



**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

**67/1
2025**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Vedecký redaktor / Executive editor:
JUDr. Mgr. Zuzana Dobšínská, PhD.

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

Predseda redakčnej rady / Editor in Chief:
doc. Mgr. Ing. Rastislav Šulek, PhD.

Redakčná rada / Editorial board:
prof. Ing. Marek Fabrika, PhD.
prof. Ing. Peter Jaloviar, PhD.
Dr. h. c. prof. Ing. Rudolf Kropil, PhD.
doc. Ing. Daniel Kurjak, PhD.
doc. Ing. Ján Merganič, PhD.
prof. Dr. Ing. Jaroslav Šálka
prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.
prof. Ing. Karol Ujházy, PhD.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN 67 1/2025

Vydala Technická univerzita, T. G. Masaryka 2117/24, 960 01 Zvolen, IČO 00397440
Vydanie I. – jún 2025

Rozsah 102 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 24.2.2025, číslo EP 25/2025

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. Žiadna časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Michaela KORENÁ HILLAYOVÁ – Klára BÁLIKOVÁ – Ľubomír KORENÝ – Jakub MEDEK – Ján HOLÉCY AKTUÁRSKE MODELOVANIE POISTNÉHO PROTI MORU VČELIEHO PLODU: NÁSTROJ FINANČNEJ ADAPTÁCIE V LESNOM HOSPODÁRSTVE	7
Miroslav SUJA VPLYV VEREJNEJ PARTICIPÁCIE NA ROZHODOVANIE V LESNÍCKOM PLÁNOVANÍ: EMPIRICKÁ ANALÝZA ZO SLOVENSKA	16
Lucia BABJAKOVÁ – Jerguš RYBÁR – Mariana UJHÁZYOVÁ – Vlastimír KNOPP – Karol UJHÁZY DYNAMIKA PODRASTU V HORSKÝCH PRALESOCH NPR PADVA	37
Ľudovít Štefan NÉMETH A METHODOLOGY FOR COMPARING THE TECHNICAL STANDARDS OF SPECIALIZED FORESTRY TRACTORS INTENDED FOR WORK IN THE CARPATHIAN FORESTS OF SLOVAKIA	57
Allen KIIZA – Martin PAVLIK – James AKANYIJIKA – Peace BYANDUSYA SMALLHOLDER MUSHROOM FARMING IN KIGEZI REGION, UGANDA - ECONOMIC AND SOCIAL BENEFITS	66
Irena MAČOROVÁ – Martin PAVLIK REALIZÁCIA MYKOOBNOVÝ V LESNOM PORASTE	79
Ján KREMPASKÝ – Veronika LUKASOVÁ MODELOVANIE POTENCIÁLNEHO ZAPLAVENIA V POVODIACH SKALNATÉHO A STUDENÉHO POTOKA PRI ZMENÁCH KRAJINNEJ POKRÝVKY	92

AKTUÁRSKE MODELOVANIE POISTNÉHO PROTI MORU VČELIEHO PLODU: NÁSTROJ FINANČNEJ ADAPTÁCIE V LESNOM HOSPODÁRSTVE

Michaela KORENÁ HILLAYOVÁ¹ – Klára BÁLIKOVÁ² – Ľubomír KORENÝ³ –
Jakub MEDEK⁴ – Ján HOLÉCY⁵

^{1,3} Katedra prírodného prostredia, T. G. Masaryka 24, Technická univerzita vo Zvolene,
960 01 Zvolen, SR, ¹michaela.hillayova@tuzvo.sk, ³xkoreny@tuzvo.sk,

^{2,4,5} Katedra lesníckej ekonomiky a politiky, T. G. Masaryka 24, Technická univerzita vo Zvolene,
960 01 Zvolen, SR, ²klara.balikova@tuzvo.sk, ⁴xmedek@tuzvo.sk, ⁵jan.holecy@tuzvo.sk

KORENÁ HILLAYOVÁ M., BÁLIKOVA K., KORENÝ Ľ., MEDEK J., HOLÉCY J.: Actuarial modelling of insurance premium against American foulbrood: A tool for financial adaptation in forest management. Acta Facultatis Forestalis Zvolen.

ABSTRAKT

This article presents a mathematical model proposed to analyse and mitigate the risk of American foulbrood (AFB) occurrence in Slovakia within the context of ongoing bioclimatic changes. As managed honey-bees are critical pollinators for forest health, natural regeneration, and biodiversity, the financial stability of beekeeping is an essential aspect of forest ecosystem sustainability. Our approach is based on a statistical analysis of the disease occurrence risk over an extended historical period, applying the theory of extreme values to identify and model the most severe outbreaks. These findings highlight the need for new risk management strategies in beekeeping, which falls under the scope of applied zoology and forest economics. As a tool for mastering this environmental hazard, we introduce a non-life insurance model. This model provides a gross insurance premium, which consists of a net premium and a risk surcharge. The surcharge is determined by the Gumbel probability distribution, derived from our statistical analysis. The application of this model provides a mathematical framework for the efficient operation of the Slovak Beekeepers' Association's Mutual Aid Fund. This approach would allow the association to manage the hazard of this detrimental biotic element more cost-effectively, thereby supporting the long-term sustainability of pollination services critical to forest management in a changing climate.

Key words: bioclimatic changes, forest ecosystem, risk management, non-life insurance, *Paenibacillus larvae*

1. ÚVOD

Udržateľné lesné hospodárstvo a stabilita lesných ekosystémov sú bytostne závislé od zdravia a diverzity sprievodných biologických spoločností, predovšetkým od opelňovacej služby. Včely medonosné, kľúčové v oblasti aplikovanej zoológie a lesníckej ekológie, hrajú nezastupiteľnú úlohu pri reprodukcii mnohých lesných drevín, čím priamo ovplyvňujú prirodzenú obnovu a biodiverzitu lesa (GIANNINI ET AL., 2017; ELLIS A MUNN, 2005).

Táto kľúčová ekosystémová služba je v súčasnosti vážne ohrozená komplexom faktorov, najmä nevyliciteľným ochorením, morom včelieho plodu (*Paenibacillus larvae*, AFB). K šíreniu a závažnosti tohto ochorenia prispievajú bioklimatické zmeny, ktoré menia dynamiku patogénov a oslabujú včelie spoločenstvá (GIANNINI ET AL., 2017; MAAROUF A MUNN, 2005). Pre ekonomiku lesného hospodárstva predstavuje pokles populácie včiel nielen ekologické riziko, ale aj skrytú finančnú stratu, ktorá oslabuje stabilitu celého sektora (ELLIS A MUNN, 2005).

Hoci existujú veterinárne a manažérske opatrenia (MEZHER ET AL., 2021; LOCKE ET AL., 2019), finančné zvládanie rizika spojeného s AFB je na Slovensku a vo väčšine regiónov nedostatočné. Neexistuje komplexný systém poistenia, ktorý by mohol stabilizovať včelárstvo ako ekonomickú aktivitu spojenú s lesným prostredím (ILLINGWORTH, 1941).

Náš výskum sa zameriava na vyplnenie medzery v súčasnom výskume, ktorou je chýbajúca systematická štatistická analýza výskytu ochorenia AFB vo vzťahu k ekonomickému riadeniu rizika v lesníckom sektore. Bez presnej kvantifikácie rizika nie je možné navrhnúť spoľahlivý matematický model poistenia. V reakcii na tento problém navrhujeme nový matematický model poistenia včelstiev, ktorý kombinuje princípy neživotného poistenia (CIPRA, 1994; PACÁKOVÁ, 2004) s pokročilou teóriou extrémnych hodnôt (REISS A THOMAS, 1997; KOTZ A NADARAJAH, 2000; CASTILLO, 2012). Tento prístup nám umožňuje spoľahlivo modelovať a kvantifikovať riziko extrémnych strát, ktoré je obzvlášť dôležité v meniacom sa podnebí a má priamy dopad na trvalú udržateľnosť lesníckej produkcie.

Cieľom tohto príspevku je poskytnúť návrh matematického modelu poistenia ako nástroja lesníckej ekonomiky a riadenia rizík pre Svojpomocný fond Slovenského zväzu včelárov. Veríme, že aplikácia tohto modelu pomôže efektívne sa prispôsobiť narastajúcemu riziku moru včelieho plodu a zabezpečiť udržateľnosť opelňovacích služieb, ktoré sú kritické pre odolnosť lesných ekosystémov.

2. MATERIÁL A METÓDY

Naša štúdia navrhuje matematický model neživotného poistenia s cieľom zmierniť riziká spojené s výskytom moru včelieho plodu (*Paenibacillus larvae*, sp.) v kontexte prebiehajúcich bioklimatických zmien na Slovensku. Naša metodológia spája

štatistickú analýzu historických dát s matematickým modelovaním a je rozdelená na niekoľko krokov.

V prvej fáze sme analyzovali finančnú hodnotu včelárskeho projektu. Pre modelový projekt s 240 včelstvami sme vypočítali ročné cash-flow a ukazovateľa čistú súčasnú hodnotu $\check{C}SH(i)$ pri alternatívnych nákladoch kapitálovej investície (i). Získaná hodnota $\check{C}SH(i)$ nám umožnila stanoviť zraniteľnú kapitálovú hodnotu jedného včelstva ($K(1)$). Táto hodnota slúži ako základ pre výpočet poistného plnenia. Vzorec pre výpočet zraniteľnej hodnoty je:

$$RE\check{C}SH(i) = \check{C}SH(i) \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (1)$$

$$K(1) = RE\check{C}SH(i) \cdot v\check{c}elstvo^{-1} = \frac{RE\check{C}SH(i)}{\text{počet včelstiev}} \quad (2)$$

Kde $RE\check{C}SH(i)$ je ukazovateľ ročný ekvivalent čistej súčasnej hodnoty a ($K(1)$) ukazovateľ zraniteľnej hodnoty jedného včelstva pri uvažovanej najnižšej výnosovej na súkromnom kapitálovom trhu (i).

Následne sme sa zamerali na kvantifikáciu rizika. Riziko je definované ako známa pravdepodobnosť výskytu infekcie v populácii registrovaných včelstiev. Túto pravdepodobnosť (f) sme vypočítali na základe údajov o počte pozorovaných a infikovaných včelstiev v piatich okresoch Liptova v rokoch 2019-2020. Zistili sme, že relatívna početnosť infikovaných včelstiev je (f) $\approx 0,0056$. Na základe tejto hodnoty sme následne vypočítali parameter (p) exponenciálneho rozdelenia pravdepodobnosti $Exp(p)$. Toto rozdelenie nám slúži na modelovanie mortality včelstiev v čase (t) pomocou jeho distribučnej funkcie $F(t) = 1 - e^{-pt}$ a funkcie pravdepodobnosti ich prežitia $S(t) = e^{-pt}$.

Kľúčovým prvkom nášho prístupu je primárny matematický model poistenia. Model vypočítava brutto poistný poplatok $BP(m)_{1-\alpha}$ za jedno včelstvo, ktorý sa skladá z netto poistného poplatku (NP) a rizikovej prirážky $RP(m)_{1-\alpha}$. Vzorce sú nasledujúce:

$$BP(m)_{1-\alpha} = NP + RP(m)_{1-\alpha} \quad (3)$$

$$NP = F(1) \cdot K(1) \quad (4)$$

$$RP(m)_{1-\alpha} = E(m)_{1-\alpha} \cdot K(1) \quad (5)$$

Veľičina $E(m)_{1-\alpha}$ informuje o pravostrannom odhade strednej chyby poistenia pri $E(m)$ rozsahu poistného kmeňa (m) včelstiev.

Riziková prirážka $RP(m)_{1-\alpha}$ pokrýva riziko poisťovateľa a závisí od veľkosti poistného kmeňa (m). Je modelovaná s použitím kvantilu distribučnej funkcie rozdelenia $\chi^2_{(2m);1-\alpha}$ pri hodnote (α).

Secundárny model je doplnkom k primárnemu modelu a je určený na krytie rizika výskytu možných extrémnych škôd. Za extrémny sa považujú všetky škody nad rámec hornej hranice $E(m)_{1-\alpha}$ a pre opis rizika ich výskytu sme použili Gumbelove rozdelenie pravdepodobnosti $G(a_n; b_n)$ s jeho parametrami (a_n) = $\ln(np)$ a (b_n) = e^{-an} a s jeho aritmetickým priemerom (p_e) a rozptylom (V_e):

$$p_e = e^{a_n + 0,577215665} \quad (6)$$

$$V_e = e^{\frac{\pi^2}{6}} \quad (7)$$

Veličina (n) označuje uvažovaný čas návratu extrémnej udalosti v rokoch ($n = 20$) a číslo v exponente vzorca (6) je Eulerova – Mascheroniho konštanta. Príplatok na poistenie proti výskytu extrémnych škôd je potom rovný súčinu strednej hodnoty Gumbelovho rozdelenia pravdepodobnosti výskytu extrémov (p_e) a zraniteľnej hodnoty včelstva $K(1)$. Celkové brutto poistné ročné poplatky za 1 včelstvo $CBP(m)_{1-\alpha}$ sú potom rovné sumám:

$$CBP(m)_{1-\alpha} = BP(m)_{1-\alpha} + EXT(m)_{1-\alpha} \quad (8)$$

$$EXT(m)_{1-\alpha} = p_e(m)_{1-\alpha} \cdot K(1) \quad (9)$$

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hlavným prínosom tejto práce je návrh a predbežné odskúšanie matematického modelu poistenia pre včelárske projekty proti riziku moru včelieho plodu (AFB). Z hľadiska lesníckej ekonomie predstavuje tento model unikátny nástroj na kvantifikáciu finančného rizika spojeného s kľúčovou ekosystémovou službou, ktorou je opelovanie lesných drevín a krov (GIANNINI ET AL., 2017). Globálne sa odhaduje, že viac ako polovica svetového HDP je stredne alebo vysoko závislá od prírody a jej služieb (ALLIANZ/SWISS RE, 2023), čo priamo zdôrazňuje ekonomickú materialitu rizika opelovania.

Na základe našich výpočtov, pri zraniteľnej hodnote včelstva 56 EUR a ročnej pravdepodobnosti infekcie 0,0056, sme získali predbežné výsledky modelu poistenia, sumarizované v Tabuľke 1. Tieto zistenia demonštrujú základný princíp neživotného poistenia, kde sa brutto poistný poplatok ($BP(m)$) znižuje so zväčšujúcim sa počtom poistených včelstiev (m). Tento efekt úspory z rozsahu je kritický pre implementáciu efektívneho Svojpomocného fondu, pretože znižuje rizikovú prirážku $RP(m)_{1-\alpha}$. Z Tabuľky 1 vyplýva, že pri menšom počte poistených včelstiev je riziková prirážka výrazne vyššia, čo spôsobuje aj vyšší brutto poistný poplatok. So zvyšujúcim sa počtom poistených včelstiev sa riziková prirážka znižuje, čo robí poistenie dostupnejším a cenovo výhodnejším.

Tab. 1 Predbežné výsledky modelu poistenia $(1 - \alpha) = 0,95$ **Tab. 1** Preliminary results of the insurance model $(1 - \alpha) = 0.95$

Rozsah poistného kmeňa	Zraniteľná hodnota včelstva	Pravdepodobnosť infekcie morom za 1 rok	Netto poistné poplatky	Riziková prirážka	Brutto poistné poplatky	Riziková prirážka za výskyt extrémov	Celkové brutto poistné poplatky
(m)	K(1) [EUR]	F(1)	NP(1) [EUR]	$RP_m(1)_{1-\alpha}$ [EUR]	$BP_m(1)_{1-\alpha}$ [EUR]	$EXT_m(1)_{1-\alpha}$ [EUR]	$CBP_m(1)_{1-\alpha}$ [EUR]
10	56	0,0056	0,3136	0,1782	0,4918	0,8729	1,3647
100	56	0,0056	0,3136	0,0531	0,3668	0,6516	1,0184
1 000	56	0,0056	0,3136	0,0164	0,3301	0,5866	0,9166
10 000	56	0,0056	0,3136	0,0052	0,3188	0,5666	0,8854
100 000	56	0,0056	0,3136	0,0016	0,3153	0,5603	0,8756
1 000 000	56	0,0056	0,3136	0,0005	0,3142	0,5583	0,8725
10 000 000	56	0,0056	0,3136	0,0002	0,3138	0,5577	0,8715

Zatiaľ čo rozsiahly výskum AFB sa zameriava na veterinárne a manažérske aspekty (LOCKE ET AL., 2019; MEZHER ET AL., 2021), naša práca vyplňa medzeru v oblasti ekonomického riadenia rizík, ktorú v historickom kontexte adresoval len Illingworth (ILLINGWORTH, 1941). Modelovanie finančného rizika AFB je obzvlášť dôležité vo svetle bioklimatických zmien. CHEN ET AL. (2021) zdôrazňujú rastúcu potrebu matematických modelov, ktoré integrujú vplyv chorôb, parazitov a klimatických faktorov na dynamiku populácií včiel.

Naš model reaguje na tento trend tým, že využíva Teóriu extrémnych hodnôt (Extreme Value Theory), konkrétne Gumbelovo rozdelenie, na modelovanie extrémnych strát. Tento prístup je porovnateľný s trendmi v širšom poisťovníctve, kde sa extrémne rozdelenia používajú na oceňovanie katastrofického poistenia (EMBRECHTS ET AL., 2013). Navyše, v oblasti lesníctva už existujú aktuaristické modely lesného poistenia zamerané na viacnásobné prírodné riziká (BRUNETTE ET AL., 2015), ale aplikácia týchto modelov na riziko poškodenia kľúčovej ekosystémovej služby (opeľovanie) je originálnym prínosom. Týmto prístupom kvantifikujeme aj riziko katastrofických udalostí, ktoré sú v meniacom sa klimaxe pre lesné hospodárstvo deštruktívnejšie.

Výsledná riziková prirážka za extrémne udalosti $EXT(m)_{1-\alpha}$ je pomerne vysoká (napr. 0.5603 EUR pri $m = 100\,000$), čo potvrdzuje dôležitosť systematickej finančnej rezervy v Svojpomocnom fonde.

V kontexte ekonomie lesného hospodárstva, poskytuje tento finančný nástroj možnosť adaptácie na rastúce environmentálne riziká, ktoré priamo ovplyvňujú stabilitu lesných ekosystémov a ich biodiverzitu (ELLIS A MUNN, 2005). Navrhovaný model

tak prispieva k trvalej udržateľnosti včelárstva a k stabilite lesníckeho sektora ako celku, čím prekračuje tradičné veterinárne prístupy. V súčasnosti na Slovensku neexistuje podobný komerčný produkt, ktorý by pokrýval toto špecifické riziko. Aplikáciou týchto matematických nástrojov získava Slovenský zväz včelárov silnú podporu pre efektívne a transparentné riadenie svojho Svojpomocného fondu, čo v konečnom dôsledku posilňuje nielen finančnú, ale aj celkovú stabilitu včelárstva na Slovensku.

4. ZÁVER

Táto štúdia úspešne predstavuje inovatívny matematický model neživotného poistenia, navrhnutý pre efektívne zvládanie rizika výskytu moru včelieho plodu v podmienkach prebiehajúcich bioklimatických zmien na Slovensku. Kvantifikácia tohto rizika prebiehala prostredníctvom štatistickej analýzy a modelovania extrémnych udalostí s využitím Gumbelovho rozdelenia pravdepodobnosti, čo výrazne zvyšuje spoľahlivosť a finančnú udržateľnosť navrhovaného poistného mechanizmu.

Model demonštruje významné znižovanie brutto poistných poplatkov so zvyšujúcim sa počtom poistených včelstiev. Tým preukazuje výhody úspor z rozsahu a navrhuje dostupnejšie poistenie pre včelárov.

Implementácia navrhnutého matematického modelu pre Svojpomocný fond Slovenského zväzu včelárov by zabezpečila robustnú finančnú adaptáciu. Zároveň by slúžil ako dôležitý nástroj v oblasti aplikovanej zoológie a ekonomického riadenia lesného hospodárstva. Poskytuje efektívny mechanizmus na udržanie finančnej stability včelárstva, čím priamo prispieva k udržateľnosti kľúčových opel'ovacích služieb a k stabilite lesných ekosystémov, ktorých zdravie je v meniacom sa prostredí závislé od zdravia včelstiev.

Pod'akovanie

Autori ďakujú programu EÚ NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti pre Slovensko v rámci projektu č. 09I03-03-V04-00380 (<https://enviherb.tuzvo.sk/>), a Vedeckej agentúre Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže SR a Slovenskej akadémie vied (VEGA) v rámci projektov VEGA 1/0562/24 a VEGA 1/0443/23. Príspevok bol prezentovaný na konferencii Bioklimatologie a její poznatky, 60. let Československé bioklimatologie, ktorá sa konala 9. – 10. 9. 2025 na Mendelovy univerzity v Brně.

5. LITERATÚRA

ALLIANZ. 2023. The new risk frontier in finance: biodiversity loss. Allianz Research. [online] Dostupné na: https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz_com/economic-research/publications/specials/en/2023/february/2023-02-28-Biodiversity.pdf [Dátum citovania: 2024-10-28].

- BASSI, S., CARPANA, E., BERGOMI, P., & GALLETTI, G. 2018. Detection and quantification of *Paenibacillus* larvae spores in samples of bees, honey and hive debris as a tool for American foulbrood risk assessment. *Bulletin of Insectology*, 71(2), 235-241. Online: <https://archive.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol71-2018-235-241bassi.pdf>
- BRUNETTE M., ELIE O., GABARDA J. F., SAUVÉ S., GORDILLO G., LÉON F. 2015. An actuarial model of forest insurance against multiple natural hazards in fir (*Abies Alba Mill.*) stands in Slovakia. *Forest Policy and Economics*, 52, 1-8. DOI: 10.1016/j.forpol.2014.11.006
- CASTILLO, E. 2012. *Extreme value theory in engineering*. Elsevier, 389 p.
- CIPRA, T. 1994. *Poistná matematika v praxi*. Praha, Nakladatelství HZ , 273 s.
- ELLIS, J. D., & MUNN, P. A. 2005. The worldwide health status of honey bees. *Bee world*, 86(4), 88-101. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2005.11417323>
- EMBRECHTS, P., KLÜPPELBERG, C., & MIKOSCH, T. 2013. *Modelling extremal events: for insurance and finance* (Vol. 33). Springer Science & Business Media. 645 p.
- GIANNINI, T. C., MAIA-SILVA, C., ACOSTA, A. L., JAFFE, R., CARVALHO, A. T., MARTINS, C. F., ... & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (2017). Protecting a managed bee pollinator against climate change: strategies for an area with extreme climatic conditions and socioeconomic vulnerability. *Apidologie*, 48(6), 784-794. <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0523-5>
- CHEN J., DEGRANDI-HOFFMAN G., RATTI V., KANG Y. 2021. Review on mathematical modeling of honeybee population dynamics. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 18(6), 9606-9650. DOI: 10.3934/mbe.2021471
- ILLINGWORTH, L. 1941. Four Years of Foul Brood Insurance. *Bee World*, 22(7), 50-52.
- KOTZ, S., & NADARAJAH, S. 2000. *Extreme value distributions: theory and applications*. world scientific, 187 p.
- LOCKE, B., LOW, M., & FORSGREN, E. 2019. An integrated management strategy to prevent outbreaks and eliminate infection pressure of American foulbrood disease in a commercial beekeeping operation. *Preventive veterinary medicine*, 167, 48-52. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.03.023>
- MAAROUF, A. R., & MUNN, R. E. (2005). Bioclimatology. In *Encyclopedia of world climatology* (pp. 158-165). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8_29
- MEZHER, Z., BUBNIC, J., CONDOLEO, R., JANNONI-SEBASTIANINI, F., LETO, A., PROSCIA, F., & FORMATO, G. 2021. Conducting an international, exploratory survey to collect data on honey bee disease management and control. *Applied Sciences*, 11(16), 7311. <https://doi.org/10.3390/app11167311>
- PACÁKOVÁ, V. *Aplikovaná poistná štatistika*. 3. prepracované a doplnené vydanie. Bratislava: IURA EDITION, 2004. ISBN 80- 8078-004-8.
- REISS, R. D., THOMAS, M. 1997. *Statistical analysis of extreme values* (Vol. 2). Basel: Birkhäuser, 511 p. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-6336-0_4
- SLOVENSKÝ ZVÄZ VČELÁROV. 2020. *Štatút Svojpomocného fondu Slovenského zväzu včelárov*, 6 s.

SÚHRN V SLOVENSKOM JAZYKU

AKTUÁRSKE MODELOVANIE POISTNÉHO PROTI MORU VČELIEHO PLODU: NÁSTROJ FINANČNEJ ADAPTÁCIE V LESNOM HOSPODÁRSTVE

Táto štúdia predstavuje inovatívny matematický model neživotného poistenia, ktorý je špeciálne navrhnutý na zvládanie rizika výskytu moru včelieho plodu (*Paenibacillus larvae*) v podmienkach prebiehajúcich bioklimatických zmien na Slovensku. Ako kľúčový opel'ovač lesných stromov a krov, je finančná stabilita včelárstva kľúčová pre zachovanie biodiverzity a zdravia lesných ekosystémov. Našou hlavnou prácou je kvantifikácia tohto rizika prostredníctvom štatistickej analýzy a modelovania extrémnych udalostí pomocou Gumbelovho rozdelenia pravdepodobnosti, čím sa zvyšuje spoľahlivosť a finančná udržateľnosť poistného modelu.

Model demonštruje, ako sa brutto poistné poplatky znižujú so zvyšujúcim sa počtom poistených včelstiev, čo naznačuje výhody úspor z rozsahu a robí poistenie dostupnejším pre včelárov. Implementácia navrhovaného modelu by poskytla robustnú matematickú podporu pre Svojpomocný fond Slovenského zväzu včelárov, čo by umožnilo efektívnejšie riadenie fondu a cenovo výhodnejšie zvládanie rizika. Naša práca slúži ako dôležitý nástroj aplikovanej zoológie a ekonomického riadenia lesného hospodárstva pre adaptáciu včelárstva na prebiehajúce bioklimatické zmeny, čím prispieva k udržateľnosti tohto kriticky dôležitého odvetvia a celého lesnícko-environmentálneho sektora.

Adresa autorov:

Ing. Michaela Korená Hillayová, PhD.

Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
e-mail: michaela.hillayova@tuzvo.sk

Ing. Klára Bálíková, PhD.

Katedra lesníckej ekonomiky a politiky
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
e-mail: klara.balikova@tuzvo.sk

Ing. Ľubomír Korený

Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
e-mail: xkoreny@tuzvo.sk

Ing. Jakub Medek

Katedra lesníckej ekonomiky a politiky
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
e-mail: xmedek@tuzvo.sk

prof. Ing. Ján Holécý, CSc.

Katedra lesníckej ekonomiky a politiky
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
e-mail: jan.holecy@tuzvo.sk

VPLYV VEREJNEJ PARTICIPÁCIE NA ROZHODOVANIE V LESNÍCKOM PLÁNOVANÍ: EMPIRICKÁ ANALÝZA ZO SLOVENSKA

PaedDr. Mgr. Miroslav SUJA

SUJA, M.: Vplyv verejnej participácie na rozhodovanie v lesníckom plánovaní: empirická analýza zo Slovenska. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

ABSTRACT

Public participation in forestry planning stems from the general interest of various stakeholder groups in the use and protection of forests. It is rooted in society's concern for sustainable forest management and the need to ensure the provision of forest ecosystem services. The aim of this paper is to analyze public and stakeholder participation in decision-making within forestry planning. The methodological approach combined qualitative empirical research methods, including a case study, document analysis, and an inquiry method using semi-structured interviews. Using three decision-making processes in forestry planning approval of forest management plans, modification of forest management practices, and designation of special-purpose forests we analyzed the perceived quality and necessity of participation. The results indicate that appropriate participation methods vary across different phases: in the organizational phase, informal and formal working meetings as well as public meetings are suitable; in the information phase, public meetings or workshops are effective; in the design phase, working or focus groups or workshops are appropriate; in the selection phase, consensus or majority-based decision-making is preferred; and in the final monitoring phase, working meetings or workshops are recommended. Respondents expressed the view that broader stakeholder engagement in forestry planning can help reduce conflicts in forest management.

Key words: participation; forestry planning; ecosystem services; stakeholders; decision-making

1. ÚVOD A CIEĽ

Lesy poskytujú široké spektrum ekosystémových služieb, čo zvyšuje tlak verejnosti na zapojenie do rozhodovania o ich obhospodarovaní. Historický vývoj lesníctva v Európe bol nerovnomerný, kým západná Európa sa skôr prispôbovala spoločenským požiadavkám, východná a stredná Európa ostávali orientované najmä na produkciu dreva (Lazdinis et al., 2007; Lawrence, 2009; Tuček et al., 2015; Puettmann et al., 2012). Tento jednostranný prístup však viedol k poklesu biodiverzity a ekologickej stability, čo umocnila aj klimatická zmena (Sedmák et al., 2020). Od polovice 20. storočia

sa les začal vnímať ako zdroj viacerých funkcií, čím sa posilnil význam multifunkčného obhospodarovania (Grilli et al., 2016; Notaro and Paletto, 2011). Táto koncepcia, rozvíjaná už v dielach Papánka a Midriaka (Papánek, 1978; Midriak, 1981), nadobudla nový význam s nástupom konceptu ekosystémových služieb (Reid, 2005). Na Slovensku sú všetky lesy obhospodarované podľa programu starostlivosti o les, ktorý je povinný bez ohľadu na vlastníctvo (Sedmák et al., 2020). Hoci sa považuje za odborne optimálny, často čelí kritike pre nízku mieru zapojenia verejnosti (Tuček et al., 2015; Sedmák et al., 2020). Existuje konsenzus, že participácia zainteresovaných strán zvyšuje udržateľnosť správy prírodných zdrojov (Niedziałkowski et al., 2012). Verejné zapojenie prináša výhody pre všetky strany (Fraser et al., 2006), podporuje komunikáciu, riešenie konfliktov (Tanz and Howard, 1991), a umožňuje zhromaždiť dôležité poznatky o hodnotách a preferenciách verejnosti (Buchy and Hoverman, 2000; Hytönen et al., 2002; Smith et al., 1999). Na Slovensku však participácia ostáva slabá, čo vedie ku konfliktom a k neefektívnemu zosúladovaniu produkčných a spoločenských požiadaviek (Sedmák et al., 2013). Cieľom tohto článku je preto analyzovať mieru a formy verejnej participácie v lesníckom plánovaní na Slovensku.

2.METODIKA PRÁCE

Metodický postup spočíval vo využití kombinácií metód empirického výskumu, konkrétne analýza dokumentov, pološtrukturované rozhovory a prípadovú štúdiu. Na overenie aplikovateľnosti jednotlivých participačných modelov ako doplnku tvorby a schvaľovania PSL na vybraných záujmových územiach sme využili metódu prípadovej štúdie. Prípadové štúdie v spoločenských a prírodných vedách zahŕňajú dôkladné, hĺbkové a podrobné preskúmanie konkrétneho prípadu ako aj súvisiace kontextuálne podmienky (Yin, 2014). Keďže prípadová štúdia skúma súčasné fenomény do ich hĺbky v ich skutočnom kontexte, čím dokonale spĺňa základné ciele kvalitatívneho výskumu, tak ju považujeme za ideálny nástroj na dosiahnutie nami zvolených cieľov dizertačnej práce. Okrem identifikácie prípadu a špecifického typu prípadovej štúdie, bolo potrebné zväziť pre lepšie pochopenie sledovaného fenoménu potrebu vypracovania jednej alebo viacerých prípadových štúdií (Baxter and Jack, 2008). Pri riešení práce sme sa zamerali na tvorbu viacerých prípadových štúdií pri použití diferencovaných participačných modelov ako doplnku tvorby a schvaľovania PSL, pretože prípadové štúdie s jedným prípadom, resp. tvorba jednej prípadovej štúdie nie je schopná poskytnúť všeobecné závery, najmä ak sú udalosti zriedkavého charakteru. Hlavným dôvodom výberu tejto metódy pre dosiahnutie stanoveného cieľa bol fakt, že metóda prípadovej štúdie poskytuje údaje o situáciách v reálnom živote (konflikty pri obhospodarovaní lesov v jednotlivých častiach Slovenska) a je zdrojom lepších poznatkov o podrobnom správaní predmetov záujmu. Aj na základe týchto skutočností je metóda prípadovej štúdie využívaná práve v takýchto prípadoch, kde ide o štúdium skutočných situácií (problémoch v praxi), ktoré upravujú sociálne otázky a problémy (Zainal and Salleh, 2009). Štruktúra prípadovej štúdie pozostávala zo:

- základného opisu existujúceho stavu v záujmovom území
- zistenia aktérov v záujmovom území
- popis priebehu participačného procesu v plánovaní
- analýzy úrovne a kvality participácie zúčastnenými aktérmi

2.1 Výber záujmových území

Výber jednotlivých záujmových území prípadových štúdií pozostával z analýzy problémov, ktoré môžeme identifikovať v rámci hospodárenia v jednotlivých lesoch (lesných celkoch) na Slovensku. Podkladom boli údaje prezentované v časti problematika (Súčasný stav schvaľovania PSL), v ktorom sme prezentovali aktuálny stav a problémy pri schvaľovaní PSL, ktoré sa prejavili na tom, že niektoré PSL boli schválené o rok, dva či tri neskôr ako bolo v pláne. Analýzou a identifikáciou problémov, ktoré nastali v LC, kde došlo k problémom pri schvaľovaní vyberieme vhodné LC, kde nastali problémy, ktoré by podľa nášho predpokladu mohol redukovať zvýšený podiel participácie aktérov pri tvorbe PSL. Prvým krokom bola identifikácia problémových oblastí pri schvaľovaní PSL. Druhým krokom bolo zistenie vlastníckej štruktúry v predmetných LC. Je zrejmé, že proces zvyšovania podielu participácie bude prebiehať inak v lesoch v štátnom vlastníctve, vo vlastníctve mesta alebo obce a inak pri súkromných vlastníkoch lesov. Posledným faktorom bola ochota zo strany majiteľa alebo obhospodarovateľa LC, ktorý spadal do nami zvolených kritérií spolupracovať. Vzhľadom na cieľ práce bolo potrebné realizovať viaceré prípadové štúdie. Pre jednu prípadovú štúdiu sme zvolili štandardný postup vyhotovenia programu starostlivosti o lesy, aby bolo možné posúdiť východiskový stav a zhodnotiť stav participácie podľa aktuálnej právnej úpravy. Druhá prípadová bola zameraná na zákonný postup realizácie zmeny kategorizácie lesov z hospodárskych na účelové, avšak v rámci ktorého je možné prioritizovať vybranú ekosystémovú službu alebo ich balík. Posledná prípadová štúdia predstavovala experimentálne overenie participácie pri manažmente lesa, idúcej mimo zákonný rámec, ktorá bola použitá v rámci výskumu realizovaného na školiacom pracovisku doktoranda v spolupráci s pracoviskom školiteľa špecialistu, konkrétne na Katedre lesníckej ekonomiky a politiky a Katedre plánovania lesných zdrojov a informatiky. Ďalším kritériom bola dostupnosť a ochota respondentov realizovať rozhovor.

2.2 Analýza aktérov

Analýza zainteresovaných strán pozostáva z troch etáp (Reed et al., 2009; Grilli et al., 2015, Brescansin et al. 2018): identifikácia všetkých kľúčových zainteresovaných strán; charakterizácia už identifikovaných zainteresovaných strán; a agregácia zainteresovaných strán do homogénnych skupín. Počas prvej etapy bol vypracovaný predbežný zoznam kľúčových zainteresovaných strán v jednotlivých analyzovaných prípadoch participácie. V druhej etape boli už identifikované zainteresované strany klasifikované na základe typu a úrovne záujmu v záujmových územiach. V poslednej etape na účely vyhodnotenia

preferencií boli zainteresované strany agregované do troch kategórií: verejná správa, združenia-NGO, a vlastníci lesov. Pri analýze aktérov a výbere respondentov sme oslovovali zástupcov relevantných aktérov z lesníctva a ochrany prírody. Pri výbere respondentov sme oslovili vždy hlavného zástupcu konkrétnej organizácie/podniku. V niektorých prípadoch nás delegovali na iných vhodných respondentov zo svojej organizácie alebo mimo nej prostredníctvom metódy snehovej gule (z angl. originálu „*snowball sampling*“). Výber vzoriek alebo reprezentantov metódou snehovej gule je metóda, ktorá je široko používaná v kvalitatívnom sociologickom výskume. Metóda prináša študijnú vzorku prostredníctvom postupného „nabaľovania“ nových participantov, pomocou kontaktov získaných od predchádzajúcich jednotlivcov, ktorí sa na výskume podieľali. Títo zdieľajú alebo poznajú ostatných, ktorí majú vedomosti alebo charakteristiky, ktoré podpora výskumný záujem (Biernacki and Waldorf, 1981). Respondentov budeme vyberať zo zástupcov štátnych inštitúcií (Štátna správa lesného hospodárstva, Štátna správa životného prostredia, Národné lesnícke centrum, zástupcovia obcí a i.) ako aj zo zástupcov záujmových združení (združenia vlastníkov lesov, regionálne združenia a i.). Zoznam respondentov je uvedený vo výsledkovej časti pri každej prípadovej štúdií.

2.3 Analýza dokumentov

V rámci samotnej analýzy existujúceho stavu predmetného územia/území bolo potrebné vykonať dôkladnú analýzu dokumentov, ktorá je systematickým postupom pre preskúmanie alebo hodnotenie s cieľom získať zmysel, pochopenie a rozvíjať tak empirické poznatky (Corbin and Strauss, 2008). Analýza dokumentov umožňuje výpovede o politických aktéroch, ktorí už napríklad nemusia byť zastihnuteľní, a nebudeme tak v tejto fáze v takej miere odkázaní na spoluprácu aktérov na rozdiel od iných metód, ako je napríklad rozhovor alebo dotazník. Táto metóda bude kombinovaná s inými metódami, ako sú údaje z rozhovorov, dotazníkov, pozorovania tak, aby sme minimalizovali zaujatosť a vytvorili dôveryhodnosť samotného výskumu. Samotný proces analýzy dokumentov bol založený na analýze strategických dokumentov a platných právnych predpisov týkajúcich sa implementácie, formulácie a evalvácie PSL ako aj dokumentov obsahujúcich prípadné informácie o požiadavkách rôznych zainteresovaných skupín v rámci predmetného územia prípadne analýzy dokumentov obsahujúcich konfliktné situácie vznikajúce pri diferencovaných požiadavkách na lesy spadajúce do predmetných území.

2.4 Metóda dopytovania formou rozhovoru

Zvolený bol pološtandardizovaný rozhovor, ktorý poskytuje jasný súbor pokynov pre aktérov, pričom voľnosť odpovedí môže poskytnúť spoľahlivé a porovnateľné kvalitatívne údaje. Pri výbere metódy sme vychádzali aj z poznatku, že voľnosť odpovedí nám zaručí to, že rovnakú informáciu môžeme dosiahnuť od rôznych dopytovaných rozdielne formulovaných otázok, ktoré môžu byť kladené v rôznom poradí. Je na výskumníkovi, ktorú otázku položí a v akom poradí, podľa toho ako sa rozhovor vyvíja.

Metóda rozhovoru slúži na doplnenie informácií získaných z analýzy dokumentov tak, aby sme dosiahli pravdivé a verifikovateľné výsledky. V rámci dizajnu osnovy rozhovoru boli vytvorené dve verzie pološtandardizovaného rozhovoru, jedna na hodnotenie procesu schvaľovania PSL a jedna pre ostatné prípadové štúdie, kde sa hodnotila aj kvalita uskutočnených participačných procesov. Pološtandardizovaný rozhovor je postavený na základe teoretických východísk uvedených v teoretickej časti. Prvý pološtandardizovaný rozhovor pozostával z troch častí. V prvej časti sa zisťovali informácie o respondentoch a ich účasti na príprave PSL (DT). Ďalšia časť sa týkala participácie, zapojenia aktérov do procesu participácie, metód, spôsobu rozhodovania, dôležitosti faktorov. Posledná časť sa týkala preferencií plnenia ekosystémových služieb, ktoré boli vyhodnotené metódou AHP. Druhý pološtandardizovaný rozhovor bol využitý pri rozhovoroch ohľadom ostatných prípadových štúdií, kde okrem všeobecných informácií o respondentoch boli otázky zamerané na zhodnotenie participačného procesu: úroveň zapojenia, využitých metód, potrebných zmien, dôvery medzi aktérmi, spôsobe rozhodovania, existenciu konfliktov a spokojnosti s výsledkom. Druhá časť sa týkala lesníckeho plánovania, kde sa zisťovala vedomosť aktérov o PSL a možnostiach participácie pri jeho vyhotovovaní a schvaľovaní. Posledná časť sa týkala preferencií plnenia ekosystémových služieb, ktoré boli vyhodnotené metódou AHP. Aby bolo možné porovnanie odpovedí, pološtrukturované rozhovory obsahovali rovnaké otázky pre všetkých respondentov (BS, Štrba). Zoznam respondentov je uvedený v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Zoznam respondentov

Tab. 1: List of respondents

Označenie	Prípadová štúdia	Organizácia
R1	BS	Mestské lesy BŠ
R2	BS	Poslanec, Viceprimátor, Zástupca BŠ Banského spolku
R3	BS	EKOTRUST – krajino ekologické a regionálne plánovanie BŠ
R4	BS	Banskoštiavnicko-Hodrušský banický spolok
R5	BS	OOCR región Banská Štiavnica
R6	BS	Mesto Banská Štiavnica
R7	BS	DHZ
R8	Štrba	NLC
R9	Štrba	PS Urbár Štrba
R10	Štrba	OOCR Región Vysoké Tatry
R11	Štrba	Poslanec obec. zastupiteľstva Štrba
R12	Štrba	Referent kultúry a cestovného ruchu Štrba
R13	Štrba	Skupina extrémnej horskej cyklistiky a skyalpinizmu

R14	Štrba	Správa TANAPu so sídlom v Tatranskej Lomnici
R15	DT	OOCR Novohrad a Podpoľanie
R16	DT	Ursia o.z.
R17	DT	CHKO Poľana
R18	DT	Urbár Detva
R19	DT	KST Detva
R20	DT	SK DETVA V POHYBE o. z.
R21	DT	Cyklisti Detva

3 VÝSLEDKY

3.1 Rozhodovacie procesy v lesníckom plánovaní

Prípadová štúdia štandardného postupu vyhotovovania a schvaľovania PSL

Prípadová štúdia sa týkala konania o vyhotovení programu starostlivosti o lesy pre lesný celok Očová. Lesný celok (LC) Očová ako jednotka priestorového rozdelenia lesa, pre ktorú sa vyhotovuje program starostlivosti o lesy na obdobie rokov 2021-2030 bol určený rozhodnutím Okresného úradu Banská Bystrica, odboru opravných prostriedkov číslo OU-BB-OOP4-2019/016363-02 zo dňa 27.5.2019. Konanie sa začalo dňa 1.6.2020 vyhotovením protokolu o výsledkoch prerokovania Správy o doterajšom hospodárení a o určení zásad na vyhotovenie programov starostlivosti o lesy (Správa) na obdobie rokov 2021-2030 pre LC Očová. Úrad vyzval účastníkov konania a zúčastnené osoby vyzval, aby svoje pripomienky a požiadavky na vypracovanie pokynov predložili v písomnej forme v lehote do 15 dní odo dňa doručenia verejnej vyhlášky. Na základe výsledkov konania vydal OU-BB-OOP rozhodnutie o schválení PSL pre lesný celok Očová na obdobe rokov 2021-2023 na celkovej výmere 4669,6999 ha lesných pozemkov s celkovým objemom ťažby 245 064 m³. V rámci rozhodnutia vyhlásil lesy o výmere 600,1041 ha za lesy ochranné v členení 123,4576 ha ako lesy na mimoriadne nepriaznivých stanovištiach (§ 13 ods. 2 písm. a) zákona o lesoch), 26,1901 ha ako vysokohorské lesy pod hornou hranicou stromovej vegetácie, ktoré plnia funkciu ochrany nižšie položených lesov a pozemkov, lesy na exponovaných horských svahoch pod silným nepriaznivým klimatickým vplyvom a lesy znižujúce nebezpečenstvo lavín (§ 13 ods. 2 písm. b) zákona o lesoch) a 450,4564 ha ostatné lesy s prevažujúcou funkciou ochrany pôdy (§ 13 ods. 2 písm. d) zákona o lesoch). Upresnil výmeru lesov osobitného určenia na výmere 11,5339 ha ako lesy v uznaných zverníkoch a samostatných bažantniciach (§ 14 ods. 2 písm. d) zákona o lesoch). Z pohľadu participačných procesov t.j. uplatnených modelov a metód v rámci jednotlivých fáz participácie verejnosti pri vyhotovovaní PSL neboli v procese vyhotovenia PSL pre LC Detva uplatnené žiadne participačné metódy okrem tej, ktorú predpokladá

zákon o lesoch. Zákon o lesoch pripúšťa, aby sa právnické a fyzické osoby, ktorých práva môžu byť vyhovením programu starostlivosti dotknuté, mohli zúčastniť konania ako zúčastnená osoba (§67 ods. 4-6 zákona o lesoch). Konanie začína dňom vyhotovenia protokolu o výsledkoch prerokovania Správy na obdobie rokov 2021-2030 pre LC Očová. Podľa zákona o lesoch je prerokovanie Správy verejné. Avšak verejné prerokovanie nebolo možné vzhľadom na opatrenia na zabránenie šírenia koronavírusu COVID-19, a s tým súvisiaci zákaz organizovania hromadných verejných zhromaždení. Verejnou vyhláškou číslo OU-BBOOP4-2020/013807-001 zo dňa 3.4.2020 vyzval Okresný úrad Banská Bystrica, odbor opravných prostriedkov, referát lesného hospodárstva (OÚ BB, OOP) účastníkov konania, aby svoje pripomienky a požiadavky na vypracovanie pokynov predložili v písomnej forme v lehote do 15 dní odo dňa doručenia verejnej vyhlášky. K Správe predložili požiadavky: SPP – Distribúcia a.s. Bratislava, Občianske združenie PRALES Rosina, Národné lesnícke centrum Zvolen, LVU – Stredisko kontroly lesného reprodukčného materiálu, Slovenská elektrizačná prenosová sústava a.s., Stredoslovenská vodárenská prevádzková spoločnosť a.s., Slovenský vodohospodársky podnik š.p. OU BB, OSŽP aj Okresný úrad Lučenec, odbor starostlivosti o životné prostredie predložili k Správe svoje stanoviská. Ako vyplýva z protokolu, záujmy dotknutých orgánov, organizácií, právnických a fyzických osôb boli vyriešené nasledovne:

Požiadavky Občianskeho združenia Prales na bez zásahový režim v navrhovaných pralesných lokalitách boli rešpektované v lesných porastoch s existujúcim 5. stupňom ochrany podľa z. č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny. V ostatných porastoch budú plány hospodárskych opatrení vyhotovovateľom určené v súlade so schválenými modelmi hospodárenia s poznámkou „plány hospodárskych opatrení nerealizovať“. Pri produktovodoch vybudovaných na lesných pozemkoch si obhospodarovatelia lesov vo vlastnom záujme vyžadujú od ich prevádzkovateľov (správcov) doklady preukazujúce oprávnenosť ich zriadenia ako aj pásiem bezlesia. V prípade získania takýchto dokladov, obhospodarovatelia lesov tieto predložia vyhotovovateľovi PSL v termíne do 30. 9. 2020, ktorý ich zohľadní v opise porastov. V prípade nepredloženia uvedených podkladov vyhotovovateľ PSL pri opise porastov zohľadní ochranné pásma predmetných líniových stavieb podľa existujúceho stavu v teréne. Schvaľujúci orgán upozorňuje vyhotovovateľa PSL na povinnosť rešpektovania existujúcich vodných zdrojov a ich PHO nachádzajúcich sa na lesných pozemkoch. Pri vyhotovovaní PSL je povinný rešpektovať platné vodoprávne rozhodnutia. Pri opise porastov a tvorbe plánov hospodárskych opatrení je tiež povinný rešpektovať vodné zdroje identifikované počas vonkajších prác pri vyhotovovaní PSL. Keď zhrnieme proces schvaľovania PSL pre LC Očová podľa fáz participácie, v prvej fáze participácie („organizácia“) bola využitá formálna metóda predpokladaná zákonom o lesoch, kde Správu vypracúva vyhotovovateľ PSL, v našom prípade EuroForest s.r.o. bez participácie iných subjektov. V druhej fáze participácie („informácie“) bola využitá zákonná možnosť zverejnenia oznámenia o prerokovaní Správy verejnou vyhláškou na úradnej tabuli OU BB OOP a zasielania pripomienok k Správe. Verejné prerokovanie ako predpokladá zákon sa z dôvodu pandémie nekonalo. V tretej fáze participácie („dizajn“) boli čiastočne zapracované pripomienky OZ prales a ostatných dotknutých subjektov,

avšak participácia vo forme napr. konzultácií alebo pracovnej skupiny neprebehla. V štvrtej fáze participácie („výber“) sa využilo autoritatívne rozhodnutie schvaľovacieho orgánu. V piatej fáze („monitoring“) neboli stanovené žiadne mechanizmy participácie (tabuľka 2).

Tabuľka 2: Fázy a formy participácie v jednotlivých prípadových štúdiách

Table 2: Phases and forms of participation in individual case studies

Fázy participácie	Formy participácie	Prípadové štúdie		
		LC Očová	Štrbské Pleso	ML BŠ
Fáza 1: Organizácia	verejné stretnutia		X	
	pracovné skupiny			X
	neformálne stretnutia		X	X
	formálne stretnutia	X		
Fáza 2: Informácie	prieskum			
	rozhovory		X	X
	verejné stretnutia			X
Fáza 3: Dizajn	konzultácie	X		X
	pracovné skupiny			
	workshop		X	
	verejné stretnutia			X
Fáza: Výber	hlasovanie			
	vyjednávanie		X	
	autoritatívne rozhodnutie	X		X
Monitoring	pracovné skupiny			X
	žiadny	X	X	

Prípadová štúdia participácie v okolí Štrbského plesa

Záujmovú oblasť tvorili lesy v okolí Štrbského plesa. Tieto oblasti boli vybrané preto, že sú často navštevované turistami. Štrbské pleso sa nachádza na severe východného Slovenska a patrí do Tatranského národného parku. Celkovo študijné územie tvorilo 54 JPRL s celkovou rozlohou 433 hektárov (Výbošťok et al., 2020). Výskumné aktivity vo Vysokých Tatrách sa sústredili na ekosystémové služby v súvislosti s ochranou biodiverzity, rekreáciou a produkciou dreva v okolí Štrbského Plesa. Plnenie jednotlivých ES bolo hodnotené na základe navrhnutých indikátorov v zmysle metodiky Sedmák et al. (2019), adaptovaná Výbošťokom et al. (2020). Na hodnotenie vplyvu obhospodarovania a hodnotenie potenciálu plnenia vybraných ekosystémových služieb bol použitý rastový

simulátor SIBYLA (Fabrika 2005). Výsledky simulácii tvorili podklad pre následný participačný proces. Z pohľadu participačných procesov t.j. uplatnených modelov a metód v rámci jednotlivých fáz participácie verejnosti bola pri riešení tejto prípadovej štúdie zameranej na participáciu v lesoch v okolí Štrbského Plesa v prvej fáze („organizácia“) využitá neformálna metóda a verejné stretnutia (tabuľka 2). V rámci tejto fázy predstavitelia ŠL TANAP-u odporučili potenciálnych spolupracovníkov a participantov, ktorí by sa mohli podieľať na riešení daného problému. V rámci druhej fázy („informácie“) sme využili metódu rozhovoru na ktorom sme získavali informácie o požiadavkách jednotlivých zainteresovaných skupín ktoré sme oslovili na základe odporúčaní ŠL TANAPU. V rámci tretej fázy („dizajn“) bol realizovaný workshop na ktorom sme zúčastnením prezentovali vzťahy medzi funkciami, možnosti ich vzájomného zosúladenia. Workshop ako participačná metóda bol zvolený vzhľadom na cieľ štúdie - otestovať uskutočniteľnosť a akceptáciu platieb za plnenie ekosystémových služieb lesa (PES) so zreteľom na preferencie ESL, priority rôznych aktérov a navrhnuté varianty hospodárenia v záujmovom území. Koncept workshopov vychádzal z poznatkov výskumu, prieskumov verejnej mienky, modelovania alternatív hospodárenia pre plnenie ESL a návrhov mechanizmov a prístupov k platbám za ESL. Participatívne workshopy s aktérmi identifikovanými podľa Bálíková et al. (2021) sa konali v priebehu mesiacov máj a jún 2021. Vzhľadom na pretrvávajúcu pandémiu sa workshopy uskutočnili v online priestore, čo ovplyvnilo spôsob zisťovania preferencií ESL u jednotlivých aktérov. Na zistenie bol vytvorený manuál pre priestorové priradenie preferovanej ESL a rozposlané mapové podklady v GIS vrstvách alebo v PDF s možnosťou zapisovať priority ESL v jednotlivých JPRL.

Na workshop boli pozvaní relevantní zainteresovaní aktéri, ktorí majú alebo mali záujem na obhospodarovaní lesov v tejto oblasti. Prvého workshopu, ktorý sa uskutočnil 20. mája 2021, sa zúčastnili zástupcovia lesníkov Tatranského národného parku, ochrancov Tatranského národného parku, obecného zastupiteľstva a mimovládnej organizácie. Na prvom workshope boli účastníkom prezentované výsledky Simulátora SIBYLA, ako ovplyvňuje rôzne obhospodarovanie lesa plnenie vybraných ekosystémových služieb a demonštrovali sme vzťahy medzi vybranými ekosystémovými službami. Na základe týchto informácií si stakeholderi vybrali preferencie k vybraným ekosystémovým službám (biodiverzita, rekreácia, produkcia), svoje preferencie zakreslili do mapy záujmového územia alebo do zoznamu JPRL, v ktorom uviedli svoje požiadavky pre daný JPRL. Následne sa na základe ich preferencií z tabuľky alebo mapy vytvorili štyri rôzne manažmentové plány pre každého zainteresovaného aktéra. Podľa účastníkov workshopov, udržateľnosť obhospodarovania lesov interaguje so stratégiou udržateľnosti národného parku a najvyššie položeného horského sídla v Karpatskom oblúku. V súlade so stratégiou udržateľnosti prírody blízkej destinácie Štrbské Pleso, preferenciou je podpora existencie bioklimatických podmienok vhodných na liečenie, klimatoterapiu, helioterapiu, aromaterapiu. S osobitným zreteľom na zachovanie a podporu jedinečných ozdravných účinkov primárne uprednostnili pre zachovanie a podporu podmienok vhodných na liečenie mimo produkčnú ekosystémovú službu lesa, biodiverzitu. Výsledné hodnoty indikátorov plnenia ESL a modelované režimy obhospodarovania s porovnaním

dopadu na zníženie ťažby, a teda na zisk z predaja dreva slúžili ako podklad pre rozhodovanie sa o mechanizmoch platieb za požadované plnenie a posilnenie ESL na úkor drevoprodukčnej ESL (Výboštok et al. 2021). Na druhom workshope boli zainteresovaným aktérom prezentované dopady ich zvoleného manažmentového plánu na plnenie hodnoty biodiverzity, rekreácie a produkcie. Tieto štyri rôzne hospodárske plány boli prezentované na druhom workshope 24. mája 2021, na ktorom sa dohodlo konsenzuálne riešenie a vytvorilo sa „nové participatívne lesné hospodárstvo“. Vidíme, že pri skupine lesníkov došlo k posilneniu rekreačnej funkcie o 1% oproti bežnému režimu hospodárenia a tak isto bolo o 1% posilnená aj funkcia podpora biodiverzity to sa však prejavilo na znížení výnosov oproti bežnému režimu hospodárenia až o 24 937 eur za 10 rokov. Pri zástupcoch ochrancov došlo k posilneniu rekreácie až o 2%, no funkcia biodiverzity nebola oproti bežnému režimu navýšená. Pri hospodárení podľa požiadaviek zástupcov obecného zastupiteľstva Štrby došlo k poklesu rekreačnej funkcie no k najvýraznejšiemu posilneniu biodiverzity, čo sa prejavilo na najvyššej strate na zisku na úrovni 35 894 eur. Posledným manažmentovým plánom podľa zástupcov NGO bola posilnená aj rekreačná funkcia aj funkcia biodiverzity. Je zrejmé, že najvyšší vplyv na zisk z ťažby má plnenie funkcie zachovania biodiverzity. Čím viac chceme posilňovať túto funkciu, tým máme vyššie straty na zisku z predaja dreva, pretože sa menej ťaží. Vidíme, že v dvoch prípadoch resp. manažmentových alternatívach bol dosiahnutý nižší výnos z predaja dreva za obdobie platnosti PSL, preto ak chceme tieto režimy presadiť musíme hľadať vhodné kompenzácie (platby za ekosystémové služby). Pričom všetci zúčastnení sa zhodli na tom, že takéto kompenzácie by mal platiť štát teda verejné financovanie (Báliková et al., 2020). Počas druhého kola workshopov v júni 2021 mali aktéri možnosť určiť aj vhodný finančný mechanizmus na podporu plnenia požadovaných ESL a kompenzáciu zmeny hospodárenia vedúcej k zníženiu ťažby dreva, ktoré je príjmom za komplexné plnenie ESL pre obhospodarovateľov les. Konečné riešenie prijaté nebolo, išlo len o testovanie metodiky.

Vyhlasovanie lesov osobitného určenia Banská Štiavnica

Ďalším analyzovaným participatívnym procesom bola štúdia realizovaná autorským kolektívom Sedmák et al. (2022) „Projekt lesov osobitného určenia - ML Banská Štiavnica“. Štúdia obsahovala odborné podklady pre vyhlásenie lesov osobitného určenia na vymedzenej časti územia obhospodarovaného Mestskými lesmi Banská Štiavnica (ML), ktoré sú v zákone č. 326/2005 Z.z. o lesoch charakterizované v § 14, písmeno c) ako lesy rekreačné. Zámerom vyhlásenia lesov osobitného určenia bolo postupne upraviť stav lesa tak, aby poskytol obyvateľom a návštevníkom mesta kvalitný priestor na oddych, pasívnu a aktívnu regeneráciu, poznávanie a príjemné estetické zážitky na vymedzenom území. V štúdiu sa navrhol osobitný režim hospodárenia v nasledujúcich 30 rokoch osobitne pre každú jednotku priestorového rozdelenia lesa (JPRL) v definovanom súbore lesných porastov vo vlastníctve a obhospodarovaní Mestských lesov Banská Štiavnica. Optimalizácia hospodárenia bola urobená za celé vymedzené územie, na ktorom sa nachádzajú tak porasty patriace do kategórie lesov hospodárskych, ako aj porasty

ochranné. Metodika štúdie spočívala praktickými aplikáciami najmodernejších postupov multikriteriálnej optimalizácie plnenia ES identifikovaných na príslušnom území ako kľúčové. Uplatnenie takýchto postupov umožňuje: (i) participatívnu konsenzuálnu dohodu o cieľoch hospodárenia na určitom území brániacu vzniku konfliktov, (ii) preverenie možnosti, či sa na určitom sledovanom území nedá dosiahnuť súčasné zlepšenie plnenia všetkých sledovaných funkcií, bez potreby robenia kompromisov. Cieľom by malo byť predovšetkým predchádzanie konfliktov a dosiahnutie všeobecnej konsenzuálnej podpory projektu, ktorá by umožnila, resp. uľahčila jeho praktickú implementáciu. Okrem toho by sa v tesnej blízkosti mesta mal upraviť stav lesa tak, aby sa sám o sebe stal silným lákadlom pre návštevu a rekreáciu. To by malo prispieť k rozptýleniu návštevníkov do väčšieho priestoru a zníženiu enormne narastajúceho tlaku v samotnom pomerne malom meste Banská Štiavnica, lokality svetového kultúrneho dedičstva UNESCO. Z dohody so zadávateľmi štúdie vyplynulo, že sa budú multikriteriálne optimalizovať tri vybrané ekosystémové služby a biodiverzita, konkrétne produkcia dreva, rekreačná hodnota, statická stabilita a biodiverzita. Časový horizont optimalizácie bol dohodnutý na 30 rokov. Indikácia plnenia vybraných ES sa opiera o dlhoročné lesnícke skúsenosti a odbornosť, ale aj o najmodernejšie výsledky celoeurópskeho výskumu a spolupráce. Okrem iného došlo aj k využitiu poznatkov a výsledkov získaných riešením výskumno-vývojového projektu EU Horizon 2020 Alterfor (<http://gis.tuzvo.sk/alterfor-sk/>), či využitiu skúseností zo starších výskumných úloh vypracovaných pre Generálne riaditeľstvo ŠL (Sedmák et al., 2019).

Zabezpečenie rekreačných potrieb obyvateľstva a vhodná redistribúcia jeho pohybu a pobytu v krajine je pri súčasnom plnom hospodárskom využití lesov danej lokality náročná úloha. Z toho dôvodu pristúpili ML k vytvoreniu lesov osobitného určenia, subkategória rekreačné lesy, zabezpečujúcich využitie lesa v prospech širokej verejnosti a to na základe projektu vypracovanom pracovníkmi Technickej univerzity vo Zvolene (TU), v ktorom by rôznorodé požiadavky obyvateľov a záujmových skupín mali byť zapracované. Dôležitou požiadavkou kladenou na projekt lesov osobitného určenia zo strany ML bola požiadavka, aby projekt reflektoval a zahŕňal v sebe rôznorodé požiadavky obyvateľov, návštevníkov a rozličných záujmových skupín zainteresovaných na hospodárení v lese a využívaní krajiny v okolí mesta Banská Štiavnica. Tieto mali byť zozbierané na verejných participatívnych stretnutiach a osobitných pracovných schôdkach za účasti zainteresovaných strán. Tie sa nakoniec neuskutočnili, realizované bolo len jedno verejné stretnutie za účelom informovania o výsledkoch štúdie. Riešené územie predstavuje územie Mestských lesov Banská Štiavnica. Na území mesta Banská Štiavnica pôsobí množstvo záujmových skupín okresná organizácia cestovného ruchu (OOCR), turisti, cykloturisti, bežkári, rôzne združenia, atď., ktorých záujmom je vo väčšej miere využívať lesy obhospodarované spoločnosťou Mestské lesy Banská Štiavnica na realizovanie svojich aktivít. V mnohých prípadoch sa ich požiadavky prekrývajú a vylučujú, preto sa predstavitelia ML rozhodli predložiť návrh vyhlásenia lesov osobitného určenia, kde by všetky činnosti boli zahrnuté a mohla ich využívať široká verejnosť s prihliadnutím na záujmy štátnej ochrany prírody. Návrh vytvorenia lesov osobitného určenia vychádzal z požiadaviek narastajúceho tlaku

zo strany turistických návštevníkov regiónu. Zároveň samotní obyvatelia mesta začínajú pociťovať narastajúci počet návštevníkov ako neúnosný. Z pohľadu participačných procesov t.j. uplatnených modelov a metód v rámci jednotlivých fáz participácie verejnosti bola pri riešení tejto prípadovej štúdie zameranej na participáciu pri vyhlasovaní lesov osobitného určenia v prvej fáze („organizácia“) využitá neformálna metóda a pracovné stretnutia so zadávateľom štúdie (tabuľka 2). V rámci tejto fázy predstaviteľia ML odporučili potenciálnych aktérov, ktorí by sa mohli podieľať na riešení daného problému. V rámci druhej fázy („informácie“) sme využili metódu rozhovorov, kde sme získavali informácie od predstaviteľov ML. V rámci tretej fázy („dizajn“) boli realizované konzultácie so zadávateľom. Výsledky štúdie boli prezentované širokej verejnosti na stretnutí konanom dňa 17.5.2022 v priestoroch kina Akademik v Banskej Štiavnici. Stretnutia sa zúčastnilo okrem zástupcov ML 43 účastníkov z rôznych sektorov.

Požiadavky aktérov sú zhrnuté podľa jednotlivých kategórií aktérov. Zástupcovia OOCR privítali túto iniciatívu a uvítali by ďalšiu spoluprácu. Zároveň vyjadrili nespokojnosť, že neboli prizvaní v procese tvorby štúdie. Zástupcovia turistických NGO poukázali na potrebu dobudovania základnej rekreačnej infraštruktúry ako parkoviská, sociálne zariadenia, zber odpadu. Banské OZ vyslovili požiadavku zachovania zberných jarkov, aby sa viac nepoškodzovali a začali sa revitalizovať. Zástupcovia cyklistov uviedli, že je potrebné niečo urobiť aj pre obyvateľov BŠ, keďže veľký príväl nezvládnutých áut obťažuje obyvateľstvo hlavne v okolí pamiatok s chýbajúcimi možnosťami parkovania a zväžiť možnosť nepúšťať ľudí do mesta po naplnení kapacít po vzore Benátok. Zároveň však uviedol, že problém nie je v ML ale v meste, ktoré musí chcieť k tomu pristúpiť. Celkovo sa však aktéri zhodli, že vypracovanie štúdie bolo pozitívne a že je potrebné nájsť „mix“ rôznych prostriedkov na riešenie situácie, kde sú limitujúcim faktorom financie. Práve na zisťovanie prostriedkov vhodných pre implementáciu štúdie, bola zúčastneným preložená anketa, kde sa zisťovali ich preferencie ohľadom poskytovania ES a ďalšej participácii na implementácii. Návrh na vyhlásenie lesov osobitného určenia je vnímaný pozitívne, s jeho vyhlásením súhlasilo 33 zúčastnených, šesť malo pripomienky – hlavne voči skoršiemu nezapojeniu a nezohľadneniu požiadaviek. Len jeden respondent nesúhlasil. Vyjadrili potrebu spolupráce s občianskym sektorom a OOCR hlavne pri posilňovaní rekreačnej funkcie. Je potrebné zosúladiť rôzne záujmy na využívaní územia ako ochrana prírody, cestovný ruch, kultúrne dedičstvo, a pod. Veľa krát zazneli otázky „únosnosti“ územia a potreba rozptýlenia návštevníkov nielen na iné územia ale aj do okolitých obcí. Aktéri vyjadrili záujem zúčastniť sa prípadných ďalších workshopov a pomáhať pri implementácii projektu a byť informovaní o dosiahnutých výsledkoch.

Zhodnotenie kvality participačných modelov

V prípadových štúdiách boli v rámci jednotlivých fáz participácie využité rôzne formy. Ich sumarizácia je uvedená v tabuľke 2. Vhodné metódy participácie pre jednotlivé fázy participácie sú vo fáze organizácie neformálne a formálne pracovné stretnutia a verejné stretnutia, vo fáze informácie verejné stretnutia alebo workshopy, vo fáze dizajnu pracovné či fokusové skupiny alebo workshopy, vo fáze výberu konsenzus alebo väčšinové

rozhodovanie a v poslednej fáze monitoringu pracovné stretnutia alebo workshopy. Procesov tvorby jednotlivých prípadových štúdií sa zúčastnilo 11 respondentov, z celkového počtu 22. Vyplýva to zo skutočnosti, že nie všetci opýtaní boli účastníkmi participačného procesu a respondentov z prípadovej štúdie prípravy PSL pre LC Očová sme sa na hodnotenie participácie nepýtali. Osem respondentov malo dostatok informácií, sedem uviedlo, že ich dostatok nemalo. Vyplýva to z faktu, že niektorí respondenti sa priamo nepodieľali na tvorbe štúdií. Najčastejšie boli respondenti zapojení do procesu tvorby štúdií na úrovni informácií (6), nasleduje spolupráca (5), konzultácie (4) a spolurozhodovanie najmenej s počtom dvaja respondenti.

V rámci realizovaných prípadových štúdií, najčastejšie využívanou metódou boli verejné stretnutia (6), fokusové a pracovné skupiny (obe po štyri), návrhy scenárov a online fóra. Výsledky skresľuje prípadová štúdia BŠ, kde sa konalo verejné stretnutie ohľadom prezentácie výsledkov štúdie, na ktorom sa zúčastnila väčšina respondentov prípadovej štúdie BŠ. Podľa respondentov bolo potrebné pri všetkých prípadových štúdiách rozšíriť okruh zapojených účastníkov (13) a zamerať sa na iné ES lesa (7). Priestor na vyjadrenie požiadaviek aktérov považujú respondenti za dostatočný v ôsmich prípadoch, v štyroch prípadoch skôr áno a v siedmich za úplne nedostatočný. Medzi najdôležitejšie faktory v participatívnom procese považujú respondenti transparentnosť a dostupnosť zdrojov. Nasleduje včasné zapojenie a reprezentatívnosť. Neutrálne hodnotili respondenti predovšetkým vplyv na výsledok procesu. Pre prijatie konečného rozhodnutia boli zvolené dva prístupy, a to väčšinové rozhodnutie a konsenzus. Väčšina respondentov nezaznamenala konflikty medzi účastníkmi, len v štyroch prípadoch pri lesoch v okolí Štrbského plesa, kde prebiehal súdny spor medzi Správou národného parku a vlastníkom lesných pozemkov. Spokojnosť s výsledkami štúdií bola rôzna. Vôbec nebolo spokojných päť respondentov, jeden bol skôr nespokojný, štyria zaujali neutrálny postoj. Skôr spokojní boli dvaja respondenti a traja boli spokojní úplne.

4. DISKUSIA

V spoločnosti sa v súčasnej dobe zvyšuje povedomie a uznanie multifunkčnej úlohy lesov. Účasť verejnosti sa považuje za dôležitý prvok trvalo udržateľného obhospodarovania lesov (Cantiani 2012), pretože zahŕňa rozhodnutia o hospodárení s prírodnými zdrojmi, ktoré by mali zohľadňovať verejný záujem. Participácia zainteresovaných strán v lesnom hospodárstve pomáha prekonávať problémy a zmierňuje konflikty, ktoré môžu negatívne ovplyvniť hospodárenie v lesoch. Výsledky bibliometrickej analýzy vedeckých prác za posledných 30 rokov (1991–2021) o trvalo udržateľnom obhospodarovaní lesov so zameraním na účasť zainteresovaných strán ukazujú, že vedecká literatúra zaoberajúca sa účasťou zainteresovaných strán na trvalo udržateľnom obhospodarovaní lesov je stále pomerne nízka, z celkového počtu článkov týkajúcich sa trvalo udržateľného obhospodarovania lesov, sa len 23% zaoberá účasťou zainteresovaných strán (Ciccarino, Fernandes 2024). Väčšina publikácií týkajúcich sa participácie zainteresovaných strán sú prípadové štúdie (Ciccarino, Fernandes 2024;

Kujala et al. 2022; Romanelli, Bosci 2019). Náš zvolený prístup reflektuje na svetový trend výskumu participácie v lesníckom plánovaní a prispieva k vedeckému diskurzu na tému participácie pri obhospodarovaní lesov. Spoločenská akceptácia manažmentu lesov zvyšuje akceptáciu konceptu trvalo udržateľného lesného hospodárstva. Z toho dôvodu poukazujú medzinárodné inštitúcie na nevyhnutnosť zahrnúť verejnosť do lesníckeho plánovania už na úrovni lesných celkov alebo iných plánovacích jednotkách (FAO/ECE/ILO 2000). Väčšina krajín v Európe má nejakú formu lesníckych plánov. 19 z 30 štátov uviedlo, že v ich krajine existujú národné platformy pre účasť zainteresovaných strán na rozvoji lesníckej politiky a/alebo rozhodovaní (UNECE/FAO 2020), väčšina sa však týka formulácie národných lesníckych programov. Údaje o participácii na tvorbe PSL neboli uvedené. Plánovanie lesného hospodárstva zahŕňa strategické, taktické a operatívne prístupy (Tuček et al., 2015; Sedmák et al., 2020). Súčasný proces plánovania PSL je detailne formalizovaný, avšak výsledky naznačujú, že jeho implementácia naráža na viaceré problémy, vrátane obmedzenej participácie verejnosti a zúčastnených strán. Táto skutočnosť je identifikovaná ako jeden z hlavných dôvodov vznikov konfliktov a predĺžených schvaľovacích procesov PSL.

Prvky participácie v procese vypracúvania PSL sú vo východnej a strednej Európe všeobecne uznávané, ale rozsah a výsledky participácie verejnosti sa značne líšia. Bouriaud et al. (2013) analyzovali tvorbu PSL a participáciu vlastníkov lesov. V niektorých krajinách ako Bulharsko, Česká republika, Macedónsko a Rumunsko boli vlastníci z tohto procesu vynechaní alebo len konzultovaní (Srbsko, Kosovo) bez vplyvu na výsledok. Na rozdiel od západných štátov, kde PSL slúži ako informačný nástroj pre vlastníkov lesov (Brukas, Sallnäs 2011) alebo slúži ako nástroj na podporu rozhodovania v lesníctve (Kangas et al. 2008).

Na Slovensku bola participácia pri tvorbe PSL posilnená v roku 2005, kedy bol prijatý nový zákon o lesoch. Ako poukazujú Sarvašová et al. (2014), participácia je síce upravená zákonom, avšak stále existujú oblasti, ktoré je potrebné v zmysel kritérií Rowe a Frewer (2000) riešiť ako napr. nezávislosť, akceptácia a vplyv. Zdá sa, že väčšina praktických problémov pramení z konfliktu medzi ekonomickými záujmami vlastníkov lesov a environmentálnymi záujmami spoločnosti a niektoré z nich ešte stále pramenia z pomerne prísnej lesníckej legislatívy (Nichiforel et al., 2018, 2020; Brodrechtova, 2024). Na obmedzené možnosti účasti vlastníkov lesov pri vypracovaní PSL na Slovensku poukazujú Kulla et al. (2010) a Sedmák et al. (2013). Vlastníci lesov prakticky vstupujú do procesu vypracovania PSL až v poslednej fáze schvaľovania. Bežná plánovacia prax nepriamo predpisuje nastavenie preferencií vlastníkov lesa najmä na základe rozhodnutia preferencií optimálnych z pohľadu verejnosti. Naše výsledky potvrdzujú, že pri štandardnom postupe schvaľovania PSL je participácia formálna, obmedzuje sa na vyjadrenia dotknutých orgánov ako štátna správa, štátne podniky, subjekty pôsobiace v rámci distribučnej a prenosovej sústavy. V našom prípade požiadavky prednieslo aj NGO Občianske združenie PRALES Rosina. Práve environmentálne NGO častokrát vstupujú do konali o vyhotovení PSL, kde im to zákon umožňuje z titulu dodržiavania Aarhuského dohovoru.

Správanie aktérov v oblasti spravovania prírodných zdrojov ovplyvňuje množstvo faktorov, vrátane socioekonomických a politických vplyvov (Hytönen et al., 2002; Niedzialkowski et al., 2012). Výsledky ukázali, že široké zapojenie aktérov, vrátane mimovládnych organizácií, miestnych samospráv a verejnosti, má potenciál redukovať konflikty. Napriek tomu analýza participácie pri tvorbe PSL odhalila, že právny rámec na Slovensku je stále rigidný a umožňuje len obmedzenú účasť verejnosti. Táto situácia vedie k nedostatočnému zohľadneniu rôznorodých záujmov a požiadaviek. Teoretické východiská podporujú záver, že efektívnejšie participatívne procesy môžu byť zabezpečené zlepšením legislatívnych podmienok a zavedením modelov participácie, ktoré umožňujú vyššiu mieru zapojenia.

Najčastejšie spomínané problémy pri participácii sú reprezentatívnosť a legitimita (O'Neill 2001). Účastníci alebo zainteresovaní aktéri niekedy nesúhlasia so zapojením širokej verejnosti z praktických dôvodov (rozšírenie účastníkov by mohlo celý proces paralyzovať), alebo zo strategických dôvodov (presadenie vlastných záujmov je jednoduchšie v menšej uzavretej sieti etablovaných záujmových skupín), čo sa čiastočne potvrdilo aj v našom prípade (najmä pri ML BŠ a Lesy v okolí Štrbského plesa). Praktický dopad tohto problému by bol menej relevantný, ak by rozhodovacie procesy dostatočne reprezentovali ciele a záujmy jednotlivých skupín/aktérov (Elsasser 2007). V politických dokumentoch (napr. OSN, 1992) je participácia prezentovaná ako cieľ, zatiaľ čo pre zainteresované strany je participácia prostriedkom na dosiahnutie cieľa; teda ovplyvňovať vývoj politiky. To môže vysvetľovať, prečo sa aktéri rozhodnú nezúčastniť sa, aj keď sú pozvaní. Keďže svoju účasť posudzujú na základe toho, „čo z toho budem mať ja“, aktéri si vyberú ten proces a takú úroveň, ktoré budú mať najväčší vplyv na dosiahnutie ich záujmov. To môže vysvetliť aj „únavu z účasti“, ako aj problémy s pokračovaním účasti zainteresovaných strán (Kangas et al., 2010; Faehnle a Tyrväinen, 2013). Väčšina participatívnych procesov prebieha na nižších stupňoch (lokálny, regionálny), čo môže mať vplyv na výsledok procesu, pretože na nižších stupňoch sú odlišné inštitucionálne vzťahy a aj tam pôsobia rôzni aktéri (Newig and Fritsch, 2009). Tento fakt potvrdzujú aj naše výsledky, kde bolo možné vidieť, že ak existuje spolupráca medzi stakeholdermi, aj prijatie rozhodnutia je jednoduchšie. Je kľúčové, aby sa iniciatívy/projekty, ktoré v sebe zahŕňajú participatívny proces riešili v spojení s existujúcimi miestnymi, regionálnymi a národnými sieťami. Iniciatíva/projekt tak získava väčšiu podporu, prenos dostupných skúseností (pozitívnych aj negatívnych) prebieha rýchlejšie a v konečnom dôsledku sa dosahuje vyššia efektívnosť a kvalita celej implementácie (Kozová et al. 2018). Dlhodobý úspech participatívnych procesov môže závisieť od inštitucionalizácie participácie a vplyvu zainteresovaných strán na výsledok procesu aj bez ich participácie (Reed, 2008).

Participácia môže zvýšiť kvalitu rozhodnutí, predovšetkým vďaka komplexnejším informačným vstupom. Kvalita rozhodnutí prijatých prostredníctvom účasti zainteresovaných strán však závisí od povahy procesu, ktorý k nim vedie. Nedostatky v tomto procese sú najčastejšie dôvodom na nespokojnosť, resp. zlyhanie procesu, ktoré viedli k nespokojnosti, niekedy až rozčarovaniu z účasti zainteresovaných strán. Často

to vyplýva zo zamerania sa na nástroje participácie, ktoré sú častokrát náročné na čas (AHP, workshopy, viacnásobné rozhovory, dotazníky) a nie na proces, v rámci ktorého sa tieto nástroje používajú. To sa ukázalo aj v našom prípade, kde niektorí účastníci vyjadrili nespokojnosť s procesom. Včasný zapojenie a transparentnosť procesu považujú aktéri za dôležitú aj v našom prípade. Dôležité sú aj zdroje, na čo je poukazované aj vo výskume (Ciccarino, Fernandes 2024), pretože participatívne procesy nie sú lacná záležitosť. Ak je to relevantné, účasť by sa mala zväziť čo najskôr a počas celého procesu zastupovania príslušné zainteresované strany systematicky (Sarvašová et al. 2021, Bálíková et al. 2021). Proces musí mať od začiatku jasné ciele a nemal by prehliadať potrebu kvalifikovanej facilitácie (Ciccarino, Fernandes 2024). Práve vedecké inštitúcie môžu zohrať takúto úlohu, čo sa potvrdilo v prípade ML BŠ aj lesov v okolí Štrbského lesa. Z metodologického hľadiska názory a preferencie zainteresovaných strán možno zbierať pomocou rôznych techník, ako sú fokusové skupiny, hĺbkové rozhovory alebo štruktúrované a pološtruktúrované dotazníky. Hlavnou výhodou dotazníkového prieskumu je zber informácií kvalitatívne aj kvantitatívne v relatívne krátkom čase. Okrem toho, štandardizované znenie otázok uľahčuje porovnávanie údajov počas analýzy. Naopak, dotazník je neadekvátnym nástrojom na pochopenie emócií a správania respondentov a iných kvalitatívnych informácií. Ďalšou nevýhodou dotazníkov, je, že otázky sa nedajú respondentom vysvetliť, a preto môžu byť ľahko nesprávne interpretované. Odpovede nemožno dať do reálneho kontextu. Z hľadiska ďalšieho výskumu je potrebné aplikovať navrhnutý model v praxi, predovšetkým testovaním navrhnutých foriem zapojenia zainteresovaných strán do participatívneho procesu. Až potom bude možné vyhodnotiť, ako by to v praxi vyzeralo a aké problémy by s tým boli spojené. Z praktického hľadiska je dôležité zvyšovať podvedomie o zapojení aktérov do plánovacieho procesu.

5. ZÁVER

Participácia verejnosti na lesníckom plánovaní vychádza zo všeobecného záujmu rôznych skupín aktérov v spoločnosti na využívaní a ochrane lesa a zo záujmu spoločnosti o multifunkčné a trvalo udržateľné lesné hospodárstvo. „Dobrá“ participácia má potenciál vytvárať väčšiu dôveru v konečný výsledok procesu a v inštitúcie, ktoré takéto rozhodnutia prijímajú. Taktiež môže prispieť k zohľadneniu preferencií poskytovaných ES zo strany zainteresovaných skupín pri obhospodarovaní lesa. V našom prípade všetky skupiny aktérov preferovali regulačné služby pred podpornými, zásobovacími a najmenej preferovali služby kultúrne. Väčšina respondentov hodnotila participatívne procesy ako prínosné pre lepšie pochopenie názorov jednotlivých aktérov. Prípadové štúdie analyzované v tomto výskume poukázali na význam participatívnych metód, ako sú verejné stretnutia, konzultácie, workshopy či pracovné skupiny. V prípadoch, kde boli tieto metódy uplatnené, došlo k lepšiemu pochopeniu potrieb jednotlivých aktérov a prijatiu rozhodnutí, ktoré zohľadňujú nielen produkčné, ale aj regulačné a kultúrne ekosystémové služby. Napriek tomu, že na Slovensku je participácia v lesníckom plánovaní stále v rozvojevej fáze, výsledky ukazujú, že širšie zapojenie verejnosti môže viesť k vyššej

akceptácii plánovacích opatrení a minimalizácii konfliktov medzi záujmovými skupinami. Zároveň sa ukázalo, že pri uplatňovaní participatívnych modelov je nevyhnutné zabezpečiť dostatočné informovanie aktérov a vytvoriť vhodné mechanizmy financovania ekosystémových služieb, najmä pri zmene hospodárskych režimov. Výsledky výskumu zdôrazňujú potrebu posilnenia participácie pri tvorbe verejných politík v oblasti lesníctva, pričom dôležitým faktorom bude podpora legislatívnych a inštitucionálnych zmien umožňujúcich efektívnejšie zapojenie verejnosti do rozhodovacích procesov.

Výskum ukázal, že participácia verejnosti a zainteresovaných strán v lesníckom plánovaní predstavuje kľúčový nástroj na zmiernenie konfliktov a podporu udržateľného manažmentu lesných zdrojov. Dôležitým prínosom práce je zdôraznenie potreby integrácie širších spoločenských a environmentálnych záujmov do plánovacích procesov.

Na základe našich výsledkov môžeme identifikovať oblasti, v ktorých by sa mali výsledky aplikovať. V rámci legislatívnych zmien bude potrebné upraviť právny rámec, ktorý umožní širšiu účasť verejnosti a zainteresovaných skupín pri tvorbe a schvaľovaní PSL a zaviesť participačné mechanizmy pre zohľadnenie požiadaviek zainteresovaných strán, najmä tam, kde sa predpokladajú konflikty, napríklad v blízkosti miest a v národných parkoch. V rámci technologických riešení bude nevyhnutné využívať moderné nástroje, ako sú rastové simulátory a GIS nástroje na podporu participatívneho plánovania a rozhodovania o manažmente lesov a vyvinúť a implementovať online platformy pre transparentné sledovanie a zapojenie verejnosti do plánovacích procesov. Taktiež by bolo vhodné zaviesť pilotné projekty založené na navrhnutom participačnom modeli na úrovni vybraných lesných celkov a následne zhodnotiť ich účinnosť. A v neposlednom rade je dôležité podporovať spoluprácu medzi zainteresovanými aktérmi na lokálnej úrovni vytvorením platformy pre pravidelnú výmenu skúseností a poznatkov medzi aktérmi.

6. LITERATÚRA

1. Bálíková, K., Sarvašová, Z., Dobšínská, Z., Šálka, J. 2021. Analýza aktérov záujmových skupín z pohľadu využívania ekosystémových služieb lesa. In: Aktuálne otázky ekonomiky a politiky lesného hospodárstva Slovenskej republiky: zborník prác z vedeckej konferencie. Zvolen: Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav, 2021, s. 34-40. ISBN 978-80-8093-331-9
2. Bálíková, K., Výboštok, J., Dobšínská, Z., Sarvašová, Z., Šálka, J., 2020. Príklad platby za ekosystémové služby lesa: podpora rekreačných služieb v okolí Štrbského Plesa. Finanč. Výkonnosť Lesn. Hospod. Drevospracujúceho Priem. V Meniacich Sa Podmienkach 10.
3. Baxter, P., Jack, S., 2008. Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. Qual. Rep. 13, 544–559.
4. Biernacki, P., Waldorf, D., 1981. Snowball sampling: Problems and techniques of chain referral sampling. Sociol. Methods Res. 10, 141–163.
5. Bouriaud L, Nichiforel L, Weiss G, Bajraktari A, Curovic M, Dobsinska Z, Glavonjic P, Jarský V, Sarvasova Z, Teder M, Zalite Z (2013). Governance of private forests in Eastern and Central Europe: an analysis of forest harvesting and management rights. Annals of Forest Research 56 (1): 199-215.
6. Brescancin, F., Dobšínská, Z., De Meo, I., Šálka, J., Paletto, A. (2018). Analysis of stakeholders' involvement in the implementation of the Natura 2000 network in Slovakia. Forest policy and economics, 89, 22-30.
7. Brodrechtova, Y. (2024). Assessing actor power in the trade-offs between ecosystem services affecting forest management—A case study from Central Slovakia. Forest Policy and Economics, 163, 103187.

8. Brukas V, Sallnäs O (2011). Forest management plan as a policy instrument: carrot, stick or sermon? *Land Use Policy* 29 (3): 605-613. - doi:10.1016/j.landusepol.2011.10.003
9. Buchy, M., Hoverman, S., 2000. Understanding public participation in forest planning: a review. *For. Policy Econ.* 1, 15–25. [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(00\)00006-X](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(00)00006-X)
10. Cantiani, M.G., 2012. Forest planning and public participation: a possible methodological approach. *IForest-Biogeosciences For.* 5, 72.
11. Ciccarino, I. D. M., da Silva Teixeira Fernandes, E. M. 2024. A bibliometric review of stakeholders' participation in sustainable forest management. *Canadian Journal of Forest Research.* 54(3): 252-267. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2022-0329>
12. Collier, S.J., 2009. Topologies of power: Foucault's analysis of political government beyond 'governmentality.' *Theory Cult. Soc.* 26, 78–108.
13. Corbin, J., Strauss, A., 2008. Strategies for qualitative data analysis. *Basics Qual. Res. Tech. Proced. Dev. Grounded Theory* 3, 9781452230153.
14. Diaz-Balteiro, L., Romero, C., 2008. Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment. *For. Ecol. Manag.* 255, 3222–3241.
15. Elsasser, P., 2002. Rules for participation and negotiation and their possible influence on the content of a National Forest Programme. *For. Policy Econ.* 4, 291–300.
16. Fabrika, M., 2005. Simulátor biodynamiky lesa SIBYLA. Koncepcia Konštrukcia Programové Riešenie Habilitačná Práca Tech. Univerzita Vo Zvolene.
17. Faehnle M, Tyrväinen L (2013) A framework for evaluating and designing collaborative planning. *Land Use Policy* 34: 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.04.006>
18. FAO/ECE/ILO (2000). Public participation in forestry in Europe and North America. Report of the Team of Specialists on Participation in Forestry, Committee on Forest Technology, Management, and Training, International Labour Office, Geneva, Switzerland, pp. 144.
19. Fraser, E.D.G., Dougill, A.J., Mabee, W.E., Reed, M., McAlpine, P., 2006. Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. *J. Environ. Manage.* 78, 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.009>
20. Glück, P., Oesten, G., Schanz, H., Volz, K., 1999. Formulation and implementation of national forest programmes: volume 2: state of the art in europe, in: *Efi Proceedings*.
21. Grilli, G., Garegnani, G., Poljanec, A., Ficko, A., Vettorato, D., De Meo, I., Paletto, A., 2015. Stakeholder analysis in the biomass energy development based on the experts' opinions: the example of Triglav National Park in Slovenia. *Fol. Fores. Polon.* 57, 173–186.
22. Grilli, G., Jonkisz, J., Ciolli, M., Lesinski, J., 2016. Mixed forests and ecosystem services: Investigating stakeholders' perceptions in a case study in the Polish Carpathians. *For. Policy Econ.* 66, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.02.003>
23. Gritten, D., Mola-Yudego, B., Delgado-Matas, C., Kortelainen, J., 2013. A quantitative review of the representation of forest conflicts across the world: Resource periphery and emerging patterns. *For. Policy Econ.* 33, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.06.008>
24. Herwig, U., 2008. Public participation in the establishment and management of the Natura 2000 network: Legal framework and administrative practices in selected member states. *UFZ-Diskussionpapiere 1/2008*, Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ).
25. Hytönen, L.A., Leskinen, P., Store, R., 2002. A spatial approach to participatory planning in forestry decision making. *Scand. J. For. Res.* 17, 62–71.
26. Kangas A, Kangas J, Kurttila M (2008). Decision support for forest management. In: "Managing forest ecosystems", vol. 16, Springer, Berlin, Germany, pp. 222.
27. Kangas, A., Saarinen, N., Saarikoski, H., Leskinen, L. A., Hujala, T., Tikkanen, J. (2010). Stakeholder perspectives about proper participation for Regional Forest Programmes in Finland. *Forest Policy and Economics*, 12(3), 213-222.
28. Kangas, J., 1994. An approach to public participation in strategic forest management planning. *For. Ecol. Manag.* 70, 75–88.
29. Kozová, M., Dobšínská, Z., Paudišová, E., Tomčíková, I., Rakytová, I., 2018. Network and participatory governance in urban forestry: An assessment of examples from selected Slovakian cities. *For. Policy Econ.*

89, 31–41.

30. Kujala, J., Sachs, S., Leinonen, H., Heikkinen, A., Laude, D. (2022). Stakeholder engagement: Past, present, and future. *Business & Society*, 61(5), 1136–1196.
31. Kulla L, Bošela M, Burgan K (2010). Potreba a možnosti inovácie rámcového plánovania HÚL na Slovensku. In: “Súčasnost’ a budúcnosť hospodárskej úpravy lesov na Slovensku” (Bortel S, Bavlšík J eds). NLC, Zvolen, Slovakia, pp. 42–49.
32. Lawrence, A., 2009. Forestry in transition: Imperial legacy and negotiated expertise in Romania and Poland. *For. Policy Econ.* 11, 429–436. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.02.003>
33. Lazdinis, M., Angelstam, P., Lazdinis, I., 2007. Maintenance of Forest Biodiversity in a Post-Soviet Governance Model: Perceptions by Local Actors in Lithuania. *Environ. Manage.* 40, 20–33. <https://doi.org/10.1007/s00267-005-0387-8>
34. Lecomte, N., Martineau-Delisle, C., Nadeau, S., 2005. Participatory requirements in forest management planning in Eastern Canada: A temporal and interprovincial perspective. *For. Chron.* 81, 398–402.
35. Midriak, R., 1981. Diferencované obhospodarovanie lesa podľa integrovaných funkcií. *Príroda*.
36. Newig, J., Fritsch, O. (2009). Environmental governance: participatory, multi-level—and effective?. *Environmental policy and governance*, 19(3), 197–214.
37. Niedziałkowski, K., Paavola, J., Jędrzejewska, B., 2012. Participation and protected areas governance: the impact of changing influence of local authorities on the conservation of the Białowieża Primeval Forest, Poland. *Ecol. Soc.* 17.
38. Nichiforel, L., Deuffic, P., Thorsen, B. J., Weiss, G., Hujala, T., Keary, K., ... Bouriaud, L. (2020). Two decades of forest-related legislation changes in European countries analysed from a property rights perspective. *Forest Policy and Economics*, 115, 102146.
39. Nichiforel, L., Keary, K., Deuffic, P., Weiss, G., Thorsen, B. J., Winkel, G., ... Bouriaud, L. (2018). How private are Europe’s private forests? A comparative property rights analysis. *Land use policy*, 76, 535–552.
40. Notaro, S., Paletto, A., 2011. Links between Mountain Communities and Environmental Services in the Italian Alps: Community perceptions of environmental services. *Sociol. Rural.* 51, 137–157. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2011.00532.x>
41. O’Neill J (2001). Representing people, representing nature, representing the world, *Environment and Planning. Government and Policy* 19 (4): 483–500.
42. OSN. 1992: Rámcový dohovor o zmene klímy.
43. Papánek, F., 1978. Teória a prax funkčne integrovaného lesného hospodárstva. *Príroda*.
44. Puettmann, K.J., Coates, K.D., Messier, C.C., 2012. A critique of silviculture: managing for complexity. Island press.
45. Reed, M.S., 2008. Stakeholder participation for environmental management: a literature review. *Biol. Conserv.* 141, 2417–2431.
46. Reed, M.S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., Prell, C., Quinn, C.H., Stringer, L.C., 2009. Who’s in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resources management. *J. Environ. Manage.* 90, 1933–1949.
47. Reid, W.V., 2005. Millennium ecosystem assessment.
48. Romanelli, J.P., and Boschi, R.S. 2019. The legacy of Elinor Ostrom on common forests research assessed through bibliometric analysis. *Cerne*, 25(4): 332–346. doi:10.1590/01047760201925042658.
49. Rowe, G., Frewer, L.J., 2000. Public participation methods: a framework for evaluation. *Sci. Technol. Hum. Values* 25, 3–29.
50. Saarikoski, H., Åkerman, M., Primmer, E., 2012. The challenge of governance in regional forest planning: an analysis of participatory forest program processes in Finland. *Soc. Nat. Resour.* 25, 667–682.
51. Sarvašová, Z., Dobšínská, Z., Šálka, J., 2014. Public participation in sustainable forestry: the case of forest planning in Slovakia. *IForest - Biogeosciences For.* 7, 414–422. <https://doi.org/10.3832/ifor1174-007>
52. SEDMÁK, R. - VENCURIK, J. - DANIŠ, D. - MODRANSKÝ, J. - PICHLEROVÁ, M. - MURTINOVÁ, V. - FUSKA, J. *Projekt lesov osobitného určenia - ML Banská Štiavnica: krajinárska štúdia*.
53. Sedmák, R., Fabrika, M., Bahýľ, J., Pöbiš, I., Tuček, J., 2013. Application of simulation and optimization tools for developing forest management plans in the Slovak natural and management conditions. *Implement. DSS Tools For. Pract.* 139–152.
54. Sedmák, R., Šálka, J., Bahýľ, J., Dobšínská, Z., Čerňava, J., Kropil, R., 2019. Štúdiá—Analýza Dopadov/

- Modifikovania Manažmentu Lesov Vyvolaného Posilnením Rekreačných Funkcií na LC Lesy SR Bratislava (scientific report). Výskumná Správa Tech. Univerzita Vo Zvolene Zvolen.
55. Sedmák, R., Tuček, J., Levická, M., Sedmáková, D., Bahýľ, J., Juško, V., Kašpar, J., Marušák, R., Bushenkov, V.A., 2020. Optimizing the Tending of Forest Stands with Interactive Decision Maps to Balance the Financial Incomes and Ecological Risks according to Owner Demands: Case Study in Rakovník, the Czech Republic. *Forests* 11, 730. <https://doi.org/10.3390/f11070730>
 56. Siebrand, S., 2006. Participatory forest management in conflict situations.
 57. Smith, P.D., McDonough, M.H., Mang, M.T., 1999. Ecosystem management and public participation: Lessons from the field. *J. For.* 97, 32–38.
 58. Tuček, J., Navrátil, R., Sedmák, R., Brodrechtová, Y., Smreček, R., 2015. Participatívne scenáre a backasting pri strategickom plánovaní obhospodarovania lesov. Tech. Univerzita Vo Zvolene Zvolen.
 59. UNECE/FAO (2020). State of Europe's Forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Forest Europe, Liaison Unit, Bratislava, Slovakia, pp. 394.
 60. Výbošťok, J., Sarvašová, Z., Dobšínská, Z., Štěrbová, M., Bálíková, K., Suja, M., Šálka, J., 2021. Varianty hospodárenia v lesoch v okolí Banskej Bystrice a Štrbského plesa podľa požiadaviek verejnosti. Aktuálne Otáz. Ekon. Polit. Lesn. Hospod. Slov. Repub. Zborník Prác Z Vedeckej Konf. Zvolen Národné Lesn. Cent. - Lesn. Výskumný Úst. 16–24.
 61. Yin, R., K. 2014. Case Study Research Design and Methods (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage. 282 pages.

Adresa autora:

PaedDr. Mgr. Miroslav Suja
Katedra lesníckej ekonomiky a politiky
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: xsuja@is.tuzvo.sk

Summary

Public participation in forestry planning stems from the general interest of various stakeholder groups in the use and protection of forests, as well as from society's broader interest in multifunctional and sustainable forest management. Effective („good“) participation has the potential to build greater trust in both the outcomes of planning processes and the institutions responsible for making such decisions. It can also contribute to incorporating stakeholder preferences regarding the provision of ecosystem services (ES) into forest management practices. The aim of this study is to analyze public and stakeholder participation in forestry planning decision-making. The methodological approach combined qualitative empirical research methods, including case studies, document analysis, and a survey method using semi-structured interviews. The analysis focused on three decision-making processes in forestry planning: approval of forest management programs, modification of forest management practices, and the designation of special-purpose forests. These cases were used to explore perceptions of participation quality and necessity. In our study, all stakeholder groups showed a clear preference for regulatory services over supporting and provisioning services, with cultural services

ranked the lowest. Most respondents evaluated participatory processes as beneficial for improving mutual understanding among different actors. The case studies highlighted the significance of participatory methods such as public meetings, consultations, workshops, and working groups. In instances where such methods were applied, participants reached a better understanding of each other's needs and arrived at decisions that considered not only productive functions but also regulatory and cultural ecosystem services. Although public participation in forestry planning is still in a developmental stage in Slovakia, our findings suggest that broader public involvement can lead to greater acceptance of planning measures and reduced conflicts between interest groups. At the same time, the application of participatory models revealed the need to ensure adequate stakeholder information and develop appropriate mechanisms for financing ecosystem services—particularly in the context of shifting management regimes. The research results emphasize the importance of strengthening participation in the formulation of public forestry policies. A key factor in this regard will be the support for legislative and institutional reforms that allow for more effective public engagement in decision-making processes. Our findings confirm that public and stakeholder participation is a critical tool for mitigating conflicts and promoting the sustainable management of forest resources. An important contribution of this work is its emphasis on the need to integrate broader societal and environmental interests into planning processes. Based on our results, we identify several areas for practical application. Legislative changes should include adjustments to the legal framework to enable wider public and stakeholder participation in the development and approval of Forest Management Plans (PSL), and the introduction of participatory mechanisms to incorporate stakeholder demands—especially in areas prone to conflict, such as near urban zones or in national parks. On the technological front, the adoption of modern tools like forest growth simulators and GIS applications is essential to support participatory planning and decision-making. The development and implementation of online platforms for transparent monitoring and public involvement in planning processes are also recommended. Furthermore, pilot projects based on the proposed participatory model should be implemented at selected forest units and subsequently evaluated for effectiveness. Finally, promoting local-level cooperation among stakeholders by establishing platforms for regular exchange of experience and knowledge will be crucial for the long-term success of participatory forestry planning.

DYNAMIKA PODRASTU V HORSKÝCH PRALESOCH NPR PADVA

Lucia BABJAKOVÁ – Jerguš RYBÁR – Mariana UJHÁZYOVÁ – Vlastimír KNOPP –
Karol UJHÁZY

BABJAKOVÁ, L., RYBÁR, J., UJHÁZYOVÁ, M., KNOPP, V., UJHÁZY, K.: Dynamika podrastu v horských pralesoch NPR Padva. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

ABSTRAKT

Bylinný podrast v temperátnych pralesoch má špecifickú dynamiku, ktorá závisí najmä od cyklického vývoja porastu drevín a zmien jeho štruktúry. Okrem prirodzeného vývoja sa však na zmenách v druhovom zložení môže podieľať aj antropogénna zmena klímy. Cieľom našej práce je analyzovať dynamiku bylinnej synúzie a drevinového podrastu vo vzťahu k dendrometrickým premenným a meniacej sa klíme v NPR Padva vo Veľkej Fatre. V roku 2005 bolo na tomto území založených 9 trvalých plôch s veľkosťou 20×20 m a 25×16 m, ktoré reprezentovali jednotlivé štádiá vývojového cyklu (dorastanie, optimum, rozpad). Na týchto plochách sa zisťovali údaje o bylinnej a drevinovej zložke pomocou fytoocenologických zápisov a dendrometrických meraní. Počas sledovaného obdobia sme zaznamenali disturbanciu vplyvom víchrice v roku 2014 a zvýšenie priemernej ročnej teploty vzduchu.

Práca prináša nové poznatky o dlhodobej dynamike bylinnej synúzie v horských pralesoch v podmienkach meniacej sa klímy. Na základe analýz dát zo štyroch opakovaných zberov realizovaných počas posledných dvadsiatich rokov sme dokázali, akým spôsobom vegetácia pralesa reaguje na zmeny environmentálnych podmienok a ako sa reakcie prejavujú v jednotlivých štádiách vývojového cyklu lesa. Medzi štatisticky významné premenné, ktoré korelovali s frekvenciou bylín, patrili teplota vzduchu, suma hrúbok, počet stromov hrubiny, kruhová základňa a suma výšok stromov hrubiny. Tým sa potvrdil významný vplyv drevín a klimatických podmienok na bylinný podrast. Nepriamou ordinačnou PCA analýzou sme zistili, že zmeny druhového zloženia majú podobný trend, a identifikovali druhy bylín typické pre jednotlivé štádiá pralesa. V nepriamej RDA analýze sme zistili, že frekvencie druhov bylín významne ovplyvňuje počet stromov hrubiny, priemerná ročná teplota za 10 rokov pred dátumom zápisu a variabilita (gini koeficient) sumy hrúbok d1,3. Celkove sme zistili významný pokles vo frekvenciách bylín v porovnaní s prvým meraním v roku 2005 o viac než polovicu. Frekvencie klesali vo všetkých štádiách pralesa, čo významne súviselo s nárastom teplôt. Tento jav teda môže byť dôsledkom prebiehajúcej klimatickej zmeny. Vývoj frekvencií drevín v podraсте dokazuje výrazne zníženú schopnosť obnovy smreka a ostatných druhov drevín s výnimkou buka – pravdepodobne vplyvom zveri. Zachytili sme prirodzený proces autoredukcie drevín v mladších vrstvách. Pomocou analýzy Ellenbergových ekoindexov sme zistili relatívne stabilné hodnoty, ktoré sú v súlade s posunom štádií pralesa v čase. Výraznejší bol nárast podnej reakcie.

Kľúčové slová: jedľové bučiny, dynamika vegetácie, klimatická zmena, bylinná zložka, vývojové štádiá

ÚVOD

Dynamika bylinnej a drevinovej zložky prirodzených lesov mierneho pásma je predmetom záujmu mnohých štúdií (Ujházy et al. 2005; Martináková 2012; Frankovič et al. 2021; Rybar et al. 2023a), ktoré potvrdzujú striedanie vývojových cyklov v zmysle Leibundguta (1959) a vývojových štádií v zmysle Korpeľa (1989). Hlavný vplyv na krátkodobé zmeny v bylinnej vrstve má dynamika mladších vekových tried drevín (Ujházy et al. 2017). Dynamika starších stromov potom rozlišuje vývojové štádiá pralesa (Rybar et al. 2023b). Signifikantné zmeny vo frekvenciách bylín medzi štádiami pralesa boli zistené aj v podobnej štúdií z Dobročského pralesa, nešlo však o zmeny v druhoch, ale medzi početnosťou druhov (Ujházy et al. 2005).

Ďalší vplyv na dynamiku pralesov majú disturbancie. Menšie či väčšie disturbancie vstupujú do cyklu pralesa a tvoria tak priestor pre mladšiu generáciu druhov, čím sa prirodzene vytvára pestrá štruktúra (Nagel a Svoboda 2008) a sú prirodzenou súčasťou starších vývojových štádií lesa v podobe dynamiky medzier (van der Maarel 1996). Disturbancie zároveň otvárajú nový pohľad na dynamiku bylín a drevín prebiehajúcu v lesoch (Koutecký et al. 2022; Smyčková et al. 2024a). Pochopenie procesov regenerácie drevinovej zložky (zmladenia) na otvorených plochách je nevyhnutné, pretože nám dáva informáciu o tom, akým spôsobom sa bude formovať les a aké dreviny budú dominantné v ďalších vekových štruktúrach. Druhy drevín klimaxu vystavené náhlejšej a rozsiahlejšej disturbancii majú menšiu šancu na prežitie a regeneráciu v porovnaní s malými disturbanciami (Čater 2021).

Popri objasňovaní zákonitostí prirodzeného cyklu lesných spoločenstiev v podmienkach klimaxu a disturbancií sa dostáva do popredia aj otázka zmeny klímy. So zmenou klímy prichádzajú problémy vo forme častejších požiarov, sucha vo vegetačnom období aj mimo neho, nerovnomerné rozloženie zrážok, premnoženie invázneho hmyzu a mnohé iné problémy v rozsahu, ktorý doposiaľ nebol bežný a s ním súvisiace zmeny prostredia a tým aj spoločenstiev (Wen et al. 2024). To vytvára mnohé otázky na manažment a zmierňovacie opatrenia spočívajúce v budovaní ekologickej stability lesných spoločenstiev na príklade neobhospodarovateľných lesov (Kulakowski et al. 2017). Našou snahou je poukázať na niektoré zmeny v dynamike, ktoré sa nám v 20-ročnom výskume vegetácie v prostredí jedľovo-bukových lesov podarilo zachytiť. Vieme povedať, ako sa vegetácia vyvíjala 20 rokov, a ako reagovali frekvencie podrastu na disturbanciu, krátko po disturbanciách, a tiež ako reagujú konkrétne druhy bylín typické pre spoločenstvá horských jedľových-bučín v podmienkach klimatickej zmeny. Klesajúca druhová bohatosť môže byť sekundárny jav postupnej zmeny spoločenstva horských jedľových-bučín k viac bučínovým druhovo chudobnejším fytocenózam (Parobeková et al. 2018; Smyčková et al. 2024b). Buk vytvára silnú konkurenciu bylinám silným tienením, a zároveň v čase sucha dokáže vyčerpávať zásoby vody v pôde do takej miery, že zapríčini mortalitu iných organizmov (Hrivnák et al. 2022). Zároveň bukové sadenice dokážu prežívať a rásť aj pri nízkych intenzitách svetla, čo dokazuje štúdia Petritana et al. (2007), kde sa skúmali okrem iného aj druhy drevín ako javor horský a jaseň štíhly, ktoré si pre rast vyžadujú väčšie dávky svetla. Na druhú

stranu sú tu štúdie, ktoré hovoria o prvkoch v manažmente lesov, ktoré dokážu pomôcť v adaptácii druhov na klimatické zmeny. Špecifická mikroklima v lese pomáha zmierňovať následky klimatických hrozieb napríklad v podobe lepšej schopnosti uchovávať vodu, znižovať teplotu okolia a pod. (Csölleová et al. 2024).

V súčasnosti je stále málo dostupných dlhodobých štúdií zameraných na dynamiku konkrétnych druhov bylín v podmienkach prebiehajúcich klimatických zmien na neobhospodarovaných zvyškoch lesov naprieč rôznymi lesnými spoločenstvami. Preto sa v našej práci zameriavame na vývoj bylinného podrastu v pralesovitých jedľových-bučinách. Jej cieľom je detailné poznanie dynamiky bylinnej etáže v horských pralesoch v podmienkach meniacej sa klímy. Konkrétne zistiť, ako sa zmenilo druhové zloženie bylinného podrastu v horských jedľových bučinách NPR Padva v priebehu posledných 20 rokov. Ďalším cieľom práce je overiť vzťah medzi vývojom bylinnej etáže a vývojom stromovej vrstvy a jej štruktúry a potvrdiť hypotézu cyklického vývoja rastlinných spoločenstiev pralesa. Súčasne chceme overiť hypotézu, že okrem cyklického vývoja klimaxového lesa prebieha na lokalitách aj adaptácia spoločenstva na klimatickú zmenu.

METODIKA

Skúmané územie v NPR Padva

Národná prírodná rezervácia Padva patrí pod správu národného parku Veľká Fatra. Toto územie bolo vyhlásené ako chránená krajinná oblasť v roku 1973 a za národný park bolo vyhlásené Nariadením vlády Slovenskej republiky v roku 2002. Od roku 2024 patrí NPR Padva do zóny A podľa zákona 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny. Podložie tvoria vápence a dolomity (ŠGUDŠ 2013), dominantným typom pôd sú rendziny, ktoré sa tvoria z karbonátových hornín a kambizeme (Bublinec a Pichler 2001). Priemerná nadmorská výška plôch je 1016 m n. m. a je odvodená zo súradníc rohov plôch. Priemerný úhrn zrážok od roku 1994 je v skúmanej oblasti 1159 mm. Priemerná ročná teplota vzduchu od roku 1994 je 5,45 °C. Pre výpočet priemernej teploty vzduchu a úhrnu zrážok sme použili dáta z klimatickej stanice Kremnické bane (758 m n. m.), a prepočítali sme ich pomocou korekcie teploty a zrážok vychádzajúci z poznatku o klesajúcej teplote a stúpajúcich zrážkach na každých 100 m vyššej nadmorskej výšky (Lapin a Tomlain 2001). Oblasť výskumu sa nachádza v jedľových-bučinách s dominanciou buka s prímiesou smreka, jedle a javora horského. Fytocenologicky patrí do asociácie *Dentario enneaphylli-Fagetum sylvaticae*, konkrétne ide o vápnomilnú subasociáciu *Dentario enneaphylli-Fagetum sylvaticae caricetosum albae* (Ujházyová et al. 2013). Z hľadiska lesnickej typológie ide o slt *Fageto-Abietum*, lt 5210 Vápencová (nitrofilná) buková jedlina nst (<https://gis.nlcsk.org/islhp/>).

Metodika terénneho výskumu

V roku 2005 bolo založených v NPR Padva 9 trvalých plôch (Janek 2006), každá s výmerou 400 m² a rozmermi 20x20 m, v prípade štvorcových plôch, a 25 x 16 m pri obdĺžnikových plochách, ktoré boli následne obnovené v roku 2011,2016

a 2024. Plochy boli založené pomocou subjektívneho stratifikovaného výberu tak, aby boli rovnomerne zachytené všetky tri vývojové štádiá pralesa (Korpeľ 1989), aby plocha o veľkosti minimálneho areálu reprezentovala len jedno štádium, bola v homogénnych prírodných podmienkach a v homogénnom type fytoocenózy (Ujházy a Križová 2004). Janek (2006) vtedy určil plochy takto: plochy 8,9,4 prislúchajú k štádiu dorastania, 2,5,7 k štádiu optima a 6,1,3 k štádiu rozpadu. Subjektívny stratifikovaný výber plôch sa používa pri štúdiách dynamiky jedľovo-bukových pralesov, keďže umožňuje proporcionálne zachytiť jednotlivé vývojové štádiá (Rybár et al. 2023), aj keď môže predstavovať určité obmedzenie pri generalizácii výsledkov. Na plochách sme v júni 2024 merali stromy vo výške $d^{1.3}$ m nad 7 cm, pričom sme merali ich hrúbku priemerkou a výšku výškomerom Vertex Laser. Zakladali sme pásové tranzekty v zmysle Ujházyho a Križovej (2004), na ktorých sme zisťovali frekvencie bylín a drevín. Pri drevinách sme zisťovali aj počet jedincov na tranzektoch zvlášť pre vertikálne vrstvy podľa Zlatníka (Križová a Nič 2012). Tranzekty sme obnovili podľa predchádzajúcich meraní pomocou pásma sériou rovnobežných tranzektov so šírkou 0,5 m a rozstupmi medzi tranzektmí 4 m so vzdialenosťou od prvej plochy 1,5 m (Janek 2006; Martináková 2012; Šimčík 2017 a Hederová, 2017.), takto sa vytvorilo pre každú plochu 200 štvorcov s rozmermi 0,5 x 0,5 m ($0,25 \text{ m}^2$).

Klimatické dáta sme získali z meracej stanice Kremnické bane, ktorá sa nachádza vo výške 758 m n. m. a svojím umiestnením a vzdialenosťou je najvhodnejšia pre túto štúdiu.

Analýzy údajov

Na zachytenie vývojových trajektórií bylinného podrastu v rámci vývojových štádií pralesa sme zvolili lineárnu ordinačnú metódu nepriamej gradientovej analýzy PCA (vzhľadom na krátky gradient 2,2 SD), a priamu gradientovú RDA analýzu s následným postupným výberom premenných s využitím Monte Carlo permutačného testu na zistenie vzťahu medzi frekvenciami druhov bylinného podrastu a environmentálnymi premennými (dendrometrickými veličinami a teplotou vzduchu za 10 rokov predchádzajúcich roku zápisu), ktorú sme realizovali v programe CANOCO 5 (ter Braak, Šmilauer 2012). Do PCA a RDA vstupovala matica frekvencií druhov bylín pre jednotlivé plochy a roky (2005, 2011, 2016, 2024). Frekvencia druhu bola vypočítaná ako $(n / 200) \times 100$ (%), kde n = počet štvorcov tranzektu plochy s výskytom daného druhu. Vývoj ekologických nárokov bylinného podrastu počas sledovaného obdobia sme hodnotili s použitím Ellenbergových indikačných hodnôt (Ellenberg et al. 1992). Pri výpočte priemerných ekoindexov sme vážili hodnoty EIV frekvenciami druhu. Druhy sú zaradené do ekologických skupín podľa Ujházyho et al. (2020). Z údajov o stromoch sme vypočítali dendrometrické premenné podľa objemových tabuliek Petráša a Pajtíka (1991). Vzťah dendrometrických premenných a teploty vzduchu k frekvenciám bylín sme analyzovali pomocou štatistického balíku R, kde sme vypočítali aj samotné premenné (R Core Team 2022) a programu STATISTICA® 10 s použitím Spearmanovho poradového korelačného koeficientu. Spearmanov korelačný koeficient bol použitý ako neparametrická metóda vhodná pre dáta s nenormálnym rozdelením a možným nelineárnym vzťahom medzi premennými.

Tab. 1: Skratky dendrometrických premenných použitých v práci

stem_top	biomasa konárov do hrúbky 7 cm
sum_dbh	suma hrúbok
n	počet stromov
BA	kruhová základňa
sum_h	suma výšok
gini_dbh	gini koeficient variability hrúbkových početností
sum_fr_byl	suma frekvencií bylín

VÝSLEDKY

Dynamika bylinného podrastu

V roku 2024 sme na deviatich trvalých plochách v jednotlivých tranzektoch na štvorcoch zistili 42 druhov bylín, 8 druhov drevín a 7 druhov krov a polokrov. Celková suma frekvencií bylín klesla v porovnaní s rokom 2005 o 53,76%. Najväčší rozdiel v sumách frekvencií nastal medzi rokmi 2016 a 2024, kedy klesla suma frekvencií bylín o 39,52%. V každom skúmanom období dochádza k zvýšenému percentuálnemu poklesu vo frekvenciách bylín v porovnaní s predchádzajúcim obdobím. Priemerný pokles medzi skúmanými rokmi je 21,6%.

Tab. 2: Priemerná suma frekvencií bylín (%) v jednotlivých vývojových štádiách lesa (priemer za 3 plochy) v skúmaných rokoch.

štádium	2005	2011	2016	2024
dorastanie	69	73	61	59
optimum	106	94	129	109
rozpad	318	279	187	60

V rámci vývojových štádií lesa dosahuje najvyššie frekvencie štádium rozpadu. Počet klesá v poradí od najvyšších frekvencií smerom k optimu, ktoré máva vyššie frekvencie v rozvinutejšom optime a pokles nastáva v štádiu dorastania. Pred rokom 2016 došlo na plochách k disturbancii spôsobenej vetrom (Šimčík 2017). Plochy sa v roku 2016 vrátili vo vývoji k rozpadu znížením zápoja a dendrometrických veličín a následným zvýšením frekvencie bylín. Potom však na zasiahnutých plochách vzniklo husté zmladenie buka a pokles frekvencie bylín v roku 2024. Taktiež intenzívne suchá v čase vegetačného obdobia a nerovnomerné rozloženie zrážok môžu byť príčinou veľkého úbytku niektorých druhov bylín. *Oxalis acetosella* je vhodným príkladom druhu, ktorého frekvencie dosahovali vysoké hodnoty vo všetkých štádiách v roku 2005 a 2011. Merania z roku 2016 ukazujú výrazný pokles vo frekvenciách a v roku 2024 sa na plochách rozpadu už neobjavil, pričom v roku 2005 bola jeho frekvencia v tomto štádiu najvyššia v porovnaní s ostatnými druhmi.

Jediný nárast vidíme na ploche 2, ktorá bola v roku 2005 zaradená do štádia optima. Na tejto ploche významne prevyšuje svojou frekvenciou v porovnaní s inými plochami, kde nemá frekvenciu žiadnu, alebo len minimálnu.

Štádium dorastania dosahuje všeobecne najnižšie frekvencie bylín v každom roku. V tomto štádiu sa uplatňujú najmä mladšie štádiá drevín a prebieha tu vysoká konkurenciasúťaž o svetlo a priestor. Z bylín sa tu uplatňujú najmä druhy, ktoré sa vyskytujú vo všetkých vývojových štádiách, alebo sa tu vyskytujú niektoré druhy orchideí, ktoré nie sú náročné na svetlo: *Epipactis helleborine*, *Neottia nidus-avis*. Ide prevažne o druhy heterotrofné, alebo čiastočne heterotrofné, teda mixotrofné. Medzi ďalšie druhy špeciálne pre toto štádium patria: *Geranium robertianum*, *Galeobdolon luteum* (výskyt len na ploche 9) a *Festuca alltissima* taktiež s výskytom len na ploche 9. Došlo tu aj k zámene dominantného druhu, ktorým sa stal *Mycelis muralis*. V roku 2005 to bol *Oxalis acetosella*, ktorý aj v tomto štádiu výrazne ubudol.

V **štádiu optima** na najviac uplatňujú druhy *Viola reichenbachiana*, *Mycelis muralis* (ktorý mal výrazný nárast o 430,43% v porovnaní s rokom 2005), *Polygonatum verticillatum*, u ktorého bol zaznamenaný pokles, *Senecio sp.* a *Mercurialis perennis*, ktorý mal tiež významný nárast vo frekvencii. Výrazný pokles sme zaznamenali aj pri druhu *Lilium martagon*.

V **štádiu rozpadu** došlo k najväčšiemu úbytku počtu frekvencií bylín aj jednotlivých druhov. Zatiaľ čo pri ostatných dvoch štádiách došlo ako aj k výraznému úbytku, tak aj k výraznému nárastu jednotlivých druhov bylín, hoci dochádzalo k celkovému poklesu vo frekvenciách, v tomto štádiu došlo len k nepatrnému nárastu niektorých druhov, pričom však došlo k veľkému poklesu. K jemnému nárastu došlo len pri troch druhoch a to: *Corallorhiza trifida* (zaznamenaný len 1 krát v roku 2024), *Senecio sylvaticus* a *Neottia nidus-avis*, ktorý sa však nachádzal v rovnakej a mierne vyššej frekvencii v rokoch 2005-2011 v roku 2016 chýbal. Nárast nezelených druhov rastlín naznačuje prechod štádia rozpadu k začiatočnému štádiu dorastania. K obrovskému úbytku došlo pri druhu *Oxalis acetosella* – ktorý bol v prvých troch opakovaniach výskumu najfrenkvetovanejším druhom, hoci jeho frekvencia kontinuálne klesala, v roku 2024 zmizol úplne. Najvyššie frekvencie v roku 2024 mal druh *Mercurialis perennis*, avšak jeho frekvencia nedosahovala ani polovicu z hodnôt najfrenkvetovanejších druhov v predchádzajúcich rokoch. Ďalšie z druhov, pri ktorých sme zaznamenali najväčší pokles vo frekvenciách: *Viola reichenbachiana*, *Dentaria bulbifera*, *Brachypodium sylvaticum*, *Fragaria vesca*, *Gymnocarpium sp.*, *Polygonatum verticillatum*, *Mycelis muralis*, *Athyrium filix-femina*, *Polystichum aculeatum*, *Calamagrostis varia* a *Dentaria enneaphyllos*.

Tab. 3: Porovnanie frekvencií vybraných bylín. Jednotlivé druhy boli do tabuľky vybrané podľa priemerne najvyšších frekvencií za celé sledované obdobie.

druh	plocha	8	9	4	2	5	7	6	1	3
	rok	dorastanie			optimum			rozpad		
<i>Viola reichenbachianna</i>	2005	2	0	24,5	19,5	22	37,5	42,5	57,5	21,5
	2011	4	0	25,5	24,5	19,5	35	33,5	42,5	20,5
	2016	2	0	30	23	39	44	38	36,5	7,5
	2024	6	0	31	45	19	22	7,5	17,5	0
<i>Oxalis acetosella</i>	2005	10	19	21	24	32	41,5	56	42	38
	2011	14	18	10,5	15,5	22	28	43	43	38,5
	2016	13	6	7	22	25	36	47,5	27	9
	2024	1	1,5	0	29,5	1	7	0	0	0
<i>Mercurialis perennis</i>	2005	0	9,5	2,5	2	6	1	22	62	37
	2011	0,5	8	2,5	4,5	5	0	12,5	60	31
	2016	0,5	5,5	0,5	3	10,5	0,5	22	39,5	14,5
	2024	0	16,5	5,5	22	14	2,5	8,5	26	1,5
<i>Mycelis muralis</i>	2005	2	14	1,5	1,5	9	1	6,5	13,5	15
	2011	3	25	3	5,5	8	4,5	8,5	21	11
	2016	3,5	27	5	20	35,5	3,5	29	11	6
	2024	7	22	13	40	20	1	5,5	5	0
<i>Polygonatum verticillatum</i>	2005	4	2	11	15,5	15	11	20	17,5	5
	2011	8,5	2	20	10	20	17	12,5	18,5	4,5
	2016	6	1	9	9,5	13,5	17,5	9	7	3
	2024	5,5	2,5	7,5	12	13,5	11,5	4,5	9,5	1
<i>Dentaria bulbifera</i>	2005	0	5	10,5	4,5	0,5	0,5	5,5	46	43
	2011	1	7	11	4,5	0	1,5	1	46	29,5
	2016	0	1,5	5,5	2,5	0,5	1,5	0,5	13	9,5
	2024	0,5	8,5	7	1,5	3	0,5	1,5	15,5	3,5
<i>Prenanthes purpurea</i>	2005	4	2	10	10	8,5	7	6	10,5	3,5
	2011	3,5	4,5	20	10,5	3	3,5	9,5	12	4
	2016	4	2	9,5	5,5	12	7	7	10	2,5
	2024	1	2,5	6	11	4	7,5	5,5	8,5	0
<i>Gymnocarpium sp.</i>	2005	0	0	0	0	1	0,5	15	14,5	23
	2011	0	0	0	0	0	0	15	12	15,5
	2016	0	0	0	0	1,5	0	15	8	4
	2024	0	0	0	2	0	0	12,5	2,5	0,5
<i>Fragaria vesca</i>	2005	0	0	0	0,5	0,5	0,5	5	27,5	14,5
	2011	0	0	0	0	0	0,5	8	25,5	14
	2016	0	0	0	0,5	1,5	0	4,5	18,5	3
	2024	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	2005	0	0	0	0	0,5	0	3	33,5	13,5
	2011	0	0	0	0	0	0	1,5	27,5	11,5
	2016	0	0	0	0	0	0	1	19	2,5
	2024	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0

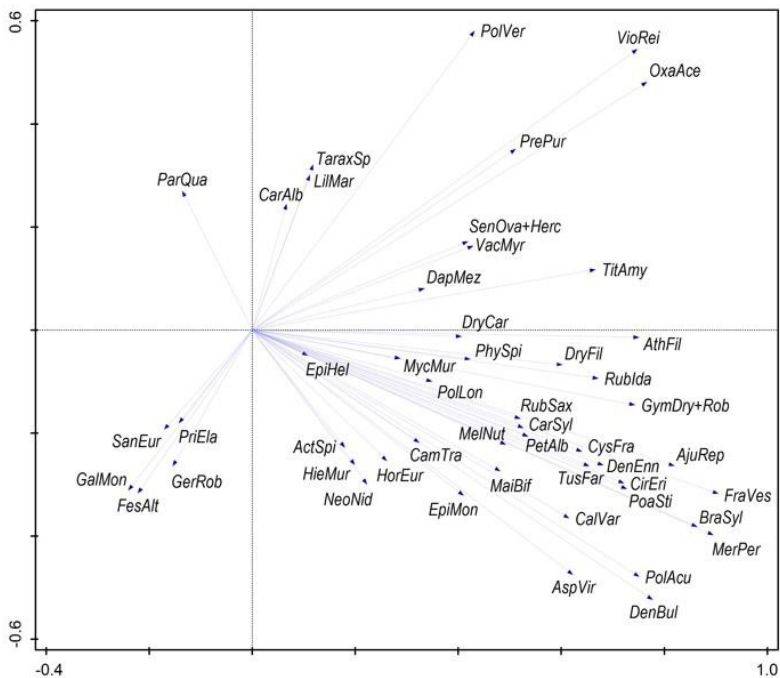
Pokles vo frekvencií bylín nie je jediným javom, ktorý sa prejavil v čase výskumu. Zistili sme aj pokles druhovej bohatosti jednotlivých druhov. Medzi analyzované druhy bylín sme zaradili aj niektoré kry: *Daphne mezereum*, a všetky drevnaté druhy čeľade *Rosaceae*. V roku 2005 bol priemerný počet druhov za všetky štádiá 21,5. V roku 2024 to bolo 15,3.

Tab. 4: Počet druhov bylín na plochách (zistených na frekvenčných štvorcoch) v rokoch.

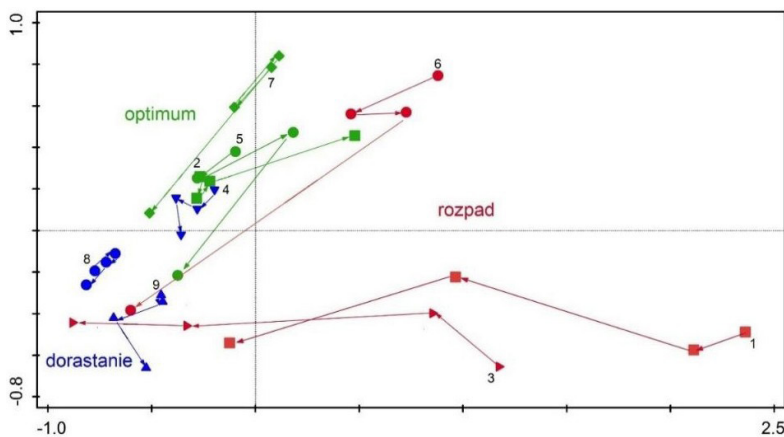
Štádium	Plocha	2005	2011	2016	2024
dorastanie	8	10	15	14	12
	9	22	16	21	15
	4	15	15	13	11
optimum	2	19	22	20	25
	5	22	18	22	13
	7	15	18	14	13
rozpad	6	26	26	26	17
	1	31	43	34	23
	3	32	28	20	9

Na analýzu vývoja druhového zloženia podrastu a potvrdenie hypotézy o cyklickom vývoji štádií pralesa sme použili ordinačné metódy. Obr. 1 zobrazuje distribúciu bylín v priestore a rozlíšenie druhov podľa vývojových štádií, ktoré vidno na obr. 2. Druhy ako *Primula elarior*, *Sanicula europaea*, *Festuca altissima* a *Galeobdolon montanum* sa zhľukujú v štádiu dorastania. Jediný druh *Geranium robertianum* sa vyskytol v štádiu rozpadu v nízkej frekvencii. Tieto druhy pravdepodobne zvládajú zatienie a konkurenciu drevín v mladších vývojových štádiách.

Druh *Paris quadrifolia* sa vyskytuje v ľavom hornom rohu grafu a vykazuje rastúce frekvencie v štádiu optima (priemer za transekty: dorastanie 2005 – 0,5; 2011 – 0,7; 2016 – 0,0; 2024 – 0,8). V štádiu dorastania fluktoval, pričom v rokoch 2005 a 2016 dosiahol frekvenciu 0,2, v ostatných rokoch sa neobjavil. V pravom hornom kvadrante sú druhy viazané na štádium optima, medzi nimi kalcifilné druhy (*Carex alba*), bučínové druhy (*Viola reichenbachiana*) a podhorské euryekné druhy (*Oxalis acetosella*, *Polygonatum verticillatum*, *Prenanthes purpurea*). V pravom dolnom kvadrante sú druhy viazané na štádium rozpadu, kde sa vytvára nový životný priestor. V tomto štádiu sa objavujú nitrofilné druhy (*Mercurialis perennis*, *Dentaria enneaphyllos*) a humideštruktívne druhy (*Fragaria vesca*). S postupujúcim rozpadajúcim sa štádiom sa objavujú orchidei (*Epipactis helleborine*, *Neottia nidus-avis*) a druhy bučínové (*Actaea spicata*). Vyskytujú sa aj kalcifyty, ako *Asplenium viride*, ktorých výskyt je podmienený vápencovým podložíom, nie samotným štádiom.



Obr. 1: Ordinačný diagram nepriamej gradientovej analýzy PCA bylinného podrastu na trvalých plochách NPR Padva v rokoch 2005 až 2024 s druhmi s najvyššou váhou v analýze. Skratky sú vytvorené z prvých troch písmen rodového a druhového názvu.



Obr. 2: Nepriama gradientová analýza PCA s označením plôch podľa vývojového štádia a ich zmien v čase (v smere šípok od roku 2005, 2011, 2016 a 2024; začiatok zberu údajov v roku 2005 je označený číslom plochy).

Na obr. 2 vidíme posun jednotlivých plôch v čase vzhľadom k vývojovým štádiám. Z obrázka je možné vidieť posun niektorých plôch do iného štádia. Pred rokom 2016 mala vplyv na vývoj na plôch disturbancia, ktorá zasiahla do cyklu posunom plôch, a plochy reagovali posunom smerom k rozpadu. Ďalších osem rokov sa plochy vyvíjali k štádiu dorastania. Najvýraznejší je prechod plôch v štádiu rozpadu do dorastania. Plocha 3 sa priblížila dorastaniu už pred rokom 2016, zatiaľ čo plochy 1 a 6 až pred rokom 2024. Aj dve plochy so štádia optima sa posunuli k dorastaniu. Samotné štádium dorastania bolo najstabilnejšie s nízkymi frekvenciami druhov bylinného podrastu.

Ekoanalýza

Analýzou Ellenbergových ekoindexov sme zistili približne stabilné hodnoty daných faktorov. V dorastaní sa nároky bylín na svetlo mierne zvyšujú. Príčinou je prirodzená autoredukcia drevín v pokročilom dorastaní. Nároky na svetlo v štádiu optima sú ustálené, čo je výsledkom vyrovnaných svetelných podmienok v tomto štádiu. Nároky na svetlo v rozpade sú v priemere mierne vyššie v porovnaní s optimom, čo naznačuje otváranie zápoja a prístup vyššieho množstva svetla k pôde.

Nároky bylín na teplo sa v štádiu dorastania sa menia len minimálne, mierny pokles sme zistili v štádiu optima – čo môže byť výsledkom efektu porastovej klímy, v rozpade nároky na teplo mierne kolíšu. Kontinentalita vykazuje stabilné hodnoty. Nároky na vlhkosť sú mierne klesajúce v štádiu dorastania, klesajúcu tendenciu má v štádiu rozpadu. Môže to byť zapríčinené zvýšenými nárokmi drevín na pôdnu vlhkosť. Reakcia (pH) v štádiu dorastania výrazne narastá.

Tab. 5: Ellenbergove indikačné hodnoty za štádiá po rokoch. Uvedené sú hodnoty priemeru za 3 plochy daného štádia vážené frekvenciami druhov.

rok	2005	2011	2016	2024	2005	2011	2016	2024	2005	2011	2016	2024
štádium	d	d	d	d	o	o	o	o	r	r	r	r
svetlo	3,0	3,2	3,3	3,7	3,0	3,2	3,3	3,5	3,4	3,4	3,3	3,4
teplota	5,0	4,9	5,0	5,1	5,5	5,5	5,2	5,1	4,1	4,2	4,5	4,1
kontinentalita	3,3	3,1	3,2	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0
vlhkosť	5,1	5,1	5,1	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,8	4,8	4,8	4,6
reakcia	5,4	5,3	5,4	6,0	5,4	5,5	5,7	6,0	6,1	6,0	6,1	6,4
dušík	5,8	5,7	5,7	5,7	5,8	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	5,8

Vplyv drevín na frekvencie bylín

Medzi štatisticky najvýznamnejšie dendrometrické premenné ovplyvňujúce bylinnú zložku veličiny odvodené z nameraných hrúbok a výšok. Najvýznamnejšou premennou je Stem_top ($p \leq 0,05$), reprezentujúca biomasu stromov do hrúbky siedmich centimetrov. Ďalším významným faktorom je obsah uhlíka v listoch ($p \leq 0,05$). Hoci sú tieto veličiny odvodené a ich interpretácia je náročná, preukázali najvýznamnejší vzťah k frekvenciám bylín, preto ich uvádzame ako potenciálne dôležité premenné.

S frekvenciou bylín významne korelujú teplota vzduchu za 10 rokov od merania, suma hrúbok, počet stromov, kruhová základňa a suma výšok. V tabuľke 4 je uvedená ich tesnosť korelácie. Do tabuľky bola zaradená aj štatisticky nevýznamná premenná gini_dbh, ktorá vyjadruje variabilitu hrúbok v prostredí lesa.

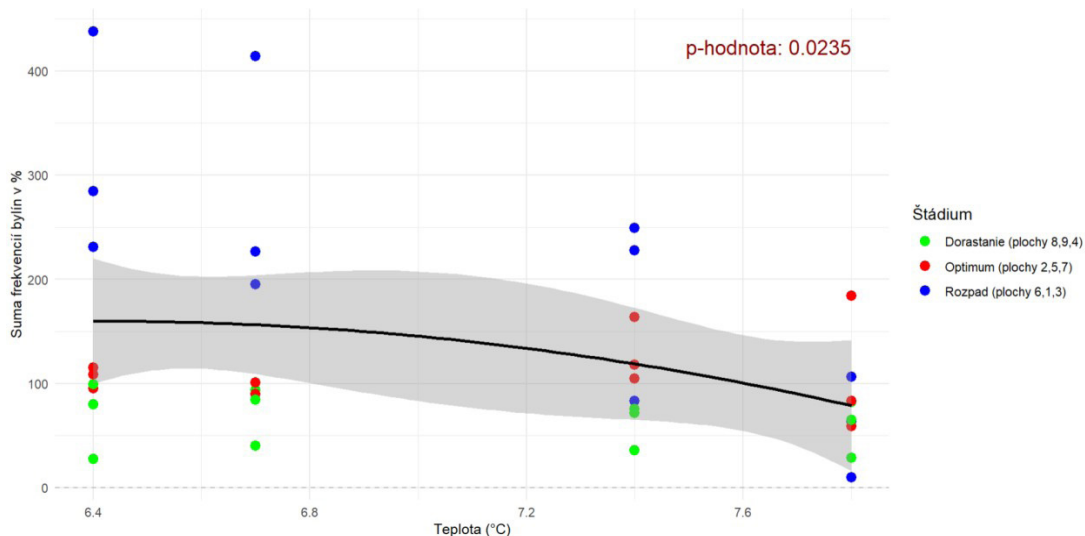
Tab. 6: Najvýznamnejšie korelácie medzi frekvenciami bylín a environmentálnymi premennými (dendrometrickými charakteristikami a priemernou ročnou teplotou za 10 rokov pred dátumom zápisu) na základe Spearmanovho poradového korelačného koeficientu (R) s uvedením štatistickej významnosti (p).

Premenné	R	p
sum_fr_byl & Teplota 10r	0,377	0,024
sum_fr_byl & sum_dbh	0,373	0,025
sum_fr_byl & n	0,371	0,026
sum_fr_byl & BA	0,355	0,034
sum_fr_byl & sum_h	-0,330	0,050
sum_fr_byl & gini_dbh	0,197	0,250

Priemerná ročná teplota za posledných desať rokov preukázala štatisticky významnú koreláciu s frekvenciami druhov podrastu. Teplota za posledných päť rokov bola na hranici významnosti, čo možno pripísať medziročným výkyvom.

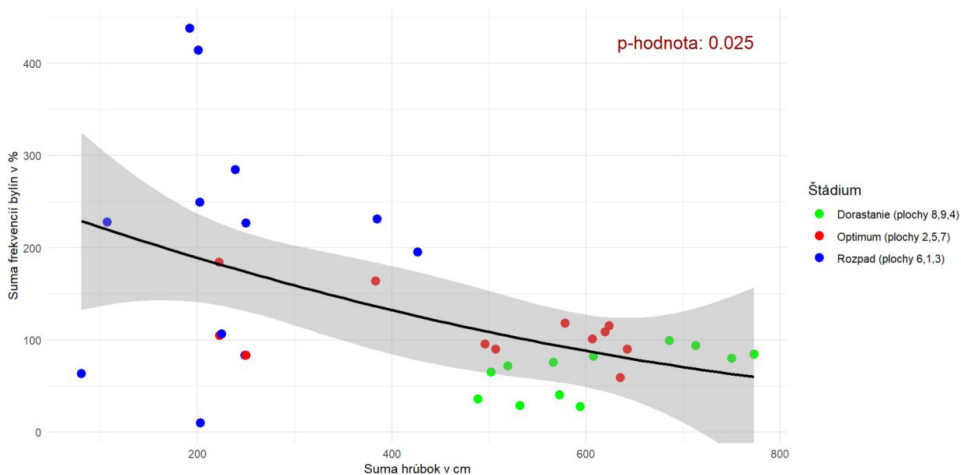
Významné korelácie ilustrujeme aj graficky s rozlíšením plôch podľa vývojových štádií. Obr. 3 naznačuje slabú negatívnu koreláciu medzi teplotou vzduchu a frekvenciou bylinného pokryvu, pričom p-hodnota 0,0235 potvrdzuje štatisticky významný vzťah na hladine významnosti 0,05. Najvýraznejší pokles frekvencií bylín so zvyšujúcou sa teplotou bol pozorovaný v štádiu rozpadu a v posledných dvoch obdobiach, čo vyjadruje rastúca strmost' polynomickej funkcie po roku 2016.

Dendrometrické premenné, ako suma hrúbok, suma výšok, kruhová základňa a počet stromov, boli identifikované ako významné v predchádzajúcich štúdiách (Ujházy et al. 2005; Janek 2006; Martináková 2012; Šimčík 2017; Rybar et al. 2023a) Tieto faktory obmedzujú rast bylín konkurenciou o svetlo a priestor. Ďalší graf potvrdzuje štatisticky významný vplyv sumy hrúbok na bylinnú zložku. V štádiu rozpadu možno pozorovať vyššiu variabilitu v pokrytí bylín, zatiaľ čo v štádiu optima a dorastania je pokles bylinného pokryvu výraznejší. Výsledky sú dôkazom rozhodujúcej stromovej úlohy v dynamike bylinného spoločenstva.



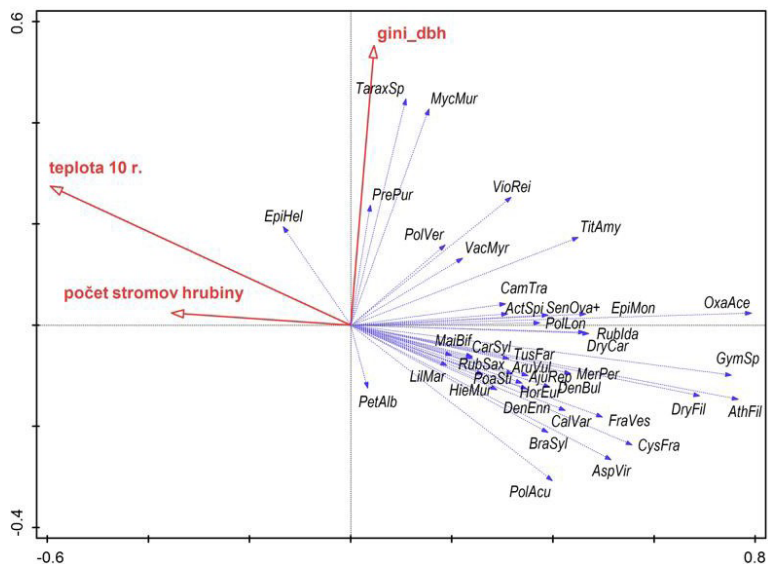
Obr. 3: Vzťah medzi priemernou ročnou teplotou za 10 rokov pred dátumom zápisu a sumou frekvencií bylín zaznamenaných na tranzektoch trvalých plôch v rokoch 2005 až 2024 vyrovnaný polynomicou regresnou krivkou. P hodnota vyjadruje štatistickú významnosť podľa Spearmanovho R koeficientu.

Dendrometrické premenné, ako suma hrúbok, suma výšok, kruhová základňa a počet stromov, boli identifikované ako významné v predchádzajúcich štúdiách (Ujházy et al. 2005; Janek 2006; Martináková 2012; Šimčík 2017; Rybar et al. 2023a) Tieto faktory obmedzujú rast bylín konkurenciou o svetlo a priestor. Ďalší graf potvrdzuje štatisticky významný vplyv sumy hrúbok na bylinnú zložku. V štádiu rozpadu možno pozorovať vyššiu variabilitu v pokrytí bylín, zatiaľ čo v štádiu optima a dorastania je pokles bylinného pokryvu výraznejší. Výsledky sú dôkazom rozhodujúcej stromovej úlohy v dynamike bylinného spoločenstva.



Obr. 4: Vzťah medzi sumou hrúbok stromov hrubiny (cm) a sumou frekvencií bylín (%) zaznamenaných na tranzektoch trvalých plôch NPR Padva v rokoch 2005, 2011, 2016 a 2024; Spearmanova korelácia ($p = 0,025$).

Vplyv dendrometrických veličín na druhové zloženie bol testovaný v rámci RDA ordinácie. Ako najvýznamnejšie faktory sa pri postupnom výbere premenných preukázali priemerná teplota vzduchu 10 rokov pred dátumom zápisu (vysvetlila 13,0 % z variability frekvencií; $p=0,001$), počet stromov hrubiny ($d1.3 \geq 8$ cm; 18,3 %; $p=0,006$) a gini koeficient (gini_dbh; 6,8 %; $p=0,012$). Bylinná vegetácia teda prosperuje skôr v redších porastoch starších stromov s väčšími hrúbkami než v porastoch s početnými tenkými stromami. V ľavom hornom kvadrante sa zachoval druh *Epipactis helleborine*, reprezentujúci skupinu orchideí a druhov, ktorých výskyt nie je primárne ovplyvnený teplotou a svetlom. Väčšina druhov sa nachádza v pravom dolnom kvadrante, čo naznačuje negatívny vplyv rastúcej teploty a počtu hrubých stromov na ich výskyt. Medzi druhy s najsilnejšou negatívnou koreláciou patria *Oxalis acetosella*, *Gymnocarpium* sp., *Athyrium filix-femina*, *Cystopteris fragilis*, *Dryopteris filix-mas*, *Fragaria vesca*, *Epilobium montanum*, *Polystichum aculeatum* a *Asplenium viride*, pričom väčšina papradí vykazuje negatívnu reakciu na tieto faktory. Naopak, druhy ako *Taraxacum* sp. a *Mycelis muralis* lepšie prosperujú pri vyššej variabilite sumy hrúbok (tam kde sú na plochách súčasne hrubé a tenké stromy).



Obr. 5: Ordinačný diagram RDA analýzy frekvencií bylín vo vzťahu k počtu stromov hrubiny, priemernej ročnej teplote za 10 rokov pred dátumom zápisu a variabilite sumy hrúbok (gini_dbh). Tieto tri premenné spolu vysvetľujú 38,1 % variability druhových dát.

DISKUSIA

V našej štúdií sa potvrdila cyklickosť striedania štádií ako aj významný vplyv drevín a rastúcej teploty vzduchu na bylinnú zložku. Hoci vývojový cyklus a prirodzené zmeny vo frekvenciách bylín medzi štádiami pralesa už boli potvrdené, dlhodobo pozorujeme aj ďalší trend, ktorý s vývojovým cyklom priamo nemusí súvisieť, a to pokles bylinných frekvencií a zámenny dominantných druhov. Počas 20 rokov štúdia trvalých plôch v Padve prebehla jedna disturbancia pri víchrici Žofia v roku 2014 (Šimčík 2017). Byliny aj dreviny z počiatku reagovali na presvetlenie porastov po víchrici prirodzeným nárastom frekvencií. Ich frekvencie sa však neudržali a klesajúci trend v celkových frekvenciách pokračoval na všetkých plochách. Podobne aj v jedľovo-bukových pralesoch NPR Zadná Poľana bol zistený pokles vo frekvenciách na ôsmich trvalých plochách z deviatich v priebehu 10-ročného cyklu s dvomi opakovanými zbermi dát (Babjaková 2023).

Vo svete sa tiež ukazuje trend zmien druhového zloženia lesných spoločenstiev v dôsledku globálnych zmien. Jedným z príkladov je skúmanie distribúcie bežných druhov bylín a drevín odolných voči suchu (Duan et al. 2025) v suchých a polosuchých oblastiach Číny, kde zistili odlišnú reakciu bylín a drevín na suchu. Suchomilné bylinné druhy profitovali z meniacej sa klímy, a rozšírovali svoj výskyt, pričom miera navýšenia počtu druhov bylín prevyšovala straty, zatiaľ čo dreviny reagovali opačným spôsobom. Štúdia simulovala tri scenáre klimatických zmien. V našich podmienkach bola realizovaná štúdia zachytávajúca trend smerujúci k zmene pôvodne horských spoločenstiev jedľovo-

bukových lesov na podhorské spoločenstvá tvorené najmä bukom (Cipa et al. 2024) čo vedie k strate unikátnych horských druhov. Buk má silnú konkurenčnú schopnosť voči ostatným druhom bylín a drevín, preto môže časom dochádzať k homogenizácii. Štúdia v jedľovo-bukovom pralesi v Uholke sa zamerala na rozmach buka, a zistili, že pri absencii štruktúrovaných plôch a malých častejších disturbancií dôjde k úplnej prevahe buka na úkor ostatných druhov drevín (Petrovska et al. 2023). V jedľových bučinách NPR Padva sa podarilo potvrdiť hypotézu o vplyve klimatickej zmeny vďaka významnej korelácii teploty vzduchu za posledných 10 rokov od každého zberu dát s frekvenciou bylín a významnému vplyvu na druhové zloženie bylinného podrastu. Rast teplôt mal dokonca väčší vplyv než dynamika drevinovej zložky.

Takáto interpretácia má určité obmedzenia a bolo by ju potrebné overiť na ďalších pralesovitých lokalitách. Významný vplyv na zmeny má samotný rok zápisu, tak môže ísť o celý komplex faktorov meniacich sa v čase. Údaje o klíme boli získané z regionálnej stanice Kremnické Bane, a takéto údaje aj po zohľadnení zmeny v nadmorskej výške nemusia plne zachytávať zmeny v mikroklimatických podmienkach reliéfu trvalých plôch NPR Padva.

Vzostupný trend teplôt môže viesť k poklesu početnosti bylinných druhov alebo k termofilizácii, čo môže spôsobiť zvýšenie výskytu druhov preferujúcich vyššie teploty a ústup chladnomilných druhov (Gottfried et al. 2012). V skúmaných podmienkach pralesa sa však skôr očakáva pokles biodiverzity a dominancia bučinových druhov. Zatiaľ sme potvrdili výrazný pokles druhu *Oxalis acetosella*, ktorý je typický pre horské ihličnaté a zmiešané lesy. Jedna z rozsiahlych štúdií hodnotiaca vplyv klimatickej zmeny v spoločenstvách bukových lesov mierneho pásma na bylinný podrast zistila, že vplyv prímеси jedle výrazne zvyšuje diverzitu druhov v podraze, a podpora suchu odolných ihličnanov môže mať potenciálne priaznivý vplyv pri zmierňovaní klimatických zmien, napríklad podporou lesných špecialistov (Bärmann et al. 2025). Vplyvom oteplenia klímy sa však zhoršuje regenerácia ihličnanov. Pozorovali sme síce potenciál pre regeneráciu druhu *Abies alba* a *Acer pseudoplatanus* ale ich odrastanie limituje zver odhryzom terminálnych púčikov v mladých rastových fázach.

Jedným z našich výsledkov je aj zmena zastúpenia bylín podľa vzťahu ku pH. Indikačná hodnota pre reakciu narastá vo všetkých štádiách a v poslednom roku sledovania dosiahla najvyššie hodnoty. Za nárastom paradoxne vidíme hlavne pokles frekvencií acidotolerantných druhov *Oxalis acetosella* a *Polygonatum verticillatum* (EIV 4) a naopak nárast náročnejších druhov *Mercurialis perennis* a *Viola reichenbachiana* (EIV 7). Najvyššie hodnoty hodnoty pôdnej reakcie sú indikované v rozpade, a to už od roku 2005. Príčinou väčšieho zastúpenia bylín s nárokmi na vyššie pH v tomto štádiu môže byť prirodzene zrýchlený rozklad organickej hmoty. V štádiu rozpadu pozorujeme aj mierny nárast nárokov bylín na dusík. Ellenbergove indikačné hodnoty majú však isté obmedzenie pri štádiách dynamiky vegetácie. Pri dynamike vegetácie však dochádza k zmenám druhového zloženia vplyvom konkurenčných vzťahov aj keď sa abiotické podmienky prostredia nemenia. Hodnoty boli navyše vytvorené ako expertný odhad na základe širokého geografického rozšírenia druhov a nemusia byť dostatočne citlivé na

špecifickú mikroklímu pralesov. Ukázalo sa napríklad, že hodnoty pre vlhkosť viac súvisia s deficitom vzdušných pár ako so samotnou vlhkosťou pôdy (Kopecký et al. 2024), pričom pre byliny bukových lesov je práve významná konkurencia o vodu v koreňovom priestore (Hrivnák et al. 2022).

Napriek niektorým obmedzeniam predstavujú trvalé plochy jedinečný zdroj informácií o dynamike prirodzených lesných ekosystémov a umožňujú zachytiť trendy, ktoré by pri krátkodobých štúdiách zostali skryté. Výsledky tejto práce je preto potrebné chápať ako príspevok k širšej diskusii o reakciách karpatských horských pralesov na kombinovaný vplyv malého vývojového cyklu, klimatickej zmeny a ďalších faktorov, ktoré silne vplývajú na zmeny v dynamike týchto spoločenstiev.

ZÁVER

V práci sa nám podarilo zachytiť krátkodobú dynamiku druhov bylinnej etáže a drevinovej zložky v zmysle vývojových štádií pralesa podľa Korpela (1989). V štádiu dorastania sa pravidelne objavovali druhy s nízkymi nárokmi na svetlo alebo s vyššou toleranciou konkurencie buka (*Epipactis helleborine*). Zároveň sa tu uplatňovalo najmenej špecifických druhov, z ktorých väčšina sa vyskytovala v rámci celého cyklu. V štádiu optima sa vyskytovali tieňomilné druhy, ktorým sa darí v stabilných mikroklimatických podmienkach (*Viola reichenbachiana*, *Polygonatum verticillatum*, *Oxalis acetosella*, *Prenanthes purpurea*,...). V štádiu rozpadu sa darilo najväčšiemu spektru druhov (*Mercurialis perennis*, *Brachypodium sylvaticum*, *Polystichum aculeatum*,...).

Väčšina druhov negatívne klesajúcimi frekvenciami na zvyšujúcu sa teplotu vzduchu a rastúci počet stromov hrubiny. Iba niektoré druhy pozitívne reagovali na vyššiu variabilitu hrúbok (*Taraxacum* sp., *Mycelis muralis* a *Prenanthes purpurea*). Z dendrometrických premenných boli signifikantné vzťahy s bylinnou zložkou tieto premenné: suma hrúbok, počet stromov, kruhová základňa a suma výšok. V drevinovej zložke podrastu, ktorú tvorí prevažne buk, dochádza k rozvoju niektorých druhov drevín (*Acer pseudoplatanus*), a k ústupu iných druhov (*Picea abies*). Stále tu však zostáva otázka, aké dreviny a v akom pomere budú tvoriť kostru porastu v nasledujúcich desaťročiach, a či sa dokážu úspešne regenerovať a prežiť aj druhy ako *Abies alba*, ktoré môžu mať problematickú obnovu vplyvom škôd zverou, na druhej strane môžu zohrať dôležitú úlohu v adaptácii horských lesov na klimatickú zmenu.

Na vetrovú disturbanciu krátkodobo reagovali niektoré mladšie vrstvy drevín výrazným nárastom (najmä semenáčky) a krátkodobo došlo aj k nárastu frekvencií bylín. Z dlhšieho časového obdobia však došlo k výraznému poklesu frekvencií ako drevinovej tak aj bylinnej zložky spoločenstiev.

Popri prirodzenom cykle striedania vývojových štádií pralesa a jeho modifikáciou vplyvom disturbancií pozorujeme aj dlhodobý trend, ktorý sa nedá vysvetliť týmito javmi. Dochádza k dlhodobému poklesu frekvencií bylinnej zložky a k zámene druhov, čo pričítame nárastu teplôt v posledných dvoch dekádach. Tieto informácie sú cenné pri hodnotení vplyvu klimatických zmien na biodiverzitu a vývoj efektívnych adaptačných stratégií pre konkrétne spoločenstvá v manažmente lesov.

LITERATÚRA

- Babjaková, L., 2023. Vývoj bylinnej etáže v jedľovo-bukových pralesoch Poľany. Bakalárska práca. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen.
- Bärmann, L., Kaufmann, S., Hauck, M., 2025. Climate change adaption of European beech forests: Silver fir admixtures drive understorey plant diversity. *Forest Ecology and Management* 579: 122499.
- Bublinec, E., Pichler, V., eds., 2001. Slovenské pralesy: diverzita a ochrana. Ústav ekológie lesa. Zvolen.
- Cipa, J., Ujházy, K., Čiliak, M., Máliš, F., Kotrík, M., Knopp, V., Ujházyová, M., 2024. Accelerating change of vegetation in Carpathian beech and mixed montane forests over 55 years. *Forest Ecology and Management* 568: 122006.
- Csölleová, L., Kotrík, M., Kupček, D., Knopp, V., Máliš, F., 2024. Post-harvest recovery of microclimate buffering and associated temporary xerophilization of vegetation in sub-continental oak forests. *Forest Ecology and Management* 572: 122238.
- Čater, M., 2021. Response and mortality of beech, fir, spruce and sycamore to rapid light exposure after large-scale disturbance. *Forest Ecology and Management* 498: 119554.
- Duan, H., Sun, S., Yang, W., Yu, L., Gao, Q., Wang, H., Wang, R., Zheng, P., 2025. Future climate change facilitates the herb drought-tolerant species distribution than woody species. *Environmental Research* 270: 121039.
- Frankovič, M., Janda, P., Mikoláš, M., Čada, W., Kozák, D., Pettit, J. L., Nagel, T., Buechling, A., Matula, R., Trotsiuk, V., Gloor, R., Dušátko, M., Kameniar, O., Vostarek, O., Lábusová, A., Ujházy, K., Synek, M., Begovic, K., Ferenčík, M., Svoboda, M., 2021. Natural dynamics of temperate mountain beech-dominated primary forests in Central Europe. *Forest Ecology and Management* 479: 118522.
- Hederová, L., 2017. Regenerácia lesných fytocenóz po antropogénnych a prírodných disturbanciách. Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen.
- Hrivnák, R., Bošefa, M., Slezák, M., Lukac, M., Svitková, I., Gizela, J., Hegedúšová, K., Hrivnák, M., Kliment, J., Knopp, V., Senko, D., Ujházyová, M., Valachovič, M., Wieszik, M., Máliš, M., 2022. Competition for soil resources forces a trade-off between enhancing tree productivity and understorey species richness in managed beech forests. *Science of The Total Environment* 849: 157825.
- Janek, P., 2006. Dynamika bylinnej zložky jedľovo-bukových spoločenstiev NPR Padva. Diplomová práca. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen.
- Korpel, Š., 1989. Pralesy Slovenska. Veda. Bratislava.
- Koutecký, T., Ujházy, K., Volarik, D., Ujházyová, M., Máliš, F., Gömöriová, E., Bače, R., Ehrenbergerová, L., Glončák, P., Hofmeister, J., Homolák, M., Janda, P., Koutecká, V., Koutecký, P., Lvončík, S., Mikoláš, M., Svoboda, M., 2022. Disturbance history drives current compositional and diversity patterns of primary *Picea abies* (L.) Karst. forest vegetation. *Forest Ecology and Management* 520: 120387.
- Križová, E., Nič, J., 2012. Fytocenológia a lesnícka typológia – návody na cvičenia. Technická univerzita vo Zvolene. Zvolen.
- Kulakowski, D., Seidl, R., Holeksa, J., Kuuluvainen, T., Nagel, T. A., Panayotov, M., Svoboda, M., Thorn, S., Vacchiano, G., Whitlock, C., Wohlleben, T., Bebi, P., 2017. A walk on the wild side: Disturbance dynamics and the conservation and management of European mountain forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 388: 120–131.
- Lapin, M., Tomlain, J., 2001. Všeobecná a regionálna klimatológia. Vydavateľstvo Univerzity Komenského. Bratislava.
- Leibundgut, H., 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 110(3): 111–124.
- Martináková, M., 2012. Krátkodobé zmeny vegetácie jedľovo-bukových prírodných lesov v NPR Padva. Diplomová práca. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen.
- Nagel, T. A., Svoboda, M., 2008. Gap disturbance regime in an old-growth *Fagus-Abies* forest in the Dinaric Mountains, Bosnia-Herzegovina. *Canadian Journal of Forest Research* 38(11): 2728–2737.
- Parobehová, Z., Pittner, J., Kucbel, S., Saniga, M., Filípek, M., Sedmáková, D., Vencurik, J., Jaloviar, P., 2018. Structural diversity in a mixed spruce–fir–beech old-growth forest remnant of the Western Carpathians. *Forests* 9(7): 379.

- Petritan, A. M., von Lüpke, B., Petritan, I., 2007. Effects of shade on growth and mortality of maple (*Acer pseudoplatanus*), ash (*Fraxinus excelsior*) and beech (*Fagus sylvatica*) saplings. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 80(4): 397–412.
- Petrovska, R., Bugmann, H., Hobi, M. L., Brang, P., 2023. Replace me if you can: Abundance of advance regeneration under canopy trees in a primeval beech forest. *Forest Ecology and Management* 537: 120939.
- Petráš, R., Pajtík, J., 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevin. *Lesnícky časopis* 37(1): 49–56.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- RStudio Team, 2020. RStudio: Integrated development for R. RStudio, PBC.
- Rybár, J., Bošľa, M., Marcis, P., Ujházyová, M., Polták, D., Hederová, L., Ujházy, K., 2023a. Effects of tree canopy on herbaceous understorey throughout the developmental cycle of a temperate mountain primary forest. *Forest Ecology and Management* 546: 121353.
- ŠGUDŠ, 2013. Geologická mapa SR. Dostupné na: <http://apl.geology.sk/gm50js/>
- Šimčík, T., 2017. Dynamika fytoceenóz prírodných jedľových bučín v NPR Padva. Bakalárska práca. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen.
- Šmyčková, M., Koutecký, T., Ujházyová, M., Ujházy, K., Verheyen, K., Volařík, D., Šebesta, J., Friedl, M., Máliš, F., Hofmeister, J., 2024a. Herb layer species richness declines with heterogeneity of the forest structure in primary beech-dominated forests while proportion of forest specialists increases. *Forest Ecology and Management* 556: 121728.
- ter Braak, C. J., Šmilauer, P., 2012. Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0. Biometrics, Wageningen a České Budějovice.
- Ujházy, K., Hederová, L., Máliš, F., Ujházyová, M., Bošľa, M., Čiliak, M., 2017. Overstorey dynamics controls plant diversity in age-class temperate forests. *Forest Ecology and Management* 391: 96–105.
- Ujházy, K., Križová, E., 2004. Dynamika lesných geobioceenóz Dobrošského pralesa. *Geobiocenologické spisy* 9: 32–39.
- Ujházy, K., Máliš, F., Križová, E., Nič, J., 2020. Fytoceenológia a lesnícka typológia, Ekológia. Návody na cvičenia. 2. vyd. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen.
- Ujházy, K., Križová, E., Vančo, M., Freňáková, E., Ondruš, M., 2005. Herb layer dynamics of primeval fir-beech forests in central Slovakia. In: Commarmot, B., Hamor, F. D. eds., Natural forests in the temperate zone of Europe—values and utilisation. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf & Carpathian Biosphere Reserve, Rakhiv: 193–202.
- Ujházyová, M., Ujházy, K., Máliš, K., 2013. Bukové lesy juhozápadnej časti Veľkej Fatry. *Bulletin Slovenskej Botanickéj Spoločnosti* 35(2): 161–198.
- Van der Maarel, E., 1996. Vegetation dynamics and dynamic vegetation science. *Acta Botanica Neerlandica* 45(4): 421–442.
- Wen, B., Blondeel, H., Baeten, L., Perring, M. P., Depauw, L., Maes, S. L., De Keersmaeker, L., Van Calster, H., Wulf, M., Naaf, T., Kirby, K., Bernhardt-Römermann, M., Dirnböck, T., Máliš, F., Kopecký, M., Vild, O., Macek, M., Hédli, R., Chudomelová, M., Lenoir, J., Brunet, J., Nagel, T. A., Verheyen, K., Landuyt, D., 2024. Predicting trajectories of temperate forest understorey vegetation responses to global change. *Forest Ecology and Management* 566: 122091.

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu grantovej agentúry VEGA 1/0245/25.

Adresa autorov:

Ing. Lucia Babjaková
Katedra fyto­ló­gie Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 01 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: babjakovalucia1@gmail.com

Ing. et Ing. Jerguš Rybár, PhD.
Katedra plánovania lesných zdrojov a informatiky
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 01 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: xrybar@is.tuzvo.sk

doc. Ing. Mariana Ujházyová, PhD.
Katedra aplikovanej ekoló­gie
Fakulta ekoló­gie a environmentalistiky Technická univerzita vo Zvolene Masarykova 24
960 01 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: ujhazyova@tuzvo.sk

Ing. Vlastimír Knopp
Katedra fyto­ló­gie Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 01 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: knopp@tuzvo.sk

prof. Ing. Karol Ujházy, PhD.
Katedra fyto­ló­gie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 01 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: karol.ujhazy@tuzvo.sk

UNDERSTOREY DYNAMICS IN MOUNTAIN OLD-GROWTH FORESTS OF THE PADVA NATIONAL NATURE RESERVE

Summary

The dynamics of the herbaceous layer in mountain primeval forests serve as a reliable indicator of the forest ecosystem's adaptation and response to various factors. In 2005, nine permanent plots (20×20 m and 25×16 m in size) were established in this area to represent the individual stages of the forest development cycle (growing, optimum, disintegration). Data on the herbaceous and woody species were collected on these plots using phytosociological notation and dendrometric measurements. During the observation period, a disturbance caused by a windstorm in 2014 and an increase in the average annual air temperature were recorded. Based on analyses of data from four repeated samplings conducted over the past twenty years, we demonstrated how forest vegetation responds to changes in environmental conditions and how these responses manifest in the individual development stages of the forest cycle. Among the statistically significant variables correlating with herb frequency were air temperature, total basal area, number of overstory trees, basal area, and total height of overstory trees. This confirmed a significant influence of trees and climatic conditions on the herbaceous understory. Using indirect ordination PCA analysis, we found that changes in species composition followed a similar trend, and herb species typical for the individual stages of the forest cycle were identified. In direct RDA analysis, we found that herb species frequencies were significantly influenced by the number of overstory trees, the average annual temperature over the ten years prior to the recording date, and the variability (Gini coefficient) of the sum of diameters at breast height (d1.3). Overall, we observed a significant decline in herb frequencies compared to the first measurement in 2005 – by more than half. Frequencies declined across all forest stages, which we attributed to the impact of climate change. The development of tree frequencies in the understory indicates unsuccessful regeneration of spruce and other tree species, except for beech – likely due to wildlife activity. We also documented a natural process of self-thinning of trees in younger layers. Through the analysis of Ellenberg's indication values, relatively stable values that align with the temporal development of forest stages were found. A more pronounced change was observed in the increase of soil reaction.

A METHODOLOGY FOR COMPARING THE TECHNICAL STANDARDS OF SPECIALIZED FORESTRY TRACTORS INTENDED FOR WORK IN THE CARPATHIAN FORESTS OF SLOVAKIA

Ľudovít Štefan NÉMETH

NÉMETH Ľ. Š.: A methodology for comparing the technical standards of specialized forestry tractors intended for work in the Carpathian forests of Slovakia. Acta Facultatis Forestalis Zvolen.

ABSTRAKT

When buying new equipment for forestry it is invaluable to have the best, most suited machines for our needs. In this Thesis I intend to propose the basics for a system by which we could effectively and efficiently compare the technical standards of specialized forestry tractors (SFT) and based on the results of this comparison, allow us to choose the one that is better suited to the needs of the forester. For this we must select the main factors which influence the suitability of the SFT's to our needs. The biggest factor in our locale, the Carpathian forests, being terrain, we can now use the Clearance index which also encompasses the main technical features of our SFT's. In addition to this we also introduce a Financial Index that we input the Clearance index into. This will show us which SFT's have more value for their cost. With this we can optimize the cost to technical specification ratio so that our choices can be cost-effective. With this methodology further applied into a fully integrated Computing System we may gain an almost instantaneous answer when looking to buy new specialized forestry tractors and we can use its answer to help us choose effectively and efficiently.

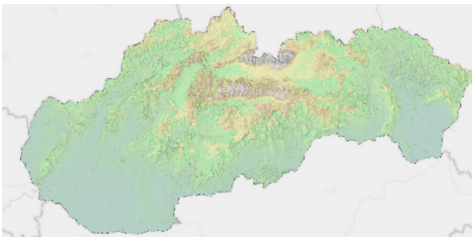
Key words: Lesnícke Kolesové Traktory, Specialized Forestry Tractors, Harvesters, Forestry, Comparison

1. INTRODUCTION INTO THE TOPIC

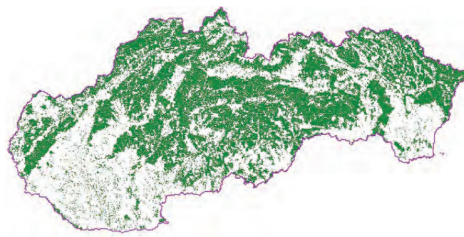
When buying new equipment for forestry it is invaluable to have the best, most suited machines for our needs. They need to be safe when working in various often times dangerous conditions, when humanity relies on technology to achieve that, which we cannot. As mentioned in Slappendel et al. (1993) [17], physical environment is one of the main causes of hazards in forestry work. [7] That is why it is so important to choose the right machine for the right conditions and for the right job. In forestry in Slovakia one of the most utilized machines other than a chainsaw, are Tractors.

They have many different categories from Universal Tractors that have been converted to be used in forests, to Specialized Forestry Tractors with either tracked or wheeled

design. The most numerous tractors used in Slovakia are precisely the Specialized Forestry Tractors (SFT) with wheeled design, and the main processes of tree harvesting are focused around these machines. They provide value in the form of reducing the time required to fell and transport timber from the forest to a forwarding depo. While felling trees is usually reserved for the category of Harvester and the role of transportation to the Forwarder, these SFT's can fall into either or both categories depending on the equipment they possess and the configuration they are using. Many of these SFT's can be equipped with a hydraulic arm that can house different attachments, such as a Harvester Head. For this thesis, these machines will be our focal points.



Map 1. Topological Map of SR



Map 2. Forest cover of SR

As we can see in Map 2. around 41 % (1), (3) of the land area of Slovakia is covered by forests and most of that land is overlapping with major geological formations seen in Map 1. Harvester performance is limited by a number of factors specific both for harvesters and forwarders. However, most authors agree that the basic factors influencing Cut-to-length (CTL) technology, One of the primary methods of wood harvesting in Slovakia and Czechia, its performance is influenced by vehicle parameters, technological conditions (mainly mesurational parameters of harvested trees) and the human factor – operators (Neruda, Valenta 2003[15]; Nurminen et al. 2006[16]; Dvořák et al. 2011[2]; Aalmo, Baardsen 2015[9]; Erber et al. 2016[10]).[8].

However, since this thesis focuses on the selection process of a SFT, the human factor (the operator) is only involved either giving a subjective opinion about the machines ease of use and, or latter during the use of the SFT during deployment. In terms of production conditions, CTL technology performance can be seen as a function of several environmental factors (Aalmo, Baardsen 2015)[9], which include characteristics of the harvested trees, slope inclination, soil structure and characteristics (Aalmo, Baardsen 2015)[9], terrain obstacles, snow cover and ambient temperature (Aalmo, Baardsen 2015[9]; Lazdiňš et al. 2016[13])[8]. The main conclusion is that the efficiency/productivity is not only affected by tree characteristics but also by various environmental parameters, such as ground structure, steepness and snow depth, and by the harvesting system applied in combination with the human factor (Ovaskainen et al. 2004[18]) [8]. That is why during the selection process the capability of SFT's to clear terrain and the SFT's parameters are some of the main factors for most foresters when deciding to buy these kinds of machines.

2. THE AIM OF THIS THESIS

The aim of this thesis will be to establish a methodology on how to compare the technical parameters of two SFT's and choose between them. For this we will need to use the established main factors to create a system that would encompass both the technical parameters of the machine and its ability to clear terrain, and the degree of which its capable of. It is also the aim of this thesis to establish a way to include another factor into the selection process which would be the economical one. For that reason, we will need to add a method into the selection process that would encompass the value of the machines. At the end we should be able to compare these values and comment on the outcome.

3. MATERIALS AND METHODOLOGY

As a method of creating this method we researched papers regarding the topic to find a suitable methods and calculations, that would help determine the value of the SFT's ability to overcome the major factors that limit the SFT's ability to be deployed into field, that we already established in the introduction.

Passability- the ability to overcome terrain obstacles of varying degrees of difficulty under different climatic conditions without assistance. [1]

When assessing the passability of a machine, it is necessary to take into account a large number of technical parameters with varying degrees of influence. These parameters are, for example, the ability to overcome obstacles of micro-relief, the climbability of the machine, stability on the gradient, braking characteristics, speed of movement, wheel traction, the ability to move on poorly bearing terrain, jamming and the like. [1]

In the military, there are several methodologies for assessing the passability of military equipment. Among them, the methodology developed by SCHULZ, 1988[3], and successfully tested on non-forestry equipment by WEIS, 2002[5], appears to be suitable for forestry equipment.[1] According to these works, Štollmann V. and the Department of Forest Harvesting, Logistics and Melioration later developed a method for assessing Harvesters on Wheeled Chassis from the aspect of passability designed for the conditions of mountain forests of Slovakia. This methodology is exactly what we need since it encompasses the value of the SFT's ability to overcome all major factors we have established. With the use of this methodology, we can compare the Values of 5 different technological categories of our SFT's: Transmission, Chassis mechanics, Dimensional characteristics, Stability, and Safety.

4. RESULTS

We evaluate each Category using the classifiers obtained by the weighted addition operation. This means that we assign a certain weight (importance) to each parameter in the respective class, which can be written down mathematically [1]:

A – Transmission

B – Chassis mechanics

C – Dimensional characteristics

D – Stability

E – Safety

$$A = \sum_{i=1}^m v_{ai}$$

$$B = \sum_{i=1}^n v_{bi}$$

$$C = \sum_{i=1}^p v_{ci}$$

$$D = \sum_{i=1}^r v_{di}$$

$$E = \sum_{i=1}^s v_{ei}$$

With these mathematical equations calculated for SFT's that are under consideration, we can quantify the value of each category of the SFT's technical parameters and can adjust their weight that also affects the final value that we calculate later. We can also Compare after just our first calculations the Categories independently for SFT's under consideration, and we can evaluate the differences in technological superiority in these categories. We later display these interactions in a diagram at the end of the Results section. In these formulas each letter corresponds either to a constant or a variable in the following way:

A, B, C, D, E	Category Classifiers	This will classify the category of the SFT's technical parameters
m, n, p, r, s	Number of Parameters used in their corresponding category	This classifies the number of parameters used in the individual categories.
v	The weight of The Parameters	This classifies the weight of the individual parameters inside the categories
a, b, c, d, e	Mark of Correspondence	This marks the corresponding Category to the Weight of The Parameters.
i	Parameter number	This marks the individual parameters number inside the Categories.

To assess the passability, Štollmann V. introduced a qualitative indicator the Clearance index, which is defined as the multiplication of the Category Classifiers:

$$P = A * B * C * D * E$$

This means our final equation to calculate the Clearance Index will be as follows:

$$P = \sum_{i=1}^m v_{ai} * \sum_{i=1}^n v_{bi} * \sum_{i=1}^p v_{ci} * \sum_{i=1}^r v_{di} * \sum_{i=1}^s v_{ei}$$

In the next phase, based on the information collected about our SFT's we need to chose the weight of all the parameters of each Category. Each Category consists of several sub parameters that we need to select a weight to. First for the selected sub parameters for the A category we need to look at the criteria for each individual parameter:

For the A category it will be as follows:

Category = A - Transmission			
TECHNICAL PARAMETER	TOTAL WEIGHT OF THE MACHINE		
		7,5	7,5 – 12,0
Measured Mass Power a_1 [kW·t ⁻¹]	7	7	7
Gearbox a_2	Without gear shifting.		
Axle differential a_3	The Machine is equipped with Differentials on all its axles.		
Inter axle differential a_4	0	0	1
Final reduction gear a_5	The machine is equipped with Final Reductions Gears on all axels.		
Boogie axles a_6	0	1	2

Table No. 1.1 Critical values of Category A.

We divide our Machines into 3 categories based on their weight, Light, Medium and Heavy machines. This is important because weight directly influences the Harvesters ability to clear terrain. It also means that the engines and other factors need to compensate for the additional weight.

Table No. 1.1 shows us the critical values required of the harvesters in their respective weight categories.

Category = A - Transmission		
TECHNICAL PARAMETER	WEIGHT	CORRECTIONS
Measured Mass Power a_1 [kW·t ⁻¹]	$v_{a1} = 0,25$	+0,05 – for every +10% when exceeding the critical value -0,05 – for every – 10% when not meeting the critical value
Gearbox a_2	$v_{a2} = 0,30$	-0,05 – if gear shifting is enabled under -0,10 – stepped gear shifting with torque multiplier -0,15 – classic mechanical gearbox with manual shifting.
Axle differential a_3	$v_{a3} = 0,30$	-0,10 – 1 axle incorporates differential without locking mechanism -0,15 – more than one axle incorporates differential without locking mechanism
Inter axle differential a_4	$v_{a4} = 0,20$	-0,10 – If the Inter axle differential is missing
Final reduction gear a_5	$v_{a5} = 0,30$	-0,10 – If 1 axle incorporates Final reduction gears. -0,20 – If more than 1 axle incorporates Final reduction gears.
Boogie axles a_6	$v_{a6} = 0,30$	-0,10 – If 1 Boogie axle is missing. -0,20 – If more than 1 Boogie axle is missing.

Table No. 1.2 Weight selection for the Parameters of Cat. A.

If the critical values are met, we can choose the Weight of the sub parameters, from Table No. 1.2. This Table shows us the selection criteria of the value of weight based on the technical parameters of our Harvesters. We also must correct the parameters if the real values differ from our critical values. In some cases, we need to add or subtract from the base weight value. To get the Value of A the value for the Category we need to add all resulting Weights together. This can be mathematically shown as follows:

$$A = (v_{a1} + /- CR) + (v_{a2} + /- CR) + (v_{a3} + /- CR) + (v_{a4} + /- CR) + (v_{a5} + /- CR) + (v_{a6} + /- CR)$$

Where CR are corrective measures implemented. This action needs to be repeated for every category for every Harvester under Evaluation.

Category B:

Category = B - Chassis mechanics			
TECHNICAL PARAMETER	TOTAL WEIGHT OF THE MACHINE		
	7,5	7,5 – 12,0	12,0
Wheel Formulation b_1	4x4	6x6	8x8
Tire Pressure b_2	200	200	200
Wheel gauge b_3	The same on all axles		
Static radius of the wheel b_4	650	700	750
Tyre width b_5	250	300	350
Tyre type b_6	Diagonal, ALL STEEL		

Table No.2.1 Critical Values of Cat. B.

Category = B - Chassis mechanics		
TECHNICAL PARAMETER	WEIGHT	CORRECTIONS
Wheel Formulation b_1	$v_{b1} = 0,30$	-0,05 – for every missing axle
Tire Pressure b_2	$v_{b2} = 0,35$	-0,05 – for every additional 50 kPa +0,10 – if the machine possesses CTI technology
Wheel gauge b_3	$v_{a3} = 0,20$	-0,10 – if the gauge between the wheels is not equal on all axles
Static radius of the wheel b_4	$v_{a4} = 0,25$	-0,05 – For every axle that possesses smaller wheel radius
Tyre width b_5	$v_{a5} = 0,30$	-0,15 – If the width of the tyre is smaller
Tyre type b_6	$v_{a6} = 0,30$	-0,10 – For Radial tyres -0,05 – If only Steel Bumpers are equipped.

Table No.2.2 Weight selection for the Parameters of Cat. B

$$B = (v_{b1} + /- CR) + (v_{b2} + /- CR) + (v_{b3} + /- CR) + (v_{b4} + /- CR) + (v_{b5} + /- CR) + (v_{b6} + /- CR)$$

Category C:

Category = C - Dimensional Characteristics			
TECHNICAL PARAMETER	TOTAL WEIGHT OF THE MACHINE		
	<7,5	7,5 – 12,0	>12,0
Chassis clearance c_1	350	400	450
Longitudinal camber radius c_2	750	1200	1500
Lateral camber radius c_3	700	750	800
Front angle of attack c_4	40	40	40
Rear angle of attack c_5	40	40	40

Table No.3.1 Critical Values of Cat. C

Category = C - Dimensional Characteristics		
TECHNICAL PARAMETER	WEIGHT	CORRECTIONS
Chassis clearance c_1	$v_{c1} = 0,35$	+0,05 – for every +10% when exceeding the critical value -0,05 – for every – 10% when not meeting the critical value +0,1 – If the machine allows for adjustable Chassis clearance
Longitudinal camber radius c_2	$v_{c2} = 0,30$	+0,05 – for every +10% when exceeding the critical value -0,05 – for every – 10% when not meeting the critical value
Lateral camber radius c_3	$v_{c3} = 0,30$	+0,05 – for every +10% when exceeding the critical value -0,05 – for every – 10% when not meeting the critical value
Front angle of attack c_4	$v_{c4} = 0,20$	-0,05 – for every – 10% when not meeting the critical value
Rear angle of attack c_5	$v_{c5} = 0,20$	-0,05 – for every – 10% when not meeting the critical value

Table No.3.2 Weight selection for the Parameters of Cat. C

$$C = (v_{c1} +/ - CR) + (v_{c2} +/ - CR) + (v_{c3} +/ - CR) + (v_{c4} +/ - CR) + (v_{c5} +/ - CR)$$

Category D:

Category = D - Stability			
TECHNICAL PARAMETER	TOTAL WEIGHT OF THE MACHINE		
	7,5	7,5 – 12,0	12,0
Climbing Pitch d_1	27	27	27
Static Stability d_2	27	27	27
Centre of gravity d_3	Possesses the ability to change its centre of gravity under load.		

Table No.4.1 Critical Values of Cat. D

Category = D - Stability		
TECHNICAL PARAMETER	WEIGHT	CORRECTIONS
Climbing Pitch d_1	$v_{c1} = 0,35$	-0,05 – for every – 10% when not meeting the critical value
Static Stability d_2	$v_{c2} = 0,30$	-0,05 – for every – 10% when not meeting the critical value
Centre of gravity d_3	$v_{c3} = 0,30$	-0,15 – If the Harvester does not posses the ability to change its Centre of gravity.

Table No.4.2 Weight selection for the Parameters of Cat. D

$$D = (v_{d1} +/ - CR) + (v_{d2} +/ - CR) + (v_{d3} +/ - CR)$$

Category E:

Category = E - Safety			
TECHNICAL PARAMETER	TOTAL WEIGHT OF THE MACHINE		
	7,5	7,5 – 12,0	12,0
Machine Control System e_1	Hydraulic frame folding controls with emergency control circuits.		
Service brakes e_2	2 circuit braking system with wet multilamel brakes and spring-loaded cylinders.		
Cab Type e_3	The cab has to be FOPS and ROPS certified.		

Table No.5.1 Critical Values of Cat. E

Category = E - Safety		
TECHNICAL PARAMETER	WEIGHT	CORRECTIONS
Machine Control System e_1	$v_{e1} = 0,20$	-0,05 – If the machine is without an emergency control circuit. -0,10 – Steering by swivelling the wheels
Service brakes e_2	$v_{e2} = 0,30$	-0,20 – If the Harvester has a Single-Circuit System +0,05 – for every additional brake circuit -0,15 – dry brakes
Cab Type e_3	$v_{e3} = 0,20$	-0,15 – if the cabin does not posses FOPS, ROPS, and OPS certifications.

Table No.5.2 Weight selection for the Parameters of Cat. E

$$E = (v_{e1} +/ - CR) + (v_{e2} +/ - CR) + (v_{e3} +/ - CR)$$

At the end we input the Value of the Categories into our equation and the result will be the Clearance Index P.

$$P = \sum_{i=1}^m v_{ai} * \sum_{i=1}^n v_{bi} * \sum_{i=1}^p v_{ci} * \sum_{i=1}^r v_{di} * \sum_{i=1}^s v_{ei}$$

After we calculate the Clearance Index we need to repeat the same calculation for each harvester under evaluation. When this is completed, we can compare the resulting values of not only the Clearance Index which will be one of our main Figures in our evaluation, but we can also individually compare the Categories chosen.

Additionally, to reflect the cost of the machines in our decision-making process we introduce the Financial Index Z. This index is the cost of the machine divided by the Clearance Index. The smaller the figure of this Index is the less it costs in relation to the unit of the Clearance index which indicates the technological level of said SFT. This index now shows us the ratio of the technological parameters to the cost of our machines. We can also conclude that with the use of the Financial index we can also see if the machines technology is fairly priced to the unit of Clearance Index.

$$Z = \frac{M_{cost} [€]}{P}$$

During the selection process, to choose the optimal machine we need to look at the following:

Which of the machines has better technological capabilities ei. Which has a bigger Clearance Index?

Are the technological parameters good enough for the required terrain?

Is the price of the machines fair for the technological capabilities of the machine ei. Which machine has a smaller Financial Index?

After answering these question, we get our answer for the machine that is More technologically advanced and has a fair price. Depending on the outcome if the value of one or both indexes is similar, we may need to choose based on the other Index or based on previous experience with the manufacturer or the personal subjective appeal of the buyer. If the Clearance Index is too small ei. less than 2 the choice should be based on the terrain of the buyer locale. If the terrain is favourable a cheaper less technologically advanced machine may be better applied. If the Clearance Index is high, it may be overengineered for our needs.

To showcase the system of the comparison process we created the System Diagram of the Comparison Process which showcases how we can come to a conclusion.

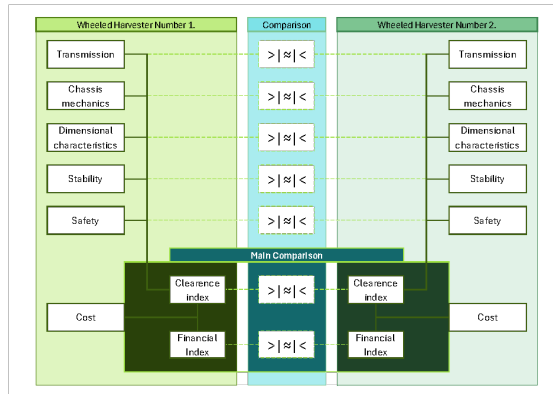


Diagram 1. System Diagram of the Comparison Process

5 DISCUSSION

In articles we have found some contradicting arguments for the impact, that the value of slope can have on the performance of the Harvesters. This may be because said Authors focused their research on their locale where the terrains inclination in Forested areas is not as prominent. We have found that the slope, or terrain inclination to be our primary deciding factors of the machines eligibility to be chosen for the specific terrain condition in the forests of Slovakia. Inclinations are very common, often times even unmanageable with specialized wheeled forestry tractors or harvesters, without having specialized design elements that allow them to do so. In terrains like this, Foresters usually resort to using different forms of harvesting technologies.

We can also see that this methodology is fairly new and can be advanced further to help foresters do their jobs more effectively and efficiently. Its also possible to use this methodology as a basis for an Electrical Computing System (Program) to fast-track answers on the go, without the need for long hours of calculations. It may be possible to get an almost instantaneous recommendation after inputting the parameters of harvesters, that would quickly show the buyer if the machine is optimal for their needs.

OBSAH

Pri nákupe nového vybavenia pre lesné hospodárstvo je neoceniteľné mať tie najlepšie a najvhodnejšie stroje pre naše potreby. V tejto práci chcem navrhnúť základy systému, pomocou ktorého by sme mohli efektívne a účinne porovnávať technické štandardy špecializovaných lesníckych traktorov (LKT) a na základe výsledkov tohto porovnania nám umožniť vybrať si ten, ktorý je pre potreby lesníka vhodnejší. Na tento účel musíme vybrať hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú vhodnosť LKT pre naše potreby. Najväčším faktorom v našej lokalite, karpatských lesoch, je terén, preto teraz môžeme použiť index priechodnosti, ktorý zahŕňa aj hlavné technické vlastnosti našich LKT. Okrem toho zavádzame aj finančný index, do ktorého zadávame index priechodnosti. Ten nám ukáže, ktoré LKT má väčšiu hodnotu vzhľadom na jeho cenu. Vďaka tomu môžeme optimalizovať pomer nákladov a technických špecifikácií tak, aby bol náš výber nákladovo efektívny. S touto metodikou ďalej aplikovanou do plne integrovaného výpočtového systému môžeme získať takmer okamžitú odpoveď pri hľadaní nákupu nových špecializovaných lesných traktorov a jej odpoveď môžeme využiť na pomoc pri efektívnom a účinnom výbere.

LITERATURE

BOOKS/ ARTICLES Used and Cited:

- [1] Doc. Ing. Vladimír Štollmann, CSc. PhD., 2021: LESNÍCKE MECHANIZAČNÉ PROSTRIEDKY, Edittion: II., In: Zvolen, Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2021, Pages: 313, ISBN: 978-80-228-3276-2
- [2] Doc. Ing. Jiří Dvořák, PhD., Ing. Roman Bystrický, PhD., Mgr. Ing. Michal Hrib, PhD., Ing. Pavla Hošková, PhD., Ing. Martina Jarkovská, PhD., Ing. Ján Kováč, PhD., Ing. Jozef Krilek PhD., Ing. Pavel Natov, PhD., Ing. Ludmila Natovová 2011: THE USE OF HARVESTER TECHNOLOGY IN PRODUCTION FORESTS, Edition: I., In: Kostelec and Černými lesy, 2011, Vydavatelství: Zámek 1, 2011, Pages:156, ISBN: 978-80-7458-018-5
- [3] Schulze, A.: Theorie des Militärkraftfahrzeugs. Militärverlag der DDR, 1988.
- [4] Štollmann, V. – Slugeň, J. – Ferenčík, M.: The climbing ability of the wheeled harvesters. In: Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia XLVIII – 2006., Zvolen: Technical University in Zvolen, 2006. S. 383-393, ISBN: 80-228-1706-6, ISSN: 0231-5785.
- [5] Mikleš, Milan - Štollmann, Vladimír: Analýza hodnotenia dynamickej stability ako súčasti svahovej dostupnosti lesných strojov. In: Acta facultatis technicae. Zvolen: Technická univerzita, 1997, s. 69--78. ISBN 80-228-0706-0.
- [6] Mikleš, Milan - Suchomel, Jozef: Vzťah medzi terénymi a prevádzkovými podmienkami lesných ťahačov. In: Acta Facultatis Technicae. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1999, s. 71--80. ISBN 80-228-0899-7.
- [7] Weise, G.: Beurteilung der Geländegängigkeit von Forstmaschinen. In: KWF Zeitung, č. 10-11, 2002, s. 130-135.
- [8] Javůrek P., Dvořák J., 2018 : Evaluation of total time consumption in harvester technology deployment in conditions of the forest sector of the Czech Republic. J. For. Sci., 64:33-42.
- [9] Aalmo G.O., Baardsen S. (2015): Environmental factors affecting technical efficiency in Norwegian steep terrain logging crews: A stochastic frontier analysis. Journal of Forest Research, 20:18-23.
- [10] Erber G., Holzleitner F., Kastner M., Stampfer K. (2016): Effect of multi-tree handling and tree-size on harvester performance in small-diameter hardwood thinnings. Silva Fennica, 50: 1428.
- [11] Hiesl P. (2015): Forest harvesting productivity and cost in Maine: New tools and processes. [Ph.D. Thesis.], Orono, University of Maine: 143.

- [12] Jiroušek R., Klvač R., Skoupý A. (2007): Productivity and costs of the mechanised cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations. *Journal of Forest Science*, 53: 476–482.
- [13] Lazdiňš A., Prindulis U., Kalēja S., Daugaviete M., Zimelis A. (2016): Productivity of Vimek 404 T5 harvester and Vimek 610 forwarder in early thinning. *Agronomy Research*, 14: 475–484.
- [14] Mederski P.S., Bembenek M., Karaszewski Z., Łacka A., Szczepańska-Álvarez A., Rosińska M. (2016): Estimating and modelling harvester productivity in pine stands of different ages, densities and thinning intensities. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 37: 27–36.
- [15] Neruda J., Valenta J. (2003): Factors of the efficiency of harvesters and forwarders in logging. In: Visser R. (ed.): *Austro2003: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain*, Schlägl, Oct 5–9, 2003: 1–11.
- [16] Nurminen T., Korpunen H., Uusitalo J. (2006): Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica*, 40: 335–363.
- [17] Spinelli R., Magagnotti N., Hartsough B. (2011): Productivity norms for harvesters and processors used in Italy. In: Kanzian C. (ed.): *Proceedings of the 44th International Symposium on Forestry Mechanisation: Pushing the Boundaries with Research and Innovation in Forest Engineering*, Graz, Oct 9–13, 2011: 1–8.
- [18] Ovaskainen H., Uusitalo J., Väätäinen K. (2004) Characteristics and significance of a harvester operators' working technique in thinnings. *Int J For Eng* 15(2):67–77
- [19] Slappendel C, Laird I, Kawachi I, Marshall S, Cryer C (1993) Factors affecting work-related injury among forestry workers: a review. *J Saf Res* 24:19–32

BOOKS/ARTICLES Utilized but not directly Cited:

1. Graupner, J. : Vollmechanisierte Holtzernte am Steilhang. In *Forsttechnische Informationen*, Nr.121, 2001, s. 125-130.
2. Heiniman, H.R.: Mechanisierte Holzernte in Hanglagen. In: *Wald und Holz*, č. 11, 1995, s. 32-36.
3. Loschek, J.: Rationalisierung der Holzernte im Seilgelände notwendig. In: *Österreichische Forstzeitung*, č. 8, 1997, s. 7-9.
4. Ulrich, R. – Schlaghamerský, A. – Štorek, V.: Použití harvesterové technologie v probírkách. *Skriptum MZaLU Brno*, 2002, s. 97.

Internet Sites:

- (1) <https://forest.eea.europa.eu/countries/eea-member-countries/slovakia>
- (2) <https://zbgis.skgeodesy.sk>
- (3) <https://www.mpsr.sk/zelena-sprava-2024/123---19415/>
- (4) <https://www.enviroportal.sk>

CONTACT INFORMATION

Ludovít Štefan Németh:

e-mail: nemethludovitstefan@gmail.com

Technická Univerzita vo Zvolene:

Adress: T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen Slovenská republika

e-mail: info@tuzvo.sk

tel.: +421 45 520 61 11

Faculty of Forestry:

e-mail: dlf@tuzvo.sk

Tel.: +421 45 5206 201

doc. Ing. Vladimír Štollmann, CSc., PhD:

e-mail: stollmannv@tuzvo.sk

SSMALLHOLDER MUSHROOM FARMING IN KIGEZI REGION, UGANDA - ECONOMIC AND SOCIAL BENEFITS

Allen KIIZA, MSc – Assoc. Prof. Martin PAVLÍK, Ph.D. – James AKANYIJUKA –
Peace BYANDUSYA

**KIIZA, A., PAVLÍK, M., AKANYIJUKA, J., BYANDUSYA, P.: Smallholder mushroom farming in
Kigezi region, Uganda – economic and social benefits. Podnikanie s pestovaním húb v regióne
Kigezi, Uganda – ekonomické a sociálne prínosy. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen**

ABSTRAKT

Mushroom cultivation technology was introduced in Kigezi region, southwestern Uganda, as a strategy to relieve pressure on land, increase farmers' incomes and food security. The technology uses waste agricultural material from the processing of sorghum, millet, cotton, sugarcane, coffee, beans and sawdust, among others. The process from cultivation to harvesting of mushrooms lasts for one month. A sample of 60 mushroom farmers at different levels of production was sampled to assess the economic and social benefits of their mushroom enterprises. These included small-scale mushroom farmers cultivating a maximum of 60 bags with minimal production costs averaging 250 Euro and medium-scale farmers cultivating a maximum of 500 bags with a cost of production averaging 1,400 Euro. Overall, approximately 4 kg of mushrooms were produced from one bag containing 4kg of substrate material, achieving a biological efficiency of 100%. The net profit was calculated at the end of the production cycle (4 month) based on the difference between the gross income from the fruiting bodies, 1 kg of fresh mushrooms was sold for 7000 UGX (2 euro), 1 kg of dried mushrooms for 95,800 UGX (20 euro) and the operational costs and costs incurred due to natural factors or human error. For a small-scale farmer, the average income after 12 weeks was approximately 440 Euro with a profit of 190 Euro, while a medium-scale farmer had an income of around 3,800 Euro and a profit of 2400 Euro. The study concluded that mushroom growing technology has the potential to improve the incomes of mushroom farmers in the region. Mushroom growing also had an impact on employment and gender relations. Women who are the majority of mushroom farmers earn and control their income. Youth have been employed at various levels of the mushroom value chain as input suppliers, farmers, community mushroom trainers, transporters and mushroom sales agents, among others. Overall, mushroom growing has the potential to be a leading source of income for smallholder farmers, besides other traditional crops grown in the region.

Keywords: Mushroom farming, Smallholder, Economic and social benefits, Oyster mushroom

1. INTRODUCTION

Uganda is a landlocked country located in East Africa. The country lies astride the equator with a land area of 241,038 Sq. km. The country has a population estimated at 45.9 million people, of which 73.2% are below the age of 30 years and 76% live in rural areas (UBOS, 2024). Agriculture is a crucial sector in Uganda, employing 80% of the population and accounting for 26% of Uganda's GDP. Over 87% of the agricultural households are smallholder subsistence farmers. In addition, agriculture contributes 100% of all material resources for agro-based industries and food crop production (UBOS, 2020). The average temperature of 22.8°C and average annual precipitation of about 1217.89 mm facilitate the largely rainfed agricultural production in the country. The increasing population, which is estimated to double by 2050 and the increasing adverse impacts of climate change have made agricultural production very complicated, requiring increased adaptation (MAAIF, 2018).

Kigezi region in southwestern Uganda is one of the most densely populated regions in the country with a population density of 409.8 persons/km² (UBOS, 2017). The region is comprised of six districts, including Kisoro, Rubanda, Kabale, Kanungu, Rukiga and Rukungiri districts and has an overall land size of 5,180km². The region is located in a mountainous area at an altitude of 1,500 to 2,700 meters above sea level. The topography of the region comprises mainly extensive flat-topped ridges and steep-sided hills with deep valleys. This topography has predisposed the region to frequent landslides and soil erosion (NEMA, 2017). The problem is exacerbated by the high population and high demand for food, which has resulted in overcultivation of the land, leading to soil exhaustion and poor crop yields. This has resulted in reduced agricultural productivity, low incomes and increased food insecurity for the rural households (*Nseka et al*, 2021).

Mushroom cultivation technology was introduced in Kigezi region in 1994 as a strategy to relieve pressure on land, increase farmers' incomes and improve food security (*Obaa and Nshemereirwe*, 2004). Mushroom cultivation fits well in the conditions of Kigezi region due to moderate temperatures with a mean minimum of 13°C and a mean maximum of 25°C. *Chitra et al* (2021) note that temperatures between 15 and 30°C are conducive for mycelial growth and fruiting body formation, especially for oyster mushrooms. The region experiences a bimodal rainfall pattern ranging from 1000 to 1500 mm per annum, which allows for two seasons of crop production from March to May and September to November. Crops grown in the region include beans, sorghum, maize, coffee, Irish potatoes, sugarcane, tea, sweet potatoes and vegetables such as cabbage (*Twagiramaria, Casim, & Nkulumo*, 2017). It is worth noting that cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) utilizes waste agricultural materials from crops such as sorghum, millet, sugarcane, coffee, beans and cotton, among others as growth medium (*Pavlik et al*, 2023). This makes oyster mushroom cultivation an ideal agricultural activity in the region. Oyster mushrooms are easy to grow, require minimal resources, and have a high market demand, which ensures that farmers can potentially diversify their income streams and increase their profits (*Mutema et al*, 2018). This is in

addition to improving the overall health of the mushroom farming households. This is because oyster mushrooms are rich in protein, dietary fibre, essential amino acids, and various vitamins and minerals. Moreover, these mushrooms are known for their potential to aid in cholesterol reduction and immune system enhancement (*Aditya et al, 2020*).

In the region, a community organization called Mushroom Training and Resource Centre (MTRC, 2024a) supports mushroom farmers through training and offering extension support to ensure that farmers benefit from their mushroom enterprises. The organization produces and supplies mushroom spawn to farmers and also acts as a collection centre where farmers can collectively market their mushrooms; however, farmers are at liberty to determine where to sell their mushroom products. Farmers are trained by experienced staff from MTRC to produce mushrooms and manage their enterprises. The trainings incorporate aspects of materials and mushroom cultivation process steps, mushroom grow room management, value addition, and business management, among other aspects (MTRC, 2024a). The process from cultivation to harvesting of mushrooms lasts for one month. The process steps involve substrate soaking, draining, fermentation, pasteurization, inoculation, incubation and grow room management. Polyethene bags are filled with 4 kg of substrate and then placed in an incubation room, where the fungal mycelium grows at a temperature of around 25 °C. After 3-4 weeks, the colonized bags are transferred to a production room, where fruiting bodies are formed, and mushroom harvesting takes place over 4 months (*Pavlik et al, 2023*).

Objective of the study

The main aim of the study was to assess the economic and social benefits of mushroom growing technology on smallholder mushroom farmers in Kigezi region. The study also sought to highlight the characteristics of smallholder farmers in the conditions of sub-Saharan Africa, specifically in Uganda.

2 Material and Methods

The target population for the study were mushroom farmers in the six districts of Kigezi region, southwestern Uganda. Lists of mushroom farmers in the region were obtained from MTRC, and purposive sampling was used to select farmers across the six districts, categorised as small-scale farmers (cultivating a maximum of 60 bags) and medium-scale farmers (cultivating a maximum of 500 bags). A total of sixty farmers were selected for the study, with each category comprising 30 farmers. In order to collect relevant information, a semi-structured questionnaire was used, and data were collected through face-to-face interviews. This helped to elicit responses on aspects such as household demographics, crop production, knowledge of mushroom cultivation process and materials used, mushroom productivity and mushroom markets, among other aspects.

Personal observation and in-depth interviews were also conducted to achieve the objective of the study, including financial aspects and social benefits of mushroom cultivation. Secondary data in the form of reports and publications were also used to

facilitate data collection and triangulation of information. Both quantitative and qualitative data were collected and processed using the Statistical Package for social Sciences (SPSS) and an Excel spreadsheet. Data was analysed and presented using percentages and frequencies.

Tables and piecharts were also used to present some of the findings.

3 Results and Discussion

3.1 Smallholder mushroom farmer characterization

The respondents included 68% female and 32% male mushroom farmers. These results are in agreement with *Gebretsadkan* (2015) and *Mutema et al* (2018), who indicated that mushroom farming is dominated by females compared to males. *Das et al.* (2020) note that women are often engaged in most activities related to mushroom cultivation, such as compost preparation, watering and harvesting of mushroom, while men are involved in sourcing substrates and marketing mushroom products. However, in the context of Kigezi region female were also involved in the collection of substrate materials and marketing of their mushroom products. According to the study, 93% of respondents resided in rural areas across the six districts, while 7% resided in towns, mainly in Kabale and Kisoro municipalities. Mushroom farmers indicated that they owned the land on which they lived and practised agricultural production with land sizes varying from 0.2 hectares to 1.6 hectares, while the average land size was 1 hectare. The average size of mushroom farming households was 6 persons per household, which is slightly higher than the average rural household size (4.5 persons) in Uganda, according to the national census (*UBOS, 2024*).

Farmers indicated that due shortage of land and a relatively large household size, they opted to venture into mushroom farming because mushrooms can be produced in small housing units in the backyard of their homes, thus requiring very little space. The study revealed that the majority of the respondents (51%) either stopped or completed primary level of education, while 30% completed higher levels of education, which include secondary and tertiary levels, and 19% did not attend formal school (no education) as indicated in Figure 1. These results are in line with findings from the Annual Agricultural Survey result of 2020 for Kigezi region (*UBOS, 2022*). It was also observed that the majority of medium-scale mushroom farmers were males with higher education levels (i.e. 16 out of 30 respondents). With proper practical training, whether farmers are educated or not, they can easily grow oyster mushrooms. However, education makes farming easier. Literacy helps farmers to read and follow instructions, financial and marketing literacy help farmers to undertake basic skills such as bookkeeping and accounting and also improve marketing of their mushroom products, which helps in the thriving of the mushroom enterprises. *Gebretsadkan* (2015) notes that some highly educated people can innovate and come up with new technologies which can bring about change in the production of mushrooms and their sustainability. Farmers indicated that through practical

training received from MTRC, they were able to successfully grow oyster mushrooms. In case of challenges, farmers indicated that they were able to seek guidance from MTRC extension staff, sometimes through physical visits by MTRC staff to their homes, phone calls or farmers undertaking refresher training at MTRC.

Farmers were asked about their major source of income. From the study, it was clear that the main source of income is farming, as indicated by 86.5% of respondents (Figure 2), with farmers mainly involved in arable farming and, to a lesser extent, they participate in livestock farming.

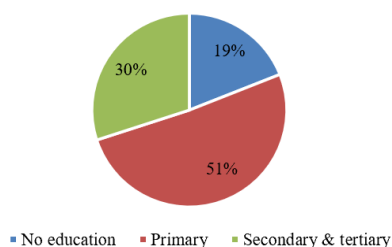


Figure 1: Level of education

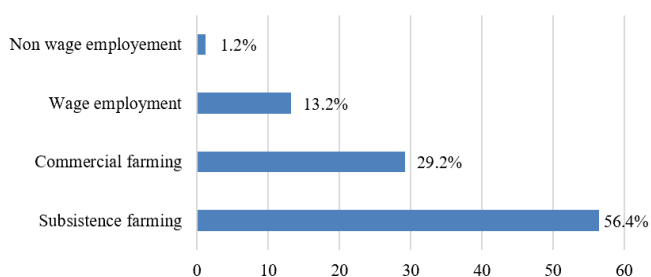


Figure 2: Source of income

Farmers also indicated that the major crops produced included Irish potatoes, beans, peas and sorghum. Other crops grown in the region include maize, sugarcane, tea, coffee, millet, and vegetables such as cabbage. All farmers (100%) indicated that they used hand hoes for tilling due to the nature of the topography, with the majority (56.4%) indicating that they produced crops mainly for home consumption and sold the surplus. This is also known as subsistence agriculture, which is often characterised by low input use (Sreeja *et al.*, 2015). It was also observed that farmers whose major source of income was subsistence farming formed the majority (80%) of the farmers characterised under the small-scale category. This is true according to *Mayanja and Tipi* (2018), who pointed out that oyster mushroom cultivation is a home-based activity that utilises waste agricultural materials from farmers' own gardens and requires less capital investment and minimal space. Smallholder farmers under wage employment (13.2%) were mainly primary school teachers, while some of them were employed by some local organizations. Worth noting is that 65% of mushroom farmers in this study indicated that they produce mushrooms mainly for sale. This is true according to *Vijayachandrika and Rani* (2024), who pointed out that mushroom farming can be undertaken as an economic activity that ensures a steady income for families while empowering women in the process.

According to a national survey on segmentation of smallholder households in Uganda, the above characteristics fit well with the description of smallholder farmers in Uganda. Accordingly, the study pointed out that smallholder heads of households typically manage their households, families and livelihoods with limited formal education, rarely surpassing primary school. Ugandan smallholder farmers individually owned their plots of land, either through a lease or certificate, or under customary law. Land owned by smallholders

tends to be in small plots, with roughly two-thirds of Ugandan smallholder households owning less than two hectares of land. Smallholder households use their crops in multiple ways, with the vast majority of smallholder farmers in Uganda growing crops mainly for consumption and raising some livestock for both consumption and sale (*Anderson et al, 2016*).

3.2 Mushroom farming experience and practices

The study revealed that 50% of the smallholder mushroom farmers had an experience of over 5 years, while another 50% had less than 5 years' experience in mushroom farming. This is because mushroom cultivation in the region has been practised for over 3 decades, with some new households adopting mushroom farming every year (MTRC a). The study also observed that the mushroom growing structures were made of various materials, including mud and wattle huts or houses covered with grass or iron sheets (45%), wooden cabins roofed with iron sheets (37%), and red bricks and iron sheets (18%). Most of the mushroom houses had two separate rooms, one used for incubation and the other used as a fruiting or mushroom grow room. Farmers using brick and iron sheet-covered houses were mainly those under the category of medium-scale farmers. These findings are similar to findings of *Mutema et al (2016)* and *SIRDC (2017)*, who found that smallholder mushroom farmers in Zimbabwe had two separate rooms or houses for incubation and fruiting and also used materials such as bricks, mud, timber, grass or iron sheets for their mushroom houses. It was observed that the majority of mushroom houses owned by the majority of farmers (82%) were basic in nature, constructed without any quality specifications for a mushroom house; nonetheless, farmers were able to successfully produce mushrooms. *Mabveni (2009)* recommended a mushroom structure with the following features: it should be a brick and mortar structure, measuring 8 × 6 m, with a cement floor, gable thatched roof, jute bag ceiling, and screened windows.

Farmers in the study area used a variety of substrate materials; however, sorghum and bean husks were the most used as indicated by 92% of farmers. Farmers indicated that they mostly used these substrate materials because they were locally and cheaply obtained either from their own gardens or from neighbours. Sorghum and bean husks were used either individually or mixed, depending on availability. Other substrate materials used included maize cobs, coffee husks, cotton husks, sugarcane bagasse, and millet straw, among others. The use of similar substrate materials for oyster mushroom cultivation has been reported by various authors in different countries, such as in Zimbabwe (*Mutema et al, 2016*), in Ethiopia (*Gebretsadkan, 2015*), and in India (*Aditya et al, 2024*).

The mushroom spawn used by farmers included various strains of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*), including White, Brown, Grey, 2191, and 2125 strains. All mushroom farmers (100%) indicated that they obtained this spawn from MTRC because the Centre would later provide a market for the mushroom products after the production cycle. In this regard, MTRC operates as a social enterprise which provides business development services to mushroom farmers, including training, supply of quality spawn

and other inputs and linking farmers to the market, hence a win-win relationship with the smallholder mushroom farmers. This has ensured long-term mushroom production in the region with new households successfully adopting the mushroom cultivation technology.

All farmers (100%) illustrated good knowledge of the mushroom farming process steps, which include planning and obtaining production materials like substrates and spawn, processing of substrate material, including substrate sorting, soaking, draining, fermentation, pasteurization, inoculation, incubation, managing fruiting bodies and harvesting. According to *Aditya et al* (2024), successful mushroom cultivation hinges on various factors, including good knowledge of the cultivation process, good quality substrate materials and supplements, knowledge of temperature and pH ranges, and good quality spawn, which individually or in combination influence the yield and biological efficiency. From the assessment, the majority of farmers (87%) indicated that they filled polyethene bags with 4Kg of pasteurized substrate material, inoculated using 200g of oyster mushroom spawn and transferred the inoculated bags into the incubation rooms maintained at about 25°C. Farmers also indicated that the colonization process took between 3-4 weeks until formation of pinheads. After formation of pinheads, farmers indicated that they transferred the colonized gardens into the fruiting or grow room maintained at around 18°C, where on average 4Kg of fresh mushrooms were produced from each bag per production cycle of 3-4 months, which translates to a biological efficiency of 100%.

From the assessment, the majority of farmers (82%) indicated that they sold their mushrooms in fresh form, while 18% of farmers indicated that they sometimes had to dry their mushrooms, bulk and later market their dry mushroom products. Finding a market for the mushrooms was not a challenge as indicated by 92% of the farmers. The major market for small-scale farmers (84%) was neighbours within the community, while the major market for medium-scale farmers (63%) was daily markets in urban centres. Other markets for the mushroom products included roadside markets, restaurants and hotels in urban and tourist centres, and institutions such as schools. The study also established that 52% of farmers had ever delivered fresh or dry mushroom products to MTRC for collective marketing.

3.3 Mushroom enterprise costs, income and profits

From the study, costs associated with establishing and managing the mushroom cultivation enterprises were determined for the small and medium-scale farmers. It was observed that small-scale farmers cultivating a maximum of 60 bags had minimal production costs, limited technology, and had a potential for only moderate profits. The initial costs or investments in the business (such as providing a growing space, fermentation vessel, solar dryer, labor, and production materials) amounted to a maximum of 250 euros. The medium-scale farmers, who cultivated a maximum of 500 bags, had initial costs of around 1,400 euros, as indicated in Table 1. The costs also increased due to operational expenses and recurring costs for maintaining production (such as labor, water, disinfection, human error, damage caused by natural factors, etc.)

Table 1: Investment costs into the mushroom cultivation enterprise for small and medium-scale farmers

Acquisition of grow room space	Construction: Grow room, Fermentation basin & incubation	Solar drier	Labour	Production materials	Total (Ugx/Euro)	
(A) Cost of investment into the enterprise for small-scale farmers (60 bags)						
Ugx	100,000	200,000	100,000	50,000	300,000	750,000
Euro	33.33	66.67	33.33	16.6	100	250
(B) Cost of investment of the enterprise for a medium-scale farmer (500 bags)						
Ugx	300,000	800,000	600,000	250,000	2,270,000	4,220,000
Euro	100	266.7	200	83.33	756.67	1406.67

Income from the mushroom cultivation enterprise at the end of the production cycle (4 months) was determined based on the total earnings from mushroom enterprise. The price of 1 kg of fresh mushrooms was 7,000 UGX (2 Euro), and 1Kg of dried mushrooms was sold for 95,800 UGX (20 Euro). For a small-scale farmer, the average income after 12 weeks was approximately 440 Euro, while the average income for a medium-scale farmer was around 3,800 Euro. Conversely, profit at the end of the production cycle was calculated based on the difference between the gross income from the sale of fruiting bodies and the operational costs and costs incurred due to natural factors or human error. For a small-scale farmer, the average profit after 12 weeks was approximately 190 Euro, while the profit for a medium-scale farmer was around 2400 Euro, as indicated in Table 2.

Table 2: Income and profits from the small and medium-scale mushroom cultivation enterprise

Mushroom Farmer category	No. of mushroom gardens (bags)	Cost of investment (Euro)	Income (Euro)	Average Profit (Euro)
Small-scale farmers	60 gardens	250	440	190
Medium-scale farmers	500 gardens	1400	3800	2400

3.4 Economic and social benefits for smallholder mushroom farmers

It should be noted that before the mushroom cultivation technology was introduced specifically in Kigezi region, the major source of income for smallholder subsistence farmers was through the sale of surplus crops like sorghum, sweet potatoes and Irish potatoes after the harvesting season. Also, off-farm employment, petty trade, and brick making offered some supplementary incomes (*Obaa and Nshemereirwe, 2004*). From the assessment, all farmers interviewed (100%) indicated that mushroom farming had become an additional source of income in some instances, superseding some of the

traditional income sources. This has been largely because oyster mushroom cultivation technology is very simple and requires low investment, and can be practised by the majority of people in the local communities.

The availability of substrate materials used in the cultivation of oyster mushrooms, such as sorghum husks, maize cobs, bean husks, millet straw, coffee husks, among others, which are readily available render mushroom farming an easily adoptable agricultural enterprise for many across rural communities of Kigezi region. According to *Dey et al. (2020)*, oyster mushrooms are relatively fast-growing, thus offering quick returns on investment, which ensures immediate benefit to the smallholder farmers. Mushroom cultivation requires relatively little space; can be done closer to home, and mushroom blocks can be stacked vertically, thus taking advantage of vertical space. This has made mushroom farming an ideal enterprise for all people in the community, including the elderly. Farmers indicated that they were able to use some of the money from the mushroom enterprise to take care of their household needs, such as buying food items, paying fees for their children and accessing medical care, among others and also reinvest in their mushroom enterprises. It should also be noted that mushroom cultivation enterprises often created market for materials that would otherwise go to waste, such as crop residues and therefore farmers within the community get to earn an income through the sale of these substrates even when not directly involved in mushroom cultivation.

The majority of the small-scale farmers (86%) indicated that they utilised mainly family labour to manage their mushroom enterprises, while 62 % of the medium-scale farmers indicated that they hired at least a casual worker to manage their mushroom enterprise in addition to family labour. Medium-scale farmers (46%) also indicated that activities such as sourcing for substrate material, collecting spawn, and transporting mushrooms to the market often required hiring other people. Thus, mushroom farming serves as an ideal opportunity for self-employment but also has the potential to create employment opportunities for other people within the community. Due to the relatively low startup cost in terms of space and capital, the mushroom cultivation enterprise is currently seen as a sustainable enterprise for aspiring entrepreneurs, especially women and youth. With the youth unemployment rate in Uganda estimated at 17 per cent in 2021, the majority of the youth in the country, including in Kigezi region, fail to access jobs after leaving the formal school system (*UBOS, 2021*). According to a report by MTRC, unemployed youths who completed various levels of education were being enrolled and trained in the mushroom cultivation enterprise as a means to create employment for the youth in the region. Accordingly, the report indicates that the skilled graduates were able establish their own mushroom enterprises, becoming self-employed and often employing other people within the community (*MTRC, 2024b*). In a study conducted in Odisha, India, it was observed that women and youth were fully engaged in mushroom production activities such as compost preparation, production process, watering and harvesting of mushrooms, while men were involved in sourcing for substrate material and marketing of mushroom products, thus being employed by the mushroom cultivation enterprises (*Das et al. 2020*).

The majority of the smallholder mushroom farmers (82%) indicated that they belonged

to savings and credit schemes sometimes called Village Savings and Loans Associations (VSLAs), which helped them to save some of the money obtained from the mushroom enterprise and loan it amongst the group members. Such community financial institution which often require members to meet regularly, usually every month, have strengthened the social structures and helped to improve the socioeconomic status of households within the communities in Kigezi region. Such importance is further highlighted by *Brannen and Sheehan-Connor* (2016) and *CARE International* (2017), stating that VSLAs promote community participation and ownership, develop a solid social network and sense of community, provide loans and serve as platforms for training. *Hendricks and Chidiac* (2011) underscore the importance of the VSLA model, stating that it is one of the most efficient ways to support financially marginalized individuals, particularly women, through facilitating the acquisition of financial management skills and assets through savings rather than resorting to debt-based financing.

4 CONCLUSION

From the analysis, it is observed that mushroom growing technology has the potential to improve the incomes of mushroom farmers in the region. Mushroom growing also had an impact on employment for mushroom-growing households, but also on other community members. Women who are the majority of mushroom farmers earn and control their income. Youth have become self-employed or are being employed at various levels of the mushroom value chain as input suppliers, farmers, community mushroom trainers, transporters and mushroom sales agents, among others. Overall, mushroom growing has the potential to be a leading source of income for smallholder farmers, besides other traditional crops grown in the region.

5 REFERENCES

- Aditya, B., Jarial, R.,S., Bhatia, J.,N., 2020: Mushrooms: Immunity booster and nutritive food for future generations. In: The proceedings (E-Book) of the national webinar on impact of COVID-19 pandemic on environment and future prospects. pp 107-112. Department of Zoology, N.R.E.C. College, Khurja-203131 (U.P.), India.
- Aditya, N., Jarial, R.,S., Jarial, K., Bhatia, J.,N., 2024: Comprehensive review on oyster mushroom species (Agaricomycetes): Morphology, nutrition, cultivation and future aspects, *Heliyon*, Volume 10, Issue 5, 2024, e26539, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26539>.
- Anderson, J., Colleen, E., L., Scott, T., G., 2016: Uganda CGAP Working paper -Smallholder Survey Report. National Survey and Segmentation of Smallholder Households in Uganda. Understanding Their Demand for Financial, Agricultural, and Digital Solutions (www.cgap.org)
- Brannen, C., Damien, S.,C., 2016: Evaluation of the impact of Village Savings and Loan Associations using a novel survey instrument. *Development Southern Africa* 33: 502–17.
- CARE International, 2017: Unpacking Linkage: The POWER Africa (Women’s Economic Empowerment in Rural Africa) Project. Available online: <https://care.ca/wp-content/uploads/2018/12/Linkage-LearningBrief.pdf> (accessed on 28 August 2024).
- Chitra, K., Dhanalakshmi, K., Indra, N., Ambethgar, V., 2021: Oyster Mushroom Cultivation with Reference to Climate. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 10(10): 307-313. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1010.038>
- Das, L., Lugun, N., Mahapatra, S., Srivastava, S.,K., Mishra, S.,K., Hemrom, A.,C., Pattanaik, S., 2020: Role performance of farm women in mushroom farming and development of a gender sensitive entrepreneurship model for enhancing income. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2020; Sp9(2): 354-357, 2020.
- Dey, B., Ahsan, H., A., Mohammed, M.,U.,H., Jannatul, F., Abdul, H., Mohammad, B.,U., Romel, A., 2024:

- Strategic insights for sustainable growth of mushroom farming industry in Bangladesh: A comprehensive evaluation using SWOT-AHP and TOPSIS frameworks. *Heliyon*, Volume 10, Issue 17, 2024, e36956, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36956>
- Gebretsadkan, G., 2015: Assessment of urban agriculture in Addis Ababa: The case of mushroom cultivation. MSc Thesis. Addis Ababa University.
- Hendricks, L., Chidiac, S., 2011: Village savings and loans: A pathway to financial inclusion for Africa's poorest households. *Enterprise Development and Microfinance* 22: 134-46.
- MAAIF, 2018: National Adaptation Plan for the Agricultural Sector. Ministry of Agriculture, Animal Industry & Fisheries (MAAIF).
- Mabveni, A., R., S., 2009: Mushroom cultivation in Zimbabwe. *Mushroom Growers Handbook* (no date). Retrieved at www.mushworld.com.
- Mayanja, I., Tipi, T., 2017: The Economic Empowerment of Women in Uganda Through Mushroom Production. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(11): 1401-1406
- MTRC, 2024a: Mushroom Training and Resource Centre website. Accessed at <https://www.oystermushroom.ug/> on April 2, 2024.
- MTRC, 2024b: Skilling in Agripreneurship for Increased Youth Employment – Mushroom Enterprise Annual Report, 2024. Mushroom Training and Resource Centre in partnership with AVSI Foundation
- Mutema, M., Basira, K., Savadye, D., Parawira, W., 2019: Assessment of Oyster Mushroom Production and Profitability in Harare Urban and Periurban Areas (RUWA), Zimbabwe. *Tanzania Journal of Science* 45(1): 114-130, 2019. ISSN 0856-1761, e-ISSN 2507-7961
- NEMA (National Environment Management Authority), 2017: State of environment report for Uganda for 2016/17.
- Nseka, D., Mugagga, F., Opedes, H., Ayesiga, P., Wasswa, H., Mugume, I., Nimusiima, A., Nalwanga, F., 2021: The damage caused by landslides in socio-economic spheres within the Kigezi highlands of South Western Uganda. DOI: 10.2478/enviro-2021-0003 *Environ. Socio-econ. Stud.*, 2021, 9, 1: 23-34, 2021
- Obaa B., Nshemereirwe, F., 2004: Mushroom cultivation has also been associated with relieving pressure on land and improving the landscape. *Uganda journal of Agricultural Sciences*, 2004, 9:656-662, 2004
- Pavlik, M., Dzurenko, M., Kiiza, A., Akanyijuka, J., Byandusya, P., 2023: Environmental, economic, and social benefits of cultivating the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (jacq.) P. kumm. in a community organization in southwest Uganda (2023) International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 23 (5.1), pp. 369-377.
- SIRDC (Science and Industrial Research and Development Centre), 2017: Oyster Mushroom production. info@sirdc.ac.zw
- Sreeja, K., G., Madhusoodhanan, C., G., Eldho, T., I., 2015: Transforming river basins: Post-livelihood transition agricultural landscapes and implications for natural resource governance. *Journal of Environmental Management*, Volume 159, 2015, Pages 254-263, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.05.021>.
- Twagiramaria, F., Casim, U., T., & Nkulumo, Z., 2017: Adaptation to and Coping Strategies for Climate Change and Variability by Rural Farmers in Kigezi Highlands, Uganda. *Beyond Agricultural Impacts*. ISBN 978-0-12-812624-0. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812624-0.00004-1>
- UBOS, 2021: The National Labour Force Survey 2021 – Uganda Bureau of Statistics Main Report, Kampala, Uganda
- UBOS, 2024: The National Population and Housing Census 2024 – Final Report - Volume 1 (Main), Uganda Bureau of Statistics, Kampala, Uganda.
- UBOS, 2017: Statistical abstracts 2017. Uganda Bureau of Statistics, Ministry of Finance, Planning and Economic Development, Uganda.
- UBOS, 2020: Annual Agricultural survey Report. Uganda Bureau of Statistics. Retrieved October 1st 2024 from https://www.ubos.org/wp-content/uploads/publications/04_2022AAS2019_Report.pdf
- Vijayachandrika, C., & Rani E., R., 2024: Mushroom Cultivation and Rural Development in Sivaganga District of Tamil Nadu. *International Journal of Agriculture and Animal Production* ISSN 2799-0907 Vol: 05, No. 01, Dec 2024- Jan 2025, <https://doi.org/10.55529/ijaap.51.27.37>

Acknowledgement

The authors thank the IPA TUZVO project No. 7/2025 *Testovanie vlastností substrátov po pestovaní húb pre možnosti ich ďalšieho využitia* for the financial support. This work was also made in the context of the Erasmus+ project 2023-1-SK01-KA171-HED-000147039, and Project VEGA 1/0575/25.

Contacts of Authors

Allen Kiiza, MSc.
Department of Integrated Forest and Landscape Protection
Faculty of Forestry
Technical University in Zvolen
T. G. Masaryka 24
960 01 Zvolen Slovak Republic e-mail: allenkiiza85@gmail.com

Assoc. Prof. Martin Pavlik, Ph.D.
Department of Integrated Forest and Landscape Protection
Faculty of Forestry
Technical University in Zvolen
T. G. Masaryka 24
960 01 Zvolen Slovak Republic e-mail: mrtnpavlik1@gmail.com

James Akanyijuka, MSc.
Mushroom Training and Resource Centre P.O. Box 802, Kabale, Uganda
e-mail: akanyijukajames256@gmail.com

Peace Byandusya, MSc.
Mushroom Training and Resource Centre, P.O. Box 802, Kabale, Uganda
e-mail: mushroompeace@yahoo.com

Zhrnutie

Podnikanie s pestovaním húb v regióne Kigezi, Uganda – ekonomické a sociálne prínosy.

Technológia pestovania húb sa začala realizovať v regióne Kigezi v juhozápadnej Ugande ako stratégia na zmiernenie tlaku na pôdu, zvýšenie príjmov poľnohospodárov a zabezpečenie potravinovej bezpečnosti. Táto technológia využíva poľnohospodárske odpady zo spracovania ciroku, prosa, bavlny, cukrovej trstiny, kávy, fazule a drevených pilín. Proces od pestovania po prvý zber húb trvá jeden mesiac. Na posúdenie ekonomických a sociálnych prínosov podnikov v oblasti pestovania húb bola vybraná vzorka 60 pestovateľov húb na rôznych úrovniach produkcie. Medzi nimi boli malí pestovatelia húb, ktorí pestovali maximálne 60 vriec s minimálnymi výrobnými nákladmi v priemere 250 eur, a strední pestovatelia, ktorí pestovali maximálne 500 vriec s priemernými výrobnými nákladmi 1 400 eur. Celkovo sa z jedného vreca obsahujúceho 4 kg substrátu vyprodukovalo približne 4 kg húb, čím sa dosiahla biologická účinnosť 100 %. Čistý zisk bol vypočítaný na konci výrobného cyklu (4 mesiace) na základe rozdielu medzi hrubým príjmom z plodníc, 1 kg čerstvých húb sa predal za 7 000 UGX (2 eurá), 1 kg sušených húb za 95 800 UGX (20 eur) a prevádzkovými nákladmi a nákladmi vzniknutými v dôsledku prírodných faktorov alebo ľudských chýb. Pre malého farmára bol priemerný príjem po 12 týždňoch približne 440 eur so ziskom 190 eur, zatiaľ čo stredný farmár mal príjem okolo 3800 eur a zisk 2400 eur. Štúdia dospela k záveru, že technológia pestovania húb

má potenciál zlepšiť príjmy pestovateľov húb v regióne. Pestovanie húb malo vplyv aj na zamestnanosť a rodové vzťahy. Ženy, ktoré tvoria väčšinu pestovateľov húb, zarábajú a kontrolujú svoje príjmy. Mladí ľudia boli zamestnaní na rôznych úrovniach hodnotového reťazca húb, okrem iného ako dodávateľ vstupov, pestovatelia, komunitní školitelia v oblasti pestovania húb, dopravcovia a predajcovia húb. Celkovo má pestovanie húb potenciál stať sa hlavným zdrojom príjmov pre malých farmárov, okrem pestovania iných, tradičných plodín v regióne.

REALIZÁCIA MYKOOBNOVY V LESNOM PORASTE

Bc. Irena MAČOROVÁ – doc. Ing. Martin PAVLÍK, PhD.

MAČOROVÁ, I., PAVLÍK, M.: *Realizácia mykoobnovy v lesnom poraste*. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

ABSTRAKT

Pri hospodárení v lese, samotných výchovných a obnovných zásahoch, ako aj pri stále sa zvyšujúcom objeme náhodných ťažieb, vzniká nezanedbateľné množstvo zvyškov po ťažbe, ktoré nielen v ťažšie prístupných terénoch ostávajú ďalej nespracované a predstavujú problém z hľadiska ochrany aj obnovy lesných porastov. Podobná situácia je aj na lesných a expedičných skladoch, na ktorých sa hromadia množstvá kôry, drevných zvyškov a materiálu bez možnosti zhodnotenia a ďalšieho využitia. Tieto sú často kontaminované ropnými látkami z mechanizačných prostriedkov a sú pre prevádzku aj prírodu značným problémom.

Huby sú prirodzenou a nenahraditeľnou súčasťou lesných porastov a môžu byť aj dôležitým pomocníkom lesného hospodára. Práve pomocou tzv. mykoobnovy chceme zhodnotiť zvyšky po ťažbe a spracovaní drevej hmoty. Využiť pne, ktoré v poraste ostávajú a formou mykolesníctva nielen urýchliť ich rozklad, ale aj obohatiť pôdu o živiny, ktoré budú prospešné pre vývoj následného porastu. Využitím mykofiltrácie chceme dosiahnuť prírode blízke spracovanie zmesi pôdno-dreveného odpadového materiálu a v konečnom dôsledku revitalizovať aj ropnými látkami znehodnotenú substráty. Pri oboch postupoch sme využili saprotrofné drevné huby *Hypholoma capnoides*, *Trametes versicolor* a *Pleurotus ostreatus*. Cieľom aktuálneho príspevku je prezentovať prvotné výsledky a praktické skúsenosti pri realizácii mykoobnovy v podmienkach praktického lesného hospodárenia v území Národného parku Malá Fatra, LC Varín v lokalite Vrátna dolina na pozemkoch súkromného obhospodarovateľa lesov MEERKS, a.s. Košice.

Kľúčové slová: mykoobnova, mykolesníctvo, mykofiltrácia

1. ÚVOD

Lesný porast počas svojho vývoja prechádza vývojom, počas ktorého sa mení po kvalitatívnej aj kvantitatívnej stránke. Na základe meniacich sa podmienok prostredia niektoré jeho zložky prosperujú - teda rastú, zväčšujú sa, produkujú veľké množstvá kvalitného reprodukčného materiálu. Niektoré jeho časti však zaostávajú v raste, ich reprodukčný materiál sa v danom priestore nedokáže presadiť, sú z priestoru vytlačané a hynú. Takto možno trochu aplikovať výrok Charlesa Darwina, podľa ktorého v prírode prežívajú druhy, ktoré sa vedia najlepšie prispôsobiť (DARWIN, 2006).

Lesný hospodár sa spravidla snaží zosúladiť prírodné podmienky s požiadavkami človeka a spoločnosti tak, aby zabezpečil stabilný, kvalitný lesný porast. Aplikáciou vhodných výchovných, ochranných či obnovných opatrení chce eliminovať negatívne dopady prírodných a antropogénnych činiteľov na les.

Lesný hospodár však musí rešpektovať všetky zložky, ktoré tvoria les a všetky faktory, ktoré naň pozitívne aj negatívne pôsobia. Les je tvorený zo živých aj neživých zložiek. Od minerálneho podložia, cez vodu a pôdu a obrovské množstvo mikroorganizmov a odumretej organickej hmoty v nej, až po všetky rastliny, živočíchy či huby, ktoré môžeme pozorovať, poznávať a niekedy aj využívať pre naše potreby.

Zdravotný stav a stabilitu lesov na Slovensku ovplyvňuje množstvo biotických či abiotických faktorov, pričom extrémnym tlakom niektorých z nich nie sú schopné odolávať ani tie zdanlivo najkvalitnejšie dreviny a lesné porasty. V posledných desaťročiach sa v lesoch Slovenska stále častejšie vyskytujú tzv. kalamity – poškodenia lesných porastov veľkého rozsahu, spôsobené najčastejšie vetrom, snehom, námrazou alebo podkôrnym hmyzom, čo je v súčasnosti najčastejšia príčina realizácie náhodných ťažieb niekoľko miliónov metrov kubických drevnej hmoty takmer každý rok.

Príroda a teda aj les, má však obrovskú vnútornú silu. Aj v tej najextrémnejšej situácii spravidla zmobilizuje aktivitu tých jej zložiek, ktoré sú schopné vykonať regeneráciu aj silno poškodeného ekosystému. Na základe bližšieho poznania jednotlivých zložiek lesa, môžeme ich identifikovať a ich schopnosti využiť v prospech lesa, prírody a v konečnom dôsledku aj v prospech človeka. Takýmito zložkami sú mnohé organizmy, medzi ktorými majú v lese výsostné postavenie huby.

2 PROBLEMATIKA

2.1 Huby

Huby majú dôležitú úlohu v kolobehu prírody. Rozlišujeme huby, ktoré sú životne dôležitými symbiotickými partnermi niektorých rastlín a drevín. Saprotrofické huby sa starajú o rozklad odumretého organického materiálu a parazitické využívajú prítomnosť hostiteľa (FLÜCK 2022).

Mykoobnova je spôsob použitia húb na úpravu a obnovu imunitného systému životného prostredia. Ak bolo prírodné prostredie narušené prírodnými katastrofami alebo ľudskou činnosťou, môžu byť huby rôznych druhov nápomocné pri zlepšení stavu takto poškodených biotopov (STAMETS 2005, PAVLÍK 2006).

Mykofiltrácia – využíva mycélium na filtrovanie mikroorganizmov a naplavenín z vody a pôdy. Mykolesníctvo – využíva huby od zalesňovania až po obnovu lesných porastov na zlepšenie ich kvalitatívnych a kvantitatívnych vlastností, použitím vhodných mykologických postupov.

V rámci mykoremediácie hubové mycélium odstraňuje toxické látky a nebezpečné odpady z pôdy (STAMETS, 2005, PAVLÍK, 2006).

Vo všeobecnosti sú huby dôležitou súčasťou a jednou z podmienok obnovy lesa. Čoraz častejšie sa vyzdvihuje ich úloha pri obnove, ochrane, vývoji a pestovaní lesa. Ich schopnosť rozkladať drevnú hmotu neznamená pre lesné hospodárstvo len škody a straty na kvantite a kvalite drevnjej hmoty, ale využitie vlastností a schopností húb môže byť prospešné pre stabilitu, rastové podmienky a zvýšenie výnosov z lesného hospodárstva (PAVLÍK A KOL. 2020).

Nemenej dôležité sú takzvané drevné huby, ktoré rozkladom drevnjej hmoty zabezpečujú kolobeh prírodných látok a pomáhajú pri humifikácii. K takýmto drevným hubám patria rody *Hypholoma* spp., *Pleurotus* spp. a *Trametes* spp., ktoré majú schopnosť rozkladať pnie a ich pôsobením nedochádza k narušeniu štruktúry pôdy. Takto rozložené pnie sú výborným substrátom a štartovacím médiom pre vyklíčenie semien a následný vývoj lesných porastov (PAVLÍK A KOL. 2020).

2.2 Substrát

Substrát pre rast a vývoj drevných húb tvoria pnie po ťažbe, hrubšie časti stromov, ktoré sa poškodili pri spracovaní dreva a tiež veľké množstvo zvyškov ponechaných po ťažbe v poraste (haluzina, hmota hrúbia), ako aj ďalej nespracovaný materiál po manipulácii dreva tvorený pilinami, kúskami dreva, kôrv, štiepky, zmiešaný s pôdou. Takýto substrát býva často znečistený ropnými látkami a olejmi, ktoré uniknú zo strojov a zariadení pri manipulácii dreva. Všetky spomínané možnosti substrátov sú pre obhospodarovateľa na ďalšie zhodnotenie nezaujímavé. No metódou mykolesníctva a mykofiltrácie ich vieme ďalej využiť nielen v prospech prírodného prostredia, ale aj následného finančného zhodnotenia a ďalšieho využitia.

2.3 Miesto realizácie výskumu

Prácu sme zamerali na územie Národného parku Malá Fatra, katastrálne územie obce Terchová, u obhospodarovateľa lesov MEERKS, a.s. Košice v lokalite Vrátna dolina, miestna časť Vyhnaná. Hospodársku časť lesov tvorili do roku 2017 súvisle smrekové monokultúry vo veku začatia obnovy 80 – 90 rokov, ktoré sa od nadmorskej výšky cca 800 m.n.m. menili na zmiešané lesy s drevinami buk a jedľa. Hornú hranicu lesa tvorí v nadmorskej výške okolo 1000 m. n. m. drevina buk v zmiešaní so smrekom a jedľou. Les v tejto časti má charakter ochranný s prevládajúcou pôdoochrannou funkciou. Na území Vrátnej doliny je prevládajúci tretí stupeň ochrany s tromi rezerváciami (Rozsutec, Tiesňavy, Chleb), ktoré sú zaradené do piateho stupňa ochrany.

Spomínané hospodárske lesy boli hlavne vo vyšších polohách nedostatočne výchovnými zásahmi rozpracované a tým vznikali oproti nižším polohám hustejšie skupiny. Bolo to zrejme spôsobené aj náročnosťou terénu v lokalite Vrátnej doliny kde je aj v súčasnosti minimálne množstvo lesných prístupových ciest a zväžnic. Väčšina porastov má svojím sklonom charakter lanovkových terénov, len minimum v spodnej časti je prístupná pre traktorovú technológiu a koňa.

Dňa 21.7.2014 sa Vrátnou dolinou prehnala blesková povodeň, ktorej dôsledky boli vyvolané vysokým úhrnom zrážok v lokalite Chleb, kde za krátke časové obdobie (cca jednu hodinu), spadlo približne 70 l zrážok na m², čoho dôsledkom bolo vysoké podmačanie pôdy a následný odtrh obrovskej masy pôdy, kameňov i časti lesného porastu, ktorá sa následne valila do jadra Vrátnej doliny.

12.12.2017 sa prehnal centrálnou časťou Vrátnej doliny prepádový vietor, ktorý v priebehu niekoľkých minút spôsobil značné škody prevažne v hospodárskych, smrekovými monokultúrami tvorených, porastoch. U obhospodarovateľa MEERKS, a.s. Košice predstavovala vzniknutá náhodná ťažba približne 33 tis. m³. Väčšinu tejto kalamity sa podarilo spracovať do apríla nasledujúceho roka. Situácia sa následne začala zhoršovať nástupom po sebe idúcich teplých jarných mesiacov marec, apríl, máj a letných mesiacov s minimom zrážok čo spôsobilo masívne rozmnoženie podkôrneho hmyzu v tejto lokalite. Napriek všetkým snahám sa smrečiny, ktoré tvorili hospodárske lesy, nepodarilo zachrániť.

Vzhľadom už k spomínanej náročnosti terénu Vrátnej doliny sa zvyšky po ťažbe len uhladzovali do pásov, prípadne na kopy a ďalej už neboli spracované. Vzniknuté holiny boli následne zalesnené v zmysle obnovného zastúpenia predpísaného v programe starostlivosti o les drevinami buk, smrek, jedľa.

Práve v takto zasiahnutých porastoch po kalamitách, s veľkým množstvom nespracovaných zvyškov po ťažbe a následnom zalesňovaní, by sme chceli využiť mykoobnovu ako nástroj prírode blízkych spôsobov rozkladu drevných zvyškov a obohatenie pôd mykórizou, z ktorej bude mať prospech budúci porast. Tieto plochy sú ochudobňované o potrebné živiny a látky, ktoré sú potrebné pri zakladaní a odrastaní budúceho lesa. Práve využitím vhodných druhov húb a ich aplikáciu do pňov vzniknutých po ťažbe vieme urýchliť rozklad takejto drevnnej hmoty a obohatiť pôdu o látky prospešné nielen pre rastliny ale aj pôdne organizmy žijúce v symbióze. Podobným spôsobom sa dá zužitkovať všetka drevná hmota a zvyšky po ťažbe, ktoré ostávajú nevyužitú a ďalej finančne nevhodnotené. No s pomocou húb vieme tieto zvyšky po ťažbe a nespracovanú drevnú hmotu jednoducho, efektívne a hlavne finančne nenáročne využiť v prvom rade v prospech samotnej prírody a prírodného prostredia a v neposlednom rade v prospech obhospodarovateľa lesa.

Cieľom našej práce je zužitkovanie drevnnej hmoty (zvyškov po ťažbe), ktorá ostáva nevyužitá hlavne v ťažko dostupných terénoch.

3. MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

3.1 Huby a ich vlastnosti:

Z veľkého množstva druhov tzv. drevných húb bolo potrebné vybrať tie, ktoré sú ekologicky primerané rastovým podmienkam na lokalite Vrátna dolina (- klimatické podmienky, druh dreveny) a zároveň spĺňajú aj ďalšie, praktické parametre. K týmto patrí najmä podmienka, že by to mali byť huby saprotrofné, ktoré svojou prítomnosťou a aktivitou nepredstavujú potenciálne lesohospodárske riziko, ako je to v prípade

najmä parazitických druhov. Mali by to byť druhy, ktorých rast si nevyžaduje špeciálne podmienky a s tým spojené vysoké náklady. Tiež by to mali byť huby, ktoré sú jedlé, prípadne obsahujú významné biologicky aktívne látky, ktoré je možné využiť napr. pre posilňovanie imunity ľudského organizmu, či dokonca pre účely liečby rôznych chorôb. Huby, ktoré chceme použiť, musíme poznať a rešpektovať ich schopnosti a vlastnosti, pretože tieto sú vyšpecifikované počas miliónov rokov ich vývoja.

Na základe spomenutých okolností a skúseností z predchádzajúcich výskumov sme vybrali druhy hľiva ustricovitá *Pleurotu ostreatus* (Jacq.) P.Kumm., trúdnikovec pestrý *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, a strapcovka maková *Hypholoma capnoides* (Fr.) P.Kumm.

Hľiva ustricovitá *Pleurotus ostreatus* je lignivorná huba, žije saprotrofickým spôsobom na listnatých drevinách. Vytvára mušľovité, jazykovité alebo lopatovité klobúky sivej, popolavej, sivohnedej či tmavoľalovej farby často spojené do veľkých trsov najmä od septembra až do decembra. Na celom svete sa využívajú protirakovinové, antivírusové, antibiotické a protizápalové účinky hľivy. Je to jedna z najviac pestovaných húb na svete, pričom je schopná rásť nielen na mnohých druhoch drevín, ale aj na najrôznejších zvyškoch po spracovaní poľnohospodárskych plodín. Jej praktické využívanie sa v posledných rokoch stále viac zameriava aj na rôzne oblasti tzv. mykoobnovy prostredia – na cielenú dekompozíciu drevných aj rastlinných odpadov, zvyškov z výroby najmä v potravinárskom, textilnom či chemickom priemysle, pri rozklade toxických látok či viazaní ťažkých kovov z prostredia.

Trúdnikovec pestrý *Trametes versicolor* je saprotrofná lignivorná huba, vyskytujúca sa úplne bežne v našich najmä listnatých porastoch, no je schopná rásť aj na smreku. Klobúk je vejárovitého tvaru, 10 – 60 mm široký, bokom prirastený k substrátu. Charakteristické je striedanie farebných pruhov na vrchu plodnice, ukončené vždy bielym posledným pásom. Celková farba býva veľmi rozmanitá od hnedastej, zelenkavej až po modrasté odtiene. *T. versicolor* je jednou z najviac skúmaných húb vzhľadom na jej liečivé účinky. Veľmi zaujímavé výsledky sú tiež spojené s možnosťami využitia tejto huby v rámci mykoobnovy, najmä v procese remediácie – odstraňovania toxických látok z prostredia.

Strapcovka maková *Hypholoma capnoides* je saprotrofná huba, rastie takmer po celý rok, ale najviac na jeseň na pňoch ihličnatých stromov, v malých alebo v bohatých trsoch. Klobúk má v priemere najviac 60 mm, najprv je zvoncovito klenutý, neskôr plocho klenutý, suchý, hladký, holý, trocha lesklý, za mladi okrovooranžový, potom bledookrový, na temene vždy tmavší. Lupene sú dosť husté, tenké, najprv belavé; neskôr makovo sivomodré, napokon hnedé s fialovým odtieňom. Jej význam spočíva najmä v tom, že je to jedna z mála jedlých saprotrofných húb rastúcich na dreve ihličnanov, ktorej pestovanie je možné, avšak stále málo preskúmané.

3.2 Substrát:

Výskumné plochy sú situované v miestnej časti Vyhnaná. Využívaná drevná hmota je výhradne z miestnych zdrojov, výber druhov drevín, ako aj rôzne veľkostné a kvalitatívne parametre dendromasy, je zvolený podľa prevádzkových lesohospodárskych

podmienok. Základ využívanej dendromasy tvoria dreviny smrek obyčajný *Picea abies* L. a jaseň štíhly *Fraxinus excelsior* L. Spracovávanú dendromasu možno zatriediť do 3 kategórií podľa kvalitatívnych a veľkostných parametrov.

Pne dreviny smrek obyčajný, ktoré zostali v lesnom poraste po náhodnej ťažbe v zimnom období. Pôvodné smrekové sucháre boli výsledkom pôsobenia podkôrneho hmyzu, pne však zatiaľ nejavili príznaky napadnutia a rozkladu činnosťou drevných húb. Výška pňov bola približne 20 cm a priemer od 40 do 70 cm.

Klátiky z dreviny jaseň štíhly predstavovali veľkú frakciu „hrúbie“ a boli pripravené z poškodených a menej kvalitných častí kmeňov a z manipulačných zvyškov pri sortimentácii dreva. Drevná hmota bola pripravená najmä v zimnom a predjarnom období, 1 až 3 mesiace pred spracovaním na demonštračnej ploche. Dĺžka klátikov bola od 30 do 50 cm, priemer od 20 do 45 cm.

Drevnú zmes tvoria zvyšky po manipulácii a prvotnom spracovaní drevnej hmoty spravidla na manipulačno-expedičnom sklade. Väčšie aj menšie kusy dreva, spolu s vysokým podielom najmä smrekovej kôry a významným podielom pôdy i kameniva spolu vytvárajú zmes, ktorá sa hromadí vo veľkých množstvách na miestach, kde predstavujú stále zväčšujúcu sa prekážku v práci. Ich odstraňovanie z pracovísk je nákladné a tento materiál môže byť aj určitou ekologickou záťažou na mieste jeho uloženia.

3.3 Inokulácia, monitorovanie a vyhodnocovanie:

Základom pre praktickú realizáciu výskumu bola príprava priestoru pre výskumné plochy, dostatočného množstva substrátu a hubového inokula – tzv. očkovacej látky. Vhodné priestorové podmienky a substrát v primeranom množstve a kvalite zabezpečil odborný personál obhospodarovateľa lesov (MEERKS, a.s. Košice). Príprava hubového inokula bola zabezpečovaná v laboratóriu Technickej univerzity vo Zvolene. Bolo potrebné pripraviť značné množstvo materiálu – rôznych druhov húb, viacerých produkčných kmeňov, na rôznych nosičoch. A to všetko na relatívne presne určený termín – koniec mája. Tento termín je dôležité dodržať vzhľadom na potrebu zabezpečenia optimálnych podmienok pre prerastanie húb substrátom.

V ďalšom období bolo potrebné zabezpečiť starostlivosť o demonštračné plochy – ich ochranu, prípadné tienenie, zavlažovanie, či vyžínanie, kontrolu prerastania substrátov. Koncom septembra toho istého roku bolo potrebné klátiky po úspešnom prerastaní hubou premiestniť na produkčnú plochu – stabilizovať ich do hĺbky približne 15 cm, označiť a odmerať každý klátik. Následne monitorovať stav klátikov, registrovať tvorbu plodníc a zaznamenávať ich množstvo pre účely celkového zhodnotenia efektívnosti pestovania húb. V letnom období je potrebné klátiky chrániť pred vysušajúcim slnečným žiarením inštaláciou tieniacich textílií.

Taktiež sa priebežne vykonáva kontrola prerastania na ďalších demonštračných plochách – pne v lesnom poraste a záhony s drevnou zmesou.

Rast húb, prerastanie substrátu a tvorba plodníc húb vo veľkej miere závisí od klimatických podmienok, výskytu a aktivity rôznych biotických činiteľov (- napr. slimáky, slizniaky, hlodavce, mravce), ako aj od samotnej kvality drevnej hmoty a individuálnej

aktivity inokulovanej huby. Celý proces prerastania, tvorby plodníc a dekompozície dendromasy v prírodných podmienkach môže trvať od niekoľkých mesiacov až do niekoľkých rokov a miera vlastnej aktivity huby nemá priamu súvislosť s tvorbou plodníc.

4. VÝSLEDKY

Huby boli do substrátov aplikované na rôznych nosičoch. Nosičom je rastlinný substrát, ktorý je po sterilizácii dobre prerastaný čistou kultúrou huby. Je energeticky hodnotný a v čase inokulácie do substrátu, ktorý má huba prerastať a vytvárať plodnice, je základom pre zabezpečovanie života huby a jej požadovanú agresivitu.

Na inokuláciu **smrekových pňov** bola použitá huba trúdnikovec pestrý a strapcovka maková na obilninovom nosiči. Motorovou pilou sme v priečnom smere vykonali podľa priemeru pňa 3 až 5 zárezov a pomocou aplikátora sme vtláčili inokulum do zárezov. Následne sme všetky zárezy natreli ochranným latexovým náterom, aby sme ochránili inokulum pred mravcami a hlodavcami. Takýmto spôsobom sme inokulovali 12 pňov dreviny smrek, s následným popisom a očíslovaním každého pňa. Vplyvom intenzívneho dažďa v priebehu dňa došlo k zmytiu ochranného náteru. Po zlepšení počasia sme museli opätovne aplikovať ochranný náter. Zárezy naplnené obilninovým nosičom boli pretreté ochranným náterom latexovou univerzálnou farbou, aby bola huba aspoň mesiac chránená pred útokom mravcov a slimákov, ktoré obilie zo zárezov rady vyberajú. Latex neobsahuje fungicídne látky, je vodou riediteľný a asi mesiac po natretí prirodzene opadáva, no v tom čase je už huba v dreve dostatočne prerastená. Podľa okulárneho hodnotenia bola inokulácia úspešná a huba teda prerastá drevnú hmotu pňov.

Jaseňové klátky (32 kusov) boli 10.6.2024 inokulované hlivou ustricovitou na obilninovom nosiči. Klátky majú dĺžku 40 až 45 cm a priemer 16 až 30 cm. V pozdĺžnom smere sme do nich urobili motorovou pilou pri hrubších klátkoch štyri zárezy a pri klátkoch s menším priemerom tri zárezy. Do týchto zárezov sme pomocou aplikátora na inokuláciu drevných húb inokulovali hubu *Pleurotus ostreatus* na obilnom nosiči. Aj v tomto prípade sme použili ochranný latexový náter. Celkovo sme na očkovanie týchto klátkov použili 6200g inokula na obilnom nosiči. Takto naočkované klátky sme následne zabalili do priesvitných plastových vriec a uložili na zatienené miesto pod materských lesným porastom a prikryli ich smrekovými konármi. Pravidelne sme monitorovali stav prerastania klátkov mycéliom. Dňa 9.10.2024 sme konštatovali, že mycélium je už dostatočne prerastené a klátky sme vybrali z plastových vriec a umiestnili na pripravenú plochu. Pre zachovanie dostatočnej vlhkosti v klátku sme každý zakopali do hĺbky cca 15 cm na polotiennom mieste. Na základe okulárneho zhodnotenia je stupeň prerastania hubového mycélia primeraný a dostatočný.

Na viacerých klátkoch sa už v októbri objavili plodnice hlivy ustricovitej. Vzhľadom na vývoj klimatickej situácie sa intenzita rastu huby a tvorba plodníc výrazne mení. Ak sa teploty vzduchu v noci pohybujú pod bodom mrazu a denné teploty dosahujú maximálne 6-7 °C, je rast plodníc výrazne spomalený. Napriek tomu plodnice rastú a predpokladá sa, že sa budú tvoriť až kým teplota neklesne pri denných teplotách pod 2-3 °C. Na základe

skúseností a údajov z odbornej literatúry je možné predpokladať, že hlavná „produkčná vlna“ tvorby plodníc nastane v 2.-3. roku po inokulácii. Aktuálny stav prerastenia a fruktifikácie je pre to veľmi dobrým základom. V aktuálnom prípade veľmi nízke teploty vzduchu koncom jesene, ako aj vysoké teploty a sucho koncom jari a začiatkom leta výrazne obmedzili rýchlosť rastu mycélia aj tvorby plodníc.

Drevná zmes predstavuje substrát, ktorého prerastanie a dekompozícia drevnými hubami je najproblematickejšia. Pri použití vhodného druhu huby, na dostatočne energeticky silnom nosiči, s použitím prídavku relatívne čistej dendromasy v podobe pilín a štiepok je však možné dosiahnuť rast a dekompozičnú aktivitu huby aj v takmer toxickom prostredí. V našom prípade sme použili silné dávky hlivy ustricovitej prerastené na nosiči z pšeničných zŕn a granulovanej pšeničnej slamy. Príprava substrátu na mykofiltráciu spočívala v jeho navrhnutí do tvaru záhonu s rozmermi: dĺžka 10 m, šírka 2 m, a výška 1 m. Z rôznych častí záhonu sme odobrali vzorku substrátu v celkovom množstve 6825g, ktorú sme podrobne kvalitatívne vyhodnotili. Z tohto množstva kamene tvorili 637g, väčšie a menšie kusy dreva a organický materiál 699g, piliny a hlina 5489g. Vzorku substrátu vo vysušenom stave sme dali na analýzu prítomnosti chemických prvkov do laboratórií Národného lesníckeho centra vo Zvolene.

Na ploche políčka sme vyhlbili 9 jám o rozmeroch 50 x 50 cm, s hĺbkou 40 cm. Dno jám sme vystlali podstielkou z rezanej slamy a hoblín z dreveniny buk. Pre podporu ujatosti sme každú z jám zvlhčili cca 10 litrami vody. Následne sme aplikovali *Pleurotus ostreatus* na nosiči z pšeničných zŕn a opätovne prikryli rezanou slamou a bukovými hoblinami. Nakoniec sme jamu zakryli substrátom. V 4. a 5. jame sme použili očkovaciu látku *Pleurotus ostreatus* na Granofyte, čo sú peletky vyľisované zo pšeničnej slamy. Dňa 11.6.2024 sme políčko prikryli plastovou fóliou, aby sme povrch chránili pred vysušujúcim vetrom a priamym slnečným žiarením. 10.7.2024 sme políčko odkryli.

Práve táto časť Projektu je z hľadiska praktických potrieb prevádzky LS veľmi dôležitá. Najmä v blízkosti manipulačno-expedičného skladu sa hromadí veľké množstvo materiálu, ktorý je vedľajším produktom spracovania veľkého množstva najmä smrekovej drevnej hmoty. Úspešné prerastanie je spojené aj rastom plodníc hlivy ustricovitej. Na základe vyhodnocovania prvotných výsledkov boli aj plodnice podrobené chemickej analýze v Národnom lesníckom centre vo Zvolene, pričom bol potvrdený zvýšený obsah najmä ťažkých kovov v substráte a taktiež v plodniciach hlivy (Tabuľka 1). Boli prekročené limitné hygienické hodnoty obsahu zinku, medi, niklu, ale najmä arzénu, kadmia, olova aj kobaltu v substráte aj v plodniciach hlivy ustricovitej. Aj tento výsledok potvrdzuje opodstatnenosť využitia hlivy v rámci tzv. mykoremediácie, mykofiltrácie, teda jej schopnosť prerastať, detoxikovať čiže čistiť substrát, alebo pôdu.

Tabuľka 1: Výsledky chemických analýz vzoriek substrátu a plodníc hľivy ustricovitej (MAČOROVÁ, 2025)

Table 1: Results of chemical analyses of samples of substrate and fruiting bodies of oyster mushroom (MAČOROVÁ, 2025)

vyhodnotenie	sušina	C	N	S	P	Ca	Mg	K	Na	Mn	Zn
	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
vzorka											
plodnica	93,46	43,3	5,81	0,283	10793	195	2013	38416	144	19,1	75,9
substrát	94,88	23,3	0,549	0,047	563	64718	9844	5509	183	400	90,1
vyhodnotenie	Al	Fe	B	Cu	Cr	Cd	Pb	As	Ni	Co	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
vzorka											
plodnica	33,4	163	4,21	7,95	2,27	0,401	1,15	2,17	1,98	0,305	
substrát	12289	13066	146	11	6,46	0,231	6,03	2,21	7,13	1,81	

Výsvetlenie (Explanation): vyhodnotenie (evaluation), vzorka (sample), plodnica (fruiting body), substrát (substrate)

Aktuálne zistené poznatky nemôžeme zatiaľ relevantne vyhodnotiť, pretože sme ešte len v prvom roku výskumu. Ukazovateľom úspešnej inokulácie pri všetkých troch skúmaných objektoch je rast plodníc, pozorovanie rozkladu drevej hmoty a čistenie pôdy od nebezpečných chemických látok. Našou snahou bude postupná inokulácia ďalších substrátov s využitím odlišných spôsobov inokulácie na iných druhoch drevín a substrátoch, na ktorých spomínané metódy ešte neboli použité, s možným využitím ďalších druhov drevných húb. Dôležité je správne si naplánovať termín realizácie z hľadiska predpovede počasia, aby sa z dôvodu časovej náročnosti ako aj opakovaním postupov nezvyšovali finančné náklady.

5. DISKUSIA

Huby sú veľmi dôležité zložky prírody. Prítomnosť húb v lesnom hospodárstve sa často vníma negatívne, pretože sú príčinou znehodnocovania, či oslabovania drevín a výrobkov z nich. Huby sú však veľmi dôležitým ukazovateľom zdravotného stavu lesa. Či už máme poškodenie lesa zapríčinené abiotickými alebo biotickými činiteľmi zmení sa nám aj druhové zastúpenie húb (PAVLÍK, 2016).

V odbornej literatúre je spomenutých viacero druhov saprotrofných húb, ktoré sa pestujú či už z dôvodu kulinárskeho, liečivých účinkov alebo ako prirodzené rozkladače mŕtveho dreva. My sme si zvolili práve hľivu ustricovitú, trúdnikovec pestrý a strapcovku makovú, lebo sa prirodzene vyskytujú v našich lesoch a tým sme nenarušili biodiverzitu. Huby sa využívajú aj na odstraňovanie pesticídov a iných toxických látok najmä z pôdy v rôznych krajinách (YADAV, REDDY, 1993; MOUGIN ET AL., 1994).

Hľiva ustricovitá spravidla neinfikuje poškodené živé stromy, čo potvrdzuje štúdia zrealizovaného výskumu na Lesníckej fakulte vo Zvolene v 70. rokoch 20. storočia

(KODRÍK, 1976, 1979). Toto tvrdenie možno brať s rezervou, pretože v porastoch sú viditeľné aj dospelé stromy, v našich podmienkach najmä buky, ktoré sú živé, ale rastú na nich plodnice hľivy ustricovitej. V takýchto prípadoch sa jedná najmä o stromy fyziologicky oslabené z dôvodu veľmi vysokého veku (tzv. prestarnuté stromy). Určité časti kmeňa, územkov, či hrubšie konáre sú už odumreté, suché a takéto substrát hľiva ustricovitá niekedy infikuje, prerastá a vytvára tam aj plodnice.

Pre realizáciu nášho výskumu sme zvolili najlacnejší, najjednoduchší a najefektívnejší spôsob, ktorý je na základe doterajších výskumov a výsledkov overený a jeho účinnosť bola viackrát potvrdená (napr. STAMETS, 2005; SINGH, 2006; PIŠKUR ET AL., 2007; PAVLÍK, 2013).

Aj napriek jednoduchosti sa pestovanie hľivy na klátikoch nevyužíva tak často z dôvodu nízkeho výnosu (GREGORI ET AL., 2007). Toto tvrdenie nemusí byť úplne správne, pretože v niektorých odborných prácach sú prezentované výsledky, ktoré po porovnaní celkových nákladov a potenciálneho príjmu za predaj plodníc hľivy ustricovitej dokazujú, že tento spôsob pestovania hľivy môže byť aj ekonomicky zaujímavý, ziskový počas odhadovanej doby prerastania bukových a osikových klátiakov za obdobie 5 rokov (HRAŠKO A KOL., 2014; PAVLÍK, HALAJ, 2019). Serióznym hodnotením produkcie plodníc na našich výskumných plochách by sme aj v tomto smere chceli získať výsledky, ktoré by tieto predpokladané výsledky mohli potvrdiť. Aktuálny stav prerastania a fruktifikácie je pre to veľmi dobrým základom. Na základe výsledkov výskumu realizovaného s porovnateľným materiálom (HRAŠKO ET AL. 2014; PAVLÍK, HALAJ 2019) možno konštatovať, že prvý a piaty rok produkcie plodníc sú z hľadiska celkového vyprodukovaného množstva najslabšie keď na viacerých klátiakoch sa plodnice vôbec nevyskytli. V konečnom dôsledku sa však počas spomínaných výskumov plodnice vyskytli na všetkých klátiakoch a priemerná produkcia bola na buku viac ako 8,8 kg pri biologickej efektívnosti 29,05% a na osike viac ako 3,5 kg pri biologickej efektívnosti 21,7%.

Vhodný spôsob využitia húb na ciele rozklad nekvalitnej, no nutrične dôležitej dendromasy, teda realizácie mykoobnovy, môže byť spojený nielen s ekologickým, ale aj ekonomickým prínosom, ako je to prezentované v prácach HRAŠKO A KOL. (2014,2017) a PAVLÍKA HALAJ(2019). Ekonomické analýzy v týchto publikáciách dokazujú, že aj produkcia zdraviu prospešných produktov – jedlých a liečivých húb, na prakticky odpadovom substráte, môže byť aj napriek určitým nákladom najmä v počiatočnej fáze realizácie, ziskovým projektom. Tento pozitívny ekonomický aspekt však nie je prvoradým cieľom projektu. Naším cieľom je dokázať, že máme záujem o trvalo udržateľné hospodárenie, ktoré je naozaj prírode blízke.

Naše výsledky potvrdili prítomnosť ťažkých kovov nielen v substráte, ale aj vo vzorke plodníc odobratých z políčka. Pozitívne môžeme hodnotiť skutočnosť, že mycélium hľivy ustricovitej je schopné rozkladať alebo viazať toxické látky v pôde a vytvárať veľké množstvo plodníc. Tieto sú, vzhľadom na zvýšený obsah viacerých ťažkých kovov, nevhodné na konzumáciu, avšak ich zberom sa znižuje koncentrácia týchto prvkov v substráte. Prírodnou aktivitou týchto húb sa pôda obohacuje o živiny a stáva sa vhodnejším substrátom pre život mikroorganizmov, rastlín a rast lesných drevín.

7. ZÁVER

Vzhľadom na krátkosť času od začiatku výskumu máme len prvotné výsledky chemického rozboru substrátu zo záhonu s drevnou zmesou a na ňom vyrastených plodníc a poznatky o praktickej realizácii prípravy inokula, nosiča, substrátu a jeho inokulácii. Taktiež prvotné skúsenosti s aplikáciou rôznych spôsobov kontroly a ochrany výskumných objektov. Poznatky o vplyve teploty a vlhkosti na rýchlosť a intenzitu prerastania huby a na tvorbu plodníc sú veľmi dôležité z hľadiska ďalšieho menežovania a monitorovania výskumu v tejto oblasti.

S príchodom teplejšieho počasia očakávame aktiváciu mycélia na zaočkovaných klátikoch a následné vyrastanie plodníc, ktoré sa v súčasnosti už objavili. Tu je pre náš výskum špecifický druh dreviny jaseň štíhly, pri ktorom máme ešte malé poznatky ohľadom prerastania, ujatosti a následného rastu plodníc.

Inokuláciou saprotrofickej huby *Pleurotus ostreatus* (hliva ustricovitá) je naším cieľom zlepšiť chemické zloženie kontaminovaného substrátu a mykofiltráciou dosiahnuť revitalizáciu uvedeného substrátu.

Pri pňoch, ktoré v porastoch zostávajú po ťažbe, chceme urýchliť rozklad a podporiť následne zalesnený porast rýchlejším prísunom živín po rozklade dreva hubami. V ďalšom období budeme pokračovať v inokulácii drevnej hmoty. Sledovaním tvorby plodníc na klátikoch a ich priebežným vážením, budeme vyhodnocovať v konečnom dôsledku biologickú efektívnosť, teda pomer hmotnosti vyprodukovaných plodníc ku hmotnosti sušiny drevnej hmoty. Táto hodnota bude zaujímavým ukazovateľom ekonomickej efektívnosti využitia odpadovej drevnej hmoty, čo bude tiež dôležitým výsledkom nášho výskumu.

Naším cieľom je dokázať, že aj v jednoduchých, prirodzených, prevádzkových podmienkach lesného hospodárstva je možné prírode blízkym spôsobom spracovať zvyšky drevnej hmoty tak, že to bude mať ekologický, ekonomický aj vzdelávací prínos.

Drevné huby, ako prirodzená a nenahraditeľná zložka ekosystému, dokážu rozložiť v našom prípade dendromasu tak, že v procese mineralizácie obohatia lesnú pôdu o živiny, ktoré sú základom tvorby stabilných a kvalitných lesných porastov. Tento pozitívny ekologický aspekt nášho projektu je nepopierateľný, hoci jeho ekonomické zhodnotenie je dosť problematické.

Vhodný spôsob využitia húb na cielený rozklad nekvalitnej, no nutrične dôležitej dendromasy, teda realizácie mykoobnovy, môže byť spojený nielen s ekologickým, ale aj ekonomickým prínosom. Ekonomické analýzy vo vedeckých publikáciách dokazujú, že aj produkcia zdraviu prospešných produktov – jedlých a liečivých húb, na prakticky odpadovom substráte, môže byť aj napriek určitým nákladom najmä v počiatočnej fáze realizácie, ziskovým projektom. Tento pozitívny ekonomický aspekt však nie je prvoradým cieľom projektu. Prezentáciou možností praktického využitia húb v prospech prírody a človeka ukazuje lesný hospodár, že má záujem o trvalo udržateľné hospodárenie, ktoré je naozaj prírode blízke.

Realizácia nášho projektu je spojená s výskumom aktivity rôznych druhov a produkčných kmeňov húb, testovaním možností využitia rôznych drevných substrátov,

ako aj edukáciou v rámci lesnej pedagogiky. Aj prostredníctvom lesnej pedagogiky dávame možnosť deťom lepšie pochopiť kolobeh živín v prírode, bližšie sa zoznámiť s hubami a ich významom pre prírodu a človeka.

8. POUŽITÁ LITERATÚRA

- DARWIN, CH., 2006: The Origin of Species. London, John Murray, Albemarle Street, 1859; I.slovenské vydanie, Ed.: Ad fontes, Kaligram, 2006; 542ss. ISBN 80-7149-745-2
- FLÜCK, M. 2022: Atlas húb: Určovanie, zber, spracovanie. Vydavateľstvo IKAR, a.s. – Príroda, Bratislava, 2022, 416s. ISBN 9788055184678
- GREGORI, A., ŠVAGELJ, M., POHLEVEN, J. 2007: Cultivation Techniques and Medicinal Properties of *Pleurotus* spp. Food Technology and Biotechnology 45 (3):236 – 247
- HRAŠKO, M., PAVLÍK, M., HALAJ, D., 2014: Profitability assessment of the oyster mushroom cultivation on chosen wood species in conditions of the forestry practice. In: GeoConference on water resources. Forest, marine and ocean ecosystems: conference proceedings. Sofia: STEF92 Technology: 427–434.
- HRAŠKO, M., MITTER, P., KOHÚT, V., 2017: Testing of the wood-destroying fungi utilization at the urban forests in Krupina. In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, vol. 17, no. 32: 957-964.
- KODRÍK, J. 1976: Niektoré predbežné výsledky v pestovaní huby *Pleurotus ostreatus* na bukovom rúbanisku. In: Zborník prednášok z Technologických seminárov o hubách. SVTS – Dom techniky, Košice, 1976; 107 – 113.
- KODRÍK, J.: 1979: Predbežné poznatky s pestovaním hlívy ustricovitej *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) Kumm. na bukových pňoch v lesnom poraste. In: Acta Facultatis 1979; XXI:117 – 126
- MAČOROVÁ, I., 2025: Biodegradácia odpadovej dendromasy činnosťou drevných húb. Bakalárska práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. Lesnícka fakulta, 2025. 35 s.
- MOUGIN, C., LAUGERO, C., ASTHER, M., DUBROCA, J., FRASSE, P., ASTHER, M. 1994: Biotransformation of the herbicide atrazine by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*. Appl. Environ. microbiol. 1994;60: 705 – 708.
- PAVLÍK, M. 2006: Pestovanie a využitie húb. Technická univerzita vo Zvolene, 2006, 76 s. ISBN 80-228-1704-X
- PAVLÍK, M. 2013: Možnosti využitia schopností a vlastností vybraných druhov drevokazných húb. Technická univerzita vo Zvolene, 2013, 98 s. ISBN 978-80-228-2583-2
- PAVLÍK, M. 2016: Odumieranie lesov a realizácia protipatrení. Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, 2016, 140 s. ISBN 9788022829168
- PAVLÍK, M., HALAJ, D., 2019: Production and investment evaluation of oyster mushroom cultivation on the waste dendromass: a case study on aspen wood in Slovakia. In: Scandinavian journal of forest research. 2019. zv. 34: 313–318.
- PAVLÍK, M., GOLIÁN, M., PAVLÍKOVÁ, A., HLAVÁČ, P., KUNCA, V. 2020: Praktická mykológia. Vo Zvolene: Technická univerzita, Lesnícka fakulta, 2020, 317s. ISBN 9788022832311
- PIŠKUR, B., JURC, D., ROBEK, R., KRAIGHER, H., POHLEVEN, F. 2007: The mycoremediation of the degraded surfaces by *Pleurotus ostreatus* *brevispora*. In: International Journal of Medicinal Mushrooms, 2007; V9, No. 3-4:257.
- PECIAR, V., JANČOVIČOVÁ, S. 2021: Veľká kniha rastlín, hornín, minerálov a skamenelín. Vydavateľstvo IKAR, a.s. – Príroda, Bratislava v roku 2021, 388 s. ISBN 9788055168821
- SINGH, H. 2006: Mycoremediation: fungal bioremediation. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2006, 592 s.
- STAMETS, P. 2005: Mycelium Running: How Mushrooms Can Help Save the World. Berkeley, Calif., Ten Speed Press. 2005, 356 s. ISBN 9781580085793
- YADAV, J.S., REDDY, C., A. 1993: Mineralization of 2,4 – dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and mixtures of 2,4-D and 2,4,5 – trichlorophenoxyacetic acid by *Phanerochaete chrysosporium*. Appl. Environ. Microbiol. 1993;59:2904-2908.

PodĎakovanie

Práca vznikla v rámci realizácie projektu VEGA 1/0575/25 Revitalizácia skládky popola využitím myko- a fytoobnovy.

Adresa autorov:

Bc. Irena Mačorová, Doc. Ing. Martin Pavlík, PhD.
Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, Lesnícka fakulta , Technická univerzita vo Zvolene
T.G.Masaryka 24
SK-960 01 Zvolen
xmacorova@is.tuzvo.sk, pavlik@tuzvo.sk

Summary

Realization of mycorestoration in forest stand

Forest management, cultivation and restoration activities, as well as the ever-increasing volume of incidental logging, generate a significant amount of logging residues, which remain unprocessed, especially in less accessible areas, and pose a problem in terms of forest protection and restoration. A similar situation exists in forest and timber warehouses, where large quantities of bark, wood residues, and material accumulate without the possibility of recovery and further use. These are often contaminated with petroleum substances from mechanization equipment and pose a significant problem for both operations and nature.

Fungi are a natural and irreplaceable part of forest stands and can also be an important assistant to forest managers. It is precisely through so-called mycoremediation that we want to recycle the residues left over after the harvesting and processing of wood. We want to use the stumps that remain in the forest and, through mycoremediation, not only accelerate their decomposition, but also enrich the soil with nutrients that will be beneficial for the development of subsequent growth. By using mycofiltration, we want to achieve a natural processing of soil-wood waste material and ultimately revitalize substrates degraded by petroleum substances. In both processes, we used the saprotrophic wood fungi *Hypholoma capnoides*, *Trametes versicolor*, and *Pleurotus ostreatus*. The aim of this paper is to present the initial results and practical experience gained during the implementation of mycoremediation in the conditions of practical forest management in the Malá Fatra National Park, LC Varín in the Vrátna valley area on land owned by the private forest manager MEERKS, a.s. Košice

MODELOVANIE POTENCIÁLNEHO ZAPLAVENIA V POVODIACH SKALNATÉHO A STUDENÉHO POTOKA PRI ZMENÁCH KRAJINNEJ POKRÝVKY

Ján KREMPASKÝ^{1,2}, Veronika LUKASOVÁ¹

¹ Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, Bratislava 840 05,
xkrepaskyj@is.tuzvo.sk

² Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene, Ul. T. G. Masaryka 24,
960 01 Zvolen

KREMPASKÝ, J., LUKASOVÁ, V.: Modelling potential inundation in the catchments of the Skalná and Studený creek under land-cover changes. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

ABSTRACT

Floods are among the most significant natural disasters, whose intensity and frequency are being modified by climate change. The risk of flooding is even higher in mountainous regions due to the orographic formation of precipitation. This has been reflected in several flood events in the High Tatras during the last two centuries. The main aim of this paper is to assess the response of catchments of the Studený Creek and Skalná Creek to surface runoff under changed land cover conditions before and after the windstorm Elizabeth in 2004, based on observed precipitation data. To achieve this aim, the SIMWE model was applied. The results of the study demonstrate the influence of forest cover extent and composition on changes in the size and spatial distribution of potential inundation extents in the study area. The paper is intended to encourage further research on floods in this foothill region, since similar studies have been lacking so far.

Key words: flood, scenario, High Tatras, rainfall, model

ÚVOD

Extrémne prejavy počasia sa týkajú celého sveta. Zatiaľ čo v Severnej Amerike boli vplyvom orografie extrémny počasia frekventované aj v minulosti, v Európe sa v súčasnosti predpokladajú najvýraznejšie dopady (ULBRICH et al. 2013). Horské pásma Severnej Ameriky sa tiahnu v smere sever-juh, čo umožňuje podstatne jednoduchší prienik či už studených arktických alebo horúcich tropických vzduchových hmôt a ich rýchle vzájomné výmeny v rámci priestoru kontinentu (LUTSKO et al. 2019; MA et al. 2020). Podľa práce STENDEL et al. (2021), klimatická zmena spôsobuje nielen vyššiu teplotu

a zvýšenú vlhkosť v atmosfére, ale aj zmenu dynamiky atmosféry a globálnej cirkulácie ovzdušia vyjadrenej napríklad intenzitou, smerom, no najmä polohou dýzového prúdenia (jet streamu), v prípade strednej Európy polárneho dýzového prúdenia (polárneho jet streamu). Dýzové prúdenie sa vyskytuje v hornej vrstve troposféry – tropopauze. Ide o úzke pásmo vetrov vanúcich od západu na východ o priemernej rýchlosti 30 m/s. Vzniká vplyvom zemskej rotácie na styku dvoch teplotne relatívne veľmi odlišných vzduchových hmôt. Podľa XU et al. (2024) ide o kvázi stacionárne prúdenie, ktoré usmerňuje pohyb vznikajúcich tlakových útvarov. V údolných častiach jet streamu dochádza k prepadu studeného vzduchu od severu vplyvom tlakových níží, vo vrcholových častiach vplyvom tlakových výší prúdi teplý vzduch od juhu. V prípade, že lokalizácia údolnej časti je udržiavaná klimatickou zmenou modifikovaným jet streamom napríklad nad Alpami, dochádza v tomto regióne k orograficky podmienenému vzniku novej tlakovej níže. Nová níž nasaje vlhkosť nad Stredozemným morom a spolu s výdatnými zrážkami v teplom vzduchu na jej prednej strane sa presunie cez strednú Európu i Slovensko. Výraznejšie prejavy zosilneného vplyvu orografie sa v Európe a na Slovensku preukazujú aj v prípade Karpát. Tie majú v prípade tlakovej výše schopnosť blokovat', resp. zmierniť či oneskoriť prílev chladného arktického vzduchu od severovýchodu až severu (XU et al. 2024). Tieto dva hlavné znaky poukazujú na výrazný vplyv orografie Európy na zosilnenie prejavov klimatickej zmeny. Orientácia pohorí v Európe v smere západ – východ pri jet streame kolmom na smer pohorí vyústi do aktivizácie orografiou podmienených meteorologicko-klimatologických procesov, ktoré potom priestorovo zasiahnu väčšie územie (XU et al. 2024).

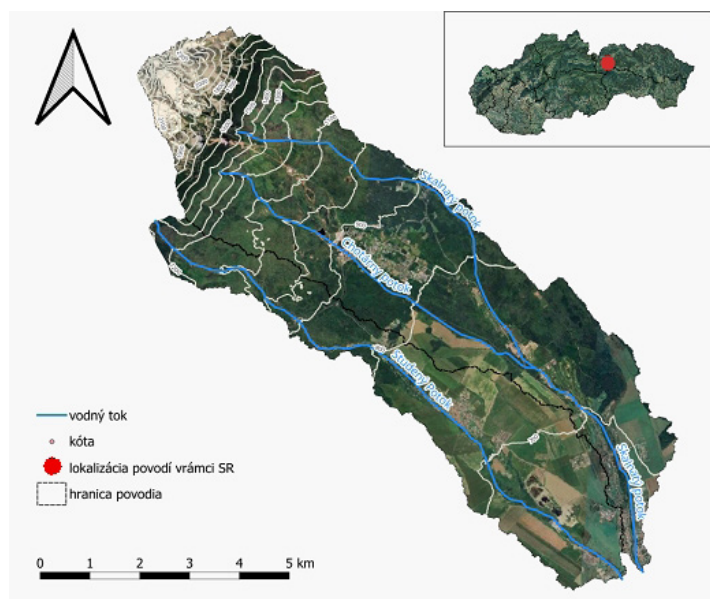
Počas teplého polroka (apríl – september) sú významným prejavom extrémnosti počasia rastúca frekvencia, intenzita a dĺžka trvania horúcich vln (LUKASOVÁ et al. 2021) často spojených s dusnom alebo suchom, ktoré sa striedajú s privalovými zrážkami padajúcimi z konvektívnych buniek, či systémov (FOWLER et al. 2021). Tie okrem škôd spôsobených inými sprievodnými javmi ako krupobitie či silný nárazový vietor) častokrát so sebou prinášajú zvýšené riziko vzniku či už bleskových povodní, alebo povodní z trvalého dažďa (ALFIERI et al. 2015; BERGHUIJS et al. 2017; BERTOLA et al. 2020). Ako efektívne protipovodňové opatrenie sa javí byť obnova lesných porastov, ktoré môžu za vhodných podmienok a v závislosti od typu a veku porastu zadržať od 15 do 40 % zrážkovej vody (CARLYLE-MOSES, GASH 2011; AHMADI et al. 2013; GRÜNICKE et al. 2020). Riziko vzniku povodní zvyšujú vysoké nadmorské výšky, strmé svahy a málo priepustné geologické podložie (BALLESTEROS-CÁNOVAS et al. 2015; BIČÁROVÁ, HOLKO 2013). Dôkazom môže byť silná búrka z 11. júla 2024, ktorá spôsobila povodeň v Monkovej doline v Belianskych Tatrách, pri ktorej vyhasli 2 ľudské životy. Búrka bola výnimočná silou i dĺžkou trvania dažďa s ňou spojenou, pri ktorej na malom území spadlo odhadom 100 mm zrážok (s možným maximom 170 mm). Okamžitá intenzita zrážok sa v čase najväčšej intenzity búrky odhaduje na 100 až 140 mm/h (TURŇA et al. 2024). Podobný charakter majú aj povodia skúmané v tejto štúdiu, ktoré sa nachádzajú v podhorskej oblasti Vysokých Tatier. Počas posledných dvoch dekád sa na Studenom a Skalnatom potoku vo Vysokých Tatrách vyskytli rozsiahlejšie povodne v rokoch 2010, 2014, 2018 a 2020. Cieľom našej práce bolo reanalyzovať vplyv úhrnu zrážok z povodne z roku 2018 pri súčasnej skladbe lesných porastov a v súčasných podmienkach krajiny

pokrývky na rozsah potenciálneho zaplavenia v sledovanom území. Náš výskum bol tiež zameraný na modelovanie máp potenciálneho zaplavenia podľa zrážok z povodne z roku 2018 v podmienkach rokov 1997 a 2007, aby sme zhodnotili vplyv výraznej zmeny štruktúry krajiny pokrývky, najmä lesných porastov, po vetrovej kalamite Alžbeta (19. novembra 2004). Výstupy modelu umožnili taktiež identifikovať najrizikovejšie oblasti pre vznik povodní v sledovanom území.

MATERIÁL A METÓDY

Opis skúmaného územia

Analyzovaným územím v tejto práci bolo povodie Skalnateho a Studeného potoka. Podľa geomorfologického členenia SR (MAZÚR, LUKNIŠ 1978) Studený a Skalnatý potok pramenia, resp. vznikajú v geomorfologickej časti Vysoké Tatry, v Západných Karpatoch. Studený potok vzniká sútokom dvoch hlavných zdrojnic – Malého Studeného potoka a Veľkého Studeného potoka. Za začiatok toku Studeného potoka sa považuje miesto vyústenia Malej Studenej doliny do Veľkej Studenej doliny v lokalite Starolesnianska poľana v nadmorskej výške 1305 m n. m. (49.16792 °N, 20.21858 °E). Podľa režimu odtoku patrí do snehovo-dažďového stredohorskému režimu odtoku. Je to významný ľavostranný prítok rieky Poprad, do ktorej ústí v nadmorskej výške 650 m n. m. (49.10685 °N, 20.35437 ° E). Jeho dĺžka je 13,18 km a plocha povodia dosahuje 17,1 km² (MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR 2021).



Obr. 1. Lokalizácia povodí Skalnateho a Studeného potoka. Zdroj: Google Satellite©, ÚGKaK SR©
Fig. 1. Localisation of Skalnatý and Studený creek catchments. Source: Google Satellite©, ÚG-KaK SR©

Skalnatý potok je vysokohorským tokom so snehovo-dažďovým režimom odtoku, na začiatku toku prechodne snehovým. Pramení na juhovýchodnej časti Lomnického štítu, pričom nadmorská výška ústia je počas roku variabilná a závislá od množstva zrážok. Pohybuje sa od 2250 do 1880 m n. m. (49.19217 °N, 20.22488 °E). Na svojom hornom toku napája Skalnaté pleso a preteká ďalej Skalnatou dolinou, pričom sa vlieva do rieky Poprad v nadmorskej výške 640 m n. m. (49.10933 °N, 20.35987 °E). Jeho dĺžka je 15,6 km a plocha povodia dosahuje 34,8 km² (MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR 2021).

Zdrojom zrážkových údajov v sledovanej horskej oblasti je observatórium Skalnaté pleso (1778 m n. m.), ktoré disponuje dlhodobými klimatologickými meraniami od roku 1943. Z analýz historických radov údajov vyplýva trend otepľovania klímy a nárast ročných zrážkových úhrnov. Distribúcia zrážok v rámci roka sa medzi poslednými normálovými obdobiami 1961-1990 a 1991-2020 zmenila, pričom najviac zrážok pribudlo v mesiaci júl a to v priemere 45.5 mm (LUKASOVÁ et al. 2023).

Modelovanie potenciálneho zaplavenia územia

V našej práci sme použili voľne dostupný model SIMWE integrovaný v grafickom rozhraní prostredia softvéru GRASS GIS. Model SIMWE bol vyvinutý prioritne na modelovanie riečnej erózie (MITAS, MITASOVÁ 1998). Model integruje dva základné moduly – r.sim.water a r.sim.sediment. My sme na modelovanie potenciálneho zaplavenia sledovaného územia použili prvý menovaný modul, na modelovanie riečnej erózie sa používa druhý menovaný modul. Model využíva stochastickú metódu Monte Carlo na riešenie dvojrozmerných Saint-Venantových rovníc, ktoré kombinujú vzťah spojitosti vodného toku s rovnicou zachovania hybnosti na opis pohybu povrchového toku. Numerické riešenie odtoku je v metóde Monte Carlo založené na koncepcii duality medzi poľom a časticovou reprezentáciou modelovanej veličiny.

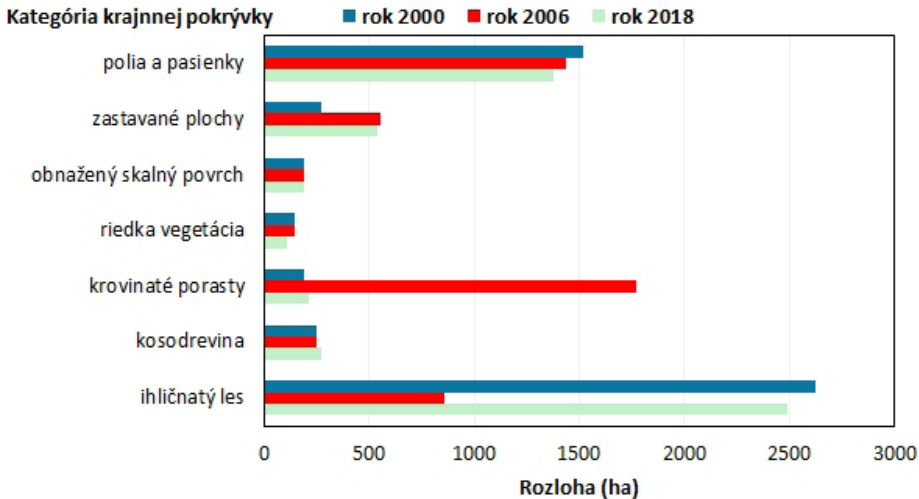
Vstupmi modelu sú:

- digitálny model reliéfu al. povrchu s rozlíšením 5 m- výškopis (FREEMAP SLOVAKIA 2024);
- mapa derivácií v smere osi x a derivácií v smere osi y (modelom vytvorenej z DMR alebo DMP) - miera sklonitosti terénu;
- štruktúra krajinej pokrývky v podobe manningových koeficientov – drsnosť povrchu (KAMALI et al., 2018);
- prebytok zrážok - rozdiel hodinovej intenzity zrážky v mm/h očistenej vplyvom konkrétnej intercepce a infiltrácie danej pôdy v mm/h (KOZAK, AHUJA 2005).

Štruktúra krajinej pokrývky

Štruktúra krajinej pokrývky pre jednotlivé obdobia predstavuje jeden zo vstupov modelu. V modeli odráža zmenené zrážkovo-odtokové pomery v krajine. V nami skúmanom území došlo k najvýraznejšej zmene štruktúry krajinej pokrývky po vetrovej kalamite Alžbeta 19. novembra 2004. Zdrojom údajov o krajinej pokrývke sú pre nás dáta európskeho programu Copernicus, konkrétne produkt CORINE Land

Cover. V modeli sme použili mapy z rokov, ktoré charakterizovali stav pred vetrovou kalamitou, stav po kalamite a stav v súčasnosti. V práci sme použili mapu z roku 2000 pre predkalamitný stav, z roku 2006 pre pokalamitný stav a z roku 2018 pre súčasný stav, keďže mapovací cyklus služby CORINE Land Cover je 6-ročný a produkt z roku 2024 nebol v čase analýz dostupný. Zmeny rozlohy jednotlivých kategórií krajinej pokrývky v sledovaných povodiach medzi rokmi 2000, 2006 a 2018 uvádzame na obr. 2.



Obr. 2. Štruktúra krajinej pokrývky v rokoch 2000, 2006 a 2018 v povodí Skalnatého a Studeného potoka. Zdroj: CORINE Land Cover©

Fig. 2. Structure of land cover in years 2000, 2006 and 2018 in Skalnatý and Studený creek catchments.

Source: CORINE Land Cover©

Intercepcia porastov

Modelovanú intenzitu zrážok bolo nutné skorigovať na základe hodnoty intercepcií pre danú drevinovú skladbu, výšku, zakmenenie a priemerný vek porastu. Porastové charakteristiky a mapy nášho záujmového územia sme získali z Národného lesníckeho centra k rokom 1997, 2007, 2024. Tým sme následne priradili adekvátny typ krajinej pokrývky k rokom 2000, 2006 a 2018. Na základe porastových charakteristík sme jednotlivé porasty zatriedili do tried (Tab. 1) a z dostupnej literatúry po korekcii určili všeobecnú hodnotu intercepcie (I_{LIT}) pre každú triedu zvlášť. Intercepciu pre jednotlivé triedy sme následne korigovali vzťahom (NÁVAR 2020):

$$I_{PE} \text{ (mm)} = 0,51 \cdot P^{0,53}$$

kde P je celkový úhrn zrážok za modelovanú udalosť a I_{PE} vyjadruje maximálny možný úhrn z danej udalosti v mm, ktorý by bolo možné zachytiť bez ohľadu na konkrétnu hodnotu intercepcie. Teoretická intercepcia daného porastu pri danom úhrne zrážok sa vyjadřila ako $I_{LIT} \text{ (mm)} = P \cdot i$, kde P je celkový úhrn zrážok a i priemerná bezrozmerná

hodnota intercepcie porastu zistená z literatúry. Korekčný faktor sa určil podľa vzťahu $k = I_{PE} / I_{LIT}$. Skorigovaná intercepcia sa potom vypočítala ako $I_{KOR} = i \cdot k$. V prípadoch, keď platilo $k > 1$, ponechala sa pôvodná literárna hodnota i bez korekcie. V poslednom kroku sme na úpravu hodnoty intercepcie použili zakmenenie porastu, čím sa zohľadnila hustota porastu.

Tab. 1 Prehľad stanovených tried porastov spolu s kritériami výberu.

Tab. 1 Overview of determined classes of forests with measures of choice.

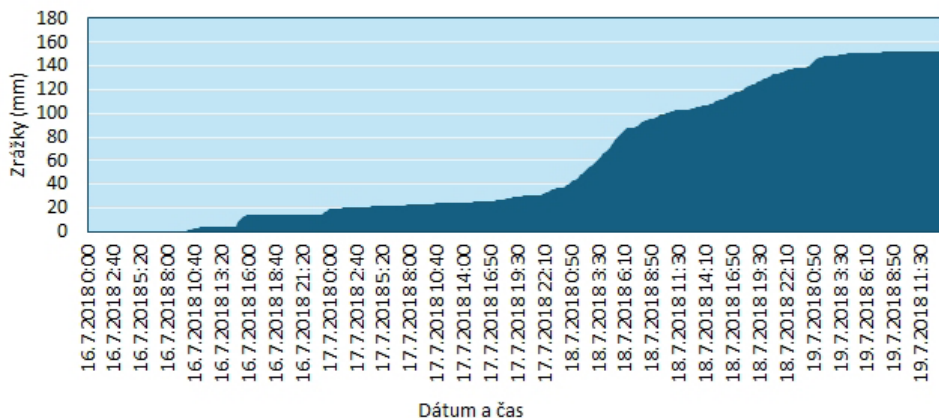
trieda	drevinové zloženie	vek (roky)	výška (cm)	priemerná intercepcia (%)	zdroj
1	zmiešaný les ⁽¹⁾	-	<150	10	LEVIA et al. (2003)
2	zmiešaný les	<60	>150	19	ŠRAJ et al. (2008)
3	zmiešaný les	>60	-	28	AHMADI et al. (2013)
4	ihličnatý les ⁽²⁾		<150	13	LEVIA et al. (2003)
5	ihličnatý les	<60	>150	25	PYPKER et al. (2005)
6	ihličnatý les	>60	-	40	GRÜNICHKE et al. (2020)
7	kosodrevina	-	-	48	UEHARA, KUME (2012)
8	odumretý ihličnatý porast ⁽³⁾	-	-	20	CHRENEK (2022)
9	trvalý trávny porast	-	-	8	CLARK (1940)

⁽¹⁾zastúpenie ihličnatých drevín menej ako 70 %; ⁽²⁾zastúpenie ihličnatých drevín viac ako 70 %; ⁽³⁾ kalamitné plochy určené z rozdielu medzi CLC 2000 a 2006

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zrážkové scenáre

Výstupom je v našom prípade mapa hĺbky vody v sledovanom území pre nami stanovené časové intervaly. Za oblasť potenciálneho zaplavenia sme považovali každú súvislú oblasť, v ktorej hĺbka vody podľa výsledkov modelu dosiahla aspoň 10 cm, čo predstavuje kompromis medzi krátkodobým rozliatím vody a súvislým tokom vody, ktorý už predstavuje riziko pre ľudí. Naším zámerom bolo vytvoriť mapy potenciálneho zaplavenia aj retrospektívne, t.j. modelovať zrážkový úhrn z povodne zo 16. – 19. júla 2018, ktorú sme na základe správ zverejnených na stránke Ministerstva životného prostredia SR (<https://www.minzp.sk/voda/ochrana-pred-povodnami/informacie/>) vyhodnotili ako najrozsiahljšia povodeň v sledovaných povodiach v rámci 21. storočia.



Obr. 3. Kumulovaný úhrn zrážok na stanici Skalnaté pleso medzi 16.7.2018 00:00 a 19.7.2018 14:10

Fig. 3. Cumulative rainfall at Skalnaté pleso observatory from 16.7.2018 00:00 to 19.7.2018 14:10

Zrážkové údaje z observatória pri Skalnatom plese ukazujú, že v období od 16. do 19. júla spadlo úhrnne 157,2 mm zrážok pričom pršalo počas 53 hodín (Obr. 3). Okrem tohto reálne zaznamenaného úhrnu sme modelovali potenciálne zaplavenie pre rovnaké roky aj pri polovičnom úhrne 78,6 mm a štvrtinovom úhrne 39,3 mm za rovnaký čas. Tieto úhrny sme použili pre model pred a po kalamite a v súčasných podmienkach. Spolu sme testovali 9 rôznych scenárov, ktorý výsledkom bolo 9 máp hĺbky zaplavenia, ktoré boli vizualizované a ďalej analyzované v prostredí softvéru QGIS.

Analýza zmien miery potenciálneho zaplavenia

Analýzou deviatich máp potenciálneho zaplavenia sme zistili, že výrazné odlesnenie sledovaného územia – ktoré medzi rokmi 2000 a 2006 predstavovalo 67,42 % sa prejavilo aj na modelovanej rozlohe zaplavených území (Tab.2). Zväčšenie celkovej rozlohy potenciálneho zaplavenia v povodí Skalnatého a Studeného potoka sa podľa výsledkov modelu prejavilo pri všetkých modelovaných úhrnoch zrážok. Najväčšia rozloha potenciálneho zaplavenia bola zistená v roku 2006 pri úhrne zrážok 157,2 mm. Pri tomto scenári dosiahla rozloha potenciálne zaplaveného územia spolu v oboch povodiach 589,26 ha, čo predstavuje 10,38 %-né zaplavenie územia. Pred kalamitou by rozloha potenciálneho zaplavenia dosiahla 8,09 %, v súčasnosti to je 8,3 %.

Najväčšie potenciálne zaplavenie bolo zistené v povodí Skalnatého potoka pri scenári v roku 2006 a úhrne zrážok 157,2 mm, a to 12,11 %. V prípade Studeného potoka to bolo pri scenári v roku 2024 a úhrne zrážok 157,2 mm, a to 8,17 %. Lesné porasty v povodí Studeného potoka tak na rozdiel od Skalnatého potoka stále nie sú schopné celkom dobre zachytiť povodňovú vlnu pri výrazných zrážkach. Napriek tomu relatívne viac prispieva k zvýšeniu rozlohy potenciálneho zaplavenia Skalnatý potok, ktorý je rizikovejší z hľadiska vzniku povodní a následného ohrozenia obyvateľov a ich majetku (Tab. 2).

Tab. 2 Absolútna a relatívna rozloha potenciálneho zaplavenia v povodí Skalnatého a Studeného potoka.

Tab. 2 Absolute and relative extent of total potential inundation in Skalnatý and Studený creek catchments.

rok	úhrn zrážok (mm)	absolútna rozloha potenciálneho zaplavenia v povodí Skalnatého potoka (ha)	relatívna rozloha potenciálneho zaplavenia v povodí Skalnatého potoka (% z plochy povodia)	absolútna rozloha potenciálneho zaplavenia v povodí Studeného potoka (ha)	relatívna rozloha potenciálneho zaplavenia v povodí Studeného potoka (% z plochy povodia)
2000	157,2	315,38	9,17	161,20	7,21
	78,6	214,21	6,23	105,85	4,74
	39,3	137,62	4,00	65,70	2,94
2006	157,2	416,46	12,11	172,80	7,73
	78,6	279,20	8,12	111,79	5,00
	39,3	175,60	5,10	64,53	2,89
2024	157,2	304,85	8,86	182,62	8,17
	78,6	213,05	6,19	108,19	4,84
	39,3	129,34	3,76	60,12	2,69

Identifikácia najrizikovejších oblastí potenciálneho zaplavenia

Vzhľadom na rozlohu potenciálneho zaplavenia bola podľa výstupných máp modelu najrizikovejšou oblasťou pre vznik povodne osada Tatranská Lomnica a jej príľahlá lokalita tzv. Eurocamp v čase po kalamite. V osade by pri scenári pre rok 2006 (obr. 4 b) a úhrne zrážok 157,2 mm za 53 hodín zaplavilo najväčšiu časť tamojšieho osídlenia vrátane centra tejto lokality. Naopak, pred kalamitou v roku 2000 a v súčasnosti v roku 2024 by rovnaký úhrn zrážok už také rozľahlé zaplavenie v osade Tatranská Lomnica nespôsobil.

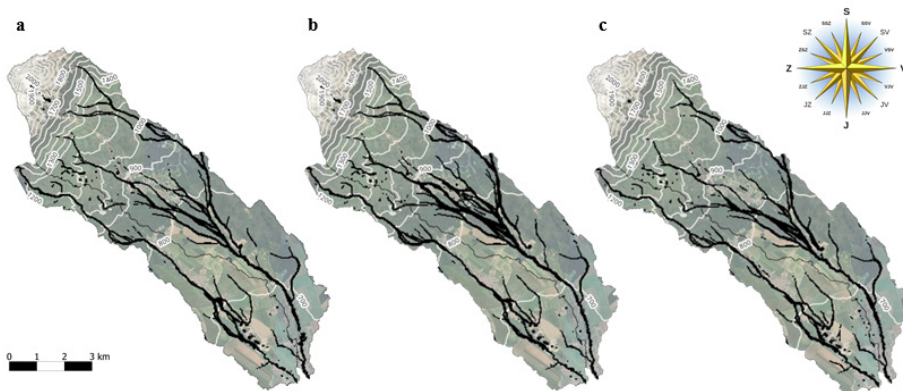
Výsledky modelu (obr. (obr. 4) jednoznačne ukazujú, že za 20 rokov od kalamity sa vodozádržný potenciál lesných porastov v povodí Skalnatého potoka približuje úrovni pred kalamitou. Výsledky modelu tiež ukázali, že pri tak výraznej zmene štruktúry krajinej pokrývky, ako po veternej kalamite Alžbeta, by štvrtinový úhrn zrážok z úhrnu z povodne 2018, t.j. 39,3 mm za 53 hodín mohol spôsobiť rovnako rozsiahle zaplavenie, ako pred kalamitou pri úhrne zrážok 157,2 mm za 53 hodín.

Výsledky modelu ďalej naznačujú, že v ostatných obývaných oblastiach v sledovanom území je riziko ohrozenia povodňami pri zmenách krajinej pokrývky nižšie, no stále zvýšené. Ide najmä o ulicu Tatranskú v obci Stará Lesná, novovýstavbu na juhovýchodnom okraji obce či o rekreačný areál v severozápadnej časti obce. Centrum obce je z orografických dôvodov mimo ohrozenia. Ešte menšie riziko je v nižšie položenej obci Veľká Lomnica, kde by sa povodňová vlna výraznejším spôsobom prejavila iba v jej severnej časti v okolí ulice Lesnej a v časti miestneho poľnohospodárskeho družstva.

Štruktúra krajinej pokrývky, hlavne lesných porastov, na skúmanom území sa významne zmenila medzi obdobiami 1997 a 2020, čo sa odrazilo aj vo výsledkoch

simulácií. Predpoklad vyššej protipovodňovej ochrany majú predovšetkým zdravé, viacetážové, zmiešané porasty, ktoré sú schopné znížiť dynamiku zrážok a množstvo vody odtiekajúcej z ekosystému (MINĎÁŠ et al., 1998, SANIGA 2022, LUKASOVÁ et al. 2024).

Použitý model má isté limity, nakoľko pracuje s intercepciou stanovenou pre lesné porasty v rôznych prírodných podmienkach. Napríklad na základe práce CHRENEK (2022), ktorá skúmala intercepciu v Západných Tatrách, sa odumretému porastu priradila hodnota 20 %. To mohlo istým spôsobom skresliť výsledky v podobe menšieho rozsahu zaplavenia v období po kalamite. Výsledky práce však poskytujú základný obraz o odozve krajiny na tvorbu a zmenu rozsahu povrchového odtoku v sledovanom území.



Obr. 4 Celkové potenciálne zaplavenie územia podľa štruktúry krajinej pokrývky v rokoch 2000^(a), 2006^(b) a 2024^(c) pri úhrne zrážok 157,2 mm.

Fig. 4 Total extent of potential inundation considering land cover in year 2000^(a), 2006^(b) and 2024^(c) after 157,2 mm rainfall amount.

ZÁVER

Hlavným cieľom práce bolo zistiť vplyv výrazného zníženia rozlohy lesných porastov vo Vysokých Tatrách vplyvom veternej kalamity Alžbeta 2004 na vznik a rozlohu potenciálneho zaplavenia v podhorí. Výsledky modelu v povodí Skalnatého a Studeného potoka jednoznačne preukázali vplyv lesných porastov na vznik a zmenu rozlohy potenciálnych zaplavení, ktorý však s rastúcim úhrnom zrážok klesal. Po kalamitnom odlesnení by pri rovnakom trvaní a úhrne zrážok, ako bol počas reálnej povodne v roku 2018, bolo zaplavených 10,38 %, čo je o viac ako 2 % viac ako pred kalamitou. V súčasnosti je miera potenciálneho zaplavenia povodia vďaka výsadbe stromov späť na predkalamitnej úrovni. Relatívne menší rozdiel v potenciálnom zaplavení medzi rokmi 1997 a 2007 si vysvetľujeme priradením 20 % hodnoty intercepcie kalamitným porastom.

Pomocou výsledku modelu sme tiež určili, že k vzniku potenciálneho zaplavenia väčšou mierou prispieva práve Skalnatý potok. Ukázalo sa, že lesné porasty v jeho povodí výraznejšie ako v prípade Studeného potoka reagujú na vznik povodní. Prejavilo sa to

aj identifikáciou najrizikovejšej oblasti potenciálneho zaplavenia, ktorou bola stanovená podľa výsledkov modelu na oblasť osady Tatranská Lomnica a príľahlej lokality Eurocamp.

Povodne boli a vždy budú predstavovať veľké riziko pre ľudstvo a jeho aktivity, s prebiehajúcou klimatickou zmenou ešte viac. Lesy boli a vždy budú nenahraditeľnou prirodzenou ochranou pred povodňami. Aj keď aj tie majú svoje limity, nemožno ich dôležitú úlohu popri iných formách protipovodňovej ochrany opomenúť. Do budúcnosti plánujeme ďalší výskum v tomto území. Ten by sa mal oprieť o použitie iného modelu náročnejšieho na vstupné údaje – napr. HEC RAS, LIS FLOOD či MIKE FLOOD ako aj precíznejší terénny prieskum.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola finančne podporená projektami VEGA 2/0048/25 a VEGA 2/0115/25.

LITERATÚRA

- AHMADI, M. T., et al. 2013. The role of rainfall size in canopy interception loss: An observational study in a typical beech forest. In *Middle East Journal of Scientific Research*, 13(7), s. 876–882.
- ALFIERI, L., et al. 2015. Global warming increases the frequency of river floods in Europe. In *Hydrology and Earth System Sciences* 19(5), s. 2247–2260.
- BALLESTEROS-CÁNOVAS, J. A., et al. 2015. Flash floods in the Tatra Mountain streams: Frequency and triggers. In *Science of the Total Environment* 511, s. 639–648.
- BERTOLA, M., et al., 2020. Flood trends in Europe: are changes in small and big floods different? In *Hydrology and Earth System Sciences* 24(4), s. 1805–1822.
- BERGHUIJS, W. R., et al. 2017. Recent changes in extreme floods across multiple continents. In *Environmental Research Letters*, 12(11), s. 114035.
- BIČÁROVÁ, S., HOLKO, L. 2013. Changes of characteristics of daily precipitation and runoff in the High Tatra Mountains, Slovakia over the last fifty years. In *Contributions to Geophysics and Geodesy* 43(2), s. 157–177.
- CARLYLE-MOSES, D. E., GASH, J. H. C. 2011. Rainfall Interception Loss by Forest Canopies. In LEVIA, D., et al. (eds.) *Forest Hydrology and Biogeochemistry. Ecological Studies* 216, s. 407–423. Dordrecht: Springer, ISBN 978-94-007-1363-5
- CLARK, O. R. 1940. Interception of rainfall by prairie grasses, weeds, and certain crop plants. In *Ecological Monographs* 10(2), s. 243–277.
- FOWLER, H. J. et al. 2021. Intensification of short-duration rainfall extremes and implications for flood risk: Current state of the art and future directions. In *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2195), <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0541>
- FREEMAP SLOVAKIA. Digitálny model reliéfu 5. generácie (DMR5) [GeoTIFF]. Verzia 2024, rozlíšenie 5 m, súradnicový systém S-JTSK03. Bratislava: FREEMAP Slovakia, 2024. Dostupné na: <https://download.freemap.sk/DMR5/>. [cit. 2025-06-02].
- GRÜNICKÉ, S., et al. 2020. Long-term investigation of forest canopy rainfall interception for a spruce stand. In *Agricultural and Forest Meteorology* 292–293, s. 108125.
- CHRENEK, M., 2022. Intercepcia tuhých a tekutých zrážok v kalamitných horských smrečínach. Diplomová práca. Zvolen: Technická univerzita, 76 s.
- KAMALI, P., et al. 2018. Estimation of Manning roughness coefficient for vegetated furrows. In *Irrigation Science* 36(6), s. 339–348.
- KOZAK, J. A., AHUJA, L. R. 2005. Scaling of infiltration and redistribution of water across soil textural classes. In *Soil Science Society of America Journal* 69(3), s. 816–827.
- LEVIA, D. F. Jr., FROST, E. E. 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. In *Journal of Hydrology* 274(1–4), s. 1–29.
- LUKASOVÁ, V., et al. 2021. Regional and altitudinal aspects in summer heatwave intensification in the Western Carpathians. In *Theoretical and Applied Climatology* 146, s. 1111–1125.
- LUKASOVÁ, V., et al. 2024. Rizikové lesné oblasti pre výskyt intenzívnych zrážok na Slovensku. In *Meteorologický časopis* 27, s. 49–58. ISSN 1335-339X.

- LUKASOVÁ, V., et al. 2023. Changes in the high-altitude climate of High Tatra Mts. evaluated by climatic normals from the Skalnaté Pleso observatory. In *Meteorologický časopis* 26(1), s. 47–52. ISSN 1335-339X.
- LUTSKO, N. J., et al. 2019. The impact of large-scale orography on Northern Hemisphere winter synoptic temperature variability. In *Journal of Climate*, 32(18), s. 5799–5814.
- MA, S., ZHU, C., 2020. Opposing Trends of Winter Cold Extremes over Eastern Eurasia and North America under Recent Arctic Warming. In *Advances in Atmospheric Sciences* 37, s. 1417–1434.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. 1978. Regionálne geomorfologické členenie. In *Geografický časopis* 30(2), s. 101–125.
- MINDÁŠ, J., MORAVČÍK, M., STANOVSKÝ, M., 1998. Význam lesov a ich obhospodarovania z hľadiska protipovodňovej ochrany krajiny. In *O povodniach v roku 1998*. Bratislava, SHMÚ, s. 66–71.
- MITAS, L., MITASOVÁ, H. 1998. Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention. In *Water Resources Research* 34(3), s. 505–516.
- NÁVAR, J. 2020. Modeling rainfall interception loss components of forests. In *Journal of Hydrology* 584, s. 124449.
- PYPKER, T. G., et al. 2005. The importance of canopy structure in controlling the interception loss of rainfall: Examples from a young and an old-growth Douglas-fir forest. In *Agricultural and Forest Meteorology* 130(1–2), s. 113–129.
- SANIGA, M. 2022. *Lesné ekosystémy Slovenska a retenčná funkcia ich pôd*. LES & Letokruhy. Dostupné online: <https://www.lesmedium.sk/casopis-letokruhy/2022/casopis-letokruhy-2022-04/lesne-ekosystemy-slovenskaa-retencna-funkcia-ich-p-d>
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR 2021. Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Dunajca a Popradu – Aktualizácia 2021. Bratislava: MŽP SR [online]. Dostupné na: <https://www.minzp.sk/files/plan-manazmentu-povodnoveho-rizika-ciastkovych-povodiach-slovenskej-republiky-aktualizacia-2021/Dunajec%20a%20Poprad/02-plan-manazmentu-povodnoveho-rizika-ciastkovom-povodi-dunajca-popradu-aktualizacia-2021-prilohy.pdf> [cit. 2025-07-22].
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR. Informácie o povodniach. Dostupné na: <https://www.minzp.sk/voda/ochrana-pred-povodnami/informacie/> [cit. 2025-07-22].
- STENDEL, M., et al. 2021. The jet stream and climate change. In *Climate Change (Third Edition)*, s. 327–357.
- ŠRAJ, M., et al. 2008. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. In *Agricultural and Forest Meteorology* 148(1), s. 121–134.
- TURŇA, M. et al. 2024. *Prívalový dážď v Monkovej doline dňa 11.7.2024*. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav [online]. Dostupné na: <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1513> [cit. 2025-08-04].
- UEHARA, Y., KUME, A. 2012. Canopy rainfall interception and fog capture by *Pinus pumila* Regal at Mt. Tateyama in the Northern Japan Alps. In *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 44(1), s. 143–150.
- ULBRICH, U., XOPLAKI, E., DOBRICIC, S., et al., 2013. Past and Current Climate Changes in the Mediterranean Region. In: NAVARRA, A., TUBIANA, L. (eds) *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean*. *Advances in Global Change Research* 50, s. 9–51. Dordrecht: Springer. ISBN 978-94-007-5781-3
- XU, G., et al. 2024. Jet stream controls on European climate and agriculture since 1300 CE. In *Nature*, 634: s. 8034.

Adresa autora:

Mgr. Ján Krempaský
Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied
Dúbravská cesta 9
Bratislava 840 05
pracovisko Stará Lesná
059 60 Tatranská Lomnica, Slovensko

Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene
Ul. T. G. Masaryka 24
960 01 Zvolene
mail: xkrepaskyj@is.tuzvo.sk

Sponzori ŠVOČ

 **AGRUBE**
LESNÍCTVO • POĽOVNÍCTVO

ODIMON  **N**
ADVENTURE HUNTER

EQUUS

ŠKOLIACE STREDISKO
— **LESTOM** —
PRÁCA ZAČÍNA U NÁS

TOP  **HUNT**