



**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

**54(2)
2012**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Vedecký redaktor / Executive editor
Doc. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD.

Predseda redakčnej rady / Editor in Chief
Doc. Dr. Ing. Viliam Pichler

Redakčná rada / Editorial board
Doc. Ing. Marek Fabrika, PhD.
Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
Prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
Prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.
Prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
Prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.
Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Doc. Ing. Jozef Suchomel, CSc.
Prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

Vydala Technická univerzita vo Zvolene
Vydanie I. – 2012
Rozsah 206 strán, 13,46 AH, 14,25 VH
Náklad 150 výtlačkov
Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene
Rukopis neprešiel jazykovou úpravou
Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 23. 1. 2012,
číslo EP 181/2012
Evidenčné číslo 3861/2009

© Technická univerzita vo Zvolene
ISSN 0231-5785

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Lukáčik, I., Ďuriš, M., Kollár, V.: Lesostepné spoločenstvá Strážovských vrchov	7
Forest – steppe of Strážovské vrchy Mt.s	7
Jadud', J., Saniga, M.: Rastová a regeneračná dynamika vybratých typov výberkových lesov v orografickom celku Nízke Tatry	21
Die Wuchs- und Regenerationsdynamik ausgewählten Plenterwälder im Geländekomplex Niedere Tatra	21
Gubka, K., Lukáčik, I.: Súčasný stav lesného ekosystému na navrhovanej bezzásahovej zóne Pustý Hrad Zvolen.....	33
Present state of forest ecosystem in proposed non-intervention zone of Pustý hrad Zvolen	33
Machanský, M., Žihlavník, A.: Hospodársko-úpravnícke plánovanie v kalamitných oblastiach	51
Planning procedures in forest dieback areas	51
Bahýľ, J., Žihlavník, A., Mistrik, M.: Možnosti využitia ťažbovej regulácie v lesnom celku.....	71
Utilization of cutting regulation in the Forest Management Unit	71
Leštianska, A., Střelcová: Vlhkostné pomery vybraných lesných vegetačných stupňov oblasti zvolenskej kotliny v priebehu meteorologicky odlišných vegetačných období.....	87
Humidity conditions in selected forest altitudinal zones of the Zvolenská valley during the meteorological different growing periods.....	87
Slugeň, J., Jankovský, M.: Hodnotenie poškodenia ostávajúceho porastu po práci Harvesteru Kaiser S2 v horskom teréne	99
The evaluation of damage to the remaining stand after the operation of a Kaiser S2 harvester in mountain terrain	99
Messingerová, V., Jankovský, M., Allman, M., Slugeň, J.: Možnosti obnovy pôdy po jej znečistení olejmi.....	113
The possibilities of soil remediation after oil contamination	113
Čabalová, I.: Vplyv teploty a recyklácie na dĺžku reťazcov celulózy v buničinových vláknach.....	121
Temperature and recycling influence on the length of cellulose chains in pulp fibers.....	121

Geffertová, J., Geffert, A.: Nízkoteplotná rozkladná destilácia smrekového dreva a kôry	129
The low-temperature destructive distillation of the spruce wood and bark	129
Gömöry, D., Romšáková, I., Foffová, E.: Bodové polymorfizmy v rámci potenciálne adaptívnych sekvencií smreka obyčajného (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) z klimaticky kontrastných oblastí.....	139
Single nucleotide polymorphisms within potentially adaptive sequences of Norway spruce (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) provenances from climatically contrasting areas	139
Martinák, M., Martináková, M., Ujházy, K.: Zmeny lesných fytocenóz v hospodárskych lesoch 5. vegetačného stupňa na andezitovom podloží.....	153
Changes in forest phytocenoses in managed forest in 5 th altitudinal vegetation zone on andesite bedrock	153
Ivan, M., Rajský, D.: Aktuálna situácia vo výskyte fibropapilomatózy v populáciách jeleňovitých na Slovensku	167
The actual situation of occurrence of the fibropapillomatosis in population of Cervidae in Slovakia	167
Rajský, M., Rajský, D., Garaj, P. st., Kropil, R., Vodňanský, M.: Vplyv rušenia cirkadiálnej aktivity jelenej zveri v letnom a zimnom období na lúpanie a obhryz kôry drevín	177
Effect of disturbance on the daily activity of red deer in the summer and the winter on browsing and peeling of the trees under experimental conditions.....	177
Ivan, M.: Priebeh vysušovania a jeho vplyv na zmenu hmotnosti parožia jeleňovitých (<i>Cervidae</i>).....	191
The course of desertification and his impact to change of weight of cervidaes antlers	191
Kodrík, M., Krušpán, D.: Počty odchytených imág <i>Ips typographus</i> L. v Oraviciach (Západné Tatry) v období desiatich rokov	199
Number of trapped <i>Ips typographus</i> in Oravice (Western Tatras) per decade	199

LESOSTEPNÉ SPOLOČENSTVÁ STRÁŽOVSKÝCH VRCHOV

Ivan LUKÁČIK – Marian ĎURIŠ – Vincent KOLLÁR

Lukáčik, I., Ďuriš, M., Kollár, V.: Forest – steppe of Strážovské vrchy Mt.S. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 7–19, 2012.

The submitted paper deals with the evaluation of thermophilic forest-steppe communities located in southern part of Strážovské Mts., district Chalmová. The forest-steppe localities are usually found on the sunlit slopes of dry and warm regions, most frequently on dolomite and limestone bedrock. Four permanent research plots (PRP) were established in abovementioned locality. For arborescent species, the basic dendrometric features were measured (DBH, height and height of crown base) and subsequently statistically evaluated. The significance of differences among localities for species *Quercus pubescens* as a model example was evaluated by usage of single-factor ANOVA. According to results of analysis, we can state that the differences among average diameter and heights of *Quercus pubescens* (Willd.) individuals were in most of cases statistically significant (95% confidence level). The four PRP's were not confirmed to be statistically different at the tree width (DBH). The similarity of locations was also assessed using Duncan's test. The test results showed homogeneity of tree heights and heights of crown bases on PRP1 and PRP3. From point of view of evaluated dendrometric characteristics, the PRP4 shows distinct position.

Key words: Strážovské vrchy Mts., forest-steppe communities, growth characteristic, *Quercus pubescens*

1 ÚVOD A CIEĽ PRÁCE

Lesostepné spoločenstvá patria medzi najxerofilnejšie zmiešané dubové lesy (zväz *Quercion pubescentis – petraeae*). Svoje vývojové centrá majú predovšetkým na Balkánskom polostrove a v južnom Francúzsku. Na území Slovenska sa vyskytujú najmä v jeho južnej časti v teplých a suchých oblastiach najčastejšie na karbonátových a bázických horninách. V podobe enkláv zasahujú aj hlbšie do jednotlivých pohorí Karpatského oblúka (Strážovské vrchy, Slovenské Rudohorie ai.), kde vystupujú do nadmorskej výšky až 500 metrov. V typickej podobe sú to rozvoľnené porasty duba plstnatého (*Quercus pubescens*) a teplomilných krov dosahujúcich výškou stromovú úroveň (ĎURIŠ, LUKÁČIK 2010). Vo vyšších a chladnejších polohách sa významnejšie uplatňuje aj dub zimný (*Quercus petraea*). Dreviny majú často obmedzený zrast, sú netvárne s nízkou kvalitou drevnej hmoty. Porasty majú väčšinou ochranný charakter a len na najpriaznivejších lokalitách môžu mať určité hospodársky význam. Charakteristická je veľká druhová

diverzita v kríkovitej a bylinnej vrstve a často tvoria komplex zo xerotermofilnými trávovitými spoločenstvami.

Cieľom predkladanej práce bolo zmapovať územie južnej časti Strážovských vrchov v masíve Drieňového vrchu a Rokoša v katastri obce Chalmová a podrobne popísať lesostepné spoločenstvá vyskytujúce sa na predmetnom území z hľadiska jedinečných prírodných podmienok, drevinového zloženia a bylinnej a trávnej synúzie. V ďalšom zmerať základné taxačno-dendrometrické charakteristiky hlavných drevín (výška stromov, výška nasadenia korún, hrúbka $d_{1,3}$), posúdiť ich vertikálne rozvrstvenie a v konečnom dôsledku zhodnotiť dané územie aj z hľadiska jeho ovplyvnenia antropogénnou činnosťou.

2 ROZBOR PROBLEMATIKY

Skúmané územie sa nachádza v južnej časti Strážovských vrchov v masíve Drieňového vrchu a Rokoša. Organizačne patrí do lesného hospodárskeho celku (LHC) Vestenice, odštepného lesného závodu (OZ) Prievidza a lesného obvodu (LO) Chalmová.

Strážovské vrchy patria do pásma jadrových pohorí vnútorných Karpát, od ktorých sa však odlišujú po štruktúrálnej stránke. Netvorí ich jedna antiklinálna, ale niekoľko antiklinálnych a synklinálnych paleogénnych pásiem. Sú morfológicky bohato členené.

Podľa fytogeografického členenia Slovenska (FUTÁK 1966) patria do oblasti západo-karpatskej flóry (*Carpathicum occidentale*), obvodu predkarpatskej flóry (*Praecarpaticum slovacum*), ktorá nadväzuje na oblasť panónskej flóry a tvorí vlastne prechod medzi teplomilnou panónskou vegetáciou a vegetáciou karpatského oblúka.

Masív Rokoša a Drieňového vrchu je budovaný prevažne vápencami a dolomitmi chočskej série. Západný, znížený okraj Rokoša sa viaže na mäkké paleogénne súvrstvie. Reliéf v oboch masívoch je silne ovplyvnený selektívnou eróziou v rôzne oddelených horninách chočskej a krížňanskej série. Na menej odolných, bridličných súvrstviach je reliéf hladšie modelovaný s miernejšími dolinkami. Na odolnejších vápencových a dolomitických súvrstviach sú vyvýšeniny často skalnaté, svahy sú strmé, doliny úzke, často až kaňonovité, hrebienky ostrejšie. Prevládajúcimi sú južne orientované expozície.

Z pôdných predstaviteľov v oblasti Chalmovej je to najmä typická rendzina na vápencovom a dolomitovom geologickom podloží, na strmších hrebienkoch a vypuklých svahoch. Jemnozom obsahuje karbonáty v celom profile. V pôdnom profile je značné množstvo skeletu, ktorého obsah smerom nadol stúpa. Pôdy sú vzhľadom na zrornosť a vyššiu skeletnosť vzdušné a málo vododržné. Na teplých expozíciách sú presýchavé, čo sa prejavuje v zložení fytocenóz, v ktorých sa popri vápnomilných druhoch uplatňujú i druhy teplomilné a suchomilné. Z hľadiska minerálnej sily sú to pôdy minerálne bohaté. Majú vysoké zásoby dvojmocných prvkov Mg, Ca, ale menšie zásoby jednomocných živín najmä K a P, ktoré i pri relatívne dostačujúcich zásobách nemôže vegetácia plne využiť vzhľadom na antagonizmus prvkov (Mg – K) i na nedostatok vlhky (KAPUSTA 1988).

Územie je ohraničené dvomi priemyselnými oblasťami, ktoré patria medzi päť najviac znečistených oblastí na Slovensku. Zdrojom znečistenia je predovšetkým elektrárň v Zemianskych Kostolnoch. Jej palivovú základňu tvorí uhlie, ktoré je takmer ešte lig-

nitom s vysokým obsahom popola, síry, chlóru a arzenu. Okrem toho obsahuje niektoré ťažké kovy a stopové prvky ako Cd, Ge, Ga a iné. V blízkosti sa nachádza skládka popola, ktorá je tiež veľkým znečisťovateľom okolitých lesov. Ďalšími zdrojmi, ktoré negatívne ovplyvňujú predmetné územie sú chemické závody v Novákoch, Novácke uholné bane a porobetónka v Zemianskych Kostoch. Chemické závody exhalujú najmä zlúčeniny chlóru, merkaptány, karbidy, SO_2 atď. V predmetnom území sú aj početné kameňolomy a drvičky kameňa (KAPUSTA 198).

3 MATERIÁL A METÓDA PRÁCE

3.1 Výber a zakladanie plôch

Ako už bolo uvedené, materiál pre predkladanú prácu sa získal v južnej časti Strážovských vrchov, kde sme založili štyri trvale výskumné plochy (TVP). V rámci každej plochy sa urobil zápis, ktorý obsahoval údaje o poraste (dielci), umiestnení plochy, nadmorskej výške, expozícii, sklone terénu, zásobe porastu. Konkrétne plochy sme zakladali pomocou uhlomernej hlavice a výtyčiek. Každú plochu sme si stabilizovali označenými drevenými kolíkmi. Veľkosť trvalo výskumných plôch bola 0,25 ha. Okrem toho sa podrobne popisalo drevinové zloženie, bylinná a trávna synúzia podrastu. Názvy taxónov sú v súlade s publikáciou MARHOLD, HINDÁK (1998).

3.2 Meranie taxačno-dendrometrických charakteristík

Na každej ploche sme zmerali základné taxačno-dendrometrické veličiny, t.j. výšku stromu, hrúbku $d_{1,3}$ a výšku nasadenia koruny. Výška stromu a výška nasadenia koruny sa merala výškomerom Vertex III s presnosťou na 0,1 m. Hrúbka kmeňa sa merala priemerkou s presnosťou na 0,1 cm.

4 DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

4.1 Základné údaje o založených trvalých výskumných plochách

TVP 1

TVP 1 sa nachádza v južnej časti dielca 762. Porast má ochranný charakter, v spodnej časti plochy je zápoj väčší (0,7), vo vyšších častiach je rozvoľnenejší vzhľadom na členitý terén a naväzujúcu skalnú step. Jednotlivé stromy majú často až bizarné formy vzrastu. Plocha sa nachádza v nadmorskej výške 380 m n. m., na južnej expozícii so sklonom 80 %. Zásoba porastu je $65 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Drevinové zloženie:

Quercus pubescens 70 %, *Sorbus torminalis* 14 %, *Quercus cerris* 10 %, *Sorbus aria* 6 %.

Krikovitý podrast:

Crataegus monogyna, *Rosa canina*, *Cornus mas*.

Bylinná a trávna synúzia:

Stipa capillata, *Stipa pulcherrima*, *Jurinea mollis*, *Scabiosa ochroleuca*, *Teucrium chamaedrys*, *Teucrium montanum*, *Inula ensifolia*, *Globularia punctata*, *Carex humilis*, *Koeleria macrantha*.

TVP 2

Plocha sa nachádza v hornej časti dielca 730. V spodnej časti plochy je porast zapojený, s pribúdajúcou nadmorskou výškou je zápoj uvoľnenejší. Svah je čiastočne kamenistý, pôda plytká, skeletnatá a značne presychavá. Porast je zaradený do kategórie účelových lesov z dôvodu emisného zaťaženia z neďalekej elektrárne. Plocha sa nachádza v nadmorskej výške 380 m n. m., na južnej expozícii so sklonom 50 %. Zásoba porastu je 105 m³.ha⁻¹.

Drevinové zloženie:

Quercus pubescens 50 %, *Carpinus betulus* 22 %, *Quercus petraea* 16 %, *Sorbus torminalis* 12 %.

Krikovitý podrast:

Crataegus monogyna, *Rosa canina*, *Cornus mas*.

Bylinná a trávna synúzia:

Stipa capillata, *Stipa pulcherrima*, *Jurinea mollis*, *Scabiosa ochroleuca*, *Teucrium chamaedrys*, *Teucrium montanum*, *Inula ensifolia*, *Globularia punctata*, *Carex humilis*, *Koeleria macrantha*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Coronilla varia*, *Trifolium alpestre*.

TVP 3

Plocha je založená v južnej časti dielca 781. V spodnej časti plochy je porast rozvoľnenejší, materská hornina vystupuje až na povrch. Plocha sa nachádza v nadmorskej výške 250 m n. m., na južnej expozícii so sklonom 60 %. Zásoba porastu je 140 m³.ha⁻¹.

Drevinové zloženie:

Quercus pubescens 48 %, *Acer campestre* 19 %, *Pyrus communis* 13 %, *Cerasus mahaleb* 8 %, *Quercus cerris* 7 %, *Fraxinus ornus* 5 %.

Krikovitý podrast:

Crataegus monogyna, *Rosa canina*, *Cornus mas*, *Berberis vulgaris*.

Bylinná a trávna synúzia:

Carex humilis, *Brachypodium pinnatum*, *Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*, *Jurinea mollis*, *Globularia punctata*, *Inula ensifolia*, *Bupleurum falcatum*, *Teucrium chamaedrys*, *Anthyllis vulneraria*, *Genista pilosa*, *Pilosella caespitosa*, *Potentilla arenaria*, *Poterium sanguisorba*, *Tithymalus cyparissias*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Coronilla varia*, *Trifolium alpestre*, *Fragaria moschata*, *Viola hirta*, *Viola riviniana*.

TVP 4

Plocha sa nachádza v hornej časti dielca 711. V spodnej časti plochy je porast viac zapojený, s pribúdajúcou nadmorskou výškou je zápoj uvoľnenejší. Svah je čiastočne kamenistý, pôda plytká, skeletnatá a značne presychavá. Plocha sa nachádza v nadmorskej výške 390 m n. m., expozícia vybranej plochy je juhozápadná, so sklonom 50 %. Zásoba porastu je 119 m³.ha⁻¹.

Drevinové zloženie:

Quercus pubescens 50 %, *Carpinus betulus* 21 %, *Quercus petraea* 17 %, *Sorbus torminalis* 12 %.

Krikovitý podrast:

Crataegus monogyna, *Rosa canina*, *Cornus mas*.

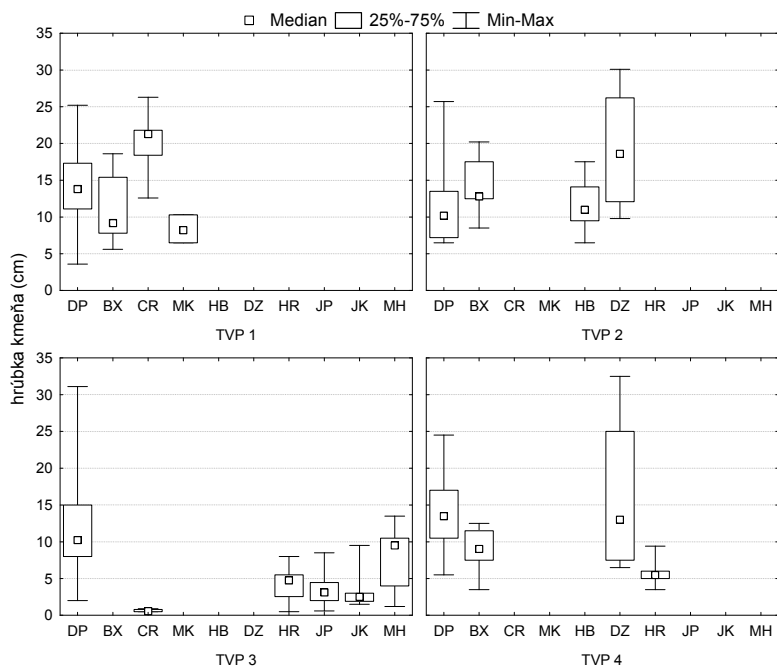
Bylinná a trávna synúzia:

Melica uniflora, *Brachypodium sylvaticum*, *Bromus benekenii*, *Pulmonaria obscura*, *Clinopodium vulgare*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Lathyrus niger*, *Coronilla varia*, *Fragaria moschata*, *Viola hirta*, *Viola riviniana*, *Teucrium chamaedrys*

4.2 Hodnotenie meraných dendrometrických charakteristík

4.2.1 Hrúbka kmeňov

Na všetkých založených TVP bol dominantnou drevinou dub plstnatý (*Quercus pubescens*). Jeho priemerná hrúbka $d_{1,3}$ sa pohybovala v rozpätí 11,8 cm (TVP 2) až 14,2 cm (TVP 4), keď najviac variabilná bola na TVP 3 – 61,1 %. Druhé najväčšie zastúpenie na plochách 1 a 4 mala jarabina brekyňová (*Sorbus torminalis*). Jej priemerná hrúbka na ploche 1 bola 11,0 cm s variačným rozpätím 42 %, na ploche 4 dosiahla 8,8 cm s variačným rozpätím 33,7 %. Na TVP 2 mal druhé najväčšie zastúpenie hrab obyčajný (*Carpinus betulus*) s priemernou hrúbkou 11,5 cm a variačným rozpätím 31,3 %, na TVP javor poľný (*Acer campestre*) s priemernou hrúbkou 3,4 cm a variačným rozpätím 63,6 %. Variabilita priemernej hrúbky drevín je znázornená na obr. 1.



Obr. 1 Charakteristika variačného rozpätia hrúbky drevín na založených TVP

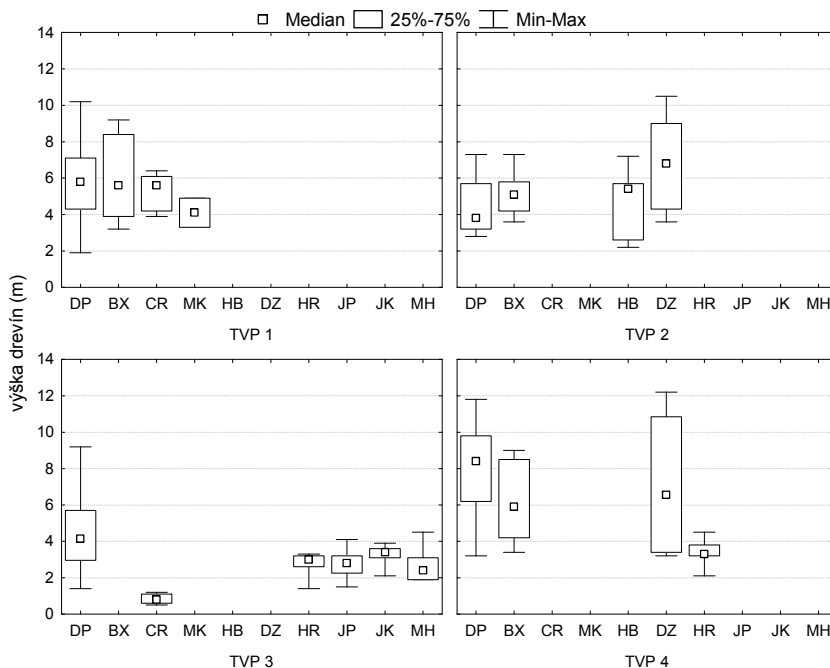
Fig. 1 The variation characteristics of tree diameter according to tree species and PRP

Legenda:

DP – dub plstnatý (*Quercus pubescens*), BX – jarabina brekyňová (*Sorbus torminalis*), CR – dub cerový (*Quercus cerris*), MK – jarabina mukyňová (*Sorbus aria*), HB – hrab obyčajný (*Carpinus betulus*), DZ – dub zimný (*Quercus petraea*), HR – hruška planá (*Pyrus communis*), JP – javor poľný (*Acer campestre*), JK – jaseň manový (*Fraxinus ornus*), MH – čerešňa mahalebková (*Cerasus mahaleb*)

4.2.2 Výška stromov

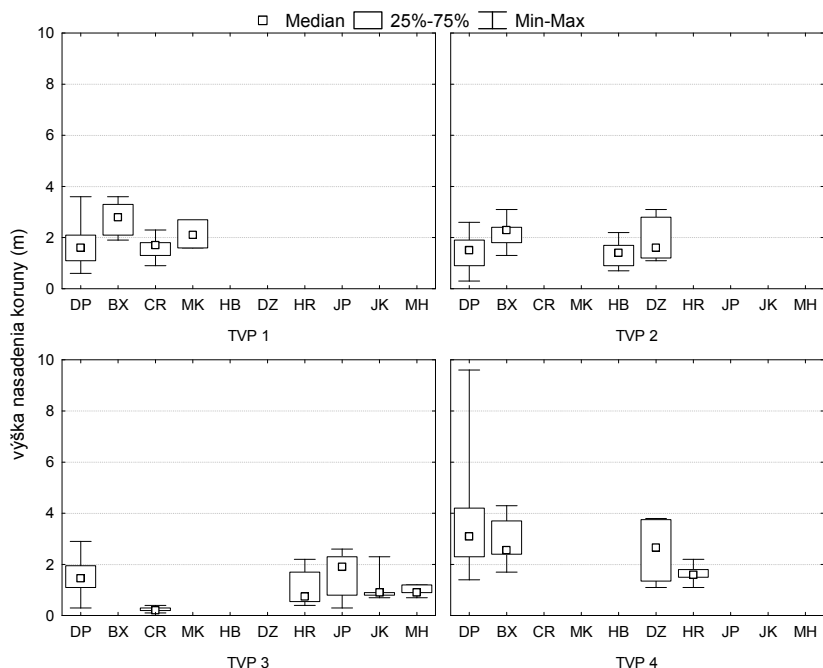
Výšky stromov hodnotených drevín sú typické pre lesostepné spoločenstvá, keď sa pohybovali v rozpätí 0,8 m až 8,0 m. Priemerná výška dominantného *Quercus pubescens* sa pohybovala od 3,9 m (TVP 3) po 8,0 m (TVP 4). Priemerné výšky ostatných hodnotených drevín boli v celku vyrovnané. Výraznejšie sa odlišovali len u duba zimného (*Quercus petraea*), ktorý mal v priemere druhú najväčšiu výšku (6,8 m až 7,1 m). Zastúpený bol však len na TVP 2 a TVP 4. Naopak na TVP 3 mal dub cerový (*Quercus cerris*) len krikovitý vzrast s priemernou výškou 0,8 m. Priemerné výšky ostatných drevín (*Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Cerasus mahaleb*, *Fraxinus ornus*, *Pyrus communis*) sa pohybovali v rozpätí 1,9 m – 5,8 m.



Obr. 2 Charakteristika variačného rozpätia výšky drevín na založených TVP
 Fig. 2 The variation characteristics of tree height according to tree species and PRP

4.2.3 Výška nasadenia koruny

Aj priemerné výšky nasadenia korún poukazujú na typický charakter lesostepných spoločenstiev, keď koruny drevín vyskytujúcich sa na založených TVP sú väčšinou netvárne a nízko nasadené. Priemerná výška nasadenia korún *Quercus pubescens* na prvých troch TVP bola 1,6 m, výraznejšie sa odlišovala len na TVP 4, kde dosiahla hodnotu 3,4 m. Na TVP 1 najväčšie výšky nasadenia korún dosiahli *Sorbus torminalis* – 2,7 m a *Sorbus aria* – 2,1 m. Výšky nasadenia korún na TVP 2 sú v celku vyrovnané keď sa pohybujú od 1,4 m (*Carpinus betulus*) do 2,2 m (*Sorbus torminalis*). V priemere najnižšie výšky nasadenia korún boli zaznamenané na TVP 3, kde sa pohybovali od 1,0 m (*Cerasus mahaleb*) do 1,6 m (*Acer campestre*). Pri *Quercus cerris* nebola táto charakteristika hodnotená pre už spomínaný kríkovitý vzrast. Na TVP 4 sa výška nasadenia korún vyskytujúcich sa drevín okrem už uvádzaného (*Quercus pubescens*) pohybovala v rozpätí 1,6 m (*Pyrus communis*) do 2,9 m (*Sorbus torminalis*).



Obr. 3 Charakteristika variačného rozpätia výšky nasadenia korún drevín na založených TVP
Fig. 3 The variation characteristics of height of crown base according to tree species and PRP

4.3 Výsledky analýzy variancie duba plstnatého

Jedinou drevinou vyskytujúcou sa na všetkých trvalých výskumných plochách bol *Quercus pubescens*. Významnosť rozdielov medzi lokalitami sa hodnotila pomocou jednofaktorovej analýzy variancie a otestovala Duncanovým testom.

Z výsledkov analýzy variancie pre priemernú hrúbku *Quercus pubescens* vyplynulo, že faktor plochy nemá štatisticky významný vplyv na túto veličinu, pretože priemerná hrúbka stromov nadobúda na všetkých založených plochách podobné hodnoty. Zistené rozdiely majú vzhľadom na nízku vnútrodruhovú variabilitu len náhodný charakter. Z toho dôvodu nebolo potrebné zistené rozdiely testovať Duncanovým testom.

Tab. 1 Výsledky analýzy variancie hrúbky duba plstnatého

Table 1 The results of analysis of variance of *Quercus pubescens* (Willd.) stem diameter

Zdroj variability	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	F	Hladina významnosti α
Plocha	127,72	3	1,4393	0,233598
Reziduál	4496,17	152		

Z priemernej výšky stromov *Quercus pubescens* je evidentný vplyv rozdielnej lokality. Z výsledkov analýzy variancie vyplýva, že faktor plochy má štatisticky významný vplyv na priemernú výšku stromov (tab. 2). Podľa výsledkov Duncanovho testu (tab. 3) neexistuje z hľadiska priemernej výšky významný rozdiel medzi TVP 1 a TVP 3. Trvalá výskumná plocha 4 sa z tohto pohľadu významne odlišuje od prvých troch založených výskumných plôch.

Tab. 2 Výsledky analýzy variancie výšky duba plstnatého

Table 2 The results of analysis of variance of *Quercus pubescens* (Willd.) tree height

Zdroj variability	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	F	Hladina významnosti α
Plocha	388,99	3	30,87	0,001
Reziduál	638,56	152		

Tab. 3 Výsledky Duncanovho testu (homogénne skupiny) pre priemernú výšku duba plstnatého na založených plochách

Table 3 The results of Duncan's test (homogeneous groups) of *Quercus pubescens* (Willd.) average height

Názov plochy	Homogénná skupina		
	1	2	3
TVP 1	A	B	C
TVP 2			
TVP 3	A		
TVP 4			

Z hľadiska priemernej výšky nasadenia korún *Quercus pubescens* je zrejmy vplyv rozdielnej lokality. Z výsledkov analýzy variancie vyplýva, že faktor plochy má štatisticky významný vplyv na priemernú výšku nasadenia korún (tab. 4). Z výsledkov Duncanovho testu z hľadiska priemernej výšky nasadenia korún (tab. 5) vidieť, že prvé tri výskumné plochy tvoria homogénne skupiny, len plocha 4 sa od nich významne odlišuje.

Tab. 4 Výsledky analýzy variancie výšky nasadenia korún stromov duba plstnatého

Table 4 The results of single-factor ANOVA of *Quercus pubescens* (Willd.) average height of crown bases

Zdroj variability	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	F	Hladina významnosti α
Plocha	131,06	3	38,44	0,001
Reziduál	172,75	152		

Tab. 5 Výsledky Duncanovho testu (homogénne skupiny) pre priemernú výšku nasadenia koruny duba plstnatého na založených plochách

Table 5 The results of Duncan's test (homogeneous groups) of *Quercus pubescens* (Willd.) average height of crown base

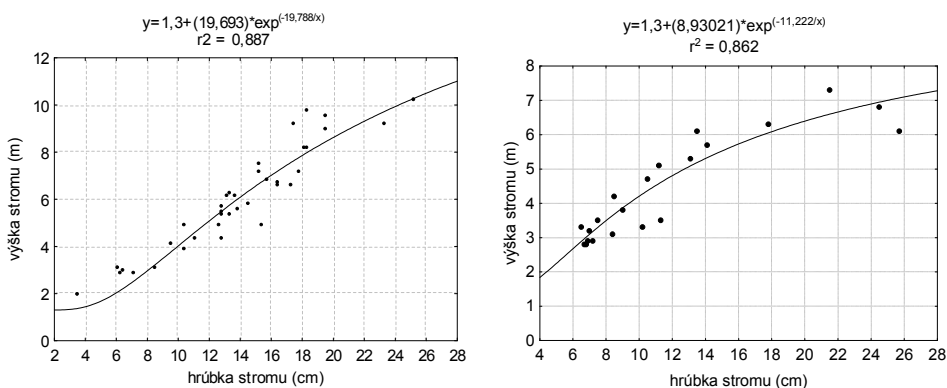
Názov plochy	Homogénná skupina	
	1	2
TVP 1	A	B
TVP 2	A	
TVP 3	A	
TVP 4		

4.4 Závislosť výšky stromov od hrúbky

Aj závislosť výšky stromov od hrúbky $d_{1,3}$ sa na každej TVP vypočítala len pre *Quercus pubescens*. Na vyrovnanie tejto závislosti sa použila Michajlovova funkcia v tvare:

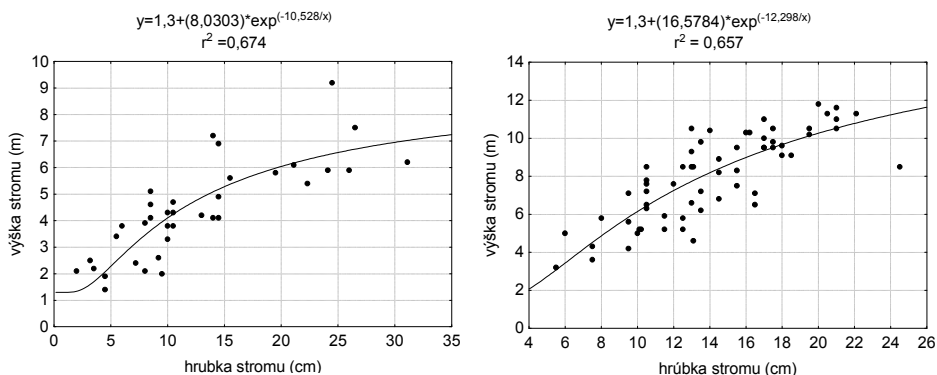
$$\text{výška} = 1,3 + a \cdot e^{(b/\text{hrúbka})}$$

Z výsledkov vyplynulo, že na založených plochách (TVP 1 až TVP 4) ide o tesné závislosti s podielom vysvetlenej variability 88,7 %, 86,2 %, 67,4 % a 65,7 %. Z priebehov výškových kriviek vidieť, že na TVP 1 pri hrúbke 28 cm dosahuje vyrovnaná výška stromov hodnoty 10 m až 11 m, na TVP 2 pri hrúbke 25 cm hodnoty približne 7,5 m, na TVP 3 pri hrúbke 35 cm tiež 7,5 na TVP 4 pri hrúbke 26 cm hodnoty 11,5 m až 12 m. Uvedené závislosti sú podľa jednotlivých plôch uvedené na obrázkoch 4 a 5.



Obr. 4 Závislosť výšky stromov od hrúbky $d_{1,3}$ duba plstnatého na TVP 1 a TVP 2

Fig. 4 Relationship among tree height and stem diameter (DBH) of *Quercus pubescens* (Willd.) on PRP1 and PRP 2



Obr. 5 Závislosť výšky stromov od hrúbky $d_{1,3}$ duba plstnatého na TVP 3 a TVP 4
 Fig. 5 Relationship among tree height and stem diameter (DBH) of *Quercus pubescens* (Willd.) on PRP 3

5 DISKUSIA A ZÁVER

Cieľom predkladanej práce bolo získať a spracovať dostupné informácie o zložení, rastových vlastnostiach a vzájomných závislostiach teplomilných spoločenstiev lesostepného charakteru v južnej časti Strážovských vrchov v katastri obce Chalmová. Pre splnenie cieľov práce boli v predmetnej oblasti založené štyri trvalé výskumné plochy. Všetky plochy boli založené na strmých, vypuklých kamenistých svahoch s južne orientovanou expozíciou. Pôdy sú zrnitostne ľahké, presýchavé, minerálne chudobné, čo podmieňuje aj zloženie vyskytujúcich sa fytoocenóz. Zo získaných poznatkov vyplynulo, že navrhované územie predstavuje vcelku zachovalé pôvodné rastlinné spoločenstvá, ktoré majú výrazne teplomilný charakter, s výskytom typických xerofytných a mezofytných druhov, ale aj ďalších druhov typických pre dubový lesný vegetačný stupeň (KOLLÁR 2009).

Dominantnou drevinou na všetkých založených plochách bol dub plstnatý (*Quercus pubescens*), ktorý je najtypickejšou drevinou spoločenstiev lesostepného charakteru podľa viacerých autorov (PAGAN 1996, MAGIC 2000, BENČAĽ 2005, LUKÁČIK 2006 a iní). Je to výrazne slnná drevina, ktorá dobre rastie v riedkych, presvetlených porastoch. Vo väčšine prípadov sú viazané na pôdy vznikajúce na karbonátových horninách dobre zásobených bázami (horčík, vápnik), ktoré najmä počas vegetačného obdobia trpia nedostatkom vlhky (POŽGAJ 1985).

Zastúpenie ďalších drevín typických pre lesostepné spoločenstvá bolo pestrejšie a rôznilo sa podľa jednotlivých plôch. Najtypickejšie drevinové zloženie sme zaznamenali na TVP 3, kde bolo evidovaných celkovo šesť druhov drevín stromovitého vzrastu a štyri kríkovité druhy drevín. Pri drevinách stromovitého vzrastu sme na všetkých TVP merali ich výšky, výšky nasadenia korún a hrúbky kmeňov $d_{1,3}$. Pri porovnaní štrukturálnej diverzity rôznych spoločenstiev drevín možno konštatovať, že výsledky našich meraní nielen doplnili doterajšie poznatky o rastových schopnostiach drevín na rôznych stanovištiach

(GUBKA 1997, SANIGA *et al.* 2009, BUGALA, PITNER 2010), ale priniesli aj mnohé originálne informácie.

Ako už bolo uvedené, *Quercus pubescens* bol jedinou drevinou, ktorá sa vyskytovala na všetkých štyroch TVP, preto sme ju hodnotili podrobnejšie. Z vykonaných analýz vyplynulo, že kým priemerné hodnoty hrúbok sa medzi jednotlivými plochami výraznejšie nemenili a pohybovali sa v rozpätí 11,8 m – 14,2 cm, rozdiely priemerných hodnôt výšok, respektíve výšok nasadenia korún boli medzi jednotlivými plochami štatisticky významné. Najmä jedince na TVP 4 sa z hľadiska priemernej výšky výraznejšie odlišovali od jedincov duba plstnatého na ostatných TVP.

Závislosť výšky jedincov *Quercus pubescens* od ich hrúbky bola veľmi tesná, keď sa na jednotlivých plochách pohybovala v rozpätí 88,7–65,7 %. Pri podobnom hodnotení *Quercus cerris* (ĎURIŠ, LUKÁČIK 2010) uvádzajú strednú tesnosť závislosti (66,7–43,5 %). Získané výsledky týkajúce sa zloženia fytocenóz v danej oblasti, vzťahov hrúbky, výšky stromov a výšky nasadenia korún drevín charakteristických pre dané stanovišťa s osobitým zreteľom na *Quercus pubescens* sú prvými informáciami v tomto smere. Budú vhodným podkladom pri následných prácach aj vzhľadom k tomu, že založené plochy sa nachádzajú v blízkosti odkalísk a elektrárne v Zemianskych Kostolánoch a na skúmaných spoločenstvách sme pozorovali čiastočné poškodenia, ktoré sa prejavuje napr. znižovaním prírastku drevín rastúcich v skúmanej oblasti.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- BENČAT, T. 2005: Dendrológia. Technická univerzita vo Zvolene, 205 s.
- BUGALA, M., PITNER, J. 2010: Analýza štrukturálnej diverzity porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na území VŠLP TU vo Zvolene. In: *Acta Facultatis Forestalis* 52 (1), Zvolen, s. 43–54.
- ĎURIŠ, M., LUKÁČIK, I. 2010: Lesostepné spoločenstvá vo vybranej oblasti Krupinskej planiny. In: *Acta facultatis forestalis* Zvolen: s. 71–87.
- FUTÁK, J. 1966: Flóra Slovenska, II., Bratislava, SAV, 349 s.
- GUBKA, K. 1997: Vplyv expozície na štruktúru ochranných lesov na lokalite Podurch (OLZ Smolenice). *Acta Facultatis Forestalis* Zvolen, XXXIX, s. 107–118.
- KAPUSTA, M. 1988: Hlavné zdroje nepriaznivých vplyvov. UPOP CHKO Ponitrie, Bratislava, s. 535–540.
- KOLLÁR, V. 2009: Lesostepné spoločenstvá v masíve Drieňov. Bakalárska práca, Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 46 s.
- KOLEKTÍV: LHP Vestenice, 1980–1989, Všeobecná časť, Lesoprojekt Zvolen, 678 s.
- LUKÁČIK, I. 2006: Dub plstnatý (*Quercus pubescens* Willd.) v Malých Karpatoch. In: *Stabilizace funkcií lesa v biotopech narušených antropogenní činností*. Opočno, VÚLHM VS, 2006. s. 39–47.
- MAGIC, D. 2000: Premennivosť dubov a niektoré ich nové taxóny na Slovensku. In: *Arboréta premenlivost' a introdukcia drevín 2000*. s. 27–37.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. 1998: Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Veda Bratislava, 687 s.
- PAGAN, J. 1996: Lesnícka dendrológia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 378 s.

Požgaj, J. 1985. K voprosu izučeniya duba pušistogo (*Quercus pubescens* Willd.) v Slovaki, In *Folia dendrologica*. 1985, č. 12, s. 43–66.

Saniga, M., Balanda, M., Jaloviár, P. 2009: Výskum štruktúry, produkcie, nekromasy, rizológie a regeneračných procesov prírodných lesov Slovenska. In: *Acta facultatis forestalis Zvolen 51 (3)*: s. 77–88.

Adresa autorov:

Doc. Ing. Ivan Lukáčik, CSc.

Ing. Marian Ďuriš

Lesnícka fakulta

Katedra pestovania lesa

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka

960 53 Zvolen

e-mail: ivan.lukacik@tuzvo.sk

durism@centrum.sk

Lesostepné spoločenstvá Strážovských vrchov

Abstrakt

V predkladanej práci sa podrobne hodnotia teplomilné spoločenstvá lesostepného charakteru, ktoré sa nachádzajú v južnej časti Strážovských vrchov v katastri obce Chalmová. Skúmané lokality patria k lesostepným spoločenstvám, vyskytujúce sa na slnných expozíciách, v teplých a suchých oblastiach, najčastejšie na dolomitových a vápencových horninách. V skúmanej oblasti boli založené štyri trvalé výskumné plochy (TVP), na ktorých sa pri drevinách stromovitého vzrastu merali základné taxačno-dendrometrické veličiny, (hrúbka, výška stromov a výška nasadenia koruny), ktoré sa vyhodnotili aj štatisticky. Významnosť rozdielov medzi lokalitami sa hodnotila pomocou jednofaktorovej analýzy variancie na príklade duba plstnatého (*Quercus pubescens*). Z výsledkov vyplynulo, že rozdiely v priemerných hrúbkach a výškach stromov *Quercus pubescens* medzi jednotlivými plochami boli vo väčšine prípadov štatisticky významné (na 95 % hladine významnosti), len pri hrúbke stromov $d_{1,3}$ sa nepotvrdil štatisticky významný rozdiel medzi založenými výskumnými plochami. Okrem toho sa Duncanovým testom testovala podobnosť jednotlivých lokalít. Výsledky testu poukázali na homogennosť TVP 1 a TVP 3 pri priemernej výške drevín a TVP 1 až TVP 3 pri priemernej výške nasadenia korún hodnotených drevín. Z pohľadu týchto dendrometrických charakteristík má osobité postavenie najmä TVP 4.

Kľúčové slová: Strážovské vrchy, lesostepné spoločenstvá, rastová charakteristika, *Quercus pubescens*

RASTOVÁ A REGENERAČNÁ DYNAMIKA VYBRATÝCH TYPOV VÝBERKOVÝCH LESOV V OROGRAFICKOM CELKU NÍZKE TATRY

Ján J A Ď U Ď – Milan S A N I G A

Jad'ud', J., Saniga, M.: Die Wuchs- und Regenerationsdynamik ausgewählten Plenterwälder im Geländekomplex Niedere Tatra. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 21–32, 2012.

Das Ziel dieses Beitrages ist eine Verifizierung von Richteinstellungen der ausgewählten Plenterwaldmodelle im Geländekomplex Niedere Tatra vor allem mit Hilfe der Naturverjüngungsdynamik. Der Bestandteil 631 hat hauptsächlich eine Produktionsfunktion. Dieser Bestand nutzt die Produktionsfähigkeit des Standortes vollständig aus. Auch trotz höherem Holzvorrat als es optimal ist, hat sich die Naturverjüngung im diesem Bestandteil in regelmäßigen Zeitspannen und in ausreichender Anzahl eingestellt. Die Höheverschiebung von der Fichte und Tanne sind sichern. Zusammen mit zunehmendem Holzvorrat steigt auch die Produktionsausnützung des Wachstumsraums. Im 20 Jahren hat sie sich um 7 % vergrößert, wobei die Zahl der Naturverjüngung mit der Zeit kontinuierlich zugenommen hat.

Bestandteil 632 c befindet sich in der Kategorie des Schutzwaldes. Er wird nach einem Waldmodell mit der Zielstärke von 66 cm und einem optimalem Holzvorrat von ungefähr 320 m³ bewirtschaftet. Die langzeitigen Ergebnisse zeigen, dass sich das vorgeschlagene Waldmodell sehr gut für die Kategorie der Schutzwälder eignet. Im Vergleich mit letzten Ergebnissen hat sich die Zahl von Individuen in der Naturverjüngung bedeutungsvoll vergrößert. Dies ist eine gute Voraussetzung für ausreichende Reserve der unteren Schicht in diesem Plenterwald. Die Ausnützung des Wachstumsraumes auf dem Niveau 17 % deutet auf eine vollkommene Plenterstruktur in diesem Bestand.

Schlüsselwörter: der Plenterwald, die Tanne, die Fichte, der Naturverjüngung

1 PROBLEMATIKA A CIEĽ

Správne usmerňovanie štruktúry, udržanie rovnovážneho stavu a optimálnej zásoby nie je možné bez poznania vhodne nastaveného modelu výberkového lesa. Podľa výskumov (SANIGA, SZANYI 1998) sa výška optimálnej zásoby a cieľovej hrúbky empiricky zistila pre podmienky výberkových lesov Slovenska v závislosti na charaktere stanovišťa, drevinového zloženia a funkčnej typizácie porastu. Empirické stanovenie vhodného modelu a jeho následné verifikovanie vyžaduje pravidelné sledovanie vývoja porastovej štruktúry a kontinuity regeneračných procesov. Optimálna výška porastovej zásoby a vzorová krivka rozdelenia hrúbkových početností musia zabezpečiť dostatočný prienik difúzneho svetla, ktoré je základnou podmienkou pre výškové presuny a regeneračné procesy drevín,

ktoré tvoria výberkový les. Podľa viacerých autorov (KORPEL, SANIGA 1993, SCHÜTZ 2002) je vo výberkovom lese potrebná plynulá, nepravidelná, nie plošná prirodzená obnova. Jej podiel by nemal prekročiť 50 % plochy porastu. V prípade dlhšej stagnácie prirodzenej obnovy alebo jej krízovej situácie dochádza ku vážnemu ohrozeniu úspešnosti výberkového hospodárenia a strate rovnovážnej štruktúry (SANIGA 2007). Správny priebeh regeneračných procesov si vyžaduje vysoký počet jedincov prirodzeného zmladenia (semenáčikov), hlavne ich rýchle vzhádzanie a odrastanie. Vysoká početnosť je nevyhnutnou reakciou na vysokú mortalitu tejto kategórie jedincov. Proces odumierania je prirodzený a je spôsobený hlavne silným autoredukčným tlakom v príslušných podmienkach prostredia. Nevyhnutná je existencia jedincov v každej vrstve výberkového lesa. Schopnosť reagovať na zmenu rastových podmienok je individuálna pre každú drevinu. Vo výberkovej štruktúre sa uplatnia len dreviny znášajúce zatienenie a schopné reagovať v krátkom čase na vonkajšie podnety. Podľa TREPPA (1974) v prírodnom lese je potreba jedincov obnovy tým menšia, čím je životnosť (fyzický vek) jednotlivých stromov dlhšia a čím je väčšia zásoba v štádiu dorastania. Z toho vyplýva poznatok, že čím sa uplatňovaný hospodársky spôsob viac blíži prirodzenosti (čím viac je priradený prírode), tým menšia je potreba počtu jedincov v kategórii do výšky 1,30 m. Problematikou odvodenia dostatočného počtu jedincov v jednotlivých úrovniach spodnej vrstvy sa v oblasti švajčiarskeho Emmentálu zoberal okrem iných aj DUC (1991), ktorý stanovil za nutné udržiavať v kategórii 50 až 130 cm 75 až 1 460 ks.ha⁻¹, podľa veľkosti optimálnej zásoby a drevinového zloženia. Práve s ohľadom na prekvapivo nízke hodnoty sú uvedené početnosti dôkazom podobnosti výberkovej štruktúry a štruktúry prírodných lesov.

Spodná vrstva výberkového lesa vymedzuje priestor, v ktorom sa odohráva najsilnejší boj o prežitie. Jedince tienných drevín môžu pod clonou odrastať aj dlhší čas. SCHÜTZ (2002) uvádza, že jedince rastúce 150 až 200 rokov v takto znevýhodnených podmienkach dosahujú v dospelosti prakticky rovnaké dimenzie ako stromy, ktoré spočiatku rástli bez väčších obmedzení. Dreviny v konkurenčnom boji rozdielne zmladzujú a preto je zbytočné podporovať obnovu smreka tam, kde je k dispozícii postačujúca obnova jedle a opačne (SANIGA 2007). Priestorové rozdelenie prirodzenej obnovy po ploche porastu nie je rovnomerné, ale značne agregované. Podľa DUC (2002) veľkosť zoskupenia nárastu vo výberkovom lese dosahuje plochu 30 až 350 m² pri hustote od 20 do 90 jedincov na ár. Ďalej uvádza, že viac ako 75 % nárastov je zoskupených na ploche menšej ako 2 áre. Počet plôch s nárastom vo výberkovom lese predstavuje stredná hodnota 5 skupín na 1 ha.

S ohľadom na preukázanú agregovanosť nástupu prirodzenej obnovy a drevinové zloženie typických výberkových lesov je nevyhnutné poznať vývoj základných biometrických veličín jedincov v dolnej vrstve výberkového lesa. Už skôr uvedené poznatky o nástupe prirodzenej obnovy podľa drevín v závislosti od stupňa clonenia a druhu dreviny naznačujú, že už pri formovaní štruktúry spodnej vrstvy musíme cieľavedome a citlivo voliť každý zásah do tejto štruktúry. V konkurencii drevín karpatskej zmesi môže byť čiastočne znevýhodnený buk a preto je nutné nechať odrásť niekoľko exemplárov do hornej vrstvy pre zabezpečenie následnej obnovy. Pri zohľadňovaní prípadných nákladov na zmenu v štruktúre výberkového lesa treba „čo možno najviac a najlepšie využívať to, čo nám dáva k dispozícii príroda“ (SANIGA 2007). Výberkový les nemusí mať bezpodmienečne

prírodnú štruktúru. Udržiavať výberkovú štruktúru dlhodobo v určenom rámci nie je možné bez opakujúcich sa výberkových rubov. Keďže prírodný les má tendenciu k postupnej homogenizácii jednotlivých vrstiev s perspektívou svojej nivelizácie, musíme štruktúru výberkových lesov optimálne regulovať v každej vrstve, podľa vopred stanoveného modelu. Diferencovaná štruktúra vyžaduje určitú kontinuitu vo výškových presunoch, čo sa zabezpečuje dorastaním jedincov cez jednotlivé rastové fázy až do hornej vrstvy porastu príp. po dosiahnutie cieľovej hrúbky. Ako uvádza SANIGA (2007) cieľová hrúbka rozhoduje aj o výške optimálnej zásoby a diferencovanosti štruktúry výberkového lesa. Čím je cieľová hrúbka nižšia, tým väčší je počet stromov najnižšej hrúbkovej triedy a optimálna zásoba v prepočte na 1 ha je nižšia.

Z vyššie uvedenej problematiky je jasná funkcia spodnej vrstvy, ktorá zabezpečuje potenciálnu zásobu jedincov strednej vrstvy výberkového lesa. Stredná vrstva tvorí rezervu jedincov pre doplnenie hornej vrstvy, produkuje drevo s ohľadom na zdravotný výber a reguláciu štruktúry, uzatvára korunový zápoj, vplýva na odrastanie prirodzeného zmladenia. Horná vrstva výberkového lesa zabezpečuje jeho stabilitu, ochranu nižšie položených jedincov, je predmetom zvýšenej pozornosti pestovateľa vzhľadom na kulmináciu objemového prírastku a dosahovania cieľovej hrúbky teda jej úlohou je aj produkcia dreva rubných dimenzií (REININGER 1993). Prítomnosť stromov v jednotlivých vrstvách nie je teda nutnosťou vychádzajúcou z klesajúceho rozdelenia hrúbkových početností, ale jedným zo základných znakov výberkového lesa, pričom každý strom v rámci tejto štruktúry plní určitú úlohu.

Cieľom príspevku je verifikovať či nastavené modely vybraných typov výberkových lesov plnia podmienku dostatočnej prirodzenej obnovy a následných výškových presunov jedincov v rámci dolnej vrstvy vybraných typov výberkových lesov v orografickom celku Nízke Tatry. Ako porovnateľné podklady pre posúdenie vývoja výberkovej štruktúry v čase k aktuálne opisovanému obdobiu budú použité výsledky autorov KORPEL, SANIGA (1994), SANIGA, SZANYI (1998) a SANIGA, VENCURIK (2007).

2 MATERIÁL A METODIKA

Pre analýzu štruktúry výberkových lesov boli zvolené dva dielce nachádzajúce sa v sérii porastov, ktoré sú v pravidelných intervaloch sledované s cieľom dokumentácie efektu pestovných technológií v zmysle zásad výberkového hospodárskeho spôsobu.

Dielec 631

Porast v diepci 631 má dominantnú produkčnú funkciu. Optimálna zásoba by sa mala pohybovať v rozpätí 400–420 m³.ha⁻¹, cieľová hrúbka bola stanovená na 70 cm. Zastúpenie drevín v poraste je nasledovné: smrek 58 %, jedľa 36 %, buk 6 %. Objemový prírastok má hodnotu 7,2–7,6 m³.ha⁻¹rok⁻¹. Geologické podložie tvoria fylity, pôdny typ hnedá lesná pôda (SANIGA, VENCURIK 2007). Výmera dielca je 5,1 ha, expozícia je juhozápadná, sklon sa mení od 20–25 %.

Dielec 632c

Dominantnou funkciou porastu v diepci 632c je pôdoochranná funkcia. Optimálna zásoba bola stanovená približne na hodnotu $320 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, cieľová hrúbka 66 cm. Drevinové zloženie reprezentuje smrek s takmer 86 %, jedľa 14 %.

Meranie sa uskutočnilo na trvalých výskumných plochách (ďalej len TVP) s výmerou 0,25 ha. Na TVP sa vykonalo priemerovanie naplno so zatriedením do hrúbkových stupňov za účelom popísania aktuálnej štruktúry výberkového lesa. V každej TVP je založený transekt o šírke 10×50 metrov, ktorý slúži pre podrobné sledovanie dynamiky regeneračných procesov a ďalších charakteristík štruktúry výberkového lesa. Transekt na TVP predstavuje ťažisko výskumných prác a preto sa na jeho ploche zisťovali nasledovné znaky:

- postavenie stromu (s $d_{1,3}$ viac ako 2 cm) v súradnicovom systéme x,y (s presnosťou na 0,1m),
- výška stromu (h) a výška nasadenia koruny (h_k) (s presnosťou na 0,5 m),
- hrúbka $d_{1,3}$ (s presnosťou na 1 mm),
- parametre korún stromov x_1-x_4 (s presnosťou na 0,1m).

Na transektoch sa ďalej evidovala prirodzená obnova podľa drevín a podľa nasledovných kategórií:

- jedince do 20 cm sa evidovali podľa veku: 1-ročné
2-ročné
3-ročné
4-ročné
5-ročné

Jedince 6-ročné a staršie sme zatriedovali do intervalov podľa ich výšky:

21–50 cm vysoké jedince,

51–80 cm vysoké jedince,

81–130 cm vysoké jedince,

131 cm a viac s $d_{1,3}$ 2 až 7 cm tvorili samostatnú kategóriu.

Produkčné využitie disponibilného priestoru sme vypočítali ako pomer súčtu objemu korún stromov nachádzajúcich sa na transekte ku objemu kvádra ohraničeného rozmermi transektu a jeho hornou porastovou výškou ($h_{10}\%$). Pre stanovenie objemu koruny bol použitý vzorec JURČA (1968):

$$v = \frac{\pi}{8} \cdot b^2 \cdot l \quad \text{pre listnaté dreviny} \quad (1)$$

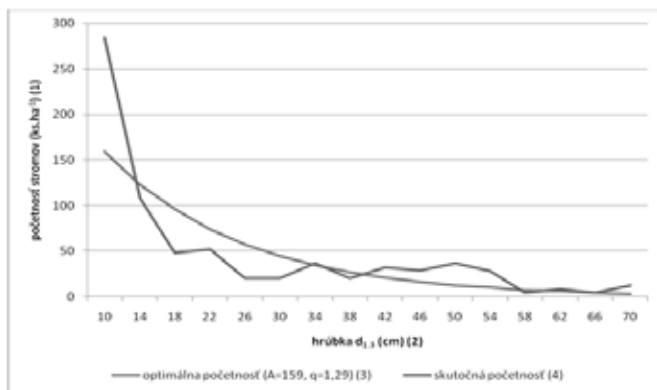
$$v = \frac{\pi}{12} \cdot b^2 \cdot l \quad \text{pre ihličnaté dreviny} \quad (2)$$

Rozdelenie stromov do jednotlivých vrstiev výberkového lesa bolo vykonané podľa hrúbkových tried. Dolnú vrstvu tvorili jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ v intervale 2–12 cm. Strednú vrstvu výberkového lesa s hrúbkou $d_{1,3}$ 12,1 až 28 cm. Hornú vrstvu s hrúbkou $d_{1,3}$ 28,1 cm a viac.

3 VÝSLEDKY

Dielec 631

Rozbor štruktúry tohto porastu poukazuje na dve podstatné skutočnosti. Prvou je vysoká početnosť stromov v prvom hrúbkovom stupni $d_{1,3}$ 10 cm. Druhou je deficit stromov v strednej vrstve s následným prehustením hornej vrstvy v sledovanom poraste (obr. 1).



Obr. 1 Hrúbkové početnosti a stanovený model výberkového lesa (dielec 631)

Abb. 1 Die Stärkeanzahl und festgelegte Plenterwaldmodell (Bestandteil 631)

⁽¹⁾die Baumzahl ⁽²⁾die Stärke BHD ⁽³⁾optimale Anzahl ⁽⁴⁾wirkliche Anzahl

Hrúbkové stupne 42 až 54 vykazujú vyššie, ako optimálne početnosti, čo poukazuje na nutnosť aplikácie výberkového rubu najmä do týchto hrúbkových kategórií. Uvedený zásah vyvolá reakciu spodnej vrstvy na uvoľnenie rastového priestoru a rozbehne sa proces presunu jedincov do vyšších hrúbkových stupňov. Čím sa štruktúra priblíži viac k stanovenému modelu. Vysoká rezerva jedincov v prvom hrúbkovom stupni predstavuje potenciál pre doplnenie deficitne pôsobiacich hrúbkových stupňov 14 až 30, ktoré reprezentujú strednú vrstvu výberkového lesa.

Rozbor produkčného využitia rastového disponibilného priestoru je charakterizovaný v tabuľke 1. Jej analýzou možno konštatovať, že stromy hornej vrstvy svojimi korunami zaberajú až 60 % disponibilného priestoru, pričom celková hodnota jeho využitia je 0,25. Koruny strednej vrstvy zaberajú približne 15 % disponibilného priestoru.

Dynamika prirodzenej obnovy je veľmi dobrá (tab. 2). Rozbor regeneračnej aktivity jednotlivých drevín poukazuje na skutočnosť, že obe dreviny smrek a jedľa, ktoré sú nositeľky štruktúry výberkového lesa majú plynulý presun do vyšších výškových tried. Z pohľadu výškovej kategórie s výškou nad 130 cm do hrúbky $d_{1,3}$ 7 cm prevláda jedľa, ktorá sa perspektívne dostáva do vyššieho zastúpenia v poraste. Rozbor tabuľky naznačuje, že ekologické podmienky pre výškový rast sú podstatne priaznivejšie pre túto drevinu.

Tab. 1 Produkčné využitie rastového disponibilného priestoru (dielec 631)

Tab. 1 Die Produktionausnutzung des verfügbaren Wachstumsraumes (Bestandteil 631)

vrstva ⁽¹⁾	m ³	%	vrstva 11 525 m ³
dolná ⁽²⁾	1 038,9	24,7	0,06
stredná ⁽³⁾	634,4	15,1	0,04
horná ⁽⁴⁾	2 540,2	60,2	0,15
spolu ⁽⁵⁾	4 213,5	100	0,25

⁽¹⁾ die Schicht, ⁽²⁾ untere, ⁽³⁾ mittlere, ⁽⁴⁾ obere ⁽⁵⁾ zusammen

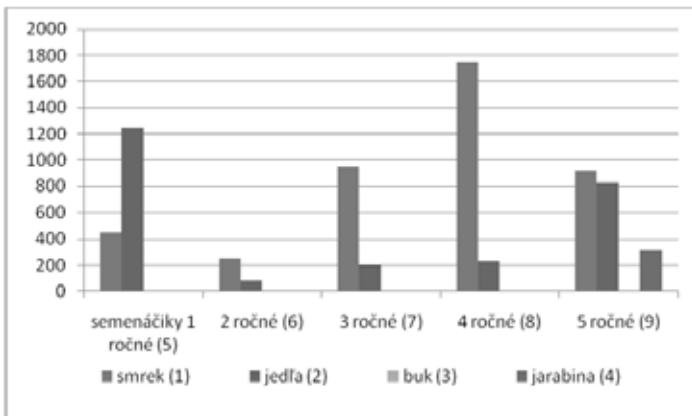
Tab. 2 Štruktúra prirodzenej obnovy podľa drevín a kategórií (dielec 631)

Tab. 2 Die Struktur der Naturverjüngung nach Baumarten und Kategorien (Bestandteil 631)

Kategória ⁽⁷⁾	Drevina ⁽¹⁾					%
	smrek ⁽²⁾	jedľa ⁽³⁾	buk ⁽⁴⁾	jarabina ⁽⁵⁾	spolu ⁽⁶⁾	
do 20 cm	4 315	2 599	0	317	7 231	62
21–50 cm	433	483	50	183	1 150	10
51–80 cm	167	183	17	17	383	3
81–130 cm	41	117	0	0	158	1
131+ cm a d _{1,3} do 7 cm	483	2 299	50	0	2 832	24
spolu	5 439	5 681	117	516	11 753	100
%	47	48	1	4	100	

⁽¹⁾ die Baumart, ⁽²⁾ die Fichte, ⁽³⁾ die Tanne, ⁽⁴⁾ die Buche, ⁽⁵⁾ die Eberesche, ⁽⁶⁾ zusammen, ⁽⁷⁾ die Kategorie

Analýzu počiatočných fáz prirodzenej obnovy oboch drevín charakterizuje obr. 2. Rozborom týchto ukazovateľov možno povedať, že v prípade dreviny jedľa sa bohatšie semenné úrody opakujú po 4–5 rokoch. V prípade smreka je bohatšia semenná úroda a následne početnosť jedincov častejšia. Napriek dlhšej periodicite plodnosti jedle je jej početnosť vo vekovej kategórii 5 ročných jedincov dostatočná. Ukazovatele regeneračných procesov oboch drevín potvrdzujú, že ekologické podmienky pre klíčenie, ujímanie a odrastanie sú vhodné. Prirodzená obnova má plynulý, bezkrízový priebeh.



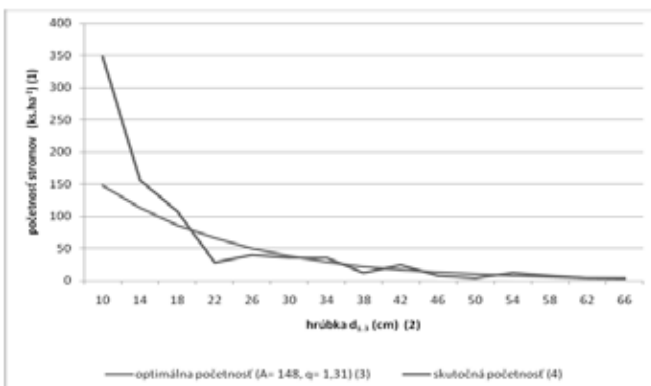
Obr. 2 Analýza početnosti jedincov prirodzenej obnovy v kategórii do 20 cm (dielec 631) prepočet na 1 ha

Abb. 2 Die Analyse der Stammzahlen in der Naturvejüngung, Höhekatgorie bis 20 cm (Bestandteil 631) überrechnet auf 1 ha

(¹)die Fichte, (²) die Tanne, (³) die Buche, (⁴)die Vogelbeere, (⁵) die einjährige Keimlinge, (⁶) zweijährige (⁷) dreijährige, (⁸) vierjährige, (⁹) fünfjährige

Dielec 632 c

Z rozboru porastovej štruktúry vplýva podobnosť s nastaveným modelom. V prvých dvoch hrúbkových stupňoch sa však nachádza nadbytok stromov. V rámci týchto hrúbkových stupňov existuje dostatočná rezerva pre postupné doplnenie štvrtého hrúbkového stupňa, v ktorom je momentálna početnosť pod optimom. Porast v celkovom meradle charakterizuje takmer dokonalá výberková štruktúra (obr. 3).



Obr. 3 Hrubkové početnosti a stanovený model výberkového lesa (dielec 632 c)

Abb. 3 Die Stärkeanzahl und festgelegte Plenterwaldmodell (Bestandteil 632 c)

(¹)die Baumzahl (²)die Stärke BHD (³)optimale Anzahl (⁴)wirkliche Anzahl

Tab. 3 Produkčné využitie rastového disponibilného priestoru (dielec 632c)

Tab. 3 Die Produktionausnutzung des verfügbaren Wachstumsraumes (Bestandteil 632c)

vrstva ⁽¹⁾	m ³	%	vrstva 11 525 m ³
dolná ⁽²⁾	423,4	16,3	0,03
stredná ⁽³⁾	495,4	19,0	0,03
horná ⁽⁴⁾	1 683,8	64,7	0,11
spolu ⁽⁵⁾	2 602,6	100	0,17

⁽¹⁾ die Schicht, ⁽²⁾ untere, ⁽³⁾ mittlere, ⁽⁴⁾ obere ⁽⁵⁾ zusammen

Produkčné využitie disponibilného priestoru je nižšie ako v dieleci 631. Jeho hodnota predstavuje 0,17. Zistený poznatok je spôsobený realizáciou výberkového rubu, ktorým sa odstránili najmä stromy hornej vrstvy, ktorej využitie disponibilného priestoru momentálne charakterizuje hodnota 0,11. Určitú úlohu tu zohráva rankrová pôda, ktorá spôsobuje plošnú, výškovú a hrúbkovú diferenciaciu.

O štruktúre prirodzenej obnovy prepočítanej na 1 ha vypovedá tabuľka 4. Takmer vo všetkých kategóriách prirodzenej obnovy dominuje smrek nad jedľou, pričom táto dominancia je najvýraznejšia práve v kategórii do 20 cm. Vo všetkých kategóriách je dostatok jedincov pre presun do vyšších výškových kategórií a následne dopĺňanie prvého hrúbkového stupňa. Na druhej strane treba povedať, že jedľa napriek jej menšej počiatkovej početnosti ma podstatne plynulejší prechod do vyšších výškových kategórií a nižšiu mortalitu.

Tab. 4 Štruktúra prirodzenej obnovy podľa drevín a kategórií (dielec 632c)

Tab. 4 Die Struktur der Naturverjüngung nach Baumarten und Kategorien (Bestandteil 632c)

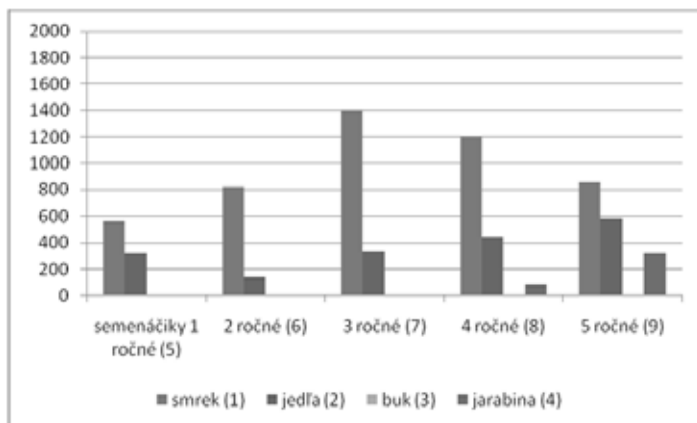
Kategória ⁽⁷⁾	Drevina ⁽¹⁾					%
	smrek ⁽²⁾	jedľa ⁽³⁾	buk ⁽⁴⁾	jarabina ⁽⁵⁾	spolu ⁽⁶⁾	
do 20 cm	4 840	1 820	0	400	7 060	62
21–50 cm	1 020	540	20	360	1 940	17
51–80 cm	180	220	0	0	400	4
81–130 cm	220	140	120	0	480	4
131+ cm a d1,3 do 7 cm	520	420	560	0	1 500	13
spolu	6780	3 140	700	760	11 380	100
%	60	28	6	6	100	

⁽¹⁾ die Baumart, ⁽²⁾ die Fichte, ⁽³⁾ die Tanne, ⁽⁴⁾ die Buche, ⁽⁵⁾ die Eberesche, ⁽⁶⁾ zusammen,

⁽⁷⁾ die Kategorie

Dynamiku prirodzenej obnovy za posledných 5 rokov charakterizuje obr. 4. Vysoká početnosť jedincov v kategórii do 20 cm naznačuje, že v posledných rokoch sú v poraste vhodné podmienky pre proces klíčenia a ujímania semenáčikov. Dominancia smreka je výrazná vo všetkých ročníkoch. Podiel jedle voči smreku sa čiastočne vyrovnal v kategó-

rií jednorokných semenáčikov. Z rozboru výsledkov možno vysloviť názor, že semenná úroda oboch drevín je každý rok, pričom bohatšia sa ukazuje pri drevine smrek. Údaje o počte jedincov oboch základných drevín vo vekovom rozpätí 1–5 rokov potvrdzujú ich dostatočný stav pre plynulý prechod do vyššej kategórie.



Obr. 4 Analýza početnosti jedincov prirodzenej obnovy v kategórii do 20 cm na 1 ha (dielec 631)

Abb. 4 Die Analyse der Stammzahlen in der Naturvejüngung, Höhekatgorie bis 20 cm (Bestandsteil 631) auf 1 ha

(¹) die Fichte, (²) die Tanne, (³) die Buche, (⁴) die Vogelbeere, (⁵) die einjährige Keimlinge, (⁶) zweijährige, (⁷) dreijährige, (⁸) vierjährige, (⁹) fünfjährige

4 DISKUSIA

Rozbor štruktúry a regeneračných procesov zvolených porastov vo vekto-re času je informačne popísaný v publikáciách KORPEL, SANIGA (1994), SANIGA, SZANYI (1998), SANIGA, VENCURIK (2007).

Vývoj zásoby v dieleci 631 za roky 2004 až 2008 reprezentuje priemerný ročný obje-mový prírastok $10,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, čo vypovedá o mimoriadnej produkčnej sile stanovišťa SA-NIGA, VENCURIK (2007). KORPEL, SANIGA (1994) uvádzajú, že priblížením skutočnej hrúb-kovej početnosti v tomto poraste k optimálnemu stavu poklesne bežný ročný objemový prírastok z hodnoty $7,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ na rozpätie $6\text{--}6,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. V období tejto prognózy bola cieľová hrúbka stanovená na 66 cm. V súčasnom období je táto stanovená na hodnotu 70 cm pričom jedince dosahujúce túto hrúbku sú počtom 4-násobne vyšším ako je stanovený počet daný modelom výberkového lesa. SANIGA, SZANYI (1998) udávajú pre dielec 631 využitie disponibilného priestoru na úrovni 18 %. Pričom v kategórii prirodzenej obnovy do 20 cm udávajú celkovo 1 232 jedincov na hektár. V kategórii nad 130 cm s $d_{1,3}$ do 7 cm sa nachádzalo $2\,276 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Vedecká štúdia SANIGA, VENCURIK (2007) udáva, že v roku 2004 pri využití disponibilného priestoru na úrovni 24 % sa v kategórii prirodzenej obnovy do 20 cm nachádzalo $3\,633 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. V kategórii nad 130 cm do 7 cm hrúbky sa nachádzalo $1\,534 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. V súčasnom období porast charakterizuje využitie disponibilného priestoru

na úrovni 25 % a počet jedincov prirodzenej obnovy v kategórii do 20 cm je celkovo 7 231 ks.ha⁻¹. Z hľadiska dynamiky prirodzenej obnovy je teda možné usudzovať, že aj napriek vyššiemu využitiu rastového priestoru korunami stromov táto netrpí krízovými prejavmi t.j. početnosť jedincov kontinuálne stúpa. Zmena cieľovej hrúbky bola opodstatnená a jej úprava na 70 cm závisí najmä od požiadavky na hrubšie sortimenty prítomných drevín. V kategórii nad 130 cm do 7 cm hrúbky sa nachádza 2 832 jedincov na hektár čo predstavuje dostatočnú rezervu pre dopĺňanie spodnej vrstvy v rámci prvého hrúbkového stupňa.

KORPEL, SANIGA (1994) ďalej opisujú aj štruktúru porastu v dieľci 632c, ktorý už v tom období patrila do kategórie lesov ochranných. Momentálna, modelu veľmi blízka štruktúra porastu je výsledkom uplatňovania tzv. účelového výberu z minulosti. Jedľa sa nachádza na ploche TVP len v hrúbkových stupňoch 10, 14 a 18. S ohľadom na zabezpečenie ekologickej stability sa jej prímies v poraste považuje za nutnú, predovšetkým pre jej spevňovací účinok. V budúcnosti by bolo vhodné zabezpečiť jej presun do hornej vrstvy výberkového lesa a posilniť tak jej stabilizačný efekt. SANIGA, SZANYI (1998) udávajú pre dielec 632c 14 % využitie disponibilného priestoru. V kategórii prirodzenej obnovy do 20 cm sa vtedy nachádzalo celkovo 685 jedincov na hektár. V kategórii nad 130 cm s $d_{1,3}$ do 2 cm sa nachádzalo 1 058 ks.ha⁻¹. Podľa našich výsledkov využíva porast disponibilný priestor na úrovni 17 %. Početnosť jedincov v kategórii do 20 cm je celkovo 7 060 ks.ha⁻¹. Početnosť jedincov vo veku 1–5 rokov pri oboch drevinách jedli a smreku výrazne stúpla, čo vypovedá o vhodných podmienkach pre ich klíčenie, ujímanie a hlavne proces odrastania. Početnosti jedincov prirodzenej obnovy sa v ďalších kategóriách (od 50 do 130 cm) pohybujú okolo strednej hodnoty intervalu stanoveného DUCOM (1991) pre lesy Emmentalu. Ekologické podmienky v poraste teda umožňujú aj prežívanie a odrastanie semenáčikov. Model je z hľadiska dynamiky regeneračných procesov nastavený optimálne, pričom jeho charakteristiky umožňujú permanentne udržiavať kontinuálnu prirodzenú obnovu. Rezervu pre dopĺňanie prvého hrúbkového stupňa predstavuje celkovo 1500 jedincov na hektár čo zaručuje zachovanie výberkovej štruktúry aj po presune jedincov do strednej vrstvy výberkového lesa. Optimálne nastavený model a výberkový rub zvládnutý na vysokej fytotechnickej úrovni zaručujú udržanie výberkovej štruktúry momentálnych kvalít aj v budúcnosti.

5 ZÁVER

Z nami získaných výsledkov s prihliadnutím na predchádzajúce výskumy KORPEL, SANIGA (1994), SANIGA, SZANYI (1998), SANIGA, VENCURIK (2007) vyplývajú nasledujúce závery:

Porast v dieľci 631 s dominantou produkčnou funkciou naplno využíva produkčné možnosti stanovišťa. Zmena cieľovej hrúbky na 70 cm bola opodstatnená. Aj napriek vyššej ako optimálnej zásobe sa prirodzená obnova v dieľci dostavuje v pravidelných intervaloch a dostatočnom množstve. Spolu so stúpajúcou zásobou stúpa aj produkčné využitie rastového disponibilného priestoru. Za 20 rokov stúplo o 7 %, pričom počty jedincov prirodzenej obnovy s časom kontinuálne stúpali. Z uvedeného možno konštatovať, že pokiaľ nie je prehustená spodná vrstva výberkového lesa, netrpí prirodzená obnova krízo-

vými prejavmi aj napriek vyššej zásobe a dokonalejšiemu využívaniu rastového priestoru v kontexte celého porastu.

Porast s ochrannou funkciou v dieľci 632c je obhospodarovaný podľa modelu s cieľovou hrúbkou 66 cm a optimálnou zásobou okolo 320 m³. Výsledky v dlhodobom kontexte poukazujú na vhodnosť takto navrhnutého modelu pre ochranné lesy. Od výsledkov SANIGA, SZANYI (1998), vzrástol rapidne počet jedincov prirodzenej obnovy. Zmena vo využití rastového disponibilného priestoru pritom nebola k nami zisťovanému obdobiu taká výrazná ako v dieľci 631. Tesná korelácia medzi polygónom hrúbkových početností a navrhnutým modelom je bezpochyby výsledkom správneho pestovného usmerňovania v minulosti. Využitie rastového priestoru na úrovni 17 % v tomto prípade znamená takmer dokonalú výberkovú štruktúru a dostatočný podiel prirodzenej obnovy, ktorá sa aj v tomto dieľci dostavuje pravidelne, pričom v jej celkovej štruktúre dominuje smrek.

Podakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja“.

Literatúra

- DUC, PH.: Untersuchung zur Dynamik des Nachwuchses in Emmentaler Plenterflächen. Schweiz. Z. Forstwesen 1991, 142 (4), s. 299–319.
- DUC, P.: Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neuenburger Jura), Zürich 2002, 338 s.
- JURČA, J.: Pěstební analytika, SPN Praha 1968, 304 s.
- KNOKE, T.: Überführung in Plenterwald durch früh einsetzende Tannenvorausverjüngung, 61–65 s, [elektronická verzia] [s.a.]
- KORPEL, Š., SANIGA, M.: Príroda blízke pestovanie lesa, Lesnícka fakulta TU vo Zvolene, 1994, 158 s.
- REININGER, H.: Zielstärken-Nutzung Österreichischer Agraverlag Wien, 1993, 163 s.
- SANIGA, M.: Pestovanie lesa – vysokoškolská učebnica, TU Zvolen, 2007, 311 s.
- SANIGA, M. & SZANYI, O.: Modely výberkových lesov vo vybraných lesných typoch a geografických celkoch Slovenska, Vedecké štúdie 4/1998, TS TU, Zvolen, 1998, 50 s.
- SANIGA, M., VENCURIK, J.: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica, TU Zvolen, 2007, 83 s.
- SCHÜTZ, J.PH.: Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen, ETH Zentrum, Zürich 2002, 132 s.
- TREPP, W.: Der Plenterwald. HESPA Mitteilungen 1974. Jahrgang 24, 66, s. 1–65.
-

Adresa autorov:

Prof. Ing. Milan Saniga DrSc.
Ing. Ján Jadud
Katedra pestovania lesa
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: saniga@tuzvo.sk
jadud@vsl.d.tuzvo.sk

Rastová a regeneračná dynamika vybtatých typov výberkových lesov v orografickom celku Nízke Tatry

Abstrakt

Obsahom príspevku je overenie správnosti nastavenia modelov vybraných typov výberkových lesov v orografickom celku Nízke Tatry predovšetkým s prihliadnutím na dynamiku prirodzenej obnovy. Porast 631 s dominantou produkčnou funkciou naplno využíva produkčné možnosti stanovišťa. Aj napriek vyššej ako optimálnej zásobe sa prirodzená obnova v dieľci dostavuje v pravidelných intervaloch a dostatočnom množstve, pričom sú zabezpečené výškové presuny jedincov smreka a jedle. Spolu so stúpajúcou zásobou stúpa aj produkčné využitie rastového disponibilného priestoru. Za 20 rokov stúplo o 7 %, pričom počty jedincov prirodzenej obnovy s časom kontinuálne narastali.

Porast 632c s ochrannou funkciou je obhospodarovaný podľa modelu s cieľovou hrúbkou 66 cm a optimálnou zásobou okolo 320 m³. Výsledky v dlhodobom kontexte poukazujú na vhodnosť takto navrhnutého modelu pre ochranné lesy. Od predchádzajúcich údajov významne vzrástol počet jedincov prirodzenej obnovy, čo vytvára predpoklad ich dostatočnej zásoby pre dolnú vrstvu výberkového lesa. Využitie rastového priestoru na úrovni 17 % v tomto poraste znamená dokonalú výberkovú štruktúru.

Kľúčové slová: výberkový les, jedľa, smrek, prirodzená obnova

SÚČASNÝ STAV LESNÉHO EKOSYSTÉMU NA NAVRHOVANEJ BEZZÁSAHOVEJ ZÓNE PUSTÝ HRAD ZVOLEN

Karol G U B K A – Ivan L U K Á Č I K

Gubka, K., Lukáčik, I.: Present state of forest ecosystem in proposed non-intervention zone of Pustý hrad Zvolen. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 33–49, 2012.

In the compartment 186 in the locality Pustý hrad (Forest Enterprise of city Zvolen), a non-intervention zone was proposed in the contact with the tourist path. The size of the zone reaches 2.56 ha. It includes mainly the forests of forest vegetation types *Fagetum tiliosum* (40%), *Querceto-Fagetum tiliosum* (35%) and *Fageto-Quercetum* (25%). In this zone, 12 tree and 6 shrub species were recorded. Dominant tree species are beech, lime and hornbeam. In the area of the zone, 898 stems with dbh over 7 cm are present (density 351 ha⁻¹). Mean growing stock reaches 343 m³ha⁻¹ and mean basal area 33.43 m²ha⁻¹. The stand is vertically differentiated. The core is formed by the stems of 2nd and 3rd tree class. The stem and crown quality is under the average. The functionality and stability of the stand is relatively good. The proposed non-intervention zone is able to maintain the required ecological and environmental functions in the long-term.

Key words: stand structure, natural forest, non-intervention zone

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Vo všetkých vyspelých krajinách sveta je zdôrazňovaný nezastupiteľný význam lesných ekosystémov pre harmonický (až existenčný) vývoj spoločnosti. Otázka komplexného výskumu a využívania obnoviteľných prírodných zdrojov, ako aj zabezpečovania ochrany a tvorby životného aj prírodného prostredia je, a najmä bude, jednou zo základných priorít ľudskej populácie.

Poznanie lesa ako dynamicky sa vyvíjajúceho ekosystému vo všetkých jeho parciálnych zložkách, aj s ich vplyvom na prírodné a životné prostredie, je dlhodobý a nepretržitý proces, ktorý si vyžaduje, a ešte si vyžiada, vysoké nasadenie pracovných síl, ale aj časových a ekonomických investícií.

Ochranné (ekologické) a spoločenské (environmentálne) funkcie sa v rámci aktívneho obhospodarovania lesných ekosystémov dostávajú do popredia. V rámci Slovenska je možné konštatovať, že tieto dve základné funkcie majú prioritné zameranie cca v jednej tretine lesných ekosystémov Slovenska (ZELENÁ SPRÁVA SR 2011).

MAYER-OTT (1991), KORPEL (1989, 1991), HLADÍK a kol. (1993), KORPEL, SANIGA (1995) a ďalší autori správne poukazujú na to, že reálne obhospodarovanie v lesných spoločenstvách

musí vychádzať z exaktných, správne spracovaných a prezentovaných poznatkov. Jadrom poznania dynamiky vývoja je štúdium prírodných, resp. prirodzených lesných ekosystémov vo všetkých vývojových štádiách a fázach, so všetkými špecifikami plynúcimi z diferencovaných nárokov a podmienok biotopov a biocenóz.

Všetky lesné ekosystémy zásadne ovplyvňujú prostredie a sú späté prostredím ovplyvňované (jednota biotopov a biocenóz), majú vyváženú štruktúru svojich zložiek (producenti, konzumenti, reducenti), zabezpečujú produkciu biomasy a nekromasy, sú relatívne stabilné a flexibilné a vyznačujú sa určitou dynamikou a autoregulačnou schopnosťou (KORPEL, SANIGA 1995).

Práve preceňovanie autoregulačnej schopnosti lesných porastov (najmä diferenciácia a autoredukcia) viedlo v nedávnej minulosti (2–5 decénií) k zanedbaniu pestovnej starostlivosti v mnohých porastoch vyšších lesných vegetačných stupňov (GUBKA 2000). V dôsledku toho došlo k zásadnej zmene v niektorých zložkách štruktúry porastov, čo sa negatívne prejavilo na statickej a ekologickej stabilite porastov, ako aj v znížení, resp. až strate funkčnej účinnosti. KORPEL (1989), RÉH (1997), GUBKA (2000) pokladajú za funkčne účinné tie porasty, ktoré majú dlhodobú štruktúru na požadovanej úrovni. Neznamená to však, že sa tieto porasty prestanú aktívne obhospodarovať.

Ak chceme posúdiť správnosť pestovných opatrení v lesných ekosystémoch, obzvlášť vo vzťahu k zabezpečeniu ekologických a environmentálnych funkcií, je potrebné mať vytvorenú bázu porovnávacích súborov, ktoré sú schopné zabezpečovať dostatok informácií pre vedecké účely, ale ktoré sú zároveň schopné aj významnou mierou zvyšovať lesnícku osvetu pre odbornú aj laickú verejnosť.

V niektorých európskych krajinách kde sa nezachovali zvyšky prírodných lesov resp. adekvátnych prirodzených ekosystémov, vylišujú relatívne najzachovalejšie časti porastov ako úplné rezervácie, s úmyslom, aby sa z nich časom vytvorili sekundárne prírodné lesy (KORPEL 1989, MEYER a kol. 2006).

Ponechávanie niektorých porastov, resp. častí porastov, bez ťažbovo-pestovného usmerňovania v rozumnej miere má svoje opodstatnenie aj v podmienkach Slovenska. Perspektívne ide o spoločenstvá, ktoré sú a budú zaujímavé z vedeckého hľadiska, ale už v súčasnosti majú široké funkčné zameranie, pričom najmä rekreačná a osvetová funkcia vystupujú do popredia.

Za účelom sledovania zmien znakov štruktúry lesa, ktorý bude ponechaný na autoregulačné procesy bez ďalšieho zasahovania, sa v dielci 186 na lokalite Pustý hrad Zvolen, v areáli Lesov mesta Zvolen s.r.o. vytýpovala bezzásahová zóna.

Cieľom práce je na príklade tejto „zóny“ zistiť súčasný stav časti porastu a overiť metodológiu na získanie a spracovanie základných informácií o kvantitatívnych a kvalitatívnych znakoch ekosystému.

2 MATERIÁL A METODIKA

Lokalita Pustý hrad sa nachádza v okrajovej severozápadnej časti pohoria Javorie. Geologický podklad tvoria andezity, andezitové tufy a tufity. Priemerná ročná teplota je 8,8 °C. Priemerné ročné zrážky sú 640 mm.

V dolnej časti dielca 186 (severná hranica) bola vylišená „bezzásahová zóna“ s výmerou 2,56 ha.

Charakteristika dielca 186: porast je zaradený do HS 04 OV (ochranný vysoký); výmera 64,82 ha; expozícia SZ; sklon 90 % a viac; funkčný typ 10 (produkčno-protierózny); ochranársky typ 13 (porast málo ohrozený, mimo dosahu imisií); technologický typ 34 (sústreďovanie lanovými systémami); slt.: QF til 60 % (3402) Tac 30 % (3502) Fp 10 % (3315); pôda skalnatá s vystupujúcimi bralami; pôdny kryt miestne tvorený bylinami.

Porast je charakterizovaný ako dvojetážový:

I etáž:

Výmera 51,86 ha, vek 165 rokov a viac. Porast má charakter hrubej kmeňoviny, miestne hojný výskyt jedincov výmladkového pôvodu, miestami slabšieho vzrastu, menej kvalitný. Zastúpenie: DB 40, BK 20, HB 20, LP 10, JH 10.

II etáž:

Výmera 12,96 ha, vek 45 rokov, zakmenenie 0,2, rôznoveká žrdovina, jednotlivo až skupinove zmiešaná, nerovnomerne vyspelá, priemernej kvality. Zastúpenie: HB 50, LP 20, BK 20, DB 10.

V rámci terénnych prác na tomto objekte sa realizuje:

- evidencia biometrických znakov porastu,
- fytocenologické a dendrologické pozorovanie.

Kancelárske práce pozostávajú z vyhodnotenia získaných informácií vhodnými štatistickými metódami.

A) Evidencia biometrických znakov

Evidencia biometrických znakov sa realizovala na celej ploche bezzásahovej zóny.

Z kvantitatívnych biometrických znakov sa evidovalo:

- druh dreviny,
- hrúbka stromov vo výške 1,3 m ($d_{1,3}$) s presnosťou na mm,
- výška stromu s presnosťou na 0,5 m,
- výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m,
- biosociologické postavenie stromu podľa KRAFTA (KORPEL 1991).

Kraftova stupnica rozlišuje jedince – stromy na:

1. predrastavé s mimoriadne vyvinutými korunami,
2. úrovňové s dobre vyvinutými korunami, ktoré tvoria hlavný porast,
3. čiastočne úrovňové s relatívne dobrými korunami, ktoré tvoria spodné rozhranie hlavného porastu,
4. stiesnené s viac alebo menej skrátenou asymetrickou korunou.

Tieto delí na:

- 4a – podúrovňové vrstavé,
- 4b – podúrovňové ustupujúce,
5. úplne zatienené, typicky podúrovňové stromy, ktoré delí na:
 - 5a – potlačené (celkom zatienené) – životaschopné,
 - 5b – potlačené (celkom zatienené) – odumierajúce a odumreté.

Z kvalitatívnych znakov sa evidovala:

Kvalita kmeňa:

1. kmeň kvalitný, (bez mechanického poškodenia, bez veľkých hrč, netočivý, nedeformovaný, priebežného rastu),
2. kmeň priemernej kvality, (s prípustnými hrčami a deformáciami),
3. kmeň nekvalitný, (poškodený, netvárný, napadnutý hubami, hmyzom...).

Kvalita koruny:

1. koruna kvalitná, (vitálna, pravidelná, s dĺžkou cca 1/2 až 2/3 výšky stromu),
2. koruna priemernej kvality,
3. koruna nekvalitná, (poškodená, preschýnajúca, deformovaná, nepravidelná, extrémne dlhá – viac ako 2/3, resp. extrémne krátka – menej ako 1/3 výšky stromu, napadnutá hmyzom, resp. inými patogénmi, oslabená imisiami...).

Funkčná účinnosť:

1. strom dobre ukotvený v pôde, stabilný, vitálny, estetický,
2. strom dobre ukotvený v pôde, s náznakmi chradnutia, mierne vychýlený, so zníženou vitalitou, esteticky zaujímavý,
3. strom slabo ukotvený v pôde, s možnosťou vývratu, ohnutý, vychýlený, napadnutý patogénmi, rušivo pôsobiaci zlý zdravotný stav, poškodenie, resp. iné znaky stromu.

B) Fytocenologické a dendrologické pozorovania

Formou pochôdzky, vyhotovením fytocenologického zápisu, v rámci ktorého sa sleduje a eviduje výskyt dominantných, diferenčných... druhov bylín, sa stanoví skupina lesných typov (slt.) resp. lesný typ (lt.). Na základe získaných poznatkov sa porovná súčasná štruktúra porastov s modelovou (HANČINSKÝ 1972).

V rámci dendrologických pozorovaní sa formou pochôdzky a analýzou znakov stromov na sledovanej ploche určí druh dreviny, krov, polokrov, resp. ich formy, ktoré sa prejavujú v diferencovaných vlastnostiach a morfológických znakoch.

3 VÝSLEDKY

Vylišená bezzásahová zóna má výmeru 2,56 ha. Je situovaná na začiatok turistického chodníka, ktorý je intenzívne využívaný. Toto umiestnenie zvyšuje jej „atraktivitu“ nakoľko turisti pri vstupe do porastu intenzívnejšie vnímajú lesné prostredie.

3.1 Fytocenologické a dendrologické pozorovania.

Drevinové zloženie, početnosť a frekvencia výskytu jednotlivých druhov drevín je úzko späté s diferencovanými lesnými typmi. Na základe fytocenologického zápisu (Nič 2009, 2010) boli na sledovanej bezzásahovej zóne porastu vylišené tri skupiny lesných typov.

Najväčší podiel pripadá na slt *Fagetum tiliosum* (*F til*) – lipová bučina, ktorá zaberá približne 40 % rozlohy územia. Nachádza sa vo východnej časti bezzásahovej zóny.

V rámci bylinnej synúzie sú spoludominantné nitrofilné druhy (*Mercurialis perennis*...) a bučinové druhy (*Galeobdolon luteum*...). Pokryvnosť fytocenózy je 60–70 % v jesennom, resp. 90–100 % v letnom aspekte

Približne 35 % výmery zóny, prevažne v sutinovej časti, zaberá slt *Querceto – Fagetum tiliosum* (*QF til*) lipovo dubová bučina. Je charakteristická dominanciou nitrofilných druhov (*Glechoma hirsuta*...) a bučinovými druhmi (*Galium odoratum*, *Pulmonaria officinalis*, *Carex pilosa*...). Ojedinelý, ale estetický je výskyt papradín (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*).

Spoločenstvo nachadzajce sa pod chodníkom na „Malú výhliadku“ je možné zaradiť do skupiny lesných typov *Fageto-Quercetum* (*FQ*) buková dubina. Toto spoločenstvo zaberá približne 25 % výmery sledovanej bezzásahovej zóny, s dominanciou *Poa nemoralis*, *Luzula nemorosa*, *Mycelis muralis*.

Na bezzásahovej zóne bolo zaznamenaných celkom 18 druhov drevín, z ktorých 12 má stromovitý vzrast. Ide o buk lesný (*Fagus sylvatica* L.), lipu malolistú (*Tilia cordata* Mill.), javor mliečny (*Acer platanoides* L.), javor poľný (*Acer campestre* L.), sporadicky sa vyskytuje javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.) a brest horský (*Ulmus montana* Stok.), vyskytuje sa tu aj hrab obyčajný (*Carpinus betulus* L.) a čerešňa vtáčia (*Cerasus avium* (L.) Moench.). Z drevín kríkovitého vzrastu sa hojnešie vyskytujú lieska obyčajná (*Corylus avellana* L.) a baza čierna (*Sambucus nigra* L.), menšie zastúpenie má ríbezľ a skalná (*Ribes petraeum* L.).

Zaujímavý je častejší výskyt tzv. lýrovitých kmeňov lipy malolistej (zrejme úzka súvislosť s charakterom svahu – balvanitosť, veľký sklon...). U buka lesného sa vyskytli exempláre s výraznejšie vystupujúcimi koreňovými systémami s náznakmi tzv. dubokôrej borky. V rámci slt *Fageto-Quercetum* (časť porastu smerom na Malú výhliadku) sme zo stromovitých druhoch zaznamenali výskyt duba zimného (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.), jarabiny mukuňovej (*Sorbus aria* (L.) Crantz), a jarabiny vtácej (*Sorbus aucuparia* L.), z kríkovitých druhov svíba krvavého (*Swida sanguinea* (L.) Opiz), zemoleza obyčajného (*Lonicera xylosteum* L.), na suchších miestach aj bršlena bradavičnatého (*Eumonymus verrucosus* Scop.). Vyskytol sa aj jeden smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.).

3.2 Analýza biometrických znakov

Na základe evidencie v teréne sa zistilo, že na sledovanej ploche sa vyskytuje 898 stromov hrubších ako 7 cm vo výške 1,3 m. V priemere je to 351 stromov na 1 ha. Na sledovanej bezzásahovej zóne je však možné pozorovať značnú diferenciáciu, čo sa týka počtu, ale aj druhov. Vo východnej časti (slt *Ftil*) dominuje lipa malolistá (*Tilia cordata*), v západnej časti prevláda v hornej etáži buk lesný (*Fagus sylvatica*) a v spodnej javor mliečny (*Acer platanoides*). V rámci zastúpenia z počtu dominuje na celej ploche lipa malolistá 34,12 % (306 ks) s javormi (21,73 %) hrabom (19,91 %) a bukom (18,80%) (tab. 1).

Tab. 1 Zastúpenie drevín na bezzásahovej zóne Pustý hrad

Tab. 1 Tree species composition in the non-intervention zone of Pustý hrad

Drevina	Počet		Kruhová základňa		Zásoba	
	ks/BZ	%	m ² /BZ	%	m ³ /BZ	%
LP	306	34,1	26,46	30,9	273,29	31,1
JV	195	21,7	8,40	9,8	84,71	9,6
HB	179	19,9	13,22	15,4	101,35	11,5
BK	169	18,8	34,38	40,2	389,17	44,3
BH	26	2,9	1,11	1,3	9,60	1,1
DB	13	1,4	1,26	1,5	12,57	1,4
lieska	4	0,4	0,03	0,0	0,09	0,0
CS	3	0,3	0,63	0,7	7,77	0,9
JP	1	0,1	0,05	0,1	0,35	0,0
SM	1	0,1	0,03	0,0	0,25	0,0
JB	1	0,1	0,01	0,0	0,06	0,0
Spolu	898	100,0	85,58	100,0	879,21	100,0
Na 1 ha	351		33,43		343,45	

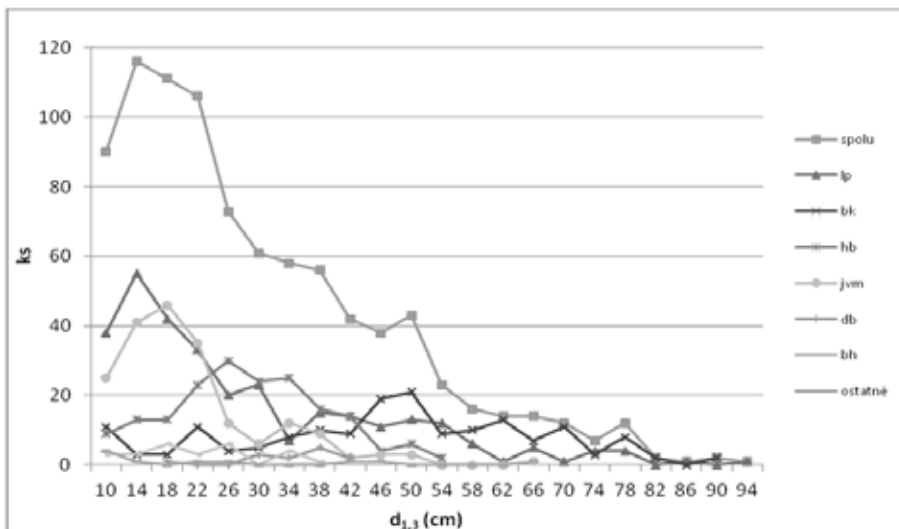
Poznámka:

Nízka početnosť niektorých druhov, resp. absencia druhov v tab. 1. v porovnaní s informáciou o výskyte drevín (kap. 3.1) je zapríčinené tým, že niektoré nedosahovali registračnú hranicu 7 cm hrúbky vo výške 1,3 m ($d_{1,3}$).

Zaujímavý je vývoj početnosti v závislosti na hrúbkových triedach. Najvyššie počty dosahujú lipa a javor mliečny v hrúbkových triedach 14 cm, resp. 18 cm. Pribeh polygónov rozdelenia početností podľa hrúbkových tried týchto dvoch drevín poukazuje v porovnaní s vývojovými štádiami a fázami prírodného lesa na pokročilú fázu štádia dorastania. Táto fáza vývoja sa viaže na slt *Fagetum-tiliosum* a *Querceto-Fagetum tiliosum* vo východnej časti bezzásahovej zóny. V slt *Fageto-Quercetum* (západná časť bezzásahovej zóny) prevláda buk a hrab s prímiesou duba zimného. Rozdelenie početností týchto drevín podľa hrúbkových tried poukazuje na počiatočnú fázu štádia rozpadu prírodných lesov (obr. 1).

Vertikálna výstavba porastu v bezzásahovej zóne je v rámci stromových tried relatívne diferencovaná. Jadro porastu je tvorené jedincami 2. a 3. stromovej triedy, t. j. stromami úrovňovými a čiastočne úrovňovými. V relatívnom vyjadrení až 62,8 % zo všetkých evidovaných stromov tvorí úroveň porastu. Typickú nadúroveň (stromy predrastavé) vytvára len 11,1 % a v podúrovni sa nachádza 26,1 % stromov (tab. 2).

V absolútnom vyjadrení je najpočetnejšia druhá stromová trieda – stromy úrovňové. V rámci sledovanej bezzásahovej zóny, sme v tejto triede zaregistrovali bez ohľadu na druh dreveniny 325 stromov. Pri analýze kvalitatívnych znakov sme zistili, že z tohto počtu má 22,5 % dobrú kvalitu korún (tab. 3) a len 13,8 % stromov má aj dobrú kvalitu kmeňa (tab. 4). V tejto stromovej triede je relatívne vysoký výskyt jedincov v 1. stupni funkčnej účinnosti (73,2 %) (tab. 5).



Obr. 1 Polygón rozdelenia početnosti jednotlivých drevín podľa hrúbkových tried na bezzásahovej zóne Pustý hrad

Fig. 1 Diameter distributions of particular tree species in the non-intervention zone of Pustý hrad

Zo získaných informácií je zrejmé, že najväčší výskyt jedincov s kvalitnou korunou, kvalitným kmeňom (1. stupeň kvality) a s najväčšou funkčnou účinnosťou je v 2. stromovej triede (tab. 3, 4, 5). Kvalita jedincov (koruny aj kmeňa) klesá s príslušnosťou do nižších stromových tried. V tab. 4 je to možné sledovať na vývoji poklesu relatívnej početnosti stromov v 1. stupni kvality a v prudkom náraste relatívnej početnosti v 3. stupni kvality kmeňa (% celkom). Priemerná hodnota kvality kmeňa je nízka. Váženým aritmetickým priemerom bola zistená na úrovni 2,39 stupňa kvality.

Priemerná kvalita koruny je 2,12. Vývoj relatívnej početnosti jedincov s podpriemernou kvalitou koruny (3. stupeň) je podobný ako bol zistený priebeh „nekvality“ kmeňa. Za povšimnutie však stojí to, že živé jedince s kvalitnou korunou boli v pomerne významnom počte zistené vo všetkých stromových triedach. Relatívne najviac je v 1. a 2. stromovej triede (tab. 3).

Analýza rozdelenia počtu stromov, ktoré sú zaradené do 1. stupňa funkčnej účinnosti podľa stromových tried, poukazuje na to, že jedince 2. a 3. stromovej triedy sa najväčšou mierou podieľajú na zabezpečení prioritných ekologických a environmentálnych funkcií ekosystému v navrhovanej bezzásahovej zóne. Bez ohľadu na vertikálnu výstavbu až 56,3 % (506 ks) stromov je v najvyššom stupni funkčnej účinnosti (tab. 5).

Keď zoberieme do úvahy funkčné zameranie porastu v dieľci 186, ktorý má plniť prioritne protieróznú pôdoochrannú funkciu a zároveň zabezpečovať rekreačnú, zdravotnú, osvetovú, výskumnú... funkciu, je tento stav relatívne uspokojivý. Nízka kvalita korún a podpriemerná kvalita kmeňov (tab. 3, 4.) nie sú z pohľadu funkčnej priority rozhodujúce.

Tab. 2 Výskyt drevín podľa biosociologického postavenia na bezzásahovej zóne Pustý hrad
Tab. 2 Number of stems according to tree classes in the non-intervention zone of Pustý hrad

drevina	LP			JV			HB			BK			BH			DB		
	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c
str. tr.	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c
1	35	11,4	35,0	9	4,6	9,0	0	0,0	0,0	51	30,2	51,0	1	3,8	1,0	1	7,7	1,0
2	106	34,6	32,6	79	40,5	24,3	56	31,3	17,2	70	41,4	21,5	5	19,2	1,5	8	61,5	2,5
3	77	25,2	32,2	66	33,8	27,6	54	30,2	22,6	23	13,6	9,6	10	38,5	4,2	4	30,8	1,7
4a	56	18,3	36,1	34	17,4	21,9	49	27,4	31,6	10	5,9	6,5	5	19,2	3,2	0	0,0	0,0
4b	16	5,2	37,2	5	2,6	11,6	11	6,1	25,6	7	4,1	16,3	4	15,4	9,3	0	0,0	0,0
5a	12	3,9	52,2	1	0,5	4,3	4	2,2	17,4	5	3,0	21,7	1	3,8	4,3	0	0,0	0,0
5b	4	1,3	30,8	1	0,5	7,7	5	2,8	38,5	3	1,8	23,1	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
spolu	306	100,0	34,1	195	100,0	21,7	179	100,0	19,9	169	100,0	18,8	26	100,0	2,9	13	100,0	1,4
drevina	CS			JB			JP			lieska			SM			celkom		
	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c	ks	% s	% c
1	3	100,0	3,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	100	11,1	11,1
2	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	1	100,0	0,3	325	36,2	36,2
3	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	1	100,0	0,4	4	100,0	1,7	0	0,0	0,0	239	26,6	26,6
4a	0	0,0	0,0	1	100,0	0,6	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	155	17,3	17,3
4b	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	43	4,8	4,8
5a	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	23	2,6	2,6
5b	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	13	1,4	1,4
spolu	3	100,0	0,3	1	100,0	0,1	1	100,0	0,1	4	100,0	0,4	1	100,0	0,1	898	100,0	100,0

Tab. 3 Výskyt jedincov podľa stromových tried v sledovaných stupňoch kvality koruny (% spolu) resp. výskyt jedincov s rôznou kvalitou koruny v stromových triedach (% celkom) na bez zásahovej zóne Pustý hrad

Tab. 3 Number of stems according to crown quality in particular tree classes (% s) and according to tree classes in particular crown quality category (% c) in the non-intervention zone of Pustý hrad

Stromová trieda	Kvalita koruny (ks/BZ)										
	1.			2.			3.			Celkom	
	N	% s	% c	N	% s	% c	N	% s	% c	N	% s
1	45	26,3	45,0	52	11,8	52,0	3	1,0	3,0	100	11,1
2	73	42,7	22,5	196	44,4	60,3	56	19,6	17,2	325	36,2
3	27	15,8	11,3	125	28,3	52,3	87	30,4	36,4	239	26,6
4a	18	10,5	11,6	56	12,7	36,1	81	28,3	52,3	155	17,3
4b	5	2,9	11,6	10	2,3	23,3	28	9,8	65,1	43	4,8
5a	3	1,8	13,0	2	0,5	8,7	18	6,3	78,3	23	2,6
5b	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	13	4,5	100,0	13	1,4
Spolu	171	100,0	19,0	441	100,0	49,1	286	100,0	31,8	898	100,0

Tab. 4 Výskyt jedincov podľa stromových tried v sledovaných stupňoch kvality kmeňa (% spolu) resp. výskyt jedincov s rôznou kvalitou kmeňa v stromových triedach (% celkom) na bezzásahovej zóne Pustý hrad

Tab. 4 Number of stems according to stem quality in particular tree classes (% s) and according to tree classes in particular stem quality category (% c) in the non-intervention zone of Pustý hrad

Stromová trieda	Kvalita kmeňa (ks/BZ)										
	1.			2.			3.			Celkom	
	N	% s	% c	N	% s	% c	N	% s	% c	N	% s
1	29	32,2	29,0	62	16,7	62,0	9	2,1	9,0	100	11,1
2	45	50,0	13,8	181	48,8	55,7	99	22,7	30,5	325	36,2
3	13	14,4	5,4	87	23,5	36,4	139	31,8	58,2	239	26,6
4a	3	3,3	1,9	36	9,7	23,2	116	26,5	74,8	155	17,3
4b	0	0,0	0,0	2	0,5	4,7	41	9,4	95,3	43	4,8
5a	0	0,0	0,0	3	0,8	13,0	20	4,6	87,0	23	2,6
5b	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	13	3,0	100,0	13	1,4
Spolu	90	100,0	10,0	371	100,0	41,3	437	100,0	48,7	898	100,0

Tab. 5 Výskyt jedincov podľa stromových tried v jednotlivých stupňoch funkčnej účinnosti (% spolu) resp. podiel rôzne funkčne účinných stromov v stromových triedach (% celkom)

Tab. 5 Number of stems according to functionality in particular tree classes (% s) and according to tree classes in particular functionality category (% c)

Stromová trieda	Funkčná účinnosť (ks/BZ)										
	1.			2.			3.			Celkom	
	N	% s	% c	N	% s	% c	N	% s	% c	N	% s
1	85	16,8	85,0	14	5,0	14,0	1	0,9	1,0	100	11,1
2	238	47,0	73,2	74	26,3	22,8	13	11,7	4,0	325	36,2
3	118	23,3	49,4	93	33,1	38,9	28	25,2	11,7	239	26,6
4a	54	10,7	34,8	75	26,7	48,4	26	23,4	16,8	155	17,3
4b	2	0,4	4,7	18	6,4	41,9	23	20,7	53,5	43	4,8
5a	9	1,8	39,1	7	2,5	30,4	7	6,3	30,4	23	2,6
5b	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	13	11,7	100,0	13	1,4
Spolu	506	100,0	56,3	281	100,0	31,3	111	100,0	12,4	898	100,0

Stromy s funkčnou účinnosťou 1. stupňa boli zistené vo všetkých stromových triedach, kde boli registrované živé stromy. V tomto smere je stav funkčne účinných jedincov 1. stupňa podobný ako stav kvality korún 1. stupňa (tab. 3, 5). Priemerná funkčná účinnosť porastu je 1,56.

Funkčná účinnosť ekosystému úzko súvisí s jeho statickou a biologickou stabilitou. Na základe fytocenologického prieskumu a dendrologickej analýzy možno v súlade s odbornou a vedeckou literatúrou konštatovať, že drevinové zloženie porastu na navrhovanej bezzásahovej zóne je blízke prírodnému – klimaxovému spoločenstvu. Z toho hľadiska ho možno pokladať za biologicky stabilné (HANČINSKÝ 1972, KORPEL 1989).

Statická stabilita spoločenstva sa dá relatívne dobre posúdiť na základe hodnôt štíhlostného koeficientu a veľkosti korún (korunovosti).

Štíhlostný koeficient zistený pre druhy drevín s najvyšším zastúpením sa pohybuje v hodnotách 54–71, čo indikuje relatívne dobrú stabilitu. Výnimkou je javor mliečny, ktorého hodnota štíhlostného koeficientu sa pohybuje na hranici kritického (tab. 6). Tak tiež priemerná veľkosť korún, ktorá je pri všetkých drevinách väčšia ako polovica výšky stromu (korunovosť 57–83 %) poukazuje na relatívne dobrú stabilitu (tab. 6). V intenciách hodnôt, ktoré boli zistené pre posúdenie statickej stability, možno tento porast charakterizovať ako stredne stabilný.

Hodnoty štíhlostného koeficientu a korunovosti úzko súvisia s postavením jedincov v poraste. Analýza výskytu jednotlivých druhov drevín v sledovaných stromových triedach pomerne dobre poukazuje na požiadavky drevín na svetlo v konkrétnych podmienkach stanovišťa. Buk a lipa sa vyskytujú vo všetkých stromových triedach (tab. 2).

Dôležitými znakmi statickej stability a funkčnej účinnosti sú prvky, ktoré charakterizujú zdravotný stav, resp. konkretizujú znaky nekvality. Na sledovanej lokalite sme zistili znehodnocujúce znaky kvality stromu, resp. prvky, ktoré znižujú statickú stabilitu a funkčnú účinnosť v 186 prípadoch, čo predstavuje 20,7 % zo všetkých stromov na bezzásahovej

zóny. Veľký podiel z toho tvoria ohnuté stromy (54 ks, resp. 29,0 %), vidlice (36 ks, resp. 19,4 %) a dvojáky (31 ks, resp. 16,7 %) (tab. 7). Výskyt dvojákov a vidlíc je podmienený geneticky, ohnutie je spôsobené vplyvom prostredia. Výskyt trsov, ktoré vytvára najmä lipa, neznižuje účinnosť porastu vo vzťahu k pôdoochranej protieróznej, resp. protizosuvnej ako aj rekreačnej funkcii, nakoľko tieto sú veľmi dobre ukotvené v pôde a svojim tvarom zvyšujú estetickú „hodnotu“ porastu. V trsoch je spravidla znížená kvalita drevnej hmoty.

Tab. 6 Priemerné hodnoty sledovaných dendrometrických znakov na bezzásahovej zóne Pustý hrad
Tab. 6 Mean values of dendrometric characteristics in the non-intervention zone of Pustý hrad

drevina		BK	LP	JV	HB	OST.	celkom
počet (ks)		169	306	195	179	49	898
kruhovú základňu (m ²)		34,36	26,46	8,40	13,22	3,14	85,58
zásoba (m ³)		389,17	273,29	84,71	101,35	30,69	879,22
hrúbka d _{1,3} (cm)	$\bar{x}$	47,2	28,3	21,3	28,9	25,9	30,3
	S $\bar{x}$	19,2	17,4	9,8	10,3	12,2	17,2
výška h (m)	$\bar{x}$	23,3	17,8	17,6	17,4	16,8	18,7
	S $\bar{x}$	6,1	5,5	4,2	3,8	6	5,6
výška nasadenia koruny (m)	$\bar{x}$	10,9	8,3	7,7	4,0	6,7	7,9
	S $\bar{x}$	5,7	3,2	3,4	1,9	5,3	3,6
štíhlostný koeficient	$\bar{x}$	53,8	73,4	89,4	63,9	68,4	71,0
	S $\bar{x}$	11,2	17,5	14,8	9,9	8,9	18,4
dĺžka koruny (m)	$\bar{x}$	12,4	9,5	9,9	13,4	10,1	10,8
	S $\bar{x}$	5,9	4,4	3,8	2,9	5,7	4,6
korunovosť (%)	$\bar{x}$	53,2	53,4	56,3	77,0	60,1	57,8
	S $\bar{x}$	12,0	9,9	8,0	6,7	11,7	10,2

Na bezzásahovej zóne sme registrovali jedince vegetatívneho aj generatívneho pôvodu. Z hľadiska stabilizácie pôdného prostredia proti erózii, je schopnosť väčšiny drevín, ktoré sa vyskytujú na bezzásahovej zóne, tvoriť pňové výmladky, veľmi progresívna. 58,5 % stromov je generatívneho a 41,5 % vegetatívneho pôvodu. Zo sledovaných druhov sa najintenzívnejšie obnovujú vegetatívnym spôsobom hrab (55,3 %) a lipa (55,2 %). Pri ostatných drevinách dominuje generatívna obnova (tab. 8). Zaujímavý je pomerne vysoký podiel vegetatívne obnovených jedincov buka. Tento spôsob obnovy sa v podmienkach bezzásahovej zóny v dieľci 186 viaže najmä na stanovišťa a miesta s plytkou pôdou a vystupujúcou materskou horninou. Jedince 1. a 2. stromovej triedy sú väčšinou generatívneho pôvodu. Podiel jedincov vegetatívneho pôvodu je väčší v nižších stromových triedach (tab. 8).

Tab. 7 Výskyt znakov „nekvality“ podľa drevín a biosociologického postavenia na bezzásahovej zóne Pustý hrad
 Tab. 7 Occurrence of qualitative traits according to tree species and tree class in the non-intervention zone of Pustý hrad

str. tr.	znak drevina	dvoják		mech. pošk.		ohnutý		suchý		trs		vidla		zlom		celkom		všetky	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	BK	2	6,5									2	5,6			4	2,2	51	7,8
	LP			1	20,0	1	1,9			3	7,7	7	19,4			12	6,5	35	34,3
	JV											2	5,6			2	1,1	9	22,2
	spolu	2	6,5	1	20,0	1	1,9			3	7,7	11	30,6			18	9,7	100	18,0
2	BK	5	16,1			6	11,1					3	8,3	1	20,0	15	8,1	70	21,4
	LP					5	9,3			3	7,7	7	19,4			15	8,1	106	14,2
	JV	2	6,5	1	20,0	2	3,7			4	10,3	2	5,6			11	5,9	79	13,9
	HB					2	3,7									2	1,1	56	3,6
	DB											2	5,6			2	1,1	8	25,0
	spolu	7	22,6	1	20,0	15	27,8			7	17,9	14	38,9	1	20,0	45	24,2	325	13,8
3	BK	2	6,5	1	20,0	1	1,9	1	6,3							5	2,7	23	21,7
	LP	2	6,5	1	20,0	8	14,8			3	7,7	4	11,1	1	20,0	19	10,2	77	24,7
	JV	2	6,5			1	1,9	1	6,3	4	10,3	2	5,6			10	5,4	66	15,2
	HB	4	12,9			5	9,3			3	7,7	1	2,8			13	7,0	54	24,1
	DB											1	2,8			1	0,5	4	25,0
	lieska									4	10,3					4	2,2	4	100,0
	spolu	10	32,3	2	40,0	15	27,8	2	12,5	14	35,9	8	22,2	1	20,0	52	28,0	239	21,8
	LP	2	6,5			8	14,8	1	6,3	6	15,4					17	9,1	56	30,4
4a	JV	2	6,5													2	1,1	34	5,9
	HB	4	12,9	1	20,0	8	14,8		0,0	3	7,7	2	5,6			18	9,7	49	36,7
	spolu	8	25,8	1	20,0	16	29,6	1	6,3	9	23,1	2	5,6			37	19,9	155	23,9
	BK													1	20,0	1	0,5	7	14,3
4b	LP					2	3,7			3	7,7	1	2,8			6	3,2	16	37,5
	HB	3	9,7			4	7,4	1	6,3							8	4,3	11	72,7
	spolu	3	9,7			6	11,1	1	6,3	3	7,7	1	2,8	1	20,0	15	8,1	43	34,9
5a	LP					1	1,9							1	20,0	2	1,1	12	16,7
	HB													1	20,0	1	0,5	4	25,0
	spolu					1	1,9							2	40,0	3	1,6	23	13,0

Tab. 7 Pokračovanie
Tab. 7 Continued

str. tr.	znak drevina	dvoják		mech pošk.		ohnutý		suchý		trs		vidla		zlom		celkom		všetky	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
5b	BK	1	3,2					3	18,8							4	2,2	3	133,3
	LP							4	25,0	3	7,7					7	3,8	4	175,0
	JV							1	6,3							1	0,5	1	100,0
	HB							4	25,0							4	2,2	5	80,0
	spolu	1	3,2					12	75,0	3	7,7					16	8,6	13	123,1
spolu po drev.	BK	10	32,3	1	20,0	7	13,0	4	25,0			5	13,9	2	40,0	29	15,6	169	17,2
	LP	4	12,9	2	40,0	25	46,3	5	31,3	21	53,8	19	52,8	2	40,0	78	41,9	306	25,5
	JV	6	19,4	1	20,0	3	5,6	2	12,5	8	20,5	6	16,7			26	14,0	195	13,3
	HB	11	35,5	1	20,0	19	35,2	5	31,3	6	15,4	3	8,3	1	20,0	46	24,7	179	25,7
	DB											3	8,3			3	1,6	13	23,1
	BH															0	0,0	26	0,0
	lieska									4	10,3					4	2,2	4	100,0
	CS															0	0,0	3	0,0
	SM															0	0,0	1	0,0
	JP															0	0,0	1	0,0
spolu	JB															0	0,0	1	0,0
		31	100,0	5	100,0	54	100,0	16	100,0	39	100,0	36	100,0	5	100,0	186	100,0	898	20,7
			16,7		2,7		29,0		8,6		21,0		19,4		2,7		100,0		—

Tab. 8 Zastúpenie drevín podľa pôvodu a biosociologického postavenia na bezzáhrovej zóne Pustý hrad
 Tab. 8 Representation of tree species according to origin (v – vegetative, g – generative) and tree class in the non-intervention zone of Pustý hrad

str. tr.	drevina		LP		JV		HB		BK		BH		DB		CS		JB		JP		lieska		SM		Celkom	
	pôvod	n	g	v	g	v	g	v	g	v	g	v	g	v	g	v	v	v	g	g	v	v	g	g	v	
1	n	25	10	8	1				49	2	1		1		3										87	13
	%	71,4	28,6	88,9	11,1				96,1	3,9	100,0		100,0		100,0										87,0	13,0
2	n	60	46	44	35	27	29	66	4	4	1	7	1										1	209	116	
	%	56,6	43,4	55,7	44,3	48,2	51,8	94,3	5,7	80,0	20,0	87,5	12,5										100,0	64,3	35,7	
3	n	32	45	34	32	31	23	21	2	7	3	4							1		4			130	109	
	%	41,6	58,4	51,5	48,5	57,4	42,6	91,3	8,7	70,0	30,0	100,0							100,0		100,0			54,4	45,6	
4a	n	10	46	20	14	16	33	10			4	1					1							60	95	
	%	17,9	82,1	58,8	41,2	32,7	67,4	100,0			80,0	20,0					100,0							38,7	61,3	
4b	n	5	11	3	2	4	7	7			2	2												21	22	
	%	31,3	68,8	60,0	40,0	36,4	63,6	100,0			50,0	50,0												48,8	51,2	
5a	n	4	8	1			4	5			1													11	12	
	%	33,3	66,7	100,0			100,0	100,0			100,0													47,8	52,2	
5b	n	1	3	1		2	3	3																7	9	
	%	25,0	75,0	100,0		40,0	60,0	100,0																43,8	56,3	
spolu	n	137	169	111	84	80	99	161	8	19	7	12	1	3			1	1	1		4		1	525	373	
	%	44,8	55,2	56,9	43,1	44,7	55,3	95,3	4,7	73,1	26,9	92,3	7,7	100,0			100,0	100,0	100,0		100,0		100,0	58,5	41,5	

Lesný ekosystém navrhovanej bezzásahovej zóny na lokalite Pustý hrad, je spoločenstvo, ktoré je schopné dlhodobu plniť širokú škálu ekologických a environmentálnych funkcií tak, aby základná myšlienka – skĺbenie lesníckej osvety, histórie a stabilizácie biocenózy koncepčne oslovovala laickú, ale aj odbornú lesnícku verejnosť.

4 ZÁVER

Navrhovaná bezzásahová zóna na lokalite Pustý hrad v rámci Lesov mesta Zvolen s.r.o. má výmeru 2,56 ha. Je situovaná v severnej, resp. spodnej časti dielca 186. Na základe fytocenologického prieskumu sa zistilo, že na ploche zóny sa vyskytujú tri skupiny lesných typov. Ide o skupiny lesných typov *Fagetum-tiliosum* (cca 40 % výmery bezzásahovej zóny), *Querceto-Fagetum tiliosum* (cca 35 %) a *Fageto Quercetum* (cca 25 %). Drevinové zloženie, resp. výskyt drevín je adekvátny stanovištným podmienkam. Celkovo bolo na bezzásahovej zóne zistených 18 druhov drevín, z čoho 12 má stromovitý vzrast. Najvyššie zastúpenie majú lipa malolistá (*Tilia cordata* Mill.), javory (*Acer* sp.), hrab obyčajný (*Carpinus betulus* L.) a buk lesný (*Fagus sylvatica* L.). Spoločenstvo vo východnej časti bezzásahovej zóny, kde prevládajú lipa a javory, je porovnateľné so štádiom dorastania v prírodných lesoch a spoločenstvo v západnej časti, kde dominuje buk lesný a hrab obyčajný, je porovnateľné s počiatočnou fázou štádia rozpadu. Porast je vertikálne diferencovaný. Úroveň porastu je tvorená stromami 2. a 3. stromovej triedy. Až 62,8 % stromov je v úrovni. Kvalita korún je relatívne nízka. Najviac jedincov s kvalitnými korunami (bez ohľadu na druh) bolo zistené v 2. stromovej triede (73 jedincov, čo predstavuje 42,7 % stromov v najvyššom stupni kvality, resp. 21,3 % stromov z druhej stromovej triedy). Priemerná kvalita kmeňa (2,39 stupňa kvality) je ešte nižšia, ako priemerná kvalita koruny (2,12 stupňa kvality). Z celkového počtu 898 stromov hrubších ako 7 cm má len 90 jedincov (10,0 %) najvyšší stupeň kvality kmeňa. V treťom kvalitatívnom stupni kmeňa je skoro polovica (48,7 %) jedincov na bezzásahovej zóne.

Z pohľadu funkčného zamerania je kvalita kmeňa a koruny menej významná, ako funkčná účinnosť jedincov (porastu). Na analyzovanej ploche bezzásahovej zóny je až 506 stromov (56,3 %) zaradených do 1. stupňa funkčnej účinnosti. Najviac jedincov je v 2. stromovej triede (238 stromov, čo je 47,0 % zo všetkých stromov v 1. stupni kvality, resp. až 73,2 % v rámci sledovanej (2.) stromovej triedy).

Dlhodobá funkčná účinnosť porastu je podmienená v prvom rade statickou stabilitou. S ohľadom na priemerné hodnoty štíhlostného koeficientu ($71 \pm 18,4$) a korunovosti ($57,8 \pm 10,2$ %) je možné ekosystém na bezzásahovej zóne pokladať za relatívne stabilný. Individuálna stabilita, resp. funkčná účinnosť jednotlivých stromov môže byť znížená vplyvom tvarových – kvalitatívnych anomálií. Prvky zníženej kvality stromu, resp. funkčnej účinnosti boli zistené v 186 prípadoch (20,7 % zo všetkých stromov). Z tohto počtu sa najčastejšie vyskytli ohnuté, resp. veľmi vychýlené jedince (29,0 %) vidlice (19,4 %) a dvojáky (16,7 %). Niektoré znehodnocujúce znaky sú podmienené geneticky (vidlica, dvoják) iné sú spôsobené vplyvom prostredia.

Na sledovanej ploche je 58,5 % jedincov generatívneho pôvodu a 41,5 % vegetatívneho pôvodu. Vegetatívne je obnovené viac ako 50 % jedincov hrabu a líp. Pri ostatných druhoch dominuje generatívna obnova. Jedince 1. a 2. stromovej triedy sú väčšinou generatívneho pôvodu. Obidva spôsoby obnovy majú v podmienkach sledovanej lokality svoje biologické opodstatnenie.

Na základe zistených skutočností je možné vysloviť presvedčenie, že lesný ekosystém navrhovanej bezzásahovej zóny je dlhodobo schopný plniť požadované funkcie.

Pod'akovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

5 Literatúra

- GUBKA, K., 2000: Súčasný stav, štruktúra a možnosti obhospodarovania porastov v oblasti hornej hranici lesa. In: Praktické opatrenia pri obhospodarovaní horských lesov. OZ Slovenská Ľupča, p. 35–40.
- HANČINSKÝ, L., 1972: Lesné typy Slovenska. Príroda Bratislava, 307 pp.
- HLADÍK, M., KORPEL, Š., LUKÁČ, T., TESAŘ, V., 1993: Hospodárenie v lesoch horských oblastí. VŠL LF Praha a Matica lesnícká Písek, 123 pp.
- KORPEL, Š., 1989: Pralesy Slovenska. VEDA Bratislava, 332 pp.
- KORPEL, Š., 1991: Pestovanie lesa. Príroda Bratislava, 472 pp.
- KORPEL, Š., SANIGA, M., 1995: Prírode blízke pestovanie lesa. ES TU Zvolen, 158 pp.
- MAYER, H., OTT, E., 1991: Gebirgswaldbau Schutzwaldpflege. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart – New York, 587 pp.
- MEYER, P., WEVELL, A., STEFFENS, R., UNKRIG, W., 2006: Naturwälder in Niedersachsen Schutz und Forschung. ISBN – 10: 3-00-019045-7, 339 pp.
- NÍČ, J., 2009: Fytocenologický zápis – jesenný aspekt, nepublikované, 6 pp.
- NÍČ, J., 2010: Fytocenologický zápis – letný aspekt, nepublikované 7 pp.
- RÉH, J., 1997: Pestovanie účelových lesov. Skriptum ES TU vo Zvolene, 218 pp.
- ZELENÁ SPRÁVA SR 2011
-

Adresa autorov:

Doc. Ing. Karol Gubka, CSc.

Doc. Ing. Ivan Lukáčik, CSc.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: gubka@tuzvo.sk

lukacik@tuzvo.sk

Súčasný stav lesného ekosystému na navrhovanej bezzásahovej zóne Pustý hrad Zvolen

Abstrakt

Na lokalite Pustý hrad v rámci Lesov mesta Zvolen s.r.o. v dielci 186 bola v kontakte s turistickým chodníkom navrhnutá bezzásahová zóna. Výmera zóny je 2,56 ha. Ide prevažne o porasty v slt *Fagetum-tiliosum* (40 %), *Querceto-Fagetum tiliosum* (35 %) a *Fageto Quercetum* (25 %). Na tejto zóne bolo zistených 18 druhov drevín, z ktorých 12 má stromovitý vzrast. Dominuje buk lesný, lipa malolistá a hrab obyčajný. Na ploche zóny sa vyskytuje 898 stromov hrubších ako 7 cm ($351 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$). Priemerná zásoba je $343 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Kruhovú základňu je $33,43 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Porast je vertikálne diferencovaný. Jadro tvoria jedince 2. a 3. stromovej triedy. Kvalita kmeňa a koruny je podpriemerná. Funkčná účinnosť a stabilita porastu je relatívne dobrá. Navrhovaná bezzásahová zóna je dlhodobo schopná zabezpečovať požadované ekologické a environmentálne funkcie

Kľúčové slová: štruktúra porastu, prirodzený les, bezzásahová zóna

HOSPODÁRSKO-ÚPRAVNÍCKE PLÁNOVANIE V KALAMITNÝCH OBLASTIACH

Milan MACHANSKÝ – Anton ŽÍHLAVNÍK

Machanský, M., Žíhlavník, A.: Planning procedures in forest dieback areas. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 51–70, 2012.

The paper presents practical aspects of forest cut regulation on an example of forest property in the area affected by forest dieback. The paper specifically addresses the issues of spruce dieback in Slovakia. Its main objective is to investigate forest condition and its development under active influence of harmful agents. The fundamental objective of forest cut regulation in the selected area of forest dieback is to estimate removal of losses and harmonise incidental and planned felling volumes to ensure sustainability of forest and stability of its production.

The selected area in the forest region of Low Tatra Mts. – North covers 5 500 ha in altitudes ranging from 800 to 1 500 m. Norway spruce with 87% share is the dominant tree species of the region. In November 2004, the area was hit by devastating windthrow affecting more than 100 000 m³ of timber.

Colour and infrared aerial images were combined with terrestrial investigation to obtain comprehensive data for the analysis of current forest condition. Gathered data were processed using GIS, remote sensing and biometric methods. In the second step the outputs were combined with reviewed data on realised felling and updated imagery sequence to calculate forest dieback percentage for particular age classes in the selected area. Average and current percentages deducted from growing stock of particular age classes were used to estimate short- and medium-term trends in incidental felling.

The process included predictions of the impact of harmful agents and alternative planning of felling including forest restoration.

The obtained results indicate mass weakening and dieback of spruce of 90 years and older and suggest correlation exist between the intensity of harmful agents and age, development stage and location of investigated forest stands. In the post-windthrow period of 2004–2010 the intensity of bark beetle attacks significantly grew – up to 40% of spruce stock died back in the monitored period. The pest substantially increased the volume of felling realized in the selected area when the total allowable cut was exceeded by 150%. The detailed analysis of collected empiric data provided a realistic projection of forest dieback progress.

The results clearly indicate the need to replace traditional methods of felling planning in windthrow areas with an alternative windthrow variant applied to designated areas with focus on active forest protection and forest restoration via underplanting and reforestation of windthrow affected sections of forest land.

The results of our research have largely confirmed limited effectiveness of preventive forest protection measures as well as untimely forest protection itself, subject to complete failure in some areas. Hence alternative approaches should be sought to protect integrity of forests at risk. One of them is to implement management practices enhancing vitality and resilience of forests in dieback areas through supporting natural regeneration, diverse spatial structure and forest biodiversity.

To conclude it is possible to say that forest cut regulation has proven itself as instrumental in optimizing exploitation of timber production particularly with respect to forest ecosystem

adaptation to changing conditions of the environment. This approach proves critical in areas affected by forest dieback.

Key words: Annual allowable cut; Forest management plan; Forest planning; Forest restoration; Predictions of calamities

1 ÚVOD

Lesy sú prírodným bohatstvom krajiny, v ktorej majú nielen veľký hospodársky potenciál, ale plnia nenahraditeľné ekologické a spoločenské funkcie. Napriek tomu, že sa zdôrazňuje zachovanie, zveľaďovanie a ochrana lesov ako zložky životného prostredia, sú vystavené silnému spoločenskému tlaku, ku ktorému sa pripája pôsobenie abiotických a biotických škodlivých činiteľov.

Vzhľadom na nízky odolnostný potenciál nepôvodných smrečín na Slovensku a vysoký objem kalamitných ťažieb je potrebné prioritne venovať problematike hospodárskej úpravy lesov v kalamitných oblastiach veľkú pozornosť.

Predikcia produkčných a environmentálnych rizík a stanovenie vhodných postupov obhospodarovania lesa na ich zníženie patria k najdôležitejším a najzložitejším úlohám pri hospodársko-úpravníckom plánovaní.

Hospodársko-úpravnícke plánovanie, realizované prostredníctvom programov starostlivosti o lesy (PSL), využíva rôznorodosť možností vývoja lesa a priestorovým umiestnením ťažby dreva s reguláciou jej objemu zabezpečuje čo najoptimálnejšie trvalé plnenie funkcií lesa.

2 ROZBOR PROBLEMATIKY A CIEĽ PRÁCE

Doterajšie obhospodarovanie lesov viedlo v mnohých regiónoch Slovenska k vytváraniu rovnorodých rovnovekých porastov, často labilných voči škodlivým činiteľom. Najohrozenejšími a najpoškodzovanejšími sú v súčasnosti smrečiny.

Smrek nepatrí k dlhovekým drevinám, hoci v priaznivých podmienkach (horské polohy, severná Európa) sa môže dožiť aj 300 i 400 rokov. Jeho odolnosť voči disturbančným faktorom sa výrazne znižuje už po 60. roku života (CHRISTIANSEN, BAKKE 1988).

Rozsah náhodných ťažieb má veľmi významný vplyv na lesnícke a hospodársko-úpravnícke plánovanie. V rokoch 1990–2004 predstavovali náhodné ťažby v priemere 40 % z celkových ťažieb a ich hodnota nepresiahla ročne 3 mil. m³ hrubiny bez kôry. Výnimkou sú roky 1996–1997 (vetrová kalamita z júla 1996) kedy výška náhodnej ťažby predstavovala spolu 6,6 mil. m³.

Po vetrovej kalamite z 19. novembra 2004, ktorej dôsledkom bolo 5,3 mil. m³ kalamitnej hmoty a zvýšenie atraktívnosti poškodených porastov najmä pre podkôrny hmyz, len náhodné ťažby v smrečinách presahujú ročne 3 mil. m³, čo je viac ako 70 % celkovej ročnej ťažby ihličnatých drevín. V roku 2005 bolo vyťažených 10,2 mil. m³ dreva, čo je doterajšie maximum s náhodnou ťažbou 6,5 mil. m³. Dá sa povedať, že od roku 2005 sa

objem náhodných ťažieb tendenčne zdvojnásobil (súčet náhodnej ťažby za roky 1999–2004 je 15,8 mil. m³ a za roky 2005–2010 33,4 mil. m³) a každoročne prekračuje hodnoty 50 % z celkovej ročnej ťažby (tab. 1). Celkový objem realizovanej ťažby je takmer o 20 % vyšší ako plánovaný objem. Podiel smrekovej kalamity z celkového objemu náhodných ťažieb prekračuje 90 %.

Najnebezpečnejšími škodlivými činiteľmi sú v období posledných piatich rokov podkôrny hmyz a vietor. Medzi významné škodlivé činitele patria aj hubové patogény (najmä podpňovka), sneh a imisie. Netreba však zabúdať na extrémny počasie (najmä sucho), ktoré môžu primárne fyziologicky oslabovať jednotlivé stromy a znižovať ich odolnosť voči sekundárnym škodlivým činiteľom. V tejto súvislosti je nutné viac ako doteraz uvažovať s výskytom požiarov.

Tab. 1 Spracovaná náhodná ťažba (v tis. m³) v roku 2006–2010 pre vybrané škodlivé činitele (zdroj NLC Zvolen)

Table 1 Incidental felling by selected harmful agents 2006–2010 (NLC Zvolen)

rok	vietor	podkôrny hmyz	sneh	huby	imisie	plán ťažby	plnenie úmysel. ťažby	náhodná ťažba	celková ťažba	podiel náhodnej ťažby
2006	1 684	1 185	460	345	214	7 041	58 %	4 266	8 357	51,0 %
2007	1 943	2 025	93	236	170	7 228	53 %	4 701	8 367	56,0 %
2008	2 331	2 827	20	275	89	7 523	45 %	6 115	9 467	64,5 %
2009	1 076	3 191	74	339	51	7 830	47 %	5 586	9 248	60,5 %
2010	1 794	2 891	144	325	80	8 219	45 %	6 159	9 860	62,5 %

DANČEK, ŽIHĽAVNÍK (2003) konštatujú, že od roku 1988 podiel náhodných ťažieb z celkovej ťažby na Slovensku prekračuje hodnotu 34 %. Náhodné ťažby sú dlhodobo sústredené do horských oblastí s dominantným zastúpením ihličnatých drevín, kde ich podiel z celkovej ťažby neklesá pod 50 %.

GREGUŠ (2005) uvádza, že náhodné ťažby pravidelne narušajú vývoj vekových stupňov a vylučujú možnosť počítať s nerušeným posunom vekových stupňov cez viac desaťročí. Výška náhodných ťažieb negatívne vplýva na realizáciu úmyselných ťažieb, ktoré sa nestihnú realizovať, alebo nemôžu byť realizované z dôvodu vysokého prekročenia celkovej výšky ťažieb. Negatívne to vplýva aj na stabilitu a zdravotný stav doteraz zdravých a odolných porastov.

ŽIHĽAVNÍK, BALOGH, BAHÝE (2006) konštatujú, že v súčasnom období ovplyvňujú ťažbovú úpravu lesa nielen zmeny v priestorovej úprave lesa, ale hlavne náhodné ťažby, ktorých podiel sa každoročne zvyšuje. V niektorých LHC dosahujú náhodné ťažby podiel z celkovej ťažby viac ako 70 %. Odsúvaním realizácie úmyselných obnovných ťažieb dochádza k prestárnutiu niektorých porastov, zhoršovaniu ich stability, čím vzniká riziko ďalších kalamít. Vysoký podiel náhodných ťažieb spôsobuje následne neúmerne vysoké náklady na zalesňovanie, skracuje obnovné doby a tým obmedzuje použitie jemnejších

spôsobov hospodárenia. Náhodné ťažby ovplyvňujú požadovanú vyrovnanosť ťažieb a spôsobujú veľkú nepravidelnosť vekových štruktúr lesa, čo súvisí s problematickým stanovením optimálnej výšky rubnej ťažby pre príslušný lesný celok. Problematické je aj hodnotenie vekových štruktúr vlastníckych celkov, respektíve regulácia vekovej štruktúry sledovaných celkov (BAHÝL 2007a, b, 2008).

MACHANSKÝ, ŽÍHLAVNÍK (2010) uvádzajú, že hospodársko-úpravicke plánovanie v kalamitných oblastiach musí odrážať dynamiku škodlivých činiteľov vo vopred stanovenom časovom a priestorovom rámci. Ťažbová úprava lesa musí prednostne venovať pozornosť otázke: Ako zasiahne vývoj kalamitných ťažieb resp. pôsobenie škodlivých činiteľov do vzťahu zásoba – prírastok – ťažba.

Aj z tohto dôvodu je potrebné v kalamitou postihnutých oblastiach prioritne hodnotiť riziko poškodenia lesných porastov vo vzťahu k ich časovej úprave. Súčasné hospodársko-úpravicke plánovanie sa preto orientuje na stanovenie stupňa ohrozenia, rubného veku a doby obnovy lesných porastov s ohľadom na štruktúru lesného porastu, pôvod a aktuálne poškodenie drevín. Tento modifikovaný klasický variant plánovania na jednej strane navyšuje hodnotu deduktívneho ukazovateľa objemu obnovnej ťažby, ale na strane druhej plánované úlohy v konkrétnych JPRL sa nezhodujú so skutočne realizovanými. Problémom je rýchly priebeh odumierania smrečín v dôsledku pôsobenia škodlivých činiteľov, ktoré nepôsobia izolovane, ale synergicky ako komplex viacerých.

Cieľom práce je navrhnúť alternatívne riešenie časovej, priestorovej a ťažbovej úpravy lesa v kalamitných oblastiach.

3 PODKLADOVÝ MATERIÁL

Na základe aktuálnej potreby praxe bolo vybrané modelové územie v lesnej oblasti Nízke Tatry – sever s výmerou 5 500 ha, z toho lesné porasty predstavujú 5 378 ha.

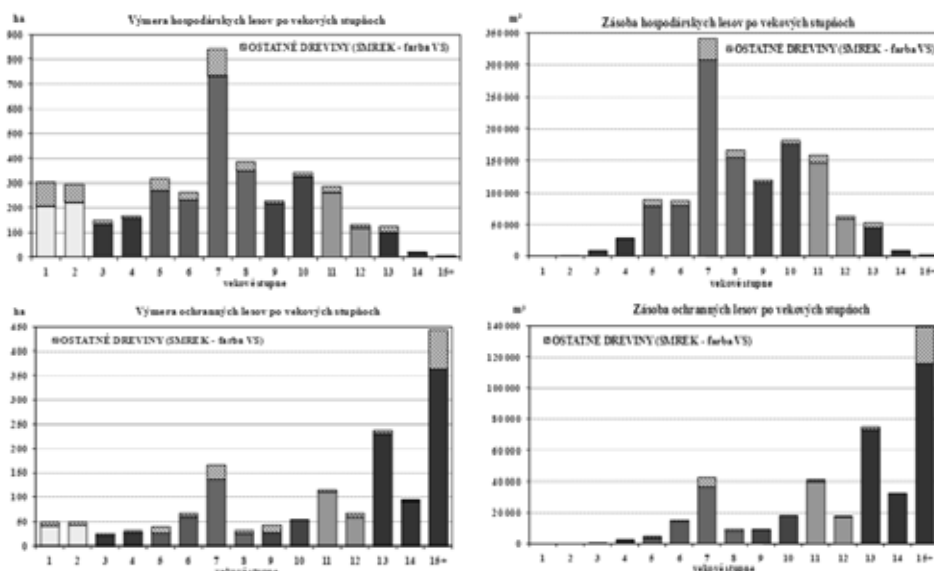
Lesnatosť územia je viac ako 85 %. Ochranné lesy tvoria až 28 % (1 516 ha) z čoho vysokohorské lesy pod hornou hranicou stromovej vegetácie zaberajú 1 050 ha. Na 23 % územia je vymedzené C pásmo ohrozenia imisiami (1 224 ha), z čoho 132 ha bolo vyhlásených za lesy pod vplyvom imisií. 85 % územia sa nachádza na území národného parku v 3. stupni ochrany prírody a zostávajúcich 15 % v 2. stupni ochrany prírody.

Najzastúpenejšími lesnými vegetačnými stupňami je 6. lvs (70 % výmery územia) a 7. lvs (22 %), pričom je zastúpený aj 5. lvs (6 %) a 8. lvs (2 %). Z hospodárskych súborov lesných typov sú najzastúpenejšie živné jedľovo-bukové smrečiny HSLT 611 (43 %). Významné zastúpenie majú aj vysokohorské smrečiny HSLT 719 (11 %), vysokohorské javorové smrečiny 759 (5 %), vysokohorské vápencové smrečiny 769 (2 %), kyslé jedľovo-bukové smrečiny 605 (7 %) a živné bukovo-jedľové 511 (6 %).

Z hospodárskych súborov porastových typov (HSPT) sú najvýraznejšie zastúpené rovnorodé smrečiny (67 %), nízkym podielom bukovo-jedľové, bukovo-smrečiny (6 %), jedľovo-smrečiny (7 %) a smrekovcové smrečiny (7 %). Bučiny, smrekovo-jedľové bučiny, smrekové bučiny a bučiny s ihličnanmi tvoria len 1 % výmery. V zastúpení drevín dominuje smrek (87 % plošné zastúpenie) s podielom na zásobe až 92 %. Z ostatných drevín

sú zastúpené: jedľa (2,2 %), borovica (1,3 %), smrekovec (3,7 %), kosodrevina (0,5 %), buk (3,8 %), javor (1,1 %) a ostatné listnáče (0,7 %).

Veková štruktúra a štruktúra zásob hospodárskych a ochranných lesov je znázornená na obr. 1. Priemerná hektárová zásoba je 321 m³, z toho 295 m³ tvorí SM a len 6 m³ listnaté dreviny. Skutočné zastúpenie rubných porastov hospodárskych lesov je veľmi priaznivé (1 031 ha). Zastúpenie 7. vekového stupňa (VS) prekračuje normálne zastúpenie vekového stupňa takmer 2,5-násobne.



Obr. 1 Veková štruktúra a štruktúra zásob hospodárskych a ochranných lesov

Figure 1 Age and growing stock structure in commercial and protection forests

4 METODIKA A POSTUPNOSŤ PRÁCE

Metodický postup pozostáva zo štyroch častí: aktualizácie stavu lesa, analýzy stavu a vývoja lesa, prognózy pôsobenia škodlivých činiteľov a plánovania (AA-PP).

4.1 Aktualizácia stavu lesa

Aktualizácia stavu lesa je kombináciou metód diaľkového prieskumu zeme (DPZ) s terénnym zisťovaním a realizuje sa v prostredí GIS na základe údajov z aktuálnych leteckých spektrozónálnych snímok, z PSL a z LHE. Aktualizácia sa vykonala podľa metodiky vypracovanej NLC-ÚHÚL Zvolen (2010), k termínu realizovaného leteckého meračského snímokovania a neskoršie zmeny v stave lesných porastov neboli predmetom ďalšej aktualizácie. Aktualizovali sa plochy, zásoby a poškodenie.

Pri vyhodnocovaní plošných zmien sa porovnali aktuálne snímkové modely s modelmi na začiatku plánovacieho obdobia tzn. s priestorovými údajmi kompatibilnými s údajmi z PSL. Plošné zmeny sa v rámci JPRL vymapovali ako nové „kalamitné“ porastové skupiny (PS), pričom hranice pôvodných JPRL sa nemenia. Keďže pri klasických PS sa najčastejšie používa označenie 1., 2., 3., 4. PS a v ojedinelých prípadoch 5., 6. PS, pri „kalamitných“ PS sa štandardne použilo označenie 7. PS pre plochu so stojacou a ležiacou kalamitou (sústredená kalamita), 8. PS pre náhodnou ťažbou preriedenú plochu (roztrúsená kalamita) a 9. PS pre ťažbou odkrytú plochu (spracovaná kalamita). Pri vylišení nových PS sa zostávajúce časti JPRL označili ako 0. PS, čo indikuje zvýšené ohrozenie napr. vetrom alebo podkôrnym hmyzom.

Jednotlivé stromy resp. skupiny stromov sa zaradia do agregovaného stupňa poškodenia podľa klasifikačnej stupnice (tab. 3).

Tab. 3 Zatriedenie stromov do agregovaných stupňov poškodenia

Table 3 Aggregated damage classes

Agregovaný stupeň poškodenia	Defoliácia, depigmentácia asimilačných orgánov	Opis poškodenia stromov
1	$\leq 30 \%$	slabo poškodené
2	31–60 %	stredne poškodené
3	61–90 %	silne poškodené
4	$> 90 \%$	veľmi silne poškodené, vývraty, zlomy, sucháre

Na podporu v rozhodovaní pri obhospodarovaní lesov ako aj pre účely prognózovania sa JPRL klasifikujú do desiatich kalamitných typov. Klasifikácia vychádza z dvoch základných kritérií – poškodenia a rozpracovanosti porastu. Označenie a názvy kalamitných typov JPRL sú uvedené v tab. 5.

Najdôležitejším kritériom pri poškodení JPRL je zastúpenie stromov so stupňom poškodenia 4 a 3 (veľmi silné a silné poškodené stromy). Zohľadňuje sa aj zastúpenie stromov so stupňom poškodenia 2 a zastúpenie ohnisk so suchármi (7. PS) prípadne aj podiel 8. PS s nespracovanou kalamitou. Okrem základných kritérií sú pri kategorizácii zohľadnené aj doplňujúce kritériá. Limitujúce hodnoty sa nastavujú podľa priemernej úrovne poškodenia na LC, tak aby sa v dostatočnej miere zachytila variabilita poškodenia JPRL na LC. Výrazný vplyv má aj rozlišovacia schopnosť snímok, obdobie snímkovania a zastúpenie drevín.

Pri rozpracovanosti JPRL je najdôležitejším kritériom zastúpenie odkrytých kalamitných plôch (9. PS) pričom sa zohľadňuje výskyt 8. PS so spracovanou kalamitou.

4.2 Analýza stavu a vývoja lesa

Analýza stavu a vývoja lesa nadväzuje na aktualizáciu a informácie z nej získané a pozostáva z kvalitatívnej analýzy výskytu škodlivých činiteľov, analýzy odumierania lesa a analýzy realizovaných opatrení. Vstupnými údajmi je časový rad leteckých snímok a údaje o spracovanej a nespracovanej kalamite za predchádzajúce obdobie (evidenčné výkazy L116, L 146).

Kvalitatívna analýza výskytu kalamity pozostáva z definovania ťažísk poškodenia, výskytu pre škodcu atraktívnych rizikových lokalít. Výskyt škodlivých činiteľov sa vyjadrí pomocou frekvencie a rizika výskytu škodlivých činiteľov. Dôležitou súčasťou analýzy je priestorová analýza, ktorá vymedzuje pomocný priestorový rámec pre rozhodovanie s najčastejším výskytom škodlivých činiteľov. Na základe doterajšieho postupu a zmien v poškodení lesných porastov, vyhodnotených na základe porovnania radu modelov satelitných snímok v dlhšom časovom období podľa metodiky BUCHA (2009), GARČÁR, FEIKOVÁ, VYŠINSKÝ, BUCHA (2010), sa vyklasifikovali kalamitné zóny. S ohľadom na možné šírenie podkôrneho hmyzu sa v rámci týchto zón vymedzili lokality s jeho extrémnou aktivitou.

Na analýzu výskytu kalamity nadväzuje kvantitatívna analýza odumierania lesných porastov, rastových a vekových stupňov lesa, vyjadrená plochou alebo objemom. Väčšie možnosti pre porovnávanie kalamitného stavu lesa na rôznych LC dáva absolútne vyjadrenie kalamity v m³ hrubiny bez kôry na 1 ha redukovanej plochy poškodzovanej dreviny alebo relatívne vyjadrenie formou kalamitných percent zo zásoby poškodzovanej dreviny. Náзорnejšiu predstavu o pôsobení škodlivých činiteľov dáva kalamitná krivka, ktorá vyjadruje odumieranie lesa relatívne z jeho zásoby v závislosti od stredného veku poškodzovanej dreviny. Vztáhuje sa na konkrétneho škodcu príp. synergizmus viacerých škodlivých činiteľov.

Vývoj odumierania lesa charakterizuje koeficient rastu, ktorý porovnáva hodnoty kalamity po sebe nasledujúcich časových intervalov.

Analýza realizovaných opatrení podáva informáciu o realizácii plánovaných ťažieb a zalesňovania na LC, ktorá môže byť v kalamitných oblastiach veľmi rôznorodá. Porovnaním údajov plánovanej a realizovanej ťažby v rámci JPRL a VS sa vypočítajú indexy realizovateľnosti objemu plánovaných ťažieb.

4.3 Prognózovanie pôsobenia škodlivých činiteľov

Pri prognózovaní sa použije dvojaký postup: deduktívny po vekových stupňoch a induktívny pre jednotlivé JPRL. Využijú sa viaceré metódy prognózovania pre krátkodobé (1–3 roky) a pre strednodobé obdobie (5–10 rokov). Ide prevažne o modifikované kvantitatívne metódy vychádzajúce z časovo-priestorových radov údajov (trendová metóda kalamitných kriviek s využitím kalamitných percent).

Pri induktívnom prognózovaní sa využilo zatriedenie JPRL do kalamitných typov a kalamitné % z tab. 5 vytvorené z pozorovaní v kalamitných zónach pri gradácii podkôrneho hmyzu. Prognózovanie sa nerealizuje pre celú JPRL súčasne, ale diferencovane podľa porastových skupín (I. alternatíva) alebo podľa stupňov poškodenia (II. alternatíva).

Keďže zastúpenie porastových skupín a stupňov poškodenia je v JPRL rôzne, aj prognózy za JPRL v rámci rovnakého kalamitného typu sú relatívne odlišné. Výška prognózovanej kalamity v JPRL je daná intervalom z dvoch alternatívnych výpočtov.

Krátkodobé prognózovanie sa doplnilo strednodobou prognózou podľa stanovenej hodnoty rizika v JPRL. Súčet induktívnych prognóz v jednotlivých porastoch sa porovná a overí s deduktívnou prognózou.

Tab. 4 Ročné odumieranie smrečín v kalamitnej zóne pri gradácii podkôrneho hmyzu

Table 4 Spruce dieback in areas affected by bark beetle gradation (per year)

Poškodenie zostávajúceho lesa	Kalamitný typ porastu	Prognóza pre kalamitnú zónu vyjadrená v % zo zásoby (výmery)						
		podľa porastových skupín			podľa stupňov poškodenia			
		7. PS	8. PS	0. PS	4.	3.	2.	1.
A	1.	100	6	2	100	100	3	0
	2.	100	11	4	100	100	8	1
	3.	100	13	6	100	100	9	3
	4.	100	15	8	100	100	10	4
	5.	100	17	10	100	100	11	5
B	6.	100	19	11	100	100	12	6
	7.	100	21	12	100	100	14	7
	8.	100	23	13	100	100	16	8
	9.	100	25	14	100	100	18	9
C	10.	100	30	20	100	100	20	10

Deduktívna prognóza vývoja kalamity a kalamitných ťažieb vychádza z overenej závislosti poškodzovania a odumierania porastov (drevín) od ich veku a rastovej fázy. Prognózuje sa pre jednotlivé vekové stupne príp. rastové stupne (pre ohrozenú drevinu) osobitne podľa kategorizácie lesa a spolu za LC podľa metódy kalamitných kriviek s využitím priemerného kalamitného percenta $p_{ij}\%$ a v prípade lokálneho trendu aktuálneho kalamitného percenta $a_{ij}\%$ (MACHANSKÝ, ŽÍHLAVNÍK 2010):

$$\text{Alternatíva I.: } K_{ij} = V_{ij} \times \frac{p_{ij}\%}{100} \times n$$

$$\text{Alternatíva II.: } K_{ij} = V_{ij} \times \left[1 - \left(1 - \frac{a_{ij}\%}{100} \right)^n \right]$$

kde: K_{ij} – kalamita dreviny j vo vekovom stupni i prognózovaná na n rokov,
 V_{ij} – zásoba dreviny j vo vekovom stupni i na začiatku obdobia,
 n – dĺžka prognózovaného obdobia.

Je možná aj kombinácia alternatív, kde sa pre krátkodobé prognózovanie využije lokálny trend, ktorý je v prípade strednodobej prognózy doplnený od bodu zlomu globálnym trendom, stanoveným z minimálne 5–10-ročného obdobia pred lokálnou zmenou.

4.4 Plánovanie ťažieb

Metodický postup plánovania ťažieb vyplýva zo súčasného systému hospodársko-úpravniického plánovania stanoveného zákonom o lesoch, vyhláškou o HÚL a ochrane lesov, pracovnými postupmi HÚL, kde pre odvodenie celkového objemu plánovaných ťažieb v smrečínach je potrebná kombinácia induktívneho a deduktívneho postupu ťažbovej úpravy lesa. V každej JPRL sa navrhne výška výchovnej alebo obnovnej ťažby na obdobie 10 rokov podľa modelových percent s ohľadom na stav lesných porastov. Plánovanie ťažieb (bez vymedzenia obnovných prvkov v JPRL) je zamerané predovšetkým na minimalizáciu rizík, a môže byť v kolízii s induktívnou prognózou vývoja kalamity, čo je potrebné zohľadniť pri stanovení celkovej výšky ťažby. V silne a stredne poškodených typoch JPRL s vysokým rizikom rozpadu sa navrhne rekonštrukcia porastu, ktorá je spojená s úpravou prvkov časovej úpravy lesa ako vstupných veličín pre výpočet ťažbového ukazovateľa.

Pri kalkulácii obnovnej ťažby (deduktívny postup) sa použijú zákonné ťažbové ukazovatele: ťažbové percentá podľa vekových stupňov a dĺžky obnovnej doby, empirické ťažbové percentá pre vysoké lesy, 1/20 zásob porastov poslednej vekovej triedy a starších, 1/30 zásob porastov posledných troch vekových stupňov a starších. Pre vekovú štruktúru bude vybraný najvhodnejší ukazovateľ. Pri kalkulácii sa použijú údaje skrátenej rubnej doby – rubného veku (modifikovaný variant klasického plánovania). V súvislosti s kalkuláciou obnovnej ťažby sa súbežne kalkuluje výška výchovnej ťažby. Pri kalkulácii výchovnej ťažby sa použijú prebierkové percentá tzn. prevezmú sa hodnoty výchovnej ťažby stanovené induktívnym postupom.

Pre stanovenie celkového objemu ťažby sa využijú varianty:

- A. objem umiestnenej naliehavej ťažby (minimálny variant úmyselnej ťažby),
- B. objem umiestnenej naliehavej a ostatnej ťažby (maximálny variant úmyselnej ťažby),
- C. objem umiestnenej naliehavej a „neumiestnenej“ náhodnej ťažby do výšky prognózy kalamity (kalamitný variant ťažby),
- D. objem celkovej ťažby podľa vybraného obnovného ťažbového ukazovateľa a prebierkových percent (deduktívny etát úmyselnej ťažby).

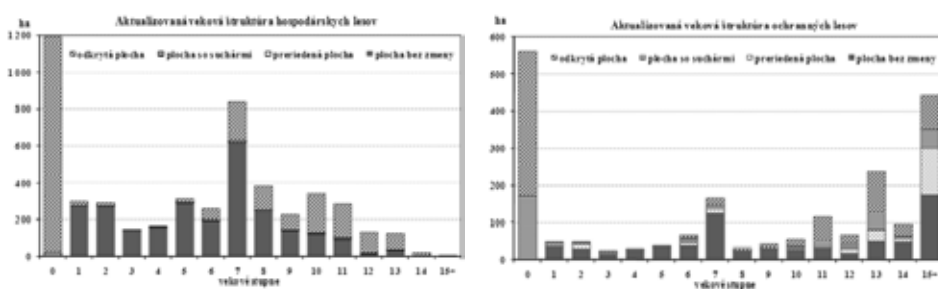
5 DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

5.1 Zhodnotenie aktuálneho stavu lesa a doterajšieho hospodárenia

V období 1984–1993 na dotknutom území prevládal holorubný hospodársky spôsob a jeho maloplošná forma. Priemerná rubná doba smrečín sa pohybovala na úrovni 110 rokov s obnovnou dobou 30 rokov. Navýšenie vykonanej ťažby bolo spôsobené vysokým

objemom náhodnej ťažby, ktorá predstavovala až 40 % z realizovanej ťažby. Najvýraznejší podiel na vznik kalamity mal vietor (70 %), imisie (25 %) a podkôrny hmyz 5 %.

V období 1994–2003 sa začína výraznejšie uplatňovať jemnejší podrastový hospodársky spôsob. Z pohľadu základných jednotiek ťažbovej úpravy lesa došlo v tomto plánovacom období k závažným zmenám – k vyhláseniu lesov osobitného určenia (imísne lesy), k zvýšeniu plošnej výmery ochranných lesov (vysokohorské lesy pod hornou hranicou stromovej vegetácie) a v hospodárskych lesoch sa zvýšila priemerná rubná doba smrečín na 120 rokov. Veková štruktúra sa tak dostala z pohľadu obnovnej ťažby do nepriaznivej východiskovej situácie. Objem plánovanej ťažby sa znížil. Podobne ako v minulom desaťročí vysoký objem kalamity spôsobil navýšenie celkovej ťažby o 12,5 %.



Obr. 2 Plocha kalamity smreka z celkových výmer vekových stupňov
Figure 2 Area of spruce of dieback out of the total area of age classes

Plánovacie obdobie 2004–2013 je opäť poznačené zmenou (znížením) rubných dôb a zmenou kategorizácie lesov. Zastúpenie rubných porastov v hospodárskych lesoch sa zvýšilo a výrazne stúpol plánovaný objem desaťročnej ťažby. Avšak vetrová kalamita z 19. 11. 2004 spôsobila veľké škody na lesných porastoch, kde celkový objem vyvrátených a zlomených stromov bol na území odhadnutý na viac ako 100 tis. m³. Následné spolupôsobenie podkôrneho hmyzu a vetra v okolí kalamitných plôch spôsobilo také rozsiahle poškodenie, že plánované úlohy na obdobie 2004–2013 bolo možné len veľmi ťažko realizovať.

Na základe vykonanej aktualizácie plôch možno konštatovať, že v priebehu siedmich rokov došlo k vzniku 1 560 ha odkrytých kalamitných plôch (obr. 2). Zastúpenie plôch s nespracovanou sústredenou (197 ha) a roztrúsenou kalamitou (281 ha) je veľmi vysoké. Ide predovšetkým o ťažko dostupné terény, územia európskeho významu, ochranné lesy.

Celková výška ťažby (spolu hospodárske a ochranné lesy) 247 tis. m³ stanovená na obdobie 10 rokov bola prekročená už v piatom roku platnosti PSL. Za obdobie 7 rokov došlo k vyťaženiu 2,5-násobku plánovaného objemu ťažby. Z pôvodnej zásoby dreva bolo odčerpané 36 %. Roky 2009–2010 možno považovať za obdobie kulminácie náhodných ťažieb, kedy bol vyťažený objem dreva, ktorý prekračoval plánovaný objem dreva na desaťročie. Podiel predrubných náhodných ťažieb predstavuje 35 % z celkovej náhodnej ťažby.

5.2 Vyhodnotenie poškodenia lesa a zaradenie JPRL do kalamitných typov

V jednotlivých JPRL bol klasifikovaný plošný podiel agregovaných stupňov poškodenia, ktorý je vyhodnotený po vekových stupňoch. Najpoškodenejšie sú porasty v 12. a 13. VS a staršie. Ide prevažne o ochranné lesy, kde stromy v 3. a 4. stupni poškodenia ešte neboli odstránené. Zastúpenie slabo poškodených stromov je v porastoch do 50 rokov nad 70 %. V starších vekových stupňoch ich podiel klesá. Pri hodnotení poškodenia je veľmi dôležité zastúpenie stromov v agregovanom 2. stupni poškodenia, ktoré sú najčastejšie atakované škodlivými činiteľmi. Ich zastúpenie sa pohybuje v 5.–7. VS na úrovni 15–20 %, v 8.–12. VS na úrovni 20–25 % a v 13.VS a starších 30–35 %.

Tab. 5 Zatriedenie JPRL (lesných porastov) do kalamitných typov lesa

Table 5 Forest stands in particular calamitous types

označenie	Názov kalamitného typu lesa	Počet porastov	Relatívne vyjadrenie	Výmera (ha)	Relatívne vyjadrenie
0	Neklasifikovaný	494	–	1 169	–
1–10	Klasifikovaných	549	100 %	4 209	100 %
1	Slabo poškodený nerozpracovaný	90	16,4 %	450	10,7 %
2	Slabo poškodený plošne nerozpracovaný s výskytom preriedených plôch	28	5,1 %	131	3,1%
3	Slabo poškodený plošne rozpracovaný do 30 %	62	11,3 %	621	14,8 %
4	Slabo poškodený plošne rozpracovaný od 30 % do 60 %	33	6,0 %	314	7,5 %
5	Slabo poškodený plošne rozpracovaný od 60 %	29	5,3 %	165	3,9 %
6	Stredne poškodený nerozpracovaný	48	8,7 %	247	5,9 %
7	Stredne poškodený plošne rozpracovaný do 30 %	79	14,4 %	764	18,0 %
8	Stredne poškodený plošne rozpracovaný od 30 % do 60 %	47	8,6 %	495	11,8 %
9	Stredne poškodený plošne rozpracovaný od 60 %	68	12,4 %	470	11,2 %
10	Silne poškodený	65	11,8 %	551	13,1 %

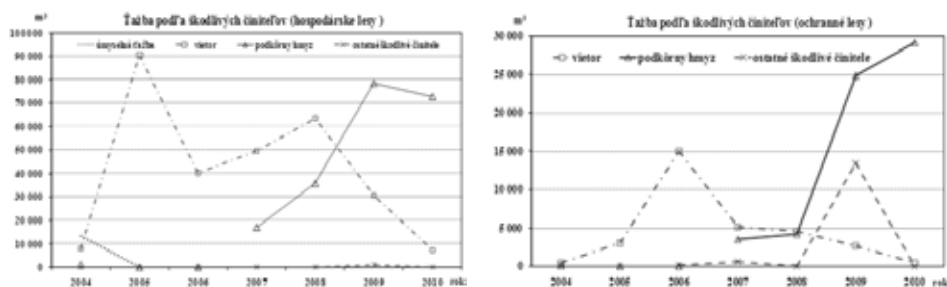
Pre potreby prognózovania a plánovania boli jednotlivé JPRL zaradené do kalamitných typov (tab. 5). Klasifikované boli len JPRL, ktoré sú potenciálne ohrozené vetrom a podkôrnym hmyzom (prevažne porasty 5.VS a staršie so strednou hrúbkou od 20 cm). Klasifikačná stupnica až desiatich typov je použiteľná pre rôzne lesné celky s rôznym stupňom rozpracovanosti a poškodenia porastov. Z výsledkov vyplýva, že len 30 % porastov je slabo poškodených s rozpracovanosťou do 30 %. Kalamitné typy 9 a 10 s najvyššou naliehavosťou rekonštrukcie predstavujú až štvrtinu výmery klasifikovaných porastov.

Kalamitné typy 4 až 8 so strednou naliehavosťou, ktoré tvoria takmer polovicu výmery, budú zaradené do rekonštrukcií aj na základe iných kritérií.

5.3 Analýza odumierania lesa

Na vybranom území dominujú v súčasnosti dva hlavné škodlivé činitele – vietor (VT) a podkôrny hmyz (PH). Frekvencia ich výskytu sa pohybovala v roku 2007 na úrovni 40 % PH, 60 % VT a v roku 2010 70 % PH, 30 % VT. Výskyt podkôrneho hmyzu bol zaznamenaný v 364 JPRL. Najvýraznejší nový výskyt v 106 JPRL bol v roku 2009. Pôsobenie vetra má nepravidelnejší priebeh ako pri podkôrnom hmyze. Výskyt vetrových kalamít bol zaznamenaný v 400 JPRL.

Zo zhodnenia vplyvu škodlivých činiteľov (obr. 3) vyplýva, že po vetrovej kalamite aktivita podkôrneho hmyzu výrazne vzrástla. Ide o klasický prípad rozpadu horských smrečín. V hodnotenom území odumrelo takmer 40 % zásoby smrekových porastov.



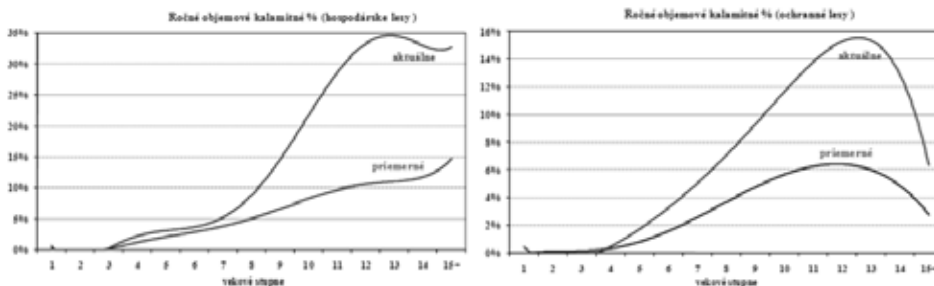
Obr. 3 Objem náhodných ťažieb podľa škodlivých činiteľov

Figure 3 Volume of incidental felling by harmful agents

Z vyhodnotených trendov plošnej a objemovej kalamity, ktoré potvrdzujú rozdielne pôsobenie podkôrneho hmyzu v závislosti od stredného veku, je najsilnejšie poškodzovanie v 12.–14. VS, ktoré v rokoch 2009–2010 predstavuje 15–20 % zo zásoby VS. V 10.–11. VS je odumieranie v tomto období 10–15 % a v 5.–9. VS nepresahuje počas celého obdobia 5 %. Nižšie poškodzovanie podkôrnym hmyzom (5–10 %) je aj v porastoch 15. VS a starších.

Vyrovnané kalamitné krivky pôsobenia vetra majú nepravidelný priebeh v závislosti od konkrétného roku. Najvýraznejšie sú poškodzované porasty v 11.–12. VS v rozsahu 8–12 % zo zásoby. V ostatných VS (6.–10.) je objem vetrovej kalamity do 5 % zo zásoby, v ojedinelých prípadoch do 8 %. Staršie porasty (14., 15.+) sú poškodzované vetrom v menšom rozsahu (do 2 %).

Na obr. 4 sú znázornené aktuálne a priemerné kalamitné % pre všetky pôsobiace škodlivé činitele. Percentá stanovené na základe plochových údajov sú nižšie, pretože v rámci objemových údajov sú zachytené aj údaje o roztrúsenej kalamite. Vzhľadom na úroveň aktuálnych kalamitných % možno hodnotiť súčasné odumieranie smrečín ako veľmi silné.



Obr. 4 Aktuálne (2009–2010) a priemerné (2004–2010) ročné kalamitné percentá zo zásoby smrečín pri pôsobení všetkých škodlivých činiteľov (vietor, podkôrny hmyz)
 Figure 4 Actual (2009–2010) and average (2004–2010) annual incidental felling in % of the growing stock of spruce (wind and bark beetle)

V rámci regresnej analýzy sa hodnotil vplyv faktorov na intenzitu poškodzovania, ktorá je vyjadrená v m³ na 1 ha redukovanej plochy smrečín. Štatisticky najvýznamnejšou dendrometrickou charakteristikou je objem stredného kmeňa a stíhlostný koeficient. Objem stredného kmeňa nahrádza stredný vek, strednú výšku a strednú hrúbku porastu. Jeho vplyv na intenzitu odumierania vyjadruje korelačný koeficient $R = 0,50$. Ďalším štatisticky významným prírodným faktorom je nadmorská výška. Prejavuje sa len pri hodnotení konkrétneho škodlivého činiteľa, pretože pri spoločnom hodnotení pôsobenia vetra a podkôrneho hmyzu sú jej hodnoty štatisticky nevýznamné. Vybrané územie sa nachádza v nadmorskej výške od 750 do 1 700 m a z výsledkov vyplýva, že intenzita poškodzovania vetrom so zvyšujúcou nadmorskou výškou klesá ($R = -0,20$ až $-0,25$). Pôsobenie podkôrneho hmyzu (intenzita odumierania) sa paradoxne so zvyšujúcou nadmorskou výškou zvyšuje ($R = +0,20$ až $+0,35$). Podkôrny hmyz je vo vyšších nadmorských výškach zjavne znevýhodnený dĺžkou vegetačného obdobia, ale daný stav môže byť spôsobený slabšou obranou vo vyšších nadmorských výškach, ktorá vyplýva z nedostupnosti terénu, ako aj záujmov ochrany prírody apod. Ďalším dôležitým štatisticky významným faktorom je rozpracovanosť porastu. Zohľadňuje sa aj v porastoch rozpracovaných úmyselnou obnovnou ťažbou realizovanou za obdobie posledných 10 rokov. Pri pôsobení podkôrneho hmyzu je stupeň rozpracovanosti štatisticky menej významným ako v prípade vetra ($R = 0,20$ až $0,30$). Z testovania možno za štatisticky málo významné považovať aj bonitu a zakmenenie, ktoré sú pri viacrozmerných štatistických hodnoteniach potlačené vyššie uvedenými faktormi. Sklon a expozícia, stanovištné podmienky (HSLT, resp. ZHSLT) sa javia pre stanovenie intenzity ako štatisticky nevýznamé.

V rámci analýzy poškodenia bola vykonaná priestorová analýza odumierania. Na území sa vytvorila dočasná kalamitná zóna ako priestorový rámec pre prognózovanie a plánovanie. Vzhľadom na veľký počet ohnisk a lokalizáciu aktivity podkôrneho hmyzu boli všetky smrekové porasty 5. VS a staršie na lesnom celku zaradené do kalamitnej zóny.

5.4 Prognóza odumierania lesa

Pri induktívnom postupe prognózovania sa v jednotlivých JPRL použili kalamitné percentá z tab. 5. Údaje sa redukovali očakávaným koeficientom rastu (poklesu) poškodenia v ďalšom roku. Z výsledkov v hospodárskych lesoch vyplýva, že rozdiel medzi krátkodobou prognózou (do konca roka 2013) podľa porastových skupín (I. alternatíva 171,6 tis. m³) a podľa stupňov poškodenia (II. alternatíva 175,1 tis. m³) je minimálny. V lesoch ochranných je I. alternatíva 133 tis. m³ a II. alternatíva 138 tis. m³. Pri prognózovaní na ďalšie 7 ročné obdobie sa v každej JPRL použili priemerné kalamitné percentá podľa rizika poškodenia (stupňa ohrozenia). Induktívna prognóza odumierania smrečín v hospodárskych lesoch na obdobie 2011–2020 predstavuje 202,4 tis. m³ a v ochranných lesoch 142,4 tis. m³.

Deduktívna prognóza využíva v období 2011–2013 aktuálne kalamitné percentá (obr. 4) a v nasledujúcom období 2014–2020 priemerné kalamitné percentá. Krátkodobá deduktívna prognóza v hospodárskych lesoch predstavuje 225,6 tis. m³ a v ochranných lesoch 131 tis. m³. Deduktívna prognóza odumierania smrečín v hospodárskych lesoch na obdobie 2011–2020 je 246,6 tis. m³ a v ochranných lesoch 155,5 tis. m³. Deduktívna prognóza je vyššia ako induktívna celkovo o 57 tis. m³ (16,6 %).

5.5 Podrobné plánovanie rekonštrukcií a objemu ťažieb v JPRL

Plánovanie naliehavých úmyselných ťažieb je orientované na výchovnú ťažbu v 3. a 4. VS. Tieto porasty nie sú zatriedené do kalamitných typov. Vypočítaný objem výchovy je 11,5 tis. m³. Výchovné ťažby v rámci kalamitného typu 1–3 sú s nižšou naliehavosťou a v 5. a 6. VS ich objem predstavuje 17 tis. m³ pričom je potrebné zohľadniť aj objem nespracovanej kalamity (1,8 tis. m³). Výchovné ťažby v 7. a 8. VS v rámci kalamitného typu 1–3 majú najnižšiu naliehavosť (14 tis. m³ a nespracovaná kalamita 4,7 tis. m³). Ťažby sú uvedené spolu pre všetky kategórie lesov.

Plánovanie naliehavých rekonštrukcií lesa je orientované do porastov kalamitných typov 9 a 10. Plánovaný objem ťažby na rekonštrukciu predstavuje celú zásobu smreka v konkrétnych JPRL. V hospodárskych lesoch je potrebné rekonštruovať JPRL s celkovou zásobou smreka v objeme 44,3 tis. m³ a v ochranných lesoch 46,6 tis. m³.

Plánovanie rekonštrukcií v ostatných kalamitných typoch sa realizuje v závislosti od priestorového umiestnenia JPRL a ďalších faktorov. Osobitne je potrebné pristupovať ku kalamitným typom 4–5 a 6–8. V porastoch hospodárskych lesov 9. VS a starších sa navrhujú rekonštrukcie v menšom rozsahu. Pokiaľ by sa vo všetkých porastoch navrhli rekonštrukcie, predstavovalo by to 68,7 tis. m³ ťažby z čoho len 4,6 tis. m³ sú silne a veľmi silne poškodené. Ťažba 22 tis. m³ predstavuje ťažbu stromov zaradených v agregovanom stupni poškodenia 2, z ktorých podstatná časť predstavuje riziko poškodenia. Zostávajúci objem ťažby nepredstavuje naliehavú ťažbu - platí režim ťažby poškodených stromov a ťažby do vzdialenosti na jednu výšku porastu od ohnisk výskytu podkôrneho hmyzu. V lesoch ochranných je objem kalamity 18 tis. ha a v agregovanom 2. stupni poškodenia až 50 tis. m³.

Plánovanie v porastoch kalamitných typov 4–8 vo 4.–8. VS má typický charakter variantného plánovania, kde na jednej strane je navrhnutý objem výchovnej ťažby a na strane druhej môže byť vytvorená alternatíva rekonštrukcie. Výchova predstavuje 12,9 tis. m³ s konštatovaním, že v porastoch sa nachádza 10,6 tis. m³ odumretých a silne poškodených stromov (najmä ochranné lesy). V prípade plánovaných rekonštrukcií všetkých JPRL by objem plánovanej ťažby predstavoval 100,8 tis. m³ z čoho 59 tis. m³ je zaradených v agregovanom stupni poškodenia 2–4. Zostávajúci objem ťažby nepredstavuje naliehavú ťažbu. Takýto rozsah rekonštrukcií by bol nesprávny a je vhodnejšie preferovať ťažbu poškodených a odumretých stromov a pokiaľ to situácia umožňuje aj výchovu.

Keďže zaradenie do kalamitného typu sa z roka na rok môže meniť, je vhodné využiť klasifikáciu kalamitných typov pri rozhodovaní o realizovaní rekonštrukcie alebo výchovnej ťažby. V kalamitných typoch 1–3 sa rekonštrukcie nenavrhujú.

Ostatná ťažba sa plánuje v JPRL 9. VS a starších, ktoré sú v 1–3 kalamitnom type alebo nie sú klasifikované do kalamitných typov. Rozsah takejto ťažby je 17,3 tis. ha.

Celkový objem naliehavej úmyselnej ťažby predstavuje 11,5 tis. m³. Celkový objem naliehavých rekonštrukcií predstavuje 90,9 tis. m³. Plánovaný objem naliehavých náhodných ťažieb predstavuje 72,3 tis. m³. Keďže zásoba stromov zaradených v agregovanom druhom stupni poškodenia je až 217,2 tis. m³, na základe pozorovaní sa odporúča časť tohto objemu považovať za ťažbu naliehavú, ktorá sa realizuje pri ťažbe stromov zaradených v agregovanom stupni poškodenia 3 a 4. Minimálny A. variant naliehavej ťažby predstavuje objem 271,8 tis. m³, z toho v hospodárskych lesoch 175,8 tis. m³. Maximálny B. variant (333 tis. m³) obsahuje aj menej naliehavé výchovné ťažby a ostatné obnovné ťažby.

5.6 Plánovanie objemu ťažieb podľa ťažbových ukazovateľov

Ťažbové ukazovatele objemu obnovnej ťažby boli vypočítané v troch alternatívach:

1. bez úpravy rubnej a obnovnej doby:
 ŤP – 154,4 tis. m³, EŤP – 204,5 tis. m³, 1/20 – 122,4 tis. m³, 1/30 – 121,9 tis. m³, s objemom výchovnej ťažby 58 tis. m³.
2. s upravenou rubnou a obnovnou dobou v kalamitných typoch porastov 9 a 10:
 ŤP – 171,2 tis. m³, EŤP – 224,1 tis. m³, 1/20 – 128,3 tis. m³, 1/30 – 123,8 tis. m³, s objemom výchovnej ťažby 58 tis. m³.
3. s upravenou rubnou a obnovnou dobou v kalamitných typoch porastov 4 až 10:
 ŤP – 324,3 tis. m³, EŤP – 357,9 tis. m³, 1/20 – 262,7 tis. m³, 1/30 – 175,2 tis. m³, s objemom výchovnej ťažby 42,6 tis. m³.

Zníženie rubnej doby bolo riešené iným spôsobom ako pri klasických postupoch:

- v kalamitných typoch porastov 9 a 10: rubný vek JPRL = aktualizovaný vek porastu zvýšený o 5 r., OD = 10 r.,
- v kalamitných typoch 4 až 8: rubný vek JPRL = aktualizovaný vek porastu zvýšený o 10 r., OD = 20 r.

Vybraným ťažbovým ukazovateľom sú empirické ťažbové percentá variant D2 s objemom celkovej plánovanej ťažby 282,1 m³. Navýšenie deduktívneho objemu ťažby

v porovnaní s minulým obdobím spôsobil posun 7. vekového stupňa, ktorý výrazne prekračuje normálnu výmeru VS.

5.7 Stanovenie celkového objemu ťažby v LC

Celkový objem ťažby v kalamitnej zóne predstavuje minimálny A. variant nahliadajúcej ťažby (271,8 tis. m³). V súlade s realizáciou obranných a preventívnych ťažieb možno predpokladať vývoj kalamity, ktorý zodpovedá kalamitnému C. variantu ťažby (373,4 tis. m³).

V prípade, ak dôjde k výraznému zníženiu rizika ďalšieho odumierania lesa a objem ťažby podľa maximálneho B. variantu (333 tis. m³) nebol naplnený – začnú sa realizovať umiestnené plánované ťažby (pre vybrané JPRL – podľa štruktúry VS a rubnej zrelosti JPRL) podľa B. variantu s podmienkou, že A. variant bol realizovaný v plnom rozsahu. Objem plánovaných ťažieb vrátane kalamitnej ťažby v hospodárskych lesoch by v zásade mal rešpektovať ($\pm 20\%$) objem celkovej ťažby stanovený deduktívne so znížením rubnej a obnovnej doby podľa konkrétnych návrhov rekonštrukcií (variant ťažby D2 až D3).

Variantné plánovanie ťažieb v hospodárskych lesoch: A. variant 175,8 tis. m³, B. variant 222 tis. m³, C. variant 224,5 tis. m³, D. variant 282,1 tis. m³. Je potrebné dodať, že podstatná časť objemu ťažby (A. variant) bude realizovaná v prvých rokoch platnosti desaťročného plánu.

6 DISKUSIA A ZÁVER

Výsledky práce poukazujú na vysokú mieru neistoty pri hospodársko-úpravníckom plánovaní v kalamitných oblastiach pri veľmi rýchlom priebehu hynutia smrečín.

Proces odumierania lesa v čase sa v diskkrétnej forme vyjadruje homogénnym Markovovým reťazcom ako proces postupného prechodu z prechodových stavov do stavov absorpčných. Ide o teóriu pravdepodobnosti, ktorú KOUBA (2001) aplikoval pri riešení otázok normálneho lesa. Použil Weibullovú funkciu k odhadu pravdepodobnosti prežitia smrekových porastov pre viaceré rizikové faktory (vietor, sneh, požiar) a ich kumulatívne pôsobenia. Navrhol tabuľky života lesa a konštatuje, že pre ich odvodenie je dôležité štúdium konkrétnych prípadov kalamít a nimi spôsobená veľkosť škôd v lesoch.

Práca rieši problematiku prognóz rovnakým spôsobom avšak prostredníctvom kalamitných percent s využitím kalamitných kriviek (deduktívny prístup) a kalamitných typov JPRL (induktívny prístup). Z výsledkov vyplýva, že obidve metódy poskytujú podobné výsledky a rovnaký trend vývoja odumierania.

Z ďalších výsledkov vyplýva, že dva roky po vetrovej kalamite, ktorá bola iniciátorom kalamity podkôrneho hmyzu, bolo napadnutých podkôrnym hmyzom cca 1,0–1,5% zo zásoby smreka, čo predstavovalo takmer 5 m³ na 1 ha výmery smrečín nad 50 rokov. Išlo o začiatok gradácie s vytváraním ohnísk hynutia s kulmináciou o 2–3 roky, kde úroveň odumierania prekračuje ročnú hodnotu 10 % z jeho pôvodnej zásoby, čo predstavuje viac ako 30 m³/rok/ha výmery smreka nad 50 rokov. V závislosti od vekovej štruktúry

a úrovne oslabenia porastov môžu kulmináčné hodnoty dosiahnuť pri podkôrnom hmyze aj viac ako 50 m³/rok/ha.

Premnoženia lykožrúta smrekového, vyúsťujúce do kalamit veľkoplošného rozsahu, z rôznych aspektov podrobne analyzoval v ucelenej monografii SKUHRAVÝ (2002). Uvádza, že v klimatických podmienkach strednej Európy množstvo 5–10 m³/ha čerstvo spadnutých stromov udržuje populácie lykožrúta v smrekovom lese v latentnom stave. Pri ďalšom zvyšovaní objemu dreva sa početnosť lykožrúta zvyšuje a môže prerásť do premnoženia. ERIKSSON *et al.* (2008) uvádzajú z výskumu vo fínskych lesoch, že ponechanie skupiniek do 20 dospelých vetrom vyvrátených smrekov nepredstavuje ešte vážne nebezpečenstvo pre smrekový les. Od tejto hranice sa situácia stáva rizikovou.

Na Slovensku je situácia s odumieraním smrečín veľmi vážna, či ide o klasický rozpad alebo novodobé odumieranie. JAKUŠ *et al.* (2008) odporúčajú v porastoch s nižšou intenzitou rozpadu pokračovať v intenzívnych opatreniach, aby sa spomalil postup zaburiňovania a zlepšili sa podmienky pre zabezpečenie prirodzenej obnovy a rastu pôvodných drevín, vrátane listnatých. Posilní sa tak princíp trvalosti lesnej produkcie. MACHANSKÝ (2011) uvádza, že je vhodné prehodnotiť spôsoby obhospodarovania pre škodcov atraktívnych porastov v okolí kalamitných zón a zvyšovať ich bezpečnosť z hľadiska eliminácie zalesňovacích nákladov v prípade ich neočakávaného rozpadu.

Základným a stále aktuálnym problémom je rozsah ťažby dreva v oblastiach s odumieraním smrečín. V zmysle rozhodnutia MP SR č. 3707/2009-710 sa ťažba do vzdialenosti jednej výšky stromu od chrobačiarov považuje za obranné opatrenie. Stromy v tejto vzdialenosti možno chápať ako potenciálne chrobačiare. V lesníckej praxi sa pri ťažbe týchto stromov zaužíval pojem vynútená ťažba tzn. v zmysle obranných opatrení sú ťažené aj stromy zaradené v 1. a 2. stupni poškodenia.

Súčasťou tohto problému je stanovenie celkového objemu ťažby na plánovacie obdobie spravidla 10 rokov v kalamitou postihnutých oblastiach. DANČEK, ŽÍHLAVNÍK (2003) tvrdia, že s ohľadom na súčasný stav je nanajvýš odôvodnené uvažovať s objektivizáciou ťažbových ukazovateľov zahrnutím vplyvu náhodných ťažieb do ich výpočtu. GREGUŠ (2005) konštatuje, že náhodné ťažby by mali byť neoddeliteľnou súčasťou stanovenia výšky ťažby pri hospodársko-úpravníckom plánovaní v kalamitných oblastiach. MACHANSKÝ, ŽÍHLAVNÍK (2010) uvádzajú, že pri plánovaní intenzívnych rekonštrukcií, tzn. v kalamitných oblastiach, kde je prakticky nemožné dodržať hornú hranicu ťažby stanovenú ťažbovým ukazovateľom, je potrebné zapracovať do dedukcie prognózu kalamity a stanoviť tak únosnú hranicu ťažby v lesnom celku.

Pri riešení ťažbovej úpravy lesa je potrebné pri stanovení celkovej výšky uvažovať s prognózou kalamity v plánovacom období, ako to konštatujú mnohí domáci autori. MACHANSKÝ, ŽÍHLAVNÍK (2010) riešia problém zapracovaním prognózy do deduktívnej kalkulácie ťažbových ukazovateľov metódou komparatívnej optimalizácie. Táto metóda je vhodná pri kalamitách s nižším rozsahom škod alebo pri pôsobení škodlivých činiteľov len v učitých rastových (vekových) stupňoch napr. len jednej dreviny. Pri hromadnom celoplošnom hynutí však celková výška ťažby predstavuje prognózu odumierania lesa a systém ťažbových ukazovateľov sa stáva nepotrebný. Prognóza tu predstavuje dôležitú súčasť plánovania.

Z výsledkov práce vyplýva, že v kalamitou zasiahnutých oblastiach je veľmi náročné predikovať vývoj jednotlivých porastov, ktorý je ovplyvnený množstvom podmienok a faktorov. Keďže skutočná cesta porastu môže byť iná ako tá plánovaná, práca navrhuje prístupy hospodárskej úpravy lesov diferencovať a klasické postupy nahradiť vo vymedzených priestorových rámcoch kalamitným variantom hospodársko-úpravníckeho plánovania, ktorý je zameraný na aktívnu obranu lesa s plánovaním naliehavých ťažieb, rekonštrukcií lesa, podsadiet a zalesňovania kalamitných plôch. Variantné plánovanie umožňuje pri zlepšení situácie (pôsobenie škodlivých činiteľov sa minimalizuje) okamžite prejsť na iný vopred naplánovaný variant. Zmena časovej, priestorovej a ťažbovej úpravy lesa je tiež nevyhnutná.

GADOW (2005) popisuje metódu „viacerých ciest“, kde pre porast nemusí existovať len jedno vhodné priestorové riešenie, ale často vzniká viac alternatív charakterizovaných obdobím, objemom a umiestnením ťažby. Pri viacerých porastoch vzniká problém s množstvom kombinácií tzv. časovo-priestorových modelov ťažieb. Ide o kombinovanú metódu, ktorá integruje porastové (jednotlivé) a celopodnikové (súhrné) plánovanie. Ide o klasický prvok ťažbovej úpravy lesa všeobecne platný. Celopodnikové riadenie si žiada hľadanie optimálnej kombinácie všetkých porastových ciest, so zohľadnením obmedzení. Ďalej konštatuje, že predpokladom pre praktické použitie metódy je generovanie a hodnotenie strednodobej vývinovej „cesty“ pre jednotlivé porasty. Viacvariantný princíp je veľmi efektívny, no zatiaľ vzdialený bežným postupom v praxi pri strednodobom riadení vývoja lesa.

Súčasný systém HÚL však plánuje pre každý porast len jednu „cestu“. Z tohto dôvodu je potrebné do systému plánovania v kalamitou postihnutých oblastiach štandardne zaviesť revíziu programov starostlivosti o lesy.

PodĎakovanie

Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: „Adaptívne lesné ekosystémy“, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

7 Literatúra

- BAHÝL, J., 2007a: Hodnotenie vekových štruktúr vlastníckych celkov alternatívnymi metódami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia*, XLIX s. 201–213.
- BAHÝL, J., 2007b: Ťažbové ukazovatele a ich vyjadrenie na základe všeobecnej hodnoty lesných porastov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIX, Suppl.1, s. 141–152.
- BAHÝL, J., 2008: Ťažbová úprava vo väzbe na reguláciu vekovej štruktúry lesa Dizertačná práca, Technická univerzita Zvolen, 117 s.
- BUCHA, T., 2009: Využitie satelitných snímok pri vyhodnotení stavu a vývoja smrekových porastov na Slovensku. *Životné prostredie* 43 (č. 4), s. 230–234.
- DANČEK, I., ŽIHĽAVNÍK, A., 2003: Vplyv náhodných ťažieb na obhospodarovanie lesa jemnejšími spôsobmi. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLV, s. 237–251.

- ERIKSSON, M., NEUVONEN, S., ROININEN, H., 2007: Retention of wind-felled trees and the risk of consequential tree mortality by the European spruce bark beetle *Ips typographus* in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* Volume 22 (6), s. 516–523.
- GADOW, K., v., 2005: Forsteinrichtung, Analyse und Entwurf der Waldentwicklung. Universitätsverlag Göttingen, 342 s.
- GARČÁR, M., FEIKOVÁ, Z., VYŠINSKÝ, M., BUCHA, T., 2010: Hodnotenie stavu a rozpadu smrekových porastov v roku 2009 zo satelitných snímok. Aktuálne problémy v ochrane lesa 2010. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie v Novom Smokovci, s. 77–82.
- GREGUŠ, C., 2005: Problémové miesta v plánovaní dlhodobého rozvoja lesného hospodárstva na Slovensku. Ústav ekológie lesa SAV Zvolen a Lesoprojekt Zvolen, 43 s.
- CHRISTIANSEN, E., BAKKE, A., 1988: The spruce bark beetle of Eurasia. In Berryman A. A. (ed.), *Dynamics of forest insect populations*. New York & London: Plenum Publishing Corporation, s. 479–503.
- JAKUŠ, R., ČABOUN, V., KUKLA, J., KULLA, L., BLAŽENEC, M., 2008: Hromadné odumieranie nepôvodných smrečín severného Slovenska. Ústav ekológie lesa SAV, Zvolen, <http://www.savzv.sk>. ISSN 1337-7655. ISBN 978-80-969525-8-8.
- KOLEKTÍV NLC-ÚHÚL, 2010: Aktualizácia údajov LHP na OZ Liptovský Hrádok, NLC Zvolen.
- KOUBA, J., 2001: Teorie náhodných procesů a konstrukce tabulek života lesa. Zborník odborných referátov zo seminára: Funkčne integrované lesné hospodárstvo a trvalo udržateľný rozvoj lesov a krajiny, TU vo Zvolene, s. 97–104.
- MACHANSKÝ, M., 2011: Využitie informácií o kalamitnom stave smrečín a prognóz jeho vývoja v hospodársko-úpravníckom plánovaní. Aktuálne problémy v ochrane lesa 2011. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie v Novom Smokovci, s. 104–108.
- MACHANSKÝ, M., ŽIHĽAVNÍK A., 2010: Ťažbová úprava lesa vo vybranej kalamitnej oblasti. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, roč. 52, suppl. 1. TU Zvolen, s. 199–220.
- SKUHRAVÝ, V., 2002: Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.) a jeho kalamity. Agrospoj s.r.o., Těšnov, Praha, 196 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A., BALOGH, P., BAHÝĽ, J., 2006: Problematika náhodných ťažieb v rubných porastoch vo väzbe na obhospodarovanie lesa. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVIII, s. 269–280.
- Rozhodnutie MP SR č. 3707/2009-710 zo dňa 05.10.2009 s platnosťou do 31. 12. 2012.
- Vyhláška MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a o ochrane lesa.
- Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov.
-

Adresa autora:

Ing. Milan Machanský
NLC – Ústav pre hospodársku úpravu lesov
Odbor HÚL
Sokolská 2
960 52 Zvolen
e-mail: machansky@nlcsk.org

Prof. Ing. Anton Žihlavičnik, CSc.
TU Zvolen
Lesnícka fakulta
Katedra HÚLaG
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: anton.zihlavnik@tuzvo.sk

Hospodársko-úpravnícke plánovanie v kalamitných oblastiach

Abstrakt

Práca rieši problematiku hynutia smrečín na Slovensku. Jej cieľom je navrhnúť alternatívne riešenie časovej, priestorovej a ťažbovej úpravy lesa v kalamitných oblastiach. Bolo vybrané územie s výmerou 5,5 tis. ha, ktoré sa nachádza v 6. a 7. lesnom vegetačnom stupni v lesnej oblasti Nízke Tatry – sever. Zo zastúpených drevín až 87 % tvorí smrek. V novembri 2004 územie zasiahla silná vetrová kalamita v rozsahu viac ako 100 tis. m³. Na základe infračervených leteckých snímok, terénnych zisťovaní na ich interpretáciu v prostredí GIS, geodát z programov starostlivosti o lesy a revidovaných údajov o realizovaných ťažbách sa k termínu snímkovania (september 2010) aktualizovali plochy, zásoby a poškodenie lesa. Pri analýze stavu a vývoja lesa boli použité metódy DPZ a viacrozmerné štatistické metódy. Súčasťou riešenia bolo prognózovanie pôsobenia škodlivých činiteľov a variantné plánovanie ťažieb vrátane rekonštrukcií lesa. Dosiahnuté výsledky poukazujú na poškodzovanie a odumieranie smrečín vo veku nad 60 rokov, pričom výrazné hynutie sa prejavuje od veku 90 rokov. Pôsobením vetra a podkôrneho hmyzu v období 2004–2010 celkovo odumrelo takmer 40 % zásoby smrečín. Plánované úlohy boli realizované len v minimálnom rozsahu. Napriek tomu, že prognóza vývoja kalamity naznačuje pokles, je potrebné v takýchto oblastiach diferencovať prístupy hospodárskej úpravy lesov a klasické hospodársko-úpravnícke plánovanie ťažby dreva nahradiť vo vymedzených priestorových rámcoch kalamitným variantom hospodársko-úpravníckeho plánovania, ktorý je zameraný na aktívnu obranu lesa s plánovaním naliehavých ťažieb, rekonštrukcií lesa, podsadiet a zalesňovania kalamitných plôch.

Kľúčové slová: etát, hospodárska úprava lesov, program starostlivosti o lesy, rekonštrukcia lesa, prognóza kalamity

MOŽNOSTI VYUŽITIA ŤAŽBOVEJ REGULÁCIE V LESNOM CELKU

Ján B A H Ý Ľ – Anton Ž Í H L A V N Í K – Milan M I S T R Í K

Bahýľ, J., Žihlavník, A., Mistrík, M.: Utilization of cutting regulation in the Forest Management Unit. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 71–86, 2012.

Paper deals by problem of influence finding cutting regulation methods of age structures for their compensating in Forest management unit. Three methods were considered for age structure regulation in unit for which we make a forest management plan then forest management unit. For consideration three forest management units were chosen with different age class distribution and different compensating degree of age structure.

From following course of variational coefficients we can see that after prognosis perfect of development individual methods give out to confirmation of phased to age class distribution compensating of age class distribution. In this case of consideration, with use of indexes of coincidences and approximation, we can state, that these have very similar course how variational coefficients. Index of approximation achieving more below values of consideration of age structure distribution how is it in case of index of coincidence of age structure. Following representation of results comes through that distinct influence on compensating of age class distribution has mainly older age classes representation.

Key words: real age class distribution, normal age class distribution, percentage of coincidence of age structure

1 PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Vo výraznej miere štruktúra jednotlivých vlastníckych celkov v súčasnom období ovplyvňuje riešenie ťažbovej úpravy lesa. V minulom, ale i súčasnom období, poukázali niektorí autori na problematiku riešenia v súvislosti s nepravidelnou vekovou štruktúrou základných jednotiek pre ťažbovú úpravu lesa (GREGUŠ 1976; POZNAŇSKI 2001, 2004; ŽÍHLAVNÍK 2004, 2005b)

Pri stanovení výšky ťažby sa v súčasnosti nepoužíva žiadny plochový ukazovateľ. Výhodou plochových ťažbových ukazovateľov a ich využitie pri stanovení výšky ťažby je rýchlosť, presnosť a pomerne jednoduché odvodenie aj na niekoľko desaťročí dopredu. Zmeny na výmerách nastávajú iba vplyvom obnovnej ťažby vo vekových stupňoch obnovovaných a v najmladšom (prvom) vekovom stupni, vplyvom presunu obnovených plôch. Na druhej strane v súvislosti s výskytom prekrývajúcich sa etáží na tej istej ploche v podrastovom lese, dochádzalo k nepresnostiam vo výpočtoch. Celková výmera

konkrétneho vlastníckeho celku sa pri dodržaní stanovených podmienok hospodárenia vo väčšine prípadov vôbec nemení a nemajú na ňu vplyv výchovné ani obnovné zásahy, na rozdiel od zásob, pri ktorých s dodržaním týchto zásad dochádza k neustálym zmenám vo vekových stupňoch v každom desaťročí.

V procese reprivatizácie dochádza k deleniu ucelených lesných častí na menšie jednotky, čím vzniká problém aj v riešení priestorovej a ťažbovej úpravy lesa. V priestorovej úprave lesa vzniká problém pri lesníckom mapovaní pri racionalizácii prác (TUNÁK 2008; ŽÍHLAVNÍK Š., TUNÁK 2006, 2010). V ťažbovej úprave lesa okrem vlastníckych vzťahov majú vplyv na jej riešenie hlavne kalamity (MACHANSKÝ 2010, 2011). V minulosti, i napriek dostatočnej veľkosti základných jednotiek pre ťažbovú úpravu lesa, bolo problémom plne zodpovedať na základné otázky koľko, kde, kedy a ako sa má ťažiť drevo. V súčasných malých výmerách týchto jednotiek tento problém ešte viac narastá, spolu s požiadavkami vlastníka, ktoré nie sú vždy reálne a opodstatnené.

Vzhľadom k malým výmerám vzniká problém objektívneho stanovenia výšky ťažby, ktorý sa musí riešiť v priebehu vypracovania lesného hospodárskeho plánu. Pred každým stanovením objemu výšky ťažby je preto potrebné v príslušnom vlastníckom celku zhodnotiť jeho stav a všetky potrebné charakteristiky. Pre posúdenie ťažbovej úpravy lesa je vhodné využiť aj modelové štruktúry vlastníckych celkov, ktoré sú blízke skutočným vekovým štruktúram vlastníckych celkov v prípade, že chýbajú dostatočné praktické skúsenosti. (ŽÍHLAVNÍK 2000).

Rozdrobovanie ucelených lesných častí vplyvom zmien v užívaní lesov má veľmi výrazný vplyv na vekovú štruktúru vznikajúcich vlastníckych celkov, ktoré sú základnými jednotkami v ťažbovej úprave. Ich skutočná veková štruktúra sa častokrát veľmi odlišuje od normálnej výmery. Vo väčšine vlastníckych celkov je predpoklad nerovnomerného zastúpenia vekových stupňov, nedostatok alebo prebytok rubných porastov, s čím úzko súvisí nerovnomerné rozdelenie drevných zásob vo vekových stupňoch. Dosiahnutie vyrovnanosti ťažieb je v takýchto prípadoch problematické (ŽÍHLAVNÍK 2005a, b).

Základnou jednotkou pre vypracovanie lesného hospodárskeho plánu, v súčasnosti označovaného ako program starostlivosti o lesy, bol pri podrastovom a holorubnom hospodárskom spôsobe v minulosti lesný hospodársky celok, zložený z hospodárskych skupín. Zmenou právnych predpisov a po zrušení hospodárskych skupín ho tvorili hospodárske súbory. Neskôršie to bol lesný užívateľský celok a v súčasnosti je to lesný celok resp. vlastnícky celok. Pri výberkovom hospodárskom spôsobe sa dlhodobo používa ako základná jednotka dielec.

Proces reprivatizácie a odovzdávania lesov pôvodným vlastníkom lesov sa premietol i do požiadavky na zmenu JPRL, pričom po roku 1990 prvými, zákonom takto vytvorenými JPRL boli „časti lesov podľa ich užívania“ (tiež označované ako „lesné užívateľské celky“), neskôr lesné celky a vlastnícke celky (DÓCZY, 2011).

Aby sa zohľadnili už spomínané vlastnícke a užívateľské vzťahy k lesu, zavádza sa do priestorovej jednotky lesný užívateľský celok, ktorý môžeme definovať ako súbor lesných pozemkov vymedzený podľa užívateľov, resp. vlastníkov týchto pozemkov. Pre zaradenie lesných pozemkov do tejto jednotky je rozhodujúce právo užívania týchto po-

zemkov na základe uplatnenia vlastníckych práv, správcovstva k lesným pozemkom vo vlastníctve štátu a prenájmu lesných pozemkov (ŽIHĽAVNÍK, DÓCZY, 2011a).

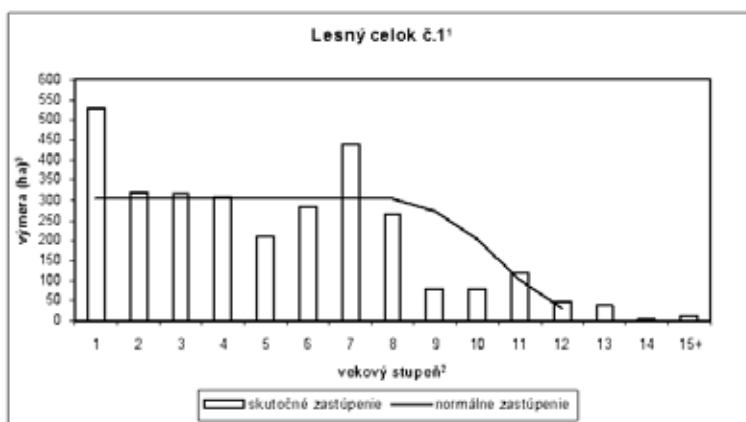
Cieľom práce bolo zistenie vplyvu metód regulácie ťažby vekovej štruktúry na jej vyrovnanie, počas polovice dĺžky rubnej doby, vo vybraných lesných celkoch s rozdielnym stupňom vyrovnania vekovej štruktúry.

2 PODKLADOVÝ MATERIÁL A METODICKÝ POSTUP PRÁČ

Ako podkladový materiál boli použité tri lesné celky s rôznym usporiadaním vekových stupňov s nadnormálnou, normálnou ako aj podnormálnou výmerou získané z programov starostlivosti o lesy na základe údajov poskytnutých Národným lesníckym centrom vo Zvolene – Ústavom lesných zdrojov a informatiky, s platnosťou za obdobie 2009–2018. Jednotlivé lesné celky sú v práci označované poradovým číslom, aby sa zabránilo zneužitiu údajov treťou osobou.

Lesný celok č. 1

Veková štruktúra Lesného celku č. 1 je nevyrovnaná, s nedostatkom rubných vekových stupňov. Takéto zastúpenie vekových stupňov bude mať výrazný vplyv na nevyrovnanosť rubných ťažieb v nasledujúcich desaťročiach, po predchádzajúcej nadmernej ťažbe v predchádzajúcom desaťročí, čoho dôkazom je i nadmerne zastúpený prvý vekový stupeň.



Obr. 1 Znázornenie rozdielu skutočného zastúpenia vekových stupňov a normálneho zastúpenia vekových stupňov v lesnom celku na začiatku rubnej doby

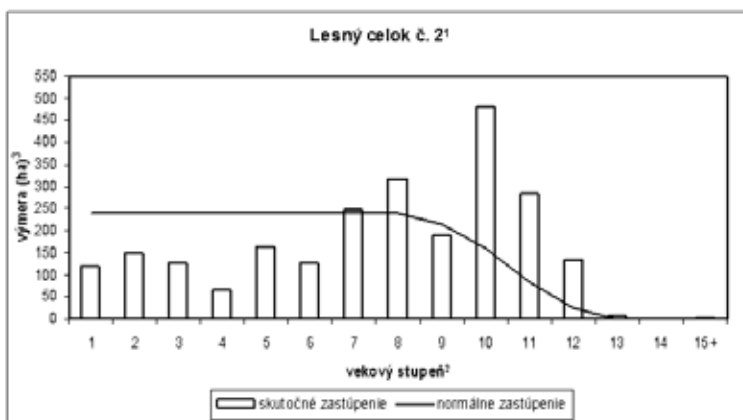
Fig. 1 Plots of difference between real age-class distribution and normal age-class distribution at the beginning of rotation period in the forest management unit

¹ forest management unit No., ² age class, ³ real area

Výrazne sú v tomto lesnom celku zastúpené mladšie vekové stupne až po 7. vekový stupeň. Výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov tvaru vysokého je 3 049,81 ha, z toho výmera rubných vekových stupňov je 381,47 ha. Rubná doba je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba porastov je 1 170 972 m³, zásoba rubných vekových stupňov predstavuje 445 952 m³. Drevinové zloženie v lesnom celku tvoria tak ihličnaté ako aj listnaté dreviny. S miernou prevahou sú zastúpené ihličnaté dreviny s 56,25 % smreka a 4,62 % jedle. Z listnatých drevín prevláda buk 24,18 %, javor 6,99 % a jaseň 5,57 %. V rubných vekových stupňoch je najviac zastúpenou drevinou smrek 68,05 %, buk 13,12 %, jedľa 8,85 %, javor 4,27 % a jaseň 1,07 %.

Lesný celok č. 2

Veková štruktúra v lesnom celku je nevyrovnaná, s nedostatočným zastúpením mladších vekových stupňov oproti normálnemu zastúpeniu vekových stupňov a s nadbytkom rubných vekových stupňov, najmä porastov v desiatom a jedenástom vekovom stupni.



Obr. 2 Znázornenie rozdielu skutočného zastúpenia vekových stupňov a normálneho zastúpenia vekových stupňov v lesnom celku na začiatku rubnej doby

Fig. 2 Plots of difference between real age-class distribution and normal age-class distribution at the beginning of rotation period in the forest management unit

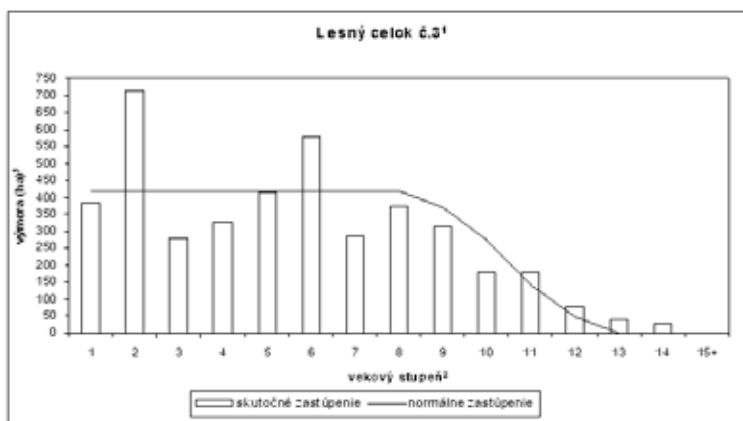
¹ forest management unit No., ² age class, ³ real area

Zastúpenie vekových stupňov významne zvýši podiel ťažieb v nasledujúcich desaťročiach. Výmera lesných porastov v lesnom celku predstavuje 2 420,99 ha, z čoho až 1 101,81 ha je zastúpená v rubných vekových stupňoch. Rubná doba v lesnom celku je 100 rokov a obnovná doba 30 rokov. Celková zásoba porastov lesného celku je 1 005 159 m³ a zásoba rubných vekových stupňov je 618 759 m³. V drevinovom zložení sú dominantné listnaté dreviny so zastúpením buka 45,16 %, duba 30,88 % a hraba 5,70 %. Ihličnaté dreviny sú zastúpené len v minimálnom množstve s prevahou borovice 3,89 %, smreka 3,47 % a jedle 2,17 %. V rubných vekových stupňoch dominuje buk 51,16 %, dub 38,59 %

a hrab 3,43 %. Ihličnaté dreviny sú zastúpené len minimálne a to borovicou 3,54 %, jedľou 2,39 % a smrekom 1,51 %.

Lesný celok č. 3

Veková štruktúra v lesnom celku je pomerne vyrovnaná, približujúca sa normálnemu zastúpeniu vekových stupňov s výrazným zastúpením 2. a 6. vekového stupňa. V nasledujúcich desaťročiach je predpoklad k zabezpečeniu vyrovnanosti ťažieb v tomto lesnom celku, hlavne z dôvodu približovania sa skutočného zastúpenia rubných vekových stupňov k ich normálnemu zastúpeniu. Rubná doba v lesnom celku je 100 rokov a obnovená doba 30 rokov. Výmera lesného celku je 4 179,91 ha, výmera rubných vekových stupňov tvorí 823,98 ha. Celková zásoba porastov v lesnom celku je 1 032 912 m³, zásoba rubných vekových stupňov je 413 685 m³. V drevinovom zložení prevládajú ihličnaté dreviny s dominanciou smreka, ktorý tvorí 52,86 % a 9,85 % zastúpením jedle. Z listnatých drevín je najviac zastúpený buk 26,46 % a javor 4,67 %. Drevinové zloženie rubných vekových stupňov pozostáva prevažne zo smreka s 62,09 %, buka s 22,22 %, jedle 16,17 % a javora s 1,88 % z výmery týchto vekových stupňov.



Obr. 3 Znáznornenie rozdielu skutočného zastúpenia vekových stupňov a normálneho zastúpenia vekových stupňov v lesnom celku na začiatku rubnej doby

Fig. 3 Plots of difference between real age-class distribution and normal age-class distribution at the beginning of rotation period in the forest management unit

¹ forest management unit No., ² age class, ³ real area

Prognózovanie vývoja jednotlivých vekových štruktúr sa robilo na päť desaťročí, čo pri 100 ročnej rubnej dobe zodpovedá jej polovičnej dĺžke, s využitím dvoch metód výpočtu plochového ťažbového ukazovateľa. V týchto lesných celkoch sa použila 100 ročná rubná doba ako priemerná, vo väzbe na zastúpenie drevín.

Prvou z nich bola metóda matematických modelov pre reguláciu vekovej štruktúry (ŽÍHLAVNÍK, A. 2000, 2004), kde sa z vypočítaných ťažbových ukazovateľov v každom

prognózovanom desaťročí určilo nové zastúpenie vekových stupňov pre nasledujúce desaťročie. Pri metóde bol použitý počet vekových stupňov $k = 3$, ktorý sa pre praktickú realizáciu výšky ťažby javí ako najvhodnejší. Ťažbová regulácia podľa uvedenej metódy spočívala vo vypočítaní plochového ťažbového ukazovateľa, ktorý sa rozdelil do vekových stupňov v uvažovanom období pomocou ťažbových percent stanovených vyhláškou o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa a úhrnných empirických ťažbových percent (GREGUŠ 1976) pre 100 ročnú rubnú a 30 ročnú obnovnú dobu. V prípade, že sa v lesnom celku nachádzali porasty vo vekových stupňoch kde sa ťažba vykonávala v rozsahu 100 %, táto výmera bola od hodnoty plochového ťažbového ukazovateľa odpočítaná. Zostávajúca časť hodnoty ukazovateľa sa úmerne rozdelila podľa percent do vekových stupňov.

Druhá metóda na výpočet plochového ťažbového ukazovateľa (Dóczy, 2012) využíva pri výpočte rozdiel medzi normálnou výmerou vekového stupňa a normálnou výmerou nasledujúceho vekového stupňa, pričom súčet výmer na ktorých sa vykoná ťažba v jednotlivých vekových stupňoch sa rovná výmere normálneho zastúpenia prvého vekového stupňa. Vypočítané normálne zastúpenie vekových stupňov sa porovná so skutočným zastúpením vekových stupňov. Ich rozdielom zistíme možnosť ťažby a jej výpočet sa vykonáva nasledovným postupom:

a) pre výmeru posledného vekového stupňa v obnove platí:

$$P_{n+1,i} = \check{T}_{n+1,i} \quad (2.1)$$

b) pre výmeru tretieho vekového stupňa v obnove platí:

$$\text{ak } P_{n,i} \geq M_{n,i}, \quad \text{potom } \check{T}_{n,i} = P_{n,i} - M_{n+1,i} \quad (2.2)$$

$$\text{ak } P_{n,i} < M_{n,i}, \quad \text{potom } \check{T}_{n,i} = 0 \quad (2.3)$$

c) pre výmeru druhého vekového stupňa v obnove platí:

$$\text{ak } P_{n-1,i} \geq M_{n-1,i}, \quad \text{potom } \check{T}_{n-1,i} = P_{n-1,i} - M_{n,i} \quad (2.4)$$

$$\text{ak } P_{n-1,i} < M_{n-1,i}, \quad \text{potom } \check{T}_{n-1,i} = 0 \quad (2.5)$$

d) pre výmeru prvého vekového stupňa v obnove platí:

$$\text{ak } P_{n-2,i} \geq M_{n-2,i}, \quad \text{potom } \check{T}_{n-2,i} = P_{n-2,i} - M_{n-1,i} \quad (2.6)$$

$$\text{ak } P_{n-2,i} < M_{n-2,i}, \quad \text{potom } \check{T}_{n-2,i} = 0 \quad (2.7)$$

kde: $P_{n,i}$ – skutočná výmera príslušného n-tého vekového stupňa v obnove,

$M_{n,i}$ – normálna výmera n-tého vekového stupňa v obnove,

$\check{T}_{n,i}$ – vypočítaná výmera plochy ťažby pre jednotlivé vekové stupne v obnove.

Keďže je rozdiel medzi jednotlivými po sebe nasledujúcimi výmerami normálnych vekových stupňov pre každú obnovnú dobu pri určenej rubnej dobe konštantný, bolo pre každý normálny vekový stupeň v obnove odvodené percento výmery určenej do ťažby vo vekovom stupni. Percento ťažby v tabuľke č. 1 bolo odvodené na základe percentuálne vyjadreného rozdielu medzi normálnou výmerou zastúpeného vekového stupňa a normálnou výmerou predchádzajúceho vekového stupňa (neviaže sa na skutočnú výmeru vekového stupňa).

Tabuľka 1 Percento výmery vekového stupňa určeného do ťažby
Table 1 Percentage of age class area proposed to felling

Obnovná doba ¹	Vekový stupeň vzdialený od rubnej doby ²						
	-3	-2	-1	P ³	1	2	3
30 rokov	Normálne zastúpenie vekových stupňov (%) ⁴						
	100	100	83	50	17	–	–
	Percento ťažby ⁵						
	–	17	40	66	100	–	–

¹ regeneration period in years, ² age class from rotation period, ³ final (rotation period) age class, ⁴ normal area of the age class, ⁵ percentage of felling

Posúdenie priebehu hodnôt ukazovateľov zhodnotenia vekovej štruktúry sa vykonalo s využitím variačného koeficientu z rozdielov diferencií medzi skutočným a normálnym zastúpením vekových stupňov (BALOGH 2006), indexu zhody vekovej štruktúry vychádzajúceho z podielu sumy absolútnych hodnôt rozdielov medzi skutočnou a normálnou výmerou jednotlivých vekových stupňov a maximálne možným súčtom diferencií (MARUŠÁK 2001) a indexu priblíženia vekovej štruktúry predstavujúceho podiel sumy vážených aritmetických priemerov, kde váhou je diferencia medzi skutočnou a normálnou výmerou vekového stupňa a rozdiel výmery vekového stupňa s najväčšou skutočnou a najnižšou normálnou výmerou (BAHÝE 2008).

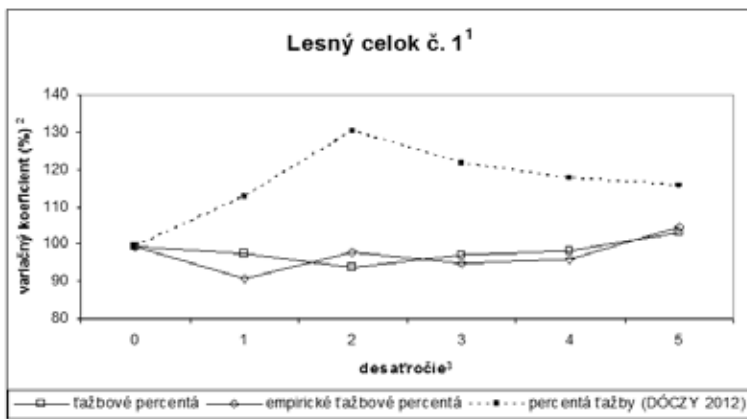
Index zhody a index priblíženia vekovej štruktúry nadobúdajú hodnoty z intervalu $\langle 0,1 \rangle$. V prípade, že hodnota $I_{zh}, I_p = 0$, veková štruktúra je absolútne nevyhovujúca (nevyrovnaná), ak je hodnota indexov na hornej hranici intervalu, to znamená že $I_{zh}, I_p = 1$, skutočné zastúpenie vekových stupňov je rovnaké ako normálne zastúpenie. Zvyšovaním hodnoty indexu a jeho približovaním k normálnemu zastúpeniu vekovej štruktúry sa skutočná veková štruktúra upravuje smerom k normálu a prípadným znižovaním indexu a zvyšovaním rozdielu skutočného a normálneho zastúpenia vekových stupňov, sa poukazuje na zhoršovanie vekovej štruktúry. Indexy je možné vyjadriť aj prostredníctvom percenta zhody (priblíženia) takým spôsobom, že hodnotu indexu vynásobíme číslom 100.

Problematika a postup výpočtu jednotlivých metód je podrobnejšie rozobraná v prácach (BAHÝE 2008, DÓCZY 2012).

3 DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zhodnotenie vekovej štruktúry a posúdenie priebehu hodnôt sa vykonalo s využitím troch metód. Prvou metódou bolo posúdenie priebehu s využitím variačného koeficientu z rozdielov diferencií medzi skutočným a normálnym zastúpením vo vekových stupňoch. Na základe znázorneného vývoja po jednotlivých desaťročiach do polovice rubnej doby (obr. 4) možno konštatovať, že zo zvolených troch metód ťažbovej regulácie

vekovej štruktúry v tomto lesnom celku dochádza k stagnácii vyrovnávania vekovej štruktúry len v prípade použitia empirických ťažbových percent. V prípade využitia percent ťažby v o niečo menšej miere ako v prípade použitia ťažbových percent a úhrnných empirických ťažbových percent.



Obr. 4 Graf priebehu variačných koeficientov po desaťročiach

Fig. 4 Plot of coefficient of variance for the decades

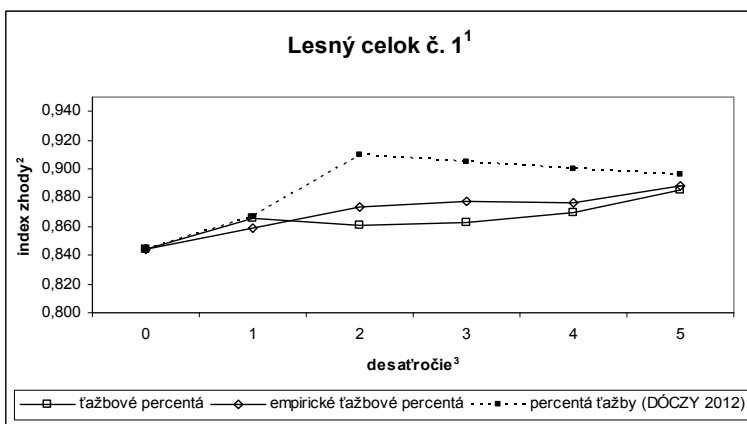
¹ Forest managemnet unit no. 1, ² coefficient of variance, ³ decade

Veková štruktúra v lesnom celku je nevyrovnaná s nedostatkom rubných vekových stupňov a naopak vyšším zastúpením mladších vekových stupňov. O nevyrovnanosti vekovej štruktúry svedčí aj hodnota variačného koeficientu na začiatku rubnej doby s hodnotou 99,50 %. Na základe údajov je zrejmé, že najvýraznejší vplyv na vyrovnávanie vekovej štruktúry v tomto lesnom celku má použitie empirických percent hlavne z dôvodu ich citlivejšieho prístupu v starších vekových stupňoch v porovnaní s ťažbovými percentami. V polovici rubnej doby sa pohybuje hodnota variačného koeficientu v tomto lesnom celku medzi 102,92–115,73 %, čo poukazuje na ešte väčší rozdiel ako na začiatku rubnej doby. Veľmi výrazný vplyv na tento výsledok má práve nerovnomerné zastúpenie mladších vekových stupňov, do ktorých sa pri regulácii ťažby nezasahuje a je potrebné teda s vyrovnaním vekovej štruktúry čakať dlhšie obdobie ako je polovica rubnej doby.

Druhá metóda posúdenia priebehu vekovej štruktúry s využitím indexu zhody priniesla mierne odlišné výsledky ako využitie variačného koeficientu. Z obrázka č. 5 je vidieť, že všetky metódy zaznamenali za obdobie polovice rubnej doby stúpajúcu tendenciu.

Tak ako v prvom prípade s využitím variačného koeficientu aj v tomto prípade sú výsledky u ťažbových percent a empirických percent veľmi podobné. V prípade regulácie s využitím percenta ťažby došlo v druhom desaťročí k výraznému nárastu indexu z hodnoty vyjadrenej v percentách 84,45 % na začiatku rubnej doby na hodnotu 90,94 % v druhom desaťročí. Veľmi výrazný vplyv na zvýšenie zhody má 9. vekový stupeň s malou výmerou

na začiatku rubnej doby a rozdielom oproti normálnemu zastúpeniu v tomto vekovom stupni až 191,17 ha, pričom za dve decéniá prejde do jedenásteho vekového stupňa kde je rozdiel oproti normálnej vekovej štruktúre len 49,32 ha. Hodnota indexu zhody v polovici rubnej doby má u všetkých troch použitých spôsobov regulácie len nepatrný rozdiel 1,05 %.



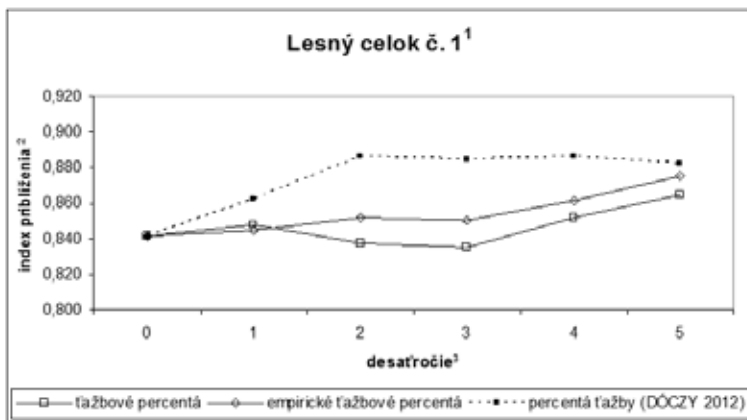
Obr. 5 Graf priebehu indexov zhody po desaťročiach

Fig. 5 Plot of index of coincidence for the decades

¹ Forest management unit no. 1, ² index of coincidence, ³ decade

Tretou metódou posúdenia vekovej štruktúry bolo využitie indexu približenia vekovej štruktúry. Z hodnôt na obrázku č. 6 vidieť, že v prípade Lesného celku č. 1 sa jedná o vekovú štruktúru, ktorú je potrebné vyrovnávať za dlhšie časové obdobie. V prípade použitia ťažbových percent na reguláciu vekovej štruktúry sa do tretieho desaťročia potvrdili rovnaké výsledky ako v prípade variačného koeficientu, že nedochádza k vyrovnávaniu vekovej štruktúry. V nasledujúcich desaťročiach sa zaznamenal zmenšenie rozdiel medzi normálnou a skutočnou vekovou štruktúrou v tomto lesnom celku. Index približenia vyjadrený v percentách predstavoval na začiatku desaťročia hodnotu 84,19 % a v polovici rubnej doby hodnoty od 86,48 % pri ťažbových percentách až po 88,28 % v prípade percenta ťažby.

Najvyrovnanejší priebeh zaznamenali hodnoty indexu v prípade regulácie empirickými ťažbovými percentami na hodnotu 87,53 % v polovici rubnej doby. V prípade metódy regulácie s využitím percenta ťažby došlo k vyrovnávaniu vekovej štruktúry už za dve desaťročia. Využitím indexu približenia je najlepšie zaznamenaný vývoj týchto percent, kde sa uvažuje v nasledujúcich desaťročiach s rovnakými výmerami v prvých vekových stupňoch, a teda k následnému znižovaniu rozdielov medzi skutočným a normálnym zastúpením v týchto vekových stupňoch.



Obr. 6 Graf priebehu indexov približenia po desaťročiach

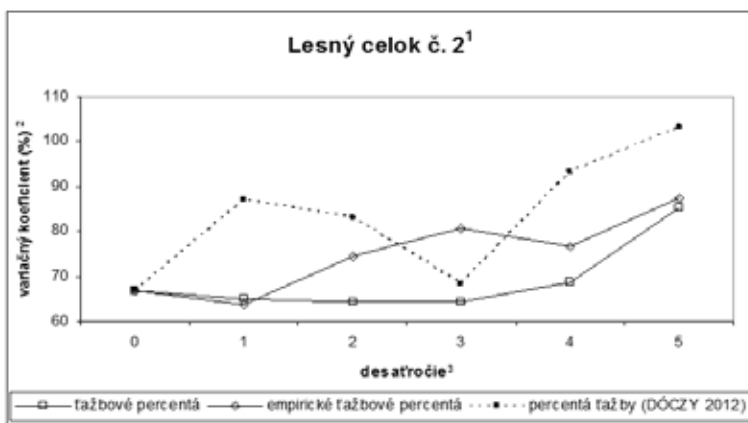
Fig. 6 Plot of index of approximation for the decades

¹ Forest management unit no. 1, ² index of approximation, ³ decade

Lesný celok č. 2 s nevyrovnanou vekovou štruktúrou a nadmerným zastúpením vekových stupňov rubných a naopak nedostatočnými výmerami v mladších vekových stupňoch bol zhodnotený tak isto tromi ukazovateľmi. V prípade variačného koeficientu (obr. 7) došlo k výrazným rozdielom medzi jednotlivými metódami použitými na reguláciu vekovej štruktúry. V prípade ťažbových percent dochádzalo k minimálnemu vyrovnávaniu vekovej štruktúry lesného celku s hodnotami 66,88 % na začiatku rubnej doby až 64,23 % v 3. desaťročí. Po tomto desaťročí došlo k nárastu variačného koeficientu v prípade empirických ťažbových percent už po 1. desaťročí. Z dôvodu výrazného zastúpenia v 10.–12. vekovom stupni na začiatku rubnej doby v tomto lesnom celku bolo možné upravovať výšku ťažby a rozdeliť ju na viacero desaťročí. Po odstránení nadmerne zastúpeného 10. vekového stupňa po troch decéniách sa medzi rubné dostali veľmi málo zastúpené vekové stupne. Po troch decéniách sa táto veková štruktúra dostala na úroveň vekovej štruktúry v Lesnom celku č.1 na začiatku rubnej doby s nedostatočným zastúpením rubných vekových stupňov. Hodnoty variačných koeficientov v polovici rubnej doby mali hodnoty 85,26 % pri ťažbových percentách a 87,33 % pri empirických ťažbových percentách. Najvýraznejšie zhoršenie hodnoty 103,20 % sa zaznamenalo pri percente ťažby.

Podobne ako v prípade variačného koeficientu aj v prípade indexu zhody sa nezaznamenalo výrazné vyrovnávanie vekovej štruktúry. Index zhody zaznamenal do 3. desaťročia vyrovnané hodnoty v prípade všetkých použitých metód regulácie ťažby. Počiatočná hodnota indexu vyjadrená v percentách bola 70,06 % a v polovici rubnej doby s hodnotou 71,51 % v prípade empirických ťažbových percent, 75,45 % v prípade ťažbových percent a 80,16 % pri percentách ťažby. Na vyrovnanie štruktúry s použitím ťažbových percent oproti empirickým má hlavne odstránenie celej výmery v starších vekových stupňoch a teda zmenšenie rozdielu v týchto vekových stupňoch oproti normálnemu zastúpeniu. Empirické ťažbové percentá neodstraňujú celú výmeru ani v prípade starších vekových

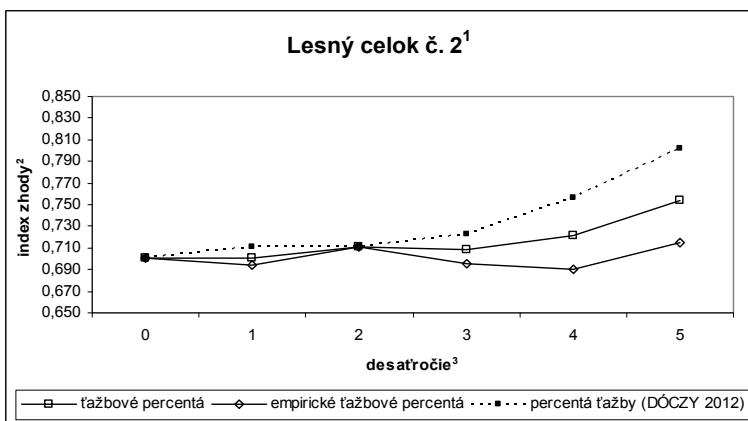
stupňov a teda dochádza k rozdielom oproti normálnej výmere nielen v mladších, ale aj starších vekových stupňoch, čo potvrdzuje i 3,94 % rozdiel indexu v tomto lesnom celku.



Obr. 7 Graf priebehu variačných koeficientov po desaťročiach

Fig. 7 Plot of coefficient of variance for the decades

¹ Forest managemnet unit no. 2, ² coefficient of variance, ³ decade

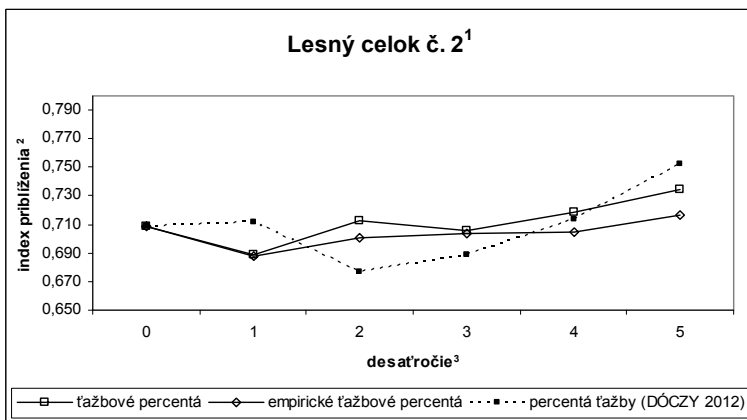


Obr. 8 Graf priebehu indexov zhody po desaťročiach

Fig. 8 Plot of index of coincidence for the decades

¹ Forest managemnet unit no. 2, ² index of coincidence, ³ decade

Index približenia zaznamenal v Lesnom celku č. 2 pomerne vyrovnaných hodnôt. V prípade tohto indexu sa zaznamenalo mierne vyrovnávanie vekovej štruktúry lesného celku.



Obr. 9 Graf priebehu indexov približenia po desaťročiach

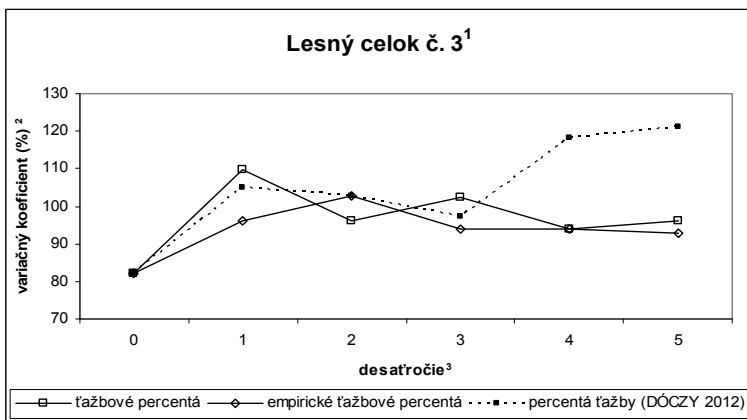
Fig. 9 Plot of index of approximation for the decades

¹ Forest managemnet unit no. 2, ² index of approximation, ³ decade

Oproti indexu zhody sa v prípade percenta ťažby zaznamenali odlišné údaje v druhom desaťročí, čo zapríčinil 10. vekový stupeň na začiatku rubnej doby, ktorý za dve desaťročia prešiel do 12. vekového stupňa a výrazne tak vzrástol rozdiel medzi skutočnou a normálnou výmerou v tomto vekovom stupni na hodnotu 398,96 ha. Postup regulácie s využitím percent ťažby nedovolil odstrániť veľké výmery v rubných vekových stupňoch, aby nedošlo k navýšeniu prvého vekového stupňa a z toho dôvodu došlo k presunu porastov do starších vekových stupňov a vzniku prestarnutých porastov v lesnom celku. Index približenia zaznamenal o niečo nižšie hodnoty ako index zhody. Na začiatku rubnej doby bola jeho hodnota 70,85 % a v jej polovici od 71,63 % pri empirických percentách po 75,27 % pri percente ťažby.

Lesný celok č. 3 predstavuje vyrovnanú vekovú štruktúru približujúcu sa normálnemu zastúpeniu vekových stupňov. Nadmerne zastúpený je 2. a 6. vekový stupeň, ktoré výrazne zvyšujú rozdiel medzi skutočným a normálnym zastúpením, čím výrazne vplývajú aj na zhodnotenie vekovej štruktúry. Z hodnôt variačných koeficientov (obr. 10) je vidieť, že majú vyrovnaný, až mierne klesajúci vývoj od 1. desaťročia. Podobný priebeh je zaznamenaný u ťažbových a empirických percent s hodnotami 96,01 % a 92,97 % v polovici rubnej doby, značne nevyrovnanú štruktúru predstavuje vývoj percenta ťažby 120,98 % v polovici rubnej doby.

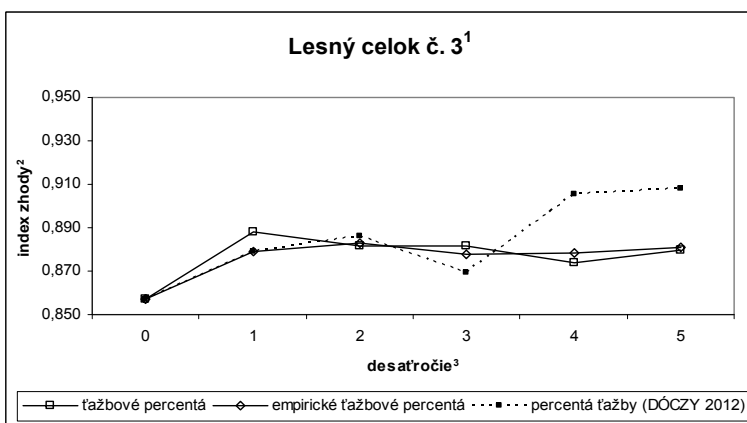
Na základe rozboru indexov zhody je vidieť u všetkých troch metód zaznamenané vyrovňavanie vekovej štruktúry. Hodnoty indexov vyjadrené v percentách sa pohybujú od 85,72 % na začiatku rubnej doby po hodnoty 87,06 % pri ťažbových percentách a 90,82 % pri percente ťažby v polovici rubnej doby. Zaznamenané vyrovnanie je v prípade ťažbových percent a empirických percent len minimálne s vyrovnaným priebehom. V prípade percent ťažby je vidieť na obrázku č. 11 výrazný nárast hodnoty indexu od 4. desaťročia, kedy došlo k vyťaženiu časti vekového stupňa s nadnormálnou výmerou.



Obr. 10 Graf priebehu variačných koeficientov po desaťročiach

Fig. 10 Plot of coefficient of variance for the decades

¹ Forest managemnet unit no. 3, ² coefficient of variance, ³ decade

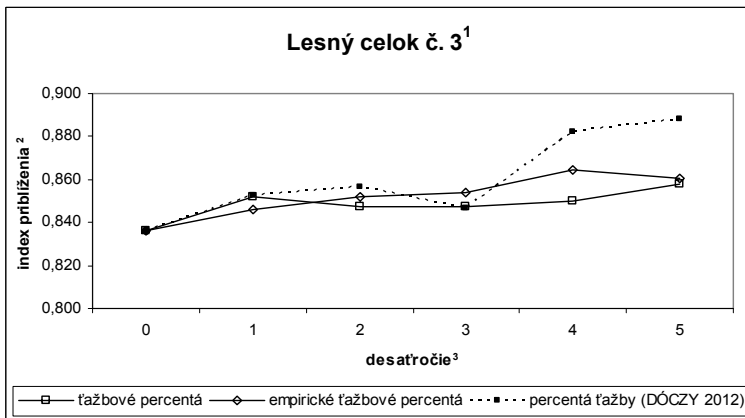


Obr. 11 Graf priebehu indexov zhody po desaťročiach

Fig. 11 Plot of index of coincidence for the decades

¹ Forest managemnet unit no. 3, ² index of coincidence, ³ decade

Pri porovnaní indexu zhody a priblíženia v Lesnom celku č. 3 je vidieť, že tieto nadobúdajú podobný priebeh, v prípade indexu priblíženia s nižšími hodnotami. Hodnota indexu priblíženia vyjadrená v percentách na začiatku rubnej doby bola 83,62 %. Do 3. desaťročia sa zaznamenal vyrovnaný priebeh u všetkých použitých metód regulácie ťažby, od 4. desaťročia s výrazným zlepšením v prípade percent ťažby. U indexu priblíženia bolo u všetkých metód zaznamenané vyrovňavanie vekovej štruktúry po jednotlivých desaťročiach. Hodnoty indexu v polovici rubnej doby sa pohybovali od 85,78 do 88,83 %.



Obr. 12 Graf priebehu indexov približenia po desaťročiach

Fig. 12 Plot of index of approximation for the decades

¹ Forest management unit no. 3, ² index of approximation, ³ decade

4 ZÁVER

V práci sa zhodnotili tri metódy na reguláciu vekovej štruktúry v jednotke, pre ktorú sa vypracováva program starostlivosti o lesy teda lesnom celku. Jednotlivé metódy regulácie je možné využiť aj v iných jednotkách ako lesný hospodársky celok, lesný užívateľský celok, prípadne aj vlastnícky celok.

Na zhodnotenie boli vybrané tri lesné celky s rozdielnym zastúpením vekových stupňov a rozdielnym stupňom vyrovnania vekovej štruktúry. Zo sledovania priebehu variáčnych koeficientov je zrejmé, že po vykonaní prognózy vývoja jednotlivými metódami dochádza k potvrdeniu postupného vyrovnávania vekovej štruktúry, len v prípade lesného celku č. 2 s nadmerným zastúpením rubných vekových stupňov musí dôjsť najskôr k ich odstráneniu, čo v závislosti od obnovnej doby môže trvať dlhšie časové obdobie.

Ďalej významným vplyvom na vyrovnávanie vekovej štruktúry sa podieľajú rôzne faktory, z ktorých najvýznamnejší je práve vplyv abiotických škodlivých činiteľov (kalamít) ako aj nevhodné drevinové zastúpenie v určitých vegetačných stupňoch. Vzhľadom na veľký rozsah a náročnosť tejto problematiky je potrebné v budúcnosti túto problematiku samostatne riešiť a následne využiť v ťažbovej regulácii.

V prípade zhodnotenia s využitím indexov zhody a približenia môžeme konštatovať, že tieto majú podobný priebeh ako variačné koeficienty. Index približenia dosahuje o niečo nižšie hodnoty vyrovnania vekovej štruktúry ako je to v prípade indexu zhody vekovej štruktúry. Na základe zistených výsledkov je zrejmé, že výrazný vplyv na vyrovnávanie vekovej štruktúry má hlavne zastúpenie starších vekových stupňov, pri ktorých v porovnaní s normálnym zastúpením dochádza k výraznejšiemu rozdielom z dôvodu poklesu percent normálnych výmer v týchto vekových stupňoch vychádzajúcich z modelu

podrastového lesa, kde v rubných vekových stupňoch dochádza k postupnému znižovaniu zásoby od začiatku veku obnovy, až k jej úplnému odstráneniu vo veku ukončenia obnovy.

Podakovanie

Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja“.

Literatúra

- BAHÝL, J., 2008: Ťažbová úprava vo väzbe na reguláciu vekovej štruktúry lesa. Dizertačná práca, Technická univerzita Zvolen, 117 s.
- BALOGH, P., 2006: Vplyv náhodných ťažieb na ťažbovú úpravu lesa v lesných užívateľských celkoch. Dizertačná práca, Zvolen, 109 s.
- DÓCZY, J., 2011: Problematika vytyčovania hraníc lesných pozemkov pri obnove programov starostlivosti o lesy. Zborník: Racionalizácia lesníckeho mapovania, s. 101–107.
- GREGUŠ, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Bratislava, 304 s.
- MACHANSKÝ, M., 2010: Skúsenosti s určovaním rubných dôb na Slovensku. Obmýti. Sborník referátů. Humpolec ČR s. 45–51.
- MACHANSKÝ, M., 2011: Využitie informácií o kalamitnom stave smrečín a prognóz jeho vývoja v hospodársko-úpravníckom plánovaní. Aktuálne problémy v ochrane lesa. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie v Novom Smokovci, s. 104–108.
- MARUŠÁK, R., 2001: Vyhodnotenie stavu a vývoja vekovej štruktúry v lesných užívateľských celkoch. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLIII, s. 219–229.
- POZNAŃSKI, R., 2001: Metoda optymalnego porządku cięć w przerębowozrębowym sposobie zagospodarowania z rębnią częściową. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. CCCXXI, Leśnictwo, 39: 203–208.
- POZNAŃSKI, R., 2004: Nowe metody regulacji w urządzaniu lasu. Katedra Urządzania Lasu Akademii Rolniczej, Kraków, 195 s.
- TUNÁK, D., 2008: Polygonizácia v lesníctve. In: Lesnícka geodézia a fotogrametria – trendy. Zborník referátov zo sympózia s medzinárodnou účasťou. TU Zvolen, s. 22–26.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2000: Ťažbová regulácia v lesných užívateľských celkoch s podrastovým hospodárskym spôsobom. AFF, XLII, s. 213–225.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2004: Vplyv vlastníckych vzťahov k lesu na metódy ťažbovej úpravy lesa. Vedecké štúdie, Technická univerzita Zvolen, 62 s.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2005a: Hospodárska úprava lesov. Technická univerzita Zvolen, 389 s.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2005b: Uplatnenie ťažbových ukazovateľov v dlhodobom sledovaní vývoja vekovej štruktúry lesa. AFF, XLVII, s. 309–322.
- ŽIHLAVNÍK, A., DÓCZY, J., 2011a: Využitie metódy matematických modelov na reguláciu vekovej štruktúry lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(1), s. 169–183.
- ŽIHLAVNÍK, Š., TUNÁK, D., 2006: Využitie polygonizácie v lesníckej geodézii. In: Geodézia v lesníctve. TU Zvolen, s. 78–88.
- ŽIHLAVNÍK, Š., TUNÁK, D., 2010: Racionalizácia mapovacích prác využitím metódy polygónových ťahov. Vedecké štúdie, TU Zvolen, 84 s.
- Vyhláška MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa.

Adresa autorov:

Ing. Ján Bahýľ, PhD.

Prof. Ing. Anton Žihlavič, CSc.

Ing. Milan Mistrik

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: jan.bahyl@tuzvo.sk

anton.zihlavnik@tuzvo.sk

milan.mistik@tuzvo.sk

Možnosti využitia ťažbovej regulácie v lesnom celku

Abstrakt

Práca sa zaoberá problematikou zistenia vplyvu metód regulácie ťažby vekových štruktúr na ich vyrovnanie v lesnom celku. Zhodnotili sa tri metódy na reguláciu vekovej štruktúry v jednotke, pre ktorú sa vypracováva program starostlivosti o lesy teda lesnom celku. Na zhodnotenie boli vybrané tri lesné celky s rozdielnym zastúpením vekových stupňov a rozdielnym stupňom vyrovnania vekovej štruktúry.

Zo sledovania priebehu variačných koeficientov je zrejmé, že po vykonaní prognózy vývoja jednotlivými metódami dochádza k potvrdeniu postupného vyrovnávania vekovej štruktúry. V prípade zhodnotenia s využitím indexov zhody a priblíženia môžeme konštatovať, že tieto majú podobný priebeh ako variačné koeficienty. Index priblíženia dosahuje o niečo nižšie hodnoty vyrovnania vekovej štruktúry ako je to v prípade indexu zhody vekovej štruktúry. Na základe zistených výsledkov je zrejmé, že výrazný vplyv na vyrovnanie vekovej štruktúry má hlavne zastúpenie starších vekových stupňov.

Kľúčové slová: skutočná veková štruktúra, normálna veková štruktúra, percento zhody vekovej štruktúry

VLHKOSTNÉ POMERY VYBRANÝCH LESNÝCH VEGETAČNÝCH STUPŇOV OBLASTI ZVOLENSKEJ KOTLINY V PRIEBEHU METEOROLOGICKY ODLIŠNÝCH VEGETAČNÝCH OBDOBÍ

Adriana LEŠTIANSKÁ – Katarína STŘELCOVÁ

Leštianska, A., Střelcová: Humidity conditions in selected forest altitudinal zones of the Zvolenská valley during the meteorological different growing periods. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 87–98, 2012.

The paper analyses the climatic characteristics measured at regional meteorological stations TUZVO, which are situated in sub-montane and montane regions of the Zvolenská valley at various elevations representing different forest altitudinal zones. The analysis used the meteorological data from the three stations: Arborétum Borová hora (2nd forest altitudinal zone), Kráľová nad Zvolenom (4th forest altitudinal zone) and Predná Poľana (7th forest altitudinal zone). We thoroughly addressed the meteorological situation in three growing periods of the years 2009, 2010 and 2011, which were markedly different with regard to weather. Humidity conditions were analysed using the values of potential evapotranspiration and climatic indicator of irrigation.

Key words: precipitation, potential evapotranspiration, regional meteorological stations, forest altitudinal zones

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Vplyvom globálnych klimatických zmien dochádza k zmenám v priestorovej a časovej distribúcii úhrnov atmosférických zrážok tak v celosvetovej ako aj v regionálnej škále (DORE 2005). Kvôli celkovému vyššiemu prehrievaniu atmosféry pohlcuje vzduch prízemnej vrstvy viac vodných pár, na základe čoho sa predpokladá nárast extrémnych úhrnov zrážok od roku 2100 až o 50 % (PECHO *et al.* 2009). Opačným meteorologickým fenoménom v kontraste s extrémnymi zrážkami je v posledných 20 rokoch výrazný pokles zrážkových úhrnov (LAPIN, SZEMESOVÁ 2009) a čoraz častejší výskyt bezzrážkových období najmä vo vegetačnej sezóne (FISHER *et al.* 2007).

Zrážkové pomery majú v jednotlivých rokoch premenlivý charakter, pričom na úhrne zrážok sa prejavuje aj ich rast s nadmorskou výškou. So stúpajúcou nadmorskou výškou sa podstatne mení radiačná, termická a vodná bilancia krajiny. Okrem toho sa uplatňujú v tých istých výškach významné rozdiely medzi náveternými a záveternými svahmi, pričom do rozloženia zrážok taktiež vstupujú miestne orografické podmienky.

V poslednom období sa čoraz väčšia pozornosť venuje problematike monitoringu výskytu a intenzity sucha a jeho dopadov na lesné ekosystémy v súvislosti s výskytom niekoľkých nadpriemerne suchých období a očakávanými klimatickými zmenami. Mnoho autorov poukazuje na skutočnosť, že stres suchom a vysoké letné teploty vzduchu majú priamy vplyv na fyziologické procesy, fenológiu a v konečnom dôsledku aj na rozšírenie a celkový výskyt drevín (BENISTON, INNES 1998, KMEŤ *et al.* 2009, DITMAROVÁ *et al.* 2009).

Predpokladané zvyšovanie teploty vzduchu a v nadväznosti predlžovanie vegetačného obdobia z pohľadu možného vývoja klímy môžu mať za následok zvyšovanie potenciálnej evapotranspirácie, čo súvisí nielen so zvyšujúcimi sa hodnotami energetickej bilancie aktívneho povrchu, ale aj predlžovaním vegetačného obdobia. Z hľadiska ekosystémov v klimatických podmienkach Slovenska je táto skutočnosť závažná, pretože vysušenie prostredia nadmerným výparom nastane pravdepodobne v skorších mesiacoch roka, nakoľko zrážkové scenáre predpokladajú v druhej polovici vegetačného obdobia zrážkové úhrny nižšie ako tomu bolo v minulosti. To na väčšine území Slovenska v nadmorskej výške do 400 m n. m. spôsobí nedostatok vody v pôdnom profile pôd z nízkou hladinou podzemných vôd a teda silne závislých od atmosférických zrážok (ŠÍŠKA *et al.* 2005).

Existuje množstvo metód a indexov pre hodnotenie vlhkostných podmienok a sucha. Vhodným a vo svete často používaným ukazovateľom vlhkostných pomerov, pre stanovenie aridnosti, resp. humidnosti krajiny je klimatická vodná bilancia (BAUMGARTNER 1990). Z bilančných metód sa u nás pre vyjadrenie charakteru klímy najčastejšie používajú klimadiagramy podľa WALTERA a LIETHA (1960) v pôvodnej alebo modifikovanej forme (MINĐÁŠ, ŠKVARENINA 2010). V súčasnosti sa vo svete, ale aj u nás kladie čoraz väčší dôraz na vývoj a používanie komplexnejších ukazovateľov výskytu a intenzity sucha hodnotiacich meniace sa podmienky aj v kratších časových intervaloch (týždne, dni). Medzi staršie, no zároveň najpoužívanejšie, patrí Palmerov index závažnosti sucha (Palmer's Drought Severity Index – PDSI), Crop Moisture Index – CMI alebo novší štandardizovaný zrážkový index (Standardized Precipitation Index – SPI) (STŘELCOVÁ, KMEŤ *et al.* 2011).

Cieľom našej práce je zhodnotenie vývoja meteorologických podmienok so zameraním na vlhkostné pomery vo vybraných lesných vegetačných stupňoch v oblasti Zvolenskej kotliny v priebehu troch meteorologicky odlišných teplých polrokov 2009, 2010 a 2011. Pre posúdenie vlhkových pomerov v rôznych lesných vegetačných stupňoch sme použili hodnoty potenciálnej evapotranspirácie vypočítanej podľa Penman-Monteitha (MONTEITH 1965) a klimatický ukazovateľ zavlaženia.

2 CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA A METODIKA MERANIA

2.1 Charakteristika skúmaného územia – Zvolenská kotlina

Zvolenská kotlina je intermontánný krajinný celok v oblasti Slovenského stredohoria. Na západe ho ohraničujú Kremnické vrchy, na juhu Javorie, na severe Starohorské vrchy, na severovýchode Horehronské podolie, na východe Poľana a Veporské vrchy. Na základe nadmorskej výšky Zvolenská kotlina patrí ku kotlinám strednej výškovej úrovne, čo znamená, že len malými plochami klesá pod 300 m n.m. alebo presahuje nad 500

m n. m. (SEKO 2009). Klimatické pomery Zvolenskej kotliny určuje predovšetkým jeho geografická poloha. Podľa klimaticko-geologickej regionalizácie Slovenska toto územie patrí do oblasti teplej kotlinovej klímy, mierne suchej až vlhkej. Priestorová diferenciácia zrážok vo Zvolenskej kotline je ovplyvnená jeho polohou, morfografiou a konfiguráciou okolitých pohorí. Prejavuje sa tu koncentrická zonalita zrážok. Teploty sa pohybujú v januári do -3 až -5 °C, v júli $18,5$ až 20 °C. Počet letných dní býva medzi 40–50, počet dní so snehovou pokrývkou je 50–70. Zvolenskú kotlinu môžeme zaradiť medzi veľmi inverzné oblasti Slovenska (LAPIN, TEKUŠOVÁ 2002). Je to podmienené uzavretou centrálnou polohou kotliny vo Vnútrotných Západných Karpatoch (MAZÚR, LUKNIŠ 1980) a výskytom okolitých pohorí takmer v celom horizonte kotliny. Celá Zvolenská kotlina je síce typická aj miestnymi vetrami, no vysokým percentom bezveterných dní patrí k najmenej veterným krajom Slovenska. Prevládajúce západné a severozápadné prúdenie je zoslabované súvislou bariérou Kremnických vrchov, Starohorských vrchov a Veľkej Fatry. Vplyv južných a juhozápadných prúdení zoslabujú Štiavnické vrchy, Javorie a Ostrôžky. Menej často vyskytujúca sa východná zložka prúdenia je ovplyvňovaná Veporskými vrchmi a Poľanou. Severná zložka prúdenia je zoslabovaná Veľkou Fatrou, Starohorskými vrchmi a Nízkymi Tatrami. Výsledkom je uzavretosť kotliny, s výnimkou severnej a južnej časti východného kvadrantu, odkiaľ, vzhľadom na všeobecnú cirkuláciu atmosféry v strednej Európe, je prúdenie vzduchu zriedkavejšie (POLČÁK 2008). Vo Zvolenskej kotline prevláda vietor severný s priemernou rýchlosťou $3,4 \text{ m.s}^{-1}$, v doline Slatina je prevládajúci smer vetra severozápadný s priemernou rýchlosťou 4 m.s^{-1} . Celá kotlina má najväčší počet hmľistých dní v roku, v priemere je to 80–100 dní.

Predmetom hodnotenia boli údaje zisťované na meteorologických staniciach nachádzajúcich sa na území Zvolenskej kotliny, v rôznych nadmorských výškach zastupujúcich rôzne lesné vegetačné stupne. Charakteristiku meteorologických staníc uvádzame v tabuľke 1.

Tab. 1 Charakteristika regionálnych klimatických staníc TUZVO

Tab. 1 Characteristics of regional climatic stations TUZVO

Charakteristika	Borová hora	Kráľová	Predná Poľana
Zemepisné súradnice	N48°36' E19°08'	N48°51' E19°18'	N48°37' E19°28'
Nadmorská výška	350 m n. m.	785 m n. m.	1264 m n. m.
Expozícia	juhozápadná	severná až plató	južná
Sklon	5–10 %	1–3 %	15–25 %
Priem. roč. teplota vzduchu (1961–1990)	8,2 °C	6,5 °C	3,7 °C
Priem. teplota vzduchu za teplý polr. (IV.–IX.)	14,7 °C	12,9 °C	9,6 °C
Priem. roč. úhrn zrážok (1961–1990)	757 mm	786 mm	1069 mm
Priem. úhrn zrážok za teplý polr. (IV.–IX.)	428 mm	459 mm	609 mm
Priem. roč. relatívna vlhkosť vzduchu	76 %	74 %	79 %

Tab. 1 Pokračovanie
Tab. 1 Continued

Charakteristika	Borová hora	Kráľová	Predná Poľana
Klimatická oblasť-okrsok	teplý, mierne vlhký, s chladnou zimou	teplý, mierne vlhký, s chladnou zimou	chladná, chladný – horský
Geologické podložie	andezitový tuf a travertíny	andezity	vulkanity
Pôdne pomery	pararendziny, kambizeme, fluvizeme	kambizeme	andozeme
Lesný vegetačný stupeň	2. bukovo-dubový	4. bukový	7. smrekový

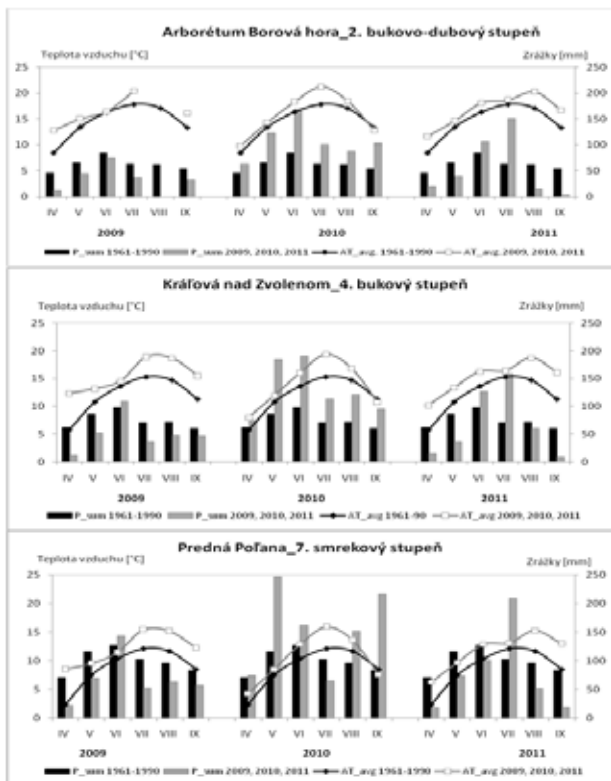
2.2 Metodika merania

Meranie meteorologických prvkov prebieha na regionálnych meteorologických staniách, ktoré sa nachádzajú v rôznych nadmorských výškach v lesných oblastiach Zvolenskej kotliny. V príspevku sme vyhodnocovali merané meteorologické prvky: teplota vzduchu (AT), zrážky (P) a relatívna vlhkosť vzduchu (RAH). Na meranie sa používa digitálna meteorologická stanica výrobcu EMS Brno (www.emsbrno.cz) s automatizovaným ukladaním a s on-line prenosom dát na internetovú stránku TUZVO (www.tuzvo.sk). Z nameraných meteorologických údajov boli spracované klimatické charakteristiky, porovnávané s dlhodobými priemermi za roky 1961–1990. Zamerali sme sa aj na vyhodnotenie ďalších parametrov: sýtočný doplnok (VPD) a 5-, 10- a 15-dňové suché (bez zrážkové) periód. Pre posúdenie vlhkových pomerov sme pre meteorologické stanice použili hodnoty potenciálnej evapotranspirácie vypočítanej podľa Penman-Monteitha (MONTEITH 1965) a klimatický ukazovateľ zavláženia počítaný ako rozdiel potenciálnej evapotranspirácie a zrážok ($K = E_o - P$). Výsledky sme vyhodnotili pre teplé polroky 2009, 2010 a 2011.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Sledované teplé polroky 2009, 2010 a 2011 boli teplotne a najmä zrážkovo diferencované, a to nielen medzi polrokmi, ale aj v rámci teplých polrokov. Výsledky pozorovania teploty vzduchu vo vegetačných obdobiach 2009–2011 poukazujú na jej vzrast v porovnaní s dlhodobým normálom rokov 1961–1990. Vo všetkých mesiacoch s výnimkou septembra 2010 sme zaznamenali kladné odchýlky teploty vzduchu od dlhodobého normálu. Sledované teplé polroky je možné v porovnaní s dlhodobým normálom charakterizovať ako teplotne silne nadnormálne na všetkých troch sledovaných staniách (Obr. 1).

Podstatne výraznejšie rozdiely ako v teplotných pomeroch boli medzi sledovanými rokmi 2009, 2010 a 2011 zistené vo vlhkočných parametroch, čo potvrdilo aj testovanie rozdielov nameraných denných hodnôt (Tab. 2).



Obr. 1 Porovnanie teploty vzduchu a zrážok za roky 2009–2011 s dlhodobým priemerom za roky 1961–1990 pre stanice Borová hora, Kráľová nad Zvolenom a Predná Poľana
 Fig. 1 Comparison of air temperature and precipitation on the years 2009–2011 with long-term average of 1961–1990 period for the stations Borová hora, Kráľová nad Zvolenom and Predná Poľana

Porovnanie zrážok, relatívnej vlhkosti vzduchu, sýtosťného doplnku a výskytu 5-, 10- a 15-dňových suchých (bezzrážkové) období na vybraných meteorologických staniach Zvolenskej kotliny v teplých polrokoch 2009, 2010 a 2011 je znázornené na obrázkoch 2, 3 a 4. Teplé polrok 2009 a 2011 boli s hľadiska vlhkostných pomerov veľmi podobné, ale výrazne sa líšili od hodnôt nameraných v teplom polroku 2010. Sledovaný polrok 2009 je možné v porovnaní s dlhodobým normálom charakterizovať ako zrážkovo silne podnormálny až suchý s prevahou mesiacov s hodnotami pod dlhodobým normálom. Naopak teplý polrok 2010 bol zrážkovo mimoriadne nadnormálny. Už na začiatku augusta dosiahli úhrny zrážok hodnoty, ktoré prislúchajú ročným normálom zrážok. Teplý polrok 2011 bol zrážkovo výrazne diferencovaný. Jarné a najmä jesenné mesiace sa prejavili ako zrážkovo mimoriadne podpriemerné a naopak letné mesiace júl a august ako mimoriadne

nadpriemerné. Tento fakt potvrdzuje aj výskyt 10-dňových bezzrážkových períód najmä v jesennom období roku 2009 a 10- a 15-dňových bezzrážkových períód v jesennom období roku 2011. Hoci bol rok 2010 nadpriemerne daždivý, bol v priemere teplejší ako iné daždivé roky, ako uvádza tiež PECHO *et al.* (2010). Pri hodnotení početnosti bezzrážkových períód pre jednotlivé stanice môžeme poukázať na fakt, že okrem výdatnosti zrážok bol teplý polrok 2010 aj výrazne daždivý z pohľadu počtu dní so zrážkami (pršalo v priemere každý druhý deň).

Tab. 2 Testovanie rozdielov meteorologických prvkov medzi rokmi 2009–2011 na stanici Arborétum Borová hora (t – testovacia charakteristika, p – hladina významnosti, sv – stupeň voľnosti)

Tab. 2 Test of differences of meteorological parameters between the years 2009 to 2011 on Arborétum Borová hora station (t – test characteristics, p – significance level, sv – degrees of freedom)

roky	2009 vs. 2010		2009 vs. 2011		2010 vs. 2011	
N = 183/sv = 182	t	p	t	p	t	p
AT	1,079	0,281	–0,815	0,416	–1,793	0,074
RAH	–8,049	0,000	–0,537	0,001	5,408	0,000
P	–3,548	0,000	–0,841	0,401	2,470	0,014
VPD	6,648	0,000	2,377	0,018	–4,709	0,000
PET	3,755	0,000	1,287	0,199	–2,815	0,005

Vysvetlivky:

$p > 0,05$ – rozdiel je štatisticky významný na hladine významnosti 5 %

$p > 0,01$ – rozdiel je štatisticky významný na hladine významnosti 5 %

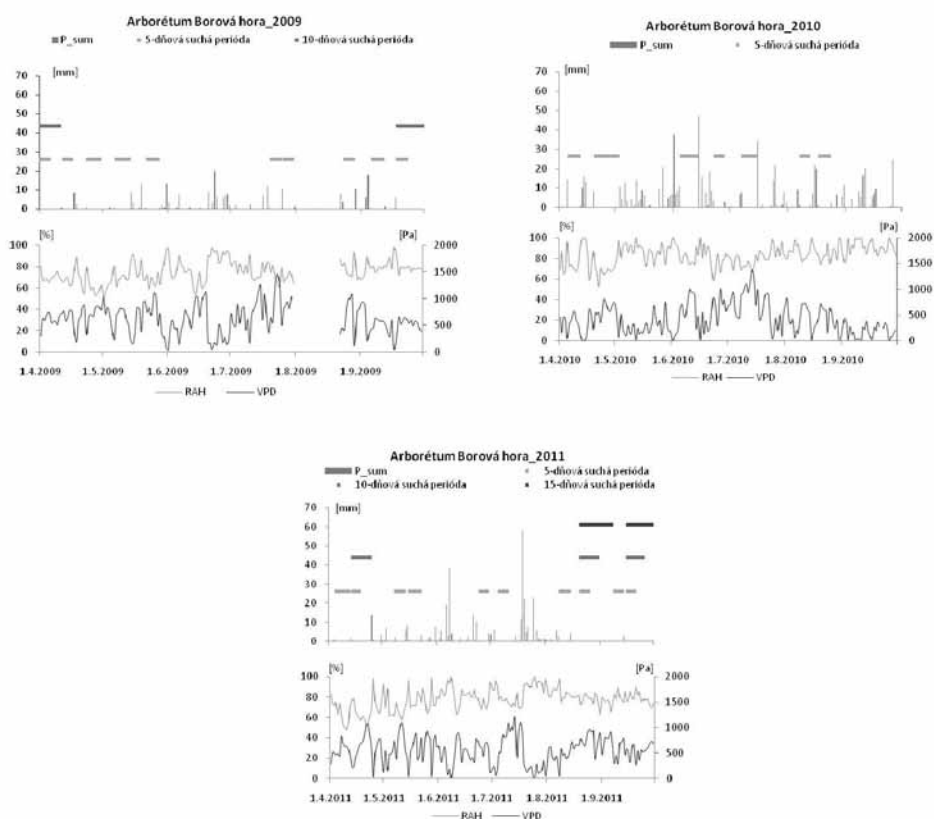
$p > 0,001$ – rozdiel je štatisticky významný na hladine významnosti 1 %

Ďalším meteorologickým prvkom, ktorý bol na staniách monitorovaný a úzko súvisiaci s vývojom teploty vzduchu je relatívna vlhkosť vzduchu (RAH) vyjadrená v percentách. V hodnotách relatívnej vlhkosti vzduchu ako aj sýtostného doplnku sme zaznamenali väčšie rozdiely medzi sledovanými rokmi ako medzi stanicami.

Ďalším cieľom práce bolo posúdenie arídnej, resp. humídnej klímy v príslušných lesných vegetačných stupňoch. V starších prácach sa za humídne považovali oblasti s vysokými úhrnmi zrážok bez zohľadnenia výdajových položiek vodnej bilancie. V súčasnosti v klimatológii používame viacero kritérií na posudzovanie aridnosti (humidnosti): rozdiel medzi skutočnou a potenciálnou evapotranspiráciou (TOMLAIN 1997), porovnávanie energie z radiačnej bilancie a úhrnov zrážok (radiačný index sucha) (TOMLAIN 2000) alebo rozdiel medzi potenciálnou evapotranspiráciou a úhrnom zrážok (klimatický ukazovateľ

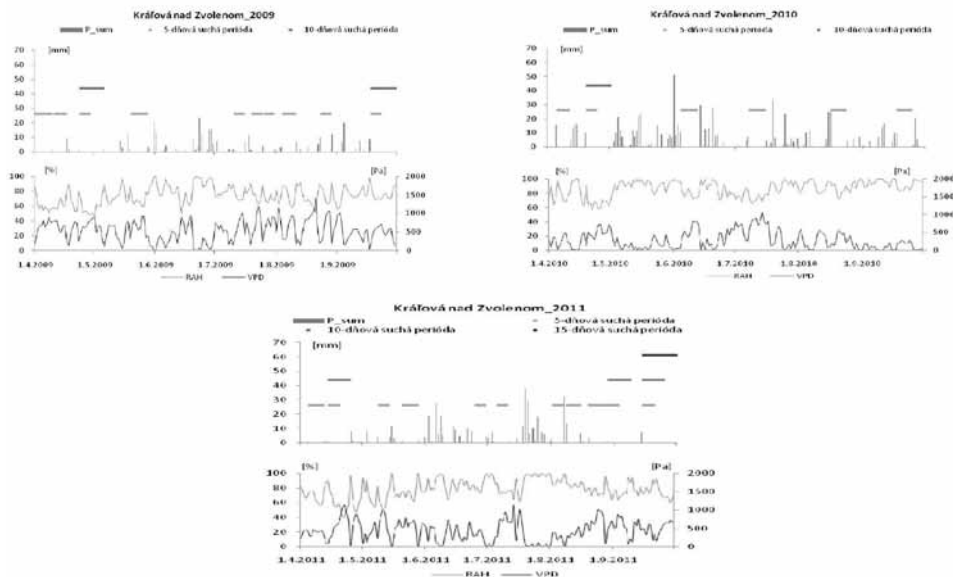
zavlaženia) (KURPELOVÁ *et al.* 1975) a pod. ŠPÁNIK *et al.* 1998 hodnotí klímu ako arídnu ak potenciálna evapotranspirácia prevláda nad zrážkami (humídna opačne).

Na obr. 5 môžeme pozorovať výrazné rozdiely v hodnotách klimatického ukazovateľa zavlaženia medzi sledovanými vegetačnými obdobiami. Vo vegetačnom období 2010 sme zaznamenali prevažne záporné hodnoty, a naopak vo vegetačných obdobiach 2009 a 2011 iba kladné hodnoty s výnimkou mesiaca júl roku 2011, kedy úhrn zrážok prevýšil hodnotu potenciálnej evapotranspirácie. Taktiež vidíme, že nárastom nadmorskej výšky úhrn zrážok narastá a zmenšujú sa hodnoty radiačnej bilancie. Preto sa hodnoty klimatického ukazovateľa zavlaženia zmenšujú (Obr. 5).



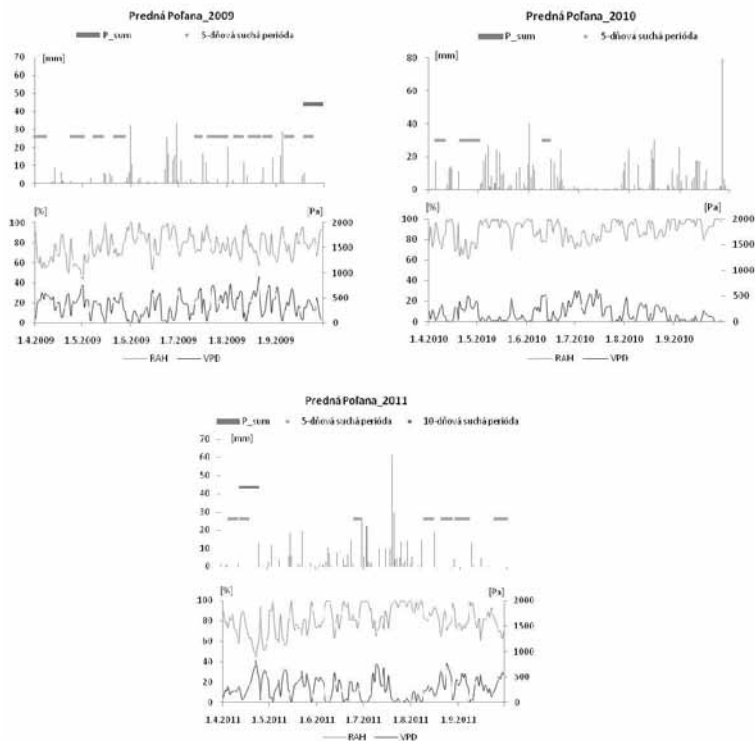
Obr. 2 Denné úhrny zrážok, relatívnej vlhkosti vzduchu, sýtosťného doplnku a 5-, 10- a 15-dňové suché (bezzrážkové) periódy na meteorologickej stanici Arboretum Borová hora (2. lvs) v teplých polrokoch 2009, 2010 a 2011

Fig. 2 Daily precipitation, relative air humidity, vapor deficit and 5-, 10-, 15-daily drought (rainless) periods at the meteorological station Arboretum Borová hora (2th forest altitudinal zone) in the warm half-years 2009, 2010 and 2011



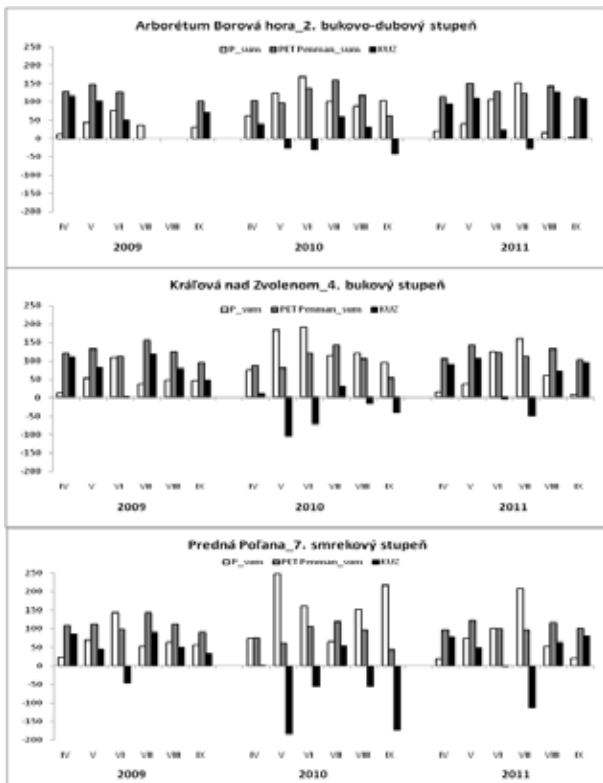
Obr. 3 Denné úhrny zrážok, relatívnej vlhkosti vzduchu, sýtosťného doplnku a 5-, 10- a 15- dňové suché (bezzrážkové) periódy na meteorologickej stanici Kráľová nad Zvolenom (4. lvs) v teplých polrokoch 2009, 2010 a 2011

Fig. 3 Daily precipitation, relative air humidity, vapor deficit and 5-, 10-, 15-daily drought (rainless) periods at the meteorological station Kráľová nad Zvolenom (4th forest altitudinal zone) in the warm half-years 2009, 2010 and 2011



Obr. 4 Denné úhrny zrážok, relatívnej vlhkosti vzduchu, sýtosťného doplnku a 5-, 10- a 15- dňové suché (bezzrážkové) periódy na meteorologickej stanici Predná Poľana (7. lvs) v teplých polrokoch 2009, 2010 a 2011

Fig. 4 Daily precipitation, relative air humidity, vapor deficit and 5-, 10-, 15-daily drought (rainless) periods at the meteorological station Predná Poľana (7th forest altitudinal zone) in the warm half-years 2009, 2010 and 2011



Obr. 5 Mesačné úhrny zrážok, potenciálnej evapotranspirácie a klimatického ukazovateľa zavlaženia na meteorologických staniciach Borová hora, Kráľová nad Zvolenom a Predná Poľana

Fig. 5 Monthly precipitation totals, potential avapotranspiration and climatic indicator of irrigation at the meteorological stations Borová hora, Kráľová nad Zvolenom and Predná Poľana in the years 2009–2011

4 ZÁVER

Predpokladané dopady klimatických zmien sú spojené hlavne s extrémami teploty vzduchu a úbytkom dostupnosti vody v priebehu vegetačného obdobia a s výskytom škodlivých poveternostných javov, medzi ktoré patria okrem iného aj dlhé periódys sucha (LAPIN, SZEMESOVÁ 2009). Opačným extrémom sú naopak vysoko nadnormálne úhrny zrážok. V ročnom režime zrážok sa okrem sezónnych trendov stále viac prejavuje nevyváženosť v striedaní období s nedostatkom zrážok s obdobiami s ich prebytkom. Aj výsledky predkladaného príspevku potvrdzujú vysokú extrémnosť nielen teploty vzduchu,

ale najmä rozsah atmosférických zrážok, ktoré výrazne postihli rozsiahle oblasti Slovenska v jarnom období roku 2010. Naopak v rokoch 2009 a 2011 sme zaznamenali zvýšený výskyt suchých (bezzrážkových) období v jarnom a jesennom období.

Veľká pozornosť je venovaná predpovedaniu dopadov klimatických zmien na lesné porasty. Stúpajúca frekvencia a intenzita klimatických extrémov je zrejmá zo stúpajúcich škôd zaznamenávaných na lesných ekosystémoch.

Predpokladaný častejší výskyt extrémnych javov sa v posledných rokoch potvrdil, a je možné ho očakávať aj v nasledujúcich rokoch.

PodĎakovanie

„Táto štúdia/publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

Literatúra

- BAUMGARTNER (eds.), 1990: Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie. Gebrüder Borntraeger, Berlin – Stuttgart: 650 s.
- BENISTON, M., INNES, J.L. (eds.), 1998: The impacts of climate variability on forests. Lectures Notes in Earth Sciences 74, Springer-Verlag, Berlin.
- DITMAROVÁ, L., KURJAK, D., PALMROTH, S., KMEŤ, J., STŘELCOVÁ, K., 2009: Physiological responses of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings to drought stress. *Tree Physiology* 30: 205–213
- DORE, M.D.H.I., 2005: Climate Change and Changes in Global Precipitation Patterns: What Do We Know? *Environment International* 31 (8), 1167–1181
- FISHER, E.M., SENEVIRATNE, S.I., VIDAŁE, P.L., LUTHI, D., SCHÄR, C., 2007: Soil Moisture – Atmosphere Interactions during the 2003 European Summer Heat Wave. *Journal of Climate* 20: 5081–5099
- KMEŤ, J., DITMAROVÁ, L., KURJAK, D., 2009: Fyziologicko-biochemické parametre ako možné bioindikátory stresu zo sucha. *Acta facultatis forestalis* 51 (3): 67–76
- KURPELOVÁ, M., COUFAL, J., ČULÍK, K., 1975: Agroklimatické podmienky ČSSR, Bratislava: 266 s.
- LAPIN, M., SZEMESOVÁ, J., 2009: Review of climate change and GHGs inventory in Slovakia. *Meteorologický časopis*, 12: 151–155
- LAPIN, M., TEKUŠOVÁ, M., 2002: Rýchlosť a smer vetra a inverznosť územia. In: Atlas krajiny SR. 1. vyd., Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenská agentúra životného prostredia, Bratislava, Banská Bystrica: 100 s.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M., 1980: Mapa geomorfologických jednotiek. In: Mazúr, E., (ed.): Atlas SSR, SAV SÚGK, Bratislava: 54–55
- MINDÁŠ J., ŠKVARENINA J. (eds.), 2010: Lesy Slovenska a voda. EFRA Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, Stredoeurópska vysoká škola v Skalici: 129 s.
- MONTEITH, J. L., 1965: Evaporation and environment. Symposium of Society of Experimental Biology 19: 205–234
- PECHO, J., FAŠKO, P., AČ, A., LAPIN, M., 2009: Extrémne príválové zrážky a povodne [online]. Quark. sk, august 2009, [cit. 2012-05-04].
- PECHO, J., MATEJOVIČ, P., FAŠKO, P., 2010: December 2010 bol na Slovensku studený, rok 2010 naopak teplotne nadnormálny [online], <http://www.shmu.sk>, cit. [5. 4. 2012]
- POLČÁK, N., 2008: Vplyv geografickej polohy na teplotné inverzie vo Zvolenskej kotline. In: Turisová, I., Martincová, E., Bačkor, P., (eds): Výskum a manažment zachovania prírodných hodnôt Zvolenskej kotliny. FPV UMB Banská Bystrica, ÚVV UMB Banská Bystrica, NLC-LVÚ Zvolen: 190–197

- SEKO, L., 2009: Životné prostredie a veda: 14–15. Dostupné z internetu: www.cdvuk.sk/blade/files/UTV/utv_prostredie_a_veda.doc
- STŘELCOVÁ, K., KMEŤ, J., KURJAK, D., SITKOVÁ, Z., LEŠTIANSKA, A., KOVALČÍKOVÁ, D., 2011: Dopady sucha na lesné porasty: Teoretické východiská. In: Střelcová, K., Sitková, Z., Kurjak, D., Kmeť, J. (eds.): Stres suchom a lesné porasty. Aktuálny stav výsledky výskumu. Technická univerzita vo Zvolene, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Ústav ekológie lesa SAV vo Zvolene. Zvolen 2011: 266 s.
- ŠÍŠKA, B., ŠPÁNIK, F., IGAZ, D., 2005: Zmeny evapotranspirácie vo výškovom profile Slovenska z pohľadu možného vývoja klímy. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Bioklimatologie současnosti a budoucnosti“, Křtiny 12. – 14. 9. 2005,
- ŠPÁNIK, F., ANTAL, J., TOMLAIN, J., ŠKVARENINOVÁ, J., REPA, Š., ŠÍŠKA, B., MALIŠ, J., 1998: Aplikovaná biometeorológia. Vydavateľstvo Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre: 194 s.
- TOMLAIN, J., 1997: Modelový výpočet dôsledkov očakávanej zmeny klímy na obsah vody v pôde na Slovensku. In: Národný klimatický program č. 7, Ministerstvo životného prostredia SR, SHMÚ, Bratislava: 68–83
- TOMLAIN, J., 2000: Evapotranspirácia z rôznych povrchov na Východoslovenskej nížine vo svetle klimatickej zmeny. In: Bioklimatológia a životné prostredie, XIII. Bioklimatologická konferencia SBkS a ČBkS, 12.–14. septembra, Košice: 7 s.
- WALTER, H., LIETH H., 1960: Klimadiagramm-Weltatlas, Fischer Verlag Jena
-

Adresa autorov:

Ing. Adriana Leštianska, PhD.

Doc. Ing. Katarína Střelcová, PhD.

Katedra prírodného prostredia

Lesnícka fakulta TU vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

SR

e-mail: adriana.lestianska@tuzvo.sk

strelcova@tuzvo.sk

Vlhkostné pomery vybraných lesných vegetačných stupňov oblasti Zvolenskej kotliny v priebehu meteorologicky odlišných vegetačných období

Abstrakt

V príspevku sa zaoberáme vyhodnotením klimatických charakteristík nameraných na regionálnych meteorologických stanicích TUZVO, ktoré sú umiestnené v podhorských a horských oblastiach Zvolenskej kotliny v rôznych nadmorských výškach reprezentujúcich rôzne lesné vegetačné stupne. Pre uskutočnenie tejto analýzy sme použili meteorologické údaje z troch staníc Arborétum Borová hora (2. lvs), Kráľová nad Zvolenom (4. lvs) a Predná Poľana (7. lvs). Podrobnejšie sme sa zamerali na vyhodnotenie meteorologickej situácie počas troch vegetačných období rokov 2009, 2010 a 2011, ktoré boli meteorologicky výrazne odlišné. Pre posúdenie vlahových pomerov sme pre meteorologické stanice použili hodnoty potenciálnej evapotranspirácie a klimatického ukazovateľa zavlaženia.

Kľúčové slová: zrážky, potenciálna evapotranspirácia, regionálne meteorologické stanice, lesné vegetačné stupne

HODNOTENIE POŠKODENIA OSTÁVAJÚCEHO PORASTU PO PRÁCI HARVESTERA KAISER S2 V HORSKOM TERÉNE

Jozef S L U G E Ň – Martin J A N K O V S K Ý

Slugeň, J., Jankovský, M.: The evaluation of damage to the remaining stand after the operation of a Kaiser S2 harvester in mountain terrain. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 99–112, 2012.

This paper deals with evaluating the damage of the remaining stand and stand soil by a Kaiser S2 harvester in mountain terrains. The harvester was used in bark beetle calamity and secondary felling in mixed forest (spruce, fir, beech) stand with average incline of 70%. To stabilize itself in these extreme conditions, the machine used two supporting bases while operating in the stand. Our aim was to determine the damage to the trees, underwood and stand soil. The resulting damage of remaining stand was 6%, which is, considering the demanding terrain conditions and in comparison with the outcomes of other research, a relatively acceptable value. Damage to the underwood was not found, due to its insufficient height and low representation. Measurements of damage to the soil by its compression indicated that the heaviest damage was under the supporting bases, where a heavy surface damage was found by creation of holes up to 15 cm deep. This type of damage is not dangerous, because it does not create a continuous track dangerous in storm rainfall and subsequent soil erosion. Soil compression in the track and on unimpaired soil reached lower levels. All of the measurements of compression by static penetration were carried out only to the depth of 15 cm due to high soil skeleton. This also negatively affected the measurements, which had to be repeated in many cases.

Key words: damage to the soil, Kaiser S2 harvester, soil compression, static penetration

ÚVOD

V horských oblastiach Slovenska momentálne pretrváva významný spoločenský problém, a to hromadné hynutie smrečín. Smrekové porasty sú najčastejšie prvotne poškodené abiotickými a následne druhotne biotickými škodcami. Z významných biotických škodlivých činiteľov sem patrí vo výraznej miere podkôrny hmyz. Hlavné odumreté a relatívne osamotené zhluky a skupinky smrekov s menšou plošnou výmerou je neekonomické a neefektívne sústreďovať pomocou lanových systémov, ktoré sú pre takéto použitie nerentabilné. Výhodné sa ukazujú viacoperačné technológie na báze harvesterov a forwarderov alebo ich kombinácie s inými technológiami. Väčšina harvesterov je konštruovaná na kolesovom podvozku, ktorý je ale v štandardnom prevedení nevhodný do horských oblastí. Vhodnejšie sú pásové stroje alebo harvestery s kombinovaným podvozkom.

Tieto sú schopné prekonávať veľké terénne nerovnosti, extrémne prekážky alebo strže. Dovoľuje im to ich špeciálna konštrukcia s vertikálne a horizontálne výkyvnými ramenami zakončenými kolesami a stabilizačnými pätkami. Prekonávajú aj svahy so sklonom väčším ako 100 % a v porovnaní s inými technológiami sa tieto stroje vyznačujú nízkou hmotnosťou.

Každá ťažbová technológia však zanecháva pri svojej práci v poraste aj negatívne znaky poškodenia. Pri výbere konkrétnej technológie musíme najviac brať do úvahy jej environmentálne aspekty preto, lebo výber ťažbovej technológie má veľký vplyv na poškodenie ostávajúceho porastu a porastovej pôdy. Hlavne poškodenie na ostávajúcom poraste, ako je oder koreňových nábehov a spodnej časti kmeňa, môže spôsobiť infekciu drevokaznými hubami a tým vznik hniloby, čo má za následok zníženie kvality drevnej hmoty. Pri poškodení pôdy sa prihliada hlavne na jej zhutnenie, čím dôjde k zníženiu kapilárnej schopnosti, z čoho vyplýva hrozba následného vzniku vodnej erózie vo vzniknutých koľajach, ak technológia bola aplikovaná na svahoch.

Cieľom práce bolo zistiť poškodenie ostávajúceho porastu a porastovej pôdy pri práci harvesteru Kaiser S2 v horských podmienkach.

MATERIÁL A METODIKA

Vlastné merania poškodenia porastovej pôdy a ostávajúceho porastu sa vykonávali v LHC Demänová v poraste číslo 819. Tento porast bol najskôr poškodený vetrovou kalamitou a následne podkôrnym hmyzom. Najčastejšie poškodenou drevinou bol smrek. Pri spracovaní sa využívala kombinovaná technológia harvesteru Kaiser S2, prenosnej reťazovej pily (PRP) a lesníckeho kolesového ťahača LKT 81T s použitím metódy surových kmeňov. Meranie poškodenia sa vykonávalo iba po harvesteri, meranie poškodenia



Obr. 1 Harvester Kaiser S2 pri práci

Fig. 1 Harvester Kaiser S2 in operation

po sústreďovaní surových kmeňov LKT nebolo cieľom práce. Harvester (obr. 1) spracovával kalamitu a v nepoškodenej časti porastu vykonával presvetľovací rub. Hmotnosť harvesteru bola 9980 kg, výkon motora 116,9 kW, pneumatiky 600/50-22.5, harvesterová hlavica WOODY 50 a dosah hydraulického žeriava 8,5 metra.

Výskumné plochy

Výskumné plochy na zisťovanie poškodenia pôdy sa zakladali tak, aby boli na nich viditeľné a tým aj merateľné znaky poškodenia. Volili sme ich podľa toho, aby zahŕňali koľaj aj podperu stroja. Dokopy sme na ploche založili 4 výskumné plochy s rozmerom 20 × 20 m na zisťovanie poškodenia pôdy (upravená Nemecká metóda podľa ULRICHA 2001). Výskumná plocha pre zisťovanie poškodenia ostávajúceho porastu bola tvorená transektom vytvoreným okolo približovacej cesty na obe strany v dosahu (8,5 m) hydraulického žeriava (HŽ) stroja.

Taxačné charakteristiky porastu 819 (tab. 1, 2)

Dvojetážový porast SV expozície mal priemerný sklon svahu 70 %, vek I. etáže 105 rokov, II. etáže 70 rokov, pôda bola miestami skalnatá, pomiestne sa vyskytovali bralá, terénny typ 10.

Tab. 1 Taxačné charakteristiky 1. etáže porastu

Table 1 Taxation characteristics 1. etage stand

Drevina	Zastúpenie	Výška (m)	Hrúbka (cm)	Objem (m ³)	Bonita	Zásoba (m ³ .ha ⁻¹)	Zásoba celkom (m ³)
SM	45	27	35	1,05	26	135	557
JD	35	26	36	1,44	26	105	433
BK	20	17	35	0,77	16	30	124

Tab. 2 Taxačné charakteristiky 2. etáže porastu

Table 2 Taxation characteristics 2. etage stand

Drevina	Zastúpenie	Výška (m)	Hrúbka (cm)	Objem (m ³)	Bonita	Zásoba (m ³ .ha ⁻¹)	Zásoba celkom (m ³)
SM	50	18	27	0,41	24	173	1 072
JD	30	15	25	0,34	20	73	454
BK	20	18	28	0,48	24	68	423

Zisťovanie poškodenia ostávajúceho porastu a podrastu

Poranenie stromov a podrastu sa zisťovalo po ukončení práce harvestera. Na ploche sa pred prácou nevykonávali žiadne merania. V poraste sa zaznamenával podiel poranených stromov, veľkosť jednotlivých rán (MENG 1978), ich poloha na kmeni, intenzita (BUTORA – SCHWAGER 1989) a počet poškodených stromov podrastu.

Zisťovanie poškodenia porastovej pôdy

Poškodenie pôdy sme zisťovali pomocou Mc Mahonovej metódy (1995) a meraním penetračného odporu metódou statickej penetrácie. Statická penetrácia je jedna

z mnohých praktických metód pre zisťovanie technických vlastností zemín a na základe jej výsledkov je možné odvodiť zhutnenie pôdy a kontrolovať jej regeneráciu v nasledujúcich rokoch. Metóda vychádza z korelácie medzi mechanicko-fyzikálnymi vlastnosťami pôdy a penetračným odporom. V našom prípade bol použitý prístroj „06.15 Penetrologer Set“ od firmy EIJKELKAMP s kužeľom s plochou 1cm^2 a uhlom 60° (obr. 2). Súčasťou tohto zariadenia je vlhkomer ThetaProbe, ktorým sa zaznamenávala vlhkosť v hĺbke do 6 cm pre jednotlivé merania (obr. 3), ale aj dorazová dosťička, ktorá sa vodorovne položí na pôdu a cez ňu sa vpichuje rovnomernou rýchlosťou penetrometer do pôdy. Ďalej je to anténa GPS, senzor merania hĺbky vpichu a predlžovacia tyč.



Obr. 2 Meranie zhutnenia v stope
po podpere stroja
Fig. 2 Measurement of soil compression



Obr. 3 Meranie vlhkosti vlhkomerom
ThetaProbe
Fig. 3 Measurement of humidity with
ThetaProbe

Merania sa robili na nepoškodennej pôde (60 meraní), v koľaji (80 meraní) a na miestach po podpere (60 meraní). Pri jednom meraní sa evidovala séria, číslo vpichu, hodnota penetračného odporu a vlhkosť. Všetky namerané údaje boli z penetrometra stiahnuté do počítača pomocou programu Eijkelkamp PenetroViewer.

Smer pohybu stroja sme si spätne identifikovali na základe videozáznamu, ktorý slúžil aj na vyhodnotenie časovej snímky. Harvester pri pohybe po pôde nevytváral viditeľné koľaje. Viditeľné známky poškodenia pôdy (obr. 5) ostávali hlavne po podperách stroja (obr. 4). Pri nich sa okrem penetračného odporu zisťovala aj hĺbka s presnosťou na 1 cm, rozmer podpery bol $80 \times 60 \times 20$ cm.



Obr. 4 Podpera stroja
Fig. 4 The supporting base of the machine



Obr. 5 Stopa po podpere
Fig. 5 The mark left by the supporting base

VÝSLEDKY A DISKUSIA

A. Poškodenie ostávajúceho porastu a podrastu

Pri vykonávaní presvetľovacieho rubu sa stroj pohyboval už po existujúcej približovacej ceste. Harvester vytiahol z oboch strán cesty priemerne 69 stromov.ha⁻¹. Pri poškodených stromoch sme sledovali miesto poranenia na strome. Jednalo sa o poškodenie na pni s koreňovým nábehom, poškodený kmeň v rozmedzí od 0,3 do 1 m a poškodenie na kmene s výškou viac ako 1 m (tab. 3). Na týchto poškodených stromoch sme ešte zisťovali jeho veľkosť podľa hodnotenia MENGA (1978). Z celkového počtu stromov po zásahu, ktorý bol 226 ks.ha⁻¹, bolo mechanicky poškodených 14 ks.ha⁻¹, čo je v relatívnom vyjadrení 6 %. Najviac bolo poškodených stromov s veľmi malou ranou (11–50 cm²) 64 %. Pri piatich stromoch bolo poškodenie s bezvýznamnou ranou (menej ako 10 cm²) 36 % (tab. 3).

Najviac bol poškodený peň s koreňovým nábehom a kmene vo výške viac ako 1 m (43 %). Odretie kmeňa bolo spôsobené pádom splieneného stromu, v zanedbateľnej miere hydraulickým žeriavom harvestera.

Najviac poškodenou bola drevina smrek a jedľa. Z hľadiska intenzity poranenia bolo podľa klasifikácie drevo obnažené, ale nepoškodené. V rozsahu približovacej cesty a dosahu hydraulického žeriava (HŽ) harvestera sa nachádzalo aj prirodzené zmladenie prevažne jedle a smreka. Tu sledované poškodenie nebolo zistené z dôvodu malej výšky a plošne jednotlivého výskytu zmladenia.

Nami zistené poškodenie ostávajúceho porastu 6 % je v porovnaní s údajmi 9 % (SLUGEŇ 2007) a (RAAB *et al.*, 2002) menšie. Treba poznamenať, že výsledky spomínaných autorov boli spracované z väčšieho množstva porastov a harvester sa pohyboval

po vyvážacích linkách, v našom prípade po približovacej ceste, ktorá umožňovala stroju jednoduchší pohyb.

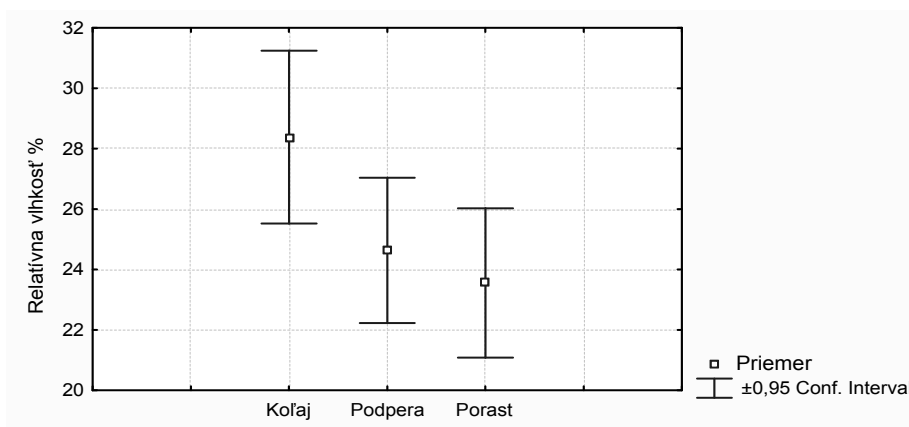
Tab. 3 Prehľad intenzity mechanického poškodenia stromov
Table 3 Review of mechanical damage intensity

Číslo porastu		819	
Vek porastu		105	
Technológia		Harvester Kaiser S2	
Priemerný sklon terénu		70 %	
Drevinové zloženie		SM, JD, BK	
Mesiac vykonávania práce		Júl	
Počet stromov	pred zásahom	ks.ha ⁻¹	295
	vyťažených	ks.ha ⁻¹	69
		%	23, 39
	ostávajúcich	ks.ha ⁻¹	226
Miesto poranenia na strome	koreň	ks (%)	1/SM (7 %)
	peň s koreňovým nábehom	ks (%)	4/JD, 2/SM (43 %)
	kmeň v rozmedzí od 0,3 – 1 m	ks (%)	1/BK (7 %)
	kmeň s výškou viac ako 1 m	ks (%)	2/JD, 1/BK, 3/SM (43 %)
Veľkosť jednotlivých rán	bezvýznamná rana (menej ako 10 cm ²)		5 ks (36 %)
	veľmi malá rana (11 až 50 cm ²)		9 ks (64 %)
	malá rana (51 až 100 cm ²)		0
	stredne veľká rana (101 až 200 cm ²)		0
	veľká rana (201 až 300 cm ²)		0
	veľmi veľká rana (300 cm ² a viac)		0
Intenzita poranenia	1. vrchná vrstva kôry poškodená		2 ks (14 %)
	2. kôra stlačená		0
	3. drevo obnažené, ale nepoškodené		11 ks (79 %)
	4. drevo obnažené, slabo poškodené		1 ks (7 %)
	5. drevo obnažené, silno poškodené		0
Podrast	počet poškodených stromov podrastu		0

B. Poškodenie porastovej pôdy

Stúpajúca vlhkosť je príčinou znižujúcej sa odolnosti pôdy proti jej stlačeniu. Čím sa v pôde nachádza viac vody, tak v závislosti od druhu pôdy je väčšinou povrch mäkši. Kritický obsah vlhkosti pôdy pre vrchné horizonty je od 39 do 49 % a od 24 do 48 %

pre spodné horizonty pôdy (RAAB *et al.*, 2002). Na obr. 6 je priemerná vlhkosť nameraná v koľaji stroja, v mieste podpery a na neporušenej pôde.



Obr. 6 Priemerná vlhkosť nameraná počas výskumu

Fig. 6 Average humidity observed during research

Hodnoty jednotlivých meraní boli spracované v programe STATISTICA Release 6. Tu bol vypočítaný a graficky znázornený priemer s 95 % intervalom spoľahlivosti. Môžeme pozorovať mierny nárast relatívnej vlhkosti pri koľaji v porovnaní s vlhkosťou pri podpere a v poraste. Relatívne vlhkosti nemajú štatisticky významný rozdiel. Priemerná vlhkosť v poraste nezasiahnutom ťažbou bola 23,55 %, v koľaji 28,38 % a pri podpere 24,63 %.

a) Poškodenie porastovej pôdy podperou stroja

Pri práci harvesteru Kaiser S2 vznikli poškodenia pôdy spôsobené podperou stroja, ktorou sa stabilizoval v teréne, v podobe jamy. Priemerná hĺbka stopy po podpere bola 15,8 cm. Z hľadiska klasifikácie intenzity mechanického poškodenia, je to pôda stredne poškodená, ktorá je hodnotená hĺbkou poškodenia 8 až 15 cm. Treba však zdôrazniť, že táto klasifikácia je vypracovaná pre poškodenie v koľaji a nie pre miestne poškodenie terénu.

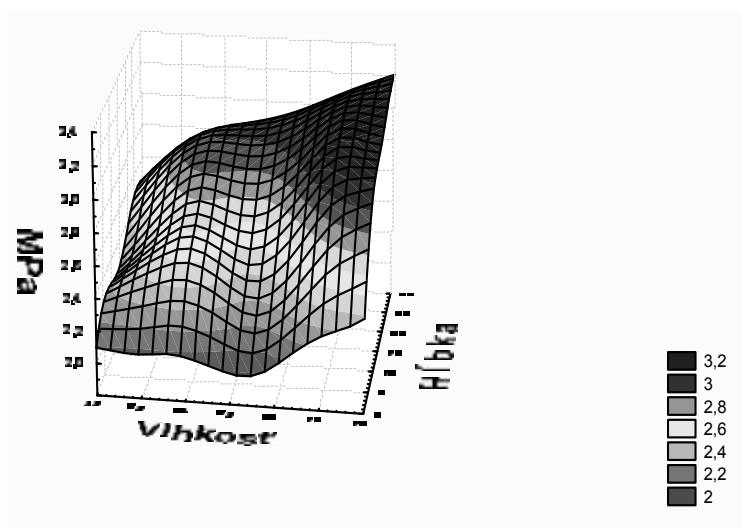
Pri spracovaní údajov získaných statickou penetráciou sme brali do úvahy pre vyhodnotenie penetračný odpor v rozsahu od 0 do 15 cm so stúpaním hodnôt po 1 cm. Ostatné namerané hodnoty buď nedosiahli alebo len málo prekročili hodnotu 15 cm. Príčinou bolo veľmi skeletnaté podložie.

Závislosť odporu pôdy od hĺbky merania a vlhkosti bola podrobená viacrozmernej regresnej a korelačnej analýze (tab. 4.), ktorá potvrdila závislosť odporu pôdy od hĺbky a vlhkosti a v tabuľke je znázornená červenou farbou. Na odpor pôdy má výraznejší vplyv hĺbka a potom vlhkosť. Hĺbka aj vlhkosť ovplyvňujú variabilitu závislého znaku, čiže odpor pôdy na úrovni 14,48 %. Čím sú hodnoty vyššie, zväčšuje sa odpor pôdy. Stredná sila závislosti bola $R = 0,38$.

Tab. 4 Viacrozmerná regresná a korelačná analýza penetračného odporu pôdy pri podpere
Table 4 Multi-variable regression and correlation analysis of penetration resistance at the supporting base

Výsledky regresie so závislou premennou: Odpor (MPa)						
R = 0,38425021 R ² = 0,14764823 Adjusted R ² = 0,14483053						
F(2,605) = 52,400 p<0,0000 Smerod. chyba odhadu: 0,54209						
Nezávislé premenné	Beta	Stredná chyba Beta	B	Stredná chyba B	t (829)	p-level
N = 608						
Absolútny člen			2,583770	0,085888	30,083080	0,000000
Hĺbka (cm)	0,332701	0,037535	0,042146	0,004769	8,837190	0,000000
Vlhkosť (%)	-0,193966	0,037535	-0,015720	0,003042	-5,167670	0,000000

Pre zistenie závislosti poškodenia porastovej pôdy podperou sme z nameraných údajov ešte vypracovali v programe Statistica aj 3D graf. Výhodou tohto grafu je, že zobrazuje závislosť hĺbky vpichu penetrometra, vlhkosti pôdy a penetračného odporu pôdy, obr. 7.



Obr. 7 Zmena penetračného odporu pri podpere závislá od hĺbky merania a vlhkosti pôdy
Fig. 7 Variance of penetration resistance at the supporting base on measurement depth and soil humidity

Na 3D grafe môžeme vidieť, že výsledky preukázali štatisticky významný vplyv všetkých hodnôt na penetračný odpor pôdy. Závislosť je viditeľná červenou farbou (tučné písmo). Zo zvyšujúcou sa hĺbkou a vlhkosťou stúpa penetračný odpor.

b) Poškodenie porastovej pôdy prejazdom stroja

Keďže stroj po sebe nezanechával viditeľné koľaje, zisťovali sme iba penetračný odpor pôdy. Namerané údaje sme podrobili viacrozmernej regresnej a korelačnej analýze (tab. 5.), ktorá potvrdila štatistickú významnosť hĺbky merania a vlhkosti na výsledný odpor pôdy. Štatisticky najvýznamnejší vplyv na odpor pôdy má hĺbka merania zvýraznená v tabuľke červenou farbou (tučné písmo).

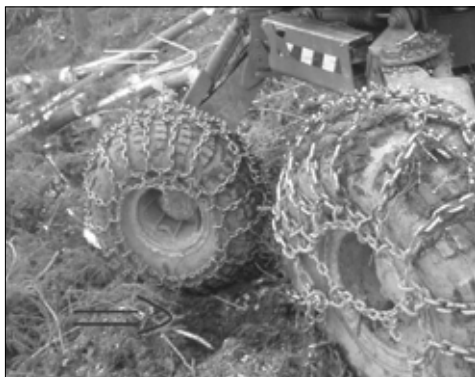
Tab. 5 Viacrozmerná regresná a korelačná analýza penetračného odporu pôdy pri koľaji
Table 5 Multi-variable regression and correlation analysis of soil penetration resistance at the track

Výsledky regresie so závislou premennou: Odpor (MPa) R = 0,34524952 R ² = 0,11919723 Adjusted R ² = 0,11707225 F(2,829) = 56,093 p<0,0000 Smerod. chyba odhadu: 0,42679						
Nezávislé premenné	Beta	Stredná chyba Beta	B	Stredná chyba B	t (829)	p-level
N = 832						
Absolútny člen			2,119012	0,050020	42,363520	0,000000
Hĺbka (cm)	0,342413	0,032596	0,033718	0,003210	10,504810	0,000000
Vlhkosť (%)	-0,044166	0,032596	-0,001970	0,001454	-1,354950	0,175804

So zvyšujúcou sa hĺbkou pôdy stúpa jej penetračný odpor. V porovnaní s inými autormi (SLUGEN 2007, FERENČÍK *et al.*, 2008, KINDERNAY 2010, DVOŘÁK 2008) by hodnoty penetračného odporu od hĺbky 15 cm rástli približne až po hĺbku vpichu 30 cm. Od tejto hodnoty väčšinou klesajú.

Jazdou harvestera Kaiser S2 pri práci došlo ešte k p miestnemu odstráneniu vrchnej humusovej vrstvy pôdy kolesami, ktoré boli opatrené protišmykovými reťazami. Keďže kolesá sú namontované na vertikálne a horizontálne výkyvných ramenách, tak pri premiestňovaní stroja po poraste sa pohybovali voči pôde natočené pod rôznym uhlom.

Na obr. 8 je žltou šípkou vyznačené natočenie ramena voči osi stroja. Pohyb takto natočených kolies oproti osi pohybu stroja po teréne by sa dal prirovnáť k činnosti lesných pôdnych fréž, ktoré slúžia na miestnu prípravu pôdy pre umelú alebo prirodzenú obnovu lesa. Na obrázku 9 a červenou šípkou na obr. 8, je znázornené miestne odstránenie vrchnej vrstvy pôdy. Odstránenie nebolo ani pri jednom prípade hlboké, a preto sme ho za poškodenie nepovažovali. Dosahovalo hĺbku max. 5 cm. Skôr je to výhodné z pestovného hľadiska ako príprava pôdy pre lepšie užímanie semien drevín z prirodzeného náletu.



Obr. 8 Natočenie kola voči osi stroja
Fig. 8 Steer angle of the wheel



Obr. 9 Pomiestne odstránenie pôdy
Fig. 9 Local damage to the soil

c) Výsledky penetračného odporu v poraste nezasiahnutom ťažbou

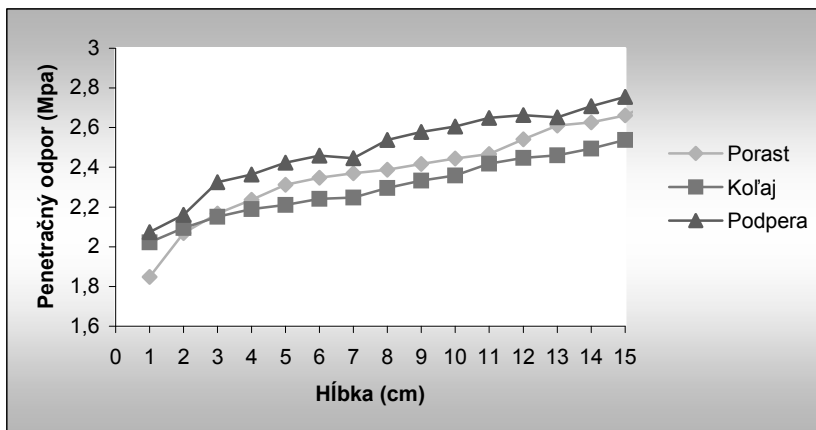
Pre účely porovnania sme urobili 3 série meraní v poraste na miestach nezasiahnutých ťažbou. Ako predchádzajúce údaje, aj tieto boli namerané v hĺbkach od 0 do 15 cm so stúpaním hodnôt po 1 cm. Závislosť penetračného odporu pôdy bola podrobená korelačnej a viacrozmernej analýze, kde všetky hodnoty ovplyvňujú variabilitu závislého znaku na úrovni 13,20 % (tab. 6). Stredná sila závislosti bola $R = 0,38$.

Tab. 6 Viacrozmerná regresná a korelačná analýza penetračného odporu pôdy v poraste
Table 6 Multi-variable regression and correlation analysis of resistance in the stand

Výsledky regresie so závislou premennou: Odpor (MPa)						
$R = 0,36745406$ $R^2 = 0,13502249$ Adjusted $R^2 = 0,13200337$						
$F(2,573) = 44,722$ $p < 0,00000$ Smerod. chyba odhadu: 0,55029						
Nezávislé premenné	Beta	Stredná chyba Beta	B	Stredná chyba B	t (829)	p-level
N = 576						
Absolútny člen			2,034269	0,086813	23,432780	0,000000
Hĺbka (cm)	0,367450	0,038853	0,047041	0,004974	9,457430	0,000000
Vlhkosť (%)	0,001714	0,038853	0,000140	0,003182	0,044110	0,964829

Porovnanie výsledkov poškodenia porastovej pôdy

Zo všetkých nameraných hodnôt pri podpere, koľaji a v poraste na nepoškodennej pôde boli vypočítané priemerné hodnoty odporu pôdy (obr. 10).



Obr. 10 Graf priemerných hodnôt penetračného odporu v poraste, koľaji a podpere
Fig. 10 Average values of penetration resistance in the stand, track and base

Rozdiel hodnôt penetračného odporu pri koľaji a v poraste je minimálny. Priemerný odpor pôdy pri koľaji bol 2,31, pri podpere 2,51 a pri poraste 2,39 MPa. Pri tomto vyhodnotení nám vyšiel priemerný penetračný odpor pri koľaji od hĺbky 3 cm menší ako odpor v ťažbou nezasiahnutom poraste. Spôsobené to môže byť skeletnatým povrchom pôdy a nižšou hmotnosťou harvesteru Kaiser S2. Zanedbateľné vytváranie koľají a malé zhutnenie pôdy možno pripísať i špecifickému spôsobu pohybu stroja po poraste, ako aj pneumatikám nenaplnenými kvapalinou. Pneumatiky je vhodné neplniť z dôvodu ich lepšej priľnavosti k terénu. Najväčšie priemerné hodnoty penetračného odporu pôdy boli pri podpere, dosiahli maximálnu hodnotu 2,8 MPa.

V porovnaní s výsledkami SLUGENA (2007), nám vyšli väčšie hodnoty penetračného odporu v koľaji aj v poraste, autor vykonával merania do hĺbky 20 cm. Penetračný odpor v poraste sa pohybuje u spomínaného autora v hĺbke 15 cm 0,67 MPa, kde v našom prípade je zistená hodnota 2,6 MPa. Pri koľaji udáva autor penetračný odpor 1,63 MPa, pri našich zisteniach bol nameraný penetračný odpor v 15 cm hĺbke až 2,5 MPa. Aj v porovnaní s údajmi FERENČÍKA *et al.* (2008) sú nami vyhodnotené výsledky vyššie. U spomínaného autora bolo vykonané meranie do hĺbky 25 cm, pričom penetračný odpor v poraste sa pohybuje od 0,5 do 2,6 MPa, kde v porovnaní s našimi údajmi sa hodnoty pohybujú od 1,8 do 2,6 MPa. Pri koľaji je to hodnota od 0,5 do 2,3 MPa. Nám vyšli priemerné hodnoty od 2,0 do 2,5 MPa. V porovnaní s DVOŘÁKOM (2008) sú naše hodnoty penetračného odporu menšie. Hodnoty u spomínaného autora sú získavané meraním až do hĺbky 52 cm pri poraste a 40 cm po koľajoch. Maximálna hodnota pri koľaji dosiahla hodnotu 3,4 MPa a pri poraste 3,1 MPa. KINDERNAY (2010) sa tiež venoval zisťovaniu utlačania pôdy. Merania vykonával až do hĺbky 25 cm, pre porovnanie sme uvažovali s údajmi z 15 cm hĺbky. Naše priemerné hodnoty pri koľaji sú menšie, v hĺbke 7 cm sa pohybujú na úrovni 2,2 MPa, čo je o 0,7 MPa menej oproti Kindernayovým zisteniam. V hĺbke 15 cm autor zistil penetračný odpor už 3,0 MPa, čo je viac o 0,5 MPa. V poraste sú naše hodnoty v hĺbke 7 cm menšie

o 0,1 MPa a pri hĺbke 15 cm je to o 0,1 MPa viac. Najväčší nárast penetračného odporu zistil spomínaný autor do hĺbky 7 cm.

ZÁVER

Pri použití akejkoľvek ťažbovej technológie, by sme sa mali v čo najväčšej miere snažiť o trvalo udržateľné obhospodarovanie lesa pri zabezpečení produkčných a mimoprodukčných funkcií lesa. Ako pri každej ťažbovej technológii, tak aj pri harvesterovej technológii vznikajú poškodenia na poraste, podraсте a podrastovej pôde. Pri poškodení porastu môže dôjsť k nástupu druhotného poškodenia, a to napadnutie stromov infekciou hubovými ochoreniami a pri porastovej pôde k vytvoreniu erózie pôdy. Vo viacerých domácich a zahraničných výskumoch bolo potvrdené, že použitie harvesterových uzlov je v porovnaní s klasickými technológiami šetrnejšie (ULRICH 2002, DVOŘÁK 2005). V čo najväčšej miere by sme sa mali teda snažiť o minimalizáciu škôd na ostávajúcom poraste.

V nami skúmanom poraste mechanické poškodenie porastu dosiahlo strednú úroveň. Najčastejšou poškodenou drevinou bol smrek a jedľa v podobe odretia kôry. Poškodenie podrastu nebolo zistené z titulu jeho malej výšky a pomiestneho zastúpenia. Poškodenie pôdy vzniknuté prejazdom stroja kolesami bolo zanedbateľné. Výrazné poškodenie bolo zistené len v mieste stabilizácie stroja pod stabilizačnými podperami. Tento typ poškodenia bol v poraste jednotlivo roztrúsený a nepredstavoval nebezpečenstvo pre prípadnú zrážkovú eróziu.

Ako odporúčania pre prax by sme navrhli používať pri tomto harvesteri iný typ stabilizačnej podpery a výrobca harvestera ju má tiež v ponuke. Spodná časť podpery má štyri ostne, ktoré pri stabilizácii neporušia alebo nepretnú koreňový systém v porovnaní s použitou podperou, ktorej obvod zo spodnej strany je opatrený hrubým oceľovým rámom. Najväčší význam pri použití harvestera na kombinovanom podvozku sa musí klásť na skúsenosť a šikovnosť operátora, ktorý musí byť čo najviac ohľaduplný k porastu a pôde.

Na záver môžeme skonštatovať, že použitá technológia podľa získaných a vyhodnotených údajov spôsobila škody na poraste, podraсте a na porastovej pôde na minimálnej úrovni. Preto ju môžeme odporučiť na použitie v horských, ale aj klasických terénnych podmienkach.

PodĎakovanie

Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- DVOŘÁK, J., 2005: Harvesterové technologie a poškození stromů. Lesnická práce. Roč. 84, č. 7.
- DVOŘÁK, J., 2008: Mechanické poškození a zhutnění půdy při nasazení harvesterových technologií na kalamitních plochách. Integrované ťažbovo-dopravné technologie. Medzinárodná vedecká konferencia, Zvolen. s. 25–32. ISBN 978-80-228-1916-9.
- FERENČÍK, M., MESSINGEROVÁ, V., STANOVSKÝ, M., 2008: Analýza dopadu harvesterovej technológie na lesné porasty vo flyšovom pásme hornej Oravy. Integrované ťažbovo-dopravné technologie. Medzinárodná vedecká konferencia, Zvolen. s. 33–40. ISBN 978-80-228-1916-9.
- GREGOR, J., PICHLER, V., BEBEJ, J., 2007: Geológia a Pedológia. Zvolen, 141 s. ISBN 978-80-228-1726-4.
- LUKÁČ, T., 2005: Viacoperačné stroje v lesnom hospodárstve, Zvolen. 137 s. ISBN 80-228-1348-6.
- KINDERNAY, D., 2010: Stanovenie limitov ťažbovo-dopravnej erózie a poškodenia lesa na vybraných stanovištných podmienkach. TU vo Zvolene, dizertačná práca, 129 s.
- KOREŇ, J., MESSINGEROVÁ, V., 1992: Analýza metód zisťovania a hodnotenia vplyvu ťažbovo-dopravných technológií na lesnú pôdu. In: Zborník MVK, Progresívne trendy ťažbovo-dopravného obhospodarovania lesa. Zvolen. s. 99–106.
- LASÁK, O., 2005: Menzi Muck A91V2 s procesorem pro ťěžbu dřeva Woody 51. Lesnická práce. Roč 84, č. 8, ISSN 0322-9254.
- MENG, W., 1978: Baumverletzungen durch Transport vorgänge bei der Holzernte. Schriften der Landesforstverwaltung Baden – Württemberg Band 53, 159 s.
- MESSINGEROVÁ, V., STANOVSKÝ, M., FERENČÍK, M., 2008: Výskum viacoperačných technológií v ťažbovo-dopravnom procese. Integrované ťažbovo-dopravné technologie. Medzinárodná vedecká konferencia, Zvolen. s. 111–122. ISBN 978-80-228-1916-9.
- MC MAHON SHANE, 1995: Survey Method for Assessing site disturbance. New Zealand Logging Industry, P. R. 54, 4/1995, N. Zealand, 1–16.
- RAAB, S., FELLER, S., UHL, E., SCHÄFER, A., OHRNER, G., 2002: Aktuelle Holzernteverfahren am Hang. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Bericht Nr. 36, 80 s.
- SLUGEN, J., 2007: Teoretické a praktické limity ťažbovo-dopravných technológií na báze harvesterov v lesoch SR, TU vo Zvolene, dizertačná práca, 129 s.
- ŠTOLLMANN, V., 2008: Posudzovanie vplyvu kolesovej techniky na vytváranie koľají. Integrované ťažbovo-dopravné technologie. Medzinárodná vedecká konferencia, Zvolen. s. 267–271. ISBN 978-80-228-1916-9.
- TŠCHANEN, W., 2001: Menzi Muck als Hangvollernter. Wald und Holz: Zeitschrift für Wald, Waldwirtschaft, Holzmarkt und Holzverwendung. Roč 82, č. 3, s. 56–58. ISSN 1423-2456.
- ULRICH, R., 2001: Kontrolní metody po probírkách provedených harvesterovou technologií, které jsou vhodné pro lesnickou praxi. Brno. 23 s.
- ULRICH, R., 2002: Použití harvesterové technologie v probírkách. Brno. 98 s. ISBN 80-7157-631-X.

Adresa autorov:

Ing. Jozef Slugeň, PhD.

Ing. Martin Jankovský

Katedra lesnej ťažby a mechanizácie

Technická univerzita vo Zvolene

Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: slugen1@hotmail.com

slugen@tuzvo.sk

jankovskyma@gmail.com

Hodnotenie poškodenia ostávajúceho porastu po práci harvesteru Kaiser S2 v horskom teréne

Abstrakt

Príspevok hodnotí poškodenie ostávajúceho porastu a porastovej pôdy harvesterom Kaiser S2 počas práce v horských podmienkach pri spracovávaní podkôrnikovej kalamity a vykonávaní presvetľovacieho rubu v zmiešanom smrekovo-jedľovo-bukovom poraste s priemerným sklonom svahu 70 %. Stroj využíval pri práci v extrémnych podmienkach dve oporné pätky, ktorými sa stabilizoval na svahu. Cieľom práce bolo zistiť poškodenie stromov ostávajúceho porastu, podrastu a porastovej pôdy. Výsledné poškodenie ostávajúceho porastu sme zistili v rozsahu 6 %, čo je vzhľadom na náročné terénne podmienky a v porovnaní s údajmi iných výskumov relatívne uspokojivá hodnota. Poškodenie podrastu nebolo zistené z dôvodu jeho malej výšky a slabého zastúpenia. Pri zisťovaní zhutnenia pôdy sme zistili najvýraznejšie poškodenie v miestach podpory stroja. Tu bolo namerané aj výrazné povrchové poškodenie pôdy vytváraním jám až do hĺbky 15 cm. Tento typ poškodenia ale nie je nebezpečný, pretože nevytvára súvislú koľaj nebezpečnú pri prudkých privalových dažďoch a následnej erózii pôdy. Zhutnenie pôdy v koľaji a na neporušenej pôde dosahovalo oproti podpore menšie hodnoty. Všetky merania penetračného odporu statickou penetráciou boli vykonané iba do hĺbky 15 cm z titulu vysokej skeletnatosti pôdy. Táto mala za následok aj sťažené merania, ktoré sa museli vo veľa prípadoch opakovať.

Kľúčové slová: poškodenie pôdy, harvester Kaiser S2, zhutnenie, statická penetrácia

MOŽNOSTI OBNOVY PÔDY PO JEJ ZNEČISTENÍ OLEJMI

Valéria MESSINGEROVÁ – Martin JANKOVSKÝ –
– Michal ALLMAN – Jozef SLUGEŇ

Messingerová, V., Jankovský, M., Allman, M., Slugeň, J.: The possibilities of soil remediation after oil contamination. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 113–120, 2012.

Oil is a man made compound of hydrocarbon chains and as such a foreign substance in the environment. Substances which constitute oil are toxic and it can take decades for them to decompose in the environment. Soil pollution with oil is one of the most common types of pollution. In this paper, authors try to synthesize available information on the problem of oil pollution in forestry and provide the reader with basic overview of knowledge in this area. The paper is divided to two main sections. The first section concerns with the sources of pollution, basic oil types used in forestry and their characteristics. The second section deals with the possibilities of soil remediation polluted by oil, by means of conventional physico-chemical methods and biological techniques, utilizing hydrocarbon degrading capacity of microorganisms.

Key words: oil, pollution, hydrocarbons, bioremediation, bacteria

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesníctvo a lesné hospodárstvo prešlo od konca 19. storočia intenzívnym vývojom v rôznych oblastiach. Modernizácia a čoraz väčšie uplatňovanie techniky pri ťažbe, sústredovaní a odvoze dreva spôsobilo intenzifikáciu vplyvu strojov na lesné ekosystémy. Pracovné nástroje ako sekera, ručná píla alebo konské potahy sú nahrádzané technológiami redukujúcimi manuálnu prácu. Sú to hlavne prenosné reťazové píly, univerzálne kolesové traktory, lesné kolesové traktory, integrované viacoperačné stroje a lanovkové technológie. Tieto zariadenia potrebujú na svoj chod ropné produkty – pohonné látky (keďže sa jedná o technológie využívajúce spaľovací motor) a mazacie médiá, ktorých základnou úlohou je znižovať trenie súčiastok – prenášať sily na trecej ploche vnútorným trením, pri súčasnom vytváraní súvislých vrstiev na povrchu trecích plôch.

V lesníctve sa používajú mazacie a pracovné médiá rôznych typov v závislosti od požadovaného účinku, resp. oblastí použitia (pre zjednodušenie terminológie budeme ďalej v texte namiesto termínu mazacie a pracovné médiá používať termín oleje):

- Mazacie oleje na mazanie štvordobých motorov poháňajúcich lesnú techniku.
- Prevodové oleje určené na mazanie prevodových sústav lesnej techniky.
- Hydraulické oleje využívané v hydraulických systémoch používaných v lesníctve.

- Mazacie oleje dvojdobých motorov prenosných reťazových píl.
- Mazacie oleje na reťaze prenosných reťazových píl a pod.

Pre každú z vyššie spomenutých oblastí je potrebné používať olej vyvinutý pre danú oblasť použitia. Poznáme teda oleje motorové, prevodové, hydraulické a pod.

Možností rozdelenia olejov do kategórií je niekoľko. Oleje sa delia podľa nasledovných kritérií:

Z chemického hľadiska na:

- organické,
- anorganické.

Z hľadiska pôvodu na:

- prírodné,
- minerálne,
- syntetické.

V praxi sa používa aj delenie mazacích a pracovných médií na:

- kvapalné,
- plastické,
- plynné,
- tuhé.

Základným kritériom je však delenie olejov na:

- ropné,
- syntetické,
- rastlinné.

Ropné oleje vznikajú destiláciou, rafináciou, odparovaním (a iné) z ropy a sú zmesou uhlíkovíkov, ktorých zloženie závisí od zloženia a vlastností ropy, z ktorej sú vyrábané. Základom syntetických olejov je ropný olej, ktorého vlastnosti sa upravujú tak, aby vyhovoval špecifickým požiadavkám použitia ako sú rozsah pracovných teplôt alebo agresivita prostredia a pod.

Mazacie médiá musia spĺňať požiadavky, ktoré sú na ne kladené v oblasti ich použitia, pričom sa kladie dôraz hlavne na vlastnosti:

- funkčné,
- termické,
- elektrické,
- povrchové,
- životnostné,
- fyziologické a pod.

Z fyzikálneho hľadiska sú najdôležitejšie funkčné vlastnosti mazív, ako napríklad viskozita, hustota, kompresibilita, tepelná vodivosť, špecifická tepelná kapacita, ktoré ovplyvňujú ich využitie (www.eoil.sk 2010).

ZÁKLADNÉ ZLOŽENIE ROPNÝCH OLEJOV

Ropný olej je komplexnou zmesou uhl'ovodíkov rôznych tried v závislosti od svojho pôvodu a iných kritérií. Uhl'ovodíky prítomné v olejoch je možné rozdeliť do 4 základných tried:

- Saturáty.
- Aromatické uhl'ovodíky.
- Asfaltény – fenoly, lipidoidné kyseliny, ketóny, estery a porfiríny.
- Živice – pyridíny, chinolíny, karbazoly, sulfoxidy a amidy.

Pokiaľ sa jedná o opotrebované motorové oleje, tieto bývajú znečistené časticami motora vzniknutými pri jeho práci a postupnom opotrebovaní a rezíduami, ktoré sa nepodarilo pri spaľovacom procese odvieť do prostredia. Týmito časticami môžu byť kovy ako olovo, železo, zinok, meď a podobne (LENGYEL – CVENGROŠ 2008).

Ropný olej nie je prirodzenou súčasťou životného prostredia a aj malé množstvá dokážu znečistiť rozsiahle plochy, resp. objemy. Predstavujú obrovskú a dlhodobú ekologickú záťaž. Dochádza ku znečisťovaniu pôdy a povrchových a podzemných vôd. Veľkým nebezpečenstvom sú hlavne anorganické syntetické oleje (CVENGROŠ – POVAŽANEC 1996). Olej, ktorý sa dostane na pôdny povrch sa v závislosti od dĺžky uhlíkového reťazca rozštiepi, tzv. chromatografuje. Časť oleja sa naviaže na pôdne častice, časť sa vyparí a jednotlivé komponenty prenikajú do vody. Časť oleja, ktorá sa nenaviaže na pôdne častice vypláva do podzemnej vody, kde sa ďalej pohybuje. Schopnosť pôdy prepúšťať olej závisí hlavne od obsahu vody v pôde. Z hľadiska znečistenia, ktoré spôsobuje olejová vrstva je najdôležitejšie poznať schopnosť pôdnej vrstvy zadržať olej. V prípade, že krycia vrstva pôdy nad hladinou podzemnej vody je schopná určité množstvo oleja zadržať, nemusí dôjsť ku kontaminácii podzemnej vody.

MOŽNOSTI OBNOVY PÔDY PO ZNEČISTENÍ OLEJMI

Olej je znečisťujúca látka, ktorá v prípade uvoľnenia do životného prostredia pôsobí dlhodobo. Najvhodnejším prístupom je zabrániť jeho úniku, avšak v realite je takéto znečisťovanie pomerne bežné. Pokiaľ je to možné, je vhodné používať biologicky rozložiteľné oleje (biooleje), ako sa tomu deje napr. v prípade mazania rezacej časti prenosných reťazových píl. Vo väčšine oblastí používania mazacích olejov je však ich použitie vylúčené, keďže nie sú vyvinuté biooleje dosahujúce vlastnosti potrebné pre dané zariadenie. Možností obnovy pôdy je niekoľko:

A. Samoobnovná schopnosť pôdy

Je možné využiť samoobnovnú schopnosť pôdy, ktorá je však limitovaná a pokiaľ znečistenie presiahne svojim rozsahom túto schopnosť, ku náprave dochádza len veľmi pomaly a môže trvať aj niekoľko desiatok rokov v závislosti na obnovnej schopnosti pôdy a type, resp. zložení oleja (ACHUBA 2008).

B. Fyzikálno-chemické obnovné techniky

Ďalšou možnosťou je využitie tzv. fyzikálno-chemických obnovných techník, medzi ktoré patrí filtrácia, absorpcia, adsorpcia, aeróbne oxidačné a anaeróbne redukčné procesy (BRUSSEAU 1998). Výsledkom aeróbných procesov je mineralizácia. Pri anaeróbnom rozklade vznikajú rôzne zlúčeniny, medzi inými aj napr. amoniak, sulfán a merkaptán, ktoré sú zdraviu škodlivé. Všetky fyzikálno-chemické obnovné techniky sú drahé a nedokážu zaručiť úplný rozklad škodlivín.

Fyzikálne, chemické a biologické konvenčné spôsoby obnovy (čistenia) pôdy možno rozdeliť do viacerých skupín. Najjednoduchším opatrením je prekrytie pôdy novou vrstvou. Toto opatrenie je jednoduché a pomerne účinné, no zahŕňa v sebe hrozbu prieniku polutantov do nekontaminovanej pôdy alebo spodných vôd. Ďalším riešením je odstránenie znečistenej pôdy. Použiteľné je však iba pri malých znečistených plochách a iba pokiaľ polutanty neprenikli do hlbších vrstiev pôdy. Používa sa pri silnej intoxikácii. Ďalšími možnosťami sú premývanie pôdy, pri ktorom dochádza ku chemickej mobilizácii polutantov, zriedenie pôdy primiešaním nekontaminovanej pôdy, rašeliny, komposty a následné zníženie koncentrácie toxických látok (BRUSSEAU 1998).

Riešením vhodným aj pre väčšie zasiahnuté plochy je vápnenie alebo sadrovanie pôdy. Vápnenie sa používa pri zasiahnutí kyslým znečisťovateľom. Vápnením sa imobilizujú polutanty – odbúra sa pôdna kyslosť, ktorá je príčinou pohybu mnohých polutantov. Sastrovanie sa uplatňuje pri kontaminácii horčíkom. Aplikovaním sadry vzniká síran horečnatý, ktorý sa vyplaví z pôdy a tým sa znižuje zásaditosť. Aplikovaním asanačných hmôt (časté chemické opatrenie) dochádza ku vratnému alebo nevratnému viazaniu toxických látok na anorganické (beringit, zeolit) alebo organické látky (ekofert). Nevýhodou tejto metódy je, že polutanty sa z pôdy neodstránia, ale zostávajú prítomné (ESSIEN – JOHN 2010). Pri oprave pôdy zasiahnutej organickými zlúčeninami sa využíva premývanie organickými činidlami pri malých plochách. Pri znečistení väčších plôch je potrebné využiť bioremediáciu.

C. Bioremediácia kontaminovanej pôdy

V súčasnosti preferovaným spôsobom čistenia, resp. obnovy pôdy znečistenej ropnými látkami je bioremediácia. Podstatou bioremediácie je využívanie mikroorganizmov na detoxikáciu alebo odstraňovanie polutantov na základe ich schopnosti metabolizovať dané polutanty (NILANJANA – CHANDRAN 2010). Táto technika je odborníkmi považovaná za relatívne najmenej invazívnu a nákladovo efektívnu metódu, keďže zapája prirodzené mechanizmy obnovy pôdy a je spomedzi všetkých spôsobov obnovy pôdy najlacnejšia.

Biodegradácia olejov a jej úspech závisí od zavedenia a udržania podmienok, ktoré napomáhajú mikroorganizmom odbúravať uhl'ovodíkové reťazce (PERRY 1984). Medzi základné podmienky ovplyvňujúce intenzitu degradácie patria:

- výskyt mikroorganizmov schopných metabolizovať uhl'ovodíkové reťazce,
- adekvátne koncentrácie nutrientov a kyslíka,
- hodnota pH v intervale 6–9,
- fyzikálne a chemické vlastnosti oleja.

Dôležitým faktorom pri bioremediácii je obmedzená dostupnosť uhl'ovodíkových reťazcov pre mikroorganizmy (APRIL *et al.*, 2000). Olejové uhl'ovodíky sa naviažu na pôdne zrná a zhoršujú možnosti mikróbov atakovať ich a rozkladať. Uhl'ovodíky majú rôznu citlivosť na mikrobiálne ataky. Ich citlivosť je možné rozdeliť nasledovne:

- lineárne alkány,
- niektoré rozvetvené alkány,
- jednoduché aromatické uhl'ovodíky,
- cyklické alkány.

Niektoré komplexné organické zlúčeniny nemusia byť degradovateľné vôbec (NILANJANA – CHANDRAN 2011).

Ďalším dôležitým faktorom ovplyvňujúcim bioremediáciu je teplota, ktorá priamo ovplyvňuje chemické vlastnosti polutantov a zároveň fyziológiu mikrobiálnej flóry. Ideálna teplota pre bioremediáciu v pôde je 30–40 °C. Pre efektívnu biodegradáciu oleja v pôde je potrebný dostatok nutričov. Dôležité je sledovať a udržiavať ideálne pomery dusíka, fosforu, draslíka a v niektorých prípadoch železa. Ideálny pomer C:N:P:K je rovný 100:10:4:1 v prípade aeróbnych procesov a 500:10:4:1 v prípade anaeróbných procesov (KUPKA 1997). Na podporu degradačnej aktivity je vhodné zabezpečiť rovnomerné rozloženie živín po celom objeme, čím sa zabezpečí homogenita prostredia a rovnomerný priebeh procesu. Dosiahnuť rovnomerné rozloženie nutričov je však v reálnych podmienkach veľmi ťažké.

Existujú dva hlavné prístupy ku bioremediácii pôdy znečistenej olejom:

- a) Bioaugmentácia.
- b) Biostimulácia.

Pri bioaugmentácii sú do prirodzeného pôdneho prostredia dodané mikroorganizmy s požadovanými vlastnosťami. Biostimuláciou rozumieme stimuláciu rastu mikroflóry prirodzene sa vyskytujúcej v pôde dodávaním nutričov a iných substrátov, ktorých nedostatok by vyvolal zníženie rastu mikroorganizmov degradujúcich olejové reťazce.

Uhl'ovodíky sú v prírode rozkladané baktériami, kvasnicami a hubami. Efektivita degradácie podľa dostupných zdrojov dosahuje u húb 6–82 %, u pôdných baktérií 0,13–50 % a 0,003–100 % u morských baktérií (WANG *et al.*, 1990). Na rozklad olejových uhl'ovodíkových štruktúr nestačí monokultúra, je potrebné, aby bol do remediačného procesu zapojený celý komplex populácií s rôznymi degradačnými schopnosťami. Najaktívnejšími činiteľmi pri rozklade olejových uhl'ovodíkov sú baktérie, pričom sú známe aj typy živiace sa výlučne uhl'ovodíkmi. Doteraz bolo identifikovaných viacero druhov baktérií a húb využívajúcich uhl'ovodíky pre svoj vývoj, napr. *acinetobacter* je schopný degradovať n-alkány ako jediný zdroj uhlíka. Potenciál na degradáciu uhl'ovodíkov je vidieť aj u druhov *gordonia*, *brevibacterium*, *aeromicrobium*, *mycobacterium* a polyaromatické uhl'ovodíky sú degradované druhom *sphingomonas*. Čo sa týka húb, degradačný potenciál bol zistený napr. u druhov *amophoteca*, *taloromyces* a iné a u kvasníc druhu *candida*, *y arrovia* a *pichia* (COLWELL – LEAHY 1990, ABDULHADI *et al.*, 2006, VASUDEVAN – BARATHI 2001).

Najrýchlejšie a najdokonalejšie prebieha proces bioremediácie v aeróbných podmienkach. Prvotný medzibunkový atak je oxidatívny proces a na aktiváciu je potrebný kyslík ako aj enzýmy oxigenáza a peroxigenáza (ACHUBA 2008). Organické zlúčeniny

sú odbúravané krok za krokom v medzistupňoch. Degradácia olejov je sprostredkovaná špecifickým enzýmovým systémom. Zahŕňa aj iné mechanizmy, ako naviazanie bunky na substrát a produkcia biosurfaktantov.

Ďalším zo spôsobov bioremediácie pôdy je fytooremediácia. Táto technika využíva rastliny a niektoré druhy krov a drevín je pomerne nová, no dosahuje zaujímavé výsledky pri čistení pôdy od rôznorodých polutantov. Jej využívanie je vhodné pri znečistení rozsiahlych plôch ako aj na uzavretie remediačného cyklu pri akomkoľvek znečistení. Výhodami sú nízke náklady, zlepšenie estetiky miesta znečistenia (ozelenenie plochy) a dlhodobé využitie (ODJEGBA – SADIQ 2002). Fytooremediácia navyše minimalizuje prípadné rozrušenie miesta znečistenia. Keďže je táto technika nová, k dispozícii nie je dostatok dát na zistenie doby odbúrania jednotlivých reťazcov (NILANJANA – CHANDRAN 2010).

Na bioremediáciu pôdy je možné využívať aj geneticky modifikované baktérie, ktoré vykazujú vyššiu mieru odbúravania uhlíkovodíkových reťazcov z prostredia. Testovanie geneticky modifikovaných mikroorganizmov je však brzdené environmentálnymi a ekologickými problémami, legislatívou a pod. Podmienkou ich úspešného nasadenia do praxe je úspešné vyriešenie daných problémov, ale aj vyvinutie mikrobiologických, ekologických a iných mechanizmov zabezpečujúcich nasadenie správnych druhov baktérií pre špecifické podmienky každej ekologickej havárie (ADELOWO *et al.*, 2006). Vo svete sú dostupné aj komerčné bioremediačné riešenia (Bet Biopetro, Belgepro, Land and sea, VB997TM SOIL a pod.). Tieto činidlá je možné rozdeliť na bioaugmentačné a biostimulačné. Štúdie však ukazujú, že i keď dané komerčné riešenia v laboratórnych podmienkach vykazujú dobrú schopnosť degradovať olejové uhlíkovodíky, pri ich nasadení do reálnych podmienok znečistenia vykazujú slabšie výsledky. Spôsobené je to tým, že nie je možné simulovať komplikovaný a rozsiahly systém podmienok, ako sú priestorová heterogennosť, interakcie jednotlivých systémov a pod. (ATLAS 1981).

ZÁVER

Olej je zmesou viacerých typov uhlíkovodíkov, v prevažnej miere získaných spracovaním ropy. Pre životné prostredie predstavujú veľkú a dlhodobú ekologickú záťaž vplývajúcu na všetky živé organizmy, ktoré s nimi prídu do styku. Odbúranie oleja zo zložiek životného prostredia je náročné ako časovo, tak aj materiálno. Je síce dostupných viacero techník fyzikálnych a chemických, tieto však nedokážu zaručiť úplné odstránenie cudzorodých uhlíkovodíkových štruktúr z pôdy. Pri ich použití sa vytvárajú odpady, ktoré do veľkej miery len prenášajú záťaž z jednej zložky životného prostredia na druhú a sú finančne náročné.

Od deväťdesiatych rokov dvadsiateho storočia sa postupne začala presadzovať bioremediácia ako jedna z možností obnovy pôdy po znečistení olejmi, resp. ropnými látkami. Existuje mnoho postupov bioremediácie, pričom všetky zapájajú do remediačného procesu živé organizmy, najmä baktérie, huby, kvasnice. V poslednej dobe sa ako zaujímavé riešenie ukazuje nasadenie rastlín, pričom sa ešte len testujú rastlinné druhy vhodné na takéto využitie.

Aj keď uplatnenie bioremediačných postupov dosahuje výborné výsledky a je podstatne lacnejšie ako konvenčné postupy, nemožno hovoriť o ideálnom riešení. Tým je prevencia úniku olejov do ekosystémov a vývoj biologicky rozložiteľných olejov, ktoré pre životné prostredie predstavujú menšiu záťaž. V súčasnosti sú komerčne dostupné biooleje vhodné len pre najzákladnejšie mazacie systémy, napríklad mazanie reťaze u prenosných reťazových píl.

Kontinuálne sprísňovanie legislatívy týkajúcej sa ochrany životného prostredia bude postupne vytvárať čoraz väčší tlak na vývoj takýchto olejov aj pre iné činnosti, či už v lesníctve alebo v iných odvetviach. Preto je výskum danej problematiky vysoko aktuálny.

Podakovanie

Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- ABDULHADI, S., K., KAWO, A., H., 2006: The effects of used engine oil pollution of soil on the growth and yield of *Arachis hypogea* L. and *Zea mays* L. 3, Ilorin: Klobex Academic Publishers, Vol. 7. ISSN 1595-6881.
- ADELOWO, O., O., ALAGBE, S., O., AYANDELE, A., A., 2006: Time-dependent stability of used engine oil degradation. Vol. 5 (24), pp. 2476–2479.
- ACHUBA, P. C., 2008: Effect of spent engine oil on soil catalase and dehydrogenase activities. Vol. 22, 1.
- APRIL, T., M., FOGHT, J., M., CURRAH, R., S., 2000: Hydrocarbondegrading filamentous fungi isolated from flare pit soils in northern and western Canada. Canadian Journal of Microbiology . 2000, Vol. 46, 1.
- ATLAS, R. M., 1981: Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective. Microbiological Reviews. Vol. 45, no. 1.
- BRUSSEAU, M. L., 1998: The impact of physical, chemical and biological factors on biodegradation. Proceedings of the International Conference on Biotechnology for Soil Remediation:Scientific Bases and Practical Applications. R. Serra ed., 81–98.
- COLWELL, J. G., LEAHY and R. R. 1990: Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. Microbiological Reviews. 1990, Vol. vol. 54, no. 3.
- CVENGROŠ J., POVAŽANEC F., 1996: Production and Treatment of Rapeseed Oil Methyl Esters as Alternative Fuels for Diesel Engines. Bioresource Technology 55 (1996) 145–152.
- ESSIEN, O., E., JOHN, I., A., 2010: Impact of crude oil spillage pollution and chemical remediation on agricultural soil properties and crop growth. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. Vol. 14.
- KUPKA, D., 1997: Mikrobiálna degradácia ropných uhľovodíkov v pôde. Acta Montanistica Slovaca. Ročník 2, 279–283.
- LENGYEL, J., CVENGROŠ, J., 2008: Zložky neminerálnej povahy v mazacích olejoch. Konferencia „Nakladanie s odpadovými olejmi v SR“, Vyhne 9.-10.10.2008, 9 s.
- NILANJANA, D., CHANDRAN, P., 2010: Microbial Degradation of Petroleum: An Overview. Vellore: Biotechnology Research International 2010, 1.
- NILANJANA, D., CHANDRAN, P., 2011: Biotechnology Research International 2011, 1.
- ODJEGBA, V., J., SADIQ, A., O., 2002: Effect of spent engine oil on the growth parameters, chlorophyll and protein levels of *Amaranthus hybridus* L.: Kluwer Academic Publishers, 22, s. 1.
- OKHONOHUA, B., O., IKHAJAKBE, B., ANOLIEFO, G., O., EMEDE, T., O., 2007: The effects of spent engine oil on soil properties and growth of maize. s.l. : JASEM, Vol. 11. ISSN 1119-8362.
- PERRY, J., J., 1984: Microbial metabolism of cyclic alkanes. Petroleum Microbiology.
- PETER, O., ABIJOYE, A., ABDUL A., AGAMUTHU, P., 2009: Enhanced biodegradation of used engine oil in soil amended with organic wastes. s.l.: Springer Science + Business Media.

- RASMUS, F., L. ANDERS, R., J., OLE, A., CHRISTENSEN, J., H., 2008: UNIVARIATE and multivariate characterization of heavy fuel oil weathering and biodegradation in soil. s.l.: Elsevier Ltd.
- SEMPLE, K., T., REID, B., J., FERMOR, T., R., 2001: Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. 2, s.l.: Environmental Pollution, Vol. 112. ISSN 0269-7491.
- Triedenie a vlastnosti motorových olejov. eoil.sk – webová lokalita. [Online] 2010. [Cited: Október 8, 2011.] http://www.eoil.sk/o_olejoch/triedenie_a_vlastnosti_motorovych_olejov.html.
- VASUDEVAN, S., BARATHI, N., 2001: Utilization of petroleum hydrocarbons by *Pseudomonas fluorescens* isolated from a petroleum-contaminated soil. Environment International. 2001, Vol. 26, no. 5–6.
- WANG, X., YU, X. & BARTHA, R., 1990: Effect of Bioremediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Residues in Soil. Environ. Sci. Technol., 24, p. 1086–1089.
- ZOBELL, C., E., 1946: Action of microorganisms on hydrocarbons. Bacteriological Reviews. 1946, Vol. 10.
-

Adresa autorov:

Prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.

Ing. Martin Jankovský

Ing. Michal Allman

Ing. Jozef Slugeň, PhD.

Katedra lesnej ťažby a mechanizácie

Technická univerzita vo Zvolene

Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: slugen@tuzvo.sk

jankovskyma@gmail.com

Možnosti obnovy pôdy po jej znečistení olejmi

Abstrakt

Ropný olej je človekom vytvorenou zmesou uhľovodíkových reťazcov a ako taký je cudzorodou látkou v životnom prostredí. Látky, z ktorých sa olej skladá sú pre životné prostredie toxické a ich rozklad môže trvať aj niekoľko desiatok rokov. Znečistenie pôdy olejmi je jedným z najčastejších znečistení a je tomu tak aj v prípade odvetvia lesníctva. V článku sa autori snažia syntetizovať dostupné informácie o problematike znečistenia pôdy olejmi v lesníctve a poskytnúť tak čitateľovi základný prehľad o súčasnom poznaní v tejto oblasti. Článok je rozdelený na dve základné časti. Prvá časť sa zaoberá druhmi mazacích a pracovných médií, ich rozdelením a popisom ich vlastností, druhá časť je venovaná možnostiam obnovy pôdy po znečistení olejmi, jednak konvenčnými technikami fyzikálnymi a chemickými, a technikami biologickými, využívajúcimi rozkladné schopnosti mikroorganizmov.

Kľúčové slová: olej, znečistenie, uhľovodíky, bioremediácia, baktérie

VPLYV TEPLOTY A RECYKLÁCIE NA DĹŽKU REŤAZCOV CELULÓZY V BUNIČINOVÝCH VLÁKNACH

Iveta Č A B A L O V Á

Čabalová, I.: Temperature and recycling influence on the length of cellulose chains in pulp fibers. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 121–128, 2012.

Presented paper is aimed to possibility of protection of environment with the aim of preservation of wood as a primary raw material. This work points to possibility of reusing of paper as secondary raw, so recycling process.

The changes of polymerisation degree (DP) of the eightfold recycled pulp fibers were measured, after accelerated aging at 120 °C, by liquid chromatography.

Following result determination was shown that the process of accelerated ageing causes decrease of DP. The influence was evident at the each of temperature of drying recycled fibers. This effect was markedly proved in pulp drying at lowest temperature –80 °C. After the fifth recycling faulted changes (extremes) were observable in this property. We interpret these changes as ending of outside and more intense of inside fibrillation and delamination.

Key words: paper recycling, degree of polymerisation, gel permeation chromatography, ageing process

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Spotreba energie je vysoká a preto sa podstatná časť získava z neobnoviteľných zdrojov. V poslednej dobe sa vo svete stále častejšie hľadajú možnosti získavania obnoviteľných zdrojov s cieľom získania cenných surovín pre efektívne ekonomické zhodnotenie (MARKOŠ *et al.* 2010). Význam obnoviteľných surovín narastá, pretože ich spracovanie neprispieva ku zvyšovaniu skleníkových plynov v atmosfére (ŠUTÝ *et al.* 2008, ŠOTOLOVÁ, DEMKO 2004).

Drevo je naša jediná obnoviteľná surovina. Neefektívne využívanie tejto suroviny môže spôsobiť veľké problémy pre celé ľudstvo. Jednou z možností zachovania dreva, ako primárnej suroviny, je recyklácia papiera, ktorá je jednou z najdôležitejších vecí súčasnosti (LÍŠKA 2008). Recyklácia vedie k ochrane životného prostredia, šetrí prírodné vlákna, teda prvotnú drevnú surovinu. Recykláciou sa znižujú prevádzkové a investičné náklady pri spracovaní, znižuje sa špecifická spotreba palív a elektrickej energie na jednotku výroby papiera (GÖTTSCHEG 1998). TYMICH (2001) vychádzal z dvoch základných znakov druhotného využitia papiera, zachovania tržných princípov a ochrany životného prostredia, ktoré musia byť vo vzájomnom súlade. Separovaný zber a zhodnotenie zberového papiera má

stále stúpajúcu tendenciu a s rastúcim množstvom sa kladie dôraz na kvalitu dodávaného zberového papiera (LÍŠKA 2008).

Pre výsledné vlastnosti recyklovaných vlákien je rozhodujúci vplyv suroviny a technológie na chemické a morfológické zmeny recyklovaných vlákien. Recyklované vlákna s narastajúcim počtom recyklačných cyklov strácajú pružnosť a teda aj niektoré pevnostné charakteristiky. Z tohto dôvodu je počet recyklačných cyklov limitujúci pre použitie vlákien v papieri. Napriek všetkým nedostatkom, ktoré recyklované vlákna prinášajú do výroby papiera je nezanedbateľný ich význam ako suroviny pre menej kvalitné druhy papierov, kde nahrádzajú niektoré primárne vlákna (ŠUTÝ, VRŠKA 2008).

Papier vystavený intenzívnemu teplu počas sušenia v krátkom časovom intervale môže spôsobiť depolymerizáciu vlákien. Ukázalo sa, že pokles polymerizačného stupňa (PPS) buničinových mokrych vlákien vystavených vysokej teplote je vyššia v porovnaní so stratou vlákien, ktoré boli podrobené sušeniu (WELF *et al.* 2005). KLUNGNESS a CAULFIELD (1982) pozorovali pokles polymerizačného stupňa bielennej buničiny a HUBBE *et al.* (2003) pokles polymerizačného stupňa v bielennej a nebielenej sulfátovej buničine počas sušenia pričom zistili, že relatívna zmena PPS nebielenej buničiny bola väčšia, pretože začiatočná dĺžka jej reťazcov bola vyššia. Niektoré práce (CEDZOVÁ *et al.* 2005, KRONEK *et al.* 2005, GEFFERTOVÁ *et al.* 2008, ČABALOVÁ *et al.* 2011) poukázali na súvislosť medzi pevnosťou papiera a stupňom polymerizácie celulóзовých reťazcov.

Cieľom práce bolo sledovať zmeny priemerného polymerizačného stupňa starnutých recyklovaných buničinových vlákien metódou kvapalinovej chromatografie (HPLC).

METODIKA

Osemnásobne recyklované bielené buničinové vlákna (sušené pri teplotách: 80, 100 a 120 °C), vyrobené sulfátovým postupom zo zmesi ihličnatých drevín, boli po urýchlennom starnutí (ISO 5630-4 (50 0375), časť 4: Pôsobenie tepla za sucha pri teplote 120 °C) podrobené analýze kvapalinovej chromatografie metódou gélovej permeačnej chromatografie trikarbanilátov celulóз (GPC-CTC) (KAČÍK, KAČÍKOVÁ 2007). Meranie prebiehalo za podmienok:

chromatograf:	Agilent 1200
kolóna:	PL gel MIXED B, 300 × 7,5 mm
mobilná fáza:	THF (tetrahydrofurán)
prietok mobilnej fázy:	1 ml.min ⁻¹
detektor:	DAD, RID
dávkovaný objem:	20 µl
teplota:	35 °C

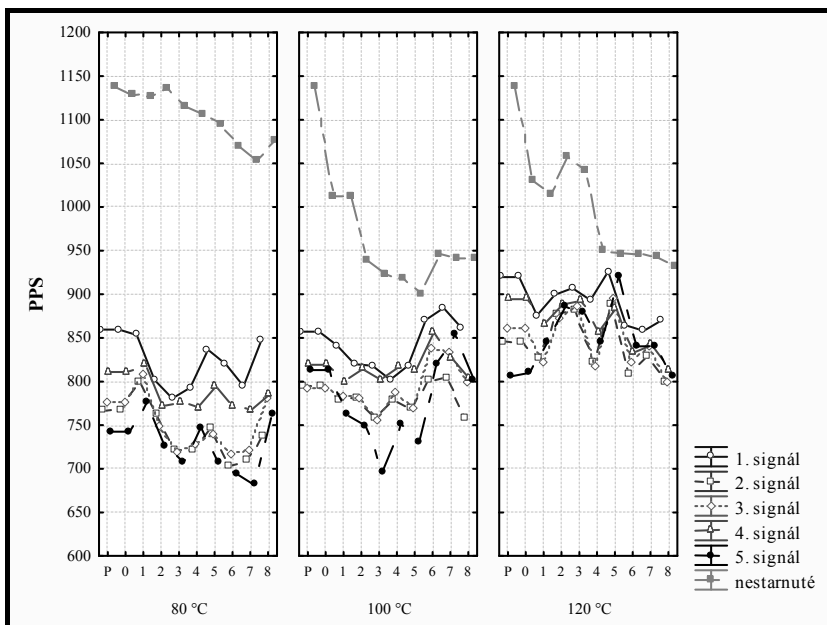
Údaje z detektora boli vyhodnocované programom Clarity (DataApex). Kolóna bola kalibrovaná štandardami polystyrénov (Polymer Laboratories). Zo získaných údajov o retenčných časoch pri GPC polystyrénových štandardov bola zostrojená kalibračná závislosť $\log(M) = f(V_e)$ (KAČÍK, KAČÍKOVÁ 2007). Na stanovenie mólových hmotností sa použila univerzálna kalibrácia s koeficientmi pre CTC: $K = 2,01 \cdot 10^{-5}$ a $\alpha = 0,92$ (VALTASSARI, SAARELA 1975).

Zmeny PPS buničín boli analyzované pri piatich signáloch detektorov:
DAD, 240-100
DAD, 254, 16
DAD, 245, 8
DAD, 240, 16
RID

VYHODNOTENIE A DISKUSIA

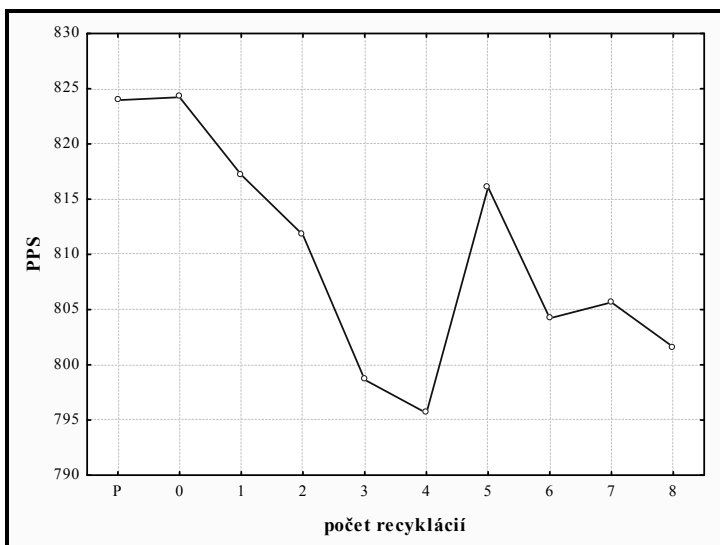
Z uvedených výsledkov (obr.1) merania PPS starnutých buničinových vlákien sušených pri rôznej teplote v procese recyklácie vyplýva, že vplyvom starnutia došlo k významnému poklesu hodnôt sledovanej charakteristiky. ČABALOVÁ (2010) vo svojej práci uvádza výsledky merania PPS tých istých, ale nestarnutých recyklovaných buničinových vlákien meraných metódou GPC, ktoré sú tiež uvedené v grafe. Pri porovnaní jednotlivých hodnôt možno konštatovať, že vplyvom starnutia došlo k priemernému poklesu hodnôt pri teplote 80 °C o 30,2 %, pri teplote 100 °C o 16,8 % a pri teplote 120 °C o 13,4 %. S poklesom PPS buničín úzko súvisí degradácia makromolekulových reťazcov celulózy spôsobená mletím, sušením, starnutím, ktoré vplyvajú na vlákna počas ich spracovania (KAČÍK, KAČÍKOVÁ 2008, KAČÍK *et al.* 2009a, b, KUČEROVÁ, HALAJOVÁ 2009). V niektorých stupňoch recyklácie došlo aj k zvýšeniu hodnôt tejto charakteristiky, čo NAZHAD, PASZNER (1994) a NAZHAD *et al.* (1995) vysvetľujú procesmi, ktoré pôsobia proti znižovaniu PPS (napr. zosieťovanie, rohovatenie, oxidácia, hydrolyza). KHANTAYANUWONG (2003) okomentoval zvýšenie hodnôt PPS v dôsledku zvýšenia kryštalinity, a odbúravaní amorfného podielu celulózy (kratšie reťazce) a hemicelulózy. Štúdie BOUCHARD, DOUEK (1994), MALONEY *et al.* (1998) hovoria o tom, že deštrukcia nie je spôsobená zvýšením kryštalinity celulózy, ale rozkladom hemicelulózy v bunkových stenách.

Z grafu (obr. 2), ktorý je priemerom všetkých sledovaných teplôt a jednotlivých signálov vyplýva, že vplyvom starnutia recyklovaných vlákien došlo k významnému poklesu hodnôt PPS najmä po 3. a 4. a nárastu po 5. recyklácii. ČABALOVÁ *et al.* (2011) zmeny vlastností po niekoľkých cykloch recyklácie vysvetľujú ukončením vonkajšej a začiatkom vnútornej fibrilácie vlákien. Na začiatku procesu spracovania buničiny sú povrchy vlákien hladké. Účinkom mletia dôjde k fibrilácii vonkajšej vrstvy bunkových stien, čo spôsobí, že sa vytvorí jednak mechanické (splstnenie vlákien) a tiež chemické väzby medzi vláknami. Toho dôsledkom je zvýšenie pevnosti papiera. Opakované mletie a sušenie má však za následok, okrem pokračujúcej fibrilácii tejto vrstvy bunkovej steny, aj postupné odlupovanie fibríl a mikrofibríl (makromolekuly celulózy). Práve nárast PPS po piatej recyklácii mohol byť spôsobený tým, že došlo k odlúpeniu vrchnej vrstvy bunkovej steny a fibrilácii ďalšej vrstvy. Celkovo vplyvom recyklácie a starnutia došlo k poklesu hodnôt PPS.



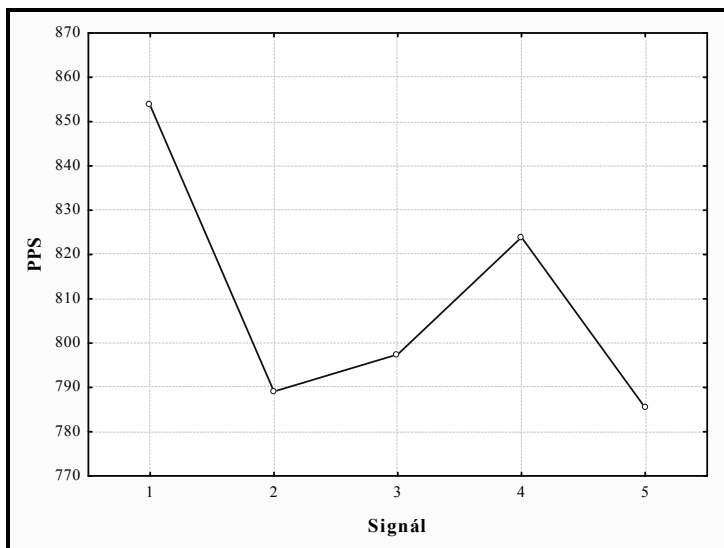
Obr. 1 PPS starnutých (signály 1–5) a nestarnutých (ČABALOVÁ 2010) recyklovaných buničinových vláken

Fig. 1 DP of aged (signals 1–5) and non-aged (ČABALOVÁ 2010) recycled pulp fibres



Obr. 2 Vplyv faktora recyklácie na zmeny PPS

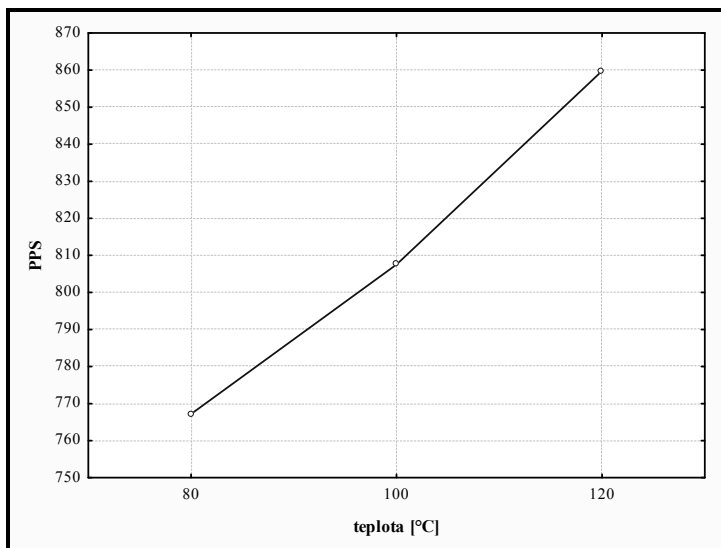
Fig. 2 Influence of recycling factor on DP changes



Obr. 3 Vplyv faktora signálu na zmena PPS
 Fig. 3 Influence of signal factor on DP changes

Meranie priemerného polymerizačného stupňa starnutých recyklovaných vlákien bolo vykonané kvapalinovou chromatografiou, kde zmeny boli detegované dvoma de-
 tektormi: DAD (Detektor diodového poľa), kde bola nastavená vlnová dĺžka v určitom
 rozmedzí a RID (Detektor indexu lomu). Z uvedených výsledkov (obr. 3) vyplýva, že
 najnižšie hodnoty boli dosiahnuté pri použití detektora RID a najvyššie použitím detektora
 DAD s vlnovou dĺžkou $\lambda = 240$ nm a rozsahom 100 nm.

Z pohľadu sledovaných teplôt, ktorými boli sušené buničninové vlákna v priebehu re-
 cyklačného procesu, sa vplyv starnutia v najväčšej miere prejavil u teploty 80 °C a najme-
 nej pri teplote 120 °C (obr. 4). ČABALOVÁ, KAČÍK (2011) sledovali zmeny mechanickej
 vlastnosti, indexu dotrhnutia, tých istých vzoriek, pričom zistili, že pokles hodnôt tejto
 charakteristiky bol pri teplote 120 °C najnižší. Vysvetlili to priebehom zosieťovania, ktoré
 bolo potvrdené vo viacerých prácach (HUBBE *et al.* 2007, KAČÍK *et al.* 2009a, b, ČABALOVÁ
et al. 2011).



Obr. 4 Vplyv faktor teploty na zmeny PPS

Fig. 4 Influence of temperature factor DP changes

ZÁVER

Z uvedených výsledkov vyplýva, že vplyvom urýchleného starnutia recyklovaných buničinových vlákien došlo k poklesu priemerného polymerizačného stupňa pri všetkých sledovaných teplotách sušenia týchto vlákien.

Pri hodnotení jednotlivých faktorov možno konštatovať, že pri recyklácii bol pokles PPS zrejmy až do 5. recyklácie, pričom táto recyklácia je charakteristická významným nárastom tejto vlastnosti. Táto zmena sa dá vysvetliť ukončením vonkajšej a zintenzívnením vnútornej fibrilácie a delaminácie vlákien. Zo sledovaných signálov najvyššie hodnoty boli dosiahnuté pri DAD (240–100) a najnižšie pri RID. Pokles PPS vplyvom urýchleného starnutia sa v najväčšej miere prejavil pri teplote 80 °C, kde došlo k poklesu hodnôt sledovanej vlastnosti až o 30,2 %.

Podakovanie

„Táto štúdia/publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja“.

Zoznam použitej literatúry

- BOUCHARD, J., DOUEK, M. 1994. The effects of recycling on the chemical properties of pulps. In *Journal of pulp and paper science* 20(5), 1994, pp. 131–136, ISSN 0826-6220
- CEDZOVÁ, M., VRŠKA, M., SZEIFFOVÁ, G. 2005. The comparison of deacidification of the pre-aged degraded newsprint paper and new newsprint paper. In *Chemické Listy*, 2005, zv. 99, s. 442–444
- ČABALOVÁ, I. 2010. Štúdium a zhodnotenie zmien buničínových vlákien pri ich recyklácii. Dizertačná práca. Technická univerzita Zvolen, 145 s.
- ČABALOVÁ, I., KAČÍK, F. 2011. Vplyv teploty na mechanické vlastnosti recyklovaného papiera pri urýchlennom starnutí. In *Delta Vedecko-odborný časopis*, č. 10, ročník V., 2011, s. 7–9, ISSN 1337-0863
- ČABALOVÁ, I., KAČÍK, F., GEFFERT, A., KAČÍKOVÁ, D. 2011. The effects of recycling and its environmental impact, In *Elżbieta Broniewicz (ed.) In Environmental management in Practice*. INTECH, 2011, s. 329–350. ISBN 978-953-307-686-7
- GEFFERTOVÁ, J., GEFFERT, A., ČABALOVÁ, I. 2008. Hardwood sulphate pulp in the recycling process. In *Acta Facultatis Xylogologiae ZvolenL* (1), Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008, s. 73–81
- GÖTTSCHEG, L. 1998. Altpapier im Wettbewerb mit Primärfaserstoffen. In *Das Papier* 52, V68-V71. ISSN 0031-1340
- HUBBE, M.A., VENDITTI, R.A., ROJAS, O.J. 2007. What happens to cellulosis fibers during papermaking and recycling? A review. *BioResources* 2(4), s. 739–788, ISSN 1930-2126
- HUBBE, M.A., VENDITTI, R.A., BARBOUR, R.L. and ZHANG, M. 2003. Changes to Unbleached Kraft Fibers Due to Drying and Recycling. In *Progress in Paper Recycling*, 12(3), s. 11–20
- ISO 5630-4 (50 0375). 1999: Papier a lepenka. Urýchlené starnutie. Časť 4: Pôsobenie tepla za sucha pri teplote 120 °C alebo 150 °C. s. 1–8
- KAČÍK, F., GEFFERTOVÁ, J., KAČÍKOVÁ, D. 2009a. Charakterizácia celulózy a buničín metódou gélovej permeačnej chromatografie a viskozimetrie. In *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 51(2), s. 93–104. ISSN 1336-3824
- KAČÍK, F., KAČÍKOVÁ, D. 2007. Charakteristika a analýza celulózy a jej derivátov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 92 s. ISBN 978-80-228-1819-3
- KAČÍK, F., KAČÍKOVÁ, D. 2008. Charakterizácia degradácie celulózy. 2008. In *Knižnica*, 9(6–7), s. 43–46
- KAČÍK, F., KAČÍKOVÁ, D., JABLONSKÝ, M., KATUŠČÁK, S. 2009b. Cellulose degradation in newsprint papera geing. In *Polymer Degradation and Stability* 94. 2009, s. 1509–1514, ISSN 0141-3910
- KHANTAYANUWONG, S. 2003. Determination of the Effect of Recycling Treatment on Pulp Fiber Properties by Principal Component Analysis. In *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 37, s. 219–223, ISSN 0075-5192
- KLUNGNES, J.H., CAULFIELD, D.F. 1982. Mechanism affecting fiber bonding during drying and ageing of pulps. In *Tappi J.* 65(12), s. 94–97
- KUČEROVÁ, V., HALAJOVÁ, L. 2009. Sledovanie zmien recyklovaných buničín metódou gélovej permeačnej chromatografie. In *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 51(2), 2009, s. 87–92, ISSN 1336-3824
- KRONEK, J., RYCHLÝ, J., CZOMOROVÁ, K., KLEINOVÁ, A., KIRSCHNEROVÁ, S., VIZÁROVÁ, K., VRŠKA, M. 2005. Vplyv chemickej modifikácie papiera na mechanické vlastnosti a termooxidačnú stabilitu. In *ChemZi*, Roč. 1, č. 1., zborník 57. Zjazdu chemických spoločností, 2005, s. 217
- LIŠKA, J. 2008. Súčasný stav recyklácie zberového papiera na Slovensku, In *Papír a celulóza* 63 (4) s.118. ISSN 0031-1421
- MALONEY, T.C., TODOROVIC, A., PAULAPURO, H. 1998. The effect of fiber swelling in press dewatering. In *Nordic Pulp Paper Res. J.*, 13(4), 285 s.
- MARKOŠ, J., JELEMENSKÝ, Ľ., GAŠPAROVIČ, L. 2010. Pyrolýza a splyňovanie biomasy: Základná charakteristika procesu, zariadenia. In *Produkcia bioplynu, pyrolýza a splyňovanie – efektívny spôsob zhodnocovania biomasy ako obnoviteľného zdroja energie: Zborník odborného seminára*. Bratislava: FCHaPT STU, s. 36–38
- NAZHAD, M.M., PASZNER, L. 1994. Fundamentals of strength loss in recycled paper. In *Tappi J.*, 77(9), s. 171–179
- NAZHAD, M.M., RAMOS, L.P., PASZNER, L., SADDLER, J.N. 1995. Structural constraints affecting the initial enzymatic hydrolysis of recycled paper. In *Enzyme and Microbial Technology*, 17, s. 66–74
- ŠOTOLOVÁ, O., DEMKO, J. 2004. Energetické zhodnocovanie odpadnej biomasy v Niesiedler SCP a.s. Ružomberok, *Technika ochrany prostredia*, TOP 2004, s. 163. ISSN 80-227-2058-5
- ŠUTÝ, Š., KATUŠČÁK, S., TIŇO, R., VIZÁROVÁ, K., VRŠKA, M. 2008. Vzdelávanie pre papierenský a drevospracujúci priemysel na Slovenskej technickej univerzite, 2008. In *Papír a celulóza* 63 (4), s. 160. ISSN 0031-1421

- ŠUTÝ, Š., VRŠKA, M. 2008. Papierenský potenciál recyklovaných vlákien. In Papír a celulóza 63 (4) 2008, s. 118. ISSN 0031-1421
- TYMICH, J. 2001. Papír – Obaly – Recyklace. In Papír a celulóza 56(5) 2001, s. 147–149, ISSN 0031-1421
- VALTASAARI, L., SAARELA, K. 1975. Determination of chain length distribution of cellulose by gel permeation chromatography using the tricarbanilate derivate. In Paper och Tra – Paperi ja Puu, 1, 1975, s. 5–10
- WELF, E.S., VENDITTI, R.A., HUBBE, M.A. AND PAWLAK, J.J. 2005. The effects of heating without water removal and drying on the swelling as measured by water retention value and degradation as measured by intrinsic viscosity of cellulose papermaking fibers. In Prog. Paper Recycling 14(3), s. 1–9
-

Adresa autora:

Ing. Iveta Čabalová, PhD.
Katedra chémie a chemických technológií
Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
e-mail: cabalova@tuzvo.sk

Vplyv teploty a recyklácie na dĺžku ret'azcov celulózy v buničninových vláknach

Abstrakt

Prezentovaná práca je zameraná na možnosť ochrany životného prostredia s cieľom zachovania dreva ako primárnej suroviny. Táto práca poukazuje na možnosti opätovného využitia papiera ako druhej suroviny, čiže na recykláciu.

Zmeny priemerného polymerizačného stupňa (PPS) osemnásobne recyklovaných buničninových vlákien boli, po urýchlennom starnutí pri 120 ° C, merané kvapalinovou chromatografiou.

Zo stanovených výsledkov vyplýva, že proces urýchlenného starnutia spôsobuje pokles PPS. Tento vplyv bol zrejmy pri každej teplote sušenia recyklovaných vlákien. Tento účinok sa v najväčšej miere prejavil pri najnižšej teplote sušenia –80 ° C. Po piatej recyklácii bolo možné pozorovať zmeny (extrémy), ktoré interpretujem ako ukončenie vonkajšej a zintenzívnenie vnútornej fibrilácie a delaminácie vlákien.

Kľúčové slová: recyklácia papiera, polymerizačný stupeň, gélová permeačná chromatografia, proces starnutia

NÍZKOTEPLTNÁ ROZKLADNÁ DESTILÁCIA SMREKOVÉHO DREVA A KÔRY

Jarmila GEFFERTOVÁ – Anton GEFFERT

Geffertová, J., Geffert, A.: The low-temperature destructive distillation of the spruce wood and bark. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 129–138, 2012.

The aim of this work was to evaluate the thermal degradation effect of the spruce wood and bark samples during the low-temperature pyrolysis. Following properties were determined – content of the individual fractions, acidity of the obtained pyroligneous acid and the changes of the energy content of the original samples comparing to obtained charcoal.

The content of the most significant energy active element – carbon in the solid phase (charcoal) increased (about 28.9 till 37.9 %) within the slow low-temperature destructive distillation of the spruce wood and bark (time 60 minutes and temperature lower than 300 °C), that was manifested by 1.3-till 1.6-times increase of the combustion heat and heating value.

Beside of the main product – charcoal, 7.8 % content of the utilizable acid components mainly acetic acid in the entrapped condensate of spruce wood destructive distillation is interesting.

Key words: spruce wood, bark, destructive distillation, charcoal, combustion heat, heating value, chemical composition

ÚVOD

Biomasa má v súčasnosti strategický význam pre spoločnosť, preto sa konečne začína upozorňovať na uvážené rozhodovanie o jej využívaní, najmä v prípade výroby energie a palív (ZAMKOVSKÝ *a kol.* 2011).

Pri lesnatosti Slovenskej republiky 41 % je zastúpenie smreka 25,3 % pri jeho medziročne klesajúcom podiele v dôsledku negatívneho pôsobenia biotických a abiotických škodlivých činiteľov. V r. 2010 bol vykázaný druhý najvyšší objem ťažby dreva v celej histórii lesného hospodárstva na Slovensku (9 859,7 tis. m³). Pritom dodávky dreva na energetické účely a palivové drevo predstavovali 466,6 tis. m³ a z toho ihličnaté drevo tvorilo 54 % (MP SR, 2011).

Pred výrobou energie z primárnej biomasy by sa mala uprednostniť výroba energie z biomasy z priemyselných, komunálnych, poľnohospodárskych a lesníckych odpadov.

Energiu je možné získať z biomasy termochemickou premenou (spaľovaním, pyrolýzou, splynovaním), biochemickou premenou (fermentáciou), chemickou (esterifikácia bioolejov).

Medzi pyrolýzne procesy patrí aj rozkladná destilácia dreva. Jej princíp spočíva v termickom rozklade organických látok za neprítomnosti, alebo obmedzenej prítomnosti kyslíka nad medzou termickej stability prítomných organických látok.

Termický rozklad môže prebiehať v oblasti teplôt od 150 °C do 900 °C (JANDAČKA a kol., 2007), pričom prebieha celý rad postupných a paralelných reakcií v závislosti na chemickom zložení, vlhkosti, teplote a dobe pôsobenia.

Z polysacharidických zložiek sú termicky labilnejšie hemicelulózy, ktoré sa začínajú rozkladať už nad teplotou 100 °C. Prebieha deacetylácia xylánov a glukomanánov, dekarboxylácia urónových kyselín a radikálová depolymerizácia spojená s dehydratáciou.

Pod 200 °C prebieha aj degradácia celulózy radikálovým mechanizmom – prednostne v amorfných oblastiach. Pri 270 °C začína pyrolýza spojená so zánikom pôvodných väzieb vo všetkých zložkách dreva s uvoľňovaním plyných produktov – prebieha dehydratácia, kondenzácia a transformácia uhlíkového skeletu zložiek dreva na látky s vyšším obsahom uhlíka (SOLÁR 2001).

Okolo 200 °C dochádza aj k rozkladu lignínu – prebieha štiepenie α - a β -éterických a fenyglykozidických väzieb, demetoxylácia a pri teplotách 260–280 °C homolytické štiepenie väzieb medzi atómami uhlíkového skeletu. Vzrastá obsah uhlíka. Prchavými produktami termického rozkladu sú prevažne jednoduché a kondenzované zlúčeniny fenolického charakteru, ktoré tvoria prevažnú časť drevného dechtu (SOLÁR 2001, FENGEL, WEGENER, 1984).

Súčasne prebiehajú termooxidačné, depolymerizačné a dehydratačné reakcie (BLAŽEJ, KOŠÍK, 1985, KAČÍKOVÁ, KAČÍK, 2011, GERDES, 2001), v dôsledku ktorých vzniká veľké množstvo sekundárnych medziproduktov a ktoré sa môžu buď rozkladať na nízkomolekulové látky (CO, CO₂, H₂O), alebo v dôsledku rastových, kondenzačných reakcií a sieťovania môžu vznikať aj nové polymérne látky.

Najstaršou metódou zušľachtovania dreva pre energetické účely je výroba drevného uhlia. Drevné uhlie tvorí tuhú fázu rozkladnej destilácie dreva so zvýšenou energetickou hodnotou v porovnaní so vstupnou surovinou. Výťažky drevného uhlia uvádza FENGEL a WEGENER (1984) pri teplote 400 °C od 33 do 41 %, BUČKO a OSVALD (1997) 32–39 %, JANDAČKA a kol. (2007) pre pomalú nízko teplotnú pyrolýzu 20–35 % a BRIDGWATER a PEACOCKE (2000) 35 %. Drevné uhlie v závislosti od pôsobiacej teploty sa obohacuje o uhlík a zvyšuje sa jeho energetický potenciál. JANDAČKA a kol. (2007) uvádzajú zvýšenie obsahu uhlíka pri teplote pyrolýzy 300 °C z 50,4 na 56,4 %, zníženie obsahu vodíka zo 6,7 % na 5,4 %, pokles kyslíka zo 42,2 na 37,4 % a podielu dusíka z 0,65 % na 0,39 %. DZURENDA a JANDAČKA (2010) charakterizujú získané drevné uhlie až 85 % podielom uhlíka.

Zároveň s tuhou fázou vzniká prchavá nekondenzovateľná časť – pyrolýzny plyn obsahujúci hlavne CO₂, CO, H₂, CH₄ a uhl'ovodíky C2 až C4 (BUČKO a OSVALD, 1997, MARKOŠ a kol., 2010). Podľa BUČKA a OSVALDA (1997) tvorí táto časť 16–19 % pri teplotách pyrolýzy 400–600 °C a JANDAČKA a kol. (2007) uvádza pre pomalú pyrolýzu 25–30 % podiel.

V kvapalnej fáze zostávajú skondenzovateľné produkty rozkladu, ktoré sú tmavočervenej až hnedej farby a predstavujú pestrú zmes viac ako 300 zlúčenín vznikajúcich priamo zo zložiek dreva alebo ako dôsledok sekundárnych reakcií. Sú to kyseliny (octová, mravčia, propionová, maslová), alkoholy, aldehydy, ketóny, fenoly a rôzne aromatické

produkty (BLAŽEJ a KOŠÍK, 1985), ktorých obsah sa pohybuje podľa BUČKA a OSVALDA (1997) od 45 do 50 %, podľa JANDAČKU *a kol.* (2007) 30–35 %.

MOHAN *a kol.* (2006) uvádzajú pre pomalú pyrolýzu približné zastúpenie drevného uhlia 35 %, kvapalného podielu 30 % a plynného podielu 35 %.

Cieľom práce bolo podrobiť vzorky smrekového dreva a kôry za rovnakých podmienok pomalej nízкотеплотnej pyrolýze a vyhodnotiť účinok termickej degradácie stanovením obsahu jednotlivých frakcií, kyslosti získaného surového drevného octu a zmeny energetického obsahu pôvodnej vzorky voči získanému drevnému uhlíu vo väzbe na zmenu elementárneho zloženia.

MATERIÁL A METODIKA

Na sledovanie pomalej nízкотеплотnej pyrolýzy boli použité piliny z dreva a kôry smreka (*Picea abies L.*).

Chemické zloženie dreva a kôry bolo stanovené pomocou vybraných charakteristík:

Sušina	gravimetrické stanovenie sušením (MELCER 1976)
Extraktívne látky	D 1107-96 (etanol-toluénová extrakcia)
Holocelulóza	metóda podľa Wisea (MELCER 1976)
Lignín	metóda TAPPI T-13m (MELCER 1976)
Popol	STN ISO 1928 (444 1352) ako anorganický zvyšok.

Pyrolýza prebiehala v uzavretej laboratórnej retorte vybavenej teplomerom pri teplote do 300 °C. Navážená vzorka (20 g) sa postupne ohrievala, pričom celková doba termického pôsobenia bola 60 minút. Produkty rozkladu boli z retorty odvádzané cez laboratórny chladič. Kondenzovateľné látky boli zachytávané do navažovačky umiestnenej na digitálnych váhach a neskondenzovateľné produkty sa odsávali cez digestor. V retorte zostal zvyšok po pyrolýze – drevné uhlie.

Pri stanovení jednotlivých frakcií termického rozkladu sa vychádzalo z gravimetrického stanovenia tuhej fázy (drevného uhlia – m_s) a kvapalnej fázy (kondenzátu – m_l), pričom množstvo plynného neskondenzovateľného podielu (m_g) sa určilo dopočítaním k hmotnosti pôvodnej vzorky (m_{vzorky}) podľa vzťahu: $m_g = m_{\text{vzorky}} - (m_s + m_l)$. Obsah jednotlivých frakcií sa vyjadril ako percentuálny podiel z pôvodnej vzorky.



Obr. 1 Aparatúra na rozkladnú destiláciu

Fig. 1 The destructive distillation apparatus

Kyslosť surového drevného octu v kondenzáte bola stanovená pH-metrickou alkali-metrickou titráciou a vyjadrila ako obsah kyseliny octovej:

$$\% \text{ obsah } CH_3COOH = \frac{M_{CH_3COOH} \cdot V_E \cdot 10^{-3} \cdot c_{NaOH}}{m_{vz.}} \cdot 100$$

kde: M_{CH_3COOH} – mólová hmotnosť kyseliny octovej,
 V_E – objem NaOH v bode ekvivalencie v ml,
 c_{NaOH} – koncentrácia NaOH v mol/l,
 $m_{vz.}$ – hmotnosť vzorky surového drevného octu v g.

V horľavine pôvodných vzoriek dreva a kôry a v drevnom uhli získanom ich níz-koteplotnou pyrolýzou bolo na analyzátore NCS – FLASH EA 1112 (CLL NLC Zvolen) stanovené elementárne prvkové zloženie

- obsah uhlíka, vodíka, dusíka,
- obsah kyslíka sa dopočítal.

Spaľovacie teplo dreva a kôry a z nich získaného drevného uhlia sa stanovilo v kalo-rimetrickom systéme IKA C 200 (izoperibolická, dynamická metóda) za použitia softvéru Cal Win v súlade s normou STN ISO 1928 (44 1352) Tuhé palivá. Stanovenie spaľovacie-ho tepla kalorimetrickou metódou v tlakovej nádobe a výpočet výhrevnosti. Výhrevnosť bola vypočítaná podľa vzťahu:

$$Q_n = [O_s - 212 \cdot w_{H^{daf}} - 0,8 \cdot (w_{O^{daf}} + w_{N^{daf}})] \cdot (1 - 0,01 w_{voda}) - 24,4 \cdot w_{voda}$$

Q_n – výhrevnosť [J.g⁻¹],
 Q_s – spaľovacie teplo [J.g⁻¹],
 $w_{H^{daf}}$ – obsah vodíka v horľavine [%],
 $w_{O^{daf}}$ – obsah kyslíka v horľavine [%],
 $w_{N^{daf}}$ – obsah dusíka v horľavine [%],
 w_{voda} – obsah vody vo vzorke [%].

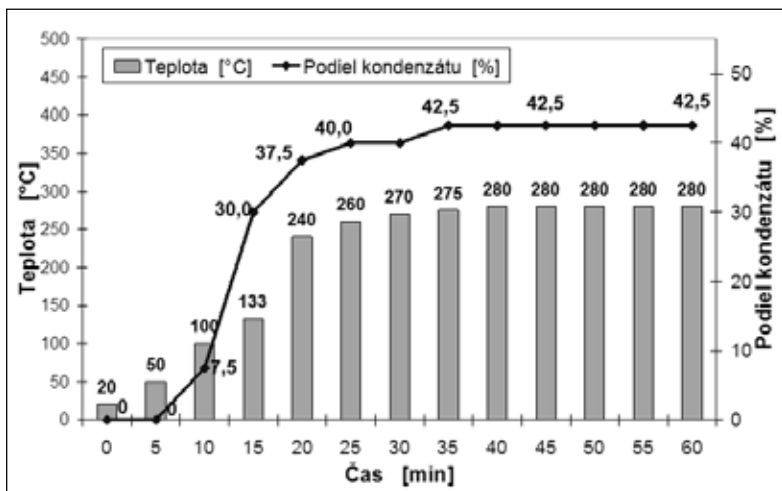
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priebeh níz-koteplotnej pyrolýzy pri vzorkách dreva a kôry smreka (*Picea abies* L.) je znázornený na obr. 2 a 3.

Z daných závislostí vyplýva, že pri rozkladnej destilácii dreva smreka sa maximálny podiel kondenzátu 42,5 % na navážku vzorky dosiahol po 35 minútovom ohreve pri tep-lote 275 °C. Ďalšie predĺženie termického pôsobenia a zvýšenie teploty na 280 °C sa už na množstve kondenzátu neprejavilo.

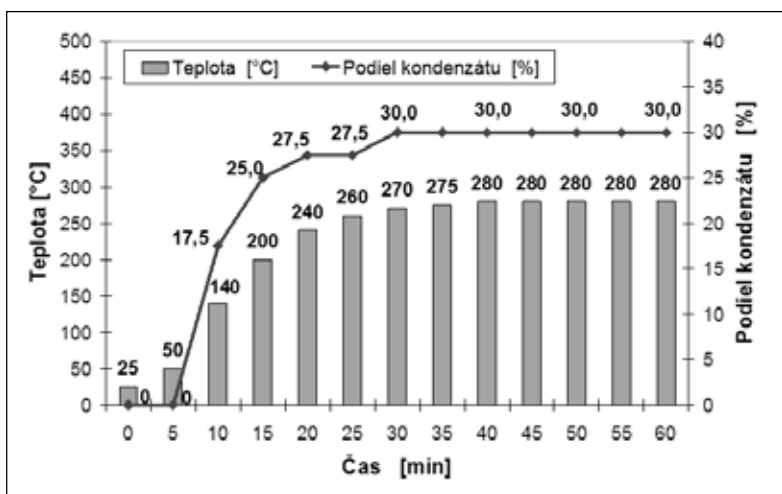
Pri rozkladnej destilácii smrekovej kôry sa množstvo kondenzovateľných produktov rozkladu ustálilo po 30 minútach pri teplote 270 °C a ďalšie predlžovanie termického roz-kladu a zvýšenie teploty na 280 °C tiež neovplyvnilo množstvo kondenzátu.

Pri termickom rozklade vzoriek sa získali tri fázy. Pevnú fázu tvorilo drevné uhlie, ako zostatok termického rozkladu, kvapalnú fázu predstavovali skondenzovateľné a plyn-nú neskondenzovateľné produkty rozkladu.



Obr. 2 Priebeh rozkladnej destilácie smrekového dreva

Fig. 2 Course of the destructive distillation of the spruce wood



Obr. 3 Priebeh rozkladnej destilácie smrekovej kôry

Fig. 3 Course of the destructive distillation of the spruce bark

V tab. 1 je uvedený obsah jednotlivých frakcií rozkladnej destilácie smrekového dreva a kôry.

Tab. 1 Frakcie rozkladnej destilácie smrekového dreva a kôry

Tab. 1 Fractions of the destructive distillation of the spruce wood and bark

Vzorka	Drevné uhlie	Kondenzát	Plynná časť
	[%]	[%]	[%]
Smrekové drevo w = 9 %	34,0	42,5	23,5
Smreková kôra w = 9 %	42,5	32,5	25,0

Najnižšiu stabilitu majú extraktívne látky, ktoré v kôre predstavovali až 13,1 %. Pri rozkladnej destilácii kôry už po 10 minútach kondenzát tvoril 17,5 %, zatiaľ čo pri dreve 7,5 % z jeho celkového obsahu.

Rozdielne zastúpenie jednotlivých frakcií rozkladnej destilácie dreva a kôry smrekového odpadu súvisí s ich rozdielnym chemickým zložením. V ligníne, ktorý má zo všetkých zložiek dreva najvyššiu stabilitu, pri použitých teplotách pyrolýzy (cca 280 °C) dochádza k rozpadu málo pevných éterových aryl-alkylových väzieb a väzieb C-C v bočných reťazcoch za tvorby drevného uhlia (Blažej, Košík, 1985). Smreková kôra obsahovala viac lignínu (32,2 %), čo sa prejavilo vyšším podielom drevného uhlia.

Tab. 2 Chemické zloženie dreva a kôry

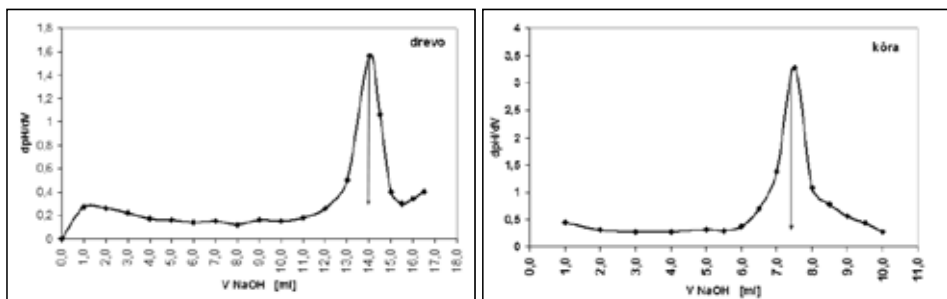
Tab. 2 Chemical composition of the wood and bark

Chemická charakteristika		SMREK – drevo	SMREK – kôra
Extraktívne látky	[%]	1,9	13,1
Lignín	[%]	27,4	32,2
Holocelulóza	[%]	71,5	53,2
Popol	[%]	0,5	3,2

Rozkladom polysacharidickej časti vzniká mnoho organických látok (alkoholy, aldehydy, ketóny, furánové zlúčeniny, kyseliny a ich deriváty a iné). Smrekové drevo malo vyšší polysacharidický podiel (holocelulózy), čo sa prejavilo vyšším podielom kondenzátu (tab. 1) s vyšším obsahom kyslých zložiek, ktoré vznikli v priebehu termického rozkladu (obr. 4).

Kyslosť surového drevného octu v kondenzáte bola stanovená pH-metrickou alkalimetrickou titráciou a vyjadrila sa obsahom kyseliny octovej podľa vzťahu (1). Obsah CH_3COOH v kondenzáte získanom po termickom rozklade smrekového dreva bol 7,8 % a smrekovej kôry len 4,4 %.

V priebehu termického rozkladu vznikal celý rad kondenzovateľných aj neskondenzovateľných zlúčenín, pričom pôvodná vzorka sa obohacovala o uhlík. V tab. 3 a 4 sú uvedené elementárne zloženia pôvodnej vzorky dreva a kôry a z nich získaného drevného uhlia.



Obr. 4 Titračná krivka – stanovenie kyslosti kvapalnej fázy

Fig. 4 Titration curve – determination of the liquid phase acidity

Tab. 3 Elementárne zloženie horľaviny, spaľovacie teplo a výhrevnosť smrekového dreva a drevného uhlia

Tab. 3 Elementary composition of the combustible, combustion heat and heating value of the spruce wood and charcoal

Vzorka	C	N	H	O	Spaľovacie teplo	Výhrevnosť
	% na sušinu				[MJ.kg ⁻¹]	[MJ.kg ⁻¹]
Smrekové drevo a.s.	51,7	0,1	5,9	42,3	20,2	18,9
Smrekové drevo – drevné uhlie a.s.	89,6	0,2	4,4	5,8	31,3	30,3

Pri rozkladnej destilácii smrekového dreva obsah uhlíka vzrástol o 37,9 %, pri mier-
nom poklese obsahu vodíka o 1,5 % a kyslíka ako neaktívnej energetickej zložky až
o 36,5 %. Tým sa zvýšila energetická hustota pôvodnej vzorky dreva, čo sa prejavilo
zvýšenou hodnotou spaľovacieho tepla a výhrevnosti (tab. 3). Získané drevné uhlie malo
spaľovacie teplo 31,3 MJ.kg⁻¹, čo predstavuje viac ako 1,5-násobné zvýšenie oproti pô-
vodnej vzorke dreva. Hodnota výhrevnosti drevného uhlia zohľadňujúca obsah vodíka
(4,4 %) a vlhkosť vstupného materiálu bola 30,3 MJ.kg⁻¹.

Tab. 4 Elementárne zloženie horľaviny, spaľovacie teplo a výhrevnosť smrekovej kôry a drevného uhlia

Tab. 4 Elementary composition of the combustible, combustion heat and heating value of the spruce bark and charcoal

Vzorka	C	N	H	O	Spaľovacie teplo	Výhrevnosť
	% na sušinu				[MJ.kg ⁻¹]	[MJ.kg ⁻¹]
Smreková kôra a.s.	53,0	1,1	5,9	40,0	20,7	19,4
Smreková kôra – drevné uhlie a.s.	81,9	1,5	3,6	13,0	27,0	26,2

Pri rozkladnej destilácii smrekovej kôry sa zaznamenal nárast obsahu uhlíka o 28,9 %, pokles obsahu vodíka o 2,3 % a z energeticky neaktívnych prvkov bol pozorovaný pokles obsahu kyslíka o 27 % pri miernom náraste obsahu dusíka o 0,4 %.

Z elementárneho zloženia smrekového dreva a kôry (tab. 3 a 4) vyplýva, že kôra obsahovala o 1,3 % viac uhlíka, o 2,3 % menej kyslíka, rovnaký obsah vodíka a 11-násobne viac obsahu dusíka. Vplyv zvýšeného obsahu uhlíka v smrekovej kôre sa prejavil na vyšších hodnotách spaľovacieho tepla a výhrevnosti (20,7 MJ.kg⁻¹, resp. 19,4 MJ.kg⁻¹).

V porovnaní rozkladnej destilácie smrekovej kôry a dreva u energeticky aktívnych prvkov bol pri smrekovej kôre pozorovaný nižší nárast obsahu uhlíka a vyšší pokles obsahu vodíka a u energeticky neaktívnych prvkov bol nižší pokles obsahu kyslíka a vyšší nárast obsahu dusíka.

Drevné uhlie získané rozkladnou destiláciou smrekového dreva bolo bohatšie na aktívne energetické prvky (uhlík, vodík) a malo vyššie hodnoty spaľovacieho tepla (31,3 MJ.kg⁻¹) a výhrevnosti (30,3 MJ.kg⁻¹) ako drevné uhlie pripravené za rovnakých podmienok zo smrekovej kôry (spaľovacie teplo 27,0 MJ.kg⁻¹, výhrevnosť 26,2 MJ.kg⁻¹).

ZÁVER

Dosiahnuté výsledky ukázali, že nízkoteplotnou rozkladnou destiláciou smrekového dreva a kôry je možné pripraviť predovšetkým drevné uhlie (palivo s vyšším energetickým obsahom, ako mala pôvodná surovina), ktoré je možné ďalej využiť aj na prípravu produktov s vyššou pridanou hodnotou – drevouhoľné brikety, aktívne uhlie, chemické sorbenty, cementačné prášky ekologické, prostriedky individuálnej ochrany (ochranné filtre do masiek).

Aj nezanedbateľný obsah kyseliny octovej a iných zlúčenín nachádzajúcich sa v kondenzáte z rozkladnej destilácie dáva možnosť prípravy zaujímavých produktov – estery kyseliny octovej a ďalšie rozpúšťadlá (butylacetát, izobutylacetát, metylacetát), čisté druhy kyseliny octovej, kryštalické soli kyseliny octovej (octan sodný, amónny, zinočnatý).

Výroba drevného uhlia mala dlhú tradíciu aj na Slovensku. Aj napriek súčasnej absencii tejto výroby u nás je treba pamätať, že s ubúdaním fosílnych zdrojov (uhlie, ropa, zemný plyn) nastane renesancia týchto tradičných technológií, samozrejme vo viac sofistikovanej podobe.

PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- BLAŽEJ, A., KOŠÍK, M. 1985. *Fytomasa ako chemická surovina*. 1. vyd. Bratislava: VEDA, 1985. 404 s. ISBN 71-017-85.
- BUČKO, J., OSVALD, A. 1997. Rozklad dreva teplom a ohňom. 1. vyd. Zvolen: TU, 1997. 100 s. ISBN 80-228-0639-0.
- BRIDGWATER, A.V., PEACOCKE, G.V.C. 2000. Fast Pyrolysis Processes for Biomass. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ISSN 1364-0321, 2000, Vol.4, N.1, pp.1–73.
- D 1107-96 (2001): Standard Test Method for Ethanol-Toluene Solubility of Wood. Technical Association of Pulp and Paper Industry Standard Method T 204 os-76
- DZURENDA, L., JANDAČKA, J. 2010. *Energetické využitie biomasy*. 1. vyd. Zvolen: TU, 2010. 162 s. ISBN 978-80-228-2082-0.
- FENGEL, D., WEGENER, G. 1984. *WOOD. CHEMISTRY ULTRASTRUCTURE REACTIONS*. Berlin , New York: Walter de Gruyter, 1984. 613pp. ISBN 3-11-008481-3.
- GERDES, CH. 2001. Pyrolyse von Biomasse-Abfall: *Thermochemische Konversion mit dem Hamburger-Wirbelschichtverfahren*. Hamburg: 2001, 274 pp.
- JANDAČKA, J., MALCHO, M., MIKULÍK, M. 2007. *Technológia pre prípravu a energetické využitie biomasy*. 1.vyd. Mojš: Jozef Bulejčík. 2007. 222 s. ISBN 978-80-969595-3-2.
- KAČÍKOVÁ, D., KAČÍK, F. 2011. *Chemické a mechanické zmeny dreva pri termickej úprave*. 1. vyd. Zvolen: TU, 2011. 71 s. ISBN 978-80-228-2249-7.
- MARKOŠ, J., JELEMENSKÝ, L., GAŠPAROVIČ, L. 2010. Pyrolýza a splynovanie biomasy: základná charakteristika procesu, zariadenia. In: *Produkcia bioplynu, pyrolýza a splynovanie – efektívny spôsob zhodnotenia biomasy ako obnoviteľného zdroja energie*. Bratislava: VÚP-NOI, 2010. ISBN 978-80-89088-88-1, s. 36–48.
- MELCER, I., BLAŽEJ A., ŠUTÝ, L., 1976. Analytická chémia dreva. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1976. 326 s. ISBN 63-555-76.
- MP SR. 2011. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za r. 2010. Zelená správa, NLC 2010, 102 s., ISBN 978-80-8093-122-3.
- MOHAN, D., PITTMAN, CH.U., STEELE,P.H. 2006. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical review. In *Energy & Fuels*, ISSN 0887-0624, 2006, 20, pp.848–889.
- SOLÁR, R. 2001. *Chémia dreva*. 1. vyd. Zvolen: TU, 2001. 101 s. ISBN 80-228-1007-X.
- ZAMKOVSKÝ J., PROKOVÁ, A. a kol. 2011. Účelné a efektívne využívanie biomasy. Požičný dokument. 2011. 41 s.[cit.2012.26.06.] Dostupné na internete: www.priateliazeme.sk/cepa.
-

Adresa autorov:

Ing. Jarmila Geffertová, PhD.

Doc. Ing. Anton Geffert, CSc.

Katedra chémie a chemických technológií

Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Slovensko

e-mail: geffertova@tuzvo.sk

anton.geffert@tuzvo.sk

Nízkoteplotná rozkladná destilácia smrekového dreva a kôry

Abstrakt

Cieľom práce bolo vyhodnotiť účinok termickej degradácie vzorky smrekového dreva a kôry počas nízkoteplotnej pyrolýzy – stanovením obsahu jednotlivých frakcií, kyslosti získaného surového drevného octu a zmeny energetického obsahu pôvodnej vzorky voči získanému drevnému uhlíu.

V podmienkach pomalej nízkoteplotnej rozkladnej destilácii smrekového dreva aj kôry (čas 60 minút, teplota pod 300 °C) došlo v tuhej fáze (drevnom uhlí) k výraznému zvýšeniu obsahu najvýznamnejšieho energeticky aktívneho prvku – uhlíka (o 28,9 až 37,9 %), čo sa prejavilo 1,3- až 1,6-násobným zvýšením hodnôt spaľovacieho tepla a výhrevnosti.

Okrem hlavného produktu – drevného uhlia je zaujímavým aj 7,8 %-ný obsah využiteľných kyslých zložiek, predovšetkým kyseliny octovej, v zachytenom kondenzáte z rozkladnej destilácie smrekového dreva.

Kľúčové slová: smrekové drevo, kôra, rozkladná destilácia, drevné uhlie, spaľovacie teplo, výhrevnosť

BODOVÉ POLYMORFIZMY V RÁMCI POTENCIÁLNE ADAPTÍVNYCH SEKVENCIÍ SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) Z KLIMATICKY KONTRASTNÝCH OBLASTÍ

Dušan GÖMÖRY – Ivana ROMŠÁKOVÁ – Elena FOFFOVÁ

Gömöry, D., Romšáková, I., Foffová, E.: Single nucleotide polymorphisms within potentially adaptive sequences of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) provenances from climatically contrasting areas. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 139–151, 2012.

Variation of sequences of five EST-derived markers was investigated in three Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) provenances originating from different altitudes growing at two climatically contrasting trial plots in Slovakia (450 m and 1 250 m a.s.l.) within a Slovak spin-off experiment of the IUFRO 1964/68 provenance experiment with Norway spruce. Single nucleotide polymorphisms (SNP) were identified and differences in allele frequencies at polymorphic sites were tested against altitude. Overall, 61 sites out of the total sequence length of 3702 bp were polymorphic in the studied material. No clear trends were observed in nucleotide diversity among provenances, but allelic richness (within-population number of SNPs) decreased with altitude. Almost no significant differentiation was observed. The outcomes of the study confirm our previous results with the same material, meaning that provenances do not show signs of local adaptation. The results are discussed in the light of potential causes of the absence of trends.

Key words: *Picea abies*; single nucleotide polymorphisms; IUFRO 1964/68; provenance research; cold hardiness; chlorophyll fluorescence

ÚVOD

Jednou zo základných tém súčasného ekologického a genetického výskumu lesných drevín je otázka lokálnej adaptácie. V podmienkach meniaceho sa prostredia sa mení aj genetická štruktúra populácie v dôsledku rozdielov v biologickej zdatnosti nositeľov rôznych genotypov. V populácii sú preferované fenotypy, poskytujúce selektívnu výhodu svojim nositeľom, či sa zvyšuje aj zastúpenie génov, ktoré ich kontrolujú. V prípade rastlín, teda aj lesných drevín, sa vo všeobecnosti uvažuje s klímou ako hlavným faktorom adaptácie (MÁTYÁS 1996). V skutočnosti sa však geneticky podmienené rozdiely medzi jedincami môžu vzťahovať aj na pôdu, ďalšie človekom podmienené faktory (imisie) a biotické faktory (škodcovia, patogény, symbionty, opelňovače a pod.) (GEBUREK 2000).

Na štúdium genetických aspektov adaptácie sa doteraz využívali najmä anonymné génové markéry typu izoenzýmov (MÜLLER-STARCK 1994), a dokonca aj markéry z princípu neutrálne (najmä jadrové mikrosatelity), u ktorých sa vychádzalo z možnosti tesnej väzby s adaptívnymi lokusmi. Rýchly vývoj funkčnej genomiky v posledných rokoch priniesol širokú paletu nových nástrojov (GONZALEZ-MARTINEZ *et al.* 2006, GRATTAPAGLIA *et al.* 2009). Napriek tomu sa štúdie priamo dávajúce do súvisu genetické polymorfizmy s ekologickými podmienkami či adaptívnymi fenotypovými znakmi postupne objavujú až v poslednej dobe (ECKERT *et al.* 2009, 2010, NAMROUD *et al.* 2008, WACHOWIAK *et al.* 2009).

Provenienčný výzkum je všeobecne považovaný za tradičný lesnícky nástroj pre štúdium adaptácie. Aj keď jeho pôvodné zameranie sa týkalo výberu vhodných zdrojov reprodukčného materiálu pre zalesňovanie a umelú obnovu lesa (KÖNIG 2005), provenienčné pokusy, najmä tie širšie koncipované, majú rozsiahlejšie využitie, keďže umožňujú simulovať zmeny klímy spojené s prenosom alebo vyvolané globálnymi procesmi (MÁTYÁS 1996). Smrek obyčajný (*Picea abies* Karst.) patrí k drevinám, u ktorých bol vďaka ich hospodárskemu a ekologickému významu doterajší provenienčný výskum najrozsiahlejší a najintenzívnejší, a to ako na národnej (HOLUBČÍK 1980), tak aj medzinárodnej úrovni (GIERTYCH 1976, KRUTZSCH 1992). Výsledky štúdií založených na genetických markéroch sa u smreka v istom zmysle rozchádzajú s obrazom geografických trendov genetického komponentu fenotypovej premenlivosti, aký poskytuje provenienčný výskum. Anonymné a neutrálne génové markéry typu izoenzýmov, PCR-RFLP markérov a mikrosatelitov chloroplastovej a mitochondriálnej DNA či jadrových mikrosatelitov spravidla naznačujú značnú homogenitu v rámci veľkých regiónov a naopak diferenciáciu medzi strednou a severnou Európou (KRUTOVSKIJ a BERGMANN 1995, LAGERCRANTZ a RYMAN 1990). Naopak, populácie smreka sa výrazne odlišujú vo fenotypových znakoch asociovaných s biologickou zdatnosťou (rast, prežívanie, fenológia, mrazuvzdornosť), ktoré často vykazujú plynulé geografické trendy (KRUTZSCH 1974). Problémom štúdia adaptívnej variability v mierke areálu je nemožnosť odlišiť geografické trendy, ktoré sú dôsledkom neadaptívnych procesov (genetický drift, tok génov a pod.) od trendov vznikajúcich adaptáciou na podmienky prostredia meniace sa pozdĺž plynulých geografických gradientov. Preto sa naša štúdia zameriava na hodnotenie variability potenciálne adaptívnych markérov v rámci malého územia Slovenska, kde neutrálne evolučné procesy zohrávajú minimálnu úlohu vo formovaní genetických štruktúr populácií. Cieľom práce je identifikovať rozdiely v zastúpení bodových polymorfizmov medzi populáciami pochádzajúcimi z kontrastných klimatických podmienok v sekvenciách potenciálne adaptívnych lokusov odvodených z EST-markérov.

MATERIÁL A METODIKA

Štúdia vychádza z provenienčného pokusu so smrekom obyčajným, ktorý bol založený ako séria asociovaná s medzinárodným pokusom IUFRO 1964/68 (HOLUBČÍK 1980, KRUTZSCH 1974). Séria okrem zahraničných proveniencií obsahuje 11 slovenských proveniencií, opakovane vysadených na 5 plochách rozmiestnených pozdĺž výškového

gradientu od 450 do 1 250 m n. m. Plochy sú vysadené systémom 4 úplne znáhodnených blokov s iniciálnym počtom 49 jedincov na parcelu v spone 2×2 m.

Na analýzu boli vybraté 3 proveniencie z rozdielnych nadmorských výšok (tab. 1) na najnižšie a najvyššie položenej ploche. Na každej z nich bol zbieraný materiál z 10 stromov na provenienciu. Z minuloročných ihlíc vysušených silikagélom (10 mg sušiny) bola izolovaná celková genomická DNA použitím modifikovaného protokolu podľa DOYLE a DOYLE (1987). Koncentrácia DNA bola overená spektrofotometricky. Izolovaná DNA bola použitá na sekvenovanie 5 potenciálne adaptívnych markérov odvodených z EST sekvencií (VENDRAMIN os. spr.): *ATCUL-3a_1*, *ATCUL-3a_2* (gény kódujúce culliny, hydrofóbne proteíny tvoriace súčasť ubiquitin ligáz, podieľajúcich sa na mnohých bunkových procesoch), *FY-like_1*, *FY-like_2* (proteíny riadiace čas kvitnutia, viažúce sa na RNA resp. odbúravajúce RNA od 3' konca) a *PgEMB24* (LEA proteín chrániaci iné bielkoviny pred agregáciou v dôsledku sucha alebo osmotického stresu spôsobeného vysychaním). Zmesi pre PCR (20 μ l) obsahovali 1 $\times$ PCR pufer, 2 mM $MgCl_2$, 0.2 μ M každého primera, 0.2 μ M dNTP (Fermentas), 0.5 U *Taq* DNA polymerázy (BioThermStar™ Hot Start *Taq* DNA Polymerase, GeneCraft), 0,4 % BSA a 25 ng templátu. Teplotný profil PCR bol nasledovný: úvodná denaturácia 95 °C 10 min, 35 $\times$ [denaturácia 94 °C 1 min, annealing T 1 min ($T = 60$ °C pre *ATCUL-3a_1*, *FY-like_2*, *PgEMB24*, $T = 53$ °C pre *ATCUL-3a_2*, *FY-like_1*), extension 72 °C 1,5 min], záverečné predlžovanie reťazca 72 °C 10 min. Prítomnosť produktov PCR bola overená na 1,5% agarózovom géle. Sekvenácia bola vykonaná servisne spoločnosťou IGA Technology services (Udine, Taliansko). Pri všetkých markéroch boli sekvenované oba reťazce DNA. Výsledky sekvenovania boli vyhodnotené pomocou PC programu SeqScape v. 2.5 (Applied Biosystems, <http://www3.appliedbiosystems.com>). Predmetom hodnotenia v rámci sekvencií boli pozície vykazujúce bodové polymorfizmy. Pri hodnotení sa každá pozícia brala ako samostatný lokus. Rozdiely v alelických frekvenciách medzi pouláciami boli hodnotené exaktným binomickým testom. Následne boli hodnotené odchýlky od panmiktickej rovnováhy pre každý lokus. Diverzita sledovaných lokusov bola hodnotená očakávanou heterozygotnosťou (NEI 1978) a nukleotidovou diverzitou (Tajima 1983). Pre hodnotenie boli použité programy Genepop 3.1 (RAYMOND a ROUSSET 1995) a Arlequin 3.5 (SCHNEIDER *et al.* 2000).

Tab. 1 Charakteristika sledovaných proveniencií a provenienčných plôch
Table 1 Characteristics of the studied provenances and trial sites

Názov objektu ¹ Proveniencia ¹		Zemepisná dĺžka/ Zemepisná šírka ³	Nadmorská výška (m) ⁴	Pôdny typ ⁵	T ⁶ (°C)	Z ⁷ (mm)
Beňuš	P1	19°53'/49°50'	700	Kambizem dystrická	5,7	852
Habovka 49b	P12	19°41'/49°15'	1 000	Kambizem dystrická	3,7	1 199
TANAP	P49	20°15'/49°11'	1 450	Podzol kambizemný	2,9	1 154
Plocha ²						
Veľký Lom	T1	19°21'/49°20'	450	Kambizem typická	7,9	727
Mútne-Zákamenné	T5	19°17'/49°32'	1 250	Kambizem dystrická	3,1	1 336

¹Provenance, ²Plot, ³Longitude/latitude, ⁴Altitude, ⁵Soil type ⁶Mean annual temperature, ⁷Annual precipitation

VÝSLEDKY

Všetky analyzované ESTP markéry poskytli použiteľné sekvencie u väčšiny jedincov, aj keď ich okrajové regióny boli často slabšie čitateľné. Z celkovej dĺžky 3702 bp bolo identifikovaných spolu 61 polymorfných pozícií (35 tranzícií a 26 transverzií), čo predstavuje 1,65 % (tab. 2). Premennivosť v rámci populácií bola samozrejme menšia (28–40 bodových polymorfizmov). Neboli pozorované veľké rozdiely v úrovni alelickej multiplicity ani alelickej diverzity, Istý výškový trend sa dá pozorovať u počtu polymorfných miest (vzhľadom na rovnaký rozsah výberu vo všetkých troch populáciách možno hodnoty porovnávať priamo bez rarefakcie). V najnižšie položenej proveniencii P1 Beňuš je počet polymorfných pozícií najvyšší a postupne klesá s nadmorskou výškou. V prípade nukleotidovej diverzity sa však tento trend nepotvrdil.

Rozdiely v zastúpení alel (nukleotidov na polymorfných pozíciách) sú vo všeobecnosti zanedbateľné (tab. 3). V prípade niekoľkých pozícií sú zdanlivo veľké (D93–157), no jedná sa o okrajové pozície sekvencie, kde bola amplifikácia často neúspešná a sekvenciu nebolo možné spoľahlivo určiť, takže rozsah výber je podstatne nižší než 20 jedincov na populáciu. V každom prípade sú rozdiely medzi alelickými frekvenciami populácií vo výraznej väčšine prípadov nevýznamné alebo marginálne významné ($\alpha < 0,1$). Výnimočne sa objavujú významné rozdiely (C602, D177, D342), ale nie sú konzistentné medzi pozíciami. Tieto výsledky potvrdzujú výstup AMOVA, kde odhad komponentu variancie medzi populáciami je dokonca záporný (a pochopiteľne nevýznamne odlišný od nuly).

Podiel major-polymorfizmov ($p_{min} > 0,1$) je pomerne nízky, z lokusov s dostatočným rozsahom výberu len 13 vykazuje frekvenciu zriedkavejšej alely vyššiu ako 10% (tab. 3). Väčšina major-polymorfizmov bola identifikovaná v markéri *FY-like_2*. Naopak, minor-polymorfizmy boli často pozorované len v jednej z troch sledovaných populácií, pričom v zostávajúcich dvoch bola zodpovedajúca pozícia monomorfná. Tomu zodpovedajú aj hodnoty alelickej diverzity na jednotlivých pozíciách, ktoré sú vo všeobecnosti veľmi nízke, a to ako v rámci jednotlivých populácií (H_e), tak aj v celom analyzovanom materiáli (H_T), ovšem výraznou variabilitou medzi lokusmi (tab. 4). Priemerná očakávaná heterozygotnosť v rámci populácií je len 0,044, priemerná heterozygotnosť v celom súbore je 0,137, ovšem rozdelenie je výrazne ľavostranne asymetrické.

Tab. 2 Podiely polymorfných lokusov a hodnoty nukleotidovej diverzity pre jednotlivé markéry
Table 2 Proportions of polymorphic sites and nucleotide diversities for individual markers

Proveniencia ¹	Par. ²	Lokus ³					Suma/ Priemer ³
		A	B	C	D	E	
P1	n_i	3	3	3	13	2	24
	n_v	3	2	7	0	4	16
	π	0,053	0,030	0,064	0,241	0,063	0,090
	n_{HW}	0	0	1	6	1	8
P12	n_i	3	4	2	10	1	20
	n_v	2	7	0	1	3	13
	π	0,041	0,050	0,026	0,194	0,061	0,074
	n_{HW}	0	1	0	5	0	6
P49	n_i	3	2	2	12	1	20
	n_v	2	2	0	2	2	8
	π	0,057	0,021	0,044	0,211	0,060	0,079
	n_{HW}	0	0	1	6	0	7
Celkovo	n_p	10	15	10	17	9	61

¹Provenance, ²Parameter, ³Locus, ⁴Sum/Mean

A – *ATCUL-3a_1*, B – *ATCUL-3a_2*, C – *FY-like_1*, D – *FY-like_2*, E – *PgEMB24*

n_i – počet tranzícií, n_v – počet transverzií, π – nukleotidová diverzita, n_{HW} – počet pozícií vykazujúcich významnú odchýlku od panmiktickej rovnováhy

n_i – number of transitions, n_v – number of transversions, π – nucleotide diversity, n_{HW} – number of sites showing significant deviation from Hardy-Weinberg equilibrium

Pozorovaná heterozygotnosť v jednotlivých lokusoch rovnako značne kolíše a často sa odchyľuje od očakávania v prípade panmiktickej rovnováhy. Počet pozícií s významnou odchýlkou sa pohybuje od 6 do 8, opäť s najvyššími počtami v lokuse *FY-like_2* (tab. 1). Boli pozorované odchýlky v oboch smeroch, teda ako k nadbytku homozygotov (pri niektorých pozíciách vôbec neboli pozorovaní heterozygotní jedinci, napr. C602, D135), tak aj k nadbytku heterozygotov (D180, D240, D249, D254, D255, D330). Je zatiaľ predčasné robiť závery smerom k selekcii, tieto odchýlky môžu byť výsledkom neúspešnej amplifikácie jedného reťazca alebo inej technickej chyby.

Tab. 3 Alelické frekvencie a exaktné binomické testy ich rozdielov medzi sledovanými populáciami smreka obyčajného. V tabuľke sú uvedené frekvencie prvej alely z dvojice.

Table 3 Allelic frequencies and exact binomial tests of allele-frequency differences between the studied Norway spruce populations. Frequencies of the first allele of a pair are given.

Lokus/ pozícia ¹	Alela ²		Populácia ³			Test rozdielov ⁴		
			P1	P12	P49	P1-P12	P1-P49	P12-P49
A91	A	G	0,125	0,125	0,094	ns	ns	ns
A100	A	G	0,094	0	0	0,083	ns	ns
A256	A	C	0,029	0	0	ns	ns	ns
A259	A	G	1	0,975	0,971	ns	ns	ns
A268	A	C	0,028	0,025	0	ns	ns	ns
A328	C	T	0	0,026	0,059	ns	ns	ns
A381	C	T	0,972	1	1	ns	ns	ns
A422	G	C	0,028	0	0	ns	ns	ns
A508	A	T	0	0	0,100	ns	0,087	0,097
A523	A	C	0	0,029	0,067	ns	ns	ns
B48	A	G	0	0,042	0	ns	ns	ns
B61	A	G	0	0	0,063	ns	ns	ns
B70	A	T	1	0,929	1	ns	ns	ns
B116	A	T	0	0,029	0	ns	ns	ns
B195	G	C	1	0,971	1	ns	ns	ns
B231	A	C	0,969	0,941	0,969	ns	ns	ns
B271	A	G	0	0,029	0	ns	ns	ns
B382	A	G	0,031	0	0	ns	ns	ns
B448	A	T	0,844	0,833	0,846	ns	ns	ns
B649	A	G	0	0	0,038	ns	ns	ns
B737	C	T	1	0,967	1	ns	ns	ns
B834	C	T	0,964	0,967	1	ns	ns	ns
B836	G	C	0	0,033	0	ns	ns	ns
B892	G	T	1	0,967	1	ns	ns	ns
B926	C	T	0,964	1	1	ns	ns	ns
C146	A	C	0,929	1	1	ns	ns	ns
C180	A	T	0,071	0	0	ns	ns	ns
C260	A	T	0,033	0	0	ns	ns	ns
C263	A	T	0,033	0	0	ns	ns	ns
C296	A	G	0,031	0	0	ns	ns	ns
C342	A	T	0,969	1	1	ns	ns	ns
C374	G	T	0,031	0	0	ns	ns	ns
C457	G	T	0,962	1	1	ns	ns	ns

Tab. 3 Pokračovanie
Table 3 Continued

Lokus/ pozícia ¹	Alela ²		Populácia ³			Test rozdielov ⁴		
			P1	P12	P49	P1-P12	P1-P49	P12-P49
C602	C	T	0,143	0,100	0,500	ns	0,066	0,016
C616	C	T	0,917	0,722	0,833	ns	ns	ns
D93	C	T	0	1	0,500	0,037	ns	ns
D135	A	G	0,500	0,750	0,500	ns	ns	ns
D157	A	G	1	0,500	1	ns	ns	ns
D164	C	T	0,250	0	0	ns	ns	ns
D165	C	T	0,200	0	0	ns	ns	ns
D166	A	G	0,167	0	0	ns	ns	ns
D167	A	G	0,071	0	0	ns	ns	ns
D177	C	T	0,316	0,094	0,139	0,039	0,092	ns
D180	A	G	0,474	0,344	0,450	ns	ns	ns
D240	A	G	0,500	0,563	0,525	ns	ns	ns
D249	A	G	0,474	0,313	0,425	ns	ns	ns
D254	C	T	0,500	0,375	0,475	ns	ns	ns
D255	A	G	0,474	0,375	0,425	ns	ns	ns
D288	C	T	0	0	0,050	ns	ns	ns
D330	A	G	0,553	0,625	0,550	ns	ns	ns
D342	A	G	0,316	0,094	0,139	0,039	ns	ns
D345	A	G	0	0	0,029	ns	ns	ns
E66	A	T	1	1	0,895	ns	ns	0,054
E67	G	C	0	0,025	0	ns	ns	ns
E88	G	T	0	0,025	0	ns	ns	ns
E192	A	T	0,026	0	0	ns	ns	ns
E372	A	C	0,974	1	1	ns	ns	ns
E417	C	T	0,974	0,975	0,975	ns	ns	ns
E490	A	C	0,972	1	1	ns	ns	ns
E495	C	T	0,028	0	0	ns	ns	ns
E531	G	C	0,313	0,389	0,250	ns	ns	ns

¹Locus/site, ²Allele, ³Population, ⁴Exact binomial test of differences

A – *ATCUL-3a_1*, B – *ATCUL-3a_2*, C – *FY-like_1*, D – *FY-like_2*, E – *PgEMB24*

Tab. 4 Počet alel a diverzita bodových polymorfizmov v sledovaných populáciách smreka
Table 4 Numbers of alleles and diversity of SNPs in the investigated Norway spruce populations

Lokus/ Pozícia ¹	Pozorovaná heterozygotnosť (H_o) ²			Očakávaná heterozygotnosť (H_e) ³			Priemer H_e $\pm S, D$, ⁴	H_T ⁵	F_{IT} ⁶
	P1	P12	P49	P1	P12	P49			
A91	0,25	0,25	0,19	0,226	0,224	0,175	0,209 $\pm$ 0,029	0,206	-0,102
A100	0,06	0	0	0,175	0	0	0,058 $\pm$ 0,101	0,057	0,219
A256	0,06	0	0	0,059	0	0	0,020 $\pm$ 0,034	0,019	-0,005
A259	0	0,05	0,06	0	0,050	0,059	0,036 $\pm$ 0,032	0,037	-0,005
A268	0,06	0,05	0	0,056	0,050	0	0,035 $\pm$ 0,031	0,036	-0,023
A328	0	0,05	0,12	0	0,053	0,114	0,056 $\pm$ 0,057	0,055	0,001
A381	0,06	0	0	0,056	0	0	0,019 $\pm$ 0,032	0,019	-0,023
A422	0,06	0	0	0,056	0	0	0,019 $\pm$ 0,032	0,019	-0,023
A508	0	0	0,20	0	0	0,186	0,062 $\pm$ 0,108	0,059	-0,025
A523	0	0,06	0,13	0	0,059	0,129	0,063 $\pm$ 0,064	0,059	-0,008
B48	0	0,08	0	0	0,083	0	0,028 $\pm$ 0,048	0,040	0,012
B61	0	0	0,13	0	0	0,125	0,042 $\pm$ 0,072	0,036	-0,013
B70	0	0	0	0	0,138	0	0,046 $\pm$ 0,079	0,068	0,333
B116	0	0,06	0	0	0,059	0	0,020 $\pm$ 0,034	0,021	-0,005
B195	0	0,06	0	0	0,059	0	0,020 $\pm$ 0,034	0,020	-0,005
B231	0,06	0,12	0,06	0,063	0,114	0,063	0,080 $\pm$ 0,030	0,079	0,014
B271	0	0,06	0	0	0,059	0	0,020 $\pm$ 0,034	0,020	-0,005
B382	0,06	0	0	0,063	0	0	0,021 $\pm$ 0,036	0,021	0,015
B448	0,31	0,33	0,31	0,272	0,287	0,271	0,277 $\pm$ 0,009	0,271	-0,144
B649	0	0	0,08	0	0	0,077	0,026 $\pm$ 0,044	0,023	-0,012
B737	0	0,07	0	0	0,067	0	0,022 $\pm$ 0,038	0,024	-0,014
B834	0,07	0,07	0	0,071	0,067	0	0,046 $\pm$ 0,040	0,048	-0,010
B836	0	0,07	0	0	0,067	0	0,022 $\pm$ 0,038	0,024	-0,014
B892	0	0,07	0	0	0,067	0	0,022 $\pm$ 0,038	0,024	-0,014
B926	0,07	0	0	0,071	0	0	0,024 $\pm$ 0,041	0,024	0,004
C146	0	0	0	0,138	0	0	0,046 $\pm$ 0,079	0,051	0,333
C180	0,14	0	0	0,138	0	0	0,046 $\pm$ 0,079	0,051	-0,004
C260	0,07	0	0	0,067	0	0	0,022 $\pm$ 0,038	0,025	-0,014
C263	0,07	0	0	0,067	0	0	0,022 $\pm$ 0,038	0,025	-0,014
C296	0,06	0	0	0,063	0	0	0,021 $\pm$ 0,036	0,023	0,015
C342	0,06	0	0	0,063	0	0	0,021 $\pm$ 0,036	0,024	0,015
C374	0,06	0	0	0,063	0	0	0,021 $\pm$ 0,036	0,024	0,015
C457	0,08	0	0	0,077	0	0	0,026 $\pm$ 0,044	0,026	-0,012
C602	0	0	0	0,264	0,189	0,526	0,327 $\pm$ 0,177	0,391	1,000

Tab. 4 Pokračovanie

Table 4 Continued

Lokus/ Pozícia ¹	Pozorovaná heterozygotnosť (H_o) ²			Očakávaná heterozygotnosť (H_e) ³			Priemer H_e $\pm$ S.D. ⁴	H_T ⁵	F_{IT} ⁶
	P1	P12	P49	P1	P12	P49			
C616	0,17	0,11	0,11	0,167	0,425	0,294	0,295 $\pm$ 0,129	0,311	0,449
D93	0	0	1,00	0	0	1000	0,333 $\pm$ 0,577	0,467	0,333
D135	0	0	0	0,667	0,429	0,667	0,587 $\pm$ 0,137	0,500	1,000
D157	0	0,20	0	0	0,644	0	0,215 $\pm$ 0,372	0,385	0,229
D164	0	0	0	0,429	0	0	0,143 $\pm$ 0,247	0,148	0,333
D165	0	0	0	0,356	0	0	0,119 $\pm$ 0,205	0,138	0,333
D166	0	0	0	0,303	0	0	0,101 $\pm$ 0,175	0,121	0,333
D167	0	0	0	0,138	0	0	0,046 $\pm$ 0,079	0,052	0,333
D177	0,63	0,19	0,28	0,444	0,175	0,246	0,288 $\pm$ 0,139	0,309	-0,214
D180	0,95	0,69	0,90	0,512	0,466	0,508	0,495 $\pm$ 0,026	0,494	-0,702
D240	0,89	0,88	0,95	0,514	0,508	0,512	0,511 $\pm$ 0,003	0,503	-0,773
D249	0,95	0,63	0,85	0,512	0,444	0,501	0,486 $\pm$ 0,037	0,488	-0,657
D254	0,89	0,75	0,95	0,514	0,484	0,512	0,503 $\pm$ 0,017	0,500	-0,712
D255	0,95	0,75	0,85	0,512	0,484	0,501	0,499 $\pm$ 0,014	0,494	-0,700
D288	0	0	0,10	0	0	0,097	0,032 $\pm$ 0,056	0,036	-0,010
D330	0,89	0,75	0,90	0,508	0,484	0,508	0,500 $\pm$ 0,014	0,494	-0,691
D342	0,63	0,19	0,28	0,444	0,175	0,246	0,288 $\pm$ 0,139	0,309	-0,214
D345	0	0	0,06	0	0	0,059	0,020 $\pm$ 0,034	0,019	-0,005
E66	0	0	0,21	0	0	0,193	0,064 $\pm$ 0,112	0,070	-0,029
E67	0	0,05	0	0	0,050	0	0,017 $\pm$ 0,029	0,018	0,000
E88	0	0,05	0	0	0,050	0	0,017 $\pm$ 0,029	0,018	0,000
E192	0,05	0	0	0,053	0	0	0,018 $\pm$ 0,030	0,017	0,018
E372	0,05	0	0	0,053	0	0	0,018 $\pm$ 0,030	0,017	0,018
E417	0,05	0,05	0,05	0,053	0,050	0,050	0,051 $\pm$ 0,002	0,050	0,018
E490	0,06	0	0	0,056	0	0	0,019 $\pm$ 0,032	0,017	-0,023
E495	0,06	0	0	0,056	0	0	0,019 $\pm$ 0,032	0,017	-0,023
E531	0,13	0,44	0,50	0,444	0,489	0,386	0,439 $\pm$ 0,052	0,437	0,170
Priemer $\pm$ S.D.	0,148 $\pm$ 0,285	0,117 $\pm$ 0,225	0,152 $\pm$ 0,294	0,067 $\pm$ 0,168	0,009 $\pm$ 0,032	0,055 $\pm$ 0,153	0,044 $\pm$ 0,118	0,137 $\pm$ 0,172	0,004 $\pm$ 0,322

¹Locus/site, ²Observed heterozygosity, ³Expected heterozygosity, ⁴Mean $H_e \pm$ S.D., ⁵Total heterozygosity,⁶ Coefficient of inbreedingA – *ATCUL-3a_1*, B – *ATCUL-3a_2*, C – *FY-like_1*, D – *FY-like_2*, E – *PgEMB24*

DISKUSIA

Celkový podiel polymorfných pozícií je pomerne vysoký, ak berieme do úvahy, že predmetom sledovania boli exprimované sekvencie, ktoré môžu byť prinajmenom potenciálne predmetom prírodného výberu, ktorý by mal byť asociovaný s klimatickými pomermi, teda aj s nadmorskou výškou. Ako je spomenuté v metodike, ide o sekvencie odvodené z EST markérov, teda zo sekvencií rozdielne exprimovaných v jedincoch vystavených rozdielnym podmienkam, ktorých predpokladaná funkcia bola identifikovaná na základe homológie so známymi génmi modelových rastlín (najmä *Arabidopsis thaliana*). Tieto gény sa u modelových rastlín podieľajú na riadení fenologických procesov a odolnosti voči suchu a mrazu. Je samozrejme otázkou, či ich funkcia zostala v priebehu evolúcie zachovaná, keďže modelový druh (*A. thaliana*) je fylogeneticky vzdialený cieľovému druhu (smrek).

Absencia rozdielov v zastúpení bodových polymorfizmov v sledovaných sekvenciách v princípe zodpovedá našim očakávaniam. Proveniencie zastúpené v našej štúdii boli súčasťou kompletného súboru 11 proveniencií na 5 plochách, ktoré boli predmetom hodnotenia reakcií v znakoch asociovaných s biologickou zdatnosťou (výškový rast, prežívanie) na prenos. Výsledky tohto hodnotenia ukázali, že všetky sledované proveniencie vykazujú optimum v rovnakých ekologických podmienkach, a teda nevykazujú žiadne známky lokálnej adaptácie (GÖMÖRY *et al.* 2011). Rovnaké výsledky priniesla štúdia fyziologických znakov (GÖMÖRY *et al.* 2010): odolnosť voči mrazu a rýchla kinetika fluorescencie chlorofylu merajúca efektívnosť PII v rámci fotosyntézy sú ovplyvnené predovšetkým miestom výsadby a len sekundárne miestom pôvodu. Toto rovnako naznačuje skôr fyziologickú aklimatizáciu ako genetickú adaptáciu viazanú na pôsobenie prírodného výberu.

V našom prípade sme sa snažili identifikovať známky lokálnej adaptácie na základe koincidencie rozdielov či trendov v klimatických pomeroch viazaných s nadmorskou výškou s rozdielmi v zastúpení alel (bodových polymorfizmov). Tento prístup je v asociačnej genetike bežne využívaný (VASEMÄGI a PRIMMER 2005). Znamky adaptácie má zmysel hľadať predovšetkým vo funkčných génoch, teda v exprimovanej časti genetickej informácie (aj keď neprepisovaná resp. neprekladaná časť DNA tiež môže mať adaptívny význam).

Teplotné a zrážkové pomery sú považované za hlavné hnacie mechanizmy selekcie vedúcej k fenotypovým rozdielom u drevín, čo dokumentujú mnohé provenienčné pokusy (KÖNIG 2005). V prípade drevín je teda zmysluplnou stratégiou hľadať známky adaptácie pozdĺž klimatických gradientov, ktoré sú spravidla identické alebo paralelné s geografickými gradientmi. Bežným parametrom je zemepisná šírka, ktorá je korelovaná s mnohými biologicky relevantnými klimatickými charakteristikami, a najmä s dĺžkou dňa (VASEMÄGI & PRIMMER 2005). Problémom štúdií vo veľkej mierke je skutočnosť, že kolonizácia, izolácia vzdialenosťou, genetický drift a množstvo iných procesov takisto môžu vyvolávať vznik klínálnej premenlivosti alebo skokových zmien genetickej premenlivosti (BALLIAN *et al.* 2006; GÖMÖRY *et al.* 1998). Tieto z hľadiska adaptácie neutrálne procesy majú dopad na celý genóm vrátane adaptívne významných génov. Korelácia medzi geografickými súradnicami resp. klimatickými charakteristikami a frekvenciou alel teda nemusí byť nutne

dôkazom prítomnosti adaptívnych procesov. Naša štúdia však bola vykonávaná v relatívne malej mierke areálu smreka na Slovensku, teda tieto aspekty by nemali byť relevantné.

ZÁVER

Absencia dôkazu o jave ešte neznamená dôkaz absencie javu. Vo svetle tejto skutočnosti nemožno považovať prezentované výsledky za nič iné než pilotnú štúdiu s obmedzeným počtom sledovaných markérov, populácií aj jedincov na populáciu, ktorá nutne vyžaduje ďalšie rozšírenie. Doterajšie nástroje používané pre štúdium genetického komponentu premenlivosti, teda neutrálne markéry a provenienčné pokusy, v princípe došli na hranicu svojich možností a k ďalšiemu pochopeniu procesov adaptácie prispieť nedokážu. Objasnenie molekulárnych mechanizmov skrývajúcich sa za adaptívnu premenlivosťou je teda nevyhnutnosťou. Nemusí sa nutne jednať o variabilitu štrukturálnych génov, adaptívna fenotypová premenlivosť môže byť dôsledkom variability miery ich expresie alebo epigenetických mechanizmov, čomu nasvedčuje pomerne jemné vyladenie premenlivosti mnohých evidentne adaptívnych fenotypových znakov (JOHNSEN *et al.* 2005). Doterajšie hodnotenia fenotypovej aj genetickej variability slovenského provenienčného pokusu odvodeného z experimentu IUFRO 1964/68 sú navzájom konzistentné a smerujú práve k záveru, že selekcia štrukturálnych génov nemusí zohrávať rozhodujúcu úlohu vo formovaní adaptívnej premenlivosti smreka v rámci Slovenska. Tento záver však v žiadnom prípade nesmeruje k potrebe revízie či dokonca odmietnutia pravidiel prenosu lesného reprodukčného materiálu, pretože adaptívne podmienené rozdiely (napr. typ vetvenia a typ koruny korelujúci s nadmorskou výškou) medzi geograficky definovanými populáciami nie sú spochybiteľné.

PodĎakovanie

Táto štúdia/publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Autori ďakujú Dr. G.G. Vendraminovi (CNR Firenze) za poskytnutie sekvencií primerov pre adaptívne markéry.

Literatúra

- BALLIAN, D., LONGAUER, R., MIKIĆ, T., PAULE, L., KAJBA, D., GÖMÖRY, D., 2006: Genetic structure of a rare European conifer, Serbian spruce (*Picea omorika* (Panc.) Purk.). *Plant Systematics and Evolution* 260: 53–63.
- DOYLE, J.J., DOYLE J.L., 1987: A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemistry Bulletin* 19: 11–15.
- ECKERT, A.J., BOWER, A.D., GONZALEZ-MARTINEZ, S.C., WEGRZYN, J.L., COOP, G., NEALE D.B., 2010: Back to nature: ecological genomics of loblolly pine (*Pinus taeda*, Pinaceae). *Molecular Ecology* 19: 3789–3805.
- ECKERT, A.J., WEGRZYN, J.L., PANDE, B., JERMSTAD, K.D., LEE, J.M., LIECHTY, J.D., TEARSE, B.R., KRUTOVSKY, K.V., NEALE, D.B., 2009: Multilocus patterns of nucleotide diversity and divergence reveal positive selection at candidate genes related to cold hardiness in coastal Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). *Genetics* 183: 289–298.

- GEBUREK, T., 2000: Effects of environmental pollution on the genetics of forest trees, pp 135–158. In: Young A., Boshier D. & Boyle T. (eds), *Forest Conservation Genetics, Principles and Practice*, CSIRO Publishing, Collingwood and CABI Publishing, Oxon.
- GIERTYCH, M., 1976: Summary results of the IUFRO 1938 Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) provenance experiment. Height growth. *Silvae Genetica* 25: 154–164.
- GÖMÖRY, D., FOFFOVÁ, É., KMEŤ, J., LONGAUER, R., ROMŠÁKOVÁ, I., 2010: Norway spruce (*Picea abies* Karst.) provenance variation in autumn cold hardiness: adaptation or acclimation? *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 52: 42–49.
- GÖMÖRY, D., LONGAUER, R., HLÁSNY, T., PACALAJ, M., STRMEŠ, S., KRAJMEROVÁ, D., 2011: Limited small-scale local adaptation in Norway spruce (*Picea abies* Karst.). *European Journal of Forest Research* 131: 401–411.
- GÖMÖRY, D., PAULE, L., BRUS, R., ZHELEV, P., TOMOVIĆ, Z., GRAČAN, J., 1999: Genetic differentiation and phylogeny of beech on the Balkan Peninsula. *Journal of Evolutionary Biology* 12: 746–754.
- GONZALEZ-MARTINEZ, S.C., KRUTOVSKY, K.V., NEALE, D.B., 2006: Forest-tree population genomics and adaptive evolution. *New Phytologist* 170: 227–238.
- GRATTAPAGLIA, D., PLOMION, C., KIRST, M., SEDEROFF, R.R., 2009: Genomics of growth traits in forest trees. *Current Opinion in Plant Biology* 12: 148–156.
- HOLUBČÍK, M., 1980: Výskum modifikácie rastu a kvality proveniencií smreka v rôznych podmienkach – hodnotenie založených pokusov. Záverečná správa výskumu R 531-001-01. Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen.
- JOHNSEN, Ø., DAEHLEN, O.G., ØSTRENG, G., SKRØPPA, T., 2005: Daylength and temperature during seed production interactively affect adaptive performance of *Picea abies* progenies. *New Phytologist* 168: 589–596.
- KÖNIG, A., 2005: Provenance research: evaluation the spatial pattern of genetic variation, pp 275–334. In: Geburek T. & Turok J. (eds), *Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe*, Arbora Publishers, Zvolen and IPGRI, Rome.
- KRUTOVSKII, K.V., BERGMANN, F., 1995: Introgressive hybridization and phylogenetic relationships between Norway, *Picea abies* (L.) Karst., and Siberian, *P. obovata* Ledeb., spruce species studied by isozyme loci. *Heredity* 74: 464–480.
- KRUTZSCH, P., 1974: The IUFRO 1964/8 provenance test with Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). *Silvae Genetica* 23: 58–62.
- KRUTZSCH, P., 1992: IUFRO's role in coniferous tree improvement – Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Silvae Genetica* 41: 143–150.
- LAGERCRANTZ, U., RYMAN, N., 1990: Genetic structure of Norway spruce (*Picea abies*): concordance of morphological and allozymic variation. *Evolution* 44: 38–53.
- MÁTYÁS, C., 1996: Climatic adaptation of trees: rediscovering provenance tests. *Euphytica* 92: 45–54.
- MÜLLER-STARCK, G. 1994: Die Bedeutung der genetischen Variation für die Anpassung gegenüber Umweltstress. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen* 45: 977–997.
- NAMROUD, M.C., BEAULIEU, J., JUGE, N., LAROCHE, J., BOUSQUET, J., 2008: Scanning the genome for gene single nucleotide polymorphisms involved in adaptive population differentiation in white spruce. *Molecular Ecology* 17: 3599–3613.
- NEI, M., 1978: Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89: 583–590.
- RAYMOND, M., ROUSSET, F., 1995: GENEPOP (version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity* 86: 248–249.
- SCHNEIDER, S.D., ROESLI, D., EXCOFFIER, L., 2000: ARLEQUIN, version 2.0: a software for population genetic data analysis. University of Geneva, Geneva, 111 pp.
- TAJIMA, F., 1983: Evolutionary relationship of DNA sequences in finite populations. *Genetics* 105: 437–460.
- VASEMÁGI, A., PRIMMER, C.R., 2005: Challenges for identifying functionally important genetic variation: the promise of combining complementary research strategies. *Molecular Ecology* 14: 3623–3642.
- WACHOWIAK, W., BALK, P.A., SAVOLAINEN O., 2009: Search for nucleotide diversity patterns of local adaptation in dehydrins and other cold-related candidate genes in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Tree Genetics and Genomes* 5: 117–132.

Adresy autorov:

Prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc.
Ing. Ivana Romšáková, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: dusan.gomory@tuzvo.sk

Ing. Elena Foffová, CSc.
Národné lesnícke centrum
Lesnícky výskumný ústav
T. G. Masaryka 22
960 92 Zvolen

Bodové polymorfizmy v rámci potenciálne adaptívnych sekvencií smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) z klimaticky kontrastných oblastí

Abstrakt

Sledovali sme premenlivosť sekvencií 5 markérov odvodených z EST v troch populáciách smreka (*Picea abies* [L.] Karst.) pochádzajúcich z rôznych nadmorských výšok vysadených na dvoch klimaticky kontrastných stanovištiach (450 m a 1 250 m n. m.) v rámci slovenského provenienčného pokusu odvodeného z experimentu IUFRO 1964/68. Identifikovali sme bodové polymorfizmy (single nucleotide polymorphisms; SNP) a testovali rozdiely alelických frekvencií polymorfných pozícií medzi populáciami z rôznych nadmorských výšok. Celkovo sme našli 61 polymorfizmov z celkovej dĺžky sekvencií 3702 bp. Nepozorovali sme žiadne zreteľné trendy nukleotidovej diverzity, naopak, počet polymorfných pozícií v rámci populácie klesal s rastúcou nadmorskou výškou. Neboli identifikované takmer žiadne významné rozdiely alelických frekvencií medzi provenienciami. Výsledky štúdie potvrdzujú výstupy našich predchádzajúcich štúdií na rovnakom materiáli, z čoho vyplýva, že proveniencie v rámci tohto experimentu nevykazujú známky lokálnej adaptácie. Výsledky sú diskutované vo svetle evolučných procesov, ktoré môžu byť príčinou takéhoto obrazu diferenciácie.

Kľúčové slová: *Picea abies*, bodové polymorfizmy, IUFRO 1964/68, provenienčný výskum

ZMENY LESNÝCH FYTOCENÓZ V HOSPODÁRSKYCH LESOCH 5. VEGETAČNÉHO STUPŇA NA ANDEZITOVOM PODLOŽÍ

Michal MARTINÁK – Marta MARTINÁKOVÁ –
– Karol UJHÁZY

Martinák, M., Martináková, M., Ujházy, K.: Changes in forest phytocenoses in managed forest in 5th altitudinal vegetation zone on andesite bedrock. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 153–166, 2012.

Forest ecosystems have been influenced by anthropogenic activities, including the change of the original tree species composition. Well-known and the most widespread is the phenomenon of spruce plantations in the 5th altitudinal vegetation zone. The aim of the work is to determine the changes of the herb layer composition and diversity in managed forests according to altered tree species composition (beech, spruce), in comparison to the original tree species composition (fir-beech). Model area is situated in the southern part of the Poľana PLA, in the 5th altitudinal vegetation zone and mezophilous edaphic-trophic order of forest typology system. Using GIS tools, the combination of geostratification and a random sampling was applied to generate the coordinates of the plots. Subsequently, the research plots were established (a total of 140 plots, each of 2.25 square meters) in three stand types: secondary managed spruce and beech forests and primeval fir-beech forest. Recording of vegetation data was performed in the spring and summer aspect due to seasonal dynamics. Results of statistical analysis show lower values of indicators of diversity in the spruce stands compared to the beech stands and primeval forest. The differences in the frequencies and dominance of herbs between spring and summer aspect and each stand types were recorded. Relationship between herb layer and stand type was confirmed by the fidelity and PCA analysis. A significant occurrence of the spring geophytes in managed beech forests compared to the other stand types was observed. Analysis of average EIV confirmed significant differences mainly in factors of soil reaction and nitrogen for beech, spruce stand and primeval forest. We have also identified the indicator species (*Dryopteris carthusiana* agg, *Moehringia trinervia*, *Poa nemoralis*, *Veronica officinalis*) of secondary managed spruce forests growing on fir-beech stands on andesite bedrock.

Key words: *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, Poľana Mts., species diversity, *Eu-Fagenion*

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesné ekosystémy sú už tisícročia ovplyvňované antropickou činnosťou. Jednou z hlavných antropogénnych činností je umelá obnova, ktorá môže zapríčiniť aj zmenu drevinového zloženia lesov. Lesné dreviny ako hlavné determinanty lesného ekosystému rozhodujúcim spôsobom určujú jeho vývoj. V lesníckej typológii sa pomocou kombinácie druhov podrastu určí charakter trvalých ekologických podmienok stanovišťa

(ZLATNÍK 1978). Lesný typ ako základná jednotka lesníckej typológie v sebe obsahuje aj informácie o pôvodnom drevinovom zložení, ktoré je možné využiť pri rekonštrukcii pôvodného drevinového zloženia (VOLOŠČUK 2004). Bylinná zložka (ktorá ale nie je priamo ovplyvňovaná hospodárením) sa vplyvom zmeny drevinového zloženia mení a tým sa zhoršuje fytoindikácia potenciálnej prírodnej vegetácie (MORAVEC *et al.* 1994). Vegetácia je schopná rýchlo a citlivo reagovať na zmeny abiotického prostredia. Zmena v environmentálnych faktoroch sa najskôr prejaví na zložení bylinnej vegetácie. Bylinné druhy v podrade sekundárnych lesných porastoch sa javia ako najcitlivejšie na antropogénne intervencie (ZHU *et al.* 2007). Dôvodom je odlišný životný cyklus a dynamika vývoja bylinných taxónov v porovnaní so stromami.

Najvýraznejším a plošne najviac rozšíreným prípadom zámény drevín je zámena smreka na úkor buka a jedle. Smrek je na Slovensku autochtónnou drevinou, v 5. a 6. lesnom vegetačnom stupni by sa smrek mal väčšinou vyskytovať len ako drevina prímiešaná k buku a/alebo jedli. Pôvodné rekonštruované zastúpenie smreka bolo približne 5 % (VLADOVIČ 2003), v roku 2010 je jeho zastúpenie 25,3 % (ZELENÁ SPRÁVA 2011). Nahradzovanie prirodzených listnatých lesov smrekovými monokultúrami je zhruba od 19. storočia všeobecný európsky trend, ktorý je kvôli viacerým sprievodným javom, ktoré sú typické pre boreálnu oblasť, označovaný aj ako „antropogénna borealizácia“ (EMMER *et al.* 1998, 2000). Ide najmä o acidifikáciu pôd, zmenu v pomere C/N, zníženie stability a vo všeobecnosti zníženie biodiverzity (cf. MÍCHAL 1992), čo závisí aj od stúpajúceho počtu generácií umelej obnovy smrekom (HADAČ, SOFRON 1980). Otázka zmien druhovej diverzity v nepôvodných smrečinách je však komplikovaná. Napríklad TEUSCHER (1985 in BARBIER *et al.* 2008), SKOV (1997), EMMER *et al.* (1998) poukazujú na nižšiu druhovú diverzitu, avšak novšie práce ako EWALD (2000a) a MÁLIŠ *et al.* (2010, 2012) zistili vyššiu druhovú diverzitu v sekundárnych smrečinách.

Zvýšené zastúpenie smreka oproti pôvodnému stavu signifikantne mení druhové zloženie, spôsobuje zvýšenie zastúpenia acidofilných druhov (EWALD 2000b) a naopak zníženie účasti nitrofilných druhov (MÁLIŠ *et al.* 2010). V smrekových porastoch je aj signifikantne vyššia pokryvnosť a diverzita machorastov (EWALD 2000a,b). Ako najdôležitejší faktor ovplyvňujúci podrastovú vegetáciu sa javí smrekový opad a jeho množstvo (JANIŠOVÁ *et al.* 2007, GLONČÁK 2009, UJHÁZY 2010). Smrekové porasty majú vysoký acidifikačný potenciál v porovnaní s bukovými porastmi. Príčiny zhrňujú AUGUSTO *et al.* (2002) takto: 1. vyšší záchyt atmosférických depozícií v korunách smreku, 2. nižšia kvalita smrekového opadu – pri rozklade sa uvoľňuje väčší podiel nízkomolekulových organických kyselín, 3. menej priaznivá pôdna mikroklima pre spoločenstvá pôdných mikroorganizmov.

Vplyvom smreka na podrastovú vegetáciu sa zaoberali na Slovensku KRIŽOVÁ *et al.* (2007), UJHÁZY *et al.* (2010), MÁLIŠ *et al.* (2010, 2012), NIČ, TÓBIS (2011). Výskumný dizajn bol však postavený na subjektívnom výbere plôch a v niektorých prípadoch neboli použité ako porovnávacie bázy neobhospodarované pralesovité rezervácie.

Cieľom práce je zistiť:

- či sa mení druhová diverzita a ekologické faktory v sekundárnych bukových a smrekových lesoch v porovnaní s pôvodnými pralesovitými porastami,
- či existuje väzba medzi druhmi bylín a typmi porastov drevín na rovnakom stanovišti.

2 MATERIÁL A METODIKA

2.1 Charakteristika záujmového územia

Záujmovým územím je južná časť CHKO Poľana, bližšia identifikácia je na obr. 1. Predmetné výskumné plochy patria do katastrálneho územia Hriňová, 12 plôch vo východnej časti patrí do katastrálneho územia Detva. Územie spadá pod LHC Poľana a LHC Očová. Lesy sú prevažne kategorizované ako U – lesy osobitného určenia, chránené lesy. Prirodzené porasty sú tvorené hlavne bukom, relatívne vysoké je aj zastúpenie jedle, vo vyšších polohách sa vyskytuje aj smrek. V menšej miere sú zastúpené dreviny ako javor horský, jaseň štíhly a pomiestne brest horský. Hospodárske lesy sú tvorené hlavne bukom a sekundárnymi smrekovými porastmi, jedľa absentuje.



Obr. 1 Lokalizácia výskumných plôch v záujmovom území. Sivou farbou je označené územie NPR Zadná Poľana, čiernou farbou sú lokality plôch

Fig. 1 Distribution of sample plots (black) within a PLA-BR Poľana. Area of NNR Zadná Poľana is grey shaded

V našom záujmovom území vznikalo geologické podložie v období staršieho až stredného sarmatu a je budované prevažne lávovými prúdmi amfibolicko-hypersténických a augiticko-hypersténických andezitov (www.geology.sk). Na predmetnom území uvádza ŠÁLY (2000) tieto pôdy: andozem typická, kyslá, mullová a andozem rankrová, kyslá,

mullová, vo východnej časti kambizem andozemná, kyslá, mullová. Záujmové územie patrí do chladnej klimatickej oblasti a chladného horského, veľmi vlhkého okrsku (LAPIN *et al.*, in HRNČIAROVÁ ed. 2002) s priemernými ročnými teplotami vzduchu 2–4 °C. Priemerné ročné úhrny zrážok predstavujú 900–1 200 mm (FAŠKO, ŠŤASTNÝ in HRNČIAROVÁ ed. 2002). Podľa Zürišsko-Montpelliarskeho klasifikačného systému sa spoločenstvá zaraďujú do podzväzu *Eu-Fagenion* Oberdorfer 1957. Výskumné plochy sú situované v 5. vegetačnom stupni, slt *Abieto-Fagetum* nst, v rôznych lesných typoch (5301, 5302, 5303, 5304, 5306), druhové zloženie však považujeme z kvalitatívneho hľadiska za porovnateľné.

2.2 METODIKA

Výber plôch sme realizovali pomocou kombinácie stratifikovaného a náhodného výberu. Cieľom bolo na základe zvolených kritérií pomocou geostratifikácie vytvoriť polygóny s homogénnymi stanovištnými podmienkami a následne v nich vykonať náhodný výber budúcich výskumných plôch. Samotnú geostratifikáciu územia sme riešili pomocou programu ArcGIS 10. Ako podklad nám slúžili digitálne mapy: porastová a typologická (NLC – ÚLZI), a digitálny model terénu.

Kritéria nášho výberu boli:

- edaficko trofický rad B,
- 5. vegetačný stupeň,
- skupina lesných typov *Abieto-Fagetum* nst,
- vek 40 rokov a viac,
- zakmenenie 0,6 a viac,
- južná expozícia (vrátane JZ, JV),
- sklon 10–35°,
- vylúčené výrazné doliny a hrebene.

Edaficko trofický rad B je preferovaný z dôvodu jeho najväčšej rozšírenosti, zaberá 63 % rozlohy lesov Slovenska (KRIŽOVÁ *et al.* 2010). Piaty vegetačný stupeň patrí medzi najviac ovplyvňované plošnými výsadbami smrekových monokultúr. V mladých porastoch vplyvom hustého zápoja a vysokého zakmenenia nadobúda podrastová vegetácia extrémne nízke hodnoty pokryvnosti a prítomnosti, z tohto dôvodu sú predmetom nášho výskumu porasty staršie ako 40 rokov. V dolinách sa vplyvom zvýšenej vlhkosti vyskytujú spoločenstvá medzirádu B/C a radu C, prípadne edaficko hydrických radov (súborov), ktoré nemusia byť z dôvodu malého plošného rozšírenia zaznamenané na typologickej mape. Hrebene zas môžu mať odlišný mikroklimatický režim.

Prekrývaním tematických obrazcov v GIS sme identifikovali plochy s viac-menej homogénnymi stanovištnými podmienkami. V stratifikovanom území sme pristúpili k vektorizácii segmentov homogénneho drevinového zloženia bučín a smrečín v hospodárskych lesoch a segmentov bez rozlíšenia drevinového zloženia v pralese. Cieľom bolo vybrať v hospodárskych lesoch segmenty s dominantným zastúpením smreka (minimálne 90 %) a buka (min. 90 %), tak aby boli viac-menej rovnomerne zastúpené všetky vekové triedy (od 40 rokov, v 20 ročných intervaloch) pri oboch drevinách. Vek sme prevzali z aktuálne platného Programu starostlivosti o lesy dostupného online (<http://lvu.nlcsk.org/lgis>).

V pralese nebola spravená stratifikácia podľa veku, ale snažili sme sa zachytiť rovnomerne všetky vývojové štádiá. Vektorizáciu polygónov sme robili na podklade ortofotomapy územia z roku 2009. Segmenty sme vytvárali v minimálnej vzdialenosti 30 m od ciest a 50 m od lúk, z dôvodu eliminácie vplyvu bočného svetla z otvorenej porastovej steny na prízemnú vegetáciu. Segmenty smrečín v hospodárskych porastoch označujeme ďalej v texte ako typ porastov SM, segmenty hospodárskych bučín ako typ porastov BK a segmenty v pralese ako typ porastov NPR. Tieto typy porastov predstavujú základnú porovnávaciu bázu tejto práce. Náhodný výber bol vykonaný v programe ArcView 3.2 pomocou extenzie *Random Point Generator* 1.3. Minimálna vzdialenosť medzi náhodnými bodmi bola nastavená na 50 m, z dôvodu eliminácie priestorovej autokorelácie. Náhodne vygenerované body boli v teréne vyhľadávané pomocou GPS prístroja. Vylúčili sme prípady, ktoré reálne nespĺňali vopred stanovené kritéria a plochy s kamenitosťou nad 30 %.

Založili sme dokopy 140 plôch tak, aby pokrývali rôzne vekové štádiá. Počet plôch súvisí s minimálnou vzdialenosťou medzi jednotlivými plochami a veľkosťou „vhodných“ polygónov. Plocha má štvorcový tvar s dĺžkou strany 1,5 m (2,25 m²), skladá sa z 9 podplôšok o veľkosti 0,5 × 0,5 m. Keďže druhová skladba na uvedených plochách prechádza osciláciou – sezónnou dynamikou (výskyt jarných geofytov), zápisy sme v sezóne opakovali v časovom odstupe tak, aby sme zachytili aspekt neskorý jarný a neskorý letný (cf. MÖLDER *et al.* 2008, MÁLIŠ, VODÁLOVÁ 2009). Na plochách sme sledovali nasledovné dáta: pokryvnosť druhov bylín a stromov vo vrstvách (*sensu* Zlatník *in* KRIŽOVÁ, NIČ 2002) odhadnutú v %; frekvenciu (0–9) bylín a stromov na jednotlivých podplochách.

Nomenklatúra rastlinných taxónov je uvedená v zmysle publikácie MARHOLD, HINDÁK (1998). *Dryopteris carthusiana*, *D. dilatata* a *D. expansa* uvádzame vo forme agregátu *Dryopteris carthusiana* agg. Druhy rodu *Galeopsis* nebolo možné spoľahlivo determinovať (nerozkvitnuté jedince v jarnom aspekte, v letnom prevažná väčšina stále bez kvetov), v analýzach boli zlúčené do *Galeopsis* sp.

Vzťahy medzi bylinnou vrstvou a typom porastov, rozdiely v ukazovateľoch diverzity a ekoindexoch sme analyzovali pomocou neparametrického Kruskal-Wallisovho testu v programe STATISTICA 8 (StatSoft®). Fidelitu (miera koncentrácie druhu vo vegetačnej jednotke v porovnaní s ostatnými jednotkami) sme hodnotili pomocou phi koeficientu (CHYTRÝ *et al.* 2002) v programe JUICE 7.0 (TICHÝ 2002). Rozdiely hodnôt fidelity boli v programe JUICE 7.0 testované Fisherovým testom. Ukazovatele α diverzity ako Shannonov index (H' , SHANNON, WEAVER 1963) a vyrovnanosť (*evenness*) (*sensu* PIELOU 1975) boli vypočítané v programe JUICE 7.0, vizualizácia výsledkov pomocou programu STATISTICA (StatSoft®). V programe CANOCO (TER BRAAK, ŠMILAUER 1998) sme vykonali nepriamu unimodálnu ordinačnú metódu DCA, pričom dĺžka gradientu bola 3,096; napriek tomu sme sa rozhodli použiť priamu ordinačnú metódu PCA z dôvodu predpokladanej lineárnej odozvy a stanovištnej homogenity. Ako druhové dáta sme použili hodnoty frekvencií (0–9) bylinných druhov bez transformácie. Pri ekologickej analýze (*sensu* ELLENBERG *et al.* 1992) boli ekoindexy vážené percentuálnou pokryvnosťou druhov. Stromy a kry do výpočtov zahrnuté neboli (s výnimkou rodu *Rubus*).

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Rozdiely drevinového zloženia a diverzity v typoch porastov

V tab. 1. prezentujeme zastúpenie plôch v jednotlivých typoch porastov a celkový počet zaznamenaných taxónov v týchto typoch porastov. Na plochách sme zaznamenali celkovo 73 taxónov cievnatých rastlín a 12 druhov stromov a krov. Na jar sme zaznamenali dokopy 73 taxónov, v lete 68, čo je spôsobené sezónnou dynamikou. Pozorovali sme nápadný pokles počtu taxónov v letnom aspekte v porovnaní s jarným aspektom, hlavne absenciou efemeroidov (jarných heliofytov – geofytov) v lete. Týka sa to predovšetkým bučín, v pralese je pokles menej výrazný. Chýbajúce druhy v letnom aspekte boli nasledovné: *Anemone ranunculoides*, *Corydalis cava*, *Gagea lutea*, *Lathraea squamaria* a *Neottia nidus-avis* a na väčšine plôch aj *Isopyrum thalictroides*.

Porovnanie druhovej bohatosti (počet druhov), vyrovnanosti a druhovej diverzity vyjadrenej Shannonovým indexom medzi jednotlivými typmi porastov je znázornené krabicovými grafmi na obr. 2. Najvyššie hodnoty uvedených ukazovateľov diverzity boli zaznamenané v type NPR, najnižšie v type SM. Rozdiely medzi BK a NPR sú štatisticky nevýznamné, ako ukázal neparametrický Kruskal-Wallisov test. Naopak, ako štatisticky významné sú rozdiely medzi typom SM a oboma typmi NPR, BK. Rozdiely v indexoch diverzity vykazujú podobný trend, podobný trend je viditeľný aj v letnom aspekte. Na obr. 3. predkladáme ordinačný diagram plôch podľa frekvencií druhov pomocou nepriamej gradientovej analýzy (PCA), druhová bohatosť do výpočtov nevstupovala, je zobrazená ako pasívna premenná. Môžeme povedať, že smrečiny vytvárajú dva zhluky, jeden druhovo chudobný a druhý druhovo bohatší. Zhluk druhovo bohatší reprezentujú staršie smrečiny, pri ktorých je všeobecne známy pozitívny (z hľadiska druhovej diverzity) vplyv zvýšeného svetelného „pôžitku“ v dôsledku nižšej hustoty porastu.

Naše výsledky korešpondujú s výsledkami prác SKOV (1997) a EMMER *et al.* (1998), kde bola druhová bohatosť najnižšia v smrečinách. To je v zhode aj s porovnávajúcou štúdiou BARBIER *et al.* (2008) podľa ktorej ihličnaté porasty (s výnimkou *Pinus* sp. a *Larix* sp.) vykazujú vo všeobecnosti nižšiu diverzitu cievnatých rastlín ako listnaté porasty. Naopak, MÁLIŠ *et al.* (2012) zaznamenal najvyššiu druhovú diverzitu v porastoch so zastúpením smreka nad 50 % na vápencovom podloží, na kryštalinickom podloží neboli rozdiely v druhovej bohatosti a vyrovnanosti voči bukovým lesom signifikantné. Nižšiu druhovú diverzitu pre bučiny potvrdzujú aj MÖLDER *et al.* (2008). Znížená diverzita v smrečinách v našom prípade zrejme súvisí s relatívne vyšším podielom mladších smrekových porastov (od 40 rokov) na rozdiel od predchádzajúcich štúdií založených na porovnaní starších lesov (od 70 rokov; MÁLIŠ *et al.* 2012).

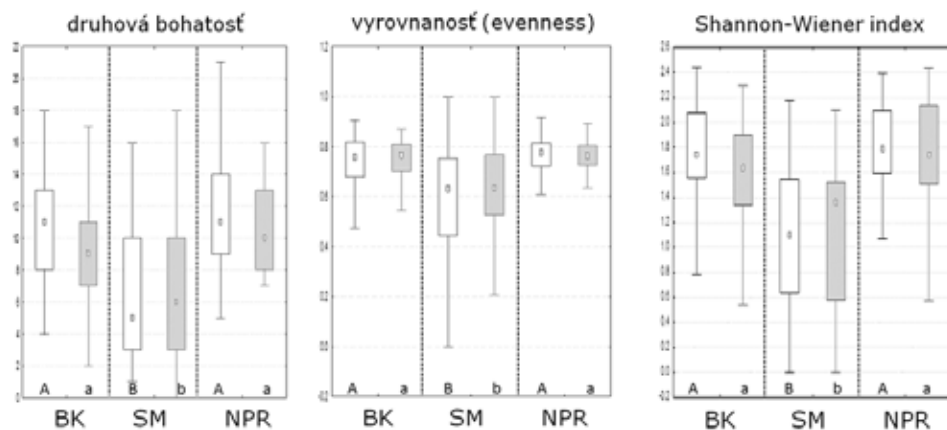
V tab. 3 uvádzame signifikantnosť rozdielov vo frekvencii taxónov medzi typmi porastov a medzi jarným a letným aspektom. Uvádzame len taxóny ktoré mali minimálne v jednej kategórii signifikantný rozdiel. Z tabuľky je evidentný vplyv sezónnej dynamiky, v letnom aspekte je výrazná absencia, prípadne znížená frekvencia spomínaných jarných heliofytov. Zaznamenali sme aj výrazný pokles druhu *Dentaria bulbifera*, z výskytu na 73 plochách na 48. *Dentaria bulbifera* patrí tiež k jarným geofytom (DOSTÁL, ČERVEN-

KA 1991), ale zvyčajne pretrváva aj v letnom aspekte, avšak v sterilnom stave. Zníženie výskytu si vysvetľujeme extrémnym suchom vo vegetačnom období (leto 2011). Jarné geofyty sú adaptované na podmienky v bučinách súvisiace aj s dostupnosťou svetla pred olistením (UJHÁZY 2010), čo je výrazným rozdielom oproti smrečinám. Druhy rodu *Dentaria* sú považované za diagnostické druhy bučín (JAROLÍMEK, ŠIBÍK 2008).

Tab. 1 Celkový počet taxónov bylinnej synúzie v typoch porastov, BK – segmenty porastov s dominantným zastúpením buka, SM – segmenty porastov s dominantným zastúpením smreka, NPR – segmenty prírodných lesov v NPR Zadná Poľana

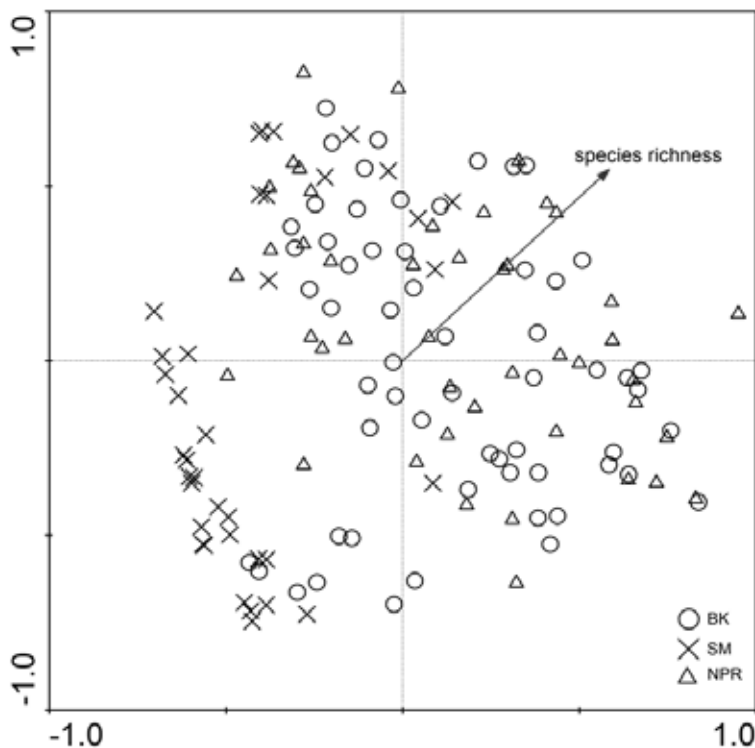
Tab. 1 The total number of taxa of herbaceous synusia in types of stands, BK – segments of stands with dominant representation of beech, SM – segments of stands with dominant representation of spruce, NPR – segments of natural forests in the NNR Zadná Poľana

	počet plôch	jar počet taxónov	leto počet taxónov
BK	57	54	50
SM	37	49	49
NPR	46	46	44
Σ	140	73	68



Obr. 2 Krabicové grafy druhovej bohatosti (počet druhov bylinnej synúzie), vyrovnanosti a Shannonovho indexu pre jednotlivé typy porastov. Prázdny box označuje jarný aspekt, šrafovaný letný aspekt. Krabicový graf zobrazuje medián, 25–75 % kvantil a rozsah neodľahlých hodnôt (odstránené extrémny). Signifikantnosť ($p \leq 0,05$) rozdielov medzi priemerami v skupinách (typmi porastov) sú vyznačené písmenom

Fig. 2 Box plots of species richness, evenness and Shannon index of stand types. Empty box shows spring aspect, hatched box shows summer aspect. Box plots present median, 25–75% quantiles and non-outlier range (extremes and outliers removed). The significance of differences ($p \leq 0,05$) of the mean value between groups (stand types) are marked by capital (spring aspect) and small (summer aspect) letters



Obr. 3 Ordinačný diagram plôch podľa frekvencií druhov pomocou nepriamej gradientovej analýzy (PCA), druhová bohatosť (*species richness*) ako pasívna premenná

Fig. 3 Ordination plot of samples according to frequency of species by indirect gradient analysis (PCA), species richness as a supplementary variable

V tab. 4 uvádzame fidelitu (miera koncentrácie druhu v danom type vyjadrenú 100-násobkom phi koeficientu) pre typ porastu. Príslušný taxón je zároveň indikačným druhom pre daný typ porastu. Z tabuľky vyplýva, že najviac druhov má optimum v hospodárskej bučine, potom v NPR a najmenej v hospodárskej smrečine. *Corydalis cava* je „najvernejším“ druhom hospodárskych bučín, s hodnotou fidelity 51,5. Podarilo sa identifikovať indikačné druhy sekundárnych hospodárskych smrečín rastúcich na stanovištiach jedľových bučín na vulkanitoch: *Dryopteris carthusiana* agg, *Moehringia trinervia*, *Poa nemoralis*, *Veronica officinalis*. *Veronica officinalis* sa javí ako druh s vysokou fidelitou ku smrečinám aj na karbonátovom podloží a kryštaliniku (MÁLIŠ *et al.* 2012). CHYTRÝ *et al.* (2002) uvádzajú *Dryopteris carthusiana* agg. ako diagnostický druh smrekových lesov a podobne aj MÁLIŠ *et al.* (2010) v porastoch s prímесou smreka na kryštaliniku. Druhy *Moehringia trinervia*, *Poa nemoralis* a *Veronica officinalis* sa uvádzajú ako diagnostické druhy triedy *Pulsatillo-Pinetea sylvestris*, čo sú kontinentálne suchomilné borovicové lesy na piesčitých pôdach (JAROLÍMEK, ŠIBÍK 2008). *Oxalis acetosella* ako indikátor sekundár-

nych smrečín podľa fidelity nevyšiel, avšak z tab. 3 je evidentný rozdiel vo frekvencii medzi jednotlivými typmi porastov, smrečina sa signifikatne líši od bučiny a pralesa. CHYTRÝ *et al.* (2002) uvádzajú *Oxalis acetosella* ako indikátor smrekových lesov. Zaujímavosťou je že druh *Vaccinium myrtillus*, ktorý uvádzajú autori EWALD (2000b), CHYTRÝ *et al.* (2002) aj MÁLIŠ *et al.* (2012) nebol v našom prípade indikačným druhom smrečín. V tab. 4 uvádzame aj indikačné druhy jedľovo-bukových pralesov, ide o spektrum bučinových, podhorských a nitrofilných druhov (*sensu* KRIŽOVÁ, NIČ 2002). Ide väčšinou o druhy náročné na živiny (s vysokou hodnotou pre ekofaktor dusík) ako *Salvia glutinosa*, *Senecio ovatus*, *Cardamine impatiens* a *Stachys sylvatica*, čo môže súvisieť s vyššou zásobou disponibilných živín v dôsledku absencie hospodárskych zásahov v rezervácii (SVOBODA *et al.* 2006).

Tab. 3 Kruskal-Wallisov test signifikantnosti rozdielu frekvencií taxónov medzi jednotlivými typmi porastov. CV – celkový počet plôch s výskytom taxónu (max. 140). Počet hviezdíčiek predstavuje hladinou významnosti: ns – nie je signifikantný; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$. U ostatných druhov neboli zistené signifikantné rozdiely

Tab. 3 Kruskal-Wallis test of significance of difference in frequencies of taxa between different types of stands. CV – total number of samples with the occurrence of a taxon (max. 140). Asterisks represent statistical significance: ns – not significant, * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$. The other species did not show significant differences

	jar – frekvencia				leto – frekvencia			
	CV	BK/SM	BK/NPR	SM/NPR	CV	BK/SM	BK/NPR	SM/NPR
<i>Galeobdolon luteum</i>	55	***	ns	***	57	***	ns	***
<i>Galium odoratum</i>	110	***	ns	***	110	***	ns	***
<i>Geranium robertianum</i>	79	***	ns	***	85	***	ns	***
<i>Dentaria bulbifera</i>	73	***	ns	***	48	**	ns	**
<i>Oxalis acetosella</i>	131	***	ns	**	131	**	ns	**
<i>Corydalis cava</i>	33	***	***	ns	0	ns	ns	ns
<i>Anemone ranunculoides</i>	36	***	*	ns	0	ns	ns	ns
<i>Glechoma hirsuta</i>	40	**	***	ns	42	**	***	ns
<i>Senecio ovatus</i>	86	*	**	ns	85	*	*	ns
<i>Mercurialis perennis</i>	38	*	ns	ns	37	ns	ns	ns
<i>Isopyrum thalictroides</i>	27	*	ns	ns	1	ns	ns	ns
<i>Salvia glutinosa</i>	29	ns	**	**	32	ns	**	**
<i>Impatiens noli-tangere</i>	61	ns	ns	**	60	ns	ns	ns

3.2 Ekologická analýza typov porastov

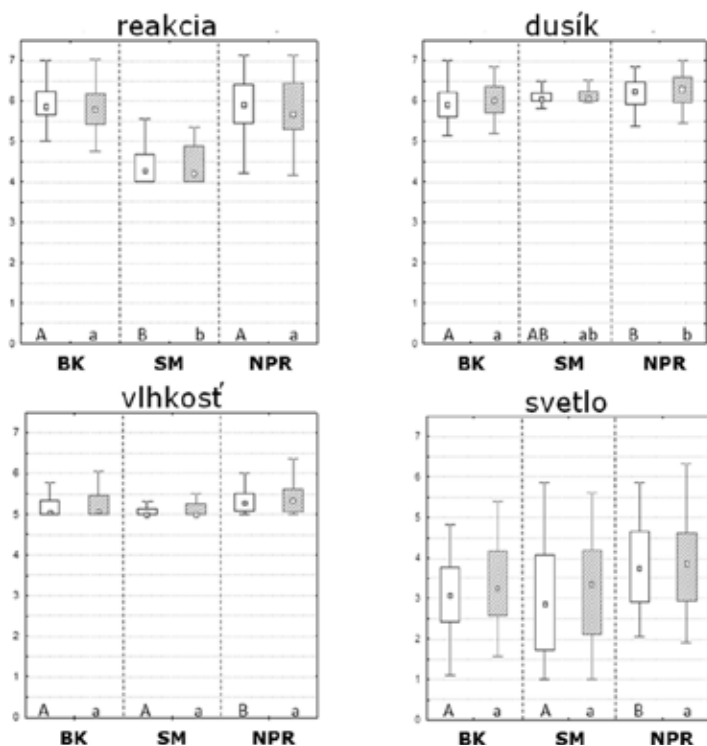
K dispozícii sme mali priemerné ekoindexy pre jednotlivé ekofaktory vážené pokryvnosťou bylin pre všetky plochy. Krabicové grafy pre jednotlivé relevantné ekofaktory prezentujeme v obr. 4. Štatistická významnosť rozdielov medzi skupinami je vyjadrená písmenom latinskej abecedy. Najvýraznejšia zmena medzi typmi porastov je zaznamenaná pre ekofaktor pôdna reakcia, v smrečinách sledujeme výrazný pokles voči bučinám a pralesu. Rovnaký trend, ale na kryštalinickom podloží uvádzajú aj MÁLIŠ *et al.* (2010, 2012). Ekofaktory pôdna vlhkosť a svetlo vykazujú podobnosť bučín so smrečinami a rozdielnosť

Tab. 4 Phi koeficient taxónu pre typ porastu, za hodnotou stálosti uvádzame signifikantnosť F-testu. Počet hviezdíčiek predstavuje hladinou významnosti: ns – nie je signifikantný; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Tab. 4 Phi coefficient of taxon for stand type, next the value of constancy is significance of F-test Asterisks represent statistical significance: ns – not significant, * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

	jar			leto		
	BK	SM	NPR	BK	SM	NPR
<i>Corydalis cava</i>	51,5***	---	---	---	---	---
<i>Glechoma hirsuta</i>	43,3***	---	---	46,4***	---	---
<i>Anemone ranunculoides</i>	42,6***	---	---	---	---	---
<i>Galeobdolon luteum</i>	33,5***	---	---	31,1***	---	22,7*
<i>Symphytum tuberosum</i>	32,5***	---	---	21,1*	---	---
<i>Isopyrum thalictroides</i>	27,3**	---	---	---	---	---
<i>Hordeleymus europaeus</i>	24,5*	---	---	27**	---	---
<i>Bromus benekenii</i>	22,6**	---	---	25,7**	---	---
<i>Mercurialis perennis</i>	22,2*	---	---	17*	---	---
<i>Aegopodium podagraria</i>	21,9*	---	---	21,9*	---	---
<i>Alliaria petiolata</i>	20,1*	---	---	---	---	---
<i>Lamium maculatum</i>	18,2**	---	---	---	---	---
<i>Dentaria bulbifera</i>	31,9***	---	27,9**	---	---	24,4*
<i>Geranium robertianum</i>	24,5**	---	23,6*	17,3*	---	19,5*
<i>Galium odoratum</i>	23,6**	---	37,2***	21,5*	---	37,9***
<i>Salvia glutinosa</i>	---	---	40,5***	---	---	43,1***
<i>Impatiens noli-tangere</i>	---	---	29,3**	---	---	23,9**
<i>Veronica montana</i>	---	---	26,3**	---	---	24,9**
<i>Sanicula europaea</i>	---	---	25,4**	---	---	25,4**
<i>Cardamine impatiens</i>	---	---	24,7**	---	---	26,5**
<i>Stachys sylvatica</i>	---	---	22,7*	---	---	37,2***
<i>Mycelis muralis</i>	---	---	22,5**	---	---	21,7**
<i>Prenanthes purpurea</i>	---	---	22,2*	---	---	25**
<i>Festuca gigantea</i>	---	---	21,1*	---	---	---
<i>Senecio ovatus</i>	---	---	19,9**	---	---	17,7*
<i>Dryopteris carthusiana</i> agg	---	35,8***	---	---	30,1***	---
<i>Poa nemoralis</i>	---	27,3**	---	---	33,8***	---
<i>Moehringia trinervia</i>	---	23,6*	---	---	23,6*	---
<i>Veronica officinalis</i>	---	22,5*	---	---	22,5*	---
<i>Circaea alpina</i>	---	---	---	---	18,6*	---

voči pralesu. Najvyššie hodnoty pre svetlo a dusík sa všeobecne očakávali v pralese, keďže sme zaznamenali pri zakladaní výskumných plôch všetky vekové štádiá a štrukturálne prvky (vrátane gapov), čo sa aj potvrdilo. Pre ekofaktory vlhkosť a svetlo pozorujeme signifikantný rozdiel v pralese oproti smrečinám a bučinám len v jarnom aspekte. Podľa JURKA (1990), existuje korelácia medzi pôdnou reakciou a obsahom živín v pôde (čím nižšie pH, tým nižšia zásoba živín), toto naše výsledky nepotvrdzujú. Podľa NIČA, TÓBISA (2011) neboli pozorované signifikantné zmeny v pôdnej reakcii v prvej generácii sekundárnych smrečín rastúcich v slt *Abieto-Fagetum*, informáciami o počte generácii v našom prípade nedisponujeme, hoci predpokladáme, že prevažne ide tiež o prvú generáciu.



Obr. 4 Krabicové grafy priemerných ekočísiel reakcie, dusíka, vlhkosti a svetla pre jednotlivé typy porastov. Prázdny box označuje jarný aspekt, šrafovaný letný aspekt. Krabicový graf zobrazuje medián, 25–75 % kvantil a rozsah neodlahlých hodnôt (odstránené extrémny). Signifikantnosť rozdielov ($p \leq 0,05$) medzi priemerami v skupinách (typmi porastov) je vyznačená písmenom

Fig. 4 Box plots of mean Ellenberg indicator values for soil reaction, nitrogen, soil humidity and light of stand types. Empty box shows spring aspekt, hatched shows summer aspekt. Box plots presents median, 25–75% quantiles and non-outlier range (extremes and outliers removed). The significance of differences ($p \leq 0,05$) of the mean value between groups (stand types) are marked by capital (spring aspekt) and small (summer aspekt) letters

4 ZÁVER

Na záver môžeme konštatovať, že výsledky poukazujú na negatívny vplyv smreka na podrastovú vegetáciu. Bola pozorovaná štatisticky významne nižšia druhová diverzita v sekundárnych hospodárskych smrečinách v porovnaní s hospodárskymi bučinami a pralesom. Súvisí to zrejme aj s priemerne nižším vekom hospodárskych smrečín súvisiacim s ich kratšou rubnou dobou. Naopak, diverzita hospodárskych bučín sa významne neodlišovala oproti pralesu so zložitou priestorovou štruktúrou, hoci v drevinovom zložení chýbala jedľa. Ekologická analýza typov porastov poukázala hlavne na evidentný rozdiel v priemerných hodnotách vo faktoroch pôdna reakcia a dusík. Na základe tejto analýzy dochádza v smrečinách k zakysľovaniu pôdneho prostredia. Boli identifikované indikačné druhy (*Dryopteris carthusiana* agg, *Moehringia trinervia*, *Poa nemoralis*, *Veronica officinalis*) sekundárnych hospodárskych smrečín rastúcich na stanovištiach jedľových bučín na andezitovom podloží. V hospodárskych bučinách sme zachytili väzbu jarných heliofytov na tento typ porastu.

PodĎakovanie

Táto štúdia/publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

5 Literatúra

- AUGUSTO, L., RANGER, J., BINKLEY, D., ROTHE, A. 2002: Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science* **59**: 233–235.
- BARBIER, S., GOSSELIN, F., BALANDIER, P. 2008: Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* **254** (1): 1–15.
- CHYTRÝ, M., EXNER, A., HRIVNÁK, R., UJHÁZY, K., VALACHOVIČ, M., WILLNER, W. 2002: Context-dependence of diagnostic species: A case study of the central european spruce forests. *Folia Geobotanica* **37**: 403–417.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DULL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropas, Scripta Geobotanica 18, Verlag Erich Goltze KG, Gottingen, 258 pp.
- DOSTÁL, J., ČERVENKA, M. 1991: Veľký klúč na určovanie vyšších rastlín I. SPN, Bratislava, p. 1–783.
- EMMER, I.M., FANTA, J., KOOLJMAN, A., KOBUS, A.T., SEVINK, J. 1998: Reversing borealization as means to restore biodiversity in Central–European mountain forests-an example from Krkonoše mountains, Czech republic. *Biodiversity and Conservation* **7**: 229–247.
- EMMER, I.M., WESSEL, W.W., KOOLJMAN, A., SEVINK, J., FANTA, J. 2000: Restoration of degraded Central–European mountain forest soils under changing environmental circumstances. In: Klimo E, Hager H, Kulhavy J. (eds.), Spruce Monocultures in Central Europe – Problems and Prospects. EFI Proceedings 33: 81–92.
- EWALD, J. 2000a: The Influence of coniferous canopies on understory vegetation and soils in mountain forests of the northern Calcareous Alps. *Applied Vegetation Science* **3**: 123–134.
- EWALD, J. 2000b: The Partial Influence of Norway Spruce Stands on Understorey Vegetation in Montane Forests of the Bavarian Alps. *Mountain Research and Development* **20** (4): 364–371.
- GLONČÁK, P. 2009: Dynamika prízemnej vegetácie prírodných horských smrečín. Dizertačná práca. LF TU Zvolen. 93 pp.

- HADAČ, E., SOFRON, J. 1980: Notes on Syntaxonomy of Cultural Forest Communities. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* **15**: 245–258.
- HRNČIAROVÁ, T. (ed.), 2002: Atlas krajiny Slovenskej republiky, Ministerstvo životného prostredia, Bratislava, SAŽP Banská Bystrica, 113 pp.
- JANIŠOVÁ, M., HRIVNÁK, R., GÖMÖRY, D. UJHÁZY, K., VALACHOVIČ, M., GÖMÖRYOVÁ, E., HEGEDŮŠOVÁ, K., ŠKODOVÁ, I., 2007: Changes of understorey vegetation after Norway spruce colonization of an abandoned grassland. *Annales Botanici Fennici* **44**: 256–266.
- JAROLÍMEK, I., ŠIBÍK, J. (eds.) 2008: Diagnostic, constant and dominant species of the higher vegetation units of Slovakia. Veda, Bratislava, 332 pp.
- JURKO, A. 1990: Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie. Príroda, Bratislava, 95 pp.
- KRIŽOVÁ, E., NIČ, J., 2002: Fytocenológia a lesnícka typológia. Návod na cvičenia. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, Zvolen, 116 pp.
- KRIŽOVÁ, E., UJHÁZY, K., ČAJA, R. 2007: Zmeny fytocenóz dealpínskych bučín v dôsledku zmien drevinového zloženia. In: Neuhoferová, P. (ed.): Problematika lesníckej typologie IX. Typologické hodnotení antropogénne ovplyvnených lokalít. Kostelec nad Černými lesy, 24.–25. 1. 2007.
- KRIŽOVÁ, E., UJHÁZY, K., NIČ, J. 2010: Fytocenológia a lesnícka typológia. Technická univerzita vo Zvolene. 192 pp.
- MÁLIŠ, F., VLADOVIČ, J., ČABOUN, V., VODÁLOVÁ, A. 2010: The influence of *Picea abies* on herb vegetation in forest plant communities of the Veporské vrchy Mts. *Journal of Forest Science* **56** (2): 58–67.
- MÁLIŠ, F., VODÁLOVÁ, A. 2010: Hodnotenie vegetácie. In: Pavlenda, P., Pajtík, J. et al. 2010: Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy a projekt FutMon za rok 2009. Zvolen, NLC–LVÚ, p. 139
- MÁLIŠ, F., UJHÁZY, K., VODÁLOVÁ, A., BARKA, I., ČABOUN, V., SITKOVÁ, Z. 2012: The impact of Norway spruce planting on herb vegetation in the mountain beech forests on two bedrock types. *European Journal of Forest Research, in press*
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. (eds.), 1998: Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Veda, Bratislava, 687 pp.
- MÍCHAL, I. 1992: Ekologická stabilita. Veronica, Brno, 243 pp.
- MORÁVEČ, J., BLAŽKOVÁ, D., HEJNÝ, S., HUSOVÁ, M., JENÍK, J., KOLBEK, J., KRAHULEC, F., KREČMER, V., KROPÁČ, Z., KVĚT, J., NEUHÄUSL, R., NEUHÄUSLOVÁ–NOVOTNÁ, Z., RYBNÍČEK, K., RYBNÍČKOVÁ, E., SAMEK, V. & ŠTĚPÁN, J. 1994: Fytocenologie. Academia, Praha, 403 pp.
- MÖLDER, A., BERNHARDT-RÖRMANN, M., SCHMIDT, W. 2008: Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? *Forest Ecology and Management* **256**: 272–281.
- NIČ, J., TÓBIS, Š. 2011: Effect of the first generation of spruce on ground vegetation. *Beskydy* **4** (2): 119–126.
- PIELOU, E.C. 1975: Ecological diversity. New York, John Wiley and Sons, Inc.
- SCHMIDT, W. 2005: Herb layer species as indicator of biodiversity of managed and unmanaged beech forests. *Forest Snow and Landscape Research* **79**: 111–125.
- SHANNON, C.E., WEAVER, W. 1963: The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.
- SLAVÍKOVÁ, J. 1986: Ekologie rostlin, SNP, Praha, 366 pp.
- SKOV, F. 1997: Stand and neighbourhood parameters as determinants of plant species richness in a managed forest. *Journal of Vegetation Science* **8**: 573–578.
- SVOBODA, M., MATĚJKA, K., KOPÁČEK, J., ŽALOUDEK, J., 2006: Estimation of tree biomass of Norway spruce forests in the Plešné Lake catchment, the Bohemian Forest. *Biologia* **61** (Suppl. 20): 523–524.
- ŠÁLY, R. 2000: Pôdy Chránenej krajiny oblasti – biosférickej rezervácie Poľana. VÚPOP, Bratislava. 44 pp.
- TER BRAAK, C.J.F., ŠMILAUER, P., 1998: CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows. Centre of biometry, Wageningen, 353 pp.
- TICHÝ L. 2002: JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* **13**: 451–453.
- UJHÁZY, K. 2010: Interakcie medzi drevinami a bylinami v procesoch vegetačnej dynamiky. Habilitačná práca. LF TU vo Zvolene, 44 pp.
- UJHÁZY, K., GLONČÁK, P., KRIŽOVÁ, E., BENČAŤOVÁ, B., ČAŇOVÁ, I., GALLAY, I., GÖMÖRYOVÁ, E., CHOVANCOVÁ, G., NIČ, J. 2010: Vplyv porastu na bylinnú zložku a stanovište. In: Pirchala, M., Máliš, F., Vaško, L., Lesnícka typológia a zisťovanie stavu lesa. Zborník príspevkov a prezentácií (na DVD nosiči). NLC, Zvolen, p. 4–7.

- UJHÁZY, K., KRÍŽOVÁ, E., UJHÁZYOVÁ, M. 2007: Zmeny bylinnej synúzie spoločenstiev bukových lesov Poľany. In: Krížová, E., Ujházy, K. (eds.) Dynamika, stabilita a diverzita lesných ekosystémov. TU vo Zvolene, Zvolen, p. 105–114.
- VOLOŠČUK, I. 2004: Zastúpenie drevín v prírodných geobiocenózach lesných typov Slovenska In: Hradecký, R. (ed.) Ochrana prírody, číslo 23, ročník 2004. Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Centrum ochrany prírody a krajiny – Banská Bystrica, p. 96–111.
- ZELENÁ SPRÁVA, 2011: dostupné online. <<http://www.mpsr.sk/download.php?fid=5240>>
- ZHU, J., MAO, Z., HU, L., ZHANG, J. 2007: Plant diversity of secondary forests in response to anthropogenic disturbance levels in montane regions of northeastern China. *Journal of Forest Research* 12 (6): 403–416.
- ZLATNÍK A. 1978: Lesnícká fytoecologie. SZN, Praha, 495 pp.
-

Adresa autorov:

Ing. Michal Martinák
Ing. Marta Martináková
Doc. Ing. Karol Ujházy, PhD.
Katedra fytológie
Lesnícka fakulta
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

e-mail: martinak@vsld.tuzvo.sk
karol.ujhazy@tuzvo.sk

Zmeny lesných fytoocenóz v hospodárskych lesoch 5. vegetačného stupňa na andezitovom podloží

Abstrakt

Lesné ekosystémy podliehajú antropickým vplyvom, medzi ktoré patrí aj zmena pôvodnej dominantnej dreviny, pričom všeobecne známy a najrozšírenejší je fenomén výsadby smrekových porastov v 5. vegetačnom stupni. Cieľom práce je zistiť ako sa mení druhové zloženie a diverzita bylinnej etáže v hospodárskych lesoch so zmeneným drevinovým zložením (bučiny, smrečiny), v porovnaní s pôvodným drevinovým zložením pralesa (jedľové bučiny). Modelovým územím je južná časť CHKO Poľana situovaná v 5. vegetačnom stupni a edaficko-trofickom rade B. Celkovo bolo založených 140 plôch (veľkosť: 2,25 m²) v pralese, v hospodárskych sekundárnych smrečinách a bučinách. Poloha plôch bola určená kombináciou geostratifikácie a náhodného výberu. Zber vegetačných dát bol v dôsledku sezónnej dynamiky vykonaný v jarnom a letnom aspekte. Výsledky štatistických analýz poukazujú na nižšie hodnoty ukazovateľov diverzity v smrečinách v porovnaní s bučinami a pralesom a na rozdiely vo frekvencii a pokryvnosti druhov medzi aspektmi a sledovanými typmi porastov. Vzťah rastlín k typom porastov bol potvrdený fidelitou aj PCA analýzou. Bol pozorovaný výrazný výskyt jarných geofytov v hospodárskych bučinách oproti ostatným typom porastov. Porovnanie priemerných ekoindexov potvrdilo signifikantné rozdiely predovšetkým vo faktoroch pôdna reakcia a dusík pre bučiny, smrečiny a prales. Zároveň sme identifikovali indikačné druhy (*Dryopteris carthusiana* agg, *Moehringia trinervia*, *Poa nemoralis*, *Veronica officinalis*) sekundárnych hospodárskych smrečín rastúcich na stanovištiach jedľových bučín na andezitovom podloží.

Kľúčové slová: *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, Poľana, druhová diverzita, *Eu-Fagenion*

AKTUÁLNA SITUÁCIA VO VÝSKYTE FIBROPAPILOMATÓZY V POPULÁCIÁCH JELEŇOVITÝCH NA SLOVENSKU

Mojmír I V A N – Dušan R A J S K Ý

Ivan, M., Rajský, D.: The actual situation of occurrence of the fibropapillomatosis in population of Cervidae in Slovakia. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 167–176, 2012.

The paper deals with the occurrence of the tumour disease of fibropapillomatosis of *Cervidae* in Slovakia with special emphasis on the roe-deer (*Capreolus capreolus*) and red-deer (*Cervus elaphus*). The very first case of fibropapillomatosis in Slovakia was documented in Senica in 1998. From the place of initial occurrence, the disease expanded to the south-east direction. During the years of 1998–2010, together 472 cases of fibropapillomatosis were evaluated. In the certain hunting grounds of Slovakia, the disease strikes 5–10% of roe-deer population and, thus, it signalizes severe management problem that needs to be cope with using special measures including intensive monitoring. The very first case of fibropapillomatosis of red-deer in Slovakia was documented in 2009. For red-deer population is a disease currently reported from 12 district of Slovakia. The diagnosis can be made by macroscopic and microscopic examination. In spite of the acceptance of its virus origin, it is necessary to point out that all aspects of etiology of fibropapillomatosis of *Cervidae* have not been explicitly clarified so far. The paper also completes recent knowledge of the disease distribution area within Slovakia and, moreover, it contributes to the studies of fibropapillomatosis of *Cervidae* in the context of the game hygiene.

Key words: fibropapillomatosis, disease, roe deer, red deer

1 ÚVOD

Otázky týkajúce sa zdravotného stavu hlavných poľovnícky obhospodarovateľných druhov zveri sú v súčasnom období vysoko aktuálne. Na Slovensku je problematika chorôb zveri pomerne dobre preštudovaná. Medzi najmenej preskúmané choroby raticovej zveri v našich podmienkach zaraďujeme nádorové ochorenia medzi ktoré patrí aj fibropapilomatóza. Informácie o jej výskyte pri čeľadi *Cervidae* boli v našich podmienkach len veľmi sporadické, prípadne chýbali. ŠPENÍK (1977) poukazuje na papilomatózu u kamzíkov a ojedinelé prípady ochorenia aj pri jeleňoch. LEŠNÍK a VRTIAK (1979) v monografii o nádorových ochoreniach zvierat uvádzajú fibromatózu jeleňov ako infekčné nádorové ochorenie, ktoré sa vyskytuje prevažne na krku a hlave, ale je pomerne zriedkavé. Zároveň citujú niektorých zahraničných autorov. V zahraničí je táto problematika viac diskutovaná. Zahraniční autori popisujú výskyt fibrómov, papilómov, alebo fibropapilómov pri rôznych druhoch cervidov, konkrétne pri jelienskovi bielochvostom (*Odocoileus virginianus*; SHOPE

a kol., 1958); LANCASTER a SUNDBERG, 1982), jelienskovi ušaom, (*Odocoileus hemionus*; LANCASTER a SUNDBERG, 1982), jelienskovi čiernochvostom (*Odocoileus hemionus*; SUNDBERG a LANCASTER, 1988), pri losovi európskom (*Alces a. alces*, MORENO-LOPEZ a kol., 1981), sobovi arktickom (*Rangifer caribou*, MORENO-LOPEZ a kol., 1987), jeleňovi lesnom (*Cervus elaphus*; MOAR a JARRETT, 1985; SUNDBERG, 1987; ERDÉLYI A KOL., 2008), srncovi lesnom (*Capreolus capreolus*; TAKÁCS a NAGY-BOZSOKI, 1998; ERDÉLYI A KOL., 2008).

Medzi prvými zdokumentovanými prípadmi fibropapilomatózy na Slovensku bol srnec z okresu Senica (1998) v Trnavskom kraji. Postupne pribúdali nálezy v Bratislavskom a Nitrianskom kraji. Ojedinelý výskyt v okrese Myjava v Trenčianskom kraji je z roku 2007 a z roku 2008 z Rimavskej Soboty v Banskobystrickom kraji. Pozvoľna pribúdali ďalšie prípady avšak jednalo sa o sporadický výskyt ochorenia, ktorý nevzbudzoval obavy. Pôvodná nákazová situácia sa od roku 2007 začala dramaticky zhoršovať. Začali pribúdať hlásenia o uhynutej a ulovenej zveri, ale tiež priame pozorovania potvrdené fotografiami. Podozrenie na možný výskyt fibropapilomatózy pri srnčej zveri bolo vyslovené aj v Košickom kraji. V súčasnom období je nákaza pri srnčej zveri hlásená z poľovných revírov v 31 okresoch na Slovensku, a stáva sa vážnym chovateľským problémom (RAJSKÝ a kol., 2011).

2 ROZBOR PROBLEMATIKY

Nádor je abnormálna hmota tkaniva, ktorá rastie (bujnie) a jeho rast je v porovnaní s normálnym tkanivom nekoordinovaný. CIBEREJ a kol., (2001) uvádza, že vplyvom znečistenia životného prostredia dochádza k zvýšenej frekvencii výskytu nezhubných alebo zhubných nádorov zveri. HELL a GARAJ (2004) vo svojej práci upozornili, že v dôsledku nepriaznivých antropogénnych zmien životného prostredia sa v poslednom období častejšie vyskytujú u zveri aj nádorové choroby. FIGURA a kol. (2010) poukazujú na výskyt a lokalizáciu nádorov na tele infikovaných jedincov srnčej zveri (lesná ekoforma) v lužných lesoch inundančného územia Dunaja a Moravy, čiastočne aj v oblasti rieky Malý Dunaj. RAJSKÝ a kol. (2010) poukazuje na výskyt fibropapilomatózy aj pri jeleňovej zveri v niektorých okresoch Slovenska.

Prvým zdokumentovaným prípadom u nás bol spomenutý nález nádorov pri srncovi lesnom z okresu Senica (1998) v Trnavskom kraji vyhodnotený v Štátnom veterinárnom ústave v Bratislave histologicky ako fibróm (RAJSKÝ, ŽÚREK, ŠTEFÁNIK, 1998) a neskôr túto diagnózu potvrdili pri srnčej zveri aj v Bratislavskom a Nitrianskom kraji (MYDLO, KANTÍKOVÁ, 2007).

Podľa SUNDBERGA, NIELSENA (1981) fibrómy predstavujú časté kožné novotvary jeleňovitých. Pri zástupcoch čeľade *Cervidae* v USA boli popísané minimálne v štátoch Kentucky, Michigan, New York, Virgínia, Wisconsin, Arizona, Pensylvánia a Wyoming, a v Kanade v provincii Ontário. V štáte New York v roku 1962 pri prieskume fibromatózy v populácii jelienska bielochového ju diagnostikovali pri 2,1 % vyšetrených samcov a 0,4 % samíc. U európskych jeleňovitých ich uvádzajú vo Veľkej Británii, Nemecku, Škótsku a Švédsku. Fibrómy pri cervidoch boli diagnostikované ako osifikujúce fibrómy,

fibrosarkómy, neurofibrómy, fibropapilómy a papilómy. Podľa citovaných autorov veľké ulcerované fibrómy neboli pozorované často.

Fibropapilomatózu pri amerických druhov jeleňovitých popisuje aj WARTS *a kol.* (2002), ako kožné fibrómy, ktoré sú nápadné, najmä keď sa vyskytujú vo veľkých počtoch.

Vo švédskej populácii európskych losov (*Alces alces*) sa často vyskytujú kožné bradavice, ktoré boli morfológicky charakterizované ako fibropapilómy alebo fibrómy. V zriedkavých prípadoch bolo zistené, že európske losy, majúce kožné tumory, taktiež majú početné, korálkam podobné fibromatózne tumory v pľúcach. Pľúcne tumory s podobným výzorom boli taktiež popísané u jelenka bielochového. Avšak, etiológia fibrómov pľúc nebola objasnená (MORENO-LÓPEZ *a kol.*, 1986). V Maďarsku TAKÁCS *a kol.*, (1998) zistili pri srnčej zveri v inundačnom území rieky Tisza novotvary popísané ako dermatofibrómy, lokalizované na hlave, lopatke a stehne. Biotop tejto zveri predstavovali brehové porasty. Histopatologické vyšetrenie nádorov poukazovalo na fibróm.

Predilekčným miestom nádorov pri srnčej zveri býva hlava, krk, brucho a končatiny, častejšie ich vnútorná strana. Veľkosť tumorov udávajú autori najčastejšie od 3 do 5 cm, vyskytujú sa však aj nádory o veľkosti 10–15 cm. Početnosť nádorov býva spravidla menej ako 10, avšak nie sú výnimkou ani jedinci, ktorí majú na tele aj viac ako 150 novotvarov. Boli potvrdené správy o viac než 200 fibrómoch na jednom jeleňovi.

Fibrómy pri jeleňovi môžu byť ojedinelé alebo mnohopočetné. Ťažko infikovaný jeleň ich môže mať 25 alebo viac. Príležitostne, pri viacnásobných infekciách sú tieto tak početné a tesne vedľa seba, že sa spájajú do jednej veľkej hmoty (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

Posudzované nádory pri srnčej zveri boli na povrchu svetlé, alebo sivo až čierne sfarbené. Na reznej ploche nádoru je typické biele, alebo ružové jadro. Konzistencia bola elastická až tuhá. Nádorové uzly boli dobre ohraničené, bez infiltrácie okolitých tkanív. Chirurgicky sú ľahko odstrániteľné. Po stiahnutí celej kože z uloveného jedinca srnčej zveri nebolo možné na svalovine známkou fibromatózneho nálezu makroskopicky detekovať. Typický nádor je nezarastený s hladkým povrchom, ktorý je krytý hladkým verukóznym epitelom. Epiderma je väčšinou pigmentovaná, ale na povrchu väčších nádorov sa často vyskytujú poranenia epidermy, erózie, hnisavé procesy resp. odumierania. Na základe histopatologického vyšetrenia sa dá konštatovať, že hlavnú časť nádoru tvorí hmota kolagénnych vlákien (CSICSAY, 2010).

Kožné bradavice u losov boli charakterizované ako fibropapilómy a fibrómy. Fibropapilómy sú fibroplastické tumory pokryté zdrsnenou, pigmentovanou epiteliálnou vrstvou, zatiaľ čo fibrómy pozostávajú takmer výlučne z fibromatózneho tkaniva s tenkou epiteliálnou vrstvou, alebo bez nej. Častice papilomavírusu sa zisťujú len vo vysoko keratinizovanej epiteliálnej vrstve, zatiaľ čo z fibrómov neboli izolované žiadne vírusové partikule (MORENO-LÓPEZ *a kol.*, 1986).

Rod *Papillomavirus* zahŕňa asi 100 sérotypov humánnych papilomavírusov (HPV), 6 sérotypov boviných papilomavírusov (BPV), ale aj papilomavírusy jeleňov (DPV alebo vírus fibromatózy jeleňov), papilomavírus európskych losov (EEPV), sobov (RePV) a iné. Fylogenetická analýza zaraďuje všetky známe papilomavírusy cervidov do rodu delta – papilomavírusov, spolu s boviným papilomavírusom typ 1 a 2 (BPV1 a BPV2).

Hlavnou charakteristikou delta – papilomavírusov je, že indikujú vývin kožných fibropapilómov a fibrómov (SUNDBERG, LANCASTER, 1988).

Na vírusový pôvod ochorenia poukazujú aj experimenty SUNDBERGA *a kol.* (1985), ktorí opísali úspešný prenos kožných fibrómov na 7 jeleníkov bieločvostých intradermálnou a subkutánnou inokuláciou, ako aj vtieraním preparátu do vytetovaných miest. O'BANION, SUNDBERG (1987) opisujú pokus, kedy úspešne preniesli kožné fibrómy dospelého jeleníka bieločvostého na 5 mladých jedincov.

V Škótsku opísali MOAR a JARETT (1985) u jelenia lesného fibropapilóm, z ktorého bol izolovaný papilomavírus. Vírus bol príbuzný bovinnému papilomavírusu typ 1 (BPV1), alebo typ 2 (BPV2). Ako tiež uvádzajú v prehľade o fibromatóze jelenovitých SUNDBERG a NIELSEN (1981) podobnosti medzi bovinnou papilomatózou a fibromatózou cervidov poukazujú na spoločnú alebo podobnú etiológiu. Podľa Kocsnera (2001) imunohistochemické štúdie týchto nádorov pri srnčej zveri poukázali na prítomnosť papilomavírusového antigénu. Je známe, že fibrómy (fibropapilómy) pri jelenoch sú spôsobované vírusmi a vírusový pôvod sa preukazuje aj u tumorov kože iných cervidov.

Zistenie ERDÉLYIA *a kol.* (2008) potvrdzujú pri srnčej zveri v Maďarsku testovanej polymerázovou reťazovou reakciou fibromatózu papilomavírusového pôvodu (fibropapilomatózu). Fylogenetická analýza a súhlasné patologické nálezy naznačujú aj príslušnosť pôvodcu ochorenia pri jelenej zveri – vírusu (CePV1) do rodu Delta papilomavírusov. Hlavnou charakteristikou Delta papilomavírusov je, že indikujú vývin kožných fibropapilómov a fibrómov (SUNDBERG a LANCASTER, 1988). MORENO-LÓPEZ *a kol.* (1986) preukázali, že kožné tumory u európskych losov sú spôsobené novo objaveným papilomavírusom (EEPV).

Fibropapilómy sa môžu pokusne preniesť votrením tkaniva nádoru do skarifikovanej kože vnímavého jedinca. Ako sa prenos uskutočňuje v prírode nie je známe. Zrejme aj prostredníctvom kontaktu porušenej kože s infekčným materiálom, buď z infikovaného zvierat'a, alebo kontaminovanej vegetácie, s ktorou prišlo do styku. Skutočnosť, že incidencia je vyššia medzi samcami, poukazuje na to, že súboje sú prostriedkom rozširovania sa ochorenia. Aj hryzúci hmyz by mohol byť zodpovedný za prenos, keďže mnoho vírusov sa prenáša týmito vektormi (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

Skutočnosť, že ochorenie sa častejšie zisťuje pri samcoch vnímavých cervidov potvrdzujú aj iní autori. RAJSKÝ *a kol.* (2009) vyhodnotili v období rokov 1998–2009 331 prípadov fibromatózy pri srnčej zveri, z ktorých bolo 280 srncov a 51 sfn. Rovnakú skutočnosť konštatuje aj ERDÉLYI (2010). Nie je známe že by ochorenie bolo infekčné pre ľudí (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

3 MATERIÁL A METÓDY

Za účelom zhodnotenia výskytu a plošnej distribúcie fibropapilomatózy jelenovitých so zameraním na srnčiu a jeleniu zver vo vybranej oblasti Slovenska v rámci tejto práce sme spracovali výsledky dotazníkovej akcie vykonávanej v rokoch 2008–2009 v rámci monitoringu fibropapilomatózy orgánmi Štátnej veterinárnej a potravinovej sprá-

vy SR s organizáciami Slovenského poľovníckeho zväzu (RAJSKÝ, ŽÚREK, DEDÍK, KERTÉSZ, MIHOLICS, LORINČÁK, SOKOL, MAŠLEJ, 2009).

Dotazník bol určený užívateľom poľovných revírov v kraji Bratislava, Trnava a Nitra. Predmetom dotazníka boli údaje: okres, názov a užívateľ poľovného revíru, prvý pozorovaný výskyt fibropapilomatózy v revíri – rok, kalendárny mesiac, druh raticovej zveri, pohlavie, odhadnutý vek, počet nádorov na jednom jedincovi zveri (nad 10 mm), veľkosť nádorov – priemer (najväčší a najmenší novotvar), stav (úhyn, odstrel, odchyt zveri), údaj o prípadnom potvrdení fotodokumentáciou, resp. zakonzervovanou vzorkou, iné súvisiace údaje).

Výsledky boli doplneným vlastným dotazníkovým prieskumom v rokoch 2010 a 2011 v okresoch Dunajská Streda, Komárno a Zvolen.

Okrem dotazníkovej akcie prebiehal vo vybraných revíroch v postihnutých okresoch intenzívny monitoring zdravotného stavu zveri na úrovni poľovníckeho terénu.

Pri klinickej diagnostike nádorov sa vychádzalo s anamnestických údajov o pozorovaniach živej srnčej zveri s výskytom nádorových zmien a rozboru a vyhodnotenia fotografického dokumentačného materiálu a videozáznamov získaných od poľovníckych organizácií (OkO SPZ, RgO SPZ, užívateľov poľovných revírov) a regionálnych a krajských veterinárnych a potravinových správ.

Vlastné pozorovania v teréne sa vykonávali v poľovných revíroch v okresoch Bratislava – mesto, Dunajská Streda a Zvolen.

Príklad dotazníka zaslaného poľovníckym hospodárom revírov v okrese Zvolen:

NÁDOROVÉ OCHORENIA ZVERI – informačný lístok (okres: Zvolen)
(platí pre dohodnutých užívateľov poľovných revírov a okresy)

1. Užívateľ poľovného revíru: _____
2. Katastrálne územie: _____
3. Prvý pozorovaný výskyt v revíri - (rok): _____
4. Ďalšie výskyty – do termínu 1. 04. 2011: _____
5. Druh raticovej zveri: srnčia, jelenia, danielia, muflonia, diviacia (podčiarknuť)
6. Iné druhy zveri: druh _____
7. Pohlavie (zisteného prípadu): SAMEC – SAMICA (podčiarknuť)
8. Odhadnutý vek (zisteného prípadu): _____
9. Kalendárny mesiac (zisteného prípadu): _____
10. Odhadnutý počet nádorov na jednom zvierati: _____
11. Veľkosť nádorov (priemer v cm): _____
12. Stav: ÚHYN – ODSREL – ODCHYT (podčiarknuť)
13. Bola vyhotovená fotodokumentácia: ÁNO – NIE (podčiarknuť)
14. Iné súvisiace údaje (môže doplniť užívateľ poľovného revíru)

—

—
—

Najnovší – aktuálne nahlásovaný výskyt (od 1. 04. 2011)

(ak sa jedná o nahlásenie „ďalšieho“ prípadu v revíri – bod: 3 a 4 sa už nevyplní)

Dátum nálezu:

Vystavil:

Poznámka:

– Informačný lístok sa vyplňa pre každý (jednotlivý) prípad zistenia nádorových zmien

– Prípady možno oznámiť priamo: **0904/151 007 (Ing. Mojmír Ivan)**

E-mail: mojoivan@azet.sk

4 VÝSLEDKY

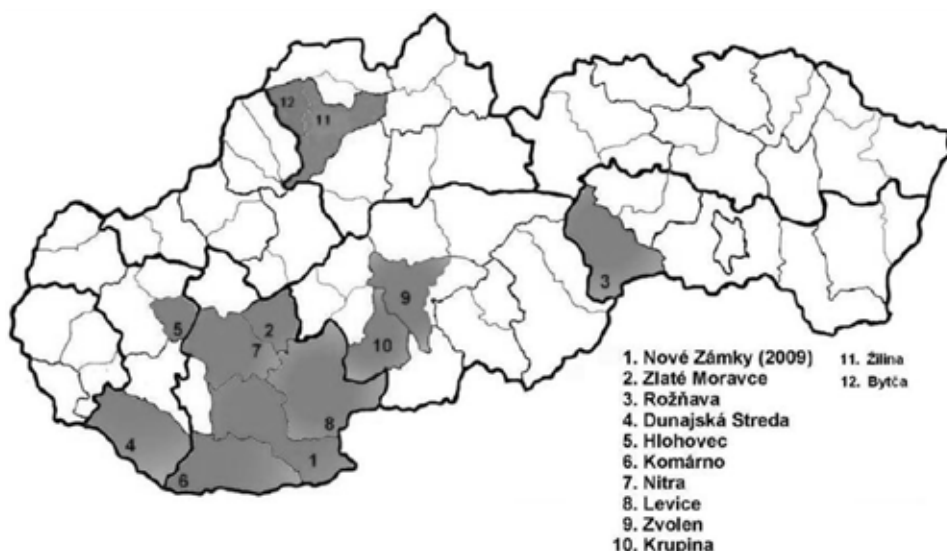


Obr. 1 Rozšírenie fibropapilomatózy srnčej zveri na Slovensku v roku 2011 (RAJSKÝ *a kol.*, 2011)

Fig. 1 Occurrence of fibropapillomatosis of roe-deer in Slovakia in 2011 (RAJSKÝ *a kol.*, 2011)

V období rokov 1998 až 2011 bolo vyhodnotených pri srnčej zveri 472 prípadov fibropapilomatózy. Z tohto súboru bolo 369 srncov a 103 sŕn. Prvý odborne zdokumentovaný prípad fibropapilomatózy na Slovensku bol v roku 1998 v okrese Senica, jednalo sa o srnca druhej vekovej triedy. Postupne pribúdali ďalšie hlásenia ďalších prípadov tohto ochorenia v Bratislavskom a Nitrianskom kraji. Tendencia šírenia nákazy bola juhovýchodným smerom. Ojedinelý výskyt ochorenia bol následne v okrese Myjava v Trenčian-

skom kraji. Podozrenie z výskytu tohto ochorenia v oblastiach východného Slovenska vyslovil JURIŠ (1997) v podmienkach okresu Trebišov. Od roku 2006 však šírenie fibropapilomatózy nabralo dramatický priebeh. Z miest pôvodného výskytu ochorenia (juhozápadné Slovensko) sa nákaza postupne šírila severovýchodným smerom a v roku 2008 bola zaznamenaná už aj v Rimavskej Sobote v Banskobystrickom kraji. V súčasnom období je nákaza pri srnčej zveri hlásená z 31 okresov na Slovensku. Zároveň zo všetkých okresov na území Slovenskej republiky hraničiacich s Českou republikou Rakúskom pri rieke Morava a okresov hraničiacich s Rakúskom a Maďarskou republikou pri rieke Dunaj. Okrem okresu Rožňava bolo ochorenie hlásené zo všetkých okresov hraničiacich s Rakúskom a Maďarskou republikou (suchá hranica). V okrese Rožňava však bola fibropapilomatóza potvrdená pri jeleňovi lesnom. Nakoľko grafické vyhodnotenie plošnej distribúcie nákazy na Slovensku poukazuje, že infekcia sa šíri pozdĺž riek (Morava, Dunaj, Malý Dunaj, Váh, Hron) stáva sa reálnou hrozbou už aj pre podhorské revíry.



Obr. 2 Súčasný rozšírenie fibropapilomatózy v populácii jelenej zveri na Slovensku
Fig. 2 The current occurrence of fibropapillomatosis of red-deer population in Slovakia

Pri jelenej zveri je ochorenie hlásené v súčasnosti z 12 okresov Slovenska. V období rokov 2009–2012 bolo vyhodnotených 23 prípadov fibropapilomatózy jelenej zveri. V súbore pozitívnych jedincov bolo 6 jeleňov a 17 jeleníc. Prvý odborné zdokumentovaný prípad fibropapilomatózy u jeleňa lesného na Slovensku bol v roku 2009 v okrese Nové Zámky (KRAJNIAK, 2009). Jednalo sa o ročnú jeleničku s makroskopicky zistiteľnými nádorovými zmenami. V nasledujúcom období bola fibropapilomatóza pri jelenej zveri na Slovensku diagnostikovaná v ďalších rokoch (okrem uvedeného okresu Nové Zámky), postupne aj v okresoch Zlaté Moravce, Rožňava, Dunajská Streda, Nitra, Levice, Hlohovec, Komárno, Zvolen a Krupina. Pozoruhodný je prípad z okresu Zvolen pochádzajúci

z revíru Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene. Daný revír bol intenzívne monitorovaný z dôvodu podozrenia na výskyt fibropapilomatózy. V máji roku 2011 bol pozorovaný v tomto revíri dvojročný jeleň s fibropapilómom v oblasti slabín. Fotodokumentácia však nebola vyhotovená a rovnako absentovali aj laboratórne vyšetrenia. Následne bola v septembri ulovená jelenička so solitérnym fibropapilómom nachádzajúcim sa na stehne. Jelenička bola ulovená v lokalite Pólová (južná časť Kremnických vrchov). V súčasnosti je v tomto revíri sledovaný starší jeleň s veľkým fibropapilómom stopkovito prichyteným na kožu v oblasti brucha. Daný revír môžeme považovať za vyložene horský, čo je výnimka nakoľko všetky ostatné prípady boli hlásené z nížinných oblastí. Úplnou senzáciou sú posledné dva prípady ochorenia, ktoré pochádzajú z okresov severného Slovenska. Jedná sa o okresy Žilina a Bytča. Aj tieto prípady dokazujú, že fibropapilomatóza už v súčasnosti nie je iba problémom južných oblastí Slovenska.

Fibropapilomatóza sa týmto stáva celoslovenským problémom v poľovníckom manažmente nielen srnčej, ale aj jelenej zveri. Neodkladnosť riešenia zdôrazňujú taktiež aktuálne požiadavky užívateľov poľovných revírov, orgánov Slovenského poľovníckeho zväzu a Slovenskej poľovníckej komory na veterinárny servis, nakoľko z hľadiska poľovníckeho manažmentu je srnčia zver v podmienkach Slovenska najpočetnejším a najrozšírenejším druhom raticovej zveri. Rozšírenie ochorenia v populáciách jeleňa lesného by tento problém len prehĺbilo. Vychádzajúc z vyhodnotenia súčasnej epizootologickej situácie v rozšírení fibropapilomatózy pri srnčej a jelenej zveri, možno vysloviť vážny prognostický predpoklad o potenciálnom prelomení medzidruhovej bariéry aj voči populácii daniela škvrnitého *Dama dama* na Slovensku.

5 ZÁVER

Fibropapilomatóza cervidov patrí k najmenej preskúmaným chorobám raticovej zveri z čeľade jeleňovitých na Slovensku. V práci je poukázané na výskyt a plošnú distribúciu tohto ochorenia. Prvýkrát bola na našom území zdokumentovaná v roku 1998 u srnca lesného v okrese Senica. Z miesta iniciálneho výskytu malo ochorenie tendenciu sa šíriť smerom severovýchodným. Súčasná situácia a hlavne smer šírenia nákazy do podhorských oblastí naznačuje, že fibropapilomatóza postihuje takmer všetky najproduktívnejšie oblasti s chovom srnčej zveri a oprávňuje zdôrazniť nepriaznivú prognózu ochorenia. Okrem srnčej postihuje u nás fibropapilomatóza aj jeleniu zver. Prvý prípad ochorenia jelenej zveri je z roku 2009 a v súčasnosti je nákaza pri jelenej zveri hlásená z 12 okresov Slovenska, včítane chovateľských oblastí pre jeleniu zver v podhorských a horských revíroch. Podľa dostupných literárnych zdrojov nebol popísaný prenos tohto ochorenia na človeka.

V problematike šírenia a nákazy zostávajú napriek intenzívnemu štúdiu nezodpovedané otázky. Kontrola ochorenia si vyžaduje súčinnosť užívateľov poľovných revírov, orgánov štátnej správy poľovníctva a orgánov veterinárnej starostlivosti.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

6 Literatúra

- CIBEREJ, J. a kol.: Starostlivosť o zver a choroby zveri. PaRPRESS, Bratislava, 2001, 203 s.
- CSICSAY, P. (2010): Fibromatóza cervidov – priebeh a dôsledky pri poľovnom obhospodarovaní srčej zveri v okrese Dunajská Streda. Diplomová práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, 2010. 42 s.
- ERDÉLYI, K. (2010): Fibropapillomatosis of roe deer (*Capreolus capreolus*) in Hungary. Thesis of Ph.D. dissertation. Szent István University. 21. p.
- ERDÉLYI, K., BÁLINT, Á., DENCŐ, L., DÁN, Á., URSU, K. (2008): Characterisation of the first complete genome sequence of the roe deer (*Capreolus capreolus*) papillomavirus. *Virus Research*, 135 (2) 307–311. p.
- FIGURA, A. – LIPTAI, Š. – CSICSAY, P. – GYORI, A. – NÉMETH, T. – JEMALA, M. – ŠEVČÍK, J. (2010): Charakteristická lokalizácia nádaru v tvárovej oblasti pri fibropapilomatóze srčej zveri (lesná ekoforma) v inundancii Dunaja a rieky Moravy. In Zborník referátov a abstraktov zo VII. Žitnoostrovského odborného seminára v Báci, 14. mája 2010, s 106, ISBN 978-80-89418-07-7.
- KOCSNER, T. (2001): Az ozek borfibromatózisa. Szakállatorvosi szakdolgozat. Budapest.
- LANCASTER, W. D. – SUNDBERG, J. P. (1982): Characterization of papillomaviruses isolated from cutaneous fibromas of white-tailed deer and mule deer. *Virology*, 123 (1) 212–216. p.
- LEŠNÍK, F., VRTIAK, O. J.: Nádorové ochorenia zvierat. Príroda, 1979: 143–144.
- MOAR, M. H. – JARRET, W. F. (1985): A cutaneous fibropapilloma from a red deer (*Cervus elaphus*) associated with a papillomavirus. *Intervirology*, 24 (2) 108–118. p.
- MORENO-LOPEZ, J. – ALOHA, H. – ERIKSSON, A. – BERGMAN, P. – PETTERSON, U. (1987): Reindeer papillomavirus transforming properties correlate with a highly conserved E5 region. *Journal of Virology*, 61 (11) 3394–3400. p.
- MORENO-LOPEZ, J. – MORNER, T., – PETTERSON, U. (1986): Papillomavirus DNA associated with pulmonary fibromatosis in European elks. *Journal of Virology*, 57 (3) 1173–1176. p.
- RAJSKÝ, D. – RAJSKÝ, M. – KROPIL, R. – IVAN, M. – GARAJ, M., ML (2011): Najnovšie doplnky ku geografickej distribúcií fibropapilomatózy v populáciách Srnca lesného (*Capreolus capreolus*) a Jeleňa lesného (*Cervus elaphus*) na Slovensku. In: Zborník referátov a posterov z III. ročník medzinárodnej konferencie „Významné aspekty v chove jeleňovitých 2011“ : Intenzívne chovy jeleňovitých zvernice a farmy. Nitra. 116–120 s.
- RAJSKÝ, D., DANIHEL, L., ŠÍŠOVSKÝ, V., LEBOCKÝ, T., KANTÍKOVÁ, M., SOKOL, PLIEŠOVSKÝ, J., JURIS, P., MRAČKO, I. (2009A): Fibromatóza cervidov – etiológia, výskyt a plošná distribúcia na Slovensku. *Slovenský veterinársky časopis*, 34 (1) 45–49.
- RAJSKÝ, D., GARAJ, P.: Veterinárna starostlivosť o zver. TU Zvolen, 2008, 215 s.
- RAJSKÝ, D., PLIEŠOVSKÝ, J., SOKOL, J., LEŠNÍK, F., ERDÉLYI, K., DANIHEL, L., JURIS, P., GARAJ, P. (2009b): Aktuálne problémy zdravia jeleňovitých na Slovensku so zameraním na fibromatózu (fibropapilomatózu) u srčej zveri. Výživa a veterinárna problematika chovu jeleňovitých, Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, Nitra, 12.11.2009. p. 44–57.
- SHOPE, R.E. (1955): An infectious fibroma of deer. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 56: 793–802.
- SUNDBERG, J. – LANCASTER, W. D. (1988): Deer papillomaviruses. *Developments in Veterinary Virology*, 6, 279–291. p.
- SUNDBERG, J.P. (1987): Papillomavirus infections in animals. In: Syrjanen, K., Gissmann, L., Koss, L.: Papillomaviruses and Human disease, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. 40–103. p.
- SUNDBERG, J. P., NIELSEN, S. W.: Deer Fibroma: A Review. *Can. Vet. J.*, 22, 1981: 385–388 s
- ŠPENÍK, M.: Choroby poľovnej zveri. Príroda, 1977: 194–195.

TAKÁCS, A. – NAGY-BOZSOKI, J. (1998): Fibromatosis magyarországi elofordulása az oz (*Capreolus capreolus*) borében nagyalfoldi ozállományokban. Magyar Állatorvosok Lapja, 120 (7) 431–433. p.
WARTS, D. a kol.: Cutaneous Fibromas in Deer: A closer Look. Wildlife Issues, 3: 1–2, 2002.

Adresa autora:

Ing. Mojmír Ivan
Doc. MVDr. Dušan Rajský, PhD.
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: mojoivan@azet.sk
rajskyd@orangemail.sk

Aktuálna situácia vo výskyte fibropapilomatózy v populáciách jелеňovitých na Slovensku

Abstrakt

Práca poukazuje na výskyt nádorového ochorenia fibropapilomatózy jeľeňovitých na území Slovenska so zameraním sa na srnca lesného (*Capreolus capreolus*) a jeľeňa lesného (*Cervus elaphus*). Prvý zdokumentovaný prípad fibropapilomatózy na Slovensku bol v roku 1998 v okrese Senica. Z miesta iniciálneho výskytu sa ochorenie šírilo juhovýchodným smerom. V období rokov 1998–2011 bolo vyhodnotených 472 prípadov fibropapilomatózy srnčej zveri. V niektorých revíroch Slovenska ochorenie zasiahlo 5–10 % (20) srnčej zveri a je signalizované ako závažný chovateľský problém, ktorého riešenie si vyžaduje intenzívny monitoring a prijatie mimoriadnych opatrení. Prvý prípad u jeľenej zveri bol zaznamenaný v roku 2009. Pri jeľenej zveri je ochorenie v súčasnosti hlásené z 12 okresov Slovenska. Diagnóza je stanovená makroskopickým a mikroskopickým vyšetrením. Napriek akceptovaniu vírusového pôvodu je potrebné upozorniť, že v etiológii fibropapilomatózy jeľeňovitých neboli doposiaľ jednoznačne objasnené všetky aspekty. Práca dopĺňa súčasné poznatky o plošnej distribúcii ochorenia na území Slovenska a je príspevkom k štúdiu fibropapilomatózy cervidov aj vo vzťahu k hygiene zveriny.

Kľúčové slová: fibropapilomatóza, jeľeňovité, srnec lesný, jeľeň lesný, ochorenie

VPLYV RUŠENIA CIRKADIÁLNEJ AKTIVITY JELENEJ ZVERI V LETNOM A ZIMNOM OBDOBÍ NA LÚPANIE A OBHRYZ KÔRY DREVÍN

Matúš R A J S K Ý – Dušan R A J S K Ý – Peter G A R A J s t –
– Rudolf K R O P I L – Miroslav V O D Ň A N S K Ý

Rajský, M., Rajský, D., Garaj, P. st., Kropil, R., Vodňanský, M.: Effect of disturbance on the daily activity of red deer in the summer and the winter on browsing and peeling of the trees under experimental conditions. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 177–189, 2012.

We were engaged in selected aspects of biological protection of forest focused on disturbing and nutrition of red deer. We performed the experiments in the International Workplace of Nutrition and Game Ecology at the Institute of Nutrition. It is a common experimental basis of the Animal Production Research Centre Nitra and Central European Institute of Game Ecology Nitra, Vienna, Brno.

Wildlife ruminants disturbance is an important negative factor in our hunting grounds. We observed the number of the daily cycle of food intake by tame red deer. From the winter period to the spring it was in dependance on dietary treatments from 8 to 13, meanly 11 cycle of food intake. The experimental animals in pens have spent during 24 hours on average 20.4% on feed intake, on average 28.2% on rumination and on average 51.4% on other activities. The results show that red deer in experiment have spent 48.6% of the day on feed intake and rumination. It is important for wild ruminants to leave them enough rest during 24 hours. Disturbance cause nutritional problems and the damage on forest caused by game are increasing.

We verified spruce bark peeling in the summer period. During the summer period, red deer gets no additional feed as a rule in hunting grounds; therefore, we tested the influence of disturbance of feed intake on peeling in our experiment. In our experiment we found out that red deer with restricted access to feeds during the day peeled statistically significantly more bark than undisturbed game ($P < 0.001$). During the night, the animals were not able to receive the amount of feed necessary to cover the daily requirement.

During the winter we assessed the influence of feed type, which was offered to red deer, on intensity of spruce bark browsing. We found out that with pure meadow hay is bark browsing statistically significantly higher ($P < 0.001$) compared with four other studied diets (hay and grass silage, hay and maize silage, hay and maize silage with oat, hay and pelleted feed mixture). We found statistically significant increase in bark browsing with all already mentioned feed rations after impairment of access to feeds ($P < 0.001$).

Key words: disturbance, feed intake, red deer, peeling, browsing

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Poznatky o potravinnej ekológii, nutričných potrebách, prikrmovaní, cirkadiálnej aktivite, význame vyrušovania a stresu prežívavej zveri boli v minulosti a stále aj sú

diskutované a predstavujú súvisiace aspekty komplexu problematiky vzniku škôd na lese, v zmysle ich synergického pôsobenia. Aktuálnosť výskumu škôd a testovania opatrení k ich minimalizovaniu vychádza z potrieb praxe lesného hospodárstva a poľovníctva, ktorých sa finančne priamo dotýkajú. K opatreniam zameraným na zníženie poškodzovania lesa sa majú využívať súčasne biologické, mechanické i chemické opatrenia. V rámci biologickej ochrany uvažujeme o ochrane lesa vyplývajúcej v prvom rade z plnohodnotného zabezpečenia životných potrieb (welfare) zveri, ktorá následne minimalizuje impakt na les. Už v dvadsiatych a tridsiatych rokoch minulého storočia predstavovali pokusy vo zvernici Schneeberg (VOGT, 1936) úvodné kroky k intenzívnemu prikrmovaniu založenému na vedeckých princípoch. Autor už v tej dobe konštatoval nižšiu úživnosť lesného prostredia pre jeleniu zver v západnej Európe v porovnaní s pôvodnými podmienkami v karpatských lesoch. V súčasnosti to platí ešte intenzívnejšie pri zvýšených stavoch zveri, z čoho vyplývajú ďalšie negatíva, ako napríklad nárast škôd na lese. Samostatným problémom, zaťažujúcim účinnosť opatrení zameraných na zlepšenie súžitia zveri s jej prostredím je vyrušovanie. Rušenie denného rytmu voľne žijúcich prežúvavcov najmä v súvislosti s periodicitou pastevných cyklov má značný dosah na zvýšený ohryz lesných porastov a zároveň negatívne ovplyvňuje kvalitu zveri.

2 MATERIÁL A METÓDY

Základnou myšlienkou realizovaných experimentov bolo využitie krotkej jelenej zveri, na ktorú nepôsobil kontakt s ošetrovateľmi a výskumnými pracovníkmi rušivo. Vo voľných ekosystémoch je problematické odhadnúť mieru vyrušovania zveri, a tým aj jej následných zmien v správaní. Pokusy sme vykonali na Medzinárodnom pracovisku výživy a ekológie zveri, Ústavu výživy Nitra, ktoré je spoločnou experimentálnou bázou Centra výskumu živočíšnej výroby Nitra a Stredoeurópskeho inštitútu ekológie zveri Nitra, Viedeň, Brno. Experimentálne pracovisko s chovom jelenej a srnčej zveri je schválené Štátnou veterinárnou a potravinovou správou Slovenskej republiky v rámci laboratória fyziológie výživy zvierat s prideleným úradným číslom SK PC 39004. Výsledky experimentov boli štatisticky vyhodnotené prostredníctvom počítačového programu ANOVA, SAS 2002.

2.1 Sledovanie cirkadiálnej aktivity jelenej zveri

Pokusné jedince jelenej zveri boli permanentne monitorované prostredníctvom kamerového systému v období od novembra do júna. Použili sme 4 jelenice, ktoré boli umiestnené individuálne. V experimente sme overili 6 typov kŕmnych dávok: lúčne seno samotné, lúčne seno a kukuričná siláž, lúčne seno a kŕmna repa, lúčne seno a zmes obilných šrotov, lúčne seno a zelený trávny porast, lucernové seno a kukuričná siláž. Vyhodnotený bol príjem krmív, počet pastevných cyklov a čas venovaný jednotlivým aktivitám: príjem krmiva a vody, prežúvanie, ďalšie aktivity.

2.2 Vplyv vyrušovania jelenej zveri na intenzitu letného lúpania kôry

Pri letnom lúpaní kôry sme sa zamerali na zisťovanie vplyvu narušenia denných cyklov príjmu potravy na intenzitu lúpania. Sledovali sme zároveň aj trend vývoja lúpania pri zmenených aj nezmenených podmienkach, ako aj vzťah jelenice a jelenčatá z pohľadu učenia sa konzumovať kôru.

V experimente sme použili 6 gravidných jeleníc, ktoré sme rozdelili do dvoch skupín, v každej po tri zvieratá. Experiment prebiehal v mesiacoch máj – júl, takže jelenice v jeho priebehu rodili mláďatá. Plocha olúpanej kôry sa zisťovala denne planimetricky (cm²). Ako ohryzový materiál mali jelenice k dispozícii čerstvé smrekové kmene (dĺžka 2 m) umiestnené vo vertikálnej polohe. Priemer kmeňov sa pohyboval v rozpätí 8–20 cm (žrdkovina – žrdovina). Kmene mali zvieratá v ad libitných množstvách k dispozícii. Taktiež sme vyhodnotili preferenciu hrúbok kmeňov pri lúpaní, v rámci hrúbkových stupňov 8–12 cm, 12,1–16 cm a 16,1–20 cm. Obidve pokusné skupiny mali rovnaké kŕmne dávky pozostávajúce z lucernového sena a kukuričnej siláže. Krmivo a voda boli k dispozícii v ad libitných množstvách. V máji začalo prípravné obdobie, keď zvieratá ku krmivu dostávali aj smrekové kmene. Skupina 1 mala od 7. júna do 12. júla celodenný prístup ku krmivu, ale počas nasledovných 4 dní od 13. do 16. júla sme zveri obmedzili prístup ku krmivu iba na nočné hodiny, to znamená od 21.00 do 7.00 hod. Skupina 2 bola kŕmená spôsobom striedania celodenného a nočného prístupu ku krmivu. Skupina 2 mala od 7. do 17. júna nočný prístup ku krmivu, od 18. do 20. júna celodenný prístup ku krmivu, od 21. do 25. júna nočný prístup ku krmivu, od 26. júna do 12. júla celodenný prístup ku krmivu a v závere experimentu od 13. do 16. júla iba nočný prístup ku krmivu. Prerušovaním času, kedy mala zver prístup ku krmivu sme simulovali podmienky takzvanej nočnej zveri, ktorá sa v dôsledku vyrušovania vychádza pásť na otvorené plochy iba v nočných hodinách. Obsah živín obsiahnutých v smrekovej kôre na začiatku a na konci experimentu znázorňuje tabuľka 1 (chemické laboratórium Ústavu výživy CVŽV Nitra).

2.3 Vplyv vyrušovania jelenej zveri na intenzitu zimného obhryzu kôry

Z pohľadu biologickej ochrany lesa sme sa zamerali na výživu jelenej zveri. V rámci komplexu otázok týkajúcich sa výživy sme zisťovali popri vplyve narušenia denných cyklov príjmu potravy na intenzitu obryzu aj na vplyv použitého krmiva (obsah živín, energie). Obsah živín v použitých kŕmnych komponentoch a kôre znázorňuje tabuľka 1 (chemické laboratórium Ústavu výživy CVŽV Nitra).

V experimente sme použili 15 gravidných jeleníc. Zvieratá boli rozdelené do piatich skupín po tri jedince. Experiment prebiehal od decembra do marca. V každej skupine bola stanovená odlišná kŕmna dávka v nasledovnom zložení komponentov: K – kontrolná skupina, iba lúčne seno, TS – lúčne seno a trávna siláž, KS – lúčne seno a kukuričná siláž, KSO – lúčne seno a kukuričná siláž s primiešaným ovsom v pomere 10:1, GKZ – lúčne seno a granulovaná kŕmna zmes. Všetky krmivá a voda boli k dispozícii pre zver ad libitum. Granulovaná kŕmna zmes (priemer granule – 14 mm) obsahovala zrno obilnín (33 %), lucernovú múčku (21 %), cukrovarské rezky (14 %), minerálny doplnok (2 %) a dendromasu

– letorasty listnatých a ihličnatých drevín (30 %). Pomer listnatých a ihličnatých drevín bol 1 : 1. Použité boli nasledovné druhy: jedľa biela 40 %, vŕba rakyta 30 %, jaseň štíhly 10 %, javor horský 10 % smrek obyčajný 10 %. Ku krmivu dostávali jelenice každý deň na obhryz čerstvé smrekové kmene (smrekové kmene boli použité podľa metodiky letných pokusov – kapitola 2.2). Experiment pozostával z dvoch období, pri ktorých boli použité identické zvieratá. V prvej perióde (A) boli krmivá k dispozícii pre zver 24 hodín. V druhej perióde (B), ktorá začínala 21 dní po skončení periódy A, mala zver prístup ku krmivám iba v noci, a to od 17.00 do 07.00 h. Hmota na obhryz bola k dispozícii neobmedzene 24 h. Cieľom periódy B bolo simulovať podmienky v intenzívne vyrušovaných poľovníckych revíroch, v ktorých sa zver zdržuje v lesných porastoch počas dňa a tieto miesta opúšťa a za potravou sa vydáva iba v noci. Obidve periódy pozostávali z 21 dňového prípravného obdobia a následného 10 dňového pokusného obdobia. Počas prípravného obdobia sa u pokusných zvierat prispôbovala bacherová mikroflóra na nové zloženie krmnej dávky. V pokusnom období bola zisťovaná denná spotreba krmív. Množstvo obhryzenej kôry bolo stanovené planimetricky a prevedené na hmotnostné jednotky v pomere $100 \text{ cm}^2 = 26 \text{ g}$.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rámci problematiky biologickej ochrany lesa prezentujeme v nasledovnej kapitole výsledky experimentov týkajúcich sa cirkadiálnej aktivity jelenej zveri a vplyvu jej narušenia na vývoj konzumácie kôry v priebehu letného a zimného obdobia.

3.1 Cirkadiálna aktivita jelenej zveri

V závislosti od zloženia prijímanej potravy sa pohyboval priemerný počet pastevných cyklov pri jednotlivých overovaných krmných dávkach od 8 do 13, v priemere 11 pastevných cyklov pri jelenej zveri za 24 hodín. Jednalo sa pritom o krotkú zver, ktorá realizovala potrebný príjem krmív a vody bez rušivých vplyvov. Pri krmnej dávke – lúčne seno samotné sme zistili v priemere 11 pastevných cyklov (9 až 12, SD = 1,10), pri lúčnom sene a kukuričnej siláži – v priemere 10 pastevných cyklov (8 až 13, SD = 1,75), pri lúčnom sene s doplnkom krmnej repy – v priemere 12 pastevných cyklov (10 až 15, SD = 1,60), pri lúčnom sene s doplnkom obilných šrotov – v priemere 12 pastevných cyklov (8 až 14, SD = 1,57), pri lúčnom sene a zelenom trávnom poraste – v priemere 13 (11 až 14, SD = 1,25), pri lucernovom sene a kukuričnej siláži – v priemere 8 pastevných cyklov (7 až 11, SD = 1,35).

V literatúre sa stretávame s odlišnými údajmi o počte denných pastevných cyklov jelenej zveri. Napríklad HOFFMAN (1995) uvádza pri jelenej zveri v priebehu 24 hodín iba 5 pastevných cyklov. Keďže v našich sledovaniach denného rytmu krotkej jelenej zveri sme zaznamenali v priemere 11 pastevných období, predpokladáme, že spomínaný autor vychádzal zo sledovania vyrušovanej zveri v kultúrnej krajine s výskytom antropických a antropogénnych faktorov. V takejto situácii, zver opatrnejšie vychádza na otvorené ne-

kryté plochy najmä za svetla, a z uvedeného dôvodu na týchto plochách realizuje menší počet pastevných cyklov. Potravu následne rušená zver vyhľadáva na plochách krytých, to znamená najmä v lesných porastoch, kde sa cíti bezpečnejšie.

Z analýzy činností, ktorým sa jelenia zver v našich sledovaniach venovala v priebehu 24 hodinového denného intervalu ďalej vyplynulo, že príjem potravy predstavoval v priemere až 20,4 %, prežúvanie v priemere 28,2 % a ďalšie činnosti 51,4 %. Z analýzy výsledkov vyplýva, že jelenia zver potrebuje až 48,6 % času na príjem potravy vrátane fázy prežúvania. Jedná sa o poznatky, ktoré potvrdzujú veľký význam zachovania kľudu v revíroch pre voľne žijúce prežúvavce. Každé vyrušovanie zveri negatívne ovplyvňuje príjem a využívanie živín, čiže tým kvalitu zveri (zdravotný stav, telesná hmotnosť, parametre parožia) a zároveň sa zvyšuje riziko nárastu škôd na lese spôsobených zverou. Vplyv ľudských aktivít na voľne žijúcu zver je často podhodnocovaný. Touto problematikou sa zaoberá viacero autorov, z nich napríklad už GARAJ (1987) popisoval rušivý vplyv poľovníctva na zver, pričom uviedol, že v revíroch s odlišným stupňom vyrušovania jelenej zveri je potrebné aplikovať rozdielne postupy poľovníckeho manažmentu.

3.2 Letné lúpanie kôry

3.2.1 Zmeny v obsahu živín v smrekovej kôre počas experimentu

Porovnali sme obsah živín v smrekovej kôre, na začiatku experimentu s lúpaním 7. júna a na jeho konci 14. júla (tab. 1). V priebehu spomínaného pokusného obdobia nastali v zložení kôry niektoré menšie zmeny. Napríklad sme zistili, že obsah vody vzrástol približne 1,1-krát a obsah cukrov celkových 1,2-krát. Podľa nášho názoru však nie je priamou príčinou zvýšeného lúpania kôry zistený nárast cukrov celkových z hodnoty 39,33 g.kg⁻¹ na 46,69 g.kg⁻¹ v čerstvej kôre (to znamená z 92,31 g.kg⁻¹ na 121,15 g.kg⁻¹ v sušine kôry). Pri ďalších živinách vrátane minerálnych látok nedošlo k podstatným zmenám.

Tabuľka 1 Obsah živín v smrekovej kôre a v krmivách (v g.kg⁻¹ sušiny)

Table 1 Nutrient content of bark and feeds (g.kg⁻¹ dry matter)

Živiny (g.kg ⁻¹) Nutrients (g.kg ⁻¹)	smreková kôra (7. jún) Spruce bark (7 th June)	smreková kôra (14. júl) Spruce bark (14 th June)	smreková kôra (priemer – január, február) Spruce bark (Mean – January, February)	lúčne seno Meadow hay	trávna siláž Grass silage	kukuricičná siláž Maize silage	ovos Oats	krmná zmes granulovaná Pellets
Sušina Dry matter	426,02	385,38	384,03	868,40	413,51	350,50	898,12	903,19
Voda Water	573,98	614,62	615,97	135,60	586,49	649,50	101,88	96,81
Dusíkaté látky Creude protein	34,63	39,46	40,38	100,70	107,14	88,63	126,01	111,4
Hrubá vláknnina Crude fibre	229,92	255,96	265,76	342,53	329,82	259,78	114,94	200,1

Tabuľka 1 Pokračovanie
Table 1 Continued

Živiny (g.kg ⁻¹) <i>Nutrients (g.kg⁻¹)</i>	smreková kôra (7. jún) <i>Spruce bark (7 th June)</i>	smreková kôra (14. júl) <i>Spruce bark (14 th June)</i>	smeková kôra (priemer – január, február) <i>Spruce bark (Mean – January, Febru- ary)</i>	lúčne seno <i>Meadow hay</i>	trávna siláž <i>Grass silage</i>	kukuricičná siláž <i>Maize silage</i>	ovos <i>Oats</i>	krmná zmes granulovaná <i>Pellets</i>
Tuk <i>Fat</i>	32,86	36,75	46,71	16,57	30,82	30,86	35	30,13
Popoloviny <i>Ash</i>	23,96	28,21	49,01	77,40	79,10	49,17	31,55	94,12
BNLV <i>NFE</i>	678,63	682,01	598,13	462,96	453,12	571,57	692,51	564,27
Organická hmota <i>Organic matter</i>	976,04	971,79	950,99	922,76	920,90	950,83	968,45	905,88
ADV <i>ADF</i>	323,28	345,15	400,72	385,23	391,00	280,00	116,47	268,9
NDV <i>NDF</i>	419,49	417,98	406,45	619,11	506,00	522,00	243,67	427,79
Cukry celkové <i>Sugars total</i>	92,31	121,15	105,51	96,80	96,50	13,60	16	44,01
Vápnik <i>Calcium</i>	6,71	6,92	14,07	2,62	8,80	2,60	1,13	13,5
Fosfor <i>Phosphorus</i>	0,61	0,73	0,79	1,61	2,20	2,10	2,2	3,42
Horčík <i>Magnesium</i>	0,76	0,63	0,81	1,11	1,80	1,90	1,1	1,01
Sodík <i>Sodium</i>	0,04	0,05	0,03	0,14	0,60	0,10	0,08	0,82
Draslík <i>Potassium</i>	2,60	2,67	2,91	21,32	25,20	11,30	4,66	10,07

Poznámka:

V mesiacoch január a február sme nezaznamenali významné zmeny v obsahu živín kôry, preto v tabuľke uvádzame priemernú hodnotu; BNLV – bezdusíkaté látky vyťažkové, ADV – acidodetergentná vlákna, NDV – neutrálne detergentná vlákna, skladba použitých komponentov pri výrobe granulovanej krmnej zmesi je uvedená v kapitole 2.3.

Comment:

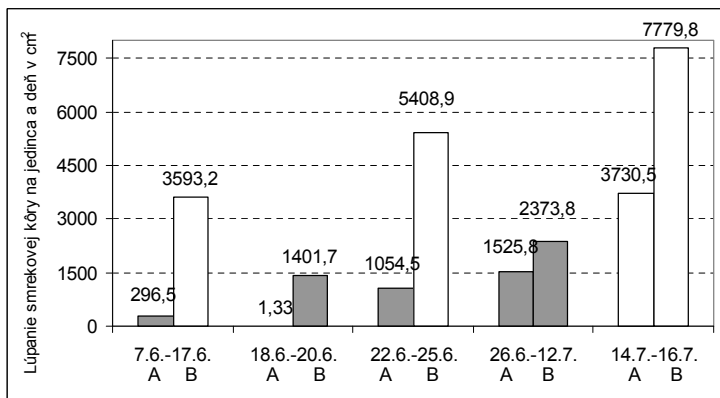
In January and February we have not observed any significant changes in the nutrient content of the bark, so the table shows the average values; NFE - Nitrogen-free extract, ADF – Acid Detergent Fiber, NDF – Neutral Detergent Fiber; Composition of the components of the pellets is given in chapter 2.3.

3.2.2 Vplyv narušenia pastevných cyklov na intenzitu lúpania kôry

V priebehu experimentu preferovala jelenia zver kmene s menším priemerom. Zver lúpala najmä kmene v hrúbkovom stupni 8–12 cm, ktorý tvoril až 61,6 % všetkej lúpanej kôry. Potom nasledoval hrúbkový stupeň 12,1–16 cm (36 %) a zver iba v menšej miere vyhľadávala kmene hrubšie 16,1–20 cm (2,4 %).

Počas prvých desiatich dní experimentu prvá skupina lúpala pri neobmedzenom prístupe ku krmivu priemerne na jedinca a deň 296 cm^2 ($17\text{--}620 \text{ cm}^2$) kôry, druhá skupina s nočným prístupom ku krmivu až 3593 cm^2 ($2\,072\text{--}5\,320 \text{ cm}^2$) na jedinca a deň. Tieto hodnoty dosiahli pri štatistickom vyhodnotení veľmi vysoký rozdiel ($P = 0,0000$). Intenzita lúpania bola pri jelenej zveri s obmedzeným iba nočným kŕmením 12 krát vyššia ako pri zveri, ktorá v priebehu dňa realizovala neobmedzený počet pastevných cyklov. Vyplýva z toho evidentný význam eliminovania rušenia denného rytmu zveri, a tým aj jej prirodzených pastevných cyklov.

Skupina 2, ktorá v prvej perióde pokusu mala prístup ku krmivu iba v noci ($3\,593 \text{ cm}^2$ /jediniec a deň) po prvých 11 dňoch prešla počas obdobia 3 nasledujúcich dní na celodenný režim kŕmenia. Následkom bolo, že intenzita lúpania poklesla na hodnotu $1\,401,7 \text{ cm}^2$, to znamená pokles 0,39-krát ($P = 0,0004$). V nasledovných 4 dňoch opäť nastúpila fáza nočného prístupu ku krmivu a následkom bol nárast lúpania na priemernú hodnotu $5\,409 \text{ cm}^2$, čo je o 50,53 % vyššia hodnota ako na začiatku pokusu pri tých istých podmienkach kŕmenia, ale pri štatistickom vyhodnotení bez významnej rozdielnosti ($P = 0,2790$). Pokus pokračoval opäť zmeneným spôsobom kŕmenia pri tejto skupine a nasledovalo 6 dní celodenného prístupu ku krmivu. Intenzita lúpania však poklesla iba na $2\,373,8 \text{ cm}^2$ na jedinca denne. V závere pokusu dostávala táto skupina zveri opäť krmivo iba v nočných hodinách a intenzita lúpania dosiahla extrémnu hodnotu, a to v priemere na jedinca a deň $7\,779,8 \text{ cm}^2$, kým pri skupine 1, ktorá prešla tiež v závere pokusu na posledné 3 dni na nočné kŕmenie, sme v tomto čase zistili intenzitu lúpania iba $3\,730,5 \text{ cm}^2$ ($P = 0,0243$). Lúpanie kôry bolo teda pri skupine 2 o 108,55 % vyššie. V rámci hodnotenia zmien intenzity lúpania pri skupine 1, pri ktorej nastala zmena kŕmneho režimu iba jeden krát – sme zaznamenali, že nárast lúpania bol podstatne nižší. V závere pokusu, keď vstúpili obidve pokusné skupiny zvierat do fázy obmedzeného nočného kŕmenia, sme zaznamenali 0,48-krát nižšiu hodnotu lúpanej kôry pri skupine 1 v porovnaní s druhou skupinou. Z výsledkov (obr. 1) vyplýva vysoká závislosť medzi rušením príjmu potravy a lúpaním kôry. Zároveň je evidentný trend nárastu lúpania pri rovnakých podmienkach, čo môže byť spôsobené viacerými faktormi, z nich napr. zvyšovanie cukrov v kôre, návyk dospelaj zveri lupat' kôru, učenie sa rastúcich mláďat lúpať kôru, ale aj dospelých jedincov medzi sebou (obr. 2). Napríklad VODŇANSKÝ in RAJSKÝ (2010) uvádza skúsenosť z experimentálneho chovu v Rakúsku, kde sa nachádzala črieda približne 100 jedincov jelenej zveri v oplotenom bukovom poraste. Zver bola celoročne prikrmovaná doplnkovými krmivami a škody na poraste boli minimálne. Neskôr bola v Alpách vo voľnej prírode odchytená jedna jelenica určená na „občerstvenie krvi“ jelenej zveri v experimentálnom zariadení (zvernici). Následkom tohto opatrenia bolo, že si pôvodná črieda jelenej zveri osvojila návyk lúpať od tejto jelenice a škody na poraste spôsobené zverou významne stúpili.



Obrázok 1 Vývoj lúpania smrekovej kôry jelenou zverou v priebehu experimentu pri pokusných skupinách v prepočte na jedinca v $\text{cm}^2/\text{deň}$ (A – prvá skupina, B – druhá skupina, sivá farba – celodenný prístup ku krmivu, biela farba – obmedzený nočný prístup ku krmivu)

Figure 1 Peeling of the spruce bark by red deer in the course of the experiment, on an individual in cm^2/day (A – the first group, B – the second group, gray – all-day access to feed, white – restricted night access to feed)

3.2.3 Trend vývoja lúpania kôry

Prvá skupina pri neobmedzenej realizácii pastevných cyklov počas 23 pokusných dní zvyšovala konzumáciu kôry a priemerná hodnota lúpania na jedinca a deň vzrástla až šesť krát. Jelenia zver si navykla na lúpanie kôry a je možné, že k jej zvýšenému lúpaniu zrejme prispelo aj nudenie sa zveri. Z našich pozorovaní vyplýva, že jelenia zver má tendenciu „hrať sa“. To znamená, že aj olupovanie pásov kôry nie je vždy podmienené záujmom o ich konzumáciu. Ide však zatiaľ iba o domnienku. Na lúpanie kôry ako následok nudenia sa poukazuje už CHUDÍK (1977).

Zároveň, ako sme už uviedli, smreková kôra v druhej polovici pokusného obdobia obsahovala 1,2-krát viac cukrov celkových a 1,1-krát viac vody, čím sa mohla stať chuťovo atraktívnejšou pre zver. Na zvyšovanie chuťovej atraktivity kôry a možného vplyvu na zvýšené poškodzovanie poukázal aj MÜLLER (1975).

Výhodnotili sme závislosť medzi lúpaním kôry a časom, pričom index korelácie dosiahol hodnotu 0,441. Pri študovaní priebehu lúpania v jednotlivých dňoch experimentu sme zaznamenali značné výkyvy. Na denné kolísanie príjmu kôry zverou v dlhodobjšom experimente vplyva priebežne viacero faktorov, napr. teplota vzduchu, fyziologické zaťaženie jeleníc, kvalita smrekových kmeňov, kvalita krmiva a pod. Na vysvetlenie tohoto zistenia však zatiaľ nemáme dostatočné vysvetlenie.

3.3 Zimný obhryz kôry

Vplyv druhu krmiva a narušenia pastevných cyklov na intenzitu obhryzu

Údaje o obsahu živín v použitých krmivách a kôre prezentujeme tabuľke 1. Hodnoty týkajúce sa príjmu jednotlivých doplnkových krmív a obhryze smrekovej kôry v prepočte na 1 jedinca jelenej zveri a deň v gramoch (g/d) uvádzame v tabuľke 2. Vo fáze pokusu, keď mala jelena zver prístup ku krmivu 24 hod. denne (perióda A), sme zistili priemerný denný obhryz kôry v kontrolnej skupine (iba seno) na úrovni 1 053 g. Po narušení prístupu zveri ku krmivu (perióda B), sa obhryz kôry približne zdvojnásobil a dosiahol priemernú hodnotu 2 147,5 g ($P < 0,001$). V skupine TS sme zistili priemerný denný obhryz kôry počas periódy A 19 g/d, čo bolo len 1,8 % zodpovedajúcej hodnoty zistenej v kontrolnej skupine ($P < 0,001$). V priebehu periódy B vzrástla hodnota na 430 g/d, to znamená 22,6-krát vyššia hodnota ako v perióde A ($P < 0,001$). V skupine KS dosiahol obhryz priemernú hodnotu v perióde A 6 g/d, čo predstavuje len 0,6 % z hodnoty v skupine K ($P < 0,001$) a v perióde B vzrástol na 101 g/d, to znamená 16,8 krát ($P < 0,001$). V skupine KSO sme zaznamenali priemerný obhryz kôry v perióde A len 10 g/d, čiže 0,9 % z hodnoty v skupine K ($P < 0,001$) a v perióde B vzrástol na 52,9 g/d, a to znamená 5,2-krát ($P < 0,001$). V skupine GKZ bol priemerný obhryz kôry v perióde A 20 g/d, to znamená 1,9 % z hodnoty zistenej v skupine C ($P < 0,001$) a pre periódu B sme zaznamenali nárast obhryzu na 47 g/d, čiže 2,35-krát ($P < 0,001$). Najvyšší priemerný denný príjem potravy vyjadrený v pôvodnej (čerstvej) hmote vrátane kôry (7 962 g/d) sme zistili v skupine KS pri neprerušenom prístupe ku krmivám a najnižší príjem (3 046 g/d) v skupine GKZ, ktorá bola kŕmená iba suchými krmivami.

Vplyv použitého krmiva na obhryz bol vysoko štatisticky preukazný. Na pozitívny vplyv správneho prikrmovania poukázal už ČASNOCHA (1968), pričom uvádza, že pomocou prikrmovania znížil obhryz kôry zverou v regióne Vysokých Tatier.

Po prechode na obmedzené kŕmenie (prístup iba v noci) sme zaznamenali odlišné výsledky, pretože pokusné skupiny K a GKZ konzumovali viac krmív, zatiaľ čo skupiny KS a KSO, MSO konzumovali menej krmív v porovnaní s neobmedzeným prístupom ku krmivu. Najväčší nárast príjmu potravy vrátane kôry (+22,6 %) sme zistili v skupine K a najvýraznejší pokles (-21 %) v skupine KS.

Silnú negatívnu závislosť sme zistili medzi príjmom metabolizovateľnej energie (ME) z krmív a kôry, v oboch periódach, keď krmivo bolo prístupné zveri neobmedzene ($r = -0,862$, $P = 0,0601$) a tak isto, keď krmivo bolo zveri predkladané iba v noci ($r = -0,995$, $P = 0,0004$).

Stresory pôsobiace na zver vo voľnej prírode sú rozmanité, a to z hľadísk kvantitatívnych aj kvalitatívnych. Z uvedených výsledkov vyplýva význam obmedzovania stresu zveri. Rušenie ovplyvňuje potravné správanie zveri a tým aj kondičný a zdravotný stav. GARAJ (1988) napríklad uvádza na základe analýzy pohlavia 3 872 ks náhodne ulovených, ako aj nájdených uhynutých jelenčiat na Slovensku, že pomer pohlavia je 1,0 : 1,6 v prospech samíc. Autor uvádza, že pri ulovených ako aj pri uhynutých jelenčatách dominovali samice. Vyššie uvedené poukazuje aj na to, že v súčasnom rušenom prostredí kultúrnej

krajiny je možné predpokladať istú súvislosť medzi zvyšujúcimi sa stavmi jelenej zveri a pomerom pohlavia rodených jelenčiat (zhoršené podmienky životného prostredia zveri spôsobia zvýšené rodenie, resp. prežívanie samíc – z dôvodu prežitia druhu).

Tabuľka 2 Priemerný denný príjem krmív a smrekovej kôry v gramoch (n = 10)

Table 2 Mean daily intake of supplementary feeds and spruce bark in gram (n = 10)

Druh potraviny	Variant	K	TS	KS	KSO	GKZ
		$\bar{x}$ (SD)	$\bar{x}$ (SD)	$\bar{x}$ (SD)	$\bar{x}$ (SD)	$\bar{x}$ (SD)
Lúčne seno	A	2245 (145,5)	101 (72,4)	49 (36,3)	143 (98,5)	314 (125,0)
Meadow hay	B	1895 (275,5)	349 (111,1)	170 (91,7)	52 (57,0)	417 (73,3)
Trávna siláž	A		5349 (442,6)			
Grass silage	B		4747 (304,2)			
Kukurličná siláž	A			7907 (474,5)	5412 (374,5)	
Maize silage	B			6024 (715,3)	4742 (152,9)	
Ovos	A				541 (37,4)	
Oats	B				474 (15,3)	
Kýmna zmes granulovaná	A					2712 (212,1)
Pellets	B					2638 (197,1)
Kôra (smrek)	A	1053a (184,0)	19b (14,6)	6b (9,7)	10b (12,7)	20b (19,3)
Bark (Spruce)	B	2147a (303,1)	430b (132,3)	101c (72,9)	52c (29,6)	47c (21,0)
Suma	A	3298	5469	7962	6106	3046
Total	B	4042	5526	6295	5320	3102
P (A vs. B)		0,003	0,804	3,01E-05	2,84 E-04	0,555

Poznámka:

A – celodenný prístup ku krmívu, B – prístup ku krmívu iba v noci, a, b, c hodnoty v riadku s rovnakým horným indexom nie sú signifikantne odlišné ($P < 0,01$), K – kontrolná skupina, iba lúčne seno, TS – lúčne seno a trávna siláž, KS – lúčne seno a kukuričná siláž, KSO – lúčne seno a kukuričná siláž s primiešaným ovsom v pomere 10 : 1, GKZ – lúčne seno a granulovaná kýmna zmes

Comment:

A – all-day access to feed, B – access to feed during night only, a,b,c means on the same row bearing the same superscript are not significantly different ($P < 0.01$), K – Control, Meadow hay only, TS – Meadow hay and Grass silage, KS – Meadow hay and Maize silage, KSO – Meadow hay and Maize silage with Oats, GKZ – Meadow hay and Pellets

4 ZÁVER

Opatrenia poľovníckeho manažmentu vedúce k optimalizácii chovu jelenej zveri zlyhávajú, ak je zver v svojom prostredí intenzívne rušená. Negatívny dopad na zver aj na les má celoročné vyrušovanie (športy, turizmus, rekreácia, lesnícka a poľovnícka činnosť atď.). V zimnom aj vo vegetačnom období spôsobuje rušená zver zvýšené škody na lese z dôvodu obmedzeného prístupu k pastve a kýmny zariadeniam (strach pred nebezpečenstvom). Z výsledkov vyplynulo, že krotká zver, na ktorú kontakt s človekom

nepôsobil rušivo, realizovala v priebehu 24 hodín v priemere 11 pastevných cyklů, čo je viac, ako uvádza dostupná literatúra.

V ďalšej fáze experimentov sme overili vplyv rušenia denného rytmu zveri na intenzitu konzumácie kôry v letnom aj zimnom období. V našich poľovných revíroch je vyrušovanie zveri významným negatívnym faktorom. V presne kontrolovaných podmienkach sme zistili, že zver ktorá mala v priebehu denných hodín obmedzený prístup ku krmivám lúpala a obhrýzala štatisticky významne viac kôry ako zver nerušená. Zver nedokázala v nočných hodinách prijať množstvo krmiva potrebné na pokrytie celodennej potreby. Pri zimných pokusoch sme popri aspekte rušenia prístupu zveri ku krmivu taktiež potvrdili štatisticky významný vplyv použitého krmiva na intenzitu konzumácie kôry zverou.

V ďalšom výskume sa zameriame na zostavenie receptúr krmných zmesí zodpovedajúcich svojim zložením výživovým potrebám jelenej a ďalšej prežívavej zveri. Pri výbere komponentov krmných zmesí bude využitá aj odpadová lesná biomasa.

Summary

Effect of disturbance on the daily activity of red deer in the summer and the winter on browsing and peeling of the trees.

Hunting management measures leading to optimization of the deer breeding fail if the game in its environment strongly disturbed. All year round disturbance has a negative impact on wildlife and the forest (sports, tourism, recreation, forestry and hunting activities etc.). In winter and during the growing season causes disturbed red deer increased damage to forest due to interrupted access to pasture and feeders (fear of danger). The results showed that tame red deer conducted over 24 hours on average eleven cycle of food intake.

In the next phase of experiments, we verified the effect of disturbance of the daily rhythm game on the intensity of consumption of bark in summer and winter. In major part of the slovak hunting areas is a wildlife disturbance an important negative factor. We found that by animals which had during daylight hours restricted access to feed was peeling and browsing of the bark statistically significantly higher than by undisturbed animals. During the night hours deer can not consume the necessary amount of food to cover the whole day nutritional requirements. We are also confirmed statistically significant effect of various supplementary feeds on bark browsing in winter.

Podakovanie

Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Obrázok 2 Snímka z Medzinárodného pracoviska výživy a ekológie zveri pri Centre výskumu živočíšnej výroby Nitra. Letné lúpanie kôry – jelenča sa učí od svojej matky (foto Rajský)

Figure 2 Picture from International Workplace of Nutrition and Game Ecology at the Institute of Nutrition of Animal production research centre Nitra. Peeling of the bark in Sommer – fawn is learning from its mother (Photo Rajský)

Zoznam citovanej literatúry

- ČASNOCHA, P. 1968: Súžitie lesa a zveri. Edícia Povereníctva SNR pre poľnohospodárstvo a výživu, Bratislava.
- GARAJ, P. 1987: Ethologie des Rotwildes in Bezug auf Waldbesuch. In. Acta facultalis forestalis Zvolen, XXIX, 113–122.
- GARAJ, P. 1988: Analýza juvenilnej časti populácie jelenej zveri z aspektu pohlavia na Slovensku. In. Vedecké a pedagogické aktuality, Zvolen, 2.
- HOFMANN, R. R. 1995: Morphophysiological Adaptationen des Verdauungssystems. s. 163–179. In: Hj. Abel et al.: Nutztierernährung, Gustav Fischer, Verlag Jena – Stuttgart, 1995.
- MÜLLER, K.H. 1975: Die Darbietung gefällter Fichten als Beitrag zur Einschränkung der Schältschäden durch Rotwild (Cervus elaphus, L.). In. Beiträge zur Jagd- und Wildforschung, IX, 49–79.
- CHUDÍK, I. 1977: Jelenia zver v lesoch Tanapu. Košice, 160 s.
- VODŇANSKÝ, M. in RAJSKÝ, M. (2010): Poškodzovanie lesa jeleňou zverou v modelových podmienkach. Dizertačná práca, TU Zvolen, 147 s.
- VOGT, F. 1936: Neue Wege der Hege, Verlag Neumann – Neudamm, Wien.

Adresa autorov

Ing. Matúš Rajský, PhD.

Centrum výskumu živočíšnej výroby Nitra

Stredoeurópsky inštitút ekológie zveri Nitra, Viedeň, Brno

Hlohovecká 2

951 41 Lužianky

Doc. MVDr. Dušan Rajský, PhD.,
Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.,
Prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.
Lesnícka fakulta TU Zvolen
T. G. Masaryka 20
960 53 Zvolen

MVDr. Miroslav Vodňanský, PhD.
Středoevropský institut ekologie zvěře
Šumavská 15
602 00 Brno

Vplyv rušenia cirkadiálnej aktivity jelenej zveri v letnom a zimnom období na lúpanie a obhryz kôry drevín

Abstrakt

V predkladanej práci sme sa zaoberali vybranými aspektami biologickej ochrany lesa so zameraním na vyrušovanie a výživu jelenej zveri. Experimenty sme vykonali na Medzinárodnom pracovisku výživy a ekológie zveri Ústavu výživy. Pracovisko je spoločnou experimentálnou bázou Cetra výskumu živočíšnej výroby Nitra a Stredoeurópskeho inštitútu ekológie zveri Nitra, Viedeň, Brno.

Vyrušovanie voľne žijúcich prežúvacov je významným pôsobiacim faktorom v našich poľovných revíroch. Skúmali sme počet pastevných cyklov v priebehu 24 hodín pri krotkej jelenej zveri. V období od zimy do jari sme zaznamenali v závislosti od skladby kŕmnej dávky od 8 do 13, v priemere 11 pastevných cyklov / 24 hodín. Jelenia zver venovala v priemere 20,4 % času príjmu potravy, 28,2 % času prežúvaniu a 51,4 % času iným aktivitám. Z výsledkov vyplynulo, že jelenia zver využíva až 48,6 % dňa na príjem potravy a prežúvanie. Tieto údaje poukazujú jasne na význam ochrany prežúvavej zveri pred vyrušovaním v jej životnom prostredí. Rušenie denného rytmu zveri spôsobuje výživové problémy a nárast škôd na lese.

V letnom období sme sledovali intenzitu lúpania kôry. V poľovných revíroch sa letnom období jelenia zver neprikrmuje, a z tohto dôvodu sme v tejto fáze experimentu testovali iba vplyv vyrušovania na lúpanie kôry. Zistili sme, že jelenia zver vyrušovaná (s obmedzeným prístupom k potrave) lúpala štatisticky preukazne viac kôry v porovnaní so zverou, ktorá nemala obmedzený prístup k potrave ($P < 0,001$). Rušená zver mala prístup k potrave iba v nočných hodinách a ako sme zistili, v tomto skrátenom čase neboli zvieratá schopné prijať množstvo potravy potrebné na pokrytie ich nutričných potrieb. Z uvedeného dôvodu zver kompenzovala hlad zvýšeným lúpaním kôry.

V priebehu zimného obdobia sme stanovili vplyv zloženia predkladanej potravy jelenej zveri na intenzitu obhryzu kôry. Zistili sme, že obhryz kôry bol štatisticky preukazne vyšší pri zveri kŕmenej iba lúčnym senom ($P < 0,001$) v porovnaní s ďalšími štyrmi testovanými kŕmnymi dávkami (seno a trávna siláž, seno a kukuričná siláž, seno a kukuričná siláž s primiešaným ovsom, seno a granulovaná kŕmna zmes). Ďalej sme stanovili štatisticky preukazný rozdiel v intenzite obhryzu pri všetkých testovaných diétach po narušení prístupu zveri k potrave ($P < 0,001$), podobne ako tomu bolo aj v letnom experimente..

Kľúčové slová: vyrušovanie, príjem potravy, jelenia zver, lúpanie, obhryz

PRIEBEH VYSUŠOVANIA A JEHO VPLYV NA ZMENU HMOTNOSTI PAROŽIA JELEŇOVITÝCH (*CERVIDAE*)

Mojmír I V A N

Ivan, M.: The course of desertification and his impact to change of weight of cervidaes antlers.
Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54(2): 191–198 2012.

The paper deals with the effect of dehydrating of deciduous antlers of roe deer on the change of the deer deciduous antlers weight in the specific case of the roe deer (*Capreolus capreolus*) and deer (*Cervus elaphus*). The fresh roe deer trophies and deer antlers were used for the analyses. The reduction of the deciduous antlers weight is caused by the water dehydrating during the certain period of time. This process took 24.4 days in average in the case of the fresh roe deer trophies and almost 29 days in the case of the deer antlers. Then, the process of dehydrating has stopped. The roe deer trophies lost 11,8% of their original weight in average while the deer antlers lost 5.9% of their original weight in average. These differences can be caused by the different morphology of the roe deer and deer deciduous antlers.

Key words: antlers, cervides, drying, humidity

1 ÚVOD A ROZBOR PROBLEMATIKY

Medzi najčastejšie poľovnícke trofeje patrí v našich podmienkach parožie samcov z čeľade jeleňovité. Parožie jeleňovitých je orgán, ktorý pútal pozornosť človeka od dávnej minulosti. V minulosti sa mu prikladali rôzne funkcie, niektoré skutočne kuriózne. V súčasnosti je problematika skutočného významu a funkcií parožia jeleňovitých pomerne dobre preštudovaná.

VODŇANSKÝ *a kol.* (2012) označujú za najvýznamnejšie funkcie parožia označovanie teritória, imponovanie súperovi, funkciu zbrane a tiež funkciu parožia ako nástroja na získavanie potravy.

Paroh je mimoriadne rýchlo rastúce tkanivo. Pri jeleňovi môže dosahovať denný prírastok pri starších jedincoch 1,5 cm. V priebehu rastu dochádza v paroži ku kontinuálnej zmene jeho zloženia a konzistencie. Pri procesoch neustálej tvorby a premeny sa priebežne mení chemické zloženie parožia. Najdôležitejšie stavebné látky počas fázy rastu sú dusíkaté látky. Preto je aj ich podiel v najmladších častiach rastúceho parohu vysoký. Podiel bielkovín sa znižuje až približne pod 5 až 7 cm dlhou zónou rastu hrotov parožia v dôsledku intenzívneho ukladania minerálnych látok do vznikajúcej hmoty parožia.

Napriek postupnej mineralizácii, prebiehajúcej kontinuálne zhora smerom nadol zostáva podiel bielkovinných zlúčenín v tkanive parohu v období rastu stále vyšší ako 60 %. Podiel minerálnych látok v rastúcom paroží predstavuje asi 30 až 40 %. K zmenám dochádza až v priebehu ukončovania rastu a blíženia sa fázy vytĺkania. V tejto poslednej fáze tvorby parožia, ktorá trvá približne 3 až 4 týždne, je mineralizácia tkaniva postupne ukončená. Napriek tomu, že parožie už v tomto štádiu nerastie a jeho objem sa nemení, zvyšuje sa hmotnosť parožia v dôsledku ukladania minerálnych látok (VODŇANSKÝ, RAJSKÝ, M., RAJSKÝ D., 2012).

Vnútrotnou stavbou zodpovedá parožie ostatným kostiam. Vonkajšia kompaktná, pevná, kruhová vrstva je relatívne oveľa silnejšia pri srnčom paroží ako vrstva jelenieho parohu, a to na úkor vnútornej vrstvy s hubovitou štruktúrou, ktorá vyplňa stred kmeňov. Od vzájomného pomeru týchto dvoch vrstiev závisí špecifická hmotnosť, ktorá má v širokom priemere hodnotu 1,9. Chemické zloženie srnčieho parožia sa podobá chemickému zloženiu jelenieho parožia. Skladá sa zo 44 % organických a z 56 % anorganických látok. Anorganické látky tvorí zo 48 % fosforečnan vápenatý, z 5 % uhličitan vápenatý, z 2 % uhličitan horečnatý, a 1% sú zastúpené iné minerálne látky. Fosforečnan vápenatý tvorí z 22 % kyselina fosforečná a z 26 % vápnik. Organické látky, do ktorých sa ukladajú anorganické soli, tvoria väčšinou bielkovinové zlúčeniny (ЛИХОЦЬ, 2009). Ako uvádza RAJSKÝ *a kol.* (2009) obsah vody v paroží dosahuje v štádiu vytĺkania asi 8–14 %. Obsah vody sa postupne znižuje a tým sa znižuje aj hmotnosť trofeje. Priebehom procesu vysušovania a tým aj postupným znižovaním hmotnosti čerstvého parožia sa zaoberá táto práca.

2 MATERIÁL A METÓDY

Pre účel zisťovania priebehu vysušovania srnčieho parožia boli využité trofeje srncov získané v roku 2011 z revíru Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene. Jednalo sa o súbor piatich srncov, z ktorých tri boli ulovené a dva uhynuté. Srnec č. 1 bol zaradený do tretej vekovej triedy (6 r.), ostatné srnce boli zaradené do druhej vekovej triedy (3 r., 2 r., 5 r., 3 r.).

Prvé zisťovanie hmotnosti trofejí sa vykonalo vždy v deň vyčistenia trofeje (prvý deň). Následne sa hmotnosť jednotlivých trofejí zisťovala pravidelne každý tretí deň až do vtedy, pokiaľ neostala ustálená minimálne 14 po sebe nasledujúcich meraní. Hmotnosť bola zisťovaná s presnosťou na jeden gram. Zmeny hmotnosti trofejí boli zaznamenávané do tabuľky v gramoch, ako aj v relatívnych hodnotách.

Pre účel zisťovania priebehu vysušovania jelenieho parožia boli využité zhody pochádzajúce z Kremnických vrchov (revír VŠLP TU Zvolen). Jednalo sa o sledovaný súbor šiestich zhodov. Pre účel tejto práce sú použiteľné len zhody, ktoré boli nájdené v deň zhodenia. Všetky zhody v súbore túto podmienku spĺňali. V súbore sa nachádzal jeden pár zhodov zo 4 ročného jeleňa (zhody č. 1 a č. 2), jeden sólo zhod zo 4 ročného jeleňa (zhod č. 4), dva sólo zhody zo 7 ročných jeleňov (zhody č. 3 a č. 6) a zhod z 8 ročného jeleňa (zhod č. 5).

Hmotnosť zhodov bola zisťovaná v trojdňových intervaloch. Prvé meranie sa uskutočnilo v deň nájdenia zhodu (prvý deň). Následne merania pokračovali každý tretí deň

až pokiaľ hmotnosť zhodu neostala ustálená minimálne desať po sebe nasledujúcich meraní (cca jeden mesiac). Hmotnosť zhodov bola určovaná s presnosťou na 10 g. Hodnoty namerané pri jednotlivých meraniach boli zaznamenané do tabuľky v kilogramoch, ako aj v relatívnych hodnotách. V budúcnosti bude potrebné pre úplnosť a relevantnosť výsledkov vykonať sledovanie priebehu vysušovania aj u celých jeleních trofejí (parožie s lebkou).

3 VÝSLEDKY

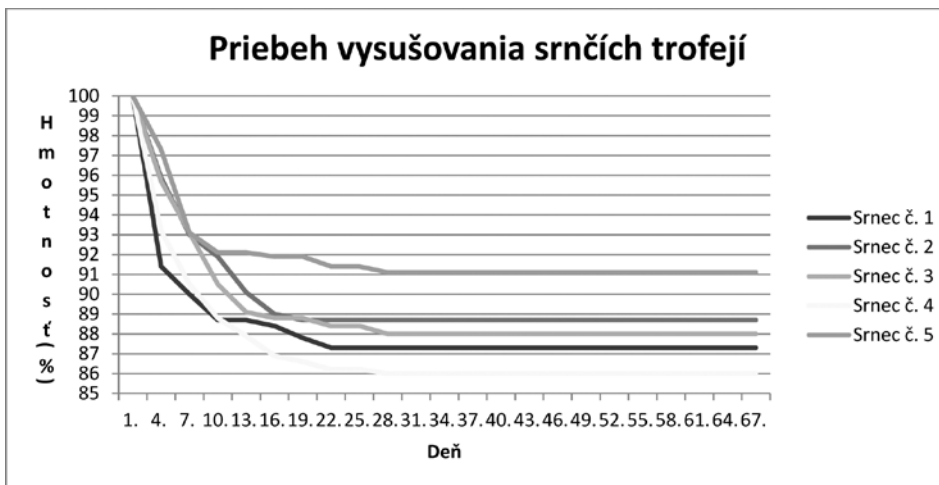
Zmeny hmotnosti sledovaných srnčích trofejí počas sledovaného obdobia sú zachytené v tabuľke č. 1 a graficky vyjadrené na obrázku č. 1. Z výsledkov tejto práce vyplýva, že najvýraznejší úbytok hmotnosti pri srnčích trofejach nastáva hneď v prvých dňoch od vypracovania trofeje a to až na 97,3 % pôvodnej hmotnosti, čo bolo najmenej zo súboru. Pri ostatných srncoch to bolo podstatne viac (95,7 % až 91,4 %). Pozoruhodné je, že kým pri srncoch č. 1 až 4 bol najväčší úbytok hmotnosti od prvého po štvrtý deň po vyčistení trofeje, pri srncovi č. 5 to bolo medzi štvrtým a siedmym dňom sledovaného obdobia. V ďalších dňoch sledovaného obdobia sa poklesy hmotností trofejí medzi jednotlivými meraniami zmenšovali. Po desiatom dni od vyčistenia trofeje sa začali vyskytovať prípady (srnec č. 1 a 5) keď rozdiel v hmotnosti medzi dvomi po sebe idúcimi meraniami nebol merateľný. Po šestnástom dni sa počas ďalších meraní hmotnosť trofejí znížila len minimálne. Ako prvá sa hmotnosť ustálila pri trofeji srnca č. 2. Pri tomto srncovi sa hmotnosť trofeje ustálila po devätnástich dňoch od vyčistenia a vybielenia trofeje. Pri srncovi č. 1 to bolo po dvadsiatich dvoch dňoch, pri srncovi č. 5 po dvadsiatich piatich dňoch a pri srncoch č. 3 a 4 po dvadsiatich ôsmich dňoch. Najväčší úbytok hmotnosti trofeje vplyvom vysušenia bol zaznamenaný pri srncovi č. 4 (strata 14 %), ktorého trofej bola zároveň najťažšou v sledovanom súbore. Najmenší úbytok hmotnosti vykázala trofej srnca č. 5 (8,9 %). V priemere stratili sledované srnčie trofeje vplyvom vysušenia 11,8 % hmotnosti, ktorú mali v čerstvom stave.

Postupné zmeny hmotností sledovaných zhodov sú zachytené v tabuľke č. 2 a graficky znázornené na obrázku č. 2. Pri všetkých sledovaných jeleních zhodoch došlo vplyvom vysušovania k poklesu hmotnosti. Najväčší pokles bol zaznamenaný pri zhode č. 1, ktorého hmotnosť klesla na 92,9 % hmotnosti v čerstvom stave. Najmenší pokles hmotnosti bol pri zhode č. 6 (95,4 %). V priemere stratili sledované zhody 5,9 % svojej pôvodnej hmotnosti. Proces vysušovania je najintenzívnejší v prvých dňoch po zhodení parožia. Počas prvých 4 dní stratili zhody od 1,7 po 4,1 % svojej pôvodnej hmotnosti. Hmotnosť zhodov sa pozvoľna znižovala aj v nasledujúcich dňoch. Po 18-tich dňoch už v úbytku hmotnosti boli len minimálne zmeny. Proces vysušovania sa úplne zastavil v troch prípadoch po 25 dňoch (zhody č. 1, 2 a 6), v jednom prípade po 28 dňoch od zhodenia (zhod č. 5) a v dvoch prípadoch po 34 dňoch (zhod č. 3 a 4). Napriek pokračujúcim pravidelným zisťovaniam hmotnosti už v nasledujúcich dňoch nebola zistená merateľná zmena v hmotnosti jednotlivých zhodov.

Tab. 1 Priebeh znižovania hmotnosti čerstvých srnčích trofejí

Tab. 1 Proces of reducing weight of fresh roe deer trophy

Deň	Srniec č. 1		Srniec č. 2		Srniec č. 3		Srniec č. 4		Srniec č. 5	
	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%
1.	363	100	344	100	276	100	465	100	305	100
4.	332	91,4	330	95,9	264	95,7	434	93,2	297	97,3
7.	327	90	320	93	257	93,1	421	90,5	284	93,1
10.	322	88,7	316	91,9	250	90,5	413	88,8	281	92,1
13.	322	88,7	310	90,1	246	89,1	409	87,9	281	92,1
16.	321	88,4	306	89	245	88,8	405	86,9	280	91,9
19.	319	87,8	305	88,7	245	88,8	403	86,6	280	91,9
22.	317	87,3	305	88,7	244	88,4	401	86,2	279	91,4
25.	317	87,3	305	88,7	244	88,4	401	86,2	279	91,4
28.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
31.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
34.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
37.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
40.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
43.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
46.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
49.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
52.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
55.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
58.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
61.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
64.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1
67.	317	87,3	305	88,7	243	88	400	86	278	91,1



Obr. 1 Grafické znázornenie priebehu vysušovania čerstvých srnčích trofejí

Fig. 1 Graphical representativ of drying fresh roe deer trophies

Tab. 2 Priebeh zmeny hmotnosti čerstvých jeleních zhodov

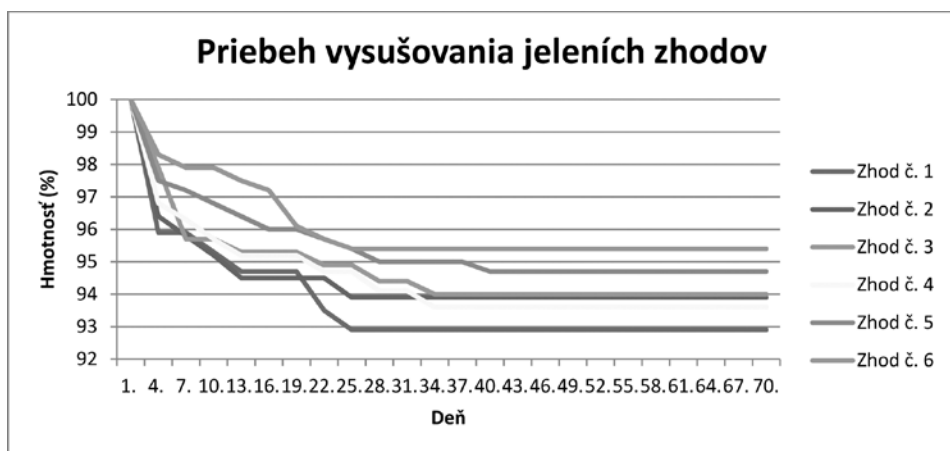
Tab. 2 Course of change weight of fresh red deer trophies

Deň	Zhod č. 1		Zhod č. 2		Zhod č. 3		Zhod č. 4		Zhod č. 5		Zhod č. 6	
	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%
1.	1,7	100	1,65	100	2,34	100	1,88	100	2,81	100	2,82	100
4.	1,63	95,9	1,59	96,4	2,29	97,9	1,82	96,8	2,74	97,5	2,77	98,3
7.	1,63	95,9	1,58	95,8	2,24	95,7	1,81	96,3	2,73	97,2	2,76	97,9
10.	1,62	95,3	1,57	95,2	2,24	95,7	1,8	95,7	2,72	96,8	2,76	97,9
13.	1,61	94,7	1,56	94,5	2,23	95,3	1,79	95,2	2,71	96,4	2,75	97,5
16.	1,61	94,7	1,56	94,5	2,23	95,3	1,79	95,2	2,7	96	2,74	97,2
19.	1,61	94,7	1,56	94,5	2,23	95,3	1,79	95,2	2,7	96	2,71	96,1
22.	1,59	93,5	1,56	94,5	2,22	94,9	1,78	94,7	2,69	95,7	2,7	95,7
25.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,22	94,9	1,78	94,7	2,68	95,4	2,69	95,4
28.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,21	94,4	1,77	94,1	2,67	95	2,69	95,4
31.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,21	94,4	1,77	94,1	2,67	95	2,69	95,4
34.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,67	95	2,69	95,4
37.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,67	95	2,69	95,4
40.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
43.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4

Tab. 2 Pokračovanie

Tab. 2 Continued

Deň	Zhod č. 1		Zhod č. 2		Zhod č. 3		Zhod č. 4		Zhod č. 5		Zhod č. 6	
	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%	(g)	%
46.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
49.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
52.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
55.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
58.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
61.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
64.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
67.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4
70.	1,58	92,9	1,55	93,9	2,2	94	1,76	93,6	2,66	94,7	2,69	95,4



Obr. 2 Grafické znázornenie priebehu vysušovania čerstvých jeleních zhodov

Fig. 2 Graphical presentation of drying fresh red deer antlers

4 ZÁVER

Srnce trofej po ulovení a vypracovaní stráca vplyvom vysušovania časť svojej pôvodnej hmotnosti. Najvyšší pokles hmotnosti je hneď v prvých dňoch po vyčistení trofeje. Intenzita tohto procesu sa postupne znižuje až sa úplne zastaví. Pri sledovaných srnčích trofejach tento proces ustal v priemere po 24,4 dňoch od vyčistenia trofeje.

Jelenie zhody po oddelení od lebky jeleňa strácajú časť svojej pôvodnej hmotnosti. Tento proces je najintenzívnejší počas prvých dňoch od zhodenia. V ďalších dňoch tento proces pokračuje pomerne vyrovnané, bez výrazných výchyliek. Pri sledovaných zhodoch tento proces ustal v priemere po takmer 29 dňoch.

Na základe predbežných výsledkov zo vzájomného porovnania priebehu vysušovania srnčieho a jelenieho parožia v tejto práci vyplýva, že tento proces prebieha intenzívnejšie pri srnčom paroží ako pri jeleňom. Pri srnčom paroží je pokles najintenzívnejší v prvých dňoch a v ďalšom priebehu sú už zmeny hmotnosti relatívne malé. Pri jeleňom paroží má proces vysušovania plynulejší priebeh. Taktiež pri srnčom paroží daný proces končí v priemere o takmer 5 dní skôr.

Pri bodovom ohodnotení srnčích aj jeleních trofejí metódou CIC je požiadavka aby boli hodnotené minimálne tri mesiace po ulovení. Z výsledkov tejto práce vyplýva, že tento čas je úplne dostatočný na úplné vysušenie trofeje. Pri bodovaní trofeje ulovenej skôr ako tri mesiace pred hodnotením sa trofeji udeľuje zrážka na hmotnosti 10 %. Podľa výsledkov tejto práce je táto zrážka plne opodstatnená v prvých dňoch bezprostredne po vypracovaní trofeje. V ďalších dňoch (prípadne týždňoch) je však táto zrážka v našich podmienkach pomerne vysoká a vzhľadom na priebeh vysušovania parožia by udelenie tejto zrážky v plnom rozsahu mohlo pri bodovaní trofeje po niekoľkých dňoch (týždňoch) od vypracovania trofeje viesť k podhodnoteniu bodovej hodnoty hodnotenej trofeje.

Podakovanie

„Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

Literatúra

- GARAJ, P. – KROPIL, R. (2010): Poľovníctvo. Vysokoškolská učebnica, vyd. Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 978-80-228-2091-2, 511 s.
- IVAN, M. (2011): Strata hmotnosti jelenieho parožia vplyvom vysušenia, in Poľovnícky manažment a ochrana zveri 2011, „in CD“, Zborník vedeckých a odborných prác z XXIV. ročníka vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, s. 115–117, ISBN 978-80-228-2273-2
- IVAN, M. (2011): Vplyv vysušovania na zmenu hmotnosti jelenieho parožia, In: Zborník referátov z VIII. Žitnoostrovnej odbornej seminár s medzinárodnou účasťou „Intenzívne chovy raticovej zveri“, Centrum výskumu živočíšnej výroby Nitra, 2011, ISBN 978-80-89418-14-5, s. 134–137.
- LIHOCKÝ, P. (2009): Vývoj srnčieho parožia. In: Hubertlov, č. 6/2009, s. 12–14.
- RAJSKÝ, M. – VODŇANSKÝ, M. – RAJSKÝ, D. (2009): Faktory vplyvajúce na tvorbu parožia jeleňovitých (*Cervidae*), Slovenský veterinárny časopis, č. 4/2009, s. 256–260.

- VODŇANSKÝ, M. – RAJSKÝ, M. (2012): Význam a funkcie parožia. In: Zborník referátov z medzinárodnej konferencie „Významné aspekty v chove jeleňovitých 2012“, CVZV Nitra, ISBN 978-80-89418-18-3, s. 7–16.
- VODŇANSKÝ, M. – RAJSKÝ, M. – RAJSKÝ, D. (2012): Funkcie parožia a faktory vplývajúce na rast parožia. In: Zborník referátov IX. Žitnoostrovský odborný seminár (konferencia s medzinárodnou účasťou) Chov jelenej, danielovej a muflónovej zveri. Centrum výskumu živočíšnej výroby Nitra, 2012, ISBN 978-80-89418-19-0, s. 5–16.
-

Adresa autora:

Ing. Mojmir Ivan
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: mojoivan@azet.sk

Priebeh vysušovania a jeho vplyv na zmenu hmotnosti parožia jeleňovitých (*Cervidae*)

Abstrakt

Práca poukazuje na vplyv vysušovania parožia na zmenu hmotnosti parožia jeleňovitých so zameraním sa na trofeje srnca lesného (*Capreolus capreolus*) a zhody jeleňa lesného (*Cervus elaphus*). Na účely tejto práce boli využité čerstvé srnčie trofeje a čerstvé jelenie zhody. Po vypracovaní čerstvej trofeje (prípadne zhodení parožia) dochádza k vysušovaniu vody v paroží, čoho následkom je redukcia hmotnosti parožia. Tento proces trvá určitý čas. Pri sledovaných čerstvých srnčích trofejách trval tento proces v priemere 24,4 dňa. Pri sledovaných jeleních zhodoch to bolo takmer 29 dní. Následne proces vysušovania ustal. Srnčie trofeje stratili počas tohto obdobia v priemere 11,8 % zo svojej pôvodnej hmotnosti. Jelenie zhody stratili v priemere 5,9 % zo svojej pôvodnej hmotnosti. Tieto rozdiely môžu byť zapríčinené rozdielmi v morfológii srnčieho a jelenieho parožia.

Kľúčové slová: parožie, vysušovanie, trofeje

POČTY ODCHYTENÝCH IMÁG *IPS TYPOGRAPHUS* L. V ORAVICIACH (ZÁPADNÉ TATRY) V OBDOBÍ DESATICH ROKOV

Milan K O D R Í K – Dominik K R U Š P Á N

Kodrík, M., Krušpán, D.: Number of trapped *Ips typographus* in Oravice (Western Tatras) per decade. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, 54(2): 199–206 2012.

Spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) is the most important biotic pest of spruce forests in Central Europe. Some authors consider it as the most important destructive pest of coniferous forests in the Palearctic region. Research was conducted on land in the locality Oravice from 2001 to 2009. The aim was to determine the size of *Ips typographus* L. on gradation. There were caught 1,615,120 adults of *Ips typographus* L. in 414 pheromone traps.

Key words: spruce bark beetles, *Ips typographus* L., pheromone traps.

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Na Slovensku v roku 2008 po prvýkrát v histórii evidencie najvýznamnejších škodlivých činiteľov sa stal podkôrny a drevokazný hmyz najvýznamnejším škodlivým činiteľom. Jeho populácia výrazne vzrástla najmä po veľkých vetrových kalamiťach, kde nachádza množstvo vhodného materiálu pre svoj vývoj. Zdravotný stav lesov v posledných rokoch negatívne ovplyvňujú vetrové kalamity a podkôrny druh škodcov a v menšej miere snehové kalamity (KUNCA 2009).

Agresivita lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.) núti venovať sa tomuto škodcovi vo všetkých krajinách so zastúpením smreka v ich lesoch. V prípade kalamít je nutné prispôbovať manažment lesného hospodárstva, s nevyhnutnou pomocou vedeckej obce. V podmienkach Slovenska sa systematickému výskumu podkôrnikov smreka venuje kolektív pracovníkov Lesníckej ochrany služby (LVÚ NLC Zvolen) so sídlom v Banskej Štiavnici (KUNCA *et al.* 2012, GUBKA *et al.* 2012, NIKOLOV *et al.* 2012, VAKULA *et al.* 2012).

Riziko vzniku rozsiahleho premnoženia podkôrneho hmyzu a tým aj ďalšieho poškodenia lesov je aktuálne nielen pre územie smrekových kultúr, ale aj pre vysokohorské smrečiny a v posledných rokoch všade kde je smrek dominantnou drevinou.

Gradáciu tohto škodcu urýchľuje aj teplé počasie, ktoré sa v posledných rokoch prejavilo najviac. Mohlo by to byť aj vplyvom globálneho otepľovania prejavujúceho sa v našich podmienkach. Či sú to naozaj vplyvy globálneho otepľovania, budeme môcť

zodpovedne posúdiť až po viacerých desaťročiach. Dôsledkom otepľovania a znižovania zrážok v posledných rokoch sú smrečiny fyziologicky oslabené, a tak poskytujú vhodné podmienky pre vznik kalamit lykožrúta smrekového.

Objavenie agregračných feromónov podkôrneho hmyzu v 60-tych a 70-tych rokoch minulého storočia a poznanie jednotlivých zložiek agregračných feromónov lykožrúta smrekového, ako aj možnosť ich syntézy umožnili kontrolovať hospodársky významné podkôrniky smreka pomocou feromónových lapačov.

2 MATERIÁL A METODIKA

Výskum bol vykonávaný od roku 2001 do roku 2010 na plochách s dominantným zastúpením smreka. Lokalita sa nachádza v nadmorskej výške 1 050–1 350 m n. m., s južnou až juhovýchodnou orientáciou svahov, so sklonom 45–70°, vek porastu 130–170 rokov so 100 % zastúpením smreka v Oraviciach v Západných Tatrách. Skupiny lesných typov *Sorbet-Piceetum* (80 %), *Acereto Piceetum* (20 %). Priemerný úhrn zrážok 1 400–1 600 mm, priemerná teplota 2,0–3,5 °C, so severným až severozápadným prevládajúcim smerom prúdenia vetra.

Na zistenie populácie lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.) na sledovanom území boli použité feromónové lapače typu Theysohn® s feromónovým odparníkom Phe-roprax®. Lapače boli inštalované podľa normy STN 48 2711 (Ochrana lesa proti hlavným druhom podkôrneho hmyzu na ihličnatých drevinách).

Od roku 2001 do roku 2010 boli umiestnené na rovnakých sledovaných miestach.

Hlavné zásady, podľa ktorých sme inštalovali feromónové lapače

- Bezpečnostná vzdialenosť od najbližšieho zdravého smreka, staršieho ako 60 rokov, nemá klesnúť pod 10 m a nemala by prekročiť 25 m. Pri menšej vzdialenosti rastie riziko napadnutia najbližších stromov, ktoré je vyššie najmä pri nižšej vitalite stromov (napr. v dôsledku zrážkového deficitu), pri väčšej vzdialenosti klesá účinnosť feromónového lapača.
- Feromónový lapač nesmie byť zakrytý burinou, čo platí pre celú dobu odchyty – pri zakrytí nárazovej plochy výrazne klesá odchyt, chrobák sa porastom burín nebude „predierať“.
- Minimálna vzdialenosť medzi jednotlivými lapačmi sa odporúča 20 m; pri kalamitnom stave v rozsiahlych ohniskách môžu byť rozostupy i menšie (v bariérach optimálne 10 m s ohľadom na „akčný rádius“ lapača 5 m) – pri menších rozostupoch už výsledný efekt nie je úmerný, ani ekonomicky efektívny, pri väčších rozostupoch zase dostatočne nevyužívame „priestor“ pre likvidáciu podkôrnikov, rozhodujúca je populačná hustota. Vhodné je pozdĺž porastových stien inštalovať bariéry s týmito rozostupmi lapačov.
- Lapač musí byť inštalovaný na pevnom, stabilnom stojane, aby nehrozilo jeho vyvrátenie vetrom – v prípade vyvrátenia je v období medzi kontrolami neúčinný.

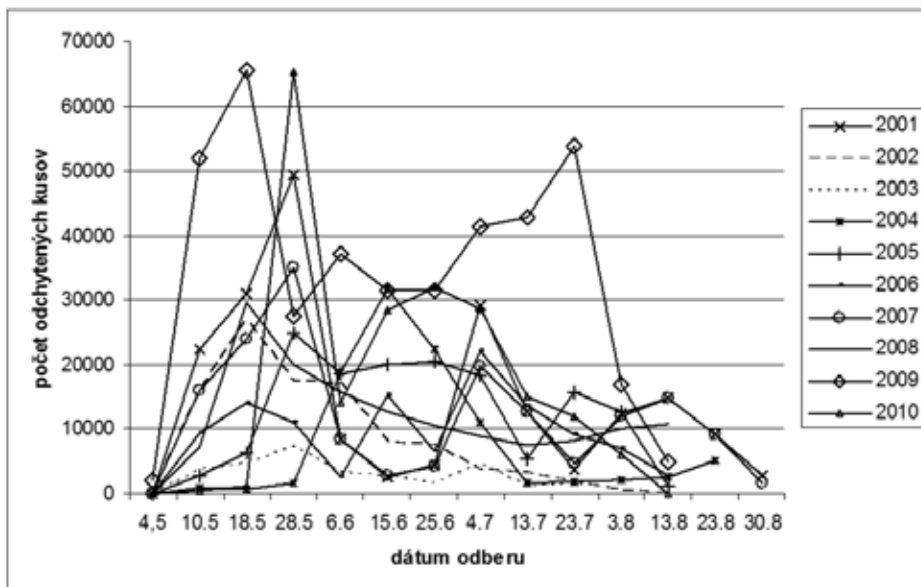
- Počas kontrol dohliadame na dobrý technický stav tela lapača a zbernej nádoby. V prípade, že je lapač poškodený, je potrebné závalu urýchlene odstrániť, resp. poškodený lapač vymeniť.
- Ak sa v zbernej nádobe zachytáva voda je nutné ju vyliat' a dôkladne vyčistiť sitko na zbernej nádobe.
- Pri vkladaní feromónových odparníkov je vhodné umiestniť ich pod selekčnú sieťku (pri lapačoch Ekotrap). Odparníky, ktoré sa adjustujú zástrihom, treba tento zástrih vykonať na vyznačenom mieste, aby nedošlo k nadmernému odparovaniu účinnej látky. Zástrih vykonáme len po označené miesto a neodstrihávame spodnú časť úplne.
- Používame len odparníky, ktoré nie sú po lehote životnosti!
- Najúčinnjším spôsobom využitia feromónových lapačov, najmä v kalamitnom stave, je inštalácia feromónových lapačov do zostáv (bariéry pozdĺž porastových stien v rozstupoch po cca 10–15 m), pričom je možné kombinovať feromónové lapače s rôznymi typmi odparníkov (i na rôzne druhy podkôrníkov), príp. i s lapákmi. Platí zásada – 1 feromónový odparník do 1 feromónového lapača.

Feromónové lapače sa pravidelne kontrolujú, a to v intervale 7–14 dní. Pri vysokých odchytach vo vrchole rojenia sa odporúča intervaly kontroly skrátiť (jednak sa zvyšujú odchity – väčšie množstvá zachytených chrobákov pôsobia „odpudivo“, jednak sa zníži riziko nefunkčnosti feromónového lapača z dôvodu jeho poruchy alebo poškodenia). Pri kontrolách sa odobraté chrobáky spoľahlivo ničia (odberom do uzavierateľných nádob a následné obarenie horúcou vodou, odoberaním do uzavierateľných nádob s vodou a detergentom a pod.; rozšľapávanie na pňoch je najmä v horúcom počasí a pri väčšom množstve zachytených chrobákov riskantné, lebo značná časť spravidla po vyspaní odlieta skôr ako sú zahubené).

3 VÝSLEDKY

Priebeh rojenia sledovaného druhu *Ips typographus* L. počas jednej dekády je zachytený na obrázku 1.

Inštalované lapače boli rozmiestnené na rovnakých stanovištiach, aby bolo možné porovnávanie a aby výsledky boli transparentné. Boli rozmiestnené v polovici apríla, pričom tento dátum nebol každý rok rovnaký, závisel od poveternostných podmienok a v lokalitách s nadmernou snehovou vrstvou boli inštalované koncom apríla, tak aby bola dodržaná norma STN 48 2711 (Ochrana lesa proti hlavným druhom podkôrneho hmyzu na ihličnatých drevinách). Priebeh rojenia v rokoch 2001–2008 je viac menej podobný. Odchyt lykožrútov smrekových začal od 9. mája, intenzita odchytu sa pohybovala od 870 imág v roku 2004 na všetky inštalované lapáky v danom roku po 22 250 chrobákov *Ips typographus* L. zachytených v roku 2001. Vývoj lykožrúta smrekového má dva vrcholy, počas vegetačného obdobia teda vytvára dve generácie. Vývoj bol sledovaný do 30. augusta okrem rokov 2002 a 2006, kedy bol ukončený už 23. a 24. augusta, pretože počet zachytených imág lykožrúta sa rovnal nule.



Obr. 1 Priebeh rojenia lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.)

Fig. 1 Flight activity of spruce bark beetle (*Ips typographus* L.)

V roku 2009 sme zaznamenali tri vrcholy rojenia. Tento rok je špecifický aj množstvom odchytených druhov. Počet feromónových lapačov v porovnaní s predchádzajúcim rokom sa zvýšil iba o 3 kusy, ale počet odchytených imág za rok sa zvýšil cca o 288 %. Výskyt kalamitnej hmoty v roku 2007 a 2008 v blízkosti študovaných plôch, mal za následok toto zvýšenie odchytených imág lykožrúta. Počas letného rojenia v roku 2009 vrchol odchyty predstavoval 65 540 chrobákov v rámci 43 feromónových lapačov, následne počet klesol na 27 480 imág. Ďalej 6. 6. 2009 sa tento počet zvýšil na 37 030 imág a neskôr klesol o 5 700 imág. Na tejto úrovni stagnoval do 23. 7. 2009, kedy sa počet zvýšil na 52 890 odchytených imág lykožrúta smrekového.

Priebeh odchyty imág lykožrúta smrekového v roku 2010 je podobný s priebehmi odchyty v rokoch 2001–2008. Podobnosť je v počte odchytených imág a v dvojvrcholovej krivke zaznamenatej početnosti (Obr. 1).

Tabuľka 1 zobrazuje počty odchytených imág lykožrúta smrekového odchytených v tom istom feromónovom lapači v rokoch 2008, 2009 a 2010, inštalovanom na rovnakom mieste. V roku 2008 bol odchyt zaznamenaný od 15. mája, v roku 2009 už od 25. apríla a v roku 2010 od 10. mája. V roku 2008 bol najväčší odchyt imág v jarnom období, v lete sme zaznamenali nápadný pokles odchyty. V nasledujúcom roku 2009 bol prvý odchyt imág už 25. apríla, ale po 6. máji až do konca mesiaca nebol žiadny odchyt chrobákov. Bolo to v dôsledku nepriaznivého počasia. Odchyty sme zaznamenali až v druhej polovici júna a to v najväčších množstvách za celé trojročné sledované obdobie a trvalo to až do 3. septembra. V roku 2010 bol interval odchyty podobný s intervalom v roku 2008. Rozdiel-

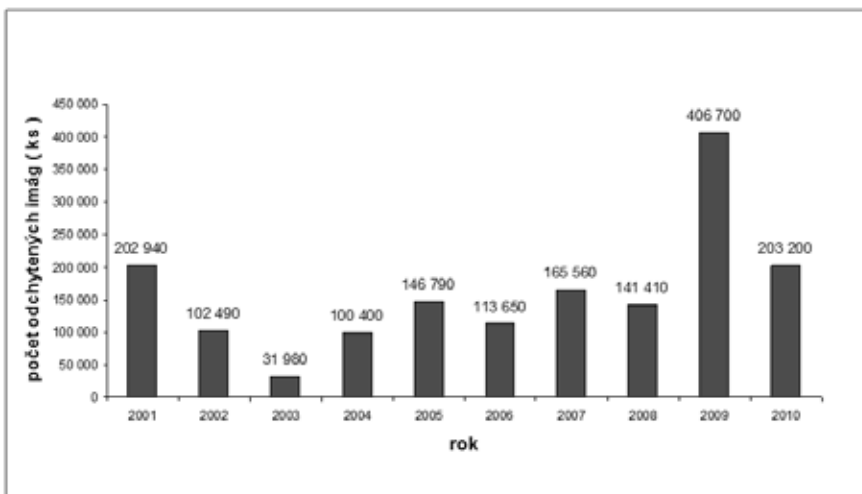
nosti sú v podstatne väčších množstvách odchytených imág, ako v roku 2008 a v dvoch pomerne výrazných amplitúdach počtu odchytených chrobákov. V roku 2008 bola početnosť odchyty imág od 20.6. až do konca výskumu viac menej vyrovnaná.

Tab. 1 Prehľad odchytených imág lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.) v tom istom lapači umiestnenom na tom istom mieste počas troch rokov 2008–2010

Tab. 1 Overview of Spruce Bark Beetles (*Ips typographus* L.) trapped in the same insect trap located in the same place during 2008–2010

JPRL: 527		JPRL: 527		JPRL: 527	
Lapač: Theysohn		Lapač: Theysohn		Lapač: Theysohn	
Odparník: Pheroprax		Odparník: Pheroprax		Odparník: Pheroprax	
Dátum kontroly	odchyt [ks]	Dátum kontroly	odchyt [ks]	Dátum kontroly	odchyt [ks]
14. 4. 2008	0	15. 4. 2009	0	29. 4. 2010	0
25. 4	0	25. 4	10	10. 5	50
5. 5	0	6. 5	50	25. 5	120
15. 5	400	14. 5	0	3. 6	3 400
26. 5	3 200	26. 5	0	11. 6	1 480
2. 6	1 600	5. 6	50	18. 6	460
11. 6	1 320	17. 6	6 100	28. 6	260
20. 6	860	26. 6	3 900	12. 7	2 370
1. 7	230	7. 7	4 800	19. 7	1 280
9. 7	180	17. 7	5 300	29. 7	870
22. 7	250	27. 7	5 200	9. 8	340
4. 8	210	0. 8	5 000	18. 8	120
18. 8	440	21. 8	400	27. 8	10
25. 8	390	3. 9	180	30. 8	0
30. 8	10				

Na obrázku 2 je uvedený vývoj odchytených chrobákov lykožrúta smrekového za dekádu rokov 2001–2010. Tabuľka 3 podáva informáciu o počte použitých feromónových lapačov v jednotlivých rokoch dekády. Počet feromónových lapačov sa pohyboval od 34 (v roku 2003) po 48 (v roku 2001). Množstvo odchytených imág od roku 2001 do roku 2003 klesalo z 202 940 na 31 980 kusov, čo je pokles o 170 960 imág za dva roky. Tento pokles do určitej miery spôsobil aj pokles feromónových lapačov zo 48 (v roku 2001) po 34 (v roku 2003). Od roku 2004 do roku 2008 je počet odchytených imág viac menej vyrovnaný – pohybuje sa od 100 400 po 141 410 imág lykožrúta smrekového. V roku 2009 sme zaznamenali najväčší nárast chrobákov lykožrúta (nárast o 265 290 chrobákov). V roku 2010 došlo k poklesu imág na úroveň prvého roku dekády.



Obr. 2 Počet odchytých imág *Ips typographus* za dekádu
Fig. 2 Number of trapped beetles *Ips typographus* per decade

Tab. 2 Počty feromónových lapačov v jednotlivých rokoch
Table 2 The number of pheromone traps in different years

rok	počet lapačov
2001	48
2002	44
2003	34
2004	39
2005	42
2006	37
2007	40
2008	40
2009	43
2010	47

4 DISKUSIA A ZÁVER

V práci je zaznamenaný odchyt lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.) počas jednej dekády pomocou feromónových lapačov.

Premnoženie lykožrúta smrekového je často primárne vyvolané vetrovými alebo snehovými kalamitami. Súčasnú poznatky zo severnej Európy (južné a východné Fín-

sko) poukazujú, že ponechanie skupiniek do 20 dospelých vetrom vyvrátených smrekov nepredstavuje v týchto klimatických podmienkach ešte vážne nebezpečenstvo pre smrekový les. Ale od tejto hranice sa situácia stáva už rizikovou. V našich klimatických podmienkach (stredná Európa) množstvo 5–10 m³.ha⁻¹ čerstvo spadnutých stromov môže ešte udržať populáciu lykožrúta smrekového v smrekovom lese v latentnom stave. Pri ďalšom zvyšovaní objemu dreva sa početnosť lykožrúta zvyšuje a s veľkou pravdepodobnosťou sa vyvinie do premnoženia tohto škodcu. Kalamity s najväčšou pravdepodobnosťou budú vznikať aj v budúcnosti. Spôsobujú ich najmä abiotické a aj antropické činitele. Výsledný účinok je zväčša synergické pôsobenie určitej kombinácie činiteľov. KODRÍK (2003) uvádza, že od r. 1870 sa kalamity opakujú a intervaly medzi nimi sa skracujú. Do r. 1910 bol interval 15–18 rokov, v r. 1911–1950 to bolo 12–15 rokov, 1951–1970 bol interval 5–7 rokov a od r. 1971 sa kalamity vyskytujú už v 4–5-ročných cykloch. Líšia sa len rozsahom, objemom poškodenej drevnej hmoty a samozrejme, príčinou vzniku (KODRÍK 2003).

Medzi odborníkmi je často diskutovaná účinnosť feromónových lapačov. V literatúre nájdeme tvrdenia, že bariérami feromónových lapačov možno odchytiť 30 % populácie *Ips typographus* L. (JAKUŠ, BLAŽENEC 2008). Na druhej strane nachádzame tvrdenia, že aj pri optimálnych podmienkach sú feromónové lapače schopné odchytiť iba malú časť lokálnej populácie *Ips typographus* L. a to okolo 10 %, výnimočne 30 % (WESLIEN, LINDELÖW 1990). Samotná feromónová metóda boja nie je dostatočná, nezlikviduje gradáciu podkôrneho hmyzu.

Feromónové lapače sú maximálne účinné len v miestach s dostatočnou koncentráciou primárnych atraktantov (KNÍŽEK, ZAHRADNÍK 2008). V roku 2007 a 2008 vznikla vetrová a snehová kalamita, ktorá poskytla dostatočné množstvo drevnej hmoty na rozšírenie populácie lykožrúta. Oslnené porastové steny sú vždy miestom zvýšenej koncentrácie tohto škodcu, teda aj keď vznikli skôr ako pred rokom. Spolupôsobenie oslabených stromov, čerstvých pňov, ťažbových zvyškov, vývrátov a zlomov znásobí účinok feromónových lapačov (JAKUŠ, BLAŽENEC 2008). Najvyšší počet odchytených imág sme zaznamenali v roku 2009 (406 700 imág v 43. feromónových lapačoch) čo hlavne spôsobili vetrové kalamity v predošliých rokoch.

PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- GUBKA, A., VAKULA, J., NIKOLOV, CH., GALKO, J., 2012: Výsledky z monitoringu podkôrneho hmyzu. In: Kunca A. (Ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2012, Národné lesnícke centrum vo Zvolene, s. 81–85.
- JAKUŠ R., BLAŽENEC M., 2008: Možnosti a limitácie použitia feromónov a antiatraktantov v ochrane smrekových porastov pred podkôrnym hmyzom. Ekologické metódy ochrany lesa před podkorním hmyzem. Sborník referátů ze semináře. Sekce vědy a výzkumu, Správa NP a CHKO Šumava, Kašperské hory, s. 4–15.

- KNÍŽEK M., ZAHRADNÍK P. 2008: Využití feromonů a feromonových lapačů v ochraně lesa před lýkožroutem smrkovým *Ips typographus* (L.). Ekologické metody ochrany lesa před podkorním hmyzem. Sborník referátů ze semináře. Sekce vědy a výzkumu, Správa NP a CHKO Šumava, Kašperské hory, s. 16–23.
- KODRÍK, J. 2003: Uplatňovanie integrovanej ochrany lesa v zmenených ekologických podmienkach a miera jej efektívnosti. In: Ekologické dôsledky kalamít v lesných porastoch a ich odstraňovanie. Zborník referátov, Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, s. 15–17.
- KUNCA, A. 2009: Ako dnes odolávajú lesy podkôrnemu hmyzu?. Les a letokruhy, časopis lesníkov a majiteľov lesa, 65, s. 7–8.
- KUNCA, A., FINDO, S., GALKO, J., GUBKA, A., KAŠTIER, P., KONÔPKA, B., KONÔPKA, J., LEONTOVÝČ, R., LONGAUE-ROVÁ, V., NIKOLOV, CH., NOVOTNÝ, J., VAKULA, J., ZÚBRIK, M., 2012: Problémy ochrany lesa v roku 2011 a prognóza na rok 2012. In: Kunca A. (Ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2012. Národné lesnícke centrum vo Zvolene, s. 5–11.
- NIKOLOV, CH., GALKO, J., GUBKA, A., KUNCA, A., FERENČÍK, J., KAJBA, M., 2012: Časopriestorová analýza distribúcie podkôrneho hmyzu po vetrovej kalamite z roku 2004 vo Vysokých Tatrách. In: Kunca A. (Ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2012.. Národné lesnícke centrum vo Zvolene, s. 161–165.
- VAKULA, J., GUBKA, A., GALKO, J., VARKONDA, Š., 2012: Aplikácia entomopatogénov do populácií škodcov s využitím feromónových lapačov. In: Kunca A. (Ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2012. Národné lesnícke centrum vo Zvolene, s. 92–96.
- WESLIEN J., LINDELÖW A., 1990: Recapture of marked spruce bark beetles (*Ips typographus*) in pheromone traps using area-wide mass trapping. Canadian Journal of forest research, 20, 11, s. 1786–1790.
-

Adresa autorov:

Doc. Ing. Milan Kodrík, CSc.

Ing. Dominik Krušpán

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta

Masarykova 20

960 53 Zvolen

e-mail: kodrik@tuzvo.sk

**Počty odchytенých imág *Ips typographus* L. v Oraviciach (Západné Tatry)
v období desiatich rokov.**

Abstrakt

Lýkožrút smrekový (*Ips typographus* L.) je najvýznamnejší biotický škodca ihličnatých porastov v stredoeurópskom regióne. Niektorí autori ho považujú za najvýznamnejšieho deštruenta ihličnatých lesov v palearktíckej oblasti. Výskum prebiehal na plochách v lokalite Oravice od roku 2001 do roku 2009. Jeho cieľom bolo zistenie početnosti imág podkôrnika *Ips typographus* L. na plochách. Spolu bolo inštalovaných 414 feromónových lapačov a odchytalo sa 1 615 120 kusov imág *Ips typographus* L.

Kľúčové slová: podkôrniky smreka, *Ips typographus* L., feromónové lapače