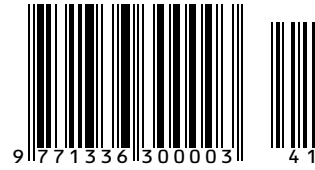


ISSN 1336-300X



Acta Facultatis Ecologiae



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

Volume 30
2014 – 1

HYBSKÁ H. & TOMANICOVÁ N.

Zmeny biologickej aktivity kontaminovanej lesnej pôdy
Changes of biological activity in contaminated forest soil

PLOŠEK L., ELBL J. & KINTL A.

Correlation Between Content of Carbon and Nitrogen and Leaching of Mineral Nitrogen

PONDELÍK R. & DIVIAKOVÁ A.

Návrh projektu miestneho územného systému ekologickej stability pre kataster obce Slovenská Lupča
Proposal of the Local Territorial System of Ecological Stability Project of Slovenská Lupča Cadastral Area

ŠIMANSKÝ V.

Organická hmota a jej vzťah k sorpcii pôdy pri rôznych spôsoboch hospodárenia vo vinohrade počas extrémne vlhkého roku
Soil Organic Matter and Their Relationship to the Sorption Capacity under Different Soil Management in a Vineyard in an Extremely Humid Year

STAŠIOV S. & MARŠALEK P.

Mnohonôžky (Diplopoda) Spišskej Novej Vsi (Slovensko)
Millipedes (Diplopoda) of the Town Spišská Nová Ves (Slovakia)

ZRNÍKOVÁ K., JAKUBEC B. & MODRANSKÝ J.

Štruktúra drevinového zloženia poľnohospodárskych historických krajinných štruktúr so zameraním na genofond ovocných drevín vo vybraných katastrálnych územiach
Structure of Woody-Plants Composition of Agricultural Historical Landscape Structure, Focusing on The Genetic Resources of Fruit Trees in Selected Cadastral Area

KOČANOVÁ S. & SZÉPLAKY D.

Environmentálne využitie popola zo spaľovania biomasy
Environmental Utilization of Ash from Biomass Combustion

SEMANČÍKOVÁ J., REMETEIOVÁ D.

Extrakcia s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov v environmentálnej analýze
Cloud Point Extraction in Environmental Analysis

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 30

2014 - 1

Editorial Board

Editor-in-Chief
Branislav Olah

Vice-Editor-in-Chief
Tibor Benčat' – 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 30

Anna Ďuricová, Juraj Gregor, Helena Hybská, Oľga Kontrišová, Otto Ložek, Milan Melicherčík,
Dagmar Samešová, Andrea Zacharová, Mária Bihuňová, Martina Slámová, Ján Supuka,
Valerián Franc, Vladimír Vician, Erika Kočícká, Bruno Jakubec

Články sú indexované v databáze EBSCOhost.

© Technická univerzita vo Zvolene

ISSN 1336-300X

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

OBSAH / CONTENT

PŔODVNÉ VEDECKÉ PRÁCE – ORIGIN SCIENTIFIC ARTICLES

HYBSKÁ H. & TOMANICOVÁ N.
Zmeny biologickej aktivity kontaminovanej lesnej pôdy
Changes of biological activity in contaminated forest soil7

PLOŠEK L., ELBL J. & KINTL A.
Correlation Between Content of Carbon and Nitrogen and Leaching of Mineral Nitrogen.....13

PONDELÍK R. & DIVIAKOVÁ A.
Návrh projektu miestneho územného systému ekologickej stability pre kataster obce Slovenská Ľupča
Proposal of the Local Territorial System of Ecological Stability Project of Slovenská Ľupča
Cadastral Area19

ŠIMANSKÝ V.
Organická hmota a jej vzťah k sorpcii pôdy pri rôznych spôsoboch hospodárenia vo vinohrade
počas extrémne vlhkého roku
Soil Organic Matter and Their Relationship to the Sorption Capacity under Different Soil
Management in a Vineyard in an Extremely Humid Year31

STAŠIOV S. & MARŠALEK P.
Mnohonôžky (Diplopoda) Spišskej Novej Vsi (Slovensko)
Millipedes (Diplopoda) of the Town Spišská Nová Ves (Slovakia)39

ZRNÍKOVÁ K., JAKUBEC B. & MODRANSKÝ J.
Štruktúra drevinového zloženia poľnohospodárskych historických krajinných štruktúr so zameraním
na genofond ovocných drevín vo vybraných katastrálnych územiach
Structure of Woody-Plants Composition of Agricultural Historical Landscape Structure, Focusing
on The Genetic Resources of Fruit Trees in Selected Cadastral Area49

PREHEADOVÉ ČLÁNKY – REVIEW ARTICLES

KOČANOVÁ S. & SZÉPLAKY D.
Environmentálne využitie popola zo spaľovania biomasy
Environmental Utilization of Ash from Biomass Combustion65

SEMANČÍKOVÁ J., REMETEIOVÁ D.
Extrakcia s využitím teploty zákálu micelárnych roztokov v environmentálnej analýze:
Cloud Point Extraction in Environmental Analysis71

PÔVODNÉ VEDECKÉ PRÁCE
ORIGIN SCIENTIFIC ARTICLES

ZMENY BIOLOGICKEJ AKTIVITY KONTAMINOVANEJ LESNEJ PÔDY

HELENA HYBSKÁ, NATÁLIA TOMANICOVÁ

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, katedra Environmentálneho inžinierstva, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT

Hybská H., Tomanicová N.: **Changes of biological activity in contaminated forest soil**

This paper describes the evaluation of the impact of hydraulic oils, such as soil contaminants have used in mechanisms for logging in the forest, on soil biological activity. The changes of temperature and humidity in the samples, which were measured during the experiment in the environmental conditions, have influenced the activity of soil catalase depending on the time. Experimental results confirmed the influence of the changes of temperature and humidity to catalase activity in contaminated soil. Catalase activity in samples with contaminants decreased gradually linearly with decreasing temperature and increasing humidity. After the finishing the process has not been restored. Reduction of catalase activity was also influenced by the process of biodegradation of these contaminants in the forest soil

Key words: soil, enzymes, biodegradation, biological activity, catalase

ÚVOD

Biologická aktivita pôdy je významným parametrom hodnotenia produkčných a ekologických funkcií pôdy. V pôde žijú veľké množstvá organizmov, a to najmä baktérií, mikroskopických húb, rias a ďalších organizmov (ČERMÁK at al., 2008).

Najbežnejšie použiteľné odhadnutie funkčného stavu poškodených ekosystémov je sledovanie procesov kolobehu živín. Obyčajne sa sledujú zložky kolobehu dusíka, „pôdne enzýmy“, dekompozícia celulózy alebo dreva a meria sa respirácia pôdy. Pôdne enzýmové aktivity a respirácia nie sú priame merania premeny živín, ale používajú sa ako indikátory funkčného stavu pôdneho spoločenstva. Enzýmy sú vytvárané pôdnymi mikroorganizmami. Pôdne enzýmy v lesných pôdach hrajú dôležitú úlohu. Sú to látky zložené z bielkovinovej zložky (apoenzým) a nebielkovinovej zložky (koenzým), ich komplex katalyzuje početné biochemické reakcie (HÝSEK, 1996).

Na pôdu sa môžeme pozerat' ako na biologickú entitu, t. j. živý systém, kde všetky biochemické aktivity prebiehajú cez enzymatické procesy. Enzýmy akumulované v pôde sú prítomné ako voľné enzýmy, čiže exoenzýmy uvoľnené zo živých bu-

niak a endoenzýmy uvoľnené z dezintegrovaných buniek (ŠUŠLÍK, 1993). Veľký význam enzýmov v lesných pôdach tkvie v rozklade rozmanitých zložitých organických látok opadu a v získavaní živín a energie ako pre vlastné mikroorganizmy, tak pre rastliny.

Aktivitu enzýmov ovplyvňuje celá rada fyzikálnych, chemických i biologických faktorov. Podľa ŠARAPATKU (1996) medzi hlavné faktory patria: vlhkosť a teplota pôdy, prevzdušnenie, štruktúra, pH, obsah koloidov, obsah živín využívaných mikroorganizmami, pôdna biocenóza, vegetačný kryt, množstvo a kvalita organickej hmoty, prítomnosť inhibítorov a aktivátorov.

Väčšina enzýmov je špecifická a katalyzuje premeny chemicky príbuzných látok. Niektoré enzýmy obsahujú v aktívnom centre kovy, ktoré majú vplyv na aktivitu enzýmového centra. Mnoho enzýmov môže byť naopak ľahko inaktivovaných kationmi ťažkých kovov, ktoré tvoria s proteínovými molekulami enzýmov nerozpustné neaktívne soli. Niekedy dochádza tiež k obsadeniu aktívneho miesta enzýmu látkou príbuznou substrátu a enzým je tak vyradený z funkcie, jav býva označovaný ako kompetitívna inhibícia. Mnohé enzýmy sa vyskytujú v zhlukoch (agregátoch) (HÝSEK, 1996).

Osobitosť pôsobenia biotických faktorov v pôde je podmienená nielen životnou činnosťou pôdných organizmov, ale aj aktivitou v nej prítomných enzýmov. Enzymová aktivita pôdy predstavuje polyfunkčnú charakteristiku, ktorá závisí od vlastností pôdy, faktorov prostredia formujúcich danú pôdu a od špecifickosti samotných enzýmov (MUCHA, 1995).

Enzymová aktivita patrí k základnej charakteristike pôdy a je jedným z najdôležitejších kritérií biologickej diagnostiky pôd. Enzým kataláza je veľmi dôležitý v pôdnom prostredí. Je produkovaný živými bunkami pôdnej bioty. Tento enzým je do pôdy vylučovaný s cieľom rozložiť účinné, pre život veľmi nebezpečné oxidačné činidlo – peroxid vodíka (H_2O_2). Ten je rozložený na neškodnú vodu a kyslík. Peroxid vodíka vzniká ako nežiaduci vedľajší produkt metabolických reakcií pôdnej mikroflóry. Táto chemicky slabá kyselina vzniká pri dekompozícii organickej hmoty ako zákonitá súčasť vedľajších produktov rozkladových reakcií. Vzhľadom na to, že voči riziku spálenia vlastných buniek produktom, byť nechceným, vlastnej aktivity sa organizmy bránia, je produkcia katalázy súčasťou prirodzeného ochranného aparátu mikroflóry. Miera jej intenzity sa stáva mierou biochemickej aktivity pôdy.

Enzymatická aktivita pôdy predstavuje schopnosť pôdy prejavovať sa katalyzačným vplyvom na procesy premien organických a anorganických látok. Je výsledkom prítomnosti ako adaptívne vylučovaných enzýmov pôdných organizmov a rastlín, tak aj výsledkom prítomnosti enzýmov adsorbovaných organominerálnym sorpčným komplexom. V prípade katalázy hrá kľúčovú úlohu práve sorpčný komplex a to konkrétne koloidný humus. Dôvodom je skutočnosť, že tvorba adaptívne vylučovanej formy katalázy by v okamžiku prítomnosti silného okysličovadla v pôde bola nemožná, lebo by už stačilo dôjsť k poškodeniu jej živých producentov. To znamená, že pôdy musia trvale disponovať dopredu vytvorenými katalyzátormi rozkladu peroxidu.

V Európskej charte o pôde, prijatej Radou Európy v roku 1972, je pôda považovaná za jedno z najvzácnejších bohatstiev ľudstva a ľahko zničiteľný prírodný zdroj, ktorý musí byť chránený proti poškodeniu znečistením, degradáciou, eróziou a poľnohospodárskou činnosťou. Svojimi vlastnosťami sa pôda podieľa na odbúravaní a imobilizácii kontaminujúcich látok vstupujúcich do nej z ostatných zložiek prostredia a ľudskej činnosti. Dôsledkom úniku ropných látok z mechanizmov

využívaných pri ťažbe do pôdy, je zhoršenie fyzikálnych, chemických i biologických vlastností, ako aj znižovanie produkčnej schopnosti pôdy a celého lesného ekosystému. To je dôvod, na základe ktorého sme sa zaoberali v biologickej aktivite kontaminovanej lesnej pôdy pomocou vybraného ukazovateľa „aktivita pôdnej katalázy“ s vplyvom vonkajších podmienok.

METÓDY A MATERIÁL

Na stanovenie a zhodnotenie vplyvu teploty a vlhkosti na aktivitu katalázy a sušiny vo vzorkách kontaminovanej lesnej pôdy produktmi používanými v dopravnú-ťažbovom procese v lese, bola odobratá pôda v lokalite Lesnej správy Budča, ktorá je súčasťou Vysokoškolského lesníckeho podniku vo Zvolene. Pre účely experimentu bola zvolená oblasť, kde lesná pôda nebola ešte nikdy zaťažená ťažbovou činnosťou. Pôda bola rozdelená do šiestich plastových nádob s rozmermi $15,5 \times 60$ cm. V každej nádobe bolo po 5 kg pôdy, z ktorej bola odstránená nezhumifovaná viditeľná organická hmota (listy, korene). Vzorky boli pripravené kontamináciou pôdy zvoleným kontaminantom, s koncentráciou 5g na 5kg pôdy, používaným v mechanizmoch pri ťažbe dreva. Ako kontaminanty boli použité hydraulické oleje. V troch nádobách s pôdou olej OT HP3 (rafinovaný ropný olej) a v ďalších troch nádobách bol použitý olej HLP SYNTH 46 (plne syntetický, rýchlo biologicky rozložiteľný). Nádoby s kontaminovanou pôdou boli umiestnené vonku na terase, aby sa mohla zaznamenávať zmena teploty, vlhkosti, a tým aj ich vplyv na aktivitu katalázy. Experiment sa uskutočnil v zimných mesiacoch: október – december 2010. Teplota pôdy bola meraná v každej nádobe na dvoch miestach, pravidelne v priebehu 50 dní od kontaminácie vzoriek pomocou digitálneho vpičového teplomera. Paralelne s teplotou pôdy bola na dvoch miestach v každej nádobe meraná vlhkosť pôdy pomocou prenosného vlhkomera na stanovenie objemovej vlhkosti typ TDR FOM/m.

Stanovenie aktivity katalázy.

Podstatou stanovenia aktivity pôdnej katalázy je kvantifikácia miery rozkladu peroxidu vodíka na vodu a molekulárny kyslík. Dôvod k tomu, aby sa na základe merania produkcie molekúl O_2 hodnotila pôdna biologická aktivita spočíva v prítomnosti mikroflóry, schopnej produkovať enzým, katalyzujúci túto reakciu (REJŠEK, 1999).

Pre stanovenie aktivity katalázy boli z každej nádoby (s hydraulickým a biohydraulickým olejom) odoberané vzorky pôdy v 1. deň, 8. deň, 14. deň, 21. deň, 35. deň a 50. deň od začiatku kontaminácie pôdných vzoriek.

Postup: 10 g vzorky pôdy sa vysype do 250 ml Erlenmayerovej banky Jankovho vápnomera, pridá sa 2 g práškového uhličitanu vápenatého, 20 ml destilovanej vody a 10 kvapiek toluénu. Obsah banky sa mieša 5 min, na Jankovom vápnomere sa nastaví hladinu vody v ľavom mernom stĺpci na nulu, do reakčnej banky vápnomera sa vleje 20 ml 3 %-ného H_2O_2 , správnym spôsobom sa spojí s Erlenmayerovou bankou s pôdnou suspenziou a spriechodní sa spojenie jej vnútorného priestoru s priestorom nad hladinou merného valca správnym nastavením trojcestného kohútika, poznačí sa aktuálny čas a nakloní Erlenmayerova banka tak, aby H_2O_2 vytiekol do pôdnej suspenzie, obsah Erlenmayerovej banky sa opatrne premieša krúživým pohybom, po 10 minútach sa zaznamená výška hladiny vodného stĺpca v mernom valci (dielik – jedna desatina stupnice – 0,1) (CHAZIJEV, 1976).

Výpočet:

$$\text{Akat (ml O}_2\text{.g}^{-1}\text{.min}^{-1}) = V \cdot 44,5 / (K/100) \cdot B \cdot C,$$

V – odčítaná hodnota na stupnici vápnomera

K – sušina

B – počet minút a C – navážka v gramoch.

Stanovenie sušiny

Sušina danej vzorky potrebná pre výpočet aktivity katalázy sa stanovovala paralelne so stanove-

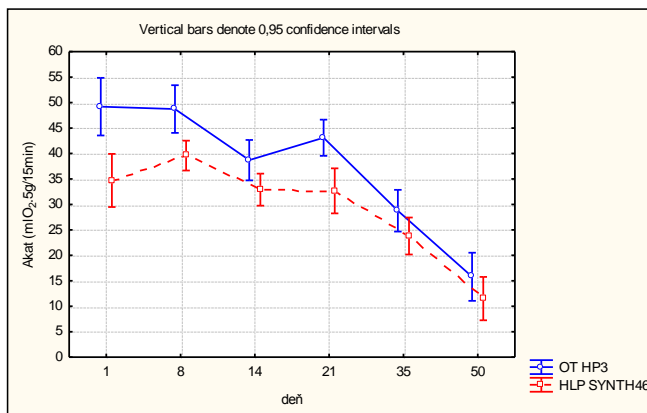
ním aktivity katalázy a stanovovala sa gravimetricky vysušením vzorky do konštantnej hmotnosti pri 105 °C (KOBZA, J. a kol., 2011).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Enzýmy, ktoré v lesných pôdach hrajú dôležitú úlohu, sú vytvárané pôdnymi mikroorganizmami a sú základom pôdnej biochémie. Enzymatické stanovenia patria k základným testom biologickej aktivity pôdy. Aktivita pôdnej katalázy v pôde použitej na prípravu experimentálnych vzoriek bola 56,38 ml $O_2\text{.5g}^{-1}\text{.15min}^{-1}$. Na základe stanoveného výsledku sa nekontaminovaná pôda zaraďuje k pôdam s vysokou aktivitou pôdnej katalázy (REJŠEK, 1999).

Výsledky aktivity katalázy stanovovanej v experimentálnych vzorkách pôdy, kontaminovaných ropnými produktmi, ktoré sa používajú v dopravných a ťažbových mechanizmoch (OT HP 3 – v lesných koľajových traktoroch a HLP SYNTH 46 v odvozných súpravách s hydraulickou rukou) boli vyhodnotené pomocou štatistického programu ANOVA, jednofaktorovou analýzou. Pre ich znázornenie boli použité spojnicové grafy, ktoré sú v intervale 95 % spoľahlivosti. V odoberaných vzorkách sa stanovovala sušina a aktivita pôdnej katalázy.

Graficky znázornený priebeh zmeny aktivity katalázy v experimentálnych vzorkách pôdy kontaminovanej hydraulickým olejom OT HP 3 a biohydraulickým olejom HLP SYNTH 46 je na Obr. 1.



Obr. 1 Grafický priebeh zmien v aktivite pôdnej katalázy

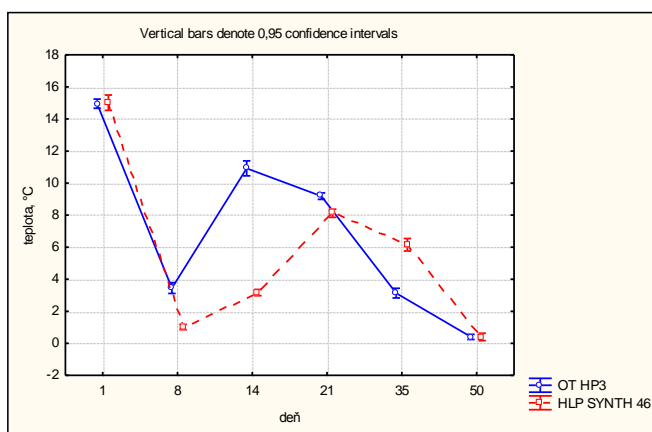
Fig. 1 Graph of changes in the activity of soil catalase

Vo vzorkách pôdy kontaminovaných olejom OT HP 3 bol na začiatku výskumu zaznamenaný iba mierny pokles aktivity katalázy, pričom vo vzorkách s olejom HLP SYNTH 46 sa hodnoty aktivity katalázy zvýšili (Obr. 1). Po 1. týždni trvania experimentu nastalo vo všetkých vzorkách výraznejšie znižovanie aktivity katalázy. V tomto období mala teplota stúpajúcu tendenciu a vlhkosť mierne klesala. Po dvoch týždňoch sledovania hodnoty aktivity katalázy vo vzorkách s olejom OT HP 3 stúpili a vo vzorkách s olejom HLP SYNTH 46 sa hodnoty výrazne nemenili. V závislosti od postupne znižujúcej sa teploty a rastúcej vlhkosti pôdy

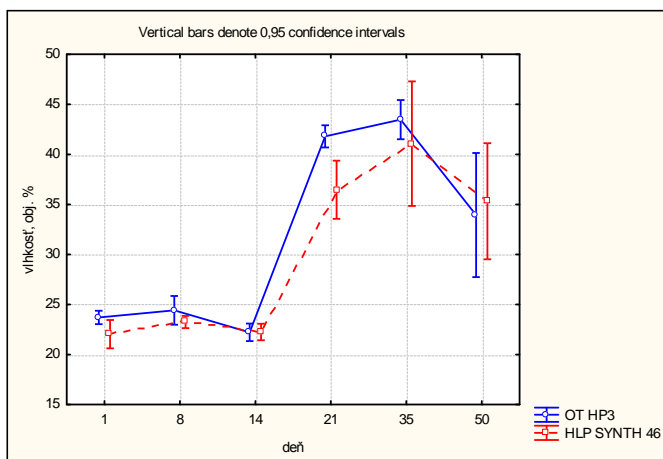
(Obr. 2, Obr. 3), aktivita katalázy počas ďalších dní výskumu vo všetkých vzorkách lineárne klesala.

Hodnoty aktivity katalázy vo vzorkách s hydraulickým a biohydraulickým olejom zaznamenali klesajúcu tendenciu, ktorá ich podľa REJŠEKA (1999) zaradila medzi pôdy so strednou až slabou aktivitou pôdnej katalázy. Aktivita katalázy mala mierne nižšie hodnoty vo vzorkách s biohydraulickým olejom HLP SYNTH 46, ako vo vzorkách s hydraulickým olejom OT HP 3.

Podľa výskumu, ktorý prebiehal tiež vo vzorkách kontaminovaných hydraulickým olejom OT HP 3 a biohydraulickým olejom HLP SYNTH 46,



Obr. 2 Grafické znázornenie zmeny teploty vo vzorkách kontaminovanej pôdy
Fig. 2 Graphical representation of changes of temperature in the contaminated soil

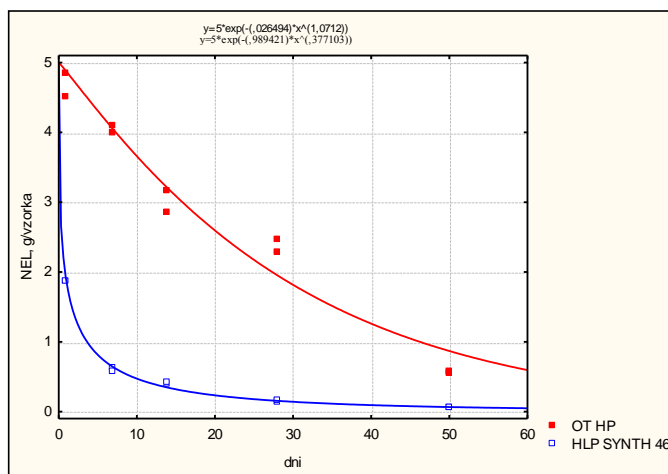


Obr. 3 Grafické znázornenie zmeny vlhkosti vo vzorkách kontaminovanej pôdy
Fig. 3 Graphical representation of changes in moisture content in samples of the contaminated soil

za kontrolovaných podmienok (teplota pôdy bola 22 °C, vlhkosť v intervale 28–30 objemových %), bol vo všetkých analyzovaných vzorkách zaznamenaný na začiatku experimentu pokles aktivity katalázy, potom nárast a do konca trvania experimentu boli zaznamenané iba menšie zmeny. Medzi aktivitou katalázy vo vzorkách s hydraulickým olejom a vo vzorkách s biohydraulickým olejom nebol zaznamenaný výrazný rozdiel (HYBSKÁ, 2011). Tým sa potvrdilo, že aktivita katalázy v pôde je do značnej miery ovplyvňovaná a aj závislá od parametrov okolitého prostredia, ako je teplota a vlhkosť. Aj podľa práce GÖMÖRYOVEJ a STŘELCOVEJ (2005) je aktivita pôdnej katalázy syntetickým parametrom, ktorý výrazne koreluje s teplotou pôdy. V tranzektoch s viac osvetleným pôdnym povrchom a vyššími teplotami pôdy v uskutočnenom experimente zaznamenali vyššiu aktivitu katalázy ako v chladnejších štádiách. Podľa MUCHU (1995), ktorý sledoval enzýmovú aktivitu v hnezozemných a čiernicových pôdach pod porastom vybraných plodín, však došlo v druhej polovici letného obdobia k poklesu katalázovej aktivity. Ako jednu z príčin uvádza zníženie vlhkosti a tiež zvýšenie teploty pôdy, lebo za optimum pôsobenia enzýmu kataláza považuje teplotu 0–10 °C.

Rýchlosť enzýmových reakcií, ako uvádza KOTAL et al. (1989), je ovplyvňovaná podmienkami, za ktorých prebieha. Sú to napríklad kvalita substrátu, teplota, pH, vlhkosť a prítomnosť efek-

torov. V určitom, pomerne úzkom rozsahu teplôt reakčná rýchlosť vzrastá s teplotou, pokiaľ nie je enzým inaktivovaný. Termálna inaktivácia enzýmu však nie je len funkciou teploty, ale aj doby, počas ktorej zvýšená teplota pôsobí. Z uvedeného je možné konštatovať, že jednou z príčin prečo aktivita katalázy mala klesajúcu tendenciu aj napriek zvýšenej vlhkosti a optimálnym hodnotám teploty pre jej pôsobenie, môže byť kontaminácia jednotlivých vzoriek hydraulickými olejmi. Tie výrazne ovplyvňujú okrem iných vlastností, aj biochemické procesy v kontaminovanej pôde, a tým aj jej biologickú aktivitu. Zaznamenané rozdiely v stanovených hodnotách katalázovej aktivity vo vzorkách s hydraulickým olejom OT HP 3 a vo vzorkách s biohydraulickým olejom HLP (predpokladáme) sú ovplyvnené rozdielnym priebehom procesu biodegradácie jednotlivých kontaminantov v pôde, čo vyplýva z výsledkov publikovaných v práci Hybská (2011), zaznamenaných na Obr. 4. Vo všetkých kontaminovaných vzorkách nedošlo po ukončení sledovaného obdobia k obnoveniu pôvodnej aktivity a nebol zaznamenaný výrazný rozdiel medzi bio-hydraulickým olejom a ropným olejom, ktorých biodegradabilita (ako kontaminantov lesnej pôdy bola sledovaná bioproduktami a ropnými produktmi, ale predpokladáme, že prítomnosť kontaminantov pôsobila deaktivujúco na enzymatickú činnosť v pôde.



Obr. 4 Štatistický model závislosti biodegradácie kontaminantov v závislosti od času s vplyvom vonkajších podmienok

Fig. 4 Statistical model of biodegradation of contaminants, in the dependance of the time with influence of external condition

ZÁVER

Jednou z hlavných zložiek lesného ekosystému je lesná pôda. Medzi pôdou a okolitým prostredím prebieha vzájomná interakcia, neustála výmena látok a energie. V lesnej pôde žijú rozmanité druhy mikroorganizmov, rastlín a živočíchov a od jej kvality a kvantity závisí schopnosť poskytovať rastlinám vhodné podmienky pre ich rast a vývin, a tým aj kvalitnú potravu pre živočíchy.

Produkčná funkcia lesného ekosystému však ponúka možnosť realizovať v ňom ťažbovo – dopravnú činnosť, ktorá svojím pôsobením vyvoláva nemalé negatívne následky na jednotlivé zložky lesného prostredia. Škody, ktoré vznikajú pri antropogénnej činnosti v lese, siahajú od poškodzovania lesného porastu až po škody spôsobené únikom ropných produktov používaných v hydraulickom systéme ťažbových mechanizmov. Kontamináciou lesnej pôdy hydraulickými kvapalinami, pri sústreďovaní dreva, dochádza k celému radu zmien fyzikálnych, chemických, a tiež biologických vlastností. Rastliny reagujú spomaleným rastom a odumieraním, a tým sa následne znižuje i biologická aktivita v pôde.

Na základe výsledkov tejto práce, ktorá bola zameraná na zhodnotenie vplyvu parametrov vonkajšieho prostredia na aktivitu enzýmu kataláza vo vzorkách pôdy kontaminovanej hydraulickými olejmi, je možné potvrdiť, že biologická aktivita v pôde úzko koreluje s teplotou a vlhkosťou pôdy, a tiež sa jej zmenami prejavilo negatívne pôsobenie ropných produktov. Pre účely výskumu boli pripravené vzorky pôdy, ktoré boli kontaminované hydraulickým olejom OT HP 3 a biohydraulickým olejom HLP SYNTH 46.

Počas experimentu, ktorý trval 50 dní, boli pravidelne zaznamenávané zmeny teploty a vlhkosti, meniace sa hodnoty katalázovej aktivity a tiež biodegradabilita použitých kontaminantov v závislosti od času na základe parametra nepolárnych extrahovateľných látok. Hodnoty aktivity katalázy v jednotlivých vzorkách pôdy postupne klesali so zvyšujúcou sa vlhkosťou a klesajúcou teplotou.

Aktivita katalázy vo vzorkách s biohydraulickým olejom HLP SYNTH 46 mala mierne nižšie hodnoty ako vo vzorkách s hydraulickým olejom OT HP 3. Kontaminanty ovplyvňujú deaktiváciu enzymatickú činnosť pôdy, a tým aj biodegradačné procesy v nej prebiehajúce.

Podakovanie:

Práca vznikla s finančou podporou projektu agentúry VEGA 1/1275/12.

LITERATÚRA

- ČERMÁK, O. et al.: *Životné prostredie*. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2008. 390 s. ISBN 978-80-227-2958-1.
- GÖMÖRYOVÁ, E., STŘELCOVÁ, K.: Zmeny mikrobiálnej aktivity pôdy v závislosti od mikroklimatických podmienok v priebehu sekundárnej sukcesie na opustených pasienkoch v oblasti Poľany. In Rožňovský, J., Litschmann, T. (ed.): *Bioklimatologie súčasnosti a budúcnosti*. 2005, ISBN 80-86-690-31-08.
- HYBSKÁ, H: Výskum environmentálneho zaťaženia ropnými látkami z malých zdrojov znečistenia. Dizertačná práca, FEE TU, Zvolen, 2011. 137 s.
- HÝSEK, J.: Některé enzymy lesních pud a jejich význam. In *Zprávy lesnického výzkumu*, 1996, roč. 41, č. 1, s. 32 – 35.
- CHAZIJEV, F. CH.: *Fermentativnaja aktivnost' počv. Metodičeskoe Posob'e*, Moskva, 1976. 262 pp.
- KOBZA, J. et al.: jednotné pracovné postupy. Bratislava. Výskumný ústav pôdozvedectva ochrany pôdy. 2011, ISBN 978-80-89128-89-1, 136 s.
- KOTÁL, V. et al.: *Enzymy v zemědělství*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1989. 104 s. ISBN 80-209-0022-5.
- MUCHA, V.: Dynamika enzymovej aktivity v hnezdových a černicových pôdach pod porastom vybraných plodín: Aktivita katalázy. In *Pol'nohospodárstvo*. ISSN 0551-3677, 1995, roč. 41, č. 5, s. 350 – 357.
- REJŠEK, K.: Lesnicka pedologie: cvičení, 1. vydanie, MZLU, 1999 Brno, 152 s., ISBN 80-7157-352-3.
- ŠARAPATKA, B.: Vliv zemědělských systémů na aktivitu půdních enzymů. In: *Využitie integrovanej rastlinnej výroby v podmienkach Slovenska*. Nitra : Dom techniky YSVTS, 1996, s. 48 – 51.
- ŠUŠLÍK, B.: Enzymové aktivity v pôdach vo vybraných lesných ekosystémoch. Dizertačná práca, TU, Zvolen, 1993. 93 s.

CORRELATION BETWEEN CONTENT OF CARBON AND NITROGEN AND LEACHING OF MINERAL NITROGEN

LUKÁŠ PLOŠEK¹, JAKUB ELBL¹ AND ANTONÍN KINTL¹

¹ Department of Agrochemistry, Soil Science, Microbiology and Plant Nutrition, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic, email: lukas.plosek@mendelu.cz, jakub.elbl@mendelu.cz, antonin.kintl@mendelu.cz

ABSTRACT

Plošek L., Elbl J., Kintl A.: **Correlation between content of carbon and nitrogen and leaching of mineral nitrogen**

Compost can influence soil fertility and plant health. At the same time compost can play an important role in the carbon and nitrogen soil cycle and it can influence leaching of mineral nitrogen from soil to underground water.

This paper deals with the effect of different types of fertilizers (compost as an organic and DAM 390 as a mineral nitrogen fertilizer) on the content of total carbon and nitrogen during the first year of lysimetric experiment. Twenty one lysimeters were filed with topsoil and subsoil collected in the area of protection zone of underground source of drinking water – Březová nad Svitavou.

The highest leaching of mineral nitrogen was detected in the variant fertilized only mineral nitrogen fertilizer (624,58 mg m⁻²), the lowest leaching was recorded in the variant with high addition of compost (315,51 mg m⁻²). On the other hand there is no direct correlation between leaching of mineral nitrogen and total content of carbon and nitrogen.

Key words: Carbon, Nitrogen, Compost, Mineral nitrogen fertilizer, Lysimeter

INTRODUCTION

The unsustainable management of fertilization practises in agricultural systems is partially responsible for water quality degradation due to the concentration of nutrient released which end up contaminating underground and surface water (JOUQUET *et al.*, 2011). Since nitrogen (N) is the most common limiting element for crop production, especially in long-term cultivated soils, this has resulted in an increase in N fertilizers application (VAUGHAN *et al.*, 2011). A negative outcome of over-fertilization is pollution of water (COSER, 1997).

One the key concerns of sustainable management is therefore how to avoid nutrient leaching from soil. The management of organic matter (OM) has emerged as a major strategy for achieving this goal because of its central role in storing and cycling nutrients (JOUQUET *et al.*, 2011). Adding OM,

such as crop residues and compost to soil results in an enhancement of many soil functions including water and nutrient holding capacity, resistant to compaction, infiltration and aeration, resistant to infection of roots by soil borne pathogens, and resistant to erosion, which a consequence improves crop yield (DIAZ *et al.*, 2007, JOUQUET *et al.*, 2011, TEJADA *et al.* 2006). On the other hand, if the compost is applied in high doses it can negatively influence desirable groups of microorganisms, reduce yield of crops, increase leaching of nutrients (ERHART *et al.*, 2005, KIRSCHENMAN, 2010, PLOŠEK *et al.*, 2013).

Area of our interest is the protection zone of underground source of drinking water “Březová nad Svitavou” (further protection zone). This protection zone is located in the northern part of the Czech-Moravian highland and it is responsible for protection of underground source of drinking water against contamination by pollutants.

Unfortunately, the function of this zone is ineffective which is indicated by increasing mineral nitrogen concentrations in the drinking water from this area (ZÁHORA, MEJZLÍK, 2007).

Leaching of mineral nitrogen (consisting of $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ and $\text{NO}_3^{-}\text{-N}$) from arable land is a major threat to the quality of drinking water from underground reservoirs in the Czech Republic. The area is situated on the Bohemian Cretaceous basin and consists of a system of soil isolators and collectors. The isolators are made by impermeable soil. Conversely, collectors are filled with light soils. These soils allow infiltration of precipitation and water transfer. Unfortunately, most collectors are under agricultural land. Therefore, mineral nitrogen from arable land can quickly contaminate underground sources of drinking water there (ELBL *et al.*, 2013).

In the soil, the microbial activity is the key to stop the leaching of mineral nitrogen. Soil microorganisms have the ability to immobilize the mineral nitrogen in their bodies. Moreover, microorganisms help to restore OM, if organic carbon (in compost) is added to the soil. OM has a direct impact on the capacity of the soil for retaining mineral nitrogen and other nutrients (ELBL *et al.*, 2013, SUTTON, 2011, ZÁHORA, MEJZLÍK, 2007).

There is hypothesis increase availability of total carbon in variants with compost decrease leaching of mineral nitrogen to underground water.

MATERIAL AND METHODS

Twenty one lysimeters have been used as experimental containers and located in the area. The experiment was conducted in the protection zone of underground source of drinking water Březová nad Svitavou, where annual climatic averages (1962–2012) are 588.47 mm of precipitation and 7.9 °C mean of annual air temperature. The lysimeters were made from PVC (polyvinyl chloride). Each lysimeter was the same size and was filled with 25 kg of subsoil, 25 kg of topsoil (arable soil) and with compost in selected variants. See Figure 1.

Topsoil and subsoil were collected from a field in the area. Soil samples were sieved through a sieve (grid size of 10 mm) and homogenized. Topsoil and subsoil were prepared separately. Each lysimeter had one drain hole and PVC hose for collecting soil solution. Hose leads into the plastic bottle. All lysimeters were buried into the ground. Collection of soil solution and monitoring of the lysimeters was carried out in the control shaft. Lysimeters were completed and filled in October 2012. Winter wheat was used as a nodal plant to determine the effect of addition of different types of fertilizers, microbial activities and weather on plant production. Winter wheat (22 grains into each of lysimeters) was planted in the end of October.

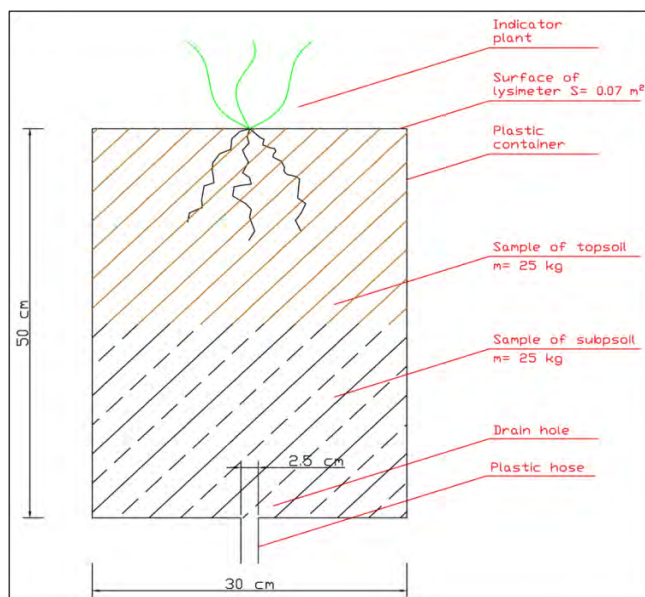


Fig. 1: Detail of experimental container – lysimeter according to Elbl *et al.* (2013)

Seven variants of the experiment were prepared, each one in three repetitions:

- C1 – arable soil with the addition of 100% of recommended dose of N,
- C2 – arable soil without the addition of fertilizers,
- K1 – arable soil with the addition of 100% of recommended dose of compost,
- K2 – arable soil with the addition of 100% of recommended dose of compost and 25% of recommended dose of N,
- K3 – arable soil with the addition of 100% of recommended dose of compost and 50% of recommended dose of N,
- K4 – arable soil with the addition of 100% of recommended dose of compost and 100% of recommended dose of N,
- K5 – arable soil with the addition of 200% of recommended dose of compost.

Information on the applied fertilizers: Compost (Černý drak) samples were taken from the Central Composting Plant in Brno and it is registered (under the Fertilizers Law) for agriculture use in the Czech Republic. Nitrogen was applied as a liquid fertilizer DAM 390. DAM 390 is a solution of ammonium nitrate and urea with an average content of 30% nitrogen (1/4 of nitrogen is in the form of ammonium, 1/4 is in the nitrate form and 1/2 is in the form of urea). One hundred liters of DAM 390 contain 39 kg of nitrogen. Recommended dose in Czech Republic of compost is 5 kg m⁻² per 5 years and of nitrogen is 140 g m⁻² per year for winter wheat.

I. Content of total carbon and nitrogen

Total carbon (C_{tot}) and nitrogen (N_{tot}) were measured by high-temperature (1000 °C) dry combustion method with automatic analyzer LECO CNS 2000 in accordance with Nelson and Sommers (1996) for carbon determination and Bremner (1996) for nitrogen determination. All samples were ground manually using an agate mortar and pestle and dried (for 1 hour at 105 °C) and cooled in exsicator before total nitrogen and carbon analysis.

mg NH₄⁺ or NO₃⁻ - N =

$$\left(\frac{\text{normality of standart HCl}}{0.03571} \right) \times 0.5 \times \text{titration}$$

II. Leaching of mineral nitrogen in soil solution

Leaching of mineral nitrogen (N_{min}) was measured using distillation-titration method by (Peoples *et al.*, 1989). Ammonium nitrogen was determined by distillation-titration method in an alkaline solution after the addition of MgO. Nitrate nitrogen was determined in the same manner using Devard's alloy. Concentration of NH₄⁺-N and NO₃⁻-N was calculated:

The value of N_{min} was calculated as the sum of the detected ammonium and nitrate forms.

Determination of N_{min} was performed after each sampling of the soil solution and in each sample. The results obtained from the analyses of soil solution were expressed in mg of N_{min} (NH₄⁺-N and NO₃⁻-N) per m² (mg m⁻²).

III. Statistical analysis

Potential differences in the values of concentration of carbon and nitrogen and leached mineral nitrogen in soil solution were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA) in combination with the Tukey's test. All analyses were performed using Statistica 10 software. The results were processed graphically in the program Microsoft Excel 2007

RESULTS AND DISCUSSION

I. Content of total carbon and nitrogen

Total organic carbon influences many soil characteristics including colour, nutrient holding capacity (cation and anion exchange capacity), nutrient turnover and stability, which in turn influence water relations, aeration and workability (Schumacher, 2002).

The content of C_{tot} and N_{tot}, C/N ratio in each lysimetric variants are summarized Table 1 and 2.

Tab. 1: Concentration of C_{tot} and N_{tot} in the soil at the beginning of the experiment (October 2012). Different letters indicate significant differences (n = 3, ANOVA, P < 0.05)

Variants	C _{tot} (g kg ⁻¹)	±SD	N _{tot} (g kg ⁻¹)	±SD	C/N
C1 – C2	12.91 ^a	0.10	1.41 ^a	0.01	9.18
K1 – K4	15.24 ^b	0.15	1.63 ^b	0.02	9.34
K5	15.99 ^c	0.04	1.67 ^b	0.02	9.59

Consider data in Table 1. This table presents differences of C_{tot} and N_{tot} between variants with different addition of compost at the beginning of the experiment. Content of C_{tot} in variants without the addition of compost is considered as lower C_{toc} values (Schumacher, 2002). Content of N_{tot} in soil is usually between 0,1–0,2% (Diaz *et al.*, 2007). All variants reach this level.

Table 2 presents results of C_{tot} and N_{tot} after first harvest. Besides variant C2 content of C_{tot} significantly increase compared to beginning of the experiment. Variants with addition of compost have a positive effect on content of C_{tot} and N_{tot} . On the other hand it doesn't influence ratio C/N.

I. Leaching of mineral nitrogen in soil solution

Results of leaching of mineral nitrogen previously published in Plošek *et al.* (2014). From October 2012 to August 2013 soil solutions samples were taken for measuring of N_{min} (sum of NH_4^+ -N and NO_3^-). Table I shows the leaching of N_{min} in soil solution from seven variants of the experiment (with three replications).

Leaching of ammonium nitrogen was not significant among treatments. On the other hand high addition of compost (variant K5) had a positive effect on concentration of nitrate nitrogen in soil solution. 200% dose of compost in variant K5 significantly decreased leaching of N_{min} compared with all variants.

Tab. 2: Concentration of C_{tot} and N_{tot} in the soil after the first harvest (August 2013). Different letters indicate significant differences (n = 3, ANOVA, P < 0.05).

Variants	C_{tot} (g kg ⁻¹)	±SD	N_{tot} (g kg ⁻¹)	±SD	C/N
C1	14.48 ^a	0.51	1.37 ^a	0.02	10.57
C2	12.96 ^b	0.22	1.21 ^b	0.02	10.69
K1	16.21 ^c	0.22	1.47 ^c	0.04	11.02
K2	15.68 ^d	0.20	1.46 ^c	0.02	10.77
K3	16.09 ^{c,d}	0.78	1.50 ^{c,d}	0.09	10.72
K4	15.56 ^d	0.08	1.43 ^c	0.06	10.88
K5	17.24 ^e	0.27	1.59 ^d	0.05	10.82

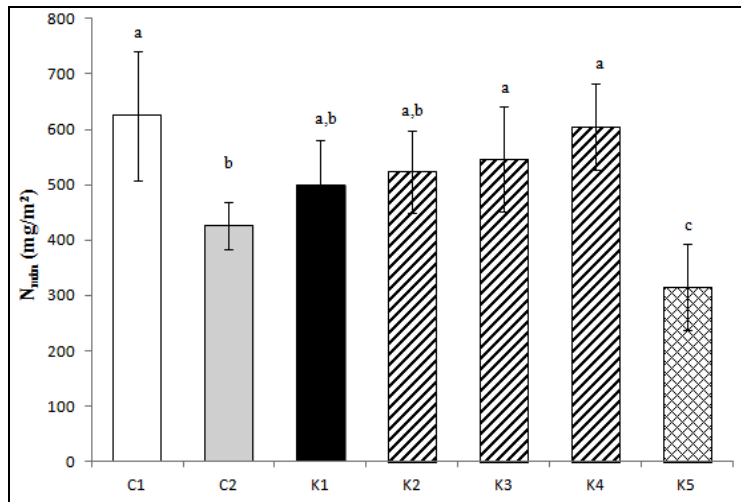


Fig. 2: Detection of mineral nitrogen in soil solution. Different letters indicate significant differences (n = 3, ANOVA, P < 0.05)

Figure 2 shows leaching of N_{\min} from soil. The highest concentration of N_{\min} was detected in variant C1 – with addition 100% of recommended dose of nitrogen (964.58 mg m^{-2}) and the lowest concentration of N_{\min} was detected in variant K5 – with addition of 200% of recommended dose of compost (315.51 mg m^{-2}).

On the other hand there isn't any evident correlation between content of C_{tot} , N_{tot} and leaching of mineral nitrogen. The relationship between C_{tot} (N_{tot}) and leaching of mineral nitrogen ($N_{\min} \cdot \text{m}^{-2}$) was analyzed by regression analysis. Results of regression analysis for C_{tot}/N_{\min} ($R = 0,1523$, $F = 0,4512$, $p = 0,5099$) and for N_{tot}/N_{\min} ($R = 0,2127$, $F = 0,9005$, $p = 0,3546$). Leaching of mineral nitrogen especially influence microbial activity in the soil (Erhart *et al.*, 2005)

Positive effect of compost addition on leaching of N_{\min} was confirmed by various scientific studies (Diaz *et al.*, 2007, Elbl *et al.*, 2013, Erhart *et al.*, 2007), which confirm that C_{org} (part of C_{tot}) is a source of energy for soil microorganisms and its application in form of compost has a positive effect on microbial activities in soil.

CONCLUSION

This contribution presents the first year results of a long-term lysimetric experiment. Based on the results, we can conclude that the high addition (200% of recommended dose) have a positive effect on microbial activity which is in connection with leaching of N_{\min} .

There is not evident correlation between content of total carbon and nitrogen and their effect on leaching of N_{\min} . Leaching of N_{\min} especially influence mineral nitrogen fertilization during the growing season.

The obtained results will be necessary verified in the following years of the experiment.

Acknowledgement

The work was supported by the National Agency for Agricultural Research (NAZV), project: The possibilities for retention of reactive nitrogen from agriculture in the most vulnerable infiltration area of water resources, registration no. QJ 1220007.

REFERENCES

BREMNER, J. M., 1996: Nitrogen total. In: *Methods of Soil Analysis*, Part 3: Chemical Methods; Sparks, D. L. (ed.); Soil Science Society of Ame-

- rica: Madison, Wisconsin, Book Series no. 5, pp. 1085 – 1121.
- COSSER, P. (Ed.), 1997: *Nutrients in Marine and Estuarine Environments*. Australia: State of the Environment Technical Paper Series (Estuaries and the Sea), Central Queensland University, Canberra.
- DIAZ, L. F., DE BERTOLDI, M., BIDLINGMAIER W. and E. STENTIFORD, 2007: *Compost science and technology*. Boston: MA Elsevier.
- ELBL, J., FRIEDEL, J. K., ZÁHORA, J., PLOŠEK, L., KINTL, A., PŘICHYŠTALOVÁ J., HYNŠT, J., DOSTÁLOVÁ, L. and K. ZÁKOUTSKÁ, 2013: Leaching of Mineral Nitrogen and Phosphate from Rhizosphere Soil Stressed by Drought and Intensive Rainfall, *International Journal of Agricultural Biosystems Science and Engineering*, vol. 7, no. 11, pp. 182 – 187.
- ERHART, E., HARTL W. AND B. PUTZ, 2005: Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops, *European Journal of Agronomy*, vol. 23, pp. 305 – 314.
- ERHART, E., FEICHTINGER F. and W. HARTL, 2007: Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 170, pp. 608 – 614.
- JOUQUET, E. P., BLOQUEL, E., THU DOAN, T., RICOY, M., ORANGE, D., RUMPEL C. and T. TRAN DUC, 2011: Do Compost and Vermicompost Improve Macronutrient Retention and Plant Growth in Degraded Tropical Soils?, *Compost Science & Utilization*, vol. 19, no. 1, pp. 15 – 24.
- KIRSCHENMANN, F., 2010: Alternative agriculture in an energy- and resource-depleting future. *Renewable Agriculture Food Systems*, vol. 25, pp. 85 – 89.
- NELSON, D. W and L. E. SOMMERS, 1996: Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 3. Sparks, D.L. (ed.); Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin, Book Series no.5, pp. 961 – 1010.
- PEOPLES, M. B., FAIZAH, A. W., RERKASEM B. and D. F. HERRIDGE, 1989: Methods for evaluating nitrogen fixation by modulated legumes in the field. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- PLOŠEK, L., NSANGANWIMANA, F., POURRUT, B., ELBL, J., HYNŠT, J., KINTL, A., KUBNÁ D. AND J. ZÁHORA, 2013: The Effect of Compost Addition on Chemical and Nitrogen Characteristics, Respiration Activity and Biomass Production in Prepared Reclamation Substrates, *International Journal of Environmental, Earth Science and Engineering*, vol. 7, no. 11, pp. 167 – 172.
- PLOŠEK, L., HYNŠT, J., ZÁHORA, J., ELBL, J., KINTL, A., CHAROUSOVÁ I. and S. KOVÁČSOVÁ, 2014: Mineral Nitrogen Retention, Nitrogen Availability and Plant Growth in the Soil

- Influenced by Addition of Organic and Mineral Fertilizers – Lysimetric Experiment, *World Academy of Science, Engineering and Technology* (in press).
- SCHUMACHER, B. A., 2002: Methods for soil determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. Las Vegas: USEPA.
- SUTTON, M. A., 2011: The European nitrogen assessment: sources, effects and policy perspectives. New York: Cambridge University Press.
- TEJADA, M., GARCIA, C., GONZALES, J. L. and M. T. HERNANDEZ, 2006: Organic Amendment Based on Fresh and Composted Beet Vinasse: Influence on Soil Properties and Wheat Yield, *Soil Sci. Soc. Am.*, vol. 70, pp. 900–908.
- VAUGHAN, S. M., DALAL, R. C., HARPER S. M. and N. W. MENZIES, 2011: Effect of fresh green waste and green waste compost on mineral nitrogen, nitrous oxide and carbon dioxide from a Vertisol, *Waste Management*, vol. 31, pp. 1720–1728.
- ZÁHORA, J. AND MEJZLÍK, L., 2007: The leaching of mineral nitrogen into underground water from soil environment of different ecosystems, *Ekológia Travného Porastu*, no. 7, pp. 170–174.

SOUHRN

Kompost jako organické hnojivo pozitivně ovlivňuje úrodnost a zdraví rostlin. Zároveň kompost stále častěji sehrává důležitou roli v přírodních cyklech uhlíku a dusíku v půdním ekosystému, což může vést k ovlivňování vyplavování minerálního dusíku.

Tato práce se zabývá vlivem různých typů hnojiv (kompost jako organické a DAM 390 jako minerální dusíkaté) na obsah celkového uhlíku a dusíku v půdě a vyplavování minerálního dusíku z půdy během prvního roku lyzimetrického pokusu. V ochranném pásmu podzemního zdroje pitné vody v obci Březová nad Svitavou bylo na podzim 2012 připraveno 21 lyzimetrických nádob pro zkoumání vlivu hnojení na vyplavování minerálních forem dusíku z půdního profilu.

Nejvyšší úniky minerálního dusíku (N_{\min}) byly zjištěny ve variantě hnojené pouze minerálně ($624,58 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$), oproti tomu nejnižší vyplavování bylo zaznamenáno ve variantě s vyšším přídatkem kompostu ($315,51 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$). Ovšem vyplavování nelze přičítat koncentracím uhlíku a dusíku v půdě, ale spíše mikrobiálními aktivitám, které ovlivňují koloběhy živin v půdě.

NÁVRH PROJEKTU MIESTNEHO ÚZEMNÉHO SYSTÉMU EKOLOGICKEJ STABILITY PRE KATASTER OBCE SLOVENSKÁ ĽUPČA

RADOVAN PONDELÍK¹, ANDREA DIVIAKOVÁ²

^{1,2} FEE TU Zvolen, Katedra UNESCO pre ekologické vedomie a TUR, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen,
e-mail: radovan.pondelik@gmail.com, andreadiviakova@gmail.com

ABSTRACT

Pondelík R., Diviaková A.: **Proposal of the local territorial system of ecological stability project of Slovenská Ľupča cadastral area**

TSES is one of the most successful landscape ecological conceptions involved to environmental policy in Slovakia after 1989. It presents also an already practically proved methodics for the development of real procedures for broadly promoted ideas of the integrated landscape management. This is becoming a key element of an integrated landscape management. The paper presents of the local territorial system of ecological stability of Slovenská Ľupča cadastral area. Project of local territorial system of ecological stability includes all the required parts – analytical, synthetic and proposal. In the context of the proposals project has been allocated 17 existing elements of the territorial system of ecological stability: biocentres, biocorridors a interactive elements and its management measures.

Key words: territorial system of ecological stability, ecological network, Slovenska Lupca

ÚVOD

Tvorba ekologických sietí je v súčasnosti jednou s nosných koncepcií krajinskej ekológie ako aj ochrany prírody a krajiny. ÚSES je originálnym typom ekologickej siete a predstavuje modernú koncepciu ochrany biodiverzity na princípoch ochrany podmienok a foriem bioty, t.j. ochrany geobiodiverzity. Tvorí organickú súčasť komplexných návrhov v zmysle metodiky krajino-ekologického plánovania (LANDEP), v ktorých najdôležitejšou črtou je zabezpečenie ekologicke optimálneho využívania územia, teda aj zabezpečenie celoplošnej stabilizácie krajiny.

Územný systém ekologickej stability (ÚSES) je teda významným prienikom krajino-ekologických princípov do reálnej ekologickej politiky a do priestorovej plánovacej praxe. V SR je ÚSES legislatívne zakotvený nielen do ochranárskych zákonov, ale tiež do územno-plánovacích, poľnohospodárskych, vodných či povodňových predpisov.

Táto koncepcia je plne konvergentná k ostatným, ktoré sú vytvárané a aplikované v širokom európskom, ale i svetovom krajinom priestore (JEDICKE 1994; LAMMERS, ZADELHOFF 1996; SMITH, HELMUND 1993; BUČEK, LACINA, 1993; BANI ET AL. 2002).

Východiská tvorby ekologických sietí, zásady tvorby ÚSES, metodický postup projektovania ÚSES, ako aj zhodnotenie doterajších skúseností s tvorbou ÚSES sú podrobne rozpracované v niekoľkých publikáciách (napr. MIKLÓS, DIVIAKOVÁ, IZAKOVIČOVÁ, 2011; DIVIAKOVÁ, BELAŇOVÁ, 2013)

Metodiky a metodické postupy pre vypracovanie dokumentácie ÚSES na miestnej úrovni sú na Slovensku vypracované účelovo, prevažne pre potreby dokumentácie ochrany prírody a krajiny, pre územné plány a pre projekty pozemkových úprav. Každý rezort má svoje špecifiká, a to si vyžadalo medziodvetvovú spoluprácu a aplikáciu vhodnej metodiky.

MATERIÁL A METÓDY

Pri návrhu MÚSES pre kataster obce Slovenská Lupča sme vychádzali z metodických návodov na spracovanie MÚSES (PAUDITŠOVÁ, REHÁČKOVÁ, RUŽIČKOVÁ, 2007; MIKLÓS, DIVIAKOVÁ, IZAKOVIČOVÁ, 2011).

Projekt miestneho ÚSES (MÚSES) pre kataster obce Slovenská Lupča má nasledovné časti: analýzy a syntézy prírodných pomerov územia, analýzy a syntézy socioekonomických prvkov a javov, hodnotenie ekologickej stability územia a návrh kostry MÚSES s ekostabilizačnými opatreniami.

Analýzy a syntézy abiotických podmienok územia

Analýzy a syntézy prvotnej krajiny štruktúry boli spracované podľa metodiky LANDEP (RUŽIČKA, MIKLÓS, 1982). Na spracovanie sme využili softwaru ESRI ArcGIS 10. Východiskovou mapou pre analýzy prvotnej krajiny štruktúry bola základná topografická mapa v mierke JTSK 1:10 000. Na základe zdigitalizovaných vrstevníc z topografickej mapy a mapy riečnej siete bol vytvorený digitálny model reliéfu (DMR) s rozlíšením 20×20m. Z vytvoreného DMR boli odvodené charakteristiky reliéfu a to morfoloficko-polohový typ elementárnej formy reliéfu, sklon a orientácia georeliéfu voči svetovým stranám. Na základe údajov zo Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra, digitálnej geologickej mapy SR v mierke 1:50 000 (www.geology.sk), bola vytvorená mapa geologicko-substrátového komplexu v mierke 1:50 000. Pôdny typ, subtyp, zrnitosť, skeletovitost' a hĺbka pôdy boli odvodené z máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek, poskytovaných Výskumným ústavom pôdnoznalectva a ochrany pôdy (www.podnemapy.sk). Potenciálna prirodzená vegetácia bola prevzatá z Atlasu krajiny SR (2002). Superpozíciou máp sklonitosti reliéfu, morfoloficko-polohového typu elementárnej formy reliéfu, geologicko-substrátového komplexu, zrnitosti pôdy, pôdneho typu, skeletnatosti a hĺbky pôdy bola vytvorená mapa abiotických komplexov (ABK). Mapa reprezentatívnych potenciálnych geokosystémov (REPGES) bola vytvorená superpozíciou máp morfoloficko-polohového typu elementárnej formy reliéfu, geologicko-substrátového komplexu, pôdneho typu a potenciálnej vegetácie, ktoré uvádzajú IZAKOVIČOVÁ ET AL. (2000) ako určujúce pre účely REPGES.

Analýzy a syntézy súčasnej krajiny štruktúry územia a biotických prvkov

Prvky súčasnej krajiny štruktúry (SKŠ) boli spracované na základe interpretácie ortofotomnímkov, ktoré boli aktualizované pri podrobnom terénnom prieskume v období od 15. 6. 2013 do 30. 9. 2013. Prvky SKŠ boli zatriedené v zmysle práce MIKLÓS, DIVIAKOVÁ, IZAKOVIČOVÁ (2011). Údaje o lesnej vegetácii (porastové typy) boli prevzaté z Programu starostlivosti o lesy platného od roku 2009. Biotopy nelesnej drevinovej vegetácie a trvalých trávnatých porastov boli určené na základe výsledkov terénneho prieskumu a kategorizované podľa Katalógu biotopov Slovenska (STANOVÁ, VALACHOVIČ, 2002) a Biotopov Slovenska (RUŽIČKOVÁ ET AL., 1996).

Súčasná krajinná štruktúra slúžila ako podklad pre vyčlenenie existujúcich významných ekostabilizačných segmentov a tiež pre priestorové vyjadrenie stresových faktorov charakteru bariér, obmedzujúcich a ohrozujúcich ekologickú stabilitu územia.

Analýzy a syntézy socioekonomických javov – pozitívnych a negatívnych prvkov a javov

Pozitívne a negatívne prvky a javy boli spracované na základe SKŠ s využitím Územného plánu obce Slovenská Lupča (VALKOVIČ, 2011), z ktorého boli získané informácie o ochranných pásmach a tiež o priestorovom umiestnení niektorých socioekonomických javov a tiež na základe vlastného terénneho prieskumu. Pozitívne a negatívne prvky a javy boli zatriedené v zmysle práce MIKLÓS, DIVIAKOVÁ, IZAKOVIČOVÁ (2011).

Pozitívne socioekonomické faktory predstavovali prvky SKŠ s neutrálnym až pozitívnym pôsobením na krajinu, prvky s legislatívnou ochranou boli prevzaté z Atlasu krajiny (2002). Prvky vyššej hierarchickej – regionálnej úrovne boli spracované na základe aktualizácie prvkov regionálneho ÚSES okresu Banská Bystrica (SAŽP, 2006). Pozitívne prvky krajiny tvorili nevyhnutný podklad pri vyčleňovaní a navrhovaní kostry ÚSES. Negatívne socioekonomické faktory označované aj ako primárne „stresové“ prvky predstavovali prvky SKŠ s negatívnym pôsobením na krajinu.

V rámci stanovenia prírodných hrozieb boli vypracované modely ohrozenia potenciálnou vodnou plošnou eróziou a ohrozenie reálnou plošnou vodnou eróziou podľa univerzálnej rovnice odnosu pôdy USLE (WISCHMEIER, SMITH, 1978)

s využitím software ESRI ArcGis 10 a SAGA GIS. Hodnotenie stresových faktorov bolo potrebné najmä z hľadiska priestorovej lokalizácie prvkov ÚSES. Hodnotenie prírodných hrozieb slúžilo pre návrh protieróznych opatrení.

Klasifikácia územia podľa ekologickej stability

Klasifikácia územia podľa ekologickej stability bola vypracovaná na základe stupňa ekologickej stability priradeného každému z prvkov súčasnej štruktúry krajiny. Pre hodnotenie významu krajinného prvku z hľadiska ekologickej stability bola použitá 5-stupňová stupnica v zmysle LÖW ET AL. (1995):

1. bez významu (napr. zastavané plochy a komunikácie s asfaltovým alebo betónovým povrchom),
2. malý význam (napr. veľkoblokové polia a pod.),
3. stredný význam (z hľadiska cieľov ÚSES sa pripisuje intenzifikovaným lúkam, extenzívne využívaním trvalým kultúram a pod.),
4. veľký význam (napr. extenzívne využívané trvalé trávne porasty (TTP), zmiešané lesy a pod.),
5. veľmi veľký význam (predovšetkým prirodzené a prírodné lesy, prírodné travinno-bylinné spoločenstvá, mokrade, rašeliniská)

Pre hodnotenie ekologickej stability krajiny bol použitý nasledovný vzorec pre výpočet koeficientu ekologickej stability územia (MIKLÓS, 1986):

$$K_{ES} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i \cdot S_{SKSi}}{P}$$

kde:

- K_{ES} – koeficient ekologickej stability záujmového územia,
 p_i – celková rozloha jednotlivých typov prvkov krajinskej štruktúry (ha),
 S_{SKSi} – stupeň ekologickej kvality i-teho prvku SKŠ,
 p – celková plocha záujmového územia (ha),
 n – počet prvkov krajinskej štruktúry v záujmovom území.

Návrhy kostry ÚSES a protieróznych opatrení

V návrhovej časti boli na základe spracovaných poznatkov navrhnuté prvky MÚSES – biocentrá, biokoridory a interakčné prvky ako aj návrh protieróznych opatrení, na základe potenciálneho a reálneho ohrozenia územia plošnou vodnou eróziou.

Súčasťou návrhu bolo formulovanie doporučených manažmentových opatrení. Vypracovanie projektu MÚSES pozostávalo z terénneho prieskumu, analýzy a syntézy prírodných a socioekonomických pomerov v území, ich spracovaní a vytvorení návrhov kostry MÚSES a ekostabilizačných opatrení spolu s grafickou dokumentáciou.

Vymedzenie územia

Riešeným územím je katastrálne územie obce Slovenská Ľupča, ktoré podľa aktuálneho administratívno-správneho členenia Slovenskej republiky leží v okrese Banská Bystrica. Územie spadá do provincie Západné Karpaty, Fatransko-tatranskej oblasti a oblasti Slovenského rudohoria (MAZÚR, LUKNIŠ, 1980).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Abiotické pomery

Reliéf

V rámci analýz reliéfu sme spracovali morfograficko-polohové typy elementárnej formy reliéfu. V k.ú. obce Slovenská Ľupča prevládajú svahy transportné, ktoré zaberajú 46,6 %, nasledujú chrby (14,31 %) a široké poriečne nivy (22,92 %). Svahové doliny v celku sa vyskytujú v zastúpení 7,57%. Svah v úpätnej polohe zaberá 4,64%. Ostatné typy formy reliéfu majú zastúpenie 0,09–3,96%.

Morfografické typy georeliéfu

V riešenom území prevláda pahorkatinový typ georeliéfu. Druhým najrozšírenejším typom je nižšia vrchovina nasledovaná rovinou a vyššou vrchovinou. Priestorové rozmiestnenie je uvedené v mape č. 2 v prílohách.

Orientáciu reliéfu voči svetovým stranám a sklony považujeme za najdôležitejšie vstupné parametre pre morfo-klimatické charakteristiky (MIKLÓS, IZAKOVIČOVÁ, 1997).

Sklonitosť georeliéfu

V riešenom území prevláda sklon svahov 7–12°, ktorý zaberá viac ako 34%. Takmer 18% územia má sklon 12–17°, 16,06% zaberá sklon 17–25° a 14,57% spadá do kategórie sklonu 3–7°. Nasledujú kategórie 1–3° s 9,97% a 25–35° s 6,51%. Zvyšné kategórie majú zastúpenie menšie než 1%.

Orientácia georeliéfu voči svetovým stranám

V území prevládajú polohy s juhovýchodnou orientáciou, ktoré majú zastúpenie takmer 20%. Druhé najzastúpenejšie sú polohy s juhozápadnou orientáciou (15,57%) nasledované severovýchodne orientovaným reliéfom (12,18%). Južne orientované polohy predstavujú 12,11%, nasledujú východné (11,36%) a severozápadné polohy (11,20%). Ostatné orientácie sú v zastúpení menej než 10%.

Geologicko-substrátový komplex

V území majú najvyššie zastúpenie hlinité až hlinito-kamenité zvetraliny na masívnych vápencovo-dolomitických horninách (vápence, dolomity), ktoré zaberajú 38,3% územia. Vyskytujú sa prevažne v južnej polovici územia, zasahujú však aj do severnej časti nad nivou Hrona. Ďalej sa vyskytujú štrkovito-hlinité deluviálne sedimenty (16,45%) vyskytujúce sa na celom území a hlinité zvetraliny až hlinito-kamenité suty na pieskovcovo-zlepenkových horninách (pieskovce, zlepence, bridlice, kremence...), ktoré zaberajú 15,71% a nachádzajú sa prevažne vo vyšších polohách. Štrkovito-hlinité až štrkovité nívne sedimenty, ktoré zaberajú 15,31% rozlohy územia, prechádzajú strednou časťou územia, pozdĺž rieky Hron a zasahujú aj do oblasti jeho prítokov.

Pôdy

Pôdny typ a subtyp

Najrozšírenejším pôdnym subtypom je rendzina typická, ktorá zaberá 36% a vyskytuje sa v rámci celého územia. Druhým najzastúpenejším pôdnym subtypom je kambizem rendzinová (18,23%), ktorá sa vyskytuje prevažne v južnej polovici územia. Kambizem pseudoglejová (10,90%) sa vyskytuje v severovýchodnej časti. Fluvizem glejová a fluvizem typická sú celkovo rozšírené na 17% územia, v blízkosti vodných tokov.

Skeletnosť a hĺbka pôdy

Prevažnú časť územia (85%) zaberajú stredne skeletnaté pôdy. Slabo skeletnaté pôdy zaberajú takmer 15% územia. Silne skeletnaté pôdy sa takmer nevyskytujú (menej než 0,01%). Z hľadiska hĺbky pôdy prevažujú stredne hlboké pôdy (77%). Hlboké pôdy sa vyskytujú v zastúpení 15% v nívnych oblastiach. Najrozšírenejšou kombináciou sú stredne skeletnaté, stredne hlboké pôdy.

Zrornosť pôdy

Prevládajú pôdy ílovito-hlinité (62,49%) a hlinité 36,61%. Piesočnato-hlinité pôdy majú zastúpenie len minimálne (0,90%).

Biotické pomery

Fyto geografické členenie

Podľa FUTÁKA (1980) patrí riešené územie do oblasti Západokarpatskej flóry (*Carpathicum occidentale*), obvod predkarpatskej flóry (*Prae-carpathicum*) časť Slovenské rudohorie a do obvodu flóry vysokých (centrálnych) Karpát (*Eucarpathicum*) časti Nízke Tatry.

Potenciálna prirodzená vegetácia

V riešenom území sa vyskytujú nasledovné spoločenstvá potenciálne prirodzenej vegetácie: jaseňovo-breštovo-dubové lesy v povodiach veľkých riek (tvrdé lužné lesy), karpatské dubovo-hrabové lesy, nátržníkové dubové lesy, bukové a jedľovo-bukové lesy, bukové lesy na vápencoch a dolomitoch, karpatské reliktné borovicové lesy (MAGLOCKÝ, 2002).

Živočíšstvo

V rámci zoogeografického členenia – terestrický biocyklus, k. ú. obce Slovenská Lupča zaradujeme do provincie listnatých lesov, podkarpatského úseku (JEDLIČKA, KALIVODOVÁ, 2002). Z hľadiska limnického biocyklu územie môžeme zaradiť do stredoslovenskej časti podunajského okresu Pontokaspickej provincie (HENSEL, KRNO, 2002).

Výskyt nasledujúcich druhov živočíchov bol zistený v rámci terénneho prieskumu v období od 15. 6. 2013 do 30. 9. 2013 a z dostupných informácií z Národného parku Nízke Tatry (www.napant.sk)

Vzhľadom na viaceré chránené územia v k. ú. obce Slovenská Lupča, je územie bohaté na chránené živočíchy. vzácne druhy hmyzu a iného drobného živočíšstva, ale i veľké cicavce, vzácne šelmy a početné vtáctvo.

Z obojživelníkov je najbežnejším druhom skokan hnedý (*Rana temporaria*), ropucha bradavičnatá (*Bufo bufo*), salamandra škvrnitá (*Salamandra salamandra*) a kunka žltobruchá (*Bombina variegata*).

Na území sa vyskytujú významní zástupcovia hmyzu ako priadkovec trnkový (*Eriogaster catax*), ohniváčik veľký (*Lycaena dispar*), kováčik fialový (*Limoniscus violaceus*), roháč obyčajný (*Lucanus*

cervus), fuzáč veľký (*Cerambyx cerdo*), pižmavec hnedý (*Osmoderma eremita*), fúzač alpský (*Rosalia alpina*).

Z vtákov sa vyskytujú žltouchvost lesný (*Phoenicurus phoenicurus*), brhlík lesný (*Sitta europaea*) muchárík bielookrý (*Ficedula albicollis*) a muchárík červenohrdlý (*Ficedula parva*), bocian biely (*Ciconia ciconia*).

Z cicavcov sa vyskytujú srnec lesný (*Capreolus capreolus*), zajac poľný (*Lepus europeus*), vydra riečna (*Lutra lutra*) veverka stromová (*Sciurus vulgaris*), liška hrdzavá (*Vulpes vulpes*). Z netopierov podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*), netopier obyčajný (*Myotis myotis*), uchaňa čierna (*Barbastella barbastellus*) a netopier veľkouchý (*Myotis bechsteini*). Častý je výskyt medveďa hnedého (*Ursus arctos*), ktorý bol pozorovaný v severovýchodnej časti územia

Súčasná krajinná štruktúra a biotopy

Riešené územie má prevažne lesnatý charakter, kde lesné pozemky zaberajú viac ako 60% rozlohy územia. Druhou najrozšírenejšou triedou SKŠ sú trvalé trávne porasty, z ktorých sa najčastejšie vyskytujú intenzívne využívané lúky. Rozšírená je tiež veľkoblková orná pôda, ktorá zaberá takmer 10%. Okrem spomínaných prvkov a tried sa vyskytujú aj ďalšie kategórie s nižším zastúpením, ktoré sú bližšie rozpisané v práci PONDELÍK (2014). Spolu bolo identifikovaných 74 prvkov SKŠ v rámci 13 tried. Súčasnú krajinnú štruktúru dokumentuje obr. 1 v prílohách.

V rámci terénneho prieskumu boli v záujmovom území vyčlenené nasledovné typy biotopov (STANOVÁ, VALACHOVIČ, 2002): podhorské jelšové lužné lesy (*Alnenion glutinoso-incanae*), dubovo-hrabové lesy karpatské (*Carici pilosae-Carpinionion*), lipovo-javorové lesy (*Tilio-Acerion*), bukové a jedľovo-bukové kvetnaté lesy (*Eu-Fagenion*), bukové kyslomilné lesy podhorské (*Luzulo-Fagenion*), vápnomilné bukové lesy (*Cephalothero-Fagenion*), vrbovo-topoľové lužné lesy (*Salicion albae*), nížinné krovinné vrbiny (*Salicion triandrae*), mokradňové vrbové kriačiny (*Salicion cinerariae*) trnkové kriačiny (*Ligustro-Prunetum*), trnkové leštiny (*Pruno-Coryletum*), xerothermné travinno-bylinné biotopy na vápencoch a dolomitoch (*Cirsio-Brachypodium pinnati*), ovsíkové lúky nížinné a podhorské (*Arrhenatherion elatioris*), mätonohové pasienky (*Lolio-Cynosurenion*), rašeliniská a slatiny (*Caricion davallianae*), prameniská na vápencoch a mylonitoch (*Lycopodium-Crtoneurion commutati*).

Pozitívne prvky a javy

V rámci projektov ÚSES majú socioekonomické javy (SEJ) zvláštne postavenie, pretože na jednej strane podporujú a na druhej strane ohrozujú ekologickú stabilitu územia. Pozitívne prvky a javy v krajine podporujú fungovanie ÚSES, vyplývajú z ochrany prírody, prírodných zdrojov a kultúrnych pamiatok. Mapujú sa tiež ekologicky významné krajinné prvky bez legislatívnej ochrany. V riešenom území boli zaznamenané legislatívne vymedzené prvky – chránené územia. Pozitívne prvky v sledovanom území reprezentujú:

- Chránené územia – ochranné pásmo NAPANT, NPR Príboj, PR Mackov Bok, PR Šupín, PP Lupčiansky skalný hribe, z územia NATURA 2000 – ÚEV Mackov bok, ÚEV Mackov bok – doplnok (Lúky za hradom, Pahorok), ÚEV Príboj, ÚEV Šupín, ÚEV Alúvium Hrona, chránené dreviny – Duby pri zámku, Korvínova Lipa.
- Prvky ÚSES v spracovaných dokumentoch – RBc Plavno-Šupín, RBc Lúky za hradom, RBc Mackov bok, RBc Príboj, NRbK Hron a RBk Ďumbierske Nízke Tatry-Lúky za hradom – Zelenovo.
- Významné krajinné prvky – k významným krajinným prvkom v riešenom území patria brehové porasty Hrona a všetkých jeho prítokov, ktoré tvoria v krajine nezastupiteľnú funkciu. Najvýznamnejšie geomorfologické a geologické útvary, ktoré patria k významným krajinným prvkom sú chránené napr. Lupčiansky skalný hribe.
- Genofondovo významné lokality – Lupčiansky skalný hribe, Mackov Bok, Podkonice – Gačiny, Slovenská Lupča – za hradom, Slovenská Lupča – penovcové pramenisko, Slovenská Lupča – pri ceste a Slovenská Lupča – Pahorok. Priradili sme sem tiež lokality s výskytom chránených druhov flóry a fauny, ktorých výskyt bol zaznamenaný počas terénneho prieskumu.
- Lesné biotopy všetkých kategórií, ktoré plnia v území mnoho funkcií, sú významné ekostabilizačné prvky, predstavujúce potenciálne biocentrá lokálneho významu.
- Nelesná drevinová vegetácia (NDV) (skupinová NDV prirodzeného charakteru, líniová NDV prirodzeného charakteru, umelého charakteru a brehové porasty), plniace tiež významné ekologické a environmentálne funkcie. NDV predstavuje významné ekostabilizačné prvky, biokoridory a interakčné prvky miestneho významu;
- Trvalé trávne porasty, z ktorých boli do pozitívnych prvkov vybrané extenzívne využívané lúky a pasienky ako aj mozaiky lúk a NDV.

- Ochrana lesných zdrojov – väčšina lesných porastov je zaradená do kategórie lesov ochranných.
 - Ochrana vodných zdrojov – v území sa vyskytujú vodohospodársky významné toky – Hron, Lupčica, Driekyňa, ochranné pásmo vodného zdroja Ľadová studňa 2. stupňa a ochranné pásmo vodného zdroja Lupčica – Priechod.
 - Ochrana nerastného bohatstva – chránené ložiskové územie „Slovenská Lupča – dekoračný kameň – vápenc“ sa nachádza vo juhovýchodnej časti územia, v povodí potoka Driekyňa.
 - Ochrana pamiatkového fondu – Hrad v Slovenskej Lupči (Lupčiansky hrad) sa nachádza vo východnej časti územia. Zaradili sme sem tiež archeologické nálezisko – Kláštorisko nachádzajúce sa v strednej časti územia.
- Pozitívne prvky a javy dokumentuje obr. 2 v prílohách.

Negatívne prvky a javy

Jedná sa o socioekonomické javy vyplývajúce z aktivít a zámerov človeka v krajine, ktoré znižujú ekologickú stabilitu územia. Z hľadiska negatívnych faktorov môžeme k.ú. Slovenská Lupča považovať za stredne zaťažené územie. Dôvodom zaťaženia je hlavne priemyselný areál v západnej časti územia, ktorý spôsobuje znečistenie ovzdušia ako aj rieky Hron.

Primárne stresové faktory:

- Priemyselné areály nachádzajúce sa v západnej časti územia. Prevažnú časť priemyselného areálu zaberajú Biotika, a.s., Evonik Fermas s.r.o. a Grand Power s.r.o.
- Energovody a produktovody – do tejto skupiny boli zaradené elektrické pásma vysokého napätia prechádzajúceho z východnej časti na západ a juh. Tiež plynovod tiahnucci strednou časťou územia.
- Dopravné objekty – ako významná bariéra pre migrujúce živočíchy pôsobí silno zaťažená cesta I. triedy Banská Bystrica – Brezno, ktorá tiež spôsobuje znečisťovanie okolia exhalátmi. Na území sa nachádza cesta III. triedy tiahnuca severne od priemyselného areálu v časti Priboj cez obec Slovenská Lupča, ktorá smeruje do obcí Moštenica a Lučatín. Ďalšia cesta III. triedy vedie severne od centra obce Slovenská Lupča do obce Podkonice. Boli sem zaradené tiež železničné trasy a plochy vedúce pozdĺž cesty I. triedy.
- Poľnohospodárske objekty a areály – v riešenom území sa vyskytujú areály poľnohospodárskych podnikov, ktoré sa venujú prevažne živočíšnej výrobe – chovu oviec a hovädzieho

dobytky. Negatívnym faktorom je šírenie pachu, vzhľadom na blízkosť intravilánu a tiež riziko znečistenia podzemných a povrchových vôd. Poľnohospodársky podnik Hiadlovský sa vyskytuje v blízkosti vodohospodársky významného toku Lupčica a tiež v blízkosti mokrade. Hrozí znečisťovanie podzemných ako aj povrchových vôd. Ďalší poľnohospodársky podnik sa nachádza vo východnej časti územia, kde jeho činnosť ohrozuje blízku slatinú lúku a Moštenický potok, ktorý lemuje hranicu k.ú. Slovenská Lupča. Poľnohospodársky podnik nachádzajúci sa v blízkosti ÚEV č. 1303 Alúvium Hrona predstavuje taktiež riziko z hľadiska znečistenia vôd. Areál chovu koní WAVOHORSES s.r.o. bol taktiež zaradený medzi rizikové, z dôvodu odstráneného vegetačného krytu, čo zvyšuje erózne ohrozenie. Ďalšími rizikovými prvkami sú poľné hnojiská. V k.ú. Slovenská Lupča sa vyskytuje intenzívne využívaná veľkobloková orná pôda, kde sa pestuje prevažne kukurica. Tiež sa vyskytujú intenzívne využívané lúky a pasienky. Boli zaradené taktiež záhradkárske osady, z dôvodu rizika šírenia invázných druhov. Záhrady taktiež predstavujú negatívny prvok z dôvodu oplotenía, ktoré tvorí bariéru pre migráciu zveri.

- Lesohospodárske objekty a areály – do tejto kategórie boli zaradené prevažne lesné škôlky.
- Sídelné areály – intravilán – plochy nízkopodlažnej zástavby situované v centrálnej časti riešeného územia.
- Rekreačné a športové areály – patrí sem chatová osada, vyskytujúca sa v doline Suchá Driekyňa.
- Cintorín na okraji obce, ktorý má prevažne spevnený povrch a minimum vegetácie, ďalej prídomové záhrady, z dôvodu rizika šírenia invázných druhov a z dôvodu oplotenía. Do tejto kategórie patrí aj lyžiarsky svah v časti Švarca a vodácky tábor – Lodenica na mlynčeku vo východnej časti územia.
- Ostatné prvky – neúžitky, rekultivovaná skládka, v severnej časti, na hranici s k.ú. Podkonice, na ktorej je možné vidieť zvyšky stavebného odpadu a tiež lomy vyskytujúce sa na celom území, ktoré sa už nevyužívajú na ťažbu, avšak slúžia ako nelegálne skládky, prípadne skladové areály. Tiež sem bolo zaradené nelegálne pieskovisko neďaleko poľnohospodárskeho družstva Hiadlovský.

Sekundárne stresové faktory:

- Za zdroj znečistenia ovzdušia môžeme považovať areály závodov Biotika, a.s. a Evonik Fermas s.r.o. – výroba prísad do krmív.

- Znečistenie vôd – závod Biotika, a. s. stál v minulosti viackrát za znečistením rieky Hron, ktorá však bola v minulosti znečisťovaná aj ďalšími priemyselnými prevádzkami nachádzajúcimi sa v blízkosti vyšších častí toku.
- Pásma hygienickej ochrany a bezpečnostné pásma – ochranné pásmo (ďalej len OP) ciest I. triedy (od osi krajného pruhu) 50 m, OP ciest III. triedy od osi komunikácie 20 m, OP železničnej trate 60 m, OP 400 kV vzdušných vedení od krajného vodiča 25 m, OP VTL plynovodu 8 m, OP cintorína 50 m, OP živočíšnej produkcie (družstvá) 150 m.
- Prírodné stresové faktory – v rámci prírodných stresových faktorov sme identifikovali nasledovné hrozby:
 - potenciálna plošná vodná erózia – hlavne v dôsledku prevažujúcich vysokých kategórií sklonu dosahujú hodnoty potenciálnej erózie extrémne limity. Potenciálne ohrozená je najmä časť Driekyňa, ale aj ostatné časti v celom území s vyšším sklonom. Maximálne hodnoty odnosu pôdy by dosahovali 1063 t/ha/rok.
 - reálna plošná vodná erózia – z hľadiska ohrozenia reálnou plošnou vodnou eróziou nie je väčšina územia ohrozená (takmer 90%). Nízko erózne ohrozené je na 8,57% územia, čo znamená odnos od 1 do 10 t/ha/rok. Nízko erózne ohrozená je väčšina ornej pôdy. 1,73 % územia (55 ha) je stredne erózne ohrozené (10–50 t/ha/rok). Jedná sa o veľkoblokovú ornú pôdu, prevažne na svahovitejších plochách (napríklad v časti Zalužie), ale aj na plochách s nižším sklonom (Istebník), kde je limitným prvkom dĺžka svahu. Vysoko erózne ohrozených je len 0,11 ha a to len v jednej lokalite, v časti Zabrež.
 - svahové deformácie – v riešenom území sa podľa Územného plánu obce Slovenská Ľupča (2011) vyskytujú svahové deformácie v časti Za horkou a v časti za Hrbkami.

Priestorové vyjadrenie negatívnych prvkov a javov dokumentuje obr. 3 v prílohách.

Syntézy prvotnej krajinej štruktúry

Abiokomplexy a reprezentatívne potenciálne geoeosystémy

Prehodnotené a upravené informácie o prvotnej krajinej štruktúre týkajúce sa georeliéfu, geologicko-substrátového komplexu a pôdneho typu, hĺbky, skeletovitosti a zmitosti pôdy boli syntetizované metódou postupnej superpozície s využitím georeliéfu ako vedúceho prvku. Prekryvom uvedených analytických máp abiotických prvkov sme

vyčlenili 250 typov abiokomplexov. Podkladmi pre identifikáciu reprezentatívnych potenciálnych geoeosystémov (REPGES) boli morfograficko-polohový typ reliéfu, geologicko-substrátový komplex, pôdny typ a potenciálna prirodzená vegetácia. Kombináciou uvedených podkladov bolo identifikovaných 144 kombinácií REPGES. Priestorové rozmiestnenie abiokomplexov, jednotlivé typy ABK ako aj REPGES sú uvedené v práci PONDELÍK (2014).

Hodnotenie ekologickej stability

Vypočítaná hodnota K_{ES} pre k.ú. Slovenská Ľupča má hodnotu 3,58 čo znamená, že ide o krajinu s vysokou ekologickou stabilitou. Vysoká hodnota K_{ES} vyplýva zo skutočnosti, že prevažujúcim prvkom krajinej štruktúry sú v súčasnosti lesy, ktoré majú vysoký význam z hľadiska ekologickej stability ($S_{SKSi} = 4-5$). Tabuľka s priradenými hodnotami S_{SKSi} , teda stupňom stability pre každý prvok SKŠ je uvedená v práci PONDELÍK (2014).

Návrhy prvkov MÚSES

V rámci návrhov kostry MÚSES pre kataster obce Slovenská Ľupča bolo vyčlenených 17 existujúcich prvkov ÚSES: 4 biocentrá regionálneho významu, 1 nadregionálny hydricko-terestrický biokoridor, 1 terestrický biokoridor regionálneho významu – premietnuté z projektu aktualizovaného regionálneho ÚSES (SAŽP, 2006), 2 biocentrá miestneho významu, 2 hydricko-terestrické biokoridory miestneho významu, 7 interakčných prvkov miestneho významu. Ďalej bolo navrhnutých 8 nových ekostabilizačných prvkov s protieróznou funkciou a 5 vyčlenených lokalít s protieróznym obrábaním pôdy (trvalé trávne porasty). Návrh kostry MÚSES a návrh ekostabilizačných prvkov dokumentuje obr. 4 v prílohách.

ZÁVER

V návrhoch projektu miestneho ÚSES pre k.ú. Slovenská Ľupča boli existujúce biocentrá a biokoridory regionálneho významu doplnené o dva biokoridory miestneho významu (MBk Driekyňa a MBk Istebník) a dve biocentrá miestneho významu (MBc Dúbrava a MBc Pahorok), ktoré predstavujú suchomilné travinnobylinné spoločenstvá s výskytom viacerých vzácnych druhov. Návrhom ekostabilizačných opatrení bola zvýšená funkčnosť prvkov miestneho ÚSES a boli stabilizované plochy, na ktorých hrozilo zvýšené riziko erózie pôdy.

ÚSES, resp. jeho časti, sa prienikom do zákonov stali dôležitým momentom integrovaného

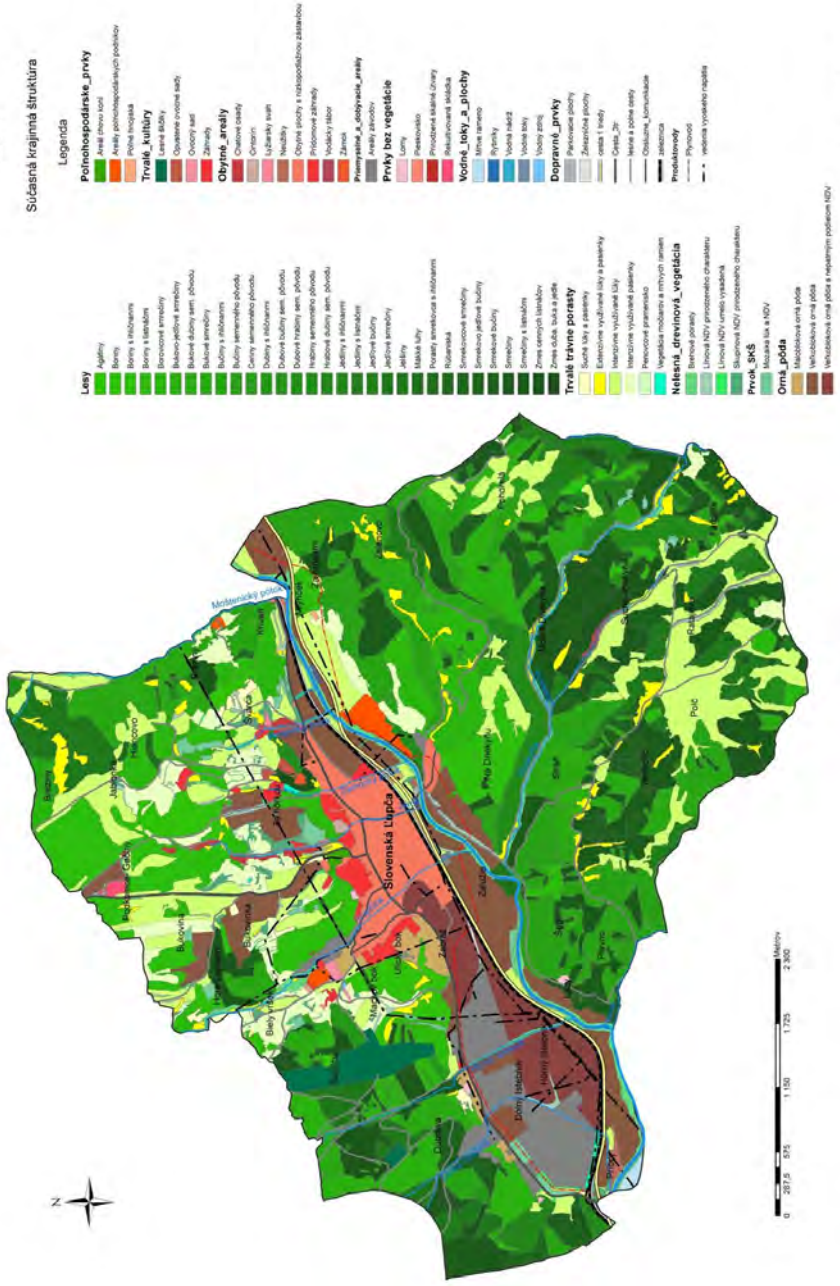
manažmentu krajiny. ÚSES je záväzným regulatí-
vom pre územno-plánovacia dokumentácia aj povin-
nou súčasťou projektov pozemkových úprav. Musia
s ním pracovať vodné plány, programy starostlivosti
o chránené územia či dokumentácia v procese EIA.
Príspevok predstavuje metodiku projektu miestneho
ÚSES na príklade katastra obce Slovenská Ľupča,
ktorý by bol aplikovateľný po určitých špecifických
doplňkoch, vo všetkých inštitucionálnych nástrojoch
integrovaného manažmentu krajiny, pre ktoré je
ÚSES kľúčovým prvkom.

LITERATÚRA

- BANI, L., BAIETTO, M., BOTTONI, L., MASSA, R.,
2001: Theuseoffocalspecies in designinga habitat-
networkfor a lowlandarea of Lombardy, Italy. Con-
servation Biology 16: 826 – 831
- BUČEK, A., LACINA, J., 1993: Harmonická kultúrná
krajina venkova. In: Obnova venkovské krajiny. Ve-
ronica, 4. zvláštnivydání. p. 5 – 15
- DIVIAKOVÁ, BELAŇOVÁ, 2013: Územný systém
ekologickej stability. Praktikum. TU vo Zvolene, 88
pp., ISBN 978-80-228-2585-6
- FUTÁK, J., 1980. Fyto geografické členenie Slovenska.
In Atlas SSR, SAV, Bratislava, p. 80
- HENSEL, K., KRNO, I., 2002. Zoogeografické člene-
nie: Limnický biocyklus, 1:2 000 000. In: Atlas
krajiny Slovenskej republiky, MŽP SR Bratislava,
Esprit spol. s. r. o., Banská Štiavnica, p. 118
- IZAKOVIČOVÁ, Z. et al., 2000. Metodické poky-
ny na vypracovanie projektov regionálnych ÚSES
a miestnych ÚSES. Združenie krajiny 21, Bratislava
- JEDICKE E., 1994: Biotopverbund – Grundlagenund-
MassnahmeneinerneuenNaturstrategie. Verlag Eu-
gen Ulmer, Stutgard, 287 pp
- JEDLIČKA, L., KALIVODOVÁ, E., 2002. Zoo-
geografické členenie: Terestrický biocyklus, 1:2
000 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky,
MŽP SR Bratislava, Esprit spol. s. r. o., Banská
Štiavnica, p. 118
- LAMMERS, G. W., ZADELHOFF, F. J., 1996: The
Dutch national ecological network. Pages 101 – 113
in P. Nowicki, G. Bennett, D. Middleton, S. Rient-
jes, and R. Wolters, editors. Perspectives on ecolog-
ical networks. ECNC Publications Series on Man
and Nature, Volume 1. European Centre for Nature
Conservation, Tilburg, The Netherlands
- LÖW, J. et al., 1995. Rukovet' projektanta místního
ÚSES. Doplněk Brno, 124 pp.
- MAGLOCKÝ, Š., 2002: Potenciálna prirodzená vegetá-
cia, mapa 1:500.000. In: Miklós, L., et al., 2002: At-
las krajiny Slovenskej republiky. 1. vyd. Bratislava,
MŽP SR, Banská Bystrica, SAŽP: map 87.
- MALÍK, P., BAHNOVÁ, N., IVANIČ, B., KOČICKÝ,
D., MARETTA, M., ŠPILÁROVÁ, I., ŠVASTA,
J., ZVARA, I. (2011): Komplexná geologická infor-
mačná báza pre potreby ochrany prírody a manaž-
mentu krajiny. Záverečné správy + prílohy, Bratisla-
va : MŽP SR, ŠGÚDŠ.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M., 1986. Geomorfologické
členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. Slovenská
kartografia, Bratislava
- MIKLÓS, L., 1986. Stabilita krajiny v ekologickom ge-
nereli SSR. Životné prostredie, Vol. 20, č. 2, ÚKE
SAV Bratislava, p. 87 – 93
- MIKLÓS, L., DIVIAKOVÁ, A., IZAKOVIČOVÁ, Z.
2011. Ekologické siete a územný systém ekologic-
kej stability. Zvolen: Technická univerzita vo Zvole-
ne, 2011. 141 pp., ISBN 978-80-228-2305-0
- MIKLÓS, L., IZAKOVIČOVÁ, Z., 1997. Krajina ako
geosystém. VEDA, SAV, Bratislava, 152 pp.
- NÁRODNÝ PARK NÍZKE TATRY, www.napant.sk
- PAUDITŠOVÁ, E., REHÁČKOVÁ, T., RUŽIČKOVÁ,
J. Metodický návod na vypracovanie miestneho
územného systému ekologickej stability. In Acta
Environmentalica Universitatis Comenianae (Brati-
slava), Vol. 15, 2(2007): p. 61 – 82, ISSN 1335-0285
- PONDELÍK, R., 2014. Návrh projektu Miestneho úze-
mného systému ekologickej stability pre kataster obce
Slovenská Ľupča (diplomová práca), Zvolen, 70 pp.
- RUŽIČKA, M., MIKLÓS, L., 1982. Landscape Ecolog-
ical Planning (LANDEP) in the Process of Terri-
torial Planning. Ekologia (CSSR), Bratislava, 1:3,
p. 297 – 312
- RUŽIČKOVÁ, H. et al., 1996. Biotopy Slovenska. Ústav
krajinnej ekológie SAV, Bratislava, 192 pp.
- SAŽP, 2006. Aktualizácia prvkov regionálneho ÚSES
pre okres Banská Bystrica. SAŽP- Centrum envi-
ronmentálnej výchovy a propagácie, Banská By-
strica
- SMITH D., HELLMUND P. C. ET AL., 1993: Ecology
of Greenways, Design and function of linear con-
servation areas, University of Minesota Press, USA,
222 pp.
- STANOVÁ, V., VALACHOVIČ, M., 2002. Katalóg bio-
topov Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej
ekológie, Bratislava, 225 pp.
- ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA,
www.geology.sk
- VALKOVIČ, P., 2011. Územný plán obce Slovenská
Ľupča. TRIA projekčný atelier, Banská Bystrica,
109 pp
- Vyhľadka Ministerstva životného prostredia SR č.
24/2003 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 543/2002
Z. z. o ochrane prírody a krajiny
- Vyhľadka Ministerstva životného prostredia SR č.
492/2006 Z. z., ktorou sa mení a doplňa vyhládka
MŽP SR č. 24/2003 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon
č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny
- VÝSKUMNÝ ÚSTAV PÓDOZNALECTVA A OCHRA-
NY PŮDY, www.podnemapy.sk
- WISCHMEIER, W. H., SMITH D. D., 1978. *Predicting
Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation
Planning.* Agriculture Handbook No. 537. USDA/
Science and Education Administration, US. Govt.
Printing Office, Washington, DC. 58 pp.

Mapa č.9

Súčasná krajinná štruktúra



Autor: Bc. Radovan Pondelík

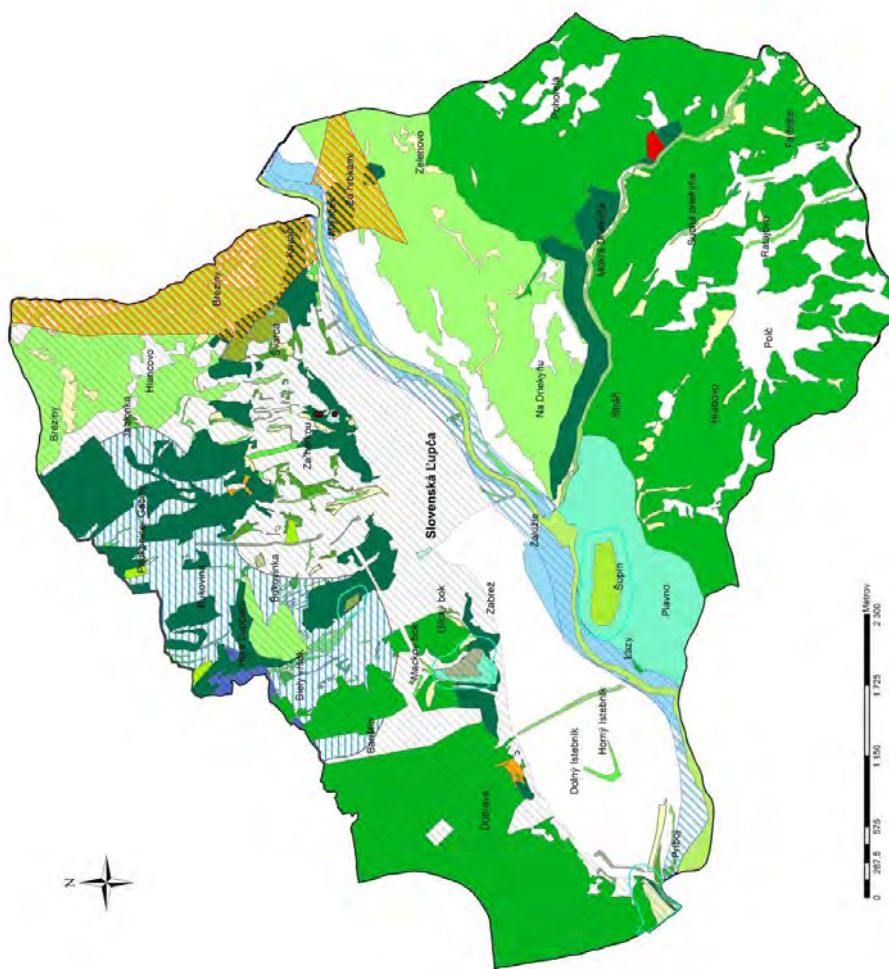
Obr. 1 Súčasná krajinná štruktúra k. ú. Slovenská Ľupča

Mapa č. 10

Pozitívne prvky a javy

Legenda

- CHU**
- NPR Práboj
- PP Lupčiansky skálny hrd
- PR (UEV) Mäčov bok
- PR Šupín
- UEV Altvann-Hrota
- UEV Mäčov bok - doplnok
- UEV Mäčov bok - doplnok 2
- OP NP
- OP CHU
- RUSES**
- G Podence - Gabry
- G - Mäčov bok
- G - Prábojok pri Slovenskej Lupči
- G - Slovenská Lupča - perennová pramenisko
- G - Slovenská Lupča - pri osade
- G - Lupčiansky skálny hrd
- NBR Heon
- RBC LNY za hradbom Slovenská Lupča (G)
- RBC Mäčov bok
- RBC Planno - Šupín
- RBC Práboj
- RBA Dombarske Nižie Tľavy-LNY za hradbom Zeleného Chrástenskú
- Chránená krajina
- Chránená územná jednotka
- Chránená územná jednotka
- Chránená územná jednotka
- Chránená územná jednotka
- Kategórie lesa**
- I hospodárske
- Úblyové
- Ochranné
- Pamiatkové
- NDV**
- Bielové porasty
- Linové NDV prirodzeného charakteru
- Linové NDV umelo vysadené
- Skupinové NDV prirodzeného charakteru
- Významné TTP**
- Významné TTP



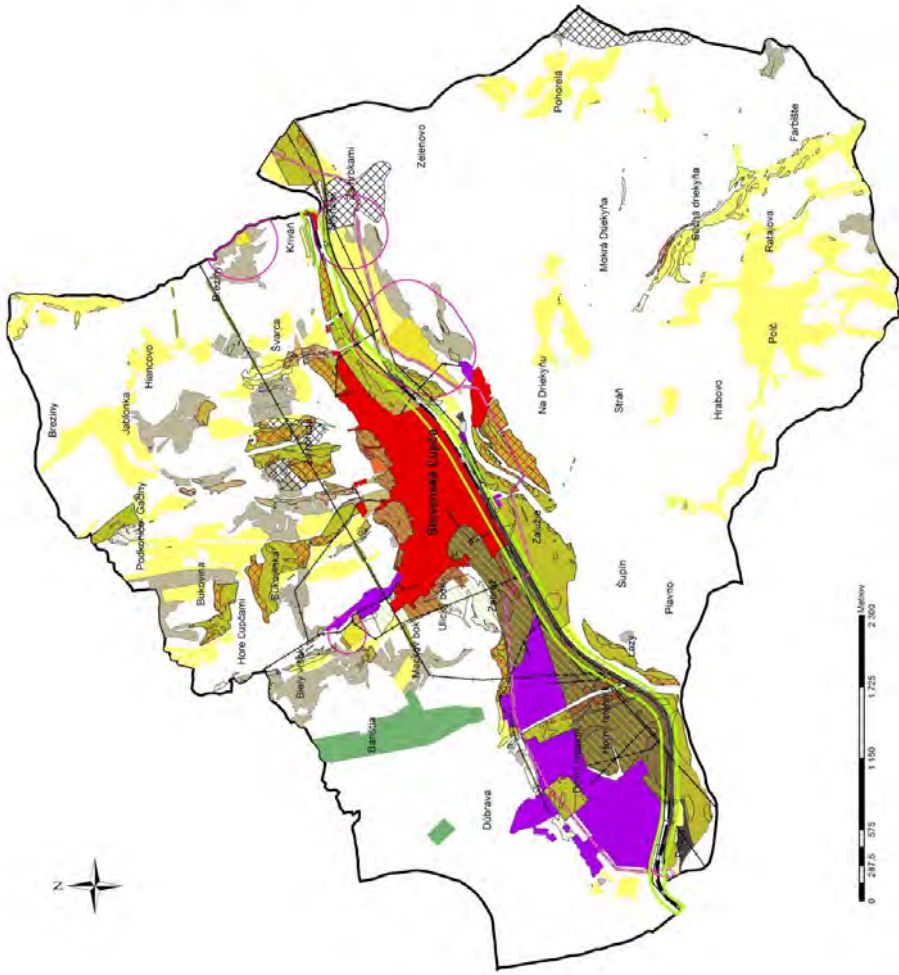
Obr. 2 Priestorová syntéza pozitívnych prvkov a javov k. ú. Slovenská Lupča

Autor: Bc. Radovan Pondělík

Mapa č. 13

Negatívne prvky a javy

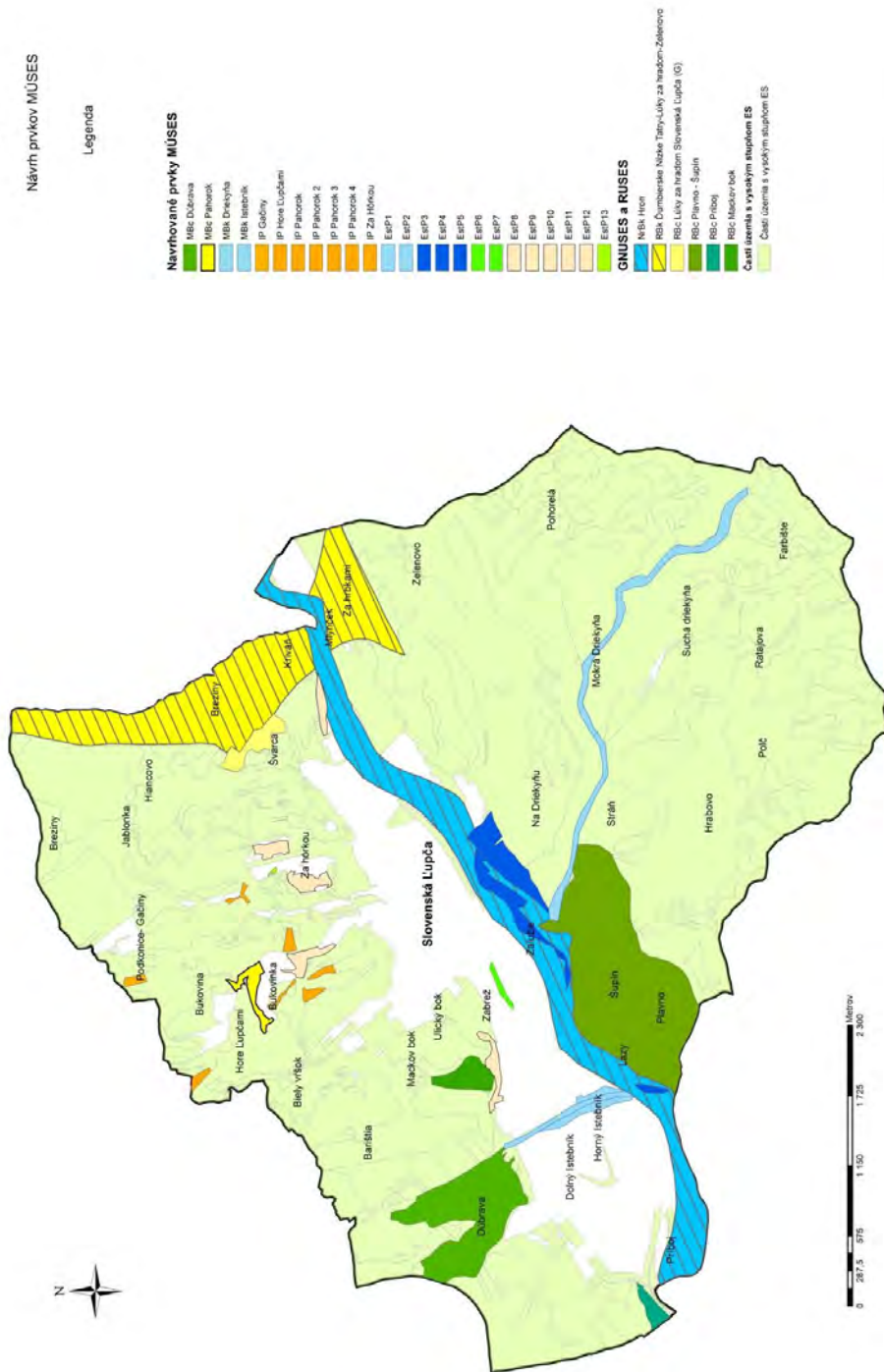
Legenda



Obr. 3 Priestorová syntéza negatívnych prvkov a javov k. ú. Slovenská Lupča

Autor: Bc. Radoslav Pండelik

Mapa č. 17
Návrh prvků MÚSES



Autor: Bc. Radovan Pondělík

Obr. 4 Návrh kostry MÚSES a ekostabilizačních opatření v k. ú. Slovenská Lupča

ORGANICKÁ HMOTA A JEJ VZŤAH K SORPCIÍ PÔDY PRI RÔZNYCH SPÔSOBOCH HOSPODÁRENIA VO VINOHRADE POČAS EXTRÉMNE VLHKÉHO ROKU

VLADIMÍR ŠIMANSKÝ

Katedra pedológie a geológie, FAPZ, SPU, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Vladimír.Simansky@uniag.sk

ABSTRACT

Šimanský V: **Soil organic matter and their relationship to the sorption capacity under different soil management in a vineyard in an extremely humid year**

Soil organic matter and their relationships to the sorptive capacity of the soil under different soil management practices in a productive vineyard were evaluated. In 2006, an experiment of the different management practices in a productive vineyard was established in Rendzic Leptosol in the Nitra-Dražovce locality. During the year 2010, the soil samples were taken from following treatments: 1. O – (tillage), 2. O+MH (tillage+farmyard manure), 3. TTP (grass without fertilization), 4. TTP+NPK3 (grass + 3rd degree of fertilization intensity for vine), and 5. TTP+NPK1 (grass + 1st degree of fertilization intensity for vine). Obtained results showed that intensive cultivation inter-rows of vine (by 23 %), as well as application of farmyard manure (by 24 %) had effect on increase of fulvic acids in comparison to TTP treatment. In O and O+MH the highest values of carbon lability and index lability were observed. Statistical significant linear trend of decrease in index lability were observed in O+MH ($R^2 = 0.346$; $P \leq 0.05$) and in TTP+NPK1 ($R^2 = 0.428$; $P \leq 0.05$). Overall, the lowest value of carbon pool index was determined in O treatment. The sum of basic cations (by 37 %), cation exchange capacity (by 36 %), and sorption capacity of soil organic matter (by 25 %) decreased with higher doses of fertilization in comparison to TTP. During 2010, the values of sorption capacity of soil organic matter decreased (linear trend) in the following order: O > O+MH > TTP+NPK1. Higher content of extracted humic substances was reflected in higher the sorption capacity of soil organic matter, however, this effect was statistically confirmed in increasing content of extracted fulvic acids.

Keywords: sorption capacity of soil organic matter, vineyard, farmyard manure, fertilization

ÚVOD

Organická hmota pôdy predstavuje dynamic-ký viaczožkový materiál, rôzneho veku, ktorý je tvorený zvyškami rastlín a živočíchov, biomasou mikroorganizmov, koreňovými exsudátmi, humusovými látkami s rozdielnou dĺžkou rozkladu a to od niekoľkých hodín, dní až tisícročí (SEMENOV *et al.* 2013). Samotná organická hmota má v pôde nezastupiteľnú úlohu s množstvom funkcií, pričom jednou z najdôležitejších je práve jej sorpčná kapacita. S vyšším zastúpením organickej hmoty pôdy sa zvyšuje aj sorpčná schopnosť pôd (SZOMBATHOVÁ 2010), pričom organická hmota sa na celkovej sorpcii pôd môže podieľať v rozpätí od 20 do 70 % (LEHMANN 2007). Napríklad STEVENSON (1994) uviedol, že v humusových horizontoch je sorpcia

pôdy na 25–90% zabezpečená práve cez sorpciu samotnej organickej hmoty. ŠIMANSKÝ A POLLÁKOVÁ (2014) uviedli toto rozpätie v humusovom horizonte rendziny v intervale od 41 do 92%. Tieto hodnoty však boli zásadným spôsobom ovplyvnené aj spôsobom hospodárenia na pôde. Spôsob využívania resp. hospodárenia na pôde má značný vplyv na zmeny v obsahu a kvalite organickej hmoty pôdy (PULLEMAN *et al.* 2000). V posledných 60-tych rokoch vďaka nesprávnemu hospodáreniu na pôde a zlým využívaním pôd došlo k značnému poklesu organickej hmoty pôdy (DORAN 2002). Z klimatických faktorov, ktoré ovplyvňujú dynamiku organickej hmoty pôdy sú teplota a zrážky rozhodujúce. Vlhkosť v pôde značným spôsobom pôsobí na rozklad organickej hmoty (MASCHNER A KALBITZ 2003). MEERSMANS *et al.* (2008) zistili

pozitívnu korelačnú závislosť medzi vlhkosťou v pôde a obsahom organickej hmoty pôdy. Na druhej strane, pri zvyšovaní teploty dochádza k zintenzívňovaniu mineralizácie organickej hmoty v pôde (BARANČIKOVÁ *et al.* 2010). Ako bolo vyššie deklarované, manažment na pôde, ale aj klimatické faktory zásadným spôsobom ovplyvňujú zmeny v obsahu a kvalite organickej hmoty v pôde, čo môže mať za následok zmeny v jej sorpčnej schopnosti. Preto v tejto práci bolo kvantifikované a posúdené množstvo organickej hmoty a jej vzťah k sorpčnej schopnosti pôdy v rozdielnych spôsoboch hospodárenia v produkčnom vinohrade počas roku 2010. Rok 2010 bol z hľadiska úhrnu zrážok posúdený ako extrémne vlhký. Predpokladalo sa, že (1) sorpcia pôdy resp. samotná sorpcia organickej hmoty bude závisieť od množstva organickej hmoty v pôde, ktorá bude priamo závisieť od spôsobu hospodárenia, (2) sorpčná schopnosť pôdy, ale aj samotná sorpčná schopnosť organickej hmoty bude závisieť od formy organickej hmoty.

MATERIÁL A METÓDY

Lokalita s vinohradom, ktorý je predmetom tejto štúdie a sú na ňom založené od roku 2006 rozdielne spôsoby hospodárenia patrí do Nitrianskej vinohradníckej oblasti (nitriansky rájón). Pokusné miesto je umiestnené na svahu so sklonom do 5° s juhozápadnou orientáciou. Geologický substrát je tvorený mezozoickými sériami sedimentárnych hornín s prevahou kriedových, jurských a triasových vápencov. Pôdnym typom je rendzina kultizemná. Z hľadiska zrnitosti ide o stredne ťažký, piesočnato-hlinitý pôdny druh so stredným obsahom humusu ($H_m = 2,31\%$), plne nasýteným sorpčným komplexom ($96,8\%$) a slabou alkalickou pôdnou reakciou ($pH_{KCl} = 7,3$). Územie patrí do agro-klimatickej oblasti veľmi teplej s priemernou ročnou teplotou vzduchu $\geq 10^\circ\text{C}$ a priemerným ročným úhrnom zrážok 550 mm. Priemerná teplota a úhm zrážok za rok 2010 však boli $9,8^\circ\text{C}$ a 869 mm, čo podľa kritérií, ktoré vypracovali KOŽNÁROVÁ A KLABZUBA (2002) a porovnaniu voči dlhodobému priemeru (1961–2001) zodpovedá extrémne vlhkému roku.

Vo vinohrade boli založené a následne realizované tieto systémy hospodárenia:

1. O – intenzívne obrábanie: spracovanie pôdy v medziradoch viniča do hĺbky 0,25 m na jeseň a počas vegetačného obdobia viniča kyprenie do hĺbky 0,10 m,

2. O+MH – zapracovanie maštaľného hnoja: maštaľný hnoj v dávke $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ zapracovaný

v medziradoch viniča pri jesennom spracovaní pôdy do hĺbky 0,25 m, prvá aplikácia uskutočnená v roku 2005 a druhá v roku 2009,

3. TTP – nehnojený, neobrábaný variant: zatravnovaný rad a medzirad viniča. Nadzemná biomasa tráv je kosená (priemerne 3 krát) a ponechaná na povrchu pôdy ako mulč.

4. TTP+NPK3 – zatravnovaný rad a medzirad viniča, aplikované živiny vo forme hnojiva Duslofert Extra 14-10-20-7S, ktoré sa približovali odporúčaným dávkam na 3. intenzitu hnojenia viniča (FECENKO A LOŽEK 2000), pričom skutočné množstvá dodaných živín do pôdy boli nasledovné: $125 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$, $185 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$. Dávka hnojiva bola rozdelená nasledovne: prvá aplikácia – v rastovej fáze viniča pučanie a to $2/3$ z celkovej dávky, druhá aplikácia – v rastovej fáze kvitnutie viniča a to $1/3$ z celkovej dávky. Vytvorená nadzemná biomasa tráv je kosená (priemerne 3 krát) a ponechaná na povrchu pôdy ako mulč.

5. TTP+NPK1 – zatravnovaný rad a medzirad viniča, aplikované živiny vo forme hnojiva Duslofert Extra 14-10-20-7S, ktoré sa približovali odporúčaným dávkam na 1. intenzitu hnojenia viniča (FECENKO A LOŽEK 2000), pričom skutočné množstvá dodaných živín do pôdy boli nasledovné: $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$, $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$. Dávka hnojiva bola rozdelená nasledovne: prvá aplikácia – v rastovej fáze viniča pučanie a to $1/2$ z celkovej dávky, druhá aplikácia – v rastovej fáze kvitnutie viniča a to $1/2$ z celkovej dávky. Vytvorená nadzemná biomasa tráv je kosená (priemerne 3 krát) a ponechaná na povrchu pôdy ako mulč.

Pôdne vzorky boli odoberané vždy z rovnakého miesta, každý mesiac počas roku 2010 z hĺbky 0,25 m a z každého vyššie uvedeného spôsobu hospodárenia vo vinohrade. Vo vysušených a pred pripravených pôdnych vzorkách boli stanovené parametre sorpčného komplexu (suma bázičných katiónov, celková sorpčná kapacita) štandardnými metódami (FIALA *et al.* 1999). Sorpcia organickej hmoty bola stanovená z rozdielu celkovej sorpčnej kapacity v pôvodnej pôdnej vzorke a sorpčnej kapacity po odstránení organickej hmoty z pôdy (HRAŠKO *et al.* 1962). Z rozdielu medzi celkovým organickým uhlíkom a labilným uhlíkom bol vypočítaný uhlík nelabilný (C_{NL}). Podľa BLAIR *et al.* (1995) boli vypočítané: index lability (LI), index veľkosti zdroja uhlíka (CPI), index hospodárenia s organickým uhlíkom (CMI). Stanovené bolo aj skupinové zloženie humusových látok (KONONOVA A BELČIKOVA 1962).

Výsledky boli vyhodnotené použitím štatistického softwaru Statgraphics Centurion XV.I

(Statpoint Technologies, Inc., USA). Pre vyhodnotenie významnosti faktoru hnojenia na sledované parametre bola použitá jedno-faktorová analýza rozptylu, pričom priemerné hodnoty medzi variantmi boli posúdené LSD testom s minimálnou hladinou významnosti $P \leq 0,05$. Na zistenie dynamiky zmien pôdnej organickej hmoty a parametrami sorpcie pôdy počas roku 2010 bola použitá jednoduchá lineárna analýza.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Počas sledovaného obdobia (2010) boli hodnoty nelabilného uhlíka pomerne stabilné a spôsob hospodárenia nemal štatisticky významný efekt na ich zmeny (Tabuľka 1). Ako uviedol STEVENSON (1994), ale aj HAYNES (2005) stabilné formy organickej hmoty pôdy sa menia veľmi pomaly a ich obeh môže trvať od 250 do 3000 rokov. Štatisticky preukazné rozdiely v závislosti od spôsobu hospodárenia vo vinohrade, však boli zistené v zastúpení špecifických humusových látok. Intenzívna kultivácia medziradia vinohradu (O), ale aj zapracovanie maštaľného hnoja (O+MH) a sa prejavili zvýšením obsahu fulvokyselín o 23 % resp. o 24 % v porovnaní s kontrolou (TTP). Zapracovaný maštaľný hnoj v porovnaní s ostatnými variantmi hospodárenia vo vinohrade mal pozitívny vplyv na zvýšenie obsahu huminových kyselín, pričom tento efekt bol najvýraznejší v porovnaní s kontrolou (o 13 %).

Labilita uhlíka bola štatisticky významne ovplyvnená spôsobom hospodárenia vo vinohrade. Najvyššie hodnoty, ktoré indikujú aj najvyššie množstvo aktívneho uhlíka v labilnej forme boli vo

variante O a TTP+NPK3. Zistené potvrdilo skutočnosť, že či už pri intenzívnom obrábaní (ŠIMANSKÝ *et al.* 2008) resp. zapracovávaní vyšších dávok priemyselných hnojív (ŠIMANSKÝ A TOBIAŠOVÁ 2012) môže dochádzať k intenzívnejšej mineralizácii organickej hmoty. Hodnoty indexu lability (LI), indexu veľkosti zdroja uhlíka (CPI) a indexu hospodárenia s organickým uhlíkom (CMI), pomocou, ktorých sa dajú presnejšie a čo je veľmi dôležité, aj z krátkodobého pohľadu posúdiť zmeny v obsahu pôdnej organickej hmoty (VIERA *et al.* 2007; ŠIMANSKÝ A ZAUJEC 2009; POLLÁKOVÁ A KONÓPKOVÁ 2012) sú uvedené v tabuľke 1.

Hodnoty indexu lability boli v pozitívnej korelácii s indexom lability uhlíka ($r = 0,621$, $P \leq 0,001$, $n = 48$). Vyššie hodnoty LI poukazujú na to, že organická hmota pôdy je rýchlejšie rozložiteľná mikroorganizmami a naopak, so znižovaním hodnôt LI jej stabilita, teda odolnosť voči mikrobiálnemu rozkladu stúpa. Vyššie hodnoty LI boli vo variante, ktorý bol intenzívne obrábaný a v ktorom boli aplikované vyššie dávky NPK hnojiva, avšak rozdiely medzi spôsobmi hospodárenia neboli štatisticky významné. Na základe výsledkov získaných počas roku 2010 je zrejmy štatisticky preukazný lineárny pokles dynamiky hodnôt LI vo variante, kde bol aplikovaný maštaľný hnoj, ale aj variante s prvou intenzitou hnojenia vinohradov. V ostatných variantoch boli obsahy indexu lability pomerne rozkolísané a nebola zaznamenaná linearita ich poklesu, či nárastu (Tabuľka 2). Celkovo najnižšie priemerné hodnoty CPI boli zistené v medziradoch viniča, ktoré boli intenzívne obrábané. Tieto nízke hodnoty poukazujú na zvýšenie náchylnosti pôdy

Tab. 1 Parametre pôdnej organickej hmoty
Tab. 1 Parameters of soil organic matter

Spôsob hospodárenia	C _{NL}	FK	HK	L	LI	CMI	CPI
TTP	13326a	11,45a	13,81a	0,159a	–	–	–
O	12587a	14,12b	14,58ab	0,186b	1,17a	114,1a	0,98a
O+MH	13319a	1420b	15,55b	0,178ab	1,12a	114,3a	1,02a
TTP+NPK3	13104a	11,85a	13,85a	0,184b	1,17a	117,9a	1,01a
TTP+NPK1	13136a	11,37a	14,15ab	0,170ab	1,07a	117,7a	1,00a

O – intenzívne obrábanie, O+MH – zapracovanie maštaľného hnoja, TTP – zatravněný rad a medzirad viniča, TTP+NPK3 – zatravněný rad a medzirad viniča + aplikované množstvá živín na 3. intenzitu hnojenia viniča, TTP+NPK1 – zatravněný rad a medzirad viniča + aplikované množstvá živín na 1. intenzitu hnojenia viniča, C_{NL} – nelabilný uhlík, FK – obsah fulvokyselín, HK – obsah huminových kyselín, L – labilita uhlíka, LI – index lability, CMI – index hospodárenia s organickým uhlíkom, CPI – index veľkosti zdroja uhlíka, Rozdielne písmená medzi priemernými hodnotami v jednotlivých variantoch poukazujú na štatistickú preukaznosť na hladine významnosti $P \leq 0,05$ – LSD test.

Tab. 2 Dynamiky zmien parametrov organickej hmoty pôdy a sorpcie pôdy počas roku 2010
 Tab. 2 Dynamics of changes in the parameters of soil organic matter and sorption capacity of soil during 2010

Parameter	Spôsob hospodárenia	Lineárna funkcia	Koeficient determinácie	Preukaznosť
LI	TTP			
	O	$y = -0,01x + 1,23$	$R^2 = 0,075$	
	O+MH	$y = -0,01x + 1,20$	$R^2 = 0,346$	*
	TTP+NPK3	$y = -0,03x + 1,35$	$R^2 = 0,245$	
	TTP+NPK1	$y = -0,03x + 1,27$	$R^2 = 0,428$	*
CMI	TTP			
	O	$y = -3,30x + 135,5$	$R^2 = 0,221$	
	O+MH	$y = -4,07x + 140,7$	$R^2 = 0,491$	*
	TTP+NPK3	$y = -3,01x + 137,5$	$R^2 = 0,229$	
	TTP+NPK1	$y = -3,98x + 133,6$	$R^2 = 0,247$	
CPI	TTP			
	O	$y = -0,02x + 1,09$	$R^2 = 0,152$	
	O+MH	$y = -0,03x + 1,18$	$R^2 = 0,377$	*
	TTP+NPK3	$y = -0,01x + 1,01$	$R^2 = 0,003$	
	TTP+NPK1	$y = -0,01x + 1,06$	$R^2 = 0,097$	
S	TTP	$y = 5,01x + 349,9$	$R^2 = 0,303$	
	O	$y = 1,40x + 272,7$	$R^2 = 0,035$	
	O+MH	$y = 5,87x + 310,5$	$R^2 = 0,300$	
	TTP+NPK3	$y = 4,88x + 208,9$	$R^2 = 0,143$	
	TTP+NPK1	$y = -5,14x + 371,6$	$R^2 = 0,074$	
T	TTP	$y = 5,09x + 354,6$	$R^2 = 0,304$	
	O	$y = 1,50x + 277,3$	$R^2 = 0,040$	
	O+MH	$y = 5,73x + 317,2$	$R^2 = 0,275$	
	TTP+NPK3	$y = 4,79x + 215,9$	$R^2 = 0,139$	
	TTP+NPK1	$y = -5,05x + 376,8$	$R^2 = 0,073$	
Torg	TTP	$y = 6,21x + 188,4$	$R^2 = 0,139$	
	O	$y = 8,32x + 169,1$	$R^2 = 0,507$	**
	O+MH	$y = 7,69x + 190,5$	$R^2 = 0,350$	*
	TTP+NPK3	$y = 4,34x + 143,4$	$R^2 = 0,120$	
	TTP+NPK1	$y = 9,50x + 136,8$	$R^2 = 0,332$	*

O – intenzívne obrábanie, O+MH – zapracovanie maštalného hnoja, TTP – zotravný rad a medzirad viniča, TTP+NPK3 – zotravný rad a medzirad viniča + aplikované množstvá živín na 3. intenzitu hnojenia viniča, TTP+NPK1 – zotravný rad a medzirad viniča + aplikované množstvá živín na 1. intenzitu hnojenia viniča,

LI – index lability, CMI – index hospodárenia s organickým uhlíkom, CPI – index veľkosti zdroja uhlíka, S – suma bázičných kationov, T – celková sorpčná kapacita, Torg – sorpčná kapacita organickej hmoty, * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$

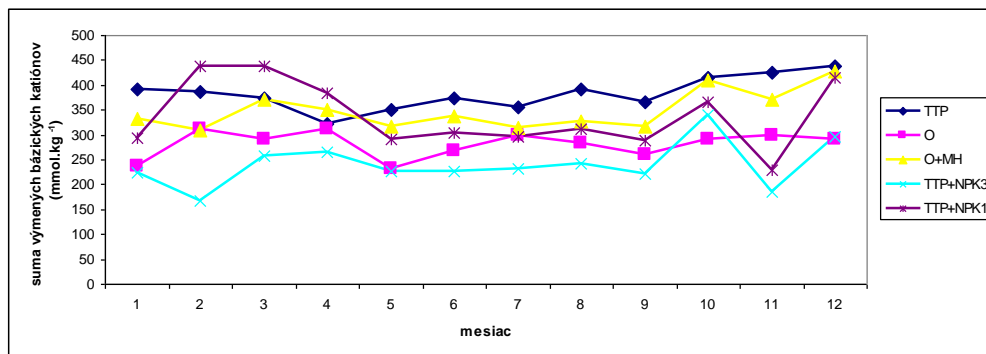
na degradáciu v dôsledku úbytku zásob organickej hmoty. Aj nižšie hodnoty CMI poukazujú na intenzívnejšie zmeny v obsahu organickej hmoty v dôsledku hospodárenia vo vinohrade. Napriek tomu, že neexistuje ideálna hodnota CMI, však platí, že

čím je táto hodnota nižšia, tým väčšie množstvo uhlíka sa uvoľňuje z pôdnej zásoby (BLAIR *et al.* 1995). V priemere bola hodnota CMI vyššia v TTP+NPK3 (117,9) ako v TTP+NPK1 (117,7) ďalej nasledovali varianty O+MH (114,3) a O (114,1),

Tab. 3 Korelačné koeficienty medzi pôdnou organickou hmotou a parametrami sorpcie pôdy
 Tab. 3 Correlation coefficients between soil organic matter and sorptive parameters of soil

	S	T	Torg
C _{NL}	0,071	0,063	-0,342**
L	-0,378**	-0,369**	0,012
FK	-0,062	-0,059	0,253*
HK	0,051	0,055	0,232
HL	-0,009	-0,005	0,254*
LI	-0,190	-0,180	-0,078
CMI	-0,071	-0,057	-0,250
CPI	0,087	0,097	-0,300*

C_{NL} – nelabilný uhlík, FK – obsah fulvokyselín, HK – obsah humínových kyselín, HL – obsah humusových látok, L – labilita uhlíka, LI – index lability, CMI – index hospodárenia s organickým uhlíkom, CPI – index veľkosti zdroja uhlíka, S – suma bázičných kationov, T – celková sorpčná kapacita, Torg – sorpčná kapacita organickej hmoty, * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$

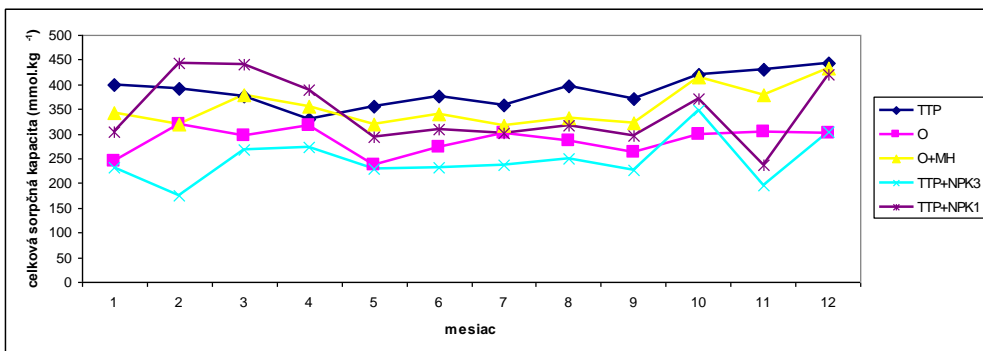


Obr. 1 Dynamiky zmien hodnôt sumy výmenných bázičných kationov počas roku 2010
 Fig. 1 Dynamics of changes in the values of sum of basic cations during 2010

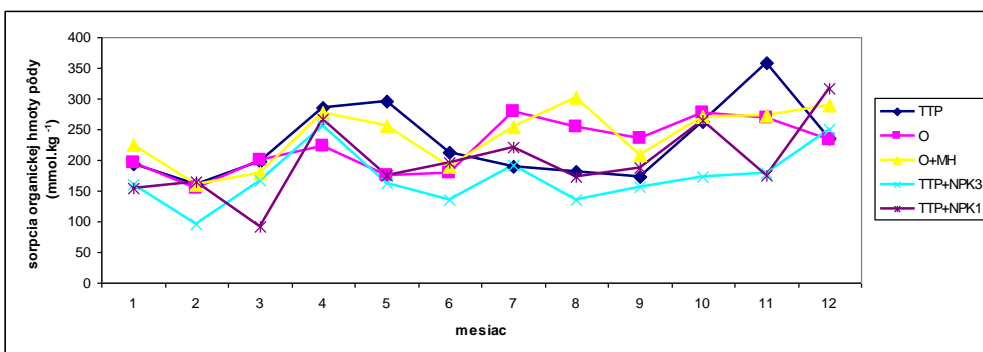
čo indikuje najintenzívnejšiu akumuláciu uhlíka v TTP+NPK3, treba však podotknúť, že bez štatistickej významnosti (Tabuľka 1). Z hodnotenia dynamiky zmien CPI, ale aj CMI v jednotlivých spôsoboch hospodárenia však vyplynulo, že iba aplikácia maštalného hnoja mala štatisticky významný efekt na lineárne znižovanie ich hodnôt počas roku 2010. Z uvedeného vyplýva, že po zapracovaní maštalného hnoja dochádza k intenzívnejším zmenám v obsahu organickej hmoty a väčšiemu uvoľňovaniu uhlíka z pôdnej zásoby a to v dôsledku vyššieho obsahu labilného uhlíka v maštalnom hnoji (SHEN *et al.* 2001). Avšak z dlhodobého hľadiska aplikáciou organických hnojív do pôdy sa môže stimulovať aktivita mikrobiálnych spoločenstiev a cez ich nárast sa môže podieľať na zvyšovaní organickej hmoty pôdy. Aplikácia maštalného

hnoja z dlhodobého pohľadu môže viesť k zvyšovaniu organického uhlíka v pôde a znižovaniu mineralizácie (ZHAO *et al.* 2008).

Parametre charakterizujúce sorpčnú schopnosť pôdy v závislosti od spôsobu hospodárenia vo vinohrade počas roku 2010 sú uvedené na obrázkoch 1–3. Hodnoty sumy výmenných bázičných kationov (S), celkovej sorpčnej kapacity (T) a sorpcie organickej hmoty (Torg) sa štatisticky významne znížili v dôsledku zvyšovania dávky NPK. Aplikované hnojivo pôsobilo fyziologicky kyslo a tak najvyššie priemerné hodnoty S a T boli zistené práve v nehnojenej kontrole. Hnojenie v pôde môže spôsobovať zmenu pH (NEFF *et al.* 2002), ale aj fyzikálnych vlastností pôdy (BOHN *et al.* 1979), čo sa následne odráža aj na parametroch sorpcie pôdy. Na druhej strane aplikácia maštalného hnoja



Obr. 2 Dynamiky zmien hodnôt celkovej sorpčnej kapacity počas roku 2010
Fig. 2 Dynamics of changes in the values of cation exchange capacity during 2010



Obr. 3 Dynamiky zmien hodnôt sorpcie organickej hmoty pôdy počas roku 2010
Fig. 3 Dynamics of changes in the values of sorption capacity of soil organic matter during 2010

mala pozitívny efekt na zvýšenie sorpcie organickej hmoty pôdy (obrázok 3). Z dynamiky hodnôt sorpcie organickej hmoty v kontrolnom variante boli jasne identifikovateľné jaré a jesenné maximum a zimné a letné minimum. V ostatných variantoch bola pozorovaná väčšia variabilita a identifikovateľné boli hlavne jaré maximum. Celkovo, však sorpcia organickej hmoty bola najnižšia v kontrolnom variante. Z dôvodu krátkeho časového obdobia (jeden rok) neboli zaznamenané zmeny v obsahu celkového humusu (STEVENSON 1994; HAYNES 2005; ŠIMANSKÝ *et al.* 2013) preto sa predpokladalo, že sorpcia organickej hmoty pôdy bude ovplyvnená hlavne labilnou organickou hmotou. Hodnoty Torg v jednotlivých mesiacoch počas roku 2010 sa štatisticky preukazuje lineárne zvyšovali v nasledovných variantoch hospodárenia vo vinohrade: O > O+MH a NPK1. V tabuľke 3 sú prezentované korelačné vzťahy medzi vybranými parametrami organickej hmoty a sorpcie pôdy.

Szombathová (2010) uviedla, že pôdy s vyšším obsahom organickej hmoty majú aj vyššiu sorpčnú schopnosť. Uvedené zistenie nekorešponduje zo zisteniami v tabuľke 3. Štatisticky významné negatívne korelácie boli zistené medzi C_{NL} a Torg a medzi CPI a Torg. Na druhej strane medzi labilitou uhlíka a sorpcie organickej hmoty nebol pozorovaný žiadny významný korelačný vzťah. Štatisticky významné negatívne korelácie boli zistené medzi labilitou uhlíka a sumou výmenných bázičných kationov, ale aj medzi labilitou uhlíka a celkovou sorpčnou kapacitou. CONTET *et al.* (1999) uviedli, že obsah labilného uhlíka je významne závislý od obsahu fulvokyselín, polysacharidov a mikrobiálnej biomasy. S vyšším obsahom vyextrahovaných humusových látok v pôde sa zvyšovala aj sorpcia organickej hmoty pôdy, pričom tento efekt bol štatisticky potvrdený pri zvyšovaní obsahu vyextrahovaných fulvokyselín.

ZÁVER

Obsah nelabilnej organickej hmoty pôdy nebol štatisticky významne ovplyvnený spôsobom hospodárenia v produkčnom vinohrade, kým hodnoty labilných foriem uhlíka boli od neho štatisticky významne závislé. Vplyvom intenzívnejšieho obrábania, či zapracovávanía vyšších dávok NPK hnojiva dochádzalo k intenzívnejšej mineralizácii organickej hmoty. Zapracovanie maštalného hnojiva malo za následok intenzívnejšie zmeny v obsahu organickej hmoty a väčšie uvoľňovanie uhlíka z pôdnej zásoby. Z uvedeného je zrejmé, že labilné formy organickej hmoty vzhľadom k ich širokému rozpätiu môžu byť považované za veľmi dôležitý a citlivý indikátor kvality pôdneho prostredia pri rôznych spôsoboch hospodárenia v produkčných vinohradoch.

Hodnoty sumy výmenných bázičkových kationov, celkovej sorpčnej kapacity a sorpcie organickej hmoty sa štatisticky významne znížili v dôsledku zvyšovania dávky NPK. Na druhej strane aplikácia maštalného hnojiva mala pozitívny efekt na zvýšenie sorpcie organickej hmoty pôdy. Výsledky poukázali na skutočnosť, že nie všetky komponenty organickej hmoty sa rovnako podieľajú na sorpcii pôdy.

LITERATÚRA

- BARANČÍKOVÁ, G., ŠOLTÝSOVÁ, B., KOCO, Š. 2010. Prediction of soil organic carbon stock in conditions of Eastern Slovak Lowland. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)* 56, s. 35–43.
- BLAIR, G. J., LEFROY, R. D. B., LISLE, L. 1995. Soil carbon fractions, based on their degree of oxidation, and the development of a Carbon Management Index for agricultural systems. In *Austr. J. Agric. Res.* 46, s. 1459–1466.
- BOHN, H. L., MCNEAL, B. L., O'CONNOR, G. A. 1979. *Soil Chemistry*. New York : John Wiley & Sons, 329 s.
- CONTEH, A., BLAIR, G. J., LEFROY, R. D. B., WHITBREAD, A. 1999. Labile organic carbon determined by permanganate oxidation and its relationships to other measurements of soil organic carbon. In *Humic Substances in the Environment* 1, s. 3–15.
- DORAN, J. W. 2002. Soil health and global sustainability: translating science into practice. In *Agron. Ecosyst. Environ.* 88, s. 119–127.
- FECENKO, J., LOŽEK, O. 2000. *Výživa a hnojenie poľných plodín*. Nitra : SPU, 452 s. ISBN 80-7137-777-5.
- FIALA, K., KOBZA, J., MATÚŠKOVÁ, E., BREČKOVÁ, V., MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., BŮRIK, V., LITAVEC, T., HOUŠKOVÁ, B., CHROMANIČOVÁ, A., VÁRADIOVÁ, D., PECHOVÁ, B. 1999. *Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – PÔDA*. 1. vyd. Bratislava : VUPOP, 142 s. ISBN 80-85361-55-8.
- HAYNES, R. J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. In *Adv. Agron.* 85, s. 221–268.
- HRAŠKO, J., ČERVENKA, L., FACEK, Z., KOMÁR, J., NĚMĚČEK, J., POSPÍŠIL, J., SIROVÝ, V. 1962. *Rozbory pôd*. Bratislava : Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 334 s.
- KONONOVA, M. M., BELČIKOVA, N. P. 1962. Uskorenyje metody opredelenija sostava gumusa mineralnych počv. In *Počvovedenije* 10, s. 75–87.
- KOŽNÁROVÁ, V., KLABZUBA, J. 2002. Recommendation of World Meteorological Organization to describing meteorological or climatological conditions. In *Rostl. Výr.* 48, s. 190–192.
- LEHMANN, J. 2007. Bio-energy in the black. In *Front. Ecol. Environ.* 5, s. 381–387.
- MARSCHNER, A. D., KALBITZ, K. 2003. Controls of bioavailability and biodegradability of dissolved organic matter in soils. In *Geoderma* 113, s. 211–235.
- MEERSMANS, J., DE RIDDER, F., CANTERS, F., DE BAETS, S., VAN MOLLE, M. 2008. A multiple regression approach to assess the spatial distribution of Soil Organic Carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium). In *Geoderma* 143, s. 1–13.
- NEFF, J. C., TOWNSEND, A. R., GLEIXNER, G., LEHMAN, S. J., TURNBULL, J., BOWMAN, W. D. 2002. Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. In *Nature* 419, s. 915–917.
- POLLÁKOVÁ, N., KONÔPKOVÁ, J. 2012. *Vlastnosti pôdy pod vybranými domácimi a introdukovanými druhmi drevín v Arboréte Mlyňany*. Nitra : SPU. 88 s. ISBN 978-80-552-0831-2.
- PULLEMAN, M. M., BOUMA, J., VAN ESSEN, E. A., MEIJLES, E. W. 2000. Soil organic matter content as a function of different land use history. In *Soil Science Society of America Journal* 64 (2), s. 689–693.
- SEMOV, V. M., TULINA, A. S., SEMENOVA, N. A., IVANNIKOVA, L. A. 2013. Humification and Nonhumification Pathways of the Organic Matter Stabilization in Soil: A Review. In *Eurasian Soil Science* 46 (4), s. 355–368.
- SHEN, H., XU, Z. H., YAN, X. L. 2001. Effect of fertilization on oxidizable carbon, microbial biomass carbon and mineralizable carbon under different agroecosystems. In *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32 (2), s. 1575–1588.
- STEVENSON, F. J. 1994. *Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions*, 2. vyd. New York : John Wiley & Sons, 512 s. ISBN 0-471-59474-1.
- SZOMBATHOVÁ, N. 2010. *Chemické a fyzikálno-chemické vlastnosti humusových látok pôd ako ukazovateľ antropogénnych zmien v ekosystémoch (lokality Báb a Dolná Malanta)*. Nitra : SPU, 96 s. ISBN 978-80-552-0329-4.

- ŠIMANSKÝ, V., BAJČAN, D., DUCSAY, L. 2013. The effect of organic matter on aggregation under different soil management practices in a vineyard in an extremely humid year. In *Catena* 101, s. 108–113.
- ŠIMANSKÝ, V., POLLÁKOVÁ, N. 2014. Soil organic matter and sorption capacity under different soil management practices in a productive vineyard. In *Archives of Agronomy and Soil Science* 60 (8), 1145–1154.
- ŠIMANSKÝ, V., TOBIAŠOVÁ, E. 2012. The effect of different doses of nutrients on changes of soil organic matter in Rendzic Leptosol. In *Agriculture (Polnohospodárstvo)* 58, s. 131–137.
- ŠIMANSKÝ, V., TOBIAŠOVÁ, E., CHLPÍK, J. 2008. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. In *Soil & Tillage Research* 100 (1–2), s. 125–132.
- ŠIMANSKÝ, V., ZAUJEC, A. 2009. Suitable Parameters for Soil Organic Matter Changes Evaluation in Agro-ecosystems. In *Folia oecologica* 36 (1), s. 50–57.
- VIEIRA, F. C. B., BAYER, C., ZANATTA, J. A., DIECKOW, J., MIELNICZUK, J., HE, Z. L. 2007. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. In *Soil & Tillage Research* 96, s. 195–204.
- ZHAO, M., ZHOU, J., KALBITZB, K. 2008. Carbon mineralization and properties of water-extractable organic carbon in soils of the south Loess Plateau in China. In *Eur. J. Soil Biol.* 44, s. 158–165.

MNOHONÔŽKY (DIPLOPODA) SPIŠSKEJ NOVEJ VSI (SLOVENSKO)

SLAVOMÍR STAŠIOV¹, PETER MARŠALEK²

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 Rázusova 56/7, 052 01 Spišská Nová Ves [peter.marsalek@centrum.sk]

ABSTRACT

Stašiov S., Maršalek P., 2014: **Millipedes (Diplopoda) of the town Spišská Nová Ves (Slovakia).**

The In this paper are presented results of the faunistic research of millipedes of the Spišská Nová Ves town. These arthropods were collected on 7 sites presented urban vegetation by pitfall trapping in 2012. In total, 8 species were recorded (*Ophiulus pilosus*, *Unciger foetidus*, *Unciger transsilvanicus*, *Mastigona vikorlatica*, *Melogona voigtii*, *Polydesmus complanatus*, *Polydesmus denticulatus*, *Polydesmus inconstans*).

Key words: Diplopoda, millipedes, Spišská Nová Ves, Slovakia, town

ÚVOD

Ešte donedávna bol u nás faunistický výskum zameraný najmä na chránené časti prírody. Obdobná situácia charakterizovala aj výskum mnohonôžok. Začiatkom tohto storočia sa však záujem diplopodológov rozšíril aj na urbánne prostredie, čo umožnilo doplniť 'doposiaľ' známu diplopodofaunu Slovenska o novo zaznamenané druhy a obohatiť tiež poznatky o distribúcii a ekológii našich druhov.

Najstaršie informácie o mnohonôžkach v urbánnom prostredí z územia Slovenska možno nájsť v práci Szakmáry (1891). Poskytuje údaje o nálezoch mnohonôžok v Banskej Štiavnici, Sklených Tepliciach a vo Výhniach. Szakmáryho údaje zrejme neskôr prevzal Petricský (1892), ktorý sa sám výskumu mnohonôžok nevenoval, pritom však jeho publikácia obsahuje rovnaké údaje o zberových lokalitách a zaznamenaných druhoch ako práca Szakmáryho. Ku starším prácam obsahujúcim informácie o mnohonôžkach z urbánneho prostredia, ktoré sa viažu k nášmu územiu patrí aj Ortvy (1902). Prináša údaje o nálezoch mnohonôžok na území Bratislavy. Na ďalšiu publikáciu venovanú tejto tematike bolo treba čakať vyše polstoročie. Dudich (1958) v nej prezentoval výsledky výskumu diplopodofauny Kozároviec, Kremnice, Novej Bane, Rudna nad Hronom, Rybníka, Sklených Teplíc, Tekovských Lužian, Topolčianok

a niektorých ďalších slovenských miest a obcí. Vo svojej práci však nešpecifikoval, či obsahuje údaje z urbánneho prostredia uvedených sídiel, alebo z ich okolia. Neskôr študovali mnohonôžky v extraviláne Bratislavy Mišík et al. (1974), Krumpál (1993), Mock & Janský (2000), Holecová et al. (2005, 2012) a Stašiov (2005, 2009). Sporadické údaje o mnohonôžkach z rôznych miest a obcí Slovenska prinášajú tiež práce Mock & Janský (2000), Mock (2001a, 2001b, 2004, 2006), Stašiov (2004, 2009), Stašiov et al. (2012b), Varga et al. (2010), Hazuchová et al. (2008, 2009), Palkovičová & Mock (2008), Droběnová & Mock (2009).

Za posledných päť rokov badať akceleráciu záujmu odborníkov o detailnejšie zmapovanie diplopodofauny našich mestských sídiel – Bratislavy (Holecová et al. 2012), Banskej Bystrice (Stašiov et al. 2012a), Zvolena (Hazuchová & Stašiov 2010a, Stašiov & Hazuchová 2010a), Žiliny (Hazuchová & Stašiov 2010b, Stašiov & Hazuchová 2010b). Prezentovaná práca rozširuje zoznam týchto miest o Spišskú novú Ves a prináša vôbec prvé informácie o diplopodofaune tohto mesta.

MATERIÁL A METÓDY

Výskum sa uskutočnil na 7 vybraných lokalitách situovaných v intraviláne mesta Spišská Nová Ves v rámci kvadrátu DFS č. 7089c (obr. 1). Spišská

Nová Ves je okresným mestom s rozlohou 66,7 km² a počtom obyvateľov vyše 38 000. Hustota osídlenia tu predstavuje 569,2 obyvateľov/km². Mesto sa nachádza vo výške 450 m n. m. a spadá do orografického celku Hornádska kotlina. Na severe hraničí s Levočskými vrchmi, na východe s Braniskom, na juhu so Slovenským Rajom a Volovskými vrchmi, na západe s Kozími chrbtami a Nízkymi Tatrami. Z hľadiska geomorfologického členenia patrí do Alpsko-Himalájskej sústavy, podsústavy Karpaty, provincie Západné Karpaty, subprovincie Vnútrotné Západné Karpaty a do Fatransko-Tatranskej oblasti.

Geologická stavba podložia v katastri Spišskej Novej Vsi je tvorená pieskovecami a vápnitými ílovcami na flyši a tiež zlepenkami a brekciami (Biely et al. 2002). Pôdy tu reprezentujú kambizeme pseudoglejové nasýtené (Šály & Šurina 2012).

Z klimatologického hľadiska spadá toto mesto do chladnej oblasti a v rámci nej do veľmi vlhkeho a mierne chladného okrsku s priemernými júlovými teplotami v rozmedzí 12–16 °C (Lapin et al. 2002) a s priemerným ročným úhrnom zrážok 550–600 mm (Faško & Šťastný 2002).

Potenciálnu prírodnú vegetáciu tvorili na tomto území predovšetkým bukové a jedľovobukové lesy a tiež jedľové a jedľovosmrekové lesy, v menšom rozsahu tiež jaseňovo-brestovo-dubové lesy v povodiach veľkých riek (tvrdé lužné lesy). Fragmentovane sa tu vyskytoval tiež zmiešaný listnato-ihličnatý les v severných karpatských kotlinách a bukové lesy na vápencových a dolomitových podložiach (Maglocký 2002).

Zoznam a stručná charakteristika lokalít:

L1. Medzi potokom Hlinica a cestou do Novoveskej Huty, pasca bola umiestnená pri päte betónového mosta v ruderálnej vegetácii, GS – 48°56'12"N 20°33'26"E (obr. 2).

L2. Záhradkárska osada Šulerloch, pasca bola umiestnená pri brehu potoka Holubnica v rôznom poraste vŕby s jeľšou podrasteným rôznymi bylinami, GS – 48°56'01"N 20°33'46"E (obr. 3).

L3. Zberný dvor v priemyselnej zóne, pasca bola umiestnená medzi nespevnenou cestou a plotom v skupine vŕb podrastených trávovitou vegetáciou, GS – 48°55'56"N 20°34'07"E (obr. 4).



Obr. 1 Umiestnenie zberových lokalít na území Spišskej Novej Vsi
Fig. 1 Localization of sampling sites on the territory of the Spišská Nová Ves town



Obr. 2 Umieszczenie pasce na lokalite L1
Fig. 2 Localization of trap on site L1



Obr. 3 Umieszczenie pasce na lokalite L2
Fig. 3 Localization of trap on site L2



Obr. 4 Umiestnenie pasce na lokalite L3
Fig. 4 Localization of trap on site L3

L4. Breh rieky Hornád pod sídliskom Tarča, pasca bola umiestnená vo vlhkomilnej vegetácii s dominanciou *Petasites albus*, GS – 48°56'09"N 20°34'14"E (obr. 5).

L5. Rázusova ulica v centre mesta, pasca bola umiestnená na rumovisku zarastenom ruderálnou vegetáciou, GS – 48°56'38,6"N 20°33'48,0"E (obr. 6).

L6. Starý cintorín, pasca bola umiestnená pri murovanom plote cintorína, GS – 48°56'51"N 20°34'21"E (obr. 7).

L7. Železničná prípojka do MPC CESSI a. s., pasca bola umiestnená pod železničným násypom v trávovitej vegetácii, GS – 48°56'20"N 20°34'28"E (obr. 7).

Odchyt mnohonôžok bol vykonaný metódou zemných pascí. Na každej lokalite bola umiestnená

jedna pasca (spolu 7 pascí). Ako pasce sa použili plastické poháre s objemom 0,5l a s priemerom ústia 10cm, ktoré boli cca do tretiny objemu naplnené 10% formaldehydom. Pasce boli v teréne založené 16. 5. 2012 a odchytený biologický materiál bol z nich vyberaný 16. 6., 19. 7., 24. 8. a 11. 10. 2012.

Získaný materiál bol v laboratóriu roztriedený do radov, podtried, resp. tried a konzervovaný v 4% formaldehyde. Mnohonôžky boli konzervované v 70% etylalkohole a uložené do skúmaviek označených štítkami s údajmi o dátume zberu a lokalite. U každého jedinca bola podľa možnosti zistená druhová príslušnosť, pohlavie a veková trieda (juvenil, subadult, adult). Dokladový materiál je deponovaný na Katedre biológie a všeobecnej ekológie FEE TU vo Zvolene.



Obr. 5 Umiestnenie pasce na lokalite L4
Fig. 5 Localization of trap on site L4



Obr. 6 Umiestnenie pasce na lokalite L5
Fig. 6 Localization of trap on site L5



Obr. 7 Umiestnenie pasce na lokalite L6
Fig. 7 Localization of trap on site L6



Obr. 8 Umiestnenie pasce na lokalite L7
Fig. 8 Localization of trap on site L7

VÝSLEDKY

Celkovo bolo na študovanom území získaných 49 mnohonôžok z 8 druhov patriacich do 3 čeľadí. Druhovo najbohatšie boli čeľade Julidae a Polydesmidae (po 3 zaznamenané druhy). Údaje o celkovej epigeickej aktivite mnohonôžok zistené na skúmaných lokalitách za celé obdobie výskumu sú uvedené v tabuľke (tab. 1).

Zoznam druhov a počty odchytených jedincov na študovaných lokalitách v rámci jednotlivých pohlaví a vekových skupín (juv. – juvenil, sub. – subadult, ad. – adult):

Trieda: Diplopoda

Rad: Julida

Čeľaď: Julidae

- Ophiulus pilosus* (Meinert, 1868)
L4 – 1♀ ad.,
- Unciger foetidus* (C. L. Koch, 1838)
L1 – 1♂ ad.,
L4 – 1♂ ad., 1♀ ad.,
L6 – 2♂ ad., 2♀ ad.,
L7 – 1♂ ad.,
- Unciger transsilvanicus* (Verhoeff, 1899)
L7 – 1♂ ad.,

Rad: Chordeumatida

Čeľaď: Mastigophorophyllidae

- Mastigona vihorlatica* (Attems, 1899)
L7 – 4♂ ad., 1♀ ad.,

Familia: Craspedosomatidae

5. *Melogona voigtii* (Verhoeff, 1899)

L1 – 2♂ ad., 1♀ ad.,

Rad: Polydesmida

Čeľaď: Polydesmidae

6. *Polydesmus complanatus* (Linnaeus, 1761)

L1 – 4♂ ad., 1♀ ad.,

L2 – 1♂ ad., 2♀ ad.,

L3 – 6♂ ad., 3♀ ad.,

L4 – 2♂ ad., 2♀ ad.,

L7 – 3♂ ad.,

7. *Polydesmus denticulatus* C. L. Koch, 1847

L4 – 1♀ ad.,

8. *Polydesmus inconstans* Latzel, 1884

L5 – 1♂ ad., 1♀ ad.,

L6 – 1♀ ad.,

L7 – 3♀ ad.,

Najpočetnejším druhom bol *Polydesmus complanatus* (23 ex.), ktorý bol zároveň zaznamenaný na najväčšom počte skúmaných lokalít (5). Druhým najpočetnejším druhom (8 ex.) zaznamenaným na väčšine lokalít (4) bol *Unciger foetidus*. Na troch lokalitách bol nájdený druh *Polydesmus inconstans*, ktorý bol v poradí tretím najpočetnejším druhom (6 ex.). Ostatné druhy boli zistené iba na jednej zo skúmaných lokalít.

Najviac jedincov mnohonôžok bolo odchytených na lokalitách L7 (13 ex.), L2 a L3 (9 ex.) a L4 (8 ex.). Druhovo najbohatšími boli lokality L7 (5 zaznamenaných druhov), L4 (4 druhy) a L1

Tab. 1 Celková epigeická aktivita mnohonôžok zistená na skúmaných lokalitách

Tab. 1 Total epigeic activity of millipedes on studied sites

Druh	Lokality							Σ
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	
<i>Ophiulus pilosus</i>				1				1
<i>Unciger foetidus</i>	1			2		4	1	8
<i>Unciger transsilvanicus</i>							1	1
<i>Mastigona vihorlatica</i>							5	5
<i>Melogona voigtii</i>	3							3
<i>Polydesmus complanatus</i>	5	3	9	4			3	24
<i>Polydesmus denticulatus</i>				1				1
<i>Polydesmus inconstans</i>					2	1	3	6
Σ jedincov	9	3	9	8	2	5	13	49
Σ druhov	3	2	1	4	1	2	5	8

(3 druhy) (tab. 1). Dva druhy boli zistené na lokalitách L2 a L6. Druhuvo najchudobnejšími lokalitami, iba s jedným nájdeným druhom, boli L3 a L5.

DISKUSIA

Na území Spišskej Novej Vsi bola zaznamenaná pomerne chudobná fauna mnohonôžok v porovnaní s diplopodofaunou iných slovenských miest. Napríklad vo Zvolene bol zaznamenaný výskyt až 22 druhov (Hazuchová et al. 2008, 2009; Hazuchová & Stašiov 2010a, Stašiov & Hazuchová 2010a, Stašiov et al. 2012b), v Bratislave 15 druhov (Holcová et al. 2012), v Žiline 11 druhov (Mock & Tajovský 2002, Hazuchová & Stašiov 2010b, Stašiov & Hazuchová 2010b) a rovnaký počet aj v Banskej Bystrici (Stašiov et al. 2012a). V súvislosti s výrazne bohatšou diplopodofaunou Zvolena však treba poznamenať, že výskum mnohonôžok realizovaný na území Zvolena bol dôkladnejší ako na území ostatných miest, vrátane Spišskej Novej Vsi, pretože prebiehal počas 5 rokov, a to až na 16 lokalitách. Väčšina druhov zistených na území Spišskej Novej Vsi už bolo zaznamenaných v niektorom z iných slovenských miest: *Ophiulus pilosus* (Zvolen), *Unciger foetidus* (Banská Bystrica, Bratislava, Zvolen, Žilina), *Unciger transsilvanicus* (Banská Bystrica, Bratislava, Zvolen, Žilina), *Mastigona vihorlatica* (Zvolen, Žilina), *Polydesmus complanatus* (Banská Bystrica, Bratislava, Zvolen), *Polydesmus denticulatus* (Zvolen), *Polydesmus inconstans* (Zvolen). Výnimkou je iba druh *Melogona voigtii*, ktorý bol u nás zaznamenaný v intraviláne prvýkrát. Kocourek (2013) ho však v Prahe nachádzal hojne na viacerých lokalitách.

Z uvedeného vyplýva, že druhy *Unciger foetidus* a *Unciger transsilvanicus* boli zistené vo všetkých piatich doposiaľ skúmaných slovenských mestách. V štyroch z nich bol zaznamenaný *Polydesmus complanatus*. Aspoň v troch z týchto miest bol zaznamenaný druh *Mastigona vihorlatica* a tiež druhy *Glomeris hexasticha* Brandt, 1833, *Cylindroiulus boleti* (C. L. Koch, 1847), *Leptoiulus proximus* (Nemec, 1896), *Ommatoiulus sabulosus* (Linnaeus, 1758) a *Strongylosoma stigmatosum* (Eichwald, 1830), ktoré síce neboli zaznamenané na území Spišskej Novej Vsi, ale každý z týchto druhov bol nájdený v mestách Banská Bystrica, Bratislava a tiež vo Zvolene. Možno preto predpokladať, že všetkých 9 spomenutých druhov mnohonôžok pomerne dobre znáša podmienky urbanizovaného prostredia a v rôznej miere vykazujú určitý stupeň synantropizácie. K synantropným druhom

možno priradiť aj *Melogona voigtii* a *Polydesmus inconstans*, ktoré sú bežné na stanovištiach ovplyvnených činnosťou človeka (Kocourek, 2013). Aj ostatné druhy zaznamenané na území Spišskej Novej Vsi dobre znášajú podmienky v urbanizovanom prostredí a sú tu pomerne bežné.

Zo zoogeografického hľadiska boli na území Spišskej Novej Vsi zaznamenané tri stredo-európske druhy (*Mastigona vihorlatica*, *Melogona voigtii*, *Unciger foetidus*), dva východoeurópske druhy (*Unciger transsilvanicus*, *Polydesmus complanatus*), jeden európsky druh (*Polydesmus denticulatus*), jeden severoeurópsky druh (*Ophiulus pilosus*) a jeden západoeurópsky druh zavlečený aj do USA a Kanady (*Polydesmus inconstans*).

Z hľadiska ekologických nárokov patria tri zaznamenané druhy k euryvalentným, bez užších nárokov na teplotu a vlhkosť (*Mastigona vihorlatica*, *Polydesmus complanatus*, *Polydesmus inconstans*), jeden k termofilným a euryhygričným (*Ophiulus pilosus*), dva k termofilným a hygrolilným (*Unciger foetidus*, *Unciger transsilvanicus*), jeden druh je eurytermný a hygrolilný (*Polydesmus denticulatus*) a jeden je termofilný a xerofilný (*Melogona voigtii*).

Najpestrejšia druhová skladba mnohonôžok bola v Spišskej Novej Vsi zistená na lokalitách, ktoré neboli izolované od okolitých viac-menej prírodných biotopov nejakou stavbou, komunikáciou, či rozsiahlejšou plochou bez vegetácie (L1, L4, L7). Naopak, iba jeden druh bol zistený na izolovaných lokalitách, na ktorých sa navyše vyskytovala iba chudobná vegetácia na pomerne malej ploche (L3, L5).

Diplopodofauna bola študovaná aj v ďalších európskych mestách. V Budapešti bolo napríklad zaznamenaných až 26 druhov mnohonôžok (Korsós et al. 2002), v Lubline (Poľsko) 24 druhov (Bielak 1965, Kania 2011), v Olomouci (Česká republika) 17 druhov (Riedel et al. 2009). Doposiaľ najbohatšia fauna mnohonôžok však bola zistená na území Prahy (51 druhov!) (Kocourek 2004, 2013). Príčinou menšej zistenej bohatosti diplopodofauny Spišskej Novej Vsi v porovnaní so spomenutými mestami je zrejme rozsiahlejší výskum mnohonôžok realizovaný v týchto mestách, v porovnaní s výskumom realizovaným na území tohto mesta.

Rozdiely v doposiaľ známej druhovej bohatosti spoločenstiev mnohonôžok rôznych mestských aglomerácií môžu mať však aj iné príčiny. Okrem ich polohy, rozlohy, usporiadania, charakteru vegetácie a iných vlastností týchto sídiel, sa na štruktúre ich diplopodofauny podieľa tiež ich okolie. Fauna

miest pozostáva v podstate z fragmentu miestnej pôvodnej fauny, ktorá prežíva v menej narušenom a izolovanom prostredí týchto miest a z fauny introdukovanej. Možno preto predpokladať, že malé mestá s tesným kontaktom s prírodou sa vyznačujú regionálne špecifickou faunou, ktorá je podobná faune ich okolia, zatiaľ čo väčšie mestá majú faunu prevažne synantropizovanú, ktorej súčasťou sú jednak odolnejšie pôvodné druhy, ako aj nepôvodné druhy, pričom ich fauna bude regionálne menej špecifická (Stašiov et al. 2012a).

Napriek relatívne malému počtu druhov mnohonôžok, ktoré boli zistené na území Spišskej Novej Vsi v porovnaní s inými preskúmanými slovenskými mestami, urbánne prostredie sa neraz vyznačuje spoločnosťami mnohonôžok s prekvapivo veľkou biodiverzitou, ktoré sú druhovo bohatšie, ako rozlohou ekvivalentné územia s menej antropicky narušenými podmienkami. Príčinou je pravdepodobne vyššia fragmentácia krajiny štruktúry s pestrou mozaikou biotopov s rôznorodými podmienkami, ktoré poskytujú vhodné prostredie pre druhy s rôznymi nárokmi.

Antropogénne prostredie môže byť zaujímavé aj výskytom druhov, ktoré neboli na našom území doposiaľ zaznamenané. V urbánnom prostredí boli u nás prvýkrát zistené už viaceré druhy mnohonôžok: *Choneiulus palmatus* (Němec, 1895), *Cylindroiulus vulnerarius* (Berlese, 1888), *Amphitomeus attemsi* (Schubart, 1934), *Poratia digitata* (Porat, 1889) (Mock, 2001a), *Polydesmus inconstans* Latzel, 1884 (Mock, 2004) a *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Wood 1864) (Mock, 2006).

Vzhľadom na rozsah výskumu realizovaného v Spišskej Novej Vsi je veľmi pravdepodobné, že diplopodofauna tohoto mesta nie je kompletná. Ďalší výskum mnohonôžok v tomto, ale aj iných slovenských mestách umožní rozšíriť nielen poznatky ich druhovej skladby, ale aj o ekológii a disperzii týchto živočíchov na našom území, a tiež o procese ich synantropizácie.

Pod'akovanie

Naše pod'akovanie za pomoc pri charakterizovaní prírodných podmienok Spišskej Novej Vsi patrí Andrei Diviakovej.

LITERATÚRA

BIELAK, T. 1965. *Synantropijna fauna krocionogóv (Diplopoda) Lublina – Synantropic Fauna of Diplopoda of Lublin*. Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, Sectio C Biologia. 19: s. 119–133.

- BIELY, A., BEZÁK, V., ELEČKO, M., GROSS, P., KALIČIAK, M., KONEČNÝ, V., LEXA, J., MELLO, J., NEMČOK, J., POLÁK, M., POTFAJ, M., RAKÚS, M., VASS, D., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A. 2002. *I. Geologická stavba*. In: Miklós, L., Hrnčiarová, T. (eds.): Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vydanie. Bratislava : MŽP SR, Banská Bystrica : SAŽP. S. 114.
- DROBĚNOVÁ, S., MOCK, A. 2009. *Spoločnosť mnohonôžok (Diplopoda) a suchozemských rovnakonožok (Oniscidea) ako súčasť epigeickej makrofauny Botanickéj záhrady UPJŠ v Košiciach*. In: Baláž, I. et al. (eds.): Zborník vedeckých prác doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov. Nitra : Fakulta prírodných vied UKF, CD-Rom. s. 413–421.
- DUDICH, E. 1958. *Diplopoden und Chilopoden aus dem Komitate Bars*. Opuscula Zool. 2: s. 27–36.
- FAŠKO, P., ŠTASTNÝ, P. 2002. *54. Priemerné ročné úhrny zrážok*. In: Miklós, L., Hrnčiarová, T. (eds.): Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vydanie. Bratislava : MŽP SR, Banská Bystrica : SAŽP. S. 95.
- HAZUCHOVÁ, L., STAŠIOV, S. 2010a. *Myriapoda (Chilopoda, Diplopoda) Zvolena (stredné Slovensko)*. In: Tajovský, K. (ed.): 7. česko-slovenský myriapodologický seminár. Sborník abstraktů. České Budějovice : Ústav půdní biologie, Biologické centrum AV ČR. S. 4.
- HAZUCHOVÁ, L., STAŠIOV, S. 2010b. *Myriapoda (Chilopoda, Diplopoda) Žiliny (Slovensko)*. Naturae tutela. 14/2: s. 205–211.
- HAZUCHOVÁ, L., STAŠIOV, S., BEŇO, J. 2008. *Stonôžky (Chilopoda) a mnohonôžky (Diplopoda) mestskej vegetácie Zvolena*. In: Kautman, J., Stloukal, E. (eds.): Kongres slovenských zoológov a konferencia 14. Feriencove dni. Zborník abstraktov z konferencie. Bratislava : Faunima. s. 21–22.
- HAZUCHOVÁ, L., STAŠIOV, S., UHLÍKOVÁ, A. 2009. *Mnohonôžky (Diplopoda) Arboréta Borová hora (Zvolen)*. In: Baláž, I., Čápay, M., Jakab, I., Palmárová, V., Petluš, P., Vanková, V. (eds.): Mladí vedci 2009. Zborník vedeckých prác doktorandov, mladých vedeckých a pedagogických pracovníkov. Nitra : Fakulta prírodných vied Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre. s. 429–434.
- HOLECOVÁ, M., KRUMPÁL, M., ORSZÁGH, I., KRUMPÁLOVÁ, Z., STAŠIOV, S., FEDOR, P. 2005. *Biodiversity of selected invertebrate groups in oak-hornbeam forest ecosystem in SW Slovakia*. Bratislava : Ekológia. 24: s. 205–222.
- HOLECOVÁ, M., CHRISTOPHORYOVÁ, J., MRVA, M., ROHÁČOVÁ, M., STAŠIOV, S., ŠTRICHOVÁ, J., ŠUSTEK, Z., TIRJAKOVÁ, E., TUF, I. H., VĎAČNÝ, P., ZLINSKÁ, J. 2012. *Biodiversity of soil micro- and macrofauna in oak-hornbeam forest ecosystem on the territory of Bratislava*. Bratislava : Comenius University. 144 s.
- KANIA, G. 2011. *Millipedes (Diplopoda) recorded in the town of Lublin (Poland)*. In: Indykiewicz, P., Jerzak, L., Böhner, J., Kavanagh, B. (eds.): Urban

- fauna. Studies of animal biology, ecology and conservation in European cities. Bydgoszcz : University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz. s. 91–99.
- KOCOUREK, P. 2004. *Mnohonozky – skrytá fauna v Zoo Praha*. Živa. 4: s. 169.
- KOCOUREK, P. 2013. *Mnohonozky (Myriapoda: Diplopoda) Prahy*. Praha : Natura Pragensia. 21: s. 148.
- KORSÓS, Z., HORNUNG, E., SZLÁVECZ, K., KONTSCHÁN, J. 2002. *Isopoda a Diplopoda of urban habitats: new data to the fauna of Budapest*. Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici. 94: s. 193–208.
- KRUMPÁL, M. 1993. *Bezstavovce*. In: Bertová, L. (ed.): Karlova Ves. Vlastivedná monografia. Bratislava : Alfa. s. 57–61.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., MĚLO, M., ŠŤASTNÝ, P., TOMLAIN, J. 2002. 27. *Klimatické oblasti*. In: Miklós, L., Hrnčiarová, T. (eds.): Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vydanie. Bratislava : MŽP SR, Banská Bystrica : SAŽP. s. 114.
- MAGLOCKÝ, Š. 2002. *Potenciálna prirodzená vegetácia*. In: Miklós, L., Hrnčiarová, T. (eds.): Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vydanie. Bratislava : MŽP SR, Banská Bystrica : SAŽP. s. 106–107.
- MIŠÍK, M., GULIČKA, J., URVICHAROVÁ, E. 1974. *Devínska Kobyla. Geologické pomery, kvetena a fauna*. Bratislava : Obzor. 107 s.
- MOCK, A. 2001A. *Millipedes (Diplopoda) in hothouses – first records from Slovakia*. Bratislava : Biologia. 56/5: s. 468–472.
- MOCK, A. 2001B. *Millipedes of the Slovak Republic. Myriapodologia Czecho-Slovaca*. 1: s. 25–38.
- MOCK, A. 2004. *First record of Polydesmus inconstans Latzel, 1884 (Diplopoda, Polydesmidae) in Slovakia*. Bratislava : Biologia. 59/5: s. 11.
- MOCK, A. 2006. *First record of Cyliindroiulus caeruleocinctus Latzel, 1884 (Diplopoda, Julidae) in Slovakia*. Bratislava : Biologia. 61/2: s. 144.
- MOCK, A., JANSKÝ, V. 2000. *Mnohonozky (Diplopoda) z územia Slovenska v zbierkach Slovenského národného múzea v Bratislave*. Bratislava : Acta Rerum naturalium Musei slovaci. 46: s. 3–10.
- MOCK, A., TAJOVSKÝ, K. 2002. *Genus Melogona Cook, 1895 (Diplopoda: Chordeumatida) in Slovakia*. In: Tajovský, I., Balík, V., Pižl, V. (eds.): 6th Central European Workshop on Soil Zoology. Abstract book. České Budějovice : Ústav půdní biologie AV ČR. s. 127–132.
- ORTVAY, T. 1902. *Pozsonyvármegye és a területén fekvő Pozsony, Nagyszombat, Bazin, Modor s Szentgyörgy városok állatvilága*. Bratislava : Community of Bratislava region. 648 s.
- PALKOVIČOVÁ, S., MOCK, A., 2008. *Epigeická makrofauna (Oniscidea, Diplopoda) Botanické záhrady Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach*. In: Li-
ttera, P., Budzáková, M. (eds.): Študentská vedecká konferencia. Zborník príspevkov. 1. zväzok – biologická sekcia. Bratislava : Prírodovedecká fakulta UK, s. 242–244.
- PETRICSKÓ, J. 1892. *Selmeczbánya vidéké állattani tekintetben. Kiadja saját költségén a selmeczbányai gyógyászati és természettudományi egyesület*. Selmeczbánya. 133 s.
- RIEDEL, P., NAVRÁTIL, M., TUF, I. H., TUFOVÁ, J. 2009. *Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) and millipedes (Diplopoda) of the City of Olomouc (Czech Republic)*. In: Tajovský, K., Schlaghamerský, J., Pižl, V. (eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe III. České Budějovice : Ústav půdní biologie AV ČR. s. 125–132.
- STAŠIOV, S. 2004. *Príspevok k poznaniu fauny mnohonôžok (Diplopoda) Krupinskej planiny*. Entomofauna carpathica. 16: s. 29–30.
- STAŠIOV, S. 2005. *Millipedes communities (Diplopoda) of oak-hornbeam ecosystems (the Malé Karpaty Mts, Trnavská pahorkatina hills, SW Slovakia)*. Bratislava : Ekológia. 24: s. 143–151.
- STAŠIOV, S. 2009. *Millipede (Diplopoda) communities in mixed oak-hornbeam forest stands – effect of selected site factors*. Pol. J. Ecol. 57/4: s. 785–792.
- STAŠIOV, S., FRIDRICHOVÁ, G., KERTYS, Š., MIŇOVÁ, L., UHLÍKOVÁ, A., URBLÍK, P. 2012a. *Mnohonozky (Diplopoda) mesta Banská Bystrica (stredné Slovensko)*. Folia faunistica Slovaca. 17/3: s. 291–296.
- STAŠIOV, S., HAZUCHOVÁ, L. 2010a. *Myriapoda (Chilopoda, Diplopoda) mesta Zvolen*. In: Bryja, J., Zasadil, P. (eds.): Zoologické dny Praha 2010. Zborník abstraktov z konferencie. Brno : Ústav biologie obratlovců AV ČR. s. 195–196.
- STAŠIOV, S., HAZUCHOVÁ, L. 2010b. *Myriapoda (Chilopoda, Diplopoda) mesta Žilina*. In: Bryja, J., Zasadil, P. (eds.): Zoologické dny Praha 2010. Zborník abstraktov z konferencie. Brno : Ústav biologie obratlovců AV ČR. s. 196–197.
- STAŠIOV, S., STAŠIOVÁ, A., SVITOK, M., MICHALKOVÁ, E., SLOBODNÍK, B., LUKÁČIK, I. 2012b. *Millipedes (Diplopoda) communities in an arboretum: Influence of tree species and soil properties*. Bratislava : Biologia. 67/5: s. 945–952.
- SZAKMÁRY, J. 1891. *A beszteczebányai kir. kath. főgymnasium értesítője az 1890–1891. tanévről*. Beszteczebányán : Machold Fülöp. 8: 64 s.
- ŠÁLY, R., ŠURINA, B. 2002. 78. *Pódy*. In: Miklós, L., Hrnčiarová, T. (eds.): Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vydanie. Bratislava : MŽP SR, Banská Bystrica : SAŽP. s. 106–107.
- VARGA, L., FEDOR, P. J., MOCK, A., MAJZLAN, O. 2010. *Stonozky (Chilopoda) a mnohonozky (Diplopoda) ako súčasť synantropnej fauny urbánneho prostredia*. Naturae tutela. 14/1: s. 11–14.

ŠTRUKTÚRA DREVINOVÉHO ZLOŽENIA POĽNOHOSPODÁRSKÝCH HISTORICKÝCH KRAJINNÝCH ŠTRUKTÚR SO ZAMERANÍM NA GENOFOND OVOCNÝCH DREVÍN VO VYBRANÝCH KATASTRÁLNYCH ÚZEMIACH

KATARÍNA ZRNÍKOVÁ¹, BRUNO JAKUBEC², JURAJ MODRANSKÝ³

¹²³ Katedra plánovania a tvorby krajiny, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: ¹katarina.zrnikova85@gmail.com, ²jakubec@tuzvo.sk, ³modransky@tuzvo.sk

ABSTRACT

Zrníková K., Jakubec B., Modranský J.: **Structure of Woody-Plants Composition of Agricultural Historical Landscape Structure, Focusing on The Genetic Resources of Fruit Trees in Selected Cadastral Area**

In this paper is the non-forest woody vegetation evaluated, which greatly contributes to the unique characteristic appearance of the foothill agricultural landscape with scattered settlement. Knowing the state of the landscape on the basis of its structural parameters is supplemented by a detailed characterization of the non-forest woody vegetation elements. We focused into the internal structure of woody-plants with emphasis on the evaluation of cultural fruit species – old varieties and landraces apple-trees. These data point to the current development of the cultural landscape, the importance and vulnerability of monitored elements. The results help formulate and refine criteria and management measures that allow to maintain and enhance the quality of landscapes and human activities align with the characteristics of the landscape.

Key words: agricultural historical landscape structures, structure of woody-plants, cultural fruit species, biodiversity

ÚVOD

Nelesná drevinová vegetácia (NDV) tvorí dôležitú zložku poľnohospodárskej krajiny, ktorá sa podieľa najmä na jej ekologickej stabilite a zároveň na udržiavaní biodiverzity. Kvantita a kvalita NDV v krajine závisí v prvom rade od typu krajiny a využitia krajiny. Rozmiestnenie vegetačných prvkov v krajine vytvára vegetačnú štruktúru, ktorej poznanie je nevyhnutné pre vedecký výskum, ktorého výsledkom je poskytnúť údajovú základňu pre možné posúdenie stavu krajiny a navrhovania rôzne veľkých úprav v nej (MODRANSKÝ ET AL., 2008).

Najvýznamnejšie zdroje biodiverzity sú viazané predovšetkým na medze, ale aj okraje poľných ciest, pôvodné lúky, pasienky, trvalé trávne porasty na bývalých poliach opustených po kolektivizácii

avšak nezasiahnutých intenzifikáciou (ŠPULEROVÁ, et al., 2009). Možno uviesť viacerých slovenských autorov, ktorí sa venujú výskumu agrárnych historických krajinných štruktúr (HKŠ): HUBA (2004); JANČURA (2004); DOBROVODSKÁ (2004); SLÁMOVÁ (2004); ŠPULEROVÁ, et al. (2009), MOJSES, et al. (2011) a iní. Výskum nadväzuje na predchádzajúce práce JANČURU (2000, 2004), ktoré sa venovali typológii NDV, ďalej na práce MODRANSKÉHO et al., (1999, 2008) zamerané na hodnotenie biodiverzity NDV na poľnohospodárskych HKŠ a JAKUBCU, et al. (2013) zamerané na hodnotenie rozšírenia a diverzity ovocných drevín so zameraním na staré a krajové odrody.

Biologická a krajinná diverzita patrí k významným hodnotám kultúrnej krajiny a vyžaduje si neustálu pozornosť a pravidelnú starostlivosť.

Národná stratégia ochrany biodiverzity na Slovensku si ako jeden z cieľov kladie **posilnenie ochrany genetickej diverzity**. Do tohto cieľa patria tiež aktivity týkajúce sa starostlivosti o genofond ovocných drevín. Jedná sa najmä o zber cenných genotypov starých a krajových odrôd, ich následné hodnotenie, dokumentovanie a rozmnožovanie pre dlhodobé uchovávanie.

Súčasný stav problematiky ohrozenia genofondu starých a najmä krajových odrôd v môžeme charakterizovať najmä:

- starnutím a vymieraním ovocinárov a usadlíkov poznajúcich konkrétne odrody ovocných drevín;
- starnutím, odumieraním a likvidáciou genofondu starých a krajových odrôd;
- postupným prenikaním moderných odrôd menších pestovateľských tvarov
- problematickým až nemožným prístupom k informáciám o existujúcich genofondových výsadbách a nedostatočnými finančnými prostriedkami na zabezpečenie základnej starostlivosti o ne.

Popri rozvoji súčasného komerčného intenzívneho ovocinárstva rastie potreba záchranu a rozširovania genofondu ovocných drevín. Na význam takýchto aktivít už dlhšiu dobu poukazuje vo svojich prácach viaceru autorov, napríklad MERTAN (1995), BOČEK et al., (2007), TETERA et al., (2006), ELIÁŠ (1974), BRINDZA et al. (1994).

Genofond ovocných drevín je prirodzenou súčasťou historických krajinných štruktúr vo všetkých oblastiach Slovenska, a to nielen v oblastiach, ktoré sú známe svojou ovocinárskou tradíciou, ale aj v ďalších oblastiach, často okrajových pre hospodárske využitie pestovania ovocných drevín, kde sa pestoval len obmedzený sortiment tých najužiteľnejších ovocných druhov a kultivarov. V príspevku približujeme a hodnotíme niekoľko katastrálnych území, ktoré sa vyznačujú jednak bohatým zastúpením vegetačných štruktúr v poľnohospodárskej krajine, nízkym ovplyvnením krajinnou štruktúrou za posledné storočie, a teda aj nízkym stupňom premeny vegetačnej štruktúry a dlhou kontinuitou jej vývoja. Pri charakteristike katastrálnych území vychádzame so súčasného stavu vegetačnej štruktúry a jej tvarovo-pôdorysných vlastností a drevinového zloženia. Rozľahlosť vybraných katastrálnych území a vysoká početnosť vegetačných prvkov podmienila, že výskum bol realizovaný v modelových referenčných štvorcoch, v ktorých bol dôraz kladený najmä na líniové formácie; tento typ vegetačných prvkov dominuje v štruktúre krajiny vybraných katastrov. Tento prístup zároveň umožnil následnú konfrontáciu výstupov s údaj-

mi o vegetačnej štruktúre a drevinovom zložení na území Podpoľania z obdobia rokov 1996-97, 2006-07 (MODRANSKÝ et al., 1999, MODRANSKÝ et al., 2008) a s výsledkami výskumu odrodovej bohatosti ovocných drevín, najmä jabloní, v modelových štvorcoch v katastrálnych územiach Žibritov a Hrušov (IŠTVÁNOVÁ, 2011) a 2012 (ZOLCZEROVÁ, 2012).

Cieľom výskumu je vytvoriť tvarovo-pôdorysnú databázu štruktúr nelesnej drevinovej vegetácie (NDV) ako dôležitý údaj pri identifikácii charakteristického vzhľadu krajiny (ChVK). Ďalej zhodnotiť druhovú skladbu líniových formácií NDV pre ďalšie hodnotenie štádia ich vývoja. Ďalším čiastkovým cieľom je identifikácia a zhodnotenie zdravotného stavu ovocných drevín a determinácia a hodnotenie odrodovej diverzity vybraného ovocného druhu so zameraním na staré a krajové odrody vo vybraných referenčných štvorcoch. Všetky údaje sú potrebné z hľadiska starostlivosti o krajinu a návrhy manažmentových opatrení.

CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Hriňová

Katastrálne územie Hriňová sa nachádza v centrálnej časti Slovenska, v administratívnom členení patrí do okresu Detva v Banskobystrickom kraji, regionálne je zaradená do kultúrneho regiónu Podpoľanie. Výmerou katastra, až 12 649 ha, patrí medzi desať najväčších katastrov na Slovensku. Najvyššie položená osada sú Biele vody (825–1025 m n. m.), najvyšším vrcholom je Poľana (1458 m n. m.). Najnižšie položené miesto katastrálneho územia Hriňovej je alúvium rieky Slatina (425 m n. m.).

Kataster obce Hriňová patrí do subprovincie Vnútorne Západné Karpaty. Do územia zasahujú dve geomorfologické oblasti: Slovenské Rudohorie a Slovenské Stredohorie. Stredná a východná časť územia patrí do Slovenského Rudohoria, kde zasahuje geomorfologický celok Veporské vrchy, podcelok Sihlianska planina. Smerom na západ prechádza územie katastra do Slovenského Stredohoria, kde zo severu je ohraničené masívom Poľany (podcelky Vysoká Poľana a Detvianske predhorie) a smerom na juh klesá do Zvolenskej kotliny (podcelok Detvianska kotlina).

Sihliansku planinu tvorí pôvodne plošinaté územie, rozložené vo výške 650–950 m, rozrezané sústavou dolín na početné masívy. Pozostáva najmä z hlbinných vulkanitov, ktoré sú tvorené porfyrickými granodioritmi až granitmi, lokálnymi

tonalími, biotitickými tonalími až granodioritmi a lokálnymi porfýrickými granitoidmi (DUBLAN, 1997). Geomorfologický celok Poľana, ktorý dominuje celému kraju, patrí medzi neogénne vulkanity. Z východu sa pod jej sopečné masivy ponárajú veporidy, z juhu granitoidy, v strednej časti najmä kryštálické bridlice. Stuhnutím lávových prúdov sa vytvorili odolné amfibolicko-pyroxenické a amfibolicko-pyroxenicko biotitické andezity. Pre podcelok Detvianske predhorie sú charakteristické hladko modelované chrbty rozčlenené dolinami potokov, ktoré stekajú z Poľany (DUBLAN, 1997).

Prevažujúcim pôdnym typom v katastri Hriňovej sú kambizeme podzolové, lokálne modálne kyslé, pozdĺž Bystrého potoka aj kambizeme pseudoglejové a na svahoch v povodí Krivca je rozsiahly výskyt kambizemí typických kyslých, ktoré v údolných polohách prechádzajú až do pseudoglejov typických. V najnižšej časti katastra v blízkosti toku Slatiny sa nachádzajú prevažne fluvizeme modálne a glejové. Naopak pôdy v najvyšších častiach katastra Hriňovej v centrálnej časti Poľany sú tvorené andozemami modálnymi kyslými a rankrovými. (MIKLÓS et al., 2002).

Patrí do povodia rieky Slatiny s množstvom prítokov: Krivec, Slanec, Bystrý potok, Riečka a iné, ktoré vytvárajú vejárovitý charakter. Na hornom toku rieky Slatina je vybudovaná vodárenská vodná nádrž Hriňová, ktorá je zásobárňou pitnej vody pre široké okolie.

Klimaticky územie patrí prevažne do mierne teplej oblasti, do okrsku s vlhkou vrchovinovou klímou, vyššie položené oblasti Poľany do chladnej oblasti, mierne chladného okrsku. Priemerná ročná teplota vzduchu sa pohybuje v rozmedzí 2–7 °C a priemerný ročný úhm zrážok od 600 do 1 000 mm i viac.

Potenciálnu vegetáciu predstavujú prevažne bukové a bukovo-jedľové lesy, vo vyšších polohách sú to jedľové a jedľovo-smrekové lesy a v najvyšších častiach Poľany smrekové lesy čučoriedkové. Ostrovčekovito sa vyskytujú i javorové lesy v horských polohách. V nižšie položených časti územia prevládajú v potenciálnej vegetácii podhorské bukové lesy s prechodom do karpatských dubovo-hrabových lesov. Pre nivy potokov sú typické jelšové lesy horské a podhorské, zriedkavo aj tvrdé lužné lesy jaseňovo-brestovo-dubové (MIKLÓS et al., 2002).

Reálna vegetácia je však výrazne pozmenená ľudskou činnosťou. Najmä podhorské polohy sú premenené na poľnohospodársku krajinu. Najmä Detvianske predhorie a Detvianska kotlina predstavuje poľnohospodársku krajinu s roztrúsenými

sídlami. Predhorie má montánnu charakter lúčno-lesnej vrchovinovej krajiny a kotlina je zaradená v subtype oráčino-lúčnej krajiny. Biosferická rezervácia Poľana a Sihlianska planina reprezentuje lesná až sporadicky osídlená krajina. Je to typ montánnnej krajiny so subtypom hornatino-vysočinovej krajiny zmiešaných lesov. (MAZÚR et al., 1980).

Rozľahlé katastrálne územie Hriňovej zaberajú zväčša ihličnaté, listnaté a zmiešané lesy (57,92 %) vo vyšších a nižších hornatinách; v lesoch prevažuje prirodzené drevinové zloženie, ale plochy s výsadbou smreka majú výrazne vyššiu výmeru než zodpovedá potenciálnej vegetácii. Nelesná drevinová vegetácia (NDV) zaberá 11,63 %, TTP (lúky a pasienky) 5,14 %, poľnohospodárske areály (mazaika mikroštruktúr polí a lúk) 23,79 %, zástavba predstavuje 0,77 % územia. (Land Cover CORINE 2006). Krajinný index môžeme vyjadriť pomerom lesnej, poľnohospodárskej a sídelnej krajiny, čo predstavuje hodnotu 7:3:0.

Z hľadiska ochrany prírody a krajiny patrí severozápadná časť katastra Hriňová do CHKO Poľana, ktorá je zároveň aj biosférickou rezerváciou (BR) – (21 018 ha). Až 14,6 % územia BR Poľana tvorí územie európskeho významu (ÚEV) Poľana o rozlohe 3071 ha. Chránené vtáčie územie (32 315 ha) zaberá celé územie BR – Poľana a presahuje ho smerom do poľnohospodárskej krajiny katastrov Hriňová, Detva, Očová, Hrochoť, Povrazník a Strelník.

Hrušov

Katastrálne územie Hrušov leží na hranici okresov Veľký Krtíš, Krupina a Levice. V administratívnom členení patrí do okresu Veľký Krtíš a Banskobystrického kraja. Obec sa nachádza v nadmorskej výške 380 m.n.m. Rozloha chatára je 2331 ha. Územie predstavuje typickú vrchovinovú oblasť s charakteristickým lazničným osídlením, kde usadlosti sú buď rozptýlené alebo vytvárajú malé osady.

Obec Hrušov patrí do subprovincie Vnútorne Západné Karpaty do oblasti Slovenského Stredohoria, z ktorého tu zasahuje celok Krupinská planina. Sopečné pohorie má nekrasový charakter planiny rozrezanej kaňonovitými dolinami. Nadmorské výšky hlavných chrbtov sa pohybujú nad 500 m.n.m. Do katastra spadajú dva podcelky. Od severovýchodu sa tiahne podcelok Dačolomská planina prechádzajúca do Modrokamenského úbočia. Krupinskú planinu buduje komplex vulkanických hornín (VASS, 1979), a to pyroxenické

a amfibolicko-pyroxenické andezity. Oblasť vulkanických komplexov sú chudobné na výdatnejšie pramene (VASS, 1979).

Pôdy sú prevažne kambizeme modálne a kultizemné a luvizeme modálne a kultizemné.

Prevažná časť územia klimaticky patrí do teplej oblasti do teplého a mierne suchého okrsku s miernou zimou. Priemerná ročná teplota vo vyššie položených častiach Krupinskej planiny je 7–8°C. Oblasť je chudobná na zrážky. Priemerný ročný úhrn zrážok kolíše od 600–700 mm. (MIKLÓS et al., 2002).

Skúmaným územím pretekajú tri trvalé vodné toky: Veľký potok, Brništiansky potok a potok Olvár, ktoré patria do povodia rieky Ipel', ten má pri ústí spomínaných potokov charakter nížinného toku. Severnú časť povodia budujú južné výbežky Krupinskej planiny, ktorej pahorkatinný reliéf je rozčlenený sieťou hlboko zarezaných paralelne usporiadaných potočných údolí.

Potenciálnu vegetáciu predstavujú najmä karpatské dubovo-hrabové lesy, ktoré pokrývajú oblasť Krupinskej planiny a jej výbežkov. Dubové a dubovo-cerové lesy sa vyskytujú na južných exponovaných svahoch Krupinskej planiny. Na severných expozíciách a v inverzných polohách hlboko rezaných dolín Krupinskej planiny sa ostrovčekovite vyskytujú podhorské bukové lesy. (MIKLÓS et al., 2002).

Reálna vegetácia je do veľkej miery ovplyvnená činnosťou človeka a z hľadiska súčasných krajinných typov môžeme kataster obce Hrušov charakterizovať ako poľnohospodársku krajinu s roztrúsenými sídlami. V podrobnom zaradení je to typ montánnej vrchovinovej krajiny, subtyp oráčino-lúčno-lesná krajina (MAZÚR et al., 1980). V reálnej vegetácii prevažujú lesy, územie môžeme charakterizovať prevahou lesného krajinného typu. Lesy a NDV tvoria 57% sledovaného územia, čo predstavuje pomerne vysokú lesnatosť územia. Poľnohospodársky krajinný typ tvorí 37% územia. Najmenšou rozlohou prispieva sídelný typ krajiny, a to 3% plochy. Krajinný index môžeme vyjadriť pomerom 6:4:0. Riešené územie spadá pod 1. stupeň ochrany. Nachádza sa v navrhovanej chránenej krajinskej oblasti Krupinská planina.

MATERIÁL A METÓDY

Predmetom spracovania boli dve katastrálne územia: Hriňová (južné Podpoľanie) a Hrušov (Krupinská planina). V každom území bol spracovaný jeden referenčný štvorec o veľkosti 1 km².

Vhodnosť veľkosti štvorca je daná multidimenzionálnou analýzou (GALLAY, 2009).

Prvá časť výskumu bola spracovaná v prostredí GIS (ArcGIS 10). Vektorizáciou štruktúr NDV z ortofotosnímkov (rok 2009) sa vytvorila databáza ich tvarovo-pôdorysných vlastností v rámci vybraných štvorcov. Podľa metódy JANČURA (2000) sa identifikovali nasledovné štruktúry NDV:

- tvary NDV vyplývajúce z typov oráčín: líniová, vejárovitá, plátová
- tvary NDV vyplývajúce z prírodných štruktúr: celoplošne roztrúsená, plošno-kompaktná, plošno-líniová, riečno-vetvená, zhluková, náhodná, pravidelná

Jedna plôška môže byť tvorená aj viacerými líniami, ak sa prepájajú. Keďže predmetom výskumu boli hlavne ovocné dreviny, identifikáciu štruktúr krajinskej pokrývky sme rozšírili o prídumové záhrady a solitéry.

Druhá časť výskumu mala terénny charakter. V rámci zberu údajov, bola primárne zhodnotená druhová skladba líniových formácií NDV a v zmysle postupu MODRANSKÝ, et al. (1999), MODRANSKÝ, et al. (2008) sa zhodnotila vnútorná štruktúra líniových formácií nelesnej drevinovej vegetácie vo vybraných referenčných štvorcoch. Na každej zaznamenatej línii NDV bolo zisťované druhové zastúpenie drevín na priečných rezoch, ktoré boli vzdialené od seba 3–10 m, v závislosti od dĺžky línie, ďalej bola zisťovaná šírka línie a výška línie (medze) na všetkých priečných rezoch. Dĺžka línie tak bola odvodená z počtu zápisov na línii a dodatočne s dĺžkou línie podľa výpočtov v GIS. Výška drevín bola pri každom zápise (na priereze línii) zaznamenaná podľa nasledovných kategórií: 0–1 m; 1,1–3 m; 3,1–5 m; 5,1–10 m; 10,1–20 m; a nad 20 m. V prípade, ak bola pri jednom zápise zistená prítomnosť jedného druhu dreviny v dvoch alebo viacerých výškových kategóriách, jej prítomnosť bola zachytená do všetkých kategórií.

Zisťoval sa celkový počet drevinových druhov a počet línii vo štvorci, priemerný, maximálny a minimálny počet druhov v línii, šírky, dĺžky a výšky línie a výšky jednotlivých drevín v línii, ďalej konektivita línii (kon) $kon = 1 - \frac{P_{pr}}{P_{zap}} * 100\%$;

P_{pr} – počet prerušení línie, P_{zap} – počet zápisov v línii.

Z týchto zápisov sa ďalej zisťovali hodnoty: konštantia (K) drevín v líniových formáciách

$K = \frac{P_d}{P}$, kde P_d – počet línii s prítomnosťou druhu,

P – počet línií. Následne sa vypočítal index rozmanitosti pre dreviny – Shannonov index (SHANON, WEAVER, 1949 sec ODUM, 1977) $R = \sum_{i=1}^n K_j$; $K = \frac{N_j}{N}$, kde R – index rozmanitosti, K_i – konštantie druhov vo štvorci, n_i – počet línií s prítomnosťou druhu, n – celkový počet línií, i – počet druhov drevín vo štvorci.

V ďalšom kroku boli identifikované dreviny aj v ostatných typoch vegetačných prvkov NDV (solitéry, skupiny, a pod.), ale len so zameraním na ovocné druhy. Vyhodnotili sme druhovú skladbu ovocných drevín (druhová rozmanitosť, početnosť jedincov) a ich perspektívnosť. Inventarizácia a kategorizácia ovocných drevín do skupín podľa ich perspektívnosti (v rámci referenčných štvorcov) (DANIŠ, MODRANSKÝ et al., 2006):

1. zdravé – dreviny v dobrej kondícii, len mierne poškodené, ktoré vyžadujú iba pravidelnú odbornú starostlivosť
2. perspektívne – dreviny s preschnutou časťou koruny, u ktorých možno predpokladať, že po kuratívnom zásahu sa v priebehu dvoch rokov dostanú do požadovanej udržateľnej rodiovosti
3. neperspektívne – dreviny choré s výrazne preschnutou korunou, kde by bol kuratívny zásah neefektívny
4. odumreté – vyžadujú jednorázový zásah – odstránenie z porastu

Tretia fáza bola zameraná na determináciu a hodnotenie odrodovej diverzity vybraného ovocného druhu so zameraním na staré a krajové odrody. Zmapované jedince ovocných druhov drevín boli zamerané pomocou GPS. Cieľom mapovania odrôd je zachytiť čo najväčšiu odrodovú diverzitu. V praxi sa realizuje rôznymi metódami, od rekognoskačného prieskumu až po komplexné mapovanie celého záujmového územia. Metóda štvorcov, ktorá sa v krajinoekologickom výskume často uplatňuje a umožňuje porovnanie výsledkov z rôznych území však nemusí byť splnenie tohto cieľa adekvátne. Pre potvrdenie formulovaných

výsledkov je však potrebné ich overenie na ďalších lokalitách.

Zber plodov: Termíny zberu korešpondovali s obdobím dozrievania najväčšieho množstva odrôd (september-október). Z jednotlivých stromov sa odoberali charakteristické plody v počte 3 kusy, ktoré sa označili číslom a dátumom zberu. Daný strom sa lokalizoval pomocou GPS.

Určovanie odrôd: bolo realizované v spolupráci s pomológmi, správcami sadov a miestnymi ovocinármi. Pri určovaní odrôd bola použitá literatúra zameraná na staré, krajové a menej známe odrody (TETERA, et al., 2006, DVOŘÁK A VONDRÁČEK, 1969, VANĚK, 1947, ŘÍHA, 1919), a viaceré internetové, najmä zahraničné zdroje). V práci sú uvedené názvy odrôd v zmysle citovanej literatúry, pri neurčených odrodách miestne ľudové názvy.

Spracovanie údajov a výsledkov: Pozostávalo zo zhodnotenia odrodovej skladby vybraných druhov ovocných drevín (odrodová rozmanitosť, početnosť jedincov, obdobie vzniku, pôvod, termín zrelosti, spôsob vzniku, výskyt na základe vybraných podmienok prírodného prostredia) s dôrazom na staré a krajové odrody. Zo získaných údajov boli v prostredí GIS ArcMap 10 spracované mapy lokalizácie súčasného genofondu jabloní pre potreby ochrany genetických zdrojov a vytvorený grafický a textový katalóg starých a krajových odrôd determinovaných ovocných drevín.

VÝSLEDKY

Cieľom výskumu bola identifikácia štruktúr NDV, zhodnotenie druhovej skladby líniových formácií NDV, identifikácia a zhodnotenie zdravotného stavu ovocných drevín a determinácia a hodnotenie odrodovej diverzity vybraného ovocného druhu (*Malus domestica* Borkh.) so zameraním na staré a krajové odrody vo vybraných referenčných štvorcoch. Územia sa spracovávali vo vybraných štvorcoch o veľkosti jedného štvorca 1 km². Pre rozsiahli výber jednotlivých zisťovaní (druhové zloženie líniových formácií drevín, skladba ovocných drevín v rámci všetkých typov NDV a zber a určovanie odrôd jabloní) bol v každom území zmapovaný iba jeden štvorec – Hriňová H4 a Hrušov Hr1 (obr. 1).



Obr. 1 Referenčné štvorce – Hriňová (vľavo), Hrušov (vpravo)
Fig. 1 Reference squares – Hriňová (left), Hrušov (right)

Identifikácia štruktúr NDV

Pre zvolený štvorec v Hriňovej (H4) boli vyhodnotené tvarovo-pôdorysné charakteristiky NDV takto: celkovo štvorec tvorí 32,65 ha NDV s počtom 221 plôšok. NDV sme roztriedili do 6 tvarovo-pôdorysných kategórií (celoplošne roztrúsená, líniová, náhodná, plošno-kompaktná, riečno-vetvená, zhluková). Jediné líniový tvar NDV je tvarovaný typmi oráčin, ostatné typy sú tvarované prírodnými štruktúrami. Ako samostatné kategórie vyčleňujeme solitéry, záhrady a záhradkárske kolónie. Najväčšiu rozlohu zaberajú plošno-kompaktné formácie NDV (12,67 ha), pričom sú to zväčša porasty *Sarothamnus scoparius* (L.) Wimm. ex W. D. J. Koch. Najvyšší počet dosahujú solitérne dreviny v počte 81 jednotiek, a ďalej líniové štruktúry NDV v počte 54 jednotiek (plôšok).

Pre referenčný štvorec v Hrušove (Hr1) boli vyhodnotené tvarovo-pôdorysné charakteristiky NDV takto: celkovo štvorec tvorí 25,27 ha NDV s počtom 148 plôšok. NDV sme roztriedili do 8 tvarovo-pôdorysných kategórií (celoplošne roztrúsená, líniová, plošno-kompaktná, plošno-líniová, pravidelná, prevažne líniová, sporadicky roztrúsená, zhluková). Podobne ako vo štvorci H4, líniový tvar NDV je tvarovaný typmi oráčin, ostatné typy sú tvarované prírodnými štruktúrami. Ako samostatné kategórie vyčleňujeme solitéry a záhrady. Najväčšiu rozlohu zaberajú plošno-kompaktné formácie NDV (5,86 ha). Najvyšší počet dosahujú solitérne dreviny v počte 72 jednotiek, a ďalej líniové

štruktúry NDV (líniová, plošno-líniová, prevažne líniová) v počte 41 jednotiek (plôšok) (tab. 1).

Rozdiely v počte plôšok zväčša vyplývajú z geomorfologických charakteristík krajiny. Kým v Hriňovej je poloha referenčného štvorca na podvrchovine až vrchovine, v Hrušove je jeho poloha na pahorkatine. Členitejší reliéf je charakteristický väčším výskytom NDV a maloplošným hospodárením, naopak je to pri menej členitom reliéfe. Z tohto vyplýva, že v skúmanom štvorci H4 je väčšia rozloha NDV aj väčší počet plôšok. Treba však podotknúť, že Hrušove bol napriek tomu zmapovaný podobný počet línií (počet 41 zahŕňa aj plošno-líniové formácie, kde jedna formácia môže byť tvorená aj viacerými líniami). Spolu bolo zmapovaných vo štvorci Hr1 56 línií. Vo štvorci H4 to bolo 54.

Prítomnosť NDV ďalej závisí aj na spôsobe využívania krajiny. Bilancia ostatných štruktúr krajinej pokrývky vo štvorci H4 je nasledovná: 40,05 ha zaberajú HKŠ ornej pôdy, z čoho 27,11 ha tvoria zachované štruktúry ornej pôdy, ostatná časť HKŠ je premenená na TTP – využívané alebo nevyužívané. Historické krajinné štruktúry TTP predstavujú 24,74 ha. Kým vo štvorci H4 sú vo veľkej miere zachované historické štruktúry ornej pôdy, štvorec Hr1 má nasledovnú bilanciu štruktúr krajinej pokrývky: Historické krajinné štruktúry ornej pôdy sú premenené na mezoštruktúry ornej pôdy (22,26 ha) alebo na kosené lúky, prípadne pasienky (41,06 ha).

Tab. 1 Zastúpenie jednotlivých typov NDV

Tab. 1 Abundance of particular types of non-forest woody vegetation

Typ NDV – H4	Počet jednotiek	Rozloha (ha)	Rozloha (%)	Typ NDV – Hr1	Počet jednotiek	Rozloha (ha)	Rozloha (%)
celoplošne roztrúsená	4	3,69	11,30	celoplošne roztrúsená	1	0,33	1,32
líniová	54	3,31	10,14	líniová	29	3,96	15,67
náhodná	6	0,66	2,02	plošno-kompaktná	3	5,86	23,17
plošno-kompaktná	13	12,67	38,82	plošno-líniová	5	4,37	17,28
riečno-vetvená	2	3,29	10,07	pravidelná	3	0,55	2,16
solitér	81	0,32	0,97	prevažne líniová	7	3,54	14,02
záhrada	33	4,88	14,94	solitér	72	0,43	1,70
záhradkarska kolónia	2	2,99	9,15	sporadicky roztrúsená	3	0,65	2,56
zhluková	26	0,85	2,59	záhrada	8	3,80	15,02
–	–	–	–	zhluková	17	1,80	7,10
spolu	221	32,65	100,00	spolu	148	25,27	100,00

Zhodnotenie druhovej skladby NDV

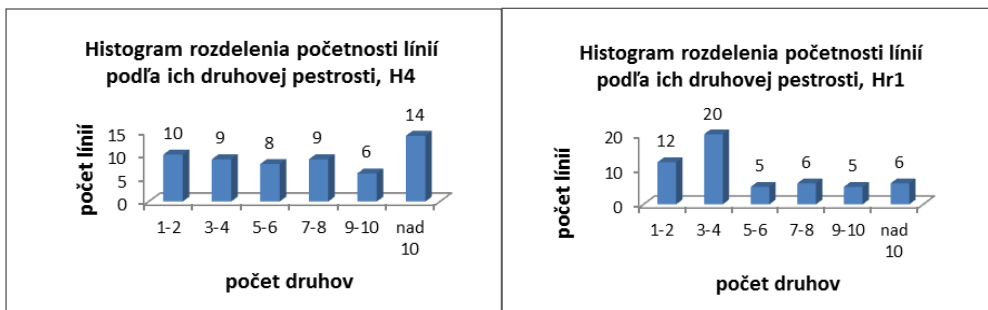
Vnútna štruktúra drevín líniových formácií je pre skúmaný štvorec H4 nasledovná: spolu bolo zmapovaných 54 línii, z čoho 24 je s výskytom ovocných drevín. Spolu bolo zaznamenaných 36 druhov drevín. 18 línii tvorí medze na nevyužívaných lúkach, často ohrozených inváznym druhom *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, prípadne *Solidago sp.* Ďalších 11 línii tvorí medze na plochách v kombinácii nevyužívanej lúky a ornej pôdy. Medze sa v menších počtoch ďalej nachádzajú na kosených lúkach, pri cestách a pri alebo v rámci záhrad. Priemerný počet druhov drevín na jednu líniu je 5. Minimum je 1 druh v línii a maximum je 16. Priemerná šírka medze je 3,75 m, výška medze 1,1 m, dĺžka medze 127,76 m. Priemerná výška drevín v línii je 6,65 m. Konektivita línii je v priemere 58,88 %. Typické druhy predstavujú dreviny s najvyššou konštanciou, jedná sa o: *Rosa sp.*, (0,7), *Cerasus avium* (L.), Moench, (0,48), *Salix caprea* L. (0,46). Shannonov index rozmanitosti predstavuje hodnotu 4,8.

Vnútna štruktúra drevín líniových formácií je pre skúmaný štvorec Hr1 nasledovná: spolu bolo zmapovaných 56 línii, z čoho 24 je s výskytom ovocných drevín. Bolo zaznamenaných 39 druhov drevín. 25 línii tvorí medze na kosených lúkach, 12 línii tvorí medze popri cestách, 9 línii predeľuje nevyužívané lúky. Medze sa v menších počtoch ďalej nachádzajú na ornej pôde, pri alebo v rámci záhrad a ich vzájomné kombinácie. Priemerný počet druhov drevín na jednu líniu je 7. Minimum je 1 druh v línii a maximum je 19 druhov v línii. Priemerná šírka medze je 8,26 m, výška medze 0,98 m, dĺžka

medze 102,14 m. Priemerná výška drevín v línii je 6,81 m. Konektivita línii je v priemere 84,15 %. Typické druhy predstavujú dreviny s najvyššou konštanciou, jedná sa o: *Rosa sp.*, (0,73), *Cerasus avium* (L.), Moench, (0,68), *Rubus fruticosus* L. (0,64). Shannonov index rozmanitosti predstavuje hodnotu 7,19.

Počet druhov drevín v líniových formáciách NDV je v oboch štvorcach zrovnateľný, podobne výskyt ovocných drevín v líniiach. Vo štvorci Hr1 sledujeme vyšší počet druhov drevín na jednu líniu ako vo štvorci H4. Z toho vyplýva aj rozdiel pri početnosti línii podľa ich druhovej pestrosti druhov. Kým vo štvorci H4 až v 20 líniiach prevažuje výskyt 3–4 druhov drevín, vo štvorci Hr1 v 14 líniiach prevažuje výskyt nad 10 druhov drevín (obr. 2). Ďalší rozdiel je vo výskyte línii na základe spôsobu využitia krajiny. Kým vo štvorci H4 je výskyt línii viazaný hlavne na nevyužívané TTP (bývalé polička ornej pôdy), štvorec Hr1 je typický líniami na kosených lúkach (takisto sú to bývalé polička ornej pôdy). Problém nevyužívaných lúk je ich znehodnocovanie zarastaním spomínanými inváznymi druhmi. Vo štvorci Hr1 sú línie širšie, medze o málo nižšie a kratšie ako vo štvorci H4. Príčinou je opäť reliéf a historický spôsob využitia krajiny. Čo sa týka konektivity, línie sú oveľa spojitějšíe vo štvorci Hr1 (tab. 5). Príčinou je, že v Hrušove sa premena ornej pôdy na TTP začala skôr ako v Hriňovej.

V oboch štvorcach sme zaznamenali najvyššiu konštanciou pri druhoch *Rosa sp.*, (0,73), *Cerasus avium* (L.), Moench, (0,68). *Rosa canina* L. ako typický pioniersky druh *Cerasus avium* (L.)



Obr. 2: Početnosť línií podľa ich druhovej pestrosti
Fig. 2: Abundance of the lines according to their species variability

ako typická drevina medzi viažuca sa na kamenitý substrát. Rozdiel sme zaznamenali vo výskyte tretej najpočetnejšej drevine, kým vo štvorci H4 je to *Salix caprea* L. (0,46) ako ďalšia pionierska drevina, štvorec Hr1 je typický výskytom *Rubus fruticosus* L. (0,64) viažuca sa na teplejšie polohy. Za zmienku stojí aj výskyt klimaxových drevín. V Hrušove predstavujú klimaxové dreviny *Quercus petraea* (MATTUSCH, LIEBL.) s výraznou konštanciou 0,3 a *Carpinus betulus* (L.) 0,32 a v Hriňovej *Fagus sylvatica* (L.) s nízkou konštanciou 0,06. Tento údaj takisto vypovedá o sukcesnom štádiu

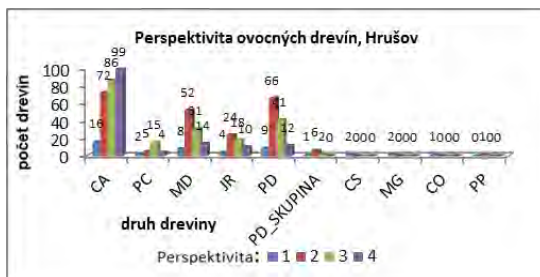
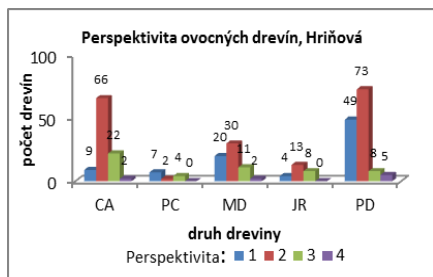
línií a ich prepájania sa s lesom. Týmto pozorovaním môžeme vysvetliť vyšší výskyt druhov drevín na jednu líniu vo štvorci Hr1. Línie sú v štádiu sukcesie, kedy sú viac prepojené s lesom ako pri štvorci H4.

Identifikácia a zhodnotenie zdravotného stavu ovocných drevín

V predmetnom štvorci H4 bolo zaznamenaných 5 druhov ovocných drevín: *Malus domestica* Borkh. (MD), *Pyrus communis* L. emend. Burgsd. (PC), *Prunus domestica* L. (PD), *Juglans regia* L. (JR), *Cerasus avium* (L.) Moench (CA). Spolu

bolo zmapovaných 335 jedincov. Najčastejšie sa na území opakuje *Prunus domestica* (40,3%). Čo sa týka perspektívnosti drevín prevažuje stupeň 2 – perspektívne (dreviny s preschnutou časťou koruny, u ktorých možno predpokladať, že po kuratívnom zásahu sa v priebehu dvoch rokov dostanú do požadovanej udržateľnej rodovitosti) v počte 184 jedincov t.j. 54,93%.

V predmetnom území Hr1 bolo zaznamenaných 9 druhov ovocných drevín: *Cerasus avium* (L.) Moench (CA), *Pyrus communis* L. (PC) emend. Burgsd., *Malus domestica* Borkh. (MD), *Juglans regia* L. (JR), *Prunus domestica* L. (PD), *Castanea sativa* Mill.(CS), *Mespilus germanica* L. (MG), *Cydonia oblonga* Mill. (CO), *Prunus persica* (L.) Batsch. (PP), Spolu bolo zmapovaných 593 jedincov a 9 skupinových porastov (10–100 jedincov) *Prunus domestica* L., Najčastejšie sa na území opakuje *Cerasus avium* (L.) (46,06%) s počtom 273 jedincov. *Prunus domestica* L. predstavuje 23,10%. Ak by sme však pripočítali jednotlivé jedince zo skupinových porastov (spriemerovaných), slivkové porasty budú predstavovať 55,42%. Čo sa týka perspektívnosti drevín takisto prevažuje stupeň 2 – perspektívne (dreviny s preschnutou časťou



Obr. 3: Perspektíva ovocných drevín
Fig. 3: Perspectivity of fruit-trees

koruny, u ktorých možno predpokladať, že po kuratívnom zásahu sa v priebehu dvoch rokov dostanú do požadovanej udržateľnej rodivosti) v počte 226 jedincov t.j. 38,11% (obr. 3).

Determinácia a hodnotenie odrodovej diverzity vybraného ovocného druhu so zameraním na staré a krajové odrody

Hriňová

Počet zaznamenaných jedincov: 63 (z toho určených 28, 4 neurčené, 31 bez úrody alebo nedostupné)

Počet určených odrôd: 10

Názvy určených odrôd: ‚Batul‘, ‚James Grieve‘, ‚Jonathan‘, ‚Krasokvet žltý‘, ‚Nonetit‘ (‚Matkino‘), ‚Panenské české‘, ‚Parkerovo‘, ‚Parména zlatá zimná‘, ‚Ribstonské‘ a ‚Ušľachtilé žlté

Pôvod zaznamenaných odrôd: Anglicko, Normandia (časť dnešného Francúzska), Česká republika, USA, Škótsko a územie Sedmohradska (dnešné Rumunsko).

Doba vzniku odrôd: najstaršia odroda pochádza zo 16. storočia (rok 1510), no prevažná väčšina odrôd je z 19. storočia čo ich radí medzi historické odrody.

Termín dozrievania: prevažujú zimné odrody, jesenné sú zastúpené v malej miere a letné nie sú zastúpené vôbec čo je zapríčinené termínom mapovania. Dominancia zimných odrôd je z hľadiska ich dlhodobej využiteľnosti očakávaná.

Zaznamenané odrody nepredstavujú kompletný zoznam odrôd vyskytujúcich sa v sledovanom území. Ten odhadujeme na 30–40 (do 50) odrôd. Zároveň patria medzi stále sa pomerne často vy-

skytujúce odrody. Pri ďalšom výskume by preto bolo vhodné orientovať sa predovšetkým na krajové odrody, ktoré sú pre územie špecifické, a preto z hľadiska ochrany odrodovej diverzity a jej ďalšieho využívania prioritné.

Hrušov

Počet zaznamenaných jedincov: 105 (z toho 30 určených a 2 neurčené, 73 bez úrody alebo nedostupné)

Počet určených odrôd: 13

Názvy určených odrôd: ‚Batul‘, ‚Blenheimská rejeta‘, ‚Golden Delicious‘, ‚Hontianska končiarica‘, ‚Idared‘, ‚Jonathan‘, ‚Kalvin červený jesenný‘, ‚Nonetit‘ (‚Matkino‘), ‚Ontario‘, ‚Panenské české‘, ‚Parména zlatá zimná‘, ‚Red Delicious‘ a ‚Stayman Winesap‘.

Pôvod zaznamenaných odrôd: Anglicko, Česká republika, Hont (SR, HU), Kanada, Normandia (časť dnešného Francúzska), územie Sedmohradska (dnešné Rumunsko), Škótsko a USA.

Doba vzniku: najstaršiou zaznamenanou odrodou je Parména zlatá zimná, ktorá pochádza zo 16. storočia. Je to pomerne bežná odroda aj v iných mapovaných územiach. Prevažná väčšina odrôd pochádza z 19. storočia, čo ich radí medzi historické odrody, menší podiel majú odrody klasické, ktoré vznikli prevažne v USA.

Podobne ako pri obci Hriňová, ani v tomto prípade nepredstavujú zaznamenané odrody kompletný zoznam vyskytujúcich sa v sledovanom území. Ten však v porovnaní s Hriňovou odhadujeme na vyšší (40–60 odrôd), čo sa však z prieskumu nepotvrdilo. Mnohé zaznamenané odrody sa vyskytujú pomerne často aj na iných lokalitách

Tab. 2: Charakteristiky jednotlivých odrôd, Hriňová
Tab. 2: Characteristics of particular varieties, Hriňová

Názov odrody	Miesto vzniku	Spôsob vzniku	Vznik/prvá zmienka	Dobové zaradenie	termín dozrievania
Batul	Sedmohradsko	?	1884	klasická	jesenná
James Grieve	škótsko	semenáč	1895	klasická	jesenná
Jonathan	USA	semenáč	1800	historická	zimná
Krasokvet žltý	USA	?	18.storočie	historická	zimná
Nonetit (Matkino)	USA	?	1849	historická	zimná
Panenské české	ČR	?	známy od 1800	historická	zimná
Parkerovo	Anglicko	?	1810	historická	zimná
Parména zlatá zimná	Normandia/Anglicko	?	1510	historická	zimná
Ribstonské	Anglicko	šľachtenie	1700	historická	zimná
Ušľachtilé žlté	Anglicko	semenáč	19.storočie	?	jesenná

Tab. 3: Charakteristiky jednotlivých odrôd, Hrušov
 Tab. 3: Characteristics of particular varieties, Hrušov

Názov odrody	Miesto vzniku	Spôsob vzniku	vznik/prvá zmienka	Dobové zaradenie	termín dozrievania
Batul	Sedmohradsko	?	1884	klasická	jesenná
Blenheimská reneta	Anglicko	semenáč	1800	historická	zimná
Golden Delicious	Amerika	semenáč	1890	klasická	zimná
<i>Hontianska končiarka</i>	Hont (SK,HU)	?	?	?	zimná
Idared	USA	šľachtenie	1935	klasická	zimná
Jonathan	USA	semenáč	1800	historická	zimná
Kalvin červený jesenný	Francúzsko	?	1565/1670	historická	jesenná
Nonetit (Matkino)	USA	?	1849	historická	zimná
Ontario	Kanada	šľachtenie	1820	historická	zimná
Panenské české	ČR	?	známy od 1800	historická	zimná
Parména zlatá zimná	Normandia/Anglicko	?	1510	historická	zimná
Red Delicious	USA	šľachtenie	1880	klasická	zimná
Stayman Winesap	USA	šľachtenie	1866	klasická	zimná

a patria medzi bežné odrody extenzívnych výsadiel. No zaznamenali sme aj zriedkavejšie odrody („Kalvin červený jesenný“, „Stayman Winesap“). Pre územie Hontu je typický výskyt krajovej odrody *Hontianska končiarka*, ktorú sme zaznamenali aj v sledovanom území. Pri ďalšom výskume by sme rovnako ako v prvom prípade odporúčali orientovať sa predovšetkým na miestne a krajové odrody, ako aj na staré odrody s nízkou početnosťou.

Počet odrôd zaznamenaných na oboch sledovaných lokalitách je porovnateľný. Tento údaj však viac vypovedá o koncentrácii odrôd na jednotku plochy ako o odrodovej variabilite sledovaných lokalít. Vo vybranom území obce Hriňová sme zaznamenali 11 a vo vybranom území obce Hrušov 13 odrôd. 5 odrôd sme zaznamenali na oboch územiach. Sú nimi odroda „Batul“, „Jonathan“, „Matkino“, „Panenské české“ a „Parména zlatá zimná“. V oboch katastroch boli zaznamenané aj ďalšie odrody, ktoré možno na základe IŠTVÁNOVÁ (2011), JAKUBEC, UHERKOVÁ, MODRANSKÝ (2013), JURÍKOVÁ (2013), ZOLCZEROVÁ (2012) považovať za relatívne bežné (početné), sú nimi: Blenheimská reneta, Golden Delicious, Idared, Krasokvet žltý, Ontario, Parkerovo, Red Delicious a Ribstonské. To nasvedčuje, že úspešné staršie odrody sa krajine zachovávajú, a to popri novších a moderných odrodách, dlhšie obdobie. To naznačuje ich kvalitu, využiteľnosť, plasticitu a snád' aj obľúbenosť medzi obyvateľmi.

DISKUSIA A ZÁVER

Vnútorňú štruktúru líniových formácií NDV môžeme porovnať s predošlým výskumom referenčných štvorcov tej istej veľkosti (1 km²) v katastroch Hriňová, Detva a Očová (Modranský et al., 1999, Modranský et al., 2008). V roku 1996-97 bola sledovaná štruktúra dvoch referenčných štvorcov v k. ú. Očová (O1, O2) a dvoch štvorcov v k. ú. Detva (D1, D2). V roku 2006-07 bol výskum doplnený o štvorec v Očovej (O3) a dva v Hriňovej (H1, H3).

Porovnanie uvádzame v tab. 4. Rozdiely medzi jednotlivými štvorcami sú výrazné. Referenčné štvorce O2 a O3 ležia v kotlinovej krajine Zvolenskej kotliny, kde prevládajú makroštruktúry ornej pôdy. Počet plôšok je teda najnižší. Počet plôšok sa mierne zvyšuje pri štvorci O1, ktorý leží v činitejšej časti katastra. Štvorec D1 predstavuje prechod medzi kompaktným sídlom a voľnou krajinou s rozptýleným osídlením na podvrchovinách až vrchovinách. Došlo tu k čiastočnému vymiznutiu HKŠ, k zlučovaniu jednotiek krajinej štruktúry, k redukcii vegetačnej štruktúry, avšak počet plôšok je výrazne väčší ako v predchádzajúcich štvorcoch. Čo sa týka štvorcov D2, H1 a H3, H4 tu bol zaznamenaný najvyšší počet plôšok. Tieto predstavujú tretí typ krajiny na vrchovine so zachovaním maloplošného hospodárenia na laznických usadlostiach. Nižší počet líniových formácií vo štvorci H4 oproti štvorcem H1, H3 je na jednej strane spôsobený

štruktúrou krajiny a na strane druhej metodikou mapovania. Značnú časť štvorca totiž tvoria porasty *Sarothamnus scoparius* (L.) Wimm. ex W. D. J. Koch a záhradkárske kolónie. Čo sa týka metodiky mapovania, zmapované boli len medze porastmi drevín nad 1%. Pri štvorcoch H1 a H3 zahŕňal ich počet aj línie s porastmi drevín do 1% a bez drevín. Referenčný štvorec Hr1 predstavuje krajinu na pahorkatine až podvrchovine s mezoštruktúrami ornej pôdy a rozptýleným osídlením. Typom krajiny sa najviac približuje k štvorcu D2.

Podľa MODRANSKÉHO et al. (2008) môže byť nárast počtu línií spôsobený dvoma procesmi, a to rozpad dlhších línií na kratšie, kedy boli odstránené (predelené) v súvislosti s intenzívnym obhospodávaním poľnohospodárskej pôdy. Ďalšou príčinou nárastu počtu línií s drevinovou vegetáciou je nálet drevín do línií, kde bola pôvodne len bylinná vegetácia. NDV je v súčasnej dobe hodnotená ako ekostabilizačný prvok, keď sa však pozrieme na využitie krajiny v roku 1949 (obr. 4), NDV me-

dzí, skoro úplne absentuje. Proces náletu drevín do medzi je prirodzeným javom, avšak v minulosti boli tieto nálety pravidelne odstraňované z technických dôvodov. V súčasnej dobe nám línie s prítomnosťou drevín indikujú postupné opúšťanie maloplošného hospodárenia.

V tab. 5 uvádzame porovnanie skúmaných parametrov drevín s predošlými výskumami z roku 2006-07. Najviac druhov bolo zaznamenaných vo štvorci H3, i keď najvyšší priemerný počet druhov na líniu predstavuje štvorec O1. Je to spôsobené rozdielnym počtom línií, kde pri počte 301 línií (114 línií bolo bez alebo pod 1% s drevinami) vo štvorci H3 sa priemerný počet druhov na líniu znížil. Porovnávanie priemerného počtu preto nemusí byť vždy vhodné. V intenzívne obhospodávaných štvorcoch O2 a O3 bolo zaznamenaných najmenej druhov drevín. Čo sa týka konštancie druhov drevín štvorce na Hriňovej sú si podobné. Vo všetkých troch štvorcoch dominujú *Rosa* sp. a *Cerasus avium* (L.), vo štvorci H4 pribúda dominancia *Salix*

Tab. 4: Porovnanie typov NDV v jednotlivých štvorcoch

Tab. 4: Comparing of non-forest woody vegetation types in particular squares

Referenčný štvorec	Typ NDV					Spolu
	bodová	líniová	skupinová	veľkoplošná	Iná (záhrady, sady...)	
O1 (r. 1996-97)	5	15	7	5	0	32
O2 (r. 1996-97)	5	4	5	0	3	17
O3 (r. 2006-07)	4	10	0	?	0	14
D1 (r. 1996-97)	23	5	46	0	44	118
D2 (r. 1996-97)	55	26	42	5	128	256
H1 (r. 2006-07)	21	168	20	0	42	251
H3 (r. 2006-07)	60	235	39	?	41	375
H4 (r. 2013)	81	56	32	17	35	221
Hr1(r. 2013)	72	41	23	4	8	148



Obr. 4: Zmeny obhospodarovania krajiny v referenčnom štvorci H4

Fig. 4: The changes of land-use in reference square H4

caprea (L.). Pre štvorce v Očovej sú typické druhy *Prunus spinosa* (L.) a *Rosa* sp.

Zhodnotenie ďalších parametrov je nasledovné: najširšie línie sú vo štvorci O1 a Hr1. Šírka línií súvisí s disekciou reliéfu ale aj s využitím krajiny. Tieto štvorce sa nachádzajú na členitejšom reliéfe (pahorkatiny, podvrchoviny), kde už nie je možné veľkoplošné obhospodarovanie. Podobne to platí aj pri dĺžke línií, čím menej členitý reliéf, tým sú línie dlhšie. Konektivita línií súvisí hlavne s intenzitou antropického pôsobenia v krajine. Na jednej strane pri intenzívnom obhospodarovaní dochádza ku fragmentácii línií, prípadne k ich úplnému zániku, na druhej strane pri extenzívnom obhospodarovaní až opúšťaní dochádza ich postupnému nasycovaniu, teda zvyšovaniu konektivity. Index rozmanitosti predstavuje najvyššiu hodnotu 10,97 vo štvorci O1 a 7,19 v Hr1, z čoho vyplýva, že tieto štvorce celkovo svojimi hodnotami predstavujú najstabilnejšie štvorce z hľadiska najmenších zásahov do vývinu ich drevinových formácií. Index hovorí o početnosti a rovnomernej distribúcii druhov v jednotlivých formáciách. Čím vyššiu hodnotu teda dostaneme, tým viac druhov bolo zaznamenaných a takisto aj ich jednotlivé konšcie

sú vysoké.

Ak porovnáme výsledky mapovania ovocných odrôd z Hrušova a Hriňovej s prácami IŠTVÁNOVÁ (2011), JAKUBEC, UHERKOVÁ, MODRANSKÝ (2013), ZOLCZEROVÁ (2012), JURÍKOVÁ (2013), musíme pripustiť, že rozsah skúmaného územia (štvorec s plochou 1 km²) nie je postačujúci pre zachytenie očakávaného množstva odrôd. V spomínaných prácach sa výskum uskutočnil na celom katastrálnom území alebo na jeho väčšej časti s orientáciou na extravilán a počet zaznamenaných odrôd bol niekoľkonásobne vyšší. Dobrým východiskom pre porovnanie je kataster obce Hrušov, kde pri metóde s použitím štvorcov s rozlohou 1 km² bolo zachytených 13 odrôd a práca ZOLCZEROVEJ (2012) zachytáva až 37 odrôd. Aj pri spracovaní výsledkov z iných citovaných prác vyplýva, že za jedno vegetačné obdobie je možné mapovaním celého katastrálneho územia zaznamenať cca 30 odrôd. Pri opakovaných návštevách a mapovaní so zahrnutím letných odrôd aj vyšší počet. Tu treba zohľadniť skutočnosť, že staršie extenzívne výsadby majú sklon k alternácii rodovosti, a preto na nich nie je úroda každý rok. Zastúpenie odrôd zaznamenaných počas jednej vegetačnej sezóny tak môže predstavovať

Tab. 5: skúmané parametre jednotlivých línií

Tab. 5: studied parameters in the particulars lines

Skúmané parametre	Referenčné štvorce						
	O1	O2	O3	H1	H3	H4	Hr1
počet druhov drevín	41	18	14	28	44	36	39
Ø počet druhov drevín	11	4,7	4,6	4,5	3,5	5	7
Ø šírka línií (m)	8,45	5,3	4,3	2,77	2,47	3,75	8,26
Ø výška línií (m)	–	–	–	–	–	1,1	0,98
Ø dĺžka línií (m)	227	282	385	180	103	127,76	102,14
Ø výška drevín (m)	9,65	4,78	4,6	4,18	4,84	6,65	6,81
Ø konektivita (%)						58,88	84,15
Pokryvnosť drevinami (%)	68	23,2	25,2	26,1	28,1		
Ø Shannonov index	10,97	4,56	4,7	4,31	3,63	4,8	7,19

Tab. 6: Vplyv výberu územia na počet zaznamenaných odrôd v k.ú. Obce Žibritov

Tab. 6: Influence of the selection area to the number of recorded varieties in Žibritov cadaster area

Lokalita	Žibritov, intravilán, štvorec 1	Žibritov, NDV s výskytom OD štvorec 2	Žibritov, NDV s výskytom OD, štvorec 3	Žibritov celoplošné mapovanie
počet jedincov	69	28	83	262
počet odrôd	17	7	10	30
podiel jedincov k celku (%)	26,3	10,7	31,7	100
podiel odrôd k celku (%)	56,7	23,3	33,3	100

aj pri výskume celého katastra len malú časť odrodovej diverzity, pri súhre niekoľkých faktorov to môže byť menej než tretina alebo štvrtina skutočného výskytu. V prípade, že do tohto zoznamu započítame aj krajové odrody môže byť podiel ešte nižší. Tento predpoklad potvrdzuje tab. č. 6.

Početnosť prezentovaná v tab. č. 6., teda početnosť mapovaných jabloní v obci Žibritov a ich odrodová skladba. Mapovanie bolo realizované s výnimkou lesného porastu a zastavaných plôch na celej výmere katastrálneho územia. Celkovo bolo zaznamenaných 262 jedincov a 30 starých a krajových odrôd, pričom až na 124 (47%) jedincoch sa nenachádzala žiadna úroda. V jednotlivých štvorcoch však bolo zastúpenie odrôd výrazne nižšie. Najviac, až 56,7% dosahovalo v intraviláne obce. Tento údaj vypovedá o vyššom záujme a lepšej starostlivosti o stromy vysadené v blízkosti sídla. Na druhej strane však stojí doposiaľ neoverený predpoklad, že v extraviláne bude síce nižšia starostlivosť o vysadené jedince no zároveň nižšia frekvencia ich výmeny. Preto môžeme v tomto území očakávať aj výskyt starších, prípadne menej častých starých no najmä krajových či miestnych odrôd, ktoré môžu byť z hľadiska záchrany genofondu hodnotné.

V zmapovaných štvorcoch (1, 2, 3) sa nachádza spolu 17 odrôd, z ktorých všetky sa nachádzajú zároveň v mapovanom štvorci č. 1 zachytávajúci intravilán obce a jej blízke okolie. Zvyšných 13 odrôd sa nachádza v extraviláne, najmä v rôznych prvkoch NDV, ktoré vybraté štvorce nezachytili. Mapované štvorce dosahujú spolu výmeru 3 km², pričom celé mapované územie, ktoré tvorí poľnohospodársky využívaná krajina (orná pôda, trávne porasty, NDV, sady, záhrady a vinica) dosahuje výmeru 3,5 km². Územné pokrytie dosahuje viac ako 85%, odrodové 57%.

Vo vybraných referenčných štvorcoch v Hriňovej (H4) a v Hrušove (Hr1) bola komplexne zmapovaná štruktúra líniovej NDV, ďalej ovocné stromy, ktoré sa nachádzali v mapovaných líniiach, ale hlavne v záhradách. Pri ovocných drevinách sme sa zamerali na hodnotenie ich odrodovej diverzity. Závety z mapovania líniovej NDV sú nasledovné: rozdiely v počte plôšok NDV nám vyplynuli z dvoch sledovaných parametrov v krajine: členitosť reliéfu a využitie krajiny. Kým v Hriňovej je poloha referenčného štvorca na podvrchovine až vrchovine, v Hrušove je jeho poloha na pahorkatine. Členitejší reliéf je charakteristický väčším výskytom NDV a maloplošným hospodárením, naopak je to pri menej členitom reliéfe. Čo sa týka druhého sledovaného parametra, väčšia roz-

loha a vyšší počet NDV sa viaže vo väčšej miere na trvalo trávne porasty (TTP). Nevyužívané (tzn. v určitom štádiu sukcesie) TTP potom logicky obsahujú ešte viac NDV. Na poličkách zachovanej ornej pôdy sa na medziach nevyskytuje NDV alebo len veľmi sporadicky. Plocha a počet plôšok NDV v krajine nám teda indikuje zachovanosť historického spôsobu využitia. Pri porovnaní leteckých meračských snímok z r. 1949 je badateľné, že kým v Hrušove polička ornej pôdy obsahovali NDV, na Hriňovej výskyt NDV na ornej pôde skoro úplne absentuje. Táto skutočnosť je daná znova hlavne reliéfom a z neho vyplývajúcimi tvarmi poličok ornej pôdy. Miernejší reliéf na Hrušove umožňoval obrábať väčšie polia a bol na nich aj možný výskyt NDV. V Hriňovej by to z technického hľadiska bolo náročnejšie obrábať úzke švicky poličok, oddelené mezzami s výskytom NDV. Z druhového zloženia a konštancie drevín môžeme usudzovať, že v Hrušove sú dreviny v líniiach vo vyššom štádiu sukcesie ako v Hriňovej. Túto informáciu nám udáva vysoký výskyt klimaxových drevín (dub a hrab) vo štvorci na Hrušove. Zmapované boli však len malé časti katastra. Výsledky teda nemôže vzťahovať na celý kataster, ale len na časti, ktoré majú ten istý alebo podobný charakter spomínaných parametrov.

Z výsledkov početnosti odrôd a ich početným zastúpením v oblasti Hriňovej a Hrušova a z porovnania s predchádzajúcimi citovanými prácami vyplývajú len malé, regionálne či lokálne špecifiká. Zaznamenané odrody môžeme v extenzívnych výsadbách považovať za stále pomerne bežne sa vyskytujúce. Toto tvrdenie však neznižuje význam ich ochrany, ako potenciálne využiteľného genofondu, nakoľko k ich ďalšej výsadbe v súčasnosti nedochádza, prípadne dochádza len sporadicky. Lokálne špecifiká sa môžu prejavovať po rozšírení skúmaného územia a najmä opakovaním a doplnením výskumu o krajové odrody, ktoré môžu byť pre daný región typické. Tieto zároveň predstavujú pre ohraničenosť svojho rozšírenia odrody, na ktoré je potrebné prioritne zamerať ochranu. V ďalšej práci je tiež potrebné venovať pozornosť metódam terénneho prieskumu využívaného pre zber vzoriek plodov pre determináciu vyhodnotiť ich uplatniteľnosť pre získanie optimálnych výsledkov.

Sledované parametre drevín nám podávajú podrobný, i keď nie úplne komplexný pohľad na NDV dvoch katastrálnych území, ako bolo povedané vyššie. Celkovo však zachytávajú dostatok informácií o štruktúre a štádiu vývoja NDV a ovocných stromov, ktoré môžu slúžiť ako podklad na manažmentové opatrenia v krajine.

PodĎakovanie

Autori Ďakujú internej projektovej agentúre (IPA) za finančnú podporu pri riešení projektu IPA č. 6/2013, v rámci ktorého vznikol prezentovaný príspevok.

LITERATÚRA

- BOČEK, S., et al., 2007: Ovocné dreviny v krajine, sborník prednášok a seminárnych prácí, Hostětín, 2008, ISBN: 978-80-904109-2-3, ZO ČSOP Veronica Brno, 118 s.
- BRINDZA, J. et al., 1994: Realizácia programu záchrana ohrozeného genofondu rastlín na Slovensku. In: Brindza, J., (ed.), Súčasnosť a perspektívy šľachtenia ovocných druhov na Slovensku. VES VŠP Nitra: s. 76–78.
- DANIŠ, D., MODRANSKÝ, J., 2006: Dôsledky impaktu sekundárnej sukcesie na biodiverzitu a životnosť agroekosystémov ovocných sádov na príklade vybranej lokality v Štiavnických vrchoch. In: KOČIK, K., BENČAĽ, T., DANIŠ, D., (eds.) 2008: *Hodnotenie základných zložiek poľnohospodárskej krajiny a agroekosystémov*. s. 19–25.
- DOBROVODSKÁ, M., (2004): Historické poľnohospodárske formy využitia krajiny. In *Životné prostredie*. Bratislava, ÚKE SAV : 2004, r. 38, č. 2, s. 94–98.
- DUBLAN, L. 1997: *Geologická mapa Poľany*. Geologická služba SR, Bratislava, 1997.
- DVOŘÁK, A., 1978: *Atlas odrud ovoce*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 400 s.
- ELIÁŠ, P. 1974: K ochrane starých ovocných stromov in Pamiatky, príroda 5. Slovenský ústav pamiatkovej starostlivosti a ochrany prírody v Bratislave. Vydavateľstvo Obzor, Bratislava, 1974. s. 28–29.
- GALLAY, I. 2009: Krajinnokoologické hodnotenie abiotického komplexu CHKO – BR Poľana. TU Zvolen, 152 s.
- HUBA, M., 2004. Historické krajinné štruktúry v kontexte súčasnej reality. In *Životné prostredie*. Bratislava: ÚKE SAV, 2004, no. 2, 38, s. 86–89.
- IŠTVÁNOVÁ, Z., 2011: Význam ovocných drevín v katastrálnom území Žibritov pre biodiverzitu krajiny a zachovanie starých a krajových odrôd. Diplomová práca. Technická univerzita vo Zvolene, 73 s.
- JAKUBEC, B., MODRANSKÝ, J., IŠTVÁNOVÁ, Z., 2013: Zhodnotenie výskytu a rozmanitosti jabloní na vybraných lokalitách. In Benediková, D., 2013: Hodnotenie genetických zdrojov pre výživu a poľnohospodárstvo. CVRV, Piešťany, ISBN 978-80-89417-49-0, s. 10–13.
- JAKUBEC, B., UHERKOVÁ, A., MODRANSKÝ, J., 2013: Bielokarpatský ovocný poklad, záchrana starých a krajových odrôd ovocných drevín. Poster z konferencie Ovocné dreviny v krajine a ich využitie, 14. 11. 2013. Mendelova univerzita v Brne, Zahradnícka fakulta v Lednici
- JANČURA, P. 2000: Identifikácia krajinného obrazu a krajinného rázu na príklade subregiónu Detva-Hriňová. In: *Acta Facultatis Ecologiae VII*. Zvolen : FEE TU, 2000, s. 37–50.
- JANČURA, P., 2004: Význam historických krajinných štruktúr v krajinnom obraze a tvorbe krajiny. In *Historické krajinné štruktúry*. Banská Štiavnica : Partner, 2004 s. 4–15. ISBN 80-89183-09-03.
- JURÍKOVÁ, V., 2013: Výskyt a vývoj rozšírenia ovocných drevín a hodnotenie ich odrodovej skladby so zameraním na staré a krajové odrody v k.ú. Belá. Bakalárska práca. Technická univerzita vo Zvolene, nepublikované.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, E., et al., 1980: *Atlas SSR*. Slovenská kartografia. Bratislava : 1980. 296 s.
- MERTAN, V., 1995: Staré ovocné sorty Bielych Karpát. Karpatské ochrannárske združenie altruistov, Trenčín, 20 pp.
- MIKLÓS, L. eds. 2002: *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava : MŽP SR, Banská Štiavnica : Esprit, 2002, 342 s. ISBN 80-88833-27-2.
- MODRANSKÝ, J., GIERTL, M., DANIŠ, D., 2008: Zmeny vegetačných (drevinových) formácií v južnej časti Podpoľania. IN Vybrané problémy krajiny podhorských a horských oblastí. Vyd. Janka Čižmarová – PARTNER, Poniky : 2008. s. 42–53. ISBN 978-8089183-46-3.
- MODRANSKÝ, J., JANČURA, P., PAVLÍK, J., 1999: Viacúrovňové skúmanie vegetačnej štruktúry na príklade územia Podpoľania v katastroch Očová, Detva, Hriňová. Geografické štúdie NR. 6 – Stredné Slovensko – transformácia prírodnej a kultúrnej krajiny. FPV UMB Banská Bystrica, s. 161–169.
- MOISES, M., IZAKOVIČOVÁ, Z., GAJDOŠ, P., DOBROVODSKÁ, M., HREŠKO, J., GOLIAN, J., 2011: *Stratégia manažmentu tradičnej poľnohospodárskej krajiny mesta Hriňová*. Ústav krajinnnej ekológie Slovenskej akadémie vied.
- ODUM, E., P., 1977: *Základy ekologie*. Academia, Praha: 736 s.
- ŘÍHA, J., 1919: *České ovoce*. Díl III. Jablka. Československá pomologická společnost, Praha. 248 s.
- SLÁMOVÁ, M., BELÁČEK, B. 2004: Typológia reliéfných foriem historických krajinných štruktúr. In *Historické krajinné štruktúry*. Partner : Poniky, 2004. s. 25–31. ISBN 80-89183-09-03.
- ŠPULEROVÁ, J., ŠTEFUNKOVÁ, D., DOBROVODSKÁ, M. et al., 2009: *Priručka na mapovanie historických štruktúr poľnohospodárskej krajiny*. Bratislava, 2009. 16 s.
- TETERA, V., et al., 2006: *Ovoce Bílých Karpat*, ZO ČSOP Bíle Karpaty Veselí nad Moravou, ISBN 80-903444-5-3, 310 s.
- VANĚK, J., 1940: *Lidová pomologie díl VII. – jablka*. Nakladatelství zahradnické literatury (Josef Vaněk) Chrudim. 108 s.
- VASS, D. a kol., 1979: Geologická stavba Ipelskej kotliny a Krupinskej planiny, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava 1979, s. 205–214
- Weeds, [online]. [cit. 2014-04-24]. Dostupné na internete: www.soprs.sk/cinnost/medzin_spol/narod_strat_biodiv
- Weeds, [online]. [cit. 2014-04-24]. Dostupné na internete: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster>
- ZOLZEROVÁ, I., 2012: Krajinnársko-dendrologické aspekty ovocných sádov obce Hrušov. Diplomová práca. Technická univerzita vo Zvolene, 72 s.

PREHLADOVÉ ČLÁNKY
REVIEW ARTICLES

ENVIROMENTÁLNE VYUŽITIE POPOLA ZO SPAĽOVANIA BIOMASY – PREHĽADOVÝ ČLÁNOK

SLÁVKA KOČANOVÁ, DÁVID SZÉPLAKY

Technická univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Katedra pecí a teplotníky, Letná 9/A, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: slavka.kocanova@tuke.sk, david.szeplaky@tuke.sk

ABSTRACT

Kočanová S., Széplaky D.: **Environmental utilization of ash from biomass combustion. A review**

This paper environmental utilization of ash from combustion of biomass deals with the formation of ash during combustion of biomass and the possibility of using ash from the combustion of biomass. Exploitation of ash from biomass depends on the kind of contamination and must be assessed on a case by case basis. It is very important perform to analyze the life cycle of biomass but should also be pay attention to the cycle of ash. This article describes the measures to be adhered to prevent the accumulation of heavy metals in the ash cycle.

Key words: combustion of biomass, ash fraction, disposal of the ash, utilization of the ash

ÚVOD

Vplyvy na životné prostredie týkajúce sa znečistenia ovzdušia zo spaľovania biomasy nie sú ani dnes zďaleka zanedbateľné. Biomasa je v súčasnosti obnoviteľným palivom a je považovaná za CO₂ neutrálnu vzhľadom na bilanciu skleníkových plynov. Avšak, toto je pravda len vtedy, ak sme schopní dosiahnuť veľmi nízke úrovne emisií z nedokonalého spaľovania (KARLSVIK et al., 2008) a ak nebudeme zahŕňať používanie fosílnych palív pri zbere a preprave paliva z biomasy a nepoužijeme elektrinu vyrobenú z fosílnych palív.

Pre vyhodnotenie skutočného environmentálneho dopadu spaľovania biomasy mala by byť v ideálnom prípade vykonaná analýza životného cyklu (LCA) (FLYVER, 2000). Tento typ vyhodnotenia zahŕňa rôzne fázy životného cyklu biomasy, a to od verejného obstarávania paliva, prepravy, skladovania a premeny k vyprázdňovaniu a manipulácii s popolom. Do hodnotenia metódou LCA by mala byť zahrnutá výstavba, prevádzka, údržba a vyradovanie z prevádzky energetickej technológie.

Stručne povedané, biomasa je ekologicky udržateľné palivo na výrobu elektriny a tepla. Biomasa

je pre dnešok dôležitá a jej význam sa v najbližších rokoch zvýši. Technológie na zníženie emisií a zvýšenie účinnosti spaľovania sa nepretržite vyvíjajú. Preto sa negatívne vplyvy na životné prostredie zo spaľovania biomasy, ktoré dnes existujú budú do budúcnosti znižovať.

V tejto súvislosti je dôležité zaoberať sa otázkou likvidácie popola zo spaľovania biomasy. Vyprodukovaný popol z biomasy je buď uložený na skládku, alebo recyklovaný v poľnohospodárstve, prípadne v lesníctve. Žiaľ vykonáva sa to bez akejkoľvek kontroly. Vzhľadom k tomu, že náklady na likvidáciu popola rastú, a že objem popola zo spaľovania biomasy sa zvyšuje, musí byť stanovené kontrolovateľné využitie popola. V súčasnosti prebiehajú výskumné činnosti, ktoré sa zameriavajú na analýzy popola z biomasy a na jeho ekologické využitie.

TVORBA POPOLA

Prvky tvoriace popol sú prítomné v biomase ako soli, viazané v štruktúre uhlíka (inherentný popol), alebo ako minerálne častice z hlíny a ílu, ktoré vstupujú do paliva z biomasy v priebehu zberu alebo prepravy (unášaný popol). Zlúčeniny

v inherentnom popole sú homogénne rozptýlené v palive a sú oveľa viac pohyblivé ako zložky v unášavom popole, a preto sú ľahko prchavé a sú k dispozícii pre reakciu na vyhorevaní drevného uhlia (OBERNBERGER et al., 1999).

Počas spaľovania časť zlúčenín vytvárajúcich popol v palive vyprchá a uvoľní sa do plynnej fázy. Prchavá frakcia závisí od vlastností paliva, plynnej atmosféry a použitej technológie spaľovania. Tak napríklad, vysoká teplota spaľovania a redukčná atmosféra predstavuje zvýšenie odparovania príslušných ťažkých kovov Zn, Pb a Cd (BIEDERMANN a OBERNBERGER, 1998).

Tvorba frakcií popola v zariadeniach na spaľovanie biomasy

V zariadeniach na spaľovanie biomasy rozlišujeme tri rôzne frakcie popola podľa procesu tvorby popola (Obrázok 1). A to:

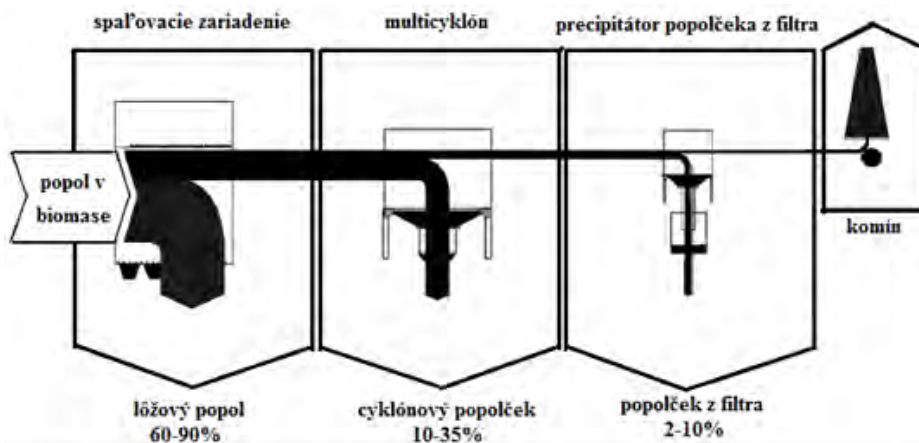
- lôžový popol: vyprodukovaná frakcia popola na rošte a v primárnej spaľovacej komore, často

v zmesi s minerálnymi nečistotami, ktoré sú obsiahnuté v palive z biomasy (piesok, štrk, zemina)

- cyklónový popolček: jemné, anorganické časti popola vyprodukované v sekundárnej spaľovacej zóne, v kotle, ale najmä v multicyklóne umiestneným za spaľovacím zariadením. Táto frakcia popola sa skladá prevažne z hrubých častíc popolčeka.
- filtračný popolček: jemnejšia frakcia popolčeka z elektrostatických a vláknitých filtrov. Táto frakcia popola sa skladá hlavne z aerosólov (OBERNBERGER et al., 1995).

Technológie úpravy popola

Existujú dva rôzne spôsoby ako ovplyvňovať zloženie a vlastnosti popola zo spaľovania biomasy. V tabuľke 1 sú uvedené primárne a sekundárne opatrenia, ktoré majú za cieľ maximalizovať množstvo popola a možnosť ho využiť ekologickým spôsobom.



Obr. 1 Vyprodukované frakcie popola v zariadeniach na spaľovanie biomasy
Fig. 1 Ash fractions produced in a biomass combustion plant

Tab 1 Možnosti ovplyvňujúce zloženie a vlastnosti popola

Tab 1 Possibilities for influencing the composition and characteristics of ash

Primárne opatrenia počas spaľovania Technológia spaľovania a precipitácie	Sekundárne opatrenia Úprava po spaľovaní
Dobré vyhorenie popola	Chemická úprava popola
Výroba nízkeho množstva popolčeka	Biochemická úprava popola
Kontrolovaná precipitácia popolčeka	Tepelná úprava popola
Kontrolovaná teplota precipitácie popola	Kombinované procesy

Separáčne technológie ťažkých kovov rozdeľujeme na primárne opatrenia, ktoré ovplyvňujú spaľovanie a proces precipitácie popolčeka tak, aby sa ťažké kovy sústredili vo filtri popolčeka. Týmto spôsobom sa dá vyhnúť drahým a zložitým sekundárnym opatreniam.

Úprava popola zameraná na separáciu ťažkých kovov je významná pre frakcie popola, ktoré nie sú použiteľné na pôdach. Rôzne metódy, ktoré možno použiť na separáciu ťažkých kovov sú uvedené v tabuľke (DAHL a OBERNBERGER, 1998).

Tieto metódy sú tiež zaujímavé pre popol z spaľovania odpadového dreva. V praxi bude technológia úpravy popola použitá v prípade, že celkové náklady budú lacnejšie ako náklady na likvidáciu odpadu. Oddelené ťažké kovy možno použiť ako základné suroviny napríklad v hutníckych procesoch.

Možnosti likvidácie a využitia popola

Vzhľadom na zvyšujúce sa teplotné využitie biomasy, zvyšuje sa aj množstvo zvyškov z spaľovacieho procesu. Množstvo popola v palive z biomasy je v rozsahu od 0,5% pre mäkké drevo do 12% u niektorých bylinných palív z biomasy. Množstvo popola je silne ovplyvnené obsahom kôry v drevných palivách. To je výsledok vyššieho obsahu popola v kôre na jednej strane a vyššej úrovne minerálnych nečistôt (piesok, zemina, štrk) v kôre na druhej strane. Slama, obilie a iné bylinné palivá z biomasy obsahujú vyšší obsah popolovín

ako drevo vzhľadom na ich vyšší príjem živín počas ich obdobia pestovania. Odpadové drevo obsahuje vysoké množstvo minerálnych a kovových nečistôt rovnako ako kontamináty v dôsledku výrobného procesu.

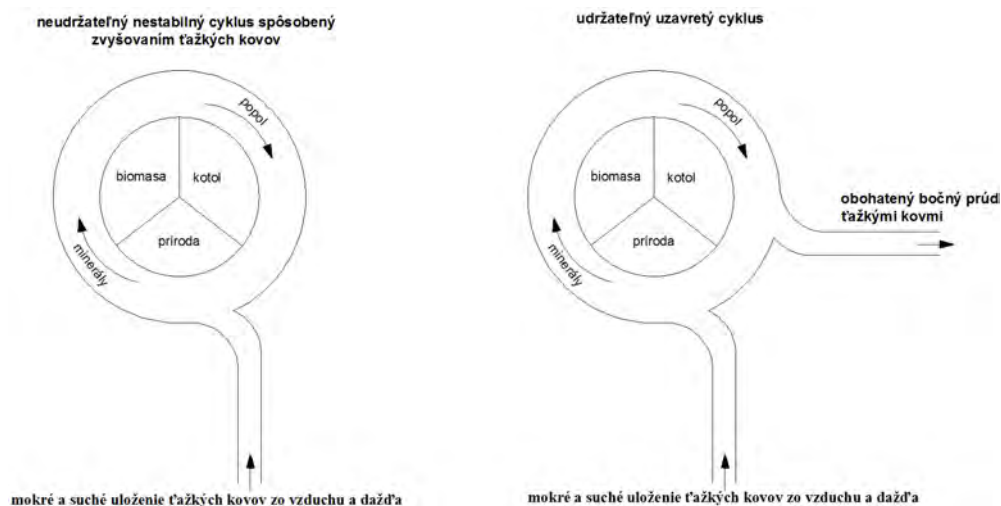
EKOLOGICKÉ OBMEDZENIA

Pre udržateľné využitie biomasy je nutné zistiť tok minerálnych látok a začleniť popol z biomasy do prírodných cyklov. Preto cyklus minerálov mal by byť uzavretý, tak ako je to len možné:

Pôda / živiny → koreň / rastliny → spaľovanie → popol → pôda

Predchádzajúce výskumy ukázali, že cyklus minerálnych látok vnútri procesu výroby energie z biomasy bol narušený uložením ťažkých kovov v lesnom ekosystéme, čo spôsobilo znečistenie životného prostredia. Z toho dôvodu nie je možné recyklovať celkové množstvo popola vytvoreného počas spaľovacieho procesu vo väčšine prípadov. Ak oddelíme časť bohatú na ťažké kovy v spaľovacom zariadení, malo by byť možné recyklovať hlavnú časť vyprodukovaného popola (Obrázok 2).

Hlavné otázky týkajúce sa využitia popola z biomasy sú: Ktoré frakcie môžu byť recyklované a ktoré nie? Preto je znalosť zloženia a miesta pôvodu rôznych frakcií popola zo zariadení na spaľovanie biomasy nevyhnutná. Trvalo udržateľné



Obr. 2 Stabilné a nestabilné prírodné cykly minerálov v recyklácii popola zo spaľovania biomasy
Fig. 2 Stable and unstable natural cycles of minerals in recycling of ash from biomass combustion

využitie tiež vyžaduje, aby popol zo spaľovania dreva alebo kôry bol recyklovaný v lesoch, zatiaľ čo popol zo slamy bol recyklovaný v poľnohospodárskej oblasti. V neposlednom rade musia byť zohľadnené geologické a technologicko-ekonomické aktivity.

Materiálové toky prvkov tvoriacich popol počas spaľovania biomasy

Celková analýza materiálového toku vykonaná v niekoľkých zariadeniach na spaľovanie biomasy popol tvoriace prvky odhalila správanie týchto prvkov a ich využitie v rôznych frakciách popola. Obrázok 3 poukazuje na priemerné distribúcie prvkov medzi rôznymi frakciami popola pre štiepku a kôru počas spaľovania v zariadeniach s pevným lôžkom.

Pre spaľovanie biomasy platia všeobecne nasledujúce zásady. Môžu byť odvodené z výsledkov analýz toku materiálu:

- Väčšina (z hľadiska životného prostredia) príslušných ťažkých kovov v popole z biomasy (Zn, Pb, Cd) sú obsiahnuté vo frakcii popolčeka z filtra, nie vo frakcii lôžkového popola. To je spôsobené vysokou prchavosťou týchto prvkov. Frakcia popolčeka z filtra má najvyšší adsorpčný potenciál pre tieto prvky.
- Z hľadiska ochrany životného prostredia sú dva významné ťažké kovy v popole z dreva a kôry,

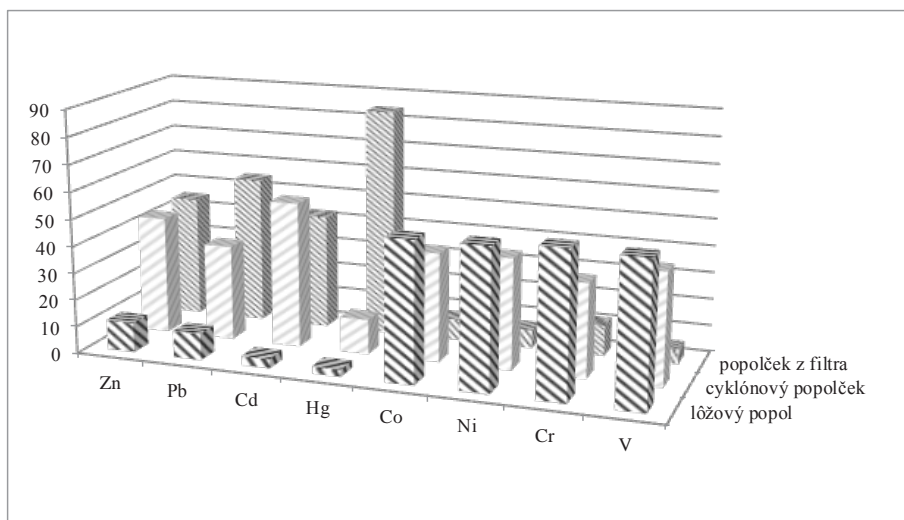
ide o cadmium (Cd) a zinok (Zn). V moderných spaľovacích zariadeniach na biomasu je možné udržať 30–60% hm z celkového vstupu Cd a 25–50% z celkového vstupu Zn vo filtri popolčeka, ktoré tvoria iba 2–15% hm z celkového množstva vyprodukovaného dreveného popola.

- Okolo 85–95% rastlinných živín v popole z biomasy (Ca, Mg, K, P) sa vyskytuje v tzv. „použiteľnom popole“, čo je zmes lôžkového popola a popola z cyklónu.

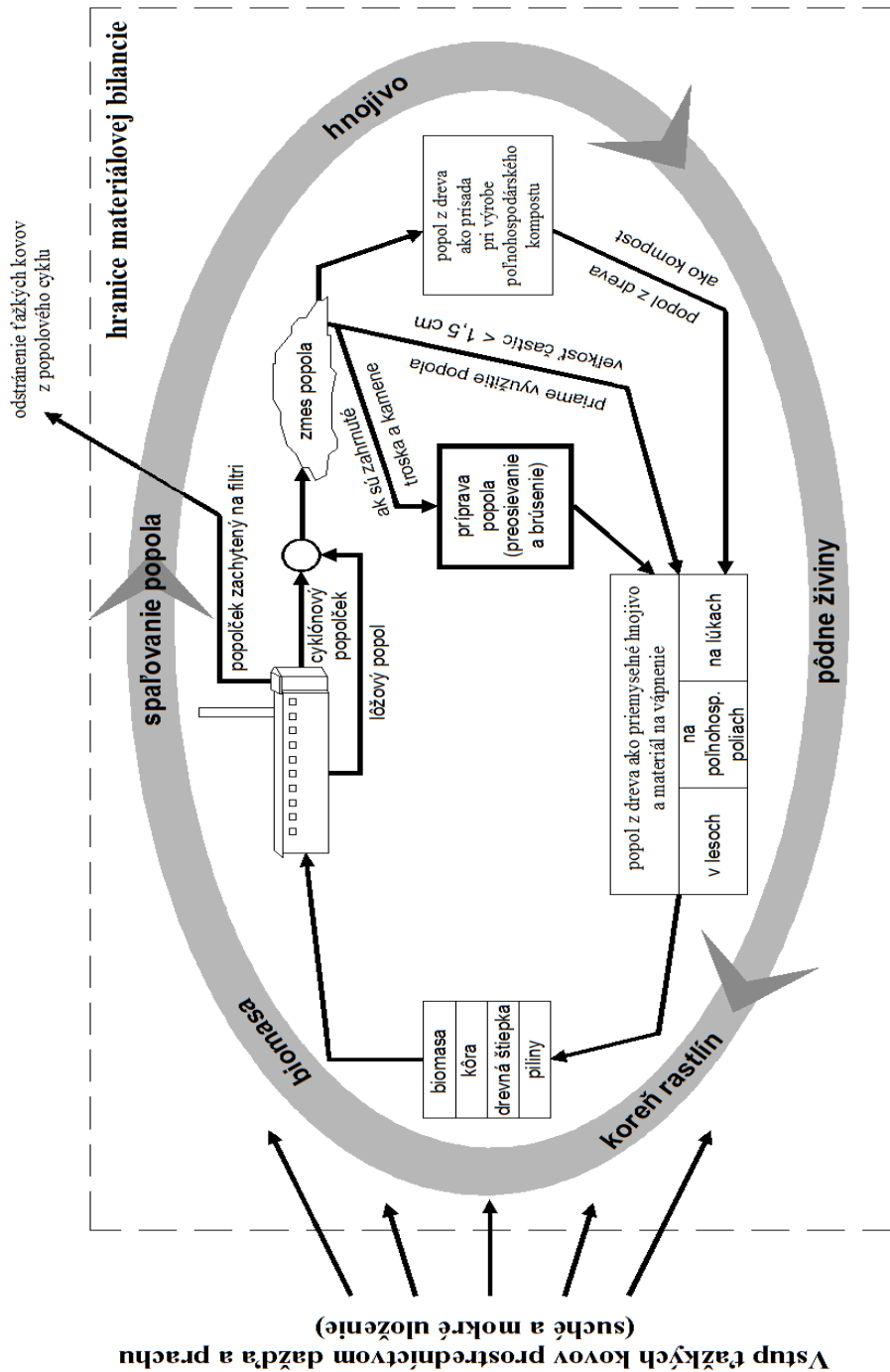
Prirodzený cyklus minerálov šetrný k životnému prostrediu

Ideálny prirodzený cyklus minerálov v popole zo spaľovania chemicky neošetrenej biomasy je narušený ukladaním ťažkých kovov v rastlinách a pôde (NARODOSLAWSKY a OBERNBERGER, 1996). Nasledujúce odporúčania by mali byť smerodajné pre ekologické využitie popola zo spaľovania chemicky neošetrenej biomasy (žiadne odpadové drevo alebo zvyšky dreva):

- aby bol prirodzený cyklus minerálov stabilný, z procesu by mali byť bočným prúdom oddelené častice obohatené ťažkými kovmi,
- porušenie cyklu živín oddelením tohto bočného prúdu by malo byť nízke.



Obr. 3 Priemerné rozloženie ťažkých kovov medzi frakcie popola zo spaľovania kôry a drevnej štiepky
Fig. 3 Average distribution of heavy metals among the ash fractions of bark and woodchip combustion



Obr. 4 Environmentálny cyklus pre popol zo spaľovania biomasy
 Fig. 4 Environmentally cycle for ash from combustion biomass

Na základe výsledkov analýz popola a výpočtov materiálových tokov možno dospieť k záverom o udržateľnom využití popola z chemicky neošetrených palív z biomasy (Obrázok 4).

Aby sa zabránilo hromadeniu ťažkých kovov v cykle tvorby popola, mali by byť vykonané nasledujúce opatrenia:

- Z frakcií popola vyrobených v zariadeniach na spaľovanie biomasy (lôžový popol, cyklónový popolček a popolček z filtra), zmes lôžového popola a cyklónového popolčka v zariadení so špecifickým pomerom (označovaný ako použiteľný popol) je zvyčajne vhodná ako druhotná surovina s hnojáciami a vápniciami efektmi pre poľnohospodárstvo a lesníctvo (zatvorený minerálny cyklus do značnej miery).
- Filtračný popolček tvorí najmenší podiel popola a je obohatený ťažkými kovmi. Preto by mal byť oddelene zhromažďovaný a likvidovaný, aby sa stabilizoval prirodzený cyklus minerálov.
- Za účelom odstránenia ťažkých kovov z popola bez vylúčenia minerálov, je vhodné nainštalovať multicyklón pred odlučovač filtrového popolčka. Minerály obsiahnuté vo frakcii popola z multicyklóna, môžu byť následne recyklované, pričom ťažké kovy obsiahnuté v odlučovači popolčka sú likvidované.
- Ďalší rozvoj technológie spaľovania biomasy by sa mal zamerať na zlepšenie prípadnej frakcionácie ťažkých kovov vhodnými primárnymi opatreniami, aby sa ďalej zvyšovala prchavosť ťažkých kovov v popolčeku zachytenom na filtrí. Koncentrácia ťažkých kovov v použiteľnom popole musí byť minimalizovaná týmto spôsobom, aby sa zaručilo stabilné a trvalo udržateľné využívanie biomasy v dlhodobom horizonte.

ZÁVER

Využitie popola zo spaľovania odpadového dreva na hnojenie poľnohospodárskej pôdy alebo v lesoch nie je možné bez zvláštnej predúpravy popola. Dôvodom sú vysoké koncentrácie ťažkých kovov a iných znečisťujúcich látok v popole z odpadového dreva. Táto kontaminácia je v dôsledku výrobných procesov a predchádzajúceho využitia dreva (napr. nátery). Počas spaľovania odpadového dreva je dosiahnutá určitá frakcionácia ťažkých kovov, ale vzhľadom na skutočnosť, že odpadové drevo obsahuje vysoké koncentrácie neprchavých ťažkých kovov (ako Cr a Ni), alebo ťažké kovy,

ktoré sú uzavreté v iných kovových a minerálnych maticiach, kontaminácia lôžového popola zostáva významná. Z toho vyplýva, že popol zo spaľovania odpadového dreva môže byť použitý len po separácii ťažkých kovov prostredníctvom sekundárnych opatrení (napr. lúhovanie kyselinou alebo tepelným spracovaním). V opačnom prípade je potrebná likvidácia popola.

LITERATÚRA

- BIEDERMANN, F. and OBERNBERGER, I. (1998) 'Fractionated heavy metal separation in Austrian biomass grate-fired combustion plants approach, experiences, results', in *Ashes and Particulate Emissions from Biomass Combustion*, volume 3 of Thermal Biomass Utilization series, BIOS, Graz, Austria, dbv-Verlag
- DAHL, J. and OBERNBERGER, I. (1998) 'Thermodynamic and experimental investigations on the possibilities of heavy metal recovery from contaminated biomass ashes by thermal treatment', in *Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference*, June, Würzburg, Germany, CARMEN, Rimpf, Germany
- FLYVER CHRISTIANSEN, H., DANISH ENERGY AGENCY, FOCK M. W., CENTER FOR BIOMASS TECHNOLOGY at dk-TEKNIK ENERGY and ENVIRONMENT (2000) 'LCA of Procurement and Conversion of Biomass and Fossil Fuels – used for Energy Production in Denmark 1997', poster presented at the First World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry, 5–9 June, Sevilla
- KARLSVIK, E., HUSTAD, J. E., SKREIBERG, Ø. and SØNJU, O. K. (2008) 'Greenhouse gas and NOx emissions from wood-stoves', in *Energy, Combustion and the Environment*, Gordon and Breach, vol 2, no A, pp 539–550
- NARODOSLAWSKY, M. and OBERNBERGER, I. (1996) 'From waste to raw material – the way of cadmium and other heavy metals from biomass to wood ash', in *Journal of Hazardous Materials*, vol 50/2–3, pp 157–168
- OBERNBERGER, I., BIEDERMANN, F. and KOHLBACH, W., (1995) *FRACTIO – Fraktionierte Schwermetallabscheidung in Biomasseheizwerken*, annual report, Institute of Chemical Engineering, Graz University of Technology, Austria
- OBERNBERGER, I., DAHL, J. and BRUNNER T. (1999) 'Formation, composition and particle size distribution of fly ashes from biomass combustion plants', in *Proceedings of the 4th Biomass Conference of the Americas*, September 1999, Oakland, CA, Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, pp 1377–1385

EXTRAKCIA S VYUŽITÍM TEPLoty ZÁKALU MICELÁRNYCH ROZTOKOV V ENVIRONMENTÁLNEJ ANALÝZE: PREHĽADOVÝ ČLÁNOK

JANA SEMANČÍKOVÁ¹, DAGMAR REMETEIOVÁ

¹Technická univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Katedra chémie, Letná 9, 04001 Košice, e-mail: jana.semancikova@tuke.sk

ABSTRACT

Semančíková J.: **Cloud point extraction in environmental analysis: A review**

Trace amounts of heavy metals naturally occur in the earth's crust, but they can also be introduced in the environment from anthropogenic sources such as traffic or industry. Despite the fact that some heavy metals are essential for human body, they can cause health problems in higher concentrations. For this reason, in the context of environmental protection and human health protection, it is necessary to ensure a reliable determination of selected risk elements in environmental samples at trace levels. Despite the selectivity and sensitivity of analytical techniques such as atomic absorption spectrometry, there is a crucial need for preconcentration of trace elements before their analysis due to their frequent low concentrations in numerous samples, especially water samples.

The use of micellar systems such as CPE for separation and preconcentration has attracted considerable attention in the last few years mainly because it is in agreement with the “green chemistry” principles. Green chemistry can be defined as those procedures for decreasing or eliminating the use or generation of toxic substances for human health and for the environment. CPE is a green method for the following reasons: 1) it uses as an extractor media diluted solutions of the surfactants that are inexpensive, resulting in the economy of reagents and generation of few laboratory residues; and 2) surfactants are not toxic, not volatile, and not easily flammable, unlike organic solvents used in liquid-liquid extraction.

Key words: cloud point extraction, environmental analysis, extraction

ÚVOD

Extrakcia je vo všeobecnosti separačný, difúzny proces, ktorý možno využiť aj na predúpravu vzoriek. Najčastejšie sa však využíva na odstránenie, oddelenie alebo nakoncentrovanie analytov zo vzoriek pred ich ďalšou analýzou. V dnešnej dobe sa na extrakciu analytov z biologických a environmentálnych vzoriek využíva niekoľko metód. Okrem konvenčnej kvapalinovej extrakcie (Liquid-Liquid Extraction LLE) medzi extrakcie zaraďujeme aj extrakciu tuhou fázou (Solid Phase Extraction SPE), superkritickú fluidnú extrakciu (Supercritical Fluid Extraction SFE) ako aj extrakciu s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov (Cloud Point Extraction CPE). Kvapalinová extrakcia patrí medzi najčastejšie preconcentračné a izolačné techniky aplikované v analytickej chémii

a môže byť priamo použitá na nefiltrované vzorky s komplexnými maticami. Analyty s nízkou polaritou sú v tejto metóde extrahované do nepolárnej organickej fázy ako napríklad hexán, benzén, toluén, chloroform alebo dichlórmetán (VIEIRA et. al. 2009). Ďalšou z možných metód využívaných na preconcentrovanie analytov je extrakcia tuhou fázou. Metóda SPE ponúka rad výhod oproti klasickej LLE – použitie netoxických činidiel a minimalizáciu ich objemu potrebného na extrakciu, ako aj cenovú nenáročnosť a dostupnosť. Vďaka týmto výhodám bola SPE úspešne aplikovaná na separáciu a preconcentráciu kovových iónov, hlavne zo vzoriek prírodných vôd, pred ich samotným stanovením (CAMEL 2003).

Účinnou technikou na efektívne preconcentrovanie a separovanie analytov pred chemickou analýzou sa v posledných rokoch stala aj extrakcia

s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov (CPE). Princíp tejto metódy spočíva v pridaní vhodného tenzidu k vodnému roztoku, jeho zahriatie nad určitú teplotu, čo vedie ku zakaleniu roztoku za vzniku ďalšej fázy a následnej separácii vzniknutých fáz. (HAGAROVÁ 2008). Prekoncentrácia analytov založená na CPE fázovej separácii ponúka výhodnú alternatívu ku konvenčným extrakčným metódam. Výhody CPE oproti klasickej kvapalinovej extrakcii sú možnosť dosahovania vysokých prekoncentračných faktorov, prevádzková bezpečnosť vďaka nízkej horľavosti tenzidov, ako aj ich nízka toxicita a cenová dostupnosť (KORN et. al. 2006).

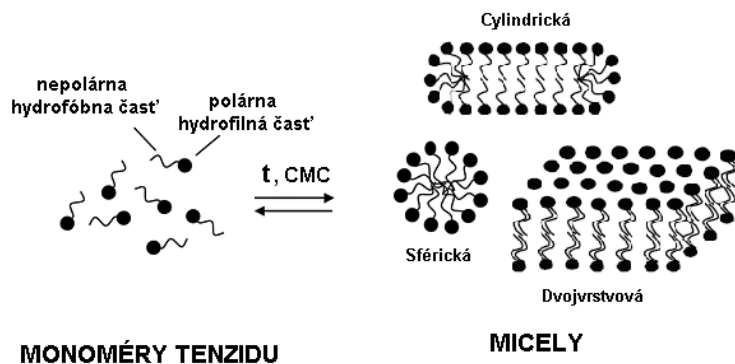
Základný princíp CPE

Extrakcia s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov je relatívne jednoduchá metodika na prekoncentráciu kovových iónov z vodných roztokov a spočíva v pridaní pár mililitrov roztoku tenzidu, a komplexačného činidla zriedeného, podľa svojej rozpustnosti, organickým činidlom alebo priamo vodou. Takýto roztok je následne zahriaty na teplotu vyššiu ako je teplota zákalu použitého tenzidu, čo spôsobí vznik dvoch fáz a následne fázovú separáciu, ktorá môže byť urýchlená odstrednením roztoku v centrifúge (MUKHERJEE et. al. 2011).

Molekuly tenzidu pridávané k roztoku vzorky sa vo vode nachádzajú vo forme amfifilných monomérov zložených z hydrofilných alebo silno polárnych častí nazývaných „hlava“ a hydrofóbných alebo nepolárnych častí „chvostov“. Ak sú

monoméry tenzidu v roztoku prítomné v koncentrácii vyššej ako je kritická micelárna koncentrácia (CMC), tak dochádza k tvorbe agregátov nazývaných micely. Tvorba miciel vo vodných roztokoch je výsledkom krehkej rovnováhy medzimolekulových síl, vrátane hydrofóbných, elektrostatických a van der Waalsových interakcií ako aj vodíkových väzieb. Micely môžu byť definované ako labilné častice vytvorené nekovalentným zoskupením monomérov tenzidu, kde sú hydrofóbné časti tenzidu sústredované do centra micely, aby sa minimalizoval ich kontakt s vodnou fázou, zatiaľ čo hydrofilné zotrávajú na vonkajšom povrchu, aby tento kontakt maximalizovali. Na Obr. 1 je graficky znázornená reverzibilná termodynamická rovnováha medzi monomérmi tenzidu a micelami vo vodnom roztoku. Micely môžu nadobúdať tvar sférický, cylindrický alebo dvojvrstvový. Ich tvar je ovplyvnený chemickým zložením tenzidu a jeho celkovou koncentráciou ako aj teplotou, iónovou silou a pH roztoku (RANGEL-YAGUI 2004).

Po pridaní neiónového tenzidu do vodného roztoku dochádza k jeho rozpúšťaniu vo vode v dôsledku tvorby vodíkových väzieb medzi atómami kyslíka polyoxyetylóvého reťazca tenzidu a molekulami vody. Zohriatie takéhoto roztoku na určitú definovanú teplotu – na kritickú teplotu zákalu micelárnych roztokov (Cloud Point Temperature CPT) dochádza k rozrušeniu týchto väzieb, čo má za následok preskupenie micelotvorných zložiek za vzniku dvoch izotropických koexistujúcich fáz: tenzidom obohatenej fázy (Surfactant Rich Phase SRP) obsahujúcej veľké hydratované micely a druhej vodnej fázy obsahujúcej tenzid



Obr. 1 Schematické zobrazenie reverzibilnej termodynamickej rovnováhy medzi monomérmi tenzidu a micelami vo vodnom roztoku (RANGEL-YAGUI 2004)

Fig. 1 Schematic illustration of reversible monomer-micelle thermodynamic equilibrium (RANGEL-YAGUI 2004)

o koncentrácii blízkej kritickej micelárnej koncentrácii (DOROSCHUK 2004). Zložky prítomné vo vzorke sú následne distribuované podľa svojich chemických a fyzikálnych vlastností buď do tenzidom obohatenej fázy alebo zotrávajú vo vodnej fáze. (MACHÁČKOVÁ 2010). V prípade ak sa analyt v roztoku nachádza vo forme vhodného hydrofóbneho komplexu, tak môže byť následne zachytený v hydrofóbnom jadre micely, a teda aj separovaný do tenzidom obohatenej fázy. Vytvorenie zákalu a fázová separácia je dej reverzibilný a po nastolení pôvodných podmienok dochádza k opätovnému vzniku homogénneho roztoku (HAGAROVÁ 2008).

Všeobecný postup CPE prekoncentrácie kovových iónov

Všeobecný postup extrakcie s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov na prekoncentráciu kovových iónov z vodných roztokov pred ich kvantitatívnym stanovením môže byť zhrnutý do týchto krokov:

1. Výber vhodného chelatačného alebo komplexotvorného činidla, ktoré je schopné vytvoriť vhodný hydrofóbny komplex so sledovaným analytom.
2. Pridanie vhodného tenzidu k vodnému roztoku obsahujúcemu analyt, v koncentrácii vyššej ako je kritická micelárna koncentrácia.
3. Premiešanie a zahriatie roztoku nad kritickú teplotu zákalu daného tenzidu.
4. Inkubačný čas.
5. Odstredenie roztoku – urýchlenie oddelenia fáz.
6. Odstránenie vodnej fázy.
7. Zriedenie SRP riediacim činidlom.
8. Analýza roztoku (HAGAROVÁ 2008, RYDBERG 2004).

Tenzidy využívané v CPE prekoncentrácii kovových iónov

Výber vhodného tenzidu je jedným z kľúčových momentov v CPE metóde a preto by mu mala byť venovaná dostatočná pozornosť. Tenzidy využívané v CPE môžu byť, v závislosti od náboja hydrofilnej „hlavy“ monoméru tenzidu, rozdelené na iónové (aniónové, kationové) a neiónové. Ak je hlava tenzidu nabitá, hovoríme o aniónovom alebo kationovom tenzide, ak nie je nabitá tak tenzid je nepolárny (RANGEL-YAGUI 2004). Najčastejšie využívanými tenzidmi v CPE prekoncentrácii kovových iónov sú práve neiónové tenzidy, z nich hlavne tenzid Triton X-114 (polyoxyetylén-7,5-oktylfenoxy éter) a Triton X-100 (polyoxyetylén-9,5-oktylfenoxy éter). Najaplikovanejším tenzidom je Triton X-114 práve vďaka svojej nízkej teplote zákalu (cca 30°C) a vysokej hustote SRP fázy ako aj nízkej cene, komerčnej dostupnosti a nízkej toxicite. Tenzid Triton X-100 je menej využívaný pretože má vyššiu teplotu zákalu (cca 65 °C) čo spôsobuje náročnejšie dosiahnutie zakalenia roztoku a udržanie vysokej extrakčnej účinnosti (PYTLAKOVSKA 2013). V Tab. 1 sú uvedené charakteristiky hlavných neiónových tenzidov využívaných v CPE (SATO 2013), ich štruktúrne vzorce sú uvedené na Obr. 2.

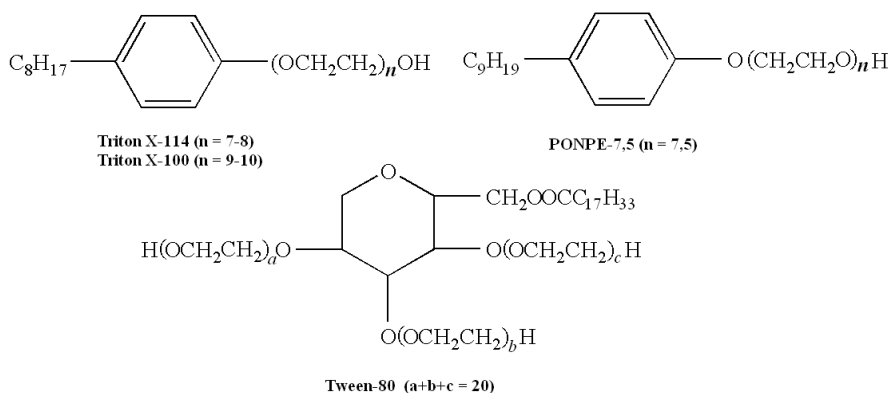
Komplexačné činidlá využívané v CPE prekoncentrácii kovových iónov

Hlavným faktorom ovplyvňujúcim účinnosť CPE prekoncentrácie kovových iónov z vodných roztokov je použitie vhodného komplexačného činidla, keďže toto činidlo musí s analytom vytvoriť stabilný hydrofóbny komplex schopný extrakcie do SRP fázy. V grafe na Obr. 3 je uvedená frekven-

Tab. 1 Charakteristiky hlavných neiónových tenzidov využívaných v CPE (SATO 2013)

Tab. 1 Characteristics of main nonionic surfactants utilized in CPE (SATO 2013)

	Tenzid	Teplota zákalu [°C]	CMC [mmol dm ⁻³]
Polyoxyetylén-7,5-oktylfenoxy éter	Triton X-114	22–25	0,35
Polyoxyetylén-9,5-oktylfenoxy éter	Triton X-100	64–67	0,25
Polyoxyetylén nonylfenyl éter	PONPE-7,5	25	0,010
Polyoxyetylén sorbitan monooleát	Tween-80	93	0,085

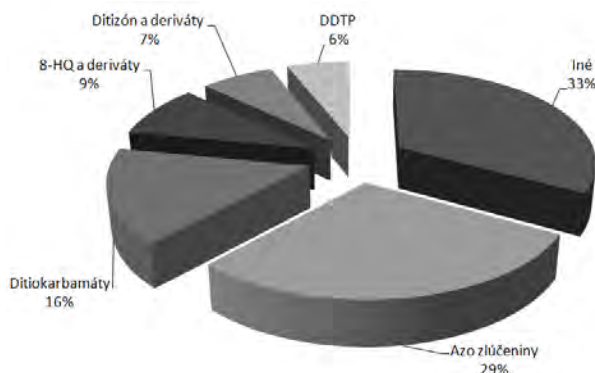


Obr. 2 Štruktúrne vzorce hlavných neiónových tenzidov
 Fig. 2 Structural formulas of main non-ionic surfactants

cia využívania rôznych komplexačných činidiel v CPE procedúrach v rokoch 2000–2012. Z grafu vyplýva, že najčastejšie, s pomedzi všetkých činidiel, boli použité práve azo zlúčeniny (napr. 1-(2-pyridylazo)-2-naftol PAN) a to hlavne vďaka ich nízkej rozpustnosti vo vode a schopnosti tvorby hydrofóbných komplexov s veľkým množstvom kovových iónov. Ďalšie v poradí boli ditiokarbamáty (napríklad pyrolidín ditiokarbamat amónny), 8-HQ (8-hydroxychinolín), ditizón a ich deriváty ako aj DDTP (O,O'-dietyl-ditiofosfát amónny). Tieto komplexačné činidlá sú univerzálne použiteľné pre tvorbu komplexov s hlavnou skupinou kovových iónov a preto sú často používané v rôznych oblastiach analytickej chémie (PYTLAKOVSKA 2013). Prekoncentračné CPE procedúry môžu byť vykonávané aj bez prítomnosti komplexačného činidla, ale takéto prípady sú v dostupnej odbornej li-

teratúre uvedené len zriedkavo, napríklad v prípade CPE prekoncentrácie tália zo vzoriek sedimentov rozložených v lúčavke kráľovskej (MEERAVALI 2013).

Účinnosť CPE prekoncentrácie závisí aj od pH roztoku vzorky, ktoré značne ovplyvňuje reakciu medzi analytom a komplexačným činidlom, stabilitu vzniknutého hydrofóbného komplexu ako aj účinnosť extrakcie tohto komplexu do tenzidom obohatenej fázy. (ULUSOY 2012). Hodnotu pH roztoku vzorky je nutné upraviť prídavkom tlmivého roztoku, aby bola počas celej doby extrakcie konštantná. Optimálnu hodnotu pH je nutné experimentálne určiť ešte pred samotnou procedúrou, keďže sa líši od druhu použitého komplexačného činidla, ktorý má s analytom vytvoriť stabilný komplex ako aj od povahy vzorky. V Tab. 3 sú uvedené príklady použitých komplexačných činidiel



Obr. 3 Najčastejšie využívané komplexačné činidlá v CPE v rokoch 2000–2012 (PYTLAKOVSKA 2013)
 Fig. 3 The most commonly used complexing agents in CPE in years 2000–2012 (PYTLAKOVSKA 2013)

a optimálnych hodnôt pH na prekoncentráciu vybraných kovových iónov z environmentálnych vzoriek.

Inkubačná teplota a čas

Pre dosiahnutie ľahkej fázovej separácie a efektívnej prekoncentrácie kovových iónov, je pred samotnou extrakciou nutné optimalizovať výšku inkubačnej teploty a inkubačný čas CPE prekoncentrácie. Inkubačný čas by mal byť čo najkratší a inkubačná teplota (teplota ustáľovania rovnováhy) čo najnižšia, tak aby bola zachovaná ekonomickosť extrakcie ako aj jej maximálna účinnosť (GOUDA 2014). Výška inkubačnej teploty sa odvíja od kritickej teploty zákalu použitého tenzidu, pričom platí, že pre zlepšenie účinnosti CPE prekoncentrácie je vhodnejšie extrakciu uskutočniť pri vyššej teplote ako je CPT použitého tenzidu. Na druhej strane, prílišné zvyšovanie inkubačnej teploty môže viesť k rozpadu termálne nestabilných kovových komplexov a zapríčiniť tak nižšiu účinnosť extrakcie (SHOKROLLAHI et. al. 2008). V Tab. 3 je uvedený prehľad inkubačných teplôt a časov používaných v CPE, pričom inkubačné teploty sa najčastejšie pohybujú v rozmedzí od 35 do 70 °C a inkubačný čas od 5 do 40 minút.

Separácia fáz a odstránenie vodnej fázy

Čas odstredenia (centrifugácie) a ochladenia roztoku v CPE procedúre by sme sa mali snažiť minimalizovať, s cieľom vykonávania extrakcie v čo najkratšom čase a s čo najvyššou účinnosťou. Autori v rôznych literatúrach uvádzajú optimálny čas odstredenia roztoku 5–10 minút pri 1 500–4 500 otáčkach za minútu a čas ochladenia roztoku 5–10 minút. Roztok pritom môžeme ochladzo-

vať buď v ľadovom kúpeli alebo v zmesi acetón + ľad alebo NaCl + ľad. Niektoré literárne zdroje uvádzajú možnosť ochladenia roztoku v chladničke. Po ochladení roztoku, dochádza k zvýšeniu viskozity SRP fázy a tým je možné následne jednoduché odstránenie vodnej fázy roztoku. Najčastejšie využívané spôsoby odstránenia vodnej fázy sú dekantácia t.j. otočenie centrifugačnej nádoby a zliatie, alebo odstránenie vodnej fázy pomocou pipety alebo striekačky. V Tab. 2 sú uvedené konkrétne príklady spôsobov odstránenia vodnej fázy a ochladenia SRP fázy.

Zriedenie SRP fázy

Pre zníženie viskozity SRP fázy a uľahčenie jej analýzy niektorou z inštrumentálnych analytických metód je pred samotným stanovením nutné zriedenie tejto fázy vhodným riediacim činidlom. Voľba vhodného riediaceho činidla by sa mala odvíjať od typu použitého tenzidu, od použitej analytickej metódy ako aj od cieľového analytu. Vysoká hustota SRP fázy by v prípade analýzy metódou FAAS mohla významne negatívne ovplyvniť účinnosť transportu vzorky do plameňa a následne aj jej atomizácie. Z tohto dôvodu sa, v prípade FAAS analýzy, na riedenie SRP fázy najčastejšie používajú kyselinové roztoky organických rozpúšťadiel ako metanol alebo etanol. Takto zriedená vzorka má potom správne vlastnosti na účinné nasatie a následné rozprášenie do plameňa. V prípade analýzy pomocou ICP-OES je vhodné obohatenú SRP fázou zriediť koncentrovanou kyselinou, najčastejšie kyselinou chlorovodíkovou. Pre fluorometrické stanovenia je najvhodnejším riediacim činidlom kyselina mravčia alebo 100% organické činidlá ako napríklad acetonitril (SAMADDAR 2014). Pre dosiahnutie homogénneho roztoku o vyhovujúcej viskozite, je pred spektrofotometrickým stanovením

Tab. 2 Spôsoby odstránenia vodnej fázy a ochladenia SRP fázy v CPE procedúre
Tab. 2 Aqueous phase removal and SRP phase cooling methods in CPE procedure

Ochladenie roztoku		Odstránenie vodnej fázy	Referencie
Spôsob	Čas [min]		
NaCl + ľad	5	dekantácia	(SHEMIRANI 2005)
ľad	15	dekantácia	(CHAPPUY 2010)
ľad	5	dekantácia	(FATHI 2009)
chladnička	10	dekantácia	(MEERAVALI 2013)
NaCl + ľad	–	odpipetovanie	(SHOAE 2012)
ľad	–	odpipetovanie	(SAHIN 2010)
ľad	15	dekantácia	(SHOKROLLAHI et. al. 2008)

taktiež žiaduce zriedenie tenzidom obohatenej fázy organickým činidlom ako je napríklad metanol (GOUDA 2014).

Analyza extraktu

Na Obr. 4 sú uvedené najčastejšie využívané analytické techniky spojené s CPE prekoncentráciou v rokoch 2000–2012 (PYTLAKOVSKA 2013). Vo väčšine publikovaných prác, sa na analýzu iónov kovov v CPE extraktoch využívali metódy atómovej spektrometrie a to hlavne atómová absorpčná spektrometria s plameňovou atomizáciou (FAAS), atómová absorpčná spektrometria s elektrotermickou atomizáciou (ETAAS) a atómová emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (ICP-OES). Ďalšie menej využívané metódy boli UV-Vis spektrometria, atómová absorpčná spektrometria s grafitovou pieckou (GFAAS), hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (ICP-MS), spektrofotometria (SF) a iné.

Pri stanovení obsahu analytu v roztoku SRP fázy je vždy nutné do úvahy brať jeho fyzikálne a chemické charakteristiky. Napríklad autori Borges et. al. stanovovali pomocou CPE prekoncentrácie a ETAAS obsahy olova v micelárnom roztoku tenzidu Tritonu X-114 za pomoci permanentných modifikátorov Ir a Ru, čo umožnilo dosiahnutie vyššej teploty pyrolýzy ako aj elimináciu matrixu tenzidu pred krokom samotnej atomizácie vzorky bez rizika straty analytu (BORGES et. al. 2003).

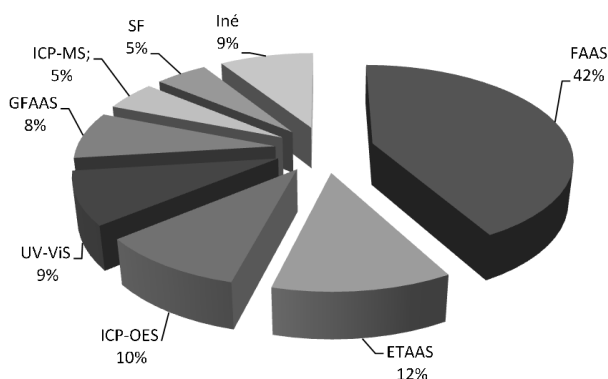
Extrakcia s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov bola výskumníkmi použitá na prekoncentráciu a analýzu rôznych kovových iónov z rôznych environmentálnych vzoriek. V Tab 3 sú uvedené príklady a experimentálne podmienky vybraných CPE prekoncentrácií analytov z environmentálnych vzoriek.

ZÁVER

Extrakcia s využitím teploty zákalu micelárnych roztokov je efektívna prekoncentračná technika, ktorá bola prvý krát použitá v 80. rokoch minulého storočia. Výhodami tejto metódy sú hlavne jej finančná nenáročnosť, jednoduchosť, rýchlosť, veľká kapacita nakoncentrovania analytov rôznorodej povahy s vysokou účinnosťou a vysokým prekoncentračným faktorom ako aj nižšia toxicita použitých chemikálií oproti organickým rozpúšťadlám využívaným v kvapalinovej extrakcii. Ďalším pozitívom tejto metódy je možnosť jej spojenia so spektrálnymi (atómová absorpčná spektrometria), chromatografickými aj elektrochemickými metódami za vytvorenia vysoko citlivej, jednoduchej a „zelenej“ metodiky na stanovenie stopových množstiev analytov v environmentálnych vzorkách.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná projektmi grantovej agentúry VEGA č. 1/0126/14 a 1/0130/14.



Obr. 4 Spojenie analytických techník s CPE v rokoch 2000–2012 (PYTLAKOVSKA 2013)
Fig. 4 Analytical techniques combined with CPE proposed in years 2000–2012 (PYTLAKOVSKA 2013)

Tab. 3 Výbrané podmienky CPE prekoncentrácie kovových iónov
Tab. 3 Selected CPE extraction conditions of metal ions preconcentration

Analyt	Vzorky	Tenzid	Komplex	Metóda	^a LoD [ppb]	Teplota [°C]	Čas [min]	pH _{worky}	Centrifugácia		Riedenie	^b PF	Referencie
									čas	RPM			
Mn	voda, jedla sediment, uhľofýnny prach	0,2% TX 114	Qinalizarin	S	8	50	10	8,5	5	5000	metanol	50	(GOUDA 2014)
Tl		10% TX 114	–	CS-ETAAS	0,04	90	20	–	–	–	metanol+HNO ₃	40	(MEERAVALI 2013)
Co, Ni, Cu	voda	2% TX 114	5-Br-PADAP	FAAS	2,4 1,7 1,5	50	20	9	10	2500	1 M HNO ₃ v etanole	25	(XU et. al. 2013)
Cu, Hg	voda	0,3% TX 114	3-NBT	ICP-OES	0,48 1,1	55	30	8	8	3500	1 M HNO ₃ v metanole	28	(SHOAEI 2012)
Hg	voda	5% TX 114	PAN, TAR	S	1,65 14,5	50	10	9	5	3500	etanolový roztok	33	(ULUSOY 2012)
Pd	voda	2,5 · 10 ⁻³ M CTAB	BTABD	S	0,6	45	5	3,85	10	4000	DMF	50	(AMIN 2011)
Pb	voda	0,3% TX 114	PAN	FAAS	5,27	40	15	6	5	3000	0,5 M HNO ₃ v etanole	30	(MOHAMMADI 2011)
Al	minerálna voda	5% TX 114	XB	FAAS	1,43	50	10	6	5	3500	1 M HNO ₃ v metanole	50	(ULUSOY 2011)
Ni, Mn	voda, jedlo	0,1% TX 114	Magneson I	FAAS	2,7 2,9	70	40	11,5	5	6000	0,1 M HNO ₃ v metanole	17	(SAHIN 2010)
Cu	jazerná voda, jedlo	2 g dm ⁻³ TX 100	Izoelucin	S	5	65	10	9	5	4000	metanol	22	(LIANG 2010)
REEs	čajové listy, huby	0,1% TX 114	8-HQ	ICP-OES	0,041-0,45	25	–	10	–	–	0,5 M HCl	–	(LI 2010)
Pt	hygienické stery	0,21% TX 114	DDTC	GFAAS	0,2	60	45	7	10	3000	0,1 M HNO ₃ v metanole	29	(CHAPPUY 2010)
As	pôda, kukurica	0,12% TX 114	APDC	ETAAS	0,025	35	10	4,5	5	3500	0,1 M HNO ₃ v etanole	50	(BAIG et. al. 2010)
Cu, Zn, Cd, Ni	voda	0,15% TX 114	PAR	ICP-OES	1,2 1,1 1,0 6,3	50	40	5	10	4800	0,1 M HNO ₃ v 1% etanole	10	(SILVA 2009)

^aLoD: hranica dôkazu, ppb: parts per billion; µg cm⁻³: µg g⁻¹ (jednotka), ^bPF: prekoncentračný faktor, 3-NBT: 3-nitrobenzaldehyd tiosmikarbazón, 5-Br-PADAP: 2-(5-bromo-2-pyridylazo)-5-dietylaminofenol, 8-HQ: 8-hydroxychinolín, APDC: pyrrolidín ditiokarbamat amónny, BTABD: 4-(2-benzotiazolyl)2,20-bifenylidol, CS: kontinuálny zdroj žiarenia, CTAB: cetyltrimetylaminio bromid, DDTC: dietylamónium-N'-dietyl-ditiokarbamat, DMF: dimetylformamid, ETAAS: atómová absorpčná spektrometria s elektrotechnickou atomizáciou, FAAS: atómová absorpčná spektrometria s plameňovou atomizáciou, GFAAS: atómová absorpčná spektrometria s grafitovou pieckou, ICP-OES: optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou, M: mol dm⁻³ (jednotka), PAN: 1-(2-pyridylazo)-2-naftol, REEs: Rare Earth Elements, prvky vzácných zemín, RPM: otáčky za minútu (jednotka), S: spektrofotometria, TAR: 4-(2-tiazolylazo) rezorcínol, TX: Triton X, XB: Xylidyl modrá.

LITERATÚRA

- AMIN, A. S. 2011. *Utility of cloud-point preconcentration and spectrophotometry for determination of trace amounts of palladium(II) and their analytical applications*. In *Arabian Journal of Chemistry*, doi:10.1016/j.arabjc.2011.04.003.
- BAIG, J. A. et al. 2010. *Evaluating the accumulation of arsenic in maize (Zea mays L.) plants from its growing media by cloud point extraction*. In *Food and Chemical Toxicology*, vol. 48, s. 3051 – 3057.
- BORGES, G. et al. 2003. *Cloud-point extraction for the determination of Cd, Pb and Pd in blood by electrothermal atomic absorption spectrometry, using Ir or Ru as permanent modifiers*. In *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, vol. 18, 501 – 507.
- CAMEL, V. 2003. *Solid phase extraction of trace elements* In *Spectrochimica Acta Part B*, vol. 58, s. 1177 – 1233.
- DOROSCHUK, V. O., LELYUSHOK, S. O., ISHCHENKO, V. B., KULICHENKO, S. A. 2004. *Flame atomic absorption determination of manganese(II) in natural water after cloud point extraction*. In *Talanta*, vol. 64, s. 853 – 856.
- FATHI, S. A. M., YAFTIAN, M. R. 2009. *Cloud point extraction and flame atomic absorption spectrometry determination of trace amounts of copper(II) ions in water samples*. In *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 334, s. 167 – 170.
- GOUDA, A. A. 2014. *Cloud point extraction, preconcentration and spectrophotometric determination of trace amount of manganese(II) in water and food samples*. In *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 131, s. 138 – 144.
- HAGAROVÁ, I. 2008. *Spojenie extrakčných techník s metódami atómovej spektrometrie na separáciu, prekoncentráciu a špeciaciu kovov*. In: *Spravodaj Slovenskej spektroskopickkej spoločnosti*, vol. 15, s. 6 – 10.
- CHAPPUY, M., CAUDRON, E., BELLANGER, A., PRADEAU, D. 2010. *Determination of platinum traces contamination by graphite furnace atomic absorption spectrometry after preconcentration by cloud point extraction*. In *Journal of Hazardous Materials*, vol. 176, s. 207 – 212.
- KORN, M. G. A. et al. 2006. *Separation and preconcentration procedures for the determination of lead using spectrometric techniques: A review*. In *Talanta*, vol. 69, s. 16 – 24.
- LI, Y., HU, B. 2010. *Cloud point extraction with/without chelating agent on-line coupled with inductively coupled plasma optical emission spectrometry for the determination of trace rare earth elements in biological samples*. In *Journal of Hazardous Materials*, vol. 174, s. 534 – 540.
- LIANG, P., YANG, J. 2010. *Cloud point extraction preconcentration and spectrophotometric determination of copper in food and water samples using amino acid as the complexing agent*. In *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 23, s. 95 – 99.
- MACHÁČKOVÁ, L., ŽEMBERYOVÁ, M. 2010. *Aplikácia extrakcie s využitím teploty zákalu micerálnych roztokov na stanovenie stopových koncentrácií chrómu vo vodných vzorkách metódou elektrotermickej atómovej absorpčnej spektrometrie*. In *Zborník príspevkov z 18. medzinárodnej vedeckej konferencie „Analytické metódy a zdravie človeka“*, s. 14 – 20, ISBN 978-80-969435-7-9.
- MEERAVALI, N. N., MADHAVI, K., KUMAR, S. J. 2013. *Microwave assisted aqua regia extraction of thallium from sediment and coal fly ash samples and interference free determination by continuum source ETAAS after cloud point extraction*. In *Talanta*, vol. 104, s. 180 – 186.
- MOHAMMADI, S. Z. 2011. *Applicability of cloud point extraction for the separation trace amount of lead ion in environmental and biological samples prior to determination by flame atomic absorption spectrometry*. In *Arabian Journal of Chemistry*, doi:10.1016/j.arabjc.2011.07.003.
- MUKHERJEE, P. et al. 2011. *Clouding behaviour in surfactant systems*. In *Advances in Colloid and Interface Science*, vol. 162, s. 59 – 79.
- PYTLAKOVSKA, K., KOZIK, V., DABIOCH, M. 2013. *Complex-forming organic ligands in cloud-point extraction of metal ions: A review*. In *Talanta*, vol. 110, s. 202 – 228.
- RANGEL-YAGUI, C. O., PESSOA, A., BLANKSCHTEIN, D. 2004. *Two-phase aqueous micellar system – an alternative method for protein purification*. In *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, vol. 21:4, s. 531 – 544.
- RYDBERG, J., COX, M., MUSIKAS, C. 2004. *Solvent extraction principles and practice*. New York: CRC Press, 480 s. ISBN 0-8247-5063-2.
- SAHIN, C. A., EFECINAR, M., SATIROGLU, N. 2010. *Combination of cloud point extraction and flame atomic absorption spectrometry for preconcentration and determination of nickel and manganese ions in water and food samples*. In *Journal of Hazardous Materials*, vol. 176, s. 672 – 677.
- SAMADDAR, P., SEN, K. 2014. *Cloud point extraction: A sustainable method of elemental preconcentration and speciation*. In *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 20, s. 1209 – 1219.
- SATO, N., MORI, M., ITABASHI, H. 2013. *Cloud point extraction of Cu(II) using a mixture of triton X-100 and dithizone with a salting-out effect and its application to visual determination*. In *Talanta*, vol. 117, s. 376 – 381.
- SHEMIRANI, F., BAGHDADI, M., RAMEZANI, M. 2005. *Preconcentration and determination of ultra trace amounts of arsenic(III) and arsenic(V) in tap water and total arsenic in biological samples by cloud point extraction and electrothermal atomic absorption spectrometry*. In *Talanta*, vol. 65, s. 882 – 887.

- SHOAEI, H., ROSHDI, M., KHANLARZADEH, N., BEIRAGHI, A. 2012. *Simultaneous preconcentration of copper and mercury in water samples by cloud point extraction and their determination by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry*. In *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 98, s. 70–75.
- SHOKROLLAHI, A. et. al. 2008. *Cloud point extraction and flame atomic absorption spectrometry combination for copper(II) ion in environmental and biological samples*. In *Journal of Hazardous Materials* vol. 160, s. 435–440.
- SILVA, E. L., ROLDAN, P. S., GINEA, M. F. 2009. *Simultaneous preconcentration of copper, zinc, cadmium, and nickel in water samples by cloud point extraction using 4-(2-pyridylazo)-resorcinol and their determination by inductively coupled plasma optic emission spectrometry*. In *Journal of Hazardous Materials*, vol. 171, s. 1133–1138.
- ULUSOY, H. I., GURKAN, R., ULUSOY, S. 2012. *Cloud point extraction and spectrophotometric determination of mercury species at trace levels in environmental samples*. In *Talanta*, vol. 88, s. 516–523.
- ULUSOY, H. I., GURKAN, R., AKOSOY, U., AKCAY, M. 2011. *Development of a cloud point extraction and preconcentration method for determination of trace aluminum in mineral waters by FAAS*. In *Microchemical Journal*, vol. 99, s. 76–81.
- VIEIRA, M. A. et. al. 2009. *Non-chromatographic atomic spectrometric methods in speciation analysis: A review*. In *Spectrochimica Acta Part B*, vol. 64, s. 459–476.
- XU, H. et. al. 2013. *Simultaneous preconcentration of cobalt, nickel and copper in water samples by cloud point extraction method and their determination by flame atomic absorption spectrometry*. In *Procedia Environmental Sciences*, vol. 18, s. 258–263.

Acta Facultatis Ecologiae, Volume 30, 2014 – 1

Vydanie I. november 2014 – Vydala Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen, IČO 00397440 – Počet strán 80 – 7,39 AH, 7,43 VH – Náklad 170 výtlačkov – Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene – Vydanie publikácie schválené v Edičnej rade TU dňa 22. 1. 2014, číslo EP 136/14 – 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