

EKOLOGICKY ORIENTO VANÉ PĚSTOVÁNÍ BOROVÝCH POROSTŮ V PODMÍNKÁCH NIŽŠÍCH AŽ STŘEDNÍCH POLOH



Ing. LUKÁŠ BÍLEK, Ph.D.
a kol.



9/2017

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská**

**Ekologicky orientované pěstování
borových porostů v podmínkách nižších
až středních poloh**

Certifikovaná metodika

**Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.
doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.
Ing. Otakar Švec, Ph.D.
Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.
Ing. Václav Štícha, Ph.D.
prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.
Ing. Petr Javůrek**

Strnady 2017

Lesnický průvodce 9/2017

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-149-9

ISSN 0862-7657

ECOLOGICALLY SOUND PINE SILVICULTURE IN LOW-TO-MIDDLE ELEVATIONS

Abstract

The aim of this work is to define ecologically sound silviculture in forest stands with dominance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Its importance within the frame of polyfunctional forestry is described in chapter 3.1. Further in this methodology, we distinguish between two basic silvicultural situations. First, we survey natural pine sites, where the competitive capacity of other tree species is limited, diminishing the conditions for mixed forest stands to form. Attention is paid mainly to natural regeneration of Scots pine under the shelter of parent stand. We outline its main characteristics, advantages and disadvantages (chapter 3.2). Second (chapter 3.3) we describe the importance of Scots pine during forest transformation on more productive sites, where, in the future, natural dominance of shade tolerant tree species is to be expected. The role of Scots pine is rather temporary there, but certainly not without economic and silvicultural importance. We conclude that also in the case of light-demanding tree species like Scots pine, ecologically sound silviculture should be based on the principles of shelter-wood and selection management accentuating longer production periods and taking the utmost advantage of natural processes. These approaches also help to meet criteria and indicators of sustainable forest management with respect to biological diversity, forest health and vitality, protective and socio-economic functions.

Key words: ecologically sound silviculture; extreme forest site; logging technology; Scots pine; non-market forest function

Oponenti: Ing. Miroslav Sloup, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Plzeň
doc. Ing. Miroslav Mikeska, Ph.D., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Hradec Králové

Adresy autorů:

Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

Ing. Petr Javůrek

Česká zemědělská univerzita v Praze

Kamýcká 129

165 00 Praha 6 - Suchbát

e-mail: bilek@fd.czu.cz

Ing. Otakar Švec, Ph.D.

Loketské městské lesy, s.r.o.

Dvory 31

357 33 Lohet

Podíl autorů:

Lukáš Bílek 60 %

Jiří Remeš 10 %

Otakar Švec 10 %

Zdeněk Vacek 5 %

Václav Štícha 5 %

Stanislav Vacek 5 %

Petr Javůrek 5 %

Obsah:

1	ÚVOD	7
2	CÍL METODIKY	8
3	VLASTNÍ POPIS METODIKY	9
3.1	Význam pěstování lesů v polyfunkčním lesním hospodářství	9
3.2	Ekologicky orientované hospodaření s borovicí lesní na jejích přirozených stanovištích	12
3.2.1	Obecná východiska	12
3.2.2	Ekologicky orientované pěstební postupy v borových porostech s jejím trvalým zastoupením	13
3.2.3	Volba těžebních a dopravních technologií a jejich dopad na lesní prostředí	18
3.3	Role borovice lesní při přestavbě lesních porostů s cílovou převahou stínomilných dřevin	26
3.3.1	Hodnotová produkce borovice lesní	26
3.3.2	Hodnotový přírůst a hodnotové přírůstové procento borovice lesní jako kritéria pro uplatnění jednotlivého výběru stromů k úmyslné těžbě	27
3.3.3	Stanovení cílové tloušťky borovice lesní	29
3.3.4	Další faktory ovlivňující jednotlivý výběr stromů k úmyslné těžbě	31
4	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	33
5	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	33
6	EKONOMICKÉ ASPEKTY	34
7	ZÁVĚR	35

8	DEDIKACE	36
9	LITERATURA	37
9.1	Seznam použité literatury	37
9.2	Seznam publikací, které předcházely metodice	42
	SUMMARY	44
	OBRAZOVÁ PŘÍLOHA	45

1 ÚVOD

Přibližně od druhé poloviny dvacátého století je lesní hospodářství nuceno reagovat na stále rostoucí zájem veřejnosti o životní prostředí. To má několik příčin. Zatímco ještě nedávno byla v popředí zájmu dřevoprodukční funkce lesů, v současné době jsou jí mnohde kladeny naroveň funkce rekreační a ochranné. Přijetí evropského názoru na principy a úlohy hospodaření v lesích a spoluúčast při jeho utváření přinesly urychlení tohoto procesu. Česká republika (ČR) je signatářem celé řady mezinárodních úmluv a rezolucí schválených na světových lesnických a ekologických kongresech (Štrasburk 1990, Rio de Janeiro 1992, Helsinky 1993, Montreal 1993, Lisabon 1998, Vídeň 2003, Varšava 2007, Oslo 2011, Madrid 2015 a další). Cílem trvale udržitelného obhospodařování lesů je aktivní navozování a podpora stabilních ekosystémů schopných plnit jak produkční, tak i mimoprodukční (ekologické a environmentální) funkce. Pěstební zásahy musí směřovat k vytváření stabilních porostů z dobře stanovištně přizpůsobených druhů dřevin a jejich ekotypů. Nemělo by se však zapomínat, že hlavní zárukou kvalitní péče o les je ekonomická stabilita vlastníka. Tato skutečnost je jednou z hlavních otázek při aplikaci alternativních pěstebních postupů tam, kde jsou zvýšené nároky na některou z mimoprodukčních funkcí lesů. Zároveň tato skutečnost přináší nové podněty v oblasti pěstování těch druhů lesních dřevin, které jsou sice na daném stanovišti považovány za dřeviny s významnou ekologickou funkcí či dřeviny schopné lépe odolávat probíhající klimatické změně, nicméně ve srovnání se smrkem mají výrazně nižší ekonomickou rentabilitu.

V současné době jsme svědky rostoucího zájmu lesníků o tzv. přírodě blízké postupy pěstování lesů, pro něž je společným znakem snaha maximálního využívání přírodních procesů pro stanovené cíle hospodaření a snaha vytvářet porosty stabilní, složené ze stanovištně vhodných dřevin. Nikoliv náhodou se častým impulzem pro zavádění těchto postupů stává právě snaha o zvýšení rentability hospodaření na daném majetku, neboť v prvně jmenovaném principu jde o úsporu nákladů vložených do porostů a v druhém principu o snížení rizika poškození porostů biotickými či abiotickými činiteli. Bez významu pak nejsou ani mimoprodukční a sdružené funkce takto obhospodařovaných lesů, jako je díky jejich svébytné výstavbě funkce klimatická, hydrická, edafická a estetická. Výše jmenované principy pěstování lesů ve středoevropských podmínkách nejčastěji vedou k maloplošnému obhospodařování lesů s delší dobou obmýti a v některých případech až k trvalé diferenciaci lesů, a to již v rámci jednotlivých porostů či porostních skupin. To se týká především dřevin stínomilných, jako jsou smrk, buk či jedle, ale daleko menší pozornost je věnována dřevinám světломilným, jako jsou duby a zejména borovice lesní.

Předkládaná metodika v tomto ohledu vyplňuje určité vakuum s tím, že se věnuje dřevině posledně jmenované, která je ovšem zároveň dřevinou v našich lesích druhou nejčastější a její zastoupení by se v budoucnu mělo pohybovat přinejmenším na stejné úrovni.

2 CÍL METODIKY

Předpokladem pro zajištění potřebných cílů managementu je důkladná znalost průběhu přirozených procesů i důsledků aktivních pěstebních opatření, kterými se mění struktura porostů a ovlivňuje jejich další vývoj. Právě přesná znalost dopadů pěstebních opatření na strukturu a vývoj lesních porostů je podmínkou úspěchu těchto opatření pro zvýšení jejich přirozenosti či autoregulační schopnosti. Velmi důležité je i porozumění významu ekologických faktorů, které ovlivňují růst, vitalitu a regenerační procesy lesních ekosystémů. Tyto poznatky je možné získat pouze dlouhodobým výzkumem a vyhodnocováním dopadu pěstebních opatření, která byla uskutečněna v minulosti.

Tato metodika si klade za cíl rámcové shrnutí poznatků týkajících se ekologicky orientovaných pěstebních postupů v porostech, kde borovice hraje zásadní roli. Význam takto pojatého pěstování lesů v širším rámci polyfunkčního lesního hospodářství je shrnut v kapitole 3.1. Dále jsou v této metodice popsány dvě základní lesopěstební situace. V prvním případě (kapitola 3.2) se jedná převážně o stanoviště cílového hospodářského souboru (CHS) 13 s přirozenou dominancí borovice lesní, kde je konkurenční schopnost ostatních dřevin výrazně snížena, a tedy i možnost vytváření porostních směsí je relativně malá. V tomto okruhu se metodika věnuje problematice ekologicky orientovaného pěstování lesů s důrazem na využívání přirozené obnovy a prostorovou diverzifikaci porostů. V druhém případě (kapitola 3.3) se jedná o problematiku přestavby lesních porostů, kde borovice tvoří podstatnou část mateřského porostu, ale vzhledem k charakteru pěstebnímu postupu, stanoviště a konkurenční síle ostatních dřevin nelze počítat s jejím významným zastoupením i do budoucna. Půjde tedy o její dočasnou roli v průběhu transformace porostu, a to zejména jako dřeviny strukturující, avšak nikoliv bez ekonomického významu. Navržené postupy lze aplikovat především v podmínkách CHS 43, 47 a 27.

3 VLASTNÍ POPIS METODIKY

3.1 Význam pěstování lesů v polyfunkčním lesním hospodářství

Význam lesů pro lidskou společnost se během historického vývoje neustále mění tak, jak se proměňují převládající potřeby společnosti. Vedle produkčních funkcí lesů, v našich podmínkách zejména, avšak nikoliv výhradně, dřevoprodukčních, plnily lesy od nejstarších dob i funkce mimoprodukční, zejména společenské, náboženské a obecně kulturní a funkci ochrannou (POLENO et al. 2009; POLANSKÝ 1966). Za počátky vlastního víceúčelového lesního hospodářství můžeme považovat až 19. století, kdy si společnost po velkoplošné devastaci lesů mnohde v Evropě začala uvědomovat jejich funkci jako významného stabilizačního prvku v krajině. Jednalo se zejména o vliv na klima, půdu a vodní prostředí. Dalším důležitým impulsem k pojetí víceúčelového lesního hospodářství byly společenské změny vyvolané průmyslovou revolucí. Odliv obyvatelstva z venkova do měst a s tím spojené civilizační efekty vyvolávají touhu po rekreaci v nenarušené přírodě jako protiváhu ke znečištěnému prostředí v nekontrolovaně se rozvíjejících průmyslových aglomeracích. Velice záhy dochází i k vyčleňování lesů, ve kterých převažuje některá z mimoprodukčních funkcí, a předepisují se pro ně zvláštní hospodářská opatření. Další výrazný vzestup požadavků na mimoprodukční funkce lesů ve vyspělých státech nastává po druhé světové válce se zlepšující se životní situací, avšak mnohdy za cenu znečišťování životního prostředí a nárůstu civilizačních chorob. K výše zmiňovaným účinkům lesů produkčním a ekologickým tak přistupuje i jejich environmentální poslání. Les se tedy mění na přímou součást životního prostředí obyvatelstva jako činitel duševního zdraví a kulturního vyžití (YOUNG 2010; DOBBS et al. 2011).

V současné době je princip polyfunkčního lesního hospodářství chápán jako jeden ze základních pilířů lesního hospodářství v České republice (zákon č. 289/1995 Sb.), přičemž účelem zákona je mimo jiné stanovit předpoklady pro plnění všech funkcí lesa a trvale udržitelné hospodaření v něm. Lesní zákon tak odráží vývoj v posledních desetiletích, kdy došlo k významnému posunu v chápání významu mimoprodukčních funkcí lesa. Jako hlavní veřejně prospěšné funkce lesů jsou přitom chápány: vodohospodářská, půdoochranná, rekreační a zdravotní, ochranná. Ke sdruženým funkcím lesa se počítají zejména funkce klimatická, estetická a krajinná, imisního filtru a produkce kyslíku (KREČMER a PEŘINA 1976; KREČMER a BĚLE 1975; CHROUST 1997; MCLACHLAN a HORSTMANN 1998; GAMFELDT et al. 2013; STOKES et al. 2005).

Vodohospodářské funkce lesa se uplatňují především v chráněných oblastech s přirozenou akumulací vod, kde je hlavním cílem usměrňování odtokového režimu srážkových vod. Dále pak v pásmech hygienické ochrany zdrojů povrchových a podzemních vod. Celkově z plochy našich lesů zaujímají lesy se zvýšenou vodohospodářskou funkcí 28 %. Na úrovni péstebních a těžebních opatření se jedná především o udržení či vytvoření vhodné druhové skladby, uplatňování jemnějších hospodářských způsobů a obnovních postupů a volbu šetrné těžební a dopravní technologie (ŠACH et al. 2007).

V úzké souvislosti s vodoochrannou funkcí lesů jsou i funkce lesa půdoochranné (PAPÁNEK 1978). V první řadě jde o protierozní funkci lesa (vodní a větrnou erozi), pak o protisesuvní funkci lesa a případně břehoochrannou. Lesní porosty jako přirozená ochrana proti vodní erozi působí dvojím způsobem. Zaprvé jde o zadržení určitého množství srážek intercepce, zadruhé je to stabilizace půdního tělesa kořenovým systémem. V prvním případě jsou nejúčinnější porosty vícevrstevné, v druhém případě jsou to dřeviny především hluboko kořenicí a se schopností kotevními kořeny pronikat i do puklin a mezi balvany.

Pro lesy se zvýšenou funkcí bioklimatickou, hygienickou, rekreační či lázeňskou zavádí POLENO (1979) označení lesy s funkcí zdravotního významu. Hlavním principem pěstování lesů s některou z výše zmíněných environmentálních funkcí je vhodná volba dřevin, jejímž základním podkladem je lesnická typologie. Optimalizace volby dřevin je přitom ještě výrazně ovlivněna dalšími faktory. Mezi ně patří: bezpečnost a stabilita porostů, rezistence proti škodlivým látkám z ovzduší, filtrační a absorpční schopnosti, příznivé ovlivňování ovzduší, estetické působení, odolnost vůči mechanickému poškození a schopnost rychlé regenerace (McLACHLAN a HORSTMANN 1998; SCHULTZ et al. 2004).

Specifickou problematikou v rámci pěstování lesů je hospodaření v lesích ochranných a lesích zvláštního určení. Podle § 7 zákona o lesích do kategorie lesů ochranných se zařazují lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích, vysokohorské lesy pod hranici stromové vegetace chránící níže položené lesy a lesy na exponovaných hřebenech a lesy v klčovém lesním vegetačním stupni. V § 36 téhož zákona jsou pak uvedena ustanovení týkající se hospodaření v těchto lesích. K základním principům patří pak úprava velikosti holé seče, případně její odmítnutí, uplatňování maloplošných až výběrných principů hospodaření s dlouhou dobou obnovy s cílem vytvářet trvale diferencované, zdravé porosty, které jsou v maximální míře schopné plnit především půdoochrannou a protierozní funkci. Další nutností je podpora autochtonních druhů, lokálních populací a ekotypů dřevin. Charakteru ochranného lesa s významným zastoupením borovice lesní nabývají především lesy na stanovištích reliktních borů, kde musí být případná hospodářská činnost omezena na zachování trvalosti lesa jako ochrana proti vysychání a erozi půdy (MIKESKA et al. 2008).

Lesy zvláštního určení (podle § 8 zákona o lesích) je kategorie lesů zahrnující široké spektrum subkategorií, kde nad produkční funkcí převažuje některá z funkcí ekologických či environmentálních. V této kategorii dochází proto ke značné kumulaci a možným překryvům mezi společenskými zájmy na obhospodařování lesů. Poměrně častý je zde překryv mezi funkcí vodohospodářskou a ochranou přírody, případně zdravotně hygienickými funkcemi. V roce 2015 činilo zastoupení lesů zvláštního určení v ČR 23,5 %, což znamená mírný trvalý nárůst plochy lesů zvláštního určení od roku 2000, zatímco podíl ostatních kategorií klesal (MZE 2016). To bezesporu odráží vzrůstající požadavky na plnění mimoprodukčních funkcí lesů, ačkoliv ve značné míře plynou tyto požitky i z lesů hospodářských a ochranných.

Důležitou součástí moderního lesního hospodářství je i ochrana biodiverzity lesů (LIENDENMAYER et al. 2006). Posouzení, zda je uplatňované lesnické hospodaření v souladu s principy zachování biodiverzity, resp. zda je ekologicky trvale udržitelné, však není snadné. Vedle obecných ekologických charakteristik dané dřeviny či směsi dřevin je však nutné při takto orientovaném aktivním managementu lesních porostů zohlednit i jejich současný stav včetně jejich vitality, statické stability a míru autoregulace. Podle mnohých autorů je pro udržení vysoké biodiverzity důležité dodržování několika principů hospodaření. K těm nejdůležitějším patří udržení spojitosti, heterogenity a komplexity lesů a lesních stanovišť. V kontextu biodiverzity lesů je v současné době významným činitelem ovlivňujícím pěstební postupy zvěř, resp. zvěř působené škody na lesních porostech z důvodu jejich neúměrně vysokých stavů. Právě v tomto ohledu, vedle tradičních postupů ochrany lesů, zahrnujících zejména mechanickou a chemickou ochranu dřevin, mohou alternativní pěstební postupy s využitím prostorové a časové úpravy obnovy porostů zlepšit podmínky pro odrůstání a přežívání jedinců následné generace lesa.

3.2 Ekologicky orientované hospodaření s borovicí lesní na jejích přirozených stanovištích

3.2.1 Obecná východiska

Přestože se u nás autochtonní borovice lesní vyskytuje jen na extrémních a reliktních stanovištích, v lesích hospodářských je po smrku druhou nejvýznamnější dřevinou (MZE 2016). Jako dřevina, která je adaptována na velmi široký klimatický rozsah, má zejména vysokou toleranci k půdní vlhkosti od stanovišť vyloženě vysušených až po stanoviště zamokřená.

V rozlehlých porostech byla vysazována zejména na chudých písčích, kde často po hrabání steliva docházelo ke vzniku neproduktivních kultur. Na mnohých místech měla negativní vliv na kvalitu porostů nevhodná volba provenience, jinde se naopak vyvinuly hospodářsky cenné místní kulturní typy (MUSIL a HAMERNÍK 2007). Naprosto převažujícím hospodářským způsobem v porostech s dominancí borovice je pasečné hospodaření, zejména pak s využitím holosečného obnovního postupu.

Jen omezená pozornost byla v minulosti věnována možnostem využití jemnějších postupů obnovy a z Evropy je známo jen málo příkladů záměrné a trvalé strukturalizace borových porostů s odklonem od lesa věkových tříd. Díky Möllerově lesu trvale tvořivému se světového věhlasu, nikoliv ovšem veskrze pozitivního přijetí lesnickou vědou a veřejností, dočkalo borové hospodářství na majetku Bärenthoren. V daleko větší míře je jemného podrostního hospodaření a výběrných principů využíváno u dřevin stín snášejících, zejména pak dřevin jehličnatých s monopodiálním růstem, jako je jedle bělokorá a smrk ztepilý. Přesto se v Evropě můžeme setkat i v současnosti s příklady maloplošného až výběrného hospodaření s borovicí lesní, a to zejména jako horské dřeviny v podmínkách jižní Evropy. Ve střední Evropě se tyto postupy omezují spíše na menší majetky či specifické podmínky vyvolané zvýšenými požadavky na mimoprodukční funkce lesa.

U dřevin světlomilných je nutným předpokladem pro úspěšnost podrostního či výběrného hospodaření daleko výraznější snížení porostní zásoby (v prvním případě se vstupem porostu do obnovy, v druhém případě trvale nižší zásoby umožňující plynulý dorost jedinců do vyšších porostních pater), nicméně lze i zde očekávat pozitivní efekty tradičně spojované s přírodě blízkým způsobem hospodaření. K těm patří zejména: využívání autoregulace, nižší vstupy do ekosystému, vyšší stabilita

porostů s nižším rizikem velkoplošného kalamitního rozpadu a posílení mimoprodukčních funkcí lesa včetně hlediska estetického a hlediska zvyšování biodiverzity.

Borovice lesní se může obnovovat i v mírnějším zástínu, ale reaguje poměrně silně na různou dostupnost světla v rámci porostních mezer, zejména celkovou výškou, přírůstem, nadzemní biomasou a listovou plochou. Obdobným způsobem reaguje poměrně výrazně na vzdálenost od porostního okraje v případě okrajové seče. S ohledem na morfologii jehlic má borovice dokonce větší flexibilitu v reakci na světelné podmínky než smrk ztepilý (DE CHANTAL et al. 2003), což zvyšuje její konkurenceschopnost v rámci porostní mezery. Semenačky pěstované v podrostu mohou ovšem strádat vyšším vláhovým deficitem, který může zároveň snižovat toleranci k zastínění, a stejně tak může dojít při zastínění ke změně produkce asimilátů a snížení poměru nadzemní a podzemní části mladých rostlin a současně i snížení odolnosti k suchu. Během aklimatizace na sníženou dostupnost světla může hrát výraznější roli i dostupnost živin na stanovišti (NIINEMETS et al. 2002). Stres suchem obvykle vede ke snížení přírůstu, celkové velikosti semenáčků i snížení objemu kořenů (PEARSON et al. 2013).

Problémy s umělou obnovou borovice (takřka výhradně na volné ploše) pak souvisejí v první řadě s podmínkami prostředí. V případě borového hospodářství nížin až středních poloh jsou to relativně vysoké teploty a nízké srážkové úhrny ve vegetačním období, které mnohdy vedou k přísušku, a to nejčastěji za podmínek holosečného obnovního postupu. Nelze však opomenout ani problémy s umělou obnovou v důsledku lidského faktoru při výsadbě (opožděné rašení, špatný růst a vysoká mortalita po výsadbě vyplývající z nedostatečné morfologické a fyziologické kvality sadebního materiálu) a z důvodu koncentrovaných škod zvěří.

3.2.2 Ekologicky orientované pěstební postupy v borových porostech s jejím trvalým zastoupením

Porosty s převážující ochrannou a ekologickou funkcí

Obecně lze říci, že funkce lesa na přirozených borových stanovištích jsou povětšinou na hranici funkce hospodářské a ekologické, kdy se jedná o stanoviště ohrožená suchem, degradací půdy či mrazem a zamokřením (MIKESKA et al. 2008). V případě přirozených reliktních borových porostů, které jsou vesměs vázány na mělké či nevyvinuté půdy, skalnatá a suťová stanoviště a extrémně chudé půdy či lokality rašeliníšť (převážně CHS 01) je prvořadým úkolem lesního hospodáře zachování existence lesa na těchto mimořádně nepříznivých stanovištích. Často se jedná o bezzásahová území, někdy však může být žádoucí aplikace jednotlivého výběru

pro podporu obnovy zejména cenných místních populací borovice a zachování víceetážového charakteru lesa. Z posledních šetření se ukazuje, že ekosystémy borových lesů na daných extrémních stanovištích v režimu bezzásahovosti vykazují relativně velkou schopnost regenerace po zvýšené imisní zátěži v minulosti, nicméně z radiálního přírůstu jednotlivých stromů je patrné, že jsou nejvíce stresovány v případě synergického efektu zvýšené koncentrace SO_2 a extrémně suchého a teplého průběhu počasí (VACEK et al. 2017). Na těchto hospodářsky nerentabilních stanovištích je v případě aktivního managementu výhodné a žádoucí ponechávat stromy či skupiny stromů k přirozenému dožití. Vedle významu pro biodiverzitu je odumřelé dřevo důležitou zásobárnou vody a živin (HARMON A SEXTON 1995; HOLUB et al. 2001), podílí se na vytváření charakteru a reliéfu lesních půd a konečně významná může být i jeho mechanická funkce snižující míru eroze na svažitém území (STEVENS 1997). Ponechání stojících stromů v porostu zaručí dlouhodobý vývoj odumřelého dřeva přes stadium souše či vývratu až po ležící odumřelé dřevo. Přednostně vybíráme tzv. habitatové stromy, které vedle výskytu četných mikrostano-
višť jsou zpravidla větších dimenzí. To je opět příznivější pro naplnění výše jmenovaných funkcí odumřelého dřeva (BAČE A SVOBODA 2016; SVENSSON et al. 2014; JUUTILAINEN et al. 2014), a navíc silnější strom zajistí delší dobu rozkladu, a tedy delší cyklus odumřelého dřeva, než strom slabý.

Porosty s převážující produkční funkcí

Odhlédneme-li od těchto stanovišť s jednoznačně ochrannou funkcí, převážná většina hospodářských borů a borových doubrav přirozených stanovišť se nachází buď na SLT 0K, 1M, 0M, 0Q, 0P a 0O (CHS 13), či na 0T a 0G (CHS 39). V rámci ekologicky orientovaného pěstování lesů je žádoucí se na SLT 0M vyvarovat velkých holin, pokud možno docílit přimíšení břízy a dubu, podporovat ekotypově vhodné borovice a podpořit přirozené zmlazení, aby se les sám skupinovitě obnovoval (PRŮŠA 2001). Obmýtní doba může být s ohledem na stav porostů a jejich růstovou dynamiku značně dlouhá, doba obnovy musí být přizpůsobena stavu a dynamice obnovy. V keříčkovitých typech je zpravidla nutná příprava půdy. Na 0K, případně 1M lze v případě nekvalitních porostů postupovat holosečně, v případě kvalitních pak dáváme přednost obnově lesa násečné či podrostowní. Při těchto postupech se často vytváří spodní etáž přimíšených listnatých dřevin (dub a bříza), které jsou na těchto stanovištích zásadní pro udržení kvality půdy. Celkově v takto pojatém pěstování borových porostů jsou širší možnosti integrace přimíšených dřevin.

V návaznosti na velkoplošný obnovní prvek se často pod okrajem přilehlého dospělého porostu dostavuje přirozená obnova až do vzdálenosti jedné porostní výšky. Jak z pohledu ekologického, tak i produkčního se jedná o velice cenný prvek, který si zasluhuje pozornost lesního hospodáře. Tyto porostní okraje jednak představují

větší druhovou a prostorovou pestrost, ale i jedinci následné generace lesa, kteří odrůstají v částečném zástínu horní etáže, vykazují vyšší kvalitu dřevní hmoty a jemnější větvení (SCHÖNFELDER et al. 2017). Na SLT 0O, 0P a 0Q, vzhledem k nebezpečí zamokření a možnosti poškození mrazem v mrazových kotlinách, je nejvhodnějším postupem podrostowní obnova či okrajová seč, ve vhodných případech s předsunutými kotlíky jedle. Žádoucí je rovněž zavádět do porostů olši, osíku a břízu (PRŮŠA 2001). Na SLT 0T a 0G je významná desukční funkce lesa, obnova by měla probíhat zásadně pod clonou mateřského porostu, s ohledem na půdoochrannou funkci těchto porostů spíše s maloplošným charakterem (PRŮŠA 2001). Aktuálním problémem je i otázka využívání těžebních zbytků na těchto živinově chudých stanovištích.

Využívání těžebních zbytků

Zásadní roli s ohledem na množství dostupných živin pro rostliny na těchto půdách hrají nadložní humusové horizonty. Odstranění těžebních zbytků se bez následné kompenzace jeví jako rizikové (REMEŠ et al. 2015, 2016). Při maloplošném podrostowním hospodářství ve většině případů nepočítáme s vyklizováním klestu z porostů (může se však jednat o jeho koncentraci do valů či hromad), což nelze v podmínkách HS 13 hodnotit jako hospodářské negativum, ale naopak opatření podporující trvalost produkce na značně citlivých stanovištích.

Přirozená obnova

Obnova lesa není jen otázkou stanovištních a porostních podmínek (tedy otázkou ekologie lesa), ale i otázkou technologickou (viz kapitola 3.2.3). V první rovině je rozhodující kombinace růstových faktorů světla, vody a živin, míra jejich ovlivnění pedologickými, klimatickými a porostními podmínkami a charakterem přízemní vegetace, vliv škodlivých faktorů a konečně vliv lesního hospodáře. Ten se v případě pěstování borovice projeví zejména v úpravě světelných podmínek prostřednictvím porostní hustoty, dočasným omezením konkurence přízemní vegetace s využitím přípravy půdy a případně ochranou proti škodlivým činitelům.

V rámci rozmanitých podmínek borového hospodářství lze přirozenou obnovu docílit holosečným obnovním způsobem s různou velikostí a orientací sečí, násečným způsobem, kotlíkovou sečí, velkoplošným i maloplošným clonným obnovním způsobem s přechodem až do skupinovitého nebo jednotlivého výběru. Pausální rozhodnutí o univerzálně nejvhodnějším postupu však učinit nelze.

V rámci ekologicky orientovaného hospodářství lze vylíčit dva základní pěstební přístupy. Prvním je snaha o plošnou iniciaci přirozeného zmlazení pod mateřským porostem, druhým je maloplošná obnova skupinovitého charakteru s přechodem

k výběrným principům. V obou případech musí začátku obnovy předcházet stanovení vhodného okamžiku pro rozpracování porostu. Stanovení minimálního věku porostu pro zahájení obnovy je vždy odvislé od konkrétních podmínek porostu či porostní skupiny s ohledem na jeho věk, kvalitu, očekávanou produkci, přítomnost spontánní obnovy, stanovištní podmínky a charakter přizemní vegetace. Důležité je, aby na mateřském porostu nevznikaly ztráty na produkci předčasnou těžbou zejména nej kvalitnějších stromů. Jako první z porostu odstraňujeme jedince s podprůměrně vyvinutou korunou, se známkami defoliace, stromy poškozené, nekvalitní a nahnuté. Naopak se snažíme podpořit stromy s dostatečně vyvinutou korunou a kvalitním kmenem, v porostu rovněž ponecháváme biotopové stromy a přimíšené dřeviny.

Borovice lesní akceptuje širokou amplitudu světelných podmínek v době vzházení semenáčků (prakticky od podmínek holiny až po zakmenění 0,8), v prvních letech růstu semenáčků dokonce hraje větší roli konkurence o vodu způsobená jak mateřským porostem, tak přizemní vegetací. Ovšem s rostoucím věkem se její nároky na světlo znatelně zvětšují, a to zejména s ohledem na úživnost stanoviště a vláho-vé poměry. Snížení zakmenění v první fázi obnovní těžby s plošným charakterem na 0,7 brání přílišnému rozvoji přizemní vegetace, nicméně s ohledem na obnovu borovice zpravidla velice záhy do 2 až 3 let vyžaduje porost další těžební zásah. Z tohoto důvodu při optimálních podmínkách pro přirozenou obnovu lze prvním těžebním zásahem snížit zakmenění až na hodnotu 0,5. Při využití harvesterové technologie toto zakmenění zpravidla zaručuje bezproblémový pohyb techniky. V případě maloplošného postupu je pro iniciaci přirozené obnovy zpravidla velikost světliny do velikosti 5 ar dostatečná. Celkově se v tomto případě bude jednat o postup s delší dobou obnovní a větší diferenciací těžebních zásahů s ohledem na jejich intenzitu, umístění a vlastní výběr stromů k mytní těžbě.

Přes výše popsaná úskalí k hlavním přednostem přirozené obnovy borovice pod clonou mateřského porostu patří:

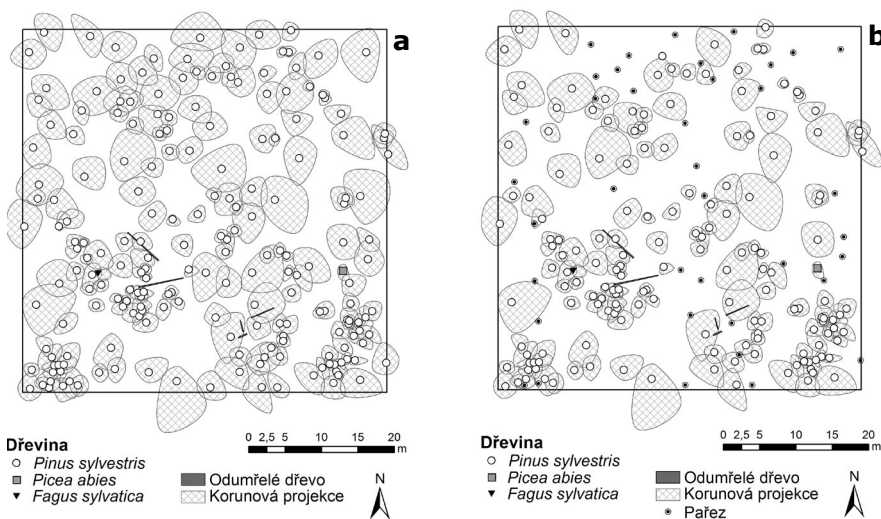
- jemnější větvení takových jedinců obnovy a předpoklad vyšší kvality dřevní suroviny,
- příznivější porostní klima s menší pravděpodobností výskytu klimatických extrémů (mráz, vítr, intenzivní sluneční záření, plné zatížení mokrým sněhem),
- hustotu a strukturu následného porostu lze regulovat mírou clonění mateřským porostem, nálehavost výchovných zásahů je zpravidla nižší ve srovnání s mladými porosty vzniklými holosečně,
- s přirozenou obnovou borovice se zpravidla dostavuje v závislosti na stanovišti i příměs listnáčů, jako je bříza bělokorá, topol osika a duby s pozitivním vlivem na koloběh živin a druhovou pestrost lesního ekosystému,

- při delší době obnovy a velkém počtu východisek obnovy se zvyšuje pravděpodobnost odrůstání alespoň minimálního požadovaného počtu jedinců při zvýšených stavech zvěře.

K záporům přirozené obnovy borovice lesní pod porostem naopak patří:

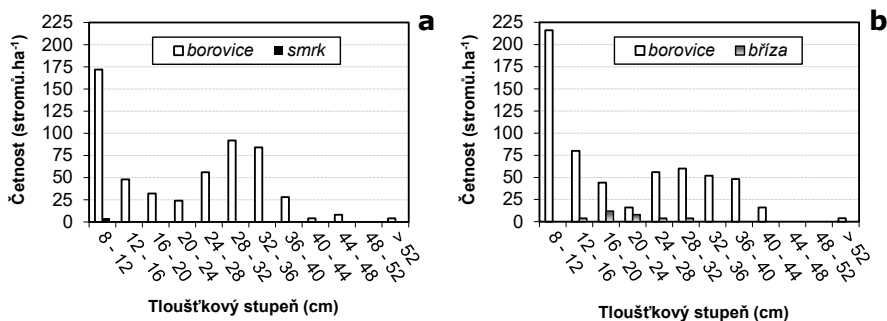
- zpravidla náročnější příprava půdy pod porostem pro obnažení minerálního půdního horizontu a snížení kompetice přízemní vegetace, v případě orby se zvyšuje riziko poškození kořenového systému jedinců mateřského porostu,
- vyšší riziko zmařené investice v případě, kdy se obnova po přípravě půdy nedostaví v dostatečném počtu a dojde k obnově souvislého bylinného patra,
- obnova borovice nastupuje pouze v obdobích, kdy dostatečná semenná úroda koinciduje s příznivým průběhem počasí na jaře a v létě,
- v prvních třech letech nedostatečné světelné a vláhové poměry (v případě příliš vysoké hustoty horní stromové etáže) rychle vedou ke zvýšené mortalitě jedinců obnovy.

Na Obr. 1 je příklad zkusné plochy před a po provedeném těžebním zásahu s důrazem na uplatnění zralostního a kvalitativního výběru. Jedná se o příklad hospo-



Obr. 1: Korunový zápoj na zkusných plochách před (a) a po těžebním zásahu (b) formou zralostního a zdravotního výběru v horním stromovém patře.

daření s důrazem na podporu skupinkovitě až skupinovitě obnovy. Vedle nepravidelně narušeného zápoje dochází i k vertikální rozrůzněnosti porostu, který se odráží v tloušťkové struktuře charakteristické dvouvrcholovou křivkou (Obr. 2a) s dostatečným dorostem do nejnižších tloušťkových stupňů. Při srovnání s porostem v bezzásahovém režimu (Obr. 2b) je nápadná podobnost porostní struktury, přičemž v tomto druhém případě se jedná o extrémnější stanovištní podmínky s větším zastoupením břízy.



Obr. 2: Tloušťková struktura porostu s důsledným uplatňováním jednotlivého až skupinovitěho výběru stromů k myšlné těžbě na SLT 0Q (a) a tloušťková struktura borového porostu v PR Kostelecké bory na SLT 0Z (b) jako výsledek bezzásahového režimu (upraveno podle BÍLEK et al. 2016).

3.2.3 Volba těžebních a dopravních technologií a jejich dopad na lesní prostředí

Specifika borovice lesní z pohledu lesní těžby

V současnosti je možné k těžbě dříví využít široké spektrum těžebně-dopravních technologií, vždy je však nutné zvážit vhodnost použití dané technologie, a to jak z hlediska technologického, efektivity práce, porostních a stanovištních podmínek, tak i s ohledem na minimalizaci škod na lesní půdě a porostu. Jedním z nejdůležitějších parametrů je i druh těžené dřeviny včetně příslušných specifik. Borovice lesní se vyznačuje habitem typickým pro listnaté dřeviny, v porovnání se smrkem ztepilým má častější výskyt křivosti kmene a má velmi silné větve. Tyto základ-

ní vlastnosti poněkud ztěžují využití harvestorové technologie kvůli pracnějším zpracování kmene, nejvíce při průchodu kmene harvestorovou hlavicí (SLUGEŇ et al. 2014, ERBER et al. 2016). Kmeny borovice lesní mají zpravidla zanedbatelné kořenové náběhy a kmeny jsou kryty silnou borkou, což přispívá k nižšímu riziku poškození kmenů při těžbě v porovnání se smrkovými porosty. Kůlový kořen borovice lesní zajišťuje dobrou stabilitu a odolnost vůči větru, čehož se využívá v případě ponechání výstavku na holé seči za účelem přirozené obnovy lesa. Dřevo borovice je poměrně křehké, což způsobuje vysoké riziko poškození sněhem, příp. námrazou.

Vybrané těžebně-dopravní technologie vhodné k minimalizaci poškození porostu

Při plánování těžby v porostech obhospodařovaných ekologicky orientovanými způsoby je třeba technologii těžby pečlivě naplánovat s ohledem na optimální využití různých mechanizačních prostředků. Výhodné je plánování a vytváření určitých výrobních uzlů, kdy na sebe zvolené prostředky vhodným způsobem navazují (např. těžař – kůň – vyvážecí souprava, těžař – UKT – vyvážecí souprava, harvestor + těžař – vyvážecí souprava) a v různých fázích výrobního procesu jsou pak tímto způsobem vždy účelně využity přednosti a eliminovány nevýhody konkrétního prostředku. Porovnání různých těžebních technologií se věnovali např. HLAVÁČKOVÁ a ŠAFAŘÍK (2010). Z jejich výzkumu plyne, že použitá těžební technologie má jednak zásadní vliv na výši škod v porostech a dále že náklady na těžbu se dle použitých technologií velmi liší. Ze zahraničních autorů se náklady na těžbu v podrostním hospodářském způsobu zabývali např. HÄNELL et al. (2000). Dle jejich závěrů jsou náklady na těžbu v podrostním hospodářském způsobu vyšší v porovnání se způsobem holosečným. Vzhledem k veškerým výhodám podrostního hospodářství se však zvýšené náklady na lesní těžbu mohou v budoucnosti vrátit během zakládání a výchovy následných porostů. Sortimentní metoda je k lesnímu prostředí obecně nejšetrnější, a proto se hodí všude tam, kde hrozí větší rozsah škod, tedy v přírodě bližších hospodářských způsobech. Manipulace se zkráceným sortimentem je lehčí, dříví tak lze snadněji a s nižším rizikem poškození soustředit ven z porostu. Lesní těžba v současnosti již nezahrnuje pouze vlastní těžbu dříví, ale celý rozsáhlý komplex těžebně-dopravních operací, zajišťujících vlastní těžbu a soustředování dříví. V procesu výroby dřevní suroviny lze využít klasické technologie v podobě moto-manuální těžby až po moderní harvestorovou technologii. Přestože největší nároky jsou kladeny vesměs na maximální výkonnost a efektivitu práce, je nutné zohlednit i dopady na stávající porost, obzvláště pokud se porosty nachází na chudých či jinak ohrožených stanovištích typických pro CHS 13, 39 a 01. Při provádění těžby v rámci ekologicky orientovaných pěstebních postupů je pak třeba se speciálně zaměřit na poškození stojících stromů a vliv na půdu v souvislosti s přirozenou obnovou.

V rámci klasických technologií je účelné využít moto-manuální technologii pro kácení stromů a pro soustředování dříví koně kvůli relativně malé ploše narušené půdy, a tedy i kvůli nízkému počtu poškozených jedinců přirozené obnovy. Tuto technologii lze doporučit zejména při existenci plošných nárostů v porostech, které jsou málo nebo jen nedostatečně zpřístupněny sítí linek. Dle okolností (v souvislosti s větší vzdáleností odvozního místa) je účelné doplnit technologii o vyvážecí traktor či soupravu a vývozní místo zvolit tak, aby byla zajištěna optimální vzdálenost mezi lokalitou P a VM. Při využití UKT či SLKT je třeba zvážit míru plošného poškození půdy a tuto techniku omezit na minimum při domýcení, kdy již je nová generace obnovy plně vyvinuta. Naopak při zahájení obnovní těžby lze při snižování zápoje hledět na narušení půdy jako na faktor, který může přirozenou obnovu podpořit. Vzhledem k riziku poškození stojících stromů i obnovy je třeba upřednostnit šetrnější technologie.

Harvestorové technologie jsou obecně pokládány za relativně šetrné, jde o moderní technologie těžby dříví s vysokou směnovou výkonností, efektivitou, hygienou a bezpečností práce a s poměrně univerzálním použitím (DVOŘÁK 2002). Největší efektivitu dosahuje tato technologie v mýtní úmyslné těžbě v holosečných prvcích jehličnatých monokultur. Původně byla vyvinuta především pro zpracování smrkových porostů (DVOŘÁK et al. 2012; ERBER et al. 2016). Rovněž borovice je při dodržení optimálních pěstebních postupů vhodná pro zpracování harvestorovou technologií, i když silnější větve, případně křivost v horních partiích kmene mohou snižovat produktivitu práce i kvalitu finální suroviny (SLUGEŇ et al. 2014; ERBER et al. 2016). Výhodou harvestorové technologie je i výhradně bezúvazkové soustředování dřevní hmoty forwarderem, respektive vyvážení sortimentů vyrobených na lokalitě P, což umožňuje vcelku úspěšné užití i v podrostním hospodářství, protože stroje se pohybují pouze po technologických linkách. V tomto směru je však částečně limitní tvar koruny stromu a stav podrostu, kdy ve fázích starších nárostů a hlavně mlazin může široká koruna borovic působit při kácení škody na podrostu. V souvislosti s výkonností, produktivitou práce a především bezeškodným užitím harvestorové technologie v lesních porostech je třeba zmínit zásadní vliv znalostí, zkušeností a zručnosti operátora (ULRICH 2006). Přestože míru vlivu operátora na výkonnost technologie je problematické zcela přesně určit, zkušenosti a zručnost operátora mají významný a zásadní vliv na výkonnost technologie. Např. PÜR-FÜRST (2009) dochází k závěru, že v obdobných podmínkách může vliv operátora na výkonnost dosahovat až 37 %.

Vliv na půdu a kořeny dřevin

Negativních vlivů na lesní prostředí spojených s těžebně-dopravními operacemi je mnoho. Pro volbu těžební technologie je zásadní zvažovat především riziko vzniku

přímých škod. Poškození půdy způsobené více či méně častým přejezdem těžebně dopravní techniky lze rozdělit na tři okruhy. Jde o zhutnění povrchových půdních horizontů, zvýšení odporu půdy proti růstu kořenů a poškození mělce uložených kořenů (SKOUPÝ et al. 2011). Zhutnění povrchových půdních horizontů má negativní vliv na dostupnost vody a minerálních živin ke kořenovému systému (CAMBI et al. 2015). Při zhutnění půdy dochází ke změnám jejich fyzikálních, hydrofyzikálních a půdně mechanických vlastností (AMPOORTER et al. 2012; SKOUPÝ et al. 2011; PICCHIO et al. 2012). Jde především o změny v půdním kapilárním systému (NERUDA et al. 2005; WÄSTERLUND 1985), nebo o dostupnost kyslíku ke kořenům (CAMBI et al. 2015). Zhutnění též vede ke zvětšení měrné hmotnosti půdy, která působí větší odpor proti délkovému růstu kořenů. Strom pak musí vkládat mnohem více energie a asimilátů do kořenového systému, čímž se snižuje produkce dřevní hmoty v nadzemní části (NERUDA et al. 2005; SKOUPÝ et al. 2011). Přejezdem těžké lesní techniky mohou být silnější kořeny až přetrženy (NERUDA et al. 2005; SKOUPÝ et al. 2011), tenčí kořeny a jejich vlasečnicový systém je pak pod vlivem zvýšeného tlaku v půdě odtržen od půdního kapilárního systému a je přerušena jejich absorpční činnost a rostlinný organismus nemůže v dostatečné míře čerpat vodu a živiny (NADEZH-DINA et al. 2012; NERUDA et al. 2005; WÄSTERLUND 1985). Poškození kořenového systému, které není bezprostředně po těžbě přímo patrné, je v současnosti věnována zatím jen malá pozornost, ač jeho fyziologické funkce jsou pro kvalitní produkci dřevní hmoty rozhodující. V tomto směru jde především o aplikaci nízkotlakých pneumatik (EDLUND et al. 2012). Protože utužení půdy působením lesní techniky má dlouhotrvající charakter, i změny v půdě, které pak způsobují např. zhoršenou distribuci vzduchu, vody a živin v půdě (WHITFORD et al. 2012; SKOUPÝ et al., 2011; CAMBI et al. 2015) nebo zadržování oxidu uhličitého v půdě (SKOUPÝ et al. 2011), negativně působí na lesní porosty po dlouhou dobu.

Poškození stromů

Další oblastí negativních vlivů lesní techniky je možnost poškození stojících stromů při těžbě porostů (PICCHIO et al. 2012; MANZONE 2015; WÄSTERLUND 1994). Při těžebně-dopravních operacích je nutné dbát, aby poškození bylo co nejmenší, respektive aby nepřekročilo únosnou mez a zároveň, aby lesní technika splňovala stále přísnější legislativu týkající se ochrany životního prostředí (ISMOILOV et al. 2015; WÄSTERLUND 1994).

V letech 2015–2017 byla provedena případová studie, která měla za cíl ověřit použitelnost vybraných technologií těžby v porostech borovice lesní obhospodařovaných ekologicky orientovanými způsoby v CHS 13. V prvním případě (Lokalita 1) se jednalo o porost s výskytem spodní etáže ve fázi semenáčů až podrostu do výšky cca 4 metrů. Pro kácení byla využita moto-manuální technologie, pro vyklizování

byly v daných porostech užity koně různého věku s různým kočím. Kůň vyklizoval sdružené výřezy délky do osmi metrů, jež byly dále manipulovány na vývozním místě podél přibližovacích linek. Při následném vyvážení sortimentů z vývozního místa byla užita vyvážecí souprava sestávající z univerzálního kolového traktoru a vyvážecího přívěsu s hydraulickou rukou (UKT Zetor 11441 Forterra s přívěsem Palmse). Na Lokalitě 2 a 3 se jednalo o porosty, kde byla po mýtní těžbě dále plánována mechanizovaná příprava půdy pro iniciaci přirozené obnovy. Harvestorový uzel sestával z harvestoru značky Rottne H 20 a forwarderu Rottne. Všechny porosty (Lokalita 1 až 3) se nacházely na rovném bezpřekážkovém terénu se sklonem do 5 %, průměrná přibližovací vzdálenost nepřesahovala 350 metrů.

Na všech výzkumných plochách v rámci případové studie bylo vždy provedeno zjištění poškození stávajícího porostu. Sběr dat probíhal dle uvedené metodiky, avšak při zpracování dat byl zaveden ještě přepočít vyjadřující počet poškozených stromů na hektar, neboť v silně proředovaných porostech (až do zakmenění 0,3) se tato hodnota ukazuje jako objektivnější.

Přestože se harvestorová technologie považuje za aktuálně nejšetrnější technologii lesní těžby s poškozením stávajícího porostu cca do 5 % (BUSTOS a EGAN 2011; DVOŘÁK et al. 2012), potvrzuje se, že tato hodnota může často velmi kolísat v závislosti na použité technice, ale především na schopnostech a dovednostech operátora, což dokazuje Tab. 1.

Tab. 1: Přehled poškození stojících stromů za užití různých mechanizačních prostředků.

Lokalita	Mechanizační prostředek	Zakmenění*	Poškození stromů stávajícího porostu	
			ks	ks/ha
Lokalita 1	kůň + UKT + přívěs	0,7	9	6
Lokalita 1	kůň + UKT + přívěs	0,5	6	4
Lokalita 1	kůň + UKT + přívěs	0,3	8	5
Lokalita 2	harvestorový uzel	0,7	7	5
Lokalita 2	harvestorový uzel	0,5	6	4
Lokalita 2	harvestorový uzel	0,3	6	4
Lokalita 3	harvestorový uzel	0,7	34	23
Lokalita 3	harvestorový uzel	0,5	20	13
Lokalita 3	harvestorový uzel	0,3	44	29

*udávaná hodnota značí stupeň zakmenění po provedeném těžebním zásahu

Je tak nutné ještě před zahájením těžebních prací tuto skutečnost akceptovat a smluvně ošetřit (dojednat případné sankce za poškození stávajícího porostu, které jsou zásadně motivující ke kvalitnějšímu provedení prací, poněvadž operátor i majitel techniky se tak stávají finančně závislejšími na kvalitě provedených prací). Lze konstatovat, že harvestorová technologie je schopna dosáhnout i nižšího stupně poškození než kombinace kůň a UKT s přívěsem, ale také značně vyššího stupně poškození, a to především v souvislosti s výběrem operátora.

Na základě pečlivého rozlišení poškození vznikajících během těžebně-dopravních operací a ostatních následujících činností vyplývá, že převážná část poškození (obvykle nad 80 %) vzniká vlivem těžebně-dopravních operací. Je to dáno především větší frekvencí pohybu strojů v porostech, kde je během těžby mnohem větší počet stromů na jednotku plochy, přičemž je větší pravděpodobnost poškození cílových zůstávajících stromů, například v porovnání s přípravou půdy, kdy jsou již porosty vyklizené, a tím pádem je mnohem lepší manévrovatelnost s lesní technikou.

Poškození půdy

Pro hodnocení poškození půdy a porostu byla použita tzv. Německá metoda zkusných ploch. V této metodě se porost hodnotí podle míry poškození půdy i porostu na jednotlivých zkusných plochách. Zkusné plochy mají tvar kruhu o poloměru 12,6 metru (což odpovídá ploše 0,05 ha), nebo tvar čtverce o délce strany 20 m (odpovídá ploše 0,04 ha), a to z praktických důvodů, kdy se čtvercová plocha v porostu snáze vytyčuje. Počet zkusných ploch ve zkoumaném porostu se určuje dle nomogramu (NERUDA et al. 2011), avšak u menších porostů, tj. do 2 ha, se obvykle hodnotí jako celek. Zkusná plocha má vždy svůj střed ve středu vyvážecí linky. Rozestup mezi jednotlivými plochami na vyvážecích linkách se určuje dle délky vyvážecích linek a celkového počtu zkusných ploch. Na zkusné ploše se následně měří hloubka a charakter kolejí. U všech stromů zahrnutých do zkusné plochy se zjišťuje počet a velikost poškození včetně jeho umístění. Výška poškození borky stromů často napovídá tomu, čím bylo poškození způsobeno (NERUDA et al. 2005). Toho je pak možné využít pro analýzu, do jaké míry se dá těmto poškozením předejít.

Plošné poškození půdy v porostu bylo zhodnoceno na Lokalitě 1 (Tab. 2). Na této ploše byla změřena plocha všech míst, které vykazovaly viditelné známky poškození vlivem soustředování dříví. Pro hodnocení míry poškození byl použit třístupňový systém, kde stupeň 1 značí narušení pouze svrchního horizontu L a obnažení horizontu F, stupeň 2 značí již odkrytí horizontu F a obnažení horizontu H, stupeň 3 značí obnažení minerálního podkladu (písek).

Poškození půdy v porostu i na technologických linkách bylo měřeno vždy na celé ploše. Na lokalitě 2 byla průměrná hloubka kolejí 5,23 cm, rozpětí 1–12 cm a veli-

kost odvalu 0,83 cm, rozpětí 7–4 cm. Srovnatelná míra poškození při stejné těžebně-dopravní technologii byla pozorována i na dalších srovnávacích lokalitách.

Tab. 2: Škody na porostní půdě v Lokalitě 2.

Lokalita 2		
stupeň poškození	plocha v m ²	v % porostní plochy
1	216,8	0,5
2	603,0	1,5
3	83,9	0,2

Časová náročnost, produktivita práce

Analýza výrobního procesu je prováděna pomocí přesného měření jednotlivých operací u různých těžebních technologií. Měření probíhá vždy 90 minut v první polovině směny a 90 minut ve druhé polovině směny. Pracovní operace jsou měřeny v sekundách, pracovník není o způsobu měření informován. Metodika je upravena dle Dvořák et al. (2012), v časovém rozboru je analyzován pouze operativní čas, tedy čas bez neoperativních a ztrátových časů.

Za pomoci časových snímků dle uvedené metodiky (Dvořák et al. 2012) byla zjištěna časová náročnost vyklízování dříví z porostů s podrostem za pomoci koňského potahu (Lokalita 1). Mezi jednotlivými koňmi a jejich obsluhou je významný rozdíl ve výkonnosti s tím, že v daných porostních podmínkách dosahuje koňský potah údajů uvedených v Tab. 3.

Tab. 3: Příklad zjištěných hodnot při vyklízování dříví koňmi z porostů s hustým podrostem (průměrné hodnoty).

Cesta VM - P		Sestavení nákladu		Cesta P - VM		Uložení nákladu		Produktivita	Přibližovací vzdálenost	Produktivní čas	
s	%	s	%	s	%	s	%			s	%
35	26,2	44	33,2	45	34,3	8	6,3	5,9 – 7,5	16,3	132	100

Vyvážecí souprava je v těchto podmínkách s kvalitní technologickou předvýrobní přípravou pracoviště schopna dosahovat hodnot uvedených v Tab. 4. Porosty se vyskytovaly na rovině s bezpřekážkovým terénem, lesní cesty měly zpevněný povrch.

Tab. 4: Spotřeba času při přibližování dříví vývozní soupravou (prům. hodnoty odpovídající jednotlivým fázím pracovní operace).

Cesta OM - porost		Sestavení nákladu		Cesta porost - OM		Uložení nákladu		Produktivita	Přibližovací vzdálenost	Produktivní čas	
s	%	s	%	s	%	s	%	m ³ /h	m	s	%
355	10,6	1850	55,8	388	11,7	726	21,9	6,2 – 7,9	380	3319	100

V porostech, kde se doposud nevyskytoval nálet cílových lesních dřevin (Lokalita 2 a 3), byla těžba provedena za užití harvestorového uzlu. Výsledné hodnoty spotřeby času při těžbě dříví harvestorem udává Tab. 5.

Tab. 5: Příklad spotřeby času při těžbě dříví harvestorem.

Jízda Ha* do nového postavení		Přisunutí těžební hlavice		Sevření a pokácení stromu		Zpracování kmene		Produktivita	Průměrná hmotnatost	Produktivní čas	
s	%	s	%	s	%	s	%	m ³ /h	m ³	s	%
4	8,2	3	6,1	6	12,2	36	73,4	41	0,74	49	100

*harvestor

Na dalších srovnávacích lokalitách byly následně zjišťovány hodnoty, kterých je schopen dosahovat harvestorový uzel v borových porostech s řidším zakmeněním a již se skupinovitě se vyskytujícím podrostem. Porosty se rovněž nacházely na rovném či mírně svažitém bezpřekážkovém terénu. Během studie se ukázalo, že přítomnost podrostu nemá zásadní vliv na spotřebu času, pouze se zvyšuje čas na fázi pracovní operace „jízda stroje do nového postavení“. Výkonnost a produktivita práce je v obou případech srovnatelná, avšak spíše více závisí na dovednostech operátora. Lze konstatovat, že časová náročnost je za těchto okolností průměru jen mírně zvýšená oproti klasickým podmínkám. Nasazení této technologie tedy přináší mírně zvýšené náklady v těchto specifických podmínkách. Bereme-li v potaz, že přirozená obnova z kvalitního mateřského porostu je z ekologického a pěstebního hlediska výhodnější, lze předpokládat, že zvýšené náklady na těžebně-dopravní technologie se v mnohem větší míře vrátí v podobě úspory při zakládání a péči o následný porost.

3.3 Role borovice lesní při přestavbě lesních porostů s cílovou převahou stínomilných dřevin

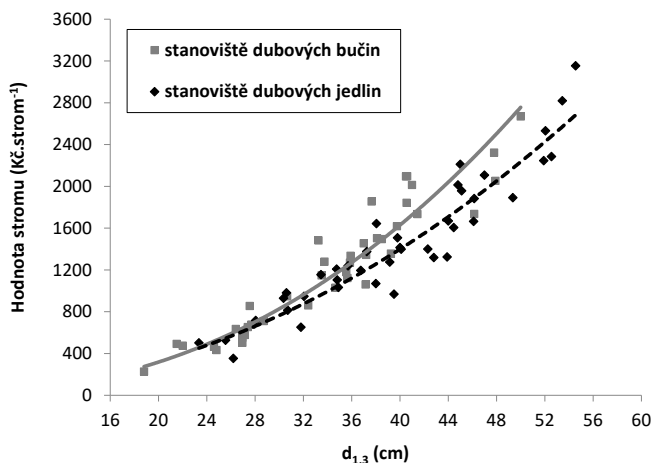
3.3.1 Hodnotová produkce borovice lesní

Stanovení optimální cílové tloušťky těžných stromů je jedním z rozhodujících atributů úspěšného, trvale udržitelného obhospodařování bohatě strukturovaných lesů (WALDHERR 1995; KNOKE 1997). Jako podklad pro stanovení cílové tloušťky slouží křivka vyjadřující závislost hodnoty stromu na jeho dimenzi (MOOG a KARBERG 1992; BÖRNER a ROEDER 1994). Šetření produkčního a ekologického významu borovice lesní s ohledem na její roli při přestavbě stávajících převážně smrko-borových porostů bylo provedeno na modelovém území LZ Konopiště, LÚ Klokočná (LČR, s. p.).

Na základě podílů jednotlivých jakostních tříd u jednotlivých pokácených vzorků byla pro modelovou lokalitu vypočítána cena každého stromu a ta byla dále pře počítána na cenu v Kč za 1 m³. III. jakostní třída kvalita A a B byla sdružena do jedné jakostní třídy III A/B. Pro takto sdruženou jakostní třídu jsou uváděny i průměrné ceny těchto sortimentů dle Českého statistického úřadu. Na základě provedeného šetření byla sestrojena hodnotová křivka, tedy funkce popisující vztah mezi výčetní tloušťkou $d_{1,3}$ a hodnotou stromu. Ta je základem pro stanovení hodnotového přírůstu a také hodnotového přírůstového procenta. Hodnota jednotlivého stromu je kalkulována jako rozdíl výnosu z prodeje sortimentů tohoto stromu a nákladů na těžbu a soustředování tohoto stromu z porostu na odvozní místo. Náklady na těžbu a soustředování byly kalkulovány na základě výkonových norem a tarifů platných pro LZ Konopiště (LČR, s. p.). Náklad na výrobu 1 m³ dřevní hmoty tedy zahrnuje těžbu stromu, vyklizování dřevní hmoty koňským potahem z lokality P na VM s vyklizovací vzdáleností do 50 m a přibližování universálním kolovým traktořem z lokality VM na lokalitu OM s přibližovací vzdáleností do 300 m.

Na Obr. 3 jsou zobrazeny hodnotové křivky borovice pro stanoviště kyselých smíšených dubových bučin (v daných podmínkách zahrnuje převážně LT 3K, 3S a 3I) a kyselých smíšených dubových jedlin (v daných podmínkách zahrnuje převážně LT 4P, 4Q, 3L, 4O a 4G).

Rozdílnost v průběhu hodnotových křivek borovice na odlišných typech stanovišť je dána jak rozdílnými hmotnatostmi jednotlivých stromů při stejné výčetní tloušťce $d_{1,3}$, tak i rozdílným podílem jakostních tříd. Rozdíl v hmotnatostech je navíc způsoben odlišnou výškou i odlišnou morfologickou křivkou kmene.



Obr. 3: Hodnotová křivka borovice pro stanoviště dubových bučin a stanoviště dubových jedlin.

3.3.2 Hodnotový přírůst a hodnotové přírůstové procento borovice lesní jako kritéria pro uplatnění jednotlivého výběru stromů k úmyslné těžbě

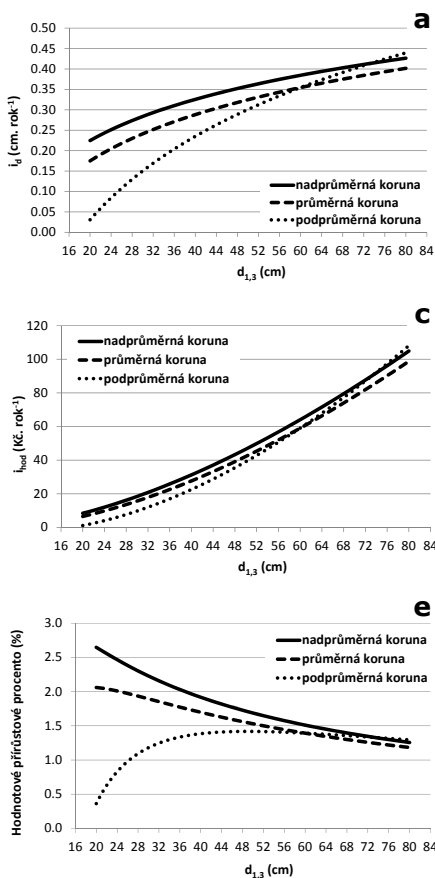
Vzhledem k jen velmi slabé nebo žádné závislosti tloušťkového přírůstu a $d_{1,3}$ zejména v bohatě strukturovaných nebo výběrných lesích (FUCHS 1996, KNOKE 1998) má zásadní vliv na tloušťkový přírůst stromů ve výběrných a v bohatě strukturovaných porostech právě i relativní délka koruny stromu (SPIECKER 1986, 1991). Z tohoto důvodu je třeba přírůst borovice lesní ve strukturně bohatých porostech stanovit na základě odebraných vývrtů jak pro jednotlivá stanoviště a tloušťkové stupně, tak i třídy relativních délek korun (třída 1 – strom s nadprůměrnou délkou koruny; třída 2 – strom s průměrnou délkou koruny; třída 3 – strom s podprůměrnou délkou koruny). Roční hodnotový přírůst borovice lesní pro jednotlivá stanoviště je pak odvozen na základě hodnotové křivky a ročního tloušťkového přírůstu. Intenzita, resp. relativní rychlost přírůstového výkonu je pak stanovena prostřednictvím přírůstového procenta definovaného rovnicí (ŠMELKO 2007):

$$i_v\% = \frac{i_v}{V} \times 100,$$

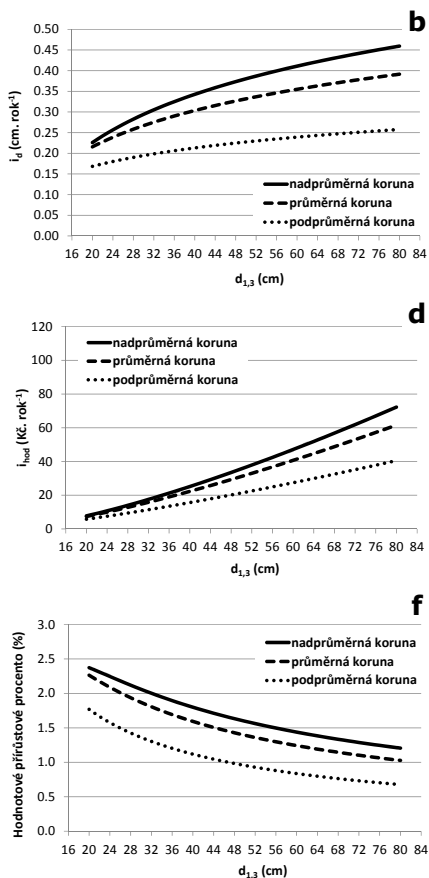
kde $i_v\%$ = přírůstové procento, i_v = objemový přírůst dřeviny, V = objem dřeviny.

Při zohlednění tohoto kritéria stromy s podprůměrnou relativní délkou koruny vykazují významně nižší tloušťkový a hodnotový přírůst než stromy s korunou průměrnou či dokonce nadprůměrnou. Tento trend je patrný z Obr. 4, který ukazuje průběh jak ročního tloušťkového přírůstu a ročního hodnotového přírůstu, tak i hodnotového přírůstového procenta borovice na modelovém území.

kyselé smíšené dubové bučiny



kyselé smíšené dubové jedliny



Obr. 4: Tloušťkový přírůst (a, b), hodnotový přírůst (c, d) a hodnotové přírůstové procento (e, f) borovice lesní na modelovém území LZ Konopiště, LÚ Klokočná (LČR, s. p.) na stanovišti kyselých smíšených dubových bučin (vlevo) a kyselých smíšených dubových jedlin (vpravo).

Obr. 4b pak např. ukazuje průběh ročního tloušťkového přírůstu borovice ve stanoveném rozpětí $d_{1,3} = 20\text{--}80\text{ cm}$ na stanovišti smíšených dubových jedlin. U stromů s nadprůměrně dlouhou korunou při $d_{1,3} = 50\text{ cm}$ ve strukturně diferencovaných porostech je hodnota ročního tloušťkového přírůstu $i_d = 0,38\text{ cm.rok}^{-1}$, u stromů s průměrnou korunou činí $i_d = 0,33\text{ cm.rok}^{-1}$ a u stromů s podprůměrnou délkou koruny je dosaženo $i_d = 0,23\text{ cm.rok}^{-1}$.

V dané výčetní tloušťce u stromů s nadprůměrně dlouhou korunou je hodnota ročního hodnotového přírůstu $i_{\text{hod}} = 35,7\text{ Kč.rok}^{-1}$, u stromů s průměrnou korunou činí $i_{\text{hod}} = 31,1\text{ Kč.rok}^{-1}$ a u stromů s podprůměrnou délkou koruny je dosaženo $i_{\text{hod}} = 21,3\text{ Kč.rok}^{-1}$ (Obr. 4d).

Přírůstové hodnotové procento borovice ve strukturně diferencovaných porostech v tloušťkovém rozpětí 20 až 80 cm klesá u stromů s nadprůměrnou délkou koruny z hodnoty 2,4 % na hodnotu 1,2 %, u stromů s průměrnou korunou klesá z hodnoty 2,3 % na 1,0 % a u stromů s podprůměrnou korunou klesá hodnotové přírůstové procento z 1,8 % na 0,7 % (Obr. 4f).

3.3.3 Stanovení cílové tloušťky borovice lesní

Na základě křivek popisujících průběh závislosti hodnotového přírůstového procenta na výčetní tloušťce $d_{1,3}$ při odlišných hodnotách relativních délek korun lze určit optimální výčetní tloušťku $d_{1,3}$ stromu, která je pro výběrnou těžbu v daných produkčních podmínkách nejlepší ekonomickou alternativou. Takto stanovená optimální cílová tloušťka jednotlivého stromu na dané lokalitě značně závisí na stupni diferenciaci porostu, předpokládané velikosti přírůstu závislé na relativní délce koruny a velikosti hodnotového přírůstového procenta.

Tab. 6 udává hodnoty optimální cílové výčetní tloušťky borovice v závislosti na době, kdy se hodnotové přírůstové procento rovná zvolené vnitřní úrokové míře, což závisí na stupni diferenciaci porostů a na třídách relativní délky koruny jako klíčových ukazatelů přírůstového potenciálu jednotlivých stromů.

Na stanovišti kyselých smíšených dubových jedlin je pro borovici s podprůměrnou relativní délkou koruny průběh hodnotového přírůstového procenta odlišný (Obr. 4e). V první fázi hodnotové přírůstové procento stoupá až do určitého maxima a pak velmi pozvolně klesá. Z hlediska hodnotového přírůstového procenta by bylo výhodné těžit borovice při výčetních tloušťkách při kulminaci hodnotového přírůstového procenta. Kulminace je u těchto borovic dosažena v hodnotě 1,4 % ($d_{1,3} = 46\text{--}52\text{ cm}$). Důvodem pro specifický tvar průběhu hodnotového přírůstového

vého procenta v těchto případech je velice nízká úroveň tloušťkového přírůstu zejména v rozpětí výčetních tlouštěk borovice $d_{1,3} = 20\text{--}32\text{ cm}$, kde je roční tloušťkový přírůst $i_d < 0,15\text{ cm.rok}^{-1}$.

Pro určení optimálního okamžiku mytní zralosti stromu při určité výčetní tloušťce je nezbytné hodnotové přírůstové procento stromu porovnat s požadovanou (očekávanou) vnitřní úrokovou mírou definovanou vlastníkem (KNOKE a PETER 2002; BEINHOFER 2007). Např. rozpětí úrokové míry pro smrk ve výběrných lesích navrhl KÖSTLER (1956) v rozpětí 1,5 % až 2,5 %. Pro stanovení cílové tloušťky borovice byly použity také 3 varianty úrokové míry, a to 2, 1,5 a 1 %. Toto snížení úrokové míry bylo zvoleno z důvodu celkově nižšího hodnotového přírůstového procenta borovice oproti smrku na dané lokalitě. Hodnoty cílové výčetní tloušťky borovice v pokročilejší fázi transformace na stanovišti dubových bučin se při nejvyšší úrokové míře 2 % pohybují v rozmezí 26–37 cm. Porovnatelné hodnoty cílové tloušťky borovice byly např. stanoveny při hodnocení cílové tloušťky borových výstavků na suchých stanovištích bavorského Frankenwaldu (KNOKE a PETER 2002). Cílové výčetní tloušťky borovice v porostech s pokročilejší transformací na stanovišti dubových jedlin při úrokové míře 2 % dosahují o 0–8 cm nižší hodnoty.

Obecně lze konstatovat, že nejvyšších hodnot ročního hodnotového přírůstu při určité výčetní tloušťce $d_{1,3}$ dosahují stromy s vysokým tloušťkovým přírůstem a s nadprůměrně dlouhými korunami, naopak nejnižších hodnot stromy s nízkým tloušťkovým přírůstem s podprůměrně dlouhými korunami. Výše průměr-

Tab. 6: Cílové tloušťky borovice lesní pro stanoviště kyselých smíšených dubových bučin a kyselých smíšených dubových jedlin.

		Borovice			Koruna nadprůměrná			Koruna průměrná			Koruna podprůměrná		
stanoviště	Hodnotové přírůstové procento (úroková míra)	2%	1,5%	1%	2%	1,5%	1%	2%	1,5%	1%	2%	1,5%	1%
	Cílová výčetní tloušťka $d_{1,3}$ (cm)	37	61	> 80	26	52	> 80	1,4 % ($d_{1,3} = 46 - 52\text{ cm}$)*					
Dubové bučiny													
Dubové jedliny													
	Cílová výčetní tloušťka $d_{1,3}$ (cm)	32	56	> 80	26	44	> 80	-	26	47			

* kulminace hodnotového přírůstového procenta

né ceny borovice (Kč.m^{-3}) je dále negativně ovlivňována zvyšujícím se průměrem suků v prvních 8 metrech kmene, dále pak se zvyšující se relativní délkou korun, která vede k zvýšení počtu nezdravých i zdravých suků ve spodní části kmene. Cenový rozdíl borovice mezi stanovišti je dán výrazně vyšším podílem hodnotnější jakostní třídy III A/B a III C, a tím pádem nižším podílem méně hodnotné jakostní třídy III D na stanovištích kyselých smíšených dubových bučin. Vyšší podíl méně hodnotných jakostních tříd na stanovišti kyselých smíšených dubových jedlin je zapříčiněn výrazně vyšším počtem suků (zejména nezdravých) již v prvních 5 metrech spodní části kmene, větším průměrem suků a častějším výskytem křivosti, vyšší sbíhavostí kmenů a větším počtem poškozených stromů s výskytem kořenových hnilob. Vzhledem k typickému střídavému silnému zamokření půd na těchto stanovištích lze usuzovat, že zvýšená sukatost borovic je způsobena těmito extrémními stanovištními vlivy. Přímoú závislost vlivu půdní vlhkosti na délku korun, která má výrazný vliv na sukatost kmenů, popsal např. DURSÝ (2000), když v rámci bavorských porostních poměrů poukázal na kratší koruny stromů rostoucích na suchých stanovištích oproti korunám stromů rostoucích na vlhkých či dokonce mokřých stanovištích.

3.3.4 Další faktory ovlivňující jednotlivý výběr stromů k úmyslné těžbě

Cílová tloušťka jako ukazatel ekonomicky nejvýhodnějšího okamžiku těžby jednotlivých stromů stanovená v předchozí kapitole zohledňuje stanovištní poměry a přírůstový potenciál jednotlivých stromů pomocí relativní délky koruny. Při rozhodovacím procesu, zda daný strom těžit či netěžit, je však důležité posoudit nejen cílovou výčetní tloušťku na daném stanovišti jako statickou veličinu, ale zároveň zhodnotit vitalitu stromu, poškození, jeho úlohu v procesu budování výběrné struktury a také vliv na přirozenou obnovu v jeho okolí.

Při rozhodování o těžebním výběru borovice v průběhu přestavby lesa je nutno brát v úvahu dvě zásadní skutečnosti. Na jednu stranu se jedná o dřevinu, která umožňuje vyšší strukturní diferencovanost porostů, na druhou stranu je její hodnotové přírůstové procento při stejné výčetní tloušťce zpravidla nižší oproti smrku, tudíž je její ponechávání v porostech na úkor smrku z ekonomického hlediska méně výhodné. V případech, kdy je borovice důležitým nositelem struktury a příznivě ovlivňuje stav a vývoj přirozené obnovy, je akceptovatelné ji ponechat v porostech do doby, kdy její hodnotové přírůstové procento poklesne na hodnotu 1,5 % při dosažení

cílové výčetní tloušťky $d_{1,3} = 61$ cm na stanovištích dubových bučin a $d_{1,3} = 56$ cm na stanovišti dubových jedlin. V případech, kdy její ponechání není z hlediska tvorby struktury nezbytné, je ekonomicky výhodné ji těžít při výčetní tloušťce počínaje $d_{1,3} = 26$ cm.

4 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Novost metodiky spočívá v komplexnosti opatření, které vlastníkům a správcům lesů poskytuje ucelený návod pro aplikaci ekologicky orientovaných postupů při pěstování borových porostů. Takový rámcový metodický postup nebyl dosud pro borové porosty nižších až středních poloh vytvořen a poskytuje oporu jak v otázkách základní volby lesopěstební strategie, tak i na úrovni praktických pěstebních postupů. Pro jeho formulaci byly využity nejnovější vědecké poznatky, které byly získány v průběhu řešení projektu QJ1520037 „Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách České republiky“.

5 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena pro praktické využití vlastníky a správci lesů, lesními hospodáři, subjekty provádějícími lesnické činnosti, státní správou lesů, orgány státní správy ochrany přírody a akademickými pracovníky. Metodiku lze uplatnit při plánování a realizaci pěstebních opatření v nižších až středních polohách v porostech s významným podílem borovice lesní.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Metodický postup je navržen tak, aby vlastníkům a správcům lesů poskytl návod, jak optimálně postupovat v případě ekologicky orientovaných pěstebních metod v porostech se zastoupením borovice lesní. Důraz je přitom kladen na zajištění trvalosti produkčních a stanovištně-ekologických podmínek společně s dosažením maximálních ekonomických přínosů. Předpokládané ekonomické přínosy této metodiky lze spatřovat zejména ve snížení vstupů v rámci obnovy lesních porostů. Úspory při obnově lesa se přitom netýkají pouze nákladů na zalesnění, ale i nákladů spojených s následnou péčí o mladé lesní porosty. Může se přitom jednat o úspory nákladů na úrovni desítek tisíc Kč na hektar obnovované plochy. Jedná se především o náklady spojené s ochranou kultur proti buření a zvěři. V prvním případě tyto náklady zcela odpadají, nebo jsou významně redukovány. V druhém případě, díky prostorovému a časovému rozptýlení obnovy (a při zachování její vyšší hustoty ve srovnání s obnovou umělou) dochází i k menší koncentraci škod zvěří. Jejich celková absolutní výše je pravděpodobně stejná jako v případě pasečného hospodaření, ale v popsaném lesopěstebním systému je disproporce mezi úživností honiteb a stavy zvěře částečně tlumena právě maximálním využitím přírodních procesů. V důsledku hojnější přirozené obnovy zde škody zvěři proto mají podstatně menší negativní dopad na prosperitu obnovy. To se týká hlavních dřevin borovice a smrku, avšak v případě přimíšených dřevin, jako jsou jedle, modřín, douglaska a listnaté dřeviny, je vždy nutná důsledná ochrana. Charakter a význam tohoto způsobu obhospodařování borovice nabývá dále na významu i v rámci nastupujících globálních klimatických změn, kdy i na extrémních stanovištích zajistí podstatu lesa, což je důležité především z hlediska mimoprodukčních funkcí, které lze jen obtížně ekonomicky vyjádřit.

V případě kapitoly 3.3. *Role borovice lesní při přestavbě lesních porostů s cílovou převahou stínomilných dřevin* byla cílová tloušťka pro porosty v průběhu transformace stanovena na základě cen surového dříví platných pro rok 2014. Při použití cen surového dříví platných pro rok 2010, které např. snížily cenu průměrného smrku na stanovišti dubových jedlin v rozmezí 26–30 % při zachování stejných nákladů na těžbu a přibližování jako v roce 2014, se snížila cílová tloušťka smrku v rozmezí 0–3 cm v závislosti na segmentu typu vývoje lesa a zvolené úrokové míře. Obdobný posun cílové tloušťky lze pak očekávat i u borovice, přičemž např. ceny surového dříví se v roce 2016 pohybovaly v intervalu let 2010 a 2014.

Tato malá změna cílové tloušťky odpovídá analýzám cílové výčetní tloušťky smrku provedené KNOKEM (1998), kde při změně základní sazby cen dříví v rozsahu $\pm 100\%$ od zvolené cenové hladiny se cílová výčetní tloušťka změnila v rozmezí $\pm$

4 cm. Na základě uvedených výsledků lze konstatovat, že cílová výčetní tloušťka stanovená pomocí hodnotového přírůstového procenta je jen velmi málo ovlivňována výkyvy v cenách dříví a lze ji tedy použít pro optimalizaci výběru jednotlivých stromů k těžbě i v delším časovém horizontu.

Celková výše ekonomických přínosů ekologicky orientovaných postupů se však projeví až v delším časovém horizontu a nezahrnuje pouze kvantifikovatelné úspory v oblasti nákladů lesní výroby, ale také efekty spojené s udržením úrodnosti stanoviště a potenciálním zvýšením hodnotové produkce.

7 ZÁVĚR

Pěstování lesů jako obor lidské činnosti je neustále nucen reagovat na nové podněty, které buď vyplývají z nejnovějších vědeckých poznatků, nebo z měnících se podmínek prostředí či potřeb lidské společnosti. Zejména v posledních desetiletích probíhá velice intenzivní diskuse nad adekvátní formou hospodaření v lesích, ale ze své podstaty dlouhodobost produkčního cyklu či vývoje lesních ekosystémů znamená jen pozvolnou odezvu uplatněných opatření. Ze stejného důvodu celá řada faktorů, které ovlivňují vývoj lesních ekosystémů, se projeví a bude detekována až s určitým odstupem. Principy pěstování lesů, které mají vést k naplnění nebo přiblížení se danému žádoucímu stavu, jsou proto velice často opřeny o intuici zřizovatelů nebo o dosavadní zkušenosti s hospodařením. Nicméně výsledky, které by dokládaly efektivnost skutečně realizovaných opatření v konkrétních porostech v dlouhodobém výhledu, často chybí. Praktický výkon pěstování lesů by z těchto důvodů měl respektovat rovněž princip managementu rizika. Toto riziko vyplývá především z naší neznalosti o dopadech probíhající změny klimatu na jednotlivé dřeviny a celé lesní ekosystémy, ale i z neznalosti nebo jen částečné znalosti prováděných pěstebních opatření na tak komplexní děje, jako jsou cykly živin, sekvestrace uhlíku či změny ve struktuře společenstev organismů vázaných na lesní prostředí.

Postupy pěstování lesů, které vznikaly a dlouhodobě se vyvíjely v podmínkách hospodářských lesů (což odpovídalo tehdejšímu společenským požadavkům kladeným na lesy), mají nyní své využití a při péči o lesní ekosystémy se zvýšenými požadavky např. na environmentální funkce či ochranu přírody. Známkou dobrých pěstebních opatření však zpravidla zůstává to, že nejsou orientována na naplnění pouze jednoho cíle. Proto by bylo chybou v lesích hospodářských usilovat jen o maximali-

zaci zisku a např. v lesích se zvýšeným významem ochrany přírody zcela rezignovat na jejich funkci produkční. Pěstební postupy v lesích se zvýšenou mimoprodukční funkcí mají sice z podstaty věci jiný cíl než pěstební postupy realizované v hospodářských lesích, ale právě zde se tato skutečnost projevuje ještě zřetelněji. Vhodnost daných opatření se budou samozřejmě lišit ve vztahu k celé řadě dalších faktorů, jako jsou bonita stanoviště, struktura a vitalita porostu, tlak zvěře a mnoho dalších, ale důležitým indikátorem jejich relevantnosti bude právě i jejich polyfunkční zaměření.

Při pěstování lesů v územích se zvýšenou mimoprodukční funkcí je nutné se vyvarovat přílišných paušalizací, neboť cíle péče či ochrany se v jednotlivých územích mohou diametrálně lišit. Lze předpokládat, že v souladu se zvyšujícím se významem mimoprodukčních funkcí lesů (ekologických i environmentálních) bude péče o lesní ekosystémy zaměřená zejména na dosažení jejich větší přirozenosti. Dosavadní znalosti pěstování lesů jsou dobrým výchozím bodem pro naplnění těchto cílů, nicméně ověřování dosavadních a formulace nových kritérií a indikátorů optimálních postupů pěstování lesů se zvýšenou mimoprodukční funkcí jsou nezbytná, a to i v úzké vazbě na měnící se podmínky prostředí.

8 DEDIKACE

Metodika byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QJ1520037 „Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách České republiky“.

9 LITERATURA

9.1 Seznam použité literatury

- AMPOORTER E., SCHRIJVER A., NEVEL L., HERMY M., VERHEYEN K. 2012. Impact of mechanized harvesting on compaction of sandy and clayey forest soils: results of a meta-analysis. *Annals of Forest Science* 69(5):533-542.
- BAČE R., SVOBODA M. 2016. Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady. 44 s.
- BEINHOFFER B. 2007. Zum Einfluss von Risiko auf den optimalen Zieldurchmesser der Fichte. *Forstarchiv* 78:117–124.
- BÖRNER M., ROEDER A. 1994. Zuwachs und wirtschaftliche Leistung eines 124jährigen Fichtenbestandes. *Allgemeine Forstzeitschrift* 49:1382–1385.
- BUSTOS O., EGAN A. 2011. A comparison of soils compaction associated with four ground-based harvesting systems. *Northern Journal of Applied Forestry* 28(4):194-198.
- CAMBI M., CERTINI G., NERI F., MARCHI E. 2015. The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest Ecology and Management* 338:124–138.
- DE CHANTAL M., LEINONEN K., KUULUVAINEN T., CESCATTI A. 2003. Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management* 176:321–336.
- DOBBS C., ESCOBEDO F.J., ZIPPERER W.C. 2011. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning* 99:196–206.
- DVOŘÁK J. 2002. Rozvoj harvesterové technologie a poškození lesů. 1. vyd. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce.
- DVOŘÁK J., NATOV P., HRIB M., NATOVOVÁ L., HOŠKOVÁ P., BYSTRICKÝ R., KOVÁČ J., KRILEK J., LIESKOVSKÝ M. 2012. Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., ISBN 978-80-7458-028-4. 156 s.
- DURSKÝ J. 2000. Einsatz von Waldwachstumssimulatoren für Bestand, Betrieb und Großregion. Habilitationsschrift, Technische Universität München. 223 s.

- EDLUND J., BERGSTEN U., LÖFGREN B. 2012. Effects of two different forwarder steering and transmission drive systems on rut dimensions. *Journal of Terramechanics* 49(5):291–297.
- ERBER G., HOLZLEITNER F., KASTNER M., STAMPFER K. 2016. Effect of multi-tree handling and tree-size on harvester performance in small-diameter hardwood thinnings. *Silva Fennica*, 50: article id 1428.
- FUCHS A. 1996. Forsteinrichtung im Kreuzberger Plenterwald. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 115:51–62.
- GAMFELDT L., SNÄLL T., BAGCHI R., JONSSON M., GUSTAFSSON L., KJELLANDER P., RUIZ-JAEN M.C., FRÖBERG M., STENDAHL J., PHILIPSON C.D., MIKUSIŃSKI G., ANDERSSON E., WESTERLUND B., ANDRÉN H., MOBERG F., MOEN J., BENGTSSON J. 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications* 4:1340.
- HÅNELL, B., NORDFJELL T., ELIASSON L. 2000. Productivity and costs in shelterwood harvesting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15(5):561–569.
- HARMON M.E., SEXTON J. 1995. Water balance of conifer logs in early stages of decomposition. *Plant and Soil* 172(1):141–152.
- HLAVÁČKOVÁ P., ŠAFAŘÍK D. 2010. Ověření výsledků ekonomického hodnocení těžebních technologií v lesích se zvláštním statutem ochrany. *Zprávy lesnického výzkumu* 55(4):317–330.
- HOLUB S.M., SPEARS J.D., LAJTHA K. 2001. A reanalysis of nutrient dynamics in coniferous coarse woody debris. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(11):1894–1902.
- CHROUST L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. VÚLHM-VS, Opočno. 277 s.
- ISMOILOV A., SELLGREN U., ANDERSSON K., LÖFGREN B. 2015. A comparison of novel chassis suspended machines for sustainable forestry. *Journal of Terramechanics* 58:59–68.
- JUUTILAINEN K., MÖNKKÖNEN M., KOTIRANTA H., HALME P. 2014. The effects of forest management on wood-inhabiting fungi occupying dead wood of different diameter fractions. *Forest Ecology and Management* 313:283–291.
- KNOKE T. 1997. Ökonomische Aspekte der Holzproduktion in ungleichaltrigen Wäldern: einführende Untersuchungen zur Forstbetriebsplanung im Kreuzberger Gemeindewald. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 116:178–196.
- KÖSTLER J.N. 1956. Allgäuer Plenterwaldtypen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 75:423–458.
- KNOKE T. 1998. Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem

- Plenterwald: zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern. Forstliche Forschungsberichte München 170. 198 s.
- KNOKE T., PETER R. 2002. Zum optimalen Zieldurchmesser bei fluktuierendem Holzpreis - eine Studie am Beispiel von Kiefern-Überhältern (*Pinus sylvestris* L.). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. 173:21–28.
- KREČMER V., BĚLE, J. 1975. Vodní a vodohospodářské funkce lesů. Lesnická práce 54(10/11):446–451.
- KREČMER V., PEŘINA V. 1976. Zásady hospodaření v lesích vodohospodářského určení. Lesnický průvodce 2/1976, VÚLHM Jíloviště Strnady.
- LINDENMAYER D.B., FRANKLIN J.F., FISCHER J. 2006. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. Biological Conservation 131:433–445.
- MANZONE M. 2015. Performance of an electronic control system for hydraulically driven forestry tandem trailers. Biosystems Engineering 130:106–110.
- McLACHLAN M.S., HORSTMANN M. 1998. Forests as filters of airborne organic pollutants: a model. Environmental Science & Technology 32:413–420.
- MIKESKA M., VACEK S., PRAUSOVÁ R., SIMON J., MINX T., PODRÁZSKÝ V. et al. 2008. Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 447 s. ISBN 978-80-87154-20-5.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ 2016. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- MOOG M., KARBERG B. 1992. Ökonomische Gesichtspunkte zur Zielstärke von Kiefern und Buchen. Allgemeine Forstzeitschrift 47:85–90.
- MUSIL I., HAMERNÍK J. 2007. Jehličnaté dřeviny. Praha, Academia. 352 s.
- NADEZHDINA N., PRAX A., ČERMÁK J., NADEZHDIN V., ULRICH R., NERUDA J., SCHLAGHAMERSKÝ A. 2012. Spruce roots under heavy machinery loading in two different soil types. Forest Ecology and Management 282:46–52.
- NERUDA J. (ed.) 2005. Metody pro zlepšení determinace poškození kořenů stromů ve smrkových porostech vyvážecími traktory. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Brno. 176 s.
- NERUDA J., VAVŘÍČEK D., ULRICH R., JANEČEK A. 2011. Interakce stanoviště a těžebně dopravních strojů. Mendelova univerzita v Brně. Ediční středisko Mendelovy univerzity v Brně. 91 s.
- NIINEMETS Ü., CESCATTI A., LUKJANOVA A., TOBIAS M., TRUUS L. 2002.

- Modification of light-acclimation of *Pinus sylvestris* shoot architecture by site fertility. *Agricultural and Forest Meteorology* 111:121–140.
- PAPÁNEK F. 1978. Teória a prax funkčne integrovaného lesného hospodárstva. *Príroda*, Bratislava. 218 s.
- PEARSON M., SAARINEN M., NUMMELIN L., HEISKANEN J., ROITTO M., SARJALA T., LAINE J. 2013. Tolerance of peat-grown Scots pine seedlings to waterlogging and drought: Morphological, physiological, and metabolic responses to stress. *Forest Ecology and Management* 307:43–53.
- PICCHIO R., NERI F., PETRINI E., VERANI S., MARCI E., CERTINI G. 2012. Machinery-induced soil compaction in thinning in two pine stands in central Italy. *Forest Ecology and Management*. 285:38–43.
- PODRÁZSKÝ V. 2014. Český pohraniční hvozď – realita nebo mýtus? *Zprávy lesnického výzkumu* 59(1):51–54.
- POLENO Z. 1979. Hospodářská úprava lesů zdravotního významu. *Lesnictví* 25(10):32–37.
- POLENO Z., VACEK S., PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ŠTEFANČÍK I., MIKESKA M., KOBLIHA J., KUPKA I., MALÍK V., TURČÁNI M., DVOŘÁK J., ZATLOUKAL V., BÍLEK L., SIMON J. 2009. Pěstování lesů III, Praktické postupy pěstování lesů. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*. 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2.
- PRŮŠA E. 2001. Pěstování lesů na typologických základech. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*. 593 s. ISBN 80-86386-10-4.
- PÜRFÜRST F.T. 2009. Der Einfluss des Menschen auf die Leistung von Harvestersystemen. [The operator's influence on harvester productivity]. PhD-thesis. Institut für Forstnutzung und Forsttechnik, Technische Universität Dresden, Germany. 307 s.
- SCHULTZ R.C., ISENHART T.M., SIMPKINS W.W., COLLETTI J.P. 2004. Riparian forest buffers in agroecosystems-lessons learned from the bear creek watershed, central Iowa, USA. *Agroforestry Systems* 61:35–50.
- SKOUPÝ A. (ed.) 2011. Multikriteriální hodnocení technologií pro soustředování dříví. 1. vydání. Praha: Lesnická práce s.r.o. ISBN 978-80-7458-016-1. 212 s.
- SLUGEN J., PENIAŠKO P., MESSINGEROVÁ V., JANKOVSKÝ M. 2014. Productivity of a John Deere harvester unit in deciduous stands. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 62:231–238.
- SPIECKER H. 1986. Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwald-Versuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 157:152–164.
- SPIECKER H. 1991. Zur Dynamik des Wachstums von Tannen und Fichten auf

Plenterwald-Versuchsflächen im Schwarzwald. Allgemeine Forstzeitung 46:1076–1080.

STEVENS V. 1997. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in BC forests. Working paper 30. British Columbia, Ministry of Forests, Research Program.

STOKES A., SALIN F., KOKUTSE A.D., BERTHIER S., JEANNIN H., MOCHAN S., DORREN L., KOKUTSE N., ABD GHANI M., FOURCAUD T. 2005. Mechanical resistance of different tree species to rockfall in the French Alps. Plant and Soil 278:107–117.

SVENSSON M., DAHLBERG A., RANIUS T., THOR G. 2014. Dead branches on living trees constitute a large part of the dead wood in managed boreal forests, but are not important for wood-dependent lichens. Journal of Vegetation Science 25(3):819–828.

ŠACH F., KANTOR P., ČERNOHOUS V. 2007. Metodické postupy obhospodařování lesů s vodohospodářskými funkcemi. Recenzované metodiky pro praxi. Lesnický průvodce 1:1–25.

ŠMELKO Š. 2007. Dendrometria. Zvolen, Technická univerzita. 400 s.

ULRICH R., NERUDA J. et al. 2006. Harvesterové technologie a jejich optimální užití v praxi. Merimex a Brno: Ediční středisko MZLU. ISBN 80-7375-012-0.

WALDHERR M. 1995. Das Stärkeklassenverfahren – eine Möglichkeit zur Ertragsregelung in naturnahen und naturgemässen Wäldern. Forst und Holz 50:430–436.

WÄSTERLUND I. 1985. Compaction of till soils and growth tests with Norway spruce and scots pine. Forest Ecology and Management 11:171–189.

WÄSTERLUND I. 1994. Environmental aspects of machine traffic. Journal of Terramechanics 31(5):265–277.

WHITFORD K.R., STONEMAN G., SEYMOUR A., MURRAY P., EATON L., TANIMOTO L. 2012. The effects of cording, timber load and soil gravel content on soil compaction during timber harvesting on moist soils. Australian Forestry 75(2):107–119.

YOUNG R.F. 2010. Managing municipal green space for ecosystem services. Urban Forestry & Urban Greening 9:313–321.

9.2 Seznam publikací, které předcházely metodice

- BÍLEK L., REMEŠ J., ŠVEC O. 2013. On the way to continuous cover forest at middle elevations – the question of forest structure and specific site characteristics. *Journal of Forest Science* 59(10):391–397.
- BÍLEK L., VACEK S., VACEK Z., REMEŠ J., KRÁL J., BULUŠEK D., GALLO J. 2016. How close to nature is close-to-nature pine silviculture? *Journal of Forest Science* 62(1):24–34.
- REMEŠ J., BÍLEK L., FULÍN M. 2015. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60(2):138–146.
- REMEŠ J., BÍLEK L., JAHODA M. 2016. Vliv přípravy půdy a hnojení dřevěným popelem na růst sazenic borovice lesní. *Zprávy lesnického výzkumu* 61(3):197–202.
- SHARMA R.P., BÍLEK L., VACEK Z., VACEK S. 2017. Modelling crown width–diameter relationship for Scots pine in the central Europe. *Trees*. DOI 10.1007/s00468-017-1593-8.
- SCHÖNFELDER O., ZEIDLER A., BORŮVKA V., BÍLEK L. 2017. Influence of site conditions and silvicultural practice on the wood density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – a case study from the Doksy locality, Czech Republic. *Journal of Forest Science* 63(10):457–462.
- ŠVEC O., BÍLEK L., REMEŠ J., VACEK Z. 2015. Analysis of operational approach during forest transformation in Klokočná Range, Central Bohemia. *Journal of Forest Science* 61(4):148–155.
- ULBRICHOVÁ I., BÍLEK L., REMEŠ J. 2017. Vliv zpracování těžebních zbytků na charakteristiky bylinného a keřového patra na přirozených borových stanovištích. *Zprávy lesnického výzkumu* 62(3):142–152.
- VACEK S., VACEK Z., REMEŠ J., BÍLEK L., HŮNOVÁ I., BULUŠEK D., PUTALOVÁ T., KRÁL J., SIMON J. 2017. Sensitivity of unmanaged relict pine forest in the Czech Republic to climate change and air pollution. *Trees*. DOI 10.1007/s00468-017-1572-0.
- VACEK Z., KRÁL J., BULUŠEK D., VACEK S., BÍLEK L. 2017. Vliv okrajového efektu na růst a kvalitu přirozené obnovy borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). In: Jaloviár P., Saniga M. (eds.) 2017. *Adaptívny manažment pestovania lesov*

v procese klimatickej zmeny a globálneho otepľovania. Sborník pôvodných vedeckých prác u príležitosti konferencie Proceedings of Central European Silviculture, Volume 7. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 223–232

ECOLOGICALLY SOUND PINE SILVICULTURE IN LOW-TO-MIDDLE ELEVATIONS

Summary

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is one of the most important commercial tree species in the Czech Republic. In the past, clearcutting followed by artificial regeneration was the main management approach in Scots pine stands in central Europe. This regeneration method is still widely performed, nevertheless we see increasing efforts to exploit also natural pine regeneration. In the Czech Republic, natural pine forests occur on edaphically extreme sites, their characteristics overshadowing the macroclimatic conditions and limiting competition of most woody species (MIKESKA et al., 2008). Scots pine also dominates in the regeneration layer under the shelter of parent stand.

Within the frame of ecologically sound silviculture on such sites we see basically two options. The first one is shelter-wood regeneration with rather homogenous stand structures; the second one is regeneration in gaps contributing to a more varied spatial and species structure of the future forest stand. Depending on the site conditions, parent stand characteristics and management objectives, the forest manager can decide between the two above-mentioned principal approaches. In any case, careful evaluation of site conditions with respect to ground vegetation, water and nutrients availability is necessary. Natural pine regeneration under the shelter of parent stand offers the following benefits: thinner branches and higher wood density of young trees; more favourable microclimate with less frequent extreme climatic events; adjustable regeneration density via canopy density of parent stand; more probable admixture of broadleaved tree species. On the other hand, the main disadvantages comprise: higher costs of soil preparation; higher risk of regeneration failure in climatically unfavourable years; higher sensitivity of pine regeneration to light climate and soil conditions in comparison with Norway spruce, for instance.

In the second part of the methodology, we describe the importance of Scots pine during forest transformation to a selection forest on more productive sites. Here, in the future, natural dominance of shade tolerant tree species is to be expected. The target diameter of trees is determined on the basis of value-increment percentage, crown quality and site characteristics. Beside its economic value, each tree is considered for its silvicultural and ecological value.

We conclude that even in the case of light-demanding tree species like Scots pine, ecologically sound silviculture should be based on the principles of shelter-wood and selection management accentuating longer production periods and taking the utmost advantage of natural processes.

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA



Obr. 1: Pro zdárné uvolnění náletů borovice je zásadní vhodná volba těžební a dopravní technologie (foto L. Bílek).



Obr. 2: Těžba jednotlivým výběrem v pětiletých intervalech a podpora jedle ve spodní etáži převážně borového porostu na oglejeném stanovišti (foto M. Baláš).



Obr. 3: Strukturně diferencovaný porost s odrůstající spodní etáží z přirozené obnovy (foto L. Bílek).



Obr. 4: Dosažení vyšší druhové pestrosti mnohde brání stavy zvěře, které neodpovídají úživnosti honiteb (foto M. Baláš).



Obr. 5: Využití harvestorové technologie při podrobném obnovním způsobu na přirozených borových stanovištích (foto V. Štícha).



Obr. 6: Těžba v zimním období je výhodnější jak z důvodů technologických, tak i ekologických (foto V. Štícha).



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 9/2017