

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

**Potenciál pěstování smrku ztepilého v oblastech jeho chronického
chřadnutí**

Disertační práce

Autor: Ing. David Dušek

Školitel: doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

2015

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma **Potenciál pěstování smrku ztepilého v oblastech jeho chronického chřadnutí** vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury na základě konzultací a doporučení školitele.

Souhlasím se zveřejněním disertační práce dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Opočně dne 25. 5. 2015

Poděkování

Děkuji svému školiteli doc. Ing. Jiřímu Remešovi, Ph.D. za konzultace a odborné vedení disertační práce. Dále děkuji doc. RNDr. Marianu Slodičákovi, CSc., Ing. Jiřímu Novákovi, Ph.D. a Ing. Dušanu Kacálkovi, Ph.D. za odborné konzultace a ostatním kolegům z Výzkumné stanice v Opočně za pomoc při terénních pracích a za technickou podporu.

Experimenty byly financovány v rámci řešení výzkumného záměru MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0114 (č.j. 8653/2014- MZE-17011).

Abstrakt

Disertační práce se zabývá problematikou chřadnutí smrkových porostů v části severní Moravy, na příkladu modelového území lesní správy Vítkov. Chřadnutí smrkových porostů je v současnosti na zájmovém území velmi naléhavým problémem. Za hlavní příčiny současného stavu lze označit neuspokojivý stav chemismu lesních půd v důsledku předchozí imisní zátěže, nedostatečné srážky a vysoké teploty během vegetační sezóny v souvislosti s globálními klimatickými změnami. Dalšími přídatnými faktory jsou poškození smrkových porostů václavkami a podkorním hmyzem. Příčiny současného chřadnutí však spočívají ve složitém komplexu faktorů. Cílem disertační práce je přispět k posouzení stavu výživy v mladých smrkových porostech a získání exaktních poznatků o rozsahu chřadnutí smrku v nich. Dalším cílem práce je nastínit vhodnou strategii výchovných zásahů v chřadnoucích smrkových mlazinách a tyčkovinách. Za účelem stanovení vhodné strategie výchovných zásahů v postižených lokalitách byly v letech 2010 až 2013 založeny čtyři experimentální probírkové řady ve smrkových mlazinách a tyčkovinách. Dále byly zahájeny observační studie ve smrkových mlazinách pro zjištění jejich struktury a zdravotního stavu. Byly odebírány a chemicky analyzovány vzorky půd a asimilačního aparátu pro zjištění současného stavu výživy postižených mladých smrkových porostů. V některých případech byl zjištěn výrazně nenasycený sorpční komplex půdy a deficit přístupného vápníku ve svrchních půdních horizontech. V asimilačním aparátu byl zaznamenán potenciální nedostatek hořčíku, v asimilačním aparátu smrků postižených kareňními jevy byl zjištěn nedostatek prakticky všech živin. Procentuální zastoupení chřadnoucích jedinců ve smrkových mlazinách mnohdy překračuje 50 %, na druhé straně jsou absolutní počty „zdravých“ smrků dostatečné pro další vývoj porostů. Výchovné zásahy ve smrkových mlazinách a tyčkovinách podpořily tloušťkový přírůst vybraných nadějných stromů a vedly ke zlepšení jejich štíhlostního kvocientu. Příznivé ovlivnění zdravotního stavu výchovou zatím vyznívá neprůkazně, pravděpodobně i díky krátké časové periodě sledování.

Klíčová slova: Smrk ztepilý, chřadnutí lesů, porostní výchova

Abstract

My dissertation deals with a problem of Norway spruce decline in the part of Vítkov forest district, northern Moravia. Spruce decline is one of the most pressing tasks in some parts of the area of interest. The main reasons are probably unsatisfactory state of forest soils due to former pollution deposition, precipitation deficiency and high temperature in vegetation seasons connected with global climate change. Honey fungus and bark beetle attacks should have been considered as accompanying factors. Basically, cause of spruce decline lies in complicated complex of factors. The objective of my dissertation is to assess a nutrition status of the young spruce stands and extend the knowledge of their decline rate. Further objective is to propose an appropriate strategy to maintain thicket and small-pole stands of declining spruce. Four experimental thinning series were established in young spruce stands in order to prescribe appropriate thinning strategies in stands affected by spruce decline. Observational studies began in young spruce stands in order to determine their structure and health status. Moreover, soil and needle samples were collected to determine current state of nutrient status in young spruce stands. In some cases, I found an unsaturated topsoil being deficient in available calcium. Needle tissue samples were low in magnesium; the samples showing yellowing were low in all nutrients analyzed. Declining spruce trees share frequently more than 50% in the thickets; on the other hand, there are remaining enough “healthy” trees to maintain further development of the stands. Spruce thickets and small-pole stands responded to thinning positively; diameter increment of promising trees increased which lowered their h/d ratio values. Response of health status of young spruce to thinning remains, however, unclear. It is likely to be attributable to the short-term investigation.

Key words: Norway spruce, forest decline, thinning

Obsah

1. Úvod	7
2. Cíl práce	9
3. Rozbor problematiky	10
3.1 Biologické a ekologické aspekty pěstování smrku.....	10
3.2 Porostní výchova smrku	11
3.3 Problematika chřadnutí smrkových porostů.....	13
3.4 Adaptivní management lesů v podmínkách klimatických změn	16
3.5 Charakteristika zájmové oblasti	18
4. Metodika	22
4.1 Zjišťování stavu svrchních půdních horizontů pod mladými smrkovými porosty.....	22
4.2 Zjišťování obsahu živin v asimilačním aparátu mladých smrkových porostů	23
4.3 Struktura a zdravotní stav smrkových mlazin z přirozené obnovy.....	24
4.4 Experimenty s výchovou smrkových mlazin	27
4.5 Experimenty s výchovou smrkových tyčkovin	30
4.6 Probírkový experiment IUFRO – 13 Vítkov	31
4.7 Experimentální design a prezentace výsledků statistické analýzy	33
5. Výsledky	35
5.1 Stav svrchních půdních horizontů pod mladými smrkovými porosty	35
5.2 Obsah živin v asimilačním aparátu mladých smrkových porostů	38
5.3 Struktura a zdravotní stav smrkových mlazin z přirozené obnovy.....	45
5.4 Experimenty s výchovou smrkových mlazin	53
5.4.1 Experiment Výškovice	53
5.4.2 Experiment Mokříny	59
5.5 Experimenty s výchovou smrkových tyčkovin	67
5.6 Probírkový experiment IUFRO – 13 Vítkov	80
6. Diskuse	86
6.1 Chemizmus půd.....	86
6.2 Obsah živin v asimilačním aparátu.....	87
6.3 Stav smrkových mlazin po provozních výchovných zásazích	89
6.4 Experimentální zásahy ve smrkových mlazinách a tyčkovinách	90
6.5 Probírkový experiment IUFRO 13 Vítkov	92
7. Závěr	94
7.1 Závěry z observačních studií.....	94
7.2 Závěry z experimentů.....	95
7.3 Doporučení pro praxi.....	97

7.4 Návrhy na další výzkum v oblastech chřadnutí smrku.....	98
8. Seznam literatury a použitých zdrojů	99
9. Přílohy	113
9.1 Orientační mapky a zákresy experimentálních ploch.....	113
9.2 Fotopříloha	116

1. Úvod

Smrk ztepilý (*Picea abies* L., Karst.) se na druhové dřevinné skladbě lesů České republiky podílí z ca 54 %, a je tak naší nejdůležitější hospodářskou dřevinou. Mezi výhody pěstování smrku patří jeho značná přizpůsobivost stanovištním podmínkám, a vysoká objemová i hodnotová produkce dříví, která většinou předčí ostatní domácí hospodářské dřeviny. Další předností smrku je především jeho snadná umělá obnova, ale i schopnost přirozeně se zmlazovat jak na volné ploše, tak i pod clonou mateřského porostu, a to i v podmínkách, které nejsou pro smrk optimální. Kultivace smrku mimo areál jeho přirozeného rozšíření je však spojena s mnoha problémy. Na většině stanovišť, kde je dnes tato dřevina pěstována, je nutné počítat s určitým stupněm ohrožení (Slodičák, Novák 2007a; Slodičák, Novák 2007b).

Značná část území severní Moravy a Slezska je v současnosti postižena chronickým chřadnutím smrkových porostů všech věkových tříd bez ohledu na způsob jejich založení (tj. přirozenou, resp. umělou obnovou). Chřadnutí se zprvu projevuje žloutnutím asimilačních orgánů a defoliací, později hynutím jedinců v porostech. Příčiny nepříznivého zdravotního stavu smrkových porostů v oblasti spočívají v komplexu faktorů. Prvním z nich je kultivace smrku mimo jeho ekologické optimum (Holuša 2004). Dále je to nepříznivý stav lesních půd, zvláště jejich kyselost a nenasycenost sorpčního komplexu v důsledku vysoké imisní zátěže z minulosti (Fabiánek et al. 2004; Šrámek et al. 2013a). Dalším významným faktorem jsou klimatické anomálie, tj. nízké srážkové úhrny a vysoké teploty ve vegetační periodě (Hentschel et al. 2014), spojené s globální klimatickou změnou (Holuša, Liška 2002; Stanovský 2002; Maracchi et al. 2005; Rennenberg et al. 2006; Tatarinov, Cienciala 2009; Lindner et al. 2010; Allen et al. 2010; Zhao, Running 2010; Hlásny et al. 2011; Mason et al. 2012; Choat et al. 2012; Cunze et al. 2013; Hlásny et al. 2014). Zdravotní stav smrkových porostů je dále zhoršován opakovanými gradacemi kambioxylofágního hmyzu („kůrovců“) a četnými případy napadení václavkou (*Armillaria* ssp.). Právě napadení václavkou, kterému předchází fyziologické oslabení stromů suchem lze považovat za významný mortalitní faktor ve smrkových porostech Slezska (Holuša, Liška 2002). Také Čermák et al. (2004) považují kombinaci srážkového deficitu, vysokých teplot a následného napadení václavkou za jeden z nejvážnějších destabilizačních faktorů v současných smrkových porostech. Fragmentované porosty jsou dále rozvráceny působením sněhových a především větrných polomů (Holuša et al. 2010).

Je obecně žádoucí usilovat o přeměnu současných smrkových monokultur mimo oblasti jejich ekologického optima na stabilnější porosty s druhovou skladbou více odpovídající konkrétnímu stanovišti. Zvláště naléhavá je tato potřeba právě v oblastech dlouhodobě postižených

chřadnutím smrkových porostů. Na druhou stranu, ačkoli se smrk na stanovištích 4. a 5. lesního vegetačního stupně nachází mimo areál svého přirozeného rozšíření (tedy mimo své ekologické optimum), je zde v optimu produkčním. Vzhledem k dominantnímu postavení smrkového dříví v ekonomické bilanci lesního hospodářství není žádoucí smrk z dřevinné skladby pátého a v omezené míře i čtvrtého lesního vegetačního stupně zcela vyloučit. Udržení určitého zastoupení smrku v těchto lokalitách, byť třeba jen v podobě příměsi, je v souladu se zásadami zachování a zvyšování biologické diverzity lesních porostů.

Racionalizace postupů výchovy stávajících mladých smrkových porostů je významným opatřením, které může vést ke zmírnění nepříznivého zdravotního stavu lesních porostů a zachování resp. prodloužení doby jejich funkčnosti. V minulosti vytvořené smrkové monokultury představují vysoce umělé ekosystémy neschopné dalšího zdárného vývoje bez aktivní podpory, převážně porostní výchovy. Chybně, především opožděně a nedostatečně intenzivně, prováděná porostní výchova prokazatelně vede ke zhoršování hydrologických poměrů v porostech, zpomalování procesů dekompozice opadu a tím i ke zpomalování a narušení koloběhu živin. Vede také k výraznému snížení stability smrkových porostů a k nárůstu rizika poškození přeštíhlených porostů sněhem a následně větrem (Slodičák 1996; Slodičák, Novák 2007).

Dosavadní poznatky o pozitivním vlivu výchovy na zdravotní stav smrkových porostů byly získány primárně v oblastech chřadnutí smrku pod vlivem imisí (Tesař 1976; Chroust 1991; Slodičák, Novák 2004). Ačkoli míra imisní zátěže od přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století značně poklesla (Hůnová et al. 2004), stav lesních půd nadále negativně ovlivňuje zdravotní stav lesů (Lomský, Šrámek 2004). Většina mladých smrkových porostů v zájmové oblasti vykazuje symptomy napadení václavkou. Používané pěstební postupy tuto situaci většinou nereflektují, což vede k zvýšenému podílu nahodilých těžeb. Postupným snižováním zastoupení smrku v porostech dochází k ohrožení jejich produkční funkce a následně i funkcí ostatních především funkce poutání uhlíku, půdoochranné, hydričké a také funkce rekreační.

Zhodnocení potenciálu pěstování smrku v oblastech postižených jeho chronickým chřadnutím se vzhledem k výše uvedenému jeví jako vědecky i prakticky relevantní téma. Jako modelové území byly zvoleny lesní porosty na lesní správě Vítkov (organizační složka LČR, s. p.), kde se již zhruba dvě desetiletí projevuje chronické chřadnutí smrku. Práce se zaměřuje na strukturu, zdravotní stav a druhové složení mlazin s převahou smrku původem z přirozené obnovy. Je také vyhodnocen stav svrchních půdních horizontů pod smrkovými mlazinami a

tyčkovinami. Stěžejní částí práce je vyhodnocení experimentů s výchovou ve smrkových mlazinách a tyčkovinách, kde se ve zvýšené míře projevují příznaky chřadnutí. Dále jsou stručně vyhodnoceny výsledky z dlouhodobého mezinárodního probírkového experimentu IUFRO Vítkov, který se rovněž nalézá v postižené oblasti a na němž je demonstrován dosavadní produkční potenciál smrku v modelovém území.

2. Cíl práce

Cílem disertační práce je vyhodnotit potenciál pěstování smrku ztepilého v oblastech postižených jeho chronickým chřadnutím na příkladu modelového území lesní správy Vítkov (Moravskoslezský kraj, okres Opava).

Díličními cíli jsou:

- Analýzou chemizmu lesních půd pod mladými smrkovými porosty a chemickou analýzou asimilačního aparátu ve smrkových mlazinách s výskytem karečních jevů přispět k poznání živinových poměrů a zdravotního stavu smrku na modelovém území.
- Inventarizací struktury a zdravotního stavu smrkových mlazin doposud nevychovávaných a mlazin po aplikaci provozních výchovných zásahů stanovit potenciál dalšího využití těchto porostů.
- Prostřednictvím experimentů ověřit možnosti relativně silných výchovných zásahů na zdravotní stav mladých smrčín s cílem zastavení či zpomalení jejich rozpadu v oblasti postižené chronickým chřadnutím smrku. Hypotéza o pozitivním vlivu výchovy na zdravotní stav smrčín byla formulována na základě pozitivních výsledků dosavadních experimentů v porostech poškozených imisemi.
- V rámci bloku manipulativních experimentů jsou také zařazeny poslední výsledky mezinárodního probírkového experimentu IUFRO-13 Vítkov založeného v roce 1971 ve smrkové monokultuře. Cílem je demonstrovat značný produkční potenciál smrku v modelové oblasti, ale také značné riziko náhlého rozpadu smrkových monokultur i po desetiletích jejich zcela uspokojivého růstu a zdravotního stavu.

Získané výsledky budou sloužit jako podklady pro další výzkum v oblasti, stejně jako východiska k dílčím doporučením ve výchově chřadnoucích mladých smrkových porostů. Disertační práce si neklade za cíl předložit komplexní metodiku výchovy chřadnoucích smrčín a jejich převodu na porosty s vyšší biodiverzitou a odolností. K vyřešení tak složité problematiky bude zapotřebí mnohem rozsáhlejšího výzkumu a vyhodnocení výsledků za dlouhé časové období.

3. Rozbor problematiky

3.1 Biologické a ekologické aspekty pěstování smrku

Smrk ztepilý zaujímá rozsáhlý areál euroasijského kontinentu. Je schopen růst v široké škále půdních a klimatických podmínek a svou ekologickou valencí předčí všechny naše domácí hospodářsky významné dřeviny. Je relativně nenáročný na živiny a v oblastech svého ekologického optima při dostatečné vlhkosti roste i na velmi chudých půdách (Úradníček et al. 2001). Za optimální půdní kyselost v hlavní zóně kořenů se považuje pH 4,0 – 5,0. Na půdách s dostatečnou a rovnoměrnou vlhkostí vytváří převážně povrchový kořenový systém, na půdách písčitých a šterkopísčitých však dokáže vytvářet kořenovou soustavu dosahující do hloubky 3 až 6 m (Mráček, Pařez 1986). Je poměrně citlivý na nedostatek kyslíku v půdě, stagnující půdní voda zhoršuje vývoj kořenového systému. Nadměrná půdní kyselost a přítomnost toxických iontů hliníku je dalším limitujícím faktorem pro růst kořenů (Puhe 2003). Smrk dobře snáší nízké teploty, pouze v mrazových kotlinách může být ojediněle poškozován pozdními mrazy. Jako spodní limit teplot, kdy již dochází k nevratnému fyziologickému poškození jehlic se uvádí – 38 až – 40 °C, v imisních oblastech však může být smrk mnohem citlivější (Holuša, Liška 2002). Například Balcar et al. (2011) doložil poškození jehlic a pupenů u dormantních mladých smrků během silné mrazové epizody v lednu 2009 (– 35 °C) na Malé Jizerské louce v Jizerských horách. Na srážky je méně náročný pouze na severní hranici svého rozšíření. Jako optimální množství srážek pro smrk ve vegetačním období se v našich podmínkách udává 600 až 800 mm, za spodní hranici srážkového úhrnu pro pěstování smrku se považuje 300 mm ve vegetačním období (Mráček, Pařez 1986). Především v období růstu výhonů je značně citlivý na periody sucha a v zimním období se u něj projevuje tzv. zimní či fyziologické sucho (Christensson, von Frick 1990). Smrk je schopen snášet značné zastínění a bývá označován jako polostinná dřevina. Při kultivaci na volné ploše však převládá tzv. pionýrská strategie růstu spojená s velmi časnou kulminací tloušťkového i výškového přírůstu. Ve smrkovém lesním vegetačním stupni je zcela určující složkou dřevinné skladby, v nižších stupních se přirozeně uplatňuje tam, kde mají ostatní dřeviny jako buk a jedle oslabenou kompetiční schopnost. Od jedlobukového stupně výš, lze smrk v našich podmínkách považovat za klimaxovou dřevinu (Tesař, Klimo 2004). Často diskutovanou otázkou je negativní vliv smrkových monokultur na půdní prostředí v porovnání s jinými jehličnatými nebo listnatými dřevinami (Binkley, Valentine 1991; Hagen-Thorn et al. 2004; Podrázský, Remeš 2005; Podrázský, Remeš 2010; Podrázský et al. 2011; Kacálek et al. 2013). Obecně se pod nesmíšenými smrčínami předpokládá zvýšená akumulace surového humusu, nižší pH a nasycení sorpčního komplexu

bazickými živinami, především hořčíkem a vápníkem. Nicméně je efekt druhového složení na půdní vlastnosti jen velmi vzácně natolik významný, aby sám o sobě vedl k chřadnutí porostů. Vliv dřeviny je výrazně modifikován geologickým podložím, reliéfem, klimatem a také lesnickým hospodařením (Augusto et al. 2002).

3.2 Porostní výchova smrku

Smrk se v České republice pěstuje ve velmi rozdílných stanovištních podmínkách od lužních lesů až po 8. lesní vegetační stupeň. Tato rozmanitost přírodních podmínek vyžaduje diferencovaný přístup ve stanovení pěstebních postupů a hospodářských cílů (Slodičák, Novák 2007a). Mezi žádoucí vlastnosti smrku patří jeho schopnost udržení přímého vzrůstu a souměrné koruny i mimo porostní zápoj. Velmi dobře reaguje na uvolnění světlostním přírůstem (zvláště tloušťkovým) po téměř celou dobu obmýtí. Ke kulminaci tloušťkového přírůstu dochází v uměle založených porostech již ve věku 10 – 15 let, výškový přírůst kulminuje ve věku 20 – 30 let. K vytvoření mohutného kořenového systému a stabilního (spádného) kmene, vyžaduje smrk v tomto období dostatek růstového prostoru. Toho lze dosáhnout pouze volbou vhodného sponu při výsadbě a následnou náležitou pěstební péčí. Nižší hustota smrkových porostů v mládí je žádoucí především na stanovištích silně ohrožených abiotickými činiteli, jako jsou sníh, vítr a imise.

Značná flexibilita a relativní snadnost pěstování smrku vedla v minulosti lesní hospodáře k vytvoření víceméně unifikované pěstební technologie, bez ohledu na stanovištní a ekologické podmínky. Až značné zastoupení nahodilých těžeb ve smrkových monokulturách vedlo k formulování diferencovaného přístupu ve výchově. Vysoké škody sněhovými a větrnými polomy pozorované ve smrkových monokulturách si vynutily částečnou revizi původně převažujícího konceptu výchovy, coby prostředku k ovlivnění kvantity a kvality produkce, ve prospěch opatření směřujících k zajištění bezpečnosti produkce a uchování funkcí lesa. Problematikou možností ovlivnění stability smrkových porostů výchovou a vlivem zanedbání porostní výchovy na nárůst rizika ohrožení smrkových porostů sněhem a větrem se zabývala řada autorů domácích (např. Vicena 1964; Mráček, Pařez 1986; Slodičák, Novák 2004; Slodičák, Novák 2006a) i zahraničních (např. Wiedenmann 1955; Persson 1970; Somerville 1980; Cremer et al. 1982; Blackburn, Petty 1988; Rollinson 1988; MacCurrach 1991; Pettersson 1993; Brücher et al. 2000; Mäkinen, Isomäki 2004; Štefančík 2012). V reakci na četné poškození smrkových porostů sněhem a větrem se v minulosti vyvinuly dvě odlišné pěstební strategie (Slodičák, Novák 2006b).

První doporučuje pěstovat smrk v těsném a neporušeném zápoji po celou dobu obmýti a využít tak vzájemné podpory jedinců v porostu. Další stabilizační prvky spočívají ve využití zpevňujících dřevin, směřování obnovy proti směru převládajících větrů, zpevnění porostních okrajů, využití rozluk, odluk a závor, popřípadě odvodnění zamokřených stanovišť. Závažným nedostatkem této strategie je obvykle rychlé zhroucení celého systému po jednorázovém narušení, například v důsledku nárazů větru z jiného než převládajícího směru nebo v důsledku narušení zápoje působením biotických škůdců.

Druhá strategie spočívá ve vnitřním zpevnění, tj. individuální stabilitě jednotlivých stromů. Jejími základními prvky jsou nižší hektarové počty při výsadbě a pěstování stromů ve volném zápoji po celou dobu obmýti ve snaze zajistit vytvoření mohutného kořenového systému, spádných kmenů s nízkým štíhlostním kvocientem a velkých hluboce zavětvených korun. Tato strategie byla poměrně úspěšná v mladých porostech ve fázi ohrožení sněhem, ale ve vyšším věku vedla k silnému poškození takto vychovávaných porostů větrem (Vicena 1964; Persson 1970; Slodičák 1987).

Kombinací výše uvedených postupů byla navržena třetí strategie, poprvé formulovaná již v padesátých letech minulého století Wiedemannem (1955). Takzvaná strategie odstupňované výchovy, spočívá v pěstování smrku ve volném zápoji v mládí, kdy je možné výrazně pozitivně ovlivnit vývoj korun, kořenového systému a štíhlostního kvocientu individuálních stromů. Ve druhé polovině obmýti, kdy narůstá riziko ohrožení větrem, se intenzita výchovných zásahů snižuje a porosty se udržují plně zapojené při využití systému vzájemného krytí. Přitom se vychází z poznatku, že parametry korun a štíhlostního kvocientu již v této fázi nelze efektivně ovlivnit.

Současné pojetí výchovy porostů hlavních hospodářských dřevin je koncipováno v modelech porostní výchovy pro tyto dřeviny. Model porostní výchovy představuje soustavu instrukcí pro uskutečnění výchovných sečí od prvního výchovného zásahu až po ukončení výchovy (Slodičák, Novák 2007a). Modely porostní výchovy v současném pojetí byly v zahraničí prvně definovány v Německu na konci šedesátých let minulého století (Abetz 1969) a v našich zemích se o jejich zavedení do praxe zasloužil především Chroust (1973, 1976). První souhrnné publikace modelů se v tehdejší Československu objevily na konci osmdesátých let minulého století (Pařez, Chroust 1988; Plíva, Žlábek 1989). Na tyto práce navazovaly modely výchovy koncipované na základě vyhodnocování probírkových ploch Výzkumné stanice v Opočně (Slodičák 1996; Slodičák, Novák 2007a; Slodičák, Novák 2008; Slodičák et al. 2013). Současné modely vychází z diferenciací výchovy podle cílových hospodářských souborů (CHS) a jejich stupně ohrožení

abiotickými činiteli. Za zvláště ohrožené jsou považovány smrkové porosty na podmáčených stanovištích (CHS 39, 59, a 79), dále na bohatých živných (CHS 45 a 55) a oglejených stanovištích (CHS 57, 77). Výchova se zde doporučuje zahájit při horní porostní výšce (výška 100 nejsilnějších stromů na ha) 5 m, redukcí původního hektarového počtu 3 – 4 tisíce jedinců na 1600 jedinců (na živných stanovištích), resp. 1300 jedinců (oglejená a podmáčená stanoviště) selektivním zásahem. Další pěstební zásahy při horní porostní výšce 10, 20 a 25 m jsou již slabší s klesající silou zásahů. Pro porosty méně ohrožené na kyselých a exponovaných stanovištích (CHS 51, 71, 43, 53, 73) je navrhováno započítí výchovy nejpozději při dosažení horní porostní výšky 7 m s redukcí na 1900 (CHS 43, 53) nebo 2200 (CHS 51, 71, 73) jedinců negativním výběrem v podúrovni. Další zásahy v CHS 51, 71 a 73 se doporučují opakovat při horní výšce 15 a 18 m a v porostech CHS 43 a 53 při horní výšce 15, 20 a 25 m (Slodičák, Novák 2007a).

Kromě podstatného vlivu výchovy na stabilitu a odolnost vůči abiotickým faktorům, je třeba zmínit její zásadní vliv na změnu porostního prostředí úpravou radiačního, tepelného a vodního režimu porostů. Nejucelenější přehled o tzv. „ekologických efektech“ výchovných zásahů ve smrkových (a také borových a dubových) porostech v podmínkách České republiky podává publikace Chrousta (1997). Vliv výchovy na koloběh živin změnou množství opadu a rychlosti dekompozice organických horizontů ve smrkových porostech je předmětem intenzivního výzkumu (Prescott et al. 1993; Novák, Slodičák 2004; Slodičák et al 2005; Podrázský et al. 2005; Podrázský 2006; Mallik et al. 2008; Dušek et al. 2009). Ovlivněním porostního mikroklimatu prostřednictvím výchovných zásahů vznikají podmínky vedoucí k urychlení dekompozice organického materiálu a jeho následné mineralizace, a tím dochází ke zrychlení celého koloběhu živin.

3.3 Problematika chřadnutí smrkových porostů

Pojem „chřadnutí“, někdy též „odumírání“ nebo „hynutí“ není přesně definován. Zde se jím rozumí symptomy defoliace, morfologické změny v korunách a výrazné barevné změny (žloutnutí) jehlic (Holuša, Liška 2002). V kontextu evropského prostoru není problematika chřadnutí smrku zcela novým ani ojedinělým jevem. Jsou zaznamenány případy hynutí smrkových porostů ze západní a střední Evropy v letech 1970-1985 (Schutt, Cowling 1985), z Norska v letech 1992-2000 (Solberg 2004), severovýchodního Bavorska (Alewell et al. 2000), Švýcarska (Forster et al. 2008), polských Sudet a Karpat (Modrzyński 2003; Grodzki 2010; Małek et al. 2012), Slovenska (Hlásny et al. 2011; Bošela et al. 2014) nebo v případě příbuzného druhu *Picea obovata* ze severozápadu Ruska (Krotov 2007).

V České republice jsou první velmi vážná poškození smrkových porostů spojená s jejich velkoplošným odumíráním známa ze sedmdesátých a osmdesátých let minulého století z okrajových pohoří ČR, převážně jako důsledek vysoké depozice oxidů síry a dusíku (Fabiánek et al. 2004; Lomský, Šrámek 2004; Šrámek et al. 2012; Lomský et al. 2013). Přes výrazný pokles depozice oxidů síry na začátku devadesátých let v České republice (Hůnová et al. 2004; Fabiánek et al. 2004; Novotný et al. 2008) i v celé Evropě (Boxman et al. 2008) je většina horských lokalit dodnes ohrožena vysokou aciditou a nízkým stupněm nasycení sorpčního komplexu v půdě (Šrámek et al. 2013a) spolu s pokračující vysokou depozicí dusíku (Lomský, Šrámek 2012). Stupeň defoliace lesů v České republice patří k nejvyšším v celé Evropě a stále vykazuje mírný nárůst (Fabiánek et al. 2012), ačkoli jsou zaznamenány i případy pozitivního vývoje, např. v Jizerských horách (Šrámek et al. 2013b).

Projevy intenzivního žloutnutí, spojené se zasycháním a následným odumíráním smrků se v některých oblastech severní Moravy začaly ve větší míře projevovat ve druhé polovině devadesátých let minulého století. Holuša a Liška (2002) uvádějí rozsáhlý výskyt těchto symptomů na území Ostravské pánve, Podbeskydské pahorkatiny a Nízkého Jeseníku. Také průzkum v oblasti LS Jablunkov přinesl četné poznatky o žloutnutí smrkových porostů ve čtvrtém až pátém lesním vegetačním stupni (Šrámek et al. 2008). Autoři nezjistili závislost mezi souborem lesních typů a stupněm poškození porostů. Také nezjistili korelaci mezi nadmořskou výškou a žloutnutím. Porosty nižších věkových tříd byly méně poškozeny defoliací, ale příznaky žloutnutí nekorelovaly s věkem porostů. Autoři dále potvrzují mozaikovitý charakter poškození bez identifikovatelného gradientu. Ačkoli jsou symptomy podobné těm, jež byly zaznamenány v západní části Krušných hor (Lomský, Šrámek 2004), je pravděpodobné, že komplex příčin vedoucí k hynutí smrkových porostů na severní Moravě bude odlišný od situace v Krušných horách i ostatních Hercynských horách (Novotný et al. 2008). Hlásný et al. (2011) dokumentují podobně nepříznivý vývoj v oblasti Beskyd, které označují za jednu z hlavních zón hynutí smrku v Evropě. Jako základní charakteristiky „novodobého hynutí smrkových porostů“ autoři uvádějí jeho výskyt v nadmořských výškách 400 až 1000 m n. m. v porostech všech věkových tříd se spíše chronickým průběhem. Symptomy spočívají v barevných změnách a ztrátě jehličí, zkracování jehličí a výhonů, nekrotizaci kmene a výtocích pryskyřice, častém výskytu houbových patogenů (*Armillaria*, *Heterobasidion*) a atacích podkorního hmyzu.

Příčina současného chřadnutí smrkových porostů na severní Moravě tak pravděpodobně spočívá v celém komplexu jevů. Za predispoziční faktor je považována již samotná kultivace smrku mimo jeho ekologické optimum (Holuša, Liška 2002). Za hlavní abiotické spouštěče

bývají uváděny: nízký stupeň nasycení sorpčního komplexu lesních půd a živinová nerovnováha, opakující se epizody sucha a vysokých teplot ve vegetačním období. K těmto spouštěčům se ve vysoké míře přidávají biotické faktory jako akutní průběh napadení václavkami, gradace „kůrovců“, případně žíry pilatek a podobně.

Zájmová oblast byla do konce osmdesátých let nepříznivě ovlivňována imisemi z průmyslových aglomerací Ostravy a polských Katovic. Od počátku devadesátých let jsou však depozice síry v dané oblasti nízké. Také v šetření Novotného et al. (2008) z roku 2006 na LS Jablunkov se konstatují velmi nízké depozice oxidů síry a dusíku, které nepředstavují významné riziko. Analýza změn epikutikulárních vosků smrkových jehlic, které v oblasti provedla Bednářová (2008), nepřinesla žádné indicie o současném poškozování asimilačního aparátu smrku přítomností imisních látek nebo působením přízemního ozónu.

Minulá imisní zátěž je však velmi pravděpodobnou příčinou neuspokojivého chemismu lesních půd, spočívající v nízkých hodnotách pH a nízkém stupni nasycení sorpčního komplexu především hořčíkem a vápníkem (Novotný et al. 2008; Šrámek et al. 2013a). Živinová nerovnováha se může projevat na fenoménu žloutnutí asimilačního aparátu smrčín (Holuša, Liška 2002; Šrámek et al. 2008) a nízký obsah hořčíku a vápníku v jehlicích je v korelaci s relativně nízkými zásobami rostlinám dostupných forem těchto živin v půdě. Na druhou stranu, bývá upozorňováno na fakt, že podobně nepříznivý chemismus lesních půd není v rámci našeho území neobvyklý a byl zaznamenán i v oblastech, kde se příznaky chřadnutí smrku doposud neprojevily (Holuša, Liška 2002). Navíc výzkum v slovenské části Beskyd, kde se taktéž projevují příznaky chřadnutí smrčín, nepotvrdil vážnější nedostatky obsahu živin v porostech (Sitková et al. 2010).

Je tedy patrné, že samotný nedostatek živin v půdě nemůže být jediným důvodem chřadnutí a je umocněn synergickým působením klimatických extrémů, především suchem ve vegetačním období. Nepříznivý souběh klimatických faktorů v oblasti dokumentuje studie Bagára (2007) provedená pro sousedící LS Opava. Autor konstatuje nárůst průměrných ročních teplot a také teplot za období květen až srpen oproti normálu 1961-1990. Dále pokles ročních srážkových úhrnů i úhrnů za období duben až září a pokles hodnot Langova koeficientu. Autor také konstatuje přechod do výparného vodního režimu v posledním desetiletí. Sucho je obecně považováno za jeden z průvodních jevů globálních změn klimatu, které bude v budoucnu limitovat pěstování smrku (Allen et al. 2010; Hlásny et al. 2011, Hlásny et al. 2014; Hentschel et al. 2014).

Mezi závažné mortalitní faktory smrkových porostů v oblasti patří ataky houbových a hmyzích patogenů (Holuša, Liška 2002). Ačkoli se václavka smrková vyskytuje prakticky na celém území České republiky, její patogenní působení je nejvíce nápadné právě v oblastech živných stanovišť čtvrtého lesního vegetačního stupně, tedy převažujících stanovišť na modelovém území lesní správy Vítkov. Za významný predispoziční faktor napadení smrku václavkou se přitom považuje fyziologické oslabení stromů vlivem sucha ve vegetačním období (Čermák et al. 2004). Akutní napadení václavkou vede až k odumření stromů v důsledku selhání funkce kořenového systému a je jedním z prvků komplexu pravděpodobných příčin živinové nerovnováhy v asimilačních orgánech v podobě žloutnutí (Jakuš 2001). Dalším závažným patogenem v oblasti je *Ips typographus* a v nezanedbatelné míře i další druhy podkorního hmyzu jako *Ips duplicatus* nebo *Pityogenes chalcographus* (Holuša, Liška 2002). Úspěšný atak je přitom z velké části podmíněn fyziologickým stavem hostitelských stromů, ale také abundancí škůdce, vývojem počasí a stavem hospodaření v lesích (Wermelinger 2004). Všichni výše zmínění biotičtí patogeni výrazně přispívají k prohlubování a urychlování rozpadu smrkových porostů v zájmové oblasti a jsou v konečném důsledku finální příčinou extrémně vysokého podílu nahodilých těžeb. Při naplnění scénáře klimatických změn směrem k suššímu a teplejšímu klimatu, lze předpokládat další nárůst negativního působení kalamitních škůdců (Hlásny et al. 2014).

3.4 Adaptivní management lesů v podmínkách klimatických změn

Strategii adaptivního managementu lesů v podmínkách měnícího se klimatu lze rozdělit do tří základních subkategorí (Bolte et al. 2009):

1) Zachování současné struktury lesa – Tato strategie spočívá v zachování současného stavu lesních porostů za podmínek relativně vysoké resilience porostů k předpokládaným klimatickým změnám. Klíčovým předpokladem je schopnost aktivně zlepšovat stabilitu a vitalitu porostů prostřednictvím lesopěstebních opatření při zachování původních hospodářských cílů.

2) Aktivní adaptace – Strategie je zaměřena na změnu a dosažení struktury a druhové skladby lesních porostů schopné lépe odolávat očekávaným budoucím klimatickým extrémům. Původní druhová skladba má být obohacena o dřeviny (domácí a do určitého podílu i introdukované) s vysokou tolerancí především vůči vyšším teplotám a suchu.

3) Pasivní adaptace – Přístup je založen na maximálním využití přírodních procesů s minimalizací či naprostým vyloučením lesopěstebních opatření. Strategie je vhodná především pro lesní porosty s nízkým ekonomickým potenciálem.

Strategie zachování současné struktury je realizovatelná pouze tam, kde ještě nedošlo k odumírání a rozpadu porostů a kde existuje reálná možnost zachování resilience těchto porostů do budoucna. Strategie pasivní adaptace by znamenala rezignaci na hospodářskou funkci lesů a lze ji uvažovat pouze na limitované rozloze lesů ochranných a lesů, kde to vyžadují např. zájmy ochrany přírody a podobně. Pro smrkové porosty postižené chřadnutím se proto jako nejvhodnější jeví strategie aktivní adaptace. Ta zahrnuje především zvýšení rezistence a resilience stávajících porostů k očekávaným klimatickým změnám. Přitom se reflektuje nejistota ohledně směru působení a intenzity změn klimatu. Je kladen důraz na postupná a v principu reverzibilní opatření na základě kumulace znalostí o dalším klimatickém vývoji a na „mix“ rozdílných přístupů pro konkrétní podmínky, spíše než snahu o jediný obecně aplikovatelný přístup (Millar et al. 2007). Zvýšení druhové diversity a tvorba smíšených porostů jsou považovány za jedny z nejvíce praktických a účinných opatření v rámci aktivní adaptivní strategie managementu lesních ekosystémů (Mason et al. 2012). Je žádoucí změna dřevinné druhové skladby směrem k vyššímu zastoupení suchu tolerujících druhů dřevin a výběru odolných proveniencí. V budoucnu lze očekávat změnu orientace pěstování a hospodářské úpravy lesů směrem k managementu rizik namísto maximalizace produkce (Hlásny et al. 2014). Spittlehouse a Stewart (2003) uvádějí tyto čtyři základní pilíře pěstebních opatření pro zmírnění negativních dopadů klimatických změn:

- 1) Výchovné zásahy v mladých porostech a selektivní odstraňování potlačených, poškozených a málo kvalitních jedinců ke zvýšení světelného požitku, vyššího přísunu vody a dostupných živin.
- 2) Snížení náchylnosti porostů k budoucímu narušení cíleným ovlivňováním porostní hustoty, druhové skladby a porostní struktury.
- 3) Využití podsadeb všude tam, kde je nedostatečná úroveň přirozené obnovy a tam, kde není zajištěna žádoucí genetická kvalita matečného porostu.
- 4) Zkrácení produkčního cyklu lesa, to znamená doby obmýtí a zakládání odolnějších porostů lépe adaptovaných dřevin.

Body 1 a 2 jsou v souladu s ekologickými efekty výchovný sečí, které v našich podmínkách formuloval Chroust (1997). Pozitivní efekt výchovy na odolnost smrkových porostů vůči suchu

také uvádějí Laurent et al. (2013) nebo Kohler et al. (2010). Marková et al. (2011) dokumentují kladný vliv výchovy na transformaci solární radiace do produkce biomasy a nárůstu LAI.

3.5 Charakteristika zájmové oblasti

Údaje o lesním hospodářském celku se opírají především o údaje z textové části platného lesního hospodářského plánu na období 2013 až 2022 (Dvořák 2012). Lesní hospodářský celek (dále LHC) Vítkov leží na severní Moravě a organizačně spadá pod lesní správu Vítkov, Lesy České republiky, s. p. Organizačně je lesní správa členěna do devíti revírů. Severně hraničí s LHC Opava, severovýchodně s LHC Ostrava, jižně s LHC Frenštát pod Radhoštěm a západní částí s Vojenskými lesy a statky, s. p. – divize Lipník nad Bečvou, LHC Šternberk a LHC Bruntál. Výkon státní správy lesů přísluší pověřeným obcím – Ostrava, Opava, Nový Jičín, Bruntál, Odry, Vítkov, Bílovec a Krajskému úřadu Moravskoslezského kraje.

LHC Vítkov náleží do orografického celku IVC-8 Nízký Jeseník, podcelku IVC-8E Domašovská vrchovina a IVC-8F Vítkovská vrchovina. Celek je tvořen rozsáhlými náhorními plošinami s hluboce zařezanými řekami a potoky. Významné je zejména údolí řeky Moravice a Odry. Zařízlá údolí vytváří i potoky Jamník, Bílovka a Sezina. Výrazná tektonická kotlina se nachází u města Odry, další je Fulnecká kotlina. Nejvyšší nadmořskou výšku má Červená hora (749 m), nejnižší položené místo se nachází u Hladkých Životic na Husím potoce (230 m).

Území je odvodňováno dvěma řekami a řadou drobných vodních toků. Ze severní části je odvodňováno řekou Moravice s přehradou Kružberk, jižní část odvodňuje řeka Odra. Celé území LHC náleží k úmoří Baltického moře.

Geologické podloží je z převážné části tvořeno paleozoickými flyšovými sedimenty (moravskoslezský kulum), především z období spodního karbonu. Moravické vrstvy jsou flyšovým souvrstvím s převahou břidlic, mocnost souvrství je 1200 – 2000 m. Břidlice jsou místy slabě vápenité, proměnlivě písčité. Jsou tvořeny převážně chloritem a křemencem. Často mají charakter pokrývačské břidlice. Dále se zde vyskytují droby nebo drobové pískovce, zřídka slepence. Hradecké vrstvy jsou litograficky flyšem a jsou tvořeny psefity, psamity a v menší míře také pelity. Vyskytující se slepence jsou tvořeny z křemene, fylitu, vyvřelin žuly a kulmských sedimentů. Droby s křemitým tmelem tvoří křemen, draselné živce, albit, albitoligoklas, chlorit, muskovit, biotit a další. Východně od měst Fulnek a Bílovec se vyskytují odvápněné překryvy sprašových hlín. Primární podloží je často překryto diluviálními hlínami různé mocnosti, hlavně v oblasti svahů a žlebů.

Pedologické poměry území jsou málo diferencované vzhledem k relativně homogennímu podloží. Nejčastěji se vyskytujícím půdním typem je kambizem typická mezotrofní. Převažující edafickou kategorií je bohatá, kde se vyskytují mezotrofní kambizemě, hlinité, písčitohlinité až hlinitopísčité s mullovým moderem až moderem. Kolem vodotečí se nachází naplavené půdy s mullem, hlinité až hlinitopísčité.

Podle Atlasu podnebí Československé republiky (Průša at al. 1958) náleží převážná část LHC do klimatické oblasti B – mírně teplá. Převažuje okrsek B8 – mírně teplý, vlhký, vrchovinný. Dále se vyskytují okrsky B3 a B5. Malá část území v oblasti Červené hory spadá do okrsku C1 – mírně chladný. Podle klimatického členění (Quitt 1971) leží území LHC v klimatické oblasti mírně teplé MT3, MT7, MT9, MT10 a klimatické oblasti chladné CH7 (oblast Červené hory). Langův dešťový faktor se pohybuje v rozmezí 93 až 132, což charakterizuje oblast semihumidní až humidní.

Tab. 3.5.1: Charakteristika klimatické oblasti podle Quitta (1971)

	MT3	MT7	MT9	MT10	CH7
Počet letních dnů	20-30	30-40	40-50	40-50	10-30
Počet dnů nad 10°C	120-140	140-160	140-160	140-160	120-140
Počet mrazivých dnů	130-160	110-130	110-130	110-130	140-160
Počet ledových dnů	40-50	40-50	30-40	30-40	50-60
Průměrná teplota v lednu	-3- -4	-3- -4	-3- -4	-3- -4	-3- -4
Průměrná teplota v červenci	16-17	16-17	17-18	17-18	15-18
Průměrná teplota v dubnu	6-7	6-7	6-7	7-8	4-6
Průměrná teplota v říjnu	6-7	7-8	7-8	7-8	6-7
Počet dnů srážek nad 1 mm	110-120	100-120	100-120	100-120	130-140
Úhrn srážek ve veg. době	350-450	400-450	400-450	400-450	500-600
Úhrn srážek v zimě	250-300	250-300	250-300	200-250	350-400
Srážky celkem	600-750	650-750	650-750	600-700	1000-1100
Počet dnů se sněhem	60-100	60-80	60-80	50-60	100-120
Počet dnů zamračených	120-150	120-150	120-150	120-150	130-140
Počet dnů jasných	40-50	40-50	40-50	40-50	40-50

MT – oblast mírně teplá; CH – oblast chladná

Podle atlasu podnebí 1961 – 2000 (Tolasz et al. 2007) se průměrná roční teplota v převažující části zájmové oblasti pohybovala v rozmezí 7-8 °C a ve vegetačním období (duben až září) 12-13 °C. Suma průměrných denních teplot nad 10 °C činila 2 200-2 400. Roční průměr srážek se pohyboval mezi 650 až 800 mm, z toho ve vegetačním období (duben až září) mezi 400 až 500 mm.

Tab. 3.5.2: Údaje ČHMÚ z klimatické stanice Vítkov z let 2002 až 2009

Rok	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Počet letních dnů	47	65	27	18	47	51	49	53
Počet mrazivých dnů	81	112	100	113	107	72	104	109
Počet ledových dnů	37	45	38	45	44	24	41	42
Prům. tepl. v lednu (°C)	-0,7	-3,4	-3,6	0,0	-5,8	3,2	1,0	-3,2
Prům. tepl. v dubnu (°C)	8,1	7,6	8,6	8,7	8,1	10,2	8,1	11,6
Prům. tepl. v červenci (°C)	19,7	19,0	17,8	17,9	21,6	16,9	18,0	19,0
Prům. tepl. v říjnu (°C)	7,2	5,6	10,5	8,9	10,7	7,4	9,2	7,0
Prům. tepl. IV – IX (°C)	15,8	16,1	14,6	14,3	14,9	14,9	14,3	15,2
Prům. roční teplota (°C)	9,3	8,8	8,5	7,7	8,4	9,0	8,9	8,4
Srážky v mm celkem	622	500	536	614	548	688	616	640

Průměrné teploty v červenci byly v posledních letech (2002, 2003, 2006 a 2009) výrazně nad hodnotami uváděnými Quittem pro příslušnou klimatickou oblast. Podobně nadlimitní jsou průměrné teploty v dubnu. Naopak celkové roční srážky byly v letech 2003, 2004 a 2006 výrazně podlimitní (tab. 3.5.1, tab. 3.5.2). Údaje potvrzují trend nárůstu teplot, za současného snížení srážek v dané oblasti, který byl potvrzen i rozborů jiných autorů (Bagár 2007).

Převážná část LHC Vítkov spadá do přírodní lesní oblasti 29 – Nízký Jeseník a pouze malá část (0,35 %) luhu podél řeky Odry do přírodní lesní oblasti 39 – Podbeskydská pahorkatina. Celková výměra LHC činí 11 473 ha, výměra porostní půdy 10 964 ha. Lesy ochranné zaujímají plochu 127 ha lesa, jedná se o lesy na prudkých svazích, sutích, a stržích s nízkým produkčním potenciálem a převažující půdoochrannou funkcí. Lesy zvláštního určení zaujímají 573 ha v subkategorii 31a – lesy v pásmech hygienické ochrany vodních zdrojů I. stupně (především v oblasti vodního zdroje Kružberk), 12 ha v subkategorii 31b - lesy v ochranném pásmu zdrojů přírodních léčivých a stolních minerálních vod, 63 ha v subkategorii 32a - lesy v prvních zónách CHKO, lesy v přírodních rezervacích a přírodních památkách (4 přírodní rezervace a 3 lesní přírodní památky) a 154 ha v subkategorii lesů se zvýšenou funkcí půdoochrannou, vodochrannou, klimatickou nebo krajinnou. V obvodu LHC Vítkov se nachází ptačí oblast – Natura 2000 – Poodří. Dále sem patří 4 evropsky významné lokality (EVL): Poodří, Staré Oldřůvky, Čermná – Potlachový důl a Černý důl.

Převažujícím lesním vegetačním stupněm je 4 – bukový (81 %), dále 5 – jedlobukový (16 %), následuje 3 – dubobukový (3 %), nepatrně jsou zastoupeny 1 – dubový a 2 – bukodubový. Na území LHC se nachází 38 souborů lesních typů (SLT). Převažují SLT 4B (46 %), 4S (20 %), 5B (8 %), 5S (6 %) a 4F (5 %). Nad jedno procento jsou ještě zastoupeny SLT 4A, 4H, 5O, 4D a 3B. Převažující trofickou řadou je řada živná (91 %) následovaná řadou kyselou (7 %).

Většina LHC je zařazena do cílového hospodářského souboru 45 – hospodářství živných stanovišť středních poloh (71 %), následuje CHS 41 – hospodářství exponovaných stanovišť středních poloh (14 %) a 55 – hospodářství živných stanovišť vyšších poloh (12 %). Minimální zastoupení mají CHS 19, 29, 47, 57 a 01.

V plošném zastoupení dřevin převládá smrk (46 %), následovaný bukem (15 %), modřínem (8 %), javorem (5 %), borovicí (5 %), jedlí (5 %), lípou (4 %) a dubem (4 %). V zastoupení podle zásob dominuje opět smrk (56 %), následuje modřín (12 %), buk (9 %), jedle (4 %), lípa (4 %), borovice (4 %) a javor (4 %). Rámcové směrnice hospodaření přitom uvádějí pro nejvíce zastoupený HS 451 cílovou skladbu smrku 30 %. Do budoucna se tedy počítá se snížením plošného zastoupení smrku a větší preferencí buku (30 %), jedle (20 %), dubu (10 %) a borovice (10 %). V druhové skladbě zalesňovacího úkolu jsou zastoupeny jehličnany 49 %, z toho 22 % připadá na smrk, 12 % procent na jedli a 9 % na modřín, po ca 2 % připadá na modřín, jedli obrovskou a douglasku tisolistou. Listnáče představují 51 % procent zalesňovacího úkolu, z toho 35 % připadá na buk, 7 % na dub, 3 % na olši, 3 % na javor klen a mléč a necelá 2 % na jasan a lípu. S nepatrným zastoupením se počítá u habru, břízy a třešně ptačí. Je tedy zřejmé, že stávající LHP kompenzuje snížení zastoupení smrku především navýšením podílu buku.

Z údajů za období platnosti LHP 2003 – 2012 je patrné, že na území LHC Vítkov převažovaly nahodilé těžby. Z celkových 1 425 883 m³ bylo v nahodilých těžbách realizováno 1 368 569 m³, tedy téměř 96 %. Nahodilá těžba v jehličnatých (převážně smrkových) porostech je zcela dominující a představuje téměř 99 % nahodilých těžeb. Z toho bylo 33 % vykázáno jako těžba hmyzová, 31 % jako těžba živelná a 36 % procent jako těžba ostatní. Kategorie ostatní těžby zahrnuje především těžbu souší se symptomy napadení václavkou. Jednotlivé kategorie je ale v praxi poměrně obtížné jasně vylišit, neboť stromy z hmyzové těžby jsou nezdědká také napadeny václavkou a kůrovci (především druhy *Ips typhographus*, *Ips duplicatus*) jejich odumření pouze urychlí. Z věkových stupňů jsou nadnormálně zastoupeny stupně 1 a 2 v důsledku zvýšených nahodilých těžeb v předchozích dvou desetiletích, dále je nadnormálně zastoupen věkový stupeň 6 a věkově stupně 11 a starší. Výrazně podnormálně jsou naopak zastoupeny věkové stupně 4, 5 a stupně 7 až 10.

4. Metodika

Kapitoly 4.1 až 4.3 popisují metodiku observačních studií zaměřených na stav půdních horizontů, na obsah živin v jehličí smrku a na strukturu a zdravotní stav mladých smrkových porostů. Zaměření na mlaziny z přirozené obnovy je dáno faktem, že na modelovém území lesní správy Vítkov již přibližně dvě desetiletí téměř nedochází k umělým výsadbám smrkových monokultur nebo kultur, kde smrk převažuje. Na druhé straně je zde množství smrkových mlazin z přirozené obnovy, nad nimiž byly odtěženy mateřské smrkové porosty, především v důsledku opakovaných nahodilých těžeb. Smrkové monokultury nebo porosty s dominancí smrku ve stádiu tyčkovin se na modelovém území nachází v již vyšším zastoupení a byly zakládány ještě před vypuknutím příznaků masového chřadnutí smrku v oblasti.

Kapitoly 4.4 až 4.5 se věnují metodice založení a vyhodnocení výsledků experimentů ve smrkových mlazinách a tyčkovinách. Takto mladé porosty byly zvoleny na základě předpokladu, že pouze v nejmladších porostech lze výchovou relevantně ovlivnit jejich stabilitu a zdravotní stav. Kapitola 4.6 popisuje metody zpracování výsledků z dlouhodobého mezinárodního probírkového experimentu IUFRO-13 Vítkov. Experiment díky dlouhodobému sledování přináší cenné poznatky o vysoké produkci smrkových porostů v oblasti, stejně jako o dlouhodobém vlivu výchovných zásahů na produkci a statickou stabilitu smrku.

4.1 Zjišťování stavu svrchních půdních horizontů pod mladými smrkovými porosty

Na přelomu roku 2009 a 2010 byly pod vybranými smrkovými mlazinami a tyčkovinami (LS Vítkov – revír Bílovec – plochy experimentů Výškovice, Hrabství a Medvídka) určenými pro založení experimentálních ploch ke sledování vlivu výchovných zásahů ambulantně odebrány vzorky půd. Plochy se nachází ve čtvrtém lesním vegetačním stupni v nadmořské výšce mezi 400 a 450 m na živných stanovištích (tab. 4.4.1).

Tab. 4.1.1: Přehled experimentálních ploch s výchovou smrku

Název experimentu	Porost ¹⁾	LT ²⁾	Věk ³⁾	Nadmořská výška (m)	Expozice	Rok zásahu
Výškovice	218 D2	4H1	18	400	V	2010
Hrabství	217 A2b	4H1	16	430	mírná S	2010
Medvídka	221 A2a	4B1	16	420	rovina	2010
Mokřínky	515C1	4B1	6	450	mírná JV	2013

1 – podle platného LHP (2013-2022); 2 – lesní typ podle platného LHP; 3 – podle platného LHP k roku 2013

Pod každým porostem byl odebrán jeden směsný vzorek pro kvalitativní analýzu (kvantitativní odběr nebyl proveden). Byly vylišeny jednotlivé holorganické horizonty L, F a H, organominerální horizont Ah a minerální horizont v hloubkách 5-10, 10-20 a 20+ cm. Odběry byly stejným postupem zopakovány na podzim roku 2014.

Na podzim roku 2013 bylo pod nově založenou experimentální plochou Mokřínky (LS Vítkov – revír Jánské Koupele) odebráno celkem 6 půdních sond pomocí kovových rámečků o rozměrech 25 × 25 cm. Byly samostatně odebrány holorganické horizonty L, F, H (kvantitativně i kvalitativně) a organominerální horizont Ah (pouze kvalitativně).

Laboratorně byly stanoveny hodnoty aktivní pH/H₂O a potenciální pH/KCl půdní reakce, procento oxidovatelného uhlíku metodou Springel-Klee (Ciavatta et al. 1989), procento dusíku metodou Kjeldahl (Jones et al. 1991), saturace bází podle Kappena (Kappen 1929) a koncentrace přístupných živin (P, K, Ca, Mg) metodou Mehlich III (Mehlich 1984).

4.2 Zjišťování obsahu živin v asimilačním aparátu mladých smrkových porostů

Před vlastním odběrem byla zvolena čtyřmístná stupnice pro vyhodnocení stupně postižení asimilačního aparátu smrků karečnými jevy:

1 – stromy bez výskytu karečných jevů

2 – stromy, kde se již začíná projevovat žluté zbarvení, zejména druhého a starších ročníků jehlic

3 – stromy na nichž žloutnou i jehlice nejmladšího ročníku, celý asimilační aparát stromů má výrazně žluté zbarvení, ale ještě nedochází k rezivění jehlic a jejich masivnímu opadu

4 – stromy, kde se již jehličí začíná zbarvovat do rezivé až rezivě hnědé barvy, počíná masivní opad jehlic, terminální vrchol je často zasychající nebo zcela uschlý

Na podzim roku 2013 byly ze tří lokalit na revírech Čermná a Jánské Koupele odebrány vzorky jehličí pro posouzení obsahu živin (N, P, K, Ca, Mg) v asimilačních orgánech mladých smrků. Byly zvoleny smrkové mlaziny původem z přirozené obnovy, kde se v současnosti projevuje žloutnutí jehlic, defoliace a pomístné usychání stromů. Mlaziny, kde odběr proběhl, byly pracovně nazvány Mokřínky, Těchanovice a Zálužné a odpovídají mlazinám č. 7, 2 a 6 z tabulky 4.3.1. Odběr probíhal na liniových transektech, kdy byla z horní osvětlené části koruny (ca třetí vrcholový přeslen) odebrána jedna náhodně vybraná větev. Jednotlivé stromy pro odběr byly voleny náhodně tak, aby vzdálenost mezi nimi nepoklesla pod střední porostní výšku (ca 5 m). Na každé lokalitě bylo odebráno 15 větví z jedinců, kteří nevykazovali příznaky

karenčních jevů (stupeň 1) nebo defoliace a dále 15 větví z jedinců vykazující výrazné barevné změny (stupeň 2-3), které však nebyly spojeny s výraznější defoliací. Z odběru byli vyloučeni jedinci usychající, nebo jedinci s usychajícím terminálním vrcholem, což prakticky eliminovalo stromy se stupněm 4. Celkem bylo odebráno 90 vzorků větví, z nich byl pro účel chemického rozboru použit první (nejmladší) ročník jehlic.

Na podzim 2014 proběhl další odběr asimilačního aparátu ve smrkové mlazině pracovně nazvané Čermná (plocha č. 1 v tab. 4.3.1). Odběr probíhal podle zásad popsaných výše, pouze s tím rozdílem, že byl odebrán také druhý ročník jehličí a byly zahrnuty i stromy stupně 4. Celkem tak bylo z druhého odběru analyzováno 40 vzorků pocházejících z 20 stromů. Pro lepší přehlednost a zjednodušení prezentace dat byly v některých vyhodnoceních vzorky ze stromů se stupněm postižení 2 až 4 sloučeny do souborné skupiny s označením „jedinci s výskytem karenčních jevů“.

Laboratorně byl stanoven obsah dusíku, fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku a v případě odběru z lokality Čermná také síry. Koncentrace dusíku byla stanovena Kjeldahlovou metodou, fosfor byl stanoven spektrofotometricky (Macháček, Malát 1982). Ke stanovení draslíku byl použit absorpční spektrofotometr (Novozamsky et al. 1983). Vápník a hořčík byl stanoven atomovou absorpcí (AAS) po přidání lanthanu (Ramakrishna et al. 1966).

Z průzkumových statistických metod byla kromě klasických jednorozměrných postupů aplikována vícerozměrná metoda hlavních komponent (PCA). Vícerozměrné metody lze pokládat za vhodné pro sumarizaci a průzkumovou analýzu většího počtu vzájemně korelovaných proměnných (James & McCulloh 1990). Výsledky metody hlavních komponent jsou prezentovány graficky v podobě ordinačního diagramu. Výpočet PCA a tvorba ordinačního diagramu byla provedena v programu CANOCO 4.5 a Cano Draw (Ter Braak & Šmilauer 2002).

4.3 Struktura a zdravotní stav smrkových mlazin z přirozené obnovy

V březnu 2015 proběhl výběr mlazin s převahou smrku vzniklých z přirozené obnovy. Celkem bylo vybráno deset porostů LS Vítkov na revírech Jánské Koupele, Čermná, Nové Vrbno a Bílovec. Všechny mlaziny leží ve čtvrtém lesním vegetačním stupni v rozmezí nadmořské výšky 440 až 500 m a jsou zařazeny do cílového hospodářského souboru 45. Zatížení imisemi je zde nevýznamné – stupeň D. Vybrané mlaziny vznikly odtěžením mateřského porostu smrku v důsledku převážně nahodilé těžby. V sedmi vybraných porostech již v letech 2010 až 2013 proběhl provozní výchovný zásah, tři porosty nebyly doposud výchovou dotčeny. V každém

porostu byl vytýčen transekt o rozměrech 10 × 3 m až 20 × 3 m, v rámci transektů byly zaevidovány všechny stromy a zaznamenán druh dřeviny. Výčetní tloušťka byla měřena průměrkou s přesností na 1 mm na stromech přesahujících výšku 2 m, u nižších jedinců byl zaevidován pouze jejich počet. Horní porostní výška byla stanovena jako průměr měření 3 – 4 nejvyšších smrků na transektu pomocí teleskopické tyče s přesností na 10 cm (tab. 4.3.1).

U smrku byla také hodnocena intenzita barevné změny asimilačního aparátu na stupnici 1 až 4 popsané v kapitole 4.2. Zdravotní stav ostatních přimíšených dřevin nebyl hodnocen.

Tab. 4.3.1: Přehled smrkových mlazin s vytýčenými transekty

Číslo plochy	Porost ¹⁾	LT ²⁾	Věk ³⁾	Horní výška ⁴⁾ (m)	Nadmořská výška (m)	Expozice	Rok výchovného zásahu	Rozměry transektu (m)
1	840D1a	4S1	9	5,5	520	rovina	2013	20×3
2	842C1a	4S1	9	5,0	460	rovina	NE	10×3
3	719B2a	4S1	13	9,1	480	SZ	2013	20×3
4	717C1	4S1	9	5,9	480	mírná Z	NE	10×3
5	718F2a	4S1	12	7,3	480	rovina	2013	19×3
6	527D1	4S1	7	5,8	500	rovina	2013	20×3
7	515D2a	4D5	14	5,0	440	mírná JV	2013	3×(20×3)
8	840C1a	4S1	9	6,1	510	mírná SV	2013	10×3
9	527E2	4B5	17	5,3	480	SZ	2010	20×3
10	526D1	4B5	6	4,7	470	mírná SZ	NE	20×3

1 – podle platného LHP (2013-2022); 2 – lesní typ podle platného LHP; 3 – podle platného LHP k roku 2014; 4 – zjištěno přímým měřením

Protože předběžná průzkumová analýza dat ukazovala na odlišnou průměrnou výčetní tloušťku smrků postižených žloutnutím asimilačního aparátu v porovnání se smrkem bez výskytu karečních jevů, bylo přikročeno k formální statistické analýze. Pro každou z ploch byla vypočítána samostatná lineární regresní rovnice metodou nejmenších čtverců v prostředí jazyka R ve tvaru:

$$\log(D_{1,3}) = \alpha + \text{výskyt karečních jevů} \times \beta + \varepsilon N(0, \sigma);$$

kde α je absolutní člen a β směrnice regresní přímky a ε označuje normálně rozdělené chyby s nulovou střední hodnotou. Proměnná „výskyt karečních jevů“ byla kódována hodnotou 0 pro jedince nevykazující příznaky žloutnutí a hodnotou 1 pro jedince žloutnouce (stupeň 2-4). Jako závislá proměnná byl zvolen logaritmus výčetní tloušťky namísto výčetní tloušťky samotné, protože pro různě tloušťkově vyspělé plochy je logičtější vyjadřovat průměrný rozdíl ve výčetní tloušťce žloutnoucích a nežloutnoucích stromů v procentech spíše než v absolutní hodnotě. Vedle „klasické“ metody nejmenších čtverců byla pro výpočet regresních koeficientů použita

také robustní Huberova metoda (Huber 1973), kterou je možno považovat za vhodnější v případě výskytu odlehlých hodnot v datech. Z vypočtených individuálních koeficientů směrnice přímky a jejich směrodatných odchylek byl následně vypočítán průměrný vážený koeficient směrnice přímky (Murtaugh 2007):

$$\hat{\beta}^* = \sum w_i \hat{\beta}_i ;$$

s vahami:

$$w_i = \frac{1/[SE(\hat{\beta}_i)]^2}{\sum (1/[SE(\hat{\beta}_j)]^2)} ;$$

kde SE označuje směrodatnou odchylku (standard error) směrnice regresní přímky. Směrodatná odchylka průměrné směrnice regresní přímky se pak vypočte podle:

$$SE(\hat{\beta}^*) = \sqrt{\frac{\sum w_i (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}^*)^2}{n - 1}}.$$

Na předpokladu nezávislosti směrnic přímek pro jednotlivé plochy a jejich normálního rozdělení lze založit statistickou inferenci vycházející z faktu, že veličina $(\hat{\beta}^* - \hat{\beta}_i) / SE(\hat{\beta}^*)$ má Studentovo t-rozdělení s $n-1$ (9) stupni volnosti. Průměrný procentuální rozdíl mezi výčetní tloušťkou zelených a žlutnoucích stromů lze vyjádřit jako $\exp(\hat{\beta}^*)$ a jeho 95% interval spolehlivosti jako $\exp[\hat{\beta}^* \pm SE(\hat{\beta}^*) \times t_{(0,975;n-1)}]$, kde t je kvantil Studentova t-rozdělení.

Testové kritérium je dáno vztahem $t = \frac{\hat{\beta}^*}{SE(\hat{\beta}^*)}$. Statistická inference dosažená touto metodou byla prakticky stejná jako inference za použití párového t-testu nebo lineárního modelu se smíšenými efekty, proto nejsou výsledky dvou posledně jmenovaných metod v textu uvedeny. Zvolený postup považuje autor za více komplexní a informativní než párový t-test a zároveň přehlednější a méně závislý na dodatečných předpokladech než je tomu v případě modelů se smíšenými efekty. Normalita rozdělení směrnic jednotlivých regresních přímek byla posouzena graficky z QQ grafu, formální test normality nebyl použit z důvodu jeho malé síly a nízké informační hodnoty. Často doporučovaný postup, kdy je normalita „přijata“ na základě nesignifikantního výsledku testu normality považuje autor tohoto textu za chybný a logicky neobhájitelný.

Alternativně byla vyjádřena pravděpodobnost výskytu barevné změny jehličí v závislosti na výčetní tloušťce stromu pomocí logistické regrese. Pro každou z deseti ploch byla vypočtena

samostatná logistická křivka pomocí zobecněného lineárního modelu (Nelder & Wedderburn 1972, McCullagh & Nelder 1989) s binomickým rozdělením a logitovým linkem:

$$\log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right).$$

Zelené stromy byly označeny kódem 0, žlutnouché stromy kódem 1, závislá proměnná má tedy Bernoulliho rozdělení, které je speciálním případem rozdělení binomického. Závislá proměnná $Y_i \sim B(1, P_i)$ má střední hodnotu $E[Y_i] = P_i = \mu_i = \frac{e^{g(x_i)}}{1+e^{g(x_i)}}$, rozptyl $D[Y_i] = P_i(1 - P_i)$ a $g(x_i) = \alpha + \beta \times \text{výčetní tloušťka}$. Výpočet parametrů logistické regrese se provádí pomocí metody maximální věrohodnosti maximalizací logaritmu věrohodnostní funkce:

$$\log(L) = \sum_{i=1}^n Y_i \log(P_i) + (1 - Y_i) \log(1 - P_i);$$

iterativní váženou metodou nejmenších čtverců (McCullagh & Nelder 1989, Chambers & Hastie 1992). Celý výpočet logistické regrese byl proveden v prostředí jazyka R (R Development Core Team 2011).

4.4 Experimenty s výchovou smrkových mlazín

Experiment Výškovice byl založen v roce 2010 na revíru Bílovec v ca desetileté smrkové mlazině původem z přirozené obnovy. Porost se nachází na mírném východním svahu v nadmořské výšce ca 400 m, na živném stanovišti hospodářského souboru 45. Věk byl zjištěn odečítáním letokruhů na pokácených stromech a věk udávaný současným LHP (tab. 4.1.1) je podle všeho nadsazený a týká se odlišných částí porostní skupiny mimo experimentální plochy. Mlazina vznikla postupným odtěžením mateřského porostu převážně v důsledku nahodilých těžeb. V porostu bylo vytýčeno a stabilizováno 6 ploch, každá o rozměru 10×10 m (0,01 ha), v částech porostu, který lze charakterizovat jako relativně homogenní. Vytýčení větších ploch naráželo na značnou heterogenitu větších prostorových celků v důsledku nerovnoměrného vývoje smrkového zmlazení pod postupně odtěžovaným starým smrkovým porostem. Jelikož v mlazině doposud nebyly realizovány výchovné zásahy, byla zde značná hustota jedinců od 22 000 do 36 000 ks na hektar. Zcela převládal smrk, ojediněle byla vtroušena bříza nebo jeřáb.

Výchovný zásah na polovině ploch byl realizován pozitivním výběrem tak, aby na zásahové ploše zůstalo ca 1500 tzv. nadějných smrků na hektar, tj. 15 stromů na ploše, víceméně pravidelně rozmístěných. Za „nadějně“ stromy byly vybíráni zdraví nepoškození jedinci bez příznaků karencních jevů s dobrou kvalitou kmene a dobře vyvinutou korunou. Na kontrolních

plochách byl ve stejné době vybrán stejný počet „nadějných“ smrků podle stejných zásad jako na plochách zásahových. Tyto stromy slouží jako srovnávací soubor pro posouzení reakcí na výchovné zásahy. Stromy byly očíslovány s vyznačením měřišť ve výšce 1,3 m.

Na podzim roku 2013 byly založeny 4 experimentální plochy na lokalitě Mokřínky. Smrková mlazina opět pochází z přirozené obnovy, kdy byl mateřský porost odtěžen v důsledku nahodilých těžeb. Převládá smrk, vtroušena byla bříza, javor klen, buk a jeřáb. Před založením experimentu zde nebyly prováděny výchovné zásahy a hektarový počet jedinců se pohyboval od 44 900 do 46 100.

Způsob založení a výchovný zásah byl proveden podle stejných pravidel jako na experimentu Výškovice. Rozdíl spočívá pouze v blokovém uspořádání experimentálních ploch v důsledku vyšší heterogenity stanoviště a dále v ponechání 1800 „nadějných“ smrků na hektar oproti 1500 na výše popsaném experimentu Výškovice.

Na obou experimentech byly každoročně měřeny výčetní tloušťky a výšky „nadějných“ smrků. Výčetní tloušťky byly měřeny průměrkou na vyznačeném měříšti ve dvou vzájemně kolmých směrech s přesností na 1 mm. Výška byla měřena s pomocí teleskopické tyče s přesností na ca 0,1 m. Klasifikace stupně výskytu karečních jevů na souboru „nadějných“ smrků byla provedena na podzim roku 2014 podle stupnice popsané v kapitole 4.2. Vzhledem ke způsobu výběru „nadějných“ stromů lze jejich stav z hlediska výskytu karečních jevů na počátku experimentu (rok 2010 – Výškovice, rok 2013 – Mokřínky) hodnotit vždy stupněm 1 (tj. bez příznaků).

Tloušťka středního kmene „nadějných“ smrků byla vyjádřena jako střední kvadratická tloušťka odpovídající kmeni o průměrné hodnotě výčetní kruhové plochy. Podle vzorce:

$$Dg = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n}};$$

kde d_i je výčetní tloušťka a n je počet stromů. Na základě změřených výšek a výčetních tlouštěk byly vypočteny regresní parametry výškových křivek podle vzorce (Näslund 1937):

$$h = \frac{d^2}{(\alpha + \beta \times d)^2} + 1,3;$$

kde d je výčetní tloušťka, α a β jsou regresní koeficienty.

Z vypočtených výškových křivek byla odvozena výška a štíhlostní kvocient středního kmene. Dále byly vypočteny průměrné roční a relativní průměrné roční tloušťkové a výškové přírůsty středních kmenů a přírůst na výčetní kruhové základně „nadějných“ smrků.

Roční průměrný přírůst byl vypočítán podle:

$$iy = \frac{(y_{0+t} - y_0)}{t};$$

kde y_0 je hodnota růstové veličiny na začátku období, y_{0+t} je hodnota růstové veličiny na konci období a t je počet let růstového období.

Relativní roční průměrný přírůst byl vypočítán jako:

$$riy = \frac{\ln(y_{0+t}) - \ln(y_0)}{t};$$

kde y_0 je hodnota růstové veličiny na začátku období, y_{0+t} je hodnota růstové veličiny na konci období a t je počet let růstového období a \ln je přirozený logaritmus. Hodnotu lze převést na procenta exponencováním výrazu – $exp(riy)$. Relativní přírůst považuje autor za vhodnější pro porovnávání přírůstu různě tloušťkově a výškově vyspělých porostů a také pro porovnání přírůstu na kruhové základně počtem se lišících souborů „nadějných“ stromů. Přírůsty byly hodnoceny analýzou variance pro kompletně znáhodněný experiment (Výškovice) s použitím lineárního modelu:

$$y = \alpha + \text{varianta} \times \beta 1 + \varepsilon N(0, \sigma)$$

a pro blokově uspořádaný experiment (Mokřínky) s použitím lineárního modelu:

$$y = \alpha + \text{varianta} \times \beta 1 + \text{blok} \times \beta 2 + \varepsilon N(0, \sigma);$$

kde y je závislá proměnná, α je absolutní člen, $\beta 1$ parametr pro variantu experimentálního zásahu, $\beta 2$ parametr pro blok a ε označuje normálně rozdělené chyby. Hodnoty relativních přírůstů vstupovaly do analýzy variance v neexponovaném stavu.

Rozdíly v mortalitě a v zastoupení jedinců bez příznaků karečních jevů na kontrolní a vychovávané variantě byly vyhodnoceny analýzou deviance s použitím zobecněného lineárního modelu s binomickým rozdělením a logitovým linkem popsáným v kapitole 4.2. Pro hodnocení vztahu mezi pravděpodobností výskytu karečních jevů a výčetní tloušťkou byl použit postup popsáný v kapitole 4.2. Výpočty byly provedeny v prostředí statistického jazyka R.

4.5 Experimenty s výchovou smrkových tyčkovin

V roce 2010 byly založeny dva experimenty – Hrabství a Medvídka - ve smrkových tyčkovinách původem z umělé obnovy na rozsáhlejších kalamitních holinách. Porosty se nacházejí ve čtvrtém lesním vegetačním stupni v nadmořské výšce 420 až 430 m na živných stanovištích hospodářského souboru 45 (tab. 4.1.1). Věk porostů v roce 2010 byl pomocí letokruhů pokácených stromů určen na 13 až 15 let. V porostech převažuje smrk, který se nachází v nadúrovni, úrovni i podúrovni, dále je zastoupen vtroušený modřín převážně v nadúrovňovém postavení a borovice v úrovni. Ostatní dřeviny jsou zastoupeny převážně v podúrovni.

Na každém experimentu byly vytýčeny čtyři plochy o rozměrech 20 × 20 m (0,04 ha). Vzhledem k vyšší heterogenitě stanovištních podmínek byly vždy dvě sousední plochy s relativně homogenními podmínkami považovány za blok, v jehož rámci byla jedna plocha náhodně vybrána jako zásahová a jedna zůstala jako kontrolní. Výchovný zásah provedený ihned po založení a stabilizaci ploch spočíval v pozitivním výběru „nadějných“ jedinců v počtu ca 1000 stromů na hektar. Převážnou část těchto stromů tvořily smrky s dobrou kvalitou kmene a koruny, bez příznaků karečních jevů (tedy hodnoceno stupněm 1, viz kap 4.2). Vzhledem k dobrému zdravotnímu stavu, dimenzím a nadúrovňovému postavení některých jednotlivě vtroušených modřínů byly tyto také v některých případech označeny jako „nadějní“ jedinci. Výběr „nadějných“ jedinců na kontrolních plochách probíhal podle stejných zásad.

Analýza přírůstové reakce a vývoje karečních jevů byla prováděna pouze v rámci souboru „nadějných“ jedinců smrku. Měření výčetní tloušťky a výšek nadějných jedinců probíhal každoročně mimo růstovou sezónu metodami popsány v kapitole 4.4. Výpočet středního kmene, střední výšky, štíhlostního kvocientu a přírůstových ukazatelů byl proveden stejným postupem, jako je uveden v kapitole 4.4. Při poslední inventarizaci v roce 2014 byl navíc vyhodnocen výskyt karečních jevů „nadějných“ smrků podle stupnice popsané v kapitole 4.2.

Pro posouzení efektu výchovného zásahu na přírůsty byla použita analýza variance pro blokové uspořádání. Rozdíly v mortalitě a v zastoupení jedinců bez příznaků karečních jevů na kontrolní a vychovávané variantě byly vyhodnoceny analýzou deviance s použitím zobecněného lineárního modelu s binomickým rozdělením a logitovým linkem popsáním v kapitole 4.2. Pro hodnocení vztahu mezi pravděpodobností výskytu karečních jevů a výčetní tloušťkou byl použit postup popsáný v kapitole 4.2. Výpočty byly provedeny v prostředí statistického jazyka R.

4.6 Probírkový experiment IUFRO – 13 Vítkov

V rámci mezinárodního projektu IUFRO byly v ČR na začátku sedmdesátých let minulého století založeny tři série experimentálních ploch primárně určených pro sledování produkce smrkových porostů v závislosti na pěstebních opatřeních (Abetz 1977). Z těchto tří sérií se až do nedávné doby dochovaly dvě – Machov (CZ -14) ve východních Čechách (Chroust 1981) a Vítkov (CZ – 13) na severní Moravě (Pařez 1981). Experiment IUFRO 13 Vítkov byl založen v roce 1971 v osmileté smrkové monokultuře při horní porostní výšce 3,5 m. Porost vznikl na bývalé zemědělské půdě umělou obnovou v pravidelném sponu o hektarové hustotě 2500 jedinců. Experiment se nachází v přírodní lesní oblasti 29 – Nízký Jeseník na území LS Vítkov a Městských lesů Budišova nad Budišovkou, v nadmořské výšce 600 m. Lesní typ byl určen jako 5V2 – vlhká jedlová bučina papratková, cílový hospodářský soubor – 57 hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh. Půdní znaky ukazují na kambizem pseudoglejovou.

Experiment IUFRO 13 Vítkov byl založen v blokovém uspořádání. Každý ze dvou bloků obsahuje pět variant výchovného zásahu:

- 1 – kontrolní varianta bez výchovných zásahů, odstraňují se pouze vývraty a souše.
- 2 – varianta s časnými silnými výchovnými zásahy při horní porostní výšce 10 m (redukce na 1 200 stromů na hektar), horní porostní výšce 12,5 m (900 stromů) a horní výšce 15 m (700 stromů). Poslední zásah při horní výšce 27,5 m (400 stromů).
- 3 – varianta s odsunutým druhým a třetím výchovným zásahem do pozdějšího věku s cílem získání komerčně upotřebitelných sortimentů při horní porostní výšce 20 m (900 stromů) a výšce 22,5 m (700 stromů). Poslední zásah při horní výšce 27,5 m (400 stromů). Do ploch byla vložena přibližovací linka o šířce 3,5 m.
- 4 – zásahy shodné s variantou 3, pouze šířka vložené přibližovací linky činí 5 m.
- 5 – varianta pracovně nazvaná jako „komerční“. Řídícím kritériem pro zásah zde není horní porostní výška jako v případě variant 2, 3 a 4, ale zásahy jsou prováděny, když může být z porostu odstraněno $60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ dřevní hmoty akumulované na stromech s výčetní tloušťkou nad 12 cm, které nepatří k vybraným cílovým stromům.

Výměra každé plochy je $25 \times 45 \text{ m}$ (0,10 ha), mezi jednotlivými plochami se nachází izolační pásy. Stromy byly stabilizovány čísly a barvou bylo označeno měřiště ve výšce 1,3 m.

Na plochách probíhalo každoroční měření výčetní tloušťky všech stromů pomocí průměrky z přesností na 1 mm a výšek reprezentativního vzorku min. 30 stromů na ploše pomocí

výškoměru s přesností ca 10 cm. Od roku 2010 byla perioda měření prodloužena na pětiletou a další měření bylo plánováno na rok 2015. V roce 2014 byla na plochách ze strany správce porostů provedena rozsáhlá nahodilá těžba (kůrovec, václavka), která experimenty pro další sledování prakticky znehodnotila, a experiment lze považovat za ukončený. Vzhledem k předčasnému zmýcení porostu nebylo překročeno k plánovanému hodnocení zdravotního stavu. Prezentované výsledky se tedy vztahují k poslední provedené inventarizaci v roce 2010.

Tloušťky, výšky a štíhlostní kvocienty středního kmene byly počítány podle postupů uvedených v kapitole 4.4. Tloušťky, výšky a štíhlostní kvocienty „horních kmenů“ byly vypočítány pro 200 nejtlustších stromů na hektar (tedy pro 20 nejtlustších stromů na ploše). Průměrná periodická výčetní kruhová základna, jako jeden z ukazatelů míry probírkové intenzity (Pretzsch 2009), byla vypočítána podle vzorce:

$$mG = \frac{\frac{pG_1 + kG_1}{2} \times per_1 + \frac{pG_2 + kG_2}{2} \times per_2 + \dots + \frac{pG_n + kG_n}{2} \times per_n}{per_1 + per_2 + \dots + per_n};$$

kde pG je výčetní kruhová základna na počátku inventarizační periody, kG je výčetní kruhová základna na konci inventarizační periody a per je počet let v jednotlivých periodách mezi inventarizacemi.

Zásoba porostů a celková objemová produkce hroubí bez kůry byla na základě změřených výčetních tlouštěk a vypočítaných výškových křivek stanovena podle Korsuně (1961). Kromě celkové objemové produkce byla také vypočítána objemová produkce hroubí bez kůry akumulovaná na stromech s objemem přesahujícím 1 m³, 0,7 m³ a 0,5 m³.

Pro ověření vlivu experimentálních zásahů na jednotlivé taxační a produkční veličiny v experimentu IUFRO 13 Vítkov byla použita ANOVA pro blokové uspořádání. Byl aplikován lineární model:

$$y = \alpha + \text{varianta} \times \beta_1 + \text{blok} \times \beta_2 + \varepsilon N(0, \sigma)$$

kde y je závislá proměnná, α je absolutní člen, β_1 parametr pro variantu experimentálního zásahu, β_2 parametr pro blok a ε označuje normálně rozdělené chyby. Namísto metod mnohonásobného porovnání byly formulovány následující čtyři lineární ortogonální (tj. vzájemně nezávislé) kontrasty:

L1 – test rozdílu mezi kontrolou a průměrem všech vychovávaných variant

L2 – test rozdílu mezi „komerční variantou“ a průměrem variant 2, 3 a 4, kde byla řídicím parametrem pro zásah horní porostní výška

L3 – test rozdílu mezi variantou 2, kde byly aplikovány časné výchovné zásahy a průměrem variant 3 a 4 s odloženými výchovnými zásahy

L4 – test rozdílu mezi variantami 3 a 4, lišícími se pouze šířkou vložené přibližovací linky

Aplikace lineárních kontrastů je vhodná v případě kategoriálních proměnných, kde však jednotlivé varianty experimentálního zásahu mají svou strukturu, která je zpravidla dána záměrem experimentu. Testy mnohonásobného porovnání tuto strukturu většinou neodrážejí a taková analýza se zpravidla se záměrem experimentu míjí a nepřispívá k věcné interpretaci výsledků (Mize & Schultz 1985, Perry 1986, Warren 1986, Pearce 1992). Výpočet byl proveden v prostředí jazyka R.

4.7 Experimentální design a prezentace výsledků statistické analýzy

Experimentální design byl volen s ohledem na základní principy zakládání manipulativních experimentů, tak jak jsou koncipovány v současné moderní statistické literatuře (např. Hinkelmann, Kempthorne 2007, Mead et al. 2012). Při zakládání ploch byl kladen důraz na opakování variant experimentálních zásahů, náhodné přiřazení experimentálních variant do experimentálních jednotek, využití blokového uspořádání experimentů s cílem eliminovat vliv nevyhnutelné heterogenity experimentálního materiálu. Při statistickém vyhodnocení experimentálních zásahů byla za experimentální jednotku považována vždy celá plocha (0,04 nebo 0,01 ha), nikdy ne její podplochy v rámci arové sítě nebo dokonce jednotlivé stromy. Správná identifikace experimentální jednotky je klíčová pro validní vyhodnocení efektu experimentálního zásahu. V opačném případě vzniká problém pseudoreplikace (Hurlbert 1984). Velikost experimentálních jednotek (výměra jednotlivých experimentálních ploch) byla zvolena s ohledem na předpokládanou (relativně krátkou) délku trvání experimentu, finanční i logistickou náročnost a maximální výměru relativně „homogenních“ částí porostů. Autor si je vědom omezení, která jsou dána nejen relativně malou výměrou experimentálních ploch a počtem opakování, ale také krátkým časovým intervalem mezi provedením experimentálních zásahů a jejich vyhodnocením. Získané výsledky je třeba porovnávat se zjištěními dalších autorů. Vzhledem ke značné prostorové a časové variabilitě lesních ekosystémů nelze nikdy činit zásadní závěry v pěstování lesa na základě několika izolovaných, byť sebelépe provedených a statisticky „průkazných“, experimentů.

V práci je kladen důraz na stanovení velikosti efektů experimentálních zásahů a jejich přesnosti (prostřednictvím střední chyby, konfidenčních intervalů a podobně), stejně jako na získání nevychýlených odhadů v observační části studie (Johnson 2000, Thompson 2012). Dále je

kladen důraz na biologickou významnost oproti statistické významnosti. Testy statistické významnosti sice hrají důležitou, ale značně limitovanou roli v statistické analýze (Cox 1958, 1977, 1982). Navíc jejich až ritualistické používání snadno vede k testování biologicky irelevantních nebo krajně nepravděpodobných hypotéz (nulový efekt výchovných zásahů, neexistence rozdílů mezi lokalitami apod.) a má značný potenciál inhibovat získání relevantních vědeckých poznatků (Salsburg 1985; Yoccoz 1991; Cherry 1998; Nelder 1999). Jedinou funkcí nulových hypotéz (hypotézy o neexistenci závislosti nebo efektu experimentálního zásahu) testovaných v této práci je rozdělit parametrický prostor na dva kvalitativně odlišné stavy (Cox & Donnelly 2011) a nezamítnutí nulové hypotézy není vnímáno jako logický důvod pro její přijetí. Z konvenčních důvodů je v práci zachována terminologie statisticky průkazný/neprůkazný výsledek na základě hladiny významnosti 0,05. Autor této práce si je však vědom naprosté arbitrárnosti této hranice (Hurlbert, Lombardi 2009), a proto vždy také uvádí dosaženou hladinu významnosti prostřednictvím p-hodnoty.

5. Výsledky

5.1 Stav svrchních půdních horizontů pod mladými smrkovými porosty

Tab. 5.1.1: Chemická analýza půdních odběrů ze čtyř experimentálních ploch před jejich založením v roce 2009

Plocha	Horizont	pH ⁽¹⁾	pH ⁽²⁾	S ⁽³⁾	T ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	P ⁽⁶⁾	K ⁽⁷⁾	Ca ⁽⁸⁾	Mg ⁽⁹⁾	N ⁽¹⁰⁾	C/N ⁽¹¹⁾
		H ₂ O	KCl	cmol ⁺ .kg ⁻¹		%	mg.kg ⁻¹			%		
Výškovice	L+F ⁽¹²⁾	4,8	3,9	27	46	59	58	1172	2558	216	1,6	21
	H ⁽¹³⁾	4,6	3,1	20	74	27	24	802	1122	172	1,4	20
	Ah ⁽¹⁴⁾	3,8	3,0	4	21	19	1	114	278	58	0,2	18
	5-10 ⁽¹⁵⁾	4,2	3,6	2	10	17	1	100	221	42	0,1	13
	10-20 ⁽¹⁶⁾	4,3	3,7	3	9	31	1	128	188	40	0,1	13
	20 + ⁽¹⁷⁾	4,3	3,7	2	8	20	1	105	199	37	0,1	17
Hrabství	L+F	5,0	4,3	33	51	65	86	1712	3144	422	1,7	23
	H	4,0	3,4	16	66	25	46	976	1716	208	1,5	17
	Ah	4,0	3,2	3	17	16	9	137	368	58	0,2	17
	I 5-10	4,3	3,4	2	9	23	10	129	244	44	0,1	11
	10-20	4,4	3,6	1	7	8	20	103	222	41	0,1	9
	20 +	4,4	3,8	3	8	33	23	105	209	39	0,1	9
Medvídka	L+F	4,8	3,5	32	61	53	36	822	2098	462	2,0	17
	H	4,1	3,0	12	66	18	34	422	1374	304	1,9	15
	Ah	3,8	3,0	2	18	13	5	111	243	60	0,4	13
	I 5-10	4,0	3,2	2	12	17	1	84	199	45	0,1	16
	10-20	4,1	3,5	0	9	4	5	112	366	54	0,1	16
	20 +	4,2	3,5	2	10	18	5	112	248	42	0,1	11
Medvídka	L+F	4,9	4,0	24	50	48	98	848	2340	394	1,6	21
	H	4,2	3,4	29	66	45	72	596	1730	220	1,6	18
	Ah	3,5	2,8	6	26	23	63	303	673	97	0,9	14
	II 5-10	3,9	3,2	0	13	1	10	89	231	45	0,3	12
	10-20	4,1	3,5	1	9	16	17	77	279	48	0,2	11
	20 +	4,2	3,8	1	8	13	15	56	225	41	0,2	9

1 – aktivní půdní reakce; 2 – potenciální půdní reakce; 3 – obsah bází; 4 – kationtová výměnná kapacita; 5 – nasycení sorpčního komplexu bázemi; 6 – přístupný fosfor; 7 – přístupný draslík; 8 – přístupný vápník; 9 – přístupný hořčík; 10 – obsah celkového dusíku; 11 – poměr uhlíku k dusíku; 12 – horizont opadu a fermentační horizont; 13 – humusový horizont; 14 – organominerální horizont; 15 – minerální půda do hloubky 10 cm; 16 – minerální půda do hloubky 20 cm; 17 – minerální půda do hloubky 30 cm

Půdní reakce, nasycení sorpčního komplexu i obsah dostupných živin obecně vykazovaly sestupný trend směrem k hlubším půdním horizontům. Opakované odběry na lokalitách Výškovice, Hrabství a Medvídka vykazují mírné snížení půdní reakce a stupně nasycení sorpčního komplexu. Rozdíly po čtyřech letech však nelze vzhledem k variabilitě dat považovat za přesvědčivý důkaz o pokračujícím zhoršování půdního chemizmu na těchto lokalitách (tab. 5.1.1, tab. 5.1.2).

Tab. 5.1.2: Chemická analýza půdních odběrů ze čtyř experimentálních ploch v roce 2014

Plocha	Horizont	pH ⁽¹⁾	pH ⁽²⁾	S ⁽³⁾	T ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	P ⁽⁶⁾	K ⁽⁷⁾	Ca ⁽⁸⁾	Mg ⁽⁹⁾	N ⁽¹⁰⁾	C/N ⁽¹¹⁾
		H ₂ O	KCl	cmol ⁺ .kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹			%			
Výškovice	L+F ⁽¹²⁾	3,7	2,8	20	75	26	50	512	1954	322	1,62	23
	H ⁽¹³⁾	3,4	2,7	25	111	22	32	280	1734	282	1,53	23
	Ah ⁽¹⁴⁾	3,3	2,7	17	73	23	14	178	819	165	1,20	22
	5-10 ⁽¹⁵⁾	3,7	3,2	3	16	20	1	41	279	77	0,22	14
	10-20 ⁽¹⁶⁾	4,0	3,7	2	10	23	5	31	239	69	0,08	16
	20 + ⁽¹⁷⁾	4,1	3,8	3	10	34	5	36	285	70	0,06	20
Hrabství I	L+F	4,5	4,0	36	71	50	90	1376	3326	608	1,93	20
	H	4,0	3,3	33	73	45	50	386	2508	396	1,52	19
	Ah	3,6	3,1	13	33	40	11	210	753	160	0,95	18
	5-10	3,7	3,5	3	15	20	1	43	277	75	0,16	14
	10-20	4,1	3,9	2	7	33	4	31	254	69	0,07	14
	20 +	4,2	4,1	2	6	31	3	25	260	68	0,03	14
Hrabství II	L+F	4,4	3,8	36	65	56	76	1152	3088	450	1,55	26
	H	3,5	3,0	24	72	33	28	232	1920	334	1,20	23
	Ah	3,3	3,0	9	35	27	8	145	593	204	0,83	20
	5-10	3,8	3,5	3	14	22	1	45	229	73	0,16	13
	10-20	3,9	3,6	3	12	24	5	42	245	70	0,11	14
	20 +	4,0	3,7	3	9	34	5	36	237	68	0,07	16
Medvídka I	L+F	4,2	3,7	35	62	58	82	1080	2718	390	1,38	21
	H	3,7	3,3	18	65	27	20	172	1554	260	1,07	19
	Ah	3,6	3,2	6	23	24	1	74	329	114	0,38	20
	5-10	3,9	3,5	2	11	17	1	41	233	71	0,11	13
	10-20	4,1	3,7	2	9	20	1	40	228	71	0,07	16
	20 +	4,0	3,7	1	8	18	1	27	212	68	0,05	14
Medvídka II	L+F	4,0	3,2	29	66	44	72	836	2380	400	1,30	28
	H	3,5	3,0	24	96	24	24	224	2014	226	1,39	20
	Ah	3,6	3,1	7	29	24	13	86	657	103	0,55	23
	5-10	3,8	3,3	4	18	20	4	40	304	75	0,19	14
	10-20	3,9	3,4	1	10	10	1	31	241	67	0,11	14
	20 +	4,0	3,6	1	8	17	1	25	232	67	0,05	18

1 – aktivní půdní reakce; 2 – potenciální půdní reakce; 3 – obsah bází; 4 – kationtová výměnná kapacita; 5 – nasycení sorpčního komplexu bázemi; 6 – přístupný fosfor; 7 – přístupný draslík; 8 – přístupný vápník; 9 – přístupný hořčík; 10 – obsah celkového dusíku; 11 – poměr uhlíku k dusíku; 12 – horizont opadu a fermentační horizont; 13 – humusový horizont; 14 – organominerální horizont; 15 – minerální půda do hloubky 10 cm; 16 – minerální půda do hloubky 20 cm; 17 – minerální půda do hloubky 30 cm

Sorpční komplex půd se pohyboval v rozpětí od nasyceného až po výrazně nenasycený. Nasycení sorpčního komplexu bylo v rozsahu 26-65 % (L+F), 18-45 % (H), 17-29 % (Ah) a 1-34 v minerálním horizontu. Aktivní půdní reakce v humusovém horizontu byla ve většině případů pod hodnotou 4,2, při níž již může docházet k rozkladu jílových minerálů a hydroxidů hliníku. Rovněž půdní reakce v Ah horizontu byly ve všech případech nižší než 3,8, což je mez, při níž hrozí snižování sorpční kapacity půdy a uvolňování toxických iontů Al³⁺ (Fabiánek 2004).

Tab. 5.1.3: Chemická analýza půdních odběrů z plochy Mokřínky z roku 2013

Horizont		pH ⁽¹⁾	pH ⁽²⁾	S ⁽³⁾	T ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	P ⁽⁶⁾	K ⁽⁷⁾	Ca ⁽⁸⁾	Mg ⁽⁹⁾	N ⁽¹⁰⁾	C/N ⁽¹¹⁾
		H ₂ O	KCl	cmol ⁺ .kg ⁻¹	%			mg.kg ⁻¹		%		
F ⁽¹²⁾	Průměr	4.7	3.9	37	66	56	63	746	2401	423	1.8	22
	S.D. ⁽¹⁵⁾	0.3	0.2	8	11	8	14	196	579	138	0.1	
H ⁽¹³⁾	Průměr	4.0	3.2	28	80	36	41	634	1961	328	1.6	22
	S.D.	0.4	0.4	5	13	7	8	187	307	143	0.1	
Ah ⁽¹⁴⁾	Průměr	3.5	2.7	14	47	29	18	268	792	143	1.0	26
	S.D.	0.3	0.3	2	3	4	5	114	170	46	0.2	

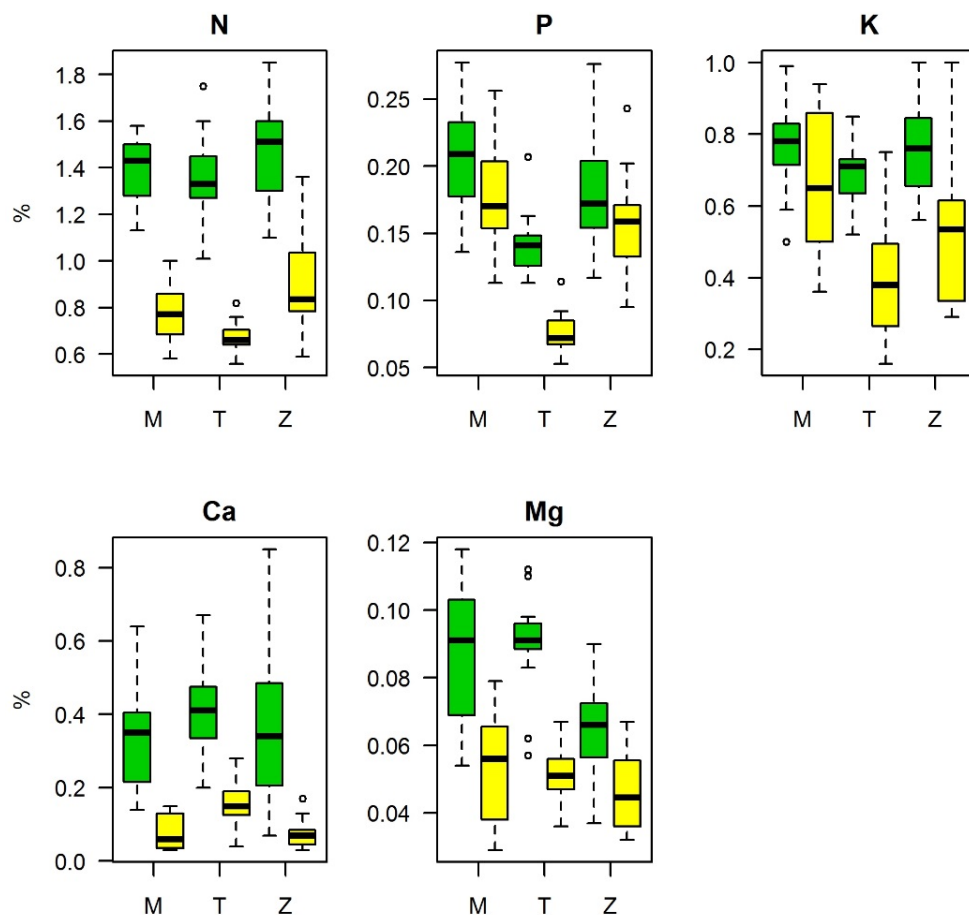
1 – aktivní půdní reakce; 2 – potenciální půdní reakce; 3 – obsah bází; 4 – kationtová výměnná kapacita; 5 – nasycení sorpčního komplexu bázemi; 6 – přístupný fosfor; 7 – přístupný draslík; 8 – přístupný vápník; 9 – přístupný hořčík; 10 – obsah celkového dusíku; 11 – poměr uhlíku k dusíku; 12 – fermentační horizont; 13 – humusový horizont; 14 – organominerální horizont;

Obsah hořčíku v organominerálním horizontu byl střední až dobrý. Obsah vápníku se pohyboval od dobrého po nízký a obsah draslíku lze považovat za dobrý (podle Šrámek et al. 2013a). Poměr uhlíku k dusíku překročil hodnotu 25 pouze v případě Ah horizontu na lokalitě Mokřínky (tab. 5.1.3) a ve dvou svrchních organických horizontech L+F na lokalitách Hrabství II a Medvídka II při odběrech v roce 2014. Nelze konstatovat evidentní rozdíly v půdním chemizmu mezi smrkovými mlazinami z přirozené obnovy (Výškovice, Mokřínky) a tyčkovinami z umělé obnovy (Hrabství, Medvídka).

Shrnutí výsledků kapitoly 5.1

- Sorpční komplex půd humusového a organominerálního horizontu se pohyboval od stádia nasyceného až po výrazně nenasycený. Obsah hořčíku v Ah horizontu byl střední až dobrý. Obsah vápníku se pohyboval od dobrého po nízký a obsah draslíku lze hodnotit jako dobrý.
- Ačkoli nelze stav analyzovaných lesních půd považovat za kritický, může představovat značné riziko ve spojení s nepříznivými klimatickými faktory (především suchem) posledních dvou dekad.

5.2 Obsah živin v asimilačním aparátu mladých smrkových porostů

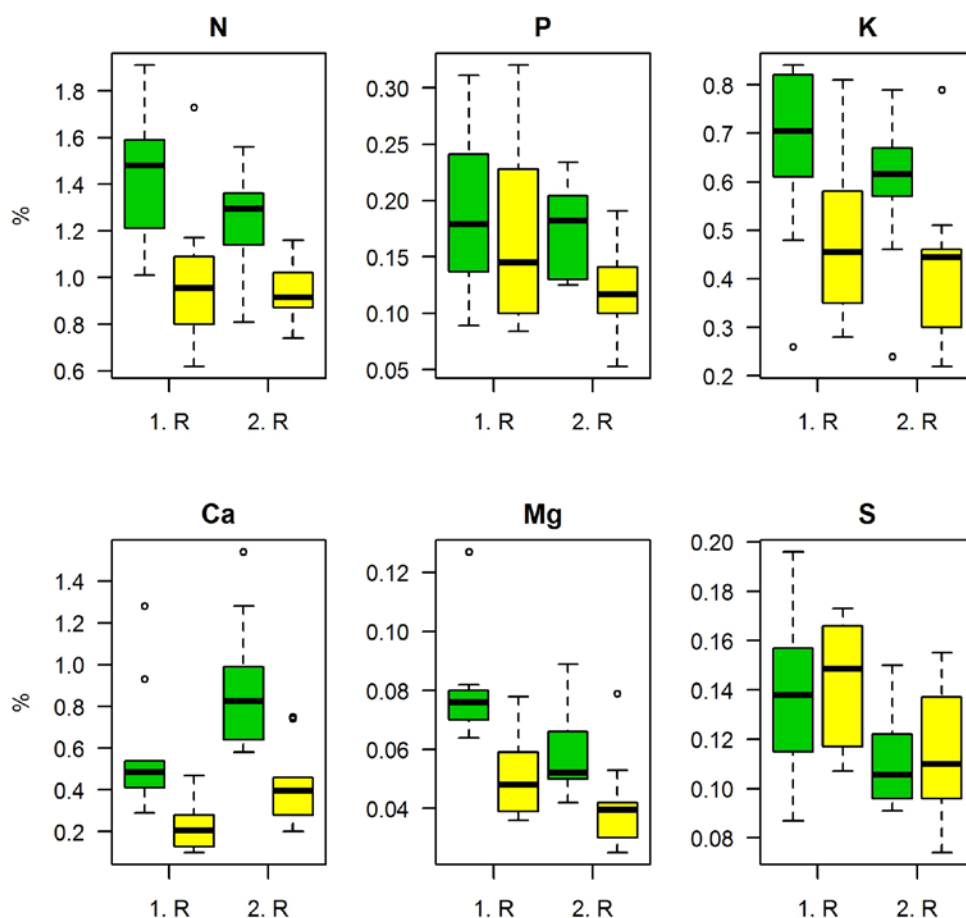


Obr. 5.2.1: Krabicové grafy koncentrací živin v prvním ročníku jehličí mladých smrků ve třech mlazinách. Zelené krabice představují vzorky bez příznaků korenčních jevů, žluté krabice vzorky s příznaky korenčních jevů stupně 2-3. Tlustá vodorovná čára uprostřed krabic označuje medián, konce krabic představují horní a dolní kvartily. Kroužky označující „odlehlá měření“ nelze v tomto případě interpretovat jako měření chybná, jedná se o reálné hodnoty typické pro variabilitu studovaného biologického materiálu.

N – dusík; P – fosfor; K – draslík; Ca – vápník; Mg – hořčík; M – lokality Mokřínky; T – lokalita Těchanovice; Z – lokalita Zálužné

Z analýzy obsahu živin v prvním ročníku smrkových jehlic v roce 2013 (Mokřínky, Těchanovice, Zálužné) je patrný nízký obsah dusíku, vápníku a hořčíku ve vzorcích vykazujících příznaky korenčních jevů. Obsah fosforu a draslíku v postižených jehlicích (stupeň 2-3) byl nízký pouze na jedné ploše. Obsah prvků v nepostižených jehlicích byl v průměru střední, některé vzorky vykazovaly vysoký a v případě hořčíku také nízký obsah živin. Potenciálně může být ohrožena výživa hořčíkem, kde žádný vzorek nepostižených jehlic

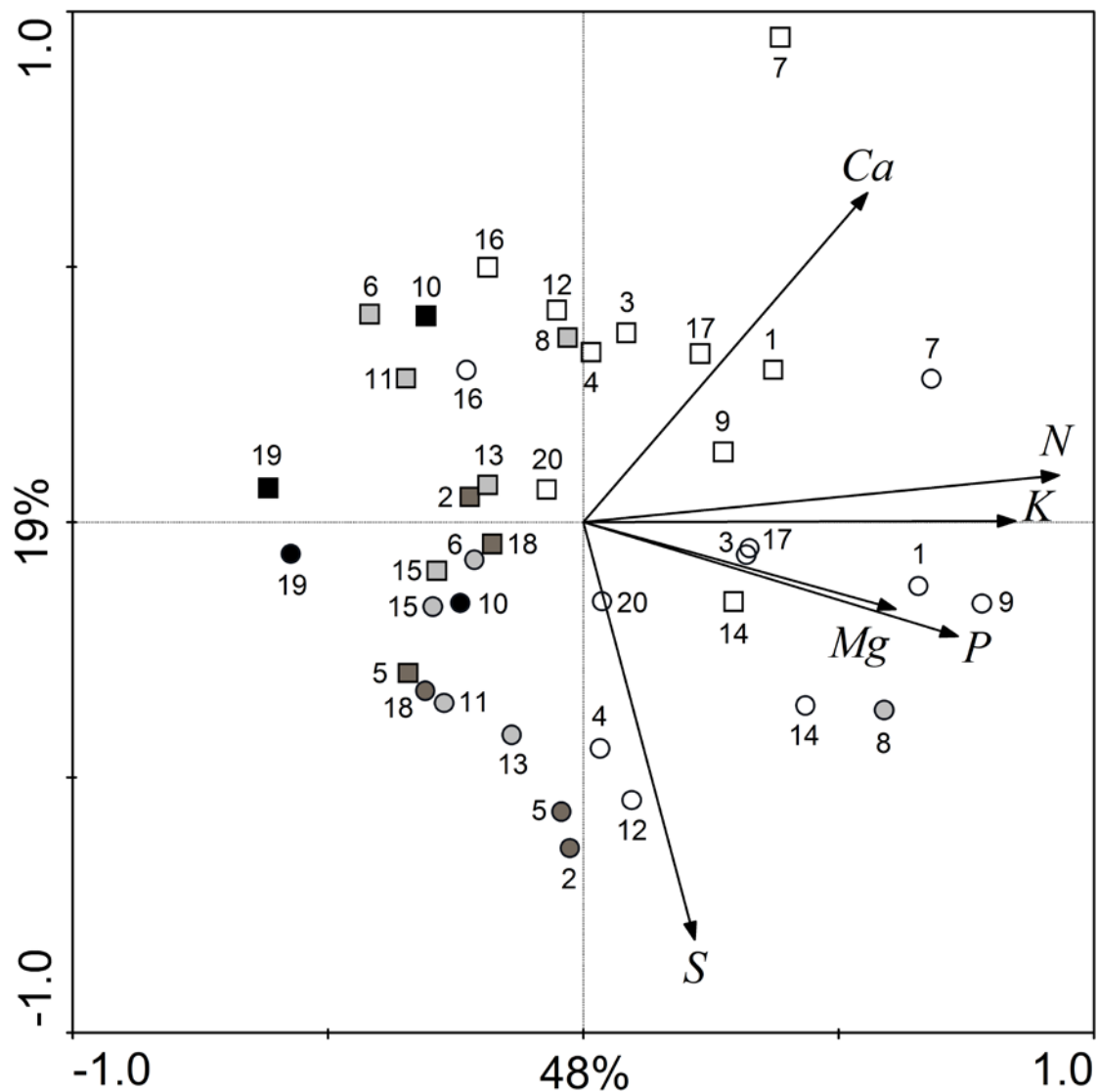
neobsahoval vysokou koncentraci tohoto prvku (obr. 5.2.1, tab. 5.2.1). Pro stanovení limitních obsahů živin byla použita metodika ICP Forests (Šrámek et al. 2009).



Obr. 5.2.2: Krabicové grafy koncentrací živin v prvním a druhém ročníku jehličí mladých smrků v mlazině lokality Čermná. Zelené krabice představují vzorky bez příznaků karencních jevů, žluté krabice vzorky s příznaky karencních jevů stupně 2-4. Tlustá vodorovná čára uprostřed krabic označuje medián, konce krabic představují horní a dolní kvartily. Kroužky označující „odlehlá měření“ nelze v tomto případě interpretovat jako měření chybná, jedná se o reálné hodnoty typické pro variabilitu studovaného biologického materiálu.

N – dusík; P – fosfor; K – draslík; Ca – vápník; Mg – hořčík; 1.R – první ročník; 2.R – druhý ročník

Z analýzy odběrů v roce 2014 na lokalitě Čermná lze konstatovat vyšší koncentrace dusíku, draslíku a hořčíku v prvním ročníku jehlic, obsah vápníku byl naopak vyšší v druhém ročníku. Obsah síry byl jen mírně vyšší ve druhém ročníku jehlic, obsah fosforu byl víceméně stejný v obou ročnících (obr. 5.2.2, tab. 5.2.2).



Obr. 5.2.3: Ordinační diagram z metody hlavních komponent pro obsah živin v prvním a druhém ročníku smrkového jehličí na lokalitě Čermná. Procenta v grafu vyjadřují procento rozptylu vysvětleného první a druhou hlavní komponentou. Číslo označují číslo stromu, kolečka první ročník a čtverce druhý ročník jehličí. Šedá barevná škála označuje směrem k tmavším odstínům stupeň postižení stromu korenčními jevy na škále 1 až 4. Úhel svíraný šipkami zhruba odpovídá korelacím mezi jednotlivými proměnnými.

N – dusík; P – fosfor; K – draslík; Ca – vápník; Mg – hořčík; S - síra

První dvě hlavní osy metody hlavních komponent vysvětlily 67 % celkové variability. První hlavní osa je těsně spjata s klasifikací výskytu korenčních jevů, kdy se vzrůstajícím stupněm postižení klesá koncentrace dusíku, fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku. Druhá osa je spjata s ročníkem jehlic a rozdíly v koncentraci vápníku a síry. V druhém ročníku je vyšší koncentrace vápníku, v prvním ročníku se vyskytovala vyšší koncentrace síry (obr. 5.2.3).

Tab. 5.2.1: Koncentrace živin v prvním ročníku jehličí ve smrkových mlazinách lokalit Mokříny, Těchanovice a Zálužné (podzim 2013)

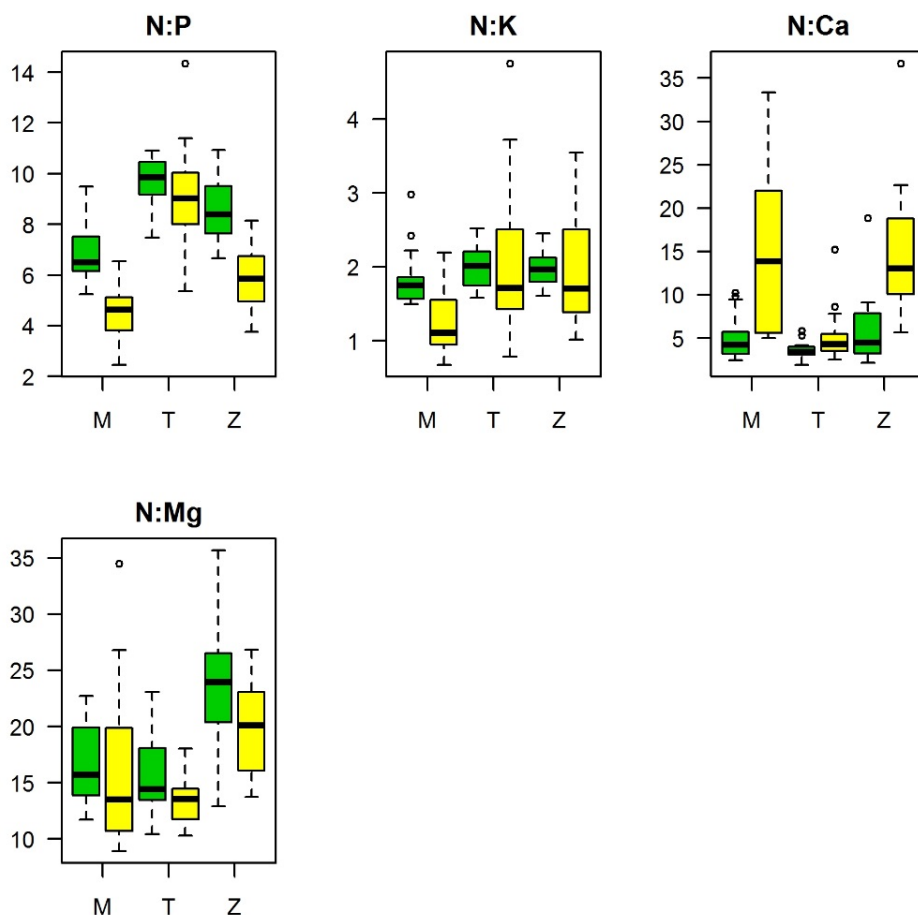
Lokalita	Stupeň žloutnutí	Parametr	N ¹⁾ (%)	P ²⁾ (%)	K ³⁾ (%)	Ca ⁴⁾ (%)	Mg ⁵⁾ (%)
Mokříny	1	Průměr	1.38	0.21	0.77	0.34	0.09
		S.D. ⁶⁾	0.147	0.039	0.116	0.147	0.022
	2-3	Průměr	0.77	0.18	0.66	0.08	0.05
		S.D.	0.121	0.040	0.206	0.049	0.017
Těchanovice	1	Průměr	1.36	0.14	0.69	0.40	0.09
		S.D.	0.192	0.023	0.083	0.115	0.015
	2-3	Průměr	0.67	0.08	0.41	0.16	0.05
		S.D.	0.066	0.015	0.195	0.068	0.008
Zálužné	1	Průměr	1.49	0.18	0.76	0.36	0.07
		S.D.	0.239	0.044	0.127	0.212	0.014
	2-3	Průměr	0.90	0.16	0.52	0.07	0.05
		S.D.	0.203	0.036	0.192	0.037	0.010

1 – dusík; 2 – fosfor; 3 – draslík; 4 – vápník; 5 – hořčík; 6 – směrodatná odchylka

Tab. 5.2.2: Koncentrace živin v prvním a druhém ročníku jehličí ve smrkové mlazině lokality Čermná (podzim 2014)

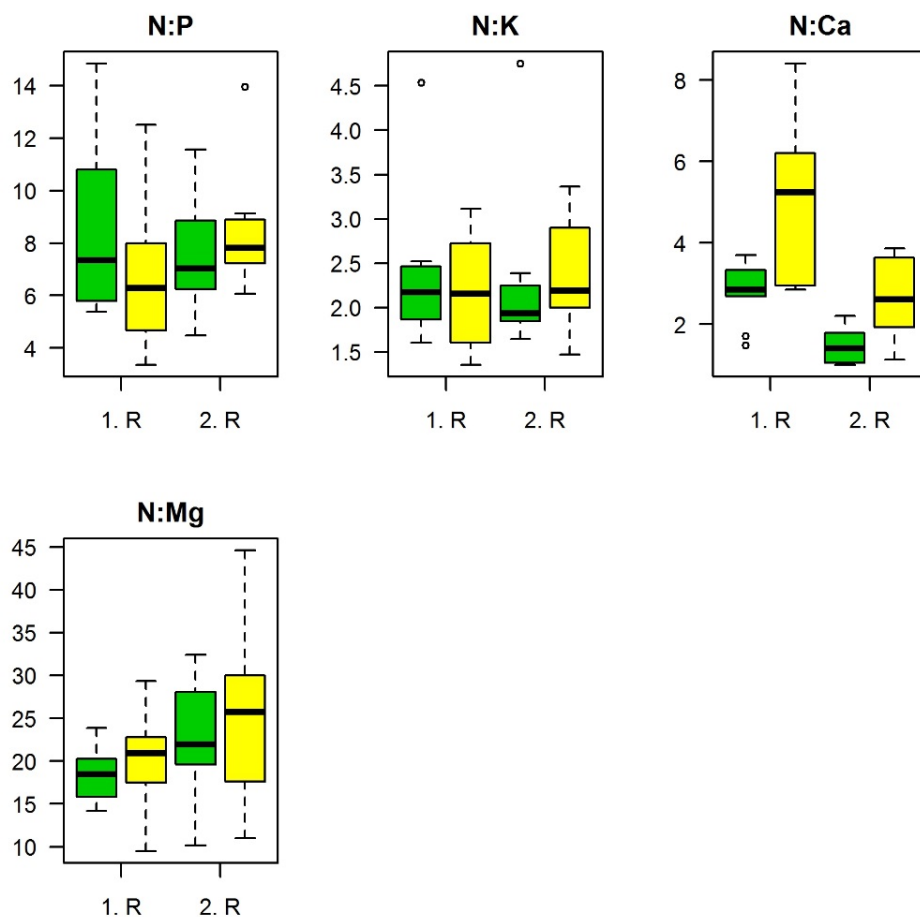
Ročník jehličí	Stupeň žloutnutí	Parametr	N ¹⁾ (%)	P ²⁾ (%)	K ³⁾ (%)	Ca ⁴⁾ (%)	Mg ⁵⁾ (%)	S ⁶⁾ (%)
1	1	Průměr	1.45	0.19	0.67	0.58	0.08	0.14
		S.D. ⁷⁾	0.280	0.071	0.186	0.298	0.018	0.030
	2	Průměr	1.13	0.17	0.53	0.30	0.05	0.14
		S.D.	0.352	0.102	0.189	0.122	0.009	0.024
	3	Průměr	0.94	0.19	0.43	0.20	0.06	0.16
		S.D.	0.217	0.086	0.129	0.062	0.022	0.013
	4	Průměr	0.73	0.14	0.43	0.10	0.04	0.11
		S.D.	0.161	0.057	0.205	0.000	0.005	0.004
2	1	Průměr	1.24	0.17	0.59	0.89	0.06	0.11
		S.D.	0.221	0.040	0.153	0.318	0.015	0.020
	2	Průměr	1.00	0.14	0.48	0.45	0.03	0.11
		S.D.	0.126	0.036	0.194	0.170	0.007	0.024
	3	Průměr	0.93	0.12	0.42	0.43	0.05	0.14
		S.D.	0.081	0.018	0.107	0.277	0.026	0.024
	4	Průměr	0.81	0.08	0.34	0.33	0.05	0.09
		S.D.	0.110	0.033	0.163	0.184	0.008	0.021

1 – dusík; 2 – fosfor; 3 – draslík; 4 – vápník; 5 – hořčík; 6 – síra; 7 – směrodatná odchylka



Obr. 5.2.4: Krabicové grafy poměru koncentrace dusíku k ostatním živinám v prvním ročníku jehličí mladých smrků ve třech mlazinách. Zelené krabice představují vzorky bez příznaků korenčních jevů, žluté krabice vzorky s příznaky korenčních jevů stupně 2-3. Tlustá vodorovná čára uprostřed krabic označuje medián, konce krabic představují horní a dolní kvartily. Kroužky označující „odlehlá měření“ nelze v tomto případě interpretovat jako měření chybná, jedná se o reálné hodnoty typické pro variabilitu studovaného biologického materiálu.

N – dusík; P – fosfor; K – draslík; Ca – vápník; Mg – hořčík; M – lokality Mokřínky; T – lokalita Těchanovice; Z – lokalita Zálužné



Obr. 5.2.5: Krabicové grafy poměru koncentrace dusíku k ostatním živinám v prvním a druhém ročníku jehličí mladých smrků v mlazině lokality Čermná. Zelené krabice představují vzorky bez příznaků karečních jevů, žluté krabice vzorky s příznaky karečních jevů stupně 2-4. Tlustá vodorovná čára uprostřed krabic označuje medián, konce krabic představují horní a dolní kvartily. Kroužky označující „odlehlá měření“ nelze v tomto případě interpretovat jako měření chybná, jedná se o reálné hodnoty typické pro variabilitu studovaného biologického materiálu.

N – dusík; P – fosfor; K – draslík; Ca – vápník; Mg – hořčík; 1.R – první ročník; 2.R – druhý ročník

Pro výrazný pokles koncentrace dusíku v jehlicích s výskytem karenčních jevů v roce 2013 (Mokřínky, Těchanovice, Zálužné) zde byl poměr dusíku k fosforu, draslíku a hořčíku nižší než v jehlicích bez výskytu karenčních jevů, pouze v případě vápníku byl zaznamenán vyšší poměr N:Ca v postižených jehlicích (obr. 5.2.4). Z analýzy odběrů v roce 2014 na lokalitě Čermná lze konstatovat vyšší hodnotu poměru dusíku k hořčíku a vápníku v prvním ročníku jehlic s výskytem karenčních jevů. V druhém ročníku byl poměr dusíku a všech ostatních prvků vždy vyšší v postižených jehlicích (obr. 5.2.5).

Shrnutí výsledků kapitoly 5.2

- Vzorke prvního ročníku smrkového jehličí s výskytem karenčních jevů obsahovaly nízké koncentrace dusíku, vápníku a hořčíku. Na jedné lokalitě se také projevil deficit fosforu a draslíku. Koncentraci živin v nepostižených jehlicích bez karenčních jevů lze v průměru hodnotit jako střední, relativně nejnižší zásobu vykazoval hořčík.
- Koncentrace dusíku, draslíku, hořčíku a síry byly vyšší v první ročníku, koncentrace vápníku naopak v druhém ročníku jehličí.
- V druhém ročníku jehlic byl zaznamenán vyšší poměr koncentrace dusíku k ostatním živinám v jehlicích s příznaky karenčních jevů. V prvním ročníku byl nepříznivý (tj. vyšší) poměr v postižených jehlicích zaznamenán pouze u vápníku a na lokalitě Čermná také u hořčíku.

5.3 Struktura a zdravotní stav smrkových mlazin z přirozené obnovy

Hektarové počty jedinců ve všech deseti mlazinách lze hodnotit jako poměrně vysoké, a to i v porostech, kde proběhl provozní výchovný zásah. V porostech již vychovávaných se hektarový počet stromů vyšších než 2 m pohyboval od 5 670 do 10 500 ks, v doposud nevychovávaných mlazinách to bylo 10 000 až 26 000 ks. Zastoupení smrku se pohybovalo od 65 % do 98 %. Ve výškové kategorii pod 2 m dominoval opět smrk (77 % až 100 %). Celkem bylo registrováno deset druhů dřevin (tab. 5.3.1).

Tab. 5.3.1: Hektarové počty podle dřevin a výškové kategorie

Číslo plochy	Výšková kategorie	Dřevina										Celkem	Zastoupení SM (%)
		BK	BO	BR	DB	JD	JR	JV	LK	MD	SM		
		(ks.ha ⁻¹)											
1	do 2m										4 500	4 500	100
	nad 2m			167							10 333	10 500	98
2	do 2m									9 333	9 333	100	
	nad 2m			4333			1333			20 333	26 000	78	
3	do 2m									3 333	3 333	100	
	nad 2m	167	333	500						6 667	7 667	87	
4	do 2m	667								3 000	3 667	82	
	nad 2m	333							333	9 333	10 000	93	
5	do 2m									1 053	1 053	100	
	nad 2m				175	175				3 509	3 860	91	
6	do 2m						833			2 833	3 667	77	
	nad 2m	167		333	167		833	167	333	4 000	167	6 167	65
7	nad 2m	222	556	389	56		278	56		6 944		8 500	82
8	do 2m									1 333	1 333	100	
	nad 2m			667						333	4 667	5 667	82
9	do 2m							333		5 500	5 833	94	
	nad 2m						1000	667		5 500		7 167	77
10	do 2m		167		167	167		167		11 333	12 000	94	
	nad 2m	167								333	13 000	13 500	96

BK – buk; BO – borovice; BR – bříza; DB – dub; JD – jedle; JR – jeřáb; JV – javor klen; LK – líska; MD – modřín; SM – smrk; TR - třešň

Hektarová výčetní kruhová základna se v šetřených mlazinách pohybovala od 7,6 do 21,5 m². Dominoval smrk, jehož výčetní kruhová základna tvořila 73 % až 97 % celkové výčetní základny. Z ostatních dřevin bylo významnější pouze zastoupení břízy ve dvou mlazinách a borovice v jedné mlazině. Zastoupení ostatních dřevin bylo pod 1 m² na hektar (tab. 5.3.2).

Tab. 5.3.2: Výčetní kruhová základna podle dřevin

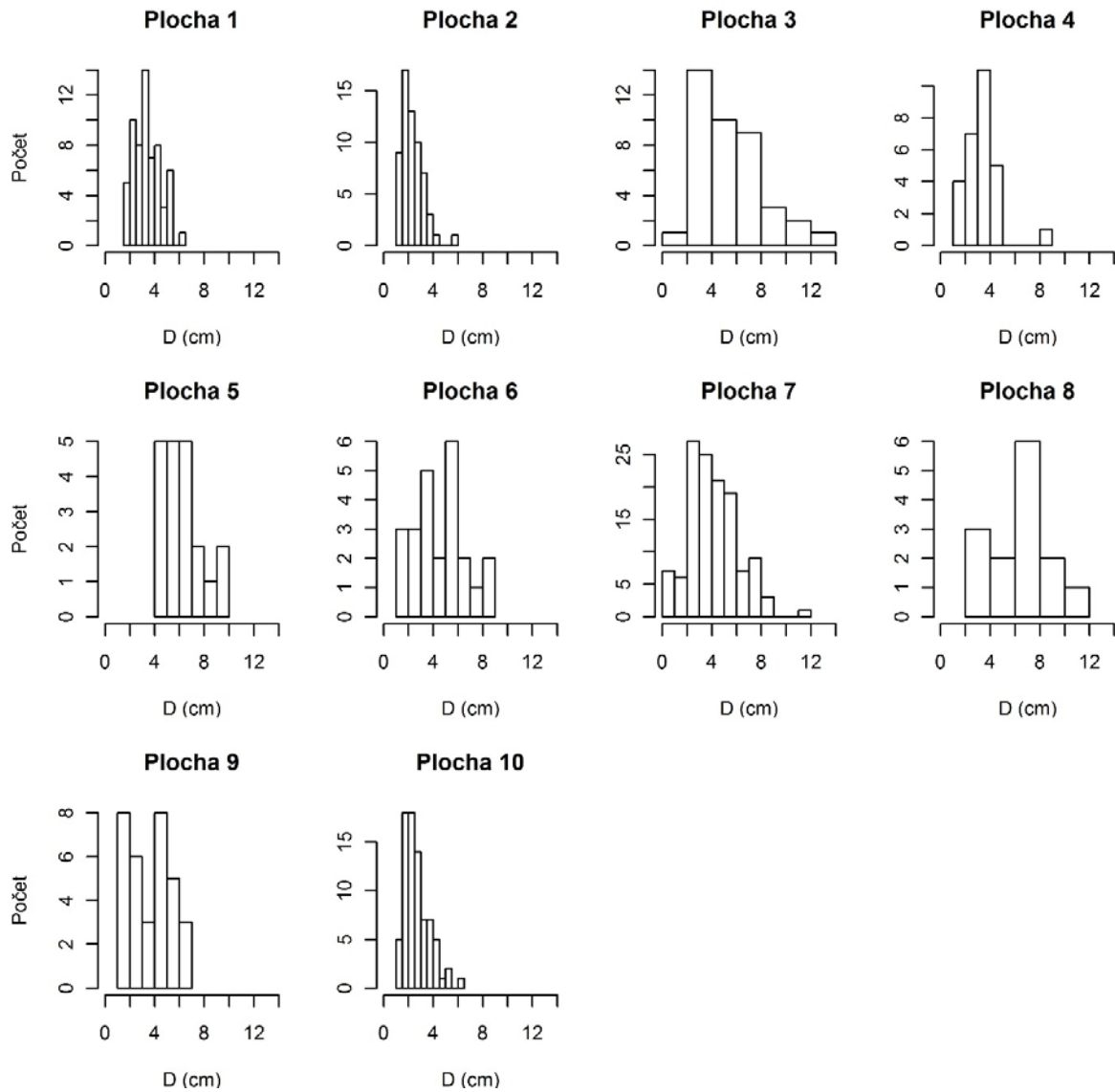
Číslo plochy	Dřevina											Celkem	Zastoupení SM (%)
	BK	BO	BR	DB	JD	JR	JV	LK	MD	SM	TR		
	(m ² .ha ⁻¹)												
1			0,43							10,44		10,87	96
2			2,54			0,31				9,88		12,73	78
3	0,21	0,11	0,77							20,44		21,53	95
4	0,63								0,29	9,93		10,84	92
5				0,12	0,25					11,26		11,63	97
6	0,09		0,25	0,43		0,27	0,06	0,01		8,03	0,30	9,52	84
7	0,24	1,16	2,60	0,05		0,17	0,06			11,47		15,75	73
8			0,34							0,08	15,42	15,84	97
9						0,28	0,20			7,11		7,59	94
10	0,06								0,26	8,67		8,99	96

BK – buk; BO – borovice; BR – bříza; DB – dub; JD – jedle; JR – jeřáb; JV – javor klen; LK – líska; MD – modřín; SM – smrk; TR - třešň

Tloušťková struktura smrku v jednotlivých mlazinách vesměs vykazovala mírně levostranné (kladný koeficient souměrnosti) unimodální rozdělení. Pouze na ploše č. 9 lze identifikovat výraznější bimodální rozdělení (obr. 5.3.1). Výčetní tloušťka nejtlustších stromů jen mírně překračovala hranici 12 cm. Nejnižší výčetní tloušťky jsou dány registrační hranicí pro jejich měření (jedinci nad 2 m výšky).

Procentuální zastoupení smrků bez barevných změn asimilačního aparátu (hodnoceny stupněm 1) se pohybovalo od 36 do 75 % (obr. 5.3.2) u stromů nad registrační hranicí 2 m výšky, pod touto hranicí bylo toto zastoupení obecně vyšší – od 82 do 100 %. Ze získaných dat nelze jednoznačně usoudit na rozdíly v zastoupení smrků s výskytem karečních jevů v porostech po výchovných zásazích a v porostech, kde zásahy doposud nebyly provedeny, ačkoli absolutní počet jedinců bez výskytu karečních jevů je logicky výrazně vyšší v mlazinách bez zásahu. Hektarový počet smrků bez karečních jevů vyšších než 2 m se v již vychovávaných mlazinách pohyboval od 1 670 do 4 170 ks, což lze hodnotit jako naprosto dostatečný počet pro další zdárný vývoj porostu, a to dokonce i v případě (nežádoucí) varianty smrkové monokultury. V nevychovaných mlazinách se hektarový počet smrků bez karečních jevů nad registrační hranicí pohyboval v rozmezí 7 000 až 13 330 ks. Žádoucí početní rezervu v případě dalšího nárůstu žlutnoucích jedinců mohou představovat jedinci pod registrační hranicí (nižší než 2 m), jejichž hektarový počet se pohyboval od 1 050 do 10 500 ks (tab. 5.3.3). Nebyla zjištěna korelace mezi procentuálním zastoupením smrků bez karečních jevů ve skupinách pod a nad

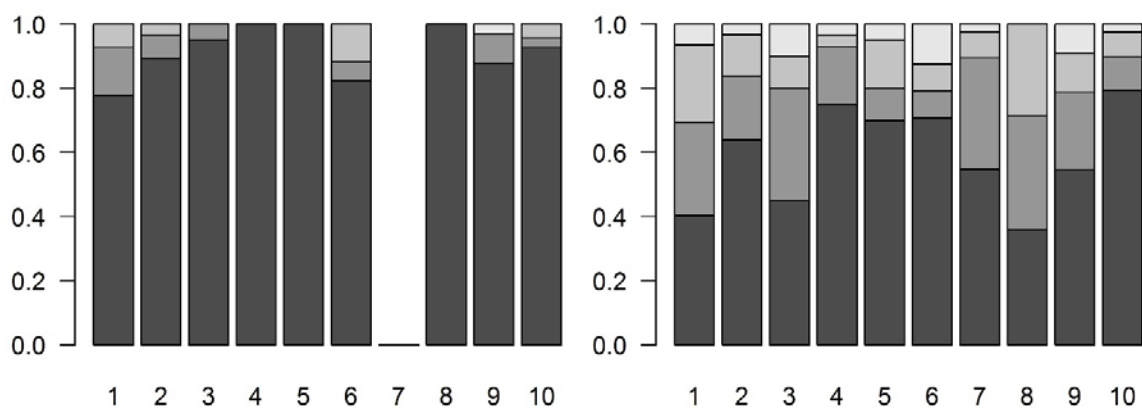
registrační hranicí 2 m výšky, a tedy ze zdravotního stavu jedné skupiny nelze predikovat stav skupiny druhé.



Obr. 5.3.1: Histogramy výčetních tlouštěk smrků ve výškové kategorii nad 2 m v deseti mlazinách z přirozené obnovy

Tab. 5.3.3: Hektarové počty smrků v mlazinách z přirozené obnovy podle výškové kategorie a stupně výskytu kareňních jevů

Číslo plochy	Pod 2 m výšky					Nad 2 m výšky				
	Stupeň žloutnutí				Celkem	Stupeň žloutnutí				Celkem
	1	2	3	4		1	2	3	4	
	(ks.ha ⁻¹)									
1	3 500	667	333		4 500	4 167	3 000	2 500	667	10 333
2	8 333	667	333		9 333	13 000	4 000	2 667	667	20 333
3	3 167	167			3 333	3 000	2 333	667	667	6 667
4	3 000				3 000	7 000	1 667	333	333	9 333
5	1 053				1 053	2 456	351	526	175	3 509
6	2 333	167	333		2 833	2 833	333	333	500	4 000
7						3 778	2 389	556	167	6 889
8	1 333				1 333	1 667	1 667	1 333		4 667
9	4 833	500		167	5 500	3 000	1 333	667	500	5 500
10	10 500	333	500		11 333	10 333	1 333	1 000	333	13 000



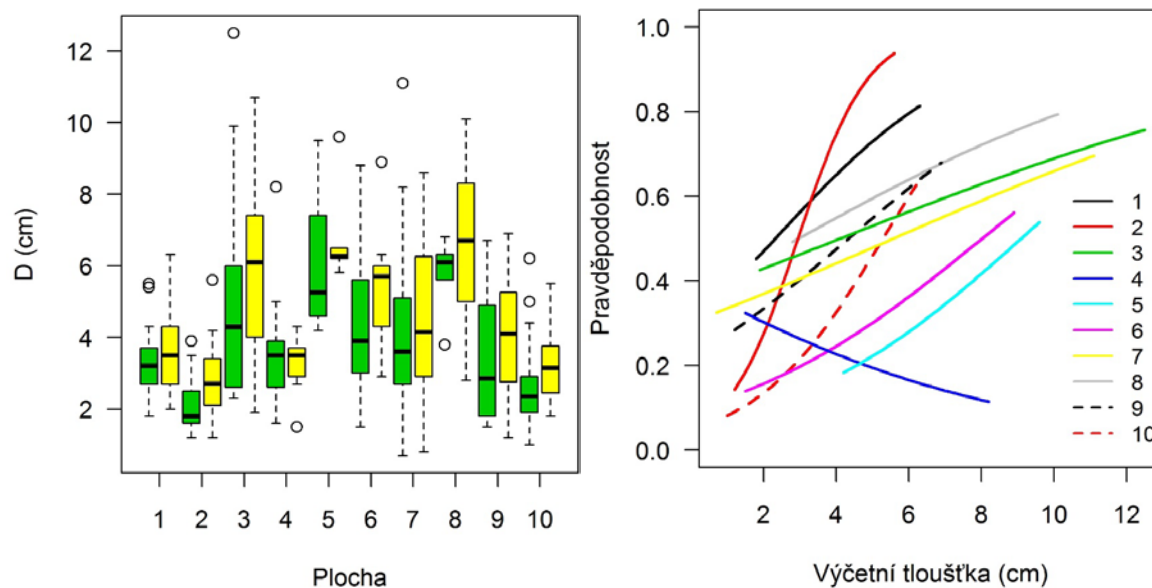
Obr. 5.3.2: Procentuální zastoupení smrku podle stupně výskytu kareňních jevů ve výškové kategorii do 2 m (vlevo) a nad 2 m (vpravo) v deseti mlazinách. Nejtmavší odstín označuje podíl jedinců bez výskytu kareňních jevů, odstíny se stoupající světlostí označují podíl jedinců stupně 2 až 4.

Tab. 5.3.4: Průměrné výčetní tloušťky smrků podle stupně žloutnutí

Číslo plochy		Stupeň žloutnutí				
		1	2	3	4	Vše
		Výčetní tloušťka (cm)				
1	Průměr ¹⁾	3,2	3,3	4,0	3,6	3,4
	SD ²⁾	0,99	1,13	1,09	0,85	1,07
2	Průměr	2,1	2,5	3,1	2,9	2,3
	SD	0,68	0,83	1,22	1,06	0,86
3	Průměr	5,1	5,9	8,2	4,6	5,7
	SD	2,95	2,61	1,69	0,88	2,70
4	Průměr	3,5	3,1	3,6	3,5	3,4
	SD	1,46	1,08			1,33
5	Průměr	5,9	7,7	6,2	6,5	6,2
	SD	1,77	2,69	0,06		1,68
6	Průměr	4,3	5,9	4,6	5,7	4,6
	SD	2,12	4,24	1,56	0,60	2,10
7	Průměr	3,9	4,5	4,4	4,4	4,2
	SD	1,87	1,97	2,49	0,85	1,94
8	Průměr	5,7	6,0	7,0		6,2
	SD	1,16	2,23	2,93		2,05
9	Průměr	3,3	4,4	3,7	3,9	3,7
	SD	1,68	1,81	1,53	2,09	1,71
10	Průměr	2,6	3,5	2,8	3,6	2,7
	SD	1,00	1,37	0,51	0,49	1,04

1 – aritmetický průměr; 2 – směrodatná odchylka

Průměrná výčetní tloušťka smrků bez karečních jevů byla, s výjimkou plochy č. 4, vždy nižší než průměrná výčetní tloušťka smrků s výskytem karečních jevů (tab. 5.3.4, obr. 5.3.3). Nepostížené smrky měly v průměru o ca 20 % (95% interval spolehlivosti 12 % až 27 %; t-test = 6,53; p-hodnota < 0.001) nižší výčetní tloušťku v porovnání se žloutnoucími smrky. Hodnoty koeficientů směrnic regresních přímek a jejich směrodatné odchylky vypočítané metodou nejmenších čtverců a robustní Huberovou metodou se prakticky významně neliší a vedou ke stejné věcné interpretaci (tab. 5.5.5).



Obr. 5.3.3: Vlevo - krabicové grafy výčetních tlouštěk stromů bez korenčních jevů (zelené krabice) a stromů s korenčními jevy (žluté krabice) smrků v deseti mlazinách. Tlustá vodorovná čára uprostřed krabic označuje medián, konce krabic představují horní a dolní kvartily. Kroužky označující „odlehlá měření“ nelze v tomto případě interpretovat jako měření chybná, jedná se o reálné hodnoty typické pro variabilitu studovaného biologického materiálu. Vpravo - logistické křivky pro jednotlivé mlaziny vyjadřující pravděpodobnost výskytu korenčních jevů v závislosti na výčetní tloušťce stromu.

Tab. 5.5.5: Směrnice přímk a jejich směrodatné odchylky lineárního modelu $\log(d) = \alpha + \beta \times \text{výskyt korenčních jevů}$ vypočtené metodou nejmenších čtverců a robustní Huberovou metodou

Číslo plochy	LM ¹⁾		RLM ²⁾	
	Směrnice	SE ³⁾	Směrnice	SE ³⁾
1	0,1161	0,1111	0,1189	0,0895
2	0,2672	0,1144	0,2817	0,0935
3	0,2154	0,1363	0,2791	0,1579
4	-0,0615	0,1872	-0,0115	0,1625
5	0,1544	0,2093	0,1727	0,1328
6	0,3080	0,1927	0,2805	0,2522
7	0,1492	0,0772	0,1292	0,0876
8	0,0605	0,2393	0,1252	0,2141
9	0,2348	0,1500	0,2614	0,1812
10	0,2486	0,1203	0,2487	0,1027
Průměr ⁴⁾	0,1788	0,0274	0,1846	0,0278

1 - Metoda nejmenších čtverců; 2 - Robustní Huberova metoda; 3 - Směrodatná odchylka směrnice; 4 -

Vážený průměr

Výpočet logistické regrese potvrdil poznatky výše popsané analýzy. Všechny logistické křivky, s výjimkou plochy číslo 4 vykazují kladnou hodnotu parametru β , a tedy rostoucí pravděpodobnost výskytu karečních jevů u smrků vyšších tloušťkových stupňů (tab. 5.5.6).

Tab. 5.5.6: Koeficienty a směrodatné odchylky parametrů logistické regrese vyjadřující pravděpodobnost výskytu karečních jevů u smrků v závislosti na jejich výčetní tloušťce

Číslo plochy	α^1	SE(α) ²	β^1	SE(β) ²
1	-0,8618	0,9049	0,3709	0,2598
2	-3,0217	0,9656	1,0254	0,3826
3	-0,5563	0,7642	0,1355	0,1257
4	-0,4437	1,3020	-0,1951	0,3742
5	-2,7809	1,9878	0,3058	0,2985
6	-2,2401	1,2416	0,2794	0,2285
7	-0,8336	0,4387	0,1496	0,0953
8	-0,5594	1,8521	0,1889	0,2952
9	-1,2768	0,8915	0,2940	0,2176
10	-2,9855	0,8413	0,5648	0,2609

1 – Regresní koeficienty; 2 – Směrodatné odchylky regresních koeficientů

Shrnutí výsledků z kapitoly 5.3

- Hektarové počty jedinců smrku v šetřených mlazinách původem z přirozené obnovy jsou poměrně vysoké (3500-10 333 ks) i po provedených provozních výchovných zásazích.
- Přes značné procento jedinců smrků s viditelnými příznaky žloutnutí asimilačního aparátu, jsou dosavadní počty smrků bez příznaků žloutnutí (1700 – 4200 ks na hektar) při dané horní porostní výšce dostatečné i pro variantu dopěstování porostů do stádia smrkové monokultury. Vzhledem k záměru pěstovat porosty s bohatší a přirozenější druhovou strukturou, je zde stále značný prostor pro další redukci smrku v těchto porostech.
- Zastoupení ostatních dřevin je ve sledovaných mlazinách poměrně nízké a pro zvýšení druhové diverzity, ekologické stability a jistoty budoucí produkce těchto porostů budou nezbytná aktivní opatření pro jejich podporu a další vnášení.
- Není evidentní rozdíl mezi procentuálním zastoupením smrků postižených karečními jevy v doposud nevychovávaných mlazinách a v mlazinách, kde již proběhl první provozní výchovný zásah. Vzhledem k omezené míře autoredukce v mlazinách bez clony mateřského porostu je vysoce pravděpodobné zhoršování štíhlostního kvocientu smrků v porostech bez

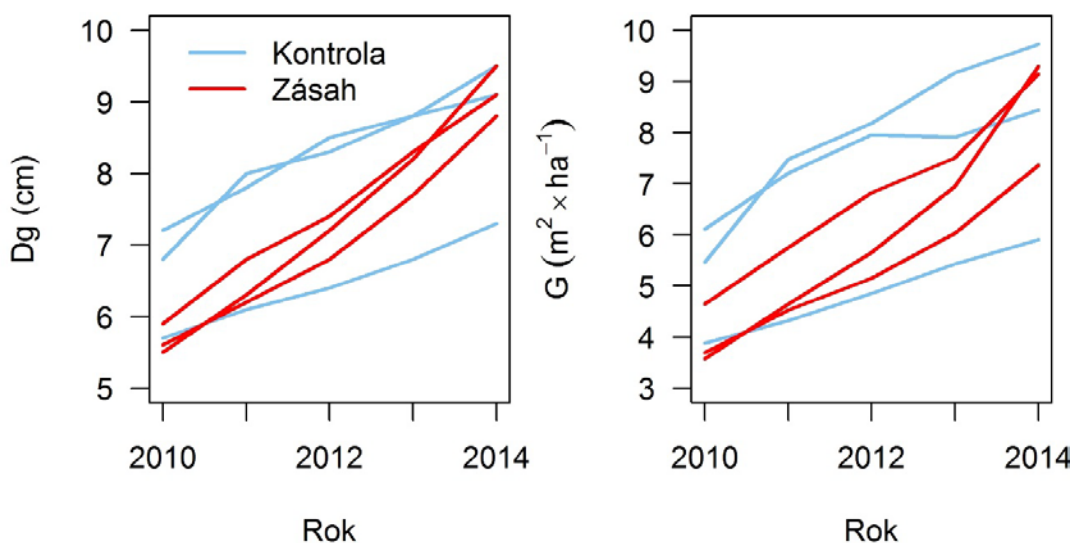
aktivní výchovy a následný katastrofický rozpad těchto porostů v důsledku poškození sněhem a větrem v pozdějším věku.

- Riziko výskytu karenčních jevů na smrku se ve sledovaných mlazinách zvyšovalo spolu s výčetní tloušťkou smrků. V šetřených mlazinách se vyskytoval dostatečný počet zdravých jedinců smrku s výškou do 2 m, které mohou tvořit žádoucí rezervu v případě prudkého zhoršení zdravotního stavu vyšších stromů. Na druhou stranu mohou být tito jedinci překážkou pro vnášení dalších dřevin či pro jejich případnou přirozenou obnovu.

5.4 Experimenty s výchovou smrkových mlazin

5.4.1 Experiment Výškovice

Při založení experimentu se hektarový počet stromů na kontrolních plochách experimentu Výškovice pohyboval od 23 800 do 36 200 na kontrolních plochách a na zásahových plochách před prvním zásahem od 22 200 do 33 800 ks. Zcela převažoval smrk, sporadicky se vyskytovala jednotlivě vtroušená bříza nebo jeřáb. Výchovným zásahem na třech plochách došlo k redukci hektarového počtu stromů na 1500 jedinců, představovaných smrkem bez příznaků kareňních jevů nebo jiného poškození.



Obr. 5.4.1: Vývoj tloušťky středního kmene (vlevo) a výčetní kruhové základny („nadějných“ smrků na šesti plochách experimentu Výškovice za období 2010 až 2014

Ačkoli byla na počátku experimentu v roce 2010 hodnota tloušťky středního kmene „nadějných“ smrků na zásahových plochách experimentu Výškovice nižší než na dvou plochách kontrolních, vedl zvýšený tloušťkový přírůst podpořený výchovnými zásahy k hodnotám výčetní tloušťky, které byly při inventarizaci v roce 2014 srovnatelné nebo vyšší v porovnání s plochami kontrolními (obr. 5.4.1). Průměrný roční přírůst středního kmene souboru „nadějných“ smrků se pohyboval od 0,4 do 0,6 cm na kontrolních a od 0,8 do 0,1 na zásahových plochách. Průměrný roční tloušťkový přírůst na zásahových plochách byl o ca 0,3 cm vyšší v porovnání s kontrolou ($p = 0,024$). Relativní tloušťkový přírůst se pohyboval od 0,06 do 0,07 na kontrolních a od 0,11 do 0,14 na zásahových plochách (tab. 5.4.1) a průměrný rozdíl ca 5 % ve prospěch zásahové varianty byl statisticky průkazný ($p = 0,007$). Výchovné zásahy v experimentu Výškovice tedy evidentně vedly k akceleraci tloušťkového přírůstu středního kmene „nadějných“ smrků (tab. 5.4.3, tab. 5.4.4).

Výška středního kmene „nadějných“ smrků se na počátku experimentu v roce 2010 pohybovala od 4,8 do 6,4 cm. Průměrný roční výškový přírůst za sledované období 2010 až 2014 se pohyboval od 0,4 do 0,5 m na kontrolních a od 0,5 do 0,6 m na zásahových plochách. Rozdíl ca 0,1 m nebyl statisticky průkazný ($p = 0,1$). Relativní výškový přírůst činil na všech třech kontrolních plochách 0,07 a na zásahových plochách se pohyboval od 0,09 do 0,10 (tab. 5.4.1). Rozdíl ca 2 % ve prospěch zásahové varianty byl statisticky průkazný ($p = 0,026$).

Štíhlostní kvocient středního kmene „nadějných“ smrků byl na počátku experimentu v rozmezí od 81 do 97 a při poslední inventarizaci v roce 2014 se pohyboval v rozmezí 89 až 100 na kontrolních a 78 až 84 na zásahových plochách. Na kontrolních plochách tak došlo k velmi mírnému nárůstu nebo mírnému poklesu štíhlostního kvocientu. Na zásahových plochách byl zaznamenán mírný až výrazný pokles.

Hektarová výčetní kruhová základna souboru „nadějných“ smrků se na experimentu Výškovice v roce 2010 pohybovala v rozmezí 3,7 až 6,1 m² a při poslední inventarizaci v rozmezí 5,9 až 9,7 m² na kontrolních a 7,4 až 9,3 m² na zásahových plochách. Průměrný roční přírůst výčetní kruhové základny činil 0,5 až 1,1 m² na kontrolních a 0,9 až 1,4 m² na zásahových plochách. Rozdíl ca 0,4 m² ve prospěch zásahové varianty nebyl statisticky průkazný ($p = 0,131$). Relativní přírůst na výčetní kruhové základně byl na všech kontrolních plochách nižší (0,08 až 0,14) než na zásahových (0,17 až 0,24) plochách (tab. 5.4.2). Rozdíl 10 % ve prospěch zásahové varianty byl statisticky průkazný ($p = 0,041$).

Tab. 5.4.1: Parametry středního kmene „nadějných“ smrků experimentu Výškovice a jejich změny za období 2010 až 2014

Plocha	Rok 2010		Rok 2014									
	D ¹⁾ (cm)	H ²⁾ (m)	H/D ³⁾	D (cm)	H (m)	H/D	iD ⁴⁾ (cm)	riD ⁵⁾	iH ⁶⁾ (m)	riH ⁷⁾	diff H/D ⁸⁾	
Výškovice 1K ⁹⁾	6,8	6,4	94	9,1	8,3	92	0,6	0,07	0,5	0,07	-2	
Výškovice 2K	5,7	5,6	97	7,3	7,4	100	0,4	0,06	0,4	0,07	4	
Výškovice 3K	7,2	6,3	88	9,5	8,4	89	0,6	0,07	0,5	0,07	1	
Výškovice 4Z ¹⁰⁾	5,5	5,4	98	9,5	7,7	80	1,0	0,14	0,6	0,09	-18	
Výškovice 5Z	5,6	5,3	95	8,8	7,4	84	0,8	0,11	0,5	0,08	-11	
Výškovice 6Z	5,9	4,8	81	9,1	7,1	78	0,8	0,11	0,6	0,10	-4	

1 – tloušťka středního kmene; 2 – výška středního kmene; 3 – štíhlostní kvocient středního kmene; 4 –

průměrný roční tloušťkový přírůst středního kmene; 5 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst

středního kmene; 6 – průměrný roční výškový přírůst středního kmene; 7 – relativní průměrný roční

výškový přírůst středního kmene; 8 – změna štíhlostního kvocientu středního kmene za období 2010-2014; 9

– kontrola; 10 - zásah

Tab. 5.4.2: Hektarový počet a výčetní kruhová základna „nadějných“ smrků experimentu Výškovice a jejich změny za období 2010 až 2014

Plocha	N ¹⁾	G ²⁾	N	G	iG ³⁾	riG ⁴⁾	Mortalita ⁵⁾	
	(ks.ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(ks.ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)		(ks.ha ⁻¹)	(%)
	Rok 2010		Rok 2014					
Výškovice 1K ⁶⁾	1500	5,46	1500	9,73	1,07	0,14	0	0
Výškovice 2K	1500	3,88	1400	5,90	0,50	0,10	100	7
Výškovice 3K	1500	6,11	1200	8,44	0,58	0,08	300	20
Výškovice 4Z ⁷⁾	1500	3,57	1300	9,29	1,43	0,24	200	13
Výškovice 5Z	1500	3,69	1200	7,36	0,92	0,17	300	20
Výškovice 6Z	1700	4,64	1400	9,14	1,12	0,17	300	18

1 – hektarový počet stromů; 2 – hektarová výčetní kruhová základna; 3 – průměrný roční přírůst na kruhové základně; 4 – relativní průměrný roční přírůst na kruhové základně; 5 – suma za období 2010 až 2014; 6 – kontrola; 7 – zásah

Tab. 5.4.3: Tabulka průměrných hodnot přírůstových parametrů „nadějných smrků“ a intervaly spolehlivosti rozdílů mezi jednotlivými variantami experimentu Výškovice

Proměnná	Varianta	95% interval spolehlivosti	
		Průměr	rozdílu Z-K
iDg ¹⁾	K ⁷⁾	0,53	
(cm)	Z ⁸⁾	0,87	0,07 až 0,60
riDg ²⁾	K	6,9	
(%)	Z	12,7	2,4 až 8,6
iG ³⁾	K	0,72	
(m ² .ha ⁻¹)	Z	1,16	-0,20 až 1,08
riG ⁴⁾	K	11,3	
(%)	Z	21,3	0,5 až 18,3
iH ⁵⁾	K	0,47	
(m)	Z	0,57	-0,03 až 0,2
riH ⁶⁾	K	7,3	
(%)	Z	9,4	0,4 až 3,7

1 – průměrný roční tloušťkový přírůst; 2 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst; 3 – průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 4 – relativní průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 5 – průměrný roční výškový přírůst; 6 – relativní průměrný roční výškový přírůst; 7 – kontrola; 8 – zásah

Tab. 5.4.4: ANOVA pro průměrné roční a relativní průměrné roční přírůsty středního kmene „nadějných“ smrků experimentu Výškovice

Testovaná proměnná		Df ¹⁾	SS ²⁾	MS ³⁾	F-test	P-hodnota
iD _g ⁴⁾	Výchova	1	0,16667	0,16667	12,5	0,024
	Residua	4	0,05333	0,01333		
riD _g ⁵⁾	Výchova	1	0,00427	0,00427	25,6	0,007
	Residua	4	0,00067	0,00017		
iG ⁶⁾	Výchova	1	0,29040	0,29040	3,60	0,131
	Residua	4	0,32253	0,08063		
riG ⁷⁾	Výchova	1	0,01127	0,01127	8,78	0,041
	Residua	4	0,00513	0,00128		
iH ⁸⁾	Výchova	1	0,01500	0,01500	4,5	0,101
	Residua	4	0,01333	0,00333		
riH ⁹⁾	Výchova	1	0,00060	0,00060	12	0,026
	Residua	4	0,00020	0,00005		

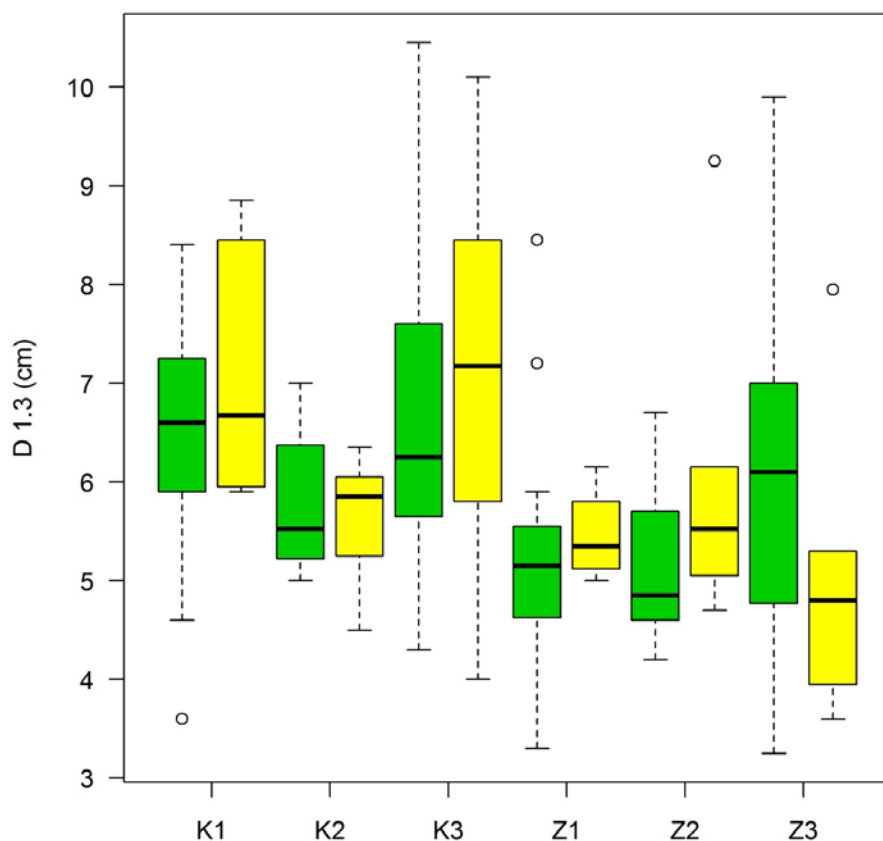
1 – stupně volnosti; 2 – suma čtverců; 3 – průměrná suma čtverců; 4 – průměrný roční tloušťkový přírůst; 5 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst; 6 – průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 7 – relativní průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 8 – průměrný roční výškový přírůst; 9 – relativní průměrný roční výškový přírůst

Mortalita „nadějných“ smrků na kontrolních plochách experimentu Výškovice za čtyři roky sledování dosahovala 0 až 20 % a na zásahových plochách 13 až 20 % (tab. 4.4.2). Průměrný rozdíl v mortalitě činil 8 % ve prospěch kontrolní varianty a nebyl statisticky průkazný ($p = 0,243$). Ani vyšší mortalita na zásahových plochách nevedla k redukci počtu „nadějných“ jedinců na úroveň ohrožující další existenci porostu. Procentuální podíl jedinců bez příznaků karečních jevů (tj. stupeň 1) byl v průměru vyšší na zásahové variantě (66 %; 95% interval spolehlivosti 52-78 %) v porovnání s kontrolou (53 %; 95% interval spolehlivosti 39-67 %), ovšem bez statisticky průkazného rozdílu ($p = 0,217$). Hektarový počet „nadějných“ smrků klasifikovaných stupněm 1 se tak na zásahových plochách při poslední inventarizaci v roce 2014 pohyboval od 900 do 1 100 ks.

Vztah mezi výskytem karečních jevů a výčetní tloušťkou stromů nebyl zcela jednoznačný, nicméně na pěti z šesti ploch byl medián výčetní tloušťky „nadějných“ smrků (v roce 2010) nižší u smrků bez příznaků v porovnání se smrky s příznaky karečních jevů zaznamenaných při poslední revizi v roce 2014 (obr. 5.4.2).

Směrnice přímek lineární regrese vypočítané metodou nejmenších čtverců stejně jako robustní Huberovou metodou ukazují na vyšší průměrnou výčetní tloušťku smrků s výskytem

karenčních jevů na čtyřech z šesti ploch (tab. 5.4.5). Rozdíl však průměrně činí jen ca 3 % a není statisticky průkazný ($p = 0,531$). Logistické křivky ukazují na rostoucí pravděpodobnost výskytu karenčních jevů s rostoucí výčetní tloušťkou stromů u čtyř z šesti ploch (obr. 5.4.3) a výsledky jsou tak ve shodě s lineární regresí. Směrodatné odchylky parametrů logistické regrese pro jednotlivé plochy jsou však relativně velké a vypočtené pravděpodobnosti mohou být zatíženy značnou mírou nepřesnosti (tab. 5.4.6).



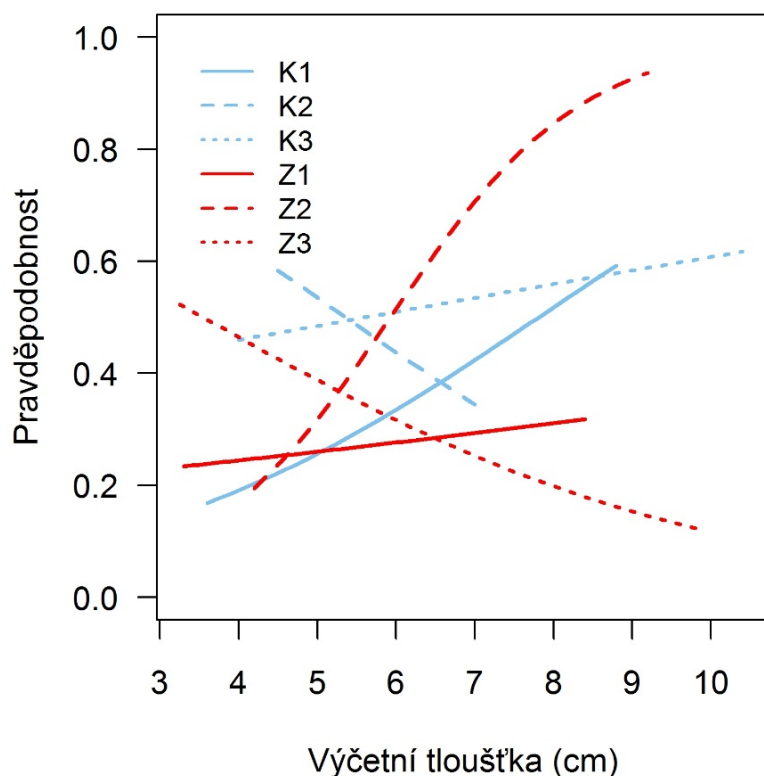
Obr. 5.4.2: Krabicové grafy výčetních tlouštěk „nadějných“ smrků bez výskytu karenčních jevů (zelené krabice) a stromů s karenčními jevy nebo uhynulé (žluté krabice) v šesti experimentálních mlazinách (Výškovice). Tlustá vodorovná čára uprostřed krabic označuje medián, konce krabic představují horní a dolní kvartily. Kroužky označující „odlehlá měření“ nelze v tomto případě interpretovat jako měření chybná, jedná se o reálné hodnoty typické pro variabilitu studovaného biologického materiálu. Výčetní tloušťky jsou z počátku experimentu v roce 2010, výskyt karenčních jevů z inventarizace v roce 2014.

K – kontrolní varianta; Z – zásahová varianta

Tab. 5.4.5: Směrnice přímek a jejich směrodatné odchylky lineárního modelu $\log(d) = \alpha + \beta \times \text{výskyt kareňních jevů}$ vypočtené metodou nejmenších čtverců a robustní Huberovou metodou

Název plochy	LM ¹⁾		RLM ²⁾	
	Směrnice	SE ³⁾	Směrnice	SE ³⁾
Výškovice K1	0,1216	0,1283	0,0936	0,1261
Výškovice K2	-0,0290	0,1260	-0,0179	0,0692
Výškovice K3	0,0475	0,1260	0,0826	0,1694
Výškovice Z4	0,0479	0,1421	0,0715	0,0882
Výškovice Z5	0,1568	0,1283	0,1173	0,0827
Výškovice Z6	-0,1437	0,1235	-0,1817	0,1766
Průměr ⁴⁾	0,0304	0,0453	0,0416	0,0339

1 - Metoda nejmenších čtverců; 2 - Robustní Huberova metoda; 3 - Směrodatná odchylka směrnice; 4 - Vážený průměr



Obr. 5.4.3: Logistické křivky pro jednotlivé plochy vyjadřující pravděpodobnost výskytu kareňních jevů asimilačního aparátu „nadějných“ stromů na experimentu Výškovice v závislosti na jejich počáteční výčetní tloušťce v roce 2010

K – kontrolní varianta; Z – zásahová varianta

Tab. 5.4.6: Koeficienty logistické regrese a jejich směrodatné odchylky

Číslo plochy	α^1	SE(α) ²	β^1	SE(β) ²
Výškovice K1	-2,9588	2,8642	0,3787	0,4123
Výškovice K2	2,0963	4,5988	-0,3914	0,8029
Výškovice K3	-0,5597	2,0463	0,0997	0,2853
Výškovice Z4	-1,4610	2,7120	0,0832	0,4878
Výškovice Z5	-4,8654	3,5764	0,8208	0,6605
Výškovice Z6	1,1106	1,8279	-0,3133	0,3288

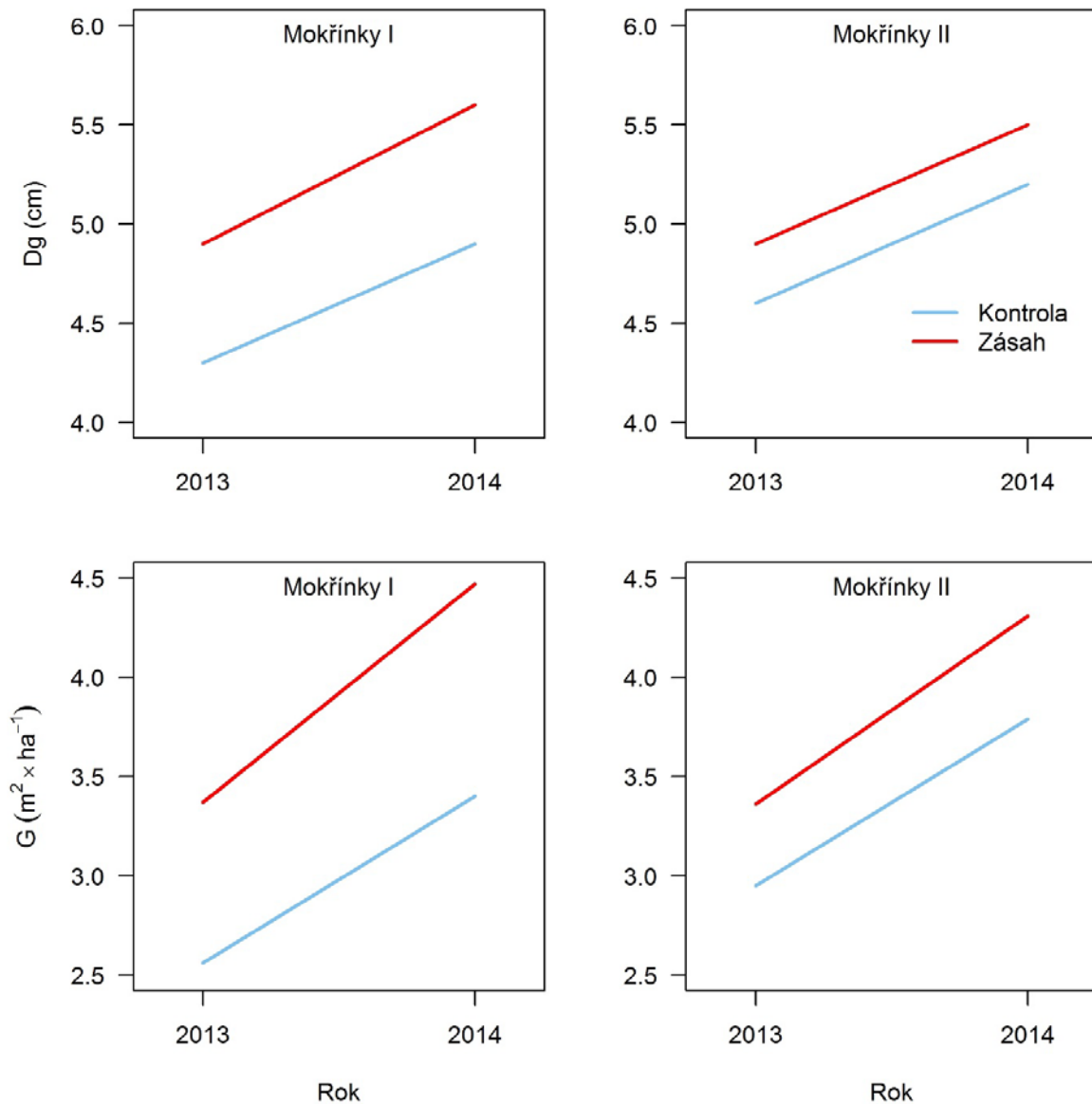
1 – Regresní koeficienty; 2 – Směrodatné odchylky regresních koeficientů

5.4.2 Experiment Mokříny

Při založení experimentu se hektarový počet stromů na plochách experimentu Mokříny pohyboval od 44 900 do 46 100 a mlaziny tak byly ještě hustší než v experimentu Výškovice. Zcela převažoval smrk, sporadicky se vyskytovala vtroušená bříza, javor klen, buk a jeřáb. Výchovným zásahem na dvou náhodně vybraných plochách došlo k redukci hektarového počtu stromů na 1800 jedinců, představovaných smrkem bez příznaků karečnických jevů nebo jiného poškození.

Reakce uvolněných smrků na tloušťkový přírůst rok po provedeném zásahu byla nezřetelná (obr. 5.4.4). Tloušťkový přírůst středního kmene souboru „nadějných“ smrků byl prakticky stejný na kontrolní (0,6 cm) i zásahové (0,7 cm) variantě (tab. 5.4.7). Relativní tloušťkový přírůst byl dokonce mírně nižší na zásahové variantě, ačkoli rozdíl lze hodnotit jako zanedbatelný. Výškový přírůst na kontrolní variantě činil 0,4 m a na zásahové variantě 0,3 m. Rozdíl 0,1 m byl statisticky neprůkazný ($p = 0,50$). Na obou variantách došlo k mírnému poklesu štíhlostního kvocientu středního kmene „nadějných smrků“, pokles byl nepatrně větší na zásahové variantě.

Byl zaznamenán pouze mírně vyšší přírůst na výčetní kruhové základně zásahové varianty ($0,9 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) v porovnání s kontrolou ($1,1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), bez statistické průkaznosti ($p = 0,295$, tab. 5.4.9, tab. 5.4.10). Relativní přírůst na kruhové základně činil 31 % na obou variantách bez rozdílu (tab. 5.4.8).



Obr. 5.4.4: Vývoj tloušťky středního kmene (nahore) a výčetní kruhové základny (dole) „nadějných“ smrků na plochách experimentu Mokřínky za období 2010 až 2014

Tab. 5.4.7: Parametry středního kmene „nadějných“ smrků experimentu Mokřínky a jejich změny za období 2013 až 2014

Plocha	D ¹⁾	H ²⁾	H/D ³⁾	D	H	H/D	iD ⁴⁾	riD ⁵⁾	iH ⁶⁾	riH ⁷⁾	diff H/D ⁸⁾
	(cm)	(m)		(cm)	(m)		(cm)		(m)		
	Rok 2013			Rok 2014							
Mokřínky I K ⁹⁾	4,3	4,4	103	4,9	4,7	97	0,6	0,14	0,3	0,07	-6
Mokřínky I Z ¹⁰⁾	4,9	4,8	98	5,6	5,1	91	0,7	0,14	0,3	0,06	-7
Mokřínky II K	4,6	4,8	105	5,2	5,2	100	0,6	0,13	0,3	0,07	-5
Mokřínky II Z	4,9	4,9	100	5,5	5,1	92	0,6	0,12	0,1	0,03	-8

1 – tloušťka středního kmene; 2 – výška středního kmene; 3 – štíhlostní kvocient středního kmene; 4 –

průměrný roční tloušťkový přírůst středního kmene; 5 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst

středního kmene; 6 – průměrný roční výškový přírůst středního kmene; 7 – relativní průměrný roční

výškový přírůst středního kmene; 8 – změna štíhlostního kvocientu středního kmene za období 2013-2014; 9

– kontrola; 10 - zásah

Tab. 5.4.8: Hektarový počet a výčetní kruhová základna „nadějných“ smrků experimentu Mokřínky a jejich změny za období 2013 až 2014

Plocha	N ¹⁾	G ²⁾	N	G	iG ³⁾	riG ⁴⁾	Mortalita ⁵⁾	
	(ks.ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(ks.ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)		(ks.ha ⁻¹)	(%)
	Rok 2013		Rok 2014					
Mokřínky I K ⁶⁾	1800	2,56	1800	3,40	0,8	0,28	0	0
Mokřínky I Z ⁷⁾	1800	3,37	1800	4,47	1,1	0,28	0	0
Mokřínky II K	1800	2,95	1800	3,79	0,8	0,25	0	0
Mokřínky II Z	1800	3,36	1800	4,31	0,9	0,25	0	0

1 – hektarový počet stromů; 2 – hektarová výčetní kruhová základna; 3 – průměrný roční přírůst na kruhové

základně; 4 - relativní průměrný roční přírůst na kruhové základně; 5 – suma za období 2013 až 2014; 6 –

kontrola; 7 - zásah

Tab. 5.4.9: Tabulka průměrných hodnot přírůstových parametrů „nadějných smrků“ a intervaly spolehlivosti rozdílů mezi jednotlivými variantami experimentu Mokřínky

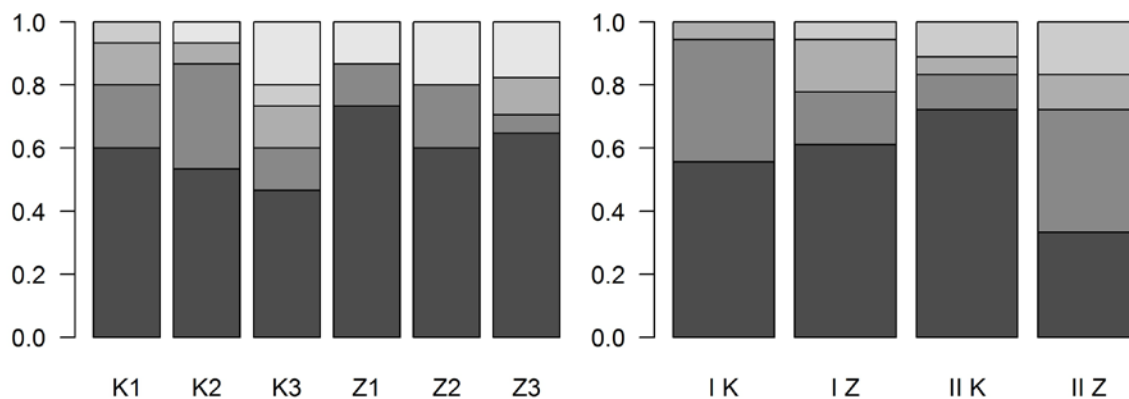
Proměnná	Varianta	Průměr	95% interval spolehlivosti	
			rozdílu Z-K	
iDg ¹⁾	K ⁷⁾	0,6		
(cm)	Z ⁸⁾	0,7	-0,6 až 0,7	
riDg ²⁾	K	15,3		
(%)	Z	14,7	-7 až 6	
iG ³⁾	K	0,85		
(m ² .ha ⁻¹)	Z	1,05	-1,07 až 1,47	
riG ⁴⁾	K	31		
(%)	Z	31	-	
iH ⁵⁾	K	0,4		
(m)	Z	0,3	-1,4 až 1.2	
riH ⁶⁾	K	8,1		
(%)	Z	5,4	-19 až 18	

1 – průměrný roční tloušťkový přírůst; 2 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst; 3 – průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 4 – relativní průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 5 – průměrný roční výškový přírůst; 6 – relativní průměrný roční výškový přírůst; 7 – kontrola; 8 – zásah

Tab. 5.4.10: ANOVA pro průměrné roční a relativní průměrné roční přírůsty středního kmene „nadějných“ smrků experimentu Mokřínky

Testovaná proměnná		Df ¹⁾	SS ²⁾	MS ³⁾	F-test	P-hodnota
iDg ⁴⁾	Blok	1	0,00250	0,00250		
	Výchova	1	0,00250	0,00250	1	0,5
	Residua	1	0,00250	0,00250		
riDg ⁵⁾	Blok	1	0,00023	0,00023		
	Výchova	1	0,00003	0,00003	1	0,5
	Residua	1	0,00003	0,00003		
iG ⁶⁾	Blok	1	0,04000	0,04000		
	Výchova	1	0,01000	0,01000	4	0,295
	Residua	1	0,01000	0,01000		
iH ⁸⁾	Blok	1	0,01000	0,01000		
	Výchova	1	0,01000	0,01000	1	0,5
	Residua	1	0,01000	0,01000		
riH ⁹⁾	Blok	1	0,00063	0,00063		
	Výchova	1	0,00023	0,00023	2,78	0,344
	Residua	1	0,00023	0,00023		

1 – stupně volnosti; 2 – suma čtverců; 3 – průměrná suma čtverců; 4 – průměrný roční tloušťkový přírůst; 5 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst; 6 – průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 7 – relativní průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 8 – průměrný roční výškový přírůst; 9 – relativní průměrný roční výškový přírůst

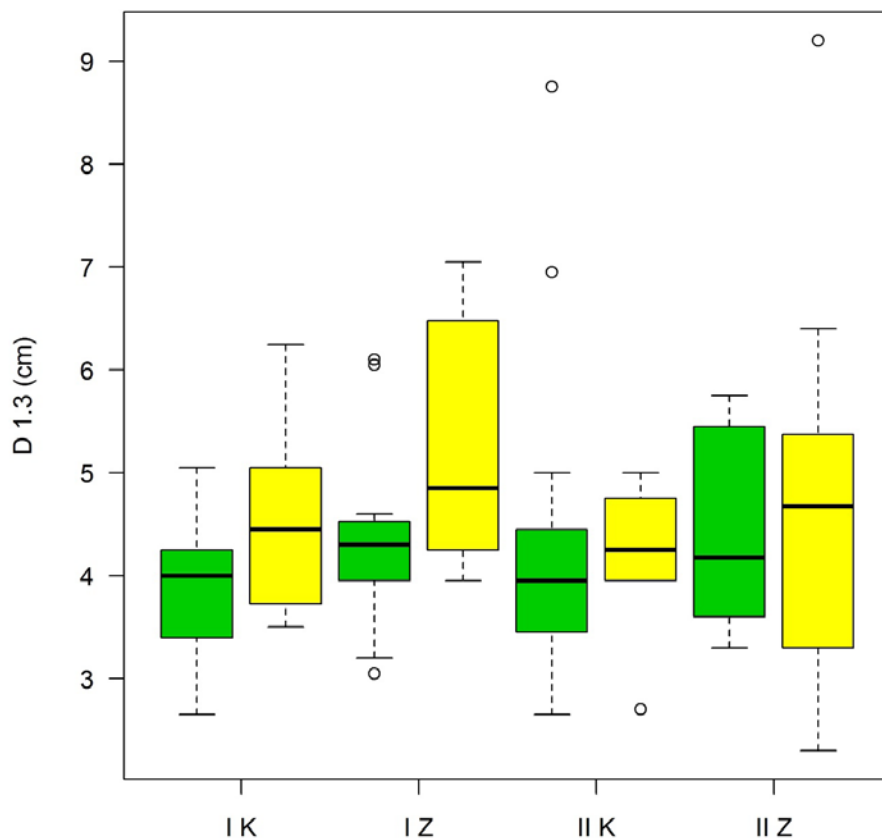


Obr. 5.4.5: Početní podíl „nadějných“ smrků podle stupně příznaků žloutnutí. Vpravo údaje pro experiment Výškovice, vlevo pro experiment Mokřínky za rok 2014. Nejtmavší odstín představuje podíl stromů bez kareňních jevů (stupeň 1), odstíny šedi z vrůstající světlosti označují stupně 2 až 4, nejsvětější stupeň představuje podíl odumřelých stromů.

K – kontrola; Z - zásah

Procentuální zastoupení „nadějných“ smrků bez výskytu kareňních jevů činilo v roce 2014 v průměru 64 % na kontrolních plochách a 47 % na variantě zásahové. Tento rozdíl nebyl statisticky průkazný ($p = 0,153$). Nízké průměrné zastoupení nepostížených smrků na zásahové variantě bylo navíc způsobeno velmi nízkou hodnotou na zásahové ploše bloku II (33 %). V bloku I byl podíl nepostížených jedinců (stupeň 1) naopak mírně příznivější na zásahu v porovnání s kontrolou (obr. 5.4.5). Na zásahových plochách tak zůstalo 600 až 1 100 nepostížených smrků na hektar. Mortalita za období 2013 až 2014 byla doposud nulová na všech plochách experimentu Mokřínky.

Medián výčetní tloušťky „nadějných“ smrků s výskytem kareňních jevů byl na všech plochách vyšší v porovnání s mediánem výčetní tloušťky smrků bez výskytu kareňních jevů. Vypočtené směrnice lineární regrese jsou ve třech případech kladné, tedy průměrná výčetní tloušťka nepostížených smrků byla na těchto plochách nižší. V jednom případě (Mokřínky II kontrola) je směrnice přímky negativní, ovšem směrnice vypočítána robustní Huberovou metodou vychází pozitivní (tab. 5.4.11). V případě lineární regrese z metody nejmenších čtverců se zřejmě projevil silný vliv extrémní hodnoty, který robustní metoda značně eliminovala. V průměru činila výčetní tloušťka postižených smrků 1,6 násobek (1,7 u robustní metody) výčetní tloušťky smrků bez kareňních jevů, bez statistické průkaznosti ($p = 0,191$ a $p = 0,058$ u robustní metody).



Obr. 5.4.6: Krabicové grafy výčetních tloušťek „nadějných“ smrků bez výskytu korenčních jevů (zelené krabice) a stromů s korenčními jevy nebo uhynulé (žluté krabice) ve čtyřech experimentálních mlazinách (Mokřínky). Tlustá vodorovná čára uprostřed krabic označuje medián, konce krabic představují horní a dolní kvartily. Kroužky označující „odlehla měření“ nelze v tomto případě interpretovat jako měření chybná, jedná se o reálné hodnoty typické pro variabilitu studovaného biologického materiálu. Výčetní tloušťky jsou z počátku experimentu v roce 2013, výskyt korenčních jevů z inventarizace v roce 2014.

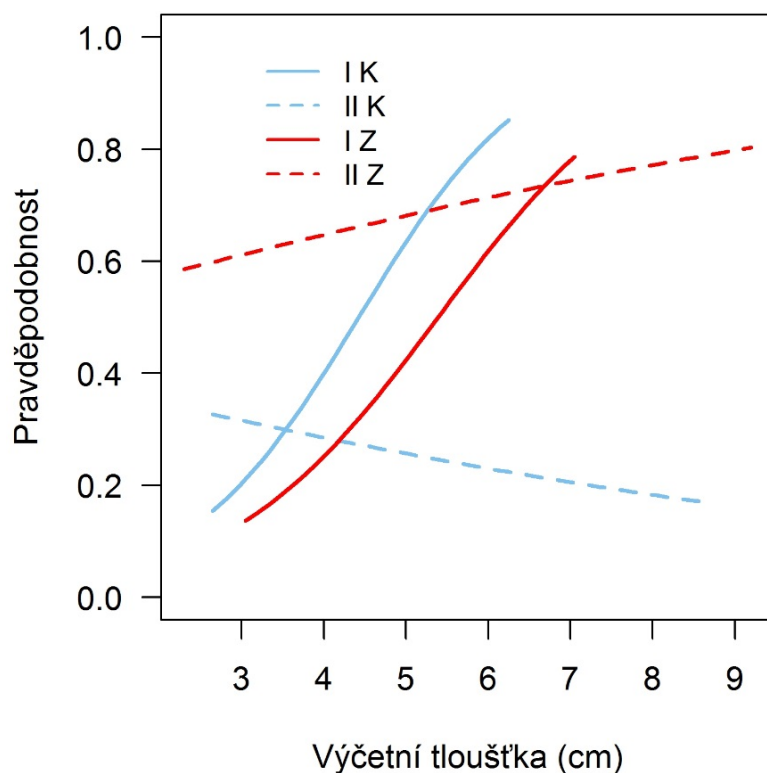
K – kontrolní varianta; Z – zásahová varianta

Výsledky logistické regrese jsou v souladu s výsledky lineární regrese z metody nejmenších čtverců (obr. 5.4.7). Klesající pravděpodobnost výskytu korenčních jevů v závislosti na výčetní tloušťce v případě kontrolní plochy na bloku II je pravděpodobně opět způsobena odlehlou hodnotou, vůči níž je logistická regrese citlivá. Směrodatné odchylky regresních parametrů jsou poměrně velké a vypočtené pravděpodobnosti jsou zatíženy značnou mírou nejistoty (tab. 5.4.12).

Tab. 5.4.11: Směrnice přímk a jejich směrodatné odchylky lineárního modelu $\log(d) = \alpha + \beta \times \text{výskyt karečních jevů}$ vypočtené metodou nejmenších čtverců a robustní Huberovou metodou

Název plochy	LM ¹⁾		RLM ²⁾	
	Směrnice	SE ³⁾	Směrnice	SE ³⁾
Mokřínky I K	0,6450	0,6236	0,5611	0,4325
Mokřínky I Z	0,9513	0,6357	0,9513	0,5325
Mokřínky II K	-0,2777	0,6919	0,2102	0,5746
Mokřínky II Z	0,3333	0,6574	0,1317	0,6978
Průměr ⁴⁾	0,44488	0,25598	0,52036	0,17385

1 – Metoda nejmenších čtverců; 2 – Robustní Huberova metoda; 3 – Směrodatná odchylka směrnice; 4 – Vážený průměr



Obr. 5.4.7: Logistické křivky pro jednotlivé plochy vyjadřující pravděpodobnost výskytu karečních jevů asimilačního aparátu „nadějných“ stromů na experimentu Mokřínky v závislosti na jejich počáteční výčetní tloušťce v roce 2013

K – kontrolní varianta; Z – zásahová varianta; I – Mokřínky I; II – Mokřínky II

Tab. 5.4.12: Koeficienty logistické regrese a jejich směrodatné odchylky

Číslo plochy	α^1	SE(α) ²⁾	β^1	SE(β) ²⁾
Mokřínky I K	-4,2430	2,8460	0,9590	0,6659
Mokřínky I Z	-4,2358	2,4127	0,7859	0,4868
Mokřínky II K	-0,3401	1,7591	-0,1444	0,4004
Mokřínky II Z	-0,0067	1,6686	0,1532	0,3535

1 – Regresní koeficienty; 2 – Směrodatné odchylky regresních koeficientů

Shrnutí výsledků z kapitoly 5.4.1

- Výchovné zásahy v případě experimentu Výškovice vedly k evidentní akceleraci tloušťkového přírůstu středního kmene souboru „nadějných“ smrků, kde byl průměrný roční přírůst vypočtený za čtyři roky sledování o více než 0,3 cm vyšší na zásahové variantě.
- Rozdíly ve výškovém přírůstu středního kmene mezi kontrolní a zásahovou variantou byly nepatrné, ačkoli v případě relativního výškového přírůstu statisticky průkazné.
- Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene byl jednoznačně příznivější na zásahové variantě.
- Hektarový počet „nadějných“ smrků bez příznaků karečních jevů činil na zásahových plochách 900 až 1 100, což lze považovat za dostačující pro další vývoj porostu. Procento nepostižených smrků bylo na zásahové variantě mírně vyšší v porovnání s kontrolou, avšak bez statistické průkaznosti. Mortalita byla naopak vyšší (o 8 % - statisticky neprůkazně) na zásahové variantě.
- Pravděpodobnost výskytu karečních jevů obecně stoupala s výčetní tloušťkou smrků.

Shrnutí výsledků z kapitoly 5.4.2

- Výsledky z experimentu Mokřínky jsou ovlivněny krátkým, pouze jednoletým, časovým úsekem od provedení experimentálních zásahů. Nebyly zjištěny průkazné rozdíly mezi kontrolní a zásahovou variantou v tloušťkovém a výškovém přírůstu, stejně jako přírůstu na výčetní kruhové základně.
- Mortalita byla rok po založení experimentu nulová na všech plochách. Procentuální podíl smrků bez výskytu karečních jevů byl neprůkazně vyšší na zásahové variantě, výsledky na jednotlivých srovnávacích blocích nebyly v tomto smyslu konzistentní. Hektarový počet „nadějných“ smrků bez příznaků karečních jevů činil na zásahových plochách 600 až 1 100 ks, což lze považovat za dostačující pro další vývoj porostu.
- Pravděpodobnost výskytu karečních jevů obecně stoupala s výčetní tloušťkou smrků.

5.5 Experimenty s výchovou smrkových tyčkovin

Hektarový počet smrků se na jednotlivých plochách před zásahem v roce 2010 pohyboval v rozmezí od 1 780 do 4 180 stromů a smrk tak na všech experimentálních plochách dominoval. Kromě smrku bylo zjištěno dalších sedm druhů dřevin. Na většině ploch bylo zaznamenáno významné zastoupení jednotlivě vtroušeného modřínu (25 až 350 ks na hektar), který se vyskytoval v porostní nadúrovni a úrovni a tvořil relevantní podíl výčetní kruhové základny porostu. Na dvou plochách byla také ve větší míře zastoupena borovice (100 a 250 ks na hektar), která zaujímala porostní úroveň. Ostatní dřeviny se vyskytovaly převážně v podúrovňovém postavení, výčetní tloušťka těchto stromů značně zaostávala za modřínem, smrkem a borovicí a jejich podíl na celkové výčetní kruhové základně byl nepatrný. Výchovným zásahem na čtyřech srovnávacích plochách bylo ponecháno ca 1 000 „nadějných“ jedinců na hektar, v nichž byl zastoupen především smrk, ale také kvalitní modřín v nadúrovni. Hektarový počet smrků se po provedených výchovných zásazích pohyboval v rozmezí od 825 do 1 000 stromů. V některých případech zůstaly zachovány i další životaschopné dřeviny v podúrovni. Podíl těchto dřevin na celkovém počtu stromů a výčetní kruhové základně byl však zanedbatelný (tab. 5.5.1). Uvedené směrodatné odchylky výčetních tlouštěk charakterizují variabilitu výčetních tlouštěk dané dřeviny, ale nelze je přímo použít k porovnání tloušťkové variability mezi dřevinami, neboť rozptyl je zde velmi pravděpodobně kladně korelován se střední hodnotou.

V roce 2014 se hektarový počet smrků na kontrolních plochách pohyboval v rozmezí od 1 630 do 3 200 stromů a v rozmezí od 775 do 875 na plochách zásahových. Smrk byl tak nadále dominantní dřevinou na všech plochách, ale je zde patrný trend nárůstu podílu modřínu na celkové výčetní kruhové základně, což dokládá jeho značnou vitalitu a růstový potenciál. Modřín také dosahoval nejvyšší průměrné výčetní tloušťky ze všech dřevin a na rozdíl od smrku se u něj za celé čtyři roky sledování nevyskytla přirozená mortalita ani nebyl zaznamenán jeho špatný zdravotní stav. Z pohledu počtu stromů i výčetní kruhové základny lze ještě konstatovat významnější zastoupení podúrovňového buku na jedné kontrolní ploše experimentu Medvídka. Kromě přirozené mortality se na změnách počtu stromů podílel také dorost jedinců nad zvolenou registrační hranici výčetní tloušťky 2 cm. Tento fenomén však měl na nárůst výčetní kruhové základny zanedbatelný vliv. Celková výčetní kruhová základna kontrolních ploch zůstala podle očekávání výrazně vyšší v porovnání s vychovávanými plochami (tab. 5.5.2).

Tab. 5.5.1: Přehled základních taxačních parametrů experimentálních smrkových tyčkovin v roce založení experimentu (2010)

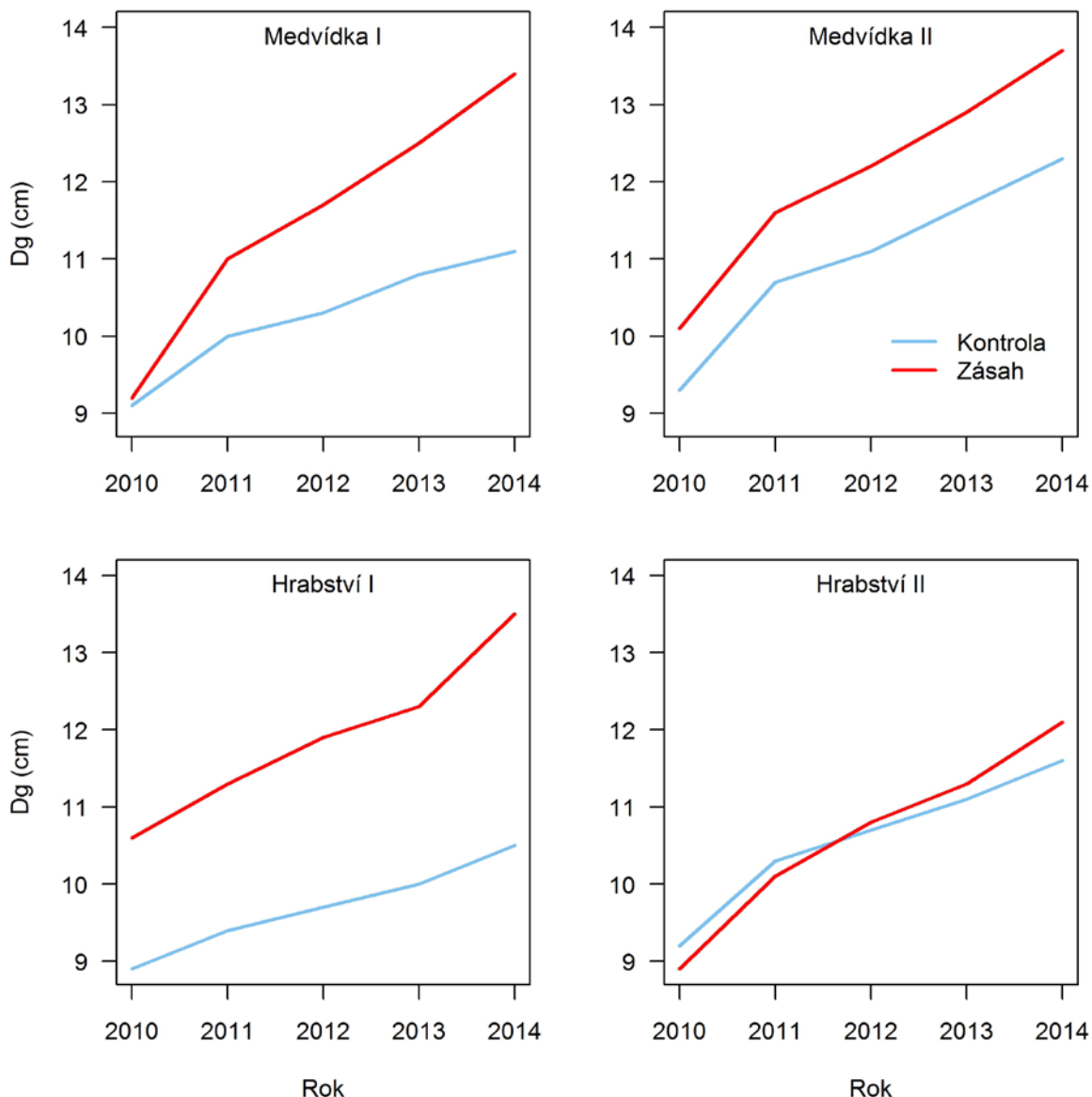
	dřevina	N ¹⁾ (ks.ha ⁻¹)		G ²⁾ (m ² .ha ⁻¹)		Dg ³⁾ (cm)		SD _(D1,3) ⁴⁾ (cm)	
		sdužený	hlavní	sdužený	hlavní	sdužený	hlavní	sdužený	hlavní
Hrabství I	BO ⁷⁾	100		0,6		8,4		3,29	
	DB ⁸⁾	75		0,1		3,0		0,33	
	K ⁵⁾ JR ⁹⁾	25		<0,1		2,2		x	
	MD ¹⁰⁾	275		3,8		13,2		3,27	
	SM ¹¹⁾	4150		26,1		8,9		5,61	
Z ⁶⁾	JR	75	75	0,1	0,1	3,2	3,2	0,77	0,77
	MD	100	75	2,1	1,4	16,2	15,6	2,48	2,59
	SM	2700	925	17,7	8,1	9,1	10,6	2,77	2,75
Hrabství II	BK ¹²⁾	25		<0,1		4,6		x	
	BR ¹³⁾	25		<0,1		2,1		x	
	K JR	200		0,1		2,7		0,32	
	MD	250		3,9		14,1		4,49	
	SM	2425		11,6		7,8		2,47	
Z	BK	25	25	<0,1	<0,1	3,4	3,4	x	x
	BO	250		3,4		13,1		1,79	
	JR	150	50	0,1	<0,1	2,4	3,0	0,54	0,50
	MD	25	25	0,1	0,1	8,1	8,1	x	x
	SM	4175	850	16,0	5,3	7,0	8,9	2,42	2,54
K	MD	425		7,5		15,0		3,86	
	SM	2250		10,4		7,7		2,02	
Medvídka I	BK	50		<0,1		1,1		0,60	
	BR	375	100	0,2	<0,1	2,5	1,3	2,11	0,54
	DB	25		<0,1		4,8		x	
	Z JR	275	25	<0,1	<0,1	0,4	1,0	0,30	x
	LP ¹⁴⁾	25		<0,1		0,3		x	
Z	MD	100	100	1,5	1,5	13,6	13,6	3,60	3,60
	SM	3050	1000	15,5	6,5	8,0	9,1	2,65	2,42
Medvídka II	BK	425		0,4		3,5		1,17	
	K BR	125		0,1		2,6		0,43	
	MD	100		3,1		19,9		7,93	
	SM	1775		9,2		8,1		2,22	
	BR	25		<0,1		2,1		x	
Z	MD	350	100	7,1	2,2	16,1	16,9	2,82	3,42
	SM	2325	825	15,1	6,5	9,1	10,0	2,27	1,84

1 – počet stromů na hektar; 2 – hektarová výčetní kruhová základna; 3 – tloušťka středního kmene; 4 – směrodatná odchylka tlouštěk; 5 – kontrola; 6 – zásahová varianta; 7 – borovice; 8 – dub; 9 – jeřáb; 10 – modřín; 11 – smrk; 12 – buk; 13 – bříza; 14 – lípa

Tab. 5.5.2: Přehled základních taxačních parametrů experimentálních smrkových tyčkovin v roce 2014

	dřevina	N ¹⁾ (ks.ha ⁻¹)	G ²⁾ (m ² .ha ⁻¹)	Dg ³⁾ (cm)	SD _(D1,3) ⁴⁾ (cm)	
Hrabství I	BO ⁷⁾	75	0,9	12,1	4,21	
	BR ¹³⁾	25	<0,1	2,0	x	
	K ⁵⁾	DB ⁸⁾	50	0,1	4,5	1,93
		JR ⁹⁾	175	0,1	3,0	0,61
	MD ¹⁰⁾		275	6,4	17,2	3,56
		SM ¹¹⁾	3200	16,2	8,0	2,67
	Z ⁶⁾	JR	150	0,2	4,6	1,98
		LP ¹⁴⁾	75	<0,1	2,9	0,90
		MD	75	2,9	22,1	0,34
		SM	800	11,4	13,5	3,32
	Hrabství II	BK ¹²⁾	25	0,1	7,9	x
BR		25	<0,1	2,9	x	
K		JR	425	0,4	3,6	1,13
		MD	250	6,6	18,3	5,97
		SM	2000	15,1	9,8	3,01
Z		BK	25	0,2	10,0	x
		JD	50	<0,1	3,3	0,90
		JR	350	0,4	3,7	1,43
		MD	25	0,3	11,8	0,00
		SM	875	9,0	11,5	3,91
K		MD	425	11,2	18,3	4,49
	SM	1950	13,0	9,2	2,56	
	Z	BR	75	0,1	4,5	1,51
		DB	25	0,1	7,2	x
		MD	100	3,0	19,4	3,03
SM		800	11,3	13,4	2,00	
Medvídka II	BK	1025	1,5	4,3	1,73	
	K	BR	300	0,4	4,3	1,30
		MD	100	4,4	23,6	8,88
		SM	1625	13,2	10,2	3,23
	Z	MD	100	3,9	22,2	2,76
		SM	775	11,4	13,7	2,53

1 – počet stromů na hektar; 2 – hektarová výčetní kruhová základna; 3 – tloušťka středního kmene; 4 – směrodatná odchylka tlouštěk; 5 – kontrola; 6 – zásahová varianta; 7 – borovice; 8 – dub; 9 – jeřáb; 10 – modřín; 11 – smrk; 12 – buk; 13 – bříza; 14 – lípa



Obr. 5.5.1: Vývoj tloušťky středního kmene „nadějných“ smrků na osmi plochách experimentů Medvídka a Hrabství ve smrkových tyčkovinách za období 2010 až 2014

Dynamika vývoje tloušťky středního kmene „nadějných“ smrků ukazuje na akceleraci tloušťkového přírůstu těchto stromů po provedených výchovných zásazích. Rozdíl mezi tloušťkou středního kmene kontrolních a zásahových ploch se ve sledovaném období kontinuálně zvyšoval ve prospěch varianty s výchovou (obr. 5.5.1). Dynamika růstu středního kmene nebyla relevantně ovlivněna mortalitou „nadějných“ jedinců neboť průměrná tloušťka odumřelých a přežívajících stromů je prakticky srovnatelná na všech plochách (tab. 5.5.7). Na konci sledování v roce 2014 byla tloušťka středního kmene „nadějných“ smrků vždy vyšší na zásahu v porovnání s odpovídající kontrolní plochou. Také průměrný roční tloušťkový přírůst a relativní tloušťkový přírůst těchto stromů byl vyšší na zásahové variantě v porovnání

s kontrolou (tab. 5.5.3) a tyto rozdíly byly statisticky průkazné (tab. 5.5.6). Průměrný roční tloušťkový přírůst byl o ca 0,3 cm vyšší na zásahové variantě s 95% intervalem spolehlivosti rozdílu: 0,1 až 0,5 cm (tab. 5.5.5). Relativní roční přírůst činil v průměru ca 6 % na kontrole a 8 % na zásahu (95% interval spolehlivosti rozdílu: 0,2 až 4 %).

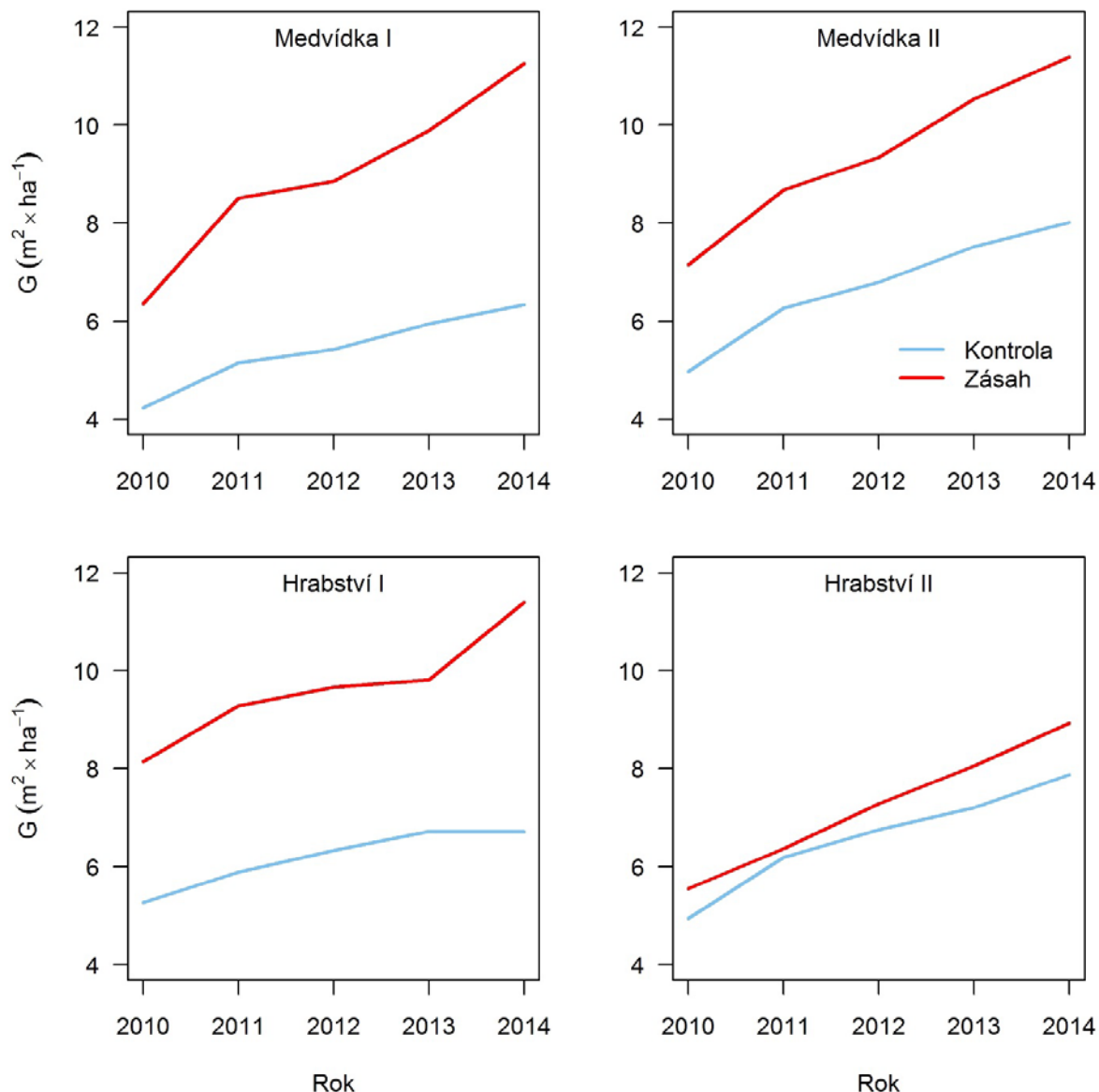
Výška středního kmene „nadějných“ smrků se na počátku experimentu v roce 2010 pohybovala v rozmezí 9,0 až 11,0 m. Průměrný roční výškový přírůst byl mírně nižší (nebo stejný) na zásahových plochách v porovnání s odpovídající plochou kontrolní, rozdíl však nebyl statisticky průkazný na konvenční hladině statistické významnosti. Průměrný relativní výškový přírůst byl vždy nižší na zásahové ploše a byl statisticky průkazný, ačkoli velikost tohoto rozdílu není z praktického hlediska příliš relevantní.

Štíhlostní kvocient středního kmene „nadějných“ smrků se na počátku experimentu pohyboval v rozmezí od 77 do 89. V roce 2014 se tento kvocient pohyboval od 77 do 96 na kontrolních a od 70 do 80 na zásahových plochách. Změny štíhlostního kvocientu středního kmene „nadějných“ smrků byly příznivější na zásahových plochách, kde ve všech případech došlo k jeho poklesu, kdežto na kontrolních plochách byl zaznamenán mírný pokles, stagnace i nárůst (tab. 5.5.3). Příznivý pokles štíhlostního kvocientu dokládá fakt pozitivního ovlivnění tloušťkového přírůstu výchovným zásahem při současném zanedbatelném ovlivnění přírůstu výškového.

Tab. 5.5.3: Parametry středního kmene „nadějných“ smrků experimentálních tyčkovin a jejich změny za období 2010 až 2014

Plocha	D ¹⁾ H ²⁾ H/D ³⁾		D H H/D		iD ⁴⁾	riD ⁵⁾	iH ⁶⁾	riH ⁷⁾	diff H/D ⁸⁾		
	(cm)	(m)	(cm)	(m)	(cm)		(m)				
	Rok 2010		Rok 2014								
Hrabství I K ⁹⁾	8,9	7,8	88	10,5	9,8	93	0,4	0,04	0,5	0,06	6
Hrabství I Z ¹⁰⁾	10,6	8,1	77	13,5	9,5	70	0,7	0,06	0,3	0,04	-6
Hrabství II K	9,2	7,9	86	11,6	9,8	85	0,6	0,06	0,5	0,06	-1
Hrabství II Z	8,9	7,6	86	12,1	9,3	76	0,8	0,08	0,4	0,05	-9
Medvídka I K	9,1	8,1	89	11,1	10,7	96	0,5	0,05	0,6	0,07	7
Medvídka I Z	9,2	7,6	83	13,4	9,7	72	1	0,09	0,5	0,06	-10
Medvídka II K	9,3	7,2	77	12,3	9,5	77	0,7	0,07	0,6	0,07	0
Medvídka II Z	10,1	8,6	85	13,7	11,0	80	0,9	0,08	0,6	0,06	-5

1 – tloušťka středního kmene; 2 – výška středního kmene; 3 – štíhlostní kvocient středního kmene; 4 – průměrný roční tloušťkový přírůst středního kmene; 5 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst středního kmene; 6 – průměrný roční výškový přírůst středního kmene; 7 – relativní průměrný roční výškový přírůst středního kmene; 8 – změna štíhlostního kvocientu středního kmene za období 2010-2014; 9 – kontrola; 10 - zásah



Obr. 5.5.2: Vývoj výčetní kruhové základny „nadějných“ smrků na osmi plochách experimentů Medvídka a Hrabství ve smrkových tyčkovinách za období 2010 až 2014

Lze také konstatovat vyšší tempo růstu výčetní kruhové základny „nadějných“ smrků na zásahových plochách v porovnání s plochami kontrolními (obr. 5.5.2, tab. 5.5.4). Průměrný roční přírůst výčetní kruhové základny činil $0,60 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ na kontrolní a $0,98 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ na zásahové variantě. Toto srovnání však není zcela korektní, neboť počty nadějných smrků na zásahových plochách poněkud převyšovaly počty nadějných smrků na kontrole. Pro posouzení efektu výchovného zásahu na vývoj výčetní kruhové základny je proto vhodnější porovnávat relativní změny spíše než absolutní hodnoty. Relativní roční přírůst výčetní kruhové základny „nadějných“ smrků činil 10,5 % na kontrolní variantě a 12,5 % na variantě zásahové, avšak nebyl statisticky průkazný (tab. 5.5.5, tab. 5.5.6).

Tab. 5.5.4: Hektarový počet a výčetní kruhová základna „nadějných“ smrků experimentálních tyčkovin a jejich změny za období 2010 až 2014

Plocha	N ¹⁾	G ²⁾	N	G	iG ³⁾	riG ⁴⁾	Mortalita ⁵⁾	
	(ks.ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(ks.ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)		(ks.ha ⁻¹)	(%)
	Rok 2010		Rok 2014					
Hrabství I K ⁶⁾	850	5,3	775	6,7	0,4	0,06	75	9
Hrabství I Z ⁷⁾	925	8,1	800	11,4	0,8	0,08	125	14
Hrabství II K	750	4,9	750	7,9	0,7	0,12	0	0
Hrabství II Z	900	5,5	775	8,9	0,8	0,12	125	14
Medvídka I K	650	4,2	650	6,3	0,5	0,10	0	0
Medvídka I Z	950	6,4	800	11,3	1,2	0,14	150	16
Medvídka II K	725	5,0	675	8,0	0,8	0,12	50	7
Medvídka II Z	900	7,1	775	11,4	1,1	0,12	125	14

1 – hektarový počet stromů; 2 – hektarová výčetní kruhová základna; 3 – průměrný roční přírůst na kruhové základně; 4 – relativní průměrný roční přírůst na kruhové základně; 5 – suma za období 2010 až 2014; 6 – kontrola; 7 – zásah

Tab. 5.5.5: Tabulka průměrných hodnot přírůstových parametrů „nadějných smrků“ a intervaly spolehlivosti rozdílů mezi jednotlivými variantami v experimentech ve smrkových tyčkovinách

Proměnná	Varianta	Průměr	95% interval spolehlivosti rozdílu Z-K
iDg ¹⁾	K ⁷⁾	0,55	
(cm)	Z ⁸⁾	0,85	0,07 až 0,53
riDg ²⁾	K	5,7	
(%)	Z	8,1	0,2 až 4
iG ³⁾	K	0,60	
(m ² .ha ⁻¹)	Z	0,98	-0,02 až 0,77
riG ⁴⁾	K	10,5	
(%)	Z	12,2	-1,5 až 4
iH ⁵⁾	K	0,55	
(m)	Z	0,45	-0,2 až 0
riH ⁶⁾	K	6,7	
(%)	Z	5,4	-2 až -0,1

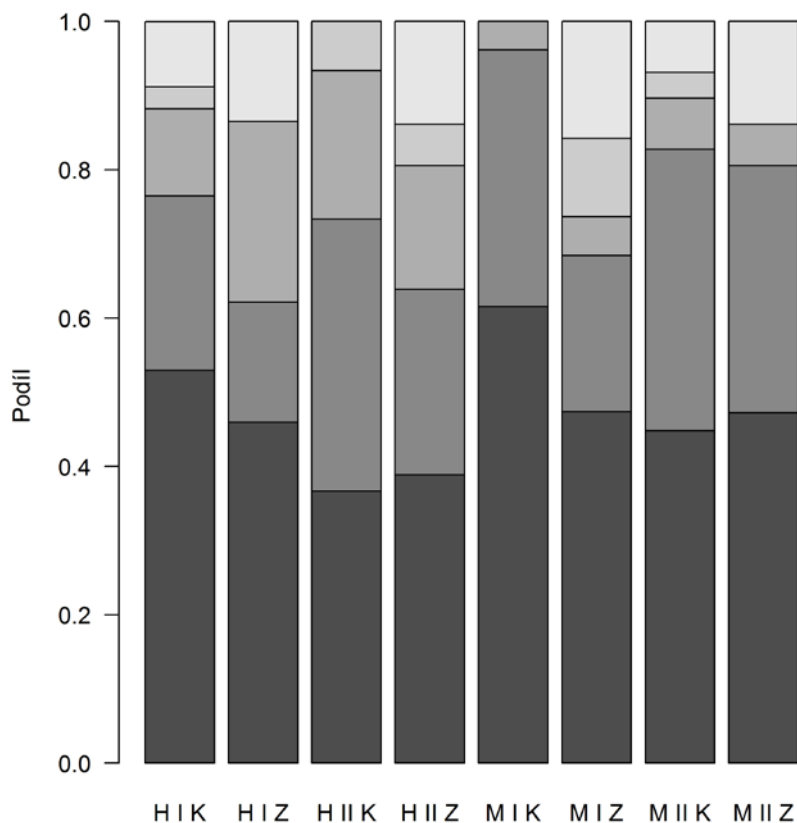
1 – průměrný roční tloušťkový přírůst; 2 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst; 3 – průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 4 – relativní průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 5 – průměrný roční výškový přírůst; 6 – relativní průměrný roční výškový přírůst; 7 – kontrola; 8 – zásah

Tab. 5.5.6: ANOVA pro průměrné roční a relativní průměrné roční přírůsty středního kmene „nadějných“ smrků experimentálních tyčkovin

Testovaná proměnná		Df ¹⁾	SS ²⁾	MS ³⁾	F-test	P-hodnota
iDg ⁴⁾	Blok	3	0,07000	0,02333		
	Výchova	1	0,18000	0,18000	18,00	0,024
	Residua	3	0,03000	0,01000		
riDg ⁵⁾	Blok	3	0,00074	0,00025		
	Výchova	1	0,00101	0,00101	12,79	0,037
	Residua	3	0,00024	0,00008		
iG ⁶⁾	Blok	3	0,13375	0,04458		
	Výchova	1	0,28125	0,28125	9,00	0,058
	Residua	3	0,09375	0,03125		
riG ⁷⁾	Blok	3	0,00375	0,00125		
	Výchova	1	0,00045	0,00045	2,45	0,215
	Residua	3	0,00055	0,00018		
iH ⁸⁾	Blok	3	0,05000	0,01667		
	Výchova	1	0,02000	0,02000	6,00	0,092
	Residua	3	0,01000	0,00333		
riH ⁹⁾	Blok	3	0,00034	0,00011		
	Výchova	1	0,00031	0,00031	25,00	0,015
	Residua	3	0,00004	0,00001		

1 – stupně volnosti; 2 – suma čtverců; 3 – průměrná suma čtverců; 4 – průměrný roční tloušťkový přírůst; 5 – relativní průměrný roční tloušťkový přírůst; 6 – průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 7 – relativní průměrný roční přírůst na výčetní kruhové základně; 8 – průměrný roční výškový přírůst; 9 – relativní průměrný roční výškový přírůst

Mortalita „nadějných“ smrků na zásahových plochách byla vždy vyšší než mortalita na srovnávacích plochách kontrolních. Na zásahových plochách se pohybovala od 14 do 16 %, na kontrolních plochách od 0 do 9 % (tab. 5.5.4) a tento rozdíl byl statisticky průkazný ($p = 0,004$). Zásadní je fakt, že ani při vyšší mortalitě na zásahových plochách nedošlo k závažnému poklesu počtu „nadějných“ smrků v míře, která by ohrožovala další existenci porostu. Procentuální podíl „nadějných“ smrků bez karencních jevů byl ve dvou případech vyšší na zásahových a ve dvou případech naopak mírně vyšší na kontrolních plochách (obr. 5.5.3) a rozdíl nebyl statisticky průkazný ($p = 0,505$). Hektarový počet „nadějných“ smrků bez příznaků karencních jevů se na zásahových plochách pohyboval od 350 do 450 ks a s připočtením stromů s mírnými příznaky stupně 2 činil 575 až 725 stromů na hektar. To s připočtením vitálních modřinů představuje dohromady 600 až 1000 stromů na hektar.



Obr. 5.5.3: Početní podíl „nadějných“ smrků podle stupně příznaků žloutnutí. Nejtmavší odstín představuje podíl stromů bez korenčních jevů (stupeň 1), odstíny šedi z vrůstající světlostí označují stupně 2 až 4, nejsvětlejší stupeň představuje podíl odumřelých stromů.

Údaje pro experimenty Hrabství a Medvídka z inventarizace roku 2014.

H – Hrabství (I a II); M – Medvídka (I a II); K – kontrola; Z - zásah

Pravděpodobnost mortality „nadějných“ smrků ve sledovaném období nijak evidentně nesouvisela s jejich počáteční výčetní tloušťkou v roce 2010 (tab. 5.5.7). Z krabicových grafů (obr. 5.5.4) je však patrná vyšší počáteční výčetní tloušťka smrků bez výskytu korenčních jevů evidovaných v roce 2014 v porovnání s výčetní tloušťkou jedinců s výskytem korenčních jevů (tj. stupně 2 až 4 včetně stromů uhynulých), a to na sedmi z celkem osmi ploch. Formální statistická analýza potvrdila signifikantní rozdíl mezi výčetní tloušťkou těchto dvou skupin, přičemž výsledky „klasické“ metody nejmenších čtverců se výrazněji neliší od výsledků robustní Huberovy metody (tab. 5.5.8). Vážený průměr směrnic regresních přímek z metody nejmenších čtverců ukazuje, že stromy s výskytem korenčních jevů měly přibližně o 8 % (o 7 % podle Huberovy metody) nižší průměrnou výčetní tloušťku v porovnání se smrkem bez výskytu korenčních jevů.

Tab. 5.5.7: Parametry výčetní tloušťky přežívajících a uhynulých „nadějných“ smrků z experimentů ve smrkových tyčkovinách

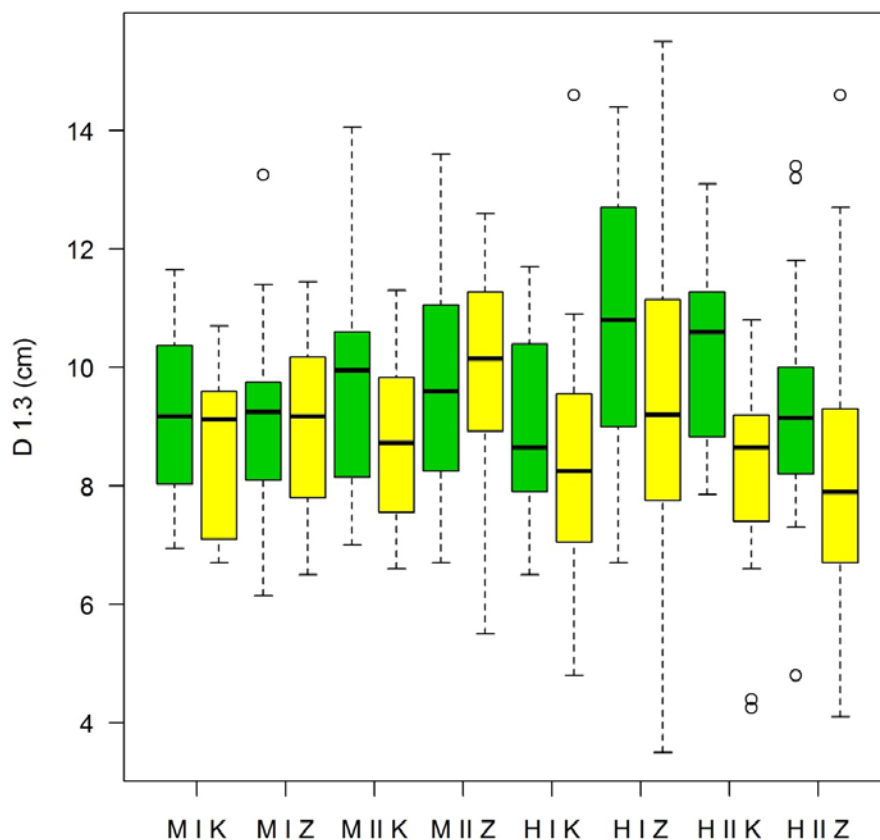
Plocha	Rok 2014		Rok 2010		
	Stav	N ¹⁾ (ks)	D ²⁾ (cm)	SD(D) ³⁾ (cm)	Dg ⁴⁾ (cm)
Hrabství I K ⁵⁾	živé	31	8,7	2,04	8,9
	odumřelé	3	8,5	0,62	8,5
Hrabství I Z ⁶⁾	živé	32	10,2	2,76	10,6
	odumřelé	5	10,2	2,72	10,5
Hrabství II K	živé	30	9,0	1,94	9,2
	odumřelé	0	x	x	x
Hrabství II Z	živé	31	8,6	2,18	8,8
	odumřelé	5	8,1	3,77	9,0
Medvídka I K	živé	16	9,0	1,40	9,1
	odumřelé	0	x	x	x
Medvídka I Z	živé	32	9,1	1,48	9,2
	odumřelé	6	9,2	1,56	9,4
Medvídka II K	živé	27	9,2	1,71	9,3
	odumřelé	2	9,2	1,73	9,4
Medvídka II Z	živé	31	9,9	1,88	10,0
	odumřelé	5	10,1	1,77	10,2

1 – počet živých a uhynulých stromů na ploše za období 2010 až 2014; 2 – aritmetický průměr výčetních tlouštěk v roce 2010; 3 – směrodatná odchylka výčetních tlouštěk v roce 2010; 4 – tloušťka středního kmene v roce 2010; 5 – kontrola; 6 – zásah

 Tab. 5.5.8: Směrnice přímek a jejich směrodatné odchylky lineárního modelu $\log(d) = \alpha + \beta \times \text{výskyt karečních jevů}$ vypočtené metodou nejmenších čtverců a robustní Huberovou metodou

Název plochy	LM ¹⁾		RLM ²⁾	
	Směrnice	SE ³⁾	Směrnice	SE ³⁾
Hrabství I K	-0,0708	0,0791	-0,0632	0,0766
Hrabství I Z	-0,1721	0,0759	-0,1564	0,0962
Hrabství II K	-0,2362	0,0872	-0,1934	0,0746
Hrabství II Z	-0,1875	0,0787	-0,1840	0,0927
Medvídka I K	-0,0486	0,0928	-0,0486	0,0659
Medvídka I Z	-0,0148	0,0748	-0,0907	0,0771
Medvídka II K	-0,0946	0,0859	-0,0123	0,0577
Medvídka II Z	0,0236	0,0768	0,0433	0,0666
Průměr⁴⁾	-0,0875	0,0322	-0,0695	0,0295

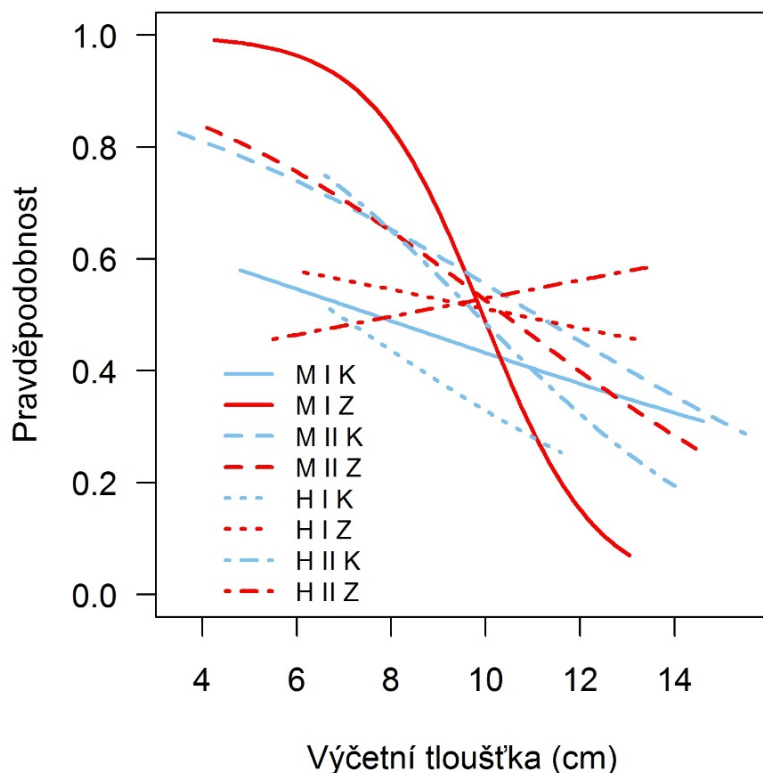
1 – Metoda nejmenších čtverců; 2 – Robustní Huberova metoda; 3 – Směrodatná odchylka směrnice; 4 – Vážený průměr



Obr. 5.5.4: Krabicové grafy výčetních tloušťek „nadějných“ smrků bez výskytu korenčních jevů (zelené krabice) a stromů s korenčními jevy nebo uhynulé (žluté krabice) v osmi experimentálních tyčkovinách. Tlustá vodorovná čára uprostřed krabic označuje medián, konce krabic představují horní a dolní kvartily. Kroužky označující „odlehlá měření“ nelze v tomto případě interpretovat jako měření chybná, jedná se o reálné hodnoty typické pro variabilitu studovaného biologického materiálu. Výčetní tloušťky jsou z počátku experimentu v roce 2010, korenční jevy a mortality z inventarizace v roce 2014.

M – experiment Medvídka (I a II); H – experiment Hrabství (I a II); K – kontrolní varianta; Z – zásahová varianta

Výsledky lineární regrese potvrzují i křivky logistické regrese, kde u sedmi z osmi ploch klesá pravděpodobnost výskytu korenčních jevů se zvyšující se počáteční výčetní tloušťkou smrků (obr. 5.5.5). Směrodatné odchylky parametrů logistické regrese pro jednotlivé plochy jsou však poměrně velké a vypočtené pravděpodobnosti tak mohou být zatíženy značnou mírou nepřesnosti (tab 5.5.9).



Obr. 5.5.5: Logistické křivky pro jednotlivé plochy vyjadřující pravděpodobnost výskytu kareňních jevů asimilačního aparátu „nadějných“ smrků na experimentu Medvídka a Hrabství v závislosti na jejich počáteční výčetní tloušťce v roce 2010

M – experiment Medvídka (I a II); H – experiment Hrabství (I a II); K – kontrolní varianta; Z – zásahová varianta

Tab. 5.5.9: Koeficienty logistické regrese a jejich směrodatné odchylky

Číslo plochy	α^1	SE(α^2)	β^1	SE(β^2)
Hrabství I K	0,8731	1,5964	-0,1146	0,1807
Hrabství I Z	2,2730	1,4060	-0,2052	0,1318
Hrabství II K	8,2663	3,2841	-0,8319	0,3443
Hrabství II Z	2,6691	1,3935	-0,2566	0,1544
Medvídka I K	1,5716	2,6555	-0,2284	0,2951
Medvídka I Z	3,3437	2,2627	-0,3403	0,2417
Medvídka II K	0,7320	2,0124	-0,0688	0,2179
Medvídka II Z	-0,5337	1,7990	0,0653	0,1791

1 – Regresní koeficienty; 2 – Směrodatné odchylky regresních koeficientů

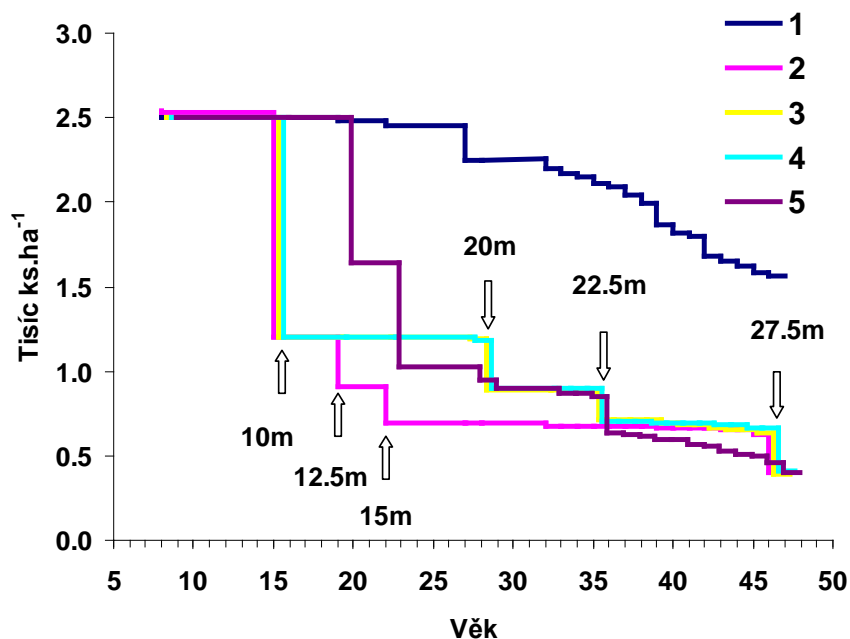
Shrnutí výsledků z kapitoly 5.5

- Výchovný zásah vedl k akceleraci tloušťkového přírůstu souboru „nadějných“ smrků v porovnání se souborem „nadějných“ smrků na kontrolní variantě. Průměrný roční tloušťkový přírůst středního kmene byl na vychovávané variantě o 0,3 cm vyšší než na kontrole.
- Výškový přírůst „nadějných“ smrků byl prakticky srovnatelný na kontrolní i zásahové variantě, což spolu s vývojem výčetní tloušťky vedlo k příznivějšímu vývoji (tj. snížení štíhlostního kvocientu středního kmene „nadějných“ smrků na vychovávané variantě. Výchovou tak bylo dosaženo lepší statické stability jednotlivých stromů, což vytváří předpoklad vyšší odolnosti těchto stromů vůči negativnímu působení sněhu a větru v pozdějším věku porostu.
- Relativní přírůst výčetní kruhové základny „nadějných“ smrků byl mírně vyšší na vychovávané variantě, ačkoli tento rozdíl nebyl statisticky průkazný.
- Mortalita „nadějných“ smrků na plochách s výchovou byla za čtyři roky sledování vyšší v porovnání s kontrolními plochami. Podíl „nadějných“ smrků bez výskytu kareňních jevů nebyl výchovou průkazně ovlivněn. Na všech vychovávaných i kontrolních plochách se zachoval dostatečný počet stromů dostačující pro další existenci porostu a plnění jeho produkčních i mimoprodukčních funkcí.
- Nebyl zjištěn vztah mezi mortalitou smrků a jejich počáteční výčetní tloušťkou. Pravděpodobnost výskytu kareňních jevů na „nadějných“ smrcích v roce 2014 klesala v závislosti na jejich počáteční výčetní tloušťce v roce 2010.
- Z vtroušených dřevin vykazoval značnou vitalitu a růstovou dynamiku modřín, který je tak pravděpodobně na daném stanovišti jednou z perspektivních dřevin, která má potenciál v určité míře kompenzovat snížení zastoupení chřadnoucího smrku.

5.6 Probírkový experiment IUFRO – 13 Vítkov

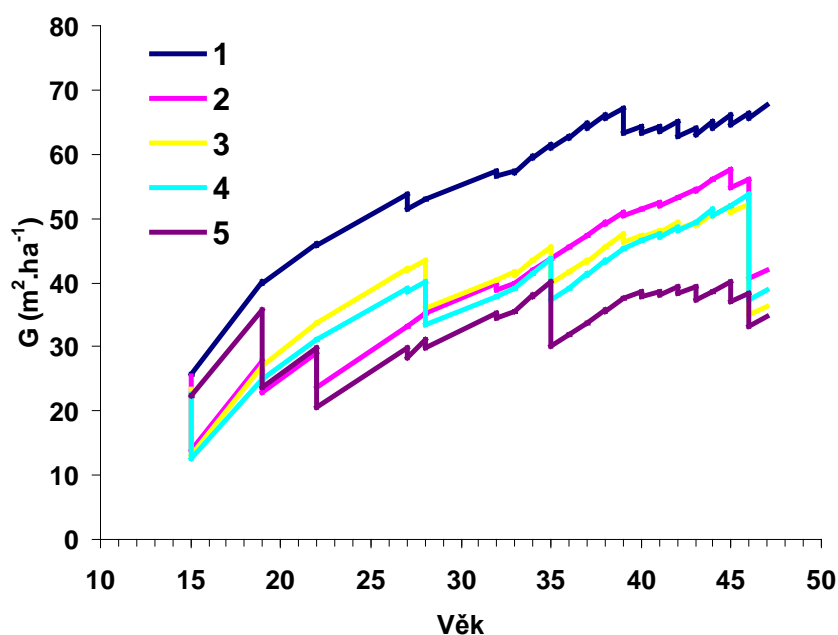
Prvním výchovným zásahem ($h_{\text{dom}} 10 \text{ m}$) byly na všech variantách s výchovou odstraněny stromy o průměrné hmotnosti ca $0,03 \text{ m}^3$. Následnými časnými zásahy na variantě 2 byly odstraněny stromy o průměrné hmotnosti pouze $0,09 \text{ m}^3$ ($h_{\text{dom}} 12,5 \text{ m}$) a $0,17 \text{ m}^3$ ($h_{\text{dom}} 15 \text{ m}$). Odložené zásahy na variantách 3 a 4 vedly k těžbě stromů lépe zpeněžitelných dimenzí o průměrné hmotnosti $0,19 \text{ m}^3$ ($h_{\text{dom}} 20 \text{ m}$) a $0,36 \text{ m}^3$ ($h_{\text{dom}} 20,5 \text{ m}$). Na „komerční“ variantě 5 byly těženy stromy o průměrné hmotnosti $0,07 \text{ m}^3$ ($h_{\text{dom}} 12,5 \text{ m}$), $0,09 \text{ m}^3$ ($h_{\text{dom}} 15 \text{ m}$) a $0,44 \text{ m}^3$ ($h_{\text{dom}} 22,5 \text{ m}$).

Hektarový počet stromů na kontrolní variantě (1) se následkem přirozené mortality a nahodilých těžeb kontinuálně snižoval z počátečních 2500 ks na současných (rok 2010, věk 47 let) 1560 ks. Na „komerční“ variantě (5) za posledních ca 12 let rovněž docházelo ke kontinuálnímu snižování počtu stromů v důsledku nahodilých těžeb na současných ca 400 ks, což je srovnatelné s počty na variantách 2-4, kterých však bylo dosaženo převážně úmyslnými těžbami (obr. 5.6.1).



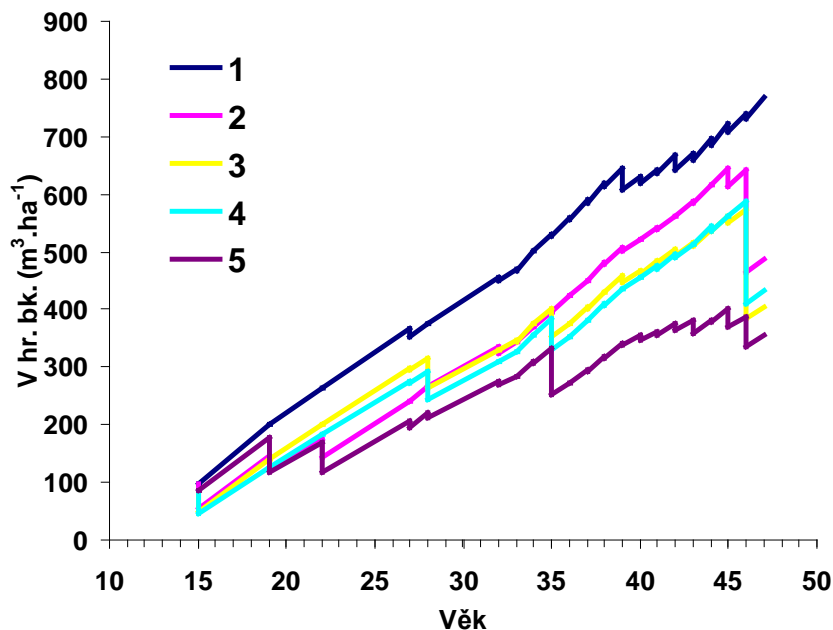
Obr. 5.6.1: Vývoj hektarového počtu stromů na jednotlivých variantách probírkového experimentu IUFRO 13 Vítkov. Šipky označují výchovný zásah při dané horní porostní výšce.

Kontrolní varianta (1) dosahovala nejvyšších hodnot výčetní kruhové základny po celou dobu sledování, ačkoli její vývoj za posledních ca 10 let vykazuje víceméně stagnující trend. Výčetní základna varianty 2 zpočátku vlivem silných zásahů zaostávala za variantami 3-4, ale od věku 35 let ($h_{\text{dom}} 22,5$ m) dosahuje nejvyšší hodnoty ze všech vychovávaných variant. Výčetní základna variant 3-4 byla prakticky shodná po celé období sledování a nejnižší hodnoty dosahovala „komerční“ varianta 5. Současná nízká hodnota hektarové výčetní základny na variantách 2 (42 m^2), 3 (36 m^2) a 4 (39 m^2) je dána posledním výchovným zásahem ($h_{\text{dom}} 27,5$ m, 46 let). Na kontrole (1) v současnosti činí 68 m^2 a na „komerční“ variantě (5) 35 m^2 (obr. 5.6.2).



Obr. 5.6.2: Vývoj výčetní kruhové základny na jednotlivých variantách probírkového experimentu IUFRO 13 Vítkov

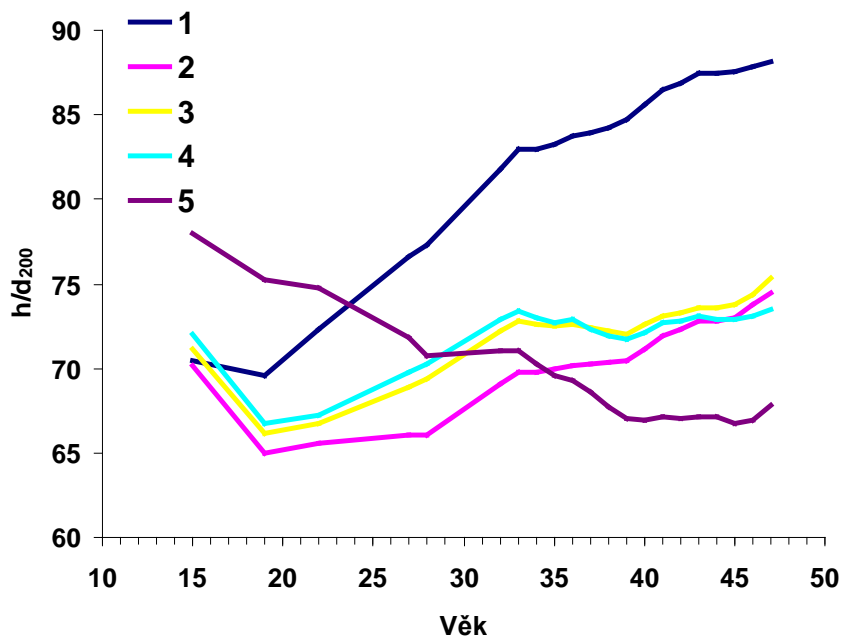
Vývoj porostní zásoby (hroubí bez kůry) víceméně kopíruje vývoj popsany u výčetní kruhové základny. Zásoba na kontrole (1) v důsledku výškového přírůstu stále narůstá navzdory stagnující kruhové základně. Současná hodnota hektarové porostní zásoby činí 770 m^3 (1), 490 m^3 (2), 410 m^3 (3), 430 m^3 (4) a 360 m^3 (5). Hodnota porostní zásoby na variantách 2-4 je negativně ovlivněna nedávným výchovným zásahem (obr. 5.6.3).



Obr. 5.6.3: Vývoj zásobí hroubí bez kůry na jednotlivých variantách probírkového experimentu IUFRO 13 Vítkov

Štíhlostní kvocient stromů horního stromového patra (tj. 200 nejtlustších stromů na hektar) vykazoval za celé sledované období příznivý vývoj na všech variantách s výchovou a pohyboval se v rozmezí od 65 do 78. Největší pokles by zaznamenán na „komerční“ variantě 5. Nepříznivý vývoj vykazuje kontrolní varianta, kde se štíhlostní kvocient kontinuálně zvyšoval až na současnou hodnotu 88 (obr. 5.6.4). Štíhlostní kvocient středního kmene i stromů horního stromového patra byl na variantách s výchovou statisticky průkazně nižší ($p > 0,001$, tab. 5.6.2).

Celková objemová produkce na 1 ha je nejvyšší na kontrole (930 m^3), následována variantou 2 (820 m^3), variantami 3 a 4 (780 a 770 m^3) a nejnižší je na „komerční“ variantě 5 (710 m^3). Objemová produkce kontroly, statisticky průkazně vyšší v porovnání s ostatními variantami ($p < 0,001$, tab. 5.6.2) je z velké části tvořena stromy nižších dimenzí. Pouze 510 m^3 COP kontroly tvoří stromy o hmotnosti nad $0,5 \text{ m}^3$. Na variantách 2, 3 a 4 to bylo 710 m^3 , 620 m^3 a 610 m^3 , resp. Nejnižší hodnota v této kategorii byla zaznamenána na komerční variantě 5 – 470 m^3 . Varianta 2 rovněž nejlépe vynívá z hlediska COP akumulované na stromech s dimenzemi přesahujícími $0,7 \text{ m}^3$ resp. 1 m^3 (tab. 5.6.1) a rozdíly oproti ostatním variantám s výchovou jsou statisticky průkazné ($p = 0,007$ a $p = 0,008$, tab. 5.6.2).



Obr. 5.6.4: Vývoj štíhlostního kvocientu „horních kmenů“ na jednotlivých variantách probírkového experimentu IUFRO 13 Vítkov

Tab. 5.6.1: Stav hlavních taxačních a dendrometrických ukazatelů na jednotlivých variantách probírkového experimentu IUFRO 13 Vítkov v roce 2010

Varianta	1	2	3	4	5
$N^{1)}$ (ks.ha ⁻¹)	1560	405	390	410	400
$Dg^{2)}$ (cm)	24	36	34	35	33
$D_{200}^{3)}$ (cm)	33	40	37	38	39
$H^{4)}$ (m)	26,3	28,9	27,6	27,6	25,5
$H_{200}^{5)}$ (m)	28,7	29,4	28,1	28,0	26,5
$H/D^{6)}$	112	80	80	79	77
$H/D_{200}^{7)}$	88	74	75	73	68
$G^{8)}$ (m ² .ha ⁻¹)	68	42	36	39	35
$mG^{9)}$ (m ² .ha ⁻¹)	54	38	39	37	32
$V^{10)}$ (m ³ .ha ⁻¹)	769	488	405	434	356
$COP^{11)}$ (m ³ .ha ⁻¹)	925	817	780	773	708
$COP_{+1}^{12)}$ (m ³ .ha ⁻¹)	87	445	293	315	291
$COP_{+0.7}^{13)}$ (m ³ .ha ⁻¹)	325	647	532	537	421
$COP_{+0.5}^{14)}$ (m ³ .ha ⁻¹)	514	709	624	610	466

1 – hektarový počet stromů; 2 – tloušťka středního kmene; 3 – tloušťka 200 nejtlustších stromů na hektar; 4 – výška středního kmene; 5 – výška 200 nejtlustších stromů na hektar; 6 – štíhlostní kvocient středního kmene; 7 – štíhlostní kvocient 200 nejtlustších stromů na hektar; 8 – výčetní kruhová základna; 9 – průměrná výčetní kruhová základna; 10 – hektarová zásoba hroubí bez kůry; 11 – celková objemová produkce hroubí bez kůry; 12 – objemová produkce akumulovaná na stromech s objemem přes 1 m³; 13 – objemová produkce akumulovaná na stromech s objemem přes 0,7 m³; 14 – objemová produkce akumulovaná na stromech s objemem přes 0,5 m³

Tab. 5.6.2: Testy lineárních kontrastů pro vybrané taxační charakteristiky experimentu IUFRO 13 Vítkov v roce 2010

Kontrast	Dg ¹⁾			D200 ²⁾			H ³⁾			H200 ⁴⁾		
	Rozdíl	SE ¹¹⁾	P ¹²⁾	Rozdíl	SE	P	Rozdíl	SE	P	Rozdíl	SE	P
L1 ¹³⁾	-11,2	0,38	<0,001	-5,9	0,49	<0,001	-1,2	0,06	<0,001	0,7	0,08	<0,001
L2 ¹⁴⁾	-1,9	0,40	0,009	0,8	0,50	0,212	-2,5	0,06	<0,001	-2	0,08	<0,001
L3 ¹⁵⁾	1,8	0,42	0,014	2	0,53	0,021	1,3	0,06	<0,001	1,5	0,08	<0,001
L4 ¹⁶⁾	-0,4	0,49	0,457	-0,9	0,62	0,239	0	0,07	1	0,1	0,09	0,351
	COP ⁵⁾			COP +1 ⁶⁾			COP +0,7 ⁷⁾			COP +0,5 ⁸⁾		
L1	156	9,8	<0,001	-249	25,6	<0,001	-209	21,7	<0,001	-89	10,4	0,001
L2	-82	10,1	0,001	-60	26,4	0,086	-151	22,4	0,002	-182	10,8	<0,001
L3	40	10,7	0,020	141	28,0	0,007	113	23,8	0,008	92	11,4	0,001
L4	7	12,3	0,601	-21	32,3	0,551	6	27,5	0,851	14	13,2	0,349
	H/D ⁹⁾			H/D200 ¹⁰⁾								
L1	32	0,7	<0,001	15	0,7	<0,001						
L2	-3	0,7	0,011	-7	0,8	<0,001						
L3	-0,3	0,8	0,734	-0,1	0,8	0,930						
L4	1	0,9	0,338	2	0,9	0,103						

1- tloušťka středního kmene; 2 – tloušťka 200 nejtlustších stromů na hektar; 3 – výška středního kmene; 4 – výška 200 nejtlustších stromů na hektar; 5 – celková objemová produkce hroubí bez kůry; 6 – objemová produkce akumulovaná na stromech s objemem přes 1 m³; 7 – objemová produkce akumulovaná na stromech s objemem přes 0,7 m³; 8 – objemová produkce akumulovaná na stromech s objemem přes 0,5 m³; 9 – štíhlostní kvocient středního kmene; 10 – štíhlostní kvocient 200 nejtlustších stromů na hektar; 11 – směrodatná odchylka příslušného rozdílu; 12 – p-hodnota příslušného rozdílu (kontrastu); 13 – lineární kontrast vyjadřující rozdíl mezi kontrolní variantou (1) a průměrem vychovávaných variant (2, 3, 4 a 5); 14 – kontrast vyjadřující rozdíl mezi „komerční“ variantou (5) a průměrem variant 2, 3 a 4; 15 – kontrast vyjadřující rozdíl mezi variantou 2 a průměrem variant 3 a 4; 16 – kontrast vyjadřující rozdíl mezi variantou 3 a 4

Shrnutí výsledků z kapitoly 5.6

- Kontrolní plocha dosáhla nejvyšší výčetní kruhové základny, porostní zásoby i celkové objemové produkce, při současně nejnižší střední tloušťce a průměrné hmotnosti. Vysoký podíl labilních stromů v podúrovni na této variantě vede k častým nahodilým těžbám. Permanentní nárůst štíhlostního kvocientu představuje vysoké riziko rozvrácení porostu po případném (i velmi slabém) porušení zápoje.
- Velmi silné výchovné zásahy v mládí na variantě 2 vedly k nejvyšší zásobě a celkové objemové produkci v porovnání s ostatními variantami s výchovou. Objemovou produkcí realizovanou na stromech přesahujících hmotnost 0,5 m³ předčila tato varianta i kontrolu. Stromy vykazují příznivý štíhlostní kvocient a dobrou statickou stabilitu. Tato varianta výchovy je vhodná pro porosty silně ohrožené sněhem a větrem. Vede ke vzniku silných

dimenzí v krátkém čase (nelze však vyloučit negativní dopad na kvalitu dříví) při minimalizaci těžebních aktivit v porostu.

- Varianty 3 a 4 s odloženými výchovnými zásahy vykazují nižší hodnoty zásob i COP ve srovnání s variantou 2. Výhodou je však lepší průměrná hmotnost těžného dříví při prvních zásazích. Obě varianty vykazují dobrou statickou stabilitu. Rozdíly mezi variantami 3 a 4 jsou zanedbatelné ve všech sledovaných parametrech – větší šířka linek na variantě 4 nevedla k přírůstovým ztrátám. Tato varianta výchovy je vhodná pro většinu stanovišť, vyjma stanovišť extrémně ohrožených (podmáčená apod.).
- Komerční varianta 5 vykazuje nejnižší zásobu i COP ze všech variant. Přes příznivou hodnotu štíhlostního kvocientu stromů horního stromového patra je labilní podúrovňová složka v posledním decéniu zdrojem častých nahodilých těžeb. Bezpečnost produkce je však zde stále vyšší než na kontrole.
- Hodnoty výčetní kruhové základny, zásoby a celkové objemové produkce svědčí o velmi vysokém produkčním potenciálu smrku na daném stanovišti. Vysoká produkce je nicméně umocněna faktem, že porost vznikl na bývalé zemědělské půdě.
- Poměrně náhlý rozpad, který postihl experimentální plochy na podzim roku 2014 napříč všemi variantami výchovných zásahů včetně kontroly, svědčí o tom, že ačkoli je časná výchova smrkových porostů významným stabilizačním prvkem z pohledu snížení jejich ohrožení škodami sněhem a větrem ve středním a vyšším věku, není zárukou odolnosti starších smrkových porostů vůči současnému poškození václavkou a kůrovcem. Výskyt smrkových monokultur v postižené oblasti je proto vždy spjat se značným rizikem jejich rozpadu, prakticky bez ohledu na dříve aplikované výchovné zásahy.

6. Diskuse

6.1 Chemizmus půd

Analýza půdních vzorků odebraných pod čtyřmi mladými smrkovými porosty na experimentech Výškovice, Hrabství a Medvídka v letech 2009 a 2014 a na experimentu Mokřínky v roce 2013 ukázala na nasycený až výrazně nenasycený (pod 10 %) sorpční komplex a nízké pH v humusovém (3,4-4,6), organominerálním (3,3-4,0) a minerálním horizontu (3,7-4,3). Všechny odběry pochází z živných stanovišť SLT 4B a 4H. Současný typologický systém předpokládá u edafické kategorie S 20-30% nasycení sorpčního komplexu bázemi, u kategorie B pak 30 % a více (ÚHÚL 2009). Hodnoty nasycení sorpčního komplexu bázemi pod mladými smrčinami na LS Vítkov překročily hodnotu 30 % pouze v nejsvrchnějším organickém horizontu L+F a v některých případech také v humusovém horizontu. V rámci projektu BIOSOIL (Šrámek et al. 2013a) bylo na živných stanovištích zjištěno rozpětí hodnot nasycení sorpčního komplexu od 10 do 99 % v F+H horizontech s mediánem 72 % a od 2 do 99 % s mediánem 25-31 % (podle hloubky horizontu) v minerálním horizontu. Výsledky projektu BIOSOIL tak ukazují na obecně nižší nasycení sorpčního komplexu půd živných stanovišť, než předpokládá systém ÚHÚL. Sitková et al. (2010) zjistili v minerálním horizontu půdních sond v oblasti chřadnutí smrku v regionu Kysuce průměrné nasycení sorpčního komplexu v rozmezí ca 10 až 23 % a průměrné hodnoty aktivního pH od 3,7 do 4,1. Fabiánek (2004) uvádí, že při hodnotách aktivní půdní reakce v humusovém horizontu pod 4,2, již může docházet k rozkladu jílových minerálů a hydroxidů hliníku. Rovněž při hodnotách aktivní půdní reakce pod 3,8 v organominerálním horizontu hrozí snižování sorpční kapacity půdy a uvolňování iontů Al^{3+} . V projektu BIOSOIL bylo zjištěno rozpětí aktivního pH na živných stanovištích od 3,9 do 6,5 (medián 4,4) v F+H horizontech a od 3,7 do 6,4 (medián 4,3 až 4,6 podle hloubky horizontů) v minerálních horizontech. Holuša a Liška (2002) uvádějí hodnoty aktivního půdního pH ve smrčinách z okolí Pusté Polomy v okrese Opava od 3,7 do 4,2 v F+H horizontech a od 3,9 po 4,3 v Ah horizontu a tyto hodnoty považují za dolní hranici optima pro smrkové porosty.

Šrámek et al. (2013a) uvádí rozmezí obsahu výměnného vápníku v kategorii „nízký“ od 140 do 350 $mg.kg^{-1}$. Takové hodnoty byly zaznamenány ve všech analyzovaných půdních vzorcích a obsah vápníku v mladých smrkových porostech na území LS Vítkov lze proto hodnotit jako nevyhovující. V rámci projektu BIOSOIL byly na živných stanovištích zjištěny obsahy přístupného vápníku v humusovém horizontu v rozmezí od 41 do 11 604 $mg.kg^{-1}$ s mediánem 2 800 $mg.kg^{-1}$, všechny analyzované vzorky půdy na LS Vítkov tedy byly pod touto hranicí

mediánu. Obsahy přístupného vápníku v minerálním horizontu se podle výsledků výše uvedeného projektu BIOSOIL pohybovaly v rozmezí 3,0 až 839 mg.kg⁻¹ s mediánem od 758 do 988 mg.kg⁻¹. (podle hloubky horizontů). Výsledky analýz z mladých smrčiny na LS Vítkov jsou hluboce pod hranicí uváděného mediánu. Berg a Laskowski (2006) uvádějí, že pro přesné hodnocení chemizmu lesních půd a zásoby živin je nezbytné použít objemové hmotnosti a vypočítat celkové objemové zásoby především ve fermentačním a humusovém horizontu, to vzhledem k pouze kvalitativnímu odběru a analýze nebylo v rámci této disertační práce možné. Nicméně Novák et al (2013) zjistili kontinuální snižování sušiny organických horizontů (L+F+H) a s tím spojené snižování zásoby fosforu, draslíku a hořčíku na plochách mezinárodního probírkového experimentu IUFRO 13 Vítkov za období let 2002 až 2009.

Prohlubování nedostatku vápníku a hořčíku v lesních půdách konstatují také Fiala et al. (2000). Ačkoli je smrk považován za dřevinu relativně nenáročnou na živiny, uvádí Vejre (1999) nízké zásoby výměnného vápníku a hořčíku v živinově chudých a písčitých půdách západního Dánska, jako kritický faktor limitující přírůst smrku. Oulehle et al. (2006) dokumentují výrazné snížení depozice a koncentrací vápníku v půdním roztoku za období 1994 až 2005 v Krušných horách. Vavříček et al. (2005) zjistili výrazně nízké koncentrace vápníku a fosforu v minerálním horizontu a nízký obsah hořčíku v celém půdním profilu pod smrkovými porosty Hanušovické vrchoviny. Alewell et al. (2000) zaznamenali v průběhu dvanácti let pokles koncentrace vápníku a hořčíku v půdním roztoku současně s poklesem koncentrací těchto živin ve smrkových jehlicích v severovýchodním Bavorsku. Živinové nerovnováhy také zjistili Thelin et al. (2002) pod nesmíšenými smrkovými porosty jižního Švédska. Poměr C/N je považován za indikátor stupně dekompozice humusu a kvality organické složky (Batjes 1996), přičemž se předpokládají jeho vyšší hodnoty v iniciálním stádiu akumulace (Briggs) a v průběhu další dekompozice jeho hodnota klesá (Singer, Munns 1996). Šrámek et al. (2013a) uvádí, že ve středně bohaté a bohaté kategorii půd se většina vzorků humusového horizontu pohybuje v hodnotách C/N od 15 do 25, což je v souladu se zjištěními prezentovanými v této práci. Z výše uvedeného vyplývá, že chemizmus lesních půd pod mladými smrčiny na modelovém území lesní správy Vítkov je nutno považovat za nepříznivý, ale na druhou stranu není nijak výjimečný v rámci České republiky ani v evropském kontextu.

6.2 Obsah živin v asimilačním aparátu

Listová analýza je základním postupem pro zajištění úrovně výživy dřevin (Šrámek et al 2009). Celá řada studií dává „žloutnutí“ smrkových porostů do souvislosti s nedostatkem hořčíku (Zöttl a Hüttl 1986, Zöttl a Mies 1983, Zech et al. 1985, Šrámek et al. 2008). Existuje přitom

značná variabilita koncentrací živin související s věkem, sezónními rozdíly, rozdíly mezi dřevinami a rozdíly v jednotlivých částech rostlin (Linder 1995). Obsahy biogenních prvků v rostlinných orgánech také nemusí nutně souviset s úrovní disponibilních zásob v půdě. Z uvedeného je zřejmé, že závěry o stavu živin z jednorázových odběrů musí být činěny se značnou opatrností.

Z analýzy odběrů asimilačního aparátu ve čtyřech smrkových mlazinách na LS Vítkov vyplývá převážně střední zásoba živin (N, P, K, Ca, Mg) v jehlicích bez příznaků karenčních jevů. V jehlicích s výskytem karenčních jevů byla konstatována nízká koncentrace dusíku, vápníku a hořčíku. Pro stanovení limitních obsahů živin byla použita metodika ICP Forests, která při stanovení hranice nedostatku dobře koresponduje s údaji Hüttla (Šrámek et al. 2009). Hodnoty hranice nadbytku jsou však u Hüttla nižší než uvádí metodika ICP. Holuša a Liška (2002) zjistili ve třech smrkových porostech v okolí Pusté Polomy okresu Opava zásobu hořčíku 509-773 mg.kg⁻¹ v prvním a 736-912 mg.kg⁻¹ v druhém ročníku jehlic, zásobu dusíku 1,19-1,38 % v prvním a 1,05-1,21 % v druhém ročníku jehlic a v jednom případě také vysokou zátěž síry 1740 mg.kg⁻¹. Zwoliński (2003) zjistil nedostatečnou zásobu vápníku, fosforu a hořčíku ve smrkových jehlicích v polské části slezských Beskyd. Lomský et al. (2011) dokumentují trend poklesu koncentrace fosforu ve vzorcích jehličí z Orlických, Jizerských a Lužických hor. Lomský et al (2013) konstatují dlouhodobý pokles fosforu, vápníku a draslíku ve smrkových jehlicích v Krušných horách. Pecháček et al. (2011) zjistili v podmínkách osmého lesního vegetačního stupně Hrubého Jeseníku nižší koncentraci hořčíku, fosforu, draslíku a dusíku v jehličí chřadnoucích podsadeb smrku v porovnání se zdravými jedinci. Cape et al. (1990) analýzou asimilačního aparátu ca třicetiletých smrků na dvanácti lokalitách od jihozápadního Německa po severní Skotsko zjistili nižší koncentrace vápníku a hořčíku a vyšší koncentrace draslíku v druhém ročníku jehličí stromů s vyšší defoliací oproti stromům bez příznaků defoliace. Šrámek et al. (2013b) v Jizerských horách zjistili nižší koncentraci dusíku a hořčíku v prvním ročníku jehlic silně defoliováných smrků a naopak kladnou korelaci mezi defoliací a obsahem síry, fluoru a překvapivě také draslíku. Linder (1995) uvádí, že fosfor, draslík, uhlík a hořčík vykazují nejvyšší koncentraci v nejmladším ročníku jehlic, u vápníku a křemíku je tomu naopak. To zcela koresponduje s výsledky analýzy ve smrkové mlazině lokality Čermná, kde lze ještě konstatovat vyšší koncentraci síry v nejmladším ročníku.

Kromě absolutního množství živin v asimilačním aparátu hrají významnou úlohu i jejich vzájemné poměry (Ingestad 1982). Linder (1995) a Cape et al. (1990) považují poměr obsahu dusíku k ostatním živinám za lepší ukazatel stavu výživy než samotnou koncentraci

jednotlivých živin. Pro výrazný pokles koncentrace dusíku v žlutnoucích jehlicích prvního ročníku v mlazinách LS Vítkov zde byl poměr dusíku k fosforu, draslíku a hořčíku nižší než v jehlicích bez karečních jevů, pouze v případě vápníku (a hořčíku na lokalitě Čermná) byl zaznamenán vyšší poměr N:Ca (Mg) ve žlutnoucích jehlicích. V případě druhého ročníku jehlic byl však poměr dusíku k ostatním prvkům vždy vyšší u žlutnouceho jehličí. Cape et al. (1990) zjistil vyšší poměr N:Mg a nižší poměr N:K u smrků s vysokou defoliací oproti smrkům s defoliací nízkou.

Flückiger a Braun (1998) experimentálně doložili negativní závislost depozice dusíku na koncentraci vápníku, fosforu, draslíku a hořčíku v prvním ročníku smrkového jehličí. Stromy s vyšší koncentrací dusíku, resp. nevyváženým poměrem dusíku k dalším živinám byly také častěji napadány biotickými škůdci. Z pohledu porostní výchovy je zajímavé zjištění Jonarda et al. (2006), že výchovný zásah negativně ovlivnil koncentrace dusíku, fosforu a draslíku v nejmladším ročníku jehlic, zatímco koncentrace vápníku a hořčíku nebyla ovlivněna. Naproti tomu Novák et al. (2013) na experimentálních plochách IUFRO Vítkov 13 konstatují vyšší zásobu vápníku a hořčíku v opadu pod porosty, kde byla prováděna aktivní porostní výchova v porovnání s kontrolou. Berg a McClaugherty (2003) konstatují velkou variability výsledků experimentů zabývajících se vlivem výchovy na koloběh a zásobu živin v lesních porostech. Thelin et al. (2002) dokumentují vyšší koncentraci draslíku, fosforu a zinku v jehličí smrku ve smíšených porostech v porovnání se smrkovými monokulturami.

6.3 Stav smrkových mlazin po provozních výchovných zásazích

Hustota smrkových mlazin z přirozené obnovy na LS Vítkov je i po provedených provozních zásazích značně vysoká (3500-10 333 ks smrku při výšce 5-9 m) v porovnání se stávajícími doporučeními modelů výchovy smrku. Slodičák a Novák (2007) doporučují zahájit výchovu ve smrkových mlazinách z přirozené obnovy již při horní porostní výšce 1-2 m tak, aby v porostu zůstalo ca 3 500 až 4 000 stromů na hektar. Na CHS 45 doporučují selektivní zásah při horní porostní výšce 5 m s redukcí počtu stromů na ca 1 600 ks na hektar. Vzhledem k faktu, že se počet „zdravých“ smrků bez výskytu karečních jevů v jednotlivých mlazinách pohyboval od 1 700 do 4 200 ks na hektar, je zde značný prostor pro další redukci smrku. Na druhou stranu výše zmíněný model předpokládá dobře vyvinuté koruny uvolňovaných stromů. Je tedy možné, že první zásahy v doposud nevychovávaných hustých mlazinách z přirozené obnovy budou muset být méně razantní, jako například na experimentu Mokříny, kde byla právě z důvodu špatně vyvinutých korun provedena redukce na „pouhých“ 1 800 ks.ha⁻¹ oproti plánovaným 1 500 ks.

6.4 Experimentální zásahy ve smrkových mlazinách a tyčkovinách

S výjimkou experimentu Mokříny, kde uběhl teprve jeden rok od experimentálního zásahu, lze ve všech ostatních případech experimentů založených v roce 2010 ve smrkových mlazinách i tyčkovinách na LS Vítkov konstatovat příznivé ovlivnění tloušťkového přírůstu aplikovanými zásahy. Výškový přírůst přitom nebyl výchovou prokazatelně ovlivněn, nebo lze rozdíly považovat za prakticky irelevantní bez ohledu na statistickou průkaznost. Výchovné zásahy se pozitivně projeví na snížení štíhlostního kvocientu. Kuliešis, Saladis (1998) vyhodnotili experiment s různě intenzivní výchovou mladých (9–11 let) smrkových porostů v Litvě. Autoři konstatují, že silné výchovné zásahy v mladém věku vedly k vyšší stabilitě porostů. Nejvyšší tloušťkový přírůst zaznamenali u variant s hektarovou hustotou 1200 až 2400 jedinců, rozdíl ve výškovém přírůstu mezi variantami byl zanedbatelný. Štefančík et al. 2012 vyhodnotili výchovné zásahy v 21leté smrčině původem z přirozené obnovy v regionu Kysuce. Po čtyřech letech od zásahu zjistili zvýšený přírůst a zlepšení statické stability na variantách s redukcí smrku na 1 600 a 1 100 ks na hektar. Autoři, ve shodě se závěry této disertační práce, konstatují opodstatněnost silných výchovných zásahů v mladých smrčinách i v oblastech chřadnutí smrku. Negativní korelaci mezi porostní hustotou a tloušťkovým přírůstem bez evidentního ovlivnění výškového přírůstu a pozitivní vliv výchovy na stabilitu mladých smrkových porostů dokumentuje řada dalších autorů (např. Somerville 1980; Cremer et al. 1982; Blackburn, Petty 1988; Rollinson 1988; MacCurrach 1991; Pettersson 1993; Mäkinen, Isomäki 2004; Slodičák, Novák 2006). Odsouvání či naprosté vynechání výchovy v mladých smrkových porostech, byť motivováno pochopitelnými obavami o rozpad výchovou proředených porostů např. v důsledku aktivizace václavky v postižených lokalitách, tak problém pěstování smrku v oblasti jeho chřadnutí neřeší, ale pouze odsouvá do vyššího věku, kdy lze s vysokou pravděpodobností očekávat rozvrat přeštíhlených smrkových porostů v důsledku působení abiotických činitelů, především větru (Rottman 1985, Lohmander a Helles 1987, Milne 1995b, Slodičák a Novák 2006a, Slodičák a Novák 2007a,b).

Při experimentálních zásazích ve smrkových mlazinách a tyčkovinách na LS Vítkov byly aplikovány selektivní zásahy. Také Štefančík (2012, 2013) doporučuje ve smrkových porostech ve fázi tyčkovin a tyčovin provádět pouze selektivní výchovné zásahy. Při aplikaci geometrických zásahů autor konstatuje produkční ztráty. Ke stejnému závěru dospěli Mäkinen et al. (2006) na experimentálních plochách ve Finsku. Mráček, Pařez (1986) doporučují schematické výchovné zásahy pouze ve stadiu mlazin s vysokou počáteční hustotou. Smrkové mlaziny z přirozené obnovy tuto charakteristiku zpravidla splňují. Vyšší podíl chřadnoucích

jedinců v modelovém území však uplatnění schematických zásahů problematizuje a měl by být preferován selektivní zásah, s výjimkou nejmladších a velmi hustých mlazin, kde lze také doporučit zásahy kombinované.

Laurent et al. (2003) na základě dendrochronologické analýzy v 22ti letých smrčínách v Belgii, v oblastech srážkového deficitu, konstatují, že silné výchovné zásahy vedli k větší rezistenci stromů vůči suchu minimálně šest let od experimentálních zásahů. Tento poznatek hovoří ve prospěch výchovy smrku na modelovém území LS Vítkov, kde je za jeden ze spouštěčů současného chřadnutí považován právě srážkový deficit. Výchovné zásahy zpravidla vedou ke snížení přirozené mortality ve srovnání s kontrolními plochami (Mäkinen, Isomäki 2004). V této disertační práci však byla vyhodnocena pouze mortalita souboru „nadějných“ smrků, což jsou stromy, které tvoří porostní kostru a zaujímají porostní úroveň a nadúroveň. Při hodnocení mortality podúrovňových stromů na kontrolních plochách by pravděpodobně celková mortalita na kontrole převýšila mortalitu na variantě zásahové. Také výchovné zásahy prováděné v imisních oblastech měly za následek snížení přirozené mortality na zásahových plochách navzdory dočasně zhoršenému zdravotnímu stavu porostů několik let po zásahu (Tesař 1976; Slodičák, Novák 2004). Radikální zhoršení zdravotního stavu smrku rok po zásahu (z pohledu výskytu karečních jevů) bylo konstatováno na experimentu Mokřínky II. Na druhé straně v některých případech byl podíl „nadějných“ smrků bez výskytu karečních jevů čtyři roky po zásahu vyšší na zásahových plochách. Nejednoznačnost výsledků o možnosti ovlivnění zdravotního stavu smrku experimentálními zásahy může být do značné míry dána krátkým obdobím sledování a experimenty bude zapotřebí nadále monitorovat. Faktorem, který může výrazně zmírnit následky mortality smrku je přítomnost listnatých dřevin a modřínu v příměsí.

Kamenský et al. (2002) doporučuje ve smrkových tyčkovinách poškozených zvěří nebo prolámaných v důsledku působení abiotických činitelů zaměřit pozornost na 300 až 400 nepoškozených úrovňových jedinců na hektar (s rozstupem ca 4-6 m) a tyto jedince uvolnit pozitivním výběrem a zároveň je šetřit a vyvarovat se jejich poškození při těžbě a přibližování. Kromě pozitivního výběru předpokládá současnou realizaci výběru zdravotního. Navrhovaný počet 300 až 400 stromů koresponduje s doporučením v závěru této disertační práce, aby mortalita ve smrkových tyčkovinách po výchovných zásazích byla považována za ještě akceptovatelnou, pokud nepoklesne počet „nadějných“ stromů pod 300 až 400 ks na hektar.

6.5 Probírkový experiment IUFRO 13 Vítkov

Experimentální plochy byly založeny umělou obnovou při hustotě 2500 smrků na hektar. To je počet, který se nalézá pod minimálními počty stanovenými současnou legislativou (vyhláška 139/2004 Sb.). Na druhé straně lze na bývalých zemědělských půdách očekávat značnou rychlost růstu smrkových mlazin a brzké zapojování korun (Slodičák et al. 2013). Volnější spon přitom vede k redukci zkracování korun a tvorbě spádnějších kmenů podobně jako intenzivní výchovné zásahy (Brüchert et al. 2000, Štefančík 2012) a může tak do určité míry zmírnit potřebu (resp. intenzitu) prvních, ekonomicky nákladných, prořezávek.

Produkční úroveň na experimentu IUFRO 13 lze hodnotit jako vysokou a výrazně přesahuje tabulkové hodnoty (Černý et al 1996) pro bonitu +1 (36). Z analýzy dalších experimentálních smrkových porostů na bývalých zemědělských půdách rovněž vyplývá jejich enormní zásoba a výčetní kruhová základna těchto porostů ve 40ti letech odpovídá výčetní kruhové základně 80-90ti letých smrkových porostů na nejlepších bonitách lesních půd (Slodičák et al. 2013).

Podle dosavadních poznatků (Milne 1995, Wang et al., 1998, Lekes, Dandul 2000) o stabilitě smrkových porostů, štíhlostní kvocient přesahující hodnotu 100 indikuje jejich nízkou stabilitu. Vicena (1964) uvádí jako kritickou hodnotu štíhlostního kvocientu pro pátý lesní vegetační stupeň 83 a optimální hodnotu 79. Konopka et al. (1987) a Navratil (1995) považují za kritickou hodnotu štíhlostního z hlediska ohrožení sněhem 90. Z tohoto pohledu lze štíhlostní kvocient středního kmene (77-80) vychovávaných variant (2-5) na experimentu IUFRO 13 Vítkov považovat za příznivý. Štíhlostní kvocient kontrolní varianty 112 naopak svědčí o vysokém ohrožení porostu větrem a demonstruje tak jedno z rizik zanedbání porostní výchovy ve smrkových monokulturách.

Výsledky experimentu IUFRO 13 Vítkov ukazují na nepatrný vliv šířky přibližovacích linek (3,5 m na variantě 3 a 5 m na variantě 4) na zásobu a celkovou objemovou produkci. Horák a Novák (2009) zjistili na mezinárodním probírkovém experimentu Machov ve východních Čechách signifikantně větší výčetní tloušťku a nižší štíhlostní kvocient stromů rostoucích v bezprostřední blízkosti přibližovacích linek v porovnání se stromy, jež byly od linek více vzdáleny. Vyšší tloušťkový přírůst stromů sousedících s linkami také konstatuje Chroust (1997) a podle Erikssona (1987) je tento efekt patrný ještě ve vzdálenosti 3 m od linky. To znamená, že přírůst těchto stromů může do určité míry kompenzovat produkční ztráty v důsledku redukce produkční plochy, a také, že stromy na okrajích linek díky svému příznivějšímu štíhlostnímu kvocientu představují zpevňovací prvek celého porostu. Na druhou stranu v porostech jedle (*Abies bornmulleriana* Mattf.) v Turecku zjistili Yilmaz et al. (2010), že dlouhodobě

provozované přibližování dřeva redukuje tloušťku ročního letokruhu a tloušťkový růst a přírůst stromů sousedících s linkou ve srovnání se stromy mimo linku. To je však třeba považovat spíše za následek zhutnění půdy při přibližování dříví než za vliv šířky linky. V souladu se zjištěními dalších autorů (Pičman et al. 2011, Jourgholami et al. 2014), že správné naplánování sítě a dimenzí přibližovacích linek může přispět k minimalizaci škod v lesních porostech, lze ve smrkových porostech doporučit až pětmetrovou šířku přibližovacích linek.

Na podzim 2014 proběhla rozsáhlá nahodilá těžba na všech plochách experimentu IUFRO 13 Vítkov, která učinila další pokračování a sledování experimentu bezpředmětným. Exaktní kvantifikace příčiny odumření jednotlivých stromů již nebyla možná z důvodu vytěžení porostu ze strany správce lesa těsně před termínem plánované inventarizace. Z přítomnosti požerků kůrovců na vytěžených, ale doposud nepřiblížených kmenech v porostu, však bylo možné usoudit na masivní napadení kůrovci. Na mnoha čerstvých pařezech bylo též identifikováno syrócium václavek. Plošný rozpad experimentálních ploch IUFRO 13 Vítkov na podzim roku 2014 ukazuje na značné ohrožení smrkových monokultur v oblasti. Na druhou stranu dimenze stromů na vychovávaných plochách (i přes nízký věk 51 let) odpovídaly dimenzím mýtních porostů. Vzhledem k tomu, že šlo o první generaci lesa na bývalé zemědělské půdě, kde s vyšším věkem porostu stoupá zastoupení hnilob, nepředstavuje vytěžení těchto porostů pravděpodobně žádnou výraznou hospodářskou ztrátu. Slodičák et al. (2013) doporučují ve smrkových porostech na bývalých zemědělských půdách CHS 45 a 55 zkrácení doby obmýtí na 60 let s obnovní dobou 40 let. Takové opatření však doposud není podporováno současnou legislativou a je pro něj nutná výjimka orgánu státní správy lesů.

7. Závěr

7.1 Závěry z observačních studií

Chemizmus analyzovaných lesních půd pod mladými smrkovými porosty byl v mnoha případech nepříznivý z hlediska nenasyceného sorpčního komplexu, který se v organominerálním horizontu pohyboval od 13 do 40 % a v minerálním horizontu od 1 do 34 %. Především byla konstatována nízká koncentrace vápníku, která v některých případech byla v minerálním horizontu nižší než 200 mg.kg^{-1} . Hodnoty aktivního pH se v minerálních horizontech pohybovaly od 3,7 do 4,3. Na druhou stranu však nebyl chemizmus analyzovaných půdních horizontů natolik nepříznivý, aby plně vysvětloval příčiny chřadnutí smrku v oblasti. Podobné hodnoty chemizmu lesních půd jsou známy i z jiných oblastí v ČR, kde se příznaky chřadnutí smrku zatím neprojevují. V kombinaci s dalšími nepříznivými faktory, především nedostatkem srážek, však může i současný stav půd představovat riziko pro vývoj smrčín v zájmové oblasti.

Na základě chemické analýzy prvního a druhého ročníku jehlic mladých smrků lze konstatovat nižší koncentrace dusíku, vápníku, fosforu, draslíku a hořčíku v jehlicích s výskytem karenčních jevů („žloutnutí“) v porovnání s jehlicemi bez barevných změn. Koncentraci dusíku, fosforu, draslíku a vápníku v nepoškozených jehlicích bez výskytu karenčních jevů lze na základě metodiky ICP charakterizovat jako střední. Relativně nejnižší koncentraci v jehlicích bez barevných změn vykazoval hořčík, jehož koncentraci lze charakterizovat jako nízkou (pod 0,06 %) až střední.

Z výsledků šetření na transektech ve smrkových mlazinách původem z přirozené obnovy lze konstatovat, že i po provedených provozních výchovných zásazích se v nich nachází hektarové počty smrků (3500-10 333 ks), které značně převyšují doporučené počty současných pěstebních modelů. Procento jedinců s barevnými změnami asimilačního aparátu v některých případech přesahuje 60 %, ale absolutní hektarové počty smrků bez výskytu karenčních jevů (1700-4200 ks) jsou stále dostatečné i pro případnou (i když ne cílenou) variantu smrkové monokultury. Je zde tedy prostor pro další redukci smrku při následujících výchovných zásazích. Nebyl prokázán rozdíl mezi procentuálním zastoupením smrků s výskytem karenčních jevů v mlazinách, kde byly provedeny provozní výchovné zásahy a v mlazinách, kde doposud nebyl proveden žádný výchovný zásah. Vyšší pravděpodobnost výskytu karenčních jevů byla průkazně spjata s vyšší výčetní tloušťkou postižených smrků. Postižené smrky měly v průměru o 20 % vyšší výčetní tloušťku v porovnání se smrky bez výskytu karenčních jevů. Podíl ostatních dřevin v šetřených mlazinách lze hodnotit jako nízký (3-27 %).

Pro zvýšení druhové diverzity, ekologické stability a jistoty budoucí produkce těchto porostů budou nezbytná aktivní opatření pro jejich podporu a další vnášení.

7.2 Závěry z experimentů

Výsledky experimentálních zásahů ve smrkových mlazinách z přirozené obnovy byly ovlivněny rozdílnou délkou časové periody mezi experimentálním zásahem a jeho vyhodnocením. V experimentu Výškovice se čtyři roky po experimentálním výchovném zásahu prokázala akcelerace tloušťkového přírůstu vybraných „nadějných“ smrků na zásahové variantě. Průměrný roční přírůst byl na zásahové variantě o ca 0,3 cm vyšší. Tloušťkový přírůst v experimentu Mokříny, pouhý rok po výchovném zásahu, byl prakticky srovnatelný na kontrolní (0,6 cm) i zásahové (0,65 cm) variantě. Na obou experimentech došlo jen k nepatrnému ovlivnění výškového přírůstu. V případě experimentu Výškovice lze konstatovat příznivé snížení štíhlostního kvocientu sledovaného souboru „nadějných“ stromů na zásahové variantě (z 98-81 na 84-78). Potvrdil se tak jednoznačně předpoklad o možnosti výrazného ovlivnění statické stability smrku prostřednictvím časných a silných výchovných zásahů. Na zásahové variantě experimentu Výškovice byla zaznamenána o 8 % vyšší mortalita v porovnání s kontrolou, v případě experimentu Mokříny doposud přežívali všichni „nadějní“ jedinci. Pravděpodobnost mortality nebo výskytu kareňních jevů byla pozitivně korelována s výčetní tloušťkou smrků. Procentuální zastoupení „nadějných“ smrků bez výskytu kareňních jevů bylo na obou experimentech mírně vyšší na zásahové variantě, ačkoli bez statistické průkaznosti. Na zásahových plochách obou experimentů tak při poslední inventarizaci zůstávalo 600 až 1 100 „nadějných“ smrků na hektar, což lze i vzhledem k úsilí o dosažení smíšených porostů považovat za naprosto dostatečný počet pro další vývoj porostu.

Výchovné zásahy na experimentech ve smrkových tyčkovinách z umělé obnovy prokazatelně zvýšily tloušťkový přírůst „nadějných“ smrků (o ca 0,3 cm za rok) při současném zanedbatelném ovlivnění přírůstu výškového. To vedlo k příznivějšímu vývoji štíhlostního kvocientu (pokles o -5 až -10 na hodnoty 70-80) a statické stability smrku v porovnání s kontrolní variantou (nárůst o +7 až pokles o -1 na hodnoty 77-96). Rovněž byl zaznamenán vyšší, ačkoli statisticky neprůkazný, relativní přírůst výčetní kruhové základny „nadějných“ smrků po výchovných zásahách (o 2 % více v porovnání s kontrolou). Na zásahové variantě byla čtyři roky po zásahu konstatována vyšší a statisticky průkazná mortalita v souboru „nadějných“ smrků, která se na jednotlivých zásahových plochách pohybovala od 14 do 16 %, kdežto na kontrole činila pouze 0 až 9 %. Ovlivnění výskytu kareňních jevů výchovnými zásahy bylo při poslední inventarizaci nejednoznačné a rozdíly mezi kontrolní a zásahovou variantou

byly statisticky neprůkazné. S přihlédnutím k výsledkům experimentů ve smrkových mlazinách, lze konstatovat, že se nepodařilo potvrdit hypotézu o jednoznačně kladném efektu silných výchovných zásahů na zdravotní stav mladých smrčín. Vzhledem k dosti krátké časové periodě od prvního experimentálního zásahu (4 roky), však nelze tento závěr považovat za definitivní. Zásadní však je, že se na všech plochách obou experimentů zachoval dostatečný počet stromů pro další existenci porostů s perspektivou plnění všech požadovaných funkcí lesa a v žádném případě nedošlo k rozpadu porostů po aplikaci výchovných zásahů. Lze konstatovat velmi dobrou vitalitu, zdravotní stav a růst jednotlivě přimíseného modřínu na experimentálních plochách. Jedná se pravděpodobně o dřevinu, která při jednotlivém smíšení a udržení postavení v nadúrovni, dokáže do značné míry kompenzovat produkční ztráty při vyšší mortalitě smrku.

Všechny varianty výchovných zásahů aplikovaných v rámci mezinárodního experimentu IUFRO 13 Vítkov vedly k prokazatelně nižšímu štíhlostnímu kvocientu středního kmene i „horních“ kmenů představovaných 200 nejtlustšími stromy na hektar. Výrazně tak posílily statickou stabilitu porostů a bezpečnost produkce z pohledu ohrožení porostů nepříznivými abiotickými vlivy, a to především větrem. Ačkoli celková objemová produkce byla nejvyšší na kontrolní variantě (925 m³ na hektar), byla akumulována na stromech nízkých dimenzí. Celková objemová produkce akumulovaná na stromech s objemem nad 0,5 m³, byla vyšší na všech zásahových variantách v porovnání s kontrolou, v průměru o 182 m³. Nejvyšší hektarová zásoba (488 m³) a celková objemová produkce (817 m³) v rámci zásahových variant byla zaznamenána na variantě 2, kde byly aplikovány silné časné zásahy. Varianty s odloženými zásahy (3 a 4) rovněž vykazovaly dobrou objemovou produkci (780-773 m³). Rozdílná šíře přibližovacích linek na variantách 3 a 4 relevantně neovlivnila produkci. Tyto tři varianty výchovných zásahů lze doporučit do porostů silně (varianta 2) a středně (varianty 3 a 4) ohrožených větrem. „Komerční“ varianta (5) vykazovala zvýšenou přirozenou mortalitu a nejnižší objemovou produkci (708 m³) ze všech zásahových variant, a lze ji proto považovat za méně vhodnou. Výsledky experimentu také demonstrují vysokou objemovou produkci smrku v zájmové oblasti (COP 925-708 m³.ha⁻¹ hrubí bez kůry ve věku 47 let), ačkoli je takto vysoká produkce nesporně ovlivněna faktem, že šlo o porosty zakládáné na bývalé zemědělské půdě. Přes nesporně kladný efekt experimentálních zásahů v experimentu IUFRO 13 Vítkov došlo na podzim roku 2014 k velkoplošnému rozpadu porostů napříč všemi experimentálními plochami v důsledku kůrovcové a václavkové kalamity. To demonstruje extrémní ohrožení a nevhodnost dalšího zakládání smrkových monokultur v zájmové oblasti.

7.3 Doporučení pro praxi

Vzhledem k omezené prostorové a časové škále dosavadních experimentů nelze formulovat definitivní doporučení pro komplexní strategii výchovných opatření v chřadnoucích smrkových porostech. Lze však formulovat následující předběžná doporučení:

Vzhledem k pokračujícímu trendu chřadnutí smrku omezit jeho výsadbu v postižených oblastech na maximálně 20 % (4. LVS) až 30 % (5. LVS). Umělou obnovu smrku ve druhém a třetím lesním vegetačním stupni je žádoucí minimalizovat.

- Pokud není zdravotní stav smrkových mlazin a tyčkovin natolik špatný, že je zapotřebí přikročit k jejich okamžité rekonstrukci, nedoporučuje se odkládat nebo dokonce zcela vynechat jejich výchovu. Vynechání výchovy mladých smrčín v obavě o jejich rozpad, např. v důsledku zvýšeného ataku václavky po zásahu, pouze odsouvá problém do vyššího věku, kdy velmi pravděpodobně dojde k rozvratu přeštíhlených smrčín působením sněhu a především větru. Aktivní porostní výchovu smrku je třeba považovat za významné stabilizující opatření i v oblastech jeho chronického chřadnutí.
- Výchovu ve smrkových mlazinách z přirozené obnovy je třeba s ohledem na jejich vysokou hustotu zahájit včas při horní porostní výšce 1-2 m, nejpozději při horní porostní výšce 5 m.
- Vzhledem k vysokému zastoupení chřadnoucích jedinců ve většině smrkových mlazin zájmové oblasti, aplikovat selektivní, případně kombinované zásahy a vyvarovat se čistě schématickým zásahům. Po prvním zásahu by mělo v mlazinách zůstat 1800 až 1500 zdravých smrků s dobře vyvinutou korunou, víceméně pravidelně rozmístěných po ploše. Při zásazích šetřit další ekonomicky cenné dřeviny, stejně jako dřeviny, u nichž lze předpokládat příznivý meliorační účinek (např. bříza, osika apod.).
- V prvních letech po výchovných zásazích je třeba počítat s určitou zvýšenou mortalitou smrku. Ta je akceptovatelná, pokud v mlazině pět let po zásahu zůstává ca 600 stabilních, kvalitních a zdravých smrků na hektar. Vzhledem k poznatku o vyšší pravděpodobnosti chřadnutí tloušťkově vyspělejších jedinců v úrovni a nadúrovni, přiměřeně šetřit smrkovou podúroveň, avšak do míry, která nezabrání vnášení a podpoře dalších žádoucích dřevin.
- Aktivní výchovu provádět také ve smrkových tyčkovinách, a to pozitivním výběrem zdravých a kvalitních smrků (a dalších perspektivních přimíšených dřevin, např. modřínu) v počtu ca 1000 stromů na jeden hektar. Mortalita smrku po zásahu je přijatelná, pokud v porostech deset let po zásahu zůstává minimálně 300 až 400 zdravých smrků na hektar.
- V nesmíšených smrkových mlazinách bude třeba zahájit opatření ke vnášení a podpoře dalších ekonomicky perspektivních a klimatickým výkyvům odolných dřevin, stejně jako

dřevin s prokazatelným příznivým účinkem na půdní chemizmus. Volba optimální dřevinné skladby však musí být předmětem dalšího rozsáhlejšího a dlouhodobějšího výzkumu.

7.4 Návrhy na další výzkum v oblastech chřadnutí smrku

K získání fundovaných a exaktních podkladů pro návrh komplexní strategie dalšího pěstování smrku v oblastech jeho současného chronického chřadnutí bude zejména potřebné:

- Pokračovat ve sledování a vyhodnocování doposud založených experimentů a získání dat z delších časových řad.
- Doplnit stávající experimenty o síť dalších experimentálních ploch i z jiných oblastí, kde se projevuje nebo začíná projevovat chřadnutí smrku za účelem získání zobecnitelných závěrů pro praxi.
- Navrhnout a experimentálně ověřit vhodnost dalších druhů dřevin jako náhrady za ustupující smrk v oblasti, včetně návrhu cílových druhových skladeb.
- Experimentálně ověřit a navrhnout strategii vnášení dalších perspektivních dřevin do současných mladých smrčín tam, kde se nedostavuje odpovídající přirozená obnova a vypracovat optimální strategii jejich výchovy.

8. Seznam literatury a použitých zdrojů

- Abetz, P. 1969. The European Stem-Number-Experiments in Norway spruce. in: Ager, B., Fries, J. (Eds.), Thinning and mechanization, IUFRO meeting. Royal College of Forestry, Stockholm, September 1969. Stockholm, Sveriges Skogsvårdsförbunds Förlag, s. 201-206.
- Abetz, P., 1977. Programme of the European research in stem number of spruce (*Picea abies* Karst.). Mitteilungen der Forstlicher Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg i. Breisgau, Heft 80, 15-21.
- Alewell, Ch., Manderscheid, B., Gerstberger, P., Matzner, E. 2000. Effects of reduced atmospheric deposition on soil solution chemistry and elemental contents of spruce needles in NE-Bavaria, Germany. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.*, 163, 509-516.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bechelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzales, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Deminova, N., Lim, J.H., Allard, G., Runing, S.W., Semerci, A., Cobb, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risk for forests. *Forest Ecology and Management*, 259, 660-684.
- Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., Rothe, A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59, 233-253.
- Bagár, R. 2007. Vývoj klimatických podmínek v oblasti Lesní správy Lesů České republiky Opava v letech 1961-2006. Zpráva pro Lesy České republiky, Opava: 19 s.
- Balcar, V., Špulák, O., Kacálek, D., Kuneš, I. 2011. Obnova lesa ve vyšších horských polohách postihovaných extrémními mrazovými stresy - Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady.
- Batjes, N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47, 151-163.
- Bednářová, E. 2008. Sledování příčin chřadnutí smrku ztepilého v oblasti Čantoryje. Zprávy lesnického výzkumu, 53 (2), 143-146.
- Berg, B., McLaugherty, C. 2003. Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. Springer-Verlag, Berlin.
- Berg, B., Laskowski, R. 2006. Litter decomposition: a guide to carbon and nutrient turnover. Elsevier, Amsterdam.
- Binkley, D., Valentine, D. 1991. Fifty-year biogeochemical effects of green ash, white pine, and Norway spruce in a replicated experiment. *Forest Ecology and Management*, 40, 13-25.

- Blackburn, P., Petty, J.A. 1988. Theoretical calculations of the influence of spacing on stand stability. *Forestry*, 61, 235–244.
- Bolte, A., Ammer Ch., Löff, M., Madsen, P., Nabuurs, G., Schall, P., Spathelf, P., Rock, J. 2009. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24, 473-482.
- Bošeľa, M., Sedmák, R., Sedmáková, D., Marušák, R., Kulla, L. 2014. Temporal shifts of climate-growth relationships of Norway spruce as an indicator of health decline in the Beskids, Slovakia. *Forest Ecology and Management*, 325, 108-117.
- Boxman, A.W., Peters, R.C.J.H., Roelofs, J.G.M. 2008. Long term changes in atmospheric N and S throughfall deposition and effects on soil solution chemistry in a Scots pine forest in the Netherlands. *Environmental Pollution*, 156, 1252-1259.
- Briggs, R.D. 2004. The forest floor. In: Burley, J., Evans, J., Youngquist, J.A. (eds): *Encyclopedia of Forest Sciences*, Oxford, 1223-1227.
- Brüchert, F., Becker, G., Speck, T. 2000. The mechanics of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst]: mechanical properties of standing trees from different thinning regimes. *Forest Ecology and Management*, 135, 45-62.
- Ciavatta, C., Vittori Antisari, L., Sequi, P. 1989. Determination of organic carbon in soils and fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20, 759-773.
- Cape, J.N., Freer-Smith, P.H., Paterson, I. S., Parkinson, J.A., Wolfender, J. 1990. The nutritional status of *Picea abies* (L.) Karst. Across Europe, and implication for “forest decline”. *Trees*, 4, 211-224.
- Cox, D.R. 1958. Some Problems Connected with Statistical Inference. *The Annals of Mathematical Statistics*, 29 (2), 357-372.
- Cox, D.R. 1977. The role of significance tests. *Scandinavian Journal of Statistics*, 4, 49-70.
- Cox, D.R. 1982. Statistical Significance Test. *Br. J. clin. Pharmac.*, 14, 325-331.
- Cox, D. R., Donnelly, C. A. 2011. *Principles of Applied Statistics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cremer K.W., Borough C.J., McKinnell F.H., Carter P.R. 1982. Effect of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 12, 244–268.
- Cunze, S., Heydel, F., Tackenberg, O. 2013. re Plant Species Able to Keep Pace with the Rapidly Changing Climate? *Plos One*, 8 (7), 1-13.

- Čermák, P., Jankovský, L., Cudlín, P. 2004. Risk evaluation of the climatic change impact on secondary Norway spruce stands as exemplified by the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 50 (6), 256-262.
- Černý, M., Pařez, J., Malík, Z., 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. IFER, Jílové u Prahy.
- Dušek, D., Slodičák, M., Novák, J. 2009. Výchova smrkových porostů a tvorba horizontů nadložního humusu – experiment Vrchmezí v Orlických horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (4), 293-299.
- Dvořák, M. 2012. Lesní hospodářský plán pro LHC Vítkov 2013-2022. Příroda, s r.o., Brandýs nad Labem.
- Eriksson, H., 1987. New Result from Plot No. 5 at Sperlingsholm Estate in Southwestern Sweden in the European Stemnumber Experiment in *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.*, 2, 85-98.
- Fabiánek, P. (edit.) 2004. Monitoring stavu lesa v České republice 1984-2003. Ministerstvo zemědělství České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Praha.
- Fabiánek, P., Henzlík, V., Vančura, K. 2004. Development of forest stands condition and its monitoring in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50 (11), 514-519.
- Fiala, P., Reininger, D., Trávník, K. 2000. Výsledky průzkumu stavu výživy lesa v lesní přírodní oblasti č. 01 Krušné hory. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno.
- Flückiger, W., Braun, S. 1998. Nitrogen deposition in Swiss forests and its possible relevance for leaf nutrient status, parasite attacks and soil acidification. *Environmental Pollution*, 102, 69-76.
- Forster, B., Meier, F., Braendli, U.B. 2008. Deutlicher Rückgang der Fichten im Mittelland Vorratsabbau – auch durch Sturm und Käfer. *Wald Holz*, 89 (3), 52-54.
- Grodzki, W. 2010. The decline of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands in Beskid Śląski and Żywiecki: theoretical concept and reality. *Beskydy*, 3 (1), 19-26.
- Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantation on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195, 373-384.
- Hentschel, R., Rosner, S., Kayler, Z.E., Andreassen, K., Børja, I., Solberg, S., Tveito, O.E., Priesack, E., Gessler, A. 2014. Norway spruce physiological and anatomical predisposition to dieback. *Forest Ecology and Management*, 322, 27-36.
- Hlásný, T., Grodzki, W., Šrámek, V., Holuša, J., Kulla, L., Sitková, Z., Turčáni, M., Raczka, G., Strzelinski, P., Weigel, A., 2010. Spruce forests decline in the Beskids, in: Hlásný, T.,

- Sitková, Z. (Eds.), Spruce forest decline in the Beskids. Národné lesnícke centrum, Zvolen, s. 15-31.
- Hlásny, T., Holuša, J., Štěpánek, P., Turčáni, M., Polčák, N. 2011. Expected impact of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science*, 57 (10), 422-431.
- Hlásny, T., Mátyás, C., Seidl, R., Kulla, L., Marganovičová, K., Trombik, J., Dobor, L., Barcza, Z., Konôpka, B. 2014. Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Lesnický časopis*, 60, 5-18.
- Hinkelmann, K., Kempthorne, O., 2007. *Design and Analysis of Experiments, Introduction to Experimental Design (Volume 1)*, second edition. Wiley, New York.
- Holuša, J., Liška, J. 2002. Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). *Zprávy lesnického výzkumu*, 47 (1), 9-15.
- Holuša, J. 2004. Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. Stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology*, 51, 11-15.
- Holuša, J., Křístek, Š., Trombik, J. 2010: Stability of spruce forests in the Beskids: an analysis of wind, snow and drought damages. *Beskydy*, 3 (1), 43-54.
- Horák, J., Novák, J., 2009. Effect of stand segmentation on growth and development of Norway spruce stands. *Journal of Forest Science*, 55 (9), 323-329.
- Hůnová, I., Šantroch J., Ostatnická, J. 2004. Ambient air quality and deposition trends at rural stations in the Czech Republic during 1993-2001. *Atmospheric Environment*, 38, 887-898.
- Huber, P. J. 1973. Robust Regression: Asymptotics, Conjectures and Monte Carlo. *Ann.Statist*, 5 (1), 799-821.
- Hurlbert, S.H., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54, 187-211.
- Hurlbert, S.H., Lombardi, C.M. 2009. Final collapse of the Neyman-Pearson decision theoretic framework and rise of the neoFisherian. *Ann. Zool. Fennici*, 46, 311-349.
- Chambers, J. M., Hastie T. J. 1992. *Statistical models in S*. Pacific Grove, CA: Wadsworth & Brooks/Cole Computer Science Series.
- Cherry, S. 1998. Statistical tests in publications of The Wildlife Society. *Wildlife Society Bulletin*, 26 (4), 947-953.
- Choat, B., Jansen, S., Brodribb, T.J., Cochard, H., Delzon, S., Bhaskar, R., Bucci, S.J., Field, T.S., Gleason, S.M., Hacke, U.G., Jacobsen, A.L., Lens, F., Maherali, H., Martinez-Vilalta, J., Mayr, S., Mencuccini, M., Mitchell, P.J., Nardini, A., Pittermann, J., Brandon Pratt, R.,

- Sperry, J.S., Westoby, M., Wright, I.J., Zanne, A.E. 2012. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491, 752-755.
- Christensson, L., von Frick, H. 1990. Frost and winter desiccation as stress factors. *Aquilo Ser. Botanica*, 29, 13-19.
- Chroust, L. 1973. Koncepcie racionalizace výchovy mladých lesních porostů – Závěrečná zpráva. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.
- Chroust, L. 1976. Projekt diferencované porostní výchovy – Lesnický průvodce, 3. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.
- Chroust, L. 1981. Bericht über die IUFRO – Versuchsfläche Nr. 14. In: Der europäische Stammzahlversuch in Fichte. Freiburg i. Breisgau, 227-238.
- Chroust, L. 1991. Ekologické aspekty porostní výchovy mladých smrkových porostů v imisních podmínkách. *Lesnictví*, 37, 193–212.
- Chroust, L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Opočno.
- Ingestad, T. 1982. Relative addition rate and external concentration: driving variables used in plant nutrition research. *Plant, Cell and Environment*, 5, 443-453.
- Jakuš, R. 2001. Bark beetle (*Coleoptera, Scolytidae*) outbreak and system of IPM measures in an area affected by intensive forest decline connected with honey fungus (*Armillaria* sp.). *Anz. Schädlingskunde / J. Pest. Science*, 74, 46-51.
- James, F.C., McCulloh, C.E. 1990. Multivariate analysis in ecology and systematics: Panacea or Pandora's Box? *Annual Review of Ecology and Systematics* 21, 129-166.
- Jonard, M., Misson, L., Ponette, Q. 2006. Long-term thinning effect on the forest floor and the foliar nutrient status of Norway spruce stands in the Belgian Ardennes. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 2684-2695.
- Johnson, E.W., 2000. Forest Sampling Desk Reference. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Jourgholami, M., Majnounian, B., Abari, M.E. 2014. Effects of tree-length timber skidding on soil compaction in the skid trail in Hyrcanian forests. *Forest Systems*, 23 (2), 288-293.
- Kacálek, D., Dušek, D., Novák, J., Bartoš, J. 2013. The impact of juvenile tree species canopy on the properties of new forest floor. *Journal of Forest Science*, 59 (6), 230-237.
- Kamenský, M. et al. 2002. Pestovanie horských lesov na princípe trvalo udržateľného rozvoja – záverečná zpráva. LVÚ, Zvolen.
- Kohler, M., Sohn, J., Nägele, G., Bauhus, J. 2010. Can drought tolerance of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) be increased through thinning? *European Journal of Forest Research*, 129 (6), 1109-1118.

- Konopka, J., Petráš, R., Toma, R. 1987. Štíhlostný koeficient hlavných dřevín a jeho význam pri statickej stabilite porastov. *Lesnictví*, 33 (10), 887-904.
- Korsuň, F. 1961. Hmotové tabulky pro smrk. *Lesnictví*, 7, 274-304.
- Krotov, N.S. 2007. On problems of spruce forest mortality in the Arkhangelsk Region, in: *Dying Spruce Forests of Arkhangelsk Region. Problems and Means of their Solution*, Department of Forest Complex of Arkhangelsk Region, Arkhangelsk, s. 6-11.
- Laurent, M., Antoine, N., Joël, G. 2003. Effects of different thinning intensities on drought response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 183, 47-60.
- Lekes, V., Dandul, I. 2000. Using airflow modelling and spatial analysis for defining wind damage risk classification (WINDARC). *Forest Ecology and Management*, 135, 331-344.
- Linder, S. 1995. Foliar analysis for detecting and correcting nutrient imbalances in Norway spruce. *Ecological Bulletins*, 44, 178-190.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M., Lexer, M.J., Marchetti, M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259, 698–709.
- Lohmander, P., Helles, F. 1987. Windthrow probability as function of stand characteristic and shelter. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2, 227-238.
- Lomský, B., Šrámek, V. 2004. Different types of damage in mountain forest stands of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50, 533-537.
- Lomský, B., Novotný, R., Šrámek, V. 2011. Změny ve výživě fosforem v mladých smrkových porostech. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (2), 83-93.
- Lomský, B., Šrámek, V. 2012. Changes in the air pollution load in the Jizera Mts.: effects on the health status and mineral nutrition of the young Norway spruce stands. *European Journal of Forest Research*, 131, 757-771.
- Lomský, B., Šrámek, V., Novotný, R. 2013. The health and nutritional status of Norway spruce stands in the Krušné hory Mts. 15 years subsequent to the extreme winter of 1995/96. *Journal of Forest Science*, 59 (9), 359-369.
- MacCurrach, R.S. 1991. Spacing: an option for reducing storm damage. *Scottish Forestry*, 45, 285–297.
- Macháček, V., Malát, M. 1982. The retraction-spectrophotometric determination of Phosphorus in plant material. *Rostlinná výroba*, 28, 221-224.

- Mäkinen, H., Isomäki, A. 2004. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry*, 77 (4), 349–364.
- Mäkinen, H., Isomäki, A., Hongisto, T. 2006. Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry*, 79 (1), 103-120.
- Małek, S., Barszcz, J., Majsterkiewicz, M. 2012. Changes in the threat of spruce stand disintegration in the Beskid Śląski and Żywiecki Mts. *Journal of Forest Science*, 58 (12), 519-529.
- Mallik, A.U., Hassain, M.K., Lamb, E.G. 2008. Species and Spacing Effects of Northern Conifers on Forest Productivity and Soil Chemistry in a 50-Year-Old Common Garden Experiment. *Journal of Forestry*, 106 (2), 83-90.
- Maracchi, G., Sirotenko, O., Bindi, M. 2005. Impact of Present and Future Climate Variability on Agriculture and Forestry in the Temperate Regions: Europe. *Climate Change*, 70, 117-135.
- Marková, I., Pokorný, R., Marek, M.V. 2011. Transformation of solar radiation in Norway spruce stands into produced biomass – the effect of stand density. *Journal of Forest Science*, 57 (6), 233-241.
- Mason, W.L., Petr, M., Bathgate, S. 2012. Silvicultural strategies for adapting planted forests to climate change: from theory to practice. *Journal of Forest Science*, 58, 265-277.
- McCullagh, P., Nelder J. A. 1989. *Generalized Linear Models*, Second Edition. Chapman & Hall/CRC, London.
- Mead, R., Gilmour, S.G., Mead, A., 2012. *Statistical Principles for the Design of Experiments: Applications to Real Experiments*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Millar, C.I., Stephenson, N.L., Stephens, S.L. 2007. Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*, 17, 2145-2151.
- Milne, R. 1995. Modelling mechanical stresses in living Sitka spruce stems. In: Coutts M. P., Grace J. (eds.), *Wind and Trees*. Cambridge, Cambridge University Press, 165-181.
- Milne, R. 1995b. Modelling mechanical stresses in living Sitka spruce stems. In: Coutts, M.P., Grace J. (eds.), *Wind and Trees*, Cambridge University Press, Cambridge, 165-181.
- Mize, C. W., Schultz, R. C. 1985. Comparing treatment means correctly and appropriately. *Canadian Journal of Forest Research*, 15, 1142-1148.
- Modrzyński, J. 2003. Defoliation of older Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) stands in the Polish Sudety and Carpathian mountains. *Forest Ecology and Management*, 181, 289-299.
- Mráček, Z., Pařez, J. 1986. *Pěstování smrku*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

- Murtaugh, P. A. 2007. Simplicity and complexity in ecological data analysis. *Ecology*, 88 (1), 56-62.
- Näslund, M. 1937. Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. In: *Meddelanden fran Statens Skogsförsöksanstalt. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens*. Stockholm, 121-169.
- Navratil, S. 1995. Minimizing wind damage in alternative silviculture systems in boreal mixedwoods. *For. Can. and For. Lands. Wild. Alta.For. Serv. Edmonton, For. Rep. No* 124.
- Nelder, J. A., Wedderburn R. W. M. 1972. Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society*, 135 (3), 370-384.
- Nelder, J. 1999. From Statistics to Statistical Science. *Journal of the Royal Statistical Society, Series D*, 48 (2), 257-269.
- Novák, J., Slodičák, M. 2004. Structure and accumulation of litterfall under Norway spruce stands in connection with thinning. *Journal of Forest Science*, 50, 101-108.
- Novák, J., Slodičák, M., Dušek, D., Kacálek, D. 2013. Norway spruce litterfall and forest floor in the IUFRO thinning experiment CZ 13 – Vítkov. *Journal of Forest Science*, 59 (3), 107-116.
- Novotný, R., Lachmanová, Z., Šrámek, V., Vortelová, L. 2008. Air pollution load and stand nutrition in the Forest District Jablunkov, part Nýdek. *Journal of Forest Science*, 54 (2), 49-54.
- Novozamsky, I., Houba, V.J.G., Van Eck, I., Van Vark, W. 1983. A novel digestion technique for multi-element plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14, 239-248.
- Oulehle, F., Hofmeister, J., Cudlín, P., Hruška, J. 2006. The effect of reduced atmospheric deposition on soil and soil solution chemistry at a site subjected to long-term acidification, Načetín, Czech Republic. *Science of the Total Environment*, 370, 532-544.
- Pařez, J. 1981. Internationaler europäischer IUFRO – Durchforstungsversuch Nr. 13 im Forstbetrieb Vítkov – ČSSR. In: *Der europäische Stammzahlversuch in Fichte. Freiburg i. Breisgau*, 207-225.
- Pařez, J., Chroust, L. 1988. *Modely výchovy lesních porostů – Lesnický průvodce č. 4. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady*.
- Pearce, S. C. 1992. *Data Analysis in Agricultural Experimentation. I. Contrasts of Interest. Experimental Agriculture*, 28, 245-253.

- Pecháček, J., Vavříček, D., Samec, P. 2011. Soil environment and nutrient status of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) underplantings in conditions of the 8th FAZ in the Hrubý Jeseník Mts. *Journal of Forest Science*, 57 (4): 141-152.
- Perry, J. N. 1986. Multiple-comparison Procedures: A Dissenting View. *Journal of Economic Entomology*, 79 (5), 1149-1155.
- Persson, P. 1970. The influence of various thinning methods on the risk of windfalls, snow-breaks and insect attacks, in: Ager, B., Fries, J. (Eds.), *Thinning and mechanization*, IUFRO meeting. Royal College of Forestry, Stockholm, September 1969. Stockholm, Sveriges Skogsvårdsförbunds Förlag, s. 169-174.
- Pettersson, N. 1993. The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8, 528-539.
- Pičman, D., Pentek, T., Nevečerel, H., Papa, I., Lepoglavec, K. Mogućnosti primjene relativne otvorenosti pri sekundarnom otvaranju šuma nagnutih terena Republike Hrvatske. *Croat. J. For. Eng.* 32, 417-430.
- Plíva, K., Žlábek, I. 1989. *Provozní systémy v lesním plánování*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Podrázský, V., Novák, J., Moser, W.K. 2005. Vliv výchovných zásahů na množství a charakter nadložního humusu v horském smrkovém porostu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50 (4), 9-12.
- Podrázský, V., Remeš, J. 2005. Effect of forest tree species on the humus form state at lower altitudes. *Journal of Forest Science*, 51, 60-66.
- Podrázský, V. 2006. Effect of thinning on the formation of humus forms on the afforested agricultural lands. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 37, 157-163.
- Podrázský, V., Remeš, J. 2010. Vliv druhové skladby lesních porostů na stav humusových forem na území ŠLP v Kostelci nad Černými Lesy, *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (2), 71-77.
- Podrázský, V., Procházka, J., Remeš, J. 2011. Produkce a vývoj půdního prostředí porostů na bývalých zemědělských půdách v oblasti Českomoravské vrchoviny. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56, 27-35.
- Prescott, C., Taylor, B.R., Parson, W.F.J., Durall, D.M., Parkinson, D. 1993. Nutrient release from decomposing litter in Rocky Mountain coniferous forests: influence of nutrient availability. *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 1576-1586.
- Pretzsch, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield*. Springer, Berlin.

- Průša, J., et al. 1958. Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha.
- Puhe, J. 2003. Growth and development of the root system of Norway spruce (*Picea abies*) in forest stands – a review. *Forest Ecology and Management*, 175, 253-273.
- Quitt, E. 1971. Klimatické oblasti Československa. *Academia, Studia Geographica* 16, GÚ ČSAV, Brno.
- R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Ramakrishna, T.V., Robinson, J.W., West, P.W. 1966: The determination of calcium and magnesium by atomic absorption spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 36, 57-64.
- Rennenberg, H., Loreto, F., Polle, A., Brill, F., Fares, S., Beniwal, S., Gessler, A. 2006. Physiological responses of Forest Trees to Heat and Drought. *Plant Biology*, 2, 556-571.
- Rollinson, T.J.D. 1988. Respacing Sitka spruce. *Forestry*, 61, 1-22.
- Rottman, N. 1985. Waldbauliche Konsequenzen aus Schneebruchkatastrophen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen.*, 136,167-184.
- Salsburg, D.S. 1985. The religion of statistics as practiced in medical journals. *American Statistician*, 39, 220-223.
- Schutt, P., Cowling, E.B. 1985. Waldsterben, a general decline of forest in central Europe: symptoms, development and possible causes. *Plant Disease*, 69, 548-558.
- Singer, J.S., Munns, D.N. 1996. *Soils, an Introduction*. Prentice Hall, New Jersey.
- Sitková, Z., Pavlenda, P., Pavlendová, H., Priwitzer, T., Hlásny, T. 2010. Air pollution load and nutrient status of Norway spruce forest stands in the north-western part of Slovakia. *Beskydy*, 3 (1), 93-102.
- Slodičák, M. 1987. Resistance of young spruce stands to snow and wind damage in dependence on thinning. *Communications Institute Forestalis Čechoslovakiae*, 15, 75-86.
- Slodičák, M. 1996. Stabilizace lesních porostů výchovou – lesnický průvodce. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.
- Slodičák, M., Novák, J. 2004. Norway spruce thinning experiment Polom (Eastern Bohemia) after 22 years of observation. *Journal of Forest Science*, 50 (1), 1-10.
- Slodičák, M., Novák, J., Skovsgaard, J.P. 2005. Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 209, 157-166.

- Slodičák, M., Novák, J. 2006a. Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. *Forest Ecology and Management*, 224, 252-257.
- Slodičák, M., Novák, J. 2006b. Opatření k obnově, ochraně a rekonstrukci poškozených porostů, in: Prokop, V. (Eds.), Příčiny kalamit v lesních porostech a možnosti ochrany, obnova a rekonstrukce poškozených porostů. Institut podnikatelského vzdělávání, České Budějovice, s. 35-50.
- Slodičák, M., Novák, J. 2007a. Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin - recenzovaná metodika. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady.
- Slodičák, M., Novák, J. 2007b. Růst, struktura a statická stabilita smrkových porostů s různým režimem výchovy. *Folia Forestalia Bohemica* 3, Lesnická práce.
- Slodičák, M., Novák, J. 2008. Výchova porostů náhradních dřevin – recenzovaná metodika. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Opočno
- Slodičák, M., Kacálek, D., Novák, J., Dušek, D. 2013. Pěstební postupy ve smrkových porostech na bývalých zemědělských půdách – certifikovaná metodika. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady.
- Solberg, S. 2004. Summer drought: a driver for crown condition and mortality of Norway spruce in Norway. *Forest Pathology*, 34, 93-107.
- Somerville, A. 1980. Wind stability: forest layout and silviculture. *New Zealand Journal of Forest Science*, 10, 476–501.
- Spittlehouse, D.L., Stewart, R.B. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 4 (1), 1-11.
- Stanovský, J. 2002. The influence of climatic factors on the health condition of forests in the Silesian Lowland. *Journal of Forest Science*, 48 (10), 451-458.
- Šrámek, V., Vejpustková, M., Novotný, R., Hellebrandová, K. 2008. Yellowing of Norway spruce stands in the Silesian Beskids – damage extend and dynamics. *Journal of Forest Science*, 54 (2), 55-63.
- Šrámek, V., Lomský, B., Novotný, R. 2009. Hodnocení obsahu a zásob živin v lesních porostech - literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (4), 307-315.
- Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Vortelová, L., Lomský, B. 2012. Development of chemical soil properties in the western Ore Mts. (Czech Republic) 10 years after liming. *Journal of Forest Science*, 58 (2), 57-66.

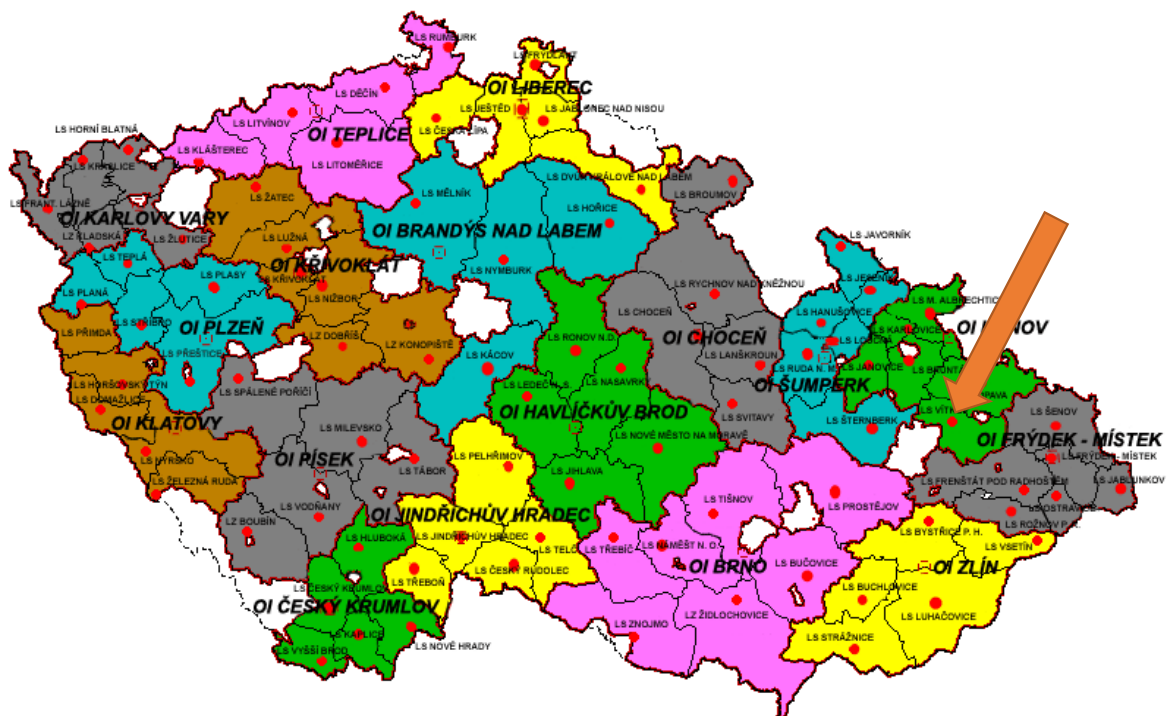
- Šrámek, V., Jurkovská, L., Fadrhonsová, V., Hellebrandová-Neudertová, K. 2013a. Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoring lesních půd v rámci projektu EU “BIOSOIL”. Zprávy lesnického výzkumu, 58 (4), 314-323.
- Šrámek, V., Lomský, B., Novotný, R. 2013b. Vývoj zdravotního stavu a minerální výživy smrkových mlazin v Jizerských horách v období snižování imisní zátěže. Zprávy lesnického výzkumu, 58 (1), 66-77.
- Štefančík, I. 2012. Development of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) target (crop) trees in pole-stage stand with different initial spacing and tending regime. Journal of Forest Science, 58 (10), 456-464.
- Štefančík, I., Strmeň, S., Podrázský, V., Vacek, S. 2012. Growth responses of a Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) small pole-stage stand in a region exhibiting extensive decline of allochthonous spruce forests to differentiated thinning. Folia Oecologica, 39 (1), 1336-5266.
- Štefančík, I. 2013. Vývoj kvalitatívnej produkcie smrekového porastu s rozdielnym východiskovým počtom sadeníc a spôsobom výchovy. Zprávy lesnického výzkumu, 58 (1), 37-49.
- Tatarinov, F.A., Cienciala, E. 2009. Long-term simulation of the effect of climate changes on the growth of main Central-European forest species. Ecological Modelling, 220, 3081-3088.
- Ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P., 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca.
- Tesař, V. 1976. Prvé výsledky z výchovy smrkových tyčovin ovlivněných imisemi. Práce VÚLHM, 48, 55-76.
- Tesař, V., Klimo, E. 2004. Pěstování smrku u nás a v Evropě, in: Smrk - dřevina budoucnosti. Lesy České republiky, Rychnov nad Kněžnou, s. 7-18.
- Thelin, G., Rosengren, U., Callesen, I., Ingerslev, M. 2002. The nutrient status of Norway spruce in pure and in mixed-species stands. Forest Ecology and Management, 160, 115-125.
- Thompson, S.K., 2012. Sampling, third edition. Wiley, New York.
- Tolasz, R. et al. 2007. Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- ÚHÚL, 2009. Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu,

- koloběh živin a biologickou rozmanitost. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem.
- Úradníček, L., Maděra, P. 2001. Dřeviny České republiky. Matice lesnická, Písek.
- Vavříček, D., Samec, P., Šimková, P. 2005. Soil properties as a component of predisposition factors of Norway spruce forest decline in the Hanušovická highland mountain zone. *Jurnal of Forest Science*, 51, 527-538.
- Vejre, H. 1999. Stability of Norway spruce plantations in western Denmark – soil nutrient aspects. *Forest Ecology and Management*, 114, 45-54.
- Vicena, I. 1964. Ochrana proti polomům. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Wang, Y., Titus, S. J., LeMay, V. M. 1998. Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests. *Can. J. For. Res.*, 28, 1171-1183.
- Warren, W. G. 1986. On the presentation of statistical analysis: reason or ritual. *Canadian Journal of Forest Research*, 16, 1185-1191.
- Wermelinger, B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 2002, 67-82.
- Wiedemann, E. 1955. Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. 2. Aufl. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- Yilmaz, E., Makineci, E., Demir, M. 2010. Skid road effects on annual ring widths and diameter increment of fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) trees. *Transportation Research*, 15, part D, 350-355.
- Yoccoz, N.G. 1991. Overuse, and Misuse of Significance Tests in Evolutionary Biology and Ecology. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 72 (2), 106-111.
- Zech, W., Suttner, T., Popp, E. 1985. Elemental analysis and physiological response of forest trees in SO₂ polluted areas of N. V. Bavaria. *Water, Air and Soil Pollution*, 25, 175-183.
- Zhao, M., Running, S. 2010. Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 Through 2009. *Science*, 329, 940-943.
- Zöttl, H.W., Hüttl R.F. 1986. Nutrient supply and forest decline in southwest Germany. *Water and Soil Pollution*, 31, 449-462.
- Zöttl, H.W., Mies, E. 1983. Nährelementversorgung und Schadstoffbelastung von Fichtenökosystemen im Südschwarzwald unter Immissionseinfluss. *Mitt. Deutsche Bodenkundl. Ges.*, 38, 429-434.

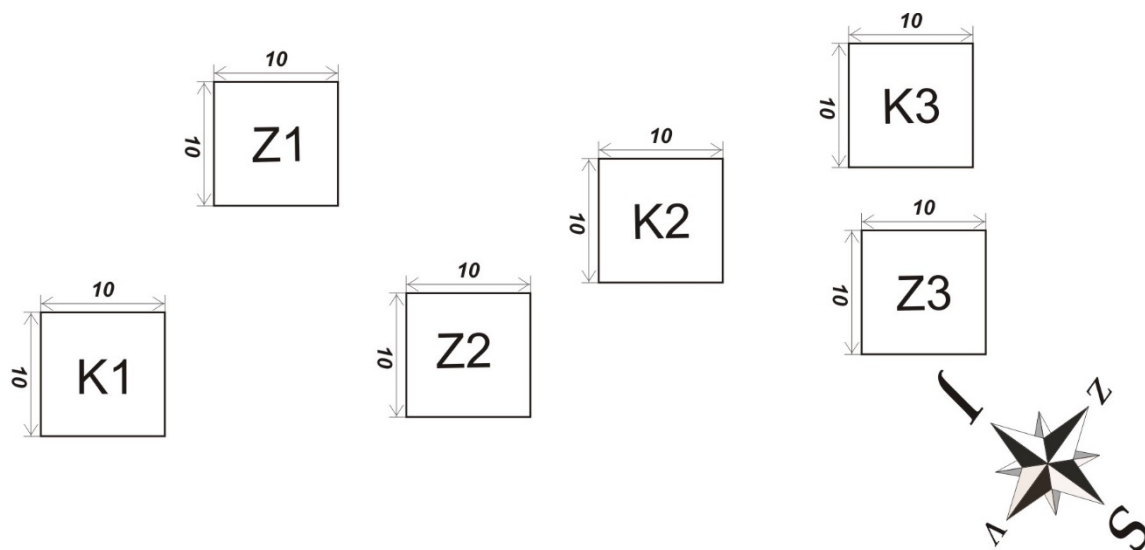
Zwoliński, J. 2003. Ocena zagrożenia lasów świerkowych w Beskidzie Śląskim przez zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Práce Institutu Badawczego Leśnictwa, Seria A, No 948/951, 53-68.

9. Přílohy

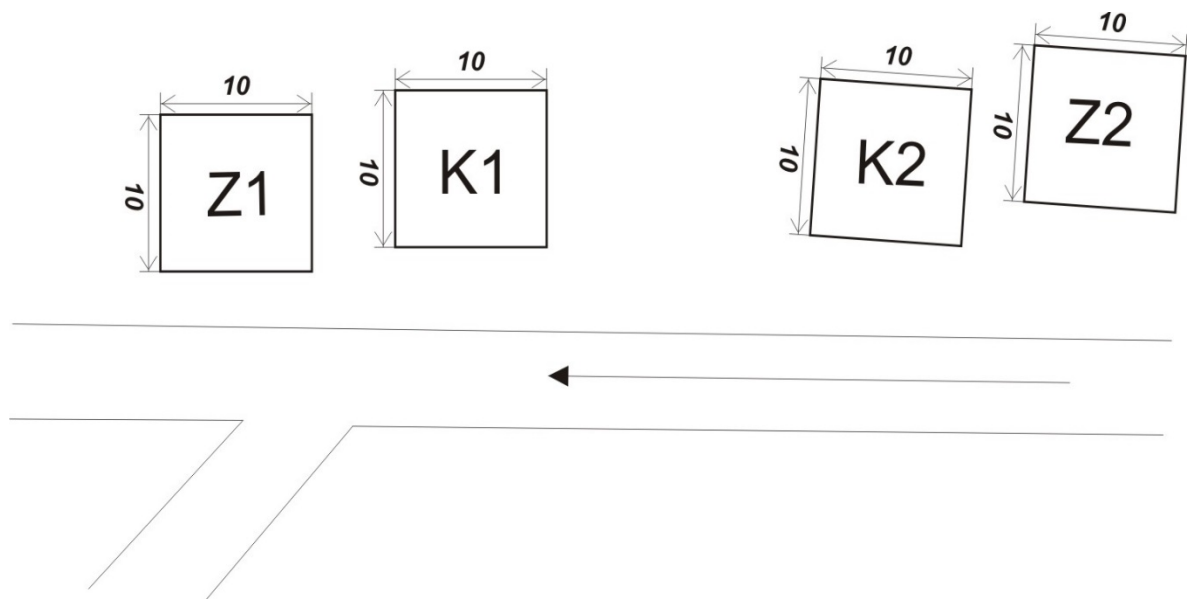
9.1 Orientační mapky a zákresy experimentálních ploch



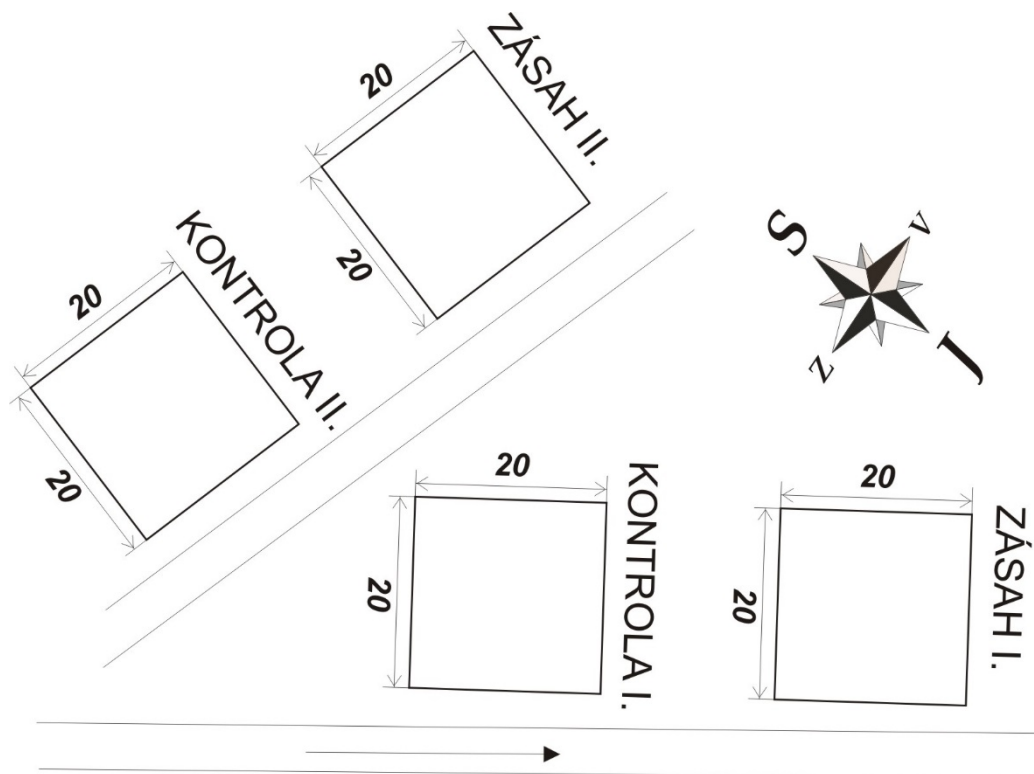
Obr. 9.1.1: Mapa organizační struktury LČR, s.p. s označením modelového území LS Vítkov



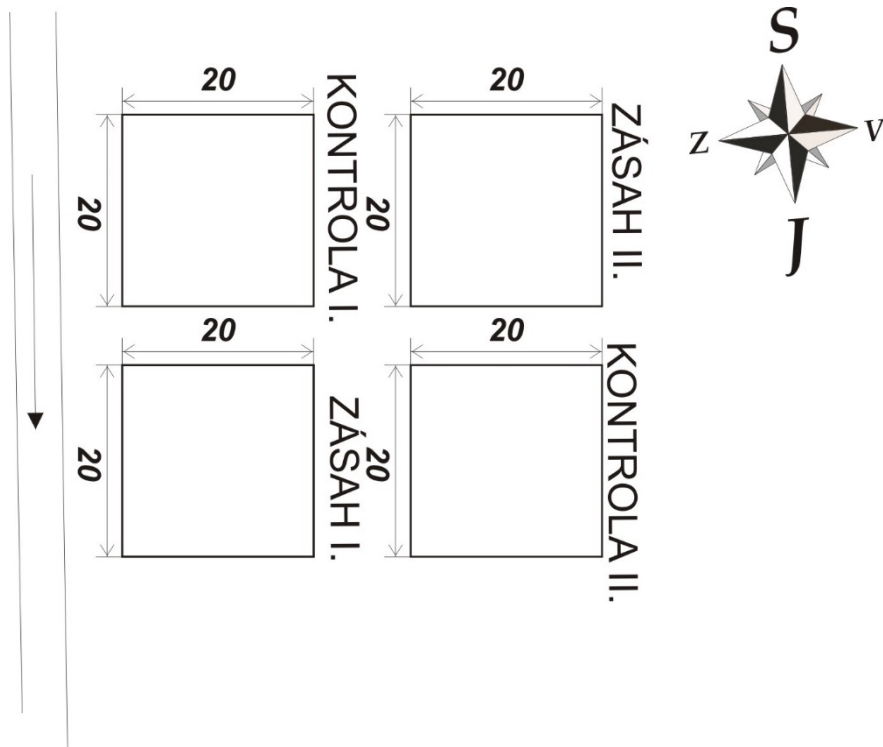
Obr. 9.1.2: Schématický zákres rozmístění ploch experimentu Výškovice



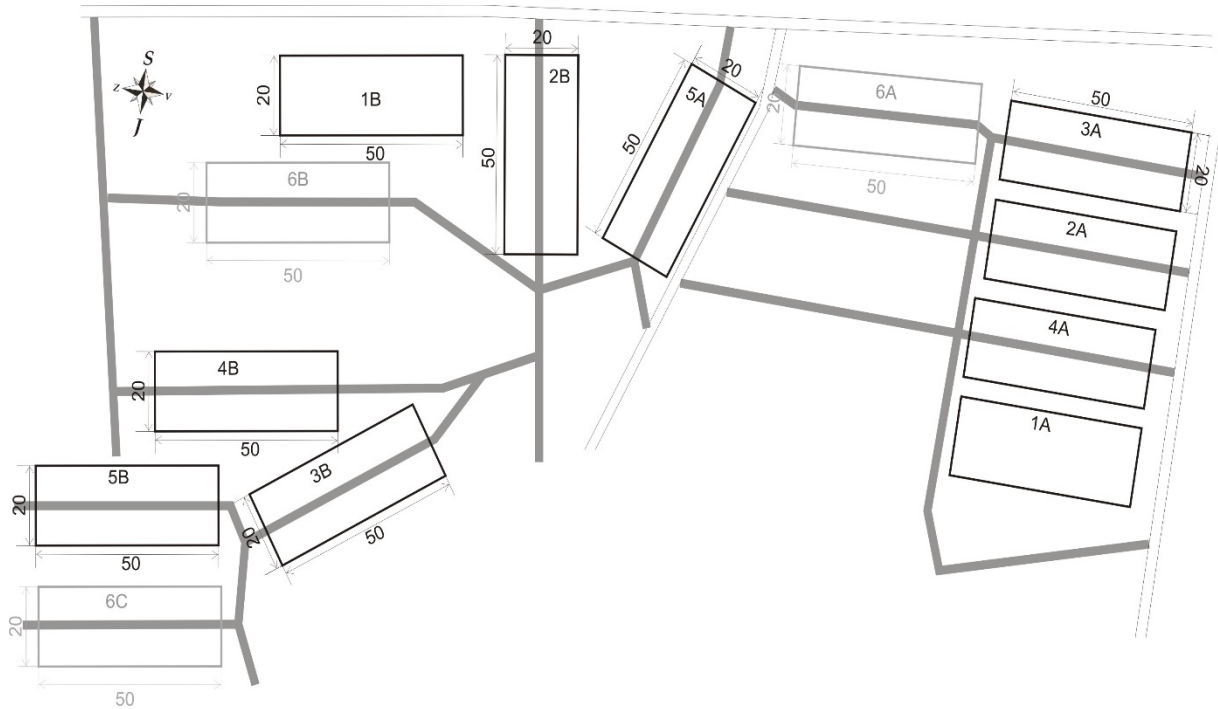
Obr. 9.1.2: Schématický zakres rozmístění ploch experimentu Mokřinky



Obr. 9.1.3: Schématický zakres rozmístění ploch experimentu Hrabství



Obr. 9.1.4: Schématický zakres rozmístění ploch experimentu Medvědka



Obr. 9.1.5: Schématický zakres rozmístění ploch experimentu IUFRO 13 Vítkov

9.2 Fotopříloha



Obr. 9.2.1: Půdní sonda na experimentální ploše Hrabství (podzim 2014)



Obr. 9.2.2: Odběr humusových horizontů pomocí kovových rámečků 25 × 25 cm



Obr. 9.2.3: Stupeň výskytu koreněních jevů od 1 do 4 (zleva doprava)



Obr. 9.2.4: Pohled na smrkovou mlazinu z přirozené obnovy lokality Čermná rok po prvním provozním výchovném zásahu s hojným výskytem koreněních jevů na podzim 2014



Obr. 9.2.5: Experimentální plocha lokality Mokřínky rok po výchovném zásahu na podzim 2014



Obr. 9.2.6: Experimentální plocha lokality Výškovice čtyři roky po zásahu na podzim 2014



Obr. 9.2.7: Plocha experimentu Medvídka těsně po zásahu v roce 2010.



Obr. 9.2.8: Plocha probírkového experimentu IUFRO 13 Vítkov po výchovném zásahu při horní porostní výšce 27,5 m



Obr. 9.2.9: Porostní zbytky smrkového porostu na revíru Čermná (LS Vítkov) s výraznou defoliací



Obr. 9.2.10: Porostní zbytky smrkového porostu na revíru Bílovec (LS Vítkov) proředěného nahodilou těžbou s příznaky defoliace většiny zbylých smrků



Obr. 9.2.11: Výrazná defoliace a žloutnutí jako typický příznak chřadnutí smrku na LS Vítkov