

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

**Biologické a ekonomické aspekty zalesňování zemědělských půd**

Disertační práce

Autor: Ing. Jan Bartoš  
Školitel: Prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.

2014

"Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma biologické a ekonomické aspekty zalesňování zemědělských půd vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a 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 Bystrém dne 3. 1. 2014

Podpis autora

## **Poděkování**

Na prvním místě bych chtěl poděkovat všem pracovníkům výzkumné stanice v Opočně, zejména Doc. Ing. Antonínu Juráskovi, CSc. a Ing. Dušanu Kacálkovi za vytrvalou podporu a množství rad udílených při zpracování vlastní práce.

Poděkování také patří vedoucímu mé disertační práce Prof. Ing. Ivo Kupkovi, CSc. za konzultace a odborné vedení.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé manželce za neustálou podporu a pochopení při zpracování této disertační práce.

**Abstrakt**

Cílem disertační práce je analyzovat biologické a ekonomické aspekty volby druhové skladby při zalesňování zemědělských půd, a porovnat růst vybraných dřevin v různém smíšení a různých pěstebních postupech. Dále analyzovat vývoj půdního prostředí v minulosti zemědělsky obhospodařovaných půd po zalesnění, porovnání mechanických a fyzikálních vlastností dřeva smrku z první generace lesa a zhodnotit ekonomickou efektivnost různých zalesňovacích postupů.

Problematika disertační práce je řešena na základě výsledků ze série výzkumných ploch, které jsem založil v oblasti podhůří Orlických hor. Z výsledků porovnání zdravotního stavu a různých variant smíšení testovaných dřevin při zalesňování bývalých zemědělských půd vyplývá, že přes relativně kvalitní půdní podmínky, byl zaznamenán velký rozdíl v přežívání výsadeb. Řádově větší ztráty byly zaznamenány na exponovaném stanovišti, jako dřevina s relativně nízkými ztrátami se zde ukázala třešeň ptačí. Z jehličnatých melioračních a zpevňujících dřevin se nejvíce osvědčily douglaska tisolistá a jedle obrovská.

Největší rozdíl v růstu dřevin v pestrém smíšení oproti nesmíšeným ploškám byl pozorován u kleny, který od 4. roku po výsadbě vykazuje významně větší průměrnou výšku v pestrém smíšení oproti nesmíšenému. Buk lesní, jako jednu z nejpoužívanějších MZD, se osvědčilo vysazovat v řádovém smíšení s pomocnou dřevinou (především s modřínem a smrkem). Nejen že tím bylo dosaženo zkrácení doby potřebné pro zajištění této dřeviny, ale řádově u desetiletých výsadeb byly zaznamenány příznivější parametry průběžnosti terminálních výhonů. Také jedli bělokorou doporučuji vysazovat v řádovém smíšení s pomocnou dřevinou (modřínem, smrkem nebo lípou). V neposlední řadě lze přimíšením pomocné dřeviny snížit přímé náklady na zajištěnou kulturu. Z testovaných dřevin lze jako nejvhodnější výplňovou dřevinu označit lípu srdčitou, která se dokáže velmi dobře přizpůsobit rychlosti růstu přimíšené dřeviny a snáší zástin.

Desetiletý smíšený porost vyprodukoval 38,4 m<sup>3</sup> na ha dřevní suroviny. Obdobnou zásobu vyprodukovala i nesmíšená douglaska. Nesmíšený smrk v této fázi vykazuje při srovnatelném G o ca 40 % menší zásobu oproti nesmíšené douglasce. Z výsledků porovnání zdravotního stavu a růstu jedlí bělokorých jednorázově přihnojených pěti tabletami hnojiva Silvamix<sup>®</sup> Forte rostoucích na bývalé louce vyplývá, že přihnojení neovlivnilo zdravotní stav sledovaných jedinců a s tím spojené vynaložené náklady jsou tak málo efektivní. Z hlediska vývoje půdního prostředí lze doporučit přimíšení melioračních dřevin tak, aby byla příznivým opadem ovlivněna co největší část budoucích porostů. Hustota smrkového dřeva z padesátiletého porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě se v průměru neliší od dřeva ze srovnatelného porostu na dlouhodobě lesní půdě. Také ve všech provedených zkouškách mechanických vlastností (pevnost v ohybu, pevnost v tlaku ve směru vláken a pevnost v tahu) nevykazuje v této fázi prokazatelně horší parametry; vliv různé historie využití půdy se neprokázal.

Klíčová slova: Zalesňování zemědělských půd, smíšené porosty, produkce, půda, vlastnosti dřeva smrku,

**Abstract**

The objective of the dissertation thesis is to analyze both biological and economical aspects of planting tree species on afforested agricultural land; to compare a performance of the chosen species in mixtures; to analyze soil properties changes after afforestation; to compare properties of spruce wood of first-generation forest origin and to analyze efficiency of different afforestation approaches.

The thesis is based on the data taken within the series of research plots which are established in foothills of the Orlice Mountains, North-Eastern Bohemia. As for health performance, mixtures of species show relatively great differences in survival though soil conditions were found to be of a good quality. Significantly lower survival was found on the exposed site where the best performing species was wild cherry. Among soil-improving and stabilizing coniferous species, Douglas-fir and grand fir performed the best as well.

As for mixture benefits, sycamore maple grew better there in 4<sup>th</sup> year compared to sycamore monoculture. European beech being considered the most frequently used soil-improving and stabilizing species performed well in line-mixed plantations with larch and spruce. The mixture shortened a juvenile stage of this species and affected positively the development of crowns in 10-year-old stands. The line-mixture benefits (with larch, spruce and linden) apply also to silver fir. The planting crop species along with the companion species allows us to reduce necessary costs spent to establish the new stands. The most promising companion species seems to be small-leaved linden which is able to cope with growth rate of the other species and is a shade-tolerant tree.

In 10-year-old mixed stand, the standing volume was 38.4m<sup>2</sup> per hectare. Pure Douglas-fir produced similar value. Pure spruce showed by 40% lower standing volume compared Douglas-fir while having comparable basal area. As for additional fertilization of silver fir using Silvamix<sup>®</sup>, no response to the fertilizer can be attributed to surplus nutrient supply in the formerly agricultural soil. The costs spent on the fertilization seem to be ineffective.

On former meadow, the forest floor nutrient concentrations appeared to be dependent on the presence of admixed deciduous tree species as these treatments were higher in base cations and phosphorus compared to pure spruce and pure Douglas-fir. To maintain soil fertility, soil-improving species should be mixed to affect the largest possible area of the future forest floor. Spruce wood of first-generation stand was found to be comparable with spruce wood of old-growth origin in terms of all properties studied; the influence of different land use in the past was not found.

Key words: Agricultural land afforestation, mixed stands, produce, soil, spruce wood properties

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Přehled problematiky.....	10
2.1	Historie zalesňování a současná legislativa .....	10
2.1.1	Podmínky pro získání dotace.....	12
2.2	Charakteristika zájmového území a testovaných dřevin.....	14
2.3	Prostorové uspořádání dřevin .....	18
2.3.1	Odlišnosti zalesňování .....	18
2.3.2	Hektarové počty dřevin a ochrana kultur .....	21
2.4	Vztah dřevin a půdy .....	22
2.4.1	Obnova lesního prostředí po zalesnění zemědělské půdy .....	22
2.4.2	Půdní chemismus.....	24
2.4.3	Fyzikální vlastnosti půdy.....	25
2.4.4	Mykorrhiza .....	26
2.4.5	Vyšší obsahy živin.....	27
2.5	Efektivnost zakládání porostů první generace lesa .....	29
2.5.1	Alternativní způsoby zalesňování.....	29
2.5.2	Produkce porostů první generace lesa .....	29
2.6	Vlastnosti dřeva .....	31
2.7	Problematika legislativy a ekonomické efektivity .....	32
3	Cíl práce.....	9
4	Materiál a metodika .....	33
4.1	Lokalizace výzkumných ploch .....	33
4.2	Zalesňovací projekty a právní předpisy .....	42
4.3	Přihnojení jedle bělokoré .....	43
4.4	Vývoj půdního prostředí .....	44
4.5	Vlastnosti dřeva .....	45
4.6	Ekonomické analýzy .....	46
4.6.1	Výpočet nákladů na zajištěnou kulturu .....	46
4.6.2	Finanční porovnání různých zalesňovacích cílů.....	46
4.6.3	Modelové porovnání ekonomické výtěže mýtní těžby .....	48
4.7	Statistické vyhodnocení .....	48
5	Výsledky.....	49
5.1	Volba druhové skladby .....	49
5.1.1	Zdravotní stav výsadeb.....	49
5.1.2	Porovnání doby zajištění .....	53

5.2	Vývoj růstu výsadeb .....	56
5.2.1	Porovnání růstu jednotlivých dřevin.....	56
5.2.2	Douglaska tisolistá.....	57
5.2.3	Třešeň ptačí.....	59
5.2.4	Přihnojení jedle bělokoré.....	64
5.2.5	Produkce mladých porostů .....	67
5.2.6	Produkce biomasy.....	69
5.3	Vývoj půdního prostředí .....	73
5.4	Porovnání fyzikálních a mechanických vlastností dřeva smrku.....	80
5.4.1	Vzorníky pro porovnání kvality dřeva.....	80
5.4.2	Hustota dřeva .....	82
5.4.3	Pevnost v ohybu.....	82
5.4.4	Pevnost v tlaku ve směru vláken .....	83
5.4.5	Pevnost v tahu.....	83
5.5	Ekonomická efektivnost.....	85
5.5.1	Kalkulace nákladů na zajištěnou kulturu.....	85
5.5.2	Ekonomické porovnání různých zalesňovacích cílů .....	86
5.5.3	Stanovení zásoby dospívající smrkové kmenoviny.....	87
5.5.4	Porovnání ekonomické výtěže mýtní těžby .....	88
5.5.5	Vyhodnocení zásoby předčasné obnovy.....	91
6	Diskuse .....	93
6.1	Zdravotní stav a smíšení dřevin .....	93
6.2	Růst dřevin .....	94
6.2.1	Přihnojení jedle bělokoré.....	96
6.3	Vývoj půdního prostředí .....	98
6.4	Vlastnosti smrkového dřeva.....	102
6.5	Ekonomické aspekty .....	103
7	Závěry a návrhy pro praxi .....	105
7.1	Zdravotní stav a druhová skladba výsadeb .....	105
7.2	Růst výsadeb .....	106
7.3	Vývoj půdního prostředí .....	107
7.4	Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva smrku ztepilého.....	108
7.5	Ekonomické vyhodnocení.....	108
8	Seznam literatury .....	109
	Publikační činnost.....	127

## **1 Úvod**

Zalesňování v minulosti zemědělsky využívaných půd má v naší historii dlouhou tradici. Samotným podnětem pro zalesnění mohla být dříve mnohdy i politická rozhodnutí, v poslední době je to většinou vůle vlastníka pozemku. Na jedné straně je zde jeho přesvědčení o velmi smysluplném využití z pohledu ekologie, na druhé straně může hrát důležitou roli otázka ekonomického využití pozemku. Tuto otázku významně ovlivňují finanční dotace poskytované jednak na samotné zalesnění a následné lesnické hospodaření, ale také dotace na zemědělské obhospodařování půdy (JARSKÝ, PULKRAB 2013). Výše těchto finančních prostředků je v posledních letech významně vyšší oproti dotacím směřujícím do lesního hospodářství. Tento uměle vytvořený rozdíl ovlivňující efektivnost hospodaření působí na vlastníky pozemků v jejich rozhodování.

Zalesňování zemědělských půd (dále ZZP) můžeme z pohledu poměru produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa bezesporu zařadit do skupiny hospodaření vysoké intenzity (MIKESKA, VACEK 2006). Vyplývá to již z faktu, že zemědělské půdy patří ve srovnání s půdami lesními vždy k těm relativně kvalitnějším, které byly navíc často pro potřeby zemědělské výroby přihnójovány. Pozůstatky změněných vlastností půdy mohou být patrné i dlouhou dobu po opětovném zalesnění. Vlastník půdy, který se rozhodne pro zalesnění a vzdá se tak potenciálního výnosu z využívání zemědělské půdy podpořeného dotacemi (PULKRAB a kol. 1998, PULKRAB 2003, JARSKÝ, PULKRAB 2013), očekává ekonomickou rentabilitu svého konání, kterou by měla přinést dřevoprodukční funkce porostu první generace lesa. Na velký produkční potenciál porostů na bývalých zemědělských půdách upozorňují mnozí autoři např. SLODIČÁK et al. (2005).

V této situaci hraje významnou roli vhodná volba druhového složení dřevin nebo smíšení dřevin na zalesňovaném pozemku. V této souvislosti velmi často diskutovaným tématem je vhodnost využití smrku ztepilého, jako naší hlavní hospodářské dřeviny. Velmi důležitým faktorem je totiž zdravotní stav nově vznikajících porostů první generace lesa, který bývá na zemědělských půdách mnohdy negativně ovlivněn výskytem hnilob, což se může stát limitujícím faktorem efektivního využití daného pozemku.

Dalším specifikem ZZP je nemožnost uplatnění ustanovení lesního zákona o maximální velikosti holiny. Rozhodne-li se vlastník k zalesnění pozemků větší výměry, vznikají tak rozsáhlé monokultury. Otázka přimíšení a rozmístění melioračních a zpevňujících dřevin (dále MZD) je vzhledem k výše popsaným skutečnostem u porostů první generace lesa ještě



důležitější. Malá skupina buku v rozsáhlé smrkové monokultuře plní stabilizační funkce výrazně odlišně oproti několika malým skupinkám rozmístěným po celém porostu. Směsi dřevin jsou v současné době považovány za jedinou variantu tvorby přírodě blízkého lesa pro zajištění trvalosti, stability a kvality produkce dřevní hmoty a přitom zajištění všech ekologických funkcí lesních porostů (Klíma 2010).

Vzájemnými vazbami při hledání vhodného skloubením biologických a ekonomických aspektů zalesňování zemědělských půd se zabývá má disertační práce. Na příkladu série výzkumných ploch, které jsem založil v podhůří Orlických hor, jsem ve své práci použil některé méně časté postupy při zalesňování s cílem získat nové poznatky využitelné v praxi. Všechny výše zmíněné trvalé výzkumné plochy jsou ve správě Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumné stanice Opočno a jsou součástí řešení výzkumného záměru MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

## **2 Cíl práce**

Cílem mé disertační práce je analýza metod a postupů zalesňování zemědělských půd vyplývajících z platné legislativy a dalších současných požadavků s vyhodnocením jejich biologické vhodnosti, prosperity, ekonomické efektivnosti a vzájemných vazeb nových porostů s prostředím.

Dílčí cíle:

- 1) Analyzovat biologické a ekonomické aspekty volby **druhov<sup>é</sup> skladby** při zalesňování zemědělských půd ve vybraných stanovištních podmínkách se zaměřením na smrk ztepilý.
- 2) **Porovnat růst** vybraných dřevin v různém smíšení a různých pěstebních postupech.
- 3) Analyzovat **vývoj půdního prostředí** v minulosti zemědělsky obhospodařovaných půd po zalesnění.
- 4) Porovnání mechanických a fyzikálních **vlastností dřeva smrku** z první generace lesa na bývalých zemědělských půdách.
- 5) Zhodnotit **ekonomickou efektivnost** různých zalesňovacích postupů.

## **3 Přehled problematiky**

### **3.1 Historie zalesňování a současná legislativa**

Zemědělská kultivace má tak významný dopad na vlastnosti půd, že jejich změněné vlastnosti se již nepodobají vlastnostem lesní půdy (TORREANO 2004). Z historického hlediska lze počátek odlesňování pro zemědělské účely datovat až do neolitu (LOŽEK 1999; OLOFSSON, HICKLER 2008). Tisíce let probíhající kultivace je pravděpodobně pořád klíčovým procesem ovlivňujícím půdu (WILIAMS 2000). Nicméně lesní půda, která byla dříve přeměněna na pole, louky a pastviny, může být znovu vrácena plnění funkcí lesa pomocí sukcese nebo umělým zalesňováním. V takových případech některé environmentální charakteristiky nových lesů stále odkazují na dřívější zemědělské hospodaření. Například orba a hnojení vedly ke zformování orničního horizontu a ke změnám v distribuci půdního organického materiálu (DOMŽAL et al., 1993). Tyto změněné půdní vlastnosti lze nalézt desítky a dokonce stovky let po zalesnění (SZUJECKI 1996; Ritter et al., 2003; MORRIS 2004; WALL, HYTÖNEN 2005; WALL, WESTMAN 2006; KOERNER et al. 1997; VERHEYEN et al. 1999; RICHTER et al. 2000; DUPOUEY et al. 2002) a lze je považovat za dědictví předchozí zemědělské kultivace. Například mocné minerální A horizonty s vysokým obsahem organické hmoty a fosforu, které jsou klíčovými faktory pro klasifikaci půd jako dříve kultivovaných (SINGER, MUNNS 1996), nám pomáhají prokázat aplikaci chlévské mrvy v minulosti (ELLERT, GREGORICH 1996; OHEIMB et al. 2008).

Většina nám dnes známých historických dokumentů popisuje značný hospodářský tlak lidské společnosti na lesy na území dnešní České republiky. Často jsou zmiňovány problémy s nedostatkem užitkového dříví v souvislosti s poklesem plochy lesní půdy během kolonizace našeho území. Ovšem jenom zřídka se hovoří také o opětovném zalesnění zemědělsky obhospodařovaných lokalit. První cílené zalesňování nelesní půdy u nás, o kterém se dochovala zmínka, se uskutečnilo v roce 1570, kdy byl za starou pražskou oborou oplocen nově vysázený lesík, jak je uvedeno v místodržitelenském přípisu ze 7. dubna 1571 (NOŽIČKA 1957). V 18. století je možno nalézt i první zmínky o zalesňovacích pokusech z roku 1755, kdy na valdštejnských panstvích v Čechách i na Moravě zalesňoval pozdější třebíčský polesný Fr. Barton (NOŽIČKA 1957).

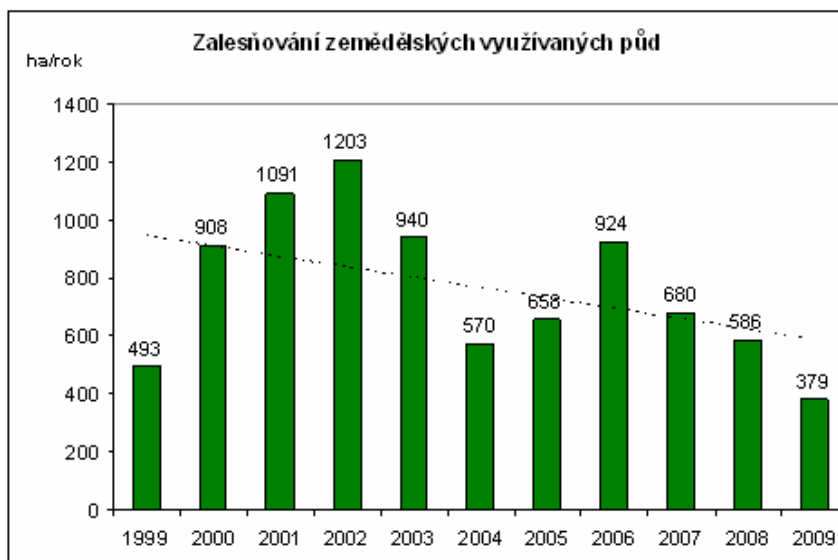
V osmdesátých letech 18. století jsou na panství Brandýs n. L. doloženy speciální pokusy novobydžovského lékaře Jana Bernarda Gregoriho, který se snažil zalesnit neplodné písčité půdy. S úspěchem využíval ke společnému výsevu se semeny dřevin sveřep, který dobře snáší

sucho, vlhko a chlad. Když se zasel s lesním semenem a uzrál, sám se vysemenil a další rok znovu vyklíčil a svým stínem chránil stromky do té doby, než ho přerostly a zadusily. Později rozvíjel Gregori svoji výzkumnickou činnost v Uhrách, kde vypracoval i meliorační opatření při zalesňování neplodných půd. Doporučoval přihnojení bahnem z močálů, mastnou hlínou z pastvin, smíchaným bahnem a hnojem (NOŽIČKA 1954).

V období před první světovou válkou se v Čechách pro zalesňování z jehličnatých dřevin nejvíce používala borovice lesní, smrk ztepilý a modřín, z listnatých dřevin nejvíce akát, ale také bříza a dub. Jako odolný jehličnan proti tlaku sněhu se využívala douglaska. Zalesňovalo se převážně sadbou, které předcházela důkladná příprava stanoviště. Síje se používala méně. Při výsadbě se upřednostňovala výsadba starších a školkovaných sazenic (LEMBERGER 1960). Začátkem šedesátých let 20. století byl naplňován „Generální plán zvelebení polního, lesního a vodního hospodářství“. Vedle delimitace zemědělského a lesního půdního fondu stanovoval vypracovat plány výsadby rychlerostoucích dřevin a ochranného zalesňování, které bylo naplánováno v rozsahu 135 000 ha. Lesnatost se tak měla v Česku zvýšit o 1,1 % na 32,8 %, na Slovensku o 5,4 % na 41,3 %. Plán byl však splněn jen asi na 50 %, v mnoha regionech bylo dokončeno pouze plánované ochranné zalesnění (LALKOVIČ, KRÁLÍK 1996).

Zákon č 53/1966 sb., o ochraně zemědělského půdního fondu stanovil, že pro účely zalesnění lze ze zemědělského půdního fondu odejmout jen ty pozemky, o nichž bude prokázáno, že jde o pozemky extrémně svažité nebo ohrožené erozí, pozemky kamenité, trvale zamokřené bez možnosti odvodnění, s nepatrnou hloubkou ornice nebo pozemky nepřístupné mechanizaci (Zákon č. 53/1966 Sb.) Po roce 1989 došlo ke změně legislativy a bylo umožněno zalesňování zemědělských půd bez omezení podle jejich kvality. Hlavní rozhodovací pravomoc o možnosti zalesnění pozemku získalo územní plánování v „Územních plánech“, které jsou zpracovávány pro jednotlivá katastrální území.

Jako podpora transformace zemědělství byl v roce 1994 vyhlášen dotační program podpory zalesnění méně produkčních ploch. Prognózy Českého institutu agrární ekonomiky v Praze uvažovaly o poklesu rozlohy zemědělské půdy ve prospěch lesní o cca 300 000 hektarů (ČERNÝ et al. 1995). Mezi lety 1999 až 2009 bylo zalesňováno s využitím dotačních prostředků v průměru necelých 770 ha zemědělsky využívané půdy ročně (obr.1).



Obr. 1: Rozsah ročně zalesněné zemědělsky využívané půdy s využitím dotačních titulů (zdroj: SZIF)

Do roku 2003 byly dotace poskytovány na základě programu vyhlášeného nařízením vlády č. 505/2000 Sb., ve znění nařízení vlády č. 500/2001 Sb. Dle těchto pravidel mohl být žadatelem o dotaci pouze vlastník zemědělského pozemku, nikoliv nájemce (na rozdíl od současných dotačních pravidel). Od roku 2002 pak byly pozemky rozdělovány do dvou kategorií podle vhodnosti k zalesnění. Tato úprava sledovala částečné omezení zalesňování kvalitních zemědělských půd. Kritériem bylo zařazení pozemku podle bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ).

### 3.1.1 Podmínky pro získání dotace

Aby mohl vlastník (nebo nájemce) pozemku žádat o dotační prostředky na zalesňování, musí splnit jimi předepsané náležitosti a souvislosti vyplývající z platné legislativy. Z hlediska zalesňovacích postupů je nejdůležitější podmínkou použit pro zalesňování stanovištně vhodné cílové a pro určený cílový hospodářský soubor meliorační a zpevňující dřeviny. Při této podmínce dotačních pravidel tak není možné pro zalesnění využít sukcesních procesů nebo výsevu či výsadby přípravných dřevin. Do roku 2013 pak lze na zalesňování čerpat dotační prostředky, které pro listnaté dřeviny činí dle kurzu k euru řádově 92 tisíc a pro jehličnaté 74 tisíc Kč na ha.

Dotační pravidla se obecně vždy odvolávají na v té době platnou legislativu, která svými ustanoveními přímo ovlivňuje vhodnost pozemků pro zalesňování. Ponecháme-li stranou pozemky ve zvláště chráněných územích, kde je rozhodnutí o vhodnosti pozemku k zalesnění

vázáno souhlasným stanoviskem příslušného orgánu ochrany přírody (zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny), je vlastník zemědělské půdy ve svém rozhodování omezen především zákonem č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu, zákonem č. 50/1976 Sb. o územním plánování a stavebním řádu a zákonem č. 289/1995 Sb. o lesích. Podle těchto předpisů jsou vydávána konkrétní stanoviska příslušných úřadů. Dostí přesným nástrojem pro určení vhodnosti pozemku pro zalesnění, v poslední době velmi důsledně používaným, jsou územní plány. Řada územních plánů však neřeší ve svých regulativech možnost zalesnění zemědělských pozemků na celém území, pro které byly zpracovány. V takových případech záleží na výkladu stavebního zákona jednotlivými úředníky. Pokud územní plán nezakazuje, ale také nepovoluje zalesnění pro daný pozemek, nezbyvá mnohdy jiná cesta než jeho změna, a to nebývá jednoduchý proces. Je tedy především na projektantech, kteří vytvářejí územní plány pro jednotlivá území, aby nezapomínali na zalesňování nelesních půd. Tento fakt se totiž může pro vlastníka půdy stát velmi nepříjemnou překážkou při získávání povolení k zalesnění.

Při převodu pozemku na les a pro splnění výše zmíněných dotačních pravidel se realizátor zalesnění setká s níže uvedenou legislativou:

**Zákon č. 289/1995 Sb.**, o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů;

**Zákon č. 149/2003 Sb.**, o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin) ve znění pozdějších předpisů;

**Vyhláška č. 29/2004 Sb.**, kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin;

**Vyhláška č. 139/2004 Sb.**, kterou se stanoví podrobnosti přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci a původu reprodukčního materiálu a podrobnosti, o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa;

**Vyhláška č. 83/1996 Sb.**, o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů;

**Zákon č. 114/1992 Sb.**, o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů;

**Zákon č. 100/2001 Sb.**, o posuzování vlivů na životní prostředí;

**Zákon č. 334/1992 Sb.**, o ochraně zemědělského půdního fondu;

**Zákon č. 50/1976 Sb.**, o územním plánování a stavebním řádu;

**Zákon č. 265/1992 Sb.**, o zápisech vlastnických a jiných práv k nemovitostem;

**Zákon č. 344/1992 Sb.**, o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon) s prováděcí vyhláškou č. 190/96 Sb.;

**Zákon č. 254/2001 Sb.**, o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

ŠPULÁK, KACÁLEK (2011) zdůrazňují, že zalesňování nelesních půd je i v současné době vnímáno v širším kontextu jako pozitivní opatření, ale stejně jako přeměna lesní půdy na jiné využití, je vždy významným zásahem do charakteru krajiny, a proto je potřeba k němu přistupovat citlivě a s koncepční rozvahou.

### **3.2 Charakteristika zájmového území a testovaných dřevin**

Experiment, ze kterého čerpá moje DP, jsem založil v přírodní lesní oblasti 26 – Předhoří Orlických hor. Stanoviště je typologicky klasifikováno jako kyselá bučina se šťavelem (přechodem k bohaté ekologické řadě) - 4K7, svěží bučina biková s ostřicí chloupkatou - 4S6, svěží jedlová bučina ochuzená - 5S6. Geologické podloží je tvořeno fylity a zelenými břidlicemi novoměstské série orlicko-kladské klenby (OPLETAL et al. 1980, OPLETAL, DOMEČKA 1983).

**Pro zalesnění nelesní půdy byly použity následující dřeviny:**

**Buk lesní** (*Fagus sylvatica L.*)

Buk je dřevina snášející i silný zástin. Proto také na příznivých stanovištích vytlačuje buk většinu ostatních dřevin, což vede ke vzniku čistých bučin (v našich podmínkách v nadmořských výškách 400 – 800 m). Na spodní hranici rozšíření se mísí s dubem a na horní se smrkem a jedlí (ÚŘADNÍČEK et al. 2001).

**Javor horský** (*Acer pseudoplatanus L.*)

Javor horský (klen) jako dřevina se srdčitým kořenovým systémem (ÚŘADNÍČEK et al. 2001) dobře zvládá konkurenci v kořenovém prostoru a je spíše stimulován přimíšenými dřevinami k výškovému a tloušťkovému růstu. Růst kleny může být nicméně ovlivněn také živinami, jak doložila WEBER-BLASCHKE et al. (2008) na pozitivním vztahu zvyšující se výšky a vyšších koncentrací dusíku a fosforu v listech. MAREŠ (2006) hodnotí klen jako rychlerostoucí listnáč, který je třeba na bohatých zemědělských půdách v rámci 4. a 5. lesního vegetačního stupně preferovat před jehličnatými dřevinami. Klen jako vynikající meliorační dřevinu popisuje PODRÁZSKÝ et al. (2011).

**Třešeň ptačí** (*Cerasus avium L.*)

Třešeň ptačí je světlomilný druh, snášející jen slabší zástin. Je dosti náročná na vláhu v půdě. Přirozeně roste na hlubších a živných půdách. V porostech je třeba ji držet v úrovni. Její hlavní význam je v ovocnářství, ale pro její cenné dřevo se v poslední době uvažuje o jejím rozšíření v lesnictví (ÚRADNÍČEK et al. 2001). Nabízí se zde tak autochtonní dřevina, která by se v určitých směrech mohla svojí efektivností přiblížit naší hlavní hospodářské dřevině – smrku. O vysoké efektivnosti pěstování třešně ptačí hovoří DAUGAVIETE (2000). Je vhodné ji využívat jako příměs do relativně levnějších (PULKRÁB 1998) výplňových dřevin s cílem využít ji k vytvoření dostatečně vysokého výnosu z dřevní suroviny jako relativně rychle rostoucí, stabilní a zdravotně bezproblémovou dřevinu, kterou by navíc bylo možné pěstovat v souladu s platnými právními předpisy na mnoha hospodářských souborech. Dle vyhlášky číslo 83/1996 Sb. lesního zákona, která určuje druhy dřevin při sestavování zalesňovacích projektů, je třešeň ptačí meliorační a zpevňující dřevina (dále MZD) pro cílové hospodářské soubory (dále jen CHS) 25, 31, 35, 45 a 55. Jedná se zpravidla o živná stanoviště od nižších do vyšších poloh. Výjimku tvoří CHS 31 – vysychavá a sušší acerózní a bazická stanoviště středních poloh. V hospodářských doporučeních podle hospodářských souborů a podsouborů (viz příloha Lesnické práce 1/97 Hospodářská doporučení), které rozpracovávají výše uvedenou vyhlášku, je třešeň navíc doporučována pro CHS 41 a 51. Pro všechny CHS je její zastoupení vyjádřeno znaménkem „+“, tedy přimíšená dřevina. To odpovídá jejímu postavení „cenného listnáče“, kterému je od výsadby věnována zvláštní pozornost cílového stromu. Třešeň by při ZZP dle mého názoru měla své místo i na kyselých CHS, protože nově zakládané porosty jsou typologicky zařazovány často podle sousedících smrkových monokultur, které v důsledku vlivu na růstové prostředí vykazují charakter kyselejších stanovišť, a toto zařazení pak neodpovídá skutečnému potenciálu stanoviště. To dokládají lokality s přirozenou sukcesí na dříve zemědělsky využívané půdě, kde se může při odlišné dřevinné skladbě vyvinout zcela jiná synuzie lesního podrostu. Tyto skutečnosti spolu s velmi zajímavým zpeněžením dřevní hmoty (PODRÁZSKÝ et al. 2002) naznačují výhodnost využití třešně ptačí při intenzivním lesním hospodaření, za které lze ZZP bezesporu považovat.

**Dub letní** (*Quercus robur L.*)

Dub letní je dřevina světlomilná. V požadavcích na vláhu musíme u dubu letního rozlišovat dva ekotypy. Běžně rozšířený ekotyp, který nalezneme zejména v lužních lesích, má značné nároky na vláhu. Druhý ekotyp se vyznačuje schopností růst na mělkých, v létě vysychavých

půdách. Je to však dřevina náročná na půdu a roste nejlépe na hlubokých a hlinitých půdách. Netvoří čisté porosty, jeho společníky jsou zejména jasan a jilm (ÚRADNÍČEK et al. 2001).

#### **Lípa malolistá** (*Tilia cordata* Mill.)

Lípa malolistá patří mezi stín snášející dřeviny našich lesů. Vyskytuje se proto typicky ve spodních patrech smíšených porostů, často i jen v křovité formě. Zastínění půdy bývá tak silné, že bylinná vegetace skoro chybí. Hlavní její stanoviště jsou na suťových svazích, kde roste často ve společnosti javorů, jasanu ztepilého, dubu zimního a habru, a lužní lesy, kde roste mimo dosah dlouhotrvající záplav s dubem letním, jilmy, jasanem, habrem a babykou (ÚRADNÍČEK et al. 2001).

#### **Jeřáb ptačí** (*Sorbus aucuparia* L.)

Jeřáb ptačí je světlomilná dřevina v mládí snášející zástin. Díky rychlému růstu v mládí snadno obsazuje holé, zabuřené plochy v lese a tvoří tak dočasné porosty na pasekách, podobně jako bříza. Má velké ekologické rozpětí, pokud jde o potřebu vody. Je to dřevina velmi odolná vůči klimatickým extrémům. Mimo kyselých doubrav a horských smrčín se také ujímá na dočasných stanovištích a nelesní půdě, kde má charakter průkopnické dřeviny (ÚRADNÍČEK et al. 2001).

#### **Smrk ztepilý** (*Picea abies* L.)

Smrk je světlomilná dřevina, snášející v mládí zástin. Jelikož má povrchovou kořenovou soustavu, je smrk značně náročný na půdní vlhkost. Na půdu a geologické podloží nemá smrk velké nároky. Při dostatečné vlhkosti osídluje i docela mělké půdy (ÚRADNÍČEK et al. 2001). Například ZATLOUKAL (2004) hovoří při ZZP o smrku do 5. lesního vegetačního stupně (dále LVS) jako o vhodné ekonomické „výplni“ porostů. Na jedné straně můžeme k zalesnění použít dřeviny s relativně nižšími náklady na zajištěnou kulturu a na druhé straně máme k dispozici dřeviny s vysokým hodnotovým potenciálem, který lze nicméně naplnit pouze za dodržení náročných pěstebních opatření (např. vysoké hektarové počty).

#### **Modřín opadavý** (*Larix decidua* Mill.)

Modřín je dřevina vyloženě světlomilná. Jesenický modřín se vyskytuje často ve směsi s jinými dřevinami. Nevyhovují mu vysychavé půdy a vyhýbá se oblastem s nižšími srážkami. Roste nejčastěji na čerstvých, hlubokých, zbělalých půdách, ale také na mělkých půdách suťových svahů s dostatkem vláhy (ÚRADNÍČEK et al. 2001). Ve srovnání s jinými



dřevinami je modřín často dřevinou vykazující nejlepší produkci v mladých porostech, a to i v horských podmínkách (PODRÁZSKÝ et al. 2003). WIMMER et al. (2005) potvrzuje, že modřín je i přes své přirozené rozšíření v horách oceňovanou dřevinou také při zalesňování a obnově lesů nižších poloh.

### **Douglaska tisolistá** (*Pseudotsuga menziesii* /Mirbel/ Franco)

Douglaska tisolistá je produkčně velmi zdatná dřevina. Douglaska je navíc v některých cílových hospodářských souborech (Příloha č. 4, vyhláška č. 83/1996 Sb.) uvedena jako meliorační a zpevňující dřevina. Pokud jde o meliorační funkci douglasky, je uváděn její nižší potenciál acidifikace půdního prostředí než u smrku ztepilého (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008), nicméně vyšší než u listnáčů (AUGUSTO et al. 2003). Douglaska může být považována za dřevinu, která nezhoršuje nadměrně půdní prostředí. Navíc lze předpokládat, že je vzhledem ke své růstové dynamice (OLIVER, LARSON 1996) vhodnou dřevinou pro zakládání smíšených porostů. Oproti tomu PODRÁZSKÝ, KUPKA (2011) uvádí, že se douglaska jeví jako dřevina s výraznou desukční funkcí a schopností využívat půdní vodu. To může přispívat k vysušení stanoviště a zvýšení vodního deficitu lokality. Z produkčního hlediska toho lze s výhodou využít při nahrazování smrku v nižších polohách, díky své větší toleranci k vlhkostním výkyvům a obecně efektivnějšímu využívání půdní vody (EILMANN, RIGLING 2010).

Příznivý vliv přihnojování hnojivem obsahujícím NKMg na růst a produkci douglasky tisolisté pěstované na nelesních půdách popisuje HEINSDORF et al. (2011). Přesto se u douglasky vyskytuje riziko ztrát na přírůstu. Zaostávání v růstu ve stádiu kultur pravděpodobně souvisí se stresem suchem (SINGER, MUNNS 1996). Mimo to se vyskytují ztráty ve vztahu k defoliaci způsobované houbami. Příznaky poškození popisuje a na možné nebezpečí sypavek při pěstování douglasky tisolisté upozorňuje PEŠKOVÁ (2003). Jiní autoři (MAGUIRE et al. 2011) se zabývali postižením douglasky švýcarskou sypavkou (*Phaeocryptopus gaeumannii* Rohde). Ztráty způsobované touto houbou považují za srovnatelné se ztrátami působenými ostatními defoliátory.

### **Jedle bělokorá** (*Abies alba* Mill.)

Jedle snese dlouhotrvající hluboký stín, aniž by ztratila na vitalitě. Jedle má značné nároky na vláhu a její rozložení během roku. Neroste na suchých stanovištích. Má vyšší nároky na obsah živin v půdě než smrk a vyžaduje také půdy hlubší. Špatně snáší silné zimní mrazy (ÚRADNÍČEK et al. 2001).

**Jedle obrovská (*Abies grandis* Lindl.)**

Z hlediska našich podmínek je na rozdíl od naší jedle bělokoré méně náročná na zástín (BEZECNÝ et al. 1981). Jedle obrovská patří ke dřevinám s nejvyšším potenciálem produkce v podmínkách střední Evropy. Na některých stanovištích s uléhavějšími půdami může předstihnout i douglasku, která je jinak bezkonkurenčně nejproduktivnější u nás pěstovanou dřevinou.

Jedle obrovská se vyznačuje rychlým růstem, produkcí značného množství dříví a výrazným krajinářským a parkovým využitím (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007a).

Z uvedených údajů je zřejmé, že pro zakládání porostních směsí na nelesních půdách je k dispozici řada dřevin s rozdílnými nároky na půdu, světlo, vodu a další stanovištní podmínky. To je nutno brát v úvahu při výběru dřevin pro konkrétní stanoviště a volbě jejich prostorového uspořádání.

### **3.3 Prostorové uspořádání dřevin**

#### **3.3.1 Odlišnosti zalesňování**

Jedním z největších specifíků ZZP ve vazbě na závazná ustanovení lesního zákona je možnost nevyžadování dodržení ustanovení o maximální velikosti holiny. Tato skutečnost v sobě skrývá nebezpečí vzniku nesmíšených porostů (např. smrkových monokultur), které svou výměrou výrazně přesahují 1 ha. Tato situace může nastat na nově zalesňovaných pozemcích i v dnešní době. Z hlediska stability a zdravotního stavu lze naopak doporučit pestřejší smíšený porostu.

KANTOR a HURT (2009) považují v podmínkách 2. a 3. lesního vegetačního stupně (LVS) za mimořádně důležitou skutečnost, že zpočátku nevýznamný podíl jednotlivě přimíšených a vtroušených dřevin může zajistit existenci, popřípadě i produkci a stabilitu lesních ekosystémů. Dále také uvádějí, že nelze kategoricky zcela vyloučit smrk z cílové druhové skladby na kyselých i živných stanovištích 3. a 4. LVS jako produkčně významnou přimíšenou dřevinu. Jednoznačně doporučují jednotlivou formu smíšenou a na základě principu „předběžné opatrnosti“ limitují podíl smrku na zastoupení dřevin v těchto podmínkách do 30 až 40 %. Jednotlivou formu smíšenou považují za výhodnou i při ZZP, neboť ji lze využít pro vysoce produkční dřeviny, které nemohou dominovat v cílové druhové skladbě. Jemnější

formy přimíšení lze s výhodou využít i pro meliorační a zpevňující dřeviny a umožnit tak vznik stabilnějších porostů na relativně větší ploše porostu. Na nevýhody jednotlivého smíšení upozorňuje ŠINDELÁŘ (1997), který poukazuje na možnost, že heterogenní složení porostu může mít negativní vliv na průběžnost kmene dřevin se sympodiálním systémem větvení (např. buk, dub a lípa). Tyto dřeviny inklinují k vidličnatosti korun. Nevýhodou jednotlivé formy smíšení jsou pak také větší náklady na ochranu dřevin na větší ploše a větší náročnost výchovných zásahů.

Také SANDER, MEIKAR (2009) považují modřín a douglasku za slibné pionýrské dřeviny pro zalesňování zemědělské půdy.

PODRÁZSKÝ (2006) doporučuje zakládání smíšených porostů z hlediska vyrovnané bilance živin, zejména při výsadbě dřevin s vysokými nároky na výživu. Dále uvádí, že rovněž dřeviny s předpokládaným negativním dopadem na stav půd je výhodné vysazovat a pěstovat ve směsích. Tím je zajištěna prevence půdní degradace, a jelikož se zároveň jedná o druhy náročnější na nabídku živin, je podpořena i jejich produkce.

BOMMER et al. (1999) popisuje pěstování douglasky tisolisté ve smíšených porostech s bukem lesním, kde dosahuje douglaska oproti nesmíšeným porostům lepších přírůstků. Při intenzivním zápoji douglasky dochází k chřadnutí buků. Silný konkurenční tlak douglasky tisolisté v kořenovém prostoru na buk lesní popisuje i HENDRIKS et al. (1995). Ve smíšeném porostu buku a douglasky dokládá prokazatelně delší jemné kořeny než v čistých porostech, což dle jeho názoru potvrzuje silný konkurenční tlak vytvářený douglaskou.

LOKVENC a CHROUST (1987) uvádějí, že smrk a břízu nelze pěstovat ve směsích, ale vedle sebe. Vhodné je vytváření účelově dimenzovaných a orientovaných pruhů nebo skupin břízy, které mohou poskytnout účelný ekologický kryt kultuře citlivějšího smrku. Ztráty smrku za třináct let od založení kultury dosáhly 3 % v kultuře, kde byla bříza trvale likvidována, v kultuře s mladší břízou 5 % a v kultuře, kde byla bříza ponechána přirozenému vývoji 13 %. Výčetní kruhová plocha smrkové mlaziny po 9 letech pod zápojem břízy klesá více než na 1/2 ve srovnání s mlazinami, kde byla bříza buď zcela nebo alespoň dostatečně likvidována. Biomasa 9 let staré kultury smrku je po přepočtu na ha 2,4 krát větší oproti kultuře rostoucí pod zápojem břízy.

O efektivním míšení různě velkých skupin stinných a slunných dřevin hovoří KOŠULIČ (2006). Dále uvádí, že zvláště z porostů na vysoce úrodných půdách jsou známé i velmi produktivní porosty z jednotlivě promíšených dřevin. FREIS (1991) nedoporučuje rozvíjet příliš pestré porostní směsi, které jsou pěstebně velmi náročné, ale doporučuje maximálně čtyři dřeviny pro tvorbu kvalitní směsi. KLÍMA (2010) uvádí, že i velmi pestrá směs se během

vývoje redukuje jednak z důvodu výchovných zásahů a jednak zřejmě i z důvodu měnících se podmínek růstového prostředí, kdy se vyselektují jen ty druhy, které jsou schopny v dané konkurenci obstát, a nebo odpovídají daným nárokům lesníka. Tyto závěry potvrzuje zvláště sledování neprobíraných ploch a porovnání s plochami obhospodařovanými.

Při obnově kalamitních ploch je porostní směs výsledkem volby dřevin a jejich rozmístění po ploše. Z hlediska časové úpravy jsou při zalesňování velkoplošných holin postaveny všechny druhy dřevin na stejnou úroveň. V přírodních lesích byla porostní směs vždy jednoznačnou časoprostorovou záležitostí, např. stinné dřeviny se přirozeně (pod clonou porostu) obnovovaly s časovým předstihem, skladba částí lesa se vyvíjela v čase v závislosti na přirozeném věku dožití jejích složek (jednotlivých dřevin). Proto ani respektování přirozené skladby při tvorbě porostních směsí není při jednorázovém zalesnění zárukou úspěšnosti. Když nelze při zalesnění významněji ovlivnit faktor času, je nutné reagovat prostorovým řešením. Při rozhodování o uspořádání porostní směsi je vhodné vzít v úvahu i nároky mladých dřevin na světlo. Pokud očekáváme od přimíšených dřevin vedle funkce meliorační také funkci zpevňující a produkční, měly by být tyto dřeviny zastoupeny v úrovni. Pro tyto dřeviny je potom vhodnější volit minimálně hloučkovité nebo skupinové míšení dřevin ve vhodném uspořádání na zalesňované ploše (POLENO et al. 2009).

Pro pěstování třešně ptačí doporučuje většina autorů (GAVALAND, GAUVIN 1997, KERR 2004, ZATLOUKAL 2004, KUPKA 2005, GAVALAND 2006) jako výplňovou dřevinu listnatou dřevinu s obdobnými růstovými charakteristikami (např. javor, jasan, buk, olši, atd.). Jako výplň mohou být nicméně použity i pro tento účel netradiční dřeviny (např. smrk), které mají relativně menší náklady na zajištěnou kulturu (PULKRÁB 2003, KACÁLEK et al. 2006) a jsou pro mnoho vlastníků přijatelnější z hlediska náročnosti pěstování

HURT (2012) uvádí, že potenciální kvalitní jedinci lípy, jeřábu břeku a třešně ptačí musí mít ve směsi s dubem přinejmenším postavení jednotlivě přimíšené úrovňové dřeviny. Hloučkovité, popř. skupinové smíšení je z pěstebního hlediska nevhodné. Tyto dřeviny, tedy pokud mají sloužit k produkci cenných sortimentů, musí být navíc od mládí pěstovány s dostatečným výškovým náskokem v úrovni a nadúrovni. Pro výchovnou funkci a dostatečné čištění kmene lze na těchto stanovištích s výhodou využít jedince habru a lípy. Z uvedených údajů vyplývá, že dřevinná skladba poskytuje řadu možností jak maximalizovat výnosy z dřevoprodukční funkce, ale může mít případně i negativní dopady na ostatní funkce porostů první generace lesa. Proto je nutno jí věnovat náležitou pozornost.

### **3.3.2 Hektarové počty dřevin a ochrana kultur**

Minimální hektarové počty jsou u nás pro jednotlivé dřeviny upraveny legislativou – vyhláška 139/2004 Sb. lesního zákona. Na potřebu zajištění velké hustoty zakládaných porostů pro dosažení vysoké kvality dřevní produkce upozorňuje MAUER (2006), legislativou stanovené minimální hektarové počty vedou k vytváření nízko nasazených korun a netvárných kmenů. DOBROVOLNÝ (2011) považuje při dostatečně rovnoměrném zmlazení za ještě akceptovatelnou hustotu pro vývoj kvalitních porostů minimálně 15 tis. jedinců na ha. Té lze dosáhnout do vzdálenosti přibližně 20 m od mateřského stromu, tzn. přibližně dvojnásobku šířky koruny.

Za výraznější faktor v rychlosti zapojování kultur smrku pěstovaného ve čtvercových sponech od 50 cm do 280 cm považuje KRIEGEL (1990) odstraňování buřeně. Buřeň zastíněním spodních přeslenů brání v růstu a nejdější větve se pak nacházejí až nad buření. Doba, o kterou se vývoj zpozdil, byla závislá na výšce a hustotě konkurující buřeně, u smrku ztepilého se pohybovala od 3 roků v předhoří Šumavy do 0 roků ve vysokohorských imisních polohách.

BIRING et al. (2003) popisuje pozitivní efekt pravidelného vyžínání na růst a ujmavost sazenic smrku oproti kontrolní nevyžínané variantě. Nejlepších výsledků dosáhla varianta s aplikací chemických přípravků. Obdobné kladné výsledky vyžínání a chemické ochrany na přírůst prezentují také MALLIK et al. (2002) při pokusech s osikou, třešní a olší.

POLENO et al. (2009) považují vyžínání kultur douglasky za efektivnější než kultur smrku, protože douglaska je náročnější na světlo a je sázena na sušší stanoviště než smrk. Kryt přízemní vegetace může však působit na vysazené stromky příznivě, kdy může bránit jejich přehřátí a může výrazně omezit výsušné větry. Nicméně negativní efekt vegetace na půdní vlhkost dokládá KOLB et al. (1990). Tito autoři měřili půdní vlhkost v 10 cm na stanovišti s jihovýchodní expozicí. Doložili, že v podmínkách krytu travní vegetace nebo kapradin vykazovala půda menší vlhkost než půda v podmínkách bez vegetace. Je pravděpodobné, že námi zjištěné rozdíly vlhkosti půdy ve svrchních 5 cm mají vztah spíše k fyzikálnímu výparu než k přítomnosti vegetace. SINGER, MUNNS (1996) totiž uvádějí, že vodu v půdě lze šetřit odstraněním rostlin, což je v souladu se zjištěními, která přinesl již dříve KOLB et al. (1990). Zkušenosti s douglaskou z oblasti Středomoří, kde lesní hospodáři čelí mnohem více problémům s nedostatkem vody, ukazují i další možnost podpory přežívání, kterou je mechanická příprava půdy při výsadbě (FONSECA et al. 2011). Tito autoři konstatovali

nejvyšší mortalitu před i po období sucha u výsadb s nejmenší intenzitou narušení půdy a nejnížší mortalitu na středně silně narušené půdě.

Plastové chrániče podporují výškový růst sadebního materiálu v prvních letech po výsadbě a omezují tloušťkový přírůst (MCCREARY et al. 2002). Dále upozorňuje na nebezpečí deformací růstu při časném odstranění opěrných kůlů, které tvoří statickou oporu stromků s narušeným štihlým kvocientem. Obdobné výsledky přináší i CHAAR et al. (2008) při sledování štihlého kvocientu dubů rostoucích v plastových chráničích, který uvádí problémy se stabilitou takřka u poloviny sledovaných dubů.

Nejen správné založení kultury na nelesní půdě, ale i náležitá péče o ni v prvních letech po výsadbě přispívá k získání kvalitního a stabilního porostu s vysokým ekologickým a ekonomickým potenciálem.

### **3.4 Vztah dřevin a půdy**

#### **3.4.1 Obnova lesního prostředí po zalesnění zemědělské půdy**

Během zemědělského obhospodařování (pastvení, kosení, orba apod.) byly vlastnosti kultivovaných půd značně odchýleny od potenciálně přírodního stavu. Například diagnostickým rysem orných půd je zformování orničního horizontu, který přetrvává i dlouhou dobu po opětovném zalesnění (SZUJECKI 1996). Zemědělské půdy jsou méně acidifikované než lesní půdy a vykazují rozdílnou distribuci organické hmoty (DOMŽAL et al. 1993). Přesto BEDRNA (2002) považuje zemědělsky využívané půdy za nedílnou součást pedosféry, zformovanou v důsledku záměrné činnosti člověka označované jako tzv. antropizace půdy. Antropizaci pak dále dělí na pozitivní (meliorace) a negativní (degradace). K melioračním opatřením můžeme řadit orbu nebo umělé dodávání organických látek a minerálních živin, zatímco degradaci půdy v důsledku zemědělského hospodaření je např. zhutnění podorničních vrstev a s tím související snížení objemu makropórů (VOMOCIL, FLOCKER 1961, ALAKUKU 1999) nebo eroze. Opětovným zalesněním dochází ke změně kultury, a to se přirozeně odráží také na vlastnostech půd. Z lesnického hlediska je nejvýraznějším rysem obnovy lesního půdního prostředí zformování horizontů nadložního humusu vzniklého opadem a rozkladem listové biomasy; analogicky je také biomasa kořenů zdrojem organického materiálu pod povrchem půdy. Nejvýznamnějším rysem odlišujícím tyto půdy od dlouhodobě lesních stanovišť je absence nadložního humusu (TORREANO 2004).

V podmínkách našich smrkových porostů založených na bývalé zemědělské půdě byla například zjištěna akumulace sušiny v humusových horizontech (L+F+H) 80 – 100 t.ha<sup>-1</sup> v 39 letech věku (SLODIČÁK et al. 2005) a 124 – 132 t.ha<sup>-1</sup> v 66 letech věku (Novák et al. 2007). Tato organická hmota je dále zpracovávána půdními mikroorganismy, které tvoří nedílnou součást půdní bioty (SINGER, MUNNS 1996). Z hlediska zakládání a pěstování lesních porostů na bývalé zemědělské půdě je podstatné, po jakou dobu mohou specifické vlastnosti zemědělských půd získané kultivací přetrvávat a ovlivňovat nově založené lesy, tedy zda dochází k obnově lesního půdního prostředí již během první generace zalesnění nebo až později. Z publikovaných prací vyplývá, že i když některé rysy půd pod porosty první generace lesa svědčí o obnově stavu blízkého lesním půdám, mohou půdní vlastnosti získané kultivací přetrvávat nejméně desítky (SZUJECKI 1996, RITTER et al. 2003, WALL, HYTÖNEN 2005, WALL, WESTMAN 2006), často však i stovky let (KOERNER et al. 1997, DUPOUEY et al. 2002). S postupným odrůstáním kultury dochází k nástupu změn také v bylinném patře. BRÄKENHJELM (1977) uvádí, že významným faktorem pro změnu keřového a bylinného podrostu pod smrkovými porosty je vytvoření porostního zápoje. Druhy podrostu ubývají a dočasně narůstá relativní význam patra mechorostů a lišejníků; i ty jsou pod úplným zápojem zastoupeny velmi řídko. Při dalším postupném prořezávání porostu se mechy a lišejníky vracejí a nastává kolonizace typicky lesními druhy vegetace. Ze srovnání sousedních ca 20letých porostů břízy a smrku vyplynula ve zmiňované studii vyšší druhová bohatost podrostu pod břízou. Byly provedeny i pokusy s přenosem bylinné vegetace z lesní půdy do porostů na bývalé zemědělské půdě.

Organický materiál na povrchu se formuje během růstu lesního porostu, jak dochází k tvorbě zápoje. Tato vrstva je důležitým zdrojem organického materiálu pro půdu. Během určitého období dochází k akumulaci materiálu (opadu) skládajícího se z rostlinných pletiv. Tento materiál je označován jako nadložní humus (BRIGGS 2004). Jak dochází k rozkladu nadložního humusu, vytváří se horizonty jako opad, drť a měl typické pro lesní půdu. Přítomnost povrchových organických vrstev je základním znakem odlišujícím lesní půdu od zemědělské (BRIGGS 2004). Zemědělská kultivace vede v naprosté většině případů ke ztrátě výše zmíněných vrstev nadložního humusu.

### **3.4.2 Půdní chemismus**

Nejlépe měřitelné změny půdního chemismu vlivem odlišného nadložního humusu na bývalých zemědělských půdách zalesněných různými druhy dřevin se týkají zejména svrchních půdních horizontů. To potvrzují BINKLEY a VALENTINE (1991), kteří našli podstatně kyselejší půdu ve svrchních pěti centimetrech půdy pod smrkem ve srovnání s vejmutovkou a jasanem pensylvánským. Navíc smrkové porosty vykazovaly ve vrstvě do 15 cm poloviční množství bazických kationtů (Ca, Mg, K) ve srovnání s porosty jasanu. Relativně vysoké acidifikační účinky opadu vejmutovky popisuje PODRÁZSKÝ a KUPKA (2011). Podobné srovnání účinků různých dřevin na svrchní vrstvu minerální půdy uvádějí HAGEN-THORN et al. (2004). Smrk opět nejvíce acidifikoval svrchní vrstvu půdy, která vykazovala nižší saturaci bázemi a vyšší úroveň kationtů hliníku. Z listnatých dřevin byl smrk nejblíže buk a nejdále lípa s významně vyšším pH a saturací bázemi. Nové zalesňování jehličnany ve vyšších polohách Skotska jako hlavní důvod signifikantního poklesu půdního pH, kvality a koloběhu organické hmoty uvádí také GRIEVE (2001). Rovněž ALRIKSSON a OLSSON (1995) hodnotili acidifikaci půdy pod smrkovými porosty první generace různého stáří. Nalezli významně nižší hodnoty pH a saturace bázemi ve svrchní části profilu pod staršími (40 a 55 let) než mladšími (20 let) porosty. Ritter et al. (2003) také konstatovali pokles pH ve svrchních 5 cm půd pod smrkem i dubem různého stáří, ale jako významnější faktor ovlivňující půdu, než jsou dřeviny použité pro zalesnění, stanovili způsob jejího předchozího využití. Smrk se lišil od dubu nepřetržitě se zvyšující akumulací pokryvného humusu, zatímco pod dubem se po dvacátém roce věku jeho množství už dále nezvyšovalo. Ve studii bylo konstatováno, že zalesnění významně modifikuje vlastnosti půdy získané kultivací.

O vyšší akumulaci pokryvného humusu pod jehličnany (smrk i modřín ca 45 t.ha<sup>-1</sup>) než pod listnáči (dub červený a bříza ca 13 t.ha<sup>-1</sup>) referovali také PODRÁZSKÝ a ŠTĚPÁNÍK (2002). Ačkoliv efekt snížení pH našli pod všemi porosty, nejvýraznější acidifikace byla konstatována u modřínu. Pokles pH svrchní části půdního profilu v důsledku zalesnění se týká nejen našich domácích dřevin. Tak například u výsadby borovice montereyské dosahovalo zvýšení kyselosti do hloubky 10 cm (FARLEY, KELLY 2004) a u výsadby eukalyptu byla acidifikace alkalických půd temperátních pamp zjištěna ve vrstvě 5 – 35 cm (JOBÁGY, JACKSON 2003). SZUJECKI (1996) konstatoval nižší pH pokryvného humusu o ca 0,25 u zalesněné zemědělské půdy ve srovnání s odpovídající lesní půdou; ve svrchní vrstvě minerální půdy byl tento rozdíl ještě větší (0,5 – 1,0 pH). Při rozsáhlejších zalesňování



zemědělských půd může být také postupným zvyšováním acidifikace a nitrifikace pod nově vznikajícími porosty významně ovlivněna kvalita podzemních vod - vyčesáváním atmosférických polutantů a částečně zvýšenou depozicí značně kyselého opadu (ALLEN, CHAPMAN 2001).

Vedle acidity a saturace bazickými kationty jsou velmi významnými ukazateli půdních změn koncentrace a kvantita uhlíku a dusíku. Lesní půdy obvykle obsahují více uhlíku a dusíku než srovnatelné nelesní půdy. Stejně tak byla nalezena vyšší koncentrace rozpuštěného organického uhlíku v půdní vodě lesních porostů (WU JIANG GUO, XU DE YING 2005). Celkové obsahy uhlíku a dusíku v půdě jako celku nejsou velké v porovnání s obsahy ve stromech. Akumulace uhlíku a dusíku v biomase zalesněných zemědělských ploch však nepřináší pokles obsahu těchto prvků v půdě (OVINGTON 1956, RITTER et al. 2003). Společným rysem pro zalesněné dříve kultivované půdy bylo snížení poměru C:N ve srovnání s odpovídajícími nedotčenými lesními lokalitami (ELLERT, GREGORICH 1996, KOERNER et al. 1997, COMPTON, BOONE 1998) nebo odlesněnými neoranými (PRÉVOSTO et al. 2004) nebo mrvou přihnojovanými (JUSSY et al. 2002) půdami. Některé ukazatele svědčí o zvýšené zásobě dusíku v dříve kultivovaných půdách (SZUJECKI 1996), která je připisována zejména přihnojování chlévskou mrvou (KOERNER et al. 1997, JUSSY et al. 2002, PRÉVOSTO et al. 2004). Jak uvádí RICHTER et al. (2000), obohacení půdní organické hmoty o dusík přihnojováním při dřívějším zemědělském hospodaření dnes stále významně přispívá do koloběhu dusíku v mnoha lesích na bývalých polích. Navzdory dalšímu příjmu dusíku z atmosférické depozice a pozůstatkům přihnojování však tento autor kvalifikoval 40leté borové porosty na bývalé zemědělské půdě jako akutně deficitní z hlediska zásobení dusíkem. Před zahájením výsadby na opuštěných zemědělských pozemcích je tak vždy nutné přesvědčit se chemickými rozbory o jejich aktuálním stavu (GILMORE, BOGGESS 1963).

Pokud jde o obsah uhlíku ve formě CO<sub>2</sub>, BYRNE a FARREL (2005) publikovali studii situovanou do oblasti rašelinných půd v Irsku, kde zjistili, že zalesnění nevede vždy ke zvýšení emise CO<sub>2</sub> v půdě. Naopak bývalé zemědělské půdy určené k zalesnění vykazují vysoký potenciál poutání vzdušného CO<sub>2</sub> na stanovišti pomocí většinou rychlého nárůstu biomasy (např. ERIKSSON, JOHANSSON 2006).

### **3.4.3 Fyzikální vlastnosti půdy**

V důsledku zemědělského hospodaření dochází ke snížení objemu velkých vzdušných pórů v půdě (VOMOCIL, FLOCKER 1961). Nízká aerace půdního profilu způsobená přemokřením půdy vede k oglejení a představuje riziko hypoxie pro kořeny dřevin již v hloubkách pod 10

cm (WALL, HEISKANEN 1998, 2003). Trend výskytu vyšší objemové hmotnosti s nižším podílem makropórů u zemědělsky využívaných půd potvrzují také MESSING et al. (1997). Zhutnění je významným procesem degradujícím zemědělské půdy jak v horizontech ornice (DOMŽAL et al. 1993), tak i podorniči (STANTURF et al. 1998, ALAKUKU 1999) a je častým důsledkem pojezdu mechanizace. Vzniká tak problém snížené prostupnosti profilu pro kořeny dřevin a to nejen z pohledu mechanické prostupnosti, ale zejména již zmíněného rizika hypoxie. RANEY a EDMINSTER (1961) uvádějí, že kriticky snížená aerace brání pronikání kořenových špiček do půdy více než vlastní kompakce půdy.

Geologické, geomorfologické a pedologické poměry limitující růst dřevin musí být brány v úvahu při výběru dřevin, zejména u těch druhů, které vykazují nejlepší růst v úzkých segmentech edafických gradientů (COGLIASTRO et al. 1997, 2003). Půdní poměry pak významně ovlivňují stav výživy vysázených dřevin (např. HYTÖNEN, EKOLA 1993).

Textura neboli zrnitost udává zastoupení (%) jednotlivých půdních frakcí, na základě kterého jsou stanovovány jednotlivé půdní druhy. Využívána je především jako jedna z charakteristik úrodnosti půd a dále jako kritérium třídění pro hodnocení ekologických vlastností (NĚMEČEK et al. 2001, HAUPTMAN et al. 2009). Podíl zrnitostních frakcí má dopad na proudění vody v půdě. SINGER a MUNNS (1996) a PERRY et al. (2008) uvádějí, že půdy hrubě zrnité (písčité) vykazují vyšší hydraulickou vodivost v podmínkách blízkých nasycení půdy vodou. Nicméně jak půda vysychá, v prostředí nenasyčeném vodou je hydraulická vodivost u půd s jemnější texturou (vyšší obsah jílu) vyšší.

#### **3.4.4 Mykorrhiza**

Nedílnou součástí půdní bioty jsou také houby. ZELLER et al. (2000) uvedli, že podle kvantitativních parametrů obsahu ergosterolu v půdě, jako zástupného ukazatele biomasy hub, nižší obsahy této látky je možné přičítat intenzitě hospodaření. TURGAY, NONAKA (2002) potvrzují nižší obsah ergosterolu na intenzivně obdělávaných půdách oproti půdám pastvin a lesů. Z tohoto pohledu je důležitým znakem obnovy lesního prostředí tvorba mykorrhiz na kořenech lesních dřevin. Obnova mykorrhiz je důležitá zejména kvůli ustavení ektotrofní stability lesa (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). V podstatě se jedná o dlouhodobé udržení vhodného poměru druhů hub ve prospěch ektomykorrhizních (nad 40 %) proti lignikolním (pod 30 %) makromycetům. PERRY et al. (1987) hovoří o možné redukci tvorby mykorrhiz také v podmínkách trvalé lesní půdy na lokalitách (zejména chudší půdy) s nedostatkem rostlin nesoucích stejné mykorrhizní houby (mykobionty) jako odpovídající lesní dřeviny v případě opožděné obnovy na holé seči. PEŠKOVÁ et al. (2011) zjistila při porovnávání mykorrhizních

poměrů zalesněných bývalých zemědělských půd a dlouhodobě lesních půd překvapivě neprůkazné rozdíly mezi výskytem jednotlivých mykorrhiz.

V případě umělé obnovy sadbovým materiálem ze školek prokázali lepší prosperitu semenáčků dřeviny s druhově bohatšími mykorrhizami stanovištně odpovídajících hub. Nedostatek vhodných mykobiontů může být řešen i založením porostů přípravných rychle rostoucích dřevin (vrby, topoly), jejichž mykorrhizy pomohou později dalším výsadbám dřevin s nízkým potenciálem tvorby ektomykorrhizy (KAHLE et al. 2005). Přirozený výskyt druhově specifických hub v určitých oblastech přispívá k obnově mykorrhizy původně nelesních půd i v tak stanovištně extrémních podmínkách, jako jsou rekultivované výsypky povrchových dolů, jak na příkladu borových porostů dokládá mj. MÜNZENBERGER et al. (2004).

### **3.4.5 Vyšší obsahy živin**

Příprava půdy pro účely zemědělského hospodaření znamená zejména optimalizaci zásoby živin a úrovně pH pomocí melioračních postupů jako přidání přírodních i umělých hnojiv. Například celosvětově velmi důležitým kulturním opatřením je optimalizace zásoby fosforu, protože téměř všechny půdy ho mají přirozeně nízkou zásobu v rostlinám přístupných formách. Z toho důvodu jeho zvýšený obsah lze využít jako důkaz záměrného ovlivnění půdního prostředí zemědělstvím v minulosti (BEDRNA, 2002). Bývalé zemědělské půdy (KOERNER et al., 1997; FALKENGREN-GRERUP et al., 2006; ARMOLAITIS et al., 2007; OHEIMB et al., 2008; VALTINAT et al., 2008) a současně obdělávané půdy (ELLERT, GREGORICH 1996; SMAL, OLSZEWSKA 2008, PODRÁZSKÝ et al. 2009) ukazují, že jsou stále lépe zásobeny fosforem ve srovnání s nekultivovanými půdami. Vyšší koncentrace vápníku dokládají WALL, HYTÖNEN (2005), kteří také hodnotili zalesnění smrkem ve Finsku. Jednou z nejvýznamnějších charakteristik indikujících obnovu lesního půdního prostředí je pH. Lze říci, že hodnota pH půdy po zalesnění klesá (GRIEVE 2001; THUILLE, SCHULZE 2006). A smrk ztepilý patří ke dřevinám, které přispívají ke zvýšené acidifikaci půdy (BINKLEY, VALENTINE 1991; BRANDTBERG et al. 2000; PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK, 2002; AUGUSTO et al. 2002, 2003; HAGEN-THORN et al. 2004). Faktorem v procesu acidifikace může být také věk porostu. Mnozí autoři (ALRIKSSON, OLSSON 1995, RITTER et al. 2003, WALL, HYTÖNEN 2005, CERLI et al. 2006, SMAL, OLSZEWSKA 2008) potvrdili významnou roli věku porostu, když našli nižší pH nadložního humusu a půdy pod staršími porosty ve srovnání s mladšími zalesněními. Na druhou stranu De KEERSMAEKER et al. (2004) tuto korelaci mezi věkem a pH nenalezl.

### **Poměr uhlíku a dusíku**

Tato charakteristika půdy se jeví jako velmi dobrý indikátor stupně dekompozice humusu a zároveň kvality půdní organické hmoty (BATJES 1996). Surový nadložní humus má v iniciálním stadiu akumulace vysoký poměr C/N, protože organická vrstva pokrývající půdu se skládá zejména z nerozložených asimilačních orgánů, květů, větviček a kůry (BRIGGS 2004; THUILLE, SCHULZE 2006), které mají vysoký obsah uhlíku. Jak dochází postupně k rozkladu tohoto rostlinného materiálu, hodnota C/N klesá a zlepšuje se dostupnost dusíku (SINGER, MUNNS 1996). Během rozkladu je respirací uvolňován CO<sub>2</sub>, čímž se z materiálu ztrácí, zatímco setrvávající dusík vede ke snížení C/N formujícího se humusu (ŠIMEK 2003). Při porovnání C/N svrchní minerální půdy na dlouhodobě lesních a zalesněných stanovištích, mnoho autorů (ELLERT, GREGORICH 1996; KOERNER et al. 1997; COMPTON et al. 1998; JUSSY et al. 2002; RITTER et al. 2003; PRÉVOSTO et al. 2004; OHEIMB et al. 2008; SMAL, OLSZEWSKA 2008; VALTINAT et al. 2008) našlo významně nižší hodnoty v bývalé zemědělské půdě ve srovnání s lesní půdou.

### **Množství nadložního humusu**

Vrstva organického materiálu tvořící nadložní humus je pravděpodobně zásadním rysem lesních půd (TORREANO 2004). Tento nadložní humus kryjící minerální půdu se vyvíjí od počátku opadu v mladých lesních porostech. Tato iniciálně akumulovaná vrstva nemůže být nicméně považována za kompletně zformovaný nadložní humus, protože sestává zejména z málo změněného odumřelého rostlinného materiálu. Tato organická vrstva se v mladých smrkových porostech objevuje přibližně deset let po zalesnění. OUMET et al. (2007) dokládá začátek akumulace nadložního humusu v přibližně stejném věku. Trend zvýšeného množství povrchového humusu byl již několikrát dokumentován ve vztahu k zvyšujícímu se věku porostu (DE KEERSMAEKER et al. 2004; CERLI et al. 2006, 2008; NIU, DUIKER 2006; OUMET et al. 2007). Při porovnávání mladších lesních porostů na bývalé zemědělské půdě s dlouhodobými lesními stanovišti s alespoň přírodě blízkým charakterem si rozdílů ve hmotnosti sušiny povšimli PODRÁZSKÝ a REMEŠ (2007), PODRÁZSKÝ a PROCHÁZKA (2009). Další autoři doložili rozdíly v mocnosti nadložního humusu a zásobě uhlíku a dusíku (ALRIKSSON, OLSSON 1995; THUILLE, SCHULZE 2006; OHEIMB et al. 2008a RITTER et al. 2003).

### **3.5 Efektivnost zakládání porostů první generace lesa**

#### **3.5.1 Alternativní způsoby zalesňování**

Celkovou efektivnost zalesňování ovlivňuje mimo volby druhové skladby dřevin i zvolený typ sadebního materiálu a použité hektarové počty. Jednou z variant možné úspory nákladů na zalesnění je použití poloodrostků a odrostků. VLKANOVA (2012) uvádí, že i když se zdají náklady za sazenice odrostků (120 cm+), vlastní výsadbu, ukotvení dřevin kůly a upevnění individuální ochrany proti škodám zvěří vysoké (225 Kč/ks), celkové hektarové náklady vycházejí jen mírně vyšší z důvodu výsadby pouze cílového počtu sazenic, jehož počet bude do dospělosti jen nepatrně upravován. V průběhu pětileté péče o tyto výsadby dochází i k úsporám za nerealizované nátěry proti škodám zvěří. Celkové průměrné náklady na obnovu prostu za prvních 5 let u majetků nad výměru 200 ha činí 114 182 Kč/ha v cenách roku 2009.

#### **3.5.2 Produkce porostů první generace lesa**

Produkce dřeva na lesních stanovištích dříve jinak využívané půdy, tj. například zemědělsky obhospodařovaných pozemků, je specifická zejména tím, že porosty dřevin představují první generaci lesa. Tyto porosty tudíž mají bez ohledu na dřevinnou skladbu charakter pionýrského stádia vývoje lesa a jsou prvním krokem v procesu tvorby lesního prostředí. Dotační tituly, s jejichž využitím je v naprosté většině prováděno zalesňování, vyžadují použití cílových dřevin vhodných pro dané stanoviště. Při čerpání finančních prostředků tedy není možné využít přípravné dřeviny jako např. břízu nebo pľudu ponechat přirozené sukcesi. Obdobné platí pro přímý výsev jednotlivých dřevin do zemědělské půdy. Tento postup není ostatně příliš často doporučován ani jinými autory. Přímý výsev listnatých dřevin, především dubu červeného a buku lesního, při zalesňování v minulosti zemědělsky obhospodařovaných půd doporučuje LÖF et al. (2004).

Zároveň je nutné dodržet minimální podíl melioračních a zpevňujících dřevin stanovený platnými předpisy (Praktická příručka 1996). Obecně platí, že zajištění těchto dřevin je výrazně ekonomicky náročnější, než je tomu u naší hlavní hospodářské dřeviny tj. smrku. První hospodářský výnos mimo zanedbatelného zisku z produkce vánočních stromků může vlastník zalesněného pozemku získat z prodeje hmoty při prvních výchovných zásazích. V založeném experimentu byly využity v mládí rychleji rostoucí dřeviny (především modřín) s cílem dosažení rychlejšího zajištění kultury a tím i úspory finančních prostředků. Podobný

přístup s použitím rychle rostoucích listnáčů (klen, třešeň, olše) navrhoval např. LÜDEMANN (1993). Vznik lesního porostu v podmínkách dlouhodobého bezlesí můžeme považovat za kladnou položku v procesu sekvestrace uhlíku v biomase lesního porostu; les vzniká tam, kde dlouhodobě nebyl. Na podporu této myšlenky uvádí MACLAREN (2004) jednoduchý příklad srovnání kvantity uhlíku poutaného v pastvině a v lese. Nicméně dále uvádí, že jakmile je konkrétní les jednou založen, nemusí být zřejmé, zda se uhlík v ekosystému více ukládá nebo je jím uvolňován. Přesto i bez znalosti konkrétní bilance v jednotlivých lesních ekosystémech platí, že nárůst lesnatosti sám o sobě přispívá k poutání uhlíku v biomase. Například BYRNE a MILNE (2006) uvádějí, že v porostech vzniklých zalesněním v Irsku od roku 1990 se bude v období 2008 – 2012 ukládat ročně v průměru 0.9 Mt uhlíku, což tvoří 22 % irského závazku podle Kjótského protokolu. Důležitým faktorem v tomto procesu je také druhová skladba lesních porostů. Velikost produkce dosahovaná za určité období jednotlivými dřevinami je důležitá právě z toho důvodu, že polovinu sušiny rostlinné biomasy představuje uhlík (MACLAREN 2004). Zásoba dřevní hmoty a dimenze dosažené v určitém období jsou také důležité z hlediska využitelnosti získaných sortimentů.

Na základě rozsáhlého výsadbového experimentu s jehličnany v Chorvatsku to potvrzuje i PERIĆ et al. (2006), který dokládá srovnatelné nebo významně větší hodnoty výšky a výčetní tloušťky modřínu a douglasky ve srovnání se smrkem ve 32. roce po výsadbě. Produkci 33letých porostů smrku sitky, douglasky, smrku ztepilého, modřínu japonského, buku lesního a dubu letního na dříve kultivované půdě v Dánsku srovnávala CALLESEN et al. (2006). Ve své studii doložila významně vyšší produkci jehličnanů bez ohledu na dostupnost živin v půdě. Zásoba buku a dubu byla ca třetinová až poloviční ve srovnání s jehličnany. Dominance douglasky s věkem narůstá. KANTOR (2010) konstatoval v 61 - 80 let starých smíšených porostech na živných stanovištích (cílový hospodářský soubor 45) srovnáním středního objemu 10 nejsilnějších douglasek v porovnání s nejsilnějšími smrkem a modřínem 2 – 3krát vyšší zásobu douglasky. Podobně KANTOR a MAREŠ (2009) dokládají na příkladu 95 – 113 let starých smíšených porostů na kyselých stanovištích (cílové hospodářské soubory 23 a 43) řádově 2 – 3krát vyšší zásobu douglasky ve srovnání se smrkem, borovicí a modřínem. Douglaska předstihuje produkčně i starší porosty jiných dřevin. Tak například TAUCHMAN et al. (2010) zdokumentoval ve 41 let starém porostu douglasky 1,2 krát vyšší zásobu dřeva ( $646 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) než v 63 let starém porostu smrku a 2,4 krát vyšší zásobu než v 63 let starém smíšeném listnatém porostu habru obecného a dubu letního.

Douglaska může být ve středoevropských podmínkách využívána nejenom v pahorkatinách, ale také na stanovištích 1. lesního vegetačního stupně. Na základě zkušeností z Podunajské

nížiny na Slovensku byla douglaska nejlépe rostoucí jehličnatou dřevinou ve srovnání se smrkem a borovicí černou, nicméně introdukované listnáče (ořešák černý a dub červený) ji ve všech výškových vrstvách předrůstaly (SOJÁK 1997). MAETZKE (1996) píše o možnosti těžby pilařské kulatiny již při výchovných zásazích v 25 – 30 let starých porostech douglasky na bývalé zemědělské půdě v Toskánsku.

NOVÁK et al. (2011) uvádí příklad dvacetiletého experimentálního porostu s výchovou modřinu v Krušných horách, kde vysušená biomasa kmene s kůrou představovala 66 %, zatímco jehlice, živé větve a suché větve představovaly 34 % z celkové nadzemní biomasy kontrolního nevychovaného porostu.

Ke zlepšování produkční funkce lesů přihnojováním se vyjadřuje NÁROVEC (2001), který uvádí, že hnojení s cílem úpravy zásob živin v půdě nebo aplikace průmyslových hnojiv na porost s cílem zvýšení produkce dřeva nebo biomasy je dnes málo preferovaná a jako taková se uplatňuje jen ve výjimečných případech např. při intenzivním pěstování lignikultur.

Se samotnou efektivností produkce také úzce souvisí délka obmýtí. HLÁSNY (2012) upozorňuje s možnými změnami klimatu na možnosti pěstování smrku ztepilého se sníženou dobou obmýtí jako nástroj na zmírnění rizika náhlého rozpadu porostů a pro dosažení vyšší flexibility rekonstrukce dřevinného složení, zejména když očekáváme fyziologicky významné změny klimatu během jednoho životního cyklu lesa.

### **3.6 Vlastnosti dřeva**

I přes často nadprůměrnou zásobu dřevní hmoty porostů první generace lesa (SLODIČÁK et al. 2005, JELONEK et al. (2008) se u velké výměry porostů převážně smrku setkáváme se špatným zdravotním stavem tj. zejména hnilobami kmene (MAREŠ 2010).

Bývalé zemědělsky využívané půdy s příznivější zásobou živin mohou být využívány pro intenzivní lesní hospodářství. Optimální výživa a vodní režim upravuje zejména tloušťkový růst individuálních stromů a tím i celých porostů, poznatky o změnách fyzikálních a chemických vlastnostech dřeva z těchto porostů však nejsou jednotné. Pokles hustoty smrkového dřeva a jeho chemického složení z experimentů popisují např. MÄKINEN et al. 2002, ANTTONEN et al. 2002 a další. Přes těsný vztah hustoty dřeva a vlastností buněk dřeva, ZOBEL, VAN BUIJTENEN (1989) potvrzují značnou variabilitu vlastností jednotlivých stromů.

Rozměry a počty dřevních buněk, tloušťka a chemické složení buněčných stěn jsou ovlivňovány komplexem stanovištních, klimatických a porostních faktorů (ZOBEL, VAN BUIJTENEN 1989), což má ve výsledku vliv na vhodnost využití dřeva jako konkrétní

suroviny. JELONEK et al. (2008) zjistil v porostech borovice lesní první generace lesa na bývalé zemědělské půdě větší podíl jádrového dřeva ku běli oproti srovnatelným porostům na dlouhodobě lesní půdě.

Významný vliv na hustotu má podle MÄKINENA et al. (2007) podíl letního dřeva. Nicméně na vysokou variabilitu hustoty dřeva upozorňuje již např. TRENDELENBURG (1939). Menší hustotu dřeva smrku ztepilého z porostů první generace lesa uvádí Brolin et al. (1995). Naopak větší hustotu dřeva borovice lesní na zalesněných zemědělských půdách uvádí JELONEK et al. (2009). Průměrná hustota smrkového dřeva podle WAGENFÜHRA, SCHEIBERA (1974) činí  $470 \text{ kg.m}^{-3}$ . Relativně nižší hodnoty ( $417 \text{ kg.m}^{-3}$ ) udávají ZEIDLER, HOP (2007), kteří analyzovali smrkové dřevo z historického krovu z 19. století. Dalším faktorem ovlivňujícím hustotu dřeva smrku je také intenzita výchovy, tj. se zvýšenou intenzitou dochází ke snížení průměrné hustoty (CAO et al. 2008).

AY N. a ÖRS Y. (1999) popisují rozdílnou hustotu dřeva douglasky tisolisté v závislosti na provenienci. Průměrná hustota dřeva činila  $0,431 \text{ g/cm}^3$  a  $0,404 \text{ g/cm}^3$ .

### **3.7 Problematika legislativy a ekonomické efektivity**

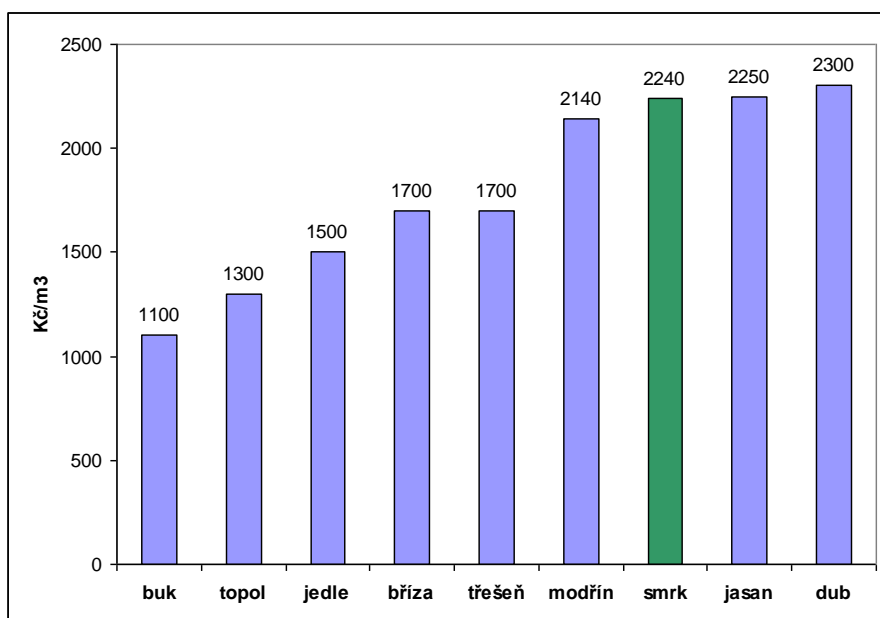
Ekonomika zalesnění bude vždy zásadní otázkou pro majitele a správce porostů a půdy, ale také pro poskytovatele dotací na zalesnění. V tomto smyslu MALLARD (1997) připomíná, že je důležité dotovat spíše výsledky zalesnění než používané prostředky. Rozsah porostů na bývalých zemědělských půdách, ve kterých je zastoupeno minimum MZD nebo se na nich vyskytuje nálet břízy, borovice, osiky, jívy, modřínu atd., zaujímá v lesích ČR nezanedbatelnou výměru (OPRL 2002). Smrk ztepilý zde svým působením relativně velmi rychle přemění hlavně poměry ve svrchní části půdního profilu ve smyslu obnovy lesního prostředí u porostů první generace smrkového lesa. SLODIČÁK et al. (2005) zjistil ve 37 letech zásobu  $507 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , přičemž tabulkové hodnoty udávají pro tento věk zásobu  $470 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  pro bonitu +1 (36). Dále se musí připustit fakt, že pro vlastníka nebude velká ztráta při rozvrácení porostu např. v padesáti letech, když cena zpeněžení kalamitního dříví klesne pouze řádově o  $100 \text{ Kč.m}^3$  (KŘÍZKOVÁ 2006). V některých případech by tak dřívější rozpad porostu první generace lesa mohl vlastníkovu zabezpečit lepší efektivnost využití dřevoprodukční funkce tím, že nebude muset „čekat“ na zákonem stanovené minimální obmýtí.

Z pohledu vlastníka potvrzuje výhodnost zkrácení obmýtí i PULKRAB (2004), který uvádí, že u nejlepších bonit (k nimž zalesněné zemědělské půdy patří) se perspektivně ekonomické obmýtí může blížit 60 rokům. Autor vyčísluje i ztrátu na dřevoprodukční funkci porostu vzniklou v současnosti doporučenou dobou obmýtí, která pro intenzivní smrkové



hospodářství činí za stoletou dobu obmětní 388 000 Kč.ha<sup>-1</sup>. Z výše uvedeného vyplývá, že zájmy vlastníka se mohou diametrálně lišit od zájmů společnosti na vyváženost všech funkcí lesa podle platných právních norem, a proto je třeba dbát na dodržování nařízení o zastoupení minimálních hektarových počtů MZD v cílových skladbách porostů obecně.

Přesto, že výnos z dřevoprodukční funkce nově zalesňovaných pozemků očekáváme za relativně dlouhou dobu několika desítek let, lze při sestavování ekonomických kalkulací vycházet ze současné cenové hladiny, která se v čase mění jen pomalu. Průměrné ceny kulatiny v ČR u vybraných dřevin zachycuje obr. 2.



Obr.2: Průměrná cena kulatiny vybraných dřevin v ČR za rok 2011 (zdroj: tisková zpráva LČR, s.p.)

## 4 Materiál a metodika

### 4.1 Lokalizace výzkumných ploch

Disertační práce je lokalizací výzkumných ploch zaměřena na 4. a 5. LVS a nejrozšířenější edafické kategorie K a S, tedy stanoviště, u kterých by se na začátku nového tisíciletí dal očekávat největší rozsah zalesňování zemědělsky obhospodařovaných půd (KACÁLEK, BARTOŠ 2006). Problematika disertační práce bude řešena na základě výsledků ze série

výzkumných ploch založených na bývalé zemědělské půdě v oblasti podhůří Orlických hor (nedaleko obcí Bystré, Polom, Uhřínov a Osečnice). Další výsledky byly získány z ambulantních měření na vybraných lokalitách první generace lesa a pro ně kontrolních stanovištích. Seznam hlavních výzkumných ploch, na kterých byla řešena problematika disertační práce, zachycuje tab. 1.

Tab. 1: Přehled výzkumných ploch založených pro řešení problematiky zalesňování zemědělských půd

Č.	Název výzkumné plochy	Geologické podloží / půda	Nadm. výška	Stáří porostu	Historie využití půdy	GPS souřadnice
1	Bystré 02	metabazity, fylity / kambizem	510 m	10 let	zalesněná louka	50°19'40.855"N, 16°14'56.785"E
2	Bystré 01	metabazity / kambizem	510 m	11 let	zalesněná louka	50°19'38.303"N, 16°14'59.247"E
3	Bystré 97	metabazity / kambizem	515 m	15 let	zalesněná louka	50°19'37.372"N, 16°14'55.48"E
4	Bystré 60	metabazity / kambizem	515 m	52 let	zalesněná orná půda	50°19'37.372"N, 16°14'55.48"E
5	Uhřínov	diorit, amfibolit, fylit / kambizem	530 m	7 roky	zalesněná louka a orná půda	50°13'34.113"N, 16°19'56.286"E
6	Osečnice	fylity / kambizem	600 m	4 roky	zalesněná louka	50°15'47.473"N, 16°18'34.34"E

Největší objem prací byl prováděn na výzkumném objektu Bystré (obr. 3). Tento objekt, který se rozkládá na celkové výměře 2 ha, tvoří 4 trvalé výzkumné plochy (dále jen TVP) s různě starými výsadbami dřevin první generace lesa (stáří 10, 11, 15 a 52 let), které bezprostředně navazují na dlouhodobě lesní půdu. Objekt se nachází v PLO 26 - Předhoří Orlických hor, lesní typ (dále LT) kyselá bučina se šťavelem (přechodem k bohaté ekologické řadě) - 4K7, v nadmořské výšce 510 m n. m. Celý objekt včetně dlouhodobě lesního porostu se nachází na mírném svahu severní expozice. Geologické podloží je tvořeno fylity a zelenými břidlicemi novoměstské série orlicko-kladské klenby (Opletal et al. 1980, Opletal, Domečka 1983). V pojmenování jednotlivých ploch tohoto objektu je vždy použita číslice, která vyjadřuje rok zalesnění této plochy.

### TVP Bystré 60

První výzkumná plocha tohoto objektu s názvem Bystré 60 je smrková monokultura první generace lesa vysázená v 50. letech minulého století. Na výměře necelých 0,2 ha jsou zde sledovány jednak dendrometrické charakteristiky porostu, které jsou v práci dále porovnávány se srovnatelnými porosty ovšem na dlouhodobě lesní půdě. Neméně významné je sledování vývoje půdního prostředí v tomto porostu a opět jeho srovnávání se stanovišti na dlouhodobě

lesní půdě. Z této TVP byly odebírány vzorníky pro porovnání fyzikálních a mechanických vlastností smrkového dřeva první generace lesa.



*Obr. 3: Letecký pohled na výzkumný objekt Bystré v Orlických horách v roce 2006*

### **TVP Bystré 97**

Druhá výzkumná plocha Bystré 97 je zalesněná louka v roce 1997 o výměře 0,23 ha. K zalesnění zde byl použit smrk, buk, modřín a jedle ve skupinovém smíšením dřevin. Je zde rovněž testováno jednotlivé přimíšení třešně ptačí do smrkové kultury. Na této ploše je sledována produkce biomasy mladého porostu na 1arových plochách stabilizovaných dubovými kůly, pro každou dřevinu ve třech opakováních. Dále zde bylo sledováno množství a kvalita opadu porostu porovnávaných třech dřevin (smrk, buk, modřín).

### **TVP Bystré I**

Na jaře roku 2001 byla založena výzkumná plocha Bystré I. Plocha se nachází na pozemku o výměře 0,6 ha do té doby zemědělsky využívaném jako louka. Výzkumná plocha se nachází na severním svahu se střední nadmořskou výškou 520 m. Lokalita je ze třech stran obklopena staršími lesními porosty, zčásti založenými v 60. letech minulého století na zemědělské půdě. Všechny porosty jsou zařazeny do souboru lesních typů kyselá bučina (4K); stanoviště vykazuje tendenci přechodu ke svěží edafické kategorii.

Před výsadbou byla na celé ploše provedena příprava půdy naoráním ca 35 cm širokých pásů zemědělským pluhem. Povrch půdy byl narušen v průměru do hloubky 5 cm. Provedením přípravy půdy se výrazně snížila pracnost při ručním kopání jamek o velikosti 35 x 35 cm

sekeromotykou. Zalesňovaný pozemek byl rozdělen na parcely o velikosti 1,5 aru. Rozestup řad vysázených dřevin je na všech parcelách cca 1,6 m. Na jaře 2001 byl vysázen jednotlivě smíšený porost z následujících cílových dřevin: buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.), jedle bělokora (*Abies alba* Mill.), douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) a smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karsten) na deseti parcelách. Na všech těchto parcelách je mimo výše uvedených dřevin také rovnoměrně přimíšen modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.). Na každé smíšené parcele je v průměru 14 ks modřínu (950 jedinců na ha). Hlavní funkcí modřínu je příprava prostředí pro cílové dřeviny a produkce biomasy do prvních výchovných zásahů, kdy je počítáno s jeho výraznou redukcí. Dále je na každé parcele přimíšena lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.) nebo jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.), které mají ve směsi plnit hlavně funkci meliorační a zpevňovací. Všechny tři výše jmenované dřeviny plní také významnou funkci z ekonomického pohledu jako výplňové dřeviny, kdy díky jejich relativně nižším cenám sadebního materiálu lze ušetřit nemalé finanční prostředky. Rozmístění zkusných plošek na TVP Bystré I zachycuje obrázek 4.

F	E	D	C	B	A	
<b>BK</b>	<b>KL</b>	<b>DG</b>	<b>BK</b>	<b>KL</b>	<b>KL</b>	1
LP	LP	KL, LP		JŘ	LP	
	<b>SM</b>	<b>KL</b>		<b>JD</b>	<b>SM</b>	2
	KL, LP		KL, LP			
<b>BK</b>	<b>SM</b>		<b>JD</b>	<b>KL</b>	<b>KL</b>	3
LP		KL, JŘ	LP			
<b>DG</b>		<b>SM</b>	<b>JD</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>	4
		KL, JŘ		BK, LP		
<b>JD</b>		<b>BK</b>	<b>DG</b>	<b>JD</b>		5
			KL, JŘ	BK, JŘ		
	<b>DG</b>					6

Obr. 4: Rozmístění čistých a smíšených variant s výsadbami dřevin na TVP Bystré I (zvýrazněné zkratky znázorňují cílové dřeviny varianty ostatní dřeviny pomocné a přimíšené)

Počty vysázených sazenic se v závislosti na druhu dřeviny liší minimálně, v průměru bylo na jednu smíšenou parcelu vysázeno 90 jedinců, což odpovídá hustotě 6 tisíc ks na hektar.

K výsadbě byl použit standardní prostokořenný sadební materiál výškového rozpětí 26 – 60 cm.

Od výsadby v roce 2001 je u dřevin pravidelně sledován zdravotní stav a měřen výškový přírůst. V dvouletých časových intervalech je sledován tloušťkový přírůst v kořenovém krčku a od 6. roku po výsadbě je každoročně měřena výčetní tloušťka.

Smíšený porost na TVP Bystré I byl založen tak, aby byla využita přípravná a ochranná funkce především modřínu a douglasky. Tyto v mládí rychleji rostoucí dřeviny předrostly dřeviny s klimaxovou strategií růstu (jedli, buk a klen) a vytvořily jim ochranu před klimatickými vlivy a částečně i před buřením, kdy napomáhaly orientaci při vyžínání. Zejména modřín byl ve všech smíšených čtvercích rozmístěn tak, aby ovlivňoval co největší zalesněnou plochu a nedotýkal se navzájem. Tvorbu větších skupin při pěstování modřínu nedoporučuje např. POLENO a VACEK et al. (2009). Při výsadbě měl největší průměrné zastoupení klen 17% a modřín (s významnou funkcí přípravné dřeviny) 16%. Nejmenší zastoupení měla douglaska (7 %). Relativní zastoupení dřevin ve smíšených čtvercích je uvedeno v tab. 2.

Tab. 2: Relativní zastoupení dřevin ve smíšených čtvercích na TVP Bystré I

	KL	BK	DG	SM	JD	LP	JŘ	MD	Celkem
Relativní zastoupení	17%	11%	7%	13%	11%	13%	11%	16%	100%

Pojem zajištěný porost je v lesním zákoně definován velmi obecně. Zajištění jednotlivých druhů dřevin je třeba hodnotit podle zastoupení nejmenších jedinců kultury. Až poté kdy dostatečně odrostou, je možné přestat s ochranou kultur proti zvěři a buření. Jednotlivé dřeviny byly na TVP Bystré I hodnoceny jako zajištěné při dosažení průměrné výšky 130 cm v závislosti na variantě smíšení (monokultura x pestré smíšení).

V roce 2010 byl proveden výchovný zásah, při kterém bylo odebráno vždy 17 vzorníků od dřevin, které byly z porostu odstraňovány (klen, douglaska, smrk, modřín, jeřáb a lípa). Buk ani jedle nebyly při tomto výchovném zásahu z porostu odstraňovány a nebyly odebírány ani vzorníky. U každého vzorníku byla změřena délka, výčetní průměr a byl stanoven objem kmene pomocí Huberova vzorce po sekcích o délce 1m. Ze získaných objemů byla pro každou dřevinu vypočtena lineární závislost na výčetní kruhové základně (dále G). Dosazením naměřených hodnot G do této funkce byla zjištěna zásoba dřevin v porostu. Pro buk byla použita funkce jeřábu, pro jedli funkce smrku.

Používání jemnějších forem smíšení sebou logicky přináší komplikace při jednotlivých výchovných zásadách. Nejvíce je tato komplikace patrná v nejmladších porostech. Cílem této dílčí analýzy bylo v daném čase porovnat budoucí kvalitu potenciální produkce dřevin v porovnání nesmíšených a pestře smíšených porostů. V 10. roce po výsadbě byla proto na této TVP (prvky jednotlivého přimíšení) u sledovaných dřevin hodnocena průběžnost kmene, která úzce souvisí s budoucí kvalitou produkce. Jednotlivé dřeviny byly rozděleny do 5 stupňů dle kvality kmínku. Stupeň 1 – průběžný dominantní kmen bez vychýlení od osy nad 10 cm, 2 – průběžný kmen s vychýlením od osy do 10 cm s potlačenými náhradními výhony, 3 – kmen s vychýlením od osy nad 10 cm s potlačenými náhradními výhony, 4 – kmen s více terminálními výhony, z nichž se jeden vyvíjí jako hlavní, 5 – nelze určit jeden hlavní terminální výhon.

### TVP Bystré II

Na čtvrté výzkumné ploše Bystré II je porovnáván růst dřevin na nesmíšených parcelách s řadovým přimíšením vybrané dřeviny se zaměřením na sledování kompetičních vztahů mezi použitými dřevinami (buk, dub, třešeň, lípa, jeřáb, smrk, jedle, douglaska a modřín). Schéma rozmístění použitých variant smíšení zachycuje obr. 5.

C	B	A	
TŘ+JDO	BK	SM+BK	1
SM	JD+SM	JD+BK	2
JD+MD	BK+DG	JD+JŘ	3
JD+LP	BK+MD	SM+MD	4
DB+LP	TŘ+SM	TŘ+MD	5
DG+LP	DG+JŘ	SM+LP	6
DG+DB	DB	MD+DB	7

Obr. 5: Rozmístění variant s výsadbami dřevin na TVP Bystré II (zkratky dřevin spojené znaménkem + vyjadřují řadové smíšení dřevin na zkusných ploškách)

**TVP Uhřínov**

Výzkumná plocha Uhřínov náleží do PLO 26 - Předhoří Orlických hor, LT svěží bučina biková s ostřicí chloupkatou - 4S6 v nadmořské výšce 530 m n. m. Lokalita má jihovýchodní expozici. Na výzkumné ploše je porovnáván růst dřevin na nesmíšených parcelách s řadovým přimíšením vybrané dřeviny se zaměřením na sledování kompetičních vztahů mezi dřevinami a sledování růstového prostoru jednotlivých dřevin (buk, dub, klen, třešeň, lípa, jeřáb, smrk, jedle, douglaska, modřín, jedle obrovská). Rozmístění jednotlivých zkusných plošek zachycuje obr. 6.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A		DB + TŘ	BK + TŘ	BK + MD	KL + MD	KL + TŘ	KL + LP	JS + TŘ	TŘ + LP	SM + MD	JD + JŘ	SM + JDO
B		DB	DB + LP	BK + DB	BK	KL + DB	KL + DG	SM + KL	SM + TŘ			
C	SM + JŘ	SM + DB	SM + BK	BK + DG	BK + JD	KL + JD	KL + JDO					
D	SM + LP	SM	DG	SM + JD								
E	SM + DG											

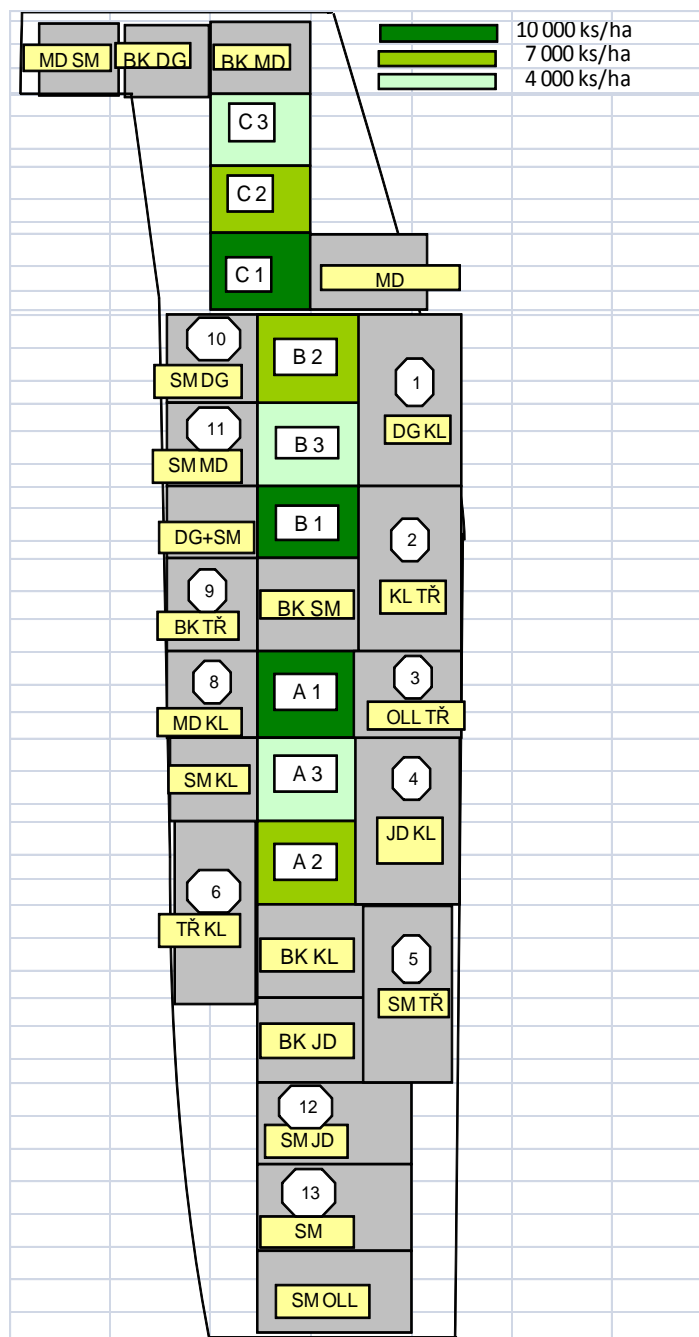
Obr. 6: Rozmístění variant s výsadbami dřevin na TVP Uhřínov (zkratky dřevin spojené znaménkem + vyjadřují řadové smíšení dřevin na zkusných ploškách)



## TVP Osečnice

Výzkumná plocha Osečnice byla založena v roce 2008. Nachází se v PLO 26 - Předhoří Orlických hor, LT svěží jedlová bučina ochuzená - 5S6, nadmořská výška 600 m n. m. Tato plocha je zaměřena na problematiku sponů, potažmo hektarových počtů buku. Buk je zde vysázen v hektarovém počtu 10, 7 a 4 tisíce, vždy ve čtvercovém sponu 1; 1,3 a 1,6 m. Každá varianta hektarového počtu má na ploše 3 opakování. Velikost těchto zkusných plošek je 4 ary (20 x 20 m). Dále je na této TVP řešena problematika řadového smíšení dřevin, opět jako opakování pokusu z výše uvedených TVP. Schéma rozmístění jednotlivých zkusných plošek je uvedeno na obr. 7.

Na všech TVP je od založení sledován zdravotní stav výsadeb a jsou vyhodnocovány ztráty. V pravidelných časových intervalech je u sledovaných jedinců měřena výška nadzemní části, tloušťka kořenového krčku, případně výčetní tloušťka.



Obr. 7: Schéma rozmístění variant pokusu na TVP Osečnice (zkratky dřevin spojené znaménkem + vyjadřují řadové smíšení dřevin na zkusných ploškách, hektarové počty buku)

Dílčí pokus s cílem odpovědět na otázky jaký je vliv opadu dřevin na vlastnosti humusu a minerální půdy a jak je charakter půdního prostředí pod porosty ovlivněn historií využití půdy byl proveden na experimentu Krahulec. Jednalo se o bývalou zemědělskou (věk bříza 12 let;

smrk 50 let) i dlouhodobě lesní půdu (věk smrk 100 let). Nadmořská výška činí 600 m a geologickým podložím je fylit. Pro srovnání byla použita TVP Bystré I.

V rámci disertační práce budou na těchto výzkumných objektech analyzovány zalesňovací a obnovní postupy se zaměřením na volbu druhové skladby, výši hektarových počtů, typy sadebního materiálu (prostokořenný a krytokořenný sadební materiál), smíšení dřevin, vývoj půdního prostředí, ochranu kultur z pohledu pěstování lesa doplněné o ekonomické kalkulace zvolených postupů. Ekonomické kalkulace budou vztaženy zejména k fázi zajištěné kultury, v závislosti na stáří sledovaných pokusných porostů.

## **4.2 Zalesňovací projekty a právní předpisy**

Při samotné volbě dřevin použitých k zalesňování jsou představy vlastníka nejvíce omezovány (nenachází-li se pozemek v chráněném území) ustanovením lesního zákona 289/95 Sb. a jeho prováděcích vyhlášek. K tomuto problému se přímo vztahuje § 2 vyhlášky 139 ze dne 23. března 2004. Tento paragraf nazvaný „Podrobnosti o obnově lesa a zalesňování“ uvádí v odstavci 4 následující: *Za obnovený nebo zalesněný je pozemek považován tehdy, roste-li na něm nejméně 90 % minimálního počtu životaschopných jedinců rovnoměrně rozmístěných po ploše. V tomto množství může být maximálně 15 % pomocných dřevin, kterými se rozumí ty druhy lesních dřevin, které nejsou pro daný cílový hospodářský soubor uvedeny mezi dřevinami základními nebo melioračními a zpevňujícími, jak je rozděluje příloha č. 4 k vyhlášce č. 83/1996 Sb.* Tato příloha byla zpracována podle jednotlivých souborů lesních typů (SLT) pro obnovu porostů na lesní půdě. Přestože u nelesních půd jsou SLT pouze expertně odhadovány, hraje příloha při sestavování zalesňovacích projektů klíčovou roli a odvolávají se na ni i dotační pravidla. V zalesňovacím cíli tedy mohou být pouze takové dřeviny v příslušném zastoupení, aby byl beze zbytku naplněn výše citovaný § 2. Různé varianty zalesňovacích cílů pro zvolené podmínky (CHS 43) jsou navrženy v další části mé práce. Volba dřevin a způsob jejich smíšení může mít tak velký význam pro skutečnost, jak rychle a v jakém poměru začne zakládáný porost plnit na straně jedné očekávání vlastníka pozemku a na straně druhé další funkce lesa. Lesním zákonem stanovené minimální hektarové počty vybraných dřevin udává tab. 3.

Tab. 3: Zákonem stanovené minimální hektarové počty pro vybrané dřeviny v tisících ks

Dřevina	Cílové hospodářské soubory	Zákl. dřevina sazenice	Meliorační, zpevňující, přimíšené, vtroušené a pomocné dřeviny	
			sazenice	poloodrostky odrostky
	71, 73, 75, 77, 79 (02, 03)	3	0	0
Smrk ztepilý	51, 53, 55, 41, 43, 45 a (12, 21, 23, 25, 31, 35)	4	3,5	0
	39, 57, 59, 27, 29	3,5	3	0
	Jedle bělokorá	5	3	1
Jedle obrovská		2	2	1
Douglaska, modřín		3	3	1
Dub	19, 25, 35, 45	10	5	2
	13, 21, 23, 27, 31, 39, 43 (01)	8	4	2
Buk lesní	25, 27, 35, 45, 55	9	5	1,5
	13, 21, 23, 31, 41, 43, 51, 53, 71, 73, 75, (57), 01	8	4	1
Lípa, Javor, Jasan, Dub červený		6	4	1
Bříza, Jeřáb		6	3	1

### 4.3 Přihnojení jedle bělokoré

Přihnojování jedle bělokoré bylo testováno na TVP Bystré II, Uhřínov a Osečnice. Z vysazených jedinců jedle byla vždy polovina (každá lichá řada) schematicky přihnojena pomalu rozpustným tabletovým hnojivem Silvamix<sup>®</sup> Forte 30 (KUBELKA 2001). Ke každé sazenici bylo po obvodu koruny zamáčknuo zároveň s povrchem půdy vždy 5 tablet (Silvamix<sup>®</sup> Forte 30, způsob použití a dávkování). Na TVP Bystré II a Uhřínov bylo přihnojení provedeno na jaře 2008 na TVP Osečnice na jaře 2009.

Vzorky svrchní minerální půdy (0–10 cm) byly analyzovány v laboratoři ing. Tomáše se sídlem ve VÚLHM, v. v. i., VS Opočno. Pro účely naší studie byly využity výsledky analýz

svrchních 10 cm minerální půdy na obsahy rostlinám přístupných živin (P, K, Ca, Mg) metodou Mehlich III předepsaných vyhláškou č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků.

#### 4.4 Vývoj půdního prostředí

Po deseti letech od výsadby byl porovnáván vliv opadu různých dřevin na svrchní část zalesněné půdy. Vzorky byly odebírány na TVP Bystré I. Vzorky pokryvného humusu (horizonty L, F, H jako směsný vzorek dohromady) byly odebírány pomocí kovového rámečku 25 x 25 cm za účelem kvantifikace množství sušiny na jednotku plochy (tuny na hektar). Svrchní část minerální půdy (horizontu A) byla odebírána pomocí trubkové sondýrky (průměru 6 cm). V rámci jedné varianty byly odebírány 4 vzorky za účelem statistického vyhodnocení dat. Přehled porovnávaných variant se zastoupením jednotlivých dřevin dle výčetní kruhové základny zachycuje tab. 4.

Tab. 4: Zastoupení dřevin v jednotlivých variantách dle výčetní kruhové základny (G)

Variantá	douglaska tisolistá	jedle bělokorá	jeřáb ptačí	lípa srdčitá	modřín opadavý	smrk ztepilý	javor klen	G (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )
SM	24%	2%		14%	10%	10%	40%	13.6
EL1	26%	1%		8%	35%	7%	25%	13.2
EL2				11%	45%	24%	21%	14.3
NS3	6%	2%	1%		28%	59%	4%	19.5
NS1						100%		16.4
NS2						100%		12.5
DF	100%							14.3

Vysvětlivky: varianty jsou pojmenovány anglickými zkratkami dřevin s převládajícím G dřevinou zastoupené ve variantě; NS1, NS2 a DF jsou varianty tvořené pouze jednou dřevinou

Půdní profily ve vykopaných sondách byly hodnoceny podle platné klasifikace půd (NĚMEČEK et al. 2001). Odebrané půdní vzorky byly analyzovány v laboratoři ing. Tomáše se sídlem ve Výzkumné stanici v Opočně těmito metodami: procento humusu metodou Springel-Klee, procento dusíku metodou Kjeldahl; rostlinám přístupné živiny (P, K, Ca, Mg – Mehlich III) (MEHLICH 1984, ZBÍRAL 1995); stanovení hmotnosti suchého vzorku; koncentrace výměnných bází (S), saturace bázemi (V %) podle Kappena (VALLA et al. 1983).

#### **4.5 Vlastnosti dřeva**

Za účelem analýzy mechanických a fyzikálních vlastností dřeva smrku ztepilého první generace lesa na bývalé zemědělsky obhospodařované půdě byl vybrán padesátiletý porost (TVP Bystré 60), ve kterém je od roku 2004 zároveň sledován vývoj porostní zásoby a zdravotní stav. Tento porost měl zásobu  $520 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  ve věku 45 let, výčetní kruhová základna dosahovala  $43 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  při hustotě porostu  $1\,080 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Zjištěná zásoba přesahuje o 41 % tabulkovou zásobu pro stanovišti odpovídající bonity. Na stanovišti dlouhodobé lesní půdy byl vybrán porost odpovídajícího věkového stupně na stejném geologickém podloží ve shodné nadmořské výšce. Vzdušná vzdálenost mezi lokalitami činí 1,5 km. Tento porost měl podobnou výčetní kruhovou základnu ( $44 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) s hektarovým počtem jedinců  $950 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ . V lednu 2007 byly z obou porostů (Z – varianta bývalé zemědělské půdy; L – varianta trvale lesní půdy) odebrány tři vzorníky úrovnových stromů s podobnou výčetní tloušťkou. U pokácených stromů byly změřeny základní dendrometrické charakteristiky (délka, tloušťka kmene po sekcích 1 m, výška nasazení přeslenů). Dále bylo provedeno vizuální hodnocení napadení pokácených kmenů dřevokaznými houbami, byl určen věk vzorníků dle počtu letokruhů na pařezu a byla provedena modelová sortimentace se stanovením potenciálního podílu pilařské kulatiny (minimální tloušťka na čepu 18 cm s kůrou). Z každého kmene byly vyříznuty dva dvoumetrové výřezy od čela kmene. Tyto výřezy byly bezprostředně po těžbě rozřezány na fošny o tloušťce 6 cm a odkorněny. Fošny byly 14 měsíců přirozeně sušeny pod přístřeškem. Z vysušeného dřeva byla vyrobena zkušební tělíska pro vybrané zkoušky fyzikálních a mechanických vlastností dřeva dle příslušných norem ČSN. Z vyrobených zkušebních tělísek byla před provedením samotných analýz vybrána pouze tělíska bez vad, proto se mírně liší počty provedených zkoušek a jsou uvedeny ve výsledcích. Pro analýzu byly vybrány následující zkoušky dle příslušných ČSN:

1. hustota dřeva;
2. pevnost v ohybu;
3. pevnost v tlaku ve směru vláken;
4. pevnost v tahu.

Všechny výše uvedené zkoušky byly zakázkově provedeny Výzkumným a vývojovým ústavem dřevařským, s.p. v Praze.

## **4.6 Ekonomické analýzy**

### **4.6.1 Výpočet nákladů na zajištěnou kulturu**

Pro vybrané dřeviny (vhodné pro zalesňování nejen ve zvolených podmínkách cílového hospodářského souboru (CHS 43) byly vypočteny náklady na zajištěnou kulturu. Na výši nákladů má největší vliv počet použitých sazenic na jednotku plochy. V této kalkulaci bylo pro výpočet použito minimálních hektarových počtů, jak je udává pro jednotlivé stanoviště příloha číslo 6 k vyhlášce 139/2004 Sb. Dále bylo využito možnosti, kdy jsou v téže příloze uvedeny nižší hektarové počty při využití dřevin jako MZD, přimíšené, vtroušené a pomocné. V kalkulaci jsou použity sazenice o velikosti 36 – 50 cm. Ceny sazenic byly pro výpočet převzaty z ceníku společnosti Lesoškolky s.r.o. Řečany nad Labem platného pro rok 2004. Cena výsadby byla pro kalkulaci stanovena 4 Kč, náklady na ochranu kultur byly oceněny částkou poskytovanou jako dotace na tuto činnost (12 000 Kč.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>). Různé doby nutné pro ochranu jednotlivých dřevin vycházely z předchozích zkušeností (BARTOŠ, KACÁLEK 2005). Byly použity následující doby pro zajištění: BK 5 let, DB 4 roky, KL 4-5 let, LP 4 roky, JŘ 4 roky, TŘ 4 roky, SM 5 let, MD 3 roky, DG 3-4 roky, JD 7 let, JDO 4 roky. Celkové náklady na ochranu do zajištění kultury byly tedy vypočteny jako součin výše uvedené roční sazby a doby nutné k zajištění jednotlivých dřevin.

### **4.6.2 Finanční porovnání různých zalesňovacích cílů**

Při finančním porovnávání různých modelových zalesňovacích projektů pro zalesňování zemědělských půd se vycházelo z úsudku, že v nich uváděný termín „obnovní cíl“ nevystihuje přesně prováděnou činnost. V práci je proto obnovní cíl pro zalesňovanou zemědělskou půdu, udávající zastoupení, rozmístění a hektarové počty dřevin, označován jako cíl zalesňovací. Pro analýzu jsem vybral cílový hospodářský soubor (CHS) 43, ve kterém předpokládám velké objemy zalesňování a sám jsem v něm založil největší část svého výzkumu. K porovnání bylo navrženo 5 modelových zalesňovacích cílů, které všechny vycházejí z přílohy č. 4 k vyhlášce č. 83/1996 Sb., ale liší se počtem dřevin, jejich zastoupením a použitím buď jako dřeviny základní (zkratky velkými písmeny) nebo MZD (zkratky malými písmeny). Pro jednotlivé dřeviny byly počty na hektar převzaty z tabulky minimálních hektarových počtů (vyhláška 139/2004 Sb.), které se v zájmovém CHS pro tutéž základní nebo meliorační a zpevňující dřevinu výrazně liší. Varianty zalesňovacích cílů umožňují vlastníkovvi získat z dotace větší či menší finanční prostředky. Jednotlivé zalesňovací cíle byly navrženy následovně (tab. 5).

Tab. 5: Porovnání volných finančních prostředků jako rozdílů přímých nákladů na sazenice a výsadbu s výnosy z dotací pro různé zalesňovací cíle

Číslo varianty	Zalesňovací cíl
1	SM 4 BK 3 JD 3
2	SM 65 BK 35
3	SM 65 bk 35
4	SM3 db3 bk3 md1
5	bk 3 md 1 db 3 lp 3

Pro základní dřeviny jsou zkratky uváděny velkými písmeny, pro MZD a vtroušené písmeny malými.

Varianta č. 1 obsahuje tři dřeviny v zastoupení SM 40 % BK 30 % JD 30 %, všechny v minimálních hektarových počtech pro základní dřevinu. Varianta č. 2 představuje vzorový zalesňovací projekt prezentovaný TOPKOU (2004) na konferenci v Přerově: SM 65 % a BK 35 %. Varianta č. 3 je obdobná jako varianta č. 2, SM jako základní dřevina 65 %, ale bk se zastoupením 35 % v hektarovém počtu pro MZD. Varianta č. 4 reprezentuje zalesňovací cíl s vysokým zastoupením MZD, SM 30 %, db 30 %, bk 30 % a md 10 %. Ve variantě č. 5 není zastoupen diskutabilní smrk, který je oproti variantě č. 4 nahrazen lípou: bk, db, lp po 30 % a 10 % md.

V analýze porovnávám volné finanční prostředky, získané jako rozdíl přímých nákladů na nákup a výsadbu sazenic, s výnosy z dotací na zalesnění za první rok. Získané volné finanční prostředky může vlastník zalesňovaného pozemku použít například k jeho oplocení, které není v platných dotačních pravidlech přímo podporováno (HRDP 2004).

### ***Stanovení zásoby porostů v dospívající smrkové kmenovině pro ekonomické vyhodnocení***

Šetření sledující stanovení zásoby v porostech první generace lesa na zemědělské půdě jsem provedl na TVP Bystré 60, která bezprostředně sousedí s výzkumnými plochami Bystré I (založená 2001) a Bystré II (založená 2002). Zásoba porostu byla stanovena metodou „průměrkování naplno“, výšky pro sestavení výškového grafikonu byly změřeny u 10 % stromů výškoměrem Carl Zeiss.

V jarním období roku 2005 byla v porostu provedena probírka s negativním výběrem. Mimo klasických dendrometrických veličin byla po provedení těžby sledována a hodnocena i četnost výskytu hniloby v bazální části těžných kmenů. Ze získaných dat jsou v práci uvedeny objemy jednotlivých sortimentů vymanipulovaných z vytěžené suroviny s konkrétními cenami, za které byly prodány na odvozním místě v čase provedení analýzy.

#### **4.6.3 Modelové porovnání ekonomické výtěže mýtní těžby**

Metodika porovnání ekonomické výtěže z dřevoprodukční funkce vycházela z analýzy mýtní těžby ve dvou smrkových a jednom bukovém porostu ve srovnatelných stanovištních podmínkách. Smrk, jako naše hlavní hospodářská dřevina, byl zvolen kvůli ověření teze o zhoršení ekonomické rentability dřevoprodukční funkce v důsledku hnilob kmenů u první generace smrku na zemědělské půdě (MIKESKA 2003). Ve spolupráci se soukromou firmou, zabývající se těžbou a obchodováním se dřevem, byla vyhledána mýtní těžba ve smrkovém porostu první generace. Jednalo se o porost, ve kterém byla mýtní těžba provedena v 80 letech věku. Typologicky je porost zařazen do SLT 5K. Na vzniklé pasece jsem vizuálně stanovil dle pařezů počet nahnilých stromů. Na základě konkrétního odkupu vymanipulovaných sortimentů byl určen výnos z dřevoprodukční funkce. Z poskytnutých dat byly dále vyčísleny náklady na těžbu, přibližování a úklid paseky. Po odečtení těchto nákladů od výnosů z mýtní těžby byl získán hrubý zisk z mýtní těžby. Hrubý zisk byl dále přepočten na dobu obmýtní. Zjištěné výsledky byly porovnány s obdobnými výsledky z mýtní těžby bukového a smrkového porostu na srovnatelném stanovišti, ale na dlouhodobě lesní půdě. Pro ocenění dřevní suroviny byly použity aktuální tržní ceny v době provedení analýzy (prvního čtvrtletí roku 2005), za které vykoupila výše uvedená firma jednotlivé sortimenty na odvozním místě (OM).

#### **4.7 Statistické vyhodnocení**

Pro statistické vyhodnocení získaných dat bylo použito více metod dle charakteru analyzovaných dat. Pro analýzy rozptylu a porovnání středních hodnot jednotlivých variant (vzorků porovnávaných vlastností dřeva) byla použita metoda jednofaktorová ANOVA v programu Excel a NCSS. Část získaných dat byla také vyhodnocena ve statistickém programu Unistat 5.6. Dle specifiky dat byla v některých případech použita popisná statistika, kdy byly varianty porovnávány s využitím průměru a mediánu. Pro grafické znázornění



intervalů spolehlivosti středních hodnot jsou použity chybové úsečky znázorňující intervaly směrodatné odchylky nebo konfidence na hladině významnosti 0,05.

## **5 Výsledky**

### **5.1 Volba druhové skladby**

#### **5.1.1 Zdravotní stav výsadeb**

Z výsledků porovnání zdravotního stavu výsadeb po zalesnění na jednotlivých TVP vyplývá, že se výrazně lišil mezi jednotlivými TVP a dřevinami tabulka 6. Nejmenší ztráty byly pozorovány na TVP Bystré I. Po srážkově bohatém jarním období roku 2001, kdy proběhlo zalesnění, vykazovaly všechny dřeviny dobrý zdravotní stav a velmi nízké procento ztrát. Dalším významným faktorem takto nízkých ztrát, což platí i pro TVP Bystré II (druhé nejnižší ztráty v průměru 4%) je severní expozice obou ploch. Zcela opačně se oba faktory projeví na TVP Uhřínov. Po jejím založení na jaře v roce 2005 následovalo dlouhé období s minimem strážek, které v kombinaci s jihovýchodní expozicí této plochy zapříčinilo velmi vysoké průměrné ztráty přes 33%. Další faktor vysokých ztrát na této TVP, charakteristika půdního prostředí, je popisován níže v příslušné kapitole. Na nejmladší TVP Osečnice byly po pěti letech zaznamenány relativně nízké průměrné ztráty 6,4 %. Ty nejvíce navýšil s 27 % modřín, další dřeviny nebylo třeba vylepšovat.

Při porovnání výše ztrát mezi jednotlivými dřevinami navzájem vyplývá, že listnaté dřeviny dosáhly průměrné ztráty 16 %, jehličnaté 10 %. Kromě nízké atraktivity jehličnatých dřevin pro myšovitě hlodavce hraje významnou roli rychlejší odrůstání nebo lepší viditelnost v buření (douglaska, modřín), která se naopak výrazně podílela na vyšších ztrátách u buku, dubu, klenu a jedle. Z listnatých dřevin měl vždy relativně vyšší ztráty buk a dub. To je způsobeno větší atraktivitou těchto dřevin pro myšovitě hlodavce, to platí i pro klen. Naopak relativně nejnižší ztráty z listnatých dřevin, což se potvrdilo i na TVP Uhřínov s nejméně příznivými podmínkami pro růst, vykazovala třešeň, jeřáb a lípa. Zajímavým zjištěním je fakt, že absolutně nejnižší ztráty za prvních pět let byly pozorovány u smrku. Obdobné hodnoty vykazovala i jedle obrovská. Z použitých jehličnatých dřevin vykazuje relativně nízké ztráty v průměru 7% douglaska.

Tab. 6: Celkové ztráty (%) za prvních pět let po výsadbě u jednotlivých druhů dřevin

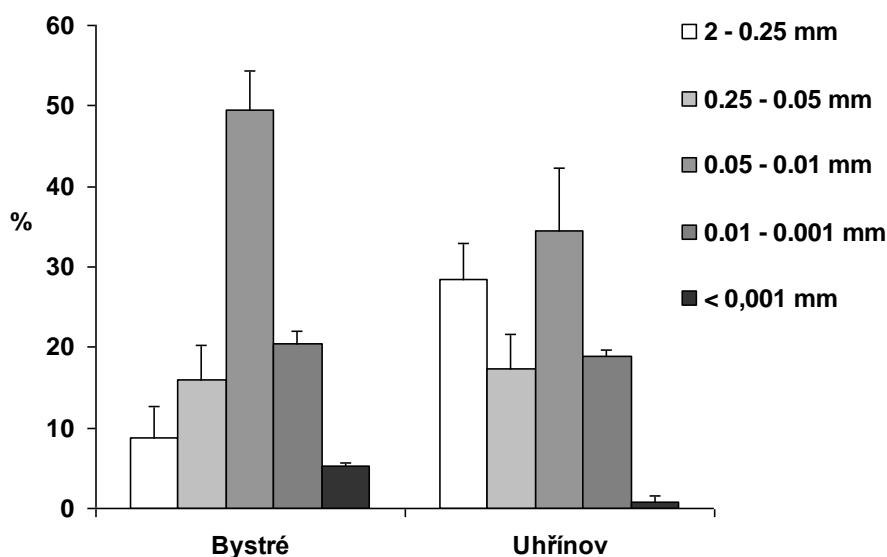
TVP	BK	DB	KL	TŘ	JŘ	LP	JS	OL	SM	JD	MD	DG	JDO	Průměr
Bystré I	3	-	1	0	1	2	-	-	0	1	2	2	-	1,3
Bystré II	6	7	-	5	3	5	-	-	3	3	2	2	3	4,0
Uhřínov	88	63	48	16	14	23	34	-	6	25	64	18	3	33,5
Osečnice	5	-	4	2	-	-	-	3	1	2	27	6	-	6,4

Za účelem objasnění výrazně vyšších ztrát na TVP Uhřínov oproti ostatním TVP byla provedena analýza půdní vlhkosti. Z výsledků měření vlhkosti půdy (na ploškách s nejvíce poškozenými sazenicemi buku na TVP Uhřínov) v prostoru kořenů sadebního materiálu za teplého slunečného počasí kolem desáté hodiny vyplývá, že svrchní vrstva půdy do hloubky cca 5 cm na vyžnutých ploškách vykazuje v průměru extrémně nízkou vlhkost půdy 3,5 % (tab. 7). Na nevyžnutých ploškách činila průměrná vlhkost půdy 6 %. V druhém termínu měření (21.7. 2010) byly zjištěny absolutně vyšší hodnoty vlhkosti v důsledku srážky ze dne 17. 7. (46 mm za 24 hodin). Podstatné je, že i v tomto případě však byla zjištěna nižší vlhkost půdy na vyžnuté variantě. Vlhkost půdy sledovaná meteorologickou stanicí Noel v hloubce 20 cm pod povrchem půdy klesá 13.7. na hodnotu 11,1 % a 21.7. na hodnotu 16,4 %. Potvrdil se tedy předpoklad stoupající vlhkosti půdy s hloubkou. Minimální hodnota vlhkosti byla v automatické stanici zaznamenána 17. 7. (9,8 %). V tento den byla zaznamenána maximální teplota vzduchu ve výšce 2 m 32,1 °C a ve 30 cm nad povrchem půdy dokonce 38,2 °C. Před takto vysokými teplotami dokáže částečně ochránit vysázené stromky přítomná buřeň, což dokazuje zjištěná vyšší vlhkost půdy v kořenové vrstvě. Na takto extrémních stanovištích tak lze doporučit ponechání buřene v době teplých letních dnů.

Tab. 7: Vlhkost svrchní vrstvy (0 – 20 cm) půdy na TVP Uhřínov

	Buřeň	Vyžnuto
<b>13. 7. 2010</b>		
Vlhkost (%)	6,0	3,5
N	171	182
Sx	2,48	2,25
<b>21. 7. 2010</b>		
Vlhkost (%)	18,7	14,9
N	200	198
Sx	10,36	4,90

Na stanovišti Uhřínov je geologickým podložím granodiorit a půda obsahuje velmi málo jemných jílových částic schopných vázat půdní vlhkost. Půda tak obsahuje velmi malý podíl částic menších než 0,001 mm (obr. 8). Půda zde dále také obsahuje významně větší podíl částic o velikosti 2 - 0,25 mm oproti lokalitě Bystré (příznivé stanovištní podmínky). Za hlavní příčinu relativně vysokých ztrát na TVP Uhřínov lze tak považovat jihozápadní expozice TVP v kombinaci s méně příznivými fyzikálními vlastnostmi půdy.



Obr. 8: Textura půdy (zrnitostní složení) 0 – 10 cm půdy na TVP Bystré a Uhřínov. Chybové úsečky znázorňují velikost směrodatné odchylky. Vysvětlivky k frakcím (viz SINGER, MUNNS 1996): 2 – 0,25 mm (velmi hrubý až střední písek); 0,25 – 0,05 mm (jemný až velmi jemný písek); 0,05 – 0,01 mm (hrubý až střední prach); 0,01 – 0,001 mm (jemný prach až jíl); < 0,001 mm (jíl).

Významným faktorem poškozujícím výsadby jedle bělokoré v prvních letech po výsadbě je mraz. Ze sledování minimálních denních teplot na TVP Bystré II ve výšce 30 cm nad povrchem země v období od 6. dubna 2004 do 31. května 2004 vyplývá, že nejnižší teplota byla ve sledovaném období zaznamenána 11.4. ve 23:00 (-2,7 °C). Pro sledování poškození mrazem jsou však důležitější květnové epizody, kdy je již jedle růstově aktivní. V roce 2004 klesla teplota pod bod mrazu ve výšce 30 cm celkem 4krát. Nejvíce 23. 5. ve 24:00 na -0,9 °C. I takto malý pokles teploty zapříčinil poměrně značné poškození výsadeb jedle (obr. 9).

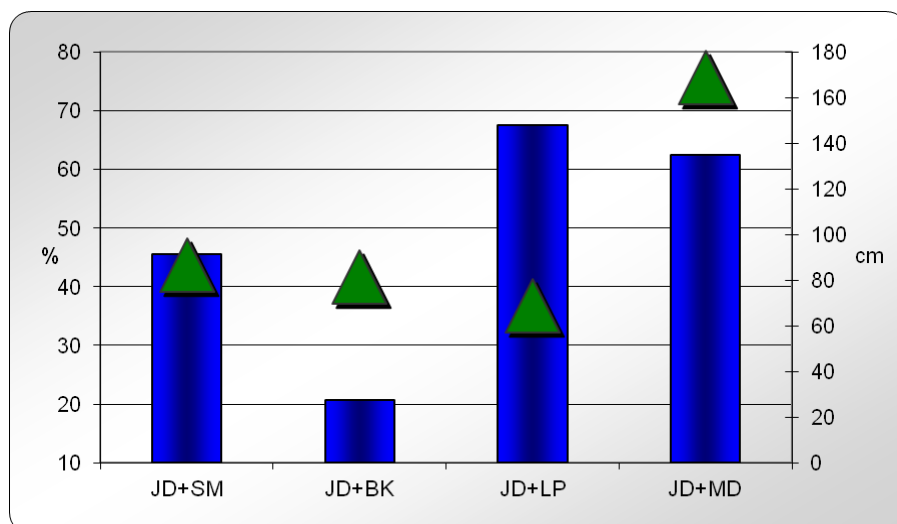


Obr.9: Ukázka poškození JD mrazem na TVP Bystré II třetím rokem po výsadbě.

Výskyt poškození jedle pozdním mrazem je na výzkumné ploše pozorován opakovaně a brzdí tak jedli ve výškovém přírůstu. Nejmenší výskyt poškození mrazem (21 % poškozených jedinců) byl zjištěn ve směsi s bukem (obr. 10). Druhé nejnižší procento poškození bylo ve smrku (46 % poškozených jedinců). Nejvyšší procento poškození se vyskytlo ve směsi s lípou (68 %). Závislost poškození na výšce přimíšené dřeviny nebyla prokázána.

Další problémy se zdravotním stavem se objevily u douglasky tisolisté v květnu 2011 (již ve stádiu tyčkovin) na TVP

Bystré I a II. U třiceti jedinců bylo pozorováno zasychání, rezavění a následný opad jehlic (obr. 11). Obdobné méně výrazné symptomy poškození se vyskytly již v předchozím roce 2010.



Obr. 10: Procento výskytů poškození mrazem jedle bělokoré na TVP Bystré II v různých řadových smíchách se znázorněním průměrné výšky přimíšené dřeviny v roce 2004 (sloupce znázorňují %, trojúhelníky výšku).

Z odebraných vzorků poškozených jedinců určila Lesní ochranná služba VÚLHM v.v.i. ve Strnadlech příčiny poškození jako kombinaci nadměrného vytranspirování jedinců během uplynulé zimní sezóny a výskyt skotské sypavky douglasky (*Rhabdocline pseudotsugae* Sydow). Důsledkem poškození došlo v roce 2011 k uschnutí horní poloviny koruny nebo celé koruny u cca 2 % jedinců na obou TVP Bystré.



Obr. 11: Ukázka poškození douglasky tisolisté fyziologickým vysycháním a sypavkou z roku 2011 na TVP Bystré II

### 5.1.2 Porovnání doby zajištění

Možná závislost doby potřebné pro zajištění jednotlivých dřevin na různém přimíšení s ostatními dřevinami byla hodnocena na příkladu TVP Bystré I. Pojem zajištěný porost je v lesním zákoně definován velmi obecně. Zajištění jednotlivých druhů dřevin je třeba hodnotit podle zastoupení nejmenších jedinců kultury. Až poté co dostatečně odrostou, je možné přestat s ochranou kultur proti zvěři a buření. Při posuzování doby potřebné pro zajištění jednotlivých dřevin se vycházelo nejen z dosažení stanovené

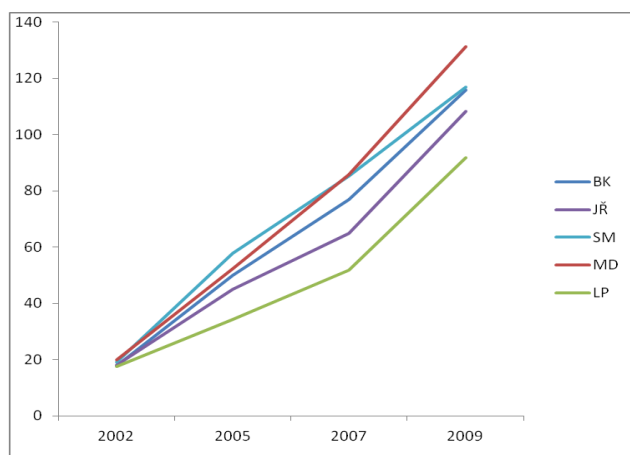
průměrné výšky 130 cm, ale také z výškové rozrůzněnosti jednotlivých dřevin, která byla nejvýraznější u nesmíšené jedle a douglasky ve směsi. Ze získaných výsledků výškového růstu a zkušeností s působením škod srnčí zvěři a zajícem byla nejdelší doba potřebná pro zajištění kultury zjištěna u jedle. Činí 7 let (tab. 8). To znamená, že minimálně po tuto dobu je nutné ji chránit před zvěří. Při výskytu dalších negativních faktorů na odrůstání jedle, např. poškození pozdními mrazy (BARTOŠ, KACÁLEK 2006), se doba na zajištění dále prodlužuje.

Tab. 8: Počet let potřebných pro zajištění jednotlivých dřevin při zalesňování zemědělské půdy v potenciálním SLT 4K.

Dřevina	Průměrná výška sazenic při výsadbě (cm)	Roky na zajištění dřeviny	
		ve směsi	v nesmíšených
MD	55	3	-
DG	55	3-4	3
SM	38	4	4
KL	69	5	6
BK	41	6	6
JD	29	7	7

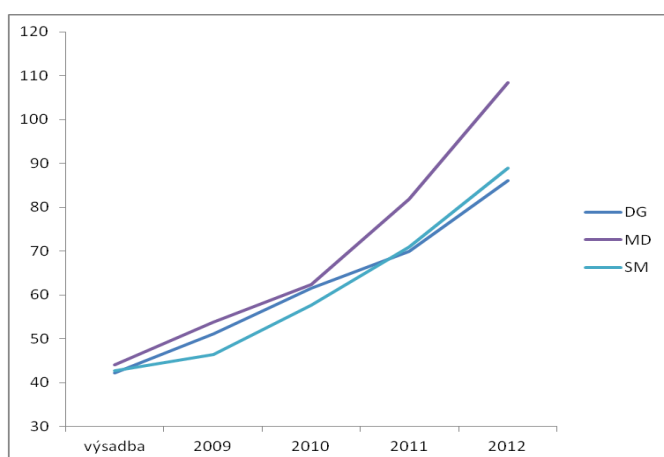
Naopak nejkratší doba (3 roky) nutná pro zajištění byla konstatována u modřínu a douglasky. Vyšší hodnotu u douglasky ve směsi (3 – 4 roky) lze vysvětlit relativně velkou rozkolísaností výšek, která mohla být v tomto období již ovlivněna začínajícím konkurenčním tlakem přimíšeného rychleji rostoucího modřínu. Poměrně krátká doba (4 roky) byla zjištěna také u smrku. Zajímavé zjištění přineslo šetření u klenu, kde přimíšením této dřeviny k vhodným přípravným dřevinám bylo dosaženo zkrácení doby potřebné na zajištění o jeden rok. Tímto péstebním opatřením tak byly u klenu přímo ušetřeny náklady za jeden rok na ochranu proti zvěři a buřeni. Výše těchto nákladů lze finančně vyčíslit na základě roční sazby poskytované za ochranu kultur v dotačním programu na ZZP. Tato částka v současné době činí 12 000 Kč na hektar za rok, což jsou ušetřené náklady na ochranu, docílené vhodným přimíšením dřevin do klenu.

Z výsledků porovnání výškového růstu jedle (z čehož lze odvodit dobu potřebnou pro zajištění dřeviny v dané variantě smíšení) v různém řadovém smíšení na TVP Bystré II vyplývá, že po 9 letech dosahuje největší průměrné výšky 131 cm jedle v řadovém smíšení s modřínem (obr. 12). Modřín přitom dosahuje z přimíšených dřevin největší průměrnou výšku 560 cm. Naopak nejpomaleji z přimíšených dřevin k jedli rostla lípa, která 9 let po výsadbě dosahovala v průměru pouze 180 cm. V tomto přimíšení byla i jedle nejmenší (92 cm). Také jeřáb rostl relativně pomaleji a i opticky bylo zřejmé, že je na ploše velmi málo biomasy, která by mohla příznivě ovlivnit mikroklima pro jedli. Na této variantě dosahovala jedle druhé nejmenší výšky 108 cm. V dalších letech již rychleji rostoucí dřevina začíná ovlivňovat cílovou dřevinu v podúrovni negativně. V této fázi se předpokládá silná redukce výchovné dřeviny v první prořezávce.



Obr.12: Porovnání růstu jedle v různém smíšení na TVP Bystré II

Výše uvedená fakta potvrzují i první výsledky z TVP Osečnice. Po čtyřech letech růstu buku v řadovém smíšení s různými dřevinami dosahuje největší průměrné výšky 108,5 cm ve smíšení s modřínem (obr. 13). Modřín přitom dosahuje ze srovnávaných přimíšených dřevin největší průměrné výšky 180 cm. Naopak nejmenší průměrnou výšku z přimíšených dřevin dosahuje douglaska (90 cm) a buk má v této dřevině průměrnou výšku pouze 86,1 cm. Tyto první výsledky z TVP Osečnice podporují nastíněnou teorii o pozitivní stimulaci růstu cílových dřevin dřevinami s rychlejším růstem v prvních letech po výsadbě. Tyto výsledky bude třeba potvrdit výsledky získanými v dalších letech.



Obr. 13: Porovnání růstu buku v různém řadovém smíšení na TVP Osečnice

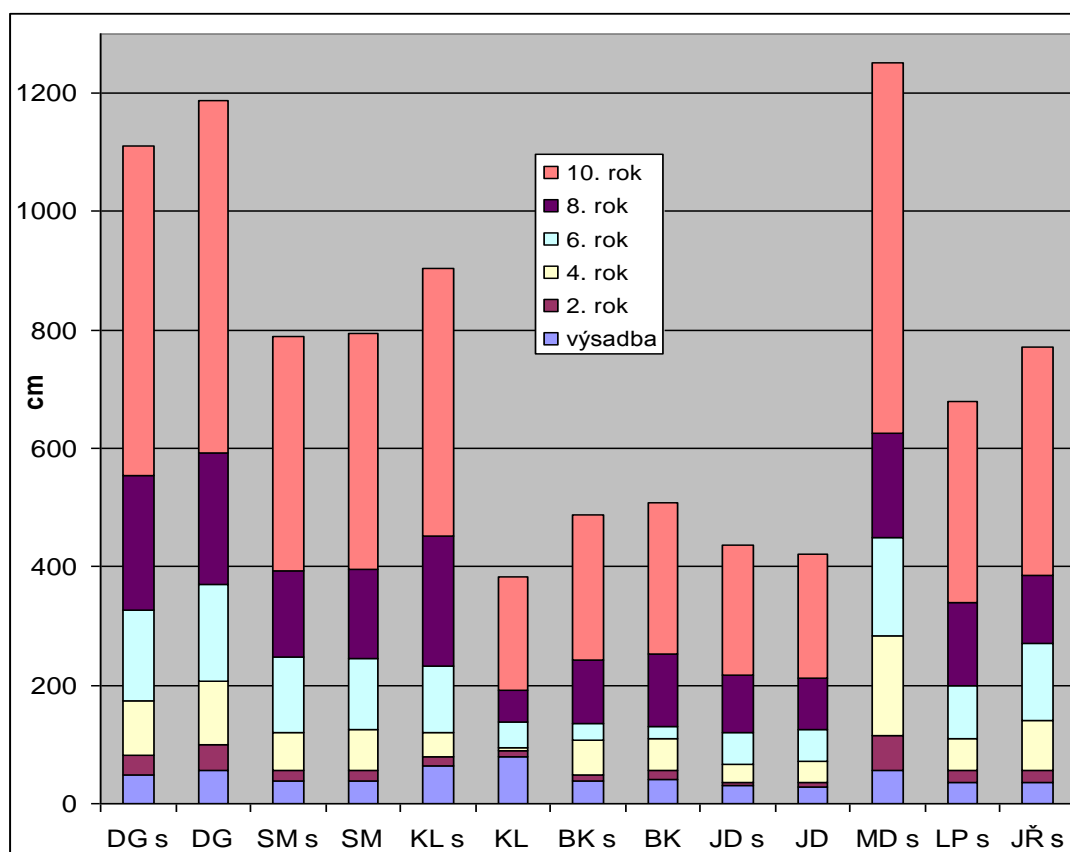
Vhodnou formou smíšení dřevin lze snížit dobu potřebnou pro zajištění jednotlivých MZD. Nejmarkantněji se to potvrdilo na přimíšení klenu, buku a jedle ke dřevině s rychlejším růstem v prvních letech po výsadbě např. modřínu. Z pěstebního hlediska se předpokládá redukce „pomocné“ dřeviny při první prořezávce.

## 5.2 Vývoj růstu výsadeb

### 5.2.1 Porovnání růstu jednotlivých dřevin

Z porovnání růstové dynamiky vybraných dřevin na TVP Bystré I v prvních 10 letech po výsadbě dle očekávání nejrychleji přirůstal modřín (obr. 14). Již ve 4. roce byl o 300 % větší než naopak nejpomaleji rostoucí jedle. V 5. roce pak o 240 % větší než buk a klen rostoucí nesmíšeně, v dalších letech se pak již tyto poměrné rozdíly opět snižují (v 10. roce řádově ca 100 %). Druhou nejrychleji rostoucí dřevinou byla douglaska, která se výškově vyrovnala modřínu až v 10. roce (7,6 m). Předpokládám, že douglaska v dalších letech modřín předstihne, i vzhledem k tomu, že první výchovné zásahy v modřínu (který byl použit hlavně jako přípravná dřevina) jsou zaměřeny na „agresivně“ zavětvené jedince, kteří často dominují i výškově. Naproti tomu u douglasky jsou při výchově odstraňováni podúrovňoví jedinci.

Z porovnání růstu cílových dřevin v pestré směsi s nesmíšenými ploškami byly nejvýraznější rozdíly zaznamenány u kleny. Od 4. roku vykazuje klen ve směsi významně větší průměrnou výšku a tento rozdíl se zvětšuje až do 10. roku (KL s 6,1 m oproti KL 3,0 m po deseti letech růstu).



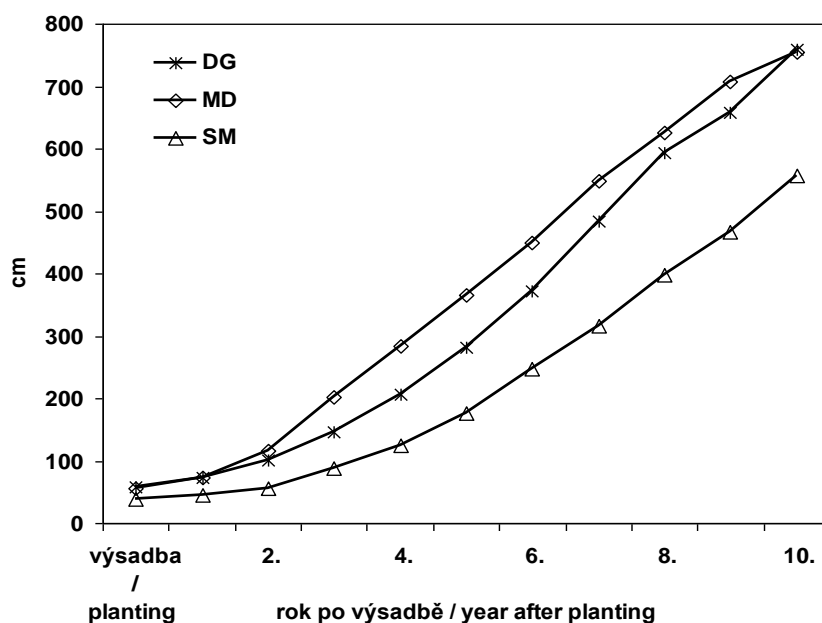
Obr. 14: Vývoj průměrného výškového přírůstu dřevin v pestrém smíšené (s) a nesmíšené



Pozitivní vliv přimíšené dřeviny lze pozorovat také u jedle. Naopak výškově lépe odrůstala čistá kultura douglasky, které v tomto případě nekonkurovaly přimíšené dřeviny. Mírně pozitivní trend intenzivnějšího výškového růstu v 10. roce po výsadbě lze také pozorovat u čisté kultury buku. Zde lze ale zároveň pozorovat významný rozdíl v tvaru a dimenzi korun jedinců buku.

### 5.2.2 Douglaska tisolistá

Výškový přírůst douglasky tisolisté na TVP Bystré I se odvíjel od velmi dobrého zdravotního stavu v prvních letech po výsadbě. Průměrná výška douglasky při výsadbě činila 58 cm (obr. 15). Douglaska již od druhého roku po výsadbě překonala šok z přesazení a začala velmi intenzivně přirůstat. Třetím rokem po výsadbě dosahovala průměrné výšky 145 cm, což bylo o 70 % více než smrk. Rychleji přirůstal pouze při výsadbě obdobně velký modřín, kdy největší rozdíl v průměrných výškách byl zaznamenán ve 3. a 4. roce po výsadbě (38 % ve prospěch modřínu). Po deseti letech se průměrné výšky vyrovnaly a douglaska má jasnou tendenci k předstihnutí modřínu. Pozvolnější výškový růst byl dle očekávání pozorován u smrku, který dosahoval při výsadbě průměrné výšky 38 cm. Desátým rokem po výsadbě dosahuje douglaska o 36 % větší průměrnou výšku než smrk a stejnou výšku jako modřín.

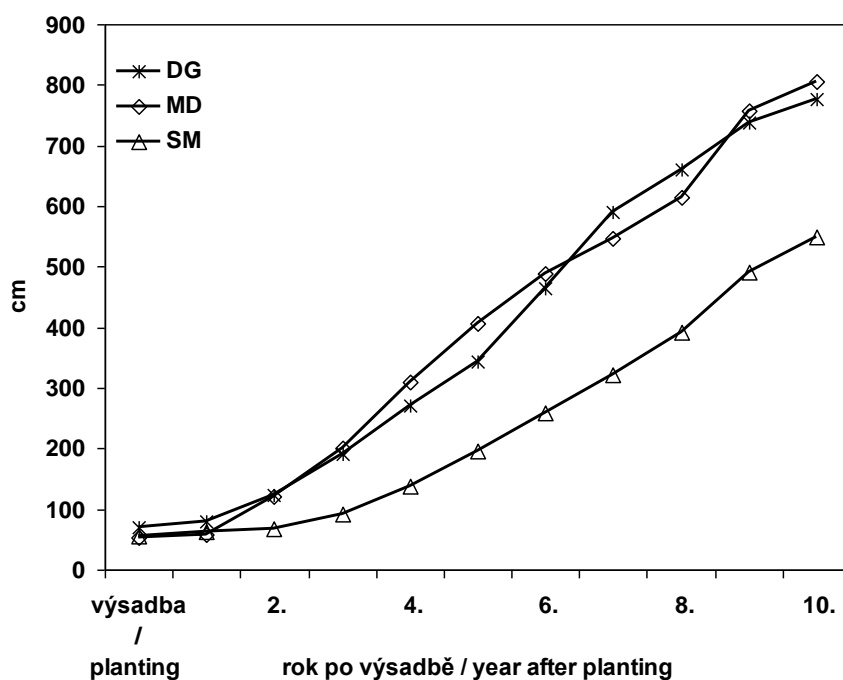


Obr. 15: Vývoj výškového růstu douglasky (DG), modřínu (MD) a smrku (SM) během prvních 10 let po výsadbě, TVP Bystré I

Také na TVP Bystré II, založené v roce 2002, vykazovala douglaska velmi dobrý výškový přírůst (obr. 16). Z relativně velké průměrné výšky při výsadbě (69 cm) obnovila douglaska

rychle výškový přírůst a třetím rokem dosahovala průměrné výšky 192 cm. Douglaska tak na této TVP dosáhla již po třech letech stádia, kdy odrostla negativnímu působení buřeně a teoreticky i škodám zvěří (TVP Bystré II je oplocena). Douglaska se zde tak dokonce takřka vyrovnala rychlostí růstu v prvních šesti letech modřínu.

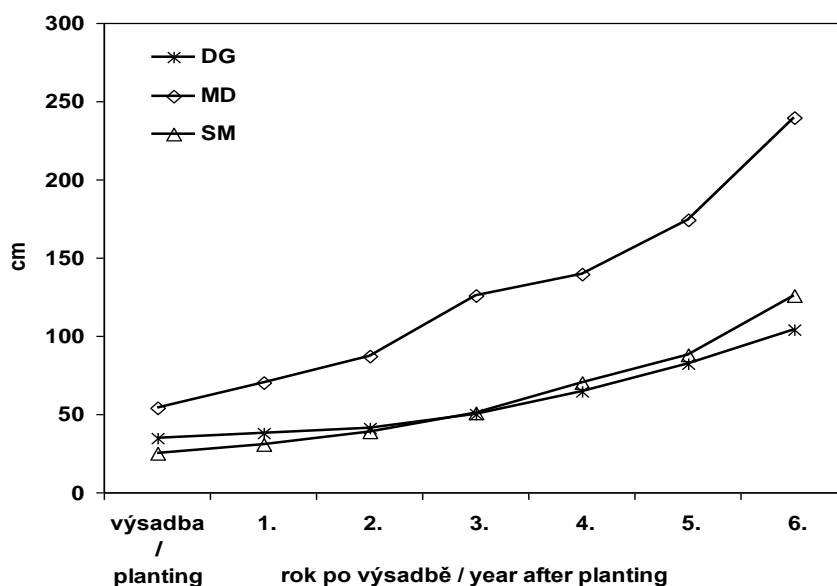
Dynamika vývoje průměrné výšky byla ovlivněna i tím, že v průběhu sedmého a osmého roku po výsadbě byl v modřínu proveden první výchovný zásah, což lze dobře rozpoznat na poklesu nárůstu průměrné výšky. Odstraňování byli jedinci s neprůběžným kmenem, relativně velkými větvemi a větší jedinci potlačující přimíšené dřeviny, čímž byla ovlivněna průměrná výška porostu. Výchovný zásah v douglasce byl započat o rok později v 8. roce po výsadbě, ale hlavní objem vytěžených stromů připadá na 9. a 10. rok. I zde lze v tomto období pozorovat určité zpomalení nárůstu průměrné výšky.



Obr. 16: Vývoj výškového růstu douglasky (DG), modřínu (MD) a smrku (SM) během prvních 10 let po výsadbě, TVP Bystré II

Smrk přirůstal dle očekávání pomaleji a parametrů pro zajištění dosáhl ve 4. až 5. roce. Největší relativní rozdíl v průměrné výšce smrku oproti douglasce lze pozorovat ve 3. roce, kdy rozdíl výšek přesahoval 100 %, po 10 letech je douglaska vyšší o 40 %.

Dynamika výškového přírůstu douglasky na TVP Uhřínov se výrazně lišila od obou TVP Bystré. Sadební materiál douglasky první tři roky po výsadbě vykazoval pouze minimální přírůst (obr. 17).



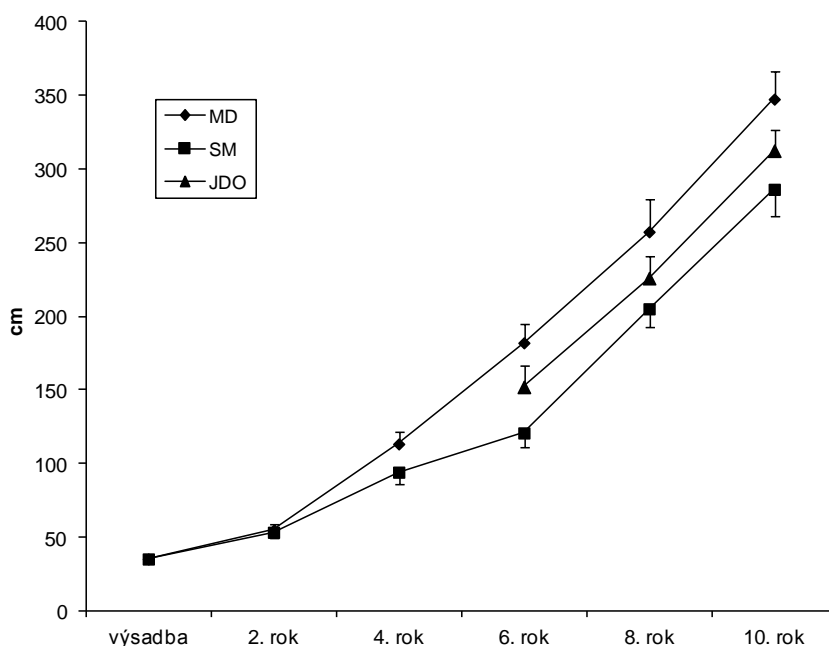
Obr. 17: Porovnání výškového růstu douglasky (DG), modřínu (MD) a smrku (SM) během prvních 6 let po výsadbě, TVP Uhřínov

Nečekaně byla tato stagnace růstu (šok z přesazení) větší než u smrku, který dosahuje od třetího roku po výsadbě dokonce větší průměrné výšky než douglaska. Douglaska vykazuje menší průměrnou výšku i šestý rok po výsadbě (104 cm), kdy je o 17 % menší než smrk (126 cm). Oproti douglasce se na této lokalitě dobře dařilo modřínu, který třetí rok po výsadbě (2007) dosahuje o 151 % (126 cm) a v šestém roce o 130 % větší průměrné výšky oproti douglasce. Tyto výsledky výškového růstu douglasky jsou zcela odlišné od výše popisovaných TVP Bystré I a II.

### 5.2.3 Třešeň ptačí

Třešeň ptačí vykazovala po výsadbě na všech třech výzkumných plochách v porovnání s dalšími vysázenými dřevinami relativně velmi dobrý zdravotní stav. Ztráty v prvních letech po výsadbě tak byly relativně nízké. Toto pozorování bylo nejvýraznější na nejvíce exponované TVP Uhřínov, kde ztráty třešně dosahovaly 2 roky po výsadbě cca 9 %, oproti např. dubu 41 % či buku 39 %.

Z porovnání výškového růstu jedinců třešně ve smíšení s modřínem oproti smíšení se smrkem vyplývá, že již od 2. roku po výsadbě dosahují větší průměrné výšky jedinci modřínu (obr. 18). Od 6. roku po výsadbě je rozdíl mezi těmito dvěma variantami statisticky významný.



Obr. 18: Výškový růst třešně ptačí na TVP Bystré II; chybové úsečky zobrazují 95% konfidenční intervaly

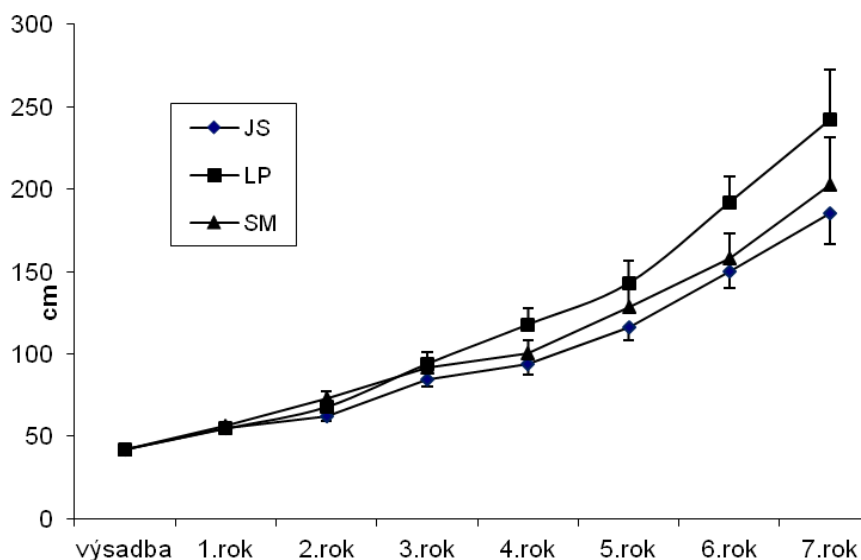
Tab. 9: Vývoj výškového růstu pomocných dřevin při pěstování třešně ptačí na TVP Bystré II

	4. rok	6. rok	8. rok	10. rok
	(cm)			
MD	304	503	615	772
JDO		186	302	456
SM	143	284	394	570

Sám modřín, díky rychlejšímu růstu v mládí, dosahuje již od prvního roku po výsadbě významně větší průměrnou výšku (tab. 9) a stimuluje tak přimíšenou třešeň k tomu, aby se i ona „táhla za světlem“. Ve čtvrtém roce po výsadbě je rozdíl v průměrné výšce mezi modřínem a smrkem více než dvojnásobný. Modřín dosahuje průměrné výšky 303 cm, smrk pouze 143 cm. V šestém roce po výsadbě dosahuje modřín 503 cm, zatímco smrk 284 cm. V desátém roce po výsadbě činil výškový rozdíl mezi smrkem a modřínem pouze 35 % (MD 772 a SM 570 cm). U modřínu byla při prořezávce odstraněna i část úrovnových jedinců

s „agresivně“ se rozrůstající korunou. Průměrná výška jedinců jedle obrovské se po celé sledované období pohybovala mezi hodnotami uvedenými pro modřín a smrk. Jedle obrovská má oproti smrku významně menší objem větví v hladině korun třešně, což významně napomáhá výškovému růstu třešně i průběžnosti terminálních výhonů třešně. Celkově lze shrnout, že výškový růst třešně pozitivně ovlivnila průměrná výška přimíšené dřeviny. Od 4. do 10. roku po výsadbě dosahoval největší průměrné výšky v nejvyšším modřínu.

Z pomocných dřevin použitých na TVP Uhřínov nejrychleji po výsadbě obnovila růst lípa, která dosahovala již 5. rokem po výsadbě v průměru 109 cm (tab. 10). V 7. roce však byla předstihována smrkem, který dosahuje průměrné výšky 199 cm. Nejmenší výškový přírůstek byl pozorován u jasanu, kterému zřejmě nevyhovovalo opakování teplých a suchých vegetačních období v prvních letech po výsadbě.



Obr. 19: Výškový růst třešně ptačí na TVP Uhřínov; chybové úsečky zobrazují 95% konfidenční intervaly

Tab. 10: Vývoj výškového růstu pomocných dřevin při pěstování třešně ptačí na TVP Uhřínov

	1.rok	3.rok	5.rok	7.rok
	(cm)			
JS	39	39	41	93
LP	43	62	109	172
SM	30	56	91	199

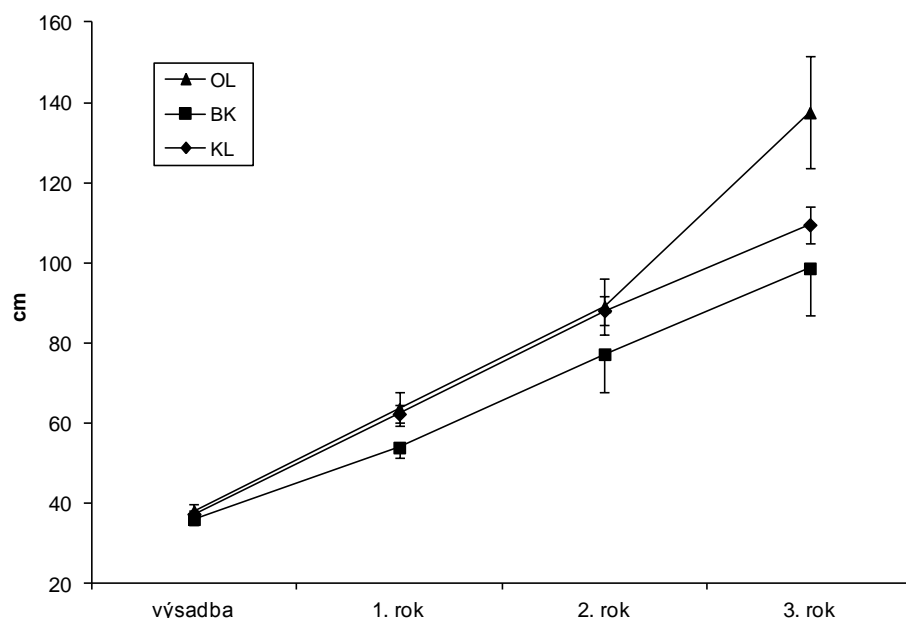
Výškový růst jedinců třešně ptačí na TVP Uhřínov byl ve srovnání s TVP Bystré II méně intenzivní. Při obdobné výšce při výsadbě byly jedinci třešně v průměru ve 4. roce o 19 % a v 6. roce o 9 % menší oproti TVP Bystré. Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben méně příznivými klimatickými podmínkami po zalesnění TVP Uhřínov a výskytem zaschlých terminálů v důsledku vysokých letních teplot. V delším časovém období předpokládáme, že se projeví vliv stanoviště a na TVP Uhřínov bude dominovat.

Na TVP Uhřínov dosahovala od 4. roku po výsadbě největší průměrné výšky třešň přimíšená v lípě srdčité (obr. 19). Tento trend si tato varianta udržela až do 7. roku po výsadbě. Statisticky je rozdíl významný pouze oproti variantě s jasanem od 5. do 7. roku. Právě varianta s jasanem dosahovala takřka po celou dobu sledování nejmenší průměrné výšky.

Zaměříme-li se na vliv průměrné výšky přimíšené dřeviny, je zde možné pozorovat obdobný vliv jako na předchozí TVP Bystré II. I zde dosahuje největších průměrných výšek varianta s největší přimíšenou dřevinou.

Na TVP Osečnice přirůstala třešň v porovnání s ostatními dvěma plochami relativně nejrychleji. V průměru zde dosahuje ve 3. roce o 25 % větší průměrnou výšku oproti TVP Uhřínov a o 41 % větší průměrnou výšku oproti TVP Bystré II.

Z přimíšených dřevin měly po výsadbě buk a klen obdobnou intenzitu růstu (tab. 11). Třetí výchovná dřevina olše začala po výsadbě přirůstat výrazně rychleji a ve třetím roce po výsadbě dosahovala v průměru již 295 cm, což je o 360 % více oproti buku a klen. Ve třetím roce má tedy olše statisticky významně větší výšku oproti buku a klen. Tento fakt se projevil na výškovém přírůstu třešně. V prvních dvou letech nebyly mezi jednotlivými variantami třešně prokazatelné rozdíly (obr. 20). Mezi variantou s bukem a klenem tento stav trval i ve třetím roce, ve kterém však výrazně výškově přirostla třešň v olši a dosáhla průměrné výšky 137,5 cm. V relativním vyjádření činí rozdíl oproti variantě klen 26 %. Rozdíl je statisticky průkazný. I na TVP Osečnice se tak projevil pozitivní vliv výšky přimíšené dřeviny na výškový přírůst variant třešně.



Obr. 20: Výškový růst třešně ptačí na TVP Osečnice; chybové úsečky zobrazují 95% konfidenční intervaly

Tab. 11: Vývoj výškového růstu pomocných dřevin při pěstování třešně ptačí na TVP Osečnice

	výsadba	1. rok	2. rok	3. rok
cm				
BK	40	42	52	63
KL	48	54	58	65
OL	38	93	167	295

### Potenciální kvalita kmenů

Součástí sledování růstu třešně v přimíšení různých dřevin bylo také hodnocení potencionální kvality kmínků třešně v závislosti na přimíšené dřevině. Toto vyhodnocení bylo provedeno na TVP Bystré II v devátém roce po výsadbě. Z těchto prvních výsledků vyplývá, že nejlepší kvalita kmínků byla ve variantě s jedlí obrovskou, kde dosáhla průměrné hodnoty 1,9 (tab. 12). Ve variantě modřín a smrk dosahovala kvalita obdobných hodnot 2,9 resp. 2,8. Jsem si vědom, že v devátém roce po výsadbě lze jen velmi obtížně hodnotit budoucí kvalitu jedinců třešně. Tento experiment však měl být důkazem toho, jaký důraz klademe na dosažení vysoké kvality a potažmo hodnoty produkce z těchto stanovišť s vysokým potenciálem.

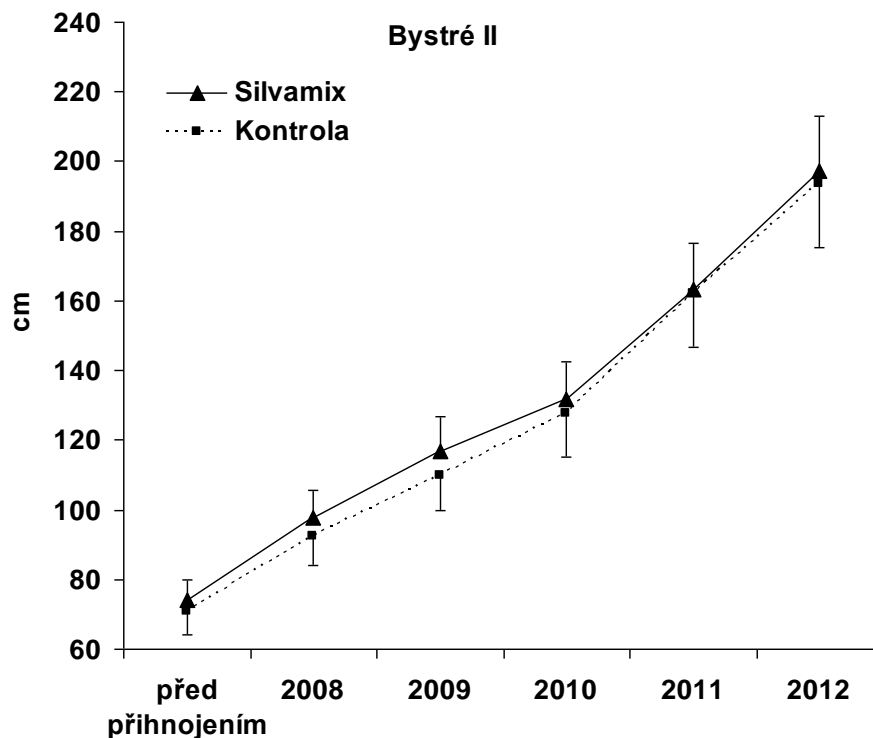
Tab. 12: *Hodnocení kvality kmínků třešně ptačí v devátém roce po výsadbě na TVP Bystré II v závislosti na přimíšené dřevině*

	MD	SM	JDO
Počet hodnocení	49	52	45
Průměrná kvalita	2,9	2,8	1,9

#### **5.2.4 Přihnojení jedle bělokoré**

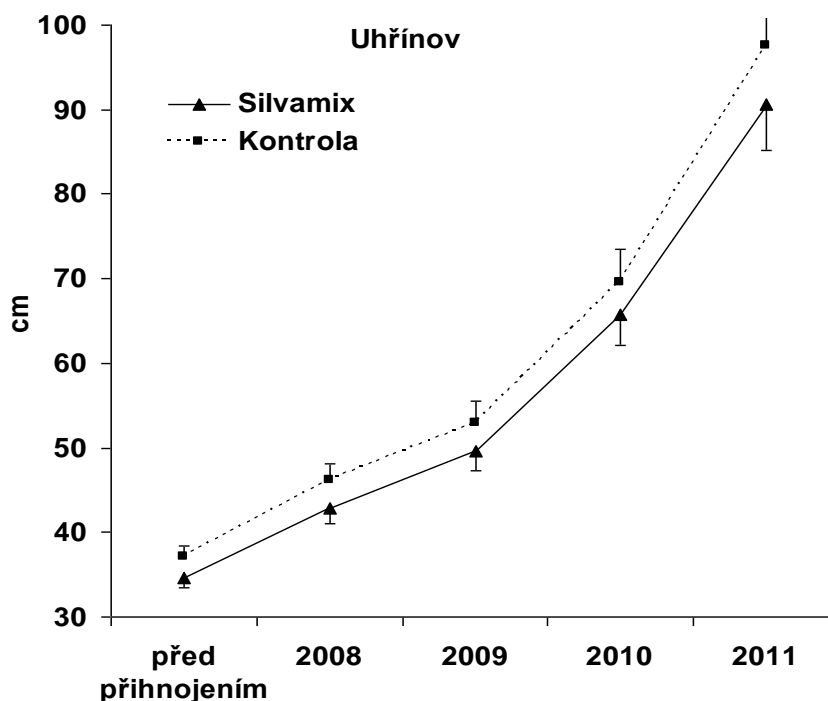
Po přihnojení jedinců jedle v roce 2008 nebyly na žádné ze tří sledovaných TVP pozorovány rozdíly ve zdravotním stavu mezi přihnojenou a nepřihnojenou variantou. Na TVP Bystré II jedle vykazovala již od založení výsadeb velmi dobrých výsledků. Průměrné ztráty jedle bělokoré za prvních 10 let po výsadbě činily maximálně 10 %. Další asi 4 % jedinců jsou ještě v desátém roce po výsadbě evidována jako obrážející (neodrostlí buřeni). Ztráty připadající na dobu přihnojení (působení hnojiva) jsou zanedbatelné. Na TVP Uhřínov nevykázaly ztráty mezi přihnojeným a nepřihnojeným sadebním materiálem významný rozdíl, u obou variant činily celkem za sledované období cca 9 %. Také na TVP Osečnice nebyl zaznamenán rozdíl ve ztrátách mezi sledovanými variantami, za 3 roky vykazaly ztráty do 4 %. Na žádné z TVP nebyly zaznamenány rozdíly ve zbarvení jehličí ani výskyt jiných poškození mezi porovnávanými variantami.





Obr. 21: Aplikace hnojiva Silvamix® nevedla k podpoře výškového růstu jedle bělokoré na TVP Bystré II; chybové úsečky zobrazují 95% konfidenční intervaly

Průměrná výška jedlí před přihnojením činila na TVP Bystré II u přihnojené varianty 74 cm a varianty bez hnojení 71 cm (obr. 21). V době aplikace hnojiva (jaro 2008) rostly jedle na TVP Bystré již 6 let. Výškový přírůst přihnojených jedlí na TVP Bystré vykazoval v prvních letech po přihnojení dokonce menší dynamiku než nepřihnojená varianta. Po čtvrtém roce sledování dosahuje přihnojená varianta prakticky stejnou výšku jako kontrola. Z výše uvedeného lze shrnout, že na TVP Bystré se po čtyřech letech růstu neprokázal příznivý efekt jednorázového přihnojení jedinců jedle bělokoré rostoucí na bývalé louce.

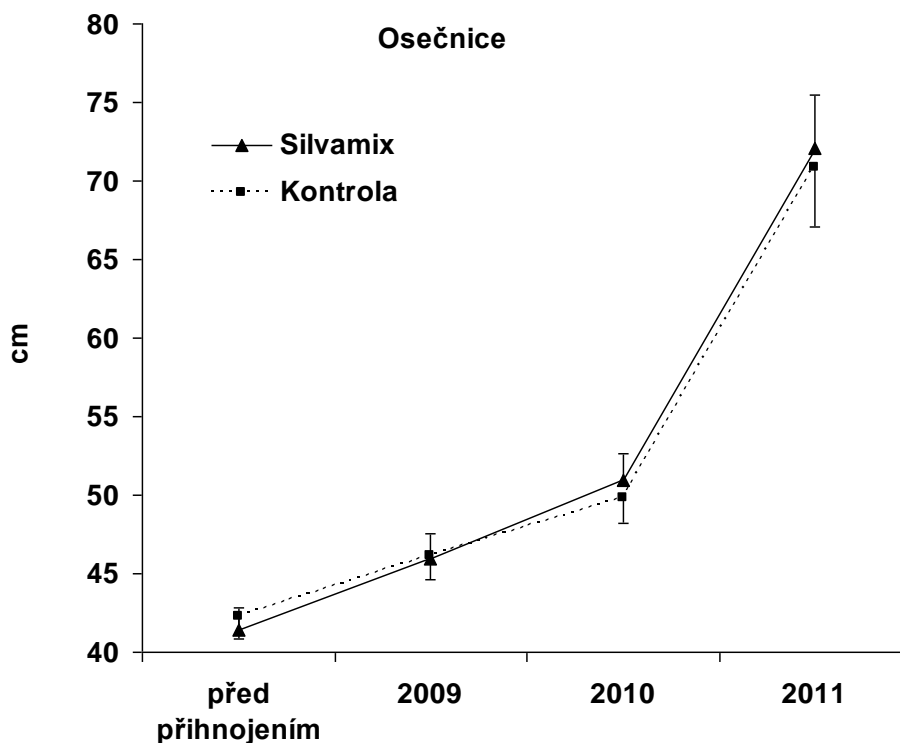


Obr. 22: Aplikace přípravku Silvamix® nevedla k podpoře výškového růstu jedle bělokoré na TVP Uhřínov; chybové úsečky zobrazují 95% konfidenční intervaly

Přihnojené jedle na TVP Uhřínov byly v době před aplikací Silvamixu® průměrně vysoké 35 cm a kontrola bez hnojení měla 36 cm. Relativní rozdíl průměrných výšek činil 7 %. Tento rozdíl si porovnávané varianty zachovaly po celou dobu sledování až do roku 2011 (obr. 22). Ze zjištěného vývoje výšek obou variant vyplývá, že na této TVP nebyl prokázán vliv hnojiva Silvamix® na výškový přírůst jedle bělokoré.

Na TVP Osečnice průměrná výška přihnojené varianty a varianty bez hnojení nevykazovala před přihnojením na jaře roku 2009 výrazný rozdíl. Přihnojená varianta měla průměrnou výšku 41 cm a nehnojená varianta 42 cm (obr. 23). Během sledovaných třech let došlo ke zvýšení průměrné výšky hnojené varianty jedle bělokoré, ale i na této lokalitě nebyl prokázán příznivý efekt jednorázového přihnojení hnojivem Silvamix® na výškový přírůst.

Pro provedenou aplikaci hnojiva byla provedena finanční kalkulace. Náklady na 5 tablet hnojiva Silvamix® Forte 30 byly vypočteny na 3,50 Kč. Náklady na aplikaci k jedné sazenici byly odhadnuty na 1 Kč. Při uvažovaném hektarovém počtu 4000 sazenic tak lze stanovit náklady na jednorázové přihnojení jedlové kultury na ploše 1 ha na 18 000 Kč.



Obr. 23: Aplikace přípravku Silvamix® nevedla k podpoře výškového růstu jedle bělokoré na TVP Osečnice; chybové úsečky zobrazují 95% konfidenční intervaly

### 5.2.5 Produkce mladých porostů

V pestrém smíšením se na TVP Bystré I během deseti letů růstu projevila různá růstová dynamika použitých dřevin. Z porovnávaných cílových dřevin nejvíce přirostla douglaska, která z původního zastoupení 7 % tvoří po deseti letech 15% G ( $2,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) tab. 13. Druhou dřevinou, která vykazuje po deseti letech vyšší podíl na G oproti zastoupení při výsadbě je smrk, který zvýšil zastoupení na 19 % ( $3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Naopak nejmenší podíl na G má s 2% buk, který tvoří  $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Absolutně největší G ze všech dřevin vykazuje modřín (jako přípravná dřevina)  $6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , což činí 38 % ze součtu G všech hodnocených dřevin. Celkem vyprodukoval smíšený porost  $15,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , přičemž na cílové dřeviny připadá polovina této hodnoty.

Tab. 13: Vzorníky odebraných dřevin na TVP Bystré I.

	MD	DG	SM	KL	LP	JŘ
h (m)	7,7	7,1	5,2	7,2	5,8	6
d (cm)	9,8	8,9	7	5,8	6,3	4,9
V (m <sup>3</sup> )	0,036	0,027	0,013	0,012	0,011	0,008
N	17	17	17	17	17	17
Sx	0,024	0,012	0,004	0,006	0,004	0,004
y	3,3436x - 0,0103	2,4155x - 0,0039	1,4974x + 0,0008	1,6253x + 0,0023	1,6928x - 0,0015	2,3005x - 0,0006
R <sup>2</sup>	0,94	0,89	0,60	0,70	0,71	0,84

Při prořezávce v roce 2010 byly z TVP Bystré I odebrány vzorníky ze všech vysazených dřevin mimo buku a jedle. Největších dimenzí dosahovaly vzorníky modřínu; jejich průměrná výška činila 7,7 m a výčetní tloušťka 9,8 cm (tab. 13). Následovala douglaska s průměrnou výškou vzorníků 7,1 m a výčetní tloušťce 8,9 cm. Takřka třetinovou hmotnost má oproti modřínu po 10 letech smrk 0,013 m<sup>3</sup>. Nejmenších dimenzí dosahoval jeřáb.

Z objemu odebraných vzorníků byla sestavena lineární závislost na G. Pomocí této funkce byla vypočtena zásoba jednotlivých dřevin ve směsi (tab. 14). Celkově vyprodukoval smíšený porost za 10 let růstu 38,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> na ha dřevní suroviny. Z tohoto množství bylo při prvním výchovném zásahu odstraněno 8,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Vytěžený objem připadá na 22 % G. Hektarový počet stromů se zásahem snížil o 16 % na 5200 ks.

Tab. 14: Relativní počty cílových a pomocných dřevin ve smíšených čtvercích v době zalesnění (2001), G a zásoba po 10 letech růstu a těžba v roce 2010 na výzkumné ploše Bystré.

Dřevina	KL	BK	DG	SM	JD	LP	JŘ	MD	Total
Četnost zastoupení									
2001	17%	11%	7%	13%	11%	13%	11%	16%	100%
G 2010 (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	1,5	0,3	2,4	3,0	0,7	1,0	0,8	6,0	15,8
G těžba (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	1,9	2,9
G sdruž %	9%	2%	15%	19%	5%	6%	5%	38%	100%
V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	2,4	0,7	5,9	4,5	1,1	1,7	1,9	20,2	38,4
V těžba (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,4	0,0	0,4	0,2	0,1	0,3	0,5	6,3	8,2

Z nesmíšených variant dosahuje po deseti letech růstu největší G douglaska ( $15,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (tab.15), což odpovídá G směsi. Obdobné G ( $15,4$ ) vykazuje za tento časový údaj i smrk. Nejmenší G  $1,9 \text{ m}^2$ , takřka o 90 % menší, vykazuje klen.

Pokud se týče zásoby dřevní hmoty, lze pozorovat rozdíl mezi douglaskou a smrkem, který při srovnatelném G vykazuje o ca 40 % menší zásobu. Růstové tabulky popisují zásobu starších porostů než je věk dřevin v tomto experimentu a jsou navíc zpracovány pouze pro hlavní dřeviny. Nejblíže srovnání produkce tak přináší smrk, který dosahuje srovnatelné zásoby ( $59 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) až v 15 letech na 1. bonitě (Černý a kol. 1996).

Tab. 15: Charakteristika nesmíšených variant na TVP Bystré I 10 let po výsadbě.

	KL	BK	DG	SM	JD
N ( $\text{ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	6000	6250	2600	3764	3296
G ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ )	1,9	5,6	15,8	15,4	6,0
V ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ )	3,0	12,9	38,2	23,1	8,9

### 5.2.6 Produkce biomasy

Za účelem porovnání celkové vyprodukované biomasy mladých porostů první generace lesa byla odebrána zvláštní série vzorníků na TVP Bystré I a II. I v tomto pokusu dosahovaly největších dimenzí po 8 letech růstu vzorníky modřínu; jejich průměrná výška činila 734 cm a výčetní tloušťka 10,8 cm. Průměrná hmotnost kmene činila ca 37 kg a průměrná hmotnost větví 16 kg (tab. 16). Hmotnost kmene tak představovala ca 70 % hmotnosti nadzemní biomasy. Průměrná hmotnost kmene douglasky při průměrné výšce vzorníků 572 cm a výčetní tloušťce 7,9 cm činila 41 % hmotnosti modřínu. Kmen douglasky tak reprezentoval 43 % celkové hmotnosti nadzemní biomasy. Smrk v této fázi výrazně zaostává v produkci za výše uvedenými dřevinami. Průměrná hmotnost biomasy kmene smrku činila 18 % hodnoty modřínu. Hmotnost kmene smrku představovala 41 % z celkové hmotnosti jeho nadzemní biomasy.

Tab. 16: Rozměry a hmotnost čerstvě odebraných vzorníků 8 let po výsadbě na TVP Bystré.

Dřevina		Průměr (cm)	Výška (cm)	Kmen (kg)	Větve (kg)
<b>MD</b>	průměr	<b>10,8</b>	<b>734</b>	<b>36,64</b>	<b>16,12</b>
	N	15	15	15	15
	Sx	2,37	104	16,09	10,16
<b>DG</b>	průměr	<b>7,9</b>	<b>572</b>	<b>15,0</b>	<b>19,9</b>
	N	11	11	11	11
	Sx	1,75	90	6,78	8,97
<b>SM</b>	průměr	<b>5,5</b>	<b>421</b>	<b>6,76</b>	<b>9,67</b>
	N	10	10	10	10
	Sx	1,25	47	3,67	3,42

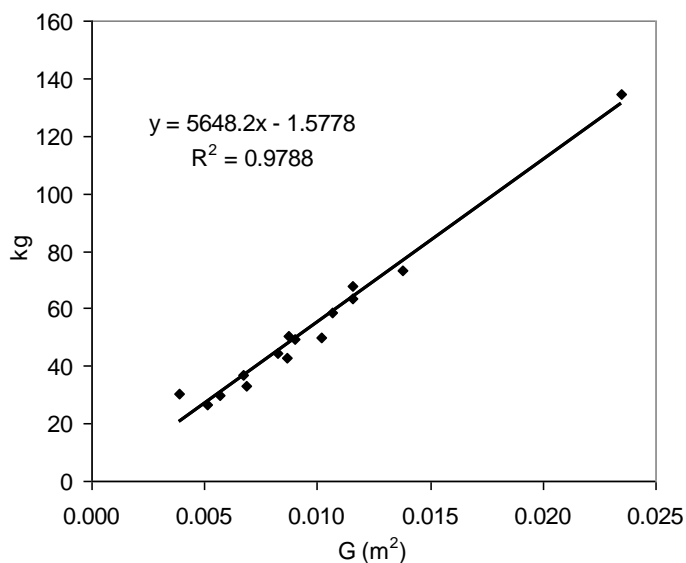
Největší podíl sušiny kmene (ca 43 hmotnostních %) byl zjištěn u douglasky (tab. 17). Z hmotnosti kmene modřínu tvořila sušina 40 % a u smrku 35 %. Sušina větví shodně u všech dřevin vykazovala vyšší hodnoty oproti kmenům a činila ca 45 – 47 %. Největší okamžitá vlhkost byla zjištěna u kmene smrku (necelých 65 %), naopak nejmenší u douglasky 57 %. U větví a hmoty do 4 cm byla největší okamžitá vlhkost zjištěna u douglasky (přes 55 %) a nejmenší u modřínu 52,8 %. U všech vzorků byla vlhkost kmene větší než vlhkost větví.

Tab. 17: Sušina a vlhkost odebraných vzorníků 8 let po výsadbě na výzkumné ploše Bystré.

Dřevina	Kmen		Větve	
	okamžitá vlhkost (%)	sušina (%)	okamžitá vlhkost (%)	sušina (%)
	<b>MD</b>	59,6	40,4	52,8
<b>DG</b>	57,1	42,9	55,2	44,8
<b>SM</b>	64,8	35,2	53,5	46,5

Výsledky ukázaly těsnou závislost celkové hmotnosti biomasy vzorníků modřínu na výčetní kruhové základně (obr. 24). Tuto závislost lze vyjádřit lineární funkcí ve tvaru  $y = 5648,2x -$

1,5778 s velmi vysokou těsností proložení (koeficient determinace  $R^2 = 0,9788$ ). Podobný vztah byl konstatován také u douglasky:  $y = 6678,9x + 0,148$  ( $R^2 = 0,8967$ ) a u smrku:  $y = 5558,2x + 2,4681$  ( $R^2 = 0,9027$ ).



Obr. 24: Závislost celkové hmotnosti sušiny biomasy vzorníků modřínu na výčetní kruhové základně vzorníků 8 let po výsadbě na výzkumné ploše v Bystrém.

Dosažením naměřených hodnot G (přepočtených na jednotku plochy) sledovaného smíšeného porostu do výše uvedených rovnic získáme hmotnost sušiny nadzemní části biomasy vyprodukované jednotlivými dřevinami po osmi letech růstu (tab. 18). Největší hodnotu vykazuje modřín, který za sledovaný časový úsek vyprodukoval 25,8 t na ha. Douglaska akumulovala 18,0 t a smrk 5,8 t biomasy na ha. Celkem tak tyto tři dřeviny vyprodukovaly 49,6 t sušiny na ha. Klen, jedle a buk tvoří zbylých 12 % G, na kterou připadá řádově 7 t na ha. Smíšený porost tak vyprodukoval po 8 letech přibližně 56 t sušiny na ha.

Tab. 18: Výčetní kruhová základna a hmotnost sušiny nadzemní biomasy vybraných dřevin 8 let po výsadbě na výzkumné ploše Bystré.

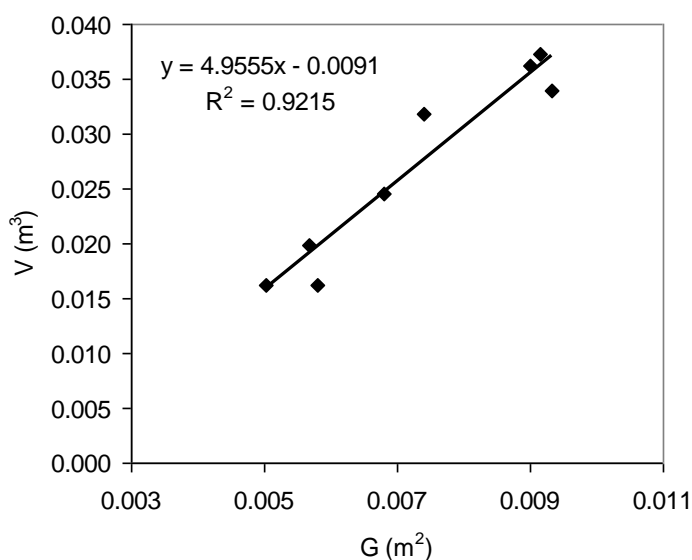
Dřevina	MD	DG	SM	Celkem
G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	4,6	2,7	1,0	
Sušina (t.ha <sup>-1</sup> )	25,8	18,0	5,8	49,6

Po osmi letech růstu výsadeb na bývalé louce, kdy bylo přistoupeno k prvnímu výchovnému zásahu, dosahuje modřín dimenzí, které se již vyplatí vyklidit z porostu (např. jako sortiment

palivové dříví). Hlavním specifikem výchovy smíšených porostů je možnost úpravy druhového složení porostu. V pestré směsi na TVP Bystré I byl modřín rozmístěn po celé ploše jako přípravná (rychle rostoucí) dřevina, a proto byl první výchovný zásah zaměřen hlavně na něj. Průměrná hmotnost vytěžených kmenů modřínu byla  $0,027 \text{ m}^3$ . Na žádném z odebraných vzorníků nebyly sebemenší známky napadení houbovými hnilobami ani jiné poškození. Modřín tak ve sledovaném smíšeném porostu představuje již ve fázi prvního výchovného zásahu významnou zásobu dřevní suroviny.

Závislost objemu vzorníků modřínu na  $G$  byla na základě naměřených údajů vyjádřena rovnicí  $y = 4,9555x - 0,0091$  s koeficientem determinace  $R^2 = 0,9215$  (obr. 25). Po dosazení naměřených hodnot do rovnice lineární závislosti dostaneme pro modřín odhad zásoby  $22,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Modřín dosahuje takto vysoké zásoby a tvoří přitom pouze 48 % celkové  $G$ .

Celkovou zásobu smíšeného porostu 8 let po výsadbě lze zhruba odhadnout převedením zjištěné zásoby modřínu na celkové  $G$  smíšeného porostu. Takovýmto propočtem získáme zásobu převyšující  $47 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Již tento hrubý odhad napovídá o budoucí vysoké produkci tohoto porostu. Růstové tabulky popisují zásobu starších porostů než je věk dřevin tohoto experimentu a jsou navíc zpracovány pouze pro hlavní dřeviny. Nejbližší srovnání produkce tak přináší smrk, který dosahuje srovnatelné zásoby ( $59 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) až v 15 letech na 1. bonitě (Černý et al. 1996).



Obr. 25: Vztah objemu kmenů modřínu ( $V$ ) a výčetní kruhové základny ( $G$ ) 8 let po výsadbě na výzkumné ploše Bystré.



## Potencionální kvalita dřevní produkce

Z výsledků hodnocení průběžnosti kmínků hodnocených dřevin na TVP Bystré I 10 let po výsadbě vyplývá, že největší rozdíl mezi variantami byl zaznamenán u buku, kdy ve směsi byla průměrná hodnota 2,0 oproti nesmíšeným čtvercům 3,1 (tab. 19). Nejnížší hodnoty bez rozdílu na variantu vykazuje jedle (1,3). U douglasky, klenu a smrku bylo zjištěno mírně horší hodnocení průběžnosti kmene ve variantě směr, které je způsobeno poškozením terminálních výhonů těchto citlivějších dřevin větvemi modřínu v nadúrovni.

Tab. 19: Průběžnost kmene 10 let po výsadbě

	KL	BK	DG	SM	JD
směr	2,3	2,0	1,8	1,6	1,3
čistý	2,2	3,1	1,3	1,5	1,3

## 5.3 Vývoj půdního prostředí

### Experiment Bystré

Bukový a smrkový porost srovnatelného zakmenění na zemědělské půdě ve věku 12 let vytvořily iniciální stadium nadložního humusu; zcela převažoval podíl opadu (L) s minimem drti (F) a horizont měli (H) nebyl vyvinutý. Kvantitativně se množství opadu pod bukem (20,1 t.ha<sup>-1</sup>) a smrkem (20,4 t.ha<sup>-1</sup>) nelišilo, ačkoliv jsou obě varianty odlišné ve smyslu hustoty porostu, G a d<sub>1,3</sub>. Nadložní humus se nelišil také kvalitou; hodnota C/N byla pouze mírně vyšší pod bukem než smrkem. Významně vyšší % humusu a hodnota C/N byly konstatovány pouze ve svrchní vrstvě (do 10 cm) minerální půdy pod smrkem. Jedinými charakteristikami, ve kterých se opad buku významně lišil od opadu smrku, byly vyšší koncentrace vápníku (BK 4 959 mg.kg<sup>-1</sup>; SM 2 626 mg.kg<sup>-1</sup>) a hořčíku (BK 691 mg.kg<sup>-1</sup>; SM 380 mg.kg<sup>-1</sup>). Stejný trend byl konstatován i ve vrstvách do 10 cm a také v 11 – 20 cm hloubky profilu minerální půdy (tab. 20). Koncentrace těchto dvou prvků jsou tedy jedinými signifikantními rozdíly patrnými v celém sledovaném profilu. Významně vyšší hodnoty saturace bázemi (V %) pod bukem byly konstatovány pouze v obou vrstvách minerální půdy do 10 cm (BK 41,5 %; SM 31,4 %) i 11 – 20 cm (BK 52,1 %; SM 22,7 %); podobný trend byl v obou minerálních vrstvách tvrzen i pro pH H<sub>2</sub>O.

Tab. 20: Bystré – 12 let staré porostní skupiny se smrkem (SM) a bukem (BK). Průměrné hodnoty charakteristik nadložního humusu (LFH) a minerální půdy (hloubka profilu do 10 cm (10) a 11 – 20 cm (10+)) se směrodatnými odchylkami (Sx dole). Statisticky významné rozdíly ( $p \leq 0.05$ ) mezi variantami jsou indikovány různými písmeny.

	Sušina	Humus	N	C	C/N	pH	pH	V	P	K	Ca	Mg
	(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(%)		H <sub>2</sub> O	KCl	(%)	(mg.kg <sup>-1</sup> )	(mg.kg <sup>-1</sup> )	(mg.kg <sup>-1</sup> )	(mg.kg <sup>-1</sup> )
Průměr / Mean												
<b>SM</b> LFH	20,4 a	46,8 a	1,6 a	27,1 a	16,6 a	4,9 a	4,2 a	53,0 a	70,8 a	599,2 a	2625,6 a	380,4 a
<b>BK</b> LFH	20,1 a	50,0 a	1,4 a	29,0 a	21,6 a	5,4 a	4,6 a	71,2 a	61,2 a	520,8 a	4959,2 b	690,8 b
>10												
<b>SM</b> cm	--	11,8 a	0,4 a	6,8 a	17,5 a	4,4 a	3,6 a	31,4 a	31,6 a	92,4 a	285,0 a	73,0 a
>10												
<b>BK</b> cm	--	8,5 b	0,4 a	4,9 b	13,0 b	4,9 b	3,9 b	41,5 b	19,8 a	94,2 a	665,8 b	104,4 b
<10												
<b>SM</b> cm	--	4,4 a	0,2 a	2,6 a	11,8 a	5,1 a	4,1 a	22,7 a	11,8 a	50,0 a	383,2 a	45,6 a
<10												
<b>BK</b> cm	--	3,7 a	0,2 a	2,1 a	9,3 a	5,4 b	4,1 a	52,1 b	9,4 a	37,8 a	713,8 b	61,0 b
Sx / SD												
SM LFH	4,27	11,25	0,18	6,52	3,77	0,53	0,48	17,48	24,5	257,3	990,6	140,6
BK LFH	6,11	8,55	0,21	4,96	4,65	0,27	0,20	11,04	9,9	124,9	582,9	150,4
>10												
SM cm	--	0,86	0,06	0,50	3,01	0,24	0,22	6,36	17,6	24,5	26,3	7,8
>10												
BK cm	--	1,54	0,02	0,89	2,07	0,14	0,13	4,42	7,9	14,9	211,2	24,8
<10												
SM cm	--	0,90	0,01	0,52	2,44	0,15	0,08	5,78	5,6	20,6	106,5	5,2
<10												
BK cm	--	0,18	0,02	0,10	0,78	0,07	0,05	7,14	5,1	2,6	120,6	10,9

### Experiment Krahulec

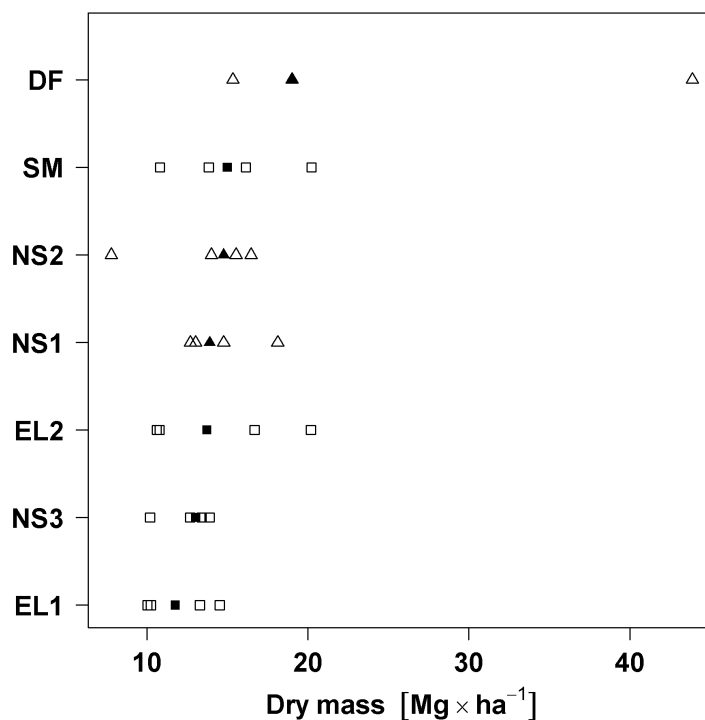
V rámci lokality se všechny tři typy porostů, tj. bříza (BR) a smrk (SM) na bývalé zemědělské půdě a smrk na dlouhodobě lesní půdě od sebe navzájem významně lišily zejména v kvantitě organického materiálu z opadu (BR 10,6 t.ha<sup>-1</sup> ve věku 12 let; SM ve věku 50 let 55,9 t.ha<sup>-1</sup>; a SM ve věku 100 let 149,9 t.ha<sup>-1</sup>). Porost břízy vykazoval snížené zakmenění. Porosty obou smrkových variant se mírně lišily z hlediska hustoty porostu a kruhové výčetní základny. Střední tloušťky a horní výšky obou smrkových variant byly podobné. Oba porosty byly mírně překmeněné a lišily se bonitou. Celkově se velmi významně liší chemické charakteristiky nadložního humusu a půdy pod nejmladším porostem břízy ve srovnání

s oběma porosty smrkovými. Na této variantě byla doložena např. významně vyšší saturace bázemi (hodnota V 84,3 %), ale také vyšší koncentrace všech rostlinám přístupných živin ve srovnání s oběma smrkovými variantami v nadložním humusu i minerální půdě (tab. 21). Smrkové porosty se i přes rozdílný věk v těchto charakteristikách od sebe nelišily. Hodnota C/N a % humusu se v nadložních organických vrstvách ve srovnání mezi variantami nelišily. Bříza se hodnotou C/N v minerální půdě (11,0) lišila pouze od stoletého smrku (19,6). Signifikantně vyšší hodnoty pH byly pod břízou doloženy jak v nadložním humusu, tak v minerální půdě.

Tab. 21: Charakteristiky nadložního humusu (LFH) a svrchní vrstvy minerální půdy (Ah) a množství nadložního humusu (viz Sušina) v rámci jednotlivých variant na lokalitě Krahulec. Statisticky významné rozdíly ( $p \leq 0.05$ ) mezi variantami jsou indikovány různými písmeny.

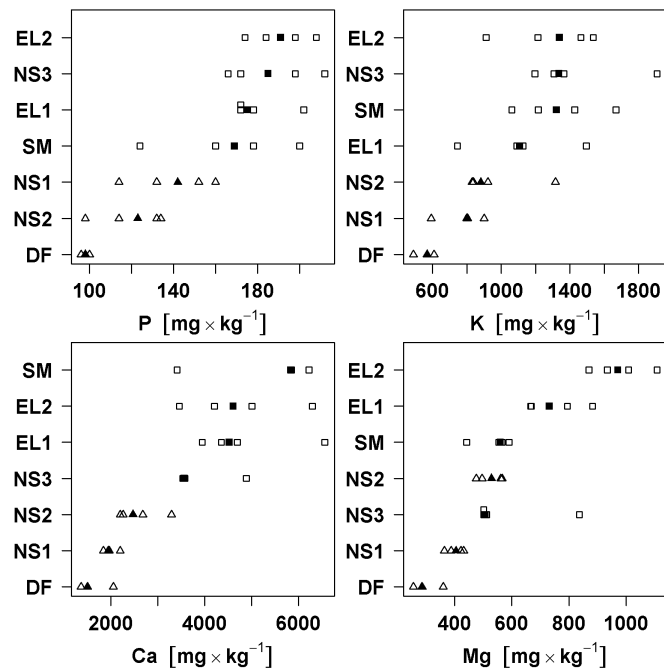
		Sušina	Humus	N	C	C/N	pH	pH	V	P	K	Ca	Mg
		(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(%)		H <sub>2</sub> O	KCl	(%)	(mg.kg <sup>-1</sup> )	(mg.kg <sup>-1</sup> )	(mg.kg <sup>-1</sup> )	(mg.kg <sup>-1</sup> )
Průměr / Mean													
<b>BR (10)</b>	LFH	10,6 a	38,5 a	1,3 a	22,3 a	17,4 a	5,9 a	5,1 a	84,3 a	211 a	1404 a	5218 a	877 a
<b>SM (50)</b>	LFH	55,9 b	54,5 a	1,5 a	31,6 a	21,4 a	4,1 b	3,4 b	35,2 b	42 b	362 b	2018 b	133 b
<b>SM (100)</b>	LFH	149,9 c	55,0 a	1,5 a	31,9 a	21,0 a	3,9 c	3,0 b	22,0 c	20 b	300 b	1590 b	162 b
<b>BR (10)</b>	Ah	--	4,8 a	0,3 a	2,8 a	11,0 a	6,0 a	5,2 a	84,9 a	123 a	215 a	2127 a	192 a
<b>SM (50)</b>	Ah	--	6,8 b	0,3 a	3,9 b	14,7 ab	4,3 b	3,7 b	23,0 b	16 b	57 b	209 b	28 b
<b>SM (100)</b>	Ah	--	5,6 ab	0,2 b	3,3 ab	19,6 b	4,0 b	3,2 c	13,8 b	4 b	57 b	199 b	36 b
Sx / SD													
BR (10)	LFH	1,36	1,92	0,16	1,10	1,50	0,11	0,37	1,74	15,5	55,6	542,0	96,9
SM (50)	LFH	17,78	10,94	0,13	6,31	2,47	0,04	0,10	3,55	7,2	23,1	456,7	19,6
SM (100)	LFH	10,89	8,04	0,16	4,66	2,39	0,08	0,09	1,64	3,5	116,8	230,0	11,1
BR (10)	Ah	--	0,79	0,04	0,46	2,31	0,18	0,26	3,84	18,3	17,9	376,5	39,1
SM (50)	Ah	--	0,07	0,02	0,04	1,41	0,20	0,18	5,01	14,5	4,0	7,5	1,0
SM (100)	Ah	--	0,99	0,01	0,58	2,82	0,07	0,04	2,28	2,3	4,4	22,3	4,6

Hmotnost suchého materiálu (medián) činil v rámci variant 11 až 19 t.ha<sup>-1</sup>. Ačkoliv největší množství vysušeného opadu bylo pod douglaskou, ostatní stálezelené jehličnany (varianty NS1 a NS2 se smrkem) neukázaly jakékoliv podstatné rozdíly od smíšených variant (obr. 26).

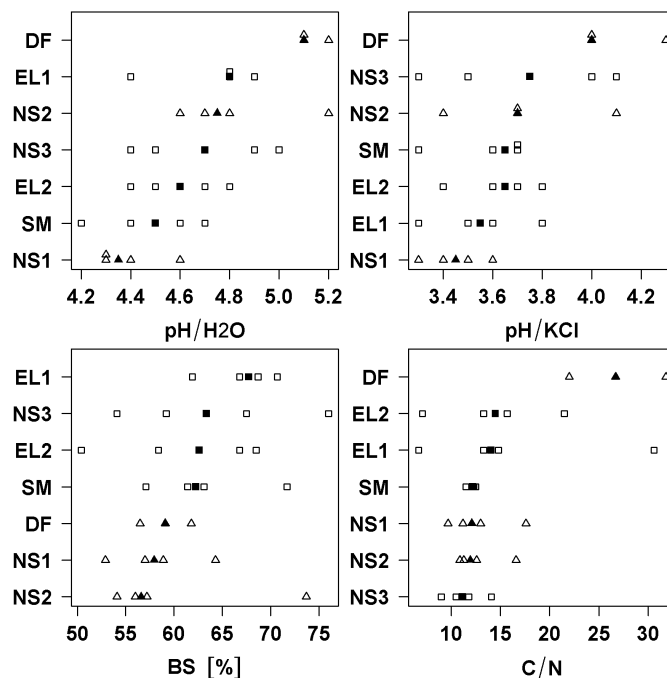


Obr. 26: Množství sušiny opadu v  $t \cdot ha^{-1}$ . Vysvětlivky: čtverce označují smíšené varianty, trojúhelníky čisté jehličnany, plné tvary znázorňují medián (NS1 a NS2 – Norway spruce – smrk ztepilý; DF – Douglas-fir – douglaska tisolistá); smíšené varianty s dominující dřevinou (SM – sycamore maple – javor klen; EL1 a EL2 – European larch – modřín opadavý; NS3 – Norway

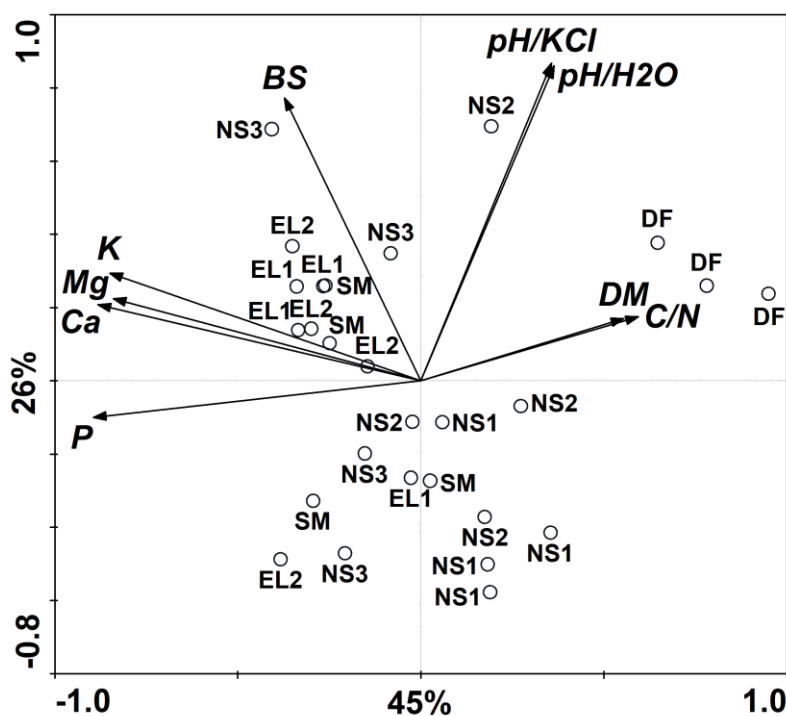
Koncentrace živin (P, K, Ca, Mg) byly obecně nižší pod stálezelenými jehličnany než pod smíšenými dřevinami (obr. 27). Douglaskový opad také vykazoval nejvyšší hodnoty pH a poměru C/N (obr. 28). Saturace bázemi byla v rozsahu 57 – 63 %; tyto rozdíly byly považovány za nepodstatné. První osa výstupního grafu metody hlavních komponent (PCA) představovala 45 % celkové variability a ukázala jasný trend odlišující stálezelené jehličnany a varianty se smíšenými dřevinami (obr. 29). Interpretace druhé kanonické osy představující 26 % celkové variability nebyla jasná. Metoda hlavních komponent (pruvodiče představují komponentní váhy, umístění jednotlivých variant komponentní score) ukázala silné korelace mezi Ca, Mg a K, velmi silné korelace mezi množstvím suché hmoty a poměrem C/N a také mezi pH/H<sub>2</sub>O a pH/KCl.



Obr. 27: Koncentrace živin ve vzorcích nadložního humusu. Vysvětlivky: čtverce označují smíšené varianty, trojúhelníky čisté jehličnany, plné tvary znázorňují medián; popis variant vychází z anglických názvů dřevin; čisté varianty (NS1 a NS2 – Norway spruce – smrk ztepilý; DF – Douglas-fir – douglaska tisolistá); smíšené varianty s dominující dřevinou (SM – sycamore maple – javor klen; EL1 a EL2 – European larch – modřín opadavý; NS3 – Norway spruce – smrk ztepilý)



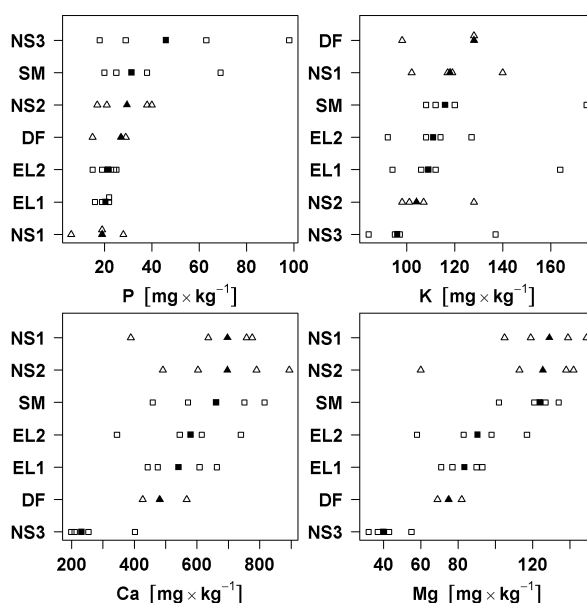
Obr. 28: Hodnoty pH, saturace bazemi (BS) a poměr C/N nadložního humusu. Vysvětlivky: čtverce označují smíšené varianty, trojúhelníky čisté jehličnany, plné tvary znázorňují medián; popis variant vychází z anglických názvů dřevin; čisté varianty (NS1 a NS2 – Norway spruce – smrk ztepilý; DF – Douglas-fir – douglaska tisolistá); smíšené varianty s dominující dřevinou (SM – sycamore maple – javor klen; EL1 a EL2 – European larch – modřín opadavý; NS3 – Norway spruce – smrk ztepilý)



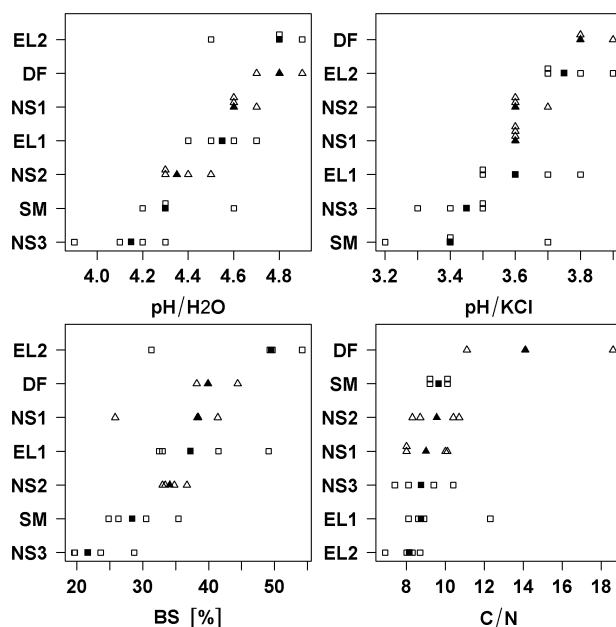
Obr. 29: PCA analýza vzorků nadložního humusu. Vysvětlivky: BS – saturace bázemi; DM – suchá hmota; varianty (NS1 a NS2 – Norway spruce – smrk ztepilý; DF – Douglas-fir – douglaska tisolistá); (SM – sycamore maple – javor klen; EL1 a EL2 – European larch – modřín opadavý; NS3 – Norway spruce – smrk ztepilý)

Varianta s douglaskou ukázala nejvyšší pH/KCl a poměr C/N, nicméně hodnoty ve smrkových (NS1, NS2) variantách nepotvrdily žádné podstatné rozdíly mezi stálezelenými jehličnany a smíšenými variantami. Podobně obsahy živin a saturace bázemi neukázaly zřejmý trend rozdílu mezi půdami pod jehličnany a smíšenými dřevinami (obr. 30 a 31).

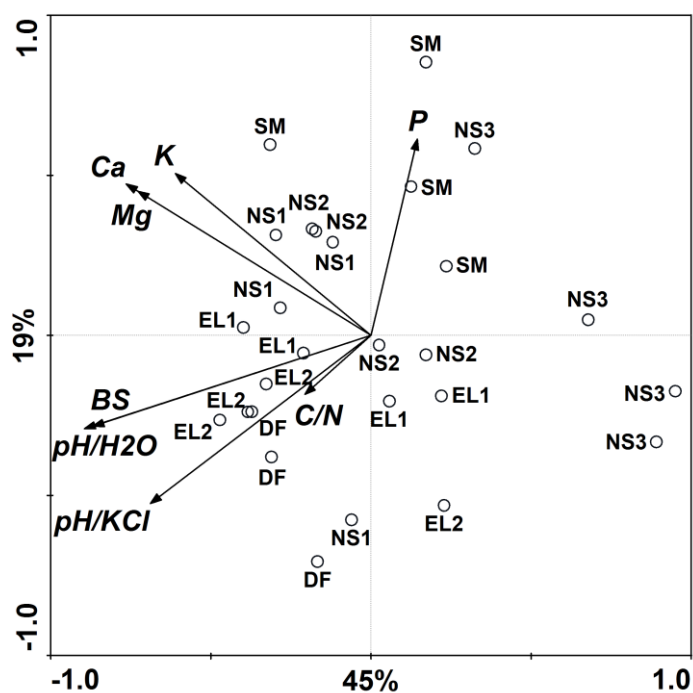
Saturace bázemi mezi plochami byla v rozsahu 22 – 49 %. První dvě osy grafu metody hlavních komponent představovaly 64 % celkové variability, nicméně nebylo možné určit uspokojivý trend jako u nadložního humusu (obr. 32). PCA analýza ukázala velmi silnou korelaci mezi saturací bázemi a pH KCl a také mezi Ca a Mg. Mladé porosty produkovaly nadložní humus různé kvality, avšak toto se nijak neodráželo ve vlastnostech svrchní půdy.



Obr. 30: Koncentrace živin vzorků svrchní půdy. Vysvětlivky: čtverce označují smíšené varianty, trojúhelníky čisté jehličnany, plné tvary znázorňují medián; popis variant vychází z anglických názvů dřevin; čisté varianty (NS1 a NS2 – Norway spruce – smrk ztepilý; DF – Douglas-fir – douglaska tisolistá); smíšené varianty s dominující dřevinou (SM – sycamore maple – javor klen; EL1 a EL2 – European larch – modřín opadavý; NS3 – Norway spruce – smrk ztepilý)



Obr. 31: Hodnoty pH, saturace bazí (BS) a poměru C/N svrchní půdy. Vysvětlivky: čtverce označují smíšené varianty, trojúhelníky čisté jehličnany, plné tvary znázorňují medián; popis variant vychází z anglických názvů dřevin; čisté varianty (NS1 a NS2 – Norway spruce – smrk ztepilý; DF – Douglas-fir – douglaska tisolistá); smíšené varianty s dominující dřevinou (SM – sycamore maple – javor klen; EL1 a EL2 – European larch – modřín opadavý; NS3 – Norway spruce – smrk ztepilý)



Obr. 32: PCA analýza vzorků svrchní půdy. Vysvětlivky: BS – saturace bázemi; DM – suchá hmota; varianty (NS1 a NS2 – Norway spruce – smrk ztepilý; DF – Douglas-fir – douglaska tisolistá); (SM – sycamore maple – javor klen; EL1 a EL2 – European larch – modřín opadavý; NS3 – Norway spruce – smrk ztepilý)

## 5.4 Porovnání fyzikálních a mechanických vlastností dřeva smrku

### 5.4.1 Vzorníky pro porovnání kvality dřeva

Z výsledků hodnocení zdravotního stavu vzorníků na variantě Z (odebráno na TVP Bystré 60) vyplývá, že u žádného nebyla zjištěna hniloba kmene. Toto zjištění odpovídá výsledkům z roku 2005, kdy ve stejném porostu bylo při probírce zjištěno nízké procento (do 5 %) výskytu hniloby kmenů (Bartoš et al. 2006). Relativně dobrý zdravotní stav tohoto porostu z hlediska výskytu hnilob připisují absenci poškození porostu loupáním či ohryzem. Mareš (2006) popisuje u padesátiletých smrkových porostů na bývalé orné půdě výrazné poškození kořenovníkem vrstevnatým. Protože porosty nejeví známky poškození spárkatou zvěří, výskyt hnilob připisují bohatému stanovišti v minulosti hnojené orné půdy (souboru lesních typů 5B).



Průměrná délka pokácených vzorníků činila 22 m u vzorníků varianty Z a 21 m u vzorníků varianty L. Průměrná tloušťka kmene na čele byla u varianty Z o 3 % větší oproti variantě L (tab. 22).

Tab. 22: Dendrometrická charakteristika odebraných vzorníků

Vzorník	Průměr	Výčetní	Délka	Objem	Stáří
	čela	tloušťka	hroubí	hroubí	stromu
	cm	cm	m	m <sup>3</sup>	roky
<b>Z 1</b>	31,5	21,4	18,8	0,436	47
<b>Z 2</b>	28,2	20,7	19,2	0,412	47
<b>Z 3</b>	31,5	21,3	19,0	0,427	47
<b>L 1</b>	32,0	22,0	15,7	0,317	49
<b>L 2</b>	25,8	20,7	17,2	0,324	49
<b>L 3</b>	30,7	21,8	16,1	0,342	43

V parametru výčetní tloušťka byly rozdíly u odebraných vzorníků minimální. Délka hroubí byla u varianty Z v průměru o 16 % větší. Z porovnání objemů hroubí jednotlivých vzorníků vypočtených Huberovou metodou po metrových sekcích vyplývá, že hmotnost hroubí vzorníků varianty Z činí v průměru 0,425 m<sup>3</sup>, což je o 30 % více oproti variantě L (0,328 m<sup>3</sup>). Významný rozdíl v objemu nebyl nalezen u všech sekcí – při obdobných výčetních tloušťkách jsou od čela do výšky řádově 8 m objemy vzorníků totožné. Signifikantní rozdíl v objemu byl konstatován u sekcí v devíti metrech a vyšších.

Z provedené modelové sortimentace hroubí odebraných vzorníků vyplývá, že ve variantě Z lze vymanipulovat 62 % hroubí kmene jako pilařskou kulatinu (minimální tloušťka na čepu 18 cm s kůrou) s průměrnou délkou výřezu 7 m. Ve variantě L by pak na pilařskou kulatinu připadlo teoreticky 59 % hroubí s průměrnou délkou výřezu 4 – 5 m. Pilařská kulatina je podle provedeného odhadu nejlepším možným získatelným sortimentem na základě vyhodnocení dimenzí a kvality smrkových vzorníků. Tento sortiment zároveň poskytuje relativně dobré zpeněžení dřevní suroviny a tvoří i podstatnou část sortimentů v mýtně zralých smrkových porostech (Bartoš et al. 2006). V současném dřevozpracujícím průmyslu poptávají někteří zpracovatelé smrkovou pilařskou kulatinu dokonce v dimenzích již od 11 cm (bez kůry) na čepu. Tento trend ukazuje, že těžba v mladších porostech smrku může být rentabilní.

### 5.4.2 Hustota dřeva

Z celkem 240 analyzovaných zkušebních tělísek u varianty Z činily průměrné naměřené hodnoty hustoty dřeva jednotlivých vzorníků 435,1 – 439,1 kg.m<sup>-3</sup> (tab. 22). Průměrná hustota dřeva varianty Z byla 436,4 kg.m<sup>-3</sup>. Z 236 analyzovaných vzorků u varianty L se průměrné hodnoty pohybovaly od 411,9 do 454,2 kg.m<sup>-3</sup>. Průměrná hodnota varianty L činila 429,9 kg.m<sup>-3</sup>. Rozdíl mezi variantami nebyl statisticky významný.

Tab. 22: Hustota smrkového dřeva z porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě (vzorníky Z1 až Z3) a porostu dlouhodobě lesní půdy (vzorníky L1 až L3).

Vzorník	Z 1	Z 2	Z 3	Z	L 1	L 2	L 3	L
Hustota (kg/m <sup>3</sup> )	435,1	439,1	437,0	<b>436,4</b>	420,9	454,2	411,9	<b>429,9</b>
N	79	74	87	<b>240</b>	83	80	73	<b>236</b>
Sx	35,1	37,7	46,0	38,8	56,2	37,9	38,3	48,4

### 5.4.3 Pevnost v ohybu

U varianty Z se průměrné hodnoty pevnosti v ohybu u jednotlivých vzorníků pohybovaly v mezích od 62,7 do 65,1 N.mm<sup>-2</sup> (tab. 23). Ve variantě Z bylo analyzováno celkem 221 vzorků s průměrnou hodnotou 64,1 N.mm<sup>-2</sup>. Ve variantě L se hodnoty pohybovaly od 59,7 do 67,9 N.mm<sup>-2</sup>. Celkem bylo analyzováno 227 vzorků varianty L s průměrnou hodnotou 62,9 N.mm<sup>-2</sup>. Rozdíl mezi variantou Z a L nebyl statisticky průkazný. Průměrná hodnota pevnosti smrkového dřeva v ohybu dle Kolektivu (1970) a práce Wagenführ, Scheiber (1974) činí 78 N.mm<sup>-2</sup>. Pevnost smrkového dřeva z porostů první generace lesa je však již v tomto věku relativně vysoká, což umožňuje získat poměrně kvalitní sortimenty již z úmyslných těžeb v tomto věku.

Tab. 23: Pevnost smrkového dřeva v ohybu z porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě (vzorníky Z1 až Z3) a porostu dlouhodobě lesní půdy (vzorníky L1 až L3).

Vzorník	Z 1	Z 2	Z 3	Z	L 1	L 2	L 3	L
Pevnost [N/mm <sup>2</sup> ]	63,6	65,1	62,7	<b>64,1</b>	60,3	67,9	59,7	<b>62,9</b>
N	72	71	78	<b>221</b>	82	71	74	<b>227</b>
Sx	8,03	9,51	7,44	<b>8,05</b>	9,98	8,82	7,12	<b>8,47</b>

#### 5.4.4 Pevnost v tlaku ve směru vláken

U varianty Z se průměrné hodnoty pevnosti v tlaku ve směru vláken u jednotlivých vzorníků pohybovaly od 35,2 do 39,2 N.mm<sup>-2</sup> (tab. 24). Celkem bylo ve variantě Z analyzováno 240 vzorků. Průměrná hodnota napětí u varianty Z činí 37,3 N.mm<sup>-2</sup>. Ve variantě L se průměrné hodnoty vzorníků pohybovaly od 32,0 do 40,9 N.mm<sup>-2</sup>. Ve variantě L bylo analyzováno celkem také 240 tělísek. Průměrná hodnota u varianty L činí 35,6 N.mm<sup>-2</sup>. Rozdíl mezi oběma variantami není statisticky průkazný, z čehož vyplývá, že ani u této charakteristiky nevykazuje dřevo z porostu první generace lesa prokazatelně horší vlastnosti. Průměrná hodnota pevnosti smrkového dřeva v tlaku dle Kolektivu (1970) a práce Wagenführ, Scheiber (1974) činí 50 N.mm<sup>-2</sup>.

Tab. 24: Pevnost smrkového dřeva v tlaku ve směru vláken z porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě (vzorníky Z1 až Z3) a porostu dlouhodobě lesní půdy (vzorníky L1 až L3).

Vzorník	Z 1	Z 2	Z 3	<b>Z</b>	L 1	L 2	L 3	<b>L</b>
Pevnost (N/mm <sup>2</sup> )	39,2	37,6	35,2	<b>37,3</b>	32,0	40,9	33,6	<b>35,6</b>
N	82	75	83	<b>240</b>	80	83	77	<b>240</b>
Sx	6,02	6,33	4,30	<b>5,83</b>	4,83	5,78	6,59	<b>6,98</b>

#### 5.4.5 Pevnost v tahu

U varianty Z se průměrné hodnoty pevnosti v tahu u jednotlivých vzorníků pohybovaly od 64,9 do 87,7 N.mm<sup>-2</sup> (tab. 25). Celkem bylo od varianty Z analyzováno 150 kusů zkušebních těles, kde průměrná hodnota napětí činila 75,4 N.mm<sup>-2</sup>. Ve variantě L se průměrné hodnoty napětí u jednotlivých vzorníků pohybovaly od 63,5 do 80,3 N.mm<sup>-2</sup>. Celkem bylo od varianty L analyzováno 192 zkušebních těles s průměrnou hodnotou napětí 70,3 N.mm<sup>-2</sup>. U varianty Z byly v tomto případě zjištěny statisticky významně lepší hodnoty oproti variantě L. U této zkoušky byla zaznamenána velká variabilita mezi jednotlivými vzorníky. Průměrná hodnota pevnosti smrkového dřeva v tahu činí dle Kolektivu (1970) a práce Wagenführ, Scheiber (1974) 90 N.mm<sup>-2</sup>. Nižší hodnoty všech tří charakteristik u analyzovaných vzorků oproti udávaným průměrným hodnotám mají pravděpodobně souvislost s nižším věkem vzorníků (stáří porostu 50 let). Zároveň byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými

odebranými vzorníky. Naproti tomu Zeidler a Reisner (2006) uvádějí zanedbatelné rozdíly mezi stromy v rámci stanoviště při analýzách fyzikálních a mechanických vlastností dřeva modřinu opadavého.

*Tab. 25: Pevnost smrkového dřeva v tahu ve směru vláken z porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě (vzorníky Z1 až Z3) a porostu dlouhodobě lesní půdy (vzorníky L1 až L3).*

Vzorník	Z 1	Z 2	Z 3	<b>Z</b>	L 1	L 2	L 3	<b>L</b>
Pevnost [N/mm <sup>2</sup> ]	87,7	64,9	70,3	<b>75,4</b>	63,5	80,3	69,1	<b>70,3</b>
N	58	44	48	<b>150</b>	74	58	60	<b>192</b>
Sx	18,87	15,24	17,33	<b>20,03</b>	17,87	18,44	13,68	<b>18,24</b>

## 5.5 Ekonomická efektivnost

### 5.5.1 Kalkulace nákladů na zajištěnou kulturu

Porovnání nákladů na zajištěnou kulturu z dřevin vhodných pro CHS 43 při použití zákonem povolených minimálních počtů sazenic udává tabulka 26.

Tab. 26: Kalkulace nákladů na zajištěnou kulturu

Dřevina	Cena sazenice 36-50 cm	Minim. počty sazenic (tis. ks.ha <sup>-1</sup> )		Náklady při min. počtech na (Kč.ha <sup>-1</sup> )			Celkové náklady na zajištění kultury (tis.Kč)	
		hl. dřevina	MZD	sazenice a	sazenice a	ochrana do zajištění	hl. dřevina	MZD
				výsadbu hl. dřeviny	výsadbu MZD			
BK	8,2	8	4	97 688	48 844	60 000	157 688	108 844
DB	6,2	8	4	81 504	40 752	48 000	129 504	88 752
KL	5,0	6	4	53 988	35 992	54 000	107 988	89 992
LP	7,7	6	4	70 410	46 940	48 000	118 410	94 940
JŘ	6,0	6	3	59 700	29 850	48 000	107 700	77 850
TŘ	8,3	6	4	73 980	49 320	48 000	121 980	97 320
SM	8,2	4	3,5	48 844	42 739	60 000	108 844	102 739
MD	6,0	3	3	29 850	29 850	36 000	65 850	65 850
DG	8,9	3	3	38 775	38 775	42 000	80 775	80 775
JD	10,1	5	3	70 575	42 345	84 000	154 575	126 345
JDO	11,3	2	2	30 610	30 610	48 000	78 610	78 610

Nejvyšší náklady na zajištěnou kulturu byly vypočteny pro jedli bělokorou 154 575 (126 345) Kč a z listnatých dřevin buk lesní 157 688 (108 844) Kč. Nejnížší náklady z listnatých dřevin náležejících do daného CHS do kategorie MZD jsou u jeřábu ptačího 95 400 (71 700) Kč. Nejnížší náklady z jehličnatých MZD jsou u douglasky tisolisté 79 500 (79 500) Kč. Absolutně nejnížší náklady na zajištěnou kulturu jsou z vybraných dřevin vypočteny pro modřín opadavý 65 850 (65 850) Kč. Z uvedených výsledků lze usuzovat, že volbou různých druhů dřevin lze velkou měrou ovlivňovat náklady na zalesnění zvoleného pozemku.

### 5.5.2 Ekonomické porovnání různých zalesňovacích cílů

Porovnání ekonomické efektivity jsem provedl na příkladu 5 modelových zalesňovacích cílech. Nejnižší volné prostředky získáme aplikací zalesňovacího cíle číslo 1 (SM 40 % BK 30% JD 30 %) a to 9 384 Kč.ha<sup>-1</sup> (tab. 27). U varianty 2 (SM 65 % a BK 35 %), činí rozdíl výnosů z dotací a nákladů na zalesnění 14 361 Kč.ha<sup>-1</sup>. V zalesňovacím cíli číslo 3 bylo stejně jako v předchozím cíli použito 65 % SM, ale pro bk se zastoupením 35 % bylo použito nižších hektarových počtů pro MZD. Touto úpravou vzrostly volné prostředky na 35 425 Kč.ha<sup>-1</sup>, tedy o 21 064 Kč.ha<sup>-1</sup>. Další zalesňovací cíl je tvořen následujícím procentickým zastoupením: SM 30 %, db 30 %, bk 30 % a md 10 % s volnými prostředky 40 283 Kč.ha<sup>-1</sup>. V posledním zalesňovacím cíli číslo 5 není zastoupen vzhledem k zalesňování zemědělských půd často diskutovaný smrk, ale zalesňovací cíl tvoří výhradně MZD (bk, db, lp po 30 % a 10 % md). Rozdíl výnosů z dotací a nákladů na zalesnění činí 46 256 Kč.ha<sup>-1</sup>.

Tab.27 Porovnání volných finančních prostředků jako rozdílů přímých nákladů na sazenice a výsadbu s výnosy z dotací pro různé zalesňovací cíle

Číslo cíle	Zalesňovací cíl	Náklady na zalesnění	Kč.ha <sup>-1</sup>	
			Výnosy z dotací	Volné prostředky
1	SM 4 BK 3 JD 3	70 017	79 400	9 384
2	SM 65 BK 35	65 939	80 300	14 361
3	SM 65 bk 35	44 875	80 300	35 425
4	SM3 db3 bk3 md1	44 517	84 800	40 283
5	bk 3 md 1 db 3 lp 3	43 946	90 200	46 254

Pro základní dřeviny jsou zkratky uváděny velkými písmeny, pro MZD a vtroušené písmeny malými.

Nejméně volných prostředků získáme při využití zalesňovacího cíle č. 1 (SM 4 BK 3 JD 3) v hektarových počtech pro hlavní dřevinu. Zde se ukázal vliv zastoupení JD, která patří k dřevinám s největšími náklady na zajištěnou kulturu a je z Horizontálního plánu rozvoje venkova (HRDP) dotována EU nižší hektarovou sazbou pro jehličnany. Naopak nejvyšší volné prostředky z dotací získáme při aplikaci zalesňovacího cíle 5. Takovýto cíl je legislativně přípustný a záleží již pouze na odborném lesním hospodáři, zda ho schválí. Jak je vidět z tohoto porovnání zalesňovacích cílů, lze použitím různých hektarových počtů a druhového složení poměrně značně ovlivnit náklady na zalesnění pozemku a prvotní ochranu

kultur. Vlastník zalesňovaného pozemku je pro dosažení nižších nákladů na zalesnění stimulován k použití co nejnižších hektarových počtů sazenic. Dále se volné prostředky z dotací zvyšují použitím relativně levnějších listnatých dřevin (např. BK, DB, LP), na které je poskytována větší hektarová sazba dotace EU dle HRDP. Z provedené kalkulace je pro vlastníka nejvýhodnější použít maximum listnatých MZD v minimálních hektarových počtech.

### **5.5.3 Stanovení zásoby dospívající smrkové kmenoviny**

Výsledky hodnocení dřevoprodukční funkce byly získány biometrickým šetřením ve smrkové monokultuře, která náleží do výzkumného objektu Bystré. Stáří porostu v době provedení pokusu bylo 45 let. V porostu bylo celkem změřeno 322 stromů, což po přepočtení odpovídá 1388 stromům na ha. Pomocí Weiseho rozdělení tloušťkových tříd byla vypočtena střední výčetní tloušťka porostu  $d_w = 21,0$  cm. Z naměřených výšek stromů byla sestavena vyrovnaná výšková křivka. Z vypočtené výškové funkce  $y = 8,66 \ln(x) - 4,97$  byla zjištěna Weiseho střední výška  $h_w = 21,4$  m. Ze získaných parametrů  $d_w$  a  $h_w$  byl v hmotových tabulkách nalezen objem středního stromu  $V_w = 0,375$  m<sup>3</sup>. Z uvedeného získáme objem porostu 120,8 m<sup>3</sup>, což odpovídá zásobě 520,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Dle hospodářského plánu má analyzovaný porost relativní výškovou bonitu (RVB) 3. Zásoba hlavního porostu je při porovnání s růstovými tabulkami o 153 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> vyšší (o 41 %) než na stanovišti odpovídající bonity, což znamená rozdíl 4 bonitních stupňů. Z analýzy dostáváme dokonce vyšší zásobu než na stanovištích s RVB +1.

V roce 2005 byla v porostu provedena probírka s negativním výběrem. Bylo vytěženo celkem 88 stromů, což je 27 % z původního počtu stromů před probírkou. Celkem bylo z porostu vytěženo 16,3 m<sup>3</sup>, což odpovídá 70,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (tab. 28). Průměrná hmotnost těžného stromu byla vypočtena na 0,19 m<sup>3</sup>. Vytěžená hmota tvořila 13,5 % z původní zásoby porostu. Z probírkové hmoty bylo vymanipulováno 9 % pilařské kulatiny následně zpeněžené za 1150 Kč.m<sup>-3</sup>, 29 % čtyřmetrových výřezů pro hranolovou pilu za 900 Kč.m<sup>-3</sup>, 23 % výřezů na výrobu palet za 700 Kč.m<sup>-3</sup>, 28 % vlákniny za 550 Kč.m<sup>-3</sup> a 12 % objemu těžby tvořilo palivové dříví vykoupené za 450 Kč.m<sup>-3</sup>. Vytěžená hmota byla v průměru zpeněжена za 723 Kč.m<sup>-3</sup>, což je v cenách roku 2005 pro vlastníka velmi zajímavé zpeněžení uvažíme-li, že se jednalo o hmotu z podúrovňové probírky, kdy byly odebrány nejméně kvalitní stromy.

Tab. 28 Zpeněžení předmýtní úmyslné těžby ve 45tiletém porostu smrku první generace lesa

Sortiment	Těžba		Cena	
	m <sup>3</sup>	%	Kč.m <sup>-3</sup>	Kč
PV III 4m	1,4	9	1 150	1 622
SK 4	4,7	29	900	4 194
SK 3,6	3,7	23	700	2 597
SK V	4,5	28	550	2 486
SK VI	2,0	12	450	900
Celkem	16,3	100	724	11 799
Celkem.ha <sup>-1</sup>	70,3	x	x	50 856

Vysvětlivky: PV – pilařské výřezy, SK – surové kmeny

#### 5.5.4 Porovnání ekonomické výtěže mýtní těžby

Terénním šetřením ve smrkovém 80tiletém porostu bylo zjištěno, že první generace smrku na zemědělské půdě je dle předpokladů ohrožena hnilobami v bazální části kmenů, které mají negativní vliv na zpeněžení dřevní suroviny. Na pasece bylo zjištěno 56 % nahnilých pařezů. Plošná výměra mýtní těžby činila 0,54 ha. Dle získané dokumentace k těžbě se podařilo zjistit objem vyrobených sortimentů: pilařská kulatina výběr (PV III +) 4,55 m<sup>3</sup>, pilařská kulatina A+B (PV III A+B) 149,59 m<sup>3</sup>, surové kmeny délky 2,5 m (SK 2,5) 28,94 m<sup>3</sup>, surové kmeny délky 2 m (SK 2) 23,25 m<sup>3</sup>, surové kmeny délky 4 m (SK 4) 34,55 m<sup>3</sup>, surové kmeny různých délek (SK) 44,65 m<sup>3</sup> (tab. 29).

Tab. 29 Mýtní těžba a sortimentace 80tiletého porostu smrku první generace lesa na zemědělské půdě

Sortiment	Těžba		Cena	
	m <sup>3</sup>	%	Kč.m <sup>-3</sup>	Kč
PV III +	4,6	2	1 900	8 645
PV III A,B	149,6	57	1 600	239 344
SK 2,5	28,9	11	800	23 152
SK 4	34,6	13	800	27 640
SK	44,7	17	550	24 558
SK 2	23,3	9	450	10 463
Celkem	262,3	100	1 273	333 801
Celkem.ha <sup>-1</sup>	485,7	x	x	618 150

Vysvětlivky: PV – pilařské výřezy, SK – surové kmeny



Z analýzy vytěžené dřevní suroviny vyplývá, že 59 % objemu bylo vymanipulováno jako pilařská kulatina se zpeněžením 1600 resp. 1900 Kč.m<sup>-3</sup>. Celkem 24 % z objemu tvořily slabší výřezy délky 2,5 a 4 m, které již nebylo možno zařadit do kulatiny a byly zpeněženy za 800 Kč.m<sup>-3</sup>. Sedmnáct procent bylo vymanipulováno jako surové kmeny (většinou tenké konce stromů), ze kterých bylo možno ještě získat část vlákniny. Hmota byla vykoupena za 550 Kč.m<sup>-3</sup>. Za nejnižší cenu 450 Kč.m<sup>-3</sup> byly vykoupeny dvoumetrové výřezy označené SK 2 použitelné jako palivo, které zaujímaly z celkového objemu 9 %. Celkový objem mýtní těžby 262,3 m<sup>3</sup> (485,7 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) byl zpeněžen za 333 801 Kč (618 150 Kč.ha<sup>-1</sup>).

Náklady na těžbu, přibližování a úklid paseky se rovnaly 320 Kč.m<sup>-3</sup> vytěžené smrkové suroviny. Po jejich odečtení od výnosů dostaneme hrubý zisk z mýtní těžby 503 532 Kč.ha<sup>-1</sup>. Vydělením částky dobou obmýtní dostaneme průměrný hrubý zisk z mýtní těžby 6 294 Kč.rok<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Pro rámcové porovnání výše uvedených výsledků z mýtní těžby smrku s bukovými porosty byla použita mýtní těžba 120tiletého bukového porostu v obdobných stanovištních podmínkách. Mýtní těžba se uskutečnila opět na ploše 0,54 ha. Podle těžební dokumentace byly z vytěženého dřeva na OM vymanipulovány následující sortimenty: výřezy druhé třídy jakosti (PV II) 13,7 m<sup>3</sup>, pilařská kulatina A (PV III A) 67,8 m<sup>3</sup>, pilařská kulatina B (PV III B) 72,6 m<sup>3</sup>, surové kmeny délka (SK) 96,8 m<sup>3</sup> (tab. 30).

Tab. 30: Mýtní těžba a sortimentace 120tiletého porostu buku na lesní půdě (cena na OM)

Sortiment	Těžba		Cena	
	m <sup>3</sup>	%	Kč.m <sup>-3</sup>	Kč
PV II	13,8	5	3 500	48 300
PV III A	67,8	27	1 850	125 430
PV III +B	14,6	6	1 400	20 440
PV III B	54,9	22	1 200	65 880
PV III -B	3,1	1	700	2 170
SK	96,8	39	500	48 400
Celkem	251,0	100	1 238	310 620
Celkem.ha <sup>-1</sup>	456,4	x	x	575 222

Vysvětlivky: PV – pilařské výřezy, SK – surové kmeny

Z analýzy vytěžené dřevní suroviny vyplývá, že největší část objemu (39 %) byla vymanipulována jako nejméně kvalitní sortiment surové kmeny za 500 Kč.m<sup>-3</sup>. Pouze 5 %

tvorí výřezy druhé jakosti se zpeněžením 3 500 Kč.m<sup>-3</sup>. Dvacet sedm procent objemu bylo vymanipulováno jako pilařské výřezy třídy A za 1 850 Kč.m<sup>-3</sup>. Celkem 29 % objemu tvořily pilařské výřezy třídy B, které byly zpeněženy od 1 400 po 700 Kč.m<sup>-3</sup>. Celkový objem dřeva z mýtní těžby 251 m<sup>3</sup> (456,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) byl zpeněžen za 310 620 Kč (575 222 Kč.ha<sup>-1</sup>).

Náklady na těžbu, přibližování a úklid paseky činily 360 Kč.m<sup>-3</sup> vytěžené bukové suroviny. Po jejich odečtení od výnosů dostaneme hrubý zisk 410 931 Kč.ha<sup>-1</sup>. Po vydělení této částky dobou obmýtní (120 let) dostaneme průměrný zisk z mýtní těžby 3 424 Kč.rok<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>. Tento zisk je o 46 % menší než zisk z mýtní těžby smrkového porostu první generace lesa. Ačkoliv byl smrk ztepilý v první generaci na zemědělské půdě značně poškozen hnilobami (56 % jedinců), z uvedeného srovnání s bukem lesním vyplývá, že v porovnávaných podmínkách a při současných cenách dřeva je pro vlastníka pozemku ekonomicky výhodnější dřevinou.

Pro další porovnání výše uvedených výsledků z mýtní těžby smrku a buku byla použita mýtní těžba 105 let starého smrkového porostu v obdobných stanovištních podmínkách. Mýtní těžba měla výměru 0,37 ha. Podle těžební dokumentace byly z vytěženého dřeva na OM vymanipulovány následující sortimenty: pilařská kulatina výběr (PV III +) 29,9 m<sup>3</sup>, pilařská kulatina A+B (PV III A+B) 81,3 m<sup>3</sup>, surové kmeny délky 5 m (SK 5m) 23,3 m<sup>3</sup>, surové kmeny různých délek (SK) 21,0 m<sup>3</sup> a surové kmeny délky 2m (SK 2) 23,3 m<sup>3</sup> (tab. 31).

Z analýzy vytěžené dřevní suroviny vyplývá, že největší část objemu (52 %) byla vymanipulována jako pilařská kulatina A, B kvalita se zpeněžením 1700 Kč.m<sup>-3</sup>, což je obdobný výsledek jako u porostu první generace lesa. Rozdílný výsledek byl však zaznamenán u kvalitnější kulatiny s cenou 2000 Kč.m<sup>-3</sup>, kdy z porostu na trvalé lesní půdě bylo vymanipulováno 19 % hmoty. Celkem 15 % z objemu tvořily slabší výřezy délky 5 m, které již nebylo možno zařadit do kulatiny a byly zpeněženy za 800 Kč.m<sup>-3</sup>. 14% objemu těžby tvořily surové kmeny se zpeněžením 550 Kč.m<sup>-3</sup>. Za nejnižší cenu 450 Kč.m<sup>-3</sup> byly vykoupeny dvoumetrové výřezy označené SK 2 použitelné jako vláknina „Paskov“, které zaujímaly z celkového objemu 15 %. Celkový objem mýtní těžby 155,5 m<sup>3</sup> (420,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) byl zpeněžen za 238 663 Kč (645 034 Kč.ha<sup>-1</sup>).

Náklady na těžbu, přibližování a úklid paseky činily stejně jako u smrkového porostu první generace lesa 320 Kč.m<sup>-3</sup> vytěžené suroviny. Po jejich odečtení od výnosů dostaneme hrubý zisk z mýtní těžby 510 547 Kč.ha<sup>-1</sup>. Po vydělení této částky dobou obmýtní (105 let) dostaneme průměrný zisk z mýtní těžby 4 862 Kč.rok<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>. Tento zisk je o 23 % menší než průměrný zisk z mýtní těžby smrkového porostu první generace lesa, ale o 42 % větší než průměrný zisk z mýtní těžby buku. Porovnáme-li celkové hektarové výnosy z mýtních těžeb

třech výše uvedených porostů, nejlépe vychází smrkový porost na lesní půdě s částkou převyšující 645 tisíc Kč.ha<sup>-1</sup>, následovaný smrkovým porostem první generace lesa s částkou převyšující 618 tisíc Kč.ha<sup>-1</sup> a nejnižší částky v našem srovnání dosáhl bukový porost s částkou 575 tisíc Kč.ha<sup>-1</sup>. Pro porovnání dřevoprodukční funkce má lepší vypovídající schopnost porovnání průměrného hrubého zisku z mýtní těžby na rok obměty. Nezohlednění časové hodnoty peněz nezpůsobuje v tomto porovnání významnou chybu a je dle mého názoru i přehlednější. Ze srovnání tedy vyplývá, že z pohledu dřevoprodukční funkce je pro vlastníka výhodnější zpeněžení smrku než buku, i přes častější výskyt hnilob bazálních částí kmenů. V porovnání ovšem není oceněno riziko větší nestability smrkových porostů a další funkce lesa.

Tab. 31: Mýtní těžba a sortimentace 105 let starého porostu smrku na lesní půdě (cena na OM)

Sortiment	Těžba		Cena	
	m <sup>3</sup>	%	Kč.m <sup>-3</sup>	Kč
PV III +	29,9	19	2 000	59 800
PV III A,B	81,3	52	1 700	138 210
SK 5m	23,3	15	800	18 640
SK	21,0	14	550	11 550
SK 2	23,3	15	450	10 463
Celkem	155,5	100	1 535	238 663
Celkem.ha <sup>-1</sup>	420,3	x	x	645 034

Vysvětlivky: PV – pilařské výřezy, SK – surové kmeny

### 5.5.5 Vyhodnocení zásoby předčasné obnovy

V rámci disertační práce bylo provedeno vyhodnocení 3 sečí, které byly provedeny v rámci rozčleňování rozsáhlých porostů první generace lesa. Těžba byla provedena v roce 2013 v k.ú. Deštné v Orlických horách v cca šedesátiletých porostech, SLT 6K nebo 6S. Zásoba vytěžené dřevní hmoty činila 596 (porost 355D6) respekt. 561 m<sup>3</sup> (porost 353E6a, tab. 32). Z tohoto objemu bylo 64 resp. 48 % vymanipulováno jako sortiment pilařská kulatina. Relativně vysoký podíl připadá na kulatinu k průmyslovému zpracování 21 resp. 31 %.

Tab. 32: Sortimentace a zásoba těžby 60 let starých porostů první generace lesa (rozluky)

Porost	355D6		353E6a	
Sortiment	(m3)		(m3)	
PV III	307,5	63,7%	73,03	44,9%
KPZ	102,6	21,3%	51,13	31,4%
agregát 2,5m	38,6	8,0%	13,05	8,0%
vláknina V	34,1	7,1%	25,52	15,7%
zásoba na ha	<b>596</b>		<b>561</b>	

Vysvětlivky: PV III – pilařská kulatina, KPZ – kulatina k průmyslovému zpracování, agregát - výřezy s minimálním čepem 16 cm, vláknina V – výřezy s měkkou hnilobou (2m) a listnaté palivo (4m)

## **6 Diskuse**

### **6.1 Zdravotní stav a smíšení dřevin**

Z výsledků porovnání zdravotního stavu výsadeb na jednotlivých TVP vyplynulo, že se významně liší. Jednoznačně nejvíce se od ostatních TVP odlišovala TVP Uhřínov, kde byla zaznamenána vysoká mortalita výsadeb. TVP má jihovýchodní expozici v nadmořské výšce 530 m, SLT 4S. V důsledku relativně velmi vysokých ztrát na TVP Uhřínov zde byly provedeny další analýzy. Textura neboli zrnitost udává zastoupení (%) jednotlivých půdních frakcí, na základě kterého jsou stanovovány jednotlivé půdní druhy. Využívána je především jako jedna z charakteristik úrodnosti půd a dále jako kritérium třídění pro hodnocení ekologických vlastností (NĚMEČEK et al. 2001, HAUPTMAN et.al. 2009). Na základě provedených rozborů lze půdu z TVP Bystré zařadit podle Novákovy stupnice jako písčitohlinitou (půdy střední), zatímco TVP Uhřínov již spadá do rozmezí kategorií písčitohlinitá a hlinitopísčítá s procentem částic menších než 0,01 mm (jemný prach a jílu) pod 20 % (Příloha č. 8 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Půdy obou lokalit se od sebe liší zejména podíly krajních frakcí (hrubší písek a jílu). Právě tyto rozdíly hrají významnou roli v utváření vlastností stanoviště. Při popisu textury jsem vycházel z rozmezí velikostí půdních částic. Vzhledem k odlišným rozmezím velikostních frakcí uváděných v domácí literatuře (LANÍK, HALADA 1956, ZBÍRAL et al. 1997) jsem byl nucen sdružit některé frakce, které uvádí SINGER a MUNNS (1996). Navíc v USA je jílu definován jako částice menší než 0,002 mm a v České republice jako menší než 0,001 mm. Vzhledem k prokázané silné lineární závislosti uvádí NĚMEČEK et al. (2001) postup k převodu mezi těmito hodnotami. Podíl zrnitostních frakcí má dopad na proudění vody v půdě. SINGER a MUNNS (1996) a PERRY et al. (2008) uvádějí, že půdy hrubě zrnité (písčité) vykazují vyšší hydraulickou vodivost v podmínkách blízkých nasycení půdy vodou. Nicméně jak půda vysychá, v prostředí nenasyčeném vodou je hydraulická vodivost u půd s jemnější texturou (vyšší obsah jílu) vyšší. Půda na ploše Uhřínov vykazuje vyšší podíl hrubého a středního písku a nižší podíl jílu. Můžeme tedy očekávat, že tyto její vlastnosti spolu s jižní expozicí povedou k výraznějšímu stresu suchem. Na vysychavém stanovišti TVP Uhřínov se vyskytuje spíše řídký a ne příliš vysoký travní kryt. POLENO, VACEK (2009) považují vyžínání kultur douglasky za efektivnější než kultur smrku, protože douglaska je náročnější na světlo a je sázena na sušší stanoviště než smrk. Kryt přízemní vegetace může však působit na vysazené stromky příznivě, kdy může bránit jejich přehřátí a může výrazně omezit vysušné větry. Z provedených měření na vysychavém

stanovišti TVP Uhřínov bylo opakovaně zjištěno větší vlhkost v povrchové vrstvě půdy (v kořenové vrstvě 5 cm pod povrchem) ve variantě s ponechaným krytem vegetace oproti vyžnutým částem. Nicméně tento efekt vegetace na půdní vlhkost může být i opačný jak dokládá KOLB et al. (1990). Tito autoři měřili půdní vlhkost v 10 cm na stanovišti s jihovýchodní expozicí. Doložili, že v podmínkách krytu travní vegetace nebo kapradin vykazovala půda menší vlhkost než půda v podmínkách bez vegetace. Je pravděpodobné, že námi zjištěné rozdíly vlhkosti půdy ve svrchních 5 cm mají vztah spíše k fyzikálnímu výparu než k přítomnosti vegetace. SINGER a MUNNS (1996) totiž uvádějí, že vodu v půdě lze šetřit odstraněním rostlin, což je v souladu se zjištěními, která přinesl již dříve KOLB et al. (1990). Zkušenosti s douglaskou z oblasti Středomoří, kde lesní hospodáři čelí mnohem více problémům s nedostatkem vody, ukazují i další možnost podpory přežívání, kterou je mechanická příprava půdy při výsadbě (FONSECA et al. 2011). Tito autoři konstatovali nejvyšší mortalitu před i po období sucha u výsadeb s nejmenší intenzitou narušení půdy a nejnižší mortalitu na středně silně narušené půdě.

Výše uvedené poznatky odpovídají mým dosavadním zkušenostem s pestře smíšenými porosty na bývalých zemědělsky obhospodařovaných půdách. Výhodné se např. jeví přimíšení v mládí rychle rostoucích dřevin (např. modřín) do skupin pomaleji rostoucích melioračních a zpevňujících dřevin jako je buk či jedle, jejichž zajištění v nesmíšených skupinách je v porostech první generace lesa relativně nákladné. Ve stejnověkových směsích s modřínem navrhuji uplatnit při výchově negativní výběr zaměřený na odstranění netvárných stromů. U modřínu doporučuji odstranit jedince s velkou korunou, relativně silnými větvemi a neprůběžným kmenem. Další dřeviny ve směsi nedosahují v tomto věku efektivně využitelných dimenzí, a proto u nich doporučuji odstranit pouze poškozené a výrazně netvárné jedince a s výchovným zásahem počkat na růstovou reakci po odstranění dominantních modřínů. První výchovný zásah ve stejnověkových pestře smíšených porostech modřínu s dřevinami s klimaxovou strategií růstu doporučuji proto v první fázi zaměřit na modřín.

## **6.2 Růst dřevin**

Kantor (2010) konstatuje ve starších (61 – 80 let) smíšených porostech na živných stanovištích (cílový hospodářský soubor 45) 2 – 3krát vyšší zásobu douglasky než u smrku a modřínu. Douglaska předstihuje produkčně i starší porosty jiných dřevin. Tauchman et al. (2010) zdokumentoval ve 41 let starém porostu douglasky 1,2 krát vyšší zásobu dřeva ( $646 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) než v 63 let starém porostu smrku a 2,4 krát vyšší zásobu než v 63 let starém

smíšeném listnatém porostu habru obecného a dubu letního. Mám tedy za prokázané, že produkční potenciál douglasky převyšuje naše domácí dřeviny. Přesto se u douglasky vyskytuje riziko ztrát na přírůstu. Tyto ztráty jsou ve vztahu k defoliaci způsobované houbami. Příznaky poškození popisuje a na možné nebezpečí sypavek při pěstování douglasky tisolisté upozorňuje Pešková (2003). Jiní autoři (Maguire et al. 2011) se zabývali postižením douglasky švýcarskou sypavkou (*Phaeocryptopus gaeumannii* Rohde). Ztráty způsobované touto houbou považují za srovnatelné se ztrátami způsobenými ostatními defoliátory.



Obr. 33 *Jednotlivě přimíšená třešeň ptačí na TVP Bystré I v porostu s převahou smrku ztepilého 12 let po výsadbě*

Při výchovném zásahu na TVP Bystré II (a v případě modřínu i na TVP Bystré I) ve smíšených porostech byli mimo netvárných jedinců přednostně odstraňováni jedinci, kteří potlačovali přimíšené cílové stromy. Odstraňování jedinci modřínu a douglasky tak mnohdy patřili k nejvzrostlejšími na dané ploše. Proto lze tuto skutečnost zaznamenat na propadu nárůstu průměrné výšky sledovaných dřevin. Zpomalení výškového přírůstu modřínu po provedeném výchovném zásahu popisuje i Slodičák, Novák (2008). Pokud jde o směsi douglasky se smrkem, modřínem a bukem, Kantor et al. (2010) zmiňuje nutnost radikálních prostřihávek v nárůstech z přirozené obnovy na kyselých stanovištích, protože douglaska

ostatní dřeviny v tomto juvenilním stadiu předrůstá. Domnívám se, že přeneseně to platí i pro výsadby dřevin. Bez podpory příměsí při výchově může douglaska brzy ovládnout disponibilní prostor v porostu. Je prokázána také její schopnost se samovolně šířit tam, kam byla z počátku zaváděna jenom jako příměs (Kantor et al. 2010) anebo dokonce invazivně ovlivňovat původní společenstva jak na příkladu z Argentiny uvádějí Orellana a Raffaele (2010).

Pro pěstování třešně ptačí doporučuje většina autorů (Gavaland, Gauvin 1997, Kerr 2004, Zatloukal 2004, Kupka 2005, Gavaland 2006) jako výplňovou dřevinu listnatou dřevinu s obdobnými růstovými charakteristikami (např: javor, jasan, buk, olši, atd.). Jako výplň mohou být nicméně použity i pro tento účel netradiční dřeviny (např: smrk), které mají relativně menší náklady na zajištěnou kulturu (Pulkrab 2003, Kacálek et al. 2006) a jsou pro mnoho vlastníků přijatelnější z hlediska náročnosti pěstování. Z mých dosavadních výsledků z podmínek bývalých zemědělských půd lze mezi vhodné přimíšené dřeviny zařadit smrk ztepilý. Ukázkou tohoto smíšení na TVP Bystré I 12 let po výsadbě zachycuje (obr. 33). Naopak jako nevhodná přimíšená dřevina se ukazuje na relativně vlhčí TVP Osečnice olše lepkavá, která 5. rokem po výsadbě výrazně předrůstá jedince třešně a omezuje je tak ve zdárném růstu. Nicméně GAVALAND a GAUVIN (1997) a GAVALAND (2006) shledali kompetiční vliv olší na růst třešně jako pozitivní.

### **6.2.1 Přihnojení jedle bělokoré**

Hledisko zlepšování produkční funkce lesů hnojením půdy nebo aplikací průmyslových hnojiv na porost s cílem zvýšit produkci dřeva nebo biomasy je dnes málo preferované a jako takové se uplatňuje jen ve výjimečných případech (např. při intenzivním pěstování lignikultur). Hnojení lesů má specifické postavení v komplexu lesopěstebních opatření při obnově lesů zejména v horských, průmyslovými imisemi nejvíce postižených oblastech (NÁROVEC 2001). MILLER (2004) uvádí, že aplikace chemikálií v lese je považována za poslední možnost nápravy. Například výsadby jedle bělokoré v hřebenové oblasti Jizerských hor byly podpořeny přimíšením mletého vápence a amfibolitu do jamky při výsadbě (BALCAR, KACÁLEK 2008) za účelem zmírnění silné acidifikace půd kyselými imisemi. Nicméně pozitivní růstovou reakci jedle konstatovali tyto autoři pouze v případě varianty s amfibolitem. Ten byl aplikován ve dvojnásobném množství (2 kg do jamky) než vápenc. Již dříve sledoval efekt přihnojení smrku ztepilého mletým amfibolitem a přípravkem Silvamix<sup>®</sup> KUNEŠ et al. (2004). Obě meliorované varianty ukázaly vyšší přírůsty než kontrola. Nicméně i přes deklarovanou statistickou významnost se hodnoty přírůstu řádově nelišily.



Silvamix<sup>®</sup> také zmírnil nárůst kumulativní mortality smrků. PODRÁZSKÝ a REMEŠ (2008) dokládají pozitivní efekt přihnojení dvěma formami hnojiva Silvamix<sup>®</sup> na růst jedle obrovské. Také oni aplikovali tablety a prášek 6–7 let po výsadbě. Doložené vyšší přírůsty a vyšší dosažené výšky přihnojených variant mohou být přičteny jinému druhu jedle. Domnívám se, že značnou roli hrálo také chudé stanoviště (5K, dystrická kambizem) na Českomoravské vysočině; přidání živin tam, kde chybí nebo jsou v nedostatku, by mohlo v souladu s Liebigovým zákonem minima pozitivně ovlivnit růst dřevin. Pozitivní vliv hnojiva Silvamix<sup>®</sup> na obsahy živin (P, K, Ca, Mg) v půdě a na přírůst mladé kultury smrku ztepilého nalezl v Krušných horách VAVŘÍČEK et al. (2010, 2011). Domnívám se, že právě kyselé chudé půdy nižších a středních poloh a kyselé podzoly hor mohou být hlavními cílovými oblastmi aplikace hnojiv. Nicméně VAVŘÍČEK et al. (2011) konstatoval na horském stanovišti podobně jako KUNEŠ et al. (2004) sice významné, ale řádově podobné hodnoty výškového přírůstu přihnojených smrků ve srovnání s kontrolou. KUPKA (2005) experimentoval s konvenčním hnojivem (Ceririt<sup>®</sup>) a dvěma formami (tablety a prášek) Silvamixu<sup>®</sup> při podpoře růstu jedle bělokoré na lokalitě ve středních Čechách. Zde podobně jako u jedlí bělokorých z Jizerských hor (BALCAR, KACÁLEK 2008) bylo hnojivo přidáváno do jamky přímo při výsadbě. U všech třech variant s přihnojením dokládá KUPKA (2005) pozitivní efekt; výška meliorovaných jedlí byla ve 2.–4. roce po aplikaci o ca 30 cm větší. U jedle obrovské (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008) činil rozdíl oproti kontrole po 6–9 letech od aplikace hnojiva více než 1 m. V mé práci se tento výrazný vliv hnojiva Silvamix<sup>®</sup> na lepší růst jedle bělokoré nepotvrzuje. Rozdílná růstová reakce je pravděpodobně způsobena dostatečnou zásobou rostlinám přístupných živin (P, K, Ca, Mg) v půdě zalesněné bývalé louky. Podle kritérií vyhlášky č. 275/1998 Sb. (kritéria pro hodnocení výsledků chemických rozborů zemědělských půd) jsou tyto živiny ve svrchní minerální půdě TVP Bystré zastoupeny ve vyhovujících a na TVP Uhřínov ve vyhovujících až velmi vysokých koncentracích. Jediná TVP Osečnice vykazuje snížené koncentrace zmíněných živin, nicméně nižší koncentrace pro trvalý travní porost, jak je uvedena ve vyhlášce č. 275/1998 Sb., nemusí představovat deficit pro lesní kulturu. Tudíž v případě dostatečné zásoby přístupných živin v půdě bývalé louky nemá dodatečné přihnojení vliv na výškový růst jedle bělokoré. Dostatečná zásoba živin v půdě není nicméně jediným předpokladem dobrého růstu dřevin. POTOČÍČ et al. (2005) doložil, že například nízká absorpce vápníku jedlí bělokorou jak na vápníkem bohatých, tak i chudých půdách může být způsobena suchem.

### **6.3 Vývoj půdního prostředí**

Ve své práci jsem se zaměřil na hodnocení organického krytu půdy včetně vrchní vrstvy minerálního profilu, protože předpokládám nejlépe měřitelné změny půdního chemismu vlivem nadložního humusu právě u svrchních půdních horizontů. To potvrzují BINKLEY a VALENTINE (1991), kteří našli podstatně kyselější půdu ve svrchních pěti centimetrech půdy pod smrkem ve srovnání s vejmutovkou a jasanem pensylvánským. Navíc jimi sledované smrkové porosty vykazovaly ve vrstvě do 15 cm poloviční množství bazických kationtů (Ca, Mg, K) ve srovnání s porosty jasanu. Podobné srovnání účinků různých dřevin na svrchní vrstvu minerální půdy uvádí HAGEN-THORN et al. (2004). V rámci této studie smrk opět nejvíce acidifikoval svrchní vrstvu půdy, která vykazovala nižší saturaci bázemi a vyšší úroveň kationtů hliníku; z listnatých dřevin byl smrku nejbliže buk a nejdále lípa s významně vyšším pH a saturací bázemi. Podobně AUGUSTO et al. (2003) konstatoval zvyšující se acidifikační efekt dřevin na svrchní půdu v pořadí: buk lesní; duby < douglaska; jedle bělokorá < borovice lesní; smrk ztepilý. ALRIKSSON a OLSSON (1995) hodnotili acidifikaci půdy pod smrkovými porosty různého stáří. Nalezli významně nižší hodnoty pH a saturace bázemi ve svrchní části profilu pod staršími (40 a 55 let) než mladšími (20 let) porosty. V práci jsou srovnávány smrkové porosty odlišného věku (50 a 100 let) na experimentu Krahulec, kde jsem nejvýznamnější rozdíl konstatoval v případě zhruba trojnásobné zásoby nadložního humusu (L+F+H) pod dospělým porostem. Hodnoty pH v humusu byly v tomto případě také významně nižší pod starším porostem. V podmínkách Orlických hor srovnávali účinky buku a smrku na půdní prostředí bývalé zemědělské půdy také PODRÁZSKÝ a REMEŠ (2007). Nalezli pozitivní vliv buku na vlastnosti nadložního humusu; vliv smrku hodnotili jako nepříznivý. Na experimentu Bystré bylo také konstatováno prokazatelně vyšší pH ve svrchních 10 cm minerální půdy pod bukem než pod smrkem. Zároveň zde byly potvrzeny významné rozdíly v saturaci bázemi; pod bukem byla hodnota vyšší v obou hodnocených vrstvách (do 10 a 11 – 20 cm) minerální půdy. Jedinými charakteristikami v minerální půdě, které měly významný vliv na rozdílný stav nadložního humusu, byly vyšší koncentrace rostlinám přístupného vápníku a hořčíku pod bukem, které se projeví jako vyšší koncentrace obou živin v nadložním humusu buku. Je pravděpodobné, že zvýšená koncentrace Ca a Mg v opadu buku je spíše výsledkem signifikantně různých koncentrací v minerální půdě a nikoliv příznivějším působením bukového opadu. Toto zjištění může podpořit i faktor nízkého věku porostu, kde pod oběma dřevinami jsou vyvinuta pouze iniciální stádia akumulace nadložního humusu bez vrstev drti a měli (obr. 34). V rámci tohoto šetření jsem v případě 12

let starých mlazín smrku a buku na experimentu Bystré nenalezl téměř žádný rozdíl v kvantitě opadu. Acidifikace smrkem nemusí mít vždy stejnou roli v procesu vlivu na půdní vlastnosti. Například RITTER et al. (2003) konstatoval pokles pH ve svrchních 5 cm, ale jako významnější faktor ovlivňující půdu stanovil předchozí způsob jejího využití, tj. vlastnosti půdy získané kultivací. Tak například výsledky ze srovnatelných profilů krátce zalesněné, dlouhodobě zalesněné a lesní půdy ukázaly relativně nižší aciditu svrchních a středních horizontů nově zalesněných zemědělských půd ve srovnání s desítky let starými nebo více-generačními lesními porosty (srovnej WALL a HYTÖNEN 2005). Toto bylo zřejmé i ze srovnání smrkových a mladého březového porostu na experimentu Krahulec. Desetiletý porost břízy na nedávno opuštěné orné půdě vykazoval významné, v případě koncentrací fosforu řádově vyšší hodnoty v humusu i svrchní minerální půdě. Zde se nepochybně jedná o pozůstatek dřívější kultivace půdy. Optimalizace zásob fosforu v půdě je totiž vzhledem k jeho často nízkému přirozenému obsahu považována za základní součást kultivace (BEDRNA 2002). Nadložní humus pod břízou měl ovšem charakter iniciálního stádia hromadění opadu; výskyt nadložního humusu pod břízou je totiž vázán na existenci hustého zápoje, v opačném případě tyto vrstvy často chybí, jak dokládají PODRÁZSKÝ a REMEŠ (2009). O vyšší akumulaci pokryvného humusu pod jehličnany (smrk i modřín ca 45 t.ha<sup>-1</sup>) než pod listnáči (dub červený a bříza ca 13 t.ha<sup>-1</sup>) referovali PODRÁZSKÝ a ŠTĚPÁNIK (2002). Na experimentu Krahulec se množství akumulovaného humusu v bříze lišilo významně od obou variant se smrkem; tyto varianty se ale také od sebe prokazatelně lišily. Důvodem rozdílů zde byl faktor věku. Vedle acidity a saturace bazickými kationty jsou velmi významnými ukazateli půdních změn množství uhlíku a dusíku. Jako společný rys dřívě kultivovaných půd bylo konstatováno snížení hodnoty poměru C/N ve srovnání s odpovídajícími nedotčenými lesními lokalitami (ELLERT a GREGORICH 1996; KOERNER et al. 1997; COMPTON et al. 1998; JUSSY et al. 2002; RITTER et al. 2003; PRÉVOSTO et al. 2004; OHEIMB et al. 2008; SMAL a OLSZEWSKA 2008; VALTINAT et al. 2008). Snížený poměr C/N byl nalezen v minerální půdě experimentu Krahulec také na obou variantách na bývalé zemědělské půdě (bříza a 50 let starý smrkový porost). Jejich hodnoty se od sebe významně nelišily, ale bříza byla výrazně nižší ve srovnání s půdou pod stoletým smrkem. Padesátiletý smrk na bývalé zemědělské půdě se nelišil od břízy ani od staršího smrku. Rozdíly přičítám různé minulosti využití půdy. Co se týká C/N nadložního humusu, tak mezi variantami nebyl nalezen rozdíl.



*Obr. 34: Iničiální stádium akumulace povrchových organických horizontů pod mlazinou buku v rámci experimentu Bystré.*

Také výsledky (KACÁLEK et al. 2006) ze srovnatelných profilů krátce zalesněné, dlouhodobě zalesněné a lesní půdy ukázaly relativně nižší aciditu svrchních a středních horizontů nově zalesněných zemědělských půd ve srovnání s desítky let starými nebo vícegeneračními lesními porosty (srovnej WALL a HYTÖNEN 2005).

Na rozdíl od zemědělských půd, lesní půdy jsou přirozeně hnojeny opadem listů. Největší množství živin je izolováno v lesních dřevinách. BINKLEY (1986) stanovil, že více než polovina ročního příjmu živin v lese se vrací do půdy (humus a jemný kořenový systém). Tento koloběh tvoří největší podíl dostupných živin. Proces vytváření lesní půdy je důležitá součást lesního hospodaření, zejména při zalesňování v minulosti zemědělsky využívaných půd. Naopak dlouhodobě lesní půda s humusovými vrstvami je částečně dědictvím předchozí generace lesa, vývoj lesní půdy po zalesnění je zcela odlišný. Tyto půdy by si měly zachovat zbytky po dřívějším hospodaření např. vyšší pH nebo vyšší koncentraci živin v půdě (WALL, HYTONEN 2005; OHEIMB et al. 2008). Toto dědictví může být velkou výhodou pro nově vznikající les, protože půda má potenciál pro vysokou produktivitu (WALL, WESTMAN 2006). Tento zvýšený příjem hnojiva hraje důležitou roli při formování lesní půdy bohaté na živiny. Málo kvalitní opad a humus jsou ale také závislé na místním klimatu. SINGER a MUNNS (1996) uvádí: „Kyselé půdy jsou častější v místech vyšších srážek, vyplavování živin a produkce přírodních kyselin“. V podmínkách České republiky se vysoce kyselé půdy vyskytují ve vyšších nadmořských výškách (> 800 m), kde vysoký roční úhrn srážek a nízké teploty vzduchu přispívají k vytvoření silné vrstvy organické hmoty. V práci se zaměřuji na

příznivější podmínky v nadmořské výšce 520 metrů (TVP Bystré II). Z výsledků bylo zjištěno, že i v těchto podmínkách jsou půdy kyselé. Nicméně varianty nesmíšeného smrku a douglasky neokyselují více půdu a neprodukují opad s nižším pH ve srovnání se smíšenými variantami. Ve variantách s dominancí smrku a modřínu (NS3) měla půda vyšší obsah vápníku a hořčíku. Nižší koncentrace by mohla naznačovat intenzivní příjem obou živin stromy, protože tato varianta měla také nejvyšší G (viz tabulka 4). To je v souladu s BINKLEY (1986), který poukazuje na vztah mezi akumulací biomasy a čistého pohybu živin z půdy do vegetace. Varianta NS3 produkuje také opad s vyšším obsahem živin. Pokud se jedná o vlastnosti opadu, ve smíšených variantách byly zjištěny vyšší koncentrace P a základních živin. Příčinou byl pozitivní vliv opadavých dřevin (oba listnáče a modřín) ve srovnání se smrkem a douglaskou. To koresponduje se studiemi, provedenými v listnatých a jehličnatých porostech (PRESCOTT et al. 2000; ALBERS et al. 2004; BORKEN, BEESE 2005; PERNAR et al. 2008) a obecně prokázaly rychlejší rozklad opadu v listnatých nebo smíšených porostech ve srovnání s jehličnatými. Nicméně, toto není způsobeno pouze promícháním listů nebo rozdílnou kvalitou opadu. Vlastnosti opadu se odvíjejí z koloběhu živin.

Co se týče zkoumaných jehličnanů PODRÁZSKÝ a REMEŠ (2008) zjistili lépe dostupný vápník, hořčík a draslík pod douglaskou, než pod smrkem. Jejich studie však přinesly předběžné výsledky. PODRÁZSKÝ et al. (2009) zjistil, že humus a půda pod douglaskou je mírně příznivější ve srovnání se smrkem, rozdíl však nebyl statisticky významný. V mé práci jsem nezjistil žádný podstatný rozdíl mezi douglaskou a smrkem, ale půda pod douglaskou měla mírně nižší koncentraci dostupných živin. AUGUSTO et al. (2002) uvádí, že douglaska má střední vliv na půdu, pokud jde o index nasycení, v porovnání s nižší hodnotou u jehličnanů (borovice, smrk) a vyšší hodnotou listnáčů. RAULUND - RASMUSSEN a VEJRE (1995) poukazují na více kyselý opad těchto druhů ve srovnání s listnáči. To se týkalo také listnatých dřevin a jedlovce východního ve studii FINZI et al. (1998). Tyto studie upozorňují na důležitost opadavých stromů, což potvrzují i výsledky mé práce. HAGEN - THORN et al. (2004) zjistili, že nejlepší meliorační dřevinou, zvyšující pH a koncentraci vápníku v půdě je lípa. Lípa je také přítomna ve třech variantách (SM, EL1 a EL2). Avšak není možné přesvědčivě spojovat vyšší koncentraci vápníku s touto dřevinou. Svrchní vrstvy půdy se neliší v hodnotách koncentrací živin a vyšší množství vápníku nebylo zjištěno pouze pod smíšením s lípou. Kromě toho nemá lípa vždy vliv na zvyšování pH a nasycení základními živinami, jak uvádí HOLZ-WARTH et al. (2011). Toto platí rovněž pro rozdíly mezi druhy a stanovištěm (PRESCOTT 2002). Rovněž bylo zjištěno, že množství živin v opadu bylo vyšší pod smíšením s dominancí smrku a modřínu (NS3), kde lípa chyběla a podíl klenu byl nízký. Tato varianta

má vysoký produkční potenciál díky přítomnosti smrku a modřínu. Potvrzení závislosti produkce biomasy na množství přístupných živin v opadu bude vyžadovat další šetření.

#### **6.4 Vlastnosti smrkového dřeva**

Významný vliv na hustotu dřeva má podle MÄKINENA et al. (2007) podíl letního dřeva. Nicméně na vysokou variabilitu hustoty dřeva upozorňuje již např. TRENDELENBURG (1937). Z výše uvedených důvodů byly pro porovnání fyzikálních a mechanických vlastností dřeva vybrány stejně staré porosty tak, aby bylo možné zanedbat rozdíly způsobené stárnutím stromů. Mé výsledky nepotvrdily zjištění o menší hustotě dřeva smrku ztepilého z porostů první generace lesa, která uvádí BROLIN et al. (1995). Naopak větší hustotu dřeva borovice lesní na zalesněných zemědělských půdách uvádí JELONEK et al. (2008 a 2009). Průměrná hustota smrkového dřeva podle WAGENFÜHRA a SCHEIBERA (1974) činí  $470 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . V mé práci zjištěné nižší hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny odběrem mladších vzorníků, z řádově padesátiletého porostu. Obdobně relativně nižší hodnoty ( $417 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) udávají ZEIDLER a HOP (2007), kteří analyzovali smrkové dřevo z historického krovu z 19. století. Dalším faktorem ovlivňujícím hustotu dřeva smrku je také intenzita výchovy, tj. se zvýšenou intenzitou dochází ke snížení průměrné hustoty (CAO et al. 2008).

Využití bývalých zemědělsky využívaných lokalit s příznivou zásobou živin umožňuje intenzivní lesní hospodářství. Poznatky o změnách fyzikálních a chemických vlastnostech dřeva z těchto porostů však nejsou jednotné. Pokles hustoty smrkového dřeva a jeho chemického složení z experimentů popisují např. MÄKINEN et al. 2002, ANTTONEN et al. 2002 a další. Přes těsný vztah hustoty dřeva a vlastností buněk dřeva, ZOBEL a VAN BUIJTENEN (1989) potvrzují značnou variabilitu vlastností jednotlivých stromů.

Některé práce se zabývají vhodností smrku ztepilého jako dřeviny v druhovém složení „zalesňovacích“ cílů. MAUER (2006) upřednostňuje při zalesňování zemědělských půd listnáče, smrk jako cílovou dřevinu doporučuje realizovat pouze přes podsadby do přípravných dřevin. Smrk jako přípravnou dřevinu toleruje pouze na dobu několika desetiletí v případě, kdy při přeměně bude využita jiná dřevina. Jiní autoři nepovažují smrk za vhodný pro ZZP ani jako přípravnou dřevinu. Např. MAREŠ (2006 a 2010) doporučuje při zalesňování živinami bohatých půd na hranici 4. a 5. LVS preferovat rychle rostoucí listnáče (jasan, klen) před jehličnatými dřevinami. Na druhou stranu SLODIČÁK et al. (2005) hodnotí smrk jako

vhodnou dřevinu k zalesňování zemědělských půd v případě, kdy smrk je schopen relativně rychle měnit vlastnosti svrchní části půdního profilu ve smyslu obnovy lesního prostředí.

Na základě mých předchozích výsledků ze smrkových porostů první generace lesa na bývalé zemědělské půdě lze již od 4. LVS smrk ztepilý považovat za vhodnou dřevinu pro zalesňování. Z hlediska kvality a efektivnosti dřevoprodukční funkce je tato dřevina v porovnání s dalšími dřevinami (tj. těch jejichž využití připouští legislativa) stále výhodná (BARTOŠ et al. 2007). Proto ji lze doporučit v přiměřeném zastoupení jako vhodnou přípravnou dřevinu s předpokládaným obmýtím cca 60 - 80 let. Tento postup by napomohl zvýšení hodnotové produkce smrkových porostů první generace lesa (PULKRAB 2004). Platný lesní zákon sice stanoví minimální obmýtí 80 let, ale to by v těchto specifických případech mohlo být řešeno výjimkou udělenou orgánem státní správy lesů.

## **6.5 Ekonomické aspekty**

Ačkoli souhlasím s publikovanými názory o vhodnosti prvotního zalesnění zemědělských půd pionýrskými dřevinami (KOŠULIČ 2004, MAUER 2006, VACEK a kol. 2006), domnívám se, že při zalesňování zemědělských půd lze i smrk ztepilý považovat za vhodnou „přípravnou“ dřevinu, která může vhodně splnit řadu funkcí pionýrské dřeviny. Jeho velmi častý výskyt v porostech zalesňovaných v padesátých letech 20. století tak nemusí být známkou špatného řešení našich předchůdců. Zalesňování zemědělských půd v tomto období bylo charakteristické rozsáhlými výměrami, na kterých se v současnosti nachází mnohdy čistá smrková monokultura. Často se zde potvrdila větší náročnost na zajištění použitých MZD, hlavně co se týče ochrany proti zvěři a buření. Konkrétně nadměrné stavy spárkaté působí v mnoha oblastech velké hospodářské problémy (zdravotní stav, stabilita) v důsledku poškozování kmenů smrku loupáním. Sekundární hniloby potom dále ohrožují vývoj porostů do mýtní zralosti a významně snižují jejich hodnotovou produkci (MATIČKA 1998). Rozsah takovýchto porostů na bývalých zemědělských půdách, ve kterých je zastoupeno minimum MZD nebo se na nich vyskytuje nálet BŘ, BO, OS, VRJ, MD atd., zaujímá v lesích ČR nezanedbatelnou výměru (ÚHÚL 2010). Smrk ztepilý zde svým působením relativně velmi rychle přemění hlavně poměry ve svrchní části půdního profilu ve smyslu obnovy lesního prostředí (SLODIČÁK 2005) a z pohledu vlastníka, jak potvrzuje tato studie, to ekonomicky není mnohdy vůbec nevýhodná varianta. Navíc tentýž autor potvrzuje mnou zjištěné výsledky vysoké zásoby u porostů první generace smrkového lesa, kdy zjistil ve 37 letech zásobu  $507 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , přičemž tabulkové hodnoty udávají pro tento věk zásobu  $470 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  pro bonitu +1

(36). Dále musíme připustit fakt, že pro vlastníka nebude velká ztráta při rozvrácení porostu např. v padesáti letech, když cena zpeněžení kalamitního dříví klesne pouze řádově o 100 Kč.m<sup>-3</sup> (KŘÍZKOVÁ 2006). V některých případech by tak dřívější rozpad porostu první generace lesa mohl vlastníkovu zabezpečit lepší efektivnost využití dřevoprodukční funkce tím, že nebude muset „čekat“ na zákonem stanovené minimální obmýtí.

Z pohledu vlastníka potvrzuje výhodnost zkrácení obmýtí i PULKRAB (2004), který uvádí, že u nejlepších bonit (k nimž zalesněné zemědělské půdy patří) se perspektivně ekonomické obmýtí může blížit 60 rokům. Autor vyčísluje i ztrátu na dřevoprodukční funkci porostu vzniklou v současnosti doporučovanou dobou obmýtí, která pro intenzivní smrkové hospodářství činí za stoletou dobu obmýtní 388 000 Kč.ha<sup>-1</sup>. Z výše uvedeného vyplývá, že zájmy vlastníka se mohou diametrálně lišit od zájmů společnosti na vyváženosti všech funkcí lesa podle platných právních norem, a proto je třeba dbát na dodržování nařízení o zastoupení minimálních hektarových počtů MZD v cílových skladbách porostů obecně.

Pro dosažení srovnatelného ekonomického efektu z lesnického využití půdy s bohatě dotovaným zemědělským hospodařením je třeba využít vysoce produkční dřeviny. Douglaska tisolista svůj vysoký produkční potenciál ukazuje zejména na TVP Bystré I a II. Tři dřeviny hodnocené na ploše Uhřínov zaostávají v šestém roce růstu za stejnými dřevinami z obou ploch u Bystrého. Zaostávání v růstu pravděpodobně souvisí se stresy suchem (SINGER a MUNNS 1996). Douglaska i přesto splňuje mé očekávání a předpokládám i budoucí dobrou produkci. Tak například PERIĆ et al. (2006) dokládá srovnatelné nebo významně větší hodnoty výšky a výčetní tloušťky modřínu a douglasky ve srovnání se smrkem v 32. roce po výsadbě. MAETZKE (1996) píše o možnosti těžby pilařské kulatiny již při výchovných zásazích v 25 – 30 let starých porostech douglasky na bývalé zemědělské půdě v Toskánsku.



## **7 Závěry a návrhy pro praxi**

### **7.1 Zdravotní stav a druhová skladba výsadeb**

Z výsledků porovnání zdravotního stavu a různých variant smíšení testovaných dřevin při zalesňování bývalých zemědělských půd vyplývá, že:

- I v rámci zalesňování zemědělských půd, jako relativně kvalitních budoucích lesních půd, byl zaznamenán velký rozdíl v přežívání výsadeb. Řádově větší ztráty byly zaznamenány na exponovaném stanovišti (TVP Uhřínov).
- Jako dřevina s relativně nízkými ztrátami i na extrémně vysychavém stanovišti se ukázala třešeň ptačí.
- Z melioračních a zpevňujících dřevin se nejvíce osvědčily douglaska tisolistá a jedle obrovská.
- Největší rozdíl v růstu dřevin v pestrém smíšení oproti nesmíšeným ploškám byl pozorován u klenu, který od 4. roku po výsadbě vykazuje významně větší průměrnou výšku v pestrém smíšení oproti nesmíšenému.
- Buk lesní, jako jednu z nejpoužívanějších MZD, se osvědčilo vysazovat v řadovém smíšení s pomocnou dřevinou (především s modřínem a smrkem). Nejen že tím bylo dosaženo zkrácení doby potřebné pro zajištění této dřeviny, ale řádově u desetiletých výsadeb byly zaznamenány příznivější parametry průběžnosti terminálních výhonů (při hodnocení potenciální kvality kmene).
- Také jedli bělokorou doporučuji vysazovat v řadovém smíšení s pomocnou dřevinou (modřínem, smrkem, lípou). Jednu z výhod tohoto postupu je u v mládí pomalu rostoucí jedle snazší orientace (hledání sazenic) při vyžínání kultur. V neposlední řadě lze přimíšením pomocné dřeviny snížit přímé náklady na zajištěnou kulturu.
- Z testovaných dřevin lze jako nejvhodnější výplňovou dřevinu označit lípu srdčitou, která se dokáže velmi dobře přizpůsobit rychlosti růstu přimíšené dřeviny a snáší zástín.
- Douglaska tisolistá se na sledovaných stanovištních podmínkách jeví jako nevhodná výplňová dřevina, protože většinu dřevin předrůstá.

Z výsledků porovnání různých postupů přípravy půdy vyplývá, že:

- Při ZZP lze jako velmi efektivní doporučit celoplošnou chemickou přípravu půdy.

## 7.2 Růst výsadeb

Z výsledků porovnání růstu výsadeb a produkce dřevní hmoty v porostech první generace lesa na bývalé zemědělsky využívané půdě vyplývá, že:

- Po deseti letech růstu dosahuje G smíšeného porostu  $15,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nejvýrazněji se na této hodnotě podílí modřín ( $6 \text{ m}^2$ ), který byl při výsadbě zastoupen 16 % z celkového počtu sazenic a na konci sledovaného období tvoří 38 % z celkového G. Naopak buk s původním zastoupením 11 % tvoří po 10 letech pouze 2 % výčetní kruhové základny.
- Modřín vysázený jako přípravná dřevina na bývalé louce poskytuje po 10 letech růstu efektivně využitelné sortimenty např. jako palivo s průměrnou hmotností  $0,036 \text{ m}^3$ .
- Celkově vyprodukoval smíšený porost za 10 let růstu  $38,4 \text{ m}^3$  na ha dřevní suroviny. Obdobnou zásobu vyprodukovala i nesmíšená douglaska. Nesmíšený smrk v této fázi vykazuje při srovnatelném G o ca 40 % menší zásobu oproti nesmíšené douglasce.
- Jedinci buku v nesmíšených čtvercích vykazují po deseti letech horší kvalitu kmene oproti jedincům v pestrém smíšení.

Z porovnání prvních výsledků vlivu přimíšené dřeviny při pěstování třešně ptačí vyplývá, že:

- Největší vliv na výškový růst třešně má v prvních letech po výsadbě intenzita růstu přimíšené dřeviny charakterizovaná průměrnou výškou. Přimíšená dřevina stimuluje třešeň, která má relativně velký sklon k bočnímu růstu koruny, k výškovému růstu a k pozitivnímu tvarování terminálního kmínku. Pro dosažení relativně kvalitních kmenů je však přesto nutné každoroční vyvětvování cílových jedinců.

Z výsledků porovnání zdravotního stavu a růstu jedlí bělokorých jednorázově přihnojených pěti tabletami hnojiva Silvamix<sup>®</sup> Forte rostoucích na bývalé louce vyplývá:

- Přihnojení neovlivnilo zdravotní stav sledovaných jedinců (přežívání, barevné změny jehličí, škody mrazem);
- Po 3–5 letech sledování se neprojevil příznivý efekt přihnojení na výškový přírůst jedle bělokoré.
- Vynaložené hektarové náklady na jednorázové přihnojení ve výši 18 000 Kč jsou tak v tomto případě málo efektivní.

Z dendrometrické analýzy 45tiletého porostu smrku první generace lesa vyplývá, že:

- Sledovaný porost v těchto podmínkách dosahuje zásobu  $520 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Zásoba hlavního porostu je při porovnání s růstovými tabulkami o 41 % vyšší než na stanovišti odpovídající bonity. Obecně lze říci, že porosty smrku na bývalé zemědělské půdě dosahují nadstandardní produkce.

### **7.3 Vývoj půdního prostředí**

Rozdíly vlastností nadložního humusu a půdy v sousedících porostech pod různými dřevinami nebyly nalezeny. Zároveň jsem v rámci sledovaných lokalit konstatoval odlišné vlastnosti půdního prostředí související s jinou historií využití půdy, tj. zejména u zalesněných zemědělsky kultivovaných půd.

- Na zalesněné louce výzkumného objektu Bystré byly doloženy vyšší koncentrace Ca a Mg v nadložní organické vrstvě původem z buku. Nicméně vzhledem k analogickému trendu v obou sledovaných minerálních půdních vrstvách, malému věku porostu a nedokonalé vyvinutému nadložnímu humusu lze příčinu vyšších koncentrací v opadu buku přičítat spíše zvýšeným koncentracím zmíněných prvků v minerální půdě.
- Na experimentu Krahulec byla prokázána různorodost stanoviště v rámci skupiny tří srovnávaných ploch. Z hlediska poměru C/N půdy si byly podobné obě bývalé zemědělské půdy a zároveň obě různě staré smrkové varianty. Koncentrace výměnných bází a fosforu ukázala významně vyšší hodnoty pod břízou na nedávno (ca před 12 lety) opuštěné orné půdě jako důkaz přetrvávajících pozůstatků kultivace.

Z porovnání kvality opadu v závislosti na různém smíšení dřevin na TVP Bystré II vyplývá, že:

- Koncentrace živin v opadu se jeví závislá na přítomnosti opadavých dřevin, neboť v těchto variantách byla vyšší přítomnost bazických kationtů a fosforu ve srovnání s nesmíšeným smrkem a nesmíšenou douglaskou.
- Smíšené varianty, které jsou schopné vytvářet živinově bohatý opad, by měly splňovat požadavky na udržitelný koloběh živin při zalesňování zemědělských půd a rovněž zajistit důležitou produkční funkci. Z hlediska vývoje půdního prostředí lze doporučit přimíšení melioračních dřevin tak, aby byla příznivým opadem ovlivněna co největší část budoucích porostů.

## **7.4 Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva smrku ztepilého**

Z výsledků porovnání vlastností dřeva z porostů první generace lesa (varianta Z) a dlouhodobě lesní půdy (varianta L) vyplývá, že:

- Průměrný objem hroubí úrovnových vzorníků varianty Z ( $0,43 \text{ m}^3$ ) byl o 30 % větší oproti vzorníkům z dlouhodobě lesní půdy ( $0,33 \text{ m}^3$ ), kdy při obdobné výčetní tloušťce vzorníků byl větší objemu hroubí akumulován v horní části kmene (cca od výšky 8 m);
- Porovnáním hustoty a mechanických vlastností smrkového dřeva varianty Z a L byla potvrzena velká variabilita mezi jednotlivými vzorníky v rámci variant.
- Hustota smrkového dřeva z padesátiletého porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě se v průměru neliší od dřeva ze srovnatelného porostu na dlouhodobě lesní půdě.

Také ve všech provedených zkouškách mechanických vlastností (pevnost v ohybu, pevnost v tlaku ve směru vláken a pevnost v tahu) nevykazuje v této fázi smrkové dřevo z porostů první generace lesa prokazatelně horší parametry; vliv různé historie využití PŮDY na mechanické vlastnosti dřeva smrku studie neprokázala.

## **7.5 Ekonomické vyhodnocení**

Z kalkulace nákladů na zajištěnou kulturu pro jednotlivé dřeviny vyplývá, že:

Nejvyšší náklady na zajištěnou kulturu na daném stanovišti byly vypočteny pro buk lesní ( $157\,688,-$  Kč.ha<sup>-1</sup>) a pro jedli bělokorou ( $154\,575,-$  Kč.ha<sup>-1</sup>). Nejnižší náklady na zajištěnou kulturu na daném stanovišti byly vypočteny pro modřín opadavý ( $65\,850,-$  Kč.ha<sup>-1</sup>) a jedli obrovskou ( $78\,610,-$  Kč.ha<sup>-1</sup>). Celkové náklady na zajištěnou kulturu mimo ceny sazenic a různých nákladů na ochranu nejvíce ovlivňují hektarové počty sazenic.

Z porovnání finančního efektu různých variant zalesňovacích cílů vyplývá, že:

- Použitím různých hektarových počtů sazenic a druhového složení lze poměrně výrazně ovlivnit přímé náklady na zalesnění pozemku. Vlastník je nastavením dotačních pravidel při snaze o co nejnižší zalesňovací náklady stimulován využít nejnižších povolených hektarových počtů sazenic. Použitím relativně levnějších druhů a typů sazenic listnatých dřevin, na které je poskytována vyšší dotační sazba z příslušného titulu HRDP, získává vlastník volné finanční prostředky. Ty se zvyšují

se zvětšujícím se zastoupením listnatých dřevin. Z krátkodobého hlediska je tak pro vlastníka nejvýhodnější použít maximum listnatých dřevin.

Z porovnání ekonomické efektivity mýtní těžby smrku ztepilého, vypěstovaného v první generaci na zemědělské půdě, a buku lesního vyplývá, že:

- Ve zvolených stanovištních poměrech (SLT 5K) a při současných cenách dřeva je pro vlastníka pozemku z dlouhodobějšího pohledu na ocenění dřevoprodukční funkce (obmýetí) výhodnější zpeněžení smrku než buku. Hrubý zisk z mýtní těžby přepočtený na rok obmýetí je u buku o 46 % menší než v případě smrku v první generaci lesa na zem. půdě. Nutno připomenout, že porovnání bylo provedeno na základě pouze dřevoprodukční funkce lesa, která je přirozeně hlavním kritériem vlastníka.

Jedním z hlavních úkolů této práce bylo zodpovědět otázku, zda je pro vlastníka pozemku výhodné použít k zalesňování běžné zemědělské půdy v podmínkách 4. a 5. lesního vegetačního stupně smrk ztepilý nebo raději cílové dřeviny z předepsaných melioračních a zpevňujících dřevin. Ze získaných výsledků lze smrk ztepilý jednoznačně doporučit k zalesňování v minulosti zemědělsky využívaných půd.

## **8 Seznam literatury**

Alakuku L. 1999. Subsoil compaction due to wheel traffic. *Agricultural and food science in Finland*, 8: 333-351.

Albers D., Migge S., Schaefer M., Scheu S. 2004. Decomposition of beech leaves (*Fagus sylvatica*) and spruce needles (*Picea abies*) in pure and mixed stands of beech and spruce. *Soil Biology and Biochemistry*, 36: 155–164.

Allen A., Chapman D. 2001. Impacts of afforestation on groundwater resources and quality. *Hydrogeology Journal*, 9: 390-400.

Alriksson A., Olsson M.T., 1995. Soil changes in different age classes of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on afforested farmland. *Plant and Soil*, 168/169: 103-110.

Anttonen S., Manninen A.-M., Saranpää P., Kainulainen P., Linder S., Vapaavuori E. 2002. Effects of long-term nutrient optimisation on stem wood chemistry in *Picea abies*. *Trees*: 386–394.

Armolaitis K., Aleinikovienė J., Baniūnienė A., Lubyte J., Žekaitė V. 2007. Carbon sequestration and nitrogen status in Arenosols following afforestation or following abandonment of arable land. *Baltic Forestry*, 13: 169-178.

Augusto L., Dupuey J.-L., Ranger J. 2003. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 60: 823-831.

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.

Ay N., Örs Y. 1999. The effects of provenance and regional differences on the density of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) wood. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 23, Suppl. No. 2: 383-387.

Balcar V., Kacálek D. 2008. Growth and health state of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the ridge area of the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science*, 54: 509–518.

Bartoš J., Kacálek D. 2005. Meliorační a zpevňující dřeviny při zalesňování zemědělských pozemků. In: *Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť*, 17. 2. 2005, Kostelec nad Černými lesy. ČZU FLE Praha a VÚLHM Výzkumná stanice Opočno: 83-88.

Bartoš J., Kacálek D. 2006. Volba druhové skladby při sestavování zalesňovacích projektů. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor, 17. 1. 2006, Kostelec nad Černými lesy. ČZU FLE Praha a VÚLHM Výzkumná stanice Opočno: 73-79.

Bartoš J., Petr T., Kacálek D., Černošous, V. 2006: Dřevoprodukční funkce porostů první generace lesa na zemědělských půdách. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy 17. 1. 2006. Ed. P. Neuhöferová. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze; Jiloviště-Strnady, VÚLHM – Výzkumná stanice Opočno: 81–88.

Bartoš J., Šach F., Kacálek D., Černošous, V. 2007. Ekonomické aspekty druhového složení první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu, 52:11–17.

Batjes N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47: 151-163.

Bedrna Z. 2002. *Environmentálne pôdoznanectvo*, 1st ed. Bratislava, Veda: 352 s.

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.

Biring B.S., Comeau P.G., Fielder P. 2003. Long-term effects of vegetation control treatments for release of Engelmann spruce from a mixed-shrub community in Southern British Columbia. *Annals of Forest Science*, 60: 681-690.

Bommer S., Weihs U., Beuke H. 1999. Possibilities for estimation and silvicultural control of the competition between beech and Douglas fir in young mixed stands. *Forst und Holz*, 54 :8-14.

Borken W., Beese F. 2005. Soil respiration in pure and mixed stands of European beech and Norway spruce following removal of organic horizons. *Canadian Journal of Forest Research*, 35: 2756–2764.

Bråkenhielm S. 1977. Vegetation dynamics of afforested farmland in a district of South-eastern Sweden. In: *Acta Phytogeographica Suecica*, 63. Uppsala, Svenska växtgeografiska sällskapet: 73 s.

Brandtberg P.-O., Lundkvist H., Bengtsson J. 2000. Changes in forest-floor chemistry caused by a birch admixture in Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 130: 253-264.

- Briggs R.D. 2004. The Forest Floor. In: Burley J., Evans J., Youngquist J.A. (ed.). Encyclopedia of Forest Sciences, Vol. 3. Oxford, Elsevier: 1223-1227.
- Brolin A., Noren A., Ståhl E. 1995. Wood and pulp characteristics of juvenile Norway spruce: a comparison between a forest and an agricultural stand. Tappi J 78:203–214.
- Byrne K.A., Milne R. 2006. Carbon stocks and sequestration in plantation forests in the Republic of Ireland. Forestry (Oxford), 79: 361-369.
- Byrne K.A., Farrel E.P. 2005. The effect of afforestation on soil carbon dioxide emissions in blanket peatland in Ireland. Forestry, 78: 217-227.
- Callesen I., Raulund-Rasmussen K., Jorgensen B. B., Kvist-Johannsen V. 2006. Growth of beech, oak, and four conifer species along a soil fertility gradient. Baltic Forestry, 12: 14-23.
- Cao T., Valsta L., Härkönen S., Saranpää P., Mäkelä A. 2008. Effects of thinning and fertilization on wood properties and economic returns for Norway spruce. Forest Ecology and Management, 256: 1280–1289.
- Cerli Ch., Celi L., Johansson M.-B., Kögel-Knabner I., Rosenqvist L., Zanini E. 2006. Soil organic matter changes in a spruce chronosequence on Swedish former agricultural soil. I. Carbon and lignin dynamics. Soil Science, 171: 837-849.
- Cerli Ch., Celi L., Kaiser K., Guggenberger G., Johansson M.-B., Cignetti A., Zanini E. 2008. Changes in humic substances along an age sequence of Norway spruce stands planted on former agricultural land. Organic Geochemistry, 39: 1269-1280.
- Chaar H., Mechergui T., Khouaja A., Abid H. 2008: Effects of treeshelters and polyethylene mulch sheets on survival and growth of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings planted in northwestern Tunisia. Forest Ecology and Management, 256: 722-731.
- Cogliastro A., Cagnon D., Bouchard A. 1997. Experimental determination of soil characteristics optimal for the growth of ten hardwoods planted on abandoned farmland. Forest Ecology and Management, 96: 49-63.
- Cogliastro A., Cagnon D., Daigle S., Bouchard A. 2003. Improving hardwood afforestation success: an analysis of the effects of soil properties in southwestern Quebec. Forest Ecology and Management, 177: 347-359.



- Compton J.E., Boone R.D., Motzkin G., Foster D.R. 1998. Soil carbon and nitrogen in pine-oak sand plain in central Massachusetts: role of vegetation and land-use history. *Ecologia*, 116: 536-542.
- Černý Z., Lokvenc T., Neruda J. 1995. Zalesňování nelesných půd. 1. vyd. Praha, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR: 55 s.
- Daugaviete M. 2000. Afforestation of agricultural lands in Latvia. In: Weber, N. (ed.) NEWFOR – New forests for Europe: afforestation at the turn of the century. Proceedings of the international symposium ...: 175-186. (EFI Proceedings, 35)
- De Keersmaecker L., Martens L., Verheyen K., Hermy M., De Schrijver A., Lust N. 2004. Impact of soil fertility and insolation on diversity of herbaceous woodland species colonizing afforestations in Muizen forest (Belgium). *Forest Ecology and Management*, 188: 291-304.
- Dobrovolný L. 2011. Přínos jedinců buku vtroušených do jehličnatých monokultur k obnově a přestavbě lesa. *Lesnická práce*, 90: 146–147.
- Domżał H., Hodara J., Słowińska-Jurkiewicz A., Turski R. 1993. The effects of agricultural use on the structure and physical properties of three soil types. *Soil & Tillage Research*, 27: 365-382.
- Dupouey J.L., Dambrine E., Laffite J.D., Moares C. 2002. Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology*, 83: 2978-2984.
- Eilman B., Rigling A. 2010. Douglas fir – a substitute species for Scots pine in dry inner-Alpine valleys? In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. Abstracts. Freiburg, Forstliche Versuchs- und Forschungsanst. Baden-Württemberg: 85 s. (Berichte Freiburger forstliche Forschung, Bd. 11)
- Ellert B.H., Gregorich E.G. 1996. Storage of carbon, nitrogen and phosphorus in cultivated and adjacent forested soils of Ontario. *Soil Science*, 161: 587-602.
- Eriksson E., Johansson T. 2006. Effects of rotation period on biomass production and atmospheric CO<sub>2</sub> emissions from broadleaved stands growing on abandoned farmland. *Silva Fennica*, 40: 603-613.
- Falkengren-Grerup U., Brink D.-J. ten, Brunet J. 2006. Land use effects on soil N, P, C and pH persists over 40 – 80 years of forest growth on agricultural soils. *Forest Ecology and Management*, 225: 74-81.

Farley K.A., Kelly E.F. 2004. Effects of afforestation of a páramo grassland on soil nutrient status. *Forest Ecology and Management*, 195: 281-290.

Finzi A.C., Canham Ch.D., van Breemen N. 1998. Canopy tree-soil interactions within temperate forests: species effects on pH and cations. *Ecological Applications*, 8: 447-454.

Fonseca F., Figueiredo T. de, Martins A. 2011. Survival and early growth of mixed forest stands installed in a Mediterranean Region: effects of site preparation intensity. *Forest Ecology and Management*, 262: 1905-1912.

Freist H. 1991. Ist es sinnvoll, Baumarten (Buche, Eiche, Fichte, Larce) zu mischen? *Forst und Holz*, 46: 501-502.

Gavaland A. 2006. Des pistes pour boiser des terres agricoles avec du merisier. [Ways to reforest agricultural land with cherry]. *Forêt-Entreprise*, 170: 21-25.

Gavaland A., Gauvin J. 1997. Des plantations de merisier avec accompagnement d'aulne: premiers enseignements d'un essai INRA. [Wild cherry plantations mixed with alder: first results of an INRA trial]. *Forêt-Entreprise*, 118: 21-26.

Gilmore, A.R., Boggess, W.R. 1963. Effects of past agricultural practices on the survival and growth of planted trees. *Soil Science Society of America Proceedings*, 27: 98-102.

Grieve I.C. 2001. Human impacts on soil properties and their implications for the sensitivity of soil systems in Scotland. *Catena*, 42: 361-374.

Hagen-Thorn A., Callesen I., Armolaitis K., Nihlgård B. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195: 373-384.

Hauptman I., Kukul Z., Pošmourný K. (ed.) 2009. *Půda v České republice*. Praha, Consult: 255 s.

Heinsdorf D., Uebel E., Chrzon S. 2001. *Begründung und Entwicklung stabiler Forstökosysteme auf ehemals ackerbaulich genutzten degradierten Sandböden*. Kassel, Verlagsgesellschaft für Ackerbaum: 314 s.

Hendriks C.M.A., Bianchi F.J.J.A. 1995. Root density and root biomass in pure and mixed forest stands of Douglas-fir and beech. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 43: 321-331.

Hlásny T. 2012. Jak může ovlivnit změna klimatu smrkové porosty v ČR? *Lesnická práce*, 91: 29–31.

Holzwarth F. M., Daenner M., Flessa H. 2011. Effects of beech and ash on small-scale variation of soil acidity and nutrient stocks in a mixed deciduous forest. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174: 799–808.

Horizontální plán rozvoje venkova [HRDP]. 2004. Praha: Státní zemědělský a intervenční fond ČR. Dostupné z URL <http://www.szif.cz/>.

Hurt V. 2012. Produkční potenciál a stabilita smíšeného dubohabrového porostu na eutrofním stanovišti ve Ždánickém lese. In: Saniga M., Kucbel S., Jaloviar P. (ed.). *Pestovanie lesa v strednej Európe. Zborník vedeckých prác*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 153–163.

Hytönen J., Ekola E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsätetyillä pelloilla. [Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland]. *Folia Forestalia*, 822: 32 s.

Jarský V., Pulkrab K. 2013. Analysis of EU support for managed succession of agricultural land in the Czech Republic. *Land Use Policy*, 35: 237–246.

Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A. 2009. Wlasciwosci drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na gruntach porolnych w północnej Polsce. *Lesne Prace Badawcze*, 70: 277–286.

Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A. 2008. Biometric traits of wood and quality of timber produced in former farmland. *Baltic Forestry*, 14: 138–148.

Jobbágy E.G., Jackson R.B. 2003. Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests. *Biogeochemistry*, 64: 205–229.

Jussy J.H., Koerner W., Dambrine É., Dupouey J.L., Benoît M. 2002. Influence of former agricultural land use on net nitrate production of forest soils. *European Journal of Forest Science*, 53: 367–374.

Kacálek D., Bartoš J. 2006. Výzkumná plocha Bystré – problematika zalesňování zemědělských půd. In: *Exkurzní průvodce mezinárodní vědecké konference*. Opočno 5. 9. 2006. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 30–35.

- Kacálek D., Bartoš J., Černohous V. 2006. Půdní poměry zalesněných zemědělských pozemků. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník z celostátní konference. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 169-177.
- Kahle P., Baum C., Boelcke B. 2005. Effect of afforestation on soil properties and mycorrhizal formation. *Pedosphere*, 15: 754-760.
- Kantor P. 2010. Postavení a produkční možnosti douglasky tisolisté na Školním lesním podniku ML Křtiny. In: Knott R. et al. (ed.). Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních. Sborník původních vědeckých prací z mezinárodní konference. Brno, Mendelova univerzita: 51-58.
- Kantor P., Bušina F., Knott R. 2010. Postavení douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) a její přirozená obnova na školním polesí Hůrky Středních lesnických škol Písek. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 251-263.
- Kantor P., Hurt V. 2009. Limity zastoupení smrku v hospodářských lesích pahorkatin. *Lesnická práce*, 88: 442-444.
- Kantor P., Mareš R. 2009. Production potential of Douglas fir in acid sites of Hůrky Forest Training District, Secondary Forestry School in Písek. *Journal of Forest Science*, 55: 312-322.
- Kerr G. 2004. The growth and form of ash (*Fraxinus excelsior*) in mixture with cherry (*Prunus avium*), oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*), and beech (*Fagus sylvatica*). *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 2340-2350.
- Klíma S. 2010. Produkční zhodnocení různě vychovávané směsi dubu a habru s cennými listnáči. In: Knott R. et al. (ed.). Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních. Sborník původních vědeckých prací z mezinárodní konference. Brno, Mendelova univerzita: 59-64
- Koerner W., Dupouey J.L., Dambrine E., Benoît M. 1997. Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges Mountains, France. *Journal of Ecology*, 85: 351-358.
- Kolb T.E., Bowersox T.W., McCormick L.H. 1990. Influences of light intensity on weed-induced stresses of tree seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 503-507.
- Košulič, M. 2004. K zalesňování nelesních půd. *Lesnická práce*, 83: 668.

Košulič M. 2006. Geneticko-ekologické aspekty při zakládání lesa na nelesních půdách. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník z celostátní konference. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 65-72.

Kriegel H. 1990. Optimalizace hektarových počtů sazenic. Dílčí závěrečná zpráva etapy úkolu, VÚLHM – Výzkumná stanice Opočno: 80 s.

Křížková A. 2006. Tisková zpráva mluvčí státního podniku LČR z 11. ledna 2006 v Hradci králové. [www.lesycr.cz](http://www.lesycr.cz)

Kubelka L. 2001. Silvamix moderní hnojivo pro lesní hospodářství. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 40 s.

Kubíková J. 1994. Oak-pine afforestation of agricultural land: an attempt to enrich its undestory diversity. In: Novitates Botanicae Universitatis Carolinae. 8. Praha, Univerzita Karlova: 63-73.

Kuneš I., Balcar V., Čížek M. 2004. Influence of amphibolite powder and Silvamix fertiliser on Norway spruce plantation in conditions of air polluted mountains. *Journal of Forest Science*, 50: 366–373.

Kupka I. 2005. Třešeň ptačí – vtoušená nebo hlavní dřevina? *Lesnická práce*, 84: 410-411.

Lalkovič M., Králik A. 1996. Problematika nelesných pôd na Slovensku. In: Biotechnické opatrenia v pozemkových úpravách. Zborník referátov zo seminára. Zvolen, Technická univerzita: 65-70.

Laník J., Halada J. 1956. Rozbory půd. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 235 s.

Lemberger J. 1960. Některé výsledky a zkušenosti půdoochranných akcí v Českých krajích. *Lesnícky časopis*, 6: 225-231.

Löf M., Thomsen A., Madsen P. 2004. Sowing and transplanting of broadleaves (*Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Prunus avium* L. and *Crataegus monogyna* Jacq.) for afforestation of farmland. *Forest Ecology and Management*, 188: 113-123.

Lokvenc T., Chroust L. 1987. Vliv břízy na odrůstání smrkové kultury. *Lesnictví*, 33: 993-1010.

Ložek V. 1999. Zemědělská kolonizace a její dopad. *Ochrana přírody*, 54: 227-233.

Lüdemann G. 1993. Anlage und Pflege von Erstaufforstungen. *AFZ, Allgemeine Forst Zeitschrift*, 48: 210-214.

- Maclaren P. 2004. Environmental impacts – effect on air. In: Burley J., Evans J., Youngquist J.A. (ed.). *Encyclopedia of Forest Sciences*, Vol. 1. Oxford, Elsevier: 130.
- Maetzke F. 1996. La produttività in impianti di douglasia coltivati in Toscana. *Italia Forestale e Montana*, 51: 172-179.
- Maguire D.A., Mainwaring D.B., Kanaskie A. 2011. Ten-year growth and mortality in young Douglas-fir stands experiencing a range in Swiss needle cast severity. *Canadian Journal of Forest Research*, 41: 2064-2076.
- Mäkinen H., Jaakkola T., Piispanen R., Saranpää P. 2007. Predicting wood and tracheid properties of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 241: 175 – 188.
- Mallard J.P. 1997. Subvention forfaitaire au boisement de terres agricoles délaissées. Huit années de pratique en région Pays-de-la-Loire. *Revue Forestière Française*, 49: 351-356.
- Mallik A.U., Bell F.W., Gong Y. 2002. Effectiveness of delayed brush cutting and herbicide treatments for vegetation control in a seven-year-old jack pine plantation in Northwestern Ontario, Canada. *Silva Fennica*, 36: 505-519.
- Mareš R. 2006. Kořenové hniloby ve smrkových porostech založených na zemědělské půdě. In: Neuhöferová, P. (ed.) *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor*. Sborník z celostátní konference. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 133-138.
- Mareš R. 2010. The extent of root rot damage in Norway spruce stands established on fertile sites of former agricultural land. *Journal of Forest Science*, 56: 1-6.
- Matička, J. 1998. Návrh způsobu hospodaření v porostech založených na nelesních půdách a poškozených zvěří v oblasti Orlických hor. /Zpráva/. 105 s.
- Mauer O. 2006. Zalesňování zemědělských půd v nadmořských výškách 400 až 700 metrů na vodou neovlivněných stanovištích. In: Neuhöferová, P. (ed.) *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor*. Sborník z celostátní konference. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 201-207.
- McCreary D., Costello L.R., Tecklin J., Jones K., Labadie D. 2002. The influence of treeshelters and irrigation on shoot and root growth of three California oak species. Conference paper. Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service: 387-395. (General Technical Report PSW-GTR-184)

- Mehlich A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15: 1409-1416.
- Messing I., Alriksson A., Johansson W. 1997. Soil physical properties of afforested and arable land. *Soil Use and Management*, 13: 209-217.
- Mikeska, M. 2003. Zalesňování nelesních půd v praxi. *Lesnická práce*, 10, 82: 523 – 525.
- Mikeska M., Vacek S. 2006. Druhová skladba a trvale udržitelné hospodaření. *Lesnická práce*, 8, 85: 17 – 19.
- Miller H.G. 2004. Nutrient limitations and fertilization. In: Burley J. et al. (eds.): *Encyclopedia of Forest Sciences*. Vol. 3. Oxford, Elsevier: 1235–1241.
- Ministerstvo zemědělství ČR. 1997. Hospodářská doporučení podle hospodářských souborů a podsouborů. *Lesnická práce*, příl. 1/97: 48 s.
- Morris L.A. 2004. Soil organic matter forms and functions. In: Burley J., Evans J., Youngquist J.A. (ed.). *Encyclopedia of Forest Sciences*. Vol. 3. Oxford, Elsevier: 1201-1207.
- Münzenberger B., Gollack J., Ulrich A., Schmincke B., Hüttl R.F. 2004. Abundance, diversity, and vitality of mycorrhizae of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in lignite recultivation sites. *Mycorrhiza*, 14: 193-202.
- Nárovec V. 2001. Stokrát o hnojení v lese. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 32 s.
- Němeček J. et al. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, Česká zemědělská univerzita a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy: 79 s.
- Niu X., Duiker S.W. 2006. Carbon sequestration potential by afforestation of marginal agricultural land in the Midwestern U.S. *Forest Ecology and Management*, 223: 415-427.
- Novák J., Slodičák M., Dušek D. 2011. Above-ground biomass of substitute tree species stand with respect of thinning - European larch (*Larix decidua* Mill.). *Journal of Forest Science*, 57: 8-15.
- Novák J., Kacálek D., Petr T. 2007. Properties of humus and upper soil horizons under 66-year-old spruce stand on former agricultural land. In: *Management of forests in changing environmental conditions*. Ed. M. Saniga, P. Jaloviar, S. Kucbel. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 90-95.
- Nožička J. 1954. První pokusy se zalesňováním neplodných písčitých půd v 18. století. *Práce výzkumných ústavů lesnických ČSR*, 6: 191–206.

Nožička J. 1957. Přehled vývoje našich lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 460 s.

Oheimb G. von, Härdtle W., Naumann P., Westphal Ch., Assmann T., Meyer H. 2008. Long-term effects of historical heathland farming on soil properties of forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 255: 1984-1993.

Oliver Ch.D., Larson B.C. 1996. *Forest stand dynamics*. New York, John Wiley & Sons: 520 s.

Olofsson J., Hickler T. 2008. Effect of human land-use on the global carbon cycle during the last 6,000 years. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17: 605-615.

Oosterbaan A., Hochbichler E., Nicolescu V.-N., Spiecker H. 2009. Silvicultural principles, goals and measures in growing valuable broadleaved tree species. *Die Bodenkultur*, 60, 3: 45-51.

Opletal M. et al. 1980. *Geologie Orlických hor*. Praha, Academia: 202 s.

Opletal M., Domečka K. (ed.). 1983. Synoptic geological map of the Orlické hory Mts. Měřítko 1 : 100 000. Praha, Ústřední ústav geologický.

Orellana I. A., Raffaele E. 2010. The spread of the exotic conifer *Pseudotsuga menziesii* in *Austrocedrus chilensis* forests and shrublands in northwestern Patagonia, Argentina. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 40: 199-209.

Ouimet R., Tremblay S., Périé C., Prigent G. 2007. Ecosystem carbon accumulation following fallow farmland afforestation with red pine in southern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 37: 1118-1133.

Ovington, J.D. 1956. Studies of the development of woodland conditions under different trees. *Journal of Ecology*, 44: 171-179.

Perić S., Seletković I., Medak J., Pilaš I., Topić V. 2006. Istraživanje uspijevanja šest vrsta četinjača u ekološki karakterističnim regijama Hrvatske. *Radovi Šumarskog instituta (Jastrebarsko)*, Spec. No. 9, 41: 99-108.

Pernar N., Matic S., Bakšić D., Klimo E. 2008. The accumulation and properties of surface humus layer in mixed selection forests of fir on different substrates. *Ekologia (Bratislava)*, 27: 41-53.

Perry D.A., Oren R., Hart S.C. 2008. *Forest Ecosystems*. 2nd ed. Baltimore, The Johns Hopkins University Press: 606 s.



Perry D.A., Molina R., Amaranthus M.P. 1987. Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. *Canadian Journal of Forest Research*, 17: 929-940.

Pešková V. 2003. Nebezpečné sypavky na douglasce v České republice. *Lesnická práce*, 82: 244–245.

Pešková V., Landa J., Soukup F. 2011. Findings regarding ectotrophic stability of Norway spruce forest of the Krkonoše and Orlické Mountains based on mycorrhiza studies. *Journal of Forest Science*, 57: 500–513.

Pešková V., Soukup F. 2006. Houby v lesních porostech na bývalých zemědělských půdách – metodické přístupy k studiu jejich role. In: *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník z celostátní konference*. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 127-132.

Podrázský V. 2006. Půdotvorná role modřínu opadavého na zalesněných zemědělských půdách. In: *Neuhöferová P. (ed.) Modřín – strom roku 2006. Sborník recenzovaných referátů*. Praha, ČZU; Hradec Králové, LČR: 119-125.

Podrázský V., Koblíha J., Remeš J., Kupka I. 2002. Porostotvorná funkce třešně ptačí. *Lesnická práce*, 81: 213–215.

Podrázský V., Kupka I. 2011. Vliv borovice vejmutovky a metasekvoje čínské na stav nadložního humusu na stanovišti potočního luhu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 27–35.

Podrázský V., Procházka J. 2009. Effects of the reforestation of agricultural lands on the humus form development in the middle altitudes. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 40: 41-46.

Podrázský V., Procházka J., Remeš J. 2011. Produkce a vývoj půdního prostředí porostů na vývalých zemědělských půdách v oblasti Českomoravské vrchoviny. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 27–35.

Podrázský V., Remeš J. 2008. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: 29-36.

Podrázský V., Remeš J. 2007. Humus form status in close-to-nature forest parts in comparison with afforested agricultural lands. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 53: 99-106.

- Podrázský V., Remeš J., Hart V., Moser W.K. 2009. Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. *Journal of Forest Science*, 55: 299-305.
- Podrázský V., Remeš J., Ulbrichová I. 2003. Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts., Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 49: 141-147.
- Podrázský V., Štěpáník R. 2002. Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47: 53-56.
- Poleno Z., Vacek S. et al. 2009. Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 951 s.
- Poleno Z. 1985. Příměstské lesy. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 176 s.
- Potočić N., Čosić T., Pilaš I. 2005. The influence of climate and soil properties on calcium nutrition and vitality of silver fir (*Abies alba* Mill.). *Environmental Pollution*, 137, 3: 596–602.
- Praktická příručka, zákon o lesích a příslušné vyhlášky. 1996. Vyhláška č. 83/1996 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů – příloha č. 4.
- Prescott C.E., Zabek L.M., Staley C.L., Kabzems R. 2000. Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia: influences of litter type, forest type, and litter mixtures. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 1742–1750.
- Prescott C.E. 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology*, 22: 1193–1200.
- Prévosto B., Dambrine E., Moares C., Curt T. 2004. Effects of volcanic ash chemistry and former agricultural use on the soils and vegetation of naturally regenerated woodlands in the Massif Central, France. *Catena*, 56: 239-261.
- Prévosto B., Curt T., Dambrine E., Coquillard P. 2004. Natural tree colonization of former agricultural lands in the French Massif Central: Impact of past land use on stand structure, soil characteristics and understorey vegetation. In: Honnay, O. et al. (ed.). *Forest biodiversity: lessons from history for conservation*. Wallingford, CABI: 41-53.
- Pulkrab K. 2003. Ekonomika zalesňování nelesných půd. In: *Zalesňování zemědělské půdy*. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 7 – 16.

- Pulkrab K. 2004. Ekonomická doba obmýtní. Zprávy lesnického výzkumu, 49: 46–50.
- Pulkrab K. et al. 1998. Analýza ekonomických dopadů zalesňování zemědělských půd. Závěrečná zpráva projektu NAZV č. EP 7132. Praha, Česká zemědělská univerzita: 139 s.
- Raney W.A., Edminster T.W. 1960. Approaches to soil compaction research. In: Transactions of the ASAE. 1961. Paper No. 60-129. Annual Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Columbus, Ohio: 246 s.
- Richter D.D., Markewitz D., Heine P.R., Jin V., Raikes J., Tian K., Wells C.G., 2000. Legacies of agriculture and forest regrowth in the nitrogen of old-field soils. Forest Ecology and Management, 138: 233-248.
- Ritter E., Vesterdal L., Gundersen P. 2003. Changes in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce. Plant and Soil, 249: 319-330.
- Raulund-Rasmussen K., Vejre H. 1995. Effect of tree species and soil properties on nutrient immobilization in the forest floor. Plant and Soil, 168–169: 345–352.
- Sander H., Meikar T. 2009. Exotic coniferous trees in Estonian forestry after 1918. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 180: 158-169.
- Singer J.S., Munns D.N. 1996. Soils: an introduction. New Jersey, Prentice Hall: 480 s.
- 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. 2008. Výchova porostů náhradních dřevin. Recenzovaná metodika 3/2008. 28 s.
- Smal H., Olszewska M. 2008. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. Plant and Soil, 305: 171-187.
- Soják D. 1997. Problematika zakladania intenzívnych porastov na príklade modelových výskumných plôch. Zprávy lesnického výzkumu, 42: 12-15.
- Stanturf J.A., Schweitzer C.J., Gardiner E.S. 1998. Afforestation of marginal agricultural land in the lower Mississippi River Alluvial Valley, U.S.A. Silva Fennica, 32: 281-297.
- Szujecki A. 1996. Ekologiczne aspekty odtwarzania lasu na glebach porolnych. Prace IBL, ser. B, 27: 47-55.

Šimek M., 2003. Základy nauky o půdě, 1. Neživé složky půdy. České Budějovice, Jihočeská univerzita: 131 s.

Šindelář J. 1997. Principy tvorby porostních směsí. Lesnická práce, 76: 208-210.

Špulák O., Kacálek D. 2011. Historie zalesňování nelesních půd na území České republiky. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 49-57.

Tauchman P., Hart V., Remeš J. 2010. Srovnání produkce porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirbel/ Franco) s porostem smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) a stanovištně původním smíšeným porostem středního věku na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 187-194.

Thuille A., Schulze E.-D. 2006. Carbon dynamics in successional and afforested spruce stands in Thuringia and the Alps. *Global Change Biology*, 12: 325-342.

Topka, J. 2004. Projekt zalesnění zemědělských půd. In: Zalesňování zemědělských půd. Nový Rychnov: Česká komora odborných lesních hospodářů: 31 – 43.

Torreano S. 2004. Soil development and properties. In: Burley J., Evans J., Youngquist, J.A. (ed.) *Encyclopedia of Forest Sciences*, Vol. 3. Oxford, Elsevier: 1208–1216.

Trendelenburg R. 1937. Über Stammwuchsuntersuchungen und ihre Auswertung in der Holzforschung. *Holz Roh- Werkst*: 3– 3.

Turgay O.C., Nonaka M. 2002. Effects of land-use and management practices on soil ergosterol content in andosols. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48: 693-699.

ÚHÚL. Mapový server – Oblastní plány rozvoje lesů. [online]. [cit. 09. ledna 2010]. <http://geoportal2.uhul.cz/index.php>.

Úradníček L. et al. 2001. Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická: 333 s.

Valla M., Kozák J., Drbal J. 1983. Cvičení z půdoznalství II. Praha, Státní pedagogické nakladatelství: 281 s.

Valtinat K., Bruun H.H., Brunet J. 2008. Restoration of oak forest: effects of former arable land use on soil chemistry and herb layer vegetation. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23: 513-521.

Verheyen K., Bossuyt B., Hermy M., Tack G. 1999. The land use history (1278–1990) of a mixed hardwood forest in western Belgium and its relationship with chemical soil characteristics. *Journal of Biogeography*, 26: 1115-1128.

Vlkanova D. 2012. Vliv velikosti a charakteru majetku na náklady zalesňování. Lesnická práce, 91: 26–28.

Vomocil J.A., Flocker W.J. 1961. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. In: Transactions of the ASAE.. Paper No. 60-129. Annual Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Columbus, Ohio: 242-245.

Wagenführ R., Scheiber Ch. 1974. Holzatlas. Leipzig, Fachbuchverlag: 690 s.

Wall A., Hytönen J., 2005. Soil fertility of afforested arable land compared to continuously forested sites. Plant and Soil, 275: 247-260.

Wall A., Westman C.J. 2006. Site classification of afforested arable land based on soil properties for forest production. Canadian Journal of Forest Research, 36: 1451-1460.

Wall A., Heiskanen J. 1998. Physical properties of afforested former agricultural peat soils in western Finland. Suo, 49: 1-12.

Wall A., Heiskanen J. 2003. Water-retention characteristics and related physical properties of soil on afforested agricultural land. Forest Ecology and Management, 186: 21-32.

Weber-Blaschke G., Heitz R., Blaschke M., Ammer C. 2008. Growth and nutrition of young European ash (*Fraxinus excelsior* L.) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) on sites with different nutrient and water statuses. European Journal of Forest Research, 127: 465-479.

Williams M. 2000. Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past. Journal of Historical Geography, 26: 28-46.

Wimmer R., Grabner M., Gierlinger B., Jacques D., Pâques L. 2005. Wood properties of larch grown on plantation vs. old-grown natural sites. Lignovisionen: 145-166.

Wu Jiang Guo, Xu De Ying 2005. Dissolved organic carbon concentrations in soil under different land uses in the Liupan Mountain Forest Zone. Acta Phytoecologica Sinica, 29: 945-953.

Zákon č. 53/1966 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu.

Zatloukal V. 2004. Tvorba porostních směsí při zalesňování zemědělských půd. In: Zalesňování zemědělských půd. Nový Rychnov, Česká komora odborných lesních hospodářů: 6-30.

Zbiral J., 1995. Analýza půd. I, Jednotné pracovní postupy. Brno, Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 177 s.

ZBÍRAL J., HONSA I., MALÝ S. 1997. Analýza půd III – Jednotné pracovní postupy. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 150 s.

Zeidler A., Reisner J. 2006. Modřín – vlastnosti dřeva a jeho současné využití. In. Modřín – strom roku 2006. Kostelec nad Černými lesy 26. - 27. 10. 2006, ČZU v Praze: 147 – 151.

Zeidler A., Hop P. 2007. Zhodnocení fyzikálních a mechanických vlastností dřeva z historického krovu Černokosteleckého zámku. In: Historické a současné dřevěné konstrukce. Kostelec nad Černými lesy, ČZU v Praze: 178–184.

Zeller V., Bahn M., Aichner M., Tappeiner U. 2000. Impact of land-use change on nitrogen mineralization in subalpine grasslands in the Southern Alps. *Biology and Fertility of Soils*, 31: 441-448.

Zobel B.J., Van Buijtenen J.P.. 1989. Wood variation - its causes and control. Berlin, Springer : 363 s.

## **Publikační činnost:**

### *a) Článek impaktovaný*

Kacálek D., Dušek D., Novák J., Slodičák M., Bartoš J., Černohous V., Balcar V. 2011. Former agriculture impacts on properties of Norway spruce forest floor and soil. *Forest Systems*, 20: 437-443.

### *b) Články v databázi Scopus*

Bartoš J., Jurásek A., Nárovcová J. 2008. Odrůstání krytokořenného sadebního materiálu buku na extrémních stanovištích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: 192 – 199.

Jurásek A., Bartoš J., Nárovcová J. 2008. Intensively fertilised seedlings of the beech (*Fagus sylvatica* L.) for artificial regeneration of the spruce stands in the process of conversion. *Journal of Forest Research*, 54: 452 – 458.

Nárovcová J., Jurásek A., Bartoš J. 2008. Růst krytokořenného sadebního materiálu buku lesního na živných stanovištích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: 64 – 69.

Bartoš J., Souček J. 2009. Možnosti ovlivnění růstu výsadeb buku a klenu v podsadbách porostů náhradních dřevin v Krušných horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54: 9 – 13.

Kacálek D., Novák J., Dušek D., Bartoš J., Černoš V. 2009. How does legacy of agriculturæ play role in formation of afforested soil properties? *Journal of Forest Science*, 55: 9 – 14.

Bartoš J., Souček J., Kacálek D. 2010. Porovnání vlastností dřeva padesátiletých smrkových porostů na stanovištích s různou historií využití půdy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 195 – 200.

Bartoš J., Kacálek D. 2010. Prosperita juvenilních porostů první generace lesa. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 85 – 91.

Bartoš J., Souček J. 2010: Vliv hektarového počtu na kvalitu tyčkovin buku lesního. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 33 – 37.

Bartoš J., Kacálek D. 2011. Produkce mladých porostů první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 118 – 124.

Bartoš J., Špulák O., Souček J. 2011. Vlastnosti sněhu ve vztahu k mladým porostům vybraných dřevin v horských polohách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 220 – 227.

Bartoš J., Kacálek D. 2011: Douglaska tisolistá – dřevina vhodná k zalesňování bývalých zemědělských půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 6 - 13.

Bartoš J., Jurásek A. 2012. Vývoj štíhlostního kvocientu buku lesního u výsadeb rostoucích v plastových chráničích sazenic. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57: 16 – 20.

Bartoš J., Kacálek D. 2013. Přihnojení mladého porostu jedle bělokoré na zemědělské půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58: 213-217.

Kacálek D., Dušek D., Novák J., Bartoš J. 2013. The impact of juvenile tree-species canopy on properties of new forest floor. *Journal of Forest Science*, 59: 230–237.

Bartoš J., Kacálek D., Dušek D. 2013. Podporují řadové směsi dřevin třešeň ptačí na bývalých zemědělských půdách? *Zprávy lesnického výzkumu*, 58: (v tisku).

### *c) Ostatní výstupy*

Bartoš J., Šach F., Kacálek D., Černoš V. 2007. Ekonomické aspekty druhového složení první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52: 11 – 17.

Bartoš J., Jurásek A. 2007. Vliv různých způsobů pěstování sadebního materiálu buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) ve školce na následný růst ve výsadbách do stadia zajištěné kultury. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52: 293 – 301.

Kacálek D., Novák J., Špulák O., Černoš V., Bartoš J. 2007. Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52: 334 – 340.

Bartoš J., Jurásek A., Ráčková E. 2007. Ekonomické aspekty použití krytokořenného sadebního materiálu buku. In: *Management of forests in changing environmental conditions*.

Ed. Milan Saniga, P. Jaloviar, S. Kucbel. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa: 66 – 73.

Bartoš J., Leugner J., Jurásek A., Nárovcová J. 2007. Intensively fertilized plugs of beech (*Fagus sylvatica* L.) for artificial regeneration of spruce stands in the process of conversion. In: EFI - Abstracts. ConForest working session 6. Poland 14 – 16 April, 13 s.

Bartoš J., Cvrčková H., Máchová H., Kacálek D. 2007. Využití vegetativních výpěstků *in vitro* třešně ptačí při zalesňování zemědělských půd. In: Obnova lesního prostředí při zalesňování nelesních a degradovaných půd. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy 22.11.2007. Ed. H. Prknová. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice Opočno: 7 – 13.

Jurásek A., Bartoš J., Leugner J., Martincová J. 2008. Metodika použití plastových chráničů sadebního materiálu lesních dřevin při umělé obnově lesa a zalesňování. Recenzovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 28 s.

Bartoš J., Souček J. 2008. Využití plastových chráničů listnatých dřevin v PND Krušných hor. In: Lesnické hospodaření v Krušných horách. Celostátní konference. Sborník abstraktů & Exkurzní průvodce. 3. – 4. června 2008, Most. Sest. J. Novák, D. Kacálek, M. Slodičák. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice Opočno, 23 s.

Souček J., Bartoš J. 2008. Underplantings of substitute tree species stand in Ore Mts. In: Die Rolle der Weichlaubbaume im Waldbau. XVII. Waldbau-Kolloquium Brno – Tharandt vom 15. Oktober bis 17. Oktober 2007 in Tharandt. Tharandt, Technische Universität Dresden: 83 – 88.

Bartoš J., Špulák O., Černohous, V. 2009. Vliv dřevin na ukládání sněhu v horských polohách. Lesnická práce, 88: 229 – 231.

Bartoš J., Kacálek D. 2009. Zkušenosti se zalesňováním a obnovou lesního prostředí na zemědělské půdě. In: Pěstování lesů v Orlických horách. Sborník přednášek odborného semináře. Polom 24. 6. 2009. Sest. J. Novák, M. Slodičák. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – VS Opočno: 12 – 19.

Bartoš J., Kacálek D. 2011. Modřín opadavý – dřevina vhodná pro zalesňování zemědělských půd. In: Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí. 12. Mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů. Opočno 28. – 29. 6. 2011. Ed. D. Kacálek et al. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice Opočno: 113 – 118.