



**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

**64/1
2022**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Vedecký redaktor / Executive editor:
prof. Dr. Mgr. Jaroslav Ďurkovič

Výkonný redaktor / Managing editor:
doc. Ing. Martin Lieskovský, PhD.

Predseda redakčnej rady / Editor in Chief:
prof. h. c. prof. Dr. Ing. Viliam Pichler

Redakčná rada / Editorial board:
prof. 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. Karol Ujházy, PhD.
prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN 64 1/2022

Vydala Technická univerzita, T. G. Masaryka 2117/24, 960 01 Zvolen, IČO 00397440
Vydanie I. – október 2022

Rozsah 67 strán

Náklad 100 výtlačkov

Tlač a grafická úprava: Vydavateľstvo TU vo Zvolene

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 25. 2. 2022, číslo EP 21/2022

Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori a recenzenti.

Periodikum s periodicitou dvakrát ročne.

Evidenčné číslo 3861/09

© Technická univerzita vo Zvolene
ISSN 0231-5785

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

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Michal CHRENEK, Martin JANČO, Peter BORSÁNYI, Helena HLAVATÁ, Jaroslav ŠKVARENINA: Príspevok k zhodnoteniu zimných biometeorologických podmienok habitatov srnčej zveri (<i>Capreolus capreolus</i> L.) v oblasti Biosférickej rezervácie Poľana v rokoch 2003 – 2021	7
Stanislava KRIŠŤÁKOVÁ, Iveta HAJDÚCHOVÁ: DEA model výkonnosti lesných podnikov	23
Juraj ČIPA, Mariana UJHÁZYOVÁ, Karol UJHÁZY: Zmeny rastlinných spoločenstiev bukových lesov na Vihorlate	33
Dominik GRETSCH, Martin LIESKOVSKÝ: Porovnanie výkonnosti akumulátorových prenosných reťazových píl pri záťažovom teste	53

PRÍSPEVOK K ZHODNOTENIU ZIMNÝCH BIOMETEOROLOGICKÝCH PODMIENOK HABITÁTOV SRNČEJ ZVERI (*CAPREOLUS CAPREOLUS* L.) V OBLASTI BIOSFÉRICKEJ REZERVÁCIE POĽANA V ROKOCH 2003 – 2021.

Míchal CHRENEK^{1,2}, Martin JANČO¹, Peter BORSÁNYI³, Helena HLAVATÁ⁴,
Jaroslav ŠKVARENINA⁵

CHRENEK, M., JANČO, M., BORSÁNYI, P., HLAVATÁ, H., ŠKVARENINA, J. : Príspevok k zhodnoteniu zimných biometeorologických podmienok habitatov srnčej zveri (*Capreolus capreolus* L.) v oblasti Biosférickej rezervácie Poľana v rokoch 2003 - 2021.

ABSTRAKT

V tejto práci sa zaoberáme v teoretickej časti problematikou srnčej zveri (*Capreolus capreolus* L.), jej rozšírenia v rámci krajiny, jej spôsobom života a aj jej habitatmi. Pre skúmané lokality, ktoré sa nachádzajú v blízkosti BR Poľany je charakteristická mierne chladná až mierne teplá horská klíma. Na svahoch prevláda studená horská klíma. Pre určenie habitatov srnčej zveri je potrebné poznať charakteristiky, ako sú nadmorská výška, teplota vzduchu a výška snehovej pokrývky. Podľa týchto charakteristík sme dokázali analyzovať zimný index prežívania srnčej zveri (WSI), ktorý sme vybrali pre tri stanice. Stanice sa nachádzajú v nadmorskej výške od 368 až 715 m n. m. Údaje pre stanovenie indexu WSI sme prebrali od staníc SHMÚ. Na základe výsledkov sa konštatuje, že srnčia zver má najvhodnejšie podmienky prežívania v oblasti kotlinového predhoria Poľany. So stúpajúcou nadmorskou výškou klesá teplota vzduchu a rastie množstvo snehových zrážok a hĺbka snehu. V týchto vyšších polohách dosahuje index WSI nepriaznivejšie hodnoty pre prezimovanie.

Kľúčové slová: srnčia zver, zimný index náročnosti, BR Poľana

1 ÚVOD A CIEĽ

Srnčia zver patrí medzi dôležitú súčasť našich lesných a poľných ekosystémov. Počas každého ročného obdobia je jej spôsob života veľmi rozmanitý. Dané ročné obdobie sa odvíja na ich mentalite a schopnosti prežiť. Základ je nájsť si vhodnú potravu, združovať sa, vyhýbať sa nepriaznivým podmienkam prostredia a predátorom a rozmnožovať sa.

V uplynulých desaťročiach sa stávame svedkami nastupujúcej zmeny klímy, markantne sa prejavujúcej nielen otepľovaním, ale aj zmenami v režime zrážok. Najvýraznejšie zmeny sa týkajú podielu zimných zrážok vypadnutých vo forme snehu a zmien extrémnych teplôt

vzduchu. Tieto zmeny ovplyvňujú fungovanie všetkých zložiek lesných ekosystémov, lesnej zveri vrátane. (ŠKVARENINA *a kol.* 2018). V predložennom článku sme sa zamerali na pôsobenie snehových zrážok a teploty vzduchu na prežívanie srnčej zveri počas zimných období. V problematike sa venujeme vplyvu meteorologických faktorov, ktoré pôsobia na srnčiu zver. Medzi tieto faktory patria výška snehu a teplota vzduchu. Jednotlivé skúmané lokality sa nachádzajú v okolí BR Poľana a podľa zistení a vyhodnotení daných parametrov dostali status mierne, resp. ťažké podmienky prežívanie srnčej zveri.

Oblasť Podpoľania a BR Poľany sa radí k významným oblastiam chovu a lovu srnčej zveri, nielen na Slovensku, ale aj v rámci Európy (GOGOLA, 1993; LEHOCKÝ *a kol.*, 2007, VALTÝNI, 2012). Sledované územie sa vyznačuje mimoriadne pestrými prírodnými podmienkami s výškovo premenlivou klímou (HRÍBIK *et al.*, 2009). Vytvára pestré prírodné podmienky pre široké spektrum živočíchov, srnčiu zver nevynímajúc. VALTÝNI (2012) uvádza, že v 50. rokoch minulého storočia v plánoch odstrelu srnčej zveri navrhovaných na jeden rok, bol zohľadňovaný úlovok v niekoľkých predchádzajúcich rokoch, charakter minulej zimy, úroda žaluďov a bukvic, intenzita prikrmovania a zistený úhyn zveri. Tiež ďalej konštatuje, že skutočný stav zveri závisí nielen od úlovku ale najmä od úhynu zveri, ktorý je však ťažko zistiť a spravidla nie je zohľadňovaný, hoci môže ovplyvniť celkovú mortalitu a následne celkový vývoj populácie. Exaktné údaje o úhyne srnčej zveri, zapríčinenom dravou a diviačou zverou, poľnohospodárskymi prácami, nepriaznivým počasím v zime a iným zväčša chýbajú a údaje uvádzané v oficiálnych hláseniach sú len približné odhady.

Cieľom práce je navrhnúť a otestovať klasifikačný systém hodnotenia podmienok zimného prežívania srnčej zveri na princípe modifikovaného kanadského WSI (winter severity index). Ďalej sa príspevok venuje podrobnejšiemu zhodnoteniu konkrétnych podmienok prežívania s využitím indexu WSI v dlhšom časovom rade, a to v zimách 2003/2004 až 2020/2021 v troch výškových zónach sledovaného Biosférickej rezervácie Poľana a jej bezprostredného okolia.

2 PROBLEMATIKA

2.1 Srnčia zver

Srnčia zver patrí medzi najrozšírenejšiu zver v našej prírode. Medzi ideálne životné prostredie, v ktorom sa najčastejšie vyskytuje je krajina so striedajúcimi sa maľoplošnými zmiešanými lesmi s bohatou krovinou etážou, poliami, lúkami a inými otvorenými územiami a ich hranicami. Na Slovensku sa vyskytuje od nížin až po hornú hranicu lesa. Vyskytuje sa aj jej špeciálna poľná forma, ktorá sa väčšinou sústreďuje len na miestach, ktoré sú intenzívne obhospodarované poľnohospodármi (OPHOVEN 2010).

Srnčia zver je v spôsobe života charakteristická tým, že väčšie čriedy vytvára v zime, a to väčšinou len poľné populácie. Čriedu tvoria príbuzne rodiny srna so srnčatami

a v zime sa ku ním pridružujú aj srnce (BAKOŠ *a kol.*, 1988). VALTÝNI (2012) konštatuje, že veľké čriedy v zimnom období spravidla vedie stará srna. Zloženie čriedy nie je stabilné, mení sa, prichádzajú do nej aj cudzie jedince. Na jar sa čriedy rozpadnú, ale niektoré srnce, pôvodom zo vzdialeného okolia zostanú v blízkosti zimných stanovišť, dochádza k prelínaniu populácií, k zvýšeniu ich genetickej variability a heterozygotnosti.

Oblasť Poľany bola v roku 1965 vymenovaná za chránenú poľovnícku oblasť pre jeleniu zver. Táto oblasť sa rozprestiera na ploche 21 000 ha. Poľovnícke obhospodarovanie v záujmovej oblasti zabezpečuje šesť poľovníckych združení (LEHOCKÝ, KURIC, 2007). Na jednej strane srnčia zver poškodzuje nárasty zmladenia lesných drevín, pričom hlavnou poškodzovanou drevinou je jedľa biela (GOGOLA, 1993), na druhej strane, práve v oblasti horských lesov Poľany boli v minulosti ulovené kapitálne trofejové srnce, ktoré uspeli aj na medzinárodných výstavách (VALTÝNI, 2012). KONÔPKA *a kol.* (2012) uvádzajú, že v uplynulých rokoch postupne dochádza k nárastu početnosti jeleňa lesného (*Cervus elaphus* L.) na úkor populácie srnca lesného (*Capreolus capreolus* L.) aj v srnčích poľovných oblastiach (oblasť Poľany a Javoria). V troficky chudobnom prostredí si v čase núdze (v našich podmienkach v zime) oba tieto druhy v potrave vážne konkurujú a silnejšia jelenia zver tak potláča (alebo vytláča) slabšiu srnčiu zver (KONÔPKA *a kol.*, 2015).

2.2 WSI Index

Poveternostné vplyvy, ale hlavne zmeny podnebia predstavujú vážny stresový faktor pre ekosystémy a mnohé druhy zvierat. Viaceré druhy lesnej zveri sú citlivé na poveternostné faktory ťažkých zím. Tieto môžu ovplyvňovať pohyb zvierat, prístup k potrave, mieru reprodukčnej schopnosti, rastie tlak predátorov, ako aj úmrtnosť slabších jedincov daného druhu. Pre štáty Severnej Ameriky bol s využitím údajov o teplote vzduchu a výške snehovej pokrývky vypracovaný index (WSI - winter severity index), ktorý hodnotí vplyv zimy na početnosť a prežívanie zveri (BACCANTE, WOODS, 2010). Tento index určuje mieru účinkov zimného počasia, ktoré vplývajú na prežitie jedincov daného druhu, pre ktorý je tento index prispôsobený. V severnej Kanade je tento index rozpracovaný pre pasrnca bielochového (*Odocoileus virginianus* S.) v oblasti Wisconsinu (BACCANTE, WOODS 2010, SERRANO *et al.*, 2011 *a i.*). Na základe hodnoty WSI indexu sa každoročne vypracováva pre jednotlivé mesiace prehľadová mapa pozorovaného územia. WSI sa vypočíta ako súčet počtu dní, kedy výška snehu alebo minimálna teplota vzduchu dosiahla, alebo prekročila kritickú, limitujúcu hodnotu. Pre pasrnca je limitujúca hodnota výšky snehu 18 palcov (cca. 45 cm) a teplota vzduchu nižšia ako 0 °F, teda -18 °C. SMITH *et al.* (1989) klasifikujú dosiahnuté hodnoty WSI pre zimné prežívanie pasrnca bielochového nasledovne: „mierne“ ak vypočítaný WSI je menší ako 50, „stredné“, ak je medzi 50 a 80, „závažné“, ak je medzi 80 a 100 a „veľmi závažné“, ak WSI prekročí 100. Na našom

území sa tejto problematike venovala Špiaková (2016), pričom WSI bol namodelovaný pre srnčiu zver žijúcu na území Horného Liptova. WSI index si pre každý druh raticovej zveri môže určiť vlastné parametre hodnotenia, vychádzajúce z odlišných podmienok prežívania počas zimných období zvlášť. Dôležité je však poznať ich nepriaznivé podmienky, ktoré spôsobu je práve zimné obdobie. Príklady použitia WSI pre srnčiu zver na Slovensku nájdeme v prácach: ŠPIAKOVÁ (2017; 2019); ŠPIAKOVÁ, Jančo (2017). Práce ukázali silný korelačný vzťah trofejovej kvality srnčej zveri k hodnotám WSI, ako aj k minimálnej teplote vzduchu a snehovej pokrývke.

3 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

3.1 Charakteristika územia

Biosférická rezervácia Poľana sa rozprestiera v centrálnej časti Slovenska, na severovýchodnej strane Slovenského stredohoria, v miestach, kde sa stretáva so Slovenským rudohorím. V rámci týchto oblastí sa lokalizujú aj zlomy, ktoré tieto miesta navzájom oddeľujú. Približne sa zhoduje s geomorfologickým celkom Poľana. Východnú časť územia tvorí geomorfologický celok Veporské vrchy, ktoré patria do Slovenského rudohoria. Súčasná rozloha BR je 20 360 ha. Najvyššiu nadmorskú výšku má vrchol Zadnej Poľany (1457 m n. m.) a najnižšie položený bod (460 m n. m.) je pri horárni Bujačie na južnom okraji územia (MAZÚR, MAZÚROVÁ, 1987). Horský sopečný masív Poľany patrí medzi najzachovalejší masív na území Slovenska a je výsledkom vulkanickej činnosti v období mladších treťohôr a neskôr nasledujúcich modelovacích procesov. Pôsobením týchto procesov vznikol obrovský zložený vulkán, ktorého steny sopky sa prepadli a vznikla rozsiahla kaldera okrúhleho tvaru (lokalita Kyslinky), pôvodne vyplnená jazerom. Zo západného okraja kaldery sa otvára Hrochotská dolina, ktorú rozdeľuje potok Hučava (AMBRÓZ, ORVOŠOVÁ, 2010; HRÍBIK *et al.*, 2009).

V našej práci sme použili meteorologické údaje z troch meteorologických staníc – Vigľaš, Hrochot' a Valaská – Čierny potok. Tieto stanice sú situované v blízkom okolí Poľany a ide o stanice prevádzkované Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ). Každá stanica je svojim umiestnením v sledovanom území reprezentatívna pre určité geomorfologické špecifickú, ktoré sú doplnené o zaradenie stanice do príslušného klimateografického typu v zmysle klasifikácie TARÁBKA (1980) a to nasledovne :

- **Vigľaš (Vigľaš-Pstruša)**, nadmorská výška **368 m**, expozícia – južná, stanica leží v geomorfologickom celku Zvolenská kotlina, predstavuje v mieste umiestnenia stanice rovinatú, stredne členitú pahorkatinu na severe nadväzujúcu na horský masív Poľany. Klimateograficky táto stanica reprezentuje lokality s teplou kotlinovou klimou (s veľkou inverziou teploty vzduchu, mierne suchá až vlhká).

- **Hrochot'** nadmorská výška **652 m**, expozícia severo-západná, stanica leží na svahoch Detvianskeho predhoria, ktoré je geomorfologickým podcelkom Poľany. Podnebie poloha stanice reprezentuje klimageografický typ teplej horskej klímy (s malou inverziou teploty vzduchu, vlhká)
- **Valaská–Čierny potok**, nadmorská výška **715 m**, geomorfologicky spadá do Veporských vrchovabezprostrednesusedís Vysokou Poľanou, ktorá je geomorfologickým podcelkom Poľany. Stanica má severnú expozíciu pri horárni Čierny potok nasútok Čierneho a Kamenistého potoka. Stanica spadá do klimageografického typu chladnej horskej klímy (s malou inverziou teploty vzduchu, vlhká až veľmi vlhká).

3.2 WSI Hodnotenie

Index zimnej závažnosti (WSI) je miera, ktorá pomáha odhadnúť pôsobenie zimného počasia na prežitie zveri. V našom prípade sme pre hodnotenie WSI zvolili Srnca lesného (*Capreolus capreolus*, L.). Hodnotili sme oblasti v blízkosti BR Poľana. Vstupné údaje pre vyhodnotenie indexu boli denná minimálna teplota vzduchu (°C) a denná výška snehovej pokrývky (cm), pre ktoré sa následne pridávali body a zistili sa biometeorologické podmienky prežitia srnčej zveri. Údaje sme prevzali od meteorologických staníc SHMÚ, ktoré sú spomenuté v kapitole 3.2. Hodnotené dáta boli spracované od začiatku zimného obdobia, t.j. od 1.11. do 31.3. v rokoch 2003/2004 až 2020/2021 v dennom kroku podľa metodiky práce ŠPIAKOVÁ (2019).

Ak sa v hodnotenom dni namerala minimálna teplota vzduchu nižšia ako -7,4 °C, deň sa klasifikoval hodnotou 1 bod. Ak sa minimál na teplota vzduchu pohybovala v intervale -7,4 °C až -3 °C, tak sa daný deň klasifikoval hodnotou 0,5 bodu. Ak bola v hodnotenom dni výška snehovej pokrývky vyššia ako 36 cm, tak sa deň klasifikoval hodnotou 1 bod. V prípade, že výška snehovej pokrývky dosahovala 18 cm až 36 cm, tak sa daný deň klasifikoval hodnotou 0,5 bodu. Ak teplota vzduchu dosahovala vyššie hodnoty, ako -7,4 °C a výška snehovej pokrývky bola nižšia ako 18 cm, tak sa danému dňu nepridával žiadny bod (0 bodov). Výsledná denná hodnota WSI predstavovala sumu bodov za minimálnu teplotu a za výšku snehovej pokrývky. Následne sa sčítali dni v mesiaci s pridelenými bodmi WSI. Suma bodov za zimné mesiace (november až marec) sa posúdila podľa kategorizácie prežívania srnčej zveri v danej oblasti v zmysle práce Špiakovej (2019). Kategorizácia predstavovala nasledovné hodnotenie: ak súčet bodov bol menší ako 30, tak zima pre prežitie srnca lesného bola mierna. Stredná, ak rozpätie bodov dosahovalo 30,1 až 60. Ťažká v prípade 60,1 až 90. A veľmi ťažká ak súčet bodov za danú zimu bol vyšší ako 90.

4 VÝSLEDKY

Vo výsledkoch sú vyhodnotené údaje pre prežívanie srnčej zveri v okolí BR Poľany. Údaje sú vyjadrené v tabuľke s minimálnymi teplotami a výškami snehovej pokrývky, ktoré boli vstupnými údajmi na pridelenie bodov pre dané lokality, ktoré sa vyhodnocujú pre index zimnej závažnosti (WSI). Údaje sa vyhodnocovali z troch meteorologických staníc, kde sa tieto veličiny merajú. Sú to Vígľaš, Hrochoť a Valaská – Čierny potok.

Ako uvádzajú napríklad práce VALTÝNI (2012), HERZ (2007) srnčia zver preferuje biotopy na rozhraní poľnohospodárskej a lesnej krajiny a menej vyššie vegetačné stupne. Preto sme pre naše hodnotenie vybrali meteorologické stanice vo výškovom rozpätí 368 až 718 m n. m. v bezprostrednom dosahu okolia CHKO Poľana. Stanica Vígľaš-Pstruša (368 m) vhodne reprezentuje príklad poľnohospodársko-lesnej krajiny. Stanica Hrochoť (652 m) prezentuje nižšie svahové horské polohy Poľany. Lokalita Valaská– Čierny potok (715 m) reprezentuje vyššie horské biotopy srnca hôrneho v oblasti horského masívu Poľany.

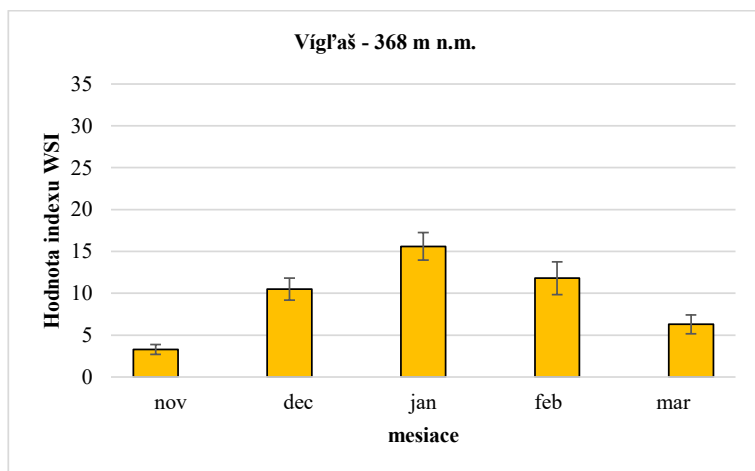
V tab. 1 až 3 podávame podrobný rozbor zimných podmienok ktoré v podobe minimálnej teploty vzduchu a výšky snehovej pokrývky vstupujú do indexu náročnosti zimy pre srnčiu zver (WSI). Tieto údaje môžeme analyzovať či už z hľadiska jednotlivých zím (2003/2004-2020/2021), ako aj z pohľadu jednotlivých zimných mesiacov (XI. – III.). Tým, že sme zvolili tri reprezentatívne a výškovo diferencované meteorologické stanice získavame priestorový obraz o rozložení indexu WSI v oblasti Poľany.

V kotlinovom predhorí Poľany, ktoré je reprezentované meteorologickou stanicou Vígľaš-Pstruša (368 m n. m.). Index WSI dosahuje v priemere za 18 rokov hodnotu 47,4 bodov. Špecifikom tejto polohy, že na hodnotu indexu viac vplyva minimálna teplota, než výška snehovej pokrývky, čo je vzhľadom na nadmorskú výšku, ako aj charakter zím v posledných desaťročiach pochopiteľné. Zaujímavé výsledky podávajú základné štatistické charakteristiky (tab. 1), hlavne charakteristiky variability. Variačný koeficient, ktorý predstavuje relatívnu mieru variability nášho súboru je práve pri stanici Vígľaš najnižší (38,2 %), čo môžeme interpretovať práve vysokým vplyvom minimálnej teploty na hodnotu indexu, čo v tab. 1 vidíme častým výskytom nulových hodnôt „snehovej“ zložky indexu WSI. Na obr. 1 môžeme sledovať priebeh priemernej hodnoty indexu počas celej zimnej sezóny. Priebeh má jednoduchý, jednovrcholový charakter, pričom maximálnu hodnotu má v mesiaci január (15,6 bodov). Z dlhodobého hľadiska (18 rokov) môžeme klímu oblasti kotlinového predhoria Poľany, reprezentovanú stanicou Vígľaš, charakterizovať stredne náročným indexom WSI (obr. 4).

Tab. 1 - Vyhodnotenie indexu náročnosti (WSI) pre srnčiu zver na lokalite Vígľaš-Pstruša (368 m n. m.)

Tab. 1 - Evaluation of the Winter Severity Index (WSI) for roe deer at the station Vígľaš-Pstruša (368 m a.s.l.)

Vígľaš	november			december			január			február			marec			
zima	min t	sneg	WSI	min t	sneg	WSI	min t	sneg	WSI	min t	sneg	WSI	min t	sneg	WSI	WSI SPOLU
2003/2004	2,5	0	2,5	13,5	0	13,5	24	3,5	27,5	9,5	1	10,5	5,5	0	5,5	59,5
2004/2005	2	0	2	9	0	9	14	4	18	22,5	11,5	34	14	8,5	22,5	85,5
2005/2006	5,5	0	5,5	14	0,5	14,5	24,5	2	26,5	18,5	1,5	20	11,5	0	11,5	78
2006/2007	1	0	1	10,5	0	10,5	6	0	6	2	0	2	3	0	3	22,5
2007/2008	4,5	0	4,5	17,5	0	17,5	12	0	12	9,5	0	9,5	3	0	3	46,5
2008/2009	4	0	4	6,5	0	6,5	16,5	0	16,5	12	0	12	10	0	10	49
2009/2010	0	0	9	9	0	9	15,5	0	15,5	11,5	0	11,5	5	0	5	50
2010/2011	2,5	0	2,5	19,5	1,5	21	14,5	0	14,5	12	0	12	4,5	0	4,5	54,5
2011/2012	8	0	8	7,5	0	7,5	13,5	0	13,5	20,5	1,5	22	6	0	6	57
2012/2013	0	0	0	18,5	0	18,5	17	4	21	9	10,5	19,5	5,5	1	6,5	65,5
2013/2014	1,5	0	1,5	5	0	5	4,5	0	4,5	2,5	0	2,5	1	0	1	14,5
2014/2015	0	0	0	4,5	0	4,5	7	0	7	18,5	0	18,5	5	0	5	35
2015/2016	5	0	5	1,5	0	1,5	17,5	0	17,5	1	0	1	3,5	0	3,5	28,5
2016/2017	3,5	0	3,5	17	0	17	28	0	28	5	0	5	3	0	3	56,5
2017/2018	1,5	0,5	2	11,5	2	13,5	6,5	0	6,5	12	0	12	8	0	8	42
2018/2019	4,5	0	4,5	10	0	10	20	0	20	9	0	9	2	0	2	45,5
2019/2020	0,5	0	0,5	7,5	0	7,5	14,5	0	14,5	2	0	2	3,5	0	3,5	28
2020/2021	2,5	0	2,5	2	0	2	11,5	0	11,5	9,5	0	9,5	9	0	9	34,5
ar. priemer			3,3			10,5			15,6			11,8			6,3	47,4
medián			2,5			9,5			15,0			11,0			5,0	47,8
min			0,0			1,5			4,5			1,0			1,0	14,5
max			9,0			21,0			28,0			34,0			22,5	85,5
sm odchýlka			2,5			5,6			7,0			8,3			4,8	18,1
var. koeficient			75,8			53,2			44,9			70,0			76,9	38,2



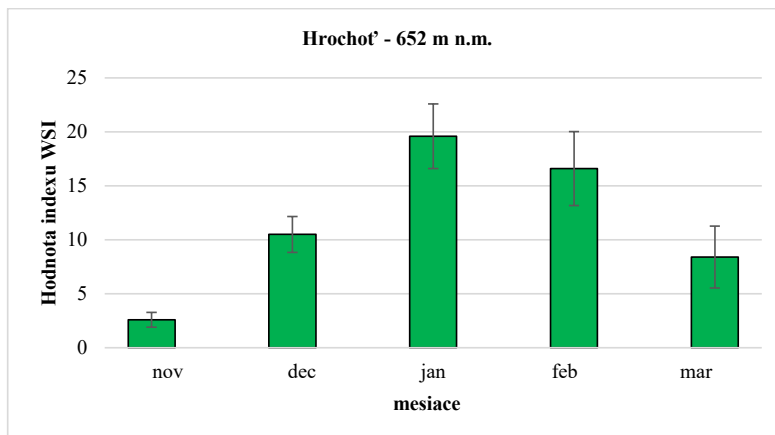
Obr. 1 - Priebeh priemerných hodnôt indexu WSI (2003-2021) pre sledované mesiace na lokalite Vígľaš- Pstruša (368 m n. m.)

Fig. 1 - Mean WSI values (2003-2021) for the monitored months at the station Vígľaš-Pstruša (368 m a. s. l.)

Nižšie položené svahové polohy predhoria Poľany, ktoré sú reprezentované meteorologickou stanicou Hrochoť (652 m n. m.) dosahujú index WSI v priemere za 18 rokov hodnotu 57,8 bodov. V týchto polohách sa už viac prejavuje vplyv výšky snehovej pokrývky na celkovú hodnotu indexu. Avšak index WSI má pre stanicu Hrochoť najvyššiu mieru variability zo všetkých troch sledovaných staníc (variačný koeficient = 69,2 %). Tento fakt nám zároveň prezrádza, že uvedené nižšie svahové polohy sú charakteristické častým striedaním zím kontinentálneho (studené zimy s veľkými amplitúdami teplôt) a oceánického (teplé zimy s malými amplitúdami teploty) typu zimy. Na obr. 2 vidíme priebeh priemernej hodnoty indexu počas celej zimnej sezóny. Priebeh má podobne ako stanica Víglaš jednoduchý, jednovrcholový charakter, pričom maximálnu hodnotu dosahuje v mesiaci január (cca 20 bodov). Z dlhodobého hľadiska (18 rokov) môžeme klímu oblasti nižšie položených svahových polôh Poľany, reprezentovanú stanicou Hrochoť, charakterizovať stredne náročným indexom WSI s čiastočným prechodom do ťažších podmienok prežívania srnčej zveri (obr. 4).

Tab. 2 - Vyhodnotenie indexu náročnosti (WSI) pre srnčiu zver na lokalite Hrochoť (652 m n. m.)
Tab. 2 - Evaluation of the Winter Severity Index (WSI) for roe deer at the station Hrochoť (652 m a. s. l.)

Hrochoť	november			december			január			február			marec			
zima	min t	sneh	WSI	min t	sneh	WSI	min t	sneh	WSI	min t	sneh	WSI	min t	sneh	WSI	WSI SPOLU
2003/2004	1,5	0	1,5	10	0	10	21,5	16	37,5	10,5	20	30,5	5,5	16	21,5	101
2004/2005	1,5	0	1,5	9	0	9	13	11,5	24,5	16	28	44	12,5	28,5	41	120
2005/2006	5	0	5	11,5	13	24,5	22,5	31	53,5	15	28	43	7	30,5	37,5	163,5
2006/2007	1,5	0	1,5	6	0	6	3,5	3	6,5	0	12	12	0	2,5	2,5	28,5
2007/2008	3,5	5	8,5	16,5	0	16,5	6,5	3	9,5	4,5	0	4,5	1,5	0,5	2	41
2008/2009	3	2,5	5,5	6	0	6	17,5	0	17,5	11	0,5	11,5	2,5	0	2,5	43
2009/2010	0	0	0	10	0	10	17,5	0,5	18	10	2	12	7,5	0,5	8	48
2010/2011	2,5	1	3,5	20,5	4,5	25	16	0	16	14,5	0	14,5	5,5	0	5,5	64,5
2011/2012	10,5	0	10,5	8	0	8	12	14	26	20	19	39	4,5	0	4,5	88
2012/2013	0	0	0	19,5	3	22,5	17,5	17	34,5	9,5	24	33,5	10	2	12	102,5
2013/2014	1	0	1	4	0	4	5	0	5	1,5	0	1,5	0	0	0	11,5
2014/2015	0	0	0	5	0	5	7,5	0,5	8	12,5	8,5	21	0,5	0	0,5	34,5
2015/2016	1,5	0	1,5	1,5	0	1,5	15,5	0	15,5	0	0	0	0	0	0	18,5
2016/2017	1,5	0	1,5	12,5	0	12,5	23,5	5,5	29	2,5	1	3,5	0	0	0	46,5
2017/2018	0	0,5	0,5	6,5	6	12,5	3,5	2	5,5	11	1,5	12,5	8	2,5	10,5	41,5
2018/2019	2,5	0	2,5	8	0	8	14,5	10,5	25	3	7,5	10,5	0	0	0	46
2019/2020	0	0	0	6,5	0	6,5	8,5	0	8,5	1,5	0	1,5	3	0	3	19,5
2020/2021	2,5	0	2,5	2	0	2	13	0	13	4	0	4	1	0	1	22,5
ar. priemer			2,6			10,5			19,6			16,6			8,4	57,8
medián			1,5			8,5			16,8			12,0			2,8	44,5
min			0,0			1,5			5,0			0,0			0,0	11,5
max			20,5			25,0			53,5			44,0			163,5	163,5
sm odchýlka			2,9	5,3	3,3	7,0	6,2	8,4	12,7	6,0	10,3	14,5	3,8	9,5	12,2	40,0
var. koeficient			111,4			66,9			64,7			87,3			144,0	69,2



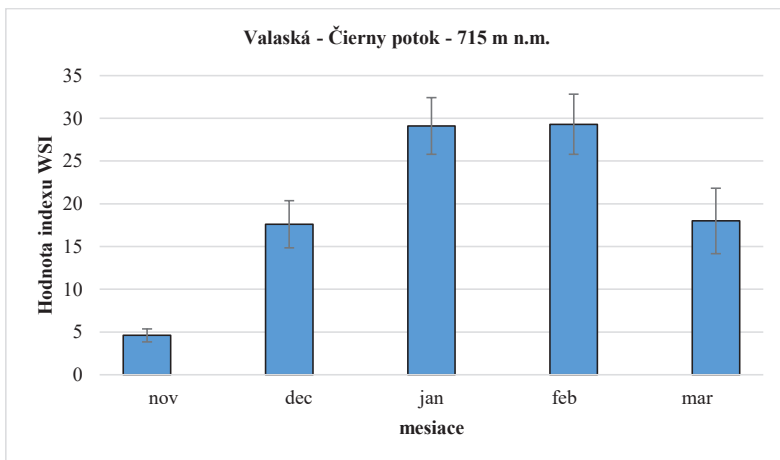
Obr. 2 - Priebeh priemerných hodnôt indexu WSI (2003-2021) pre sledované mesiace na lokalite Hrochoť (652 m n. m.)

Fig. 2 - Mean WSI values (2003-2021) for the monitored months at the station Hrochoť (652 m a. s. l.)

Vyššie horské polohy Poľany charakterizované meteorologickou stanicou Valaská - Čierny Potok (715 m n. m.) Index WSI dosahuje v priemere za 18 rokov najvyššiu hodnotu zo všetkých troch staníc, a to - 98,2 bodov. V týchto polohách sa naplno prejavujú obidve zložky indexu, teda minimálna teplota a tiež výška snehovej pokrývky na celkovú hodnotu indexu. Index WSI má pre stanicu Valaská v porovnaní so stanicou Hrochoť nižšiu mieru variability (variačný koeficient = 49 %), nakoľko stanica má už výrazne horský charakter klímy, ktorá je charakterizovaná menšími amplitúdami teploty vzduchu a tiež výrazne vyššími výškami snehovej pokrývky s jej dlhším trvaním. Tiež sa pri studenej polohe stanice uplatňuje dlhé zimné obdobie, kedy je južný horizont zatienený masívom Poľany, hrebeň „Kopcov“ s výškou 1332 m. Na obr. 3 je znázornený priebeh priemernej hodnoty indexu počas celej zimnej sezóny. Priebeh má dvojvrcholový charakter, pričom maximálnu hodnotu má až v mesiaci február (cca 29,3 bodov). Z dlhodobého hľadiska (18 rokov) môžeme klímu oblasti nižšie položených svahových polôh Poľany, reprezentovanú stanicou Valaská – Čierny potok, charakterizovať najvyšším stupňom náročnosti klímy – veľmi ťažké podmienky indexu WSI (obr. 4).

Tab. 3 - Vyhodnotenie indexu náročnosti (WSI) pre srnčiu zver na lokalite Valaská – Čierny potok (715 m n. m.)
Tab. 3. - Mean of the Winter Severity Index (WSI) for roe deer at the station Valaská – Čierny potok (715 m a. s. l.)

Valaská - ČP		november			december			január			február			marec		
roky		min t	sneh	WSI	min t	sneh	WSI	min t	sneh	WSI	min t	sneh	WSI	min t	sneh	WSI
2003/2004		2,5	0	2,5	13	0	13	23	19,5	42,5	15,5	21	36,5	7,5	23	30,5
2004/2005		6,5	0	6,5	15,5	0	15,5	14,5	11,5	26	19	28	47	17,5	30	47,5
2005/2006		8,5	1	9,5	17	23	40	25	31	56	20,5	28	48,5	16,5	31	47,5
2006/2007		3	0	3	11	0	11	6,5	5,5	12	3	20	23	0,5	10,5	11
2007/2008		8,5	2,5	11	19,5	0	19,5	13,5	8	21,5	9,5	2	11,5	7	0,5	7,5
2008/2009		5,5	3	8,5	7,5	0	7,5	19	1	20	14	14	28	6,5	2	8,5
2009/2010		0,5	0	0,5	13	1,5	14,5	22	3	25	15,5	16,5	32	11,5	9,5	21
2010/2011		3	2	5	22,5	24,5	47	16	12	38	17	12	29	8	0	8
2011/2012		9,5	0	9,5	8	8	16	16	28,5	44,5	22,5	29	51,5	7	14	21
2012/2013		0,5	0	0,5	19	8,5	27,5	18,5	25,5	42	13,5	28	41,5	16	31	47
2013/2014		4	0	4	13,5	1,5	15	7,5	0	7,5	4,5	0	4,5	0	0	0
2014/2015		0	0	0	7	0	7	10,5	1	11,5	14	21,5	35,5	4	1	5
2015/2016		4	0	4	2,5	0	2,5	18	0,5	18,5	3,5	0,5	4	2,5	0	2,5
2016/2017		5,5	0	5,5	19,5	0	19,5	28	14	42	7,5	15	22,5	0,5	0	0,5
2017/2018		2	0,5	2,5	12	20,5	32,5	8	25,5	33,5	18,5	28	46,5	13	24,5	37,5
2018/2019		4,5	0	4,5	12	0,5	12,5	25	24	49	10	28	38	2	9	11
2019/2020		1	0	1	11	0	11	17	0	17	7,5	0,5	8	7	0	7
2020/2021		5,5	0	5,5	5	0	5	15,5	2,5	18	9,5	10	19,5	9,5	2	11,5
ar. priemer				4,6			17,6			29,1			29,3			18,0
medián				4,3			14,8			25,5			30,5			11,0
min				0,0			2,5			7,5			4,0			0,0
max				22,5			47,0			56,0			51,5			201,5
sm odchýlka				3,2			11,7			14,1			14,9			16,2
var. koeficient				69,9			66,4			48,4			50,9			90,0
																49,0

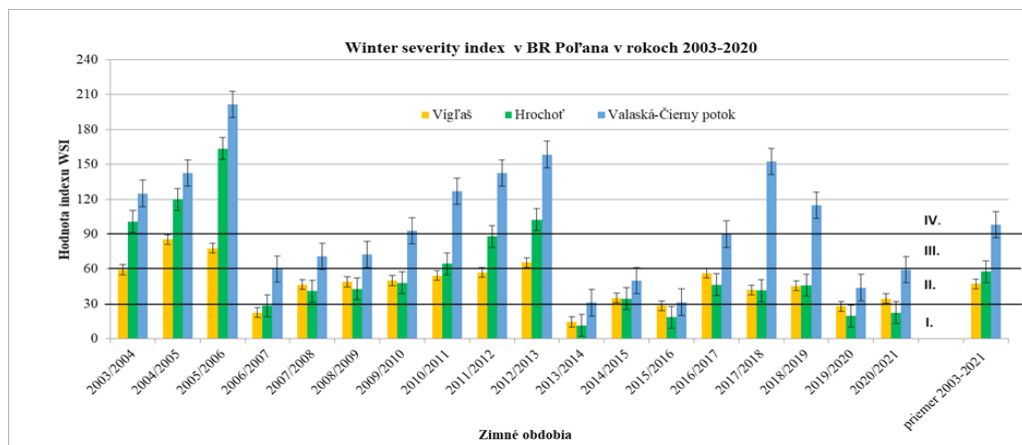


Obr. 3 - Priebeh priemerných hodnôt indexu WSI (2003-2021) pre sledované mesiace na lokalite Valaská-Čierny potok (715 m n. m.)

Fig. 3 - Average WSI values (2003-2021) for the monitored months at Valaská-Čierny potok (715 m a. s.l.)

Konštatujeme, že najslabšia zima bola obdobi 2013/2014, týkala sa všetkých troch staníc, a to aj napriek tomu, že sa nachádzajú v rozdielnych lokalitách a v nadmorských výškach. Naopak silná zima bola v zimnom období 2005/2006 v oblastiach Hrochote a Valaskej. Tieto oblasti patrili do kategórie veľmi ťažkých oblastí, keďže dlhodobo pretrvávali mínusové teploty a aj výška snehu bola vysoká.

Najmenej náročne podmienky prežívania srnčej zveri v porovnaní s predchádzajúcimi sa dosiahli v lokalite Vígl'aš (obr. 4). Veľmi ťažké podmienky za sledované obdobia sa vôbec nedosiahli, takmer ani ťažké podmienky. Najvyššie hodnotenie index WSI dosiahol v zimnom období 2004/2005 a to 85,5 hodnoty indexu WSI, ktoré patrili do kategórie ťažkých podmienok. Celkovo sa v tejto kategórii vyskytli tri zimné obdobia, čo predstavuje 16 % z celkového počtu rokov. Najviac zastúpenú kategóriu tvorili stredné podmienky prežívania srnčej zveri v lokalite Vígl'aš. Bolo to desať zimných období, čo predstavuje 56 %. Zastúpenie mali aj mierne podmienky, kedy najslabšia zima na sneh a mínusové teploty bolo práve zimné obdobie 2013/2014. Mierne podmienky tvorilo 28 % z celkového počtu sledovaných zimných období.



Obr. 4 - Zobrazenie podmienok prežívania srnčej zveri podľa indexu WSI v rokoch 2003-2021

Fig. 4 - Depiction of deer survival conditions according to the WSI index 2003-2021

kde: I. mierne; II. stredné; III. ťažké; IV. veľmi ťažké podmienky prežívania

that: I. moderate; II. medium; III. difficult; IV. very difficult survival conditions

Ná základe obr. 4 môžeme konštatovať, že veľmi ťažké podmienky na prežívanie srnčej zveri počas zimného obdobia sú hlavne v oblasti Valaská – Čierny Potok. Naopak za vhodné podmienky pre oblasti prežívania srnčej zveri môžeme považovať oblasť Vigľaša.

Tuhé a silné zimy môžu mať za následok, že srnčia zver môže v týchto nepriaznivých podmienkach uhynúť, lebo nemá dostatočný prístup k potrave. Ďalej má obmedzený pohyb, keďže vo vyššom snehu sa pohybuje ťažšie, v porastoch môže spôsobovať rôzne škody, ako sú obhryz, ohryz a iné.

5 DISKUSIA

Pre stanicu Valaská – Čierny potok je najvyššia priemerná hodnota 29,3 bodu WSI pre mesiac február. Vtedy dosahuje výška snehovej pokrývky priemernú hodnotu 28 cm za 18 rokov. Ak však analyzujeme všetky sledované roky jednotlivo najvyššie hodnoty sme zistili v zime 2005/2006, a to 201,5 bodu. Najvyššie bodové hodnoty dosiahli mesiace február (48,5) a marec (47,5) v roku 2006. Podiel výšky snehu na celkovej hodnote indexu bol vo februári 58 % a v marci až 65 %. Celková výška snehu dosiahla vo februári 104 cm a v marci až 120 cm. Podľa osobných informácií pracovníkov lesných správ sa srnčia a jeleňa zver stiahla k lesným komunikáciám, krmelcom a do nižších polôh na poľnohospodárske kultúry (ANON, 2006). Podobne v provincii Quebec v Kanade POTVIN *et al.* (1981) uskutočnili 7 ročný monitoring pasrnca bielochového, pričom uvádzajú, že pri výške snehu,

ktorá presiahla priemernú hodnotu 55 cm (v dvoch rokoch 1975 a 1977) sa zver zdržovala len na chodníkoch a pri kŕmnych zariadeniach, pretože táto výška snehovej pokrývky jej už spôsobovala sťažený pohyb v teréne a vyhľadávanie potravy. Zároveň zamerali zvýšenú úroveň úmrtnosti zveri. Mesiace február, marec a apríl boli pre naše stanice Hrochoť a Vígľaš charakteristické hodnotami s klesajúcim gradientom (obr. 1,2). Zapríčinené je to tým, že srnčia zver sa sťahuje do nižších polôh s menším výskytom snehovej pokrývky, kde môžu nájsť dostatok potravy na prežívanie počas zimného obdobia. Taktiež toto potvrdili, pri sledovaní pasrnca bielochového v štáte Maine počas zimného obdobia DITCHKOFF, SERVELLO (2002). Pohyb a koncentrácia do nižšie položených oblastí vyhovuje srnčej zveri kvôli potrave a neskoršiemu kľudu a rodeniu mláďat. Ako uvádzajú napríklad práce VALTÝNI (2012) a HERZ (2007) srnčia zver preferuje biotopy na rozhraní poľnohospodárskej a lesnej krajiny a menej vyššie vegetačné stupne. Taktiež sledovaním zveri potvrdili DITCHKOFF *et al.* (2019), že zver sa sťahovala do nižších častí a neskôr v období rodenia mláďat, vedeli odhadnúť, že práve v týchto miernejších oblastiach v centrálnej časti štátu Maine bola väčšia hustota zveri, ako v severnejších regiónoch. Neskôr to potvrdila aj denzita daného druhu na určitom území. Zver v ťažkých podmienkach má obmedzený pohyb kvôli snehovej pokrývke. SAVER, SEVERINGHAUS (1983) opisujú, že zvery sa ťažšie pohybuje v snehu a rýchlejšie sa vyčerpávajú ich tukové zásoby a ich kratšie nohy obmedzujú pohyblivosť práve v snehovej pokrývke. Preto môže dôjsť ku strate populácie – úhynu jedincov. Pomocou indexu WSI sa dá určiť aj vývoj parožia u srnčej zveri. Medzi faktory prostredia rastu a kulminácie parožia patria klimatické podmienky, ako teplota vzduchu, výška snehovej pokrývky, zrážky a slnečný svit. PERZANOWSKI (1997) tieto parametre a hodnotenia zisťoval v lesných a nelesných biotopoch Poľska. Zistil, že klimatické podmienky sú zodpovedné za viac ako 14 % variability parožia srnčej zveri. Na Slovensku sa s indexom WSI a kulmináciou parožia stretávame v práci ŠPIAKOVÁ (2017), ktorá poukázala silný korelačný vzťah trofejovej kvality srnčej zveri k hodnotám WSI, ako aj k minimálnej teplote vzduchu a snehovej pokrývke. Vo svojich prácach vyhodnocuje oblasť Horného Liptova. V našom prípade sme sa trofejovým kvalitám srnčej zveri nevenovali.

6 ZÁVER

V tejto práci sme analyzovali zimný index náročnosti prežívania srnčej zveri (Winter Severity Index – WSI), ktorý bol vyhodnotený pre tri rozdielne oblasti podľa nadmorskej výšky (368 až 715 m n. m.) Analýza sa vykonala počas zimných období 2003/2004 až 2020/2021. So stúpajúcou nadmorskou výškou, klesajúcou teplotou vzduchu a dlhším obdobím so snehovou pokrývkou dosahuje WSI index nepriaznivejšie podmienky pre prezimovania srnčej zveri. Podľa získaných výsledkov konštatujeme, že srnčia zver má najvhodnejšie biometeorologické podmienky prezimovania v oblasti Zvolenskej kotliny

do nadmorskej výšky cca 400 m n. m. (WSI 47). Svahové polohy Poľany, ktoré sú približne v nadmorskej výške do 650 až 700 m n. m. dosahujú stredné podmienky zimného prežívania (WSI 58). Horské polohy a severné expozície nad 700 m n. m. vytvárajú ťažké až veľmi ťažké podmienky prežívania a dosahujú najvyššiu hodnotu indexu zo všetkých skúmaných lokalít a to 98 bodov indexu WSI. Index WSI má počas sledovaného chladného ročného obdobia (november až marec) jednovrcholový priebeh. V kotlinovej (Vígľaš) a podhorskej polohe (Hrochoť) dosahuje minimálnu hodnotu v novembri a maximálnu v januári. V podmienkach chladnej horskej klímy (Valaská–Čierny potok) je hodnota indexu WSI minimálna tiež v novembri, ale maximálna hodnota je počas mesiacov január a február. Prezentovaný index WSI je pomerne dobre aplikovateľný v praxi lesného hospodárstva a poľovníctva vzhľadom na nenáročnosť vstupných údajov a jednoduchý výpočet. Pracovníci lesných správ ocenili jeho dobrú vypovedaciu schopnosť o podmienkach prírodného prostredia pre život srnčej zveri počas zimných mesiacov.

Pod'akovanie: *Autori ďakujú za podporu projektom Agentúry na podporu výskumu a vývoja (APVV): APVV-18-0347, APVV-19-0340 a APVV-15-0425. Taktiež ďakujú Vedeckej grantovej agentúre MŠVVaŠ SR a SAV (VEGA) za podporu projektu: VEGA 1/0500/19.*

LITERATÚRA

- AMBRÓZ, L., ORVOŠOVÁ, M. (2010): Územia európskeho významu. In *NATURA 2000*. Liptovský Mikuláš: Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, 2010. ISBN 978-80-88924-72-2, 120 s.
- ANON. 2006. Zver a chladné počasie. (SME, 22.02.2006)
- BACCANTE, D., WOODS, R. (2010): Relationship between winter severity and survival of mule deer fawns in the Peace Region of British Columbia. In *Journal of Ecosystems and Management*. 2010, roč. 10 č. 3 s. 145-153.
- BAKOŠ, A., HELLL, P., KIRNER, K., OPÁLENÝ, A., RALBOVSKÝ, F., SLIMÁK, K., SOVIŠ, B., TEREN, Š. (1988): Srnec hôrny. In *Základy poľovníctva*. Bratislava: Príroda, 1988. ISBN 064-210-88, 350 s.
- DITCHKOFF, S. S., SERVELLO, F. A. 2002: Patterns in winter nutritional status of white-tailed deer *Odocoileus virginianus* populations in Maine, USA. *Wildlife Biology*, 2002. Vol. 8. No. 1, 137-144.
- DITTRICH, J. (2018): Winter Severity Indices 2017-2018, [online]. [cit. 2020-05-27]. Dostupné na internete: <https://www.google.sk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rj&uact=8&ved=2ahUKewjrwr22utTpAhWyMewKHZV4AlIQFjAAegQIAhAB&url=https%3A%2F%2Fwww.dnnr.state.wi.us%2Ftopic%2FWildlifeHabitat%2Fdocuments%2Freports%2Fseverity.pdf&usq=AOvVaw0B-MGOnCwnYZQF4-GviRzTO>
- GOGOLA, E. (1993): Poškodenie drevín hmyzom a zverou a zdravotný stav porastov v transekte Poľany. In *Fauna Poľany Zborník referátov zo seminára*. Zvolen: Edičné stredisko Technickej univerzity vo Zvolene, 1993. č. 137., ISBN 80-228-0282-4, 190 s.
- HERZ, J., (2007): *Srnčia zver*, Šternberk: Tiskárna-Budík-Grafika s.r.o, 2007. 205 s. ISBN 978-80-969748-1-8
- HRÍBIK, M., MAJLINGOVÁ, A., ŠKVARENINA, J., & KYSELOVÁ, D. (2009). Winter snow supply in small mountain watershed as a potential hazard of spring flood formation. In *Bioclimatology and Natural Hazards* (pp. 119-128). Springer, Dordrecht. ISBN 978-1-4020-8876-6.
- KONÔPKA, B., PAJTÍK, J., KAŠTIER, P., ŠEBEŇ, V. (2012). Stanovenie dendromasy mladých jaseňov zožratej jeleňou zverou pomocou alometrických modelov. *Zprávy lesníckeho výzkumu*, 57 (3): 283 – 294.
- KONÔPKA, J., KAŠTIER, P., KONÔPKA, B. (2015). Teoretické východiská a praktické opatrenia na harmonizáciu záujmov lesného hospodárstva a poľovníctva na Slovensku. *Lesnícky časopis-Forestry Journal*, 61, 114-123.

- KRAUSMAN, P. R., MORRISON, M. L. (2016): Another plea for standard terminology. *The Journal of Wildlife Management*, 80 (7), 1143-1144.
- LEHOCKÝ, M., KURIC, P. (2007): Chránená poľovná oblasť Poľana. In *Podnikanie v poľovníctve a v chove poľovnej zveri*. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2007. č.4., ISBN 978-80-8093-037-0, 68 s.
- MAZÚR, E.; MAZÚROVÁ, V. (1987): K princípom vymedzovania a hodnotenia veľkoplošných chránených území (modelová CHKO-BR Poľana). *Geografický časopis*. 1987, roč. 1987, č. 39., s. 347-366.
- NATH, S.K., REVANKAR, S.G. (2005): *Problem-Based Microbiology* E-Book. Elsevier Health Sciences, ISBN-13: 978-0721606309
- OPHOVEN, E. (2010): Srnec lesný. In *Poľovná zver*. Bratislava: Vydavateľstvo SLOVART, spol. s.r.o., 2011. ISBN 978-80-556-0111-3, 168 s.
- PERZANOWSKI, K., (1997): Environmental factors effecting variability in the weight of roe deer antlers in Poland. Institute of Environmental Biology, Jagiellonian University. *Wildlife Conservation Japan*, 2, 51-60.
- POTVIN, F., HUOT, J., DUCHESNEAU, F. (1981). Deer mortality in Pohenegamook wintering area, Quebec. *Canadian Field-Naturalist* 95 (1), 80-84.
- SAUER, PR., SEVERINGHAUS, C.W. (1983): Relationships of degree and composition of winter mortality of deer, as indicated by strip surveys, to severity of the winter. *New York Fish and Game Journal* 30: 173-181.
- SERRANO, E., GRANADOS, J. E., SARASA, M., GONZÁLEZ, F. J., FANDOS, P., SORIGUER, R. C., PÉREZ, J. M. (2011). The effects of winter severity and population density on body stores in the Iberian wild goat (*Capra pyrenaica*) in a highly seasonal mountain environment. *European journal of wildlife research*, 57(1), 45-55.
- SMITH, P. C., VOIGT, D. R., BISSET, A. R. (1989): Standards and Guidelines for Measurement of Snow and Winter Severity in Ontario. *Ontario Ministry of Natural Resources, Peterborough*, 1989. p. 23-24.
- STEPHEN S. DITCHKOFF, FREDERICK A. SERVELLO (2019): Patterns in winter nutritional status of white-tailed deer *Odocoileus virginianus* populations in Maine, USA. Published By: Nordic Board for Wildlife Research. *Wildlife Biology*, 8(1) : 137-143.
- ŠKVARENINA, J., VIDO, J., MINĐÁŠ, J., STŘELCOVÁ, K., ŠKVARENINOVÁ, J., FLEISCHER, P., BOŠELA, M. (2018): *Globálne zmeny klímy a lesné ekosystémy* vysokoškolská učebnica. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2018, 210 s. ISBN 978-80-228-3049-2.
- ŠPIAKOVÁ, J. (2019): *Analýza vplyvu zmien biometeorologických faktorov na vybrané druhy zveri s ohľadom na plnenie ekosystémových služieb*: dizertačná práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. Lesnícka fakulta. 2019. 82 s.
- ŠPIAKOVÁ, J., (2017): Vplyv meteorologických faktorov na bodovú hodnotu trofejí srnčej zveri v regióne horného Liptova. *Acta Facultatis Forestalis*. Zvolen, 2017. roč. 59, č. 2. s. 37-47.
- ŠPIAKOVÁ, J., JANČO, M. (2017): Climate and recreational hunting, a case study from the Liptov region, Slovakia. In *Public recreation and landscape protection with nature hand in hand?* Brno. 2017. p.57-62.
- TARÁBEK, K. (1980). Klimatickogeografické typy. Atlas SSR. SAV a SUGK Bratislava, s. 64.
- VALTÝNI, J., (2012): Príspevok k histórii chovu srnčej zveri. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, ISSN 0323-1046, 2012. roč. 58, č. 2, 136–146.

Kontaktné údaje autorov:

Ing. Michal Chrenek^{1,2}

¹ Ústav hydrológie, v.v.i.
Slovenská akadémia vied
Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava
chrenek@uh.savba.sk

² Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Ústav krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Tulipánová 7, 949 76 Nitra

Ing. Martin Jančo, PhD.

¹ Ústav hydrológie, v.v.i.
Slovenská akadémia vied
Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava
janco@uh.savba.sk

Ing. Peter Borsányi

³ Slovenský hydrometeorologický ústav
Regionálne pracovisko Banská Bystrica
Zelená 5, 974 04 Banská Bystrica
peter.borsanyi@shmu.sk

Ing. Helena Hlavatá, PhD.

⁴ Slovenský hydrometeorologický ústav
Regionálne pracovisko Banská Bystrica
Ďumbierska 26, 041 17 Košice
Helena.Hlavata@shmu.sk

prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

⁵ Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen
skvarenina@tuzvo.sk

Contribution to the evaluation of winter biometeorological conditions of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) habitats in the area of the Poľana Biosphere Reserve between 2003 and 2021.

Summary

In this paper, we analysed the Winter Severity Index (WSI), which was evaluated for three different areas according to altitude (368 to 715 m a.s.l.) The analysis was carried out during the winter periods 2003/2004 to 2020/2021. With increasing altitude, decreasing air temperature and longer periods of snow cover, the WSI index reaches more unfavourable conditions for overwintering deer. According to the results obtained, we conclude that roe deer have the most suitable biometeorological conditions for overwintering in the area of the Zvolen basin up to an altitude of about 400 m above sea level (WSI 47). The slopes of Poľana, which are approximately at an altitude of 650 to 700 m a.s.l., have intermediate winter survival conditions (WSI 58). The mountainous areas and northern exposures above 700 m a.s.l. produce difficult to very difficult survival conditions and have the highest index value of all the areas studied, with a WSI score of 98. The WSI has a single-peak pattern during the cold season (November to March). In the basin (Vígľaš) and foothills (Hrochot) it reaches a minimum value in November and a maximum value in January. In cold mountain climate conditions (Valaská-Čierny potok) the WSI value is also minimum in November, but the maximum value is during the months of January and February. The presented WSI index is quite well applicable in forestry and hunting practice due to the ease of input data and simple calculation.

DEA MODEL VÝKONNOSTI LESNÝCH PODNIKOV

Stanislava KRIŠŤÁKOVÁ, Iveta HAJDÚCHOVÁ

KRIŠŤÁKOVÁ, S., HAJDÚCHOVÁ, I.: DEA model výkonnosti lesných podnikov, Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

Abstrakt

Vzhľadom na narastajúci tlak efektívneho využívania obnoviteľných prírodných zdrojov v súlade s princípmi trvalo-udržateľného lesného hospodárstva sú lesné podniky nútené zlepšovať ich výkonnosť. Pri hodnotení výkonnosti a efektívnosti lesných podnikov je nevyhnutné zohľadniť vplyv špecifik lesného hospodárstva. Predložený príspevok sa zaoberá hodnotením a porovnaním výkonnosti pomocou metódy Data envelopment analysis (DEA) vo vybraných lesných podnikoch na Slovensku a v Bulharsku, ktorú sme realizovali na základe finančných údajov za obdobie rokov 2014-2018. Výsledky pomohli identifikovať parametre ovplyvňujúce výkonnosť lesných podnikov ako aj prípadné rezervy v daných ekonomických podmienkach pri zohľadnení špecifik lesného hospodárstva. Výsledky aplikácie DEA analýzy ukázali, že trvalo udržateľné využívanie zdrojov lesnými podnikmi ako aj zlepšenie ich výkonnosti je možné dosiahnuť efektívnejším riadením a zvýšením uplatňovania nových technológií vo výrobe.

Kľúčové slová: Lesné podniky, DEA analýza, výkonnosť

1. ÚVOD

Výkonnosť lesných podnikov je dlhodobo diskutovanou otázkou. Úlohou lesného bio-hospodárstva v snahe zabezpečenia trvalej udržateľnosti a plnenia princípov zeleného rastu je prijímať inovatívne prístupy, ktoré napomôžu pri plnení mnohých sociálnych a ekonomických výziev (MAJER et al. 2018). Dôležitú úlohu v tomto prípade zohráva plánovanie, ktoré predstavuje významný nástroj, ktorého úlohou je predvídanie a znižovanie rizík spojených s činnosťou podniku s cieľom maximalizácie efektívnosti a trhovej hodnoty (ALQERSHI, 2021). Pri hodnotení výkonnosti lesných podnikov je nevyhnutné zohľadniť vplyv špecifik lesného hospodárstva ako sú: dlhá produkčná doba, klimatické vplyvy, externé vplyvy štátnej politiky a mnohé ďalšie (HAJDÚCHOVÁ et al. 2016). Zvýšenie výkonnosti lesných podnikov sa prejaví vo vyššej úrovni zhodnocovacieho procesu a v zvýšení pridanej hodnoty celého odvetvia a jeho komplexného spracovateľského reťazca nadväzujúcich odvetví a to najmä drevospracovujúceho odvetvia (SEDLIAČIKOVÁ et al. 2016). Výrobnú efektívnosť a konkurenčnú výhodu lesným podnikom prináša implementácia moderných technológií, potrebných na ťažbu a sústredovanie dreva, ako aj dopravných prostriedkov, nevyhnutných v rámci procesu dopravy dreva,

pričom takáto implementácia moderných technológií zohráva čoraz dôležitejšiu úlohu z pohľadu pozitívneho dopadu na životné prostredie, ako aj vplyv na celý rad ekologických faktorov (Šterbová, et al. 2018). V mnohých prípadoch je realizácia inovácií obmedzená z dôvodu obmedzeného prístupu k finančnému kapitálu, nakoľko sú lesné podniky považované za vysoko rizikové z dôvodu nedostatočnej kreditnej histórie, keďže v mnohých podnikoch lesného hospodárstva absentuje využívanie cudzieho kapitálu (BADINI et al. 2018). Vedeckým cieľom príspevku je pomocou metódy Data envelopment analysis (DEA) vyhodnotiť a porovnať výkonnosť lesných podnikov na Slovensku a v Bulharsku.

2. ROZBOR PROBLEMATIKY

V súčasnom období, neustále sa meniacich podmienok trhového hospodárstva a silného konkurenčného prostredia je nevyhnutné zo strany podnikov neustále sledovať a vyhodnocovať finančnú výkonnosť (CSIKOSOVA et al., 2019). Analýzu finančnej výkonnosti je potrebné realizovať nielen do minulosti ex-post, ale aj venovať pozornosť predikcii jej budúceho ex-ante vývoja (BHATTARAI, 2015). Tradičné ukazovatele používané na meranie finančnej výkonnosti považujú za hlavný cieľ maximalizáciu zisku a ide o ukazovatele zisku, rentability a cash flow (SEDLIAČIKOVÁ, 2011). Vzhľadom na kritiku tradičných ukazovateľov a v snahe o odstránenie ich nedostatkov postupne vznikli nové metódy merania finančnej výkonnosti ako napr. ekonomická pridaná hodnota (EVA), ukazovateľ trhová pridaná hodnota (MVA) respektíve metóda Balanced scorecard (BSC) (HAJDÚCHOVÁ et al., 2019).

Zároveň dochádza k požiadavkám na tvorbu a aplikáciu nových progresívnejších prístupov napríklad aj v oblasti merania a riadenia moderných výkonových ukazovateľov (GEJDOŠ et al. 2017). Postupne sú formulované nové poznatky o progresívnych postupoch v lesnom hospodárstve medzi, medzi ktoré je DEA bezpochyby radená (STRANGE et al. 2021). DEA metódu využili BOOSARI et al. (2016) pri hodnotení alternatívnych plánov lesného hospodárstva. KOVALČÍK (2018) porovnal výkonnosť slovenského lesného hospodárstva s inými európskymi krajinami.

Pri hodnotení finančnej výkonnosti je potrebné zohľadniť faktory ovplyvňujúce výkonnosť lesných podnikov, ktoré boli predmetom skúmania viacerých zahraničných autorov. Výskum SILVERSIDES et al. (2013) sa zamerail na prevádzkovú výkonnosť, CHEN et al. (2021), ANDERSTON et al. (2017) skúmali dopad klimatických zmien, zmenami v surovinovej základni sa zaoberali (KESKITALO et al. 2016), globálnym vplyvom sociálno-ekonomického prostredia venovali svoj výskum (COSTA et al. 2018), ekosystémovými službami (REIM et al. 2019) a certifikáciou lesov (PALUŠ et al. 2018). Všetky tieto vplyvy vyvolávajú naliehavú potrebu modifikovať tradičné systémy, koncepcie, metódy a nástroje integrovaného riadenia a generovať nové progresívnejšie postupy a koncepcie v oblasti merania výkonnosti lesných podnikov s cieľom zabezpečiť trvalo udržateľný rozvoj podnikov lesného hospodárstva.. Prechod celého lesnícko-drevárskeho komplexu na udržateľné odvetvie v celospoločenskom meradle sa stáva nádejnou odpoveďou na globálne výzvy, ktoré budú zvyšovať požiadavku na zlepšovanie výkonnosti (HEMPEL et al. 2019).

3. MATERIÁL A METÓDY

Náš výskum sa zameriaval na nákladovú efektívnosť lesných podnikov podľa vstupne orientovaného DEA modelu. Sledované obdobie výskumu bolo obdobie rokov 2014-2018 z dôvodu dostupnosti ekonomických a finančných údajov. Ďalším kritériom bolo, aby vybrané podniky účtovali v sústave podvojného účtovníctva, nakoľko zdrojom informácií pre finančnú analýzu boli výkazy účtovnej závierky. Analyzované lesné podniky sledujú základnú prioritu stratégie, ktorou je rozvoj a ochrana trvalo udržateľných lesných ekosystémov. Medzi základné činnosti analyzovaných podnikov lesného hospodárstva patrí ťažba dreva, pestovateľské činnosti, zalesňovanie a ďalšie špecifické služby. Lesy v Bulharsku pokrývajú približne 30% územia krajiny, z čoho hospodárske lesy predstavujú takmer 70% podiel územia. Tri štvrtiny územia sú vo vlastníctve štátu. Viac ako polovica územia lesov sa nachádza v ťažko dostupnom teréne, čo sťažuje ťažbu ako aj zalesňovacia činnosť. Lesné hospodárstvo zamestnáva viac ako 12 tisíc ľudí a celkovo je ekonomicky naviazaných na lesné hospodárstvo viac ako 40 tisíc ľudí a to najmä v chudobných regiónoch (FAO, 2020). Výmera lesov na území Slovenska v roku 2019 dosiahla 41%. Z hľadiska využívania lesov prevládajú hospodárske lesy 73% celkovej výmery lesov, z čoho viac ako polovica predstavuje ťažko dostupný terén. Lesné hospodárstvo zamestnáva približne 9 tisíc ľudí a ďalších 20 tisíc poväčšine malých podnikateľov je ekonomicky naviazaných na činnosti lesného hospodárstva. V roku 2019 lesné podniky dodali 8,96 milióna m³ dreva a výnosy dosiahli 968,1 milióna EUR (ZELENÁ SPRÁVA, 2020). V oboch krajinách zohráva lesnícky sektor dôležitú úlohu pri zamestnávaní ľudí v najchudobnejších vidieckych oblastiach a pri zamestnávaní znevýhodnených skupín obyvateľstva. Podľa LU et al. (2020) chudobu medzi poľnohospodármi je možné výrazne znížiť zlepšením výkonnosti odvetvia lesného hospodárstva. Existujúce štúdie o sektore lesného hospodárstva a lesných podnikoch v oboch krajinách boli implementované hlavne na národnej úrovni.

3.1 Data Envelopment Analysis (DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA) je relatívne nová neparametrická metóda založená na lineárnom programovaní, čo umožňuje súčasne posúdiť viacero vstupov a výstupov za účelom stanovenia relatívnej efektívnosti pre každú hodnotenú jednotku (Decision making units – DMU) (FALAVIGNA et al. 2018), čo v našom prípade sú jednotlivé podniky lesného hospodárstva – 4 slovenské a 4 bulharské. Hlavnou výhodou DEA metódy v lesnom hospodárstve je predpoklad, že produkčná funkcia je neznáma (NEYKOV et al. 2021). V roku 1978 Charnes et al. vyvinuli CCR model (Charnes-Cooper-Rhodes), ktorý hodnotí efektívnosť na základe Paretovho konceptu za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu. Nedokonalá konkurencia, finančné obmedzenia, regulačné opatrenia ako aj ďalšie faktory spôsobujú, že produkčné jednotky nefungujú optimálne, a preto bol v roku 1984 vyvinutý BCC model (BANKER-CHARNES-COOPER 1984), ktorý hodnotí efektívnosť za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu (Zhu, 2017). Matematický zápis inputovo orientovaného DEA modelu v čase t rovnicou:

$$\min \theta_0^t(x_0^t; y_0^t) \sum_{j=1}^m \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \sum_{j=1}^s \lambda_j y_{rj} \geq y_{rc} \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (1)$$

kde λ_j sú jednotlivé skaláry každej j-tej DMU, x_{ij} sú množstvá vstupov typu i v DMU j , x_{i0} je množstvo i -tého odhadovaného vstupu DMU, ktorý sa indexované 0. Pre variabilne výnosy z rozsahu (aplikácia BCC model) sa pridáva podmienka $\lambda_j = 1$

4. VÝSLEDKY

Výsledky výpočtov uskutočnené podľa vzorca (1) sú uvedené v Tabuľke 1. Všetky lesné podniky boli hodnotené pomocou inputovo orientovaných DEA modelov CCR a BCC, ktoré umožňovali priame porovnanie ich výkonnosti.

Tab. 1 - Skóre lesných podnikov analyzovaných pomocou DEA orientovaných na vstupy

Tab. 1 - Efficiency scores of the forest enterprises analyzed by the input-oriented DEA models

Inputs: Mzdové náklady a Materiálové náklady										
DMU názov	CCR					BCC				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Územie severozápad	0.95	0.81	0.99	0.90	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Územie stred-sever	0.93	0.83	0.86	0.83	0.94	0.96	0.96	1.00	0.93	0.98
Územie juhozápad	0.92	0.90	1.00	0.85	0.83	0.93	0.98	1.00	0.88	0.87
Územie stred-juh	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lesy SR	0.68	0.63	0.65	0.69	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vojenské lesy a majetky SR	0.55	0.46	0.48	0.51	0.50	0.57	0.54	0.54	0.55	0.53
Lesopoľnohospodársky majetok Ulič	0.68	0.62	0.69	0.69	0.76	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mestské lesy Košice	0.62	0.56	0.59	0.64	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Inputs: Mzdové náklady										
DMU názov	CCR					BCC				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Územie severozápad	0.77	0.76	0.99	0.90	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Územie stred-sever	0.52	0.59	0.66	0.66	0.70	0.62	0.72	0.67	0.70	0.83
Územie juhozápad	0.84	0.90	1.00	0.72	0.83	0.91	0.98	1.00	0.74	0.87
Územie stred-juh	1.00	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lesy SR	0.22	0.22	0.27	0.24	0.23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vojenské lesy a majetky SR	0.30	0.26	0.30	0.24	0.22	0.35	0.32	0.30	0.26	0.27
Lesopoľnohospodársky majetok Ulič	0.14	0.14	0.16	0.16	0.14	0.43	0.44	0.38	0.38	0.43
Mestské lesy Košice	0.27	0.28	0.31	0.31	0.28	0.85	0.99	0.80	0.80	0.93

Inputs: Materiálové náklady										
DMU názov	CCR					BCC				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Územie severozápad	0.95	0.81	0.75	0.76	0.92	1.00	0.97	0.87	0.89	1.00
Územie stred-sever	0.93	0.83	0.86	0.83	0.94	0.96	0.94	0.95	0.91	0.98
Územie juhozápad	0.92	0.78	0.81	0.85	0.77	0.93	0.82	0.84	0.87	0.78
Územie stred-juh	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lesy SR	0.68	0.63	0.65	0.69	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vojenské lesy a majetky SR	0.55	0.46	0.48	0.51	0.50	0.57	0.53	0.53	0.55	0.53
Lesopoľnohospodársky majetok Ulič	0.68	0.62	0.69	0.69	0.76	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mestské lesy Košice	0.62	0.56	0.59	0.64	0.65	0.94	0.99	0.92	0.98	0.91

Inputs: Ostatné náklady										
DMU názov	CCR					BCC				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Územie severozápad	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05
Územie stred-sever	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.10
Územie juhozápad	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.04	0.03	0.09
Územie stred-juh	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07
Lesy SR	0.30	0.22	0.35	0.51	0.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vojenské lesy a majetky SR	0.34	0.09	0.29	0.26	0.24	0.92	0.32	0.66	0.43	1.00
Lesopoľnohospodársky majetok Ulič	1.00	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
Mestské lesy Košice	0.20	1.00	0.56	0.35	0.54	0.21	1.00	0.60	0.37	0.58

Na základe výsledkov v Tabuľke 1, vidíme že všetky podniky najlepšie využívajú materiálové zdroje (PEC - Pure efficiency changes - čistá zmena výkonnosti), na úkor zmeny výkonnosti rozsahu. Najvýkonnejším podnikom podľa väčšiny hodnotených nákladových vstupov je bulharský podnik obhospodarujúci Územie stred-juh. Je lídrom vo všetkých hodnotených vstupoch, s výnimkou ostatných nákladov. Zmeny v priebehu rokov analyzovaného časového obdobia sú relatívne malé. Zaujímavým výsledkom je, že podniky dosahovali stabilnú výkonnosť. Svedčí to o tom, že neurobili žiadne významné zmeny ani vo vedení, ani v charaktere použitých zdrojov výroby. Napriek tomu, že v bulharských lesných podnikoch existuje významný líder, pre slovenské to nie je také zrejmé. Pokiaľ ide o kombináciu vstupov, celkovým lídrom je lesný podnik Lesopoľnohospodársky majetok Ulič, pri ostatných hodnotených nákladových položkách môžeme konštatovať, že najvýkonnejším podnikom sú mestské lesy Košice. Tieto výsledky sú podložené hodnotami uvedenými v Tabuľke 2.

Tab. 2 - Priemerné skóre za celé obdobie za podniky a za krajiny; $\alpha=0.05$.**Tab. 2** - Average scores for the entire period by enterprise and country with statistical significance in scores, $\alpha = 0.05$

Priemerné skóre za celé obdobie za podniky								
	LC/MC		LC		MC		OC	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
Územie severozápad	0.91	1.00	0.83	1.00	0.84	0.95	0.02	0.04
Územie stred-sever	0.88	0.97	0.63	0.71	0.88	0.95	0.02	0.05
Územie juhozápad	0.90	0.93	0.86	0.90	0.83	0.85	0.02	0.05
Územie stred-juh	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.01	0.05
Lesy SR..	0.66	1.00	0.24	1.00	0.66	1.00	0.31	1.00
Vojenské lesy a majetky SR	0.50	0.55	0.27	0.30	0.50	0.54	0.24	0.67
Lesopoľnohospodársky majetok Ulič.	0.69	1.00	0.15	0.41	0.69	1.00	0.95	1.00
Mestské lesy Košice	0.61	1.00	0.29	0.87	0.61	0.95	0.53	0.55
	0.77	0.93	0.53	0.77	0.75	0.90	0.26	0.43
Priemerné skóre za celé obdobie za krajinu								
	LC/MC		LC		MC		OC	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
Bulharské podniky	0.92	0.97	0.82	0.90	0.89	0.94	0.02	0.05
Slovenské podniky	0.62	0.89	0.23	0.65	0.62	0.87	0.51	0.80
Shapiro-Wilk W test for normal data								
	p-value							
	LC & MC			LC		MC		OC
Bulharské podniky	0.55			0.73		0.17		0.99
Slovenské podniky	0.18			0.39		0.55		0.41
T-test for differences								
t-test p-value	0.0008			0.0003		0.0031		0.0221

Skóre v Tabuľke 2 ukázalo, že výkonnosť bulharských lesných podnikov je vyššia za celé sledované obdobie. T-statistic navyše dokázala, že rozdiely sú významné. Sú výkonnejší pri využívaní mzdových nákladov a nákladov vynaložených na materiál. Jedine pri položke ostatných nákladov lepšiu výkonnosť preukazujú slovenské podniky. Zatiaľ čo slovenské lesné podniky mali o niečo nižšiu výkonnosť riadenia mzdových nákladov a nákladov na materiál, bulharské podniky boli nedostatočne výkonné pri riadení ostatných nákladov- náklady na externé služby. Príčiny je možné hľadať v spôsobe, akým bulharské podniky realizujú ťažbu a prepravu vyťaženého dreva. V tomto prípade je náročnejšie riadiť tieto náklady a zabezpečiť lepšiu výkonnosť.

5. DISKUSIA

Jedným z hlavných problémov lesných podnikov je nedostatok investícií do technológií, čo preukázal aj náš výskum. V nedávno publikovanej štúdii LUNDMARK et al. (2021) sa zaoberali problémami výkonnosti a dokázali, že dlhodobú udržateľnosť a požadovanú výkonnosť je možné zvýšiť, implementáciou efektívnejšieho riadenia v lesnom hospodárstve. LI et al. (2019) vo svojich záveroch uviedli, že trvalo udržateľné využívanie zdrojov lesného hospodárstva, zvyšovanie výkonnosti lesných podnikov a zlepšenie konkurencieschopnosti je možné docieľiť zvýšenými investíciami do výskumnej činnosti a technológií. Implementácia inovácií a nových technológií v odvetví lesného hospodárstva je nevyhnutná pri prijímaní princípov trvalo-udržateľného lesného hospodárstva a v súlade s globálnymi environmentálnymi cieľmi (BENNICH et al. 2018). K zlepšeniu výkonnosti by prispela aj implementácia moderných podnikových systémov a urýchlenie rozvoja terciárnych odvetví v podobe ekosystémových služieb. Slovenské podniky lesného hospodárstva používajú na financovanie svojich aktivít vlastný kapitál (KRIŠŤÁKOVÁ et al. 2020). To je jeden z dôvodov nižšej výkonnosti a je to potenciálna príležitosť pre ich rozvoj a hospodársky rast.

6. ZÁVER

Výsledky aplikácie DEA ukázali, že bulharské lesné podniky v porovnaní so slovenskými sú výkonnejšie pri riadení mzdových a materiálových nákladov, čo sa pripisuje vysokej miere využívania subdodávateľov a externých pracovníkov. Bulharské podniky sa dlhodobo spoliehajú na tento typ spolupráce čo vedie k záveru, že obchodný model zvyšuje výkonnosť lesných podnikov v Bulharsku avšak nevedie k technologickému zlepšeniu. Nové technológie využiteľné pri ťažbe a výsadbe vedú k nákladovej efektívnosti. Slovenské podniky vykazujú nižšiu mieru výkonnosti. Dlhodobo používajú na financovanie hlavne vlastný kapitál, čo predstavuje stratu príležitosti pre rozvoj a zlepšenie výkonnosti. Je potrebné zohľadniť systém zásobovania a vzdelávanie zamestnancov. Podniky pri zavádzaní nových technológií by mali zohľadňovať aj rozsah ich využitia do budúcnosti. Slovenské podniky by mali zvážiť presun niektorých interných najmä administratívnych a obslužných aktivít na externé služby a zvýšiť podiel výkonov hlavnej činnosti vlastnými zamestnancami.

7. LITERATÚRA

- ALQEERSHI, N., (2021): Strategic Thinking, Strategic Planning, Strategic Innovation and the Performance of Smes: The Mediating Role of Human Capital. *Management Science Letters*, Volume 11, Issue 3, pp. 1003-101. ISSN 1923-9343, DOI: 10.5267/j.msl.2020.9.042.
- NDERSSON, E., KESKITALO, E.C.H., LAWRENCE, A., (2017): Adaptation to Climate Change in Forestry: A Perspective on Forest Ownership and Adaptation Responses. *Forests*, Volume 8, Issue 493, <https://doi.org/10.3390/f8120493>.
- BADINI, O., HAJJAR, R., KOZAK, R., (2018): Critical Success Factors for Small and Medium Forest Enterprises: A review. *Forest Policy and Economics*, Volume 94, pp. 35-45, <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.06.005>.

- BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W. W., (1984): Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis. *Management Science*, Volume 30, pp. 1078–1092.
- BENNICH, T., BELYAZID, S., KOPAINSKY, et al. (2018): Understanding the Transition to a Bio-Based Economy: Exploring Dynamics Linked to the Agricultural Sector in Sweden. *Sustainability*, Volume 10, Issue 1504, doi.org/10.3390/su10051504.
- BHATTARAI, K. (2015): RESEARCH METHODS FOR ECONOMICS AND RELATED STUDIES. UNIVERSITY OF HULL BUSINESS SCHOOL, HULL, ENGLAND, UK.
- BOOSARI, J.M., LIMAEI, S.M., AMIRTEIMOORI, A. (2015): Performance Evaluation of Forest Management Plans (Case Study: Iranian Caspian Forests). *Caspian Journal of Environmental Science*, Volume 13, Issue 4, pp. 373-382, ISSN: 1735-3033.
- CHEN, S., YAO S., (2021): Evaluation of Forestry Ecological Efficiency: A Spatiotemporal Empirical Study Based on China's Provinces. *Forests*, Volume 12, Issue 2, pp. 142, <https://doi.org/10.3390/f12020142>.
- CHARNES, A., COOPER, W. W., GOLANY, B., et al. (1985): Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions. *Journal of Econometrics*, Volume 30, Issue 1-2, pp. 91-107, [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(85\)90133-2](https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90133-2).
- COSTA, M. P., SCHOENEBOOM, J.C., OLIVEIRA, S. A., et al. (2018): A Socio-Eco-Efficiency Analysis of Integrated and Non-Integrated Crop-Livestock-Forestry Systems in the Brazilian Cerrado Based on LCA. *Journal of Cleaner Production*, Volume 171, pp.1460-1471, DOI:10.1016/J.JCLEPRO.2017.10.063.
- CSIKOSOVA, A., JANOSKOVA, M., CULKOVA, K. (2019): Limitation of Financial Health Prediction in Companies from Post-Communist Countries, *Journal of Risk and Financial Management*, Volume 12, pp. 1–14, DOI:10.3390/jrfm12010015.
- FALAVIGNA, G., IPPOLITI, R., RAMELLO G.B., (2018): DEA-BASED MALMQUIST PRODUCTIVITY INDEXES FOR UNDERSTANDING COURTS REFORM. *SOCIO-ECONOMIC PLANNING SCIENCES*, VOLUME 62, PP. 31–43, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.07.001>.
- FAO, (2020): GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT 2020. BULGARIA, AVAILABLE ONLINE AT [HTTP://WWW.FAO.ORG/3/CA9971EN/CA9971EN.PDF](http://www.fao.org/3/CA9971EN/CA9971EN.pdf) (ACCESSED MARCH 8, 2021).
- GEJDOŠ, M., POTKÁNY, M., (2017): Prediction and Analysis of Slovakian Timber Trade on Global Market Conditions. *Serbian Journal of Management*, Volume 12, Issue 2, pp. 281 – 289, doi: 10.5937/sjm12-11228.
- HAJDÚCHOVÁ, I., SEDLIAČIKOVÁ, M., HALAJ, D., et al. (2016): Slovakian Forest-Based Sector in The Context of Globalization. *Bioresources*, Volume 11, Issue 2, DOI: 10.15376/biores.11.2.4808-4820.
- HAJDÚCHOVÁ, I., BRODRECHTOVÁ, Y., GIERTLIOVÁ, B., et al. (2019): Finančný manažment v príkladoch: vysokoškolská učebnica. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 199 s., ISBN 978-80-228-3189-5.
- HEMPEL, C., WILL, S., ZANDER, K., (2019): Societal Perspectives on a Bio-Economy in Germany: An Explorative Study Using Q Methodology. *Journal on food system dynamics*, Volume 10, Issue 1, pp. 21-37, DOI: <http://dx.doi.org/10.18461/jfsd.v10i1.02>.
- KOVALČÍK, M., (2018): Efficiency of the Slovak Forestry in Comparison to other European Countries: An application of Data Envelopment Analysis. *Central European Forestry Journal*, Volume 64, DOI: 10.1515/forj-2017-0026.
- KESKITALO, E.C.H., BERGH, J., FELTON, A., et al. (2016): Adaptation to Climate Change in Swedish Forestry. *Forests*, Volume 7, Issue 28, <https://doi.org/10.3390/f7020028>.
- KRIŠŤÁKOVÁ, S., HAJDÚCHOVÁ, I., GIERTLIOVÁ, B., et al. (2020): MAJETKOVÁ A KAPITÁLOVÁ štruktúra v podmienkach lesného podniku, Finančná výkonnosť lesného hospodárstva a drevospracujúceho priemyslu v meniacich sa podmienkach. Zborník pôvodných vedeckých prác. 2020. s. 56-63. ISBN 978-80-228-3249-6.
- LI Y., MEI, B., LINHARES-JUVENAL, T., (2019): The economic contribution of the world's forest sector. *Forest Policy and Economics*, Volume 100, pp. 236-253. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.01.004>
- LU, S., SUN, H., ZHOU, Y., et al. (2020): Examining the Impact of Forestry Policy on Poor and Non-Poor Farmers' Income and Production Input in Collective Forest Areas in China. *Journal of Cleaner Production*, Volume 276, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123784>.
- LUNDMARK, R., LUNDGREN, T., OLOFSSON, E., et al (2021): Meeting Challenges in Forestry: Improving Performance and Competitiveness. *Forests*, Volume 12, Issue 208. <https://doi.org/10.3390/f12020208>.
- MAJER, S., WURSTER, S., MOOSMANN, D., et al. (2018): Gaps and Research Demand for Sustainability Certification and Standardisation in a Sustainable Bio-Based Economy in the EU. *Sustainability*, Volume 10, Issue 2455, <https://doi.org/10.3390/su10072455>.

- NEYKOV, N., KRIŠŤÁKOVÁ, S., HAJDÚCHOVÁ, I., et al. (2021): Economic Efficiency of Forest Enterprises—Empirical Study Based on Data Envelopment Analysis. *Forests*, Volume 12, Issue 4, pp. 462, <https://doi.org/10.3390/f12040462>.
- PALUŠ, H., PAROBK, J., ŠULEK, R., et al. (2018): Understanding Sustainable Forest Management Certification in Slovakia: Forest Owners' Perception of Expectations, Benefits and Problems. *Sustainability*, Volume 10, 2470.
- REIM, W., PARIDA, V., SJÖDIN, D., (2019): Circular Business Models for the Bio-Economy: A Review and New Directions for Future Research. *Sustainability*, Volume 11, Issue 9 <https://doi.org/10.3390/su11092558>.
- SEDLIAČIKOVÁ, M. (2011): Prognózovanie finančnej situácie v podniku drevárskeho priemyslu. *Acta facultatis xylogologiae Zvolen*, Vol. 53, No. 2, pp. 93–101, ISSN 1336-3824.
- SEDLIAČIKOVÁ, M., HAJDÚCHOVÁ, I., KRIŠTOFÍK, P. et al. (2016): Improving the Performance of Small and Medium Wood-Processing Enterprises. *Bioresources*, Volume 11, Issue 1, pp. 439–450.
- SILVERSIDES, C.R., SUNDBERG, B. (2013): Operational Efficiency. *Forestry*, Volume 32, ISBN 9401705062, 9789401705066: 169.
- STRANGE, N., BOGETOFT, P., AALMO, G. O., et al. (2021): Applications of DEA and SFA in Benchmarking Studies in Forestry: State-of-the-Art and Future Directions. *International Journal of Forest Engineering*, DOI:10.1080/14942119.2021.1914809.
- ŠTERBOVÁ, M., ŠÁLKA, J., KOVALČÍK, M. (2018): Implementation and Evaluation Analysis of Forest Policy Instruments. *Transfer inovácií*, Volume 37, ISSN 1337/7094.
- ZELENÁ SPRÁVA, (2020): Report on the forest sector of the Slovak Republic 2020, Ministry of Agriculture and Rural Development of the Slovak republic. available online at <https://www.mpsr.sk/en/index.php?navID=1&id=75> (accessed December 9, 2020).
- ZHU, J. (2015): DEA Based Benchmarking Models. *Data Envelopment Analysis*, Volume 221, pp. 291–308, DOI:10.1007/978-1-4899-7553-9_10.

Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého projektu APVV-18-0520 s názvom „Inovatívne metódy analýzy výkonnosti lesnícko drevárskeho komplexu s využitím princípov zeleného rastu“.

Ing. Stanislava Krišťáková
 Prof. Ing. Iveta Hajdúchová
 Technická univerzita vo Zvolene
 Katedra ekonomiky a riadenia LH
 T. G. Masaryka 24
 960 01 Zvolen
 Slovenská republika
 e-mail: xkristakova@tuzvo.sk
 e-mail: hajduchova@tuzvo.sk

ZMENY RASTLINNÝCH SPOLOČENSTIEV BUKOVÝCH LESOV NA VIHORLATE

Juraj CIPA, Mariana UJHÁZYOVÁ, Karol UJHÁZY

CIPA, J. et al.: Zmeny rastlinných spoločenstiev bukových lesov na Vihorlate. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen.

Abstrakt

Práca skúma zmeny rastlinných spoločenstiev bukových lesov na andezitoch v pohorí Vihorlat. Bolo analyzovaných 15 typologických reprezentatívnych plôch, kde sme porovnávali plochy z rokov 1968–1976 s obnovenými typologickými reprezentatívnymi plochami z roku 2007. Fytoecologické zápisy boli analyzované v programe JUICE, CANOCO a boli spracované štatistickými metódami. Výsledky nám ukázali štatisticky významný pokles druhovej diverzity a druhovej vyrovnanosti na opakovaných zápisoch. Zmeny v druhovom zložení sa v čase nepotvrdili. Bol zaznamenaný signifikantný nárast korunového zápoja s časom, ktorý podmienil mezofilizáciu a šírenie na živiny náročnejších druhov do porastu ako *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus glabra*, *Galium odoratum*, *Carpinus betulus*, *Pulmonaria obscura*, *Lunaria rediviva* a *Dentaria glandulosa*. Termofilizácia nebola pozorovaná, pretože práve teplomilné druhy z porastu ustúpili a rozšírili sa do porastu podhorské druhy. Eutrofizáciu sme nepozorovali, práve nitrofilné druhy výrazne ustúpili, predovšetkým druh *Urtica dioica* signifikantne znížil svoju frekvenciu na opakovaných plochách. Ako negatívny jav pozorujeme nárast generalistov a euryekných druhov. Zmeny len sčasti potvrdzujú trendy sledované na európskej úrovni a vývoj lesných spoločenstiev na Vihorlate sa javí špecifickým aj v rámci Slovenska.

Kľúčové slová: dynamika vegetácie, druhová diverzita, eutrofizácia, *Fagus sylvatica*, lesnícka typológia, termofilizácia, trvalé plochy

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V posledných desaťročiach dochádza k akcelerácii globálnej krízy biodiverzity (STEFFEN *et al.* 2015; HIBBARD *et al.* 2006). Pokles biodiverzity, degradácia ekosystémov a zhoršovanie ekosystémových služieb stále pokračuje aj napriek opatreniam z EÚ (BRONDIZIO *et al.* 2019) a pravdepodobné je zosilnenie a akcelerácia týchto trendov (JOHNSON *et al.* 2017).

Tieto globálne trendy sa dotýkajú aj územia Slovenska a jeho ekosystémov vrátane lesných spoločenstiev. Tie boli degradované kyslými dažďami a znečistením ovzdušia a v recentnej dobe začínajú byť atakované zvýšenými depozíciami dusíka, klimatickou zmenou, acidifikáciou a šírením invázných druhov. Tieto pôsobiace faktory sa kombinujú so zmenami v lesnom manažmente, ktorý úzko súvisí so socio – ekonomickým vývojom. Efekty antropogénnych faktorov na lesný podrast však zatiaľ stále nie sú dostatočne známe

(MINĐAŠ *et al.* 2017; HLÁSNÝ *et al.* 2017) a môžu maskovať v husto osídlených oblastiach Európy vplyv klimatickej zmeny na lesné ekosystémy (LENOIR *et al.* 2010). Spôsob lesného manažmentu (veľkosť obnovnej plochy, rub, dĺžka obnovnej doby) má významný vplyv na diverzitu lesného spoločenstva, pretože mení krátkodobé a dlhodobé podmienky lesného porastu (množstvo svetla dopadajúceho na podrast a vlhkosť) a vytvára priaznivé alebo limitujúce podmienky na šírenie a uchytenie semien. Vo Východných Karpatoch v rovnovekých porastoch bučín je druhová diverzita drevín nízka, pretože buk je silný kompetítor, ktorý vytláča ostatné dreviny v neskorších štádiách vývoja lesa. To ovplyvňuje kvalitu opadu, ktorý mení množstvo dostupných živín a zakyslenie vrchných častí pôdy (POGODA a DURAK 2021).

K strate biodiverzity temperátnych lesov dochádza na regionálnej úrovni, čo vedie k strate druhov a teda nižšej alfa diverzite. Vo väčších priestorových mierkach takéto procesy môžu viesť k taxonomickej homogenizácii – zvýšeniu podobnosti medzi rastlinnými spoločenstvami. Vo všeobecnosti je to spôsobené zvýšením množstva tzv. generalistov, čo je sprevádzané poklesom výskytu špecialistov alebo vzácných druhov (CASTRO a JAKŠÍČ 2008). Taxonomická homogenizácia priťahuje čoraz väčší záujem o výskum v kontexte chápania dopadov na environmentálnu zmenu biodiverzity z dôvodu jej potenciálnej úlohy pri strate špecifických typov spoločenstiev, funkčných stratégií druhov a biotické ochudobnenie rastlinných spoločenstiev (KEITH *et al.* 2019; OLDEN *et al.* 2004; ROONEY *et al.* 2007).

Významným problémom je aj znečistenie prostredia imisiami. Nadmerným ukladaním dusíka a fosforu v ekosystéme dochádza k eutrofizácii, ktorá sa v posledných desaťročiach zvyšuje vplyvom intenzívnejšieho poľnohospodárstva, priemyslu a dopravy (KMEŤ 1996). Vplyvom eutrofizácie, teda zvýšeného prísunu dusíka do prostredia dochádza k rýchlejšiemu rastu nitrofilných rastlín, ktoré majú zvyčajne menšie semeno s možnosťou šírenia sa do väčších vzdialeností, to môže viesť k strate špecialistov a nárastu podielu nitrofytov. Tiež šírenie inváznych druhov spôsobuje zmenu rastlinných spoločenstiev, ktoré budú viac podobné a budú sa strácať rozdiely medzi rastlinnými spoločenstvami (STAUDE *et al.* 2020). Pre lesy mierneho pásma je kritická hodnota depozície dusíka v množstve 10-15 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, pri ktorej nastáva zmena druhového zloženia fytocenóz smerom k zvýšeniu zastúpenia nitrofilných druhov (BOBBINK *et al.* 2010). Vplyvom zvýšeného dusíka v poraste boli dreviny s „otvorenou korunou“ ako *Quercus robur* a *Quercus petraea* nahradené drevinami s „uzavretou korunou“ ako *Fagus sylvatica* a *Acer* sp. (BECKER SCARPITTA *et al.* 2017). V krovitej etáži bol zaznamenaný ústup svetlomilného kru *Cornus sanguinea* (THIMONIER *et al.* 1992). Druhy ako *Mercurialis perennis* a *Oxalis acetosella* profitujú z vysokých hodnôt dusíka v pôde pod hustým zápojom stromovej etáže, zatiaľ čo druhy redšieho zápoja ako *Melampyrum pratense* a *Tanacetum corymbosum* ustupujú a vplyvom vysokých hodnôt dusíka sú z pôdy vytlačené (HEINRICHS a SCHMIDT 2017). Pod redším zápojom sa zase rozširuje svetlomilný druh *Anemone nemorosa* na úkor druhu *Primula elatior* a *Viola reichenbachiana* (THIMONIER *et al.* 1992).

Acidifikácia výrazne vplýva na zloženie a diverzitu rastlinných spoločenstiev, pretože uvoľňuje toxické prvky, acidofilné spoločenstvá sú druhovo chudobné a majú nižšiu dostupnosť živín (KLINDA *et al.* 2003). Pokles acidifikácie spôsobuje pokles acidofilných druhov a nárast mezotrofných až bazofilných druhov, ale pôda sa vo všeobecnosti v Európe z acidifikácie dosiaľ nezotavila (SCHMITZ *et al.* 2019).

Otepľovanie klímy môže spôsobiť termofilizáciu, čo je posun rastlinných spoločenstiev smerom k spoločenstvám teplomilným. Bolo zistené, že termofilizácia je v lesnom poraste kontrolovaná lesnou mikroklimou. Hustý a uzavretý korunový zápoj spôsobuje mezofilizáciu – proces, kedy svetlomilné druhy ustupujú a šíria sa druhy náročnejšie na vlhkosť a živiny a zastúpenie geofytov adaptovaných na veľké množstvo opadu sa zvyšuje. Naopak, ak sa zredukuje korunový zápoj, začne lesná mikroklima zvyšovať teplotu a prenikať do porastu viac svetla dochádza k termofilizácii – šíreniu teplomilných druhov na úkor mezofilných (ZELLWEGER *et al.* 2020).

Klasifikáciu lesných spoločenstiev Vihorlatu z hľadiska lesníckej typológie publikovali VOLOŠČUK a TERRAY (1987). Na mapovaní vojenských lesov Vihorlatu pracovali Ján Lacina, Antonín Buček a Jaromír Vorel v 70. rokoch 20. storočia. Pomocou geobiocologického systému tieto lesy boli ako najmenej preskúmané (LACINA 2007). Výskumy z okolia poukazujú na acidifikáciu lesných spoločenstiev (ŠEBESTA *et al.* 2011) a na významný vplyv imisií síry na vitalitu drevín (BOŠELA *et al.* 2014).

Lesnatosť Vihorlatu bola oproti okrajovým pahorkatinám vysoká. Okrem pralesovitých zvyškov bola veľká časť lesov v polovici 20. storočia ovplyvnená antropogénnou činnosťou a vplyvom pasenia dobytky, plošných holorubov a nevhodnej výsadby monokultúr smreká vykazujú určitý stupeň degradácie (MICHALKO 1957).

V podhorských a horských bukových a bukovo-javorových lesoch na andezitoch vo Vihorlate bola zistená zvýšená acidifikácia, zatiaľ čo v nížinatých dubovo-hrabových lesoch sa nepreukázala (VALACHOVIČ *et al.* 2014).

Najrozsiahlejší komplex lesov v pohorí Vihorlat tvoria bučiny a javorové bučiny. Rozdielnosť a odlišnosť druhového zloženia sa zvyrazňuje prímiesou javora horského a so stúpajúcou nadmorskou výškou, kde kambizeme prechádzajú nad 800 m.n.m. do andozemí. Spoločným znakom je tu bohatá prítomnosť papradí rodu *Athyrium*, *Dryopteris*. *Gymnocarpium* a ostružiny *Rubus hirtus*. Tieto lesy sa radia do širokochápanej jednotky asociácie *Aceri-Fagetum* Bartsch et Bartsch 1940, ktorá sa delí na eutrofnejšie a oligotrofnejšie spoločenstvá. Mezotrofné spoločenstvá nižších polôh, ktoré sú druhovo bohatšie patria do asociácie *Dentario glandulosae-Fagetum* Guzikowa et Kornaš 1969. Nitrofilné typy sú druhovo podobné predchádzajúcim, ale majú zvýšený podiel jaseňa, javora a vysokú stálosť a pokryvnosť nitrofilných druhov ako *Lunaria rediviva*, *Urtica dioica* a *Geranium robertianum*, zároveň v týchto typoch absentuje *Carex pilosa*. Ide o asociáciu *Mercurialis perennis-Fraxinetum excelsioris* (Klika 1942) Husová in Moravec *et al.* 1982. Plošne najrozšírenejším typom vegetácie sú chudobné ostružinovo-papradinové javorové bučiny. V bylinnom poschodí je bohaté zmladenie buka, javora a jarabiny a približne 10

druhov cievnatých rastlín. Najväčší výskyt tu majú paprade ako *Athyrium filix femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Phegopteris connectilis* a *Dryopteris carthusiana*. Prítomná je ostružina *Rubus hirtus*, ktorú dopĺňajú euryekné druhy mezo-filný horských lesov ako *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Polygonatum verticillatum* a *Prenanthes purpurea*. Druh vyšších polôh *Senecio hercynicus* tu nahrádza druh nižších polôh *Senecio ovatus* a takisto aj druh *Galeobdolon montanum* tu nahrádza druh nižších polôh *Galeobdolon luteum*. Jedná sa o variant asociácie *Dryopterido dilatatae-Fagetum* (Augustin 1991) Kučera et Jirásek 1994 okrajovej jednotky podzväzu *Eu-Fagenion* Oberdorfer 1957.

Porovnaním zápisov z minulosti a súčasnosti bolo zistené, že z vyšších polôh ustupujú nitrofilné druhy. Na druhej strane nitrofilné druhy *Mercurialis perennis*, *Geranium robertianum*, *Salvia glutinosa* a *Urtica dioica* mali v minulosti stálosť približne 70 %, dnes je to podstatne viac (VALACHOVIČ *et al.* 2014).

Vplyvom klimatických a ďalších antropogénnych zmien a ich akcelerácie v posledných desaťročiach predpokladáme výrazné zmeny lesných spoločenstiev. Cieľom tejto práce je zistiť k akým zmenám došlo v lesných spoločenstvách na andezitoch v pohorí Vihorlat 60–70. rokov 20. storočia po rok 2007. Na základe opakovaných fytoecologických záznamov na trvalých reprezentatívnych plochách lesníckej typológie chceme overiť či dochádza k eutrofizácii, termofilizácii či homogenizácii spoločenstiev, podobne ako v iných oblastiach temperátnej Európy.

METODIKA

Charakteristika záujmového územia

Pohorie Vihorlat je mladé vulkanické pohorie zložené z andezitových masívov, na južných svahoch sa nachádzajú tufové podhoria a zriedkavo vystupujúci neogén na povrchu. Orograficky aj geologicky nie je pohorie Vihorlat jednotné. Mladý a živný substrát vytvára pomerne zaujímavé typy vegetácie a geologický podklad taktiež podmieňuje rozdielnosť vegetácie (MICHALKO 1957).

Územie Vihorlatu ovplyvňuje predovšetkým klíma Stredozemného mora, ktorá je relatívne teplá a taktiež vlhká suboceánická klíma od Atlantického oceánu. Vzhľadom na nadmorskú výšku a reliéf sa mení aj teplota. Priemerná ročná teplota je 8,3 až 9,1 °C. Najteplejší mesiac je júl, ktorého priemerná teplota kolíše od 19 do 20,4 °C a najchladnejší je mesiac január, ktorého priemerná teplota kolíše od -3,8 do -3,6 °C. V marci sú zrážky minimálne a v júni až júli maximálne. Priemerná dĺžka snehovej pokrývky je v rozmedzí 59 až 74 dní. Na území Vihorlatu prevláda severozápadný smer prúdenia vetra (VOLOŠČUK a TERRAY 1987).

Pohorie Vihorlat sa považuje za bukovú oblasť bez autochtónneho výskytu drevín *Picea abies* a *Abies alba*, napriek tomu, že klimatické a pôdne podmienky sú relatívne vhodné pre ich prirodzený výskyt (LACINA 2007 in STAŠKO 2016). Obe dreviny sa tu prirodzene

vyskytujú len výnimočne na sutinách PR Jedlinka nad Morským okom (FUTÁK 1972). Vihorlat sa považuje za jednotný floristický okres v rámci východokarpatskej podoblasti - *Carpaticum orientale* (MICHALKO 1957). FUTÁK (1972) toto územie sa síce začleňuje do západokarpatskej podoblasti – *Carpaticum occidentale* ale v skutočnosti predstavuje prechod medzi západo- a východokarpatskou flórou (VALACHOVIČ et al. 2014, KLIMENT 1999). Podľa PLESNÍKA (2002) sa pohorie Vihorlat člení na zónu bukovú, oblasť sopečnú, okres Vihorlatské vrchy a podokres popriečno – vihorlatský.

Najrozšírenejšou drevinou pohoria Vihorlat je *Fagus sylvatica* a na sutinách *Acer pseudoplatanus* a *Fraxinus excelsior*. Buk je kompetične najsilnejší, pretože má širokú ekologickú amplitúdu a v oblasti severo-východného Slovenska je jeho dominancia podporená vysokým úhrnom zrážok v lete (HORECKÁ a VALOVIČ 1991).

Na tomto území prevládajú karpatské druhy ako *Carex pilosa*, *Dentaria glandulosa* a *Salvia glutinosa* (LACINA 2007). Značný význam má výskyt druhov viazaných k vyšším polohám, ktoré diferencujú vegetačné stupne. Sú to druhy ako *Lonicera nigra*, *Rosa pendulina*, *Clematis alpina*, *Huperzia selago*, *Prenanthes purpurea*, *Aruncus vulgaris*, *Gentiana asclepiadea*, *Polygonatum verticillatum*, *Poa chaixi* a *Cicerbita alpina*. Následný výskum v 70. rokoch 20. storočia zaznamenal výskyt ďalších druhov vysokých polôh ako *Blechnum spicant*, *Calamagrostis villosa*, *Luzula sylvatica*, *Soldanella montana* ssp. *hungarica* a *Homogyne alpina* (LACINA 2007).

Potenciálnu prirodzenú vegetáciu Vihorlatu tvoria prevažne podhorské bukové lesy, bukové a jedľovo-bukové lesy, javorové lesy v horských polohách a bukové lesy v horských polohách (obr. 1) FAŠKO a Štastný (2002).).



Obr. 1 Potenciálna prirodzená vegetácia skúmaného územia (<https://app.sazp.sk/atlassr/>).

Fig. 1 Potential natural vegetation of research area (podhorské bukové lesy – foothill beech forests, bukové a jedľovo-bukové lesy – beech and fir-beech forests, bukové lesy na vápencových a dolomitových podlažiach – beech forests on limestones and dolomites, bukové lesy v horských polohách – beech forests in mountain areas, javorové lesy v horských polohách – maple forests in mountain areas) (<https://app.sazp.sk/atlassr/>).

Materiál

Na zistenie zmien v bukových lesoch na andezitoch Vihorlatu sme využili údaje z databázy trvalých reprezentatívnych plôch (TRP) lesníckej typológie (<https://lestypo.tuzvo.sk/>). Vybrali sme všetky plochy pôvodne založené v 60. a 70. rokoch minulého storočia v rámci podrobného typologického prieskumu na území mimo vojenských lesov, a ktoré obnovil v rokoch J. Terray v roku 2007 Celkove išlo o 15 TRP v 3. až 6. vegetačnom stupni (tab. 1).

Obnova plôch bola spravená podľa metodiky NLC (VLADOVIČ *et al.* 2014). Obnovené plochy mali výmeru 500 m². Na ploche bolo obnovené značenie 3 stredových stromov farebným pásom bielej farby s označením plochy a stred plochy označený železným kolíkom. Na ploche bol spravený kompletný fytocenologický zápis a opis pôdnej sondy. Boli zaznamenané zemepisné súradnice, environmentálne údaje (reliéf terénu, nadmorská výška, sklon, expozícia, materská hornina, povrchový skelet), charakteristiky lesného porastu (vek, zápoj, zakmenenie, zastúpenie drevín v 1 až 3 vrstve podľa Zlatníka), celkový kryt, aspekt, celkový kryt bylín, tráv a machov a výskyt jednotlivých druhov podrastu bol kvantifikovaný podľa Zlatníkovej stupnice počtosti a pokryvnosti (KRIŽOVÁ *et al.* 2016). Plocha bola nakoniec zaradená do typologických jednotiek až po úroveň lesného typu.

Tab. 1 Prehľad analyzovaných TRP v pohorí Vihorlat.

Table 1 Overview of typological research plots in Vihorlat mountains.

Lesný typ/ Forest type	Skratka lt	Vegetačný stupeň/ Vegetation stage	Rad/ Order	LHC/ FMU	Počet plôch/ Number of plots
<i>Fagetum abietinum</i>	<i>Fa</i>	4. VS	A	Sobrance	1
<i>Fagetum pauper</i> vst	<i>Fp</i> vst	4. VS	B	Sobrance	3
<i>Fageto – Aceretum</i> nst	<i>FAc</i> nst	5. VS	B/C	Sobrance	1
<i>Abieto – Fagetum</i> vst	<i>AF</i> vst	6. VS	B	Sobrance	1
<i>Fagetum typicum</i>	<i>Ft</i>	4. VS	B	Snina	1
<i>Fagetum tiliosum</i>	<i>F til</i>	4. VS	B/C	Snina	2
<i>Fraxineto – Aceretum</i> nst	<i>FrAC</i> nst	5. VS	C	Snina	1
<i>Fageto – Aceretum</i> nst	<i>FAc</i> nst	5. VS	B/C	Snina	1
<i>Abieto – Fagetum</i> nst	<i>AF</i> nst	5. VS	B	Snina	2
<i>Fagetum humile</i> vst	<i>F hum</i> vst	6. VS	A/B	Snina	1
<i>Querceto – Fagetum</i>	<i>QF</i>	3. VS	B	Snina	1

Spracovanie dát

Údaje získané z typologickej databázy sme previedli do databázy Turboveg 2.0 (HENNEKENS a SCHAMINÉE 2001). Potom sme exportovali údaje do programu Juice 7.0 (TICHÝ 2002) pričom sme hodnoty pokryvnosti previedli na percentá. Celkový súbor zápi-

sov bol rozdelený na pôvodné zápisy z 60.-70.-tych rokov 20. storočia a obnovené zápisy z rokov 2007. V programe JUICE 7.0 sme vytvorili synoptické tabuľky, kde sme vypočítali hodnoty fidelity (phi koeficient) na základe percentuálnej stálosti.. Vypočítali sme Shannonov index druhovej diverzity H' (SHANNON a WEAVER 1949), ktorý slúži na zisťovanie zmeny druhovej diverzity.

Ekologická analýza na základe Ellenbergových ekočísiel pre dusík, kontinentalitu, svetlo, teplotu, reakciu a vlhkosť (ELLENBERG *et al.* 1991) bola spracovaná v programe JUICE 7.0 bez zohľadnenia pokryvnosti druhov (výpočet priemerného ekočísla druhov v zápise) ako aj „klasickým“ spôsobom váženia ekočísiel percentuálnou pokryvnosťou druhov a bola zobrazená v DCA analýze (ELLENBERG *et al.* 1991). Pomocou stálosti druhov prislúchajúcich k určitým ekologickým skupinám druhov (UJHÁZY *et al.* 2018) charakterizujeme zmenu v podiele eutrofných a nitrofilných druhov.

Následne sme exportovali fytoecologické dáta do programu CANOCO 5.0 (TER BRAAK a Šmilauer 1998), kde sme vytvorili nepriamu detrendovanú korešpondenčnú analýzu DCA, ktorá odzrkadľuje zmenu v celkovom druhovom zložení skúmaných rastlinných spoločenstiev spolu s premietnutím environmentálnych pasívnych premenných. Na zaznamenanie zmien v druhovom zložení pôvodných a opakovaných zápisov sme využili metódu DCA.

V programe CANOCO 5.0 sme vytvorili priamu unimodálnu ordináciu (CCA), kde sme overili štatisticky významné environmentálne premenné s Monte Carlo permutačným testom štatistickej významnosti vysvetľujúcich premenných – faktorov s počtom permutácií 999. Táto ordinácia zobrazuje zmenu druhového zloženia podľa signifikantných environmentálnych premenných, teda dynamiku vegetácie rastlinného spoločenstva od 60. rokov 20. storočia až po súčasnosť.

Štatistickú významnosť rozdielov aritmetických priemerov budeme testovať pomocou Studentovho párového t-testu v programe Microsoft® Office Excel.

Názvy rastlinných taxónov budeme uvádzať v zmysle práce MARHOLD a HINDÁK (1998). Geobiocenózy a skupiny lesných typov budeme uvádzať v zmysle práce HANČINSKÝ (1972) a RANDUŠKA *et al.* (1986).

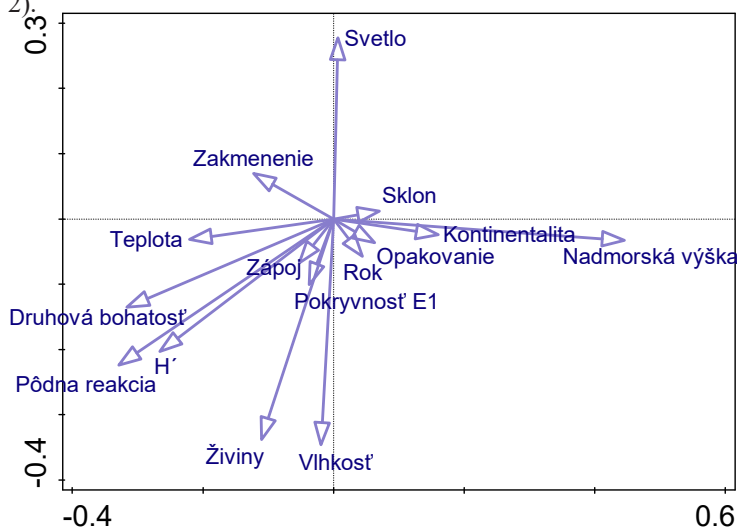
VÝSLEDKY

Ordinačné gradientové analýzy

Pomocou ordinačných analýz sme hodnotili zmenu v druhovom zložení a posun v skupinách lesných typov oproti zápisom z rokov 1968–1976 a opakovanými zápsmi z roku 2007.

Najväčší vplyv na variabilitu druhov a zápisov typologických reprezentatívnych plôch mali environmentálne premenné ako nadmorská výška, zakmenenie, pokryvnosť bylinnej etáže, zápoj, rok zápisu, sklon a opakovanie (zápisy z roku 2007). Významný vplyv mali Ellenbergové ekoindexy a takisto druhová bohatosť a Shannonov index diver-

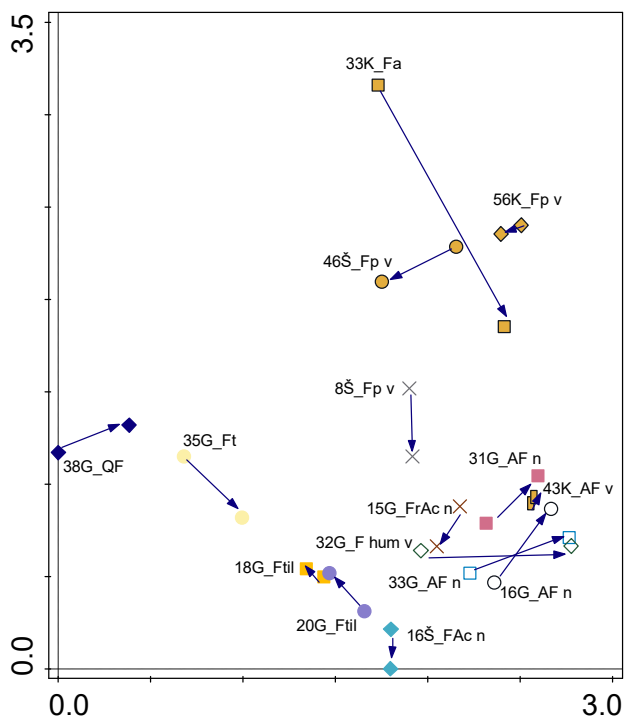
zity (obr. 2).



Obr. 2 DCA analýza zobrazujúca environmentálne premenné, Ellenbergove ekoindexy a index diverzity, ktoré najviac vysvetľujú variabilitu druhov a zápisov TRP v pohorí Vihorlat na andezitoch.

Fig. 2 DCA analysis showing environmental variables (Nadmorská výška - altitude, Ellenberg ecoindexes and diversity index, which most explain the variability of relevées and species of TRP in the Vihorlat Mountains on andesites (Druhovú bohatosť – Species richness, Pôdna reakcia – pH, Teplota – Temperature, Živiny – Nutrients, Zápoj – Canopy cover, Zakmenenie - Stocking, Vlhkosť – Moisture, Pokryvnosť E1 – Herb layer cover, Rok – Year, Opakovanie – Repeated plots, Sklon – Slope, Kontinentalita – Continentality, Nadmorská výška – Altitude).

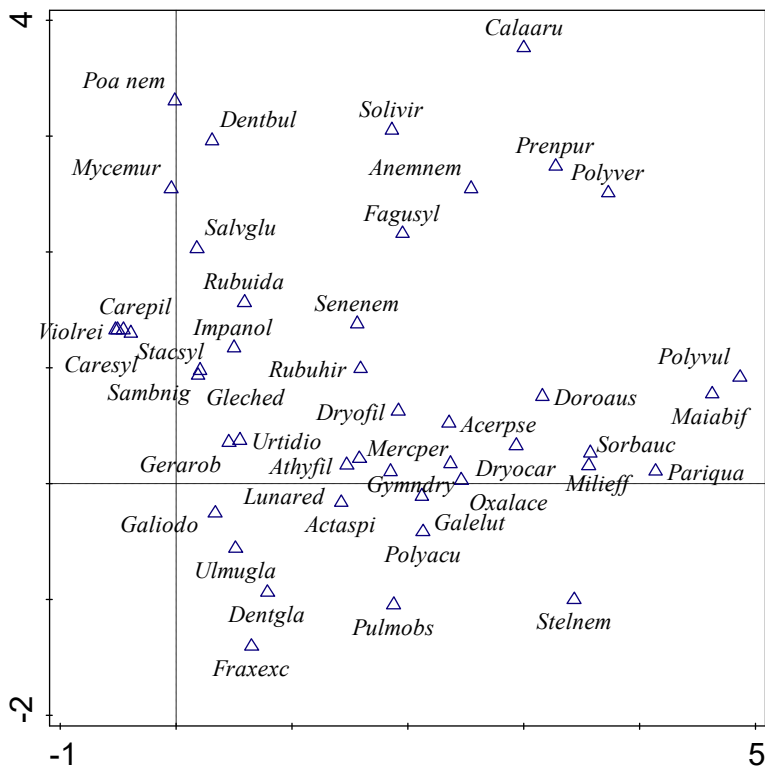
Na obr. 3 pozorujeme najväčší posun v ochrannom lese *Fa* (*Fagetum abietinum*), ktorý sa posunul smerom k nižšej druhovej diverzite, bohatosti a smerom k spoločenstvám vyšších nadmorských výšok a vyššej kontinentalite, keďže pristúpili v bylinnej etáži paprade a javor. V spoločenstvách *Ftil* (*Fagetum tiliosum*) sa zvýšila druhová bohatosť aj diverzita, keďže sa zvýšila pokryvnosť bylinnej etáže (E_1). Výrazne klesla pokryvnosť a druhová bohatosť skupín lesných typov *Fp* (*Fagetum pauper*) v zápisoch z roku 2007, hlavne v tomto sít klesla prítomnosť podhorských druhov ako *Prenanthes purpurea* a pristúpil teplomilnejší druh *Poa nemoralis*, zvýšila sa tiež pokryvnosť na živiny náročnejších druhov. Spoločenstvá *Fhum* v (*Fagetum humile* vyšší stupeň) majú druhy viazané na viac kontinentálnu a horskú klímu ako tomu bolo v rokoch pred opakovaním. V skupinách lesných typov *AF* n (*Abieto-Fagetum* nižší stupeň) pristupuje viac podhorských druhov ako *Maianthemum bifolium* a subalpínskych druhov ako *Doronicum austriacum*. V týchto spoločenstvách sa zvyšuje pokryvnosť druhov, ktoré majú vyššie ekočísla pre kontinentalitu. V sít *FrAc* n (*Fraxineto-Aceretum* nižší stupeň) klesla druhová bohatosť aj diverzita.



Obr. 3 DCA analýza TRP v pohorí Vihorlat na andezitoch. Graf ukazuje východiskové TRP z obdobia rokov 1968 až 1976 a koniec šípky plochy obnovené v rokoch 2007. Graf ukazuje posun zápisov pozdĺž environmentálnych premenných, Ellenbergových ekoindexov, indexu H' a druhovej bohatosti podľa obr. 2.

Fig. 3 DCA analysis of TRP in Vihorlat mountains on andesites. The graph shows the baseline TRP from 1968 to 1976 and the end of the arrow plots restored in 2007. The graph shows the shift of relevés along the environmental variables, Ellenberg ecoindexes, the H' index and species richness according to Fig. 2.

V grafe na obr. 4 na ľavej strane pozorujeme druhy zápisov nižších vegetačných stupňov, prevažne slt *QF* (*Querceto-Fagetum*). V strede naľavo grafu sú druhy zápisov 4. vegetačného stupňa *Ft* (*Fagetum typicum*). V dolnej časti grafu sú druhy skôr nitrofilné viazané na slt *Ftil* a *FAc n* a napravo sú druhy viazané na vyššie vegetačné stupne 5. a 6. vegetačného stupňa, prevažne slt *FrAc n* (*Fraxineto-Aceretum* nižší stupeň), *AF n* (*Abieto-Fagetum* nižší stupeň), *AF v* (*Abieto-Fagetum* vyšší stupeň) a *F hum v* (*Fagetum humile* vyšší stupeň). Druh *Calamagrostis arundinacea* je viazaný na slt *Fa* (*Fagetum abietinum*).



Obr. 4 DCA ordinácia druhov (*Poa nem* – *Poa nemoralis*, *Dent bul* – *Dentaria bulbifera*, *Sol vir* – *Solidago virgaurea*, *Cala aru* – *Calamagrostis arundinacea*, *Myce mur* – *Mycelis muralis*, *Anem nem* – *Anemone nemorosa*, *Pren pur* – *Prenanthes purpurea*, *Poly ver* – *Polygonatum verticillatum*, *Salv glu* – *Salvia glutinosa*, *Fagu syl* – *Fagus sylvatica*, *Rubu ida* – *Rubus idaeus*, *Care pil* – *Carex pilosa*, *Viol rei* – *Viola reichenbachiana*, *Impa nol* – *Impatiens noli-tangere*, *Sene nem* – *Senecio nemorensis*, *Care syl* – *Carex sylvatica*, *Stac syl* – *Stachys sylvatica*, *Rubu hir* – *Rubus hirtus*, *Samb nig* – *Sambucus nigra*, *Glec hed* – *Glechoma hederacea*, *Dryo fil* – *Dryopteris filix-mas*, *Acer pse* – *Acer pseudoplatanus*, *Doro aus* – *Doronicum austriacum*, *Poly vul* – *Polypodium vulgare*, *Mai bif* – *Maianthemum bifolium*, *Urti dio* – *Urtica dioica*, *Gera rob* – *Geranium robertianum*, *Athy fil* – *Athyrium filix-femina*, *Merc per* – *Mercurialis perennis*, *Dryo car* – *Dryopteris carthusiana*, *Sorb auc* – *Sorbus aucuparia*, *Pari qua* – *Paris quadrifolia*, *Mili eff* – *Milium effusum*, *Gymn dry* – *Gymnocarpium dryopteris*, *Luna red* – *Lunaria rediviva*, *Gali odo* – *Galium odoratum*, *Oxal ace* – *Oxalis acetosella*, *Acta spi* – *Actaea spicata*, *Gale lut* – *Galeobdolon luteum*, *Ulm gla* – *Ulmus glabra*, *Poly acu* – *Polystichum aculeatum*, *Dent gla* – *Dentaria glandulosa*, *Pulm obs* – *Pulmonaria obscura*, *Stel nem* – *Stellaria nemorum*, *Frax exc* – *Fraxinus excelsior*).

Fig. 4 DCA ordination of species (abbreviations of names of species are explained above)

Graf ukazuje posun druhov pozdĺž environmentálnych premenných, Ellenbergových ekoindexov, indexu H' a druhovej bohatosti podľa obr. 2.

Podľa výsledkov CCA ordinačnej analýzy bez ohľadu na rok zápisu z environmentálnych premenných mala na variabilitu bylinnej etáže najväčší vplyv nadmorská výška (24,1 %), stredný vek porastu (14,8 %), sklon (10,5 %) a zápoj spolu s rokom zápisu, ktorý ale už nebol významný (tab.2).

Tab. 2 Štatisticky významné environmentálne premenné ($P < 0,05$) vysvetľujúce zmeny v druhovom zložení a zmeny v zápisoch podľa Monte Carlo Permutačného testu.

Table 2 Statistically significant environmental variables ($P < 0.05$) explaining changes in species composition and changes in records according to the Monte Carlo Permutation Test.

Premenná	Vysvetlená variabilita %	Podiel na celkovej variabilite %	pseudo-F	P
Variable	Explains %	Contribution %	pseudo-F	P
Nadm. výška/Altitude	12.3	24.1	3.9	0.001***
Stredný vek/Middle age	7.5	14.8	2.5	0.001***
Sklon/Slope	5.4	10.5	1.9	0.018**

Na overenie významnosti zmeny v čase sme obmedzili permutačný test iba na páry plôch (číslo plochy bolo nastavené ako kovariáta). Opakovanie nastavené ako faktor v tomto prípade vplývalo na druhové zloženie len na hranici štatistickej významnosti ($p = 0,56$). Znamená to, že ku zmenám síce došlo, ale neboli príliš významné a stále bola výraznejšia prirodzená variabilita odrážajúca stanovištné podmienky (sklon, nadmorská výška), resp. prirodzené vývojové trendy reprezentované stredným vekom porastu. Na tom, že faktor času sa ešte neprejavil ako významný, sa mohol podieľať aj menší počet opakovaných plôch na Vihorlate.

Zmeny v druhovej diverzite

Druhá bohatosť zápisov z roku 2007 sa znížila oproti rokom 1968 až 1976 veľmi mierne (v priemere o jeden druh) a táto zmena nebola štatisticky významná podľa párového t-testu. No párový t-test vykázal štatisticky významnú zmenu ($P < 0,05$) v znížení druhovej diverzity H' a znížení druhovej vyrovnanosti E_H zápisov z roku 2007 oproti zápisom z rokov 1968 až 1976 (tab. 3).

Tab. 3 Porovnanie druhovej bohatosti, H' indexu diverzity, EH druhovej vyrovnanosti v 2 obdobiach na 15 TRP.

Table 3 Comparison of species richness DB, H' diversity index, EH species evenness in 2 periods on 15 TRP.

Číslo plochy Number of plot	Slt 1968- 76 Forest type 1968- 1976	Slt 2007 Forest type 2007	DB 1968- 76	DB 2007	H' 1968-76	H' 2007	EH 1968-76	EH 2007
16G	FAc n	AF n	13	16	2.16	2.23	0.84	0.81
33G	AF n	AF n	11	15	2.19	2.08	0.91	0.77
32G	FAc hum v	FAc hum v	18	18	2.48	2.48	0.86	0.86
15G	FrAc n	FrAc n	29	21	2.83	2.57	0.84	0.84
35G	Ft	Ft	33	31	3.12	3.1	0.89	0.9
18G	Ftil	Ftil	19	22	2.36	2.44	0.8	0.79
38G	QF	QF	27	26	3.13	2.51	0.95	0.77
20G	Ftil	Ftil	19	26	2.51	2.64	0.85	0.81
31G	AF n	AF n	9	13	2.17	2.38	0.99	0.93
16Š	FAc n	FAc n	32	26	3.08	2.77	0.89	0.85
8Š	Fp v	Fp v	8	4	1.69	1.24	0.81	0.89
46Š	Fp v	Fp v	3	3	1.04	0.19	0.95	0.17
33K	Fa	Fa	20	14	2.25	1.92	0.75	0.73
56K	Fp v	Fp v	2	2	0.64	0.45	0.92	0.65
43K	AF v	AF v	19	14	2.5	2.31	0.85	0.88
PRIEMER/ AVERAGE			17.74	16.73	2.28	2.09	0.87	0.78
t.test			0.2652	0.2652	0.0127	0.0127	0.0470959	0.0471

Zmeny v pokryvnosti a druhovom zložení podrastu

Súčet priemerných pokryvností druhov v % na plochách kde sa daný druh vyskytuje – tzv. average non-zero value cover sa v opakovaných zápisoch z roku 2007 zvýšila, ale nie štatisticky významne. Najviac vzrástla pokryvnosť acidofilného druhu *Calamagrostis arundinacea*, ktorý expandoval zo 16% na 56%, *Carex pilosa* zvýšila pokryvnosť z 10% na 25,5%, *Galium odoratum* zvýšil pokryvnosť z 5,9% na 12,6% pokryvnosť zvýšili aj dreviny *Fagus sylvatica* a *Ulmus glabra*, *Rubus hirtus* zvýšil pokryvnosť z 9,9% na 18,1 %. Naopak papraď *Dryopteris carthusiana* agg. znížila pokryvnosť z 12% na 6,1 %, *Galeobdolon luteum* agg. znížil pokryvnosť z 13,9% na 5,9%. Pokryvnosť znížila aj tráva *Carex sylvatica* z 15% na 3%.

V opakovaných zápisoch z roku 2007 pristúpili druhy *Polypodium vulgare*, *Carpinus betulus*, *Hieracium lachenalii*, *Circaea x intermedia*, *Populus tremula*, *Veronica officinalis*, *Lapsana communis*, *Phegopteris conetilis*, *Prunus avium*, *Brachypodium sylvaticum*

a *Ribes alpinum*. Tieto druhy sa v zápisoch z rokov 1968 až 1976 nevyskytovali vôbec. Naopak v opakovaných zápisoch z roku 2007 úplne vymizli taxóny *Epilobium montanum*, *Atropa bella-dona*, *Corylus avellana*, *Daphne mezereum*, *Picea abies*, *Campanula rapunculoides*, *Sambucus racemosa*, *Ajuga reptans*, *Cephalanthera damasonium*, *Veronica chamaedrys*, *Polemonium caeruleum*, *Campanula trachelium*, *Fragaria vesca*. *Aruncus dioicus*, *Hylotelephium maximum* agg., *Chelidonium majus*, *Betula pendula*, *Asyneuma canescens*, *Melica nutans*, *Isopyrum thalictroides*, *Valeriana* sp., *Hypericum hirsutum*, *Galeopsis speciosa*, *Lamium maculatum*, *Hieracium sabaudum*.

V rokoch 1968 až 1976 bolo celkovo na 15 typologických reprezentatívnych plochách prítomných 85 druhov, zatiaľ čo v roku 2007 bolo na rovnakých TRP prítomných už len 71 druhov.

V roku 2007 sa TRP 16G klasifikovala z slt *FAC nst* na slt *AF n* vplyvom zmeny druhového zloženia smerom k mezotrofnejším druhom a vplyvom ústupu nitrofilných druhov.

Tab. 4 Významná zmena frekvencie (%) a fidelity (horné číslo) diferenciálnych druhov v 15 zápisoch v rokoch 1968 až 1976 oproti 15 zápisom opakovaných v roku 2007.

Table 4 Significant change in frequency (%) and fidelity (upper number) of differential species in 15 relevés between 1968 and 1976 compared to 15 relevés repeated in 2007.

	ROKY/YEARS	
	1968 – 76	2007
<i>Epilobium montanum</i>	20 ^{33.3}	0
<i>Urtica dioica</i>	47 ^{28.3}	20
<i>Atropa bella-donna</i>	13 ^{26.7}	0
<i>Corylus avellana</i>	13 ^{26.7}	0
<i>Daphne mezereum</i>	13 ^{26.7}	0
<i>Picea abies</i>	13 ^{26.7}	0
<i>Sorbus aucuparia</i>	20	53 ^{34.6}
<i>Anemone nemorosa</i>	20	47 ^{28.3}
<i>Maianthemum bifolium</i>	7	27 ^{26.8}
<i>Polypodium vulgare</i>	0	13 ^{26.7}
<i>Dentaria glandulosa</i>	7	20 ^{19.6}

Pozorujeme zníženie frekvencie druhu *Urtica dioica*. Naopak druh *Sorbus aucuparia* a *Maianthemum bifolium* zvýšil frekvenciu, *Anemone nemorosa* a *Dentaria glandulosa* zvýšila pokryvnosť.

Druhy *Atropa bella-dona*, *Corylus avellana*, *Daphne mezereum*, *Picea abies* *Urtica dioica* a *Epilobium montanum* boli viazané na TRP v rokoch 1968 až 1976. Druhy *Sorbus aucuparia*, *Anemone nemorosa*, *Maianthemum bifolium* a *Polypodium vulgare* boli viazané na TRP opakované v roku 2007 (tab. 4). Účasť a pokryvnosť ostatných druhov môžeme vidieť v tab. 5.

Tab. 5 Pokryvnosti taxónov bylinnej etáže na 15 typologických reprezentatívnych plochách v rokoch 1968-1976 a v roku 2007.

Table 5 Cover of taxa of herb layer on 15 typological representative plots in 1968-1976 and in 2007.

Rok	1968-1976	2007
	133131323104354	133131323104354
	632558801686363	632558801686363
	GGGGGGGGGŠŠŠKKK	GGGGGGGGGŠŠŠKKK
<i>Fagus sylvatica</i>	2222+2.2.222222	22+.22322224222
<i>Rubus hirtus</i> s.lat.	22322.11+21++1	43231122+22.1.2
<i>Dryopteris filix-mas</i>	122221+++2+...1	2122+3+111+.2.2
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2232+++222...2	22222+.1222r2.2
<i>Athyrium filix-femina</i>	2132111212...1	2121122212..+.1
<i>Sorbus aucuparia</i>	+++.1.....	2+11r...+22.....
<i>Dryopteris carthusiana</i> agg.	3223+..++1+...2	2122...+2+..2.2
<i>Senecio nemorensis</i> agg.	++2+1...+1.1.+	r..2+..+1+2..+..
<i>Prenanthes purpurea</i>	..+1+...++r.211	11r.....2+..21+
<i>Oxalis acetosella</i>	22222..1.+...1	12121..1.+...1
<i>Galeobdolon luteum</i> agg.	222.22.2.2....3	..+211.1.2..1.1
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	221+.2.11.....	22+.121.1+....
<i>Urtica dioica</i>	..121+1+...+....	..11...+.....
<i>Galium odoratum</i>	...2111.2+...2	...1211.3....
<i>Polygonatum verticillatum</i>	+.....+++.1	+1.....+..+
<i>Mercurialis perennis</i>	..12.2.2.2....	...12.2.....
<i>Lunaria rediviva</i>	...3.3.2.1....	...2r3.3.2....
<i>Mycelis muralis</i>	...1.+...+...+	...++...+....
<i>Salvia glutinosa</i>	...22...+...+	...1+1.1.....
<i>Actaea spicata</i>	...+.1.+...+...	...r1.2.1.....
<i>Stellaria nemorum</i> agg.	2.11....2....	1+1....2....
<i>Rubus idaeus</i>	..211.+.....	...2...+...1..
<i>Solidago virgaurea</i>	...++.....1+	...2.....+..
<i>Polystichum aculeatum</i>	...1.1.+...+...	+r.....
<i>Sambucus nigra</i>	2++.....	...+22r+.....
<i>Anemone nemorosa</i>	+.1.1	r r r r+.r r r....
<i>Dentaria bulbifera</i>	++1..	...1++.....
<i>Pulmonaria obscura</i>	+...+...	+...+...
<i>Doronicum austriacum</i>	1....r	...r...r1.....
<i>Ulmus glabra</i>	2....1....	...+2.2.2....
<i>Paris quadrifolia</i>	+...+...	...+1r.....1
<i>Impatiens noli-tangere</i>	...+.1.....	...1..++.....

Ostatné druhy:

Campanula rapunculoides 3: +; *Sambucus racemosa* 9: +; *Ajuga reptans* 9: +; *Cephalanthera damasonium* 2: +; *Veronica chamaedrys* 2: +; *Polemonium caeruleum* 18: +; *Campanula trachelium* 3: 1; *Fragaria vesca* 2: +; *Aruncus dioicus* 18: 1; *Hylotelephium maximum* agg. 18: +; *Chelidonium majus* 14: +; *Betula pendula* 9: +; *Melica nutans* 3: +; *Isopyrum thalictroides* 17: r; *Valeriana species* 18: +; *Galeopsis speciosa* 30: +; *Hypericum hirsutum* 9: +; *Lamium maculatum* 18: 1; *Hieracium sabaudum* 3: +; *Hieracium lachenalii* 10: 1; *Circaea x intermedia* 1: r; *Carpinus betulus* 1: 2; *Populus tremula* 15: +; *Veronica officinalis* 1: r; *Lapsana communis* 15: r; *Phegopteris connectilis* 29: 1; *Prunus avium* 15: 2; *Brachypodium sylvaticum* 1: +; *Ribes alpinum* 19: +;

DISKUSIA

Termofilizácia spôsobená otepľovaním klímy je brzdená lesnou mikroklimou. V našom prípade sa to potvrdilo, pretože z porastu vymizli teplomilné druhy ako *Hylo-telephium maximum*, *Hypericum hirsutum* a *Veronica chamaedrys*. Naopak pozorujeme zvýšenie pokryvnosti na živiny náročnejších druhov ako *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Ulmus glabra* a *Fraxinus excelsior* čo vedie k mezofilizácii, keďže sa zvýšil korunový zápoj, čo malo vplyv na ústup rúbaniskových druhov (ZELLWEGER *et al.* 2020), no na druhej strane sme zaznamenali zníženie pokryvnosti bučínového druhu *Galeobdolon luteum*, zaujímavé je zníženie frekvencie bučínového druhu *Galium odoratum*, ktorý však na plochách, kde sa vyskytuje výrazne zvýšil pokryvnosť.

Pozorujeme štatisticky významný ústup nitrofilného druhu *Urtica dioica* a taktiež zníženie frekvencie nitrofilných druhov ako *Salvia glutinosa*, *Mercurialis perennis*, *Actaea spicata*, *Geranium robertianum*, taktiež nitrofyty ako *Campanula trachelium*, *Aruncus di- oicus*, *Chelidonium majus*, *Isporym thalictroides* a *Lamium maculatum* na opakovaných plochách úplne vymizli a to sa nezhoduje s prácou VALACHOVIČ *et al.* 2014, ktorý zistil, že nitrofilné druhy *Mercurialis perennis*, *Geranium robertianum*, *Salvia glutinosa* a *Urtica dioica* mali vyššiu stálosť oproti minulosti. Na druhej strane potvrdzujeme ústup nitrofilných druhov z vyšších polôh a taktiež potvrdzujeme zvýšenie frekvencie a pokryvnosti podhorských druhov ako *Maianthemum bifolium*, *Dentaria glandulosa* a *Phegopteris connectilis*.

Došlo k strate druhovej bohatosti, ale nebolo to štatisticky významné, no napriek tomu na opakovaných plochách ubudlo až 14 druhov. Strata druhovej diverzity (H') a druhovej vyrovnanosti bola štatisticky významná. Zvýšil sa podiel euryekných druhov (*Maianthemum bifolium*) a generalistov (*Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*) a vymizli vzácne druhy ako *Cephalanthera damasonium* (CASTRO a JAKŠIČ 2008, KEITH *et al.* 2019; OLDEN *et al.* 2004; ROONEY *et al.* 2007). Na druhej strane ale došlo k zvýšeniu súčtu priemer- ných pokryvností druhov v % na plochách, kde sa daný druh vyskytuje (average non-zero value), ale nie štatisticky významne, naviac tieto zmeny skresľujú zvýšenie pokryvnosti na určitých plochách, napríklad plocha 35G (slt *Ft*) znížila pokryvnosť zo 60 % na 20 % a dostala takmer nudálny vzhľad (obr. 5).

Zvýšenú acidifikáciu bukovo-jedľových lesov Vihorlatu indikuje výrazný nárast pokryvnosti acidofilného druhu *Calamagrostis arundinacea* až o 40% ako aj pristúpenie acidofilných druhov ako *Phegopteris connectilis* a *Veronica officinalis*. Veľa druhov náročnejších na pH pôdy vymizlo. No táto zmena štatisticky významná nebola. Čiastočne to potvrdzuje práca VALACHOVIČ *et al.* 2014, ktoré výskumom zistili acidifikáciu rastlinných spoločenstiev vo vyšších nadmorských výškach v oblasti Východných Karpát.

Výrazným problémom je eutrofizácia, ktorá vedie k zvýšenému podielu nitrofytov. V našom prípade mnoho nitrofytov znížilo frekvenciu a to predovšetkým *Urtica dio-*

ica, ktorá mala v 70. rokoch na TRP 47% frekvenciu a na opakovaných plochách klesla na 20%. Taktiež klesla frekvencia nitrofytov ako *Salvia glutinosa* a *Mercurialis perennis*. No zvýšila sa pokryvnosť nitrofytov *Sambucus nigra*, *Lunaria rediviva* a taktiež sa zvýšila pokryvnosť na živiny náročnejších druhov ako *Ulmus glabra* a *Acer pseudoplatanus*. Z týchto výsledkov preto nemôžeme potvrdiť eutrofizáciu v bukovo-jedľových lesoch Vihorlatu keďže štatisticky významne klesla frekvencia nitrofytov aj napriek tomu že niekoľko na živiny náročnejších druhov pristúpilo. Pozitívom je že sa do porastu nerozšírili žiadne invázne druhy (STAUDE *et al.* 2020). Je to možné tým, že lesy Vihorlatu nedosahujú kritickú hodnotu $10-15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, pri ktorej nastáva zmena druhového zloženia rastlinných spoločenstiev smerom k zvýšeniu zastúpenia nitrofilných druhov (BOBBINK *et al.* 2010).



Obr. 5 Typická bučina (*Fagetum typicum*) s takmer nudálnym vzhľadom.
Fig. 5 Typical beech forest (*Fagetum typicum*) with almost low herb cover.

ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo zistiť zmeny rastlinných spoločenstiev jedľovo-bukových lesov Vihorlatu na základe 15 TRP z rokov 1968 až 1976, ktoré sme porovnali s opakovanými TRP z roku 2007. Vyhodnotili sme túto zmenu pomocou programov JUI-CE, CANOCO a štatistických testov. Pozorujeme negatívny jav vo forme významného zníženia druhovej diverzity a druhovej vyrovnanosti. S tým je sprevádzaný aj ústup vzácnych druhov a šírenie generalistov a druhov so širokou ekologickou amplitúdou. Termofilizácia nebola pozorovaná, naopak korunový zápoj sa s rokom zvýšil a došlo k mezofilizácii, kedy sa do porastu rozšírili druhy náročnejšie na živiny. Na niektorých plochách došlo aj k výraznému zvýšeniu pokryvnosti acidofilných druhov a teda k acidifikácii. Ako pozitívne hodnotíme ústup rúbaniskových druhov a taktiež ústup frekvencie nitrofytov, preto nedochádza k eutrofizácii. Zmena rastlinných spoločenstiev smerovala k šíreniu podhorských druhov.

Zmeny sčasti súvisia a potvrdzujú zmeny rastlinných spoločenstiev na európskej a slovenskej úrovni, no niektoré výsledky vykazovali odchýlky a nekorešpondovali s výsledkami výskumov z oblasti Slovenska a predovšetkým Vihorlatu. Na sledovanie týchto zmien bude však potrebný ďalší výskum, väčší časový rozptyl a viac obnovených TRP.

Pod'akovanie:

Tento článok vznikol vďaka finančnej podpore projektov VEGA 1/0624/21. Naše poďakovanie patrí všetkým typológom NLC, ktorí sa podieľali na zbere údajov v teréne, úprave dát a poskytnutí archívnych dát.

LITERATÚRA

- BECKER SCAPITTA, A., BARDAT, J., LALANNE, A., VELLEND, M. 2017. Long-term community change: bryophytes are more responsive than vascular plants to nitrogen deposition and warming. *Journal of Vegetation Science* 28, p. 1220–1229.
- BOBBINK, R., HICKS, K., GALLOWAY, J. *et al.* 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological applications* 20(1), p. 30–59.
- BOŠEĽA, M., PETRÁŠ, R., SITKOVÁ, Z. *et al.* 2014. Possible causes of the recent rapid increase in the radial increment of silver fir in the Western Carpathians. *Environmental Pollution* 184, p. 211–221.
- BRONDÍZIO S. E., SETTELE J., DIAZ S. *et al.* 2019. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366(6471).
- BUGNO-POGODA, A., DURAK, T. 2021. Climate and management factors underlying changes in beech forest herbaceous layer plant communities in the Polish Eastern Carpathians. *Forests* 12(11), p. 1446.
- CASTRO, S.A., JAKSIC, F.M. 2008. Role of non-established plants in determining biotic homogenization patterns in Pacific Oceanic Islands. *Biological Invasions* 10, p. 1299–1309.
- DIAZ, S., SETTELE, J., BRONDÍZIO, S. E. *et al.* 2019. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366(6471).
- FAŠKO, P., ŠTASTNÝ, P. 2002. Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava.
- FUTÁK, J. 1972. Fytogeografický prehľad Slovenska. In: Lukniš, M., Slovensko, Príroda, Obzor, Bratislava, p. 431–482.

- HANČINSKÝ L. 1972. Lesné typy Slovenska. *Príroda*. Bratislava, p. 307.
- HEINRICH, S., SCHMIDT, W. 2017. Biotic homogenization of herb layer composition between two contrasting beech forest communities on limestone over 50 years. *Applied Vegetation Science* 20, p. 271–281.
- HÉDL, R., CHUDOMELOVÁ, M. 2020. Understanding the dynamics of forest understorey: Combination of monitoring and legacy data reveals patterns across temporal scales. *Journal of Vegetation Science*, 31(5), p. 733–743.
- HÉDL, R., KOPECKÝ, M., KOMÁREK, J. 2010. Half a century of succession in a temperate oakwood: from species-rich community to mesic forest, Diversity and Distributions. *A Journal of Conservation Biogeography* 16(2), p. 267–276.
- HENNEKENS, S. M., SCHAMINÉE, J. H. J. 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12, p. 589–591.
- HIBBARD, J. P., VAN STAAL, C. R., RANKIN, D. W., WILLIAMS, H. 2006. Lithotectonic map of the Appalachian Orogen, Canada – United States of America. *American Journal of Science* 307(1), p. 23–45.
- HLÁSNY T., BARKA I., KULLA L. *et al.* 2017. Sustainable forest management in the central western carpathians, northeastern slovakia. the role of climate change. *Regional environmental change* 17(1).
- HORECKÁ, V., VALOVIČ, Š. 1991. Atmosférické zrážky. Klimatické pomery Slovenska. Vybrané charakteristiky. In.: Zborník prác SHMÚ, zv. 33/1, SHMÚ, Bratislava: p. 107–144.
- CHYTRÝ, M., TICHÝ, L., HENNEKENS, H. S., SCHAMINÉE, H. J. J. 2014. Assessing vegetation change using vegetation-plot databases: a risky business. *Applied Vegetation Science* 17(1), p. 32–41.
- JOHNSON, K. S., PLANT, J. N., DUNNE, J. P., TALLEY, P. L., SARMIENTO, J. L. 2017. Annual nitrate drawdown observed by SOCCOM profiling floats and the relationship to annual net community production. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 122, p. 6668–6683.
- KEITH, S. A., NEWTON, A. C., MORECROFT, M. D., BEALEYS, C. E., BULLOCK, J. M. 2009. Taxonomic homogenization of woodland plant communities over 70 years. *Proceedings of the Royal Society B* 276, p. 3539–3544.
- KLINDA, J., LIESKOVSKA, Z. 2003. Report on state of the environment of the Slovak Republic 2002; Správa o stave životného prostredia Slovenskej Republiky v roku 2002, Slovakia.
- KLIMENT J. 1999. Komentovaný prehľad vyšších rastlín flóry Slovenska, uvádzaných v literatúre ako endemické taxóny I., II. *Bulletin Slovenskej Botanickéj Spoločnosti* Supplement 4 Botanická záhrada UK., 434 p.
- KMEŤ, T. 1996. Material recycling in a closed aquatic ecosystem. I. Nitrogen transformation cycle and preferential utilization of ammonium to nitrate by phytoplankton as an optimal control problem. *Bulletin of Mathematical Biology* 58, p. 957–982.
- KRIŽOVÁ, E., UJHÁZY, K., NIČ, J. 2016. Fytocenológia a lesnícka typológia . Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 194 p.
- LACINA, J. 2007. Geobiocenologická typizace Vihorlatu před téměř 40 lety – výzva k návratu. In: Hrubá, V., Štykar, J. (eds.), Geobiocenologie a její aplikace. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, p. 53–62.
- LENOIR, J., GÉGOUT, J. C., DUPOUEV, J. L., BERT, D., SVENNING, J.-C. 2010. Forest plant community changes during 1989-2007 in response to climate warming in the Jura Mountains (France and Switzerland). *Journal of Vegetation Science* 21, p. 949–964.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. 1998. Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska, Vydavateľstvo SAV, Veda, Bratislava, 688 p.
- MICHALKO, J. 1957. Geobotanické pomery pohoria Vihorlat. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 198 p.
- MINĐAŠ, J., HOLÉCY, J., ŠKVARENINA, J. 2017. Modelling Global Climate Change Impact on the Uncertainty of Forest Bio-diversity Evolution and the Structure of its Ecosystem Services. *Životné prostredie* 51(1), p. 14–20.
- OLDEN, J. D., POFF, N. L., DOUGLAS, R., DOUGLAS, M. E., FAUSCH, K. D. 2004. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution* 19(1), p. 18–24.
- PLESNÍK P. 2002. Fytogeografické členenie In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava.
- RANDUŠKA D. , VOREL J., PLÍVA K. 1986. Fytocenológia a lesnícka typológia. *Príroda*. Bratislava, p. 344.
- ROONEY, T. P., OLDEN, J. D., LEACH, M. K., ROGERS, D. A. 2007. Biotic homogenization and conservation prioritization. *Biological conservation* 134 (3), p. 447–450.
- SCHMIDT, S., NITSCHKE, N., ALLAN, E. *et al.* 2017. Plant diversity has contrasting effects on herbivore and parasitoid abundance in *Centaurea jacea* flower heads. *Ecology and Evolution* 7(22), p. 9319–9332.

- SCHMITZ, A., SANDERS, G. M., BOLTE, A. *et al.* 2019. Responses of forest ecosystems in Europe to decreasing nitrogen deposition. *Environmental Pollution* 244, p. 980–994.
- SHANNON, C. E., WEAVER, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- STAUDE, I. R., WALLER, D. M., BERNHARDT-RÖRMANN, F. *et al.* 2020. Replacement of small- by large- ranged species scale up to diversity loss in Europe's temperate forest biome. *Nature Ecology and Evolution* 4, p. 802–816.
- STAŠKO, J. 2016. Zmeny druhového zloženia bukových lesov Vihorlatu s odstupom takmer 40 rokov. Diplomová práca. Technická univerzita vo Zvolene. Lesnícka fakulta. Zvolen.
- Šebesta, J., Šamonil, P., LACINA, J. *et al.* 2011. Acidification of primeval forests in the Ukraine Carpathians: vegetation and soil changes over six decades. *Forest Ecology and Management* 262 (7), p. 1265–1279.
- TER BRAAK, C. J. F., Šmilauer, P. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination. Microcomputer Power. Ithaca, NY, USA. p. 500.
- THIMONIER, A., DUPOUEV, J. L., TIMBAL, J. 1992. Floristic changes in the herb-layer vegetation of a deciduous forest in the Lorraine Plain under the influence of atmospheric deposition. *Forest Ecology and Management* 55(1–4), p. 149–167.
- TICHÝ, L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal Vegetation Science* 13, p. 451–453.
- UJHÁZY, K., MÁLIŠ, F., KRIŽOVÁ, E., NIČ, J. 2018. Fytocenológia a lesnícka typológia – Návod na cvičenia, Technická Univerzita vo Zvolene, 126 p.
- VALACHOVIČ, M., HEGEDŮŠOVÁ, K., KANKA, R. *et al.* 2014. Forest communities of the Vihorlat Mts. (The Eastern Slovakia). *Phytopedon* (Bratislava) 13(1), p. 13–41.
- VLADOVIČ, J., MERGANIČ, J., MÁLIŠ, F. 2014. Reakcia diverzity lesných fytocenóz na zmenu edaficko-klimatických podmienok Slovenska, Technická Univerzita vo Zvolene, 165 p.
- VOLOŠČUK, I., TERRAY, J. 1987. Chránená krajinná oblasť Vihorlat. Príroda, Bratislava, 287 p.
- ZELLWEGER, F., DE FRENNE, P., LENOIR, J. *et al.* 2020. Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. *Science* 368(6492), p. 772–775.
- ZLATNÍK, A. 1976. Přehled skupin typů geobiocenů původně lesních a křovinných ČSSR. Zpr. Geogr. úst. Čs. akad. věd., č. 13, sv. 3/4, p. 55–64. Brno.
- STEFFEN, W., RICHARDSON, K., ROCKSTRÖM, J. *et al.* 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223).

<https://app.sazp.sk/atlassr/>

<https://lestypo.tuzvo.sk/>

¹ Lesnícka fakulta TU vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, Zvolen

² Fakulta ekológie a environmentalistiky TU vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, Zvolen

CONCLUSIONS

Changes in plant communities of beech forest in Vihorlat

The work presents changes in plant communities of beech forests on andesite bedrock in the Vihorlat Mts. 15 typological representative plots were analyzed, where we compared relevés from the years 1968–1976 with the resampled relevés from 2007. They were analyzed in JUICE and CANOCO programs, and analysed by statistical methods.

The results showed a statistically significant decrease in species diversity and species evenness on repeated relevés. There was a significant increase in the canopy with time (year), which had caused mesophilization and the spread of nutrient-demand species to the herb layer, such as *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus glabra*, *Galium odoratum*, *Carpinus betulus*, *Pulmonaria obscura*, *Lunaria rediviva* and *Dentaria glandulosa*. Thermophilization was not observed, because it was thermophilic species that retreated from the communities, and in opposite, mountain species spread to the herb layer. We also did not observe eutrophication. Frequency of some eutrophic and nitrophilous species significantly decreased in resampled plots, especially *Urtica dioica*. As a negative phenomenon, we observe an increase of generalists and species with wide ecological amplitude.

The changes only partly follow trends in plant communities observed at the European level and the development of forest communities in Vihorlat Mts seems to be specific also within the Slovak area.

POROVNANIE VÝKONNOSTI AKUMULÁTOROVÝCH PRENOSNÝCH REŤAZOVÝCH PÍL PRI ZÁŤAŽOVOM TESTE

Dominik GRETSCH, Martin LIESKOVSKÝ

GRETSCH, D., LIESKOVSKÝ, M.: Porovnanie výkonnosti akumulátorových prenosných reťazových píl pri záťažovom teste. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

Cieľom práce je porovnanie dvoch akumulátorových prenosných reťazových píl značiek Stihl MSA 220 c-bq a Husqvarna 536 Li xp. Porovnávaná bola plocha priečných prierezov a maximálny čas pílenia, vždy na jeden plne nabitý akumulátor danej reťazovej píly. Testovanie prebiehalo v areáli Technickej univerzity, pričom rezy boli realizované na tenkej bukovej vláknovej hmote s približne rovnakou relatívnou vlhkosťou. Časové snímkovanie bolo zabezpečené prostredníctvom dvoch kamier, hrúbky prierezov boli merané súbežne s pílením a následne prepočítané na plochu. Pred každým pílením bola hobl'ovacia reťaz strojovo nabrúsená, kvôli eliminácii možnosti ovplyvnenia výsledkov prípadným otupením reťaze. Vzhľadom na to, že akumulátory používaných reťazových píl majú rozdielnu kapacitu (Ah), bola pre objektivizáciu výsledkov porovnávaná plocha priečných prierezov a čas pílenia prepočítaný na jednu ampér hodinu kapacity akumulátora.

Kľúčové slová: akumulátorová prenosná reťazová píla, akumulátor, Husqvarna, Stihl

1. ÚVOD

Takmer všetky práce súvisiace s ťažbovou činnosťou v lesnom hospodárstve sú značne fyzicky aj časovo náročné. Preto ľudia začali využívať stroje na zvýšenie efektivity práce a najmä jej uľahčenie. Väčšina týchto strojov fungovala a doteraz aj funguje na princípe spaľovania fosílnych palív, čím vznikajú emisie negatívne pôsobiace nielen na životné prostredie ale aj na zdravie pracovníkov. Negatívne pôsobenie emisií na kvalitu životného prostredia sa prejavuje tzv. skleníkovým efektom, ktorý má za následok klimatickú zmenu a prináša so sebou veľké množstvo rizík. Na druhej strane emisie produkované strojmi priamo pôsobiace na pracovníkov spôsobujú rôzne zdravotné problémy, pri vystavení nadmerným koncentráciám spalín aj prípadnú otravu. Z tohto dôvodu je primárnym cieľom v súčasnosti obmedziť vznik skleníkových plynov nahradením bežných spaľovacích motorov modernými technológiami.

Práve preto sa do popredia dostáva tzv. elektrotechnika, ktorá neprodukuje emisie ako pri bežných spaľovacích motoroch. Využívanie elektromotorov napríklad v automobilovom priemysle sa stalo pomyselným nástrojom na spomalenie globálneho otepľovania.

V lesníckom sektore je využívanie elektromotorov v súčasnosti len vo fáze výskumu a to najmä vo veľkých strojoch slúžiacich na približovanie a podobné výkonovo náročné práce. Avšak v prípade pomôcok slúžiacich na manuálnu stínku ako je prenosná reťazová píla sa už aj v dnešnej dobe začínajú využívať elektromotory.

V prenosných reťazových pilách a inom náradí sa jedná o malé elektromotory poháňané elektrickou energiou uloženou v akumulátoroch (batériách). Tieto batérie sa dobíjajú prostredníctvom nabíjačiek, ktoré napojíme do bežnej elektrickej siete 220V. Väčšina batérií má univerzálne vyhotovenie aby sa dali použiť vo viacerých druhoch náradia od jedného výrobcu, čo čiastočne znižuje náklady na prevádzkovanie takýchto zariadení. V súčasnosti existuje už aj možnosť napájať akumulátorové zariadenia prostredníctvom akumulátora neseného na chrbte operátora, ktorý má výrazne väčšiu kapacitu ako bežne používaný malý akumulátor. Nahradením spaľovacích motorov elektromotormi dokážeme znížiť hodnoty negatívnych faktorov pôsobiacich na operátora a to najmä hluku a vibrácií a úplne eliminovať negatívne pôsobiaci faktor, ktorým sú spaliny.

2. CIEĽ PRÁCE

Cieľom práce je porovnanie výkonnosti dvoch akumulátorových prenosných reťazových pil značiek Stihl MSA 220 c-bq a Husqvarna 536 Li xp. Porovnávaná bola plocha pričných prierezov a maximálny čas pílenia tenkej bukovej vláknovej hmoty, vždy na jeden plne nabitý akumulátor danej reťazovej píly so strojovo nabrúsenou hobľovacou reťazou.

3. ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1 Prenosné reťazové píly (PRP)

Prvé prenosné reťazové píly reálne použiteľné pre lesnícku prevádzku boli vyrobené približne pred 90 rokmi. Od tej doby až do súčasnosti je prenosná reťazová píla prevládajúcim mechanizmom v ťažbe a rovnako aj pri manipulácii drevnej hmoty. Najbežnejšou pohonnou jednotkou reťazových pil je vzduchom chladený spaľovací motor ale s nástupom modernejších technológií v posledných rokoch prechádzajú do popredia aj prenosné reťazové píly s elektromotormi (SUCHOMEL A KOL., 2011).

Prenosnú reťazovú pílu považujeme za pomerne zložitú ručnú náradie. Okrem článkov reťaze sa skladá z približne 400 súčiastok, ktoré majú nezastupiteľnú funkciu. Výrobou pil sa vo svete zaoberá odhadom viac ako 50 významnejších firiem. Spolu produkujú asi 3 milióny prenosných reťazových pil a ich adaptérov ročne (RADA, 1999 IN SUCHOMEL A KOL., 2011).

Okrem profesionálnych prenosných reťazových pil sú v obchodnej sieti dostupné rôzne typy prenosných reťazových pil, určené predovšetkým pre občasných užívateľov.

Všetky typy reťazových píl, teda profesionálne i neprofesionálne, sú založené na spoločnom princípe a to takom, že rezný účinok sa dosahuje voľne obiehajúcou špeciálnou reťazou, ktorej rýchlosť sa pohybuje nad 20 m.s-1 je veľmi ostrá a pri práci nie je krytá.

Práca s PRP si vyžaduje dobrú fyzickú zdatnosť, psychickú koncentráciu, koordináciu pohybov a zaradiujeme ju medzi rizikové práce. Riziková je nielen z pohľadu možného vzniku úrazu, ale najmä z pohľadu možných trvalých následkov na zdraví, kde príčinou je najčastejšie úraz, hluk, vibrácie, výfukové splodiny. Prenosná reťazová píla sa nepoužíva len v lesníctve pri spíľovaní a opracovaní stromov ale aj v pestovnej činnosti, parkovníckych úpravách miest a obcí, pri hasení požiarov, ale aj napr. v rezbárstve a sochárstve (SUCHOMEL A KOL., 2011).

3.2 Elektrické PRP

Elektrické píly možno používať len v blízkosti zdroja elektrického prúdu, alebo jeho rozvodu. Základom motorovej časti je špeciálne konštruovaný elektromotor, ktorý je prevodom spojený s rezacou časťou. Napätie v rozvodnej sieti musí zodpovedať napätiu uvedenému na štítku motora. Poškodený kábel, spojka a zástrčka, alebo prípojné vedenie nezodpovedajúce predpisom, sa nesmú používať a musia sa vymeniť za originálne diely (BAKALJAR, L., 1996 IN SUCHOMEL A KOL., 2011).

Pri poruchách, ako sú napr. dym, zápach po spálení, poškodenie izolácie, brnenie od elektrického prúdu a podobne, je pílu nutné vypnúť a závrada sa musí odborne opraviť. Opravu elektrickej píly, okrem bežných opráv, môže vykonávať iba pracovník, ktorý má odbornú spôsobilosť podľa Vyhlášky Úradu bezpečnosti práce Slovenskej republiky č. 74/1996 Zb. Zabudovaný elektromotor u väčšiny píl nie je chránený proti vode, preto sa s takouto pílou nesmie pracovať v daždi, v mokrom, alebo vo veľmi vlhkom prostredí. Na mazanie reťaze sa používajú rovnaké druhy olejov ako pri pílach so spaľovacím motorom. Rezacia časť elektrických píl je zhodná s rezacou časťou prenosných reťazových píl so spaľovacím motorom (SUCHOMEL A KOL., 2011).

3.3 Akumulátorové PRP

Akumulátorová prenosná reťazová píla je poháňaná elektromotorom ale oproti bežnej elektrickej píle energia potrebná na pohon je čerpaná z akumulátora a nie priamo z elektrickej siete. Akumulátorovú pílu je možné uviesť do prevádzky len za použitia akumulátora. Najhlavnejšie rozdiely medzi reťazovými pílmami s bežným spaľovacím motorom a akumulátorovými sú, že akumulátorová píla:

- V porovnaní s inými pílmami má značne nižšie vibrácie a hmotnosť,
- Zapína a vypína sa prostredníctvom jedného spínača,
- Je možné s ňou píliť aj v uzavretých priestoroch, pretože má nízke emisie hluku a nevytvára splodiny, ktoré by ohrozovali obsluhu alebo zaťažovali životné prostredie,

- Údržba pily aj akumulátora nie je náročná,
- Pri takom istom výkone je krútiaci moment vyšší v porovnaní s benzínovými motorami (TÚMA,2017)

Medzi nevýhody akumulátorových prenosných reťazových píl patrí:

- Potreba častejšej výmeny akumulátorov,
- Vyššia nákupná cena,
- Nevyhnutnosť nabíjania akumulátorov prostredníctvom nabíjačky,
- Elektromotor pily nie je odolný voči vode,
- Príslušenstvo (nabíjačku a akumulátor) si treba samostatne dokúpiť.

Hlavnou časťou akumulátorovej pily je elektromotor a rezacia časť, ktoré majú presne stanovený spôsob ochrany, istenia a izolácie. Vždy pred začatím práce s prenosnou reťazovou pilou je potrebné skontrolovať funkčnosť všetkých bezpečnostných prvkov podľa návodu a odporúčaní od výrobcu. Všetky pily sú vybavené mechanickou poistkou zapínania, ktorá zabraňuje nežiadúcemu uvedeniu reťaze do pohybu. (CHramec., 2018)

V čase nepoužívania je potrebné akumulátor uschovať tak, aby neprichádzal do kontaktu s inými kovovými predmetmi ako napríklad kombinovaný T kľúč a pod. , pretože môže dôjsť ku prepojeniu konektorov akumulátora. Následky skratovania konektorov môžu byť ľahké popáleniny, prípadne vznik požiaru. Batéria obsahuje kyselinu sírovú, ktorá môže pri nesprávnej manipulácii s akumulátorom vyprsknúť. V takomto prípade sa treba vyhýbať kontaktu s pokožkou. Ak sa píla nedá zapnúť alebo vypnúť je zakázané ju používať (HONSA., 2007 IN CHramec., 2020).

3.4 Testované akumulátorové PRP

3.4.1 Akumulátorová reťazová píla Stihl MSA 220 C-BQ

Tento typ akumulátorovej prenosnej reťazovej pily sa považuje za špičkový model od firmy Stihl. Vysoká obehová rýchlosť reťaze až 24 m/s zabezpečuje trvale vysoký rezný výkon. Akumulátorová píla je ideálna na využitie pri starostlivosti o dreviny, stavbu drevených zariadení a príbytkov a ťažbu v ľahkých porastoch s menšími dimenziami. Maximálny výkon pily dosiahneme pri použití akumulátora AP 300S. Šírka zárezu rezacej časti umožňuje využiť tento typ akumulátorovej pily aj za použitia ťažiacich klinov.

Hmotnosť pily dosahuje 3,0 kg. Z ergonomického hľadiska píla dosahuje hladinu akustického tlaku 89db a hladinu akustického výkonu 102db. Hladina vibrácií pôsobiacich na ľavú rukoväť dosahuje hodnotu 4,8 m/s² a na pravú rukoväť 3,6 m/s² . Typ používanej pilovej reťaze je PS3 s delením 3/8" a dĺžka reznej časti vodiacej lišty je 35 cm. Píla disponuje zariadením na rýchlonapínanie reťaze, reťazovou brzdou QuickStop a uzáverom olejovej nádrže nevyžadujúcim náradie (Www.Stihl.Sk)



Figure 1. STIHL MSA 220 c-bq with accessories (www.tradesetter.com)
Obrázok 1. STIHL MSA 220 c-bq s príslušenstvom (www.tradesetter.com)

Akumulátor AP 300S

Jedná sa o najsilnejší akumulátor spadajúci do triedy PRO. Typ akumulátora je lítium-iónová batéria s extrémnym výkonom určeným pre maximálnu dobu prevádzky akumulátorových zariadení od Firmy Stihl. Akumulátor disponuje energiou 281 Wh (7,8 Ah), napätím 36V a oproti svojmu predchodcovi AP300 by mal byť o 25% silnejší. Maximálna doba prevádzky závisí od typu používaného zariadenia. Akumulátor je vybavený LED indikátorom stavu nabitia a je kompatibilný s nabíjačkami typu AL. Za benefity akumulátora sa považuje jeho nový dizajn s oranžovým reflexným vrchným krytom, možnosť pracovať aj za dažďa, červená LED dióda ktorá upozorní používateľa na poruchu zariadenia a rovnako aj indikátory úrovne nabíjania so štyrmi zelenými LED diódami. Zlepšil sa aj proces nabíjania a aj pri maximálnom zaťažení dochádza k minimálnemu zahrievaniu (Www.EHHOBBY.SK).

3.4.2 Akumulátorová reťazová píla Husqvarna 536 Li xp

Akumulátorová prenosná reťazová píla 536 Li xp od firmy Husqvarna je určená pre profesionálnych užívateľov, ktorí hľadajú vysoko výkonnú reťazovú pílu s pomerne nízkou hmotnosťou. Má jednoduché ovládanie pomocou tlačidiel a je vhodnou voľbou pre arboristov, rôznych pestovateľov drevín, stolárov a prípadne zamestnancov technických služieb. Akumulátorová píla poskytuje vynikajúcu ergonómiu práce a zároveň disponuje vysokou obehovou rýchlosťou a výkonom.

Hmotnosť tohto typu reťazovej píly, bez rezacej časti a akumulátora, je 2,6 kilogramu. Skompletizovaná píla má čistú hmotnosť 3,331 kg. Píla je kompatibilná s vyššie opísanou batériou, s ktorou podá požadovaný výkon. Dĺžka vodiacej lišty je 14 palcov a súčasťou lišty je reťazové koliesko so siedmimi zubmi. Elektromotor je tzv. bezkefový

s automatickým olejovým čerpadlom o výkone 200 ml/min. a objemom olejovej nádržky 0,2l. Obehová rýchlosť reťaze je 20 m/s. Hladina vibrácií pôsobiach na prednú rukoväť je 2,5 m/s² a na zadnú 2,8 m/s². Garantovaná hladina akustického výkonu je 106dB(A) a hladina akustického tlaku u ucha obsluhy dosahuje 93 dB(A) (Www.DUVALO.SK).



Figure 2. HUSQVARNA 536 Li xp with accessories (www.sydneytools.com.)
Obrázok 2. HUSQVARNA 536 Li xp s príslušenstvom (www.sydneytools.com.)

Akumulátor BLi 300

Jedná sa o integrovaný akumulátor do batérievej techniky Husqvarna s veľkou kapacitou energie. Akumulátor bol navrhnutý tak aby jeho životnosť a produktivita boli čo najoptimálnejšie za akýchkoľvek poveternostných podmienok. Je k dispozícii vo viacerých konfiguráciách a výhodou je cenovo pomerne dostupné predĺženie prevádzkovej doby, bez potreby investície na kúpu chrbtovej batérie. Akumulátor disponuje efektívnym spôsobom chladenia a intuitívnym 4-LED indikátorom nabitia. Typ akumulátora je Li-Ion s kapacitou batérie 9,4 Ah, napätím až 36 V a výstupným výkonom 337,0 Wh. Tento typ batérie poskytuje spoľahlivú prevádzku, dlhú životnosť a rovnako vysoký výkon ako má bežný zážihový motor stým rozdielom, že neprodukuje priame emisie. Jedna plne nabitá batéria vykoná také množstvo práce ako jedna nádrž benzínu (Www.HUSQVARNA.COM).

4. METODIKA

4.1 Priebeh záťažových testov

Porovnávaná bola výkonnosť u dvoch akumulátorových prenosných reťazových píl a to konkrétne Stihl MSA 220 c-bq a Husqvarna 536 Li xp. Porovnávanie výkonnosti spočívalo v zistení maximálneho času pílenia a plochy pílených priečných priereзов na jeden plne nabitý akumulátor. Záťažové testy prebiehali v areály TUZVO na tenkej bukovej vláknovej hmote dovezenej z Vysokoškolského lesníckeho podniku (VšLP). Buková vlákenná hmota bola vyhotovená väčšinou v dĺžkach 4m a mala približne rovnakú relatívnu vlhkosť.

Ako prvý krok sa jednotlivé kmene rozvalil a rozpíli na výrezy dlhé 2m. Každý výrez bol následne pomocou šablóny rozdelený na klátiky s dĺžkou približne 33cm. Pílenie výrezov na klátiky s príslušnou dĺžkou prebiehalo vo vzduchu na železnej koze pre eliminovanie otupenia reťaze v čo najväčšej možnej miere. Avšak po vybití akumulátora bola hobl'ovacia reťaz aj strojovo nabrúsená aby namerané hodnoty neboli ovplyvnené jej prípadným zatupením pri predchádzajúcich meraniach.

4.2 Časové snímkovanie

Pre možnosti hodnotenia časovej výdrže akumulátora bol celý proces pílenia zaznamenaný pomocou dvoch kamier. Jedna kamera bola umiestnená na pevnom statíve na okraji pracovnej plochy a druhá kamera bola umiestnená priamo na prilbe piliara pre detailnejší záber pílenia.

Po vykonaní praktickej časti boli videá z oboch kamier stiahnuté do počítača a pre každý jeden rez príslušnej akumulátorovej píly bol zmeraný čas v sekundách pomocou stopiek. Nasčítaním všetkých časov pílenia od začiatku používania akumulátora až po jeho vybitie sme dostali reálny údaj o časovej výdrži daného akumulátora.

4.3 Výpočet plôch priečných priereзов

„Priečný prierez v určitej dĺžke na kmeni je uzavretá množina bodov hviezdicového tvaru, ktorých hranicu predstavuje uzavretá hladká krivka Γ . Hviezdicovitý tvar znamená, že krivka Γ prebieha vzhľadom k bodu A ($A \in Q$) striedavo konvexne i konkávne“ (Šmelko., 2007).

„Hrúbka priečného prierezu d je dendrometricky definovaná ako kolmá vzdialenosť medzi dvomi dotyčnicami vedenými rovnobežne v protíľahlých bodoch obvodu prierezu“ (Šmelko., 2007). Na každom jednom výreze pílenej bukovej vláknovej hmoty bola pomocou metra zmeraná hrúbka na tenšom (čap) a na hrubšom konci (čelo). Jednotlivé výrezy boli pílené na približne 33cm dlhé klátiky.

Konkrétne hrúbky priečných prierezov pílených akumulátorovou reťazovou pilou boli následne vypočítané pomocou vzorca na základe hrúbky čela, čapu a dĺžky výrezu v respektíve počtu klátikov, ktoré sa vypílili z daného výrezu podľa vzorca:

$$d = \left(\left(\frac{d_1 - d_2}{ks} \right) * p.č. \right) + d_2 \quad (cm)$$

d - hrúbka priečného prierezu

d_1 - hrúbka čela

d_2 - hrúbka čapu

$p.č.$ - poradové číslo priečného prierezu

ks - počet kusov klátikov

Plocha priečného prierezu vznikne rozrezaním kmeňa v smere kolmom na vegetačnú os stromu a väčšinou má nepravidelný tvar, spravidla rozdielny od kruhu. Pre bežné praktické účely sa skutočná plocha priečného prierezu Q nahrádza kruhovou základňou g (Šmelko., 2007). Výpočet pre kruhovú základňu g je nasledovný:

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (cm^2)$$

Z vyrátaných hrúbok priečných prierezov boli ďalej vypočítané kruhové základne (plochy priečných prierezov) v mieste jednotlivých rezov. Sčítaním hodnôt kruhových základní za celý výrez sme dostali plochu pílenia za výrez a sčítaním plôch za jednotlivé výrezy následne celkovú sumu plôch priečných prierezov pílených na jeden plne nabitý akumulátor danej akumulátorovej píly.

4.4 Porovnávanie výkonnosti

Vzhľadom na to, že akumulátory používaných reťazových píl majú rozdielnú kapacitu (Stihl 7,8 Ah, Husqvarna 9,4 Ah), bola pre objektivizáciu výsledkov porovnávacia plocha priečných prierezov a maximálny čas pílenia prepočítaný na jednu ampérhodinu (Ah) kapacity akumulátora. Tento prepočet nám zabezpečí relevantné porovnanie výkonnosti daných typov akumulátorových píl bez ohľadu na kapacitu akumulátora.

5. VÝSLEDKY

Ako už bolo spomínané vyššie, cieľom tejto práce bolo porovnávanie výkonnosti dvoch akumulátorových prenosných reťazových píl v záťažových testoch vykonávaných formou pílenia tenkej bukovej vláknovej hmoty. Porovnávaná bola plocha priečných prierezov (kruhová základňa prierezu) a maximálny čas pílenia, vždy na jeden plne nabitý akumulátor danej reťazovej píly so strojovo nabrúsenou hobľovacou reťazou.

5.1 Maximálny čas pílenia

Časové snímkovanie procesu pílenia bolo zaznamenané na dve kamery, pričom primárne na zisťovanie časov pílenia jednotlivých rezov poslúžila kamera umiestnená na prilbe piliara, ktorá nám poskytla detailný záber na celý postup vykonávania testu. Druhá kamera umiestnená na okraji pracovnej plochy slúžila na overenie prípadných nezrovnalostí pri zisťovaní maximálneho času pílenia. Z nasnímaných videí bol pomocou stopiek zistený a zaznamenaný čas pílenia každého jedného priečného prierezu. Časy pre jednotlivé priečne rezy vykonané danou akumulátorovou pilou boli následne sčítané a výsledná hodnota predstavovala maximálny čas pílenia.

Ako prvú sme podrobili záťažovému testu akumulátorovú prenosnú reťazovú pílu značky Husqvarna 536 Li xp. Výsledky získané z časového snímkovania, teda maximálny čas pílenia Husqvarny na jeden plne nabitý akumulátor zobrazuje tabuľka 1.

Tabuľka 1. Maximálny čas pílenia Husqvarna 536 Li xp

Table 1. Maximum sawing time Husqvarna 536 Li xp

Akumulátor	Čas pílenia (s)
1.	869,59

Po otestovaní Husqvarny bola podrobená rovnakému záťažovému testu aj akumulátorová píla značky Stihl MSA 220 c-bq. Na testovanie bol zvolený deň kedy prevládali takmer zhodné klimatické podmienky ako pri prvom záťažovom teste a to kvôli eliminácii možných rozdielov vo výkonnosti napríklad vplyvom rozdielnej teploty ovzdušia.

Avšak vzhľadom na viditeľne menšiu výkonnosť u prvého akumulátora od značky Stihl už počas vykonávania záťažového testu sa pristúpilo ku otestovaniu výdrže aj náhradného akumulátora. Výsledky maximálneho času pílenia akumulátorovej píly značky Stihl pre oba testované akumulátory zobrazuje tabuľka 2.

Tabuľka 2. Maximálny čas pílenia Stihl MSA 220 c-bq

Table 2. Maximum sawing time Stihl MSA 220 c-bq

Akumulátor	Čas pílenia (s)
1.	450,84
2.	466,07

Výsledky maximálneho času pílenia akumulátorových píl na jeden plne nabitý akumulátor boli do istej miery ovplyvnené rozdielnou kapacitou porovnávaných akumulátorov. Preto sa pristúpilo ku prepočítaniu časov pílenia na jednu ampérhodinu kapacity akumulátora, čo nám zabezpečilo relevantné porovnanie výkonnosti testovaných akumulátorových píl. Porovnanie maximálneho času pílenia na jednu ampérhodinu je zobrazené na obrázku 3.

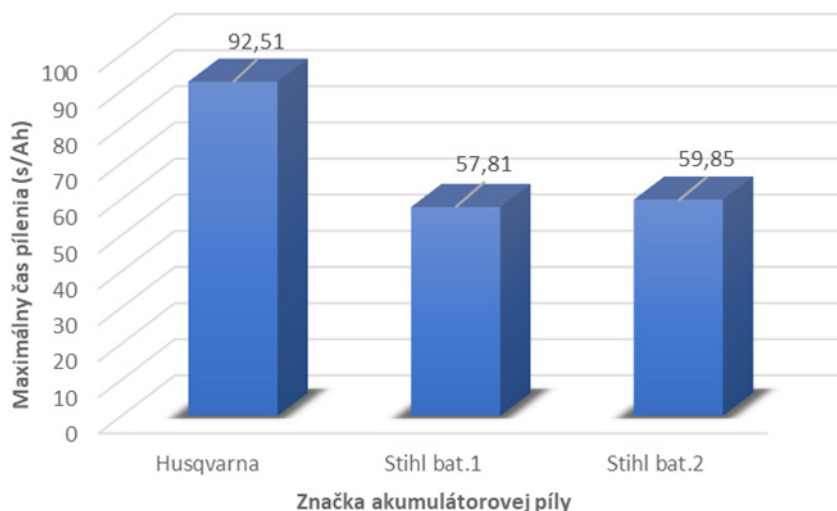


Figure 3. Comparison of maximum sawing time per ampere-hour
Obrázok 3. Porovnanie maximálneho času pílenia na jednu ampérhodinu

Z priloženého grafu je zrejmé, že akumulátorová píla značky Husqvarna s akumulátorom BLi 300 výrazne prevyšuje maximálny čas pílenia nameraný u oboch testovaných akumulátorov AP 300S od značky Stihl. Výkonnosť akumulátorovej píly Stihl je u prvého akumulátora o 34,7s a u druhého akumulátora o 32,66 sekundy menší v porovnaní s Husqvarnou. Rozdiel vo výkonnosti medzi testovanými akumulátormi značky Stihl je však minimálny (2,04s) čo značí o korektnom vykonaní záťažových testov.

5.2 Kruhová základňa priečných priereзов

Počas vykonávania záťažových testov bola u každého píleného výrezu bukovej vláknovej hmoty zmeraná hrúbka čela a čapu pomocou metra a zaznamenaná s poradovým číslom výrezu. Po vykonaní testov boli na základe vzorcov uvedených v časti metódika vypočítané hrúbky jednotlivých priečných priereзов a následne prepočítané na kruhovú základňu každého jedného vykonaného priereзу. Plochy pre jednotlivé priečne rezy boli ďalej sčítané a výsledná hodnota predstavovala celkovú kruhovú základňu priereзов prepílenú danou akumulátorovou pílou.

Výsledky zisťovania kruhovej základne priečných priereзов prepílených akumulátorovou pílou značky Husqvarna na jeden plne nabitý akumulátor zobrazuje tabuľka 3.

Tabuľka 3. Kruhovú základňu priečných prierezov Husqvarna 536 Li xp

Table 3. Circular base of cross-sections Husqvarna 536 Li xp

Akumulátor	Kruhovú základňu priečných prierezov (cm ²)
1.	20 972,50

Po vykonaní praktickej časti práce, teda záťažových testov bola rovnakým spôsobom ako u akumulátorovej píly husqvarna vypočítaná celková kruhovú základňu priečných prierezov prepílených akumulátorovou pilou Stihl. Keďže počas vykonávania záťažového testu sa pristúpilo ku otestovaniu aj náhradného akumulátora tejto značky, bola vyhodnotená kruhovú základňu u oboch testovaných akumulátorov.

Výsledky zisťovania kruhovej základne priečných prierezov prepílených akumulátorovou pilou značky Stihl pre jednotlivé akumulátory zobrazuje tabuľka 4.

Tabuľka 4. Kruhovú základňu priečných prierezov Stihl MSA 220 c-bq

Table 4. Circular base of cross-sections Stihl MSA 220 c-bq

Akumulátor	Kruhovú základňu priečných prierezov (cm ²)
1.	9 703,55
2.	10 713,42

Výsledné hodnoty kruhovej základne priečných prierezov prepílených testovanými akumulátorovými pilami boli rovnako ako maximálny čas pílenia do istej miery ovplyvnené rozdielnou kapacitou porovnávaných akumulátorov. Preto bolo porovnávanie vykonané prepočítaním celkovej sumy kruhovej základne priečných prierezov na jednu ampérhodinu kapacity akumulátora, čo nám zabezpečilo relevantné porovnanie výkonnosti testovaných akumulátorových píl.

Porovnanie celkovej kruhovej základne priečných prierezov na jednu ampérhodinu je zobrazené na obrázku 4.

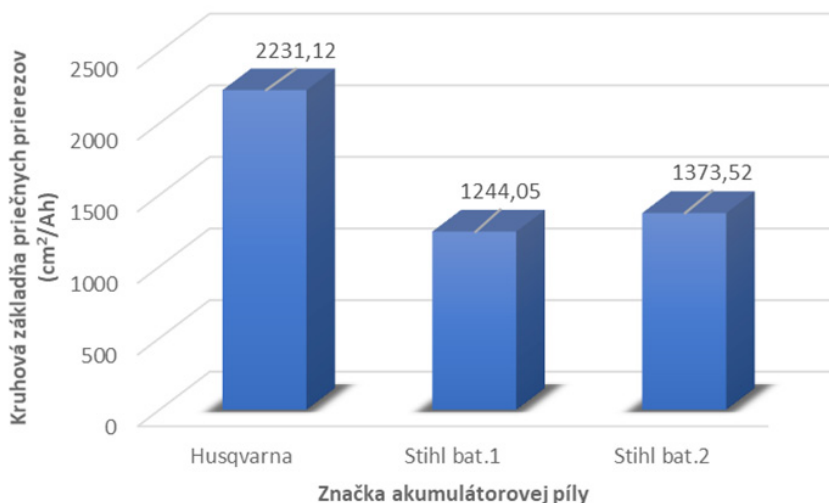


Figure 4. Comparison of circular base cross-sections per ampere hour

Obrázok 4. Porovnanie kruhovej základne pričných prierezov na jednu ampér hodinu

Z priloženého grafu môžeme vyčítať rovnako ako v prípade maximálneho času pílenia, že akumulátorová píla značky Husqvarna s akumulátorom BLi 300 výrazne prevyšuje kruhovú základňu pričných prierezov vypočítanú u oboch testovaných akumulátorov AP 300S od značky Stihl. Prepílená kruhovú základňu prierezov akumulátorovej pily Stihl je u prvého akumulátora o 987,07cm² a u druhého akumulátora o 857,6cm² menšia v porovnaní s Husqvarnou. Rozdiel vo výkonnosti medzi testovanými akumulátormi značky Stihl nie je veľmi výrazný, konkrétne 129,47cm², čo súhlasí s nie veľkým rozdielom aj v maximálnom čase pílenia.

6. ZÁVER

Cieľom práce bolo porovnanie výkonnosti dvoch akumulátorových prenosných reťazových píl značiek Stihl MSA 220 c-bq a Husqvarna 536 Li xp. Porovnávaná bola kruhovú základňu (plocha) pričných prierezov a maximálny čas pílenia tenkej bukovej vláknovej hmoty, vždy na jeden plne nabitý akumulátor danej reťazovej pily so strojovo nabrúsenou hobľovacou reťazou. Pri realizácii všetkých záťažových testov boli klimatické podmienky približne rovnaké (najmä teplota), čo nám zabezpečilo minimálne ovplyvnenie výsledkov testovania.

Vzhľadom na viditeľne menšiu výkonnosť u prvého akumulátora od značky Stihl už pri vykonávaní záťažových testov sa pristúpilo ku otestovaniu výdrže aj náhradného akumulátora, avšak zistenia boli veľmi podobné.

Výsledky nám priniesli informácie o výraznej prevahe vo výkonnosti akumulátorovej pily značky Husqvarna s použitým akumulátorom BLi 300 oproti akumulátorovej pile značky Stihl s akumulátorom AP 300S. Husqvarna dosiahla väčšiu výkonnosť na jednu ampérhodinu kapacity akumulátora vyjadrenú maximálnym časom pílenia s rozdielom 34,7s a 32,66 sekundy oproti značke Stihl. Rovnako bola aj kruhová základňa pílených priečných prierezov bukovej vláknovej hmoty vyššia v prospech Husqvarny a to konkrétne o 987,07cm² a 857,6cm² na ampérhodinu.

V porovnávaní použitých akumulátorových píl sa bude pokračovať vykonávaním ďalších záťažových testov za rovnakých podmienok. Získané výsledky nám presnejšie ozrejmiť doteraz zistené rozdiely vo výkonnosti jednotlivých akumulátorových píl a porovnanie bude o to viac vieruhodné.

Testovanie akumulátorových píl nám prináša potrebné zistenia, na základe ktorých môžeme zhodnotiť napríklad aj ich využitie v lesníckom sektore a to najmä v menej výkonných náročných činnostiach ako sú napríklad odvetvovanie alebo výroba palivového dreva. Zistené výsledky môžu slúžiť aj ako podklad pre ďalší vývoj a zdokonaľovanie akumulátorových píl s ohľadom na dosiahnutie štandardov potrebných na ich využívanie v lesníckom sektore.

7. CONCLUSIONS

Performance comparison of the cordless saws in load test.

The aim of the work was to compare the performance of two cordless portable chain saws, the Stihl MSA 220 c-Bq and Husqvarna 536 Li xp. The circular base (area) of the cross-sections and the maximum sawing time of the thin beech fiber mass were compared, always on one fully charged accumulator of the given chain saw with a machine-sharpened planing chain. During the implementation of all stress tests, the climatic conditions were approximately the same (especially temperature), which provided us with minimal influence on the test results.

Due to the visibly lower performance of the first battery from the Stihl brand, the endurance of the replacement battery was tested during the stress tests, but the findings were very similar.

The results gave us information about the significant superiority in the performance of a Husqvarna cordless saw with a used BLi 300 accumulator compared to a Stihl cordless saw with an AP 300S accumulator. Husqvarna achieved higher performance per ampere-hour of battery capacity in terms of maximum sawing time, with a difference of 34.7 and 32.66 seconds compared to the Stihl brand. Similarly, the circular base of the sawn cross-sections of beech fibre material was higher in favour of Husqvarna, namely by 987,07cm² and 857,6cm² per ampere hour.

The comparison of the used cordless saws will be continued by performing further stress tests under the same conditions. The obtained results will clarify the differences

in the performance of individual cordless saws and the comparison will be even more credible.

Testing of cordless saws brings us the necessary findings, on the basis of which we can evaluate, for example, their use in the forestry sector, especially in less demanding activities such as branching or production of firewood. The obtained results can also serve as a basis for further development and improvement of cordless saws with regard to achieving the standards necessary for their use in the forestry sector.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0612 a Internou projektovou agentúrou Technickej univerzity vo Zvolene na základe projektu č. 5/2022 Zhodnotenie používania akumulátorových píl v lesnom hospodárstve s využitím solárnej techniky.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- <https://www.duvalo.sk/akumulatorova-pila-536-li-xp-14-bez-baterie-nabijacky-husqvarna-1173>
<https://www.ehhobby.sk/STIHL-AP-300-S-Lithium-Ion-akumulator-7-8-Ah-d50703.htm?tab=description#anch1>
<https://www.husqvarna.com/sk/prislusenstvo-diely/bateria/bateria-bli300/967071901/>
<https://sydneytools.com.au/product/husqvarna-536li-xp-kit-36v-5-2ah-li-ion-cordless-brushless-355mm-14-chainsaw-combo-kit>
https://stihl.sk/produkt/stihl-msa-220-c-bq/?gclid=EAIaIQobChMIq7mOyYeu9AIVg-R3Ch3CqAUaEAAYAi-AAEgJSHfD_BwE
<https://www.tradesetter.com/products/msa-220-c-b-chainsaw-promotional-set>
CHRAMEC, JÁN. Hodnotenie akumulátorových prenosných reťazových píl pri ťažbových činnostiach. Zvolen, 2020. Vedúci práce Martin Lieskovský. LF-104162-27605. Diplomová práca, TU Zvolen, LF KLŤLM. Elektronický zdroj. Dostupné na internete:
<https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=64930206F366C8E34405E5C607D8>
CHRAMEC, JÁN. Vývoj akumulátorových prenosných reťazových píl. Zvolen, 2018. Vedúci práce Martin Lieskovský. LF-5773-27605. Bakalárska práca, TU Zvolen, LF KLŤLM. Elektronický zdroj. Dostupné na internete: <http://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=752BE197E3AE405D448AF879404B>
SUCHOMEL, JOZEF, MARTIN SLANČÍK A MILOŠ GEJDOŠ. Obsluha prenosnej reťazovej píly [online]. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011. ISBN 978-80-228-2306-7.
Šmelko, ŠTEFAN. Dendrometria. 2. uprav. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. ISBN 978-80-228-1828-5.
TŮMA, J. Aku reťazové píly: Nástup akumulátorových reťazových píl [online]. Dostupné na internete:<<http://www.toolscomp.cz/technologie/aku-retezove-pily>>.

Kontaktné údaje:

Ing. Dominik Gretschesch
Doc. Ing. Martin Lieskovský, PhD.
Katedra lesnej ťažby, logistiky a meliorácií
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 01 Zvolen
Slovenská republika
Tel. kontakt: +421908589406
E-mail: dodo.gretschesch@gmail.com
E-mail: lieskovsky@tuzvo.sk