

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

SVAZEK 51

ČÍSLO 4/2006

Vydává Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady, ISSN 0322-9688

Vedoucí redaktorka: Ing. J. Danysová. Předseda ediční rady: Doc. RNDr. B. Lomský, CSc. Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková.

Vychází čtvrtletně. Adresa redakce: VÚLHM Strnady, 156 04 Praha 5 - Zbraslav, tel. 257 892 222, 257 923 140, fax 257 921 444, e-mail: krupickova@vulhm.cz, http://www.vulhm.cz

OBSAH – CONTENT

IVAN KUNEŠ - EVA VYKYPĚLOVÁ - JANA MÖLLEROVÁ - JANA ŠEDLBAUEROVÁ - HANA FRITSCHEROVÁ - JANA KOHOUTOVÁ - TEREZA BENEŠOVÁ - JIŘÍ ZADINA Bylinné patro v rámci výsadby smrku ztepilého na chemicky meliorovaných plochách horského imisního stanoviště Jizerka Herb layer community under a young Norway spruce plantation and its response to chemical amelioration at the Jizerka air-polluted mountain site	219
VILÉM PODRÁZSKÝ - JIŘÍ REMEŠ - IVA ULBRICHOVÁ Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu Regeneration rate of forest soils in mountain position from the point of view of the surface humus	230
JIŘÍ ŠINDELÁŘ - FRANTIŠEK BERAN - JOSEF FRÝDL - PETR NOVOTNÝ K možnostem lesnického využití některých cizokrajných druhů rodu <i>Abies</i> v ČR na základě hodnocení jejich růstu na lokalitě Jíloviště - Cukrák ve věku 30 let An appraisal of the suitability of exotic <i>Abies</i> species for use in forestry within the Czech Republic, based on evaluation of growth characteristics in the Jíloviště - Cukrák locality at the age of 30 years	235
PAVLÍNA MÁCHOVÁ - HELENA CVRČKOVÁ - JANA MALÁ Genové manipulace lesních dřevin Gene manipulation of forest tree species	243
MICHAL KŘEPELA - RUDOLF PETRÁŠ Faktorový tvarový model a objem kmene modřínu opadavého (<i>Larix decidua</i> MILL.) Factor shape model and stem volume of European larch (<i>Larix decidua</i> MILL.)	250
ALEŠ KOBYLKA Certifikace spotřebního řetězce dřeva Chain of wood custody	258
JIŘÍ OLIVA Vliv státu na vlastnictví lesů Influence of state on forest ownership	265
PAVEL SAMEC Analýza paleoklimatických časových řad pro hodnocení recentní změny klimatu na vybraných lokalitách severoatlantické části Evropy a Českého masivu Analysis of paleoclimatic time series for evaluation of recent climate change on European North Atlantic Region and Bohemian Massif selected localities	272
VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ - FRANTIŠEK SOUKUP Houby vázané na kořenové systémy: metodické přístupy ke studiu. Review Study of root fungi: methodical approach. Review	279
LESNICKÉ AKTUALITY – CURRENT CONTENTS	287
• Ekologické a pěstební principy pro podsadbu buku pod mateřský porost smrku ztepilého Ecological and silvicultural bases for underplanting beech below Norway spruce shelterwood	287
• Intensita probírek a růst smíšených smrkovo-březových porostů na odvodněných rašeliníštích ve Finsku Thinning intensity and growth of mixed spruce-birch stands on drained peatlands in Finland	287
• Výsadba klonů hybridní osiky v létě Field performance of hybrid aspen clones planted in summer	288
• Vliv nízké půdní teploty na březové odrostky Responses of silver birch saplings to low soil temperature	288
• Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností Stabilisation of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity	288

BYLINNÉ PATRO V RÁMCI VÝSADEB SMRKU ZTEPILÉHO NA CHEMICKY MELIOROVANÝCH PLOCHÁCH HORSKÉHO IMISNÍHO STANOVIŠTĚ JIZERKA

Herb layer community under a young Norway spruce plantation and its response to chemical amelioration at the Jizerka air-polluted mountain site

Abstract

The object of this study is to assess a response of the herb layer community to a precisely applied liming on a formerly clear-felled and replanted patch in the air-polluted Jizerské hory Mts. The species composition and percentage cover share of particular plants in the herb layer were recorded and evaluated. The attention was, nonetheless, mainly focused on the quantity and chemical composition of biomass accumulated by the *Calamagrostis villosa* /CHAIX/ J. F. GMELIN and *Avenella flexuosa* /L./ DREJER, the dominant herbaceous species in the site. The obtained results indicate that liming in spite of its precise application might influence herb layer to a certain extent. However, the location of the particular monitoring plots within the site and their morphological and microclimatic variability play a decisive role. As far as the two dominant grasses and their response to liming are concerned, *Calamagrostis villosa* seems to have increased its cover share mainly at expense of *Avenella flexuosa* in the limed variants. On the other hand, the biomass and nitrogen accumulation ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) by stand of *Calamagrostis villosa* seems to be lower in the limed variants compared to stands of the same species in the control.

Klíčová slova: Jizerské hory, chemická meliorace, vápnění, bylinné patro, travinná společenstva, biomasa

Key words: Jizerské hory Mts., chemical amelioration, liming, herb layer, grass communities, biomass

Úvod

Výzkumná plocha Jizerka byla založena s cílem získání nových, experimentálně podložených, poznatků o prosperitě dřevin potenciálně vhodných pro obnovu lesních porostů v silně nepříznivých růstových podmínkách imisních kalamitních holin (BALCAR, PODRÁŽSKÝ 1994, BALCAR 1998).

Výsadbové pokusy, v jejichž rámci byla zpracována předkládaná studie, jsou zaměřeny na sledování a vyhodnocování vlivu vápnění na vývoj kultur smrku ztepilého a na půdu.

Dosud byla dlouhodobě a kontinuálně prováděna měření základních dendrometrických charakteristik vysazených dřevin, zaznamenávána mortalita výsadeb a (obvykle ve víceletých intervalech) rovněž hodnocen stav výživy smrkových kultur a chemismus půdy (KUC 2000, KUNEŠ 2001, 2003). V roce 2003 byl v jedné z nejstarších pokusných výsadeb smrku ztepilého na ploše Jizerka proveden první výchovný zásah. Tento výchovný zásah dal podnět k vypracování několika studií snažících se zhodnotit účinek meliorace z nových úhlů pohledu. Předkládaná práce je jednou z nich.

Cílem práce je podat informaci o druhovém složení bylinného patra pod mladými smrkovými výsadbami na kontrolních a vápněných plochách a pokusit se posoudit význam rozdílů mezi kontrolou a vápněnými variantami v kontextu s odlišnostmi, které jsou dány variabilitou reliéfu a mikroklimatu mezi jednotlivými šetřenými plochami. Hlavní pozornost je nicméně zaměřena na množství, distribuci a chemické složení biomasy dvou dominantně zastoupených bylinných druhů na šetřených plochách: *třtiny chloupkaté* (*Calamagrostis villosa*) a *metličky křivolaké* (*Avenella flexuosa*).

Práce by tak měla přispět k doplnění informací jednak o vlivu cílené chemické meliorace na stanoviště a jednak o roli bylinného patra v komplexu meliorovaných výsadeb.

Metodika

Rozvržení experimentu, charakteristika stanoviště a vybraných výsadeb

Experimentální výsadby vybrané pro šetření spojená s předkládanou studií se nacházejí na výzkumné ploše Jizerka (VÚLHM), která je situována na vrcholu a v horní části jihozápadního svahu Středního Jizerského hřebene v nadmořské výšce 940 až 980 m. Lokalita je řazená do lesního typu kyselá smrčina třtinová (8K2) a pásma ohrožení imisemi B. Průměrná roční teplota je zde 5,2 °C a celkové roční srážky činí 1 089 mm (BALCAR 2002). Půdní typ zde představuje horský humusový podzol, který ve vrcholové části výzkumné plochy přechází v podzol rašelinný. Geologickým podkladem stanoviště je biotitická žula.

Pro šetření stavu bylinného patra a odběr vzorků travní biomasy byly vybrány výsadby smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ KARST.) z roku 1991 a 1993, v jejichž rámci jsou vedle kontrolních ploch založeny i varianty s aplikací dolomitického vápence.

Z hlediska polohy se hodnocené výsadby nalézají ve dvou různých výškových úrovních. Výsadba z roku 1991 je umístěna ve svahu hřebene (dolní lokalita) ve výšce přibližně 960 m n. m., výsadba z roku 1993 se nachází na vrcholu hřebene (horní lokalita) ve výšce cca 980 m n. m. Horizontálně jsou od sebe výsadby vzdáleny asi 150 m.

Přestože výsadby nejsou od sebe příliš vzdáleny a celá lokalita výzkumné plochy spadá do jednoho lesního typu, existují mezi stanovišti obou výsadeb rozdíly. Stanoviště smrkové výsadby z roku 1991 je vzhledem ke své poloze ve svahu hřebene přeci jen méně klimaticky exponováno než stanoviště výsadby z roku 1993 situované na vrcholu hřebene. Rozdíly jsou i v půdě. Na níže položeném svahovém stanovišti byla půda určena jako horský humusový podzol, na vrcholu hřebene ale půdní typ přechází v podzol rašelinný. Svrchní část profilu půdy na místě výsadby z roku 1991 byla v roce 1993 popsána následovně: horizont L byl integrován do travního drnu, následoval horizont F s určitou příměsí H (0 - 5 cm), vlastní horizont H (5 - 10 cm) a horizont Aeh (10 - 22 cm). Na hřebenové lokalitě byla svrchní vrstva půdy v roce 2003 popsána ná-

sledovně: horizont L integrovaný do travního drnu (0 - 2 cm), horizont F (2 - 5 cm), přechodový horizont Fh (5 - 8 cm), horizont H (8 - 12 cm), horizont Ah (12 - 13 cm).

Obě vybrané výsadby byly založeny analogickým způsobem. Pros- tokořenné sazenice smrku byly vysazeny ve sponu 2 x 1 m na čtvercové plochy o rozloze 100 m², tj. na každý arový čtverec připadalo 50 ks stromků. Každá varianta v rámci dané výsadby sestává minimálně ze dvou čtvercových ploch, které představují jednotlivá opakování.

Výsadba z roku 1991 zahrnuje kromě kontroly dvě vápněné varianty. Jedná se o jamkově vápněnou variantu (varianta „jamka“), kde byl u každého stromu promíšen 1 kg vápence s půdou v jamce o velikosti 35 x 35 x 25 cm při zakládání kultury, a dále o povrchově vápněnou variantu (varianta „povrch“), v rámci níž byl vápenec rovněž v dávce 1 kg na stromek ihned po výsadbě rozptýlen do kruhů o průměru 1 m se středy v místech stromků.

Výsadba z roku 1993 má kromě kontroly pouze jamkově vápněnou variantu, přičemž způsob aplikace a dávkování vápence jsou shodné jako u dolní výsadby.

Volba výsadeb pro šetření stavu bylinného patra a biomasy trav umožňuje jak srovnání různých způsobů aplikace mezi sebou i vůči kontrole, tak i vzájemné porovnání dolní a horní lokality, které se liší půdně a patrně i mikroklimaticky.

Evidence druhové skladby a pokryvnosti

V roce 2003 byla u horní výsadby z roku 1993 vybrána jedna arová plocha z kontrolní varianty a jedna arová plocha z varianty s jamkovou aplikací vápence pro každoroční sledování vývoje bylinného patra. U dolní výsadby z roku 1991 byla v roce 2005 určena pro každou variantu (kontrola, povrch, jamka) trojice ploch k monitorování stavu bylinného patra. V dolní výsadbě tedy bylo sledováno celkem 9 ploch.

Na vybraných arových plochách byl v případě horní výsadby v letech 2003, 2004 a 2005 a v případě dolní výsadby v roce 2005 proveden soupis zastoupených druhů rostlin a zaznamenána jejich pokryvnost na ploše v procentech (sledované plochy nejsou dle názoru autorů dostatečně velké pro zaznamenání pokryvnosti podle BRAUN-BLANQUETA). Zastoupené bylinné druhy byly evidovány koncem července v rámci letního aspektu, tedy v období největšího rozvoje porostu. Taxonomická nomenklatura byla zpracována podle KUBÁTA (2002). V celkové charakteristice ploch byl zachycen i výskyt zbytků dřevní hmoty (pařezy, ležící větve).

I když zmíněná šetření bylinného patra mají spíše doplňující charakter a byla prováděna jen na malých plochách, autoři se je nakonec rozhodli do této práce zahrnout. Vlivu chemické meliorace na bylinné patro rostlinného společenstva totiž na výzkumné ploše Jizerka nebyla, s výjimkou víceméně interní studie VYKYPĚLOVÉ a KUNEŠE (2004), dosud věnována žádná práce a nebyly tedy v tomto ohledu k dispozici citovatelné informace. Údaje získané během tříletého období přitom naznačují určité zajímavé rozdílnosti, jejichž ověření podrobnějším výzkumem v budoucnu by mohlo výrazně prohloubit naše znalosti týkající se možných účinků vápnění na ekosystém a jeho diverzitu.

Odběr vzorků travní biomasy

Ve druhé polovině července 2005 byly z bylinného patra horní a dolní výsadby odebrány vzorky porostů dvou dominantních druhů, třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) a metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*). Vzorky se odebíraly pouze z čistých homogenních porostů daného druhu. Biomasa trávy *Calamagrostis villosa* se odebírala v horní i dolní výsadbě vždy ze všech variant, vzorky biomasy druhu *Avenella flexuosa* se v horní i dolní variantě odebíraly pouze na kontrole, protože

na vápněných variantách tato tráva nevytvářela dostatečně velké plošky homogenních porostů. Každý odběr vzorku travní biomasy jednoho druhu byl pokud možno umístěn na jiné opakování dané varianty.

Na lokalitě výsadby z roku 1993 byly u druhu *Calamagrostis villosa* odebrány celkem 3 vzorky nadzemní biomasy a stejné množství vzorků kořenů z kontrolní varianty a dále 3 vzorky nadzemní biomasy a stejné množství kořenů z jamkově vápněné varianty. U druhu *Avenella flexuosa* na horní hřebenové lokalitě došlo k odběru 3 vzorků trávy a stejného množství vzorků kořenů pouze z kontrolní varianty pro důvody uvedené v předchozím odstavci.

Z dolní svahové lokality, kde roste kultura z roku 1991, bylo vyzvednuto celkem 12 ks vzorků nadzemní biomasy trávy a stejné množství vzorků kořenů. Devět kusů vzorků nadzemních pletiv a stejné množství vzorků kořenů patřilo druhu *Calamagrostis villosa*, přičemž na každou variantu (kontrola, povrch, jamka) připadala série po 3 kusech vzorků nadzemních částí i kořenové biomasy. U druhu *Avenella flexuosa* byly vzorky biomasy odebrány pouze na kontrole opět v sérii po třech.

Každý odběr nadzemní biomasy byl proveden v prostoru čtvercové plochy 25 x 25 cm, který byl ohraničen provázkem pomocí čtyř kolíků, měřítka a trojúhelníku. Rostliny kořenicí ve vyznačeném čtverci, nikoliv přesahující ze sousedství, byly těsně nad zemí odstřiženy. Odebírána byla živá a odumřelá nadzemní pletiva pevně spojená s travním drnem. Do vzorků nadzemní biomasy nebyl zahrnut detrit. Odebrané vzorky byly uloženy do papírových sáčků a převezeny do laboratoře k dalšímu zpracování.

Na stejných místech, kde došlo k odběru nadzemní biomasy trav, byla po odstrižení nadzemních pletiv odebrána podzemní biomasa v podobě bloků o rozměrech 15 x 15 x 15 cm vyrytých polní lopatkou odpovídajících rozměrů a upravených nožem podle měřítka.

Vzorky třtiny byly odebrány pokud možno ze zón při obvodu korun stromů (avšak již mimo přímý horní zástín) v rámci výsadeb. Odběry metličky křivolaké byly provedeny tam, kde tento druh vytvářel dostatečně homogenní porost.

Zpracování vzorků

Bloky půdy s kořenovou biomasou trav byly rozmělněny ve vodě a poté pomocí síť (velikost ok max. 2 mm) byly kořeny vymyty proudem vody. Ze vzorků byla takto odstraněna zemina a písek. Poté byly z materiálu ručně odstraněny kameny, zbytky dřeva a další větší nečistoty.

Vzorky nadzemní i kořenové biomasy byly následně usušeny při 85 °C na konstantní hmotnost za použití metodik doporučených pro zpracování bylinných vzorků (RYCHNOVSKÁ et al. 1987) a byla stanovena jejich hmotnost s přesností na 0,1 gramu. Hmotnost sušiny biomasy byla přepočítána na plochu 1 m² porostu. Pro potřeby této studie se nerozlišovalo mezi živou a odumřelou travní biomasou.

Po zvážení byl rostlinný materiál sručen do směsných vzorků. Každý směsný vzorek v sobě sručoval pletiva jednoho travního druhu z jedné lokality (horní nebo dolní lokalita), jedné varianty (kontrola, jamka nebo povrch) a jednoho typu pletiva (nadzemní biomasa nebo kořeny). Ze sušiny biomasy bylo vytvořeno celkem 14 směsných vzorků (tab. 1).

Směsné vzorky pak byly postoupeny laboratornímu rozboru množství živin (N, P, K, Ca, Mg, S) v sušině pletiv, který zajišťovala laboratoř Tomáš se sídlem ve VÚLHM-VS Opočno. Na zpracování vzorků byly použity standardní analytické metody (ZBÍRAL 1994).

Tab. 1.

Přehled směsných vzorků, které byly postoupeny chemické analýze

List of composite samples subjected to chemical analysis

Druh/Species	Lokalita/Locality	Varianta/Variant	Biomasa/Biomass	Číslo/Number
Třtina chloupkatá/ <i>Calamagrostis villosa</i>	Hřeben/Summit	Kontrola/Control	Nadzemní/Aboveground	1
			Podzemní/Belowground	2
		Jamkově vápněno/ Limed - Planting hole	Nadzemní/Aboveground	3
			Podzemní/Belowground	4
	Svah/Slope	Kontrola/Control	Nadzemní/Aboveground	5
			Podzemní/Belowground	6
		Jamkově vápněno/ Limed - Planting hole	Nadzemní/Aboveground	7
			Podzemní/Belowground	8
		Povrchově vápněno/ Limed - Surface appl.	Nadzemní/Aboveground	9
			Podzemní/Belowground	10
Metlička křivolaká/ <i>Avenella flexuosa</i>	Hřeben/Summit	Kontrola/Control	Nadzemní/Aboveground	11
			Podzemní/Belowground	12
	Svah/Slope	Kontrola/Control	Nadzemní/Aboveground	13
			Podzemní/Belowground	14

Tab. 2.

Zastoupení bylinné vegetace na horní lokalitě (hřeben) v letech 2003 až 2005

The plant cover share in the upper locality (summit of the ridge) over the years from 2003 to 2005

Hřeben/Summit								
Rostlinný druh/ Species	Pokryvnost (%) / Coverage area (%)							
	Kontrola/Control				Vápnění/Limed - Planting hole			
	2003	2004	2005	Průměr/Average	2003	2004	2005	Průměr/Average
<i>Calamagrostis villosa</i>	40,0	30,0	34,0	34,7	45,0	55,0	53,0	51,0
<i>Avenella flexuosa</i>	50,0	50,0	50,0	50,0	30,0	30,0	24,0	28,0
<i>Agrostis capillaris</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	x	0,2	0,5	0,2
<i>Deschampsia caespitosa</i>	0,3	0,3	0,3	0,3	x	x	x	x
<i>Carex nigra</i>	1,2	0,5	1,0	0,9	x	0,1	x	0,0
<i>Carex echinata</i>	0,5	0,2	0,5	0,4	0,1	x	x	0,0
<i>Carex canescens</i>	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	x	x	0,0
<i>Juncus conglomeratus</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	x	x	x	x
<i>Juncus squarrosus</i>	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Potentilla erecta</i>	0,0	0,1	0,2	0,1	x	x	x	x
<i>Galium saxatile</i>	0,5	10,0	10,0	6,8	15,0	15,0	15,0	15,0
<i>Trientalis europaea</i>	0,1	1,0	0,3	0,5	0,2	0,3	2,0	0,8
<i>Epilobium angustifolium</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	3,0	2,0	2,0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1,0	2,0	1,5	1,5	2,5	0,8	2,0	1,8
<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	x	x	x	x	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Senecio ovatus</i>	x	x	x	x	0,3	0,2	0,3	0,3
<i>Melandrium rubrum</i>	x	x	x	x	0,1	0,1	1,0	0,4
<i>Polytrichum</i>	0,3	0,3	0,3	0,3	x	x	x	x
<i>Sphagnum</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	x	x	x	x
Počet zaznamenaných druhů/ Number of species registered	2003	2004	2005	2003-2005	2003	2004	2005	2003-2005
	16	16	16	16	12	12	11	14

Tab. 3.

Zastoupení bylinné vegetace na dolní lokalitě (svah) v roce 2005
The plant cover share in the lower locality (slope of the ridge) in 2005

Svah/Slope													
Varianta/ Variant	Pokryvnost (%) / Coverage area (%)						Vápněno - Jamka/ Limed - Planting hole						Vápněno - povrch/ Limed - Surface
	Opakov. 1/ Replic. 1	Opakov. 2/ Replic. 2	Opakov. 3/ Replic. 3	Průměr/ Average	Opakov. 1/ Replic. 1	Opakov. 2/ Replic. 2	Opakov. 3/ Replic. 3	Průměr/ Average	Opakov. 1/ Replic. 1	Opakov. 2/ Replic. 2	Opakov. 3/ Replic. 3	Průměr/ Average	
<i>Calamagrostis villosa</i>	79	43	66	62,7	82	87	75	81,3	90	73	89	84	
<i>Avenella flexuosa</i>	8	43	11	20,7	9,9	3	9	7,3	5	15	2	7,3	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	5	1,4	10	5,5	5	5	6	5,3	4	3	3	3,3	
<i>Galium saxatile</i>	6	7	7	6,7	3	1	3	2,3	1	5	2	2,7	
<i>Epilobium angustifolium</i>	0,8	1	1	0,9	x	1	1	0,7	x	1	1	0,7	
<i>Tridentalis europaea</i>	0,2	0,5	1	0,6	x	x	0,5	0,2	x	x	2	0,7	
<i>Dryopteris dilatata</i>	1	1	0,8	0,9	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Juncus effusus</i>	x	1	x	0,3	0,1	x	x	0	x	x	x	x	
<i>Juncus filiformis</i>	x	1	x	0,3	x	x	1	0,3	x	x	x	x	
<i>Juncus conglomeratus</i>	x	x	x	x	x	x	1	0,3	x	x	x	x	
<i>Athyrium distentifolium</i>	x	x	0,2	0,1	x	1	1	0,7	x	1	x	0,3	
<i>Carex nigra</i>	x	1	x	0,3	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Petasites albus</i>	x	0,1	x	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Rubus idaeus</i>	x	x	x	x	x	1	x	0,3	x	x	x	x	
<i>Senecio ovatus</i>	x	x	x	x	x	1	0,3	0,4	x	1	0,8	0,6	
<i>Agrostis capillaris</i>	x	x	2	0,7	x	x	2	0,7	x	1	0,2	0,4	
<i>Polytrichum</i>	x	x	1	0,3	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Sphagnum</i>	x	x	x	x	x	x	0,2	0,1	x	x	x	x	
Počet zaznamenaných druhů/ Number of species registered	Opakov. 1/ Replic. 1	Opakov. 2/ Replic. 2	Opakov. 3/ Replic. 3	Opakov. 1-3/ Replic. 1-3	Opakov. 1/ Replic. 1	Opakov. 2/ Replic. 2	Opakov. 3/ Replic. 3	Opakov. 1-3/ Replic. 1-3	Opakov. 1/ Replic. 1	Opakov. 2/ Replic. 2	Opakov. 3/ Replic. 3	Opakov. 1-3/ Replic. 1-3	
	7	11	10	14	5	8	12	13	4	8	8	9	

Výsledky

Druhovité složení a bylinný pokryv

• Hřeben (horní lokalita)

Na kontrole je zastoupena nejvíce *Avenella flexuosa*. Naopak na vápněné variantě získává postavení převažujícího druhu tráva *Calamagrostis villosa*, která zde vykazuje 17% nárůst pokryvnosti. Oproti tomu zastoupení druhu *Avenella flexuosa* je na vápněné ploše o 22 % nižší.

Rozdíly mezi kontrolní a vápněnou variantou jsou znatelné i ve výskytu či v pokryvnosti dalších bylinných druhů. V kontrolní variantě byl v malém množství zaznamenán výskyt některých druhů rodu *Carex* či *Juncus* a mechů *Polytrichum* a *Sphagnum*, které se na vápněné ploše vůbec nenalézají. Naopak na ploše vápněné se objevují některé ruderalní a paseční druhy jako *Taraxacum* sect. *Ruderalia*, *Senecio ovatus* či *Melandrium rubrum*.

• Svah (dolní lokalita)

Na dolní lokalitě již *Calamagrostis villosa* převažuje na všech variantách. Vápnění v obou svých aplikačních formách dominanci třtiny proti kontrole dále prohlubuje cca o 20 %. Tento nárůst realizuje třtina především na úkor metličky, která na vápněných plochách zaznamenává pokles, a to asi o 13 %. Druhy rodu *Juncus* se na dolním stanovišti vyskytují nejen na kontrolních plochách, ale také na plochách vápněných do jamky, což je ovšem spíše důsledek mikroreliefu. *Galium saxatile* na vápněných plochách snižuje své zastoupení. *Polytrichum* bylo evidováno pouze na kontrolních plochách, *Sphagnum* na plochách vápněných do jamky (mimo prostor jamky). *Athyrium distentifolium*, *Vaccinium myrtillus* či *Trientalis europaea* se svým výskytem soustřeďují do míst, kde jsou nahromaděny staré větve.

• Porovnání bylinného pokryvu mezi svahem a vrcholem hřebene

Druhovité pestrost (počet zaznamenaných druhů) je na hřebenevé ploše nepatrně vyšší. Na horní lokalitě jsou zastoupeny některé druhy indukující přemokření půdy stagnující vodou, které ve svahu chybějí. Jedná se o *Carex echinata* a *Carex canescens*. Odlišnost obou lokalit spočívá nicméně hlavně v pokryvnosti přítomných druhů. Rozdíl byl zaznamenán například u výskytu *Vaccinium myrtillus*, jehož pokryvnost na dolní lokalitě dosahuje asi 1 %, zatímco na horní lokalitě je kolem 5 %.

Calamagrostis villosa má na obou lokalitách větší zastoupení na plochách vápněných. *Avenella flexuosa* je více zastoupena na plochách kontrolních, nevápněných. Ostatní druhy trav převažují na kontrolních plochách, které se jeví o trochu druhově bohatší.

Hmotnost sušiny nadzemní a podzemní biomasy druhů *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa*

• Horní lokalita - hřeben

Porost *Calamagrostis villosa* v sobě akumuluje větší množství biomasy na jednotku plochy než porost *Avenella flexuosa*. Hmotnost celkové (nadzemní + podzemní) sušiny na jednotku plochy byla u porostu *Calamagrostis villosa* překvapivě větší na kontrolní variantě než na variantě vápněné, i když u pokryvnosti byl sledován trend opačný (viz výše). Tráva *Avenella flexuosa* nevytvářela na vápněné variantě dostatečně homogenní porost, takže u tohoto druhu není k dispozici mezivariantní srovnání.

U porostů srovnávaných druhů lze na kontrole konstatovat vzájemně obrácený poměr hmotností nadzemní a podzemní biomasy.

• Dolní lokalita - svah

Rovněž na dolní lokalitě převažuje hmotnost sušiny celkové (nadzemní + podzemní) travní biomasy na jednotku plochy u porostu *Calamagrostis villosa* nad sušinou, kterou v sobě akumuluje *Avenella flexuosa*. Z hlediska hmotnosti nadzemní sušiny sice *Avenella flexuosa* na kontrole travu *Calamagrostis villosa* o něco předstihuje, *Calamagrostis villosa* ale vytváří velké množství podzemní biomasy, kterým bilanci hmotnosti celkové sušiny obrací ve svůj prospěch.

Srovnáme-li celkovou biomasu porostu *Calamagrostis villosa* v rámci jednotlivých variant dolní lokality, zjistíme, že i zde akumuluje tato tráva nejvíce sušiny na jednotku plochy na kontrolních plochách.

Podobně jako u horní lokality je i na dolní lokalitě odlišný poměr mezi hmotností nadzemní a podzemní sušiny analyzovaných druhů. *Avenella flexuosa* opět nevytvářela na vápněných variantách dostatečně homogenní porost, takže u tohoto druhu není k dispozici mezivariantní srovnání. Na přívápněných variantách („jamka“ a „povrch“) se začíná výrazně projevovat porost zapojující se smrkové kultury, tj. stoupá míra zastínění.

Tab. 4.

Průměrná hmotnost biomasy *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa* v g.m⁻² – horní lokalita (hřeben)

The average dry mass values of *Calamagrostis villosa* and *Avenella flexuosa* (g.m⁻²) – upper locality (summit)

Sušina trav (hřeben)/Dry mass of grasses (summit)					
Varianta/Variant			Kontrola/Control		Jamkově vápněno/ Limed - Planting hole
Parametr/Parameter			<i>Avenella</i>	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis</i>
Průměrná hmotnost nadzemní biomasy/ Dry mass of the aboveground tissues	(g.m ⁻²)	x	702,6	727,2	512,3
		s	27,14	96,21	150,20
Průměrná hmotnost podzemní biomasy/ Dry mass of the belowground tissues	(g.m ⁻²)	x	553,0	1013,8	732,4
		s	136,88	134,40	139,00
Průměrná hmotnost celkové biomasy/ Total dry mass	(g.m ⁻²)	x	1255,6	1741,0	1244,7
		s	164,01	230,40	289,99
Poměr nadzemní biomasy a kořenů/ Shoot-to-root ratio	(-)		1,3	0,7	0,7

Poznámka: x – aritmetický průměr; s – směrodatná odchylka/Note: x – mean, s – standard deviation

Tab. 5.

Průměrná hmotnost biomasy *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa* v g.m⁻² – dolní lokalita (svah)

The average weight of the biomass of *Calamagrostis villosa* and *Avenella flexuosa* (g.m⁻²) – lower locality (slope)

Sušina trav (svah)/Dry mass of grasses (slope)						
Varianta/Variant			Kontrola/Control		Jamkově vápněno/ Limed - Planting hole	Povrchově vápněno/ Limed - Surface appl.
Parametr/Parameter			<i>Avenella</i>	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis</i>
Průměrná hmotnost nadzemní biomasy/ Dry mass of the aboveground tissues	(g.m ⁻²)	x	729,3	652,7	446,4	537,0
		s	70,34	112,33	256,76	233,24
Průměrná hmotnost podzemní biomasy/ Dry mass of the belowground tissues	(g.m ⁻²)	x	764,0	1274,0	947,9	1200,3
		s	294,78	269,76	252,02	414,03
Průměrná hmotnost celkové biomasy/ Total dry mass	(g.m ⁻²)	x	1493,3	1926,7	1394,3	1737,3
		s	286,54	374,52	370,88	644,23
Poměr nadzemní biomasy a kořenů/ Shoot-to-root ratio	(-)		1,00	0,50	0,50	0,45

Poznámka: x – aritmetický průměr; s – směrodatná odchylka/Note: x – mean, s – standard deviation

Tab. 6.

Zastoupení prvků v sušině travní biomasy – horní lokalita (hřeben)

The nutrient percentage in the dry mass of grass tissues – upper locality (summit)

Stav výživy travních pletiv (hřeben)/Nutrition of grass tissues (summit)						
Varianta/ Variant	Kontrola/Control				Vápněno/Limed - Planting hole	
	<i>Avenella</i>		<i>Calamagrostis</i>		<i>Calamagrostis</i>	
Vzorek/ Sample	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass
N (%)	1,57	1,22	1,72	1,26	1,58	1,08
P (%)	0,08	0,06	0,09	0,09	0,07	0,07
K (%)	0,32	0,14	0,41	0,15	0,28	0,19
Ca (%)	0,06	0,03	0,08	0,02	0,05	0,03
Mg (%)	0,07	0,04	0,08	0,04	0,05	0,04

- Porovnání výškových lokalit

Nadzemní i podzemní biomasa *Calamagrostis villosa* akumulovaná v plošné jednotce porostu na obou lokalitách převládá na kontrole. Na kontrolních plochách dolní lokality vytvořily porosty obou druhů trav vyšší hmotnost celkové (nadzemní + podzemní) biomasy než na horní lokalitě. Vzájemný poměr mezi hmotností sušiny celkové biomasy na jednotku plochy vytvořené porostem *Avenella flexuosa* vůči *Calamagrostis villosa* ale zůstává na kontrole v horní i dolní lokalitě stejný. Z hlediska produkce biomasy tráva *Calamagrostis villosa* předstihuje druh *Avenella flexuosa*.

Značné kolísání hmotnosti sušiny podzemní biomasy ve srovnání se sušinou nadzemních pletiv je dáno tím, že v prostoru odebíraných bločků podzemní půdy se často vyskytly zbytky větví, kořenů ze starých pařezů či kameny.

Stav výživy nadzemní a podzemní biomasy (*Calamagrostis villosa*, *Avenella flexuosa*)

- Horní lokalita

Pokud srovnáváme oba druhy trav v rámci jedné varianty (kontrola), potom v nadzemní biomase směsných vzorků druhu *Calamagrostis villosa* byla stanovena vyšší koncentrace prvků N a K než

u trávy *Avenella flexuosa*. V biomase podzemních pletiv vykazuje *Calamagrostis villosa* ve srovnání s *Avenellou flexuosou* více N a P.

Na vápněné parcele byla v nadzemní biomase *Calamagrostis villosa* zjištěna nižší koncentrace N, P, K a překvapivě rovněž Ca a Mg než v biomase *Calamagrostis villosa* z kontrolní parcely. Zopakujeme v této souvislosti, že na horní lokalitě byl vápenec aplikován pouze jamkově a odběry vzorků trávy *Calamagrostis villosa* se prováděly z prostoru mimo přívápněné jamky.

- Dolní lokalita

V rámci kontrolní varianty dolní lokality ukazují pletiva trávy *Avenella flexuosa* vyšší koncentraci N, Ca a Mg, než je koncentrace uvedených živin v biomase druhu *Calamagrostis villosa*. Naopak biomasa trávy *Calamagrostis villosa* v sobě koncentruje více K, než je tomu u druhu *Avenella flexuosa*. Vápnění v obou svých aplikačních formách (jamka i povrch) poněkud snížilo koncentraci dusíku v pletivech trávy *Calamagrostis villosa* proti kontrole.

Avenella flexuosa na kontrole a *Calamagrostis villosa* na kontrolní a povrchově přívápněné variantě obsahovaly vyšší koncentrace živin ve své nadzemní biomase oproti podzemním pletivům. Ve vzorcích z jamkově přívápněné varianty u třtiny chloupkaté však analýza pletiv ukázala větší proporci dusíku v podzemní biomase.

Tab. 7.

Zastoupení prvků v sušině travní biomasy – dolní lokalita (svah)

The nutrient percentage in the dry mass of grass tissues – lower locality (slope)

Stav výživy travních pletiv (svah)/Nutrition of grass tissues (slope)								
Varianta/ Variant	Kontrola Control				Jamkově vápněno/ Limed - Planting hole		Povrchově vápněno/ Limed - Surface appl.	
Druh/ Sp.	<i>Avenella</i>		<i>Calamagrostis</i>		<i>Calamagrostis</i>		<i>Calamagrostis</i>	
Vzorek/ Sample	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass
N (%)	1,66	1,26	1,54	1,05	1,04	1,37	1,5	0,95
P (%)	0,09	0,07	0,08	0,06	0,05	0,07	0,09	0,05
K (%)	0,39	0,14	0,44	0,2	0,49	0,2	0,68	0,2
Ca (%)	0,11	0,1	0,05	0,08	0,06	0,07	0,03	0,03
Mg (%)	0,1	0,09	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,05

Tab. 8.

Množství minerálních živin poutaných v 1 m² čistého travního porostu – horní lokalita (hřeben)

The amount of mineral nutrients bound in grass tissues within 1 m² of pure grass stand – upper locality (summit)

Množství živin v sušině trav (g.m ⁻²) - hřeben/ Amount of mineral nutrients in dry mass of grasses (g.m ⁻²) - summit									
Var./ Var.	Kontrola/Control						Vápněno/Limed - Planting hole		
Species	<i>Avenella</i>			<i>Calamagrostis</i>			<i>Calamagrostis</i>		
Vzorek/ Sample	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Celkem/ Sum	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Celkem/ Sum	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Celkem/ Sum
N	11,0	6,7	17,8	12,5	12,8	25,3	8,1	7,9	16,0
P	0,6	0,3	0,9	0,7	0,9	1,6	0,4	0,5	0,9
K	2,2	0,8	3,0	3,0	1,5	4,5	1,4	1,4	2,8
Ca	0,4	0,2	0,6	0,6	0,2	0,8	0,3	0,2	0,5
Mg	0,5	0,2	0,7	0,6	0,4	1,0	0,3	0,3	0,6

- Porovnání výškových lokalit

Na obou lokalitách se projevuje vyšší obsah dusíku v nadzemní biomase trav (výjimka dolní lokalita – hnojení do jamky) v porovnání s podzemní biomasou. V nadzemní biomase byla zaznamenána také tendence k vyššímu obsahu K a Mg.

V případě porovnání chemického složení biomasy obou druhů trav na kontrolních variantách se zajímavým jeví pozorování, že *Calamagrostis villosa* na horní lokalitě obsahuje větší relativní zastoupení živin v pletivech než *Avenella flexuosa*. Na dolní lokalitě se, byť nikterak výrazně, projevuje opačná tendence.

Obsah živin poutaných v biomase čistých porostů druhů *Calamagrostis villosa*, *Avenella flexuosa*

- Horní lokalita

Množství hlavních minerálních živin poutaných v 1 m² čistého porostu travních druhů *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa* na horní hřebenové lokalitě je vyjádřeno v tabulce 8.

Z tabulky 8 vyplývá, že v rámci kontrolní varianty je porost *Calamagrostis villosa* schopen ve své biomase fixovat větší množství minerálních živin než *Avenella flexuosa*. Tabulka 8 ovšem rovněž zachycuje, že na vápněné variantě došlo proti kontrole u druhu *Calamagrostis villosa* k výraznému poklesu množství fosforu a dusíku poutaných v 1 m² čistého porostu.

- Dolní lokalita

Tabulky 9 a 10 obsahují údaje o množství minerálních živin poutaných v 1 m² čistého porostu travních druhů *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa* na kontrole a dále v jamkově a povrchově vápněných variantách na níže situované svahové lokalitě.

V rámci kontroly na dolní lokalitě poutá *Calamagrostis villosa* větší množství dusíku a draslíku na plošnou jednotku svého čistého porostu, než tomu je u porostu *Avenella flexuosa* (tab. 9). Množství fosforu, vápníku a hořčíku poutaná v porostech obou druhů jsou v rámci kontroly srovnatelná.

Porovnáme-li množství minerálních živin, které je poutáno v porostu třtiny chloupkaté na jednotlivých variantách dolní svahové lokality

Tab. 9.

Množství minerálních živin poutaných v 1 m² čistého travního porostu na kontrolní variantě dolní lokality (svah)

The amount of mineral nutrients bound in grass tissues within 1 m² of pure grass stand in the control variant – lower locality (slope)

Množství živin v sušině trav (g.m ⁻²) - svah/Amount of mineral nutrients in dry mass of grasses (g.m ⁻²) - slope						
Var./Var.	Kontrola/Control					
Druh/Sp.	<i>Avenella</i>			<i>Calamagrostis</i>		
Vzorek/ Sample	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Celkem/ Sum	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Celkem/ Sum
N	12,1	9,6	21,7	10,1	13,4	23,4
P	0,7	0,5	1,2	0,5	0,8	1,3
K	2,8	1,1	3,9	2,9	2,5	5,4
Ca	0,8	0,8	1,6	0,3	1,0	1,3
Mg	0,7	0,7	1,4	0,5	1,0	1,5

Tab. 10.

Množství minerálních živin poutaných v 1 m² čistého travního porostu na jamkové a povrchově vápněných variantách dolní lokality (svah)

The amount of mineral nutrients bound in grass tissues within 1 m² of pure grass stand in the limed ("surface" and "planting hole") variants – lower locality (slope)

Množství živin v sušině trav (g.m ⁻²) - svah/Amount of mineral nutrients in dry mass of grasses (g.m ⁻²) - slope						
Var./Var.	Jamkové vápněno/Limed - Planting hole			Povrchově vápněno/Limed - Surface appl.		
Druh/Sp.	<i>Calamagrostis</i>			<i>Calamagrostis</i>		
Vzorek/ Sample	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Celkem/ Sum	Nadzemní sušina/ Aboveground dry mass	Podzemní sušina/ Belowground dry mass	Celkem/ Sum
N	4,6	13,0	17,6	8,1	11,4	19,5
P	0,2	0,7	0,9	0,5	0,6	1,1
K	2,2	1,9	4,1	3,7	2,4	6,1
Ca	0,3	0,7	0,9	0,2	0,4	0,6
Mg	0,3	0,8	1,1	0,4	0,6	1,0

(kontrola, jamka, povrch, viz tabulky 9 a 10), zjistíme, že na vápněných lokalitách došlo u třtiny chloupkaté ke zřetelnému poklesu množství v pletivech vázaného dusíku. Na vápněných variantách, především vzhledem k menší produkci biomasy, v sobě třtina akumuluje rovněž méně vápníku a hořčíku, nicméně zásobením pletiv těmito prvky, tj. koncentrací vápníku a hořčíku na jednotku sušiny, je u třtiny na vápněných variantách překvapivě také často o něco nižší než na kontrole.

- Porovnání výškových lokalit

Při srovnání množství živin vázaných v rámci kontroly v porostu *Avenella flexuosa* na horní a dolní lokalitě zaznamenáme, že porost tohoto druhu je v méně exponované svahové části schopný ve své biomase poutat zřetelně větší množství dusíku a fosforu a výrazně více vápníku a hořčíku než na hřebeni.

Porost třtiny chloupkaté *Calamagrostis villosa* na kontrolní variantě hřebenové lokality ve své biomase poutá o trochu více dusíku než na kontrole svahové lokality. Naproti tomu ve srovnání se svahem zřetelně méně je na kontrole hřebenové lokality množství třtinou poutaného vápníku a hořčíku.

Při srovnání množství dusíku u jamkové vápněných variant lze zaznamenat opačný stav než u kontroly, tj. *Calamagrostis villosa* na dolní jamkové přívápněné variantě ve své biomase váže o 1,6 g dusíku na 1 m² více než ve stejné variantě na hřebeni; rozdíly ale nejsou výrazné.

Diskuse

Složení bylinného patra horských lesních ekosystémů, které byly postiženy imisní kalamitou, doznalo v uplynulých dekadách řady významných změn. Defoliace a prosvětlování lesů zasažených exhalacemi a především vznik rozsáhlých kalamitních holin vedly k posílení pozice travních druhů. Velmi významnou roli na imisních stanovištích mimo jiné získaly druhy *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa* (VACEK et al. 1999, PYŠEK 1993, MÖLLEROVÁ 2004).

Úloha, kterou sehrály uvedené trávy, především *Calamagrostis villosa*, na imisních stanovištích našich hor, je velmi diskutabilní. Porosty třtiny chloupkaté do značné míry zabránily přímé erozi půdy na odlesněných holinách, jsou navíc patrně schopny dosti účinně imobilizovat deponující dusík a zmírňovat tak proces půdní acidifikace. Snižují rovněž míru vyplavování bazických iontů. FIALA et al. (2005) uvádí, že v lesní půdě horského imisního stanoviště, kde byl vytvořen travní pokryv, došlo k mírnému zvýšení pH a obsahu Ca a Mg proti půdě, která travou porostlá nebyla, a to v relativně velmi krátkém období tří let.

Na druhou stranu souvislý travní drn často vytlačuje některé dvouděložné druhy bylin a brání přirozenému zmlazení dřevin (VACEK et al. 1999). Přirozeně zmlazené nebo i vysazené dřeviny se v travním poros-

tu jen velmi těžko prosazují. Tráva je zdatným konkurentem dřevinám v příjmu živin i vláhy. Rozsáhlejší travní společenstva druhu *Calamagrostis villosa* navíc vytváří optimální biotop pro populaci hraboše mokřadního (*Microtus agrestis* L.), mezi jehož potravu patří v zimním období i kůra mladých, především listnatých, dřevin. Vážné škody na mladých porostech působí tento hlodavec hlavně na třtinou porostlých holinách (FLOUSEK 1999). Pro objektivnost ale uveďme, že hlavním faktorem, který brání přirozené sukcesi lesa na stanovištích imisních holin, nejsou ani travní buřeň ani myšovití, ale zůstávají jím neúnosně vysoké stavy spárkaté zvěře (KUNEŠ 2002).

V literatuře není dostatek studií snažících se exaktněji podchytit vliv vápnění na biomasu druhů *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa*. Otázka vápnění a jeho provozního nasazení za účelem zmírnění dopadů acidifikace a odstranění příznaků deficitu Mg v lesních porostech je v našich pohořích přitom opět aktuální. Předkládaná studie se tuto mezeru snaží alespoň částečně doplnit, byť její autoři si jsou vědomi, že pro komplexnější pokrytí této problematiky je potřeba rozsáhlejší a komplexnější výzkum.

PELC (1999) zmiňuje, že provozní letecká vápnění v Jizerských horách posílila tvorbu biomasy pseudoklimaxových společenstev s *Calamagrostis villosa*. Autoři práce by právě citované tvrzení na základě údajů prezentovaných v této studii poněkud upřesnili. Z obdržení výsledků se zdá, že *Calamagrostis villosa* po vápnění, byť cíleně aplikovaném, zvyšuje spíše svou pokryvnost, a to, v případě lokality Jizerka, především na úkor trávy *Avenella flexuosa*. Množství biomasy, které v sobě čistý porost *Calamagrostis villosa* na jednotku plochy poutá, je však, alespoň podle našich výsledků, na vápněných plochách ve srovnání s kontrolou vždy menší, a to na obou typech stanoviště (viz tabulky 4 a 5). Nabízí se zde několik možných hypotéz. První z nich je založena na rychlejší odbourávání odumřelé travní biomasy půdní biotou, které bývá vápněním zpravidla intenzifikováno (KREUTZER 1995).

Druhá z možných hypotéz by mohla souviset s dostupností některých živin, především dusíku. Koncentrace tohoto prvku v pletivech trav u vápněných variant je totiž vůči kontrole vždy nižší. Jak uvádí FIALA et al. (2005), zásobením dusíkem pozitivně koreluje s tvorbou biomasy trávy *Calamagrostis villosa*. KOPPISCH in FIALA et al. (2005) resultuje, že růst trávy *Calamagrostis villosa* je vázán na dostupnost dusíku. Podle KOPPISCH (viz výše) třtina při desetinásobné dávce dusíku proti referenční ploše zešestinásobila svůj růst.

Vápnění může podstatně ovlivňovat bilanci dusíku v půdě. Na řadě půd vápnění podporuje nitrifikaci a vznik snadno vyplavitelných nitrátových forem (NEALE et al. 1997, van HEES et al. 2003, KULHAVÝ, FORMÁNEK 2001). SMOLANDER et al. (1998) považuje nitrifikaci a při ní vznikající oxidy dusíku za stěžejní faktor, v jehož důsledku může docházet ke ztrátám této živiny vyplavováním. Nižší hladinu půdního dusíku na vápněných variantách naznačují rovněž některé studie provedené přímo na výzkumné ploše Jizerka (KUNEŠ, BALCAR 2006). NEALE et al. (1997) dospěl k závěru, že na půdách s vyšším poměrem C : N může být dostupnost dusíku rostlinám výrazně ovlivněna rovněž imobilizací této živiny biomasou mikroorganismů, kterou vápnění obvykle navýší, což by mohlo připadat v úvahu v případě hřebenové lokality.

Situaci dále komplikuje fakt, že travní pletiva *Calamagrostis villosa* vykazují nižší koncentraci dusíku na vápněné variantě i v případě, že meliorant byl aplikován jamkově a vzorky trávy byly odebrány mimo jamkový prostor. Na dolní svahové lokalitě lze tento jev částečně vysvětlit zvýšeným odběrem dusíku a rostoucím zastíněním stanoviště stromy pokusných výsadeb. Jak totiž vyplývá z dosavadních

šetření na ploše (KUNEŠ 2003, 2005, KUNEŠ et al. 2004), cílené vápnění výrazně zintenzivnilo odrůstání smrkových výsadeb na dolní lokalitě i akumulaci živin v biomase přívápněných stromů. Podle PYŠKA (1991) navíc patří ke stěžejním faktorům ovlivňujícím produkci třtiny světlo, jehož proniká přes vzrostlejší porost na vápněných variantách svahové lokality do bylinného patra méně.

Na horní lokalitě nicméně podobné vysvětlení použít nelze, protože jamkově přívápněné smrky na hřebeni odrůstají, obdobně jako třtina, mírně pomaleji než stromy na kontrole. Pomalejší přírůst a menší produkci biomasy proti kontrole jako reakci na cílené vápnění tedy v případě hřebenové lokality nevykazuje pouze třtina, ale rovněž stromy některých výsadeb (KUNEŠ, BALCAR 2005). Uspokojivě zodpovědět tuto otázku autoři studie zatím nedokáží. Další výzkum tohoto jevu je tedy pro dostatečné vysvětlení nezbytný. Velice žádoucí by v tomto kontextu bylo založení samostatného experimentu designovaného výhradně pro účely sledování dynamiky chemismu půd a půdních roztoků, distribuce živin, biomasy a ovlivnění těchto faktorů vápněním na svahové a vrcholové části stanoviště Jizerka.

Závěr

Spektrum druhů registrovaných na hřebeni je nepatrně širší než spektrum druhů zaznamenaných na ploškách v níže položené svahové části. Větší pestrost bylinného patra na horní hřebenové lokalitě vůči té dolní svahové je zajištěna zastoupením některých druhů, které indukují přemokření půdy (*Carex echinata*, *Carex canescens*). Tyto druhy na dolní lokalitě zaznamenány nebyly.

V případě obou lokalit se druhová pestrost zvyšuje hlavně v blízkosti pařezů a zbytků starého dřeva (*Vaccinium myrtillus*, *Athyrium distentifolium*, *Epilobium angustifolium*, *Trientalis eutropaea*) nebo zemních rýh se zvýšenou vlhkostí (*Juncus effusus*).

Na vápněných plochách druh *Calamagrostis villosa* zvětšuje svou pokryvnost, a to především na úkor trávy *Avenella flexuosa*. Stejný trend, tj. navýšení pokryvnosti *Calamagrostis villosa* a pokles zastoupení druhu *Avenella flexuosa*, lze pozorovat rovněž při srovnání dolní svahové lokality vůči hřebenu.

Ve svahové části se *Calamagrostis villosa* jeví vůči trávě *Avenella flexuosa* jako konkurenčně zdatnější, i když vyšší hmotnost sušiny celkové biomasy na jednotku plochy čistého porostu na dolní lokalitě vůči stanovištím na vrcholu hřebene je registrovaná u obou hlavních travních druhů. To naznačuje, že kdyby nebylo konkurenčních vztahů, nalézaly by patrně obě trávy příznivější růstové podmínky ve svahové části.

Na vápněných variantách obou výškových lokalit akumulují čisté porosty *Calamagrostis villosa* na jednotku plochy menší množství sušiny celkové biomasy než na kontrole. To může souviset jednak s odlišnou dostupností některých živin, např. dusíku, a jednak s odlišným tempem rozkladu mrtvé biomasy na srovnávaných variantách.

Na hmotnosti sušiny celkové (nadzemní + podzemní) biomasy se u druhu *Calamagrostis villosa* podílejí převažující měrou podzemní pletiva, u trávy *Avenella flexuosa* je vzájemný poměr mezi nadzemní a podzemní sušinou vyrovnanější.

Na horní i dolní lokalitě byla u obou druhů trávy zaznamenána vyšší koncentrace dusíku v nadzemní biomase v porovnání s biomasou podzemní. Výjimku představuje varianta s jamkovou aplikací vápence na dolní lokalitě, kde je tento poměr u *Calamagrostis villosa* obrácen. Celkové množství dusíku poutaného v pletivech na plošnou jednotku (g.m⁻²) bylo ale u třtiny, vzhledem k převaze sušiny podzemní biomasy, nakonec většinou vyšší právě u podzemních pletiv.

Obecně se u obou druhů trav projevuje tendence k vyššímu obsahu K v nadzemní biomase oproti podzemním pletivům.

Na horní hřebenové lokalitě je možné u druhu *Calamagrostis villosa* na vápněné variantě konstatovat oproti kontrole výrazný pokles množství fosforu a dusíku poutaných v 1 m² čistého porostu. Rovněž porovnáme-li množství minerálních živin, které je poutáno v porostu třtiny chloupkaté na jednotlivých variantách dolní svahové lokality, zjistíme, že na vápněných lokalitách došlo u třtiny chloupkaté ke zřetelnému poklesu množství dusíku vázaného v pletivech.

Literatura

- BALCAR, V.: Obnova lesů v Jizerských horách. Lesnická práce, 77, 1998, č. 9, s. 338-340
- BALCAR, V.: Present climatic conditions of experimental areas on ridges of the Jizerské hory Mts. In: 10 years of global change research in the Czech Republic. Conference abstracts proceedings. Ostravice, October 22 - 25, 2002. Brno: Laboratory of Ecological Physiology of Forest Trees 2002. Nestr.
- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V.: Založení výsadbového pokusu v hřebenové partii Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 39, 1994, č. 2, s. 1-7
- FIALA, K., TŮMA, I., HOLUB, P., JANDÁK, J.: The role of *Calamagrostis communities* in preventing soil acidification and base cation losses in a deforested mountain area affected by acid deposition. Plant and Soil, 268, 2005, s. 35-49
- FLOUSEK, J.: Hraňák mokřadní (*Microtus agrestis*) v lesním hospodářství Krkonoš. In: Obnova a stabilizace horských ekosystémů. Sborník z celostátní konference konané v Bedřichově v Jizerských horách 12. - 13. 10. 1999, Slodičák, M. (ed.) Opočno, VÚLHM-VS 1999, s. 49 - 53. ISBN 80-902615-4-X
- HEES, P. A. W. VAN, NYBERG, L., HOLMSTRÖM, S. J. M., LUNDSTRÖM, U. S.: Pools and fluxes of cations, anions and DOC in two forest soils treated with lime and ash. Water, Air, and Soil Pollution: Focus, 3, 2003, s. 145-165
- KREUTZER, K.: Effects of forest liming on soil processes. Plant and Soil, 168-169, 1995, s. 447-470
- KUBÁT, K. et al.: Klíč ke květeně České republiky 1. Praha: Academia 2002. 927 s.
- KUC, M.: Vliv vápnění, aplikace bazických mouček a hnojiva SILVA-MIX na růst kultury smrku ztepilého na imisní holině lokality Jizerka. Diplomová práce. Praha: LF ČZU 2000, 50 s.
- KULHAVÝ, J., FORMÁNEK, P.: Nitrogen transformation in the soil of spruce stands in the plateau part of the Krušné hory Mts. (Erzgebirge) and its relation to nitrogen uptake. Journal of Forest Science, 47, 2001, Special Issue, s. 73-77
- KUNEŠ, I.: Vliv vápnění a aplikace mouček bazických hornin na růst a vývoj výsadeb lesních dřevin na imisní holině lokality Jizerka. Diplomová práce. Praha: LF ČZU 2001. 110 s.
- KUNEŠ, I.: Přirozené zmlazení v podmínkách imisní holiny ve vrcholových partiích Jizerských hor. In: Konference mladých vědeckých pracovníků. Sborník z konference. Praha: LF ČZU 2002.
- KUNEŠ, I.: Prosperity of spruce plantation after application of dolomitic limestone powder. Journal of Forest Science, 49, 2003, č. 5, s. 220-228
- KUNEŠ, I., ČÍŽEK, M., BALCAR, V., VYKYPĚLOVÁ, E.: Vliv bodové jamkové a pomístné povrchové aplikace dolomitického vápence na biomasu mladých smrků (*Picea abies* /L./ KARST.). In: Obnova lesních ekosystémů Jizerských hor. [Restoration of the forest ecosystems of the Jizerské hory Mts.] Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 23. 11. 2004. Neuhöferová, P. (ed.), 2004, s. 117-128. ISBN 80-213-1244-0
- KUNEŠ, I.: Využití melioračních opatření při obnově lesů Jizerských hor. Disertační práce. Praha: FLE ČZU 2005, 60 s.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V.: The influence of precisely applied Dolomitic limestone and basalt grid on prosperity of Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) - results of field experiment in the air-polluted Jizerské hory Mts. In: Restoration of Forest Ecosystems of the Jizerské hory Mts. Conference Proceedings. Kostelec nad Černými lesy, 2005, s. 39 - 44. ISBN 80-86461-57-2
- KUNEŠ, I., BALCAR, V.: Vliv cílené povrchové aplikace dolomitického vápence na pedochemické parametry půdy na imisní holině ve vrcholových partiích Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006, č. 2, 1. 84-91
- MÖLLEROVÁ, J.: Podzemní biomasa *Calamagrostis villosa*. Zprávy lesn. výzkumu, 49, 2004, č. 1-4, s. 26-28
- NEALE, S. P., SHAH, Z., ADAMS, W. A.: Changes in microbial biomass and nitrogen turnover in acidic organic soils following liming. Soil Biology and Biochemistry, 29, 1997, č. 9/10, s. 1463-1474
- PELC, F.: Program revitalizace imisně zatížených lesních ekosystémů Jizerských hor. In: Obnova a stabilizace horských ekosystémů. Sborník z celostátní konference konané v Bedřichově v Jizerských horách 12. - 13. 10. 1999, Slodičák, M. (ed.) Opočno, VÚLHM-VS 1999, s. 7 - 18. ISBN 80-902615-4-X
- PYŠEK, P.: Biomass production and size structure of *Calamagrostis villosa* populations in different habitats. Preslia, 63, 1991, č. 1, s. 9-20
- PYŠEK, P.: What do we know about *Calamagrostis villosa*? A review of the species behaviour in secondary habitats. Preslia, 65, 1993, č. 1, s. 1-20
- RYCHNOVSKÁ, M. et al.: Metody studia travinných ekosystémů. Praha: Akademia 1987. 269 s.
- SMOLANDER, A., PRIHA, O., PAAVOLAINEN, L., STEER, J., MÄLKÖNEN, E.: Nitrogen and carbon transformations before and after clear-cutting in repeatedly N-fertilized and limed forest soil. Soil Biology and Biochemistry, 30, 1998, č. 4, s. 477-490
- VACEK, S., BASTL, M., LEPS, J.: Vegetation changes in forest of the Krkonoše Mts. over a period of air pollution stress (1980 - 1995). Plant Ecology, 143, 1999, s. 1-11
- VYKYPĚLOVÁ, E., KUNEŠ, I.: Posouzení vlivu cílené chemické meliorace na fytocenózu horského imisního stanoviště. In: Šolc, R.: Zasadil, P. (eds.). Sborník z konference COYOUS 2004, 3. 12. 2004. Praha, 2004. Nestr. ISBN 80-213-1318-8
- ZBÍRAL, J.: Analýza rostlinného materiálu. Jednotlivé pracovní postupy. Brno: SKZUZ 1994. Přeruš. str.

Poznámka:

Práce vznikla za finanční podpory Vnitřní grantové agentury FLE ČZU Praha v rámci aktivit spojených s přípravou výzkumného záměru „Zvýšení konkurenceschopnosti polyfunkčního lesního hospodářství v podmínkách globalizované ekonomiky“. Za organizační podporu týmu při šetření v terénu patří poděkování rovněž pracovníkům VÚLHM-VS Opočno, na jejichž výzkumném objektu šetření probíhala, SCHKO Jizerské hory a LČR, LS Frýdlant v Čechách.

Herb layer community under a young Norway spruce plantation and its response to chemical amelioration at the Jizerka air-polluted mountain site

Summary

The experimental plot (lat. 50°49'N, long. 15°21'E) is located on a formerly clear-felled and replanted patch in the air-polluted Jizerské hory Mts. The mean annual air temperature is 5.2 °C on the site and the mean annual precipitation equals 1,089 mm there. Two Norway spruce cultures were planted at spacing of 1 x 2 m (50 trees per 100 m²) on the southwest-facing slope and on the summit of Střední Jizerský hřeben in 1991, resp. 1993. The older plantation is located on the slope of the ridge (960 m a. s. l., mountain humus podzol) and consists of three variants ("control", "surface" and "planting hole"), the younger one is positioned on the more exposed summit of the ridge (980 m a. s. l., peat podzol) and includes two variants ("control" and "planting hole"). The "surface" and "planting hole" are limed variants. In the "surface" variant, 1 kg of limestone powder was applied on the soil surface in circles (diameter = 1 m) around the spruces immediately after planting. In the "planting hole" variant, 1 kg of the limestone powder was incorporated into the soil within planting holes at time of planting of the spruce cultures. Over the period from 2003 to 2005 a herb layer survey was being conducted in order to define a possible influence of the precisely applied liming on herb layer community. The species composition and percentage cover share of particular plants in the herb layer was recorded and evaluated. The attention was further mainly focused on the quantity and chemical composition of the below-ground and above-ground biomass accumulated by the *Calamagrostis villosa* /CHAIX/ J. F. GMELIN /L./ DREJER, the dominant herbaceous species in the site.

This was because the *Calamagrostis villosa* and *Avenella flexuosa* are the most important herbaceous competitors of spruce cultures and an analogous survey of the spruce biomass was simultaneously being done, the results of which should be presented in another contribution.

The obtained results indicate that liming, in spite of its precise application, might influence the herb layer to a certain extent. However, the location of the particular monitoring plots (summit x slope) within the site and their morphological and microclimatic variability play a decisive role.

A slightly higher number of species were recorded on the summit of the ridge in comparison to the locality on the slope. On the summit for example, *Carex echinata* and *Carex canescens*, which indicate a waterlogged site, were registered. These species were not detected on the slope.

On the slope of the ridge, *Calamagrostis villosa* seems to grow more successfully than *Avenella flexuosa*, although both species produce higher quantity of biomass per m² there, perhaps thanks to a less harsh microclimate compared with that of the summit.

As far as the two dominant grasses and their response to liming are concerned, *Calamagrostis villosa* seems to have increased its cover share, mainly at expense of *Avenella flexuosa* in the limed variants. On the other hand, the biomass and nitrogen accumulation (g.m⁻²) of *Calamagrostis villosa* seems to be lower in the limed variants compared to stands of the same species in the control.

Recenzováno

RYCHLOST REGENERACE LESNÍCH PŮD V HORSKÝCH OBLASTECH Z HLEDISKA KVANTITY NADLOŽNÍHO HUMUSU

Regeneration rate of forest soils in mountain position from the point of view of the surface humus

Abstract

The presented study summarizes results of the research, related to the accumulation and restoration of the surface humus after degradation by bulldozing or related to creation of new layers of surface humus on reforested agricultural lands in the Ore Mts. region. The dynamics of humus forms was studied in stands of different tree species and with different soil preparation and site amelioration for 20 years in some cases. The results confirmed considerable potential of tree species at restoration of holorganic layers, as the most suitable were confirmed birch and alder, as less effective Norway spruce and larch and as a minor usable species the blue spruce.

Klíčová slova: zalesňování degradovaných půd, meliorace, druhové složení dřevin, humusové formy, akumulace povrchového humusu
Key words: reforestation of degraded lands, amelioration, tree species composition, humus forms, forest floor accumulation

Úvod

Rychlost obnovy degradovaných lesních stanovišť a obnova plnění funkcí lesů jsou předmětem zájmu výzkumníků, ale i praktiků. Je řada typů relevantních stanovišť. Může se jednat o rekultivace lokalit devastovaných těžbou nerostných surovin, stavební činností, obnovu lesa na zemědělské půdě a tím pádem i obnovu původního charakteru lokality a v neposlední řadě i o zalesnění lesních ploch poškozených buldozerovou přípravou. V prvním případě se jedná řádově o stovky až tisíce hektarů, při obnově lesa na marginální zemědělské půdě se odhady disponibilních rozloh zemědělské půdy pohybují v řádu statisíců hektarů (nejčastěji přes 300 000 ha), a v druhém případě bylo podle údajů ÚHÚL v Krušných horách buldozery připraveno 4 396,5 ha, nejvíce v 7. LVS. Převažují tak výše položená stanoviště se specifickým typem cyklů živin, v podstatě se omezujícím na oběh elementů mezi dřevinou složkou a mezi vrstvou nadložního humusu. Cílem předkládaného příspěvku je kvantifikace dynamiky obnovy holorganických vrstev na typických lokalitách devastovaných buldozerovou přípravou v 7. a 8. LVS Krušných hor. Degradace holorganických vrstev zde sebou nese výrazné snížení funkčních potenciálů lesních ekosystémů. Třebaže na části ploch je využívána hmota valů při opětovném rozhrnování při rekonstrukci porostů náhradních dřevin, na značné rozloze se bude obnovovat vrstev nadložního humusu dít převážně spontánními procesy akumulace a humifikace.

Materiál a metodika

Šetření se zaměřila na vrcholovou oblast Krušných hor, v okolí obce Boleboř, na majetku Lesy města Jirkova a na okolí Fláje (majetek LČR). Probíhala v porostech s intaktní vrstvou humusu, s dominancí jednak smrku ztepilého a jednak jeřábu ptačího a břízy a dále se zaměřila na porosty po buldozerové přípravě, ve kterých dochází k obnově vrstvy povrchového humusu. Cílem bylo zjistit alespoň přibližné přirozené poměry v oblasti kvantity humusových forem a dále postihnout iniciační fázi obnovy technogenně devastovaných půd v zájmové oblasti.

Stav intaktních humusových forem v zájmové oblasti

Stav intaktních humusových forem v typických podmínkách (6.) 7. až 8. LVS byl studován v prvním případě na lokalitě Boleboř (plocha

s pracovním označením Boleboř 1). Plochy jsou lokalizovány v ploché části terénu v nadmořské výšce zhruba 840 - 860 m n. m. Geologické podloží je tvořeno kyselými metamorfovanými horninami (svory), půdní typ představuje kryptopodzol, lesní typ je popsán jako 7K4 (PODRÁZSKÝ, REMEŠ, ULBRICHOVÁ 2003). Dílčí plochy sledovaného souboru jsou založeny na intaktní půdě, kde ze sjezu vznikl porost jeřábu (*Sorbus aucuparia* – 25 let), v sousedství pak zůstal zachován mladý porost smrku ztepilého (*Picea excelsa* – 30 let). Odběr vzorků byl proveden v roce 1999.

Srovnání stavu humusových forem pod porostem břízy bradavičnaté (*Betula pendula* ROTH.) a smrku pichlavého (*Picea pungens* ENGELM.) bylo dále provedeno na ploše s pracovním označením Fláje I (ŠLODIČÁK, NOVÁK, KACÁLEK 2002). Porost leží na svahu s jižní expozicí v nadmořské výšce 800 m n. m., typologicky je plocha zařazena jako LT 8G3 – podmáčená smrčina třtinová. Plocha je tvořena sérií 3 ploch dílčích, pro srovnání byly vzorky humusových forem odebírány pouze na dvou variantách: čisté porosty smrku pichlavého a porost břízy. V době založení experimentu, v roce 1996, bylo stáří porostů kolem 12 let, v roce 2002 byl tedy věk porostů kolem 28 roků. Vzorky jednotlivých holorganických horizontů (L + F1, F2 + H) byly odebírány 8. 10. 2002

Obnova humusových forem na technogenně devastovaných plochách

Tato šetření probíhala ve třech sériích výzkumných ploch, označených jako Boleboř II, Boleboř III, Fláje II a přiřazena k nim byla plocha modřínu nedaleko obce Svahová.

• Série Boleboř II

Výzkumná plocha ke sledování vývoje výsadeb smrku pichlavého na místech s různou intenzitou narušení půdního povrchu buldozerovou přípravou byla založena v roce 1993, kultura smrku pichlavého měla v roce 1994 osm let. Lokalita leží na území LS Lesy města Jirkova v nadmořské výšce 860 m. Stanoviště je charakterizováno souborem lesních typů 7K4, půdním typem kryptopodzol, pásmem ohrožení A. Klimatický okresek je určen jako C1, mírně chladný. Lesní cesta rozděluje plochu na dvě části. První z nich zůstala bez zásahu (po výsadbě smrku pichlavého a sjezu břízy), na druhé byla stále odstraňována bříza a ostatní listnáče nalétající na skarifikovanou plochu. Porost břízy vykazoval v roce 1994 následující charakteristiky: počet jedinců 42 100 ks na 1 ha, střední výška 2,55 m, střední tloušťka 1,2 cm a výčetní kruhová základna 4,76 m²·ha⁻¹. Zásoba celkové biomasy v roce 1994 dosahuje

14,29 t.ha⁻¹ v porostu břízy a 1,75 t.ha⁻¹ v porostu smrku pichlavého. Průměrný přírůst celkové biomasy v období 1991 až 1993 dosahoval v těchto porostech hodnot 1,75 a 0,55 t.ha⁻¹ a přírůst kmenů 1,46 a 0,18 t.ha⁻¹ (MORAVČÍK, MORAVČÍKOVÁ 1994). Odběry půdních vzorků byly provedeny v letech 1994, 1999 a 2004.

• Série Boleboř III

Plocha byla založena v letech 1983 - 1985, v nadmořské výšce 850 m n. m. Půdní typ je charakterizován jako kryptopodzol, plocha se nachází v 7. LVS (SLT 7K). Cílem bylo sledovat vliv různé dřevinné skladby a melioračních opatření na revitalizaci lesních ekosystémů těchto poloh.

Byla aplikována meliorační opatření:

- buldozerová příprava plochy
- celoplošné hnojení před pomístnou přípravou půdy (4 t/ha CaCO₃, 0,5 t/ha K₂O + MgO, 0,2 t/ha P₂O₅)
- příprava půdy, hnojení po ní (1 t/ha CaCO₃, 0,1 t/ha P₂O₅)

Technologie výsadby:

- liniová příprava pluhem
- řadová výsadba ve vzdálenosti 2 m

Varianty:

1. smíšený porost (*Picea pungens* ENGELM., *Larix decidua* MILL., *Pinus contorta* DOUGL., *Pinus strobus* L.) v počtech 5 000 ks/ha. Olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) byla vysázena v počtu 1 667 ks/ha na meliorované ploše. Směs byla liniová.
2. Buk (*Fagus sylvatica* L.) v počtu 8 333 ks/ha, spon 2,0 x 0,6 m ve směsi s olší v počtu 2 500 ks/ha
3. Buk (*Fagus sylvatica* L.) v počtu 8 333 ks/ha, spon 2,0 x 0,6 m ve směsi s modřínem (*Larix decidua* MILL.), v počtu 2 500 ks/ha a sponu 2,0 x 2,0 m
4. Smrk pichlavý (*Picea pungens* ENGELM.) v počtu 5 000 ks/ha, spon 2,0 x 1,0 m ve směsi s olší v počtu 1 667 ks/ha, pouze na meliorovaných částech

Každá varianta měla 4 opakování, dvě s meliorací a dvě bez ní, celkem tak vzniklo 16 dílčích ploch o velikosti 60 x 25 m (0,15 ha), 13 z nich bylo v bloku oploceno na ochranu proti zvěři. Zhodnocení plochy bylo provedeno v roce 2000. Statistická hodnocení růstové dynamiky jednotlivých dřevin byla prováděna analýzou variance na 95% stupni spolehlivosti. Díky extrémním mezoklimatickým a mikroklimatickým podmínkám a především vlivem zvěře po ztrátě funkčnosti oplocení se zachovaly jen některé varianty, jejichž hodnocení je uváděno dále.

• Série Fláje II

Plocha, nazvaná jako „Experiment Fláje II“, slouží pro výzkum růstu a vývoje nesmíšených náhradních porostů smrku pichlavého. Pokus byl založen v roce 1996 ve vrcholové části Krušných hor. Porost leží na jižním svahu v nadmořské výšce 800 m a je zařazen do SLT 8G3 (podmáčená smrčina třtinová). Série je tvořena třemi srovnávacími plochami, každá o výměře 0,1 ha (25 m x 40 m) (ŠLODIČÁK, NOVÁK, KACÁLEK 2002). Kontrolní varianta byla srovnávána se sousedním porostem smrku ztepilého ve stejných podmínkách a vzniklého ve stejné době. K těmto plochám byla přiřazena plocha na buldozerem připravené lokalitě u obce Svahová, v podobných stanovištních podmínkách, která byla počátkem roku 1991 obnovena. Půdní svršek byl shrnut až na horizont E, plocha byla osázena kulturou modřínu. Vzorky buřene a jednotlivých holorganických horizontů (L + F1, F2 + H) byly odebírány 8. 10. 2002 (věk porostu v té době byl 18 let).

Na všech plochách bylo množství nadložního humusu určeno odděleně pro jednotlivé, na daném místě determinovatelné a oddělitelné holorganické vrstvy. Ty byly odebírány s pomocí rámečku 25 x 25 cm

ve čtyřech opakováních. Sušina byla určována při 105 °C, determinace pedochemických vlastností byla provedena standardními metodikami, není však předmětem tohoto příspěvku (REMEŠ, PODRÁZSKÝ 2003, ULBRICHOVÁ, PODRÁZSKÝ 2003, ULBRICHOVÁ, PODRÁZSKÝ, ŠLODIČÁK 2005).

Výsledky a diskuse

Výsledky shrnuje pro všechny plochy tabulka 1. Pedochemické charakteristiky půd studovaných lokalit jsou předmětem jiných publikací, v předkládaném příspěvku je uvedena pouze kvantifikace sušiny zásoby nadložního humusu na jednotlivých lokalitách a variantách.

Na lokalitě Boleboř I je patrná poměrná shoda v množství (je patrná i v kvalitě) nadložního humusu v porostech smrku i jeřábu. Změna druhové skladby se tak neodrazila ani v množství, výrazněji ani v pedochemických charakteristikách holorganických horizontů (ULBRICHOVÁ, REMEŠ, PODRÁZSKÝ 2004).

Na druhé straně byly prokázány hluboké rozdíly v půdoochranných funkcích porostů smrku pichlavého a břízy (Fláje I). Zatímco v prvním případě dochází k rychlé degradaci nadložního humusu, působí bříza nejen výrazně půdoochranně, ale i půdotvorně (PODRÁZSKÝ et al. 2004).

Dlouhodobý vývoj na ploše Boleboř II rovněž prokázal funkční méněcennost smrku pichlavého ve srovnání s břízou (jako ostatně se všemi ostatními dřevinami). Během 20 let vývoje bříza předstihla smrk (resp. travní společenstva dominující v porostu smrku pichlavého) v akumulaci nové vrstvy nadložního humusu, navíc s podstatně příznivějšími charakteristikami (PODRÁZSKÝ, REMEŠ, ULBRICHOVÁ 2003).

Velmi příznivé působení na stav půd a velký potenciál pro obnovu degradovaných lokalit vykazovala olše (lokalita Boleboř III). S další podporou hnojení byla v jejích porostech prokázána nejvyšší akumulace nadložního humusu s příznivými vlastnostmi (PODRÁZSKÝ, REMEŠ, ULBRICHOVÁ 2003). Prokázaný vliv se odlišoval od lokalit se zachovalou vrstvou nadložního humusu, se spontánně probíhajícími dekompozičními jevy, kde další vstup dusíku může působit problémy v oblasti zvýšené mineralizace, nitrifikace a vyplavování bází, tedy i v oblasti acidifikace (PODRÁZSKÝ et al. 2005).

Při zalesnění zemědělských půd na lokalitě Fláje II byla dosud prokázána srovnatelná úroveň akumulace v obou smrkových porostech. Příčinou je zahrnutí značného množství opadu bylin a travin do vrstvy L v porostu smrku pichlavého, zatímco opad smrku ztepilého byl tvořen výhradně jehlicemi této dřeviny. Navíc o 10 % nižší obsah spalitelných látek ve vrstvě L2 + H u SMp dokládá větší vliv bioturbace v drnu travin a porostu bylin (PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2005). U modřínu je nižší akumulace povrchového humusu standardní (PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2004), pokud se prostředí nezlepší s pomocí melioračních opatření, jako je tomu např. na lokalitě Boleboř III.

Výsledky našich šetření, stejně tak i dalších výzkumů v širším spektru stanovištních podmínek (PODRÁZSKÝ 2001a, b), umožňují odhadnout množství nadložního humusu, které indikuje alespoň s velkou pravděpodobností dostatečnou funkční účinnost lesních ekosystémů. Tyto odhady dokládá tabulka 2. Tento stav by v Krušných horách měl být dosažen s využitím hmoty valů, nebo spontánními procesy. Ty mohou, v závislosti na stanovištních podmínkách, náhradní dřevině a i melioračních opatřeních představovat roční akumulaci 1 – 2,5 t holorganického materiálu ročně.

Závěr

Výsledky potvrdily značný potenciál lesních dřevin při obnově holorganických vrstev na zemědělských i devastovaných lokalitách v horských polohách. Byly potvrzeny značné rozdíly mezi dřevinami, jako vhodné byly potvrzeny bříza a olše, jako méně účinné další druhy, jako smrk ztepilý a modřín, nejméně vhodným se jevil smrk pichlavý. Výsledky našeho výzkumu je možno plně využít v dalším výzkumu a v jeho sumarizacích. Na nově zalesněných lokalitách s absencí holorganických vrstev je možno počítat s roční akumulací zhruba 1 – 2,5 t hmoty povrchových humusových horizontů ročně, což

v období prvních 20 let sledování indikuje dosažení plně funkčního stavu zhruba během prvního obmýtí, v závislosti na stanovištních podmínkách, dřevině i melioračních patřenicích.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QG50105 „Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesních a devastovaných stanovišť“. Autoři děkují pracovníkům VÚLHM-VS Opočno za umožnění odběrů na jimi spravovaných plochách. Dílčí výsledky byly publikovány na konferencích a jsou připravovány pro odborný časopis.

Tab. 1.

Zásoba povrchově akumulované organické hmoty (t/ha) v porostech lesních dřevin vzniklých po buldozerové přípravě stanoviště
Amount of surface organic matter (t/ha) in forest stands originated after bulldozer site preparation

Plocha/Plot	Stanoviště/Site	Věk/Age	Odběr/Sampling	Horizont/Horizon			Celkem/ Total
				L	F	H	
Boleboř I	Intaktní/Intact						
JR/Rowan	7K4	25	1999	3,112	7,356	199,400	209,868
SM/Blue spruce		30		3,860	43,544	153,564	200,968
Fláje I	Intaktní/Intact						
BR/Birch	8G3	28	2002		24,488	131,56	156,048
Smp/Blue spruce		28			21,608	60,516	82,124
Boleboř II	Buldozer						
BR//Birch	7K4	10	1994	1,450	2,110	4,340	8,020
		15	1999		4,720	9,000	13,720
		20	2004		6,120	18,690	24,810
SMp/Blue spruce		10	1994	2,010	3,100	4,950	10,040
		15	1999			14,520	14,520
		20	2004		5,250	13,800	19,050
Boleboř III	Buldozer						
OL hnoj./fert. alder	7K4	16	2000		7,320	33,364	40,684
OL hnoj/fert. alder		16	2000		5,636	23,072	28,708
OL nehn/non-fert. alder		16	2000		4,000	22,240	26,240
Smp hnoj/fert. blue spruce		16	2000		5,792	11,048	16,840
Smp neh./non-fert. bl. spruce		16	2000			21,692	21,692
MD neh./non-fert. larch		16	2000		8,156	19,336	27,492
MD hnoj./fert. larch		16	2000		9,564	24,720	34,284
Fláje II	Zemědělská půda/Agricultural land						
SM/Spruce	8G3	18	2002		10,534	16,326	26,860
Smp/Blue spruce		18	2002		12,968	12,872	25,840
Svahová							
MD/Larch	8G3	12	2002		4,820	5,156	9,976

Tab. 2.

Minimální množství nadložní organické hmoty, jež odpovídá přirozeným stanovištním podmínkám

Minimum amount of surface organic matter, corresponding to natural site conditions

LVS/For. veg. zone	5	6	7	8
Půdní typ/Soil type	kambizem/Cambisol	kambizem/Cambisol	kambizem/Cambisol	
Mocnost/Thickness cm	L + F 2 H 1 - 3	L + F 1 - 2 H 1 - 4	L + F 1 - 2 H 1 - 4	
Zásoba/Supply t/ha	10 - 15	10 - 20	10 - 20	
Půdní typ/Soil type		kryptopodzol/ Dystric Cambisol	kryptopodzol/ Dystric Cambisol	
Mocnost/Thickness cm		L + F 2 - 3 H 2 - 3	L + F 2 - 3 H 2 - 3	
Zásoba/Supply t/ha		10 - 30	10 - 30	
Půdní typ/Soil type		rankr/ Ranker	podzol, rankr/ Podzol, ranker	podzol, rankr/ Podzol, ranker
Mocnost/Thickness cm		L + F 2 - 4 H 2 - 5	L + F 2 - 4 H 2 - 5	L + F 2 - 4 H 2 - 5
Zásoba/Supply t/ha		40 - 100	50 - 100	100 - 150

Literatura

- MORAVČÍK, P., MORAVČÍKOVÁ, D.: Biomasa porostu břízy, smrku pichlavého, smrku ztepilého a jeřábu v Krušných horách. Závěrečná zpráva. Ústav pro výzkum lesních ekosystémů 1994. 21 s.
- PODRÁZSKÝ, V.: Role smrku ztepilého jako přípravné dřeviny při obnově půdního prostředí lesních ekosystémů. In: Krajina, les a lesní hospodářství. I. Sborník z konference 22. a 23. 1. 2001. Praha, Česká zemědělská univerzita 2001a, s. 136-140.
- PODRÁZSKÝ, V.: Zásoba nadložního humusu a její kvantifikace pro potřeby revitalizace degradovaných lesních ekosystémů Krušných hor. In: Krajina, les a lesní hospodářství. I. Sborník z konference 22. a 23. 1. 2001. Praha, Česká zemědělská univerzita 2001b, s. 154-160.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., ULBRICHOVÁ, I.: Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts. – Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 49, 2003, č. 4, s. 141-147.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I.: Restoration of forest soils on reforested abandoned agricultural lands. *Journal of Forest Science*, 50, 2004, č. 6, s. 249-255.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I.: Obnova povrchového humusu při zalesňování zemědělských ploch a stanovišť po buldozerové přípravě v Krušných horách. In: Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť. Kostelec n. Č. 1. 17. 2. 2005. Kostelec n. Č. 1., ČZU 2005, s. 77-82.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I., KUNEŠ, I., FOLK, J.: Green alder effects on the forest soils in higher elevations. *Journal of Forest Science*, 51, Special Issue, 2005, s. 38-42.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I., MOSER, W. K., NOVÁK, J., SLODIČÁK, M.: Půdotvorná a půdoochranná funkce břízy a smrku pichlavého na imisních holinách se zachovalou vrstvou humusu. In: Dřeviny a lesní půda. Biologická meliorace a její využití. Kostelec n. Č. 1. 22. 3. 2004. ČZU, Kostelec n. Č. 1. 2004, s. 119-123.
- REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V.: Effects of preparatory stands on forest site restoration. *Ekológia/Ecology*, 22, Supl. 1, 2003, č. 1, s. 291-293.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., KACÁLEK, D.: Pěstební zásahy v náhradních porostech smrku pichlavého (výsledky experimentu Fláje II za období 1996 – 2001). [Silvicultural measures in substitute blue spruce stands (results of experiment Fláje II in 1996 - 2001).] In: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001. Teplice 14. 3. 2002. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2002, s. 143-154.
- ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V.: Mechanised site preparation and restoration of degraded site. *Ekológia/Ecology*, 22, Supl. 1, 2003, č. 1, s. 388-391.
- ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V., SLODIČÁK, M.: Soil forming role of birch in the Ore Mts. *Journal of Forest Science*, 51, Special Issue, 2005, s. 54-58.
- ULBRICHOVÁ, I., REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V.: Hlavní náhradní listnaté dřeviny v Krušných horách a jejich půdotvorná a půdoochranná funkce. In: Dřeviny a lesní půda. Biologická meliorace a její využití. Kostelec n. Č. 1. 22. 3. 2004. ČZU, Kostelec n. Č. 1. 2004, s. 124-129.

Regeneration rate of forest soils in mountain position from the point of view of the surface humus

Summary

Humus forms represent an ecosystem compartment, which is of vital importance for nutrition cycling. Their quantity and quality determine the ecosystem stability to a high extent. The rapidity of humus forms creation of newly afforested lands and the rapidity of humus forms restoration on degraded sites are among vital, not yet studied processes. Quantification of these processes on bulldozed sites in the Ore Mts. is the aim of the presented study, the area suitable for marginal agricultural land afforestation being estimated up to 500,000 ha and area bulldozed being registered on 4,396.5 ha in the Czech Republic and Ore Mts. respectively. The research was performed on 5 series of research plots, including variants with different age, site characteristics and species composition (Tab. 1). The plots were sampled for the surface humus layers quantity (age at the sampling indicated also in the Tab. 1) and samples were analyzed for the dry matter content. It was supposed, that the surface humus originated de novo at the scarified (bulldozed plots) or bare soil (agricultural lands) surface. Results are summarized in the Tab. 1. Results confirmed considerable potential of particular tree species and of amelioration treatments at the restoration of holorganic horizons. This was documented both on afforested agricultural as well as on devastated forest lands. The annual rate of surface holorganic matter accumulation ranged between 1 – 2.5 t.ha⁻¹.y⁻¹ during the initial period of 20 years. Considerable differences were documented for particular tree species and amelioration treatments. The alder and birch were documented as very effective site improving species, as less effective the Norway spruce, European larch and rowan tree, as minor species the blue spruce. Appropriate and site corresponding amelioration increased the effects of the biological amelioration highly. The first rotation period seems to be enough for reaching a balanced status. Table 2 shows the generalization of satisfactory status of surface holorganic matter quantity in different site conditions.

Recenzent: Ing. F. Šach, CSc.

K MOŽNOSTEM LESNICKÉHO VYUŽITÍ NĚKTERÝCH CIZOKRAJNÝCH DRUHŮ RODU *ABIES* V ČR NA ZÁKLADĚ HODNOCENÍ JEJICH RŮSTU NA LOKALITĚ JÍLOVIŠTĚ – CUKRÁK VE VĚKU 30 LET

An appraisal of the suitability of exotic *Abies* species for use in forestry within the Czech Republic, based on evaluation of growth characteristics in the Jíloviště – Cukrák locality at the age of 30 years

Abstract

This report presents the results of evaluations for provenance research plot no. 58 – Lesy Jíloviště, Cukrák. Established in 1975, an extensive number of various *Abies* species are represented in this plot. The aim of this report is to continue evaluation results at an age of 30 years. Evaluated progenies of *Abies grandis* are characterized by exhibiting above average growth coupled with average mortality rates. Both positive, and negative characteristics, have been recorded with both *A. balsamea* and *A. concolor*, which are discussed, and variants of *A. borisii-regis* and *A. nordmanniana* can be described as very promising. However, *A. pinsapo*, *A. cilicica*, *A. magnifica*, *A. bornmulleriana* and *A. lasiocarpa*, have been identified as unsuitable for use in forest management.

Klíčová slova: *Abies cilicica*, *A. cephalonica*, *A. grandis*, *A. balsamea*, *A. pinsapo*, *A. concolor*, *A. nordmanniana*, *A. lasiocarpa*, *A. fraseri*, *A. magnifica*, *A. bornmulleriana*, introdukce, cizokrajné dřeviny, provenienční výzkum

Key words: *Abies cilicica*, *A. cephalonica*, *A. grandis*, *A. balsamea*, *A. pinsapo*, *A. concolor*, *A. nordmanniana*, *A. lasiocarpa*, *A. fraseri*, *A. magnifica*, *A. bornmulleriana*, introduction, exotic *Abies* species, provenance research

Úvod a cíl práce

Jednou z hlavních zásad střeoevropského lesního hospodářství je využívání původních (autochtonních) lesních dřevin a existuje řada důvodů, aby tomu tak bylo i nadále (princip předběžné opatrnosti, ochrana biodiverzity, prevence před kalámitami, invazemi aj.). Na druhé straně je pochopitelný i argument vlastníků lesa, kteří si přejí pěstovat na svých pozemcích i cizokrajné dřeviny, o kterých vědí, že mohou v konkrétních podmínkách svou produkcí, resp. kvalitou dřeva zvýšit jejich zisk. Při stanovení vhodných regulačních pravidel by na některých lesních majetcích s převládající hospodářskou funkcí mělo být pěstování exotických druhů umožněno. Výzkum v oboru introdukce lesních dřevin předchází pěstování nevhodných druhů a proveniencí, které by mohlo být příčinou neúspěchů při zalesňování a obnově lesa. I v státním strategickém zájmu je mít pro případ výskytu předvídatelných i nepředvídatelných procesů velkého rozsahu (choroby, škůdci, klimatická změna, rozvoj lidských aktivit, rostlinné invaze apod.) k dispozici alternativy v podobě cizokrajných dřevin, které jsou schopné na území ČR zdárně odrůstat.

V souvislosti s chřadnutím jedle bělokoré byl v 70. letech 20. století v ČR zahájen také provenienční výzkum některých alochtonních zástupců rodu *Abies*. Cílem předkládaného příspěvku je vyhodnocení jejich růstu ve věku 30 let na provenienční výzkumné ploše č. 58 – Lesy Jíloviště, Cukrák, na které byl soustředěn největší počet cizokrajných taxonů tohoto rodu a na základě zjištěných výsledků posoudit možnosti jejich využití v našem lesním hospodářství.

Materiál a metodika

Prostřednictvím rozsáhlé korespondence s vědeckými institucemi z Evropy, Afriky, Asie a Severní Ameriky se v rámci zmíněného provenienčního výzkumu podařilo shromáždit osivo celkem 7 cizokrajných druhů a spontánních kříženců z oblasti mediteránu, 9 taxonů z USA a Kanady a 6 druhů z východní Asie (Japonsko, bývalý SSSR). Za účelem posouzení růstu získaného materiálu v podmínkách ČR

bylo založeno 6 provenienčních ploch, na kterých bylo kromě jedle bělokoré vysazeno dalších 16 taxonů rodu *Abies*. Některé získané partie osiva byly totiž na založení provenienčních pokusů příliš malé (např. všech 6 druhů z oblasti východní Asie); tento materiál byl věnován jiným institucím.

Plocha č. 58 – Lesy Jíloviště, Cukrák, která je hodnocena v tomto příspěvku, byla založena v roce 1975 na území bývalé Správy pokusných lesních objektů VÚLHM Jíloviště-Strnady (po restituci Lesy Jíloviště, Bartoň z Dobenína) v porostu 31 L_{2y}. Jde o lokalitu v přírodní lesní oblasti 10 – Středočeská pahorkatina v nadmořské výšce 330 m n. m. Místo výsadby je charakterizováno průměrnou roční teplotou 8,3 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 480 mm. Typologicky je zařazeno do souboru 1H – sprašová habrová doubrava. Jde tedy o lokalitu, kterou je možno zejména s ohledem na velmi malý roční přísun srážek považovat pro domácí jedli bělokorou za extrémní až limitní.

Výsadba je uspořádána v blocích. Část proveniencí je vysazena ve třech opakováních, asi polovina proveniencí pak s ohledem na malé disponibilní množství osiva a vypěstovaných sazenic pouze v jediném opakování. Materiál byl vysazen na parcely o rozměrech 10 x 10 m ve sponu 2 x 1 m. Plocha obsahuje celkem 65 parcel o celkové výměře 0,65 ha. Původní počet sazenic na parcele byl 50. Některé provenience byly tedy reprezentovány 150 jedinci, jiné pouze 50. Celkem bylo vysazeno 1 350 čtyřletých sazenic.

Na hodnocené výzkumné ploše je zastoupen největší sortiment cizokrajného materiálu, kdy kromě 9 evropských proveniencí jedle bělokoré je zde zastoupeno 29 potomstev dílčích populací dalších 14 taxonů rodu *Abies* (tab. 1).

Jedle cilicijská *Abies cilicica* se vyskytuje zejména v pohořích Taurus a Antitaurus v Malé a Přední Asii a dále v Libanonu v nadmořských výškách 1 300 – 2 000 m n. m., na některých lokalitách s cedrem libanonským, různými druhy dubů aj. Na plochu byly vysazeny tři dílčí populace (č. 89 – Kammouha z Libanonu, 170 – Maras a 181 – Maras, Hartlap z Turecka).

Jedle řecká *A. cephalonica* je dnes rozšířena v Řecku od Peloponesu až k Ochridskému jezeru i na přilehlých ostrovech Egejského

Tab. 1.

Přehled druhů a proveniencí rodu *Abies* – výzkumná plocha č. 58

Survey of species and provenances of genus *Abies* – research plot no. 58

Provenience č./ Provenance no.	Druh/ Species	Země původu/ State of origin	Původ – označení/ Origin - description	Nadm. výška/ Altitude (m n. m.)	Zeměpisná	
					délka/ longitude	šířka/ latitude
87	<i>Abies alba</i>	ČR/CR	Hořovice, JINCE	530	13° 58' v. d.	49° 46'
117	<i>Abies alba</i>	Francie/France	La Joux III	750	6° 03' v. d.	46° 51'
165	<i>Abies alba</i>	Francie/France	Saint Evroult II	275	2° 48' v. d.	45° 54'
226	<i>Abies alba</i>	Itálie/Italy	Abetone e Cutigliaro	1 60	10° 50' v. d.	44° 00'
97	<i>Abies alba</i>	Rakousko/Austria	Liesing, DRAUTAL	1280	12° 49' v. d.	46° 41'
143	<i>Abies alba</i>	Rakousko/Austria	Laterns, VORARLBERG	1 000	9° 42' v. d.	47° 16'
218	<i>Abies alba</i>	Rumunsko/Romania	SUCEAVA	600	25° 50' v. d.	47° 40'
S14	<i>Abies alba</i>	Slovensko/Slovakia	Svidník, KOMÁRNÍK	480	21° 42' v. d.	49° 23'
134	<i>Abies alba</i>	Španělsko/Spain	Anso, HUESCA		0° 52' v. d.	42° 45'
122	<i>Abies balsamea</i>	Kanada/Canada	Frontenac, MARLOW	427	70° 32' z. d.	45° 48'
124	<i>Abies balsamea</i>	Kanada/Canada	Val Dor, DUBUISSON	320	77° 56' z. d.	48° 04'
141	<i>Abies balsamea</i>	USA	N. Hampshire, FRANCONIA N.	533	71° 41' z. d.	44° 08'
418	<i>Abies balsamea</i>	USA	Maine, BANGOR	91	68° 40' z. d.	44° 50'
111	<i>Abies borisii-regis</i>	Řecko/Greece	Mnt. Pindos, KALAMBAKA	1 300	21° 10' v. d.	39° 30'
155	<i>Abies bornmulleriana</i>	Turecko/Turkey	Bolu, KÖKEZ	1 225	31° 36' v. d.	40° 33'
136	<i>Abies cephalonica</i>	Řecko/Greece	Peloponnesus, VYTINA	1 010	22° 10' v. d.	37° 40'
89	<i>Abies cilicica</i>	Libanon/Lebanon	KAMMOUHA	1 100	36° 00' v. d.	34° 00'
170	<i>Abies cilicica</i>	Turecko/Turkey	Maras, YENICE KALE	1 400	34° 34' v. d.	37° 34'
181	<i>Abies cilicica</i>	Turecko/Turkey	Maras - Hartlap, YENICE KALE	1 410	34° 34' v. d.	37° 34'
160	<i>Abies concolor</i>	USA	Colorado, MONTROSE	1 500	107° 00' z. d.	41° 00'
406	<i>Abies concolor</i>	USA	California, SISKIYOU	1 828		
407	<i>Abies concolor</i>	USA	California, TUOLUME	1 674	120° 15' z. d.	37° 55'
409	<i>Abies concolor</i>	USA	California, MENDOCINO	1 670	123° 15' z. d.	37° 55'
424	<i>Abies concolor</i> var. <i>lowiana</i>	USA	California, MEYERS	2 070	120° 00' z. d.	38° 51'
154	<i>Abies fraserii</i>	USA	North Karolina, WOLF CREEK	1 372	81° 00' z. d.	36° 10'
120	<i>Abies grandis</i>	USA	Washington, SNOQUALMIE	335	121° 45' z. d.	47° 38'
425	<i>Abies grandis</i>	USA	Idaho, SAINT POINT	975	116° 18' z. d.	48° 18'
129	<i>Abies lasiocarpa</i>	Kanada/Canada	Alberta, ROCKY MOUNT	1 524	115° 00' z. d.	51° 00'
410	<i>Abies magnifica</i>	USA	California, CALVERAS	1 674	121° 15' z. d.	39° 40'
411	<i>Abies magnifica</i>	USA	California, GLENN	1 800	120° 50' z. d.	41° 00'
427	<i>Abies magnifica</i>	USA	California, HIGHWAY	2 345	120° 10' z. d.	38° 38'
428	<i>Abies magnifica</i> var. <i>shastensis</i>	USA	Oregon, NATIONAL FOREST	1 615	122° 21' z. d.	43° 22'
500	<i>Abies nordmanniana</i>	Gruzie/Georgia	Gruzinská SSR			
169	<i>Abies nordmanniana</i>	Turecko/Turkey	Sebinkarahishar, MERKEZ	1 600		
180	<i>Abies nordmanniana</i>	Turecko/Turkey	Sebinkarahishar, MERKEZ	1 600		
135	<i>Abies pinsapo</i>	Španělsko/Spain	Malaga, LA YUNQUERA			

moře (Thasos, Euboia aj.). Až do nadmořských výšek 1 700 m n. m. tvoří souvislé porosty, jejichž stav je z hospodářského hlediska velmi proměnlivý. Dílčí populace zastoupená na výzkumné ploše pochází z poloostrova Peloponesos z horské polohy 1 010 m n. m.

Abies borisii-regis (*A. alba* x *A. cephalonica*) je zastoupena vzorkem jedle ze severozápadního Řecka (lokalita Mnt. Pindos, Kalambaka) z nadmořské výšky 1 300 m n. m. V těchto oblastech, mimo jiné dále v pohorí Rhodope, Olympos a Thasos, se vyskyt spontánního křížence *A. borisii-regis* udává. V dokumentaci k dodanému vzorku osiva není

konkrétně uvedeno, zda jde o hybridní populaci jedle bělokoré jako mateřského partnera a jedle řecké jako partnera otcovského, či zda jde o reciprokou variantu křížení.

Jedle obrovská *Abies grandis* je na výzkumné ploše zastoupena dvěma dílčími populacemi. Jedna provenience pochází z oblasti státu Washington (USA) z nadmořské výšky 335 m n. m., druhá z vnitrozemské oblasti státu Idaho (USA) z nadmořské výšky 775 m n. m.

Jedle balzámová *Abies balsamea* je reprezentována celkem 4 dílčími populacemi. Jde o 2 dílčí populace z Kanady z východní části roz-

sáhlého areálu druhu, konkrétně z provincií Quebec (okolí města Montreal) a Ontario z nadmořské výšky 320 až 427 m n. m. Dvě další dílčí populace pocházejí z USA (č. 131 – N. Hampshire rovněž z východní oblasti rozšíření /nadmořská výška 553 m n. m./, dílčí populace č. 418 z jezerní oblasti státu Maine /nadmořská výška 98 m n. m./).

Jedle španělská *Abies pinsapo* je na ploše zastoupená jedinou proveniencí z oblasti Malagy.

Jedle ojíněná *Abies concolor* byla původně zastoupena čtyřmi dílčími populacemi, z toho třemi z Kalifornie (USA) ze stanovišť v nadmořských výškách 1 670 až 1 828 m n. m. a jednou proveniencí ze státu Colorado ze stanoviště v 1 500 m n. m.

Jedle ojíněná Lowova *Abies concolor* var. *lowiana* je na výzkumné ploše zastoupena dílčí populací 424 – Meyers z Kalifornie (USA) z lokality v nadmořské výšce 2 070 m n. m. Bývá obvykle pokládána za specifickou subspecii jedle ojíněné, někteří autoři ji však považují za křížence jedle ojíněné a jedle obrovské. Její výskyt je registrován zejména na řadě lokalit v Arizoně (USA).

Jedle kavkazská *Abies nordmanniana* roste v západní části Kavkazu, dále na jižním a jihovýchodním pobřeží Černého moře, kde se v polohách do 2 000 m n. m. vyskytuje v lesních porostech ve směsích se smrkem východním *Picea orientalis*. Na výzkumné ploše je zastoupena třemi dílčími populacemi. Položky 169 a 180 – Sebinkarahishar pocházejí z Turecka z lokality v nadmořské výšce 1 600 m n. m., třetí dílčí populace 500 pak pochází z Gruzie. Pro tuto provenienci nebyly dodány konkrétní podrobnější údaje o původu.

Jedle plstnatoplodá (*A. lasiocarpa*) je na výzkumné ploše zastoupena jedinou proveniencí z provincie Alberta (Kanada).

Jedle Fraserova (*A. fraseri*) má původ v Severní Karolině, USA.

Jedle nádherná *Abies magnifica* byla na výzkumnou plochu vysazena ve 4 dílčích populacích, vesměs z Kalifornie, USA. Jedna z nich spadá do rámce regionální populace *A. magnifica* var. *shastensis* z pohorí Shasta v jižním Oregonu.

Jedle Bornmüllerova *A. bornmulleriana* ze severozápadní Malé Asie je vzhledem podobná jedli kavkazské, ale vykazuje i určité vztahy k jedli řecké.

Výchovné zásahy se až do současnosti orientovaly především na odstraňování náletových dřevin a výmladků, pokud bránily jedlím ve vzrůstu. Jinak na ploše probíhal spontánní vývoj a byly odstraňovány pouze jedle odumřelé nebo zřetelně odumírající. S ohledem na tyto skutečnosti lze podíl až dosud rostoucích jedinců alespoň přibližně považovat za jedno z kritérií adaptability na místní podmínky prostředí a tedy i životaschopnosti. Určitou výjimku mohou představovat velmi rychle rostoucí dílčí populace s malou mortalitou, kde během růstu mohlo docházet k intenzivnější vnitrodruhové konkurenci a vzájemnému potlačování. Jedná se zejména o jedli obrovskou, která je charakteristická velmi rychlým růstem a relativně malou mortalitou, částečně i o některé provenience jedle bělokoré, rovněž relativně rychle přirůstající s vysokým počtem přežívajících jedinců na parcelách.

Na jaře 2001 se na ploše č. 58 ve věku 30 let uskutečnilo již čtvrté šetření, ze kterého vychází tento příspěvek. Byly měřeny výšky a výčetní tloušťky všech jedinců, kteří se na ploše do této doby udrželi. Pro sledované dílčí populace byly stanoveny základní matematicko-statistické charakteristiky, rozdíly v růstu proveniencí byly posuzovány metodou analýzy variance s použitím software UNISTAT. Základní výstupy byly zpracovány graficky. Při porovnávání růstu zastoupených druhů byla za srovnávací kritérium považována domácí populace jedle bělokoré č. 87 – Hořovice, Jince.

Při hodnocení provenienčních výzkumných ploch s lesními dřevinami ve věku kolem 30 let má obvykle smysl konfrontovat vedle

základních elementů produkce i objem přepočítaný na jednotku plochy. Objemová produkce a následná možnost využití nejvýkonnějších pokusných variant v lesnické praxi totiž zpravidla bývá hlavním cílem šlechtitelské selekce. V našem případě jsou možnosti hodnocení a porovnávání objemové produkce velmi omezené až nereálné, zejména s ohledem na mimořádnou rozdílnost počtu jedinců na jednotkách plochy, v extrémních případech až na zbytky v podobě několika málo jedinců. Vzhledem k této skutečnosti uvádíme, pouze jako příklad, kalkulace jen pro některé vybrané dílčí populace s relativně dostačujícími počty jedinců na plochách. Jedná se o kalkulaci orientační, proto se vychází z průměrů veličin a jednotné hodnoty výtvarnice 0,50, což je úroveň, která podle disponibilních tabulek přibližně odpovídá skutečnosti pro jedli bělokorou kolem 30 až 40 let věku.

Výsledky

Počet rostoucích jedinců dílčí populace jedle bělokoré z ČR (standardu) č. 87 – Hořovice, Jince dosáhl z původních 150 sazenic ve 30 letech čísla 77, průměrná výška měla hodnotu 8,4 m, průměrná výčetní tloušťka 10,8 cm. Jde o časně rašící dílčí populaci, potenciálně více ohrožovanou zejména pozdními mrazy.

Všechny tři vysazené dílčí populace jedle cilicijské do věku 30 let na ploše zcela vyhynuly. Přežili pouze dva jedinci libanonské provenience, kteří rostli jako solitéry. Výška těchto jedinců nedosahovala standardního ukazatele. Výčetní tloušťky byly zřetelně nadprůměrné, což bylo nepochybně důsledkem solitérního postavení. Podle výsledků pozorování ve věku 9 let patří jedle cilicijská do souboru časně rašících.

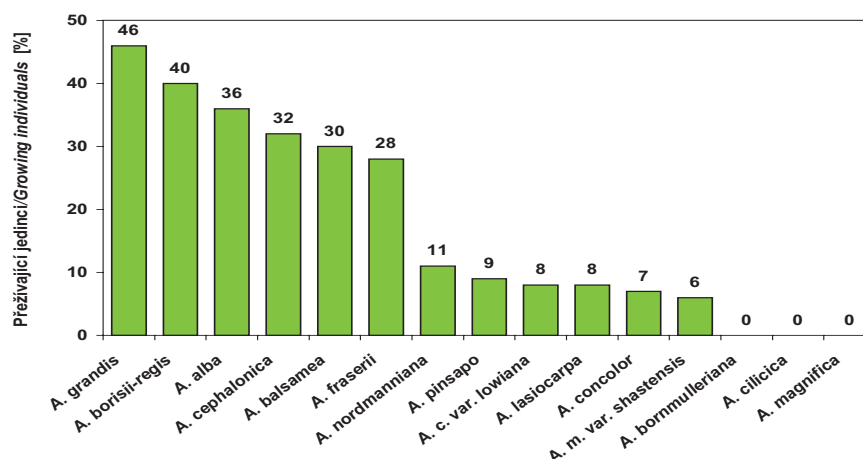
Jedle řecká se na výzkumné ploše ze 150 sazenic na třech parcelách udržela v počtu 48 jedinců, tj. 67 % srovnávací standardní populace. Pokud jde o výškový růst, byla dílčí populace jedle řecké ve srovnání se standardem asi o 10 % nižší (průměrná výška 7 m), ve výčetní tloušťce předstihovala standard o 10 %. Stejně jako jedle bělokorá a jedle cilicijská patří jedle řecká do skupiny spíše časně rašících.

Dílčí populace *Abies borisii-regis* na výzkumné ploše časně raší a projevuje se nadprůměrným stupněm přežívání a průměrným výškovým růstem.

Jedle obrovská (provenience Washington) je charakteristická výrazně nižším stupněm přežívání ve srovnání se „standardní“ populací jedle bělokoré. Tato charakteristika je pochopitelná mimo jiné s ohledem na výrazně intenzivnější výškový a tloušťkový růst, který je zřejmě spojen s větší spontánní redukcí počtu jedinců na ploše. Provenience 425 z lokality Idaho pak ve všech ukazatelích, včetně přežívání, převyšovala srovnávací kritérium. Obě dílčí populace převýšily „standard“ ve výškovém růstu o více než 50 %, v tloušťkovém růstu pak téměř o tři čtvrtiny. V objemové produkci byl pak předstih proti „standardu“ až čtyřnásobný. Pokud jde o dobu rašení, proces začíná obvykle o něco později, než je tomu u jedle bělokoré.

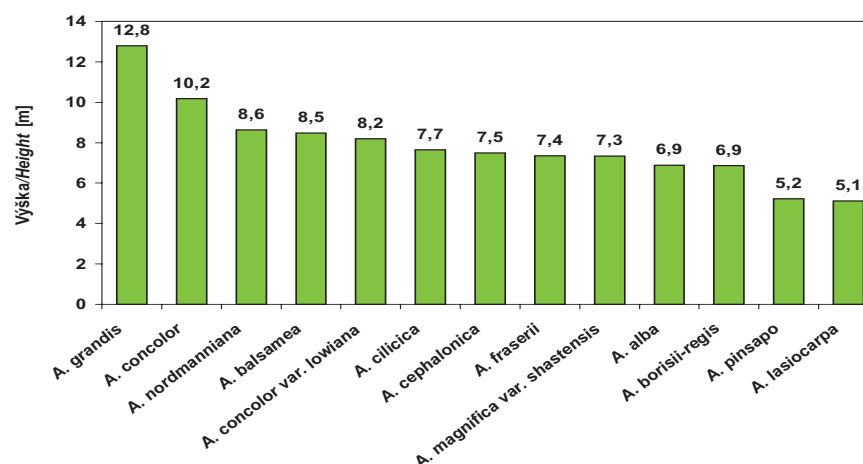
U jedle balzámové došlo na výzkumné ploše ke značné mortalitě proveniencí, která v průměru přesáhla hodnotu kontrolní dílčí populace o ca 40 %. Ve výškovém a tloušťkovém růstu se však dílčí populace jedle balzámové přibližovaly charakteristikám nejrychleji rostoucích dílčích populací jedle bělokoré, v některých případech je dokonce mírně převyšovaly. Proměnlivost v rámci souboru zkoumaných 4 dílčích populací druhu byla malá.

Jedle španělská roste do výšky i tloušťky slabě. Výšky rostoucích jedinců se pohybovaly kolem 5 m, výčetní tloušťky kolem 8 cm. Vyskytovaly se časté deformace kmene, doba rašení byla intermediární.



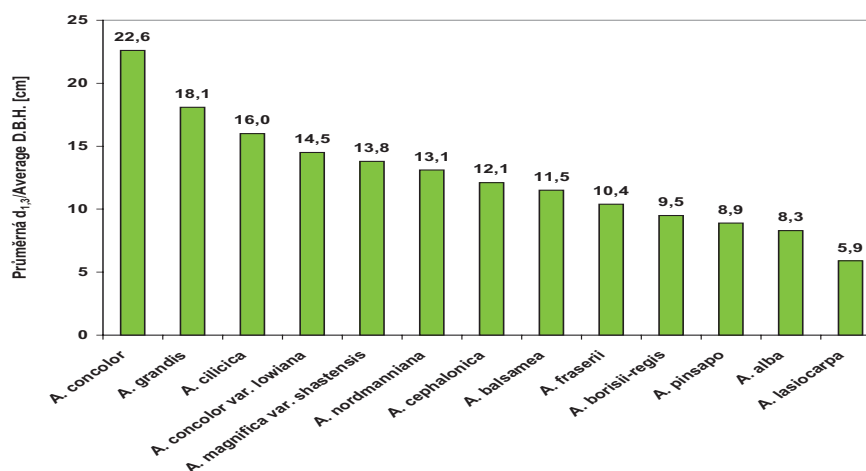
Graf 1.

Procentický podíl jedinců jednotlivých druhů rodu *Abies* na výzkumné ploše č. 58 dosud rostoucích a původně vysazených
Percentage of individual species of genus *Abies* individuals still growing on research plot no. 58, in comparison with numbers of originally planted individuals



Graf 2.

Průměrné výšky jednotlivých druhů rodu *Abies* na výzkumné ploše č. 58
Average heights of genus *Abies* individual species on research plot no. 58



Graf 3.

Průměrné výčetní tloušťky jednotlivých druhů rodu *Abies* na výzkumné ploše č. 58
Average D.B.H. values of genus *Abies* individual species on research plot no. 58

Z vysazených dílčích populací jedle ojíněné jedna varianta (407 z lokality Tuolumne, Kalifornie) zcela vyhynula, ač ve věku 9 let bylo na parcelách z celkového počtu 150 vysazených ještě registrováno 12 jedinců. U ostatních tří dílčích populací byla mortalita velmi vysoká. Z 350 vysazených rostlo ve věku 30 let na výzkumné ploše pouze 18 jedinců, což představovalo 13 % „standardní“ provenience jedle bělokoré. Jedle ojíněná rostla na parcelách v několika malých hloučcích nebo ve formě solitérních jedinců. Pokud jde o výškový růst, přirůstaly dvě z proveniencí, které se zachovaly (409 – Mendocino a 160 – Montrose, Colorado), průměrně, přibližně na úrovni srovnávací provenience jedle bělokoré, zatímco solitérní jedinec provenience 406 – Siskiyou, Kalifornie dosáhl ve věku 30 let výšky 13,5 m. Rostoucí jedinci jedle ojíněné výrazně překračovali hodnotu srovnávacího „standardu“ ve výčetních tloušťkách. Jedna z jedlí dosáhla pozoruhodné výčetní tloušťky 37 cm. Intenzivní růst do tloušťky byl do značné míry podmíněn víceméně solitérním růstem zachovaných jedinců.

Z 50 jedinců jedle ojíněné Lowovy, kteří byli na ploše vysazeni, se do věku 30 let udržely pouze 4 exempláře. Ve výškovém růstu se jedinci blížili standardu (průměrná výška 8,2 m), ve výčetní tloušťce standard výrazně překračovali, zřejmě z toho důvodu, že se jedná prakticky o solitérní rostoucí jedince.

Mortalita jedle kavkazské byla značná až extrémní (např. z 50 vysazených jedinců provenience 218 se zachoval pouze jediný exemplář). Výškový a tloušťkový růst dílčích populací, resp. jedinců z lokalit v Turecku byl podprůměrný, zatímco deset jedinců dílčí populace 500 z Gruzie vynikalo ve srovnání se standardní proveniencí jedle bělokoré zřetelně nadprůměrnými růstovými charakteristikami. Jedle kavkazská raší poněkud později než jedle bělokorá a zdá se být proto méně ohrožována pozdními mrazy.

Pokud jde o jedli plstnatoplodou, na lokalitě se z 50 sazenic udržely pouze 4 exempláře, které rostly do výšky i tloušťky výrazně podprůměrně.

Jedle Fraserova byla na výzkumné ploše z původních 50 sazenic reprezentována již jen 14 jedinci, kteří relativně pozdě raší.

Úhyn tří populací jedle nádherné z Kalifornie byl do věku 30 let na výzkumné ploše stoprocentní, z dílčí oregonské populace se na lokalitě z 50 sazenic zachovali 3 jedinci s podprůměrným výškovým a výrazně nadprůměrným tloušťkovým růstem.

Jedle Bornmüllerova na výsadbě do věku 30 let zcela vyhynula.

Pokud jde o jednotlivé druhy, resp. taxony jedlí a jejich dílčí populace, je především nutno konstatovat, že některé z nich do věku 30 let na ploše zcela vymizely. Jde o tyto položky: 155 – *Abies bornmulleriana*; 170, 181 – *A. cilicica*; 407 – *A. concolor*; 410, 411, 427 – *A. magnifica*. Z těchto dílčích populací 155 – *Abies bornmulleriana* a 170 – *A. cilicica* vyhynuly již do věku 9 let, ostatní pak v období do stáří 30 let.

Z citlivých druhů s velmi vysokou až totální mortalitou se několika málo jedinci na ploše udržela *A. concolor* var. *lowiana* z nadmořské výšky 2 070 m n. m. z Kalifornie (USA), považovaná za subspecii a dále *A. magnifica* var. *shastensis* z Oregonu (USA) z nadmořské výšky 1 615 m n. m. Velmi nízký stupeň přežívání vysazených jedlí je třeba konstatovat i u jedle plstnatoplodé *A. lasiocarpa* se 4 rostoucími jedinci z 50 vysazených, dále u jedle španělské z jižního Španělska s 13 rostoucími jedinci a u jedle kavkazské *A. nordmanniana* se 16 jedinci ze 150 vysazených.

Uspokojivý stupeň přežívání byl zaznamenán u šesti taxonů a to u jedle obrovské (46 %), u *A. alba* x *A. cephalonica* (40 %), u jedle bělokoré (36 % rostoucích), jedle řecké *A. cephalonica* (32 %), jedle

balzámové (30 %) a u jedle Fraserovy *A. fraseri* z pohoří Alleghan, USA (28 %) – graf 1. Relativně nižší mortalita těchto dílčích populací a druhů naznačuje, zejména se zřetelem na ekologické poměry míst původu, značnou adaptační schopnost na relativně velmi odlišné podmínky prostředí místa výsadby. Nelze opomenout skutečnost, specificky pro jedli bělokorou, že některé dílčí populace tohoto druhu vykazují na ploše extrémně vysokou mortalitu (dílejší populace 226 z horských oblastí střední Itálie, 218 – Rumunsko), zatímco většina ostatních proveniencí je charakteristická relativně vysokým stupněm přežívání.

Pokud jde o průměrnou výšku jednotlivých druhů (taxonů), nejmenší hodnotou se vyznačuje jedle plstnatoplodá *A. lasiocarpa* s 5,12 m. Následují vzestupně *A. pinsapo* (5,21 m), dále spontánní hybrid *A. alba* x *A. cephalonica* (6,86 m) atd., až po nejrychleji rostoucí jedle – obrovskou a ojíněnou (graf 2).

Z ukazatelů charakterizujících výškový růst může přispět k celkové představě informace o minimálních a maximálních výškách, které byly při měření na ploše zjištěny. Zatímco minimální výšky se u řady druhů a dílčích populací pohybovaly v intervalu mezi jedním a dvěma metry, maximální dosažené výšky byly u některých druhů a proveniencí pozoruhodné. Tak např. u provenience 425 – *A. grandis* byla naměřena ve věku 30 let maximální výška 18 m, u jedle bělokoré S_{14} – 15 m a tatáž hodnota i u jedle kavkazské (provenience č. 500). Značné maximální výšky mezi 10 a 14 m byly zjištěny i u některých dílčích populací jedle balzámové, jedle řecké a jedle ojíněné Lowovy.

Výsledky hodnocení výškového růstu druhů a dílčích populací jedlí lze stručně shrnout takto: Zřetelně nadprůměrným výškovým růstem při posuzování bez ohledu na stupeň mortality vynikají jedle obrovská a jedle ojíněná. V sestupném pořadí, ještě v oblasti nadprůměru, následují souborně dílčí populace jedle kavkazské, balzámové a jedle ojíněné Lowovy. Velmi pomalým růstem jsou charakteristické především dílčí populace jedle španělské a jedle plstnatoplodé. Ostatní zastoupené druhy a jejich dílčí populace zauímají relativně dosti široké intermediární postavení s velkou variabilitou dílčích populací a druhů zastoupených ve více variantách. Značnou proměnlivostí, pokud jde o výškový růst, se vyznačují dílčí populace jedle bělokoré, zejména se zřetelem na relativně široké spektrum jejich geografického původu a nadmořských výšek stanovišť jejich mateřských porostů.

U jednotlivých taxonů jedlí byla rovněž zjišťována výčetní tloušťka (graf 3). Pro výrazné ovlivnění, které je způsobeno počtem jedinců na parcelách výzkumné plochy, se však obvykle nepoužívá pro posuzování bonity stanovištních podmínek.

Jestliže posuzujeme na celé ploše, bez ohledu na počet opakování, průměrné výčetní tloušťky podle druhů (taxonů), pak nejrychleji přirůstá jedle obrovská. Předstih před ostatními druhy je velmi výrazný. V pořadí na druhé místo se řadí jedle cilicijská, zřejmě však jen z toho důvodu, že se na parcele jedná pouze o dva zbylé exempláře. Podobný jev, tj. relativně značné výčetní tloušťky, je charakteristický i pro další druhy jedlí s velmi malými počty na parcelách rostoucích jedinců, jako je jedle ojíněná Lowova, jedle nádherná var. *shastensis*, jedle kavkazská aj. Průměrným přírůstkem do tloušťky jsou charakteristické jedle řecká, balzámová a Fraserova, zatímco jedle bělokorá přirůstá jako soubor proveniencí podprůměrně. Nejslabším růstem do tloušťky je charakteristická jedle plstnatoplodá.

Pokud jde o jedli bělokorou, jsou výčetní tloušťky zastoupených dílčích populací velmi variabilní a to od 4,7 cm (218 – Suceava, Rumunsko) po 10,8 cm (87 – Hořovice, Jince, ČR). Celková průměrná výčetní tloušťka vypočtená pro soubor dílčích populací jedle bělokoré jako celek je velmi nízká, a to 8,4 cm.

Podle tohoto postupu vychází objemová produkce v přepočtu na 1 ha např. pro jedli bělokou č. 87 – Hořovice, Jince, ČR 103 m³. ha⁻¹, pro jedli obrovskou č. 425 – Idaho, Joint Point, USA 440 m³. ha⁻¹. Tyto orientační výsledky naznačují mimořádně velkou proměnlivost v objemové produkci a značné reálné možnosti docílení vysoké produkce dřevní biomasy introdukcí a šlechtitelským výběrem některých cizokrajných druhů.

Diskuse a závěr

Plocha č. 58 – Lesy Jíloviště, Cukrák byla poprvé měřena na podzim 1979 ve věku 9 let. Kromě výšek se registroval úhyn, resp. počet a podíl přežívajících sazenic. V letech 1981 a 1983 se uskutečnilo fenologické pozorování doby rašení okulární bonitací podle devítičlené stupnice. Bylo využito principů zvolených pro obdobná šetření na provenienčních výzkumných plochách smrku ztepilého série IUFRO (1964/68). Podrobnější informace viz ŠINDELÁŘ (1986). Další měření a hodnocení plochy provedl ve věku 18 let BERAN (1990). Pořetí hodnotil ve 23 letech tuto výsadbu v rámci diplomové práce MOCHÁN (1995).

Jak již bylo zmíněno, jsou podmínky lokality výsadby s ohledem na vysychavou sprašovou půdu a velmi nízký úhrn srážek pro pěstování domácí jedle běloké hraniční. Jako zcela extrémní pak lze lokalitu hodnotit pro některé druhy a provenience introdukovaných jedlí, mimo jiné např. pro jedli cilicijskou z horských oblastí Malé a Přední Asie, pro druh *A. concolor* z horských oblastí jihozápadních států USA s velmi vysokými úhrny srážek a specificky pak pro vysokohorské druhy z nadmořských výšek 1 800 – 2 300 m n. m. západní části Severní Ameriky (jižní Oregon, Kalifornie). Lze předpokládat, že k úhynu přispělo především sucho, zejména nedostatek srážek a dále pravděpodobně i nízké teploty, především pozdní a časně mrazy, a to přesto, že místo výsadby nepředstavuje vysloveně mrazovou polohu. Zatímco *A. bornmulleriana* a *A. magnifica* vyhynuly na výzkumné ploše kompletně jako druh, tj. všechny zastoupené provenience, z jedle ojíněné *A. concolor* se na místě výsadby relativně malým počtem udržely tři ze čtyř vysazených dílčích populací. Do věku 30 let přežili z celkového počtu 150 sazenic pouze 2 jedinci jedle cilicijské provenience 89 z Libanonu.

Dosti četné zkušenosti ze zahraničí, mimo jiné ze Spolkové republiky Německo a ze Slovenska naznačují víceméně nadějně perspektivy jedle kavkazské, která se v některých výsadbách v Evropě osvědčila a proto je i v současnosti předmětem určité pozornosti. Některé práce upozorňují na značnou variabilitu druhu a reálnou možnost selektovat perspektivní, relativně rychle rostoucí a odolné dílčí populace. Značnou proměnlivost potvrzují i výsledky pozorování na hodnocené výzkumné ploše. Perspektivy praktického využívání jedle kavkazské jsou závislé na výsledcích případných dalších pokusů. S ohledem na tyto skutečnosti lze považovat do budoucna za odůvodněné založení jedné nebo několika provenienčních výzkumných ploch s početnějším sortimentem dílčích populací této dřeviny.

Omezené, případně ne zcela jasné perspektivy lze přisuzovat jedli řecké a hybridu *A. alba* x *A. cephalonica* (*A. borisii-regis*). Poněkud spolehlivější informace lze očekávat v souvislosti s dalším soustavným pozorováním v pokročilejších fázích vývoje a s pokračováním výzkumu. Možnosti praktického využívání jedle řecké v lesním hospodářství ČR lze na základě pozorování, a to i na jiných lokalitách, např. na výzkumných plochách založených v Lesích města Písku (ŠINDELÁŘ, BERAN 2001, 2004), hodnotit jako omezené. Jde mimo jiné o problémy, které byly spojeny se získáváním většího množství osiva

z dovozu (relativně malá plocha porostů, které by mohly přicházet v úvahu pro sklizeň osiva). Pokud jde o *Abies borisii-regis* (*A. alba* x *A. cephalonica*), byly obdobné výsledky jako na ploše č. 58 získány i u výsadeb v dnešních Lesích města Písku. Je třeba poznamenat, že některé vzorky (včetně vzorku zastoupeného na ploše č. 58) byly při dodávce označeny jako „jedle hybridní“, jiné přímo jako *A. borisii-regis*. Zejména na lokalitách na Písecku se projevuje určitá nevyrovnanost jednotlivých proveniencí tohoto taxonu. Uvedený spontánní kříženec se na plochách též vyznačuje nemalým podílem jedinců s kmenem zcela zakřiveným. S ohledem na výše zmíněné skutečnosti si tento taxon rozhodně zasluhuje další pozornost výzkumu při sledování jeho proměnlivosti a vlastností, potenciálně využitelných v lesním hospodářství.

Nereálné jsou perspektivy praktického využití v lesním hospodářství střední Evropy pro jedli španělskou, cilicijskou a druh *A. bornmulleriana* pro značnou citlivost k místním podmínkám prostředí, zejména pro poškozování zimními a pozdními jarními mrazy a pro velmi vysokou mortalitu již v prvních letech po výsadbě. Zkušenosti z arboret a parků dokládají, že jedle španělská je druh dekorativní a nalezne proto i nadále ve vhodných ekologických podmínkách určité uplatnění v okrasném zahradnictví. K podobným výsledkům jako na ploše č. 58 vedlo i pozorování na dalších výzkumných plochách v Lesích města Písku. U jedle cilicijské jsou ztráty uhynutím patrně důsledkem zimních a jarních mrazů, jejichž účinek by mohl být stupňován právě časným rašením jedlí. Ke vzniku ztrát až k úplnému selhání mohly přispět vedle celkového charakteru prostředí (nízký úhrn srážek, vysychavá půda) i časně podzimní mrazy. Pokud jde o jedli Bornmüllerovu, ještě ve věku 9 let rostlo na ploše z původních 50 sazenic 19 jedinců, vesměs však s velmi slabým přírůstem.

Z druhů ze severoamerického subkontinentu je bez perspektiv jedle nádherná včetně variety *A. magnifica* var. *shastensis*, a to pro vysokou, u některých dílčích populací i totální mortalitu v prvních letech po výsadbě.

Na lokalitě výzkumné plochy č. 58 – Lesy Jíloviště, Cukrák se osvědčily dvě zastoupené dílčí populace jedle obrovské. I v těchto, pro jedli obrovskou víceméně extrémních podmínkách, je mortalita výsadeb jen průměrná a přírůst elementů objemové produkce, tj. výšky, výčetní tloušťky a výsledné biomasy pozoruhodný. Tyto poznatky, naznačující značné možnosti praktického využívání tohoto druhu ve středoevropském lesním hospodářství, potvrzují i pozorování na dalších výzkumných plochách č. 64, 65, 66 – Písek, Údraž, č. 62 – Nýrsko, Dešenice a č. 68 – Pelhřimov, Černovice (BERAN 1990, ŠINDELÁŘ, BERAN 2001, 2004, ŠINDELÁŘ et al. 2005). Platnost tohoto závěru dokládají však zejména výsledky pozorování na mezinárodních plochách IUFRO založených v řadě evropských zemí i v ČR a dále dnes již poměrně četné zkušenosti z provozních výsadeb. Na některých lokalitách může jedle obrovská přicházet v úvahu jako náhrada za jedli bělokou. K určité opatrnosti by měly vést některé dosti četné zkušenosti se značnou citlivostí jedle obrovské k infekci kořenových systémů václavkou.

Vedle jedle obrovské se za nadějný druh pro evropské lesní hospodářství považuje jedle vznešená (*A. procera*), která však na ploše, jež je předmětem hodnocení, není zastoupena. Tuto skutečnost dokládají výsledky pozorování na výzkumných plochách z let 1984 a 1986, které byly v České republice založeny v rámci účasti na projektu Mezinárodního svazu lesnických výzkumných institucí – IUFRO (BERAN 1990).

Značnou životaschopností v podmínkách ČR a relativně rychlým růstem v mládí se vyznačují všechny čtyři dílčí populace jedle balzá-

mové. Podle zkušeností, a to i z jiných výsadeb, a podle poznatků z literatury jedle balzámová po výsadbě dobře odrůstá, netrpí mrazy a dobře snáší i zamokření. Z pozorování starších ploch, zejména v zahraničí, je známa poměrně malá objemová produkce tohoto druhu a jeho relativní krátkověkost. Tyto skutečnosti proto zpochybňují možnosti využívání druhu v lesnické praxi. Dokládá to i velmi malý zájem o využití této dřeviny v ostatních evropských zemích. Na výzkumných plochách založených na území Lesů města Písku jsou výsledky pozorování a možné závěry obdobné jako na hodnocené výzkumné ploše č. 58. Přes počáteční pozitivní výsledky výsadby se tedy v lesním hospodářství v Evropě považují možnosti širšího využívání jedle balzámové za omezené.

O jedli Fraserově, která se morfologicky podobá jedli balzámové, je k dispozici velmi málo informací s ohledem na to, že její výsadby ve střední Evropě jsou poměrně vzácné. Lze předpokládat, že možnosti využití mohou být obdobné jako u jedle balzámové, tedy velmi omezené. Jde o horský druh rostoucí v poměrně malém areálu atlantické oblasti USA. Případné možnosti získání osiva, zvláště většího množství, jsou a budou i nadále značně problematické. Ostatně i v USA má jedle Fraserova kromě využití při pěstování vánočních stromků (např. lokality Blue Ridge Mountains) poměrně malý hospodářský význam.

Využívání jedle plstnatoploché v evropském lesním hospodářství je na základě dosavadních poznatků třeba považovat za nereálné.

Určitou pozornost si zasluhuje jedle ojíněná, zvláště varieta *A. concolor* var. *lowiana*, která se, podobně jako jedle obrovská, vyznačuje rychlým růstem a značnou objemovou produkcí. Možnosti využívání jedle ojíněné v praxi lesního hospodářství však zpochybňuje značná, na některých lokalitách až totální mortalita po výsadbě. Příčiny značné mortality jsou podle výsledků pozorování analogické jako u jedle obrovské, jde pravděpodobně o fyziologické vysychání pletiv, především jehlic v předjarním období a infekce kořenových systémů houbovými chorobami, zejména václavkou. Navíc se v literatuře traduje relativní krátkověkost druhu. Je pravděpodobné, že jedle ojíněná bude mít nadále značné využití především v okrasném zahradnictví pro dekorativní vzhled, mimo jiné i pro řadu esteticky působivých forem. Pokud jde o lesnickou praxi, je možno perspektivy jedle ojíněné považovat za omezené až nereálné. Tuto skutečnost dokládá kromě informací z literatury i fakt, že jedle ojíněná nebyla zařazena do sortimentu druhů rodu *Abies*, které jsou zkoumány pro případnou introdukci v evropském lesním hospodářství v rámci projektů IUFRO. Jedle ojíněná Lowova vyniká na některých lokalitách v Evropě značnou objemovou produkcí, v ČR např. v arboretu Bukovina u Hrubé Skály v severních Čechách. S ohledem na malý počet jedinců, kteří se udrželi, nelze z výsledků pozorování na výzkumné ploše tuto skutečnost ani potvrdit ani vyvrátit.

Celkově lze konstatovat, že závěry, které bylo možno formulovat na základě měření a hodnocení výzkumné plochy na lokalitě č. 58 – Lesy Jíloviště, Cukrák, nejsou v rozporu s poznatky z ostatních ploch založených v ČR ani z dostupné evropské literatury. Počítá se s tím, že tato plocha a další paralelní výsadby se budou dále opakovaně hodnotit v intervalech 5 až 10 let.

Poznámka:

Příspěvek byl zpracován s podporou výzkumného projektu QF4024 MZe NAZV „Aplikace šlechtitelských metod pro zachování a reprodukci genových zdrojů jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.) a jiných druhů rodu *Abies* adaptovaných na podmínky ČR“. Autoři děkují za jazykovou kontrolu anglického abstraktu a souhrnu Dr. Nicku Evansovi (Forest Service, Scotland).

Literatura

- BERAN, F.: Zhodnocení výzkumných ploch provenienčních s jedlí vznešenou a ostatními cizokrajnými druhy rodu *Abies*. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1990. 48 s., přílohy.
- MOCHÁN, M.: Hodnocení provenienční pokusné plochy s exotami rodu *Abies* na SPLO Jíloviště. Diplomová práce. Brno, VŠZ 1995. 40 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J.: Projekt a základní protokol série provenienčních výzkumných ploch s jedlí bílou *Abies alba* MILL. a některými ostatními druhy rodu *Abies*. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1975. 65 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J.: Cizokrajné druhy rodu *Abies* na výzkumné ploše 58 v oblasti Správy pokusných lesních objektů VÚLHM, Jíloviště-Strnady. Lesnictví, 32, 1986, č. 5, s. 377-398.
- ŠINDELÁŘ, J., BERAN, F.: Některé cizokrajné druhy rodu *Abies* ve srovnání s vybranými proveniencemi jedle bělokoré v lesích města Písku. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2001. 40 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J., BERAN, F.: Cizokrajné druhy jedlí (*Abies* spec. div.) ve věku 30 let v přírodní lesní oblasti 10 – Středočeská pahorkatina. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2002. 37 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J., BERAN, F.: Srovnání druhů rodu *Abies* v lesích města Písku. Lesnická práce, 83, 2004, č. 1, s. 19-21.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P., TOMEČ, J., HERCÍK, L.: Hodnocení vybraných provenienčních ploch s jedlí bělokorou ve věku 31 let se zřetelem na ověření fytogeografické proměnlivosti této dřeviny v České republice. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005, č. 3, s. 179-190.

An appraisal of the suitability of exotic *Abies* species for use in forestry within the Czech Republic, based on evaluation of growth characteristics in the Jíloviště – Cukrák locality at the age of 30 years

Summary

Twenty provenance research areas using *Abies* sp. progenies were established between 1973 & 1977. This paper evaluates the results for provenances grown within research plot no. 58 - Lesy Jíloviště, Cukrák. Established in 1975, the objective of this research project, was to test the maximum possible number of *Abies alba* provenances, and identify within the sample population those provenances possessing the greatest site tolerance and vitality under conditions in the Czech Republic. On the basis of those results it was planned to consider the possibilities of using suitable alternatives within the *Abies* genera as substitutes for *Abies alba*.

Methodologically, *Abies alba* and other taxa of *Abies* genera are represented in six areas of the experimental set. Research plot no. 58 – Jíloviště, Cukrák is established within this set, comprising of the following basic planting structure (mostly as elements). A total of 27 provenances, 14 exotic taxa of *Abies* genera and 9 provenances of *A. alba* collected from other parts of the area are evaluated.

The results are presented for each species. As an overview *A. grandis* was found to exceed average growth parameters, while retaining average mortality. So far (at age 30 years), this species has exceeded by four times the volume yield for *A. alba*. This conforms to similar evaluation results of *A. grandis* grown within the other experimental areas. The results for *A. balsamea*, indicate good vitality, but low volume yield and short longevity. *A. concolor* has good volume yield (mainly var. *lowiana*) but high (total) mortality and short longevity are also characteristics of this species. Individual provenances of *A. borisii-regis* and *A. nordmanniana* show variability in monitored indices, and therefore we recommend that they should be the subject of further research. *A. pinsapo*, *A. cilicica*, *A. magnifica*, *A. bornmulleriana* and *A. lasiocarpa* have been identified as unsuitable for use in the Czech Republic commercial forest management.

Recenzováno



Foto 1.

Výzkumná plocha č. 58 – habitus jedle obrovské *Abies grandis* (D. DON) LINDL. (J. Chládek, 30. 3. 2006)
Research plot no. 58 – growth habit of grand fir *Abies grandis* (D. DON) LINDL. (J. Chládek, 30. 3. 2006)

GENOVÉ MANIPULACE LESNÍCH DŘEVIN

Gene manipulation of forest tree species

Abstract

Gene manipulations present new possibilities for aimed introduction of demanded properties into genome of organism. Using this method for forest tree species is very difficult both from viewpoint of regeneration systems, selection of suitable vectors, and also when studying expression of introduced genes. Gene tree species manipulation is aimed above all at enhancement of production (growth, yield and quality of wood mass), resistance ability to abiotic and biogenic factors (resistance to air pollutions, drought, infectious diseases and insect) as well as at using for forest regeneration, soil detoxication, ecological and water balance and landscape design. In this direction the most experiences for woody species were got at gene *Malus*, *Pyrus*, *Prunus*, *Populus* and *Eucalyptus*.

Klíčová slova: lesní dřeviny, biotechnologie, transformace

Key words: woody plants, biotechnology, transformation

Úvod a problematika

Genové manipulace představují rozsáhlý komplex metod umožňujících usměrněnou modifikaci genomu organismu. Transgenozie může být nejen jedním z prostředků získávání nového výchozího materiálu pro šlechtění, ale může se stát i samostatným novým typem šlechtitelského procesu umožňujícím přidat do již hotové odrůdy ještě určitý klonovaný gen. V České republice je nakládání s geneticky modifikovanými organismy upraveno zákonem č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a produkty a změně některých souvisejících zákonů (účinnost od 25. 2. 2004), který nahradil zákon č. 153/2000 Sb.

Navodit proces transgenozie u dřevin je velmi obtížné ať už z hlediska výběru vhodných regeneračních systémů a vhodných vektorů, případně i možností studia exprese vnesených genů. Dřeviny vyžadují ve srovnání s modelovými rostlinami delší období vývoje regenerantů, případně dalšího potomstva (IGASAKI, MOHRI, SHINOHARA 2000). Velkou překážkou rychlejšího rozvoje genových manipulací u lesních dřevin je nedostatečná znalost struktury genomu a mechanismu regulace genové exprese. Mnohé lesnické důležité znaky jsou řízeny polygenně, což ztěžuje identifikaci odpovídajících genů. U jehličnatých dřevin působí nepříznivě i značná velikost genomu konifer (CHALUPA 1996). I přes uvedené obtíže se techniky genových manipulací využívají stále úspěšněji i u lesních dřevin.

Počet dřevin úspěšně modifikovaných metodami genového inženýrství se v posledních letech rozšířil, ale jejich výčet je do značné míry stále ještě omezen na snáze regenerovatelné dřeviny, především listnáče, např. topol, osika, bříza, třešeň, jilm (FENNING, GARTLAND 1995). Vypracování spolehlivých regeneračních metodik je u dřevin časově náročné a jejich užití je často omezeno jen na úzký okruh responzibilních genotypů. Snadnější jsou aplikace, které nevyžadují regeneraci celých jedinců, např. produkce sekundárních metabolitů kulturami buněk v bioreaktorech.

Dalším limitujícím faktorem pro užití metod genového inženýrství je i to, že neexistuje univerzální metoda transformace, která by byla použitelná pro široké druhové spektrum dřevin (MALÁ 1995). Obecně existují dvě metody transformace – přímá a nepřímá (JOUANIN et al. 1993, TANG, NEWTON 2003, GIRI, SHYAMKUMAR, ANJANEYULU 2004). Přímá transformace představuje zavádění žádané genetické informace do cílové rostlinné buňky, např. pomocí mikroinjekcí nebo fúzí protoplastů. Nepřímá metoda využívá virové a bakteriální vektory pro

zabudování nové informace do genomu transformované dřeviny. Nejjednodušší aplikace jsou zaměřeny na prostou indukci kořenotvorby na stonkových řízcích pomocí *A. rhizogenes* (McAFEE et al. 1993). V některých případech, jako např. u akátu, bylo možné z kořenového vlášení „hairy roots“ regenerovat celé transgenní jedince, kteří měli typický fenotyp s nadměrným kořenovým systémem a zkroucenými listy (HAN, KEATHLEY, GORDON 1993). Původní metoda vpichů bakteriální suspenze do stonků intaktních rostlin (metoda inokulace) sice prokázala použitelnost této metody jak pro krytosemenné, tak i nahosemenné dřeviny, účinnost je však ovlivněna nejen druhem hostitelské rostliny, ale i použitým bakteriálním kmenem (ARONEN, HÄGGMAN 1995, HÄGGMAN, ARONEN 1998).

Značný vliv na účinnost transformace má zřejmě i stáří a fyziologický stav výchozího materiálu (CHAREST et al. 1993, CHAREST, DEVANTIER, LACHANCE 1996). Proto mnohé novější postupy využívají k transformaci asepticky vypěstované rostliny a jejich části (SELLMER, McCOWN 1989, HAJELA et al. 1993). Nespornou výhodou tohoto přístupu je dobrá definovatelnost kultivačních podmínek a v důsledku toho i lepší reprodukovatelnost výsledků.

Pro sledování přenesených vlastností byly vyvinuty metody studia exprese genů, které jsou předpokladem pro dlouhodobé úspěšné transformace dřevin. V průběhu ontogeneze rostliny dochází velmi často zejména u dlouhověkých dřevin k eliminaci přenesené genetické informace (JORGENSEN 1992).

U lesních dřevin v současné době existují dva hlavní směry využití transformace:

- využití klonovaných genů pro zvýšení odolnosti vůči hmyzu a jiným patogenům (houbové, bakteriální patogeny, viry apod.)
- využití klonovaných genů pro navození změn produkčních charakteristik lesa a zlepšení technologických vlastností dřeva (zkrácení reprodukčního cyklu dřevin, změny stavby a vývoje dřevin, změna obsahu ligninu a celulózy v dřevní hmotě, tolerance k pesticidům, fytofarmakům apod.)

Transformační postupy – přímé metody transformace

Přímé metody transformace dřevin spočívají dnes především ve využití mikroprojektilového přenosu DNA a elektroporace. Metoda tzv. mikroprojektilového přenosu DNA (particle bombardment)

je založená na vstřelování mikroskopických částic netoxických kovů (např. zlata), které povrchově adsorbují klonované molekuly DNA z roztoku, do jader nebo organel kultivovaných buněk, popřípadě i do intaktních rostlinných orgánů. Při této metodě se velmi často využívají rostlinné protoplasty, u kterých s odstraněním buněčné stěny dojde k eliminaci významné bariéry, která brání v průniku cizorodé DNA do buněčných jader.

Techniku nastřelování mikroprojektilů s izolovanou DNA do jader buněk suspenzních a kalusových kultur borovice ověřovali ARO-NEN, HÄGGMAN et HOHTOLA (1994). Úroveň dočasné exprese vnášeného signálního genu pro GUS bylo možné výrazně zvýšit působením růstových regulátorů na výchozí kultury (BAP a 2,4-D). Autoři na základě získaných výsledků předpokládají, že tímto způsobem bude možné nejen získat celé transgenické jedince, ale i využívat biolistickou techniku ke studiu regulace exprese vnášených genů. Že tyto úvahy jsou oprávněné, je patrné z obdobných experimentů u papáji, kde MAHON et al. (1996) prokázali Southernovou hybridizací přítomnost modelových genů pro NPTII a GUS v DNA jedinců regenerovaných ze zygotických i somatických embryí, do kterých byla cizí DNA vpravena pomocí mikroprojektilů. Současně se ukázalo jako naprosto nezbytné optimalizovat celou řadu faktorů transformace a kultivačních podmínek rostlinného materiálu.

U rodu *Populus* byla pro přímou transformaci použita jak technika mikroprojektilů, tak elektroporace. Metoda elektroporace spočívá v přímém přenosu genů do protoplastů izolovaných z embryogenních i neembryogenních kultur v elektrickém poli. Výhodou těchto technik je nezávislost na genotypu a především možnost využití velmi rozdílných výchozích rostlinných pletiv (např. somatická i zygotická embrya, embryogenní pletivo, pylová zrna, květní orgány, semenáčky apod.) (CHAREST et al. 1993). Techniku mikroprojektilů jako metodu přímé transformace použili McCOWN et al. (1991), kteří vnášeli geny NPT, GUS a Bt do genomu hybridů *Populus* (*P. alba* x *P. grandidentata* a *P. nigra* x *P. trichocarpa*). Protoplasty u osik s technikou elektroporace využili CHUPEAU, PAUTOT et CHUPEAU (1994) pro vnesení genů kódujících rezistenci ke třem selekčním agens (paromomycin, chlorsulfuron a fosfinothricin).

Technika „bombardmentu“ byla s úspěchem použita i u jehličnanů. ROBERTSON et al. (1992) pomocí „bombardmentu“ transformovali *Picea abies* a stejnou metodu využili u transformace *Picea glauca* i BOMMINENI et al. (1993). KLIMASZEWSKA et al. (1997) transformovali pomocí mikroprojektilů somatická embrya *Larix laricina*. U jehličnanů lze též použít transformaci pomocí elektroporace. Transformova-

ná pletiva embryogenních kultur byly získány u *Picea glauca*, *Picea mariana*, *Pinus taeda* a *Larix x eurolepis*, z neembryogenních kultur u *Picea radiata* a *Picea banksiana* (TANG, NEWTON 2003). Vzhledem k obtížnému navození regenerace protoplastů u jehličnanů spočívá hlavní význam této metody ve studiu exprese genů a faktorů, které ji ovlivňují.

Transformační postupy – nepřímé metody transformace – využití virových vektorů

Další metodou transformace je využití virových vektorů. Infekce rostlin viry je velice rychlý proces, který by bylo možno aplikovat na ovocné i lesní dřeviny a tak rychle obohacovat jejich genom o geny pro odolnost k patogenům a nepříznivým podmínkám prostředí, ale i pro produkci různých specifických proteinů. Výhodou virových vektorů proti vektorům umožňujícím stabilní transgenóze je, že virus a s ním vnášený gen jsou v rostlinných buňkách přítomny v mnoha kopiích a to by mělo umožnit i vysoký stupeň exprese vnášených genů (ONDŘEJ et al. 1999). Virové vektory by bylo možno aplikovat i na ty rostlinné druhy, které zatím nebyly transformovatelné bakteriemi rodu *Agrobacterium* a u kterých se objevují vážné, často zatím neřešitelné problémy při práci s explantátovými kulturami, zejména z hlediska možnosti regenerace rostlin z ovlivněných protoplastů. Možným uplatněním by mohla být aplikace virů, upravených metodami genového inženýrství tak, aby nevyvolávaly symptomy infekce, ale aby poskytovaly křížovou ochranu kulturních rostlin před virulentními viry.

Transformační postupy – nepřímé metody transformace – využití bakterií rodu *Agrobacterium*

Jednou z nejpoužívanějších transformačních metod u rostlin a lesních dřevin je nepřímá transformace pomocí bakterií rodu *Agrobacterium*. Využívá se schopnosti bakterie rodu *Agrobacterium* vnášet své specifické geny, lokalizované do části velkého plazmidu nazvaného Ti, případně Ri, do rostlinného genomu. Tato část plazmidu se nazývá T-DNA (transferred DNA). T-DNA obohacuje rostlinný genom o dva základní typy genů: geny pro nové cesty biosyntézy rostlinných hormonů (auxinů a cytokininů) a geny pro syntézu nádorově specifických látek, tzv. opinů. Bakterie tedy do rostlinných buněk vkládají genetickou informaci pro syntézu látek, které samy spotřebovávají. Přenášená část T-DNA obsahuje 24 párů bází, které lze nahrazovat jinými geny bez ovlivnění efektivity přenosu (HAN, GORDON, STRAUSS 1996,

Tab. 1.

Přehled transformovaných druhů jehličnanů (převzato TANG, NEWTON 2003)

Survey of transformed coniferous species (taken from TANG, NEWTON 2003)

Druh dřeviny/Species	Druh bakterie/Bacterium
<i>Abies nordmanniana</i> , <i>A. procera</i> <i>Larix kaempferi</i> x <i>L. decidua</i> <i>Libocedrus decurrens</i> <i>Picea abies</i> , <i>P. engelmannii</i> , <i>P. glauca</i> , <i>P. mariana</i> , <i>P. sitchensis</i> <i>Pinus eldarica</i> , <i>P. elliotii</i> , <i>P. jeffreyi</i> , <i>P. lambertiana</i> , <i>P. pinea</i> , <i>P. ponderosa</i> , <i>P. radiata</i> , <i>P. taeda</i> , <i>P. virginiana</i> , <i>P. sylvestris</i> <i>Pseudotsuga menziesii</i> <i>Tsuga heterophylla</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
<i>Larix decidua</i> , <i>L. laricina</i> <i>Pinus banksiana</i> , <i>P. contorta</i> , <i>P. halepensis</i> , <i>P. maximartinezii</i> , <i>P. monticola</i> , <i>P. palustris</i> , <i>P. pinaster</i>	<i>Agrobacterium rhizogenes</i>

JOUANIN et al. 1993). Rod *Agrobacterium* zahrnuje tři druhy: *Agrobacterium tumefaciens*, *A. rhizogenes* a *A. rubi* a pro nepřímou transformaci se používají druhy *A. tumefaciens* a *A. rhizogenes*. Ti plasmid druhu *A. tumefaciens* vyvolává tvorbu nádorů na poraněných místech u značné části dvouděložných a nahosemenných rostlin (ONDŘEJ 1992). Postupy transformace pomocí bakterií rodu *Agrobacterium* jsou aplikovatelné tehdy, patří-li daný rostlinný objekt do hostitelského spektra bakterie. Některé objekty, jakými jsou např. jehličnany, vstupují do efektivního kontaktu s těmito vektorovými bakteriemi jen v omezené míře. Jehličnany mohou navíc obsahovat látky, jako např. terpeny, které působí baktericidně, případně účinně potlačují růst bakterií (ARONEN, HAGGMAN 1995). Přesto bylo pomocí *Agrobacterium* sp. transformováno okolo 25 druhů jehličnanů z rodů *Abies*, *Larix*, *Libocedrus*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga* a *Tsuga* (TANG, NEWTON 2003). Přehled těchto jehličnanů uvádí tabulka 1. V tabulce 2 je uveden přehled transformovaných druhů listnatých dřevin. Nevýhodou u nepřímé transformace je i poměrně úzký okruh selektovatelných znaků dosud užívaných při in vitro selekci ke zvýhodnění transgenních buněk a jedinců oproti netransformovaným.

Úspěšnost metody nepřímé transformace ovlivňují faktory, jako jsou použité druhy rodu *Agrobacterium*, použitý vektor, genotyp transformované rostliny, vývojové stadium transformovaného pletiva, použitý selekční i signální gen, ale i kultivační podmínky během procesu transformace (teplota, pH, přítomnost a účinnost chemických aditiv např. acetosyringone v médiu apod.) (TANG, NEWTON 2003). Transformační proces u mnoha rostlinných druhů lze ovlivnit i působením chemického aditiva acetosyringone. Přidáním této látky do bakteriální suspenze došlo k výraznému zvýšení efektivity přenosu genů (DE BONDT et al. 1996). LEVEE et al. (1997) nepozorovali u jehličnanů vliv acetosyringone na virulenci *Agrobacterium*, ale popsali pozitivní účinek jiného chemického aditiva coniferylalkoholu. Ale v práci LE et al. (2001) byla zjištěna nejvyšší transformační účinnost u *Picea glau-*

ca (MOENCH) VOSS právě při dodání acetosyringone do kokultivačního média. Autoři sledovali i vliv dalších faktorů (odlišné druhy *Agrobacterium*, genotyp transformované rostliny a fyziologický stav transformovaného pletiva), které nejvíce ovlivnily úspěšnost transformace.

Jedním z důležitých faktorů ovlivňujících úspěšnost transformace pomocí *Agrobacterium* je i výběr vhodných antibiotik pro eliminaci vnesené bakteriální infekce při transformačním procesu. Eliminace *Agrobacterium* z transformovaných kultur je velmi důležitá, protože další přítomnost bakteriální infekce negativně ovlivňuje růst a vývoj transformovaných rostlin a může vést až k úhynu kultur. Touto problematikou se zabývalo mnoho autorů. TANG, REN et KRCZAL (2000) sledovali vliv druhu antibiotik (ampicillin sodium, cefotaxime sodium, carbenicillin disodium a timentin) a též vliv použité koncentrace na supresi *Agrobacterium* na transformovaných embryích ořešáku královského. Efekt timentinu na eliminaci bakteriální infekce při regeneraci tabáku a jilmu a srovnání jeho účinnosti s antibiotiky carbenicillin a cefotaxime provedli ve své práci CHENG, SCHNURR et KAPAUN (1998). LING, KRISLEIT et GANAL (1998) vyhodnotili timentin (s účinnou látkou ticarcillin) ve srovnání s carbenicillinem a cefotaximem jako nejvýhodnější z hlediska ekonomického i z hlediska vlivu na regeneraci transformované rostliny a na supresi bakteriální infekce *Agrobacterium*. Timentin jako antibiotikum s nejvyšší účinností proti infekci *Agrobacterium* při transformaci *Picea glauca* vyhodnotili i LE et al. (2001).

Detekce transgenů

Úspěšnost genetické transformace je možno prokázat mnoha metodami. Již schopnost transformované rostliny růst na selekční půdě (obsah selekční látky např. kanamycinu) je určitou známkou, že došlo k vnesení požadovaného genu. Mezi využitelné metody patří, v případě vnášení signálního genu GUS (zatím nejúspěšnější signální gen transge-

Tab. 2.

Přehled transformovaných druhů listnatých dřevin (převzato TANG, NEWTON 2003)

Survey of transformed deciduous species (taken from TANG, NEWTON 2003)

Druh/Species	Transformační metoda/ Transformation method
<i>Acacia mangium</i>	Ag
<i>Allocasurina verticillata</i>	Ag
<i>Betula platiphylla</i>	Ag
<i>Castanea sativa</i>	Ag
<i>Coffea canephora</i>	Ag
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Ag
<i>Fragaria x ananas</i>	Ag
<i>Hevea brasiliensis</i>	MPB
<i>Malus x domestica</i>	Ag
<i>Populus nigra</i>	Ag
<i>Populus deltoides x P. x euroamericana</i>	Ag
<i>Prunus amygdalis</i>	Ag
<i>Prunus subhirtella</i>	Ag
<i>Prunus dulcis</i>	Ag
<i>Rubus idaeus</i>	Ag
<i>Ulmus campestris</i>	Ag

Ag – transformace pomocí *Agrobacterium*/Transformation by means of *Agrobacterium*; MPB – microprojectile bombardment

noze rostlinných buněk - transgen pro β -glucuronidázu), fluorometrická metoda (JEFFERSON 1987). Další metodou pro stanovení GUS aktivity je histochemická GUS analýza (VITHA et al. 1999). Nejširší použití mají detekční metody založené na DNA/DNA hybridizaci a analýzách DNA. Expres transgenů je zjišťována pomocí RNA/DNA hybridizace a pomocí imunologických metod detekce příslušných polypeptidů. Lze využít i jednodušší enzymové testy, při nichž jsou in vitro nebo in vivo detekovány finální produkty enzymových reakcí (PROCHÁZKA et al. 1998).

Využití transgenoz ve šlechtění lesních dřevin

Odborníci předpokládají, že v příštích desetiletích silně vzroste poptávka po lesních dřevinách a to z celé řady důvodů (výroba papíru a celulózy, výroba nábytku, atd.), ale i pro ekologické potřeby znovuzalesňování a přeměny druhové skladby současných lesních porostů (často charakteru monokultur). V každém případě je zde požadavek na velký počet dobře prošlechtěných, rychle rostoucích stromů se zkrácenou vegetační dobou. Vnášením cizích genů nesoucích nové významné vlastnosti by bylo možno získat transgenní jedince tolerantní k pesticidům, abiotickým i biotickým faktorům, vnějším stresorům, dále jedince se změněným habitem koruny, kořenového systému, jedince s lepší využitelností pro remediaci nebo se zvýšenou produkční schopností či kvalitou dřeva. Jako příklad odolnosti lesních dřevin vůči vnějším stresorům je možné uvést již uskutečněnou experimentální modelovou identifikaci genu a izolaci jeho vysoce tepelně rezistentního proteinového produktu (BspA) u osiky (MALÁ, ŠÍMA 2000).

V mnoha laboratorích jsou již delší dobu rozpracovávány systémy zaměřené na získání rostlin tolerujících pesticidy. Již v roce 1987 se podařilo FILLATIOVÉ et al. transformovat pomocí *A. tumefaciens* hybridní klon *Populus alba* x *Populus grandidentata*. Do rostlinného genomu byl včleněn bakteriální gen (EPSP – 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase gen) kódující zvýšenou odolnost k herbicidu glyofátu a regenerovaní transformanti prokázali vyšší toleranci k danému herbicidu.

Nadějně jsou i směry zaměřené na změnu morfologie stromů a jejich částí. Růst, vývoj a morfologii stromů, ale i stavbu a kvalitu jejich dřeva ovlivňují rostlinné růstové regulátory (fytohormony). Cílenými genetickými manipulacemi lze ovlivnit syntetické dráhy fytohormonů

a tím i pozměnit morfologii, velikost či vývoj stromů. Bylo prokázáno, že vnesením genů *iaaM*, *iaaH* (IAA – biosyntetické geny) z genomu *A. tumefaciens* se změnil obsah fytohormonu IAA a došlo ke změnám růstu, vývoje i tvorby dřeva u rodu *Populus* (TUOMINEN et al. 1995, HERSCHBACH, KOPRIVA 2002).

Kvalitu dřeva ovlivňuje především obsah ligninu, celulózy a hemicelulóz. Produkce dřevní hmoty se sníženým obsahem ligninu by byla žádoucí především pro papírenský průmysl. První práce, které se týkaly genetických úprav obsahu i charakteru ligninu, byly provedeny u rodu *Populus* (DWIVEDI et al. 1994, FEUILLET et al. 1995, MACKAY et al. 1997).

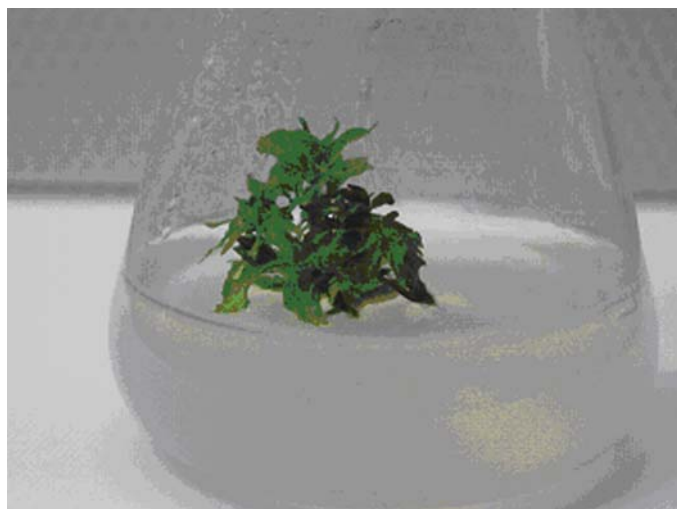
Dalším perspektivním směrem využití transformací je získání rostlin s vyšší schopností fytořemediace (STOMP 1994). U fytořemediace se využívá schopnost rostlin odstraňovat toxické látky z půdy tím, že je v sobě akumulují. Všechny rostliny mají schopnost akumulace základních těžkých kovů z prostředí a u některých se projevuje schopnost akumulace i jiných kovů jako např. kadmia (Cd), olova (Pb) nebo kobaltu (Co) (BAKER, BROOKS 1989, ERNST, VERKLEIJ, SCHAT 1992, SALT et al. 1995). Dřeviny jsou ideálním prostředkem pro fytořemediaci vzhledem ke své velké produkci biomasy. Velmi vhodný pro fytořemediaci se jeví i rod *Populus* pro rychlý růst, rychlou transpiraci a široce rozvětvený kořenový systém. Byly získány transformované rostliny rodu *Populus*, které byly rezistentní na toxickou úroveň obsahu rtuti v půdě a vykazovaly schopnost fytořemediace rtuti (RUGH et al. 1998). Topoly jsou vhodné i pro fytořemediaci nitrátů. O'NEILL et GORDON (1994) při studiu spodních vod pozorovali postupné snižování koncentrace nitrátů v průběhu dvou měsíců pomocí kořenového systému *Populus x canadensis*. Byly provedeny práce, které prokázaly, že hybridy *P. trichocarpa* x *P. deltoides* mohou oxidací trichloretylenu (TCE) produkovat oxid uhlíkový a jiné metabolity, což je cesta k odstranění a degradaci TCE ze spodních vod (STRAND et al. 1995).

Existence možných rizik přenosu cizích genů do přirozeného lesního ekosystému podnítila i výzkum možností získu sterilních rostlin, změny dormance, kontrolovaného kvetení u transformovaných rostlin. Navození raného kvetení se podařilo u osik pomocí genů *LFY*. Osiky obvykle začínají fruktifikovat v 8 - 20 letech. Po expresi genu *LFY* se objevila produkce květů již v sedmém měsíci vývoje (WEIGEL, NILSSON 1995, PENA, SEGUIN 2001).



Obr. 1.

Výpěstky in vitro hybridní osiky v průběhu aklimatizace – pracoviště VÚLHM Jíloviště-Strnady
Plantlets in vitro of hybrid aspen during acclimatization – FGMRI working site



Obr. 2.

Regenerace transformované hybridní osiky – pracoviště VÚLHM Jíloviště-Strnady
Regeneration of transformed hybrid aspen - FGMRI working site

Pylová sterilita může být navozena např. pomocí genu *rolC*, chimerický konstrukt s obsahem kódující sekvenci genu *rolC* byl použit pro navození pylové sterility u některých druhů rostlin, např. lilek brambor nebo *Arabidopsis thaliana*. LEMMETYINEN, KEINONEN-MET-TÄLÄ et LÄNNENPÄÄ (1998) prováděli pokusy u vyselektovaných raně kvetoucích bříz.

Současný stav využití genetických manipulací lesních dřevin v ČR

Laboratoř Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady má podle § 7 odst. 5 zákona č. 153/2000 Sb. licenci pro nakládání s geneticky modifikovanými rostlinami (GMO) a je vedena v Seznamu geneticky modifikovaných organismů schválených pro uzavřené nakládání (od 22. 11. 2001). V rámci procesu udělování licence byl proveden i rozbor možných rizik při nakládání s GMO. V laboratoři se pracuje s hybridní osikou a dubem jako modelovými dřevinami a pro transformace jsou využívány nepřímé metody transformace pomocí *Agrobacterium tumefaciens*. V laboratoři se pracuje na úrovni kultur in vitro. U osiky se jedná o orgánové kultury (regenerace z listových disků a stonkových segmentů), v případě dubu se transformují somatická embrya. Používané konstrukty *Agrobacterium tumefaciens* neobsahují žádné geny, které by představovaly riziko pro zdraví člověka, ani geny pro resistenci vůči herbicidům, které by mohly nepříznivě ovlivnit biodiverzitu a následně životní prostředí.

Literatura

- AHUJA, M. R.: Woody plant biotechnology. New York: Plenum Press 1991, s.1-10
- AHUJA, M. R.: Regeneration and germplasm preservation in aspen – *Populus*. In: Ahuja, M. R. (ed.): Micropropagation of woody plants. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers 1993, s. 187-194
- AHUJA, M. R., BOERJAN, W., NEALE, D. B. (eds.): Somatic cell genetics and molecular genetics of trees. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers 1996, 287 s.
- ARONEN, T., HÄGGMAN, H.: Differences in *Agrobacterium* infections in silver birch and Scots pine. Eur. J. For. Pathol., 25, 1995, s. 197-213
- ARONEN, T., HÄGGMAN, H., HOHTOLA A.: Transient β -glucuronidase expression in Scots pine tissues derived from mature trees. Can. J. of For. Res., 24, 1994, s. 2006-2011
- BAKER, A. J. M., BROOKS, R. R.: Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery, 1, 1989, s. 81-126
- BOMMINENI, V. R., CHIBBAR, R. N., DATLA, R. S. S., TSANG, E. W. T.: Transformation of white spruce (*Picea glauca*) somatic embryos by microprojectile bombardment. Plant Cell Rep., 13, 1993, s. 17-23
- CHALUPA, V.: Současný stav a perspektivy množení lesních dřevin metodami in vitro. In: Perspektivy použití vegetativně množeného sadebního materiálu v podmínkách lesního hospodářství. Sborník z odborného semináře Brno, 1996, s. 13-18
- CHAREST, P. J., CALÉRO, N., LACHANCE, D., DATLA, R. S. S., DUCHÉSNE, L. C., TSANG, E. W. T.: Microprojectile-DNA delivery in conifer species factors affecting assessment of transient gene expression using the β -glucuronidase reporter gene. Plant Cell Rep., 12, 1993, č. 4, s. 189-194
- CHAREST, P. J., CALÉRO, N., LACHANCE, D., MITSUMUNE, M., YOO, B.: The use of microprojectile DNA delivery to bypass the long life cycle of tree species in gene expression studies. Curr. Tropics Bot. Res., 1, 1993, s. 151-163
- CHAREST, P. J., DEVANTIER, Y., LACHANCE, D.: Stable genetic transformation of *Picea mariana* (black spruce) via particle bombardment. In vitro Cell Dev Biol Plant, 32, 1996, s. 91-99
- CHENG, Z.-M., SCHNURR, J. A., KAPAUN, J. A.: Timentin as an alternative antibiotic for suppression of *Agrobacterium tumefaciens* in genetic transformation. Plant Cell Rep., 17, 1998, s. 646-649
- CHUN, Y. W.: Application of *Agrobacterium* vector systems for transformation in *Populus* species. In: Kim, Z. S., Hattemer, H. H. (eds.): Conservation and manipulation of genetic resources in forestry. Seoul: Kwang Moon Kag Publishing Co. 1994, s. 206-218
- CHUPEAU, M. C., PAUTOT, V., CHUPEAU, Y.: Recovery of transgenic trees after electroporation of poplar protoplasts. Transgenic Research, 3, 1994, s. 13-19
- CONFALONIERI, M., BALESTRAZZI, A., BISOFFI, S., CARBONERA, D.: In vitro culture and genetic engineering of *Populus* ssp: synergy for forest tree improvement. Plant Cell Tissue and Organ Cult., 72, 2003, s. 109-138
- DE BOND, A., EGGERMONT, K., PENNINGCKX, I., GODERIS, I., BROEKAERT, W. F.: *Agrobacterium* - mediated transformation of apple (*Malus x domestica* BORKH.): an assessment of factors affecting regeneration of transgenic plants. Plant Cell Rep., 15, 1996, s. 549-554
- DWIVEDI, U. N., CAMPBELL, W. H., YU, J., DATLA, R. S., BUGOS, R. C., CHIANG, V. L., PODILA, G. K.: Modification of lignin biosynthesis in transgenic *Nicotiana* through expression of an antisense O-methyltransferase gene from *Populus*. Plant Mol. Biol., 26, 1994, č. 1, s. 61-71
- ERNST, W. H. O., VERKLEIJ, J. C. A., SCHAT, H.: Metal tolerance in plants. Acta Bot. Neerl., 41, 1992, s. 229-248
- FENNING, T. M., GARTLAND, K. M.: Transformation protocols for broadleaved trees. Methods Mol. Biol., 44, 1995, 149-165
- FEUILLET, C., LAUVERGEAT, V., DESWARTE, C., PILATE, G., BOUDET, A., GRIMA-PETTENATI, J.: Tissue- and cell-specific expression of a cinnamyl alcohol dehydrogenase promoter in transgenic poplar plants. Plant Mol. Biol., 27, 1995, č. 4, s. 651-667
- FILLATI, J. A. J., SELLMER, J., MCCOWN, B., HAISSIG, B., COMAI, L.: *Agrobacterium* mediated transformation and regeneration of *Populus*. Mol. Gen. Genet., 206, 1987, s. 192-199
- GIRI, C. C., SHYAMKUMAR, B., ANJANEYULU, C.: Progress in tissue culture, genetic transformation and applications of biotechnology to trees: an overview. Trees, 18, 2004, s. 115-135
- HÄGGMAN, H., ARONEN, T.: Transgene expression in regenerating cotyledons and embryogenic cultures of Scots pine. J. of Exper. Bot., 49, 1998, č. 324, s. 1147-1156
- HAJELA, R. K., HAJELA, N., BOLYARD, M. G., BARNES, W. M., STICKLEN, M. B.: A simple transformation system using adventitious shoot multiplication of junberry. HortScience, 28, 1993, č. 4, s. 330-332
- HAN, K.-H., KEATHLEY, D. E., GORDON, M. P.: Cambial tissue culture and subsequent shoot regeneration from mature black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). Plant Cell Rep., 12, 1993, č. 4, s. 185-189
- HAN, K.-H., GORDON, M. P., STRAUSS, S. H.: Cellular and molecular biology of *Agrobacterium* – mediated transformation of plants and its application to genetic transformation of *Populus*. In: Stettler, R. F., Bradshaw, H. D., Jr., Heilman, P. E., Hinckley, T. M. (eds.): Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Ottawa, Ontario, Canada: NRC Research Press 1996, Chapter 9, s. 221-222

- HERSCHBACH, C., KOPRIVA, S.: Transgenic trees as tools in tree and plant physiology. *Trees*, 16, 2002, s. 250-261
- IGASAKI, T., MOHRI, T., SHINOHARA, K.: *Agrobacterium tumefaciens* – mediated transformation of *Robinia pseudoacacia*. *Plant Cell Rep.*, 1, 2000, s. 448-453
- JEFFERSON, R. A.: Assaying chimeric genes in plants. The GUS gene fusion system. *Plant Mol. Biol. Rep.*, 5, 1987, s. 378-405
- JORGENSEN, R.: Silencing plant genes by homologous transgenes. *Ag-biotech News Information*, 4, 1992, s. 265N-273N
- JOUANIN, L., BRASILIERO, A. C. M., LEPLE, J. C., PILATE, G., CORNU, D.: Genetic transformation: a short review of methods and their applications, result and perspectives for forest trees. *Ann. Sci. For.*, 50, 1993, s. 325-336
- KLIMASZEWSKA, K., DEVANTIER, Y., LACHANCE, D., LELU, M. A., CHAREST, P. J.: *Larix laricina* (tamarack) somatic embryogenesis and genetic transformation. *Can. J. For. Res.*, 27, 1997, s. 538-550
- LE, V. Q., BELLES-ISLESS, J., DUSABENYAGASANI, M., TREMBLAY, F. M.: An improved procedure for production of white spruce (*Picea glauca*) transgenic plants using *Agrobacterium tumefaciens*. *J. Exp. Bot.*, 52, 2001, s. 2089-2095
- LEMMETYINEN, J., KEINONEN-METTÄLÄ, K., LÄNNENPÄÄ, M. et al.: Activity of the CaMV 35S promoter in various parts of transgenic early flowering birch clones. *Plant Cell Rep.*, 18, 1998, s. 243-248
- LEPLÉ, J. C., BRASILIERO, A. C. M., MICHEL, M. F., DELMOTTE, F., JOUANIN, L.: Transgenic poplars: expression of chimeric genes using four different constructs. *Plant Cell Rep.*, 11, 1992, s. 137-141
- LEVEE, V., LELU, M. A., JOUANIN, L., CORNU, D., PILATE, G.: *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of hybrid larch (*Larix kaempferi* x *L. decidua*) and transgenic plant regeneration. *Plant Cell Rep.*, 16, 1997, s. 680-685
- LING, H.-Q., KRISELEIT, D., GANAL, M. W.: Effect of ticarcillin/potassium clavulanate on callus growth and shoot regeneration in *Agrobacterium* – mediated transformation of tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.). *Plant Cell Rep.*, 17, 1998, s. 843-847
- MACKAY, J. J., O'MALLEY, D. M., PRESNELL, T., BOOKER, F. L., CAMPBELL, M. M., WHETTEN, R. W., SEDEROFF, R. R.: Inheritance, gene expression, and lignin characterization in a mutant pine deficient in cinnamyl alcohol dehydrogenase. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, 94, 1997, č. 15, s. 8255-8260
- MAHON, R. E., BATESON, M. F., CHAMBERLAIN, D. A., HIGGINS, C. M., DREW, R. A., DALE, J. L.: Transformation of an Australian variety of *Carica papaya* using microprojectile bombardment. *Aust. J. Plant Physiol.*, 23, 1996, č. 6, s. 679-685
- MALÁ, J.: Využití explantátových kultur ve šlechtění lesních dřevin. *Bioprospect (Bull. Biotech. Spol.)*, 1995, č. 2/4, s. 8-14
- MALÁ, J., ŠÍMA, P.: Možnosti využití biotechnologických metod v lesním hospodářství. *Lesnická práce*, 11, 2000, s. 495-499
- MCAFFEE, B. J., WHITE, E. E., PELCHER, L. E., LAPP: Root induction in pine (*Pinus*) and larch (*Larix*) spp. using *Agrobacterium rhizogenes*. *Plant, Cell, Tissue and Organ Culture*, 34, 1993, s. 53-62.
- MCCOWN, B. H., MCCABE, D. E., RUSSELL, D. R., ROBINSON, D. J., BARTON, K. A., RAFFA, K. F.: Stable transformation of *Populus* and incorporation of pest by electric discharge particle acceleration. *Plant Cell Rep.*, 9, 1991, s. 590-594
- O'NEILL, G. J., GORDON, A. M.: The nitrogen filtering capability of Carolina poplar in an artificial riparian zone. *J. Environ. Qual.*, 23, 1994, s. 1218-1223
- ONDŘEJ, M.: Genové inženýrství kulturních rostlin. Praha: Academia 1992.
- ONDŘEJ, M., DROBNÍK, J., GARTLAND, K. M. A., GARTLAND, J. S.: Genové inženýrství rostlin. Učební text vypracovaný v rámci projektu Tempus Phare. 1999
- PENA, L., SEQUIN, A.: Recent advances in the genetic transformation of trees. *Trends Biotechnol.*, 19, 2001, s. 500-506
- PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J. et al.: Fyziologie rostlin. Praha: Academia 1998.
- ROBERTSON, D., WEISSINGER, A. K., ACKLEY, R., GLOWER, S., SEDEROFF, R. R.: Genetic transformation of Norway spruce (*Picea abies* L. KARST) using somatic embryo explants by microprojectile bombardment. *Plant Molecular Biol.*, 19, 1992, s. 925-935
- RUGH, C. L., SENECOFF, J. F., MEAGHER, R. B., MERKLE, S. A.: Development of transgenic yellow poplar for mercury phytoremediation. *Nat. Biotechnol.*, 16, 1998, s. 925-928
- SALT, D. E., BLAYLOCK, M., KUMAR, N. P. B. A., DUSHENKOV, V., ENSLEY, B. D., CHET, I., RASKIN, I.: Phytoremediation: A novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Bio/technology*, 13, 1995, s. 468-474
- SELLMER, J. C., MCCOWN, B. H.: Transformation in *Populus* spp. In: Bajaj, Y. P. S. (ed.): *Biotechnology in Agriculture and Forestry 9. Plant protoplasts and Genetic Engineering II*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 1989, s. 155-172
- STOMP, A. M.: Genetic strategies for enhancing phytoremediation. *Ann. NY Acad. Sci.*, 721, 1994, s. 481-491
- STRAND, S. E., NEWMAN, L., RUSZAJ, M., WILMOTH, J., SHURTLEFF, B., BRANDT, M., CHOE, N., EKUAN, G., DUFFY, J., MASSNAB, J. W., HEILMAN, P. E., GORDON, M. P.: Phytoremediation of trichlorethylene from polluted aquifers using poplars. In: *Proceedings of the international poplar symposium: Populus biology and its implication for management and conservation*, 1995 August 20 - 25, Seattle, WA, USA. University of Washington 1995, s. 88. Abstract.
- TANG, H., REN, Z., KRCZAL, G.: An evaluation of antibiotics for the elimination of *Agrobacterium tumefaciens* from walnut somatic embryos and for the effects on the proliferation of somatic embryos and regeneration of transgenic plants. *Plant Cell Rep.*, 19, 2000, s. 881-88
- TANG, W., NEWTON, R. J.: Genetic transformation of conifers and its application in forest biotechnology. *Plant Cell Rep.*, 22, 2003, s. 1-15
- TUOMINEN, H., SITBON, F., JACOBSSON, C., SANDERG, G., OLSSON, O., SUNDBERG, B.: Altered growth and wood characteristics in transgenic hybrid aspen expressing *Agrobacterium tumefaciens* T-DNA indolacetic acid – biosynthetic genes. *Plant Physiol.*, 109, 1995, s. 1179-1189
- VITHA, S., BENEŠ, K., PHILLIPS, J. P., GARTLAND, K. M. A.: Histochemical GUS Analysis. *Methods in Molecular Biology 44: Agrobacterium Protocols*, 1999, s. 185-193
- WEIGEL, D., NILSSON, O.: A developmental switch sufficient for flower initiation in diverse plants. *Nature*, 377, 1995, č. 6549, s. 495-500

Gene manipulation of forest tree species

Summary

Recent advances in plant biotechnology have enabled genetic improvement of forest trees. Basic techniques in tissue culture, genetic engineering, and molecular biology, developed in herbaceous crops, have been applied to forest tree species with varying successes. Although this suggests that biotechnology methods need further investigation and adaptation for application to long-lived and highly heterozygous forest trees, several recent advances are promising. These include rapid clonal propagation, germplasm preservation, gene transfer, molecular markers analyses, genome mapping, and the isolation, cloning and expression of genes (AHUJA 1991, 1993, AHUJA, BOERJAN, NEALE 1996).

Gene manipulation (transformation) is a new method of the forest tree breeding. Genetic engineering of trees helps to compensate for conventional breeding disadvantages by incorporating known genes into specific genetic background. Methods available for plant transformation are arranged in three main groups: 1. those using biological vectors (virus or *Agrobacterium* mediated transformation), 2. direct DNA transfer technique and 3. non-biological vector systems (microprojectiles, microinjection).

The *Agrobacterium* mediated gene transfer methods are the widely used for transformation of woody plants (CHUN 1994, LEPLÉ et al. 1992). The genetic transformation, avoiding the sexual process, offers opportunities for creating new varieties with important agronomic traits otherwise unavailable, such as insect pest resistance, herbicide tolerance, improvement in growth, metabolism and wood quality, and in the reduction in the expression of endogenous genes that encode undesirable traits. For example, transgenic trees offer good prospects for bioremediation of contaminated soils, while the use of sterile transgenic trees will reduce the genetic impact of these populations on natural forests (CONFALONIERI et al. 2003). In laboratory of FGMRI the possibility of genetic transformation of hybrid aspen (*Populus tremula* x *P. tremuloides*) and somatic embryos of oak by a bacterial vector *Agrobacterium tumefaciens* were tested.

Recenzováno

FAKTOROVÝ TVAROVÝ MODEL A OBJEM KMENE MODŘÍNU OPADAVÉHO (*LARIX DECIDUA* MILL.)

Factor shape model and stem volume of European larch (*Larix decidua* MILL.)

Abstract

This article deals with construction of stem model for European larch. Empirical material comprises 1,320 stems. The term shape is used in sense of geometrical methods. During their construction first of all stem shape diameters were calculated, the principal components were analysed and the first principal component was used for forming orthogonal factor model. Another problem solved is which stem diameter is optimal for model construction.

Klíčová slova: modřín opadavý, tvar kmene, analýza hlavních komponent, faktorový tvarový model

Key words: European larch, stem shape, analysis of principal components, factor stem model

Úvod

Řada autorů vědeckých prací z oblasti dendrometrie se snaží rekonstruovat kmenové profily (morfologickou křivku kmene) na základě měření výšky kmene, výčetního průměru, popř. dalšího kmenového průměru a samozřejmě druhu dřeviny. Tato rekonstrukce se děje z praktického hlediska kvůli konstrukci sortimentačních tabulek popř. objemových modelů. Historicky jsou nejprve zkoumány tvarové kvocienty, vývojově následují pravé a nepravé tvarové řady. Známe jsou například nepravé i pravé tvarové řady PRODANOVY (1965), které jsou konstruovány pro různé hodnoty pravých výtvarnic.

U nás se problematikou tvarových řad zabýval ŽÁK (1972), popisem morfologické křivky kmene pak LEPORSKÝ (1954) a WOLF (1968). Mezi další domácí autory, kteří se zabývali konstrukcí tabulek kmenových profilů ve spojitosti s konstrukcí sortimentačních popř. objemových tabulek, patří KORSUN (1961a, b) - šlo o smrk a borovici, pro jedli HUBAČ a ŠEBÍK (1964), pro dub ČERMÁK (1974), pro buk HUBAČ (1975), pro habr ČERMÁK (1982), pro břízu KOŠÚT et al. (1985), pro modřín a jasan ČERMÁK a PETRÁŠ (1984). PAŘEZ a MICHÁLEC (1987) konstruují procentické sortimentační tabulky pro stromy hlavních dřevin v ČSSR (smrk, borovice, buk a dub). Zásadami formulace matematického modelu tvaru kmene se zabývá PETRÁŠ (1986, 1989, 1990), když formuluje matematický model morfologické křivky kmene pro jehličnaté dřeviny bez kůry (smrk, jedle, borovice, modřín) a listnaté dřeviny bez kůry (buk, dub, habr, bříza) pomocí mocninné funkce.

V odborné literatuře můžeme po jistém zjednodušení postřehnout dvě hlavní metody, jak zkonstruovat matematický model kmene. První metoda spočívá v sestavení určité spojité funkce a v následném odhadu jejích parametrů. V některých případech tyto modely používají pro popis jednotlivých částí kmene několik dílčích na sebe navazujících funkcí. Sem patří např. DEMAERSCHALK (1973), KOZAK (1988, 1997), LEE et al. (2003).

Druhá metoda se zabývá modelováním jednotlivých kmenových průměrů v určitých výškách (VAN LAAR 1985, EERIKÄINEN et al. 1999). V tomto článku uvedená metoda patří právě do druhé skupiny metod.

Článek si klade za cíl sestavit faktorový tvarový model kmene modřínu opadavého s kůrou s využitím první hlavní komponenty variančně-kovarianční matice získané z empirického materiálu. Tento model rekonstruuje kmenové profily po 1/100 h . Dále pak stanovit, ve kterém měřišti na kmeni je ze dvou hledisek (hledisko kmenových průměrů a objemů) nejvýhodnější měřit tloušťku kmene pro sestavení tohoto modelu.

Metodika práce a materiál

K sestavení faktorového modelu bylo použito celkem 1 320 kmenů modřínu opadavého z území České a Slovenské republiky. Jde o podstatnou část materiálu, který použil PETRÁŠ (1989) ke konstrukci matematického modelu tvaru kmene modřínu opadavého pomocí mocninné funkce. Konkrétně jde o kmeny s výškou nad 10 m kvůli většímu počtu měření tlouštěk na kmeni a tudíž lepší interpolaci.

Pro účely tohoto článku byly využity tloušťky kmene s kůrou a výšky kmenů. Tloušťky byly měřeny v 1 m, dále pak po 2 m sekcích, také byla měřena tloušťka pařezu a výčetní průměr. Tloušťky byly měřeny s přesností na 0,001 m. Byla také zjišťována délka kmene a výška pařezu. Délka kmene byla měřena s přesností na 0,1 m, výška pařezu s přesností na 0,01 m. Charakteristiku pokusného materiálu podává tabulka 1.

Tab. 1.

Charakteristika empirického materiálu 1 320 kmenů modřínu opadavého, h je výška kmene, $d_{1,3}$ je výčetní průměr, v je objem kmene, SD označuje směrodatnou odchylku

Characteristics of empirical material of 1,320 European larch stems, h is stem height, $d_{1,3}$ is d.b.h. average, v stem volume, SD defines standard deviation

Dendrometrická veličina/ Dendrometric coefficient	Průměr/ Average	SD	Min.	Max.
h [m]	26,5	8,45	10,1	46,8
$d_{1,3}$ [cm]	32,0	16,1	5,6	85,0
v [m ³]	1,42	1,38	0,02	7,98

Průměry v nepravých sekcích byly interpolovány. Spodní část kmene (průměr pařezu, průměry v 1 m, 1,3 m) byla vyrovnána pomocí mocninné funkce $y = ax^k$ a byly odhadnuty parametry této funkce pro jednotlivé kmeny. Zbývající část kmene byla lineárně interpolována. Vypočetli jsme průměry po 1/100 výšky kmene. Tedy každý kmen byl rozinterpolován na 99 průměrů. Takto jsme obdrželi 1 320 (n) vektorů (počet kmenů) o 99 (m) proměnných (průměry po 1/100 výšky kmene), což představuje výchozí datový materiál.

Jelikož konstruujeme tvarový model, je na místě uvést definici tvaru. Tvarem rozumíme ve smyslu geometrických metod (DRYDEN,

MARDIA 1998) geometrickou informaci o konfigurační matici objektu po jejím ortogonálním posunutí rotaci a přeškálování. Těmto operacím odpovídají např. Booksteinovy souřadnice (BOOKSTEIN 1991).

V našem případě nepracujeme s jednotlivými hraničními body, ale přímo s kmenovými tvarovými průměry. Ty vzniknou tak, že kmenové průměry vydělíme výškou kmene, která slouží k odstranění velikosti z objektu (kmene) ve smyslu intuitivní definice tvaru. Rotaci ani posunutí nemusíme provádět, protože jsme zvolili jednotný počátek souřadnicové soustavy, a tím je střed báze kmene. Bližší objasnění přinášíme např. v článku KŘEPELA et al. (2004).

Matematicky vyjádřeno: Jeden kmen je výběrem z n objektů, popsaných pomocí m rozměrů (kmenových tvarových průměrů (b_{ij})).

Tedy:

$$b_i = (b_{i1}, \dots, b_{im})^T, \quad i = 1, \dots, n.$$

V našem případě $n = 1\,320$, $m = 99$.

Pro tento výběr vypočteme vektor odhadů středních hodnot $\bar{\mu}$ pomocí následujícího vztahu:

$$\bar{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i.$$

Odhad výběrové variančně-kovarianční matice je dán takto:

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{\mu})(b_i - \bar{\mu})^T.$$

Tuto výběrovou variančně-kovarianční matici jsme podrobili analýze hlavních komponent (PCA). Mezi jednotlivými kmenovými tvarovými průměry existují silné korelační závislosti. Jistě tedy stojí za úvahu redukovat původní kmenové tvarové průměry, kterými popisujeme 1 320 kmenů a kterých je 99 do několika latentních proměnných, a pomocí nich se snažit popsat celý vstupní datový soubor. Tyto latentní proměnné se nazývají hlavní komponenty, jsou vzájemně nekorelované a několik z nich vystihuje podstatnou část variability vstupního datového souboru.

Použili jsme následující rozklad:

$$S = CDC^T,$$

kde C je ortogonální matice složená z normalizovaných vlastních vektorů ($c_i^T c_i = 1$) variančně-kovarianční matice S jako sloupců a D je diagonální matice s vlastními čísly $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$ matice S na hlavní diagonále:

$$D = \begin{pmatrix} \theta_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \theta_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \theta_m \end{pmatrix}.$$

Použili jsme označení θ_i pro vlastní čísla namísto obvyklých λ_i kvůli odlišení „faktorových zátěží“ (loadings) ve faktorovém modelu.

Jednotlivé kmeny rekonstruujeme za použití ortogonálního faktorového modelu, jak ho uvádí RENCHER (2002):

$$b_i - \bar{\mu} = Af + \varepsilon,$$

kde

$$b_i = (b_{i1}, \dots, b_{im})^T, \quad i = 1, \dots, n, \quad m = 99, \quad \bar{\mu} = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m)^T, \\ f = (f_1, f_2, \dots, f_m)^T, \quad \varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_m)^T,$$

$$A = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \dots & \lambda_{mm} \end{pmatrix}.$$

Model faktorové analýzy vyjadřuje každou proměnnou jako lineární kombinaci společných faktorů $f_1, f_2, \dots, f_m$, s určitou chybou ε_i . Koeficienty λ_{ij} se nazývají faktorové zátěže a vyjadřují „váhu“, jak která proměnná jako prvek vektoru b_i závisí na příslušném faktoru.

K výpočtu faktorů použijeme metodu hlavních komponent (RENCER 2002): nechť

$$A = CD^{1/2},$$

a tedy

$$\begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \dots & \lambda_{mm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sqrt{\theta_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{\theta_2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sqrt{\theta_m} \end{pmatrix},$$

potom RENCHER (2002) uvádí centrováný regresní model:

$$f_1 = \beta_{11}(b_1 - \mu_1) + \beta_{12}(b_2 - \mu_2) + \dots + \beta_{1m}(b_m - \mu_m) + \varepsilon_1 \\ f_2 = \beta_{21}(b_1 - \mu_1) + \beta_{22}(b_2 - \mu_2) + \dots + \beta_{2m}(b_m - \mu_m) + \varepsilon_2 \\ \vdots \\ f_m = \beta_{m1}(b_1 - \mu_1) + \beta_{m2}(b_2 - \mu_2) + \dots + \beta_{mm}(b_m - \mu_m) + \varepsilon_m$$

Ten může být zapsán v maticové podobě:

$$f = B^T(b - \bar{\mu}) + \varepsilon,$$

model platí pro každý objekt:

$$f_i = B^T(b_i - \bar{\mu}) + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Jestliže model transponujeme, obdržíme:

$$f_i^T = (b_i - \bar{\mu})^T B + \varepsilon_i^T$$

a těchto n rovnic může být vyjádřeno jednoduchým modelem:

$$F = \begin{pmatrix} f_1^T \\ f_2^T \\ \vdots \\ f_n^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (b_1 - \bar{\mu})^T \\ (b_2 - \bar{\mu})^T \\ \vdots \\ (b_n - \bar{\mu})^T \end{pmatrix} B + E = Y_c B + E = Y_c S^{-1} A,$$

kde Y_c je centrováná výchozí datová matice.

Výpočet matice F byl proveden ve statistickém programu S – Plus 6. Program pro výpočet je následující:

```
function(x)
{
  S <- var(x)
  d <- dim(x)
  hlkomp <- eigen(S)
  Lambda <- hlkomp$eigenvectors %*% diag(sqrt(hl-
  komp$values))
  Prummat <- colMeans(x)
  Prummat <- rep(Prummat, d[[1]])
  Prummat <- matrix(Prummat, nrow = d[[1]],
  byrow = T)
  Rozdil <- x - Prummat
  Fakt <- Rozdil %*% solve(S) %*% Lambda
  Fakt
}
```

Model je určen pro praktickou rekonstrukci kmene. Musíme tedy přihlédnout ke konkrétním podmínkám v lesním hospodářství. Zde je průměr kmene měřen obvykle jenom jednou a to ve výčetní výšce. Pro účely stanovení objemu odcizeného dříví bývá využívána pařezová tloušťka, pro měření ve výzkumu může být měřena i jiná tloušťka než výčetní. Jestliže stanovujeme objem poraženého kmene, stávají se snadno dostupnými všechny průměry a mohou měřit průměr v libovolné délce. Proto je jistě zajímavé zjistit, kde konkrétně na kmeni jednou měřit průměr, abychom kmen mohli rekonstruovat s co největší tloušťkovou popř. objemovou přesností.

K rekonstrukci kmene použijeme pouze první hlavní komponentu. Její grafický efekt je znázorněn na obr. 1. Dále musíme zjednodušit situaci v tom, že při rekonstrukci kmenových průměrů nejsou k dispozici průměry ve všech měřících. V tom případě musíme jednotlivá faktorová skóre $f_{i,m}$ pouze odhadovat:

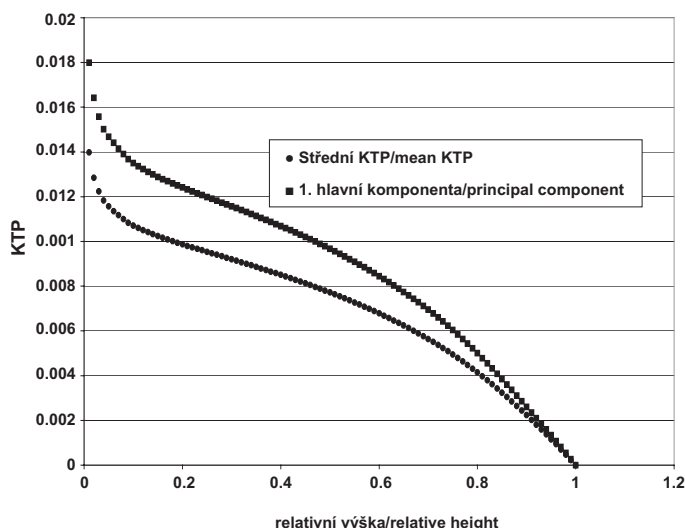
$$\tilde{f}_{i,m} = \frac{b_{i,m} - \mu_m}{\lambda_m}, \quad (1)$$

kde $b_{i,m}$ je tvarový kmenový průměr i -tého jedince v relativní výšce m , μ_m je střední hodnota kmenových tvarových průměrů ve výšce m , λ_m je součin příslušného prvku prvního vlastního vektoru c_m a odmocniny z největšího vlastního čísla $\sqrt{\Theta}$.

Odhady rekonstruovaných tvarových kmenových průměrů provedené ve výškách $(1/100 h, 2/100 h, \dots, 99/100 h)$ jsou zatíženy chybami. Tyto chyby vztahujeme k sumě průměrů, vypočítaných z rekonstruovaných průměrů $\tilde{d}_m$ podle vzorce:

$$d_{sum} = \tilde{d}_{1/100} + \tilde{d}_{2/100} + \dots + \tilde{d}_{99/100}, \quad (2)$$

kde $\tilde{d}_m = \tilde{b}_i \cdot h$, $\tilde{b}_i$ je rekonstruovaný kmenový tvarový průměr a h je výška kmene.



Obr. 1.

Střední konfigurace vychýlená pomocí grafického efektu 1. hlavní komponenty o jednu směrodatnou odchylku ($v = \bar{\mu} + g\theta_1^{0.5}c_1$), $g = 1$. Zkratka KTP označuje kmenový tvarový průměr.

Mean configuration deviated of one standard deviation ($v = \bar{\mu} + g\theta_1^{0.5}c_1$), $g = 1$ by means of graphic effect of the 1st principal component. Abbreviation KTP indicates stem shape diameter.

Příklad 1.

Nyní chceme zrekonstruovat konkrétní modřínový kmen, u kterého známe pouze výšku (30,1 m) a výčetní průměr (46,5 cm). V našem datovém souboru jde o kmen č. 2.

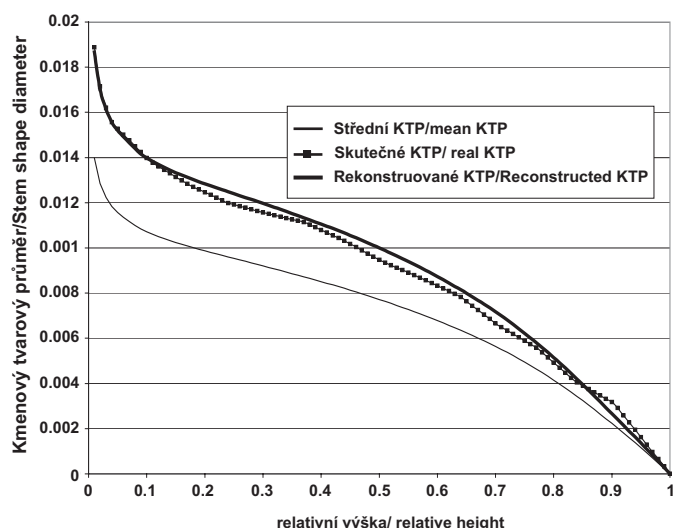
- Vypočteme relativní výšku tloušťkového měřiče (m) tedy $1,3/30,1 = 0,043189 h$.
- Interpolujeme střední hodnotu kmenových tvarových průměrů ve výšce m ($v 0,043189 h$), tedy $\mu_m = 0,011745871$.
- Vypočteme $d_{1,3}/h$ - kmenový tvarový průměr skutečného kmene $b_{2,0,0432} = 0,015448505$, na obr. 2 vidíme, že je širší než střední vektor.
- Provedeme interpolaci 1. PC pro $0,043189 h$ (relativní měřiče), $\lambda_{0,432} = 0,000538006$, to je interpolovaná zátěž již vynásobená odmocninou z největšího vlastního čísla.
- Vypočteme odhad faktorového skóre, podle vzorce (1) platí, že:

$$\tilde{f}_{2;0,0432} = \frac{0,01545 - 0,01175}{0,000538} = 6,88.$$

- Nyní kmenové tvarové průměry v pravých sekcích rekonstruujeme takto:

$$\begin{pmatrix} b_{2;0,01} - \mu_{0,01} \\ b_{2;0,02} - \mu_{0,02} \\ \vdots \\ b_{2;0,99} - \mu_{0,99} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{0,01} \\ \lambda_{0,02} \\ \vdots \\ \lambda_{0,99} \end{pmatrix} (\tilde{f}_{2;0,0432}) + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_{99} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

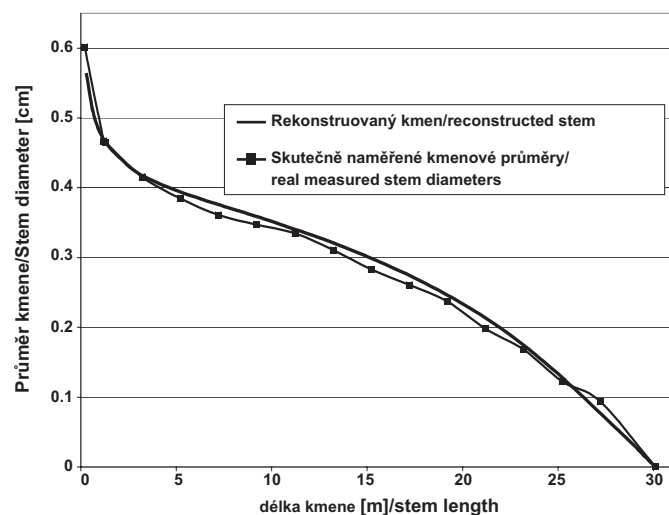
Rekonstruované kmenové tvarové průměry jsou znázorněny na obr. 2. Jestliže chceme rekonstruovat původní kmen, vynásobíme tvarové kmenové průměry a relativní měřiče výškou (h), viz obr. 3.



Obr. 2.

Postup rekonstrukce kmenových tvarových průměrů (KTP) u vzorku č. 2

Reconstruction of stem shape diameters (KTP) for sample no. 2



Obr. 3.

Porovnání rekonstruovaného kmene se skutečnými kmenovými průměry

Comparison of reconstructed stem with real stem diameters

Konec příkladu 1.

Postup popsáný v příkladu 1 nyní zopakujeme pro všech 1 320 kmenů a to pro jednotlivá relativní měřišť (výsledek pro absolutní měřišť např. 1,3 m je zajímavý, nicméně vždy závislý na pokusném materiálu). Čím vyšší stromy budou v pokusném materiálu, tím relativně níže bude měřišť v 1,3 m a tím větší střední kvadratickou chybu obdržíme, jak ukážeme v následujícím textu. S výpočtem začínáme v měřišti 0,01; provedeme odhad faktorového skóre pro všechny kmene v tomto měřišti podle vzorce (1), následně jednotlivé kmene zrekonstruujeme podle vzorce (3). Z odhadnutých průměrů vypočteme sumy podle vzorce (2). Stejně výpočty provedeme postupně pro měřišť 0,02, 0,03...0,99. Takto dostaneme matici 1 320 x 99 modelových (předpokládaných, odhadnutých) sum průměrů.

Nyní se zabýváme statistickou validací. Označme:

d_{sums} skutečná suma průměrů i -tého jedince

$\bar{d}$ aritmetický průměr sum všech skutečných průměrů

$\tilde{d}_{sum}$ modelová suma průměrů i -tého jedince R

e rozdíl ($d_{sums} - \tilde{d}_{sum}$)

w rozdíl ($d_{sums} - \bar{d}$).

Ke srovnání modelových a skutečných hodnot použijeme následující statistické charakteristiky:

R^2 - koeficient determinace, $R^2 = 1 - \sum e_i^2 / \sum w_i^2$,

bias = $\sum e_i / n$,

S. D. D. - střední chybu, S. D. D. = $\sqrt{\sum (e_i - \text{bias})^2 / (n - 1)}$,

S. E. E. - střední kvadratickou chybu, S. E. E. = $\sqrt{\sum e_i^2 / (n - 1)}$,

M. A. D. - průměrnou absolutní odchylku, M. A. D. = $\sum |e_i| / n$,

S. S. R. R. - sumu čtverců relativních reziduí, S. S. R. R. = $\sum (e_i / d_{sum})^2$.

Výsledky a diskuse

První hlavní komponenta vypočtená z variančně-kovarianční matice S vysvětluje 96,3 %, druhá pak 2,4 % a třetí 0,6 % celkové variability. Další 96 hlavních komponent se nejvíce vzhledem k jimi vysvětlené variabilitě jako příliš významné. K sestavení tvarového modelu jsme použili pouze první hlavní komponentu a tu ještě odhadujeme v jednotlivých měřích. První hlavní komponenta geometricky zužuje (rozšiřuje) střední tvarový vektor. V příkladě 1 došlo k jeho rozšíření, což signalizuje, že se pravděpodobně jedná o strom nadúrovňový s malou mírou konkurenční zátěže. Otázkou interpretace hlavních komponent u smrku jsme se zabývali v našich předchozích pracích (KŘEPELA et al. 2001, 2004, KŘEPELA 2002). První hlavní komponentu zde vysvětlujeme v souvislosti se stromovými třídami a tedy konkurenčním tlakem. Geometrický efekt první hlavní komponenty u modřínu je stejný jako u smrku. Můžeme tady vyslovit hypotézu, že i ekologický vliv, který jej způsobuje, je stejný.

K rekonstrukci kmenových tvarových průměrů byl použit ortogonální faktorový model. Grafický přehled vypočítaných hodnot jednotlivých statistických charakteristik použitých pro statistickou validaci modelu znázorňuje obr. 4.

Koeficient determinace až do měřišť 0,77 h neklesá pod hodnotu 0,95, kulminuje v relativní výšce 0,45 h hodnotou 0,997. Od měřišť 0,77 h následuje jeho postupný pokles. Střední kvadratická chyba (správnost měření), viz ŠMELKO (2000), má minimum v měřišti 0,44 h a její procentické vyjádření z aritmetického průměru všech skutečných průměrů (19,51 m) činí 2,54 %.

Bias v nejnižších relativních měřích kolísá a od relativní výšky 0,09 h postupně klesá. Nejnižší (nulovou) hodnotu má v měřišti 0,49 h . Ostatní validační veličiny vykazují nejnižší hodnoty opět v měřišti 0,44 h .

Pokud jde o rozložení středních kvadratických chyb tloušťek podél průběhu morfologické křivky kmene, je toto rozložení demonstrováno v tabulce 2. Měřišť označuje relativní výšku stromu, ze které byla tloušťka kmene použita pro rekonstrukci kmene. Z této tabulky je také patrné, že tloušťky v 8/10 a 9/10 h lze z průměrů ve spodní polovině kmene modelovat jen obtížně a to proto, že v 8/10 a 9/10 h přispívá k vysvětlení variability podstatněji druhá hlavní komponenta, která nebyla do modelu zahrnuta.

Dalším zajímavým problémem je řešení otázky, kde na kmeni z objemového hlediska měřit, abych se dopustil co nejmenší chyby nikoliv průměrů, ale objemové chyby. K tomuto účelu je třeba vzorec 2 upravit do následující podoby:

$$v_{kmene} = \pi/400 h(\bar{d}_{1/100}^2 + \bar{d}_{2/100}^2 + \dots + \bar{d}_{99/100}^2),$$

kde $\bar{d}_m = \bar{b}_i \cdot h$, $\bar{b}_i$ je rekonstruovaný kmenový tvarový průměr a h je výška kmene. Tímto způsobem rekonstruujeme celý objem kmene s výjimkou částí od paty kmene po 1/200 h a také 1/200 h od vrcholu kmene. Potom je možné vypočítat stejné validační veličiny jako v případě tloušťek: Koeficient determinace až do měřistiště 0,74 h neklesá pod hodnotu 0,95, kulminuje v relativní výšce 0,35 h hodnotou 0,997. Od měřistiště 0,75 h následuje jeho postupný pokles. Střední kvadratická chyba má minimum v měřistišti 0,35 h a její procentické vyjádření z objemu středního kmene (1,421 m³) činí 5,28 %. Bias je nulový mezi měřistišti 0,01 a 0,02 a potom v měřistišti 0,44 h . Měříme-li průměr v 0,35 h a z něj rekonstruujeme celý kmen, dopustíme se objemové chyby (systematického vychýlení) +13,28 m³, což je z celkové zásoby (1 875,842 m³) +0,71 %. Ostatní statistické charakteristiky mají svá minima opět v měřistišti 0,35 h .

Abychom objasnili, proč právě měřistiště 0,35 h má nejpříznivější (s výjimkou biasu) statistické objemové validační charakteristiky, zkoumejme korelaci mezi 99 původními proměnnými a první hlavní komponentou pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Tento korelační koeficient má největší hodnotu pro kmenové tvarové průměry právě v relativní výšce 0,35 h . Objasnit proč je bias nulový ve výše uvedených měřistištích, se nám doposud nepodařilo.

Model je použitelný i tehdy, měříme-li na kmeni více průměrů. V tom případě dojde k lepšímu odhadu faktorových skóre, popř. je možné přidat i další hlavní komponentu. Řešení tohoto problému by ale přesáhlo rámec článku.

Závěr

Faktorový tvarový model kmene modřínu opadavého s využitím první hlavní komponenty variančně-kovarianční matice byl sestaven. Tento model rekonstruuje jednotlivé kmenové průměry od 1/100 až po 99/100 výšky kmene. Vstupní hodnotou do tohoto modelu je výška kmene a jeden průměr. Přitom je lhostejné, jestli tento průměr měříme v relativní nebo absolutní výšce (např. 1,3 m). Průměr v absolutní výšce je vždy přepočítán na výšku relativní.

Pro validaci modelu jsme použili jednak chyby průměrů a také chyby objemové, které vznikají při porovnání skutečně naměřených průměrů a z nich vypočtených objemů a průměrů (objemů) modelových.

Pokud k validaci modelu použijeme tloušťky, pak střední kvadratická chyba má minimum v měřistišti 0,44 h a její procentické vyjádření z aritmetického průměru sum všech skutečných průměrů (19,51 m) činí 2,54 %. Bias v nejnižších relativních měřistištích kolísá a od relativní výšky 0,09 h postupně klesá. Nejnižší (nulovou) hodnotu má v měřistišti 0,49.

Z objemového hlediska se jeví nejvýhodnější k odhadnutí kmenových průměrů průměr ve výšce 0,35 h . V této výšce činí střední kvadratická objemová chyba rekonstruovaných kmenů 5,28 %. Statisticky významná hodnota biasu v tomto měřistišti je +0,71 %. Hodnoty střední kvadratické chyby objemu pod 10 % leží v intervalu (0,05 h až 0,56 h).

Tab. 2.

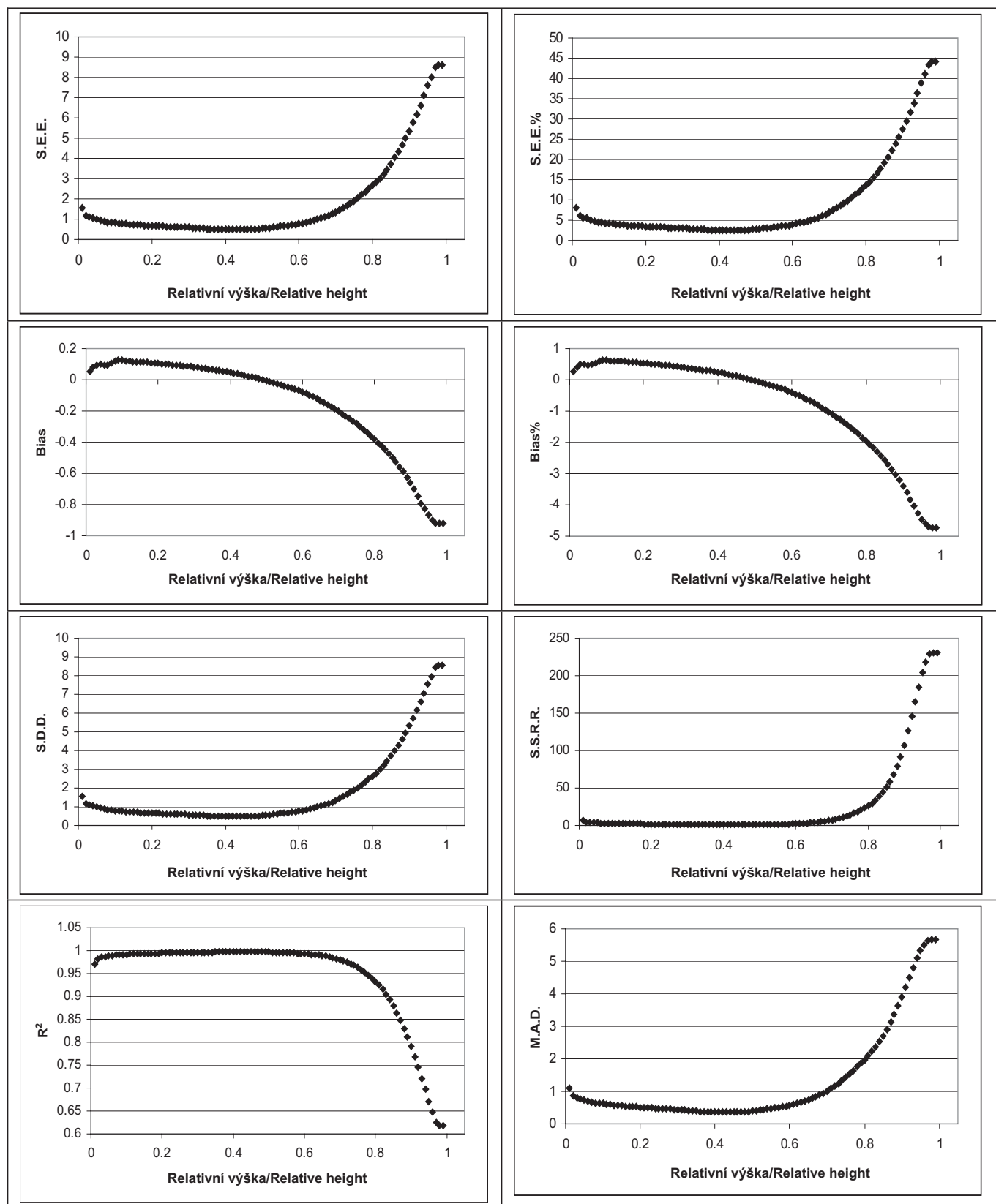
Střední kvadratické chyby modelu pro vybraná měřistiště a vybrané relativní výšky měření

Mean quadratic errors of the model for chosen measuring points and chosen relative heights of measurement

Měřistiště/ Measur. point	Střední kvadratická chyba rekonstruovaných průměrů včetně jejího procentického vyjádření v relativní výšce [mm/%]/ Mean quadratic error of reconstructed diameters incl. its proportional expression in relative height [mm/%]										
	0,01 h	0,05 h	0,1 h	0,2 h	0,3 h	0,4 h	0,5 h	0,6 h	0,7 h	0,8 h	0,9 h
0,01 h	0/0	21/7	23/8	22/8	22/9	21/9	20/9	19/10	18/12	17/15	12/20
0,05 h	7/3	0/0	9/3	12/4	13/5	14/6	14/7	15/8	16/10	16/14	12/20
0,1 h	32/8	11/3	0/0	7/3	9/4	10/4	12/6	14/7	15/10	16/14	12/20
0,15 h	34/9	13/4	6/2	4/2	7/3	9/4	11/5	13/7	15/9	16/14	12/20
0,2 h	35/9	15/5	8/3	0/0	6/2	8/3	10/5	12/6	14/9	16/14	12/20
0,25 h	36/9	16/5	9/3	4/2	4/2	7/3	9/4	12/6	14/9	15/13	12/20
0,3 h	37/10	17/5	11/4	7/2	0/0	6/2	8/4	11/6	13/9	15/13	12/20
0,35 h	38/10	18/6	12/4	8/3	4/2	4/2	7/4	10/5	13/8	15/13	12/19
0,4 h	38/10	19/6	14/5	9/3	6/3	0/0	6/3	9/5	12/8	14/12	12/19
0,45 h	39/10	21/7	15/5	11/4	8/3	4/2	4/2	8/4	11/7	14/12	12/19
0,5 h	41/11	23/7	17/6	13/5	10/4	7/3	0/0	7/4	10/7	13/12	12/19
0,55 h	43/12	25/8	20/7	16/6	13/5	9/4	5/2	5/2	9/6	13/11	11/18
0,6 h	46/12	28/9	23/8	18/7	15/6	12/5	8/4	0/0	8/5	12/10	11/18
0,65 h	49/13	32/10	27/9	22/8	19/8	15/6	11/5	5/3	5/3	10/9	11/17
0,7 h	55/14	38/12	33/11	28/10	24/10	20/9	15/7	10/5	0/0	9/7	10/16
0,75 h	65/17	47/15	41/14	36/13	32/13	27/12	22/10	15/8	7/4	6/5	9/15
0,8 h	81/21	59/19	53/18	46/17	42/16	37/16	30/14	23/12	13/8	0/0	8/13
0,85 h	102/26	77/24	69/23	61/23	56/22	50/21	43/20	34/18	22/14	9/8	5/8
0,9 h	136/35	104/33	93/32	84/31	77/31	70/30	61/28	49/26	35/23	18/16	0/0

Obr. 4.

Grafické znázornění statistických charakteristik použitých pro validaci faktorového modelu, R^2 - koeficient determinace, S. E. E. - střední kvadratická chyba, S. D. D. - střední chyba, M. A. D. - průměrná absolutní odchylka, S. S. R. R. - suma čtverců relativních reziduí
 Graphic representation of statistical characteristics used for validation of factor model R^2 - coefficient of determination, S. E. E. - standard error of the estimate, S. D. D. - standard deviations of differences, M. A. D. - mean difference difference, S. S. R. R. - sum of squared relative residuals



Literatura

- BOOKSTEIN, F. L.: Morphometric tools for landmark data. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, Cambridge University Press 1991. 435 s.
- ČERMÁK, V.: Vypracovanie sortimentačných tabuliek stromových pre drevinu dub. Záv. správa. Zvolen, VÚLH 1974. 61 s.
- ČERMÁK, V.: Konštrukcia stromových a sortimentačných tabuliek pre hrab. Lesn. časopis, 28, 1982, s. 327-346.
- ČERMÁK, V., PETRÁŠ, R.: Výskum a konštrukcia objemových a sortimentačných tabuliek pre smrekovec a jaseň. Záv. správa. Zvolen, VÚLH, 1984. 59 s.
- DEMAERSCHALK, J. P.: Integrated systems for the estimation of tree taper and volume. Can. J. For. Res., 2, 1973, s. 90-94.
- DRYDEN, I. L., MARDIA, K. V.: Statistical shape analysis. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, John Wiley & Sons 1998. 345 s.
- EERIKÄINEN, K. P. A., MABVURIRA, D., SARAMÄKI, J.: Alternative taper curve estimation methods for *Eucalyptus cloeziana* (F. MUELL.). S. Afr. For. J., 184, 1999, s. 12-24.
- HUBAČ, K.: Vypracovanie stromových sortimentačných tabuliek pre drevinu buk v ČSSR. Záv. správa LF VŠLD. Zvolen 1975. 45 s.
- HUBAČ, K., ŠEBÍK, L.: Tabuľky kmenových profilov a sortimentačné tabuľky pre jedľu. Zborník ved. prác VŠLD. Zvolen, 6, 1964, s. 31-66.
- KORSUŇ, F.: Tabuľky kmenových profilů a sortimentační tabuľky pro smrk. Práce výzkumných ústavů lesnických ČSSR, 22, 1961a, s. 191-236.
- KORSUŇ, F.: Tabuľky kmenových profilů a sortimentační tabuľky pro borovici. Záv. zpráva. Strnady, VÚLHM 1961b, 47 s.
- KOŠÚT, M., PÁNEK, F., KUNDRLÍK, F.: Konštrukcia objemových tabuliek pre brezu. Lesn. čas., 31, 1985, s. 415-429.
- KOZAK, A.: A variable – exponent taper equation. Can. J. For. Res., 18, 1988, s. 1363-1368.
- KOZAK, A.: Effects of multicollinearity and autocorrelation on the variable – exponent taper functions. Can. J. For. Res., 27, 1997, s. 619-629.
- KŘEPELA, M.: Point distribution form model for spruce stems (*Picea abies* [L.] KARST.). J. For. Sci., 48, 2002, s. 150-155.
- KŘEPELA, M., SEQUENS, J., ZAHRADNÍK, D.: Dendrometric evaluation of stand structure and stem forms on Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) sample plots Doubravčice 1, 2, 3. J. For. Sci., 47, 2001, s. 419-427.
- KŘEPELA, M., SEQUENS, J., ZAHRADNÍK, D.: A contribution to the knowledge of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stem shape. J. For. Sci., 50, 2004, s. 211-218.
- LEE, W. K., SEO, J. H., SON, Y. M., LEE, K. H., VON GADOW, K.: Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. For. Ecol. Manag., 172, 2003, s. 69-77.
- LEPORSKÝ, A.: Dendrometrie. Praha, SPN 1954. 395 s.
- PAŘEZ, J., MICHALEC, M.: Procentické sortimentační tabuľky pro stromy hlavních dřevin v ČSSR (smrk, borovice, buk, dub). Lesnický průvodce, 1987, č. 1, 79 s.
- PETRÁŠ, R.: Matematický model tvaru kmeňa. Lesnický časopis, 32, 1986, č. 3, s. 223-236.
- PETRÁŠ, R.: Matematický model tvaru kmeňa ihličnatých drevín. Lesnictví, 35, 1989, s. 867-878.
- PETRÁŠ, R.: Matematický model tvaru kmeňa listnatých drevín. Lesn. časopis, 36, 1990, s. 231-241.
- PRODAN, M.: Holzmesslehre. Frankfurt am Main, J. D. Sauerländer's Verlag 1965. 644 s.
- RENCHER, A. C.: Methods of multivariate analysis. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, John Wiley & Sons 2002. 708 s.
- ŠMELKO, Š.: Dendrometria. Zvolen, TU 2000. 399 s.
- VAN LAAR, A.: Form quotients and stem form of *Eucalyptus cloeziana*. S. Afr. For. J., 144, 1985, s. 18-23.
- WOLF, J.: Lokální hmotové tabuľky a dvouparametrický systém morfologických křivek smrkových kmenů. Záv. zpráva. Brno, Lesnická fakulta VŠZ 1968. 45 s.
- ŽÁK, J.: Rozbor výtvarnic ve stejnověkém smrkovém porostu. Záv. zpráva. Kostelec n. Č. lesy, VŠZ 1972. 52 s.

Factor shape model and stem volume of European larch (*Larix decidua* MILL.)

Summary

This article deals with construction of shape model of European larch. The term shape is defined in sense of geometrical methods (DRYDEN, MARDIA 1998) like the geometrical information on configuration of object matrix after removal of size, rotation and shifting. Stems were not described by means of landmarks, but by means of stem shape diameters. We get these diameters when dividing the real diameters in relative heights by total stem height. Effect of shifting and rotation need not be removed due to standard starting point of coordinate system in the centre of stem base.

Totally 1,320 stems of European larch, originated from the territory of the Czech and Slovak Republics, were used for model construction. All stems were interpolated after $1/100 h$, and then stem shape diameters for individual stems were calculated. From these diameters variance-covariance matrix was derived that was used for analysing principal components. The first principal component, that explains 96.3 % of total variability, was used for construction of orthogonal factor shape model. Factor model reconstructs diameters on base of tree height and one diameter measured wherever on the stem in individual measuring points. Not knowing diameters in all the measuring points on stem during practical measurement, we therefore could only estimate factor score for them.

For model validation both error of diameters and volume error were used that arise during comparison of really measured diameters and from them calculated model volumes and diameters (volumes). If a diameter model is used for model validation, then mean quadratic error has minimum of $0.44 h$ in the measuring point, and its proportional expression based on arithmetical mean of sums for all real diameters (19.51 m) is 2.54 %. Bias in the lowest relative measuring points oscillates and gradually falls from relative height $0.09 h$, having the lowest (null) value in the measuring point 0.49 .

When volume is considered, the estimate of stem diameters in height $0.35 h$ seems to be the most effective. In this height mean quadratic volume error of reconstructed stem is 5.28 %. Value of bias in this measuring point is +0.71 %. Values of mean quadratic volume error below 10 % lie in interval ($0.05 h$ to $0.56 h$).

Recenzenti: Prof. Ing. Š. Šmelko, CSc., Ing. J. Macků, CSc.

CERTIFIKACE SPOTŘEBNÍHO ŘETĚZCE DŘEVA

Chain of wood custody

Abstract

New certification trend of forestry products and mainly of chain of wood custody, still more intensive and of greater extension, is a phenomenon of recent years. It will be interesting to look for factors that are the main causes of this development; if this is caused by economical, environmental, social, legislative or other factors that this trend initiate, accompany or determine its further development. Certification is introduced in still more enterprises despite no small costs that the individual wood-producing companies must invest. When evaluating benefits from certification this aspect cannot be omitted, it must be comprised into account. This contribution presents costs and yields gained from certification and from subsequent use of logo within certification system. There are analysed cost items as implementation of normative document, costs on audit and supervisory audit; completely evaluated certification from the viewpoint of regional aspects, legislative forms of certification organization and their activities are also included.

Klíčová slova: certifikace, C-o-C, lesní produkty, důsledky certifikace, zpracovatelé dřevní suroviny, sledování původu dřeva, certifikační firmy, akreditace, přidaná hodnota, cena certifikace

Key words: certification C-o-C, forestry products, aspects of certification, wood-producing companies, certification companies, wood origin, added value, system PEFC, document CFCS 1004-2005, price of certification

Metodika

Při zpracování této práce byly použity obecné metody výzkumu. Rozbor normativního dokumentu CFCS 1004-2005 platného od 1. května 2005 spočíval v posouzení ekonomických nákladů na požadovaná opatření v organizaci usilující o certifikát.

Na žádost o sdělení ceny za audit a dozorový audit za účelem zpracování této práce žádný certifikační orgán neposkytl informace. Proto bylo zvoleno náhradní řešení, spočívající ve formě rozboru nákladů jednotlivých certifikačních orgánů pro fiktivní firmu podle níže zadávacích podmínek. O tom, že se jedná o fiktivní firmu, nebyly jednotlivé organizace informovány a to z důvodů získání dat pro porovnání celkové nákladovosti podle jednotlivých certifikačních orgánů. Uvedený postup byl zvolen pro počáteční neochotu poskytnout informace pro srovnání. Tento postup certifikačních orgánů lze do jisté míry chápat, ovšem při zpracování této práce vznikla zásadní překážka bránící ekonomickému zhodnocení certifikace lesních produktů. Jelikož firmy nevěděly, že se jedná o informace pro vědecké účely, byla zajištěna vyšší objektivita informací. V případě, kdy by organizace věděla, že se jedná o srovnání nákladů, mohla by uvádět nižší cenu, než je cena skutečná.

Certifikační orgány byly požádány o sdělení veškerých nákladů, které mohou v procesu certifikace nastat. Již z průzkumu nabídky vyplynulo, že některé certifikační orgány se snaží náklady rozložit do různých služeb či úkonů, a tím „opticky“ snížit cenu vlastní certifikace, v konečném efektu ale zájemce o certifikaci zaplatí více.

Při zjišťování komplexních informací o stavu certifikace se vycházelo z údajů, které poskytují certifikační organizace o dosud certifikovaných společnostech.

Náklady na certifikaci

Náklady se skládají ze čtyř hlavních složek:

- I. Zavedení normativního dokumentu
- II. Audit prováděný certifikačním orgánem
- III. Dozorové audity
- IV. Poplatky spojené s užíváním loga

I. Implementace normativního dokumentu

Organizace, jenž se rozhodne podstoupit proces certifikace, musí počítat kromě finančních nákladů s organizačními a administrativními změnami. Každá organizace je těmito požadavky zasažena do určité míry, která vychází z jejího současného stavu a připravenosti na vlastní proces certifikace. Rovněž závisí na formě sledování původu suroviny, zdali zvolí procentickou nebo metodu fyzické separace.

- Metoda fyzické separace

Kapitola 2 normativního dokumentu se zabývá požadavky na metodu fyzické separace. Ve všeobecných požadavcích je stanoveno nakládání se surovinou. Jak již z názvu vyplývá, jedná se zejména o její odlišení a označení ve výrobním a obchodním procesu. Konkrétní požadavky jsou uvedeny v následujících částech. Tato metoda je doporučena organizacím, kde není smíchána certifikovaná a necertifikovaná surovina.

Pro tuto metodu je příznačné, že dochází k identifikaci původu, a to v okamžiku dodání a dále v úrovni dodavatele. Dokumenty připojené ke každé dodávce suroviny musí obsahovat minimálně stanovené údaje, kterými jsou:

- a) identifikace dodavatele
- b) objem dodávky
- c) datum dodávky/dodací období/zúčtovací období
- d) kategorie původu

Vzhledem k tomu, že požadavky stanovené pod písmeny a, b, c jsou součástí běžného obchodního styku, nepředstavuje požadavek normativního dokumentu pro tyto body zvýšenou zátěž či náklady organizace. Jediná změna je pro organizaci pod bodem d), ale tato nepřináší zvýšené náklady vzhledem k současné praxi dodávání, kdy většina dokumentů je vybavována výpočetní technikou a systémy správy dodávek.

Požadavky na kategorii původu jsou specifikovány:

- příslušným systémem certifikace lesů,
- systémem označování v případě, že je spotřebitelský řetězec zaveden za účelem označování produktů,
- prohlášením daného systému,
- samotnou organizací v případě, že je spotřebitelský řetězec zaveden za účelem vlastní značky.

Separace certifikované suroviny

Certifikovaná surovina musí být jednoznačně identifikována v kterémkoli okamžiku výrobního, obchodního nebo skladovacího procesu. K tomu lze využít některou z následujících metod

- a) fyzická separace s ohledem na výrobu a skladovací prostory
- b) fyzická separace s ohledem na čas
- c) trvalá identifikace suroviny

Pro organizaci bude tento bod požadavků představovat zvýšené náklady na skladovací prostory. Zvýší se i náklady na manipulaci se surovinou a rovněž se zvýší některé technologické časy. Zřejmě bude pro organizaci nutné přepracovat logistický plán podle nových podmínek. Všechny tyto úpravy představují ekonomické náklady, ale vzhledem k jejich individualizaci podle konkrétního podniku není možné je obecně vyčíslit.

Rovněž požadavek normativního dokumentu, který hovoří o fyzické separaci s ohledem na výrobu, skladovací prostory a čas, nedává organizaci přesnou informaci o tom, jaké jsou požadavky na separaci. Slovní obrat „s ohledem“ činí dané body nejasnými s nemožností jejich přesné interpretace. Není rovněž konkretizován požadavek trvalé identifikace suroviny, tedy co konkrétně pro organizaci představuje.

Prodej certifikovaných výrobků

Při prodeji vzniká organizaci povinnost poskytnout zákazníkovi dokumentaci potvrzující shodu s požadavky spotřebitelského řetězce dřeva. Není uvedeno, zdali poskytnutí dokumentace se musí dít automaticky, i když odběratel nechce, aby mu byla surovina poskytována s dokumentací či nikoli. Zdali tedy nedodání dokumentace představuje porušení normativního dokumentu i v případě, že odběratel nechce zasílat tyto dokumenty.

Při prodeji se v průvodní dokumentaci vyznačí minimálně následující údaje:

- a) identifikace dodavatele
- b) objem dodávky
- c) datum dodávky/dodací období/zúčtovací období
- d) kategorie původu

Z poznámek k normativnímu dokumentu vyplývá, že identifikace produktů musí zajistit zpětnou sledovanost certifikované suroviny z prodejní či průvodní dokumentace v průběhu celého procesu. Způsob označování statutu certifikované dřevní hmoty při prodeji musí zabezpečit požadavky identifikace. Při uplatňování fyzické separace je nutno označit statut certifikované dřevní hmoty na skutečné průvodní dokumentaci. Nedostačuje dodatečně odesílaná faktura, či zápočtový list. Je nutné je uvádět na dokumentech typu dodacího listu, smlouvy apod. Uvádění v průvodní dokumentaci se má dít formou, např. „Prodáváme certifikované dřevo“ nebo „Vlastníme osvědčení o účasti v regionální certifikaci lesů“.

Jak již z výše uvedeného vyplývá, metoda fyzické separace je výhodná pro organizace, které mají podíl certifikované suroviny 100 %. Tyto organizace nemusí provádět fyzickou separaci ve výrobních a skladovacích prostorech, protože se v procesu nevyskytuje necertifikovaná surovina. Z důvodu této výhody ji používá například ŠLP Křtiny. Předpokládám, že vzhledem k rostoucímu objemu certifikované suroviny, kdy bude možno pokrýt potřeby organizace certifikovanou surovinou, bude tato metoda nabývat stále většího rozsahu. Tato metoda je i jednodušší, neboť nedochází k výpočtům podílů a zařazování vstupních surovin do kategorií.

• Procentuální metoda

Kapitola 3 normativního dokumentu se zabývá požadavky při procentuální metodě zjišťování podílů certifikované suroviny. Ve všeobecných

požadavcích je stanoveno, že „procentuální metoda spotřebitelského řetězce platí pro organizace, jejichž certifikovaná surovina je v procesech výroby/obchodování smísená se surovinou jiných kategorií a certifikovanou surovinou nelze ve výstupních produktech jednoznačně identifikovat“. Z uvedeného vyplývá, že metoda je použitelná i v případě, kdy není možná fyzická separace a nebo se značně zvýšenými náklady vzniklými při oddělování certifikované a necertifikované suroviny, zvýšenými logistickými náklady apod.

Výrobní dávka

Pro metodu procentuální je nezbytné stanovení tzv. výrobní dávky, která je určena následujícími kritérii:

- a) surovinou obsaženou v produktech zahrnutých do výrobní dávky,
- b) výrobním místem, kde byl produkt vyroben ve výrobní dávce,
- c) časovým obdobím, během něhož byly vyrobeny, prodány nebo předány produkty obsažené ve výrobní dávce.

Z normativního dokumentu nevyplyvá, zdali tato kritéria musí být uplatněna kumulativně, tedy všechna, či každé kritérium ob stojí samo o sobě. Autor se přiklání k variantě, že kritéria musí být splněna kumulativně.

V poznámkách se hovoří, že časové období je zpravidla 1 měsíc, v případě malých organizací to mohou být až 3 měsíce, což je ovšem stanoveno jako maximální doba, kterou nelze překročit. Identifikátorem dávky pro výpočet procentuálního podílu je datum zdanitelného plnění, nezávislé přejímky apod.

Kritérium a) stanoví, že „výrobní dávka musí být vztažena k jedinému produktu nebo ke skupině produktů, které se sestávají ze stejné nebo podobné vstupní suroviny, např. podle dřeviny sortimentu“. Problém nastane pro organizaci v případě, kdy se k výrobě používá více druhů dřevin, což je celkem časté, nebo vyrábí více sortimentů, což je ještě častější. Tyto organizace nemohou použít definování výrobní dávky podle tohoto kritéria.

Podmínka b) hovoří o tom, že produkt musí být vyroben na jednom výrobním místě. Dokument však neuvádí, co považuje za výrobní místo, zdali výrobu v jednom objektu, v jednom odštěpném závodě, nebo v rámci celé organizace, kdy jednotlivé technologické operace jsou prováděny na různých místech. Lze předpokládat, že v případě malých organizací, kdy je výroba koncentrována do jednoho místa, nebudou výkladové spory. Komplikovanější situace je v případě větších organizací, kdy je výroba diverzifikována do několika provozů, eventuálně odštěpných závodů či jiných útvarů. Poznámka uvádí, že „tento požadavek neplatí v organizacích, kde výrobní místo nemůže být jednoznačně identifikováno, např. službové firmy v lesním hospodářství, přeprava, obchodní činnost“. Poznámka ovšem neřeší výše nastíněný problém a je zde tedy prostor pro úpravu normativního dokumentu za účelem jeho zpřesnění a tím dání jednoznačné interpretace pojmu výrobní místo.

Každý produkt musí být organizací označen tak, aby mohla být zjištěna jeho výrobní dávka. Poznámka hovoří o tom, že identifikace výrobní dávky se nevyžaduje v případě, že „certifikovaný procentuální podíl je aplikován na prodané nebo předávané produkty, protože identifikace výrobní dávky je zřejmá z prodejní či průvodní dokumentace“.

Minimální požadavky na systém managementu

S požadavky na zavedení normativního dokumentu jsou spojeny i požadavky na systém managementu. Představují zejména požadavek na odpovídající systém, který musí zohlednit typ, rozsah a objem prováděných prací.

Požadavky jsou rozděleny podle funkcí na:

- odpovědnost a pravomoci

- dokumentované postupy
- řízené záznamy
- management zdrojů
- kontrola a řízení

Odpovědnost a pravomoci

Tyto úkoly jsou v normativním dokumentu směřovány k vedení organizace. Představují zejména požadavek na management „definovat a dokumentovat svůj závazek k zavedení a udržování požadavků spotřebitelského řetězce dřeva“. Tento závazek musí být volně k dispozici všem zainteresovaným stranám počínaje pracovníky organizace přes dodavatele až k zákazníkům.

Odpovědnost a pravomoci nesměřují jenom k vedení, ale i k spotřebitelskému řetězci. Organizace je povinna identifikovat pracovníky, kteří ovlivňují zavedení a udržování spotřebitelského řetězce, a musí stanovit odpovědnost a pravomoci vztahující se k procesu spotřebitelského řetězce za:

- pořizování suroviny a identifikace původu,
- zpracování produktu, zahrnující fyzickou separaci nebo výpočet procentuálního podílu a převod na výstupní produkty,
- prodej a označování produktů,
- řízení záznamů,
- interní audity a řízení neshod.

Lze se domnívat, že tímto požadavkem bude dotčena většina zaměstnanců a bude zde nutnost je podrobit proškolení, což představuje další náklad, ať již ve formě ceny za vlastní školení v případě použití externích lektorů a další náklad v podobě nevyužití pracovní doby.

Dokumentované postupy

V normativním dokumentu je stanoven požadavek na dokumentaci všech postupů souvisejících se spotřebitelským řetězcem dřeva. Důraz je kladen zejména na následující prvky:

- popis toku suroviny ve výrobním procesu,
- organizační strukturu, odpovědnosti a pravomoci vztahující se ke spotřebitelskému řetězci,
- postupy v procesu spotřebitelského řetězce dřeva, pokrývající všechny požadavky této normy.

Autor se domnívá, že tento požadavek povede k nutnosti úpravy informačního a evidenčního systému v organizaci. Pokud ho organizace dosud nemá, vzniká zde v souvislosti s tímto požadavkem velký tlak na jeho zavedení.

Řízení záznamů

Vzniká povinnost pořizovat a udržovat záznamy za účelem usnadnění důkazní situace v případě dokazování splnění požadavků této normy. Je zde povinnost uchovávat tyto záznamy:

- záznamy o všech dodavatelích suroviny z lesních zdrojů, včetně informací, potvrzujících splnění požadavků na úrovni dodavatele,
- záznamy o všech pořízených surovinách z lesních zdrojů, včetně informací o jejich původu,
- záznamy o všech prodaných lesních produktech a o jejich deklarovaném původu,
- záznamy o interních auditech, o vzniklých neshodách a o přijatých opatřeních k nápravě.

Tento požadavek ve své podstatě navazuje na předchozí požadavek dokumentárních postupů a dále jej rozvíjí.

Management zdrojů

Souvisí se stanovením požadavků na pracovníky. Je vyžadována odborná způsobilost na základě výcviku, vzdělání, dovednosti a zkušenosti k výkonu souvisejícího se spotřebitelským řetězcem dřeva. V daném bodě je rovněž stanoven požadavek na technickou vybavenost organizace. Normativní dokument je v tomto bodě velmi obecný a neuvádí, co je termínem „odborně způsobilí“ míněno, rovněž nespecifikuje onu „technickou vybavenost“.

Kontrola a řízení

Je povinností provádět interní audity v intervalech nejméně jednoho roku, jejichž předmětem jsou požadavky této normy. Rovněž je zakotvena povinnost v případě zjištěných nedostatků na jejich odstranění a učinění preventivních opatření. Není stanovena doba na opravu nedostatků ani sankce. Ta vyplývá až následně, jakožto porušení normativního dokumentu. Je stanoven požadavek, že zpráva z interního auditu musí být alespoň jednou za rok přezkoumána vrcholovým vedením organizace.

II + III. Náklady na audit a dozorový audit

• Zadávací podmínky

Pro všechny certifikační orgány byly stejné zadávací podmínky. O certifikaci se uchází podnik, který má:

- cca 50 zaměstnanců, z toho
- poměr dělníků a THP je 40 : 10;
- podnik se zabývá pilařskou výrobou a prodejem, má vlastní dopravu,
- sídlo podniku je cca 10 km od Brna.

Tab. 1.

Porovnání cen certifikačních organizací
Price comparison of certification authorities

Certifikační orgán/ Certification authority	Registrace [Kč]/ Registration	Audit [Kč]	Dozorový audit [Kč]/ Supervisory audit
BVQI	nesděleno/unannounced	29 800,-	19 750,-
CSQ bez před certifikací	2 000,- ¹	22 500,- ¹	17 850,- ²
CSQ s certifikací	2 000,- ¹	14 000,- ¹	17 850,- ²
Stav cert. org. s ISO ³	8 000,-	10 000,-	
Stav cert. org. bez ISO ³	8 000,-	30 000,-	10 000,-

Vysvětlivky : ¹- cena bez DPH; ²- cena s DPH; ³- jedná se o ISO 9001:2001, v případě, že již ho má organizace zavedeno, je cena za certifikaci C-o-C nižší; V ostatních případech certifikační orgán nesdělil, zdali je cena s daní či bez.

Notes: 1 - price without value added tax; 2 - price with value added tax; 3 - standard ISO 9001:2001 is of concern in case that it is used by organization, price for C-o-C certification is lower. In other cases certification does not inform whether the price is with a tax or without it. CSQ without and prior to certification; CSQ with certification

V případě zájmu o certifikaci je organizace velmi vstřícně přijata jakýmkoli certifikačním orgánem. Je zjišťován její název, počet zaměstnanců, předmět činnosti, sídlo podnikání, zdali již organizace má certifikát řízení jakosti a další informace. Jsou to tedy všeobecné informace ohledně působení podniku a není nutno mít obavy ze zneužití informací v této počáteční fázi.

V případě BVQI byl tazatel informován, že uvedená cena je pouze rámcová, konečná cena je cenou smluvní. Této problematice, tj. stanovování smluvních cen, je věnována zvláštní kapitola v této práci. Následně certifikační orgán zprostředkoval informace o možnosti nechat si implementovat systém společností Konfirm. Tato společnost následně zaslala informace o cenách spojených s implementací normy CFCS 1004:2005 pro společnost podle zadávacích podmínek.

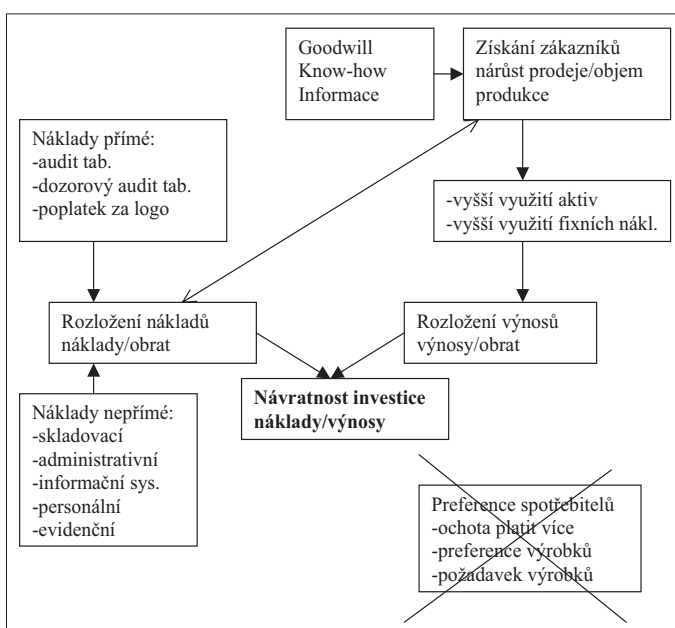
Informace, které organizace ucházející se o certifikaci C-o-C získá od certifikačního orgánu CSQ, jsou obsáhlé a podrobně informují žadatele o všech aspektech vlastní certifikace. Cenová kalkulace je zpracovávána podrobně a přehledně, uchazeč má přehled o jednotlivých položkách a částkách.

IV. Poplatky spojené s užíváním loga

Poplatek za užití loga je ve výši cca 500 Kč pro nečleny PEFC, pro členy PEFC je ve výši 200 Kč. Jedná se o jednorázový poplatek za registraci.

Strukturální rozbor aspektů certifikace

Při této metodě byl zvolen postup zkoumání certifikace založený na dvou základních metodách, a to deduktivní, která spočívá na zkoumání od obecného ke konkrétnímu a induktivní od jednotlivin k souboru. Východisky při zpracování této části byly předcházející rozbor normativních dokumentů, informace zjištěné formou dotazování, jakož i kvalifikované odhady odborníků z praxe a data z provozů. K doplnění chybějících článků bylo využito metody abstrakce, která do jisté míry postrádá metody exaktnosti, je ovšem vzhledem k nehomogenitě zjištěných dat nezbytná.



Obr. 1.
Strukturální popis ekonomických aspektů
Structural description of economical aspects

Klíčové je posouzení návratnosti investice do certifikace.

Posouzení je založeno na porovnání nákladů a výnosů. V pojetí této práce jsou výnosy chápány poněkud odlišně než v klasické ekonomii. Je to zejména z toho důvodu, že většinu pozitivních efektů není možno vyčíslit ryze exaktními ekonomickými nástroji. Výnosy zde představují pozitivní efekt.

K tomu, aby bylo možno cíl vyjádřený v předchozím odstavci splnit, je nutno zjistit rozložení nákladů podle obratu organizace. Obrat organizace byl zvolen záměrně pro jeho snadnou zjistitelnost a do jisté míry i faktor ovlivnitelný certifikací. Počet zaměstnanců, který se zdál být vhodný v počátcích zpracování této kapitoly, se ukázal nevhodným, pro svoji statickou povahu a jeho značnou ovlivnitelnost předmětem činnosti. Náklady na certifikaci jsou složeny z nákladů nepřímých a přímých.

Výnosy ve smyslu uvedeném výše jsou rovněž vztaženy k obratu. Důvodem k volbě obratu zde byl zejména účel jejího porovnání s náklady. Výnosy jsou zde reprezentovány zejména vyšším využitím aktiv a fixního nákladů. Jejich výpočet včetně dalších ukazatelů je uveden v kapitole o koeficientu výnosů. Porovnáním využití produktivity vloženého kapitálu, produktivity fixních aktiv, produktivity oběžných aktiv, produktivity základního jmění před a po certifikaci vyjádří výnos certifikace způsobený nárůstem tržeb z výrobních činností. Růst tržeb je podmíněn mnoha faktory, jako jsou zvýšení ceny nebo objemu a počtu zakázek. Na jeho určení má vliv úroveň požadavků a procento požadavků na certifikovanou surovinu.

K získání nových zákazníků pomůže zejména zlepšení goodwillu, know-how a informace. Tento nárůst zákazníků se projeví v nárůstu objemu prodeje a tím i potažmo výkonů z výrobní činnosti. Je nutné si rovněž uvědomit, že nárůst zakázek se odrazí v rozložení nákladů na certifikaci, neboť dojde ke zvýšení obratu a tím i lepšímu rozpuštění nákladů certifikace.

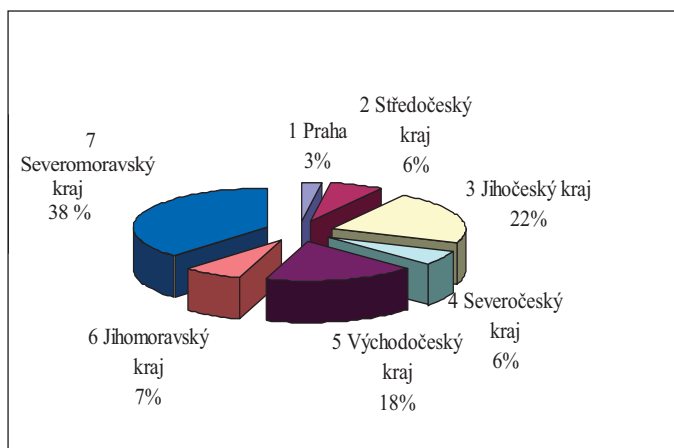
Komplexní posouzení certifikace

Regionální aspekt

Jedním z faktorů posouzení certifikace je regionální rozložení certifikovaných firem. Toto hledisko je zajímavé za účelem zkoumání hustoty osídlení kraje firmami, jež získaly certifikát a tím i větší pravděpodobnosti, že jejich dodavatel bude dodávat certifikovanou surovinu a odběratel bude požadovat surovinu s certifikátem. Při zpracování této části je Česká republika rozdělena do krajů podle starého územněsprávního členění. Důvodem bylo, že při zpracování bylo použito tzv. směrových čísel u adres společností, které nereflektují změnu krajů.

Tab. 2.
Regionální struktura
Regional structure

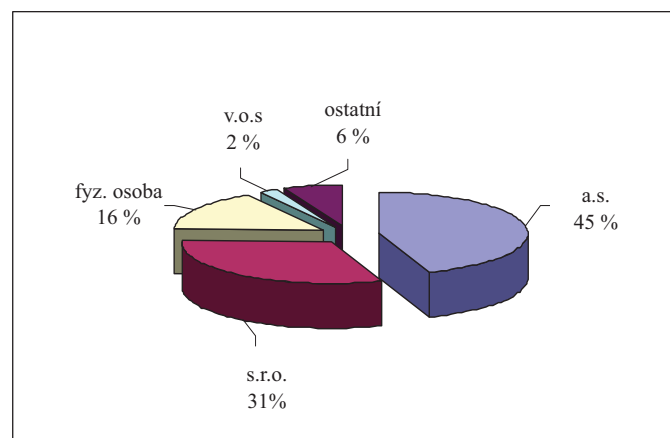
Rozložení certifikovaných společností podle regionu/ Distribution by regions	
Region/ Region	Počet organizací/ Number of organizations
1 Praha	5
2 Středočeský kraj	12
3 Jihočeský kraj	42
4 Severočeský kraj	11
5 Východočeský kraj	35
6 Jihomoravský kraj	14
7 Severomoravský kraj	72



Obr. 2.
Regionální struktura
Regional structure

Tab. 3.
Právní forma
Legal form

a. s./ join stock- company	s. r. o/ Ltd.	fyz. osoba/ person	v. o. s./public commercial company	ostatní/ others
85	60	30	4	12



Obr. 3.
Právní forma
Legal form

Právní forma společnosti

Zajímavou informaci přinesl průzkum právní formy certifikovaných společností. Ze zjištění vyplynulo, že nejvíce společností má formu a. s. Tento typ společnosti se obecně vyznačuje vyšší kapitálovou vybaveností, rigidnější formou rozhodování než u fyzických osob. Roz-

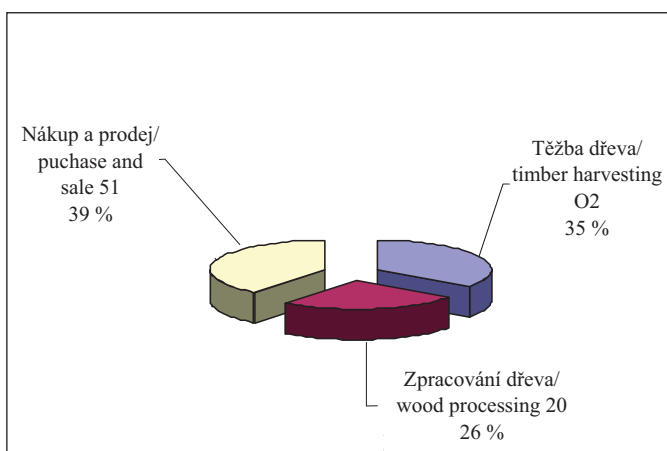
Tab. 4.
Předmět činnosti
Subject of activity

Předmět činnosti/ Subject of activity	Těžba dřeva O2/ Timber harvesting	Zpracování dřeva 20/ Wood processing	Nákup a prodej 51/ Purchase and sale
Počet subjektů/ Number of subjects	134	99	151

hodující zřejmě byla skutečnost, že náklady na certifikaci představují minimální podíl z celkového základního jmění společnosti. Následuje s. r. o. a fyzické osoby. Nepotvrdil se předpoklad, že nejrozšířenější kategorií budou tvořit fyzické osoby, zejména díky pružnosti rozhodování. V kategorii ostatní jsou jiné typy společností a firmy, u nichž nebylo možno zjistit právní formu.

Předmět činnosti podle OKEČ

Spotřební řetězec dřeva zahrnuje všechny články od lesního hospodaření až po konečného zákazníka. Z toho důvod byl zájem o zjištění, které subjekty jsou zastoupeny nejpočetněji. Z grafu 4 vyplývá, že dominuje zejména nákup a prodej (OKEČ 51) s počtem 151 organizací. Následuje těžba dřeva s počtem 134 (OKEČ 02). Poslední místo zaujímají zpracovatelé 99 organizací (OKEČ 20). Nutno poznamenat, že organizace mají zpravidla více předmětů činnosti a proto počet subjektů podle OKEČ je vyšší než počet organizací, které mají certifikovanou výrobu.



Obr. 4.
Předmět činnosti
Subject of activity

Závěr

Certifikaci jednoznačně provázejí náklady, které jsou vyčísleny výše v tabulce 1. Jejich kategorizace je na náklady na implementaci normativního dokumentu, audit, dozorový audit, poplatky za užívání loga. Celková výše nákladů na audit, dozorový audit, případně další poplatky je dána certifikační organizací, která certifikaci provádí. Výše nákladů se pohybuje od 18 000,- Kč až do 38 000,- Kč bez dozorových auditů. Ty představují pro společnost náklad od 10 000,- Kč až po 19 750,- Kč. Náklady jsou rovněž závislé na počtech zaměstnanců, předmětu činnosti, místa podnikání a zdali již má organizace certifikát ISO. Tyto údaje jsou výchozí pro stanovení ceny za audit prováděný certifikační organizací.

Při komplexním posouzení certifikace podle rozsahu podle původních krajů (obr. 2) bylo zjištěno, že největší počet společností je certifikován v bývalém Moravskoslezském kraji (38 %) a Plzeňském kraji (22 %). Nejméně zastoupená je Praha (3 %). V tomto kraji se rovněž nachází certifikované firmy, ale zpravidla se jedná o dceřiné společnosti, kdy sídlo hlavního subjektu je v jiném kraji. Podklady, na základě kterých byl rozbor proveden, neumožňovaly natolik detailní rozbor. Podle právní společnosti podniku (obr. 3) převažuje forma akciové společnosti (45 %) a společnosti s ručením omezeným (31 %). Nejméně zastoupená je veřejně obchodní společnost (2 %), což je způsobeno i jejím velmi malým počtem subjektů v této formě obecně. Jedná se i o jednu z nejrizikovějších forem podnikání vzhledem k ručení za závazky. Kategorizace podle předmětu činnosti (obr. 4) ukázala jako nejzastoupenější předmět činnosti nákup a prodej (39 %) a těžbu dřeva (35 %). Nejméně zastoupeným předmětem je zpracování dřeva (26 %).

Použitá data v tomto článku byla získána v červnu 2005.

Literatura

- ANONYM: Audit jakosti. 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost 2000. 275 s. ISBN 80-02-01362-X
- BEJČEK, J., ELIÁŠ, K., RABAN, P. et al.: Kurz obchodního práva - Závazkové vztahy. 3. vyd. Praha: C. H. Beck 2003
- CEN/CENELEC: Část 4, Certifikace. Praha: Český normalizační institut 2003. 29 s. ISBN 80-7283-120-8
- Certifikace a příbuzné činnosti. Praha: Český normalizační institut 1995. 129 s. ISBN 80-85111-36-5
- DVOŘÁČEK, J.: Interní audit v praxi. 1. vyd. (brož.) Brno: Computer Press 2005. 236 s. ISBN 80-251-0836-8
- GROSS, J.: Certifikace dřeva systémem PEFC. In: Sborník Certifikace a audit. Brandýs nad Labem: Česká lesnická společnost, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 2004, s. 46-48. ISBN 80-02-01613-0
- HLAVÁČKOVÁ, P.: Ekonomické aspekty certifikace lesního hospodářství. Diplomová práce. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta. 72 s.
- KALOUSEK, F.: Finanční řízení. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita 2000. 111 s. ISBN 80-7157-472-4
- KOBYLKA, A.: Marketingové dopady po získání certifikátu CoC. In: Sborník z konference Ekonomické a právní aspekty lesnicko-dřevařského sektoru ČR po vstupu do EU. Křtiny: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004, s. 111-115. ISBN 80-7157-782-0
- KOBYLKA, A.: Přínos certifikace lesních produktů k trvale udržitelnému rozvoji. In: Sborník z konference Ekonomie, právo, management: vzájemné vztahy v procesu trvale udržitelného rozvoje. Brno: Masarykova univerzita 2005, s. 45-59. ISBN 80-210-3820-9
- KOONTZ, H., WEHRICH, H.: Management. Praha: Viktorie Publishing 1993. 659 s. ISBN 80-85605-7.
- KOTLER, P.: Marketing Management - analýza, plánování, využití, kontrola. Děčín: Viktorie Publishing 1992. 788 s. ISBN 80-85605-08-2
- KŘOVÁK, J., ZAMRAZILOVÁ, E.: Expertní odhady. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury 1989. 196 s.
- NEJEZCHLEBA, B.: Pohled vlastníka na certifikaci lesů a její využití v komunikaci se zákazníkem v podmínkách ŠLP Křtiny. In: Sborník Certifikace a audit. Brandýs nad Labem: Česká lesnická společnost, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 2004, s. 27-30. ISBN 80-02-01613-0
- NĚMEC, V.: Řízení a ekonomika firmy. 1. vyd. Praha: Grada 1998. 315 s. ISBN 80-7169-613-7
- NOVOTNÝ, Z.: Podniková ekonomika 2. 3. vyd. Břeclav: Moraviapress 2001. 227 s. ISBN 80-86181-44-8
- NOVOTNÝ, Z.: Podniková ekonomika 3. 2. vyd. Břeclav: Moraviapress 1999. 310 s. ISBN 80-86181-21-9
- POLSTER, P.: Certifikace lesa a hospodaření lesního podniku. In: Sborník z konference Ekonomika lesních a zemědělských podniků v kontextu předpokládaného vstupu ČR do EU. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita 2003, s. 142-149. ISBN 80-7157-694-8
- REZEK, M.: Certifikace a audit FSC. In: Sborník Certifikace a audit. Brandýs nad Labem: Česká lesnická společnost, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 2004, s. 39-45
- SEJÁK, J.: Syntéza ekonomik přírodních zdrojů a životního prostředí. Praha: Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2001. ISBN 80-7044-343-X
- SKÁLA, M., ŠESTÁK, P., POJER, V.: Certifikace lesů a spotřebitelského řetězce dřeva. In: Sborník Certifikace a audit. Brandýs nad Labem: Česká lesnická společnost, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 2004, s. 4-7. ISBN 80-02-01613-0
- SOUKUPOVÁ, J. et al.: Mikroekonomie. 3. vyd. Praha: Management Press 2003. 523 s. ISBN 80-7261-061-9
- SYNEK, M. et al.: Podniková ekonomie. 2. vyd. Praha: C. H. Beck 2000. 448 s. ISBN 80-7179-388-4
- ŠEBESTOVÁ, M.: Aplikace normy ISO 9001:2000 pro malé podniky. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky 2001. 47 s. ISBN 80-02-01436-7
- ŠVARCOVÁ, J.: Ekonomie. Zlín: CEED 2005. 295 s.
- TRČKA, M. et al.: Komentář k požadavkům na spotřebitelský řetězec lesních produktů-CFCS 1004:2005. Praha: Certifikační orgán CSQ-CERT 2005. 25 s.
- VÁGNER, I.: Management z pohledu všeobecného a celostního. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita 2000. 300 s.
- ZELENKA, J.: Řízení jakosti. Hradec Králové: Gaudeamus 1997. 276 s.

Chain of wood custody

Summary

This article deals with new certification trend from the viewpoint of economics, estimates costs resulting from certification and quantifies them. Costs items as implementation of normative document, costs on audit and supervisory audit are analysed. There is completely evaluated certification especially from the viewpoint of regional aspects, legislative forms of certified organizations and their working activities.

Estimation of certification was based on normative documents, information from certification organizations as well as on information of already certified subjects. This investigation was done personally, and general methods of investigation, mainly deduction and induction, were used for analysing normative documents.

The total costs height for audit, supervisory audit and other fees are specified by executing certification organization. Costs heights range from 18,000 CZK to 38,000 CZK without supervisory audits. The latter ones represent costs from 10,000 CZK to 19,750 CZK. Costs also depend on number of employees, type of activity, location of enterprise and whether the organization owns the ISO certificate. These data are principal for price determination for audit done by a certification organization.

Complex estimation of certification according to state in the former regions (fig. 2) showed that the greatest number of companies was certificated in the former Moravian-Silesian region (38 %) and Plzeň region (22 %), and the lowest representation has Prague. In Prague area certificated firms can be also found but mostly as subsidiary companies with their headquarters seat in another region. Further detailed analysis cannot be done because of insufficient basic material for analysing from this region. According to legislative form of enterprises (fig. 3) joint-stock companies prevail (45 %), followed by limited companies (31 %). The less represented are public commercial companies (2 %) occurring in very small number due to the most hazardous form of trading when considered liabilities. Categorization according to working activity (fig. 4) showed that sale and purchase (39 %) and logging (35 %) are the most represented activities, the less represented is wood processing (26 %).

Recenzenti: Ing. V. Henžlík
Ing. P. Hes

VLIV STÁTU NA VLASTNICTVÍ LESŮ

Influence of state on forest ownership

Abstract

This article analyses from the historical point of view the instruments used by the state to influence management in forests in all forms of ownership. The state influence is based on the fact that forest fulfils a lot of functions that are irreplaceable for the society. The article sets the form how the state influences forest owners and the position of the state towards forest owners. As state interventions always cause intensive political discussions and conflicts, it is necessary to know historical background and use experience when creating new legal regulations. That's why the article analyses all forms of state forest management supervision from its beginning in 1784 until now. It also gives historical overview of all legal rules that have been issued in connection with forest management since 1243 (Forest Act no. 289/1995).

Klíčová slova: stát, státní správa, státní dozor lesního hospodářství, vlastnictví lesů, regulační nástroje, lesnická legislativa, právní normy, lesní zákon, odborná lesní správa

Key words: state, state administration, state forest management supervision, forest ownership, forest owner, regulation instruments, forestry legislation, legal rules, forest act, professional forest administration

ÚVOD

Lesnictví patří mezi sféry lidské činnosti, kterým stát věnuje mimořádnou pozornost. Je to proto, že les je pro stát strategickým majetkem. Nejdůležitější z těchto znaků jsou následující:

- les představuje surovinovou základnu, která je při dobrém hospodaření nevyčerpatelná, a navíc nezatežující životní prostředí,
- představuje majetek obrovských finančních hodnot a většinou patří k nejcennějším částem pozemkového vlastnictví,
- představuje jednu z důležitých složek životního prostředí a současně, vzhledem k měnícímu se charakteru zaměstnání, i nutné prostředí pro relaxaci obyvatelstva,
- lesy hrají významnou úlohu v ochraně vodních zdrojů a kvalitě povrchových vod,
- lesy zvyšují retenční schopnost krajiny a jsou tak důležitým činitelem v ochraně proti povodním,
- les je stabilizátorem klimatu a redukčním faktorem pro mnohé negativní civilizační vlivy,
- v oblastech s rozsáhlými lesními majetky a současně s marginální zemědělskou produkcí je často jednou z mála možností zaměstnanosti,
- způsob hospodaření vlastníka lesa ovlivňuje zásadně i mnoho dalších majetků.

Pravděpodobně bychom našli ještě další důvody, včetně důvodů sociálních, které spolu s výše uvedenými jsou hlavní příčinou pozornosti, kterou stát lesům věnuje. Historicky se tato pozornost projevuje těmito způsoby:

- vydáváním lesních řádů a později zákonů, regulujících chování člověka v lese, jejichž historie sahá až do 12. stol.,
- vytvářením systémů státní správy lesů, z nichž nejstarší pochází z poloviny 18. stol.,
- tvorbou státní lesnické politiky a účastí na mezinárodních multilaterálních ujednáních a smlouvách,
- podporou, hlavně drobnějších lesních majetků za účelem realizace prospěšných opatření.

Zásahy státu do vlastnických práv majitelů lesů, které nemají obdoby u jiných druhů majetku, vyvolávaly a stále vyvolávají velké diskuse, hlavně v období příprav a schvalování lesních zákonů, ale i v době jejich uplatňování. Komplikovaný byl i proces přijímání současně plat-

ného zákona č. 289/1995 Sb. o lesích, který trval plných 5 let; snahy o jeho novelizaci započaly již krátce po jeho přijetí. Příčinou je záměr ekologických a ochranných aktivit o ještě přísnější regulaci chování vlastníků lesů, a na druhou stranu snaha vlastníků přizpůsobit zákon evropskému standardu, protože ve srovnání s ostatními evropskými lesnickými právními normami je český zákon bezpochyby nejpřísnější. Při těchto příležitostech se bohužel často používá argumentace bez znalosti odborných i historických souvislostí daného problému. Poskytování veřejných statků si často vynucuje aktivní působení vlády, kdežto soukromé statky mohou být efektivně alokovány prostřednictvím trhů. Důvody, proč je les považován za majetek s rysy veřejného statku, jsou tyto:

- historicky vzniklé právo obecného užívání lesů,
- vznik služebností (pastva dobytka, hrabání steliva, palivové a ostatní dříví potřebné v selském hospodářství),
- právo veřejného užívání lesů je obsaženo v mnoha lesních zákonech již od doby jejich vzniku,
- vliv způsobu obhospodařování určité části lesů na okolní lesní majetky (vítr, hmyz aj.),
- polyfunkčnost lesního majetku,
- zvláštnosti lesního majetku.

Zvláště polyfunkčnost lesního majetku, která spočívá v tom, že les mimo funkce produkce dřevní hmoty poskytuje celou řadu jiných funkcí, tzv. pozitivních externalit, je předmětem vysokého zájmu státu. Les je ve světě i u nás jednoznačně chápán jako přírodní zdroj, jehož mimoprodukční funkce (pozitivní externality) jsou stejně důležité jako funkce produkční (internality), přičemž se s postupujícím časem a rostoucí sociálně ekonomickou vyspělostí společnosti význam pozitivních externalit lesa zvyšuje. Pro stát jsou stejně důležité i funkce produkční, a to z následujících důvodů:

- produkce ekologicky čisté, obnovitelné dřevní suroviny,
- finanční příjem (výnos státních lesů, daně),
- vliv na majetkovou stabilitu vlastníka (subvence, dotace, úhrada nákladů na práce celospolečenského významu, výpomoc při živelných událostech),
- možnost finančních záruk.

Působení státu na vlastníky lesů

Společnost a stát se nemohou distancovat od úrovně obhospodařování lesa jak soukromého, tak i veřejného. Je úkolem státních orgánů všech stupňů, aby svou činností zabezpečovaly efektivní zacházení s lesem jako přírodním zdrojem a současně veřejným statkem, a to prostřednictvím přímých (legislativních) a nepřímých (zvelebovacích a přesvědčovacích) nástrojů.

Stát vystupuje vůči vlastníkům lesů jako:

- nositel státní moci (státní dohled nad hospodařením v lesích),
- zákonodárce,
- poskytovatel příspěvku na hospodaření, dotací, ale také výběrčí daní,
- jako konkurent svými lesy.

V protikladu ke klasickému liberalismu se v liberálně tržním hospodářství omezený vliv státu na lesní hospodářství připouští. Děje se tak především prostřednictvím „pravidel hry“, která mají být formulována tak, aby nebyla rušena nebo deformována hospodářská soutěž a hospodářské subjekty zůstaly v rámci pravidel zásadně svobodné.

Státní dohled nad hospodařením v lesích

Státní dohled nad hospodařením v lesích patří vedle tvorby legislativy k nejdůležitějším lesopolitickým regulačním nástrojům ze strany státu. V různých primitivních formách byl uplatňován již od 17. století. Institucionálně byl zajištěn od roku 1785 a procházel různými formami vývoje až po dnešek.

Období po roce 1784 – zavedení dohledu nad hospodařením v lesích

Systematický dozor nad lesy byl v Rakousku zaveden nařízením o krajských komisích ze dne 11. března 1784. Všeobecné směrnice a rozsah státního dozoru nad lesy určil teprve dvorský dekret z března 1789, který se stal základem státní lesní dohlédací služby. V ustanoveních tohoto dekretu nešlo jen o zabránění špatnému hospodaření v lesích, ale také o zavádění lepších hospodářských metod. Dozor nad lesy byl neustále rozšiřován, až dožíral nad všemi lesy, včetně církevních. Hlavní pozornost se však soustřeďovala na lesy poddanské a obecní, nad kterými byl ustaven dozor vrchnosti. Vyznačování dříví prováděli vrchnostenští úředníci. Teprve lesní zákon z roku 1852 se snažil sjednat po této stránce nápravu a hájit zájmy lesnické politiky prostřednictvím organizace dozoru nad lesy (HORNA, DAŇHA, MINISTR). Úkoly uložené lesnicko technickému personálu této služby byly následující:

1. podporovat politické úřady ve výkonu státního dozoru nad lesy a zajišťovat provádění veškerých lesních předpisů, a to zejména odbornou radou a stálým sledováním poměrů,
2. zlepšovat pěstování lesů poučováním jejich majitelů a navrhopatření ke zlepšení produkčních schopností lesů,
3. vést a řídit správu v lesích, které jim byly svěřeny ministerstvem zemědělství (např. v lesích obecních a některých státních lesních enklávách apod.),
4. plnit veškeré úkoly, které byly lesnímu hospodářství svěřeny zvláštními zákony a nařízeními (myslivost a rybolov),
5. z příkazu politického úřadu samostatně řídit místní šetření ve věcech odborné působnosti,
6. zajišťovat službu u lesotechnických oddělení pro hrazení bystřin, pokud jim to bylo ministerstvem svěřeno.

K jiným úkolům nesměl být personál této služby používán.

Podle „Instrukce o působnosti lesního technického personálu politické správy“ vydané Ministerstvem orby v roce 1895 působil lesní

technik v obvodu několika politických okresů jako odborný poradce a znalec ve všech lesnických záležitostech a vykonával dohled nad zachováváním příslušných předpisů. Podle zákona č. 11/1893 č. z. z. o dohledu nad hospodařením v lesích obecních byla síť státní lesní služby dohlédací v Čechách doplněna ještě sítí okresních lesních technických znalců.

Lesní dohlédací služba v období 1918 - 1945

Na organizaci a posláním lesní dohlédací služby téměř nic nezměnil vznik Československé republiky v roce 1918. Nejvyšší instancí lesní inspekce se stalo XIV. oddělení Ministerstva zemědělství v Praze. Lesní inspekci připadl další úkol: dozírat na dodržování zákonů přímo a také prostřednictvím důvěrníků z řad praktických lesníků, které jmenovalo okresní hejtmanské po dohodě se zemskou lesnickou inspekcí. Státní dozor zajišťovaly tzv. zemské inspekce, kterým podléhaly inspekce okresní. K zásadní změně ve státním dozoru nad hospodařením v lesích došlo po vydání zákona č. 125/1927 Sb. o organizaci politické správy. Lesní inspekce byla změněna na lesní dohlédací službu, její instituce byly zařazeny jako pouhá oddělení politických úřadů. Zemské lesní dohlédací službě, jejíž kompetence se vztahovala na celou zemi, podléhaly tzv. dohlédací obvody umístěné, jako dříve, u vybraných politických okresů, ale jejich počet se zvýšil. Předpokladem pro ustanovení pracovníka do funkce u této služby byla původně zkouška pro lesní hospodáře, později státní zkouška pro lesní technickou službu u politické správy. Další úpravou se pro vysokoškoláky zavedla ustanovovací zkouška pro zemědělsko-technickou lesnickou dohlédací službu.

V době okupace byla lesní dohlédací služba přizpůsobena stavu zavedenému v Německu. Bylo zavedeno komisařské vedení lesních služeb, v němž byly soustředěny: VI. odbor Ministerstva zemědělství, lesní dohlédací služba, podnik Státní lesy a statky, lesnické školství, výzkum a hrazení bystřin. Na místo lesních dohlédacích obvodů byly vládním nařízením č. 229/1942 Sb. zřízeny tzv. lesní dohlédací úřady, na které byla přenesena dohlédací služba v I. stolici. Tyto dohlédací úřady byly současně nižšími mysliveckými úřady a po lesnické stránce jim navíc přibyla agenda uznávání a evidence semenných porostů, organizace a metodické řízení lesních společenstev a odborné lesní služby, evidence a povolování holých sečí, příkazy k těžbě, distribuci a zpracování dřeva a úkoly, které vyplynuly z nových vládních nařízení o hospodářské úpravě lesů. Lesní dohlédací úřady byly vyňaty z podřízenosti politické správy a neměly působnost v trestních věcech, týkajících se lesního a dřevařského hospodářství, která zůstala nadále politickým úřadům.

Lesní dohlédací služba od roku 1945 až do současnosti

Tento stav se udržel i po osvobození. Teprve zákonem č. 195/1946 Sb. o použitelnosti předpisů z doby nesvobody byly lesní úřady zrušeny a jako lesní referáty začleněny do příslušných okresních národních výborů. Tím byl vlastně obnoven stav před rokem 1939.

V roce 1951, po vzniku Ministerstva lesů a dřevařského průmyslu (MLDP), byly u některých okresních národních výborů (ONV) pro více okresů a na všech krajských národních výborech (KNV) zřízeny samostatné odbory pro lesy a dřevařský průmysl. Působnost a pracovní náplň těchto odborů se oproti dřívějšímu zvětšila o agendu spojenou s řízením distribuce a zpracování dřeva a agendu dřevařského průmyslu.

V roce 1956 bylo zrušeno MLDP a lesní dohlédací služba byla začleněna do Ministerstva zemědělství. Dosud samostatné odbory ONV a KNV zanikly a agenda dohlédací služby přešla do jejich odborů zemědělství, lesního a vodního hospodářství. Po vydání lesního zákona č. 166/1960 Sb. byla lesní dohlédací služba přejmenována na státní péči o lesy, ale její pracovníci zůstali nadále součástí zemědělských odborů

okresních a krajských národních výborů. Od vydání zákona o lesích č. 61/1977 Sb. vykonávaly službu dohlédací orgány státní správy lesního hospodářství při ONV a KNV a národních výborech jim naroveň postavených. Ústředním orgánem státní správy lesního hospodářství se stalo Ministerstvo lesního a vodního hospodářství (MLVH).

Po volbách v roce 1990 došlo k rozdělení státní správy lesního hospodářství mezi Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí. Ministerstvo zemědělství zůstalo ústředním orgánem hospodářského řízení lesů (s výjimkou lesů v národních parcích) a Ministerstvo životního prostředí, které zajišťuje vrchní státní dozor nad životním prostředím, se stalo ústředním orgánem státní správy lesního hospodářství.

Po zániku KNV v roce 1990 přešla většina kompetencí orgánů státní správy na okresní úřady. Výjimku tvořily Správy národních parků, které měly pro národní parky kompetence státní správy lesního hospodářství jako okresní úřady. Státní správu v lesích určených pro obranu státu vykonávalo Ministerstvo obrany a tato správa byla organizována odchylně.

Dalším orgánem pověřeným dohledem nad lesním hospodářstvím je Česká inspekce životního prostředí, která podle zákona

č. 282/1991 Sb. o České inspekci životního prostředí a její působnosti v ochraně lesů, podléhá Ministerstvu životního prostředí a má ústřední a oblastní inspektoráty. Současný stav dělby kompetencí mezi Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí má složitou genezi. Zastánci přechodu státní správy lesního hospodářství na MŽP argumentovali potřebou oddělit výkon státní správy od řízení hospodářské činnosti. Po transformaci bývalých podniků státních lesů a po převodu práva hospodaření v lesích národních parků na Správy národních parků i tento důvod zanikl.

Zákon o lesích č. 289/1995 Sb. sjednotil státní správu lesního hospodářství pod Ministerstvem zemědělství. V lesích národních parků vykonává státní správu Ministerstvo životního prostředí. V lesích Ministerstva obrany vykonává úkoly státní správy Vojenský obvodní lesní úřad, který je podřízen státní správě na Ministerstvu zemědělství. Vedle toho zavedl tento zákon vrchní státní dozor nad lesním hospodářstvím, který vykonává Ministerstvo životního prostředí.

Státní správa lesů je velmi komplikovaná. Důvodem jsou zmíněné kompetenční spory mezi ministerstvy o kompetence ve státní správě a současně jejich neochota soustředit činnost státní správy na jedno

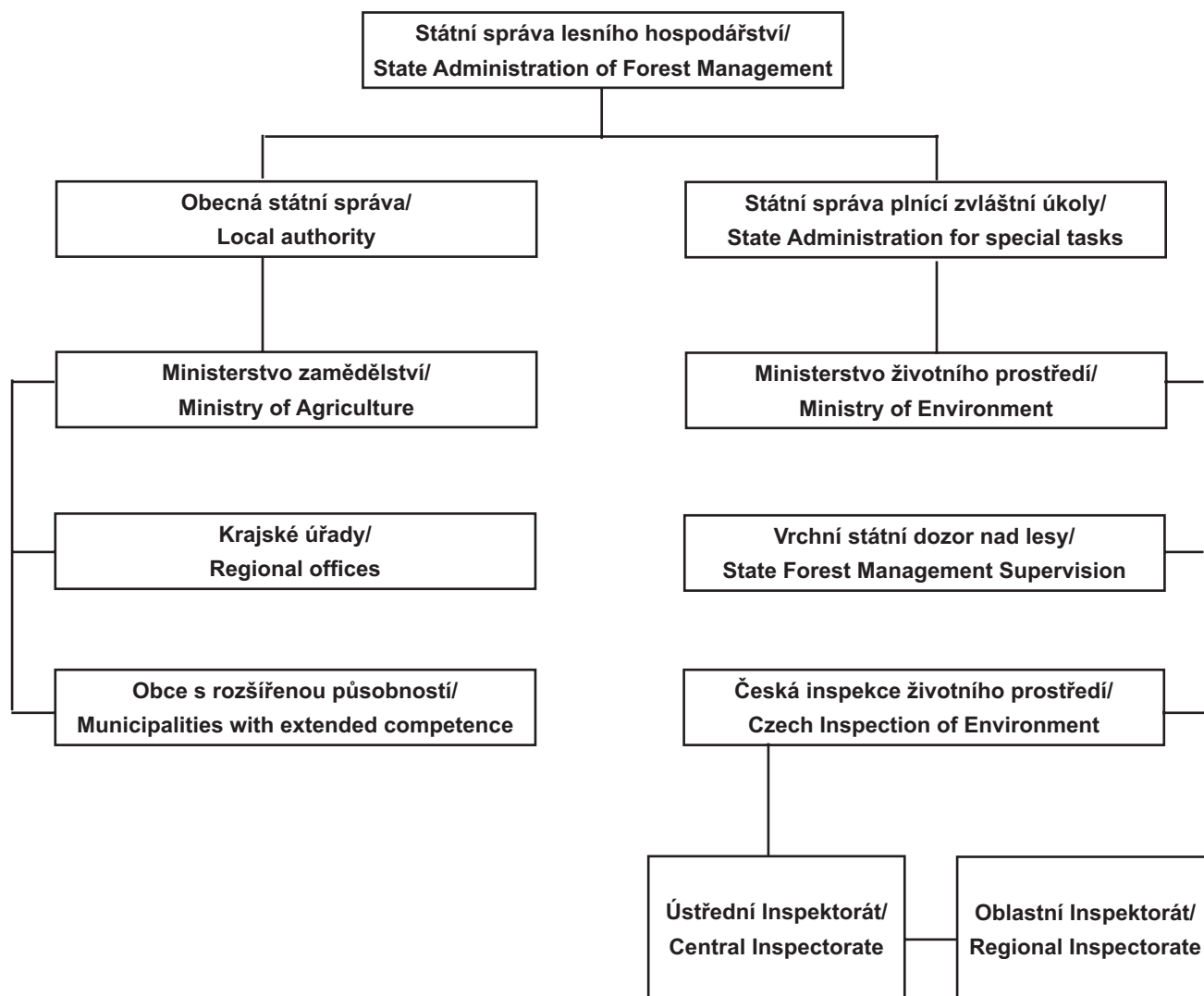


Schéma organizace státní správy lesů v České republice
Organization of state administration of forests in the Czech Republic

místo. Pro úplnost je třeba říci, že zvláštním orgánem státní správy je i lesní stráž, která vykonává činnost dohlížecí podle §§ 38 a 39 lesního zákona.

Není na tomto místě potřebné vyjmenovávat kompetence obecné státní správy. Pro získání praktického přehledu však uvádíme náplň činnosti státní správy se zvláštními úkoly, jejímž vrcholným orgánem je Ministerstvo životního prostředí (MŽP). MŽP vykonává tuto správu prostřednictvím vrchního státního dozoru nad lesy podle lesního zákona a zákona č. 2/1969 Sb. o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy. Vrchní státní dozor spočívá v činnosti dohlížecí a kontrolní a v činnosti rozhodovací, neboť v jeho rámci MŽP dozírá jak orgány státní správy, právnické a fyzické osoby dodržují ustanovení lesního zákona, prováděcích předpisů a rozhodnutí vydaných na jeho základě, a ukládá opatření k odstranění zjištěných nedostatků. Pracovníci MŽP jsou při výkonu vrchního státního dozoru oprávněni vstupovat do lesa, jezdit po lesních cestách a vyžadovat potřebné informace a vysvětlení, nahlížet do dokladů a dokumentace; přitom zachovávají služební tajemství (§ 50 lesního zákona). Jelikož tato oprávnění jsou výslovně přiznána pouze uvedeným pracovníkům, není zcela jasné, zda podobnými oprávněními disponují též pracovníci obecné státní správy lesního hospodářství.

Dalším orgánem státní správy, plnícím zvláštní úkoly, je Česká inspekce životního prostředí, zřízená zákonem č. 282/1991 Sb. o České inspekci životního prostředí (ZČIŽP) a její působnosti v ochraně lesa. Inspekce by měla vykonávat především činnost dohlížecí a kontrolní a činnost rozhodovací, neboť podle § 2 zákona dozírá na dodržování ustanovení právních předpisů a rozhodnutí týkajících se funkcí lesů jako složky životního prostředí, právními a fyzickými osobami, zjišťuje nedostatky a škody na funkcích lesa jako složce životního prostředí, jejich příčiny a osoby zodpovědné za jejich vznik nebo trvání a vyžaduje odstranění a nápravu zjištěných nedostatků, jejich příčin a škodlivých následků a ukládá opatření k jejich odstranění a nápravě (§§ 2 a 3 ZČIŽP). Je zde však nepřehlédnutelný legislativní rozpor, kdy podle § 4 zákona č. 282/1991 Sb. Inspekce postihuje skutky ohrožení a poškození životního prostředí v lesích, zatímco § 2 jí ukládá úkoly zcela jiné. Česká inspekce životního prostředí je orgánem státní správy (§ 1, odst. 1 ZČIŽP) a zároveň rozpočtovou organizací, řídící se vlastním statutem (§ 1, odst. 3 ZČIŽP). Organizačně se člení na oblastní inspektoráty a ústřední inspektorát (§ 1, odst. 2 ZČIŽP) a je podřízena Ministerstvu životního prostředí (§ 1, odst. 1 ZČIŽP), což ovšem nezakládá trojinstančnost řízení před jejími orgány, neboť o odvoláních proti rozhodnutí České inspekce životního prostředí, i pokud jde o rozhodnutí oblastního inspektorátu, rozhoduje vždy MŽP (§ 6 ZČIŽP). Také pracovníci ČIŽP jsou při výkonu své činnosti oprávněni vstupovat do lesa, jezdit po lesních cestách a vyžadovat potřebné informace a vysvětlení, nahlížet do dokladů a dokumentace a požadovat vysvětlení. O zjištěných skutečnostech jsou povinni zachovávat mlčenlivost (§ 50 lesního zákona).

Z popisu činnosti vyplývá, že jednotlivé složky státní správy často vykonávají stejné činnosti, kontrolují stejné věci a praxe tuto skutečnost potvrzuje. Může například nastat absurdní situace, kdy se v jednom porostu sejde šest orgánů státní správy lesního hospodářství při dohlížecí činnosti: Oproti evropským zvyklostem však v českém lesním právu zcela chybí ustanovení o tom, že by orgány státní správy lesů měly vykonávat činnost poradní, zejména pokud jde o odborné poradenství (procesní poradenství je obecným úkolem státní správy podle § 3, odst. 2 zákona č. 71/1967 Sb. o správním řízení v případech, že se postupuje podle tohoto zákona). Je třeba konstatovat, že podobný stav nenajdeme v žádné evropské zemi a určitě je raritním i ve světovém měřítku. Pro zlepšení funkce státní správy lesů může sehrát důležitou roli krajský úřad, pro-

tože má významné kompetence v přenesené působnosti a hlavně může svojí legislativní iniciativou přispět ke vzniku jednoduchého a účinného modelu státní správy.

Právní norma jako nástroj lesnické politiky

V teorii i praxi lesnické politiky jsou řazeny lesní zákony a ostatní právní normy týkající se lesnictví do samostatné kategorie politických regulačních nástrojů - právních norem. K tomu je nutno poznamenat, že ani nástroje jiných kategorií nemohou být ve významnějším měřítku aplikovány a realizovány bez existence právní úpravy. Je to způsobeno touto skutečností, že má-li mít jakákoliv myšlenka formulovaná představitelem lesnické politiky (v nejširším smyslu - může jít o vědce, majitele nebo návštěvníka lesa, či poslance Parlamentu) širší reálný dopad, musí se stát v první řadě součástí lesnické politiky státu (Flora). Stát, přesněji jeho představitelé, pak jako hlavní „uživatelé“ všech politických nástrojů musí vždy postupovat nejen v souladu se zákonem, ale dokonce pouze na základě zákonného dovolení. To je vyjádřeno v zásadě „občanů je dovoleno vše, co není zákonem zakázáno, státu je zakázáno vše, co není zákonem dovoleno“, která je považována za jeden ze základních principů právního státu. Použití jiných nástrojů (a obecně jakýchkoliv prostředků) lesnické politiky tudíž musí být ze strany státu opřeno o ustanovení zákona. Z toho následně vyplývá výsadní postavení právních norem, které tvoří většinou součást relativně samostatné oblasti právního řádu - lesního práva (lesnické legislativy či lesního zákonodárství).

Do lesnického práva v užším slova smyslu řadíme následující právní normy (Flora):

- speciální předpisy zákonné povahy - lesní zákony, které obsahují tradičně základní právní normy týkající se lesa a lesního hospodářství s charakterem kodifikace,
- předpisy zákonné povahy, které obsahují právní normy týkající se lesa a lesního hospodářství upravující pouze specifický okruh vztahů a které mají charakter parciální úpravy,
- prováděcí předpisy k oběma předchozím okruhům předpisů zákonné povahy.

Lesní právo v širším smyslu, které vedle výše uvedených pramenů práva, navíc zahrnuje také právní normy věnované úpravě vztahů k lesu a lesnímu hospodářství, v prvním plánu však sledující jiné cíle.

Historický přehled lesnických právních norem

Úvodem historického přehledu je třeba poznamenat, že záměr předpisů se s vývojem civilizace zásadně měnil. Tyto předpisy nechránily vždy lesy před jejich ničením. Příkladem jsou předpisy z doby Karlovců (8. a 9. století), tzv. královské kapituláry, zakazovaly obnovu vykloučených lesů a to z důvodů potřeby zemědělské půdy.

Nejstarší ustanovení o ochraně lesů proti jejich devastaci a krádeži dřeva, spolu s vyhlášenými tresty, obsahují městská práva ve výrazně odlesněných oblastech (městské právo brněnské z r. 1243, jihlavské z r. 1259 a další).

Za nejstarší připravovanou celostátně platnou normu u nás, která se také týkala stavu lesů a hospodaření v nich, se považuje návrh zákoníku Karla IV. (tzv. Majestas Karolina), připravovaný kolem roku 1350. Tento návrh zemského zákoníku narážel na odpor šlechty a tak Karel IV., který byl původně ke kodifikaci zmocněn sněmem, tuto svou činnost nedovedl do konce.

I když tento zákoník nebyl vydán, stal se cennou inspirací pro různé pozdější právní normy, označované jako lesní řády. První kodifikací předpisů pro určitou formu hospodaření v lesích byly instrukce. První instrukce byly vydávány pro nejvyššího lovčího komorních panství. Avšak po vzoru komorních instrukcí byly vydávány instrukce i na jednotlivých šlechtických velkostatech, které mnohdy zaváděly určité pokrokové způsoby hospodaření.

Skutečný, ale i z daňových důvodů vykazovaný špatný stav lesů spojený s kritickým nedostatkem dříví, přinutil císařovnu Marii Terezii, aby nařídila královským zemským úřadům v Praze, v Brně a v Opavě připravit návrhy zemských lesních řádů. V Praze vypracoval na počátku roku 1754 nejvyšší lovčí hrabě Kinský návrh a 5. dubna 1754 byl vydán „Císařský a královský patent lesů a dříví, ustanovení v království Českém se týkající“ (tzv. tereziánský lesní řád).

Ačkoliv vydání těchto zemských lesních řádů nemohlo hned odstranit všechny nedostatky ve správě a užívání lesů (proto bylo nutno je ještě několikrát později znovu vyhlášovat), přece vytvořilo předpoklady ke státnímu dozoru nad hospodařením v lesích a k zasahování státu do práv vlastníků lesů.

Vlivem rychlého rozvoje přírodních a ekonomických věd na konci 18. století byla rychle překonána odborná koncepce platných řádů. Proto se již od roku 1798 začalo s přípravou reformy všech platných lesních řádů. Nešlo jen o to, lesní řády novelizovat, ale i unifikovat, a proto bylo v roce 1843 rozhodnuto o vydání nového lesního zákona, který měl platit v celém státě (tzv. Předlitavsku). Po obtížném a zdoluhavém projednávání, spojeném s mnohými kompromisy, které ovlivnily jeho konečné znění, byl lesní zákon vyhlášen císařským patentem ze dne 3. prosince 1852. Vydání lesního zákona č. 250/1852 ř. z. lze považovat za počátek novověku v rakouském lesním hospodářství.

Úprava lesního práva za první Československé republiky

Zákonodárství naší první republiky převzalo zákonodárství rakouské, které bylo postupně doplňováno a měněno (HORNA, DAŇHA, MINISTR). Zůstaly v platnosti všechny zákony týkající se lesního hospodářství s tím, že byla uplatněna celá řada těžebních (výnosových) ukazatelů pro stanovení výše těžby dřeva.

Zákon o prozatímní ochraně lesů č. 82/1918 Sb. ve snaze zabránit kořistním těžbám v době, kdy se počítalo s pozemkovou reformou a s převzetím lesů do vlastnictví státu, zavedl ukazatele pro mýtní těžbu dřeva. Všechna ustanovení se však týkala lesů, na které nebyly lesní hospodářské plány (značná část šlechtických a městských lesů je měla).

Od začátku 20. let se pomýšlelo na vydání nového lesního zákona, ale k tomu nedošlo, místo toho byl vydán zákon č. 37/1928 Sb. o zatímní ochraně lesů a prováděcí vládní nařízení č. 97/1930 Sb.

Lesní právo v letech 1939 až 1945

V období šesti okupačních let došlo k vydání 11 významných vládních nařízení (která při neexistenci parlamentu nahrazovala zákony) a řady prováděcích vyhlášek Ministerstva zemědělství (POLENO). Po ukončení 2. světové války byl k těmto normám, jako normám vzniklým v době nesvobody, zpočátku odmítavý přístup. Podrobnější analýza však ukázala, že podklady pro tyto právní normy byly připravovány již dlouho před okupací, a tak vzniklé právní normy výrazně přispěly k pokroku v obhospodařování lesů. I když byly poznamenány tlakem okupační moci, neodpovídaly vůbec německým lesním právním normám (např. organizace odborné správy lesů, ustanovování lesních zaměstnanců, hospodářská úprava lesů).

Právní normy v lesním hospodářství v období 1945 - 1950

Z právních norem vzniklých v tomto období lze uvést především vyhlášku Ministerstva zemědělství č. 3021/1947 Ú. I. o inventarizaci lesů. Inventarizací se rozumělo šetření o porostních poměrech (porostní skladbě, složení dřevní zásoby podle dřevin a podle tloušťkových tříd), stanovení výše těžby a celkové zhodnocení těžebních možností. Inventarizace se vztahovala na všechny lesy s výměrou nad 10 ha a stala se tak vlastně první hospodářskou úpravou v lesích, které dosud neměly lesní hospodářské plány. Jednalo se asi o 450 000 ha lesů.

Na úseku hospodaření s lesním osivem a sazenicemi byl vydán zákon č. 65/1950 Sb. o hospodaření lesními semeny a sazenicemi, ke kterému byla vydána vyhláška Ministerstva lesů a dřevařského průmyslu č. 350/1951 Ú. I. Hlavním účelem zmíněných právních norem bylo uplatnění těchto zásad na celém území Československa.

Právní normy v lesním hospodářství v období 1951 - 1994

Odborná správa drobných lesů podle vládního nařízení č. 178/1940 Sb. přetrvávala až do roku 1951, kdy byla organizace lesních společenstev zrušena zákonem č. 66/1951 Sb., kterým byl výkon odborné správy svěřen státním lesům. K tomuto zákonu byla vydána prováděcí vyhláška č. 139/1952 o výkonu odborné správy lesů a o příspěvcích na ní.

V období po roce 1952 až do roku 1960 nebyl vydán žádný lesní zákon, ani jiná odborně významná lesní právní norma. Toto období se navíc vyznačovalo despektem k existujícím právním normám a zaváděním jejich tzv. třídního výkladu (POLENO 1992, 1993). V lesním hospodářství se tento stav projevoval praktickou likvidací soukromého, církevního, městského a obecního lesního majetku, protiprávním propouštěním kvalifikovaných lesních hospodářů, pracovníků lesní dohlédací služby a jejich nahrazováním nekvalifikovanými tzv. dělníckými kádry, přestože platila ustanovení zákona č. 250/1852 ř. z. a nařízení Ministerstva orby č. 30/1903 o státních zkouškách pro odborné lesní hospodáře. Důsledky těchto opatření měly dlouhodobější nepříznivý dopad než v ostatních odvětvích národního hospodářství.

Významným krokem ke zlepšení situace v lesním hospodářství bylo vydání zákona č. 166/60 Sb. o lesích a lesním hospodářství a vyhlášky Ministerstva zemědělství, lesního a vodního hospodářství č. 17/1961 Sb., kterou byly vydány prováděcí předpisy k tomuto zákonu. Zákonem byla ukončena platnost zákona č. 250/1852 v českých zemích a na Slovensku platnost článku XXXI/1879 uherského zákoníku a uvedena v platnost jednotná základní právní norma v lesním hospodářství. Obě právní normy vytvořily komplexní předpoklady pro dosažení hlavních cílů lesního hospodářství odpovídající tehdejšímu stavu a stupni vědeckého, technického a ekonomického poznání. Přinesly řadu nových zásad a ustanovení, která znamenala pokrok v lesním hospodářství.

Další právní normou týkající se lesního hospodářství, která navazovala na lesní zákon a prováděcí vyhlášku byla Směrnice o hospodářské úpravě lesů č. 71/1961.

Novou právní úpravu lesního hospodářství, platnou od 1. 1. 1978, zavedl jednak federální zákon o lesích č. 61/1977 Sb., jednak zákony národních rad o hospodaření v lesích a státní správě lesního hospodářství (zákon ČNR č. 96/1977 Sb. a zákon SNR č. 100/1977 Sb.).

Po listopadové revoluci roku 1989 a pádu komunistického režimu došlo k zásadním změnám v politickém a hospodářském životě státu. Především byly přijaty zákonné normy, které mají za účel napravit deformace a nezákonnosti vzniklé v období tzv. budování socialismu. Jedním z nich je zákon č. 229/1991 Sb. o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku. Tento zákon ukončil státním lesům právo bezplatně užívat lesní pozemky a porosty, patřící soukromým vlastníkům a zahájil restituční proces v zemědělství a les-

ním hospodářství. Stal se základem pro obnovu různých forem vlastnictví lesů.

Nová právní úprava v lesním hospodářství

Již v roce 1990 byly zahájeny přípravné práce na novém lesním zákoně, které vyvrcholily v roce 1994, kdy bylo legislativním plánem vlády České republiky uloženo Ministerstvu životního prostředí a Ministerstvu zemědělství vypracovat a společně předložit návrh zákona o lesích. Tento návrh zákona byl schválen dne 3. listopadu 1995 jako zákon č. 289/1995 Sb. o lesích. Zákon vychází ze společenského poslání lesů jako jedné z nejdůležitějších složek životního prostředí a producenta obnovitelného zdroje dřevní suroviny. Navazuje na minulé lesní zákonodárství a využívá dostupných znalostí lesních zákonů evropských států se srovnatelnou úrovní lesního hospodářství (SRN, Rakousko a Švýcarsko). V porovnání s dosavadními právními předpisy jsou některá ustanovení, v důsledku širšího uplatňování celospolečenských funkcí lesů a nutnosti respektovat základní práva a svobody občanů, podrobnější a adresnější.

Účelem tohoto zákona je mimo jiné docílení vyváženého stavu mezi oprávněnými zájmy vlastníků lesů a zájmy veřejnými. Omezení vlastnických práv, vyplývající ze závazných ustanovení lesních hospodářských plánů nebo lesních inventarizačních osnov, jsou nezbytná z důvodů zachování lesa jako individuálního majetku i jako společensky významného objektu. Je však otázkou, zda jsou, ve srovnání s ostatními zákony evropských zemí, přiměřená. Zákon navazuje na více než stoletou tradici hospodářské úpravy lesů ve střední Evropě a v souladu s ní usiluje o trvalost a vyrovnanost mimoprodukčních a produkčních funkcí lesů. K tomu jsou v zákoně definovány tyto předpoklady a požadavky:

- zachování současné výměry lesů,
- trvalé zabezpečení funkcí lesů na lesních pozemcích,
- zajištění stability a zdravotního stavu lesních porostů pomocí minimálního podílu melioračních a zpevňujících dřevin při obnově porostů, porostní výchovy a povinnostmi vlastníka při ochraně lesů proti nepříznivým vlivům,
- stanovením minimálního věku počátku úmyslných obnovních těžeb pro hlavní hospodářské dřeviny dosáhnout pokud možná co nejrovnoměrnějšího zastoupení různověkových lesních porostů.

Nová právní úprava a změny, které přinesla, nemají dopad na státní rozpočet. Výjimku tvoří opatření na meliorace a hrazení bystřin prováděné ve veřejném zájmu a hrazené státem. Pro praktické naplnění nové právní úpravy bylo nezbytné početní posílení orgánů státní správy lesů, aby se zajistila funkčnost celého systému při nárůstu počtu vlastníků lesů.

Závěr

Účelem příspěvku je poskytnutí komplexního pohledu na problematiku vztahu státu a vlastníka lesa, včetně historických analýz českého lesnického zákonodárství, státního dohledu nad hospodařením v lesích a odborné správy lesů. Ty jsou důležité hlavně proto, že téměř pro každou variantu politických rozhodnutí najdeme v historických přehledech paralelu, o které navíc víme, jakým způsobem svoji funkci plnila a kdy a z jakých důvodů byla změněna, nebo zrušena. Retrospektivní hodnocení by mělo předcházet každému lesopolitickému rozhodnutí a proto může být tento příspěvek vhodnou pomůckou. V tomto kontextu je nepominutelný i vliv státu na vlastníky lesů prostřednictvím státního lesního majetku. Šíře tohoto tématu jej však předurčuje na samostatnou práci.

Literatura

- FRIČ, J.: Státní služba dohlédací. Lesnická práce, XXV, s. 282-291
- NOŽIČKA, J.: Přehled vývoje našich lesů. Praha 1957.
- POLENO, Z.: Právní normy v lesním hospodářství – jaké byly, jsou a budou. I. část. Lesnická práce, 71, 1992, č. 8, s. 226-229
- POLENO, Z.: Právní normy v lesním hospodářství – jaké byly, jsou a budou. II. část. Lesnická práce, 71, 1992, č. 9, s. 260-262
- POLENO, Z.: Právní normy v lesním hospodářství – jaké byly, jsou a budou. III. část. Lesnická práce, 71, 1992, č. 10, s. 298-300
- POLENO, Z.: Právní normy v lesním hospodářství – jaké byly, jsou a budou. IV. část. Lesnická práce, 71, 1992, č. 11, s. 324-326
- POLENO, Z.: Právní normy v lesním hospodářství – jaké byly, jsou a budou. V. část. Lesnická práce, 71, 1992, č. 12, s. 358-360
- POLENO, Z.: Právní normy v lesním hospodářství – jaké byly, jsou a budou. Doplněk k V. části. Lesnická práce, 72, 1993, č. 2, s. 57

Influence of state on forest ownership

Summary

The state influences the management in forests of any ownership much more than in case of other management activities. This often leads to forest-policy conflicts among forest owners and state. The reasons for state activities are as follows:

- it is an important part of environment
- it provides functions important for the society (water, air, recreation, etc.)
- it stabilizes climate and negates the civilization impact
- it is a property of high economic value
- forest represents energetic potential acquired in an ecological way
- it has social functions including employment in distant areas
- the way of management influences also the management in surrounding properties

That's why the state uses various political instruments to influence the management in forests without regarding the forest owner.

These instruments are as follows:

- issue of forest regulations, acts to regulate man's behaviour in forest; the history of these rules begins in the 12th century
- creation of system of state forest administration, the oldest one is from the half of the 18th century
- creation of state forest policy and participation in international multilateral agreements
- education
- support of smaller forest properties to implement useful measures

State is in the following positions in face of forest owners:

- holder of state power (state forest supervision)
- lawmaker
- provider of grants, state support for management but also tax collector
- competitor – has its own forests

State forest supervision has been exercised since the 17th century. It was modified for several times and today's form is very complicated, divided between two Ministries and many other subjects on lower level. The article gives analysis of state forest administration development since 1785 till today. When the supervision was established it was related especially to municipal forests. Its detailed content was in the Act no. 250/1852.

When Czechoslovakia was established, the state supervision almost did not change. In 1927 the changes were realized by Act no. 125/1927. During the Second World War the German way of state supervision was accepted. It was very important that political institutions did not influence forest supervision in that time. After 1945 the state supervision was handed to district and regional authorities and its forms changed several times. After 1990 it was divided between two Ministries – Ministry of Agriculture and Ministry of Environment and came into today's complicated form that can be quite demanding for both forest owner and also the state.

Legal rules are one of the most important state instruments. This article deals with the general position of legal rules in forestry and after that gives very detailed analysis of legal rules from the past till today. It also pays attention to nowadays Forest Act no. 289/1995. This analysis can serve as a source document for creation of new legal rules. These are definitely going to be a topic of intensive political discussions. The question is if law restrictions are in comparison with other European laws reasonable and cannot be the reason for disadvantageous position of Czech forest owners on the European timber market.

Recenzenti: Ing. V. Krečmer, CSc.

Ing. J. Lenoč, CSc.

ANALÝZA PALEOKLIMATICKÝCH ČASOVÝCH ŘAD PRO HODNOCENÍ RECENTNÍ ZMĚNY KLIMATU NA VYBRANÝCH LOKALITÁCH SEVEROATLANTICKÉ ČÁSTI EVROPY A ČESKÉHO MASIVU

Analysis of paleoclimatic time series for evaluation of recent climate change on European North Atlantic Region and Bohemian Massif selected localities

Abstract

The climate is a significant pedogenetic factor. Integral constituents of climate are formed by hydrologic cycle and atmospheric greenhouse effect. These components of climatic system are parts effecting El Nino/Southern Oscillation (ENSO) phenomena and North Atlantic Oscillation (NAO). Influence of the NAO onto course of macroclimatic indicators in long-term temporal periods was evaluated by chosen mathematical descriptors or statistical relationships using localities from north-west Scotland and Central Europe (the Bohemian Massif). Statistical analysis showed that average thirty-years deviations of NAO, especially in relation to top parts of the Giant Mountains (Sněžka Mt.), indicate correlation with thirty-years normal precipitation sums (P_{30}) and normal temperatures (T_{30}). The values T_{30} from Central Europe are in negative correlation to temperatures of Atlantic Region of the north-west Scotland and winter NAO subscriptions. This result corresponds with data on occurrence of humid incidents being reconstructed on the basis of paleoclimatic recordings for whole Upper Holocene and does not exude assumed periodicity of these events. Paleoclimatic temporal series, showing P and T development in course of Upper Holocene, indicate pseudo-periodic behaviour. It means that predictable development of recent climate change is not unprecedented but similar events occurred several times during the Holocene. NAO seems as factor significantly influencing European climate. Above-normal deviation of NAO leads to increase of P_{30} on an average but in Central Europe it leads to cooling at the same time. Conversely, not only drying is possible during the decrease of P_{30} sums but a local warming or another difficulty predicted effects of the climate change are presumable too.

Klíčová slova: severoatlantická oscilace, holocén, střední Evropa, Krkonoše
Key words: North Atlantic Oscillation, holocene, Central Europe, Giant Mts.

Úvod

Postglaciální klimatické podmínky jsou přirozeně závislé na chodu klimatického efektu El-Niño v rámci jižní oscilace (ENSO), severoatlantické oscilace (NAO) a cyklech sluneční aktivity. Vrcholné fáze 11letého cyklu sluneční aktivity se promítají do vztahu mezi NAO a povrchovými teplotami euroatlantického regionu (GIMENO et al. 2003), avšak zároveň i snižují projevy efektu El-Niño (KIROV, GEORGIEVA 2002).

Zatímco průměrné teploty zemského povrchu jsou poměrně snadno ovlivnitelné přirozenými a zřejmě i antropogenními faktory změny klimatu a v současnosti mohou globálně růst (HOUGHTON et al. 2001), změny srážkové činnosti jsou stále určovány zejména přírodními procesy a jejich oscilacemi (ALLEN, INGRAM 2002). Přesto právě změny v chodu a úhrnech ročních srážek mohou být provázány významnějšími dopady na ekosystémy než globální růst teplot.

Byly hledány vazby mezi údaji o rekonstruovaných subrecentních a měřených současných průměrných ročních teplotách (T) a průměrných ročních úhrnech srážek (P_{sum}) v konfrontaci s hodnotami NAO-indexů. Cílem práce bylo teoreticky posoudit možnou ovlivnitelnost chodu T a P_{sum} v souvislosti s výkyvy NAO-indexů zároveň v regionech atlantických (Skotsko) a středoevropských (Česká republika) a zjistit charakteristiky jejich vývoje v delší časové perspektivě.

Materiál a metody

Pracovní hypotéza

Předpoklad časové proměnlivosti klimatických podmínek je opřen o teorii polyglacismu, z níž vyplývá nejen to, že během čtvrtohor se vystřídalo několik dlouhodobých cyklů dob ledových a meziledových, ale zároveň že docházelo ke střídání mnoha výkyvů střednědobých nebo krátkodobých. O střídání různých klimatických period ve čtvrtohorách vypovídají rekonstrukce změn poměru izotopů uhlíku v atmosféře i oceá-

nech, rekonstrukce obsahu CO_2 v troposféře, pylové analýzy, změny intenzity sedimentace mořských bahen apod. (COOK et al. 2002, KIROV, GEORGIEVA 2002, LUTERBACHER et al. 2004). I holocén se jeví jako perioda podobná době meziledové (LOŽEK 1972). Uvedené paleoklimatické rekonstrukce mohou sloužit jako ukazatelé trendu vývoje současného klimatu. Vyhodnocovány byly jednak rekonstrukce základních klimatických činitelů na bázi sledování růstové dynamiky stalagmitů pro svrchní holocén (PROCTOR et al. 2002), jednak rekonstrukce NAO (COOK et al. 2002). Jejich přesnost byla ověřena srovnáním s měřeními údaji ze stejné oblasti. Charakteristiky jejich vývoje v delší časové perspektivě byly hodnoceny pomocí rozborů fraktálních dimenzí a následně pomocí korelačních metod. Přitom byly hledány souvislosti mezi dlouhodobým vývojem středoevropského klimatu a klimatu severoatlantického. Tyto vztahy byly matematicky vyhodnoceny podle údajů o vývoji NAO a jejich korelací s měřeními i rekonstruovanými údaji o teplotách a srážkách ve vybraných regionech.

Data

- Severozápadní Skotsko a hodnoty NAO-indexů
Rašeliniště Uamh an Tartair (58°09' N, 04°59' W; 220 m n. m.) v oblasti Cnoc nan Uamh v severozápadním Skotsku je zdrojem informací o změnách humifikace, ulmifikace a vegetace v závislosti na průběhu T , P_{sum} a cyklech NAO. PROCTOR et al. (2000, 2002) tyto klimatické charakteristiky vyšetřili v souvislostech s analýzami uhlíčanových stalagmitů z místních jeskynních systémů. Použité rekonstrukce klimatických poměrů vycházejí ze statistického odhadu $T = 7,02 \pm 0,43$ °C a empirické rovnice (1). Pořízená data byla vzata jako reprezentativní pro podmínky v celém severoatlantickém regionu i atlantických částech Evropy s datováním svrchního holocénu (3,7 Ka). Rekonstruovaný úsek 1,0 – 0,0 Ka (907 – 1993) pro severoatlantický region naznačuje výskyty P_{sum} v intervalu 1 489 – 2 170 mm. Současný normál (P_{30}) zde dosahuje 1 891 mm.

$$\Delta d = -206 + 68 \cdot 200 \cdot \frac{T}{P_{\text{sum}}} \quad (1)$$

NAO je definována v podobě indexu (NAO-index) jako rozdíl normalizovaných atmosférických tlaků na úrovni mořské hladiny nad Azory a Islandem (HURRELL 1995). Jelikož především vývoj NAO-indexu během zimních období odráží dlouhodobý průběh cyklů sluneční aktivity (KIROV, GIORGIEVA 2002), pozornost byla zaměřena hlavně na časové řady v období prosinec až únor. Zohledněny byly jednak časové řady ročních NAO-indexů v rozpětí let 1500 – 2001 (LUTERBACHER et al. 1999, 2002), jednak zimních z let 1400 – 2001 (COOK et al. 2002).

Reprezentativnost rekonstruovaných severoatlantických klimatických charakteristik z lokalit v severozápadním Skotsku (PROCTOR et al. 2000) byla zvýšena doplněním o údaje z lokalit Lerwick (60°06' N, 01°12' W; 0 m n. m.) a Stornoway (58°12' N, 06°18' W; 0 m n. m.). Ze stanice Lerwick ($T_{30} = +7,0$ °C; $P_{30} = 1\,199,6$ mm) byla využita data v časové řadě let 1931 – 2001, ze stanice Stornoway ($T_{30} = +8,1$ °C; $P_{30} = 1\,188,2$ mm) v řadě let 1874 – 2001 [www.met-office.gov.uk/climate/uk/stationdata/index.html].

• Střední Evropa

Středoevropské údaje jsou zastoupeny vybranými lokalitami Českého masívu (obr. 1, 2), u nichž lze vyloučit nebo zanedbat ovlivnění měřených hodnot efektem tepelného ostrova (obr. 1, 2). Lokalita Sněžka (50°44' N, 15°44' E; 1 602 m n. m.) poskytuje údaje o průměrných měsíčních teplotách v nepřetržitě časové řadě 1881 – 1995 (GLOWICKI 1998) ($T_{30} = +0,4$ °C), zatímco průměrné měsíční srážkové úhrny jsou zaznamenány za období 1901 – 1995 ($P_{30} = 1\,353,3$ mm). Lokality Úpice (50°30' N, 16°00' E; 416 m n. m.) a Olomučany (49°19' N, 16°40' E; 460 m n. m.) byly vybrány jako reprezentativní pro podmínky středoevropského makroklimatu, jejichž stanoviště jsou potenciálně silně ovlivnitelná dopady recentní změny klimatu (cf. JANOUŠ et al. 2001, REJŠEK 2004). Obě lokality se nachází v neexponovaných podhorských polohách, jejichž přírodní podmínky odpovídají hlavnímu rozšíření bukového vegetačního stupně. Ze stanice Úpice ($T = +7,1$ °C; $P_{\text{sum}} = 686,3$ mm) byla použita data v časové řadě let 1965 – 1997, ze stanice Olomučany ($T = +8,1$ °C; $P_{\text{sum}} = 588,9$ mm) v řadě let 1976 – 2002 (cf. KANTOR, KLÍMA 1997).

Pomocí metody geografické interpolace je možné vyšetřit proměnlivost klimatických podmínek podhorských až horských poloh (SAMEC et al. 2006). Český masív je území s různými typy reliéfu. Podhorské a nižší horské polohy jsou nejvhodnější pro popis stanovištních podmínek ČR, jelikož zahrnují podmínky nerozšířenějších vegetačních stupňů (bukového a jedlo-bukového) (cf. BUČEK 2000). Sněžka je nejvyšším vrcholem Krkonoše a zároveň i celé hercynské biogeografické podprovincie.

Algoritmizace

• Detekce chaosu v časových řadách

Jako kvantifikátory chaosu byly využity fraktální dimenze (HORÁK et al. 2003). Byly použity pro popis vnitřní struktury vybraných časových řad (GRASSBERGER 1983, HENTSCHER, PROCACCIA 1983) ze základní limitní rovnice zobecněné dimenze (d_q) (rovnice 2).

$$d_q = \frac{1}{q-1} \cdot \frac{\ln \sum_i p_i^q}{\ln R} \quad (2)$$

kde q je celé číslo v uzavřeném intervalu $\langle 0; 2 \rangle$, R vyjadřuje reprezentanta ($\bar{x}$) minimálního výběru hodnot úseku časové řady a $p_i = 1/n_i$

pravděpodobnost vyjádřenou z n_i počtu prvků (stavů) v konkrétním výběru hodnot. Dosazením příslušného q do rovnice zobecněné dimenze lze postupně získat rovnici kapacity (d_0), informační dimenze (d_1) i korelační dimenze (d_2). Platí, že $d_0 \geq d_1 \geq d_2$ (THEILER 1990). Minimální výběr hodnot byl vyjádřen jako odhad intervalu časové řady podle Sturgesova pravidla (MELOUN, MILITKÝ 1994). Z výpočtu vyplynul nejen počet takto odhadnutých intervalů M (rovnice 3), nýbrž i časová perioda t tímto intervalem zachycená.

$$M = 1 + 3,3 \cdot \log n \quad (3)$$

Celkový počet hodnot sledované časové řady n byl tímto způsobem rozdělen do konstantních intervalů (n_i), v jejichž rámci by se jednotlivé hodnoty neměly významně lišit svojí velikostí, zato by se měly odlišovat vzhledem k ostatním intervalům. Kapacita dimenzí časových řad (d_0) koresponduje s poměrem $\ln M / \ln t$ (HORÁK et al. 2003). Délky uváděných časových intervalů byly zvoleny konstantní. Na základě znění rovnice 2 byly sestrojeny křivky průběhu d_0 a $\ln M$, kdy hodnoty kapacity se mění s ohledem na změny hodnot R , resp. $\bar{x}$. Průběh hodnot blíží se k přímce byl vzat jako znak funkce s periodickým nebo kvazi-periodickým průběhem. Další charakteristiky těchto dat byly testovány statisticky.

• Průzkumová analýza dat

Průzkumová analýza dat byla využita jako soubor algoritmů, které rozvíjí závěry indikace chaotického chování zkoumaných časových řad (cf. PHILLIPS 1994). Pro toto hodnocení dat byly použity metody lineárního modelování při $P < 0,05$. Podmínky konstrukcí regresních přímek byly dány podle popisné analýzy datových výběrů se závěry testů normality [$< \chi^2_{1-\alpha}(2)$], homogenity a nezávislosti. Interpretace získaných statistických trendů byly konfrontovány s regresní diagnostikou (MELOUN, MILITKÝ 2002). Vzájemné statistické vztahy regresních modelů byly vyjádřeny prostřednictvím metodiky mnohonásobného porovnání (ZAR 1994). Vstupní data byla agregována v 30leté normálové průměry (cf. GUTTMAN 1989, KIROV, GIORGIEVA 2002). Výpočet regionální klimatické humidity z údajů o P_{sum} a T byl proveden exponenciální modifikací Langova vláhového faktoru (D) implementací iracionálního čísla $e \approx 2,71828$ (rovnice 4).

$$D = \frac{P_{\text{sum}}}{e^T} \quad (4)$$

Výsledky a diskuse

Při hodnocení rekonstruovaných srážkově nadnormálních epizod (tab. 1) v mezidobích 1901 – 1932 a 1978 – 1995 vykazuje vývoj P_{sum} na Sněžce i v severoatlantických skotských regionech (SASR) odvoditelný průběh (tab. 2). Rozdíly P_{sum} v SASR a na Sněžce vyplývají z rozdílných smyslů vypočítaných regresních přímek. Měřené hodnoty P_{sum} v SASR jsou přímo úměrné jejich rekonstruovaným ekvivalentům, měřené hodnoty P_{sum} ze Sněžky jsou naopak nepřímě úměrné rekonstruovaným úhrnům ze SASR. V mezidobích s podnormálními srážkami nebyly podobné korelační vztahy mezi jednotlivými lokalitami zjištěny. Zejména T ($r = 0,89 - 0,92$) a regionální humidita ($r = 0,94 - 0,97$) jsou v zaujatých datech z let 1980 – 1995 korelovány jen v rámci středoevropských lokalit. Pouze uvažované 30leté průměry T ze Sněžky vykazují zápornou korelaci s 30letými průměry zimních hodnot NAO-indexů ($r = -0,82$). Naproti tomu 30leté měřené průměry P_{sum} ze stanice Stornoway vykazují kladnou korelativnost se zimními hodnotami 30letých

průměrů NAO-indexů ($r = 0,52$). Souvislost regionální humidity ze středoevropských lokalit a SASR je přijatelná pouze při $P < 0,20$. Lokality Úpice a Olomučany vykazují statisticky totožné kladné korelace vývoje měřených hodnot T ($r = 0,91 - 0,97$) s lokalitou Stornoway. Průběh P_{sum} je zde ovlivněn lokálními srážkovými stíny členitého terénu Českého masivu. Významná korelativnost mezi středoevropskými P_{sum} a údaji SASR byla detekována jen pro stanici Úpice ($P < 0,0002$).

Chování kapacity dimenzí (d_0) časových řad P_{sum} a T na vybraných středoevropských lokalitách ve vztahu k $\ln M$ ukazují obr. 3 a 4. Z grafů 5 a 6 vyplývá, že růst hodnot d_0 se stabilizuje teprve při hodnocení časových řad s průběhem řádově $> 1\,000$ let. Hodnoty d_0 z krátkých časových řad vyjádřené vhodnou nelineární funkcí při stanovení $\ln M$ nelze využít pro širší územní celky, protože jejich funkce nemají statisticky podobné parametry.

Zimní hodnoty NAO-indexů (obr. 6) se ukázaly být jedním z faktorů, statisticky významně ovlivňujících vývoj 30letých průměrů P_{sum} a T v období 1881 - 1993 především v SASR (tab. 1). Regrese se využitím zimních hodnot NAO-indexů pro Sněžku vykázaly slabší významnost a nižší hodnoty korelačních koeficientů, ale stejný smysl regresního trendu. Vazby klimatických charakteristik ostatních středoevropských lokalit a průběhu NAO-indexů nebyly prokázány. Neexistence korelací mezi zimními hodnotami NAO-indexů a posuzovanými klimatickými daty má zřejmou souvislost nejen s délkami jednotlivých srovnávaných časových řad, ale rovněž i s chováním d_0 . Hodnoty d_0 odvozené z $\ln M$ pro NAO-indexy neaproximují k lineárnímu průběhu ani v časové řadě 600 let. Míra nahodilých složek v průbězích NAO-indexů je větší než míra nahodilosti v rekonstrukci klimatických údajů SASR podle dynamiky přírůstu stalagmitů. Rekonstrukce vývoje P_{sum} a T pro SASR na základě rovnice 1 a její modifikace pro rekonstrukci srážek $y = -4,542x + 2\,018,4$ ($r = 0,63$) se blíží pseudoperiodickému chování (obr. 5). Zřejmě míra nahodilosti v průběhu časových řad způsobuje komplikace při řešení korelačních závislostí, naopak funkce blízké se svým průběhem periodickému chování mají korelační chování.

V souvislosti s koncem malé doby ledové (0,6 – 0,1 Ka) docházelo na zachycených lokalitách SASR k postupnému poklesu měřených P_{sum} . V úseku 1898 – 1970 zde P_{sum} klesaly průměrnou rychlostí $-1,48$ mm.rok⁻¹. Na Sněžce nicméně během období 1901 – 1949 došlo k růstu P_{sum} o $+3,29$ mm.rok⁻¹. Na lokalitě Úpice vykázaly P_{sum} v rámci disponibilních 10letých průměrů zřetelný trend růstu v mezidobí 1982 – 1997 o $+7,9$ mm.rok⁻¹. V SASR byla poslední srážkově minimální epizoda zjištěna pro úsek 1936 – 1964 s průměrnou odchylkou $-83,39$ mm. Poté byl opět zjištěn růst P_{sum} rychlostí $+3,23$ mm.rok⁻¹. Vývoj teplot zde růst vykazoval v mezidobí 1874 – 1960 ($+0,03$ °C.rok⁻¹). Pro roky 1964 – 2001 byl detekován víceméně ustálený stav hodnot $\approx T_{30}$. Sněžka se naproti tomu od roku 1964 zřetelně otepluje o $+0,04$ °C.rok⁻¹ a stanice Úpice vykazuje vzhledem k roku 1965 oteplení až o $+0,02$ °C.rok⁻¹. Významná záporná korelace ($r = -0,99$) rekonstruovaných a normalizovaných dat SASR potvrzuje domněnku o výskytech chladných humidních období závislých na holocénních cyklech NAO. V oblasti SASR se během mladšího holocénu několikrát vyskytly řádově 400 – 900 let dlouhé srážkově nadnormální úseky, srovnatelné s podmínkami atlanticky ovlivněných lokalit ve střední Evropě. Nenormalita a nehomogenita dat ovšem vede k nemožnosti konstruovat regresní modely, které by mohly srovnat tuto lokalitu s ostatními regiony v delší časové perspektivě. Tyto problematické úseky byly datovány na 3,60 Ka, 3,51 – 3,10 Ka, 3,07 – 2,52 Ka, 2,06 – 1,43 Ka a 1,11 – 0,65 Ka. Naopak pro úseky před 2,47 – 2,13 Ka a 0,39 – 0,08 Ka průběhy P_{sum} vykazují možné analogie se současnými poměry. Především v těchto úsecích vykazují rekonstruované hodnoty P_{sum} rychlé střídání nadnormálních a podnormálních let

Tab. 1.

Popisná charakteristika srážkově nadnormálních a podnormálních let ($\bar{x} \pm \rho$) v severoatlantickém regionu za posledních 1 000 let (podle PROCTOR et al. 2000)

Basic characteristics ($\bar{x} \pm \rho$) of precipitation above-normal and under-normal years over the last millenium years scale (based on PROCTOR et al. 2000)

Period [A. D.]	Time [years]	Psum [mm]	T [°C]
907 - 934	27	1 781,00±96,42	5,79±0,29
935 - 955	20	1 957,28±22,26	6,18±0,11
956 - 981	27	1 847,58±41,57	5,99±0,13
982 - 1 029	47	1 969,88±22,42	6,25±0,13
1030 - 1179	151	1 802,94±172,76	5,99±0,38
1180 - 1337	157	2 013,91±65,38	6,47±0,15
1338 - 1383	47	1 841,90±24,65	6,31±0,20
1384 - 1429	45	1 922,49±17,56	6,46±0,17
1430 - 1486	58	1 799,19±139,19	6,35±0,31
1487 - 1584	97	1 937,52±45,30	6,57±0,13
1585 - 1633	50	1 739,19±139,19	6,52±0,40
1634 - 1665	31	2 050,90±87,05	6,71±0,16
1666 - 1854	221	1 812,95±80,55	6,75±0,26
1855 - 1932	76	2 004,63±74,84	6,90±0,16
1933 - 1970	39	1 786,96±26,79	7,05±0,22
1971 - 1993	22	1 966,30±118,39	6,99±0,27

(tab. 1). Vylíšené nadnormální epizody za posledních 1 000 let dosahovaly průměrné délky 63 let, zatímco relativně sušší epizody 85 let. Tato mezidobí se zpravidla vyznačovala nevyhraněným vývojem úhrnů P_{sum} a kumulací lokálních minim.

Recentní klimatické podmínky postihují i antropogenní emise znečišťujících látek do ovzduší. Tyto vlivy nebyly hodnoceny samostatně, zůstaly součástí regresních modelů a mohly se projevit jako tzv. environmentální šum (cf. GUTTMAN 1989). Zachycený vývoj klimatu ve svrchním holocénu naznačuje, že globální oteplování mohlo probíhat bez vlivu růstu koncentrací skleníkových plynů. Lineární trend evropských zimních teplot byl pro mezidobí 1684 – 1738 vyšetřen v intervalu $+0,32 \pm 0,18$ °C, zatímco pro období 1901 – 2000 v intervalu $+0,08 \pm 0,07$ °C (LUTERBACHER et al. 2004). Evropská léta z období 1530 – 1570 byla patrně teplejší než v období 1901 – 1995. Přesto absolutně nejteplejší léta od roku 1500 jsou doložena v období 1994 – 2003.

Statistické analýzy průměrů zimních NAO-indexů a klimatických charakteristik atlantických regionů severozápadní Evropy až návětrných hřebenů Krkonoš (Sněžka) jsou periodicky korelativní a mohou upozorňovat na výskyty humidních epizod s chladnými léty. V období 1897 – 2000 se z 67 zaznamenaných případů extrémních denních úhrnů srážek (EDÚS) ≥ 150 mm v ČR vyskytlo 13 a roky 1997 a 2002 se staly vždy s pěti případy dnů s EDÚS nejextremnější (BRÁZDIL 2002).

Středoevropský svrchní epiatlantik (3,6 – 3,2 Ka) je rekonstruován jako období zvyšujícího se vysoušení (LOŽEK 1972), přesto i v severovýchodní a východní Evropě zůstávaly srážkové úhrny zřejmě o 50 – 200 mm vyšší než v současnosti. Před 3,2 – 2,5 Ka došlo v Evropě v výrazném odlišení kontinentálního vnitrozemí a klimaticky oceánických severozápadních částí. Abiotický vývoj subboreálu směřoval k výrazným chladným a aridním oscilacím, nicméně rozšíření vlhkominálních

dřevin ve střední Evropě odpovídalo stále přetrvávající určité vyšší klimatické i edafické humiditě (NEUHÄUSLOVÁ et al. 1998). Zatímco spodní subboreální obzory jsou ovlivněny přechodným omezením záplavových událostí a vysoušením, svrchní obzory jsou zasaženy zesíleným splachem, ronem a stoupajícím přínosem hlinitého materiálu do říčních niv při častých a rychlých záplavách (LOŽEK 1972).

Závěr

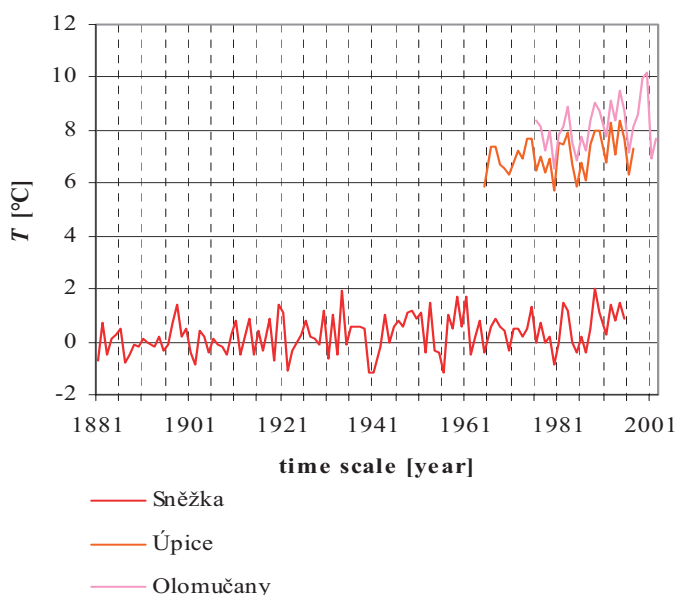
Ačkoli recentní změna klimatu je iniciována přírodními procesy, odvíjejícími se od cyklů sluneční aktivity, její průběh může být v současnosti ovlivněn i antropogenními vlivy. Dlouhodobý trend v klimatických datech vykazuje kvaziperiodické časové řady s délkou > 1 000 let. Kratší časové řady klimatických dat informují jen o krátkodobých jevech. Paleoklimatické rekonstrukce na bázi sledování růstové dynamiky stáglmitů pro SASR zároveň s odpovídajícími časovými řadami klimatických měření z několika středoevropských a euroatlantických lokalit podporují domněnku o pozvolném oteplování zemského povrchu i o změnách v úhrnech atmosférických srážek.

Vývoj zimních hodnot NAO-indexů významně ovlivňuje klima nejen v severoatlantických regionech severozápadní Velké Británie (severozápadní Skotsko), nýbrž i ve střední Evropě (specificky na návětrných svazích krkonošsko-jizerského orogenu). Vyšetřené statisticky význam-

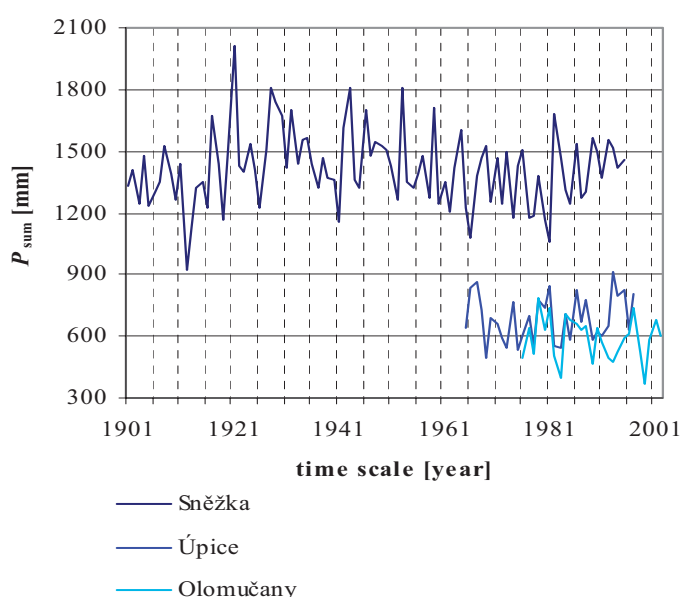
né korelace mezi 30letými průměry NAO-indexů prokázaly přímou úměru s ročními srážkovými úhrny (30leté průměry P_{sum}); naproti tomu s ročními průměrnými teplotami (30leté hodnoty T) prokázaly nepřímou úměru. Pro údaje za období 1881 – 1995 byla prokázána jednoznačná lineární spojitost vývoje T v SASR i na Sněžce. Hodnoty P_{sum} v tomto časovém úseku vykazovaly statisticky totožné korelace pouze s výskyty srážkově nadnormálních severoatlantických epizod 1901 – 1932 a 1978 – 1995. Během těchto srážkově nadnormálních období se na chování klimatu výrazně uplatňuje NAO. Během srážkově podnormálních období nad severním Atlantikem může být lokální klima střední Evropy ovlivňováno jinými činiteli. Pozvolné oteplování zjevně může vést k postupnému úbytku srážek a vysoušení, naopak růst srážkových úhrnů indikuje začátek přechodné chladné a humidní epizody.

Poděkování:

Děkuji všem osobám a organizacím, které byly ochotny poskytnout data pro zpracování této studie. Děkuji ÚHÚL, pobočka Brno a Ústavu ekologie lesa LDF MZLU v Brně za poskytnutí měřených klimatických údajů pro lokalitu Olomučany a ČHMÚ ve spolupráci s VÚLHM VS Opočno za poskytnutí dat z hvězdárny Úpice. Příspěvek vznikl jako parciální výstup projektů GA ČR č. 526/03/H036.



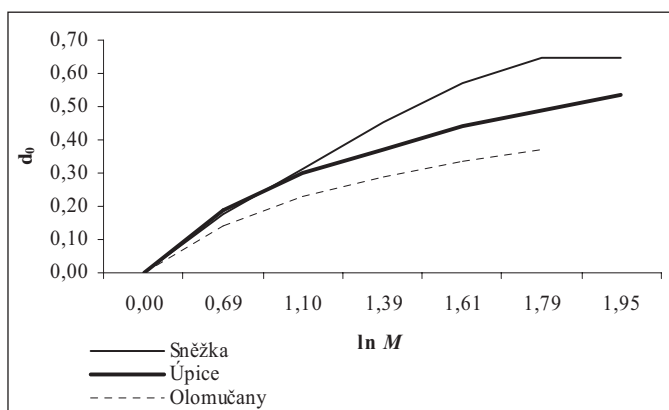
Obr. 1.
Časové řady měřených průměrných ročních teplot (T) na lokalitách v České republice
Time series of obtained average years temperatures (T) from selected localities in the Czech Republic



Obr. 2.
Časové řady měřených atmosférických srážek (P_{sum}) na lokalitách v České republice
Time series of obtained average precipitation sums (P_{sum}) from selected localities in the Czech Republic

Literatura

- ALLEN, M. R., INGRAM, W. J.: Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature*, 419, 2002, s. 224-232.
- BUČEK, A.: Geobiocenologická typologie krajiny. In: Štykar, J., Čermák, P. (eds.): Geobiocenologická typizace krajiny a její aplikace. Geobiocenologické spisy, 5, 2000, s. 1-11.
- COOK, E. R., D'ARRIGO, R. D., MANN, M. E.: A well-verified, multiproxy reconstruction of the Winter North Atlantic Oscillation Index since A. D. 1400. *Journal of Climate*, 15, 2002, s. 1754-1764.
- GIMENO, L., DE LA TORRE, L., NIETO, R., GARCÍA, R., HERNÁNDEZ, E., RIBERA, P.: Changes in the relationship NAO – Northern hemisphere temperature due to solar activity. *Earth and Planetary Letters*, 206, 2003, s. 15-20.
- GŁOWICKI, B.: Wieloletnia seria pomiarów temperatury na Śnieżce (Long-term serie of air temperature measurement in Sněžka). In: Tom, I., Geoeologiczne problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Przesieńce 15. – 18. X. 1997. Poznań: Acarus, 1998, s. 117-123.
- GRASSBERGER, P.: Generalized dimensions of strange attractors. *Physical Letters Abstracts*, 97, 1983, s. 227.
- GUTTMAN, N. B.: Statistical descriptors of climate. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 70, 1989, s. 602-607.
- HENTSCH, H. G. E., PROCACCIA, I.: The infinite number of generalized dimensions of fractals and strange attractors. *Physica D*, 1983, s. 435.
- HORÁK, J., KRLÍN, R., RAIDL, A.: Deterministický chaos a jeho fyzikální aplikace. Praha: Academia 2003. 799 s.
- HOUGHTON, J. T., DING, Y., GRIGGS, D. J., NOGUER, M., VAN DER LINDEN, P. J., XIAOSU, D. (eds.): *Climate Change 2001: The scientific basis*. Cambridge University Press 2001. 881 s.
- HURRELL, J. W.: Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 1995, s. 676-679.
- IPCC: WGI Third Assessment Report, Technical Summary. A Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Shanghai: IPCC, 2001, 63 s.
- JANOŠ, D., CUDLÍN, P., HADAŠ, P., KULHAVÝ, J., MACKŮ, J., ŠIŠÁK, L.: Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na sektory hydrologie, zemědělství a lesního hospodářství a vliv klimatické změny na lidské zdraví. Národní klimatický program, Praha: AV ČR 2001, <http://www.chmi.cz/nkp/nkp.htm>
- KANTOR, P., KLÍMA, S.: Microclimate and water balance of a silver fir/ beech stand in uplands. *Lesnictví-Forestry*, 43, 1997, s. 333-346.
- KIROV, B., GIORGIEVA, K.: Long-term variations and interrelations of ENSO, NAO and solar activity. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, 2002, s. 441-448.
- LOŽEK, V.: Holocene Interglacial in Central Europe and its land snails. *Quaternary Research*, 2, 1972, s. 327-334.
- LUTERBACHER, J., SCHMUTZ, C., GYALISTRAS, D., XOPLAKI, E., WANNER, H.: Reconstruction of monthly NAO and EU indices back to AD 1675. *Geophysical Research Letters*, 26, 1999, s. 2745-2748.
- LUTERBACHER, J., XOPLAKI, E., DIETRICH, D., JONES, P. D., DAVIES, T. D., PORTIS, D., GONZALEZ-ROUO, J. F., VON STORCH, H., GYALISTRAS, D., CASTY, C., WANNER, H.: Extending North Atlantic Oscillation Reconstructions Back to 1500. *Atmosphere Science Letters*, 2, 2002, s. 114-124.
- LUTERBACHER, J., DIETRICH, D., XOPLAKI, E., GROSJEAN, M., WANNER, H.: European seasonal and annual temperature variability trends and extremes since 1500. *Science*, 303, 2004, s. 1499-1503.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha: Plus 1994. 839 s.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Kompendium statistického zpracování dat. Praha: Academia 2002. 764 s.
- NEUHÄUSLOVÁ, Z., BLÁŽKOVÁ, D., GRULICH, V., HUSOVÁ, M., CHYTRÝ, M., JENÍK, J., JIRÁSEK, J., KOLBEK, J., KROPÁČ, Z., LOŽEK, V., MORAVEC, J., PRACH, K., RYBNÍČEK, K., RYBNÍČKOVÁ, E., SÁDLO, J.: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky Textová část. Praha: Academia 1998. 450 s.
- PHILLIPS, J. D.: Deterministic uncertainty in landscapes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 19, 1994, s. 389-401.
- PROCTOR, C. J., BAKER, A., BARNES, W. L., GILMOUR, M. A.: A thousand year speleotherm proxy record of North Atlantic climate from Scotland. *Climate Dynamics*, 16, 2000, s. 815 – 820.
- PROCTOR, C. J., BAKER, A., BARNES, W. L.: A Three thousand year record of North Atlantic climate. *Climate Dynamics*, 19, 2002, s. 449-454.
- REJŠEK, K.: The HadCM2 climate change model, elevated CO₂ model (SRES A2) and assessments on their likely impacts on forest soils in the Czech Republic. *Ekológia*, 23, Supplement, 2004, s. 80-87.
- SAMEC, P., BOUBLÍK, K., REJŠEK, K.: Climate change in problems of the submontane to subalpine altitudinal zones conditions variability. *Meteorologický časopis*, 9, 2006, s. 3-11.
- SVENSMARK, H.: Influence of cosmic rays on Earth's climate. *Physical Review Letters*, 81, 1998, s. 5027-5030.
- SVENSMARK, H.: Cosmic rays and Earth's climate. *Space Science Reviews*, 93, 2000, s. 175-185.
- SCHEWE, P. F., STEIN, B.: Influence of cosmic rays on Earth's climate. *The American Institute of Physics Bulletin of Physics News*, 401, 1998.
- <http://www.aip.org/enews/physnews/1998/split/pnu401-1.htm>
- THEILER, J.: Estimating fractal dimension. *Opt. Society of America*, A 7, 1990, s. 1077.
- ZAR, J.: *Biostatistical Analysis*. New Persey: Prentice Hall Int. 1994. 584 s.



Obr. 3.

Průběh kapacity teploty (T) v měřených časových řadách lokalit v České republice

The continuance of average temperature (T) deterministic capacity in data from the Czech Republic

Tab. 2.

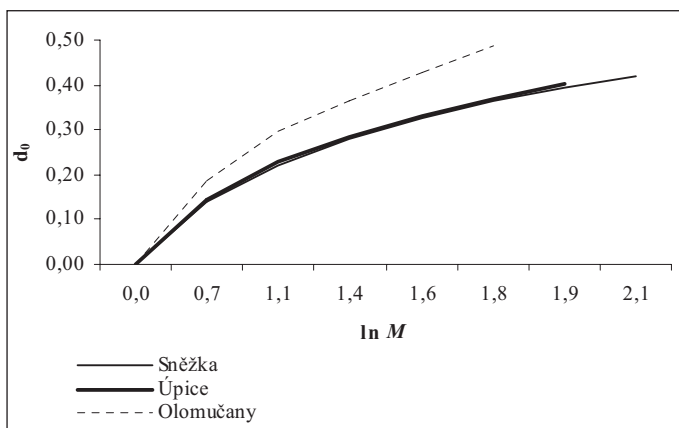
Vyšetření regresních vztahů v průběhu klimatických činitelů na jednotlivých evropských lokalitách
Results of regression function for basic climatic characteristics from selected European localities

Quantity	Locality		r	Regresivní vzorec/ Regression formula
	X	Y		
P_{sum}	Cnoc nan Uamh	Sněžka	-0,39	$y = -1,51 \cdot x + 4,56$
		Stornoway	0,45	$y = 0,64 \cdot x - 38,94$
T	Cnoc nan Uamh	Sněžka	0,89	$y = 0,80 \cdot x - 5,02$
		Stornoway	0,11	-

Tab. 3.

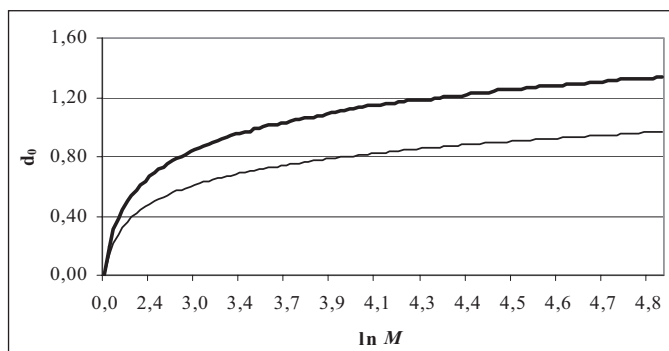
Závislost P_{sum} a T na vývoji zimních hodnot NAO-indexů
The P_{sum} and T significant linear dependence on NAO-index winter values scale

Veličina/Quantity	Lokalita/Locality	Perioda/Period	r	Regresivní vzorec/Regression formula
P_{sum}	Sněžka	1901 - 1993	0,52	$y = 99,45 \cdot x + 1\,441,18$
	Stornoway	1874 - 2000	0,82	$y = 223,45 \cdot x + 1\,204,30$
	Cnoc nan Uamh	1881 - 1993	0,91	$y = 384,31 \cdot x + 1\,925,19$
T	Sněžka	1881 - 1993	-0,82	$y = -0,46 \cdot x + 0,28$
	Stornoway	1874 - 1993	-0,39	$y = -0,33 \cdot x + 8,08$
	Cnoc nan Uamh	1881 - 1993	-0,92	$y = -0,20 \cdot x + 6,95$



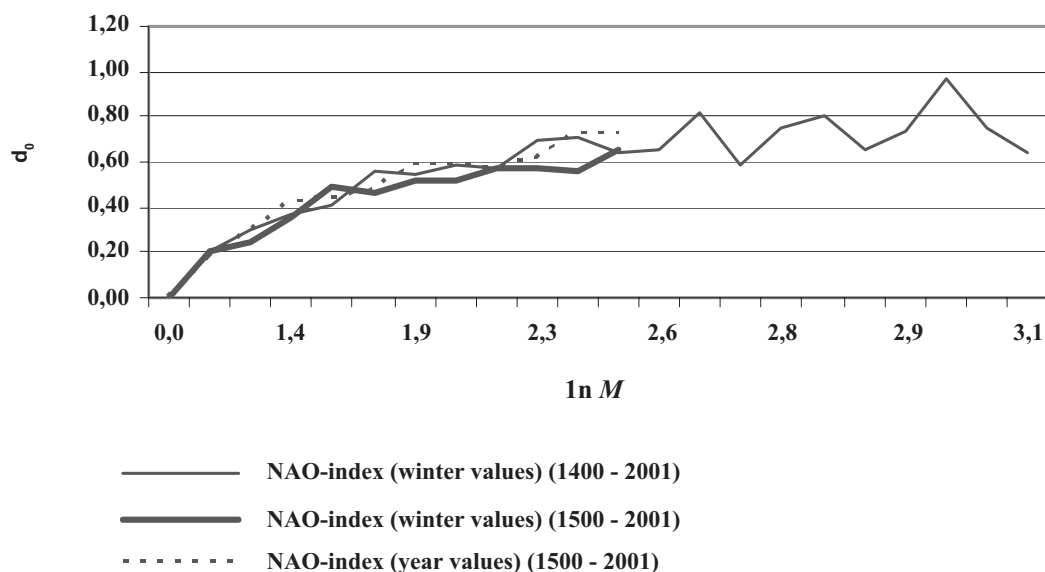
Obr. 4.

Průběh kapacity atmosférických srážek (P_{sum}) v měřených časových řadách lokalit v České republice
The continuance of precipitation (P_{sum}) deterministic capacity in data from the Czech Republic



Obr. 5.

Průběhy kapacit T (tučně) a P_{sum} v rekonstruovaných časových řadách severoatlantických dat
The continuances of T (bold) and P_{sum} deterministic capacity values in North Atlantic reconstruction time series



Obr. 6.

Průběh kapacity NAO-indexů v rekonstruovaných časových řadách severoatlantických dat
The continuance of NAO-index deterministic capacity in North Atlantic time series data reconstructions

Analysis of paleoclimatic time series for evaluation of recent climate change on European North Atlantic Region and Bohemian Massif selected localities

Summary

Although recent climate change is naturally initiated on the basis of cycles of solar activity, its running may be influenced by anthropogenic factors. A quazi-periodical time-series with length over 1,000 years have long-term trend. Shorter climatic time-series inform only about short-term features. The paleoclimatic reconstructions based on growth dynamics of stalagmites connected with corresponding time-series of measured climatic data from Central-European or North-Atlantic localities support a thesis about Earth's surface slow warming and about changes in sums of annual precipitations.

The succession in winter values of NAO-indexes significantly influences climate over British North Atlantic regions (North-Western Scotland) and specifically over windward declivities of Giant-Jizera orogen too. Obtained statistically significant correlations between 30-year values of NAO-indexes and normal annual precipitation make positive trend. But the NAO-indexes and normal temperatures make negative trend. Clear linear trend in temperatures at North-Western Scotland and the Sněžka Mt. (Giant Mts.) was approved during period 1881 - 1995. Precipitation data from this period indicated statistical identifiable correlations only to North-Atlantic region during above-normal episodes 1901 – 1932 and 1978 – 1995. During these precipitation above-normal events the NAO has a major effect to climate processes. During precipitation under-normal episodes over North Atlantic the local climate of Central Europe has been influencing by unspecified effects. Slow warming can convert to gradual decrease of precipitation and land drying-out evidently. Conversely, increase of precipitation indicates a beginning of cold and humid episode.

Recenzováno

HOUBY VÁZANÉ NA KOŘENOVÉ SYSTÉMY: METODICKÉ PŘÍSTUPY KE STUDIU REVIEW

Study of root fungi: methodical approach Review

Abstract

Root fungi study methods are based on indirect evaluations of the occurrence/abundance of mycorrhizal fungi as well as on direct quantifications of active/passive mycorrhizae from representative root samples. Standard method of root sampling presented here was developed and effectively used in long term studies of mycorrhizal changes in many study plots.

Klíčová slova: mykorhizní symbióza, ektomykorhiza, endomykorhiza, ektotrofní stabilita lesa, odběry vzorků, vliv acidifikace, kořenové hniloby
Key words: mycorrhizal symbiosis, ectomycorrhizas, endomycorrhizas, ectotrophic stability in forests, sampling, acidification, root-rot

Úvod

V posledních desetiletích došlo v Evropě ke zhoršení zdravotního stavu lesních porostů. Příčiny není jednoduché určit. Vedle přímého působení patogenních organismů a toxinů zde hraje velmi důležitou roli i narušení nutričního mechanismu. Z velké části jde patrně o společné působení většího množství faktorů (THOMAS et al. 2002). Mechanismus jejich působení je stále předmětem diskuse.

Velká pozornost je v současnosti věnována výzkumu kořenových systémů a funkci mykorhizních hub. Mnoho různých druhů těchto hub se v půdě vyskytuje současně a tvoří zde společenstva. Podstatná část těchto hub je schopna vytvářet mykorhizu na kořenech lesních dřevin. Vlákná mykorhizních hub specifickým způsobem propojují vnitřní prostor kořene s půdním prostředím a tím výrazně zvyšují velikost kontaktní plochy. Mykorhizní symbióza je proto důležitým fenoménem při všech úvahách o výživě stromů.

Mykorhizní symbióza

Mykorhizní symbióza je zvláštní formou symbiózy. Kombinací kořenů rostlin s houbovými organismy vznikají specifické útvary s fyziologickou aktivitou odvozenou od obou zúčastněných složek (obr. 1). Mykorhizní symbióza se vyskytuje u více než 95 % rostlinných druhů; zcela nemykorhizní jsou například rostliny vodní, některé rostliny žijící na zamokřených stanovištích a mnohé rostliny ruderalní.

Mykorhizní houba však nekolonizuje kořen chaoticky, ale omezuje se na některé jeho části, které označujeme jako kořenovou pokožku (rhizodermis) a (primární) kořenovou kůru, které jedinečným způsobem pozměňuje (GRYNDLER et al. 2004).

Distribuce jemných kořenů lesních dřevin je limitována dostupností živin a vody. Negativní limitace je dána nedostatkem vody a zvýšeným obsahem rizikových prvků. To znamená, že pro rozvoj jemných kořenů a ektomykorhiz jsou velmi vhodné vrstvy nadložního humusu a svrchní minerální horizont.

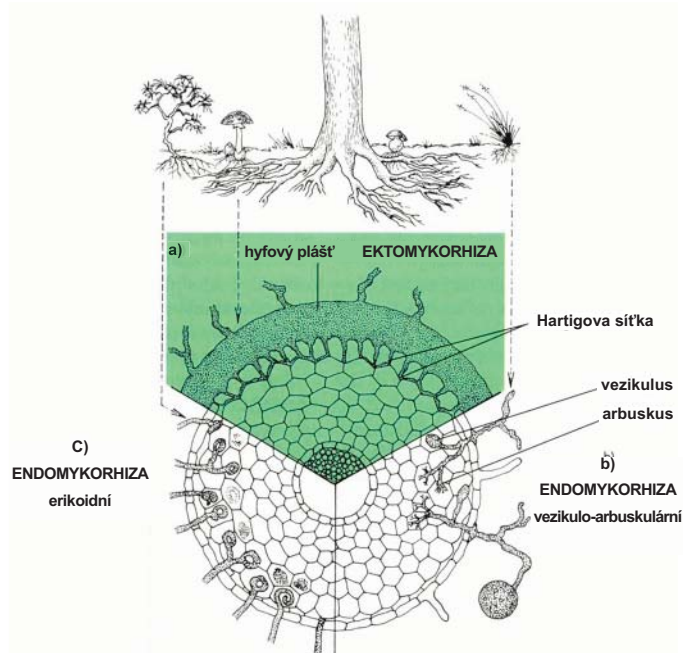
Experimentálně bylo zjištěno, že u rostlin s mykorhizními kořeny je zvýšen příjem živin, především fosforu, dusíku a draslíku, zejména pokud jsou tyto látky v prostředí v nízkých koncentracích nebo v nerozpustné formě. Mykorhizy mají ještě jednu významnou schopnost – dovedou přijaté minerální látky kumulovat a v období nedostatku živin je pak uvolňovat a předávat hostitelské rostlině. Rostlina naopak zásobuje mykorhizní houbu cukry, především monosacharidy. Mykorhizní symbióza je tedy procesem oboustranně výhodným (MEJSTŘÍK 1998, GRYNDLER et al. 2004).

Existuje několik typů mykorhizní symbiózy. Mezi endomykorhizní typy patří arbuskulární, erikoidní (arbutoidní, monotropoidní), orchideoidní, další typ je ektomykorhizní symbióza. Přechodným typem mezi ektomykorhizní a endomykorhizní symbiózou je ektendomykorhizní symbióza (PETERSON et al. 2004).

U všech typů mykorhizní symbiózy platí, že má-li vůbec vzniknout, je třeba, aby půda obsahovala živé mykorhizní houby. Ty mohou být přítomny ve formě klidových stadií (spor) nebo jako již symbioticky rostoucí či vegetativní mycelium (dočasně přežívající bez hostitele) (GRYNDLER et al. 2004).

Ektomykorhizní symbióza

Kořeny dřevin v oblastech mírného pásma vytvářejí mykorhizu se specifickými druhy hub. Převážná většina ektomykorhizních (EKM)



Obr. 1.
Morfologie hlavních typů mykorhiz (podle KLÁNA 1989)
Morphology of main types of mycorrhizae (after KLÁN 1989)

kořínků má velmi charakteristickou anatomickou stavbu. Krátké EKM kořínky postrádají kořenové vlášení, které je charakteristické pro nemykorrhizní kořínky nebo kořínky s endomykorrhizou. EKM kořínky rostou pomaleji a delší dobu v porovnání s nemykorrhizními. Vyskytují se především na kořenech v nejsvrchnějších vrstvách půdy s vysokým obsahem surového humusu.

Na povrchu kořínků infikovaných mykorrhizní houbou se vytváří hyfový plášť, růst kořínků se zpomalí a dochází k jejich charakteristickému větvení. Tloušťka pláště je závislá na druhu symbionta, délce vývoje EKM, stanovištních podmínkách i na druhu hostitelské dřeviny. Z povrchu pláště často vyrůstají do půdního prostředí další myceliální struktury (extramatricální mycelium, hyfové provazce a rhizomorfy). Do nitra kořene houba mechanicky proniká prostorami mezi buňkami primární kůry, kde vytváří tzv. Hartigovu síť, která je jedno i vícevrstevná. V době optimálního rozvoje vzniká velmi rozsáhlá kontaktní plocha vzájemného styku mezi mykobiontem, hostitelem, ale i prostředím. Tento velký povrch umožňuje i značně velký objem vzájemné výměny látek. Jak EKM stárne, houbové hyfy odumírají centripetálně.

Základní morfologická stavba EKM kořínků i jejich anatomické složení je v podstatě jednotné, bez ohledu na druhovou příslušnost dřevin a hub. Pouze mezi různými rody jsou patrné určité rozdíly ve větvení (u dubu, buku jsou monopodiálně větvené i nevětvené formy, u borovice jsou vidličnatě větvené atd.). Morfologie EKM kořínků není charakteristická pro určitého houbového symbionta (proto je velmi obtížné přímé určení druhu houby), spíše je ovlivněna hostitelskou dřevinou. Životnost EKM kořínků je různá a je závislá na mnoha vnějších i vnitřních faktorech. Předpokládaná maximální životnost je dva roky (MEJSTŘÍK 1988).

Ektomykorrhizní symbióza byla zatím popsána asi u 2 000 druhů rostlin (ROSYPAL et al. 2003, GRYNDLER et al. 2004). V přírodních ekosystémech hraje významnou roli, protože mezi EKM druhy patří všechny důležité dřeviny (smrk, borovice, jedle, dub, buk, bříza atd.) a čeled' dvoukřídláčovitě (*Dipterocarpaceae*). Některé listnaté dřeviny mohou vytvářet jak ektomykorrhizu, tak i endomykorrhizu (olše, vrba, lípa aj.). Předpokládá se, že kolem 5 000 druhů hub může vytvářet EKM, přičemž největší počet druhů hub patří do třídy stopkovýtrusých (*Basidiomycetes*) a vřeckovýtrusých (*Ascomycetes*) (MOLINA et al. 1992). Dřeviny s EKM jsou lépe adaptovány na nepříznivé podmínky prostředí a rostou lépe než bez EKM (PEŠKOVÁ 2000, VOŠÁTKA 2002).

Endomykorrhizní symbióza

Endomykorrhizní symbióza reprezentuje symbiózu hub a rostlin uvnitř struktury kořenů, a proto není na rozdíl od EKM na kořenech rostlin prostým okem patrná. Houbová vlákna pronikají z okolní půdy do kořenů, nejen do mezibuněčných prostorů, ale i do buněk vnitřní kůry. Nikdy se nevytváří hyfový plášť ani Hartigova síť, nedochází k morfologickým změnám ve stavbě kořínků a kořeny mají většinou kořenové vlášení. Nejběžnějším typem je arbuskulární mykorrhiza. Ta vytváří charakteristické rozvětvené útvary (arbuskuly), které mají funkci vstřebávací; později se tvoří v buňkách kořenů kulovité útvary (vezikuly), které mají funkci zásobní. Arbuskulární mykorrhiza byla zjištěna u většiny cévnatých rostlin. Endomykorrhizní symbióza byla zatím popsána u asi 1 000 rodů rostlin patřících do 200 čeledí, avšak soudí se, že se vyskytuje asi u 300 000 druhů rostlin, mezi něž patří převážná většina zemědělských plodin. Naopak počet druhů endomykorrhizních hub je malý. Většinou patří do třídy *Zygomycetes* (ROSYPAL et al. 2003).

Některé příčiny chřadnutí lesních porostů

Příčinou chřadnutí lesních porostů je řada stresových faktorů, jako jsou klimatické a povětrnostní vlivy (opakovaná suchá období, celkový nedostatek srážek nebo jejich nerovnoměrné rozložení v čase, mimořádné mrazy nebo naopak mírné zimy a nedostatek zimního vegetačního klidu, prudké zvraty počasí). Dále hrají roli i změny podmínek na stanovišti, související jak s vlivy klimatickými (zrychlený odtok a následný dlouhodobý deficit půdní vláhy, pokles hladiny spodní vody atd.), tak i s vlivy antropogenními (zejména imise se všemi vedlejšími a následnými vlivy jako např. acidifikace půd, vyplavování bází, změny chemismu půdy, ukládání toxických látek atd.) i antropickými (přímá kontaminace a devastace přírodního prostředí, nesprávné a nedostatečné hospodaření v lesích, nerespektování ekologických nároků a požadavků dřevin na stanoviště). Dalšími nepříznivými faktory jsou mimo jiné i zvýšené stavy zvěře a tím působené poškození lesních porostů okusem, ohryzem a zejména loupáním. Oslabené dřeviny jsou pak citlivější k napadení hmyzími či houbovými škodlivými organismy a dochází i k destrukci a rozpadu mykorrhizních vztahů (LEPŠOVÁ et al. 1987, FELLNER et al. 1995). Proces poškozování dřevin se liší podle typu, intenzity a délky stresového působení, přičemž záleží také na interakci s půdními, klimatickými a biotickými faktory (CUDLÍN et al. 1999).

Poškozování asimilačních orgánů dřevin má za následek snížení růstové rychlosti a schopnosti rostlin k vlastní obnově. Dřevina oslabená působením stresových faktorů není po delší době schopna udržet rovnováhu mezi produkčními a degradačními procesy a zajistit tak obnovu všech svých orgánů a musí přistoupit k jejich redukci. U jehličnanů dává přednost mladším orgánům, a proto dochází k předčasné ztrátě starších ročníků jehlic. Metodu, která by umožňovala zjistit retrospektivní reakci jednotlivých stromů nebo celého smrkového porostu na působení stresových faktorů, se pokusil vytvořit CUDLÍN (2002).

Ve druhé polovině 80. let publikoval JAKUCS et al. (1986) výsledky svých mnohaletých výzkumů o ekologických souvislostech odumírání dubů v Maďarsku. Při interpretaci svých závěrů zvažoval vlivy nejrůznějších činitelů, které mohou vést k poškozování lesních porostů, i nejrozdílnější projevy negativních změn, které lze v poškozovaných lesních ekosystémech zjistit. Jeho scénář základních příčinných vztahů v tomto složitém procesu degradace lesních stanovišť vychází z klíčové role vzdušného znečištění, které vede ke zvýšené kyselé depozici, jež způsobuje

- jak výrazné změny v půdě (pokles pH, vyčerpání pufrací kapacity, uvolňování rozpustného hliníku),
- tak i zánik mykorrhizních hub, což ve svých důsledcích navozuje
- procesy odumírání kořínků a inhibici mykorrhiz.

Řada dalších autorů poukazuje na souvislost mezi narušením mykorrhizních poměrů či ústupem mykorrhizních hub na jedné straně a vlivy vzdušného znečištění (SCHLECHTE 1986, FELLNER 1987, 1989, 1993, TERMORSHUIZEN, SCHAFFERS 1987, ARNOLDS 1989, GULDEN et al. 1992), případně na vztah s vizuálně hodnotitelným poškozením lesních dřevin (JAKUCS 1986, JANSSEN 1991, FELLNER, SOUKUP 1991) na straně druhé. Ochuzování původně bohatého spektra EKM hub postupuje s celkovým oslabováním porostů v horských a podhorských oblastech (LEPŠOVÁ et al. 1987).

Studium mykorhizních poměrů v lesních porostech

Při hodnocení míry narušení ektotrofní stability porostů se vychází jak z údajů o druhovém zastoupení mykorhizních hub (obr. 2), tak z údajů o podílu aktivních mykorhiz v odebraných kořenových sondách (FELLNER et al. 1995) či z údajů o stavu korun stromů (CUDLÍN et al. 1999).

Dosavadní výsledky výzkumu mykorhiz ukazují na diagnostický význam stanovení procentuálního podílu mykorhizních druhů makromycetů vzhledem k nemýkorhizním druhům. Tento poměr do jisté míry reflektuje mykorhizní poměry a tím indikuje narušení ektotrofní stability lesa. Při vyhodnocování druhové diverzity mykorhizních a dalších makromycetů bývají vybrané porosty pravidelně sledovány, a to přibližně jedenkrát měsíčně v průběhu fruktifikačního období. Je sledována abundance (počet plodnic jednotlivých druhů na ploše) a frekvence (přítomnost jednotlivých druhů v rámci dílčích ploch) u všech zjištěných druhů makromycetů a registrována jejich trofická příslušnost. Systém narušení lesa v důsledku vzdušného znečištění zahrnuje tři stadia narušení ektotrofní stability lesa (latentní, akutní, letální), jež jsou přímo spojeny jak s určitými fázemi ochuzování houbových společenstev, tak s určitými fázemi jejich obohacování (FELLNER et al. 1995). Pozitivní závislost vztahu mezi „indexem asimilační kapacity produkční části koruny“ jednotlivých stromů a počty plodnic všech EKM druhů hub, nalezených pod průmětem jejich koruny, zjistil statistickými testy v horských smrkových ekosystémech CUDLÍN et al. (1999). Z výsledků studie vyplývá přímý negativní dopad postupného poškozování asimilačního aparátu na počet plodnic EKM hub.

Studium jemných kořenů je důležitým zdrojem informací pro pochopení dynamiky lesních ekosystémů. Dynamika rozvoje jemných kořenových systémů a EKM je řízena jednak vnitřními faktory dřeviny, podmínkami půdního prostředí (dostupností vody, aciditou, dostupností minerálních látek, obsahem organické hmoty v půdě atd.) a povětrnostními vlivy. Mykorhizní kořenový systém lesních dřevin citlivě reaguje na acidifikaci půdy, vápnění a hnojení.

Vzorkování – sondy, standardní metoda zpracování

Sledování kvality mykorhiz a jejich změn v čase je možné pouze pomocí analýz reprezentativních vzorků kořenového systému. Vzorko-

vání určitých částí kořenového systému nesmí svým rozsahem ovlivnit přirozenou vitalitu stromů na dlouhodobě sledovaných plochách. V současnosti používaná metoda analýz mykorhizní infekce je kompromisem mezi pracností a ekonomickou náročností (cenou) přípravy jednotlivých vzorků a jejich rozsahem (tedy velikostí a počtem opakování). Zvláštní zřetel při testování metody byl věnován srovnatelnosti výsledků z jednotlivých odběrů.

Odebírání vzorků podle vhodně zvoleného designu, jejich následné laboratorní zpracování jednotnou metodou a co nejobektivnější vyhodnocení je důležitým předpokladem reprezentativnosti a konzistence výsledků. V letech 1994 - 2000 byl vyvinut takový postup, který dovozuje zpracovat větší množství vzorků během poměrně krátkého období (CAISOVÁ 1994, PEŠKOVÁ 2000). Jiný možný postup volila např. ŠMILAUEROVÁ (1990).

Doba odběrů vzorků závisí na cílech výzkumu. K podchycení sezonní dynamiky růstu by bylo vhodné provádět odběry každý měsíc, alespoň po dva roky. V případě srovnávání mykorhizních poměrů na více plochách postačí provádět odběry na jaře a na podzim.

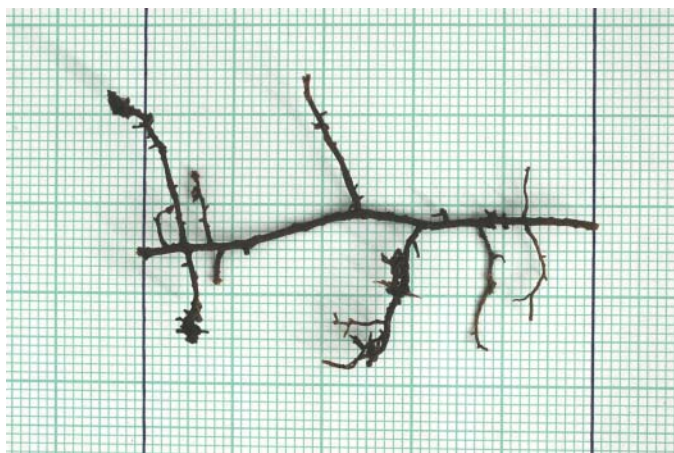
Místo odběru vzorků na zvolené ploše by mělo být náhodné, přitom však s přibližně stejnou pravděpodobností zachycení průměrného vzorku, což není snadné vzhledem k často složitým terénním podmínkám. Pro odběry byla definována vzdálenost od kmene stromů, což zajišťuje zachycení vhodné části kořenového systému. Počet vzorků závisí opět na cílech výzkumu, velikosti studovaných ploch a velikosti sondy. Jako přijatelný kompromis se jeví současný odběr pěti různých vzorků z každé plochy.



Obr. 2.
Plodnice hříbu smrkového (*Boletus edulis*)
Boletus fructification (*Boletus edulis*)



Obr. 3.
Sonda k odběru kořenů, plastická vložka s odebraným vzorkem
Sampling tool (borer) with soil sample in plastic compartment



Obr. 4.
Základní segment kořenu smrku (5 cm délky, průměru do 1 mm) je hlavní jednotkou při stanovení počtu mykorhiz
Level of mycorrhization is evaluated on standard root segments (5 cm long roots thinner than 1mm)

Při volbě vhodné kořenové sondy je třeba zohlednit zkoumaný porost a jeho horizontální a vertikální rozložení kořenů. Sonda s větším průměrem přinese přesnější výsledky, ovšem velký průměr je pro rutinní stanovení nevhodný (vysoká hmotnost, nesnadná manipulace, ale především nákladné zpracování). S extrémně velkou sondou by hrozilo i případné poškození studovaných stromů v delším časovém horizontu. Naopak sonda malého průměru nemusí dobře zachytit distribuci kořenů a vyžaduje proto vysoký počet odběrů. Průměr kořenových vrtáků používaných různými autory kolísá od 1,2 do 10,0 cm a hloubka odebraného prostoru od 7,5 do 90,0 cm. MARKS et al. (1967) a ALEXANDER (1985) spočítali, že optimální průměr sondy se pohybuje okolo 4 cm (obr. 3). To za předpokladu, že na přesnosti vyhodnocení kořenů o průměru nad 2 mm příliš nezáleží. Maximální prokořenění, zejména kořenů do průměru 1 mm, se soustřeďuje do svrchních 8 - 30 cm půdy, převážně do vrstvy opadu a humusového horizontu. Je nutné podotknout, že typ kořenové soustavy jednotlivých druhů dřevin je nejen specifický, ale je také silně ovlivňován stanovištními podmínkami.

Vlastní extrakce kořenů je poměrně složitou a náročnou fází zpracování vzorků. Čím je materiál čistější, tím je determinace přesnější a rychlejší. Při laboratorním zpracování se však musí klást velký důraz na to, aby nedošlo k poškození mykorhiz, jejich odlomení či oschnutí. Zbytkové znečištění kořenů, které často komplikuje determinaci, závisí především na vlastnostech půdy a na typu mykorhiz.

Způsob a kvalita třídění extrahovaných kořenů bývá jednou z příčin nesrovnatelnosti výsledků. Z hlediska příjmu živin z půdy je nejdůležitější a nejadaptivnější kořenová frakce do 1 mm v průměru. Kořeny v průměru nad 2 mm jsou v případě sondy s malým průměrem (5 cm) již málo početné a proto nepoužitelné, neboť je sonda nezachytí reprezentativně.

Vlastní determinace mykorhiz se provádí detailní prohlídkou vybraných částí kořenů pod mikroskopem. K rozlišení aktivních a neaktivních mykorhizních špiček je nutná praktická zkušenost. Ve sporných případech jsou jednotlivé špičky detailně prozkoumány na mikroskopickém řezu. Standardní podmínky nejlépe zaručí provedení práce jedním týmem a determinace všech vzorků jediným zkušeným specialistou.

Počty mykorhizních špiček jsou určovány na kořenech do 1 mm v průměru (obr. 4) pod binokulární lupou podle následujících diagnostických znaků: za typické jsou považovány špičky s vyvinutým houbovým pláštěm, Hartigovou sítí, s vysokým turgorem, postrádající koře-

nové vlášení, na povrchu hladké, světlejší barvy - tyto jsou řazeny do společné skupiny „aktivních mykorhiz“. Naproti tomu špičky, u nichž je patrná výrazná ztráta turgoru, jsou na povrchu svraskalé, chybí jim houbový plášť a Hartigova síť, se řadí do skupiny „neaktivních mykorhiz“. Některé aktivní mykorhizní špičky mohou být též svraskalé a částečně vypadat jako odumřelé, ale přesto si podržují svou fyziologickou funkci (KOCOUREK 1991).

Mezi hlavní sledovaná kritéria v rámci prováděných analýz patří absolutní počty aktivních a neaktivních mykorhizních špiček a množství kořenové sušiny, a to zejména kořenů o průměru do 1 mm, kde se EKM vyskytují především. Navíc jsou právě tyto kořeny považovány za jednu z neadaptivnějších složek kořenových systémů, pokud jde o přizpůsobování měnícím se stanovištním podmínkám. Úroveň mykorhizních vztahů je hodnocena s využitím několika parametrů: hustota aktivních a neaktivních mykorhizních špiček a jejich procentuální podíl. Hustota aktivních a neaktivních mykorhiz je počítána jako průměrná hodnota počtu mykorhiz vztažená na 1 cm délky kořene. Procentuální podíl mykorhiz je kalkulován jako poměr aktivních a neaktivních mykorhiz (CAISOVÁ 1994).

Jiné metody doporučují např. hodnocení povrchu kořenů či zjištění jejich hmotnosti. Principem jedné metody je pokrytí povrchu kořenů tenkou vrstvou substance a zjištění množství této látky, nebo odhad povrchu kořenů změřený digitizérem. Nepřímou metodou je zjištění hmotnosti sušiny kořenů (ŠMILAUEROVÁ 1990). Další metody studia mykorhizních poměrů spadají spíše do oblasti experimentů s čistými kulturami hub a syntéz mykorhiz v umělých podmínkách (PODILA et al. 2000).

Proměnlivost mykorhiz

Při studiu mykorhizních poměrů bylo zjištěno, že hustota mykorhiz je ovlivněna především dlouhodobě existujícími lokálními podmínkami, zatímco procentuální podíl mykorhiz je patrně citlivěji reagující na okamžité změny, jako je např. vláhový stres, zhoršení imisní situace atd. Ačkoliv není zcela zřejmé, které konkrétní stanovištní podmínky ovlivňují rozhodující měrou hustotu mykorhiz, lze pro účely analýzy mykorhizních poměrů a zdravotního stavu lesa na různých lokalitách doporučit, aby srovnávací analýza byla vždy zařazována jen na stanoviště s obdobnou hustotou mykorhiz (FELLNER et al. 1995). Jiným komplikujícím faktorem může být opakující se silná defoliace způsobená hmyzím žírem, jež může zásadním způsobem redukovat mykorhizní aktivitu v příslušných letech, jak to bylo názorně prokázáno Lastem a jeho spolupracovníky (LAST et al. 1979) při umělé provedené odlisťování mladých bříz.

Výsledky mykorhizních a mykologických výzkumů v dubových, smrkových a bukových porostech (FELLNER et al. 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, SOUKUP et al. 2001, 2002, 2003, PEŠKOVÁ 2005) ukazují většinou pozitivní korelaci procentuálního podílu mykorhizních druhů hub (determinováno podle plodnic) k zjištěnému procentuálnímu podílu aktivních mykorhiz získaných z půdních sond. Na většině sledovaných dubových ploch vykazoval procentuální podíl aktivních mykorhiz negativní korelaci s podílem zastoupených stromů s výraznou defoliací. Tento závěr mívá své omezení a platí pouze pro stromy s vysokou mírou defoliace (vyšší než 60 %) a zpravidla na stanovištích vykazující obdobnou hustotu mykorhiz (FELLNER et al. 1995).

Vliv acidifikace a melioračních zásahů na mykorhizní poměry

Imisní situace ve střední Evropě je ovlivňována postupujícím rozvojem acidifikačních procesů za současného zvyšování depozice dusíku. Oba tyto momenty mají značný vliv nejen na zdravotní stav lesních

porostů, ale také na uvažovaný rychlý ústup EKM a na distribuci jemných kořenů a mykorhiz.

V případě použití chemické meliorace jsou využívány jak přímé, tak i nepřímé postupy. Při přímém hnojení působí živiny poutané v melioračních materiálech přímo na zintenzivnění látkových cyklů. Úroveň koloběhu živin se tak dostává na původní stav nebo i nad něj. Při nepřímých postupech dodaná látka zrychluje a zintenzivňuje biologické cykly a zvyšuje biologickou aktivitu lesních půd. Děje se tak prostřednictvím zrychlené mineralizace a zvýšeného rozkladu půdní organické hmoty (PODRÁZSKÝ 2006).

Lesní porosty jsou různou měrou postiženy acidifikací, proto i různou měrou reagují na chemická meliorační opatření (LEPŠOVÁ 2003). Po vápnění porostů dochází pravidelně k urychlení dekompozičních procesů v nadložním humusu a uvolňuje se vyšší množství živin. Pro jejich účelné využití je nutný kvalitní kořenový systém. Řada studií prokazuje negativní vlivy vápnění na mykorhizní poměry. Při experimentech s vápněním v Polsku v borových lesích zaznamenali HEINRICH a WOJEWODA (1976) ústup v počtu druhů EKM hub a jen slabý nárůst saprofytů. KUYPER a VRIES (1990) dokumentovali jako důsledek vápnění v borových porostech nejen redukcí EKM hub, ale i mnoha saprofytů. KUYPER (1991) uvádí, že negativní vliv vápnění na mykorhizní poměry je nejlépe vysvětlený nepřímým vlivem rostoucí dynamiky dusíku, jenž má u většiny EKM hub silně inhibiční účinek.

Existuje rovněž i řada prací, které uvádějí více méně pozitivní vliv vápnění na mykorhizu. Např. MURACH a SCHÜNEMANN (1985) zjistili lepší růst jemných kořenů na vápněných plochách, které měly dobré zásobené živinami. Aplikace vápence vedla k vytvoření mělkého kořenového systému - v období sucha se tento trend může ukázat jako nevýhodný.

Výzkumy v Krkonoších ukázaly, že inhibující vliv vápnění na mykorhizní poměry, patrný bezprostředně po aplikaci dolomitického vápence, po několika letech mizí (FELLNER et al. 1995). Toto vápnění ovšem bylo provedeno na stanovištích vykazujících v době aplikace již minimálně akutní a často i letální narušení ekotrofní stability lesa a nadto nevedlo k výraznému zvýšení hodnoty pH, jež by následně vyvolalo změny v dynamice dusíku se všemi běžnými negativními důsledky na mykorhizní mykoflóru.

Na vytváření mykorhiz nepříznivě působí extrémní nedostatek, ale i nadbytek dusíku (KOCOUREK 1991). MEYER (1988) poukazuje na to, že existuje určité optimum dusíku v půdě, při kterém je četnost mykorhiz maximální (asi 7 mg minerálního dusíku na 100 g suché půdy). V důsledku nadměrného množství dusíku je biomasa kořenového systému redukována a současně nadzemní část stromu roste rychleji, než je kořenový systém schopen přijímat živiny jako draslík a hořčík. Relativní redukce kořenového systému v souvislosti se zvýšeným množstvím dusíku v půdě je způsobena omezením větvení a naopak zvětšením délky kořenů. Omezené větvení může mít za následek snížení počtu mykorhiz, neboť ty se vytvářejí pouze na mladých kořenech v iniciačním stadiu vývoje. Snížení počtu mykorhizních špiček vlivem dusíkatých hnojiv zjistili také ARNEBRAND a SÖDERSTRÖM (1989), avšak upozornili na to, že změna byla krátkodobá a trvala asi 3 roky. Vysoký obsah dusíku v půdě má negativní vliv na většinu EKM druhů hub (PERSSON 1988).

Celkově lze shrnout, že podle literatury pouhá aplikace vápence bez obsahu např. hořčíku rozvoji EKM kořenového systému nepřispívá, spíše jej potlačuje a omezuje jeho výskyt v nadložním humusu, kde je vystaven negativnímu působení sucha a dalších toxických polutantů, které se zde hromadí. Problematická je aplikace anorganického dusíku, který inhibuje mykorhizní poměry - zejména s aplikací vápníku byla vždy prokázána jako nepříznivá pro rozvoj EKM kořínků (LEPŠOVÁ 2003).

Kořenové hniloby

Specifickým problémem interakce houby a kořenů jsou patogenní houby působící hniloby kořenů, které tvoří jakýsi protipól k mykorhizní symbióze.

Zatímco u semenáčků resp. sazenic lesních dřevin jsou dominantními původci kořenových hnilob houby ze skupiny *Deuteromycetes* (např. zástupci rodů *Fusarium*, *Verticillium*, *Cylindrocarpon*), popř. *Oomycetes* (*Pythium*, *Phytophthora*) – viz např. PŘÍHODA (1954), PEŠKOVÁ (2005), s narůstajícím věkem dřevin se jako původci kořenových hnilob prosazují stále častěji houby vřecovýtrusé (*Ascomycetes*) a především stopkovýtrusé (*Basidiomycetes*).

Tyto dřevokazné houby a jimi působené hniloby kořenů, kmenů i větví patří mezi velmi vážné problémy lesních porostů. Patří k nejškodlivějším organismům, které nejen rozkládají vyprodukovanou dřevní hmotu, ale infikováním kořenů mohou zavinit i odumírání napadených stromů, které může vést až k rozpadu porostů (JANČAŘÍK 2003).

V lesích je šíření dřevokazných hub – původců kořenových hnilob zpravidla podporováno třemi hlavními negativními predispozičními faktory:

- suchými periodami (výrazné opakované letní přísušky)
- poškozením stromů, zejména kořenů a kořenových náběhů při těžbě a přibližování
- poškozením stromů zvěří ohryzem a zejména loupáním

Dřevokazné houby pak vnikají do stromů buď těmito poraněními anebo i jinými cestami (mrazovými trhlinami, prasklinami po sluneční spále, zlomy po námraze, bořivých větrech, požerky podkorního a dřevokazného hmyzu atd.), ale i drobnými mikroskopickými trhlinami jemných kořínků způsobenými při periodickém vysychání půdy, kořenovými srůsty z již infikovaného stromu apod.

Rozvoj hniloby po infekci probíhá různě (viz např. JAHN 2005), je silně závislý i na tom, zda houba – původce je celulózovorní (tj. dokáže rozkládat pouze celulózní složky dřeva a působí tzv. (červenou)hnědou hnilobu s kostkovitým (hranolkovitým) rozkladem dřeva) nebo ligninovorní (rozkládá i lignin a působí bílou, korozivní hnilobu dřeva) (RYPÁČEK 1957).

Nejzávažnějšími původci kořenových hnilob jsou druhy hub napadající živé zdravé stromy, kteří bývají často označováni jako primární parazité (na rozdíl od sekundárních – ranových parazitů, vyžadujících k infekci vznik výraznějšího poranění na hostitelské dřevině).

Z hospodářského hlediska jsou v našich podmínkách nejvýznamnější václavky a kořenovník vrstevnatý. Převážná většina dosavadních poznatků o václavkách v lesnictví se vztahuje ke kumulativnímu druhu václavka obecná *Armillaria mellea* (VAHL: FR.) KUMM. agg. V Evropě i v Česku je v současné době vylišeno 5 druhů prstenatých václavek a 2 druhy václavek bezprstenných (SOUKUP 2005). V Česku má dnes největší hospodářský význam václavka smrková *Armillaria ostoyae* (ROMAGN.) HERINK (obr. 5), patřící mezi václavky s blanitým prstenem (JANČAŘÍK et al. 1999). Kořenovník vrstevnatý *Heterobasidion annosum* (FR.) BREF. – původce tzv. „červené hniloby“, patří mezi nejškodlivější houby v lesních porostech, zejména smrku a borovice. Obě tyto houby infikují kořenový systém a výrazně tak narušují nejen jeho funkčnost, ale i stabilitu stromu. Jako hostitelské dřeviny kořenovník v ČR výrazně upřednostňuje jehličnany, václavky působí významné škody nejen v porostech jehličnanů, ale i listnáčů.

Původcem hnědé hniloby kořenů obzvláště na lokalitách se zvýšenou hladinou spodní vody bývá často i hnědák Schweinitzův *Phaeolus schweinitzii* (FR.) PAT., který napadá především borovice, modřiny a dal-

ší jehličnany. U listnáčů patří mezi nejvýznamnější dřevokazné houby poškozující kořenové systémy původce bílé hniloby dřevomor kořenový *Ustulina deusta* (Fr.) PETRAK (ČERNÝ 1976).

Souhrn

Příčiny zhoršování zdravotního stavu lesních porostů není jednoduché určit. Vedle přímého působení patogenních organismů a toxinů zde hraje velmi důležitou roli i narušení nutričního mechanismu. Z velké části jde patrně o společné působení většího množství faktorů. Velká pozornost je v současnosti věnována výzkumu kořenových systémů a funkci mykorhizních hub. Metodickým přístupům ke studiu problematiky je věnován i tento příspěvek.

Podstatná část hub je schopna vytvářet mykorhizy na kořenech lesních dřevin. Mykorhizní symbióza je proto důležitým fenoménem při všech úvahách o výživě stromů. Existuje několik typů mykorhizní symbiózy (endomykorhiza, ektomykorhiza, ektendomykorhiza aj.). Při hodnocení míry narušení ektotrofní stability porostů se vychází jak z údajů o druhovém zastoupení mykorhizních hub, tak z údajů o podílu aktivních mykorhiz v odebraných kořenových sondách. Sledování kvality mykorhiz a jejich změn v čase je možné pouze pomocí analýz reprezentativních vzorků kořenového systému.

Specifickým problémem interakce houby a kořenů jsou patogenní houby působící hniloby kořenů, které tvoří jakýsi protipól k mykorhizní symbióze.



Obr. 5.
Plodnice václavky smrkové (*Armillaria ostoyae*) na kořenech odumřelého smrku
Fructifications of honey-fungus (*Armillaria ostoyae*) growing on dead spruce roots

Literatura

- ALEXANDER, I.: Measuring mycorrhizal biomass: principles and problems. In: Proc. of the 6th NACOM, June 25-29, 1984, Bend, Oregon, U.S.A. Forest Research Laboratory, 1985, s. 136-138
- ARNEBRANT, K., SÖDERSTRÖM, B.: The influence of nitrogen fertilization on ectomycorrhizal mycelial colonization and infection. *Agric. EcoSyst. Environm.*, 28, 1989, s. 21-25
- ARNOLDS, E.: The changing macromycete flora in the Netherlands. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 90, 1989, s. 391-406
- CAISOVÁ, V.: Hodnocení mykorrhizace sazenic smrku pichlavého (*Picea pungens*) po aplikaci tekutého a suchého inokula lakovky (*Laccaria proxima*). *Práce VÚLHM*, 79, 1994, s. 117-123
- CUDLÍN, P.: Vliv dlouhodobé acidifikace na stav a strukturu asimilačních orgánů smrku ztepilého. In: Hruška, J., Ciencala, E. (eds.): Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. Praha: Ministerstvo životního prostředí 2002, s. 121-127
- CUDLÍN, P., CHMELÍKOVÁ, E., MALENOVSKÝ, Z., ZEMEK, F., HEŘMAN, M.: Zjišťování vztahů mezi fruktifikací ECM hub a stanovištními faktory na trvalých výzkumných plochách pomocí „MINI GIS“. In: Houby a les. MZLU: Brno 3.-5. června 1999, s. 27-30
- ČERNÝ, A.: Lesnická fytopatologie. Praha: SZN 1976. 347 s.
- FELLNER, R.: Monitorování změn v druhové diverzitě mykorrhizních hub na imisně různě exponovaných stanovištích. [Monitoring of changes in species diversity of mycorrhizal fungi in sites exposed to different levels of air pollution.] In: Ekologie mykorrhiz a mykorrhizních hub. Pardubice: DT ČSVTS 1987, s. 93-103
- FELLNER, R.: Mycorrhizae - forming fungi as bioindicators of air pollution. *Agric. EcoSyst. Environm.*, 28, 1989 s. 115-120
- FELLNER, R.: Air pollution and mycorrhizal fungi in Central Europe. In: Pegler, D. N., Boddy, L. B., Kirk, P. M. (eds.): Fungi of Europe: Investigation, recording and conservation. Royal Botanic Gardens, Kew 1993, s. 239-250
- FELLNER, R., BYSTRČAN, A., TIHOVNOVÁ, H., SOUKUP, F., JAVŮREK, M.: Monitorování vlivu vápnění a kapalného hnojení na mykorrhizní poměry ve smrkových porostech v Krkonoších 1. Etapová zpráva za rok 1991. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 1991. 82 s.
- FELLNER, R., CAISOVÁ, V., LANDA, J., SOUKUP, F., JAVŮREK, M.: Monitorování vlivu vápnění a kapalného hnojení na mykorrhizní poměry ve smrkových porostech v Krkonoších. Zpráva o průběhu řešení v roce 1992. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 1992. 9 s.
- FELLNER, R., CAISOVÁ, V., LANDA, J., SOUKUP, F., JAVŮREK, M.: Monitorování vlivu vápnění a kapalného hnojení na mykorrhizní poměry ve smrkových porostech v Krkonoších 2. Etapová zpráva za léta 1992 - 1993. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 1993. 103 s.
- FELLNER, R., CAISOVÁ, V., SOUKUP, F., JAVŮREK, M.: Vliv přihnojování Agrobomagem-N v Jizerských horách na mykorrhizní poměry ve smrkových mlazinách. In: Lomský, B. et al.: Výhodnocení letického přihnojování Agrobomagem-N v Jizerských horách. Etapová zpráva. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 1993. 44 s.
- FELLNER, R., CAISOVÁ, V., SOUKUP, F., JAVŮREK, M.: Vliv přihnojování Agrobomagem-N v Jizerských horách na mykorrhizní poměry ve smrkových mlazinách. In: Lomský, B. et al.: Výhodnocení letického přihnojování Agrobomagem-N v Jizerských horách. Etapová zpráva. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 1994. 35 s.
- FELLNER, R., KOUBA, F., LANDA, J., PEŠKOVÁ, V., SOUKUP, F., JAVŮREK, M.: Monitorování vlivu vápnění a kapalného hnojení na mykorrhizní poměry ve smrkových porostech v Krkonoších 4. Etapová zpráva za léta 1992 – 1995. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 1995. 186 s.
- FELLNER, R., PEŠKOVÁ, V.: Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationships in temperate forests. *Can. J. Bot.*, 73, 1995, Suppl. 1, s. 1310-1315
- FELLNER, R., SOUKUP, F.: Mycological monitoring in the air-polluted regions of the Czech Republic. *Commun. Inst. Forest. Cech.*, 17, 1991, s. 125-137
- GRYNDLER, M., BALÁŽ, M., HRŠELOVÁ, H., JANSÁ, J., VOSÁTKO, M.: Mykorrhizní symbióza, o soužití hub s kořeny rostlin. Praha: Academia 2004. 366 s.
- GULDEN, G., HOILAND, K., BENDIKSEN, K., BRANDRUD, T. E., FOSS, B. S., JENSSEN, H. B., LABER, D.: Fungi and air pollution. *Mycocoenological studies in three oligotrophic spruce forests in Europe. Biblioth. Mycol.*, 144, 1992, s. 1-81
- HEINRICH, Z., WOJEWODA, W.: The effect of fertilization on a pine forest ecosystem in an industrial region. IV. Macromycetes. *Ekol. Pol.*, 24, 1976, s. 319-330
- JAHN, H.: Pilze an Bäumen. Berlin – Hannover: Patzer Verlag 2005. 275 s.
- JAKUCS, P., MESZAROS, I., PAPP, B. L., TOTH, J. A.: Acidification of soil and decay of sessile oak in the „Sikfokut project“ area (N-Hungary). *Acta Bot. Hung.*, 32, 1986, s. 303-322
- JANČAŘÍK, V.: Dřevokazné houby – původci hnilob lesních a okrasných dřevin. *Agro*, VIII, 2003, č. 6, s. 28-31
- JANČAŘÍK, V., JANKOVSKÝ, L.: Václavka stále aktuální. *Lesnická práce*, 78, 1999, č. 9, s. 414-417
- JANSEN, A. E.: The mycorrhizal status of Douglas fir in the Netherlands: its relation with stand age, regional factors, atmosphere pollutants and tree vitality. *Agric. EcoSyst. Environm.*, 35, 1991, s. 191-208
- KLÁN, J.: Co víme o houbách. Praha: SPN 1989. 310 s.
- KOCOUREK, R.: Závislost odumírání smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.) v imisních oblastech na ekologických charakteristikách ektomykorrhizních symbióz. Kandidátská disertační práce. České Budějovice: Ústav krajinné ekologie ČSAV 1991. 137 s.
- KUYPER, T. W.: Some effects of forest fertilisation on ectomycorrhizal fungi and ectomycorrhizas: implications for the responses to nitrogen pollution. In: Person, H.: Above- and below-ground interactions in forest trees in acidified soil. *Comm. Eur. Communities*, Brussels, 1991, s. 66-73.
- KUYPER, T. W., VRIES, B. W. L.: Effects of fertilisation on the mycoflora of a pine forest. In: Oldeman, R. A. A. et al.: Forest ecosystems and their components. Wageningen Agric. Univ. Paper, 90, 1990, č. 6, s. 102-111
- LAST, F. T., PELHAM, J., MASON, P. A., INGLEBY, K.: Influence of leaves on sporophore production by fungi forming sheathing mycorrhizas with *Betula* spp. *Nature (London)*, 280, 1979, s. 168-169
- LEPŠOVÁ, A., CUDLÍN, P., KRÁLOVÁ, M.: Ektomykorrhizní houby smrku ztepilého v imisních oblastech Šumavy, Krušných hor a Krkonoš. In: Ekologie mykorrhiz a mykorrhizních hub. Pardubice: DT ČSVTS 1987, s. 104-119
- LEPŠOVÁ, A.: Ektomykorrhiza pod vlivem acidifikace, vápnění a hnojení I. *Lesnická práce*, 82, 2003, č. 5, s. 248-249.
- MARKS, G. C., DITCHBURNE, N., FOSTER, R. C.: A technique for making quantitative estimates of mycorrhiza populations in *Pinus radiata* forests and its application in Victoria. In: Proc. Int. Univ. Forest. Res. Organ., 14th IUFRO congress, Sect. 24, 1967, s. 66-83
- MEJSTŘÍK, V.: Mykorrhizní symbiózy. Praha: Academia 1988. 150 s.
- MEYER, F. H.: Ectomycorrhiza and decline of trees. In: Proc. of Ectomycorrhiza and Acid Rain, December 10-11, 1987, Berg en Dal, The Netherlands, Bilthoven, 1988, s. 9-31

- MOLINA, R., MASSICOTTE, H., TRAPPE, J.: Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: community - ecological consequences and practical implications. In: Allen, M. F. (ed.): *Mycorrhizal Functioning: an Integrative Plant – Fungal Process*. Routledge. New York: Chapman a Hall 1992, s. 357-423
- MURACH, D., SCHÜNEMANN, E.: Reaktion der Feinwurzeln von Fichten auf Kalkungsmaßnahmen. *Allg. Forstztg.*, 43, 1985, s. 1151-1154
- PEŠKOVÁ, V.: Mykorhizní inokulace, cesta, jak zlepšit ujmavost sazenic. *Lesnická práce*, 79, 2000, č. 3, s. 120-121
- PEŠKOVÁ, V.: Odběry a rozborů kořenů pro studium mykorhizních poměrů v lesních porostech. *Zpravodaj ochrany lesa*, VI, 2000, č. 8, s. 9-10
- PEŠKOVÁ, V.: Padání a kořenové hniloby semenáčků. *Lesnická práce*, 2005, č. 11 příloha, 4 s.
- PEŠKOVÁ, V.: Dynamics of oak mycorrhizas. *Journal For. Sci.*, 51, 2005, č. 6, s. 259-267
- PERSSON, H.: Root growth and root damage in Swedish coniferous stands. In: *Proc. of Ectomycorrhiza and Acid Rain*, December 10-11. 1987, Berg en Dal, The Netherlands, Bilthoven, 1988, s. 53-59
- PETERSON, R. L., MASSICOTTE, H. B., MELVILLE, H.: *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. Ottawa: NRC Research Press 2004. 173 s.
- PODILA, G. K., DOUDS, D. D.: *Current advances in mycorrhizae research*. St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society 2000. 193 s.
- PODRÁZSKÝ, V.: Význam opatření chemické meliorace stanovišť pro stabilitu a odolnost lesních porostů. In: Baňar, P., Holuša, J. (eds.): *Vztahy a vazby ochrany lesa na ostatní odvětví lesního hospodářství. Sborník referátů z 30. setkání lesníků tří generací*. Praha 9. 3. 2006. *Zpravodaj ochrany lesa*, 12, 2006, s. 19-23
- PŘÍHODA, A.: Padání semenáčků a hynutí sazenic hnilobou kořenů. Praha: SZN 1954. 104 s.
- ROSYPAL, S. et al.: *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia 2003. 797 s.
- RYPÁČEK, V.: *Biologie dřevokazných hub*. Praha: Nakl. ČSAV 1957. 209 s.
- SCHLECHTE, G.: Zur Mykorrhizapilzflora in geschädigten Forstbeständen. *Mykol.*, 52, 1986, s. 225-232
- SOUKUP, F.: *Armilaria ostoyae* (ROMAGN.) HERINK václavka smrková. *Lesnická práce*, 2005, č. 10 příloha, 4 s.
- SOUKUP, F., LIŠKA, J., KNÍŽEK, M., PEŠKOVÁ, V.: Zdravotní stav dubů v ČR a jeho ohrožení houbovými a hmyzími škůdci. Výroční zpráva projektu NAZV QD 0332. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 2001. 23 s.
- SOUKUP, F., PEŠKOVÁ, V., LIŠKA, J., KNÍŽEK, M.: Zdravotní stav dubů v ČR a jeho ohrožení houbovými a hmyzími škůdci. Výroční zpráva projektu NAZV QD 0332. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 2002. 32 s.
- SOUKUP, F., PEŠKOVÁ, V., LIŠKA, J., KNÍŽEK, M.: Zdravotní stav dubů v ČR a jeho ohrožení houbovými a hmyzími škůdci. Závěrečná zpráva projektu NAZV QD 0332. Jíloviště-Strnady: VÚLHM 2003. 45 s.
- ŠMILAUEROVÁ, M.: *Mykorhizy na kleči a jejich kvantifikace*. Diplomová práce. Praha: Katedra botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy 1990. 154 s.
- TERMORSHUIZEN, A. J., SCHAFFERS, A. P.: Occurrence of carpophores of ectomycorrhizal fungi in selected stands of *Pinus sylvestris* in the Netherlands in relation to stand vitality and air pollution. *Pl. & Soil*, 104, 1987, s. 209-217
- THOMAS, F. M., BLANK, R., HARTMANN, G.: Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology*, 32, 2002, č. 4/5, s. 277-307
- VOSÁTKA, M.: Houbový internet v půdě. *Živa*, 5, 2002, s. 203-205

Poznámka:

Práce byla vypracována v rámci řešení výzkumného záměru MZE 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“.

Study of root fungi: methodical approach Review

Summary

Recent large scale deterioration of forests has no simple explanation. Health status of trees is worsen directly by weather, pathogen infections and toxic elements. There are also less evident but very important recently observed changes in the cycle of nutrients where mycorrhizae play a key role. In complex forest biotopes these changes depend on many biotic and abiotic factors and it is impossible to find single reason – it is rather a synergic effect of more factors. At present, increased interest is focused on the study of root systems and on the function of fungi. Most species of fungi form mycorrhizae with forest trees and this type of symbiosis is important phenomenon in nutrient flow that cannot be neglected in relevant studies.

Study methods are generally based on indirect evaluations of occurrence/abundance of a fraction of mycorrhizal fungi as well as on direct quantifications of active/passive mycorrhizae from representative root samples. Standard method of root sampling presented here was developed and effectively used in long-term studies of mycorrhizal changes in many study plots where we found important correlations between health status of trees, some abiotic factors and absolute and/or relative density of mycorrhizae.

Beside symbiotic fungi a special interest must be also oriented to the role of “opposite” group i. e. pathogenic species that cause the root rots.

Recenzent: Prof. Ing. V. Podrázský, CSc.

Ekologické a pěstební principy pro podsadbu buku pod mateřský porost smrku ztepilého

V posledních 200 letech se hlavní lesní dřevinou, která se používala pro zalesňování, stal smrk ztepilý (*Picea abies* L. KARST.). Důvodem byl jeho rychlý růst, snadné zakládání a pěstování smrkových kultur a v neposlední řadě nezáměr zvěře.

V posledních 50 letech minulého století se v lesním hospodářství počaly prosazovat tendence přeměny jednodruhových, tedy převážně smrkových porostů na smíšené. Důvodů pro tuto změnu je mnoho. Jednak v minulosti zaujímaly listnaté lesy v Evropě mnohem větší plochy a jednak v současné době v důsledku probíhajících klimatických změn smrkové porosty začínají hromadně odumírat. Další pravděpodobný vzrůst klimatických extrémů, jako jsou bouře, dlouhá období sucha, hmyzí kalamity apod., znamenají pro citlivý smrk ohrožení.

Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) se jeví jako nejvhodnější druh pro podsadbu do smrkových porostů. Jeho podsadba redukuje výskyt buřene, vytváří příznivé mikroklima zamezující vzniku pozdních škod mrazem a minimalizuje ztrátu živin v půdě. Také veřejností je přijímáno nahrazování porostů jinými dřevinami lépe než holosečný způsob hospodaření.

Od roku 2002 do roku 2005 probíhal v Evropě projekt SUSTMAN (Introduction of broadleaved species for SUSTainable forest MANagement), v jehož rámci byl prováděn výzkum zabývající se přeměnou smrkových porostů bukovými podsadbami na smíšené. Projekt zahrnoval 6 výzkumných ploch v Rakousku, České republice, Německu, Slovinsku a Švédsku. Kromě hlavního cíle – výzkum bukových podsadeb ve smrkových porostech – se na některých výzkumných plochách vysazovaly také dub letní (*Quercus robur* L.) a javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.). Někde se jako podsadby vysazoval také jedle, habr, jeřáb a třešeň. Byly preferovány místní populace dřevin. Většinou se používají k zalesnění prostokoenné sazenice, v Rakousku, České republice a Slovinsku se používá též náletových sazenic.

Výzkum byl zaměřen na plánování typu zalesňování při přeměně porostu z jednodruhového na vícedruhový. Důležitými body je zvážit riziko ohrožení smrku ztepilého podsadbou, vhodnost listnaté dřeviny pro stanoviště, stávající klimatické a půdní podmínky. Přeměna porostu může být zaměřena buď pouze na různé typy výroby dřevní produkce, na mimoprodukční funkce lesa, tj. na zvyšování nebo změnu biodiversity a zakládání rekreačních lesů nebo na udržení a obnovu produktivity stanoviště zahrnující snížení podnikatelského rizika nebo udržení stability porostu.

Metoda podsadby buku pod smrk se již po několik desetiletí používá v mnoha zemích, zkušenosti s ní ale nejsou nikde zachyceny. Proto byl v rámci projektu SUSTMAN rozeslán dotazník lesníkům, kteří tento druh zalesňování praktikují.

Kromě Německa, kde přeměna porostů probíhá již od počátku minulého století, ve většině ostatních zemích zapojených do výzkumu se začalo s podsadbami do smrkových porostů teprve v letech 1950 - 2000. V některých zemích tvoří smrkové porosty 50 % plochy, v Rakousku až 80 - 100 %. V Německu bylo 3 - 10 % smrkových porostů smíseno s bukem. Většina dotázaných plánuje další podsadby a jako hlavní důvod uvádí tvorbu stabilních porostů, protože smrkové porosty začaly být ohrožovány probíhajícími klimatickými změnami, hlavně suchem, hmyzem a půdními změnami, v některých porostech byly zaznamenány problémy s kořenovou hnilobou, degradace lesní půdy.

Kromě cíle zajištění stability porostu někteří lesníci zakládají smíšené lesy s cílem zlepšit půdní podmínky v porostech a zvýšit jejich biodiversitu, jiní zahrnují do svých plánů i tvorbu rekreačních lesů nebo se zaměřují na zvýšení dřevní produkce.

Největší plochy (více než 10 000 ha), využívané pro přeměnu nestabilních smrkových porostů na smíšené, se nachází v Německu (Harc, Horní Franky). Přeměna lesa je prováděna ve třech krocích:

- vyhodnocení rizikových faktorů pro smrk ztepilý – možnost ohrožení smrku suchem, způsob hospodaření v porostu. Musí být vyhodnoceny stanovištní a porostní podmínky.
- vyhodnocení vhodnosti listnaté dřeviny pro dané stanoviště – buk se zdá být nejvhodnější a nejrozšířenější. Javor horský se v Evropě vyskytuje velmi často hlavně v horských oblastech. Dub letní se v podsadbách se pro podsadby využívá zřídka.
- výběr metod přeměny

Projekt SUSTMAN zachycuje a zpracovává další problémy při přeměně porostů: rozložení kořenů a jejich kompetici, olistění, druhy zápoje v souvislosti s reakcí dřevin, vliv světelné kapacity a zastínění.

Při přeměně smrkových porostů na listnaté je třeba vybrat správné přípravné metody (hnojení, výběr stanoviště), vhodnou regenerační techniku pro budoucí zajištění stability porostu, jeho kvality a produktivity a zvolit správnou hustotu výsadby, která závisí na vybrané dřevině, na stavu stávajícího porostu.

Podrobní hospodaření se soustřeďuje na udržování smrkového porostu do doby dosažení jeho optimální hodnoty, na ochranu a vhodné světlostní podmínky pro bukové podsadby. Těžební postupy musí být velmi obezřetné, v případě těžby je nutno nepoškodit stojící stromy a těžbu provádět tak, aby nebyla narušena stabilita smrkových porostů.

Zkušenosti získané z ankety projektu SUSTMAN pomohly problémům podsadeb částečně osvětlit a naznačily, že je nutno ve výzkumu pokračovat.

Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, 139, 2005, 94 s.

Kp

Intensita probírek a růst smíšených smrkovo-březových porostů na odvodněných rašeliništích ve Finsku

Probírky jsou jedním z nejpoužívanějších způsobů hospodaření ve smrkových lesích, nicméně dopad probírek na růst a produktivitu nebyl tak dalece zkoumán. Finský Lesnický výzkumný ústav prováděl v letech 1985 až 1994 výzkum na sedmi plochách v přirozeně obnovených porostech smrku a smrkovo-březových porostech. Byl sledován dopad probírek na další vývoj porostů. V době založení pokusu byly tři z porostů ve věku první probírky a čtyři ve středním období. V předchozím období byl způsob obhospodařování těchto ploch různý - od nulové až k předprůmyslové probírce. Průměrné zakmenění porostu se pohybovalo mezi 98 až 292 m³ha⁻¹, bříza se vyskytovala v 5 až 60 %.

Plochy byly rozděleny do náhodných bloků: plocha bez zásahu, plocha s malou probírkou (odstraněná výčetní tloušťka ca 22 %), plocha se střední probírkou (odstraněná výčetní tloušťka 39 %) a plocha s velkou probírkou s 46% odstraněnou výčetní tloušťkou.

Stromy na každé ploše byly změřeny na začátku sledování, poté v intervalech 4 až 10 let. Poloha každého stromu na ploše byla zanesena do mapy, byla zaznamenána výčetní tloušťka a stromová třída, byly změřeny výška stromu, tloušťka ve výšce 6 m a rozměr koruny. Probírky se uskutečňovaly různými způsoby v závislosti na stavu vývoje porostu. Získané údaje byly analyzovány ve dvou fázích. Nejprve byl vytvořen model pro analyzování průměrného dopadu intenzity probírky na růst a přirozenou mortalitu během celého období pokusu. Poté byla provedena analýza, která měla určit dočasné variace dopadu probírek

na dvou plochách, kde se měření provádělo čtyřikrát během pětiletých intervalů.

Z výsledků analýz vyplynulo, že nejvyšší dřevní produkci lze očekávat v porostech bez zásahu. Na těchto plochách byl však zároveň pozorován snížený růst všech stromů. Všechny druhy probírek přinesly snížení objemového přírůstu. Vliv probírek byl patrný na údajích o relativním porostním objemu a průměrném tloušťkovém přírůstu. Bylo také zjištěno, že zvyšování porostního objemu a zvláště výčetní základny není přímo úměrné hustotě porostu.

Výzkum potvrdil důležitost probírek v případě, že hospodaření je zaměřeno na maximální produktivitu. Důležité je provádět probírky včas, aby nedocházelo k mortalitě stromů v důsledku velké hustoty porostu, interval mezi probírkami může být kratší, než je doporučován pro borovicové porosty. Většina bříz se může těžit již během první nebo druhé probírky. Porosty je nutné průběžně odvodňovat, aby se nezvedala hladina podzemní vody.

Silva Fennica, 40, 2006, č. 1, s. 83 – 99

Kp

Výsadba klonů hybridní osiky v létě

V letech 1998 – 2001 byly ve Finsku prováděny pokusy s letní výsadbou a přežíváním hybridních osik (*Populus tremula* L. x *P. tremuloides* MICHX.). Rostliny byly vypěstovány buď z kořenových řízků nebo mikropropagací. Nejříve byly umístěny do vytápěného skleníku, jejich růst pokračoval v nevytápěném skleníku. Jakmile rostliny dosáhly výšky kolem 10 cm, 288 byly vysazeny do školky, kde byly zalévány a hnojeny. Mezi 10. červencem a 4. zářím 2001 bylo 8 náhodně vybraných sazenic obou druhů hybridních osik o výšce 20 cm vysazeno do 5 náhodně zvolených bloků.

Během pokusu byly měřeny výška a tloušťka sazenic, na podzim se vyhodnocovalo procento přežití sazenic, jejich zdravotní stav a růst. Výsledky byly vyhodnocovány statistickou analýzou. Ukázalo se, že výška a tloušťka hybridních osik vysazovaných v létě předčí ukazatele osik, vysazovaných na podzim nebo na jaře. Nejlepším obdobím pro výsadbu se jeví červenec, kdy sazenice rychle zakořeňují. Pokud nemá dojít k vysoké mortalitě na ploše, je nezbytné ji oplotit a ošetřovat proti buření.

Výsledkem pokusu je konstatování, že hybridní osiku vypěstovanou mikropropagací nebo kořenovými řízků lze s úspěchem vysazovat v létě.

Silva Fennica, 40, 2006, č. 2, s. 257 – 269

Kp

Vliv nízké půdní teploty na březové odrostky

Bříza bělokorá (*Betula pendula* ROTH.) je jednou z nejvýznamnějších dřevin boreální Evropy a v souvislosti s očekávaným oteplováním klimatu se předpokládá, že její podíl v jehličnatých lesích bude ještě vzrůstat. Zvýšené teploty budou příčinou častějších dešťových srážek, což ale nemusí být nutně spojeno s prohříváním půdy, protože nižší sněhová pokrývka může zpříčinat hlubší a déletrvající promrzávání půdy. Tento environmentální aspekt je často při budoucím pěstování lesních dřevin opomíjen. Nízké půdní teploty mohou ovlivnit příjem vody rostlinou a tím snížit příjem živin, mohou ovlivnit listovou fotosyntézu a asimilaci.

Finská výzkumná pracoviště studovala vliv půdní teploty na růst bří-

zy bělokoré v laboratorních podmínkách. Pro pokus byly použity odrostky břízy bělokoré pocházející ze středního Finska. Před pokusem rostly břízy ve školce, na začátku druhé vegetační sezony byly přemístěny do plastických nádob vyplněných pohnouhou rašelinou a přezimovaly venku. Během třetího jara byly odrostky přemístěny i s původní hnojenou rašelinou do jiných nádob (dasotrons), které byly ještě doplněny pískem a 14cm vrchní půdní vrstvou z březového porostu. Po přesazení byly odrostky ponechány 7 dní v prostorách s částečným zastíněním, potom nastala třetí vegetační sezona. Během ní byla teplota udržována ve dne na 20 °C, v noci 15 °C, relativní vlhkost byla 60 – 75 %. Odrostky byly zalévány jednou za dva týdny vodou půdní teploty, hnojeny dvakrát v průběhu pokusu.

Byly sledovány, analyzovány a statisticky zpracovány následující faktory: vodní listový potenciál, výměna plynů, koncentrace chlorofylu a kyslíčnicku uhličitého, elektrická impedance, růst a stav živin, listová plocha během prvního rašení. Po 97 dnech byly všechny stromy pokáceny a hodnocena listová i dřevní hmota.

Původní předpoklad, že se stomata uzavírají při nízkých teplotách, se nepotvrdil. V pokusu byl vodní potenciál vyšší u odrostků rostoucích při teplotě 5 °C než 20 °C. Kromě dostupnosti vody ovlivňují růst při nižších půdních teplotách i jiné faktory jako např. nedostatek dusíku. Příjem fosforu se nezdál být ovlivněn půdní teplotou, i když při vyšších teplotách byla akumulace fosforu vyšší, elektrická impedance listů byla nižší při 5 °C než při teplotách 10 °C a 20 °C.

Na základě pokusu s dvouletými březovými odrostky se potvrdila vysoká citlivost odrostků na nízkou půdní teplotu během vegetační doby, přičemž jsou citlivější výmladky než kořeny. Hlavní příčinou tohoto jevu je nedostatečný příjem dusíku. Z toho vyplývá, že v určitých oblastech, kde bude půda déle promrzlá, nebude bříza tak vhodnou přimíšenou dřevinou, jak se původně předpokládalo.

Silva Fennica, 40, 2006, č. 3, s. 429 – 4429

Kp

Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností

Ve dnech 5. a 6. září 2006 se v Opočně konala mezinárodní vědecká konference, která se zabývala funkcemi lesa a jejich ovlivněním člověkem. Kromě pracovníků VÚLHM se konference zúčastnili zástupci FLE ČZU Praha, LDF MZLU Brno, Zemědělské university v Krakově, Saského Ministerstva pro životní prostředí a zemědělství v Drážďanech, University v Göttingenu, LF TU Zvolen a LVÚ Zvolen.

Na konferenci byly předneseny příspěvky týkající se všeobecných otázek stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností, školkařství a zalesňování v těchto oblastech. Byly řešeny problémy obnovy a výchovy lesa v těchto biotopech, řešeny ekologické aspekty stabilizace funkcí lesa.

Konference přinesla výsledky z řešení výzkumného záměru MZe-0002070201, který je řešen ve VÚLHM od roku 2004. Uskutečněná vědecká konference umožnila porovnat výsledky výzkumu lesnických pracovišť i v ostatních oblastech střední Evropy.

JURÁSEK, A., NOVÁK, J., SLODIČÁK, M.: Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností. Opočno, VÚLHM-VS 2006. 560 s.

Kp