

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

SVAZEK 54

SPECIAL 2009

Vydává Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ISSN 0322-9688

Vedoucí redaktorka: M. Čížková DiS., Předseda ediční rady: Doc. RNDr. B. Lomský, CSc., Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková

Grafická úprava obálky a zlom: Tereza Janečková

Vychází čtvrtletně. Adresa redakce: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, tel. 257 892 222, 257 923 140, fax 257 921 444, e-mail: krupickova@vulhm.cz, <http://www.vulhm.cz>

Redakční rada Zpráv lesnického výzkumu

doc. Ing. Petr Zahradník, CSc. - předseda; doc. RNDr. Bohumír Lomský, CSc. - místopředseda; Ing. Jana Danysová (zástupce Marta Čížková, DiS.); RNDr. Jana Malá, CSc.; prom. biol. Zdeňka Procházková, DSc.; doc. RNDr. Marian Šlodičák, CSc.; Ing. Vladislav Badalík; prof. Ing. Petr Kantor, CSc.; Doc. Ing. Pavel Klč, Ph.D.; Prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc.; Prof. RNDr. Michal Marek, DrSc.; Prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.; Ing. Miroslav Sloup; Doc. Ing. Marek Turčáni, CSc.

OBSAH - CONTENT

MARIAN ŠLODIČÁK - DUŠAN KACÁLEK

Lesnické hospodaření v Krušných horách

Forestry management in the Krušné hory Mts.

1

VRATISLAV BALCAR - DUŠAN KACÁLEK - IVAN KUNEŠ

Vývoj kultury jilmu horského (*Ulmus glabra* HUDS.) v hřebenové poloze Jizerských hor

Scotch elm (*Ulmus glabra* HUDS.) plantations prosperity in ridge part of the Jizerské hory Mts.

3

JAN BARTOŠ - JIŘÍ SOUČEK

Možnosti ovlivnění růstu výsadeb buku a klenu v podsadbách porostů náhradních dřevin v Krušných horách

Height growth of beech and sycamore plantations in substitute tree species stands with various management in the Krušné hory Mts.

9

PAVEL HADAŠ - IVAN BUCHTA

Vývoj potenciálních podkorunových depozičních toků síry, dusíku a iontů vodíku na území PLO Krušné hory v letech 2002 - 2005

Development of the potential deposition flows of sulphur, nitrogen and hydrogen ions in the territory of the Krušné hory Mts. Natural Forest Region (NFR) in 2002 - 2005

14

PETR MAŇAS - OLDŘICH MAUER

Vliv původu reprodukčního materiálu na odrůstání smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] KARST.) ve vyšších polohách 7. LVS imisní oblasti Krušných hor

Effect of the origin of reproductive material on the growth of Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) at higher elevations of Forest Altitudinal Vegetation Zone 7 in the air-polluted area of the Krušné hory Mts.

31

JIŘÍ NOVÁK - MARIAN ŠLODIČÁK - DAVID DUŠEK

Akumulace humusu a živin pod mladými porosty smrku ztepilého v ochranném pásmu vodních zdrojů v Krušných horách

Humus and nutrients accumulation under young Norway spruce stands in protective zone of water resources in the Krušné hory Mts.

37

LUDĚK ŠÍŠÁK

Vyjádření společenské sociálně-ekonomické efektivnosti lesa a lesního hospodářství v porostech náhradních dřevin Krušných hor

Expression of societal socio-economic effectiveness of forests and forestry in stands of substitute tree species in the Krušné hory mountains

43

ONDŘEJ ŠPULÁK

Růst a stabilita tyčkovin náhradní dřeviny smrku pichlavého v Jizerských horách

Growth and stability of young stand of substitute tree species blue spruce in the Jizerské hory Mts.

51

ONDŘEJ ŠPULÁK

Příspěvek k poznání teplotních souvislostí prosadby jehličnatých porostů náhradních dřevin

Contribution to study of temperature relationships of interplantings in coniferous substitute tree forest stands

59

LESNICKÉ HOSPODAŘENÍ V KRUŠNÝCH HORÁCH

FORESTRY MANAGEMENT IN THE KRUŠNÉ HORY MTS.

MARIAN SLODIČÁK - DUŠAN KACÁLEK

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

PŘEDMLUVA K TEMATICKÉMU ČÍSLU

V roce 2005 zadala Grantová služba LČR projekt „Lesnické hospodaření v Krušných horách“, jehož cílem bylo komplexní posouzení stavu a vývoje porostů náhradních dřevin v imisních polohách oblasti Krušných hor s využitím všech dosavadních výsledků výzkumu a zkušeností lesního provozu v této oblasti. Ve veřejné soutěži se nositelem projektu stal Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, který zadání projektu v letech 2005 až 2007 řešil ve spolupráci s vybranými specialisty Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, České zemědělské univerzity v Praze, Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa v Brandýse nad Labem, Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v Brně a také s vybranými odborníky ze soukromých firem. Řešení probíhalo v úzké součinnosti s odborníky Lesů České republiky, s. p., Hradec Králové.

Projekt zahrnoval všechny aspekty důležité pro určení lesnických opatření od vyhodnocení stavu prostředí, lesních půd, lesních porostů včetně stanovení jejich životnosti a vyhodnocení vlivu zvěře na les, až po doporučení možných a reálných opatření ke zlepšení stavu. Postupy lesnického hospodaření byly hodnoceny také po stránce ekonomické včetně posouzení jejich rentability. Závěrečná syntéza poznatků byla provedena s ohledem na dlouhodobé zajištění všech funkcí lesa včetně funkce produkční a rovněž s ohledem na požadavky ochrany přírody a v návaznosti na soustavu území NATURA 2000.

Mezi nejdůležitější výsledky řešení projektu patří:

- (1) Současná klimatická a imisní situace detailizovaná pro nejproblémovější lokality s ohledem pro potřeby lesnické praxe
- (2) Informace o současném stavu lesních půd a vývoji jejich poškození
- (3) Přehled zdravotního stavu porostů náhradních dřevin diferencovaně podle konkrétních stanovištních i porostních poměrů
- (4) Informace o vlivu zvěře na lesní ekosystémy včetně ekonomického vyhodnocení a návrhu na minimalizaci škod
- (5) Variantní návrh pěstebních postupů zahrnující parametry sadebního materiálu, obnovu lesa, úpravu obmýtlí, principy výchovy a způsoby přeměn porostů ND
- (6) Posouzení rentability jednotlivých variant pěstebních opatření

Souhrnně byly výsledky řešení tohoto projektu publikovány jako monografie, kterou vydal Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ve spolupráci s Grantovou službou LČR, s. p., v květnu roku 2008.

Ve dnech 3. a 4. června 2008 se v Mostě s podporou zadavatele projektu Lesů České republiky, s. p., Hradec Králové jako garanta akce uskutečnila celostátní konference „Lesnické hospodaření v Krušných horách“. Kromě přehledu nejdůležitějších výsledků řešení projektu byla na konferenci prezentována řada dalších souvisejících prací, z nichž osm bylo vybráno k publikaci v tomto tematickém čísle vědeckého časopisu Zprávy lesnického výzkumu. Příspěvky byly před přijetím k publikaci recenzovány.

Na recenzích se podíleli prof. Ing. Ivo Kupka, CSc., Ing. Vratislav Balcar, CSc., Ing. Petr Navrátil, CSc., Ing. František Šach, CSc., Ing. Jan Leugner, Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D., Ing. Martin Baláš, Ing. Dušan Kacálek, Ph.D. a Ing. Jan Bartoš.

FORESTRY MANAGEMENT IN THE KRUŠNÉ HORY MTS.

PREFACE TO THE THEMATIC ISSUE

In 2005, a Grant Agency of the Forests of the Czech Republic, state enterprise, invited a tender for a contract demanding comprehensive evaluation of forest stands of the Krušné hory Mts. based on gathering all known research results including local forest practice experience. Their common interest resulted in the project “Forestry Management in the Krušné hory Mts.” solved by the Forestry and Game Management Research Institute, Strnady. The project was aimed at practical questions and solutions of current forestry problems. The broad team of scientists, forestry experts and practical foresters took the part in the investigations including several research institutes, two forestry universities and forestry management from the Forests of the Czech Republic, state enterprise, Hradec Králové.

The project encompassed all important aspects such as current state of air pollution, climatic factors, forest soil properties, forest vitality and damage caused by game. These aspects helped to take appropriate enhancing measures including evaluation of economic profitability. Moreover, all demanded forest functions and benefits, production, nature-protection interests (NATURA 2000) were incorporated into the final synthesis.

The most important results of the project are:

- (1) Contemporary climatic conditions including air-pollution load in the most threatened localities focused on forest practice needs
- (2) Information on present status of the forest soils and the development of their decline
- (3) Summarized health state of the substitute tree species stands according to both particular site conditions and stand characteristics
- (4) Information on the damage caused by game in the forest ecosystems including economic expression of both production losses and costs of corrective measures
- (5) Silvicultural measures encompassing recommended planting stock, methods of forest regeneration, both compression and prolongation of rotation period, thinning principles and methods of conversion of substitute tree species composition
- (6) Profitability evaluation according to particular silvicultural measures

Based on the project results, a monograph was published by the Forestry and Game Management Research Institute, Strnady in association with the Grant Agency of the Forests of the Czech Republic, state enterprise, in May 2008.

Under the sponsorship of the contracting authority – Forests of the Czech Republic, state enterprise, Hradec Králové a scientific conference “Forestry Management in the Krušné hory Mts.” was held in town Most, north-western Bohemia on the 3rd – 4th June 2008. In addition to presentation of the key results, the other articles related to the topic were presented as well. Eight papers were chosen for publishing in this scientific peer-reviewed journal Reports of Forestry Research – Special 2009.

The list of reviewers: prof. Ing. Ivo Kupka, CSc., Ing. Vratislav Balcar, CSc., Ing. Petr Navrátil, CSc., Ing. František Šach, CSc., Ing. Jan Leugner, Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D., Ing. Martin Baláš, Ing. Dušan Kacálek, Ph.D., Ing. Jan Bartoš

VÝVOJ KULTURY JILMU HORSKÉHO (*ULMUS GLABRA* HUDS.) V HŘEBENOVÉ POLOZE JIZERSKÝCH HOR

SCOTCH ELM (*ULMUS GLABRA* HUDS.) PLANTATIONS PROSPERITY IN RIDGE PART OF THE JIZERSKÉ HORY MTS.

VRATISLAV BALCAR¹ - DUŠAN KACÁLEK¹ - IVAN KUNEŠ²

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno; ²ČZU Praha

ABSTRACT

Scotch elm (*Ulmus glabra* HUDS.) plantations were established in order to investigate their growth potential and response to chemical amelioration of a poor soil derived from a granite on higher mountain sites (at 950 m a. s. l.). The experiment includes control (4 replications) and two ameliorative treatments (3 replications each). The finely ground rocks (1 kg of dolomitic limestone) and (2 kg of amphibolite) were added to planting holes and mixed with soil in the limestone and amphibolite variant. A positive effect of chemical amelioration on Scotch elm in terms of survival and height growth is obvious. In the control, 97% of trees died during 14 years of investigation while 57% and 68% of individuals survived in the amphibolite and limestone variants, respectively. Concerning height growth, we found significantly higher mean height for limestone variant (123 cm; confidence interval ± 16) compared to amphibolite (95 cm; confidence interval ± 10) since 2002.

Klíčová slova: jilm horský, chemická meliorace, Jizerské hory

Key words: Scotch elm, chemical amelioration, Jizerské hory Mts.

ÚVOD

Příspěvek se zabývá prosperitou výsadby jilmu horského (*Ulmus glabra* HUDS.) situovaných ve vrcholové poloze Jizerských hor. Jilm horský je dřevinou, která se v rámci naší republiky vyskytuje hojně až roztroušeně v pahorkatinách a podhorských oblastech, zejména na mírně vlhkých, humózních, živinami bohatých půdách se zvýšeným podílem skeletu; částečně zasahuje do montánního stupně, kde preferuje půdy na bazických horninách (HEJNÝ et al. 1988). Také v Jizerských horách je uváděn jako významná příměs původních, člověkem nedotčených jedlobukových lesů (MACKOVČIN et al. 2002). Lesnický význam jilmů byl v minulosti snížen výskytem tracheomykózy působené houbami rodu *Ophiostoma* sp. (JANČÁŘÍK 1999, JACOBS et al. 2004). Ačkoliv otázka účinné obrany proti těmto houbám je značně složitá, jilm by se jako autochtonní součást druhové skladby lesů našich horských oblastí neměly stát ani v budoucnosti opomíjenými dřevinami. Z toho důvodu byly v roce 1994 experimentální výsadby jilmu horského zařazeny do rozsáhlého výsadbového pokusu ve vrcholových partiích Jizerských hor (BALCAR et al. 2005). Cílem pokusu je posouzení použitelnosti širokého sortimentu lesních dřevin při obnově horských lesních ekosystémů devastovaných v minulosti průmyslovými imisemi.

METODIKA

Výzkumná plocha se nachází na Středním Jizerském hřebenu v nadmořské výšce 950 - 980 m. Stanoviště je řazeno do lesního typu kyselá smrčina třtínová (8K2). Průměrná roční teplota stanoviště je 5,1 °C a celkové roční srážky dosahují 1 093 mm (teplota měřena

kontinuálně od roku 1996, srážky od roku 1994, BALCAR, KACÁLEK 2008). Horninové podloží tvoří biotitická žula, půdním typem je horský humusový podzol. První předběžné výsledky měření koncentrací současného znečištění ovzduší pomocí pasivních samplerů (samplerů Gradko, SLODIČÁK et al. 2005, ŠRÁMEK et al. 2007) vykazují následující hodnoty ročních průměrů: $O_3 = 102 \mu g \cdot m^{-3}$ (měřeno 2003 - 2008), $SO_2 = 4 \mu g \cdot m^{-3}$ (2005 - 2008), $NO_2 = 5 \mu g \cdot m^{-3}$ (2006 - 2008).

Tříleté prostokořenné semenáčky jilmu horského (3 + 0) byly na výzkumnou plochu vysazeny na jaře 1994 ve sponu 2 x 1 m, a to na čtvercové parcely o rozměru 10 x 10 m (tj. 50 sazenic na parcelu). Velikost jamek činila ca 35 x 35 cm a jejich hloubka 25 cm. Výsadba bez melioračních příměsí (varianta kontrola) byla provedena ve čtyřech opakováních, výsadba s příměsí 1 kg jemně mletého dolomitického vápence (varianta vápenec) a výsadba s příměsí 2 kg jemně mletého amfibolitu (varianta amfibolit) do jamky po 3 opakováních. Vápenecová i amfibolitová moučka byly při výsadbě smiseň s půdou v jamkovém prostoru (BALCAR et al. 2005).

Podíl Ca v moučce dolomitického vápence činil 21,5 % a obsah Mg byl 11,3 %. Moučka obsahovala 6 % částic větších než 1 mm, 16 % částic s průměrem mezi 1 a 0,5 mm, 21 % částic o velikosti mezi 0,5 a 0,2 mm a 57 % částic menších než 0,2 mm. Obsah Ca v amfibolitové moučce činil 7,9 %, obsah Mg 4,8 %, obsah K 0,8 % a obsah P 0,13 %. Moučka obsahovala 5 % částic větších než 0,25 mm, 53 % částic s průměrem mezi 0,25 a 0,05 mm a 42 % částic menších než 0,05 mm.

Vývoj dřevin - mortalita, zdravotní stav je průběžně sledován v jarním a podzimním období, biometrická šetření (měření výšek stromků, případně i tloušťek kmene a šířek korun) po skončení vegetační doby. Vzhledem k nerovnoměrným ztrátám mezi výsadbovými

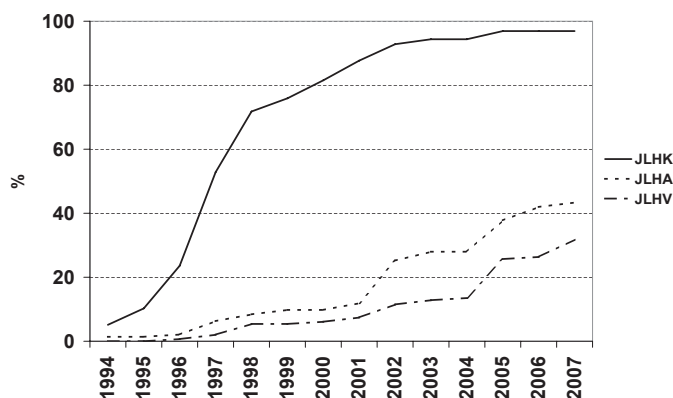
variantami byly při posuzování výškového růstu porovnávány pouze průměrné výšky souboru 20 % nejvyšších stromků v roce 2007. Statisticky významné rozdíly byly zjišťovány výpočtem konfidenčních intervalů pro průměrnou výšku s použitím aplikace MS Excel (α 0,05). Varianta kontrolní, která uhynula téměř celá, z hlediska růstu hodnocena nebyla.

Každoročně (vyjma roku 1997) byly v období od konce srpna do září odebrány a analyzovány vzorky listů a zjišťován obsah N, P, K, Ca, Mg a S pro posouzení úrovně výživy základními živinami a dynamiky imisní zátěže lesních porostů na Středním Jizerském hřebenu sirnými sloučeninami v daném období (1994 - 2006). Za kritické hodnoty pro posouzení deficitu N, P, K, a Mg ve výživě byly použity hodnoty publikované KOPINGOU a VAN DEN BURGEM (1995). Ochrana a ošetření kultur je zajištěna ve spolupráci s organizací Lesy ČR, lesní správa Frýdlant v Čechách.

VÝSLEDKY

Četné symptomy poškození v důsledku environmentálních stresů (klima, půda) na lokalitě výzkumné plochy se (v souladu s očekáváním) projevíly již v prvních třech letech po výsadbě. Postiženy byly zvláště výsadby kontrolní (tj. bez příměsi melioračních hornin), u kterých bylo zjištěno poškození na 60 % jedinců. Podstatně méně byly poškozeny stromky s aplikací amfibolitu (poškozeno 15 % jedinců) a s aplikací dolomitického vápence (9 %). V průběhu 14 let dosavadního pozorování se symptomy poškození (prosychání vršků) objevily zhruba u dvou třetin stromků (64 %), z toho poněkud častěji u výsadb kontrolních a s aplikací amfibolitové moučky (67 %) než u výsadb s aplikací vápence (58 %).

Následky poškození se projevíly na mortalitě, která u kontrolní výsadby kulminovala v prvních pěti vegetačních obdobích (1994 - 1998). Z výsledků výzkumných šetření je zřejmé, že v průběhu 14letého šetření (1994 - 2007) výsadba kontrolní (bez aplikace horninových mouček) z podstatné části uhynula (97 %, obr. 1). Výsadby s aplikací horninových mouček vykazují mortalitu výrazně nižší. Z nich úspěšnější byla výsadba s přihnojením dolomitickým vápencem (celkové ztráty 32 %) než s aplikací amfibolitu (ztráty 43 %, obr. 1).

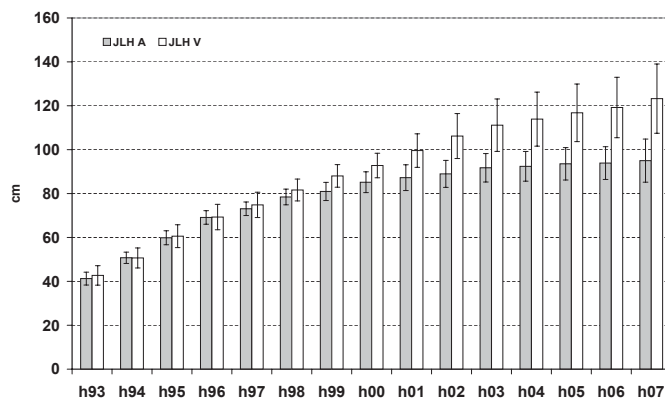


Obr. 1.

Kumulativní mortalita výsadb jilmu horského v letech 1994 - 2007
Cumulative mortality (%) of the Scotch elm plantations during 1994 - 2007

Pozn.: JLHA = výsadba s aplikací amfibolitu/amphibolite treatment, JLHK = výsadba kontrolní/no treatment, JLHV = výsadba s aplikací dolomitického vápence/limestone treatment

Z výsledků hodnocení průměrné výšky 20 % nejvyšších stromků (počet při výsadbě = 100 %) je zřejmá podobná růstová dynamika obou výsadbových variant s aplikací horninových mouček v prvních šesti letech po výsadbě (1994 - 1999), varianta kontrolní ve výškovém růstu již od počátku zaostávala (BALCAR 1998). V dalším období (2000 - 2007) došlo ke zrychlení výškového růstu u varianty s přihnojením dolomitickým vápencem. V závěru pozorování byly výsadby přihnojené vápencem zhruba o třetinu vyšší (průměrná výška 122 cm) než výsadby s aplikací amfibolitové moučky (průměrná výška 90 cm, obr. 2).



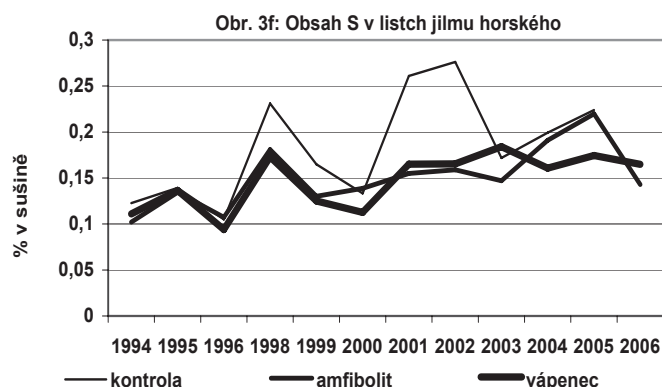
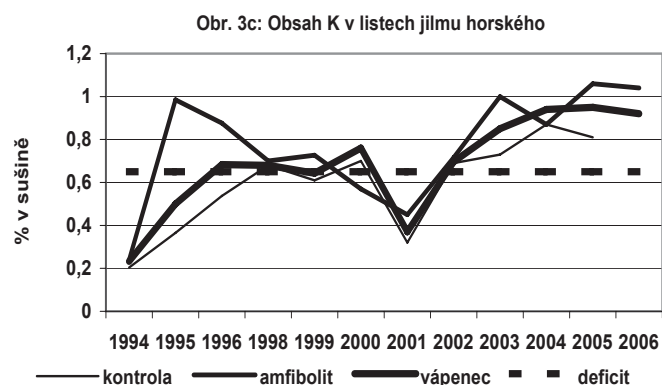
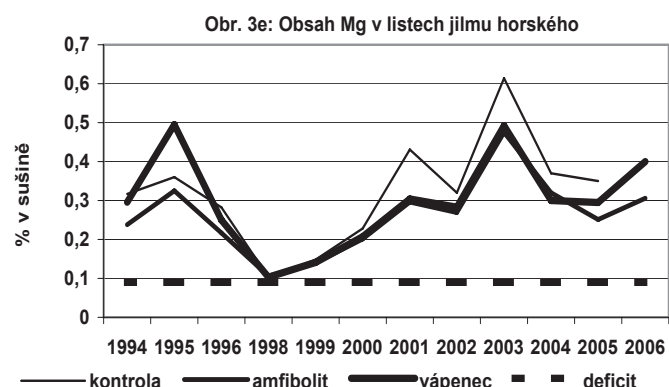
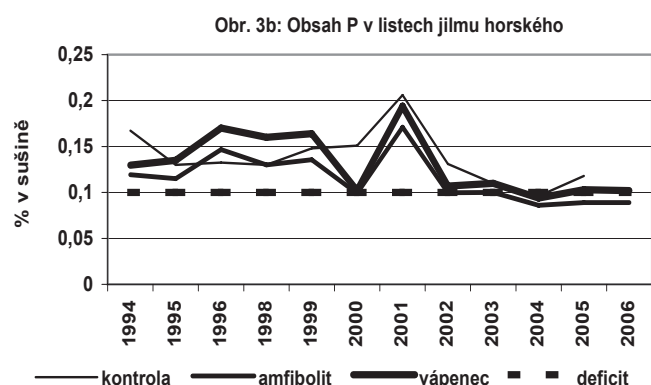
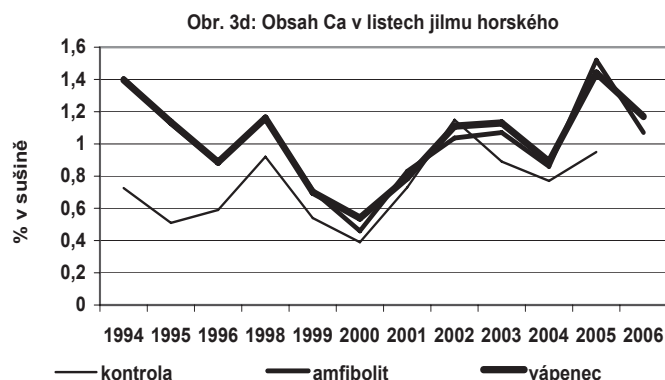
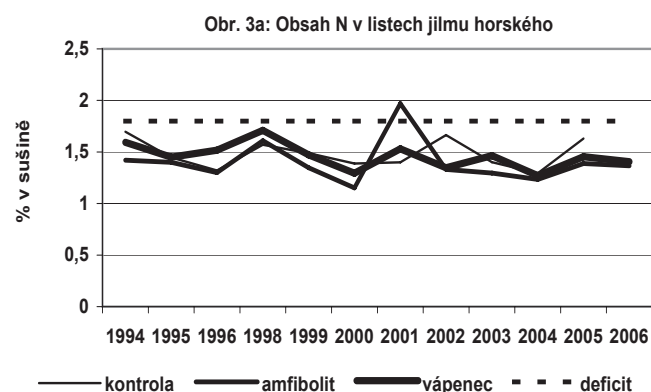
Obr. 2.

Průměrné výšky 20 % nejvyšších stromků výsadb jilmu horského s aplikací amfibolitové moučky a vápencové moučky v roce 2007
Mean heights of the highest individuals (20% of initial number) in both ameliorative treatments in 2007

Pozn.: h93 až h07 = průměrné výšky v jednotlivých letech 1993 - 2007 (cm), JLHA = výsadba s aplikací amfibolitu, JLHK = výsadba kontrolní, JLHV = výsadba s aplikací dolomitického vápence, chybové úsečky představují konfidenční intervaly při hladině významnosti 0,05

Explanatory captures: h93 - h07 = mean heights in 1993 - 2007 (cm), JLHA = amphibolite treatment, JLHK = no treatment, JLHV = limestone treatment, error bars indicate confidence intervals at 0.05 significance level

Výživu dusíkem zjišťovanou pomocí listových analýz lze u všech výsadbových variant hodnotit jako deficitní, pohybující se v průběhu celého sledovaného období pod kritickou hranicí. Výjimkou byla pouze varianta s amfibolitem v roce 2001 (obr. 3a). V blízkosti hodnoty deficitu byla v některých letech i výživa draslíkem, která po roce 2002 vykazuje u všech variant mírné zlepšení, a to na rozdíl od výživy fosforem s trendem opačným (obr. 3b, 3c). Nad úrovní deficitu se po celé období pohybovala výživa hořčíkem (3e). Mezi hodnotami základních živin v listech u výsadbových variant (kontrola - amfibolit - vápenec) byly jednoznačné rozdíly patrné pouze v hodnotách Ca, který u meliorovaných variant vykazoval většinou vyšší hodnoty než na variantě kontrolní (obr. 3d). Nárůst obsahu síry v listech u všech výsadbových variant (obr. 3f) signalizuje zvyšující se imisní zátěž testovaných výsadb sirnými sloučeninami v daném období (1994 - 2007).



Obr. 3. a, b, c, d, e, f

Obsah základních živin a síry v listech jilmu horského

Content of basic nutrition elements and sulphur in Scotch elm leaves

DISKUSE A ZÁVĚR

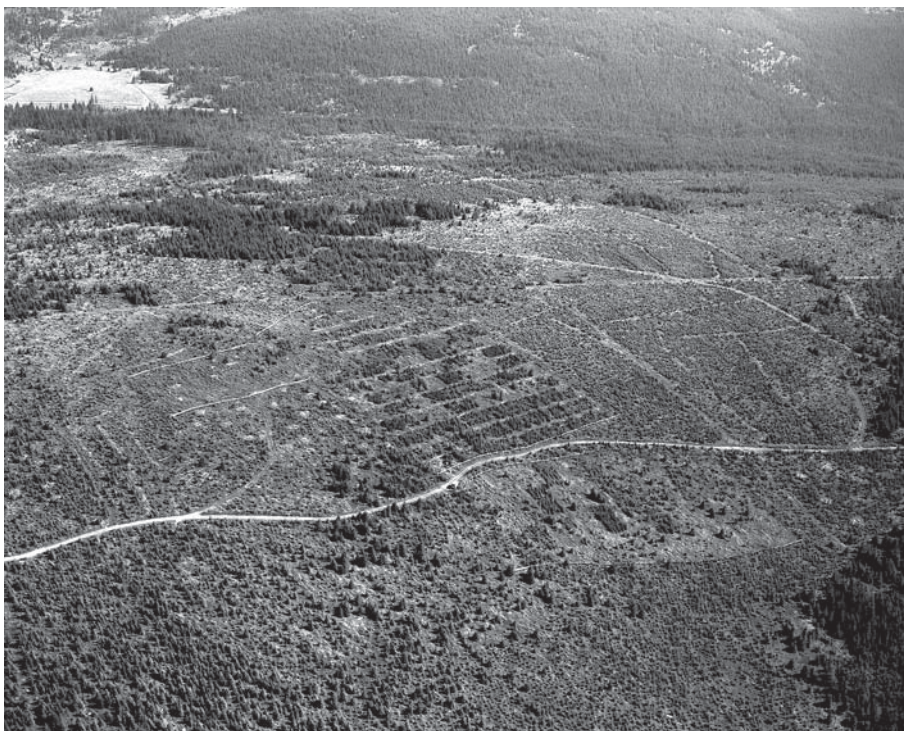
Z výsledků hodnocení 14letého vývoje výsadby jilmu horského na imisní kalamitní holině v Jizerských horách je zřejmá citlivost této dřeviny ke klimatickým stresům. Jedná se zvláště o senzitivitu k poškození zimními mrazy uváděnou již dříve mezi ekologickými vlastnostmi jilmů (KYZLÍK, MICHÁLEK 1963). Proto bývá v juvenilním stadiu řazen spolu s bukem lesním, javorem klenem, jedlí bělokorou a dalšími dřevinami do toleranční skupiny málo odolné ke klimatickým stresům (LOKVENC et al. 1992, VACEK et al. 1998).

Vysoké rozdíly ve výsadbových ztrátách mezi sazenicemi přihnojenými melioračními horninami – dolomitickým vápenecem a amfibolitem a kontrolními výsadbami bez přihnojení, které téměř zcela uhynuly, potvrzují náročnost jilmu horského na trofnost stanoviště

(KYZLÍK, MICHÁLEK 1963, LOKVENC et al. 1992). Z růstové vitality meliorovaných výsadeb je zřejmé, že přihnojení dolomitickým vápenecem mělo větší pozitivní vliv na testované stromky než přihnojení amfibolitovou moučkou.

Výsledky listových analýz dokládají nedostatečnou výživu dusíkem konstatovanou zde již dříve u výsadeb břízy karpatské (BALCAR 2001). Nárůst imisní zátěže sirnými sloučeninami lesních porostů, který signalizuje zvyšující se obsah síry v listech jilmu horského, je v souladu s víceletým trendem změn chemického složení listů jeřábu ptačího i výsledky měření depozice síry kontaktní sumační metodou na lokalitě výzkumné plochy (SLODIČÁK et al. 2005).

Z výsledků hodnocení 14letého vývoje výsadeb jilmu horského na výzkumné ploše lokalizované na Středním Jizerském hřebenu (obr. 4) je zřejmá drsnost růstových podmínek pro tuto dřevinu.



Obr. 4.

Výzkumná plocha na Středním Jizerském hřebenu. (Foto: VONDRA 2005)

Research plot in the ridge part of the Jizerské hory Mts. (Photo: VONDRA 2005)



Obr. 5.

Pokusná výsadba jilmu horského s aplikací dolomitického vápence (Foto: BALCAR 2007)

Scotch elm plantation with dolomitic limestone amelioration (Photo: BALCAR 2007)

Souběh mikroklimatických stresů a nízká trofnost půdy vyvolaly u kontrolní varianty téměř úplnou mortalitu (97 %). Aplikace obou horninových mouček (amfibolitu a dolomitického vápence) při výsadbě se na vitalitě výsadeb projevila jednoznačně pozitivně. Dosavadní mortalita experimentálních výsadeb jilmu horského podpořených horninovými moučkami činí 43 % (amfibolit) a 32 % (dolomitický vápenec, obr. 5). Tato mortalita není v porovnání s výsadbami jiných dřevin na dané lokalitě příliš vysoká (BALCAR 1998, BALCAR et al. 2008), ale vzhledem k relativně pomalému růstu nelze dosud považovat osazené parcely za porostně zajištěné. Proto se s výzkumným sledováním vývoje jilmových výsadeb a jejich podpory melioračními opatřeními počítá i v dalších letech.

Poděkování:

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků – výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 a NAZV č. QH92087 „Funkční potenciál vybraných listnatých dřevin a jejich vnášení do porostů v Jizerských horách“. Náš dík patří i Lesům ČR, lesní správě Frýdlant v Čechách za spolupráci při zakládání a provozu výzkumného demonstračního objektu Jizerka.

LITERATURA

- BALCAR V. 1998. Vývoj výsadeb lesních dřevin ve smrkovém vegetačním stupni v Jizerských horách. In: Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja w Krakowie. Nr 332. Sesja Naukowa. Zeszyt 56. Struktura i dynamika górskich borów swierkowych. Sympozjum Kraków - Zakopane, 25 - 27 wrzesnia 1997. Krakow, Wyd. AR: 259-271.
- BALCAR V. 1998. Support of forest plantations in the mountains by application of finely ground dolomitic limestone. In: Wagner, R. G., Thompson, D. G. (eds.): Third International Conference on Forest Vegetation Management. Popular Summaries. Forest Research Information Paper No. 141. Sault Ste. Marie, Ontario Forest Research Institute: 386-388.
- BALCAR V. 2001. Some experience of European birch (*Betula pendula* ROTH) and Carpatian birch (*Betula carpatica* W. et K.) planted on the ridge part of the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 47, Special Issue: 150-155.
- BALCAR V., KACÁLEK D., KUNEŠ I., PODRÁZSKÝ V. 2005. Jizerka study area. In: Neuhöferová, P. (ed.): Forestry management in the Jizerské hory Mts. Field trip. Jizerské hory Mts., 27 September, 2005. Praha, Czech University of Agriculture Prague; Jiloviště-Strnady, Forestry and Game Management Research Institute – Research Station Opočno: 11-19.
- BALCAR V., KACÁLEK D. 2008. Growth and health state of silver fir (*Abies alba* MILL.) in the ridge area of the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 54: 509-518.
- BALCAR V., KACÁLEK D., KUNEŠ I. 2008. Prosperita výsadeb jilmu horského s podporou chemické meliorace v oblasti humózních, bazických živinami chudých horských půd. In: Prknová, H. (ed.): Pěstování lesů na počátku 21. století. Sborník recenzovaných příspěvků z konference. Kostelec nad Černými lesy 9. - 10. 9. 2008. Praha, Česká zemědělská univerzita: [4 s.]
- HEJNÝ S. et al. 1988. Květena České republiky. Praha, Academia: 560 s.
- JANČAŘÍK V. 1999. Lesní ochranná služba – grafióza jilmů. Lesnická práce, 10, Příloha: 4 s.
- JACOBS K., WINGFIELD M. J., GIBBS J. N. 2004. Fungal wilt diseases, Dutch elm disease. In: Burley J., Evans J., Youngquist J. A. (eds.): Encyclopedia of Forest Sciences. Oxford, Elsevier: 766-768.
- KYZLÍK L., MICHÁLEK J. 1963. Lesnická botanika. Praha, SZN: 465 s.
- KOPINGA J., VAN DEN BURG J. 1995. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. Journal of Arboriculture, 21: 17-24.
- LOKVENC T. et al. 1992. Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí, Krkonošský národní park; Opočno, VÚLHM-VS: 111 s.
- MACKOVČIN P., SEDLÁČEK M., KUNCOVÁ J. (eds.) 2002. Chráněná území ČR, svazek III – Liberecko. Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a Brno, EkoCentrum: 331 s.
- SLODIČÁK M. et al. 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 232 s.
- ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., BEDNÁŘOVÁ E., UHLÍŘOVÁ H. 2007. Monitoring of ozone risk for forests in the Czech Republic. Preliminary results. The Scientific World Journal, 7 (S1): 78-83.
- VACEK S., LOKVENC T., SOUČEK J. 1998. Změny druhové skladby v lesních ekosystémech Krkonoš. In: Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Prziesieci 15-18 X 1997. Tom 2. Poznan, Wydawnictwo Acarus: 177-184.

SCOTCH ELM (*ULMUS GLABRA* Huds.) PLANTATIONS PROSPERITY IN RIDGE PART OF THE JIZERSKÉ HORY MTS.

SUMMARY

The article deals with growth performance of Scotch elm plantations under harsh mountain conditions (950 m a. s. l.). The Scotch elm became a rare species mainly due to Dutch elm disease. However, the elm should not be a neglected species in future. In order to investigate its growth and survival including the response to an ameliorative treatment, an experimental culture was planted in 1994. The experiment includes the control variant (4 replications) and two ameliorative treatments (3 replications each). Finely ground rocks (1 kg of dolomitic limestone and 2 kg of amphibolite) were added and mixed with soil in planting holes of the limestone and amphibolite variants. In addition to the annually executed growth measurements and survival investigations, foliar samples were taken in order to analyse nutrient contents (N, P, K, Ca, Mg) and dynamics of sulphur content reflecting changes of air-pollution load. As for height growth assessment, we compared 20% of the highest individuals being alive in 2007 because the survival rate differed substantially in the compared variants. Positive effect of chemical amelioration on Scotch elm in terms of survival and height growth is obvious. In the control, 97% of individuals died during 14 years of investigation while 57% and 68% of individuals survived in the amphibolite and limestone variants, respectively. Concerning height growth, we found significantly higher mean height for limestone variant (123 cm; confidence interval ± 16) compared to amphibolite (95 cm; confidence interval ± 10) since 2002. Foliar analyses reveal nitrogen deficiency for all variants during entire investigation period (1994 – 2006). Calcium is the only nutrient, whose content in leaves of treated variants was higher compared to the control. Contents of sulphur show slightly rising trend as result of air-pollution load in the study area; the foliar sulphur values are consistent with values analysed in mountain ash leaves and values of dry sulphur deposition investigated within the same experiment.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Vratislav Balcar, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, CZ-517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: balcarv@vulhmop.cz

MOŽNOSTI OVLIVNĚNÍ RŮSTU VÝSADEB BUKU A KLENU V PODSADBÁCH POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN V KRUŠNÝCH HORÁCH

HEIGHT GROWTH OF BEECH AND SYCAMORE PLANTATIONS IN SUBSTITUTE TREE SPECIES STANDS WITH VARIOUS MANAGEMENT IN THE KRUŠNÉ HORY MTS.

JAN BARTOŠ - JIŘÍ SOUČEK

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

ABSTRACT

Paper gives information about height growth of underplanting in substitute tree species stand with various densities on plot the Fláje. Development of stand characteristics affected high mortality in released birch stand. There are no differences in height growth on plots with various densities or in variants with treeshelters in beech underplantings. Lower light intensity on denser plot caused higher share of beech deformations in treeshelters. Sycamore is of the best height growth in treeshelters on the most released plot.

Klíčová slova: podsadby náhradních dřevin, buk, javor klen, plastové chrániče

Key words: beech, sycamore, underplantings, substitute tree species stands, treeshelters

ÚVOD

Lesy ve vrcholových partiích Krušných hor byly v minulosti značně ovlivněny rozsáhlými imisními těžbami. Celkově bylo vytěženo více než 7 mil. m³ dřeva na výměře přesahující 27 tis. ha (KUBELKA et al. 1992). Na těchto rozsáhlých holinách a ekologicky značně narušených stanovištích bylo přistupováno k obnově pomocí přípravných dřevin. V současných porostech náhradních dřevin (PND) mají největší zastoupení břízy, smrk pichlavý, jeřáb ptačí a modřín opadavý v různých směsích. Zdravotní stav těchto porostů náhradních dřevin není mnohdy příliš dobrý a porosty vykazují zhoršenou stabilitu (SLODIČÁK 2001, SLODIČÁK et al. 2008). V PND jsou plánovány postupné přeměny na porosty s cílovou druhovou skladbou. Za nejvhodnější postup přeměn je považována obnova pod porostní clonou nebo na úzkých pruhových sečích (BALCAR et al. 2007). Porosty náhradních dřevin zmírňují klimatické (zejména teplotní) extrémy ve srovnání s obnovou na holých plochách a upravují růstové podmínky pro obnovu.

V současnosti je nutná úprava druhové skladby lesních dřevin ve prospěch stanovištně odpovídajících dřevin se zaměřením na listnáče. Vnášení cílových listnatých dřevin (zejména buku) do porostů náhradních dřevin s sebou přináší mnoho problémů. Největší škody na nových výsadbách působí extrémy počasí, zvěř a myšovití. Pro omezení extrémů počasí je třeba hledat optimální pěstební postupy, aby docházelo k co nejrychlejší nápravě rozpadu PND s přijatelnými náklady (SLODIČÁK et al. 2008). Na úseku kvality sadebního materiálu jsou proto významné poznatky, které typy sadebního materiálu jsou optimální z hlediska jejich ujmavosti a rychlosti růstu tak, aby bylo v co nejkratším časovém úseku dosaženo stadia zajištěné kultury nově založených porostů cílových dřevin.

Využití plastových chráničů jako individuální ochrany výsadeb dokáže pozitivně ovlivnit ujmání a růst vysazených kultur listnatých dřevin. Podmínkou úspěchu této technologie je použití kvalitního

sadebního materiálu, který je schopen co nejrychleji obnovit výškový růst a odrůst z plastového chrániče (JURÁSEK 2002). Druhou podmínkou je použití trvanlivého kůlu (nejlépe dubového), po kterém je navíc možné plastový chránič zvedat tak, aby chránil terminální výhon, i když vyrostl nad plastový chránič.

Cílem popisovaného experimentu je porovnání vlivu různé hustoty PND na zdravotní stav a odrůstání podsadeb buku lesního a javoru klenů v plastových chráničích v prvních letech po výsadbě. Dílčím cílem je i zhodnocení vývoje sledovaných porostů náhradních dřevin při různém stupni prosvětlení a vlivu těchto zásahů na biomasu bušeně.

MATERIÁL A METODY

PND na sledovaných plochách vznikl vysazením tříletých kryto-kořených sazenic smrku pichlavého a výsevem břízy na kalamitní holině v roce 1981. V roce 1989 byla v tomto porostu založena trvalá výzkumná plocha (TVP) Fláje I s cílem zjistit vliv způsobu výchovy na růst břízy a smrku pichlavého a posoudit možnost jejich pěstování. Typologicky je TVP zařazena jako lesní typ 7K4 (kyselá buková smrčina), v nadmořské výšce 800 m, v pásmu ohrožení porostů imisemi A, půdním typem je kambizem (SLODIČÁK, NOVÁK 2001).

V roce 2004 byl založen pokus s podsadbami cílových dřevin (buk lesní a javor klen). V smíšeném porostu břízy a smrku pichlavého byl ve věku 23 let (2004) pro účely podsadeb proveden sanitární zásah. V porostu byla v předchozích letech realizována odlišná výchova (SLODIČÁK, NOVÁK 2001), ta se částečně projevila na odlišném zdravotním stavu a střední tloušťce dominantní břízy. Na první variantě (PND 1) byla ponechána pouze bříza s jeřábem, ponechání příměsí smrku pichlavého na druhé variantě (PND 2) se projevilo na porostních i ekologických charakteristikách. Porostní charakteristiky obou variant byly porovnávány se sousední kontrolní plochou,

kde se porost vyvíjí samovolně. Vývoj porostních charakteristik na jednotlivých plochách byl sledován v letech 2005 - 2008.

Pro samotné podsadby, které byly provedeny na podzim roku 2004, byl použit krytokořený sadební materiál buku lesního (fk1 + 0) a javoru kleny (2 + k1). Celkem bylo vysázeno 530 semenáčků buku a 360 sazenic javoru kleny, z čehož bylo v obou variantách od každé dřeviny opatřeno vždy 50 jedinců plastovými chrániči. Byly použity chrániče ANDO výšky 120 cm, čtvercového průřezu s úhlopříčkou 13,5 cm. Jsou vyrobeny z materiálu Tekpol s UV filtrem a stabilizátorem barvy. K upevnění chráničů byly použity dubové kůly. U sadebního materiálu byl každoročně sledován zdravotní stav a měřena výška nadzemní části rostlin. V roce 2007 a 2008 bylo provedeno u jedinců buku v plastových chráničích šetření četnosti výskytu deformací terminálních výhonů (zejména jejich „ohýbání“ směrem dolů) s cílem zjistit, zda tuto deformaci ovlivní odlišné růstové podmínky v jednotlivých variantách PND.

Na sledovaných plochách bylo prováděno opakované měření světla pod porostem luxmetrem (Unitest 93514). Měření probíhalo ambulantně v letním období 2006 a 2007 při bezoblačné obloze. V letech 2007 a 2008 byly v jednotlivých variantách pomocí rámečku (25 x 25 cm) odebrány vzorky buřeně pro stanovení biomasy a chemické analýzy.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Komplex nepříznivých faktorů opakovaně poškozoval porosty ve sledované oblasti v 90. letech 20. století. Zhoršený zdravotní stav porostu se promítl do vývoje všech sledovaných ploch výchovného experimentu (SLODIČÁK, NOVÁK 2001). Zejména kontrolní plocha bez výchovy byla silně poškozena, výchozí počet stromů zde byl nižší než na dalších sledovaných variantách (tab. 1). Rozdílná předchozí výchova ovlivnila výchozí stav porostních charakteristik na jednotlivých variantách jenom omezeně, na obou variantách (PND 1, 2) byly ponechány pouze úrovně stromy s dostatečnou vitalitou. Rozdílné počty stromů na jednotlivých variantách se promítl do hodnot výčetní základny. Bříza na jednotlivých plochách výškově dominuje, smrk pichlavý se při postupném rozpadu březového porostu postupně uvolňuje a zvyšuje svůj výškový i tloušťkový růst.

Rozvolnění březového porostu na variantě PND 1 se projevilo výraznou mortalitou, v průběhu 3 let (2005 - 2008) mortalita dosáhla 62 %. Mortalita břízy na hustší variantě PND 2 nepřesáhla 5 %, na kontrolní ploše 11 %. Také u dalších dřevin nebyla ve sledovaném období zaznamenána výraznější mortalita. Příčinou vysoké mortality břízy na variantě PND 1 může být míra uvolnění a úprava porostního mikroklimatu. Vlivem mortality se kruhová základna na variantě PND 1 snížila na 7,4 m².ha⁻¹, na ostatních plochách nárůst G činil 25 % (kontrola) a 21 % (PND 2). Výčetní kruhová základna na variantě PND 2 byla o 165 % vyšší než na variantě PND 1. Obdobné výsledky uvádí i NOVÁK, SLODIČÁK (2006), kde popisují pokles G ve variantě PND 1 (v roce 1990 úrovněv zásah). Uvolněný smrk pichlavý na variantě PND 2 zvýšil v průběhu 3 let svoji kruhovou základnu o 29 %, na kontrole pouze o 16 %.

Opakované ambulantní měření potvrdilo rozdílné pronikání světla k povrchu na jednotlivých plochách. Na variantě PND 1 s řídkým porostem břízy bylo zjištěno pouze 59,1 % světelného záření zjištěného na volné ploše bez porostu (100 %). Zjištěné záření na variantě PND 2 bylo pouze 25 %, na kontrolní ploše záření dosahovalo 42,5 % volné plochy. Vlivem značné rozrůzněnosti hustoty stromů a průniku světla korunami variabilita hodnot na jednotlivých plochách přesahovala 50 %, nejnižší variabilita byla zjištěna právě na nejvíce prosvětlené variantě PND 1. Se značnými rozdíly počtu stromů a světelného záření mezi jednotlivými variantami souvisí i množství nadzemní biomasy buřeně na jednotlivých plochách. Opakovanými odběry (podzim 2007 a 2008) byla na variantě PND 1 zjištěna hmotnost nadzemní biomasy rostlin 3,2 - 3,8 t.ha⁻¹, na hustší variantě PND 2 pouze 1,9 - 2,3 t.ha⁻¹. Nejmenší množství sušiny buřeně bylo opakovaně zjištěno na kontrolní ploše, přes nižší hodnoty porostních charakteristik i vyšší přísun světla sušina buřeně dosahovala pouze 1,6 a 1,7 t.ha⁻¹.

Z výsledků sledování zdravotního stavu a odrůstání cílových dřevin (buku a javoru) pod různě hustým PND lze konstatovat, že po čtyřech letech růstu vykazují obě dřeviny dobrý zdravotní stav. Větší ztráty byly u obou dřevin zjištěny ve variantě PND 1 (řídkší porost) oproti variantě PND 2 (tab. 2). Rozdíly ve ztrátách v porovnání podle různé ochrany sadebního materiálu (oplocenky x plastové chrániče) jsou nevýznamné. Zhruba o 10 % větší ztráty u buku ve variantě PND 1 potvrzují, že podsadbám buku přirozeně více vyhovuje příznivější mikroklima stinnějšího stanoviště.

Tab. 1.

Charakteristika porostu náhradních dřevin na pokusné ploše Fláje
Characteristic of stand with substitute tree species on the experimental plot Fláje

Rok/Year 2005										
	PND 1			PND 2				Kontrola/Control		
	BŘ ¹⁾	JŘ ³⁾	Suma	BŘ	JŘ	SMP ²⁾	Suma	BŘ	JŘ ³⁾	Suma
N (ks.ha ⁻¹)	1 567	133	1 700	1 433	233	567	2 200	1 567	133	1 700
G (m ² .ha ⁻¹)	10,7	0,2	10,9	12,8	0,3	3,1	16,2	10,7	0,2	10,9
d (cm)	8,7	4,1	8,4	10,1	3,7	7,8	8,8	8,7	4,1	8,4
Rok/Year 2008										
N (ks.ha ⁻¹)	1 366	233	567	2 100	850	500	1 350	600	100	700
G (m ² .ha ⁻¹)	15,2	0,4	4,0	19,6	9,9	4,2	14,1	7,0	0,3	7,4
d (cm)	11,3	4,6	9,9	9,9	11,7	9,5	10,9	11,7	6,1	10,9

¹⁾birch, ²⁾blue spruce, ³⁾ash

Tab. 2.

Procentické vyjádření ztrát jednotlivých variant pokusu po 4 letech. Popis variant v tabulce 1

Proportional expression of losses for particular variants after 4 years. Description of variants see table 1

Varianta/Treatment	Plastové chrániče/Treeshelters (%)	Oplocenka/Fence (%)
buk/beech – PND 1	15	13
buk/beech – PND 2	5	5
klen/sycamore – PND 1	6	7
klen/sycamore – PND 2	0	1

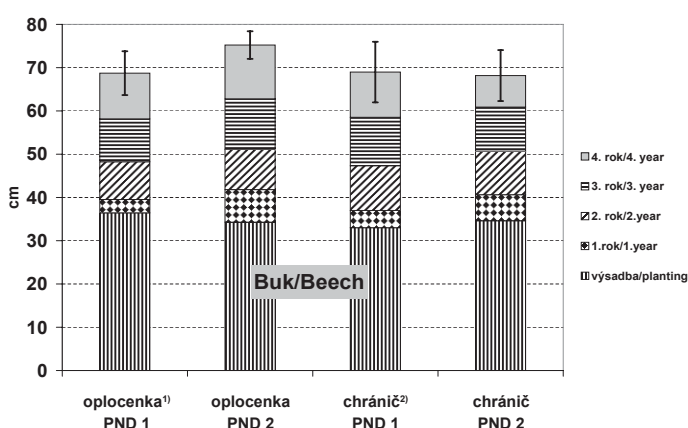
Zajímavé výsledky přineslo porovnání četností deformace terminálního výhonu (otočení terminálu v důsledku kontaktu se stěnou chrániče směrem k zemi) buku rostoucích v plastových chráničích provedené po vegetačním období v roce 2007 a 2008. Ve variantě PND 1 bylo v roce 2007 deformováno 29 % jedinců, v roce 2008 43 % jedinců. Větší četnost deformací, kdy byl terminál plastovým chráničem nesprávně směřován směrem dolů, byla zaznamenána ve variantě PND 2, kde bylo v roce 2007 deformováno 37 % jedinců a 51 % v roce 2008. Po oba roky se tak projevil větší výskyt deformací pod hustším porostem, kde byl nižší světelný požitok, zejména v přístupu světla shora. Vysoká procenta deformací potvrzují oprávněnost doporučení o nutnosti kontroly růstu terminálních výhonů a případného vytažování nevhodně směřovaných terminálních výhonů v plastových chráničích nahoru pomocí jednoduchého háčku (JURÁSEK et al. 2008).

Z výsledků porovnání výškového přírůstu sadebního materiálu buku lesního pod odlišně hustým PND a s různým způsobem ochrany vyplývá, že v prvním roce po výsadbě lépe přirůstali jedinci ve variantě PND 2 a to jak jedinci v plastových chráničích, tak i jedinci rostoucí v oplocence (obr. 1). V dalších letech nebyly výškové rozdíly mezi jednotlivými variantami pokusu statisticky významné. Průměrná výška sadebního materiálu buku se tak po 4 letech růstu pohybuje

ve všech variantách okolo 70 cm a nevykazuje statisticky významné rozdíly. Zde je nutno podotknout, že výsledky jsou ovlivněny metodikou pokusu, kdy nebyly záměrně „vytahovány“ terminální výhony buku v plastových chráničích.

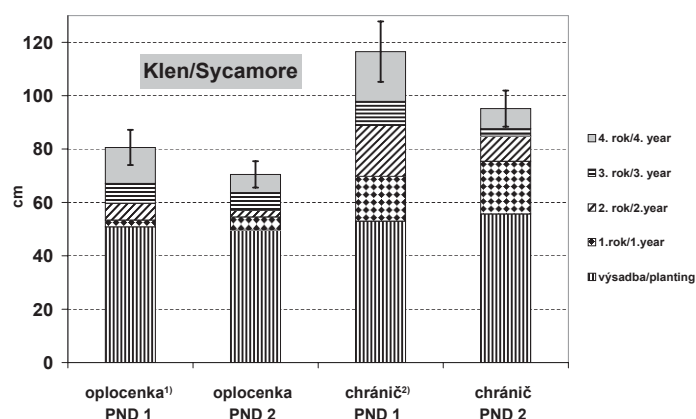
Relativně nižší přírůst buku ve sledovaných podsadbách zřejmě souvisí i s použitými typy plastových chráničů, které svým zabarvením (zelená barva) snižují množství světla dopadajícího na rostlinu. Naše výsledky s použitím těchto zabarvených chráničů tak potvrzují poznatky řady autorů (např. KERR, EVANS 1993, KERR 1996, JURÁSEK 2002), kteří pro podsadby doporučují použití bezbarvého nebo bílého chrániče s co nejmenšími ztrátami světla dopadajícího na asimilační orgány sadebního materiálu.

Z výsledků porovnání výškového růstu javoru kleny pod odlišně vychovávaným PND a s různým způsobem ochrany sadebního materiálu vyplývá, že plastové chrániče měly v prvních dvou letech po výsadbě v obou variantách statisticky významný pozitivní vliv na výškový růst (obr. 2). Po čtyřech letech růstu je průměrná výška jedinců rostoucích v plastových chráničích statisticky významně větší oproti jedincům v oplocence. Javor vykazuje po 4 letech větší průměrnou výšku ve variantě PND 1, což odpovídá jeho větším požadavkům na světlo.

**Obr. 1.**

Porovnání růstu buku lesního pod různě vychovávaným PND chráněných v oplocence a v plastových chráničích. Popis variant v tabulce 1. Chybové úsečky znázorňují intervaly spolehlivosti na hladině 0,05.

Growth comparison of European beech under differently tended stands with substitute tree species fenced and in treeshelters. Description of variants see table 1. Error abscissas present intervals on level 0.05. ¹ – Fence, ² – Treeshelter

**Obr. 2.**

Porovnání růstu javoru kleny pod různě vychovávaným PND chráněných oplocenkou a v plastových chráničích. Popis variant v tabulce 1. Chybové úsečky znázorňují intervaly konfidence na hladině 0,05.

Growth comparison of sycamore maple under differently tended stands with substitute tree species fenced and in treeshelters. Description of variants see table 1. Error abscissas present intervals on level 0.05. ¹ – Fence, ² – Treeshelter

ZÁVĚR

Nebezpečí rozpadu stávajících porostů náhradních dřevin a ztráta vhodného prostředí pro vnášení cílových dřevin je vysoce aktuální. Pěstební zásah s výraznějším uvolněním břízy se nepříznivě projevil v její vysoké mortalitě (redukce počtu stromů o 62 % v průběhu 3 let). Na kontrolní ploše bez zásahu nepřesáhla celková mortalita 11 %. Mortalita břízy se projevila poklesem G na řidší variantě (PND 1), na ostatních plochách nárůst G přesáhl 20 %. Vitální smrk pichlavý rostoucí dlouhodobě v porostním zástínu po uvolnění postupně zvyšuje svůj výškový i tloušťkový růst. Sledování světelných poměrů i odběry biomasy buňen v různě rozvolněných porostech břízy a smrku pichlavého potvrdilo odlišné růstové prostředí. Hmotnost nadzemní biomasy rostlin v rozvolněném porostu břízy (PND 1) činila v průměru 3,5 t.ha⁻¹, pod hustším porostem s příměsí smrku pichlavého (PND 2) 2,1 t.ha⁻¹.

Z výsledků sledování zdravotního stavu a odrůstání výsadbu buku a kleny pod různě rozvolněnými porosty břízy a smrku pichlavého lze konstatovat, že po čtyřech letech růstu vykazují dřeviny dobrý zdravotní stav s celkovými ztrátami ca 6 %. U javoru byl po 4 letech zjištěn větší výškový přírůst pod více rozvolněným porostem (PND 1), naopak buk výrazněji přirůstal v hustším porostu (PND 2). Z výsledků použití plastových chráničů je zřejmý pozitivní efekt na výškový přírůst u javoru kleny. Po čtyřech letech se u buku neprokázal stimulační účinek chráničů se zeleným zabarvením při podsadbách obou variant PND na výškový přírůst. Získané výsledky potvrzují zjištění mnohých autorů, kteří pro podsadby doporučují použití bezbarvého nebo bílého chrániče s co nejmenšími ztrátami světla dopadajícího na asimilační orgány sadebního materiálu.

Z výše uvedených poznatků vyplývá, že při využití listnáčů při přeměnách PND je nutno brát v úvahu výrazný vliv mikroklimatu uvnitř těchto přeměňovaných porostů.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci poskytnuté institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků jako výsledek řešení výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- JURÁSEK A. 1989. K problematice pěstování sadbového materiálu buku. Zprávy lesnického výzkumu, 34: 2-7.
- JURÁSEK A., BARTOŠ J. 2004. Dosavadní zkušenosti s použitím krytokořenného sadebního materiálu buku pěstovaného ve školce intenzivními postupy. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 57-64. ISBN 80-86386-51-1
- JURÁSEK A., MARTINCOVÁ, J. 2000. Ochrana sadebního materiálu po zalesňování plastovými chrániči. [Protection of trees in young plantations by plastic tree shelters.] Zprávy lesnického výzkumu, 45: 6-9.
- JURÁSEK A., BARTOŠ J., LEUGNER J., MARTINCOVÁ J. 2008. Metodika použití plastových chráničů sadebního materiálu lesních dřevin při umělé obnově lesa a zalesňování. Lesnický průvodce, č. 6: 28 s.
- KERR G. 1994. A comparison of cell grown and bare-rooted oak and beech seedlings one season after outplanting. Forestry, 67: 297-312.
- KERR G., EVANS H. 1993. Beech in treeshelters. Quarterly Journal of Forestry, 87: 107-115.
- KRIEGL H., BARTOŠ J. 2004. Přeměna porostu náhradních dřevin a sledování imisně ekologických podmínek na dlouhodobé výzkumné ploše Flaje v Krušných horách. [Conversion of substitute tree species stand and monitoring of air pollution and ecological conditions on long-term experimental plot Flaje in the Ore Mts.] In: Novák, J., Slodičák, M. (eds.): Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003. Sborník z celostátní konference. Teplice, 22. 4. 2004. Opočno, VÚLHM: 158-166. ISBN 80-86461-37-8
- KUBELKA L. et al. 1992. Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 133 s.
- LEUGNER J., JURÁSEK A., MARTINCOVÁ J. 2007. Růstové reakce buku a jeřábu na použití plastových chráničů v různých přírodních podmínkách. [Impact of use plastic treeshelters to growth of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and European mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.) in different natural sites.] In: Sani-ga, M., Jaloviar, P., Kucbel, S. (eds.): Management of forests in changing environmental conditions. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa: 80-84. ISBN 978-80-228-1779-0
- LOKVENEC T. 1990. Poznatky se zaváděním obalené sadby, zejména typu Jiffy pots v ČR. In: Technika obalované sadby. Mezinárodní konference Jiffy Research and Service. Špindlerův Mlýn 18. - 19. 9. 1990. Hradec Králové, Východočeské státní lesy: 9 s.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2006. Výchova smíšených porostů břízy a smrku pichlavého v Krušných horách – Experimente Flaje I. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.): Lesnický výzkum v Krušných horách. Teplice, 20. 4. 2006. Opočno, VÚLHM: 335-345.
- PONDER F. JR. 1996. Tree shelter effects on stem and root biomass of planted hardwoods. In: Brissette, C. (ed.): Proceedings of the Tree Shelter Conference. June 20 - 22, 1995, Harrisburg, Pennsylvania. General Technical Report NE - 221, Randor (USA), Northeastern Forest Experiment Station: 19-23.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2001. Výsledky experimentu s výchovou smíšených porostů břízy a smrku pichlavého v Krušných horách. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.): Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách. Teplice, 1. 3. 2001. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 137-144.
- SLODIČÁK M. et al. 2008. Lesnické hospodaření v Krušných horách. Edice GS LČR, 3: 480 s.
- ZACZEK J. J., STEINER K. C., BOWERSOX T. W. 1997. Northern red oak planting stock: 6-year results. New Forests, 13: 177-191.

HEIGHT GROWTH OF BEECH AND SYCAMORE PLANTATIONS IN SUBSTITUTE TREE SPECIES STANDS WITH VARIOUS MANAGEMENT IN THE KRUŠNÉ HORY MTS.

SUMMARY

Paper gives first results of experiment with underplantings in substitute tree species stands with various density. Research plot Fláje is situated in altitude 800 m a. s. l. Sparsely stocked birch stand (PND 1) and birch with admixed blue spruce (PND 2) were underplanted with containerized beech and sycamore plants in 2004. Some plantations were protected by treeshelters. Effects of different stand density and protection by treeshelters on growth and health conditions were monitored for 4 years. Mortality 63% during 4 years after release in birch stand was affected by previous stand opening, mortality on neighbouring plot with birch and blue spruce was below 11%. Mortality influenced decrease of basal area on PND 1, basal area on PND 2 and control plot increased by 21 and 25% respectively. Different stand density affected light intensity on plots. Greatest light intensity on plot PND 1 (59% of open areas light) stimulated weed growth (3.2 – 3.8 t dry biomass/ha per year). Light intensity on the control plot without management was 42% of open areas light, weed biomass was 1.6 – 1.7 t dry biomass/ha. Plot PND 2 had the lowest light intensity (only 25%), weed biomass was larger than on control plot (1.9 – 2.3 t/ha). Beech and sycamore plantations had good vitality and growth, beech on PND 1 had the largest mortality (15%, tab. 2). Height growth of beech was not affected by different light intensity in stands with various density or treeshelters. Final height of beech was ca 70 cm, differences in beech height on plots were not significant. Beech in PND 2 had greater share of deformation in treeshelters. Sycamore had better height growth on sparse plot PND 1, also height growth in treeshelters was greater than without ones.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

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

VÝVOJ POTENCIÁLNÍCH PODKORUNOVÝCH DEPOZIČNÍCH TOKŮ SÍRY, DUSÍKU A IONTŮ VODÍKU NA ÚZEMÍ PLO KRUŠNÉ HORY V LETECH 2002 - 2005

DEVELOPMENT OF THE POTENTIAL DEPOSITION FLOWS OF SULPHUR, NITROGEN AND HYDROGEN IONS IN THE TERRITORY OF THE KRUŠNÉ HORY MTS. NATURAL FOREST REGION (NFR) IN 2002 - 2005

PAVEL HADAŠ - IVAN BUCHTA

Ústav ekologie lesa, Fakulta lesnická a dřevařská, Mendelova zemědělská a lesnická universita, Brno

ABSTRACT

Damages to forest stands are still urgent in some regions of the Czech Republic despite the current trend of continually decreasing SO_2 and NO_x emissions. Monitoring of the health condition of crowns in forest stands (according to ICP Forests) shows that the Czech Republic has been recently occupying the first place in Europe. Regarding the range of stress factors, one of possible reasons of damages to forest stands appears to be the synergic effect of sulphur, nitrogen and hydrogen ions depositions in combination with the climatic stress. The paper evaluates development of the potential throughfall deposition of hydrogen ions, sulphur and nitrogen in the territory of the Krušné hory Mts. NFR in the period from 2002 - 2005. Potential deposition flows of S, N and H^+ are derived from the model calculations of SO_2 , NO_x (NO and NO_2) gaseous concentrations, and from their dry and wet deposition flows. The calculation of SO_2 and NO_x air pollution concentrations was made by using Gauss model of dispersal SYMOS 97. Derivation of dry sulphur and nitrogen depositions dwells on the application of deposition rates within a resistant model. Calculation of wet sulphur and nitrogen depositions (SO_4^{2-} and NO_3^- components) dwells on parametrizations used in the MESOPUFF II Model. In addition, the calculation makes use of measured meteorological data characterizing dispersal conditions (wind direction and velocity, temperature stratification), concentrations of SO_2 and NO_x in the air and the chemical composition of atmospheric precipitation. The deposition flows were assessed in a network of reference points (1,257) representing forest stand sites in the territory of the Krušné hory Mts. The deposition field structure is based on the current status of emission and air-pollution loads in the Czech Republic and Europe and on meteorological conditions in the period from 2002 - 2005. The spatial distribution of the potential acid throughfall deposition suggests that the value of critical load of acid throughfall deposition (CLH) for spruce was exceeded on 84 - 91% of the area. In respect of eutrophication, the critical load of nitrogen for coniferous stands (CLN) was exceeded on 65 - 96% of the area.

Klíčová slova: acidifikace, eutrofizace, podkorunové depozice síry, dusíku, iontů vodíku**Key words:** acidification, eutrophication, throughfall depositions of sulphur, nitrogen and hydrogen ions

ÚVOD

Z analýz odborných studií vyplývá, že ukládání sloučenin síry a dusíku přispívá k okyselování půdy a povrchových vod a k vymývání živin významných pro rostliny a poškozuje flóru i faunu (Kolektiv 2005b). K poškození a odumírání lesních porostů dochází vlivem znečišťování ovzduší SO_2 a NO_x . Oxidace SO_2 a NO_x v atmosféře a následné rozpuštění produktů oxidace v dešťových kapkách vytváří kyselinu sírovou, kyselinu dusičnou a jejich soli. Podle Brönsted-Lowryho koncepce, kyselina je sloučenina, která obsahuje vodík. Ve vodných roztocích kyselin se uvolňuje proton – vodíkový iont. Depozice vodíkových iontů z antropogenních emisí SO_2 a NO_x v lesním ekosystému je příčinou zvyšování (resp. prohlubování) acidifikace půdního prostředí. Tvorba protonů z depozicí SO_2 , NO , NO_2 , SO_4^{2-} , NO_3^- v lesním ekosystému byla na základě experimentálních měření lyzimetrických a gravimetrických vod potvrzena řadou experimentálních měření prováděných v minulosti (LOCHMAN 1985, 2000, HERTZ, BUCHER, RIEDMANN 1992, FOTYMA 1999) i v současné probíhající experimentech (KULHAVÝ, DRÁPELOVÁ 2006). V přírodních lesních oblastech ČR dosahují depoziční toky síry a dusíku

hodnot, které překračují jejich nejvyšší přípustné kritické dávky stanovené například pro nejvýznamnější hospodářské dřeviny smrk, buk, dub a borovice. I ve vládním usnesení č. 22 z ledna 2004 se uvádí, že vzhledem k dlouhodobé imisní zátěži představuje i současná úroveň znečištění ovzduší a atmosférické depozice nadále vážné riziko pro stabilitu lesních ekosystémů v exponovaných oblastech. Na území České republiky se tento typ poškození lesních porostů projevuje zejména v horských oblastech od nadmořské výšky cca 700 m.

První důkazy o acidifikaci lesních půd a degradaci lesních ekosystémů vlivem atmosférické depozice podávají o několik let později ULRICH et al. (1980). Acidifikace lesních půd je chápána jako přirozený proces, vyvolávající odvápnění a podzolizaci, avšak vstupem kyselých antropických depozic H^+ se tento proces výrazně urychluje. Po vniknutí kyselých depozic do půdy se rozbíhá řetězec reakcí, které po vyčerpání puftovací schopnosti půdy způsobují okyselování, jenž zrychluje půdní acidifikaci. Výsledkem rostoucí kyselosti půdy jsou vytvářeny iontové sloučeniny půdních minerálů (Al, Mn, Fe) těžkých kovů a metaloidů, které označujeme jako kationtové kyseliny. Kationtové kyseliny mohou vytvářet v reakci s vodou protony, které představují pro kořenový systém rostlin a půdní mikroorga-

nismy potenciální buněčné jedy (ULRICH 1987). Vedle acidifikace dochází v lesních porostech i k eutrofizaci, která je vyvolána depozičním tokem dusíku z emisí NO_x a amoniaku.

Z výsledků šetření zdravotního stavu lesních porostů na území České republiky v rámci ICP Forests (Kolektiv 2003a, b, 2005, 2006a, b) dále vyplývá, že defoliace jehličnatých dřevin (hlavní dřevinou je smrk *Picea abies*) věkové kategorie nad 60 let již od roku 2001 vykazuje téměř setrvalý stav s nepatrnými výkyvy. Suma defoliace tříd 2 + 3 + 4 se zvýšila z hodnoty 62,6 % dosažené v roce 2004 na 62,7 % v roce 2005. Třída defoliace 2 se u jehličnatých dřevin zvýšila z hodnoty 61,5 % v roce 2004 na 61,7 % v roce 2005. Jen u 9,7 % všech sledovaných jehličnatých dřevin nebylo zjištěno žádné poškození, případně defoliace dosahuje hodnoty jen do 10 %.

Za vývojem zdravotního stavu lesních porostů na území ČR stojí i nadále působení emisí SO_2 i NO_x . Po výrazném snížení emisí SO_2 a NO_x během devadesátých let, pozorujeme cca od roku 2001 trend velmi malého poklesu resp. stagnaci emisí SO_2 a velmi malý růst resp. stagnaci emisí NO_x . Roční objem emisí SO_2 ze států střední Evropy (Česká republika, Polsko, Německo, Rakousko, Maďarsko, Slovensko) se v letech 2001 až 2005 pohyboval v rozmezí 2,1 - 3,1 mil. tun, roční objem emisí NO_x se pohybuje v rozsahu 2,7 - 3 mil. tun. Je zřejmé, že vzhledem ke krátkodobým klimatickým výkyvům a stále velkým objemům emisí oxidu síry a oxidů dusíku vypouštěných z emisních zdrojů z území celé Evropy dochází i nadále k „udržování“ defoliace jehličnatých i listnatých porostů na území České republiky v letech 2002 až 2005 na nejvyšších hodnotách v Evropě. Tento stav je způsoben tím, že i nižší koncentrace škodlivin a zejména vstup kyselých depozic z emisí SO_2 a NO_x v kombinaci s krátkodobými nepříznivými klimatickými situacemi (např. střídáním teploty vzduchu v předjaří, prodlužováním vegetačního období, ukončené rychlým nástupem zimy) vyvolává poškození dřevin. Například na konci zimy 2004/2005 (v polovině března 2005) se nad střední Evropou vytvořila synoptická situace, která byla příčinou rychlého růstu teploty vzduchu na území PLO Krušné hory v nadmořských výškách kolem 1 100 m n. m. nad +10 °C (17. 3. 2005 +10,7 °C). Během následujících dvou dnů se dostavilo silné ochlazení, teplota vzduchu opakovaně klesala pod hodnotu -3 °C (20. 3. 2005 -3,8 °C).

METODIKA

Je zřejmé, že intenzitu acidifikace a eutrofizace lesních porostů na území přírodních lesních oblastí České republiky nejvíce ovlivňuje úroveň depozičních toků síry a dusíku, jejichž zdrojem jsou antropogenní emise oxidu siřičitého a oxidů dusíku. Cílem této studie bylo pomocí modelového výpočtu vyhodnotit v letech 2002 - 2005 vývoj potenciálních depozičních toků síry, dusíku a iontů vodíku na území přírodní lesní oblasti (dále jako PLO) Krušné hory. Cílem depoziční studie bylo rovněž na základě porovnání odvozených depozičních toků s kritickými dávkami posoudit úroveň acidifikace a eutrofizace pro jehličnaté porosty, stanovit podíl námrazy na vstupu kyselých depozic, stanovit podíl použitých emisních zdrojů na celkové potenciální kyselých depozici vodíkových iontů.

Modelový výpočet depozičních toků síry, dusíku a kyselých depozic H^+ byl počítán z plynných koncentrací SO_2 , NO_x (jako NO a NO_2) a z jejich suchých i mokrých depozičních toků. Výpočet suchých depozicí síry a dusíku je prováděn přes výpočet depozičních rychlostí pomocí rezistenčního modelu. Modelově odvozená

intenzita suchého usazování se označuje jako potenciální suchá depozice. Lze ji charakterizovat jako tzv. rychlost suché depozice podle vztahu

$$D = v_d C_{(z)}, \quad (1)$$

kde D je kontinuální tok plynných nebo tuhých částic z atmosféry k zachytnému povrchu (vyjádřený např. v $\text{mg m}^{-2} \text{s}^{-1}$), v_d je rychlost suché depozice částic v hladině z (v m s^{-1}), $C_{(z)}$ je imisní koncentrace částic (plynné směsi) nad povrchem v hladině z (v mg m^{-3}). Nejdůležitější parametr je rychlost suché depozice v_d , kterou je možno interpretovat i jako tloušťku horizontální vrstvy ovzduší, z níž je daná příměs za jednu sekundu deponována na zemský povrch. Pro odhad rychlosti suché depozice se používá rezistenční model, který vychází z meteorologických dat, charakteristik povrchu a vegetačního pokryvu. Při výpočtu rychlosti suché depozice se vychází ze vztahu

$$v_d = 1 / (r_a + r_b + r_c), \quad (2)$$

kde r_a reprezentuje aerodynamický odpor (rezistenci) nad zemským povrchem nebo pokryvem (přenos z přízemní vrstvy atmosféry k laminární mezní vrstvě), r_b reprezentuje odpor laminární vrstvy povrchu nebo pokryvu (přenos přes laminární mezní vrstvu k povrchu) a r_c představuje odpor vrstvy pokryvu nebo povrchu.

Aerodynamický odpor závisí na rychlosti větru, na vlastnostech povrchu nebo pokryvu (na drsnosti povrchu) a na atmosférické stabilitě. Pro výpočet depozičních rychlostí byl použit postup podle BAERA a NESTERA (1988).

Depoziční rychlosti byly odvozeny samostatně pro síru a pro dusík. V tabulce 1 jsou uvedeny základní statistické parametry pro odvozené depoziční rychlosti použité ve výpočtu depozičních toků v roce 2002 až 2005. Depoziční rychlosti byly odvozeny z termínového měření (7, 14, 21 hod. SEČ) mezi výškovým profilem stanic Milešovka - Kopisty, Milešovka - Tušimice, Milešovka - Teplice, Lysá hora - Jablunkov, Lysá hora - Mošnov a z aerologického měření stanice Praha-Libuš.

Dalším důležitým parametrem pro stanovení celkové potenciální depozice síry, dusíku a kyselých depozic podle rovnice (1) je proměnná $C_{(z)}$. Jedná se o imisní koncentrace SO_2 a NO_x . Pro stanovení proměnné $C_{(z)}$ je použit modelový výpočet, jehož základem je metodika určená pro kontrolu emisních a technických parametrů zdrojů (BUBNÍK 1979) a metodický pokyn MŽP ČR, odboru ochrany ovzduší, pro výpočet znečištění ovzduší z bodových a mobilních zdrojů „Systém modelování stacionárních zdrojů (dále jako SYMOS 97) (BUBNÍK, KEDER, MACOUN, MAŇÁK 1998). Základní kroky výpočtu

Tab. 1.

Interval depozičních rychlostí pro síru a dusík [cm s^{-1}] odvozených pro roky 2002 - 2005 nad lesním porostem
Interval of the deposition rates for sulphur and nitrogen derived for the years 2002 - 2005 above the forest stand

Rok/Year	Interval v_d for sulphur	Interval v_d for nitrogen
2002	0,3265 – 0,4674	0,6028 – 0,6983
2003	0,1322 – 0,7753	0,2804 – 0,8380
2004	0,3863 – 0,4447	0,4725 – 0,7439
2005	0,1044 – 0,5214	0,1357 – 0,9295

jsou založeny na této metodice. Model je dále doplněn o procesy chemické transformace, dálkového transportu emisí s využitím trajektoriového modelu a o zařazení větrných růžic (směru a rychlosti větru) charakterizující místní a regionální rozptyl emisí. Při výpočtu suché depozice se uplatňují procesy transformace SO_2 na SO_4^{2-} , NO_x na HNO_3 , vymývání SO_2 a SO_4^{2-} , NO_x a NO_3^- srážkami.

Metodiku SYMOS 97 je možné používat jen pro zdroje, jejichž vzdálenost od referenčních bodů je menší nebo rovna 100 km. U emisních zdrojů se vzdáleností nad 100 km je rozptyl emisí v ovzduší řešen na základě modelování přenosu znečišťujících látek v územním měřítku střední Evropy. Pro tyto zdroje se aplikuje trajektoriový model, jehož metodický základ představuje model Matematicko-fyzikální fakulty University Karlovy (dále jako MFF UK) (BAŤKA, BEDNÁŘ, BRECHLER, KOPÁČEK 1984).

Při výpočtu mokré depozice síry a dusíku se vychází z parametrizace použité v modelu MESOPUFF II (1994). Mokrá depozice je závislá na množství atmosférických srážek. Proto se ve výpočtu mokré depozice vychází z měřených srážkových úhrnů a z jejich prostorového rozložení jak ve vertikálním (vzhledem k nadmořské výšce), tak horizontálním směru. Prostorové srážkové úhrny v síti gridů jsou získány na základě aplikace orografické interpolace (vertikální a horizontální interpolace) denních srážkových úhrnů změřených v roce 2002 - 2005 v síti klimatologických a srážkoměrných stanic.

Odvozené hodnoty potenciální suché, mokré a kyselé depozice reprezentují hodnoty nad lesním porostem. Z měření podkorunových srážek (Kolektiv 2003a, 2004a, 2005c, 2006c) a z jejich chemické analýzy vyplývá, že depozice zachycené porostem jsou v průměru 2 až 3krát vyšší než depozice ve srážkách na volné ploše. Podkorunová depozice byla odvozena na základě porovnání hodnot mokřých depozic síry a dusíku (wet-only, bulk a throughfall), které jsou sledovány v rámci monitoringu na území ČR. Zjištěný poměr byl použit pro přepočet modelově odvozených potenciálních depozic síry a dusíku na volné ploše nad lesním porostem.

Pro území PLO Krušné hory bylo možné na základě hustoty pokrytí povrchu jehličnatých porostů (v procentech) odvodit depozici síry a dusíku zachycenou tímto lesním porostem. Vycházelo se z předpokladu, že 100% pokrývnost lesního porostu zachytí přes podkorunové srážky nejvyšší podkorunovou depozici (stanovena v rámci chemické analýzy podkorunových srážek). Plochu bez porostu bude reprezentovat (0% pokrývnost) hodnota depozice volné plochy (jedná se o imisní holiny, vodní plochy, louky atd.). Údaje o pokrývnosti byly získány pro každý referenční bod z družice Landsat (Stoklasa Tech.). Výpočet potenciální podkorunové depozice byl proveden na základě Lagrangeova interpolačního polynomu (VITÁSEK 1987), který vychází z výše uvedeného předpokladu a depozice na volné ploše. To znamená, že podkorunová depozice v jehličnatém porostu se bude pohybovat mezi depozicí volné plochy a nejvyšší podkorunovou depozicí při 100% pokrývnosti.

Přepočet depozic oxidu siřičitého, oxidů dusíku, síranů, dusičnanů na čistou depozici síry a dusíku byl proveden pomocí stochiometrických faktorů, který se odvozuje podle poměrné atomové hmotnosti jednotlivých prvků, tvořících stanovenou složku. Oxidy dusíku jsou ve výpočtu rozděleny na složku NO a NO_2 . Poměr byl stanoven na základě měření imisních koncentrací NO, NO_2 a NO_x prováděných na území ČR (Kolektiv 2003a, 2004a, 2005c, 2006c). Například pro rok 2004 byly oxidy dusíku rozděleny v poměru 0,25 na NO a 0,75 na NO_2 , ve výpočtu pro rok 2005 v poměru 0,21 na NO a 0,79 na NO_2 .

Potenciální depozice S byla stanovena na základě součtu síry z SO_2 a SO_4^{2-} , potenciální depozice N byla stanovena součtem dusíku z NO, NO_2 , NO_3^- a NH_4^+ . V závěrečné fázi výpočtu potenciální podkorunové depozice síry a dusíku byl odvozen příspěvek obou činitelů v potenciální kyselé depozici, která vyjadřuje množství vodíkových iontů v jednotkách mol. $\text{H}^+ \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$. Ve výpočtu a mapování kritických dávek v Evropě (POSCH, SMET, HETTELINGH, DOWNING 1999) produkuje S v množství $1 \text{ g m}^{-2} 312,5 \text{ mol. H}^+ \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, dusík v množství $1 \text{ g m}^{-2} 714,28 \text{ mol. H}^+ \text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$.



Obr. 1.

Geografická poloha PLO Krušné hory, ve kterém byl proveden modelový výpočet podkorunových depozičních toků síry, dusíku a H^+ pro období 2002 - 2005

Geographical position of the NFA Krušné hory Mts. in which the model calculation of throughfall sulphur, nitrogen and H^+ depositions for 2002 - 2005 was made

VSTUPNÍ DATA

V modelovém výpočtu celkové potenciální depozice síry a dusíku se uplatňují údaje popisující charakter reliéfu (pomocí sítě referenčních bodů), údaje o množství SO_2 a NO_2 z emisních zdrojů i jejich technické parametry (výšky komínů, tepelná vydatnost, délka provozu v roce atd.), meteorologické údaje definující rozptylové a depoziční podmínky (směr a rychlost větru, teplotu vzduchu, množství atmosférických srážek, globální záření, vlhkost vzduchu) a imisní podklady (Kolektiv 2003a, 2004a, 2005c, 2006c) potřebné ke kalibraci (SO_2 , NO_x , NO , NO_2) i k chemické redukci (O_3).

Síť referenčních bodů (gridů) byla vytyčena tak, aby reprezentovala hlavní tvary reliéfu studovaného území – náhorní plošiny, vrcholové polohy, svahy a význačná údolí. V síti gridů byl proveden výpočet potenciálních depozičních toků síry, dusíku a iontů vodíku. Území PLO Krušné hory (viz obr. 1) lze rozdělit do dvou od sebe odlišných částí: na horskou část, pro kterou jsou charakteristické náhorní plošiny s nejvyššími nadmořskými výškami přes 1 100 m n. m., a na část svahů, od jejich úpatí až po výšku cca 600 m n. m. Z topografické mapy 1 : 50 000 byly definovány geografické souřadnice (zeměpisná délka, šířka a nadmořská výška) pro 1 257 referenčních bodů (gridů).

Pro charakterizování vlivu reliéfu na rozptyl škodlivin mezi emisním zdrojem a referenčním bodem se v metodice SYMOS 97 používá koeficient terénu η . V každém referenčním bodu byly pro celý horizont v kroku 10° (od severu přes východ, jih, západ zpět k severu) vytyčeny řezy s profily reliéfu do vzdálenosti 100 km (tzn. že referenční bod byl ve středu kružnice s poloměrem 100 km). Pro každý referenční bod a každý směr větru po 10° byla vytvořena matice koeficientů η . Hodnoty koeficientů η se pohybují od 0 - 1,

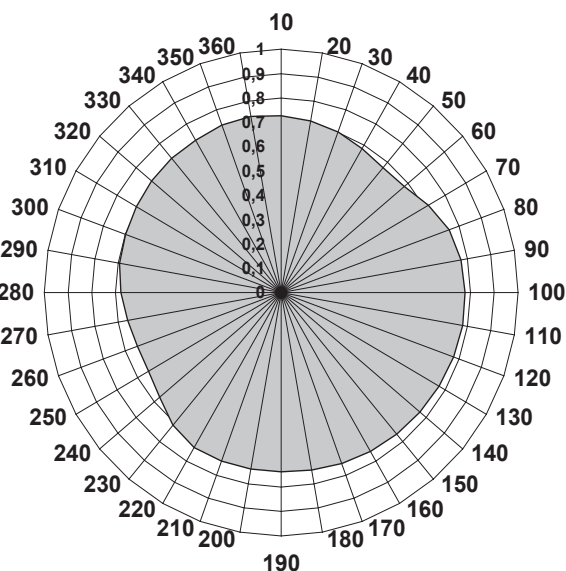
hodnota 0 charakterizuje absolutně plochý rovinný terén, hodnota 1 charakterizuje maximálně zvlněný hornatý terén. Reálné hodnoty území PLO Krušné hory se pohybují v intervalu 0,5 – 0,8. Pro předstihu používaných reálných hodnot jsou na obrázku 2 vyhodnoceny průměrné hodnoty koeficientů η pro jednotlivé směry větru (po 10°) z celkového počtu 1 257 referenčních bodů (gridů).

Z obrázku vyplývá, že z globálního pohledu se do koeficientů η prosazuje protažený tvar JZ až SV směru Krušných hor. V sektorech $250 - 260^\circ$ a $40 - 60^\circ$ omezuje členitý charakter reliéfu šíření imisí o 14 - 17 % více než při proudění vzduchu ze sektorů $90 - 170^\circ$. To znamená, že imise z českých zdrojů mají při proudění vzduchu z jihovýchodních, jižních a jihozápadních směrů „snadnější přístup“ do oblasti Krušných hor než imise z německých a částečně i polských zdrojů při proudění vzduchu ze severozápadního, severního a severovýchodního směru.

Imisní pole SO_2 a NO_x a jejich suché a mokré depoziční toky se mění v závislosti na podmínkách rozptylu emisí, tj. na směru a rychlosti proudění vzduchové hmoty, na teplotním zvrstvení, na množství atmosférických srážek, na množství emisí SO_2 a NO_x a jejich pozici vzhledem k poloze území PLO Krušné hory. Proto mezi faktory, které mají největší vliv na hodnotu depozičních toků síry a dusíku, patří četnost směrů a rychlost větru. V tabulce 2 jsou pro meteorologické stanice Kopisty (240 m n. m.), Karlovy Vary (603 m n. m.), Milešovka (836 m n. m.) a Praha-Libuš uvedeny relativní četnosti směrů větru za období 2002 - 2005.

Stanice Praha-Libuš reprezentuje proudění vzduchu v izobarické hladině 850 hPa (leží v intervalu 1 250 až 1 600 m n. m.), charakterizuje proto větrné poměry dálkového transportu škodlivin SO_2 a NO_x v ovzduší. Ostatní stanice reprezentují regionální nebo lokální přenos transportu škodlivin SO_2 a NO_x v ovzduší. Zpracování větrných růžic vychází z měření v klimatických termínech 7, 14, 21 hod. (měřená data poskytl ČHMÚ).

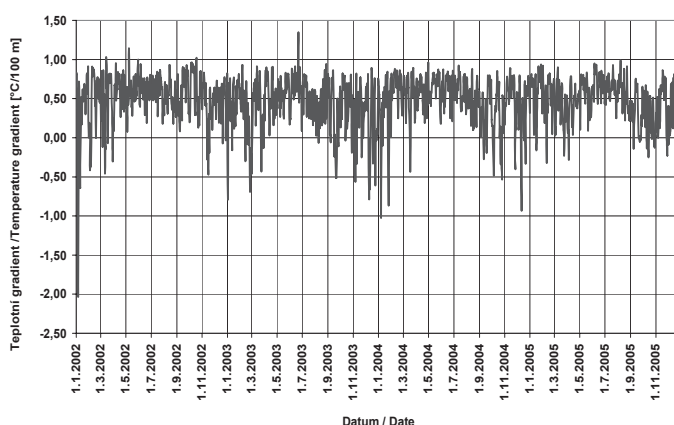
Z tabulky 2 vyplývá, že směr větru vykazuje v každém roce určitou proměnlivost četností. S růstem nadmořské výšky se proměnlivost směrů větru mezi jednotlivými roky zvyšuje. Nejvyšší proměnlivost četností v intervalu 3 až 4 % vykazují v přízemní vrstvě ovzduší



Obr. 2.

Závislost koeficientu η (průměr z 1 257 gridů) na směru větru na území PLO Krušné hory. Koeficienty η reprezentují charakter reliéfu a jeho vliv na depoziční toky síry a dusíku.

Dependence of coefficient η (average from 1,257 grids) to the wind direction on the territory Krušné hory Mts. The coefficient η represented character of terrain and its effects on the deposition flows of sulphur and nitrogen deposition.



Obr. 3.

Vývoj teplotní stratifikace podle průměrné denní hodnoty teplotního gradientu odvozeného z měření v termínech 7, 14 a 21 hod. na meteorologické stanici Milešovka a Kopisty v letech 2002 - 2005

Development of stratification of temperature determined according to the average daily value of temperature gradient estimated from measurement in terms 7, 14 and 21 hours on the meteorological station Milešovka and Kopisty in 2002 - 2005

Tab. 2.

Relativní četnosti směrů větru [v %] meteorologických stanic použitých pro modelové výpočty imisních koncentrací SO₂ a NO_x charakterizujících dálkový a lokální transport polutantů v oblasti Krušných hor v letech 2002 - 2005

Relative frequencies of wind direction [in %] as measured by meteorological stations used for the model calculations of SO₂ and NO_x air pollution concentrations characterizing the long-distance and the regional and local transport of pollutants in the region of the Krušné hory Mts. in 2002 - 2005

Stanice rok/Station year	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calm
Regionální a místní transport SO ₂ a NO _x /Regional and local transport									
Kopisty 2002	7,4	11,6	14,4	8,0	9,7	12,6	16,1	8,2	12,0
Kopisty 2003	7,1	8,9	14,6	7,9	7,1	10,6	15,2	10,3	18,3
Kopisty 2004	6,9	9,8	10,6	9,6	6,6	17,2	17,9	11,0	10,4
Kopisty 2005	6,1	10,3	12,5	9,3	7,0	13,0	19,3	10,0	12,4
Diference 2002 - 2005	1,3	2,7	3,8	1,7	3,1	2,4	4,1	2,8	7,9
Karlovy Vary - letiště 2002	3,4	4,7	16,4	9,2	2,7	2,5	30,3	7,6	23,1
Karlovy Vary - letiště 2003	4,3	6,5	21,3	9,8	2,6	2,1	27,1	8,6	17,8
Karlovy Vary - letiště 2004	4,7	5,5	16,8	6,6	2,8	4,2	35,8	8,0	15,6
Karlovy Vary - letiště 2005	5,8	6,3	18,4	6,8	2,6	4,7	32,8	6,2	16,8
Diference 2002 - 2005	2,4	1,8	4,9	3,2	0,2	2,6	8,7	2,4	7,5
Milešovka 2002	12,9	4,5	11,4	15,6	9,0	13,7	19,5	13,2	0,3
Milešovka 2003	16,1	5,3	8,4	15,8	8,1	12,9	17,8	15,4	0,2
Milešovka 2004	13,4	3,1	6,6	11,3	7,7	15,9	24,2	17,4	0,3
Milešovka 2005	12,1	3,9	3,5	10,8	13,2	12,1	22,7	21,6	0,1
Diference 2002 - 2005	4,0	2,2	7,9	5,0	5,5	3,8	6,4	8,4	0,2
Dálkový transport SO ₂ a NO _x /Long-distance transport									
Praha – Libuš 2002	3,3	4,2	16,7	22,5	6,6	10,8	21,5	14,4	0,0
Praha – Libuš 2003	14,5	7,3	13,2	12,3	8,2	7,4	16,6	20,5	0,0
Praha – Libuš 2004	11,2	6,2	5,4	7,5	7,9	10,0	30,3	21,5	0,0
Praha – Libuš 2005	9,7	8,3	7,4	10,8	7,5	8,8	25,7	21,8	0,0
Diference 2002 - 2005	11,2	4,1	11,3	15,0	1,6	3,4	13,7	7,4	0,0

Tab. 3.

Průměrné rychlosti proudění vzduchu v letech 2002 - 2005

Average wind velocity of air in 2002 - 2005

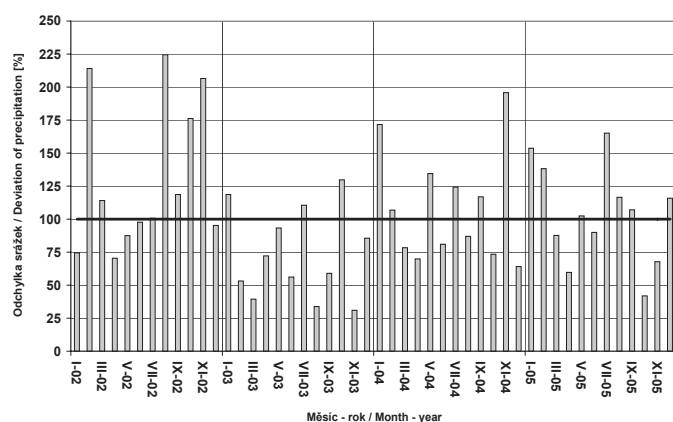
Stanice/Station	Průměrná rychlost větru [v m.s ⁻¹] v roce/Annual average wind velocity			
	2002	2003	2004	2005
Kopisty	2,30	2,09	2,15	2,17
Karlovy Vary - letiště	2,33	2,20	2,14	2,20
Milešovka	7,32	7,04	7,55	7,53
Praha – Libuš	8,45	7,68	8,92	8,35

(místní, regionální transport) západní, východní a jižní směry větru. V dálkovém transportu se nejvíce mění proudění vzduchu v intervalu 11 až 15 % u jihovýchodních, západních východních a jižních směrů větru. V tabulce 3 jsou uvedeny průměrné roční rychlosti větru. Z tabulky vyplývá největší snížení rychlosti proudění vzduchu v roce 2003. Snížení rychlosti proudění vzduchu roste s růstem nadmořské výšky a to až o 0,8 m.s⁻¹. Změny v proudění vzduchových hmot vysvětlují úroveň depozičních toků síry a dusíku v jednotlivých letech. Snížení rychlosti proudění vzduchu nárůstem stavů bezvětří (calm) v roce 2003 se výrazně projevilo v depozičních tocích síry a dusíku (tím i kyselá depozice).

Pro dokreslení rozptylových podmínek podle teplotní stratifikace období 2002 - 2005 je na obrázku 3 uveden vývoj průměrné denní hodnoty teplotního gradientu odvozeného z měření teploty vzduchu (v termínech 7, 14, 21 hod.) na meteorologické stanici Milešovka a Kopisty. Z vývoje teplotního gradientu vyplývá, že horší rozptylové poměry se vyskytují v každém roce vždy v zimním období prosinec – únor.

Faktor uplatněný v modelovém výpočtu, který výrazně ovlivňuje úroveň mokré depozice síry a dusíku, jsou atmosférické srážky. Vývoj odchylek průměrných měsíčních úhrnů srážek od normálu (1961 - 1990) v letech 2002 - 2005 je znázorněn na obrázku 4.

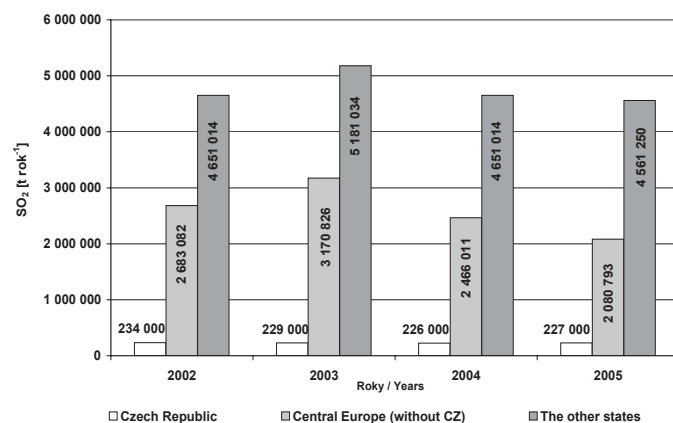
Na obrázku jsou znázorněny průměrné hodnoty měsíčních úhrnů srážek z 1 257 referenčních bodů, které reprezentovaly reliéf území PLO Krušné hory. Podle hodnoty odchylky srážkového úhrnu od 100 % lze usuzovat o srážkových poměrech studované lokality.



Obr. 4.

Kolísání měsíčních srážek (průměr z 1 257 gridů) v oblasti Krušných hor v letech 2002 - 2005 vyjádřené odchylkami od průměru období 1961 - 1990 (údaje podle měření ČHMÚ)

Fluctuations of monthly precipitation (average of 1,257 grids) in the region of the Krušné hory Mts. in 2002 - 2005 expressed as deviations from the average value for the period 1961 - 1990 (data according to measuring of CHMI)



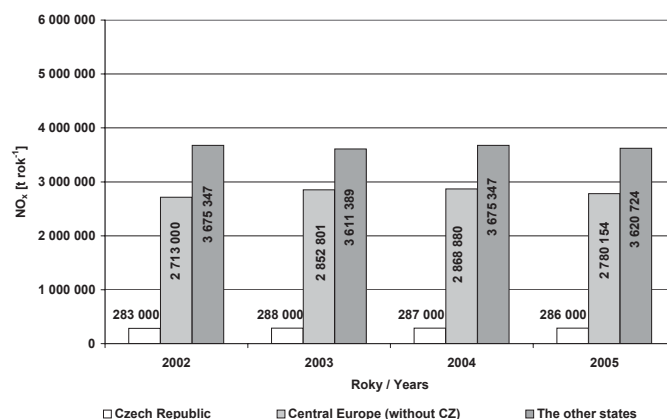
Obr. 5.

Roční emise SO_2 použité v modelovém výpočtu pro roky 2002 - 2005
Annual SO_2 emission used in the model calculation for years 2002 - 2005 (data according to CHMI, BARRETT 2004, Kolektiv 2005a, VESTRENG, KLEIN 2002)

Z obrázku 4 vyplývá, že v roce 2003 byly měsíční srážky po většinu roku pod dlouhodobým průměrem. V tomto roce se podle podnormálních srážkových úhrnů dalo předpokládat, že bude mokrá depozice síry a dusíku nižší. Avšak vzhledem ke snížení rychlosti proudění vzduchu došlo ke zvýšení suchého depozičního toku, který vyrovnal ztrátu v mokré depozici. Naopak v roce 2002 byly úhrny srážek v polovině roku nad srážkovým normálem, což se projevilo i ve vyšší

hodnotě mokré depozice síry a dusíku. V ostatních letech jsou srážkové úhrny v porovnání s normálem více vyrovnané a na změny depozic mají vliv rozptylové podmínky a množství emisí SO_2 a NO_x .

Jak bylo naznačeno, další významný faktor, který ovlivňuje úroveň depozičních toků, je množství emisí SO_2 a NO_x . Množství emisí SO_2 a NO_x použité v modelovém výpočtu pro jednotlivé roky je znázorněno na obrázku 5 a 6. U emisí SO_2 se od roku 2003 může do ovzduší Evropy ročně dostávat více jak 4,5 mil. tun SO_2 a více jak 3,5 mil. tun NO_x .



Obr. 6.

Roční emise NO_x použité v modelovém výpočtu pro roky 2002 - 2005
Annual NO_x emission used in the model calculation for years 2002 - 2005 (data according to CHMI, BARRETT 2004, Kolektiv 2005a, VESTRENG, KLEIN 2002)

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky modelového výpočtu potenciální podkorunové depozice síry, dusíku a iontů vodíku za období 2002 - 2005 odvozené pro jehličnatý porost jsou shrnuty v tabulce 4. Z výsledků modelového výpočtu vyplývá, že průměrná roční podkorunová depozice síry dosahuje hodnot v rozmezí 11,75 - 24,45 $\text{kg ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, průměrná roční podkorunová depozice dusíku 14,04 - 24,24 $\text{kg ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. Průměrná hodnota kyselé podkorunové depozice (z oxidovatelné formy síry a dusíku) dosahuje 2 107,8 - 2 682,3 $\text{mol. H}^+ \text{ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$.

Prostorové rozložení potenciální podkorunové depozice síry je znázorněno na obrázku 7 až 10. Z vývoje plošného rozložení i průměrných hodnot potenciální podkorunové depozice síry (tab. 4) vyplývá postupné snižování zátěže smrkového porostu. V roce 2005 (obr. 10) můžeme minimální depozice podkorunové síry do 7,5 $\text{kg ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ očekávat v jihozápadní části PLO Krušných hor na území LS Kraslice v oblasti Plesné, Přebuže. Hodnoty do 7,5 $\text{kg síry ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ můžeme očekávat i v severovýchodní části PLO Krušné hory u Petrovic i v oblasti u Ostrova nad Ohří. Nejvyšší hodnoty podkorunových depozičních toků síry přes 30 $\text{kg ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ se formují na území Mosteckého městského lesa, v prostoru vrchu Jeřabina. Hodnoty depozičních toků síry v rozmezí 20 - 30 $\text{kg ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ se formují v oblasti Kamenného vrchu, v prostoru vrchu Jeřabina a Větrného vrchu. Hodnoty depozičních toků síry v rozmezí 17,5 - 20 $\text{kg ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ se formují především na území Mosteckého městského lesa, dále v prostoru Mračného vrchu, Loučné a Stropníku, dále v prostoru Mezi-

Tab. 4.

Průměrné roční hodnoty minima a maxima potenciální podkorunové depozice S, N a kyselá depozice jehličnatých porostů v oblasti Krušných hor v letech 2002 - 2005

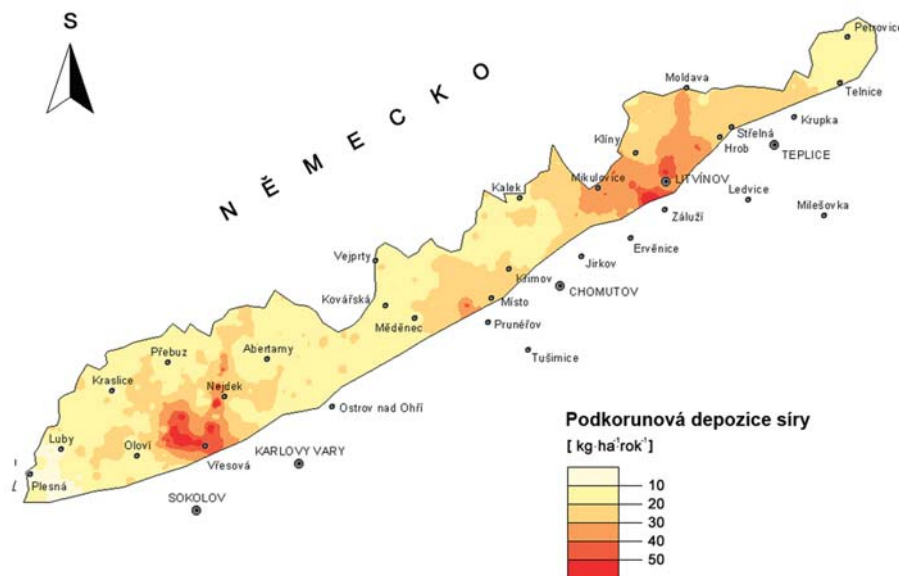
Mean annual minimum and maximum values of potential throughfall sulphur, nitrogen and H⁺ depositions on the territory of the Krušné hory Mts. in 2002 - 2005

Potenciální roční depozice rok ¹	Průměr ²	Minimum	Maximum
S (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2002	21,20	7,20	75,70
S (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2003	24,45	8,08	68,60
S (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2004	14,38	3,95	72,51
S (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2005	11,75	4,58	33,77
N oxid. forma ³ (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2002	21,17	7,41	57,30
N oxid. forma (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2003	23,39	8,42	62,50
N oxid. forma (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2004	25,24	9,01	58,89
N oxid. + red. forma ⁴ (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2004	33,03	12,14	71,00
N oxid. forma (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2005	19,04	5,64	50,62
N oxid. + red. forma (kg ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2005	24,94	9,39	59,37
Kyselá depozice z oxid. formy ⁵ (mol H ⁺ ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2002	2 414,5	995,5	8 926,7
Kyselá depozice z oxid. formy (mol H ⁺ ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2003	2 437,7	858,9	6 267,5
Kyselá depozice z oxid. formy (mol H ⁺ ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2004	2 682,3	975,5	6 468,1
Kyselá depozice z oxid. + red. formy ⁶ (mol H ⁺ ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2004	3 057,9	1 217,6	6 805,6
Kyselá depozice z oxid. formy (mol H ⁺ ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2005	2 107,8	752,8	4 732,4
Kyselá depozice z oxid. + red. formy (mol H ⁺ ha ⁻¹ .rok ⁻¹) 2005	2 440,4	1 040,6	5 271,9

¹Potential deposition flux year, ²Mean, ³N oxid. form, ⁴N oxid. + red. form, ⁵Acid deposition from oxid. form, ⁶Acid deposition from oxid. + red. form

hořského až Kamenného vrchu a západně od Vřesové k Jindřichovicím. Hodnoty depozičních toků síry v rozmezí 15 - 17,5 kg ha⁻¹.rok⁻¹ se formují kolem výše uváděných lokalit a dále v izolovaných lokalitách v prostoru Komářího vrchu, Božidarského Špičáku, Klínovce, Vejprty, Novoveského vrchu, u obce Hradiště, u Kalku, v blízkosti Střelné atd.

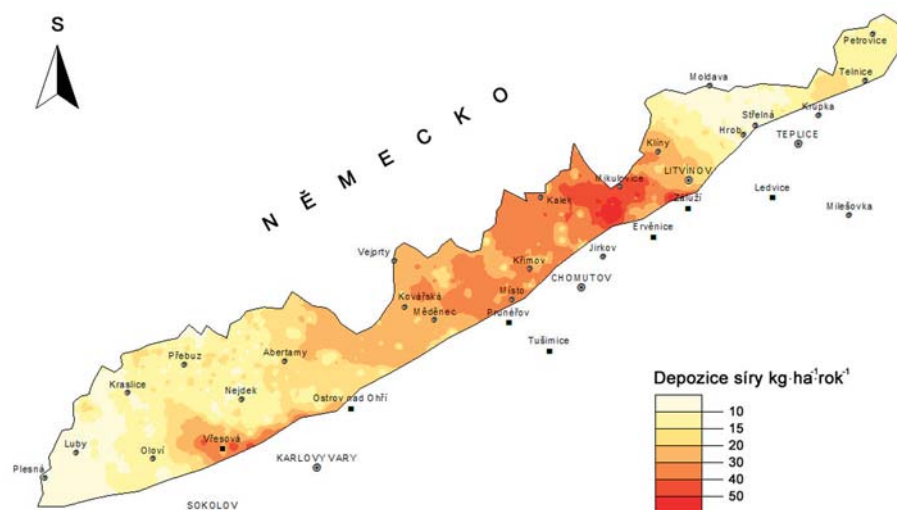
Vzhledem k horninovému podloží a spotřebě síry jehličnatým porostem byla pro území PLO Krušné hory použita kritická dávka roční depozice síry 15 kg ha⁻¹.rok⁻¹. Hodnota kritické dávky depozičního toku síry byla u potenciální podkorunové depozice síry jehličnatého porostu překročena v roce 2002 na více než 76 % území

**Obr. 7.**

Prostorové rozložení potenciální podkorunové depozice síry (suma suchého a mokrého depozičního toku) v jehličnatém porostu na území PLO Krušné hory v roce 2002 - modelový výpočet

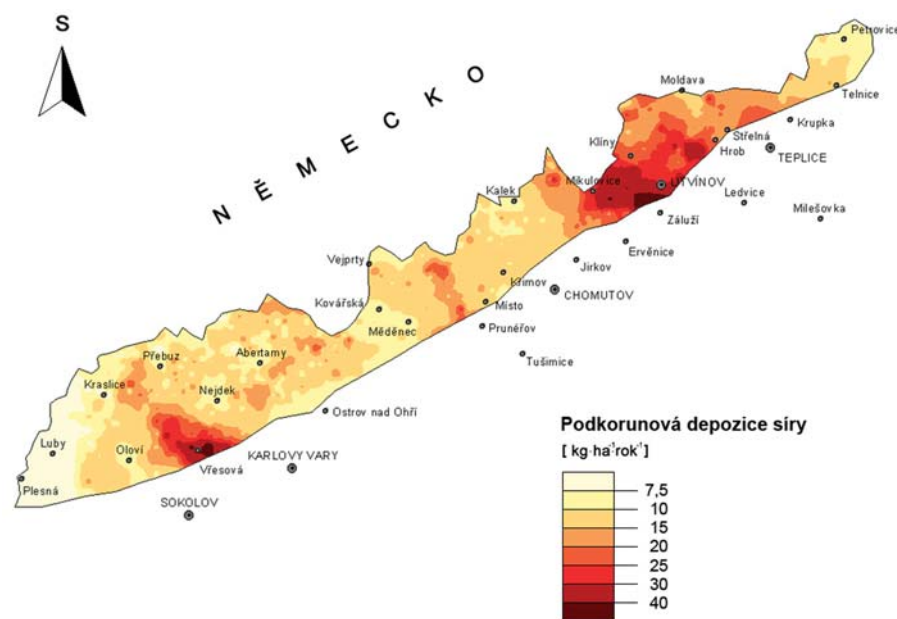
Area distribution of total annual potential throughfall sulphur deposition (sum of dry and wet deposition flow) for coniferous stands in the NFR of the Krušné hory Mts. in 2002 - model calculation

PLO Krušné hory. V roce 2003 dosahovalo překročení kritické dávky depozičního toku síry na cca 80 % území PLO Krušné hory. Hodnota kritické dávky depozičního toku síry je u potenciální podkorunové depoziční síry jehličnatého porostu překročena v roce 2004 na více než 36 % území PLO Krušné hory. Hodnota kritické dávky depozičního toku síry je u potenciální podkorunové depoziční síry jehličnatého porostu stále překračována v roce 2005 na více než 22 % území PLO Krušné hory. Vedle poklesu plochy území s překračování kritické dávky podkorunové síry klesá od roku 2003 i depoziční tok podkorunové síry (tab. 4).



Obr. 8.

Prostorové rozložení potenciální podkorunové depoziční síry (suma suchého a mokrého depozičního toku) v jehličnatém porostu na území PLO Krušné hory v roce 2003 - modelový výpočet
Area distribution of total annual potential throughfall sulphur deposition (sum of dry and wet deposition flow) for coniferous stands in the NFR of the Krušné hory Mts. in 2003 - model calculation



Obr. 9.

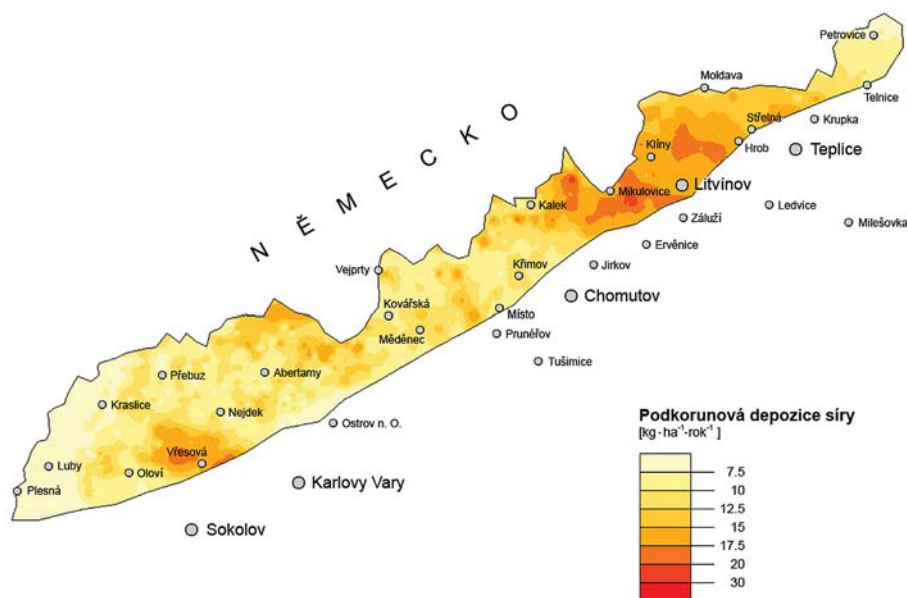
Prostorové rozložení potenciální podkorunové depoziční síry (suma suchého a mokrého depozičního toku) v jehličnatém porostu na území PLO Krušné hory v roce 2004 - modelový výpočet
Area distribution of total annual potential throughfall sulphur deposition (sum of dry and wet deposition flow) for coniferous stands in the NFR of the Krušné hory Mts. in 2004 - model calculation

Prostorové rozložení potenciální podkorunové depoziční síry je znázorněno na obrázku 11 až 14. Z vývoje plošného rozložení i průměrných hodnot potenciální podkorunové depoziční síry dusíku (tab. 4) vyplývá růst zátěže smrkového porostu do roku 2004, po tomto roku došlo k poklesu. V roce 2005 (obr. 14) můžeme minimální podkorunové depoziční dusíku do 10 kg ha⁻¹.rok⁻¹ opět očekávat v jihozápadní části PLO Krušných hor v okolí Plesné a obce Luby, severně od Přebuzi, v okolí vodní nádrže Přísečnice a severovýchodní části PLO Krušné hory v okolí obce Petrovice. Nejvyšší hodnoty depozičních toků

dusíku nad 40 kg ha⁻¹.rok⁻¹ jsou tradičně vázány na blízkou polohu velkých emisních zdrojů, tzn. na jihozápad od Litvínova, dále v okolí Kamenného a Mezihořského vrchu a v blízkosti Pruněřova u obce Hradiště. Hodnoty depozičních toků dusíku v rozmezí 30 - 40 kg ha⁻¹.rok⁻¹ se formují v prostoru mezi Kamenným a Mezihořským vrchem, na území Mosteckého městského lesa, dále v prostoru vrchu Mračný vrch, Loučná a Stropník, v okolí obce Klínov, západně od Vřesové k Jindřichovicím, v oblasti Komářího vrchu u hranice s Německem a v několika izolovaných lokalitách např. u Božidarského Špičáku, Klínovce, u obce Vejprty atd.

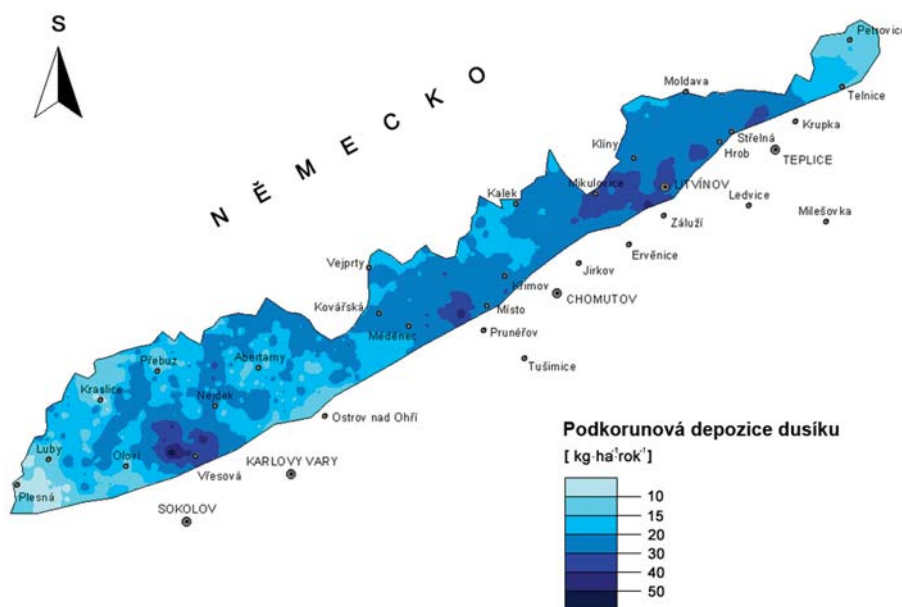
Kritická zátěž depoziční dusíku, od které dochází k jeho přebytku (vyvolává již poškození porostů v důsledku eutrofizace), se u jehličnatých porostů pohybuje mezi 10 - 15 kg ha⁻¹.rok⁻¹ (TICKLE 1992, ÅGREN 1993). Pro území PLO Krušné hory byla použita kritická dávka dusíku (CLN) 15 kg ha⁻¹.rok⁻¹. Z prostorového rozložení potenciální podkorunové depoziční dusíku vyplývá, že v roce 2002 je hodnota CLN u potenciální podkorunové depoziční dusíku jehličnatého porostu překročena na více než 80 % území PLO Krušné hory. V roce 2003 dosahovalo překročení CLN u potenciální podkorunové toku dusíku na cca 65 % území PLO Krušné hory. Hodnota CLN je u potenciální podkorunové depoziční dusíku (oxidovatelné formy) jehličnatého porostu v roce 2004 překročena na více než 96 % území PLO Krušné hory. I přes pokles celkové zátěže dusíkem v roce 2005 (viz tab. 4) je hodnota CLN u potenciální podkorunové depoziční dusíku (oxidovatelné formy) jehličnatého porostu stále překračována na více než 65 % území PLO Krušné hory.

Pro řešení vztahu mezi zdravotním stavem lesních porostů, acidifikací prostředí vstupem kyselých podkorunových depozičních a poškozování lesní půdy, byla použita hodnota kritické dávky kyselých depozičních ($H^+ = SO_4^{2-} + NO_3^-$) pro smrk ve výš 1 463 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹ (DE VRIESE et al. 2002). V hodnotě CLH je zohledněna pufrací schopnost vegetace a půdy, i její přímý vliv na acidifikační procesy. V roce 2002 byla hodnota CLH



Obr. 10.

Prostorové rozložení potenciální podkorunové depozice síry (suma suchého a mokrého depozičního toku) v jehličnatém porostu na území PLO Krušné hory v roce 2005 - modelový výpočet
Area distribution of total annual potential throughfall sulphur deposition (sum of dry and wet deposition flow) for coniferous stands in the NFR of the Krušné hory Mts. in 2005 - model calculation



Obr. 11.

Prostorové rozložení potenciální podkorunové depozice dusíku (suma suchého a mokrého depozičního toku) v jehličnatém porostu na území PLO Krušné hory v roce 2002 - modelový výpočet
Area distribution of total annual potential throughfall nitrogen deposition (sum of dry and wet deposition flow) for coniferous stands in the NFR of the Krušné hory Mts. in 2002 - model calculation

u potenciální kyselé depozice smrkového porostu překročena na více než 91 % území PLO Krušné hory, hodnota 1 600 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹ je překročena na téměř 87 % území, hodnota 2 000 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹ je překročena na 69 % území. V roce 2003 z hlediska potenciální acidifikace smrkových porostů není CLH potenciální podkorunové kyselé depozice překročena pouze na cca 18 % území PLO Krušné hory, na 82 % území překročena je. Na cca 17 % území je CLH pro smrk

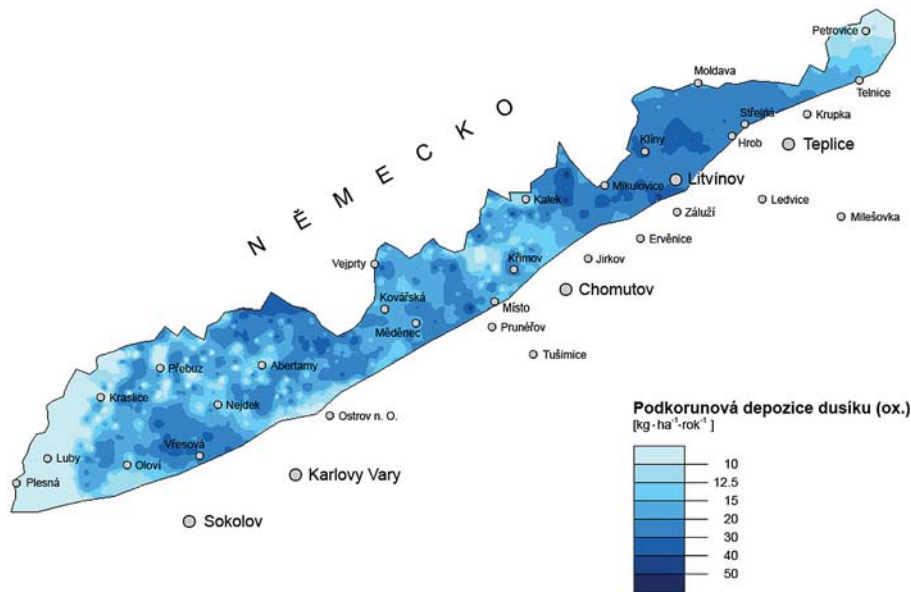
překročena více než dvakrát. V roce 2004 bylo modelovým výpočtem zjištěno nejvyšší zatížení kyselou podkorunovou depozicí tvořenou ionty H^+ z oxidačních procesů. Hodnota kritické dávky kyselé depozice smrkových porostů (1 463 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹) je překročena na více než 90 % území PLO Krušné hory, hodnota 1 600 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹ je překročena na více než 87 % území, hodnota 2 000 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹ je překročena na více než 76 % území PLO Krušné hory. Plošné rozložení překročení CLH pro smrk je znázorněno na obrázku 15.

Hodnota CLH byla i v roce 2005 překračována na více než 75 % území PLO Krušné hory. Z hlediska potenciálního ohrožení lesních půd to znamená, že na cca 25 % území PLO Krušné hory je v důsledku nadměrných vstupů kyselé depozice dosahován mírný stupeň ohrožení lesních půd (kritická dávka kyselé depozice smrkových porostů je překročena do 500 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹). Na více než 24 % území PLO Krušných hor je dosažen středně vysoký stupeň ohrožení lesních půd, tzn. že kritická dávka kyselé depozice smrkových porostů je překročena o více jak 500 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹. Na více než 16 % území PLO Krušných hor je dosažen vysoký stupeň ohrožení lesních půd, kritická dávka kyselé depozice smrkových porostů je překročena do 1 000 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹. Téměř na 10 % území PLO Krušných hor je dosažen velmi vysoký až extrémní stupeň ohrožení lesních půd, kritická dávka podkorunové kyselé depozice smrkových porostů je překročena o více jak 1 500 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹. Plošné rozložení překročení CLH pro smrk je znázorněno na obrázku 16.

Na obrázku 17 je znázorněn podíl potenciální kyselé depozice zachycené jehličnatým porostem ve formě námrazy v roční sumě mokré podkorunové depozice vodíkových iontů. Z prostorového rozložení hodnot zachycené podkorunové kyselé depozice vodíkových iontů ve formě námrazy vyplývá, že se výrazně uplatňuje nadmořská výška. Nejvyšší hodnoty podkorunové kyselé depozice od 300 do 400 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹ můžeme očekávat v okolí masivu Klínovce a v oblasti Božidarského Špičáku. Tato maxima představují 13% podíl v roční sumě mokré podkorunové kyselé depozice (z oxidovatelné formy). Tyto kyselé depozice jsou vytvořeny

z 30 % z mokrého depozičního toku síry a ze 70 % z mokrého depozičního toku dusíku. Nejmenší hodnoty pod 10 mol. H^+ ha⁻¹.rok⁻¹ se formují v údolních chráněných polohách a v lokalitách s nejnižší nadmořskou výškou. Na vzniku těchto kyselých depozic se podílí z 15 % mokrá depoziční tok síry a z 85 % mokrá depoziční tok dusíku. V nadmořských výškách nad 950 – 1 000 m n. m. můžeme

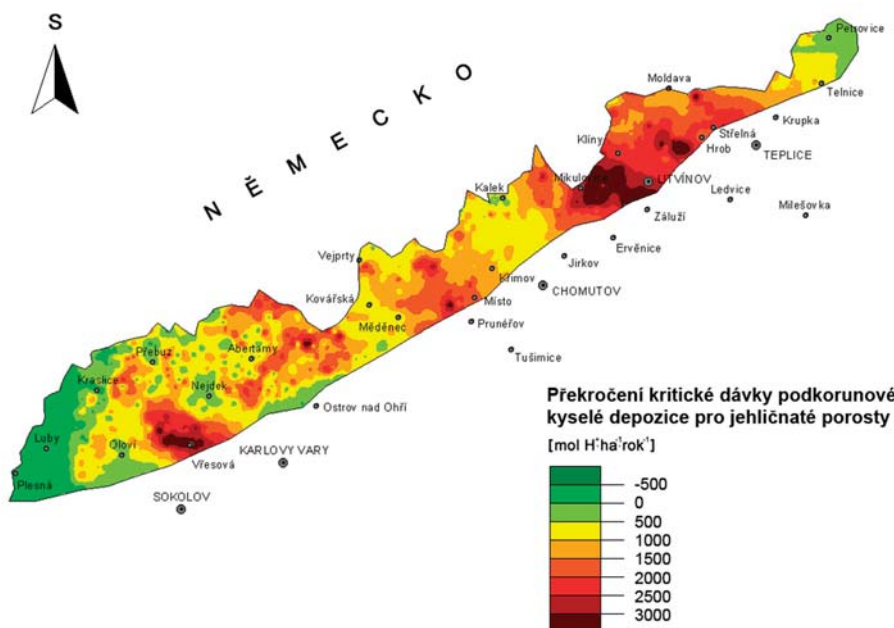
23



Obr. 14.

Prostorové rozložení potenciální podkorunové depozice dusíku (suma suchého a mokrého depozičního toku) v jehličnatém porostu na území PLO Krušné hory v roce 2005 - modelový výpočet

Area distribution of total annual potential throughfall nitrogen deposition (sum of dry and wet deposition flow) for coniferous stands in the NFR of the Krušné hory Mts. in 2005 - model calculation



Obr. 15.

Plošné znázornění překročení kritické dávky kyselé podkorunové depozice pro smrk CLH = 1 463 mol. H⁺ ha⁻¹.rok⁻¹ (podle DE VRIESE et al. 2002) v oblasti PLO Krušné hory v roce 2004 - modelový výpočet

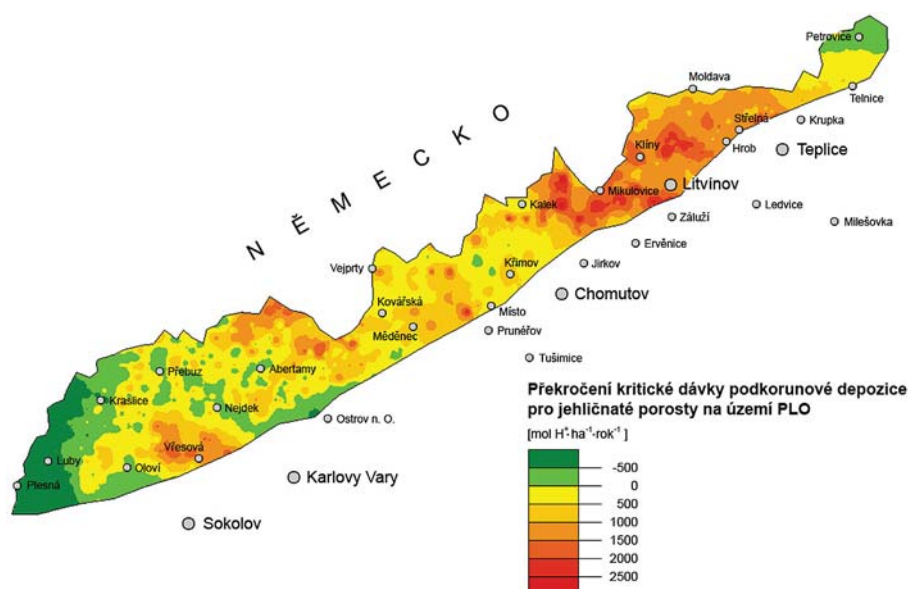
Area representation of the exceeded critical load of acid throughfall deposition for spruce CLH = 1,463 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹ (according to DE VRIES et al. 2002) in the NFR of the Krušné hory Mts. in 2004 - model calculation

Z výsledků překročení kritických dávek pro kyselou depozici (CLH) vyplývá, že na 75 % území PLO Krušných hor pokračuje i v současných emisních podmínkách acidifikace jehličnatých porostů, která je vyvolána v průměru z 37,7 % antropogenními emisemi SO₂ a NO_x ze zahraničí a z 52,3 % antropogenními emisemi z území České republiky. Z výsledků překročení kritických dávek pro depozici dusíku (CLN) vyplývá, že na více než 65 % území PLO Krušné hory probíhají i v současných emisních podmínkách procesy eutrofizace smrkových porostů.

Na území PLO Krušné hory je v důsledku vstupů kyselé depozice dosahován na 25 % území mírný stupeň ohrožení lesních půd (kritická dávka kyselé depozice smrkových porostů je překročena do 500 mol. H⁺ ha⁻¹.rok⁻¹). Na více než 24 % území PLO Krušných hor je dosažen středně vysoký stupeň ohrožení lesních půd, tzn. že kritická dávka kyselé depozice smrkových porostů je překročena o více jak 500 mol. H⁺ ha⁻¹.rok⁻¹. Na více než 16 % území PLO Krušných hor je dosažen vysoký stupeň ohrožení lesních půd, kritická dávka kyselé depozice smrkových porostů je překročena do 1 000 mol. H⁺ ha⁻¹.rok⁻¹. Téměř na 10 % území PLO Krušných hor je dosažen velmi vysoký až extrémní stupeň ohrožení lesních půd, kritická dávka podkorunové kyselé depozice smrkových porostů je překročena o více jak 1 500 mol. H⁺ ha⁻¹.rok⁻¹.

Nejvíce ohroženými oblastmi PLO Krušné hory jsou území Mosteckého městského lesa, v prostoru Medvědí skály, v okolí Kamenného a Mezihořského vrchu, v prostoru mezi Mračným vrchem a Loučnou, oblast od Vřesové přes Kammenný vrch, Jedlovník až po Jindřichov, území v blízkosti Pruněřova u obce Hradiště, v oblasti Božídarského Špičáku a lokalitě Klínovce, dále v několika izolovaných lokalitách v oblasti Komářího vrchu u hranic s Německem.

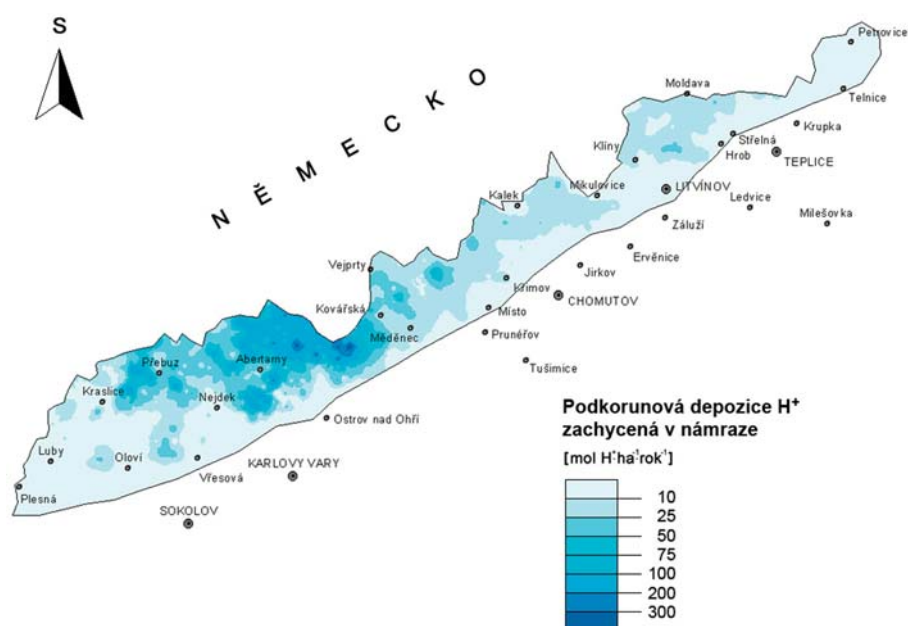
Odvozená data potenciálních depozičních toků síry, dusíku a iontů vodíku rozšiřují databázi ekologických poměrů (edafoklimatických, expozičních, atd.) struktury lesních typů PLO Krušných hor a mohou tak přispět k hodnocení příčin chřadnutí lesních porostů, k hodnocení příčin změn zdravotního stavu smrkových porostů i k posouzení úspěšnosti revitalizačních opatření při obnově lesního porostu.



Obr. 16.

Plošné znázornění překročení kritické dávky kyselé podkorunové depozice pro smrk CLH = 1 463 mol. H⁺ ha⁻¹·rok⁻¹ (podle DE VRIESE et al. 2002) v oblasti PLO Krušné hory v roce 2005 - modelový výpočet

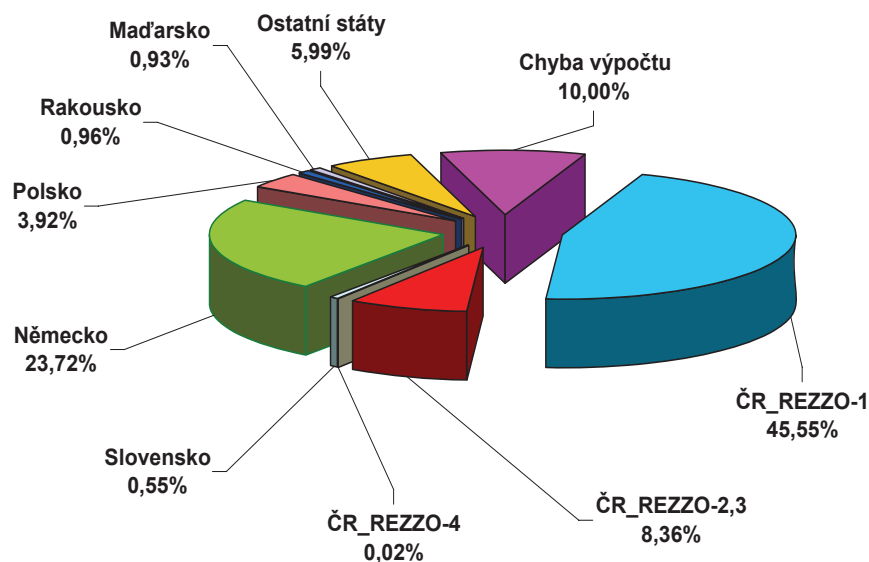
Area representation of the exceeded critical load of acid throughfall deposition for spruce CLH = 1,463 mol. H⁺ ha⁻¹·year⁻¹ (according to DE VRIES et al. 2002) in the NFR of the Krušné hory Mts. in 2005 - model calculation



Obr. 17.

Prostorové rozložení potenciálního množství mokré podkorunové kyselé depozice vodíkových iontů (suma mokrého depozičního toku síry a dusíku – oxidovatelná forma) zachycená v námraze v jehličnatých porostech na území přírodní lesní oblasti Krušné hory v roce 2004 - modelový výpočet

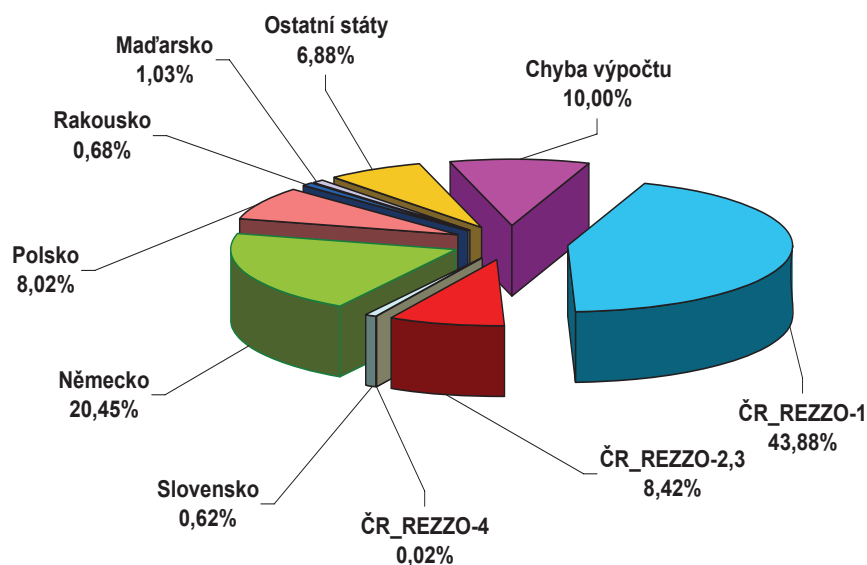
Spatial distribution of the potential amount of wet throughfall acid deposition of hydrogen ions (sum of wet sulphur and nitrogen deposition flows – oxid. form) measured in hard rime in coniferous forest stands in the Natural Forest Region of the Krušné hory Mts. in 2004 - model calculation



Obr. 18.

Podíl emisních zdrojů na průměrné roční potenciální podkorunové depozici H⁺ v oblasti Krušných hor v roce 2004

The share of emission sources in the average annual potential throughfall deposition of H⁺ in the region of the Krušné hory Mts. in 2004



Obr. 19.

Podíl emisních zdrojů na průměrné roční potenciální podkorunové depozici H⁺ v oblasti Krušných hor v roce 2005

The share of emission sources in the average annual potential throughfall deposition of H⁺ in the region of the Krušné hory Mts. in 2005

Poděkování:

Příspěvek byl zpracován za podpory grantů MSM 6215648902 „Revitalizace horských lesních ekosystémů poškozených imisemi“, projektu Grantové služby LČR „Lesnické hospodaření v imisní oblasti Krušných hor“ a MZe ČR.

LITERATURA

- ÅGREN CH. 1993. The limits of tolerance. In: Critical Loads for Air Pollutants. Göteborg (Sweden), Secretariat on Acid Rain: 4 s.
- BAER M., NESTER K. 1988. Numerical simulation of SO₂ concentration and dry deposition fields in the TULLA experiment. Acid Deposition at High Elevation. M. H. Unsworth, D Fowler: 553-568.
- BARRETT M. 2004. Atmospheric emission from large point sources in Europe. Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, Air Pollution and Climate, 17: 60 s.
- BAŤKA M., BEDNÁŘ J., BRECHLER J., KOPÁČEK J. 1984. Aplikace trajektoriového modelu na hodnocení transportu znečištění ovzduší v oblasti Čech. Ochrana ovzduší, 11: 161-164.
- BUBNÍK J. 1979. Výpočet znečištění ovzduší pro stanovení a kontrolu technických parametrů zdrojů. Praha, MLVH ČSR: 42 s.
- BUBNÍK J., KEDER J., MACOUN J., MAŇÁK J. Systém modelování stacionárních zdrojů – Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší MŽP výpočtu znečištění ovzduší z bodových a mobilních zdrojů „SYMOS 97“. Věstník MŽP ČR, ročník 1998, částka 3, s. 22-57.
- DE VRIES W., REINDS G. J., VAN DOBBEN H., DE ZWART D., AAMLID D., NEVILLE P., POSCH M., AUÉ J. C. H., VOOGD E. M. 2002. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe. Technical Report. Brussels, Geneva, EC, UN/ECE: 175 s.
- MESOPUFF 1994. A revised user's guide to MESOPUFF II Version 5.1. EPA-454/B-94-025,
- FOTYMA E., FOTYMA M. Soil monitoring for the content of mineral nitrogen in Poland. Soil monitoring. In: Proceedings from the IV. international conference Brno, 31. 5. - 1. 6. 1999, s. 55-57.
- HERTZ J., BUCHER P., RIEDMANN A. 1992. Deposition und Schwebstaub. In: Förderer L. (ed.): Immissionsökologische Untersuchungen im Wald des Kantons Zürich, Zürich, s. 53-62.
- Kolektiv 2003a. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2002. Praha, Český hydrometeorologický ústav: 158 s.
- Kolektiv 2003b. Forest Condition in Europe. Results of the 2002 Large-scale survey. Technical Report. Geneva and Brussels, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), UNECE and ECE: 115 s.
- Kolektiv 2004a. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2003. Praha, Český hydrometeorologický ústav: 155 s.
- Kolektiv 2004b. Forest Condition in Europe. Results of the 2003 Large-scale survey. Technical Report. Geneva and Brussels, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), UNECE and ECE: 127 s.
- Kolektiv 2005. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky - stav k 31. 12. 2004. Praha, MZe ČR: 119 s.
- Kolektiv 2005a. EMEP Report 1: 146 s.
- Kolektiv 2005b. Životní prostředí v Evropě. Stav a výhled v roce 2005 (česká verze). Brusel, EU: 450 s.
- Kolektiv 2005c. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2004. Praha, Český hydrometeorologický ústav: 168 s.
- Kolektiv 2005d. Forest Condition in Europe. 2005 Technical Report. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Geneva and Brussels, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), UNECE and ECE: 99 s. + 21 příloh.
- Kolektiv 2006a. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky - stav k 31. 12. 2005. Praha, MZe ČR: 135 s.
- Kolektiv 2006b. Forest Condition in Europe. 2006 Technical Report. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH) and Department of Wood Science University of Hamburg: 57 s. + 21 příloh.
- Kolektiv 2006c. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2005. Praha, Český hydrometeorologický ústav: 216 s.
- KULHAVÝ J., DRÁPELOVÁ I. 2006. Depoziční toky a chemismus lyzimetrických vod ve smrkové monokultuře při různém stupni způsobu obhospodařování - (2005). Beskydy, 19: 35-42.
- LOCHMAN V. Výsledky výzkumu vlivu lesních porostů na chemismus srážkové a půdní gravitační vody a chemismus půd ve VÚLHM Jiloviště-Strnady. In: Černý J. (ed.): Kyselá atmosférická depozice a její důsledky. Sborník přednášek z pracovního semináře Praha 16. 4. 1985, s. 52-54.
- LOCHMAN V. 2000. Vývoj depozice imisních látek, chemismu půdní vody a půdy na výzkumných plochách Šerlich a složení vody v povrchovém zdroji. In: Slodičák M. (ed.): Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor. Sborník referátů z celostátního semináře, Opočno 31. 8. - 1. 9. 2000. Strnady, VÚLHM: 31-36.
- POSCH M., DE SMET P. A. M., HETTELINGH J.-P., DOWNING R. J. 1999. Calculation and mapping of critical thresholds in Europe. CCE Status Report, 175 s.
- TICKLE A. Critical loads for nitrogen and their use in national and international NGO campaigning. In: Report of the Third International NGO strategy Seminar on Air Pollution, Göteborg, Sweden, April, 1992, 10 -12, s. 18-23.
- ULRICH B. 1987. Stability, elasticity and resilience of terrestrial ecosystems with respect to matter balance. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, Biological Studies, 61.
- ULRICH B., MAYER R., KHANNA P. K. 1980. Chemical changes due to acid precipitation in a loess-derived soil in central Europe. Soil Science, 130: 193-199.
- VESTRENG V., KLEIN H. 2002. Emission data reported to UNECE/EMEP. Oslo, Norwegian Meteorological Institute, Research Note no. 73: 101 s.
- VITÁSEK E. 1987. Numerické metody. Technický průvodce 67. Praha, Státní nakladatelství technické literatury: 516 s.

DEVELOPMENT OF THE POTENTIAL DEPOSITION FLOWS OF SULPHUR, NITROGEN AND HYDROGEN IONS IN THE TERRITORY OF THE KRUŠNÉ HORY MTS. NATURAL FOREST REGION (NFR) IN 2002 - 2005

SUMMARY

Analyses of expert studies indicate that the deposition of sulphur and nitrogen compounds contributes to the acidification of soils and surface waters, and to the leaching of nutrients required by plants, which result in damage to fauna and flora (Kolektiv 2005b). Damage to forest stands and their decline occur due to air pollution with SO_2 and NO_x . Oxidation of SO_2 and NO_x in the atmosphere and the subsequent dissolution of the products of oxidation in rain drops give rise to sulphuric acid, nitric acid and their salts. According to Brömsted-Lowry's conception, acid is a hydrogen-containing compound. Aqueous solutions of acids release proton – a hydrogen ion. Deposition of hydrogen ions from the anthropogenic SO_2 and NO_x emissions in the forest ecosystem results in the increasing (intensifying) acidification of the soil environment. The development of protons from SO_2 , NO , NO_2 , SO_4^{2-} and NO_3^- depositions in the forest ecosystem was corroborated by numerous experimental measurements of lysimetric and gravimetric waters made in the past (LOCHMAN 1985, 2000, HERTZ, BUCHER, RIEDMANN 1992, FOTYMA 1999) as well as by currently running experiments (KULHAVÝ, DRÁPELOVÁ 2006). In natural forest regions of the Czech Republic, the deposition flows of sulphur and nitrogen reach values exceeding their highest tolerated critical doses set up for the most important commercial tree species of spruce, oak, beech and pine. The government decree no. 22 of January 2004 claims that with respect to the long-term air pollution load, the current level of air pollution and atmospheric depositions represent continuously a serious risk for the stability of forest ecosystems in exposed regions. In the territory of the Czech Republic, this type of damage to forest stands shows particularly in mountain areas from elevations of about 700 m a. s. l.

First evidence about the acidification of forest soils and degradation of forest ecosystems due to atmospheric depositions was presented by ULRICH et al. (1980) several years later. Acidification of forest soils is understood as a natural process inducing decalcification and podsolization, which is considerably accelerated by the introduction of acid anthropogenic H^+ deposition. The introduction of acid deposition into the soil triggers a chain of reactions that cause accelerated soil acidification after exhaustion of soil buffer capacity. The increasing soil acidity results in the development of ionic compounds of heavy metals and metaloids (Al, Mn, Fe) in the soil, which are referred to as cationic acids. In reaction with water, the cationic acids may generate protons, which represent potential cell poisons for the root system of plants and for soil microorganisms (ULRICH 1987). In addition to acidification, forest stands are affected also by eutrophication, which is induced by the deposition flow of nitrogen from NO_x and ammonia emissions.

It further follows from the survey into the health condition of forest stands in the territory of the Czech Republic made within ICP Forests (Kolektiv 2003a, 2004a, 2005, 2006a,b) that the defoliation of conifers (main species being Norway spruce *Picea abies*) over 60 years of age has been exhibiting a nearly steady state with only mild fluctuations already since 2001. The sum of defoliation in classes 2 + 3 + 4 increased from 62.6% in 2004 to 62.7% in 2005. Defoliation class 2 increased in the coniferous species from 61.5% in 2004 to 61.7% in 2005. Only 9.7% of all surveyed coniferous species were found without any kind of damage and with a possible defoliation reaching only up to 10%.

Development of the health condition of forest stands in the Czech territory remains to be affected by SO_2 and NO_x emissions. After a major decrease of SO_2 and NO_x emissions in the 1990s, a trend can be observed from ca 2001 of very slowly decreasing or stagnating SO_2 emissions and very slowly increasing or stagnating NO_x emissions. Of the countries of Central Europe (Czech Republic, Poland, Germany, Austria, Hungary, Slovakia) the annual amount of SO_2 emissions ranged in the period of 2002 - 2005 between 2.1 - 2.6 mil. tons and the annual amount of NO_x emissions ranged from 2.7 - 2.8 mil. tons. With respect to short-term climatic extremes and still high amounts of sulphur and nitrogen oxides emissions discharged from emission sources in Europe, the defoliation of coniferous and broadleaved forests in the territory of Czech Republic was "maintained" at the highest levels in Europe in 2002 - 2005. The situation results from the fact that even a lower concentration of harmful substances and especially the introduction of acid depositions from SO_2 and NO_x emissions in combination with short-term unfavourable climatic situations (e. g. air temperature fluctuation in early spring, extended growing season ending with a rapid onset of winter) induces damage to tree species. For example, a synoptical situation developed at the end of winter in mid-March 2005 over Central Europe, which caused a rapidly growing air temperature in the territory of the Krušné hory Mts. (NFR) at elevations of about 1,100 m a. s. l. above +10 °C (17 March 2005 +10.7 °C). The coming two days brought a severe drop in temperature, which was repeatedly falling below -3 °C (20 March 2005 -3.8 °C).

Intensity of the acidification and eutrophication of forest stands in the natural forest regions of the Czech Republic is apparently most affected by sulphur and nitrogen deposition flows whose source are anthropogenic emissions of sulphur dioxide and nitrogen oxides. The goal of this study was to assess the development of potential deposition flows of sulphur, nitrogen and hydrogen ions in the Natural Forest Region (NFR) of the Krušné hory Mts. in 2002 - 2005 by means of a model calculation. Another goal of the deposition study was to assess – again on the basis of a comparison of derived deposition flows with critical doses – the level of acidification and eutrophication for coniferous stands, to establish the share of frost deposit in the input of acid deposition, and to determine the participation of emission sources in the total potential acid deposition of hydrogen ions.

Model calculation of the deposition flows of sulphur, nitrogen and acidic H^+ deposition was made from gaseous concentrations of SO_2 , NO_x (as NO and NO_2) and from their dry and wet deposition flows. Calculation of dry sulphur and nitrogen deposition was carried out through the calculation of deposition rates by means of the resistance model. Calculation of wet sulphur and nitrogen deposition dwells on the parametrization used in MESOPUFF II model (1994). Model calculation of total potential sulphur and nitrogen deposition employs relief-charac-

terizing data (network of reference points), data on SO_2 and NO_2 amounts discharged from the emission sources and their technical parameters (chimney heights, temperature efficiency, service time in year, etc.), meteorological data defining dispersal and deposition conditions (wind direction and velocity, air temperature, atmospheric precipitation amounts, global radiation, air humidity), and air-pollution records needed for calibration (SO_2 , NO_x , NO , NO_2) and chemical reduction (O_3).

The network of reference points (grids) was aligned to represent main relief forms in the studied territory – highland plateaus, summit elevations, slopes and major valleys. Within the grid pattern, a calculation was made of potential deposition flows of sulphur, nitrogen and hydrogen ions. The NFR of the Krušné hory Mts. can be divided into two mutually different parts: a part of mountains with highland plateaus situated at the highest altitudes reaching above 1,100 m a. s. l., and a part of slopes with altitudes reaching from foothills to elevations of ca 600 m a. s. l. Geographic coordinates (longitude, latitude and elevation above sea level) for 1,257 points (grids) were defined from the topographic map 1 : 50,000.

The derived values of potential dry, wet and acid depositions represent values measured above the forest stand. The measurement of throughfall precipitation and its chemical analysis show that depositions intercepted by the stand are on average 2 - 3x higher than depositions in the open area precipitation. The throughfall deposition was derived from a comparison of wet sulphur and nitrogen (wet-only, bulk and throughfall) depositions that are monitored in the Czech territory. The measured ratio was used for the conversion of model-derived potential sulphur and nitrogen depositions for the open area above the forest stand.

For the NFR of the Krušné hory Mts., a derivation of sulphur and nitrogen depositions above the forest stand was possible on the basis of the density of area coverage by coniferous stands (in per cents). We based our calculations on an assumption that 100% of the forest stand coverage would intercept the highest throughfall deposition by throughfall precipitation (established from the analysis of throughfall precipitation). Bare plots will be represented (coverage 0%) by the value of open area deposition (clearcuts due to air pollution, water surfaces, grasslands, etc.). Coverage data were obtained for all reference points from the Landsat satellite (Stoklasa Tech.). The potential throughfall deposition was calculated by using Langrange interpolation polynomial (VITÁSEK 1987) based on the above mentioned assumption. This means that the throughfall deposition in the coniferous stand would range between the open area deposition and the highest throughfall deposition at coverage of 100%.

Results from the model calculation of the potential throughfall depositions of sulphur, nitrogen and hydrogen ions in the period 2002 - 2005 derived for the coniferous stand are summarized in table 4. They show that the mean annual throughfall sulphur deposition was 11.75 – 24.45 kg.ha⁻¹.year⁻¹, mean annual throughfall nitrogen deposition amounted to 14.04 – 24.24 kg. ha⁻¹.year⁻¹, and mean annual throughfall acidic deposition (from the oxidable forms of sulphur and nitrogen) reached 2,107.8 – 2,682.3 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹.

Regarding the bedrock and sulphur consumption by the coniferous stand, a critical dose of annual sulphur deposition used for the NFR of the Krušné hory Mts. was 15 kg S ha⁻¹.year⁻¹. The critical dose of sulphur deposition flow is permanently exceeded in the potential throughfall sulphur deposition of the coniferous stand on more than 22% of the NFR area.

The critical load of nitrogen deposition (CLN) from which its surplus occurs (which induces damage to stands due to eutrophication) ranged in the coniferous stands between 10 - 15 kg N ha⁻¹.year⁻¹ (TICKLE 1992, ÅGREN 1993). Critical nitrogen load used in the NFR of the Krušné hory Mts. was 15 kg N ha⁻¹.year⁻¹ (CLN). The critical load of nitrogen deposition flow is permanently exceeded in the potential throughfall nitrogen deposition (oxidable forms) of the coniferous stand on more than 65% of the NFR area.

For the solution of relation between the health condition of forest stands, environment acidification due to the introduction of throughfall acid deposition and damage to forest soil, a critical load of acid deposition ($\text{CLH} = \text{H}^+ = \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$) was used for spruce at 1,463 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹ (DE VRIES et al. 2002). The critical dose takes into account buffering capacity of the vegetation and soil as well as its direct influence on acidification processes. The area distribution of the overdosed critical acid deposition for spruce is illustrated in figures 15 - 16. The critical load of acid deposition in Norway spruce stands (1,463 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹) is exceeded on more than 75% of the NFR area at the present time. This indicates that a mild degree of danger to forest soils is observed on about 25% of the NFR Krušné hory Mts. area due to excessive inputs of acid deposition (critical load of acid deposition in the spruce stands being exceeded up to 500 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹). Medium degree of danger to forest soils is reached on more than 24% of the NFR area, which indicates that the critical load of acid deposition in the spruce stands is exceeded by more than 500 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹. High degree of danger to forest soils is reached on more than 16% of the NFR area with the critical load of deposition in the spruce stands being exceeded up to 1,000 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹. Nearly 10% of the NFR area exhibit very high to extremely high degree of danger to forest soils with the critical dose of throughfall acid deposition in the spruce stands exceeded by more than 1,500 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹.

Figure 17 illustrates the share of potential acid deposition intercepted by the coniferous stand in the form of hard rime in the annual sum of wet throughfall deposition of hydrogen ions. The spatial distribution of the values of intercepted throughfall acid deposition of hydrogen ions in the form of hard rime shows a considerable influence of altitude. The highest values of throughfall acid deposition in range 300 - 400 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹ can be expected nearby the Klínovec massif and in the surroundings of Božidarský Špičák Mt. These maximums of acid deposition in hard rime represent more than a 13% proportion in the annual sum of wet throughfall acid deposition (from oxidable form). The lowest values below 10 mol. H⁺ ha⁻¹.year⁻¹ are measured in sheltered valleys and in localities situated at the lowest elevations. With respect to anticipated increased hard rime toxicity, we can expect increased manifestations of damage to forest stands (higher values of discoloration and defoliation) in areas with the highest amount of acid deposition in hard rime (above 1,000 m a. s. l.).

The share of emission sources in the potential deposition of H⁺ (mol. ha⁻¹.year⁻¹), which formed from dry and wet throughfall depositions of sulphur and nitrogen in the NFR of the Krušné hory Mts. in the period from 2004 - 2005, is shown in figures 18 and 19. It follows out from the figure 19 that the mean annual acid deposition of hydrogen ions amounting to 2,107.8 mol. ha⁻¹.year⁻¹ calculated for year 2005 was induced at 37.7% by SO_2 and NO_x emissions imported from abroad and at 52.3% by emissions from the Czech sources. The highest share

(43.9%) showed the REZZO 1 emission (big) sources from the Czech Republic. The REZZO 2 + 3 (medium-size and small) sources of emissions in the Czech Republic were responsible for 8.4% and the REZZO 4 (linear) sources in the Czech Republic for 0.02%. The highest share of foreign sources in the annual acid deposition (20.5%) is shown by SO₂ and NO_x emission sources from Germany.

The results of exceeded critical rates for acid deposition indicate that the acidification of coniferous forests continues in the NFR of the Krušné hory Mts. in the current emission situation, which is induced on average at 37.7% by anthropogenic emissions of SO₂ and NO_x from abroad, and at 52.3% by anthropogenic emissions from the Czech territory. The results of exceeded critical rates for nitrogen deposition indicate that processes of the eutrophication of spruce stands continue in the current emission situation on more than 65% of the NFR Krušné hory Mts. area.

Acknowledgements:

The study was funded by the Grants MSM 6215648902 "Revitalization of the mountains forest ecosystems damage by air pollution", project of Grant Agency of the Forests of the Czech Republic "Forestry Management in the Krušné hory Mts." and the Ministry of Agriculture of the Czech Republic.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

RNDr. Pavel Hadaš, Ústav ekologie lesa, LDF MZLU
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika
tel.: 545 134 188; e-mail: hadas@mendelu.cz

VLIV PŮVODU REPRODUKČNÍHO MATERIÁLU NA ODRŮSTÁNÍ SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) VE VYŠŠÍCH POLOHÁCH 7. LVS IMISNÍ OBLASTI KRUŠNÝCH HOR

EFFECT OF THE ORIGIN OF REPRODUCTIVE MATERIAL ON THE GROWTH OF NORWAY SPRUCE
(*PICEA ABIES* [L.] KARST.) AT HIGHER ELEVATIONS OF FOREST ALTITUDINAL VEGETATION ZONE 7
IN THE AIR-POLLUTED AREA OF THE KRUŠNÉ HORY MTS.

PETR MAÑAS - OLDŘICH MAUER

Ústav zakládání a pěstění lesů, LDF MZLU Brno

ABSTRACT

This article deals with comparison of Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) plantations established with the use of bare-rooted planting stock cultivated from the seed of the 7th forest altitudinal vegetation zone origin (FAVZ 7 – spruce with beech site) and plantations established with the use of containerized planting stock cultivated from the seed originating from both FAVZ 7 and FAVZ 8 (spruce site). The 5-year-old plantations are situated in the Krušné hory Mts. (altitude 920 m a. s. l., forest site type 7K3 – spruce with beech forest on acidic site). Analyzed were 11 above-ground parameters and traits and 7 root system parameters and traits. The results indicate that all studied variants of the planting stock have a good prerequisite to grow under mountain conditions. However, the planting stock originating from FAVZ 8 used at the upper boundary of FAVZ 7 shows considerably better growth parameters and morphological quality of the above-ground part than the planting stock originating from FAVZ 7 (e. g. planting stock originating from FAVZ 8 has total height of above-ground part over 34 cm higher than planting stock originating from FAVZ 7).

Klíčová slova: smrk ztepilý, obnova, horské lokality, sadební materiál

Key words: Norway spruce, regeneration, mountain localities, planting stock

ÚVOD

Zalesňování horských lokalit přináší značné problémy. Kromě extrémních klimatických podmínek zde velmi často spolupůsobí i imisní zátěž a nepříznivý stav půd. Klimatické podmínky se v horských polohách vyznačují krátkým vegetačním obdobím s nižší teplotou, teplotními extrémy a možností fyziologického vysychání. Proto používání sadebního materiálu odpovídající genetické, morfologické i fyziologické kvality, přizpůsobeného pro dané podmínky, je jedním z klíčových předpokladů úspěšného zalesnění.

Jednou z imisemi nejvíce postižených oblastí u nás jsou Krušné hory. Pro celkové zařazení krušnohorského problému je třeba zdůraznit, že v celé Evropě se nevyskytuje oblast, kde by na tak velké ploše, za tak nepříznivých stanovištních podmínek byly postiženy lesy tak výrazným znečištěním ovzduší, a konečně i s tak nepříznivou perspektivou (MATERNA 1978). Neblahá priorita oblasti je v tom, že byla masově poškozena jako první v Evropě, což znemožnilo přebírání jak poznatků, tak praktických zkušeností (KUBELKA et al. 1992). Další negativní skutečností byl rychlý postup odumírání porostů, zejména v návaznosti na období klimatických extrémů a následný vznik rozsáhlých kalamitních holin. Z potřeby rychle obnovit především půdoochranné a vodoochranné funkce vznikaly v Krušných horách porosty náhradních dřevin. V současné době, kdy imise již nedosahují kritického působení a především kdy se porosty náhradních dřevin znatelně rozpadají (MAUER et al. 2004), je potřeba přistoupit k jejich rekonstrukcím. Volba vhodné druhové skladby, technologie a sadebního materiálu je jednou

ze základních otázek nejen rekonstrukcí, ale i všech obnov v oblasti. Při výběru dřevin vhodných pro zakládání porostů není rozhodující pouze jejich tolerance k imisnímu zatížení, ale současně je nutné, aby jejich ekologické nároky nebyly v rozporu s přírodními podmínkami. Dřevina, které dobře vyhovují stanovištní podmínky (použitá dřevina je v optimu své ekovalence), se projeví jako životaschopnější a celkově vitálnější.

Koncem 60. let minulého století bylo jasné, že obnova lesa na horských kalamitních holinách se nedá řešit klasickým způsobem, tedy sadbou smrku ztepilého. Za tři roky po výsadbě bezvadných sazenic, tedy v době, kdy úspěšná kultura musí nasadit výškový přírůst, byly na zalesňované ploše chřadnoucí smrčky (BRADÁČ 1986). Na rozlehlých holinách se změněnými mikroklimatickými a půdními podmínkami (teplota, vítr, kyselost půdy, buřň apod.) nebylo možné ihned realizovat výsadbu cílovými dřevinami. Ty byly vysazovány v chráněných polohách, na menších holinách a v sousedství okolních porostů, kde nedošlo k výraznému narušení porostního mikroklimatu. Na velkých plochách nacházely uplatnění domácí a introdukované dřeviny s širokou ekovalencí (bříza, jeřáb, olše, kleč, modřín, smrkové a borové exoty) vytvářející přípravné porosty jako předpoklad pro následnou výsadbu cílových druhů dřevin (buk, javor, jilm, jasan, smrk, jedle, borovice) (KRIEDEL 2001). Po změně emisní situace hodnotí MAUER et al. (2006) odrůstání smrku ztepilého na maloplošných holinách v pásmech ohrožení A a B v oblasti Krušných hor jako zcela srovnatelné s růstem smrku v pásmech ohrožení C na Českomoravské vrchovině. Porosty v Krušných horách se nacházejí na kyse-

lých stanovištích 6. a 7. LVS a porosty na Českomoravské vrchovině se nacházejí na kyselých stanovištích 6. LVS, srovnávané porosty jsou tedy stanovištně odpovídající. To znamená, že z hlediska obnovy lze v Krušných horách přejít na normální smrkové hospodářství horských poloh.

I v současné době jsou v imisní oblasti Krušných hor velkoplošné, těžko zalesnitelné holiny, zejména na horní hranici 7. LVS, kde jsou problémy s obnovou největší. Důvodem je velká diferenciace 7. LVS. Rozsah 7. lesního vegetačního stupně v Krušných horách zahrnuje široké ekologické rozpětí, které se v praxi projevuje nezanedbatelnými rozdíly v odrůstání smrkových kultur a s tím i problémy se zajištěností kultur. Cílem práce je v současných imisně-ekologických podmínkách 7. LVS porovnat růst a vitalitu výsadeb smrku ztepilého založených na velkoplošných holinách ve stejných klimatických a půdních podmínkách sadebním materiálem rozdílného původu.

Nezbytnou součástí tohoto šetření jsou i analýzy kořenových systémů. Kořenový systém je základem stromu, jelikož zajišťuje jeho mechanickou stabilitu, příjem vody a živin. Bylo prokázáno, že negativní působení stresorů a snížení vitality stromu se nejdříve projeví na kořenovém systému. Kořenový systém (jeho stav) je tudíž jedním z nejvhodnějších indikátorů, který zhodnotí nejen současný stav jedince, ale může poukázat i na negativní změny, ke kterým v jeho dalším růstu může dojít.

METODIKA A POUŽITÝ MATERIÁL

Analyzované porosty se nacházejí na majetku Lesů České republiky, LS Litvínov, revír Vřesoviště, obora Fláje. Konkrétně jde o porosty:

- 223 B 0 – zalesněn prostokořeným sadebním materiálem původem z 7. LVS (dále uváděn jako 7p),
- 223 B 2b – zalesněn krytokořeným sadebním materiálem původem z 7. LVS (dále uváděn jako 7k),
- 224 A 3b – zalesněn krytokořeným sadebním materiálem původem z 8. LVS (dále uváděn jako 8k).

Porosty mají shodné pásmo ohrožení A, lesní typ 7K3, nadmořskou výšku cca 920 m n. m. a rok zalesnění 2003. Plochy jsou neoplocené a naprosto nechráněné před klimatickými vlivy, nacházejí se ve vrcholové partii kopce Loučná, terén je téměř rovinný a menší expozice svahu nehrají v případě oslunění žádnou roli. Podle údajů ÚHÚL Brandýs n. L. je pro 7. – bukosmrkový vegetační stupeň uvedeno teplotní rozpětí 4,0 – 4,5 °C, roční srážky 1 050 – 1 200 mm a vegetační doba 100 – 115 dnů (VACEK et al. 2003).

Při přípravě stanoviště byly na plochách odstraněny zbytky odumírajících březových porostů založených po bagrové přípravě a terén byl urovnán buldozerem. Pro výsadbu prostokořeného sadebního materiálu (pěstební vzorec 2 + 1) byla užitá jamková sadba (35 x 35 cm), krytokořený sadební materiál (typ Roottrainer o objemu 300 ml, pěstební vzorec 1 + 2k) byl vysázen dutým rýčem. V době výsadby měl prostokořený i krytokořený sadební materiál stejnou výšku nadzemní části.

Na každé ploše bylo hodnoceno vždy 60 jedinců vybraných náhodným výběrem (dále uváděny jako 7p60, 7k60, 8k60). Vzhledem k jejich velkému poškození zvěří bylo dále změřeno dalších 40 jedinců s normálním přírůstem (dále uváděny jako 7p, 7k, 8k), tedy bez poškození okusem. U každého jedince byly hodnoceny tyto parametry a znaky:

- Celková výška nadzemní části, přírůst terminálu, tloušťka kořenového krčku. Hodnoty byly měřeny s přesností na centimetry, u kořenového krčku na milimetry.
- Vitalita. Byla vyhodnocována ve 4 stupních podle barvy asimilačního aparátu. 1 – zelená barva, 2 – nažloutlá barva, 3 – žlutá barva, 4 – odumírající jedinec. V hodnocení je uvedena jako aritmetický průměr za jednotlivé plochy.
- Tvar koruny. Spolu s velikostí přírůstu, celkovou výškou a vitalitou hodnotí dynamiku odrůstání rostliny v předchozích letech. Pro hodnocení tvaru koruny byly vylišeny 4 stupně. 1 – průběžný kmen, koruna je bez jakýchkoliv tvarových změn; 2 – relativně průběžný kmen, boční poškození koruny, relativně pravidelné přesleny; 3 – opakovaně poškozovaná koruna okusem či mrazem odrůstá velkým přírůstem terminálního výhonu z negativního vlivu; 4 – výrazné poškození kmene i koruny, není jasný terminální výhon. V hodnocení je uveden jako aritmetický průměr za jednotlivé plochy.
- Tvar kmene. Rozeznáván byl tvar kmene letošní (vyjadřuje tvar nově přirostlé části terminálního výhonu v daném roce) a tvar kmene starší (vyjadřuje tvar osy v předchozích letech). U každé kategorie byly vylišeny 3 varianty:
 - Přímý – terminální výhon je nevětvený, tvořen pouze jedním výhonem. V případě výskytu dalších výhonů nesmějí být tyto delší a silnější jak polovina délky, resp. tloušťky terminálního výhonu.
 - Dvoják – terminální výhon je rozvětven do dvou výhonů, přičemž ani jeden z nich není kratší a slabší jak polovina délky, resp. tloušťky výhonu druhého.
 - Vícečetný – terminální výhon je rozvětven do tří a více rovnocenných, stejně tlustých výhonů.

V hodnocení jsou jednotlivé varianty uváděny v procentech výskytu.

- Suchý vrchol. Je evidován v případě, došlo-li k odumření terminálního pupene, části nebo celého terminálního výhonu bez negativního vlivu zvěře. V hodnocení je uveden jako procento poškozených jedinců.
- Poškození zvěří. U každé rostliny byl sledován okus terminálu a okus boční. V hodnocení je uvedeno jako procento poškozených jedinců.
- Poškození mrazem. Tato charakteristika vyjadřuje poškození asimilačních orgánů mrazem. Jedná se o spálení nově naražených letorostů pozdními mrazy. Tento znak byl evidován při poškození více než 10 % letorostů. V hodnocení je uveden jako procento poškozených jedinců.

V analyzovaných porostech s krytokořeným sadebním materiálem bylo ručně vyzvednuto 10 kořenových systémů (plochy 7k, 8k), které byly podrobeny komplexním analýzám podle metodických postupů Ústavu zakládání a pěstění lesů LDF MZLU v Brně (PALÁTOVÁ, MAUER 2004).

Pro ověření normality výběru byl použit Shapiro-Wilkův test. Pro následné statistické zpracování byla použita popisná statistika a Duncanův test. Testování bylo prováděno na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Data byla zpracována pomocí softwaru Statistica 8.0.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Ztráty byly u krytokořenného sadebního materiálu 3 %, u prostokořenného 4 %. Všechny testované výběry mají normální rozdělení a splňují podmínky provedených statistických analýz. Výsadby byly z hlediska měřených parametrů homogenní. Pro posouzení dostatečné velikosti souboru změřených jedinců byly spočítány rozdíly mezi intervaly spolehlivosti na plochách se 40 a 60 jedinci u každé varianty. Rozdíl těchto intervalů nepřesáhl 10 % u celkové výšky a přírůstu terminálu, respektive 15 % u tloušťky kořenového krčku, větší počet analyzovaných rostlin by se tak výrazně neprojevil na zúžení intervalu spolehlivosti. Následně byla u všech měřených parametrů v každé porostní situaci vzájemně porovnávána statistická průkaznost zjištěných diferencí pomocí Duncanova testu mnohonásobného porovnání. Statisticky významné rozdíly jsou v tabulkách barevně vyznačeny.

Statisticky signifikantní rozdíl u zvěři nepoškozených jedinců byl zjištěn u 8. LVS (plocha 8k) oproti oběma plochám s materiálem ze 7. LVS (plochy 7k, 7p), průměrné hodnoty celkové výšky, přírůstu terminálu i tloušťky kořenového krčku byly u rostlin původem z 8. LVS vyšší (tab. 1). V případě náhodného výběru zkoumaných jedinců (60 rostlin) byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl u rostlin z 8. LVS (8k60) (tab. 2) a to pro parametr celková výška, která je vyšší než u materiálů ze 7. LVS (7k60, 7p60). Dále se odlišuje varianta s krytokořenným materiálem ze 7. LVS (7k60) u parametru tloušťky kořenového krčku, kdy tato hodnota je nižší oproti oběma zbývajícím plochám (8k60, 7p60). Přírůstový parametr není v tomto případě možné hodnotit, jelikož je zcela ovlivněn působením zvěře.

Ostatní hodnocené znaky jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4. Aritmetický průměr znaku vitalita se ve všech případech pohybuje v rozmezí 1,0 až 1,2, jedná se tedy o zdravý asimilační aparát bez barevných změn. Střední hodnota znaku tvar koruny je u všech sledovaných ploch v rozmezí 1,8 - 3,4, což plně vypovídá o opakovaném poškozování zvěří, které nekleslo pod 60 % poškozených jedinců na ploše.

Poškození mrazem je u materiálu z 8. LVS nulové a u ostatních variant nepřesahuje 10 %. Jelikož je poškození zvěří u všech variant shodné, avšak tvar koruny a kmene je u materiálu z 8. LVS (8k, 8k60) výrazně lepší, je možno usuzovat na menší náchylnost tohoto materiálu k působení mrazu v předchozích letech.

V architektonice kořenových systémů krytokořenného sadebního materiálu z 7. a 8. LVS nebyly shledány žádné signifikantní rozdíly (tab. 5).

Z dostupných literárních zdrojů nám nejsou známy žádné exaktní informace, které by hodnotily růst sadebního materiálu smrku původem z 8. LVS v 7. LVS. Celá řada autorů (HOLZER 1986, JURÁSEK, MARTINCOVÁ 2005a, b, KANTOR 1981, KOTRLA 1998 a další) však hovoří o jiné růstové dynamice – pomalejším růstu – sadebního materiálu z vysokých horských poloh. Čím výše je místo původu semene, tím menší je výškový růst semenáčků, sazenic i založených kultur. Ukončení výškového růstu je geneticky podmíněné, ale je též významně ovlivněno zásobením půdními živinami (čím úrodnější půda, tím později se ukončuje výškový růst) (LEHOTSKÝ 1970). Typ kořenového systému, prokořenění a vertikální rozložení kořenů smrku je spíše ovlivněno půdními podmínkami než místem původu (ŠIKA 1966). LEHOTSKÝ (1970) dodává, že sazenice z vyšších poloh mají lépe vyvinutý kořenový systém.

Současná legislativa neumožňuje přenos reprodukčního materiálu z 7. LVS do 8. LVS. Důvodem jsou rozdílné stanovištní podmínky mezi těmito stupni. Předložené výsledky spolu s lesnickou empirií však dokladují, že současné typologické zařazení 7. LVS není nejvýhodnější. Horní část 7. LVS se podstatně více blíží stanovištním podmínkám 8. LVS než stanovištním podmínkám 7. LVS a výrazně se odlišuje od stanovištních podmínek 6. LVS, odkud lze do celého 7. LVS reprodukční materiál přenášet. Dílčí populace lesních dřevin v horských polohách vznikly dlouhodobým přirozeným výběrem a jsou adaptovány na stanovištní podmínky. Tuto skutečnost by proto mohla reflektovat změna současných zásad přenosu reprodukčního materiálu nebo typologické pojetí diferenciace 7. LVS.

Tab. 1.

Růstové parametry u nepoškozených jedinců

Growth parameters of intact individuals

Označení plochy ¹	Věk v r. 2007 ²	Ztráty (%) ³	Celková výška nadzemní části (cm) ⁴		Přírůst terminálu 07 (cm) ⁵		Tloušťka kořenového krčku (mm) ⁶		
7p	5	4	62,5	± 9,4*	18,7	± 7,6*	20,3	± 5,1*	
7k	5	3	63,3	± 8,9*	18,5	± 7,0*	20,7	± 3,7*	
8k	5	3	98,0	± 18,8*	23,2	± 9,4*	23,8	± 5,3*	

¹Plot, ²Age in 2007, ³Loss (%), ⁴Total height of above-ground part (cm), ⁵Terminal increment 07 (cm), ⁶Root collar diameter (mm)

*Směrodatná odchylka/Standard deviation

Tab. 2.

Růstové parametry u náhodného výběru

Growth parameters of random selection

Označení plochy ¹	Věk v r. 2007 ²	Ztráty (%) ³	Celková výška nadzemní části (cm) ⁴		Přírůst terminálu 07 (cm) ⁵		Tloušťka kořenového krčku (mm) ⁶		
7p 60	5	4	62,0	± 13,6*	15,1	± 9,7*	23,1	± 5,0*	
7k 60	5	3	58,2	± 11,1*	14,5	± 8,3*	19,2	± 4,1*	
8k 60	5	3	84,9	± 17,6*	15,1	± 9,1*	21,9	± 5,2*	

¹Plot, ²Age in 2007, ³Loss (%), ⁴Total height of above-ground part (cm), ⁵Terminal increment 07 (cm), ⁶Root collar diameter (mm)

*Směrodatná odchylka/Standard deviation

Tab. 3.

Porovnání hodnocených znaků u nepoškozených jedinců
Comparison of assessed traits in the intact individuals

Označení plochy ¹	Vitalita ⁷ (% stromů) ⁸	Přímý 07 (% stromů) ⁹	Dvoják 07 (% stromů) ¹⁰	Vícečetný 07 (% stromů) ¹¹	Přímý starší (% stromů) ¹²	Dvoják starší (% stromů) ¹³	Vícečetný starší (% stromů) ¹⁴	Suchý vrchol (% stromů) ¹⁵	Okus boční (% stromů) ¹⁶	Mráz (% stromů) ¹⁷	Tvar koruny ¹⁸
7p	1,2	73	10	17	66	32	2	0	68	7	2,8
7k	1,1	83	7	10	63	32	5	0	65	5	2,6
8k	1,0	93	0	7	76	21	3	5	86	0	1,8

¹Plot, ⁷Vitality, ⁸Direct 07 (% of trees), ⁹Fork 07 (% of trees), ¹⁰Multiple 07 (% of trees), ¹¹Direct older (% of trees), ¹²Fork older (% of trees), ¹³Multiple older (% of trees), ¹⁴Terminal browse (% of trees), ¹⁵Dry top (% of trees), ¹⁶Lateral browse (% of trees), ¹⁷Frost (% of trees), ¹⁸Crown form

Tab. 4.

Porovnání hodnocených znaků u náhodného výběru
Comparison of assessed traits in the random selection

Označení plochy ¹	Vitalita ⁷ (% stromů) ⁸	Přímý 07 (% stromů) ⁹	Dvoják 07 (% stromů) ¹⁰	Vícečetný 07 (% stromů) ¹¹	Přímý starší (% stromů) ¹²	Dvoják starší (% stromů) ¹³	Vícečetný starší (% stromů) ¹⁴	Suchý vrchol (% stromů) ¹⁵	Okus boční (% stromů) ¹⁶	Mráz (% stromů) ¹⁷	Tvar koruny ¹⁸
7p 60	1,1	42	12	46	58	27	15	3	93	0	3,4
7k 60	1,1	54	12	34	52	33	15	0	80	7	3,1
8k 60	1,2	67	3	30	78	18	4	8	82	0	2,3

¹Plot, ⁷Vitality, ⁸Direct 07 (% of trees), ⁹Fork 07 (% of trees), ¹⁰Multiple 07 (% of trees), ¹¹Direct older (% of trees), ¹²Fork older (% of trees), ¹³Multiple older (% of trees), ¹⁴Terminal browse (% of trees), ¹⁵Dry top (% of trees), ¹⁶Lateral browse (% of trees), ¹⁷Frost (% of trees), ¹⁸Crown form

Tab. 5.

Hodnocení kořenových systémů
Root collar assessment

Označení plochy ¹	Počet horizontálních kosterních kořenů (ks) ¹⁹	Tloušťka horizontál- ních kosterních kořenů (mm) ²⁰	Počet nekosterních kořenů vyrůstajících z báze kmene (ks) ²¹	Deformace do strboulu (% stromů) ²²	Počet adventivních kořenů (ks) ²³	Max. úhel mezi hori- zontálními kosterními kořeny (°) ²⁴	Výskyt kotev (% stromů) ²⁵	Tloušťka kotev (mm) ²⁶	Hloubka prokořenění (cm) ²⁷
7k	11,2±4,1*	3,0±1,4*	16,2±6,9*	100	1,6±1,1*	108,0±23,9*	40	3,5±0,7*	11,8±4,2*
8k	9,4±5,3*	2,38±0,8*	17,2±10,8*	100	2,0±1,4*	218,0±81,1*	20	2,0±2,2*	13,2±4,4*

¹Plot, ¹⁹Number of horizontal skeletal roots (pcs), ²⁰Diameter of horizontal skeletal roots (mm), ²¹Number of non-skeletal roots shooting from stem base (pcs), ²²Malformation into tangle (% of trees), ²³Number of adventitious roots (pcs), ²⁴Max. angle between horizontal skeletal roots (°), ²⁵Occurrence of anchors (mm), ²⁶Diameter of anchors (mm), ²⁷Rooting depth (cm)
*Směrodatná odchylka/Standard deviation

ZÁVĚR

Z šetření vyplývají tyto závěry:

- Ztráty u sadebního materiálu původem ze 7. LVS byly 4 %, u sadebního materiálu původem z 8. LVS byly 3 %.
 - Sadební materiál původem z 8. LVS má oproti sadebnímu materiálu původem ze 7. LVS větší výšku nadzemní části a silnější kořenový krček.
 - Nebyly zjištěny rozdíly ve vitalitě.
 - Nebyly zjištěny rozdíly v poškození zvěří.
 - Významné rozdíly byly zjištěny ve vlivu mrazu. Sadební materiál původem ze 7. LVS je mrazem poškozován více, což se projevuje ve větší tvorbě dvojáků a vícečetných vrcholů a ve tvaru koruny.
 - Nebyly zjištěny signifikantní rozdíly v růstu prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu původem ze 7. LVS.
 - Nebyly zjištěny signifikantní rozdíly v architektice kořenových systémů mezi krytokořenným sadebním materiálem ze 7. a 8. LVS.
- Rozsah klimatických podmínek 7. lesního vegetačního stupně v Krušných horách je velmi široký. Proto i užití sadebního materiálu by mělo být diferenciováno podle konkrétních stanovištních poměrů. Výsledky naznačují, že sice všechny sledované varianty sadebního materiálu mají předpoklad pro růst v horských podmínkách, avšak sadební materiál původem z 8. LVS použitý na horní hranici 7. LVS vykazuje podstatně lepší růstové parametry a morfologickou kvalitu nadzemní části, což se projeví v rychlém zajištění kultury.

Poznámka:

Příspěvek je součástí VZ MSM 6215648902 a vznikl za finanční podpory NAZV č. QG 60060.

LITERATURA

- BRADÁČ V. 1986. O zalesňování kalamitních holin na Krušných horách. Lesnická práce, s. 508-511.
- HOLZER K. 1986. Genetische Differenzierung im Gebirge, Konsequenzen für die Provenienzwahl. Forstwesen, 137: 739-746.
- JURÁSEK A., MARTINCOVÁ J. 2005a. Specifika pěstování sadebního materiálu smrku ztepilého původem z horských poloh, Zprávy lesnického výzkumu, 50: 18-23.
- JURÁSEK A., MARTINCOVÁ J. 2005b. Vliv původů a podmínek prostředí na růst klonů smrku ztepilého po výsadbě, Zprávy lesnického výzkumu, 50: 69-75.
- KANTOR J. 1981. Semenářská charakteristika a dvouletá potomstva výběrových stromů a jejich roubovanců vysokohorského jeseňnického ekotypu smrku ztepilého, Čas. Slez. Muzea (A), č. 3: 231-240.
- KOTRLA P. 1998. Uchování a reprodukce genofondu původních populací smrku 8. lesního vegetačního stupně v Hrubém Jeseníku a Kralickém Sněžníku, Disertační práce. Brno, MZLU: 139 s.
- KRIEGL H. 2001. Zakládání a růst kultur v imisních oblastech Krušných hor. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.): Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách. Opočno, VÚLHM VS: 121-129.
- KUBELKA L. et al. 1992. Obnova lesa v imisemi poškozované oblasti severovýchodního Krušnohoří. Praha, MZe: 129 s.
- LEHOTSKÝ L. 1970. Výšková provenienciacie smrekťa obyčajného (*Picea excelsa* L.). Zvolen, Výskumný ústav lesného hospodárstva: 63-93.
- MATERNA J. Práce a výsledky výzkumu v krušnohorské kouřové oblasti. In: Sborník referátů, Fláje u Litvínova, 25. - 27. 10. 1978, s. 40-54.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E., RYCHNOVSKÁ A. 2004. Porosty náhradních dřevin a jejich kořenový systém. In: Sborník referátů z konference „Kořenový systém - základ stromu“, Křtiny 2004. Brno, Ústav zakládání a pěstění lesů LDF MZLU: 75-84.
- MAUER O. et al. 2006. Smrk ztepilý – Krušné hory – odrůstání kultur a porostů založených po změně imisní situace. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.): Lesnický výzkum v Krušných horách. Opočno, VÚLHM VS: 273-283.
- PALÁTOVÁ E., MAUER O. 2004. Metody studia kořenového systému lesních dřevin. In: Sborník referátů z konference „Kořenový systém - základ stromu“, Křtiny 2004. Brno, Ústav zakládání a pěstění lesů LDF MZLU: 5-20.
- ŠIKA A. 1966. Výzkum kořenového systému smrku na provenienčních plochách v Beskydách. Zbraslav-Strnady, VÚLHM: 101-126.
- VACEK S. et al. 2003. Horské lesy České republiky. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 303 s.

EFFECT OF THE ORIGIN OF REPRODUCTIVE MATERIAL ON THE GROWTH OF NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) AT HIGHER ELEVATIONS OF FOREST ALTITUDINAL VEGETATION ZONE 7 IN THE AIR-POLLUTED AREA OF THE KRUŠNÉ HORY MTS.

SUMMARY

The work compares the growth of Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) plantations established using different planting stock. Compared are plantations established with the use of bare-rooted planting stock grown from the seed originating from forest altitudinal vegetation zone 7 (FAVZ 7) and plantations established with the use of containerized planting stock grown from the seed originating from FAVZ 7 and FAVZ 8. The 5-year-old stands are situated in the Krušné hory Mts. – altitude 920 m a. s. l., forest type 7K3 (*Fageto-Piceetum acidophilum* - *Calamagrostis villosa*), air-pollution threat zone A (pollution threat zone is a segment of forest where synergetic affect of air pollution and orographic and climatic factors cause damage to mature Norway spruce stands which is approximately of the same dynamics. Backed up by the Forest Act no. 289/1995 Coll.). The number of assessed individuals selected by random on each plot was 60. Regarding the fact that the plants were severely damaged by game, other 40 individuals with normal increment, i. e. without game damage, were included additionally. Parameters and traits assessed were as follow: total height, terminal increment, root collar diameter, vitality, stem form, damage by game and frost, occurrence of dry top, crown form and losses. The containerized planting stock from FAVZ 7 and FAVZ 8 was subjected to a root system analysis.

A statistically significant difference in the individuals undamaged by wildlife was found in the planting stock from FAVZ 8 as compared with both plots with the reproductive material from FAVZ 7; mean values of total height (over 34 cm higher), terminal increment (over 4.5 cm higher) and root collar (over 3.1 mm thicker) were higher in the material from FAVZ 8. In the case of random selection from individuals damaged by game (60 plants), a statistically significant difference was found in the material from FAVZ 8 in the parameter of total height, which was greater (over 22.9 cm) than the height of planting stocks from FAVZ 7. The parameter of increment could not be assessed due to the extent of game damage.

No significant differences were found in the growth of bare-rooted and containerized planting stocks originating from FAVZ 7. No significant differences were found in the architecture of root systems between the containerized planting stocks from FAVZ 7 and FAVZ 8.

The results indicate that all studied planting stock variants have good prerequisites to grow under mountain conditions. However, the planting stock originating from FAVZ 8 used at the upper boundary of FAVZ 7 shows considerably better growth parameters and morphological quality of the above-ground part of the plant than the planting stock originating from FAVZ 7.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Petr Maňas, Ústav zakládání a pěstění lesů, LDF MZLU
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika
tel.: 545 134 137; e-mail: xmanas@node.mendlu.cz

AKUMULACE HUMUSU A ŽIVIN POD MLADÝMI POROSTY SMRKU ZTEPILÉHO V OCHRANNÉM PÁSMU VODNÍCH ZDROJŮ V KRUŠNÝCH HORÁCH

HUMUS AND NUTRIENTS ACCUMULATION UNDER YOUNG NORWAY SPRUCE STANDS IN PROTECTIVE ZONE OF WATER RESOURCES IN THE KRUŠNÉ HORY MTS.

JIŘÍ NOVÁK - MARIAN SLODIČÁK - DAVID DUŠEK

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

ABSTRACT

The main objective of silvicultural measures in the forests in the protective zone (first and second level) of water resources and reservoirs is stabilization of forest function fulfilment with accent on hydrologic and water management functions. Additionally, prevention of oversized litter accumulation in humus horizons under Norway spruce (monocultures or mixture with prevailing spruce) stands is demanded due to risk of possible contamination of these water resources by humic acids. Therefore, current status of quantity and quality of humus horizons under young (30 and 40-year old) spruce stands was observed on two typical localities around the water reservoir Fláje in the Krušné hory Mts. We found that amount of dry mass in humus horizons under spruce stands increased together with age of stands. Observed amount of dry mass in horizons L + F + H (50 - 70 thousand kg per hectare) is comparable with the results from the stands at the same age on the other localities.

Klíčová slova: smrk ztepilý, akumulace humusu, ochranná pásma vodních zdrojů, Krušné hory

Keywords: Norway spruce, humus accumulation, protective zones of water resources, the Krušné hory Mts.

ÚVOD

Ochranná pásma vodních zdrojů jsou stanovována vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb. Tato a související současná legislativa však nestanovuje žádné konkrétní předpisy k lesnickému hospodaření v těchto lokalitách. Zásady hospodaření na území ochranných pásem jsou záležitostí lokálního posouzení podmínek pro ochranu zdroje a výsledku vodoprávního řízení. I v zahraničí je poměrně úzká databáze exaktních výsledků o vlivu pěstebních opatření (zejména výchovy) na funkčnost lesních porostů v těchto pásmech (LAURÉN et al. 2007). V ČR je dosud dobře využitelným zdrojem informací o účelných hospodářských opatřeních v dotčených lesích Instrukce MLVH ČSR č. 13/1982 k hospodaření na lesních pozemcích v ochranných pásmech vodních zdrojů. Tato směrnice je dodnes využívána v návrzích Rámcových směrnic hospodaření pro hospodářské soubory (HS) těchto lesů zvláštního určení v oblastních plánech rozvoje lesů, lesních hospodářských plánech a lesních hospodářských osnovách (Kolektiv 2007). Instrukce navrhuje zásady hospodaření v lesích v jednotlivých ochranných pásmech vodních zdrojů z hlediska převažující vodohospodářské funkce. Zásady hospodaření jsou členěny podle ochranných pásem vodárenských toků a nádrží a ploch porostů kolem zdrojů podzemních vod.

Hlavním cílem pěstebních opatření je v těchto lokalitách stabilizace plnění všech funkcí lesa s důrazem na funkce hydrické. Předpokládá se, že lesní porosty v těchto pásmech budou i tzv. „nárazníkovou“ zónou proti znečištění vodního zdroje chemickými látkami (včetně živin) a sedimenty. Z důvodů snazšího udržování čistoty vodního zdroje jsou v dotčených lokalitách pěstovány převážně smrkové porosty. Ve smrkových

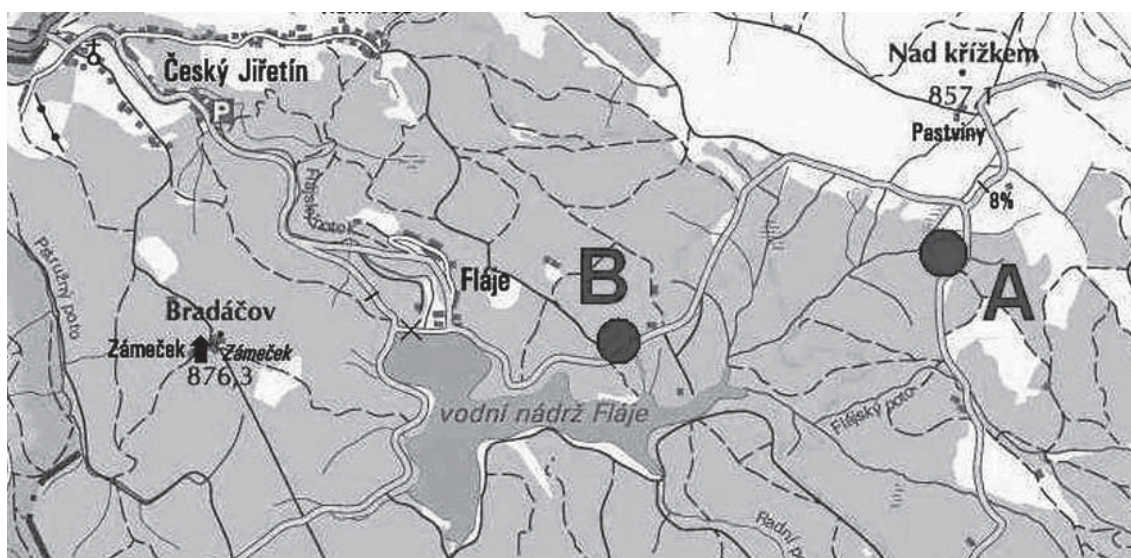
porostech a ve směsích s převládajícím smrkem je navíc požadováno zamezení nadměrného hromadění opadu v humusových horizontech s možným rizikem kontaminace vody dotčených zdrojů huminovými kyselinami. Doporučovaným opatřením je udržování volnějšího zápoje porostů systematicky prováděnou intenzivní výchovou.

Pro zjištění současné situace v mladých 30 až 40letých porostech smrku ztepilého byla provedena ambulantní šetření kvantity a kvality humusových vrstev na dvou typických lokalitách kolem vodárenské nádrže Fláje (uvedená pod č. 29 v příloze vyhlášky MŽP č. 137/1999 Sb.) v Krušných horách.

METODIKA

Pro účely studie byly vybrány dvě lokality A (porost 108 F3) a B (porost 303 D3) na LS Litvínov s doposud nevychovávanými monokulturami smrku ztepilého vysázeného na bývalé zemědělské půdě (odpovídající SLT 7K - *Fageto-Piceetum acidophilum*) kolem vodního díla Fláje v nadmořské výšce 780 až 800 m (obr. 1). Smrkové porosty rostoucí na lokalitách s dřívějším zemědělským využitím jsou pro tuto oblast poměrně typické. Přehrada byla postavena v letech 1951 - 1964 (do provozu uvedena v roce 1960) a okolní dříve zemědělsky využívaná půda byla zalesněna.

Na vybraných lokalitách byly zjištěny porostní dendrometrické údaje (tab. 1). Smrkový porost na lokalitě A lze zařadit podle poměru věku a horní výšky (tabulky – ČERNÝ et al. 1996) do 5. (26.) až 6. (24.) bonity. Výčetní kruhová základna, zřejmě z důvodů růstu porostů na bývalé zemědělské půdě, však překračuje hodnoty uváděné v tomto věku (30 let) na nejlepší bonitě +1 (36). Obdobně

**Obr. 1.**

Geografická lokalizace lokalit A a B u vodního díla Fláje v Krušných horách (podklad Geobáze® 1997 - 2000)

Geographic location of localities A and B near water reservoir Fláje in the Krušné hory Mts. (map source: Geobáze® 1997 - 2000)

Tab. 1.

Charakteristika šetřených porostů smrku ztepilého na lokalitách A a B (viz obr. 1) u vodního díla Fláje v Krušných horách ve srovnání s údaji růstových tabulek (ČERNÝ et al. 1996)

Characteristics of observed Norway spruce stands on localities A and B (see Fig. 1) near water reservoir Fláje in the Krušné hory Mts. in comparison with growth tables (ČERNÝ et al. 1996)

Lokalita/Locality	Věk/Age	N (ks ha ⁻¹)	G (m ² ha ⁻¹)	d (cm)	h _{dom} (m)
A	30	2 200	52	17	11
B	40	1 400	66	25	20
Bonita +1 (36)	30	1 798	43	18	21
	40	1 348	47	21	26
Bonita 5 (26)	30	2 746	26	11	12
	40	2 359	33	13	17

N – počet stromů/number of trees, G – výčetní základna/basal area, d – výčetní tloušťka/diameter at breast height, h_{dom} – horní výška/top height

starší smrkový porost na lokalitě B lze zařadit podle poměru věku a horní výšky do 3. (30.) bonity, přičemž zjištěná výčetní kruhová základna opět překračuje hodnoty uváděné v tomto věku (40 let) na nejlepší bonitě +1 (36). Oba porosty jsou plně zapojené s absencí bylinného patra.

V říjnu 2006 byly odebrány vzorky humusových horizontů (L, F, H) a svrchního minerálního horizontu (Ah) pomocí kovových rámečků (25 x 25 cm) ve čtyřech opakováních na každé lokalitě. Vzorky byly volně vysušeny na vzduchu a následně laboratorně při teplotě 80 °C do konstantní hmotnosti a zváženy. Se vzorky z horizontů L a F byly v laboratoři provedeny následující procedury: rozklad rostlinného materiálu kyselinou dusičnou a peroxidem vodíku v mikrovlnném systému MDS – 2000, stanovení P, Ca, K, Mg v rostlinném materiálu metodou OES – ICP a stanovení celkového dusíku v rostlinném materiálu spalovací metodou. Se vzorky z horizontů H a Ah byly provedeny následující procedury: stanovení celkového uhlíku a dusíku v půdním vzorku spalovací metodou,

stanovení P metodou OES – ICP ve výluhu půd lučavkou královskou, stanovení výměnných kationtů (Ca, Mg, K) metodou AAS v půdních výluzích a stanovení přístupného fosforu spektrometricky v půdním výluhu. Data byla zpracovávána metodami popisné statistiky a procedurami ANOVA (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, pokud není uvedeno jinak) v softwaru UNISTAT.

VÝSLEDKY

Sušina

Opad akumulovaný v horizontu L pod vyšetřovanými smrkovými porosty představuje na jeden hektar 5 228 (30letý porost - A) až 6 332 (40letý porost - B) kilogramů sušiny (obr. 2). V horizontu F bylo zjištěno 20 365 (porost B) až 20 817 (porost A) kg sušiny na hektar. Největší rozdíl (potvrzený na hladině $p \leq 0,10$) mezi porovnávanými lokalitami s různě starými smrkovými porosty

Tab. 2.

Půdní reakce (pH), poměr C/N a obsah dostupných živin (průměrné hodnoty se směrodatnými odchylkami) v horizontech H a Ah šetřených porostů smrku ztepilého na lokalitách A a B (viz obr. 1) u vodního díla Fláje v Krušných horách

Values (mean with standard deviation) of pH ratio, C/N ratio and amount of plant-available nutrients in horizon H and Ah in observed Norway spruce stands on localities A and B (see Fig. 1) near water reservoir Fláje in the Krušné hory Mts.

Horizont/ Horizon	Lokalita/Locality		pH	pH	C/N	P	K	Ca	Mg
			(H ₂ O)	(KCl)					
H	A	Průměr/Mean	4,6	3,6	17	12	276	1886	223**
		Smodch/S.D.	0,16	0,19	1,8	4,7	76,1	540,2	67,0
	B	Průměr/Mean	4,8	3,8	17	15	215	2316	733
		Smodch/S.D.	0,49	0,56	0,8	2,4	58,3	748,9	263,6
Ah	A	Průměr/Mean	4,5	3,6	15	6	117	559	79*
		Smodch/S.D.	0,2	0,17	0,9	0,0	27,2	174,0	31,3
	B	Průměr/Mean	4,6	3,6	15	6	112	673	239
		Smodch/S.D.	0,39	0,33	0,5	1,0	21,1	468,9	154,9

Smodch/S.D. – Směrodatná odchylka/Standard deviation, Signifikanční rozdíly/Significant differences (* $p \leq 0,10$, ** $p \leq 0,05$)

byl zjištěn v horizontu H, kde bylo akumulováno 26 726 (porost A) a 44 991 (porost B) kg sušiny na hektar. Celkem je tak uloženo na hektar v humusových horizontech L + F + H pod 30letým porostem (A) 53 tun a pod 40letým porostem (B) 72 tun sušiny.

Celkový obsah živin

Celkové množství živin akumulovaných v jednotlivých horizontech (v kg na ha) korespondovalo ve většině případů se zjištěným množstvím sušiny (obr. 3). V horizontu L bylo na hektar detekováno celkem 6 až 8 kg P, 8 až 11 kg K, 49 až 55 kg Ca a 4 až 6 kg Mg, přičemž rozdíly mezi sledovanými lokalitami nebyly signifikantní. Pouze obsah dusíku byl signifikantně ($p \leq 0,10$) nižší na lokalitě A (71 kg.ha⁻¹) ve srovnání s lokalitou B (100 kg.ha⁻¹).

V horizontu F bylo zjištěno na hektar 410 až 441 kg N, 28 až 31 kg P, 29 až 41 kg K, 115 až 126 kg Ca a 28 až 40 kg Mg. Rozdíly mezi lokalitami nebyly signifikantní.

Největší množství živin bylo zjištěno v horizontu H, přičemž u dusíku (331 kg.ha⁻¹ na lokalitě A a 634 kg.ha⁻¹ na lokalitě B), fosforu (28 a 51 kg.ha⁻¹), vápníku (61 a 190 kg.ha⁻¹) a hořčíku (46 a 115 kg.ha⁻¹) bylo těchto živin zjištěno na lokalitě A signifikantně méně. U draslíku bylo také zjištěno menší množství této živiny na lokalitě A (28 kg.ha⁻¹) ve srovnání s lokalitou B (43 kg.ha⁻¹), rozdíly však nebyly statisticky potvrzeny.

Dostupné živiny

Obsah rostlinám dostupných živin klesal směrem k hlouběji uloženému horizontu, tj. od horizontu H k horizontu Ah (tab. 2). Obsah fosforu byl 12 až 15 mg.kg⁻¹ v horizontu H a 6 mg.kg⁻¹ v horizontu Ah. Draslíku bylo přítomno 215 až 276 mg.kg⁻¹ v horizontu H a 112 až 117 mg.kg⁻¹ v horizontu Ah. Největší hodnoty byly zaznamenány u vápníku, 1 886 až 2 316 v horizontu H a 559 až 673 mg.kg⁻¹ v horizontu Ah. Rozdíly mezi lokalitami nebyly signifikantní. Pouze u hořčíku, kterého bylo zaznamenáno 223 (lokalita A) a 733 (lokalita B) mg.kg⁻¹ v horizontu A a 79 (lokalita A) a 239 (lokalita B) mg.kg⁻¹ v horizontu Ah, byly rozdíly potvrzeny statisticky (tab. 2).

Další půdní charakteristiky

Hodnoty pH byly srovnatelné v obou vyšetřovaných horizontech H a Ah (4,5 až 4,8 v H₂O a 3,6 až 3,8 v KCl) a rozdíly mezi lokalitami nebyly signifikantní (tab. 2). Poměr C/N se snižoval směrem k hlouběji uloženému horizontu, přičemž hodnoty byly prakticky shodné na obou vyšetřovaných lokalitách (17 v horizontu H a 15 v horizontu Ah).

DISKUSE A ZÁVĚR

Opad akumulovaný v horizontu L pod vyšetřovanými smrkovými porosty představuje na jeden hektar 5,2 (30letý porost - A) až 6,3 (40letý porost - B) tun sušiny, což odpovídá již publikovaným výsledkům z porostů smrku ztepilého srovnatelného věku (např. BILLE-HANSEN, HANSEN 2001). Pokud v takovýchto smrkových porostech ročně opadá 2 až 5 tun organické hmoty (NOVÁK, SLODIČÁK 2004), lze odhadnout, že horizont L na sledovaných lokalitách v Krušných horách obsahuje přibližně dvouletý (jedno až tříletý) opad.

Podle provedených šetření je akumulováno na hektar v humusových horizontech L + F + H pod 30letým porostem (A) celkem 53 tun a pod 40letým porostem (B) celkem 72 tun sušiny. Tyto údaje korespondují s hodnotami zjištěnými ve smrkových porostech srovnatelného věku a hustoty na bývalých zemědělských půdách v PLO Sudetské mezihoří (PODRÁZSKÝ 2006) a PLO Nízký Jeseník (SLODIČÁK et al. 2005).

Pokud sečteme celkový obsah živin ve všech humusových horizontech (L + F + H), můžeme konstatovat pod 30letým smrkovým porostem (lokalita A) na hektar celkem 812 kg dusíku, 65 kg fosforu, 80 kg draslíku, 231 kg vápníku a 78 kg hořčíku. Pod starším ca 40letým porostem (lokalita B) byl s výjimkou draslíku zjištěn vyšší obsah celkových živin na hektar: 1 775 kg dusíku, 87 kg fosforu, 80 kg draslíku, 365 kg vápníku a 161 kg hořčíku. Ze srovnání s již zmiňovanou studií (SLODIČÁK et al. 2005) ze 40letého smrkového porostu na bývalé zemědělské půdě (avšak 5. LVS) vyplývá, že množství akumulovaného dusíku (720 až 950 kg.ha⁻¹), fosforu (80 až 120 kg.ha⁻¹) a hořčíku (100 až 130 kg.ha⁻¹) je srovnatelné

s údaji zjištěnými na našich lokalitách v Krušných horách. Pro draslík jsou však hodnoty zjištěné v Krušných horách o ca 500 kg. ha⁻¹ nižší a naopak pro vápník o 70 až 200 kg. ha⁻¹ vyšší. Jestliže předpokládáme, že lokality v ochranném pásmu vodních zdrojů byly vyloučeny z vápnění, nelze tímto zvýšený podíl celkového vápníku dostatečně zdůvodnit.

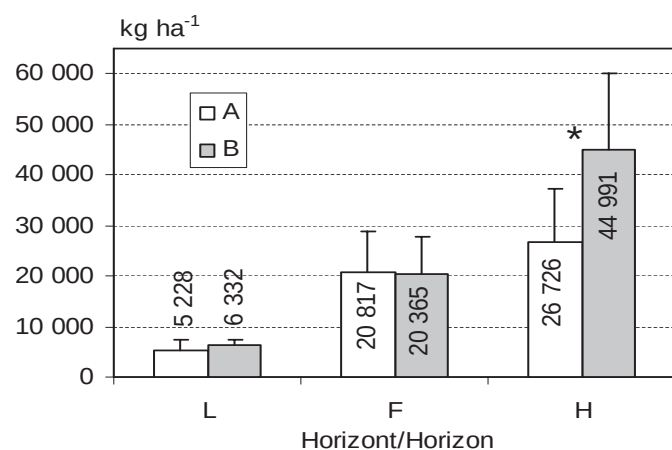
Množství dostupného fosforu v horizontech H (12 až 15 mg. kg⁻¹) a Ah (6 mg. kg⁻¹) lze považovat při srovnání s údaji z celé oblasti Krušných hor (KULHAVÝ et al. 2008) spíše za podprůměrné. Bylo tak potvrzeno, že stromy jsou zde odkázány na příjem fosforu z vrstvy holorganických horizontů, přičemž proces uvolňování této živiny z opadu je poměrně rychlý (PRESCOTT et al. 1993).

Naopak ve srovnání s údaji z celé oblasti Krušných hor (KULHAVÝ et al. 2008) lze námi detekovaný obsah draslíku označit za nadprůměrný a v případě vápníku a hořčíku dokonce za vysoce nadprůměrný. V kontextu celé ČR jsou však tyto údaje srovnatelné s výsledky z bývalých zemědělských půd s mladými smrkovými porosty (KACÁLEK et al. 2009).

Podle hodnot pH (3,6 až 3,8 v KCl) lze klasifikovat půdy na vyšetřovaných lokalitách jako silně kyselé. Do této kategorie spadá také většina stanovišť v oblasti Krušných hor (KULHAVÝ et al. 2008). Zjištěný poměr C/N (17 v horizontu H a 15 v horizontu Ah) lze považovat za velmi příznivý, s dobrými předpoklady pro biologický rozklad a uvolňování dusíku a dalších živin (SINGER, MUNS 1996).

Na základě provedené analýzy humusových horizontů pod mladými porosty smrku ztepilého na dvou typických lokalitách kolem přehradní nádrže Fláje v Krušných horách lze konstatovat:

- Akumulace opadu v humusových horizontech pod smrkovými porosty se s věkem zvyšuje. Pod 30 až 40letými doposud nevychovávanými porosty však nebyla zaznamenána extrémní akumulace opadu. Zjištěné množství sušiny v horizontech L + F + H (50 až 70 tun na hektar) bylo srovnatelné s údaji zjištěnými v porostech obdobného věku na jiných lokalitách.

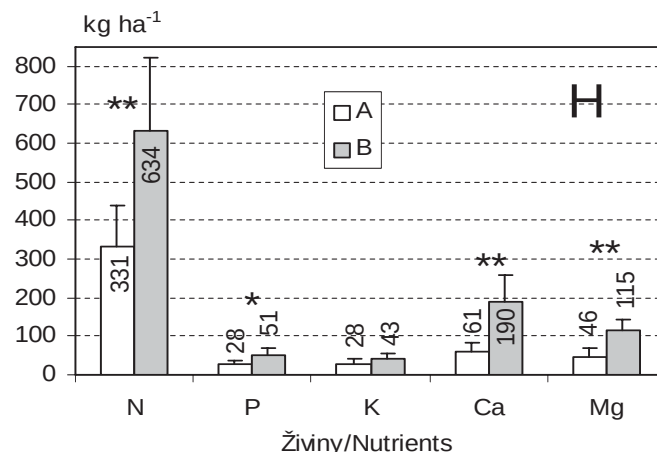
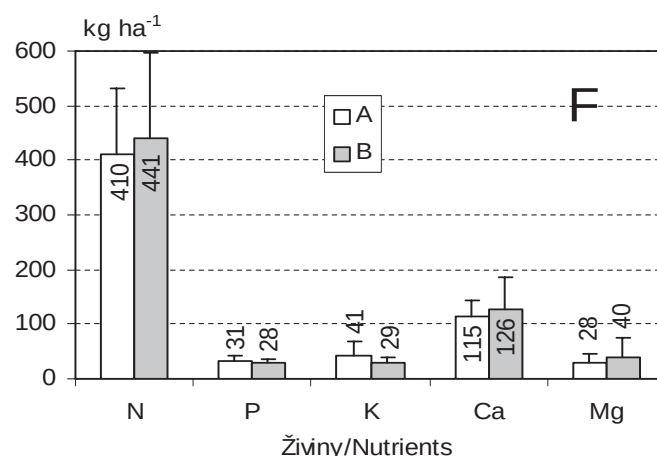
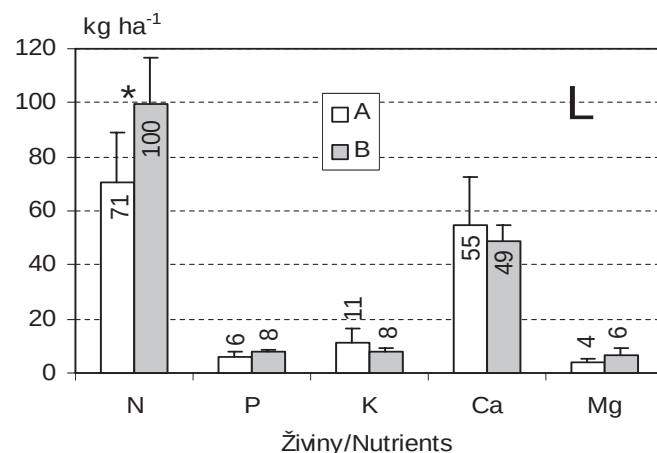


Obr. 2.

Množství sušiny (průměrné hodnoty se směrodatnými odchylkami) v humusových horizontech (L, F a H) pod smrkovými porosty na lokalitách A (věk 30 let) a B (věk 40 let) u vodního díla Fláje v Krušných horách (signifikantní rozdíly * $p \leq 0,10$)

Amount of dry mass (mean values with standard deviations) in humus horizons (L, F and H) under Norway spruce stands on localities A (age of 30 years) and B (age of 40 years) near water reservoir Fláje in the Krušné hory Mts. (significant differences * $p \leq 0.10$)

- Ve věku 30 až 40 let je uloženo v humusových horizontech pod vyšetřovanými smrkovými porosty na hektar celkově 800 až 1 200 kg dusíku, 70 až 90 kg fosforu, 80 kg draslíku, 230 až 370 kg vápníku a 80 až 160 kg hořčíku.



Obr. 3.

Celkové množství živin (průměrné hodnoty se směrodatnými odchylkami) v humusových horizontech (L, F a H) pod smrkovými porosty na lokalitách A (věk 30 let) a B (věk 40 let) u vodního díla Fláje v Krušných horách (signifikantní rozdíly * $p \leq 0,10$, ** $p \leq 0,05$)

Total amount of nutrients (mean values with standard deviations) in humus horizons (L, F and H) under Norway spruce stands on localities A (age of 30 years) and B (age of 40 years) near water reservoir Fláje in the Krušné hory Mts. (significant differences * $p \leq 0.10$, ** $p \leq 0.05$)

Šetřené smrkové porosty vykazují dynamický růst srovnatelný (podle výčetní základny) s nejlepšími bonitami, zřejmě díky relativně dobrému zásobení živinami, způsobenému lokalizací na bývalých zemědělských půdách. Současné zakmenění výrazně přesahuje tabulkové hodnoty pro plné zakmenění (G tabulkové podle věku a horní výšky na lokalitě A 26 m², skutečnost 55 m², na lokalitě B 39,9 m², skutečnost 66 m²). Doporučovaná pěstební opatření k zamezení budoucího nadměrného hromadění surového humusu v porostech v ochranném pásmu vodních zdrojů (SLODIČÁK 2008), tj. udržování zakmenění na hodnotě kolem 0,7 (podle výčetní základny), tak musí být prováděna s ohledem na tuto skutečnost.

Poděkování:

Tato studie vznikla v rámci řešení dlouhodobého výzkumného záměru Ministerstva zemědělství MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BILLE-HANSEN J., HANSEN K. 2001. Relation between defoliation and litterfall in some Danish *Picea abies* and *Fagus sylvatica* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16: 127-137.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub). Jílové u Prahy, IFER: 245 s.
- Instrukce MLVH ČSR č. 13/1982 k hospodaření na lesních pozemcích v ochranných pásmech vodních zdrojů. *Věstník MLVH ČSR*, částka 14 z 15. července 1982: 3-6.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., DUŠEK D., BARTOŠ J., ČERNOHOUS V. 2009. How does legacy of agriculture play role in formation of afforested soil properties? *Journal of Forest Science*, 55: 9-14.
- Kolektiv 2007. Ochrana vod. Pracovní metodika pro privátní poradce v lesnictví. Brandýs nad labem, ÚHÚL: 37 s.
- KULHAVÝ J., ŠRÁMEK V., LOMSKÝ B., FIALA, P. MATĚJKA K., BORŮVKA L., MENŠÍK L. 2008. Stav lesních půd zájmové oblasti. In: Slodičák M. a kol. (eds.): *Lesnické hospodaření v Krušných horách*. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 71-98. ISBN 978-80-86945-04-0 (LČR Hradec Králové); 978-80-86461-91-5 (VÚLHM Strnady)
- LAURÉN A., KOIVUSALO H., AHTIKOSKI A., KOKKONEN T., FINÉR L. 2007. Water protection and buffer zones: How much does it cost to reduce nitrogen load in a forest cutting? *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22: 537-544.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2004. Structure and accumulation of litterfall under Norway spruce stands in connection with thinning. *Journal of Forest Science*, 50: 101-108.
- PODRÁZSKÝ V. 2006. Effect of thinning on the formation of humus forms on the afforested agricultural lands. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 37: 157-163.
- PRESCOTT C., TAYLOR B. R., PARSONS W. F. J., DURALL D. M., PARKINSON D. 1993. Nutrient release from decomposing litter in Rocky Mountain coniferous forests: influence of nutrient availability. *Can. J. For. Res.*, 23: 1576-1586.
- SINGER M. J., MUNNS D. N. 1996. *Soils, an Introduction*. New Jersey, Prentice Hall: 480 s.
- SLODIČÁK M. 2008. Specifika pěstebních opatření s ohledem na celospolečenské funkce lesa. In: Slodičák a kol. (eds.): *Lesnické hospodaření v Krušných horách*. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 359-365. ISBN 978-80-86945-04-0 (LČR Hradec Králové); 978-80-86461-91-5 (VÚLHM Strnady)
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., SKOVSGAARD J. P. 2005. Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). *Forest Ecology and Management*, 209: 157-166.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb. ze dne 10. června 1999, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.

HUMUS AND NUTRIENTS ACCUMULATION UNDER YOUNG NORWAY SPRUCE STANDS IN PROTECTIVE ZONE OF WATER RESOURCES IN THE KRUŠNÉ HORY MTS.

SUMMARY

In the frame of silviculture research in the Krušné hory Mts., we observed current status of quantity and quality of humus horizons under young (30 and 40-year old) spruce stands on two typical localities (Fig. 1, Tab. 1) around the water reservoir Fláje. The main objective of silvicultural management in the forests in the protective zone of water resources and reservoirs is stabilization of hydrologic and water management functions. Due to risk of possible contamination of these water resources by humic acids, measures against the oversized litter accumulation in humus horizons under Norway spruce stands are demanded.

In horizon L we found 5,228 kg and 6,332 kg of dry mass per hectare in locality A (stand age of 30 years) and B (stand age of 40 years), respectively (Fig. 2). Totally per hectare 20,817 kg (locality A) and 20,365 kg (locality B) of dry mass were stored in horizon F. The highest amount of dry mass per hectare was found in horizon H (26,726 kg in locality A and 44,991 in locality B) and differences were significant ($p \leq 0.10$). It was confirmed that amount of dry mass in humus horizons under spruce stands increased together with age of stands. Accumulation of litter was not extreme under 30 and 40-year old spruce stands, which were unthinned up to now. Observed amount of dry mass in horizons L + F + H (50 - 70 thousand kg per hectare) is comparable with the results from stands at the same age on the other localities.

At the age of 30 - 40 years, totally 800 - 1,200 kg of N, 70 - 90 kg of P, 80 kg of K, 230 - 370 kg of Ca and 80 - 160 kg of Mg were stored per hectare under observed spruce stands in holorganic horizons L + F + H (Fig. 3).

In case of plant-available nutrients, we found nutrients amounts (Tab. 2) which were comparable with other results from the Norway spruce stands on former agricultural lands and at the corresponding age. Observed horizons were classified by pH values (3.6 - 3.8 in KCl) as heavy acid. Majority of forest localities in the Krušné hory Mts. are referred to this category. Ratio of C/N (17 and 15 in horizons H and Ah, respectively) was classified as very favourable to decomposition and release of nutrients probably due to former agricultural land.

According to basal area, the investigated stands can be compared to the best site index stands. The possible reason of these outstanding growth parameters is relatively high nutrient content of previous agricultural lands. Present stocking is markedly higher compared to table data (growth table data for basal area on plot A 26 m², reality 55 m², on plot B 39.9 m², reality 66 m²). Recommended measure against future immoderate and undesirable humus accumulation in the stands growing in the protective zone of water resources and reservoirs is keeping the stocking on the level 0.7 by thinning. The fact, that the present stands are highly overstocked, must be taken into account.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jiří Novák, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 420 494 668 392; e-mail: novak@vulhmop.cz

VYJÁDŘENÍ SPOLEČENSKÉ SOCIÁLNĚ-EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI LESA A LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ V POROSTECH NÁHRADNÍCH DŘEVIN KRUŠNÝCH HOR

EXPRESSION OF SOCIETAL SOCIO-ECONOMIC EFFECTIVENESS OF FORESTS AND FORESTRY IN STANDS OF SUBSTITUTE TREE SPECIES IN THE KRUŠNÉ HORY MOUNTAINS

LUDĚK ŠIŠÁK
FLD ČZU Praha

ABSTRACT

Calculation of societal socio-economic effectiveness of forests and forestry affected with heavy air pollution in stands of substitute tree species (PND) on area of 24,537 ha in the Krušné hory Mts. transformation variants is based on expression of societal socio-economic values of both market (production) and non-market (non-production) forest functions for the society. Respecting the comparison of societal socio-economic effectiveness of PND transformation in variants of proposed species compositions the basic target tree species composition (CDS) benefits achieve the amount of 20,994 mil. CZK, temporary biomeliorative tree species composition (BMDS) 20,241 mil. CZK and temporary preparatory tree species composition (PPDS) 19,511 mil. CZK. The most effective are the species composition variants PPDS (total societal benefit 13,646 mil. CZK) and CDS (total societal benefit 13,382 mil. CZK). These leading variants are followed by BMDS, the total societal benefit of 11,081 mil. CZK is rather high as well.

Klíčová slova: porosty náhradních dřevin, Krušné hory, sociálně-ekonomická efektivnost, imisní oblasti, Česká republika
Key words: substitute tree species stands, Krušné hory Mts., socio-economic effectiveness, immission areas, Czech Republic

ÚVOD

Východiskem pro vyjádření společenské sociálně-ekonomické efektivnosti funkcí lesa (jak tržních – produkčních, tak netržních – mimoprodukčních) je zjištění společenských sociálně-ekonomických efektů funkcí lesa. Efekty jsou vyjádřeny v hodnotové formě na bázi společenských sociálně-ekonomických dopadů pro společnost. Pro tento účel byla použita metodika diferencovaného hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa. Metodika byla mírně upravena a zjednodušena. Jednalo se o vyjádření efektivnosti hospodaření s porosty náhradních dřevin (PND) v Krušných horách na identifikované a do hodnocení zahrnuté výměře 24 537 ha.

Úkol byl řešen v rámci výzkumného projektu „Lesnické hospodaření v imisní oblasti Krušných hor“, v tematickém bloku č. 5 „Ekonomické vyhodnocení hospodářských opatření“. Koordinátorem byl Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady (ŠLODIČÁK et al. 2008). Kalkulace společenské sociálně-ekonomické efektivnosti funkcí lesa (jak tržních – produkčních, tak netržních – mimoprodukčních) vychází ze zjištění společenských sociálně-ekonomických hodnot funkcí lesa. Efektivnost byla vyjádřena pro varianty rozšířené reprodukce, tj. se zvýšením vkladů prostředků do rekonstrukce PND s postupnou změnou dřevinné skladby porostů na blízkou cílové a tím zvýšení úrovně plnění a hodnot společenské sociálně-ekonomické významnosti příslušných funkcí lesa a lesního hospodářství:

- základní cílová druhová skladba (CDS)
- přechodná biomeliorační dřevinná skladba (BMDS)
- přechodná přípravná dřevinná skladba (PPDS).

Uvedené varianty se liší zejména navrhovanou dřevinnou skladbou podle cílových hospodářských souborů (BALCAR et al. 2007, ŠLODIČÁK et al. 2008). Základní CDS je považována za optimální, ale její dosažení lze na řadě stanovišť očekávat až v delším časovém horizontu (1 – 2 obmýtlí). Vzhledem k narušení půdního prostředí a pokračující kyselé depozici bude potřebné na řadě stanovišť po přechodnou dobu docílit BMDS. Od BMDS se očekává snížení podkorunových depozic ve srovnání s jehličnatými porosty a především maximální meliorační efekt. Za současné situace (vysoké stavy zvěře) je možné BMDS dosáhnout přímou výsadbou pouze při vysokých nákladech. Výhodou PPDS je především nižší spotřeba sadebního materiálu požadované kvality a neceloplošná ochrana proti zvěři (na 1 ha dvě 10 - 15arové oplocenky jako východiska obnovy). BMDS je při této variantě dosaženo až v následující generaci přirozenou obnovou.

METODIKA A VSTUPNÍ HODNOTY FUNKCÍ LESA

Problematika hodnocení funkcí lesa pro společnost je velmi komplikovaná, protože les je sám o sobě složitým objektem, jehož působení je v rámci společnosti mnohostranné, přitom soustava jeho užitných hodnot se stále vyvíjí v souvislosti se změnami společenských potřeb, společenské poptávky. Společenské potřeby a míra jejich uspokojování jsou podmínkou existence společenských funkcí lesa.

Vyjádření společenské sociálně-ekonomické hodnoty funkcí lesa je jedním ze zásadních podkladů pro rozhodování o účelech využití částí krajiny, o alokaci sociálně-ekonomických zdrojů, o alokaci produkčních a environmentálních zdrojů, o vyjádření společenské sociálně-ekonomické újmy při poškození lesa.

Soubor funkcí lesa je různorodý a velmi členitý. Komplexní společenské funkce lesa nejsou ze sociálně-ekonomického hlediska jednotné, lze je diferencovat podle sociálně-ekonomické oblasti, ve které funkce uspokojují společenské potřeby (ŠIŠÁK et al. 2002). Hodnocení funkcí lesa je podobně diferencováno ve všech mediteránních zemích, kde jsou k vyjádření tzv. celkové ekonomické hodnoty použity diferencované přístupy (MERLO, CROITORU et al. 2005). Obdobně diferencuje oceňování funkcí lesa i BLUM (2004). Metody sociálně-ekonomického hodnocení funkcí lesa (ŠIŠÁK et al. 2006, 2007) jsou diferencovány podle jejich sociálně-ekonomického obsahu ve společnosti, účelu použití a disponibilních vstupních dat, jak je uvedeno níže.

- Tržní funkce na bázi ukazatelů procházejících trhem (objem tržeb):
 - dřevoprodukční funkce: podle objemu průměrných ročních tržeb za dříví v běžných cenách (1999 - 2003),
 - chov zvěře – myslivost: podle objemu průměrných ročních tržeb za realizovanou produkci materiálních komodit a služeb (1999 - 2003).
- Zprostředkovaně tržní funkce na bázi ukazatelů procházejících zprostředkovaně trhem:
 - nedřevoprodukční funkce: podle objemu stínových výnosů ze sběru lesních plodin (1999 - 2003),
 - hydrické funkce: podle nákladů prevence (nákladů náhradních opatření na zabránění škod),
 - půdoochranné funkce: podle nákladů kompenzace (nákladů na opatření odstraňující škody),
 - vzduchoochranné funkce vázání CO_2 : podle množství CO_2 vázaného v průměrném ročním objemu realizovaného dříví ve společnosti a jednotkových cen z obchodovatelných objemů CO_2 v rámci EU.
- Netržní funkce (sociální):
 - zdravotně-hygienické funkce na základě expertního srovnání průměrné sociálně-ekonomické významnosti daných funkcí lesa s významností funkce dřevoprodukční s vnitřní diferenciací podle návštěvnosti,
 - kulturně naučné funkce na základě expertního srovnání průměrné sociálně-ekonomické významnosti daných funkcí lesa s významností funkce dřevoprodukční s vnitřní diferenciací podle jednotlivých charakteristik.

Společenská sociálně-ekonomická cena hlavních funkcí lesa je odvozena pro dvě časové úrovně související s faktem, že les je dynamický a zpravidla obnovitelný environmentální zdroj. Hodnoty jsou tedy kalkulovány jednak jako dočasné – roční pro případ časově omezeného odnětí, jednak jako trvalé. Pro případ trvalého odnětí či likvidace daných funkcí lesa je odvozena celková jednorázová kapitalizovaná hodnota. Jde o kapitalizovanou roční hodnotu při 2% tzv. lesní úrokové míře, užívané rovněž ve stávajících předpisech (zákon č. 289/1995 Sb., vyhláška MZe č. 55/1999 Sb.). Následující vstupní hodnoty jsou odvozeny podle metodického přístupu v práci ŠIŠÁKA et al. (2006, 2007).

Vstupní hodnoty dřevoprodukční funkce lesa

Společenská sociálně-ekonomická cena dřevoprodukční funkce lesa byla odvozena pro průměr České republiky na roční úroveň 7 797 Kč ha⁻¹ porostní půdy, věnované produkci dřeva pro společenskou spotřebu. Kalkuluje se pro případ dočasného odnětí či likvidace daných funkcí lesa po dobu určitou, podle počtu let.

Společenská sociálně-ekonomická dřevoprodukční cena lesa (jako nositele dřevoprodukční funkce využívané nepřetržitě) je pak

pro dané účely odvozena v průměru na úrovni 389 850 Kč ha⁻¹. Kalkuluje se pro případ trvalého odnětí či likvidace dané funkce lesa.

V rámci dané analýzy byly však pro území PND použity upřesněné vstupní hodnoty tržeb za dříví. Průměrné roční výnosy z mýtních těžeb a z těžeb celkem podle variant jsou nižší, než činí průměr v ČR, podle variant: CDS 6 050 Kč ha⁻¹, BMDs: 5 031 Kč ha⁻¹ a PPDS 6 790 Kč ha⁻¹ (PULKRAB 2008).

Při specifikaci cen dřevoprodukční funkce lesa podle souborů lesních typů (SLT) na konkrétní lokalitě se výše uvedené průměrné hodnoty násobí příslušným koeficientem (ŠIŠÁK 2008).

Vstupní hodnoty funkce lesa chovu zvěře a myslivosti

Společenská sociálně-ekonomická cena tržní funkce lesa chovu zvěře a myslivosti na jednotku plochy lesních pozemků je odvozena ročně na úrovni 170 Kč ha⁻¹. Kapitalizovaná cena při 2% úrokové míře pak dosahuje 8 500 Kč ha⁻¹ lesní půdy.

V rámci dané analýzy byly však pro území PND použity upřesněné vstupní hodnoty funkce lesa chovu zvěře a myslivosti na základě poskytnutých údajů. Výnosy z pronajatých honiteb, které výrazně převažují, dosahují úrovně 209 Kč ha⁻¹ ročně, průměrné hodnoty jsou vyšší, než činí průměr ČR. Výnosy z obor – obora Fláje: 1 223 Kč ha⁻¹ ročně (tržby bez záporného hospodářského výsledku, který společenskou hodnotu snižuje).

Vstupní hodnoty nedřevoprodukční funkce lesa

Společenská sociálně-ekonomická cena jednotlivých kvalitativních charakteristik nedřevoprodukčních funkcí lesa se pohybuje od 775 Kč ha⁻¹ pro sběr hub do 4 944 Kč ha⁻¹ pro produkci borůvek a brusinek v borůvkových a brusinkových lesních typech.

Vstupní hodnoty hydrických funkcí lesa

a) Maximální průtoky

Společenská sociálně-ekonomická cena jednotlivých kvalitativních charakteristik hydrické funkce lesa snížení maximálních průtoků činí 910 Kč ha⁻¹ (roční) resp. 45 500 Kč ha⁻¹ (celková kapitalizovaná). Tato základní cena byla upravena koeficienty.

Vypočtené hodnoty podle tabulek byly upraveny podle procenta lesnatosti povodí vodního toku posledního řádu, ve kterém se nachází dotčený lesní pozemek (v případě hodnocení větších celků vážený aritmetický průměr lesnatosti povodí vodních toků v dané oblasti). Hodnoty lze upravit podle společenské naléhavosti náhradních opatření, tj. míry společenské poptávky, koeficientem [0,4 - 1,0]; je-li prevence nutná (povodně ohrožující majetek), koeficient se blíží horní mezi, při malé naléhavosti náhradních opatření (velká zalesněná povodí, zaústění vodoteče do toku s velkým povodím) se koeficient blíží hodnotě 0,4.

Kvalita lesního porostu se zohlední koeficientem [0,75 - 1,25]. Je-li porost zdravý, s maximální intercepcí i vysokou infiltrační a retenční kapacitou lesní půdy, pak se koeficient blíží hodnotě 1,25. Má-li lesní porost stupeň poškození I, je koeficient roven 1,0. U chronicky poškozeného porostu (stupeň poškození II - IV) se použije koeficient blízký se úměrně poškození spodní hranici.

V případě činnosti v lesním prostředí (tj. kdy nedochází k odlesnění) se roční újma na holoseči, příp. ze zničeného lesního porostu kalkuluje za část holiny nad výměru povolenou v právních předpisech, pokud nebylo schváleno příslušným orgánem SSL tak, že se příslušná cena trvalého lesního porostu násobí hodnotami 0,21 pro střední a 0,63 pro lehké půdy.

b) Minimální průtoky

Společenská sociálně-ekonomická hodnota jednotlivých kvalitativních charakteristik hydrické funkce lesa zvýšení minimálních průtoků dosahuje úrovně 540 Kč/ha ročně, příp. 26 900 Kč/ha v celkové kapitalizované hodnotě. Uvedené hodnoty platí při odlesnění a likvidaci dané funkce lesa a převodu lesa na půdní kryt charakteru blízkému trvalému travnímu porostu.

Hodnoty lze upravit podle společenské naléhavosti náhradních opatření, tj. míry společenské poptávky, koeficientem [0,2 - 1,0]; je-li prevence nutná (vysýchání vodotečí), koeficient se blíží horní mezi, při malé naléhavosti náhradních opatření (velká zalesněná povodí, zaústění vodoteče do toku s velkým povodím) se koeficient blíží hodnotě 0,2.

Kvalita lesního porostu se zohlední koeficientem [0,2 - 1,5]. Je-li porost zdravý, s maximální intercepcí i vysokou infiltrační a retenční kapacitou lesní půdy, pak se koeficient blíží hodnotě 1,5. Má-li lesní porost stupeň poškození I, je koeficient roven 1,0. U chronicky poškozeného porostu (stupeň poškození II - IV) se použije koeficient blízký se úměrně poškození spodní hranici. Roční újma při činnostech v lesích se kalkuluje za plochu nad rámec právních předpisů, pokud nebylo schváleno příslušným orgánem SSL.

c) Kvalita vody ve vodních tocích a nádržích

Průměrná společenská sociálně-ekonomická cena je odvozena na úrovni 9 300 Kč ha⁻¹ lesa ročně při dočasném odnětí a celková (kapitalizovaná) společenská sociálně-ekonomická cena je odvozena na úrovni 465 000 Kč ha⁻¹ při trvalém odnětí dané funkce. Platí pro přeměnu lesa na půdní kryt charakteru orné půdy, travního porostu, zahrady a sadu.

Hodnoty platí pro snížení koncentrace N - NO₃ o 20 mg l⁻¹ a pro průměrný specifický odtok z 1 ha lesa 0,04 ls⁻¹. (Průměrný obsah N - NO₃ ve vodách z lesa je pro PLO 1 Krušné hory 3,15 mg l⁻¹.) Hodnoty se nekalkulují při záměně lesa za zpevněné plochy.

Odlišné hodnoty diferencí obsahu N - NO₃ oproti 20 mg l⁻¹ při záměně lesa a orné půdy, se určí z map obsahu NO₃ ve vodách, orné půdě a na trvalých travních porostech ČR a sníží se o 15 mg l⁻¹ (do této úrovně není třeba podle předpisů vodu upravovat). Odlišné specifické hodnoty odtoků oproti 0,04 ls⁻¹ z 1 ha se určí z mapy specifických odtoků v ČR, přičemž se berou v úvahu jen hodnoty do 10 ls⁻¹. Při jiných hodnotách než průměrných se příslušné ceny násobí koeficienty K1 a K2:

Je-li zjištěná difference v N - NO₃ jiná než 20 mg l⁻¹, upraví se základní cena koeficientem (K1):

$$K(1) = \frac{\text{difference v obsahu N - NO}_3 \text{ zjištěná - 15}}{20}$$

Je-li specifický odtok z 1 ha lesa jiný než 0,04 ls⁻¹ ha⁻¹, vypočtená upravená cena koeficientem K(1) se upraví koeficientem K(2):

$$K(2) = \frac{\text{specifický odtok zjištěný}}{0,04 \text{ ls/ha}}$$

Společenská naléhavost se upraví koeficientem K(3) takto:

- a) pro lesní celky se specifickým odtokem 6 - 10 ls⁻¹ na km² K(3) = 0,10
- b) pro LC se specifickým odtokem 4 - 6 ls⁻¹ na km² K(3) = 0,20
- c) pro LC se specifickým odtokem do 4 ls⁻¹ na km² K(3) = 0,30

Vstupní hodnoty půdoochranných funkcí lesa

a) Ztráty půdy na stanovišti – povrchová a introskeletová eroze

Jednorázová společenská sociálně-ekonomická cena protierozní funkce lesa (introskeletová eroze) se stanovuje na 150 tis. - 250 tis. Kč ha⁻¹, v průměru na 200 tis. Kč ha⁻¹, podle místních poměrů na základě nákladů kompenzace, tj. vícenákladů v obnově lesa. Hodnoty platí pro lokality ohrožené introskeletovou erozí. Ve spolupráci s ÚHÚL byla zpracována diferenciací potenciálního ohrožení lesních půd pro všechny přírodní lesní oblasti v ČR. Ohroženost je členěna ve vazbě na lesní typy do pěti tříd (nízká, střední, vysoká, velmi vysoká, extrémní) a je zanesena do GIS. Podle stupně ohroženosti a vyplývajících více nákladů na obnovu lesa se cena protierozní funkce stanovuje následovně: pro ohroženost nízkou 150 tis. Kč ha⁻¹, pro ohroženost střední 200 tis. Kč ha⁻¹ a pro ohroženost vysokou, velmi vysokou a extrémní 250 tis. Kč ha⁻¹.

Hodnoty se kalkuluje tehdy, když lesní porost nebude na daném stanovišti obnoven. Nekalkuluje se, pokud původce na dané ploše les obnoví v souladu s požadavky SSL. Při snížení zakmenění pod stupeň 7, neschváleném SSL, se jednorázová cena za každý stupeň snížení zakmenění kalkuluje až ve výši 15 % z jednorázové ceny. Kromě toho se však kalkuluje a uplatňují všechny ostatní škody ze sníženého plnění či likvidace funkcí lesa v členění podle charakteru dané plochy a v příslušném členění na dočasné nebo trvalé.

b) Zanášení vodních nádrží a toků

Vlastní hodnoty společenského sociálně-ekonomického významu protierozní funkce lesa ze zanášení vodních toků a nádrží jsou jako újma pro půdní pokryv, na který byl les převeden či změněn. Nebere se v úvahu věk porostu, dřevinná skladba a zakmenění (kromě stanovišť s introskeletovou erozí), protože hodnoty jsou v podstatě identické.

Při obnově nebo vzniku holiny se na stanovištích bez introskeletové eroze a bez rostlinného krytu kalkuluje roční újma z omezení až likvidace dané funkce lesa za počet let zpoždění zalesnění oproti době legislativně určené zalesňovací povinnosti (pokud zpoždění nebylo schváleno příslušným orgánem SSL) na úrovni půdního krytu charakteru pastviny. Pokud je plocha zabuřenělá, příp. zalesněná, újma se nekalkuluje.

Při snížení zakmenění pod stupeň 7 na stanovištích s introskeletovou erozí, neschváleném SSL, se jednorázová cena za každý stupeň snížení zakmenění kalkuluje až ve výši 15 % z ceny půdního krytu charakteru pastviny. Na stanovištích bez introskeletové eroze se škoda nekalkuluje, pokud nebyl zničen půdní kryt a odstraněna hrabanka (z hlediska eroze charakter louky).

Je-li povrch půdy včetně hrabanky zničen požárem či půda nešetrou činností odkryta, považuje se pro účely kalkulace škod daná lokalita za plochu charakteru orné půdy s okopaninami do doby, než je opět kryta vegetací.

Hodnoty újm lze upravit na základě posouzení podle konkrétního stavu v povodí koeficientem naléhavosti [0,5 - 1,0]; je-li povodí v perimetru vodárenské nádrže, blíží se koeficient hodnotě 1; není-li v povodí vodní nádrž ani vodní tok, který by vyžadoval čištění a úpravy, blíží se hodnota spodní hranici.

Vstupní hodnoty vzduchoochranných funkcí lesa – vázání CO₂

Společenská sociálně-ekonomická cena funkce lesa vázání uhlíku dosahuje průměrné roční úrovně v rámci ČR 1 000 Kč ha⁻¹ porostní půdy věnované produkci dřeva pro společenskou spotřebu. Celková kapitalizovaná hodnota pak dosahuje výše 50 000 Kč ha⁻¹. Dané hodnoty platí jako průměr pro lesy produkčně využívané teh-

dy, dojde-li k odnětí produkční funkce, neplatí pro lesy nevyužívané pro produkci. Při specifikaci hodnot funkce lesa vázání uhlíku podle SLT na konkrétní lokalitě se výše uvedené hodnoty násobí příslušným koeficientem (ŠIŠÁK 2008).

Uvedené hodnoty platí v případě, že daná funkce lesa nebude na příslušném území nahrazena jinou trvale obnovitelnou produkcí používanou ve společnosti pro energetické účely, či konzervující v produktech CO₂.

Vstupní hodnota nevyužití zásoby dřeva se kalkuluje v případě dočasného odnětí nebo likvidace dřevoprodukční funkce lesa v případě, že dřevo z dané lokality nemohlo být tržně jako produkce využito. Hodnota je kalkulována na úrovni 171 Kč m⁻³ zničeného či jinak produkčně nevyužitého dřeva. V daném případě je třeba zohlednit i danou újmu z nevyužití zásoby dřeva v dlouhodobé a energetické spotřebě, která zejména působí na redukcí obsahu CO₂ v atmosféře.

Vstupní hodnoty zdravotně-hygienických funkcí lesa

Společenská sociálně-ekonomická cena jednotlivých kvalitativních charakteristik zdravotně-hygienických funkcí lesa se kalkuluje pro lesní porosty přístupné veřejnosti. Hodnoty platí pro uvedené kategorie v případě absence dat o návštěvnosti lesa (ŠIŠÁK et al. 2006). Hodnoty platí při převodu lesa na holou (příp. zastavěnou) plochu a plochu se ztrátou přístupu veřejnosti. Při obnově lesa nebo při snížení zakmenění se škoda kalkuluje za část plochy nad výměru povolenou v právních předpisech (neschválenou SSL).

Při obnově lesa nebo při snížení zakmenění se hodnota upravuje za část plochy nad výměru povolenou v právních předpisech (neschválenou SSL) ročně tak, že:

- a) do doby zalesnění, příp. za počet let zpoždění zalesnění oproti době legislativně určené, za každý započatý 1 ha výměry se kalkuluje ročně až 12 % jednotkové hektarové ceny kumulativním způsobem až po hranici 90 % ceny; obdobně se postupuje při odlesnění s plochou přístupnou veřejnosti,
- b) od zalesnění do zajištění, příp. za počet let zpoždění zajištění oproti době legislativně určené, za každý započatý 1 ha výměry se kalkuluje až 6 % jednotkové hektarové ceny kumulativním způsobem až po hranici 80 % ceny.

Jsou-li ponechány výstavky, příp. mateřský porost, lze hodnoty přiměřeně redukovat v souvislosti se zakmeněním horní etáže.

Vstupní hodnoty kulturně-naučných funkcí lesa

Vstupní hodnoty jsou převzaty z metodiky (ŠIŠÁK et al. 2006, ŠIŠÁK 2008) podle základních charakteristik území, zejména kategorizace zvláště chráněných území. V souvislosti se stupněm přirozenosti se hodnoty pro stupeň přirozenosti „1“ násobí koeficientem 2,5, pro stupeň „2“ koeficientem 2,0, pro stupeň „3“ koeficientem 1,5, pro stupeň „4“ koeficientem 1,0, pro nejnižší stupeň „5“ koeficientem 0,5.

Použité stupně přirozenosti (vyjadřující v podstatě rovněž úroveň ekologické stability) představuje pětistupňová klasifikace:

1. porosty s přírodě blízkou druhovou skladbou bez příměsí geograficky nepůvodních dřevin;
2. porosty, kde 50 – 90 % dřevin odpovídá stanovišti, a zastoupení geograficky nepůvodních dřevin je menší než 1 %;
3. porosty, kde méně než 50 % dřevin současně skladby odpovídá stanovišti a zastoupení geograficky nepůvodních dřevin je menší než 10 %;
4. monokultury nebo jiné porosty, jejichž druhová skladba neodpovídá stanovišti nebo směs dřevin s podílem 10 - 50 % geograficky nepůvodních dřevin;

5. porosty se zastoupením geograficky nepůvodních dřevin nad 50 %, dále odumírající, rozvrácené nebo silně poškozené porosty dřevin neodpovídajících stanovišti.

Hodnoty (poplatky či odškodnění) v tabulce platí pro převod lesa na holou či zastavěnou plochu. Při převodu na kulturu charakteru louky a pastviny, tj. v podstatě trvalého travního porostu, se snižují z ceny lesa sloužícího běžnému lesnímu hospodářství až o 73 %, sadu až o 34 %, orné půdy až o 22 %.

Výsledky hodnot funkcí lesa v PND

Společenská sociálně-ekonomická cena funkcí lesa byla vyjádřena v PND na základě poskytnutých vstupních dat získaných z ÚHÚL Jablonec nad Nisou. Základní hodnoty funkcí lesa jsou uvedeny jako společenská sociálně-ekonomická hodnota funkcí lesa ve srovnání s hodnotou půdního pokryvu charakteru trvalých travních porostů, na které by lesní porosty byly na daném území převážně transformovány při ponechání samovolnému vývoji. Uvedené hodnoty tedy znamenají společenský sociálně-ekonomický přínos z existence lesa na daném území, či újmu ze ztráty lesa na daném území a jeho převedení na půdní kryt charakteru TTP bez produkčního využití. Vyjádřeny jsou hodnoty roční a celkové, kapitalizované.

Dřevoprodukční funkce

Základem kalkulace společenské sociálně-ekonomické hodnoty dřevoprodukční funkce jsou hodnoty tržeb za dříví. Hodnoty tržeb z očekávaných těžeb se podle jednotlivých variant liší. Pro variantu CDS dosahuje roční hodnota 14 mil. Kč a celková kapitalizovaná 690 mil. Kč při použití lesní úrokové míry 2%, pro variantu BMDS 11,5 mil. Kč a 573 mil. Kč, a pro variantu PPDS 15,5 mil. Kč a 774 mil. Kč celkem. Hodnota dřevoprodukční funkce je v současném stavu PND zcela nepodstatná, protože dřevo není pro společnost použitelné jako surovina stejně jako v případě ponechání PND samovolnému vývoji.

Vezmeme-li v úvahu, že dřevoprodukční funkce nabude plné účinnosti až za dobu obmýtlí, tj. 120 let, pak je možné uvažovat i s poměrně přísnou variantou s využitím faktoru času, tedy se současnou hodnotou budoucích hodnot.

Funkce chovu zvěře a myslivosti

Společenská sociálně-ekonomická hodnota funkce chovu zvěře a myslivosti byla kalkulována na základě dostupných dat o hospodaření a porostní plochy (zdroj dat: LHP) zpracované v GIS. Roční společenská sociálně-ekonomická hodnota funkce lesa chovu zvěře a myslivosti byla vyjádřena na úrovni 6,3 mil. Kč a kapitalizovaná cena na 316 mil. Kč. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění, stejně jako v případě ponechání PND samovolnému vývoji.

Funkce nedřevoprodukční

Společenská sociálně-ekonomická hodnota nedřevoprodukční funkce lesa byla kalkulována samostatně pro porosty na borůvkových a brusinkových lesních typech a na ostatní porosty mimo ně (zdroje dat: LHP). Plocha těchto kategorií byla vynásobena příslušnými jednotkovými cenami. Roční společenská sociálně-ekonomická hodnota nedřevoprodukční funkce lesa byla vyjádřena na úrovni 27,2 mil. Kč a kapitalizovaná cena na 1,359 mld. Kč. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění.

V případě samovolného vývoje však dojde k újmě především na hodnotě sběru hub, a to v roční průměrné výši 19,016 mil. Kč

a v celkové kapitalizované hodnotě 950,808 mil. Kč (roční hodnota: $775 \text{ Kč ha}^{-1} \times 24\,537 \text{ ha} = 19\,016\,175 \text{ Kč}$). V takovém případě si dané území ponechá roční hodnotu 8,166 mil. Kč a celkovou kapitalizovanou hodnotu 408,338 mil. Kč.

Hydrické funkce

a) Maximální průtoky

Na základě analýzy dat v GIS byly plochy náhradních porostů rozděleny podle LVS a textury půdy. Tyto plochy byly vynásobeny příslušnými jednotkovými cenami a koeficientem (podle věku a zakmenění – vážený aritmetický průměr za celou plochu) odpovídajícím hodnotě hydrické funkce lesa - snížení maximálních průtoků. Koeficienty váhy lesa byly upraveny podle procenta zalesnění povodí (zjištěno z GIS), společenské naléhavosti (expertní odhad = 1) a zdravotního stavu (expertní odhad podle stupňů poškození = 0,5 – vážený aritmetický průměr podle stupňů poškození za rok 2006).

Roční společenská sociálně-ekonomická hodnota hydrické funkce lesa - snížení maximálních průtoků byla vyjádřena na úrovni 12,82 mil. Kč a kapitalizovaná hodnota na 611,3 mil. Kč. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění, při ponechání samovolnému vývoji dojde k újmě ve výše uvedených hodnotách.

b) Minimální průtoky

Společenská sociálně-ekonomická hodnota hydrické funkce lesa - zvýšení minimálních průtoků byla kalkulována vynásobením porostní plochy cenou představující záměnu lesa za trvalé travní porosty. Záměna za trvalé travní porosty byla určena z předpokladu, že při ponechání PND samovolnému vývoji se dané území bude vývojově blížit nejvíce právě TTP. Konečná hodnota byla upravena koeficienty společenské naléhavosti (expertní odhad = 1) a zdravotního stavu (expertní odhad podle stupňů poškození = 0,5 – vážený aritmetický průměr podle stupňů poškození za rok 2006). Zdroje dat: lesní hospodářský plán.

Roční společenská sociálně-ekonomická hodnota hydrické funkce lesa - zvýšení minimálních průtoků byla kalkulována na úrovni 16,4 mil. Kč a kapitalizovaná hodnota na 824,2 mil. Kč. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění, při ponechání samovolnému vývoji dojde k újmě ve výše uvedených hodnotách.

c) Kvalita vody ve vodních tocích a nádržích

Pro účely ocenění hydrické funkce lesa - kvalita vody ve vodních tocích a nádržích, byly diferencovány plochy pásem hygienické ochrany vodních zdrojů (12 797,10 ha) a ostatní plocha. Výsledná cena byla získána vynásobením průměrných hodnot, odpovídajícími plochami a koeficienty K1, K2, K3. Tyto koeficienty byly získány analýzou dat v GIS.

Roční společenská sociálně-ekonomická hodnota hydrické funkce lesa - kvalita vody ve vodních tocích a nádržích byla vyjádřena na úrovni 110,9 mil. Kč a kapitalizovaná 5,5 mld. Kč. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění, při ponechání samovolnému vývoji dojde k újmě ve výše uvedených hodnotách.

Půdoochranné funkce

a) Ztráta půdy na stanovišti – povrchová a introskeletová eroze

Jednorázová společenská sociálně-ekonomická hodnota půdoochranné funkce lesa - ztráty půdy na stanovišti byla kalkulována vynásobením porostní plochy ohrožené povrchovou a introskeletovou erozí podle stupně ohroženosti a vícenásobků.

Jednorázová společenská sociálně-ekonomická hodnota půdoochranné funkce lesa ztráty půdy na stanovišti byla vyjádřena na úrovni 49,3 mil. Kč. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění, při ponechání samovolnému vývoji dojde k újmě ve výše uvedených hodnotách.

b) Zanášení vodních nádrží a toků

Pro účely ocenění půdoochranné funkce lesa - zanášení vodních nádrží a toků, byly identifikovány a diferencovány plochy ohrožené introskeletovou erozí podle stupně potenciální vodní eroze. Získané hodnoty byly vynásobeny náklady a upraveny koeficientem naléhavosti (expertní odhad – 1,0 pro plochy v PHO a 0,5 mimo ně). Na stanovištích bez introskeletové eroze se funkce nekalkuluje.

Roční společenská sociálně-ekonomická hodnota půdoochranné funkce lesa - zanášení vodních nádrží a toků byla vyjádřena na úrovni 0,014 mil. Kč a kapitalizovaná 0,7 mil. Kč. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění, při ponechání samovolnému vývoji dojde k újmě ve výše uvedených hodnotách.

Vzduchoochranná funkce

Společenská sociálně-ekonomická hodnota vzduchoochranné funkce lesa byla kalkulována na základě porostní plochy PND, opravných koeficientů podle SLT a hodnoty funkce s využitím dat LHP. V současné době je hodnota dané funkce PND nulová, stejně jako v případě ponechání PND samovolnému vývoji. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění a dosahuje 19,2 mil. Kč ročně, 957,8 mil. Kč celkově.

Zdravotně-hygienické funkce

Společenská sociálně-ekonomická hodnota zdravotně-hygienické funkce lesa byla kalkulována podle hodnot kvalitativních charakteristik lesa a jejich plošného zastoupení. Výsledné hodnoty byly upraveny koeficientem 0,9. Lesy do vzdálenosti 50 m od schválených a značených turistických tras a cyklostezek byly zpracovány v GIS analýzou připojených turistických map a cyklostezek. Plochy s vícero kvalitativními charakteristikami lesa byly zahrnuty do kategorie podle nejvyšší významnosti (plocha bez překryvů).

Roční společenská sociálně-ekonomická hodnota zdravotně-hygienické funkce lesa byla vyjádřena na úrovni 74,0 mil. Kč a kapitalizovaná 3,7 mld. Kč. Hodnota dané funkce se podle navrhovaných variant přeměn PND výrazně nemění, při ponechání samovolnému vývoji dojde k újmě ve výše uvedené hodnotě.

Kulturně-naučné funkce

Společenská sociálně-ekonomická hodnota kulturně-naučné funkce lesa byla kalkulována podle hodnot kvalitativních charakteristik lesa při záměně za TTP a jejich plošného zastoupení. Plocha lesa, která byla součástí více kategorií, byla započtena jen do kategorie s nejvyšším stupněm významnosti. Hodnoty byly dále upraveny koeficientem stupně přirozenosti, který byl expertně stanoven za použití váženého aritmetického průměru na stupeň 5 (hodnota koeficientu 0,5) pro současné porosty, dále na stupeň 2,34 (hodnota koeficientu 1,83) pro navrhovanou variantu CDS, na stupeň 2,68 (hodnota koeficientu 1,66) pro biomeliorační variantu CDS a na stupeň 3,17 (hodnota koeficientu 1,42) pro přechodnou variantu CDS.

Společenská sociálně-ekonomická hodnota kulturně-naučné funkce lesa byla vyjádřena na úrovni 38 mil. Kč ročně a 1,9 mld. Kč celkově při současného stavu PND a jejich ponechání samovolnému vývoji

a následně vzniku půdního krytu charakteru TTP. Pak dojde k újmě ve výše uvedených hodnotách.

Společenská sociálně-ekonomická hodnota kulturně-naučné funkce lesa byla vyjádřena na roční 138 mil. Kč ročně a 6,9 mld. Kč celkem pro variantu CDS, 126 mil. Kč ročně a 6,3 mld. Kč celkem pro variantu BMDS a 108 mil. Kč ročně a 5,4 mld. Kč celkem pro variantu PPDS.

Souhrnné společenské sociálně-ekonomické hodnoty funkcí lesa na daném území

Společenské sociálně-ekonomické hodnoty současných PND a variant druhových skladeb CDS, BMDS a PPDS byly vyjádřeny relativně vůči půdnímu krytu charakteru trvalých travních porostů s keřovitými prvky a pomístně vtroušenými netvárnými dřevinami, ke kterému by podle předpokladů vedla varianta ponechání PND samovolnému vývoji s jejich rozpadem. Hodnoty dřevoprodukční funkce jsou vyjádřeny s vlivem faktoru času, ve formě současné hodnoty, kterou lze upřednostnit oproti formě absolutní, tj. bez vlivu faktoru času.

Z údajů vyplývá, že v případě, kdy by přestaly být vkládány prostředky do ochrany a obnovy současného stavu PND, došlo by k úspoře finančních prostředků, avšak k ztrátě společenské sociálně-ekonomické hodnoty jejich funkcí, tedy k celkové kapitalizované společenské újmě na daném území ve výši 13 580 mil. Kč, v dlouhodobém průměru pak 271,6 mil. Kč ročně, což výrazně převyšuje náklady na údržbu daného stavu.

Oproti současnému stavu PND představuje zvýšení uvedené společenské hodnoty varianta:

- CDS o: 6 690 mil. Kč celkové hodnoty, 133,8 mil. Kč průměrné roční hodnoty,
- BMDS o: 5 937 mil. Kč celkové hodnoty, 118,7 mil. Kč průměrné roční hodnoty,
- PPDS o: 5 207 mil. Kč celkové hodnoty, 104,1 mil. Kč průměrné roční hodnoty.

SPOLEČENSKÁ SOCIÁLNĚ-EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST HOSPODÁŘSKÝCH OPATŘENÍ

Ze zjištění vyplývá, že v případě, kdy by PND byly ponechány samovolnému vývoji, došlo by sice k úspoře finančních prostředků na údržbu daného stavu PND, avšak na druhé straně by došlo ke ztrátě společenské sociálně-ekonomické hodnoty jejich funkcí. Společenská sociálně-ekonomická celková kapitalizovaná hodnota funkcí lesa na analyzovaném území se současným stavem PND dosahuje

úrovně 14 304 mil. Kč oproti krytu daného území charakteru travních porostů bez produkčního využití. Podle předpokladů při variantě ponechání PND samovolnému vývoji by došlo ke změně krytu na travní s pomístně vtroušenými a rozptýlenými keři a netvárnými stromy, hodnota společenských sociálně-ekonomických funkcí takového území je vyšší než pouze travního bez produkčního využití, a to na úrovni 724 mil. Kč.

Z uvedeného je zřejmé, že při realizaci varianty samovolného vývoje by došlo k celkové kapitalizované společenské újmě na daném území ve výši 13 580 mil. Kč, v dlouhodobém průměru pak 271,6 mil. Kč ročně. Hodnoty společenské újmy by byly výrazně vyšší než úspory nákladů na údržbu daného stavu PND. Stávající stav a udržování PND na daném území lze považovat z hlediska společenského, sociálně-ekonomického, zahrnujícího jak tržní, tak netržní environmentální funkce lesa (zde šířeji krajiny), za vysoce rentabilní, efektivní oproti ponechání PND samovolnému vývoji za výše uvedených předpokladů. V sociálně-ekonomických hodnotách jsou implicitně zahrnuty jak tržní, tak netržní, environmentální dopady.

Pokud jde o srovnání společenské sociálně-ekonomické efektivity přeměn PND ve variantách navrhovaných druhových skladeb (CDS, BMDS a PPDS), pak čistou současnou hodnotu variant druhových skladeb, v podstatě finanční, ukazuje následující tabulka 1. V ní jsou uvedeny společenské sociálně-ekonomické přínosy ve formě současné hodnoty s vlivem faktoru času s využitím 2% tzv. lesní úrokové míry pro dlouhodobé časové horizonty. Na závěr je v tabulce uvedena souhrnná společenská sociálně-ekonomická efektivnost včetně finanční čisté současné rentability. Sociálně-ekonomické hodnoty zahrnují jak tržní, tak netržní environmentální funkce.

Finanční současná hodnota představuje hodnotu dřevoprodukční funkce lesa z hlediska podnikatelského, v daném smyslu „tržní vlastnickou“. Je zřejmé, že z tohoto pohledu jsou všechny varianty vysoce nerentabilní, neefektivní, avšak i jen udržování existujícího stavu PND je v tomto finančním smyslu obdobně nerentabilní. Z variant je finančně nejméně ztrátová PPDS, více ztrátová je CDS a nejztrátovější je BMDS.

Společenská sociálně-ekonomická současná hodnota funkcí představuje celkovou kapitalizovanou hodnotu podstatných funkcí lesa, které mohly být z hlediska metodiky, dostupnosti a úrovně vstupních dat začleněny do hodnocení. Společenská současná hodnota využívá faktoru času v případě funkce dřevoprodukční, protože ta se reálně ve společenském rámci uplatní výrazně až v závěrečných fázích obmýti. Oproti tomu další funkce působí už během procesu přeměn a již i v nejmladších vývojových fázích porostů. Z výsledků vyplývá, že v celkové sumě přínosů a rovněž v případě společenských sociálně-ekonomických hodnot bez vlivu faktoru času nejsou mezi variantami navrhovaných druhových skladeb podstatnější rozdíly.

Tab. 1.

Srovnání společenské sociálně-ekonomické efektivity přeměn PND ve variantách druhových skladeb v mil. Kč
Comparison of societal socio-economic effectiveness of PND changes in variants of tree species composition in mil. CZK

Hodnoty/Values	Druhová skladba/Tree species composition		
	*CDS	*BMDS	*PPDS
Finanční čistá současná hodnota/ Financial net present value	-7 612	-9 160	-5 865
Společenská současná hodnota funkcí/Social value of functions	20 994	20 241	19 511
Souhrnná společenská efektivnost/Lump sum social effectiveness	13 382	11 081	13 646

* CDS – basic target tree species composition, *BMDS – temporary biomeliorative tree species composition, *PPDS – temporary preparatory tree species composition

Vyjádříme-li celkovou současnou společenskou sociálně-ekonomickou rentabilitu, efektivnost, daných variant druhových skladeb se zahrnutím finanční rentability, pak souhrnně společensky sociálně-ekonomicky nejefektivnější jsou prakticky na stejné úrovni varianty druhových skladeb PPDS (souhrnný společenský přínos 13 646 mil. Kč) a CDS (souhrnný společenský přínos 13 382 mil. Kč). Výsledný rozdíl mezi nimi je vzhledem k vysoké metodické obtížnosti a složitosti problematiky i stavu a úrovni vstupních dat zcela nepodstatný. Za nimi následuje varianta BMDS (souhrnný společenský přínos 11 081 mil. Kč), i když i tento přínos je velmi vysoký.

ZÁVĚR

Řešená problematika je po metodické stránce poměrně obtížná. Základem pro kalkulace společenské sociálně-ekonomické efektivity variant přeměn PND je vyjádření společenských sociálně-ekonomických efektů jak tržních – produkčních, tak netržních – mimo-produkčních funkcí lesa. Efekty jsou vyjádřeny v hodnotové formě na bázi diferencovaných společenských sociálně-ekonomických dopadů pro společnost.

Společenská sociálně-ekonomická současná hodnota funkcí představuje celkovou kapitalizovanou hodnotu podstatných funkcí lesa, které mohly být z hlediska metodiky, dostupnosti a úrovně vstupních dat začleněny do hodnocení. Společenská současná hodnota využívá faktoru času v případě funkce dřevoprodukční, protože ta se reálně ve společenském rámci uplatní výrazně až v závěrečných fázích obmýtí. Oproti tomu další funkce působí už během procesu přeměn a již i v nejmladších vývojových fázích porostů.

Závěrem je nutno říci, že výše uvedené vysoké kladné hodnoty vyjadřující společenskou sociálně-ekonomickou rentabilitu jsou zásadním dokladem společenského sociálně-ekonomického přínosu navrhovaných variant, chápaného jak z hlediska produkčního, tak environmentálního, který výrazně převyšuje ekonomickou ztrátovost procesu přeměny PND. Dané hodnoty jsou principiálním argumentem z hlediska sociálně-ekonomického pro uskutečnění přeměn PND v navrhovaných variantách a argumentem pro využití domácích i zahraničních veřejných zdrojů společnosti při realizaci těchto přeměn.

Poznámka:

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu NAZV č. QH 71296 „Systém hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesů včetně kritérií a indikátorů poly-funkčního obhospodařování lesů“.

LITERATURA

- BALCAR V., SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NAVRÁTIL P. 2007. Metodika postupů přeměn porostů náhradních dřevin v imisních oblastech. Recenzované metodiky pro praxi. Lesnický průvodce, č. 3: 34 s.
- BLUM A. 2004. Forest functions. In: Burley, J. et al. (eds.): Encyclopedia of forest sciences. Amsterdam, Elsevier: 1121-1126.
- MERLO M., CROITORU L. et al. 2005. Valuing mediterranean forests. Towards total economic value. Wallingford, UK, CABI Publishing: 406 s.
- PULKRAK K. 2008. Posouzení rentability jednotlivých variant navržených opatření. In: Slodičák, M. et al. (eds.): Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky, s. p., Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Hradec Králové: 369-389.
- SLODIČÁK M. et al. 2008. Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky, s. p., Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.: 480 s.
- ŠIŠÁK L. 2008. Společenská sociálně-ekonomická efektivnost funkcí lesa. In: Slodičák et al. Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky, s. p., Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.: 391-413.
- ŠIŠÁK L., ŠACH F., KUPČÁK V., ŠVIHLA V., PULKRAK K., ČERNOHOUS V., STÝBLO J. 2007. Systém hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesů včetně kritérií a indikátorů poly-funkčního obhospodařování lesů. Periodická zpráva. Projekt NAZV č. QH 71296. Praha, Fakulta lesnická a dřevařská ČZU: 105 s.
- ŠIŠÁK L., ŠACH F., ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V. 2006. Metodika sociálně-ekonomického hodnocení funkcí lesa. Lesnický průvodce, č. 1: 40 s.
- ŠIŠÁK L., ŠVIHLA V., ŠACH F. 2002. Oceňování společenské sociálně-ekonomické významnosti základních funkcí lesa. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, odbor lesního hospodářství: 71 s., 6 stran příloh.
- Vyhláška MZe č. 55/1999 Sb. o způsobu výpočtu výše újmy nebo škody způsobené na lesích.
- Zákon č. 289/1995 o lesích.

EXPRESSION OF SOCIETAL SOCIO-ECONOMIC EFFECTIVENESS OF FORESTS AND FORESTRY IN STANDS OF SUBSTITUTE TREE SPECIES IN THE KRUŠNÉ HORY MOUNTAINS

SUMMARY

Calculation of societal socio-economic effectiveness of forests and forestry affected with heavy air pollution in stands of substitute tree species (PND) on area of 24,537 ha in the Krušné hory Mts. transformation variants is based on expression of societal socio-economic effects of both market (production) and non-market (non-production) forest functions. Effects are expressed in form of value based on differentiated societal socio-economic effects for the society.

Societal socio-economic present value of functions represents a total capitalized value of substantial forest functions that could have been incorporated into evaluation respective the quantity, quality, and availability of data. The societal current value uses the time factor in case of the wood-production function, because that one will come into effect in the societal framework markedly only in the last stages of the rotation period. On the contrary, other functions are effective already during the process of transformation and from the earliest age classes up.

The data show if financial means ceased to be inserted into protection and regeneration of current PND, the means would be saved however the forest stands functions would lose their societal socio-economic values over the considered territory on a total capitalized social level of 13,580 mil. CZK, in long-term annual average of 271.6 mil. CZK. This loss in value would significantly exceed possible saved cost of current stand maintenance.

Current status and maintenance of PND in the territory can be considered from the social and socio-economic view, including both market and non-market forest functions (in this case broadly the landscape), as highly profitable and effective contrary to leaving PND to spontaneous development that can result in their decay.

Societal socio-economic benefits of single variants of PND transformations structured into the present value of benefits with the time factor effects are presented in the table 1. Present values are calculated using the 2% so-called forest interest rate for the long-term time horizons. Respecting the comparison of societal socio-economic effectiveness of PND transformation in variants of proposed species compositions, the CDS benefits achieve the amount of 20,994 mil. CZK, BMDS 20,241 mil. CZK and PPDS 19,511 mil. CZK.

In the end, in the table there is a total societal socio-economic profitability based on present values including financial profitability. The most effective, practically on the same level, are the species composition variants PPDS (total societal benefit 13,646 mil. CZK) and CDS (total societal benefit 13,382 mil. CZK). The resulting difference between them, with regards to the methodological complexity and quality of the data, is rather negligible. These leading variants are followed by BMDS, the total societal benefit of 11,081 mil. CZK is rather high as well.

It can be concluded that the above mentioned high positive values expressing the societal socio-economic profitability represent a fundamental proof of societal socio-economic benefit of the proposed variants considered both from the production view and the environmental one which overcomes markedly the economic loss of the PND transformation process. The given values stay for a principal argument from the socio-economic view to perform the PND transformations by proposed variants and support the argument to use national and foreign public sources to implement these transformations.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Prof. Ing. Luděk Šišák, CSc., Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Česká republika
tel.: 224 383 705; e-mail: sisak@fld.czu.cz

RŮST A STABILITA TYČKOVIN NÁHRADNÍ DŘEVINY SMRKU PICH LAVÉHO V JIZERSKÝCH HORÁCH

GROWTH AND STABILITY OF YOUNG STAND OF SUBSTITUTE TREE SPECIES BLUE SPRUCE IN THE JIZERSKÉ HORY MTS.

ONDŘEJ ŠPULÁK

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

ABSTRACT

Blue spruce was the most commonly used tree species of the substitute tree species forest stands planted after air pollution disaster in the Czech Republic. Research focused on blue spruce forest stand development is very rare. This article aims to assess blue spruce forest stand development in higher locations of the Jizerské hory Mts. from planting to small pole stage. Two blue spruce forest stands at the age of ca 18 years were analyzed. As emerged from the analysis, blue spruce stands in higher mountain locations without tending start to close at the age of ca 15 years, trees growing in the spruce forest vegetation zone have lowered growing potential and predominant trees are susceptible to snow breaks there. Closing stand canopy brings increasing of upper crown height and worsening of health status (defoliation). To increase stability of the young blue spruce forest stands, tending to preserve open crowns should be done.

Klíčová slova: smrk pichlavý, porosty náhradních dřevin, růst, vyšší horské polohy, Česká republika

Key words: blue spruce, substitute tree forest stands, growth, upper mountain locations, Czech Republic

ÚVOD

Porosty náhradních dřevin (PND) vznikly v 70. a 80. letech minulého století v imisemi silně poškozených oblastech (zvláště v Krušných a Jizerských horách), na lokalitách, kde nebylo možné nahradit rozpadající se porosty vhodnými cílovými dřevinami (ŠINDELÁŘ 1982). Cílem zakládání PND bylo zachování kontinuity lesních porostů, plnicích alespoň nejdůležitější ekologické funkce v dané oblasti (funkce půdoochranné a vodohospodářské) – (TESAŘ 1982, SLODIČÁK et al. 2005, HERING, IRRGANG 2005). Současně měly tyto náhradní porosty vytvořit podmínky pro pozdější přeměny s využitím náročnějších biologicky a ekonomicky cennějších dřevin (ŠINDELÁŘ 1982).

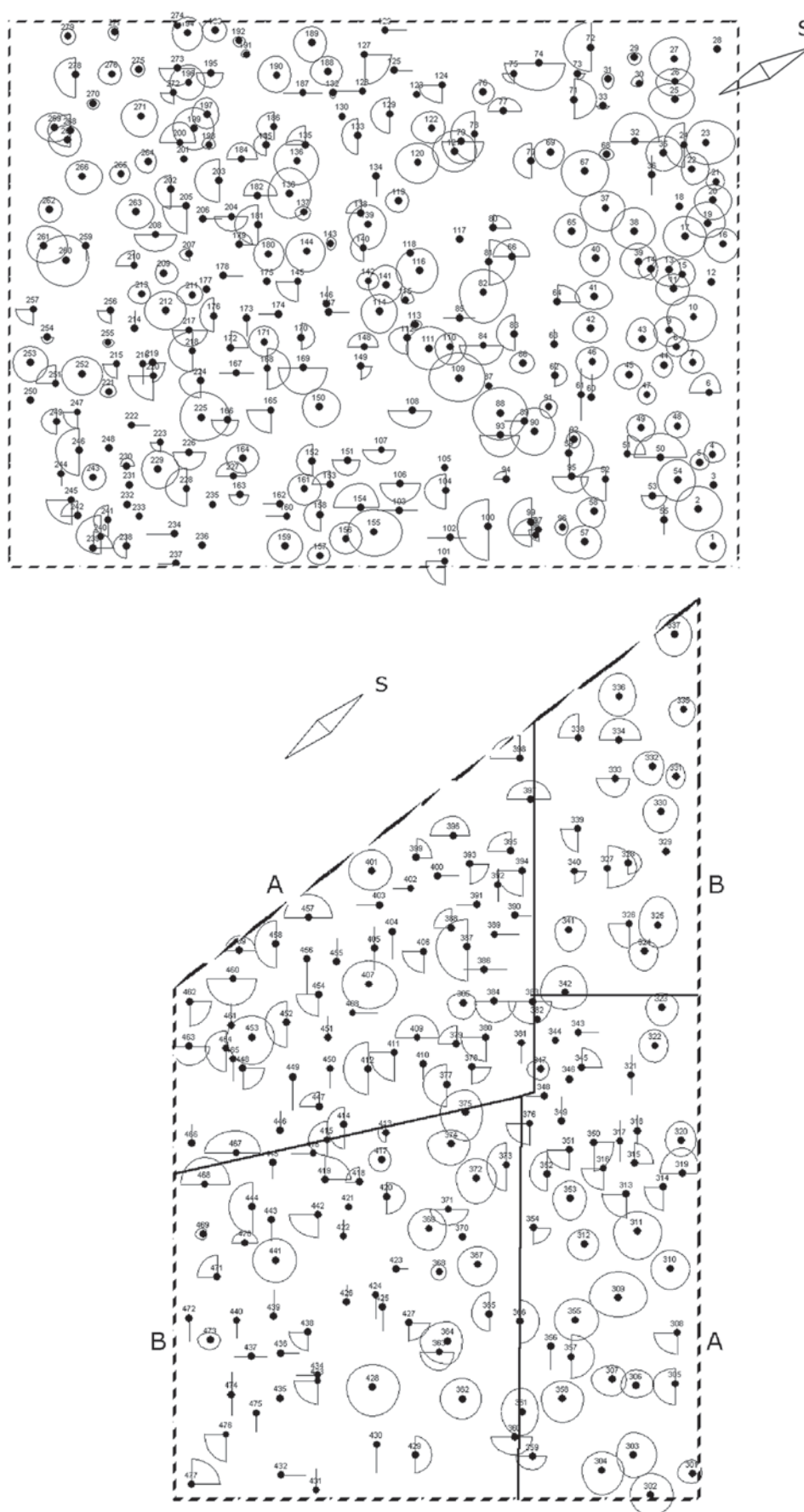
Nejrozšířenější introdukovanou dřevinou náhradních porostů se v České republice stal smrk pichlavý (*Picea pungens* ENGELM.) pocházející ze západní části Severní Ameriky. Ve své domovině se smrk pichlavý často chová jako dlouhověký druh sukcesních stadií lesních porostů, je velice odolný vůči okusu. Jeho dřevoproductivita je v domovině ceněna velice málo, větší význam se přikládá ekologickému krytu pro zvěř a rekreační funkci jeho porostů (FEIS 2008).

Růstové křivky smrku pichlavého jsou blízké smrku ztepilému (JIRGLE 1982), avšak smrk pichlavý (SMP) roste průkazně pomaleji a jeho celková produkce dřevní hmoty je menší (ŠIKA 1976). Zapojené porosty smrku pichlavého jsou nestabilní, zpravidla podléhají klimatickým vlivům – sněhové či větrné polomy, většinou vrškové zlomy a vývraty (SLODIČÁK 2001). Zima 2005/06 přinesla na většině území České republiky neobvykle vysokou sněhovou nadílku (HURTALOVÁ et al. 2007), jejíž váha a průběh tání způsobil pomístně vážné poškození porostů.

Cílem tohoto příspěvku je zhodnotit vývoj porostů smrku pichlavého ve vyšších polohách Jizerských hor od výsadby do stadia tyčkovin, také s ohledem na poškození v důsledku vysokého stavu sněhu v zimě 2005/06.

METODIKA

Výzkum zaměřený na vyhodnocení stavu a vývoje tyčkoviny smrku pichlavého byl prováděn na výzkumných plochách Plochý (880 m n. m., 5% sklon Z svahu, 8K, 0,12 ha) a Ořešník (870 m n. m., 5% sklon SZ svahu, 7K, 0,13 ha) v Jizerských horách. Smrk pichlavý zde byl vysazen v letech 1985 - 1990 v rámci základní výsadby a následného vylepšování. Výzkumné plochy byly založeny v roce 1996 s hlavním cílem šetření prosperity prosadeb buku do porostů náhradní dřeviny SMP (BALCAR, KACÁLEK 2008). Porost smrku pichlavého na výzkumné ploše Ořešník byl v roce 2005 rozdělen na dvě varianty s polohovým opakováním, kde jedna slouží jako kontrola (cca 0,07 ha) a ve druhé byl proveden výchovný zásah s ohledem na prosazené jedince BK (0,06 ha) – obr. 1. V roce 2006, na jaře po zimě s výskytem poškození sněhem, byly všechny stromy SMP na plochách očíslovány, změřena výška a retrospektivně výškový vývoj, tloušťka v prsní výšce a parametry koruny. Byla zaznamenána také přítomnost poškození a deformací. V roce 2007 bylo blíže rozebráno 28 vzorníků z lokality Plochý (geometrie kmene, parametry větví) a odebrány z nich kotouče na letokruhovou analýzu. Statistické porovnání dat bylo provedeno s použitím testů parametrických (t-test) a neparametrických (Kruskal-Wallisova jednofaktrová ANOVA) na hladině významnosti $\alpha = 5\%$.



Obr. 1.

Půdorys výzkumné plochy Plochý (nahoře) a Ořešník (dole). Křivky znázorňují živé části koruny v prsní výšce v roce 2006. Na ploše Ořešník jsou vyznačeny části bez zásahu (A) a s prosvětlovacím zásahem (B).

Plan of Plochý (above) and Ořešník (bottom) research plots. Curves illustrate vivid parts of crown in breast height in 2006. Parts without tending (A) and released (B) are shown on the Ořešník plot.

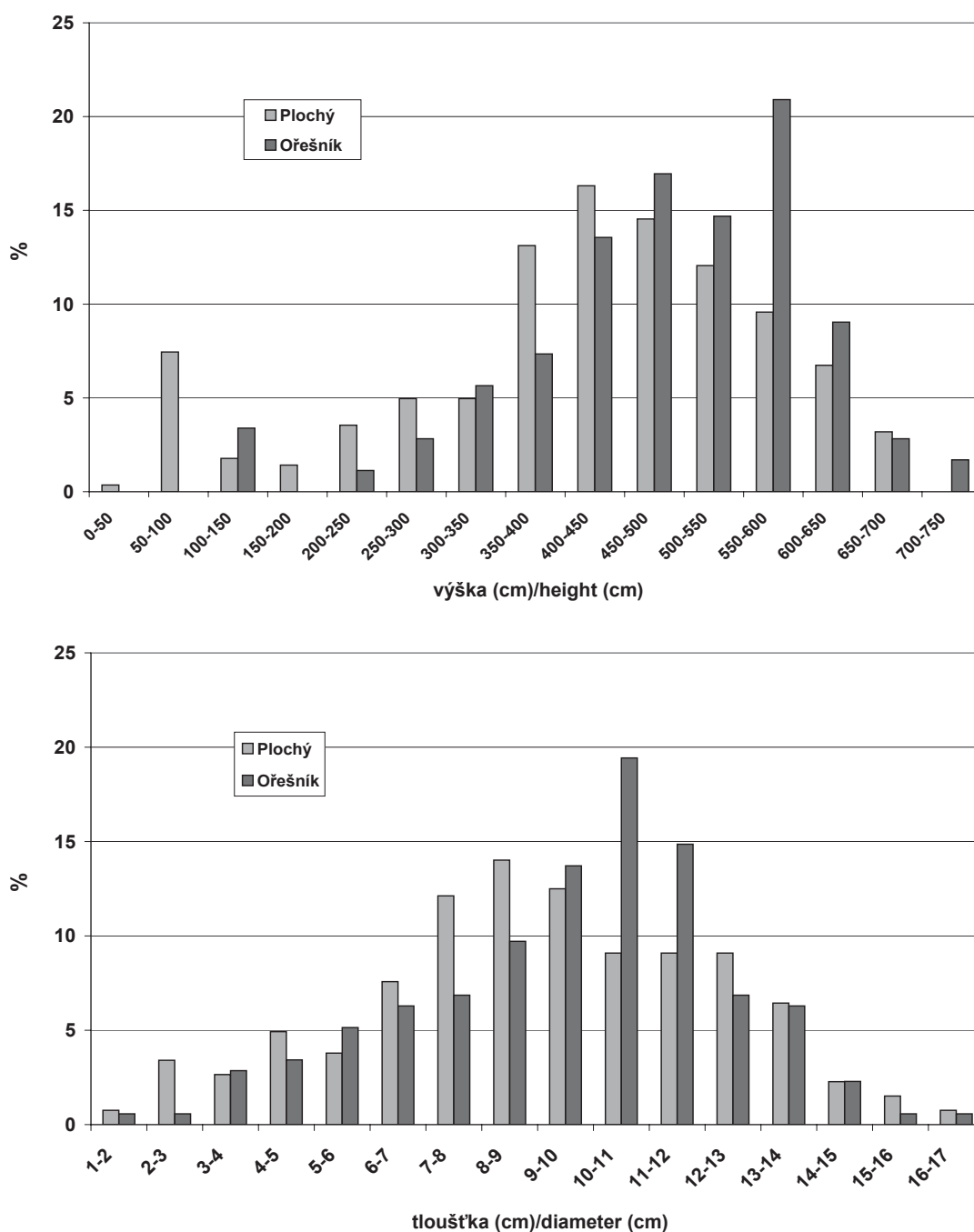
VÝSLEDKY

Lokalita Plochý

Na ploše byla zaznamenána minimální mortalita SMP v období 1996 - 2006 (okolo 2 %). V roce 2006 byla hustota porostu na lokalitě Plochý 2 340 jedinců na ha, průměrná vzdálenost mezi jedinci tak dosahovala 2,07 m (obr. 1). Průměrná výška v roce 2005 byla 4,31 m (Sx 1,34). Zima 2005/06 způsobila v porostu značné škody (zlomy – 26 %, nalomení – 2 %, ohnutí kmene – 14 %) – bez poškození zůstalo 58 % stromů s průměrnou výškou 3,96 m (Sx 1,37). Poškozeny byly předrůstavé stromy s průměrnou výškou v předchozím roce

5,42 m (Sx 1,12), které od roku 1990 měly průkazně intenzivnější výškový vývoj (obr. 3), vedoucí k jejich nižší stabilitě (obr. 4). Průměrná výška zlomu byla 3,08 m (Sx 1,17). V roce 2006 dosáhla průměrná tloušťka jedinců vyšších než 1,3 m 9,0 cm (Sx 3,1), výčetní kruhová základna byla 15,57 m².ha⁻¹. Průměrný stíhlostní kvocient dosahoval 52,8, výška a výčetní tloušťka vykazovaly relativně těsný vztah (obr. 5).

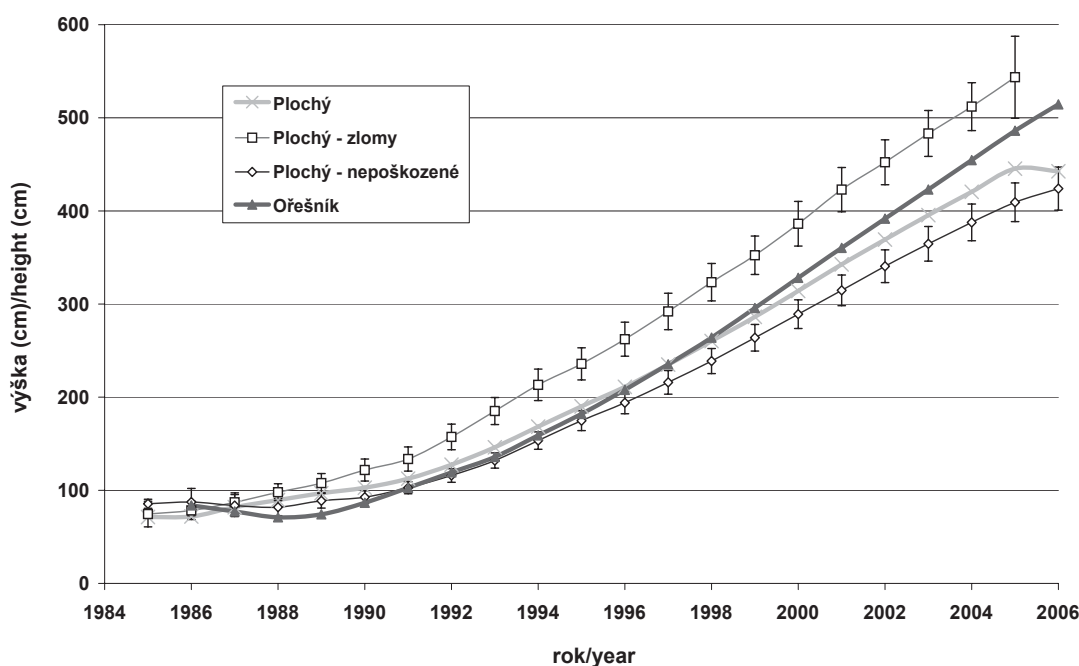
Porovnáním tvaru koruny podle světových stran bylo zjištěno, že nejdelší průměrná větev směřuje na jih a nejkratší na západ (tab. 1). Průměrný pětiletý periodický tloušťkový přírůst se pohyboval v rozmezí 0,34 až 0,61 cm (obr. 6). Výška nasazení živé koruny



Obr. 2.

Rozložení výšek (nahore) a tlouštěk (dole) smrků pichlavých v roce 2005 na VP Plochý a VP Ořešník

Distribution of heights (above) and diameters (bottom) of blue spruce on the Plochý and Ořešník research plots in 2005

**Obr. 3.**

Vývoj průměrné výšky smrku pichlavého na lokalitě Plochý (nepoškozených a zlomených jedinců) a Ořešník s intervaly spolehlivosti ($\alpha = 0,05$)
 Development of average height of blue spruce on the Plochý (undamaged and broken trees) and Ořešník localities with intervals of reliability ($\alpha = 0.05$)

Note: zlomy = broken trees; nepoškozené = undamaged trees

byla průměrně 57,2 cm nad zemí. Při zpracování nebyl zjištěn vztah mezi výškou nasazení koruny a výškou, tloušťkou jedince, ani vzdáleností k nejbližšímu sousednímu smrku.

V průběhu posledních několika let se na lokalitě projevuje výrazné zhoršení zdravotního stavu porostu - snížení olistění. V roce 2006 byla zaznamenána průměrně 34,9% defoliace (Sx 9,91 %, u horních dvou třetin koruny 35,4 %).

Lokalita Ořešník

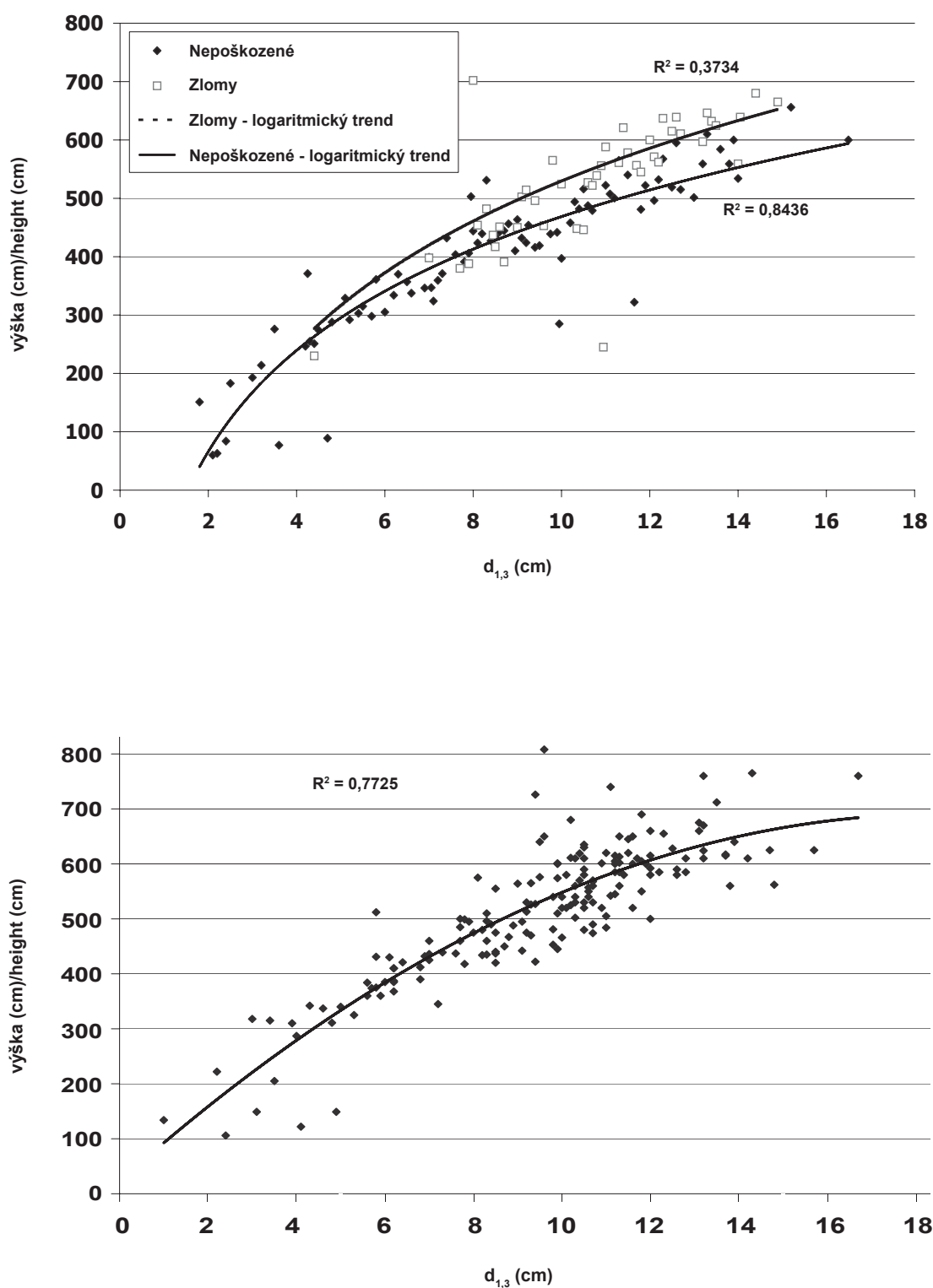
Hustota porostu smrku pichlavého poklesla přirozenou mortalitou mezi lety 1996 a 2006 na kontrole o 10 % na 1 523 jedinců na ha, na částech uvolněných pak byla v roce 2005 redukována na 1 262 jedinců na ha (obr. 1). Představuje to průměrnou vzdálenost mezi nejbližšími jedinci 2,56 a 2,81 m. Vlivem extrémní zimy 2005/06 zde nebylo zaznamenáno žádné poškození zlomy či deformace, smrky zde vykazují výrazně lepší zdravotní stav (průměrná defoliace v roce 2006 dosahovala 20 %, u horních dvou třetin koruny pouze 17,5 %).

Vzhledem k tomu, že až do roku 2005 (rozdělení na zásah/kontrola) byla výzkumná plocha vedena jednotně v bezzásahovém režimu, je zde většina popisovaných parametrů prezentována pro plochu jako celek. Průměrná výška porostu v roce 2006 byla 5,12 m, Sx 1,19 (v roce 2005 to bylo 4,88 m, Sx 1,12), průměrná tloušťka 9,5 cm (Sx 2,8) – (obr. 2, 3), koruna začínala průměrně 71,6 cm nad zemí. Na kontrole byla výčetní kruhová základna 11,32 m².ha⁻¹, část po zásahu ji měla sníženou o 17 % na 9,42 m².ha⁻¹. Štíhlost-

ní kvocient středního kmene měl hodnotu 56,4, vztah mezi výškou a poloměrem koruny nebyl příliš těsný (obr. 5). Z délky větví v prsní výšce v roce 2006 vyplývá, že koruna průkazně více přirůstala na jih oproti rozšiřování koruny na sever a východ (tab. 1). Nejkratší průměrná větev rostla na východ.

DISKUSE

Díky menšímu sponu při výsadbě a minimální mortalitě byla hustota porostu na lokalitě Plochý o třetinu vyšší než na Ořešníku. Rozložení tloušťek i výšek na VP Ořešník tak vykazovalo příznivější růstové podmínky oproti druhé lokalitě. Smrk pichlavý na ploše Ořešník měl v roce 2005 průkazně vyšší výšky než na ploše Plochý ($\alpha = 0,01$), tloušťky v roce 2006 byly na Ořešníku vyšší, ne však průkazně ($\alpha = 0,07$) – obr. 2. Přestože průměrný štíhlostní kvocient SMP na Ořešníku byl vyšší, nedošlo zde prakticky k žádnému poškození sněhem v zimě 2005/06. Potvrzuje to opodstatněnost odlišného zařazení do LVS – Ořešník je v 7. LVS a Plochý v 8. LVS (ÚHÚL 2008). Také dospělé bukové porostní žebro o šířce cca 12 m na S od VP Ořešník má jistě vliv na snížení klimatických výkyvů a turbulence vzduchu. Značný podíl poškození smrku pichlavého, zvláště zlomy sněhem, bylo popsáno již v předchozích pracích (např. ŠIKA 1976). NOVÁK, SLODIČÁK (2004) zaznamenali vysoký podíl tvarových deformací a vrcholových zlomů u porostu SMP v 8. LVS v Krušných horách již při věku 12 let.

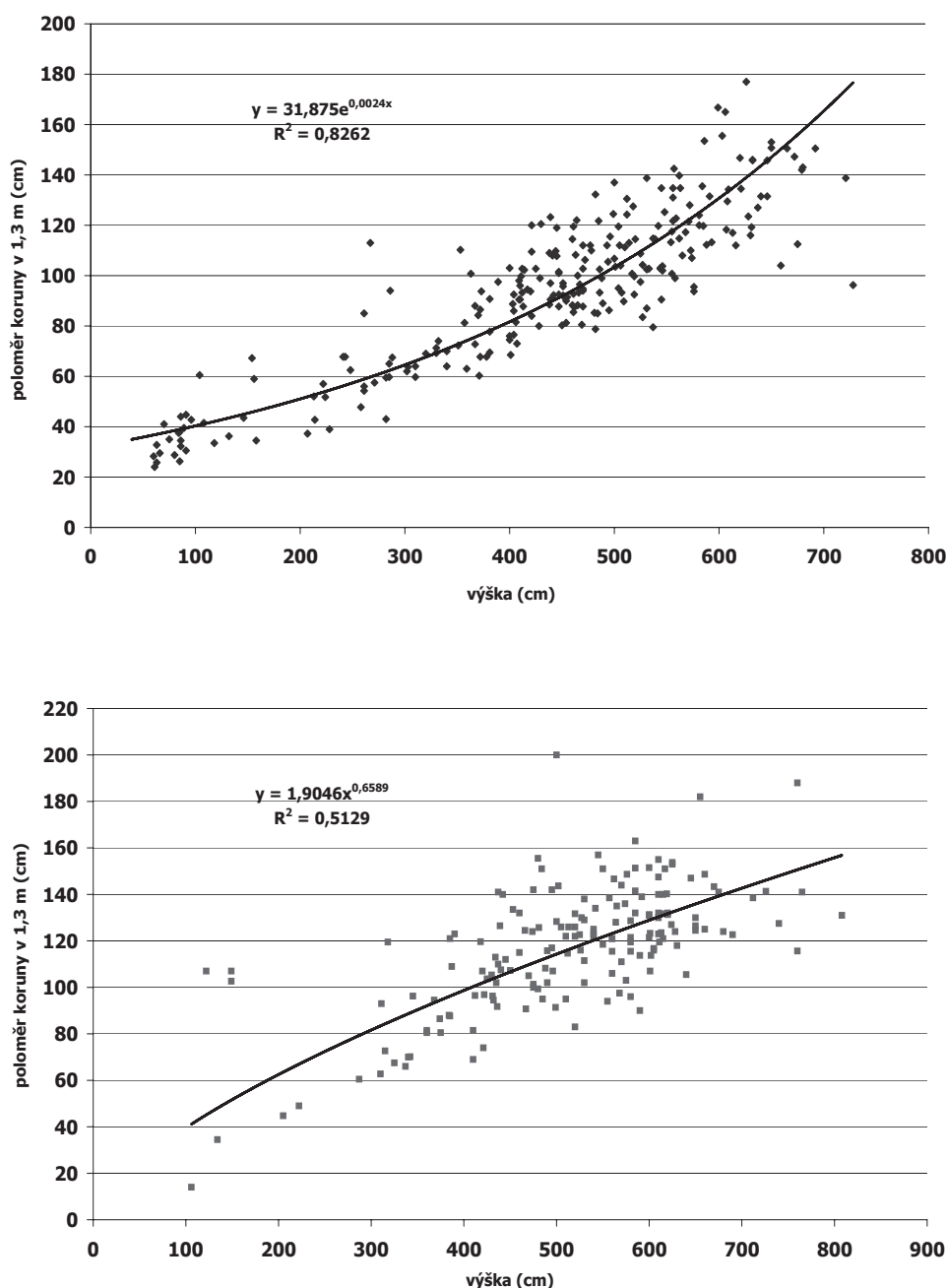


Obr. 4.

Vztah mezi tloušťkou v 1,3 m a výškou stromu u nepoškozených a poškozených jedinců na lokalitě Plochý (nahore) a Ořešník (dole). Proloženo logaritmickými spojniciemi trendu

Relationship between diameter in 1.3 m and tree height for undamaged and damaged trees on locality Plochý (top) and Ořešník (bottom). Spaced by logarithmic lines of trend

Note: zlomy = broken trees; nepoškozené = undamaged trees



Obr. 5.

Vztah mezi výškou a poloměrem koruny v prsní výšce na lokalitě Plochý (nahoře) a Ořešník (dole)

Relationship between height and radius of crown in breast height on the Plochý (top) and Ořešník (bottom) localities

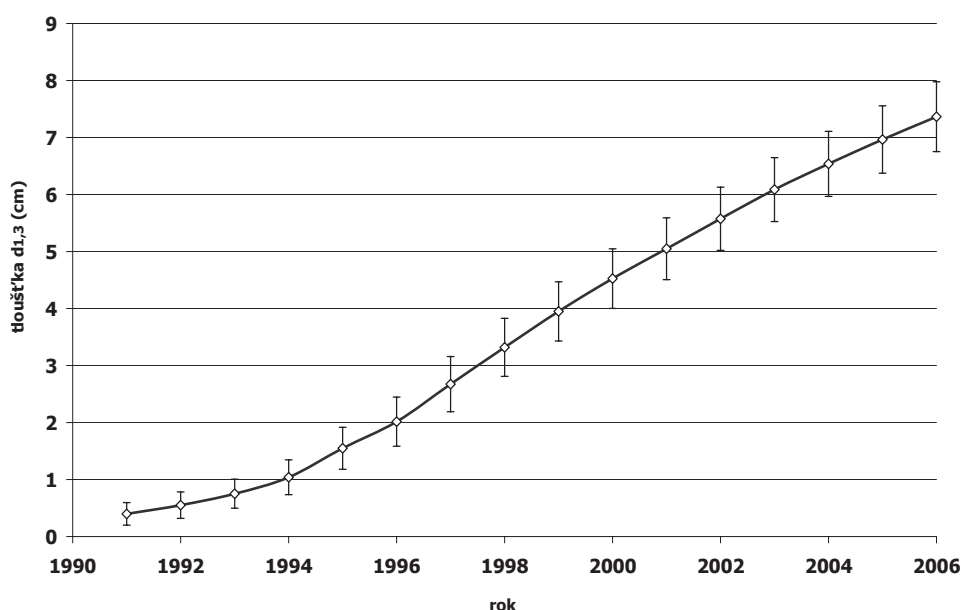
Note: výška = height, poloměr koruny v 1,3 m = radius of crown in breast height

S hustotou porostu a rozložením tloušťek souvisí výčetní kruhová základna. Díky neprůkaznému rozdílu v tloušťkových četnostech byla hustota určujícím faktorem a vyšší základnou disponuje porost na ploše Plochý (o 37 %). NOVÁK a SLODIČÁK (2004) popisují porost na SLT 8K v Krušných horách, který měl při hustotě 2 089 jedinců na ha a střední porostní výšce 4,6 m ve věku 19 let výčetní kruhovou základnu 13 m².ha⁻¹. Hustota porostu i výčetní kruhová základna zmiňovaného porostu jsou tak zhruba uprostřed mezi námi zjištěnými hodnotami.

Stanovištní podmínky výsadeb v ČR jsou kompletně odlišné od stanovišť přirozeného výskytu druhu (FEIS 2008), proto většinou nejsou uspokojeny jeho ekologické nároky (REMEŠ et al. 2002), zvláště na klimaticky extrémních stanovištích. Další z příčin zhoršujícího

se zdravotního stavu (zvyšující se defoliace) na lokalitě Plochý bude narůstající zapojení porostu (porost je o 35 % hustší než na Ořešníku), na kterém se projevilo nerovnoměrné rozložení srážek s periodami sucha v předchozích letech.

V případě obou ploch nebyl zjištěn žádný přímý vztah mezi výškou, tloušťkou nebo vzdáleností nejbližšího souseda a výškou nasazení koruny. Nejintenzivnější rozšiřování koruny bylo na obou plochách zaznamenáno směrem na jih, avšak celkem pouze o 9 – 10 % oproti směru s nejkratšími větvemi v prsní výšce. Ten se mezi plochami lišil – zatímco na Plochem průměrně nejméně přirůstaly větve na západ (následované severem), na Ořešníku to byl východní směr (opět následovaný severem). Vztah mezi výškou a poloměrem koruny byl těsněj-



Obr. 6.

Průměrný vývoj tloušťky SMP v 1,3 m nad zemí na lokalitě Plochý

Average development of diameter at breast height of blue spruce in 1.3 m above ground on Plochý locality

ší v případě hustší plochy (Plochý), naznačoval mírně konvexní tvar. Na Ořešniku byla zachycena vyšší variabilita šířky koruny (obr. 4). Na VP Ořešník bylo zachyceno již pokročilejší odumírání spodní části koruny (výška nasazení průměrně o 15 cm výše), i přes vyšší vitalitu tamních smrků. Může to být spojeno např. s vyšší hustotou buřeně vzhledem ke stanovišti (nebyla zkoumána). V obou případech však odumírání nebylo plně závislé na blízkosti souseda, ta se však výrazně projevila na absenci přírůstu stíněných větví.

ZÁVĚR

Ze studie vyplynula schopnost přirozeně solitérní dřeviny smrku pichlavého se při běžně použitím výsadbovém sponu ve věku cca 15 let bez výchovných zásahů v podmínkách vyšších horských poloh zapojovat, dále snížený růstový potenciál této dřeviny v 8.

LVS a náchylnost zvláště předrůstavých jedinců k poškození sněhovými zlomy. Zapojení porostu přináší jak zvyšování nasazení živé části koruny, tak v kombinaci s extremitou stanoviště i celkové zhoršování zdravotního stavu porostu. Přestože nebyla potvrzena těsná souvislost mezi výškou nasazení koruny a blízkostí sousedního jedince SMP, pro zvýšení stability porostů by mělo být dbáno na udržování hustoty tak, aby nedocházelo k dotýkání korun. Vnášení cílových dřevin by mělo být přednostně prováděno v porostech ve smrkovém lesním vegetačním stupni, kde lze předpokládat nižší životnost náhradních porostů smrku pichlavého.

Poděkování:

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

Tab. 1.

Průměrná délka větví v prsní výšce (1,3 m) s ohledem na světové strany a hodnoty spolehlivosti na lokalitách Plochý a Ořešník

Average length of branches in breast height (1.3 m) with regard to cardinal points and values of reliability on the Plochý and Ořešník localities

Orientace/ Orientation	Plochý						Ořešník					
	Průměrná délka/ Average length (cm)			Confidence ($\alpha = 0,05$)			Průměrná délka/ Average length (cm)			Confidence ($\alpha = 0,05$)		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
S/north	86,3	91,9	93,0	3,5	3,6	4,7	96,5	102,1	110,1	4,1	4,2	5,3
V/east	89,6	95,1	97,0	3,5	3,6	4,6	96,7	104,5	108,8	4,4	4,6	6,2
J/south	93,3	99,3	101,1	3,5	3,5	4,3	106,7	113,3	121,3	4,5	4,4	5,3
Z/west	85,2	90,8	92,4	3,3	3,4	4,2	102,7	109,4	118,1	3,8	3,9	5,0

LITERATURA

- BALCAR V., KACÁLEK D. 2008. European beech planted into spruce stands exposed to climatic stresses in mountain areas. *Austrian Journal of Forest Science*, 125: 27-38.
- FEIS. Fire Effects Information System. Species – Trees – *Picea pungens*. On line, 2008, [cit. 08-10-02]. Dostupné na: <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/picpun/all.html>
- HERING S., IRRGANG S. 2005. Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. *Journal of Forest Science*, 51: 519-525.
- HURTALOVÁ T., MATEJKA F., JANOUŠ D., POKORNÝ R., ROŽNOVSKÝ J. 2007. Influence of snow damage on aerodynamic characteristics of a spruce stand. *Folia Oecologica*, 34: 97-104, 14 ref.
- JIRGLE J. 1982. K obnově lesa v Krušných horách. In: *Obnova lesa v imisních oblastech*. Praha, ČAZ: 117-122.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2004. Růstová reakce náhradních porostů smrku pichlavého (*Picea pungens* ENGELM.) na první výchovné zásahy. [Growth reaction of substitute blue spruce (*Picea pungens* ENGELM.) stands to first thinning.] In: Novák, J., Slodičák, M. (eds.): *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003*. Sborník z celostátní konference. Teplice, 22. 4. 2004. Opočno, VÚLHM: 139-151.
- REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V. 2002. Ekologické nároky a funkční význam smrku pichlavého. *Lesnická práce*, 81: 306-307.
- SLODIČÁK M. et al. 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 232 s.
- SLODIČÁK M. 2001. Diferenciace pěstebních opatření v porostech náhradních dřevin. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.): *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách*. Sborník z celostátní konference ... Teplice, 1. 3. 2001. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 151-162.
- ŠIKA A. 1976. Růst smrku pichlavého v lesních porostech. *Zprávy lesnického výzkumu*, 22/2: 8-12.
- ŠINDELÁŘ J. 1982. K druhové skladbě lesních porostů v imisních oblastech. In: *Obnova lesa v imisních oblastech*. Praha, ČAZ: 35-43.
- TESAŘ V. 1982. Obnovní cíle a náhradní porosty v imisních oblastech. In: *Obnova lesa v imisních oblastech*. Praha, ČAZ: 75-80.
- ÚHÚL 2008. Mapový server – Oblastní plány rozvoje lesů. On line, Dostupné na: www.uhul.cz/carto, [cit 2008-10-02]

GROWTH AND STABILITY OF YOUNG STAND OF SUBSTITUTE TREE SPECIES BLUE SPRUCE IN THE JIZERSKÉ HORY MTS.

SUMMARY

Substitute forest stands of blue spruce (BS) in the Czech Republic were established in the most damaged areas by air pollution in the 1970s and 1980s. This species is more resistant to pollutants compared to autochthonous Norway spruce, but it grows more slowly and suffers from climatic events – snow or wind breaks etc. Exact data on the substitute blue spruce stand development are however rare or missing. The object of this study is to assess young blue spruce stand development on the higher locations of the Jizerské hory Mts., also with respect to tree damage by high snow layer in the winter 2005/06.

The research was carried out on two research plots in the plateau of the Jizerské hory Mts. (870 and 880 m a. s. l., 5% slope, W or NW aspect, Acid spruce with beech and Acid spruce forest site type), where blue spruce was planted in 1985 - 1990. The main purpose of the research on the plots was testing of the beech interplantings (planted in 1996) prosperity. In 2006, after winter with high snowy precipitations, damages of trees occurred. BS trees were numbered and subsequent parameters were measured: tree height, height development retrospectively, d.b.h. and crown parameters. Presence of trees' damage was recorded too. In 2007, totally 28 samplings were analysed in more detail.

The results of the study shows, that naturally solitary blue spruce in a pure forest stand is able to form closing canopy, already at the age of 15 years. Next, potential of growth of BS in a spruce forest vegetation zone is lowered and fast growing individuals are more susceptible to snow breaks. Closing of stand canopy induces increase of upper crown height and, along with an extremity of forest site, worsening of health state of the forest stand. Significant relation between upper tree height and the distance of the nearest BS neighbour was not validated. Nevertheless, keeping the individual tree crowns free (prevent closing canopy) is also recommended to improve health status and stand stability of blue spruce stands.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; e-mail: spulak@vulhmop.cz

PŘÍSPĚVEK K POZNÁNÍ TEPLOTNÍCH SOUVISLOSTÍ PROSADEB JEHLIČNATÝCH POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN

CONTRIBUTION TO STUDY OF TEMPERATURE RELATIONSHIPS OF INTERPLANTINGS IN CONIFEROUS SUBSTITUTE TREE FOREST STANDS

ONDŘEJ ŠPULÁK

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

ABSTRACT

This article deals with local temperature course differences in the young forest stands of coniferous substitute tree species (small pole stage of *Picea pungens*, *Pinus mugo*) in mountain locations of northern Bohemian mountains. The aim of the research is to assess optimal positions for target species interplantings. Temperature microclimate was studied in different positions of small stand gap, on the blue spruce crown perimeter and in a height gradient. Positions of small stand gap (size less than one stand height) in small pole stage of blue spruce slightly differ in a temperature course, locations near crowns have little more balanced temperatures; crown side facing to south experiences highest temperature amplitude extending to minimal and maximal values; near-ground air layers are exposed to stronger temperature twists. From the temperature course point of view we can confirm methods of interplanting which are recommended in higher mountain locations by current methodologies: planting of sensitive tree species near crown perimeter of coniferous substitute tree species, preferring of northern side of crowns and stronger (higher) transplants. Preference of elevated locations for planting should be recommended as well.

Klíčová slova: prosadby, jehličnaté porosty náhradních dřevin, tlumení teplotních výkyvů

Key words: interplantings, coniferous substitute tree forest stands, moderating of temperature fluctuations

ÚVOD

Teplotní charakteristika prostředí závisí především na klimatu, na slunečním záření, nadmořské výšce, reliéfu terénu a vlastnostech (stavu) půdy (SAGHEB-TALEBI 1996). Na intenzitě a charakteru záření a délce jeho trvání jsou teplotní poměry vzduchu závislé bezprostředně (OTTO 1994). Rozdíly mezi teplotou vzduchu a povrchem rostlin jsou jen malé a jen při přímém oslunění může být teplota rostlin o 2 až 8 °C vyšší (HAMERLYNCK, KNAPP 1994).

Pozdní přímenné mrazy jsou všeobecně považovány za významný stresující faktor poškozující výsadby méně mrazuvzdorných cílových dřevin, například buku (KUBELKA et al. 1992, LOKVENC et al. 1992, UHLÍŘOVÁ, KAPITOLA et al. 2004). Mimo mrazové kotliny, kde bývají stromy poškozeny i do výše několika metrů, poškozují pozdní přímenné mrazy zpravidla jen přímenné části korun cca do 1 m (UHLÍŘOVÁ, KAPITOLA et al. 2004). Poškození rostlin mrazem je obvykle spojeno s tvorbou ledu, poškozením buněk ledovými krystalky a mrazovou dehydratací buněk. V zimních měsících běžně nejsou přítomna vhodná krystalizační jádra a voda v buňkách zůstává v tekutém podchlazeném stavu (v krajním případě až do teploty -38 °C). I druhy, které jsou v zimním období vysoce odolné (např. naše jehličnany), utrpí v letních měsících vážná poškození při náhlém poklesu teplot pod -3 až -4 °C (GLOSER 1998, LANGVALL 2000). Odolnost k mrazu je nejnižší u rašících výhonů. Např. u smrku je prokázáno, že poškození je vážnější, jestliže je výhon po noci s mrazem vystaven silnému slunečnímu záření (LANGVALL 2000).

Dostupnost slunečního záření, jako hlavního faktoru ovlivňujícího teplotu, je závislá na (porostní) situaci – poloze vůči stínícím prvkům. Nejintenzivněji slunce svítí na jihozápadní až severozápadní okraj porostních mezer, kde se již od rána na nejdéle ozářených místech vyskytuje nejvyšší teplota vzduchu (KRECMER 1966 in SAGHEB-TALEBI 1996).

Současné přístrojové vybavení umožňuje měření teplot v krátkodobých intervalech a jejich zápis do paměti přístroje, výpočetní technika pak zpracování i rozsáhlých souborů dat (KNOZOVÁ, ROŽŇOVSKÝ 2005). Vhodně nastavený krok automatického záznamu měření umožňuje sledování náhlých teplotních zvratů. Z předchozích prací vyplývá, že jako optimální se jeví krok 15 minut (LITSCHMANN, BROTAŇ 1996, SOUČEK, ŠPULÁK 2005). Venkovní extrémy jsou z velké části ovlivněny slunečním svitem, změna teploty během intervalu 15 minut by však neměla být za předpokladu vhodného umístění čidel a dostatečného odclonění vlivu přímého záření na čidlo výrazná (SOUČEK, ŠPULÁK 2005).

CHROUST (1997) uvádí, že oproti travnímu porostu se ve smrkové mlazině v nadmořské výšce 700 m snižuje průměrná teplota přímenné vrstvy vzduchu za vegetační období o 9 %, v tyčkovině pak o 18 % (o 3,5 °C). Na základě pokusů s prosadbami buku lesního do porostů náhradní dřeviny smrku pichlavého bylo ve vyšších horských polohách prokázáno vyšší procento přežívání a lepší odrůstání jedinců vysazených do blízkosti korun (BALCAR, KACÁLEK 2003, BALCAR, KACÁLEK 2007, HOBZA et al. 2008). Sledování pomocí jednotlivých čidel umístěných na volnou plochu a pod korunu byl následně prokázán pozitivní krycí efekt jehličnatých porostů náhradních dře-

vin při tlumení klimatických extrémů ve vyšších horských polohách (BALCAR, ŠPULÁK 2006). Výsledky výzkumu byly ztvárněny v podobě metodických pokynů (BALCAR et al. 2007).

Cílem příspěvku je na základě podrobných měření posoudit lokální rozdíly průběhu teplot v různých polohách prosazovaného jehličnatého porostu náhradních dřevin ve vyšších horských polohách a výsledky porovnat s doporučeními pro prosadby citlivými cílovými dřevinami.

METODIKA

Práce zahrnuje tři šetření s odlišným designem pokusu, zaměřená na průběh teplot v rámci malé porostní mezery v tyčkovině SMP, na rozdíly teplot při obvodu koruny SMP podle světových stran a na průběh teplot ve výškách nad zemí. K vyhodnocení byly zvoleny rozličné přístupy jako metodický příspěvek ke zpracovávání teplotních měření. Statistické porovnání dat bylo provedeno s použitím testů parametrických (t-test) a neparametrických (Kruskal-Wallisova jednofaktorová ANOVA) na hladině významnosti 0,95. Určitou nejistotu do našich šetření vnáší výrobcem udávaná přesnost měření ($\pm 0,2$ °C), která se může mírně lišit i pro každé teplotní čidlo (návod k použití). Vycházíme však z technických možností zachycení teplotních diferencí.

Malá porostní mezera

Sledování teplotních diferencí v rámci malé porostní mezery (cca 260 x 420 cm), s delší osou ve směru přibližně S-J, probíhalo v období 13. 7. 2006 až 2. 11. 2006 v porostu smrku pichlavého (průměrná výška 4,2 m) na lokalitě Plochý v Jizerských horách (880 m n. m., 5% sklon Z svahu, 8K). Teplotní čidla (datalogger firmy Comet) byla umístěna ve výšce 40 cm nad zemí, tři čidla zachycovala situaci pod korunou, 3 čidla okraj korun a 2 čidla střed mezery. Teploty byly zaznamenávány v hodinových intervalech.

Okraj koruny SMP

Měření teplot na lokalitě Jizerka II. (960 m, JZ sklon 3 %, 8K) probíhalo v období od 10. 5. do 13. 7. 2006. Cílem měření bylo zachytit průběh teplot podle světových stran v rámci obvodu koruny pravidelného, hluboce zavětřeného, cca 20letého smrku pichlavého (výška 3,94 m, výčetní tloušťka 8,9 cm, průměr koruny v prsní výšce 206 cm a při zemi 248 cm). Nejbližší okolní stromky obdobných dimenzí byly vzdáleny 3,5 a více metrů. Teplotní čidla (datalogger firmy Comet) byla umístěna ve výšce 50 cm nad zemí po obvodu koruny ve směrech S, V, J a Z. Interval záznamu byl 1 hodina.

Výškový gradient

V létě 2007 byla na modelové lokalitě Lesní bouda v Krkonoších (1 080 m n. m., 8K, blíže viz KRIEGL 1995), představující extrémní horské stanoviště, zahájeno měření teplotního výškového gradientu. Trojice teplotních čidel (meteorologická stanička firmy Noel) byla umístěna cca 40 cm od jižní strany „porostní stěny“ tvořené dvěma stýkajícími se keří borovice kleče (výška cca 120 cm), ve výškách 30 cm, 60 cm a 90 cm nad zemí. V období od 2. 8. 2007 do 22. 11. 2007 byly teploty měřeny v intervalu 15 min, dále v zimním období do 25. 4. 2008 v hodinovém intervalu, poté opět v intervalu 15 min. Pro účely této práce byl zpracován rok měření (od 3. 8. 2007 do 2. 8. 2008).

VÝSLEDKY A DISKUSE

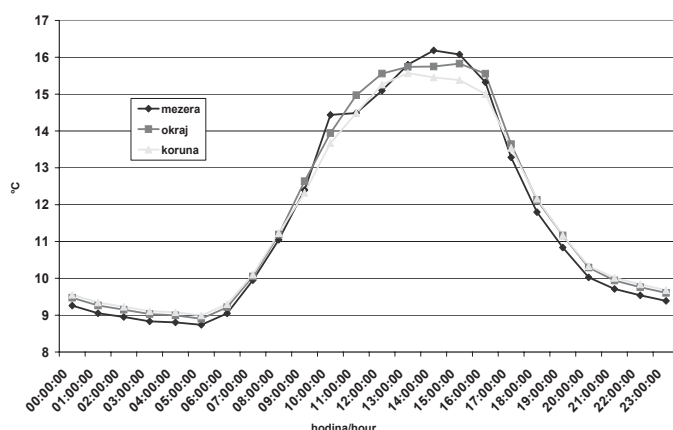
Malá porostní mezera

Mrazové teploty se ve sledované porostní mezeře za sledované období vyskytly pouze v noci z 16. na 17. 10. a v nočních hodinách od 30. 10. do 2. 11. 2006. V této práci byly hodnoceny průměry hodnot čidel umístěných v polohách mezera, okraj koruny a pod korunou.

Tab. 1.

Souhrnné charakteristiky teplot (°C) na lokalitě Plochý za sledované období (13. 7. 2006 až 2. 11. 2006) podle polohy v porostu
Characteristics of temperatures (°C) on locality Plochý for investigated period (July 13 to November 2, 2006) according to position in the stand

	Mezera/ Gap	Okraj/ Perimeter	Koruna/ Crown
Průměr/Average	11,58	11,74	11,66
Sm. odchylka/St. deviation	5,65	5,61	5,38
Suma celkem/Sum in total	31 101,4	31 515,5	31 297,5
Suma kladných/Sum of positive	31 210,3	31 620,3	31 395,6
Suma záporných/Sum of negative	-108,9	-104,8	-98,1
Počet záporných/Number of negative	44	43	40



Obr. 1.

Teploty průměrného dne v malé porostní mezeře na lokalitě Plochý podle polohy v porostu
Temperatures of average day in a small stand gap on Plochý locality according to position in the stand

Note: mezera = gap; okraj = perimeter; koruna = crown

Mezi soubory dat nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl, průměrnými teplotami za sledované období se polohy prakticky nelišily, pouze v mezeře byla teplota o 0,1 °C nižší (tab. 1). Nižší směrodatná odchylka pod korunou naznačuje větší vyrovnanost průběhu teplot v této poloze. Celková suma teplot byla nejnižší v mezeře, o 0,6 % vyšší pod korunou a o 1,1 % vyšší na okraji. Navýšení, i když minimální, sumy teplot na okraji koruny může být způsobeno ohřevem jehličí SMP v periodách přímého slunečního svitu a tím výraznějším ohřevem i okolních vrstev vzduchu. Stejný poměr sum teplot byl i v případě posuzování pouze kladných tep-

lot. Dále bylo zaznamenáno mírné snižování délky i celkové sumy mrazových teplot směrem do krytu koruny. Vzhledem k tomu, že se jednalo o noční mrazíky, potvrzuje to předpoklad pomalejšího dlouhověnného (tepelného) vyzařování pod krytem větví. Na snižování teplot v porostní mezeře se může podílet i proudění studeného vzduchu – hustota porostu SMP na ploše však nedává předpoklad větších lokálních rozdílů.

Z hlediska průměrného dne ukazují za sledované období noční teploty v mezeře nižší hodnoty, než je tomu v ostatních polohách (o 0,2 °C oproti okraji a o téměř 0,3 °C oproti koruně) – obr. 1. Ráno nastává rychlejší navyšování teploty při okraji koruny než pod korunou. Dopoledne a také v časném odpoledni byly vlivem přímého slunečního svitu nejvyšší průměrné teploty v mezeře až o 0,4 °C vyšší než na okraji a o 0,7 °C než v koruně. Celkově lze konstatovat, že interiér koruny průměrně vykazoval nejvyrovnanější průběh teplot (amplituda o 0,9 °C menší než v mezeře). Pro porovnání, výsledky šetření v dospělém porostu ukazují rozdílnost chování mikroklimatu podle velikosti porostní mezery. Např. SPITTLEHOUSE et al. (2004) z výzkumu v 22 - 27 m vysokém porostu smrku a jedle v Britské Kolumbii uvádí, že porostní mezery do velikosti výšky porostu mají světelné, větrné a tepelné poměry podobné poměrům v porostu. Naproti tomu velké seče mají teploty při zemi (0,4 m nad zemí) o 2 - 4 °C vyšší než teploty pod porostem. Odráží se to také v denním průběhu teplot povrchu půdy, noční půdní teploty jsou podobné. LANGVALL (2000) popisuje těsný vztah rostoucí teplotní amplitudy se snižující se kruhovou základnou porostu i přesto, že se průměrná denní teplota téměř nezměnila. Z výzkumu klimatických poměrů v clonné seči o různé intenzitě (výsledné hustotě porostu) ve smrku ztepilém vyplynulo, že minimální teploty byly pod nejhustší částí porostu za jasných nocí o 3,2 °C vyšší v porovnání s holinou (LANGVALL, LÖFVENIUS 2002). Výsledky v našem pokusu potvrdily odlišný, i když omezený, charakter teplotního průběhu v porostní mezeře menší než výška porostu už ve stadiu tyčkovin.

Okraj koruny SMP

Porovnání průběhu teplot při okraji koruny smrku pichlavého za sledované období neprokázalo signifikantní rozdíly mezi polohami ($P = 0,071$). Z hlediska průměrných hodnot i sumy teplot se výrazněji vyčleňovala řada měření na jižní straně koruny (tab. 2), na jihu byl také vždy nejvyšší denní průměr (až o 1,45 °C) a suma teplot (až o 13 %). Výjimečnost na jih obrácené strany koruny lze vyčíst také z průběhu teplot průměrného dne (obr. 2), kdy se vlivem slunečního záření mezi 9. a 17. hodinou teploty na jihu vyšplhaly nad hodnoty na ostatních polohách, a to až o 2,5 °C. Přestože se jedná

o období přelomu jara a léta, kdy je význam slunečního svitu umocněn vychladlostí zemského povrchu, je tento rozdíl průměrných hodnot velice výrazný. Koresponduje to však např. se zjištěními KRECMERA (1966 in SAGHEB-TALEBI 1996), který uvádí, že v měsíci březnu až říjnu je severní strana (tzn. poloha exponovaná z jihu) nejteplejší poloha kotlíkových holých sečí.

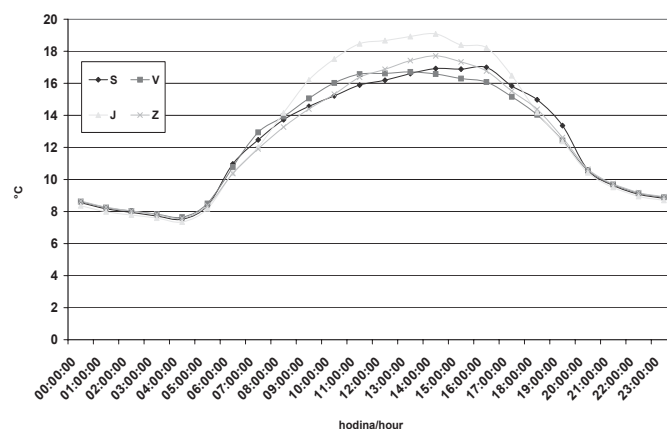
Test minimálních denních teplot nevykazoval žádný vztah k poloze vůči světovým stranám, u denních maxim byla pravděpodobnost výskytu rozdílu vyšší ($P = 0,091$) a poukazovala opět na vyšší teploty na jih obrácené strany koruny. Také v jednotlivých hodinách se teploty v různých polohách statisticky nelišily – to znamená, že ani dopolední rychlejší nárůst teplot na jižní straně při radiačních dnech nebyl natolik výrazný, aby se statisticky odlišil od okolních měření. Projevila se na tom jistě rozkolísanost teplot vzhledem k měnícímu se počasí v rámci periody.

Při posouzení sum kladných a záporných teplot vykazovala jižní pozice nejextrémnější polohu – suma kladných teplot byla nejvyšší a suma záporných nejnižší (tab. 2). Porovnání průběhu kladných teplot vykazovalo hodnotu blízkou kritické hodnotě 95% pravděpodobnosti ($P = 0,059$), v případě záporných teplot nebyl rozdíl významný. Rozdíl ve výsledku statistického zpracování záporných teplot bude dán rozdílným charakterem vychladání oproti ohřevu vzduchu, podílet se na tom může však i velmi omezený výskyt záporných teplot ve sledované periodě.

Obr. 2.

Průměrný den za období měření při obvodu koruny SMP na lokalitě Jizerka II (S – severní strana, J – jižní strana koruny atd.)

Average day of measurement period at blue spruce crown perimeter on the Jizerka II locality (S – northern side, J – southern side, V – eastern side, Z – western side)



Tab. 2.

Souhrnné charakteristiky teplot (°C) při obvodu koruny SMP na lokalitě Jizerka II (S – severní strana, J – jižní strana koruny atd.)

Characteristics of temperatures (°C) at blue spruce crown perimeter on the Jizerka II locality (S – northern side, J – southern side, V – eastern side, Z – western side)

	S	V	J	Z
Průměr/Average	12,37	12,34	12,90	12,38
Sm. odchylka/St. deviation	6,78	6,74	7,57	6,73
Suma celkem/Sum in total	18 944,9	18 902,7	19 763,1	18 973,3
Suma kladných/Sum of positive	18 963,3	18 918	19 785	18 987,4
Suma záporných/Sum of negative	-18,4	-15,3	-21,9	-14,1
Počet záporných/Number of negative	17	18	19	16

Výškový gradient

Z analýzy průběhu teplot ve sledovaných vrstvách vzduchu nad zemí vyplynulo, že průměrná roční teplota byla nejvyšší v přízemní vrstvě (7,53 °C) a klesala s výškou nad zemí (7,19 °C ve výš-

ce 90 cm) – tab. 3A. Z přehledu průměrných měsíčních teplot však vyplývá, že hlavní vliv na zvýšení průměru při zemi měly zimní měsíce, kdy průměrná měsíční teplota ve 30 cm byla i o více než 1 °C výše než v 60 cm nad zemí (tab. 4). To bylo způsobeno stabiliza-

Tab. 3.

Hromadné teplotní charakteristiky pro modelový rok (A) a pro období bez sněhu (od 3. 8. do 6. 11. 2007 a od 27. 4. do 2. 8. 2008 – B) z měření výškového gradientu na lokalitě Lesní bouda

Temperature characteristics for model year (A) and for period without snow (from August 3 to November 6, 2007 and from April 27 to August 2, 2008 - B) based on measurement of height gradient on the Lesní bouda locality

A	Výška nad zemí/Height above ground					
	90 cm		60 cm		30 cm	
	°C	%	°C	%	°C	%
Průměr/Average	7,19	100	7,3	101,3	7,5	104,7
Maximum	31,4	100	32,2	102,5	33,6	107,0
Minimum	-13,9	100	-7,0	50,4	-6,9	49,6
Suma celkem/Sum in total	172 502,7	100	174 664,5	101,3	180 578,2	104,7
Suma kladných/Sum of positive	185 925,1	100	183 856,8	98,9	184 252,3	99,1
Suma záporných/Sum of negative	-13 422,3	100	-9 192,2	68,5	-3 674,1	27,4
Počet záporných/Number of negative	4 471	100	4 399	98,4	3 516	78,6

B	Výška nad zemí/ Height above ground					
	90 cm		60 cm		30 cm	
	°C	%	°C	%	°C	%
Průměr/Average	9,8	100	9,7	99,1	9,7	99,4
Maximum	31,4	100	32,2	102,5	33,6	107,0
Minimum	-6,6	100	-7,0	106,1	-6,9	104,5
Suma celkem/Sum in total	182 401,8	100	180 812,6	99,1	181 384,5	99,4
Suma kladných/Sum of positive	184 093,9	100	182 712,1	99,2	183 293,2	99,6
Suma záporných/Sum of negative	-1 692,1	100	-1 899,5	112,3	-1 908,6	112,8
Počet záporných/Number of negative	929	100	1 030	110,9	1 041	112,1

Tab. 4.

Průměrné, maximální a minimální měsíční teploty výškového gradientu na lokalitě Lesní bouda (90, 60 a 30 cm nad zemí)

Average, maximal and minimal month temperatures of height gradient on the Lesní bouda locality (90, 60 and 30 cm above ground)

Měsíc/Month	Průměr/Average			Maximum			Minimum		
	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm
1	-2,57	-1,41	-0,35	0,9	0,1	0,3	-8,1	-3,8	-1,4
2	-1,54	-0,68	-0,02	3,2	0,2	0,3	-6,3	-2,6	-0,9
3	-0,02	0,16	0,30	1,1	0,2	0,3	-1,3	0,1	0,3
4	3,87	3,42	2,66	16,0	15,8	14,9	-7,1	-4,9	-2,4
5	9,46	9,39	9,44	28,5	29,0	30,3	-2,1	-2,5	-2,7
6	12,69	12,60	12,66	27,6	27,9	29,3	-0,6	-0,5	-0,8
7	13,29	13,26	13,35	31,4	32,2	33,6	1,8	1,7	1,7
8	13,60	13,47	13,38	29,2	30	30,8	-1,3	-1,6	-1,7
9	7,54	7,47	7,58	21,3	21,9	23,0	-1,1	-1,5	-1,3
10	3,90	3,80	3,90	18,8	19,9	20,9	-6,6	-7,0	-6,9
11	-1,75	-1,13	0,29	10,4	11,0	11,7	-13,9	-5,1	-3,8
12	-3,87	-2,39	-0,68	5,8	0,1	0,4	-12,7	-5,8	-2,1
Rok/Year	7,19	7,28	7,53	31,4	32,2	33,6	-13,9	-7,0	-6,9

Tab. 5.

Četnost rozdílů teplot mezi měřeními v 15minutových intervalech za období bez sněhu (od 3. 8. do 6. 11. 2007 a od 27. 4. do 2. 8. 2008) výškového gradientu na lokalitě Lesní bouda.

Frequency of temperature differences among measurements in 15min interval of height gradient on the Lesní bouda locality for period without snow (from August 3 to November 6, 2007 and from April 27 to August 2, 2008).

Poznámka: Z hodnocení byly vypuštěny záznamy beze změn (0 °C). Záporné hodnoty značí pokles teplot mezi termíny měření, kladné nárůst

Note: The evaluation does not involve records without temperature change (0 °C). Negative values represent temperature drop within measuring terms, positive ones increase

Rozdíl teplot/ Differences in temperatures °C	Výška nad zemí/Height above ground		
	90 cm	60 cm	30 cm
-6 - -5	1	4	5
-5 - -4	8	9	15
-4 - -3	42	42	47
-3 - -2	141	158	163
-2 - -1	773	775	829
-1 - 0	7 243	7 322	7 253
0 - 1	6 454	6 340	6 313
1 - 2	959	1 041	1 056
2 - 3	158	164	181
3 - 4	57	67	59
4 - 5	11	12	26
5 - 6	1	3	5
6 - 7	1	2	3
7 - 8			1
Celkový součet/Total	15 956	15 939	15 849

ci výkyvů teplot vyšší sněhovou pokrývkou a blízkostí zemského povrchu s teplotní setrvačností, která se projevila o to výrazněji díky sněhově celkem slabému roku (BARTOŠ, ČERNOHOUS 2008). Opačný trend nastal v dubnu, kdy postupné odtávání umožnilo ohřev horních čidel, a v srpnu (v 32. až 34. týdnu). Z toho, že i denní průměry v srpnu, bez ohledu na to, že to byl hraniční měsíc našeho měření, mají z 90 % nejnižší teploty při zemi, usuzujeme, že se může jednat o specifické opakující se proudění teplého vzduchu, který přízemní vrstvu ovlivňuje pouze nepatrně.

Také maximální a minimální teploty v zimě byly ovlivněny vrstvou sněhu (tab. 4). Porovnáním denních minim a maxim byla, kromě období se sněhem, zjištěna vyšší teplotní amplituda v přízemní vrstvě vzduchu. Oproti 60 cm nad zemí to bylo až o 3,1 °C, průměrně o 0,7 °C, oproti 90 cm nad zemí pak až o 5,6 °C, průměrně o 1,5 °C. Rozšíření amplitudy bylo oboustranné, výraznější byla jak denní maxima, tak minima. Pro porovnání, výsledky výzkumu gradientu teplot v dospělém porostu smrku ztepilého ukazují na téměř nulový rozdíl teplot ve výškách 0,4 a 1,7 m nad zemí (LANGVALL, LÖFVENIUS 2002). Výrazný gradient na holině se v této studii projevil hlavně za suchého počasí. Klečová stěna v našem pokusu představuje pouze velmi omezený kryt.

Průměrná teplota období bez sněhu (od 3. 8. 2007 do 6. 11. 2007 a od 27. 4. 2008 do 2. 8. 2008) se mezi čidly lišila nepatrně, také celková suma teplot se prakticky nelišila (do 1 %) – tab. 3B. Zajímavý je rozdíl v součtu i počtu záporných teplot: nejmenší suma byla podle očekávání zaznamenána ve výšce 90 cm, nižší polohy měly sumu shodně o 12 % nižší.

V průběhu měření v období bez sněhu byl zaznamenán významný rozdíl mezi změnami teplot v 15min intervalu v různých výškách nad povrchem země. S klesající výškou mírně klesal podíl dvou po sobě následujících měření beze změny teploty a narůstal podíl výraznějších teplotních zvrátů, a to jak směrem ke kladným, tak i záporným teplotám (tab. 5). Byly vybrány periody s teplotami pod bodem mrazu a vyhodnocena četnost teplot pod nulou a nižších než -1 °C. Z hodnocení vyplývá nižší počet záporných měření ve výšce 90 cm oproti nižším vrstvám vzduchu (o 10 % ve výšce 60 cm a 12 % ve výšce 30 cm). V případě teplot nižších než -1 °C byl počet záporných hodnot v 90 cm téměř shodně menší o 12 % od obou níže postavených teplotních čidel (tab. 5, 6). Znamená to, že se na lokalitě vyskytovaly mimozimní mrazové epizody o síle vyšší než -1 °C téměř bez výjimky shodně až do výšky 60 cm, snížení výskytu přízemních mrazů nastává až ve výšce nad 60 cm. Ojedinelá vyšší četnost mrazů pod -1 °C v 90 cm se vyskytovala převážně jen na konci října.

Tab. 6.

Počet mrazových teplot a počet mrazových teplot s teplotou nižší než -1 °C (za období od 3. 8. do 6. 11. 2007 a od 27. 4. do 2. 8. 2008) v jednotlivé dny na lokalitě Lesní bouda

Number of frost temperatures and number of frost temperatures lower than -1 °C (for period from August 3 to November 6, 2007, and from April 27 to August 2, 2008) in individual days on the Lesní bouda locality

Datum/Date	Mrazové teploty celkem/Frost temperatures totally			Mrazové teploty < -1 °C/Frost temperatures < -1 °C		
	Výška nad zemí/Height above ground					
	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm
28. 8. 2007		1	1			
29. 8. 2007	24	25	25	10	15	18
30. 8. 2007	9	12	15	4	4	6
16. 9. 2007		2	1			
19. 9. 2007	17	19	18		3	1
20. 9. 2007	11	13	12	2	6	4
6. 10. 2007	18	22	22	2	7	15
7. 10. 2007	5	8	9	3	5	5
8. 10. 2007	11	15	16	4	8	8
9. 10. 2007	26	26	27	19	25	24
10. 10. 2007	25	29	29	11	13	13
11. 10. 2007	28	30	30	27	28	29
13. 10. 2007	27	28	27	27	27	27
14. 10. 2007	61	61	62	57	59	60
15. 10. 2007	29	29	29	20	28	28
18. 10. 2007	23	24	22	6	7	6
19. 10. 2007	78	78	76	60	67	55
20. 10. 2007	67	66	61	45	45	34
21. 10. 2007	76	76	74	69	69	68
22. 10. 2007	81	81	81	77	75	73
23. 10. 2007	50	51	49			
24. 10. 2007	3	7	3			
31. 10. 2007	32	33	33	19	22	22
1. 11. 2007		3	5			
2. 11. 2007		1	2			
4. 11. 2007	6	6	4			
5. 11. 2007	70	72	73	51	53	51
6. 11. 2007	85	85	84	74	75	73
27. 4. 2008	14	24	27		10	25
3. 5. 2008	3	3	3			
4. 5. 2008	11	12	12	1	6	6
7. 5. 2008	13	24	28	12	13	13
8. 5. 2008			3			
9. 5. 2008		2	5			
10. 5. 2008	4	15	20			3
11. 5. 2008	10	21	22			7
19. 5. 2008	5	7	7			
20. 5. 2008		1	1			
24. 5. 2008		5	6			
14. 6. 2008	3	4	6			
15. 6. 2008			1			
17. 6. 2008	4	9	10			
Celkový součet/Total	931	1 032	1 043	602	672	676

ZÁVĚR

Na základě výsledků šetření teplotních poměrů v malé porostní mezeře, při obvodu jedince smrku pichlavého a ve výškovém gradientu přizemních teplot v přeměňovaných porostech jehličnatých náhradních dřevin vyšších poloh lze konstatovat následující shrnutí:

- poloha v porostní mezeře ve stadiu tyčkovin o velikosti půl krát jedna porostní výška vykazuje nepatrně rozdílný průběh teplot daný omezeností dopadu přímého slunečního záření a pravděpodobně i jeho vyšší absorptivitou jehličí v případě polohy při okraji koruny,
- na jih obrácená strana koruny zažívá nejextrémnější průběh teplot projevující se zvýšením teplotní amplitudy jak směrem ke kladným, tak záporným teplotám,
- kromě sněhového období jsou přizemní vrstvy vzduchu vystaveny silnějším teplotním zvrátům, stejně jako silnějšímu působení pozdních mrazů. V případě sledované lokality nastalo snížení výskytu přizemních mrazíků až ve výšce nad 60 cm nad zemí.

Z hlediska teplotního průběhu lze tedy potvrdit postupy doporučené současnými metodikami, jako je výsadba citlivějších dřevin (buk) do blízkosti korun jehličnatých náhradních dřevin, upřednostnění severní strany koruny a volba silnějšího (vyššího) sadebního materiálu. Tato doporučení bychom navrhovali doplnit o upřednostňování výsadeb na vyvýšená místa.

Výskyt teplotně-stresových faktorů v přírodních podmínkách je záležitost nahodilá, uvedená pěstební opatření jsou tedy opatřeními preventivními. Následná pěstební péče by měla hledat kompromis mezi ochranným působením náhradních dřevin a světelnými nároky dřevin cílových, které se s rostoucí nadmořskou výškou zvyšují (COLLET et al. 2001, HERING, IRRGANG 2005).

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a NAZV QH92087 „Funkční potenciál vybraných listnatých dřevin a jejich vnášení do porostů v Jizerských horách“.

LITERATURA

- BALCAR V., KACÁLEK D. 2003. Výzkum optimálního prostorového uspořádání bukových výsadeb při přeměnách porostů náhradních dřevin v Jizerských horách. [Investigation of European beech plantation optimal spacing for substitute tree species stand conversions in the Jizerské hory Mts.] Zprávy lesnického výzkumu, 48: 53-61.
- BALCAR V., SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NAVRÁTIL P. 2007. Metodika postupů přeměn porostů náhradních dřevin v imisních oblastech. [Conversion methods of the substitute tree species stands in air polluted areas.] Lesnický průvodce, č. 3:34 s.
- BALCAR V., ŠPULÁK O. 2006. Poškození dřevin pozdním mrazem a krycí efekt lesních porostů při obnově lesa v Jizerských horách. [Late-spring frost damage to trees and forest stand shelter effect upon new plantations in the Jizerské Hory Mts.] In: Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M. (eds.): Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity. Research results presented on international scientific conference supported by research project MZe-0002070201 "Stabilization of the forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity under changing ecological conditions". Opočno 5. - 6. 9. 2006. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti - VS Opočno: 399-407.
- BARTOŠ J., ČERNOHOUS V. 2008. Vliv různých druhů dřevin na ukládání sněhu v hřebenových partiích horských poloh. [Impact of selected tree species on deposition of snow in the mountain ridge locations.] In: Prknová, H. (ed.): Pěstování lesů na počátku 21. století. Sborník recenzovaných příspěvků z konference. Praha, Česká zemědělská univerzita, nestr.
- COLLET C., LANTER O. - PARDOS M. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. Ann. For. Sci., 58: 127-134.
- GLOSER J. 1998. Fyziologie rostlin. Skripta. [Plant Physiology.] Brno, Masarykova univerzita: 157 s.
- HAMERLYNCK E., P., KNAPP A. K. 1994. Leaf-level responses to light and temperature in two co-occurring *Quercus* (Fagaceae) species: implications for tree distribution patterns. Forest Ecology and Management, 68: 149-159.
- HERING S., IRRGANG S. 2005. Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. Journal of Forest Science, 51: 519-525.
- HOBZA P., MAUER O., POP M. 2008. Current use of European beech (*Fagus sylvatica* L.) for artificial regeneration of forests in the air-polluted areas. Journal of Forest Science, 54: 139-149, 22 ref.
- CHROUST L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. Smrk obecný - borovice lesní - dub letní - porostní prostředí - růst stromů - produkce porostu. [The ecology of forest tending. *Picea excelsa* - *Pinus sylvestris* - *Quercus robur* - environmental factors - tree growth - stand production.] Opočno, VÚLHM - VS: 277 s.
- KNOZOVÁ G., ROŽŇOVSKÝ J. 2005. Srovnání způsobů výpočtu průměrných denních teplot a vlhkosti vzduchu. [Comparison of the methods of mean daily temperatures and air humidity computing.] Meteorologické zprávy, 58: 19-23.
- KRIEGL H. 1995. Růst kultur na plochách rozčleněných valy z těžebních zbytků. [Growth of cultures on plots limited by piles of logging residues.] Práce VÚLHM, 80: 53-63.
- KUBELKA L. et al. 1992. Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří. [Forest regeneration in the NE Krušnohoří region damaged by air pollution.] Praha, MZe ČR: 133 s.
- LANGVALL O., LÖFVENIUS M. O. 2002. Effect of shelterwood density on nocturnal near-ground temperature, frost injury risk and budburst date of Norway spruce. Forest Ecology and Management, 168: 149-161.
- LANGVALL O. 2000. Interactions between Near-Ground Temperature and Radiation, Silvicultural Treatments and Frost Damage to Norway Spruce Seedlings. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences Alnarp: 35 s.
- LITSCHMANN T., BROTON J. Vliv různých způsobů stanovení denní průměrné teploty vzduchu na hodnotu teplotní sumy. [Impact of different ways of the daily average air temperature on the temperature sum.] In: Vývoj životního prostředí pod tlakem civilizačních procesů z hlediska bioklimatologie. XII. československá bioklimatická konference, V. Bílovice 11. - 12. 9. 1996, 7 s.
- LOKVENEC T. et al. 1992. Zalesňování Krkonoše. [Reforestation of the Krkonoše Mts.] Vrchlabí, Správa KRNP, Opočno, VÚLHM - VS: 111 s.
- OTTO H.-J. 1994. Waldökologie. Stuttgart, Ulmer: 383 s.
- SAGHEB-TALEBI, K. 1996. Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwüchsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Zürich, Schweizerischer Forstverein: 219 s.

- SOUČEK J., ŠPULÁK O. 2005. Srovnání výpočtu denních teplot různými postupy. [Comparison of daily temperatures calculated by various methods.] In: Saniga, M. Jaloviár, P. (eds.): Súčasná otázky pestovania lesa. Zborník zo VII. česko-slovenského vedeckého sympózia vedeckopedagogických a vedeckovýskumných pracovísk v odbore pestovanie lesa. Zvolen 6. - 7. 9. 2005. Zvolen, Technická univerzita: 86-90.
- SPITTLEHOUSE D. L., ADAMS R. S., WINKLER R. D. 2004. Forest, edge, and opening microclimate at Sicamous Creek. Research Report - Ministry of Forests, British Columbia, č. 24: 43 s.
- UHLÍŘOVÁ H., KAPITOLA P. et al. 2004. Poškození lesních dřevin. [Damage to forest trees.] Praha, Lesnická práce: 288 s.

CONTRIBUTION TO STUDY OF TEMPERATURE RELATIONSHIPS OF INTERPLANTINGS IN CONIFEROUS SUBSTITUTE TREE FOREST STANDS

SUMMARY

Temperature is one of the crucial factors of a tree development. It is strongly connected to sunlight and spatial relations of a locality to shadowing objects. Especially at young age of trees, late frosts are highly stressing events, affecting the tree lives and growth. Under harsh conditions of the Czech border mountains, positive effect of young coniferous substitute forest stands on climatic extremes softening was confirmed. The purpose of this study is to evaluate local differences of the course of temperature under various conditions of young coniferous substitute forest stands in higher mountain locations and to compare outcomes with the recommendations of interplanting of these forest stands.

The study combines three local investigations with different design of the research conducted in the Jizerské hory Mts. (880 and 960 m a. s. l.) and Krkonoše/Giant Mts. (1,080 m a. s. l.): temperature differences of a small gap (2.6 m to 4.2 m in diameter) in young blue spruce (BS) forest stand (mean height of 4.2 m), course of temperatures around crown perimeter of relatively free young BS (height of 4 m) and a gradient of three heights under the ground near the mountain pine tree wall.

The study shows, that temperature course in gap locations (diameter ca half to one tree height in size) differs minimally within a young BS forest stand. Side of tree crown facing the south experience the most extreme course of temperatures, with the highest temperature amplitude expanded to minimal as well as to maximal values. Excepting snowy season, ground layers of air are subjected to stronger temperature switches together with higher frequency and intensity of late frosts. Results of the study confirmed contemporary silvicultural recommendations for the coniferous substitute tree interplantings, such as planting of more sensitive tree species (e. g. beech) next to the substitute tree crown perimeter, preferring planting to the northern side of the tree crown and using stronger (higher) seedlings. These recommendations should be supplemented by preference of planting to the elevated locations (not to the depressions).

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; e-mail: spulak@vulhmop.cz