

ISSN 1336-300X



Acta Facultatis Ecologiae



FAKULTA EKOLÓGIE
A ENVIRONMENTALISTIKY

Journal of Faculty of Ecology and Environmental Sciences
Technical University in Zvolen

Volume 29
2013 – 2

OLLEROVÁ H., ZACHAROVÁ A., KONTRIŠOVÁ O. & TURČAN M.

Využitie hrúbkového prírastku drevín na rekonštrukciu zmien v obsahu ortuti v okolí krematória

Using of annual growth tree rings for reconstruction of changes in mercury content in the surrounding of a crematorium

PILKOVÁ I.

Zmeny ekologických podmienok v Bábskom lese po ťažbe dreva na podklade fytoindikačnej metódy

Changes of the ecological conditions in the Báb forest after logging on the basis of a phytoindication method

PUSKAJLER J. & ŠURIANSKY J.

Optimálna regulácia rovnotlakovej turbíny pracujúcej v ostrovnom režime

Optimal regulation of the working pressure turbine in grid operation

STAŠIOV S.

Kosce (Opiliones) Pustého hradu (Javorie)

Harvestmen (Opiliones) of the Pustý hrad hill (Javorie Mts)

STAŠIOV S. & KULEAN J.

Motýle (Lepidoptera) v pôdnych vzorkách z podhorskej bučiny

Lepidoptera in the soil samples from submountane beech forest

ŠTRBA T.

Klíčivosť semien *Arabidopsis arenosa* (L.) Law a jeho odolnosť na vysoké koncentrácie medi

Seeds germination of *Arabidopsis arenosa* (L.) Law. and its tolerance to high concentration of copper

KRUPOVÁ D.

Atmosférický transport a depozícia amónneho dusíka: Review

Atmospheric transport and deposition of ammonia: Review

PICHLEROVÁ M., VOLOŠČUK I. & MONTEIRO L.

Metódy monitoringu návštevnosti v chránených územiach a návrh metódy pre NP

Poloniny

Methods of visit rate monitoring in protected areas and method proposal for the NP Poloniny

INŠTRUKCIE AUTOROM PRE PUBLIKOVANIE V ACTA FACULTATIS ECOLOGIAE

Acta Facultatis Ecologiae je vedecký časopis Fakulty ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene, ktorý vychádza ako periodikum a od roku 2007 je členený na dve sekcie: ekologickú a environmentálnu. Uverejňuje **pôvodné** recenzované vedecké práce tematicky zamerané v **sekcii Ekológia** na krajinnú ekológiu, krajinné plánovanie a tvorbu krajiny, ekológiu populácií a v **environmentálnej sekcii** na problematiku antropogénnych vplyvov na prostredie, ako aj filozofické aspekty vzťahov človeka a prírody. Okrem **vedeckých prác** je v časopise možné publikovať teoretické a syntetické práce, **Prehľadové články (reviews)** a **Recenzie** knižných publikácií z uvedených oblastí.

Príspevky na uverejnenie schvaľuje redakčná rada, ktorá zároveň určuje recenzentov príspevkov. Recenzent zhodnotí obsah práce, jej prínos a formálne náležitosti a odporúča príspevok na publikovanie. V prípade nesúhlasu autora s posudkom recenzenta rozhoduje o uverejnení príspevku redakčná rada.

Všeobecné pokyny

1. Príspevok musí byť svojim zameraním **v súlade s obsahovým zameraním časopisu**.
2. Vedecký príspevok musí byť **pôvodnou prácou**, t.j. nesmie byť publikovaný alebo zaslaný na publikovanie do inej redakcie. Za pôvodnosť práce i za vecnú správnosť zodpovedá autor.
3. Cieľ práce má byť jasne formulovaný. Príspevok má tvoriť ucelený, logicky usporiadaný prehľad nových pôvodných poznatkov a ich kritické hodnotenie s konkrétnymi závermi.
4. Experimentálny alebo teoretický prístup má byť primeraný. Pracovný postup má byť opísaný spôsobom, umožňujúcim jeho reprodukciu. Experimentálne údaje majú byť stanovené so spoľahlivosťou zodpovedajúcou súčasnej technike a majú byť správne interpretované.
5. Rozsah práce má zodpovedať jej vedeckému prínosu a **nemal by prekročiť 15 strán A4** napísaných v textovom editore podľa predlohy, vrátane tabuliek a grafov. Ilustrácie a tabuľky majú byť úsporné a výstižné, pričom rovnaké údaje nemožno uvádzať duplicitne v oboch formách.
6. **Príspevok** môže byť napísaný v slovenskom, českom alebo v anglickom jazyku. Za úroveň jazyka zodpovedá autor. **Abstrakt** sa uvádza vždy v anglickom jazyku. **Súhrn** je uvedený v slovenskom jazyku, len ak je celý príspevok napísaný v anglickom jazyku.

Rukopis príspevku ako i konečná verzia príspevku (t.j. rukopis po recenznom a redakčnom pripomienkovaní a následnom spracovaní pripomienok autorom) musia byť zaslané v tlačenej forme a zároveň doručené v elektronickej podobe, resp. zaslané e-mailom na journalafezv@gmail.com, resp. výkonným alebo technickým redaktorom príslušnej sekcie (viď. web stránku http://www.tuzvo.sk/sk/organizacna_struktura/fakulta_ekologie_a_environmentalistiky/veda_a_vyskum/acta_facultatis_ecologiae/acta_facultatis_ecologiae.html)

Termín dodania rukopisov je 31. január a 15. júl príslušného roku.

Recenzie je možné zasielať priebežne. Publikované budú v najbližšom čísle časopisu.

Acta Facultatis Ecologiae

Journal of Faculty of Ecology and Environmental Sciences
Technical University in Zvolen

Volume 29

2013

Editorial Board

Editor-in-Chief
Branislav Olah

Vice-Editor-in-Chief
Tibor Benčať – Ecological Section
Dagmar Samešová – Environmental Section

Executive Editor
Andrea Diviaková – Ecological Section
Andrea Zacharová – Environmental Section

Technical Editors
Anna Ďuricová, Miroslav Vanek – Environmental Section

Members

Miroslav Badida, Vojtech Dirner, Ján Gáper, Juraj Hreško, Peter Jančura,
Karol Kočík, Oto Majzlan, László Miklós, Peter Ondrišík,
Andrej Oriňák, Magdaléna Pichlerová, Wladzimier Pradzyński, Dagmar Samešová,
Branko Slobodník, Slavomír Stašiov, Ján Supuka,
Jaroslava Vrábliková

List of Reviewers Acta Facultatis Ecologiae 29

Vladimír Bahýl, Mária Bihuňová, Valerián Franc, Karol Kočík, Vladimír Kunca, Blanka Maňkovská,
Lubomír Naščák, Hana Ollerová, Vladimír Vician, Andrea Zacharová

OBSAH / CONTENT

PŮVODNÉ VEDECKÉ PRÁCE – ORIGIN SCIENTIFIC ARTICLES

OLLEROVÁ H., ZACHAROVÁ A., KONTRIŠOVÁ O. & TURČAN M. Využitie hrúbkového prírastku drevín na rekonštrukciu zmien v obsahu ortuti v okolí krematória Using of annual growth tree rings for reconstruction of changes in mercury content in the surrounding of a crematorium	7
PILKOVÁ I. Zmeny ekologických podmienok v Bábskom lese po ťažbe dreva na podklade fytoindikačnej metódy Changes of the ecological conditions in the Báb forest after logging on the basis of a phytoindication method.....	13
PUSKAJLER J. & ŠURIANSKY J. Optimálna regulácia rovnotlakovej turbíny pracujúcej v ostrovnom režime Optimal regulation of the working pressure turbine in grid operation	25
STAŠIOV S. Kosce (Opiliones) Pustého hradu (Javorie) Harvestmen (Opiliones) of the Pustý hrad hill (Javorie Mts)	31
STAŠIOV S. & KULFAN J. Motýle (Lepidoptera) v pôdnych vzorkách z podhorskej bučiny Lepidoptera in the soil samples from submountane beech forest.....	35
ŠTRBA T. Klíčivosť semien <i>Aradopsis arenosa</i> (L.) Law a jeho odolnosť na vysoké koncentrácie medi Seeds germination of <i>Aradopsis arenosa</i> (L.) Law. and its tolerance to high concentration of copper	41

PREHLADOVÉ ČLÁNKY – REVIEW ARTICLES

KRUPOVÁ D. Atmosférický transport a depozícia amónneho dusíka: Review Atmospheric transport and deposition of ammonia: Review	53
PICHLEROVÁ M., VOLOŠČUK I. & MONTEIRO L. Metódy monitoringu návštevnosti v chránených územiach a návrh metódy pre NP Poloniny Methods of visit rate monitoring in protected areas and method proposal for the NP Poloniny.....	61

Pôvodné vedecké práce
Origin scientific articles

VYUŽITIE HRÚBKOVÉHO PRÍRASTKU DREVÍN NA REKONŠTRUKCIU ZMIEN V OBSAHU ORTUTI V OKOLÍ KREMATÓRIA

Hana OLLEROVÁ¹ – Andrea ZACHAROVÁ¹ – Oľga KONTRIŠOVÁ¹
– Michal TURČAN

¹ Katedra environmentálneho inžinierstva, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, ollerova@tuzvo.sk, andrea.m.zacharova@gmail.com, kontrisoava@tuzvo.sk

ABSTRACT

Ollerová H., Zacharová A., Kontrišová O., Turčan M.: **Using of annual growth tree rings for reconstruction of changes in mercury content in the surrounding of a crematorium**

The paper presents the evaluation of changes in mercury content in wood of *Fagus sylvatica* by tree ring analysis at site called Kremnička near the crematorium. Soil and wood samples were collected from beech with a focus on all the cardinal directions (N, S, SW, W, NW, SW, SE) in two circles (100 and 1000 meters) from the source of pollution (the crematorium). Wood samples were divided to annual growth rings (4th–5th, 9th–10th, 14th–15th, 19th–20th year) and analyzed with single-purpose atomic absorption spectrophotometer AMA–254. Mercury concentrations in 1st circle (100 m from the crematorium) ranged from 0.0027 to 0.0279 mg.kg⁻¹. At a distance of 1 000 m mercury levels ranged between 0.0028 and 0.0101 mg.kg⁻¹. The highest concentration was measured at the west plot in 19th–20th tree rings (it represents concentration 0.0279 mg.kg⁻¹ in year 1992 an 1993). Based on the observed results, we can conclude that the area around the crematorium is not contaminated by mercury.

Key words: mercury, tree rings, *Fagus sylvatica*, crematorium

ÚVOD

Významným zdrojom atmosférickej ortuti sú emisie z krematórií. Ľudské telo obsahuje priemerne 6 mg tohto kovu, navyše v jednej zubnej amalgámovej plombe sa nachádza viac ako 0,5 g ortuti, ktorá sa pri kremácii uvoľňuje do ovzdušia (DEFRA, 2003). Podľa práce Mukherjee et al. (2000) sa vo Fínsku počas kremácie jedného ľudského tela dostáva do atmosféry 3,41 g Hg⁰, kým vo Švajčiarsku je to len 1,0 g H⁰ (van der Most a Veldt, 1993).

Nriagu a Pacyna (1988) uvádzajú, že ortuť z krematórií predstavuje 0,8 % z antropogénnej ortuti v ovzduší. Vo Veľkej Británii v roku 2010 predstavovali emisie Hg z krematórií od 5,3 – 15,7 % celkových ortuťových emisií uvoľnených do ovzdušia (DEFRA, 2003).

Aj keď ortuť predstavuje rizikový prvok vo vzťahu k životnému prostrediu ako aj k zdravotnému stavu obyvateľstva, Európska únia ani Agentúra na ochranu životného prostredia USA (US EPA) nemajú limity pre emisie z krematórií (Mari & Domingo, 2010), takisto Vyhláška č. 356/2010 Z. z. Viacerí autori (napr. Smith et al., 2012) hľadajú spôsob ako znížiť množstvo emisií (nielen ortuťových), ktoré sa dostávajú do ovzdušia pri stále sa zvyšujúcom objeme kremácií.

Na Slovensku sa nachádza 6 krematórií, v Bratislave, Banskej Bystrici (mestská časť Kremnička), Košiciach, Žiline, Leviciach a Nových Zámkoch. Keďže neexistujú legislatívne dané limity pre emisné zaťaženie územia ortuťou, skúmali sme imisné zaťaženia bezprostredného okolia krematória v Kremničke (Banská Bystrica). Ako bioindikátor sme použili buk lesný (*Fagus sylvatica* L.),

pretože rastliny prijímajú Hg primárne z atmosféry (Fleck et al., 1999; Rea et al., 2002; Lodenius et al., 2003 a iní), a tak sú vhodné indikátory zaťaženia prírodného prostredia ortuťou z emisií krematórií. Dendrochronologickým spracovaním dreva buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) sme zisťovali mieru zaťaženia ovzdušia ortuťou v rokoch 2007–2008; 2003–2002; 1998–1997 a 1993–1992.

MATERIÁL A METÓDY

Za účelom stanovenia a porovnania obsahu ortuti v dreve boli v roku 2011 odobraté vzorky z jedincov buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) v blízkosti krematória na strednom Slovensku. Vzorky boli odobrané zo siedmich stanovišť s orientáciou na všetky svetové strany: SV – severovýchod, S – sever, SZ – severozápad, Z – západ, JZ – juhozápad, J – juh, JV – juhovýchod. Vzorky boli odobraté v 2 okruhoch vo vzdialenosti 100 m (1. okruh) a 1000 m (2. okruh) od krematória, z jedincov s priemerom kmeňov 45–50 cm vo výške 1 m od zeme pomocou Presslerovho nebožiecu z hĺbky kmeňa 10–15 cm. Vzorky boli rozdelené podľa ročných prírastkov dreva, čiže podľa jednotlivých letokruhov koncom vegetačného obdobia v roku 2011. Vzhľadom k malému množstvu vzorky sme zmiešavali vzorky dvoch susedných ročníkov. Analyzovali sme 4.–5., 9.–10., 14.–15., 19.–20. ročník, ktoré zodpovedajú rokom 2007–2008; 2003–2002; 1998–1997 a 1993–1992. Zhomogenizované vzorky sme analyzovali na jednouchcelovom atómovom absorpčnom spektrofotometri AMA – 254. Parametre analýzy predstavujú časy 60 s – sušenie, 180 s – rozklad a 45 s – ustávanie. Meranie každej vzorky sme uskutočnili minimálne trikrát. Správnosť meraní sme overovali pomocou certifikovaných referenčných materiálov. V programe Statistica 7 sme vykonali analýzu variancie, ktorou sme testovali vplyv veku dreva, vzdialenosti od zdroja a orientácie podľa svetových strán na koncentráciu ortuti.

Pre lepší obraz zaťaženia okolitej krajiny sme na rovnakých miestach ako rastlinné vzorky, odobrali aj vzorky pôdy (z hĺbky 0–30 cm). Po presušení a homogenizácii vzoriek bola v jemenzemi stanovená ortuť pri rovnakých parametroch a podmienkach ako v prípade analýzy dreva.

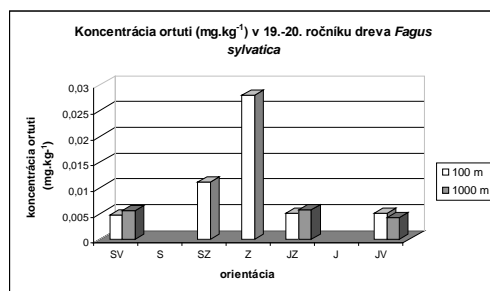
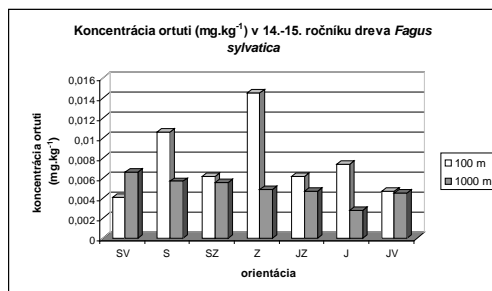
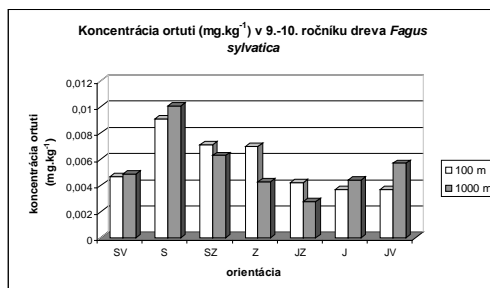
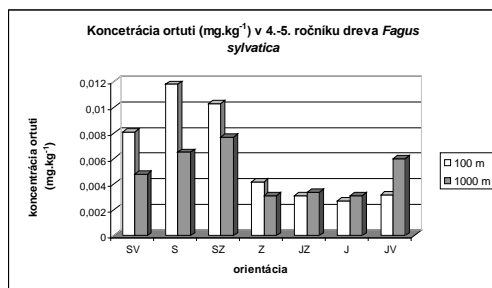
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obsahy ortuti v prírastkoch dreva buka lesného v okolí banskobystrického krematória sú uvedené v tabuľke 1. Koncentrácie ortuti sa v 4.–5. ročníku dreva vo vzdialenosti 100 m od krematória pohybujú v rozpätí 0,0027–0,0118 mg.kg⁻¹, v 9.–10. v intervale 0,0037–0,0091 mg.kg⁻¹, v 14.–15. od 0,0041 do 0,0145 mg.kg⁻¹ a v 19.–20. od 0,0048 do 0,0279 mg.kg⁻¹. Rozpätie hodnôt v okruhu č. 2 je v 4.–5. ročníku 0,0031–0,0077 mg.kg⁻¹, v 9.–10. 0,0028–0,0101 mg.kg⁻¹, v 14.–15. 0,0028–0,0066 mg.kg⁻¹, v 19.–20. 0,0042–0,0058 mg.kg⁻¹. V 4.–5. prírastkovom roku sme na odberových miestach SV, S, SZ, Z 1. okruhu (100 m od krematória) pozorovali nárast koncentrácií ortuti oproti druhému okruhu (1000 m). Najvyššia hodnota bola nameraná na lokalite S (0,0118 mg.kg⁻¹) a nárast na tejto lokalite predstavoval 82 %. Na lokalite SV nárast o 69 %, Z o 35 % a SZ o 34 %. Nižšie hodnoty na 1. okruhu sme namerali na odberových miestach JZ, J a JV. Percentuálne vyjadrenie poklesu voči druhému okruhu je 10, 15 a 88 %. JV stanovište na druhom okruhu je na otvorenom priestranstve na okraji porastu, a preto ortuť zo zdroja mohla ľahšie preniknúť do väčšej vzdialenosti. Východne od zdroja znečistenia vedie rýchlostná cesta medzi Banskou Bystricou a Zvolenom. V 9.–10. prírastkovom roku sme opäť potvrdili najvyššie koncentrácie na 1. i 2. okruhu na lokalite S (1. okruh – 0,0091 mg.kg⁻¹, 2. okruh – 0,0101 mg.kg⁻¹). V rámci 1. okruhu boli vyššie hodnoty ešte na odberových miestach SZ a Z. Percentuálne sme nárast voči 2. okruhu zaznamenali o 13 a 63 %. Odberové miesta smerom na SV a opätovne ako pri 4.–5. ročníku aj smerom na J a JV 1. okruhu dosiahli voči 2. okruhu nižšie hodnoty, a to o 4, 19 a 54 %. V 14.–15. ročníku dreva sme na prvom okruhu zaznamenali okrem SV stanovišťa nárast koncentrácií ortuti v porovnaní s 2. okruhom.

Najvyšší percentuálny nárast 96 % bol na odberovom mieste Z, postupne s klesajúcou tendenciou nasledujú lokality S (86 %), J (64 %), JZ (32 %), SZ (11 %), JV (4 %). Najvyššia hodnota 0,0145 mg.kg⁻¹ bola zistená na lokalite Z na 1. okruhu. Porovnanie 19.–20. ročníka dreva na oboch okruhoch nie je možné pre chýbajúce hodnoty. Grafické porovnanie koncentrácií ortuti odberových miest oboch okruhov podľa ročníkov dreva interpretuje obr. 1.

Tab. 1 Obsah ortuti ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v prírastkoch dreva v buku lesnom vo vzdialenosti 100 m a 1000 m od krematória
 Tab. 1 Mercury ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in beech annual growth rings at the 100 m and 1000 m distance from the crematorium

orientácia/ročník dreva	Vzdialenosť 100 m od krematória				Vzdialenosť 1000 m od krematória			
	4. – 5.	9. – 10.	14. – 15.	19. – 20.	4. – 5.	9. – 10.	14. – 15.	19. – 20.
SV	0,0081	0,0047	0,0041	0,0048	0,0048	0,0049	0,0066	0,0055
S	0,0118	0,0091	0,0106	–	0,0065	0,0101	0,0057	–
SZ	0,0103	0,0071	0,0062	0,0111	0,0077	0,0063	0,0056	–
Z	0,0042	0,0070	0,0145	0,0279	0,0031	0,0043	0,0049	–
JZ	0,0031	0,0042	0,0062	0,0051	0,0034	0,0028	0,0047	0,0058
J	0,0027	0,0037	0,0074	–	0,0031	0,0044	0,0028	–
JV	0,0032	0,0037	0,0047	0,0051	0,0060	0,0057	0,0045	0,0042



Obr. 1 Koncentrácia ortuti ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v dreve buka lesného
 Fig. 1 Mercury content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in beech annual growth rings

Na 1. okruhu sme trend znižovania obsahu ortuti s pribúdajúcim vekom dreva pozorovali na odberových miestach SV, S, SZ. Najvyššie koncentrácie sme zaznamenali v 4.–5. ročníku a smerom k ďalším ročníkom sa znižovali. Na sta-

novištiach Z, JZ, J, JV 1. okruhu sme stanovili vyššie koncentrácie ortuti v starších ročníkoch dreva ako v mladších. Na okruhu č. 2 s rastúcim vekom dreva obsah ortuti klesal na lokalitách SZ a JV a stúpал na lokalitách SV, S, Z, JZ a J.

Tab. 2 Základné štatistické hodnoty koncentrácií ortuti v jednotlivých ročníkoch dreva v dvoch okruhoch od krematória

Tab. 2 Basic statistical values of mercury concentrations in individual tree rings at both distances from the crematorium

Vek ihlic	Vzdialenosť	priemer (mg.kg ⁻¹)	medián (mg.kg ⁻¹)	SD (mg.kg ⁻¹)	RSD (%)
4. – 5. ročník	100 m	0,0062	0,0042	0,00352	56,74
	1 000 m	0,0049	0,0048	0,00170	34,48
9. – 10. ročník	100 m	0,0056	0,0047	0,00194	34,44
	1 000 m	0,0055	0,0049	0,00214	38,96
14. – 15. ročník	100 m	0,0077	0,0062	0,00341	44,40
	1 000 m	0,0050	0,0049	0,00111	22,29
19. – 20. ročník	100 m	0,0108	0,0051	0,00887	82,14
	1 000 m	0,0052	0,0055	0,00069	13,44

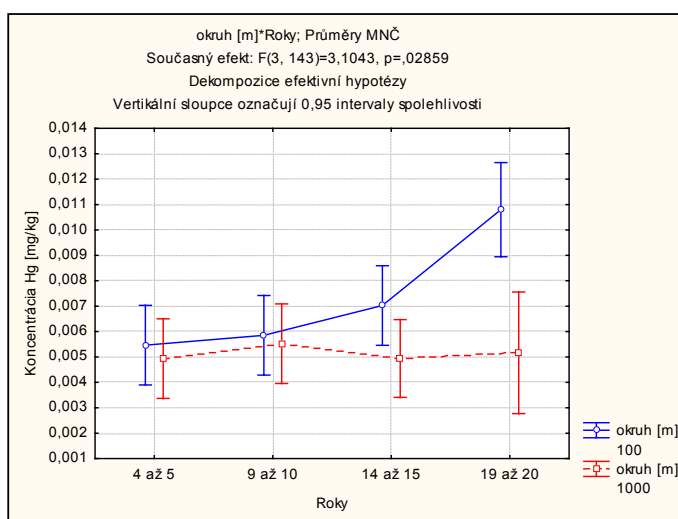
(vysvetlivky: SD – smerodajná odchýlka, RSD – variačný koeficient)

V tabuľke 2 uvádzame základné štatistické parametre pre obsah ortuti v dreve buka lesného v dvoch rôznych vzdialenostiach od krematória. Pre všetky ročníky dreva platí, že priemerné hodnoty ortuti sú v bližšej vzdialenosti od krematória vyššie ako vo väčšej vzdialenosti. Najvyššia priemerná hodnota na 1. okruhu je v 19. – 20. ročníku 0,0108 (mg.kg⁻¹) a najnižšia 0,0056 (mg.kg⁻¹) v 9. – 10. ročníku dreva. V 2. okruhu je najvyššia hodnota v 9. – 10. ročníku 0,0055 (mg.kg⁻¹) a najnižšia v 4. – 5. ročníku 0,0049 (mg.kg⁻¹).

Stanovením ortuti v dreve smreka obyčajného v oblasti Spišskej Magury sa zaoberal Glevaňák

(2011). V piatom prírastkovom roku stanovil koncentráciu 0,0033 mg.kg⁻¹, v desiatom 0,0037 mg.kg⁻¹, v pätnástom 0,0038 mg.kg⁻¹, v dvadsiatom 0,004 mg.kg⁻¹ a v dvadsiatopiatom 0,0043 mg.kg⁻¹.

Zhang et al. (1995) sa zaoberali kumuláciou ortuti v letokruhoch ihličnatých drevín v Quebecu (Kanada), kde experimentálne stanovili priemerné koncentrácie Hg v breze 0,0013 mg.kg⁻¹ ± 0,0002, v dube 0,0016 mg.kg⁻¹ ± 0,0002, v borovici 0,0012 mg.kg⁻¹ ± 0,0002 a v smreku čiernom s hodnotami v rozmedzí 0,0013 – 0,0037 mg.kg⁻¹.



Obr. 2 Koncentrácia ortuti (mg.kg⁻¹) v dreve v závislosti od veku dreva a vzdialenosti od krematória
Fig. 2 Mercury concentration in wood (mg.kg⁻¹) in dependence from wood age and distance from crematorium

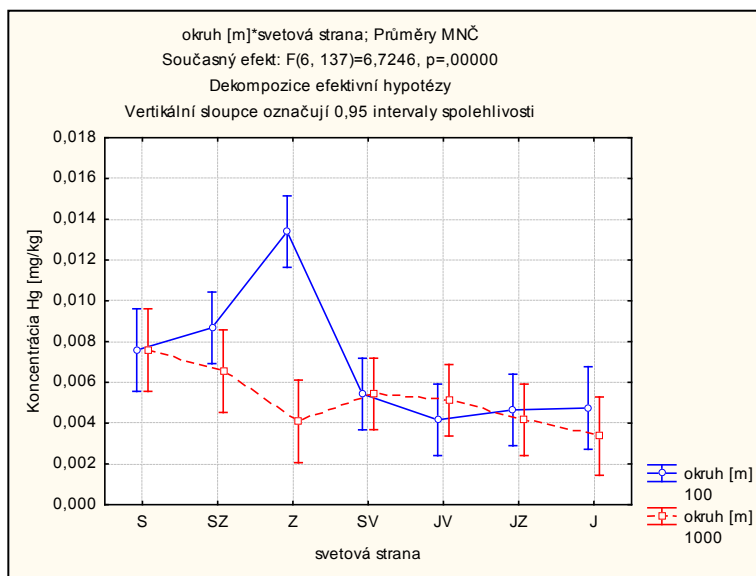
Fleck et al. (1998) skúmali rozdiely v koncentrácii Hg v pletivách borovice červenej (*Pinus resinosa* Ait.) v spojení s obsahom v pôde alebo v ovzduší. Skúmali vzorky dreva v troch geograficky oddelených oblastiach. V zalesnenej oblasti v Minnesota Cloquet Wood Center zistili priemernú koncentráciu Hg v letokruhoch $0,0031 \text{ mg.kg}^{-1}$, v mestskej lokalite St. Paul Twin Center v Minneapolise $0,0052 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v prírodnej časti Carlos Avery tiež v Minneapolise $0,0031 \text{ mg.kg}^{-1}$. Siwik et al. (2010) hodnotili obsah Hg v dreve listnatých drevín (topoľ, javor a dub) v historicky kontaminovanej oblasti mesta Kingstone (Ontario, Kanada). Koncentrácia ortuti v dreve stromov v tejto bývalej industriálnej oblasti predstavovala $0,0004\text{--}0,004 \text{ mg.kg}^{-1}$, čo korešponduje s našimi výsledkami.

Analýzou variancie sme overovali významnosť vplyvu veku dreva, orientácie podľa svetovej strany a vzdialenosti od krematória na koncentráciu ortuti. Z obr. 2 vyplýva, že priemerné hodnoty ortuti vo všetkých ročníkoch dreva sú vyššie vo vzdialenosti 100 m ako vo vzdialenosti 1 000 m. Priemerné koncentrácie v 4. – 5. a 9. – 10. ročníku sú na obidvoch okruhoch veľmi podobné, intervaly spoľahlivosti sa prekrývajú a teda rozdiely medzi nimi nie sú štatisticky významné. Štatisticky významný rozdiel je v 19. – 20. ročníku dreva

medzi 1. a 2. okruhom, kde sa intervaly spoľahlivosti neprekrývajú. Obr. 3 porovnáva koncentráciu ortuti medzi jednotlivými odberovými miestami v 1. i 2. okruhu. Významný štatistický rozdiel je medzi stanovišťom Z, kde je priemerná hodnota zo všetkých ročníkov dreva najvyššia a ostatnými odberovými miestami. Medzi stanovišťami SV, JV, JZ, J navzájom nie sú štatisticky významné rozdiely, koncentrácie sú podobné, dokonca minimálne rozdiely sú aj medzi 1. a 2. okruhom.

Pre komplexnosť hodnotenia záťaže sledovaného územia ortuťou uvádzame aj obsahy Hg v pôde. Priemerná hodnota ortuti v pôde v celom sledovanom území je $0,1128 \text{ mg.kg}^{-1}$. Namerané hodnoty v okruhu 100 metrov od krematória klesajú v nasledovnom poradí: J ($0,1535 \pm 0,0217 \text{ mg.kg}^{-1}$) > S > Z > SZ > SV > JZ ($0,0572 \pm 0,0028 \text{ mg.kg}^{-1}$). Namerané hodnoty v okruhu 1 000 metrov od krematória klesajú v nasledovnom poradí: JZ ($0,1578 \pm 0,0112 \text{ mg.kg}^{-1}$) > Z > J > SV > SZ > S ($0,0605 \pm 0,0036 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Steinnes (1997) zistil na povrchu pôdy v globálnom meradle množstvo ortuti v rozmedzí od $0,003\text{--}4,6 \text{ mg.kg}^{-1}$. Ure a Berrow (In ĎURŽA et KHUN, 2002) stanovili túto hodnotu na $0,098 \text{ mg.kg}^{-1}$. Kabata a Pendas (2002) určili priemernú koncentráciu ortuti v celosvetových pôdach



Obr. 3 Koncentrácia ortuti (mg.kg^{-1}) v dreve v závislosti od orientácie podľa svetových strán a od vzdialenosti od krematória

Fig. 3 Mercury concentration in wood (mg.kg^{-1}) in dependence from cardinal directions and distance from crematorium

na 0,14 mg.kg⁻¹. Podľa zákona 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy sa za kontaminované považujú pôdy s koncentráciou Hg vyššou ako 0,5 mg.kg⁻¹ (hlinité pôdy). Porovnaním nameraných výsledkov s touto limitnou hodnotou môžeme dôjsť k záveru, že pôda v skúšanej oblasti Kremnička je nekontaminovaná a ani v jednom prípade nedošlo k prekročeniu limitných hodnôt.

ZÁVER

Pri hodnotení dynamiky zmien obsahu ortuti v drevinách prostredníctvom letokruhovej analýzy môžeme konštatovať, že najvyššie hodnoty u všetkých ročníkov dreva boli zaznamenané na stanovištiach S, SZ, Z, prípadne SV v rámci 1. okruhu. Na ostatných odberových miestach sme pozorovali nižšie koncentrácie ortuti. Podobný priebeh nastal aj v 2. okruhu. Lokalita JV pri 4. – 5. a 9. – 10. ročníku vykazovala vyššiu koncentráciu na 2. okruhu ako na prvom. Vysvetľujeme to tým, že toto odberové miesto sa nachádza na okraji porastu v otvorenej krajine Zvolenskej kotliny. Najvyššie koncentrácie ortuti sme namerali na lokalite S a to každých 5 rokov (rok 2007 – 0,0118 mg.kg⁻¹, 2002 – 0,0091 mg.kg⁻¹, 1997 – 0,0106 mg.kg⁻¹), na lokalite SZ v 4. – 5. príroškovom roku (2007 – 0,0103 mg.kg⁻¹) a na lokalite Z v 19. – 20. ročníku (1992 – 0,0279) a v 14. – 15. ročníku (1997 – 0,0145 mg.kg⁻¹) vo vzdialenosti približne 100 m od krematória. Na druhom okruhu bola najvyššia koncentrácia ortuti tak isto na lokalite S v 9. – 10. ročníku – 0,0101 mg.kg⁻¹. Napriek predpokladanému nárastu kremácií v posledných desiatich rokoch, najvyššia koncentrácia Hg bola nameraná v rokoch 1992 – 1993. Rozdiely medzi ostatnými ročníkmi sú zanedbateľné.

Celkovo môžeme skonštatovať, že krematórium v mestskej časti Banskej Bystrice v Kremničke nezaťažuje okolité územie ortuťou. Aj keď zatiaľ nie je stanovená kritická (hraničná) hodnota Hg v dreve, namerané hodnoty korešponujú s výsledkami uvádzanými v literatúre a neprekračujú ich.

Podakovanie

Autori ďakujú agentúre VEGA 1/1275/12 za finančnú podporu pri riešení projektu, v rámci ktorého vznikol prezentovaný príspevok.

Literatúra

- FLECK, J. A., GRIGAL D. F., NATER E. A. 1999. Mercury uptake by trees: an observational experiment. *Water Air Soil pollution* 115, s. 513 – 523.
- DEFRA, Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2003. *Mercury emissions from crematoria 2003*. United Kingdom. Dostupné na: <http://www.defra.gov.uk/Environment/ppc/old-consultations/crematoria/consultation.pdf>.
- SIWIK, E. I. H., CAMPBELL, L. M., MIERLE, G. 2010. Distribution and trends of mercury in deciduous tree cores. *Environmental Pollution* 158, s. 2067 – 2073.
- GLEVAŇÁK, J.: *Výžitie hrúbkového prírastku drevín na rekonštrukciu zmien v obsahu ortuti v oblasti Spišská Magura*. Zvolen : FEE, TU, 2011. 80 s. Diplomová práca.
- LODENIUS, M., TULISALO, E., SOLTANPOUR-GARGARI, A., 2003: Exchange of mercury between atmosphere and vegetation under contaminated conditions. *The Science of the Total Environment* 304, s. 169 – 174.
- MAŇKOVSKÁ, B.: *Geochemický atlas Slovenska. Lesná biomasa*. Bratislava : Geologická služba Slovenskej republiky, 1996. s. 87. ISBN 80-85314-51-7.
- MARI, M., DOMINGO, J. L., 2010: Toxic emissions from crematories: A review. *Environment International* 36, 131 – 137.
- MUKHERJEE, A. B., MEALNEN, M., EKQVIST, M., VERTA, M., 2000. Assessment of atmospheric mercury emissions in Finland. *The Science of the Total Environment* 259, 73 – 83.
- REA, A. W., LINDBERG, S. E., SCHERBATSKOY, T., KEELER, G. J., 2002. Mercury Accumulation in Foliage over Time in Two Northern Mixed-hardwood Forest. *Water, Air and Soil Pollution* 133, s. 49 – 67.
- SMITH, T. O., GITSHAM, P., DONELL, S. T., ROSE, D., HING, C. B., 2012: The potential dangers of medical devices with current cremation practices. *European Geriatric Medicine* 3, 97 – 102.
- VAN DER MOST PFJ, VELDT C., 1992. *Emission factors manual: PARCOM-ATMOS, Emission factors for air pollutants 1992*. The Netherlands: TNO Institute of Environmental Sciences, 1993:64.
- ZHANG, L., QIAN, J. L., PLANAS, D. 1995. Mercury concentration in tree rings of black spruce (*Picea mariana* Mill.) in boreal Québec, Canada. *Water, Air and Soil Pollution*, 81 s. 163 – 173.
- Vyhľadka 356/2010 Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja SR, ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší.

ZMENY EKOLOGICKÝCH PODMIENOK V BÁBSKOM LESE PO ŤAŽBE DREVA NA PODKLADE FYTOINDIKAČNEJ METÓDY

Ivana PILKOVÁ

Katedra ekológie a environmentalistiky, FPV UKF Nitra, Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
E-mail: ivana.pilkova@gmail.com

ABSTRACT

Pilková I.: **Changes of the ecological conditions in the Báb forest after logging on the basis of a Phytoindication Method**

The given work analyses the changes of ecological conditions in the Báb forest on the basis of a phytoindication method. Phytocenological records were accomplished in the spring and summer period of 2013 on different habitats on clearcuts and in the forest vegetation. The Báb forest is remnant of original native forest complexes. The forest represents a climax stage of forest succession on loess. In 2006 it came to the establishment of clearcuts. On the basis of this change it comes to a significant change within the ratio of the econumbers of the ecofactors „light“, „temperature“ and „moisture“. An increase of photophilous and thermophilic species appears. We may state that the change of the econumbers ratio of the observed ecofactors happens mainly because of a different management. It is the clearcut establishment, removal of indigenous forest vegetation; and therefore, it comes to an occupation of the free space by synanthropic, clearcut and invasive species. Most of these species represent thermophilic, photophilous taxa.

Key words: Ellenberg's econumbers, phytoindication method, clearcuts, forest cover

ÚVOD

Pri výskume dopadu klimaticko-antropogénnych vplyvov na lesné ekosystémy medzi často používané metódy patria fytoindikačné metódy založené na ekologických nárokoch jednotlivých rastlinných druhov. Takúto metodiku navrhol ELLENBERG (1979, 1992), ktorý definoval pre vybrané rastlinné druhy ich ekologické nároky vo vzťahu k šiestim najdôležitejším ekologickým faktorom: „svetlo, teplota, kontinentalita, vlhkosť, reakcia na pH a dusík“. Hodnoty ekočísiel pre Slovensko resp. Karpaty, upresňuje práca JURKO (1990). Výskum, v tomto príspevku, sa opiera o novšie práce a ich metodiku, sú to práce IŠTOŇA, MERGANIČ (2007), VLADOVIČ, MÁLIŠ, MERGANIČ (2008), VOLOŠČUK (2012).

Fragmenty lesov v odlesnenej krajine, intenzívne využívané poľnohospodármi, sú vystavené vplyvom ľudských aktivít. Tieto fragmenty sú

viac-menej prirodzené porasty obklopené narušenými, intenzívne obhospodarovanými plochami a biotopmi s prevahou synantropných druhov. Sú vystavené aj prísunu diaspór nepôvodných druhov z priliehajúcich synantropných spoločenstiev a agro-ekosystémov. Táto skutočnosť sa dotýka aj Bábskeho lesa. V novembri 2006 sa uskutočnil v Bábskom lese jednorazový pásový a clonný rub, vytvoril sa nový typ stanovišťa na ploche po vyťaženej stromov – rúbanisko (ELIÁŠ 2010). Týmto zásahom sa ešte zvýšilo rozširovanie svetlomilných ruderalných, synantropných a invázných druhov na rúbaniská Bábskeho lesa z okolitých antropogénnych biotopov (pole, cesta, obytná zóna Alexandrov dvor). Taktiež rúbaniská začali osídľovať svetlomilné rúbaniskové druhy, druhy svetlín a lesných okrajov.

Z vyššie uvedených dôvodov táto štúdia podáva výsledky výskumu zmien ekologických podmienok, a to konkrétne svetelných, teplotných

a vlhkostných podmienok v Bábskom lese (bližšia lokalizácia nižšie). Cieľom príspevku je zhodnotenie zmien prostredia po ťažbe dreva, a to zmeny v zastúpení druhov, ktoré indikujú výrazné zmeny v svetelných, teplotných a vlhkostných podmienkach. Cieľom je aj vyhodnotenie, ktoré rastlinné druhy sa podieľajú na tejto zmene a v akom rozsahu.

MATERIÁL A METÓDY

Záujmové územie Bábsky les sa nachádza v katastri obce Veľký Báb, v jej časti Alexandrov dvor (Obr. 1). Vymedzené je súradnicami $48^{\circ}10'00''$ a $48^{\circ}11'30''$ s. z. š. a $17^{\circ}53'00''$ a $17^{\circ}54'20''$ v. z. d., leží v nadmorskej výške 160–210 m (BISKUPSKÝ 1970). Administratívne patrí územie do okresu Nitra a do Nitrianskeho samosprávneho kraja. Územie leží na Nitrianskej sprašovej pahorkatine.

Bábsky les predstavuje zvyšok pôvodných lesných komplexov, ktoré boli v procese rozvoja poľnohospodárstva v Podunajskej nížine postupne premenené na polia. Predstavuje klimaxové štádium sukcesie lesa na sprašiach (ELIÁŠ 2010). Jeho celková výmera je 66 ha. V minulosti ho poznačili antropogénne vplyvy, prevažne výmladkové hospodárenie. Jeho okolie bolo premenené hlavne na veľkoblukové polia a vinice (KUBÍČEK, BRECHTL 1970). Lesné spoločenstvo je zaradené do zväzu *Carpinion betuli* (Mayer 1937) a asociácie *Primulae veris-Carpinetum* (NEUHÄUSL, NEUHÄUSLOVÁ

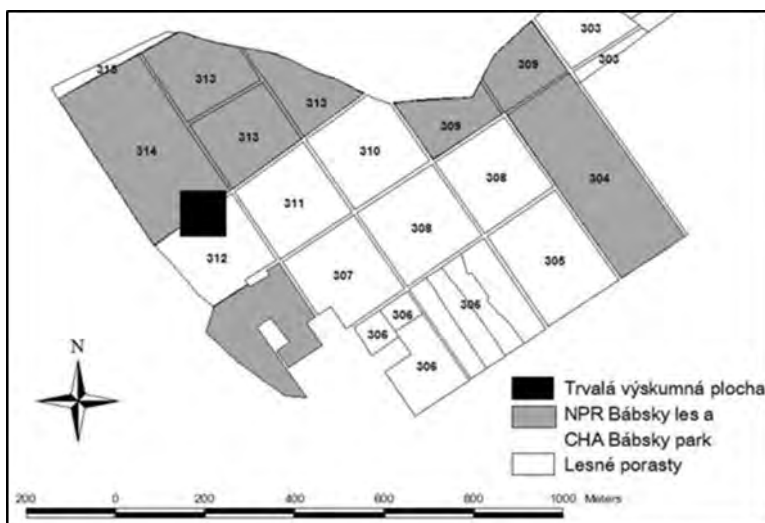
– NOVOTNÁ 1964). Nachádzajú sa tu dve chránené územia – Národná prírodná rezervácia Bábsky les a Chránený areál Bábsky park (Obr. 1).

Výskum, prezentovaný v tomto príspevku, spočíva na fytoocenologickej analýze (fytoocenologických zápisoch) a následnom priradení Ellenbergových ekohodnôt „svetlo, teplota a vlhkosť“ väčšine rastlinných druhov. Taxóny, ktoré nemajú priradené ekohodnoty tvoria malé percento a sú to druhy s veľmi nízkou pokrývnosťou, preto sa im ďalej v práci nevenujeme. Fytoocenologické zápisy sa uskutočnili v jarnom a letnom období roku 2013 na rozdielnych stanovištiach, a to na rúbaniskách a v lesnom poraste.

Výskum bol realizovaný v lesných dielcoch č. 307, 310, 311, 312 a 314 (označenie podľa lesného hospodárskeho plánu z roku 2004) (Obr. 1). V dielcoch č. 311–312 vznikli v dôsledku jednorazovej holorubnej ťažby dreva v novembri 2006 štyri rúbaniská. Lesný dielec č. 314 je súčasťou Národnej prírodnej rezervácie Bábsky les, ktorá predstavuje najpôvodnejšie lesné spoločenstvá Bábskeho lesa. Lesné porasty, ktoré sa nachádzajú v blízkosti rúbanísk boli v novembri 2006 priradené clonným rubom.

TVP na rúbaniskách a aj v lesnom poraste zodpovedajú tomu istému lesnému spoločenstvu (uveďené vyššie).

Podľa práce MAZÚR, LUKNIŠ (1980) patrí posudzované územie Bábskeho lesa do geomorfologickej provincie Panónska panva, subprovin-



Obr. 1 Záujmové územie Bábsky les (Zdroj: ÚKE SAV, pob. Nitra)
Fig. 1 The area of interest in the Báb forest (Source: ILE SAS, branch Nitra)

cie Západopanónska panva, oblasti Podunajská nížina, celku Podunajská pahorkatina, oddielu Nitrianska pahorkatina a pododdielu Zálužianska pahorkatina. Územie patrí do teplej, mierne suchej klimatickej oblasti, charakterizované je teplou nížinnou klímou s dlhým teplým a suchým letom, krátkou, mierne teplou, suchou až veľmi suchou zimou s veľmi krátkym trvaním snehovej pokrývky (KONČEK 1980). Podľa FUTÁKA (1980) patrí záujmové územie do oblasti panónskej flóry, fyto-geografického okresu Podunajská nížina. Toto začlenenie znamená, že v druhovom zložení vegetácie prevládajú teplo a suchomilné druhy, väčšinou panónskeho pôvodu.

V študovanom území Bábskeho lesa bolo v máji a júni roku 2011 vymeraných a trvalo označených 32 plôch o veľkosti 20 x 20 m (Obr. 2). Dané trvalé výskumné plochy (TVP) sú rozdelené na 2 skupiny.

Prvú skupinu tvorí 20 plôch založených v lesnom poraste – TVP č. 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 a 41. Deväť TVP (č. 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23 a 24) sa nachádza v Národnej prírodnej rezervácii Bábsky les. Ide o antropicky málo ovplyvnené lesné spoločenstvá, ktoré majú viac-menej pôvodné zloženie stromového, krovinného a bylinného poschodia. Tieto trvalé plochy sú usporiadané do troch transektov, kde každý transekt obsahuje tri plochy. Ostatných 11 lesných plôch sa nachádza v lesných porastoch, kde sa v budúcom období predpokladá ťažba dreva. Každý transekt pozostáva z 3 vymeraných a trvalo označených trvalých výskumných plôch.

Druhú skupinu tvorí 12 plôch (č. 1–12) nachádzajúcich sa na štyroch rúbaniskách. Na každom rúbanisku sú 3 plochy umiestnené v líniom transekte.



Obr. 2 Záujmové územie Bábsky les s trvalými plochami (Zdroj: ÚKE SAV, pob. Nitra)
Fig. 2 The area of interest of the Báb forest with permanent plots (Source: ILE SAS, branch Nitra)

Zápisy boli zhotovené štandardnými fytoecologickými metódami (MORAVEC a kol. 1994), bola použitá 9-členná ordinálna stupnica (WESTHOFF A VAN DER MAAREL 1978):

1 – 1 alebo 2 jedince,

2 – viac jedincov, pokryvnosť menej ako 1 %,

3 – pokryvnosť od 1– do 5 % malý počet jedincov,

4 – pokryvnosť od 1– do 5 %, veľa jedincov,

5 – pokryvnosť od 5– do 12,5 %, 9 – pokryvnosť viac ako 75 %.

6 – pokryvnosť od 12,5 – do 25 %, 7 – pokryvnosť od 25– do 50 %, 8 – pokryvnosť od 50 – do 75 %, 9 – pokryvnosť viac ako 75 %.

Fytcenologické zápisy boli následne vložené do databázy Turboveg (HENNEKENS, SCHAMINEE 2001), z ktorej boli prevedené do programu JUICE 7.0 (TICHÝ 2002), pomocou ktorého sa následne vypočítala stálosť výskytu jednotlivých taxónov rastlín pre obe skupiny TVP – rúbanísk, aj lesného porastu. Stálosť výskytu bola stanovená mierou phi koeficientu a testovaná Fisherovým testom pri hladine významnosti $p < 0,05$ a bola vypočítaná v 5 stupňoch (pozri nižšie). V tejto práci vychádzam z fytcenologických zápisov, ktoré sú pre metodiku potrebné, avšak samotnú fytcenológiu rastlinných spoločenstiev v Bábskom lese v tejto práci neuvádzam.

Každému rastlinnému druhu vo fytcenologickom zázname sa v databáze Turboveg priradili indikačné čísla (ekočísla) troch ekologických faktorov „svetlo“, „teplota“ a „vlhkosť“ (ELLENBERG a kol. 1992). Pre každý ekologický faktor sa vypočítali percentuálne podiely pokryvnosti indikačných čísel, t. j. podiely súčtovej pokryvnosti druhov s rovnakou indikačnou hodnotou. Zmena podmienok prostredia je vyjadrená diferenciami, t. j. rozdielmi medzi priemernými hodnotami podielov pokryvnosti ekočísel v čase t^2 a t^1 . Metodika vychádza z prác IŠTOŇA, MERGANIČ (2007), VLAĐOVIČ, MÁLIŠ, MERGANIČ (2008) a VOLOŠČUK (2012). Invázne taxóny boli vyhodnotené podľa MEDVECKEJ a kol. (2012). Názvoslovie zistených taxónov je jednotne upravené podľa MARHOLDA, HINDÁKA a kol. (1998).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V Tab. 1 je uvedený zoznam taxónov na TVP na rúbaniskách a aj v lesnom poraste, ktoré vyhoveli F-testu (uvedené vyššie). Medzi najčastejšie sa vyskytujúce druhy, a to v 81 až v 100 % zápisov, patria taxóny *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Geum urbanum*, *Glechoma hirsuta*, *Hedera helix*, *Lamium maculatum*, *Melica uniflora*, *Mercurialis perennis*, *Polygonatum latifolium*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria officinalis*, *Viola mirabilis*. Tieto druhy sa vyskytovali jednak na TVP na rúbaniskách a jednak na TVP v lesnom poraste, taxóny predstavujú typické lesné druhy. Do V. stupňa prístupujú a to iba v lesnom poraste ďalšie lesné druhy *Cornus mas* a *Ficaria bulbifera*.

Medzi najčastejšie sa vyskytujúce druhy, iba na rúbaniskách, patria: *Ailanthus altissima*, *Alliaria petiolata*, *Arctium lappa*, *A. tomentosum*, *Astragalus glycyphyllos*, *Calamagrostis epigejos*, *Cirsium arvense*, *C. vulgare*, *Euphorbia cyparissias*, *Ga-*

lium aparine, *Hypericum hirsutum*, *Quercus robur*, *Urtica dioica*, *Stellaria media*, *Stenactis annua*. Je to kombinácia druhov lesných, rúbaniskových a synantropných.

Často sa vyskytujúce druhy (IV. stupeň – 61 – 80 %) tvoria na rúbaniskách a aj v lesnom poraste dreviny *Euonymus verrucosus*, *Ligustrum vulgare* a *Quercus cerris*. Iba v lesnom poraste patria do IV. stupňa taxóny: *Alliaria petiolata*, *Euonymus verrucosus*, *Crataegus monogyna*. Iba na TVP na rúbaniskách sú to *Ajuga reptans*, *Carduus acanthoides*, *Cornus mas*, *Euonymus europaeus*, *E. verrucosus*, *Inula conyzae*, *Rosa canina* agg. a *Sambucus nigra*.

Do III. stupňa stálosti patria v lesnom poraste druhy: *Anemone ranunculoides*, *Corydalis solida*, *Euonymus europaeus*, *Gagea lutea*, *Galium aparine*, *Impatiens parviflora*, *Quercus petraea* agg., *Quercus robur*, *Viburnum lantana*, *Viola hirta*, *V. odorata*, *V. reichenbachiana*. Jedná sa taktiež o lesné druhy. Na TVP na rúbanisku sú to druhy: *Ajuga genevensis*, *Anemone ranunculoides*, *Aster lanceolatus*, *A. novi-belgii* agg., *Brachypodium sylvaticum*, *Bromus benekenii*, *Clematis vitalba*, *Dentaria bulbifera*, *Ficaria bulbifera*, *Fragaria moschata*, *Gagea lutea*, *Geranium robertianum*, *Glechoma hederacea*, *Impatiens parviflora*, *Poa nemoralis*, *Quercus petraea* agg., *Rubus fruticosus* agg., *Securigera varia*, *Serratula tinctoria*, *Swida sanguinea*, *Viola hirta*, *V. odorata*, *V. reichenbachiana*. Taktiež aj druhy III. stupňa stálosti na TVP na rúbaniskách sú kombináciou druhov lesných, rúbaniskových, synantropných a druhov invázných. Prehľad ostatných, menej rozšírených druhov je uvedený v Tab. 1.

Na TVP na rúbanisku a na TVP v lesnom poraste boli zdokumentované taktiež invázne druhy. Invázna bylina *Impatiens parviflora* bola nájdená na TVP na rúbanisku a aj v lesnom poraste, a dosiahla až III. stupeň stálosti. Ďalšími inváznymi druhmi sú invázne dreviny *Ailanthus altissima* a *Robinia pseudoacacia*, taxón *Ailanthus altissima* dosahuje na rúbanisku až V. stupeň stálosti, ako je uvedené vyššie, v lesnom poraste je to len I. stupeň. Druh *Robinia pseudoacacia* dosahuje na rúbanisku II. a v lesnom poraste I. stupeň stálosti.

Astry *Aster lanceolatus* a *Aster novi-belgii* agg. dosahujú na rúbanisku až III. stupeň stálosti, druhy sa v lesnom poraste nevyskytujú. Najviac rozšírenou inváznou bylinou na TVP na rúbaniskách je druh *Stenactis annua*, kde dosahuje až V. stupeň stálosti. Druh sa taktiež nevyskytuje v lesnom poraste. Všetky uvedené invázne druhy patria podľa práce MEDVECKÁ a kol. (2012) medzi invázne neofyty.

Tab. 1 Zoznam a stálosť výskytu rastlinných druhov dvoch skupín TVP

Tab. 1 The list and stability of occurrence of plant species abundances of two PRP groups

Druhy	Frekvencia na TVP na rúbanisku	Frekvencia na TVP v lesnom poraste
<i>Acer campestre</i>	V	V
<i>Acer platanoides</i>	II	II
<i>Achillea millefolium</i>	I	–
<i>Ailanthus altissima</i>	V	I
<i>Ajuga genevensis</i>	III	I
<i>Ajuga reptans</i>	IV	I
<i>Alliaria petiolata</i>	V	IV
<i>Amaranthus retroflexus</i>	I	–
<i>Anemone ranunculoides</i>	III	III
<i>Anthriscus cerefolium</i>	–	I
<i>Arctium lappa</i>	V	–
<i>Arctium tomentosum</i>	V	–
<i>Artemisia vulgaris</i>	I	–
<i>Aster lanceolatus</i>	III	–
<i>Aster novi-belgii</i> agg.	III	–
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	V	–
<i>Ballota nigra</i>	II	–
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	III	I
<i>Bromus benekenii</i>	III	I
<i>Calamagrostis epigejos</i>	V	I
<i>Campanula rapunculoides</i>	I	–
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	I	–
<i>Carduus acanthoides</i>	IV	–
<i>Carex muricata</i> agg.	I	–
<i>Carex ovalis</i>	I	–
<i>Carex pilosa</i>	I	I
<i>Carex sylvatica</i>	I	I
<i>Carpinus betulus</i>	V	V
<i>Cerasus avium</i>	–	I
<i>Cirsium arvense</i>	V	I
<i>Cirsium canum</i>	I	–
<i>Cirsium vulgare</i>	V	I
<i>Clematis vitalba</i>	III	–
<i>Clinopodium vulgare</i>	I	–
<i>Convallaria majalis</i>	I	I
<i>Cornus mas</i>	IV	V
<i>Corydalis cava</i>	I	II
<i>Corydalis solida</i>	II	III
<i>Crataegus laevigata</i>	II	II
<i>Crataegus monogyna</i>	I	IV
<i>Dactylis glomerata</i>	II	I
<i>Dentaria bulbifera</i>	III	II
<i>Echinochloa crus-galli</i>	I	–
<i>Erechtites hieracifolius</i>	I	I
<i>Euonymus europaeus</i>	IV	III
<i>Euonymus verrucosus</i>	IV	IV
<i>Euphorbia cyparissias</i>	V	I
<i>Fallopia dumetorum</i>	I	I
<i>Ficaria bulbifera</i>	III	V
<i>Fragaria moschata</i>	III	–
<i>Fraxinus excelsior</i>	–	I
<i>Gagea lutea</i>	III	III
<i>Galeobdolon luteum</i>	V	V
<i>Galium aparine</i>	V	III

Tab. 1 Pokračovanie
Tab. 1 Continue

Druhy	Frekvencia na TVP na rúbanisku	Frekvencia na TVP v lesnom poraste
<i>Galium odoratum</i>	V	V
<i>Geranium robertianum</i>	III	I
<i>Geum urbanum</i>	V	V
<i>Glechoma hederacea</i>	III	II
<i>Glechoma hirsuta</i>	V	V
<i>Hedera helix</i>	V	V
<i>Holosteum umbellatum</i>	I	–
<i>Humulus lupulus</i>	I	–
<i>Hypericum hirsutum</i>	V	I
<i>Hypericum perforatum</i>	II	–
<i>Chaerophyllum temulum</i>	I	–
<i>Chenopodium hybridum</i>	I	–
<i>Impatiens parviflora</i>	III	III
<i>Inula conyzae</i>	IV	–
<i>Isopyrum thalictroides</i>	II	II
<i>Lamium maculatum</i>	V	V
<i>Lamium purpureum</i>	I	–
<i>Lathyrus niger</i>	I	–
<i>Lathyrus vernus</i>	–	I
<i>Lavatera thuringiaca</i>	I	–
<i>Ligustrum vulgare</i>	IV	IV
<i>Linaria vulgaris</i>	I	–
<i>Lithospermum purpureocaeruleum</i>	I	–
<i>Lonicera caprifolium</i>	–	I
<i>Lonicera xylosteum</i>	II	I
<i>Mahonia aquifolium</i>	I	I
<i>Melica nutans</i>	II	–
<i>Melica uniflora</i>	V	V
<i>Mercurialis perennis</i>	V	V
<i>Milium effusum</i>	II	I
<i>Oryzopsis virescens</i>	I	–
<i>Persicaria lapathifolia</i>	I	–
<i>Poa nemoralis</i>	III	I
<i>Polygonatum latifolium</i>	V	V
<i>Polygonatum multiflorum</i>	V	V
<i>Prunus spinosa</i>	I	I
<i>Pulmonaria officinalis</i>	V	V
<i>Quercus cerris</i>	IV	IV
<i>Quercus petraea</i> agg.	III	III
<i>Quercus pubescens</i>	–	I
<i>Quercus robur</i>	V	III
<i>Robinia pseudoacacia</i>	II	I
<i>Roegneria canina</i>	II	I
<i>Rosa canina</i> agg.	IV	I
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	III	I
<i>Sambucus ebulus</i>	II	–
<i>Sambucus nigra</i>	IV	I
<i>Sanicula europaea</i>	–	I
<i>Securigera varia</i>	III	I
<i>Serratula tinctoria</i>	III	–
<i>Silene latifolia</i> ssp. <i>alba</i>	I	–
<i>Solanum dulcamara</i>	I	–
<i>Sonchus arvensis</i>	I	–

Tab. 1 Pokračovanie

Tab. 1 Continue

Druhy	Frekvencia na TVP na rúbanisku	Frekvencia na TVP v lesnom poraste
<i>Sorbus torminalis</i>	–	II
<i>Stellaria media</i>	V	–
<i>Stenactis annua</i>	V	–
<i>Swida sanguinea</i>	III	I
<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	I	–
<i>Torilis japonica</i>	I	–
<i>Tussilago farfara</i>	I	–
<i>Ulmus minor</i>	I	II
<i>Urtica dioica</i>	V	I
<i>Verbascum austriacum</i>	I	–
<i>Veronica chamaedrys</i>	I	–
<i>Veronica officinalis</i>	I	I
<i>Viburnum lantana</i>	II	III
<i>Vicia angustifolia</i>	II	–
<i>Vicia tetrasperma</i>	I	–
<i>Vinca minor</i>	–	I
<i>Viola hirta</i>	III	III
<i>Viola mirabilis</i>	V	V
<i>Viola odorata</i>	III	III
<i>Viola reichenbachiana</i>	III	III
<i>Viola riviniana</i>	I	I

Vysvetlivky: I – stálosť v 1 – 20 % zápisoch, II – 21 – 40 %, III – 41 – 60 %, IV – 61 – 80 %, V – 81 – 100 %

Tab. 2 až 4 zobrazujú diferencie podielov ekočísol „svetlo, teplota, vlhkosť“ medzi sledovanými stanovišťami na rúbanisku a v lesnom poraste.

V rámci ekočísła „svetlo“ na TVP v lesnom poraste a aj na TVP na rúbaniskách percentuálne dominujú ekočísła 4 a 5, tieto ekočísła predstavujú polotienne rastliny (Tab. 2). Na TVP v lesnom poraste ich predstavujú druhy: *Acer platanoides*, *Carex pilosa*, *Carpinus betulus*, *Cerasus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Gagea lutea*, *Geum urbanum*, *Hedera helix*, *Impatiens parviflora*, *Lathyrus vernus*, *Milium effusum*, *Sanicula europaea*, *Sorbus torminalis*, *Vinca minor*, *Viola mirabilis*, *V. reichenbachiana* (ekočíslo 4), *Acer campestre*, *Alliaria petiolata*, *Bromus benekenii*, *Convallaria majalis*, *Euonymus verrucosus*, *Geranium robertianum*, *Lamium maculatum*, *Poa nemoralis*, *Pulmonaria officinalis*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus minor*, *Viola odorata*, *V. riviniana* (ekočíslo 5). Na TVP na rúbaniskách percentuálny podiel týchto ekočísiel poklesol, a to o 6 % – ekočíslo 4 a 5 % – ekočíslo 5. V rámci ekočísła 4 na rúbaniskách absentujú taxóny *Cerasus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Lathyrus vernus*, *Sanicula europaea* a *Sorbus torminalis*. Pri hodnotení ekočísła 5 nedochádza k absencii druhov, ale dochádza k zníženiu pokryvnosti taxónov na rúbaniskách.

V lesnom poraste ďalej dominovalo ekočíslo 6 (rastliny, ktorým vyhovuje polotien až polosvetlo), ktoré predstavujú taxóny *Ajuga reptans*, *Anthriscus cerefolium*, *Cornus mas*, *Crataegus laevigata*, *Euonymus europaeus*, *Fallopia dumetorum*, *Glechoma hederacea*, *Quercus cerris*, *Roegneria canina*, *Veronica officinalis*, *Viburnum opulus*, *Viola hirta*. Na TVP na rúbaniskách dochádza k poklesu daného ekočísła 6, a to o 5 %, a absentujú iba dva druhy *Anthriscus cerefolium* a *Viburnum opulus*.

Medzi ekočísła s vysokým percentuálnym podielom, na TVP v lesnom poraste, patrili ekočísła 2 a 3, ktoré predstavujú tieňomilné rastliny. Medzi dané taxóny v lesnom poraste patria: *Carex sylvatica*, *Galium odoratum*, *Mercurialis perennis*, *Polygonatum multiflorum* (ekočíslo 2), *Anemone ranunculoides*, *Brachypodium sylvaticum*, *Corydalis cava*, *C. solida*, *Dentaria bulbifera*, *Galeobdolon luteum*, *Melica uniflora* (ekočíslo 3). Na TVP dochádza k percentuálnemu poklesu daných ekočísiel 2 a 3, avšak nedochádza k absencii druhov.

Ďalším dominujúcim ekočísлом v lesnom poraste je ekočíslo 7, čo sú rastliny polosvetla. Predstavujú ich druhy *Calamagrostis epigejos*, *Crataegus monogyna*, *Dactylis glomerata*, *Galium aparine*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera caprifolium*, *Prunus spinosa*, *Quercus pubescens*, *Q. robur*;

Securigera varia, *Swida sanguinea*, *Viburnum lantana*. Na TVP na rúbaniskách dochádza k percentuálnemu nárastu daného ekočísła, a to o 6%. Na rúbaniskách pribúdajú taxóny: *Artemisia vulgaris*, *Aster lanceolatus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Carex ovalis*, *Clematis vitalba*, *Clinopodium vulgare*, *Humulus lupulus*, *Hypericum hirsutum*, *H. perforatum*, *Chenopodium hybridum*, *Lamium purpureum*, *Lavatera thuringiaca*, *Sambucus nigra*, *Securigera varia*, *Solanum dulcamara*, *Sonchus arvensis*, *Taraxacum sect. Ruderalia*.

Na TVP v lesnom poraste absentujú ekočísła 8 (svetlomilné rastliny) a 9 (rastliny plného svetla). Na rúbaniskových TVP ich predstavujú taxóny: *Achillea millefolium*, *Ailanthus altissima*, *Ajuga genevensis*, *Amaranthus retroflexus*, *Arctium tomentosum*, *Ballota nigra*, *Cirsium arvense*, *C. canum*, *C. vulgare*, *Euphorbia cyparissias*, *Holosteum umbellatum*, *Linaria vulgaris*, *Rosa canina* agg., *Sambucus ebulus*, *Silene latifolia ssp. alba*, *Tussilago farfara* (ekočíslo 8), *Arctium lappa*, *Carduus acanthoides* (ekočíslo 9). Na TVP v lesnom poraste a aj na rúbaniskách predstavuje indiferentný druh (označený x) taxón *Urtica dioica*. Rastliny hlbokého tieňa (ekočíslo 1) sa v lesnom poraste a aj na rúbaniskových TVP nevyskytujú.

Galium aparine, *Glechoma hederacea*, *Impatiens parviflora*, *Lathyrus vernus*, *Ligustrum vulgare*, *Pulmonaria officinalis*, *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*, *Roegneria canina*, *Securigera varia*, *Vinca minor*, *Viola odorata* (ekočíslo 6).

Na TVP na rúbanisku nie je zmena medzi týmito ekočísłami markantná, avšak zmena je viditeľná vo výskyte a pokryvnosti druhov. V rámci týchto ekočísł na rúbaniskách absentovali taxóny: *Calamagrostis epigejos*, *Cerasus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Sanicula europaea*, *Viburnum opulus* (ekočíslo 5), *Lathyrus vernus*, *Securigera varia* (ekočíslo 6). Naopak pribudli: *Arctium tomentosum*, *Carduus acanthoides*, *Cirsium arvense*, *C. vulgare*, *Lamium purpureum*, *Rosa canina* agg., *Sambucus nigra*, *Solanum dulcamara*, *Sonchus arvensis* (ekočíslo 5), *Arctium lappa*, *Artemisia vulgaris*, *Astragalus glycyphyllos*, *Ballota nigra*, *Campanula rapunculoides*, *Carex pilosa*, *Clematis vitalba*, *Dactylis polygama*, *Fragaria moschata*, *Holosteum umbellatum*, *Humulus lupulus*, *Hypericum hirsutum*, *H. perforatum*, *Chaerophyllum temulum*, *Chenopodium hybridum*, *Inula conyza*, *Lathyrus niger*, *Lavatera thuringiaca*, *Linaria vulgaris*, *Lonicera xylosteum*, *Sambucus ebulus*, *Securigera varia*, *Serratula tinctoria*, *Silene latifolia*

Tab. 2 Významnosť zmien v percentuálnom podiele ekočísł ekofaktora „svetlo“ (v zmysle Ellenberga a kol. 1992)
Tab. 2 Significance of changes in percentage coverage for factor „light“ (according to Ellenberg et al. 1992)

Ekofaktor		Ekočíslo	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Svetlo	Lesný porast	Podiel ekočísła	0,1	–	10,5	11,3	24,9	24,9	17,2	11,1	–	–
	Rúbanisko	(%)	1,6	–	6,8	7,6	19	20	12,4	17,4	12,3	2,3
	Diferencia podielu ekočísła (%)		1,5	–	–3,7	–3,7	–5,9	–4,9	–4,8	6,3	12,3	2,3

Na TVP v lesnom poraste a aj na rúbaniskách v rámci ekofaktora „teplota“ dominujú svojim percentuálnym podielom ekočísła 5 a 6 (ekočíslo 6 dosahuje až 47%) (Tab. 3). V lesnom poraste tieto ekočísła predstavujú taxóny: *Brachypodium sylvaticum*, *Bromus benekenii*, *Calamagrostis epigejos*, *Carex sylvatica*, *Cerasus avium*, *Crataegus monogyna*, *Dentaria bulbifera*, *Euonymus europaeus*, *Fraxinus excelsior*, *Gagea lutea*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Geum urbanum*, *Hedera helix*, *Melica uniflora*, *Prunus spinosa*, *Sanicula europaea*, *Swida sanguinea*, *Viburnum lantana*, *V. opulus*, *Viola hirta*, *V. mirabilis* (ekočíslo 5), *Acer campestre*, *A. platanoides*, *Alliaria petiolata*, *Anemone ranunculoides*, *Carex pilosa*, *Carpinus betulus*, *Corydalis cava*, *C. solida*, *Crataegus laevigata*, *Euonymus verrucosus*, *Fallopia dumetorum*,

ssp. alba, *Torilis japonica*, *Vicia angustifolia*, *Vicia tetrasperma* (ekočíslo 6).

Ďalej na TVP v lesnom poraste a aj na rúbaniskách percentuálne dominovali indiferentné druhy. V lesnom poraste ich predstavujú taxóny *Ajuga reptans*, *Convallaria majalis*, *Dactylis glomerata*, *Geranium robertianum*, *Lamium maculatum*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum*, *Poa nemoralis*, *Polygonatum multiflorum*, *Urtica dioica*, *Veronica officinalis*, *Viola reichenbachiana*, *V. riviniana*. Na rúbaniskových TVP došlo k výraznému nárastu indiferentných taxónov a pribudli druhy: *Achillea millefolium*, *Ajuga genevensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Carex ovalis*, *Clinopodium vulgare*, *Euphorbia cyparissias*, *Melica nutans*, *Taraxacum sect. Ruderalia*, *Tussilago farfara*, *Veronica chamaedrys*.

V lesnom poraste ďalej dominovali ekočísła 7 a 8, čo predstavujú rastliny tepla až extrémneho tepla. Predstavujú ich druhy: *Anthriscus cerefolium*, *Cornus mas*, *Lonicera caprifolium*, *Sorbus torminalis*, *Ulmus minor* (ekočíslo 7), *Quercus cerris*, *Q. pubescens* (ekočíslo 8). Na rúbaniskách síce dochádza k percentuálnemu poklesu daných ekočísliel, ale pribúdajú druhy: *Amaranthus retroflexus*, *Aster lanceolatus*, *Cirsium canum*, *Echinochloa crus-galli*, *Lithospermum purpureocaeruleum*, *Vicia pisiformis* (ekočíslo 7), *Ailanthus altissima* (ekočíslo 8). Na TVP v lesnom poraste a aj na rúbaniskových TVP absentujú druhy ekočísliel 1, 2, 3, 4 (indikátory chladu až zimy) a 9 (indikátory extrémneho tepla).

Quercus robur, *Ulmus minor*, *Viburnum opulus* (indiferentné taxóny), *Convallaria majalis*, *Cornus mas*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus verrucosus*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera caprifolium*, *Quercus cerris*, *Robinia pseudoacacia*, *Securigera varia*, *Sorbus torminalis*, *Prunus spinosa*, *Veronica officinalis*, *Viburnum lantana*, *Viola riviniana* (ekočíslo 4). Na rúbaniskách pribúdajú indiferentné druhy: *Cirsium arvense*, *Serratula tinctoria*, *Vicia angustifolia*. Podiel ekočísła 4 síce na rúbaniskách klesol, avšak pribúdajú nové druhy, ale v nízkej pokrývnosti. Sú to taxóny: *Achillea millefolium*, *Amaranthus retroflexus*, *Astragalus glycyphyllos*, *Campanula rapunculoides*, *Carduus acanthoides*, *Clinopodium vulgare*, *Lithospermum purpureocae-*

Tab. 3 Významnosť zmien v percentuálnom podiele ekočísliel ekofaktora „teplota“ (v zmysle Ellenberga a kol. 1992)
Tab. 3 Significance of changes in percentage coverage for factor „temperature“ (according to Ellenberg et al. 1992)

Ekofaktor		Ekočíslo	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teplota	Lesný porast	Podiel ekočísla	11,4	–	–	–	–	26,4	47,7	9,4	5,2	–
	Rúbanisko	(%)	18,3	–	–	–	–	28	46,6	2,3	4,7	–
	Diferencia podielu ekočísla (%)		6,9	–	–	–	–	1,6	–1,1	–7,1	–0,5	–

V rámci ekofaktora „vlhkosť“ na lesných a aj rúbaniskových TVP percentuálne dominuje ekočíslo 5, čo sú taxóny čerstvých pôd (Tab. 4). Toto ekočíslo na lesných TVP prezentujú druhy: *Acer campestre*, *Alliaria petiolata*, *Anthriscus cerefolium*, *Brachypodium sylvaticum*, *Bromus benekenii*, *Carex pilosa*, *C. sylvatica*, *Cerasus avium*, *Corydalis solida*, *Crataegus laevigata*, *Dactylis glomerata*, *Dentaria bulbifera*, *Euonymus europaeus*, *Fallopia dumetorum*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Geum urbanum*, *Hedera helix*, *Impatiens parviflora*, *Lathyrus vernus*, *Melica uniflora*, *Milium effusum*, *Poa nemoralis*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria officinalis*, *Sanicula europaea*, *Swida sanguinea*, *Vinca minor*, *Viola mirabilis*, *V. odorata*, *V. reichenbachiana*. Na rúbaniskových TVP dochádza k nepatrnému poklesu daného ekočísla, absentujú taxóny: *Anthriscus cerefolium*, *Cerasus avium*, *Lathyrus vernus*, a *Sanicula europaea*.

Ďalej percentuálne na lesných a aj TVP na rúbaniskách dominujú indiferentné druhy a druhy ekočísła 4 (rastliny medzi suchými a čerstvými pôdami). V lesnom poraste ich predstavujú taxóny: *Acer platanoides*, *Calamagrostis epigejos*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Galium aparine*, *Geranium robertianum*, *Mercurialis perennis*,

Hypericum perforatum, *Inula conyza*, *Vicia pisiformis*, *Linaria vulgaris*, *Rosa canina* agg., *Securigera varia*, *Silene latifolia* ssp. *alba*.

Na TVP v lesnom poraste a aj na rúbaniskách percentuálne ďalej dominuje ekočíslo 6, čo sú indikátory medzi čerstvými a vlhkými pôdami. V lesnom poraste ich prezentujú druhy: *Ajuga reptans*, *Anemone ranunculoides*, *Corydalis cava*, *Gagea lutea*, *Glechoma hederacea*, *Lamium maculatum*, *Roegneria canina*, *Urtica dioica*. Na rúbaniskových TVP pribúdajú druhy tohto sledovaného ekočísła 6, a to *Artemisia vulgaris*, *Aster lanceolatus* a *Tussilago farfara*.

Nízkym percentuálnym podielom sa prezentuje ekočíslo 3, v lesnom poraste ho predstavujú dva taxóny *Quercus pubescens* a *Viola hirta*. A na rúbaniskách sú to druhy: *Ajuga genevensis*, *Euphorbia cyparissias*, *Holosteum umbellatum*, *Lathyrus niger* a rovnaký druh *Viola hirta*. V lesnom poraste absentujú druhy ekočísliel 7 a 8, čo sú indikátory vlhkých pôd. Na rúbaniskách ich predstavujú druhy: *Carex ovalis* (ekočíslo 7), *Cirsium canum*, *Humulus lupulus*, *Solanum dulcamara* (ekočíslo 8). Na oboch sledovaných stanovištiach, v lesnom poraste a aj na rúbaniskách absentovali taxóny ekočísliel 1, 2 (rastliny suchých pôd) a 9 (indikátory mokrých pôd).

Tab. 4 Významnosť zmien v percentuálnom podiele ekočísiel ekofaktora „vlhkosť“ (v zmysle Ellenberga a kol. 1992)

Tab. 4 Significance of changes in percentage coverage for factor “moisture” (according to Ellenberg et al. 1992)

Ekofaktor		Ekočíslo	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vlhkosť	Lesný porast	Podiel ekočísla (%)	22	–	–	1	21,2	48	8	–	–	–
	Rúbanisko		23,4	–	–	4	15,5	46	10,5	0,05	0,43	–
	Diferencia podielu ekočísla (%)		1,4	–	–	3	–5,7	–2	2,5	0,05	0,43	–

Druhovú zloženie Bábskeho lesa sa zmenilo najmä v dôsledku vzniku štyroch rúbanísk, zmena je prezentovaná v prácach PILKOVÁ (2011, 2012, 2013). K zmene druhového zloženia dochádza vplyvom zmien ako je rôzne osvetlenie, či už veľké presvetlenie alebo nízke vplyvom zarastania rúbanísk. Výskyt druhov sa mení vplyvom rôzneho manažmentu (zarastanie, kosenie, príp. ponechanie na niektorých trvalých plochách) na rúbaniskách alebo odumieraním starých jedincov v lesnom poraste.

K najvýraznejšej zmene, v rámci percentuálnych podielov ekočísiel sledovaných troch ekofaktorov, došlo pri ekofaktore „svetlo“. Ďalej nasledoval ekofaktor „teplota“ a najnižší rozdiel medzi TVP v lesnom poraste a na TVP na rúbaniskách bol zdokumentovaný pri ekofaktore „vlhkosť“. Dôvodom tejto výraznej zmeny je antropogénny zásah. V roku 2006 dochádza k vzniku štyroch rúbanísk, k odstráneniu pôvodnej lesnej vegetácie, k vytvoreniu voľného priestoru pre nové druhy. Týmto dochádza na rúbaniskových TVP k prieniku nových svetlomilných a teplomilných synantropných, ruderalných a invázných druhov na novú a voľnú ekologickú niku z okolitých poľnohospodárskych pozemkov, poľných ciest a obytných častí Alexandrov dvor.

Holorubným spôsobom ťažby vzniká veľké presvetlenie. Na rúbaniskách sa síce vyskytujú aj tieňomilné lesné druhy, ale výrazne pribúdajú svetlomilné synantropné a rúbaniskové druhy. K druhom na rúbaniskách, ktorým vyhovuje pozmenené svetlejšie stanovište patria: *Artemisia vulgaris*, *Aster lanceolatus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Carex ovalis*, *Clematis vitalba*, *Clinopodium vulgare*, *Humulus lupulus*, *Hypericum hirsutum*, *H. perforatum*, *Chenopodium hybridum*, *Lamium purpureum*, *Lavatera thuringiaca*, *Sambucus nigra*, *Securigera varia*, *Solanum dulcamara*, *Sonchus arvensis*, *Taraxacum sect. Ruderalia* a k druhom, ktorým vyhovuje veľmi svetlé stanovište patria taxóny *Achillea millefolium*, *Ailanthus altissima*, *Ajuga genevensis*, *Amaranthus retroflexus*, *Arctium tomentosum*, *A. lappa*, *Ballota nigra*, *Carduus acanthoides*, *Cir-*

sium arvense, *C. canum*, *C. vulgare*, *Euphorbia cyparissias*, *Holosteum umbellatum*, *Linaria vulgaris*, *Rosa canina* agg., *Sambucus ebulus*, *Silene latifolia ssp. alba*, *Tussilago farfara*.

KUBÍČEK, BRECHTL (1970) z Bábskeho lesa opisujú dreviny ako: *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Cornus mas*, *Fagus sylvatica*, *Hedera helix*, *Ligustrum vulgare*, *Quercus cerris*, *Q. petraea* agg. Ďalej sú to lesné taxóny: *Melica uniflora*, *Carex pilosa*, *Dactylis polygama*, *Bromus benekenii*, *Poa nemoralis*, *Galium odoratum*, *Galeobdolon luteum*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria officinalis*, *Geum urbanum*. Taxóny *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Cornus mas*, *Hedera helix*, *Ligustrum vulgare*, *Quercus cerris*, *Q. petraea* agg., *Dactylis polygama*, *Galium odoratum*, *Galeobdolon luteum*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria officinalis*, *Geum urbanum*, *Melica uniflora* sú zaznamenané taktiež týmto výskumom v r. 2013.

Medzi rovnaké druhy, ktoré vo svojich práca uvádza tiež FERLÍKOVÁ (2009, 2011) patria: *Urtica dioica*, *Achillea millefolium*, *Ajuga genevensis*, *A. reptans*, *Astragalus glycyphyllos*, *Ballota nigra*, *Cirsium arvense*, *C. vulgare*, *Arctium lappa*, *A. tomentosum*, *Artemisia vulgaris* a dreviny lesných plášťov, ako sú *Sambucus nigra* a *Rosa canina* agg. *Arctium lappa*, *A. tomentosum*, *Carduus acanthoides* boli zaznamenané taktiež ELIÁŠOM (2010).

Druhy *Ailanthus altissima*, *Ballota nigra*, *Stenactis annua*, *Impatiens parviflora*, *Mahonia aquifolium*, *Robinia pseudoacacia*, *Aster novibelgii* agg. boli zaznamenané tiež terénnym výskumom v Bábskom lese v roku 2011 (PILKOVÁ, 2012). Práca HALADA (2010) tiež potvrdzuje výskyt niektorých taxónov, sú to *Aster lanceolatus*, *Impatiens parviflora*, *Lamium purpureum*, *Stenactis annua*.

V rámci ekofaktora „teplota“ výrazná zmena je spísaná pri indiferentných druhoch. Na rúbaniskových TVP pribudli druhy: *Achillea millefolium*, *Ajuga genevensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Carex ovalis*, *Clinopodium vulgare*, *Euphorbia cyparissias*, *Melica nutans*, *Taraxacum sect. Ruderalia*, *Tussilago farfara*, *Veronica chamaedrys*.

Pri vyhodnotení ekofaktora „vlhkosť“ nie je zdokumentovaná výrazná zmena v diferenciách podielov ekočísiel. K novým indiferentným druhom na rúbaniskách pribúdajú *Cirsium arvense*, *Serratula tinctoria* a *Vicia angustifolia*. Podiel ekočísła 4 (rastliny medzi suchými a čerstvými pôdami) síce na rúbaniskách klesol, avšak pribúdajú nové druhy, ale v nízkej pokrývnosti. Sú to taxóny: *Achillea millefolium*, *Amaranthus retroflexus*, *Astragalus glycyphyllos*, *Campanula rapunculoides*, *Carduus acanthoides*, *Clinopodium vulgare*, *Lithospermum purpureocaeruleum*, *Hypericum perforatum*, *Inula conyza*, *Vicia pisiformis*, *Linaria vulgaris*, *Rosa canina* agg., *Securigera varia*, *Silene latifolia* ssp. *alba*.

Na základe vyššie uvedených rastlinných taxónov konštatujeme, že zmena v podieloch diferencií ekočísiel jednotlivých sledovaných troch ekofaktorov nastala vznikom rúbanísk, na ktorých sa vyskytujú nové druhy – vyššie uvedené svetlomilné, teplomilné synantropné, rúbaniskové a invázne druhy.

Druhovú zloženie rúbanísk sa mení jednak vplyvom človeka, napr. v dôsledku zavlečenia druhov ako *Impatiens parviflora*, alebo výsadby introdukovaných druhov ako *Robinia pseudoacacia*, alebo vplyvom iných spôsobov rozširovania taxónov, napr. klonálnym rastom (*Vinca minor*), alebo vystreľovaním semien na väčšie vzdialenosti (*Impatiens parviflora*). Druhovú zloženie sa mení aj v závislosti od toho, ako sú TVP vzdialené od obrábaných polí, CHA Bábsky park, obytné zóny Alexandrov dvor, alebo od rúbanísk s ich synantropnými druhmi. Blízkosť antropicky narušených plôch spôsobuje rýchly prísun diaspór, či už vetrom, alebo živočíchmi, v dôsledku čoho sa synantropné druhy rýchlo rozširujú na rúbaniskách.

Vplyvom zarastania rúbanísk a zvyšovaním pokrývnosti lesných druhov budú druhy rúbanísk, lesných okrajov a človekom ovplyvnených stanovíšť ustupovať. Môžu sa však odumieraním starších drevnín rozšíriť do presvetleného priestoru lesného porastu. Rozdielne svetelné podmienky: polotieň a tieň pod krovínami a mohutnejšími bylinami, presvetlenie na miestach bez krovín umožňujú jednak rast typických lesných tieňomilných druhov. Taktiež umožňujú rast svetlomilných ruderalných druhov, druhov rúbanísk, svetlín a inváznych drevnín a bylín. Blízkosť antropicky narušených biotopov zas umožňuje rýchly prísun diaspór vetrom, živočíchmi, človekom.

Do budúcnosti je možný predpoklad, že svetlomilné druhy budú vplyvom zarastania rúbanísk ustupovať, alebo sa budú presúvať na presvetlenejšie miesta po odumretí starších drevnín. Avšak

invázne druhy ako *Impatiens parviflora* a *Robinia pseudoacacia* sú už teraz rozšírené aj v zatiene-
nom lesnom poraste.

ZÁVER

Predkladaná práca analyzuje zmeny ekologických podmienok v Bábskom lese na podklade fytoindikačnej metódy. Zmeny prostredia sú vyjadrené porovnaním podielu ekočísła ekofaktorov „svetlo“, „teplota“ a „vlhkosť“. Bábsky les predstavuje zvyšok pôvodných lesných komplexov, ktoré boli v procese rozvoja poľnohospodárstva v Podunajskej nížine postupne premenené na polia. Predstavuje klimaxové štádium sukcesie lesa na srašiach.

Cieľom príspevku je zhodnotenie zmien prostredia po ťažbe dreva, a to zmeny v zastúpení druhov, ktoré indikujú výrazné zmeny v svetelných, teplotných a vlhkosťných podmienkach. V roku 2006 dochádza k vzniku štyroch rúbanísk. Na základe tejto zmeny dochádza k výraznej zmene v rámci podielov ekočísiel sledovaných troch ekofaktorov. Dochádza najmä k nárastu svetlomilných a teplomilných druhov. Môžeme skonštatovať, že k zmene podielu ekočísiel sledovaných ekofaktorov, medzi zápismi na TVP v lesnom poraste a na TVP na rúbaniskách dochádza najmä z dôvodu rozličného manažmentu. Je to vznik rúbanísk, odstránenie pôvodnej lesnej vegetácie a tým k osadeniu voľného priestoru synantropnými, rúbaniskovými a invázными druhmi. Väčšina z týchto druhov predstavuje teplomilné, svetlomilné taxóny a zástupcov suchých až čerstvých pôd. A preto je na rúbaniskách pozorovaná veľká zmena oproti zápisom v lesnom poraste.

Literatúra

- BISKUPSKÝ, V. 1970. Work in the field of forest research at the Báb research project. In JURKO, A. & DUDA, M. (eds.): *Res. Project Báb, Progr. Rep. I.*, Bratislava, s. 71 – 83.
- ELIÁŠ, P. 2010. Zmeny biodiverzity v Bábskom lese a blízkom okolí (Nitrianska pahorkatina, Juhozápadné Slovensko). In *Starostlivosť o biodiverzitu vo vidieckej krajine*, Nitra, Slovenská poľnohospodárska univerzita, s. 151 – 158. ISBN 978-80-552-0445-1.
- ELLENBERG, H. 1979. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. In *Scripta geobotanica* 9. Göttingen, s. 1 – 122.
- ELLENBERG, H. a kol., 1992. Zeigenwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Ed. 2., In *Scripta Geobotanica*, Göttingen, 18: s. 1 – 258.

- FERLÍKOVÁ, A., 2009. Šírenie nepôvodných a expanzívnych rastlinných druhov v narušenom lesnom ekosystéme NPR Bábsky les: bakalárska práca. Nitra, UKF, 42 s.
- FERLÍKOVÁ, A., 2011. Expanzívne šírenie rastlinných druhov v narušenom lesnom ekosystéme Bábkeho lesa: diplomová práca. Nitra, UKF, 56 s.
- FUTÁK, J. 1980. Fytogeografické členenie. Mapa 1: 100 000. In MAZÚR, E. (red): *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. 1. vyd. Bratislava: SAV; SÚGK, 88 s.
- HALADA, L., DAVID, S., ELIÁŠ, P., 2010. Druhové zloženie bylinného poschodia výskumnej plochy Báb pri Nitre. In *Rosalia*, Nitra, 21: s. 19–32.
- HENNEKENS, S. M., SCHAMINEE, J. H. J. 2001. TURBOVEG: *Comprehensive Data Base Management System for Vegetation Data*. *J. Veg. Sci.* 12, s. 589–591.
- IŠTOŇA, J., MERGANIČ, J. 2007. Phytocoenological indication of long-term environmental changes in spruce forests of Pilsko and Western Tatra Mts. and beech forests in the national nature reserve Pod Latiborskou hoľou. *Forestry Journal*, 54 (1), s. 17–28. ISSN 0323-10468
- JURKO, A. 1990. *Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie*. Príroda, Bratislava, 95 s.
- KONČEK, M. 1980. Klimatické oblasti. mapa 1: 1 000 000. Atlas SSR, 1. vyd., Bratislava: SAV, 64 s.
- KUBÍČEK, F., BRECHTL, J., 1970. Charakteristika skupín lesných typov výskumnej plochy v Bábke pri Nitre, *Biológia*, Bratislava, s. 27–38.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. (eds.) 1998. *Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska*. Bratislava, Veda, 687 s.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. 1980. Geomorfologické jednotky. Mapa 1:500 000. In *Kol. autorov: Atlas SSR*. Kap. IV. Povrch. Bratislava, SAV, SÚGK, s. 54–55.
- MEDVECKÁ, J. a kol., 2012. Inventory of the alien flora of Slovakia. *Preslia*, 84, s. 257–309.
- MORAVEC, J. a kol. 1994. *Fytocenologie*. Praha, Academia, 403 s. ISBN 80-200-0128-X.
- NEUHÄUSL, R., NEUHÄUSLOVÁ-NOVOTNÁ, Z., 1964. Vegetationsverhältnisse am Südrande des Schemmitzer Gebirges. *Biologické práce*. Bratislava, SAV, 10, 4: s. 1–77.
- PILKOVÁ, I. 2011. Structure of plant communities of clearings Bábsky forest. In: *Young Researchers*, Nitra: UKF, s. 430–441. ISBN 978-80-8094-946-4.
- PILKOVÁ, I. 2012. Ninoidigenous Species of the Báb Forest. In: *Scientia iuvenis*, Nitra: UKF, s. 154–159. ISBN 9788055801209.
- PILKOVÁ, I. 2013. Zmeny druhového zloženia Bábkeho lesa po ťažbe dreva. *Forestry Journal*, 59 (1), s. 59–69. ISSN 0323–1046.
- TICHÝ, L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13, s. 451–453.
- VLADOVIČ, J., MÁLIŠ, F., MERGANIČ, J. 2008. Poznatky z výskumu diverzity a dynamiky lesných ekosystémov na báze lesnickej typológie. *Forestry Journal* 54 (3), s. 213–233. ISSN 0323–10468.
- VOLOŠČUK, I., 2012. The Structure and Development Dynamic of Forest Ecosystems with Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) under upper timberline in the High Tatras. *Forestry Journal*, 58 (4), s. 243–257. ISSN 0323–1046.
- WESTHOFF, W., VAN DEN MAAREL, E., 1978. The Braun-Blanquet approach. In R. H. WHITTAKER (ed.): *Classification of Plant Communities*. The Hague, Dr. W. Junk, s. 287–399.

OPTIMÁLNA REGULÁCIA ROVNOTLAKOVEJ TURBÍNY PRACUJÚCEJ V OSTROVNOM REŽIME

Jozef PUSKAJLER¹ – Jozef ŠURIANSKY²

¹ Katedra Environmentálneho inžinierstva Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen Slovensko puskajler@tuzvo.sk

² Katedra informatiky a automatizačnej techniky Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky Technickej univerzity vo Zvolene T. G. Masaryka 24 960 53 Zvolen Slovensko suriansky@tuzvo.sk

ABSTRACT

Puskajler J., Šuriansky J.: **Optimal regulation of the working pressure turbine in grid operation**

The renewable sources of energy are the key for the European Union. They cover the demand for electricity and without these sources is not possible to cover the demand. By optimizing of regulation of the water turbines allows efficient use of hydro potential of the watercourse and its conversion into electricity. In this article the possibilities of the optimum control of the working pressure turbine in island operation are analyzed. The solution, described in this article, in the appropriate combination with the solar or wind power ensures energy independence of small object.

Key words: water micro-sources, water turbine, regulation, island mode

ÚVOD

Využitie energie vody ako obnoviteľného zdroja nadobúda v súčasnej dobe čoraz väčší význam. Významným sa stáva aj využitie energie vodných mikrozdrojov. Tieto obnoviteľné zdroje energie neprodujú žiadny odpad a pri ich činnosti neunikajú do ovzdušia žiadne škodlivé látky. V minulom období bol záujem sústredený na energetické systémy vodných elektrární, ktoré pracujú predovšetkým so strednými a veľkými výkonmi. Medzi zrejme nevýhody tejto koncepcie patria:

- prenosové straty, ktoré sa pohybujú okolo 10 % z celkového množstva vyrobenej elektrickej energie,
- zraniteľnosť v prípade mimoriadnych udalostí,
- závislosť na odolnosti prenosových trás.

Preto je vo vyspelých štátoch zrejma snaha o diverzifikáciu výroby elektrickej energie a kombinovanie klasickej výroby s využívaním obnoviteľných zdrojov energie. Množstvo energie rozptýlenej v menších tokoch, ako aj možnosť decentralizácie zdrojov a ich efektívne využívanie bude hrať stále väčšiu úlohu v riešení otázok znečistenia emisiami skleníkových plynov a súčasne aj závislosti na energetických zdrojoch z po-

tenciálne rizikových krajín. Pre je čo najefektívnejšie využitie energie vodného mikrozdvoja je veľmi dôležitá voľba elektrického generátora a optimalizácia regulácie vodnej turbíny.

Činnosť sústavy vodný motor – elektrický generátor v tzv. „ostrovnom režime“ prináša so sebou ďalšie špecifiká. V prvom rade sa jedná o to, že všetka vyrobená elektrická energia je určená k okamžitej spotrebe a jej prebytok sa vhodným spôsobom akumuluje pre ďalšie použitie. Nedochoádza teda k dodávke elektrickej energie do rozvodnej siete, kde okamžitý výkon môže kolísť a dôležitá je len celková dodávka elektrickej energie za určité obdobie. V prípade tzv. „ostrovneho režimu“ je optimálna regulácia vodnej turbíny nesmierne dôležitá, pretože je potrebné pokryť požiadavky okamžitej spotreby, prebytočnú energiu akumulovať do vhodných zariadení a zároveň sledovať možnosti efektívneho využitia hydropotenciálu vodného toku [9].

MATERIÁL A METÓDY

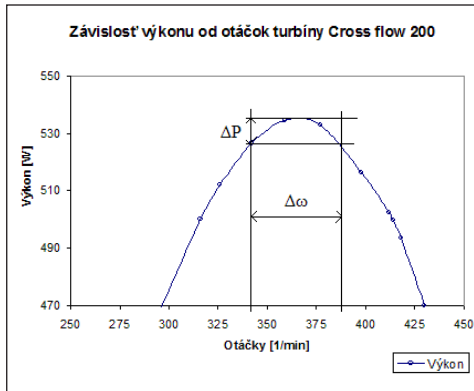
Experiment bol vykonaný na reálnom vodnom toku pri spáde 2 metre a maximálnom prietoku vody 45,8 litrov za sekundu. Experimentálne bola

zmeraná výkonová charakteristika turbíny Cross flow 200 a namerané hodnoty sú zaznamenané v tabuľke č. 1. Závislosť výkonu od otáčok turbíny Cross flow 200 je znázornená v grafe č. 1.

Tab. 1 Výkonová charakteristika turbíny Cross flow 200

Tab. 1 The performance characteristics of cross-flow turbine 200

U [V]	I [A]	P [W]	Otáčky [1/min]
47,0	10,0	470,0	430
47,0	10,5	493,5	418
44,9	11,1	499,7	414
43,5	11,5	502,4	412
41,7	12,4	516,2	398
38,8	13,7	532,7	367
35,0	15,3	534,4	359
32,3	16,3	526,5	342
29,6	17,3	512,1	326
25,0	20,0	500,0	316
24,7	19,0	469,3	296



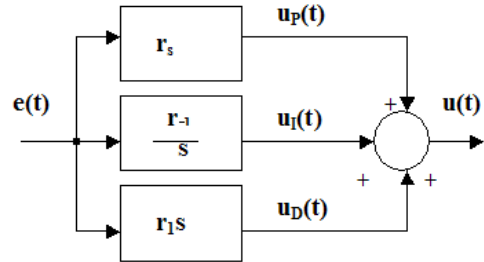
Obr. 1 Závislosť výkonu od otáčok turbíny Cross flow 200

Fig. 1 Dependence of power on the rotational speed cross-flow turbine 200

Vyznačená oblasť $\Delta\omega$ v grafe č. 1 predstavuje zmenu o 35 otáčok za minútu. Tejto zmene otáčok zodpovedá zmena výkonu $\Delta P = 8,45$ W v okolí vrcholu výkonovej charakteristiky turbíny Cross flow 200.

Pri experimentálnom overení zrealizovanej riadiacej jednotky bezkontaktného generátora boli vykonané merania s nastavením riadiacej jednotky s reguláciou výstupného napätia pri nastave-

ni hodnôt 12 V, 24 V a 48 V. PID regulátor v riadiacej jednotke bol realizovaný softvérovou. Konštanty regulátora boli stanovené z časových konštánt generátora s permanentnými magnetmi [8]. Blokovaná štruktúra PID regulátora je znázornená na obr. č. 2



Obr. 2: Štruktúra PID regulátora
Fig. 2: Structure of the PID controller

Pri nastavení riadiacej jednotky s reguláciou výstupného prúdu boli vykonané merania s hodnotami výstupných prúdov 5 A a 10 A. Tieto merania boli realizované pri odporovej záťaži 2 Ohmy.

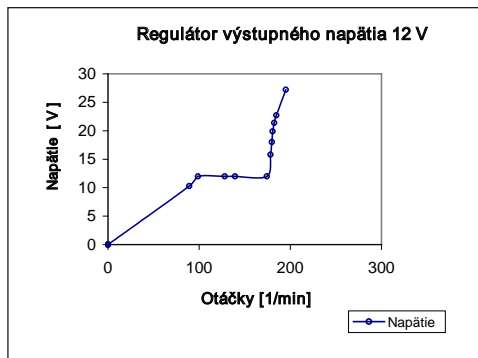
Výsledky nameraných hodnôt sú uvedené v tabuľkách č. 2 až č. 6. Grafické znázornenie je v grafoch č. 3 až č. 6.

Tab. 2 Závislosť regulácie napätia 12 V od otáčok turbíny Cross flow 200

Tab. 2 Dependence of voltage control 12 V of speed cross-flow turbine 200

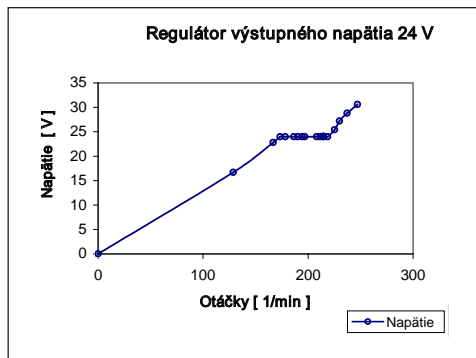
Otáčky [1/min]	U [V]
0,00	0,00
89,10	10,30
98,82	12,00
127,98	12,00
139,32	12,00
174,15	12,00
178,20	15,80
179,82	18,00
180,63	19,90
182,25	21,40
184,68	22,70
195,21	27,20

Ako vyplýva z tabuľky č. 1, riadiaca jednotka bezkontaktného generátora je schopná regulovať výstupné napätie na požadovanú hodnotu 12 V pri zmene otáčok turbíny Cross flow 200 v rozmedzí od 98 otáčok do 174 otáčok za minútu.



Obr. 3 Závislosť regulácie napätia 12V od otáčok turbíny Cross flow 200

Fig. 3 The dependence of voltage control 12V of speed cross-flow turbine 200



Obr. 4 Závislosť regulácie napätia 24 V od otáčok turbíny Cross flow 200

Fig. 4 Dependence of 24 V voltage regulation from the cross-flow turbine speed 200

Tab. 3 Závislosť regulácie napätia 24V od otáčok turbíny Cross flow 200

Tab. 3 The dependence of voltage control 24V of speed cross-flow turbine 200

Otáčky [1/min]	U [V]
0,00	0,00
128,79	16,70
166,86	22,80
173,34	24,00
178,20	24,00
186,30	24,00
190,35	24,00
194,40	24,00
196,83	24,00
208,17	24,00
211,41	24,00
214,65	24,00
214,65	24,00
214,65	24,10
218,70	24,00
225,18	25,40
230,04	27,20
237,33	28,80
247,05	30,60

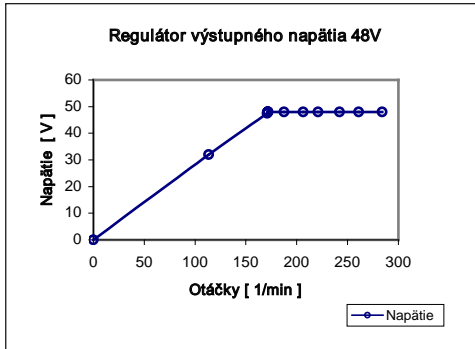
Pri požadovanom výstupnom napätí 24 V je riadiaca jednotka schopná regulácie v rozsahu od 173 otáčok za minútu do 218 otáčok za minútu turbíny Cross flow 200.

Tab. 4 Závislosť regulácie napätia 48 V od otáčok turbíny Cross flow 200

Tab. 4 Dependence of 48 V voltage regulation from the cross-flow turbine speed 200

Otáčky [1/min]	U [V]
0,00	0,00
113,50	32,00
171,00	47,50
171,50	48,00
187,50	48,00
206,50	48,00
221,00	48,00
242,00	48,00
261,00	48,00
284,00	48,00

Pre požadované výstupné napätie 48 V riadiaca jednotka reguluje výstupné napätie na žiadanú hodnotu v rozmedzí otáčok turbíny Cross flow 200 od 171 otáčok za minútu do 284 otáčok za minútu. Z experimentálneho overenia činnosti riadiacej jednotky bezkontaktného generátora vyplýva, že riadiaca jednotka v režime regulácie výstupného napätia na želanú hodnotu pre parametre výstupného napätia 12 V, 24 V a 48 V plne vyhovuje pre mikrozdvoj elektrickej energie s turbínou Cross flow 200 a s bezkontaktným generátorom Ginlong PMG 1500.



Obr. 5 Závislosť regulácie napätia 48 V od otáčok turbíny Cross flow 200

Fig. 5 Dependence of 48 V voltage regulation from the cross-flow turbine speed 200

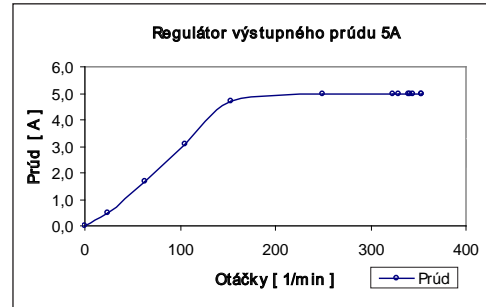
Použitie riadiacej jednotky s reguláciou výstupného napätia na želanú hodnotu predpokladá použitie spotrebičov na 12 V, 24 V, prípadne 48 V. V prípade potreby striedavého napätia s nominálnou hodnotou 220 V/50 Hz je možné pripojiť na výstup riadiacej jednotky komerčný menič napätia 12 V/220 V, prípadne 24 V/220 V a výstupné napätie nastaviť na požadovanú vstupnú hodnotu napätia meniča.

Tab. 5 Závislosť regulácie prúdu 5 A od otáčok turbíny Cross flow 200

Tab. 5 Dependence of 5 A current regulation speed cross-flow turbine 200

Otáčky [1/min]	U [V]	I [A]	P [W]
0	0,0	0,0	0,0
24	0,2	0,5	0,1
63	0,5	1,7	0,9
105	8,4	3,1	26,0
153	12,8	4,7	60,0
250	32,0	5,0	160,0
324	35,8	5,0	179,0
330	40,0	5,0	200,0
340	45,6	5,0	228,0
342	50,2	5,0	251,0
344	56,2	5,0	281,0
354	56,2	5,0	281,0
354	56,2	5,0	281,0

Pre požadovaný výstupný prúd 5 A riadiaca jednotka reguluje výstupnú hodnotu prúdu v rozsahu 250 otáčok za minútu až 354 otáčok za minútu turbíny Cross flow 200. Pre želanú hodnotu výstupného prúdu 10 A je rozsah regulácie od 217 otáčok za minútu do 234 otáčok za minútu.



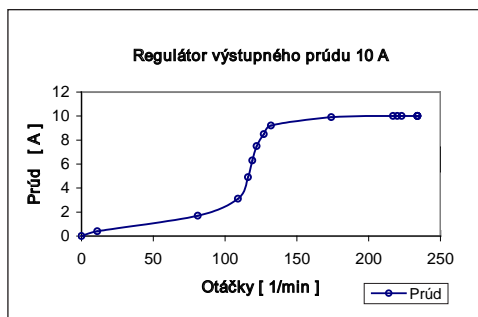
Obr. 6 Závislosť regulácie prúdu 5 A od otáčok turbíny Cross flow 200

Fig. 6 Dependence of 5 A current regulation speed cross-flow turbine 200

Tab. 6 Závislosť regulácie prúdu 10A od otáčok turbíny Cross flow 200

Tab. 6 Dependence of 10 A current regulation cross-flow turbine speed 200

Otáčky [1/min]	U [V]	I [A]	P [W]
0	0,0	0,0	0,0
11	0,5	0,4	0,2
81	8,2	1,7	14,0
109	7,7	3,1	24,0
116	11,6	4,9	57,0
119	14,9	6,3	94,0
122	17,2	7,5	129,0
127	19,8	8,5	168,0
132	21,2	9,2	195,0
174	22,6	9,9	224,0
217	26,8	10,0	268,0
220	28,6	10,0	286,0
223	31,3	10,0	313,0
234	32,6	10,0	326,0
234	40,8	10,0	408,0
234	40,8	10,0	408,0
234	40,8	10,0	408,0



Obr. 7 Závislosť regulácie prúdu 10 A od otáčok turbíny Cross flow 200

Fig. 7 Dependence of 10 A current regulation A cross-flow turbine speed 200

Použitie riadiacej jednotky bezkontaktného generátora v režime regulácie výstupného prúdu predpokladá použitie mikrozdvoja s akumuláciou vyrobenej elektrickej energie do elektrochemických zdrojov (akumulátorov) a jej následné využitie s použitím komerčného meniča na napätie 220 V/50 Hz.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priebeh činného výkonu generátora má nelineárny charakter. Experimentálne bola zmeraná výkonová charakteristika generátora s permanentnými magnetmi typu Ginlong 1500 [4] a závislosť výkonu a otáčok od hĺtkosti turbíny. Zmena otáčok synchronného generátora s permanentnými magnetmi silne ovplyvňuje hodnoty všetkých výstupných parametrov. Z tohoto dôvodu bola navrhnutá riadiaca jednotka s jednosmerným medziobvodom. Toto riešenie eliminuje zmenu výstupnej frekvencie, pretože v prípade požiadavky striedavého napätia stabilitu výstupného napätia a frekvencie zabezpečuje polovodičový striedač. Riadiaca jednotka s mikroprocesorom je riešená tak, aby zabezpečila hodnoty výstupných parametrov – napätia alebo prúdu na žiadaných úrovniach. Experimentálne overenie zrealizovanej riadiacej jednotky bolo vykonané s turbínou Cross flow 200, pre hodnoty výstupného napätia 12 V, 24 V, 48 V a pre hodnoty výstupného prúdu 5 A a 10 A. Použitá bola odporová záťaž 2 Ohmy. Pre hodnoty výstupného napätia 12 V a 24 V došlo k prekročeniu nastavených hodnôt pri vysokých otáčkach turbíny. Táto skutočnosť bola spôsobená tým, že použitá umelá záťaž už nebola schopná absorbovať činný výkon. Riešením je použitie umelej záťaže

schopnej absorbovať väčšie výkony. Experimentálne overenie potvrdilo schopnosť riadiacej jednotky s jednosmerným medziobvodom zabezpečiť požadované hodnoty výstupných parametrov.

ZÁVER

V príspevku sú uvedené možnosti optimálnej regulácie rovnotlakovej turbín pracujúcej v ostrovnom režime. Experimentálne bola zmeraná výkonová charakteristika turbíny Cross flow 200 a na základe nameraných hodnôt bola navrhnutá a zrealizovaná riadiaca jednotka bezkontaktného generátora. Riadiaca jednotka umožňuje reguláciu výstupného napätia pre hodnoty 12 V, 24 V a 48 V alebo reguláciu výstupného prúdu pre hodnoty 5 A a 10 A. Najväčšej účinnosti sa dosahuje v režime s regulátorom prúdu 5A, kedy mikroturbína pracuje v optimálnom režime otáčok.

Literatúra

- [1] ASTROM, K., HÄGGLUND, T.: PID Controllers, second ed. 1995.
- [2] HARALANOVA, E., PETKANICHIN, L., PULEVA, T.: Modelling and Investigating the Processes of Speed control of a Water Turbine. Energy Forum '98 whit international participation, Proceedings.
- [3] HODÁK, T, DUŠIČKA, P.: Malé vodné elektrárne, Jaga group Bratislava 1998.
- [4] <http://www.ginlong.com/wind-turbine-pmg-pma-permanent-magnet-generator-alternator.htm>, 2. 5. 2009.
- [5] HARVEY, A., BROWN, A.: Micro-hydro Design Manual. ITDG Publishing, 1992.
- [6] IVANOV, N., PETKANICHIN et al.: Digital turbine governor for water power station, Automatika & Informatics, 4/2000 pp. 44 – 46.
- [7] Kol. autorů: Obnovitelné zdroje energie, Praha 2001.
- [8] KOZÁK, Š.: Robustné metódy nastavovania PID regulátorov pre kaskádové regulačné obvody, Sborník XXIII. Semináře ASR 1999 Ostrava.
- [9] PENCHE, C.: Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant, Thematic Network on Small Hydropower 2001.
- [10] PULEVA, T., HARLANOVA, E.: A turbine needle's position control m in water power station. Anniversaly Scientific Conf. "25 Years FA" TU – Sofia, June 1999. Proceedings pp. 160 – 167.
- [11] RIVERA, D. E., MORARI, M. & SKOGESTAD, S. Internal Model Control, 4. PID Controller Design, and. Eng. Proc. Des. Dev., 25, 1986.
- [12] VÍTEČKOVÁ, M. Seřízení regulátoru PI a PID na mezní nekomitavý pochod, In New Trends in Automation of Energetic Processes 98, Zlín 19 – 20 mája 1998, str. 485 – 490.

KOSCE (OPILIONES) PUSTÉHO HRADU (JAVORIE)

Slavomír STAŠIOV

Katedra biológie a všeobecnej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka, 24, 960 53 Zvolen [stasiov@tuzvo.sk]

ABSTRACT

Stašiov S., 2014: **Harvestmen (Opiliones) of the Pustý hrad hill (Javorie Mts)**

The paper deals with the results of the faunistic investigation of harvestmen (Opiliones) undertaken on the Pustý hrad hill (Javorie Mts) by pitfall trapping in 1993. In total, 6 species were recorded (*Platybunus bucephalus*, *Zachaeus crista*, *Oligolophus tridens*, *Lacinius ephippiatus*, *Trogulus nepaeformis* and *Dicranolasma scabrum*).

Key words: Opiliones, harvestmen, Javorie, Pustý hrad, Slovakia

ÚVOD

Masív Pustého hradu (571 m n. m.) tvorí výraznú dominantu Zvolena. Historicko-kultúrny význam tohto územia, bohatého na množstvo pamiatok ranostredovekého osídlenia stredného Slovenska, sa stal podnetom pre začatie archeologického výskumu na tejto lokalite spojeného s čiastočnou obnovou ruín komitátneho hradu a hradného opevnenia.

V súvislosti s plánovaným vyčlenením časti hradného vrchu na vytvorenie prímestského lesoparku s náučným chodníkom poskytujúcim informácie o historickom význame územia a jeho prírodných hodnotách, začala Katedra biológie a všeobecnej ekológie Fakulty ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene v roku 1993 inventarizačný prírodovedný výskum na tomto území. Jeho predbežné výsledky publikovali Bitušík et al. (1993).

V rámci výskumu epigeickej makrofauny boli jednou zo sledovaných skupín tiež kosce, ktoré tvoria významnú zložku pôdnych zoocenóz. Stručné údaje o druhovej skladbe opilioenóz tejto lokality už publikoval Stašiov (1997). Prezentovaná práca na ňu nadväzuje a prináša komplexnejší pohľad na opiliofaunu Pustého hradu.

MATERIÁL A METÓDY

Pustý hrad sa nachádza juhozápadne od Zvolena, pri sútoku Slatiny a Hrona, v orografickom celku Javorie (kvadrát DFS 7480b). Z klimatického hľadiska patrí toto územie do mierne teplej oblasti. Priemerné teploty sa tu v januári pohybujú od $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, v júli od $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Priemerný ročný úhrn zrážok sa tu pohybuje v rozmedzí 750–950 mm.

Územie patrí podľa fyto geografického členenia do oblasti Západokarpatskej kveteny (Carpaticum occidentale), obvodu predkarpatskej flóry (Praecarpaticum), okresu Slovenské stredohorie, časť Javorie. Pôvodné spoločenstvo tohto masívu tvorili dubovo-hrabové lesy karpatské (Carpinion betulii) a zasahujú sem tiež podhorské bukové kvetnaté lesy (Eu-Fagetion) (Michalko et al. 1986). Výskum bol realizovaný na troch vybraných lokalitách.

Zoznam a stručná charakteristika zberových lokalít:

L1 – Sedlo hlavného hrebeňa (vrcholová časť Pustého hradu), 550 m n. m., bez expozície, dominantnou drevinou tu bol buk (v súčasnosti bez stromovej vegetácie) (obr. 1).

L2 – Lesný porast na strmom svahu nad veľkou rozhl'adňou, 512 m n. m., severozápadná



Obr. 1 Lokalita L1 – Vrcholová časť Pustého hradu
Fig. 1 Site L1 – Hilltop of the Pustý hrad

expozícia, bukovo-dubový porast s prímiesou hrabu, brestu, javora a lipy.

L3 – Zmiešaný listnatý porast pri okraji lúky (cca 3 m od jej okraja) situovaný na úpätí svahu pri vyústení modro označeného turistického chodníka na cestu vedúcu pozdĺž rieky Slatina, 360 m n. m., severná expozícia, porast s hustou krovinovou etážou.

Výskum sa uskutočnil v termíne od 15. 5. do 18. 8. 1993. Kosce boli odchyťované metódou formalínových zemných pascí, pričom na každej lokalite bola exponovaná jedna pasca (spolu sa použili 3 pasce). Ako pasce slúžili sklenené zaváraninové poháre s objemom 0,7 l, s výškou 25 cm a vnútorným priemerom ústia 7,5 cm, ktoré boli cca do polovice ich objemu naplnené 10 % formaldehydom. Materiál bol z pascí vyberaný 4 krát, a to v termínoch: 2. 6., 23. 6., 29. 7. a 18. 8. 1993. Kosce boli determinované podľa prác Martes (1978) a Šilhavý (1956, 1971) a konzervované v 70 % etylalkohole. Dokladový materiál je deponovaný na Katedre biológie a všeobecnej ekológie Fakulty ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene.

VÝSLEDKY

Na skúmanom území bolo spolu odchytených 92 koscov zo 6 druhov patriacich do dvoch čeľadí. Všetky odchytené jedince boli dospelé. Najväčším počtom druhov (4) bola zastúpená čeľaď Phalangidae. Čeľade Troglidae a Dicranolasmatidae boli zastúpené po jednom druhu.

Zoznam druhov a počty odchytených jedincov jednotlivých pohlaví na študovaných lokalitách:

Čeľaď: Phalangidae

1. *Platybunus bucephalus* (C. L. Koch, 1835)
L1 – 1♂, 5♀
2. *Zachaeus crista* (Brullé, 1832)
L3 – 24♂, 43♀
3. *Oligolophus tridens* (C. L. Koch, 1836)
L3 – 1♂
4. *Lacinius ephippiatus* (C. L. Koch, 1835)
L2 – 2♂

Čeľaď: Troglidae

5. *Trogulus nepaeformis* (Scopoli, 1763)
L1 – 1♂, L2 – 6♂, 6♀, L3 – 1♂, 1♀

Čeľad': Dicranolasmatidae

6. *Dicranolasma scabrum* (Herbst, 1799)

L3 – 1♀

Jediným druhom, ktorý sa vyskytoval na všetkých troch lokalitách bol *Trogulus nepaeformis*. Tento druh bol i druhým relatívne najpočetnejším druhom (16,3 % dominancia). Najpočetnejším druhom bol *Zachaeus crista* (72,8 % dominancia). Tento druh sa však, podobne ako ostatné druhy, vyskytoval iba na jednej z lokalít. Najbohatšie druhové spektrum tvorené 4 druhmi bolo zaznamenané na lokalite L3. Údaje o celkovej epigeickej aktivite koscov zistené na skúmaných lokalitách za celé obdobie výskumu sú uvedené v tabuľke (tab. 1).

Tab. 1 Celková epigeická aktivita koscov zistená na skúmaných lokalitách

Tab. 1 Total epigeic activity of harvestmen on studied sites

Druh	Lokalita			Σ
	L1	L2	L3	
<i>Platybunus bucephalus</i>	6			6
<i>Zachaeus crista</i>			67	67
<i>Oligolophus tridens</i>			1	1
<i>Lacinius ephippiatus</i>		2		2
<i>Trogulus nepaeformis</i>	1	12	2	15
<i>Dicranolasma scabrum</i>			1	1
Σ jedincov	7	14	71	92
Σ druhov	2	2	4	6

DISKUSIA

Na území Pustého hradu boli zistené tri európske druhy koscov (*Lacinius ephippiatus*, *Oligolophus tridens*, *Trogulus nepaeformis*), dva druhy s centrom rozšírenia v strednej a juhovýchodnej Európe (*Dicranolasma scabrum*, *Platybunus bucephalus*) a jeden panónsky druh (*Zachaeus crista*) (Stašiov 2004).

Zaznamenali sa tu druhy s pomerne odlišnými nárokmi na podmienky prostredia. *Dicranolasma scabrum*, *Lacinius ephippiatus*, *Platybunus bucephalus* a *Trogulus nepaeformis* patria medzi kosce preferujúce vlhké listnaté a zmiešané lesy, *Oligolophus tridens* je druhom euryvalentným a *Zachaeus crista* obýva najmä teplejšie až teplé listnaté a zmiešané lesy, vrátane ich ekotonov (Stašiov 2004). Spoločný výskyt týchto druhov na Pustom hrade odráža rôznorodé podmienky charakteristické pre študované lokality. Napríklad hojný výskyt

xerothermofilného druhu *Zachaeus crista* na lokalite L3 (a jeho absenciu na ostatných dvoch lokalitách), možno zdôvodniť tým, že išlo o viac-menej ekotónový biotop na rozhraní lesného porastu a trvalého trávneho porastu, ktorý tento druh obzvlášť obľubuje.

Za zmienku stojí podozrenie, že u dvoch samcov odchytených na lokalite L2 a pôvodne určených ako zástupcov druhu *Trogulus nepaeformis*, by mohlo v skutočnosti ísť o zástupcov druhu *Trogulus closanicus* Avram, 1971 (Stašiov 2012). Hoci viaceré vonkajšie morfológické znaky, ako aj tvar penisu u týchto jedincov pomerne presne zodpovedá opisu *Trogulus closanicus* (Avram 1971, Chemini 1984), bude potrebné ich príslušnosť k tomuto, u nás doposiaľ nezaznamenanému, druhu ešte potvrdiť dôkladnejšou determináciou ďalšieho dokladového materiálu.

ZÁVER

V roku 1993 sa na území masívu Pustého hradu v rámci inventarizačného výskumu jeho prírodných hodnôt uskutočnil aj faunistický výskum spoločenstiev koscov. Celkovo tu bol zaznamenaný výskyt 6 druhov koscov patriacich do 2 čeľadí (*Platybunus bucephalus*, *Zachaeus crista*, *Oligolophus tridens*, *Lacinius ephippiatus*, *Trogulus nepaeformis*, *Dicranolasma scabrum*).

Literatúra

- AVRAM, S., 1971: *Quelques esp ces nouvelles ou connues du genre Trogulus Latr. (Opiliones)*. Trav. Inst. Spéol. E. Racovitza. 10: s. 245–272.
- BITUŠÍK, P., BENEDIKTYOVÁ, D., HANČOVÁ, A., MODRANSKÝ, J., STAŠIOV, S. 1993. *Predbežné výsledky inventarizačného výskumu prírodných hodnôt lokality Pustý hrad*. In: JANČOVÁ, G., SLÁVIKOVÁ, D. (eds.): XXIX. TOP, odborné výsledky. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene. s. 41–54.
- CHEMINI, C., 1984: *Sulla presenza di Trogulus closanicus Avram in Austria, Bavaria e Slovenia (Arachnida: Opiliones)*. Innsbruck : Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck. 71: s. 57–61.
- MARTENS, J. 1978: *Weberknechte, Opiliones – Spinnentiere, Arachnida*. In: Senglaub, K., Hannemann, H. J., Shumann, H. (eds.): Die Tierwelt Deutschlands, 64. Teil. Jena : VEB G. Fischer Verlag. 464 s.
- MICHALKO, J. ET AL. 1986. *Geobotanická mapa Slovenska*. Bratislava. Príroda. 168 s.
- STAŠIOV, S. 1997. *Faunistické správy zo Slovenska – Opiliona*. Entomofauna carpathica. 9/1: s. 28.

- STAŠIOV, S. 2004. *Kosce (Opiliones) Slovenska*. Vedec-
ké štúdie. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene.
119 s.
- STAŠIOV, S. 2012. *Hyát v poznání opiliofauny Sloven-
ska*. In: Krumpálová, Z. (ed.): 10. Arachnologic-
ká konferencia: História a súčasnosť slovenskej
arachnológie. Zborník abstraktov z konferencie.
Zborník abstraktov. Nitra : Katedra ekológie a en-
vironmentalistiky FPV UKF. s. 41.
- ŠILHAVÝ, V. 1971. *Sekáči – Opilionidea*. In: Daniel,
M., Černý, V. (eds.): Klíč zvířeny ČSR IV. Praha :
Academia. s 33 – 49.
- ŠILHAVÝ, V. 1956. *Sekáči – Opilionidea*. Fauna ČSR.
Praha : Nakladatelství ČSAV. 7: 274 s.

MOTÝLE (LEPIDOPTERA) V PÔDNYCH VZORKÁCH Z PODHORSKEJ BUČINY

Slavomír STAŠIOV¹ – Ján KULFAN²

¹ Katedra biológie a všeobecnej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka, 24, 960 53 Zvolen [stasiov@tuzvo.sk]

² Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen [kulfan@savzv.sk]

ABSTRACT

Stašiov S., Kulfan J. 2014: **Lepidoptera in the soil samples from submontane beech forest**

The paper brings results of study on Lepidoptera assemblages in submontane beech forest situated in the Kováčovská dolina valley (near Zvolen town, central Slovakia). Research was focused on a comparison of two methods (pitfall trapping and method of squares) that are most commonly used in research of epigeon. In total, 30 individuals belonging to 12 species of 4 families were obtained during 2 years (1997, 1998) of the study. Material of Lepidoptera obtained by both methods was poor in terms of the number of individuals as well as number of recorded taxa and it does not represent Lepidoptera assemblages of studied habitats sufficiently. Our results confirmed assumption, that the detailed study of moths as a part of the temporary edaphon requires use of specialized field trapping methods.

Key words: submontane beech forests, Lepidoptera, Slovakia

ÚVOD

Viaceré druhy motýľov možno považovať za členov tzv. dočasného edafónu. Tvoria ho organizmy, ktoré prežívajú v pôde časť svojho vývinu. Do tejto kategórie patria aj druhy, ktoré v pôde iba dočasne nachádzajú úkryt (Begon et al., 1997). Húsenice niektorých druhov motýľov sa živia podzemnými časťami rastlín a pôdne prostredie neopúšťajú, iné požierajú nadzemné orgány rastlín a v pôde sa len dočasne ukrývajú (Patočka & Kulfan 2009). Aj imága určitých druhov odpočívajú v pôde (predovšetkým v povrchovom humuse a detrite). Najčastejšie sa však motýle vyskytujú v pôde v štádiu kukiel.

Distribúcia motýľov v povrchovom humuse priamo súvisí s výskytom priaznivých podmienok pre vývin jednotlivých druhov – teda s prítomnosťou hostiteľských rastlín húseníc a imág a vhodnou kombináciou ďalších biotických a abiotických faktorov. Dôležitú úlohu zohrávajú aj fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy, najmä jej povrchovej vrstvy.

Literárne zdroje zamerané na výskyt rôznych ontogenetických štádií motýľov vo vrchných

pôdnych vrstvách sú pomerne chudobné a motýle (spravidla nedeterminované) sa spomínajú len okrajovo (Kleinert 1983, Majzlan 1986, Takeda 1988, Petřivalský 1989, Majzlan & Holecová 1993, Meyer et al. 1999, Tajovský 2001, Stašiov et al. 2006).

V bukových ekosystémoch sa vyskytuje množstvo druhov motýľov (Kulfan, Degma 1986, Panigaj 1993a, 1993b, Kulfan, Šušlík 1995, Patočka et al. 2009, Kulfan et al. 2011). Len málo z nich však výrazne preferuje buk ako hostiteľskú rastlinu húseníc, mnohé druhy uprednostňujú iné dreviny alebo podrastové rastliny (Kulfan et al. 2011). Možno predpokladať, že zmena zakmenenia dôsledkom hospodárskych zásahov a následné ďalšie zmeny mikroklímy a rastlinných spoločenstiev sa odrážajú aj v spoločenstvách motýľov a prítomnosti ich vývinových štádií v pôde.

Cieľom práce bolo posúdiť vhodnosť dvoch obvyklých metód výskumu pôdnej fauny (zemné pasce a štvorcová metóda s použitím preosievadla) na štúdium spoločenstiev motýľov prítomných v rozličných vývinových štádiách (larvy, imága) v pôdnom prostredí submontánnej bučiny na štyroch plochách s odstupňovaným zakmenením.

MATERIÁL A METÓDY

Výskum sa uskutočnil na 4 plochách na Ekologickom experimentálnom stacionári (EES) v Kováčovskej doline pri Zvolene, v poraste č. 333. Lokalita spadá do katastra obce Kováčová v okrese Zvolen. Územie leží v geomorfologickom celku Kremnické vrchy (310), v kvadráte DFS č. 7380a. Nadmorská výška EES je od 450 do 475 m.

Lokalita sa nachádza na svahu so sklonom 30 % so západnou expozíciou. Geologický substrát tvoria andezitové a tufové aglomeráty. Pôdne pomery sú charakterizované prevládajúcou andozemnou kambizemou s nadložným humusom kyslý mull. Pôdny substrát patrí k ilovitým hlinám. Hĺbka pôdy je 51 – 70 cm.

Vek porastu bol 85 až 90 rokov. Pôvodné fytoocenózy tohoto územia tvorili bukové kvetnaté lesy (*Eu-Fagenion*) (Michalko et al., 1986). Dominantnou skupinou lesných typov na záujmovom území je *Fagetum pauper*. Pôvodné drevinové zloženie porastu bolo tvorené drevinami *Fagus sylvatica* (62 % zastúpenie), *Abies alba* (22 %), *Quercus dalechampii* (7 %), *Carpinus betulus* (6 %) a *Tilia cordata* (3 %).

Stacionár bol vytvorený pracovníkmi ÚEL SAV vo Zvolene ako ekoséria piatich plôch, na ktorých bolo ťažbovými zásahmi vo februári 1989 upravené zakmenenie porastu na 0,0 – holorub, 0,3 – intenzívny zásah, 0,5 – mierny zásah a 0,7 – jemný zásah. Plocha bez zásahu mala zakmenenie 0,9 (Greguš, 1989).

Na výskum boli vybrané 4 z týchto plôch, a to s pôvodne upraveným zakmenením v r. 1989 na 0,3 (P1), 0,5 (P2), 0,7 (P3) a 0,9 (P4). Od obnovného zásahu v roku 1989 sa zakmenenie na jednotlivých plochách zmenilo. V roku 1996 boli hodnoty zakmenenia na plochách tieto: P1 – 0,45; P2 – 0,57; P3 – 0,82; P4 – 1,00 (Ježik, 1996).

Priemerné trvanie snečného svitu na území EES je 2200 hodín, vo vegetačnom období 1 500 hodín. Priemerná ročná teplota dosahuje 6,8 °C a priemerný ročný úhrn zrážok je 780 mm. V období pred olistením sa do vnútra porastu dostáva minimálne 40% fotosynteticky aktívneho žiarenia. Po olistení preniká do porastu na ploche s pôvodne upraveným zakmenením na 0,3 27 – 46 %, na ploche so zakmenením 0,5 10 – 18 %, na ploche so zakmenením 0,7 4–8 % a na ploche so zakmenením 0,9 3 – 5 % tohoto žiarenia (Střelec, 1993).

Pri zbere materiálu boli použité dve základné metódy a to metóda zemných pascí a štvorcová (kvadrátová) metóda. Pri metóde zemných pascí sa biologický materiál získaval pomocou série 5 zem-

ných pascí umiestnených na každej ploche v línii v smere vrstevníc, vo vzájomnej vzdialenosti 5 m.

Ako pasce sa použili sklenené zaváraninové poháre s objemom 0,7 l, s výškou 25 cm a vnútorným priemerom ústia 7,5 cm naplnené cca do polovice ich objemu 10 % formaldehydom. Na ústi pascí bola osadená mriežka, ktorá zabráňovala vniknutiu menších druhov stavovcov a rôznych nečistôt (listový a konárový opad a pod.). Pasce neboli vybavené strieškami proti zrážkam kvôli pravidelným (30 dňovým) intervalom medzi odbermi vzoriek. Na plochách boli pasce exponované počas vegetačného obdobia (apríl až október). Rozmiestnenie línii bolo volené tak, aby jednotlivé pasce neboli umiestnené príliš blízko pri stromoch (minimálne 2 m od stromu). Pasce sa inštalovali 4. 4. 1997 a 4. 4. 1998 a vzorky sa v oboch rokoch odoberali v rovnakých termínoch 4. 5., 3. 6., 3. 7., 2. 8., 1. 9., 1. 10. a 31. 10.

Pri vyberaní vzoriek sa ich obsah prelieval cez kovové sitko a organický materiál z jednej línie sa ukladal do spoločnej nádoby. V laboratóriu sa materiál prepláchal vo vode a epigeón sa konzervoval v 70 % etylalkohole.

Na odber vzoriek pomocou štvorcovej metódy bolo použité preosievadlo s duralovými rámami štvorcového tvaru, s dĺžkou strany 24 cm, s vakom 1 m dlhým a so sitom s veľkosťou ôk 12 mm. Na sledovaných plochách sa každý mesiac (približne v polovici jednotlivých mesiacov) odobralo 16 vzoriek presevov nadložného humusu z náhodne vybraných kvadrátov 25 x 25 cm (celková plocha 1 m²). Na ohraničenie kvadrátov sa použil oceľový rám s vnútornými rozmermi 25 x 25 cm, ktorý sa v rohoch fixoval 4 kovovými tyčkami. Presevy sa uložili do papierových vreciek a označili sa lokalitnými lístkami. Získaný materiál sa následne (najneskôr do 24 hodín od odberu vzoriek) vytriedil v laboratóriu pomocou preparačnej a entomologickej pinzety na bielom papieri. Z presevov sa získavali identifikovateľní zástupcovia epigeónu zo všetkých taxónov a ich vývinových štádií (aj nepohyblivé). Odbery vzoriek presevov sa v roku 1997 odobrali v termínoch 15. 4., 15. 5., 15. 6., 14. 7., 15. 8., 16. 9., 15. 10. a 14. 11. a v roku 1998 v termínoch 16. 4., 15. 5., 14. 6., 15. 7., 16. 8., 15. 9., 15. 10. a 15. 11. Zástupcovia motýľov sa konzervovali 70 % etylalkoholom.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Počas výskumu bolo na študovaných plochách odchytených obidvoma metódami spolu len

30 jedincov motýľov zo 4 čeľadí. Patrili do 12 druhov a dvoch ďalších rodov (dané jedince nebolo možné určiť do úrovne druhu). Tri jedince larválneho štádia nebolo možné determinovať ani do čeľadí (jeden jedinec z plochy P1 a dva jedince z plochy P4). Druhovo najbohatšia bola čeľaď Noctuidae.

Zoznam determinovaných taxónov motýľov a informácie o ploche, dátume zberu, použitej metóde (ZP – metóda zemných pascí, KM – kvadrátová metóda) a počtoch jedincov zaznamenaných štádií (L – larva, I – imágo):

čeľaď: Tortricidae

Paramesia gnomana (Clerck, 1759)

– P3: 14. 11. 1997 (KM), 1 L

Syndemis musculana (Hübner, 1799)

– P2: 16. 9. 1997 (KM), 1 L

čeľaď: Geometridae

Apocheima (alebo *Phigalia*) sp.

– P4: 14. 6. 1998 (KM), 1 L

Cleora cinctaria (Denis et Schiffermüller, 1775)

– P1: 4. 5. – 3. 6. 1997 (ZP), 1 L

Ematurga atomaria (Linnaeus, 1758)

– P1: 3. 6. – 3. 7. 1998 (ZP), 1 L

Xanthorhoe fluctuata (Linnaeus, 1758)

– P3: 3. 7. – 2. 8. 1997 (ZP), 1 L

čeľaď: Erebidae

Amata phegea (Linnaeus, 1758) [Amatidae auct.]

– P4: 3. 6. – 3. 7. 1997 (ZP), 1 L

Arctia caja (Linnaeus, 1758) [Arctiidae auct.]

– P2: 16. 9. 1997 (KM), 1 L

čeľaď: Noctuidae

Acronicta rumicis (Linnaeus, 1758)

– P3: 3. 6. – 3. 7. 1998 (ZP), 1 L

Pyrrhia umbra (Hufnagel, 1766)

– P1: 4. 5. – 3. 6. 1997 (ZP), 1 L

Luperina testacea (Denis et Schiffermüller, 1775)

– P3: 3. 6. – 3. 7. 1998 (ZP), 1 L

Apamea sp.

– P1: 3. 6. – 3. 7. 1997 (ZP), 1 L; 4. 5. – 3. 6. (ZP), 1 L, 3. 6. – 3. 7. 1998 (ZP), 3 L

– P2: 3. 6. – 3. 7. 1997 (ZP), 1 L; 3. 6. – 3. 7. 1998 (ZP), 1 L

– P3: 3. 6. – 3. 7. 1997 (ZP), 2 L;

– P4: 3. 7. – 2. 8. 1997 (ZP), 1 L;

Mesoligia furuncula (Denis et Schiffermüller, 1775)

– P1: 14. 6. 1998 (KM), 1 L

– P3: 3. 7. – 2. 8. 1997 (ZP), 1 L

Conistra vaccinii (Linnaeus, 1761)

– P2: 15. 10. 1998 (KM), 1 I

– P3: 4. 5. – 3. 6. 1998 (ZP), 1 L; 15. 10. 1997 (KM), 1 I

– P4: 15. 10. 1998 (KM), 1 I

Húsenice väčšiny získaných druhov patria medzi polyfágy alebo sa môžu živiť viacerými druhmi rastlín určitých čeľadí (*X. fluctuata* – Brassicaceae, *L. testacea*, *Apamea* spp. a *M. furuncula* – Poaceae). Zistené druhy (príp. rody) nie sú stenoečné, a preto ich nemožno považovať za indikátory určitých charakteristík biotopov, ktoré reprezentujú skúmané študijné plochy.

V materiáli bezstavovcov získaných kvadrátovou metódou mali motýle vyššie zastúpenie (počet jedincov) v porovnaní s materiálom získaným pomocou zemných pascí (tab. 1). Kvadrátovou metódou boli zachytené húsenice aj imága, zemnými pascami len húsenice. Kukly neboli zaznamenané ani jednou z použitých metód, čo bolo zrejme spôsobené skutočnosťou, že vzorky neboli odoberané z hlbších vrstiev pôdy. Determinácia imág je sťažovaná pri použití oboch metód – v zemných pasciach bývajú motýle zmáčané fixačnou tekutinou a pomocou preosievadiel sa získajú väčšinou silne poškodené jedince.

Motýle patrili vo vzorkách epigeónu k málo početným skupinám bezstavovcov. Zatiaľ čo niektoré skupiny bezstavovcov boli zistené v stovkách jedincov a ich podiel na celkovom materiáli predstavoval niekoľko percent, motýle nedosiahli ani jedno percento (tab. 1). Na štatistické vyhodnotenie by boli preto potrebné rádovo rozsiahlejšie terénne práce. Len pri premožnení gradujúcich druhov je možné predpokladať, že realizovaný rozsah a dané metódy odberu vzoriek by boli dostatočné.

Štandardne používané metódy na získanie vzoriek bezstavovcov z vrchných vrstiev pôdy poskytli chudobný materiál motýľov aj iným autorom. Tajovský (2001) zaznamenal pri použití pôdnych vzoriek v porastoch postihnutých požiarom na Záhorí zastúpenie motýľov v mezo- až makroepigeóne 0–2,0 %, pričom boli zaznamenané iba raz zo 6 odberov uskutočnených počas 3 rokov výskumu. V kontrolnom poraste, bez pôsobenia požiaru, sa motýle vyskytli častejšie (v 5 zo 6 uskutočnených odberov) a maximálne dosiahli zastúpenie až 2,5 %. Meyer et al. (1999) zaznamenali pri použití pôdnych vzoriek v dubovom ekosystéme v delte rieky Rhine iba 0,017 % zastúpenie motýľov v mezo- až makroepigeóne. Petřvalský (1989) zistil v lesných porastoch pohoria Trábeč v mezo- až makroepigeóne získanom zemnými pascami zastúpenie motýľov 0,014–0,035 %. Tieto hodnoty sú však podhodnotené, pretože autor samostatne

Tab. 1 Celková epigeická aktivita bezstavovcov (EA) zistená metódou zemných pascí a celková abundancia bezstavovcov (A) zistená kvadrátovou metódou spolu na všetkých štyroch plochách v rokoch 1997 a 1998

Tab. 1 Total epigeic activity of invertebrates (EA) detected by pitfall trapping and total abundance of invertebrates (A) detected together on all four plots by method of squares in 1997 and 1998

Taxón	EA	%	A	%
Gastropoda				
Stylommatophora	26	0,13	54	1,40
Arachnoidea				
Aranea	4 462	22,36	992	25,79
Opilioniida	951	4,77	86	2,24
Malacostraca				
Isopoda	1 919	9,62	306	7,96
Diplopoda				
Polyxenida	0	0,00	7	0,18
Glomerida	159	0,80	23	0,60
Polyzoniida	2	0,01	0	0,00
Julida	231	1,16	82	2,13
Chordeumatida	37	0,19	15	0,39
Polydesmida	248	1,24	23	0,60
Chilopoda				
Geophilomorpha	13	0,07	74	1,92
Scolopendromorpha	3	0,02	9	0,23
Lithobiomorpha	955	4,79	1 048	27,25
Hexapoda				
Ensifera	19	0,10	3	0,08
Caelifera	14	0,07	2	0,05
Blattodea	10	0,05	12	0,31
Dermaptera	23	0,12	30	0,78
Heteroptera	8	0,04	11	0,28
Auchenorrhyncha	48	0,24	10	0,26
Coleoptera	9 501	47,62	249	6,47
Lepidoptera	20	0,10	10	0,26
Diptera	654	3,28	28	0,73
Hymenoptera	647	3,24	772	20,07
Σ	19 950	100,00	3 846	100,00

vyhodnocoval kategóriu „larvy“ bez ich taxonomickej príslušnosti. Nízke zastúpenie motýľov vo vzorkách mezo- až makroepigeónu zo zemných pascí z poľnohospodársky obhospodarovaných plôch pri Očovej zistili aj Stašiov et al. (2006), a to 0 – 1,269 %.

ZÁVER

Materiál motýľov získaný pomocou dvoch obvykle používaných metód získavania vzoriek mezo- a makroepigeónu (metóda zemných pascí a kvadrátová metóda) bol chudobný (pokiaľ ide o počet jedincov) a ani druhové zloženie motýľov

nereprezentovalo dostatočne študované biotopy. Výsledky potvrdili, že na podrobnejšie štúdium motýľov ako súčasť dočasného edafónu treba použiť špecializované ciele terénne metódy.

PodĎakovanie

Naše podĎakovanie patrí † doc. RNDr. Janovi Patočkovi, DrSc. za pomoc pri determinácii motýľov. Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja a bola podporená tiež projektom VEGA č. 1/0551/11.

Literatúra

- BEGON, M., HARPER J. L., TOWNSEND, C. R. 1997. *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Olomouc : Vydavatelství Univerzity Palackého. 949 s.
- GREGUŠ, T. 1989. *Výbrané lesné ekosystémy SSR, ich produktivita, stabilita a ochrana*. Projekt výskum. úlohy VI-4-2. Zvolen : ÚEL SAV. 60 s.
- JEŽÍK, M. 1996. *Základné údaje EES Kremnické vrchy v závislosti od monitorovacích plôch, výmery a druhy drevín pred a po ťažbovom zásahu v r. 1984*. Výskumná správa. Zvolen : ÚEL SAV. 6 s.
- KLEINERT, J. 1983: *Epigeická makrofauna oblasti Čierného kameňa a Lubochnianskej doliny vo Veľkej Fatre*. Ochrana prírody. 4: s. 105 – 117.
- KULFAN, J., ŠUŠLÍK, V. 1995. *Ecology and seasonal dynamics of moth larvae (Lepidoptera) on beech trees*. Bratislava : Biologia. 50/2: s. 157 – 161.
- KULFAN, J., ZACH, P., HOLECOVÁ, M., KRIŠTÍN, A. 2011. *Bezstavovce viazané na buk*. Invertebrates associated with beech, s. 373 – 401. In: BARNA, M., KULFAN, J., BUBLINEC, E. (eds): *Buk a bukové ekosystémy Slovenska*. Bratislava : Veda. 636 s.
- KULFAN, M., DEGMA, P. 1986. *Motýle (Lepidoptera) štátnej prírodnej rezervácie Šrámková a jej blízkeho okolia*. Ochrana prírody. 7: s. 327 – 346.
- MAJZLAN, O. 1986. *Pôdne coleopterenózy ličných a lesných ekotopov intravilánu Bratislavy*. Bratislava : Acta F. R. N. UK. Formatio et Protectio Naturae. 12: s. 49 – 64.
- MAJZLAN, O., HOLECOVÁ, M. 1993. *Arthropodocenoses of an orchard ecosystem in urban agglomerations*. Bratislava : Ekologia. 12/2: s. 121 – 129.
- MEYER, E., PLANKESTEINER, U., GRAUBHER, M., LUTZ, S. 1999. *The effect of fenland drainage on the soil fauna in the Rhine delta (western Austria)*. In: TAJOVSKÝ, K., PIŽL, V. (eds.): *Soil Zoology in Central Europe*. České Budějovice : Proc. from 5th Central European Workshop on Soil Zoology. s. 233 – 241.
- MICHALKO, J., MAGIC, D., BERTA, J., MAGLOCKÝ, Š., ŠPÁNIKOVÁ, A. 1986. *Geobotanická mapa ČSSR. Slovenská socialistická republika. Mapová časť*. Bratislava : Veda & Slovenská kartografia. 12 máp
- PANIGAJ, E. 1993a. *Ekologická charakteristika spoločenstiev motýľov (Lepidoptera) v bukových lesoch Magury a Bardejovských Kúpeľov*. Bratislava : Biológia. 48: s. 549 – 558.
- PANIGAJ, E. 1993b. *Motýle (Lepidoptera) bučín severovýchodného Slovenska*. Bratislava : Zborník Slov. nár. Múz., Prír. Vedy. 39: s. 61 – 85.
- PATOČKA, J., KULFAN, J. 2009. *Lepidoptera of Slovakia: bionomics and ecology / Motýle Slovenska: bionómia a ekológia*. Bratislava : VEDA. 312 s.
- PATOČKA, J., KULFAN, J., ŠTRBOVÁ, E. 2009. *Motýle (Lepidoptera) v európsky významných biotopoch Slovenska*. Zvolen : Ústav ekológie lesa SAV. 100 s.
- PETŘVALSKÝ, V. 1989. *Zastúpenie niektorých skupín zoocenóz (Coleoptera, Carabidae) vo vybraných lokalitách Zoborského komplexu*. Zobor. 2: s. 141 – 153.
- STAŠIOV, S., HAZUCHOVÁ, L., VICIAN, V., KOČÍK, K. 2006. *Vplyv formy obhospodarovania agroekosystémov na štruktúru spoločenstiev mezo- až makroepigeonu*. In: KOČÍK, K., BENČAĎ, T., DANIŠ, D. (eds), *Hodnotenie základných zložiek poľnohospodárskej krajiny a agroekosystémov*. Zvolen : KPTK FEE TU vo Zvolene. s. 34 – 42.
- STŘELEČEK, J. 1993. *Fotosyntetické aktívne žiarenie a teplota v prízemnej vrstve vzduchu a v pôde bukového ekosystému pri rôznom zakmenení a ich bioklimatické účinky*. In: KODRÍK M., KONTRIŠOVÁ O. (eds): *Výskum podhorských bučín (EES Kremnické vrchy)*. Zvolen : ÚEL SAV. 4 s.
- TAKEDA, H. 1988. *A 5 year study of pine needle litter decomposition in relation to mass loss and faunal abundances*. Pedobiologia. 32/3 – 4: s. 221 – 226.
- TAJOVSKÝ, K. 2001. *Soil macrofauna (Diplopoda, Chilopoda, Oniscidea) in a pine forest disturbed by wildfire*. In: TAJOVSKÝ, I., BALÍK, V., PIŽL, V. (eds): *6th Central European Workshop on Soil Zoology*. České Budějovice : Abstract book. s. 227 – 232.

KLÍČIVOSŤ SEMIEN *ARABIDOPSIS ARENOSA* (L.) LAW. A JEHO ODOLNOSŤ NA VYSOKÉ KONCENTRÁCIE MEDI

Tomáš ŠTRBA

Fakulta prírodných vied UMB v Banskej Bystrici, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, strba.thomas@gmail.com

ABSTRACT

Štrba T.: **Seeds germination of *Arabidopsis arenosa* (L.) Law. and its tolerance to high concentration of copper**

The paper presents the results of the research of seeds germination of *Arabidopsis arenosa* from the copper mine heap in the ore-district Špania Dolina – Staré Hory with comparison of germination of seeds from reference sites. *Arabidopsis arenosa* is a good model species and we selected it because of its dominance in floristic compositions on the heaps (together with *Silene dioica* (L.) Clairv., *Acetosella vulgaris* Fourr., *Agrostis capillaris* L.). We found that duration of cold dormancy has no influence on germination of seeds of *A. arenosa*. With increasing of the concentration of the copper in sulphate solution seed germination of *A. arenosa* is decreasing. In comparison of roots length of germinated plants (habitat factor) we observed differences in roots length of germinated plants at the 99 % level of confidence (tested by Student *t*-test). Roots of germinated plants on the heaps were longer than roots of germinated plants from reference sites. Similarly, length of roots of germinated plants (1.5 mm) in different concentrations of copper sulphate solution were considerable shorter than length of roots of germinated plants (8.28 mm) in water (control solution). This difference was statistically confirmed at 99 % level of confidence. The results show on good adaptation skills of this species and on the specific environment conditions of copper dump-fields, which are rich on heavy metals contents.

Key words: *Arabidopsis arenosa*, seed germination, copper phytotoxicity, copper-mine heaps, Špania Dolina

Príspevok prezentuje výsledky výskumu klíčenia semien *A. arenosa* z bankých hald v banskej oblasti Špania Dolina-Staré Hory s porovnaním klíčivosti semien z referenčných plôch. *A. arenosa* je dobrým modelovým druhom a vybrali sme si ho pre jeho dominanciu vo floristickej skladbe haldy. Zistili sme, že dĺžka chladovej dormancie nemá vplyv na klíčivosť semien *A. arenosa*. So zvyšujúcou sa koncentráciou roztoku síranu meďnatého klesá klíčivosť semien *A. arenosa*. Z hľadiska porovnania dĺžky koreňov klíčiacych rastlín (faktor stanovište) sme zaznamenali rozdiel v dĺžke koreňov klíčiacych rastlín na hladine významnosti 99 % (testované Studentovým *t*-testom). Korene klíčiacych rastlín zo semien zozbieraných na halde boli dlhšie ako korene klíčiacych rastlín zo semien zozbieraných na referenčnej ploche. Podobne dĺžka koreňov klíčiacych rastlín zalievanych rozlične koncentrovanými roztokmi síranu meďnatého (1,5 mm) bola výrazne kratšia ako dĺžka koreňov klíčiacych rastlín zalievanych vodou (8,28 mm). Tento rozdiel sme štatisticky potvrdili na hladine významnosti 99 %. Výsledky poukazujú na plastické adaptačné vlastnosti tohto druhu a na špecifické podmienky bankých hald, ktoré majú vysoký obsah ťažkých kovov.

ÚVOD

Banské haldy sú stanovišťom so špecifickými ekologickými podmienkami odlišujúcimi ich od okolitého prostredia. Pôdy vzniknuté na stredovekých haldách majú vyšší obsah kovov (v dôsledku menej dokonalnej technológie ťažby), čím vytvárajú špecifický biotop pre rastliny (BANÁSOVÁ 1976). Zvláštnosťou tohto biotopu je veľmi skelet-

natá, miestami piesčitá a suchá antropogénna pôda, relatívne dlhá doba priameho slnečného žiarenia, časté vetry, nedostatok základných pôdnych živín, minimum vody a v neposlednom rade aj zvýšený obsah ťažkých kovov. Rastliny rastúce na takýchto stanovištiach sa často výrazne líšia od rovnakých taxónov rastúcich na prirodzených stanovištiach (PRZEDPELSKA, WIERZBICKA 2007). Floristická skladba vegetácie hald je aj napriek ekologicky

náročným podmienkam pomerne pestrá. Taxóny sa často vyznačujú vysokou vitálnosťou, ktorá je výsledkom dobrých adaptačných mechanizmov a schopnosti eliminovať nutrične konkurujúce, avšak menej adaptívne druhy (LAMBINON, AUQUIER 1963). Už v 16. storočí si AGRICOLA (1566) všimol, že pozdĺž rudnej žily rastú vždy len určité rastliny. Výskum vplyvu ťažkých kovov na flóru, vegetáciu a pletivá od tých čias výrazne nadobudol na intenzite (ERNST ET AL. 2004). Toxické účinky medi na flóru sú dobré známe. Med' v závislosti od expozície môže spôsobiť rôzne deformácie a poškodenia rastlín. CANNON (1960) ako hlavné toxické účinky medi uvádza nekrotické škvrny na nižších stonkových listoch, purpurové a fialové stonky, chlorózu listov, ktoré majú zelené žilkovanie, zakrpatenie koreňov a vytváranie sterilných foriem. Kontaminácia prostredia ťažkými kovmi podnietila vývin stratégií, pomocou ktorých sú schopné tieto druhy rásť a prežívať na zaťažených stanovištiach (WANG ET AL. 2009).

Cieľom predkladaného príspevku je sledovanie klíčivosti semien *Arabidopsis arenosa* (L.) Law po chladovej dormancii a test fytoxicity na med'. Štatistické potvrdenie rozdielov v dĺžke koreňov klíčiacych rastlín zo semien zozbieraných na halde a dĺžke koreňov klíčiacych rastlín zo semien zozbieraných na referenčnej ploche poukazuje na plastické adaptačné vlastnosti tohto druhu a na špecifické podmienky bankských hald.

MATERIÁL A METÓDY

Klíčivosť semien a test fytoxicity na med' sme sledovali na druhu žerušničník piesočný (*Arabidopsis arenosa* (L.) Law.) z čeľade *Brassicaceae*, pre jeho dominanciu vo floristickej skladbe sledovaných lokalít (spolu so *Silene dioica* (L.) Clairv., *Acetosella vulgaris* Fourr., *Agrostis capillaris* L.). Semená sme odobrali z troch bankských hald (Špania Dolina – halda Maximilián, Piesky, Richtárová pri Banskej Bystrici) a troch referenčných plôch lokalizovaných v blízkosti každej z hald, ktoré ležia v približne rovnakej nadmorskej výške, majú rovnakú orientáciu a sklon svahu. Semená boli zbierané po dosiahnutí zrelosti v mesiacoch august až október 2011. Vzorok semien sme odobrali zo 40 náhodne vybraných rastlín z celého telesa každej haldy a referenčných plôch. Po zbere boli semená vysušené a uskladnené v papierových sáčkoch pri izbovej teplote do konca novembra 2011.

Charakteristika odberových plôch na haldách

1. Halda Maximilián v Španej Doline (N 48° 28' 59.16"; E 19° 04' 49.01"; N 48° 29' 01.17"; E 19° 04' 50.18"; 739 – 779 m n. m.). K dominantným druhom patrí *Agrostis capillaris* tvoriaci na miestach s vyvinutejšou pôdou pomerne súvislé porasty a roztrúsene, ale v telese celej haldy, sa vyskytujúce byliny *Acetosella vulgaris*, *Arabidopsis arenosa*, *Silene dioica*, ktoré sa dokázali prispôbiť nepriaznivým ekologickým podmienkam (Aschenbrenner et al. 2011).
2. Halda Piesky pri Španej Doline (N 48° 29' 25.77"; E 19° 04' 26.53"; 747 – 842 m n. m.). Celá halda má charakter suťoviska s vysokým obsahom skeletu, miestami na rovnejších plochách sa uchytili dreviny z dominantnými druhmi *Picea abies* a *Pinus sylvestris* a pionierskymi druhmi listnatých drevín (najmä *Betula pendula*). Sledovaný *A. arenosa* je zastúpený na celej halde. Medzi ďalšie dominantné druhy patria podobne ako na predošlej lokalite *Agrostis capillaris*, *Acetosella vulgaris*, *Silene dioica*, *Artemisia vulgaris*, *Festuca pratensis*, *F. rubra* a iné.
3. Halda Richtárová pri Starých Horách (N 48° 29' 35.31"; E 19° 04' 31.02"; 584 – 670 m n. m.). Táto halda má tiež charakter suťoviska s vysokým obsahom skeletu, je zarastená machorastami a lichenizovanými hubami, v ktorých dominujú *Cladonia arbuscula* subsp. *mitis*, *C. coniocraea*, *Ceratodon purpureus*, *Stereocaulon incrustatum*, *Pleurozium schreberi* a iné. Na halde sú ostrovčekovito zastúpené aj bylinné spoločenstvá, do okraja zasahujú okolité lesné spoločenstvá. *A. arenosa* tu nájdeme roztrúsene zastúpený na celej halde, najmä vo vegetačne viac vyvinutých spoločenstvách. Medzi najčastejšie sa vyskytujúce druhy patrí *Acetosella vulgaris*, *Silene dioica*, *Agrostis capillaris*, *Galium molugo*, *Picea abies*, *Betula pendula* a iné.

Charakteristika odberových referenčných plôch

Výber referenčných plôch bol podmienený najmä dostatočným výskytom jedincov *A. arenosa* ako aj ich dostatočným oddelením od sledovaných hald. Pri výbere jednotlivých referenčných plôch sme zohľadnili najmä dostupné ortofotosnímky (1949, 1979) a staré bankské mapy (Štátny ústredný bankský archív v Banskej Štiavnici).

1. Referenčná plocha Špania Dolina (N 48° 29' 04.35"; E 19° 04' 52.13"; 811 m n. m.), kataster obce. Okraj smrekovo-jedľového lesa s prímiesou

- listnáčov (*Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*, *Corylus avellana*) pozdĺž lesnej cesty. *A. arenosa* tu rastie v úzkom páse spolu s *Melampyrum sylvaticum*, *Rubus fruticosus* agg., *R. ideaus*, *Maianthemum bifolium*.
- Referenčná plocha Dolný Štúrec, (pri haldе Piesky) (N 48°29'7.18"; E 19°05'06.86"; 919 m n. m.) kataster obce Staré Hory, rúbansko pozdĺž lesnej cesty nad haldou Piesky. Na ploche sú zastúpené náhradné spoločenstvá triedy *Epilobietea angustifolii* Tüxen et Preising ex von Rochow 1951 s dominanciou *Rubus ideaus* a pomerne hojným *Arabidopsis arenosa*.
 - Referenčná plocha Richtárová (N 48°29'35.11"; E 19°4'30.09"; 684 m n. m), kataster obce Staré Hory, lesné rúbansko asi 70 m nad haldou Richtárová. Podobne ako na referenčnej ploche Dolný Štúrec sú tu zastúpené náhradné spoločenstvá triedy *Epilobietea angustifolii* Tüxen et Preising ex von Rochow 1951 s výraznou dominanciou *Rubus fruticosus* agg., *R. ideaus* a *Vaccinium myrtillus* a roztrúseným výskytom *A. arenosa*.

Charakteristika pôdneho substrátu odberových miest

Haldové pôdy sú mladé, s vysokým obsahom skeletu a malým obsahom nutričov a vody. Zараdujú sa medzi antropogénne pôdy. Charakteristickým znakom mladých pôd je vysoký obsah ťažkých kovov. Najviac je pôda kontaminovaná meďou (938–4 180 mg.kg⁻¹), olovom (141–151 mg.kg⁻¹), arzénom (65–542 mg.kg⁻¹), a zinkom (435–845 mg.kg⁻¹) (TURISOVÁ ET AL. 2013).

Typickou pôdou referenčných plôch je kambizem s pomerne vysokým obsahom skeletu, s vrchnou humusovou časťou a bohatou opadankou. Obsah ťažkých kovov v pôdach je výrazne nižší (Cu 95–196 mg.kg⁻¹; Pb 25–39 mg.kg⁻¹; As 43–95 mg.kg⁻¹; Zn 70–95 mg.kg⁻¹).

Klíčovosť

V decembri 2011 (tri mesiace pred experimentom) sme semená rozdělili na tri časti podľa dĺžky vystavenia semien chladu (pri teplote vzduchu –8 °C po dobu 8, 10 a 12 týždňov). Týždeň pred založením vlastného pokusu sme ich stratifikovali (navlhčili vodou a uskladnili v chlade pri teplote 5 °C). Sledovanie klíčivosti sme robili na filtračnom papieri (120 g) na Petriho miskách s 50 náhodne vybranými semenami z rastlín z haldy a referenčnej plochy pri vyrovnanej izbovej teplote 20 °C (± 1,5 °C) s prirodzenou dennou fotoperió-

dou. Z každej odberovej plochy (hald a referenčných plôch) sme tento pokus opakovali dvakrát, tzn., že na klíčivosť bolo testovaných 2 x 50 semien z každej lokality.

Klíčovosť bola hodnotená denne, pričom za vyklíčené sme považovali semená s koreňkom dlhým aspoň 1 mm. Z denných klíčivostí sme vypočítali kumulatívne klíčivosti po 5, 10 a 15 dňoch a sumárnu konečnú klíčivosť. Každému novému klíčencovi sme odmerali aj dĺžku koreňa (cf. ISTA 1985; KRUMP, PAZDERŮ 2010).

Hodnotenie vyklíčených semien

Vyklíčené semená sme hodnotili (počítali) iba vtedy, ak mali dostatočne vyvinuté všetky dôležité orgány. Normálne vyvinuté vyklíčené semená spolu so zhnitými, odumretými semenami a zahňavajúcimi novými klíčiacemi semenami sme pri každom počítaní z pokusu odstránili. Anomálne a nedostatočne vyvinuté klíčiace semená, nevyklíčené a nenabobtnané semená sme na filtračnom papieri ponechali do konca pokusu (ISTA 1985).

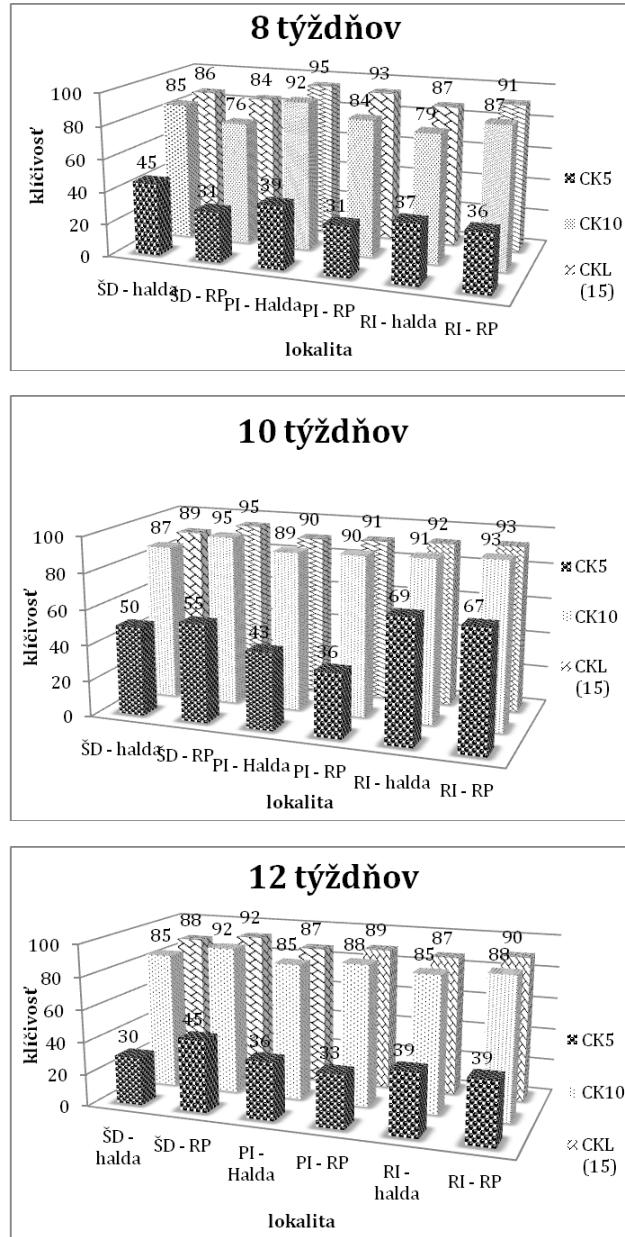
Test fytotoxicity

Na test fytotoxicity sme použili semená z referenčných plôch, aby neboli ovplyvnené zvýšenou koncentráciou ťažkých kovov v pletivách. Na samotný pokus sme použili nasledovné koncentrácie roztoku pentahydrátu síranu meďnatého (CuSO₄·5H₂O) 10 mg.l⁻¹, 20 mg.l⁻¹, 25 mg.l⁻¹, 30 mg.l⁻¹, 35 mg.l⁻¹, 40 mg.l⁻¹, 50 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹, 150 mg.l⁻¹, a destilovanú vodu ako kontrolnú zálievku. V každej sledovanej koncentrácii sme na Petriho misky s filtračným papierom rozložili po 100 semien. Stanovovali sme denné klíčivosti, z ktorých sme potom vypočítali kumulatívnu klíčivosť, tiež sme odmerali dĺžku koreňov novovyklíčených rastlín. Výsledky boli podrobené štatistickej analýze pomocou Studentovho *t*-testu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Klíčenie semien

Výsledky potvrdili, že dĺžka vystavenia semien chladu nemá výrazný vplyv na klíčivosť semien. Priemerná klíčivosť sa pohybuje okolo 90 % (v rozmedzí 84–95 %). Pri žiadnej lokalite a ani dĺžke dormancie sme nezaznamenali výrazný rozdiel v klíčivosti semien (Obr. 1, Fig. 1). Rovnako nebol zaznamenaný rozdiel v klíčivosti semien z hald a referenčných plôch ani v čase, ani v počte vyklíčených semien. Tieto zistenia poukazujú na odolný genetický aparát skúmaného druhu, čo nasvedčuje, že pre skúmaný druh je pohlavné



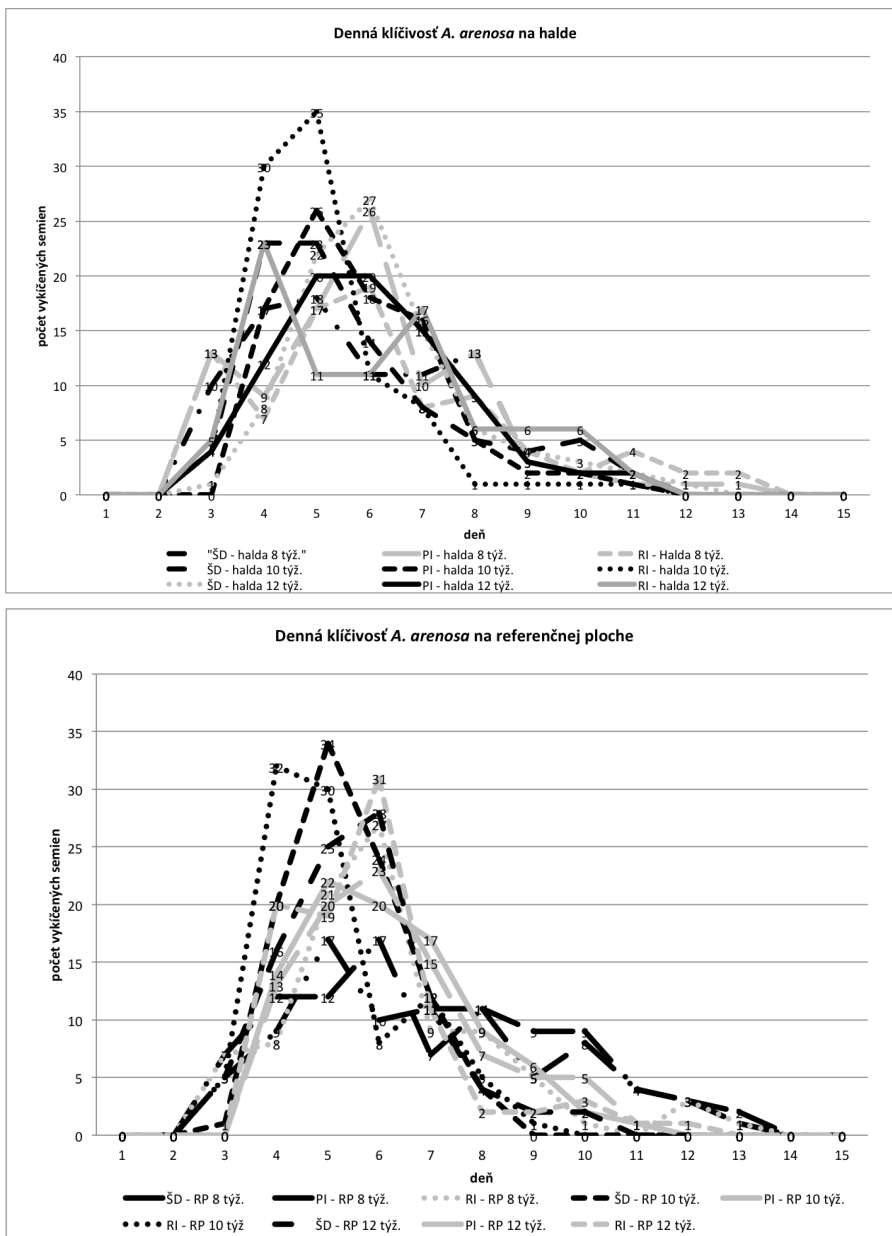
Obr. 1 Klíčivosť semien *A. arenosa* po chladovej dormancii (A – po 8 týždňoch, B – po 10 týždňoch, C – po 12 týždňoch).

Fig. 1. Germination seeds of *A. arenosa* after cold dormancy (A – after 8 weeks, B – after 10 weeks, C – after 12 weeks)

Vysvetlivky (Legend): ŠD – Špania Dolina, RI – Richtárová, PI – Piesky, RP – referenčná plocha (reference site). CK 5 – celková klíčivosť po 5 dňoch (summary germination after 5 days), CK 10 – celková klíčivosť po 10 dňoch (summary germination after 10 days), CKL – celková klíčivosť (po 15 dňoch) (total germination after 15 days)

rozmnožovanie hlavným typom reprodukcie. Na samotné klíčenie vplývala dĺžka chladovej dormancie.

Maximálna denná klíčivosť (dynamika klíčenia, Obr. 2, Fig. 2) bola dosiahnutá medzi 4. až 8. dňom (napr. Richtárová – RP 5. deň 35 klíčiacych



Obr. 2 Denná klíčivosť semien *A. arenosa*. A – semená z rastlín z hald, B – semená z rastlín z referenčných plôch

Fig. 2 Daily germination of seeds of *A. arenosa*. A – seeds from heaps, B – seeds from reference sites

Vysvetlivky (Legend): ŠD – Špania Dolina, RI – Richtárová, PI – Piesky, RP – referenčná plocha (reference site), týž. – týždňov (weeks)

rastlín). Od 8. dňa sme zaznamenali vo všetkých variantoch pokusu pokles klíčivosti. Klíčivosť ustála medzi 11. – 14. dňom, kedy sme už nezaznamenali žiadne vyklíčené semená.

Klíčivosť semien pri jednotlivých časoch dormancie (8, 10 a 12 týždňov) sa pohybovala od 87 do 93 %. V porovnaní so zisteniami iných autorov ide o vysoké percento v dosiahnutej klíčivosti. CAMPPELL (1985) pri *Hypericum perforatum* uvádza klíčivosť po dormancii chladom na úrovni 68 %. Vysokú klíčivosť v rode *Arabidopsis* uvádzajú aj RIVERO-LEPINCKAS, CRIST A SCHOLL (1998). Na zvýšenie klíčivosti môže mať priaznivý vplyv stratifikácia (namočenie semien do vody pred pokusom klíčenia), ako uvádzajú napr. CAMPPELL, DELFOSSE (1984) a BASKIN, BASKIN (2001). Avšak GALLARDO ET AL. (2001) na pokusoch so semenami *Arabidopsis thaliana* (ekotyp Langsberg *erecta*) uvádza klíčivosť na úrovni takmer 96 %. Pričom prvé vyklíčené semeno zaznamenali na druhý deň a 50 % semien bolo vyklíčených takmer 2,5 dňa po prvom vyklíčenom semene. V tomto prípade išlo o nedormantné semená. Pri našom pokuse bola 50 % klíčivosť dosiahnutá priemerne v šiesty deň (5. až 7. deň) a prvé vyklíčené semená sme zaznamenali na tretí deň. Tento rozdiel môže byť spôsobený druhom dormancie semien, ale hlavne metódou hodnotenia vyklíčeného semena. V našom prípade sme za vyklíčené semeno považovali semeno s koreňom dlhým aspoň 1 mm, ale

napr. GALLARDO ET AL. (2001) považovali semeno za vyklíčené vtedy, keď koreň vyčnieval cez osemenenie. Aj toto zistenie potvrdzuje, že bez ohľadu na to, či sú semená v rode *Arabidopsis* vystavené dormancii alebo nie, zachovávajú si vysokú klíčivosť v porovnaní s inými druhmi rastlín. Malé rozdiely badať aj v spôsobe dormancie semien, či už sú semená navlhčené a uložené v chlade (4 °C) (ako aj od času uloženia v tomto chlade), alebo sú semená suché a vystavené nižším teplotám. Typ dormancie ovplyvňuje aj obsah niektorých proteínov a kyselín (napr. ABA), ktoré majú stimulačné alebo inhibičné účinky na semená a klíčivosť (CHIWOCHA ET AL. 2005).

Meranie dĺžky koreňov klíčiacych rastlín preukázalo, že klíčiace rastliny zo semien z haldy majú v priemere dlhšie korene ako klíčiace rastliny zo semien z referenčných plôch (tab. 1), čo môžeme pripísať špecifickému fyziotopu banských hald. Z hľadiska jednotlivých lokalít (Špania Dolina, Piesky a Richtárová) sa nám toto zistenie podarilo štatisticky významne doložiť (pri $p < 0,01$) z každej sledovanej lokality. Jednotlivé štatistické ukazovatele (stredné hodnoty) a výsledok *t*-testu uvádzame v tabuľke 1.

V priemernej dĺžke koreňov klíčiacych rastlín sme zaznamenali rozdiel medzi dĺžkou koreňov klíčiacych rastlín zo semien z haldy, ktoré boli dlhšie ako korene klíčiacych rastlín zo semien z referenčnej plochy. Toto zistenie bolo štatisticky

Tab. 1 Stredné hodnoty, indikatory variability a t-test pre dĺžku koreňov klíčiacych rastlín

Tab. 1 Central values, indicators of variability and results of Student t-test for the length of the roots of germinating plants

Lokalita	Špania Dolina		Piesky		Richtárová		Súčet	
	Halda	RP	Halda	RP	Halda	RP	Haldy	RP
Počet meraní	132	136	137	135	133	137	402	408
Aritmetický priemer	9,10	8,46	8,58	8,05	9,14	8,28	8,93	8,33
Medián	9,1	8,2	8,65	7,9	8,9	8,1	8,9	8,2
Modus	9,7	8,9	8,9	7,9	7,9	6,9	9,7	6,9
Rozptyl	2,90	1,75	1,37	1,16	0,95	1,33	2,44	1,59
Smerodajná odchyľka	1,70	1,32	1,17	1,08	0,97	1,15	1,56	1,26
Maximum	12,2	12,1	11,2	10,9	11,3	10,6	12,2	12,1
Minimum	6,1	6,6	6,7	6,7	7,5	6,7	6,1	6,6
Variačný koeficient	18,71	15,64	13,63	13,36	10,66	13,93	17,50	15,12
Student t-test	p<0,01 (99 %)		p<0,01 (99 %)		p<0,01 (99 %)		p<0,01 (99 %)	
p-hodnota	0,0003		0,0001		0,0000		0,0000	

Vysvetlivky: RP – referenčná plocha (plochy). Legend: RP – reference site(s)

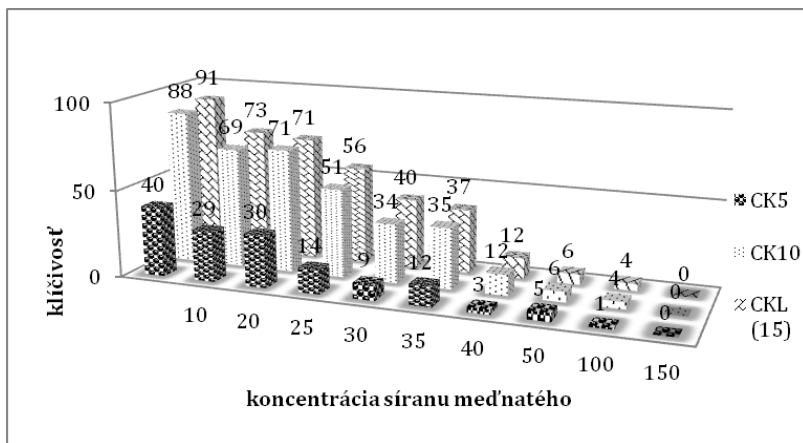
významné na všetkých sledovaných lokalitách. Podobné výsledky so semenami rovnakého druhu publikovali PRZEDPELSKA A WIERZBICKA (2007), ktoré testovali vplyv Zn, Cd a Pb na klíčenie aj dĺžku koreňov klíčiacych rastlín.

Fytotoxicita

So zvyšujúcou sa koncentráciou roztoku pentahydrátu síranu meďnatého ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) klesá klíčivosť semien *A. arenosa* (Obr. 3, Fig. 3).

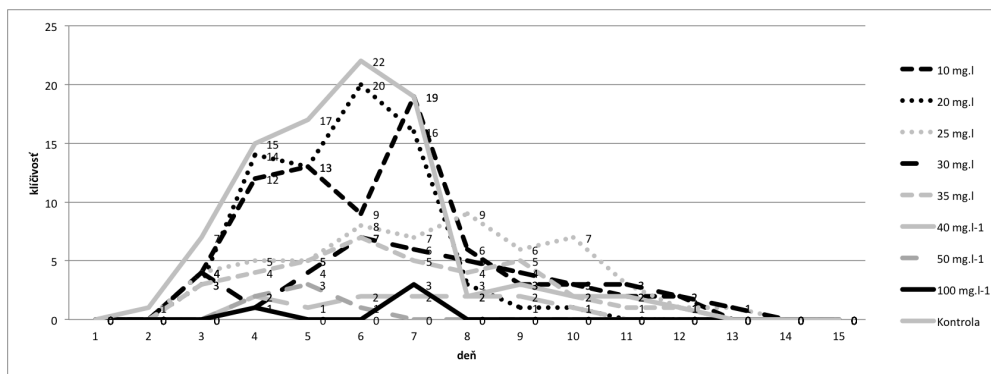
Pri koncentracii 10 a 20 mg.l^{-1} sme zaznamenali pokles klíčivosti oproti kontrole, kde klíčilo priemerne 90 % semien, v priemere o 15–20 %, pri 25 mg.l^{-1} o 56 % a pri koncentracii 50 mg.l^{-1} klíčilo už len 6 % semien. Úplný inhibičný efekt na klíčivosť mal roztok s koncentráciou 150 mg.l^{-1} .

Dynamika klíčenia (Obr. 4, Fig. 4) nám potvrdzuje, že *A. arenosa* dosahuje maximálnu dennú klíčivosť medzi 4. až 8. dňom, zhodne s výsledkami klíčenia aj pri rôzne koncentrovaných roztokoch.



Obr. 3 Klíčivosť semien v rôzne koncentrovaných roztokoch pentahydrátu síranu meďnatého
Fig. 3 Seeds germination at the different concentrations of copper sulphate solution

Vysvetlivky (Legend): CK 5 – celková klíčivosť po 5 dňoch (summary germination after 5 days), CK 10 – celková klíčivosť po 10 dňoch (summary germination after 10 days), CKL – celková klíčivosť (po 15 dňoch) (total germination after 15 days)



Obr. 4 Denná klíčivosť semien *A. arenosa* v rôznych koncentraciách roztoku pentahydrátu síranu meďnatého
Fig. 4 Daily germination of seeds of *A. arenosa* at the different concentrations of copper sulphate solution

Po dosiahnutí maximálnej dennej klíčivosti táto postupne klesala a 11. – 13. deň sa zastavila. Zároveň sú v tomto čase napadnuté plesňou prvé semená, čo sa pri kontrolnom klíčení neobjavilo.

Výsledky merania dĺžky koreňov klíčiacych rastlín potvrdili štatisticky významný rozdiel medzi dĺžkou koreňov klíčiacych rastlín v roztokoch pentahydrátu síranu meďnatého a dĺžkou koreňov klíčiacych rastlín vo vode – kontrolným klíčením (tab. 2). Stredné hodnoty uvádzame pre koncentrácie roztokov 10, 20 a 25 mg.l⁻¹. Pri vyšších koncentráciách bola klíčivosť už veľmi nízka a údaje by boli nedostatočné pre zovšeobecnenia. Rozdiely v dĺžke koreňov klíčiacych rastlín medzi jednotlivými koncentraciami roztokov pentahydrátu síranu meďnatého boli minimálne a štatisticky nevýznamné.

Test fytoxicity preukázal, že so zvýšením koncentrácie pentahydrátu síranu meďnatého klesá klíčivosť. Klíčivosť úmerne klesala so zvýšením koncentrácie od 73 % (pri koncentrácii 10 mg.l⁻¹) po 4 % (pri koncentrácii 100 mg.l⁻¹). Zníženie klíčivosti s rastom koncentrácie ťažkých kovov bolo preukázané vo viacerých prácach, napr. YOGESWARAN, NASRALAH (1998), PRZEDPELSKA, WIERZBICKA (2007), LEŠKOVÁ, MOLNÁROVÁ (2011). V porovnaní s kontrolnou klíčivosťou semien *A. arenosa* zalievaných destilovanou vodou už pri koncentrácii 10 mg.l⁻¹ bola klíčivosť o 20 %

nižšia. Štandardné normy pre testovanie poľnohospodárskych plodín (OECD, 2006; STN 83 8303, 1999) odporúčajú v kontrole klíčivosti semien vyššiu ako 90–92 %. V našom teste dosiahla klíčivosť 91 %, čo je v súlade s citovanými normami. Vplyv medi na klíčivosť semien *A. arenosa* bol najviac zreteľný v dĺžke koreňov klíčiacych rastlín. Korene klíčiacych rastlín v roztokoch modrej skalice dosahovali minimálnu dĺžku (1,1–3 mm), naproti tomu korene klíčiacych rastlín v kontrolných podmienkach dosahovali výrazne vyššie hodnoty (7–11 mm). Na koreňoch klíčiacych v roztokoch modrej skalice bolo výrazne menej (až absentovali) koreňov 2. stupňa.

ZÁVER

Arabidopsis arenosa je jedným z dominantných druhov vo floristickej skladbe meďných hald stredného Slovenska. Testy klíčivosti porovnávajú klíčenje semien z hald a referenčných plôch. Môžeme konštatovať štatisticky vysoko preukazný rozdiel (pri hladine významnosti $p < 0,01$) v priemernej dĺžke koreňov klíčiacych rastlín. Rovnako významný štatistický rozdiel sme zaznamenali aj v priemernej dĺžke koreňov klíčiacych rastlín v roztokoch pentahydrátu síranu meďnatého a kontroly zalievanej destilovanou vodou. Test fytoxicity

Tab. 2 Stredné hodnoty a t-test pre dĺžku koreňov klíčiacych semien v rôznych koncentráciách roztoku síranu meďnatého

Tab. 2 Central values and Student t-test for the length of the roots of germinating seeds at the different concentrations of copper sulphate solution

Stredné hodnoty	Kontrola	10 mg.l ⁻¹	20 mg. l ⁻¹	25 mg. l ⁻¹
Počet meraní	91	73	71	56
Priemer	8,28	1,5	1,39	1,29
Medián	8,1	1,4	1,3	1,2
Modus	6,9	1,2	1,3	1,1
Rozptyl	1,46	0,21	0,21	0,05
Smerodajná odchýlka	1,21	0,46	0,46	0,22
Variačný koeficient	14,59	30,47	33,12	16,90
Maximum	12,1	3,1	3,2	1,9
Mimumum	6,6	1,1	1,1	1,1
Studentov t-test	porovnanie s dĺžkou koreňov klíčiacych rastlín zalievaných vodou			
	comparison with the length of the roots germinated in water			
p hodnota		p<0,01 (99 %)	p<0,01 (99 %)	p<0,01 (99 %)

potvrdil hypotézu, že s rastúcou koncentráciou ťažkých kovov v zálievkach klíčivosť semien klesá, ba až sa zastavuje. Výsledky poukazujú na dobré adaptačné schopnosti tohto metaltolerantného druhu na špecifické podmienky banských hald a jeho vhodnosť pre prípadnú fytoremediáciu.

PodĎakovanie

Práca vznikla v rámci riešenia grantov APVV-0663-10, VEGA 2/0065/11.

Literatúra

- AGRICOLA, G. 1556 (2001). De re metallica libri XII (Dvanásť kníh o horníctví a hutníctví). Montanex, Ostrava.
- BANÁSOVÁ, V. 1976. Vegetácia medených a antimónových hald. (Vegetation of copper and antimony mine heaps). In Biol. Práce, 22, s. 1–109.
- BASKIN, C. C., BASKIN, J. M. 2001. Seeds – Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic press, San Diego.
- CAMBPELL, M. H. 1985. Germination, emergence and seedling growth of *Hypericum perforatum* L. In Weed Research roč. 25(4), s. 259–266.
- CAMBPELL, M. H., DELFOSSE, E. S. 1984. The biology of Australian weeds. 13. *Hypericum perforatum* L. In The Journaln of the Australian Institute of Agricultural Science roč. 50(2), s. 63–73.
- CANNON, H. L. 1960. Botanical prospecting for ore deposits. In Science 132, s. 591–598.
- ERNST, W. H. O., KNOLLE, F., KRATZ, S., SCHUNG, E. 2004. Aspect of ecotoxicology of heavy metals in the Harz region – a quited excursion. In Landbauforschung Völkenrode 54, s. 53–71.
- GALLARDO, K., JOB, C., GROOT, S. P. C., PUYPE, M., DEMOL, H., VANDEKERCKHOVE, J., JOB, D., 2001. Proteomic analysis of *Arabidopsis* seed germination and priming. In Plant Physiology 126, s. 835–848.
- CHIWOCHA, S. D. S., CUTLER, A. J., ABRAMS, S. R., AMBROSE, S. J., YANG, J., ROSS, A. R. S., KERMODE, A. R., 2005. The *etr1-2* mutation in *Arabidopsis thaliana* affects the abscisic acid, auxin, cytokinin and gibberellin metabolic pathways during maintenance of seed dormancy, moist-chilling and germination. In Plant Journal roč. 42(1), s. 35–48.
- ISTA, 1985. International rules for seed testing. In Ellis, R. H., Hong, T. D., Roberts, E. H.: Information and Test Recommendations, Handbooks for Genebanks, No. 3, IPGRI, Rome.
- KRUMP, M., PAZDERŮ, K., 2010. Biologické vlastnosti semen třezalky tečkované a skvrnitě při různých režimech klíčení. In Novák, J., Bláha, L. (eds.): Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, p. 219–222
- LAMBION, J., AUQUIER, P. 1963. La flore et la végétation des terraines calaminaires de la wallonie septentrionale et de la Rhénannio arxoist. In Natura Mosana 16, s. 113–130.
- LEŠKOVÁ, A., MOLNÁROVÁ, M., 2011. Porovnanie toxicity As (III) na horčiči bielej (*Sinapsis alba* L.) a pšenici letnej (*Triticum aestivum* L.) In Galamboš, M., Džugasová, V., (eds.): Študentská vedecká konferencia PriF UK 2011 : Zborník recenzovaných príspevkov : sekcia environmentalistika. PriF UK, Bratislava, p. 1213–1218.
- OECD, 2006. Guidelines for The Testing of Chemicals. Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test, Test 208, OECD, Paris.
- PRZEDPELSKA, E., WIERZBICKA, M., 2007. *Arabidopsis arenosa* (Brassicaceae) from a lead-zinc waste heap in southern Poland – a plant with high tolerance to heavy metals. In Plant and Soil 299, s. 43–53.
- RIVERO-LEPINCKAS, L., CRIST, D., SCHOLL, R., 1998. Growth of Plants and Preservation of Seeds. In *Arabidopsis* protocols : Methods in Molecular Biology 82, s. 1–12.
- STN 83 8303, 1999. Skúšanie nebezpečných vlastností odpadov. Ekotoxicita. Skúšky akútnej toxicity na vodných organizmoch a skúšky inhibície rastu rias a vyšších kultúrnych rastlín.
- TURISOVÁ, I., ŠTRBA, T., ASCHENBRENNER, Š., ANDRÁŠ, P. 2013. *Arabidopsis arenosa* (L.) Law. On Metalliferous and Non-metalliferous Sites in Central Slovakia. In *Bull Environ Contam Toxicol* 91, s. 469–474.
- WANG, S., ZHONG, R. N., WANG, S. L., ZHAO, Z. J. 2009. Accumulation and bioavailability of copper and nickel in wheat plants grown in contaminated soils from the oasis, north west China. In *Geoderma* 152, s. 290–295.
- YOGESWARAN, K., NASRALLAH, M. E. 1998. Growth of Other Species Related to *Arabidopsis thaliana*. *Arabidopsis* protocols : Methods in Molecular Biology 82, s. 27–38.

PREHĚDOVÉ ČLÁNKY
REVIEW ARTICLES

ATMOSFÉRICKÝ TRANSPORT A DEPOZÍCIA AMÓNNEHO DUSÍKA: REVIEW

Danica KRUPOVÁ

Národné lesnícke centrum T. G. Masaryka 960 92 Zvolen krupova@nlesk.org

ABSTRACT

Krupová D.: **Atmospheric transport and deposition of ammonia: Review**

This review article integrates the knowledge about atmospheric NH_3 from the literature. Over the last years NH_3 emissions have been increasing on a global scale. The emissions of NH_3 are produced in agriculture, animal farms, by applications synthetic fertilizer NH_3 -based, by industrial processes, vehicular emissions and by volatilization from soils and oceans. Gaseous ammonia (NH_3) is the most abundant alkaline gas in the atmosphere. Its formation, transport, the properties and the environmental implications with visible degradation of sensitive ecosystems is task of this review. The increase of atmospheric deposition of nitrogen in NH_3 emissions negatively influences environmental and public health as well as climate change.

Key words: emission, transport, atmospheric deposition, ammonium

ÚVOD

S rozvojom priemyslu, ktorý je neodmysliteľne spájaný s požiadavkami na energiu, bol zaznamenaný nárast antropogénnych emisií sírných a dusíkatých zlúčenín. Vysoký podiel najmä amónneho dusíka pochádza z poľnohospodárskej výroby. So zvyšujúcim počtom ľudí na Zemi sa stáva kľúčovou úlohou zabezpečenie dostatočného množstva potravín. Dochádza k intenzifikácii poľnohospodárstva, rozšíreniu chovu dobytka a zavádzaniu nových postupov pri pestovaní plodín. Zvýšené používanie prírodných i umelých hnojív je pre zabezpečenie tejto úlohy nevyhnutné. Všetky tieto činnosti sa podieľajú na emisiách amónneho dusíka do atmosféry. Avšak dôsledkom jeho zvýšených emisií, dochádza k poruchám globálnych bio-geochemických cyklov NH_3 (ANEJA *et al.* 2001; ANEJA *et al.* 2008). Pre trvalo udržateľné hospodárenie lesov je potrebné redukovat' emisie polutantov tak, aby neboli prekročené kritické záťaže.

VZNIK A POHYB AMÓNNEHO DUSÍKA V ATMOSFÉRE

Depozície dusíka sú prírodného a antropogénneho pôvodu, pričom množstvo produkované ľudskou činnosťou je významne vyššie. Dusík sa do atmosféry dostáva vo forme nitrátového a amónneho dusíka. Kým amónny dusík vzniká najmä ako dôsledok poľnohospodárstva, nitrátový dusík pochádza z dopravy. Medzi rokmi 1960 až 2000 sa ľudská populácia zdvojnásobila (BEHERA *et al.* 2013), pričom počet domácich zvierat sa strojnásobil (OENEMA 2006). Očakáva sa ďalšie zvyšovanie počtu chovaných zvierat najmä v priemyselných krajinách (GERBER *et al.* 2005; OENEMA 2006). Emisie z fariem závisia najmä od ventilácie (SEEDORF *et al.* 1998a) a teploty vo vnútri fariem (SEEDORF *et al.*, 1998b). Vznikajúce množstvo dusíka je prítomné najmä v exkréciách dobytka a len málo v mlieku a mäse. Je vylučovaný vo forme úrey, ktorá je následne rozložená

na NH_4^+ a iné organické zlúčeniny. Emisie vznikajúce pri hnojení sú funkciou aplikačných metód, meteorologických podmienok a typu pôdy (HUIJSMANS *et al.* 2003). Ďalšími zdrojmi amónneho dusíka sú pastviny, uskladňovanie krmiva a úrody. (SKJØTH *et al.* 2006). Emisie amónneho dusíka sú pri všetkých zdrojoch závislé vo veľkej miere od environmentálnych podmienok. Z tohto dôvodu jeho celkové emisie značne kolíšu počas dňa i počas sezóny. (BATTYE *et al.* 2003; GILLILAND *et al.* 2003). V menšej miere prispievajú i priame emisie z ľudí, divých zvierat a vtákov, koní, domácich miláčikov i odpadkov. Boli vykonané štúdie, kde bola porovnávaná tvorba NH_3 emisií z potu a dychu ľudí. Ľudské dýchanie ho tvorí menej. Tvorba emisií z potu veľmi závisí od geografických a klimatických podmienok kraja a fyzickej námahy. V horúcom podnebí ho ľudia produkujú omnoho viac (LEE, DOLLARD 1994).

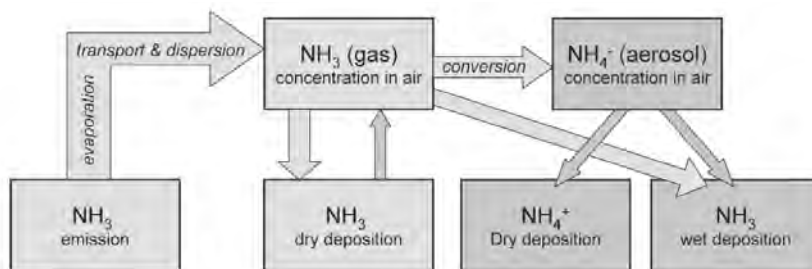
Pri horení biomasy je dusík z proteínov uvoľňovaný vo forme NH_3 (DENMEAD 1990). Informácia, že atmosférický amónny dusík je i odrazom zvyšujúcej cestnej premávky je len málo známa. Príspevok emisií NH_3 z dopravy vzhľadom k poľnohospodárstvu bol do roku 1995 zanedbateľný (PERRINO *et al.* 2002). Nedávne štúdie však ukazujú, že jeho koncentrácia v urbanistických oblastiach sa významne zvýšila vďaka tvorbe NO_x pri katalytických konvertoroch v automobilových výfukoch a tiež z priemyslu a energetiky (SUTTON *et al.* 2000; PERRINO *et al.* 2002). RECHE *et al.* (2012) pozoroval, že jeho hodnoty boli vyššie v zime a v blízkosti ciest s predpokladaným príspevkom z emisií vozidiel. Hladina NH_3 sa znižovala so zvyšujúcou vzdialenosťou (50 m) od priameho zdroja emisií z dopravy až o 55 %.

MATSUMOTO *et al.* (2006) vo svojej štúdií potvrdil päť krát vyššiu koncentráciu NH_3 v meste s hustou dopravou oproti kontrolnej ploche vedľa cesty na vidieku. CAPE *et al.* (2004) deklaroval, že jeho koncentrácia zistená v blízkosti cesty je proporcionálna k hustote premávky. Boli potvrdené zvýšené obsahy zlúčeniny NH_4^+ z emisií automobilov v pomere k celkovému dusíku v chladnejšom období. Emisie amoniaku zo zdrojov iných ako doprava sú v priamej úmere k zvyšujúcej sa teplote (SAGIYAMA *et al.* 1998; SUTTON *et al.* 2000; BAUM *et al.* 2000).

BEHERA *et al.* (2013) konštatoval, že prírodné emisie NH_3 vznikajú jeho uvoľňovaním z pôdy a oceánov. Takto uvoľnený NH_3 v atmosfére sa chemickými reakciami mení na iné zlúčeniny,

je transportovaný vetrom a vracia sa na zemský povrch ako suchá a mokrá depozícia (PUL *et al.* 2009). Najvyššia koncentrácia NH_3 je blízko povrchu, nakoľko pochádza zo zdrojov pri Zemi. Zvyčajne sa ako depozícia ukladá rýchlo blízko zdroja, pričom veľkosť depozície sa znižuje so vzdialenosťou od zdroja. Rozptyl je horizontálny i vertikálny. Vďaka relatívne rýchlej depozícii a nízkej emisnej výške, atmosférická doba životnosti NH_3 trvá len niekoľko hodín. Vzniknuté depozície sa môžu opakovaně emitovať a ukladať, pričom súčasne môže dochádzať k chemickým reakciám zvyčajne k neutralizácii kyslých plynov i častíc za tvorby aerosolov amónneho dusíka (HERTEL *et al.* 2006; ASMAN *et al.* 1998; PUL *et al.* 2009). Transformovaný do aerosolov je amónny dusík dispergovaný hlavne v nižšej troposfére, tzv. zmiešanej vrstve. Aerosólovo viazaný amónny dusík má všeobecne dlhšiu životnosť v atmosfére a môže byť transportovaný na dlhšie vzdialenosti (>1 000 km) vo forme mokrej depozície (FERM 1998). Pohyby amónneho dusíka sú znázornené na obr. 1. Transportná vzdialenosť závisí od rýchlosti vetra, od intenzity depozície a od interakcie s inými polutantmi, pričom má vysokú variabilitu. Pre určenie diaľkového prenosu amónneho dusíka, je potrebné vytvoriť transportný model, ktorý by zahŕňal chemické reakcie, veľkosti depozície i emisné mapy. Okrem toho model musí byť verifikovaný získanými výsledkami merania. V Európe od roku 1977 je organizovaný výskum diaľkového prenosu „the European long-range transport research“ v programe s akronymom EMEP (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe). V rámci tohto programu sa vykonáva inventarizácia emisií, výpočtové modely a merania (FERM 1998).

Nakoľko je amónny dusík primárnym alkalickým plynom v atmosfére zohráva dôležitú úlohu pri určovaní celkovej acidity zrážok, vody v oblakoch a vo vzdušných aerosólových časticiach (SHUKLA, SHARMA 2010; BEHERA *et al.* 2013). Amoniak a amónny kation (s označovaním NH_x) bývajú taktiež výživou pre rastliny zaťažené ich depozíciami v smere vetra od hlavných zdrojov znečistenia (ASMAN 1995; SUTTON, FOWLER 2002). V každom prípade antropogénny vstup amónneho dusíka do životného prostredia vedie k eutrofizácii suchozemských i vodných ekosystémov a taktiež k ohrozeniu biodiverzity (ANEJA *et al.* 1986; ASMAN *et al.* 1998; GALLOWAY *et al.* 2003; ERISMAN *et al.* 2005).



Obr. 1 Pohyb NH₃ v atmosfére (PUL *et al.* 2009)
Fig. 1 Transport NH₃ in atmosphere (PUL *et al.* 2009)

V posledných rokoch je vznik, transport a premeny atmosférického NH₃ predmetom podrobného štúdia so zameraním určiť jeho úlohu v klimatických zmenách. Aerosóly síranov a dusičnanov majú značný vplyv na globálnu radiáciu, vďaka ich schopnosti rozptyľovať prichádzajúcu slnečnú radiáciu. Pôsobia ako kondenzačné jadrá v oblakoch a tým nepriamo zvyšujú životnosť oblakov (BAUER *et al.* 2007; MYHRE *et al.* 2009). V súčasnosti neexistujú vo väčšine krajín žiadne smernice ani stimulujúce programy pre redukciu amónnych emisií. Pre iné primárne plynné polutanty ako SO₂, NO_x a prchavé organické zlúčeniny (VOCs) takéto predpisy existujú. Kontroly obsahu NH₃ však neboli zavedené, a to i napriek faktu, že všetky tieto polutanty majú rovnaký negatívny účinok na ekosystémy a to jeho viditeľné poškodenie, acidifikáciu a eutrofizáciu.

SUCHÁ DEPOZÍCIA

Suchá depozícia prebieha neustále. Polutanty sú dopravované na zemský povrch atmosférickými turbulenciami, avšak v omnoho menšej miere ako pri mokrej depozícii. Je závislá od vlastností polutanta a povrchu receptora. Gravitačná sila nie je podstatná. Dané depozície preukazujú vysokú variabilitu (FERM 1998).

PUL *et al.* (2009) konštatuje, že suchá depozícia je najdôležitejším procesom odstránenia amónneho dusíka z atmosféry, teda jeho prenosu zo vzduchu na zemský povrch. Amónny dusík je schopný sa prichytiť na akýkoľvek povrch v krátkom čase. Z toho dôvodu je množstvo suchej depozície limitované intenzitou prenosu (ASMAN 1998). Suchá depozícia môže byť prijímaná prieduchmi rastliny. Jej transport do rastliny prebieha i absorpciou z rosy a z tenkého vodného filmu na epiderme lis-

tovej (NEMITZ *et al.* 2004). Experimentálne bolo potvrdené, že relatívna vlhkosť a teplota ako i pomer koncentrácie SO₂/NH₃, majú vplyv na absorpciu SO₂ (FOWLER *et al.* 2001) a NH₃ (NEIRYNCK *et al.* 2005) na povrch vegetácie. Rýchlosť depozície sa mení v závislosti od časového úseku dňa a od druhu povrchu. Je vysoká pre členitý povrch (les) a nízka pre hladké povrchy (jazero, lúka). Počas dňa sú prieduchy rastlín otvorené a prijímajú vodorozpustné plyny a zároveň slnečné svetlo zohrieva zemský povrch, čím dochádza k vertikálnemu miešaniu vzduchu. Obidva tieto procesy zvyšujú depozíciu počas dňa a znižujú v noci (PUL *et al.* 2009).

V Európe je takmer 30 % územia zalesnených, 25 % tvorí orná pôda a 17 % pastviny. Suchá depozícia v lesnom poraste je omnoho vyššia ako na lúky a pasienky najmä kvôli ich členitému a tým i drsnejšiemu povrchu, čím sa zvyšuje vertikálna vzdušná cirkulácia. Navyše v ihličnatých lesoch veľkosť ihlic umožňuje ukladanie aerosólových častíc pasívnou silou. Ihlice taktiež aktívne odberajú plynné dusíkaté zlúčeniny zo vzduchu. Pri nízkej depozícii NH₃ môže dôjsť k jej podhodnoteniu. Vzájomnými interakciami, ako i pôsobením mikroorganizmov na listoch a ihliciach dochádza k premene NH₄⁺ na organické dusíkové zlúčeniny (FERM 1998). Veľkosť depozície je ovplyvnená i postavením stromu v rámci lesa. Na jeho okraji FERM (1993) meraním dokázal trikrát vyššiu depozíciu amónneho dusíka (suchá + mokrá) ako v strede lesa.

Depozícia hmlou je opisovaná ako príležitostná depozícia, ale veľmi často sa spája so suchou depozíciou. Silno súvisí od nerovnosti receptora. Množstvo vody v hmle je nízke, ale pohlcovanie polutantov je intenzívne. Z tohto dôvodu koncentrácia látok v kvapkách hmly je vysoká a môže mať negatívny efekt na lesy najmä na miestach, kde sa hmla často vyskytuje. Na horách môže depozícia

hmly byť dominantná vzhľadom k celkovej depozícii (LOVETT *et al.* 1982).

MOKRÁ DEPOZÍCIA

Mokrú depozíciu tvoria polutanty nachádzajúce sa v zrážkach, zahŕňajúce námrazu, dážď, hmlu, sneh i kvapky v oblakoch. Táto depozícia je dominantným depozitným procesom pre dobre vodorozpuštné polutanty. Počas mokrej depozície sú polutanty transportované na zemský povrch najmä gravitáciou (PUL *et al.* 2009). Ak rýchlosť kvapiek alebo snehových vločiek je omnoho vyššia ako rýchlosť vetra blízko zemského povrchu, depozícia sa stáva nezávislou od nerovnomernosti a drsnosti receptora (RAES *et al.* 1993). Kvapky v oblakoch majú významne dlhší čas existencie v porovnaní s kvapkami dažďa, čím je prenos atmosférických depozícií oblakmi omnoho efektívnejší (PUL *et al.* 2009). Mokrú depozíciu je veľmi dôležitý proces presunu amónneho dusíka, nakoľko je veľmi dobre rozpustný vo vode. Príjem amónneho dusíka kvapkami dažďa, či oblakmi je limitovaný difúziou (FERM 1998). Plyny i častice sú rozptýlené a odoberajú polutanty pod oblakmi i v oblakoch. Je ťažké absorbovať jemné častice, nakoľko sa držia mimo kvapiek, ale o to je ľahšie pohltie hygroskopických častíc. Tieto prijímajú vodu, keď sa vzduch ochladí a zvýši sa relatívna vlhkosť. Príjem plyného amónneho dusíka v oblakoch je omnoho efektívnejší, lebo kontakt kvapky s ním je omnoho dlhší, ako v oblasti pod oblakmi (HANNEMANN *et al.* 1995). Vzťah medzi koncentráciou látok v zrážkach a vzduchom je vyjadrený ich bezrozmerným pomerom, nazývaným „vylúhovací pomer“. Býva definovaný rôznym spôsobom. Pri modeli EMEP je to pomer koncentrácie v zrážkach pri zemskom povrchu k priemernej koncentrácii polutanta v zmiešanej vrstve, pričom nadobúda hodnoty $1,4 \cdot 10^6$ pre NH_3 a $1,0 \cdot 10^6$ pre NH_4^+ .

CHEMICKÉ KONVERZIE

Amónny dusík je primárnym alkalickým plynom a hlavným neutralizačným prvkom v atmosfére. Za priaznivých podmienok veľmi rýchlo tvorí s kyselinami soli. V atmosfére pri reakciách s plynými kyselinami v aerosólových časticiach je zvyčajne NH_3 rýchlo transformovaný na častice NH_4^+ (SEINFELD, PANDIS 1998). Ak je kyselina sírová prítomná v atmosfére, plyný NH_3 prakticky vždy s ňou reaguje za tvorby solí vyskytujúcich sa v plynnej aj aerosólovej fáze. Kyselina sírová

(H_2SO_4) v atmosfére vzniká oxidáciou oxidu siričitého (SO_2) hydroxidovými (OH) radikálmi alebo ozónom (O_3). Tento proces je ovplyvnený pH a katalyzovaný NH_3 (JUNGE, RYAN 1958; APSIMON *et al.* 1994). Pri reakcii NH_3 s kyselinou sírovou vzniká hydrosíran amónny (NH_4HSO_4) a síran amónny ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, pričom proces je ireverzibilný. Ak je v atmosfére prítomná kyselina dusičná a chlorovodíková, spolu s NH_3 dochádza k vzájomnej reakcii za vzniku reakčných produktov (amóniové soli, dusičnan amónny a chlorid amónny). Týmto sú tvorené nové aerosólové častice, pričom dochádza k rovnováhe medzi ich plynnou a aerosólovou formou. Vzniknuté častice sú menšie a je ich možné dopraviť do väčších vzdialeností. Kyselina dusičná je vytvorená oxidáciou plyných NO_x . NH_3 môže taktiež kondenzovať v existujúcich atmosférických časticiach. Podmienky v atmosfére sú väčšinou priaznivé (vysoká vlhkosť) pre existenciu anorganických aerosólových častíc vo forme vysoko koncentrovaných soľných roztokov a nepriaznivé pre výskyt pevných kryštálov (FERM 1998).

VPLYV DEPOZÍCIE NA LESNÉ EKOSYSTÉMY

Atmosférické depozície dusíkových zlúčenín vplyvajú na lesné ekosystémy cez mnohé procesy. Jednak zvýšené dusíkové zásoby môžu stimulovať rast prízemnej biomasy, avšak v nadbytočnom množstve dusík môže viesť podľa hypotézy saturácie dusíkom (ABER *et al.* 1989) k výživovej nerovnováhe s následným zvýšením citlivosti na mráz a ataky hmyzu a húb. Celková depozícia dusíka pod porastom (throughfall) býva zvyčajne vyššia ako na voľnej ploche i napriek priamemu odberu dusíka korunou. Zvyčajne je to zapríčinené zmytím suchej depozície zachytenej na asimilačných orgánoch.

Zjednodušený cyklus dusíka v lesnom ekosystéme je opísaný ako interný cyklus v interakcii s okolím niekoľkými procesmi (GUNDERSEN 1992; BEIER 2001). Hlavnými procesmi sú: mineralizácia (rozklad a amonifikácia), nitrifikácia, imobilizácia mikroorganizmami, odber rastlinou a rozklad opadu. V prírodných podmienkach v opadavých lesoch bez antropogénnych vplyvov je 90 % príjmu dusíka rastlinami zabezpečených interným cyklom (MELILLO 1981). Pokiaľ sa organická hmota obsahujúca dusík akumuluje v pôdach, je mineralizácia limitujúca pre interný cyklus. Celková dusíková depozícia je tvorená 50 % amónnymi zlúčeninami, 39 % nitrátmi a 11 % organickými dusíkovými

zlúčeninami. V prípade vyšších vstupov dusíka do ekosystému je vo zvýšenej miere z koreňovej zóny vymývaný NO_3^- . Uvoľnenie kyslíkych aniónov, nitrátov (NO_3^-) a sulfátov (SO_4^{2-}), je vyrovnávané vylúhovaním bázičných kationov, čím dochádza k acidifikácii pôdy a povrchovej vody. Za týchto podmienok v kyslíkych pôdach môže byť mobilizovaný hliník z pôdných komplexov, ktorý má nepriaznivý vplyv na koreňové vlásoknice. Obidva tieto javy, strata bázičných kationov a toxický vplyv hliníka môžu neskôr prispieť k nerovnováhe minerálneho zloženia drevín, k sekundárnej nedostatčnosti makro a mikro prvkov. Koncentrácia dusíka v pôdnom roztoku je výsledkom rôznych procesov, vrátane imobilizácie dusíka v pevnej fáze, odobratia vegetáciou, uvoľnením pri rozklade biomasy a zmenou vodného objemu, napr. cez transpiráciu. Kapacita ekosystému akumulovať dusík závisí od stavu saturácie dusíkom, ktorý je ovplyvnený rôznymi procesmi (GUNDERSEN *et al.* 1998). Pri zvýšenom príjme dusíka z atmosféry môže dochádzať k jeho saturácii v lesnom ekosystéme (ABER *et al.* 1989). Saturácia je indikovaná zvýšeným vymývaním NO_3^- (GUNDERSEN 1998) a acidifikáciou pôd. Zistenie týchto javov viedlo k formulácii kritickej záťaže „critical load“. Kritická záťaž bola NILSSONOM (1986) definovaná ako najvyššia depozícia zlúčeniny, ktorá ešte nespôsobuje chemické zmeny vedúce k dlhotrvajúcim škodlivým vplyvom na štruktúru a funkcie ekosystému (SOLBERG *et al.* 2002). GRENNFELT, THÖRNELÖF (1992) stanovili pre bukové ekosystémy hornú hranicu pre vstup dusíka do lesného ekosystému pri zachovaní trvalej udržateľnosti $5 \text{ kg ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$. Napriek vstupu dusíka z opadu na zemský povrch, $100 \text{ kg ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$, s jeho následnou rýchlou mineralizáciou na vápenatej pôde (pH 6–8), nedošlo k zvýšeniu koncentrácie NO_3^- ani NH_4^+ v pôdnom roztoku. Koncentrácia N-NO_3^- v pôdnom roztoku v koreňovej zóne bola veľmi nízka, menšia ako 1 mg l^{-1} . Vplyv depozície NH_3 na vegetáciu podľa KRUPU (2003), bol rozdelený na procesy:

- príjem,
- detoxikácia alebo asimilácia,
- rozvoj choroby, ak množstvo prijatého NH_3 prekračuje možnosti detoxikácie,
- metabolické zmeny spojené s detoxikáciou/asimiláciou,
- rast ako sekundárny efekt následne po úspešnej detoxikácii prijatého NH_x .

Asimilačné kapacity rastlinných druhov určujú stupeň poškodenia. KRUPA (2003) opísal štyri typy viditeľného poškodenia NH_x na *Pinus sylvestris* (L. Karst.):

- (1) červené alebo hnedé sfarbenie ihličiek vplyvom nedostatočnej kapacity detoxikácie NH_x ,
- (2) žltnutie ihličiek pozorované častejšie u starších ihličiek vplyvom nedostatku K^+ a/alebo Mg^{2+} ,
- (3) žltnutie najmladších ihličiek, v bazálnom metabolizme ihličiek vplyvom extrémne vysokého obsahu arginínu,
- (4) výskyt hubovitých, plesňových alebo chorôb spôsobených hmyzom vplyvom nutričnej nerovnováhy rastliny. V hustej korune stromov môže byť amoniak absorbovaný efektívnejšie, nakoľko plyný transport cez prieduchy je omnoho rýchlejší ako cez pôdu a taktiež listová plocha je omnoho objemnejšia ako pôdna plocha pod vegetáciou (BURKHARDT *et al.* 2009).

LANGFORD A FEHSENFELD (1992) zistili, že za určitých okolností vysoká atmosférická koncentrácia NH_3 je zachytávaná vegetáciou. Avšak pri nízkych atmosférických koncentráciách tejto zložky, vegetácia ho naopak uvoľňuje do atmosféry. Atmosférická koncentrácia, pri ktorej rastlina ani neodoberá ani neuvolňuje NH_3 , je definovaná ako kompenzačný bod „canopy compensation point“. Rastliny asimilujú amónny dusík, ak atmosférická koncentrácia je vyššia ako tento bod a rastliny ho emitujú, keď atmosférická koncentrácia tejto zložky je nižšia. Hodnota kompenzačného bodu je značne závislá od teploty, koncentrácie NH_4^+ vo vegetácii, depozície NH_3 na listovej kutikule a od hodnoty pôdneho pH (SCHJOERRING *et al.* 1998). Emisie z komplexu pôda – vegetácia sú funkciou jeho koncentrácie v pôde, turbulencii, transportu cez klenby stromov, kompenzačného bodu, výmeny medzi asimilačnými orgánmi a atmosférou. Prúdenie závisí od rozdielu medzi kompenzačným bodom a atmosférickou koncentráciou tejto zlúčeniny. Kompenzačný bod vplyva na obojsmernú výmenu medzi prieduchmi rastliny a depozíciou na kutikule listov (NEMITZ *et al.* 2001). Je funkciou rozpustnosti NH_3 vo vodnom roztoku. Celková výmena NH_3 medzi atmosférou a zemským povrchom je kontrolovaná procesmi v atmosfére aj na zemskom povrchu a môže byť obojsmerná, či ide o emisiu alebo depozíciu, závisí od stavu dusíka v ekosystéme.

ZÁVER

Mnohé štúdie potvrdili, že k celkovej emisii amónneho dusíka prispieva agrochemický sektor 80,6 %, 11 % pochádza zo spaľovania biomasy a 8,3 % z energetického sektora vrátane priemyslu

a dopravy. Regióny s najvyššími emisiami tejto zlúčeniny sa nachádzajú v Európe, na Indickom subkontinente, v Číne, Južnej Amerike, pričom odrážajú hustotu rozmiestnenia zvierat a typy a intenzitu používania syntetických a prírodných hnojív. Počas niekoľkých dekád v niektorých lesných ekosystémoch Strednej Európy a Severnej Ameriky boli prijaté vysoké depozície dusíka a síry, najmä vo forme NH_4^+ a SO_4^{2-} , ktoré vysoko prekročili stanovené kritické záťaž. V Európe dominantný zdroj atmosférického amónneho dusíka pochádza z fariem, najmä z chovu dobytka. Až polovica uvoľneného NH_3 tvorí depozíciu v okruhu 50 km od zdroja (FERM 1998). Zvyšok je transportovaný na dlhšie vzdialenosti s priemerným polčasom životnosti cca 400 km. Transportná vzdialenosť, ako i negatívne efekty spôsobené NH_x depozíciami, sú závislé od depozícií a emisií NO_x a SO_x . Zhoršenie stavu lesa, acidifikácia, a eutrofizácia, boli zaznamenané pri prekračovaní kritických záťaží SO_x a NO_x . Ich znížením by sa zmenšilo riziko environmentálneho poškodenia lesov Európy. Krátke atmosférické prenosové vzdialenosti amónneho dusíka dávajú možnosť každej krajine ich kontrolovať. Jeho zdroje z poľnohospodárstva, zo spaľovania biomasy a fosílnych zásob (lesné požiare), z cestnej dopravy najmä v urbanistických oblastiach, z priemyselných zón, zvyšujú vstup reaktívneho dusíka do prírodného systému, čím ovplyvňujú kvalitu vzduchu, vody i pôdy. V budúcnosti sa bude ešte zvyšovať produkcia potravín a potreby energie. Preto by bolo vhodné, aby súčasné vedecké a technologické vedomosti boli prepracované do manuálov a záväzných protokolov pre kontrolu a znižovanie atmosférických záťaží týchto polutantov. Naďalej by mal intenzívne pokračovať výskum pre získanie nových vedeckých informácií o správaní sa týchto emisií v atmosfére, ako i jeho vplyve na globálne zmeny, klímu, životné prostredie a ľudské zdravie (BEHERA 2013).

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0608-10.

Literatúra

- ABER, J. D. et al. 1989. *Nitrogen saturation in northern forest ecosystems*, BioScience 39, s. 278 – 386. ISBN 1311067
- ANEJA, V., RIGERS, H., STAHEL, E. 1986. *Dry Deposition of ammonia at environmental concentrations on selected plant species*. JAPCA J Air Waste Ma 36, s. 1338 – 1341. ISBN 00022470.1986.10466183
- ANEJA, V. P., SCHLESINGER, W., ERISMAN. JW. 2008. *Farming pollution*. Nat Geosci 1, s. 409 – 411. ISBN ngeo236
- ANEJA, V. P. et al. 2001. *Atmospheric nitrogen compounds II: emissions, transport, transformation, deposition and assessment*. Atmos Environ 35, s. 1903 – 1911. ISBN S13522310(00)00543-4
- ASMAN, W., SUTTON M., SCHJOERRING J. 1998. *Ammonia, emission, atmospheric transport and deposition*. New Phytol 139, s. 27 – 48. ISBN j. 1469-8137.1998.00180.x.
- ASMAN, W. 1998. *Factors influencing local dry deposition of gases with special reference to ammonia*. Atmospheric Environment, 32, s. 415 – 421. ISBN S1352-2310(97)00166-0
- ASMAN W. 1995. *Parameterization of below-cloud scavenging of highly soluble gases under convective conditions*. Atmospheric Environment 29(12), s. 1359 – 1368. ISBN 1352-2310(95)00065-7
- APSIMON, H. M., BARKER, B. M., KAYIN, S. 1994. *Modeling studies of the atmospheric release and transport of ammonia in anticyclonic episodes*, Atmospheric Environment, 28, s. 665 – 678. ISBN 1352-2310(94)90043-4
- BAUER, S. et al. 2007. *Nitrate aerosols today and in 2030 a global simulation including aerosols and tropospheric ozone*. Atmos Chem Phys 7, s. 5043 – 5059 ISBN acp-7-5043-2007.
- BAUM, M. M., et al. 2000. *Multicomponent remote sensing of vehicle exhaust by dispersive absorption spectroscopy*. Effect of Fuel Type and Catalyst Performance, Environmental Science and Technology 34, s. 2851 – 2858. ISBN es002046y
- BATTYE, W., ANEJA, V. P., ROELLE, P. A. 2003. *Evaluation and improvement of ammonia emissions inventories*. Atmos Environ 37, s. 3873 – 3883. ISBN S1352-2310(03)00343-1
- BEHERA, S., BETHA, R., LIU, P., BALASUBRAMANIAN, R. 2013. *A study of diurnal variations of PM 2.5 acidity and related chemical species using a new thermodynamic equilibrium model*. Sci Total Environ 452, s. 286 – 295. ISBN j.scitotenv.2013.02.062
- BEIER, C. et al. 2001. *Fluxes of NO_3^- , NH_4^+ , NO , NO_2 , and N_2O in an Old Danish Beech Forest*. Water, Air, and Soil Pollution Focus1: no. 1 – 2, s. 187 – 195. ISBN A:1011538729122
- BURKHARDT, J. et al. 2009. *Modelling the dynamic chemical interactions of atmospheric ammonia with leaf surface wetness in a managed grassland canopy*. Biogeosciences 6, s. 67 – 84. ISBN bg-6-67-2009
- CAPE, J. N. et al. 2004. *Concentrations of ammonia and nitrogen dioxide at roadside verges, and their contribution to nitrogen deposition*, Environmental Pollution132, s. 469 – 478. ISBN j.envpol.2004.05.009

- CHARLSON, R. J., LANGNER, J., RODHE, H. 1990. *Sulfate aerosols and climate*. Nature 348, s. 22–22. ISBN j.1600-0870.1991.00013.x
- DENMEAD, O. 1990. *An ammonia budget for Australia*. Aust J Soil Res 28(6), s. 887–900. ISBN SR9900887
- GALLOWAY, JN. et al. 2003. The nitrogen cascade. Bioscience 53, s. 341–356. ISBN 0006-3568(2003)053[0341:TNC] 2.0.CO;2.
- GERBER, P. et al. 2005. *Geographical determinants and environmental implications of livestock production intensification in Asia*. Bioresource Technol 96(2), s. 263–276. ISBN j.biortech.2004.05.016
- GILLILAND, A. B. et al. 2003. *Seasonal NH₃ emission estimates for the eastern United States based on ammonium wet concentrations and an inverse modeling method*. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, s. 108. ISBN 2002JD003063
- GRENNFELT, P., THÖRNELÖF, E. (eds), 1992. *Critical Loads for Nitrogen: Report from a Workshop held at Lökeberg, Sweden 6–10 April 1992*, NORD 1992:41, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 428 s.
- ERISMAN, JW. et al. 2005. *The Dutch N-cascade in the European perspective*. Sci China 48, s. 827–842. ISBN BF03187122
- FERM, M. 1993. *Throughfall measurements of nitrogen and sulphur compounds*. Intern J Anal Chem 50, s. 29–43. ISBN 03067319308027581
- FERM, M. 1998. *Atmospheric ammonia and ammonium transport in Europe and critical loads: a review*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 51, s. 5–17, 1998 Kluwer Academic Publishers Fangmeier A, Hadwiger-Fangmeier A, Van der Eerden L, Jäger H-J (1994) *Effects of atmospheric ammonia on vegetation a review*. Environ Pollut 86: p. 43–82. ISBN A:1009780030477
- FOWLER, D. et al. 2001. *The control of SO₂ dry deposition on to natural surfaces by NH₃ and its effects on regional deposition*. Water Air and Soil Pollution, Focus, 1, s. 39–48. ISBN A:1013161912231
- HANNEMANN, A., MITRA, S., PRUPPACHER, H. 1995. *On the scavenging of gaseous nitrogen compounds by large and small rain drops I. A wind tunnel and theoretical study of the uptake and desorption of NH₃ in the presence of CO₂*. J Atmospheric Chemistry 21, s. 293–307. ISBN BF00696760.
- HERTEL, O. et al. 2006. *Modelling nitrogen deposition on a local scale – a review of the current state of the art*. Environmental Chemistry, 3: s. 317–337.
- HUIJSMANS, J. F. M., HOL, J. M. G., VERMEULEN, G. D. 2003. *Effect of application method, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land*. Atmospheric Environment, 37, s. 3669–3680. ISBN S1352-2310(03)00450-3
- GUNDERSEN, P. 1992. *Mass balance approaches for establishing critical loads for nitrogen in terrestrial ecosystems*, in P. Grennfelt and E. Thörnclöf (eds), Critical loads for nitrogen, Nordic Council of Ministers, Nord 1992:41, s. 55–110.
- GUNDERSEN, P. 1998. *Effects of enhanced nitrogen deposition in a spruce forest at Klosterhede, Denmark, examined by moderate NH₃/NO₃ addition*, Forest Ecology. Man. 101, s. 251–268. ISBN S0378-1127(97)00141-2
- JUNGE, E., RYAN, T. G. 1958. *Study of the SO₂ oxidation in solution and its role in atmospheric chemistry*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 84, s. 46–55. ISBN qj.49708435906
- LANGFORD, A. O., FEHSENFELD, F. H. 1992. *Natural vegetation as a source or sink for atmospheric ammonia a case study*. Science 252, s. 581–583. ISBN science.255.5044.581
- LEE, D. S., DOLLARD, G. J. 1994. *Uncertainties in current estimates of emissions of ammonia in the United Kingdom*. Environ Pollut 86, s. 267–277.
- LOVETT, G., REINERS, W. A., OLSON, R. 1982. *Cloud droplet deposition in subalpine balsam fir forest: hydrological and chemical inputs*. Science 218, s. 1303–1304. ISBN science.218.4579.1303.
- KRUPA, S. 2003. *Effects of atmospheric ammonia (NH₃) on terrestrial vegetation: a review*. Environ Pollut 124, s. 179–221. ISBN S0269-7491(02)00434-7.
- MATSUMOTO, R. et al. 2006. *Comparison of Ammonium Deposition Flux at Roadside and at an Agricultural Area for Long-Term Monitoring: Emission of Ammonia from Vehicles.* Water, Air, and Soil Pollution 173, no. 1–4 (June 1, 2006), s. 355–371. ISBN s11270-006-9088-z.
- MELILLO, J. M. 1981. Nitrogen Cycling in Deciduous Forests, in Clark and Rosswall (eds), *Nitrogen Cycling in Terrestrial Ecosystems. Processes, Ecosystem Strategies, and Management Impacts*, Ecol. Bull.33: p. 427–442. ISBN
- MYHRE, G. et al. 2009. *Modelled radiative forcing of the direct aerosol effect with multi-observation evaluation*. Atmos Chem Phys 9, s. 1365–1392. ISBN acp-9-1365-2009.
- NEIRYNCK, J. et al. 2005. *Driving forces for ammonia fluxes over mixed forest subjected to high deposition loads*. Atmospheric Environment, 39, s. 5013–5024. ISBN j.atmosenv.2005.05.027.
- NEMITZ, E., MILFORD, C., SUTTON, M. 2001. *A two-layer canopy compensation point model for describing bi-directional biosphere-atmosphere exchange of ammonia*. Q J Roy Meteor Soc 127, s. 815–833. ISBN qj.49712757306
- NILSON, J. 1986. *Critical Loads of Sulphur and Nitrogen*, Nordic Council, Copenhagen. ISBN 978-94-009-4003-1_11.
- OENEMA, O. 2006. *Nitrogen budgets and losses in livestock systems*. Int Congr Ser 1293, s. 262–271. ISBN j.ics.2006.02.040.
- PERRINO, C. et al. 2002. *Gaseous ammonia in the urban area of Rome, Italy and its relationship with traffic emissions*. Atmos Environ 36: p. 5385–5394. ISBN S1352-2310(02)00469-7.

- PUL, A. V. 2009. Modelling of the Atmospheric Transport and Deposition of Ammonia at a National and Regional Scale. In *Atmospheric Ammonia*, edited by Mark A. Sutton, Stefan Reis, and Samantha M. H. Baker, s. 301–358. Springer Netherlands, 2009. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-9121-6_19
- RAES, F., VAN DINGENEN, R., WILSON, J., SALTTELLI, A. 1993. *Dimethyl Sulphide, Oceans, Atmosphere and Climate* (Restelli G. and Angeletti G. (eds.)). Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, s. 311–322. ISBN
- RECHE, C., et al. 2012. *Urban NH₃ levels and sources in a Mediterranean environment*. *Atmos Environ* 57: p. 153–164. ISBN j.atmosenv.2012.04.021.
- SAGIYAMA, T., NAKAZAWA, M., SUZUKI, M. 1998. *Study on NH₃ emission from motor vehicle*, Bulletin of Kanagawa Environmental Research Center 21, 7–11 (in Japanese). ISBN
- SHUKLA, S. P., SHARMA, M. 2010. *Neutralization of rainwater acidity at Kanpur, India*. *Tellus B* 62: s. 172–180. ISBN j.1600-0889.2010.00454.x.
- SCHJOERRING, J. K., HUSTED, S., MATTSSON, M. 1998. *Physiological parameters controlling plant-atmosphere ammonia exchange*. *Atmos Environ* 32(3), s. 491–498. ISBN S1352-2310(97)00006-X.
- SEEDORF, J. et al. 1998a. *A survey of ventilation rates in livestock buildings in Northern Europe*. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70, s. 39–47. ISBN jaer.1997.0274.
- SEEDORF, J. et al. 1998b. *Temperature and moisture conditions in livestock buildings in Northern Europe*. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70, s. 49–57. ISBN jaer.1997.0284.
- SEINFELD, J. H., PANDIS, S. N. 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Wiley, New York, s. 491–544.
- SKJØTH, C. A. et al. 2006. *Footprints on Ammonia Concentrations from Emission Regulations*. Presented at Bolger Conference Center, Potomac, MD, 5–8 June 2006.
- SOLBERG, S., KVINDESLAND, S., AAMLID, D., VENN, K. 2002. *Crown Condition and Needle Chemistry of Norway Spruce in Relation to Critical Loads of Acidity in South-East Norway*. *Water, Air, and Soil Pollution* 140, no. 1–4: s. 157–171. ISBN A:1020131307937.
- SUTTON, MA. et al. 2000. *Ammonia emissions from non-agricultural sources in the UK*. *Atmos Environ* 34, s. 855–869. ISBN S1352-2310(99)00362-3
- SUTTON, MA., FOWLER, D. 2002. *Introduction: fluxes and impacts of atmospheric ammonia on national, landscape and farm scales*. *Environ. Pollut* 119, s. 7–8. ISBN S0269-7491(98)80054-7.

METÓDY MONITORINGU NÁVŠTEVNOSTI V CHRÁNENÝCH ÚZEMIACH A NÁVRH METÓDY PRE NP POLONINY

Magdaléna PICHLEROVÁ¹ – Ivan VOLOŠČUK² – Luis MONTEIRO³

¹ Katedra plánovania a tvorby krajiny, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: magdalena.pichlerova@tuzvo.sk

² Inštitút výskumu krajiny a regiónov, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Cesta na amfiteáter 1, 974 00 Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: ivoloscuk@azet.sk

³ Katedra biotechnických úprav krajiny, Fakulta životného prostredia, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamycká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, e-mail: monteiro@fzp.czu.cz

ABSTRACT

Pichlerová M., Vološčuk I., Monteiro L.: **Methods of visit rate monitoring in protected areas and method proposal for the NP Poloniny**

Presented paper deals with analysis of possible forms of visitors monitoring in the protected areas. At present, several monitoring methods are used such as direct methods like counting people on chosen walking trails, counting cars and writings in summit books. Additional and very valuable information to direct methods present questionnaires which main goal is to get data on visiting motivation of chosen areas. We have found out that 66 % of polled visitors have knowledge on primeval forest-like natural preserves. For our area in Poloniny National Park we have chosen additional form of monitoring using the camera system which helps us and the national park administration employees to observe movements of visitors on the entrance to the National Nature Reserve Stužica.

Key words: visit rate, methods of monitoring visit rate, camera systems, NP Poloniny

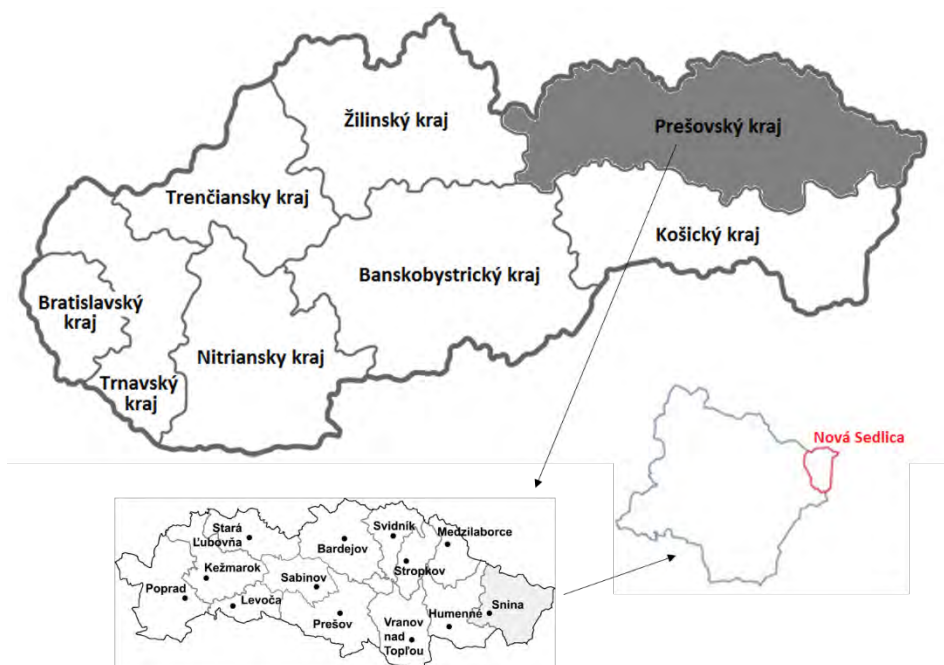
ÚVOD

Rozloha Slovenska je 49 035 km². Nachádza sa tu 9 národných parkov (NP) s výmerou 3 179 km² (6,48 % rozlohy SR), s výmerou ich ochranných pásiem 2 701 km² (5,51 % rozlohy SR) a 14 chránených krajinných oblastí (CHKO) s výmerou 5 226 km² (10,66 % rozlohy SR). Chránené územia (NP a CHKO) tak pokrývajú 22,65 % celkovej rozlohy Slovenska, čo predstavuje významný potenciál pre rozvoj turizmu (Štátna ochrana prírody, stav k 31. 12. 2013).

Predložená práca sa venuje prezentácii dostupných a používaných metód monitoringu návštevnosti a zároveň metóde monitoringu návštevnosti vybranej pre Národný Park Poloniny (obr. 1), ktorý je našim najvýchodnejším chráneným územím s pôvodnými porastami bukových a jedľovo-bukových lesov.

V roku 2007 sa jeho národné prírodné rezervácie (NPR) Stužica, Rožok a Havešová, spolu s ďalšími NPR CHKO Vihorlat a chránených území Ukrajiny dostali do zoznamu svetového prírodného dedičstva UNESCO ako bilaterálna lokalita pod názvom Bukové pralesy Karpát. V roku 2011 bola lokalita rozšírená o staré bukové lesy Nemecka (PICHLER, VOLOŠČUK, HAMOR 2007, VOLOŠČUK, PICHLER, PICHLEROVÁ 2013).

Aktuálnosť témy a záujem o túto oblasť podčiarkuje aj fakt, že v roku 2013 začali opätovne rokovania o odobratí Európskeho diplomu chránených území NP Poloniny. Dostatočné informácie o chránených územiach, ku ktorým patrí aj informácia o záujme domácich ako aj zahraničných návštevníkov o ne, predstavujú hodnotné dáta pre návrh vhodných manažmentových opatrení a návrh starostlivosti o dané územie. Obdobnými informáciami o návštevnosti v NP Poloniny na správe



Obr. 1 Poloha záujmového územia v rámci SR a regiónu
Fig. 1 Localisation of the subject area

chráneného územia nedisponujú. Keďže prvé výsledky meraní prostredníctvom metódy, ktorú sme pre NP Poloniny navrhli, ešte nie sú k dispozícii, práca predstavuje vstupné informácie do danej problematiky monitorovania návštevnosti a snaží sa predstaviť aj známe a dostupné údaje a metódy použité na Slovensku ako aj v zahraničí.

Výskum v tejto oblasti bol riešený aj v rámci projektu VEGA pod názvom „Zhodnotenie a prognóza vyhlásenia Bukových pralesov Karpát na vývoji ekoturizmu a geoturizmu vo Východných Karpatoch“.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Problematike monitoringu návštevníkov sa zdanlivo venuje málo pozornosti. Dostupné informácie poukazujú na to, že systém monitorovania návštevníkov a získavania základných údajov o nich na území Slovenska nie je realizovaný komplexne a neexistuje ani nijaký legislatívny rámec, ktorý by obdobné sledovanie počtov a zloženia návštevníkov vyžadoval. Prebieha skôr výlučne z iniciatívy niektorých organizácií, správ chránených území, turistických informačných kancelárií (TIK),

múzeí, atď. Mnohokrát sú však výsledky nekomplexné, resp. nie sú vykonávané za rovnakých podmienok. Monitoring návštevnosti však predstavuje dôležitú doplnkovú informáciu pre rôzne lokality, kultúrne ako aj prírodné. Výsledky a interpretácia takýchto výskumov by mohla výrazne napomôcť pri plánovaní a návrhoch manažmentových opatrení, stratégie rozvoja lokalít, ako aj výpočtu únosnosti daných území.

Na území Slovenska je nám známy napr. výskum monitoringu návštevnosti Tatranského národného parku (ŠVAJDA 2009, ŠVAJDA, FENICHEL 2011) alebo z oblasti NPR Dobročský prales (PICHLEROVÁ, SLÁVIKOVÁ, PICHLER 2008), ako aj informácie o návštevnosti z TIK v Banskej Štiavnici (HOLUBOVÁ, PICHLEROVÁ 2010) a iné.

ŠVAJDA (2009) návštevnosť v Tatranskom národnom parku monitoroval v NPR Mengusovská dolina prostredníctvom pyroelektrického senzora typu ECO TWIN. Monitoring prebiehal od 31. mája do 20. novembra 2008, počas tohto obdobia zistil, že:

- počas 174 dní bolo zaznamenaných 96 366 prechodov v oboch smeroch (50 292 smerom do – „in“ a 46 074 smerom von – „out“, rozdiel predstavuje pokračovanie návštevníkov do Poľska,

- maximálny počet návštevníkov bol zaregistrovaný v sobotu 13. 9. 2008 (2 512), čo možno pripísať vplyvu počasia a faktu, že išlo o víkend a sviatok,
- zaznamenaná bola dynamika návštevnosti v rámci dňa, počas týždňa a počas sledovaného obdobia,
- boli rešpektované zásady návštevného poriadku (sezónna uzávera, nočná návštevnosť).

Dobry prehľad monitorovania návštevnosti prezentuje aj práca autorského kolektívu CIHAR, STURSA, TREBICKÝ (2002). Autori monitorovali 4 vybrané národné parky v Čechách: České Švýcarsko a Krkonoše na severe, Šumava a Podyjí na juhu. Metóda, ktorú použili bolo priame zisťovanie prostredníctvom vyplňania dotazníkov. Spolu oslovili 2822 respondentov. Závety ukázali, že oblasti priorityne navštevujú domáci návštevníci, v NP České Švýcarsko 70,6 %, v NP Krkonoše 65,7 %, v NP Šumava 94 % a v NP Podyjí 72,8 %. Najpočetnejšími zahraničnými návštevníkmi boli Nemci, nasledovali Poliaci, Holanďania, Slováci, Američania a v NP Podyjí dominovali Rakúšania. Čo sa týka pohlavia respondentov, prevažovali muži (53,4–58,9 %) vo vekovej kategórii 40 až 59 rokov. Zaujímavosťou bolo zistenie, že NP Šumava priťahuje viac starších návštevníkov a NP Podyjí viac navštevujú ľudia do 39 rokov. Preferovaný spôsob ubytovania boli penzióny, okrem NP Šumava, kde boli uvádzané aj iné typy ubytovania, napr. ubytovanie u známych a stanovanie. Najčastejšie uvádzaným motívom na návštevu boli: príroda a scenéria, šport, relax a kultúra.

Z Čiech možno uviesť aj prácu MONTEIRA (2012), ktorý sa venoval monitoringu návštevnosti parku Příhonice pri Prahe. Monitorovanie v obdobných lokalitách je jednoduchšie vzhľadom na to, že ide o uzavretý priestor a je možné použiť aj GPS na zistenie preferovaného pohybu návštevníkov. V priemere pri jednej návšteve ľudia prešli 4,2 km a priemerný čas, ktorý trávili v parku bol 2 hodiny. V parku sa podľa autorovho zistenia pohybuje najviac návštevníkov na jar a následne v októbri, podľa výsledkov monitorovania od apríla roku 2010 do marca roku 2011.

Z ďalších zahraničných prác je možné uviesť pozorovania MUHARA, ARNBERGERA, BRANDENBURGA (2002), ktorí uvádzajú, že monitoring a výskum vegetácie v chránených územiach majú dlhú tradíciu, avšak systematické sledovanie rekreačného využitia týchto území ako aj monitoring návštevnosti sa vykonávajú len zriedka.

K dispozícii sú metódy pre sledovanie tokov návštevnosti v rekreačných oblastiach. Medzi naj-

zaužívanejšie metódy monitorovania návštevnosti patria (MUHAR, ARNBERGER, BRANDENBURG (2002):

PRIAME METÓDY

A) Interview, ankety, dotazníky: z rozhovorov, ankiet a dotazníkov je možné získať veľa dôležitých informácií o cieľoch návštevníka, pôvode, potrebách, zvykoch a aj o cieľoch a trasách v navštvivenej oblasti.

B) Priame pozorovanie:

- Pochôdzne pozorovanie – v mnohých národných parkoch možno vidieť strážcov zaznamenávajúcich návštevníkov chráneného územia vo vzdialenejších oblastiach územia,
- Pevné sčítavacie stanice – obyčajne ide o krátke sčítavacie doby, kedy sa zaznamenávajú údaje z informačných a suvenýrových kioskov.

C) Nepriame pozorovanie:

- Automatické kamery – videozáznamy a fotografie sú výborným zdrojom pre monitoring návštevnosti. Výhody sú v presnom určení počtu osôb, typu presunu a trasy, ktorú sa rozhodli absolvovať,
- Satelitné snímky – možné využitie je len pri otvorených priestranstvách ako sú jazerá, lúky, pláže a cesty.

D) Počítanie povoleniek na vstup: na sčítavanie môžu poslúžiť aj lístky zakúpené návštevníkmi. Ide prevažne o komerčné produkty a zariadenia ako napríklad trajekty, lanovky, turnikety a reštaurácie. Ďalšia možnosť je využitie tlakocitlivých, indukčných a fotoelektrických sčítačov, ktoré pracujú na báze infračerveného svetla a využívajú sa hlavne vo vzdialenejších oblastiach. Najväčším nedostatkom využívania týchto zariadení pre monitoring je fakt, že nám vedia zaznamenať iba počet návštevníkov, nie ich trasy.

E) Počítanie automobilov: pri sčítaní automobilov je možné pracovať na základe predaných parkovacích lístkov (podobný princíp ako v bode D). Pri cestách sa zvyknú nachádzať aj špeciálne sčítacie zariadenia, ktoré odošlú informáciu do centrály a následne je zaznamenaná v štatistike.

F) Registrácie návštevníkov:

- Register trás – existujú dva typy podobných registrov. Viac sú známe v americkom systéme, kde pri návšteve parkov, resp. turistických trás sa predávajú lístky na vstup, môžu byť aj samoobslužné – tieto sú umiestňované na pravidelných úsekoch. V európskych krajinách je tento systém menej používaný, známe sú napr. z horeleckých a na koncoch peších turistických

trás. Ako príklad možno uviesť aj predaj vstupeniek do našich roklin Slovenského raja. Tieto registre pomáhajú pri zisku informácií o skupine a trase, v prípade nehody poskytnú informácie pre záchranárov.

- Vrcholová kniha – v niektorých stredoeurópskych krajinách ide o „tradičiu“, ktorá neslúži na monitoring návštevnosti, ale skôr ako „kniha hostí“.
- Chatové a kempingové zoznamy – v mnohých lokalitách je prenocovanie vyhradené iba v chatovej oblasti, alebo kempingu. Zvyčajne sa zaznamenáva pôvod a trasa turistov. V pochybných poveternostných podmienkach zvyknú turisti poskytnúť bližšie informácie o trase pre prípad núdze a privolania horskej záchranej služby.

NEPRIAME METÓDY

Pri nepriamych metódach ide o mapovanie prejavov využívania („stopy“ zanechané užívateľmi v krajine), hoci je zrejme, že z takéhoto mapovania je zložité usúdiť aktuálny stav návštevnosti v lokalite. Patria sem napr.:

- Odpadky – prevaha odpadkov sa nachádza v smetnom koši, ale mnohokrát je ich možné nájsť aj voľne v krajine,
- Deštrukcia chodníka a vegetačného krytu – predstavuje dlhotrvajúce účinky rekreačného využitia, ktoré možno vidieť,
- Stopy – najčastejšie sa používajú pre monitoring biodiverzity, teda nielen turistov ale aj divožijúcej zveri, napr. v oblastiach, kde sa človek takmer nevyskytuje.

Ďalšou možnosťou je využitie monitorovania návštevníkov prostredníctvom tzv. zariadení Eco-Counter. Ide o francúzske monitorovacie systémy, ktoré u nás distribuuje Združenie Jantárová cesta so sídlom v Banskej Štiavnici.

Automatické sčítače chodcov a cyklistov slúžia na sledovanie využívania pešieho alebo cyklistického chodníka (alebo kombinácia oboch). Umožňujú počítať ľudí, ktorí využili daný chodník a v závislosti od konfigurácie vedia rozlíšiť chodcov od cyklistov a smer ich pohybu. Tieto údaje sú dôležité pri celkovom manažmente územia (napr. národný park, centrum mesta a pod.).

Sčítače ako zariadenia sú primárne umiestňované nenápadne a je možnosť ich umiestnenia buď v statickej, alebo mobilnej forme. Ich konštrukcia

je odolná voči poveternostným podmienkam a vandalizmu. Ako zdroj napájania slúži solárny panel¹.

Prenos signálu zo zariadenia sa realizuje nasledovnými spôsobmi:

- **Program Eco-link**, ktorý slúži na „ručné“ sťahovanie údajov zo sčítača do notebooku priamo na mieste, pomocou bluetooth. Program zároveň slúži na základnú obsluhu a údržbu sčítača (oživenie, reinstalácia a pod.),
- **GSM prenos** umožňuje automatický zber údajov zo sčítačov bez potreby prítomnosti na bode merania. Dáta sa posielajú prostredníctvom mobilnej telefónnej siete,
- **Platforma Eco-Visio**, de facto internetová stránka, ktorá slúži na zobrazenie, spracovanie, archiváciu a prezentáciu nameraných údajov.

CESSFORD, COCKBURN & DOUGLAS (2002) uvádzajú niekoľko výhod a nevýhod tohto systému. Čo sa týka výhod, ide o presnosť mechanizmu merania (marginálna chyba merania $\pm 5\%$), nenápadná inštalácia v teréne, výdrž batérií 10 rokov, vode odolnosť, jednoduchá manipulácia. Predmetný prístroj je schopný zaznamenať aj infračervenú radiáciu emitovanú ľudským telom. Prístroj je schopný rozoznať dokonca dve osoby idúce tesne za sebou, ako aj smer pohybu turistov.

Autori ERKONEN a SIEVÄNEN (2002) poukázali aj na potrebu určitej standardizácie monitorovania návštevníkov za účelom možnosti vzájomnej komparácie údajov. Ide o vytvorenie takej metodiky a dotazníkov, ktoré budú aplikovateľné na ktoréhoľvek chránené územie. Dôležité je stanovenie štandardných otázok, zistenia motívu návštevy, profilu návštevníka, dĺžku pobytu, čas návštevy (preferované ročné obdobie), výdaje, spokojnosť a aktivity, ktoré návštevník vykonával počas pobytu. Pri pravidelnom zisťovaní a monitorovaní tak vzniká hodnotná databáza údajov, ktoré môžu byť použité pri plánovaní a manažmente územia.

Zo zahraničia možno spomenúť vypracovanie jednotného systému monitorovania „Visitor Monitoring Manual“ inštitúciou Škótskeho prírodného dedičstva (Scottish Natural Heritage)². Vo Fínsku bol vydaný dokument, ktorý identifikoval potrebu štandardizácie prieskumu návštevnosti (ERKONEN, SIEVÄNEN 2002). Problematiku potreby takéhoto prieskumu veľmi dobre prezentujú aj SIEVÄNEN,

¹ EcoCounters. Jantárová cesta. [online]. [citované 2. 2. 2013]. Dostupné na: <<http://www.jantarovacesta.sk/scitace/pocitanie-chodcov/>>.

² Visitor Monitoring Manual. Scottish Natural Heritage. [online]. [citované 12. 02. 2013]. Dostupné na <<http://archive.snh.gov.uk/vmm/aims.html>>.

ARNBERGER, DEHEZ, JENSEN (2008) s príkladmi prípadových štúdií z rôznych krajín Európy.

MATERIÁL A METÓDY

Kamerový systém

Po konzultáciách s pracovníkmi NP Poloniny sme sa rozhodli pre výber a inštaláciu kamerového sčítacieho systému v blízkosti NPR Stužica (obr. 2), aj vzhľadom na to, že ide o relatívne známu lokalitu v povedomí turistov a návštevníkov NP, so zachovanou historickou krajinou štruktúrou (SLÁMOVÁ, JANČURA, DANIŠ 2013) a vybudovanou infraštruktúrou dostupných a značených turistických chodníkov (obr. 3). Zároveň za výhodu možno považovať, že na poľskej strane v Bieszczadzkom Parku Narodowom sa obdobný monitoring návštevnosti už vykonáva v lokalite Wielka Rawka pri vrchole kopca Kremenec a údaje z oboch lokalít môžu byť porovnané.

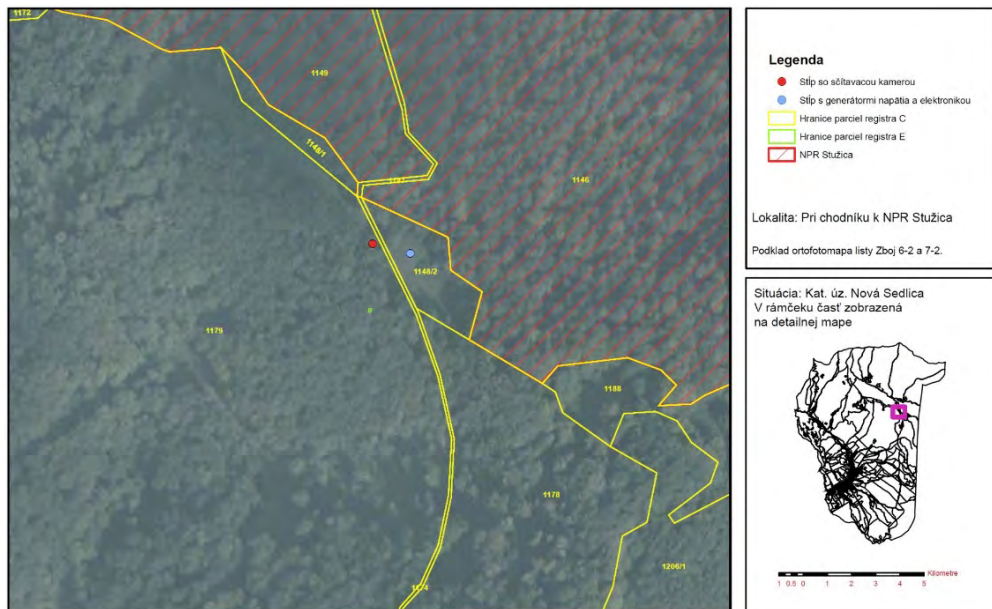
Doplňková forma monitoringu návštevnosti – dotazník

Monitoring návštevnosti je vždy vhodné doplniť aj priamym pozorovaním, resp. dotazovaním

návštevníkov chráneného územia. Dotazník je formulár, ktorý sa používa pri dopytovaní a pozostáva zo súboru otázok, na ktoré má respondent odpovedať. Prednosťou dotazníka je jeho všeobecné uplatnenie a pomerne nenáročná a nenákladná, rýchla spracovanie získaných informácií.

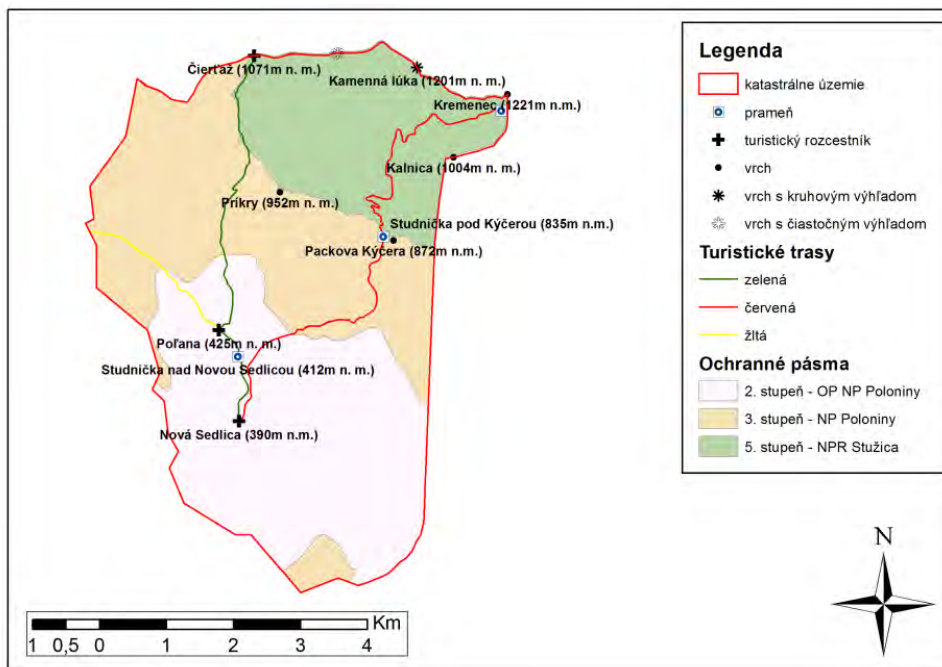
BERNATH & ROSCHEWITZ (2006) uvádzajú, že informácie o návštevníkoch rekreačných území predstavujú dôležitý základ pre manažment týchto území. Často údaje o charakteristike návštevníkov, ich správania, požiadaviek sa získavajú práve prostredníctvom dotazníkov. Tento prístup možno považovať za efektívny pretože ide o priamy kontakt, avšak dôležitý je aj spôsob interpretácie takto získaných údajov.

Dotazníkom bol pripravený pre vzorku študentov lesníctva, vzhľadom na to, že majú dostatočné vedomosti o štruktúre a fungovaní lesných porastov v pralesovitých rezerváciách. Navyše dotazníky boli rozdane bezprostredne po návšteve lesov Pustého hradu. Dotazníkom sme sa snažili získať základné informácie v prvom rade o povedomí existencie pralesovitých rezervácií (otázka 1), o pocitoch, ktoré návšteva pralesovitej rezervácie a „náhradného“ lesa vyvolali (otázka 2) a o tom,



Obr. 2 Lokalizácia sčítacieho systému v katastrálnom území obce Nová Sedlica (autor: Marián Gič, NP Poloniny)

Fig. 2 Localisation of the monitoring system in the cadastral area of Nová Sedlica (author: Marián Gič, NP Poloniny)



Obr. 3 Sieť turistických chodníkov v k.ú Nová Sedlica
(mapa: Juraj Šufliarsky)
Fig. 3 Hiking trails net in the cadastral area of Nová Sedlica
(map: Juraj Šufliarsky)

že podľa študentov lesníctva, ktoré sú tie základné vlastnosti, ktoré vplyvajú najviac na nadobudnutie dojmu prírodného lesa (otázka 3).

DC /340 mA; USB 2.0 support; s teplotným rozsahom použitia 0°~ 50 °C a podporou pre Micro SD (obr. 4).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Kamerový systém – špecifikácie pre lokalitu NPR Stužica

Pre monitorovanie vstupnej časti na chodník do NPR Stužica sme vybrali kamerový systém s nasledovnou technickou vybavenosťou:

Kamera: ide o farebnú kameru typu ETR-4312 FDN-WDR-LAN-HVA s režimom deň/noc, širokým dynamickým rozsahom WDR, IP camera (H.264); 1/3" Sony Super HAD CCD; s výstupom MPEG-4, MJPEG; s minimálnym osvetlením 0.3Lx (50 IRE) / 0.002 Lx IR cut filter ON; s použitím autoiris DC drive, rozlíšením D1, 2CIF, CIF, QCIF; 25 fps at D1; 2-s cestným Audio; AWB; AGC/ BLC; s detektorom pohybu; počítaním objektov, osôb; obrazovým stabilizátor; 1x audio, 12 V



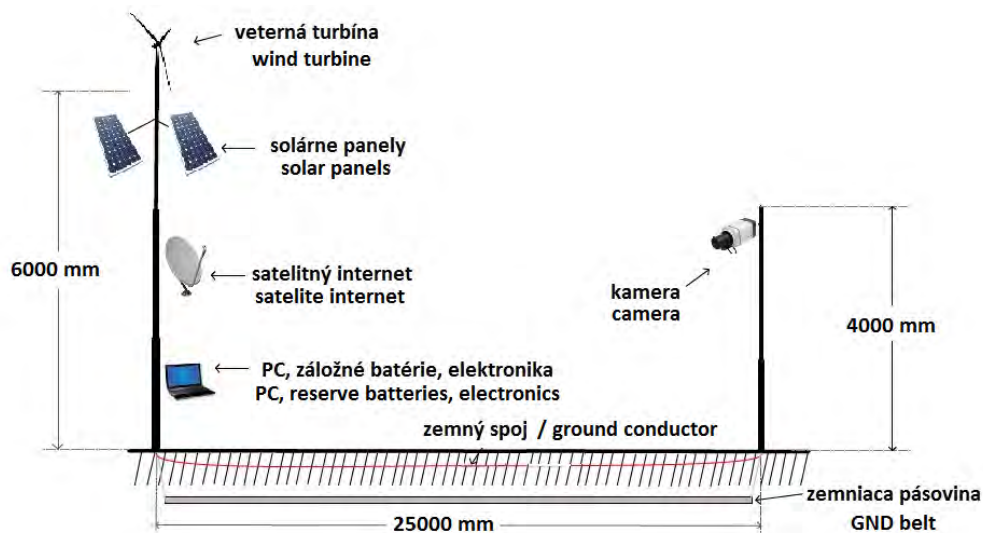
Obr. 4 Kamera typu
ETR-4312FDN-WDR-LAN-HVA
Fig. 4 Camera ETR-4312FDN-WDR-LAN-HVA

Kamera je doplnená o systém VCA analýzy, čo predstavuje počítanie objektov (osôb, automobilov) pri prechode detekčnou líniou (40 línií),

pre elimináciu dopadajúcich svetelných lúčov bude vybavená kamerovým krytom (typ HOT-39D1A085) a slnečnou clonou (typ OHOTS).

Systém je vybavený aj procesorom Intel Atom D2700 s pamäťou 4 GB RAM, pevným diskom 320 GB. Signál a prenos dát je zabezpečený pro-

stredníctvom internetu, dodávkou verejných elektronických komunikačných služieb od firmy Softel, prostredníctvom typu služby Tooway FLAT 8 s objemom dát 8 GB a rýchlosťou pripojenia maximálne 8/2 Mbps. Toto umožňuje on-line sledovanie predmetnej lokality (obr. 5, 6).



Obr. 5 Náčrt rozmiestnenia kamerového systému a príslušenstva
Fig. 5 Sketch of the camera system and its equipment



Obr. 6 Kamerový systém a príslušenstvo
Fig. 6 Camera system and its equipment

Doplnková forma monitoringu návštevnosti – dotazník – vyhodnotenie

Oslovených bolo 138 respondentov, návratnosť bola 40,6% (46 mužov, t. j. 82% a 10 žien, t. j. 18%). Vyhodnotenie dotazníka je nasledovné:

OTÁZKA 1: Navštívili ste v minulosti prírodnú rezerváciu, v ktorej sú predmetom ochrany zvyšky pralesa?

Na túto otázku (obr. 7) odpovedalo „áno“ 37 respondentov (66%), z toho 32 mužov (86%) a 5 žien (14%), odpoveďou „nie“ odpovedalo 19 respondentov (34%), z toho 14 mužov (74%) a 5 žien (26%). Keď sme sa opýtali na konkrétne lokality, ktoré respondenti navštívili, odpovedalo iba 32 respondentov (86%, konkrétne 28 mužov, 4 ženy).

Uvedené boli najčastejšie tieto lokality:

- NPR Dobroč: 11 respondentov (31%), z toho 10 mužov a 1 žena
- NPR Boky: 10 respondentov (29%), z toho 8 mužov a 2 ženy (avšak 2 napísali po 2 lokality)
- NPR Badín: 3 respondenti (9%), z toho 2 muži a 1 žena (avšak 1 napísal po 2 lokality)
- CHKO BR Poľana: 2 respondenti (6%), všetko boli muži
- NPR Vihorlat: 2 respondenti (6%), všetko boli muži

V dotazníkoch sa objavili aj iné lokality, ktoré boli spomenuté iba raz, ako napr.: Kyjovský prales, Becherovská tisina, Čergovský minčol, Kamenná

baba v Lipovciach, Šarišský hradný vrch, Vysoký vrch.

OTÁZKA 2: Ak si sprítomníte estetické a pocitové vnemy z lesného prostredia, ktorým ste prechádzali počas návštevy pralesovitej rezervácie a počas výstupu na Pustý hrad, sú tieto vnemy:

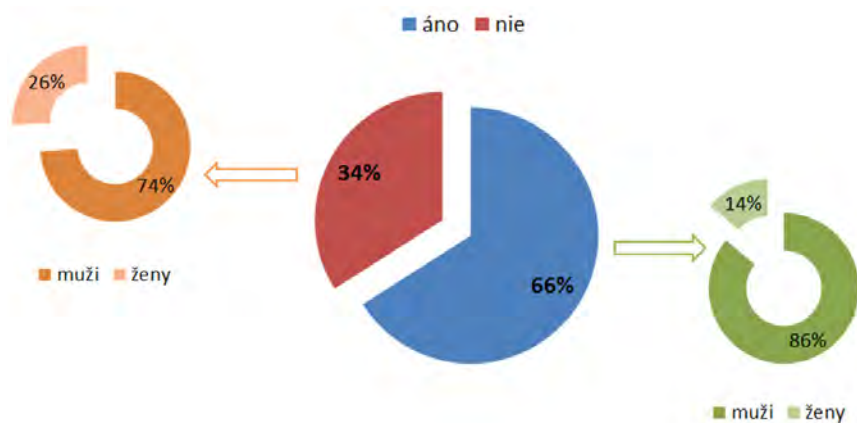
Pri tejto otázke sme mali odpovede od 51 respondentov s nasledovnou distribúciou:

a) neporovnateľné:	6 respondentov	(12%)
b) veľmi rozdielne:	18 respondentov	(35%)
c) mierne odlišné:	16 respondentov	(31%)
d) podobné:	10 respondentov	(20%)
e) veľmi podobné:	1 respondent	(2%)
f) identické:	0 respondentov	(0%)

OTÁZKA 3: Podľa Vás, ktorá z charakteristík je najdôležitejšia pre nadobudnutie dojmu prírodného lesa (pralesa)?

Pri tejto otázke respondenti pripisovali významnosť jednotlivým charakteristikám od 1 (najmenej významná charakteristika) po 5 (najvýznamnejšia charakteristika) a hodnotené boli nasledovné charakteristiky: dimenzia, štruktúra, pestrosť, prítomnosť mŕtveho dreva, aku- a vizu- kontakt. Aku- a vizu- kontakt predstavujú akustické a vizuálne vnemy pri návšteve lesa.

Do úvahy sme brali odpovede tých, ktorí pralesovitú rezerváciu nenavštívili, teda 19 respondentov (34%). Pre jednotlivé charakteristiky sme zobrali do úvahy súčet ich známkovej hodnoty a výsledky sú nasledovné (obr. 8):



Obr. 7 Percentuálne zastúpenie respondentov, ktorí v minulosti navštívili alebo nenavštívili pralesovitú rezerváciu

Fig. 7 Percentage of visitors who visited or did not visited natural forest previously

- dimenzia: súčet 58
- štruktúra: súčet 64
- pestrosť: súčet 53
- mŕtve drevo: súčet 56
- aku- a vizu- kontakt: súčet 58

Zároveň sme ich porovnali s odpoveďami tých, ktorí pralesovitú rezerváciu už v minulosti navštívili, išlo tak o 37 respondentov, avšak 5 respondentov nedodržalo stupnicu, tak sme do vyhodnotenia ráтали s odpoveďami 32 respondentov (86 %). Pre jednotlivé charakteristiky sme zobrali do úvahy súčet ich známkovvej hodnoty a výsledky sú nasledovné:

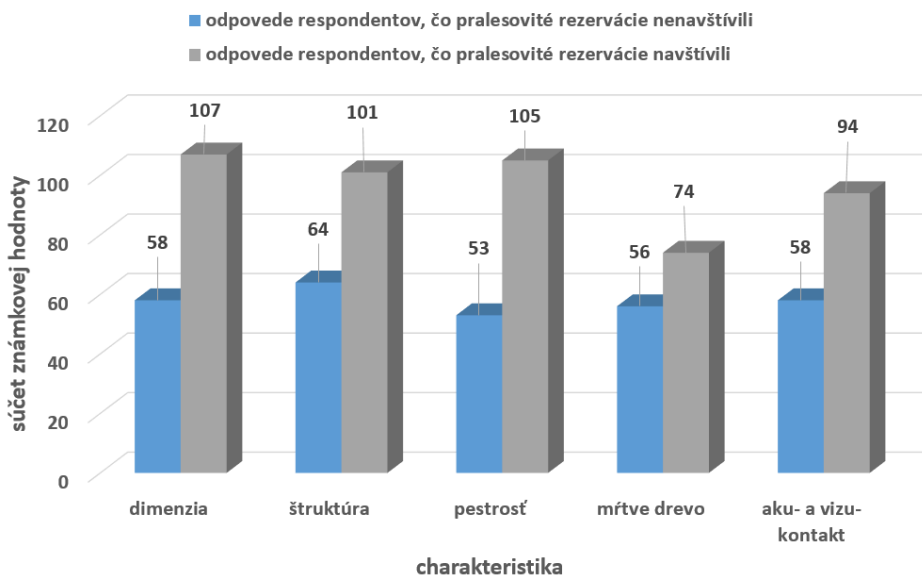
- dimenzia: súčet 107
- štruktúra: súčet 101
- pestrosť: súčet 105
- mŕtve drevo: súčet 74
- aku- a vizu- kontakt: súčet 94

Zaujímavým zistením je, že pri porovnaní oboch skupín odpovedí respondentov sa odpovede najviac odlišovali pri charakteristike „pestrosť lesného porastu“, pri skupine respondentov, ktorí pralesovité rezervácie navštívili to však bola druhá najvýznamnejšia charakteristika. Najmenej sa odpovede oboch skupín respondentov rozchádzali pri charakteristike „prítomnosť mŕtveho dreva v po-

rase“ a u oboch skupín je to charakteristika, ktorej prítomnosť v poraste nezohráva významnú úlohu pre nadobudnutie dojmu prírodného lesa.

ZÁVER

V súčasnosti existuje niekoľko metodík týkajúcich sa monitorovania návštevnosti rekreačných území, chránené územia nevynímajúc. Príspevok priniesol sumár už odskúšaných metodík monitoringu návštevnosti v podmienkach Slovenska, ale aj v zahraničí. Riešeným územím je NP Poloniny, kde sa podarila inštalácia kamerového systému. Motivácia riešiť túto tému vychádza najmä z faktu, že NP Poloniny predstavuje súčasť cezhraničného svetového prírodného dedičstva Slovenska a Ukrajiny, čo by hypoteticky malo predstavovať jeden z výrazných atraktorov návštevnosti. Neoddeliteľnou súčasťou a vyznaným ukazovateľom je aj identifikácia povedomia verejnosti o zápise Bukových pralesov Karpát do Zoznamu svetového kultúrneho a prírodného dedičstva alebo o iných pralesovitých rezerváciách na území Slovenska, čo sme sa čiastočne snažili riešiť prostredníctvom dotazníkového prieskumu. Na základe jeho výsledkov možno zhrnúť, že pralesovité rezervácie sú všeobecne v povedomí verejnosti. Najznámejšie sú najmä Národné prírodné rezervácie, konkrétne



Obr. 8 Dôležitosť charakteristiky pre nadobudnutie dojmu prírodného lesa
Fig. 8 The importance of characteristics resembling impression of natural forest

Dobroč, Boky a Badín. Pri posudzovaní podobností, resp. rozdielností pralesovitých rezervácií a „obyčajných“ lesných porastov, respondenti definovali, že tieto rozdiely sú „veľmi rozdielne“ (35 % respondentov), alebo len „mierne odlišné“ (31 % respondentov). Do budúcnosti obdobné zistenie by bolo vhodné otestovať aj na vzorke respondentov, ktorí nemajú priame lesnícke vzdelanie. Čo sa týka rôznych vlastností lesného porastu, ktoré v návštevníkovi vyvolávajú dojem prírodného lesa, najviac respondentov, zo skupiny, ktorí pralesovitú rezerváciu nenavštívilo, označilo štruktúru, dimenziu a akustický ako aj vizuálny kontakt. Zo skupiny respondentov, ktorí pralesovitú rezerváciu v minulosti už navštívili, za najdôležitejšie charakteristiky považovali dimenziu a pestrosť porastu.

Pod'akovanie

Autori ďakujú grantovej agentúre MŠVVŠ SR za finančnú podporu pri riešení projektu APVV-0423-10 (80 %) a KEGA 011TUZ-4/2012 (20 %), s podporou ktorých vznikol prezentovaný príspevok.

Acknowledgement

This contribution is the result of the project implementation: APVV-0423-10 (80 %), awarded by the Research and Development Agency and KEGA 011TUZ-4/2012 (20 %), supported by the Cultural and Education Grant Agency.

Literatúra

- BERNATH, K., ROSCHEWITZ, A., 2006: Sample Selection Bias in Visitor Surveys: Comparative Results of an On-Site and an Off-Site Survey Assessing Recreational Benefits of Forests. In: Siegrist, D., Clivaz, C., Hunziker, M. & Iten, S. (eds.) (2006). Exploring the Nature of Management. Proceedings of the Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas, Rapperswil, Switzerland, p. 381–382.
- CESSFORD, G., COCKBURN, S., DOUGLAS, M., 2002: Developing New Visitor Counters and their Applications for Management. In: Arnberger, A., Brandenburg, C., Muhar, A. (eds.): Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Conference Proceedings, Vienna, p. 14–20.
- CIHAR M., STURSA, J. & TREBICKY, V., 2002: Monitoring of Tourism in the Czech National Parks. In: Arnberger, A., Brandenburg, C., Muhar, A. (eds). Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Conference Proceedings, Vienna, p. 240–245.
- ERKONNEN, J. & SIEVÄNEN, T., 2002: Standardisation of Visitors Surveys – Experiences from Finland. In: Arnberger, A., Brandenburg, C., Muhar, A. (eds.): Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Conference Proceedings, Vienna, p. 252–257.
- HOLUBOVÁ, Z., PICHLEROVÁ, M., 2010: Faktory ovplyvňujúce rekreačné plánovanie územia na príklade lyžiarskeho strediska „Salamandra resort“. *Acta Facultatis Ecologiae*, vol. 22, 2009, Technická univerzita, p. 39–48.
- MONTEIRO, L., 2012: Management and Monitoring of Visitors in the Práhonice Park (Czech Republic). International Scientific Conference “People, Buildings and Environment 2012, Lednice, 9 p.
- MUHAR, A., ARNBERGER, A. & BRANDENBURG, C., 2002. Methods for Visitor Monitoring in Recreational and Protected Areas: An Overview. In: Arnberger, A., Brandenburg, C., Muhar, A. (eds.): Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Conference Proceedings, Vienna, p. 1–6.
- PICHLER, V., VOLOŠČUK, I., HAMOR, F. 2007: Karpatké bukové pralesy od roku 2007 svetovým prírodným dedičstvom. In *EnviroMagazín*. ISSN 1335-1877, 2007, č. 5, p. 6–9.
- PICHLEROVÁ, M., SLÁVIKOVÁ, D., PICHLER, V. 2008. Návštevnosť pralesovitých rezervácií ako indikátor povedomia o prírodných lesoch Slovenska. In: Benčať, T., Jančura, P., Daniš, D. (eds.): Vybrané problémy krajiny podhorských a horských oblastí. Zb. recenzovaný, Vyd. Janka Čizmarová – PARTNER, Poniky, p. 78–83, ISBN 978-80-89183-46-3
- SIEVÄNEN, ARNBERGER, DEHEZ, JENSEN, 2008: Monitoring of Forest Recreation Demand. In: Bell, S., Simpson, M., Tyrväinen, L., Sievänen, T., Pröbstl, U., 2009: European Forest Recreation and Tourism – a handbook, Taylor & Francis, London, 237 p.
- SLÁMOVÁ, M., JANČURA, P., DANIŠ, D., 2013: Methods of Historical Landscape Structures Identification and Implementation into Landscape Studies. *Ekológia* (Bratislava). Vol. 32, No. 3 (2013), p. 267–276, 2013, doi:10.2478/eko-2013-0023
- ŠVAJDA, J., 2009: Contribution for improvement of Visitor Monitoring in the Tatra National Park. *Eco. mont* volume 1, number 2, p. 13-18
- ŠVAJDA, J., FENICHEL, E. P., 2011: Evaluation of Integrated Protected Area Management in Slovak National Parks. *Polish J. of Environ. Stud.*, Vol. 20, No. 4 (2011), p. 1053–1060.
- VOLOŠČUK, I., PICHLER, V., PICHLEROVÁ, M., 2013: The Primeval Beech Forests of the Carpathians and Ancient Beech Forests of Germany: Joint Natural Heritage of Europe. *Folia Oecologica*, vol. 40, No. 2 (2013), p. 259–303, ISSN 1336-5266

Acta Facultatis Ecologiae, Volume 29, 2013

Vydanie I. november 2014 – Vydala Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen, IČO 00397440 – Počet strán 71 – 6,10 AH, 6,20 VH – Náklad 170 výtlačkov – Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene – Vydanie publikácie schválené v Edičnej rade TU dňa 30. 1. 2013, číslo EP 142/13 – Evidenčné číslo MK SR 3859/09 – Periodikum s periodicitou dvakrát ročne – Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori a recenzenti – Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

ISSN 1336-300X