

PREBUDOVA LESA VEKOVÝCH TRIED - PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA BUKOVÝ LES VYSOKOŠKOLSKÝ LESNÝ PODNIK ZVOLEN

CONVERSION OF THE AGE-CLASS FOREST - EUROPEAN BEECH, UNIVERSITY FOREST ENTERPRISE ZVOLEN: A CASE STUDY

MILAN SANIGA - JAROSLAV VENCURIK✉ - STANISLAV KUCBEL - PETER JALOVIAR - JÁN PITTNER - DENISA SEDMÁKOVÁ

Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: vencurik@tuzvo.sk

ABSTRACT

The subject of the research is to increase the stability of beech forests (*Fagus sylvatica* L.) by transforming them into forests of diameter classes. At the beginning of the experiment, the stands were 80 years old. Their transformation into the selection forest or the mosaic structure begun 24 years ago. The aim of the research was to obtain the information necessary for the design of models of beech selection forest and beech mosaic stand. The analyzed stands had a moderately differentiated height structure at the beginning of the experiment. In the permanent research plots (PRP 1-2) during 24 years of conversion and application of selective thinning and later selective cutting with an intensity of 14–18%, the phase of refinement of the selection structure took place. Based on the data analysis, we derived beech forest model with a target diameter of 50 cm, an optimal volume of 307 m³ ha⁻¹ and a basal area of 27 m² ha⁻¹. The conversion of beech stand on PRP 3 to the mosaic structure resulted in the proposal of the model characterized by the Weibull diameter distribution (target diameter 50 cm, basal area 31 m² ha⁻¹, model stand volume 392 m³ ha⁻¹).

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Kľúčové slová: buk; cyklický model vývoja; výberkový les; mozaikový les

Key words: beech; cyclic development model; selection forest; mosaic forest

ÚVOD

Klimatická zmena významným spôsobom ovplyvňuje ekologickú stabilitu lesných ekosystémov, ktorá sa prejavuje vetrovými kalamitami a dlhotrvajúcim suchom (LAPIN et al. 2008; ŠKVARENINA, VIDA 2009). Limity lesov vekových tried sú pri súčasných globálnych klimatických zmenách jasne zadefinované (SCHÜTZ 2002; PUETTMANN 2011; PUETTMANN et al. 2015). Vnímanie a využívanie lesných ekosystémov ako komplexného adaptívneho systému poskytuje lepšiu alternatívu pre lesy s dominantnou produkčnou funkciou, ochranné lesy a pre zabezpečenie trvale udržateľného lesného hospodárstva (MESSIER et al. 2015). Les vekových tried tvorí 96 % výmery lesov Slovenska (BAVLŠÍK et al. 2013).

Podľa KORPELA et al. (1991) rôzne koncepcie pestovania lesa pri ich praktickom uplatňovaní sa premietajú do hospodárskych spôsobov a ich foriem. V podmienkach Slovenska je dominantný podrostový

hospodársky spôsob. V prvom kroku využíva prirodzenú obnovu ako nástroj striedania generácií porastu na rôzne veľkej ploche – vzniká rúbaň. Prevládajú pásové clonné rúby s krátkou čiastkovou obnovou dobou pri súčasnom priebehu klímy, vysokými stavmi diviachej, ale aj jelenej zveri zabraňujú priradovaniu ďalších obnovných pásov z dôvodu nesplnenia podmienok obnovného zabezpečenia predchádzajúcej rúbane. Okrem nepriradenej geometrizácie vzniknutých rúbání, dochádza v ostávajúcom materskom poraste k jeho fyziologickému oslabeniu a strate na hodnote (SANIGA et al. 2021). Zvlášť akútne je to v typických a holých bučinách skupinách lesných typov *Fagetum typicum*, *Fagetum pauper* (ZLATNÍK 1978) na južných a juhozápadných expozíciách, kde sa už 3 roky stretávame s významným odumieraním korún stromov hlavne bukového materského porastu (SANIGA et al. 2021). Tento hospodársky spôsob má prevahu znakov lineárneho sukcesného modelu hospodárenia. Predĺženie obnovných dôb, vytvorenie viac obnovných prvkov v rôznej fáze ich rozpracovania vytvára

predpoklad rozloženia výšky obnovnej ťažby, čím na dlhšie obdobie dávame čas a priestor každému stromu materského porastu na vystupňovanie jeho rastových a produkčných schopností. Cyklický model je charakteristický absenciou rúbane, vyrovnaným kolísaním porastovej zásoby, neustálou dynamikou prirodzenej obnovy, ktorá zabezpečuje plynulý dorast stromov do kategórie hrubiny (SCHÜTZ 1990; SANIGA et al. 2021). Tento model pracuje pri rovnakej ploche s podstatne významnejším využitím vertikálneho produkčného disponibilného priestoru porastu, s použitím jednotlivého alebo hlúčikového rubu (ABETZ, KLADTKE 2002).

Forma stromová výberkového hospodárskeho spôsobu je považovaná za perspektívny pestovný variant trvalo udržateľného lesa (ZING et al. 1999). Buk ako tienna drevina má ideálne predpoklady pre formovanie tejto porastovej štruktúry. Vhodným typom koncepcie trvalého lesa sú porasty s mozaikovou štruktúrou (SANIGA 2019). Malý vývojový cyklus bukoveho pralesa cez maloplošné disturbancie vytvára mozaikovitú štruktúru a predstavuje cyklický vývojový model. V Badínskome pralesi, ale aj v ďalších pralesoch s dominanciou buka výskum potvrdil maloplošnú štruktúru medzier s existujúcimi prirodzenými zmladeniami a plochou do 5 árov. Prevažná väčšina medzier bola vytvorená odumretím 1–2 stromov hornej vrstvy pralesa. Z hľadiska ich vekovej štruktúry bolo zistené, že medzery vznikajú plynulo a časovo vyrovnane (KUCBEL et al. 2012; SANIGA et al. 2014; JALOVÍAR et al. 2020).

Pestovné systémy, ktoré využívajú cyklický model sú reprezentované výberkovým hospodárskym spôsobom a pestovnou koncepciou mozaikovitých porastov. Pri týchto systémoch hospodárenia presun stromov v jednotlivých hrúbkových triedach cez úrovňový výber prebieha na rôzne veľkých plochách. Výber sa stupňuje na plochách, kde sa začínajú vyskytovať stromy, ktoré dosahujú stanovenú cieľovú hrúbku. Pri ich odoberaní sa vytvárajú predpoklady pre klíčenie, ujímanie, prežívanie a odrastanie semenáčikov následného porastu na ploche hlúčika, resp. menšej skupiny (SCHÜTZ 1990; SANIGA et al. 2021). Čím sú plochy, ktoré dodávajú stromy do kategórie cieľovej hrúbky buka menšie, tým tento cyklický model viac kopíruje vývojový cyklus pralesov (SANIGA et al. 2021). Pri dominantnom zastúpení dreveniny buk (skupiny lesných typov *Fagetum pauper*, *Fagetum typicum*) horná hranica porastovej medzery by nemala prekročiť 4–5 árov (SCHÜTZ 1990). Prechodovým plošným a produkčným modelom je pestovný model mozaikovitých porastov, ktorý predstavuje formu trvale tvorivého lesa. Výber používaný pri tomto pestovnom postupe je jednotlivý, resp. hlúčikový, ktorý je šetrný k lesu a pozitívne vnímaný spoločnosťou (SANIGA 2019).

Buk podľa SCHÜTZA (1990) je drevina so sympodiálnym vetvením vyžadujúca v mladosti prítomnosť jedincov rovnakej výšky vedľa seba s potrebnou hlúčikovou, resp. skupinovú formou obnovy. V ďalšej práci autor tvrdí, že buk má tendenciu v hornej vrstve rozširovať svoju korunu na úkor jej rastu do výšky (SCHÜTZ 1992). Podľa publikácie SCHAEFFER, SCHAEFFER (1951) kvalitnú výberkovú štruktúru v bukových lesoch je možné dosiahnuť len za pomoci zníženia ich zásobovej úrovne, ktorá by v takýchto porastoch nemala prekračovať hranicu 200 až 250 m³ ha⁻¹. Tento produkčný limit potvrdzuje výskum BADOUXA (1949), ktorý zistil, že rovnaké rozmery kmeňa buka potrebujú trikrát toľko priestoru korún v disponibilnom priestore ako jedľa biela (*Abies alba* Mill.), resp. smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.). Z hľadiska ekonomiky bukových výberkových lesov SCHÜTZ (1992) potvrdzuje poznatky KENNELA (1965), že tieto nemôžu dosahovať produkčnú úroveň výberkových lesov tvorených jedľou so smrekom.

Pri prebiehajúcej klimatickej zmene, s ňou súvisiacou ekologickou stabilitou porastov, plnením ich produkčnej a ostatných funkcií sa

bukové výberkové lesy dostávajú do významne vyššieho celkového ekonomického zhodnotenia. Pri drevine buk je dôležitým faktorom ekonomického zhodnotenia kmeňa stanovenie jeho optimálnej hrúbky s prihliadnutím na výskyt nepravého jadra (TORELLI 1984; BAUCH, KOCH 2001; TORELLI 2001; BÜREN 2002; BECKER et al. 2005). Podľa KNOKEHO (2002) existujú pestovné postupy, ktoré vytvárajú dostatočne veľký korunový priestor pre stromy, v dôsledku čoho vedú vyprodukovať hrubé sortimenty za pomerne kratší čas. Výsledky práce RAČKO et al. (2011) potvrdili, že pokiaľ sa buk s dĺžkou koruny väčšou ako polovica výšky stromu nachádza v hornej vrstve výberkového lesa, tak predpoklady na tvorbu nepravého jadra sú nízke.

V súvislosti s uvedenými faktormi je potreba stabilizovať bukove porasty, prostredníctvom prírode blízkeho hospodárenia (PBHL) veľmi dôležitá. Buk je dominantnou drevinou v lesoch Slovenska s podielom viac ako 34 %, pričom rovnorodé bukove porasty v skupinách lesných typov *Fagetum pauper* a *Fagetum typicum* tvoria výmeru 493 641 ha (NLC Zvolen). Legislatíva PBHL vytvára predpoklady pre uplatnenie týchto pestovných koncepcií. Význam a ekologická stabilita bukových porastov, ich pestovné formovanie bola predmetom záujmu viacerých autorov (ŠTEFANČÍK 1984; SCHÜTZ 1989, 1990; GEROLD-BIEHL 1992; KNOKE 1998). Pri uplatňovaní výberkového hospodárskeho spôsobu forma stromová by v bukovom výberkovom lese optimálna porastová zásoba nemala presahovať hodnotu 250 m³ ha⁻¹ (SCHAEFFER, SCHAEFFER 1951). V bukových výberkových lesoch v Langule (Harz) bola rovnováha dosiahnutá pri objeme cca 250 m³ ha⁻¹, kruhovej základni 22 m² ha⁻¹ a pri cieľovej hrúbke cca 70 cm (SCHÜTZ 2006). GEROLD-BIEHL (1992) výskumom stanovili produkčné typy bukoveho výberkového lesa s prihliadnutím na hornú výšku porastu. V bukových výberkových lesoch na produkčne bohatých stanovištiach by optimálna zásoba mala hodnotu do 340 m³ ha⁻¹ s cieľovou hrúbkou d_{1,3} 54 cm (SANIGA 1996). Pre zabezpečenie kvalitných kmeňov buka porovnateľných ako pri podrastovom hospodárskom spôsobe je potrebné zaistiť tvorbu prirodzeného zmladenia v hlúčikoch. Nepravdivosť hlúčikov je potrebné vytvoriť prostredníctvom dôsledného pozitívneho výberu orientovaného na hornú vrstvu porastu (GEROLD-BIEHL 1992).

Prebudova na bukove výberkovú les sa dá ľahšie uskutočniť v bukových, poprípade dubovo-bukových porastoch obnovených maloplošným clonným rubom (skupinový, resp. skupinovitý clonný rub). Obnovná doba by mala byť dlhá 30–40 rokov. Následná výchova porastu by sa realizovala akostnou úrovňovou prebierkou (SANIGA 1996), resp. úrovňovou prebierkou voľnou (ŠTEFANČÍK 1984). Ďalšou pestovnou formou, ktorú možno v praxi lesného hospodárstva použiť je model trvalého dvojvrstvého bukoveho lesa. Tento cyklický model využíva pre svoje pestovné usmerňovanie princípy štrukturalizačnej prebierky, toleranciu buka na svetlo, jeho kvalitovú štruktúru, prírodné podmienky a obrátkový cyklus 60 rokov (LEIMBACHER 1999; REININGER 2000). V legislatíve Slovenska a v lesníckej praxi sa začína uplatňovať koncepcia mozaikovitých porastov, ktorá vychádza z prechodového modelu (SANIGA 2019). Základom sú združené rastové fázy porastu, ktoré sa nachádzajú na malých plochách v záverečnej fáze prebudovy maximálne v rozsahu 0,2 ha. Otázkou, ktorá je kladená zo strany lesníckej praxe je doba, za ktorú sa prestavba rovnorodých bukových porastov uskutoční.

Cieľom príspevku je i) kvantifikácia zmien vybraných ukazovateľov porastovej štruktúry bukoveho výberkového lesa za obdobie prebudovy, ii) verifikácia nastaveného modelu výberkového lesa, iii) kvantifikácia zmien vybraných ukazovateľov porastovej štruktúry bukoveho lesa v prestavbe na mozaikovitú štruktúru a iv) návrh modelu mozaikovej štruktúry pre rovnorodé bukove porasty v skupinách lesných typov *Fagetum pauper* a *Fagetum typicum*.

MATERIÁL A METODIKA

Popis výskumných objektov

Predmetom výskumu sú porasty 513 a 514 b (48°37'S, 19°03'V) na Vysokoškolskom lesnom podniku TU Zvolen. Priemerná ročná teplota v tejto lokalite sa pohybuje v rozpätí 6–7 °C, ročný úhrn zrážok činí 600 mm. Vegetačná doba trvá 170–180 dní. Prestavbu na výberkovú štruktúru reprezentujú 2 trvalé výskumné plochy (ďalej len TVP) s výmerou 50 m × 50 m v poraste 513. Porast 513 má výmeru 7,72 ha, drevinové zloženie buk 76 %, dub zimný 10 %, hrab 4 %, smrek 4 %, jedľa 6 %. Podľa typologickej klasifikácie (ZLATNÍK 1978) sa dielec nachádza na spodnej hranici 4. lesného vegetačného stupňa. Patrí do skupiny lesných typov *Fagetum pauper* nižší stupeň. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 530–540 m n. m. Geologické podložie je tvorené andezitom, prevláda hnedá lesná pôda (kambizem). Expozícia je juhozápadná, sklon 20–25 %. V priebehu výchovy sa v poraste uplatňovala prebierka úrovňová s pozitívnym výberom so silou 14–15 % z porastovej zásoby každých 7–8 rokov. V roku 1992 mal porast vek 85 rokov a priemernú zásobu 376 m³ ha⁻¹. V tomto roku sa v poraste uskutočnila uvoľňovacia prebierka so silou 18,8 % z porastovej zásoby. V poraste boli založené v roku 1996 2 trvalé výskumné plochy (TVP), každá s výmerou 0,25 ha. Výskum na plochách je zameraný na prebudovu bukoveho porastu na les hrúbkových tried (výberkový les) s fókusom na overenie fungovania modelu bukoveho výberkového lesa. Na základe poznatkov (SCHÜTZ 2006) bol nastavený model bukoveho výberkového lesa na mierne vyššiu optimálnu zásobu (307 m³ ha⁻¹) z dôvodu menšej cieľovej hrúbky, ktorá bola pre tento porastový typ stanovená na 50 cm. Za sledované obdobie sa na TVP uskutočnila 3krát výberková prebierka so silou 16,5 %, 17,8 % a 16,1 % z porastovej zásoby.

Porast 514b má výmeru 2,23 ha. Predstavuje modelový príklad prebudovy na mozaikovitú štruktúru. Drevinové zloženie je tvorené bukom (72 %), dubom zimným (16 %), hrabom (4 %) a jedľou (8 %). Na začiatku výskumu mal vek 85 rokov. Zásoba na 1 ha vypočítaná v roku 1996 bola zistená v hodnote 344 m³ ha⁻¹. Nachádza sa v nadmorskej výške 540 až 560 m n. m. Geologické podložie je tvorené andezitom, prevláda hnedá lesná pôda (kambizem). Expozícia je juhozápadná, sklon 10–15 %. V priebehu výchovy sa v poraste uplatňovala prebierka úrovňová s pozitívnym výberom so silou 14–15 % z porastovej zásoby každých 7–8 rokov. Na začiatku výskumu v roku 1996 bol v poraste a na TVP vykonaný individuálny, resp. hlúčikový výber – Polanského hlúčikový rub (POLANSKÝ et al. 1966) so silou 65,2 m³ ha⁻¹ so zámerom urýchliť hrúbkovú a výškovú diferenciaciu porastu, zachovať duby, ktoré sa nachádzali v hrúbkovom rozpätí 32–42 cm, s cieľom ich zachovania pre druhý produkčný cyklus. Realizácia individuálneho, resp. hlúčikového výberu v nasledujúcom období bola zameraná na vytvorenie mozaikoveho porastu. Odoberanie porastovej zásoby bolo uskutočnené 3× so silou 50,6 m³ ha⁻¹, 55,2 m³ ha⁻¹ a 49,8 m³ ha⁻¹. Porast je vekovo a výškovy rozrôznený (10–110 rokov). Predmetom podrobnej analýzy je TVP 3 s rozmermi 50 m × 100 m (výmera 0,5 ha). Predstavuje prakticky rovnorodý bukový porast, kde sa podrobne v stanovených časových intervaloch analyzujú vybrané produkčné, regeneračné charakteristiky, zmena hrúbkovej štruktúry porastu za sledované obdobie s cieľom odvodenia modelu pre mozaikovitú štruktúru v rovnorodých bukových porastoch (skupiny lesných typov *Fagetum pauper*, *Fagetum typicum*).

Metodika merania a vyhodnotenie dátových súborov

Zber dátových súborov

V rokoch 1996, 2004 a 2020 boli na všetkých skúmaných TVP merané hrúbky a výšky stromov s hrúbkou $d_{1,3} > 8$ cm. Na tranzektoch s rozmermi 10 m × 50 m, ktoré sú umiestnené v strede plochy, sa pri stromoch s hrúbkou $d_{1,3} > 2$ cm navyše merali aj ich pozície v ortogonálnom súradnicovom systéme x, y, výšky a výšky nasadenia korún výškomerom SUUNTO a korunové projekcie s uhlovým posunom 90° (x_1-x_4). Evidované tu boli aj jedince prirodzenej obnovy v nasledovných kategóriách: jedince s výškou 21–130 cm (obnova) a jedince s výškou nad 131 cm do hrúbky $d_{1,3}$ 8 cm (dorast). Za účelom vytvorenia pomocného podkladu pre odvodenie modelu mozaikoveho porastu pre rovnorodé bučiny bolo v rokoch 1996 a 2020 vykonané aj celoplošné priemerkovanie porastu 514b.

Analýza dát

Všetky štatistické analýzy boli vykonané v programe STATISTICA® v. 10.0 (StatSoft 2010). Pre vyrovnanie závislosti hrúbky $d_{1,3}$ a výšky stromov bola použitá Michajlovova funkcia (ŠMELKO et al. 2013) s koeficientom determinácie $R^2 = 0,83$. Výšková krivka slúžila následne na kvantifikáciu dolnej (hrúbka $d_{1,3} < 12,0$ cm), strednej (hrúbka $d_{1,3}$ 12,1–20,0 cm) a hornej vrstvy porastov (hrúbka $d_{1,3} > 20,0$ cm). Závislosti medzi objemom korún a kmeňov buka boli vyrovnané regresnými priamkami.

Objem jednotlivých stromov bez kôry bol vypočítaný podľa dvojparametrických rovnic (hrúbka, výška) publikovaných v práci PETRÁŠ, PAJTIK (1991). Využitie produkčného disponibilného rastového priestoru porastu bolo vypočítané ako pomer súčtu objemov korún stromov v jednotlivých porastových vrstvách ku objemu kvádra ohraničeného rozmermi tranjektu a jeho hornou porastovou výškou. Pre stanovenie objemu korún boli použité matematické formuly podľa JURČU (1968). Plošný zápoj porastu bol vypočítaný ako percento sumy korunových projekcií stromov na tranzekte ku jeho ploche (500 m²).

VÝSLEDKY

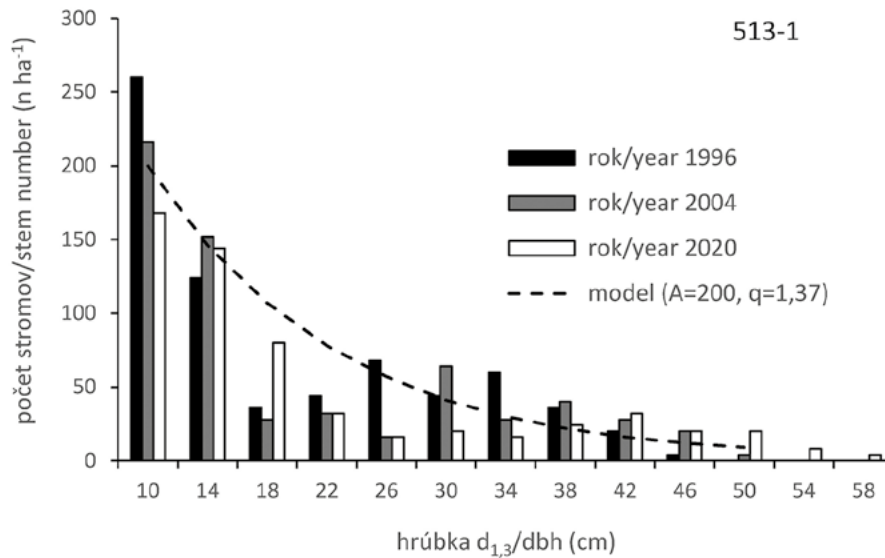
Štruktúra výberkového lesa

V oboch štruktúrach výberkových lesov je plynulá dynamika presunu jedincov v ich dolnej vrstve (obr. 1, 2). Efekt výberkových rubov za obdobie 24 rokov mierne zredukoval hornú vrstvu. Výber bol zameraný hlavne na stromy, ktoré dosiahli hrúbku nad 50 cm. Väčšia sila výberkového rubu na TVP 1 znamenala väčšiu redukciu stromov v hornej vrstve, plynulejší prechod a vyplňovanie strednej vrstvy (tab. 1). Na TVP 2 v dôsledku väčšieho poškodenia stromov hornej vrstvy v hrúbkovom rozpätí 26–34 cm (sanitárny výber 28 %) pri realizácii výberkového rubu sa znížila hodnota využitia rastového priestoru porastu a zvýšil sa počet stromov hornej vrstvy s vyššou hodnotou ako cieľová hrúbka podľa navrhnutého modelu (obr. 2; tab. 1).

Objem hrubiny na TVP 1 na začiatku pokusu bol zredukovalý na 306 m³ ha⁻¹ (tab. 1). V roku 1996 pomocou výberkovej prebierky bola odobratá zásoba 46,5 m³ ha⁻¹. Do roku 2004 sa zásoba výberkového lesa zvýšila na 322 m³ ha⁻¹, resp. na hodnotu 355 m³ ha⁻¹ v roku 2020. Toto zvýšenie zásobovej úrovne sa prejavilo napriek skutočnosti realizácie 2 výberkových rubov so silou 76 m³ ha⁻¹ v roku 2005 a 68 m³ ha⁻¹ v roku 2019. Ruby boli zamerané na uvoľnenie korún kvalitných bukov a odstraňovanie duba v hornej vrstve. Priemerný ročný objemový

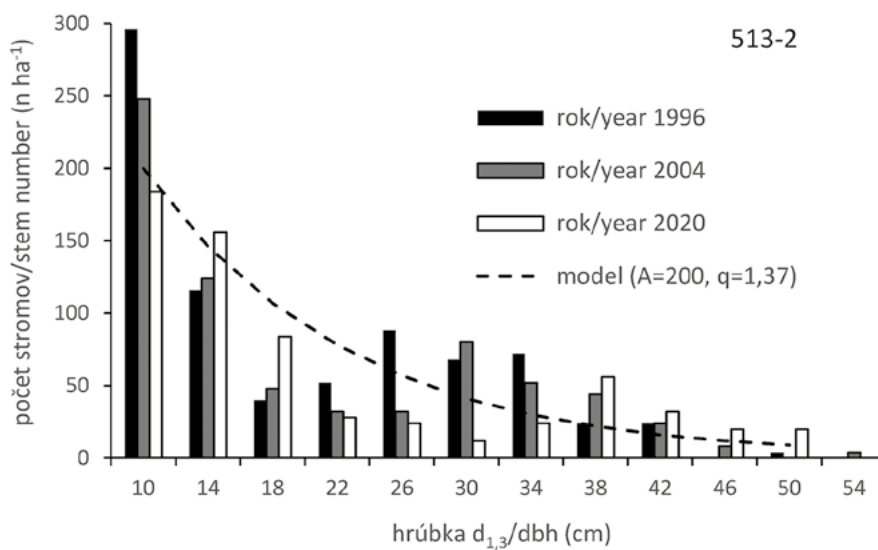
prírastok na TVP mal hodnotu $6,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Kruhovú základňu počas experimentu bola v rozpätí $26\text{--}28 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Tieto produkčné hodnoty sú vyššie ako hodnoty nastaveného modelu. Dominantnou drevinou bol buk s prímiesou duba. Dorast do evidovanej hrúbky $d_{1,3}$ 8 cm bol za sledované obdobie vyrovnaný s hodnotami $620\text{--}640 \text{ ks ha}^{-1}$. Celkové využitie rastového priestoru korunami stromov sa zvýšilo na TVP 1

z hodnoty 22 % na 34 %, na TVP 2 z hodnoty 23 % na 31 %. Najvyšší podiel má horná vrstva, hodnoty v strednej vrstve sa v roku merania 2020 zvýšili na 7 %, resp. 8 %. Koefficienty determinácie analyzované na pokusných plochách potvrdili medzi objemom korún bukov a objemom ich kmeňov veľmi tesnú závislosť ($p < 0,001$) s koeficientom determinácie v rozpätí od 0,77 po 0,91 na TVP 1, resp. od 0,78 po



Obr. 1.
Zmena hrúbkovej štruktúry výberkového lesa za obdobe rokov 1996–2020 v poraste 513 na TVP 1

Fig. 1.
Change of the diameter structure of selection forest on PRP 1 in the compartment 513 in the period of 1996–2020



Obr. 2.
Zmena hrúbkovej štruktúry výberkového lesa za obdobe rokov 1996–2020 v poraste 513 na TVP 2

Fig. 2.
Change of the diameter structure of selection forest on PRP 2 in the compartment 513 in the period of 1996–2020

0,89 na TVP 2. Viac ako 60 % predstavuje vplyv kapacity koruny na rast objemu ich kmeňov (tab. 2). Tento fakt potvrdil, že práca s korunami stromov prakticky vo všetkých vrstvách výberkového lesa s prihliadnutím na kvalitu ich kmeňa je jedno z rozhodujúcich kritérií výberu.

TVP 2 na začiatku experimentu mala objem hrubiny $349 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (tab. 1). V roku 1996 bol vykonaný výberkový rub s odobratím porastovej zásoby $53,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. V roku 2004 objem hrubiny činil $348 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Objem hrubiny v roku 2020 činil $369 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, čo významne prekročuje modelovú zásobu. Priemerný ročný prírastok za sledované obdobie bol $5,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Koncentrácia objemu hrubiny je hlavne v hrúbkových stupňoch 38–50 cm. Posledný výberkový rub bol uskutočnený v roku 2019 so silou $64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Pestovný program bol podobný ako na TVP 1. Pestovné zásahy boli zamerané na uvoľnenie korún kvalitných bukov a odstraňovanie duba v hornej vrstve. Rozbor produkčných ukazovateľov v roku 2020 potvrdil priemerný ročný objemový

Tab. 2.

Korelačné koeficienty závislostí medzi objemom korún a objemom kmeňov buka

Correlation coefficients of the relationships between crown volume and stem volume of beech

Rok ¹	Dielec ² 513-1	Dielec ² 513-2	Dielec ² 514-3
1996	0,88***	0,78***	0,83***
2004	0,91***	0,89***	0,84***
2020	0,77***	0,79***	0,81***

¹Year, ²Compartment

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Tab. 1.

Porastové charakteristiky a prirodzená obnova v období rokov 1996–2020
Stand characteristics and natural regeneration in period 1996–2020

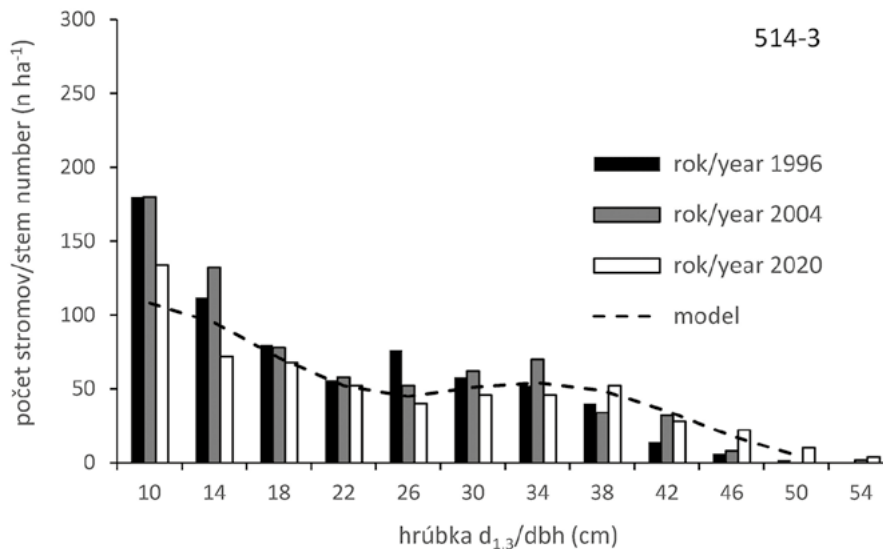
	Dielec ¹ 513-1				Dielec ¹ 513-2				Dielec ¹ 514-3			
	1996	2004	2020	Model ²	1996	2004	2020	Model ²	1996	2004	2020	Model ²
Stromy (hrúbka $d_{1,3} > 8 \text{ cm}$)³												
Početnosť (ks ha ⁻¹) ⁴	696	628	584	717	784	696	640	717	676	708	574	602
Buk/dub/ostatné (%) ⁵	91/9/0	89/7/4	92/2/6		86/11/3	85/11/4	91/5/4		86/11/3	89/8/3	90/7/3	
Horná vrstva (%) ⁶	37	34	29		38	36	29		27	25	23	
Stredná vrstva (%) ⁷	23	29	38		20	25	38		28	30	24	
Dolná vrstva (%) ⁸	40	37	33		42	40	34		45	45	52	
Kruhovú základňu (m ² ha ⁻¹) ⁹	26	26	28	27	30	29	29	27	28	30	32	31
Buk/dub/ostatné (%) ⁵	86/13/1	88/11/1	93/5/2		80/18/2	81/16/33	86/10/4		83/14/346	85/12/3	86/11/3	
Zásoba (m ³ ha ⁻¹) ¹⁰	306	322	355	307	349	348	369	307	329	374	403	392
Buk/dub/ostatné (%) ⁵	86/13/1	89/10/1	94/5/1		80/19/1	81/16/3	86/10/4		82/15/3	84/13/3	85/11/3	
Dorast (hrúbka $d_{1,3} \leq 8 \text{ cm}$)¹¹												
Početnosť (ks ha ⁻¹) ⁴		620	640	640	460	380	420		640	200	540	
Buk/dub/ostatné (%) ⁵		94/0/6	99/0/1	100/0/0	91/0/9	95/0/5	100/0/0		97/3/0	100/0/0	100/0/0	
Obnova (výška 20–130 cm)¹²												
Početnosť (ks ha ⁻¹) ⁴		340	3 400	7 560	240	2 700	7920		80	9 840	3 420	
Buk/dub/ostatné (%) ⁵		88/0/12	100/0/0	100/0/0	100/0/0	99/0/1	100/0/0		100/0/0	100/0/0	100/0/0	
Využitie rastového priestoru celkom (%)¹³												
Horná vrstva (%) ⁵		22	29	34	23	37	31		38	39	44	
Stredná vrstva (%) ⁶		15	20	21	15	27	18		23	25	29	
Dolná vrstva (%) ⁷		3	5	7	3	3	8		11	10	11	
Dolná vrstva (%) ⁷		4	4	6	5	7	5		4	4	4	
Plošný zápoj (%) ¹⁴		179	164	181	227	207	172		261	253	242	

¹Compartment, ²Model, ³Stems (dbh > 8 cm), ⁴Stem density, ⁵Beech/oak/others, ⁶Upper tree layer, ⁷Middle tree layer, ⁸Lower tree layer, ⁹Basal area, ¹⁰Stand volume, ¹¹Ingrowth (dbh < 8 cm), ¹²Regeneration (height 20–130 cm), ¹³Total growing space utilization, ¹⁴Canopy cover

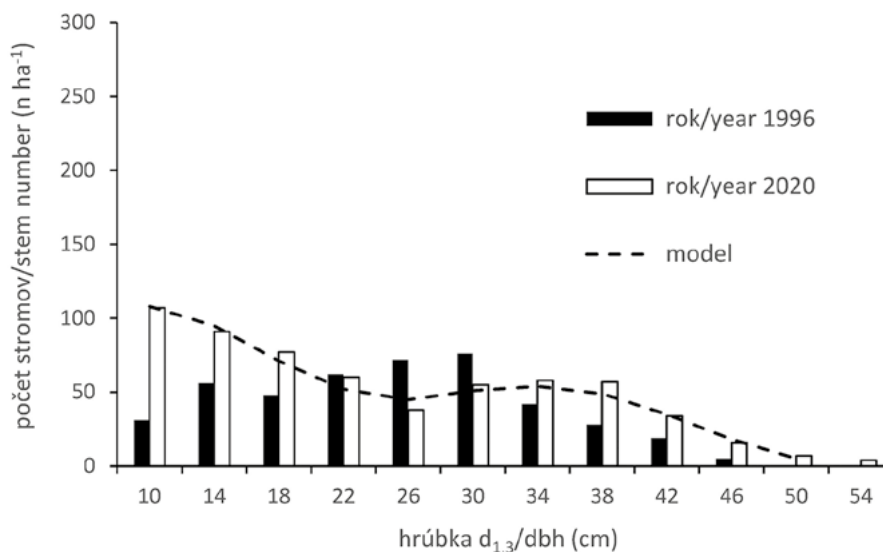
prírastok bukového výberkového lesa v tejto skupine lesných typov na úrovni $6,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Regeneračné procesy sú v dobrej dynamike, s menším počtom stromov dorastu. Produkčné využitie rastového priestoru porastu dosahuje hodnôt väčších ako 30 %, podobne ako na TVP 1 s dominanciou v hornej vrstve, s postupným zlepšením parametrov v dolnej a strednej vrstve (tab. 1).

Štruktúra mozaikového porastu

V poraste 514b aj na TVP 3 sa od roku 1995 uskutočňoval podľa pestovnej koncepcie mozaikových porastov individuálny, resp. hlúčikový výber zameraný na vystupňovanie kvality vybraných kmeňov úrovňových stromov buka, zlepšenie prírastkových schopností duba s nerov-



Obr. 3. Zmena hrúbkovej štruktúry lesa v prebudove na mozaikový štruktúru za obdobe rokov 1996–2020 v poraste 514 b na TVP 3
Fig. 3. Change of the diameter structure of forest in conversion to mosaic structure on PRP 3 in the compartment 514b in the period of 1996–2020



Obr. 4. Zmena hrúbkovej štruktúry v poraste 514 b za obdobe 24 rokov a model Weibullovoho rozdelenia
Fig. 4. Change of the diameter structure in the compartment 514b over a period of 24 years and the model of Weibull distribution

nomernou silou na ploche porastu so zámerom nástupu maloplošnej nepravidelnej prirodzenej obnovy (obr. 3, 4). Cieľom výberu bolo vystupňovanie hodnotovej produkcie na elitných stromoch buka, podpora jeho prirodzenej obnovy, zabezpečenie jedincov duba zimného a jedle bielej so zámerom ich ponechania do druhej generácie porastu a postupné vytvorenie mozaikovej štruktúry (obr. 3).

Pri procese prebudovy za obdobie 24 rokov sa štruktúra TVP dostala do fázy, kedy hustota dolnej a čiastočne strednej vrstvy je vysoká, dorast sa stabilizuje a regeneračné procesy čiastočne spomaľujú (obr. 3; tab. 1). Na TVP bolo zistené najvyššie vyplnenie rastového priestoru korunami stromov (44 %). Za celé sledované obdobie sa na TVP odobrala zásoba $151,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Priemerný ročný objemový prírastok bol $6,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Podľa Weibulovho rozdelenia pri cieľovej hrúbke buka 50 cm možno počítať s kruhovou základňou $31 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ a zásobovou úrovňou $391,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Štruktúra celého porastu na začiatku prestavby v roku 1996 mala ľavostranne asymetrické rozdelenie hrúbkových početností. Za sledované obdobie sa hrúbková štruktúra významne zmenila na dvojvrcholové a pomerne tesne koinciduje s Weibulovým hrúbkovým rozdelením (obr. 4). Na začiatku experimentu bolo z porastu odobratých $68,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ s reálnou zásobou $295,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Súčasná zásoba porastu je na úrovni $425,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Ročný objemový prírastok sa pohybuje v rozpätí $7,7\text{--}8,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Za obdobie posledných 10 rokov bola z porastu odobratá porastová zásoba na úrovni $104,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Zásoba porastu v porovnaní od optimálnej zásoby bukového výberkového lesa je o 35 % vyššia. Produkčné využitie rastového priestoru korunami stromov buka je pri mozaikovej štruktúre vyššie, hlavne v hornej vrstve porastu (tab. 1). Podobný poznatok sa potvrdil pri testovaní závislosti medzi objemom korún bukov a objemom ich kmeňov (tab. 2).

DISKUSIA

Stanovenie cieľovej hrúbky na 50 cm v bukových porastoch lesa hrúbkových tried je limitované okrem genetiky, veku, zdravotného stavu a fyziologickej aktivity aj tvorbou nepravého jadra (BAUCH, KOCH 2001; BÜREN 2002). Pokusné plochy výberkového lesa v tomto poraste boli z pohľadu tvorby nepravého jadra zhodnotené v práci RAČKO et al. (2011). Výsledky potvrdili nepatrný podiel (7 %) nepravého jadra pri hrúbke buka $d_{1,3} = 50 \text{ cm}$. Pokusné plochy sa nachádzajú vo fáze zjemnenia výberkovej štruktúry (SCHÜTZ 1992). Pri analýze optimálnej zásoby bukových výberkových lesov bol model stanovený na hodnotu $307 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, ktorá bola na oboch TVP prekročená o $50\text{--}60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, pričom regeneračné procesy a dorast do hrúbkovej triedy $d_{1,3} 8 \text{ cm}$ prebiehali uspokojivo. Tento model úzko korešponduje so závermi práce JAWORSKI, KOŁODZIEJ (2004), kde výsledky bukových výberkových lesov v orografickom celku Bieszczady dávajú podobné parametre výberkovej štruktúry lesa a dynamiky prirodzenej obnovy. Produkčná úroveň našich výberkových lesov je v rozpätí datových údajov HESSENMÖLLERA et al. (2018), ktorí zhodnotili 2150 pokusných plôch bukových výberkových lesov v Heinichu. Ich výsledky potvrdili zásobu výberkových lesov v rozpätí od 296 do $388 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ pri cieľovej hrúbke od 66 do 70 cm, s ročným objemovým prírastkom medzi $6,7\text{--}7,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Ich zásoba bola o 30 % nižšia ako v bukovom lese vekových tried. Výsledky SCHÜTZA (2006) počítajú s optimálnou zásobou do $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, pričom autor stanovil cieľovú hrúbku na 70 cm. Autor poznamenáva, že buky vo výberkovej štruktúre potrebujú významne väčšiu rastovú plochu, čo spôsobuje pokles zásoby porastu. GEROLD-BIEHL (1992) uvažujú s podobnými produkčnými hodnotami pri hornej výške porastu viac ako 28 m s dynamikou prirodzenej obnovy, ktorá podobne ako potvrdili naše výsledky zabezpečuje plynulý dorast do dolnej vrstvy výberkového lesa.

Mozaiková štruktúra porastov listnatých drevín, hlavne buka, je výsledkom koncepcie prírode blízkeho pestovania lesov (BRANG et al. 2014). V súčasnosti na Slovensku prevláda les vekových tried. Tento typ lesa bude ešte dlhé obdobie dominantný. Jeho postupná konverzia na mozaikovú štruktúru sa musí začať hlavne v mladých 50-ročných porastoch. V týchto porastoch je potreba uvažovať so silnou úrovňovou prebierkou (ŠTEFANČÍK 1984; KORPEL 1988) alebo štrukturalizačnou prebierkou (REININGER 2000). Tieto smerujú pri zvýšení ich sily ku postupnej obnove lesného porastu už vo veku 60–80 rokov s tým, že s časťou materských stromov sa počíta v existujúcej štruktúre počas celej doby prebudovy (SANIGA 2019). Výsledky výskumu prestavby bukového porastu na mozaikovú štruktúru umožnili po 24 rokoch prebudovy získať priestorové parametre, ktoré korešpondujú s maloplošnou štruktúrou porastových medzier s plochou maximálne do 2 árov v skúmaných bukových pralesoch s existujúcim prirodzeným zmladením (SANIGA et al. 2014). Počet a dynamika jedincov prirodzenej obnovy, ktoré sa zabezpečili pri uplatnení tohto výberu je vyšší ako pri skupinových clonných obnovných ruboch použitých v bukových porastoch (KORPEL 1978; COLLET et al. 2001; BARNÁ, JARČUŠKA 2011). Cyklický model mozaikových bukových porastov pestovne pracuje s individuálnym, resp. hlúčikovým výberom zameraným na kvalitu, zvýšenie štruktúrnej diverzity a permanentné regeneračné procesy (REININGER 2000). Podobný poznatok bol zistený v bukových pralesoch, kde prevažná väčšina medzier bola vytvorená odumretím 1–2 stromov hornej vrstvy pralesa, čo v rovine pestovnej transformácie predstavuje hlúčikový výber. Štruktúra bukových pralesov v štádiu rozpadu a na začiatku štádia dorastania má Weibulové rozdelenie hrúbkových početností. Po ich časovej transformácii môže toto rozdelenie slúžiť ako vzor pre odštiepenie modelu štruktúry mozaikových porastov (KUCBEL et al. 2012; SANIGA et al. 2014; JALOVIAK et al. 2020).

ZÁVER

Buk lesný je dominantnou drevinou lesov Slovenska so zastúpením viac ako 34 % (Zelená správa za rok 2020). Rovnorodé bukové porasty na Slovensku majú výmeru 493 641 ha (NLC Zvolen), čo činí skoro 25 % výmery lesov. Nová legislatíva (zákon č. 326/2005 Z. z. o lesoch a vyhláška o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa č. 453/2006) zavádza ustanovenia, ktoré sa týkajú podrobností o uplatnení prírode blízkeho hospodárenia v lesoch, prebudove lesa na prírode blízke hospodárenie. Pestovný koncept mozaikových a výberkových porastov je v tejto legislatíve explicitne definovaný. Experiment s týmto zameraním bol realizovaný v rovnorodých bukových porastoch, ktoré patria do kategórie lesa vekových tried. Cieľom experimentu bolo za obdobie 24 rokov postupné vytvorenie výberkovej, resp. mozaikovej štruktúry a získanie základných informácií o týchto rámcových modeloch lesa hrúbkových tried. Doba prebudovy pri uplatňovaní výberkovej prebierky, neskoršie výberkového rubu so stanovenou silou 14–18 % vytvorila na skúmaných výskumných plochách fázu zjemnenia výberkovej štruktúry. Analýzou dátových súborov bol odvodený model bukového výberkového lesa s cieľovou hrúbkou 50 cm, optimálnou zásobou $307 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a kruhovou základňou $27 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Výskum potvrdil, že vyššia zásoba o $40\text{--}50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ neznamena významnú poruchu vo výškových presunoch stromov a regeneračných procesoch. Experiment prestavby bukového porastu na mozaikovú štruktúru na základe dát z celého porastu a pokusnej plochy umožnil vytvoriť model charakterizovaný Weibulovým rozdelením hrúbkovej štruktúry. Tento model je charakterizovaný parametrami, cieľovou hrúbkou buka 50 cm, kruhovou základňou $31 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ a modelovou zásobou $390 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Navrhnuté cyklické modely hospodárenia majú reálne uplatnenie v rovnorodých bukových porastoch lesov Sloven-

ska, resp. bukových lesoch Európy podobnej typologickej klasifikácie. V lesoch Slovenska sa budú využívať v komplexoch rovnorodých bukových porastov skupín lesných typov *Fagetum typicum* a *Fagetum pauper* objektov Pro Silva.

Podakovanie:

Tento príspevok vznikol vďaka podpore projektov VEGA 1/0606/22, APVV-21-0199 a APVV-18-0195.

LITERATÚRA

- ABETZ P., KLADTKE J. 2002. The target tree management system. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 121: 73–82. DOI: 10.1046/j.1439-0337.2002.00073.x
- BADOUX E. 1949. L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. Mitteilungen Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 26: 9–58.
- BARNA M., JARČUŠKA B. 2011. Prírodná obnova buka. In: Barna M. et al. (eds.): Buk a bukové ekosystémy Slovenska. Bratislava, Veda: 227–248.
- BAUCH J., KOCH G. 2001. Biologische und chemische Untersuchungen über Holzverfärbungen der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) und Möglichkeiten vorbeugender Massnahmen. Abschlussbericht, Bundesforschungsanstalt für Forst und Holzwirtschaft. Hamburg, Universität Hamburg: 52 s.
- BAVLÍK J., MACHANSKÝ M., RUMAN K., KUČERA J., RIZMAN I., KLIMENT P., SIAKEL P., HATALA N., LICHÝ M., LEPEŇOVÁ H. 2013. Metodika pre trvalo etážové porasty. Zvolen, NLC-ÚHÚL: 97 s.
- BECKER G.U., SEELING U., WERNSDÖRFER H. 2005. Relationship between silvicultural methods and beech wood quality – the German experience. Revue Forestiere Francaise, 57: 227–238.
- BRANG P., SPATHELF P., LARSEN J.B., BAUHUS J., BONČINA A., CHAUVIN C., DRÖSSLER L., GARCIA-GÜEMES C., HEIRI C., KERR G., LEXER M.J., MASON B., MOHREN F., MÜHLETHALER U., NOCENTINI S., SVOBODA M. 2014. Suitability of close-to nature silviculture for adapting temperate European forest to climate change. Forestry, 87: 492–503. DOI: 10.1093/forestry/cpu018
- BÜREN S. VON 2002. Der Farbkern der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in der Schweiz nördlich der Alpen: Untersuchungen über die Verbreitung, die Erkennung am stehenden Baum und die ökonomischen Auswirkungen. Zürich, Schweizerischer Forstverein: 137 s. Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen, 86.
- COLLET C., LANTER O., PARDOS M. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. Annals of Forest Science, 58: 127–134. DOI: 10.1051/forest:2001112
- GEROLD D., BIEHL R. 1992. Vergleich zwischen Buchenplenterwald und Buchenbetriebsklasse. Allgemeine Forstzeitung, 27: 91–94.
- HESSENMÖLLER D., BOURIAUD O., FRITZLAR D., ELSENHANS A.S., SCHULZE E.D. 2018. A silvicultural strategy for managing uneven-aged beech-dominated forests in Thuringia, Germany: a new approach to an old problem. Scandinavian Journal of Forest Research, 33: 668–680. DOI: 10.1080/02827581.2018.1453081
- JALOVÍAR P., SEDMÁKOVÁ D., PITTNER J., JARČUŠKOVÁ DANKOVÁ L., KUCBEL S., SEDMÁK R., SANIGA M. 2020. Gap structure and regeneration in the mixed old-growth forests of National nature reserve Sitno, Slovakia. Forests, 11. DOI 10.3390/f11010081
- JAWORSKI A., KOŁODZIEJ Z. 2004. Beech (*Fagus sylvatica* L.) forests of a selection structure in the Bieszczady Mountains (southeastern Poland). Journal of Forest Science, 50: 301–312.
- JURČA J. 1968. Pěstební analytika. Praha, SPN: 302 s.
- KENNEL R. 1965. Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche in Rein- und Mischbestand. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 136: 149–161, 73–189.
- KNOKE T. 1998. Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald – zur Forstbetriebsplanung ein ungleichaltrigen Wäldern. München, Frank: 182 s. Forstliche Forschungsberichte München, 170.
- KNOKE T. 2002. Value of complete information on red heartwood formation in beech (*Fagus sylvatica* L.). Silva Fennica, 36: 841–851.
- KORPEL Š. 1978. Začiatkové fázy prirodzenej obnovy bukových porastov. In: Pestovanie a produkcia buka. Bratislava, Príroda: 109–141. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 27.
- KORPEL Š. 1988. Dynamika rastu a vývoja bukových porastov vo fáze mladiny a žrdoviny vplyvom pestovnej techniky. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 30: 9–38.
- KORPEL Š. et al. 1991. Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda: 464 s.
- KUCBEL S., SANIGA M., JALOVÍAR P., VENCURIK J. 2012. Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of northwestern Carpathians: A 40-years perspective. Forest Ecology and Management, 264: 125–133. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.10.011
- LAPIN M., DAMBORSKÁ I., DRINKA R., FAŠKO P., GAÁL L., MELO M. 2008. Úvod k scénárom extrémnych poveternostných situácií a vybrané výsledky spracovania. In: Lapin, M., Nejedlík, P. (ed.): Dôsledky klimatickej zmeny a adaptačné opatrenia. Bratislava, MŽP SR: 9–13. Publikácia Národného klimatického programu Slovenskej republiky, 12/08.
- LEIMBACHER W. 1999. Der Stadwald Bilach. Naturgemässe Waldwirtschaft. Schaufhasen, Naturforschende Gesellschaft: 45 s.
- MESSIER C., PUETTMANN K., CHADZON R., ANDERSON K.P., ANGERS V.A., BROTNOS L., FILOTAS E., TITTLER R., PARROT L., LEVIN S.A. 2015. From management to stewardship: viewing forests as complex adaptive systems in an uncertain world. Conservation Letters, 8: 368–377. DOI: 10.1111/conl.12156
- PETRAŠ R., PAJTÍK J. 1991. Sústava československých objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, 37: 49–56.
- POLANSKÝ B., ČÍŽEK J., JURČA J., MEZERA A., VYSKOT M. 1966. Pěstění lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 514 s.
- PUETTMANN K.J. 2011. Silvicultural challenges and options in the context of global change: “simple” fixes and opportunities for new management approaches. Journal of Forestry, 109: 321–331. DOI: 10.1093/jof/109.6.321
- PUETTMANN K.J., WILSON S.M., BAKER S.C., DONOSO P.J., DRÖSSLER L., AMENTE G., HARVEY B.D., KNOKE T., LU Y., NOCENTINI S., PUTZ F.E., YOSHIDA T., BAUHUS J. 2015. Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management – what limits global adoption? Forest Ecosystems, 2: 8–16. DOI: 10.1186/s40663-015-0031-x

- RAČKO V., SANIGA M., ČUNDERLÍK I. 2011. The impact of silvicultural treatments on the structure and red heart formation in beech forest. *Šumarski list*, 9–10: 437–448.
- REININGER H. 2000. *Das Plenterprinzip oder der Überführung des Altersklassenwaldes*. Graz, Stocker: 238 s.
- SANIGA M. 1996. Štruktúra zmiešaného lesa s prevahou buka v prebudovaní na výberkový les. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 42: 113–123.
- SANIGA M., BUGOŠOVÁ L., KUCBEL S., JALOVIAK P., PITTNER J. 2014. Štruktúra, distribúcia dendromasy, disturbančný režim a regeneračné procesy bukoveho pralesa NPR Rožok (30 ročná štúdia). Zvolen, TU vo Zvolene: 61 s.
- SANIGA M. 2019. *Pestovanie lesa*. Učebnica ES. Zvolen, TU vo Zvolene: 331 s.
- SANIGA M., KUCBEL S., JALOVIAK P. 2021. Disturbančný režim a temporárne zmeny zastúpenia drevín – ich vplyv na hrúbkovú štruktúru vo vývojovom cykle Badínského a Dobročského pralesa. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 60 s.
- SCHAEFFER L., SCHAEFFER A. 1951. Amélioration des taillis sous futaie. *Revue forestière française*, 3: 538–551.
- SCHÜTZ J-P. 1989. *Der Plenterbetrieb*. Zürich, ETH Zürich: 54 s.
- SCHÜTZ J-P. 1990. *Sylviculture I. Principes d'éducation des forêts*. Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes: 243 s.
- SCHÜTZ J-P. 1992. Die waldbauliche Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 143: 442–460.
- SCHÜTZ J-P. 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry*, 75: 329–337. DOI: 10.1093/forestry/75.4.329
- SCHÜTZ J-P. 2006. Modelling the demographic sustainability of pure beech plenter forests in Eastern Germany. *Annals of Forest Science*, 63: 93–100. DOI: 10.1051/forest:2005101
- StatSoft Inc. 2010. *Electronic statistics text-book*. Tulsa, OK, USA. [on-line] URL: <http://www.statsoft.com/textbook>
- ŠKVARENINA J., VIDA T. 2009. Metodologické aspekty hodnotenia sucha a rizika lesných požiarov v meniacich sa podmienkach klímy na Slovensku. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 51: 17–33.
- ŠMELKO Š., SCHEER L., FEKETE J. 2013. Výškové krivky drevín v zmiešaných a bohato štrukturovaných porastoch. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 55: 129–144.
- ŠTEFANČÍK L. 1984. Úrovňová voľná prebierka – metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selekčnej výchovy bukových porastov. *Vedecké práce VÚLH vo Zvolene*, 34: 69–112.
- TORELLI N. 1984. The ecology of discolored wood as illustrated by beech (*Fagus sylvatica* L.). *Iawa Bulletin*, 5: 121–127.
- TORELLI N. 2001. Response of trees to deep and superficial wounds as illustrated by beech (*Fagus sylvatica* L.) with particular emphasis on aetiology and ecology of wound initiated discoloured wood (“red heart”). A review. *Gozdarski Vestnik* 59: 85–94.
- Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky 453/2006 Z. o hospodárskej úprave lesov a o ochrane lesa v znení neskorších predpisov.
- Zákon č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov.
- Zelená správa za rok 2020. *Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2020* [on-line]. Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR: 69 s. [cit. 2022-03-28]. Dostupné na/Available on: www.mpsr.sk/zelena-sprava-2021/123
- ZING A., ERNI V., MOHR C. 1999. Selection forests – a concept for sustainable use: 90 years of experience of growth and yield research selection forestry in Switzerland. In: Emmingham W.H. (ed.): *Proceedings of the IUFRO interdisciplinary uneven-aged management symposium: Corvallis, Forest Research Laboratory, Oregon State University*: 415–434.
- ZLATNÍK A. 1978. *Lesnícká fytoecologie*. Praha, SZN: 495 s.

CONVERSION OF THE AGE-CLASS FOREST - EUROPEAN BEECH, UNIVERSITY FOREST ENTERPRISE ZVOLEN: A CASE STUDY

SUMMARY

Climate change has significantly reduced the ecological stability of beech forests. One of the optimal solutions is their transformation into the forests diameter classes. In the study we analyzed the structural changes of the pure beech forest (groups of forest types of *Fagetum pauper* and *Fagetum typicum*) during its transformation into a forest with a selective and mosaic structure over a period of 24 years at the University forest enterprise Zvolen (Slovakia). We focused mainly on: (1) quantification of changes in forest structure selection indicators during the conversion period, (2) verification of selection structure model, (3) quantification of changes in selected structural indicators during conversion to the mosaic structure, and (4) design of the mosaic structure model for pure beech forests. Field data for the study of selection structure model were collected on two permanent research plots (PRP 1-2) with an area of 0.25 ha in 1996, 2004 and 2020. PRP 1-2 was established in part of stand 513, which represents a transfer into the selection structure. The conversion was driven by selection thinning and selection cutting. The transformation to a mosaic structure was investigated in the stand 514b and PRP 3 with an area of 0.50 ha. The conversion was guided by individual selection and small group selection.

We measured the height of trees with a diameter at the breast height (dbh) over 8 cm on each research plot. The positions of the trees in the x, y orthogonal coordinate system with dbh over 2 cm were also measured on 10 m × 50 m transects located in the middle of the PRP. Subsequently, the heights of the trees and the lengths of their crowns were measured and four crown radii perpendicular to each other (x1-x4) were measured. Individuals of natural regeneration were divided into two categories: individuals with a height of 21–130 cm (regeneration) and individuals with a height of 131 cm to dbh ≤ 8 cm (ingrowth). The aim was to create an objective data set for deriving a mosaic stand model. Two complete calibration periods of measuring tree thickness with dbh over 8 cm were performed in 514b in 1996 and 2020.

The selection beech forest model was adjusted to an optimal stand volume of 307 m³ ha⁻¹ and a target dbh of 50 cm according to production and restoration characteristics. Sufficient dynamics of natural regeneration and ingrowth were confirmed in both selected forest structures PRP (Tab. 4; Fig. 1 and 2). The effect of selection thinning and cutting applied over 24 years slightly reduced the top layer. The selection was focused mainly on stems that reached a diameter of more than 50 cm. The higher intensity of the selection cutting on PRP 1 caused a stronger reduction of the upper layer trees and a gradual ingrowth into the middle layer (Tab. 1).

Since 1996 the stands 514b and PRP 3 have been the subjects where the individual and small group selection according to the mosaic forestry concept was used. The selection was focused on increasing the quality structure of beech trunks and supporting the emergence of small-scale irregular natural regeneration (Tab. 1; Fig. 3 and 4). After 24 years of the transformation process, the structure of PRP 3 entered a phase with a high density of the lower and partially middle layer and gradual slowing down of regeneration processes (Fig. 3; Tab. 1). At the PRP, we recorded the highest use of forest space by treetops (44%). The total volume extracted for the observed period at the PRP was 151.5 m³ ha⁻¹ and the average annual volume increase was 6.1 m³ ha⁻¹. According to the Weibull diameter distribution, which represents the model for the mosaic structure the target diameter of beech 50 cm, basal area reaches 31 m² ha⁻¹ and model stand volume 392 m³ ha⁻¹. The whole stand had a left-angled distribution of the average at the beginning of the transformation (1996). During the observed period (24 years), the structure of the average changed significantly to the bimodal type and fits relatively strongly into the Weibull diameter distribution (Fig. 4). The research confirmed that this type of diameter distribution represents a suitable model for creating a mosaic structure of pure beech forests. The proposed model structures create preconditions for significantly higher ecological stability of pure beech forests in Slovakia (in groups of forest types *Fagetum pauper* and *Fagetum typicum*).

Zasláno/Received: 11. 02. 2022

Přijato do tisku/Accepted: 23. 04. 2022