

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

**VEDECKÉ PRÁCE LESNÍCKEJ FAKULTY
TECHNICKEJ UNIVERZITY VO ZVOLENE**

**SCIENTIFIC WORKS OF THE FACULTY
OF FORESTRY OF THE TECHNICAL UNIVERSITY IN ZVOLEN**

**TRAVAUX SCIENTIFIQUES DE LA FACULTÉ
DES FORÊTS DE L'UNIVERSITÉ TECHNIQUE DE ZVOLEN**

**WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN DER FORSTLICHEN
FAKULTÄT DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT IN ZVOLEN**

**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN
Slovakia**

**LI – 2009
č. 2**

Redakčná rada:

Prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc. – predseda

Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.

Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.

Prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.

Prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.

Prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.

Doc. Dr. Ing. Jaroslav Šálka

Prof. Ing. Anton Žihlavník, CSc.

Prof. Ing. Štefan Žihlavník, CSc.

Vedecký redaktor:

Doc. Ing. Dušan Gömöry, CSc.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Krušpán D.: Analýza regeneračných a produkčných procesov prírodnej smrečiny v NPR Pilsko	7
Structure, production conditions and regeneration processes a Norway spruce natural forest in National Nature Reserves Pilsko	7
Analyse der Regenerations- und Produktionsverhältnisse eines Fichtenurwalds im Nationalen Naturreservat Pilsko	7
Vencúrik J., Kucbel S., Klimaš V., Randus M.: Hrúbkový prírastok smreka a jedle v poraste prebudovanom na výberkový les	17
Diameter increment of spruce and fir in a forest stand converted into a selection forest	17
Der Durchmesserzuwachs von Fichte und Tanne im Bestand in der Überführung in den Plenterwald	17
Šmelková E., Debnárová G.: Zovšeobecnenie poznatkov o sezónnosti klíčenia semena ihličnatých drevín	25
Generalisation of the knowledge on seasonal aspects of conifer seed germination	
Verallgemeinerung der Erkenntnisse über die saisonale Schwankung der Keimung von Samen der Nadelholzarten	25
Sarvašová I., Ferencová I.: Vyhodnotenie adaptability a prežívania smreka obyčajného (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) na výskumnej ploche Dúbravica – Lešť	39
The evaluation of Norway spruce (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) adaptability and survival on the experimental plot Dúbravica – Lešť	39
Auswertung der Adaptation und Überlebensrate der gemeinen Fichte (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) auf der Versuchsfläche Dúbravica – Lešť	39
Kodrik M.: Vplyv podkôrneho hmyzu na vývoj a štruktúru smrečín NPR Kotlov žľab – Látaná	49
Species spectrum of bark beetles (Col.: Scolytidae) and their significance for mountain spruce forests in the National Nature Reserve Kotlov žľab – Látaná	
Einfluss der Borkenkäfer auf die Entwicklung und Struktur der Fichtenwälder im Nationalen Naturreservat Kotlov žľab – Látaná	49

Pavlík Š.: Dynamika šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútkami v prírodnej javorovej smrečine v NPR Zadná Poľana	59
Dynamics of bark-beetle infestation spreading in a natural maple-spruce forest in the Zadná Poľana reserve	59
Dynamik der Verbreitung der Borkenkäfer-befallenen Bäume im natürlichen Ahorn-Fichtenurwald im Nationalen Naturreservat Zadná Poľana	59
Chromek, I., Marková, I., Hlaváč, P.: Využitie FIRESORBu pri ochrane lesa pred požiarom.....	75
Application of FIRESORB in forest protection against fire.....	75
Anwendung des FIRESORBs beim Schutz des Waldes gegen Waldbrand.....	75
Tajboš J., Messingerová V.: Analýza kontaminácie CO pri manipulácii dreva na lesných skladoch.....	87
Analysis of the CO contamination by wood processing at forest landings.....	87
Die Analyse der CO-Kontamination bei der Holzmanipulation	
Slugeň, J.: Environmentálne aspekty práce harvesteru Timberjack 1270 D a forwardera Timberjack 1110 D vo výrobnotechnických podmienkach OZ Slovenská Ľupča	97
Environmental aspects of the work of the harvester Timberjack 1270 D and the Forwarder Timberjack 1110 D under the conditions of the forest enterprise Slovenská Ľupča.....	97
Umweltsaspekte der Arbeit des Harvesters Timberjack 1270 D und des Forwarders Timberjack 1110 D in den produktionstechnischen Bedingungen des Forstbetriebes OZ Slovenská Ľupča.....	97
Kolenka I.: Ceny, dodávky a tržby za drevo – sortimenty listnatých drevín	
Hardwood prices, yield and supplies.....	109
Holzpreise, Lieferungen und Erträge – die Sortimente der Laubgehölze	109

ŠTRUKTÚRA, PRODUKČNÉ POMERY A REGENERAČNÉ PROCESY V SMREKOVOM PRÍRODNOM LESE NPR PILSKO

Dominik K R U Š P Á N

Krušpán, D.: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Pilsko. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 7–16.

Na troch TVP, ktoré sa nachádzajú v NPR Pilsko, sa vykonávalo podrobné zisťovanie dendrometrických veličín, boli založené v rôznych štádiách životného cyklu prírodného lesa, hlavným bolo cieľom analyzovať štruktúru, mŕtve drevo, regeneračné procesy a produkciu prírodného lesa v roku 2007. Rozborom výsledkov vonkajších meraní a následným vyhodnotením produkčných pomerov, bola zistená maximálna zásoba v pokročilej fáze štádia optima a to $429,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Najvyšší počet stromov hrubiny bol zistený v pokročilej fáze štádia dorastania, a to $332 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Potvrdil sa vysoký objem mŕtveho dreva v pokročilej fáze štádia rozpadu $337,16 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, čo je typické pre dané štádium. Výsledky hodnotenia regeneračných procesov potvrdili, že odrastanie semenáčikov smreka je spomalené, čo je spôsobené prítomnosťou bohatej bylinnej synúzie. Na druhej strane bolo zistené, že v pokročilej fáze štádia rozpadu je najvyšší počet jedincov prirodzenej obnovy, a to $3\,399 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$, čo je typické pre toto štádium.

Kľúčové slová: smrek, štruktúra, produkcia, regeneračné procesy, vývojové fázy

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Správne poznanie vlastností lesa, jeho základných životných prejavov a hlavne zákonitosti jeho vývoja a rastu je nevyhnutné pre úspešné usmerňovanie produkcie v hospodárskych lesoch a funkčných účinkov v lesoch osobitného určenia. Činnosťou človeka ešte nenarušených lesov je v súčasnosti veľmi málo a ďalším sprístupňovaním porastov aj v extrémnych terénoch a vysokohorských polohách je ich čoraz menej. V snahe zachovať zvyšky prírodných lesov ako prírodné laboratória a kultúrno-prírodné pamiatky, boli zriaďované prírodné rezervácie.

V súčasnom období významné miesto v lesníckom výskume zaujímajú tie národné prírodné rezervácie, ktoré si zachovali charakter nenarušeného prírodného lesa (Dobročský prales, Badínsky prales, Babia hora a ďalšie). K takýmto patrí aj NPR Pilsko, vyhlásená v roku 1967 (KORPEL 1989). Doterajší výskum u nás sa v minulosti zameriaval skôr na zákonitosti rastu, štruktúry a vývoja zmiešaných prírodných lesov a pralesov (jedľa, buk, smrek v Dobročskom pralese) a pre naše rovnomeré smrekové lesy sa odvodzovali prírodné zákonitosti zistené v zahraničí v odlišných podmienkach (Alpy, Škandinávia).

V našich podmienkach máme len málo poznatkov o štruktúre a dynamike vývoja rovnorodého smrekového pralesa, napriek tomu, že smrekové pralesovité rezervácie boli uzákonené už dávnejšie (Babia hora v roku 1926). Pritom smrek je jednou z najvýznamnejších, značne rozšírených našich hospodárskych drevín a preto poznanie jeho biologických vlastností a dynamiky vývoja porastov v jeho optimálnych a extrémnych podmienkach je pre lesné hospodárstvo naliehavé.

Porastová štruktúra (hrúbková, objemová, počet stromov) sa v celom poraste, ako na jednotlivých plochách mení v závislosti od nadmorskej výšky, vývojového štádia a stanovištných podmienok. Táto hranica sa nachádza v nadmorskej výške 1 400 m n. m., od tejto hranice nadol aj nahor sa rozdiely v štruktúre podľa vývojových štádií a fáz výrazne odlišujú. Smerom nahor sa tieto rozdiely zmenšujú a smerom nadol zväčšujú a prejavujú sa výraznejšie. Celkový počet stromov v závislosti od drevinového zloženia je ovplyvňovaný pomerom zastúpenia smreka a jarabiny. V porastoch, ktoré sú tvorené aj prímiesou jarabiny je celkový počet stromov väčší ako v rovnorodých smrekových porastoch. Počas vývojového cyklu, kde určujúcou drevinou je smrek, sa jarabina môže vo väčšom množstve uplatniť len v pokročilom štádiu rozpadu, alebo v počiatočnom štádiu dorastania. Postupne sa bude jej množstvo v konkurencii rastovo silnejšieho a vytrvavejšieho smreka znižovať.

Prales ako lesný ekosystém sa vyznačuje dynamickou rovnováhou, ktorá sa zabezpečuje cez určitú proporcionalitu živých a neživých zložiek. Do uvedeného komplexu patrí aj časť odumretej hmoty stromov, ktorá sa nachádza v rôznom stupni rozkladu s organizmami, ktorým drevo poskytuje životné prostredie. Dynamika vzniku nekromasy má podľa Korpeľa (1989) tri príčinné súvislosti:

- Prvou je nevyhovujúce životné prostredie a nedostatok priestoru. Nekromasa je podľa autora prejavom prirodzeného preried'ovania ako dôsledok vzájomnej súťaž' jedincov nastupujúcej generácie a konkurencie jedincov predchádzajúcej generácie.
- Druhou príčinou je odumieranie jedincov v dôsledku fyziologickej staroby, t.j. dosiahnutím veku prirodzeného dožívania.
- Tretia príčina je extrémny účinok abiotických faktorov. Táto príčina súvisí s druhou, lebo často bývajú vyvrátené, alebo zlomené fyziologicky dožívajúce staré stromy.

Prirodzená obnova môže prebiehať len v tých miestach, ktorých sa rozpadom alebo odumieraním jednotlivých zložiek starej generácie vytvárajú pre tento proces podmienky (KORPEL 1989). Z pohľadu hornej hranici lesa smrekový prírodný les je zraniteľný s možnosťou poruchy jeho regeneračných procesov. V týchto nadmorských výškach je ovplyvnený celým radom faktorov. Podľa autorov OTT et al. (1997) je to hlavne nedostatok tepla, vysoká a dlhotrvajúca pokrývka snehu, vysoké sumy slnečného žiarenia, vysoká pokrývnosť bylinnej vegetácie a nepriaznivý stav nadložného humusu. Uvedené faktory sú podmienené štruktúrou lesa (KUCBEL 2003, SANIGA 2002).

Cieľom práce bolo na sérii 3 trvalých výskumných plôch (TVP) s výmerou 0,5 ha, ktoré sa nachádzajú v rôznom vývojovom štádiu pralesa v Národnej prírodnej rezervácii (NPR) Pilsko vykonať nasledovné merania:

Na stabilizovanom tranzekte vykonať:

- meranie hrúbky stromov $d_{1,3}$ s presnosťou na 1 mm,
- meranie výšky stromov s presnosťou na 0,5 m,
- meranie výšky a analýza početnosti prirodzenej obnovy drevín.

Na ostatnej ploche vykonať:

- meranie hrúbky stromov $d_{1,3}$ s presnosťou na 1 mm,
- meranie výšky stromov s presnosťou na 0,5 m.

2. MATERIÁL A METODIKA

Popis trvalých výskumných plôch:

TVPI Leží v poraste 208 a na stromom svahu so západnou expozíciou a sklonom 22–24° v nadmorskej výške 1 170 m. Pôdu tvorí hnedý podzol zo svahoviny solánskych pieskovcov. Humusová forma: surový moder. Vek porastu je asi 130–150 rokov, zakmenenie 0,6.

TVPII Nachádza sa v poraste 208 c na strmom svahu so západnou expozíciou a sklonom 25–29° v nadmorskej výške 1 270 m. Pôdu tvorí hnedý podzol so zmiešanej pieskovcovo–ilovcovej svahoviny, pričom v hornej časti dominuje pieskovcový materiál. Humusová forma: surový moder. Porast je silná stará kmeňovina vo veku 130–150 rokov so zníženou kvalitou pre veľké zavetvenie, zakmenenie 0,6.

TVPIII Leží v poraste 208 c na zvlhnom svahu so západnou expozíciou a so sklonom 24–29° v nadmorskej výške 1 370 m. Pôdu tvorí humusovo železitý podzol zo svahoviny solánskych vrstiev, s krycím hrubozrnným súvrstviem. Humusová forma: mazľavý mor. Porast je výškovo pomerne vyrovnaná stará smreková kmeňovina (smrek 100 %, jarabina vtrúsene) vo veku 130–150 rokov.

Každá trvalo výskumná plocha má 0,5 ha, štvoruholníkovitého tvaru so stranami $90 \times 55,5$ m s kratšou stranou v smere spádu.

Terénne merania sa vykonali v lete roku 2007.

Na sérii 3 trvalých výskumných plôch (TVP) s výmerou 0,5 ha, ktoré sa nachádzajú v rôznom vývojovom štádiu pralesa v Národnej prírodnej rezervácii (NPR) Pilsko som vykoval nasledovné merania:

- hrúbka stromov $d_{1,3}$ s presnosťou na 0,1 cm,
- odumreté stromy v $d \frac{1}{2}$ ich dĺžky,
- výška stromov s presnosťou na 0,5 m v počte 3–4 ks v hrúbkovej triede pre výpočet vyrovnaných výšok.

Hrúbka stromov sme merali Fluryho priemerkou (s milimetrovým delením), a výšku pomocou výškomeru Suunto. Na ploche boli priemerkované všetky stromy, ktoré mali hrúbku väčšiu ako 8 cm. Všetky merania sme uskutočnili pri dodržaní hlavných dendrometrických zásad.

Na tranzekte sme zistili nasledovné biometrické veličiny:

- hrúbka stromov $d_{1,3}$ s presnosťou na 1 mm,
- výška stromov s presnosťou na 0,5 m,

- šírka koruny štyrmi vektormi x_1 – x_4 s presnosťou na 0,5 m,
- výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m.

Pri meraní dĺžky koruny stromov sa brala do úvahy prvá živá vetva, za ňu sa nepovažovali druhotne nasadené vetvy.

Okrem toho sme na ploche transektu zisťovali stav prirodzenej obnovy podľa vekových, výškových a hrúbkových kategórií nasledovne:

- 1-ročné jedince,
- 2-ročné jedince,
- 3-ročné jedince,
- 4-ročné jedince,
- jedince s výškou 21–50 cm,
- jedince s výškou 51–80 cm,
- jedince s výškou 81–130 cm,
- jedince s výškou nad 131 cm do hrúbky 2 cm,
- jedince s hrúbkou 2,0–3,0 cm,
- jedince s hrúbkou 3,1–4,0 cm,
- jedince s hrúbkou 4,1–5,0 cm,
- jedince s hrúbkou 5,1–6,0 cm.

Na transekte ako aj na celej ploche sme evidovali drevo odumretých stromov a to stojace a ležiace. Pri stojacom sme merali hrúbku $d_{1,3}$ a výšku. Na padnutých kmeňoch sa merala hrúbka d v polovici dĺžky kmeňa, ktorá bola potrebná pre výpočet objemu kmeňov pomocou Huberovho vzorca. Pri obidvoch formách odumretých stromov sa objem nekromasy hodnotil podľa stupňa rozkladu nasledovne:

- stromy čerstvo padnuté, alebo stojace odumreté, ktoré majú pomerne zdravé drevo s kôrou, pričom sa dá určiť druh dreviny,
- hnijúce alebo ešte kompaktné kmene, kde kôra opadáva, ale druh dreviny sa dá určiť,
- pokročilý stupeň rozkladu bez kôry, určenie druhu dreviny je nemožné.

Na ploche transektu sme ďalej zaznamenávali situáciu padnutých stromov okrem tých, ktoré padli na transekt z plochy mimo transektu.

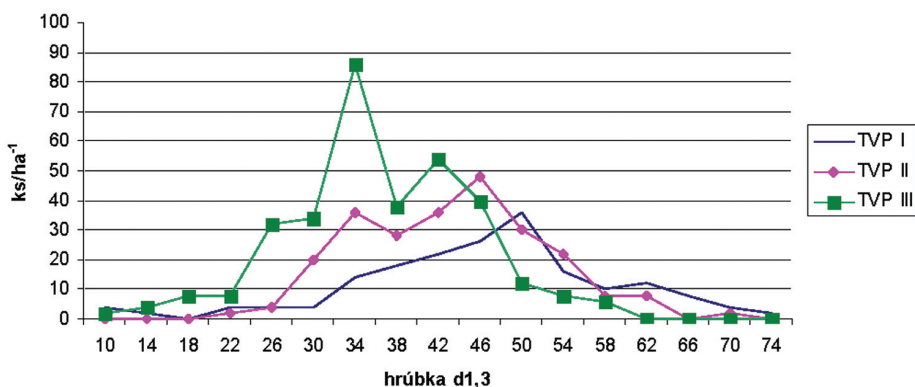
3. VÝSLEDKY

3.1 Štruktúra prírodných porastov na výskumných plochách

Drevinová skladba na troch TVP je tvorená smrekom, jarabinou a bukom. Horná vrstva je tvorená iba smrekom. Počet stromov v prírodných lesoch závisí od vývojovej fázy, ich druhového zloženia a kvality stanovišťa. Celkový počet stromov na troch výskumných plochách sa pohyboval v rozmedzí od 186 po 334 stromov na hektár. Najnižší počet stromov je na ploche TVP I 186 ks.ha⁻¹, ktorá sa nachádza v pokročilej fáze rozpadu. Priebeh štádia rozpadu býva postupný a pozvoľný. Plocha má jednovrstvovú výstavbu, pretože tu nedošlo k fáze obnovy a nevytvára sa spodná vrstva, ktorá je tvorená následnou generáciou. Plocha TVP II sa nachádza v pokročilom štádiu optima s prechodom do

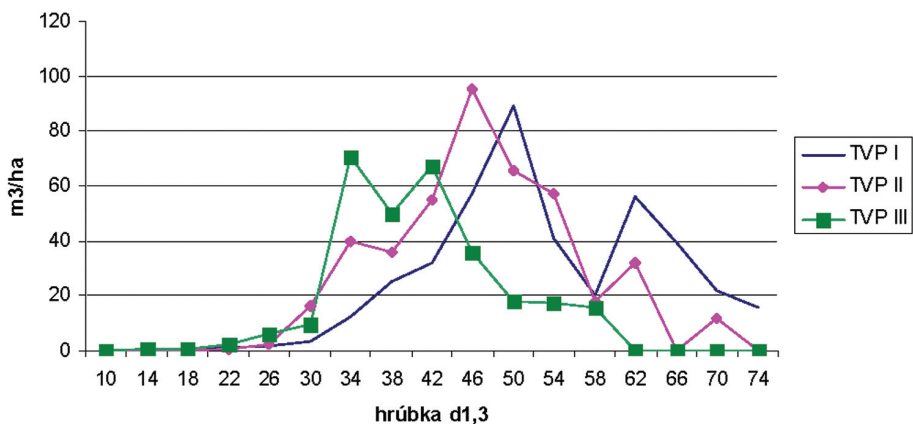
rozpadu. Celkový počet stromov je 244 ks.ha⁻¹. Najväčší počet stromov nameraný v roku 2007 je na ploche TVP III, ktorá sa nachádza v pokročilej fáze štádia dorastania. Celkový počet stromov predstavuje 334 ks.ha⁻¹. Zastúpenie smreka predstavuje 99,4 %, jarabiny 0,6 % a prímes jedného buka identifikovaného na TVP I.

Hrúbkovú štruktúru možno charakterizovať na základe frekvenčného polygónu hrúbkových početností. TVP I sa nachádza v pokročilej fáze rozpadu. Polygón hrúbkových početností je jednovrcholový pravostranne asymetrický. Vrchol krivky sa nachádza pri hrúbke 50 cm. Najväčší počet jedincov sa nachádza v rozpätí od 34. do 62. hrúbkového stupňa, čo predstavuje 82,8 % z celkovej počtu stromov. Zostávajúcich 17,2 % z celkového počtu stromov sa vyskytuje v 10. až 30. a 66. až 74. hrúbkovom stupni. Hrúbkové rozpätie stromov na tejto ploche reprezentuje interval od 10 do 74 cm. Porast na TVP II má charakteristickú jednovrstvovú štruktúru. Polygón hrúbkových početností má tvar jednovrcholovej krivky, ktorej vrchol sa nachádza pri hrúbke 46 cm. Krivka je nepatrne posunutá doprava, čo nasvedčuje zvýšenému počtu jedincov vo vyšších hrúbkových stupňoch. Celkové hrúbkové rozpätie na TVP II je charakterizované intervalom od 22. hrúbkového stupňa po 70. hrúbkový stupeň. Najviac stromov sa nachádza v III. a IV. hrúbkovej triede – 83,61 % z celkového počtu stromov. TVP III má jednovrcholový ľavostranne asymetrický až symetrický polygón početnosti stromov po hrúbkových stupňoch počas celého vývojového cyklu. Polygón od 10. hrúbkového stupňa stúpa pozvoľne a od 18. hrúbkového stupňa do 34. hrúbkového stupňa stúpa náhle kde dosahuje svoj vrchol, lebo táto plocha sa nachádza v pokročilej fáze štádia dorastania. Najviac stromov sa nachádza v III. a IV. hrúbkovej triede, predstavuje 89,16% z celkového počtu stromov. Celkové hrúbkové rozpätie na TVP III predstavuje interval od hrúbkového stupňa 10. po hrúbkový stupeň 58.



Obr. 1 Frekvenčný polygón početnosti
Fig. 1 Diameter distributions on TVP I–TVP III

V smrekových pralesoch dochádza ku kolísaniu zásoby v závislosti od nadmorskej výšky alebo od vývojového štádia, v ktorom sa les nachádza. Štádium pokročilého rozpadu prezentuje plocha TVP I. Na tejto ploche bola v roku 2007 celková zásoba živých stromov smreka $415,96 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, podiel jarabiny predstavoval $0,000012\%$ podiel na celkovej zásobe. Zásoba je sústredená hlavne v IV. a V. hrúbkovej triede. IV. hrúbková trieda predstavuje $48,89\%$ podiel z celkovej zásoby a V. hrúbková trieda $42,86\%$. Polygón rozdelenia objemu po hrúbkových stupňoch má tvar jednovrcholovej pravostranne asymetrickej krivky. Vrchol sa nachádza v 50 hrúbkovom stupni. Polygón rozdelenia objemu hrubiny po hrúbkových stupňoch na TVP II má tvar dvojvrcholovej pravostranne asymetrickej krivky. Celková zásoba živých stromov bola $440,26 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Zastúpená prevažne v III., IV., V., hrúbkovej triede. Najväčšie množstvo objemu hrubiny je v IV. hrúbkovej triede s $251,54 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, predstavuje $58,57\%$ zastúpenie celkového objemu na ploche. Ďalšou objemovo významnou hrúbkovou triedou je V. trieda so zásobou $118,78 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a $27,66\%$ podielom z celkového objemu hrubiny na ploche. V pokročilej fáze štádia dorastania, ktorá je reprezentovaná na ploche TVP III zásoba činila $260,39 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Najväčší objemu hrubiny predstavoval $172,58 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($58,5\%$ z celkového objemu hrubiny na ploche), ktorý sa nachádzal v IV. hrúbkovej triede. Nevýznamné množstvo objemu je reprezentované v I. hrúbkovej triede s $0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a $0,14\%$ zastúpením zásoby na ploche.



Obr. 2 Rozdelenie objemu hrubiny podľa hrúbkových stupňov
Fig. 2 Diameter distributions on TVP I–TVP III

3.2 Mŕtve drevo

Z rozboru výsledkov stavu odumretého dreva na TVPI, TVP II a TVP III môžeme konštatovať nasledovné skutočnosti. Pri porovnaní celkovej odumretej hmoty je najväčšie množstvo na TVP II $220,57 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Z toho čerstvo odumreté stojace stromy napadnuté lykožrútom smrekovým predstavujú $130,66 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, v relatívnom vyjadrení 59,24 %. Stromy ležiace podľa rôzneho stupňa rozkladu sú svojou štruktúrou charakterizované nasledovne: stupeň rozkladu a) predstavuje $20,36 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (9,26 % z celkového odumretého dreva), stupeň rozkladu b) má hodnotu $38,64 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (17,5 % z celkovej odumretej hmoty).

Stupeň rozkladu c) predstavuje $30,91 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (14 % z celkovej odumretej hmoty na ploche). Najnižšie množstvo celkovej odumretej hmoty je na TVP III $56,74 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v štádiu optima. Z toho odumreté stojace stromy predstavujú $32,14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, (56,6 % z celkovej odumretej hmoty na ploche), odumreté ležiace drevo $24,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (stupeň rozkladu a) $0,56 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, stupeň rozkladu b) $7,82 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a stupeň rozkladu c) $16,22 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, čo z celkového odumretého ležiaceho dreva predstavuje 65,9 %) tvorí 43,4 %. Ďalej môžeme konštatovať, že so zvyšujúcou sa nadmorskou výškou, klesá množstvo odumretej hmoty, dobre to vidieť pri porovnaní TVP II a TVP III, ktoré sú od seba vzdialené 100 m n. m.

3.3 Regeneračné procesy

TVP sú husto porastené bylinami, medzi ktorými dominuje *Dryopteris spinulosa ssp. dilatata* a pomiestne *Vaccinium myrtillus*, hustá bylinná synúzia zabraňuje úspešnému zmladeniu smreka. Z meraní sme zistili, že celkový počet jedincov prirodzenej obnovy bol $6\,382 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ z toho je $1\,566 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ smreka, $17 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ buka a $4\,799 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ jarabiny. Najlepšie podmienky pre prirodzenú obnovu smreka by mala mať TVP I, lebo sa nachádza v pokročilom štádiu rozpadu. V skutočnosti tu ale najlepšie zmladzuje jarabina, ktorá ho prevyšuje o $2\,150 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Odumretie takéhoto množstva jedincov smreka v obnove je zapríčinené nielen presvetlenou plochou a tým zhoršením podmienok pre prežívanie a ujímanie semenáčikov, ale aj hustou bylinnou vrstvou, čo nám dokazuje nielen znížený počet jedincov smreka, ale aj absencia smreka v 1 ročných jedincoch a pokles 2-ročných jedincov o $67 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Takto bylinná synúzia vytvára silný konkurenčný tlak na obnovu smreka a tým zvyšuje autoregulačný proces samopriedávania.

4. ZÁVER

NPR Pilsko je pomerne málo človekom narušená, hrozí tu však jej postupný rozpad, hlavne vplyvom lykožrúta smrekového, nakoľko celý porastový komplex bol v minulosti silne ovplyvňovaný diaľkovým transportom imisii. Získané výsledky zo sledovaného smrekového pralesa nám dovoľujú posúdiť dôležité znaky taxačných a biometrických veličín v závislosti od nadmorskej výšky, charakterizovať štruktúru, produkčné pomery, obnovu a zároveň poukázať na perspektívu vývoja porastov v oblasti NPR Pilsko.

Z hľadiska podielu na štruktúre pralesa možno konštatovať, že na všetkých troch TVP je hlavnou drevinou smrek. Plochy TVP I, TVP II a TVP III majú jednovrstvovú štruktúru, pretože sa tam ešte neuplatnila fáza obnovy. Celkový počet stromov podľa TVP je rôzny v rozmedzí od 186 ks.ha⁻¹ po 334 ks.ha⁻¹. Najväčší počet stromov bol zaznamenaný na TVP III, ktorá sa nachádza v pokročilej fáze štádia dorastania a najmenší bol na ploche TVP I, ktorá je v pokročilej fáze štádia rozpadu. Je to zapríčinené jednak pokročilosťou vývoja, ale aj rozdielnou nadmorskou výškou. Pokiaľ sa týka počtu stromov hrubiny pralesa z poznatkov KORPELA (1989) vyplýva, že najväčší počet stromov je v počiatočnej fáze štádia dorastania a najmenší v štádiu rozpadu, kde klesá počet stromov hrubiny na 1 ha na 180–200 stromov. Počet stromov hrubiny sa so stúpajúcou nadmorskou výškou celkovo i v jednotlivých vývojových štádiách zvyšuje. Výsledky KORPELA korešpondujú s našimi zisteniami, keď sme najvyšší počet stromov zistili na ploche TVP III, ktorá sa nachádza v nadmorskej výške 1 370 m n. m. a je v pokročilej fáze štádia dorastania a najmenší počet stromov hrubiny bol na ploche TVP I v pokročilej fáze štádia rozpadu. Správnosť počtu stromov hrubiny v jednotlivých vývojových štádiách poukazuje aj GALAN (2006), ktorý vo svojej práci zistil zhodnosť výsledkov s vývojovými štádiami.

Objemová štruktúra (zásoba) sa pohybovala od 295 m³.ha⁻¹ po 429,4 m³.ha⁻¹. Najväčšia zásoba bola zaznamenaná na ploche TVP II, ktorá sa nachádza v počiatočnej fáze štádia rozpadu. Objem z poznatkov KORPELA (1989) vyplýva, že vidieť známu zákonitosť poklesu zásoby porastov rovnakej dreviny, rovnakého veku so stúpajúcou nadmorskou výškou. Podľa KORPEL – SANIGA (1995) je najväčšia zásoba v pokročilej fáze štádia optima, kedy je tvorená stromami jedného vývojového cyklu a najmenšia pri prechode zo štádia rozpadu do štádia dorastania, kedy je tvorená stromami dvoch naväzujúcich vývojových cyklov. Z môjho zistenia vyplýva, že na ploche TVP II ktoré je v pokročilej fáze štádia optima je zásoba najväčšia a najmenšia je na ploche TVP III ktorú reprezentuje pokročilá fáza štádia dorastania a vyskytuje sa vo výške 1 370 m. n. m. Výsledky potvrdzujú vyššie uvedené poznatky KORPELA (1989) a KORPEL – SANIGA (1995). Uvedené najväčšie a najmenšie množstva zásoby v uvedených vývojových štádiách korešpondujú s poznatkami z trvalých výskumných plôch z Babej hory.

Množstvo nekromasy stojacich a ležiacich stromov poukazuje, že zásoba odumretej hmoty pohybovala od 56,74 m³.ha⁻¹ po 220,57 m³.ha⁻¹. Najnižšie množstvo nekromasy sa nachádza na TVP III a najväčšie v počiatočnej fáze štádia rozpadu na TVP II. MERGANIČ – MERGANIČOVÁ – VORČÁK (1989) zistili, že priemerná zásoba moderového dreva v NPR Babia hora bez ohľadu na nadmorskú výšku a vývojové štádium činila 144 m³.ha⁻¹. GALAN (2006) potvrdil množstvo odumretého dreva zo zistení MERGANIČ – MERGANIČOVÁ – VORČÁK (1989) v NPR Babia hora.

Z hľadiska regeneračných procesov je nežiadúcou zložkou veľké presvetlenie plochy, čo predstavuje zhoršenie podmienok pre prežívanie a ujímanie semenáčikov. Dôsledkom presvetlenia je existencia hustej bylinnej synúzie (*Dryopteris spinulosa ssp. dilatata* a *Vaccinium myrtillus*), čo nám vysvetľuje znížený počet jedincov smreka a enormný nárast jarabiny. Zistenia korešpondujú so zisteniami spreď 10 rokov a 20 rokov. KORPEL (1989) zistil, že obnova na TVP I prebieha veľmi pomaly, pretože ju sťažuje chudobnejšia úroda semena, nepriaznivé klimatické podmienky na klíčenie, ujímanie a prežívanie

semenáčikov a silná pokryvnosť vysokej bylinnej prikrývky. KORPEL zistil na tej istej ploche v roku 1989 26,6 % podiel smreka, 72,2 % podiel jarabiny a 1,2 % podiel buka. Zo získaných výsledkov z katedry pestovania lesa, ktoré zisťovali stav v roku 1997 im vyšlo zastúpenie smreka 25,52 %, jarabiny 73,94 % a buka 0,54 %.

LITERATÚRA

- GALAN, J.: 2006: Štruktúra a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Babia hora nižšej nadmorskej výške, diplomová práca, 63 s., diplomová práca, 63 s.
- KORPEL, Š.: Pralesy Slovenska, Veda, SAV, Bratislava, 1989, 332 s.
- KORPEL, Š.: Význam pralesovitých rezervácií pre biológiu lesa a pestovnú techniku (Štúdium zákonitosti rastu a vývoja), Čsl. Ochrana prírody 6, 81–100 s.
- KORPEL, Š.: Vývoj a štruktúra prírodných smrekových lesov Slovenska vo vzťahu k protilavinovej ochranej funkcii, Acta facultatis forestalis Zvolen.
- KORPEL, Š., SANIGA M.: Prírode blízke pestovanie lesa, Zvolen, 1995, 158 s.
- KRUŠPÁN, D.: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy v smrekovom prírodnom lese NPR Pilsko. Diplomová práca LF TU Zvolen 69 p.
- KUCBEL, S., VENCURIK, J.: Model štruktúry smrekového lesa vo vyššom horskom stupni Oravských Beskyd, Beskydy, 2007, 155–160 s.
- MERGANIČ, J., MERGANIČOVÁ, K., ĎURSKÝ, J., MIKOVÁ, A., VORČÁK, J.: 2004: Zásoba odumretého dreva v NPR Babia hora. Beskydy, 137–142 s.
- OTT, E., et al., 1997: Gebirgsnadelwalder. Haupt Verlag Bern-Stuttgart-Wien, 288 s.
- SANIGA, M., SKLENÁR, P.: Štruktúra, vývoj, produkčné a regeneračné pomery prírodných lesov v ŠPR Pilsko, Vyd. Lesnícka fakulta Vysokiej školy lesníckej a drevárskej, Zvolen, 1989, 28–49 s.
- SANIGA, M.: Vplyv štruktúry výberkového lesa s rôznou úrovňou porastovej zásoby na regeneračné procesy v oblasti Oravských Beskyd. Beskydy 13: 145–150.
- SANIGA, M.: Regeneračné procesy smrekového prírodného lesa na jeho hornej hranici, Beskydy, 2007, 161–168 s.
- SANIGA, M.: Pestovanie lesa, vysokoškolská učebnica, 2007, 311 s.
-

Adresa autora:

Ing. Dominik Krušpán
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta
Masarykova 24
960 53 Zvolen

Structure, production conditions and regeneration processes of Norway spruce natural forest in National Nature Reserves Pilsko

Summary

Circumstantial assignments of dendrometrical parameters done on three consistent areas of research in National Nature Reserve Pilsko were established in different stages of the primeral forest life cycle, the main objective was to analyze the changes of the structure, dead wood, regeneration processes and production of the primeral forest during in the year 2007. Analysing the results of external measurements and consequently evaluation of production conditions, basal area of the stand has also increased in the advanced phase optimum stage $429.4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Likewise, basal area of the stand has also increased in the advanced phase optimum stage $37.14 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. The highest number of coarse trees was observed in the advanced phase upgrowth stage $332 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. High volume of dead wood was confirmed in the advanced phase destruction stage $337.16 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, witch is typical for given stage. The results of the investigation of regeneration processes confirmed that the growth of spruce in the upgrowth stage is slowed down, which is due to present rich undergrowth, on the other hand it was observed that at the optimum stage there is the highest number of natural regeneration individuals i.e. $3\ 399 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$, witch is typical for a given stage.

HRÚBKOVÝ PRÍRASTOK SMREKA A JEDLE V PORASTE PREBUDOVÁVANOM NA VÝBERKOVÝ LES

Jaroslav VENCURIK – Stanislav KUCBEL – Vladimír KLIMAŠ
– Martin RANDUS

Vencurik, J., Kucbel, S., Klimaš, V., Randus, M.: Hrúbkový prírastok smreka a jedle v poraste prebudovávanom na výberkový les. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 17–24.

Predložená práca sa zaoberá hrúbkovým prírastkom smreka a jedle v poraste prebudovávanom na výberkový les. Výskumný objekt sa nachádza v juhozápadnej časti Nizkých Tatier (lokalita Místríky – Donovaly).

Analýza výsledkov poukázala na veľkú variabilita hrúbkového prírastku stromov. Pri smreku závisí hrúbkový prírastok štatisticky významne od výškového postavenia stromov v poraste. V prípade jedle sa toto konštatovanie nepotvrdilo. Rozdiely medzi oboma drevinami sa prejavili tiež pri porovnaní efektivity výkonu ich korún, predovšetkým v prostredí dolnej a strednej vrstvy.

Kľúčové slová: výberkový les, hrúbkový prírastok, smrek, jedľa

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Prebudova na výberkový les predstavuje najťažšiu fázu výberkového hospodárskeho spôsobu a vyžaduje od hospodára dôslednosť a rozhodnosť. Problematikou prebudovy na výberkový les sa zaoberalo viacero autorov (ZAKOPAL 1958, BERNASCONI 1984, SCHÜTZ 1989, SANIGA 1996, SZANYI 1998, 1999, SCHÜTZ 2001, SOUČEK 2002, BACHOFEN, ZINGG 2005). Medzi výberkovým lesom s ideálnou štruktúrou a lesom vekových tried existuje množstvo prechodných foriem s viac alebo menej rozdielnou štruktúrou, ktoré vyžadujú odlišné pestovné opatrenia (KORPEL, SANIGA 1993). Prebudova podľa SCHÜTZA (1989, 2001) naráža na tieto ťažkosti: dlhé časové obdobie kým začne systém fungovať na princípe samoregulácie; stromy vychovávané v lese vekových tried majú zle vyvinuté koruny (stabilita) a starnú rýchlejšie ako stromy vo výberkovom lese; prirodzená obnova cez otvorenie korunovej klenby môže nadobudnúť charakter veľkopoľnosti. Čím väčší je rozdiel v hrúbke následnej generácie a stromami, ktoré v súčasnosti tvoria hornú vrstvu, tým dlhšie bude trvať prebudova na výberkový les.

Na rozdiel od lesa vekových tried, kde hrúbkový prírastok kulminuje pri hrúbke $d_{1,3}$ 25–30 cm a potom výrazne klesá, vo výberkových lesoch sa hrúbkový prírastok pozvoľne zvyšuje s pribúdajúcou hrúbkou $d_{1,3}$. Od určitej hrúbky ostáva prakticky rovnaký, alebo

poľomaly klesá (SCHÜTZ 1989, KORPEL, SANIGA 1993). Prírastok medzi jednotlivými stromami vo výberkovom lese silne varíruje v dôsledku veľkej heterogenity ekofyziologických podmienok (SCHÜTZ 1989, REININGER 2000). Hrúbkový rast stromov vo výberkovom lese ovplyvňuje negatívne clonenie (DUC 2002). Spomalený hrúbkový prírastok stromov dolnej vrstvy dokumentuje zóna úzkych ročných kruhov, ktorá je dobre viditeľná na pňoch vyrúbaných stromov resp. na vzorníkoch. Ukončenie tejto zóny je zväčša veľmi výrazne, ako následok realizovaného výberkového rubu, po ktorom začínajú doposiaľ clonené hlúčky stromov dolnej vrstvy intenzívnejšie prírastať (SCHÜTZ 1989). So zvyšujúcim sa vekom stromu stúpa aj význam vplyvu clonenia na jeho rast (KRAMER 1988, JALOVIAR 2000, 2004).

Cieľom príspevku je analýza vplyvu druhu dreviny (smrek, jedľa) a výškového postavenia stromu na jeho hrúbkový prírastok v poraste prebudovávanom na výberkový les.

2. MATERIÁL A METODIKA

Odber vývrvtov pre následné analýzy hrúbkového prírastku smreka a jedle sa vykonal v dieľci 631. Dielec je súčasťou demonštračného objektu s rozlohou 50,3 ha, ktorý sa nachádza v juhozápadnej časti Nízkyh Tatier (lokality Mistríky – Donovaly). Prevažná väčšina porastov v tomto objekte je v rôznej fáze prebudovy na výberkový les. Geologické podložie tvoria fylity, s nenasýtenou hnedou lesnou pôdou. Prevláda skupina lesných typov *Fagetum-abietino-piceosum*. Sklon svahu 20 %.

Dielec 631 je viac ako 40 rokov usmerňovaný výberkovým rubom. Časť dieľca bola v rokoch 1971–1981, obnovená Gayerovým skupinovite clonným rubom, bez ďalšieho rozširovania okrajovým rubom obrubným. Porast má pomerne dobrú štruktúru, s mierne poddimenzovanou početnosťou stromov strednej vrstvy. Nakoľko má porast dominantnú produkčnú funkciu, bola cieľová hrúbka stanovená na 74 cm, s optimálnou zásobou 413 m³.ha⁻¹. Zastúpenie drevín je nasledovné: smrek 85 %, jedľa 15 %. Buk sa vyskytuje vtrúsene (SANIGA, VENCURIK 2007).

Na ploche dieľca sa náhodným výberom vytypovalo 68 smrekov (*Picea abies* [L.] Karst.) a jedlí (*Abies alba* Mill.) tak, aby bol rovnomerne zachytený celý interval hrúbkových stupňov $d_{1,3}$ 10 až 50 cm. Maximálna hrúbka $d_{1,3}$ skúmaných stromov bola limitovaná veľkosťou vrtáka Presslerovho nebožieca. Vývrty boli odoberané v štandardnej výške 1,3 m nad zemou (DRÁPELA, ZACH 1995). Aby sa vylúčil vplyv expozície a prevládajúcich vetrov na kolísanie hodnôt radiálneho prírastku v rôznych miestach obvodu priečneho prierezu kmeňa (ŠMELKO 1982), zvolilo sa jednotné navrtávanie stromov z východného smeru.

Na jednotlivých stromoch sa následne merali tieto biometrické znaky:

- $d_{1,3}$ – hrúbka stromu $d_{1,3}$, s presnosťou na 0,1 cm,
- h – výška stromu, s presnosťou na 0,5 m,
- h_z – výška nasadenia koruny, s presnosťou na 0,5 m,
- x_1-x_4 – korunové projekcie stromu, v dvoch na seba kolmých smeroch, s presnosťou na 0,1 m.

Šírka ročných kruhov na odobratých vývrtoch sa merala prístrojom CORIM Maxi, s presnosťou na 0,01 mm.

Pre každý strom sa vypočítala plocha plášťa koruny v závislosti od jej tvaru a charakteristík: maximálneho polomeru koruny (r_{max}), bazálneho polomeru koruny (r_{kra}), dĺžky osvetlenej časti koruny (l_o) a dĺžky zatienenej časti koruny (l_u). Biometrické modely korún smreka a jedle boli prevzaté z programu SILVA 2.2 (PRETZSCH 2002).

Povrch plášťa zatienenej časti koruny smreka a jedle (S_z) sa vypočítal podľa vzorca pre zrezaný kužeľ:

$$S_z = \pi \cdot \sqrt{l_u^2 + (r_{max} + r_{kra})^2} \cdot (r_{max} + r_{kra})$$

Povrch plášťa osvetlenej časti koruny smreka (S_o) sa vypočítal podľa vzorca pre kužeľ:

$$S_o = \pi \cdot \sqrt{l_o^2 + r_{max}^2} \cdot r_{max}$$

Povrch plášťa osvetlenej časti koruny jedle (S_o) sa aproximoval na kvadratický paraboloid:

$$S_o = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \alpha \cdot \left(\sqrt{\left(l_o + \frac{\alpha^2}{4} \right)^3} - \frac{\alpha^3}{8} \right)$$

$$\alpha = \frac{r_{max}}{l_o^{0,5}}$$

Celková veľkosť korunového plášťa (S_c) sa vypočíta ako súčet osvetlenej a zatienenej časti koruny:

$$S_c = S_z + S_o$$

Všetky stromy boli následne zatriedené do výškových vrstiev odvodených na základe hornej výšky (h_{dom}). Použitá bola horná výška $h_{10\%}$ (priemerná výška 10 % najhrubších stromov), ktorá bola vypočítaná z údajov zistených na trvalej výskumnej ploche v dieľci 631. Stromy boli do vrstiev zatriedené nasledovne: horná vrstva – stromy s výškou nad $\frac{2}{3} h_{dom}$, stredná vrstva – stromy s výškou od $\frac{1}{3} h_{dom}$ do $\frac{2}{3} h_{dom}$, dolná vrstva – stromy s výškou do $\frac{1}{3} h_{dom}$.

Údaje boli spracované v programovom balíku STATISTICA 6.0.

3. VÝSLEDKY

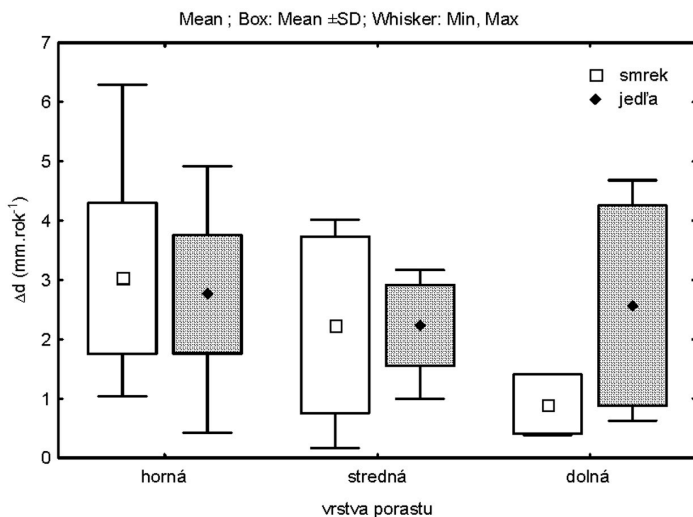
Z nameraných hodnôt šírky ročných kruhov na odobraných vývrtoch smreka a jedle bol ako základ pre nasledujúcu analýzu vypočítaný priemerný ročný hrúbkový prírastok za obdobie posledných piatich rokov Δd (ďalej len hrúbkový prírastok) podľa vzťahu:

$$\Delta d = (\Delta d_n - \Delta d_{n-5})/5$$

Hrúbkový prírastok (Δd) zodpovedá dvojnásobnému prírastku na polomere ($2\Delta r$). Priemerné hodnoty a variabilitu hrúbkového prírastku (Δd) podľa druhu dreveniny a vrstvy porastu znázorňuje obrázok 1.

Pri smreku sa hrúbkový prírastok (Δd) pohybuje v intervale 0,17–6,30 mm.rok⁻¹, pri jedli 0,43–4,92 mm.rok⁻¹. Porovnaním rozptylov skúmaných faktorov s reziduálnym rozptylom (s_R^2) pomocou F-testu sa ako významný ($\alpha = 0,05$) potvrdil len faktor porastovej vrstvy. Celkový efekt vplyvu faktora druhu dreveniny na hrúbkový prírastok (Δd) je na hladine významnosti ($\alpha = 0,05$) štatisticky nevýznamný (tab 1).

Následné testovanie rozdielov výberových priemerov na jednotlivých úrovniach ukázalo, že jedľa má vo všetkých vrstvách porastu približne rovnaký priemerný hrúbkový prírastok (Δd). Ako tieňomilná drevena dokáže aj v prostredí dolnej vrstvy efektívne využívať nižšiu intenzitu difúzneho svetla. Pri smreku je vidieť rapidný pokles hodnôt hrúbkového prírastku s výškovým postavením stromu v poraste. V dolnej vrstve sú prírastky smreka štatisticky významne menšie ako v strednej a hornej vrstve (obr. 1, tab. 2).



Obr. 1 Porovnanie hodnôt hrúbkového prírastku (Δd) podľa druhu dreveniny a vrstvy porastu
Abb. 1 Der Vergleich der Durchmesserzuwächse (Δd) je nach Baumart und Bestandesschicht

Tab. 1 Výsledky dvojfaktorovej analýzy variancie pre hrúbkový prírastok (Δd)Tab. 1 Die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse für den Durchmesserzuwachs (Δd)

Zdroj premenlivosti ⁽¹⁾	S	df Effect	MS Effect	F	p-level
drevina ⁽²⁾	2,358	1	2,358	1,702	0,1968
vrstva porastu ⁽³⁾	11,466	2	5,733	4,138	0,0206*
rezíduum ⁽⁴⁾	85,870	62	1,385		

⁽¹⁾Variabilitätsquelle, ⁽²⁾Baumart, ⁽³⁾Bestandesschicht, ⁽⁴⁾Residuum

Tab. 2 Hodnoty Duncanovho testu (hladiny významnosti α) pre hrúbkový prírastok (Δd), v dielci 631Tab. 2 Die Werte des Duncan'schen-Tests (Signifikanzniveau α) für den Durchmesserzuwachs (Δd), im Bestand 631

úroveň faktora ⁽¹⁾	(1) 3,03	(2) 2,24	(3) 0,91	(4) 2,76	(5) 2,23	(6) 2,57
(1) smrek, horná vrstva ⁽²⁾	–	0,2506	0,0025	0,6640	0,2576	0,4857
(2) smrek, stredná vrstva	0,2506	–	0,0424	0,4323	0,9894	0,5973
(3) smrek, dolná vrstva	0,0025	0,0424	–	0,0073	0,0343	0,0143
(4) jedľa, horná vrstva ⁽³⁾	0,6640	0,4323	0,0073	–	0,4427	0,7561
(5) jedľa, stredná vrstva	0,2576	0,9894	0,0343	0,4427	–	0,6122
(6) jedľa, dolná vrstva	0,4857	0,5973	0,0143	0,7561	0,6122	–

⁽¹⁾Faktorenniveau, ⁽²⁾Fichte, Schicht, ⁽³⁾Tanne, Schicht

Pre zistenie vplyvu veľkosti plášťa koruny (S_c) na prírastkové procesy stromov vo výberkovom lese sa použil priemerný ročný prírastok na kruhovej základni za posledných 5 rokov (Δg), ktorý nie je závislý len od hrúbkového prírastku (Δd) ale aj od priemeru priečného rezu ($d_{1,3}$), na ktorom sa ukladá. Priemerný prírastok na kruhovej základni (Δg) sa pre každý strom vypočítal podľa vzťahu:

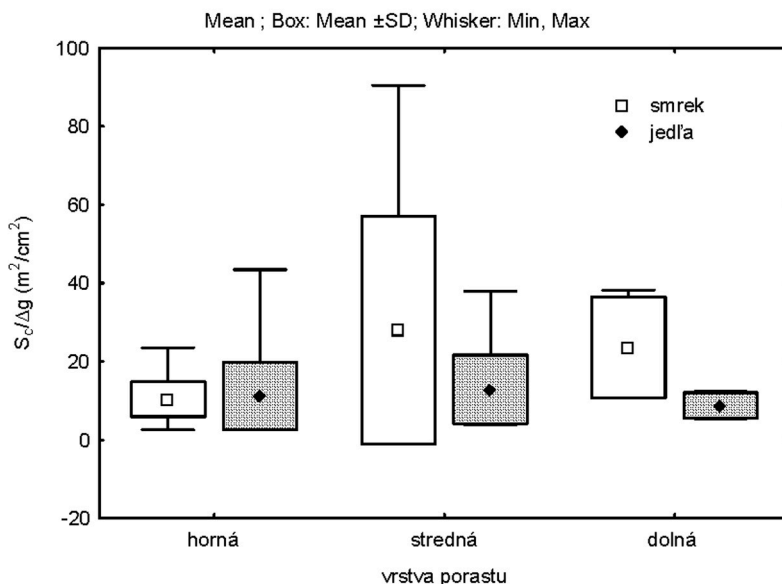
$$\Delta g = \frac{\pi}{4} \frac{(d_n^2 - d_{n-5}^2)}{5}$$

V ďalšom kroku sa vypočítal pomer $S_c/\Delta g$, ktorý udáva plochu plášťa koruny potrebnú na vyprodukovanie 1 cm² prírastku na kruhovej základni. Jeho priemerné hodnoty podľa drevín a vrstvy porastu sú na obr. 2. Keďže závislá premenná mala charakter podielovej veličiny a jej hodnoty nespĺňali ani po transformácii podmienku normality (Shapiro-Wilk's W-test), na štatistické vyhodnotenie sa použil neparametrický Kruskal-Wallisov test.

Z výsledkov je zrejma nižšia efektívnosť výkonu koruny ($S_c/\Delta g$) smreka v dolnej a strednej vrstve v porovnaní s jedľou. Na tvorbu konštantného prírastku na kruhovej základni (Δg) potrebuje smrek približne o 55 % (stromy strednej vrstvy) až 65 % (stromy dolnej vrstvy) väčšiu plochu plášťa koruny (S_c) ako jedľa. V hornej vrstve je výkonnosť

koruny pri oboch skúmaných drevinách približne vyrovnaná (obr. 2). Celkový rozdiel medzi smrekom a jedľou je štatisticky významný ($p = 0,047$). Dôležitú úlohu tu zohrávajú rozdielne ekologické nároky oboch skúmaných drevín.

Testovanie významnosti rozdielov pomeru $S_c/\Delta g$ medzi vrstvami porastu nepotvrdilo pri jedli ($p = 0,5840$) ich štatistickú významnosť. Naopak, pri smreku sa ako štatisticky významné ($p = 0,0332$) potvrdili rozdiely medzi stromami strednej, resp. dolnej vrstvy, so stromami hornej vrstvy.



Obr. 2 Porovnanie hodnôt $S_c/\Delta g$ podľa druhu dreviny a vrstvy porastu

Abb. 2 Der Vergleich der ($S_c/\Delta g$)-Werte nach dem Baumart und der Bestandesschicht

4. DISKUSIA A ZÁVER

Tento príspevok nadväzuje na komplexný výskum problematiky výberkových lesov v demonštračnom objekte Mistríky-Donovaly (SANIGA, VENCURIK 2007).

Z výsledkov je zrejماً veľká variabilita hrúbkového prírastku stromov ($\bar{x} = 2,55$, $s_x = 1,23$, $\min = 0,17$, $\max = 6,30$ mm.rok⁻¹). Pri smreku závisí hrúbkový rast vo veľkej miere od výškového postavenia stromu v poraste. V prípade jedle sa toto konštatovanie nepotvrdilo. Rozdiely medzi oboma drevinami sa prejavili tiež pri porovnaní efektivity výkonu ich korún, predovšetkým v prostredí dolnej a strednej vrstvy. Na tvorbu konštantného prírastku na kruhovej základni tu smrek potrebuje približne o 55–65 % väčšiu plochu plášťa koruny. K podobným výsledkom dospel autor tiež vo výberkovom lese Oravských Beskýd (VENCURIK 2008). Dĺžka a tvar koruny, zvlášť pri ihličnatých

stromoch s menšou hrúbkou $d_{1,3}$, sú vo výberkovom lese závažnými znakmi ich vývojovej a rastovej schopnosti (KORPEL & SANIGA 1993). Pre jedľu v dolnej vrstve výberkového lesa je typický tzv. dáždnikovitý tvar koruny, ktorý jej umožňuje prežívať pod clonou porastu dlhú dobu, pri efektívnom využívaní nízkej intenzity difúzneho svetla (KRAMER 1988, PAGAN 1992).

Práca vznikla s podporou grantu VEGA 1/0128/09.

LITERATÚRA

- BACHOFEN, H., ZINGG, A., 2005: Auf dem Weg zum Gebirgspflenterwald: Kurzzeiteffekte von Durchforstungen auf die Struktur subalpiner Fichtenwälder. *Schweiz. Z. Forstwes.* 156 (12): 456–466.
- BERNASCONI, G., 1984: Etude de l'évolution de structure de futaies dans la phase de conversion vers le type jardiné au Val-de-Travers et caractérisation des types d'éclaircieurs jardinatoires. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 135 (9): 793–800.
- DRÁPELA, K., ZACH, J., 1995: Dendrometrie (Dendrochronologie). Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 149 s.
- DUC, P., 2002: Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neunburg Jura). Diss. ETH Zürich, 224 s.
- JALOVÍAR, P., 2000: Prirodzená obnova smrekových porastov pod rôznym imisným zaťažením. Dizertačná práca TU vo Zvolene, 96 s.
- JALOVÍAR, P., 2004: Výškový rast následného porastu smreka v podmienkach clonno-okrajového rubu. *Beskydy*, 17: 125–130.
- KORPEL, Š., SANIGA, M., 1993: Výberný hospodársky spôsob. Matica lesnícka Písek, 127 s.
- KRAMER, H., 1988: Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 374 s.
- PRETZSCH, H., 2002: Grundlagen der Waldwachstumsforschung. Parey Buchverlag, 414 s.
- REININGER, H., 2000: Das Plenterprinzip oder die Überführung des Alterklassenwaldes. Leopold Stocker Verlag, Graz, 238 s.
- SANIGA, M., 1996: Štruktúra zmiešaného lesa s prevahou buka v prebudovaní na výberný les. *Lesnícky časopis*, 6: 271–280.
- SANIGA, M., VENCURIK, J., 2007: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica. VŠ 1/2007/A, Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 83 s.
- SCHÜTZ, J.-PH., 1989: Der Plenterbetrieb. ETH Zürich, 54 s.
- SCHÜTZ, J.-PH., 2001: Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*, 151: 87–94.
- SOUČEK, J., 2002: Conversion of a forest managed under systems involving coupes to a selection forest on an example of the Opuky research area. *Journal of forest science*, 48 (1): 1–7.
- SZANYI, O., 1998: Štruktúra rúbaňového lesa vo fáze prebudovy na les výberkový vo vybranej časti Slovenského Rudohoria. *Lesníctví-Forestry*, 44 (6): 256–266.
- SZANYI, O., 1999: Štruktúra a regeneračné procesy jedľovo-bukového rúbaňového lesa vo fáze prebudovy na výberkový les v Laboreckej vrchovine. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLI: 167–179.
- ŠMELKO, Š., 1982: Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 184 s.
- ZAKOPAL, V., 1958: Několik poznatků z porostních převodů na výběrný tvar z Opočenska. *O výběrkových lesoch na Slovensku*. Sborník z vedeckej konferencie, Vydavateľstvo SAV, Bratislava: 79–86.

Adresa autorov:

Ing. Jaroslav Vencurik, PhD.

Ing. Stanislav Kucbel, PhD.

Ing. Vladimír Klimaš

Bc. Martin Randus

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: vencurik@vsld.tuzvo.sk

Der Durchmesserzuwachs von Fichte und Tanne im Bestand in der Überführung in Plenterwald

Zusammenfassung

Die vorgelegte Arbeit beschäftigt sich mit dem Durchmesserzuwachs der Fichte und der Tanne im Bestand, der in der Überführungsphase in den Plenterwald ist. Das Forschungsobjekt liegt in dem südwestlichen Teil der Niederen Tatra (Lokalität Mistríky – Donovaly). Die Analyse der Ergebnisse hat auf die große Variabilität des Durchmesserzuwachses von Bäumen hingewiesen. Bei der Fichte ist der Durchmesserzuwachs von der Höhenstellung der Bäumen bedeutend abhängig. Im Fall der Tanne wurde diese Annahme nicht bestätigt. Die Unterschiede zwischen beiden Baumarten haben sich durch den Vergleich der Effektivität ihrer Kronen geäußert, vor allem im Bereich der unteren und mittleren Schicht.

ZOVŠEOBECNENIE POZNATKOV O SEZÓNNOСТИ KLÍČENIA SEMENA IHLIČNATÝCH DREVÍN

Lubica ŠMELKOVÁ – Gabriela DEBNÁROVÁ

Šmelková, E., Debnárová, G.: Zovšeobecnenie poznatkov o sezónnosti klíčenia semena ihličnatých drevín. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 25–38.

Príspevok nadväzuje na predchádzajúci výskum autoriek zameraný na sezónne kolísanie klíčenia semena smreka obyčajného, borovice lesnej a smrekovca opadavého počas roka. Získané výsledky zovšeobecňuje a podáva návrhy na ich zohľadnenie pri laboratórnej kontrole kvality semena i v lesníckej praxi. Potvrďuje, že klíčivosť aj energia klíčenia semena nie je počas roka konštantná, ale sa periodicky mení, v zimných mesiacoch je prevažne menšia, v letných mesiacoch prevažne väčšia ako celoročný priemer. Uvedená zákonitosť je kvantifikovaná sezónnymi indexmi a overená štatistickými testmi. Na elimináciu sezónnych výkyvov sa odporúča buď prepočítať zistený mesačný parameter klíčenia na celoročný priemer pomocou sezónneho indexu, alebo príslušnú systematickú odchýlku premietnuť do chyby zistenia klíčivosti.

Kľúčové slová: semeno, smrek obyčajný (*Picea abies* L., Karst.), borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.), smrekovec opadavý (*Larix decidua* Mill.), klíčenie, sezónne kolísanie, praktické dôsledky a možnosti ich zohľadnenia

1. PROBLEMATIKA

Klíčenie semena lesných drevín je veľmi zložitý proces, ktorého poznanie má veľký biologický i praktický význam. Biologicky sa jedná o fyziologické a chemické premeny, ktoré v semene prebiehajú od jeho dozretia a opadu resp. zberu z materského stromu. Celý tento proces závisí od množstva faktorov, predovšetkým od druhu semena, vlastností materského porastu a vonkajšieho prostredia, ale aj od veľmi premenlivých lokálnych podmienok v čase tvorby semena ako sú aktuálne počasie, množstvo úrody a samozrejme aj individuálne vlastnosti semena. Z praktického hľadiska je pri klíčení zaujímavý a dôležitý jeho výsledok, ktorý sa bežne kvantifikuje dvomi parametrami – energiou klíčenia a klíčivosťou. Energia klíčenia (EK) udáva relatívny počet semien vyklíčených počas prvých 7 dní, je mierou rýchlosti klíčenia, klíčivosť (KL) je relatívny počet semien vyklíčených v priebehu 21 dní, je mierou celkového výkonu – potenciálu klíčenia. Obidva parametre sa zisťujú laboratórnymi skúškami v rámci povinnej kontroly kvality semena, a to podľa medzinárodne záväzných pravidiel ISTA (2006), čo na Slovensku oficiálne zabezpečuje Stredisko kontroly lesného reprodukčného materiálu v Liptovskom Hrádku. Skúšky sa vykonávajú na vzorkách 4×100 kusov semena odobratých

náhodne z každého skúšaného oddielu semena a celá procedúra je zostavená tak, aby výsledok čo najobjektívnejšie charakterizoval kvalitu celého množstva skúšaného semena. Skúšky sa pre nedostatok laboratórnych kapacít robia veľmi často v priebehu celého roka. Problémom pritom je skutočnosť, že klíčivosť semena lesných drevín sa neudržiava stále na konštantnej úrovni. Po dozretí semena sa pri niektorých drevinách často zvýši, potom postupne (v závislosti od dĺžky skladovania) klesá, ale ani v pomerne krátkom období, napr. počas jedného roka nie je rovnaká a vykazuje určité periodické výkyvy, ktoré sú v niektorých mesiacoch kladné, v niektorých záporné. To samozrejme môže vplývať na správnosť výsledkov laboratórnych skúšok, ktoré skutočnú klíčivosť buď nadhodnotia alebo podhodnotia, čo môže mať vážny ekonomický dopad na producentov i na používateľov lesného osiva. Od klíčivosti sa totiž odvíja jednak cena lesného osiva, jednak plány produkcie sadeníc v škôlkárskej výrobe resp. v zalesňovaní. Pri nadhodnotení skutočnej klíčivosti napr. o 5 % získa producent na tržbe pri predaji osiva a stratí jeho spotrebiteľ na zníženej produkcii sadeníc. Pri podhodnotení skutočnej klíčivosti budú efekty dopadov opačné. Pri veľkom množstve osiva môžu však nadobudnúť nezanedbateľné rozmery.

Vzhľadom na uvedené problémy, sme sa v rámci projektu VEGA 1/0516/09 zamerali na podrobnejší výskum spomínaného sezónneho kolísania v klíčení semena lesných drevín, ktoré sa pri laboratórnych skúškach často zaznamenalo, ale väčšia pozornosť sa mu nevenovala a aj v dostupnej literatúre možno o ňom nájsť len veľmi málo konkrétnych údajov a často aj protichodných názorov. Do výskumu sme zahrnuli tri druhy ihličnatého smena (SM, BO, SC) a výsledky sme spracovali v troch samostatných prácach (DEBNÁROVÁ, ŠMELKOVÁ 2007, 2008, 2009). Cieľom predkladaného príspevku je zovšeobecniť naše i zahraničné poznatky z tejto problematiky a hlavne túto sezónnosť číselne kvantifikovať a navrhnúť spôsoby ako ju zohľadniť v laboratórnych skúškach kvalita semena i v semenárskej, škôlkárskej a všeobecnej lesníckej praxi.

2. PODKLADOVÝ MATERIÁL

Podkladom sú výsledky pokusov, ktoré sa založili a vykonali v SKLRM Lip-tovský Hrádok, osobitne pre semeno smreka obyčajného, borovice lesnej a smrekovca opadavého. Pre každý druh semena sa do pokusov zaradilo pri SM 20, pri SC 20 a pri BO 16 oddielov semena, ktoré pochádzali z rôznych semenárskych oblastí na Slovensku. Pri SM a SC bola jedna polovica z nich uskladnená krátkodobo (0–1 rok), druhá polovica dlhodobo (14–15 r., resp. 13–21 r.), pri BO boli oddiely rozčlenené na tretiny zastúpené semenom uskladneným krátkodobo, (0–1 r.), strednodobo (3–6 r.) a dlhodobo (13–15 r.). Pritom sa pokusy uskutočnili dvakrát, v termíne T1 a T2 (prvý a nasledujúci rok). Skúšky EK a KL sa vykonali prísne podľa pravidiel ISTA a to v každom mesiaci počas roka. Takto sa získalo pre každý variant pokusu pri SM a SC po 120 a pri BO po 60–72 výsledkov pre jednotlivé náhodne odobraté vzorky 4×100 ks semena. Pôvod semena, spôsob jeho uskladnenia a základného spracovania údajov je podobne opísaný v citovaných prácach autoriek.

3. METODIKA HODNOTENIA A KVANTIFIKÁCIE SEZÓNNOСТИ KLÍČENIA SEMENA

Hodnoty EK a KL zistené na vzorkách pre každý oddiel semena v jednotlivých mesiacoch počas roka predstavujú časový rad, pre ktorý je možné vypočítať priemernú celoročnú hodnotu a sledovať ako mesačné hodnoty okolo nej kolíšu. Kvôli zjednodušeniu označíme mesačné hodnoty symbolom Y_m ($m = 1, 2, 3, \dots, 12$) a celoročný priemer symbolom \bar{Y} . Ako príklad je v tabuľke 1 v obrázku 1a znázornený priebeh KL semena smrekovca uskladneného krátkodobo zo skúšok v termíne T1 pre oddiel semena, ktorý mal najväčšiu a najmenšiu klíčivosť a pre priemer zo všetkých 10 skúšaných oddielov. Na prvý pohľad je zrejmé, že časové rady majú sezónny charakter, pretože sa v nich striedajú skupiny minimálne troch hodnôt s rovnakým znamienkom vychýlenia plus a mínus od priemeru (ktorý je pri maximálnom – priemernom – minimálnom rade = 59,5–40,6–28,6 %) a splňajú jednu zo stanovených podmienok pre sezónnosť (pozri ŠMELKO 1998). Jednotlivé rady sú usporiadané systematicky nad sebou, čo je spôsobené rozdielnou úrovňou klíčivosti príslušného oddielu semena, jeho pôvodom, individuálnymi vlastnosťami atď. Takýto časový rad, keďže reprezentuje priamo zistené hodnoty Y_m je tzv. absolútny časový rad. Ak sa jednotlivé mesačné hodnoty Y_m vyjadria relatívne ako pomer vzhľadom k celoročnému priemeru \bar{Y} získajú sa mesačné sezónne indexy SI_m

$$SI_m = \frac{Y_m}{\bar{Y}} \quad (1)$$

a časový rad takýchto indexov je tzv. relatívny časový rad alebo rad sezónnych indexov. Relativizácia údajov má veľkú výhodu v tom, že eliminuje rozdiely v absolútnej úrovni časových radov (v ich polohe na grafe), lepšie v nich vynikne sezónna kolísavosť a ako uvidíme v stati 5, sú vhodnejšie pre praktické využitie. Názorným dôkazom toho je obrázok 1b.

Pokiaľ ide o kvantifikáciu sezónnosti klíčenia, žiaduce je vyjadriť ju číselne a stanoviť podmienky, ako sa budú zhodnocovať údaje získané výberovým spôsobom (laboratornými skúškami náhodných vzoriek semena), reprezentujúce iba malý počet z celkového veľmi veľkého množstva možných výsledkov. Jeden zo spôsobov je použitie metódy analýzy variácie (ANOVA, MANOVA), ktorá je všeobecne veľmi obľúbená, ale v tomto prípade ju nepovažujeme za dostatočne efektívnu, lebo ponúka porovnanie hodnôt parametrov klíčenia iba medzi jednotlivými mesiacmi navzájom. Ako lepšie riešenie odporúčame a v ďalších rozboroch aj uplatníme tento metodický postup:

- pri zhodnocovaní absolútnych časových radov vychádzať z vnútornej (reziduálnej) variability mesačných hodnôt EK a KL okolo celoročného priemeru v rámci jednotlivých oddielov semena, stanoviť 95 % interval spoľahlivosti pre odhad priemernej EK a KL v celom oddieli (v základnom súbore)

$$95 \% IS = \bar{Y} \pm t_{0,05(n-1)} \cdot \frac{s(Y_m)}{\sqrt{n}} = \bar{Y} \pm \Delta \bar{Y} \quad (2)$$

a za štatisticky signifikantné sezónne výkyvy KE a KL považovať tie mesačné hodnoty, ktoré stanovený IS (jeho spodnú a hornú hranicu) prekročia.

- pri zhodnocovaní relatívnych časových radov postupovať podobne, ale vychádzať z mesačných sezónnych indexov SI_m a 95 % IS odvodiť nasledovne

$$95\% \text{ IS} = 1,00 \pm t_{0,05(n-1)} \cdot \frac{s(SI_m)}{\sqrt{n}} = 1,00 \pm \Delta \overline{SI} \quad (3)$$

Vo vzorcoch $t_{0,05(n-1)}$ je kritická hodnota Studentovho t-rozdelenia na hladine významnosti $\alpha \geq 0,05$ pri stupňoch voľnosti $f = (n-1)$, $s(Y_m)$ a $s(SI_m)$ je reziduálna smerodajná odchýlka mesačných hodnôt EK a KI resp, indexov SI_m , n je počet hodnotených oddielov semena.

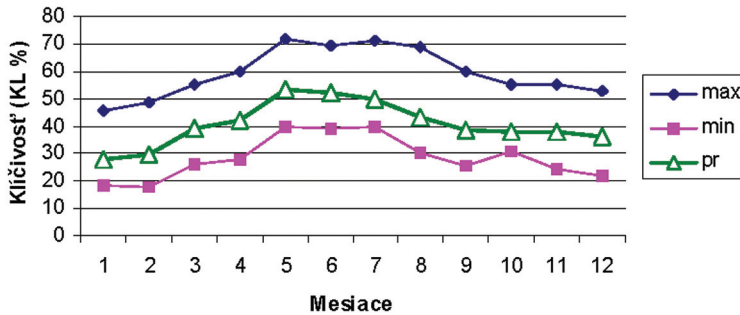
Obidva spôsoby poskytnú úplne rovnaký výsledok, ale druhý z nich má všeobecnejší charakter. Aplikované sú na príkladoch v tabuľke 1. Každý časový rad reprezentujúci jeden resp. 10 oddielov semena je tu hodnotený samostatne, takže pri vyčíslení vzorcov je $n = 1$ resp. 10. Najväčšie a najmenšie, resp. štatisticky významné sezónne odchýlky sú označené hrubým typom písma. Prvé sa vyskytujú v mesiacoch máj až jún, druhé v mesiaci január a február.

Tab. 1. Príklad časových radov mesačných hodnôt klíčivosti pre dva oddiely semena smrekovca s najvyššou (max) a najnižšou (min) klíčivosťou a pre priemer (pr) z $n = 10$ skúšaných oddielov semena

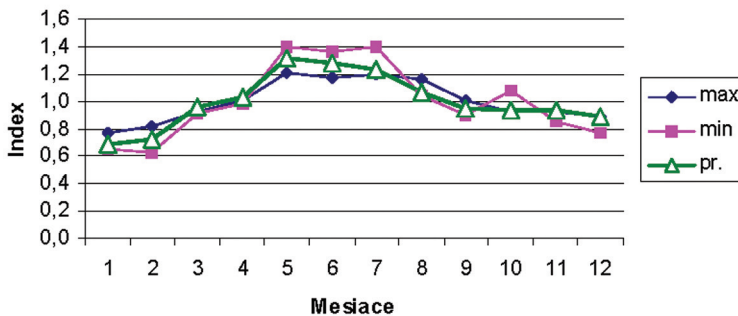
Tab. 1. Beispiel der Zeitreihen von monatlichen Keimfähigkeit-werten für zwei Gruppen der Lärchesamen mit der höchsten (max) und der niedrigsten (min) Keimfähigkeit und für den Durchschnitt (pr) aus $n = 10$ geprüften Samengruppen

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		S_y	95 % IS
a) Klíčivost' v % – Keimfähigkeit in %															
max	46	49	55	60	72	70	71	69	60	55	55	53	59,5	8,9	41,9–77,0
min	19	18	26	28	40	39	40	30	26	31	25	22	28,6	7,8	13,2–44,0
pr	27,7	29,5	39,0	42,1	53,4	52,1	50,8	43,2	38,3	37,9	37,9	36,4	40,6	8,6	38,0–43,4
b) Sezónne indexy – Seasonindex SI_m															
max	0,77	0,82	0,92	1,00	1,21	1,17	1,19	1,16	1,01	0,92	0,92	0,89	1,00	0,15	0,71–1,30
min	0,65	0,63	0,91	0,98	1,40	1,36	1,40	1,05	0,90	1,08	0,86	0,77	1,00	0,27	0,46–1,54
pr	0,68	0,73	0,96	1,04	1,31	1,28	1,23	1,06	0,94	0,93	0,93	0,89	1,00	0,16	0,84–1,16

a) SC (KL-KS) - Klíčivost' v %



b) SC (KL-KS) - Sezónne indexy



Obr. 1a, b Klíčivost' vzoriek semena v tabuľke 1 vyjadrená absolútne (KL v %) a relatívne pomocou sezónnych indexov (SI)

Fig. 1a, b Keimfähigkeit von Samenproben aus der Tab.1 ausgedrückt mittels absoluten Werten (KL %) und relativen Seasonindexen (SI)

4. ZÁKONITOSTI SEZÓNNEHO KOLÍSANIA KLÍČIVOSTI SEMENA POČAS ROKA

Cieľom nášho zovšeobecnenia poznatkov o sezónnom kolísaní klíčenia semena počas roka je nájsť typické prejavy tohto fenoménu a sformulovať ho ako všeobecne platnú a bežne sa vyskytujúcu a opakujúcu zákonitosť. Preto sme ho najprv „očistili“ od nepodstatných činiteľov, ktoré ho ovplyvňujú. Rozbory ukázali, že zo známych údajov o skúšaných oddieloch semena najviac na EK a KL vplýva dĺžka uskladnenia semena a tiež termín testovania kvality (v prvom a druhom roku), oveľa menej pôvod semena.

Semenárska oblasť, z ktorej semeno pochádzalo, spôsobovala síce rozdiely v úrovni EK a KL jednotlivých oddielov semena, ale jej vplyv nebol jednoznačný – už medzi termínom testu T1 a T2 toho istého oddielu boli výsledky často úplne protichodné a takisto nekorrešpondovali ani vzájomné vzťahy medzi párovými hodnotami EK a KL. Ani nadmorská výška pôvodu semena sa neprejavila dostatočne výrazne. Ako samostatná veličina síce ovplyvňovala EK i KL, ale v kontexte s ostatnými faktormi bol jej vplyv iba náhodný. Preto sme sa rozhodli charakterizovať sezónnosť klíčenia iba s ohľadom na rôznu dĺžku skladovania semena, bez ohľadu na jeho pôvod. Diferencie v EK a KL medzi termínmi testov T1 a T2, ktoré sa vyskytli v menšom počte prípadov najmä pri krátkodobom skladovaní a pri borovici a smrekovci sme akceptovali iba vtedy, keď spôsobili rozdiely v sezónnosti, ináč sme ich považovali za výsledky opakovaného pokusu a urobili z nich priemer. Zovšeobecnenie sezónnosti klíčenia posúdime osobitne pomocou absolútnych a relatívnych odchýlok.

4.1 Absolútna sezónna variabilita klíčenia

Absolútnu variabilitu klíčenia semena počas roka vyjadrujú odchýlky KL a EK v jednotlivých mesiacoch okolo celoročného priemeru. Zo získaných podkladov sú spracované súhrnné výsledky pre všetky oddiely semena v rámci každého pokusného variantu. Zhrnuté sú v tabuľke 2, kde sú uvedené mesiace, v ktorých sa vyskytli signifikantné sezónne výkyvy a tiež celoročné štatistické charakteristiky (priemery, smerodajné odchýlky a 95 % intervaly spoľahlivosti), podľa ktorých boli zhodnocované. Z ich posúdenia možno odvodiť nasledovné poznatky:

- Klíčivosť a energia klíčenia semena ihličnatých drevín sa navzájom líši v priemerných hodnotách, vo variabilite i v sezónnej kolísavosti počas roka a značne závisí aj od dĺžky uskladnenia semena.
- V skúšaných oddieloch malo najvyššiu klíčivosť čerstvé, resp. krátkodobo uskladnené semeno smreka (92%), nižšiu semeno borovice (75%) a najnižšiu semeno smrekovca (39%). Energia klíčenia bola voči klíčivosti v priemere 0,6 až 0,8 krát menšia. S dĺžkou skladovania obidva parametre systematicky poklesli, klíčivosť indexom 0,9 a energia klíčenia indexom 0,6 až 0,8.
- Variabilita klíčivosti resp. energie klíčenia jednotlivých oddielov semena sa pohybovala v rozpätí 3 až 14%, resp. 8 až 15%, najnižšia bola pri čerstvom semene smreka, najvyššia pri dlhodobo uskladnenom semene smreka a všeobecne u borovice. To sa prejavilo bezprostredne aj na veľkosti intervalu spoľahlivosti $\pm\Delta\bar{Y}$, ktorý kolíše od ± 2 až do $\pm 10\%$ a vymedzuje náhodné kolísanie mesačných hodnôt klíčivosti a energie klíčenia okolo celoročného priemeru a zároveň identifikuje aj systematické sezónne výkyvy vyskytujúce sa v jednotlivých mesiacoch počas roka.

Tab. 2. Údaje o klíčení semena počas roka (priemer \bar{Y} , smerodajná odchýlka $s(Y_m)$, kritická diferencia $\pm\Delta\bar{Y}$) a mesiace s výskytom systematických sezónnych výkyvov

Tab. 2. Angaben über den Keimungsablauf während des Jahres (Mittelwert \bar{Y} , Standard- abweichung $s(Y_m)$, kritische Differenz $\pm\Delta\bar{Y}$) und die Monate mit systematischen Seasonabweichungen

Semenó Samenart	Variant – Variante	Mesiace so syst. odchýlkami		\bar{Y}	$s(Y_m)$ rez.	$\pm\Delta\bar{Y}$
		Monate mit syst. Abweichung				
		(+)	(–)			
SM Fi	KL-KS	x	2, 3	92,4	2,7	1,9
	KL-DS	9, 11	2	80,6	8,5	4,0
	EK-KS	6, 9	7, 12	59,5	12,9	6,0
	EK-DS	6, 9	2, 12	34,3	16,9	7,9
SC Lä	KL-KS	5, 6, 7	1, 2, 12	38,9	8,6	6,1
	KL-DS	5, 6, 7, 8	1, 2, 12	34,6	7,3	5,2
	EK-KS	5, 6, 7	1, 2, 3	28,9	8,5	4,0
	EK-DS	5, 6, 7, 8	1, 2	19,2	6,7	3,1
BO Ki	KL-KS	4	1, 7	75,1	13,9	9,9
	KL-SS	x	1, 7	70,9	13,2	8,4
	KL-DS	x	2	68,4	6,5	4,6
	EK-KS	x	1, 2	63,1	14,9	10,6
	EK-SS	5, 8	1, 2	54,4	13,3	8,4
	EK-DS	x	2	54,5	9,8	7,0

KL – Klíčivost' (Keimfähigkeit), EK – Energia klíčenia (Keimenergie), KS – Krátkodobo uskladnené semeno (Kurzfristige Samenlagerung), SS – Strednodobo uskladnené semeno (Mittelfristige Samenlagerung), DS – Dlhodobo uskladnené semeno (Langfristige Samenlagerung)

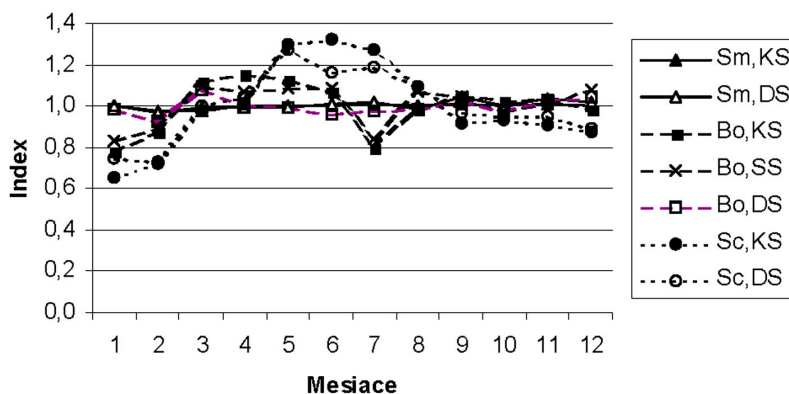
- Samotné sezónne kolísanie klíčivosti a energie klíčenia v priebehu roka sa v jednotlivých prípadoch prejavuje rozdielne, ale je dostatočne zákonité v tom, že štatisticky preukázané sezónne výkyvy sa sústreďujú iba v niektorých mesiacoch (ako to uvádza tabuľka 2). Vyplýva z nej, že najvýraznejšia sezónnosť v klíčení semena sa vyskytuje pri smrekovci (kladná v máji, júni, júli a auguste, záporná v januári, februári, prípadne aj v decembri a marci), a to rovnako v klíčivosti aj v energii klíčenia. Podobnú sezónnosť má aj semeno smreka, ale je menej výrazná a viac diferencovaná. Menšiu sezónnosť vykazuje semeno borovice, kde sa systematické výkyvy nevyskytujú vôbec, alebo iba v jednom až dvoch mesiacoch, a to rozdielne pri klíčivosti, energii klíčenia i dĺžke skladovania semena (kladné výkyvy sú premenlivé, ale záporné sa sústreďujú najčastejšie na január a február, resp. na január a júl).

4.2. Relatívna sezónna variabilita klíčenia

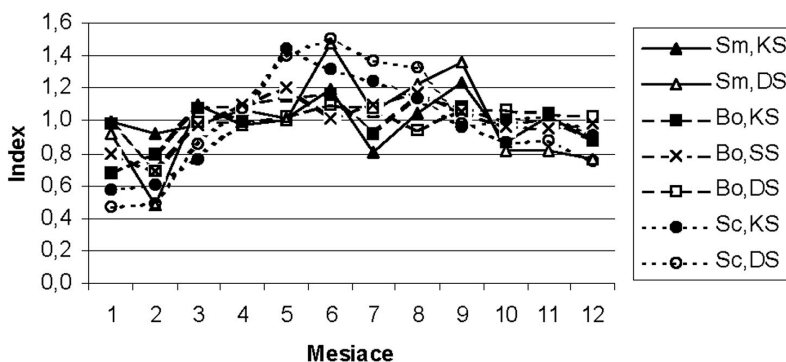
Relatívnu variabilitu klíčenia semena počas roka vyjadrujú sezónne indexy KL a EK tak, že svojou hodnotou napr. 1,05–1,15 – 0,95–0,85 priamo udávajú koľkokrát je KL a EK v jednotlivých mesiacoch relatívne väčšia alebo menšia ako celoročný priemer, ktorý sa rovná 1,00. To umožňuje veľmi dobre vzájomne porovnať sezónny priebeh klíčenia rôznych oddielov semena a celý proces zvýrazniť a zovšeobecniť. Názorne to dokumentujú grafy v obrázkoch 2a, b, c a číselné rady mesačných sezónnych indexov spolu s ich súbornými charakteristikami v tabuľke 3. Vyplýva z nich, že:

- Napriek individuálnym rozdielom v priebehu klíčenia rôznych oddielov semena, jeho relatívna sezónnosť skutočne existuje a je dosť podobná bez ohľadu na druh semena a dĺžku skladovania.
- Štatisticky signifikantné výkyvy sú v prvých dvoch mesiacoch roka, prípadne aj v decembri väčšinou záporné, v strede roka od mája do júla väčšinou kladné. Relatívna veľkosť výkyvov je všeobecne menšia pri klíčivosti a väčšia pri energii klíčenia. Dosahuje hodnoty v rozpätí 0,7 až 1,3 resp. 0,5 až 1,5. To znamená, že klíčivosť a energia klíčenia toho istého semena sa v jednotlivých mesiacoch od celoročného priemeru môže líšiť až o ± 20 –50 %. Výrazne závisí j od druhu semena, všeobecne sú výkyvy najmenšie pri smreku, väčšie pri borovici a najväčšie pri smrekovci.
- Prekvapujúce je, že relatívny sezónny priebeh klíčivosti a energie klíčenia je v širokom priemere takmer totožný.
- Konkrétnu veľkosť a zmysel (znamienko) systematických sezónnych výkyvov v jednotlivých mesiacoch počas roka pri jednotlivých druhoch semena a pri jeho rôzne dlhom skladovaní prezentujú hodnoty sezónnych indexov SI(m) a 95 % intervaly spoľahlivosti.

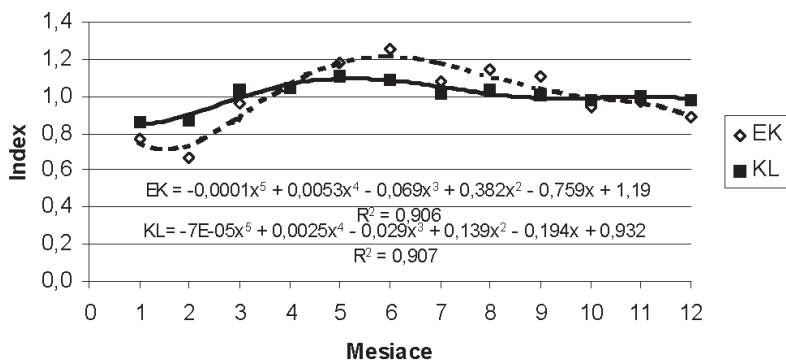
a) Klíčivosť - indexy SI(m)



b) Energia klíčenia - indexy SI(m)



c) Indexy EK a KL - celkový priemer



Obr. 2a, b, c Porovnanie priebehu sezónnych indexov klíčivosti a energie klíčenia počas roka medzi skúmanými ariantmi a ich celkový priemer

Abb. 2a, b, c Vergleich des Jahresablaufs von Säsonindexen der Keimfähigkeit (a) und Keimenergie (b) zwischen den untersuchten Varianten und der gesamte Durchschnitt (c)

Tab. 3. Mesačné sezónne indexy klíčivosti (KL) a energie klíčenia (EK) počas roka pre semeno smreka, smrekovca a borovice skladovaného krátkodobou (KS), strednodobou (SS) a dlhodobou (DS) spolu s celoročnými štatistickými charakteristikami (priemer \overline{SI} , smerodajná odchýlka $s(SI_m)$, kritická diferencia $\Delta\overline{SI}$ na 5 % hladine významnosti)

Tab. 3. Monatliche Seasonindexte der Keimfähigkeit (KL) und Keimenergie (EK) während eines Jahres für den Fichte, Lärche und Kiefer Samen gelagerten kurzfristig (KS), mittelfristig (SS) und langfristig (DS) zusammen mit ganzjährigen statistischen Charakteristiken (Mittelwert \overline{SI} , Standardabweichung $s(SI_m)$, kritische Differenz $\Delta\overline{SI}$ auf der 5 % Signifikanzniveau)

Hodnoty označené **hrubo** sa líšia od priemeru štatisticky významne – **Fette** Werte sind vom Mittel statistisch signifikant

Variant – Variante	Mesiac v roku – Monat (m) im Jahr												\overline{SI}	$s(SI_m)$	$\Delta\overline{SI}$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
S m r e k – F i c h t e																
KL-KS	1,00	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	0,028	0,014
KL-DS	1,00	0,96	0,99	0,99	0,99	1,01	1,02	0,98	1,04	1,00	1,04	1,02	1,00	1,00	0,054	0,025
EK-KS	0,99	0,92	0,97	1,06	1,01	1,19	0,81	1,05	1,24	0,86	1,03	0,87	1,00	1,00	0,234	0,109
EK-DS	0,92	0,48	1,10	0,97	1,01	1,47	1,06	1,22	1,36	0,82	0,81	0,77	1,00	1,00	0,505	0,236
S m r e k o v e c – L ä r c h e																
KL-KS	0,65	0,72	0,97	1,01	1,30	1,32	1,28	1,10	0,92	0,93	0,91	0,87	1,00	1,00	0,230	0,108
KL-DS	0,75	0,73	0,99	1,05	1,27	1,16	1,19	1,10	0,97	0,95	0,95	0,89	1,00	1,00	0,257	0,120
EK-KS	0,58	0,61	0,77	0,99	1,44	1,32	1,25	1,13	0,96	1,01	1,03	0,91	1,00	1,00	0,291	0,136
EK-DS	0,47	0,49	0,86	1,08	1,40	1,50	1,37	1,33	0,99	0,87	0,88	0,75	1,00	1,00	0,420	0,196
B o r o v i c a – K i e f e r																
KL-KS	0,78	0,87	1,12	1,15	1,13	1,07	0,79	0,98	1,05	1,02	1,03	0,98	1,00	1,00	0,214	0,153
KL-SS	0,83	0,89	1,09	1,07	1,08	1,09	0,84	1,07	1,04	0,97	1,01	1,08	1,00	1,00	0,189	0,121
KL-DS	0,98	0,92	1,07	1,01	0,99	0,96	0,98	0,98	1,02	0,98	1,03	1,04	1,00	1,00	0,106	0,074
EK-KS	0,68	0,79	1,08	1,09	1,15	1,16	0,92	1,14	1,09	0,99	1,01	0,89	1,00	1,00	0,283	0,202
EK-SS	0,79	0,70	0,97	1,09	1,21	1,01	1,10	1,19	1,05	0,96	0,95	0,99	1,00	1,00	0,292	0,185
EK-DS	0,98	0,69	0,99	0,99	1,03	1,09	1,08	0,94	1,06	1,06	1,04	1,03	1,00	1,00	0,251	0,180

5. MOŽNOSTI ZOHLADNENIA SEZÓNNEHO KOLÍSANIA KLÍČIVOSTI PRI LABORATÓRNEJ KONTROLE KVALITY SEMENA A V LESNÍCKEJ PRAXI

Ako sa ukázalo, sezónna kolisavosť v klíčení semena ihličnatých drevín skutočne existuje a naše zistenia celkom dobre korešpondujú s údajmi viacerých autorov. Z dostupnej literatúry možno spomenúť všeobecný názor SCHMIDTA (1930), že sezónnosť klíčenia je prirodzenou vlastnosťou dormantného semena, ako aj pokusy PROCHÁZKOVEJ (2002), ktorá pri semene borovice lesnej tiež potvrdila systematický pokles klíčivosti v mesiacoch júl a august a staršie pokusy REHAKOVEJ (1954), ktorá pri borovici a smrekovci zistila $\pm 5\%$ výkyvy vo viacerých mesiacoch. Určité rozdiely našich a zahraničných výsledkov v počte, veľkosti a čase sezónnych výkyvov spôsobili pravdepodobne odlišné metodické prístupy a rozsahy pokusov. Kým my sme zhodnocovali až 56 oddielov semena a sezónne výkyvy porovnávali voči celoročnému priemeru, zahraniční autori disponovali iba dvomi – tromi oddielmi semena a výkyvy posudzovali ako diferencie medzi jednotlivými mesiacmi. Existenciu sezónnosti v procese klíčenia nemožno ignorovať, lebo do značnej miery skresľuje výsledky laboratórnych skúšok klíčivosti a zapríčiňuje aj ďalšie dopady ekonomického a praktického charakteru. Problém odporúčame riešiť tromi spôsobmi:

- Laboratórnu kontrolu kvality semena realizovať iba v tých mesiacoch, kedy sa systematické sezónne odchýlky v ukazovateľoch klíčivosti nevyskytujú. Rozhodne nemožno súhlasiť s názorom MAMONOVA et al. (1986), aby sa kontrola robila v mesiacoch s maximálnou klíčivosťou.
- Ukazovatele klíčivosti zistené v mesiacoch, v ktorých možno očakávať systematické výkyvy, skorigovať prepočtom zistenej hodnoty Y_m na predpokladaný celoročný priemer pomocou príslušného sezónneho indexu \overline{SI}_m prevzatého z tabuľky 3, a to podľa nasledovného vzťahu

$$Y_{kor} = Y_m / \overline{SI}_m \quad (4)$$

- Korekciu ukazovateľov klíčivosti nevykonávať, ale systematický charakter možných odchýlok premietnuť do chyby zisteného výsledku $E\overline{Y}$ (pri 95 % spoľahlivosti), ktorá bude zákonite väčšia, a to v zmysle vzťahu (ŠMELKO 2007, kap. 1.3)

$$E\overline{Y} = \sqrt{\left(2 \frac{Y_m(100 - Y_m)}{n}\right)^2 + ((\overline{SI}_m - 1) \cdot Y_m)^2} \quad (5)$$

Vo vzorci prvý člen pod odmocninou vyjadruje očakávanú chybu určenia klíčivosti, resp. energie klíčenia Y_m na vzorke s počtom n semien za predpokladu, že systematické sezónne kolísanie neexistuje (ide o náhodnú zložku chyby). Druhý člen zohľadňuje existenciu sezónneho výkyvu, čiže tzv. „bias“, pričom za \overline{SI}_m sa môže použiť buď konkrétny sezónny index \overline{SI}_m v príslušnom mesiaci zisťovania, alebo všeobecnejšie bez ohľadu na konkrétny mesiac sa za výraz $(\overline{SI}_m - 1)$ (dosadí príslušná kritická diferenciacia $\Delta\overline{SI}$ z tabuľky 3.

Praktický dopad navrhnutých riešení priblíži jednoduchý príklad: Predpokladajme, že sa kontrolovalo dlhodobo skladované semeno smrekovca v mesiaci február a na vzorke $n = 4 \pm 100$ ks semena sa zistila klíčivosť $Y_2 = 50$ %. V tomto mesiaci sa podľa tab. 3 očakáva záporný sezónny výkyv – sezónny index $\overline{SI}_2 = 0,73$ a kritická diferencia $\Delta \bar{Y} = 0,12$. Keby sa existencia sezónnosti neakceptovala, chybu zistenej klíčivosti by predstavovala iba náhodná zložka – prvý člen vo výraze (5), t.j. $\pm 5,0$ %, čiže očakávalo by sa, že s 95 % istotou skutočná hodnota klíčivosti leží v intervale 50 ± 5 %. Pri uplatnení korekcie ad a) bude podľa (4) pravdepodobná typická (celoročná) klíčivosť $Y_{kor} = 50/0,73 = 68$ %, t.j. o 18 % väčšia a chyba jej určenia bude $\pm 4,7$ % (obsahuje iba náhodnú zložku, bez systematického „bias“). Pri uplatnení postupu ad b) sa pôvodne určená klíčivosť 50 % nezmení, ale jej chyba sa zvýši podľa (5) na $\pm 6,9$ % (obsahuje obidve zložky – náhodnú aj systematickú). Pre subjekt, ktorý si objednal kontrolu klíčivosti sa v prvom prípade oznámi nepravdivá informácia so zdanlivo vysokým stupňom presnosti, ale skutočnú klíčivosť podhodnotí – z toho sa odvinie na jednej strane nižšia predajná cena osiva, na druhej strane pri použití semena napr. v lesnej škôlke sa získa vyššia produkcia sadeníc. Objektívnejšou informáciou bude rozhodne výsledok podľa a), alebo aspoň zrealnenie presnosti výsledku podľa b).

6. SÚHRNNÉ ZÁVERY A ODPORÚČANIA

Zo zhodnotenia pokusného materiálu, ktorý svojim rozsahom niekoľkonásobne prevyšuje doterajšie pokusy v tejto problematike sa získali veľmi konkrétne a štatistickými testmi zovšeobecnené poznatky:

- Existenciu sezónnej kolísavosti procesu klíčenia možno považovať za dokázanú. Prejavuje sa tým, že v zimných mesiacoch je tak klíčivosť ako aj energia klíčenia systematicky nižšia a v letných mesiacoch vyššia ako celoročný priemer, a to zhruba rovnako pri semene smreka, smrekovca i borovice, pri semene čerstvom aj dlhodobejšie uskladnenom. Veľkosť sezónnych výkyvov dosahuje ± 30 až 50 % z celoročného priemeru, pri smreku je menšia, pri borovici väčšia a pri smrekovci najväčšia. Túto zákonitosť relatívne veľmi vhodne kvantifikujú sezónne indexy (vzorec 1 a 3, grafy 2a, b, c a tabuľka 3).
- Na elimináciu sezónneho kolísania klíčivosti vo výsledkoch laboratórnej kontroly lesného osiva sú navrhnuté tri možné riešenia: 1) skúšky klíčivosti sústrediť na mesiace, kedy sa sezónnosť nevyskytuje, 2) výsledok kontroly v konkrétnom mesiaci prepočítať na celoročný priemer (podľa vzťahu 4) a 3) systematické sezónne výkyvy premietnuť do chyby výsledku kontroly (podľa vzťahu 5).
- Zistené poznatky a návrhy na ich zohľadnenie môžu byť podkladom pre inováciu pravidiel ISTA, podľa ktorých sa vykonáva kontrola lesného osiva v celoeurópskom meradle.

Pod'akovanie

Problematika sa riešila v rámci vedeckého projektu VEGA č. 1/0516/09. K biometric-kému spracovaniu konzultáciami prispel prof. Ing. Š. Šmelko, DrSc.

LITERATÚRA

- DEBNÁROVÁ, G., ŠMELKOVÁ, L. (2007): Seasonal fluctuation of germination of a short-term and long-term stored seed of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) during a year. *Journal of forest science* 54, 2008, (9): 389–397.
- DEBNÁROVÁ, G., ŠMELKOVÁ, L. (2008): Sezónne kolísanie klíčenia krátkodobo a dlhodobo skladovaného semena borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) počas roka. *Lesnícky časopis* (v tlači).
- DEBNÁROVÁ, G., ŠMELKOVÁ, L. (2009): Úroveň a dynamika klíčenia smrekovca opadávého (*Larix decidua* Mill.) počas roka v závislosti od dĺžky uskladnenia semena. *Lesnícky časopis* (v tlači).
- MAMONOV, N.I., POGORELOVA, R.F., SPAROVA, A.A. (1986): Storing seeds of main tree species. *Agropromizdat, Moskow*, 77 s.
- ISTA (2006): *International rules for seed testing*. Zürich, 333 s.
- PROCHÁZKOVÁ, . (2002): Seasonal and chilling effect on germination of Norway spruce (L.) H. Karsten) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Proceedings IUFRO group 2.09.00: 126–132* (poster).
- REHAKOVA, O. (1954): Untersuchung über die jährlichen Verenderungen des Keimprozentes und Keimungsgeschwindigkeit von Föhren – und Lärchensamen. *Schw. Zeitschrift f. F.*, 105: 459–467.
- SCHMIDT, W. (1930): Die Spiegelung der Jahreszeit in der Samenaktivität. *Forschungen und Fortschritte*, 25: 325–326.
- ŠMELKO, Š. (1998): *Štatistické metódy v lesníctve*. Vydavateľstvo TU Zvolen, 276 s.
- ŠMELKO, Š. (2007): *Dendrometria*. Vydavateľstvo TU Zvolen, 401 s.
-

Adresa autorov:

Prof. Ing. Ľubica Šmelková, CSc.
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Mgr. Gabriela Debnárová
Národné lesnícke centrum Zvolen
Stredisko kontroly lesného reprodukčného materiálu
ul. Dr. Gašperíka
033 01 Liptovský Hrádok

VERALGEMEINERUNG DER ERKENTNISSE ÜBER DIE SEASONALE SCHWANKUNG DER KEIMUNG VON SAMEN DER NADELHOLZARTEN

Zusammenfassung

Die Problematik wird für die Samen der Fichte, Lärche und Kiefer gelöst. Als Grundlage dienen die Untersuchungen der Keimfähigkeit und Keimenergie während des Jahres an zahlreichen (864) Samenproben. Die Ergebnisse ist wie folgt zu resümieren:

- Die saisonale Schwankung im Keimprozess wirklich existiert. Sie äussert sich dadurch, dass sowohl die Keimfähigkeit als auch Keimenergie ist gegenüber dem ganzjährigen Durchschnitt in Wintermonaten niedriger und in Sommermonaten höher, und so ziemlich gleich bei kurz-mittel-und langfristig gestäuerten Samen. Relative Seasonabweichungen erreichen $\pm 30-50\%$, bei der Fichte sind kleiner, bei der Kiefer grösser und bei der Lärche am grössten. Diese Gesetzmässigkeit ist durch Seasonindexe zu quantifizieren (Formel 1 und 3, Abb. 2a, b, c und Tabelle 3).
- Für die Berücksichtigung von saisonalen Keim schwankungen in Ergebnissen der Laborsamenprüfung werden drei Vorschläge gegeben: a) Keimprüfung in den Monaten zu realisieren, wann die systematische Schwankungen nicht vorhanden sind, 2) das Prüfergebniss im konkreten Monat zum ganzjährigen Mittel umzurechnen (nach der Formel 4) und 3) die systematischen Seasonabweichungen in den Fehler des Prüfergebnisses zu integrieren (nach der Beziehung 5).
- Gewonnene Erkenntnisse und Vorschläge können als Unterlage für die Innovation der internationalen ISTA Samenprüfanweisung verwendet werden.

VYHODNOTENIE ADAPTABILITY A PREŽÍVANIA SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) NA VÝSKUMNEJ PLOCHE DÚBRAVICA – LEŠŤ

Ivana SARVAŠOVÁ – Iveta FERENCOVÁ

Sarvašová, I., Ferencová, I., : Vyhodnotenie adaptability a prežívania smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) na výskumnej ploche Dúbravica – Lešť, Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 39–48.

Práca uvádza výsledky testovania alginitu a Stockosorbu pri zalesňovaní smrekom obyčajným (*Picea abies* [L.] Karst.) na lokalite Dúbravica – Lešť. Po prvej vegetačnej dobe sa hodnotila ujetelnosť, v druhom a treťom roku po výsadbe prežívanie, každoročne: celková výška, jednorodný prírastok a hrúbka v koreňovom krčku.

Pri smreku sa dobre ujali a najlepšie prežívali sadenice, ku ktorým sa pri výsadbách pridával mletý alginit. Výškový rast v prvom roku neovplyvnil žiadny použitý prípravok, rozdiely medzi výberovými priemermi hrúbky koreňového krčka boli štatisticky významné. Všetky merané rozmerové veličiny sadeníc smreka obyčajného boli spôsobom ošetrovania ovplyvnené štatisticky významne.

Kľúčové slová: ujetelnosť, alginit, Stockosorb®, smrek obyčajný

PROBLEMATIKA

Zalesňovanie v jarnom období ohrozuje v súčasnosti čoraz viac nepriaznivých činiteľov, ku ktorým patria hlavne nepravidelné, výdatné a krátkotrvajúce zrážky, dlhšie obdobia sucha a následne pôdneho prísušku. V snahe zmeniť nepriaznivú situáciu pri ujímaní sadeníc a stratách pri zalesnení, sa mnohí autori zaoberali novými metodickými postupmi, ktoré by zlepšili kvalitu sadbového materiálu a pôdne prostredie drevín. Sorpčný komplex, biologická aktivita a pH niektorých lesných pôd sa antropogénnymi vplyvmi a vplyvom klimatických zmien mení do takej miery, že v nich nie je možné prežívanie sadeníc (TUČEKOVÁ, 2008).

V zelenej správe Ministerstva pôdohospodárstva SR (2008) sa uvádza predpokladaný nárast umelej obnovy lesa, s ohľadom na vysoký podiel ťažbových plôch (najmä z náhodných ťažieb). V prevažnej miere by malo byť zalesňované voľnokorennými a krytokorennými sadenicami a semenáčikmi (90 %). Po príprave pôdy na holinách sa počíta aj so zalesňovaním sejbou (10 %). Jednou z možností zalesňovania sejbou s dobrými

výsledkami je výsev do vegetačných buniek priamo na výsadbových plochách (TUČEKOVÁ, 2007). Poznatky iných autorov sú orientované na prípravky, ktoré sa pridávajú priamo pri výsadbe ku koreňovému systému sadeníc, napr. granulované hubové inokulum (REPÁČ, 2007), mletý alginit (BELÁČEK, 2003), hydroabsorbenty: Stockosorb® (SARVAŠ, 2003) a Agrisorb (MAUER (2007).

Prekonať obdobie sucha, zvýšiť ujatie sadeníc by mohli pôdne kondicionéry prírodného alebo umelého pôvodu. Cieľom našich výskumných plôch je vyhodnotenie a porovnanie vplyvu alginitu a Stockosorbu® na ujatie prežívanie a rast sadeníc smreka po zalesnení.

MATERIÁL A METODIKA

Pokusné výsadby smreka obyčajného boli založené v apríli 2006, v poraste 35 – B – 11, Dúbravica – Lešť, LS Vigľaš, OZ Kriváň (charakteristika v tab. 1). Pôvod sadeníc smreka obyčajného je 014 34 GL 012, vek sadeníc sú štyri roky (2 + 2).

Tabuľka 1 Charakteristika pokusnej plochy
Table 1 Characterization of experimental area

nadmorská výška ¹	expozícia ²	sklon ³	lesný typ ⁴	priemerná ročná teplota ⁵	priemerný ročný úhrn zrážok ⁶	pôdovorný substrát ⁷	pôdna jednotka ⁸
580–600 m. n. m.	JZ	20 %	33 06 100 % (Kysličková dubová bučina)	6–7 °C	700–800 mm	zvetraliny kremencov s výrazným zastúpením kremenného skeletu	modálne podzoly (kultizemé), litozeme a rankre

¹absolute altitude, ²conditioning, ³slope, ⁴forest type, ⁵annual temperature average, ⁶annual rainfall, ⁷bed rock, ⁸soil class

Sadenice boli vysádzané spôsobom jamkovej sadby v spone 1,6 × 2 m. Jednotlivé varianty tvoria: K – kontrola, bez prípravku, H – hydroabsorbent, pridanie 300 ml Stockosorbu® do výsadbovej jamky, A – alginit, pridanie 500 g mletého alginitu do výsadbovej jamky. Variant tvorí zvyčajne 30 sadeníc, každý variant je trikrát zopakovaný, na celkovej pokusnej ploche (15 × 100 m) sú rozmiestnené metódou znáhodnených blokov (tab. 2).

V októbri 2006, 2007, 2008 sa zisťovalo ujímanie a prežívanie sadeníc, výška nadzemnej časti sadeníc a dĺžka jednoročného prírastku (pomocou metra), hrúbka koreňového krčka (posuvným meradlom).

Výsledky meraní sa ďalej spracovávali matematicko-štatistickými metódami. Získaný materiál bol vyhodnotený jednofaktorovou analýzou variancie a Duncanovým testom rozdielov výberových priemerov variantov. Pri výpočte ujatia sadeníc sme započítavali každú sadenicu, ktorá bola živá (chýbal jej napr. jednoročný prírastok, alebo bola zhrzyená zverou, atď.). Do výpočtu analýzy variancie a následných testovaní sme zaradovali iba sadenice s kompletnými údajmi o pozorovaných znakoch.

Tabuľka 2 Plán výsadby pokusu na lokalite Dúbravica – Lešť

Table 2 Design of experimental planting on locality Dúbravica – Lešť

SMREK OBYČAJNÝ (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.)		
3. opakovanie	H3	30 ks ²
	A3	30 ks
	K3	30 ks
2. opakovanie	H2	30 ks
	K2	30 ks
	A2	30 ks
1. opakovanie ¹	H1	30 ks
	A1	30 ks
	K1	30 ks

¹repetition of variants, ²pieces

Tabuľka 3 Priemerné úhrny zrážok z meteorologických staníc Hrochoť a Mólča (zdroj: SHMÚ, Banská Bystrica)

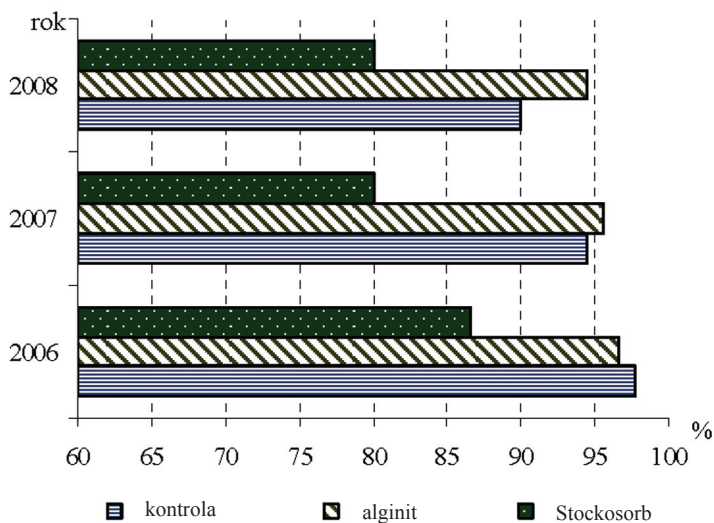
Table 3 Precipitation amount in particular months, weather station: Hrochoť and Mólča (origin: SHMÚ, Banská Bystrica)

meteorologická stanica ¹	mesiace ²	roky (zrážkové úhrny v mm) ³			dlhodobý priemer ⁴ (1999–2008)
		2006	2007	2008	
Hrochoť 652 m. n. m.	apríl (IV.)	74,5	0,1	46,3	51,5
	máj (V.)	117,1	124,1	78,5	80,4
	jún (VI.)	98,4	57,3	92,6	70,8
	júl (VII.)	16,1	38,3	147,4	112,2
	august (VIII.)	78,9	114,6	41,4	74,1
	september (IX.)	9,2	53,5	35,1	42,1
	∑ (IV.–IX.)	394,2	387,9	441,3	431,1
Mólča 459 m. n. m.	apríl (IV.)	52,1	0	47,7	50,8
	máj (V.)	112	138,9	65,7	70,5
	jún (VI.)	77,9	71,1	126,2	74,7
	júl (VII.)	24,6	29,7	143,9	106,2
	august (VIII.)	82,8	84,1	50,3	68,9
	september (IX.)	5,2	57,1	37,6	46,4
	∑ (IV.–IX.)	354,6	380,9	471,4	417,5

¹weather station, ²months, ³years (precipitation amount in mm), ⁴long term average

VÝSLEDKY

Najdôležitejšou pozorovanou charakteristikou po zalesnení bola uateľnosť sadeníc smreka obyčajného a ich následné prežívanie a rast v ďalších dvoch vegetačných obdobiach. Z celkového vysadeného množstva (90 ks) kontrolného variantu sa úspešne ujalo 88 ks (97,7 %), v roku 2007 sa počet jedincov znížil na 85 ks (94,4 %) a v roku 2008 sa na výskumnej ploche nachádzalo už len 81 (90 %) jedincov kontrolného variantu. Pri zisťovaní ujímavosti sadeníc s použitím hydroabsorbentu sa v prvom roku ujalo 78 sadeníc tohto variantu (takmer 87 %), v ďalších dvoch rokoch sa počet prežitých jedincov ustálil na 72 ks (80 %, obr. 1). Počas pozorovaní troch vegetačných období najlepšie výsledky v uateľnosti a prežívaní smreka obyčajného na výsadbovej ploche boli dosiahnuté pri variante s prídavkom alginitu, kde sa v prvom roku ujalo 87 (takmer 97 %) sadeníc z celkového počtu vysadených 90 ks. V nasledujúcich dvoch vegetačných obdobiach (2007, 2008) sa počet jedincov znížil každý rok o jeden, takže na výskumnej ploche ich zostalo 85 ks (94,5 %).



Obr. 1 Percentuálne vyjadrenie ujatia a prežívania smreka obyčajného v jednotlivých rokoch

Fig. 1 Percentage expression of Norway spruce surviving in particular years

V tabuľke 4 sú uvedené výsledné údaje analýzy variancie pre skúmané rozmerové veličiny. Výsledky analýzy variancie a Duncanovho testu dokazujú, že v roku 2006 a 2007 sa pri výške nadzemnej časti, hrúbke koreňového krčka a dĺžke jednoročného prírastku sa potvrdil vplyv faktora ošetrenie, jedince variantu s prídavkom alginitu dosahujú najvyššie dĺžkové prírastky a hrúbky koreňového krčka. Zároveň je však nutné

podotknúť, že variant kontrolný a variant s prídavkom alginitu vytvárajú počas troch rokov pozorovaní homogénne skupiny v zisťovaných biometrických znakoch, čiže sa štatisticky preukázateľne od seba neodlišujú (tab. 5).

Tabuľka 4 Analýza variancie výšky nadzemnej časti (V), a hrúbky koreňového krčka (H), dĺžky jednoročného prírastku (D) testovaných jedincov smreka obyčajného

Table 4 Results of ANOVA for stem height (V), diameter of root crown (H), 1-year height increment (D) of tested Norway spruce individuals

rok ¹	veľičina ²	Test homogeneity rozptylu ³	Test účinku ošetrovania ⁴		SS	df	MS	P
		$F_{\text{tab}0,05(2,2)} = 19,00$	$F_{\text{tab}0,05(2,245)} = 3,0355$					
			$F_{\text{tab}0,05(2,239)} = 3,0361$					
			$F_{\text{tab}0,05(2,232)} = 3,0368$					
2006	V	$F_{(A/K)} = 0,891$	8,883	ošetrovanie	679,0	2	339,5	0,000189
				reziduál	9363,8	245	38,2	
	H	$F_{(A/K)} = 0,987$	6,668	ošetrovanie	30,444	2	15,222	0,001515
				reziduál	559,329	245	2,283	
	D	$F_{(A/K)} = 1,788$	6,330	ošetrovanie	68,243	2	34,121	0,002088
				reziduál	1320,67	245	5,390	
2007	V	$F_{(A/K)} = 1,245$	5,356	ošetrovanie	1342,1	2	671,1	0,005304
				reziduál	29945,8	239	125,3	
	H	$F_{(A/K)} = 1,298$	5,152	ošetrovanie	54,07	2	27,03	0,006449
				reziduál	1254,17	239	5,25	
	D	$F_{(A/K)} = 1,708$	0,366	ošetrovanie	37,65	2	18,82	0,693899
				reziduál	12293,18	239	51,44	
2008	V	$F_{(A/K)} = 0,957$	6,399	ošetrovanie	4531	2	2265	0,001972
				reziduál	82137	232	354	
	H	$F_{(A/K)} = 0,896$	7,017	ošetrovanie	155,62	2	77,81	0,00110
				reziduál	2572,7	232	11,09	
	D	$F_{(A/K)} = 1,347$	3,394	ošetrovanie	610,1	2	305,0	0,03527
				reziduál	20850,9	232	89,9	

* SS – suma štvorcov odchýlok, df – stupne voľnosti medzi úrovňami faktora, MS – rozptyl medzi úrovňami faktora, F – F testovacie kritérium, p – level – hladina významnosti $\alpha = 0,05$

* SS – Sum of squares, df – degree of freedom, MS – MS Effect, F – values of F-test, p – level, SS Error, df Error, MS Error stem height,

¹year, ²value, ³homogeneity variance test, ⁴treatment effect test

Výberové priemery skúmaných rozmerových veličín jedincov pestovaných s prídavkom Stockosorbu® nedosiahli priemerné hodnoty kontrolného variantu (tab. 5), počas celých troch rokov zaostávajú vo výškovom raste a v hrúbke koreňového krčka, vytvárajú samostatnú skupinu, odlišnú od ostatných pestovaných variantov. Aj keď si uvedomujeme, že Duncanov test nepotvrdil štatisticky významný vplyv alginitu voči kontrole, výberové priemery rastových ukazovateľov počas prvých dvoch rokov pestovania s prídavkom alginitu boli najvyššie. Vo vegetačnom období roku 2008 dochádza k výmene, priemerne najvyššie jedince s najhrubším koreňovým krčkom smreka obyčajného boli zaznamenané na kontrolnom variante.

Tabuľka 5 Priemerné hodnoty rastových ukazovateľov smreka obyčajného na lokalite Dúbravica – Lešť
Table 5 Average value Norway spruce growth characteristics on locality Dúbravica – Lešť

rok ¹	variant ²	výška nadzemnej časti (V/cm) ³		hrúbka koreň. krčka (H/mm) ⁴		jednoročný prírastok (D/cm) ⁵	
		\bar{x}	$s_x\%$	\bar{x}	$s_x\%$	\bar{x}	$s_x\%$
2006	K	28,23 a	20,5	6,25 a	20,23	5,98 a	31,92
	A	29,06 a	18,8	6,3 a	19,94	6,57 a	38,85
	H	25,12 b	24,07	5,52 b	22,85	5,27 b	37,84
2007	K	46,48 a	20,7	9,7 a	20,4	17,61 ns	38,6
	A	46,88 a	22,9	9,8 a	23	17,09 ns	41,3
	H	41,54 b	31,9	8,7 b	30	16,63 ns	44,6
2008	K	74,57 a	21,74	13,85 a	23,54	27,84 a	29,75
	A	73,2 a	24,66	13,3 a	22,86	26,23 ab	36,65
	H	64,41 b	27,42	11,87 b	27,24	23,83 b	36,58

¹year ²variant ³stem height, ⁴diameter of root crown ⁵1-year height increment

♦ Rozdiely pri variantoch s rovnakými písmenami nie sú štatisticky významné, ns nesignifikantný vplyv

♦ Different letters designate statistically significant difference, ns non-significant influence

Výšku nadzemnej časti a hrúbku v koreňovom krčku možno na tejto lokalite hodnotiť ako relatívne vyrovnané biometrické veličiny. Dokazujú to zistenia z údajov variability (s_x a $s_x\%$), ktoré zároveň dokumentujú vyššiu variabilitu hlavne pri jednoročnom prírastku jedincov smreka obyčajného. Potvrďuje to aj analýza variancie pre tento znak v roku 2007, kde vypočítaná hodnota F-testu neprekročila na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ tabuľkovú hodnotu, takže hodnotu výberového priemeru jednoročného prírastku za rok 2007, nemôžeme považovať za ovplyvnené ošetrením, ale iba náhodnými vplyvmi. Zaujímavým zistením pozorovaní a meraní jednoročného prírastku v roku 2008 je, že prírastok na variante so Stockosorbom® je síce najnižší, ale podľa štatistickej analýzy a hlavne výsledkov Duncanovho testu sa významne neodlišuje od jednoročného prírastku smreka obyčajného rastúceho s prídavkom alginitu.

DISKUSIA

V prvom a druhom roku po výsadbe bol najvyšší úhyn sadenic smreka obyčajného pri variante so Stockosorbom®. Podľa našich zistení nebol však spôsobený technologickou chybou pri zalesnení, ale žerom imág tvrdoňa smrekového (*Hylobius abietis*) a poškodením a následným odumretím koreňovej sústavy, ktoré spôsobil lykokaz sadenicový (*Hylaster cunicularius*). Meteorologické údaje poskytnuté pracoviskom SHMÚ v Banskej Bystrici ozrejmujú priebeh zrážkovej činnosti v danej oblasti (tab. 3). Z nich je možné vyčítať, že po zalesnení, resp. výsadbe pokusných variantov v apríli 2006 nasledoval zrážkovo nadpriemerný mesiac máj a zrážkovo podpriemerné mesiace júl a september 2006. Je možné predpokladať, že pri zvýšenej májovej zrážkovej činnosti a tým zvýšenej pôdnej vlhkosti v okolí sadenic s prídavkom Stockosorbu®, sa práve tieto sadenice stali väčším lákadlom pre škodlivý hmyz, či nepriaznivý stav v oblasti koreňovej sústavy (nedostatočná prevzdušnosť, možná asfyxia koreňov a následné odumretie celej rastliny). Meteorologické dáta z danej oblasti tiež potvrdzujú náhodnosť, nevyrovnanosť a nerovnomernosť zrážok, dlhšie obdobia sucha (napr. apríl 2007) oproti dlhodobému priemeru za posledných desať rokov. Tieto klimatické výkyvy určite tiež ovplyvnili rast skúmaných jedincov, ale podľa našich pozorovaní a meraní sa na úbytku všetkých sadenic a tiež ich biomasy v rokoch 2007 a 2008 najviac podieľal ohryz zverou, či úplné zhryzenie alebo vyžatie mladého jedinca (na značených jedincoch smreka obyčajného boli nájdené len koreňové krčky).

Najlepšie výsledky v adaptabilite smrekových sadenic boli dosiahnuté pri variante s prídavkom alginitu, kde v prvom a následných rokoch, preživalo najviac jedincov (2006 97 %, 2007 96 % a 2008 95 %). Rozdiely v ujatosti a prežívaní kontrolných sadenic smreka a sadenic vysadených s prídavkom alginitu nie sú však až také markantné, v prvom roku po výsadbe predčil kontrolný variant v početnosti variant s prídavkom alginitu približne o 1 %, v treťom roku, pri konečnom hodnotení kontrolný variant však už zaostával o 5 % (obr. 1). Z uvedeného je zrejmé, že alginit má mierny pozitívny účinok na ujatie a prežívanie sadenic smreka. Podľa našich pozorovaní aj ostatných (mimopokusných) zalesňovaných plôch v danej lokalite rozhodujúci vplyv na ujatie sadenic má kvalita zalesňovacích prác.

Veľmi dobré výsledky s testovaním hydroabsorbentu Agrisorb udáva MAUER (2007), ktorý špecificky upravoval rastové podmienky drevín po zalesnení. Opisuje deväť druhov ošetrovaní na zvýšenie ujatia sadenic po zalesnení s navodením umelého sucha s trvaním 3 a 4 týždne. Straty na zalesnení sa pri použití Agrisorbu pohybovali od 6–9 %, pri ostatných ošetrovaniach sa straty pohybovali od 21 % až 81 % (kontrola po štvortýždňovom prísušku).

V rozmerových veličinách pozorovaných počas trojročného obdobia sa nepotvrdili štatisticky významné rozdiely medzi rastom kontrolných sadenic a jedincov, kde sa do jamky pridával mletý alginit. V prvých dvoch vegetačných obdobiach boli vyššie prírastky v hrúbke, celkovej výške a v dĺžke jednoročného prírastku na variante s alginitom, v treťom roku mali v prirastaní najvyššie hodnoty jedince z kontrolného variantu. TUČEKOVÁ a kol. (2008) zistila, že pri zalesňovaní smrekovými sadenicami a použití Stockosorbu® pri

výsadbe do jamiek, nebol pozorovaný štatisticky významný rozdiel v rastových veličinách, okrem hrúbky koreňového krčka. Ďalej uvádza, že straty pri zalesňovaní s použitím Stockosorb® boli len o 2 % nižšie ako kontrola a tiež, že rastové parametre smrekových jedincov sa po treťom vegetačnom období vyrovnávajú.

Podobné výsledky udáva aj GILMAN (2004), ktorý pri zalesňovaní duba viržinského (*Quercus virginiana* Mill.) popisuje účinky piatich pôdnych kondicionérov (Terrasorb, Stockosorb a i.) v kombinácii s umelým závlahovým režimom a bez závlah. Štatisticky významné rozdiely v hmotnosti koreňov popisuje iba pri použití závlah, v prvých dvoch rokoch po vysadení neovplyvnili kondicionéry výškový rast drevín.

ZÁVER

Výsledky ujatia prežívania sadeníc smreka obyčajného po zalesnení dokumentujú mierny pozitívny vplyv alginitu na ujímanie a rast jeho nadzemnej časti. V dĺžke jednoročného výhonu, celkovej výške, či v hrúbke koreňového krčka nebol štatisticky potvrdený vplyv alginitu, takže kolísanie hodnôt aritmetických priemerov kontrolných jedincov a jedincov rastúcich s prídavkom alginitu počas trojročného obdobia môžeme považovať za náhodné. Pri jedincoch smreka rastúcich na výskumnej ploche sa signifikantne preukázal negatívny vplyv Stockosorb®. Alginit aj Stockosorb® však svojimi vlastnosťami ponúkajú širokú škálu využitia všade tam, kde hrozí deficit zrážok. Ich využitie je nutné naďalej overovať hlavne kvôli čoraz častejšej nevyrovnanej zrážkovej bilancii v jarných a letných mesiacoch v lesných ekosystémoch Slovenska.

LITERATÚRA

- ANONYMOUS (2008): Zelená správa Ministerstva pôdohospodárstva SR, 170 s.
- BELÁČEK, B., 2003: Alginit: podpora pri ochrane aj pred suchom, *Les* č. 9, Ministerstvo pôdohospodárstva SR, s. 13–14.
- GILMAN, F.E., 2004: Effect of amendments, soil additives, and irrigation on tree survival and growth, *Journal of Arboriculture*, **30** (5), 301–310.
- MAUER, O., 2007: Možnosti ochrany lesných kultúr v období prísušku, *In*: Sarvaš, M., Sušková, M., *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*, 145–149.
- REPÁČ, I. 2007: Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates, *Forestry*, **80** (5), 517–530.
- SARVAŠ, M., 2003: Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings and a possibility of using hydrogel STOCKOSORB® for its protection. *Journal of forest science*, **49**, (11), 531–536.
- TUČEKOVÁ, A., 2007: Umelá obnova kalamitných holín sejbou do „vegetačných buniek“, *In*: Sarvaš, M., Sušková, M., *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*, 116–122.
- TUČEKOVÁ, A., 2008: Prihnojovanie umelých výsadičiek na kalamitných holinách, *In*: Sarvaš, M., Sušková, M., *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*, 57–64.
- TUČEKOVÁ, A., HALÁK, A., SLAMKA, M., 2008: Hydrogely v umelej obnove lesa, Hydro-gels in artificial forest regeneration, *Lesnícky časopis – Forestry journal*, **54** (4), 347–369.
-

Pod'akovanie

Vyslovujeme pod'akovanie pánovi Ing. Borsányimu (SHMÚ, Banská Bystrica) za poskytnutie meteorologických údajov z blízkych meteorologických staníc. Príspevok vznikol v rámci riešenia výskumného grantu VEGA 1/0516/09.

Adresa autora:

Ing. Ivana Sarvašová, PhD.

Ing. Iveta Ferencová

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: isarvas@vsld.tuzvo.sk

The evaluation Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) adaptability and surviving on experimental area Dúbravica – Lešt'

Summary

Experiments presented in this paper were aimed to assess the effects of the alginite and Stockosorb on growth and development of 4 years old Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) plants after reforestation.

The soil conditioner alginite slightly positively influences the growth Norway spruce plants, influence of Stockosorb® was most negatively. The soil additives were applied to the every plant by dibbing: alginite (500 g), Stockosorb® (300 ml). The best result of height of aboveground part, 1-year increament and diameter of root crown was achieved by content of alginite in first two vegetation periods. The average values of the investigated growth characteristics of Norway spruce plants suggest worsened results with application of Stockosorb (Tab. 5). The results of one-way analysis of variance for the average values of all weight characteristic of Norway spruce plants was approved statistically differences for Stockosorb® treatment (Tab. 4), but application of alginite by dibbing caused tenuous positive differences in aid of alginite

The alginite and Stockosorb® belong to perspective preparations with good water-bearing capacity. The use of this hydrophilic soil amendments is advisable wherever threaten with rainfall and water deficit.

DRUHOVÉ SPEKTRUM PODKÔRNIKOV (COL.: SCOLYTIDAE) A ICH VÝZNAM PRE HORSKÉ SMREČINY NPR KOTLOV ŽĽAB – LÁTANÁ

Milan K O D R Í K

Kodrík, M.: Druhové spektrum podkôrníkov (Col.: Scolytidae) a ich význam pre horské smrečiny NPR Kotlov Žľab – Látaná. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 49–58.

Výskum početnosti a štruktúry kambiofágneho a xylofágneho hmyzu smreka na území národnej prírodnej rezervácie (NPR) Kotlov Žľab – Látaná. Výsledky boli porovnávané so zistenou štruktúrou publikovanou v 70-tych rokoch minulého storočia. Bolo zistených 21 druhov kambioxylofágov smreka. Konštatuje sa zmena štruktúry podkôrneho hmyzu. *Pityophthorus exculptus* Ratz. – typický pre pahorkatiny, bol výskumom indikovaný aj v horskej smrečine NPR Kotlov Žľab – Látaná v skupinách lesných typov *Sorbeto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum*.

Pre vývoj štruktúry smrečín v uvedenej oblasti možno považovať za významné len druhy, ktoré v sukcesii náletu na žijúce stromy nalietajú ako prvotné. Druhy, ktoré nalietajú na mŕtve časti živých stromov ako i na odumierajúce stromy sú z hľadiska formovania porastovej štruktúry indiferentné. Pre vývoj štruktúry porastov je potrebné brať do úvahy aj stupeň ich agresivity. Z tohto aspektu treba hodnotiť aj činnosť lykožrútov *Ips typographus* L. a *Ips amitinus* Eichh., ktorí následkom kalamity v susedných rozsiahlych porastoch NPR Kotlov Žľab sa prejavili ako deštruktívny činiteľ. Ak hodnotíme podkôrníkov z tohto aspektu významné sú nasledujúce druhy: *Pityophthorus exculptus* Ratz., *Pityophthorus pityographus* Ratz., *Polygraphus poligraphus* L., *Polygraphus subopacus* Thom., *Xylechinus pilosus* Ratz., *Xyloterus lineatus* Ol., *Phthorophloeus spinulosus* Rey., *Pityogenes chalcographus* L., *Dendroctonus micans* Kug.

Meniace sa ekologické podmienky významnou mierou vplývajú tak na kvalitatívnu ako aj na kvantitatívnu pestrosť ipidofauny a tým aj významnosť niektorých druhov.

Kľúčové slová: NPR Kotlov Žľab, kalamita, podkôrný hmyz, globálne zmeny klímy

ÚVOD A PROBLEMATIKA

NPR Kotlov Žľab patrí medzi najstaršie chránené územia na Orave. Územie bolo vyhlásené za chránené v roku 1926 (Novela MŠANO č. 143 547/33 je zo dňa 31. 12. 1933).

Rezervácia je v odborných kruhoch známa ako „Látaná“. Úpravou MK SSR č. 53/1984-32 zo dňa 30. 4. 1984 bola výmera rezervácie rozšírená z pôvodných 49,93 ha na 70,77 ha. Objektom ochrany je smrekový prírodný les. Aj keď rastie v značnej nadmorskej výške sú jeho produkčné pomery veľmi dobré, o čom svedčí priemerná zásoba pralesa. V roku 1968 – 628 m³, v roku 1978 – 644 m³, v roku 1988 – 619 m³. V nasledujúcom období zásoba klesla najmä v dôsledku činnosti podkôrníkov na 390 m³ (KÚTNIK 1998).

Neustále zhoršovanie zdravotného stavu lesných porastov a evidentné ďalšie zmeny prírodného prostredia boli významným impulzom pre vedeckovýskumnú sféru. Lokalitu NPR Kotlov Žľab dnes zaraďujeme medzi najrozsiahlejšie poškodené oblasti postihnuté imisno-hmyzími kalamitami na Slovensku.

Smrek je v strednej Európe hositeľskou drevinou pomerne veľkého počtu druhov podkôrníkov, ktorí podľa jednotlivých autorov značne kolíšu. BALACHOWSKY (1949) uvádza pre strednú Európu 35 druhov, KARPIŇSKI, STRAWIŇSKI (1948) na území Poľska 44 druhov, výhradne na smreku 26 druhov. PFEFFER (1932, 1950, 1955) 27 druhov, ale pre horské oblasti len 17 druhov viazaných na smrek. STOLINA (1969) uvádza 25 druhov, ktoré sa podieľajú na formovaní štruktúry prírodných lesov a zatrieduje ich podľa skupín lesných typov (ZLATNÍK 1955, 1959).

Pre vývoj štruktúry smrekových porastov sú významné tie druhy podkôrníkov, ktoré napádajú živé stojace stromy. Ostatné druhy, ktoré nalietavajú na smrek už pred tým obsadené podkôrníkmi, na chradnúce alebo už suché, sú považované za druhy indiferentné. Aj keď tieto hranice je pomerne ťažké zistiť, je možné ich na základe skutočného náletu vymedziť. Potrebne je hodnotiť ich agresivitu vzhľadom na porastotvorné činitele. Tu niektoré druhy podkôrníkov po preriedení porastov vetrom, námrazou môžu zmeniť svoju významnosť a tak aj z indiferentných druhov sa môžu stať druhy významné pre vývoj štruktúry smrekových porastov.

Meniace sa ekologické podmienky významnou mierou vplývajú tak na kvalitatívnu ako aj na kvantitatívnu pestrosť ipidofauny a tým aj významnosť určitých druhov. V minulosti ako významné druhy pôsobiace na štruktúru porastov popísal KOMÁREK (1924 in STOLINA 1969), ďalej PFEFFER (1932, 1950), SCHIMITSCHEK (1953) a posledne STOLINA (1969). Stolina pri posudzovaní vplyvu podkôrníkov na štruktúru lesných porastov už upozornil aj na určité odchýlky, hlavne pri posudzovaní druhov *Ips typographus* L. a *Pityogenes chalcographus* L. Posudzuje ich ako veľmi citlivé na zmenu charakteru zápoja porastov. Za určitých podmienok môžu v horských smrečinách vyvolať deštruktívnu činnosť (STOLINA 1969). Ďalej upozorňuje aj na prelet podkôrníkov z nižších polôh do vyšších. Na základe týchto skutočností je potrebné hodnotiť aj súčasný stav podkôrníkov, pretože od posledných výskumov a záverov zo 60-tych a 70-tych rokov minulého storočia v ekologicky meniacich sa podmienkach sa výrazne uplatňujú klimatické činitele. Z novších výskumov sú známe práce ZUMRA (1984), KNÍŽKA (2001), KULU a ZABECKÉHO (1997, 2002), ktorí podávajú prehľad kambioxylofágnej fauny smreka v gradačných oblastiach lykožrúta smrekového, v českých a poľských Beskydách. Ďalej sú to práce JAKUŠA (1995) o ipidofaune na Poľane, ZELENÉHO a DOLEŽALA (2004) o podkôrníkoch na Šumave a podobne aj Zahradníka (1999). Informáciu zo západnej časti poľských Beskyd uvádza GRODZKI (2004). Výskumu podmienok aktivizácie agresívnych druhov podkôrníkov v smrekových lesoch NPR Zadná Poľana sa venuje PAVLÍK a kol. (2004, 2005, 2006). Vplyv podkôrneho hmyzu na vývoj a štruktúru prírodných vrcholových smrečín na Poľane skúmal KODRÍK (2007). Vývoj sekundárnych škodcov na kalamitných plochách TANAP-u sleduje kolektív pracovníkov VS TANAP-u (FABIÁN et al. 2008). Otázky z problematiky entomopatogénov podkôrneho hmyzu sú skúmané v NLC vo Zvolene (ZÚBRÍK et al. 2008). V rámci výskumu podkôrneho hmyzu TANAPu prebieha aj výskum druhového

spektra parazitoidov a ich vplyv na agresívne druhy kambiofágneho hmyzu (VAKULA et al. 2008). Otázky možnosti obnovy smrečín atakovaných podkôrníkmi rieši JALOVIAR (2000). Odpoveď bylinnej synúzie na zmenené podmienky prostredia tatranských smrečín po kalamite sú uvedené v prácach KUKLA et al. (2003, 2004).

Z toho dôvodu sme sa pokúsili v smrečine NPR Kotlov Žľab – Látaná v skupine lesných typov *Sorbeto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum* zistiť druhovú prítomnosť jednotlivých podkôrníkov a ich vplyv na formovaní štruktúry týchto smrečín.

MATERIÁL A METÓDA

Národná prírodná rezervácia Kotlov Žľab – Látaná sa nachádza v doline Látaná v nadmorskej výške od 1230 do 1572 m n. m., na západne až juhozápadne orientovanom svahu, so sklonom 20–30°. Predstavuje relatívne zachovalý zvyšok smrekového pralesa siedmeho vegetačného stupňa (Vološčuk 1976). Výmera rezervácie je 77,77 ha, skupiny lesných typov *Sorbeto-Piceetum* (73 %), *Acereto Piceetum* (22 %) a *Fagetum abietino-piceosum* (7 %), priemerná ročná teplota 2,5–3,5 °C, priemerný ročný úhrn zrážok 1200–1500 mm, prevládajúci smer vetra je severozápadný až severný, geologický podklad: permské kremence, pegmatitová a aplitická žula, pôdny substrát: kambizeme, podzoly kyslé a rankre.

Za účelom výskumu sme vytvorili tranzekty tak, aby boli zachytené aj smreký rastúce na okraji porastov. Podrobne bolo v rokoch 2003–2007 každoročne vyhodnotených 25 smrekov, z toho 15 vývrátov a zlomov a 10 stojacich chradnúcich stromov. Pozorovali a vyhodnocovali sme jarň a letný nálet v druhej polovici leta, kedy dochádzalo aj k oneskorenému náletu druhu *Ips typographus* L. a *Ips amitinus* Eichh. Posudzovali sme požerky a ich hustotu. Vyhodnocovali sme aj počet odchytených imág. Pre kvantifikáciu druhov a ich početnosť sme zvolili metodiku podľa Stolínu (1969), ako aj zatriedenie podkôrníkov a ich kombináciu v určitých hrúbkových stupňoch na kmeni, vrcholcoch a vetvách.

Hodnoty merania: stromy s $d_{1,3}$ viac ako 25 cm, 15–25 cm a menej ako 15 cm. Osobitne sme vyhodnocovali jarň a letný nálet. Početnosť sme posudzovali nasledovne: zriedkavý výskyt (●), slabý výskyt s frekvenciou do 5 % ●, stredný výskyt s frekvenciou 6–15 % ●● a veľký výskyt s frekvenciou nad 15 % ●●●.

Pri určovaní ipidofany sme použili Kľúč požerkov podkôrníkov ako i druhov (PFEFFER 1955) a Atlas najvýznamnejších biotických škodcov na Slovensku (NOVOTNÝ et al. 2000).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zoznam zistených druhov podkôrníkov a xylofágov v smrekových prírodných lesoch NPR Kotlov žľab v skupine lesných typov *Sorbeto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum* je uvedený v Tabuľke 1.

Tab. 1 Prehľad zisteného podkôrneho a xylofágneho hmyzu s použitými skratkami a ich významnosťou
 Tab. 1 Survey of investigated bark and xylofagous beetles with their used abbreviations and significance

Názov	Skratka	Významnosť
<i>Cryphalus abietis</i>	<i>C. ab</i>	veľká
<i>Cryphalus saltuarius</i>	<i>C. sa</i>	veľká
<i>Crypturgus cinnereus</i> var. <i>suberibrosus</i>	<i>C. ci</i>	menšia
<i>Crypturgus hispidus</i>	<i>C. hi</i>	menšia
<i>Crypturgus pusillus</i>	<i>C. pu</i>	menšia
<i>Dendroctonus micans</i>	<i>D. mi</i>	veľká
<i>Dryocoetes autographus</i>	<i>D. au</i>	menšia
<i>Dryocoetes hectographus</i>	<i>D. he</i>	veľká
<i>Hylurgops glabratus</i>	<i>H. gl</i>	veľká
<i>Hylurgops palliatus</i>	<i>H. pa</i>	veľká
<i>Ips amitinus</i>	<i>I. am</i>	veľká
<i>Ips typographus</i>	<i>I. ty</i>	veľká
<i>Orthotomicus laricis</i>	<i>O. la</i>	menšia
<i>Phthorophloeus spinulosus</i>	<i>P. sp</i>	veľká
<i>Pityogenes chalcographus</i>	<i>P. ch</i>	menšia
<i>Pityophthorus exculptus</i>	<i>P. ex</i>	veľká
<i>Pityophthorus pityographus</i>	<i>P. pi</i>	veľká
<i>Polygraphus poligraphus</i>	<i>P. po</i>	veľká
<i>Polygraphus subopacus</i>	<i>P. su</i>	veľká
<i>Xylechinus pilosus</i>	<i>X. pi</i>	veľká
<i>Xyloterus lineatus</i>	<i>X. li</i>	veľká

Podľa Tabuľky 2 je možné výskyt podkôrníkov rozdeliť do troch skupín. V prvej skupine je ipidofauna, ktorá sa v predošliých rokoch, najmä pri vyhodnotení v 60. a 70. rokoch minulého storočia nevyskytla. V druhej skupine sú druhy, ktoré sa v určitých hrúbkových dimenziách vyskytli vo väčšom množstve so zvýšenou agresivitou. Tretiu skupinu tvoria tie druhy, ktorých výskyt ostal na predošlej úrovni alebo sa mierne znížil.

Do prvej skupiny treba zaradiť podkôrnika *Pityophthorus exculptus* Ratz., ktorý sa v minulosti v horských lesoch nevyskytoval. Podľa literárnych zdrojov (PFEFFER 1932, Stolina 1969) bola jeho prítomnosť zaznamenaná v nižších nadmorských výškach – v pahorkatinách do 800 m n. m. Tento druh sa vyskytoval pod kôrou živých stromov na uschýnajúcich spodných vetvách s $d_{1,3}$ 15–25 cm zvlášť na okrajoch porastov. PFEFFER (1932, 1955) ho zaradil medzi vzácné, ale v r. 1993 sa o ňom zmieňuje ako o trvalom členovi smrekových biocenóz, ktorý osídľuje prirodzene odumierajúce spodné vetvy, s výskytom aj v korunách zdravých stromov. Jeho výskyt bol indikovaný na spodných, už odumretých

vetvách živých smrekov. V rokoch s veľmi teplým letom v jeseni vytvoril aj druhú generáciu. podľa našich pozorovaní tento druh prišiel z nižších nadmorských výšok a vyskytoval sa na území NPR Kotlov žľab spolu s podkôrnikom *Phthorophloeus spinulosus* Rey.

Tab 2 Kombinácia druhov podkôrníkov v nálete na smrekové porasty NPR Kotlov žľab

Tab 2 Bark beetle attack combination on spruce forests of NPR Kotlov žľab

Priemer		nad 25 cm	15–25 cm	do 15 cm
Kmeň – časť	dolná	D. he ●●●	D. he ●●●	P. po ●●
		H. gl ●●●	H. pa ●●●	P. su ●●
		P. po ●●	P. po ●●●	X. pi ●●
		X. li ●●	O. la ●	D. he ●
		C. hi ●	X. li ●●	H. pa ●
		C. ci (●)	X. pi ●	O. la ●
		I. ty ●●	C. ci ●	P. ch ●
		O. la ●	C. hi ●	T. li ●
		C. pu (●)	H. gl ●	D. au ●
		D. au ●	I. ty ●●	
		D. mi ●●	P. ex ●●	
			P. su ●●	
		C. pu ●		
		I. am ●		
		D. mi ●	I. am ●●	P. pi ●●●
		I. am ●●	P. po ●●	P. su ●●●
		P. po ●	P. su ●●	P. ch ●●
		I. ty ●●	X. pi ●●	X. pi ●●
			P. ch ●	
	Vrcholec		D. mi (●)	P. pi ●●
		P. pi ●●	P. su ●	P. su ●●
		I. am ●	X. pi ●●	P. ch ●●
				X. pi ●●
Konáre		P. pi ●●●	P. pi ●●●	P. pi ●●●
		C. sa ●●	C. sa ●●	P. sp ●●
		P. sp ●●	P. sp ●●	P. ch ●
		C. ab ●	P. ex ●●	P. ex. ●●●

Legenda:

zriedkavý výskyt (●), slabý výskyt s frekvenciou do 5 % ●, stredný výskyt s frekvenciou 6–15 % ●●, veľký výskyt s frekvenciou nad 15 % ●●●.

Do tejto skupiny je potrebné zaradiť aj druh *Pityogenes chalcographus* L. aj keď len so zriedkavou frekvenciou na kmeňoch hrúbky s $d_{1,3} = 15\text{--}25$ cm, s častejším výskytom na konároch. Častejšie sa vyskytuje na miestach kde došlo k rozpojeniu zápoja porastu, resp. na okrajoch porastov. Z hľadiska frekvencie výskytu je menej významný.

Do druhej skupiny je možné zaradiť nasledujúce podkôrniky:

Pityophthorus pityographus Ratz. – larvy hľadajú pod kôrou najtenších a mladých vetvičiek, ale často aj vo vetvách hrubších a starších kmeňov aj v žrdovinách. Hromadný nálet bol zaznamenaný v máji. Nové imága sa liahli až na jeseň a prezimovali. Objavili sme aj prezimujúce vajíčka, larvy a kukly. Počas vegetačného obdobia sme zaznamenali dve rojenia, dokonca aj sesterskú generáciu.

Cryphalus abietis Ratz. – najčastejšie sa nachádzal vo vrcholových častiach kmeňov. Počas dlhého a teplého letného vegetačného obdobia sme zaznamenali 2 generácie, s prvým rojením koncom mája a druhým rojením koncom júla až začiatkom augusta. Aj tento podkôrník vytvoril sesterskú generáciu.

Cryphalus saltuarius Weise – vyvíja sa pod kôrou vetvičiek a najmä vo vrcholoch smreka. Potvrdil sa názor PFEFFERA (1993), že nenapáda zdravé, ale len odumierajúce stromy, najčastejšie v miestach praslenu na vrcholoch a kmeni smreka.

Polygraphus polygraphus L. – nalietaval na kmene už ustupujúcich stromov, obyčajne niekoľko rokov po sebe. Výskyt sme zaznamenali najmä na smrekoch stredných hrúbok s $d_{1,3}$ 18–22 cm v zatienených skupinách stromov od bázy kmeňa až po vrcholec. Napádal aj zdravé stromy. Súhlasím s tvrdením STOLINU (1982), že tento druh podkôrnika je prvým signálom prechodnej fázy nastupujúcej k rozpadu. Nálet sme spozorovali v máji a prví dospelci sa objavili v júli. Aj tu sme zaznamenali dve generácie. Mladé imága zakladajú druhú generáciu, ktorá prezimuje v štádiu lariev, kukiel, dokonca v štádiu nedospelých mladých imág. Nálet sme spozorovali aj na zdravých zatienených smrekoch.

Polygraphus subopacus Thom. – rojenie bolo koncom mája, najčastejšie pri stromovej hranici v hrúbkach 10–20 cm. Na rozdiel od predchádzajúcich podkôrníkov vytváral len jednu generáciu.

Xylechinus pilosus Ratz. – najčastejšie sa vyskytoval pod tenkou kôrou potlačených pomaly rastúcich horských smrekov. Prezimoval v štádiu larvy a v júli až auguste nasledujúceho roka sa liahli noví chrobáci.

Výskum jeho početnosti v porovnaní s rokom 1969 poukázal na jeho jednoznačný vzostup, pretože frontálny nárast jeho početnosti sme zaznamenali v celej horskej oblasti ŠPR Kotlov žľab. Zistili sme, že obsadzuje potlačené smrekky, kde svojou prítomnosťou sa výraznou mierou podieľa na odumieraní najstarších stromov. STOLINA (1969) a PFEFFER (1932) ho zaradili ešte ako indiferentný druh. Súčasné výskumy dokázali, že nalietava na stromy síce potlačené, ale ešte živé. Jeho agresivita je jednoznačne väčšia ako v minulosti. Z toho dôvodu je potrebné zaradiť ho medzi druhy, ktoré sa významne podieľajú na formovaní štruktúry horských smrečín ŠPR Kotlov žľab. Jeho výskyt podľa Tabuľky č. 2 vo vrcholoch s $d_{1,3} = 15\text{--}25$ cm bol jednak na kmeni, ale aj v konároch a dosahoval frekvenciu 6–15 %.

Hylurgops palliatus Gyll. – tiež patrí medzi druhy so zvýšenou frekvenciou výskytu, ktorý obsadzoval len konáre. Nikdy nenapádal zdravé smrekky a to ani pri premožení

(PFEFFER 1993). Tieto údaje sa potvrdili aj v Slovenskom Rudohorí. Pri hodnotení hojnosti výskytu väčšiu agresivitu zaznamenal aj *Dryocoetes hectographus* Reitt., ktorý je z hľadiska vplyvu na štruktúru smrečín indiferentný, je podkôrnikom s vysokou frekvenciou výskytu.

Okrem uvedených viac-menej ojedinelých druhov s malou frekvenciou výskytu je potrebné uviesť ešte nasledujúce druhy podkôrníkov: *Crypturgus hispidus* L., *Crypturgus cinnereus* (Herbst), ktoré mali nepatrnú osciláciu len s jednou generáciou v roku. Z toho dôvodu neznamenajú vážne nebezpečenstvo.

Do tretej skupiny je možné zaradiť nasledovné druhy: *Ips typographus* L., *Ips amitinus* Eichh., *Dendroctonus micans* Kug., *Xyloterus lineatus* Ol., *Hylurgops glabratus* Zett., *Orthotomicus laricis* Fab., *Dryocoetes autographus* Ratz., *Crypturgus cinnereus* var. *suberibrosus* Herb. *Crypturgus pusillus* Gyll. bol najčastejšie indikovaný pri požerokoch *Polygraphus poligraphus* L.

Podkôrníky tejto skupiny okrem druhov *Xyloterus lineatus* Ol., *Ips amitinus* Eichh. a *Dendroctonus micans* Kug. sa vyskytujú na potlačených smrekoch, ktoré postupne s pribúdajúcim vekom prirodzene odumierajú. Pretože majú nepatrnú osciláciu (len jednu generáciu v roku), vytvárajú charakteristické dielčie spoločenstvo (merocenózu), ktorá nemá autoreguláciu (PFEFFER 1993). Významnými indiferentnými druhmi ostávajú *Hylurgops glabratus* Zett. a *Dryocoetes autographus* Ratz. Osobitne je potrebné hodnotiť lykožrútov *Ips typographus* L. a *Ips amitinus* Eichh. Vo zvýšenom množstve sa vyskytujú na vývratkách, resp. námrazových polomoch. Svojou činnosťou v menšej miere prispievajú k postupnej deštrukcii okolitých stromov. K nim často pristupuje aj *Pityogenes chalcographus* L., *Pityophthorus pityographus* Ratz. Frekvencia výskytu *Ips amitinus* Eichh. tu nikdy nepresiahla 30 % celkového napadnutia.

Ips typographus L., *Ips amitinus* Eichh., *Pityogenes chalcographus* L. sa vo zvýšenej miere vyskytovali preto, lebo prileteli z kalamitnej oblasti okolitých porastov, kde našli vhodný materiál pre nálet

ZÁVER

V rezervácii NPR Kotlov žľab sme na smreku zistili 21 druhov kambioxylofágnych druhov hmyzu (*Coleoptera*). Pre vývoj štruktúry smrečín v uvedenej oblasti v skupinách lesných typov *Sorbeto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum* možno považovať za významné len druhy, ktoré v sukcesii náletu na žijúce stromy nalietať ako prvotné. Druhy, ktoré nalietať na mŕtve časti živých stromov, ako i na odumierajúce sú z hľadiska formovania porastovej štruktúry indiferentné. Pre vývoj štruktúry porastov je potrebné brať do úvahy aj stupeň ich agresivity (STOLINA 1969). Z tohto aspektu treba hodnotiť aj činnosť lykožrútov *Ips typographus* L. a *Ips amitinus* Eichh., ktorí sa následkom kalamity v susedných rozsiahlych porastoch NPR Kotlov Žľab prejavili ako deštrukčný činiteľ. Ak hodnotíme podkôrníkov z tohto aspektu významné sú nasledujúce druhy: *Pityophthorus exculptus* Ratz., *Pityophthorus pityographus* Ratz., *Polygraphus poligraphus* L., *Polygraphus subopacus* Thom., *Xylechinus pilosus* Ratz., *Xyloterus lineatus* Ol., *Phthorophloeus spinulosus* Rey., *Pityogenes chalcographus* L., *Dendroctonus micans* Kug.

Ako indiferentné hodnotím nasledujúce druhy: *Dryocoetes autographus* Ratz., *Dryocoetes hectographus* Reit., *Crypturgus pusillus* Gyll., *Crypturgus hispidus* L., *Crypturgus cinnereus* var. *suberibrosus* Herb., *Hylurgops glabratus* Zett., *Hylurgops palliatus* Gyll., *Orthotomicus laricis* (F.).

Na formovaní štruktúry smrečín NPR Kotlov žľab budú mať v budúcnosti veľký význam tie druhy podkôrníkov, ktoré v jednom vegetačnom období vytvoria dve generácie, prípadne aj sesterskú generáciu. Sú to: *Pityophthorus exculptus* Ratz., *Pityophthorus pityographus* Ratz., *Cryphalus abietis* Ratz., *Polygraphus poligraphus* L.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou VEGA v rámci grantového projektu „Disturbančné procesy pôsobiace na ekologickú stabilitu lesných ekosystémov a krajiny“ č. 1/4397/07.

LITERATÚRA

- BALACHOWSKY, A., 1949: Faune de France. Coléptères Scolytides. Paris.
- FABIÁN, P., FERENČÍK, J., FLEISCHER, P., SLIVINSKÝ, J., 2008: Vývoj sekundárnych škodcov na kalamitných plochách v TANAPe. In: (Kunca, A., Ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa, zborník referátov z medzinárodnej konferencie, NLC Zvolen, s. 62–66.
- FERIANC, O. (Ed.), 1975: Slovenské mená hmyzu. Veda, Bratislava, 308 s.
- GRODZKI, W., 2004: Zagrożenie górskich drzewostanów świekowych w zachodniej cześci Beskidów ze strony szkodników owadzi. Leśne prace badawcze, 2, s. 35–47.
- JAKUŠ, R., 1995: Bark beetle (Col., Scolytidae) communities and host and site factors on tree level in Norway spruce primeval natural forest. Journal of applied entomology (Germany), 119, č. 10, s. 643–651.
- JALOVIAR, P., 2000: Možnosti obnovy smrekových porastov pod silným imisným vplyvom v oblasti Oravských Beskýd. Zpravodaj Beskydy: Vliv imisi na lesy a lesní hospodářství Beskyd, 13, Ediční středisko MZLU v Brne, s. 133–138.
- KARPIŃSKI, J., 1948: Korniki ziem Polskich. Les bostryches de la Pologne. Lublin.
- KNIŽEK, M., 2001: Progradation of „small spruce bark beetles“. J. For. Sci., 47, Special Issue No. 2, s. 113–11.
- KODRÍK, M.: Vplyv podkôrneho hmyzu na vývoj a štruktúru prírodných vrcholových smrečín na Poľane. Acta Facultatis Forestalis, 49, 2007, p. 43–51.
- KUKLA, J., KOVÁČOVÁ, M., SCHIEBER, B., 2003: Bioparameters of selected herb species in High Tatra Mts. spruce ecosystems. In *Polish Journal of Ecology*, 51, 3, p. 369–376.
- KUKLA, J., KUKLOVÁ, M., SCHIEBER, B., 2004: Responses of some herbs to different ecological conditions in spruce ecosystems of the Bielowodská dolina valley. In *Ekológia* (Bratislava), 23, 3, p. 252–269.
- KULA, E., ZABECKI, W., 1997: Vliv sociálního postavení stromu na faunu kambioxylofágů smrku. Lesnictví – Forestry, 43, č. 6, s. 269–278.
- KULA, E., ZABECKI, W., 2002: Synuze kambioxylofágů smrku v závislosti na stupni odumření lýka. Beskydy, 15, s. 113–118.
- KÚTNIK, M., 1998: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Kotlov Žľab. Diplomová práca, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, 37 pp.
- NOVOTNÝ, J., ZÚBRIK, M. et al. (Eds.), 2004: Biotickí škodcovia lesov Slovenska. Polnochem, 206 s.
- PAVLÍK, Š., 2004: Podmienky aktivizácie agresívnych druhov podkôrníkovitých v smrekových lesoch NPR Zadná Poľana (Biosférická rezervácia Poľana). In: Sláviková, D., Pavlík, M. (Eds.): Trvalo udržateľné využívanie lesa v podmienkach prírodnej rezervácie, TU vo Zvolene, s. 114–119.
- PAVLÍK, Š., PAVLÍK, M., BÚTORA, L., 2005: Štádium rozpadu v prírodnom smrekovom lese v Národnej prírodnej rezervácii Zadná Poľana: procesy a zákonitosti. In: Sláviková, D. (Ed.): Biosférická rezervácia Poľana po pätnástich rokoch, ŠOP SR-S CHKO BR Poľana-TU vo Zvolene, s. 182–189.

- PAVLÍK, Š., 2006: Potenciálne možnosti premnoženia lykožrúta smrekového (*Ips typographus*) v NPR Zadná Poľana. In: Sláviková, D., Pavlík, M. (Eds.): Krajinnárstvo – ochrana prírody a lesa – ochrana a tvorba krajiny, TU vo Zvolene, s. 85–90.
- PFEFFER, A., 1932: Kúrovci ve Vysokých Tatrách. Lesnická práce, 11, s. 246–268.
- PFEFFER, A., 1950: Odumírání smrku v horských ochranných lesích. Lesnická práce, 28, s. 135–159.
- PFEFFER, A., 1955: Fauna ČSR-Kúrovci-Scolytoidea. Praha.
- PFEFFER, A., 1993: Kúrovci v prírodných rezerváciách. Lesnická práce, 72, č. 5, s. 150–151.
- SCHIMITSCHEK, E., 1953: Forstentomologische Studien im Urwald, Rotwald I. II. III. Zeitschr. f. angew. Entomol., roč. 34, s. 178–215, s. 513–542, roč. 35, s. 1–54.
- STOLINA, M., 1969: Vplyv Ipidofauny na vývoj štruktúry prírodných horských lesov v západných Karpatoch. Lesnícky časopis, 15, č. 1, s. 45–59.
- STOLINA, M., 1982: Odolnosť potenciál prírodných smrečín a jeho premeny. Lesníctví, 28, č. 11, s. 961–976.
- VAKULA, J., PAVLÍK, Š., GUBKA, A., 2008: Druhové spektrum parazitoidov a ich vplyv na populácie agresívnych druhov podkôrneho hmyzu v TANAPe tretí rok po vetrovej kalamite. In: (Kunca, A., Ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa, zborník referátov z medzinárodnej konferencie, NLC Zvolen, s. 83–88.
- VOLOŠČUK, J., 1976: Prírodné podmienk, štruktúra a produkcia lesov štátnej prírodnej rezervácie Kotlov Žľab. Československá ochrana prírody, s. 259–276.
- ZAHRADNÍK, P., 1999: Přemnožení lýkohuba matného. Lesnická práce, 78, č. 7, s. 324.
- ZELENÝ, J., DOLEŽAL, P., 2004: Kúrovcovití brouci (Scolytidae, Coleoptera) na smrku na Šumavě. In: Aktuality šumavského výzkumu II. s. 221–223.
- ZLATNÍK, A., 1955: Podstata a studium vzájemných vztahů v biocenose a jejím prostředí a vnějších vlivu na biocenosu a prostředí působících, se zvláštním zřetelem k lesu. In: Sbor Vysoké školy zeměd. a les. fakulty v Brně. Řada C, 1, s. 5–18.
- ZÚBRIK, M., KUNCA, A., NOVOTNÝ, J., VARÍNSKY, J., VAKULA, J., 2008: Entomopatogény podkôrneho hmyzu a možnosti ich použitia v biologickej ochrane lesa. In: (Kunca, A., Ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa, zborník referátov z medzinárodnej konferencie, NLC Zvolen, s. 67–76.
- ZLATNÍK, A., 1959: Přehľad stanovištných pomerov lesov Slovenska. Bratislava.
- ZUMR, V., 1980: Prostorové rozmístění v rozsahu kmene, rojení a letová aktivita hlavních druhu kůrovců na smrku ztepilém (*Picea excelsa* L.). Kandidátská disertační práce, Entomologický ústav ČSAV, s. 148.
- ZUMR, V., 1984: Prostorové rozmístění kůrovců (Coleoptera, Scolytidae) na smrku ztepilém (*Picea excelsa* Link.) a jejich indifferencie podle lesních vegetačních stupňů. Lesníctví, 30, č. 6, s. 509–522.
-

Adresa autora:

Doc. Ing. Milan Kodrík, CSc.
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta Technickej univerzity Zvolen
T. G. Masaryka 20
960 53 Zvolen

Species spectrum of bark beetles (Col.: Scolytidae) and their significance for mountain spruce forests in the National Natural Reserve Kotlov Žľab – Látaná

Summary

Altogether 20 bark insect species were detected on spruces in the National Nature Reserve Kotlov Žľab. In the given area, only the species primarily attacking live trees at the beginning of the damage succession can be considered to be important for development of the spruce forest stands belonging to *Sorbeto-Piceetum* and *Acereto-Piceetum* forest type groups. The insect species attacking dead tree parts or withering trees are indifferent from the aspect of the stand structure forming. The degree of aggressiveness (Stolina 1969) has to be taken into consideration when evaluate their impact on the stand structure forming. From the same aspect, activity of *Ips typographus* L. and *Ips amitinus* Eich. needs to be evaluated. When evaluate bark beetle species from the mentioned aspect, the important species are: *Pityophthorus exculptus* Ratz., *Pityophthorus pityographus* Ratz., *Polygraphus poligraphus* L., *Polygraphus subopacus* Thom., *Xylechinus pilosus* Ratz., *Xyloterus lineatus* Ol., *Phthorophloeus spinulosus* Rey., *Pityogenes chalcographus* L., and *Dendroctonus micans* Kug.

Only those bark species with two generations per vegetation season, or with also sister's generation, will play an important role in stand structure forming in the National Nature Reserve Kotlov Žľab. We consider the following species to be of great importance in the future: *Pityophthorus exculptus* Ratz., *Pityophthorus pityographus* Ratz., *Cryphalus abietis* Ratz. and *Polygraphus poligraphus* L.

DYNAMIKA ŠÍRENIA SA CHROBAČIAROV NAPADNUTÝCH LYKOŽRÚTMI V PRÍRODNEJ JAVOROVEJ SMREČINE V NPR ZADNÁ POĽANA

Štefan PAVLÍK

Pavlik, Š.: Dynamika šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami v prírodnej javorovej smrečine v NPR Zadná Poľana. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 59–74.

Na základe údajov o prírastku nových chrobačiarov napadnutých lykožrútom smrekovým (*Ips typographus*) na trvalej monitorovacej ploche v javorovej smrečine (*Acereto-Piceetum*) v NPR Zadná Poľana v rokoch 1995–2005 som sa pokúsil analyzovať dynamiku šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami v poraste. Na základe vytvoreného jednoduchého nelineárneho dynamického modelu som analyzoval správanie sa modelovaného systému v čase na základe trajektórií stavov systému vo zvolenom fázovom priestore s využitím princípov teórie chaosu. Z priebehu trajektórií vo fázovom priestore vyplýva, že prírastok chrobačiarov na sledovanej ploche vykazuje chaotický charakter s tendenciou cyklických fluktuácií, ktoré však nie sú pravidelné v zmysle periodických fluktuácií, pretože podliehajú chaotickým výkyvom s priemerne 3(–4) ročnou periódou cyklov a s priemerným prírastkom 13–14 chrobačiarov/ha/rok. Pri nízkej početnosti chrobačiarov v poraste (zhruba do 8/ha) je správanie systému chaotické v dôsledku existencie až 5 scenárov ďalšieho vývoja počtu chrobačiarov v poraste v ďalšom roku s nenulovou pravdepodobnosťou realizácie, a preto možnosti predikcie trajektórie vývoja systému sú v tomto prípade výrazne redukované. Pri vyššom počte chrobačiarov (zhruba nad 8/ha) bude vývoj počtu chrobačiarov v poraste v čase prebiehať v rámci cyklických fluktuácií s ďalším možným vývojom cez chaotické fluktuácie. V skutočnosti tak môžu nastať v priebehu dostatočne dlhého časového obdobia rozličné stavy modelovaného systému bez možnosti presnejšej predikcie. Vzhľadom na existenciu určitého imigračného potenciálu a nestabilitu modelovaného systému možno očakávať, že včasné odstránenie všetkých aktívnych chrobačiarov z porastu na sledovanej ploche v rámci sanitarnej ťažby by viedlo len k zhruba polovičnému zníženiu počtu chrobačiarov počas nasledovného obdobia (10 iterácií zodpovedajúcich 10 rokom) v porovnaní s prípadom, keby sa sanitárna ťažba nevykonala. Efekt sanitarnej ťažby je teda v takomto prípade nevýznamný a intervencia do systému v podobe sanitarnej ťažby nemá významný vplyv na ďalšie šírenie sa chrobačiarov v poraste.

Kľúčové slová: teória chaosu, lykožrút smrekový, *Ips typographus*, prírodná smrečina, *Picea abies*, dynamika, chrobačiare

1. ÚVOD

Zámerom tejto práce je dať čitateľovi základnú predstavu o druhu myslenia, ku ktorému sa podľa môjho názoru treba uchýliť, aby bolo možné hlbšie preniknúť do podstaty procesov odumierania smrekových porastov v dôsledku napadnutia lykožrútmami. Mojim hlavným cieľom je poskytnúť náčrt možností aplikácie teórie chaosu na riešenie

otázok súvisiacich s dynamikou šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami v porastoch. Pritom javy teórie chaosu sú dostatočne zvláštne na to, aby človek zahodil svoj „zdravý sedliacky rozum“, ak chce pochopiť, aké dôsledky vyplývajú z aplikácie teórie chaosu na dynamiku šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami v smrekových porastoch v porovnaní s tradičným stochastickým chápaním tohto problému, pretože v tomto správaní sa prírody narážame na množstvo zvláštností. Hoci budem opisovať, ako „príroda funguje“, čitateľ sa nedozvie, prečo funguje týmto spôsobom a aký mechanizmus vytvára takéto správanie. V skutočnosti nemáme žiadne dobré vysvetlenie, prečo sa príroda správa týmto zvláštnym spôsobom. Podstatné je to, či teória chaosu dáva alebo nedáva predpovede v súlade s pozorovanými skutočnosťami. O týchto problémoch ležiacich na rozhraní biológie, matematiky a filozofie sa stále vedú dlhé a často vášnivé diskusie. Práce väčšiny teoretikov sa čítajú dosť ťažko, pretože nové pohľady do vnútra problému prinášajú nový, nie ľahko zrozumiteľný matematický aparát a tiež nový jazyk vyjadrovania. Navyše ešte ani dnes neexistuje jednotný a všeobecne uznávaný názor na všetky diskutované otázky.

Viem, že niektoré z vecí, ktoré spomeniem, možno považovať za dobré odhady skutočnej situácie, iné za čiastočne vypracované hypotézy a iné za čisté špekulácie. Navyše možno to bude v mnohých detailoch nekompletné a nedostatočné podanie predmetnej problematiky. Jednako sa však pokúsím čitateľa presvedčiť, že teória chaosu môže poslúžiť pre popis systému smrek – lykožrút z hľadiska dynamiky šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami v smrekových porastoch. Možno by stačilo aj to, keby čitateľ nadobudol o veci aspoň určitý dojem.

2. NÁČRT PROBLEMATIKY

Jednou z hlavných myšlienok teórie chaosu je, že v skutočnosti sa nedá nič vyrátať s presnosťou vyššou ako je určitá hranica. V skutočnosti teóriou chaosu nie je možné ani vysvetliť všetky javy dynamiky šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami v smrečinách. Táto dynamika totiž zahrňuje také množstvo javov, že kvôli našim nedostatočným vedomostiam a schopnostiam je ťažké tejto zložitosti porozumieť. V takýchto situáciách je možné použiť teóriu chaosu len na približné vyčíslenie toho, čo by mohlo nastať. Máme teda určitú teóriu, o ktorej sa predpokladá, že je schopná vysvetliť určité, doteraz nedostatočne objasnené javy v dynamike šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami, ale nie je možné pomocou nej takmer nič presne vypočítať, pretože nie sme schopní zatiaľ prísť s vhodnou metódou výpočtu. Je to osobitná situácia vo vede, ale nie jediná – s podobnými problémami sa stretáva napr. kvantová mechanika vo fyzike. Napriek problémom s výpočtami však pomocou teórie chaosu môžeme porozumieť niektorým veciam v dynamike šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami v smrekových porastoch aspoň kvalitatívne. Napriek určitej úrovni chápania problému je však v aplikácii teórie chaosu na dynamiku šírenia sa chrobačiarov stále vidieť „švíky“, ktoré zatiaľ nie sú dostatočne uhladené na to, aby sa aplikácia stala „krajšou“.

Nech sa však akokoľvek usilujeme nájsť rozumnú teóriu, ktorá by vedela spätne vysvetliť pozorovanú dynamiku šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmami

v smrekových porastoch, nie sme schopní dostatočne presne predpovedať budúci vývoj. Filozofi vedy tvrdia, že ak za tých istých okolností (podmienok) dostaneme rozdielne výsledky, predpovede prestanú byť možné a veda sa zrúti (a skutočne tento prístup založený na teórii chaosu môže vyvolať množstvo filozofických otázok). Tu máme rovnaké okolnosti – podmienky môžu byť „identické“, ale „výsledky“ môžu byť rôzne, pretože v skutočnosti existuje mnoho spôsobov, ako sa môže daná situácia ďalej vyvíjať. A navyše sa často ukáže, že si príroda vždy nevyberá tie možnosti, ktoré považujeme na základe úrovne našich poznatkov za najpravdepodobnejšie.

Možné je aj to, že v prípade modelovania dynamiky šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútni v smrekových porastoch ide len o naše neúplné a nepresné vedomosti a naša predstava chaotického charakteru dynamiky šírenia sa je toho dôsledkom. V tomto prípade by teda v skutočnosti išlo o plne predpovedateľný systém, ak pochopíme všetky zákonitosti (inak majú naše predpovede len pravdepodobnostný charakter v zmysle stochastického modelovania). Môže však ísť aj o plne chaotický systém, keď aj napriek dokonalým vedomostiam o zákonitostiach dynamiky šírenia sa chrobačiarov a deterministickému matematickému aparátu sa systém správa chaoticky. V tomto prípade je správanie sa systému nepredpovedateľné v súlade s teóriou chaosu: systém je síce deterministický, ale nepredpovedateľný, a my by sme sa pokúšali predpovedať nepredpovedateľné.

Nachádzame sa v situácii, keď nemáme dobrý model na to, aby sme predpovedali priebeh ďalšieho šírenia sa chrobačiarov v poraste. V skutočnosti však uspokojujúco nepoznáme ani len mechanizmy pre predpoveď tak jednoduchej situácie, ako či pri danom stave dôjde k ďalšiemu zvýšeniu počtu chrobačiarov v poraste alebo k jeho zníženiu. Znamená to, že všetko sa redukuje iba na výpočet pravdepodobnosti toho, že určitá situácia nastane, pričom sa nedá predpovedať, čo sa presne stane. Navyše sa ukazuje, že naša predpoveď pravdepodobnosti nastania určitej situácie je správna len ako „celkový priemer“, pretože v skutočnosti môže nastať hocijaká možná situácia. Sme teda schopní predpovedať iba pravdepodobnosť toho, že určitá situácia nastane, bez toho, aby sme ponúkli dobrý model toho, ako k tomu v skutočnosti dôjde. Existuje tak mnoho spôsobov, ako by mohla daná situácia nastať s nezanedbateľnou pravdepodobnosťou. V praxi to znamená, že aj pri absolútne totožných východiskových podmienkach sa môže systém vyvíjať rôznym spôsobom, pričom počet prípadov, keď systém skončí po určitom čase v určitom stave, určuje určitú amplitúdu pravdepodobnosti nastania daného stavu. Ak je teda amplitúda pravdepodobnosti nastania stavu A dvakrát vyššia ako amplitúda pravdepodobnosti nastania stavu B, systém skončí v postupnosti mnohých opakovaní vývoja pri rovnakých východiskových podmienkach dvakrát častejšie v stave A ako v stave B, ale presnú postupnosť jednotlivých stavov systému v čase nie je možné predpovedať. To znamená, že systém sa môže v priestore a čase vyvíjať z toho istého východiskového stavu po ľubovoľnej trajektórii s približne rovnakou pravdepodobnosťou, čím sa možnosť predpovedať budúci vývoj šírenia sa chrobačiarov stáva nereálnou. Povedané všeobecnejšie, teória chaosu dokáže vypočítať len relatívne pravdepodobnosti nastania určitého javu, ale nie je schopná predpovedať, k akému špecifickému javu dôjde pri daných konkrétnych podmienkach. Pri každom jednotlivom pozorovaní sme tak zásadne neschopní

predpovedať, ktorá z možností nastane. Jediným východiskom z tejto situácie, ktoré nám teória chaosu poskytuje, je matematickou analýzou posúdiť, do akej miery je správanie daného systému chaotické, a na základe toho odhadnúť mieru predpovedateľnosti vývoja daného systému v čase.

Na základe mnohonásobného opakovania simulácie vývoja systému v čase je možné určiť amplitúdy pravdepodobnosti nastania jednotlivých možných stavov systému, ale len za predpokladu, že poznáme s dostatočnou presnosťou matematické správanie sa systému. Ak ho dostatočne presne nepoznáme, nie sme schopní s dostatočnou presnosťou určiť ani jednotlivé amplitúdy pravdepodobnosti. V skutočnosti často stojíme pred rovnicami, ktoré pochopiť či dokonca matematicky analyzovať je príliš ťažké. Dokonca aj určenie samotných rovníc môže byť veľmi ťažkou úlohou. V takomto prípade je východiskom riešiť tieto rovnice aspoň približne, resp. stanoviť aspoň ich približné verzie. Matematickým popisom však môžeme dynamiku šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútni analyzovať aspoň teoreticky na základe určitého modelu (keďže prakticky je to veľmi ťažké), a tak napriek našej neschopnosti detailne analyzovať vlastnosti systému dokážeme aspoň nahliadnuť do jeho vnútra. Ale aj napriek tomu je naše chápanie problému stále ešte príliš hrubé. Som však presvedčený o tom, že aj tento „model prírody“, ktorý sa principiálne líši od toho, čo sa v predpovedaní dynamiky šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútni v smrekových porastoch doteraz používalo, môže vysvetliť niektoré reálne pozorované javy v procese odumierania smrekových porastov napadnutých lykožrútni.

3. MATERIÁL A METODIKA

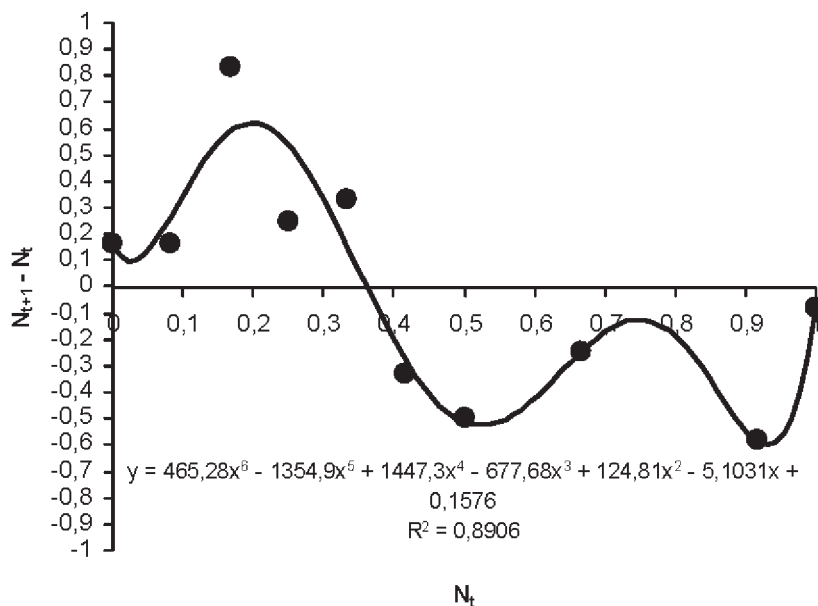
Procesy a zákonitosti rozpadu vrcholovej prírodnej smrečiny v NPR Zadná Poľana sa analyzovali v práci PAVLÍK a kol. (2005). Následne (PAVLÍK, 2007) som sa pokúsil aplikovať teóriu chaosu na dynamiku šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútnom smrekovým (*Ips typographus*) v podvrcholovej smrečine slt *Acereto-Piceetum* v masíve Zadnej Poľany (NPR Zadná Poľana, porast 526) na základe počtu smrekov napadnutých lykožrútni v r. 1995–2005 (v týchto rokoch boli na trvalej monitorovacej ploche s rozmermi 100 × 30 m situovanej na severne orientovanom svahu v nadmorskej výške 1250 m n. m. zistené nasledovné počty chrobačiarov: 0–2–12–11–4–8–5–1–3–6–0 – počet nových chrobačiarov sa v každom roku zisťoval v septembri až októbri podľa vizuálnych symptómov napadnutia: hrdzavenie až hnednutie koruny, opad ihličia, opad kôry z kmeňa, prítomnosť charakteristických požerkov na opadanej kôre) s využitím kvadratického polynómu 6. stupňa. Tento model však nevystihoval celkom presne pozorovanú dynamiku. Oveľa lepšie priblíženie k pozorovaným hodnotám sa získalo využitím diferenčnej rovnice

$$N_{t+1} - N_t = 465,28 * N_t^6 - 1354,9 * N_t^5 + 1447,3 * N_t^4 - 677,68 * N_t^3 + 124,81 * N_t^2 - 5,1031 * N_t + 0,1576 \quad (1)$$

kde N_t je počet chrobačiarov v roku t a N_{t+1} je počet chrobačiarov v nasledujúcom roku $t + 1$, pričom počet chrobačiarov v jednotlivých rokoch bol kvôli štandardizácii transformovaný podľa vzťahu $N_t / \max N_t$, kde hodnota $\max N_t$ je v danom prípade 12 (obr. 1, 2).

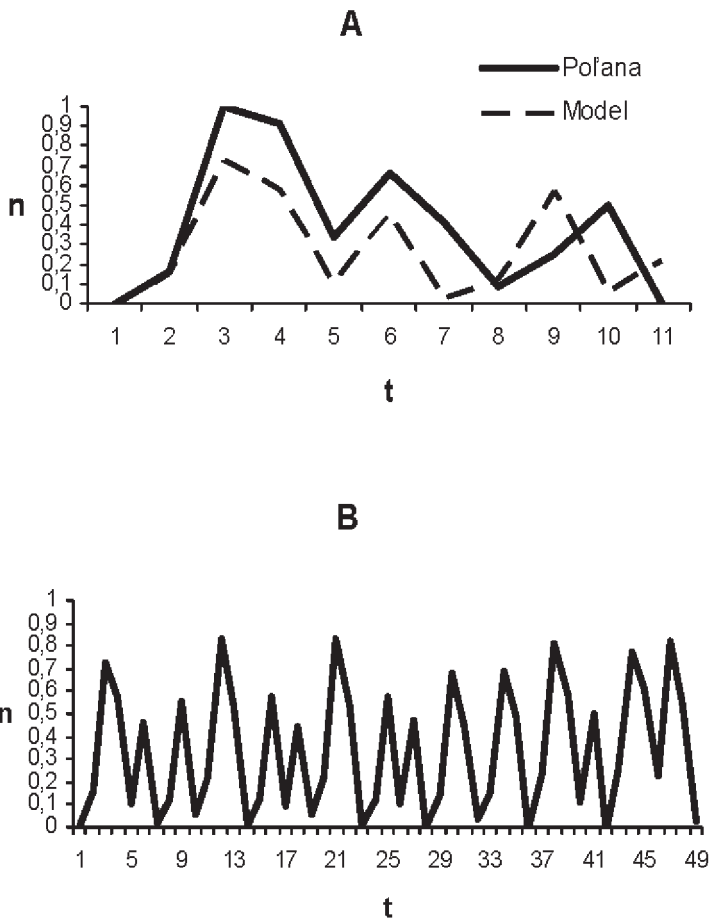
V oboch prípadoch išlo o využitie Taylorovho polynomickeho teorému, na základe ktorého je možné uspokojivo charakterizovať limitovaný populačný rast. Taylorov teorém hovorí, že akákoľvek rovnica $f(x)$ s jednou premennou x môže byť aproximovaná radou polynomických členov v tvare $a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$ (RICKLEFS, 1990). LOTKA (1925) zároveň poukázal na to, že akákoľvek rovnica opisujúca populačný prírastok v čase v závislosti od početnosti populácie N (tzn. $dN/dt = f(N)$) môže byť vyjadrená v tvare $dN/dt = a + bN + cN^2 + dN^3 + \dots$. V prípade, že $dN/dt = bN - cN^2$, potom môžeme túto rovnice pretransformovať na tvar $dN/dt = bN*(1 - [c/b]*N)$ a po substitúcii $b/c = K$ a $b = r$ (tzn. člen b predstavuje koeficient prírastku a b/c nosnú kapacitu prostredia) dostávame známu logistickú rovnicu rastu populácie $dN/dt = rN*(1 - N/K)$ (RICKLEFS, 1990), ktorou sa už v päťdesiatich rokoch zaoberali niektorí ekológovia. V sedemdesiatich rokoch správanie tejto rovnice podrobne analyzoval a opísal MAY (1974, 1976), pričom podobne ako ja aj on sa od analytických metód uchýlil k numerickým experimentom s rovnicou, ktoré mu mohli poskytnúť intuitívny obraz o správaní sa modelovaného systému s využitím princípov teórie chaosu (GLEICK, 1996).

Údaje z časového radu som analyzoval Ruelleovou–Takensovou metódou rekonštrukcie fázového priestoru (RUELLE, TAKENS, 1971) s využitím štatistického softwaru STATISTICA 7.0 a Microsoft Office Excel 2003.



Obr. 1 Závislosť prírastku počtu chrobačiarov v nasledujúcom roku ($N_{t+1} - N_t$) od počtu chrobačiarov v predchádzajúcom roku (N_t)

Fig. 1 Dependence of differences in the number of infested spruces in the following year ($N_{t+1} - N_t$) on the number of infested spruces in the previous year (N_t)



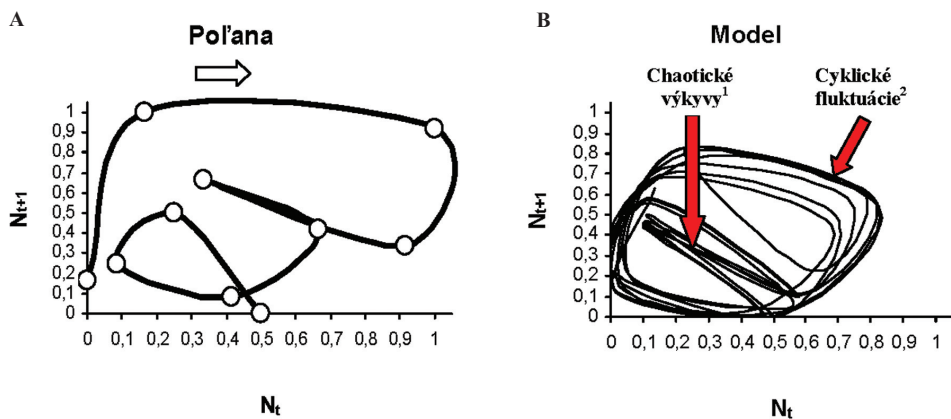
Obr. 2 Dynamika zmien v počte chrobačiarov n na sledovanej ploche (A) a správanie sa systému v čase podľa modelu (1) (B)

Fig. 2 Dynamics of changes in a number of infested spruces n within the monitoring plot (A) and behaviour of the system in time according to the model (1) (B)

4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

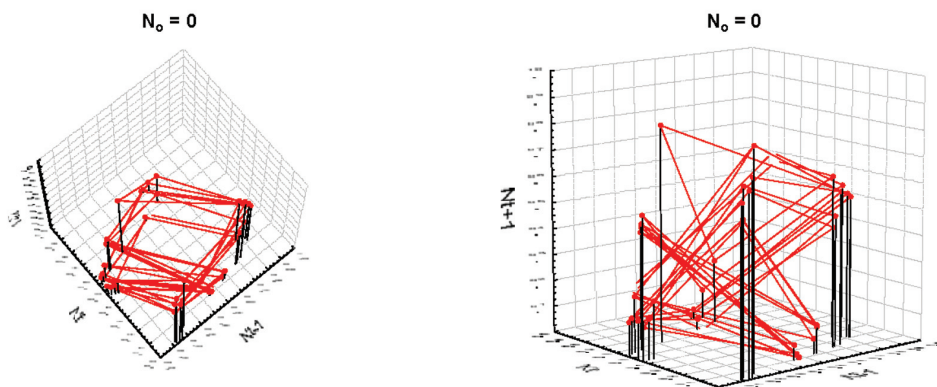
Trajektória stavov systému v skutočnosti na sledovanej ploche a podľa modelu (1) je znázornená na obr. 3. Trajektória stavov systému podľa modelu (1) vo fázovom priestore $N_{t-1} - N_t - N_{t+1}$ je znázornená na obr. 4. Z priebehu trajektórií v oboch fázových priestoroch vyplýva, že prírastok chrobačiarov na sledovanej ploche vykazuje chaotický charakter s tendenciou cyklických fluktuácií, ktoré však nie sú pravidelné v zmysle

periodických fluktuácií, pretože podliehajú chaotickým výkyvom s priemerne 3 (–4) ročnou periódou cyklov a s priemerným prírastkom 13–14 chrobačiarov/ha/rok (poz. aj obr. 2B).



Obr. 3 Trajektória stavov systému v skutočnosti na sledovanej ploche (A) a podľa modelu (1) pre $N_0 = 0$ po 50 iteráciách (B)

Fig. 3 System states trajectory at the monitoring plot (A) and according to the model (1) for $N_0 = 0$ after 50 iterations (B) (¹chaotic fluctuations, ²cyclic fluctuations)

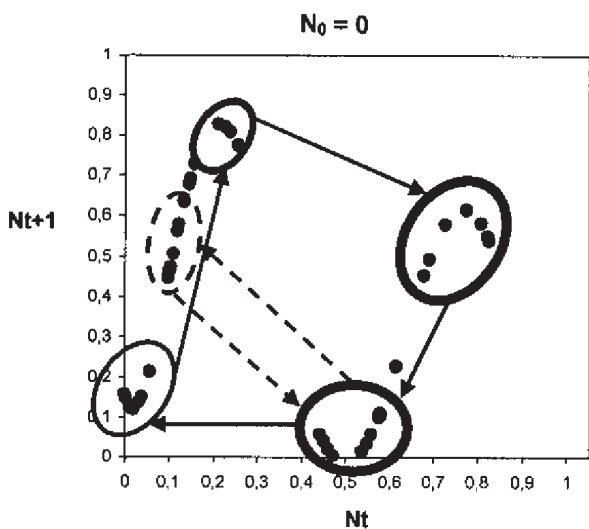


Obr. 4 Trajektória stavov systému podľa modelu (1) vo fázovom priestore $N_{t-1} - N_t - N_{t+1}$ pre $N_0 = 0$ po 50 iteráciách pri pohľade zvrchu a z boku

Fig. 4 System states trajectory according to the model (1) in the phase space $N_{t-1} - N_t - N_{t+1}$ for $N_0 = 0$ after 50 iterations – a view from above and from side

Poincarého rez fázovým priestorom na obr. 4 v rovine $N_t - N_{t+1}$ vytvára typický zvláštny atraktor (obr. 5). V rámci fázového priestoru tohto systému definovaného modelom (1) existujú v rámci cyklických fluktuácií počtu chrobačiarov štyri atraktory definované

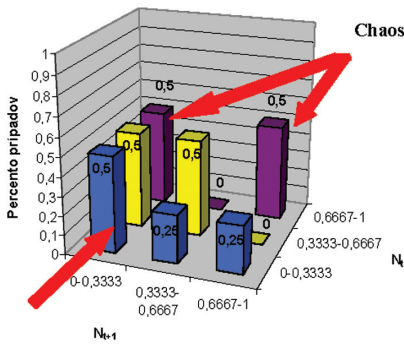
hodnotami $N_t \rightarrow N_{t+1}$ zhruba nasledovne: $(0,0-0,1) \rightarrow (0,1-0,2)$ (slabý atraktor predstavujúci skutočnosť, že pri nízkom počte chrobačiarov v poraste – do 3–4/ha – bude prírastok chrobačiarov malý, čo môže byť prejavom určitých rezistentných vlastností modelovaného systému), $(0,1-0,3) \rightarrow (0,7-0,9)$ (stredne silný atraktor predstavujúce skutočnosť, že pri zvýšení počtu chrobačiarov v poraste zhruba na 6–12/ha dochádza k prudkému nárastu počtu chrobačiarov, čo je prejavom destabilizácie modelovaného systému), $(0,7-0,9) \rightarrow (0,4-0,7)$ a $(0,4-0,6) \rightarrow (0,0-0,2)$ (silné atraktory predstavujúce skutočnosť, že pri vysokom počte chrobačiarov v poraste – zhruba nad 30/ha – dôjde k následnému postupnému poklesu počtu chrobačiarov v poraste až pod 8/ha, čo je prejavom resilientných vlastností modelovaného systému). Okrem cyklických fluktuácií počtu chrobačiarov v modelovanom systéme však existujú aj chaotické fluktuácie s jedným slabým atraktorom definovaným zhruba hodnotami $(0,1-0,2) \rightarrow (0,4-0,6)$, ktorý predstavuje skutočnosť, že aj pri relatívne malom počte chrobačiarov v poraste (zhruba 4–8/ha) môže dôjsť k výraznému nárastu počtu chrobačiarov v poraste (až na úroveň okolo 16–28/ha) a následnému poklesu na pôvodné počty (obr. 5, poz. aj obr. 3 a 4).



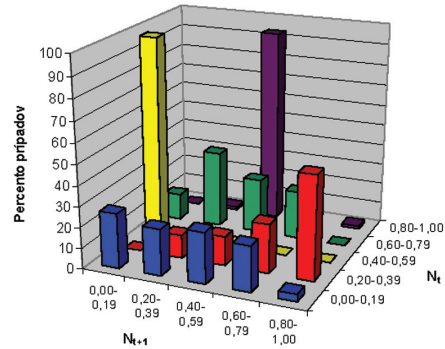
Obr. 5 Poincarého rez fázovým priestorom $N_{t-1} - N_t - N_{t+1}$ podľa modelu (1) v rovine $N_t - N_{t+1}$ pre $N_0 = 0$ po 50 iteráciách vytvára typický zvláštny atraktor (čierné body). Zóny atrakcie pre cyklické fluktuácie (ich trajektória je znázornená plnými šípkami) sú ohraničené plnými elipsami, pre chaotické fluktuácie prerušovanými elipsami (ich trajektória je znázornená prerušovanými šípkami). Hrúbka čiary ohraničujúcej danú zónu zodpovedá sile daného atraktora

Fig. 5 The Poincaré's section through the phase space $N_{t-1} - N_t - N_{t+1}$ according to the model (1) in the phase plane $N_t - N_{t+1}$ for $N_0 = 0$ after 50 iterations generated the typical strange attractor (black points). Zones of attraction for cyclic fluctuations (their trajectories are represented by solid arrows) are bordered by solid ellipses, those for chaotic fluctuations by dashed ones (their trajectories are represented by dashed arrows). Width of lines bordered particular zones corresponds with the strength of the attractor

A POLANA - trvalá monitorovacia plocha



B POLANA - model (1)

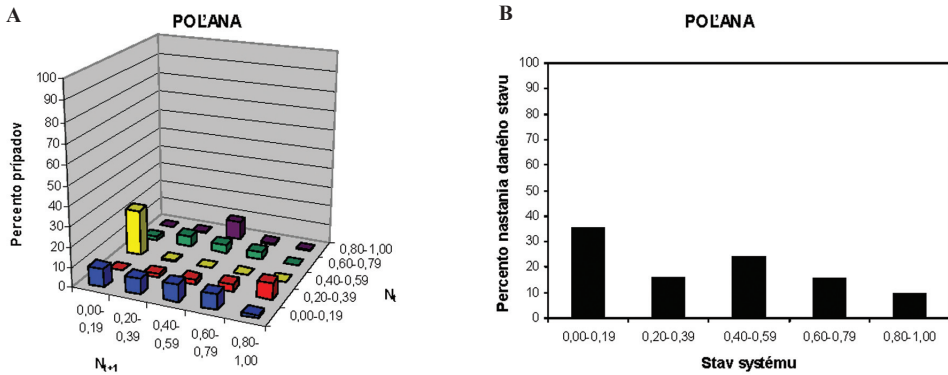


Obr. 6 Pravdepodobnosť prechodu systému v čase zo stavu N_t na stav N_{t+1} na sledovanej ploche (A) a podľa modelu (1) v rámci 50 iterácií pri rôznych počiatkových hodnotách N_t zodpovedajúcim počtu chrobačiarov 0–12 (B)

Fig. 6 Probability of transition of the system in time from a state N_t to the state N_{t+1} at the monitoring plot (A) and according to the model (1) during 50 iterations with different initial values N_t corresponding to a number of 0–12 infested spruces (B)

Na základe získaných údajov je možné orientačne stanoviť pravdepodobnosť prechodu systému zo stavu N_t na stav N_{t+1} v konkrétnych podmienkach sledovanej plochy a podľa modelu (1) (obr. 6). Z konkrétnych údajov zo sledovanej plochy vidieť (obr. 6A), že pri relatívne nízkom počte chrobačiarov v poraste (do 13/ha) je až 50 % pravdepodobnosť, že prírastok chrobačiarov sa v nasledujúcom roku nezvýši, čo je prejavom určitej rezistencie porastu zodpovedajúcej atraktoru $(0,0-0,1) \rightarrow (0,1-0,2)$ v rámci fázového priestoru systému definovaného modelom (1) z obr. 5. Na druhej strane však existuje 25 % pravdepodobnosť, že aj pri relatívne nízkom počte chrobačiarov v poraste môže dôjsť v nasledujúcom roku k výraznému zvýšeniu počtu chrobačiarov v poraste na úroveň 13–26/ha, resp. až 40/ha, čo je prejavom chaotického správania systému zodpovedajúcom atraktoru $(0,1-0,2) \rightarrow (0,4-0,6)$ v rámci fázového priestoru systému definovaného modelom (1) z obr. 5. V prípade relatívne nízkeho počtu chrobačiarov v poraste (do 13/ha) teda nie je možné na základe dostupných dát prognózovať ďalší vývoj počtu chrobačiarov v čase v dôsledku existencie viacerých alternatívnych scenárov ďalšieho vývoja s vysoko nenulovou pravdepodobnosťou realizácie a chaotického správania systému. Pri vysokom počte chrobačiarov v poraste (nad 26/ha) bude s 50 % pravdepodobnosťou prírastok chrobačiarov v poraste v ďalšom roku buď rovnako vysoký alebo počet chrobačiarov v poraste v ďalšom roku poklesne pod úroveň 13 chrobačiarov/ha. Takisto v tomto prípade nie je možné na základe dostupných dát prognózovať ďalší vývoj počtu chrobačiarov v poraste. Pri stredne vysokom počte chrobačiarov v poraste (zhruba 13–26/ha) možno na základe dostupných dát predpokladať, že počet chrobačiarov v poraste sa v ďalšom roku nezvýši, resp. sa zníži (obr. 6A).

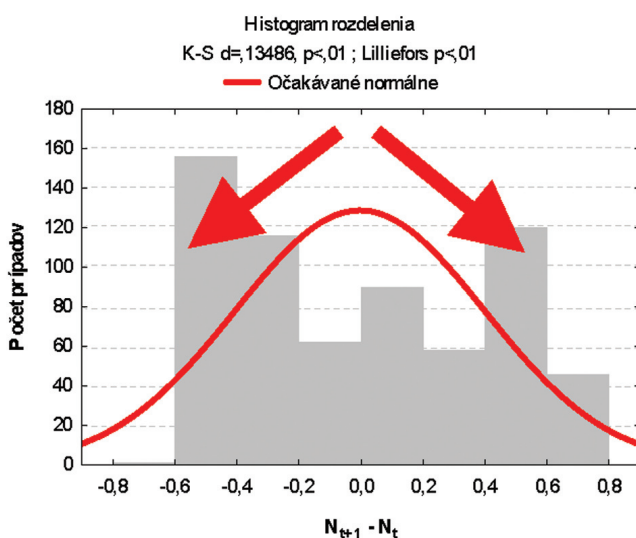
Z hľadiska pravdepodobnosti prechodov v čase v rámci systému definovanom modelom (1) je situácia čiastočne odlišná (obr. 6B), čo súvisí s existenciou zvláštneho atraktora v rámci fázového priestoru $N_t \rightarrow N_{t+1}$ tohto systému (obr. 5). Pri nízkej početnosti chrobačiarov v poraste (zhruba do 8/ha) je správanie systému chaotické v dôsledku existencie až 5 scenárov ďalšieho vývoja počtu chrobačiarov v poraste v ďalšom roku s nenulovou pravdepodobnosťou realizácie a s existenciou slabého atraktora $(0,0-0,1) \rightarrow (0,1-0,2)$ a stredne silného atraktora $(0,1-0,2) \rightarrow (0,7-0,9)$ v rámci fázového priestoru systému $N_t \rightarrow N_{t+1}$ definovaného modelom (1) z obr. 5, a preto možnosti predikcie trajektórie vývoja systému sú výrazne redukované. Pri vyššom počte chrobačiarov (zhruba nad 8/ha) bude vývoj počtu chrobačiarov v poraste v čase prebiehať zhruba po trajektórii $(0,2-0,4) \rightarrow (0,8-1,0) \rightarrow (0,4-0,6) \rightarrow (0,0-0,2)$ v rámci cyklických fluktuácií so stredne silným atraktorom $(0,1-0,3) \rightarrow (0,7-0,9)$ a dvomi silnými atraktormi $(0,7-0,9) \rightarrow (0,4-0,7)$ a $(0,4-0,6) \rightarrow (0,0-0,2)$ v rámci fázového priestoru systému $N_t \rightarrow N_{t+1}$ definovaného modelom (1) z obr. 5 a s ďalším možným vývojom cez chaotické fluktuácie po trajektórii $(0,0-0,2) \rightarrow (0,4-0,6) \rightarrow (0,0-0,2)$ s jedným slabým atraktorom $(0,1-0,2) \rightarrow (0,4-0,6)$. V skutočnosti môžu nastať v priebehu dostatočne dlhého časového obdobia rozličné stavy tohto modelovaného systému. Na obr. 7B je znázornené percento prípadov jednotlivých stavov systému v rámci 50 iterácií modelu (1) pri rôznych počiatkových hodnotách N_t zodpovedajúcim počtu chrobačiarov 0–12, pričom percentuálny podiel jednotlivých prechodov tohto systému je na obr. 7A.



Obr. 7 Percento prechodov systému zo stavu N_t do stavu N_{t+1} (A) a percentuálny podiel jednotlivých stavov systému (B) v rámci 50 iterácií modelu (1) pri rôznych počiatkových hodnotách N_t zodpovedajúcim počtu chrobačiarov 0–12

Fig. 7 Percentage of system transitions from a state N_t to a state N_{t+1} (A) and proportion of particular system states (B) during 50 iterations of the model (1) with different initial values N_t corresponding to a number of 0–12 infested spruces

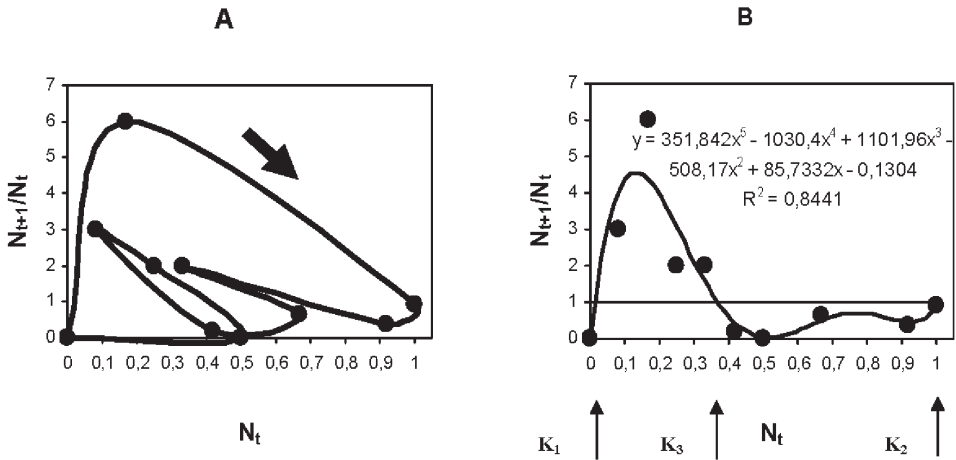
V každom prípade rozdelenie rozdielov $N_{t+1} - N_t$ v rámci 50 iterácií modelu (1) pri rôznych počiatočných hodnotách N_t zodpovedajúcim počtu chrobačiarov 0–12 nie je normálne (obr. 8). Oproti normálnemu rozdeleniu výrazne prevažujú väčšie zmeny N_t v čase ($N_t \pm 0,4-0,6$) nad malými zmenami ($N_t \pm 0,0-0,2$). Keďže pri stabilizovanom, rýchlo sa nemeniacom šírení sa chrobačiarov by mali prevažovať malé zmeny N_t v čase nad veľkými, prevaha veľkých zmien N_t nad malými v systéme modelovanom rovnicou (1) poukazuje na existenciu chaotického správania v tomto systéme. Zvýšenie, ale aj zníženie počtu chrobačiarov podlieha veľkým zmenám v krátkom čase – modelovaný systém sa správa chaoticky.



Obr. 8 Rozdelenie rozdielov $N_{t+1} - N_t$ v rámci 50 iterácií modelu (1) pri rôznych počiatočných hodnotách N_t zodpovedajúcim počtu chrobačiarov 0–12

Fig. 8 Distribution of differences $N_{t+1} - N_t$ during 50 iterations of the model (1) with different initial values N_t corresponding to a number of 0–12 infested spruces

Na obr. 9A je znázornená trajektória zmien koeficientu prírastku chrobačiarov N_{t+1}/N_t v závislosti od N_t na sledovanej ploche. Na základe charakteru závislosti N_{t+1}/N_t od N_t (obr. 9B) možno, vychádzajúc z poznatkov NEDOREZOVA, SADYKOVEJ (2008), konštatovať, že na skúmanej ploche dynamika šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútkami zodpovedá permanentným gradáciám s tendenciou stabilných limitných cyklov, ktoré však nie sú pravidelné v zmysle periodických oscilácií, ale podliehajú chaotickým výkyvom.

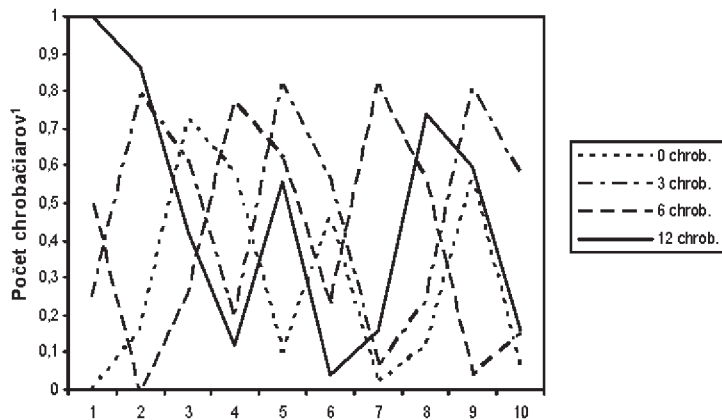


Obr. 9 Trajektória zmien koeficientu prírastku chrobačiarov N_{t+1}/N_t v závislosti od N_t na sledovanej ploche (A) a matematicko-grafické znázornenie tejto závislosti (B)

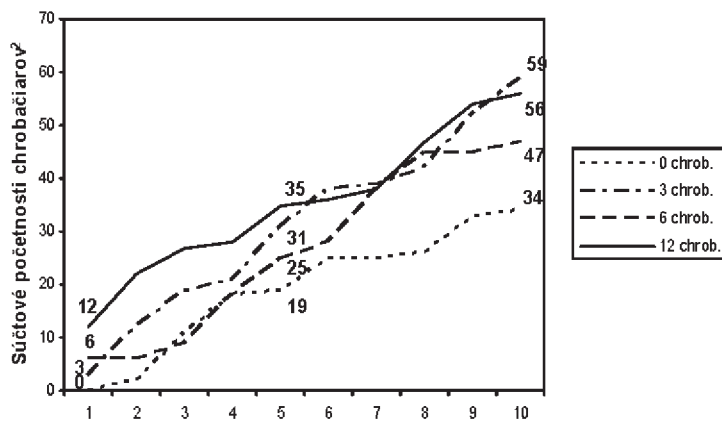
Fig. 9 Trajectory of changes in the coefficient of infested spruces increment N_{t+1}/N_t in dependence upon N_t at the monitoring plot (A) and the mathematico-graphic representation of this dependence

Z hľadiska lokálnej stability tohto systému (obr. 9B) možno, vychádzajúc z údajov BERRYMANA (1981) o multimodálnom vzťahu medzi rýchlosťou rastu na jedinca R a populačnou hustotou N (pozri schému v práci JAROŠÍK, 2005, s. 69), konštatovať, že v bodoch K_1 a K_2 má uvažovaný systém nestabilný prah (repelór). To znamená, že pri tomto kritickom počte chrobačiarov N_t zodpovedajúcom bodom K_1 a K_2 sa bude počet chrobačiarov následne postupne buď výrazne zväčšovať (ak počet chrobačiarov presiahne kritický počet chrobačiarov) a prírastok chrobačiarov dosiahne epidemickú úroveň (lykožrúty napadnú veľkú časť smrekov v poraste), alebo sa bude postupne výrazne znižovať (ak počet chrobačiarov nedosiahne kritický počet chrobačiarov) a prírastok chrobačiarov dosiahne endemickú úroveň (lykožrúty napadnú len najoslabenejšie smrekky v poraste). Naopak, pri počte chrobačiarov N_t zodpovedajúcom bodu K_3 dosahuje uvažovaný systém stabilizačný prah (atraktor), to znamená, že prírastok chrobačiarov sa bude postupne blížiť k hodnote N_t zodpovedajúcej bodu K_3 (ak počet chrobačiarov je väčší alebo menší ako počet chrobačiarov N_t zodpovedajúci bodu K_3), resp. sa nebude ani zväčšovať ani znižovať (ak počet chrobačiarov dosiahne stabilizačný prah N_t zodpovedajúci bodu K_3 , pretože potom $N_{t+1}/N_t = 1$ a teda $N_{t+1} = N_t$). Bod K_3 zodpovedajúci počtu 4–5 chrobačiarov na sledovanej ploche je tak tzv. sedlovým bodom modelovaného systému, ku ktorému systém, v prípade, že dosiahne stavy blízke tomuto sedlovému bodu, konverguje, čím predstavuje určitý stabilizačný prvok modelovaného systému.

A



B



Obr. 10 Simulácia vývoja počtu chrobačiarov na sledovanej ploche podľa modelu (1) pri ponechaní 12, 6, 3 a 0 chrobačiarov v poraste pri sanitárnom zásahu

Fig. 10 Simulation of the development of a number of infested spruces within the monitoring plot according to the model (1) leaving 12, 6, 3 and 0 infested spruces in a forest stand during sanitation felling (¹number of infested spruces, ²sumar number of infested spruces)

Z hľadiska opisu populačného rastu by mal byť člen polynómu (1) a nulový, pretože pri nulovej početnosti populácie je jej prírastok nulový. Na druhej strane môže pozitívny člen a predstavovať veľkosť imigrácie do populácie z okolia. V prípade modelu (1) sa $a = 0,1576$. Na základe toho môžeme usudzovať, že aj pri nulovom počte chrobačiarov v poraste ($N_t = 0$) môže dochádzať k vzniku nových chrobačiarov imigráciou lykožrútov z okolia. V konkrétnom prípade skúmanej plochy sa teda jedná o 1–2 nové chrobačiare ročne (3–7 nových chrobačiarov na ha) aj pri nulovom počte chrobačiarov v poraste. Vzhľadom na existenciu tohto imigračného potenciálu a nestabilitu modelovaného systému možno očakávať, že včasné odstránenie všetkých aktívnych chrobačiarov z porastu na sledovanej ploche v rámci sanitárnej ťažby by viedlo len k zhruba polovičnému zníženiu počtu chrobačiarov počas nasledovného obdobia (10 iterácií zodpovedajúcich 10 rokom) v porovnaní s prípadom, keby sa sanitárna ťažba nevykonala (obr. 10). Efekt sanitárnej ťažby je teda v takomto prípade nevýznamný a intervencia do systému v podobe sanitárnej ťažby nemá významný vplyv na ďalšie šírenie sa chrobačiarov v poraste. Dokonca v niektorých prípadoch odstránenie určitého počtu chrobačiarov v poraste môže následne viesť po určitom čase ešte k väčšiemu nárastu počtu chrobačiarov, čo vyplýva z chaotického správania sa modelovaného systému.

5. SÚHRN

Na základe údajov o prírastku nových chrobačiarov napadnutých lykožrútom smrekovým (*Ips typographus*) na trvalej monitorovacej ploche v javorovej smrečine (*Acereto-Piceetum*) v NPR Zadná Poľana v rokoch 1995–2005 som sa pokúsil analyzovať dynamiku šírenia sa chrobačiarov napadnutých lykožrútmí v poraste. Na základe vytvoreného jednoduchého nelineárneho dynamického modelu som analyzoval správanie sa modelovaného systému v čase na základe trajektórií stavov systému vo zvolenom fázovom priestore s využitím princípov teórie chaosu. Z priebehu trajektórií vo fázovom priestore vyplýva, že prírastok chrobačiarov na sledovanej ploche vykazuje chaotický charakter s tendenciou cyklických fluktuácií, ktoré však nie sú pravidelné v zmysle periodických fluktuácií, pretože podliehajú chaotickým výkyvom s priemerne 3(–4) ročnou periódou cyklov a s priemerným prírastkom 13–14 chrobačiarov/ha/rok. Pri nízkej početnosti chrobačiarov v poraste (zhruba do 8/ha) je správanie systému chaotické v dôsledku existencie až 5 scenárov ďalšieho vývoja počtu chrobačiarov v poraste v ďalšom roku s nenulovou pravdepodobnosťou realizácie, a preto možnosti predikcie trajektórie vývoja systému sú v tomto prípade výrazne redukované. Pri vyššom počte chrobačiarov (zhruba nad 8/ha) bude vývoj počtu chrobačiarov v poraste v čase prebiehať v rámci cyklických fluktuácií s ďalším možným vývojom cez chaotické fluktuácie. V skutočnosti tak môžu nastať v priebehu dostatočne dlhého časového obdobia rozličné stavy modelovaného systému bez možnosti presnejšej predikcie. Vzhľadom na existenciu určitého imigračného potenciálu a nestabilitu modelovaného systému možno očakávať, že včasné odstránenie všetkých aktívnych chrobačiarov z porastu na sledovanej ploche v rámci sanitárnej ťažby by viedlo len k zhruba polovičnému zníženiu počtu chrobačiarov počas nasledovného obdobia (10 iterácií zodpovedajúcich 10 rokom) v porovnaní s prípadom, keby sa sanitárna ťažba

nevykonala. Efekt sanitárnej ťažby je teda v takomto prípade nevýznamný a intervencia do systému v podobe sanitárnej ťažby nemá významný vplyv na ďalšie šírenie sa chrobáčiarov v poraste.

Podakovanie

Výskum bol realizovaný s finančnou podporou grantovej agentúry VEGA v rámci grantového projektu č. 1/4397/07 (Disturbančné procesy pôsobiace na ekologickú stabilitu lesných ekosystémov a krajiny).

LITERATÚRA

- BERRYMAN, A. A., 1981: Population Systems. New York : Plenum Press.
- GLEICK, J., 1996: Chaos: vznik novú vedy. Praha : Ando Publishing.
- JAROŠÍK, V., 2005: Růst a regulace populací. Praha : Academia.
- LOTKA, A. J., 1925: Element of Physical Biology. Baltimore : Williams and Wilkins.
- MAY, R. M., 1974: Biological populations with nonoverlapping generations: stable points, stable cycles, and chaos. Science, 186, s. 645–647.
- MAY, R. M., 1976: Simple mathematical models with very complicated dynamics. Nature, 261, s. 459–467.
- NEDOREZOV, L. V., SADYKOVA, D. L., 2008: Green oak leaf roller dynamics: An application of discrete time mathematical models. Ecological Modelling, 212, s. 162–170.
- PAVLÍK, Š., 2007: Populačná dynamika lykožrúta smrekového (*Ips typographus*) v NPR Zadná Poľana vo svetle teórie chaosu. In: KODRÍK, M., HLAVÁČ, P. (eds): Ochrana lesa 2007: zborník vedeckých a odborných prác z medzinárodnej konferencie. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, s. 35–41.
- PAVLÍK, Š., PAVLÍK, M., BÚTORA, L., 2005: Štádium rozpadu v prírodnej smrečine v NPR Zadná Poľana: procesy a zákonitosti. In SLÁVIKOVÁ, D. (ed.): Biosférická rezervácia Poľana po 15-tich rokoch. Zborník referátov z konferencie. Zvolen : Vydavateľstvo TU, s. 182–189.
- RICKLEFS, R. E., 1990: Ecology. New York : W. H. Freeman and Company.
- RUELLE, D., TAKENS, F., 1971: On the nature of turbulence. Comm. Math. Phys., 20, s. 167–192.
-

Adresa autora:

Ing. Štefan Pavlík, PhD.
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: spavlik@pobox.sk

Dynamics of bark-beetle infestation spreading in a natural maple-spruce forest in the “Zadna Polana“ reserve

Summary

I have attempted to analyse the dynamics of spreading bark-beetle infested spruces in a forest stand based on data on a number of new infested trees attacked by the spruce bark beetle (*Ips typographus*) within the permanent monitoring plot situated in a maple-spruce (*Acereto-Piceetum*) natural forest in the “Zadna Polana“ reserve (central Slovakia) in 1995-2005. Based on a simple nonlinear dynamic model, I have analysed behaviour of the model system in time based on system state trajectories in a phase space using principles of the chaos theory. System trajectories in the phase space showed that spreading of infested spruces within the plot is chaotic with a tendency of cyclic fluctuations that are not regular, but they are liable to chaotic oscillations with averagely a 3(-4) years long period of cycles and with a mean increase of 13-14 infested spruces/ha/year. During a low number of infested spruces within a forest stand (about under 8/ha) the system behaviour is chaotic because there are up to 5 scenarios of further spreading of infested spruces in a forest stand with a non-zero probability of realisation. Thus, possibilities to predict trajectories of further system development are highly reduced. During a higher number of infested spruces (over 8/ha roughly) the system will go through cyclic fluctuations with chaotic oscillations. In fact, different system states could occur during sufficiently long time period without a possibility of a exact prediction. Because there is some immigration potential as well as instability of a model system, we could expect that early removing of infested spruces from a forest stand would only halve the total number of infested spruces during the next 10 years compared with a case without sanitation felling. So, the effect of sanitation felling is not significant in this case and this intervention into the model system does not play an important role in further spreading of infested spruces.

Key words: chaos theory, spruce bark beetle, *Ips typographus*, natural spruce forest, *Picea abies*, dynamics, infested trees

VYUŽITIE FIRESORBU PRI OCHRANE LESA PRED POŽIAROM

Ivan CHROMEK – Iveta MARKOVÁ – Pavol HLAVÁČ

Chromek, I., Marková, I., Hlaváč, P.: Vplyv Firesorbu pri ochrane lesa pred požiarom. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 75–85.

Príspevok sa zaoberá hodnotením hasiacej účinnosti a sledovaním možnosti zvýšenia účinnosti hasiacej látky – peny alebo vodného roztoku tenzidu pri lesnom požiari. Zároveň ponúka hodnotenie uvedenej hasiacej látky (peny alebo vodného roztoku penidla) z hľadiska ochrany lesa (na vytvorení modeli lesného porastu) pred pôsobením tepla (plameňa). Na základe experimentov poukazuje na možnosť využitia aditív (tenzidov) vo vode na zamedzenie šírenia požiaru.

Kľúčové slová: prípravok FIRESORB, voda, ochrana pred požiarom, lesné požiare.

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Ochrana lesných porastov pred požiarimi, okrem preventívnych opatrení, musí riešiť aj otázku vhodnosti používaných hasiacich látok. V súčasnej dobe sa na Slovensku používa k haseniu najčastejšie úžitková voda. O tom, že likvidácia lesného požiaru nie je jednoduchá, poukazujú aj teoretické rozboru tohto problému.

V roku 2002-2004 bolo uskutočnených niekoľko experimentov pre stanovenie efektívnosti dopravy hasiacich látok leteckou technikou [1]. Pre základné kritérium stanovenia teoretickej účinnosti hasenia bola využitá rovnica tepelnej bilancie na povrchu horiaceho súboru,

$$Q_{t\ hor} = Q_{t\ has} \quad [J]$$

kde: $Q_{t\ hor}$ – celkové množstvo tepla uvoľnené z horiaceho súboru [J],

$Q_{t\ has}$ – celkové množstvo tepla odobratého pri hasení z horiaceho súboru [J].

Pre úplné prerušenie horenia horiaceho súboru bola stanovená podmienka:

$$Q_{t\ celk} \leq Q_{t\ v} \quad [J]$$

kde: $Q_{t\ celk}$ – celkové množstvo tepla uvoľnené pri požiari a pri hasení, ktoré je treba odvieť [J],

$Q_{t\ v}$ – celkové množstvo tepla, ktoré je schopné odvieť množstvo vody použitej pri hasení [J].

Z výsledkov vyplynulo, že k uhaseniu požiaru, ktorý by vznikol vo vybranom 40 ročnom smrekovom poraste VŠLP TU vo Zvolene, je potrebné dopraviť na m^2 plochy 20,70 litrov vody, resp. 26,70 litrov po započítaní koeficientu strát. Prítom na uvedenej ploche m^2 by zhorelo len 2,54 kg dendromasy, čo predstavuje objem zhoreného ihličia a 30 % hmotnosti dreva a kôry z konárov [1, 2, 3].

Iný pohľad na zložitosť hasenia lesných požiarov je cez teoretické výpočty síl a prostriedkov v zmysle rezortnej legislatívy MV SR [4, 5].

Lesné požiare a požiare poľnohospodárskych kultúr sa hasia po ich obvode (O_h). Intenzita dodávania hasiacej látky (I_d) na obvod lesného požiaru je daná tabuľkou č. 1 prílohy č. 2 [4] na $9,20 \text{ l.m}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Ak by sa vykonávalo hasenie na plochu (S'_p), tak intenzita dodávania hasiacej látky na plochu je $1,80 \text{ l.m}^{-2}.\text{min}^{-1}$. V tomto prípade by sa musela do úvahy brať hĺbka hasenia uvedenou prúdniciou, ktorá je, na základe praktických skúseností, pre prúdnicu „C“ 5 metrov a pre lafetovú prúdnicu a prúdnicu „B“ 10 metrov [1]. V uvedenom prípade, ako aj v ďalších prípadoch, kde sa uvažuje o hasení lesných požiarov, je hasiacou látkou voda. V posledných rokoch odborníci pre oblasť hasenia lesných požiarov [2, 3, 6, 7] poukazujú na nedostatočnú hasiacu účinnosť vody ako hasiacej látky.

Chromek [1] na základe praktických skúseností a realizovaného výpočtu pre základný model lesného požiaru s obvodom 420 metrov [1] uvádza, že ak by došlo k lokalizácii a likvidácii lesného požiaru do 30 minút, tak by bolo spotrebované cca 12 m^3 vody. účinnosť vody v dôsledku prehriatia sa prostredia výrazne klesá, v dôsledku skupenskej premeny vody na vodnú paru už pri teplote $100 \text{ }^\circ\text{C}$ [8]. Ďalším vážnym dôvodom znižovania účinnosti vody ako hasiacej látky je jej vysoké povrchové napätie, ktoré zabraňuje k prilnutiu vody k pevnému povrchu a následne k jeho zmáčaniu čo v prípade prírodných požiarov predstavuje kľúčový nedostatok [8, 9].

V súčasnosti je nevyhnutné hľadať ďalšie spôsoby zvýšenia účinnosti protipožiarnych zásahov a hľadať cesty na čoraz efektívnejšie využívanie síl a prostriedkov pri samotnom zásahu.

Jednou z možností je cesta optimálneho využitia hasiacej látky pri hasení a zabránení šírenia lesného požiaru. Vzhľadom k špecifiku šírenia lesných požiarov sa začalo uvažovať o využití aditív pre úpravu hasiacej látky pri zabránení ďalšieho šírenia požiaru s možnosťou jej aplikácie v pásme jeho prípravy. Cieľom takejto úpravy je zvýšenie účinnosti hasiacej látky a zníženie požiadaviek na jej množstvo [1, 8, 9].

Prvé pokusy zvýšenie účinnosti hasiaceho média pri hasení lesných požiarov v zahraničí boli zaznamenané v roku 1956. Piloti vodných bombardérov v USA, v oblasti Mendocinského národného lesa, začali používať k zvýšeniu efektívnosti hasenia zmes boritanu vápenno-sodného (NaCaBO_3) a vody. Avšak po sezóne bolo zistené, že uvedená zmes trvalo „zneplodňuje“ zem. Z tohto dôvodu sa k haseniu začal do vody primiešavať bentonit (podzol), alebo sulfit sodný (Na_2S) a jeho vodný roztok. Svojím nalepením na rastliny, vetvy a kmene stromov zabraňoval opätovnej aktivácii horenia v mieste zásahu. Tento prostriedok sa používa pri hasení lesných požiarov v USA a Kanade aj v súčasnej dobe [1, 5]. V prímorských štátoch sa k haseniu lesných požiarov využíva najdostupnejší prostriedok, ktorým je slaná morská voda. Lenže aj aplikácia tohto typu hasiacej látky má negatívny dopad na obnovu vegetácie po samotnom lesnom požiaru [1].

V roku 2007 aj na území Slovenska pri jednom z najväčších lesných požiarov v katastri obce Staré Hory bol použitý k zvýšeniu chladiaceho účinku vody PYROCOOL [1].

Novinkou na Európskom „bojiisku“ pri ochrane lesov pred lesnými požiarimi sa v roku 2008 stal prípravok FIRESORB. Jeho prvé masové nasadenie sa uskutočnilo počas letných požiarov na pobreží Stredozemného mora, v Grécku a Turecku [12]. Aj keď v tomto prípade nešlo o klasický lesný požiar, ale požiar olivovníkových plantáží, ktorému za obeť padlo niekoľko tisíc hektárov poľnohospodárskych kultúr a nezaobišiel sa ani bez ľudských obetí [1].

Pre overenie účinnosti tohto prípravku bol navrhnutý v našich podmienkach experiment, cieľom ktorého bolo zistiť, v čom spočíva podstata ochrany lesného porastu po aplikovaní látky FIRESORB. Karta bezpečnostných údajov FIRESORB MO bola posúdená Centrom pre chemické látky a prípravky na žiadosť MŽP SR [10, 15].

Z dostupných informácií o laboratórnych skúškach vyplýva, že uvedená látka bola úspešne odskúšaná podľa STN EN 3 [11]. V správe sa konštatuje: „Testovanie hasiacich vlastností. Objekt 13A (model triedy požiaru A v príslušnej veľkosti drevenej kliečky) podľa EN 3 [13], bol pri troch pokusoch v sérii dvakrát úspešne uhasený. Schopnosť dosiahnutia pokryvnosti povrchu. V kombinácii troch drevených hromád typu 5A, podľa STN EN 3, bola stredná hromada postriekaná FIRESORB-om MF. Obe vonkajšie hromady boli podpálené. Ani po 11 minútach nedošlo k zaznamenaniu žiadneho poškodenia ohňom/vzplanutia u strednej hromady „[11].“ Firma Evonik ponúka uvedený prípravok ako tenzid, so sloganom „viac hasiacej sily (účinku) pre vodu“ [14]. Napriek uvedeným skutočnostiam je tenzid FIRESORB MF (aditívum) nebezpečná chemická látka s identifikáciou Xn – dráždivá, R 52/53 [15].

Zaujímavosť dosiahnutých výsledkov, ale aj overenie možnosti využitia FIRESORB k zabráneniu rozširovania lesného požiaru, viedli k návrhu laboratórneho testu, realizovaného v podmienkach TU vo Zvolene.

2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom príspevku je experimentálne overiť účinky vody a vodného roztoku FIRESORB FM, s týmto zameraním a ich vzájomné porovnanie pri ich aplikácii na model lesného porastu (pre účely jeho ochrany pred lesným požiarom).

3 METODIKA PRÁCE

3.1 Vzorky

Model lesného porastu – ochrana asimilačných orgánov vybranej ihličnatej dreveniny (smrek obyčajný – *Picea abies* Karst.) pred pôsobením otvoreného ohňa.

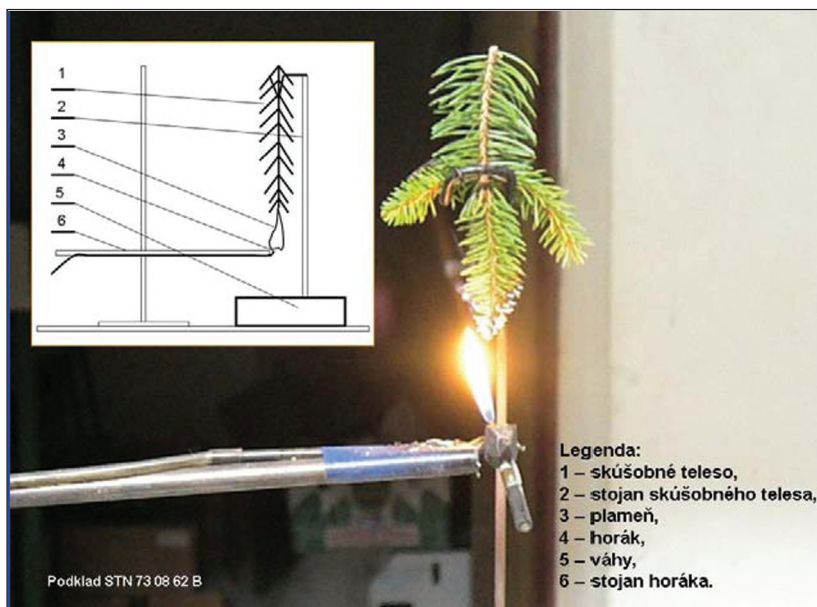
3.2 Experimentálny postup

Pre experiment bol pripravený 2 % vodný roztok FIRESORB (podľa pokynov výrobcu). Vznikol gél príslušnej konzistencie, ktorý bol na vzorky (vetvičky s ihličím) nanosený pomocou štetca.

Vzorka bola zvážená pred nanosením vody (máčaním) a vody s prímiesou (pomocou štetca) a po nanosení. Priebežne bol sledovaný úbytok hmotnosti počas pôsobenia otvoreným ohňom. Počas pôsobení otvoreného ohňa (plameň malého PB kahanu vo vzdialenosti 1 cm pod vzorkou, s priemernou teplotou na hrote 974 °C – podľa obr. 1), bolo sledované deformovanie vzorky, vytváranie, poprípade vzplanutie produktov tepelnej degradácie.

Realizácia tepelného zaťaženia upravených vzoriek:

- K meraniu bolo pripravených 10 vzoriek.
- Porovnávací súbor predstavoval 10 neošetrených vzoriek.
- Na zisťovanie hmotnosti ale aj úbytku hmotnosti boli využité elektronické váhy Sartorius Basic Plus – typ BDBC.
- Experiment bol vykonaný pri relatívnej vlhkosti materiálu 72 % a teploty vzduchu 20 °C.
- Tepelný zdroj – malý iniciátor zapálenia – propán-butánový kahan – laminárny plameň, čas pôsobenia 3 minúty.
- Zaznamenával sa úbytok hmotnosti vzorky pred a po experimente (tabuľka č. 1–3).



Obr. 1 Princíp metodiky experimentu (Foto: Chromek, 2008)

Fig. 1 Principle of experiment methodology

4 VÝSLEDKY

Na základe zrealizovaných experimentov sme získali súbor výsledkov prezentovaný v tabuľkách 1, 2 a 3. V tabuľke 1 sú prezentované výsledky neošetrených vzoriek, kde počas 3 minút došlo k odhoreniu 45,513 % z pôvodnej hmotnosti vzorky (tabuľka č. 1).

Tab. 1 Úbytok hmotnosti neošetrených vzoriek počas 3 minútového zaťaženia malým iniciátorom plameňa
Tab. 1 Weight decrease of untreated samples during three-minutes impact of small flame initiator

NEOŠETRENÉ VETVIČKY										
Číslo vzorky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hmotnosť pred ošetrením [g]	4,66	3,52	3,82	5,08	3,98	5,60	4,55	5,27	2,98	3,91
Hmotnosť pred horením [g]	4,66	3,52	3,82	5,08	3,98	5,60	4,55	5,27	2,98	3,91
Hmotnosť po horení [g]	2,79	1,65	2,00	2,92	2,16	3,32	2,18	2,97	1,48	2,37
Úbytok hmotnosti po odhorení [g]	1,87	1,87	1,82	2,16	1,82	2,28	2,37	2,30	1,50	1,54
Úbytok hmotnosti po odhorení [%]	40,12	53,13	47,64	42,5	45,73	40,71	52,10	43,6	50,30	39,30
Priemerná hodnota úbytku hmotnosti po odhorení [%]	45,513									
Nárast hmotnosti po ošetrení [g]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nárast hmotnosti po ošetrení [%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Experimentálne vzorky namáčané vo vode boli následne vystavené pôsobeniu malého iniciátora zapálenia – plameňu. V tabuľke č. 2 je na prvý pohľad prekvapujúci výsledok úbytku hmotnosti 46,552 %, čo je viac ako u vzoriek porovnávacích.

Je však potrebné zohľadniť skutočnosť, že došlo k navýšeniu hmotnosti experimentálnych vzoriek, čiže boli zmáčané vodou. Pri pôsobení malého iniciátora zapálenia – plameňa, dochádza najskôr k odparovaniu vody z povrchu vzorky a následne z jej štruktúry, keďže vzorky boli klimatizované na 72 % vlhkosť (a odparovanie zo štruktúry vzorky ak predpokladáme, že došlo k viazaniu vody do štruktúry vzorky). Uvedený proces vyparovania výrazne spomaľuje celkový proces termickej degradácie takto upravených vzoriek, čo sa prejaví priemerným hmotnostným úbytkom 30,161 %.

Najzaujímavejšie výsledky sa získali z experimentov so vzorkami, ktoré boli ošetrené 2 % vodným roztokom FIRESORB (tabuľka č. 3). Zo všetkých typov vzoriek bolo pripravených a vykonaných desať meraní. Pri ošetrených vzorkách látkou FIRESORB

(2 %) sa vyhodnotilo len 9 vzoriek, nakoľko pri poslednom meraní došlo k chybnému odčítaniu úbytku hmotnosti. Už na prvý pohľad zo získaných experimentálnych výsledkov vidieť, že dochádza k výrazne nižšiemu úbytku na hmotnosti vzoriek (priemerná hodnota 23,675 %). Pri porovnaní priemernej hodnoty nárastu hmotnosti vzorky po jej ošetrení, čo je 64,607 % s priemernou hodnotou poklesu v dôsledku tepelného zaťaženia, je možné konštatovať, že vytvorená ochrana prostredníctvom 2 % vodného roztoku v čase 3 min. pôsobenia plameňa ochránila vzorku, dokonca nedošlo ani k celkovému poškodeniu vytvorenej ochrannej vrstvy.

Tab. 2 Úbytok hmotnosti vzoriek ošetrených vodou počas 3 minútového zaťaženia malým iniciátorom plameňa

Tab. 2 Weight decrease of the samples treated with water during three-minutes impact of small flame initiator

VETVIČKY OŠETRENÉ VODOU										
Číslo vzorky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hmotnosť pred ošetrením [g]	4,53	5,75	3,01	3,17	4,23	3,17	4,26	5,91	5,59	3,70
Hmotnosť pred horením [g]	5,29	6,90	3,95	3,95	4,96	3,84	5,08	6,98	5,86	4,55
Hmotnosť po horení [g]	3,13	3,90	2,25	1,65	2,71	1,62	2,94	4,48	3,75	2,23
Úbytok hmotnosti po odhorení [g]	2,79	3,00	1,70	2,30	2,25	2,22	2,14	2,50	2,11	2,32
Úbytok hmotnosti po odhorení [%]	52,74	43,48	43,04	58,2	45,36	57,81	42,10	35,0	36,00	51,00
Priemerná hodnota úbytku hmotnosti po odhorení [%]	46,552									
Nárast hmotnosti po ošetrení [g]	0,76	1,15	0,94	0,88	0,73	0,67	0,82	1,07	0,27	0,85
Nárast hmotnosti po ošetrení [%]	14,36	16,6	23,79	22,3	14,7	17,45	16,1	15,3	4,61	18,7
Priemerná hodnota nárastu hmotnosti vzorky po ošetrení vodou [%]	16,391									
Priemerná hodnota úbytku hmotnosti vzorky po eliminácii hmotnosti v dôsledku vody [%]	30,161									

Tab. 3 Úbytok hmotnosti vzoriek ošetrených 2 % vodným roztokom FIRESORB počas 3 minútového zaťaženia malým iniciátorom plameňa

Tab. 3 Weight decrease of the samples treated with 2% FIRESORB solution during three-minutes impact of small flame initiator

VETVIČKY OŠETRENÉ 2 % VODNÝM ROZTOKOM FIRESORB										
Číslo vzorky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hmotnosť pred ošetrením [g]	3,81	3,77	4,87	4,14	4,1	6,41	4,03	3,04	3,49	–
Hmotnosť pred horením [g]	10,72	9,36	12,28	12,63	11,02	19,10	12,63	11,69	10,63	–
Hmotnosť po horení [g]	7,90	7,13	9,28	9,68	7,62	16,17	10,00	8,44	8,29	–
Úbytok hmotnosti po odhorení [g]	2,82	2,23	3,02	2,95	3,40	2,93	2,63	3,15	2,35	–
Úbytok hmotnosti po odhorení [%]	26,3	24,79	24,59	23,40	30,85	15,34	18,70	27,00	22,10	–
Priemerná hodnota úbytku hmotnosti po odhorení [%]	23,675									
Nárast hmotnosti po ošetrení [g]	6,91	5,61	7,41	8,49	6,92	12,69	8,6	7,65	7,15	–
Nárast hmotnosti po ošetrení [%]	64,28	59,93	60,34	67	62,79	66,43	68,1	65,4	67,2	–
Priemerná hodnota nárastu hmotnosti vzorky po ošetrení 2 % vodným roztokom FIRESORB [%]	64,607									

5 DISKUSIA

Počas trojminútového pôsobenia malého iniciátora zapálenia – plameňa, pri neošetrených vzorkách, dochádzalo k okamžitému uvoľňovaniu plynných produktov a k horeniu jednotlivých ihlíc už počas prvej minúty experimentu (obr. 2). Uvedené výsledky sú v zhode s teóriou OSVALDA a kol.[17] a OSVALDOVEJ [18]. Po ich odhorení došlo ku krátkodobému uhaseniu vzorky s nasledujúcim horením plynných produktov tepelného rozkladu vzoriek [19], ktoré sa zohriali na teplotu vzplanutia. Týmto spôsobom dochádzalo k postupnému obhorievaniu celej časti vetvičky. Tento jav bol zaznamenaný aj pri vzorkách s aplikáciou čistej vody avšak s príslušným časovým posunutím v dôsledku odparovania sa vody a tvorby vodnej pary.



Obr. 2 Priebeh experimentu pri neošetrenej vzorke (Foto: Chromek, 2008)
Fig. 2 Progress of the experiment on the untreated sample

Pri aplikácii 2 % vodného roztoku FIRESORBU – gélu dochádzalo počas troch minút k postupnému uvoľňovaniu vody z nanoseného gélu. Gél vytvoril dostatočnú rezervu na postupné uvoľňovanie a odparovanie vody ako jeho hlavnej zložky. V dôsledku odparenia sa vody z gélu, dochádza k tvorbe súvislej pevnej vrstvy na povrchu vzorky, ktorá spĺňa izolačnú úlohu – oddelovanie horľavej látky od kyslíka, a tak spúšťa sekundárny stupeň procesu hasenia [9]. Tvorba plynných produktov bola minimalizovaná, ich minimálne uvoľnené množstvo (obr. 3) sa počas experimentu nezapálilo, pretože nedosahovali teplotu a ani potrebnú koncentráciu k vzplanutiu. Vplyvom plameňa a z neho uvoľneného tepla došlo k čiastočnej deformácii vzorky, ihličia v mieste dotyku plameňa, čo znázorňuje obrázok č. 3, ale nedošlo k jej horeniu ani vzplanutiu plynných produktov tepelnej degradácie ošetrených vzoriek.

Uvedený prípravok pre účely ochrany lesných porastov je novinkou na území SR. Ale aj výskumy z okolitých inštitúcií [20] poukazujú na jeho vhodné vlastnosti pre účely ochrany alebo pre účely hasenia lesných porastov.



Horenie neošetrenej vzorky
v prvej minúte horenia



Ošetrená vzorka po dvoch minútach
pôsobenia otvoreného ohňa

Obr. 3 Porovnanie horenia vzoriek

Fig. 3 Comparison of the samples burning

- Burning of untreated sample during the first minute of experiment
- Treated sample after two minutes of open fire impact

6 ZÁVER

Na základe experimentálnych výsledkov je možné konštatovať nasledovné:

- účinnosť vody ako čistej látky je v porovnaní s príslušným aditívom výrazne slabá,
- 2 % vodný roztok FIRESORBU splňa ochrannú vrstvu lesného porastu v prípade jeho vystavenia pôsobeniu iniciátora.

Z experimentu ďalej vyplýva, že uvedená koncentrácia je vhodná aj v prípade možného vytvorenia bariéry proti čelu postupujúceho lesného požiaru. Dostatočne široký pás aplikovanej látky na poraste by mohol zabrániť nárastu teploty v pásme prípravy požiaru, navyše, postupným odparovaním vody z materiálu by mohol odobrať energiu približujúcemu plameňu a tým zabrániť ďalšiemu šíreniu požiaru. Dosť problematickým, pri laboratórnom experimente, bolo nanášanie pripraveného gélu na vzorky, z dôvodu jeho hustej konzistencie. V praxi však je aplikácia riešená prostredníctvom primiešavača a prúdnice, zabezpečujúcej dostatočné prevzdušnenie roztoku.

Vzhľadom k ďalším možnostiam TU vo Zvolene, v budúcnosti bude vhodné porovnať účinnosť možnej ochrany iných druhov ihličnatých ale aj listnatých drevín, poprípade experimentálne overiť účinok látky pri samotnom šírení pozemného, poprípade korunového požiaru v našich podmienkach.

LITERATÚRA

- CHROMEK, I., MITTEROVÁ, I., HLAVÁČ, P. 2008: Zvýšenie efektívnosti využitia vody pri zabránení šírenia lesného požiaru. In: DELTA, roč. II., č. 4, s. 15-20. ISSN 1337-0863.
- CHROMEK, I., HLAVÁČ, P. 2007: Ochrana lesov pred požiarimi po novom? In: Les – Slovenské lesokruhy: časopis lesníkov, majiteľov a priateľov lesa, roč. 63, č. 3–4, s. 44.
- CHROMEK, I. 2005: Požiare kalamitnej plochy. In: Les, roč. 61, č. III., s. 45–47. Zbierka pokynov prezidenta HaZZ č. 39/2003. Bratislava: HaZZ SR, 2003.
- CHROMEK, I. 2006: Využitie leteckej techniky pri hasení lesných požiarov. Monografia. Zvolen: TU vo Zvolene, CD – nosič., 89 s. ISBN 80-228-1595-0.
- KRAKOVSKÝ, A. 2004: Lesné požiare. Monografia. Zvolen: TU vo Zvolene, 78 s. ISBN 80-228-1301-X.
- CHROMEK, I. 2005: Návrh výpočtu požiarneho zaťaženia lesa a možnosti leteckej techniky pri likvidácii lesných požiarov. In: Požární ochrana, s. 194–208. ISBN 80-86634-66-3.
- MARKOVÁ, I. 2006: Voda a hasiace látky na báze vody. Monografia. Zvolen: TU vo Zvolene, 78 s. ISBN 80-228-1584-5.
- MARKOVÁ, I. 2008: Hasiace látky – možnosti a spôsoby ich testovania. Monografia. Zvolen: Vydavateľstvo Bratia Sabovci, s. 45–110.
- RUSNÁK, P. 2008: Výročná správa pre rok 2007. Bratislava: Centrum pre chemické látky a prípravky. Dostupné na internete: http://www.cchlp.sk/pages/public/CCHLP_Vyrocná_správa_za_rok_2007.pdf.
- Správa o skúške. Laboratórna správa. Bod 10.2 a 10.3. Institut der Feuerwehr Nordrhein – Westfalen. Wolbecker Straße 237 D – 48 155 Münster, 09. 09. 2003.
- Videoukážka účinku prípravku Firesorb. Dostupné na internete: <http://www.youtube.com/watch?v=4AA3GGYxy9E>, (20. 06. 2009)
- STN EN 3 Testovanie hasiacej účinnosti hasiacich prístrojov na vybrané triedy požiarov. Firesorb. Dostupné na internete: <http://www.firesorb.com/notesdata/firesorb/home.nsf2/en>, (20. 05. 2009).
- Safety data sheet FİRESORB. Dostupné na internete: [http://www.firesorb.com/notesdata/firesorb/downloadnsf/1980F5FE8442B362C12570CB002FBD65/\\$File/Firesorb%20MO%20_e_.pdf?OpenElement](http://www.firesorb.com/notesdata/firesorb/downloadnsf/1980F5FE8442B362C12570CB002FBD65/$File/Firesorb%20MO%20_e_.pdf?OpenElement), (25. 5. 2009)
- STN 73 0862 dodatok B: Stanovenie stupňa horľavosti.
- OSVALD, A., KAČÍKOVÁ, D., NETOPILOVÁ, M. 2006: Drevo a jeho termická degradácia. Ostrava: SPBI, 103 s.
- OSVALDOVÁ, L. 2005: Hrúbka zuhoľnatej vrstvy u vybraných ihličnatých drevín In: Požární ochrana, s. 414-420. ISBN 80-86634-66-3.
- MARKOVÁ, I. 2005: Vybrané kapitoly z procesov horenia – učebné texty. Zvolen: TU vo Zvolene, 100 s. ISBN 80-228-1527-6.
- SALGADO, J., PAZ, M. I. 2009: The effect of firesorb as a fire retardant on the thermal properties of a heated soil Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. In: Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, vol. 95, no. 3, ISSN 1388-6150.

Adresy autorov:

Ing. Mgr. Ivan Chromek, PhD.
Doc. RNDr. Iveta Marková, PhD.
Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta
Ing. Pavol Hlaváč, PhD.,
Katedra ochrany lesa a poľovníctva, Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
970 63 Zvolen

e-mail: chromek@vsld.tuzvo.sk

e-mail: markova@vsld.tuzvo.sk

e-mail: hlavac@vsld.tuzvo.sk

Application of FIRESORB in forest protection against fire

Summary

The article introduces the evaluation of extinguishing substance and possibility of extinguishing substance (foam and foam agent) effect increasing in case of forest fire. The paper also offers an evaluation of a chosen extinguishing substance for fire protection. Based on the experiment, there is showed the possibility of the fire spreading stop, using additives in the water.

ANALÝZA KONTAMINÁCIE CO PRI MANIPULÁCII DREVA NA LESNÝCH SKLADOCH

Jozef TAJBOŠ – Valéria MESSINGEROVÁ
– Mária VLČKOVÁ

Tajboš, J., Messingerová, V., Vlčková, M.: Analýza kontaminácie CO pri manipulácii dreva na lesných skladoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 87–95.

V predkladanej práci je uvedená analýza kontaminácie pracovného prostredia oxidom uhoľnatým (CO) pri manipulácii dreva na lesných skladoch motomanuálnou technológiou – prenosnou reťazovou pilou (PRP). Táto činnosť patrí podľa spotreby energie do kategórie ťažkej až veľmi ťažkej práce. Z hľadiska psychofyziologickej záťaže sa jedná predovšetkým o dynamickú prácu kombinovanú s neuropsychickým zaťažením pri rozhodovaní o sortimentoch a bezpečnom pohybe pri manipulácii.

Kľúčové slová: kontaminácia, manipulácia dreva, oxid uhoľnatý, reťazová píla

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Riziko intoxikácie CO je spôsobené jeho silnou afinitou k hemoglobínu. Vytvára s ním karboxyhemoglobín (COHb), čím znemožňuje prenos kyslíka v podobe oxyhemoglobínu (OHb) z pľúc do tkanív. Väzba oxidu uhoľnatého na hemoglobín je približne dvestokrát silnejšia ako väzba kyslíka na hemoglobín.

Vo všeobecnosti dochádza pri práci so spaľovacími motormi k zvýšenej koncentrácii CO hlavne v nasledujúcich prípadoch:

- teplota spaľovania je príliš nízka, aby mohlo dôjsť k úplnej oxidácii pohonných látok na oxid uhličitý,
- čas horenia v spaľovacej komore je príliš krátky,
- nie je k dispozícii dostatok kyslíka (práca v uzavretom priestore).

Pre znečistenie pracovného prostredia platia limity stanovené Nariadením vlády SR č. 355/2006 Z. z. v znení Nariadenia vlády, SR č. 300/2007 Z. z. s kritickými hodnotami pre CO ako v učebnici uvedená „Smernica 46 sv. 39/1978 sb. hygienických predpisov o hygienických požiadavkách na pracovné prostredie (PETR 1999, RÓNAY et al. 1989), upravená nariadením vlády 300/2007 zb“.

V predkladanej práci je uvedená analýza kontaminácie pracovného prostredia oxidom uhoľnatým (CO) pri manipulácii dreva na lesných skladoch motomanuálnou technológiou – prenosnou reťazovou pilou (PRP). Táto činnosť patrí podľa spotreby energie do kategórie ťažkej až veľmi ťažkej práce – energetický výdaj za pracovnú zmenu je okolo 8 MJ, minútová ventilácia vzduchu nad 20 litrov.

Manipulácia dreva síce prebieha na otvorenom priestore, ale keďže ide o ťažkú prácu môžu mať v niektorých prípadoch aj nižšie koncentrácie exhalátov negatívny vplyv na okamžitú kondíciu pracovníka a tým aj na jeho koncentráciu. To jednak znižuje pracovný výkon a hlavne zvyšuje riziko vzniku pracovného úrazu.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

Základný výskum sa robil v máji a júni 2008 na manipulačnom sklade vo Zvolene ako súčasť výskumných úloh „Integrácia obsahu a štruktúry predmetov z oblasti ergonómie, bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci v študijných programoch na LF a DF TU Zvolen“ – KEGA 3/6429/08, VEGA 1/0263/08 – „Integrovaná logistika pre využívanie energie z lesnej biomasy“ a „Výskum nových technických a technologických princípov pre sústreďovanie dreva“ – VEGA 1/3523/06.

Základné fyziologické parametre probantov – piliarov:

	Vek	váha	výška	kondícia
1. pracovník	25 rokov	84 kg	172 cm	veľmi dobrá
2. pracovník	26 rokov	94 kg	175 cm	veľmi dobrá

Klimatické podmienky:

Teplota vzduchu – 22–25 °C, rýchlosť vetra – 2,5 – 4 m.s⁻¹.

Použitá motorová píla:

Stihl 260, výkon 2,6 kW, zdvihový objem 50,2 cm³, hmotnosť 4,8 kg, rezná dĺžka lišty 40 cm. Píla patrí do stredne ťažkej kategórie, vhodná na spíl'ovanie a manipuláciu stredne silných stromov (priemer 50 cm).

Merací prístroj:

Viackanálový detektor plynov a pár Dräger X-am 7000 (Nemecko).

Metodika

Pri meraní sa dodržiaval postup doporučený fy Dräger pre uvedený typ prístroja:

1. Prepláchla sa hadicová sonda, aby sa minimalizovali účinky akýchkoľvek látok nachádzajúcich sa v hadici.
2. Na zvýšenie presnosti nulového bodu znečistenia CO sa prístroj kalibroval čerstvým vzduchom v záujmovej oblasti (nie priamo na manipulačnom sklade, pretože tam môže byť obsah CO vyšší).
3. Vstupný otvor hadice k senzoru bol umiestnený na tvári probanta, tesne vedľa jeho nosných dierok.
4. Hodnoty kontaminácie v ppm (parts per milion) – nad nulový bod znečistenia CO sa snímali v 1 sekundových intervaloch.
5. Pre porovnanie sa urobili sa 3 merania v rôznych poveternostných podmienkach, s celkovou dĺžkou trvania 2,5 hod. Vzhľadom k rozsahu práce sme neanalyzovali detailne pôsobenie klimatických činiteľov.

6. Manipulácia, resp. výroba sortimentov prebiehala na expedičnom sklade Lieskovec. Rozvaľovanie surových kmeňov sa uskutočnilo čelným nakladačom na manipulačnú plochu, kde piliar prenosnou reťazovou pílou rozpiľoval surové kmene, na požadované sortimenty. Vyrobené sortimenty boli podľa kvality ukladané na hromady čelným nakladačom.

Údaje boli spracované štandardnými matematicko – štatistickými metódami (triedením, regresnou analýzou a hodnotením početností v triedach). Výsledky sú prezentované v grafickej a tabuľkovej forme.

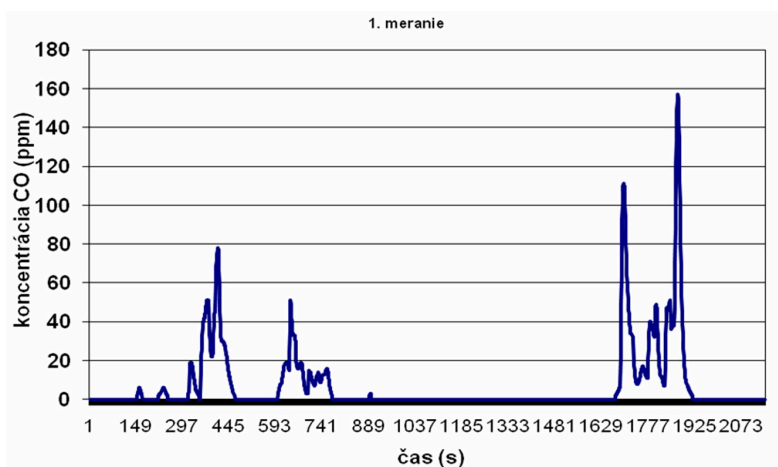
VÝSLEDKY

V súvislosti s tým, že data boli zaznamenané v ppm a kritické hodnoty v norme sú uvedené v mg.m^{-3} , je ďalej uvedený pomer, resp. prepočet medzi týmito údajmi:

1 mol CO má hmotnosť 28 g (molekulová hmotnosť CO = atómová hmotnosť C + O = 12 + 16, vyjadrená v gramoch, presne má CO 28,01 g.mol^{-1}). Podľa Avogadroho zákona (konštanty) zaberá priestor 22,4 l = 0,0224 m^3 , čo predstavuje koncentráciu 2,24 %, resp. 22400 ppm. Potom 1 g CO vytvorí koncentráciu 799,7144 ppm a 1 mg 0,8 ppm (0,7997).

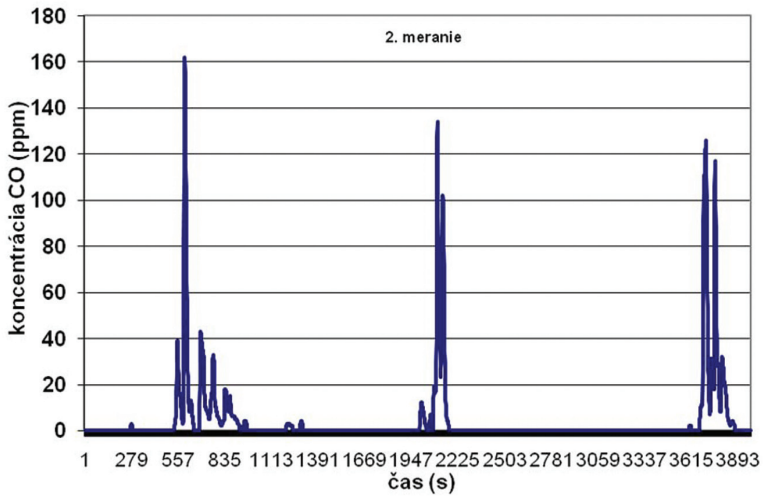
Podľa smernice uvedenej v úvode je prípustná, resp. priemerná pracovná koncentrácia CO 30 mg.m^{-3} , čo sa rovná 24 ppm a kritická 70 mg.m^{-3} – 56 ppm. Pri zvýšení koncentrácie nad kritickú hodnotu sa považuje pracovné prostredie za závadné a musí sa intenzívne vetrať.

Na obr. 1, 2 a 3 je uvedený priebeh koncentrácie CO v pracovnom prostredí počas jednotlivých meraní. Z obrázkov vyplýva, že znečistenie presahuje kritickú hranicu 56 ppm len krátkodobo, na niekoľko sekúnd v relatívne dlhých časových odstupoch.

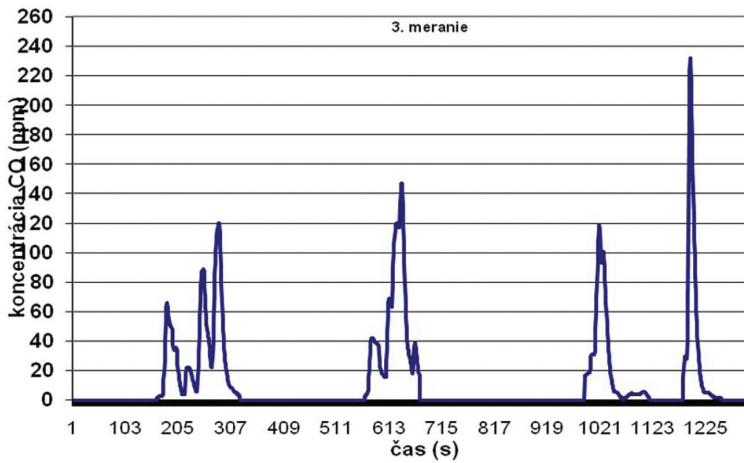


Obr. 1 Priebeh hodnôt znečistenia pracovného prostredia počas 1. merania

Fig. 1 Contamination values course of working environment during 1. observation



Obr. 2 Priebeh hodnôt znečistenia pracovného prostredia počas 2. merania
 Fig. 2 Contamination values course of working environment during 2. observation



Obr. 3 Priebeh hodnôt znečistenia pracovného prostredia počas 3. merania
 Fig. 3 Contamination values course of working environment during 3. observation

V tabuľke 1 sú uvedené základné štatistické charakteristiky znečistenia CO v ppm a expozícia nad 56 ppm v sekundách. Priemerné znečistenie je hlboko pod prípustnou hranicou. Priemery sú štatisticky významne rozdielne. Vzhľadom k veľkému počtu záznamov sú štatistické charakteristiky t (vzorec 1) vyššie ako je kritická hodnota $t_{0,05} = 1,96$ aj pri relatívne malých rozdieloch medzi priemerami a veľkých rozptyloch medzi nameranými hodnotami. Aj pri najmenšej diferencii, medzi meraním 1 a 2 je $t = 5,69$, s vylúčením záznamov s nulovým ppm je $t = 2,64$. Rozdiel pravdepodobne spôsobuje hlavne intenzita pílenia – počet rezov za časovú jednotku.

$$t = \frac{xpr1 - xpr2}{\sqrt{\frac{sx^2_1}{n_1} + \frac{sx^2_2}{n_2}}} \quad (1)$$

Tab. 1 Základné štatistické charakteristiky znečistenia CO v ppm
Tab. 1 Basic statistical characteristics of CO contamination in ppm

	1. meranie ¹⁾	2. meranie	3. meranie	Σ	Σ – len kontaminácia nad 0 ppm ²⁾
priemer ³⁾	7,31	4,43	12,92	6,56	26,64
sx ⁴⁾	18,69	16,11	30,47	20,07	33,21
sx%	255,76	363,94	235,90	306,17	124,63
maximum	157	162	232	232	232
expozícia 56+ ⁵⁾	50	79	106	235	235

¹⁾measurement, ²⁾only contamination over 0 ppm, ³⁾average, ⁴⁾standard deviation, ⁵⁾exposition 56+

V tabuľke 2 sú početnosti výskytu znečistenia počas meraní v triedach. Zvýšená koncentrácia – nad 56 ppm vzniká hlavne pri poklese výkonu motora – znížení otáčok, v dôsledku čoho sa zhoršuje kvalita procesu spaľovania. Piliar to eliminuje okamžitým znížením tlaku na lištu píly, čím v podstate zruší zdroj vyššej koncentrácie CO.

Rozdelenie početností je výrazne ľavostranne asymetrické. Najviac sa podobá na exponenciálne (štatistické charakteristiky chi-kvadrát v kontingenčnom teste boli vyššie ako prípustná tabuľková hodnota na hladine pravdepodobnosti $\alpha = 0,05$, tzn. s 95 %-nou pravdepodobnosťou nie je to exponenciálne rozdelenie). Na obr. 4 je frekvenčný polynom pozorovaných početností a očakávané početnosti exponenciálneho rozdelenia.

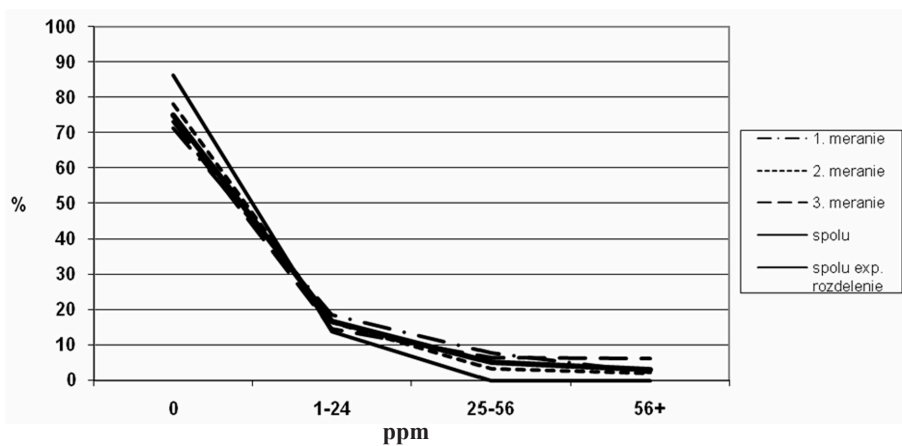
Na obr. 5 je frekvenčný polynom znečistenia v triedach vyrovnaný jednoduchou exponenciálnou krivkou.

Tab. 2 Početnosti výskytu znečistenia v triedach

Tab. 2 Frequency of contamination presence in classes

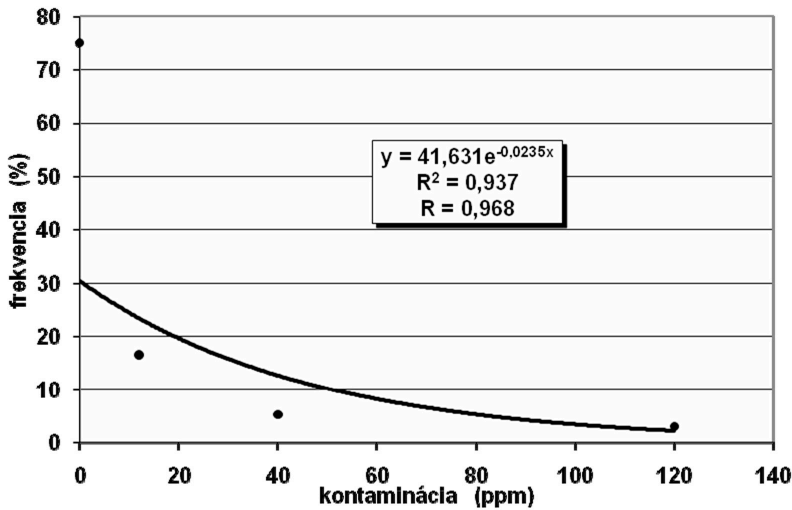
absolútne početnosti 1) (s)						
trieda ²⁾	stred ³⁾	1. meranie	2. meranie	3. meranie	Σ	Σ exp. rozd. ⁴⁾
0	0	1533	2912	1269	5714	6563
1-24	12	401	614	252	1267	1053
25-56	40	167	125	109	401	1
56+	120	50	79	106	235	0
Σ		2151	3730	1736	7617	7617
relatívne početnosti ⁵⁾ (%)						
trieda	stred	1. meranie	2. meranie	3. meranie	Σ	Σ exp. rozd.
0	0	71,27	78,07	73,10	75,02	86,1795
1-24	12	18,64	16,46	14,52	16,63	13,8191
25-56	40	7,77	3,35	6,28	5,26	0,0015
56+	120	2,32	2,12	6,10	3,09	0,0000
spolu		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1) absolute frequency, 2) class, 3) centre, 4) exponential distribution, 5) relative frequency



Obr. 4 Frekvenčný polynom a očakávané početnosti exponenciálne

Fig. 4 Frequency polynomial and expected exponentially frequency



Obr. 5 Regresná funkcia priebehu početností podľa intenzity kontaminácie
 Fig. 5 Regression function of course frequency according to intensity contamination

Model relatívne dobre popisuje priebeh početností, regresná funkcia má tesnosť závislosti $R = 0,968$, $R^2 = 0,937$:

$$y = 41,631 \cdot e^{-0,0235 \cdot x} \quad (2)$$

kde: y – početnosť v triede, x – stredná hodnota triedy (ppm).

DISKUSIA A ZÁVER

Okrem anoxie CO, resp. COHb priamo toxicky pôsobí na mozog (CNS) a myokard. Stav a prognóza závisí od koncentrácie a dĺžky expozície (SILVERNAGL et al. 2004, TUŽINSKÝ 2007).

0,1 % – 1 000 ppm – nastáva bezvedomie po 2–3 hod,

0,5 % – 5 000 ppm – nastáva bezvedomie po 0,5 hod,

1 % – 10 000 ppm – nastáva smrť po 15–20 min.

Priaznivejšia prognóza je pri krátkych expozíciách vyššou koncentráciou CO, ako pri dlhotrvajúcich, aj keď relatívne nižších koncentráciách. Subklinické príznaky sú bolesti hlavy, napätie, apatia, nauzea, neriešia sa klinicky, odznejú po vyvetraní. Klinické príznaky nastanú keď expozícia pokračuje – poruchy vedomia až kóma, pokožka je bledá až popolavá, dýchanie nepravidelné, šľachové reflexy vyhasínajú, krv je svetločervená (nie červenohnedá).

Terapia pri klinickej intoxikácii je inhaláciou kyslíka a infúziou mezokainu, pri subklinickej väčšinou postačí prívod čerstvého vzduchu. Vzhľadom k tomu, že väzba CO

na hemoglobín je reverzibilná, desaturácia začína okamžite po prerušení expozície CO a prívode kyslíka (DIEŠKA et al. 1995).

Na základe meraní a skúseností z praxe v podstate možno konštatovať, že pri relatívne normálnych prevádzkových podmienkach práce s motorovou pílou v otvorenom priestore je skoro vylúčená možnosť nielen klinickej, ale aj subklinickej intoxikácie CO.

Nadkritická kontaminácia (nad 56 ppm) počas vyše 2-hodinového záznamu (tab. 2) trvala spolu len 235 sekúnd (tab. 1) a bola rozložená na jednotlivé 3–4 sekundové expozície, medzi ktorými boli dlhšie časové intervaly s prípustnými hodnotami (obr. 1–3). V súvislosti s veľmi krátkou dobou pôsobenia a okamžitou detoxikáciou, tieto lokálne maximá nemôžu pôsobiť na pracovníka toxicky.

Z hľadiska analýzy údajov matematicko-štatistickými metódami je rozdelenie početností približne exponenciálne a dostatočne presne ho možno popísať, resp. modelovať exponenciálnymi funkciami, napr. hore uvedenou funkciou (2). Vzťah pokrýva 94 % priebehu, 6 % predstavujú iné vplyvy, **R** je štatisticky významný na hladine $\alpha = 0,001$, tzn. s 99,9 %-nou pravdepodobnosťou.

Znečistenie vzduchu nepresahuje kritickú hranicu 56 ppm v priebehu 99,37 % trvania pracovnej činnosti. Rozdiely v priemerných koncentráciách v rámci meraní sú zapríčinené predovšetkým technikou a intenzitou pílenia.

LITERATÚRA

- DIEŠKA, D., et al., 1995. *Vademecum medici*. Osveta, Martin, 1636 s.
- PETR, J., 1999. *Ergonomie*. Codex, Praha, 87 s.
- RÓNAY, E., SLÁMA, O., 1989. *Ergonómia a bezpečnosť pri práci v lesnom hospodárstve*. Príroda, Bratislava, 312 s.
- SILVERNAGL, S., DESPOPOULOS, A., 2004. *Atlas fyziologie člověka*. Grada publishing, a.s., Praha, 448 s.
- SUCHOMEL, J., BELANOVÁ, K., SLANČÍK, M., VLČKOVÁ, M., 2008: Analysis and trends of occupational diseases development in forest management of Slovak republic. *Human Resources Management & Ergonomics*, 2(1), ISSN 1337-0871: 93–101
- SUCHOMEL, J., BELANOVÁ, K., 2007: Occupational diseases development in forestry. *Prace z zakresu nauk rolniczych i lesnych*, ISBN 978-83-7063-543-5, ISSN 0079-4708: 233–240
- TUŽINSKÝ, L., 2007. *Bioklimatológia*. Skriptum, TU Zvolen, 152 s.
-

Adresa autorov:

Ing. Jozef Tajboš, CSc.
Prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
Ing. Mária Vlčková
Lesnícka fakulta
Katedra lesnej ťažby a mechanizácie
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: tajbos@vsld.tuzvo.sk

Analysis of CO contamination by wood processing at forest landis

Summary

Analysis of work environment contamination with carbon monoxide by wood processing at forest landings with using of motomanual technology – one-man chainsaw is presented in this paper. This activity belongs to categories of heavy up to very heavy works according to power consumption. Due to psychophysiological load is considered as dynamic work, combined with neuropsychical load by decisions about assortments and safe motion during manipulation proces.

ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY PRÁCE HARVESTERA TIMBERJACK 1270 D A FORWARDERA TIMBERJACK 1110 D VO VÝROBNO-TECHNICKÝCH PODMIENKACH OZ SLOVENSKÁ ĽUPČA

Jozef S L U G E Ň

Slugeň, J.: Environmentálne aspekty práce harvestera Timberjack 1270 D a forwardera Timberjack 1110 D vo výrobnotechnických podmienkach OZ Slovenská Ľupča. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 97–108.

Práca sa zaoberá analyzovaním dosiahnutých výsledkov experimentálnych meraní vybraných ukazovateľov kvality ťažbových prác v ihličnatých a listnatých porastoch vo výrobnotechnických podmienkach OZ Slovenská Ľupča. Ťažbové zásahy boli vykonané použitím integrovanej plne mechanizovanej technológie na báze harvestera veľkej kategórie Timberjack 1270 D a forwardera strednej kategórie Timberjack 1110 D v dvojsmennej prevádzke.

Priemerné poškodenie stromov ostávajúceho porastu dosiahlo hodnotu 17 %, čo je relatívne vysoké poškodenie vzhľadom na všeobecne uznávanú šetrnosť danej technológie. Preukázala sa tu vysoká závislosť medzi podielom poškodených stromov a sklonom svahu, kedy s jeho stúpajúcou hodnotou rastie aj percento poškodenia porastu. Podobná závislosť sa zistila aj medzi poškodením porastu a intenzitou zásahu, pričom poškodenie má stúpajúcu tendenciu približne do 50 % intenzity zásahu, po dosiahnutí ktorej začína opäť klesať.

Poškodenie pôdy prejazdmi harvestera a forwardera vybaveného 600 mm širokými pneumatikami plnenými kvapalinou bolo klasifikované ako slabé až stredné. Hĺbka kofají vo všetkých troch sledovaných porastoch dosahovala priemerné hodnoty 5–10 cm.

Kľúčové sková: harvester, forwarder, poškodenie porastu a pôdy

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Vývoj viacoperačných strojov pre integrované ťažbové technológie začal už v 70-tych rokoch minulého storočia súčasne v Severnej Amerike a Škandinávii. Hľadali sa riešenia, ako účinne znížiť poškodzovanie porastov pri ťažbe, ako predchádzať úrazom a chorobám z povolania, ako zlepšiť celkovú hygienu a bezpečnosť práce, ako aj samotnú produktivitu v porovnaní s klasickými technológiami ťažby a sústreďovania dreva. Ich ďalší rozvoj bol podmienený snahou o uplatnenie aj v náročnejších terénnych podmienkach spolu so zefektívnením ich prevádzky. Preto už máme v dnešnej dobe širokú paletu

strojov s rôznym typom podvozku, ktorý umožňuje ich nasadenie aj v náročných pracovných podmienkach.

Ciele fytotechniky, hlavne ciele výchovných ťažieb, môžu byť značne narušené poškodzovaním ostávajúcich stromov hlavného porastu počas vykonávania výchovných zásahov. Doterajšie výsledky zaoberajúce sa touto problematikou, uvádzajú napr. BACHER 2003, BUTORA – SCHWAGER 1989, MENG 1978, RAAB et. al 2002 a iní. Tieto umožňujú rámcovo identifikovať a kvantifikovať hlavné činitele, ktoré rozhodujú o intenzite škôd na ostávajúcom poraste a lesnej pôde. Jedná sa najmä o človeka v etape technologickej prípravy výroby a porastu, realizácie a kontroly, ďalej o ťažbovú metódu, obdobie vykonávania ťažbových prác, vek, hustotu a drevinové zloženie porastu, fytotechniku, intenzitu zásahu, sklon a priechodnosť terénu, technologický postup, technicko-technologické parametre mechanizačných prostriedkov, vyťahovaciu vzdialenosť a i. Medzi ďalšie rozhodujúce činitele, ktoré výraznou mierou ovplyvňujú kvalitu ťažbovo-dopravných prác v lesných porastoch, patrí operátor harvesteru aj forwardera, jeho skúsenosti, vzdelanie a prax. Doterajšie poznatky je potrebné doplniť z hľadiska potrieb optimalizácie použitia harvesterových technológií v našich prírodných podmienkach.

Jedným z početných OZ, na ktorom sa v posledných rokoch uskutočnili ťažbové práce vykonané pomocou viacoperačných strojov, bol aj OZ Slovenská Ľupča. Nasadenie plne mechanizovanej integrovanej technológie bolo v podmienkach OZ Slovenská Ľupča prvé a jeho cieľom bolo overenie možnosti použitia tejto technológie aj v náročných terénnych podmienkach, ako aj získanie ďalších praktických skúseností pri zavádzaní týchto ťažbovo-dopravných strojov do lesov Slovenska.

2 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

Výskum environmentálnych aspektov harvesterovej technológie na ostávajúci porast a pôdu sa uskutočnil v rámci riešenia vedeckých projektov „Transformácia vývojových dielní a laboratórií“ KEGA 3/6448/08 a „Integrovaná logistika pre využívanie energie z lesnej biomasy“ VEGA 1/0263/08.

Merania sa vykonávali na LS Brusno v troch porastoch 2427c, 2510, 2504 (tab. 2) v mesiacoch august – september 2004. Ťažbové zásahy boli vykonané na báze harvesteru Timberjack 1270 D (kategória veľký) a forwardera Timberjack 1110 D (kategória stredný). Základné technické parametre strojov sú uvedené v tab. 1.

Tabuľka 1 Základné technické parametre použitých strojov

Tabelle 1 Grundsätzliche technische Parameter der angewendeten Maschine

	Tech. jednotka	Harvester	Forwarder
Typové označenie		Timberjack 1270 D	Timberjack 1110 D
Výkon motora	kW/ot.min ⁻¹	160/2000	86/2000
Šírka stroja	mm	2740	2700
Typ HM	–	TJ 210	CF 5
Dosah HM	mm	9300	7200

Tabuľka 1 Pokračovanie
Tabelle 1 Fortsetzung

	Tech. jednotka	Harvester	Forwarder
Typové označenie		Timberjack 1270 D	Timberjack 1110 D
Vzorec pohonu	–	6 × 6	8 × 8
Typ pneumatík	–	Nokia	Nokia
Označenie – vpredu	–	600/55 × 26,5	600/55 × 26,5
– vzadu	–	600/65 × 34	600/55 × 26,5
Plnenie pneumatík	–	kvapalinou	kvapalinou
Pohotovostná hmotnosť	kg	17500 ^{a)}	12700 ^{a)}
Užitočná hmotnosť	kg	–	11000
Svetlosť podvozku	mm	625	605
Max. ťažná sila	kN	160	140
Harvesterová hlavica	–	Timberjack 762 C	–

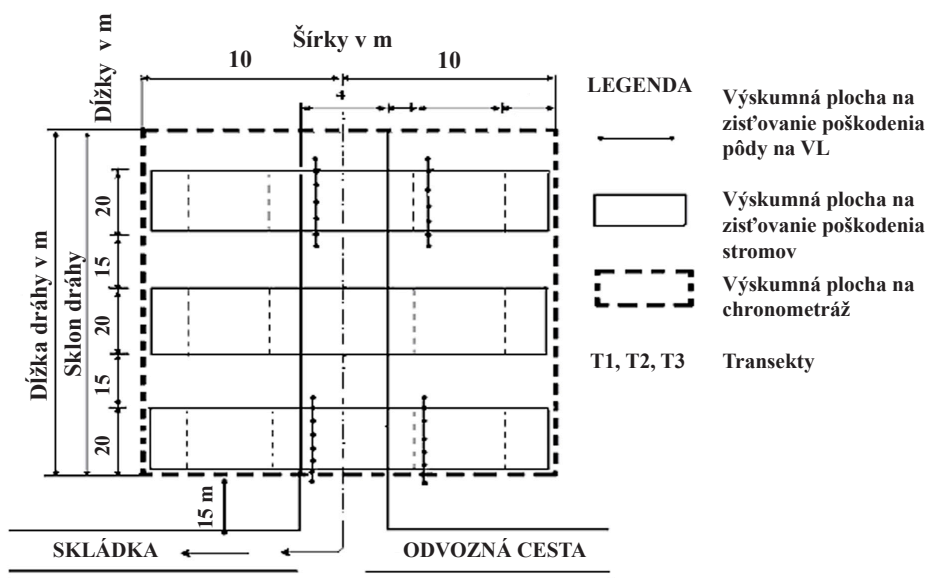
^{a)}Hmotnosť pri plnení pneumatík vzduchom

Tabuľka 2 Základné taxačné charakteristiky skúmaných porastov
Tabelle 2 Taxationscharakteristiken der untersuchten Bestände

Ukazovateľ	Porast		
	2427c	2510	2504
Vek (roky)	45	85	105
Výmera (ha)	7,94	10,20	11,41
Zásoba (m ³ /ha)	BK 157, JH 20, SM 18, HB 8	SM 238, JD 98, SC 35, BR 8	SM 124, JD 151, SC 7, BR 14, BK 90
Zakmenenie	0,8	0,8	0,7
Sklon (%)	20	45	55
Ťažbový zásah	prebierka do 50 r.	prebierka nad 50 r.	okrajový clonný rub, holorub
Zastúpenie drevín (%)	BK 80, JH 10, SM 5, HB 5	SM 60, JD 25, SC 10, BR 5	SM 26, JD 35, SC 2, BR 8, BK 29

Všetky tri sledované porasty boli rozčlenené 4 m širokými vyvážacími linkami (VL) s rozstupom 20 m. Stromy určené do ťažby boli označené reflexnou farbou, a to jednou bodkou o priemere 5 cm na koreňovom nábehu a dvomi protistojnými bodkami v $d_{1,3}$ tak, aby boli dobre viditeľné pre operátora harvesteru zo všetkých strán.

Poškodenie stromov sa zisťovalo na výskumných plochách s rozmermi 20 × 20 m (obr. 1), pričom stred plochy sa nachádzal na vyvážacej linke (VL).



Obr. 1 Schéma a rozdelenie výskumnej plochy
 Abb. 1 Das Schema und die unterteilung der Forschungsfläche

Intenzita mechanického poškodenia nadzemnej časti stromov ostávajúceho porastu sa zisťovala po oboch stranách VL podľa metodiky MENGA (1978). Poškodenie sa sledovalo v troch transektoch vymedzených vzdialenosťou od okraja približovacej linky: $b < 1$ m, $b = 1 - 5$ m, $b > 5$ m až po stred pracovného poľa.

Zároveň sa na každej výskumnej ploche zisťovali sklonové pomery, stav pôdneho povrchu (priechodnosť), počet stromov vytážených (počet pňov), počet stromov ostávajúcich, počet stromov poškodených s 1, 2 a s viac poškodeniami, ako aj veľkosť a poloha poškodení po výške kmeňa: $h < 0,3$ m (koreňové nábehy a pňová časť kmeňa), $h = 0,3-1,0$ m (prízemok) a $h > 1$ m (kmeň). Brali sa do úvahy iba poškodenia s veľkosťou nad 10 cm^2 . Zároveň sa zmeralo aj niekoľko výšok stromov pre aktualizovanie údajov o poraste získaných z podkladov LHP.

V súvislosti s poznatkami z predchádzajúcich výskumov (KOREŇ et. al 2004), sa ako ukazovateľ intenzity mechanického pretvorenia pôdy prejazdmi strojov použila zmena úrovne pôdneho povrchu pomocou špeciálneho mikronivelačného zariadenia. Momentálna vlhkosť pôdy sa hodnotila vizuálne a hmatom podľa ŠÁLYHO (1978), stláčaním pôdy v dlani.

3 VÝSLEDKY

3.1 Vyhodnotenie mechanického poškodenia stromov ostávajúceho porastu

Prehľad výsledkov poškodenia stromov nameraných vo všetkých troch sledovaných porastoch po nasadení integrovanej plne mechanizovanej technológie na báze harvesteru Timberjack 1270 D a forwardera Timberjack 1110 D je v tab. 3. Harvester sa pri práci spravidla vždy pohyboval pri ťažbe smerom nahor z titulu zvýšenia stability stroja. Forwarder vyvážal vyrobené sortimenty zo všetkých porastov smerom nadol na odvozné miesto.

V 85 ročnom *poraste 2510* s výmerou 10,20 ha a priemerným sklonom svahu 45 %, expozíciou J, bolo založených 6 výskumných plôch, na ktorých sa skúmalo poškodenie ostávajúceho porastu až po skončení práce oboch strojov. Objemovosť ťažených kmeňov bola $0,29 \text{ m}^3 \cdot \text{ks}^{-1}$. Ťažbový zásah mal intenzitu 33 %, z toho 13 % stromov sa vyťažilo na ploche vyvážacích liniek (VL). Pri ťažbe došlo k 17,2% poškodeniu stromov ostávajúceho porastu. Skoro až 70 % poškodení sa zaznamenalo v tranzeke $b = 1 - 5 \text{ m}$ od VL. Najčastejšie lokalizované miesto poškodenia po výške kmeňa bolo $h < 1 \text{ m}$. Hustota porastu bola 0,8, čo by mohlo mať za následok relatívne stále vysoké percento poškodenia ostávajúceho porastu, ale sklon svahu bol menší (45 %) v porovnaní s porastom 2504 (55 %), čo sa pravdepodobne aj najviac spolu s menšou objemovosťou ťažených kmeňov prejavilo na nižšom poškodení stromov v porovnaní s porastom 2504.

Na obr. 2 je znázornená závislosť poškodenia stromov ostávajúceho porastu od sklonu svahu. Ako dokumentuje obrázok, so stúpajúcim sklonom svahu rastie aj percento poškodenia porastu. Pri sklone 25 % dosahovalo poškodenie hodnotu 12 % a pri sklone 50 % už 25 %-né poškodenie ostávajúceho porastu.

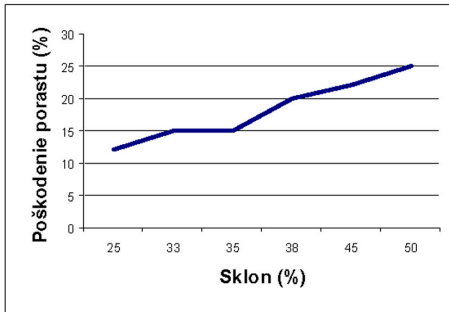
Tiež sa v tomto poraste prejavil aj vplyv intenzity zásahu na výsledné poškodenie porastu (obr. 3). So zvyšujúcou sa intenzitou zásahu stúpaj aj počet poškodených stromov až po určitú hranicu, kedy začal opäť klesať. V našom prípade sa táto hranica ukázala pri 50 % intenzite zásahu.

V 105 ročnom *poraste 2504* o výmere 11,41 ha bolo založených tiež 6 výskumných plôch na miestach, kde sa vykonával presvetľovací rub. Zakmenenie porastu bolo pred zásahom 0,7, expozícia V. V mieste holorubu sa nevykonávali žiadne merania týkajúce sa poškodenia.

Ťažbový zásah mal v porovnaní s ostatnými sledovanými porastami najvyššiu intenzitu (40 %) a výsledné poškodenie ostávajúceho porastu dosiahlo hodnotu až 19,4 %. Poškodenie merané len po práci harvesteru bolo 16,8 % a po ukončení práce forwardera vzrástlo o 2,6 %. Takto vysoké percento poškodenia ostávajúceho porastu takmer každého piateho stromu možno pripísať vysokej objemovosti spracovávaných stromov ($0,70 \text{ m}^3 \cdot \text{ks}^{-1}$), ako aj vysokému priemernému sklonu svahu 55 %. Vzhľadom na to, že sa už ale jednalo o porast so začatou obnovou, tak je významnosť tohto poškodenia relatívne nízka.

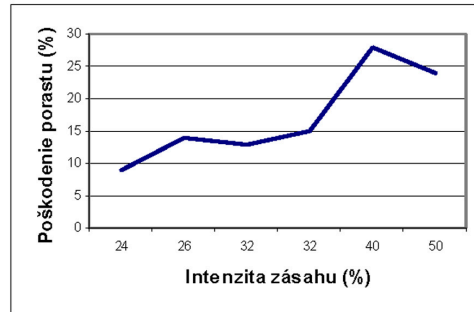
Tabuľka 3 Prehľad intenzity mechanického poškodenia stromov v skúmaných porastoch
 Tabelle 3 Intensität mechanischen Beschädigung der Bäume in den untersuchten Beständen

Číslo porastu			2510	2504	2427c	
Vek porastu Priemerný sklon terénu		roky	85	105	45	
		%	45	55	20	
Drevinové zloženie			SM 60 JD 25 SC 10 iné 5	JD 35 SM 26 BK 29 iné 10	BK 80 JH 10 iné 10	
Zakmenenie			0,8	0,7	0,8	
Počet stromov	pred zásahom		ks.ha ⁻¹	692	875	1208
	vyťažených		ks.ha ⁻¹	228	350	290
			%	33	40	24
	ostávajúcich		ks.ha ⁻¹	464	525	918
Priem. objem vyťaženého stromu		m ³ ks ⁻¹	0,29	0,70	0,13	
Počet poškodených stromov vo vzdialenosti b od vyvážacej linky	b < 1 m		ks.ha ⁻¹	18	9	72
			%	22,5	8,9	52,9
	z toho h ≤ 1		%	47,6	12,8	32,1
	koreň. nábehy		%	23,8	71,4	14,6
	b = 1 – 5 m		ks.ha ⁻¹	54	85	52
			%	67,9	83,3	38,3
	z toho h ≤ 1		%	4,8	5,7	12,5
	b > 5 m		ks.ha ⁻¹	8	8	12
			%	9,6	7,8	8,8
	z toho h ≤ 1		%	1,6	2,0	1,0
	C e l k o m		ks.ha ⁻¹	80	102	136
	b = 0 – 10 m		%	17,2	19,4	14,8
	z toho	h ≤ 1 m	%	0,9	7,4	12,2
		h > 1 m	%	5,5	0,9	4,8
Veľkosť poškodenia stromu S	b < 1 m		cm ²	180	147	258
	b = 1 – 5 m		cm ²	236	252	156
	b > 5 m		cm ²	112	71	80
	C e l k o m b = 0 – 10 m		cm ²	195	210	98



Obr. 2 Poškodenie porastu 2510 v závislosti od sklonu svahu

Abb. 2 Schädigung des Bestandes 2510 in Abhängigkeit von der Hangneigung



Obr. 3 Poškodenie porastu 2510 v závislosti od intenzity zásahu

Abb. 3 Schädigung des Bestandes 2510 in Abhängigkeit von Ernteintensität

Meraniami sa ďalej zistilo, že forwarder spôsobil poškodenia len v tranzekte $b < 1$ m od linky a do výšky $h < 1$ m po kmeni. Najviac poškodených stromov bolo v tranzekte $b = 1 - 5$ m (83 %) a nachádzalo sa väčšinou vo výške kmeňa $h > 1$ m.

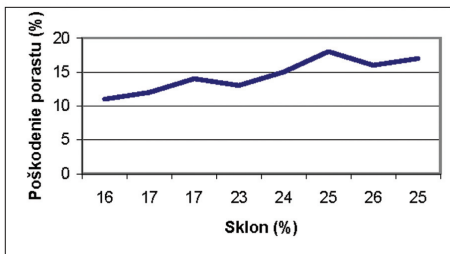
Závislosť veľkosti poškodenia porastu od sklonu svahu medzi jednotlivými výskumnými plochami sa tu nemohla celkom prejavit', pretože vysoký priemerný sklon svahu porastu neumožňoval založenie výskumných plôch tak, aby boli situované vo výrazne rozdielnych sklonoch. Taktiež sa nám nepodarilo v tomto poraste preukázať ani závislosť medzi intenzitou ťažby a výškou poškodenia ostávajúceho porastu, ktoré sa na jednotlivých výskumných plochách pohybovalo v rozmedzí od 8,5 do 36,5 %.

V listnatom bukovom poraste 2427c s výmerou 7,94 ha a zakmenením 0,8, bola vo veku 45 rokov vykonaná prebierka. Priemerný sklon porastu bol 20 %, expozícia S, objemovosť ťažených stromov ($0,13 \text{ m}^3 \cdot \text{ks}^{-1}$), intenzita zásahu dosiahla 24 %. Založených bolo 8 výskumných plôch. Poškodenie stromov ostávajúceho porastu po skončení práce oboch strojov bolo 14,8 %. Ak by sa výchovný zásah nebol vykonával v tomto listnatom poraste v čase vegetácie, tak by bolo výsledné poškodenie porastu pravdepodobne ešte nižšie.

Na obr. 4 je zobrazená závislosť množstva poškodených stromov od sklonu svahu na jednotlivých výskumných plochách.

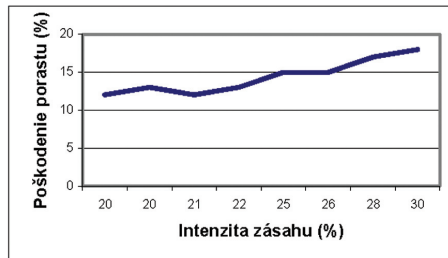
V tomto poraste sa tiež prejavil vplyv intenzity ťažbového zásahu na výsledné poškodenie ostávajúceho porastu (obr. 5). So stúpajúcou intenzitou zásahu stúpa aj podiel poškodených stromov.

Vzájomné porovnanie poškodenia medzi jednotlivými porastami v závislosti od sklonu svahu a priemernej objemovosti ťažených stromov je na obr. 6 a 7.



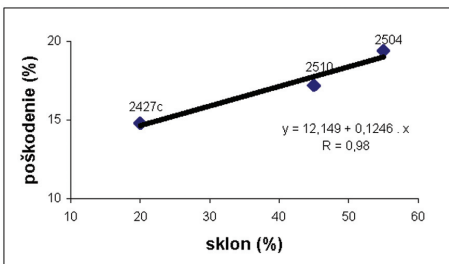
Obr. 4 Poškodenie porastu 2427 v závislosti od sklonu svahu

Abb. 4 Schädigung des Bestandes 2427 in Abhängigkeit von der Hangneigung



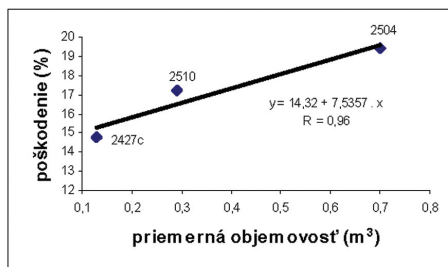
Obr. 5 Poškodenie porastu 2427 v závislosti od intenzity zásahu

Abb. 5 Schädigung des Bestandes 2427 in Abhängigkeit von Ernteintensität



Obr. 6 a 7 Poškodenie jednotlivých porastov v závislosti od sklonu svahu a priemernej objemovosti porastu

Abb. 6 u. 7 Schädigung die Bestände in Abhängigkeit von der Hangneigung und Ernteintensität



3.2 Vyhodnotenie poškodenia pôdy prejazdmi ťažbovo-dopravných strojov

Pri práci vo všetkých troch sledovaných porastoch boli stroje vybavené 600 mm širokými pneumatikami plnenými kvapalinou. Forwarder používal protišmykové reťaze na oboch nápravách, harvester len na zadnej náprave.

Pôda v poraste 2510 bola klasifikovaná ako podzol železitý výrazný s kremencovým podložíom na 90 % plochy porastu. V čase vykonávania práce bola pôda podľa ŠÁLYHO (1978) klasifikovaná ako suchá. Hĺbka koľajní zistená na VL mikronivelačnou metódou dosahovala po skončení práce oboch strojov na miestach nechránených ťažbovými zbytkami 5–8 cm, čo predstavuje podľa klasifikácie MC MAHONA (1995) slabé až stredné poškodenie. Plocha liniek bola na 50–60 % pokrytá ťažbovými zvyškami o priemernej hrúbke po stlačení 15–20 cm.

V poraste 2504 bola pôda klasifikovaná ako hnedá lesná pôda mezotrofná skeletnatá na rulovom podloží a tvorila 80 % plochy porastu. Pretože sa ťažbový zásah vykonával počas dažďa, pôda bola klasifikovaná ako vlhká a aj hĺbka koľají na miestach, kde vyvážacie linky (VL) neboli chránené ťažbovými zvyškami, dosiahla stredné poškodenie (8–15 cm). Povrch liniek bol pokrytý ťažbovými zvyškami len na 50 % a priemerná hrúbka po ich stlačení dosahovala len 10–15 cm.

Porast 2427c rástol na hnedej lesnej pôde rendzinovej typickej slabohumóznej. V čase konania ťažbových prác bola pôda suchá až mierne vlhká, dobre únosná. Harvester a následne aj forwarder sa pohybovali po vyvážacích linkách (VL), ktoré boli na 60–70 % celkovej dĺžky chránené ťažbovými zvyškami z vyťažených stromov. Hrúbka po ich stlačení dosahovala 5–20 cm. Spravidla jeden prejazd harvesteru a dva prejazdy forwardera vytvárali na VL pomiestne plytké koľaje s hĺbkou do 6 cm, čo je klasifikované ako veľmi slabé poškodenie.

4 DISKUSIA A ZÁVER

Výskum harvesterovej technológie uskutočnený v relatívne náročných terénnych podmienkach OZ Slovenská Ľupča priniesol vcelku zaujímavé poznatky.

Najvyššie poškodenie ostávajúceho porastu 19,4 % sa zistilo v najstaršom (105 r.) poraste s najvyššou intenzitou zásahu (40 %). Porast mal síce najnižšie zakmenenie (0,7) spomedzi ostatne skúmaných, ale vplyvom najväčšieho sklonu svahu (55 %) a vysokej objemovosti spracovávaných stromov ($0,70 \text{ m}^3 \cdot \text{ks}^{-1}$) sa dosiahlo poškodenie takmer každého piateho stromu. Tento údaj dvojnásobne prevyšuje hodnotu poškodenia, ktoré je všeobecne deklarované pri použití viacoperačných strojov. ULRICH et. al (2002) udáva výsledné poškodenie porastu do 3–7 % (max. 10 %) ešte za akceptovateľné. Vzhľadom na to, že sa už ale jednalo o porast so začatou obnovou, tak je významnosť tohto poškodenia relatívne nízka.

Najnižšie, ale zároveň ešte aj tak relatívne vysoké poškodenie ostávajúceho porastu 14,8 % bolo dosiahnuté v najmladšom, 45-ročnom bukovom poraste. Spomedzi porovnaných porastov mal tento porast najnižší priemerný sklon svahu (20 %), najnižšiu intenzitu zásahu (24 %), ako aj najnižšiu objemovosť ťažených stromov ($0,13 \text{ m}^3$). Ak by bol výchovný zásah vykonaný v čase vegetačného pokoja, bolo by výsledné poškodenie porastu ešte nižšie. Harvester sa pritom podieľal na vzniknutých škodách 87 % a forwarder 13%. Zároveň forwarder spôsobil len poškodenia stromov v transekte $b < 1 \text{ m}$ od približovacej linky a do výšky $h < 1 \text{ m}$ po kmeni. Intenzita tohto poškodenia podľa klasifikácie BUTORA –SCHWAGER (1989) bola v porovnaní s harvesterom vyššia, dosahovala stupeň 3–4 (obnažené drevo slabo poškodené).

Na počet poškodených stromov mal výrazný vplyv sklon svahu. S jeho zväčšovaním sa zvyšoval aj počet poškodených stromov, pri sklone 25 % dosahovalo poškodenie hodnotu 12 % a pri sklone 50 % už 25%-né poškodenie ostávajúceho porastu. Tiež aj zvyšujúca sa objemovosť ťažených stromov mala za následok zvýšenú mieru poškodenia. Aj stúpajúca intenzita zásahu mala podobný priebeh, ale len do hodnoty 50 %, po dosiahnutí ktorej začala opäť klesať. Tento jav môžeme pripísať zväčšeniu manévrovacieho priestoru

stroja ako aj tomu, že operátor harvesteru mohol vyťažiť aj stromy, ktoré boli poškodené, ale pri nižšej intenzite zásahu by museli ostať v poraste.

Poškodenie pôdy prejazdmi strojov bolo vo všetkých porastoch podľa klasifikácie Mc MAHONA (1995) slabé až stredné. Hĺbka koľají dosahovala pomiestne hodnotu 6–8 (15) cm. Pripísať to možno jej dobrej únosnosti vďaka vysokému obsahu skeletu, ktorý neumožňoval vykonanie meraní zhutnenia pôdy statickou penetráciou.

Podľa údajov zahraničia (SAUTER et. al 1998), môže kolesový harvester pracovať aj na svahoch so sklonom do 60 %. Ako sme však aj my zistili, je to už hodnota, pri ktorej sa zvyšuje priemerné poškodenie ostávajúceho porastu a zároveň sa znižuje produktivita práce. Priemerný sklon svahu v dvoch nami sledovaných porastoch (dielec 2504 a 2510) bol 50 %, pomiestne však túto hodnotu na terénnych zlomoch vysoko prekračoval a nado- búdal až 70–90 %. Preto sa nepodarilo na celej ploche porastov nielenže dosiahnuť plnú kvalitu ťažbového zásahu pri minimálnych škodách, ale niektoré časti porastu ostali ne- spracované (vo všetkých troch sledovaných JPRL) a bolo nutné ich dokončenie klasickou technológiou (JMP + LKT). Aj keď sa operátor harvesteru snažil dodržať vyznačenú sieť vyvážacích liniek, práve už z dôvodu spomínaného vysokého sklonu svahu musel voliť aj náhradné trasy, čo sa v konečnom dôsledku odzrkadlilo aj na vyššom percente poškode- ných ostávajúcich stromoch.

Výsledky namerané v tejto práci jasne dokazujú, že starostlivá technologická príprava porastu a výroby je základom pre úspešné a efektívne nasadenie viacoperačných strojov. Taktiež je dôležitý správny výber kategórie stroja s vhodným typom podvozku, čo bolo v našom prípade trochu opomenuté. Pre naše porasty by bol býval vhodnejší stredný har- vester na pásovom podvozku (napr. Timberjack 608) vybavený harvesterovou hlavicom Timberjack 758, ktorá je v porovnaní s použitou hlavicom 762C kratšia a má 4 podávacie valce. Tým by bolo lepšie zabezpečené spracovanie listnatých, ako aj krivých kmeňov. Taktiež by bolo vhodnejšie, keby bol forwarder vybavený kolesopásmi, napríklad od fir- my Olofsfors AB ECO-OF, alebo ECO-Max, ktoré sú určené najmä pre stroje pracujúce na strmších svahoch so skeletnatejším podložím. Zároveň aj výber porastov určených na prácu sa ukázal ako nevhodný, pretože vysoký priemerný sklon svahu a veľké množstvo terénnych zlomov predstavovali niekedy pre konkrétne nasadené kolesové viacoperačné stroje značky Timberjack neprekonateľnú prekážku. Popri všetkých vymenovaných fakto- roch pôsobiacich na relatívne vysoké výsledné poškodenie skúmaných porastov, musíme ešte raz zdôrazniť rozhodujúci vplyv operátorov oboch strojov na dosiahnutých negatív- nych výsledkoch. Konkrétne ich krátku prax a malé skúsenosti s prácou v náročnom teré- ne, ako aj hmotnú nezainteresovanosť na dosahovaní kvalitatívnych ukazovateľov práce.

LITERATÚRA

- BACHER, M. (2003): Mechanisierte Starkholzaufarbeitung in strukturreichen Mischbeständen. KWF/ Forsttechnische Informationen (FTI) 9/2003, 7 S.
- BUTORA, A.; SCHWAGER, G. (1989): Holzernteschäden in Durchforstungsbeständen. Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, Berichte, 51 S.
- KOREŇ, J.; SLUGEŇ, J.; SLAMKA, M. (2004): Mechanické poranenie stromov a zhutnenie pôdy pri plne mecha- nizovaných prebierkach v ihličnatých porastoch do 50 rokov. AFF TU Zvolen, s. 247–260.

- MENG, W. (1978): Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzzernte. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg Band 53, 159 S.
- MC MAHON SHANE (1995): Survey Method for Assessing site disturbance. New Zealand Logging Industry, P. R. 54, 4/1995, N. Zealand, S. 1–16.
- RAAB, S. et al. (2002): Aktuelle Holzzernteverfahren am Hang. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Bericht Nr. 36, 80 S.
- SAUTER, U. H.; MEHLIN, I.; GRAMMEL, R. (1998): Vollmechanisierte Holzzernte am Steilhang mit Vollerntertechnik. AFZ/Der Wald Nr. 14, S. 722–724.
- ŠÁLY, R. (1978): Pôda, základ lesnej produkcie. Vydavateľstvo Príroda, Bratislava.
- STANOVSKÝ, M.; MESSINGEROVÁ, V. (2006): Harvesterové technológie v podmienkach lesného hospodárstva SR. Zborník referátov z medzinárodného vedeckého seminára: Perspektívy vývoja ťažbovo-dopravného procesu a využitia biomasy v lesnom hospodárstve. TU vo Zvolene, 2006. ISBN 80-228-1661-2. - S. 207–212.
- ULRICH, R.; SCHLAGHAMERSKÝ, A.; ŠTOREK, V. (2002): Použití harvesterové technologie v probírkách. MZLU Brno, 97 S.
-

Adresa autora:

Ing. Jozef Slugeň
Katedra lesnej ťažby a mechanizácie
Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Umweltaspekte der Arbeit des Harvesters Timberjack 1270 D und des Forwarders Timberjack 1110 D in den produktionstechnischen Bedingungen des Forstbetriebes OZ Slovenská Lupča

Zusammenfassung

Die Forschung befasst sich mit der Analyse der erreichten Ergebnisse der ausgesuchten Qualitätsmerkmale bei der Holzernte in den Nadel- und Laubbeständen unter den produktionstechnischen Bedingungen im Forstbetrieb OZ Slovenská Lupča.

Die einzelnen Hiebe wurden aufgrund einer integrierten vollmechanisierten Technologie erzielt, mit der Benutzung eines großen Harvesters Timberjack 1270 D und eines mittelgroßen Forwarders Timberjack 1110 D, und mit denen in Zweischichtbetrieb gearbeitet wurde.

Die durchschnittliche Beschädigung der Bäume des Mutterbestandes erreichte 17 %, was ein relativ hohes Ergebnis ist, wenn man berücksichtigt, dass die Harvestertechnologie in der Forstwirtschaft als eine der schonendsten bezeichnet wird. In diesem Fall hat sich im vollen Sinne die Korrelation zwischen der Bäumebeschädigung und der Neigung bewiesen, wo mit der steigenden Neigung auch die Anzahl der Beschädigungen steigt. Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei der Hiebsintensität erzielt, wobei bei der Hiebsintensität bis zu 50 % die Bäumebeschädigung eine steigende Tendenz hatte. Bei der Hiebsintensität über 50 % hat die Bäumebeschädigung einen senkenden Trend angenommen.

Bei der Befahrung mit dem Harvester und Forwarder mit 600 mm-breiten Wasserbefüllten Reifen wurde die Bodenbeschädigung von schwach bis mittel klassifiziert. Die Spurtiefe in den Rückungslinien innerhalb den drei gemessenen Waldbeständen erreichte den Durchschnittswert 5 bis 10 cm.

CENY, DODÁVKY A TRŽBY ZA DREVO – SORTIMENTY LISTNATÝCH DREVÍN

Ivan K O L E N K A

Kolenka, I.: Ceny, dodávky a tržby za drevo – sortimenty listnatých drevín. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, LI, 2009, č. 2, s. 109–121.

Človek sa zaoberá vývojom cien sortimentov tvrdého dreva (listnatých drevín) na Slovensku za roky 1990 až 2006. V práci je analyzovaný vývoj štruktúry dodávok podľa sortimentov, zmeny v štruktúre dodávok sortimentov a ich vplyv na vývoj tržieb. Vývoj cien dreva je kvalifikovaný na základe indexov stálej štruktúry (Fischer, Paashc, Laspagre – indexy) a kvalifikovaný priemerný rast cien. V závere autor uvádza príčiny zmien štruktúry dodávok listnatého dreva a ich vplyv na výšku tržieb.

Kľúčové slová: ceny dreva, dodávky dreva, prechod na trhovú ekonomiku

1. ÚVOD

Tržby za drevo sú hlavným zdrojom financovania štátnych, ale i súkromných vlastníkov lesov, ktorých aktivity sú orientované na produkciu dreva. Z tržieb za drevo sa kryjú náklady na pestovanie, ochranu lesa i náklady na komerčné aktivity producentov dreva. Problematika cien a tržieb za drevo ihličnatých drevín je analyzovaná v publikácii (KOLENKA, 2008). Tento príspevok sa zaoberá analýzou cien a tržieb za drevo listnatých drevín.

V roku 1990 slovenskí producenti dreva dodali na trh 2,25 mil. m³ sortimentov listnatých drevín a tržby boli 2,25 mld. Sk. Priemerné ceny (speňaženie) za m³ sortimentov listnatých drevín boli cca 581 Sk. V roku 2006 sa predalo 3,03 mil. m³, dosiahli sa tržby 4,2 mld. Sk a m³ sortimentov listnatých drevín sa predal priemerne za 1563,2 SKK.

Cieľom príspevku je analyzovať vývoj dodávok sortimentov listnatých drevín a ich štruktúru a identifikovať faktory pôsobiace na zmeny štruktúry dodávok, ceny za sortimenty a tržby dosiahnuté na trhu s drevom.

2. PROBLEMATIKA

Vzhľadom na časté nepresnosti v terminológii je potrebné definovať vybrané pojmy, ktoré použijeme.

Ceny dreva – sú ceny tak, ako sú uvedené v cenníkoch, ktoré udávajú producenti dreva podľa drevín, sortimentov a hrúbkových stupňov. Sú rozdielne podľa producentov.

Priemerné ceny sortimentov dreva – sú ceny tak, ako boli dosiahnuté na trhu a udávajú sa za sortiment bez zohľadnenia hrúbkových stupňov. (Často sa uvádza ako termín priemerné speňaženie.)

Priemerné ceny sortimentov skupín drevín (ihličnaté resp. listnaté dreviny) – sú ceny (resp. speňaženie) tak, ako boli dosiahnuté na trhu. Sú agregované a kvantifikujú sa ako vážený aritmetický priemer podľa drevín, hrúbkových skupín i predávajúcich resp. kupujúcich.

Na Slovensku sa ročná ťažba listnatých drevín pohybuje na úrovni 2,8 až 3,2 mil. m³, čo je na úrovni etátu tak, ako ho bilancuje Lesoprojekt (Prognóza ťažieb ihličnatých a listnatých drevín).

Trh so sortimentmi listnatých drevín na rozdiel od ihličnatých drevín nie je tak agresívny. V priebehu jednotlivých rokov (1900 až 2006) došlo na slovenskom trhu k niektorým výrazným zmenám. V dôsledku zániku alebo zmeny produkcie drevospracujúcich a nábytkárskych podnikov orientovaných na spracovanie sortimentov listnatých drevín znížil sa dopyt po sortimentoch vyššej kvality a zvýšil sa dopyt po sortimentoch pre chemické spracovanie (vláknina).

Vývoj cien dreva je výsledkom (kompromisom) medzi snahou producentov dreva maximálne zhodnotiť drevo výrobou sortimentov vyššej kvality (asi) a dopytom na strane odberateľov, ktorý je podmieňovaný finálnou produkciou.

Medzi producentov a spracovateľov dreva vstúpili firmy, ktorých prioritou je obchod. Vstup obchodných firiem priniesol celý rad pozitív ale i problémov. K pozitívam patria najmä urýchlenie doby obratu zásob, skrátenie peňažného cyklu a sprostredkovanie korektných vzťahov medzi producentmi a spracovateľmi dreva. Za negatíva je možné pokladať nie zriedka špekulatívny prístup k obchodným partnerom, ktorý je motivovaný snahou o neprímerané zvýšenie obchodnej marže. To sa prejavuje v špekulatívnom hodnotení kvality sortimentov a ovplyvňuje zmeny v štruktúre dodávok dreva.

Podľa pravidiel trhovej ekonomiky ceny sú výsledkom ponuky a dopytu. To je však zjednodušujúce tvrdenie. Ceny nie sú len výsledkom vzájomného pôsobenia ponuky a dopytu, ale výška ceny zároveň spätne ovplyvňuje pôsobenie ponuky a dopytu. To sú všeobecné pravidlá, ktoré sú popisované cenovými modelmi ponuky a dopytu. Teoretický model ponuky a dopytu funguje (nefunguje?) len za určitých podmienok t. z. ideálneho trhu (rovnováha, informácie, monopoly, oligopoly atď.). Ideálny trh však reálne neexistuje a je deformovaný rôznymi vplyvmi, čo modifikuje konkurenciu, dopyt, ponuku a následne ceny. K najdôležitejším faktorom, ktoré ovplyvňujú trh, patria zmeny dopytu a ponuky vyvolané zmenou preferencie spotrebiteľov, monopolné alebo oligopolné postavenie producentov, alebo spracovateľov, štátna regulácia a niektoré ďalšie.

Trh s drevom nie je homogénny. Je potrebné ho rozdeliť na trh s drevom pre mechanické a chemické spracovanie dreva resp. trh s drevom ihličnatých a listnatých drevín. Argumenty pre takéto členenie sú predovšetkým v technológii a nadväzne technike potrebnej na spracovanie dreva, ale i v požiadavkách odberateľov na kvalitu dreva a ich produkciu. Aj napriek tomu dochádza k prekryvaniu dopytu v zameniteľných sortimentoch surového dreva.

Významným faktorom, ktorý ovplyvňuje dopyt po dreve je **globalizácia**. Prejavuje sa v etablovaní nadnárodných monopolov na slovenskom trhu a zahraničnými investíciami do drevospracujúceho priemyslu, ktoré sú motivované nielen lacnou pracovnou silou, ale i dostupnosťou dreva ako suroviny. Takéto tendencie postupne vytvárajú oligopolný trh deformovaný často nekalou kooperáciou.

3. METODIKA PRÁCE

Informácie potrebné pre analýzu sa čerpali zo všeobecne dostupných publikácií Správa o lesnom hospodárstve (2000 až 2007). Niektoré informácie sú zo súvahy a výkazu ziskov a strát LSR š. p. resp. zdrojov hospodárskej evidencie.

Ceny dreva podľa jednotlivých sortimentov sú priemerné ceny. Oficiálne cenníky štátnych i neštátnych subjektov (producentov dreva) sú u guľatinových sortimentov udávané podľa hrúbkových stupňov, t. z. že objem dodávok podľa jednotlivých hrúbkových stupňov ovplyvňuje priemernú cenu. Dodávky dreva podľa hrúbkových stupňov sa však v oficiálnej štatistike neuvádzajú a pri analýze predpokladáme, že zastúpenie hrúbkových stupňov v jednotlivých rokoch sa podstatne nemení. Takýto zjednodušujúci predpoklad môže byť zdrojom určitých odchýlok od reálneho hodnotenia.

Štruktúra dodávok dreva sa uvádza podľa sortimentov tak, ako boli alebo sú definované a bežne používané v skúmanom období (r. 1990 až 2006).

Informácie o dodávkach a cenách listnatých drevín sú agregované za všetky listnaté dreviny t. z. buk, dub, topoľ, hrab resp. ostatné listnaté dreviny. Ceny jednotlivých sortimentov podľa drevín sú tak, ako ich prezentuje cenník napr. LSR š. p., rozdielne. Agregované ceny sortimentov drevín môžu byť pri zmenách v zastúpení drevín zaťažené systematickou chybou, čo je potrebné zohľadniť predovšetkým pri sortimentoch prvej a druhej kvalitatívnej triedy. Uvádzané priemerné ceny sú určitou aproximáciou a predpokladá sa, že štruktúra dodávok sortimentov dreva v skúmanom období sa podstatne nemenila.

Ceny dreva sa štandardne stanovujú pre odberateľov na Slovensku na lokalite sklad dodávateľa resp. odvozné miesto vrátane naloženia na dopravný prostriedok. Pri exporte dreva sú ceny stanovené na slovenských hraniciach (cena franco hranice) t. z. náklady na dopravu znáša dodávateľ. To ovplyvňuje posudzovanie efektívnosti dodávok. Pre potreby analýzy cien je táto skutočnosť irelevantná. Všetky ceny sú uvedené bez dane z pridanej hodnoty.

Spracovanie informácií

Priemerné ceny sú kvantifikované ako vážený aritmetický priemer, kde váhy tvorí podiel jednotlivých sortimentov na celkových dodávkach dreva (ihličnatých resp. listnatých sortimentov). Štruktúra dodávok podľa sortimentov je kvantifikovaná ako podiel sortimentu (v m³) na celkových dodávkach v príslušnom roku.

Vývoj cien je analyzovaný na základe cenových indexov. V práci sú využité súhrnné cenové indexy druhej i tretej generácie.

Paascheho index

$$P(I_p) = \frac{\sum p_t \cdot g_t}{\sum p_o \cdot g_t}$$

Laspeyresov index

$$L(I_p) = \frac{\sum p_t \cdot g_o}{\sum p_o \cdot g_o}$$

kde: p_t – cena v roku t ,
 p_o – cena v základnom roku,
 g_t – objem predaja v roku t ,
 g_o – objem predaja v základnom roku.

Fischerov index cien (ideálny)

$$F(I_p) = \sqrt{P(I_p) \cdot L(I_p)}$$

Uvedené cenové indexy redukujú vplyv štruktúry predaja (sortimentov) na priemerné ceny ihličnatého resp. listnatého dreva.

Priemerné (ročné) cenové indexy sa stanovili ako geometrický priemer cenových indexov.

$$I_{pr} = \left(\prod_{i=1}^n P_t \right)^{\frac{1}{n}}$$

I_{pr} – priemerný cenový index,
 P_t – cenový index v i -tom roku.

4. DODÁVKY SORTIMENTOV A ICH ŠTRUKTÚRA

Vývoj dodávok dreva v m^3 je v **tabuľke 1**. V porovnaní s východiskovým rokom (1990) výška dodávok sortimentov listnatých drevín vzrástla o 613 tis. m^3 až 950 tis. m^3 (cca 42 %).

- Významné trendy sú v poklese dodávok sortimentov prvej a druhej kvalitatívnej triedy o cca 19 až 24,7 tis. m^3 , resp. 38,9 až 51,9 tis. m^3 .
- Významne stúpili dodávky piliarskej guľatiny (o 349 tis. m^3) a vlákniiny (o 678 až 956 tis. m^3).
- Vznikli nové trhové komodity – dodávky surových kmeňov a drevo sa predáva na pni (až 141 tis. m^3 ročne).

Trendy, ktoré sa prejavili v absolútnej výške dodávok sú výrazne identifikované vo vývoji štruktúry dodávok (**tabuľka 2**).

Tab. 1 Dodávky listnatého dreva podľa sortimentov (m³) (Slovensko)Tab. 1 Hardwood supplies by quality (m³) (Slovakia)

Year	S O R T I M E N T S											All
	First quality veneer logs	Second quality veneer logs	Sawn logs	Pit logs	Rods	Pulpwood	Chips	Fire wood	Stumpage	Logs		
1990	27 713	81 126	747 985	2 412	24 893	1 103 559	32 920	233 171	0	0		2 253 779
2000	8 328	42 264	727 157	4 035	460	1 781 826	3 390	137 311	129 363	33 086		2 867 220
2001	7 482	36 894	800 789	6 007	94	1 813 643	10 783	137 912	141 404	38 395		2 993 403
2002	3 040	29 199	706 279	14 473	182	1 951 658	20 680	134 916	82 985	13 415		2 956 827
2003	3 042	29 205	714 856	14 477	379	1 957 516	21 396	142 797	83 097	13 442		2 980 207
2004	7 265	39 631	855 222	7 700	309	2 059 751	20 027	148 715	39 922	25 543		3 204 085
2005	5 916	38 584	946 380	21 249	884	1 807 242	5 776	148 881	88 887	13 759		3 077 558
2006	5 445	34 422	1 097 302	5 016	465	1 504 311	83 861	155 711	109 747	33 374		3 029 654

Tab. 2 Štruktúra dodávok listnatého dreva (Slovensko)

Tab. 2 Structure of hardwood supplies (Slovakia)

Year	S O R T I M E N T S											All
	First quality veneer logs	Second quality veneer logs	Sawn logs	Pit logs	Rods	Pulpwood	Chips	Fire wood	Stumpage	Logs		
1990	0,0123	0,0360	0,3319	0,001	0,0110	0,490	0,015	0,103	0	0		1
2000	0,0029	0,0147	0,2536	0,001	0,0002	0,621	0,001	0,048	0,0451	0,0115		1
2001	0,0025	0,0123	0,2675	0,002	0,0000	0,606	0,004	0,046	0,0472	0,0128		1
2002	0,0010	0,0099	0,2389	0,005	0,0001	0,660	0,007	0,046	0,0281	0,0045		1
2003	0,0010	0,0098	0,2399	0,005	0,0001	0,657	0,007	0,048	0,0279	0,0045		1
2004	0,0023	0,0124	0,2669	0,002	0,0001	0,643	0,006	0,046	0,0125	0,0080		1
2005	0,0019	0,0125	0,3075	0,007	0,0003	0,587	0,002	0,048	0,0289	0,0045		1
2006	0,0018	0,0114	0,3622	0,002	0,0002	0,497	0,028	0,051	0,0362	0,0110		1

- Výrazne pokleslo zastúpenie dodávok prvej kvalitatívnej triedy. Kým v r. 1990 tvorili dodávky uvedených sortimentov 1,23 %, v r. 2003 len 0,1 % a v r. 2006 0,18 %, čo je 6 až 8 násobne menej. Výrazný je pokles zastúpenia dodávok sortimentov druhej kvalitatívnej triedy z 3,6 % (r. 1990) na 0,98 (r. 2002) resp. 1,1 % (r. 2006), čo je pokles viac ako trojnásobný.
- Trend zastúpenia piliarskej guľatiny v štruktúre dodávok je charakteristický poklesom z 33 % na cca 24 % a v posledných dvoch rokoch rastom na 30 až 36 %.
- Podiel vlákniiny sa zvýšil z 48,9 % na 66 % (r. 2002) a poklesol v posledných rokoch na 49,7 % resp. 58,7 %.
- Z hľadiska posudzovania kvality piliarskej guľatiny (predovšetkým III C.) a vlákniiny je zaujímavý vývoj štruktúry súčtu oboch sortimentov. Ich zastúpenie sa pohybuje v rozpätí od 85 do 90 %.

Dynamiku vývoja priemerných cien (tab. 3) ovplyvňujú rôzne faktory. K najdôležitejším patrí zmena cien podľa sortimentov a drevín tak, ako sa uvádza v cenníkoch producentov dreva, štruktúra dodávok podľa sortimentov, hrúbkové triedy u guľatinových sortimentov a drevín a niektoré ďalšie. Za najdôležitejšie faktory je možné pokladať štruktúru dodávok a zmeny cien podľa hrúbkových stupňov a drevín. Analýza uvedených faktorov a ich vplyv na tržby a vývoj cien dreva sú obsahom ďalšej časti práce.

5. TRŽBY ZA DREVO

Celkové tržby za sortimenty listnatých drevín od r. 1990 vzrástli z 1,11 mld. SKK na 4,19 mld. SKK v roku 2007 (Tab. 4). Rast tržieb je dôsledkom rastu objemu predaja (Tab. 1), zmeny štruktúry dodávok a cien dreva. Z **tabuľky 4** je možné identifikovať trendy vývoja tržieb podľa sortimentov dreva: – Hlavnými nositeľmi tržieb sú sortimenty piliarskej guľatiny s 1,3 až 1,96 mld. SKK a vlákniiny 1,3 až 1,65 mld. SKK. Ich podiel na celkových tržbách sa pohybuje od 78 % (r. 1990) do 91 % (r. 2002).

Aj napriek prudkému rastu cien sortimentov prvej a druhej kvalitatívnej triedy, tržby z ich predaja oproti r. 1990 poklesli, resp. u sortimentov druhej kvalitatívnej triedy sa mierne zvýšili. Príčiny sú v znížení absolútnej výšky ich predaja, ktorý je zrejme dôsledkom zmien v dopyte, ale i už spomínaným špekulatívnym prístupom v obchode s drevom.

6. CENY SORTIMENTOV LISTNATÝCH DREVÍN

Vývoj priemerných cien je charakterizovaný silným absolútnym rastom cien sortimentov prvej a druhej kvalitatívnej triedy (**tabuľka 3**). Absolútne najvyšší rast cien je u sortimentov prvej kvalitatívnej triedy (7539 Sk/m³) a súčasne ich relatívny rast bol skoro štvornásobný (3,93). Priemerné ceny piliarskej guľatiny sa zvýšili cca o 1305 Sk/m³ t. j. 2,7-násobne a vlákniiny o 1187 (extrém roku 2006), ale priemerne sa pohybuje v rozpätí nižšom o 400 Sk/m³. Priemerné ceny všetkých sortimentov vzrástli maximálne v r. 2006 na 2,66 násobok roku 1990.

Tab. 3 Vývoj priemerných cien SKK/m³ – sortimenty listnatých drevín (Slovensko)

Tab. 3 Development of the hardwood prices – Slovakia (SKK . m⁻³)

Year	S O R T I M E N T S											All
	First quality veneer logs	Second quality veneer logs	Sawn logs	Pit logs	Rods	Pulpwood	Chips	Fire wood	Stumpage	Logs		
1990	2 574	1 452	762	565	460	313	341	195				520,9
2000	5 518	3 929	1 832	1 103	979	741	420	372	495	784		1 050,5
2001	6 766	4 645	2 005	995	517	799	769	428	797	930		1 168,7
2002	8 034	4 620	2 062	1 279	537	840	898	491	351	843		1 149,5
2003	8 722	5 472	2 067	1 288	1 250	881	1 001	546	276	776		1 188,0
2004	9 431	5 076	1 845	1 031	529	841	1 067	625	363	855		1 166,8
2005	9 768	4 856	1 772	1 093	643	1 005	1 030	722	317	866		1 272,4
2006	10 113	5 277	1 783	1 217	710	1 097	1 528	856	325	1 325		1 383,4

Tab. 4 Tržby za dodávky listnatého dreva (1 000 SKK)

Tab. 4 Hardwood yield – Slovakia (1 000 SKK)

Year	S O R T I M E N T S											All
	First quality veneer logs	Second quality veneer logs	Sawn logs	Pit logs	Rods	Pulpwood	Chips	Fire wood	Stumpage	Logs		
1990	71 333	117 795	569 965	1 363	11 451	345 414	11 226	45 468	0	0		1 174 014
2000	45 954	166 055	1 332 152	4 451	450	1 320 333	1 424	51 080	64 035	25 939		3 011 872
2001	50 623	171 373	1 605 582	5 977	49	1 449 101	8 292	59 026	112 699	35 707		3 498 429
2002	24 423	134 899	1 456 347	18 511	98	1 639 393	18 571	66 244	29 128	11 309		3 398 922
2003	26 532	159 810	1 477 607	18 646	474	1 724 572	21 417	77 967	22 935	10 431		3 540 391
2004	68 516	201 167	1 577 885	7 939	163	1 732 251	21 369	92 947	14 492	21 839		3 738 567
2005	57 787	187 364	1 676 985	23 225	568	1 816 278	5 949	107 492	28 177	11 915		3 915 742
2006	55 065	181 645	1 956 489	6 104	330	1 650 229	128 140	133 289	35 668	44 221		4 191 180

Rast priemerných cien sortimentov listnatých drevín tlmil vznik „nových“ komodít: drevo na pni a surové kmene, ktorých ceny sa pohybujú na hranici 300 až 900 Sk/m³ resp. 800 až 1325 Sk/m³.

Priemerné ceny sú poznačené zjednodušením tak, ako sme uvádzali vpredu – (hrúbkové stupne, druh dreviny). Keď predpokladáme, že hrúbkové stupne u guľatinových sortimentov a drevín sa podstatne v skúmanom období nemenili, potom je predpoklad v snahách producentov dreva maximálne zhodnotiť surové drevo v rozpore s rastom cien kvalitných sortimentov a znižovaním i podielu i absolútnej hodnoty dodávok.

Analýza vývoja cien je spravená na základe základných indexov (Paascheho, Laspeyresov, Fischerov) tak, ako je to uvedené v metodike práce. Výsledky sú v tab. 5. Index priemerných cien je poslednom stĺpci tabuľky 5. Má permanentne stúpajúcu hodnotu čo svedčí o raste cien. Priemerné ceny sortimentov listnatých drevín sa zvýšili oproti východiskovému stavu viac ako dvojnásobne. Maximálnu hodnotu dosiahli v r. 2006 2,656násobok priemernej ceny z roku 1990. Priemerné ceny dosiahli maximálnu výšku v poslednom roku skúmaného obdobia.

Priemerné ceny sú skreslené zmenami štruktúry predaja. Tento nedostatok eliminuje Fischerov index, jeho hodnoty (v **tabuľke 5**) odrážajú reálny rast cien, ktorý je vyšší ako rast priemerných cien. Fischerov index dosahuje hodnoty, ktoré identifikuje trojnásobný (3,231) rast cien. Výška cien kvantifikovaná na základe uvedeného indexu, je v tabuľke 6. Rozdiel oproti dosiahnutým priemerným cenám je významný (od 250 Sk/m³ do 300 Sk/m³). Reálne ceny rástli teda rýchlejšie ako priemerné ceny, ktorých výpočet je deformovaný zmenou štruktúry predaja. Laspeyresov a Paascheho index stálej štruktúry dávajú podobné výsledky ako Fischerov index stálej štruktúry (tab. 5).

Ročné priemerné indexy objektívne identifikujú ročnú priemernú zmenu cien za obdobie od r. 1990 do príslušného roku.

Priemerný ročný rast cien podľa jednoduchého základného indexu do r. 2000 bol 6,58 %-ný a po spomalení rastu cien v rokoch 2002 až 2007 dosiahol priemerný rast cien 5,91 %. Ako sme uviedli vpredu, takto kvantifikovaný index je deformovaný zmenami v štruktúre produkcie. Fischerov index stáleho zloženia udáva objektívnejšie hodnotenie priemerného rastu cien. Do r. 2008 ceny sortimentov listnatých drevín rástli priemerne ročne 8,3 percentami, čo je vyšší rast o 1,77 % ako rast kvantifikovaný jednoduchým priemerným základným indexom. Spomalenie rastu cien od r. 2002 sa prejavilo znížením priemerného rastu cien kvantifikovaného podľa Fischerovho indexu. Tento však sústavne vykazuje vyššie hodnoty o 1,23 a 2,15 % ako priemerný rast kvantifikovaný jednoduchým základným indexom.

Priemerný ročný rast cien sortimentov listnatých drevín do r. 2006 bol 7,1 %, čo je väčší rast o 1,23 % ako rast kvantifikovaný bez zohľadnenia zmien v štruktúre predaja.

Tab. 5 Cenové indexy bazícké
Tab. 5 Basic Price indices

Year	Laspeyres indices		Paasches indices		Fischers indices		Basic indices annual average by prices
	basic	annual average	basic	annual average	basic	annual average	
2000	2,374	1,082	2,459	1,0852	2,416	1,083	2,017
2001	2,980	1,095	2,723	1,0871	2,849	1,091	2,244
2002	2,895	1,085	2,739	1,0806	2,816	1,083	2,207
2003	3,016	1,082	2,830	1,0771	2,921	1,080	2,281
2004	3,184	1,080	2,646	1,0670	2,903	1,074	2,240
2005	3,335	1,073	2,794	1,0663	3,053	1,070	2,443
2006	3,570	1,078	2,925	1,0652	3,231	1,071	2,656

Tab. 6 Priemerné ceny listnatého dreva (SKK . m⁻³)

Tab. 6 Hardwood average prices – Slovakia (SKK . m⁻³)

Year	Real prices	Estimated prices
1990	521	521
2000	1 050	1 259
2001	1 169	1 484
2002	1 150	1 467
2003	1 188	1 522
2004	1 167	1 512
2005	1 272	1 590
2006	1 383	1 683

7. VPLYV ZMENY ŠTRUKTÚRY PRODUKCIE NA TRŽBY ZA DREVO

Vývoj tržieb za drevo listnatých drevín je v tabuľke 4. Výška tržieb oproti roku 1990 v r. 2006 vzrástla 3,57-násobne a dodávky dreva len 1,34-násobne. Výšku tržieb podstatne ovplyvňovali rast cien, zmena štruktúry dodávok a objem dodávok. Rozdiel v raste objemu dodávok a tržieb je dôsledok rastu cien podľa jednotlivých sortimentov a v zmenách štruktúry dodávok.

Vplyv zmien v štruktúre dodávok na výšku tržieb je možné kvantifikovať na základe indexov stálej štruktúry alebo modelovaním tržieb pri konštantnej štruktúre. Kvantifikácia uvedenej štruktúry dodávok (podľa r. 1990) je v **tabuľke 7** a im zodpovedajúce tržby sú v **tabuľke 8**.

Trendy vývoja tržieb spôsobené zmenou štruktúry identifikujú rozdiel medzi dosiahnutelnými a skutočnými tržbami:

- je u sortimentov prvej kvalitatívnej triedy 148,6 až 321,7 mil. Sk, u druhej kvalitatívnej triedy 239,4 až 393,8 mil. Sk. U piliarskej guľatiny sa rozdiel medzi dosiahnutelnými modelovými a skutočnými tržbami pohybuje od 163,7 do 567,1 mil. Sk,
- Vyššie skutočné tržby oproti modelovým sú u sortimentov vlákna 228,7 až 438,9 mil. Sk a u sortimentov banské drevo a žrde.

Celkový rozdiel medzi modelovými tržbami a skutočnými tržbami za sortimenty listnatých drevín sa pohybuje od 534,1 do 953,4 mil. Sk za rok. Za roky 2000 až 2006 tento rozdiel je 4,865 mld. Sk.

Príčiny rozdielov medzi dosiahnutelnými a skutočnými tržbami je možné rozdeliť na objektívne i subjektívne. K objektívnym príčinám patrí zmena štruktúry dopytu – zánik alebo zmena štruktúry produkcie podnikov, ktoré boli orientované na spracovanie sortimentov prvej a druhej kvalitatívnej triedy, nábytkárskych podnikov, ale i piliarskych prevádzok. Rast dopytu po listnatej vlákne je dôsledok zmeny orientácie výroby celulózy zo spracovania ihličnatého na listnaté drevo.

Nezanedbateľnou príčinou je netransparentný obchod s drevom a zanedbanie dlhodo-
bej marketingovej stratégie zo strany producentov surového dreva.

Tab. 7 Modelované dodávky listnatého dreva podľa štruktúry dodávok z r. 1990 m³

Tab. 7 Model supplies according to the structure from year 1990 (m³)

Year	S O R T I M E N T S										All
	First quality veneer logs	Second quality veneer logs	Sown logs	Pit logs	Rods	Pulpwood	Chips	Fire wood			
2000	35 256	103 207	951 574	3 069	31 668	1 403 929	41 880	296 636			2 867 220
2001	36 808	107 749	993 452	3 204	33 062	1 465 715	43 723	309 691			2 993 403
2002	36 358	106 433	981 313	3 164	32 658	1 447 805	43 189	305 907			2 956 827
2003	36 645	107 274	989 072	3 189	32 916	1 459 253	43 531	308 326			2 980 207
2004	39 398	115 333	1 063 373	3 429	35 389	1 568 875	46 801	331 488			3 204 085
2005	37 842	110 778	1 021 381	3 294	33 992	1 506 921	44 953	318 397			3 077 558
2006	37 253	109 054	1 005 483	3 242	33 463	1 483 465	44 253	313 441			3 029 654

Tab. 8 Modelované tržby za listnaté drevo podľa štruktúry dodávok z r. 1990 (1 000 SKK)

Tab. 8 Estimated yield of hardwood by structure from the year 1990

Year	S O R T I M E N T S										All
	First quality veneer logs	Second quality veneer logs	Sown logs	Pit logs	Rods	Pulpwood	Chips	Fire wood			
2000	194 543	405 501	1 743 284	3 385	31 003	1 040 312	17 590	110 349			3 545 965
2001	249 040	500 495	1 991 871	3 188	17 093	1 171 106	33 623	132 548			4 098 963
2002	292 099	491 719	2 023 467	4 047	17 537	1 216 156	38 784	150 200			4 234 010
2003	319 621	587 004	2 044 412	4 108	41 146	1 285 602	43 574	168 346			4 493 813
2004	371 564	585 429	1 961 923	3 535	18 721	1 319 424	49 936	207 180			4 517 712
2005	369 644	537 940	1 809 887	3 600	21 857	1 514 456	46 301	229 883			4 533 568
2006	376 743	575 478	1 792 776	3 946	23 758	1 627 361	67 618	268 306			4 735 986

8. ZÁVER

V článku je spravená analýza vývoja dodávok sortimentov listnatých drevín z hľadiska kvantity dodávok, ich kvality, vývoja cien a následne tržieb. Zmeny v štruktúre dodávok podľa sortimentov sú ovplyvňované zmenou dopytu po sortimentoch, ktorý sa vyvíjal v nadväznosti na zmeny v štruktúre drevospracujúceho priemyslu. Hlavným trendom vo vývoji štruktúry dodávok je sústavné znižovanie podielu kvalitných sortimentov aj napriek rastu ich cien. Prudký pokles dodávok sortimentov prvej a druhej kvalitatívnej triedy je v rozpore s prirodzenou snahou producentov dreva zhodnocovať svoju produkciu. Zmeny v cenách dreva sú kvantifikované na základe Fischerovho cenového indexu a identifikujú vyšší rast cien ako je prezentovaný na základe kvantifikácie zmeny priemernej cien.

Zmeny v štruktúre dodávok sú príčinou tlmenia rastu tržieb v nadväznosti na rast cien i veľkosť dodávok. Rozdiely oproti tržbám modelovaných na základe indexov stálej štruktúry sa pohybujú radovo v stovkách miliónov ročne. Tým producenti dreva strácajú veľkú časť tržieb za drevo, ktoré sú hlavným zdrojom financovania obnovy i ochrany lesov.

LITERATÚRA

- KOLENKA, I. : Vývoj produkcie, dodávok a cien dreva – ihličnaté dreviny, TU vo Zvolene, 2008 (v tlači).
PETRÁŠ, R., NOCIAR, V.: Sortimentáčne tabuľky hlavných drevín. VEDA, Slovenská akadémia vied, ISBN 80-224-0376-8.
PIDANY, J.: Metódy porovnávania a sledovania dynamiky vývoja v ekonomike, Elfa s.r.o., 1996 ISBN 80-88786-37-1.
Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2000 až 2006 Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky, Bratislava 2001 až 2006, ISBN 80-88992-69-9.
SUCHOMEL, J., GEJDOŠ, M.: Analýza vývoja technických podmienok a cien sortimentov surového dreva, TU vo Zvolene, 2008, ISBN 978-80-228-1909-1.
-

Adresa autora:

Prof. Ivan Kolenka
Katedra ekonomiky a riadenia lesného hospodárstva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Hardwood prices, yield and supplies

Summary

The article deals with the problem of the wood prices development in the Slovak forestry sector during transition period (from 1990 to 2006). Author investigates trend of hardwood prices, structure of wood supply and effect of the wood supply structure changes on the yield of the forest owners.

The quantification of wood prices development was made by constant structure indices (Fischer, Paasche, Laspeyre).

Key words: wood prices, wood supplies, transition period

ACTA FACULTATIS FORESTALIS LI – 2009 č. 2

Prvé vydanie – Vydala Technická univerzita vo Zvolene v roku 2009 – Počet strán 122
Náklad 300 výtlačkov – Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene – Vydanie
publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 26. 1. 2009, číslo EP 136/2009
– Evidenčné číslo 3861/2009

ISSN 0231-5785