého. In: Rožňovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I. (ed): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí, Brno, 2006

Kobayashi, O., Funada, R., Fukazawa, K., Ohtani, J. A dendrochronological evaluation of the effects of air pollution on the radial growth of Norway spruce. Mokuzai Gakkaishi. 43, č. 10, 1997. s. 824-831

Korf, V. Příspěvek k matematické definici vzrůstového zákona hmot lesních porostů. Lesnická práce, XVIII, 1939. s. 339-379

Kozlowski, T.T. Tree Growth. New York, The Ronald Press Company, 1962. 442 s.

Krečmer, V.K intercepci srážek ve středohorské smrčíně. In: Opera Corcontica. Sv. 5. Praha, SZN, 1968. s 86 - 96

Kroupová et al. Rekonstrukce napadení smrkového porostu kůrovcem. In: Kroupová, M., Vinš, B., (eds.): 14. Mezinárodní dendroekologický kurz – Přehled řešených témat. Praha, VÚLHM, 1999. 26 s.

Kula E., Zabecki W. Kambioxylofágové smrkových zlomů a odlomů. Lesnická práce, 85, č. 8, 2006. s. 22-23

Kulhavý, J., Bednářová, E., Čermák, J., Hadaš, P., Kamlerová, K., Kantor, P., Klimo, E., Knott, R., Křístek, J., Kučera, J., Kula, E., Palát, M., Prax, A., Suchomel, J. Ekologie lesa. CD disk. Brno, MZLU, 2003. 220 s.

Kyncl, T. Dendrochronologické datování krovů kostela sv. Vojtěcha poblíž Studnic u Telče a kostela sv. Petra a Pavla v Rančívě. Průzkumy památek. 5, č. 2, 1998. s. 115-118

Kyncl, T. Dendrochronologie několika raně barokních krovů v Telči a okolí. Průzkumy památek. 6, č. 1, 1999. s. 79-82

Kyncl, T., Šabatová, L. Dendrochronologické datování dřeva ze zříceniny hradu Nový Hrádek. Průzkumy památek. 11, č. 2, 2004. s. 114-118

Kyncl, T., Vrbová J. Dendrochronologické datování dřeva na hradě Týřov. č. 3, 2002. s. 687-689

Lang, W. Ökologische und hydrologische Untersuchungen in verschiedenen stark durchforsteten Fichten- und Lärchenbeständen des Schwarzwaldes. Dissertation, Univ. Freiburg, 1970. 85 s.

Larcher, W. Fyziologická ekologie rostlin. Praha, Academia, 1988. 362 s.

Liao, C.Y., Podrázský, V.V., Liu, G.B. Diameter and Height growth analysis for individual White Pine trees in the area of Kostelec nad Černými lesy. *Journal of Forest Science*. 49, č. 12, 2003. s. 544-551

Mäkelä, A. Models of pine stand development: An eco-physiological systems analysis. Dissertation. University of Helsinki. Dept. Silviculture. Research Notes 62, 1988. 54 s.

Mäkinen, H. et al. Radial growth variation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) across latitudinal and altitudinal gradients in central and northern Europe. *Forest Ecology and Management*. 171.2002. s. 243-259

Matovič, A. *Nauka o dřevě*, Brno, MZLU, 1981. 112 s.

McLaughlin, S.B. Effects of air pollution on forests: A critical review. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 35, 1985. s. 512-534.

Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha, Academia, 1993. 594 s.

Miller, R. G. *Simultaneous Statistical Inference*. McGraw-Hill, New York, 1966.

Mráček, Z., Pařez, J. *Pěstování smrku*. Praha, SZN, 1986. 203 s.

Myslil, V. *Voda - země – život*. Praha, Ministerstvo životního prostředí, 1999. 88 s.

Odum, E. P. *Základy ekologie*, Praha, Academia. 1977. 733 s.

Pasák, V. Vliv probírek na mikroklima dubových porostů. *Lesnictví*. 15, č. 5, 1969. s. 437 - 452

Perelygin, O. M. Náuka o dreve, Bratislava, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1965. 444 s.

Persson, P. The influence of various thinning methods on the risk of wind-falls, snowbreaks and insect attacks. Thinning and Mechanisation. IUFRO Meeting, Royal College of Forestry, Stockholm, 1969. s. 169 - 174

Petrík, M. Bioklimatológia. Zvolen, Vysoká škola lesnícka a drevárska, 1981. 238 s.

Prošek, P., Rein, F. Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry. Praha, SPN, 1982. 244 s.

Průša, E. Pěstování lesů na typologických základech. Kostelec nad Černými Lesy, Lesnická práce, 2001. 593 s

Rolland, C. et al. Extreme tree rings in spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and fir (*Abies alba* Mill.) stands in relation to climate, site, and spate in the southern French and Italian Alps. Arctic Antarctic and Alpine Research. 32, č. 1, 2000. s. 1-13

Rozsypal, S. et al. Přehled biologie. Praha, SPN, 1986. 690 s

Rožnovský, J., Havlíček, V. Bioklimatologie. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. 156 s.

Sapožnikova, S. A. Mikroklima a místní klima. Praha, Brázda, 1952. 260 s.

Schmidt-Vogt, H. Die Fichte. Band I. Taxonomie, Verbreitung, Morphologie, Ökologie, Waldgesellschaften, Hamburg and Berlin, Verlag Paul Parey. 1977. 647 s.

Schweingruber, F. H. Tree rings. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1983. 276 s.

Schweingruber, F. H. Tree rings and environment dendroecology. Bern, Haupt, 1996. 609 s.

Schweingruber, F. H., Aellen-Rumo, K., Weber, U., Wehrl, U. Rhythmic growth fluctuation in forest trees of Central Europe and the Front Range in Colorado. *Trees*. 4, č. 2, 1990. s. 99-106

Schweingruber, F. H., Nogler, P. Synopsis and climatological interpretation of Central European tree-ring sequences. *Botanica Helvetica*. 113, č. 2, 2003. s. 125-143

Slavík, B. a kol. Metody studia vodního provozu rostlin. Praha, NČSAV, 1965. 302 s.

Slavíková, J. Ekologie rostlin. Praha, SPN, 1986. 368 s.

Spiecker, H., Mielikäinen, K., Köhl, M., Skovsgaard, J. et al. Growth Trends in European Forests: Studies from 12 countries. EFI Research, Report No. 5, Berlin, Springer. 1996. 372 s.

Šamaj, F., Prošek, P., Čabajová, Z. Agrometeorológia a bioklimatológia. Bratislava, Univerzita Komenského, 1994. 306 s.

Šebánek, J. Plant Physiology. Amsterdam, Elsevier, 1992. 453 s.

Šebík, L., Polák, L. Náuka o produkci dřeva. Bratislava, Příroda, 1990. 322 s.

Šišák, L., Pulkrab, K. Kvantifikace škod na lesních porostech. Praha, Centrum pro otázky životního prostředí University Karlovy, 1999. 90 s.

Šlezingerová, J., Gandelová, L. Stavba dřeva. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. 188 s.

Šmelko, Š. Štúdium rastu a prírastku lesných stromov a porastov. Část 2. Závěrečná zpráva, Zvolen, LF VŠLD, 1975. 154 s.

Šmelko, Š. Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov, Bratislava, Príroda, 1982. 184 s.

Thomasius, H. Studie über Zuwachsverluste infolge Auflichtung oder verzäitigen Abtrieb sturmgeschädigter Fichtenbestände. Sozialis. Forstwirtschaft., 23, č. 7, 1973. s. 201 - 205

Thomasius, H. Über ein Verfahren zur objektiven Entscheidungsfindung für die weitere Behandlung Sturmgeschädigter Fichtenbestände. Sozialis. Forstwirtschaft., 23, č. 8, 1973. s. 236 - 241

Topcuoglu, A. Verteilung des Zuwachses auf die Schaftlänge der Bäume. Tharandter Forstliches Jahrbuch, 91, 1940. s. 485 - 554

Unep. Voda nad zlato. Edice Planeta. 2003. s. 84

Úradníček, L., Chmelař, J. Dendrologie lesnická. Brno, MZLU, 1995. 130 s.

Viewegh, J., Kusbach, A., Mikeska, M. Czech forest ecosystem classification. Lesnictví. 49, č. 2, 2003. s. 85-93

Vinš, B. Použití letokruhových analýz k průkazu kouřových škod, část 1. Lesnictví. 7, 1961. s. 753-770

Vinš, B. Použití letokruhových analýz k průkazu kouřových škod, část 2. Lesnictví. 8, 1962. s. 263-280

Vitas, A. Masterchronologies of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) on Fresh Forest Sites in Lithuania. Baltic Forestry. 9, č. 1, 2003. s. 63-68

Všeobecná část LHP. LHC Kostelec n. Č. L. Ekoles – Projekt. 2001. s. 10-27

Waisel, Y., Fahn, A. The effects of environment on wood formation and cambial activity in *Robinia pseudoacacia*, *New Phytologist*. 64, č.3, 1965. s. 436-442

Wagenführ, R. Anatomie des Holzes unter besonderen Berücksichtigung der Holztechnik. Leipzig, Fachbuchverlag, 1989. 334 s.

Weber, U.M., Schweingruber, F.H. A dendroecological reconstruction of western spruce budworm outbreaks (*Choristoneura occidentalis*) in the Front Range, Colorado, from 1720 to 1986. *Trees – Structure and Function*. 9, č. 4, 1995. s. 204-213

Weihe, J. Die Niederschläge unter Buchen und Fichten im trockenen Sommer 1973. *Forst – Holzwirt*, 29, č. 6, 1974. s. 113 – 116

Zahradník, D. Program Letokruhy, verze 2.3. Praha, Katedra Húl, Fakulta lesnická a environmentální, © 2005

Zach, J., Drápela, K. Možnosti užití některých matematických funkcí ke standardizaci letokruhových sérií. *Lesnictví*. 37, č. 3, 1991. s. 267 – 272

Zlatník, A. Nástin lesnické typologie na biogeocenologickém základu a rozlišení československých lesů podle skupin lesních typů. 1956. In: Plíva, K. Funkčně integrované lesní hospodářství, Přírodní podmínky v lesním plánování, ÚHÚL, 1991. 264 s.