

## KVALITA A KVANTITA PŘIROZENÉ OBNOVY BUKU VE VZTAHU KE SVĚTELNÝM PODMÍNKÁM MATEŘSKÉHO POROSTU

### QUALITY AND QUANTITY OF THE BEECH NATURAL REGENERATION IN RELATION TO LIGHT CONDITIONS OF THE PARENT FOREST STAND

ONDŘEJ ŠPULÁK

*Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno*

#### ABSTRACT

Research focused on quality and quantity of beech seedlings was conducted on the research plot near upper limit of the beech occurrence in the Krkonoše Mts. (1,070 m a. s. l.). In 2006, light conditions by method of fish-eye crown hemispherical photography were analyzed in the regular network. At the same positions, number of seedlings, their height and height increments were measured in the area of 1 square meter. One to three average sample seedlings (with roots) was removed from each position. Samples were analyzed in accordance with extended methodology of planting stock proving (Czech technical standard ČSN 48 2115). Relations between light characteristics and parameters of natural regeneration of beech are discussed; morphological parameters of sample trees are described. Potential of beech seedlings to be lifted and used for artificial regeneration is summarized.

**Klíčová slova:** buk lesní, horský smrkobukový porost, přirozená obnova, hemisférická fotografie, světlo, růstové parametry, deformace  
**Key words:** European beech, mountain beech with spruce forest stand, natural regeneration, hemispherical photography, light, growth parameters, deformation

#### ÚVOD

Buk lesní patří podle legislativy mezi meliorační a zpevňující dřeviny a cílem lesního hospodářství je navýšit jeho zastoupení v dřevinné skladbě. Semenné roky buku se objevují nepravidelně, většinou v intervalech 5 až 15 let (ŠINDELÁŘ 1993). Klíčení a odrůstání semenáčků je závislé na konkrétních podmínkách mikrostanoviště – množství a kvalitě světla, formě humusu, konkurenci ostatních dřevin, bušeně apod. (EMBORG 1998, TOPOLIANTZ, PONGE 2000, ŠPULÁK 2008). Bukové semenáčky pozitivně reagují na základní růstové faktory, jako jsou vlhkost a živinové zásobení půdy a intenzita světla (MADSEN 1995, MADSEN, LARSEN 1997). Tam, kde tomu odpovídají světelné podmínky, je buk schopen vytvářet banku semenáčků (SWAGRZYK et al. 2001), i když přežívání semen buku ve formě půdní semenné banky je velice zřídka.

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících přirozenou obnovu je přístup světla, jeho charakter, trvání a intenzita (AGESTAM et al. 2003). Buk je dřevina snázející dobře zástin, zvláště v mládí ji tato vlastnost činí konkurenceschopnou s řadou dalších dřevin (OTTO 1994). Přímé záření významně ovlivňuje teplotu a vlhkost půdy. Celkové záření v dospělých porostech výrazně prostorově i časově kolísá. Je to dáno relativně vysokým podílem přímého záření prostupujícího mezerami v porostním zápoji (BRUNNER 1994). Podle velikosti mezery může podíl přímého záření dosahovat až hodnot volné plochy (SAGHEB-TALEBI 1996). Množství a kvalita světla kolísá podle polohy v porostní mezeře, semenáčky jsou také závislé na expozici, sklonu svahu, výšce porostu, morfologii terénu apod.

Obecné podmínky průniku světla na stanoviště lze zjistit pomocí tzv. hemisférické fotografie porostního zápoje. Je to technika pro zachycení stavu zápoje prostřednictvím fotografií snímaných extrémně širokoúhlými objektivy, zvanými rybí oko - fisheye (RICH 1990). Optický úhel takového objektivu se typicky blíží nebo rovná 180°, je tedy široce uplatnitelný v zachycení hemisférických prostorů na dvoudimenzionální (FRAZER et al. 1997).

Prostorové rozmístění mezer v zápoji zachycené metodou hemisférické fotografie umožňuje odhad potenciálního slunečního záření pronikajícího na zemský povrch v průběhu definovaného období a výpočet dalších parametrů. Klíčovými údaji pro výpočty jsou orientace snímku, souřadnice lokality a charakteristika vegetační sezony (FRAZER et al. 1999). Ve studii v jehličnatém porostu byla zjištěna těsná souvislost mezi prostupností (transmissivity) měřenou pyranometrií a stanovenou na základě vyhodnocení hemisférické fotografie programem Gap Light Analyser – GLA (HARDY et al. 2004). Také parametry podíl mezer (gap fraction) a podíl světla mezer (gap light index) vypočítané programem GLA silně korelovaly se součinitelem prostupnosti světla zápojem (canopy light transmittance) měřenou fotodiodami (EASTER, SPIES 1994, BATTAGLIA et al. 2003).

Kvalita přirozené obnovy je dána parametry prostředí; řada vitálních jedinců z přirozené obnovy v některých parametrech neodpovídá standardům kvality pro výsadby schopný sadební materiál uvedený v ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Důležitými se kvalitativní znaky jedinců buku z přirozené obnovy stávají nejen pro jejich další úspěšný růst na původním stanovišti, ale jsou i důležitým kritériem z hlediska lesního hospodáře pro potenciální vyzvedávání náletu za účelem dopěstování výsadby schopného

sadebního materiálu a jeho následnou výsadbu. Tento postup může zajistit chybějící reprodukční materiál místního původu vhodný pro vnášení buku v rámci podsadeb či vylepšování.

Cílem příspěvku je vyhodnotit vztah světla hodnocené metodou hemisférické fotografie k parametrům přirozené obnovy při horní hranici rozšíření buku v modelové horské oblasti Krkonoš a posoudit jakostní znaky semenáčků z hlediska možnosti vyzvedávání a použití pro umělou obnovu v jiných porostech.

## METODIKA

Výzkum zaměřený na hodnocení množství a kvality přirozené obnovy buku byl prováděn na výzkumné ploše Nad Benzinou 1 v Krkonoších. Plocha o velikosti 0,25 ha, nacházející se v nadmořské výšce 1 070 m (SZ svah o sklonu 27 %, 7K) byla založena v roce 1980 v 121letém (podle LHP) smrkobukovém porostu a spadá do série ploch zaměřených na sledování zdravotního stavu a vývoje porostů pod vlivem imisí (VACEK 1985, 1989). Na lokalitě se nacházejí nejvýše položené bukové porosty v Krkonoších, potažmo v České republice.

V roce 2005 bylo zopakováno vstupní měření porostu (stromová výška, výška nasazení koruny, tloušťka v prsní výšce a rozměry koruny) a výsledky publikovány (ŠPULÁK et al. 2007). Struktura porostu byla zpracována programem Silva Calc 2.0. V létě 2006 bylo v pravidelné síti 5 x 5 metrů (obr. 1a) provedeno zachycení světelných poměrů metodou hemisférické fotografie. V každém bodě ve výšce 1 m nad zemí byly vyfotografovány nejméně 2 snímky s mírně rozdílnou expozicí (fotoaparát Olympus C-750, Soligor Super Wide Fish Eye Lens 0.25 x). Hemisférické fotografie, minimálně dva snímky z každého bodu, byly vyhodnoceny programem Gap Light Analyser (verze 2.0, FRAZER et al. 1999). Celkem bylo vyhodnoceno 270 snímků. Pro kontrolu zpracování byly srovnávány parametry otevřenosti zápoje (Canopy Openness) mezi snímky ze stejného bodu: jestliže jejich rozdíl přesáhl 4 %, bylo vyhodnocení zopakováno. Výpočty byly zpracovány pro 16 azimutálních úhlů a 5 vertikálních okruhů.

Ve čtvercích 1 x 1 m se středem v každé měřicí pozici, přičemž hrany čtverců byly rovnoběžné s hranicemi výzkumné plochy, byl spočítán počet semenáčků a náhodně změřeno minimálně 8 zhruba průměrných jedinců (jako hodnocené veličiny byla zvolena výška a poslední 2 přírůsty). Celkem bylo změřeno 1 550 semenáčků. Následně byly ze středu každé plošky odebrány jeden až tři vzorníky buku včetně kořenového systému (celkem 85 analyzovaných vzorníků). Vzorníky byly analyzovány v akreditované Zkušební laboratoři školkařské kontroly ve VS Opočno podle rozšířené metodiky hodnocení sadebního materiálu. Zjišťované parametry byla výška, poslední přírůst, délka kořene, tloušťka kořenového krčku, objem a sušina nadzemní části, silných a jemných kořenů, sušina listů a deformace kořenů i nadzemní části. Byl zjišťován také věk semenáčků počítáním letokruhů na kořenovém krčku.

Grafické znázornění výpočtů bylo zpracováno pomocí programu GNUplot (verze 4.0). V průběhu zpracování byly hledány korelace mezi parametry přirozené obnovy a světelnou situací; korelace byly zpracovány v programu Excel.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Bukosmrkový porost na výzkumné ploše měl v roce 2005 hustotu 324 jedinců na hektar, podíl buku a smrků byl prakticky vyrovnaný. Průměrná tloušťka dosahovala 39,7 cm, výška 23,3 m, celková plocha korun byla 6 747 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (obr. 1a) a výčetní kruhová základna porostu 42,5 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (ŠPULÁK et al. 2007).

Na měřených čtvercích bylo celkem nalezeno 4 652 víceletých a 14 jednoletých semenáčků buku, 153 starších semenáčků smrku a 6 jedinců jeřábu. Průměrná hustota přirozené obnovy se tedy pohybovala kolem 465 tis. semenáčků buku a 15 tis. smrku na hektar. Variabilita hustoty však byla značná – počet bukových semenáčků na čtvercích kolísal od 0 (v 5 případech) po 204 na m<sup>2</sup>, u smrku od 0 (49 případů) po 23 na m<sup>2</sup>. Přestože smrk má v mateřském porostu srovnatelné zastoupení s bukem, jeho podíl v přirozené obnově je minimální. A to i přesto, že je považován v mládí za srovnatelně tolerantní k zastínění jako buk (např. OTTO 1994). Vliv na redukovaný výskyt smrku v následném porostu může mít jen postupně regenerující zhoršený zdravotní stav korun smrku, který více než buk trpěl v dobách zvýšené imisní zátěže (BURIÁNEK et al. 2004), a jeho dopad na snížení produkce semen a jejich klíčivost. V řadě evropských prací je v posledních letech popisována i tzv. invaze buku – schopnost buku v současné době přirozenou obnovou násobně předčít ostatní dřeviny smíšených porostů (např. STERBA, EKMÜLLNER 2008).

Průměrná výška bukové obnovy na ploše byla 23,1 cm (koeficient spolehlivosti - confidence 0,95), průměr na jednotlivých ploškách se pohyboval mezi 5,8 a 78,7 cm. Výška smrku dosahovala průměrně 16,0 cm (1,59) a kolísala mezi ploškami od 3,0 do 35,0 cm. Průměrný přírůst v roce 2006 u buku byl 3,4 cm (0,18), u smrku 2,7 cm (0,38).

Počty bukových semenáčků relativně dobře odpovídají rozložení korun mateřského porostu (obr. 1e). Polohy pod skupinkami smrku tíhnou k minimálním počtům, zatímco pod bukovými skupinami se vyskytují počty vyšší. Na výskyt, klíčení a přežívání semenáčků však kromě vzdálenosti od mateřského stromu má vliv mnoho dalších faktorů: konkrétní plodivost stromu, působení hlodavců, kvalita půdy, světelné poměry (TOPOLIANTZ, PONGE 2000). Vzhledem k tomu, že se výzkumná plocha nachází na mírném svahu, může pohyb sněhu a jarní tání ovlivňovat přenos (odnos) semen po svahu a akumulaci v terénních depresích a u terénních překážek (padlé kmeny). Takový odnos je patrný např. v pravé horní části výzkumné plochy (okolí bodu c9 – obr. 1e), kde úklon svahu na JV umožňuje splavení semen mimo plochu. Maximální počty semenáčků smrku byly soustředěny opět pod skupinu smrku na J plochy (ojediněle až 23 na m<sup>2</sup> v poloze g8), další výskyt byl velice sporadický, roztroušeně po ploše.

S polohou mezer v porostním zápoji korespondují místa s nejvyššími průměrnými výškami semenáčků buku (obr. 1f). Vztah absolutního i relativního průměrného přírůstu k polohám korun mateřského porostu je více méně nezávislý (obr. 1g). Také u smrkových semenáčků lze pozorovat vyšší průměrné výšky pod mezerami v porostním zápoji.

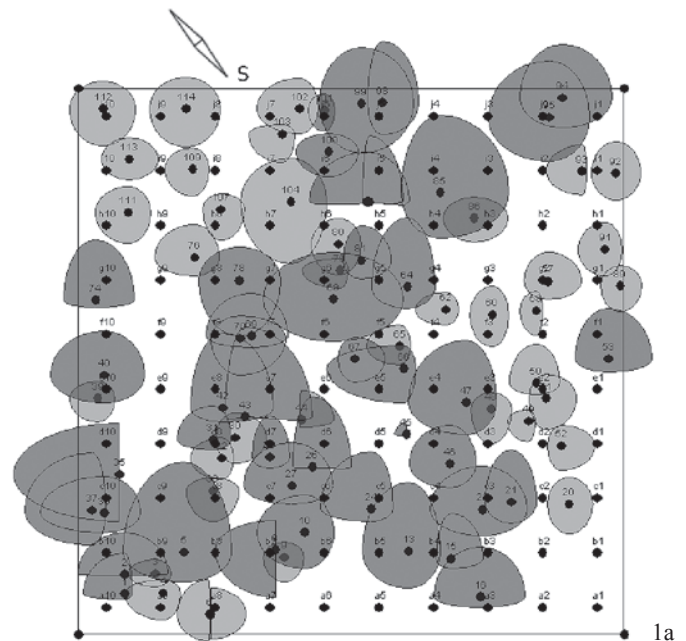
Na základě analýzy světelných poměrů bylo zjištěno, že se podíl otevřenosti zápoje (parametr Canopy Openness) na ploše, resp. na měřených bodech pohyboval mezi 7,5 a 26,2 % s nejčastějším rozmezím 14 až 16 %. Tento minimální rozptyl pouze velice omezeně vysvětloval variabilitu charakteristik přirozené obnovy buku (obr. 2). Byl zachycen pozitivní vztah průměrné výšky i průměrného přírůstu k otevřenosti zápoje. Výrazněji byl naznačen pokles

maximálního počtu semenáčků na jednotku plochy se zvyšující se otevřeností zápoje. Také MODRÝ et al. (2004) zjistil negativní vztah mezi otevřeností zápoje a průměrnou hustotou přirozené obnovy listnatých semenáčků. Jím prezentovaný graf má obdobný průběh a shodně nízký koeficient spolehlivosti. Důvod spatřuje ve zvyšující se konkurenci ostatní vegetace se zvyšující se ozářeností místa. Podíl buřeně na výzkumné ploše Nad Benzinou 1 však byl relativně malý a třtina křovištní (*Calamagrostis villosa* (CHAIX) J. F. GMELIN), jako nejvyšší konkurent ze zastoupených druhů, se vyskytovala převážně jen na nejméně otevřeném a pravděpodobně i vlhčím místě v širším okolí bodu f9 (viz obr. 1a). K rozrůstání třtiny na tomto místě však nejspíš došlo až po nasazení a částečné stabilizaci semenáčků buku, jak vyplývá z jeho relativně vysokého počtu o průměrné výšce 77 cm. MADSEN a LARSEN (1997) zjistili pozitivní korelaci mezi otevřením zápoje a rozkolísáním výškového přírůstu. Porovnání zápoje a směrodatné odchylky absolutního přírůstu v předkládané studii takový vztah naznačuje (obr. 2), v případě relativního přírůstu se však neprojevil.

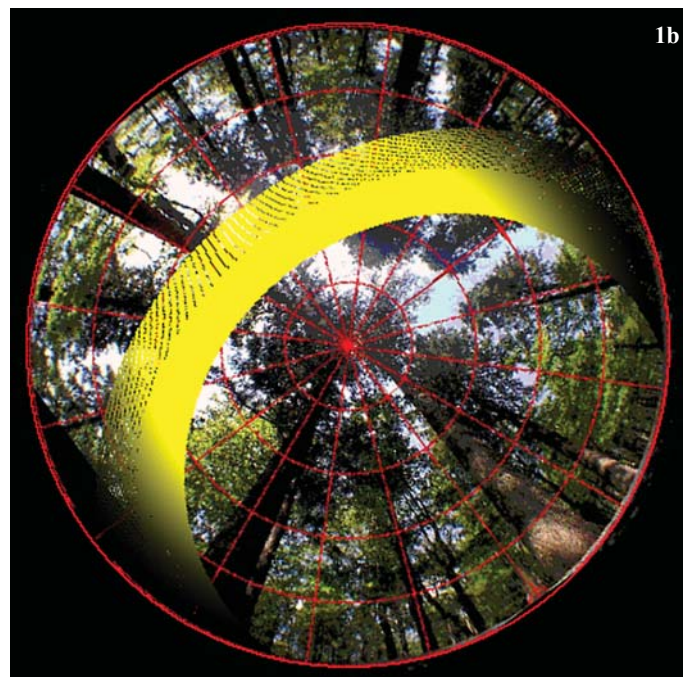
K rozličným závěrům ohledně průměrné výšky ve vztahu ke světlu s ohledem na půdní typ dospěl MODRÝ et al. (2004). Zatímco na ploše s rendzinou byl vztah výšek k otevřenosti zápoje pozitivní, plocha s kambizemí nevykazovala žádný trend. Relativně těsný pozitivní vztah mezi ročním výškovým přírůstem přirozené obnovy buku a relativní intenzitou světla pak popisují COLLET et al. (2001). V jejich studii však bylo sledované rozpětí intenzity světla více jak 50 % pouze v 7 stanovištních poměrech s relativně rovnoměrně rozloženými intenzitami. Podle PETERSE (1997) k nejlepší stabilizaci bukového náletu dochází při stínění 50% porostním zápojem. Konstatuje, že při zápoji více jak 75 % dochází k redukci výškového přírůstu, k přežívání však může docházet i v relativně temných porostních poměrech. SANIGA (1994) popisuje experiment ve středních polohách na Slovensku, při kterém došel k závěru, že stupeň clonění menší než 85 % vytváří předpoklad pro zabezpečení obnovy i při nezměněné cloně do 10 let.

Srovnáním vztahů modelem vypočítaných parametrů záření prostupujícího do porostu (difuzní, přímé, celkové) s parametry obnovy buku bylo zjištěno, že nejužší vztah k průměrné výšce, průměrnému přírůstu v roce 2006 (pozitivní), směrodatné odchylce přírůstu i k celkovému počtu semenáčků (negativní) má difuzní záření. Přesto koeficient spolehlivosti sledovaných vztahů byl nízký (max.  $R^2 = 0,152$ ). Bližší souvislost mezi růstem a difuzním zářením popisují také ISHIDA a PETERS (1998). KOIKE (1991 in ISHIDA, PETERS 1998) vyslovuje názor, že difuzní záření má bližší vztah k odezvě v parametrech přirozené obnovy proto, že je indikátorem ustálené úrovně záření, které je k dispozici stále. Naproti tomu přímé a celkové záření zahrnují také tu část záření, kterou stromy nejsou schopny využít, protože je příliš intenzivní a na které reagují fotoinhibičně (např. EINHORN et al. 2004). Vysoce průkazný pozitivní vztah poměru difuzního záření k záření na volné ploše (Diffuse Site Factor, DSF), vypočítaného analýzou hemisférické fotografie, a celkové výšky a výškového přírůstu bukových podsadeb do smrkového porostu popisuje GRALLA et al. (1997). Zpracoval sedm výzkumných ploch s rozmezím parametru DSF 1 až 40 %, což je opět výrazně vyšší rozmezí a nižší počet hodnocení než v předkládané studii, a mohlo to mít vliv na lepší vyhodnotitelnost.

Výraznější korelace otevřenosti zápoje (ale i prostupujícího difuzního záření) a sledovaných parametrů obnovy nebylo dosaženo ani při posuzování jednotlivých sektorů oblohy podle světových stran (S, J, V, Z i SV, JV, JZ, SZ). Nejvyšší korelace s parametry



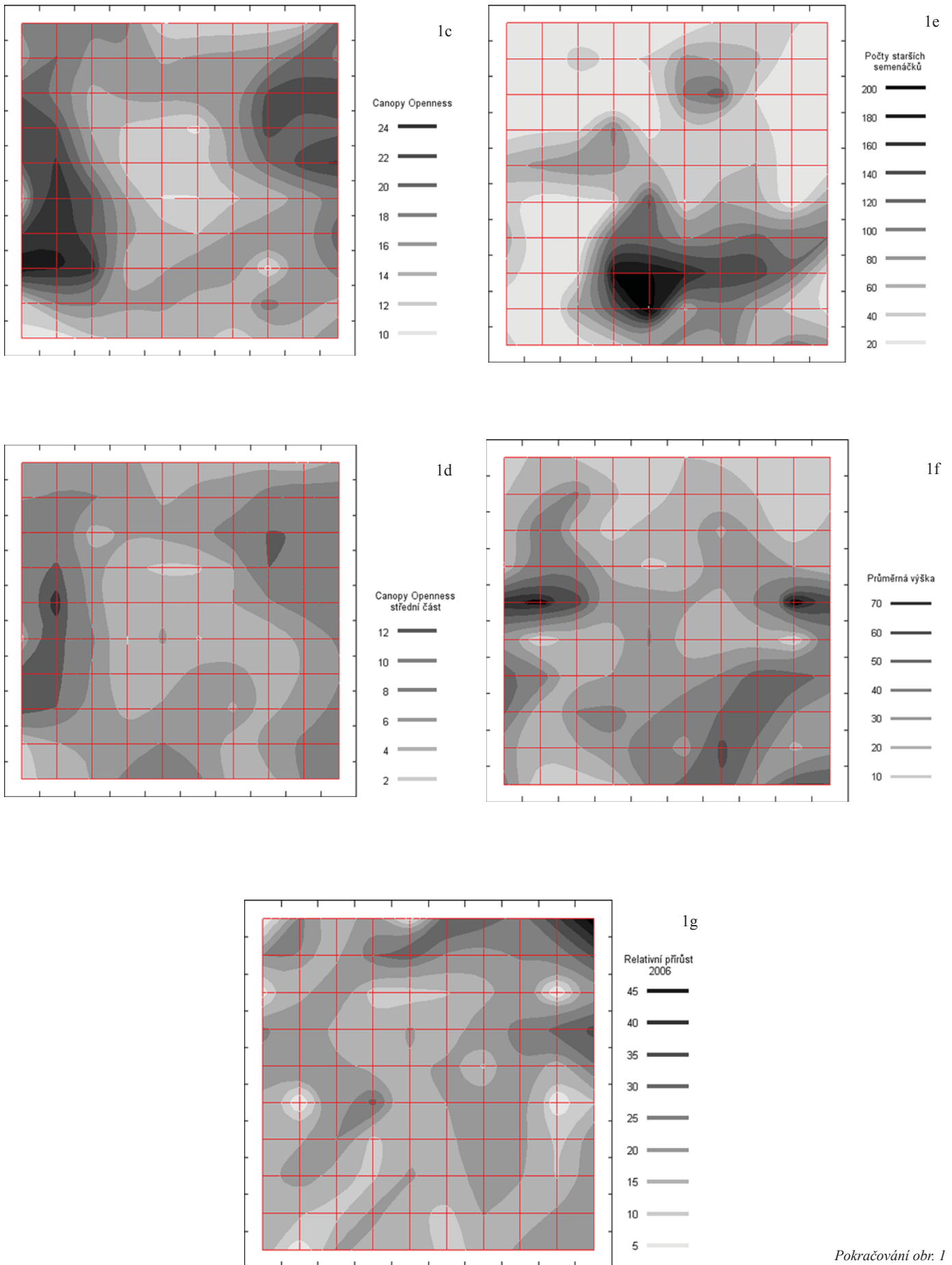
1a



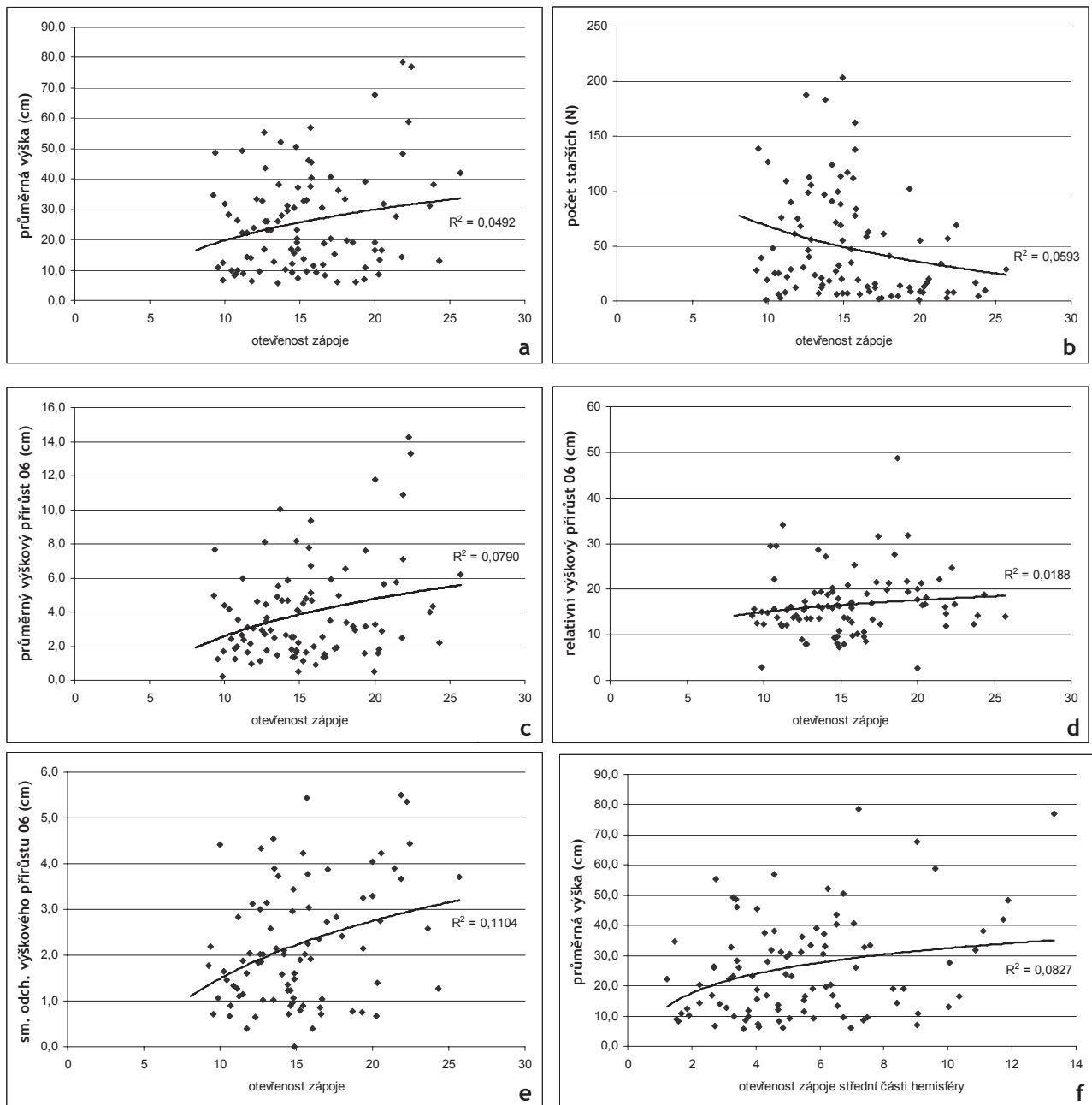
1b

**Obr. 1.**

Korunové projekce buku (tmavě šedá) a smrku (světle šedá) na výzkumné ploše v roce 2006 a pozice bodů zájmu (a), cesta pohybu Slunce (sunpath) na lokalitě za vegetační dobu (b), hypsogram otevřenosti zápoje celé hemisféry - % (c) a střední části korunového prostoru – více než 63 vertikálních stupňů - % (d), hypsogram počtu (e), průměrných výšek – cm (f) a průměrných relativních výškových přírůstů – % (g) starších bukových semenáčků na výzkumné ploše  
Crown projection of beech (dark grey) and spruce (light grey) on the research plot in 2006 with positions of interest (a); sunpath of vegetation period (b); hypsogram of the canopy openness of the crown hemisphere - % (c) and central part of the crown hemisphere (more than 63° of zenith – d); hypsogram of the number (e), mean height – cm (f) and mean relative height increments – cm (g) of older beech seedlings on the research plot



*Pokračování obr. 1*

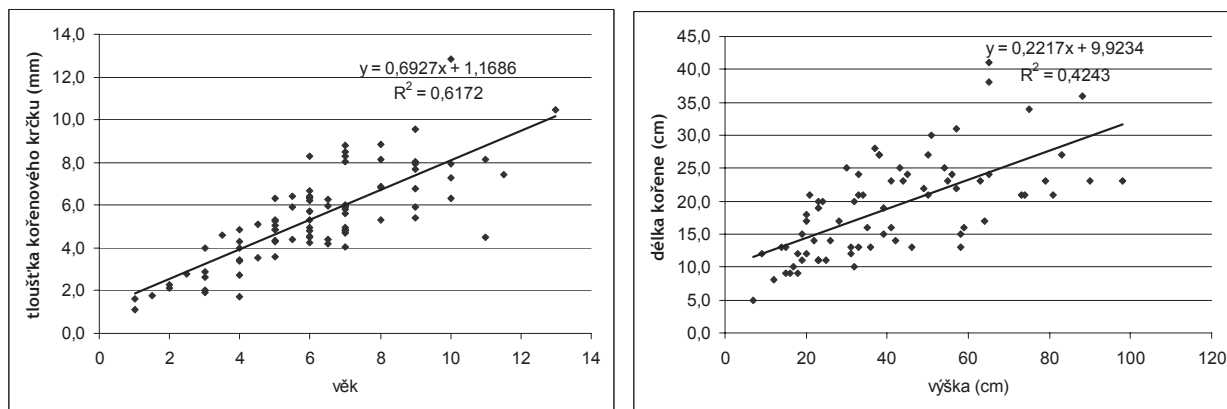


**Obr. 2.**

Vztahy mezi celkovou otevřeností zápoje (Canopy Openness) a průměrnou výškou bukových semenáčků (a), počty starších semenáčků (b), průměrným absolutním (c) a relativním (d) výškovým přírůstem v roce 2006 a směrodatnou odchylkou výškového přírůstu v roce 2006 (e) na měřicích ploškách a vztah průměrné výšky k otevřenosti zápoje střední části hemisféry (nad 63 vertikálních stupňů – f) Relations of Canopy Openness (CO) and mean height of beech seedlings (a), number of older seedlings (b), absolute (c) and relative (d) height increment in 2006 and standard deviation of height increment in 2006 (e) on the research spots; relation of the mean height of the seedlings and CO of the central part of the crown hemisphere (more than 63° – f)

obnovy byla nalezena mezi otevřeností zápoje pouze pro střední část hemisféry (nad 63 vertikálních stupňů) – obr. 2f. Z toho vyplývá, že, minimálně v takto stinných poměrech, přirozenou obnovu ovlivňuje nejvíce centrální část oblohy nad ní, resp. pravděpodobně prostor zenitu, kterým prochází přímé záření (obr. 1b). I přesto je rozpětí otevřenosti zápoje 20 % pro výraznější korelaci s parametry odrůstání přirozené obnovy buku velice omezené.

Průměrná výška analyzovaných vzorků semenáčků buku (40,5 cm) byla vyšší než průměrná výška všech měřených semenáčků buku na ploše, průměrný přírůst činil 6,5 cm. Bylo to způsobeno přednostním výběrem jedinců „vysadbyšopných rozměrů“ (nejvyšší vzorek měl 98 cm). Průměrný věk vzorků buku byl 6 let, rozpětí se pohybovalo mezi 1 a 13 roky. Vzhledem k jinak náhodnému výběru lze předpokládat, že toto rozpětí reprezentuje celou



Obr. 3.

Vztah věku a tloušťky kořenového krčku (a) a výšky a délky kořene (b) u vzorníků přirozené obnovy buku  
Relation of age and root collar diameter (a) and height and length of root (b) of beech seedlings

výzkumnou plochu. Podle předpokladu byla korelace výšky s věkem minimální ( $R^2 = 0,550$ ), o něco bližší byla souvislost s tloušťkou kořenového krčku (obr. 3a). Vztah mezi výškou semenáčku a délkou hlavního kořene byl velice volný (obr. 3b). U 9 % semenáčků došlo při vyzvedávání k přetržení křivého kořene, z nich polovina měla na vyzvednuté části křivého kořene zjištěnou deformaci. Sušina listů neměla žádný vztah k absolutnímu či relativnímu výškovému přírůstu, což nepřímo potvrzuje konkrétní adaptaci fyziologické aktivity asimilačního aparátu na konkrétní světelné poměry stanoviště (např. TOGNETTI et al. 1997).

Z hlediska kvality požadované pro výsadbyschopný sadební materiál (norma ČSN 48 2115) lze konstatovat, že u některých parametrů vyzvednuté semenáčky splňovaly daná kritéria pouze částečně. U 15,3 % byla popsána deformace nadzemní části (zmnožení terminálu, ojediněle zlomený terminál) a u 3,5 % poškození kmínku. Četnost dvojáků a trojáků byla obdobná. Nebyl nalezen žádný vztah mezi deformacemi nadzemní a podzemní části semenáčků. U semenáčků ve výškové kategorii 26 - 35 cm měla čtvrtina hodnocených jedinců podíl objemu jemných kořenů k objemu celého kořenového systému nižší, než stanovují standardy podle ČSN 48 2115 (10 %). Norma pravděpodobně pro tuto kategorii semenáčků počítá raději s vyšším podílem jemných kořenů tak, aby byla lépe zajištěna jejich výživa po výsadbě. U semenáčků vyšších než 35 cm už tento poměr většinou přesahoval minimální hodnotu udávanou v normě (5 %) několikanásobně. Semenáčky nad 26 cm výšky (srovnatelné se standardními semenáčky) také vesměs měly normě odpovídající tloušťku kořenového krčku (více jak 4, resp. 5 mm). Vzorníky vykazovaly ve všech případech větší objem kořenového systému oproti objemu nadzemní části, než je minimálně přípustný pro srovnatelný sadební materiál.

Podle kritérií ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin se u 36,5 % semenáčků vyskytovala deformace kořenového systému (nepřiběžnost osy, odchylky směru růstu, zvlnění). Oproti sadebnímu materiálu pěstovanému ve školkách však nelze menší deformace u semenáčků z přirozeného zmlazení považovat vždy za nedostatek vedoucí k vysoké pravděpodobnosti snížené vitality či nestability jedince. Tvar kořenového systému je dán sklonem svahu, kamenitostí a pohybem sněhové vrstvy v průběhu zimního období a v zásadě ho můžeme chápat jako růstovou adaptaci na konkrétní mikrostanoviště.

Díky relativně vysoké pomístní hustotě přirozené obnovy pak lze předpokládat včasné prosazení jedinců s vyvinutějšími kořeny. Například NÖRR (2003) sledoval deformace kořenů přirozené obnovy hlavních listnáčů (buk, dub, javor a jasan) v Bavorsku. Zjistil deformace kořenů u 21 % jedinců z přirozeného zmlazení (v porovnání se 70 % výskytu deformací u jedinců vysazených). MAUER a PALÁTOVÁ (1996) popisují značný podíl kořenových deformací také u smrku z přirozené obnovy.

Deformace nadzemní části lze, podobně jako výskyt vícečetných vrcholů, úspěšně redukovat v rámci prvních výchovných zásahů. Problém tvaru kořenů se však stává klíčovým v případě využití náletu jako materiálu pro výsadby do okolních porostů. V tomto případě je třeba, aby, pro zajištění kvality výsadeb, jedinci vykazovali základní znaky odpovídající standardům ČSN 48 2115. Po vyzvednutí, případně po krátkodobém dopěstování je tento sadební materiál vysazován na rozličná mikrostanoviště. Při dodržení technologie výsadby musí být stromky připraveny na adaptaci bez nepříznivých parametrů kvality, které by mohly být překážkou úspěšného odrůstání a kvality nově zakládaných porostů. Už při vyzvedávání je tedy třeba s výskytem deformací počítat a vhodnou selekcí a následnou volbou technologie výsadby zamezit ohrožení vývoje a stability výsadeb.

## ZÁVĚR

Výzkumem přirozené obnovy smrkobukového porostu při horní hranici rozšíření buku v Krkonoších bylo zjištěno, že otevřenost zápoje (Canopy Openness) v rozmezí 8 až 26 % dává dostatečné předpoklady pro nástup a udržení přirozené obnovy buku a redukci konkurence buňeně. Pro výraznější stabilizaci a odrůstání by bylo potřeba větší rozvolnění zápoje (50 - 70 %). Nejvíce parametry obnovy korelovaly s charakteristikou difuzního záření a s otevřeností zápoje centrální části korunového prostoru. Kromě světla i další parametry (variabilita terénu, vrstva humusu, vlhkost půdy, skeletovitost, konkurence buňeně atd.) významně ovlivňují přirozenou obnovu mikrostanoviště. V případě vyzvedávání semenáčků za účelem podsadeb či výsadeb autochtonního materiálu do okolních porostů, případně pro dopěstování ve školce, je třeba počítat s rizikem výskytu defor-

mací kořenového systému (v našich pokusech u cca 35 % jedinců). Deformace kořenů nemají přímou vazbu na netvárnost nebo růstové anomálie nadzemní části. U semenáčků do 35 cm pak přibývá nebezpečí zvýšeného podílu jedinců s malým objemem jemných kořenů (v naší studii cca u 25 % jedinců). Semenáčky ve vyšších výškových kategoriích většinou lépe splňují parametry kvality podle ČSN 48 2115, proto jsou i vhodnější pro případné vyzvedávání a použití pro umělou obnovu lesa. Pro možnost většího zobecnění získaných výsledků si daná problematika заслужuje další výzkum.

#### Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZE č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

## LITERATURA

- AGESTAM E., EKÖ P.-M., NILSSON U., WELANDER N. T. 2003. The effect of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 176: 61-73.
- BATTAGLIA M. A., MITCHELL R. J., MOU P. P., PECOT S. D. 2003. Light transmittance estimates in a longleaf pine woodland. *Forest Science*, 49: s. 752-762.
- BRUNNER A. 1994. Die Entwicklung von Bergmischwaldkulturen in den Chiemgauer Alpen und eine Methodenstudie zur ökologischen Lichtmessung im Wald. *Forstliche Forschungsberichte München*, 128: 262 s.
- BURIÁNEK V., FABIÁNEK P., FADRHOŇSOVÁ V., HADAŠ P., IVANEK O., JAČKA J., LOCHMAN V., LOMSKÝ B., STOKLASA M., ŠINDELÁŘ J., ŠRÁMEK V., UHLÍŘOVÁ H., VANČURA K., VAVŘÍČEK D., VEJPUŠKOVÁ M. 2004. Monitoring stavu lesa v České republice. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 431 s.
- COLLET C., LANTER O., PARDOS M. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science*, 58: 127-134.
- ČSN 48 2115: Česká technická norma ČSN 48 2115 - Sadební materiál lesních dřevin
- EASTER M. J., SPIES T. A. 1994. Using hemispherical photography for estimating photosynthetic photon flux density under canopies and in gaps in Douglas-fir forests of the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 2050-2058.
- EINHORN K. S., ROSENQVIST E., LEVERENZ J. W. 2004. Photoinhibition in seedlings of *Fraxinus* and *Fagus* under natural light conditions: implications for forest regeneration? *Oecologia*, 140: 241-251.
- EMBORG J. 1998. Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 106: 83-95.
- FRAZER G. W., TROFYMOW J. A., LERTZMAN K. P. 1997. A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. *Canadian Forest Service, Forest Ecosystem Processes Network*, 81 s.
- FRAZER G., CANHAM C., LERTZMAN K. P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA). Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs. Users manual and program documentation. Millbrook – New York, Institute of Ecosystem Studies, 1997, 36 s.
- GRALLA T., MÜLLER-USING B., UNDEN T., WAGNER S. 1997. Über die Lichtbedürfnisse von Buchenvoranbauten in Fichtenbaumhölzern des Westharzes. *Forstarchiv*, 68: 51-58.
- HARDY J. P., MELLOH R., KOENIG G., MARKS D., WINSTRAL A., POMEROY J. W., LINK T. 2004. Solar radiation transmission through conifer canopies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 126: 257-270.
- ISHIDA M., PETERS R. 1998. Effects of potential PAR on shoot extension in juveniles of the main tree species in a Japanese temperate forest. *Ecological Research*, 13: 171-182.
- MADSEN P. 1995. Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech *Fagus sylvatica*. *Forest Ecology and Management*, 72: 251-264.
- MADSEN P., LARSEN J. B. 1997. Natural regeneration of beech *Fagus sylvatica* L. with respect to canopy density, soil moisture and soil carbon content. *Forest Ecology and Management*, 97: 95-105.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 1996. Morfogeneze kořenového systému smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.) z přirozeného zmlazení do 30 let věku porostu. *Lesnictví – Forestry*, 42: 116-127.
- MODRÝ M., HUBENÝ D., REJŠEK K. 2004. Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology and Management*, 188: 185-195.
- NÖRR R. 2003. Wurzeldeformationen - ein Risiko für die Bestandesstabilität? *Forstliche Forschungsberichte München*, 195: 196 s.
- OTTO H.-J. 1994. *Waldökologie*. Stuttgart, Ulmer: 391 s.
- PETERS R. 1997. *Beech Forests*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers: 169 s.
- RICH P. M. 1990. 2. Characterizing plant canopies with hemispherical photographs. *Remote Sensing Reviews*, 5: 13-29.
- SAGHEB-TALEBI K. 1996. Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwüchsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Zürich, Schweizerischer Forstverein: 219 s.
- SANIGA M. 1994. Vplyv clony materského porastu na počiatkové fázy prirodzenej obnovy buka. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen-Slovakia*, XXXVI: 117-125.
- ŠTERBA H., ECKMÜLLNER O. 2008. Invasion of beech (*Fagus sylvatica* L.) in conifer forests – five case studies in Austria. *Austrian Journal of Forest Science*, 125: 89-101.
- SWAGRZYK J., SZEWCZYK J., BODZIARCZYK J. 2001. Dynamics of seedling bank in beech forest: results of a 10-year study on germination, growth and survival. *Forest Ecology and Management*, 141: 237-250.
- ŠINDELÁŘ J. 1993. Přirozená obnova, základní opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů buku lesního. *VÚLHM, TEI pro lesnickou praxi*, č. 1, 11 s.
- ŠPULÁK O. 2008. Natural regeneration of beech and competition from weed in the summit part of the Jizerské hory Mts. (Czech Republic). *Austrian Journal of Forest Science*, 125: 79-88.
- ŠPULÁK O., JURÁSEK A., VACEK S. 2007. Smrkobukové výzkumné plochy Nad Benzinou 1 a 2 po 25 letech. *Opera Corcontica*, 44/2: 511-516.

- TOGNETTI R., JOHNSON J. D., MICHELOZZI M. 1997. Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. I. Interactions between photosynthetic acclimation and photoinhibition during simulated canopy gap formation. *Physiologia Plantarum*, 101: 115-123.
- TOPOLIANTZ S., PONGE J.-F. 2000. Influence of site conditions on the survival and growth of *Fagus sylvatica* seedlings in an old-growth beech forest. *Journal of Vegetation Science*, 11: 396-374.
- VACEK S. 1985. Výzkum struktury, růstu a vývoje ochranných lesů v horských polohách. – Ms. Závěrečná zpráva. Opočno, VÚLHM VS: 94 s., 278 s. příl.
- VACEK S. 1989. Dynamika změn ve smrkobukových porostech pod vlivem imisí. [Dynamics of changes in spruce and beech stands exposed to influence of air pollution.] *Práce VÚLHM*, 74: 239-276.

## QUALITY AND QUANTITY OF THE BEECH NATURAL REGENERATION IN RELATION TO LIGHT CONDITIONS OF THE PARENT FOREST STAND

### SUMMARY

In 2006 natural regeneration of beech was analyzed on the research plot situated near the upper limit of the beech occurrence in the Krkonoše Mts. (1,070 m a. s. l., 0.25 ha, NW slope of 27%). The research plot was established in the mature beech with spruce forest stand in 1980 with the aim to monitor stand development. In 2005, initial structural analysis of the parent forest was repeated. In 2006 light conditions by the method of hemispherical photography were analyzed in the regular network of 5 x 5 m. Images were processed by Gap Light Analyzer 2.0 software. At the same positions, number of seedlings, their heights and the latest 2 height increments were measured in the area of 1 square meter. Afterwards one to three average complete (with roots) sample seedlings were removed from each position. Samples were analyzed in accordance with extended methodology of planting stock proving (Czech technical standard ČSN 48 2115 - Planting material of the forest tree species). The monitored parameters were: tree height, latest increment, root length, root collar diameter, volume and dry matter of shoots, thick and thin roots, dry matter of leaves and presence of root or shoot deformations. Age of seedlings was assessed by counting of tree rings on the root collar. For graphical expression of the outcomes, GNUplot software was used.

The research showed that canopy openness of 8% to 26% in the upper mountain location makes sufficient conditions for initiation and sustaining of the beech natural regeneration with low competition of forest weed. For successful growth of beech seedlings, more reduced canopy is needed. The highest correlation of parameters of the natural regeneration was found with the amount of diffuse radiation and with the canopy openness of the central part of the crown hemisphere. Besides light, natural regeneration is influenced by other microsite factors (variability of terrain, humus layer, soil moisture, soil skeleton, weed competition, etc.). In case of lifting of seedlings for the purposes of underplanting or further cultivation of autochthonous material in forest nurseries, deformations of root system should be considered. About 35% of seedlings of our trial had deformations of roots, with no relations to their above-ground growth abnormality. Small seedlings (up to 35 cm of height) have higher risk of lower volume of fine roots (in our study about 25% of seedlings). Higher seedlings mostly better fulfill parameters of quality defined by Czech technical standard ČSN 48 2115, therefore they are more suitable for lifting and usage for artificial regeneration. Nevertheless, for wider generalization of the outcomes further research is needed.

Recenzováno

---

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno  
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika  
tel.: 494 668 391; e-mail: spulak@vulhmop.cz