

Výskumný
ústav
pôdoznaectva
a ochrany
pôdy
Bratislava

VÚPOP



VÚPOP

SSCRI

Soil
Science and
Conservation
Research
Institute
Bratislava

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznaectva a ochrany pôdy

2012

34

Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

Výskumný
ústav
pôdoznaectva
a ochrany
pôdy
Bratislava

VÚPOP



VÚPOP

SSCRI

Soil
Science and
Conservation
Research
Institute
Bratislava

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznaectva a ochrany pôdy

2012

34

Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 34

Recenzenti: doc. Ing. Zoltán Bedrna, DrSc.
prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.
RNDr. Jozef Takáč, PhD..
Ing. Pavol Bezák
doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.
RNDr. Gabriela Barančíková, CSc.
prof. Ing. Juraj Hraško, DrSc.
Ing. Michal Sviček, CSc.
RNDr. Beata Houšková, CSc.
prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.
prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.

Obsah

GABRIELA BARANČIKOVÁ, RASTISLAV SKALSKÝ, ZUZANA TARASOVIČOVÁ, MARTINA NOVÁKOVÁ, ŠTEFAN KOCO	Predikcia zásob organického uhlíka v orných pôdach na príklade modelového poľnohospodárskeho podniku.....5
ZOLTÁN BEDRNA, BEATA HOUŠKOVÁ	Parametre úrodnej pôdy v záhrade..... 16
PAVOL BEZÁK, RASTISLAV SKALSKÝ, ROZÁLIA SZALLAYOVÁ	Alternatívne riešenia ochrany poľnohospodárskej pôdy pred zábermi vo väzbe na legislatívu24
ALLA GARBUZ, STANISLAV TORMA	Úvod do teoretických výpočtov bioprístupnosti kovov do rastlín36
JOZEF KOBZA	Vývoj vlastností pôd na Slovensku v zmenených spoločensko- ekonomických podmienkach po roku 1990.....43
JARMILA MAKOVNÍKOVÁ	Hodnotenie indikátorov kvality pôdy využívanej na energetické účely51
JARMILA MAKOVNÍKOVÁ, KATARÍNA ORSÁGOVÁ, BORIS PÁLKA, MILOŠ ŠIRÁŇ, SLÁVKA BOHUNČÁKOVÁ	Využitie rekreačnej funkcie pôdy v cestovnom ruchu.....60
JARMILA MAKOVNÍKOVÁ, MILOŠ ŠIRÁŇ	Acidifikácia na monitorovacích kľúčových lokalitách reprezentujúcich kambizeme70
MARTINA NOVÁKOVÁ, ZUZANA KLIKUŠOVSKÁ, MICHAL SVIČEK	Priestorová validácia a presnosť odhadov úrod vybraných poľnohospodárskych plodín77
NORA POLLÁKOVÁ, PETER KOVÁČIK, VLADIMÍR ŠIMANSKÝ, ERIKA TOBIAŠOVÁ	Porovnanie chemických vlastností ornej a lesnej pôdy v lokalite Veľký Báb.....93
RASTISLAV SKALSKÝ, JARMILA MAKOVNÍKOVÁ, ŠTEFAN KOCO, MARTINA NOVÁKOVÁ, ZUZANA TARASOVIČOVÁ, GABRIELA BARANČIKOVÁ	Priestorový model obsahu pôdneho organického uhlíka v povrchovej vrstve orných pôd Žitného ostrova 102
RASTISLAV SKALSKÝ, IVANA PÍRKOVÁ, MARTIN SAKSA, IVAN NOVOTNÝ, RASTISLAV DODOK, ONDŘEJ HOLUBÍK, JOZEF KOREŇ, PAVEL NOVÁK, LENKA ŠOŠOVIČKOVÁ, JAN VOPRAVIL	Digitalizácia výstupov KPP, ich publikácia a integrácia do informačného systému v Českej republike a Slovenskej republike 113

JÁN STYK, BORIS PÁLKA	Hodnotenie pôdochranných opatrení s možnosťou čerpania agroenvironmentálnych platieb.....	122
MILOŠ ŠIRÁŇ, JARMILA MAKOVNÍKOVÁ	Priestorová variabilita a vývoj objemovej hmotnosti pôdy na kambizemi.....	130
LENKA ŠOŠOVIČKOVÁ, RASTISLAV SKALSKÝ, BORIS PÁLKA, VLADIMÍR HUTÁR	Publikácia a harmonizácia údajov o pôde SR pre potreby GS SOIL portálu	138
VLADIMÍR ŠIMANSKÝ, PETER KOVÁČIK, ERIKA TOBIAŠOVÁ, NORA POLLÁKOVÁ	Vplyv rozdielneho hospodárenia na stabilitu pôdnych agregátov.....	146
JOZEF TAKÁČ	Hodnotenie závažnosti sucha založené na modelovaní vlhkosti pôdy.....	153
ERIKA TOBIAŠOVÁ, PETER KOVÁČIK, VLADIMÍR ŠIMANSKÝ, NORA POLLÁKOVÁ, MIROSLAV ŠPAŇO, JURAJ MIŠKOLCZI	Frakčné zloženie humusových látok pri rôznom zastúpení pestovaných plodín.....	169

PREDIKCIA ZÁSOB ORGANICKÉHO UHLÍKA NA ORNÝCH PÔDACH NA PRÍKLADE MODELOVÉHO POĽNOHOSPODÁRSKEHO PODNIKU

PREDICTION OF ORGANIC CARBON STOCK ON ARABLE LAND ON EXAMPLE OF AGRICULTURE FARM

**Gabriela BARANČIKOVÁ¹, Rastislav SKALSKÝ², Zuzana TARASOVIČOVÁ²,
Martina NOVÁKOVÁ², ŠTEFAN KOCO¹**

¹Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, regionálne pracovisko Prešov, Raymannova 1, 08001 Prešov, g.barancikova@vupop.sk,

²Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava

Abstrakt

Jedným zo základných parametrov pôdy je aj zásoba pôdneho organického uhlíka (POC), ktorá je na intenzívne obhospodarovovaných orných pôdach významným spôsobom ovplyvňovaná hospodárením na pôde ale aj prírodnými faktormi. V tejto práci uvádzame možnú prognózu vývoja zásob POC na novo usporiadanom pôdnom fonde, na základe pôdnych simulačných jednotiek (SimU), modelového podniku Selice modelom RothC a význam jednotlivých vstupných údajov na zásobu POC na vytvorených SimU, ktorých počiatočná zásoba POC bola značne rozdielna. Na celom modelovom území bol použitý rovnaký manažérsky scenár, ktorý je optimálny pre dané územie. Napriek rovnakej vstupnej dávke organického uhlíka na celom hodnotenom území rozdiel medzi počiatočnou a konečnou hodnotou zásoby POC bol značne rozdielny, čo vyplýva z rozdielnych vstupov uhlíka v rovnovážnom stave. Najvyšší nárast zásob POC bol na konci modelovania (rok 2030) zaznamenaný na SimU s najnižšou počiatočnou zásobou POC, na ostatných SimU, s podstatne vyššími počiatočnými zásobami POC, bol nárast zásob POC podstatne nižší. Rozdiely vo vývoji zásob POC boli zistené aj pri aplikácii rozdielnych klimatických scenárov nakoľko pri vyšších teplotách RothC model predpovedal zníženie zásob POC približne o 6 % oproti scenáru s nižšími teplotami. Bolo tiež zistené, že na vývoj zásob POC má vplyv aj ílová frakcia, nakoľko nízky podiel ílových častíc v pôde umožňuje podstatne rýchlejšiu mineralizáciu POC a jeho menšiu odolnosť voči mineralizačným trendom spôsobených vyššou teplotou.

Kľúčové slová: pôdna organická hmota, modelovanie, RothC model, orná pôda

Abstract

One of the basic soil parameters is also soil organic carbon (SOC) stock which is on intensively maintenance arable soils an important way influenced by soil management and natural

factors. In this paper possible prediction of development of SOC stock by RothC model on newly organized land, on the basis of soil simulation units (SimU), on modelling farm Selice is shown. It is also demonstrated meaning of individual input data on development of SOC stock on newly created SimU, whose initial SOC stocks are considerably different. On whole modelled land same management scenario was used, which is optimal for this territory. In spite of the same input dose of organic carbon on whole assessed territory, differences between initial and final SOC stocks were significantly diverse. These differences arise from different organic carbon inputs in equilibrium.

The highest growth of SOC stock in final modelling year (2030) on SimU with the lowest initial SOC stock was found. On rest of SimU, with considerably higher initial SOC stocks, the growth of SOC stock was essentially lower. Differences in development of SOC stock were found also at application of different climatic scenarios. At higher temperature RothC model predicted reduction of SOC stock approximately about 6% opposite to climatic scenario with lower temperature. On development of SOC stock also clay fraction has impact. Low proportion of clay particles in soil allows considerable faster mineralization of SOC and its less resistance to mineralization trends caused by higher temperature.

Keywords: soil organic matter, modelling, RothC model, arable soil

ÚVOD

Pôdna organická hmota (POH) patrí medzi základne pôdne parametre, ovplyvňuje produkčnú funkciu pôdy, ale zúčastňuje sa tiež na jej mimoprodukčných, hlavne ekologických funkciách. POH je jedným z kľúčových indikátorov komplexne hodnotiacich kvalitu pôdy na základe pôdnych funkcií (BREJDA a iní, 2000). POH predstavuje najdôležitejšiu zásobu organického uhlíka v biosfére a v závislosti od podmienok hospodárenia, pôda môže sekvestrovať, alebo eliminovať skleníkové plyny, medzi ktorými dôležitú úlohu zohráva oxid uhličitý.

Zmeny v hospodárení na pôde (zmena kultúry, dostatočný, resp. minimálny prísun rastlinných zvyškov, dodávanie kvalitnej exogénnej organickej hmoty) ako aj zmeny klimatických podmienok, môžu výrazným spôsobom ovplyvňovať obsah pôdneho organického uhlíka (POC). Zvýšenie pôdnej emitácie CO₂ spôsobuje predovšetkým premena prírodných pôd na intenzívne využívané poľnohospodárske pôdy. Guo a Gifford (GUO a GIFFORD, 2002) na základe výsledkov meta analýzy uvádzajú, že pri zmene hospodárenia na pôde v prípade rozorania pasienkov je pokles POC až 59 %. Je to predovšetkým hlboká orba, ktorá zintenzívňuje mineralizáciu POH v ornici a tým znižuje zásobu uhlíka v intenzívne využívaných orných pôdach (CHUKOV, 2000). Ďalším dôležitým faktorom zvýšeného uvoľňovania CO₂ z poľnohospodárskych pôd je nesprávne hospodárenie na pôde, nízky prísun organických zvyškov ako aj všetky ďalšie faktory (napr. zvýšenie teploty ovzdušia), ktoré posúvajú rovnováhu smerom k mineralizačným procesom, ktoré v pôde prebiehajú. Na druhej strane, mnohé poľnohospodárske praktiky ako napr. zlepšenie hospodárenia na orných pôdach a pasienkoch (aplikácia kvalitných organických hnojív alebo kompostov; prísne dodržiavanie optimálnej rotácie plodín a na vhodných

lokalitách aj minimálne obrábanie pôdy), obnova degradovaných pôd, správne hospodárenie s vodou na poľnohospodárskych pôdach a agrolesníctvo môžu potenciálne zmierňovať emitovanie CO₂.

Na intenzívne obhospodarovaných orných pôdach môže oševný postup podstatným spôsobom ovplyvniť obsah organickej hmoty. V súčasnosti sa kľúčovým parametrom udržateľného hospodárenia stáva multifunkčný oševný postup (KOVÁČ a iní, 2010). Pre dobré fungovanie a využitie jeho všetkých funkcií je nutný správny výber, podiel a striedanie rôznych druhov plodín (leguminózy, obilniny, okopaniny, olejníny) a pestovanie medziplodín. Optimálny oševný postup a správna aplikácia maštalného hnoja štatisticky významne zvyšujú vstupy uhlíka do pôdy.

Stabilizáciu zásob POH resp. aj jej postupné možné zvyšovanie na intenzívne obhospodarovaných poľnohospodárskych pôdach môžeme dosiahnuť dôslednou aplikáciou pôdoochrannej technológie, pre ktorú je charakteristická redukcia hĺbky a bežnej intenzity obrábania pôdy, ponechanie zvyškov predplodiny, alebo medziplodiny na povrchu alebo vo vrchnej vrstve pôdy.

V dôsledku prebiehajúcich klimatických zmien a zmien v hospodárení na pôde je čoraz aktuálnejšia otázka krátkodobého a dlhodobého prognózovania stavu POC na poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Pri riešení tejto problematiky nám výrazným spôsobom môže pomôcť využitie modelovania zásob pôdneho organického uhlíka pri predpokladaných zmenách klímy, resp. hospodárenia na pôde.

Jedným z modelov, ktorý sa na našom pracovisku využíva na modelovanie zásob POC nielen na poľnohospodárskych podnikoch (BARANČIKOVÁ, 2007, BARANČIKOVÁ a iní, 2010a, BARANČIKOVÁ a iní, 2010b) ale aj na celom území poľnohospodárskych pôd Slovenska (BARANČIKOVÁ a iní, 2011a, BARANČIKOVÁ a iní, 2012) je RothC model. RothC model bol pôvodne vyvinutý a parametrizovaný na modelovanie kolobehu organického uhlíka v orných pôdach Rothamstedských dlhotrvajúcich poľných experimentov a testovaný v dlhotrvajúcich experimentoch v rámci veľkého rozsahu pôdnych typov a klimatických podmienok nielen v Európe (COLEMAN a iní, 1997, LUDWIG a iní, 2007, GUO a iní, 2007), ale v súčasnosti bol tento model úspešne testovaný aj v Japonsku (SHIROTO a YOKOZAWA, 2005), Mexiku (GONZALES-MOLINA a iní, 2011) a Indii (BHATTACHAYA a iní, 2011). Tento model bol úspešne testovaný aj pri modelovaní zásob POC na jednotlivých honoch modelového podniku v Seliciach v období rokov 1960–2010 (BARANČIKOVÁ a iní, 2011b).

V súčasnom období bolo z existujúcich údajov o pôde (KPP) a z výsledkov vlastného terénneho prieskumu pre modelový podnik Agrodivízie s.r.o.Selice vytvorené nové usporiadanie pôdneho fondu na základe pôdnych simulačných jednotiek (SimU), ktoré reprezentujú najmenšie priestorové prvky územia, ktoré sú vnútorne homogénne (VILČEK a iní, 2011). Vytvorená databáza SimU zabezpečuje vstupy pre jednotlivé simulačné modely, medzi nimi aj modelu RothC. V tejto práci chceme poukázať na možný vývoj zásob pôdneho organického uhlíka v budúcom období a význam jednotlivých vstupných údajov na zásobu POC na vytvorených simulačných pôdnych jednotkách.

MATERIÁL A METÓDY

Opis modelu RothC-26

RothC-26.3 model je model pre výpočet zmeny v zásobách pôdneho organického uhlíka v nezamokrených pôdach, ktorý uvažuje s vplyvom pôdneho typu, vlhkosti a rastlinného pokryvu na zmeny v zásobách POC. Na výpočet zmien v zásobách POC využíva mesačný krok a je schopný modelovať zmeny v zásobách pôdneho organického uhlíka v časovom rozsahu niekoľkých rokov až storočí. RothC-26.3 bol pôvodne vyvinutý a parametrizovaný na modelovanie zásob POC v orných pôdach Rothamstedských dlhotrvajúcich poľných experimentov. Neskôr bol rozšírený pre modelovanie POC aj na trávnatých porastoch, v rozdielnych pôdnych typoch a v rozdielnych klimatických podmienkach a s určitými obmedzeniami môže byť použitý aj pri modelovaní POC v lesných pôdach (COLEMAN a JENKINSON, 2005).

Pre korektný priebeh použitia RothC modelu sú nevyhnutné tri skupiny vstupných údajov:

- *klimatické údaje* priemerné mesačné hodnoty zrážok (mm), priemerné mesačné teploty vzduchu – T (°C) a mesačné hodnoty evapotranspirácie (mm)
- *pôdne údaje* percento ílovej frakcie (< 0,002 mm), hĺbka pôdy (cm) a počiatočný stav pôdneho organického uhlíka (POC) v t C.ha⁻¹, inertný organický uhlík (IOM))
- *údaje o využití pôdy a o hospodárení na pôde* pôdna pokrývka, mesačný vstup uhlíka rastlinných zvyškov (t C.ha⁻¹), mesačný vstup uhlíka z organického hnojenia (t C.ha⁻¹), faktor kvality rastlinných zvyškov (DPM/RPM pomer)

Ďalšie detaily RothC modelu sú uvedené v jednej z našich publikácií (BARANČIKOVÁ a iní, 2011a) a podrobný popis práce RothC modelu na webovej stránke modelu: (<http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/somnet/>).

Vstupné údaje

Klimatické údaje

Nakoľko v tejto práci prezentujeme vývoj zásob pôdneho organického uhlíka v budúcom období pri modelovaní sme využili klimatické scenáre B1 a A2 vypracované pre meteorologickú stanicu Žihárec, ktorá sa nachádza približne 5 km od sledovaného katastrálneho územia. Pri hodnotení vplyvu vstupov organického uhlíka pri rozdielnych počiatočných zásobách POC a percentuálneho zastúpenia ílovej frakcie na jednotlivých SimU na vývoj zásob POC bol použitý scenár B1 v období 2001 – 2030.

Pri hodnotení vplyvu klimatických údajov na vývoj zásob POC boli použité klimatické scenáre A2 a B1 v období 2001 – 2100.

Údaje o pôde

Geografická databáza priestorových simulačných jednotiek

Geoeologické jednotky v priestore vyjadrujú kombináciu konkrétnych hodnôt charakteristík krajiny, najčastejšie pôdy. Ak sú tieto priestorové jednotky používané pre reprezentáciu vstupov pre simulačný model, môžeme ich označiť ako priestorové simulačné jednotky (SimU). SimU v rámci daného územia reprezentujú vnútorne homogénne priestorové jednotky.

Vytvorenie súboru SimU v danom území je potrebné preto, aby procesné charakteristiky, ktoré je možné modelovať simulačným modelom, mohli byť reprezentované v geografickom priestore. Prostredníctvom vhodne navrhnutých SimU môžu byť v záujmovom území priestorovo vyjadrené tak vstupy, ako aj výstupy simulačného modelovania.

Ako základný priestorový rámec pre reprezentáciu geografických údajov o SimU a pre priestorovú harmonizáciu vstupov pre ich vyhraničenie bola zvolená pravidelná štvorcová sieť s priestorovým rozlíšením 100×100 m. Voľba priestorového detailu rešpektuje tak účel a možnosti simulačného modelovania v záujmovom území ako aj kvalitu dostupných údajov.

Základná priestorová jednotka pre vyjadrenie SimU je 1 bunka pravidelnej štvorcovej siete s rozlíšením 100×100 m. Každá bunka nesie informáciu o príslušnej typologickej pôdnej jednotke, triede vplyvu podzemnej vody a identifikácii kultúrneho dielu. Bunky pravidelnej štvorcovej siete s rovnakými charakteristikami predstavujú priestorovú zónu platnosti danej SimU, t.j. priestorové ohraničenie SimU. V rámci záujmového územia sa môže nachádzať 1 alebo viac izolovaných zón danej SimU, ktoré sú tvorené 1 alebo viacerými bunkami.

Pôdne vstupy pre RothC model

Vstup pre RothC model bol vytvorený priradením vybraných hodnôt obsahu ílu, koncentrácie pôdneho organického uhlíka a objemovej hmotnosti vo vrstve 0–30 cm každej pôdnej typologickej jednotky na základe typu horizontu. Hodnota zásoby POC bola vypočítaná podľa vzťahu:

$$ZPOC = kPOC \cdot BD \cdot d, \text{ kde}$$

Z POC zásoba pôdneho organického uhlíka

K POC – koncentrácia pôdneho organického uhlíka

BD – objemová hmotnosť

d – hĺbka pôdy

Z hľadiska zásob POC hospodársky obvod modelového podniku Selice reprezentuje 8 skupín SimU. Priestorové vyjadrenie a počiatočná zásoba POC (rok 2001) sú uvedené na obrázku 1.

Údaje o využití pôdy a hospodárení na pôde

Základný manažérsky scenár pre obdobie 2001–2030 bol vypracovaný na základe podielov plodín (údaje DPZ) v hospodárskom obvode Agro Divízie Selice za obdobie 2001 – 2010.

Z podielov plodín za obdobie 2001 – 2010 bol vytvorený 10ročný osevný postup plodín, ktorý bol aplikovaný na obdobie rokov 2001 – 2030. Našou snahou bolo vytvoriť taký sled plodín resp. striedanie plodín, ktorý by bol na danom území najvhodnejší a zároveň rešpektoval odporúčania publikácie Minimalizačné a pôdoochranné technológie (Kováč a iní, 2010). (Tab. 1).

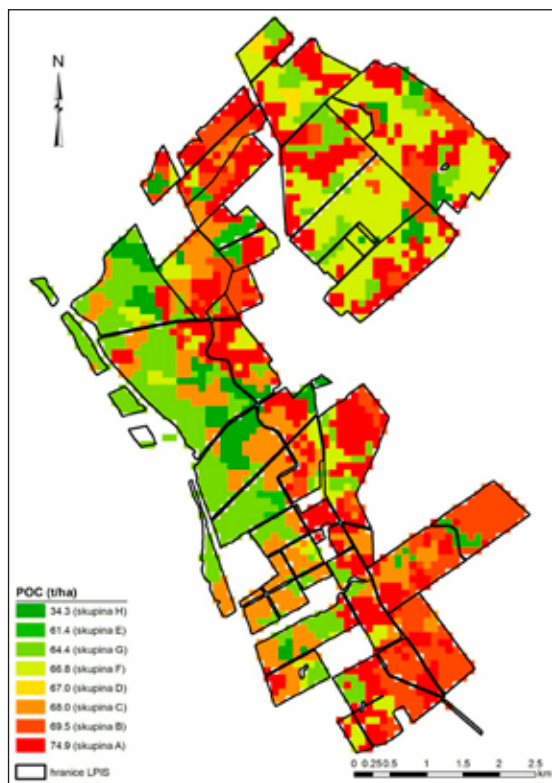
Hnojenie organickými hnojivami (druh použitého hnoja, dávka) pre základný scenár na obdobie 2001 – 2030 vychádzalo z pozorovaných údajov rokov 2001 – 2010. Z analýzy pozorovaných údajov vyplýva, že najčastejšie hnojenou plodinou bola pšenica letná forma ozimná. Dávka aplikovaného maštalného hnoja bola v množstve 20 t.ha⁻¹. Aplikáciu maštalného hnoja sme navrhli k pšenici letnej formy ozimnej v 4. roku 10ročného osevného postupu.

Tab. 1 Navrhnutý 10ročný oševný postup plodín

rok	Oševný postup
1	Lucerna II
2	Kukurica na zrno
3	Kukurica na zrno
4	Pšenica ozimná
5	Cukrová repa
6	Pšenica ozimná
7	Slničnica
8	Kukurica na zrno
9	Kukurica na siláž
10	Jačmeň jarný s podsevom lucerny

Uvedený 10ročný postup bol využitý aj pri modelovaní POC v období 2001 – 2100. Vstupy uhlíka z rastlinných zvyškov a maštalného hnoja boli vypočítané na základe prepočítavacieho koeficientu pre jednotlivé pestované plodiny a priemerné úrody, resp. pre použitý druh exogénneho organického hnojiva a jeho dávku podľa Bieleka a Jurčovej (BIELEK a JURČOVÁ, 2010).

Obr. 1 Zásoba POC v roku 2001 v jednotlivých SimU modelového podniku Selice



VÝSLEDKY A DISKUSIA

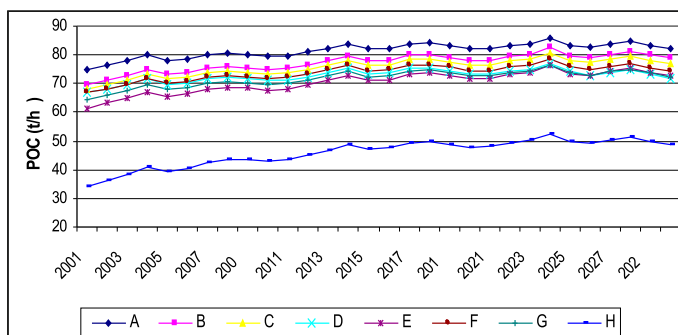
Modelovanie POC v období 2001 – 2030

Hospodársky obvod modelového podniku Selice je z hľadiska zásob pôdneho organického uhlíka pomerne heterogénny, nakoľko počiatkové zásoby POC na jednotlivých simulačných jednotkách sú značne rozdielne a pohybujú sa od 34 (SimU H) po 75 t·ha⁻¹ (SimU A) (Tab. 2, Obr. 1). Najvyššia zásoba POC je viazaná na územia s prevahou čierníc, ktoré majú tmavé, na humus bohaté horizonty.

Vstup organického uhlíka bol na všetkých SimU rovnaký (3 t·ha⁻¹·r⁻¹) z čoho vyplýva aj rovnaký priebeh vývoja zásob POC na jednotlivých SimU (Obr. 2).

Ako je možné vidieť na obrázku 2 na všetkých sledovaných SimU postupne narastala zásoba POC v priebehu modelovaného obdobia, nakoľko aplikovaný manažérsky scenár dôsledne dodržiava optimálny oševný postup a správnu aplikáciu maštalného hnoja pre danú lokalitu. Ako je uvedené v literatúre, zásoba POC je ovplyvňovaná predovšetkým vstupom organického uhlíka z rastlinných zvyškov a maštalného hnoja (SCHULP a VERBUNG, 2009, VAN WESEMAEL a iní,

Obr. 2 VŔvoj modelovaných zĀsob POC v období 2001 – 2030 pri aplikácii klimatickĚho scenĀra A2



2010). Napriek rovnakej vstupnej dĀvke organickĚho uhlĪka na celom hodnotenom ťzemĪ rozdiel medzi poćiatoćnou a konećnou hodnotou zĀsoby POC bol znaćne rozdielny (Tab. 2, Obr. 2), ćo vyplťva z rozdielnych vstupov uhlĪka v rovnovĀžnom stave. PokiaĻ v pĪpade SimU H sme na dosiahnutie rovnovĀžneho stavu potrebovali iba 0,8 t C. ha⁻¹, v dŔsledku veĻmi nĪzkej poćiatoćnej zĀsoby POC na tejto SimU, v pĪpade SimU D to bolo 1,87 t C. ha⁻¹, nakoĻko poćiatoćnĀ zĀsoba POC na tejto SimU bola podstatne vyĚĚġia (tab. 2). Je potrebnĚ poznamenać, ťe SimU A disponuje vyĚĚĚou poćiatoćnou zĀsobou POC, ale množstvo uhlĪka potrebnĚ na dosiahnutie tejto zĀsoby POC bolo o niećo nĪzĚie ako v pĪpade SimU D (Tab. 2). VyĚĚĚġġ vstup organickĚho uhlĪka na dosiahnutie rovnovĀžneho stavu na SimU D je podmienenťy veĻmi nĪzkou hodnotou ťlovej frakcie v porovnanġi so SimU A. VyĚĚĚġġe hodnoty ťlovej frakcie stabilizujťj zĀsobu POC a viac podporujťj humifikaćnĚ procesy, zatiaĻ ćo pri veĻmi nĪzkych hodnotĀch ťlovej frakcie za vhodnťch podmienok rťchlostġ mineralizĀcie mŔťe być vyĚĚĚġia.

Tab. 2 Hodnoty ťlovej frakcie, poćiatoćnťch a konećnťch zĀsob POC a rozdielu medzi vstupom uhlĪka v modelovanom období a rovnovĀžnom stave

SimU	ťlovĀ frakcia (%)	POC (t ha ⁻¹) 2001	POC (t ha ⁻¹) 2030	Crov. (t. ha ⁻¹)	Cmod. – Crov. (t. ha ⁻¹) (1)	POC (t ha ⁻¹) 2030 – 2001 (2)
A	34	74,9	82,1	1,83	1,17	7,2
B	49	69,5	78,8	1,64	1,36	9,3
C	34	68	77	1,63	1,37	9
D	11	67	72	1,87	1,13	5
E	49	61,4	72,9	1,44	1,56	11,5
F	19	66,8	74,2	1,67	1,33	7,4
G	19	64,4	72,5	1,61	1,39	8,1
H	11	34,3	49	0,8	2,2	14,7

Cmod. – Crov. = rozdiel medzi vstupom org. uhlĪka v modelovanom období a rovnovĀžnom stave (1)
R 1,2 = 0,94**

NajvyĚĚġġġ nĀrast zĀsob POC bol na konci modelovania (rok 2030) zaznamenanťy na SimU H s najnĪzĚou poćiatoćnou zĀsobou POC, na ostatnťch SimU, s podstatne vyĚĚĚġġmi poćiatoćnťmi zĀsobami POC, bol nĀrast zĀsob POC podstatne nĪzĚġġġ (Tab. 2). Napriek signifikantnej lineĀrnej zĀvislosti medzi nĀrastom zĀsob POC (Tab. 2) a rozdielom medzi vstupnťm množstvom orga-

nického uhlíka v priebehu modelovania a jeho hodnotou potrebnou na dosiahnutie počiatocného stavu POC, nebol najnižší nárast zásoby POC zistený na Sim A s najvyššou hodnotou počiatocnej zásoby POC, ale na SimU D (Tab. 2). Uvedená skutočnosť je spôsobená výrazne rozdielnymi hodnotami ílovej frakcie na oboch SimU. Podstatne vyššia hodnota ílovej frakcie na SimU A je zodpovedná za vyšší prírastok zásoby POC oproti SimU D, kde extrémne nízka hodnota ílovej frakcie umožňuje podstatne rýchlejšiu mineralizáciu POC a teda aj nižší prírastok pôdneho organického uhlíka.

Modelovanie POC v období 2001 – 2100

V predchádzajúcom texte sme poukázali na významný vplyv vstupného množstva organického uhlíka, ale aj ílovej frakcie na vývoj zásob POC. Ďalším vstupným parametrom, ktorý môže ovplyvniť vývoj zásob pôdneho organického uhlíka sú klimatické údaje. Nakoľko vplyv klímy na vývoj zásob POC nie je taký evidentný ako manažérske vstupy, modelovanie bolo zrealizované v dlhšom časovom období 2001 – 2100 za použitia klimatických scenárov A2 a B1, pričom v prvom desaťročí modelovaného obdobia (2001 – 2010) boli použité reálne hodnoty klimatických parametrov meteorologickej stanice Žihárec. Klimatický scenár A predpokladá vyššiu mieru oteplenia a klimatický scenár B predpokladá nižšiu mieru oteplenia. Podrobnejšia charakteristika použitých klimatických scenárov je uvedená v jednej z našich predchádzajúcich prác (BARANČIKOVÁ A INÍ, 2011A).

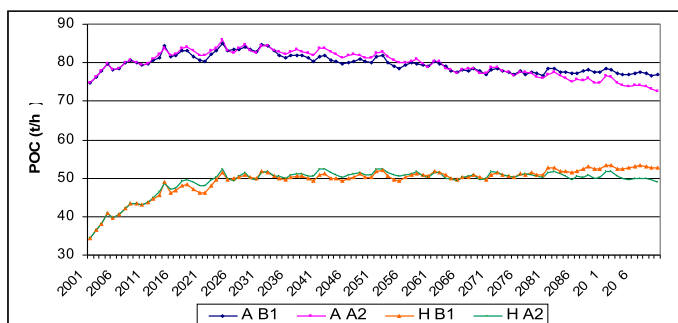
Na základe údajov v tabuľke 3 je zrejmé, že priemerná ročná reálna teplota (t) za prvé desaťročie (2001 – 2010) je vyššia ako predpokladajú oba klimatické scenáre. Rozdiely v klimatických scenároch sa prejavujú hlavne po roku 2070, kedy dochádza k podstatne vyšším nárastom teploty v prípade klimatického scenára A2 oproti klimatickému scenáru B1 (Tab. 3). Uvedená skutočnosť sa prejavila aj vo vývoji zásob POC. Od roku 2070 je zásoba uhlíka pri klimatickom scenári A2 v dôsledku vyšších teplôt nižšia ako pri klimatickom scenári B1 (Obr. 3).

Tab. 3 Hodnoty teploty (T) a zrážok (w) klimatických scenárov A2 a B1 a reálne hodnoty T a w meteorologickej stanici Žihárec

	T (°) A2	T (°) B1	w (mm) A2	w (mm) B1
2001 – 2010 r	10,76		598	
2001 – 2010	10,58	10,26	600	647
2011 – 2020	11,13	10,6	525	661
2021 – 2030	11,34	11,36	593	543
2031 – 2040	11	11,35	627	595
2041 – 2050	11,99	11,74	554	557
2051 – 2060	12,21	11,31	637	639
2061 – 2070	12,29	12,17	709	691
2071 – 2080	13,52	11,80	612	584
2081 – 2090	13,37	12,11	711	656
2091 – 2100	14,58	12,02	680	616

Rýchly nárast teplôt môže urýchľovať rozklad POH, teda v pôdnej organickej hmote mineralizačné procesy prevládajú nad humifikačnými procesmi (WEBB a iní, 2003). Uvedenú tendenciu strát pôdneho organického uhlíka pri zvyšovaní teploty uvádza aj SMITH (SMITH a iní, 2005) na poľnohospodárskych pôdach 15 krajín EÚ a na orných pôdach Európskeho Ruska a Ukrajiny pre obdobie 1990–2070 (SMITH a iní, 2007). Xu (Xu a iní, 2011) vo svojej práci uvádza, že pri vyššej teplote RothC model predpovedal zníženie zásob POC na Írskych lúkach. Tiež naše predchádzajúce výsledky na vybraných územných jednotkách ukazujú zníženie zásoby POC pri modelovaní RothC modelom ako dôsledok vyššej teploty (BARANČIKOVÁ a iní, 2011a).

Obr. 3 Vývoj modelovaných zásob POC na SimU A a H v období 2001–2100 pri aplikácii klimatického scenára A2 a B1



Napriek rovnakým vstupom organického uhlíka v priebehu modelovaného obdobia 2001–2100 na všetkých SimU, vývoj zásob POC bol značne rozdielny. Pokiaľ v prípade SimU H po dosiahnutí maximálnej hodnoty okolo roku 2030 zásoba POC viac menej stagnovala, v prípade SimU A dochádza po roku 2030 k postupnému znižovaniu zásob POC (Obr. 3). Z uvedeného vyplýva, že vytvorený manažérsky scenár umožňuje zachovanie zásob POC iba v prípade veľmi nízkej počiatočnej hodnoty POC (Simu H) ale v prípade výrazne vyššej počiatočnej hodnoty POC (Sim A) vstup uhlíka tohto manažérského scenára nie je postačujúci.

Vývoj zásob POC po roku 2070 na jednotlivých SimU mal podobnú tendenciu, nakoľko na celom modelovanom území zásoba POC v roku 2100 bolo nižšia v prípade aplikácie klimatického scenára A2 oproti scenáru B1 (Tab. 4). Rozdiel v zásobách POC na konci modelovania pri aplikácii klimatických scenárov A2 a B1 bol pomerne rovnaký a pohyboval sa od 6,7 % po 5,5 % v prospech klim. scenára B1 (Tab. 4), pričom najvyšší rozdiel 6,7 % bol zistený na SimU H s veľmi nízkou hodnotou ílovej frakcie a najvyšší na SimU A s podstatne vyššou hodnotou ílovej frakcie. Z uvedeného vyplýva, že pôda s podstatne vyššou hodnotou ílovej frakcie dokáže viac odolávať mineralizačným trendom spôsobených vyššou teplotou.

Tab. 4 Hodnoty rozdielu POC pri klimatických scenároch A2 a B1 na konci modelovania

SimU	Rozdiel POC A2 – B1 (t ha ⁻¹)	Rozdiel POC A2 – B1 (%)
A	4,2	5,5
B	4,2	5,6
C	4,1	5,6
D	4,0	6
E	4,0	5,7
F	4,1	5,9
G	4,1	5,9
H	3,5	6,7

ZÁVER

Záverom môžeme skonštatovať, že pri modelovaní zásob pôdneho organického uhlíka modelom RothC vývoj POC je ovplyvnený jeho počiatočnou zásobou a vstupom uhlíka do pôdy, čo potvrdzuje aj signifikantná lineárna korelácia medzi rozdielom vstupu organického uhlíka v priebehu modelovania a jeho množstvom potrebným na dosiahnutie rovnovážneho stavu a konečnou zásobou POC po 30ročnom modelovanom období.

Ďalším významným parametrom, ktorý ovplyvňuje vývoj zásoby POC sú klimatické podmienky, predovšetkým teplota. Vyšší nárast teploty spôsobuje zníženie zásob POC ako bolo ukázané v modelovanom období 2001 – 2100 pri klimatických scenároch A2 a B1. Na celom sledovanom území v prípade aplikácie klimatického scenára A2, ktorý predpokladá vyššiu mieru oteplenia, bolo na konci modelovaného obdobia zaznamenané zníženie zásob POC v priemere o 6 % v porovnaní s klimatickým scenárom B2.

Významný vplyv na vývoj zásob POC má aj ílová frakcia. Nízka hodnota ílovej frakcie v pôde umožňuje podstatne rýchlejšiu mineralizáciu POC, ktorý menej odoláva mineralizačným trendom spôsobených vyššou teplotou.

Podakovanie: Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0131-11 a APVV-0243-11.

LITERATÚRA

- BARANČÍKOVÁ, G. 2007. *Validácia modelu RothC na vybraných monitorovacích lokalitách*. Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy, 29., s. 9-22, Bratislava, ISBN 978-80-89128-40-2.
- BARANČÍKOVÁ, G., ŠOLTÝSOVÁ, B., KOCO, Š. 2010a. *Prediction of soil organic carbon stock in conditions of Eastern Slovak Lowland. Agriculture*, 56, 2, s. 35-45, ISSN 0551-3677.
- BARANČÍKOVÁ, G., HALÁS, J., GUTTEKOVÁ, M., MAKOVNÍKOVÁ, J., NOVÁKOVÁ, M., SKALSKÝ, R., TARASOVIČOVÁ, Z. 2010b. *Application of RothC model to predict soil organic carbon stock on agricultural soils of Slovakia*. Soil & Water Research, 5, 1, s.1 – 9. ISSN 1801-5395.
- BARANČÍKOVÁ, G., GUTTEKOVÁ, M., HALAS, J., KOCO, Š., MAKOVNÍKOVÁ, J., NOVÁKOVÁ, M., SKALSKÝ, R., TARASOVIČOVÁ, Z., VILČEK, J. 2011A. *Pôdny organický uhlík v poľnohospodárskej krajine – modelovanie zmien v priestore a čase*. Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava, 85 s., ISBN 978-80-89128-86-0.

- BARANČIKOVÁ, G., HALAS, J., KOCO, Š., GUTTEKOVÁ, M., 2011B. *Influence of soil protection system on development of organic carbon stock*. Soil Science Agrochemistry and Ecology, XLV., 1-4, p. 27-31, ISSN 0861-9425
- BARANČIKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., SKALSKÝ, R., TARASOVIČOVÁ, Z., NOVÁKOVÁ, M., HALÁS, J., GUTTEKOVÁ, M., KOCO, Š., 2012. *Environmental aspects of soil organic carbon stock changes in cropland of Slovakia*. Soil & Water Research, 7, 2, s. 45-51, ISSN 1801-5395.
- BHATACHARYYA, T., PAL, D. K., DESHMUKH, A. S., DESHMUKH, R. R., RAY, S. K., CANDRAN, P., MANDAL, C., TELPANDE, B., NIMJE, A. M., TIWARY, P. 2011. *Evaluation of RothC model using four long term fertilizer experiments in black soils, India*. Agriculture, Ecosystem & Environment, 144, 1, s. 222-234, ISSN 0167-8809.
- BIELEK, P., JURČOVÁ, O. 2010. *Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenia potreby organického hnojenia poľnohospodárskych pôd*. Bratislava. Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava. 2010. 145 s. ISBN 978-80-89128-80-8.
- BREJDA, J. J., MOORTMAN, T. B., KARLEN, D. L., DAO, T. H. 2000. *Identification of regional soil quality factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains*. Science Society of American Journal, 64, s. 2115-2124, ISSN: 0361-5995.
- COLEMAN, K., JENKINSON, D. S., CROCKER, G. J., GRACE, P. R., KLIR, J., KORSCHENS, M., POULTON, P. R., RICHTER, D. D. 1997. *Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3*. Geoderma, 81, s. 29-44, ISSN 0016-7061.
- COLEMAN, K., JENKINSON, D. S. 2005. *ROTHC-26.3 A model for the turnover of carbon in soil*. Model description and windows users guide, November 1999 issue (modified April, 2005), 45 pp, Available on http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/carbon/mod26_3_win.pdf
- GONZALES-MOLINA, L., ETCHEVERS-BARRA, J. D., PAZ-PELLAT, F., DIAZ-SOLIS, H., FUENTES-PONCE, M. H., COVALEDA-OCÓN, S., PANDO-MORENO, M. 2011. *Performance of the RothC-26.3 model in short-term experiments in Mexican sites and systems*. The Journal of Agricultural Science, 149, s. 415-425, ISSN 1916-9752.
- GUO, L. B., GIFFORD, R. M. 2002. *Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis*. Global Change Biology, 8, s. 345-360, ISSN 1354-1013.
- GUO L., FALLOON P., ZHOU B., LI, Y., LIN E., ZHANG F. 2007. *Application of the RothC model to the results of long-term experiments on typical upland soils in northern China*. Soil Use and Management, 23, s. 63-70, ISSN 1475-2743.
- CHUKOV, S. N. 2000. *Study by ¹³C – NMR spectroscopy of humus acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils*. Proceedings of 10th International Meeting of the IHSS, Toulouse, s. 81-84.
- LUDWIG B., SCHULTZ E., RETHEMEYER J., MERBACH, I., FLESSA H. 2007. *Predictive modeling of C dynamics in the long-term fertilization experiment at Bad Lauchstadt with the Rothamsted carbon model*. European Journal of Soil Science, 58, s. 1155-1163, ISSN 1351-0754.
- KOVÁČ, K., L. NOZDROVICKÝ, M. MACÁK a iní 2010. *Minimalizačné a pôdochranné technológie*. Agroinštitút Nitra, Nitra, 2010, 142 s., ISBN 978-80-7139-139-5.
- SHIROTO, Y., YOKOZAWA, M. 2005. *Applying the Rothamsted Carbon Model for long-term experiments on Japanese paddy soils and modifying it by simple tuning of the decomposition rate*. Soil Science and Plant Nutrition, 51, s. 405-415, ISSN 1747-0765.
- SCHULP, C. J. E., VERBUNG, P. H. 2009. *Effect of land use history and site factors on spatial variation of soil organic carbon across a physiographic region*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 133, s. 86-97, ISSN 0167-8809
- SMITH, J., SMITH, P., WATTENBACH, M., ZAEHLE, S., HIEDERER, R., JONES, R. J. A., MONTANARELLA, L., ROUNSEVELL, M., REGINSTER, I., EWERT, F. 2005. *Projected changes in mineral soil carbon of European croplands and grasslands, 1990 – 2080*. Global Change Biology, 11, s. 2141-2152, ISSN 1354-1013.
- SMITH, P., ANDREN, O., BRUSSAARD, L., SMITH, J., SMITH, P., WATTENBACH, M., GOTTSCHALK, P., ROMANENKOV, V. A., ŠEVCOVA, L. K., SIROTENKO, O. D., RUKHOVIČ, D. I., KOROLEVA, P. V., ROMANENKO, I. A., LISOVOJ, N. V. 2007. *Projected changes in the organic carbon stocks of cropland mineral soils of European Russia and the Ukraine 1990 – 2070*. Global Change Biology, 3, s. 342-354, ISSN 1354-1013.
- VAN WESEMAEL, B., PAUSTIAN, K., MEERSMANS, J., GOIDTS, E., BARANČIKOVÁ, G., EASTER, M. 2010. *Agricultural management explains historic changes in regional soil carbon stocks*. PNAS, vol. 107, s. 14926-14930, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1002592107.
- VILČEK, J., HALAS, J., SKALSKÝ, R., BARANČIKOVÁ, G., TAKÁČ, J., NOVÁKOVÁ, M., TARASOVIČOVÁ, Z., KOCO, Š. 2012. *Optimalizácia pôdnoekologických poznatkov pri ekonomickej a environmentálnej optimalizácii hospodárenia na pôde*. Správa za projekt VaV 2011, VUPOP Bratislava, 2012, 134 s.
- WEBB, J., BELLAMY, P., LOVELAND, P. J., GOODLASS, G. 2003. *Crop residue returns and equilibrium soil organic carbon in England and Wales*. Soil Science Society of America Journal, 67, s. 928-936, ISSN 0361-5995
- XU, X., LIU, W., KIELY, G. 2011. *Modeling the change in soil organic carbon of grassland in response to climate change: Effects of measures versus modelled carbon pool for initializing Rothamsted Carbon model*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 140, 3-4, s. 372-38, ISSN 0167-8809

PARAMETRE ÚRODNEJ PÔDY V ZÁHRADE

PARAMETERS OF FERTILE GARDEN SOIL

Zoltán BEDRNA¹, Beata HOUSKOVÁ²

¹Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave,

²Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava, b.houskova@vupop.sk

Abstrakt

Pôda je jedným z najcennejších prírodných zdrojov. Vytvára prirodzené spojenie medzi živou a neživou prírodou ako aj medzi dôležitými sférami Zeme: medzi atmosférou, hydrosférou a biosférou. V dnešnej pretechnizovanej dobe je záhradkárčenie jedným z možných spojitok človeka s prírodou, je spôsobom ako nestratiť cit pre pôdne a tým aj prírodné zákonitosti. Je to dobrý spôsob ako tento cit prebudiť aj v mladej generácii. Dôležité je však aj poznať zákonitosti platiace pre rôzne pôdne druhy a typy v súvislosti s pestovaním plodín a ich požiadavkami na pôdne vlastnosti a hnojenie. Len poznanie týchto zákonitostí umožňuje správne využívanie pôdy a dopestovanie zdraviu prospešných plodín.

Kľúčové slová: záhrada, pôdy, nároky rastlín

Abstract

Soil is one of the most valuable natural resources. It creates an inherent link between biotic and abiotic nature as well as the important spheres of the Earth: the atmosphere, hydrosphere, and biosphere. In today's supertechnical time gardening is one of possible links between man and nature is a way how not to lose the sense for soil and thus natural relations. It's a good way how to accelerate such feeling in young generation. But it is also important to know the relations applying to different soil textural categories and types in relation to crop production, and crop requirements on soil properties and fertilization. Just knowing these patterns allows the proper use of the land and to grow the salubrious crops.

Keywords: garden, soils, requirements of plants

ÚVOD

V dnešnej uponáhľanej dobe je možné pozorovať všeobecný trend celoročnej dostupnosti rôznych druhov ovocia a zeleniny v obchodných reťazcoch pričom sa upúšťa od možnosti dopestovať si mnohé z nich vo svojej vlastnej záhrade. Táto tendencia je spojená so vznikom najmenej dvoch problémov.

Prvý je spojený s oddychom a relaxom, ktorý poskytuje zelená plocha záhrady a najmä s potrebou fyzického pohybu, ktorý je nahrádzaný cvičením v posilňovni, fitnessom a inými

aktivitami v uzavretých priestoroch. Oveľa zdravšími a prirodzenejšími fyzickými aktivitami sú starostlivosť o záhradku, okopávanie, rýľovanie, kosenie, rezanie, či iné práce v záhrade na čerstvom vzduchu, aj pre mladých ľudí, čo prispieva k formovaniu ich pozitívneho náhľadu na prírodu. Typy záhrad sú rôzne. Najčastejšími v našich podmienkach sú tzv. tradičné záhrady (pestovanie ovocia a zeleniny) a okrasné záhrady. Pestovanie ovocia a zeleniny poskytuje rôznorodejší pohyb a fyzickú záťaž ako okrasná záhrada.

Druhý problém je spojený s kvalitou plodín. Tie sú pre potreby dlhodobejšieho skladovania a predaja mnohokrát ošetrované chemikáliami, natierané voskom a inými ochrannými prostriedkami. Plodiny, ktoré ponúkajú supermarkety nie sú často dozreté, alebo dozrievajú v ochrannej atmosfére etylénu. Nemajú potom dostatok kyselín, cukrov a vitamínov a potrebujú výraznú chuť. Zdravé ovocie a zelenina je však protipólom nezdravých potravín, pre ktoré už malé deti majú žľčové kamene a spôsobujú im rôzne alergie.

Záhradkárčenie však nie je len rekreačným relaxom, ale vyžaduje aj určité vedomosti. Bez poznania ekológie pestovaných rastlín a vlastností pôdy sú často pestovateľské výsledky neadekvátne námahe a snaženiu a môžu aj odradiť začínajúceho záhradkára, nehovoriac už o tom, že nesprávne dávkovanie hnojív môže byť aj zdraviu škodlivé. Na našom trhu je dostatok domácej aj zahraničnej odbornej literatúry (BEDRNA 2009, BIGGS, McVICAROVÁ, FLOWERDEW 2004, BRICKELL a iní 2001, DEMO, HRIČOVSKÝ a iní 2002, KETTMANNOVÁ a iní 2011, MATLÁK 2001 atď.) V niektorých zahraničných publikáciách sú však občas uverejnené aj nepravdivé údaje o pôde bez ohľadu na rozdielne podmienky pestovania rastlín v Európe. Záujemcom o záhradkárčenie napomáha v snažení a vedomostiach aj Zväz slovenských záhradkárov, tí starší môžu nájsť informácie aj štúdiom na Univerzitách tretieho veku. Aj vďaka nim sú každé nové poznatky odborného charakteru dobrým počínom vzdelávania a výchovy záhradkárov a majiteľov prídumových záhrad a prispievajú tak k rastu povedomia obyvateľstva o potrebe chrániť pôdu ako integrálnu súčasť životného prostredia, čo je priamo v súlade aj so snahami Európskej komisie a Európskeho pôdneho úradu (ESBN). Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy venuje tejto iniciatíve pozornosť prostredníctvom Pôdnej služby, ktorá poskytuje poradenstvo roľníkom a v budúcnosti by mohlo byť rozšírené aj na záhradníkov a záhradkárov.

Cieľom príspevku je poukázať na potrebu poznania optimálnych vlastností pôdy k úspešnému a zdravému pestovaniu rastlín v záhrade. Biodiverzita pestovaných rastlín vyžaduje prípravu lokálneho veľmi rôznorodého prostredia. Nároky skalničiek, vresovcov, čučoriedok, jahôd, cibule, cesnaku, hrachu, fazule, tráv, jabloní, hrušiek a iných druhov a skupín pestovaných okrasných a úžitkových rastlín sú skutočne veľmi rôzne. Vyžadujú nielen poznanie ale aj prispôsobenie substrátov nárokom jednotlivých rastlín.

Substráty pre okrasné rastliny

V našom miernom klimatickom pásme pestujeme v záhradách často nielen domáce okrasné rastliny, ale ako letničky aj veľa druhov zo subtropických a tundrových pásiem podnebia. Z jednotlivých skupín terestrických, mierne vlhkomilných okrasných rastlín sa však osobitne vyčleňujú skalničky, okrasné trávy, kobercové trávy, vresovce, letničky, trvalky, cibulové a hluznaté rastliny, kríky a stromy. Jednotlivé nároky na vlastnosti substrátov sú zamerané naj-

mä na: hĺbku, teplotu, vlhkosť, zrnitosť, pôdnu reakciu, obsah humusu a stav organických látok. Údaje v tabuľke 1 nám približujú najvýznamnejšie parametre optimálnych vlastností pôdy, ktoré musíme rešpektovať pri pestovaní jednotlivých skupín a druhov okrasných rastlín. Rozpätie určitých hodnôt, napr. kyslá až karbonátová pôda poukazuje na rozdiely v nárokoch určitých druhov rastlín. Tak kyslú pôdu vyžaduje rosnička dlholistá (*Drosera longifolia* L), zatiaľ čo karbonátovú hlaváčik jarný (*Adonis vernalis* L.), pričom obidve sú vlhkomilné okrasné trvalky. Podobne plytká pôda vyhovuje skalničkám, hlboká okrasným stromom, stredne hlboká kobercovým trávam a stredne hlboká až hlboká okrasným krom a stromom. Aj napriek tomuto spektru požiadaviek na jednotlivé parametre existujú aj spoločné nároky, ktoré musíme jednoznačne rešpektovať. Takýmito pre skalničky je plytký substrát, pre vresovce kyslá pôdna reakcia a slabo rozložené detritické organické látky, cibulové a hluznaté rastliny vyžadujú piesočnatejšie a slabšie humózne pôdy a pod.

Tab.1 Parametre úrodnej pôdy okrasných rastlín

Parametre	1	2	3	4	5	6	7
Skalničky	p	ch	v	a, b	c, o, k	n, v	z
Okrasné trávy	s	ch	v	b, i	c, o	n, v	z, d
Kobercové trávy	s	ch, t	v	a, b	c	n	z
Vresovce	s	ch	v	–	c	–	d
Letničky	s, h	ch	v, s	a, b	o, k	n, v	z
Trvalky	s, h	t, ch	v, s	a, b, i	o, k	n, v	z
Cibule a hlúzy	s, h	t, ch	v	a	o, k	n	z
Okrasné kry	s, h	t, ch	v, s	b	c, o, k	n, v	z, d
Okrasné stromy	h	t, ch	v, s	b	c, o, k	n, v	z

Vysvetlivky: 1. Hĺbka pôdy (p = plytká, s = stredne hlboká, h = hlboká). 2. Teplota (t = teplá, ch = chladnejšia). 3. Vlhkosť (v = vlhká, s = suchšia). 4. Zrnitosť (a = piesočnatejšia, b = hlinitá, i = ílovitejšia). 5. Pôdna reakcia (c = kyslá, o = slabo kyslá až neutrálna, k = karbonátová (zásaditá)). 6. Obsah humusu (n = nízky, v = vysoký). 7. Stav organických látok (z = saprické rozložené, d = detritické nerozložené)

V záhrade môžeme pôdu nielen optimalizovať odbúraním kyslosti vápnením, zvýšením obsahu humusu intenzívnym hnojením organickými hnojivami, ale pripraviť aj antropogénny substrát pre skalničky z hlíny a karbonátového štrku, pre vresovce z balíkov kyslej vrchoviskovej rašeliny a pod. Osobitne sa musíme zamerať na výber prostredia pre cudzokrajné teplomilné druhy okrasných rastlín. Mnohé z nich sú trvalky a pestujeme ich ako letničky. Nevýhoda opakovaného pestovania jedného druhu na okrasnej hriadke vyvoláva po určitých rokoch pôdnu únavu so slabším rastom a kvitnutím rastlín. Preto sa snažíme o zmiešané porasty. Vyberáme k nim ale druhy s podobnými nárokmi na pôdu a prostredie. Nesmieme sa zlákať farebnosťou, habitom a dobou, prípadne dĺžkou kvitnutia. Výsadba cibulových a hluzových rastlín na jar a v jeseni musí taktiež rešpektovať nielen vlastnosti pôdy, ale aj ich odolnosť proti pôdnej únave. Tulipány presádzame každý rok, zatiaľ čo pivoňku každých 5–6 rokov a modricu 12–15 rokov. Pri výsadbe krov a stromov sa snažíme vykopať čo najhlbšiu jamu, ktorú spravidla zaplníme mimo koreňov sadenice vyhnojenu a humóznou pôdou, zatiaľ čo pri koreňoch len humóz-

nou zeminou z povrchovej vrstvy pôdy. Túto upravujeme hnojením a vápnením až počas tretieho a štvrtého roku po výsadbe. Pre kobercový trávnik je najlepšie vybudovať v hĺbke 0,4 m plošnú drenáž na rozptýlenie závlahovej vody. Podzemná voda pre okrasné kry nesmie byť plytšie ako 1 m, zatiaľ čo pri stromoch 2 m pod povrchom pôdy. To neplatí ale pre vlhkomilné a močiarne druhy drevín.

Substráty pre úžitkové rastliny

Z pohľadu nárokov na pôdu poznáme menej skupín úžitkových ako okrasných rastlín. Skupiny sú aj podstatne rôznorodejšie, so značným rozpätím požiadaviek v závislosti na druhu a niekedy aj odrody pestovaných rastlín (Tab. 2).

Tab.2 Parametre úrodnej pôdy úžitkových rastlín

Parametre	1	2	3	4	5	6	7	8
Zelenina	s, h	t	v, s	a, b	r	o, k	n, v	m, d
Liečivky	s, h	t, ch	v, s	a, b, i	r, u	c, o, k	n, v	m, d
Jahody	s	ch	s	b	r	o	v	d
Vinohrady	h	t	v	a, b	r	o	v	d
Ovocné kry	s, h	t, ch	v	b	r, u	c, o	n, v	d
Ovocné stromy	h	t, ch	v	b	r, u	c, o, k	v	d
Exotické rastliny	s, h	t	v, s	a, b, i	r, u	c, o, k	n, v	m, d

Vysvetlivky: 1. Hĺbka pôdy (s = stredne hlboká, h = hlboká). 2. Teplota (t = teplá, ch = chladnejšia). 3. Vlhkosť (v = vlhká, s = suchšia). 4. Zrinitosť a = piesočnatejšia, (b = hlinitá, i = ílovitejšia). 5. Konzistencia (r = kyprá, u = tuhšia) 6. Pôdna reakcia (c = kyslá, o = slabo kyslá až neutrálna, k = karbonátová), 7. Obsah humusu (n = nízky v = vysoký). 8. Obsah živín (m = nízky, d = vysoký)

Zelenina vyžaduje často hlbšiu, piesočnatejšiu až prachovitejšiu pôdu. Na ľahší druh pôdy je náročná cibuľa a cesnak, na stredný hlinitý druh kapustovité, koreňové a bulvové druhy zeleniny. Ílovité pôdy nie sú optimálne ani pre jeden druh jednoročnej alebo trvajúcej zeleniny. Na kyprú pôdu je náročná najmä koreňová zelenina, ktorá v uľahnutej, poprípade zhutnenej pôde vytvára bizarné tvary koreňov. Optimálna pôdna reakcia pre zeleninu je väčšinou slabo kyslá až slabo alkalická (karbonátová pôda). Výnimku predstavujú len kyslomilné skoré zemiaky.

Záhradné jahody pestujeme na osobitných hriadkach roztrúsene, alebo v riadkoch. Náročné sú na chladnejší, kyprý, slabo kyslý, humózný a na živiny bohatý substrát. Ak na hriadke pôda častejšie v lete vysychá, tak sa skraca doba pestovania zo 4–5 rokov na 3 roky a menej.

Vinohrad sa vyznačuje pôdou, ktorá je pred výsadbou hlboko (do 0,6 m) spracovaná rigoľáciou a hnojením. Porasty vyžadujú značné zásoby živín (najmä draslíka) a každoročné hnojenie v dobe rastu na jar a tvorby úrody v lete. Teplomilnosť viniča je známa. Preto sa pestuje len na rovine a južných svahoch.

Ovocné kry, drobné kríky a polokry majú veľmi rôznorodé nároky na pôdnu reakciu od silno kyslej až po slabo alkalickú (karbonátová pôda). Takto osobitne vyčnievajú čučoriedky, brusnice a kľukva, ktoré vyžadujú silno kyslú reakciu pôdy a prevahu slabo rozložených detritických organických látok (kyslá vrchovisková rašelina) a nízky obsah živín. Menším nárokom

na obsah humusu v pôde sa vyznačujú egreše, ríbezle, dule, mišpule aj liesky, zatiaľ čo oveľa náročnejšie na organické látky v pôde sú maliny a ostružiny.

Všetky ovocné stromy vyžadujú hlbokú pôdu, na ktorú sú osobitne náročné najmä staršie vysokokmene a polokmene čerešní, sliviek, višní, ringlôt, mirabeliek, dulí, broskýň, marhúľ, moruší a orechov. Do stredne hlbkej pôdy sa môže vysádzať len stena jabloní a hrušiek s nízkym kmeňom. Z ovocných stromov sú višne, čerešne a slivky odolnejšie proti kyslej pôdnej reakcii ako broskyne a marhule. Na karbonátovej pôde rastú dobre vápnomilné orechy. Kyslú pôdu reakciu vyžaduje gaštan jedlý (*Castanea sativa* MILL.). Náročnosť na výživu ovocných stromov dokazuje každoročná potreba hnojenia minerálnymi priemyselnými hnojivami a raz za 3–4 roky aj organickými hnojivami. Na zimu dusíkatými hnojivami nehnojíme, lebo dusík uniká do ovzdušia a podzemnej vody.

Liečivé a exotické úžitkové rastliny majú z vymenovaných skupín najrozmanitejšiu škálu parametrov úrodnej pôdy.. Zaslúžia si osobitné posúdenie.

Substráty pre liečivé a exotické úžitkové rastliny

Liečivé rastliny, ktoré pestujeme v záhradách sú domáceho a zahraničného pôvodu. K domácim a zahraničným trvalkám, bylinám a krom, patrí baza čierna (*Sambucus nigra* L.), divozel veľkokvetý (*Verbascum densiflorum* BERTOL.), dúška materina (*Thymus serpyllum* L.), ligurček lekárske (*Leviscum officinale* KOCH.), levanduľa úzkolistá (*Lavanda angustifolia* MILL.), medovka lekárska (*Melissa officinalis* L.), repík lekárske (*Agrimonia eupatoria* L.), yzop lekárske (*Hyssopus officinalis* L.) a veľmi veľa ďalších druhov rastlín. Letničky sú najmä cudzokrajného pôvodu. Zo známejších to je bazalka pravá (*Ocimum basilicum* L.), kaloméria laskavcová (*Calomeria amaranthoides* L.), kapucínka väčšia (*Tropaeolum majus* L.), koriander siaty (*Coriandrum sativum* L.), ricín obyčajný (*Ricinus communis* L.), saturejka záhradná (*Satureja hortensis* L.), žerucha siata (*Lepidium sativum* L.) a niektoré ďalšie druhy bylín, lián a krov.

Teplejšie, často aj piesočnatejšie karbonátové pôdy na plnom slnku vyžaduje najmä levanduľa, dúška, divozel, šalvia, jablčník a náprstník, zatiaľ čo na chladnejších karbonátových pôdach dobre rastie baza, benedikt, medovka, palina a jastrabina (Tab. 3). Záhony s hlinitou, slabokyslou až neutrálnou pôdou vyhovujú nechtíku, omanu, rumanu, srdcovníku a pamajoránu. V tieni na vlhších humózných hlinitých pôdach vysádzame mäta, ligurček, archangeliku a ibiš.

Tab. 3. Parametre úrodnej pôdy liečivých rastlín

Názov rastliny	Vlastnosti pôdy	Názov rastliny	Vlastnosti pôdy
Archangelika lekárska	p-h, u-e, k-n, c, b	Medovka lekárska	h, e, v, m, b
Baza čierna	h, u-e, n-v, c, b	Náprstník vlnatý	h, e, n, m, b
Bazalka pravá	p-h, e, v, m, b	Nechtík lekárske	h, e, n, m, o
Bedrovník anízový	p, s, v, m, o	Oman pravý	p-h, u-e, n, m, b
Benedikt lekárske	h, s, v, m, b	Palina dračia	h, e, v, m, b
Borák lekárske	p, s, v, m, o	Pamajorán obyčajný	h, s, n, m, o
Divozel veľkokvetý	p, s, v, m, o	Repík lekárske	p-h, s-e, k-n, m, o

Názov rastliny	Vlastnosti pôdy	Názov rastliny	Vlastnosti pôdy
Dúška tymiánová	h, s, v, m, o	Rumanček kamilkový	h, e, v, m, o-b
Ibiš lekárske	h, u, v, c, b	Ruman rímske	p-h, e, n, m, b
Jablčník obyčajný	p, s, v, m, o	Saturejka záhradná	h, e, n, m, b
Jastrabina lekárska	h-j, u, v, c, b	Slez lesný	p-h, e, v, m, b
Levandula úzkolistá	p, s, v, m, o	Srdcovník obyčajný	p-h, e, n, c, b
Ligurček lekárske	h, u-e, n, c, b	Šalvia lekárska	p-h, s, v, m, b
Ľubovník bodkovaný	h, s, k-n, m, o	Yzop lekárske	p-h, e, v, m, o

Vysvetlivky: Zrnitosť (p = piesočnatejšia, h = hlinitá, i = ílovitejšia). Vlhkosť (u = vlhká, e = čerstvo vlhká, s = suchšia). Pôdna reakcia (k = kyslá, n = slabokyslá neutrálna, v = karbonátová). Obsah humusu (m = nízke, c = vysoké). Obsah živín (o = malý, b = veľký).

V obchodoch sa stretávame v súčasnosti s mnohými druhmi exotického ovocia. Mnohé z nich dopestovať u nás nemôžeme, nakoľko ich produkujú vysoké mrazy neznášajúce byliny a stromy pôvodom zo subtropických a tropických oblastí. Patria k nim z jadrovín ananás pestovaný (*Ananas comosus* L.), banánovník obyčajný (*Musa x paradisiaca* L.), egrešovec obľý (*Averhoa carambola* L.) s plodom karambola, garcínia mangostanová (*Garcinia mangostan* L.) s plodom mangosta, manilkara gumová (*Manilkara zapota* L.) s plodom sapota, melónová papaja (*Carica papaya* L.) a pod. Z kôstkovín to je hruškovec americký (*Persea americana* MILL.) s plodom avokado, mangovník indický (*Magnifera indica* MILL.) s plodom mango, melikok dvoj-jarmový (*Melicocus bijugatus* JACQ.) s plodom gesup a zo škrupovín dvojslivka čínska (*Litchi chinensis* L.) s orieškom liči, paraorech štíhly (*Beetholletia excelsa* L.) oblikovéc západný (*Anacardium occidentale* L.) s orechom kešu atď.

Z ľahšie pestovaných exotických ovocnín spomenieme predovšetkým rôzne druhy citrónovníkov (pravý, pomarančový, mandarinkový), ktoré sú v lete umiestnené na záhrade a v zime v teplých priestoroch. Vyžadujú slabokyslé, hlinité a značne humózne substrát a časté prihnojovanie. Z jadrovín sa ďalej ľahšie pestuje najmä aktinídia čínska (*Actinidia chinensis* PLANCH.) s plodmi kivi, ebenovník rajčiakový (*Diospyros kaki* L.) s plodmi hurmiikaki, dulovec japonský (*Chaenomeles japonica* LINDL.) s plodom dula, figovník obyčajný (*Ficus carica* L.) s plodmi figy a ľulok quitský (*Solanum qiutoense* L.) s plodom chlpatý pomaranč, alebo marančina. Všetky rastliny sú až na ľulok mrazuvzdorné a môžeme ich pestovať vonku na záhrade. Dobre rastú na slabokyslej až neutrálnej hlinitej pôde. Len dulovec znáša ílovitejšie a kyslejšie pôdy (Tab. 4).

Z drobného exotického ovocia sa ľahšie pestuje najmä muchovník kanadský (*Amelanchier canadensis* MED.) s čiernymi bobuľami, ostružina purpurastá (*Rubus phoeniculasius* MAXIM.) s plodom japonská malina, jahodovec obyčajný (*Arbutus unedo* L.) s červenými bobuľami a fuksia zúbkatolistá (*Fuchsia denticulata* RUIZ et PAV.) s červenočiernymi jedlými bobuľami. Všetky rastliny rastú na slabokyslej až neutrálnej hlinitej vlhšej pôde až na jahodovec, ktorý znáša aj občasné sucho.

Tab. 4. Parametre úrodnej pôdy a ekologických nárokov exotických úžitkových rastlín

Druh rastliny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aka ovocná	s	t	c	e	b	x	l	f	z	P
Aktinídia čínska	s	ch	n	e	b	o	w	f	z	PK
Asimina trojlaločná	h	m	c	e	b	o	w	r	q	NK
Citrónovník mandarínkový	s	t	n	u	b	o	w	g	z	NK
Citrónovník pomarančový	s	t	n	u	b	o	w	g	z	NK
Citrónovník pravý	s	t	n	u	b	o	w	g	z	NK
Dulovec japonský	s	m	v	e	i	x	l	r	q	N
Ebenovník rajčiakový	s	m	n	e	b	o	l	f	z	N
Eugénia myrtolistá	s	t	c	d	b	o	w	f	z	NK
Figovník obyčajný	s	ch	n	e	b	o	l	g	z	NK
Fuksia zúbkatolistá	p	ch	c	e	b	o	w	f	z	N
Granátovník púnsky	s	t	n	u	i	o	l	f	k	N
Guajava jablková	h	t	n	u	b	o	l	f	z	NK
Jahodovec obyčajný	p	m	c	e	b	x	l	r	z	O
Ľulok mätkoostnatý	p	t	v	e	a	o	l	f	z	N
Ľulok quitský	s	t	v	e	b	o	l	g	z	NK
Malpígia holá	s	ch	c	e	b	o	l	f	z	N
Mišpuľník japonský	h	t	c	e	b	o	l	f	z	N
Mučenka jedlá	p	t	c	d	i	o	l	g	z	NP
Muchovník kanadský	s	m	v	e	b	x	l	r	z	O
Ostružina purpurová	p	m	v	e	b	o	l	f	z	O
Rajčiakovec repový	h	t	n	u	a	x	w	f	z	NK

Vysvetlivky: 1. Hĺbka pôdy (p = plytká, s = stredne hlboká, h = hlboká). 2. Reakcia na teplotu (t = teplomilný, ch = chladuvzdorný, m = mrazuvzdorný). 3. Vlhkosť pôdy (c = často suchá, n = navlhľá, v = vlhká). 4. Vlhkosť vzduchu (d = suchý, e = mierne vlhký, u = nasýtený). 5. Zrinitosť (a = piesočnatejšia, b = hlinitá, i = ílovitejšia). 6. Skeletovitosť (o = bez štrku, x = nízky obsah štrku). 7. Svetlo (l = slnečné polohy, w = polotieň). 8. Obsah humusu (r = málo, f = stredne, g = veľa). 9. Pôdna reakcia (q = kyslá, z = slabo kyslá až neutrálna, k = karbonátová). 10. Hnojenie (N = dusíkom, P = fosforom, K = draslíkom, O = bez hnojenia)

Obtiažnejšie sa pestujú v našich podmienkach z exotických jadrovín najmä granátovník púnsky (*Punica granatum* L.) s plodom granátové jablko, guajava jablková (*Psidium guajava* L.), ľulok mätkoostnatý (*Solanum muricatum* L'HER.) s plodom pepino, rajčiakovce repový (*Cyphomandra betacea* SENDTN.) s chutným plodom rajčenka, mišpuľník japonský (*Eriobotrya japonica* LINDL.) s plodom nazývaným lokvát alebo bibas a mučenka jedlá (*Passiflora edulis* SIMS.) s plodom marakuja. Rastliny majú tvar liany, kra alebo stromu a pochádzajú zo subtropických až tropických klimatických oblastí. Preto jednoznačne vyžadujú prezimovanie v teplých priestoroch. Z optimálnych parametrov pôdy majú spoločnú požiadavku na priemerný obsah humusu (2 – 3 %) a slabo kyslú až neutrálnu pôdnu reakciu s výnimkou mučenky dobre reagujúcej na vyšší obsah humusu (4 – 6 %) a granátovníka uprednostňujúceho kyslú pôdu. Všetky rastliny vyžadujú každoročné prihnojovanie dusíkom a po odkvitnutí aj draslíkom alebo fosforom. Ok-

rem rajčiakovca sa všetkým dobre darí len na slnečnom mieste. Rozdielne sú u nich ale nároky na pôdny druh a vlhkosť vzduchu. Na piesočnatejšej pôde rastie najlepšie ľulok a rajčiakovec. Guajava a mišpulník uprednostňujú hlinitú pôdu, zatiaľ čo granátovníku a mučenke v pôde vyhovuje vyšší obsah ílu. Podobne rozdielne sú aj požiadavky exotických jadrovin na vlhkosť vzduchu. Suchý vzduch znáša mučenka. Mierne vlhký vyžaduje mišpulník a ľulok. Plne nasýtenému parami vzduchu, ktorý je typický pre subtropické a tropické dažďové pralesy dávajú prednosť granátovník, guajava a rajčiakovec.

Z obtiažnejšie pestovaných exotických kôstkovín sú významnejšie len stromy klinčekovec myrtolistý (*Syzygium mirtifolium* L.) s plodmi vianočné čerešne, pochádzajúci z Austrálie a malpigia holá (*Malpighia glabra* L.) s plodmi barbadorská čerešňa, alebo acerola pôvodom z Brazílie. Drobné ovocie predstavuje iba vždyzelený ker z Brazílie pod názvom aka ovocná (*Acca sellowiana* BURRET.) s plodmi pod názvom fejchoja. Kôstkoviny vyžadujú slabo kyslú až neutrálnu hlinitú pôdu bez štrku a kameňov so stredným obsahom humusu. Zatiaľ čo malpigia znáša polotieň a slabšie mrazy, klinčekovec je teplomilný s ovocím, ktoré dozrieva v zime pri teplote +10 °C. Aka vyžaduje slabo kyslý až neutrálny, hlinitý substrát s priemerným obsahom humusu. Dobre reaguje na prihnojenie fosforečnými hnojivami a znáša suchší vzduch s výnimkou teplôt nižších 0 °C.

ZÁVER

Pôda vždy bola a vždy bude súčasťou prírody. Platí to aj pre človekom využívanú a pretváranú pôdu. Platia preto pre ňu prírodné zákony, ktoré sa pri plánovaní spôsobu jej využitia musia dodržiavať aby sa zachovala rovnováha medzi jednotlivými zložkami prírody. Nesprávne využívaná pôda predstavuje pre túto rovnováhu riziko a môže tak narušiť stabilitu ostatných zložiek prírodného prostredia, čo samozrejme platí aj naopak. Je dôležité, aby ľudstvo aj v dnešnej dobe malo s prírodou spojenie. Záhradníctvo a záhradkárčenie je jedným zo spôsobov ako toto spojenie s prírodou nestratiť. Je to dobrý a zdravý spôsob relaxu a odbúrania stresu. Dvíhanie povedomia o pôde sa tiež môže aplikovať prakticky pri záhradkárčení. Poznanie jej zákonitostí spolu s poznaním nárokov plodín na pôdu, vodu a živiny vytvára predpoklady pre správne využívanie záhradnej pôdy. Takto využívaná záhradná pôda plní hneď niekoľko funkcií. Popri estetickej a relaxačnej funkcii poskytuje majiteľom aj zaujímavý zdroj zdraviu prospešných plodín, ako aj prispieva k tvorbe zdravého životného prostredia.

LITERATÚRA

- BEDRNA, Z. 2009. *Starostlivosť o pôdu v záhrade*. Veda, Vydavateľstvo SAV Bratislava, 250 s.
- BIGGS, M., McVICAROVÁ, J., FLOWERDEN, B. 2002. *Complete Book of Vegetables, Herbs and Fruit in Great Britain*, London.
- In: preklad Horáček I., a iní: *Velká kniha zeleniny, bylin a ovoce*, Volvox Globator, Praha, 2004, 650 s.
- BRICKELL, CH. a iní 1992. *The Royal Horticultural Society. Encyclopedia of Gardening*. A. Dorling Kinderley Book, London.
- In: Preklad Bumbala, L. a iní: *Velká záhradkárska encyklopédia*. Ikar 2001, 624 s.
- DEMO, M., HRIČOVSKÝ, I. 2002. *Trvalo udržateľná technológia v záhradníctve*. SPU Nitra 581 s.
- KETTMANOVÁ, K. a iní 2011. *Poradca záhradkára č. 35*. Záhradka Bratislava, 108 s.
- MATLÁK, J. 2001. *Celoročná ochrana záhradných plodín*. M-EDIT-OR Bratislava, 79 s.

ALTERNATÍVNE RIEŠENIA OCHRANY POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDY PRED ZÁBERMI VO VÄZBE NA LEGISLATÍVU

ALTERNATIVE SOLUTIONS FOR PROTECTION OF AGRICULTURAL SOIL AGAINST SOIL SEALING IN RELATION TO LEGISLATION

Pavol BEZÁK¹, Rastislav SKALSKÝ¹, Rozália SZALLAYOVÁ²

¹Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, Bratislava, p.bezak@vupop.sk

²Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR, Dobrovičova 12, Bratislava

Abstrakt

V súčasnosti je ochrana poľnohospodárskej pôdy pred zábermi na nepoľnohospodársky účel sústredená hlavne na územie juhozápadného Slovenska, kde sa z pohľadu kvality nachádzajú naše najkvalitnejšie pôdy. Zároveň však máme veľké množstvo území s minimálnou alebo žiadnou ochranou poľnohospodárskej pôdy pred zábermi. Cieľom našej práce bolo vytvoriť alternatívne riešenia, ktoré by chránili pôdu pred zábermi aj z pohľadu regionálneho a teda neodzrkadľovali by iba produkčný parameter, ale aj všetky ostatné mimoprodukčné funkcie pôdy významné z lokálneho hľadiska. Navrhované riešenia sú postavené na jestvujúcom systéme bonitovano-pôdno ekologických jednotiek (BPEJ). Prvá alternatíva vytvára nové skupiny kvality na princípe vlastností pôdy a kvalitu pôdy vníma iba nepriamo. Druhá alternatíva je postavená na jestvujúcich skupinách kvality, avšak snaží sa jednoduchým spôsobom vyčleniť najkvalitnejšie pôdy v katastrálnom území (KÚ). Z hľadiska rovnomernosti rozloženia chránených pôd a pokrytia čo najväčšieho počtu KÚ sa javí už z princípu druhá alternatíva. Táto alternatíva zväčšuje celkovú výmeru chránených pôd, pričom ju však vyčleňuje pre každé katastrálne územie individuálne, čím vyzdvihujeme aj lokálny rozmer ochrany poľnohospodárskej pôdy.

Kľúčové slová: legislatívna ochrana pôdy, BPEJ, princípy ochrany pôdy

Abstract

At present, the protection of agricultural soils against soil sealing is mainly concentrated into the south-western Slovakia, where in terms of quality are our highest quality soils. At the same time we have a large amount of regions with little or no protection of agricultural land against soil sealing. The aim of our study was to develop alternative solutions, that would protect the soil against soil sealing in terms of regional quality, and therefore did not reflect the production parameter only, but also all other significant non-productive functions of soil from a local perspective. Proposed solutions are based on an existing system of BPEJ (land evaluati-

on units). The first alternative creates a new groups of soil quality on the principle of soil characteristics and soil quality is perceived only indirectly. The second alternative is based on the existing groups of quality, but tries to allocate easily the highest quality soils in cadaster. Terms of uniformity of distribution of protected land and cover of the maximum count of cadasters, satisfies the second alternative. This alternative increases the total area of protected land, while it allocates the highest quality soils to each individual cadastral area, which highlights the local dimension of the protection of agricultural land

Keywords: legislation of soil protection, BPEJ, principles of soil protection

ÚVOD

Pôda je kľúčovým a mimoriadne cenným zdrojom pre človeka. V súčasnosti chápeme význam pôdy hlavne z pohľadu produkcie potravín. Avšak treba si uvedomiť, že pôda má aj mimoprodukčné funkcie (akumulácia vody, filtrácia, imobilizácia znečisťujúcich látok, akumulácia uhlíka, atď.). Ako uvádza (VILČEK, BUJNOVSKÝ, 2008), význam pôdy vo väzbe na jej využívanie bude významný tak z aspektu produkcie dostatku kvalitných potravín a dostatku pitnej vody – čo bezprostredne ovplyvňuje kvalitu života človeka, ako aj z pohľadu riešenia ďalších celospoločenských a environmentálnych problémov. Mimoprodukčné funkcie pôdy a ich lokálny význam akcentuje hlavne v tejto dobe, keď si viac uvedomujeme nezastupiteľnú rolu pôdy v prevencii pred záplavami z prívalových zrážok, v akumulácii uhlíka a iných úloh dotýkajúcich sa výrazných klimatických zmien. Z uvedeného dôvodu je potrebné vytvoriť optimálny systém ochrany poľnohospodárskej pôdy, ktorý by mal zabezpečiť ochranu najkvalitnejších poľnohospodárskych pôd ako z pohľadu produkčného tak z pohľadu ekologického. Zároveň musí systém poskytnúť kontrolu a usmernenie záberov poľnohospodárskej pôdy tak aby boli zabezpečené aj požiadavky spoločenského charakteru, t.j. rozvoj bytovej výstavby, cestných komunikácií, priemyslu a pod.

Slovensko je moderným štátom s dlhodobou tradíciou v ochrane poľnohospodárskej pôdy. Legislatíva v oblasti ochrany poľnohospodárskej pôdy vždy reflektovala politické, sociálne a iné potreby doby, v ktorej vznikla. V priebehu vývoja legislatívy sa menil prístup k ochrane poľnohospodárskej pôdy od čisto produkčného pohľadu (rozširovanie plôch pre poľnohospodársku výrobu) až po súčasný stav, v ktorom sa rieši aj ochrana pred degradačnými procesmi. V minulosti bolo potrebné riešiť hlavne zabezpečenie potravinovej dostatočnosti po období druhej svetovej vojny. Dnešným veľkým problémom je skôr regulácia záberov poľnohospodárskej pôdy, ktoré vzrástli hlavne vplyvom rozširovania plôch pre výstavbu priemyselných parkov po roku 1990.

Ochrana poľnohospodárskej pôdy v súčasne platnej legislatíve vychádza zo zaradenia BPEJ do skupín kvality, ktorých je deväť.

Prvé štyri skupiny kvality zahŕňajú najkvalitnejšie pôdy a sú zaradené medzi chránené. Súčasný prístup je však limitovaný iba produkčnou parametrizáciou pôd. Cieľom tohto príspevku je prezentovať alternatívne postupy k vyčleneniu najkvalitnejších pôd SR pre potreby

ich ochrany. Novým prístupom sme sa snažili dosiahnuť regionálne nešpecifický systém, ktorý bude zohľadňovať aj hodnotu pôdy v lokálnom meradle.

Vytvorenie objektívneho a zrozumiteľného systému kategorizácie pôd do skupín kvality je kľúčové pre správny prístup k ochrane poľnohospodárskej pôdy. Pokiaľ je systém správne nastavený, je možné určiť jasné pravidlá a princípy, ktoré zabezpečia minimalizáciu úbytkov poľnohospodárskej pôdy, zároveň však dajú priestor pre rozumný rozvoj miest a obcí.

Nový prístup k ochrane poľnohospodárskej pôdy vychádza z potreby chrániť najlepšiu poľnohospodársku pôdu proporcionálne na celom území Slovenskej republiky, čo zároveň odzrkadľuje aj to, že každý región sa musí uspokojiť s takým stavom a kvalitou pôd aký má a tento by mal využívať spôsobom prinášajúcim jeho obyvateľom čo najvyšší ekonomický ale aj ekologický efekt (VILČEK a iní, 2007).

MATERIÁL A METÓDY

Ako základ pre vypracovanie oboch alternatív bola využitá databáza BPEJ SR. BPEJ je pôdne a ekologicky relatívne najhomogénnejšia jednotka bonitačného informačného systému. V podstate predstavuje hlavné pôdnoklimatické jednotky, ktoré sú podrobnejšie rozdelené podľa kategórií ich sklonu svahov, expozície svahov k svetovým stranám, skeletovitosti, hĺbky pôdy a zrnitosti povrchového horizontu. (DŽATKO, SOBOCKÁ a iní, 2009).

Pri prvej alternatíve boli údaje analyzované na úrovni jednotlivých atribútov kódu BPEJ. V druhej alternatíve bol využitý kód BPEJ ako celok aj so súčasným zatriedením kódov do deviatich skupín kvality, pričom pre potreby jeho ďalšieho triedenia podľa kvality boli využité ďalšie pomocné údaje, a to hrubý ročný rentový efekt a bodové hodnoty produkčného potenciálu poľnohospodárskej pôdy.

Hrubý ročný rentový efekt je vypočítaný z normatívnej produkcie a normatívnych vlastných nákladov zvýšených o normatívny zisk (BUDAY, 2002) a teda vyjadruje kvalitu pôdy z pohľadu ekonomickej rentability v $\text{SK}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Pojmom produkčný potenciál pôd vyjadrujeme maximálny stupeň produkčnej schopnosti pôd v konkrétnom priestore a čase, ktorý sa prejaví optimálnou produkciou príslušnej plodiny resp. kultúry bez vážnejšieho narušenia rovnováhy faktorov a biologickej stability prostredia (DŽATKO, 2002). Bodové hodnoty produkčného potenciálu vychádzajú z hodnotenia pôdno-ekologických faktorov nachádzajúcich sa v 7miestnom kóde BPEJ, pričom maximálna hodnota produkčného potenciálu je 100.

Na analýzu a triedenie jednotlivých atribútov bol využitý databázový program MS Access. V prípade prvej alternatívy prebiehala analýza v rozsahu 159786 údajov o BPEJ a v prípade druhej alternatívy 215095 údajov o BPEJ, keďže došlo k rozdeleniu na úroveň jednotlivých katastrálnych území. Pre následné zobrazenie výsledkov bol využitý program ESRI ArcGIS 9.3.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Prvá alternatíva – vytvorenie nových skupín kvality s prihliadnutím na regionálne potreby

Prvá alternatíva rieši ochranu poľnohospodárskych pôd pred zábermi na princípe vlastností pôdy. Neberie priamo do úvahy produkčnú parametrizáciu pôdy a jej cenu. Kvalitu pôdy vníma iba nepriamo, prostredníctvom jej vlastností vyjadrených kódom BPEJ ako sú zrnitosť, hĺbka, obsah skeletu, vodný režim, obsah humusu a vlastností georeliéfu (sklon svahu). Za najkvalitnejšie sú považované pôdy, ktoré nemajú extrémnu zrnitosť, sú hlboké, neobsahujú skelet, sú prehumóznene a majú priaznivý vodný režim. Tento prístup sčasti zohľadňuje aj mimoprodukčné schopnosti pôdy.

V rámci tohto riešenia boli vytvorené štyri skupiny kvality:

- úplne chránené pôdy (regionálne najproduktnejšie pôdy)
- chránené pôdy (regionálne vysoko produkčné pôdy)
- chránené pôdy (regionálne produkčné pôdy)
- nechránené pôdy

V prvej skupine kvality sa nachádzajú najproduktnejšie pôdne typy a to čierne a fluvizeme karbonátové, vo všetkých klimatických regiónoch (kód klimatického regiónu: 00 – 10), hlboké (kód hĺbky: 00, 10), na rovine (kód sklonu: 00), prípadne na miernom svahu do 3° (kód sklonu: 10), stredne ťažké (kód zrnitosti: 2) vo vlhších klimatických regiónoch ťažké (kód zrnitosti: 3) a stredne ťažké – ľahšie (kód zrnitosti: 5).

Tab.1 Zatriedenie BPEJ do prvej skupiny kvality (regionálne najproduktnejšie pôdy)

Klimatický región	Hlavná pôdna jednotka	Sklon, expozícia, skelet, hĺbka	Pôdny druh
00	17, 19, 37 (ČMačc, ČAac, ČMac)	00, 10	2
01	17, 19, 37, 22 (ČMačc, ČAac, ČMac, ČAa)	00, 10	2
02	19, 22, 39 (ČAac, ČAa, ČMah)	00, 10	2
03	02, 22, 26 (FMac, ČAa, ČAG)	00, 10	2
4	02, 17, 19, 22 (FMac, ČMačc, ČAac, ČAa)	00, 10	2
05	02, 23, 22, 26 (FMac, ČAa, ČAG)	00, 10	2, 3, 5
06	02, 26, 27 (FMac, ČAG, ČAaG)	00, 10	2, 3, 5
07	02, 19, 20, 26, 27 (FMac, ČAac, ČAG, ČAaG)	00, 10	2, 3, 5
08	02, 03, 29, 20 (FMac, ČAac, ČAaG)	00, 10	2, 3, 5
09	02, 29, 73 (FMac, ČAa, ČAaG, KMa, ČAaλ)	00, 10	2, 3, 5
10	02, 29, 73 (FMac, ČAa, ČAaG, KMa, ČAaλ)	00, 10	2, 3, 5

Do druhej skupiny kvality pribudli černoze a hnedozeme, hlboké so svahom do 7° (kód sklonu: 00, 10, 20, 30), stredne ťažké (kód zrnitosti: 2) vo vlhších klimatických regiónoch ťažké (kód zrnitosti: 3) a stredne ťažké – ľahšie (kód zrnitosti: 5).

Tab.2 Zatriedenie BPEJ do druhej skupiny kvality (regionálne vysokoprodukčné pôdy)

Klimatický región	Hlavná pôdna jednotka	Sklon, expozícia, skelet, hĺbka	Pôdny druh
00	36, 02, 44, 45, 26, 22, 39, 37 (FMac, ČAa, ČAG, ČMac, ČMah, HMa)	0, 10, 20, 30	2
01	02, 36, 39, 44, 37 (FMac, ČMac, ČMah, HMa)	0, 10, 20, 30	2
02	29, 20, 44, 02, 45, 39 (FMac, ČAac, ČAa, ČAG, ČMah, HMa)	0, 10, 20, 30	2, 3
03	41, 29, 06, 27, 48 (FMa, ČAaG, ČAa, ČMah, SAa, HMal)	0, 10, 20, 30	2, 3
04	41, 26, 06, 27, 48, 50 (FMa, ČAaG, ČAa, ČMah, SAa, HMal, HMag, PGa)	0, 10, 20, 30	2, 3
05	41, 48, 27, 50 (ČAaG, ČMah, SAa, HMal, HMag, PGa)	0, 10, 20, 30	2, 3, 5
06	48, 06, 29, 50 (FMa, ČAa, ČAaG, HMal, HMag, PGa)	0, 10, 20, 30	2, 3, 5
07	29, 06, 03, 56 (FMac, FMa, ČAa, ČAaG, LMag, PGal)	0, 10, 20, 30	2, 3, 5
08	73, 06, 56, 11, 29 (FMa, FMag, ČAa, ČAaG, LMag, PGal)	0, 10, 20, 30	2, 3, 5
09	03, 06, 56, 29, 73 (FMac, FMa, ČAa, ČAaG, LMag, PGal)	0, 10, 20, 30	2, 3, 5
10	03, 06, 56, 29, 73 (FMac, FMa, ČAa, ČAaG, LMag, PGal)	0, 10, 20, 30	2, 3, 5

V tretej skupine kvality boli zo zaradenia vyčlenené z pohľadu produkčného potenciálu extrémne pôdne typy ako gleje, regozeme, slaniská a slance, kontaminované a erodované pôdy, atď., pričom do zoznamu vhodných pôdnych typov pribudli čiernice kultizemné, ľahké, vysychavé a čiernice kultizemné, glejové prevažne karbonátové, ľahké. V rámci obsahu skeletu môže ísť o pôdy bez skeletu (kód skeletu: 00, 10, 20, 30) lebo so slabým obsahom skeletu (kód skeletu: 01, 11, 21, 31).

Tab.3 Zatriedenie BPEJ do tretej skupiny kvality (regionálne produkčné pôdy)

Klimatický región	Hlavná pôdna jednotka	Sklon, expozícia, skelet, hĺbka	Pôdny druh
00 – 10	okrem 94, 95, 96, 98, 30, 31, 42, 09, 15, 12, 10, 32, 38, 47, 53, 88, 91 (FMaG, FMa, KT, ČAa/SCa, ČMac, RMa/ČMae, RMa/HMae, RMa, GLa)	00, 01, 10, 11, 20, 21, 30, 31	2, 3, 5
00 – 10	21, 25 (ČAa, ČAaGc)	00, 01, 10, 11, 20, 21, 30, 31	1 – 5

Štvrtú skupinu kvality tvoria pôdy s kódmi BPEJ, ktoré nespĺňajú kritériá na zaradenie do predchádzajúcich skupín kvality, čiže ide o pôdy s extrémnou zrnitosťou, na svahoch nad 7 °, so stredným a vyšším obsahom skeletu, stredne hlboké až plytké.

Druhá alternatíva – ochrana najkvalitnejších pôd v katastrálnom území

Druhá alternatíva vychádza z jestvujúceho systému zaradenia BPEJ do skupín kvality, pričom sa snaží dosiahnuť individuálnu ochranu najkvalitnejších pôd v jednotlivých KÚ.

V každom KÚ sú BPEJ zotriedené na základe pôvodných skupín kvality od prvej po deviatu a v rámci každej skupiny kvality podľa hrubého ročného rentového efektu (HRRE) a bodovej hodnoty produkčného potenciálu.

V každom KÚ je vždy chránená pôda s prvou najlepšou bonitou. Následne, pokiaľ výmera takto chránenej pôdy tvorí menej ako 30 % výmery poľnohospodárskej pôdy v danom KÚ, pričítava sa výmera pôdy s ďalšou najlepšou bonitou. Týmto spôsobom sa vytvorí pre každé KÚ zoznam BPEJ, ktoré sú chránené a v zmysle uvedených pravidiel tvoria minimálne 30 % výmery poľnohospodárskej pôdy v danom KÚ.

V tabuľke 4 sa nachádza príklad jedného katastrálneho územia, v ktorom je chránených 39,3 % plochy poľnohospodárskej pôdy a to v rámci areálu štyroch BPEJ: 0119002, 0120003, 0102002 a 0106012.

Tab. 4 Zoradenie BPEJ v KÚ

KOD_KU	BPEJ	SkupKval	HRRE	BH	Výmera	PercentozPP	Poradie	Chránená
825093	0119002	1	225,2444	95	279247,5	7,1	1	1
825093	0120003	2	201,5345	92	196581,6	5,0	2	1
825093	0102002	2	189,6795	81	2854,8	0,1	3	1
825093	0106012	4	170,7116	77	1066917,9	27,1	4	1
825093	0248002	4	104,3237	72	246664,9	6,3	5	
825093	0248202	4	86,54129	70	44168,9	1,1	6	
825093	0127003	5	84,88159	87	587,3	0,0	7	
825093	0114062	6	49,79088	44	1149577,8	29,2	8	
825093	0114061	6	49,79088	35	383116,7	9,7	9	
825093	0247202	6	42,2037	52	277995,9	7,1	10	
825093	0247402	6	31,53422	48	203624,4	5,2	11	
825093	0287212	7	16,59696	55	7809,1	0,2	12	
825093	0287412	7	5,927486	51	16031,8	0,4	13	
825093	0254672	8	-27,2664	33	46569,6	1,2	14	

KOD_KU: kód príslušného katastrálneho územia; BPEJ: kód BPEJ; SkupKval: skupina kvality v zmysle prílohy č. 3 zákona 220/2004 Z.z.; HRRE: hrubý ročný rentový efekt v SK.ha⁻¹; Výmera: výmera polygónu BPEJ v m²; PercentozPP: percentuálne vyjadrenie plochy výmery polygónu BPEJ z celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy v katastrálnom území; Poradie: poradové číslo kódu BPEJ po zotriedení; Chránená: číslo 1 označuje pôdy chránené

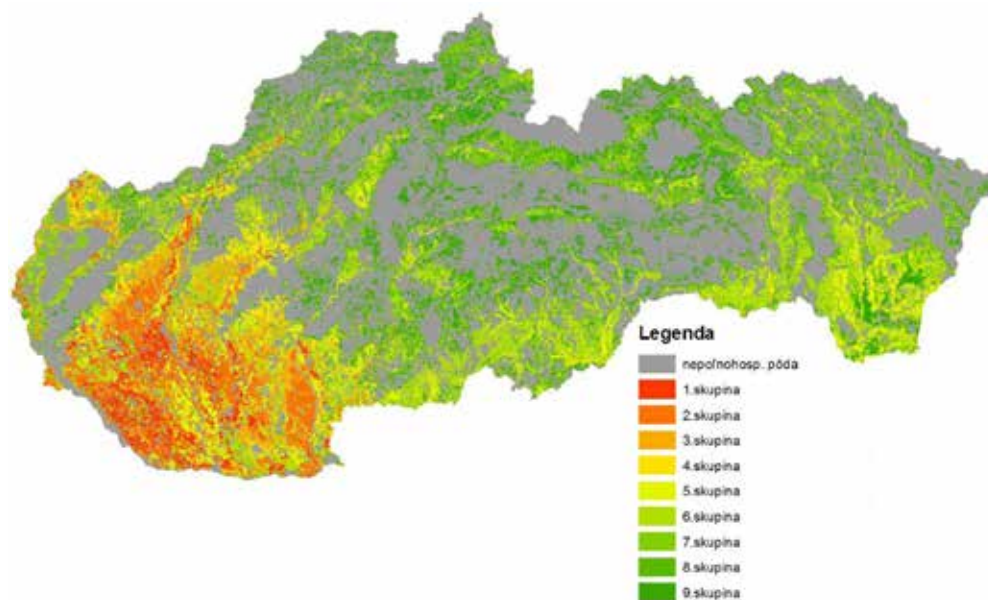
Z dôvodu, že ochrana poľnohospodárskej pôdy sa rieši vo väčších celkoch (areáloch BPEJ) môže dôjsť k výnimkám z tohto pravidla, t.j. ak prvá najlepšia BPEJ v KÚ tvorí viac ako 30 % výmery poľnohospodárskej pôdy alebo ak prvá najlepšia BPEJ v KÚ tvorí menej ako 30 % výmery poľnohospodárskej pôdy, ale pripočítaním výmery nasledujúcej najlepšej BPEJ by došlo k neúmernému zvýšeniu chránenej výmery poľnohospodárskej pôdy. Z tohto dôvodu bol

pri kalkulácii stanovený horný limit na 75 %. Výsledkom je, že vo väčšina katastrálnych území (3189) sa chráni 25 – 50 % poľnohospodárskych pôd, v extrémnych prípadoch sa chráni < 25 % výmery poľnohospodárskych pôd v 66 katastrálnych územiach a > 75 % výmery poľnohospodárskych pôd v 12 katastrálnych územiach. V 286 katastrálnych územiach sa chráni 50 – 75 % výmery poľnohospodárskych pôd.

Štatistické vyhodnotenie chránených pôd a ich grafické zobrazenie vychádza z informačného systému o BPEJ aktualizovaného k roku 2009. Tento systém je dynamický a údaje sa môžu na základe ďalších aktualizácií meniť.

Rozloženie chránených pôd podľa platnej legislatívy zobrazuje obrázok 1 a percentuálne zastúpenie chránených pôd v jednotlivých KÚ obrázok 2.

Obr. 1 Zaradenie kódov BPEJ do skupín kvality – podľa zákona 220/2004 Z.z.

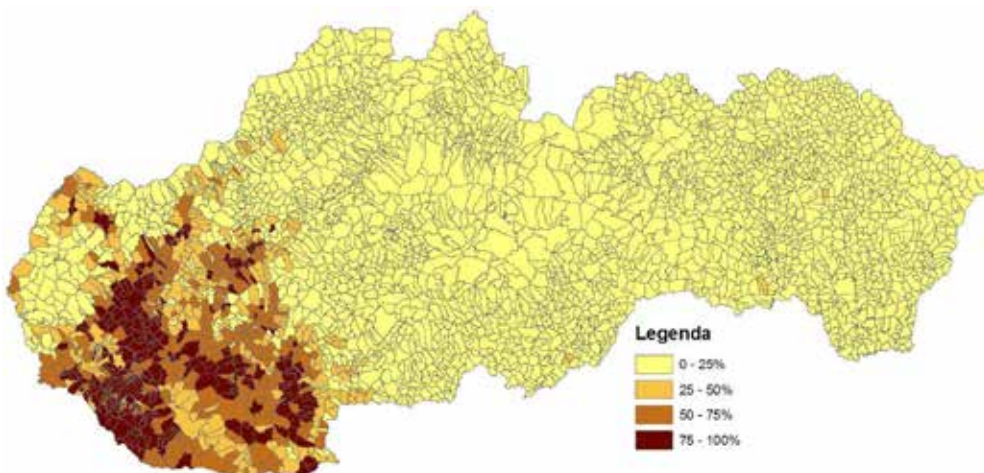


V súčasnosti chránime pred zábermi 21,1 % plochy z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd SR, čo činí približne 535 577 ha. Chránené pôdy s výmerou nad 1 % z výmery poľnohospodárskej pôdy sa nachádzajú v 1219 KÚ z celkového počtu 3566 KÚ.

Novým prístupom k ochrane poľnohospodárskej pôdy pred zábermi sme rozšírili ochranu poľnohospodárskej pôdy aj na ostatné katastrálne územia v rámci celej SR.

V prvej alternatíve sme dosiahli rozšírenie ochrany poľnohospodárskej pôdy na úroveň 39 % plochy z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd SR, čo tvorí približne 984 225 ha. Chránené pôdy sa nachádzajú aj v ďalších KÚ avšak ich rozloženie je znovu situované hlavne do južných častí SR, čo zodpovedá produkčnému potenciálu a kvalite pôd v týchto regiónoch. Zároveň táto alternatíva nevyriešila a ešte prehĺbila problém veľkého plošného rozsahu chránených pôd v niektorých KÚ. Plošné rozloženie ochrany poľnohospodárskej pôdy sa nachádza na obrázku 3 a obrázku 4.

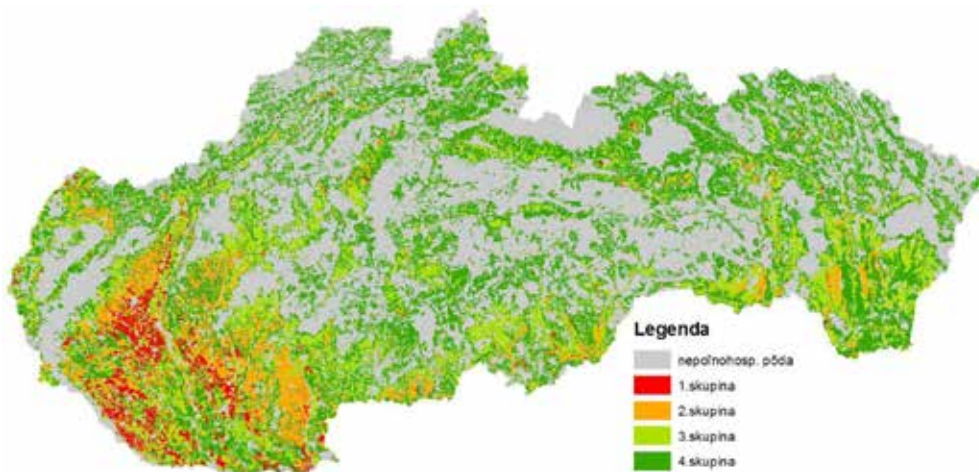
Obr. 2 Percentuálne zastúpenie chránených pôd v katastrálnych územiach – podľa zákona 220/2004 Z.z.



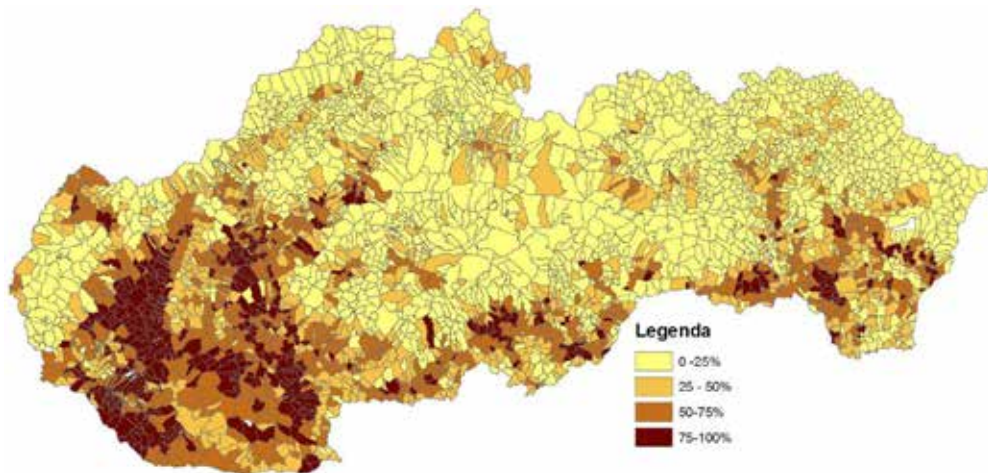
Druhá alternatíva už zo svojho princípu poskytuje vyrovnannejšie výsledky. V tomto prípade stúpla výmera chránených poľnohospodárskych pôd na 37 % plochy z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd SR, čo tvorí približne 937 222 ha. Chránené poľnohospodárske pôdy sú rovnomerne rozdelené na celom území SR a ochrana sa vzťahuje na každé KÚ, okrem výnimiek, kde v KÚ evidujeme minimum alebo žiadnu poľnohospodársku pôdu. Celkovo sa teda ochrana poľnohospodárskej pôdy týka 3553 KÚ z celkového počtu 3566 KÚ.

Plošné rozloženie ochrany poľnohospodárskej pôdy sa nachádza na obrázku 5 a obrázku 6.

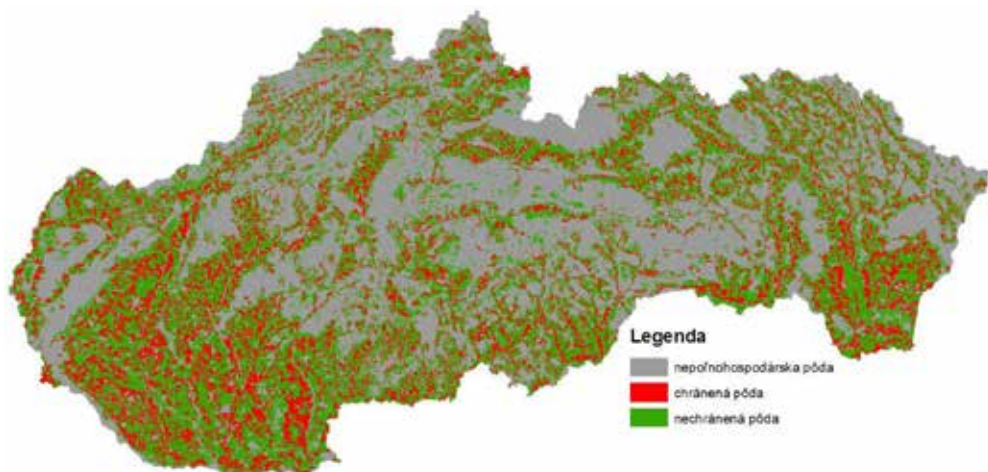
Obr. 3 Zaradenie kódov BPEJ do skupín kvality podľa prvej alternatívy



Obr. 4 Percentuálne zastúpenie chránených pôd v katastrálnych územiach v prípade prvej alternatívy

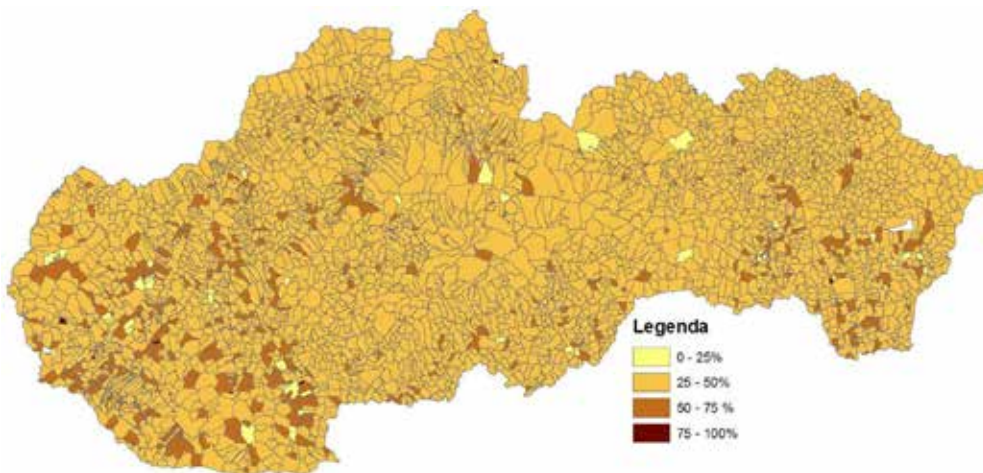


Obr. 5 Zaradenie kódov BPEJ do skupín kvality podľa druhej alternatívy



Pri porovnaní oboch variantov so súčasným stavom na úrovni krajov, možno konštatovať, že obe alternatívy zväčšujú celkovú výmeru chránených pôd, pričom alternatíva č. 2 poskytuje o niečo vyrovnanjšie výsledky na úrovni jednotlivých krajov (Tab. 5).

Obr. 6 Percentuálne zastúpenie chránených pôd v katastrálnych územiach v prípade druhej alternatívy



Tab. 5 Výmera chránených pôd na úrovni krajov podľa jednotlivých alternatív

Názov kraja	Súčasný stav		Alternatíva č. 1		Alternatíva č. 2	
	Výmera (ha)	% priemeru	Výmera (ha)	% z priemeru	Výmera (ha)	% z priemeru
Bratislavský kraj	40220	60	50507	39	34801	34
Trnavský kraj	190687	285	204158	159	109796	106
Trenčiansky kraj	28541	43	63713	50	62623	61
Nitriansky kraj	267117	399	302008	236	168387	163
Žilinský kraj	200	0	50647	40	81828	79
Banskobystrický kraj	5529	8	145649	114	136140	132
Prešovský kraj	223	0	68344	53	115562	112
Košický kraj	3061	5	139874	109	117360	114
Suma	535577		1024901		826498	
Priemer	66947		128113		103312	

ZÁVER

Príspevok ukazuje príklad riešenia zaradenia poľnohospodárskych pôd podľa kvality pre potreby ochrany pred zábermi na dvoch prístupoch vychádzajúcich z jestvujúcich údajov o BPEJ.

Prvý prístup je zameraný na vytvorenie nového systému skupín kvality zameraný na regionálnu ochranu poľnohospodárskych pôd v rámci celého územia SR.

Druhý prístup využíva súčasné kategórie skupín kvality, pričom sa snaží vyčleniť v rámci každého katastrálneho územia minimálne 30 % najkvalitnejších poľnohospodárskych pôd.

Navrhované alternatívy predstavujú riešenie, ktoré umožňuje realizovať ochranu poľno-

hospodárskej pôdy pred zábermi nielen z pohľadu regionálneho (produkčné a menej produkčné oblasti), ale najmä z pohľadu lokálneho. Obe navrhované alternatívy sa snažia v každom katastrálnom území chrániť tie najproduktívnejšie a zároveň z hľadiska environmentálnych služieb najhodnotnejšie pôdy.

V oboch prípadoch došlo k navýšeniu výmery chránených pôd z 21,1 % plôch poľnohospodárskych pôd na 39 % v prípade prvej alternatívy a 37 % pri druhej alternatíve.

Zároveň v oboch alternatívach došlo aj k rozšíreniu chránených pôd na ostatné regióny SR, kde sa chránené pôdy vyskytovali minimálne alebo sa vôbec nevyskytovali. Avšak problém rovnomerného rozloženia chránených pôd s dôrazom na lokálnu ochranu poľnohospodárskych pôd sa podarilo najlepšie vyriešiť v druhej alternatíve, čo vyplýva aj z princípu, kde sa pristupuje k ochrane poľnohospodárskej pôdy individuálne v každom katastrálnom území.

Výhodou oboch prístupov je využitie už existujúceho systému BPEJ. Obe alternatívy zároveň čiastočne vyzdvihujú aj mimoprodukčné funkcie pôdy, i keď nepriamo, keďže ochrana sa dotýka aj menej produkčných pôd z pohľadu celoštátneho ale regionálne a lokálne ide o veľmi hodnotné pôdy.

Výhodou prvej alternatívy je jednoduchý princíp (iba 4 skupiny kvality), ktorý pokrýva v prvej skupine kvality naše najproduktívnejšie pôdy a v ďalších dvoch skupinách kvality sa ochrana sústreďuje aj na regionálne vysoko produkčné a produkčné pôdy. Nevýhodou je, že nespĺňa potrebu otvorenia priestoru pre kontrolované zábery poľnohospodárskej pôdy v regiónoch, kde sa nachádzajú iba vysoko produkčné pôdy. Výsledný efekt druhej alternatívy je presne opačný. Pozitívom je prístup k lokálnej ochrane (na úrovni katastrov), pričom umožňuje aj zábery v územiach s kvalitnými poľnohospodárskymi pôdami, avšak nevýhodou je vypustenie ochrany kvalitných poľnohospodárskych pôd, ktoré sa v danom katastrálnom území nachádzajú pod hranicou stanoveného limitu. Nevýhody oboch alternatív možno ďalej korigovať ďalšími opatreniami v legislatíve a to rôznymi úľavami z odvodov za záber, napr. pri odňatí poľnohospodárskej pôdy v blízkosti intravilánu alebo v prípade kontamináciou poškodených pôd a podobne, prípadne zvýšením odvodu za záber poľnohospodárskych pôd, na ktorých boli vybudované zariadenia pre zúrodnenie poľnohospodárskej pôdy (meliorácie, závlahy) alebo zariadenia na ochranu pred degradáciou (protierózne terasy). Výhodou aj nevýhodou oboch alternatív je aj to, že vychádzajú z existujúceho systému BPEJ. Využitie už existujúcich údajov je výhodou, ktorá umožnila relatívne v krátkom čase vytvoriť nové alternatívy. Nevýhodou sú stále veľké plochy areálov BPEJ v jednotlivých katastrálnych územiach, ktoré neumožňujú presnejšiu kalkuláciu v prípade druhej alternatívy a zároveň zohľadňujú viac produkčný parameter. Mimoprodukčné funkcie sme obsiahli v predložených alternatívach len okrajovo a to tým, že sme vyčlenili na ochranu z celoslovenského hľadiska aj menej produkčné pôdy, ktoré sú ale z regionálneho hľadiska veľmi významné aj svojimi mimoprodukčnými funkciami.

Z uvedeného vyplýva, že nastavenie správnej politiky ochrany poľnohospodárskej pôdy pred zábermi je veľmi komplikované a je potrebné venovať tejto činnosti dostatočne veľký priestor. Do budúcnosti potrebujeme vypracovať systém, ktorý na rozdiel od BPEJ bude viac riešiť aj mimoprodukčné parametre pôdy, ktoré sa postupom času stávajú čoraz viac cennejšie.

LITERATÚRA

- BUDAY Š. 2002. *Oceňovanie poľnohospodárskych pozemkov*. Bratislava: VÚEPP 2002. 11 s. ISBN 80-8892-38-9
- DŽATKO M. 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2002. 11 s. ISBN 80-85361-94-9
- DŽATKO M., SOBOČKÁ J. a iní 2009. *Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek. Inovovaná príručka pre bonitáciu a hodnotenie poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 28 s. ISBN 978-80-89128-55-6
- VILČEK J., BUJNOVSKÝ R. 2008. *Produkčno-ekonomické aspekty udržateľného využívania poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2008. 5 s. ISBN 978-80-89128-42-6
- VILČEK J., HALAS J., SCHOLTZ P., GUTTEKOVÁ M. 2007. *Poľnohospodárska pôda regiónov Slovenska v kocke*. Bratislava: VÚPOP, 2007. 9 s. ISBN 978-80-89128-33-4
- Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov
-

ÚVOD DO TEORETICKÝCH VÝPOČTOV BIOPRÍSTUPNOSTI KOVŮ DO RASTLÍN

INTRODUCTION INTO THEORETICAL CALCULATION OF METAL BIOAVAILABILITY FOR PLANTS

Alla Genrikhovna GARBUZ¹, Stanislav TORMA²

¹V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq. 6, Kharkiv, Ukraine, e-mail: eko-life@inbox.ru

²Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, regionálne pracovisko Prešov, Slovenská republika

Abstrakt

Bol sledovaný vplyv organických hnojív (riečne sedimenty, čistiarenské kaly a opad ihličnatých stromov) na obsah ťažkých kovov v rajčiakoch (*Solanum lycopersicum*, L.). Na tomto základe boli prezentované teoretické výpočty prístupnosti ťažkých kovov pre rastliny. Následne bol vypočítaný koeficient akumulácie kovov pre rajčiaky; úroda rajčiakov z 1 kg pôdy; bola stanovená charakteristika biopristupnosti rozpustných kovov v pôde pre rajčiaky, ktorá závisí od koncentrácie kovov v pôde aj v biomase rajčiakov. Bolo zistená, že koeficient akumulácie sledovaných ťažkých kovov klesá so vzrastajúcou koncentráciou kovov a závisí od množstva biomasy rajčiakov. Meď, mangán a zinok sa akumulujú v rajčiakoch, zatiaľ čo iba kadmium prejavuje toxický vplyv na ich biomasu.

Kľúčové slová: organické hnojivo, teoretické výpočty biopristupnosti kovov, koeficient akumulácie

Abstract

The impact of organic fertilizers (freshwater bottom sediments, sludge from waste water treatment station and coniferous forest litter) on tomatoes (*Solanum lycopersicum*, L.) was researched. Theoretical calculations of metal bioavailability for plants were introduced into practice. Calculation of accumulation coefficient for red ripe tomatoes was performed; tomato biomass (yield from 1 kg of soil); characteristic of bioavailability of dissolved metal forms was given for tomatoes, depending on metal concentrations in soil and in tomato biomass. It is ascertained that accumulation coefficient for all analyzed metals goes down together with metal concentration increase and it depends on tomato biomass. It is detected that copper, manganese and zinc accumulates in tomatoes, while only cadmium has toxic impact on tomatoes.

Keywords: organic fertilizer additives, theoretical calculations of metal bioavailability, accumulation coefficient

INTRODUCTION

For assessment of ecologically clean products it is necessary to have criteria, which combine both sanitary-and-hygienic parameters (Maximum Allowable Concentration) for the product and environmental parameters, assessing conditions and environment of the product growing and storage. Identification of these criteria can be performed on the basis of large number of data, including testing method reliability, calculation of quantitative characteristics of metal distribution between living matter and environment, identification of living organism's ability to accumulate detrimental substances, e.g. metals, and many other parameters.

Solution of the problem on ecologically clean product receiving and selection of organic clean fertilizer demand availability of data on vegetable growing (tomato was used in the submitted paper as a commonly used product) (BOLOTSKIKH, 2001) under controlled conditions: in case of applying selected fertilizers in the soil on test sites and in case of a background site. Also it is necessary to have data on quality assessment of the end product – tomatoes are consumed by human. For the formation of soil for further tomato growing, three types of fertilizers were used: 1 – based on sapropel or bottom sediments from freshwater bodies (RADOVSKAYA *et al*, 1982), 2 – wastewater treatment plant sludge (WWTP sludge) (RYMAR-SHERBINA, 1985), 3 – coniferous forest litter. Applying of organic fertilizers on soil is standardized, including the metal content.

MATERIAL AND METHODS

Biological accumulation coefficient is a generalized parameter used in eco-toxicology to characterize the living organism ability to accumulate detrimental substances. Biological accumulation coefficient (K_{ba}) is determined as a ratio of substance (radionuclide, pesticides, chemicals, micro-elements, heavy metals, etc.) concentration in the organism to that in environment. This coefficient is used for assessment of connection between the environment and physiological role of the chemical element as well as for identification of the role of each chemical element in the biotic cycle, role of organism-indicators and organism-concentrators.

Bio-concentration factor (BCF) is determined as weight relation between chemical concentration in biota and its concentration in environment, for example in water, in steady state.

For BFC calculation it is necessary to have reliable data; these data should be received by using standard methods having required reliability criteria, for example, maintenance of constant concentration, change of oxygen content and temperature, evidence of steady state achievement, etc.

The test can be classified as a high grade research only if its reliable description (normative document, rules, method description, etc.) is provided; this description should allow checking of reliable criteria compliance. Moreover, corresponding analytical method should be used.

According to VASJUKOV *et al.* (2004) the accumulation coefficient (K_{ac}) is ratio of metal content in damp algae mass to concentration of dissolved forms of metal in water; it is calculated by using the following formula:

$$K_{ac} = \frac{C_f}{C} = \frac{G}{B \times w \times C} = \frac{mg}{kg \text{ dry subst} / \frac{mg}{l}} = (l/kg \text{ dry subst})$$

$$C_f = \frac{G}{F} = \frac{G}{B \times w}$$

where G – quantity of heavy metal, identified in the phytoplankton sample, mg; F – quantity of phytoplankton (PP), taken for analysis, kg of dry mass; B – PP content in analyzed water, (kg of dry mass)/l; w – volume of water, from which analyzed PP sample was extracted, l; C – equilibrium concentration of metal in analyzed water, mg/l; C_f – metal content in damp algae mass, mg.kg⁻¹.

From the formula we see that K_{ac} is not a dimensionless quantity; it has dimension which is opposite to that of biota concentration in water. If we take into account the volume of water (from which analyzed PP sample was extracted) during K_{ac} calculation, than accumulation coefficient of Cu²⁺ for PP will be the same for the wide range of Cu²⁺ concentration – from 0.064 to 1.9 mg/l and PP biomass – from 34.9 to 122 (mg of dry mass)/l in equilibrium conditions between the analyzed test-system components ($K_{ac} = 9400 \pm 3400$ l/kg of dry mass). K_{ac} value shows quantity of copper which is in PP biomass in case of equilibrium metal concentration in water – 1 mg/l – and PP concentration – 1 kg of dry substance in 1 l of water.

Absorption coefficient (K_{ab}) shows the quantity of heavy metal, absorbed by PP in equilibrium conditions under the heavy metal original concentration in water – 1 mg/l and PP content that is equal to 1 mg of dry substance in 1 l (DEDU, 1989).

Absorption coefficient can be a quantitative characteristic of metal distribution between living matter and its environment; it is calculated on the following formula $K_{ab} = K_{ac} \times B$. Obviously, $K_{ab} > 1$ for bio-metals, which are accumulated in biota, and $K_{ab} < 1$ for toxic metals, depressing vital function of organisms. According to our previous papers, the mean value for Cu²⁺ ($K_{ab} = 0.79$) in “natural water – phytoplankton” system is less than 1; it is the evidence of algicidal properties of Cu²⁺ for PP in the range of copper concentration, that was studied.

RESULTS AND DISCUSSION

We suppose, that K_{ab} also exists also for higher plants, which have roots in soil environment, while stalk and fruitage above soil, thus in air environment.

In the performed research we have calculated K_{ac} for metals for ripe red tomatoes, which were grown on the following four variants: 1 – control, 2 – control + coniferous forest litter, 3 – control + WWTP sludge and 4 – control + bottom sediments. We have used metal contents in red tomatoes and concentration of mobile metal forms in soil (pH of extract is 4.8).

Table 1 presents contents of observed heavy metals in tomato in their various vegetation

stages. It is evident that contents of zinc, manganese and copper decreases in tomatoes ripening process. On the other side, cadmium contents in the dry mass of tomatoes increases in all tested variants independently on substrate.

Table 2 shows the content of metal mobile forms in soil and in individual organic additives, e.g. coniferous forest litter, wastewater treatment plant sludge and bottom sediments.

In Table 3 are presented accumulation coefficients for chosen heavy metals for ripe tomatoes. The highest coefficient was reached in tomatoes growing in control variant. Any addition resulted in lower accumulation coefficient, although the tomatoes yield was observed as the lowest just in background site.

Table 4 presented the correlation between metal accumulation coefficients for ripe tomatoes and content of mobile metal forms in the soil.

Tab. 1 Metals content in tomato

Tomato	Site	Date of sampling	Metal content, mg.kg ⁻¹ of dry mass			
			Zn	Mn	Cu	Cd
Green – crude tomato	Control	10. 07.	32.7	14.1	5.9	0.25
Brown – semi-ripe tomato		10. 08.	17.0	6.4	3.9	0.23
Red – ripe tomato		13. 09.	18.9	8.0	4.1	0.35
Green – crude tomato	Control + coniferous forest litter	10. 07.	26.1	12.9	6.8	0.087
Brown – semi-ripe tomato		10. 08.	17.8	3.3	3.7	0.21
Red – ripe tomato		13. 09.	20.2	11.6	6.6	0.29
Green – crude tomato	Control + WWTP sludge	10. 07.	25.3	12.1	7.7	0.19
Brown – semi-ripe tomato		10. 08.	17.5	7.0	4.3	0.25
Red – ripe tomato		13. 09.	23.6	14.2	7.1	0.36
Green – crude tomato	Control + bottom sediments	10. 07.	34.8	17.2	9.9	0.31
Brown – semi-ripe tomato		10. 08.	16.1	7.2	4.2	0.27
Red – ripe tomato		13. 09.	14.1	8.1	4.5	0.37

Tab. 2 Content of metal mobile forms in soil and organic additives

Site	Date of sampling	Metal content, mg/kg of dry soil (substance)			
		Zn	Mn	Cu	Cd
Control	24. 05.	2.41	14.5	0.93	0.20
	10. 08.	10.3	10.3	1.03	0.78
	13. 09.	14.0	5.62	1.03	0.58

Site	Date of sampling	Metal content, mg/kg of dry soil (substance)			
		Zn	Mn	Cu	Cd
Coniferous forest litter	24. 05.	15.1	122	1.21	0.015
Control + coniferous forest litter	24. 05.	17.3	69.6	1.01	0.24
	10. 08.	18.3	33.7	1.51	0.91
	13. 09.	19.3	10.0	1.28	0.51
WWTP sludge	24. 05.	285.0	69.2	168.0	10.4
Control + WWTP sludge	24. 05.	135.0	28.6	62.4	3.83
	10. 08.	96.8	19.6	28.6	2.96
	13. 09.	54.5	17.7	20.2	1.25
Bottom sediments	24. 05.	33.1	11.3	1.16	0.94
Control + bottom sediments	24. 05.	20.4	11.5	1.56	0.95
	10. 08.	18.3	10.9	1.46	0.78
	13. 09.	16.5	9.75	1.33	0.73

Tab. 3 Metal accumulation coefficient for ripe tomatoes, (kg of dry soil/kg of dry substance)

Site	Zn	Mn	Cu	Cd	Tomato biomass, gr
Control	1.35	1.42	3.98	0.73	1037
+ coniferous forest litter	1.05	1.16	3.59	0.57	2118
+ WWTP sludge	0.52	0.52	0.35	0.37	3359
+ bottom sediments	0.85	0.83	3.38	0.51	2162
Mean value	0.92	1.01	2.82	0.55	
SR	0.39	0.41	1.67	0.15	
Concentration range, mg.kg ⁻¹ of dry soil	14...54	5.6...30	1.0...62	0.48...2.5	

Tab. 4 Correlation between metal accumulation coefficient for ripe tomatoes and content of mobile metal forms in soil

Nr	Equation (n=4)	Concentration range, mg/kg of dry soil	Correlation coefficient
1	$K_{ba} = -0,0365 \times C(Mn) + 1,43$	14...54	0.813
2	$K_{ba} = -0,201 \times C(Cu) + 4,42$	1.0...62	0.869
3	$K_{ba} = -0,247 \times C(Cd) + 0,748$	0.48...2.5	0.910
4	$K_{ba} = -0,0177 \times C(Zn) + 1,38$	14...54	0.766

For assessment of tomato yield dependence from soil mass, nutrition area was calculated, fruitage biomass and percentage of dry substance were taken into account (Table 5). Obtained B values shows that the highest amount of tomato biomass substance from 1 kg of soil was

obtained on the background site, while the smallest one - on the site with WWTP sludge additives. It should be noted, that the smallest amount of dry substance was in tomatoes, which were growing on the site with coniferous forest litter.

Tab. 5 Calculation of tomato yield (B) in a soil mass unit

Site	Nutrition area			Apparent density, gr/cm ³	Mass of nutrition area, kg	Fruitage biomass, gr of raw substance	% of dry substance	B, grams of dry mass / kg of dry soil
	Diameter cm	Depth, cm	Volume dm ³					
Control	20	15	4.7	1.19	5.59	965	7.0	12.1
+ coniferous forest litter	58	18	47.5	1.06	50.4	1986	9.3	3.67
+ WWTP sludge	60	22	62.3	1.32	82.1	3186	4.8	1.86
+ bottom sediments	50	18	35.3	1.27	44.8	2014	5.2	2.34

Received B values have allowed building the regression equation of K_{ac} from $1/B$ (Table 6). Absorption coefficient K_{ab} is higher than 1.0 for copper, zinc and manganese; this is the evidence of their accumulation in tomato biomass; while K_{ab} is less than 1.0 for cadmium; it indicates on toxic influence of this metal on tomato growing.

Tab. 6 Characteristic of bioavailability of dissolved metal forms for tomatoes, depending on metal concentrations in soil and tomato biomass

Nr	Equation	n	Range of metal concentrations, mg/kg of dry soil	Biomass range, mg of dry mass/kg of dry soil	K_{ab}
1	$K_{ba}(Cu) = -1,75 \times 1/B + 4,1$	3	1.0... (62)	1.86...12.1	1.75
2	$K_{ba}(Cd) = -0,74 \times 1/B + 0,79$	4	0.48...2.5	1.86...12.1	0.74
3	$K_{ba}(Mn) = -1,91 \times 1/B + 1,6$	4	5.6...30	1.86...12.1	1.91
4	$K_{ba}(Zn) = -1,90 \times 1/B + 1,6$	4	14...54	1.86...12.1	1.90

CONCLUSION

On the basis of data of presented paper was calculated i) metal accumulation coefficient for red ripe tomatoes; ii) biomass (yield) of tomatoes from 1 kg of soil; iii) characteristic of bioavailability of dissolved metal forms for tomatoes in dependence on metal concentrations in soil and in tomato biomass.

It is determined that K_{ac} value for all analyzed metals goes down together with increase of metal concentration and it depends upon fruitage biomass. The biggest value of dry sub-

stance was indicated in tomato fruitage, growing on the site with coniferous forest litter. It was detected that $K_{ab} > 1$ for copper, manganese and zinc; it is the evidence of metal accumulation in tomatoes. $K_{ab} < 1$ for cadmium, this is the indication of toxic impact of the metal on tomato growing.

REFERENCES

- BOLOTSKIKH, A. S. 2001. *Vegetables of Ukraine*. Orbita, Charkov, 2001, 1088 pp. (in Russian).
- DEDU, I. I. 1989. *Environmental encyclopedia*. Moldavian Soviet Encyclopedia, Kishinev, 1989, 408 pp. (in Russian).
- RADOVSKAYA, T. L., CHAZEMAVA, L. A., MAKARENKO, N. P., VINOGRADOV, L. V. 1982. *Study of chemical composition of bottom sediments and their microelement mobile forms*. *Gigiena i sanitaria* 1982, 4, p. 76-78. (in Russian).
- RYMAR-SHERBINA, N. B. 1985. *Hygienic aspects of wastewater treatment plant sludge usage for national economy*. *Gigiena i sanitaria* 1985, 7, p. 67- 69 (in Russian).
- VASJUKOV, A. E. 2004. *Assessment of accumulation ability of freshwater phytoplankton against heavy metals*. *Ekologicheskaja Chimija*, 2004, 13(1), p. 47– 53 (in Russian).
-

VÝVOJ VLASTNOSTÍ PŮD NA SLOVENSKU V ZMENENÝCH SPOLOČENSKO-EKONOMICKÝCH PODMIENKACH PO ROKU 1990

DEVELOPMENT OF SOIL PROPERTIES UNDER CHANGED SOCIO-ECONOMICAL CONDITIONS SINCE THE YEAR 1990

Jozef KOBZA

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava – Regionálne pracovisko Banská Bystrica, e-mail: j.kobza@vupop.sk

Abstrakt

V príspevku je hodnotený vývoj vlastností pôd Slovenska podľa konkrétnych ohrození pôd (kontaminácia, acidifikácia, salinizácia a sodifikácia, úbytok pôdnej organickej hmoty, kompakcia a erózia). Boli sledované a hodnotené základné vlastnosti pôd (pH, výmenný Al, elektrická vodivosť- ECe, obsah výmenného Na v sorpčnom komplexe (ESP), celkový obsah solí, C_{ox} , C_{HK}/C_{FK} , N_t , fyzikálne vlastnosti – objemová hmotnosť, porovitosť, ako aj rizikové prvky v zmysle zákona 220/2004 Z.z. Boli použité jednotné analytické metódy podľa KOLEKTÍV (2011).

Počas sledovaného obdobia bol zistený úbytok makroelementov (P a K) o 10–30 %, takže mierny úbytok pôdneho humusu, pričom v poslednom období dochádza k jeho určitej stabilizácii až miernemu nárastu. Zreteľné sú aj procesy kompakcie a erózie pôd. Nedošlo však k preukaznej zmene v obsahu rizikových prvkov, a to ani v priemyselných oblastiach, kde sa emisná situácia predsa len za posledných 20 rokov zlepšila.

Kľúčové slová: monitoring pôd, kontaminácia pôd, acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôd, kompakcia, erózia.

Abstract

Development of soil properties in Slovakia according to main threats to soil (contamination, acidification, salinization and sodification, decline in soil organic matter, soil compaction and erosion) is evaluated in this contribution. The basic soil properties (pH, exchangeable Al, electrical conductivity, ECe, exchangeable sodium percentage (ESP), total content of salts, C_{ox} , C_{HA}/C_{FA} , N_t , physical properties – bulk density, porosity, as well as risk trace elements according to Act 220/2004 Z.z.) have been measured and evaluated. The unified chemical and physical procedures were used according to work by COLLECTIVE (2011).

It was determined decrease of available nutrients (P and K) about 10–30 %, slight decrease of soil organic matter with its stabilization especially during last period. In addition, the processes of soil compaction and erosion are significant. On the other hand, the content of

risk trace elements in soil is practically without significant change also in industrial areas where emission situation has been improved during the last 20 years.

Keywords: soil monitoring, soil contamination, acidification, salinization and sodification, decline in soil organic matter, soil compaction, erosion.

ÚVOD

Pôdy – individuálne jednotky pôdneho pokryvu – sú variabilné polychrónne a polygenetické útvary s veľkou schopnosťou odrazu (v zmysle teórie odrazu). Sú výsledkom dlhodobého vývoja a genézy. Počas tohto vývoja nadobudli určité znaky a vlastnosti, ktoré sú pre konkrétne pôdy viac alebo menej charakteristické, pričom tento ich „prirodzený“ vývoj stále prebieha.

Viac charakteristické znaky a vlastnosti sa dotýkajú tých pôd, ktoré vo svojom vývoji dosiahli štádium klimaxu, ich ďalší vývoj je značne pomalý. V zmysle moderných teórií vývoja otvorených systémov treba klimaxové štádium vo vývoji pôd chápať ako fázu dosiahnutia dynamickej rovnováhy, pri ktorej každý pôdny predstaviteľ získava aj vlastnosť invariantnosti – t. j. stability niektorých vlastností i napriek zmenám, ktorými táto pôda prechádza.

Menej charakteristické znaky a vlastnosti súvisia s recentným až subrecentným vývojom pôd. Za takéto môžeme vo všeobecnosti pokladať iba tie pôdy, alebo časti ich profilu, ktoré sú výsledkom pôsobenia takej interakcie pôdotvorných faktorov, ktorá je v určitej lokalite a časovo nadväzná na súčasnú. Pojem recentná pôda musíme vzťahovať na konkrétnu lokalitu i taxón klasifikácie pôd, pretože rôzne typy pôd reagujú svojím vývojom na meniace sa interakcie pôdotvorných faktorov rôzne.

Okrem prirodzeného vývoja pôd, kedy pôdy nadobúdajú určité vlastnosti, k uvedeným vývojovým tendenciám pristupuje navyše aj vplyv človeka, teda predovšetkým vplyv rôzneho hospodárskeho využívania a technológií, ktorý viac alebo menej rušivo zasahuje do prirodzeného vývoja pôd a zároveň viac alebo menej ovplyvňuje ich vlastnosti. I keď vplyv človeka na pôdu je pomerne starého dáta (prvé poľnohospodárske ekumény vznikli ešte koncom atlantika a začiatkom subboreálu – t. j. asi pred 5000 rokmi), výraznejšie sa začal prejavovať až v poslednom storočí (najmä formou intenzívnej poľnohospodárskej a priemyselnej činnosti). Tento vplyv človeka sa môže prejavovať v kladnom, ale i v negatívnom zmysle a často ovplyvňuje prirodzený vývoj pôd a ich vlastností aspoň v časti ich profilu. Výsledkom takéhoto antropogénneho pôsobenia je často zmena prirodzených vlastností pôd, v ojedinelých prípadoch môže dôjsť i k pretvoreniu pôd. Antropogenezáciou pôd sú výraznejšie ovplyvňované vrchné orničné a podorničné vrstvy, spodné si dlho udržiavajú pôvodné vlastnosti podmienené prirodzeným vývojom. Samozrejme umelo vytvorené pôdy a sedimenty človekom predstavujú osobitnú kapitolu.

V tomto príspevku sa venujeme vývoju vlastností pôd najmä po roku 1990 na základe dosiahnutých výsledkov celoslovenského monitoringu pôd. Ide už prakticky o obdobie 2 dekád, za ktoré možno pozorovať už určité zmeny vo využívaní pôdneho fondu. Všeobecne sa znížili úrody poľnohospodárskych plodín (v porovnaní s obdobím pred rokom 1990) pri obmedzení

nákladov vstupov do pôdy, narušili sa pôvodné oševné postupy, zvyšuje sa plocha pestovaných plodín v monokultúre, pribúda spustnutých pôd (do 500 tis. ha), ktoré sa v minulosti prevažne poľnohospodársky využívali, pestujú sa energetické dreviny na ornej pôde, budujú sa snečné kolektory, veterné elektrárne, poľnohospodárska pôda, často úrodná sa neustále zaberá (v súčasnosti priemerne u nás do 10 ha denne). Uvedené skutočnosti navyše ovplyvňuje globálna klimatická zmena, čo sa prejavuje v nevyváženom režime sucha a vlhka. Výsledkom takýchto rýchlych zmien hospodárskeho využívania pôdy sa prejavuje vo forme tzv. fenoménov, ktoré môžu byť na prvý pohľad vizuálne pozorovateľné, ale vo väčšej miere sú voľným okom nepozorovateľné a dajú sa identifikovať len laboratórne.

MATERIÁL A METÓDY

V príspevku sme vychádzali z podkladov permanentného systému monitorovania pôd na Slovensku. Boli sledované a hodnotené základné parametre vlastností pôd, ktoré sa vzťahujú ku konkrétnym ohrozeniam pôdy (acidifikácia, salinizácia a sodifikácia, kontaminácia, úbytok pôdnej organickej hmoty, kompakcia a erózia pôd). Analýzy boli vykonané na pracovisku laboratórnych činností pri VÚPOP v Bratislave podľa jednotných pracovných postupov rozborov pôd (KOLEKTÍV, 2011). Dosiagnuté výsledky boli spracované a vyhodnotené podľa zaužívaných štatistických postupov.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Fenomény acidifikácie pôd

Tieto fenomény sa výraznejšie neprejavujú v morfológii pôd, prejavujú sa v zmene niektorých chemických vlastností, ako je zníženie hodnoty pôdnej reakcie, zvýšenie hodnoty aktívneho hliníka i v zmenách katiónovej výmennej kapacity. Náchylnejšie na tieto fenomény sú kyslé pôdy na kyslých substrátoch (najmä kyslé kambizeme a podzoly), najmenej náchylné sú humózne a karbonátové pôdy (niektoré modálne rendziny, černozeme a čiernice karbonátové). Na základe našich doterajších zistení tvorba týchto fenoménov prebieha len veľmi pozvoľne, avšak pri prerušení antropogénnej záťaže sa stávajú prakticky neidentifikovateľné.

Fenomény salinizácie a sodifikácie pôd

Salinizácia je proces akumulácie neutrálnych sodných solí v pôde, predovšetkým chloridu sodného (NaCl) a síranu dvojsodného (Na_2SO_4). Indikátorom procesu salinizácie je jednak celkový obsah rozpustných solí v pôde a jednak merná elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy (ECe) (HRAŠKO, 1962).

Sodifikácia je proces viazania výmenného sodíka na sorpčný komplex pôd. Tento proces je podmienený prítomnosťou alkalických solí v pôde, predovšetkým uhličitanu dvojsodného (Na_2CO_3), hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO_3) a kremičitanu dvojsodného (Na_2SiO_3). In-

dikátorom procesu sodifikácie je jednak obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe (ESP) a jednak pôdna reakcia (pH) (SOTÁKOVÁ, 1988, VALLA a iní, 1983).

Nami doteraz získané poznatky z vývoja vlastností solných pôd potvrdzujú súčasne prebiehajúce procesy salinizácie a sodifikácie pôd, pričom proces sodifikácie je dominantný. Zároveň nami dosiahnuté výsledky meraní dovoľia konštatovať, že procesy salinizácie a sodifikácie prebiehajú od substrátových horizontov smerom k povrchu pôdy, pričom tento vývoj je zreteľnejší v pôdach so slabým až stredným vývojom solných pôd.

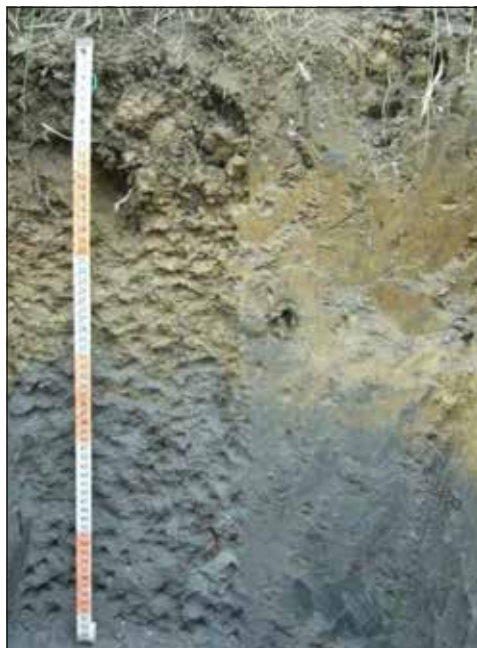
Fenomény kontaminácie pôdy

Tieto sú výsledkom intenzity pôsobenia zdrojov kontaminácie. Môže ísť o antropogénne alebo geogénne zdroje, príp. i. zmiešané. Vysoký obsah rizikových prvkov nemusí ešte spôsobovať zmeny v morfológii pôdneho profilu (dajú sa zistiť len analyticky), avšak v bezprostrednom dosahu zdrojov kontaminácie (priemyselné areály, skládky, odpady, smetiská) môže dôjsť k výraznejším zmenám aj v morfológických vlastnostiach pôd. Tieto sú prevažne viditeľné na povrchu pôdy najmä v prípade antropogénneho vplyvu (Obr. 1), alebo môžu byť prekryté novším pôdno-sedimentárnym materiálom (Obr. 2).

Obr. 1 Vrchná časť pôdneho profilu (Kambizem modálna, varieta kontaminovaná) ovplyvnená Mg – úletmi (v areáli magnezitových závodov Hačava)



Obr. 2 Výskyt popolčekovej vrstvy v pôdnom profile po pretrhnutí hrádze v r. 1965

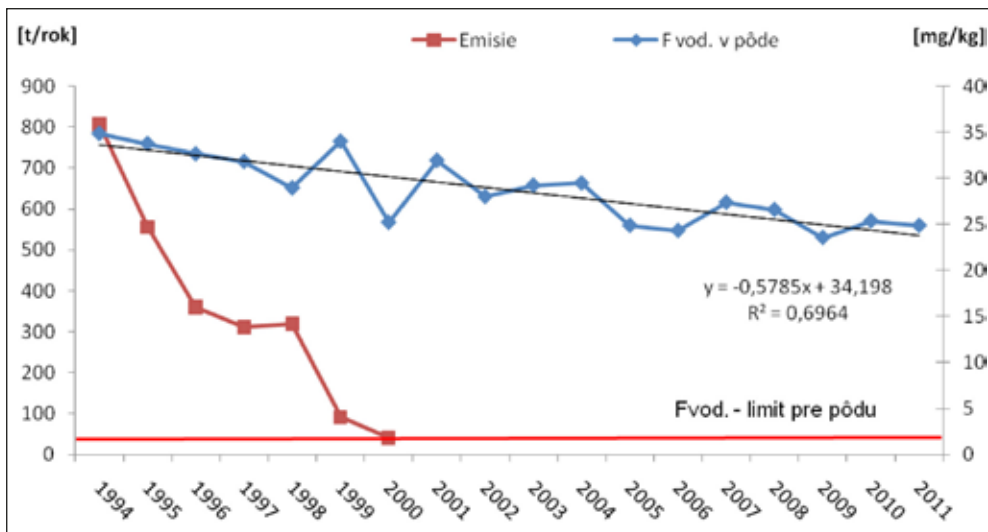


Na obrázku 1 je vrchná časť pôdneho profilu kambizeme (v areáli magnezitových závodov Hačava) ovplyvnená Mg-náletmi. Na obrázku 2 vidieť výskyt sivej popolčekovej vrstvy v hĺbke 40 cm profilu fluvizeme po pretrhnutí hrádze pod Zemianskymi Kostolanmi ešte v roku 1965

s vysokým obsahom As (nad $900 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)! V oboch prípadoch ide o dlhodobu vizuálne fenomény kontaminácie pôd. Detailnejšie sú popísané v predchádzajúcich publikáciách (KOBZA a iní, 2010 a 2012).

V prevažnej väčšine však fenomény kontaminácie nie sú viditeľné voľným okom, ale je potrebné ich zistiť laboratórne. Z viacerých možných príkladov je možné uviesť situáciu vo vývoji fluóru v Žiarskej kotline (Obr. 3).

Obr. 3 Vývoj fluóru oproti hliníkárni v Žiari nad Hronom



I keď obsah fluóru v ovzduší je už v súčasnosti vyhovujúci, v pôde (oproti hliníkárni) je jeho obsah i napriek pozvoľnému znižovaniu stále vysoký a dosahuje i v súčasnosti takmer 5násobok platného hygienického limitu (MPSR, 2004). Táto skutočnosť sa potvrdila aj na iných kontaminovaných lokalitách, čo znamená, že po roku 1990 v priebehu permanentného monitorovania pôd v SR nedošlo zatiaľ k významnému zníženiu ich kontaminácie, čo vyvoláva potrebu ich neustáleho monitorovania aj v budúcnosti.

Na základe doterajších zistení možno konštatovať, že v priebehu doterajšieho monitorovania nastalo v ornici poľnohospodárskych pôd k miernemu nárastu obsahu kadmia, medi, chrómu a olova. Nebol však zaznamenaný významný štatistický rozdiel pri hodnotení uvedených prvkov. Zaznamenaný bol zvýšený obsah kadmia a olova vo fluvizemiach, čo je spôsobené akumuláciou týchto prvkov vo fluvialných sedimentoch jednak z okolitého prostredia, ale aj zo vzdialenejších oblastí. Zvýšený bol aj obsah kadmia v rendzinách, pričom k jeho kumulácii napomáha organická hmota a neutrálna pôdna reakcia, pri ktorej je tento prvok menej pohyblivý.

V porovnaní so začiatkom monitorovania pôd na Slovensku (rok 1993) najnovšie zistené hodnoty koncentrácií sledovaných rizikových prvkov v poľnohospodárskych pôdach boli štatisticky nevýznamné. To znamená, že pôdy, ktoré boli kontaminované už v minulosti, sú

stále kontaminované aj v súčasnosti, a preto je potrebné ich aj v budúcnosti neustále monitorovať.

Fenomény úbytku a degradácie pôdnej organickej hmoty (POH)

Fenomény úbytku POH sú len čiastočne pozorovateľné vizuálne (zvyšujúca sa svetlosť A horizontov), prevažne však ich možno posudzovať laboratórne. Po počiatočnom miernom poklese organického uhlíka (C_{ox}) zisťujeme neskôr jeho nárast, a to prakticky na všetkých orných pôdach, čo môže súvisieť s dotačnou politikou štátu na zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom kvalitných organických hnojív. Určitý význam tu má aj zatráňovanie orných pôd. Zmeny v hodnotách celkového obsahu dusíka (Nt) sú zatiaľ minimálne. Kvalitatívne parametre pôdneho humusu (C_{HK}/C_{FK}) vykazujú určitú variabilitu v časovej následnosti, ich amplitúdy zatiaľ nevykazujú žiadnu charakteristickú tendenciu a hodnoty týchto parametrov sa udržiavajú v rozmedziach charakteristických pre daný pôdny typ, čo platí aj pre chemickú štruktúru humínových kyselín (HK).

Fenomény kompaktie pôdy

Z hľadiska pôvodu môže byť kompakcia v zásade primárna (podmienená prirodzenými vlastnosťami pôdy – napr. hlinito-ílovité až ílovité pôdy) a sekundárna (vplyv človeka), najmä prejazdy ťažkých mechanizmov. V praxi sa často vyskytuje ich kombinácia. Čo sa týka sekundárnej kompaktie, tento jav je typický všade tam, kde sa používa ťažká mechanizácia, najmä pri nevhodnej vlhkosti pôdy (optimálna vlhkosť pôdy pre obhospodarovanie sa pohybuje v rozpätí 25-30%), prípadne tam, kde sa dlhodobo nemení hĺbka orby, čím vzniká tzv. podorničná podlaha. Na Slovensku evidujeme aktuálne 200 tis. ha zhutnených pôd a 500 tis. ha potenciálne zhutnených pôd. Kompakcia ako primárna, tak aj sekundárna znižuje infiltráciu zrážkovej vody, čo má za následok nielen zvýšenie povrchového odtoku a eróziu pôdy, ale najmä progresívnu tendenciu negatívnej bilancie vody v pôde.

Fenomény erózie pôdy

Erózia je ireverzibilný proces, kedy dochádza k negatívnym zmenám základných pôdnych parametrov, čoho výsledkom je významné zníženie úrodnosti pôdy. Rôzne formy, ako aj intenzita erózie vo forme rôznych rýh a výmoloŧ je dobre viditeľná, najmä keď je pôda bez porastu. Fenomény, ktoré tu vznikajú, sú na rozdiel od predchádzajúcich fenoménov nevrätneho charakteru. Dochádza k trvalej strate vrchnej kultúrnej vrstvy, na povrch sa dostávajú spodné, menej úrodné vrstvy. Dochádza taktiež k výraznej strate pôdnej organickej hmoty i k zhoršovaniu fyzikálnych parametrov. Spôsob ochrany spočíva v protieróznej agrotechnike, osevných postupoch, ako aj v protieróznom usporiadaní pôdneho fondu.

Poľnohospodárska pôda potenciálne ohrozená procesmi vodnej erózie predstavuje 39,65 % z aktuálnej výmery poľnohospodárskej pôdy Slovenska, čo v plošnom vyjadrení činí 957 173 ha. Poľnohospodárska pôda potenciálne ohrozená procesmi vetrovej erózie predstavuje 5,38 % z aktuálnej výmery poľnohospodárskej pôdy Slovenska, čo v plošnom vyjadrení činí 130 301 ha. Dominantná je teda v našich podmienkach práve vodná erózia.

ZÁVER

Pôda – konkrétnejšie pôdny pokryv zohráva ako jedna zo základných zložiek životného prostredia významnú úlohu najmenej z dvoch hľadísk – a to zohľadnením jej produkčných i mimoprodukčných funkcií. Je to výrazný krajinný prvok s obrovským regulačným a detoxikačným potenciálom. Je teda celoeurópskym záujmom, akým smerom sa pôdy uberajú v rôznych prírodných a ekonomických podmienkach.

Vývoj vlastností pôd odzrkadľuje jednak ich genézu, ako aj ich spôsob obhospodarovania a využívania. Najmä po 2. svetovej vojne nastal v našich podmienkach silný industrializačný efekt, ako aj postupná intenzifikácia poľnohospodárskej výroby spojená so scelovaním pozemkov, nastal silný boom vo výrobe a aplikácii priemyselných hnojív a vápenatých hmôt. Obdobie po roku 1990 je charakterizované postupnou konverziou priemyselnej výroby, znižovania emisií, taktiež sa však výrazne znížili dávky priemyselných hnojív i vápenatých hmôt, narušila sa aj koncepcia štruktúry osevu, zvýšili sa plochy monokultúr a pod. Tieto skutočnosti sa prejavili aj pri sledovaní a hodnotení vývoja vlastností pôd (znižil sa obsah prístupných živín v pôde – najmä fosforu a draslíka, na kyslých pôdach v dôsledku chýbajúceho vápnenia dochádza k postupnému zakyslovaniu pôd, neznížil sa však výraznejšie obsah rizikových prvkov v pôdach, a to ani v priemyselných oblastiach, kde sa emisná situácia predsa za posledných 20 rokov zlepšila).

Čo sa týka oblasti Východných karpát, tu sa aj v minulosti prejavoval citelňý nedostatok ornej pôdy, prevažovali teda trvalé trávne porasty (lúky a pasienky), ktoré sa prevažne spásali a používali na výrobu sena. Intenzifikácia tento región aj v minulosti obchádzala a tomu zodpovedá aj vývoj vlastností pôd v danej oblasti. Podobne ako v minulosti, tak aj v súčasnosti tu prevažujú kyslé až silne kyslé pôdy s nízkym až stredným obsahom prístupných živín (fosforu a draslíka), obsah humusu je charakteristický pre pôdy pod trvalými trávnyimi porastami (3,8–5 %). Obsah rizikových prvkov je v danej oblasti podlimitný (chýbajúca priemyselná činnosť aj v minulosti, taktiež bez vplyvu geochemických anomálií, ktoré nie sú pre flyšovú oblasť charakteristické). To znamená, že v danom regióne nedošlo k výraznejšej zmene vlastností pôd (KOBZA, 2001, KOBZA A KOL. 2009). Výraznejším fenoménom je tu pustnutie pôvodne poľnohospodárskych pôd porastené často samonáletmi drevín.

LITERATÚRA

- HRAŠKO, J. 1962. *Rozbory pôd*. SVPL Bratislava
- KOBZA, J. 2001. *Vývoj spustnutých pôd*. Ved. práce VUPOP Bratislava, č. 24, 2001, s. 33-38. ISBN 80-85361-95-7.
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., ČUMOVÁ, L., DODOK, R., HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., NÁČINIÁKOVÁ – BEZÁKOVÁ, Z., PÁLKA, B., PAVLENDÁ, P., SCHLOSSEROVÁ, J., STYK, J., ŠIRÁŇ, M., TÓTHOVÁ, G. 2009. *Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2002–2006)*. VUPOP Bratislava 2009, 196 s. ISBN 978-80-89128-54-9.
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., NOVÁKOVÁ, K., PÁLKA, B., SCHLOSSEROVÁ, J., STYK, J., ŠIRÁŇ, M. 2010. *Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivných území vplyvu magnezitových závodov (Jelšava-Lubeník a Hačava) s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení*. VUPOP Bratislava, 2010, 94 s. ISBN 978-80-89128-77-8.
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., PÁLKA, B., STYK, J., ŠIRÁŇ, M. 2012. *Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivného územia Horná Nitra s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení*. VUPOP Bratislava, 2010, 94 s. ISBN 978-80-89128-77-8.

- KOLEKTÍV, 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. VUPOP Bratislava, 2011, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- MPSR, 2004. *Zákon č.220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy. Príloha č. 2 pod čiastkou 96 zo dňa 28. 4. 2004*
- SOTÁKOVÁ, S. 1988. *Návody na cvičenia z geológie a pôdoznamectva*. Príroda Bratislava
- VALLA, M., KOZÁK, J., DRBAL, J. 1983. *Cvičení z půdoznalství II*. SPN Praha
-

HODNOTENIE INDIKÁTOROV KVALITY PÔDY VYUŽÍVANEJ NA ENERGETICKÉ ÚČELY

EVALUATION OF QUALITY INDICATORS OF SOIL USED FOR ENERGY

PURPOSES

Jarmila MAKOVNÍKOVÁ

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: j.makovnikova@vupop.sk

Abstrakt

Pri stanovení vplyvu pestovania rýchlorastúcich drevín na kvalitu pôdy sme sa zamerali na monitorovanie vybraných dynamických indikátorov kvality pôdy (indikátorov produkčnej funkcie, indikátorov pufráčnej funkcie, filtračnej funkcie) v špeciálnej sieti lokalít na pôdach, využívaných na energetické účely. Od roku 2010 monitorujeme lokalitu Kuchyňa (čiernica). Na ploche je od roku 2006 porast rýchlorastúcej vrby (*Salix viminalis*) pestovanej na energetické účely. Lokalita Kuchyňa patrí medzi kontaminované lokality so strednou až nízkou schopnosťou pôd imobilizovať anorganické polutanty. Pri porovnaní rokov 2010 a 2011 pozorujeme negatívnu zmenu vo vývoji obsahu organickej hmoty v pôde a pozitívnu zmenu vo vývoji celkového obsahu rizikových prvkov v pôde. Remedialná schopnosť vrby vzhľadom k rizikovým prvkom sa prejavila znížením obsahu kadmia, zinku a niklu v pôde.

Od roku 2011 monitorujeme lokalitu Krivá-Liesek (fluvizem). Na lokalite sú dva porasty rýchlorastúcej vrby (*Salix viminalis*), od roku 1994 odrody Ulv, Orm a Rapp a od roku 2004 odrody Sven, Tora, Gudrun, Sherwood. Hodnota pH v slabo kyslej až neutrálnej oblasti, stredný obsah organickej hmoty v pôde nízkej kvality spolu s podlimitným celkovým obsahom anorganických polutantov radia túto lokalitu k pôdam s vysokým potenciálom imobilizácie a s nízkym potenciálom transportu vzhľadom na anorganické polutanty.

Hodnotenie indikátorov kvality pôdy pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd je nevyhnutnou súčasťou ich správneho využívania na energetické účely.

Kľúčové slová: biomasa, rýchlorastúce dreviny, indikátory kvality pôdy

Abstract

For the determination of the impact of fast-growing tree species on soil quality, we focused on selected dynamic soil quality indicators (indicators of production function, buffering function, filter function) in a special network sites on soils used for energy purposes. Locality Kuchyňa is monitored since 2010 year (Mollic Fluvisols). The area is from 2006 crop of fast growing willow (*Salix viminalis*) cultivated for energy purposes. Locality Kuchyňa belong to the contaminated localities with medium to low ability of soils immobilize inorganic contami-

nants. When comparing the years 2010 and 2011, we observe a negative change in the content of soil organic matter and a positive change in the total risk elements in soil. Remediation capability of willows manifested by decrease cadmium, zinc and nickel content in the soil.

Locality Krivá-Liesek is monitored since 2011 year (Eutric Fluvisols). On site are two stands of fast growing willow (*Salix viminalis*), since 1994 Ulv, Orm and Rapp varieties and since 2004 variety Sven, Tora, Gudrun, Sherwood. On the base of pH value in the weakly acidic to neutral region, medium content of organic matter with low quality in soils and sublimit total content of inorganic pollutants belong this locality to the soil with high immobilization potencial of inorganic pollutants and low transport potencial of inorganic pollutants.

Assessment of soil quality indicators for a new way to use agricultural land is an essential part of their proper use for energy purposes.

Keywords : biomass, fast-growing tree species, soil quality indicators

ÚVOD

Využívanie obnoviteľných zdrojov energie má veľký význam nielen v oblasti ochrany životného prostredia, ale aj v oblasti ekonomickej a strategickej (PIERCE, LAL, 1991, PIERCE, LARSON, 1993). K primárnej funkcii poľnohospodárstva, ktorou je zabezpečenie výživy ľudí, pribudla nová, a to využívanie poľnohospodárskych výstupov pre energetické účely. Táto funkcia poľnohospodárstva je integrovaná v spracovaných výhladoch a prognózach ďalšieho rozvoja poľnohospodárstva a je súčasťou koncepčných, strategických a legislatívnych nástrojov štátu a EÚ (KRÍŠŠÁK A I., 2006, Úradný vestník EU, 2009).

Cieľom trvalo udržateľného rozvoja spojeného s efektívnym využívaním prírodných zdrojov je zabezpečiť, aby využívanie prírodných zdrojov a s tým súvisiaci dopad na životné prostredie, teda aj na kvalitu pôdy, nepresiahol únosnú kapacitu. Rýchlorastúce dreviny sú energetické rastliny drevinového charakteru s krátkou dobou obrastania a hmotnostným prírastkom prevyšujúcim priemerný prírastok hmoty ostatných drevín. V súčasnosti nie je metodicky podložený spôsob kontroly kvality pôdy v priebehu a po ukončení pestovania rýchlorastúcich drevín po uskutočnení spätnej rekultivácie. Pri pestovaní rýchlorastúcich drevín môže dôjsť k značným zmenám vlastností pôdy, a to vplyvom rastúcich drevín na živinový potenciál, na vodný režim pôdy, pod zemou sa vytvára veľká hmota koreňového systému, môže dôjsť ku kompácii pôdy, zmene fyzikálnych vlastností. Hodnotenie indikátorov kvality pôdy pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd je nevyhnutnou súčasťou ich správneho využívania na energetické účely.

MATERIÁL A METÓDY

Pri stanovení vplyvu pestovania rýchlorastúcich drevín na kvalitu pôdy sa zameriavame okrem produkčnej funkcie na akumuláciu, filtračnú a transportnú funkciu pôdy. Z hľadiska

ochrany hydrosféry a rastlinnej produkcie patrí práve schopnosť pôdy filtrovať potenciálne rizikové prvky k najdôležitejším funkciám pôdy (DEMO A I., 1998). Monitorovanie vybraných dynamických indikátorov kvality pôdy (indikátorov produkčnej funkcie - makroživiny, obsah a kvalita organickej hmoty v pôde, indikátorov pufráčnej funkcie – hodnoty pH (aktívnej a výmennej) a filtračnej funkcie – potenciál anorganických polutantov a potenciál sorpcie pôdy) prebieha v špeciálnej sieti lokalít na pôdach, využívaných na energetické účely.

Monitorovacia lokalita je kruhového tvaru o polomere 10 m a celkovej ploche 314 m² (FIALLA A I., 1999) Každá monitorovacia plocha je v strede charakterizovaná pedologickou sondou. Stredy monitorovacích lokalít sú geodeticky zamerané a zdokumentované súradnicami X, Y vo WGS 84. Pôdne vzorky sme odobrali z piatich miest z hĺbky 0–10 cm a 35–45 cm. Pôdne vzorky sa odoberajú tak, aby nedošlo k zmiešaniu dvoch rozdielnych pôdnych horizontov. Ojedinele sa totiž môže v uvedených rozpätiach nachádzať ostrá hranica medzi pôdnymi horizontmi. V takýchto prípadoch sa hĺbka odberu posúva pod alebo nad hranicu medzi horizontmi. Monitorujeme dve lokality, lokalitu lokalizovanú v oblasti Záhorskej nížiny (čiernica) a lokalitu lokalizovanú v oblasti Oravskej kotliny (fluvizem).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Od roku 2010 monitorujeme lokalitu Kuchyňa (Obr. 1). Monitorovacia lokalita je lokalizovaná v oblasti Záhorskej nížiny, ČAx, podľa Metodického usmernenia MP SR č. 3187/2007-430 patrí k pôdam vhodným na pestovanie rýchlorastúcich drevín. Na ploche je od roku 2006 porast rýchlorastúcej vrby (*Salix viminalis*) pestovanej na energetické účely. V prvom roku výsadby bolo aplikované organominerálne kvapalné hnojivo Darina.

Obr. 1 Lokalita Kuchyňa, čiernica modálna, kontaminovaná, na nekarbonátových substrátoch



Lokalita Kuchyňa sa nachádza v teplej pahorkatinovej klimatickej oblasti. Patrí k stredne ťažkým pôdam, hlinitým. V čase odberu vzoriek tu bol dvojiročný porast vŕby pestovanej na energetické účely. Obsah skeletu v pôde sa výrazne zvyšuje s hĺbkou, a to od 5 % v hĺbke 0–10 cm do 80 % v hĺbke 35–45 cm.

Lokalita Kuchyňa patrí k pôdam so slabo kyslou až kyslou hodnotou pôdnej reakcie, predovšetkým v hĺbke 0–10 cm, pričom hodnota pôdnej reakcie len mierne stúpa s rastúcou hĺbkou odberu a aj v substráte patrí do slabo kyslej oblasti. Vyšší obsah organickej hmoty nižšej kvality v celom profile spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii (MAKOVNIKOVÁ, 2007).

Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade so zákonom 220/2004 Z.z. Obsah As je podlimitný a miene stúpa smerom k substrátu. Obsah Cd je najvyšší v hĺbke 0–10 cm a smerom k substrátu klesá, výrazne však prekračuje limitnú hodnotu v hĺbke 0–10 cm, 20–30 cm aj 35–45 cm, lokalita Kuchyňa patrí medzi kontaminované lokality. Obsah Co je bez výrazných profilových trendov, avšak v hĺbke 20–30 cm a 35–45 cm je obsah tohto prvku nad limitnou hodnotou stanovenou pre tento prvok. Obsah Cr je bez výrazných profilových trendov. Obsahy Cu, Pb aj Hg sú podlimitné v celom profile s miernym stúpaním s rastúcou hĺbkou. Opačný trend pozorujeme v prípade Ni a Zn, ktoré v celom profile výrazne prekračujú nadlimitné hodnoty. V nasledujúcom monitorovacom období sme analyzovali len obsahy nadlimitných prvkov Cd, Zn a Ni.

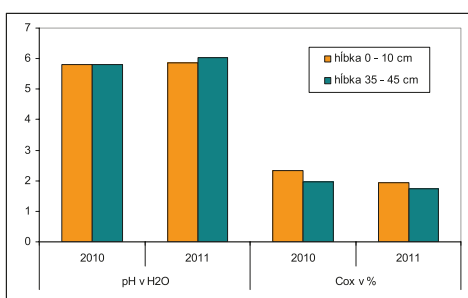
Tab. 1 Indikátory kvality pôdy

parameter	hĺbka 0–10 cm		hĺbka 35–45 cm		
	rok 2010	rok 2011	rok 2010	rok 2011	
pH v H ₂ O	5,81	5,86	5,80	6,04	
pH v KCl	5,21	4,98	5,21	4,89	
pH v CaCl ₂	5,23	5,46	5,31	5,56	
výmenné katióny v cmol(p ⁺).kg ⁻¹	Na ⁺	0,150	0,116	-	-
	K ⁺	0,506	0,303	-	-
	Ca ²⁺	11,230	15,080	-	-
	Mg ²⁺	0,890	1,152	-	-
Cox v %	2,318	1,940	1,958	1,730	
makroživiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich III.)	P	73,70	44,00	43,500	17,700
	K	163,00	184,00	106,00	89,500
	Mg	92,70	92,00	119,000	117,000
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (celkový obsah v lúčavke kráľovskej)	Cd	1,016	0,774	0,822	0,899
	Zn	199,000	156,000	287,000	220,000
	Ni	51,500	42,300	69,600	59,500
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (vo výluhu 1 M NH ₄ NO ₃)	Cd	-	0,009	-	0,002
	Zn	-	0,320	-	0,010
	Ni	-	0,176	-	0,099

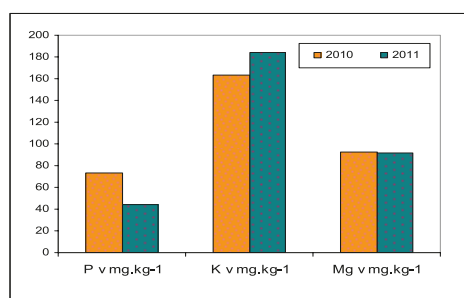
V tabuľke 1 sú uvedené priemerné hodnoty z piatich odberových miest na danej lokalite. V hĺbke 0–10 cm (Tab. 1) došlo k zmenám v obsahu výmenných bázických katiónov, znížil sa obsah výmenného sodíka o 22 % a obsah výmenného draslíka o 40 % v porovnaní rokov 2010 a 2011, naopak zvýšil sa obsah výmenného vápnika o 34 % a výmenného horčíka o 29 %. Nedošlo k zmene pôdnej reakcie avšak znížil sa obsah organickej hmoty v pôde a to o 0,378 (Obr. 2a). Zníženie obsahu organickej hmoty v pôde pri jej využívaní na pestovanie rýchlorastúcich drevín uvádza vo svojej práci aj MCCLEAN GARY (2012). V prípade makroživín sa znížil obsah fosforu o 40 % a mierne zvýšil obsah draslíka o 14 % (Obr. 2b). Pozitívne zmeny sme zaznamenali pri celkovom obsahu rizikových prvkov, znížil sa obsah kadmia o 24 % (Obr. 2c), obsah zinku o 22 % ako aj obsah niklu a to o 18 % v porovnaní s rokom 2010 (Obr. 2d). Naďalej sa však jedná o nadlimitné obsahy týchto prvkov podľa Zákona o pôde 220/2004 Z.z..

V hĺbke 35–45 cm v priebehu jedného roka pestovania došlo k poklesu obsahu organickej hmoty v pôde o 0,228 a k výraznému zníženiu obsahu makroživín v prípade draslíka a to o až 60 %, čo poukazuje na zvýšené nároky vŕby na prísun draslíka. Zmeny v obsahu rizikových prvkov sme zaznamenali aj v hĺbke 35–45 cm a to zníženie celkového obsahu zinku o 23 % a celkového obsahu niklu o 16 %. Zmeny indikátorov kvality pôdy sú na obrázkoch 2a–2d.

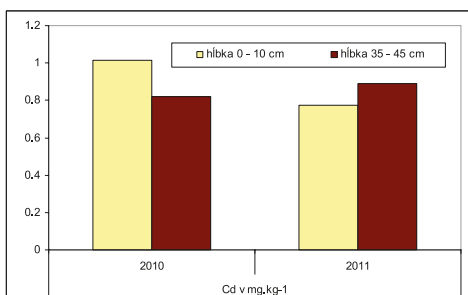
Obr. 2a Zmeny hodnôt pôdnej reakcie



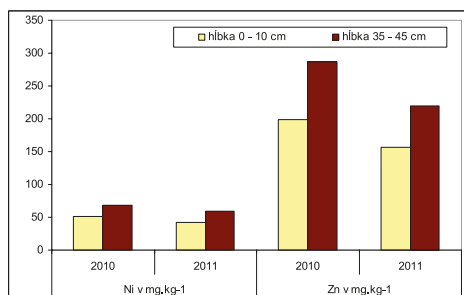
Obr. 2b Zmeny v obsahu makroživín P, K, Mg



Obr. 2c Zmeny stopových prvkov v pôde – Cd



Obr. 2d Zmeny stopových prvkov v pôde- Ni, Zn



V priebehu zatiaľ ročného sledovania využívania poľnohospodárskej pôdy na pestovanie energetických plodín pozorujeme negatívnu zmenu vo vývoji obsahu organickej hmoty v pôde a pozitívnu zmenu vo vývoji celkového obsahu rizikových prvkov v pôde. Remedialná schopnosť vŕby vzhľadom k rizikovým prvkom sa prejavila znížením obsahu kadmia, zinku a niklu na danej lokalite. Vŕba patrí k potenciálne rezistentným plodinám vzhľadom k vysokým

obsahom rizikových prvkov. Obsahy niklu a zinku vo výluhu 1 M NH_4NO_3 sú vyššie ako kritické limitné hodnoty vo vzťahu pôda – rastlina podľa Zákona 220/2004, negatívny vplyv na porast vrbý však nebol zaznamenaný.

Lokalita Krivá-Liesek (Obr. 3) sa nachádza v Oravskej kotline v Podhoľno-Magurskej oblasti v mierne chladnej a mierne vlhkej klimatickej oblasti v nadmorskej výške 551 m n. m.. Na monitorovacej lokalite je fluvizem kultizemná, v čase odberu bola hladina podzemnej vody v hĺbke 165 cm. Na lokalite sú dva porasty rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*), od roku 1994 odrody Ulv, Orm a Rapp a od roku 2004 odrody Sven, Tora, Gudrun, Sherwood. V čase odberu vzorky bol porast založený v roku 1994 zrezaný, nové výhonky mali cca 90 – 100 cm. Pokusy sú každoročne hnojené dusíkom v dávke $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s delením 30 kg na jar, 30 kg koncom mája a 30 kg v polovici júla a jednorázovo fosforom v dávke $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a draslíkom v dávke $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ktoré sú aplikované s prvou dávkou dusíka. Dusík je vo forme liadku vápenato-amónneho 27% N, fosfor vo forme hyperkornu 26 % P_2O_5 a draslík vo forme draselnej soli 58 % K_2O . Pri správnom obhospodarovaní je možné vrbový porast zberať každé štyri roky pričom celková produkčná schopnosť porastu je okolo 30 rokov. V podmienkach strednej Oravy sa celkový prírastok drevnej hmoty za štvorročné obdobie pohyboval od 23 do 26 ton na hektár (DANIEL, HABOVŠTIK, 2011).

Obr. 3 Lokalita Krivá-Liesek, fluvizem kultizemná



Tab. 2 Indikátory kvality pôdy

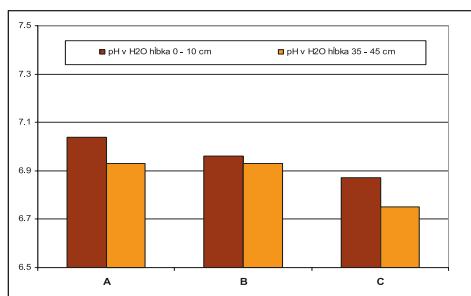
parameter		hĺbka 0 – 10 cm			hĺbka 35 – 45 cm		
		A	B	C	A	B	C
pH v H ₂ O		7,04	6,96	6,87	6,93	6,93	6,75
pH v KCl		6,54	6,47	6,22	6,68	6,68	6,37
pH v CaCl ₂		6,85	6,80	6,73	6,78	6,84	6,67
výmenné katióny v cmol(p+).kg ⁻¹	Na ⁺	0,25	0,11	0,20	-	-	-
	K ⁺	0,25	0,31	0,29	-	-	-
	Ca ²⁺	17,80	12,46	12,20	-	-	-
	Mg ²⁺	1,89	1,86	1,93	-	-	-
Cox v %		2,44	2,08	2,06	1,27	1,45	1,36
Q ₆ ⁴		5,99	6,27	6,71	5,85	6,21	6,38
makroživiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich III.)	P	15,20	37,00	26,50	7,72	31,30	19,30
	K	102,00	110,00	125,00	63,00	82,90	76,40
	Mg	185	170,00	230,00	180,00	200,00	222,00
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (celkový obsah v lúčavke kráľovskej)	As	6,360	5,200	6,110	6,540	5,940	6,830
	Cd	0,246	0,298	0,330	0,262	0,295	0,355
	Co	5,580	5,000	5,000	5,470	5,000	5,000
	Cr	25,200	20,160	19,900	26,800	19,100	19,900
	Cu	43,000	12,700	12,500	15,400	14,000	14,500
	Ni	28,100	21,900	21,700	29,000	21,400	21,900
	Pb	11,800	8,470	9,910	11,400	9,430	9,350
	Zn	53,400	50,800	48,900	54,600	48,000	50,900
	Hg	0,057	0,041	0,049	0,049	0,045	0,052
	Se	0,335	0,258	0,262	0,334	0,2777	0,288
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (vo výluhu 1 M NH ₄ NO ₃)	Cd	0,001	0,002	0,002	-	-	-
	Pb	0,102	0,182	0,178	-	-	-
	Zn	0,010	0,010	0,010	-	-	-

A – porast rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*) založený v roku 1994
 B – porast rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*) založený v roku 2004
 C – bez porastu rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*)

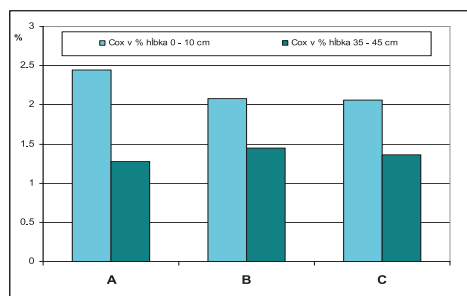
V tabuľke 2 sú uvedené priemerné hodnoty z piatich odberových miest na danej lokalite. Lokalita Krivá-Liesek (Tab. 2) patrí k pôdam so slabou kyslou až neutrálnou hodnotou pôdnej reakcie, predovšetkým v hĺbke 0–10 cm, pričom hodnota pôdnej reakcie len mierne stúpa s rastúcou hĺbkou odberu a aj v substráte patrí do slabokyslej oblasti. Vyšší obsah organickej hmoty ale nízkej kvality v celom profile spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii (MAKOVNÍKOVÁ, 2007). Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade so zákonom 220/2004 Z.z. Obsah všetkých sledovaných prvkov je podlimitný. V prípade As, Se a Zn ich celkový obsah len mierne vertikálne stúpa, výraznejší pokles s hĺbkou

sme zaznamenali len v prípade celkového obsahu Cu. Distribúcia ostatných rizikových prvkov v oboch hĺbkach je porovnateľná a nezaznamenali sme výrazné rozdiely. Hodnota pH v slabo kyslej až neutrálnej oblasti, stredný obsah organickej hmoty v pôde nízkej kvality spolu s podlimitným celkovým obsahom anorganických polutantov radia túto lokalitu k pôdam s vysokým potenciálom imobilizácie a s nízkym potenciálom transportu vzhľadom na anorganické polutanty (MAKOVNÍKOVÁ A INÍ, 2007).

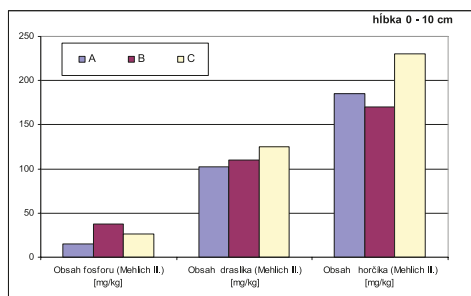
Obr. 4 Hodnoty pôdnej reakcie (A, B, C)



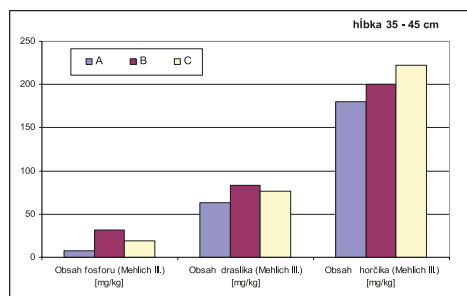
Obr. 5 Obsah Cox v % (A, B, C)



Obr. 6 Obsah makroživín v hĺbke 0–10cm (A, B, C)



Obr. 7 Obsah makroživín v hĺbke 35–45 cm



A – porast rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*) založený v roku 1994
 B – porast rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*) založený v roku 2004
 C – bez porastu rýchlorastúcej vrbý (*Salix viminalis*)

Na lokalite s porastom od roku 1994 v porovnaní s lokalitou bez porastu vrbý je výrazne nižší obsah fosforu a nižší obsah horčíka a to v oboch sledovaných hĺbkach. Výrazne vyšší je celkový obsah medi. Napriek podlimitným celkovým obsahom olova je obsah tohto prvku vo výluhu NH_4NO_3 nadlimitný podľa zákona 220/2004 Z.z.

ZÁVER

Cieľom trvalo udržateľného rozvoja spojeného s efektívnym využívaním prírodných zdrojov je zabezpečiť, aby využívanie prírodných zdrojov a s tým súvisiaci dopad na životné prostredie, teda aj na kvalitu pôdy, nepresiahol únosnú kapacitu.

Pre sledovanie zmien kvality pôdy určenej na pestovanie rýchlorastúcich drevín sleduje-

me dve monitorovacie lokality. V priebehu zatiaľ ročného sledovania využívania poľnohospodárskej pôdy na pestovanie energetických plodín na čiernici (lokality Kuchyňa) pozorujeme negatívnu zmenu vo vývoji obsahu organickej hmoty v pôde a pozitívnu zmenu vo vývoji celkového obsahu rizikových prvkov v pôde. Remedialná schopnosť vrby vzhľadom k rizikovým prvkom sa prejavila znížením obsahu kadmia, zinku a niklu na danej lokalite.

Hodnotenie indikátorov kvality pôdy pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd je nevyhnutnou súčasťou ich správneho využívania na energetické účely.

LITERATÚRA

- DEMO M. *et al.*, 1998. *Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine*. Nitra: SPU, 1998, 302 s. ISBN 80-7137-525-X.
- FIALA K. A KOL. 1999. *Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda*. VÚPOP, Bratislava, 1999. 139 s., ISBN 80-85361-55-8
- DANIEL J., HABOVŠTIK, J. 2012. *Poľnohospodársky výskum v energetickom programe*. In: Agrobioenergetika. [http: \[cit.2011-10-11\]](http://cit.2011-10-11). Dostupné na internete: <http://www.abe.sk/casopis.html>
- KRIŠŠÁK P. – JANDAČKA, J. – MALCHO, M. 2006. *Legislatíva a podporné mechanizmy súvisiace s energetickým využitím biomasy v SR*. In: Biomasa ako zdroj energie, 6. – 7. 2006, Ostravica, ČR, str. 24-32, ISBN 80-248-1180-0
- MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – PÁLKA, B. 2007. *Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil*. In Plant, Soil and Environment, vol.53, 2007, č. 8, s.365 - 373
- MAKOVNÍKOVÁ J. 2007. *Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy*. Bratislava: VÚPOP, 2007, 30 s. ISBN 978-80-89128-37-2.
- MCCLEAN G. 2012. *The effects of land conversion to bioenergy crops on soil carbon*. 4th International Congress Eurosoil 2012. Abstracts. p. 394
- PIERCE F., LAL R., 1991. *Soil management in the 21st century*. In Lal, F.J. - Pierce, F.J. (eds.), Soil management for sustainability. Ankeny: Soil Water Conserv. Soc., 1991, p. 175-180.
- PIERCE F., LARSON W. 1993. *Developing criteria to evaluate sustainable land management*. In Kimble, J.M. (ed), Utilization of soil survey information for sustainable land use. Proc. 8th Int. Soil Management Workshop. Lincoln: USDA-SCS, National Soil Surv. Center, 1993, p. 7-14.
- Úradný vestník Európskej únie. *Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2009/28/ES, z 23. apríla 2009 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie a o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc 2001/77/ES a 2003/30/ES*. [on-line] [cit.2010-04-06]. Dostupné na internete: < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:sk:PDF>>
- Zákon o pôde č. 220 (2004)*. Zbierka zákonov, 220/2004, 2290-2292

VYUŽITIE REKREAČNEJ FUNKCIE PÔDY V CESTOVNOM RUCHU

UTILIZATION AGRICULTURAL DISADVANTAGED AREAS IN TOURISM

**Jarmila MAKOVNÍKOVÁ¹, Katarína ORSÁGOVÁ², Boris PÁLKA¹,
Miloš ŠIRÁŇ¹, Slávka BOHUNČÁKOVÁ³**

¹Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: j.makovnikova@vupop.sk

²Univerzita Mateja Bela, Ekonomická fakulta, Katedra ekonómie, Tajovského 10, 974 01 Banská Bystrica

³Obvodný pozemkový úrad Banská Bystrica, Skuteckého 19, P. O. Box 177, 974 01 Banská Bystrica

Abstrakt

Vyčlenili sme oblasti poľnohospodárskej pôdy s nízkym potenciálom produkčnej funkcie, s narušenou filtračnou funkciou a s vysokým potenciálom rekreačnej funkcie pôdy.

Pôdy s vysokým potenciálom rekreačnej funkcie sú pôdy zo skupín kvality pôdy 6–9 so sklonom vyšším ako 12°, ktoré nie sú technicky a ekonomicky výhodné pre pestovanie rýchlorastúcich drevín a pôdy kontaminované, ktoré nie sú vhodné pre produkciu potravín. V záujmovom území Banská Bystrica zaberajú tieto pôdy plochu 6675 ha, čo je 38,6 % výmery poľnohospodársky využívaných pôd. Analýza využitia rekreačnej funkcie pôdy spojená s vypracovaním lokálneho návrhu rôznych variantov jej využitia v cestovnom ruchu môže prispieť nielen k ochrane pôdy a životného prostredia ale výraznou mierou aj k rozvoju ekonomiky daného regiónu.

Kľúčové slová: funkcie pôdy, rekreačná funkcia, cestovný ruch

Abstract

We determined the agricultural land with low potential of production function, impaired filtration function as a high potential for recreation soil function.

Soils with high potential for recreation soil function are soil from groups of soil quality 6 to 9 with a slope greater than 12°, which are technically and economically viable for planting fast growing trees and contaminated soils that are not suitable for food production. In the area of interest Banská Bystrica occupy these soils occupy area of 6675 ha, which is 38.6% of land area used for agriculture. Analysis of land-use recreation function in tourism associated with the preparation of local design of different variants of its use can contribute not only to the protection of land and environment, but to the high extent also to the development of economy in the region.

Keywords: soil function, recreation soil function, tourism

ÚVOD

Funkcie ekosystémov sú definované ako kapacita ekosystémov poskytovať tovary a služby uspokojujúce potreby človeka. Ak tieto funkcie priamo ovplyvňujú ľudské zdravie alebo ekonomický blahobyt sú považované za služby. Práve pôdny kryt spolu s využívaním krajiny a zmenami v jej využívaní patria k najvýznamnejším činiteľom, ktoré ovplyvňujú funkcie pôdy a služby ekosystémov. Ekosystémové služby rozdeľuje HOPKINS (2009) na štyri skupiny:

- produkčné (produkcia potravín, liečivých rastlín, genetických zdrojov),
- podporné (kvalita pôdy, akumulácia uhlíka prostredníctvom fotosyntézy, kolobeh živín a vody),
- regulačné (zachovanie stability životného prostredia: znižovanie emisií skleníkových plynov, protierózna funkcia),
- kultúrne (nehmotné úžitky, ktoré priaznivo ovplyvňujú zdravie ľudí, estetické vnímanie krajiny, agroturistika).

Pri identifikovaní funkcií pôdy v ekosystémoch je dôležitá skutočnosť, že funkcie pôdy konkrétnej lokality sú optimálne z hľadiska špecifického ekoregiónu (Warkentin, 1995). Ekosystém, v ktorom je výrazne degradovaná produkčná a podporná služba (pôdy majú len strednú až nízku schopnosť filtrácie kontaminantov, pôdy nie sú vhodné pre poľnohospodársku produkciu) (MAKOVNIKOVÁ A INÍ, 2007, BUJNOVSKÝ A INÍ, 2010, BUJNOVSKÝ A INÍ, 2011) však môže poskytovať kultúrne služby (agroturistika, využitie rekreačnej funkcie pôdy) a tým prispievať k ekonomickej stabilite a prosperite daného regiónu.

Pri krajinej analýze SR v posledných rokoch sa neustále stretávame s narastajúcim počtom hektárov poľnohospodársky stále menej využívaných, nevyužívaných až zanedbaných či zdevastovaných pôd. Z tohto dôvodu je nutné v rámci analýzy krajiny takéto plochy vyčleniť a vytvoriť alternatívny program ich využitia.

Väčšina takýchto plôch sa nachádza v hornatejších častiach našej krajiny, ktoré ale disponujú obrovským potenciálom pre cestovný ruch (CR). Z pohľadu analýzy lokalizačných predpokladov CR ide o mnohé prírodné a kultúrne atraktivity, ktoré sú paradoxne často umiestnené práve v regiónoch s vysokou nezamestnanosťou. Jednou z ekonomických aktivít vidieka je vďaka jeho potenciálu aj cestovný ruch. Tento potenciál chce využiť aj vláda, ktorá začiatkom budúceho roka predstaví novú stratégiu pre rozvoj cestovného ruchu do roku 2020. Jej hlavným cieľom má byť zvýšenie podielu cestovného ruchu na hrubého domáceho produktu (HDP), pričom nová stratégia sa má zamerať na rozvoj kúpeľníctva, agroturistiky či cykloturistiky (CR A HDP, 2012).

V súčasnosti je rozvoj vidieka jednou z hlavných priorít Spoločnej poľnohospodárskej politiky – SPP (Common agriculture policy – CAP) EÚ. V „Programu rozvoja vidieka SR“ pre roky 2007 – 2013 je oblasť cestovného ruchu spracovaná v rámci opatrenia 3.2: „Podpora činností v oblasti vidieckeho cestovného ruchu“. Na význam prepojenia poľnohospodárskej politiky štátu a cestovného ruchu poukazuje aj súčasný návrh nariadenia európskeho parlamentu a rady o podpore rozvoja vidieka prostredníctvom Európskeho poľnohospodárskeho fondu pre rozvoj vidieka (EPFRV) zverejnenom na internete, v ktorom sa okrem iného uvádza, že na

dosiahnutie stanovených cieľov v oblasti rozvoja vidieka by sa mali vymedziť oblasti, na ktoré sa vzťahujú ukazovatele v súlade s prioritami Únie pre rozvoj vidieka. Poukazuje na potrebu podpory projektov, ktoré integrujú poľnohospodárstvo a vidiecky cestovný ruch prostredníctvom propagácie udržateľného a zodpovedného turizmu vo vidieckych oblastiach, prírodné a kultúrne dedičstvo, ako aj investície do energie z obnoviteľných zdrojov“ (Návrh nariadenia Európskeho parlamentu, 2012).

Na to, aby štátna politika rozvoja vidieka bola úspešná je potrebné urobiť regionálnu analýzu týchto oblastí, vyčleniť oblasti poľnohospodárskej pôdy s nízkym potenciálom produkčnej funkcie, s narušenou filtračnou funkciou, ale na druhej strane s vysokým potenciálom ekonomického zhodnotenia rekreačnej funkcie pôdy.

MATERIÁL A METÓDY

Pre regionálnu analýzu sme si vybrali región Banská Bystrica. Vychádzali sme z databáz KPP (Komplexný pedologický prieskum) a z databázy LPIS (Identifikačný systém produkčných blokov na poľnohospodárskej pôde), ktorá je kľúčovým prvkom identifikácie poľnohospodárskych plôch a je nevyhnutným predpokladom dotácií v rezorte pôdohospodárstva z fondov EÚ. Využili sme tiež údaje z terénneho sledovanie súčasného stavu využívania poľnohospodárskej pôdy v tomto regióne (KOBZA A INÍ, 2012). Pre prácu so vstupnými georeferencovanými digitálnymi údajmi a implementáciu výslednej digitálnej údajovej vrstvy sme využili programový balík ArcGIS®.

Banská Bystrica je zaradená v rámci Slovenska do mierne vlhkej až vlhkej oblasti s chladnou zimou. Priemerná ročná teplota je 8 °C, priemerný ročný úhrn zrážok predstavuje 853 mm. Prevládajúce prúdenie vzduchu je z juhozápadu. Medzi najväčších znečisťovateľov ovzdušia patrila v minulosti Stredoslovenská cementáreň Banská Bystrica a. s., v súčasnosti sú to Spaľovňa Nemocnice F. D. R., Smrečina B. Bystrica, Biotika Slovenská Ľupča a. s. a Petrochema Dubová. V Banskej Bystrici dochádza k znečisteniu ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia, a to v prípade NO₂ a polietavého prachu PM₁₀ (častice pod 10 μm) a PM_{2,5} (častice pod 2,5 μm) (MŽP SR, 2010). Prekročenie týchto limitov je spôsobené častým výskytom inverzií v Banskej Bystrici. Územie v Banskej Bystrici je obkolesené vysokými pohoriami a tak sa tu vytvárajú inverzie veľkej vertikálnej mohutnosti. Inverzná vrstva tvorí bariéru pre prirodzené premiešanie a výmenu vzduchu. Podľa porovnania údajov teploty vzduchu z meteorologických staníc Krížna a Chopok s meteorologickými stanicami v údolí Hrona, mohutné večerné inverzie sa vyskytujú v priemere v 40–45 dňoch a celodenné inverzie v priemere v 7–10 dňoch. V Banskej Bystrici sú vytvorené orografické podmienky aj pre výskyt prízemných inverzií s vertikálnymi výškami do 30 až 100 m nad povrchom zeme (POLČÁK, 2001). Tieto prízemné inverzie neumožňujú rozptyl znečisťujúcich látok. Inverzii napomáha aj veľmi slabá veternosť.

Oblasťou preteká stredný úsek rieky Hron, kvalita vôd je ovplyvnená vypúšťaním znečistenia z Biotiky a.s. Slovenská Ľupča, ČOV Harmanec a ČOV Banská Bystrica, ktoré patria medzi

významných znečisťovateľov nielen v konkrétnej oblasti ale aj v rámci celého Slovenska (MŽP SR, 2010).

Z hľadiska hodnotenia produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd sme kategorizovali pôdy podľa kategórie typologicko-produkčných agroekosystémov (DŽATKO, 2002). Podľa skupín kvality pôdy sa tu nachádzajú pôdy od kategórie 4 až po kategóriu 9. Pôdy, zaradené v skupine kvality pôdy 6–9 majú nižšiu produkčnú schopnosť a sú potenciálne vhodné okrem ich využívania ako trávne porasty a pasienky aj na výsadbu rýchlorastúcich drevín podľa prílohy č. 3 zákona č. 220/2004 Z. z. (ide o nepoľnohospodárske využitie poľnohospodárskej pôdy). Z týchto pôd sme vyčlenili plochy so sklonom vyšším ako 12°, ktoré nie sú technicky a ekonomicky výhodné (obmedzenie pri použití strojového parku) pre pestovanie rýchlorastúcich drevín (s výnimkou pestovania na menšej výmere pre zásobovanie rodinných domov) (GONDA A INÍ, 2010).

Pôdy zaťažené anorganickými prvkami vzhľadom k narušenej filtračnej funkcii (BARANČIKOVÁ A INÍ., 2010) nie sú vhodné pre poľnohospodársku produkciu. Vyčlenili sme preto aj pôdy s nadlimitným obsahom vysoko toxických prvkov (Cd, Hg, Pb, Ni) (YONG *et al.*, 1992) v orníčnom horizonte.

Selektovali sme pôdy, ktoré môžu byť okrem klasického využívania ako trávne porasty a pasienky (okrem kontaminovaných pôd) ekonomicky zaujímavé práve svojou rekreačnou funkciou.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

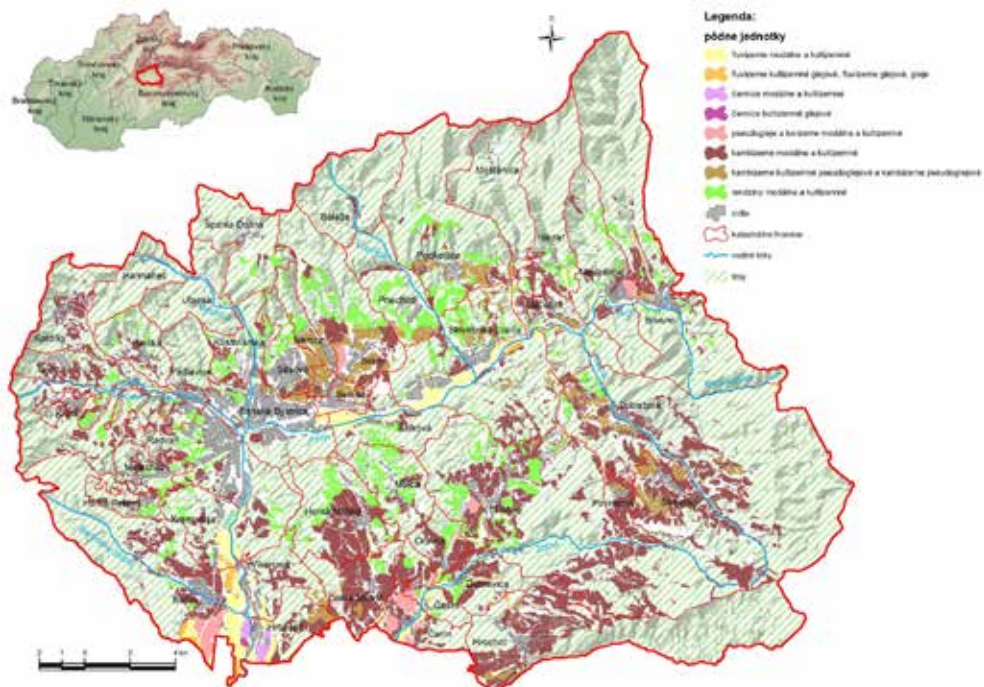
Región Banská Bystrica patrí k environmentálne zaťaženým oblastiam. Pôdne pomery v sledovanom území sú na obrázku 1, skupiny kvality pôdy na obrázku 2 a v tabuľke 1.

Tab 1. Skupiny kvality pôdy

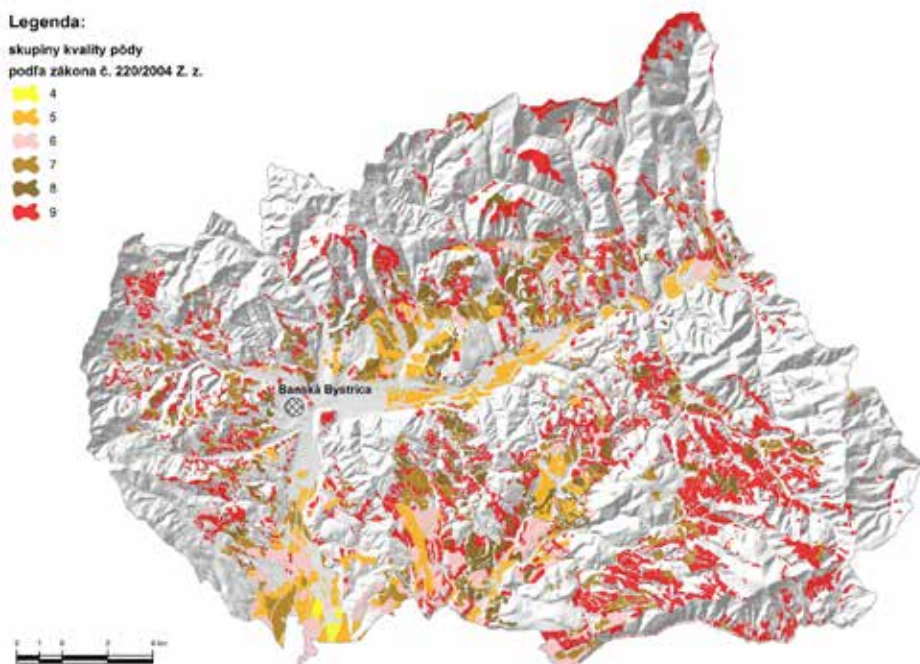
skupina kvality pôd	plocha v ha	plocha v %
4	81	0,50
5	2235	1,30
6	1895	11,00
7	2886	16,70
8	2129	12,30
9	8036	46,50

Pôdy, zaradené v skupine kvality 6–9, ktoré majú nižšiu produkčnú schopnosť a sú potenciálne vhodné okrem ich využívania ako trávne porasty a pasienky aj na výsadbu rýchlorastúcich drevín podľa prílohy č. 3 zákona č. 220/2004 Z. z. (ide o nepoľnohospodárske využitie poľnohospodárskej pôdy) sú na obrázku 3 a na obrázku 4.

Obr. 1 Pôdne pomery



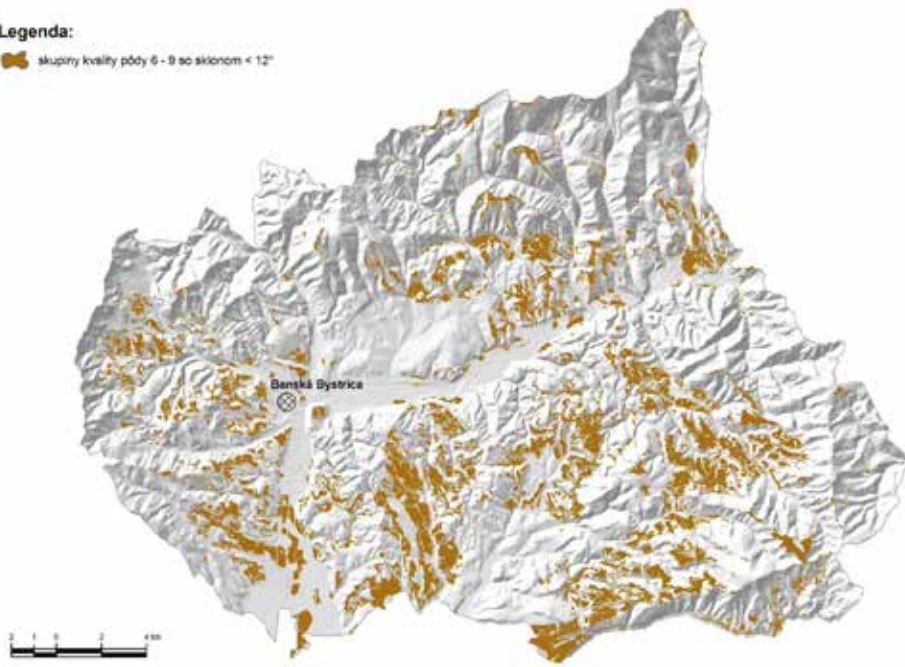
Obr. 2 Skupiny kvality pôdy



Obr. 3 Skupiny kvality pôdy 6–9 (sklon < 12°)

Legenda:

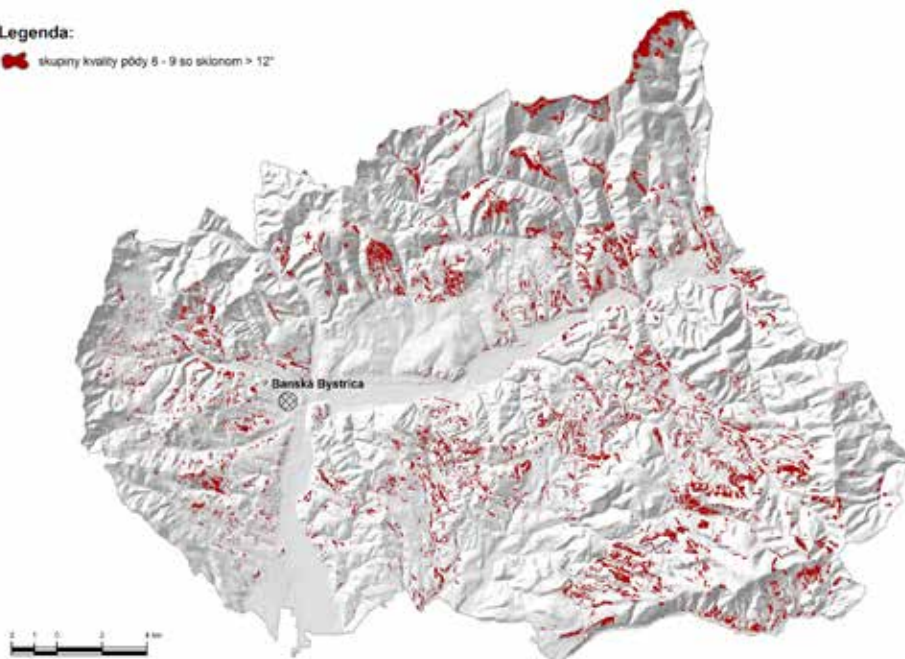
skupiny kvality pôdy 6–9 so sklonom < 12°



Obr. 4 Skupiny kvality pôdy 6–9 (sklon > 12°)

Legenda:

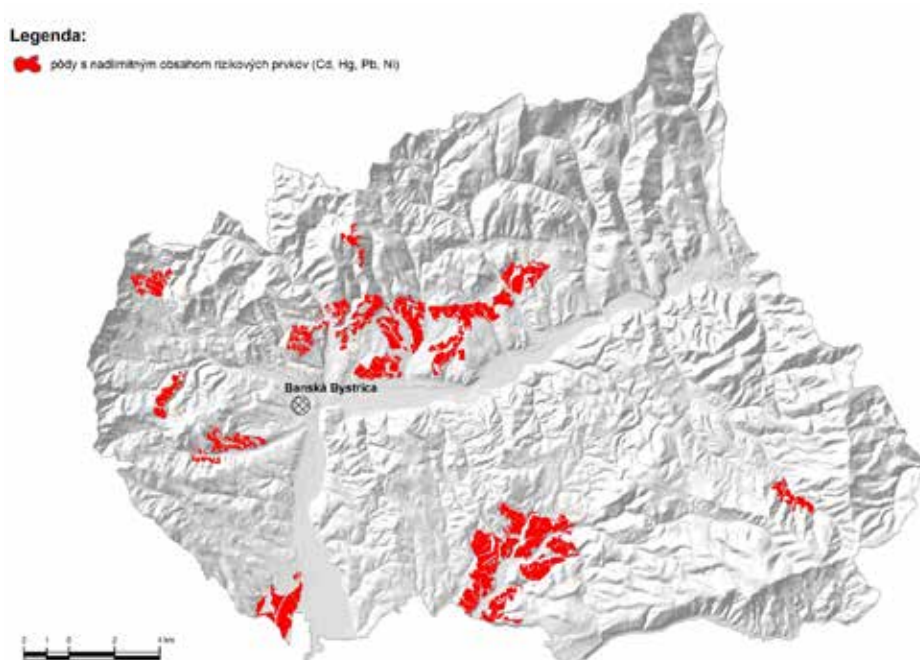
skupiny kvality pôdy 6–9 so sklonom > 12°



Plochy so sklonom vyšším ako 12° , ktoré nie sú technicky a ekonomicky výhodné (obmedzenie pri použití strojového parku) pre pestovanie rýchlorastúcich drevín (s výnimkou pestovania na menšej výmere pri manuálnom obhospodarovaní pre zásobovanie rodinných domov) (GONDA a iní, 2010) predstavujú plochu 4110 ha (Obr. 4), čo je 23,8 % z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd.

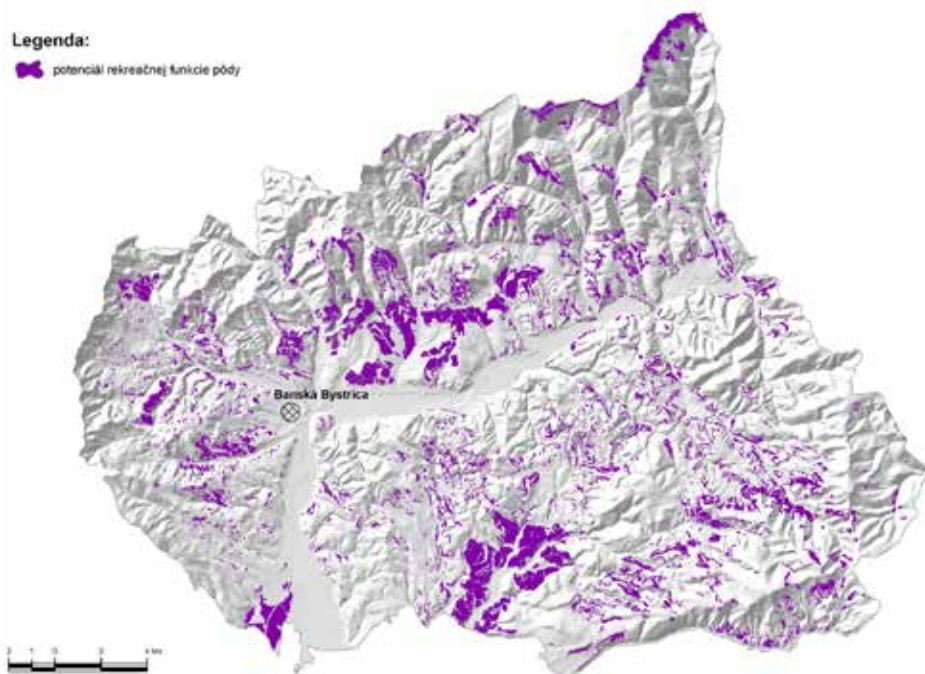
Pôdy zaťažené anorganickými polutantmi s nadlimitným obsahom vysoko toxických prvkov (Cd, Hg, Pb, Ni), ktoré nie sú vhodné pre poľnohospodársku produkciu vzhľadom k narušenej filtračnej funkcii (Obr. 5) predstavujú 14,8 % z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd.

Obr. 5 Pôdy s nadlimitným obsahom rizikových prvkov (Cd, Hg, Pb, Ni)



Pri identifikovaní funkcií pôdy v ekosystémoch je dôležitá skutočnosť, že funkcie pôdy konkrétnej lokality sú hodnotené z hľadiska jej optimálneho využívania. Napríklad černozeť patrí k pôdam s vysokým potenciálom produkčnej aj filtračnej funkcie ale s nízkym potenciálom rekreačnej funkcie, pretože využívať černozeť len na rekreačné účely nie je z pohľadu jej funkcií optimálne. Na obrázku 6 sú vyselektované pôdy s potenciálom rekreačnej funkcie, ktorý je vyšší ako ich potenciál produkčnej a rekreačnej funkcie. Sú to pôdy zo skupín 6–9 so sklonom vyšším ako 12° , ktoré nie sú technicky a ekonomicky výhodné pre pestovanie rýchlorastúcich drevín a pôdy kontaminované, ktoré nie sú vhodné pre produkciu potravín ale ani pre produkciu rýchlorastúcich drevín, keďže môže dôjsť pri ich spaľovaní k následnej kontaminácii okolia spaľovne anorganickými prvkami, ktoré rýchlorastúce dreviny počas rastu akumulujú v drevnej hmote. V záujmovom území pôdy s potenciálom rekreačnej funkcie zaberajú plochu 6675 ha (Tab. 2), čo je 38,6 % z výmery poľnohospodársky využívaných pôd.

Obr. 6 Pôdy s potenciálom rekreačnej funkcie (skupiny kvality pôdy 6–9 so sklonom > 12° a pôdy s nadlimitným obsahom rizikových prvkov (Cd, Hg, Pb, Ni))



Tab 2. Skupiny pôdy s potenciálom rekreačnej funkcie

skupina pôd	plocha v ha
pôdy 6–9 so sklonom > 12°	4110
pôdy s nadlimitným obsahom rizikových prvkov (Cd, Hg, Pb, Ni)	2565

Medzi regióny s vysokým potenciálom dynamického hospodárskeho rozvoja patria v súčasnosti regióny, cez ktoré vedú novovybudované rýchlostné cestné prepojenia. Práve k takýmto regiónom patrí aj región Banská Bystrica. Zlepšená situácia v cestnej infraštruktúre regiónu je predpokladom aj pre zlepšenie situácie v oblasti dopytu cestovného ruchu.

Využitie potenciálu rekreačnej funkcie pôdy v cestovnom ruchu

S poklesom produkčnej a filtračnej funkcie pôdy nadobúda väčší význam potenciál rekreačnej funkcie pôdy. Súčasťou vidieckeho cestovného ruchu je agroturistika, pri ktorej uplatňovaní sú využívané aj plochy poľnohospodárskeho pôdneho fondu (ako trvalé trávne porasty) v rámci podnikania v agroturistike formou, ktorá *nevyžaduje* vyňatie pôdy z poľnohospodárskeho pôdneho fondu z dôvodu zabránenia *ďalšiemu úbytku poľnohospodárskej pôdy*.

Poľnohospodárske pôdy s nízkou produkčnou schopnosťou, zachovanou filtračnou funkciou a so sklonom nad 12° je možné využiť na pestovanie košíkárskej vrbý s následným založením košíkárskych dielní priamo v strediskách cestovného ruchu, na pestovanie liečivých

rastlín (napr. rakytník rašetliakový, levandula) spojených s agroturistikou, ozdravnými pobytmi v prírode, zameranými na pestovanie a využitie liečivých rastlín ako aj na založenie plantáží drobného ovocia (čučoriedky, brusnice), ktoré nie je náročné na klimatické a pôdne podmienky spojeným s jeho tradičným spracovaním.

Poľnohospodárske pôdy s nízkou produkčnou schopnosťou a malým až stredným sklonom môžu byť vyčlenené na vytvorenie napríklad bike-parkov alebo cyklotrás.



Poľnohospodárske pôdy s nízkou filtračnou funkciou (pôdy s nadlimitným obsahom rizikových prvkov) vyžadujú špecifický prístup pri ich využívaní v agroturistike. Potrebná je ich dôsledná charakteristika a až po zhodnotení rizika je možné navrhnúť ich využívanie, a to špecificky pre konkrétnu lokalitu. Pôdy nemôžu ostať bez porastu, aby sa minimalizovalo riziko kontaminácie inhaláciou. Na týchto pôdach nie je vhodné pestovať liečivé rastliny, drobné ovocie určené na konzum, zbierať liečivky a huby. Poľnohospodárske pôdy s nízkou produkčnou schopnosťou, nízkou filtračnou funkciou (pôdy s nadlimitným obsahom rizikových prvkov) a vyšším sklonom je možné využiť napríklad na pestovanie okrasných rastlín s možnosťou účasti turistov na ich výrobe spojenej s následným odkúpením za zvýhodnené ceny. Taktiež je možné na týchto plochách pestovanie kvetov vhodných na sušenie a aranžovanie s následným vypracovaním distribúcie do predajní tohto typu, príp. so založením aranžérskych dielní priamo v strediskách cestovného ruchu. Zaujímavou atraktivitou môže byť pestovanie vzrastlých plodín v ktorých je možné sezónne vytvorenie bludísk. Staršie náletové plochy, ktorých čistenie je finančne veľmi náročné, je možné s menšími úpravami použiť na vytvorenie lanových parkov (napr. „Tarzánia“).

ZÁVER

Pôdy s vysokým potenciálom rekreačnej funkcie zaberajú v regióne Banská Bystrica plochu 6675 ha, čo je 38,6 % výmery poľnohospodársky využívaných pôd. Región Banská Bystrica patrí medzi regióny s vysokým potenciálom dynamického hospodárskeho rozvoja, cez ktoré vedú novovybudované rýchlostné cestné prepojenia. Zlepšená situácia v cestnej infraštruktúre regiónu je predpokladom aj pre zlepšenie situácie v oblasti dopytu cestovného ruchu. Analýza využitia rekreačnej funkcie pôdy spojená s vypracovaním lokálneho návrhu rôznych variantov jej využitia môže prispieť nielen k ochrane pôdy a životného prostredia ale výraznou mierou aj k rozvoju ekonomiky daného regiónu.

LITERATÚRA

- BARANČÍKOVÁ, G., KOCO, Š., MAKOVNÍKOVÁ, J., TORMA, S. 2010. *Filtračná a transportná funkcia pôdy*. VÚPOP Bratislava, 2010. 33 str. ISBN 978-80-89128-66-2
- BUJNOVSKÝ, R., BALKOVIČ, J., BARANČÍKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., VILČEK, J. 2009. *Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska*. VÚPOP, Bratislava, 2010, 72 str., ISBN 978-80-89128-56-3
- BUJNOVSKÝ, R., VILČEK, J., BLAAS, G., SKALSKÝ, R., BARANČÍKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., BALKOVIČ, J., PÁLKA, B. 2011: *Hodnotenie kapacít pôdy a efektov z jej využívania*. VÚPOP Bratislava, 70 str., ISBN 978-80-89128-83-3
- DŽATKO, M. 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2002, 88 s. ISBN 80-85361-94-9.
- GONDA, L., ABRHAM, Z., ANDERT, D., GADUŠ, J., GUŠTAFÍKOVÁ, T., KANIANSKA, R., KIZEKOVÁ, M., KUNSKÝ, M., MAKOVNÍKOVÁ, J., MALIŠ, J., OBRČIANOVÁ, D., PEPICH, Š. 2010. *Poľnohospodárska biomasa – obnoviteľný prírodný zdroj*. CVRV Piešťany a SAŽP Banská Bystrica, 2010, 118 str., ISBN 978-80-89128-54-9
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., PÁLKA, B., STYK, J., ŠIRÁŇ, M. 2012. *Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Banská Bystrica a okolie s dopadom na riešenie pôdoochranných technológií*. (Realizačný výstup výskumnej úlohy „Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja“). VÚPOP Bratislava, 2012, 78 s. ISBN 978-80-89128-95-2
- HOPKINS, A. 2009. *Relevance and functionality of semi-natural grassland in Europe – status quo and future prospective*. SALVERE Semi-natural grassland as a source of biodiversity improvement: International workshop, 2009, p. 9 – 14.
- POLČÁK, N. 2001. *Analýza teplotných inverzií v Banskej Bystrici na základe terénnych pozorovaní*. In: Turisová, I. (edit.): *Ekologická diverzita modelového územia Banskobystrického regiónu*. FPV UMB, Štátna ochrana prírody SR, Stredoslovenské múzeum, Banská Bystrica, s. 55-65. ISBN 80-228-1123-8
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., PÁLKA, B. 2007. *Approach to the assessment of transport risk of inorganic contamination on the immobilisation capability of soil*. *Plant Soil Envir.*, vol. 53, 2007, str. 365-373.
- Návrh nariadenia Európskeho parlamentu*, 2012. Dostupné na internete: www.ec.europa.eu, stiahnuté: 6. Septembra 2012
- Správa o stave ŽP SR v roku 2010* (eds. Klinda, J., Lieskovská, Z.), MŽP SR 2011, 280 s., ISBN 978-80-88833-54-3
- WARKENTIN, B. 1995. *The changing concept of soil quality*. In: *J. Soil Water Conserv.*, 50, 1995, p. 226-228.
- YONG, R. N., MOHAMED, A. M. O., WARKENTIN, B. 1992. *Principles Contaminant Transport in soils*. Amsterdam – Tokyo Elsevier 1992, 327 pp. ISBN 0-444-88293-6.
- CR a HDP*, 2012, dostupné na internete: <http://www.euractiv.sk/regionalny-rozvoj/clanok/vlada-chce-zvysit-podiel-cestovneho-ruchu-na-hdp-019155>, zverejnené: 27.4. 2012

ACIDIFIKÁCIA NA MONITOROVACÍCH KLÚČOVÝCH LOKALITÁCH REPREZENTUJÚCICH KAMBIZEME

ACIDIFICATION ON MONITORING KEY SITES REPRESENTING CAMBISOLS

Jarmila MAKOVNÍKOVÁ, Miloš ŠIRÁŇ

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: j.makovnikova@vupop.sk

Abstrakt

Mapovanie priestorovej variability hodnôt priameho indikátora acidifikácie (pH v H₂O a pH v CaCl₂) na klúčových lokalitách sme uskutočnili na 17 odberových miestach umiestnených vo vzdialenosti 5 m a 10 m od stredu monitorovanej lokality v ôsmich smeroch smerovej ružice svetových strán v hĺbke 0–10 cm. Rozdiely hodnôt jednotlivých odberov od priemernej hodnoty celého súboru na lokalite Istebné sa pohybovali od -0,49 do +0,33 v prípade aktívnej pôdnej reakcie a od -0,61 do +0,46 v prípade výmennej pôdnej reakcie. Nižšie rozdiely sme stanovili na lokalite Sihla, trávny porast, a to od -0,34 do +0,21 v prípade aktívnej pôdnej reakcie a od -0,25 do +0,17 v prípade výmennej pôdnej reakcie. S využitím programu Surfer 7 sme získali priestorový model variability indikátorov acidifikácie na monitorovacej lokalite v hĺbke 0–10 cm. Na základe obojstranného konfidénčného intervalu pre strednú hodnotu a miery neurčitosti analytického stanovenia hodnôt pH v H₂O a pH v CaCl₂ sme stanovili interval preukaznosti zmien indikátorov acidifikácie časových radov na klúčovej monitorovacej lokalite. Prekrytím vývojových časových radov s intervalom preukazných zmien sme stanovili vývojové zmeny hodnôt priameho indikátora acidifikácie v čase na monitorovacej lokalite. V priebehu rokov 1995–2011 v siedmich rokoch došlo k preukazným zmenám hodnôt aktívnej pôdnej reakcie na lokalite Istebné, v jedenástich rokoch došlo k preukazným zmenám hodnôt aktívnej pôdnej reakcie na lokalite Sihla.

Kľúčové slová: priestorová variabilita pôdnej reakcie, indikátor acidifikácie, konfidénčný interval

Abstract

Detail spatial variability mapping of direct indicators of acidification (pH v H₂O and pH v CaCl₂) were realized on key monitoring sites test site (17 samples). Samples were collected in 5 m and 10 m distances from centre of locality in eight direction of cardinal points in depth 0–10 cm. Differences between individual soil samples values and arithmetic mean of data file move from -0.49 to +0.33 in the case of active pH value and from -0.61 to + 0.46 in the case of exchange pH value (site Istebne). Lower differences were determined on site Sihla (permanent grassland), from -0.34 to +0.21 in the case of active pH value and from -0.25 to + 0.17 in the

case of exchange pH value. Spatial variability model of pH value were done in Surfer 7 Program. On the base of confidence interval and uncertainly rate of pH value measure methodology (pH in H₂O and pH in CaCl₂) intervals of significant changes were determined. Time series of pH value were overlap with intervals of significant changes to obtain significant pH value changes. The pH value changes were significant in seven years in the case of site Istebne and in eleven years in the case of site Sihla.

Keywords: spatial variability of pH value, indicator of acidification, confidence interval

ÚVOD

Pôdna reakcia indikuje acido-bázické reakcie v pôde a je výsledkom celkovej bilancie iónov v pôdnom roztoku. Optimálna hodnota pôdnej reakcie patrí ku kľúčovým aspektom pri hodnotení kvality pôdy (JOHNSTON, 2004) ako aj pri hodnotení produkčných a environmentálnych funkcií pôdy (MAKOVNIKOVA, BARANČIKOVA, PÁLKA, 2007). Acidifikácia (proces okyslenia pôdy) je odrazom pôsobenia vnútorných (pôdnych) a vonkajších faktorov (faktorov stanovišťa) a zároveň je nepriamym indikátorom tých procesov v agroekosystéme, ktoré sú determinované hodnotou pH. Acidifikácia je vratným procesom, dôsledky acidifikácie v agroekosystéme sú nevratné (MAKOVNIKOVA, 2007, MAKOVNIKOVA, BARANČIKOVA, 2009). Acidifikácia pôd patrí podľa zákona 220/2004 k degradačným procesom a každý vlastník poľnohospodárskej pôdy je povinný vykonávať agrotechnické opatrenia zamerané na zachovanie kvality pôdy a ochranu pred jej poškodením a degradáciou. Sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie (aktívnej a výmennej) je jednou z úloh monitoringu pôd.

Systém monitorovania pôd je založený na sieti monitorovacích lokalít (základnej sieti a sieti kľúčových lokalít) a zaznamenáva časové zmeny vybraných vlastností pôd. Stred monitorovacej plochy je charakterizovaný pedologickou sondou s jej morfológickým popisom a identifikačnými údajmi. Monitorovacie lokality sú geodeticky zamerané v sústave WGS 84 (KOBZA a iní, 2009). Monitoring na kľúčových lokalitách zabezpečuje podrobné kontinuálne sledovanie pôdnych parametrov so zohľadnením priestorovej variability a to na ploche kruhového tvaru o polomere 10 m a celkovej ploche 314 m² v jednoročných intervaloch v jarnom období. BARRENSTEIN LEUCHS (1991) pokladajú odberovú plochu do 400 m² za dostatočnú pre charakteristiku kľúčovej lokality. Odber pôdnych vzoriek sa uskutočňuje v sonde umiestnenej v strede monitorovacej lokality a okrem toho zo štyroch separátnych miest, z náhodne určených miest z plochy monitorovacej lokality. V monitoringu pôd je nevyhnutné sledovať tendencie zmien sledovaných parametrov aj so zohľadnením priestorovej heterogenity. Pri analýze časových radov a stanovení preukazných zmien je preto dôležité poznať priestorovú variabilitu konkrétneho parametra (HÉDL a iní, 2004).

Cieľom práce je stanoviť priestorovú variabilitu hodnôt pôdnej reakcie na lokalitách reprezentujúcich kambizeme, čo umožní eliminovať priestorovú variabilitu tohto parametra pri hodnotení jeho vývojových zmien.

MATERIÁL A METÓDY

Mapovanie priestorovej variability hodnôt priameho indikátora acidifikácie (pH v H_2O a pH v $CaCl_2$) sme uskutočnili na dvoch kľúčových lokalitách, ktoré sú súčasťou siete Čiastkového monitoringu pôd. Lokalita Istebné, kambizem pseudoglejová vyvinutá na flyši, sa nachádza vo Veličianskej doline v Stredných Beskydách v oblasti Oravskej vrchoviny a je využívaná ako orná pôda, lokalita Sihla, kambizem modálna kyslá, vyvinutá na kyslých substrátoch, sa nachádza na Sihlianskej planine vo Veporských vrchoch a je využívaná ako trávny porast. Odbery sme uskutočnili na 17 odberových miestach umiestnených vo vzdialenosti 5 m a 10 m od stredu monitorovanej lokality v smeroch smerovej ružice svetových strán (sever, juh, západ, východ, severovýchod, severozápad, juhozápad, juhovýchod) v hĺbke 0–10 cm. V pôdnych vzorkách odobraných v rokoch 1994–2011 z kľúčových lokalít, ktoré reprezentujú kambizeme, bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia (FIALA a iní, 1999). Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC 5.0, grafické spracovanie v programe Surfer7.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Lokalita Istebné, kambizem pseudoglejová vyvinutá na flyši, stredne ťažká pôda, so stredným obsahom humusu, sa nachádza vo Veličianskej doline v Stredných Beskydách v oblasti Oravskej vrchoviny. Lokalita Istebné sa využíva ako orná pôda, v období monitorovania sa na lokalite striedala obilnina s dočasnou d'atelinotravnou miešankou (4 až 5ročné porasty). Lokalita Sihla, kambizem modálna, varieta kyslá, vyvinutá na kyslých substrátoch, sa nachádza na Sihlianskej planine vo Veporských vrchoch. Lokalita je využívaná ako trvalý trávny porast. Hodnotenie pôdnej reakcie z hľadiska zachovania predpokladov štatistického hodnotenia vyhovovalo podmienkam normality rozdelenia (Shapiro-Wilkov test), preto sme sledované parametre charakterizovali popisnou štatistikou normálneho rozdelenia (Tab. 1a,1b)

Tab. 1a Distribúcia hodnôt pH v H_2O v hĺbke 0–10 cm – lokalita Istebné

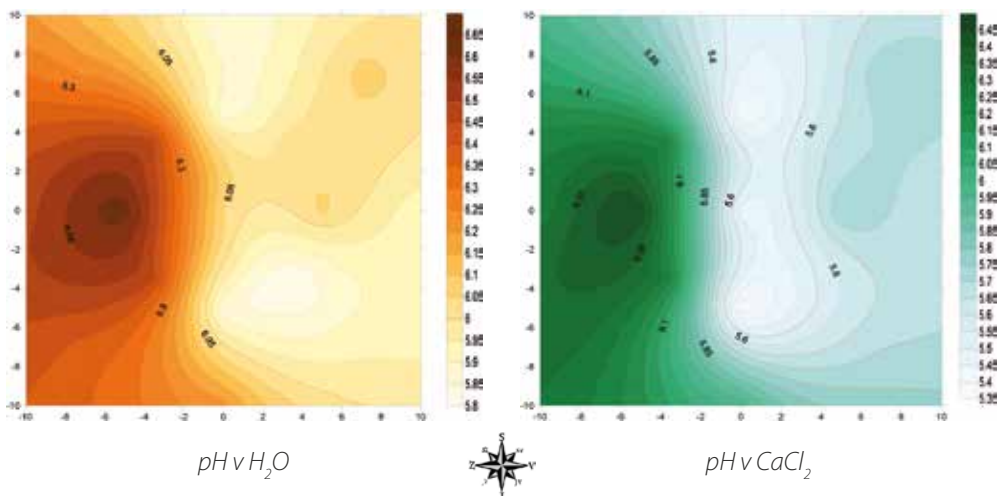
štatistické parametre	pH v H_2O	pH v $CaCl_2$
priemer	6,136	5,834
medián	6,060	5,740
minimum	5,800	5,370
maximum	6,630	6,450
stredná kvadratická odchylka	0,263	0,351

Tab. 1b Distribúcia hodnôt pH v H_2O v hĺbke 0–10 cm – lokalita Sihla

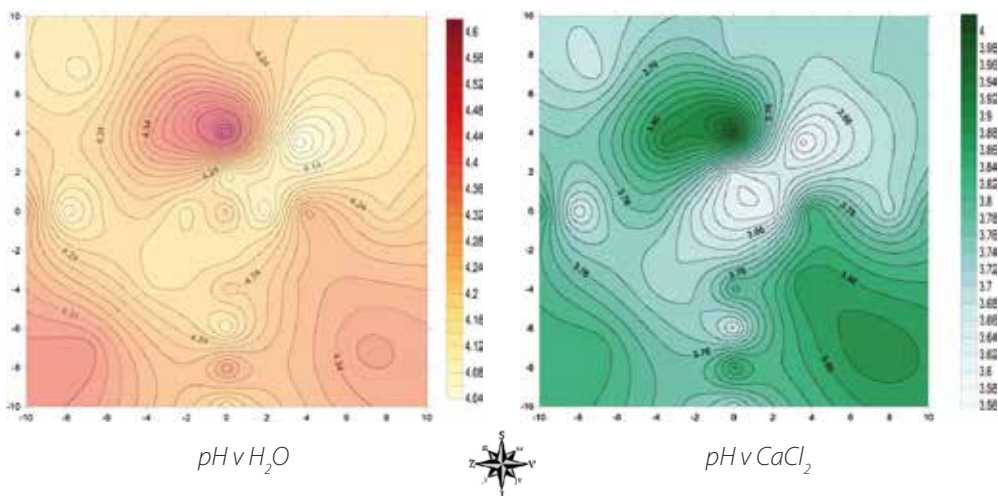
štatistické parametre	pH v H_2O	pH v $CaCl_2$
priemer	4,252	3,750
medián	4,240	3,720
minimum	4,040	3,570
maximum	4,600	4,000
stredná kvadratická odchylka	0,109	0,105

Pomocou programu Surfer 7, s aplikáciou krígingu s autokoreláciou susedných bodov sme získali priestorový model plošnej variability priamych indikátorov acidifikácie na monitorovacích lokalitách (Obr. 1, 2).

Obr. 1 Priestorový model variability pôdnej reakcie na monitorovacej lokalite Istebné



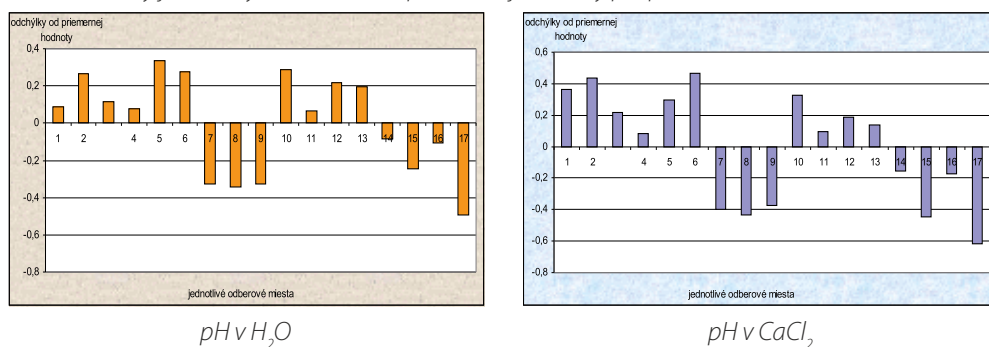
Obr. 2 Priestorový model variability pôdnej reakcie na monitorovacej lokalite Sihla



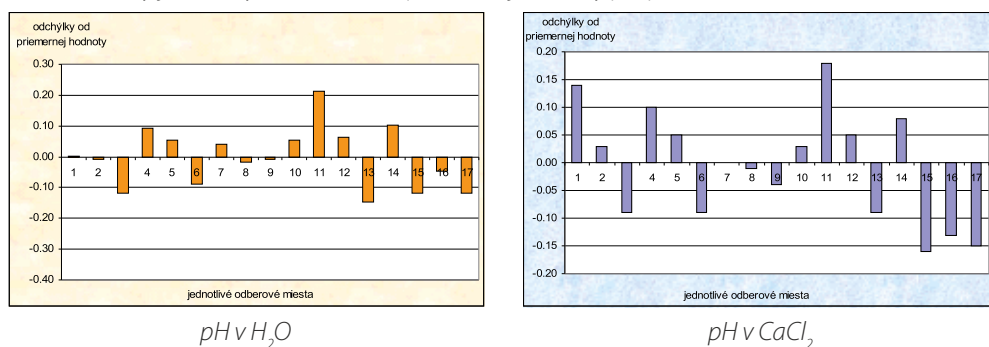
Priestorové rozloženie hodnôt pH v H₂O na lokalite Istebné, orná pôda, je rozdielne v severovýchodnej časti lokality, kde sa hodnoty v hĺbke 0–10 cm pohybujú od 5,80 do 6,10, oproti juhozápadnej časti lokality, kde sú všetky hodnoty pH vyššie. Na lokalite Sihla, trávny porast, je variabilnejšie plošné rozloženie hodnôt pôdnej reakcie.

Rozdiely hodnôt jednotlivých odberov od priemernej hodnoty celého súboru na lokalite Istebné (Obr. 3) sa pohybovali od -0,49 do +0,33 v prípade aktívnej pôdnej reakcie a od -0,61 do +0,46 v prípade výmennej pôdnej reakcie. Nižšie rozdiely sme stanovili na lokalite Sihla, trávny porast (Obr. 4), a to od -0,34 do +0,21 v prípade aktívnej pôdnej reakcie a od -0,25 do +0,17 v prípade výmennej pôdnej reakcie.

Obr. 3 Rozdiely jednotlivých odberov od priemernej hodnoty pre pôdnu reakciu na lokalite Istebné



Obr. 4 Rozdiely jednotlivých odberov od priemernej hodnoty pre pôdnu reakciu na lokalite Sihla



Priestorovú variabilitu priameho indikátora acidifikácie na monitorovacej lokalite sme využili ako podklad pre vymedzenie intervalu preukazných zmien vývojových časových radov.

Obojstranný konfidenčný interval pre aritmetický priemer μ normálneho rozdelenia na hladine pravdepodobnosti 95 % bol stanovený v programe STATGRAPHICS 5.0 podľa vzorca:

$$x - 2\sigma/\sqrt{n} \leq \mu \leq x + 2\sigma/\sqrt{n},$$

kde stredná kvadratická odchýlka odhadu σ je definovaná ako súčet druhej mocniny vychýlenia odhadu a disperzie odhadu a n je počet meraní.

Na základe obojstranného konfidenčného intervalu pre strednú hodnotu a miery neistoty analytického stanovenia hodnôt pH v H₂O a pH v CaCl₂ ($\pm 0,02$ až $\pm 0,05$, FIALA a iní, 1999)

sme stanovili interval preukaznosti zmien indikátorov acidifikácie časových radov na kľúčových monitorovacích lokalitách. Konfidenčné intervaly a intervaly preukazných zmien pre jednotlivé parametre sú v tabuľke 3.

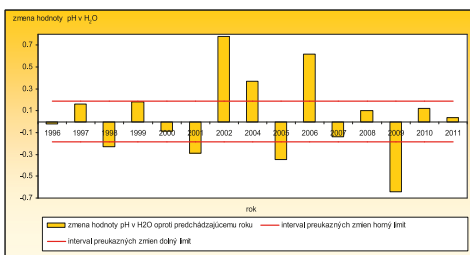
Tab. 2 Konfidenčné intervaly a intervaly preukazných zmien pre pH v H_2O a pH v $CaCl_2$

lokality	parameter	konfidenčný interval		interval preukazných zmien
Istebné	pH v H_2O	6,006 – 6,271	$6,136 \pm 0,135$	$\pm 0,185$
	pH v $CaCl_2$	5,655 – 6,015	$5,834 \pm 0,180$	$\pm 0,230$
Sihla	pH v H_2O	4,211 – 4,293	$4,252 \pm 0,041$	$\pm 0,091$
	pH v $CaCl_2$	3,710 – 3,790	$3,750 \pm 0,040$	$\pm 0,090$

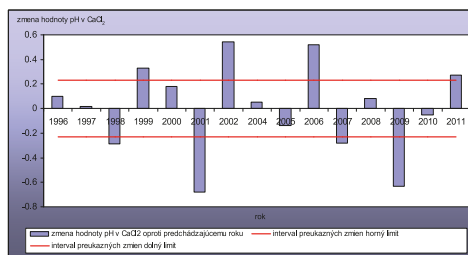
Konfidenčný interval ako aj interval preukazných zmien je užší v prípade kambizeme modálnej využívanej ako trávny porast oproti kambizemi pseudoglejovej využívanej ako orná pôda.

Prekrytím zmien hodnôt pôdnej reakcie v časových radoch sme stanovili preukazné zmeny hodnôt priameho indikátora acidifikácie v čase (napr. zmena v roku 1996 = hodnota pH v roku 1996 – hodnota pH v roku 1995) na monitorovacej lokalite Sihla v hĺbke 0 – 10 cm (Obr. 5, Obr. 6).

Obr. 5 Zmeny hodnôt pôdnej reakcie na monitorovacej lokalite Istebné

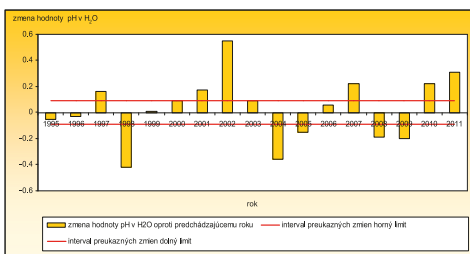


pH v H_2O

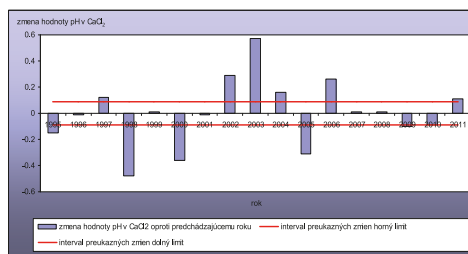


pH v $CaCl_2$

Obr. 6 Zmeny hodnôt pôdnej reakcie na monitorovacej lokalite Sihla



pH v H_2O



pH v $CaCl_2$

Na lokalite Istebné bola v siedmich rokoch zmena hodnoty pôdnej reakcia vyššia ako priestorová variabilita tohto parametra v priebehu rokov 1995–2011. V štyroch rokoch 1998, 2001, 2005 a 2009 išlo o negatívne zmeny, zníženie hodnôt pôdnej reakcie. K zníženiu hodnôt pôdnej reakcie došlo v rokoch pestovania ďatelinotrávnej miešanky. Najvýraznejšia negatívna zmena nastala v roku 2009. Pri porovnaní konkrétnych hodnôt indikátora pH v H₂O v roku 1995 a v roku 2009 ide o pokles hodnoty aktívnej pôdnej reakcie o 0,99 jednotiek, čo už znamená prechod zo slabo kyslej do kyslej oblasti so zvýšenou mierou negatívnych dôsledkov acidifikácie.

V priebehu rokov 1995–2011 v jedenástich rokoch došlo na lokalite Sihla k preukazným zmenám hodnôt aktívnej pôdnej reakcie, pričom v piatich rokoch 1998, 2004, 2005, 2008 a 2009 išlo o negatívne zmeny, zníženie hodnôt pôdnej reakcie. Pri porovnaní konkrétnych hodnôt indikátora pH v H₂O v roku 1995 a v roku 2011 ide o zvýšenie hodnoty aktívnej pôdnej reakcie o 0,40 jednotiek. Hodnota pôdnej reakcie však naďalej ostáva v kyslej oblasti.

ZÁVER

Analýza priestorovej variability konkrétneho parametra na konkrétnej lokalite nám pri monitorovaní zmien v jednotlivých cykloch monitoringu pôd umožňuje objektivizovať informácie o vývoji pôd. V priebehu rokov 1995-2011 v siedmich rokoch došlo na lokalite Istebné k preukazným zmenám hodnôt aktívnej pôdnej reakcie, v jedenástich rokoch došlo na lokalite Sihla k preukazným zmenám hodnôt aktívnej pôdnej reakcie.

LITERATÚRA

- BARRENSTEIN, A., LEUCHS, W. 1991. *Strategien und Techniken zur Gewinnung von Feststoffen*. LWA Materialien 1/91, Probenahme bei Altlasten, Dusseldorf: 1991
- FIALA, K a kol., 1999. *Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu*. Bratislava, 60 s., ISBN 80-85361-55-8
- HÉDL, R., PETRÍK, P., BOULÍK, K. 2004. *Acidifikace lesních půd Jeseníku, metodologické a stanovištní vplyvy. Pedologické dny 2004, Sborník z konference na téma Biodiverzita*. (ed. Rohošková, M.) Roztoky u Křivokláta, ČZU Praha: 2004. str.40–42. ISBN 80–213-1248-3
- JOHNSTON, A. E. 2004. *Soil Acidity – Resilience and Thresholds*. In: Schjønning, P., Elmholt, S., Christensen, B. T. (eds.): *Managing soil quality*. CABI Publishing: 2004. 344 p. ISBN 85-1996-71-X
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., ČUMOVÁ, L., DODOK, R., HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., NÁČINIÁKOVÁ-BEZÁKOVÁ, Z., PÁLKA, B., PAVLENDÁ, P., STYK, J., ŠÍRÁŇ, M., TÓTHOVÁ, G. 2009. *Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 200 s. ISBN 978-80-89128-54-9
- MAKOVNÍKOVÁ, J. 2007. *Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy*. Bratislava: VÚPOP, 2007. 30 s. ISBN 978-80-89128-37-2.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., PÁLKA, B., 2007. *Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil*. *Plant, Soil and Environment*, vol.53, 8, 365–373
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G. 2009. *Assessment of transport risk of cadmium and lead on the basis of immobilisation capability of soil*. *Soil and Water Research*, vol. 4, č.1, str: 10-16.

PRIESTOROVÁ VALIDÁCIA A PRESNOSŤ ODHADOV ÚROD VYBRANÝCH POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PLODÍN

SPATIAL VALIDATION AND ACCURACY OF PREDICTED YIELDS RELATED TO SELECTED CROPS

Martina NOVÁKOVÁ, Zuzana KLIKUŠOVSKÁ, Michal SVIČEK

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava,
e-mail: m.novakova@vupop.sk*

Abstrakt

Príspevok je venovaný problematike stanovenia presnosti odhadovaných úrod poľnohospodárskych plodín ako dôležitého aspektu aplikovania a využívania týchto výsledkov v poľnohospodárskej praxi. Odhady úrod boli realizované v rámci národného systému SK_CGMS, a to na základe troch implementovaných metodických postupov: a) metódou interpretácie satelitných obrazových záznamov, b) metódou biofyzikálneho modelovania a c) metódou integrovaného odhadu. Presnosť odhadov bola stanovená za obdobie rokov 2003 až 2011, pričom extrémne roky boli zo štatistického radu eliminované. Presnosť bola stanovená na národnej, krajskej a okresnej úrovni. Najvyššia presnosť bola zaznamenaná pri zemiakoch, a to $\pm 6,25$ %; nasledovali obilniny – jačmeň jarný s priemernou odchýlkou $\pm 7,32$ %, pšenica ozimná s priemernou odchýlkou $\pm 7,92$ %; pri repke olejnej bola zaznamenaná presnosť na úrovni $\pm 12,27$ %, pri kukurici $\pm 12,66$ %, pri slnečnici ročnej $\pm 13,21$ %; najnižšia presnosť bola zaznamenaná pri cukrovej repe technickej, a to na úrovni $\pm 15,58$ %. Pri prechode na krajskú a následne na okresnú úroveň sa presnosť odhadovaných úrod analyzovaných poľnohospodárskych plodín značne diferencovala; interval dosahovaných presností sa výrazne zväčšil.

Kľúčové slová: odhad úrod, poľnohospodárske plodiny, presnosť

Abstract

The paper is oriented to present the results of the accuracy of the forecasted crop yield analyze as an important aspect for the application and use of these results in agricultural practices. The crop yield forecasts were made under the national system SK_CGMS. Three methodologies were applied to forecast crop yields: a) the method of interpretation of satellite image, b) biophysical modeling c) integrated estimation method. The accuracy of crop yield forecasts was determined for the period 2003 to 2011 and the extreme years were eliminated from of statistical series. The accuracy of crop yield forecasts was determined at the national, provincial, and district levels. The highest accuracy was observed in potato (average error ± 6.25 %),

followed by cereals > spring barley (average error of ± 7.32 %) and winter wheat (average error of ± 7.92 %); followed by oilseed rape (average error of ± 12.27 %), grain maize (average error of ± 12.66 %), sunflower (average error of ± 13.21 %); the lowest accuracy were found in sugar beet (average error of ± 15.58 %). At regional and district level, the accuracy of estimated crop yields was different and interval of accuracy was markedly increased.

Keywords: crop yield forecasting, accuracy

ÚVOD

Produkčná schopnosť poľnohospodárskych plodín predstavuje jednu zo základných funkčných charakteristík poľnohospodárskych pôd a poľnohospodárskej krajiny. Význam hodnotenia produkčnej schopnosti je podstatný nielen pri zabezpečovaní potravinovej bezpečnosti, či pri cenotvorbe poľnohospodárskych pôd pri ich zábere, ale aj pri riadení trhu s poľnohospodárskymi komoditami.

Priebežné odhady úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín na národnej úrovni (pre SR) realizuje viacero inštitúcií, pričom každá z nich vychádza z aplikácie rozdielnych metodických postupov (Štatistický úrad – štatistické a pravdepodobnostné modely; Slovenské centrum poľnohospodárskeho výskumu – Výskumný ústav rastlinnej výroby – terénny prieskum; Slovenská poľnohospodárska a potravinárska komora – spracovanie údajov poskytnutých poľnohospodárskymi subjektmi počas žatvy).

Priebežné odhady úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín realizuje v rámci svojich činností aj Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy (VÚPOP), a to na základe kontraktov s Ministerstvom pôdohospodárstva SR od roku 1998. Odhady úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín, ako aj monitoring vegetácie počas poľnohospodárskej sezóny, prešiel počas viacročného riešenia na VÚPOP prirodzeným vývojom, ktorý sledoval a neustále sa približoval statusu a progresu vrátane štandardizácie komplexnej metodiky a postupov uplatňovaných inštitúciami EÚ, predovšetkým JRC (Spoločné výskumné stredisko Európskej Komisie v Ispre, Taliansko; CGMS – Crop Yield Monitoring System, viac na <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/AGRI4CAST/Models-Software-Tools/Crop-Growth-Modelling-System-CGMS>).

Odhady úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín boli v rokoch 1998 – 2008 realizované mierne modifikovanou metodikou vyvinutou a doporučenou pre tieto účely JRC. Vychádzali z aplikovania dvoch samostatných metód – metódy interpretácie satelitných záznamov (pre SR SCHOLTZ 2005) a metódy agrometeorologického modelovania (pre SR NOVÁKOVÁ 2005); následnou štatistickou analýzou odvodených vegetačných indexov/indikátorov a štatistických radov dosiahnutých úrod konkrétnych poľnohospodárskych plodín boli určené konečné hodnoty produkcie jednotlivých poľnohospodárskych plodín. Z hľadiska priestorovej reprezentácie mali výstupy odhadu úrod metódou agrometeorologického modelovania bodový charakter, pričom boli následne transformované a interpretované na okresnú, krajskú a národnú úroveň. Výstupy odhadu úrod metódou interpretácie satelitných záznamov boli priamo odvodené a interpretované na okresnej, krajskej a národnej úrovni. V rokoch 2007 – 2009 bol na základe metodiky vyvinutej

a pre európske krajiny doporučenej JRC vybudovaný národný systém agrometeorologického modelovania s aplikačnou koncovkou kvantifikovaného odhadu úrod a závlahového dispečingu SK_CGMS (metodika modifikovaná na podmienky SR; NOVÁKOVÁ a iní, 2010).

Dôležitou fázou vo využití výstupov SK_CGMS je výsledky odhadov úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín analyzovať z hľadiska ich presnosti, t.j. porovnávať priebežné odhady úrod s reálne dosiahnutými úrodami, a následne sa pokúsiť o stanovenie miery ich spoľahlivosti. Presnosť odhadov úrod totiž predstavuje základný ukazovateľ dôveryhodnosti odhadov úrod a do veľkej miery určuje možnosti ich následného využitia v praxi.

MATERIÁL A METÓDY

Odhady úrod vybraných poľnohospodárskych plodín

Odhady úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín sa na základe kritérií MP SR a Európskej komisie vykonávajú len pre strategické (hlavné) poľnohospodárske plodiny, pričom v rámci SR ide o pšenicu ozimnú, jačmeň jarný, repku olejnú ozimnú, kukuricu na zrno, slnečnicu ročnú, cukrovú repu technickú a zemiaky.

Odhady úrod boli v období rokov 2003 až 2011 spätne realizované v rámci národného systému SK_CGMS, a to na základe troch implementovaných metodických postupov (GENOVESE a BETTIO 2004; LAZAR a GENOVESE 2004; MICALE a GENOVESE 2004; ROYER a GENOVESE, 2004):

- *metódou interpretácie satelitných obrazových záznamov s malým rozlíšením* (metóda DPZ), pri ktorej sa vývoj biomasy sledoval a analyzoval prostredníctvom vegetačného indexu NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Zdrojom údajov boli družicové systémy NOAA – senzor AVHRR s priestorovým rozlíšením 1x1 km;
- *metódou biofyzikálneho modelovania*, pri ktorom sa vývoj biomasy simuloval pomocou biofyzikálneho modelu WOFOST (Supit a iní 1994, Boogaard a iní 1998, Supit a Goot 2003), ktorý je implementovaný v systéme SK_CGMS. Ako vstupné údaje modelu boli využité pôdne údaje, fyziologické parametre plodín, fenologické údaje a k danému termínu a pre dané územie relevantné meteorologické údaje. V procese modelovania sa sledoval vývoj celkovej nadzemnej produkcie (vegetačný index TAGP – Total Above Ground Production) a vývoj suchej hmoty v zásobných orgánoch (vegetačný index TWSO – Total Dry Weight of Storage Organs);
- *metódou integrovaného odhadu*, ktorý prostredníctvom implementácie konkrétnych meteorologických indikátorov v štatistických analýzach hodnotí aj vplyv počasia na predpokladanú úroveň úrody. Integrovaný odhad tak „sumarizuje“ širšie spektrum rôznorodých indikátorov a indexov, ktoré sa v súčasnosti pre účely predpovedania úrod a následne aj produkcie poľnohospodárskych plodín využívajú.

Pri všetkých metódach sa zistené hodnoty vegetačných indexov následne štatisticky vyhodnotili, t.j. porovnali sa s hodnotami indexov z daného obdobia za predchádzajúce roky a so skutočne dosiahnutými úrodami. Na základe výsledkov porovnávania (štatistickými metódami) boli určené konečné hodnoty odhadovanej biomasy, resp. úrody jednotlivých plodín. Hodnoty

odhadovaných úrod poľnohospodárskych plodín boli stanovené na úrovni okresov, z ktorých bola pomocou údajov o osevných plochách za jednotlivé okresy interpretovaná priemerná úroda za kraje a za štát.

Priestorová validácia výstupov odhadu úrod

Pri stanovení presnosti odhadov úrod sa vychádzalo z časových radov odhadovaných a a reálne dosiahnutých úrod v období rokov 2003–2011 na úrovni dostupných štatistických a administratívnych jednotiek – okresov, pričom z hodnotenia boli vylúčené extrémne roky, t.j. roky, v ktorých boli zaznamenané extrémne v reálnych úrodách. Pri ozimných a jarných plodinách boli vylúčené roky 2003 (sucho), 2008 (extrémne vysoké úrody) a 2010 (záplavy); pri letných plodinách boli vylúčené roky 2007 (sucho), 2008 (extrémne vysoké úrody) a 2010 (záplavy).

Ako indikátor presnosti odhadovanej úrody na úrovni okresov, krajov a štátu pre obdobie rokov 2003 až 2011 bola aplikovaná priemerná chyba, stanovená ako priemer absolútnych hodnôt odchýlok odhadovanej úrody v porovnaní s reálne dosiahnutými úrodami. Vyjadrená bola v t.ha⁻¹ a v %.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priemerná presnosť odhadov úrod za obdobie 2003 až 2011 – národná úroveň

Výsledky priemernej presnosti odhadu úrod vybraných poľnohospodárskych plodín na národnej úrovni (vrátane zaznamenaných priemerných odchýlok odhadov úrod od reálne dosiahnutých úrod vyjadrených v t.ha⁻¹) sú uvedené v tabuľke 1.

Pri *pšenicí ozimnej* v období rokov 2003 až 2011 bola zaznamenaná nasledovná priemerná presnosť odhadov úrod: pri odhade úrod biofyzikálnym modelovaním $\pm 9,52$ %, pri odhade úrod diaľkovým prieskumom Zeme $\pm 7,95$ % a pri integrálnom odhade úrod $\pm 7,92$ %; v priemere je najpresnejšou metódou odhadu úrod integrálny odhad.

Pri *jačmeni jarnom* v období rokov 2003 až 2011 bola zaznamenaná nasledovná priemerná presnosť odhadov úrod: pri odhade úrod biofyzikálnym modelovaním $\pm 7,74$ %, pri odhade úrod diaľkovým prieskumom Zeme $\pm 8,81$ % a pri integrálnom odhade úrod $\pm 7,32$ %; v priemere je najpresnejšou metódou odhadu úrod integrálny odhad.

Pri *repke olejnej ozimnej* v období rokov 2003 až 2011 bola zaznamenaná nasledovná priemerná presnosť odhadov úrod: pri odhade úrod biofyzikálnym modelovaním $\pm 17,52$ %, pri odhade úrod diaľkovým prieskumom Zeme $\pm 12,27$ % a pri integrálnom odhade úrod $\pm 13,62$ %; v priemere je najpresnejšou metódou odhadu úrod diaľkovým prieskumom Zeme.

Pri *kukurici na zrnó* v období rokov 2003 až 2011 bola zaznamenaná nasledovná priemerná presnosť odhadov úrod: pri odhade úrod biofyzikálnym modelovaním $\pm 12,66$ %, pri odhade úrod diaľkovým prieskumom Zeme $\pm 20,74$ % a pri integrálnom odhade úrod $\pm 15,26$ %; v priemere je najpresnejšou metódou odhadu úrod biofyzikálnym modelovaním.

Pri *slnečnici ročnej* v období rokov 2003 až 2011 bola zaznamenaná nasledovná priemerná presnosť odhadov úrod: pri odhade úrod biofyzikálnym modelovaním $\pm 13,21$ %, pri od-

hade úrod diaľkovým prieskumom Zeme $\pm 13,29\%$ a pri integrálnom odhade úrod $\pm 14,28\%$; v priemere je najpresnejšou metóda odhadu úrod biofyzikálnym modelovaním.

Pri cukrovej repe technickej v období rokov 2003 až 2011 bola zaznamenaná nasledovná priemerná presnosť odhadov úrod: pri odhade úrod biofyzikálnym modelovaním $\pm 15,58\%$, pri odhade úrod diaľkovým prieskumom Zeme $19,37\%$ a pri integrálnom odhade úrod $\pm 17,15\%$; v priemere je najpresnejšou metóda odhadu úrod biofyzikálnym modelovaním.

Pri zemiakoch konzumných v období rokov 2003 až 2011 bola zaznamenaná nasledovná priemerná presnosť odhadov úrod: pri odhade úrod biofyzikálnym modelovaním $\pm 7,56\%$, pri odhade úrod diaľkovým prieskumom Zeme $6,25\%$ a pri integrálnom odhade úrod $\pm 8,93\%$; v priemere je najpresnejšou metóda odhadu úrod diaľkovým prieskumom Zeme.

Tab.1. Priemerné presnosti odhadov úrod vybraných poľnohospodárskych plodín na národnej úrovni za obdobie rokov 2003 až 2011 (bez extrémnych rokov).

plodina	WOF		NDVI		INT	
	t.ha ⁻¹	± %	t.ha ⁻¹	± %	t.ha ⁻¹	± %
pšenica ozimná	0,41	9,52	0,35	7,95	0,35	7,92
jačmeň jarný	0,28	7,74	0,33	8,81	0,28	7,32
repka olejná ozimná	0,44	17,52	0,31	12,27	0,34	13,62
kukurica na zrno	0,82	12,66	1,30	20,74	0,97	15,26
slnečnica ročná	0,29	13,21	0,29	13,29	0,31	14,28
cukrová repa technická	8,30	15,58	10,34	19,37	9,14	17,15
zemiaky konzumné	1,34	7,56	1,12	6,25	1,57	8,93
pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad						

Priemerná presnosť odhadov úrod za obdobie 2003 až 2011 – krajská úroveň

Do vzájomného hodnotenia jednotlivých krajov SR vstupoval vždy najpresnejší z trojice odhadov pre danú priestorovú jednotku – odhad úrody realizovaný metódou biofyzikálneho modelovania, metódou diaľkového prieskumu Zeme alebo odhad metódou integrovaného odhadu.

Pri pšenici ozimnej v období rokov 2003 až 2011 (Tab. 2) bola zaznamenaná najvyššia presnosť prekvapujúco v Banskobystrickom kraji, a to na úrovni priemernej odhchýlky $\pm 6,75\%$ (odhad úrody metódou diaľkového prieskumu Zeme); pod hranicu 10% sa dostali aj kraje Nitriansky ($\pm 7,81\%$), Trenčiansky ($\pm 8,16\%$), Trnavský ($\pm 8,52\%$), Prešovský ($\pm 9,67\%$) a Bratislavský kraj ($\pm 9,85\%$); tesne nad hranicu 10% sa dostal kraj Žilinský ($\pm 10,12\%$; odhad úrody metódou biofyzikálneho modelovania) a najnižšia presnosť bola zaznamenaná v Košickom kraji, a to na úrovni priemernej odhchýlky $\pm 14,76\%$ (odhad úrody metódou diaľkového prieskumu Zeme).

Tab.2. Priemerné presnosti odhadov úrod pšenice ozimnej na úrovni krajov za obdobie rokov 2003 až 2011 (bez extrémnych rokov).

pšenica ozimná	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Bratislavský kraj	10,12	11,04	9,85

pšenica ozimná	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Trnavský kraj	8,52	9,08	8,69
Trenčiansky kraj	8,31	9,74	8,16
Nitriansky kraj	8,55	9,55	7,81
Žilinský kraj	10,12	12,67	10,67
Banskobystrický kraj	6,75	11,00	6,95
Prešovský kraj	13,84	9,67	10,67
Košický kraj	15,14	14,76	14,94
pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad			

Pri jačmeni jarnom v období rokov 2003 až 2011 (Tab. 3) bola zaznamenaná najvyššia presnosť v Trenčianskom kraji, a to na úrovni priemernej odchýlky $\pm 7,46\%$ (odhad úrody integrovanou metódou); pod hranicu 10 % sa dostali aj kraje Nitriansky ($\pm 7,99\%$), Košický ($\pm 8,80\%$), Prešovský ($\pm 9,05\%$), Banskobystrický ($\pm 9,29\%$) a Trnavský kraj ($\pm 9,63\%$); tesne nad hranicu 10 % sa dostal kraj Žilinský ($\pm 10,10\%$) a najnižšia presnosť bola zaznamenaná prekvapujúco v Bratislavskom kraji, a to na úrovni priemernej odchýlky $\pm 11,40\%$ (odhad úrody metódou diaľkového prieskumu Zeme).

Pri repke olejnej ozimnej v období rokov 2003 až 2011 (Tab. 4) bola zaznamenaná najvyššia presnosť v Trnavskom kraji, a to na úrovni priemernej odchýlky $\pm 13,56\%$ (odhad úrody integrovanou metódou); pod hranicu presnosti 15 % sa dostal aj kraj Nitriansky ($\pm 14,40\%$); pod hranicou presnosti 20 % je Trenčiansky kraj ($\pm 15,36\%$), Prešovský kraj ($\pm 15,64\%$), Banskobystrický kraj ($\pm 15,88\%$), Žilinský kraj ($\pm 16,09\%$), Košický kraj ($\pm 16,95\%$); najnižšia presnosť bola zaznamenaná v Bratislavskom kraji, a to na úrovni priemernej odchýlky $\pm 21,09\%$ (odhad úrody integrovanou metódou).

Tab.3. Priemerné presnosti odhadov úrod jačmeňa jarného na úrovni krajov za obdobie rokov 2003 až 2011 (bez extrémnych rokov).

jačmeň jarný	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Bratislavský kraj	14,43	11,40	12,08
Trnavský kraj	12,31	9,63	11,56
Trenčiansky kraj	7,74	8,29	7,46
Nitriansky kraj	8,69	8,89	7,99
Žilinský kraj	12,25	10,10	12,15
Banskobystrický kraj	9,33	19,34	9,29
Prešovský kraj	10,22	9,46	9,05
Košický kraj	8,80	14,26	12,13
pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad			

Tab. 4. Priemerné presnosti odhadov úrod repky olejnej ozimnej na úrovni krajov za obdobie rokov 2003 až 2011 (bez extrémnych rokov).

repka olejná ozimná	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Bratislavský kraj	22,52	25,54	21,09
Trnavský kraj	16,90	18,19	13,56
Trenčiansky kraj	17,81	15,63	15,36
Nitriansky kraj	15,82	15,45	14,40
Žilinský kraj	19,47	21,54	16,09
Banskobystrický kraj	15,92	19,50	15,88
Prešovský kraj	15,64	15,28	15,74
Košický kraj	20,03	16,95	17,39
pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad			

Pri kukurici na zrno v období rokov 2003 až 2011 (Tab. 5) bola zaznamenaná najvyššia presnosť v Trnavskom kraji, a to na úrovni priemernej odchýlky $\pm 13,78$ % (odhad úrody metódou biofyzikálneho modelovania); pod hranicu presnosti 20 % sa dostali kraje Nitriansky ($\pm 15,94$ %), Prešovský ($\pm 16,77$ %), Bratislavský ($\pm 17,13$ %), Košický ($\pm 19,35$ %), Banskobystrický ($\pm 19,60$ %); najnižšia presnosť bola zaznamenaná v Trenčianskom kraji ($\pm 25,44$ %, odhad úrody metódou biofyzikálneho modelovania) a v Žilinskom kraji ($\pm 38,83$ %, odhad úrody metódou biofyzikálneho modelovania).

Pri cukrovej repe technickej v období rokov 2003 až 2011 (tab. 6) bola zaznamenaná najvyššia presnosť v Trnavskom kraji, a to na úrovni priemernej odchýlky $\pm 13,00$ % (odhad úrody metódou biofyzikálneho modelovania); pod hranicu presnosti 20 % sa dostali kraje Trenčiansky ($\pm 14,47$ %), Nitriansky ($\pm 18,12$ %), Banskobystrický ($\pm 18,16$ %), Košický ($\pm 18,86$ %), Žilinský ($\pm 18,93$ %); nad hranicu presnosti na úrovni 20 % priemernej odchýlky sa dostal kraj Bratislavský ($\pm 21,57$ %) a najnižšia presnosť bola zaznamenaná v Prešovskom kraji ($\pm 42,13$ %, odhad úrody metódou biofyzikálneho modelovania), pričom v tomto kraji sa plodina sa pestuje len v málo okresoch a na malých výmerách a do výpočtov boli zahrnuté len dva roky.

Pri slnečnici ročnej v období rokov 2003 až 2011 (tab. 7) bola zaznamenaná najvyššia presnosť v Nitrianskom kraji, a to na úrovni priemernej odchýlky $\pm 10,63$ % (odhad úrody metódou diaľkového prieskumu Zeme) a v Trenčianskom kraji na úrovni priemernej odchýlky $\pm 10,98$ % (odhad úrody metódou biofyzikálneho modelovania); pod hranicu presnosti 15 % sa dostali kraje Bratislavský ($\pm 11,46$ %), Trnavský ($\pm 12,43$ %), Košický ($\pm 15,69$ %), Prešovský ($\pm 18,01$ %); najnižšia presnosť bola zaznamenaná v Žilinskom kraji ($\pm 28,95$ %, odhad úrody metódou biofyzikálneho modelovania), pričom v tomto kraji sa plodina sa pestuje len v málo okresoch a na malých výmerách a do výpočtov boli zahrnuté len tri roky.

Tab. 5. Priemerné presnosti odhadov úrod kukurice na zrno na úrovni krajov za obdobie rokov 2003 až 2011 (bez extrémnych rokov).

kukurica na zrno	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Bratislavský kraj	17,13	22,63	19,42
Trnavský kraj	13,78	17,30	16,30
Trenčiansky kraj	25,44	33,09	26,84
Nitriansky kraj	15,94	23,24	16,66
Žilinský kraj	38,83	40,42	39,03
Banskobystrický kraj	20,73	29,04	19,60
Prešovský kraj	16,77	24,90	19,65
Košický kraj	19,35	29,27	21,22
pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad			

Tab. 6. Priemerné presnosti odhadov úrod cukrovej repy technickej na úrovni krajov za obdobie rokov 2003 až 2011 (bez extrémnych rokov).

cukrová repa technická	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Bratislavský kraj	21,57	25,82	23,72
Trnavský kraj	13,00	17,35	15,15
Trenčiansky kraj	14,47	17,80	15,37
Nitriansky kraj	18,12	23,05	19,01
Žilinský kraj	18,93	30,15	21,13
Banskobystrický kraj	19,93	26,55	18,16
Prešovský kraj	42,13	42,51	45,03
Košický kraj	18,86	25,92	21,88
pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad			

Tab. 7. Priemerné presnosti odhadov úrod slnečnice ročnej na úrovni krajov za obdobie rokov 2003 až 2011 (bez extrémnych rokov).

slnečnica ročná	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Bratislavský kraj	11,46	13,84	13,31
Trnavský kraj	13,61	12,43	13,85
Trenčiansky kraj	10,98	11,43	11,55
Nitriansky kraj	15,12	10,63	12,65
Žilinský kraj	28,95	40,09	31,80
Banskobystrický kraj	19,51	18,60	19,47
Prešovský kraj	18,01	19,47	18,18

slničnica ročná	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Košický kraj	15,69	22,36	18,46
pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad			

Pri zemiakoch konzumných v období rokov 2003 až 2011 (Tab. 8) bola zaznamenaná najvyššia presnosť v Banskobystrickom kraji, a to na úrovni priemernej odchýlky $\pm 5,69\%$ (odhad úrody integrovanou metódou); pod hranicu presnosti 15 % sa dostali kraje Žilinský ($\pm 9,89\%$), Trenčiansky ($\pm 10,76\%$), Košický ($\pm 11,13\%$), Nitriansky ($\pm 12,57\%$); tesne nad hranicou presnosti 15 % sú kraje Prešovský ($\pm 15,03\%$) a Trnavský ($\pm 15,69\%$); najnižšia presnosť bola zaznamenaná v Bratislavskom kraji ($\pm 17,19\%$, odhad úrody metódou diaľkového prieskumu Zeme).

Tab. 8. Priemerné presnosti odhadov úrod zemiakov konzumných na úrovni krajov za obdobie rokov 2003 až 2011 (bez extrémnych rokov).

zemiaky konzumné	WOF	NDVI	INT
	± %	± %	± %
Bratislavský kraj	19,18	17,19	18,59
Trnavský kraj	18,16	15,69	18,93
Trenčiansky kraj	13,07	12,51	10,76
Nitriansky kraj	12,57	20,57	15,11
Žilinský kraj	9,89	11,07	12,66
Banskobystrický kraj	7,54	10,20	5,69
Prešovský kraj	15,56	23,76	15,03
Košický kraj	16,67	11,13	11,57
pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad			

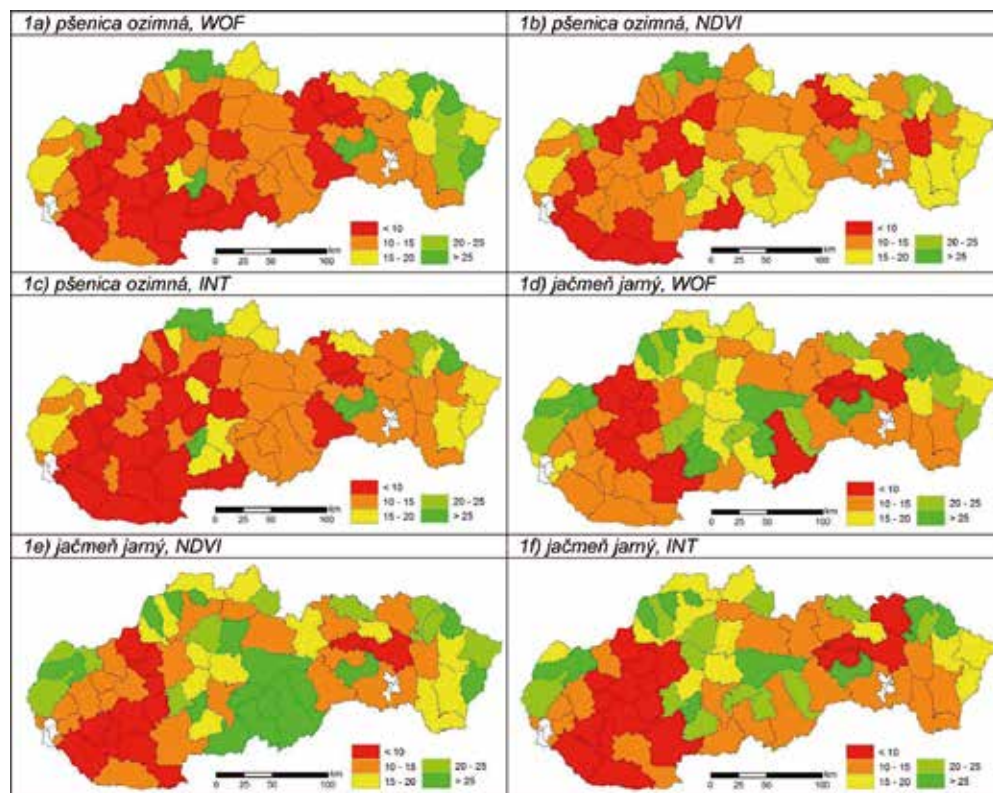
Priemerná presnosť odhadov úrod za obdobie 2003 až 2011 – okresná úroveň

Priestorová variabilita presnosti odhadov úrod pšenice ozimnej (realizovaných viacerými metódami), ktorá bola stanovená za obdobie rokov 2003 až 2011, je znázornená na obrázkoch 1a, 1b a 1c. Pri odhade úrod realizovaných metódou biofyzikálneho modelovania je evidentné, že väčšina okresov s vysokým podielom ornej pôdy a intenzívnym využívaním pôdy predovšetkým na pestovanie poľnohospodárskych plodín, patrí do kategórie presností odhadov do $\pm 10\%$ a $\pm 10-15\%$ (produkčné oblasti Podunajskej nížiny, Považie, Juhoslovenská kotlina, juh Východoslovenskej nížiny); najvyššia presnosť bola zaznamenaná v okrese Rožňava ($\pm 4,96\%$), Veľký Krtíš ($\pm 5,1\%$), Trenčín a Prievidza ($\pm 5,71\%$), Zlaté Moravce ($\pm 7,46\%$), Trnava ($\pm 7,99\%$) alebo Nitra ($\pm 8,12\%$). Ostatné okresy v rámci oblastí severovýchodnej časti SR – flyšového pásma, Oravy, Kysúc, Záhoria, teda v rámci menej produkčných oblastí, sú charakterizované nižšími presnosťami a patria do kategórií presností $\pm 15-20\%$, $\pm 20-25\%$ a nad/pod $\pm 25\%$; najnižšia presnosť bola zaznamenaná v okrese Gelnica ($\pm 33,63\%$), Čadca ($\pm 33,34\%$), Kysucké Nové Mesto ($\pm 28,08\%$) alebo Banská Štiavnica ($\pm 26,58\%$); ide o okresy, kde sa pšenica ozim-

ná pestuje len na malých výmerách. Podobná priestorová variabilita presností odhadov úrod pšenice ozimnej bola zaznamenaná pri metóde integrovaného odhadu; rozdiel v priestorovej variabilite presností bol pozorovaný pri metóde diaľkového prieskumu Zeme – vybraným okresom predovšetkým v rámci Juhoslovenskej kotliny klesla presnosť odhadov úrod pšenice ozimnej na úroveň $\pm 15 - 20 \%$ a naopak, niekoľko okresov v rámci flyšového pásma a Východoslovenskej nížiny zaznamenalo nárast presnosti odhadu úrod pšenice ozimnej.

Priestorová variabilita presnosti odhadov úrod jačmeňa jarného (realizovaných viacerými metódami), ktorá bola stanovená za obdobie rokov 2003 až 2011, je znázornená na obrázkoch 1d, 1e a 1f. Pri odhade úrod realizovaných metódou biofyzikálneho modelovania sa okresy s najvyššou dosiahnutou presnosťou (v rámci kategórie do $\pm 10 \%$) sústreďujú v predovšetkým v rámci pahorkatinnej oblasti Podunajskej nížiny; najvyššia presnosť bola zaznamenaná v okrese Partizánske ($\pm 6,16 \%$), Levice ($\pm 6,86 \%$), Bánovce nad Bebravou ($\pm 7,33 \%$), Nitra ($\pm 8,53 \%$) a Topolčany ($\pm 8,66 \%$), teda v okresoch, kde sú v rámci SR dosahované aj najvyššie úrody. Nízka presnosť odhadov bola zaznamenaná v rámci všetkých okresov v horských oblastiach poľnohospodársky využívaných území SR, teda v rámci menej produkčných oblastí – dosahujú presnosti v kategóriách $\pm 25 - 30 \%$, prípadne viac/menej ako 30% ; najnižšia presnosť bola

Obr.1. Priemerné presnosti odhadov úrod pšenice ozimnej (1a, 1b, 1c) a jačmeňa jarného (1d, 1e, 1f) stanovené rôznymi metódami na úrovni okresov za obdobie rokov 2003 až 2011.

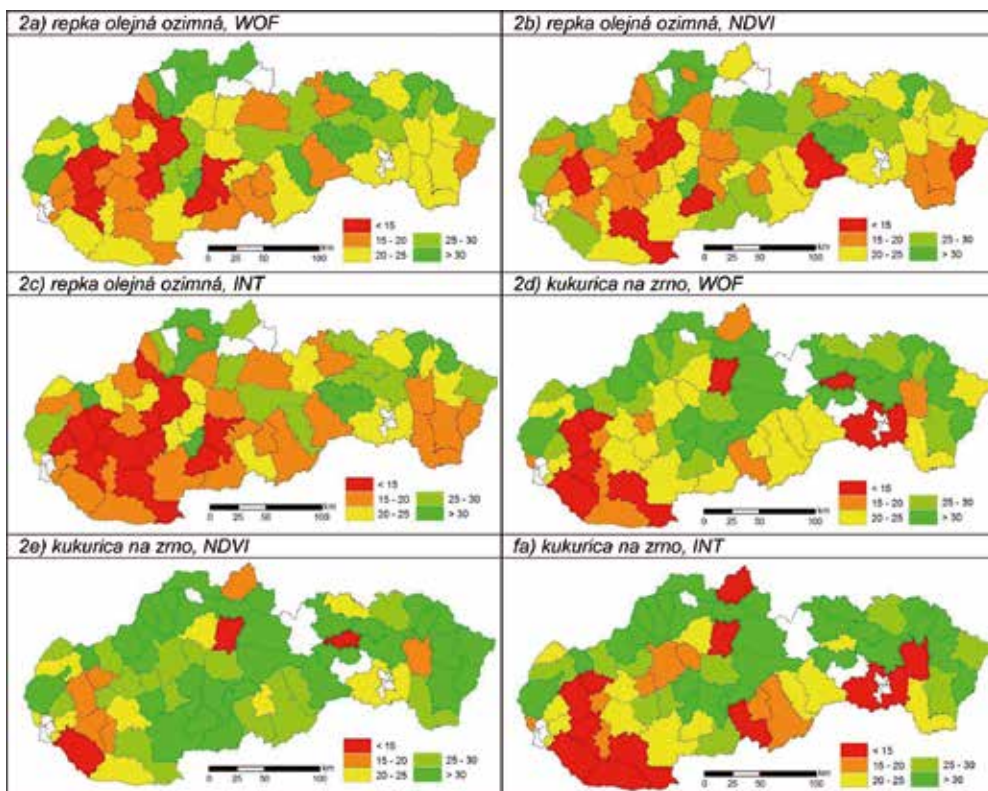


pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad

zaznamenaná v okrese Banská Štiavnica ($\pm 73,18\%$), Brezno ($\pm 37,85\%$), Kysucké Nové Mesto ($\pm 35,13\%$), Bytča ($\pm 34,52\%$), Myjava ($\pm 31,73\%$) a Púchov ($\pm 31,46\%$). Priestorová variabilita presností odhadov úrod pšenice ozimnej pri metóde integrovaného odhadu je veľmi podobná; rozšírená bola skupina okresov s najvyššou dosiahnutou presnosťou odhadu úrod jačmeňa jarného (do $\pm 10\%$) predovšetkým v rámci Podunajskej nížiny – pribudli okresy Galanta ($\pm 9,00\%$), Šaľa ($\pm 8,01\%$), Dunajská Streda ($\pm 7,60\%$). Pri odhade úrod realizovaných metódou diaľkového prieskumu Zeme najvýraznejšia zmena v porovnaní s presnosťou dosiahnutou pri metóde biofyzikálneho modelovania bola zaznamenaná v rámci Juhoslovenskej kotliny; okresy Veľký Krtíš, Lučenec, Rimavská Sobota a Poltár sa premiestnili do kategórie presnosti viac/menej ako $\pm 25\%$.

Priestorová variabilita presnosti odhadov úrod repky olejnej ozimnej (realizovaných viacerými metódami), ktorá bola stanovená za obdobie rokov 2003 až 2011, je znázornená na obrázkoch 2a, 2b a 2c. Pri odhade úrod realizovaných metódou biofyzikálneho modelovania bola najvyššia presnosť odhadov úrod „sústredená“ v okresoch pahorkatinnej časti Podunajskej nížiny, vo vybraných okresoch Juhoslovenskej kotliny a Hornonitrianskej kotliny; najvyššia presnosť bola zaznamenaná v okrese Partizánske ($\pm 11,28\%$), Galanta ($\pm 13,08\%$), Zlaté Moravce ($\pm 13,32\%$

Obr. 2. Priemerné presnosti odhadov úrod repky olejnej ozimnej (2a, 2b, 2c) a kukurice na zrnó (2d, 2e, 2f) stanovené rôznymi metódami na úrovni okresov za obdobie rokov 2003 až 2011.



pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad

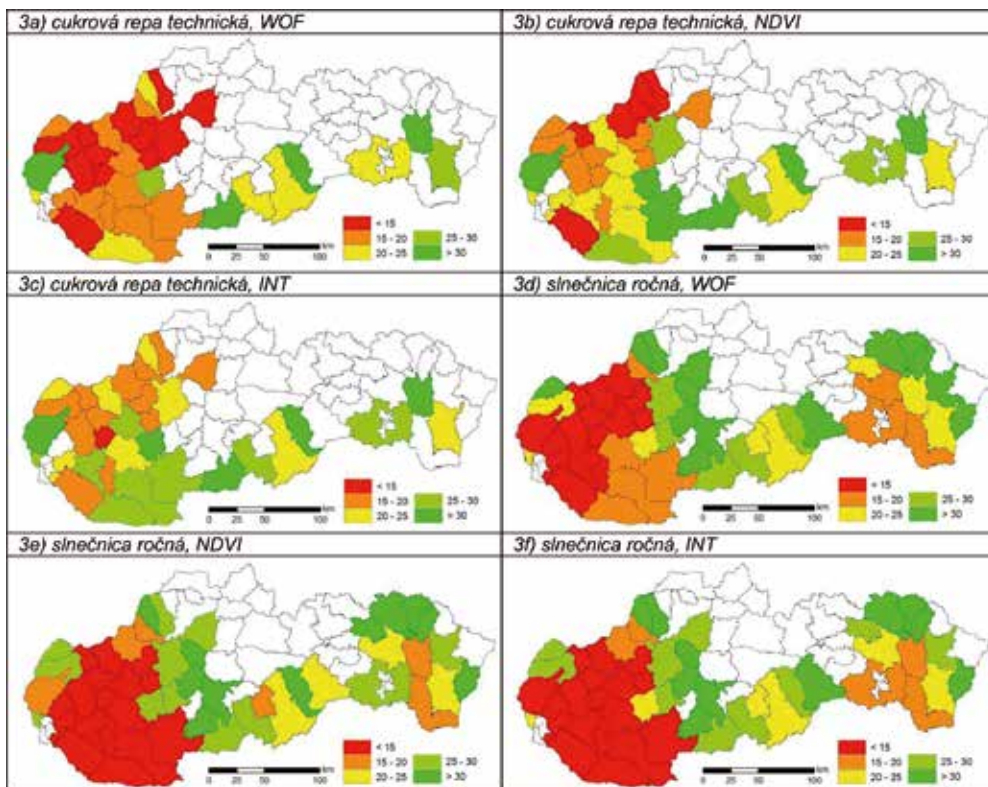
%), Trnava ($\pm 13,46$ %), Piešťany ($\pm 13,73$ %) a Prievidza ($\pm 14,03$ %). Nízka presnosť odhadov bola zaznamenaná v rámci všetkých okresov v horských oblastiach poľnohospodársky využívaných území SR, teda v rámci menej produkčných oblastí – Záhorie, Kysuce, Orava, Spiš a Horný Šariš; najnižšia presnosť (nad/pod ± 50 %) bola zaznamenaná v okrese Banská Štiavnica, Svidník, Čadca, Gelnica, Žilina a Myjava. Priestorová variabilita presností odhadov úrod pšenice ozimnej pri metóde diaľkovým prieskumom Zeme je veľmi podobná; rozdiel v priestorovej variabilite presností bol pozorovaný pri metóde integračného odhadu – rozšírená takmer na všetky produkčne významné oblasti bola kategória presnosti odhadov do ± 15 % a 15 – 20 %.

Priestorová variabilita presnosti odhadov úrod kukurice na zrno (realizovaných viacerými metódami), ktorá bola stanovená za obdobie rokov 2003 až 2011, je znázornená na obrázkoch 2d, 2e a 2f. Pri odhade úrod realizovaných metódou biofyzikálneho modelovania bola najvyššia presnosť odhadov úrod „sústredená“ v okresoch v produkčných oblastiach SR; najvyššia presnosť bola zaznamenaná v okrese Nové Zámky ($\pm 11,73$ %), Dunajská Streda ($\pm 11,76$ %), Galanta ($\pm 12,35$ %), Trnava ($\pm 12,75$ %) alebo Piešťany ($\pm 14,48$ %). Nízka presnosť odhadov bola zaznamenaná v rámci všetkých okresov v horských oblastiach; konkrétne okresy s najnižšou zaznamenanou presnosťou sú Žiar nad Hronom ($\pm 59,11$ %), Brezno ($\pm 58,82$ %), Humenné ($\pm 57,01$ %) Kežmarok ($\pm 55,37$ %) a Sabinov ($\pm 50,09$ %). Podobná priestorová variabilita presností odhadov úrod kukurice na zrno bola zaznamenaná pri metóde integrovaného odhadu; rozdiel v priestorovej variabilite presností bol pozorovaný pri metóde diaľkového prieskumu Zeme – vybraným okresom predovšetkým v rámci Podunajskej nížiny – južná časť, v rámci Juhoslovenskej kotliny, v rámci okolia Košíc bola priradená presnosť odhadov úrod v intervala pod ± 15 %.

Cukrová repa technická patrí k plodinám, ktoré sa pestujú v rámci výmery ornej pôdy SR na veľmi malej výmere, pričom jej podiel na štruktúre osevu výrazne klesá; pestuje sa len vo vybraných okresoch. Priestorová variabilita presnosti odhadov úrod cukrovej repy technickej (realizovaných viacerými metódami), ktorá bola stanovená za obdobie rokov 2003 až 2011, je znázornená na obrázkoch 3a, 3b a 3c. Pri odhade úrod realizovaných metódou biofyzikálneho modelovania bola najvyššia presnosť odhadov úrod (kategórie do ± 15 % a $\pm 15 - 20$ %) zaznamenaná v rámci okresov Podunajskej nížiny, Považia a Hornonitrianskej kotliny s príslušnými oblasťami; najvyššia presnosť bola zaznamenaná v okrese Hlohovec ($\pm 7,74$ %), Partizánske ($\pm 9,32$ %), Dunajská Streda ($\pm 10,83$ %), Piešťany ($\pm 11,22$ %), Trnava ($\pm 12,39$ %), Bánovce nad Bebravou ($\pm 12,78$ %), prípadne Prievidza ($\pm 13,70$ %). Nízka presnosť odhadov úrod bola zaznamenaná v rámci okresov Juhoslovenskej kotliny, Košickej kotliny a Východoslovenskej nížiny. Priestorová vzorka variability presnosti odhadov úrod cukrovej repy technickej pri ostatných metódach sa významne nemenila, poklesla však úroveň presnosti, a to predovšetkým v okresoch v rámci východnej časti Podunajskej nížiny.

Priestorová variabilita presnosti odhadov úrod slnečnice ročnej (realizovaných viacerými metódami), ktorá bola stanovená za obdobie rokov 2003 až 2011, je znázornená na obrázkoch 3d, 3e a 3f. Pri odhade úrod realizovaných metódou biofyzikálneho modelovania bola najvyššia presnosť odhadov úrod (kategórie do ± 15 % a $\pm 15 - 20$ %) zaznamenaná v rámci okresov západnej časti Podunajskej nížiny; najvyššia presnosť bola zaznamenaná v okrese Piešťany ($\pm 6,59$ %), Hlohovec ($\pm 8,25$ %), Topoľčany ($\pm 8,73$ %), Bánovce nad Bebravou ($\pm 11,08$ %), Partizánske

Obr. 3. Priemerné presnosti odhadov úrod cukrovej repy technickej (3a, 3b, 3c) a slnečnice ročnej (3d, 3e, 3f) stanovené rôznymi metódami na úrovni okresov za obdobie rokov 2003 až 2011

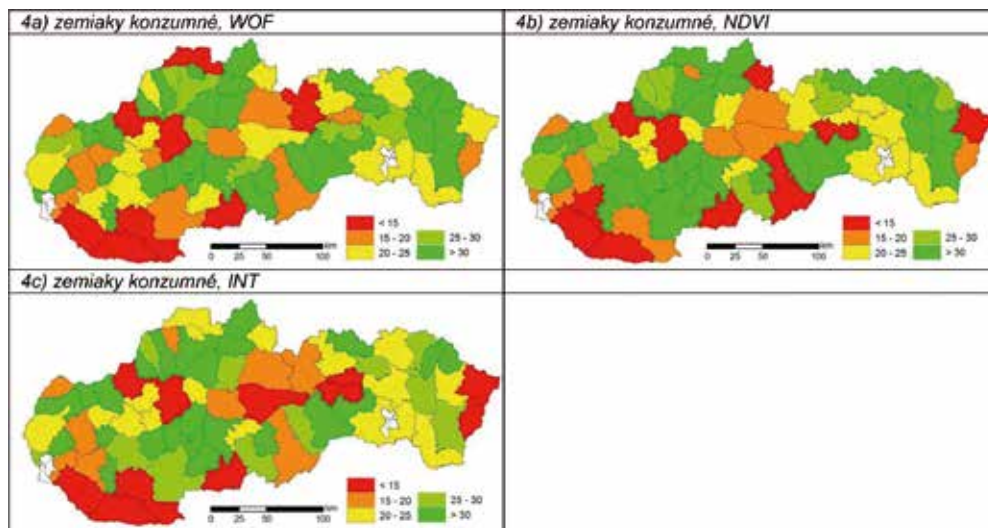


pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad

($\pm 11,15\%$) a Trnava ($\pm 11,45\%$). Nízka presnosť odhadov úrod bola zaznamenaná v rámci okresov Juhoslovenskej kotliny, severovýchodnej časti SR – flyšového pásma a v horských oblastiach; konkrétne okresy s najnižšou zaznamenanou presnosťou (viac ako $\pm 50\%$), sú Bardejov, Humenné, Stropkov, Žiar nad Hronom, Turčianske Teplice a Zvolen. Ide o okresy, kde sa slnečnica pestuje len na malých výmerách. Podobná priestorová variabilita presností odhadov úrod slnečnice ročnej bola zaznamenaná aj pri metóde diaľkového prieskumu Zeme a pri metóde integrovaného odhadu; rozdiel sa týkal len okresov v rámci východnej časti Podunajskej nížiny, pri ktorých bol zaznamenaný nárast presnosti odhadov úrod.

Priestorová variabilita presnosti odhadov úrod zemiakov konzumných (realizovaných viacerými metódami), ktorá bola stanovená za obdobie rokov 2003 až 2011, je znázornená na obrázkoch 4a, 4b a 4c. Pri odhade úrod realizovaných všetkými metódami bola priestorová variabilita značne rozdrobená a nevytvárala žiadnu kompaktnú „priestorovú vzorku“. Najvyššia presnosť odhadov úrod (kategórie do $\pm 15\%$) bola zaznamenaná v rámci okresov južnej časti Podunajskej nížiny; najvyššia presnosť bola zaznamenaná v okrese Dunajská Streda ($\pm 7,64\%$, metóda biofyzikálneho modelovania), Prievidza ($\pm 9,74\%$, metóda integrovaného odhadu), Veľký Krtíš ($\pm 10,07\%$, metóda biofyzikálneho modelovania), Komárno ($\pm 11,40\%$, metóda bi-

Obr. 4. Priemerné presnosti odhadov úrod zemiakov konzumných (4a, 4b, 4c) stanovené rôznymi metódami na úrovni okresov za obdobie rokov 2003 až 2011.



pozn.: WOF – biofyzikálne modelovanie, NDVI – diaľkový prieskum Zeme, INT – integrovaný odhad

ofyzikálneho modelovania) a Nové Zámky ($\pm 12,49\%$, metóda integrovaného odhadu). Nízka presnosť odhadov úrod bola zaznamenaná v rámci okresov Juhoslovenskej kotliny (s výnimkou okresu Rimavská Sobota), severovýchodnej časti SR – flyšového pásma a v horských oblastiach; konkrétne okresy s najnižšou zaznamenanou presnosťou (viac ako $\pm 50\%$), sú Stropkov, Zlaté Moravce, Gelnica, Považská Bystrica, Banská Štiavnica, Žarnovica, Kysucké Nové Mesto, Myjava a Zvolen. Podobná priestorová variabilita presností odhadov úrod zemiakov konzumných bola zaznamenaná aj pri metóde diaľkového prieskumu Zeme a pri metóde integrovaného odhadu.

ZÁVER

Dôležitým aspektom využívania systému SK_CGMS pre odhady úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín v praxi, a to ako na úrovni poľnohospodárskeho subjektu, tak aj na úrovni regionálnej a národnej, je presnosť a presnosťou podmienená spoľahlivosť odhadov.

Na národnej úrovni bola najvyššia presnosť za obdobie rokov 2003 až 2011 zaznamenaná pri zemiakoch, a to $\pm 6,25\%$ (odhad metódou diaľkového prieskumu Zeme); nasledovali obilniny – jačmeň jarný s priemernou odchýlkou $\pm 7,32\%$ (metóda integrovaného odhadu), pšenica ozimná s priemernou odchýlkou $\pm 7,92\%$ (metóda integrovaného odhadu); ďalšiu skupinu tvoria olejnaté plodiny a kukurica – pri repke olejnej bola zaznamenaná presnosť na úrovni priemernej odchýlky $\pm 12,27\%$ (odhad metódou diaľkového prieskumu Zeme), pri kukurici priemerná odchýlka $\pm 12,66\%$ (odhad metódou biofyzikálneho modelovania), pri slnečnici ročnej priemerná odchýlka $\pm 13,21\%$ (odhad metódou biofyzikálneho modelovania); najnižšia presnosť bola

zaznamenaná pri cukrovej repe technickej, a to na úrovni $\pm 15,58\%$ (odhad metódou biofyzikálneho modelovania). Pri prechode na krajskú a následne na okresnú úroveň sa presnosť odhadovaných úrod analyzovaných poľnohospodárskych plodín značne diferencovala; rozsah, teda interval dosahovaných presností sa výrazne zväčšil.

Realizovaná analýza presnosti odhadov úrod poľnohospodárskych plodín stanovených samostatne viacerými metódami poukázala na množstvo faktorov, ktoré do veľkej miery ovplyvnili samotnú presnosť odhadov. V prvom rade samotný proces predpovedania úrod poľnohospodárskych plodín predstavuje len vybrané techniky modelovania reality, pričom rozdiel medzi modelom a realitou je nežiaducim vedľajším efektom tohto procesu. Z hľadiska aktuálnosti a flexibility vegetačných indexov, metóda DPZ predstavuje výrazne flexibilný spôsob odhadu úrod, ktorá vychádza z reálneho (aktuálneho) stavu vegetácie vždy k určitému obdobiu. Odhad úrod biofyzikálnym modelovaním nemusí odrážať (k danému termínu) aktuálne poveternostné podmienky – meteorologické údaje sú poskytované s určitým časovým oneskorením, čo do značnej miery môže ovplyvniť výsledok modelovania. Integrovaný odhad „sumarizuje“ širšie spektrum rôznorodých indikátorov a indexov, ktoré sa v súčasnosti pre účely predpovedania úrod poľnohospodárskych plodín využívajú. Preto integrovaný odhad môže „kumulovať“ obmedzenia každej aplikovanej metódy. Z hľadiska charakteru vegetačných indexov nevýhoda aplikovania metódy DPZ spočíva v tom, že vegetačný index NDVI charakterizuje vegetáciu ako celok - bez rozlíšenia jednotlivých plodín. Naopak, významným pozitívom a výhodou biofyzikálneho modelovania je fakt, že odvodené vegetačné indexy postihujú rozlíšené plodiny, t. j. pre každú plodinu sú tieto indexy odvodzované zvlášť a môžu tak výrazne prispieť k spresneniu odhadov úrod. Z hľadiska citlivosti metód (resp. vegetačných indexov) na abnormálne vplyvy ani jedna zo spomínaných metód nedokáže predpovedať a ani v plnej miere postihnúť neočakávané abiotické a biotické javy (vymrzanie, záplavy, silné búrky s krupobitím, choroby, škodcovia, atď.) súvisiace s poškodením porastov. Stanovenie vegetačných indexov a stanovenie samotného odhadu úrod jednotlivých poľnohospodárskych plodín sa preto vyznačuje vysokou mierou potenciality, t. j. hodnotou vegetačných indexov za predpokladu „normálneho“ priebehu počasia.

Realizovaná analýza presnosti odhadov úrod poľnohospodárskych plodín poukázala na potrebu a mieru kalibrácie systému SK_CGMS. Kalibrácia SK_CGMS na úrovni vstupných údajov sa bude týkať predovšetkým modifikácie fenologických vstupných údajov, údajov o poľnohospodárskych plodinách (fyziologické parametre) a aktualizácie pôdnych údajov a až následne je možné uvažovať o kalibrácii funkčnej. Po samotnej kalibrácii a aktualizácii systému SK_CGMS bude potrebná opakovaná analýza presnosti odhadov úrod poľnohospodárskych plodín.

LITERATÚRA

- BOOGAARD, H. L., VAN DIEPEN, C. A., ROTTER, R. P., CABRERA, J. M. C. A., VAN LAAR, H. H., 1998. *WOFOST 7.1. User's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5*. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, 141 pp.
- GENOVESE, G., BETTIO, M., 2004. *Methodology of the MARS Crop Yield Forecasting System. Vol. 4 Statistical data collection, processing and analysis*. Office for Official Publications of the EU, Luxembourg, 94 pp.
- Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability: *Crop Growth Modelling System* [online]. European

- Communities, c1995-2012 [cit. 2012-01-10]. Dostupné na internete: <<http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/AGRI4CAST/Models-Software-Tools/Crop-Growth-Modelling-System-CGMS> >
- MICALE, F., GENOVESE, G., 2004. *Methodology of the MARS crop yield forecasting system. Vol. 1: Meteorological data collection. Processing and analysis*. The Office for Official Publications of European Communities, Luxembourg, 100 pp.
- LAZAR, C., GENOVESE, G., 2004. *Methodology of the MARS crop yield forecasting system. Vol. 2: Agro-meteorological data collection. processing and analysis*. The Office for Official Publications of European Communities, Luxembourg, 98 pp., ISBN 92-894-8181-1
- NOVÁKOVÁ, M., 2005. *WOFOST based crop yield and production forecasting system on Soil Science and Conservation Research Institute (SSCRI)*. In Bujnovský, R., Tekelová, Z., (Eds.), Vedecké práce č. 27, Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, s. 67 – 78, ISBN 80-89128-17-3
- NOVÁKOVÁ, M., KLIKUŠOVSKÁ, Z., SKALSKÝ, R., SVIČEK, M., MIŠKOVÁ, M., ČIČOVÁ, T., 2010. *Národný systém pre odhad úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín SK_CGMS*. Bratislava: VÚPOP, 32 s. ISBN 978-89-89128-68-6
- ROYER, A., GENOVESE, G., 2004. *Methodology of the MARS Crop Yield Forecasting System. Vol. 3 Remote sensing information. data processing and analysis*. Office for Official Publications of the EU, Luxembourg, 82 pp.
- SCHOLTZ, P., 2005. *Crop yield prediction based on satellite images utilization*. In Bujnovský, R., Tekelová, Z., (Eds.), Vedecké práce č. 27, Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, s. 79 - 86, ISBN 80-89128-17-3
- SUPIT, I., HOOIJER, A. A., VAN DIEPEN, C. A., 1994. *System description of the WOFOST 6.0 crop simulation model implemented in CGMS. Volume 1: Theory and Algorithms*. EUR Publication N° 15959 EN of the Office for Official Publications of the EC. Luxembourg, 146 pp.
- SUPIT, I., VAN DER GOOT, E., 2003. *Updated system description of the WOFOST crop growth simulation model as implemented in the crop growth monitoring system applied by European Commission*. Treebook 7. Treemail Publishers, Heelsum. ISBN 90-804443-8-3, 120 pp
-

POROVNANIE CHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ ORNEJ A LESNEJ PÔDY V LOKALITE VEĽKÝ BÁB

COMPARISON OF CHEMICAL PROPERTIES OF ARABLE AND FOREST SOIL IN VEĽKÝ BÁB LOCALITY

Nora POLLÁKOVÁ, Peter KOVÁČIK, Vladimír ŠIMANSKÝ, Erika TOBIAŠOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Nora.Pollakova@uniag.sk

Abstrakt

V práci boli porovnané chemické vlastnosti ornej a lesnej pôdy v lokalite Veľký Báb a tiež bolo zisťované, ako sa chemické vlastnosti zmenili vplyvom dlhodobého obhospodarovania v porovnaní s pôdou pod zvyškom prirodzeného lesa. Chemické vlastnosti boli skúmané vo vzorkách pôdy odobratých zo 4 sond, ktoré boli vykopané ako dvojice: sonda 1 (les) a 2 (orná pôda) na rovine, sonda 3 (les) a 4 (orná pôda) na miernom svahu. Profily sa odlišovali najmä v mocnosti horizontov, farbe, hĺbke a intenzite prekorenenia, v prítomnosti nadložného horizontu v lesnej a homogenizáciou ornícových horizontov, hlavne obsahu pôdnej organickej hmoty v ornej pôde. Značnú mocnosť humusového horizontu (do 0,6 m), ako i kolísanie hodnôt pH, obsahu uhličitánov a kvality sorpčného komplexu v pôde pod lesom na svahu možno pripísať eolickej akumulácii pôdneho materiálu, ktorý bol sem prinášaný vetrom po odlesnení príľahlých území. Hrúbka ornícového horizontu ornej pôdy na svahu bola len 0,2 m, čo svedčí o jeho eróznom zredukovaní. Obsah draslíka bol v porovnaní s lesnou pôdou vyšší v ornej, kde sa dodáva ako živina. Naopak, v humusových horizontoch bol obsah organického uhlíka 1,3-násobne vyšší v pôde pod lesom v porovnaní s ornou pôdou čo potvrdilo fakt, že poľnohospodárskym využívaním dochádza k výrazným stratám pôdnej organickej hmoty.

Kľúčové slová: orná pôda, lesná pôda, pH, sorpcia, organický uhlík

Abstract

Chemical properties of arable and forest soil were compared in Veľký Báb locality. Also was detected how soil chemical properties were changed due to the long-term land management compared to the soil under rest of natural forest. Chemical properties were studied in soil samples taken from four soil pits which were dug as couples: probe 1 (forest) and 2 (arable land) in the plane area, probe 3 (forest) and 4 (arable land) on a gentle slope. Profiles differed mainly in horizons thickness, color, depth and intensity of rooting, the presence of the litter horizon in the forest soil and homogenization of topsoil in arable soil, especially the content of soil organic matter. A considerable thickness of the humus layer (up to 0.6 m), as well as variation of pH, carbonates content and the quality of sorption complex in the soil under forest on the slope can be attributed to the eolic accumulation of soil material that was transported

by the wind after deforestation of adjacent territory. The thickness of arable topsoil on the slope was only 0.2 m, suggesting its reduction by erosion. Compared to the forest, potassium content was higher in the arable soil, where K was supplied as nutrient. On the contrary, in the humus horizons the organic carbon quantity was 1.3-times higher in the soil under forest compared to nearby arable what confirmed the fact that agricultural land use leads to significant losses of soil organic matter.

Keywords: arable soil, forest soil, pH, sorption, organic carbon

ÚVOD

Výrazné zmeny ekosystémov, stupňujúca sa intenzifikácia poľnohospodárstva a nakoniec, uvedomenie si mnohostranného vplyvu ľudských aktivít na pôdny kryt Zeme, postupne viedli k definovaniu globálnych funkcií pôdneho krytu v prírode. V ostatných desaťročiach výrazne vzrástol záujem o pôdu, nie však len z pohľadu potravinovej bezpečnosti a zabezpečenia výživy, ale aj v spojitosti s environmentálnymi problémami a ochranou zdravia ľudí. Funkcia človeka vo vzťahu k pôde sa prestáva chápať len ako funkcia užívateľa, ale viac sa zdôrazňuje jeho úloha správcu, ochrancu a usmerňovateľa vývoja pôd (HRAŠKO, 2008).

Spôsoby využívania pôdy rozhodujúcou mierou ovplyvňujú jej stav i ďalšiu genézu. Obhospodarovaním pôd sa výrazne menia faktory a podmienky pôdotvorného procesu, rozmiestnenie a rozvrstvenie organickej hmoty a pozberových zvyškov, čím dochádza k zmenám podmienok pôdneho prostredia, ktoré sa bezprostredne odrážajú na činnosti biologickej zložky pôdy. Mení sa pôvodná biocenóza a formuje špecifická agrocenóza. Zmena rastlinstva, produkcie rastlinnej hmoty, jej zloženia, zmena fauny, množstva a zloženia mikroorganizmov, podmieňuje zmenu charakteru výmeny látok a energie medzi pôdou a organizmami.

Z historických prameňov je známe, že väčšinu Nitrianskej sprašovej pahorkatiny v minulosti pokrýval lesný porast, ktorý bol neskôr z veľkej časti zmenený na poľnohospodársky obrábanú pôdu. Preto cieľom práce bolo porovnať chemické vlastnosti ornej a lesnej pôdy v lokalite Veľký Báb a taktiež zistiť, ako sa zmenili základné chemické vlastnosti pôdy vplyvom dlhodobého obrábania v porovnaní s pôdou pod zvyškom prirodzeného dubovo-hrabového lesa.

MATERIÁL A METÓDY

Experimentálnou plochou bolo chránené územie Bábskeho lesa, ktoré je zachovalým, prirodzeným lesným spoločenstvom (dubovo-hrabový les) a poľnohospodársky obrábaná pôda v tesnej blízkosti lesa.

Pôdne vlastnosti boli skúmané vo vzorkách odobratých zo 4 sond, ktoré boli vykopané ako dve dvojice:

Sondy 1 a 2 na rovinatej západnej časti lesa, vo vzájomnej vzdialenosti asi 80 m. Sonda 1

bola situovaná v lese, na pôdnom subtype hnedozem modálna a sonda 2 na poľnohospodársky využívanvej černoze kultizemnej (MKSP, 2000).

Sondy 3 (pôda pod lesom) a 4 (obrábaná pôda) boli vykopané na svahu s miernym sklonom na severovýchod vo východnej časti lesa, na pôdnom type hnedozem (MKSP, 2000), keď vzdialenosť medzi sondami bola asi 60 m.

Štandardný popis morfológických znakov bol robený na mieste ihneď po vykopení sond, z ktorých boli odobraté pôdne vzorky z celých profilov (z každej 0,1 m vrstvy 1 vzorka).

Z chemických vlastností boli stanovené:

- pôdna reakcia – potenciometricky – v H_2O a v 1 M roztoku KCl (HRIVŇÁKOVÁ a iní, 2011)
- obsah uhlíčanov – Jankovým vápnomerom (FIALA a iní, 1999)
- suma výmenných bázičských katiónov (S) – metódou Kappena (FIALA a iní, 1999)
- hydrolytická kyslosť (H) metódou Kappena (FIALA a iní, 1999)
- výmenné katióny v hĺbke 0,0–0,3 m (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+}) v 1 mol.dm⁻³ NH_4Cl (Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer – ICP-AES, Bausch & Lomb ARL 3580) (BLASER a iní, 1997)
- obsah organického uhlíka (Cox) – oxidimetricky metódou Ťurina (ORLOV, GRISCHINA, 1981)

Analýzy boli robené v troch opakovaniach a v práci sú uvedené priemerné hodnoty.

Chránené územie Bábskeho lesa (48° 18' s.š. 17° 52' v.d.) predstavuje vzácny zvyšok prirodzeného lesného spoločenstva v tejto poľnohospodársky intenzívne využívanvej oblasti. Chráni sa ako vzácny doklad vývoja lesov dávnych geologických období v Panónskej nížine a zároveň je využívané pre prírodovedecký a lesnícky výskum. Územie bolo vyhlásené za Národnú prírodnú rezerváciu v r. 1966.

Chránené územie je situované v západnom okraji Nitrianskej sprašovej pahorkatiny. Geograficky patrí do Podunajskej nížiny a rozkladá sa na jej dvoch častiach: Podunajská rovina s podčastou Žitný ostrov a Trnavská tabuľa. Geologickým podkladom tohto územia sú neogénne sedimenty, íly a piesky. Tieto sú pokryté sprašou o hrúbke 2–5 m. Miestami vystupujú neogénne sedimenty až k povrchu pôd. Najrozšírenejšími pôdotvornými substrátmi sú tu spraše a len na menšej ploche neogénne piesky a vápenaté nívne uloženiny. Najrozšírenejším pôdnym typom je hnedozem. Priemerná nadmorská výška územia je 185 m. Reliéf územia je značne členitý, údolia sú výsledkom erózie, ktorá pôsobila v smere celkového sklonu územia (LINKEŠ, ADÁMIK, 1966; HRAŠKO, 1970). Územie leží v klimateckej oblasti A1: veľmi teplej, veľmi suchej prevažne s miernou zimou. Priemerné ročné teploty dosahujú 10,2 °C, a priemerná ročná suma zrážok je 539 mm (ŠPÁNIK a iní, 2002).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Morfologické znaky poukázali na značné rozdiely medzi jednotlivými pôdnymi profilmi, ktoré sa odlišovali najmä v mocnosti horizontov, farbe, hĺbke a intenzite prekorenenia a v prítomnosti nadložného horizontu. Na orných pôdach (profily 2 a 4) boli zreteľné znaky homogenizácie ornícových horizontov.

Pôdny profil sondy 1, situovanej v dubovo-hrabovom lese na rovine:

- +0,02 – 0,00 m Oo – nadložný horizont lesného opadu
- 0,00 – 0,35 m Au-horizont: vlhký, kyprý, drobnohrudkovitý, intenzívne prekorenenie, chodbičky, farba tmavá žltohnedá 10YR 4/3 (za sucha)
- 0,35 – 0,6 m Bt-horizont: vlhký, miestami až uľahnutý, polyedrický, silné prekorenenie, farba tmavá žltohnedá 10YR 5/4
- > 0,6 m C-horizont: vlhký, polyedrický, prekorenenie až do hĺbky 1,0 m, farba tmavá žltá oranžová 10YR 6/3

Pôdny profil sondy 2, situovanej na ornej pôde s porastom kapusty repkovej pravej na rovine:

- 0,0 – 0,4 m Akp-horizont: navlhnutý, uľahnutý, polyedrický, hlinitý, intenzívne prekorenenie, chodbičky, farba hnedá 10YR 4/4 (za sucha)
- 0,4 – 0,5 m A/C-horizont: navlhnutý, drobivý, guľovitý, zrnitý, slabé prekorenenie, farba tmavá žltohnedá 10 YR 4/3
- > 0,6 m Cc-horizont: navlhnutý, drobivý, zrnitý, karbonátové povlaky, farba tmavá žltá oranžová 10 YR 7/3

Pôdny profil sondy 3, situovanej v dubovo-hrabovom lese na miernom svahu, expozícia SV:

- +0,02 – 0,00 m Oo – nadložný horizont lesného opadu
- 0,00 – 0,5 m Auh-horizont: kyprý, drobnohrudkovitý, guľovito-polyedrický, chodbičky, silné prekorenenie, farba tmavá žltohnedá 10 YR 4/3 (za sucha)
- 0,5 – 0,6 m A/Bt-horizont: kyprý, drobnohrudkovitý, polyedrický, silné prekorenenie, chodbičky, farba tmavá žltá oranžová 10 YR 6/3
- 0,6 – 0,85 m Bt-horizont: navlhnutý, polyedrický, slabé prekorenenie, prítomné povlaky a novotvary, farba tmavá žltá oranžová 10 YR 7/3
- > 0,85 m Cc-horizont: vlhký, polyedrický, slabé prekorenenie, prítomnosť uhličitanov, farba tmavá žltá oranžová 10 YR 7/3

Pôdny profil sondy 4, situovanej na ornej pôde s porastom pšenice jarnej formy ozimnej na miernom svahu, expozícia SV:

- 0,0 – 0,2 m Akp-horizont: suchý, guľovito-polyedrický, zrnitý, intenzívne prekorenenie, chodbičky, farba hnedošedá 10 YR 6/1 (za sucha)
 - 0,2 – 0,3 m A/Bt-horizont: suchý, guľovito - polyedrický, zrnitý, intenzívne prekorenenie, chodbičky, miestami konkrécie, farba tmavá žltá oranžová 10 YR 6/4
-

0,3–0,5 m	Bt-horizont: navlhnutý, polyedrický, zrnitý, výrazné konkrécie, miestami prekorenenie, farba jasná žltohnedá 10 YR 6/6
0,5–0,6 m	Bt/Cc-horizont: navlhnutý, prachovitý, výrazné vápenaté konkrécie, miestami prekorenenie, farba tmavá žlto oranžová 10 YR 7/3
> 0,6 m	Cc-horizont: navlhnutý, bez prekorenenia, karbonátový, farba svetlá žlto oranžová 10 YR 8/3

Pôdna reakcia je najdôležitejším indikátorom stavu, úrodnosti a fungovania pôdy. Jej hodnoty sa zvyšovali v hlbších vrstvách pôdných profilov (1 les a 2 orná pôda na rovine; 3 les a 4 orná pôda na miernom svahu), kde pôsobenie organických kyselín pochádzajúcich z rozkladajúcej sa organickej hmoty už nebolo natoľko intenzívne, a navyše, pôdotvorným substrátom bola karbonátová spraš (Tab. 1). V profile 3 (pôda pod lesom na svahu) bolo zistené značné kolísanie hodnôt pH. Vo vrstve 0,5–0,6 m bolo pozorované zreteľné zvýšenie pôdnej reakcie a tiež 0,6 % obsah CaCO_3 , ktorý hodnotu pH ovplyvnil. Po ďalšom poklese pôdnej reakcie, táto so zvyšovaním hĺbky rovnomerne vzrastala až na slabo alkalickú. HRAŠKO (1970) vo svojej práci uvádza, že takéto zmeny v profile (pH, obsah uhličitanov, obsah a kvalita organickej hmoty pôdy, fyzikálne vlastnosti pôdy) možno pripísať eolickej akumulácii pôdneho materiálu, ktorý tam bol prinášaný vetrom po odlesnení príľahlých území a dochádza k prekrytiu pôvodnej pôdy na ktorej sa vyvíja mikroprofil novej pôdy. Na porovnanie, v obrábanej pôde na svahu (profil 4) sa hodnota pH zvyšovala rovnomerne s hĺbkou a uhličitany boli zaznamenané už od hĺbky 0,45 m (Tab. 1, Obr. 1). V porovnaní s lesnou pôdou na svahu (profil 3), bola hrúbka Akp horizontu (profil 4) zredukovaná na polovicu, čo je dôkazom erózneho odnosu pôdných častíc z ornej pôdy vplyvom vodnej a veternej erózie.

Okrem hodnôt pH, bežnými indikátormi kyslosti pôdy sú kationové zloženie sorpčného komplexu a nasýtenie pôdy hliníkom. Z hodnôt uvedených v tabuľke 1 vyplýva, že hydrolytická kyslosť v lesnej pôde bola veľmi vysoká (profily 1 a 3). HAGEN-THORN (2004) uvádza, že vysoká hydrolytická kyslosť (H), najmä v povrchových vrstvách, súvisí s pomalým rozkladom lesného opadu pri ktorom vzniká značné množstvo organických kyselín. V skúmanej pôde pod lesom (profily 1 a 3) boli hodnoty kationovej sorpčnej kapacity (T) aj sumy výmenných bázických kationov (S) vyššie, kým hodnoty stupňa nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi (V) boli v lesnej pôde nižšie v porovnaní s vedľajšou obrábanou pôdou (profily 2 a 4).

Tab. 1 Základné chemické vlastnosti pôdnych profilov

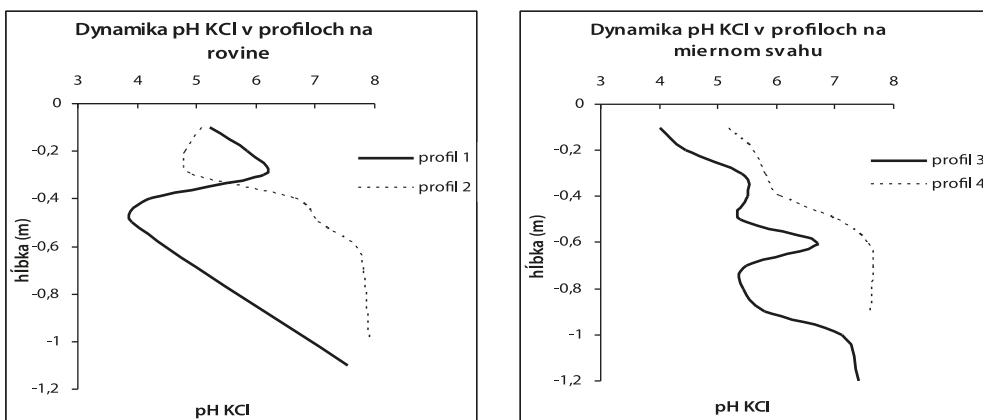
Profil	hĺbka	C _{ox}	humus	H	S	T	V	CO ₃ ²⁻	pH _{H2O}	pH _{KCl}
	[m]	[g.kg ⁻¹]	[mmol (p ⁺).kg ⁻¹]			[%]				
1 les rovina hnedozem modálna	0,0–0,1	32,8	56,5	110,2	223,0	333,3	66,9	0,0	6,29	5,21
	0,1–0,2	22,9	39,4	61,2	230,3	291,5	79,0	0,0	7,02	5,86
	0,2–0,3	14,5	24,9	21,0	216,8	237,8	91,2	0,0	7,27	6,13
	0,3–0,4	10,5	18,1	20,6	142,8	163,4	87,4	0,0	5,92	4,21
	0,4–0,5	7,3	12,6	16,2	154,3	170,5	90,5	0,0	5,73	3,92
	1,0–1,1	5,3	9,1	-	-	-	-	9,0	8,56	7,55
2 orná pôda rovina černozem kultizemná	0,0–0,1	17,5	30,2	28,0	179,3	207,3	86,5	0,0	6,44	5,07
	0,1–0,2	16,6	28,7	21,9	164,7	186,5	88,3	0,0	6,22	4,80
	0,2–0,3	16,8	28,9	10,1	176,1	186,2	94,6	0,0	6,41	4,91
	0,3–0,4	10,7	18,4	7,0	225,3	262,3	97,3	0,0	7,87	6,66
	0,4–0,5	7,7	13,3	-	-	-	-	0,8	8,25	7,03
	0,5–0,6	5,8	10,1	-	-	-	-	18,8	8,69	7,66
3 les svah hnedozem modálna	0,0–0,1	53,0	91,3	113,0	191,7	304,7	62,9	0,0	4,97	4,00
	0,1–0,2	31,9	55,0	62,0	202,7	264,6	76,6	0,0	5,60	4,44
	0,2–0,3	16,6	28,6	21,9	223,7	245,5	91,1	0,0	6,62	5,40
	0,3–0,4	12,3	21,3	20,0	220,7	240,7	91,7	0,0	6,65	5,50
	0,4–0,5	9,2	15,8	16,4	214,7	231,1	92,9	0,0	6,69	5,39
	0,5–0,6	6,7	11,6	3,7	278,7	282,3	98,7	0,6	7,37	6,71
	0,6–0,7	6,2	10,7	12,8	227,7	240,4	94,7	0,0	6,87	5,49
	0,7–0,8	5,8	10,0	11,8	227,7	239,5	95,0	0,0	6,95	5,43
	0,8–0,9	4,5	7,8	6,4	234,7	241,0	97,3	0,0	7,05	5,79
	0,9–1,0	4,1	7,2	-	-	-	-	2,1	7,96	7,11
	1,1–1,2	4,8	8,3	-	-	-	-	6,1	8,19	7,40
4 orná pôda svah hnedozem kultizemná	0,0–0,1	14,7	25,3	27,3	201,7	229,0	88,1	0,0	6,51	5,17
	0,1–0,2	15,9	27,4	20,0	213,7	233,7	91,4	0,0	6,82	5,58
	0,2–0,3	6,8	11,7	9,6	219,7	229,2	95,8	0,0	7,34	5,81
	0,3–0,4	5,2	8,9	7,7	229,7	257,4	96,7	0,0	7,70	6,05
	0,4–0,5	5,7	9,8	1,8	-	-	-	1,2	8,15	7,04
	0,5–0,6	4,2	7,3	-	-	-	-	26,4	8,62	7,55
	0,6–0,7	3,4	5,9	-	-	-	-	42,0	8,73	7,64

H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázických katiónov, T – katiónová sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými katiónmi, Cox - celkový obsah organického uhlíka, humus – vypočítaný zo vzťahu Cox. 1,724

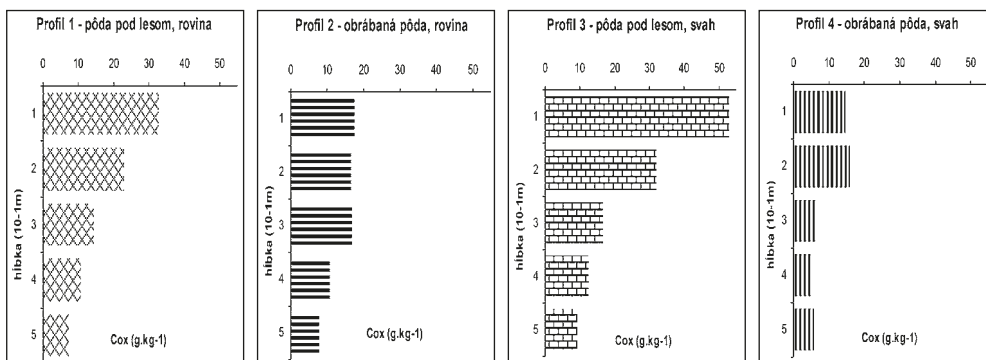
V pôde pod lesom na svahu (profil 3) bolo rovnomerné znižovanie hydrolytickej kyslosti prudko narušené vo vrstve 0,5-0,6 m (keď z hodnoty 16,4 mmol.kg⁻¹ poklesla na 3,7 mmol.kg⁻¹

a vo vrstve 0,6–0,7 m znovu vzrástla na $12,8 \text{ mmol.kg}^{-1}$). Zníženie H bolo sprevádzané zodpovedajúcim vzrastom hodnôt S, T a V. To potvrdzuje poznatok HRAŠKU (1970), že lesné pôdy v tejto lokalite sú čiastočne prekryté materiálom, ktorý prináša vietor z obrábaných plôch. V ornej pôde na svahu (profil 4) neboli zaznamenané žiadne výrazné výkyvy v hodnotách H, S, T, V a hodnoty hydrolytickej kyslosti postupne s hĺbkou klesali, zatiaľ čo hodnoty S, T a V vzrastali (Tab. 1).

Obr. 1 Dynamika výmennej pôdnej reakcie v pôdnych profiloch



Obr. 2 Obsah organického uhlíka v pôdnych profiloch po 0,1 m vrstvách



Koncentrácie výmenných katiónov (draslík, sodík, vápnik, horčík, mangán, hliník, železo, zinok, olovo) vo vrstve 0,0–0,3 m sú uvedené v tabuľke 2. Medzi jednotlivými stanoviskami neboli zaznamenané výrazné rozdiely v koncentráciách Ca^{2+} . Obsah draslíka ako jednej zo základných živín bol podľa očakávania vyšší v obrábaných pôdach, kde sa tento pridáva vo forme organických a priemyselných hnojív, v porovnaní s pôdou pod lesným porastom.

Tab. 2 Výmenné katióny vo vrstve 0,0–0,3 m

Profil	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Mn ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Zn ²⁺	Pb ²⁺
	[mg.kg ⁻¹]								
1 les rovina, hnedozem modálna	75,2	22,1	2485,4	309,7	0,4	0,8	0,9	< 0,3	< 0,5
2 orná pôda rovina, černoziem kultizemná	275,4	17,3	2470,8	284,9	65,3	1,5	3,1	< 0,3	< 0,5
3 les svah, hnedozem modálna	172,2	15,1	2443,0	298,0	180,7	4,9	1,2	0,67	< 0,5
4 orná pôda svah, hnedozem kultizemná	179,9	22,5	2671,4	264,3	45,9	1,0	0,9	< 0,3	< 0,5

HANES (1999) uviedol, že hliník sa môže nachádzať v aktívnom stave v pôde, ktorej výmenné pH je nižšie ako 5,2, v metodike podľa Sokolova (HRIVŇÁKOVÁ a iní, 2011) sa uvádza pHKCl menej ako 6,0, preto v takýchto pôdach je nevyhnutné ho aj stanoviť. Nízky obsah Al³⁺ v lesnej pôde na rovine nasvedčuje, že na vytvorení kyslej pôdnej reakcie mali najväčší podiel najmä katióny vodíka vzniknuté disociáciou nízkomolekulových organických kyselín pochádzajúcich z rozkladu lesného opadu. Na porovnanie, v lesnej pôde na svahu bol obsah Al³⁺ až 4,9 mg.kg⁻¹, ktorý sa v tejto pôde pravdepodobne podieľal na značnom znížení hodnot pH (Tab. 1 a 2).

Nebezpečenstvo jedovatej olova sa prejavuje ľahkou bioakumuláciou v živej hmote. Časť Pb sa mobilizuje počas prirodzených procesov erózie hornín, požiarimi biomasy obsahujúcej Pb, biologickými procesmi a vulkanickou aktivitou. Hlavnými antropogénnymi zdrojmi Pb v prostredí sú emisie z energetiky, metalurgie, agrochemikálie a čistiarenské kaly. Toxicita zinku sa prejavuje najmä v kyslých pôdach, kde môže byť v nadbytku. Avšak Zn je tiež mikroelement dôležitý pre fyziológiu rastlín a jeho nedostatok zapríčiňuje rastové problémy (ALLOWAY, AIRES, 1997). V súčasnosti, podľa Zákona NR SR č. 220/2004, sa u nás za kontaminované považujú pôdy s hodnotou nad 0,1 mg.kg⁻¹ Pb a nad 2,0 mg.kg⁻¹ Zn v suchej hmote, vo výluhu 1 mol.dm⁻³ NH₄NO₃. Avšak hodnoty obsahov olova a zinku prístupného pre rastliny uvedené v tejto práci (Tab. 2) boli stanovené vo výluhu 1 mol.dm⁻³ NH₄Cl, preto neboli hodnotené.

Zásoba pôdnej organickej hmoty (POH) je dôležitým ukazovateľom kvality pôdy, lebo má významný vplyv na jej fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti. Kvalita a kvantita POH sú podmienené mnohými biotickými a abiotickými faktormi, ktoré môžu byť prirodzeného pôvodu, alebo sú výsledkom antropogénnych aktivít. Hlavným indikátorom zásoby POH je celkový obsah organického uhlíka (Cox).

V tabuľke 1 a je uvedená profilová distribúcia Cox a vypočítané obsahy humusu. Z uvedených hodnôt je zrejmé, že v humusových A horizontoch oboch pôd pod lesom bol Cox 1,3-násobne vyšší v porovnaní s pôdou v tesnej blízkosti lesa. Taktiež je zrejmy ostrý pokles obsahu Cox s hĺbkou v pôde pod lesom už od hĺbky 0,2 m; kým v ornej pôde sa pokles Cox zhodoval s podornicou – na rovine od hĺbky 0,3 m avšak na svahu sa obsah Cox ostro zredukoval na polovicu (z 15,9 na 6,8 g.kg⁻¹) už v hĺbke 0,2 m ako dôsledok erózných procesov a kultivácie (Obr. 2). Zisťovanie obsahu Cox po 0,1 m vrstvách v profile umožnilo lepšie pozorovať homogenizáciu obsahu pôdnej organickej hmoty v ornici.

ZÁVER

Najvýraznejšie rozdiely v morfológických vlastnostiach medzi ornou a lesnou pôdou boli v prítomnosti nadložného horizontu v lesnej a homogénizácii ornícových horizontov ornej pôdy.

Značnú hrúbku humusového horizontu, kolísanie hodnôt pH, obsahu uhličitanov a kvality sorpčného komplexu v lesnej pôde na svahu možno pripísať eolickej akumulácii pôdneho materiálu, ktorý bol sem prinášaný vetrom po odlesnení priľahlých území. Mocnosť ornícového horizontu ornej pôdy na svahu bola zredukovaná na polovicu v porovnaní s lesnou, čo je dôkazom jej erózie.

Vysoká hydrolytická kyslosť, najmä v povrchových vrstvách lesnej pôdy, súvisí s pomalým rozkladom opadu pri ktorom vzniká značné množstvo organických kyselín.

Obsah draslíka bol v porovnaní s lesnou pôdou vyšší v ornej, kde sa dodáva ako živina. Naopak, v humusových horizontoch bol obsah organického uhlíka 1,3-násobne vyšší v lesnej v porovnaní s ornou pôdou, čo potvrdilo fakt, že poľnohospodárskym využívaním dochádza k výraznému úbytku organickej hmoty z pôdy.

Podakovanie

V príspevku sú prezentované výsledky projektov VEGA 1/0084/13 a VEGA 1/0544/13.

LITERATÚRA

- ALLOWAY, B.J. – AYRES, D. C. 1997. *Chemical principles of environmental pollution (2 ed.)*, London: Blackie Academic and Professional, 1997. 395 p.
- BLASER, P. – KERNBEEK, P. – TEBBENS, L. – van BREEMEN, N. – LUSTER, J. 1997. *Cryptopodzolic soils in Switzerland*. In Eur. J. Soil Sci., roč. 48, 1997, s. 411 – 423.
- FIALA, K. – KOBZA, J. – MATÚŠKOVÁ, L. – BREČKOVÁ, V. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BŮRIK, V. – LITAVEC, T. – HOUŠKOVÁ, B. – CHROMANIČOVÁ, A. – VÁRADIOVÁ, D. – PECHOVÁ, B. 1999. *Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda*. Bratislava: VÚPOP, 1999. 142 s.
- HAGEN – THORN, A. – CALLESEN, I. – ARMOLAITIS, K. – NIHLGÅRD, B. 2004. *The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land*. In For. Ecol. Manage., vol. 195, 2004, p. 373–384.
- HANES, J. 1999. *Analýza sorpčných vlastností pôd*. Bratislava: VÚPOP, 1999. 138 s.
- HRAŠKO, J. 1970. *Pedologická charakteristika ekosystému a jeho okolia: záverečná správa*. Bratislava: VÚPÚ, 1970. 46 s.
- HRAŠKO, J. 2008. *Antropizácia pedosféry a jej typologické a klasifikačné dôsledky*. In Antropizácia pôdy IX. (Zborník príspevkov), Bratislava: VÚPOP, 2008, s. 5-11.
- HRIVNÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČIKOVÁ, G. – BEZÁK, P. – BEZÁKOVÁ, Z. – DODOK, R. – GREČO, V. – CHLPIK, J. – KOBZA, J. – LIŠTJAK, M. – MALIŠ, J. – PIŠ, V. – SCHLOSSEROVÁ, J. – SLÁVIK, O. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s.
- LINKEŠ, V. – ADÁMIK, J. 1966. *Pôdoznalecký prieskum ČSSR. JRD Báb + VÚTP. Záverečná správa*. Bratislava: Laboratórium pôdoznalectva, 1966. 15 s.
- MKSP. 2000. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska*, Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2000. 76 s.
- ORLOV, D. S. – GRIŠINA, L. A. 1981. *Praktikum po chimiji gumusa*. Moskva: Izdatelstvo Moskovskovo universiteta, 1981. 124 s.
- ŠPÁNIK, R. – REPA, Š. – ŠIŠKA, B. 2002. *Agroklimatické a fenologické pomery Nitry (1991 – 2000)*. Nitra: SPU Nitra, 2002. 39 s. isbn 80-7137-987-5.
- Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy. In: Zbierka zákonov SR, čiastka 96 z 28.4. 2004, MP SR Bratislava, s. 2278-2315.

PRIESTOROVÝ MODEL OBSAHU PÔDNEHO ORGANICKÉHO UHLÍKA V POVRCHOVEJ VRSTVE ORNÝCH PÔD ŽITNÉHO OSTROVA

SPATIAL MODEL OF TOPSOIL ORGANIC CARBON IN ARABLE SOILS OF ŽITNÝ OSTROV REGION

Rastislav SKALSKÝ, Jarmila MAKOVNÍKOVÁ, Štefan KOCO, Martina NOVÁKOVÁ, Zuzana TARASOVIČOVÁ, Gabriela BARANČIKOVÁ

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, r.skalsky@vupop.sk

Abstrakt

Poznanie aktuálneho stavu koncentrácie a zásoby pôdneho organického uhlíka (POC) je dôležité z hľadiska bilancie emisie a sekvestrácie uhlíka v pôdach pod vplyvom rozličných spôsobov využívania krajiny. Pre potreby modelovania dynamiky POC bol nedávno na Slovensku vytvorený priestorový model obsahu organického uhlíka v povrchovom horizonte poľnohospodárskych pôd v rozlíšení 10×10 km. V tomto príspevku popisujeme tvorbu priestorového modelu v podrobnejšom priestorovom rozlíšení. Vybrali sme si modelové územie na juhozápade Slovenska (Žitný ostrov) a použili súbory dostupných údajov o pôde (pôdnu mapu, popisy pôdnych profilov, rastrové modely obsahu ílu a piesku v povrchovom horizonte poľnohospodárskych pôd). Pre priestorovú reprezentáciu údajov o koncentrácii a zásobe POC sme zvolili pravidelnú štvorcovú sieť s rozlíšením 1×1 km. Pre výpočet objemovej hmotnosti pôdy, ktorá je potrebná na vyjadrenie zásoby POC sme použili existujúcu pedotransférovú funkciu. Najvyššie obsahy POC sme predpovedali v centrálnej časti záujmového územia a najnižšie po jeho okrajoch, čo je v dobrej zhode s bodovými pozorovaniami pôdy. Zistili sme odlišnosti v hodnotách obsahu POC a ich priestorovej distribúcii medzi našim modelom a existujúcim modelom v rozlíšení 10×10 km. Nami vytvorený model zodpovedá obdobiu rokov 1961 – 1970 a jeho použitie pre bilancovanie POC v súčasnosti je preto podmienené jeho projekciou na základe existujúcich údajov o historickom vývoji klímy a využívania krajiny.

Kľúčové slová: kvantifikácia legendy pôdnej mapy, údaje komplexného prieskumu poľnohospodárskych pôd

Abstract

Knowing the actual state of the soil organic carbon (SOC) concentration and stock is important for balancing the processes of carbon emission or sequestration from soils under different land using practices. Recently, a model of topsoil organic carbon for agricultural soils of Slovakia was created in spatial resolution of 10×10 km and used for modelling dynamics of

SOC. In this paper we describe creation of the finer resolution model. We have selected the pilot area at south-west Slovakia (Žitný ostrov region) and used set of generally available data on soil (soil map, soil profile descriptions, raster models of topsoil sand and clay content). We have used 1×1 km resolution grid to present data on SOC concentration and stock. Existing pedo-transfer rule was applied to calculate bulk densities of the topsoil necessary for SOC stock calculations. We predicted highest SOC content in central part of the pilot region and lowest at the borders which is in good accordance with observed soil profile data. We have found dissimilarities in predicted values and spatial pattern of SOC content between our model and existing 10×10 SOC content spatial model. Our model reflects period of 1961 – 1970 and its use for SOC balancing today is therefore not possible without projection of the estimated values from 1970 to current state based on historical data on climate and land use.

Keywords: quantification of soil map legend, national agricultural soil inventory data

ÚVOD

Pôdny organický uhlík (POC) predstavuje dôležitú zložku biogeochemického cyklu uhlíka. Množstvo a kvalita POC v pôde závisí okrem klimatických a pôdnych podmienok aj od spôsobu hospodárenia na pôde. Pôda a činnosti na ňu viazané (poľnohospodárstvo, lesníctvo, urbanizácia) môžu bilanciu uhlíka ovplyvňovať pozitívne alebo negatívne a nepriamo tak vplyvať na emisiu uhlíka z pôdy. Za najcitlivejšiu na krátkodobé zmeny pod vplyvom prírodných podmienok (zmena klímy) alebo využívania krajiny (vstupy organického uhlíka do pôdy, zavlažovanie, zábery pôdy) v zásobách POC je možno považovať povrchovú vrstvu pôdy. Poznanie stavu zásob v povrchovej vrstve pôdy má preto veľký význam pre bilancovanie zásob POC v rámci rôznych nadnárodných aktivít zameraných na riešenie problematiky vzťahu klimatickej zmeny a POC (napr. ECKLEMAN a iní, 2006, STOLBOVOY a MONTANARELLA, 2008). Pre územie poľnohospodárskych pôd Slovenska bol v nedávnom období spracovaný model zásoby POC k roku 1970, ktorý bol následne projektovaný pomocou modelu RothC až do roku 2007 (BARANČIKOVÁ a iní, 2011). Základný priestorový rámec tohto modelu bol stanovený na 10×10 km, čo zodpovedá najmä možnostiam dostupných údajov a ich spracovania a menej reálnym potrebám bilancovania POC na národnej úrovni.

V predkladanom príspevku sa venujeme príprave priestorového modelu obsahu POC v povrchovej vrstve pôdy (orné pôdy) v priestorovom rozlíšení 1×1 km na podklade údajov o poľnohospodárskych pôdach, ktoré sú dostupné pre celé územie Slovenska. Cieľom príspevku je na vybranom modelovom území (Žitný ostrov) otestovať možnosti tvorby priestorového modelu POC a porovnať vytvorený model s existujúcim modelom POC v priestorovom rozlíšení 10×10 km (východiskový stav k roku 1970, iba orné pôdy).

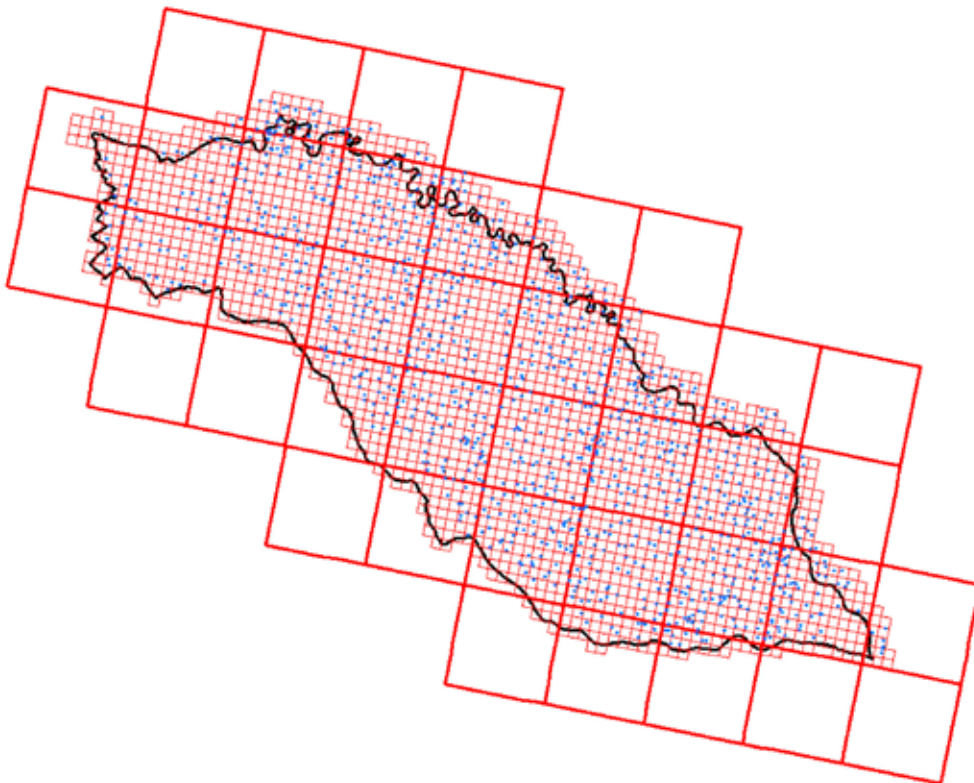
MATERIÁL A METÓDY

Použité údaje

Pre spracovanie modelu POC v priestorovom rozlíšení 1×1 km boli použité viaceré údajové vstupy dostupné pre celé územie poľnohospodárskych pôd Slovenska:

- Mapa pôdno-ekologických regiónov Slovenska (DŽATKO, 2002) obsahuje údaje o pôdno-ekologickej a produkčnej regionalizácii poľnohospodárskych pôd a bola použitá pre územné ohraničenie záujmového územia. Vybraný bol región 211 (Žitný ostrov).
- Mapa bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (ďalej ako BPEJ, LINKES a iní, 1996) obsahuje údaje o priestorovom rozložení klimatických regiónov, pôdno-substrátovej jednotke, topografických charakteristikách stanovišťa, hĺbke a skeletovitosti pôdy a pôdnom druhu povrchovej vrstvy pôdy. Mapa BPEJ bola použitá ako zdroj údajov o priestorovej distribúcii genetických pôdných jednotiek a pôdnom druhu.
- Databáza analytických vlastností poľnohospodárskych pôd (ďalej ako AISOP, LINKES a iní, 1988), ktorá obsahuje údaje o morfológických, chemických a vybraných fyzikálnych vlastnostiach pôdných horizontov celkom 17 741 pôdných profilov rozložených rovnomerne v rámci územia poľnohospodárskych pôd Slovenska. Z databázy AISOP boli použité údaje o klasifikácii pôdy (kód BPEJ) a obsahu POC (% C_{ox}), ktoré boli merané v rokoch 1961 – 1970. Vybraný bol súbor celkom 1.112 pôdných profilov pokrývajúcich záujmové územie (Obr. 1).
- Priestorové modely obsahu piesku a ílu v povrchovej vrstve poľnohospodárskych pôd Slovenska v priestorovom rozlíšení 20×20 m (BALKOVIČ a iní, 2010). Priestorové modely boli použité pre odhad obsahu piesku a ílu v rámci buniek pravidelnej štvorcovej siete s rozlíšením 1×1 km.
- Pravidelná štvorcová sieť s rozlíšením 1×1 km a 10×10 km (ďalej ako 1×1 km grid, 10×10 km grid), ktorá bola vytvorená a indexovaná v súlade s pravidlami pre základný priestorový rámec v rámci EÚ (ANONNI, 2005). 1×1 km grid bol použitý ako základná priestorová referencia pre integráciu použitých vstupných údajov a výsledný priestorový model POC. 10×10 km grid bol použitý ako doplnková informácia pre analýzu údajov a agregáciu údajov pre potreby porovnania vytvoreného modelu POC s existujúcimi údajmi.

Obr. 1 Hranice záujmového územia, 1×1 km grid, 10×10 km grid a lokalizácia pôdnych profilov AISOP (modré body).



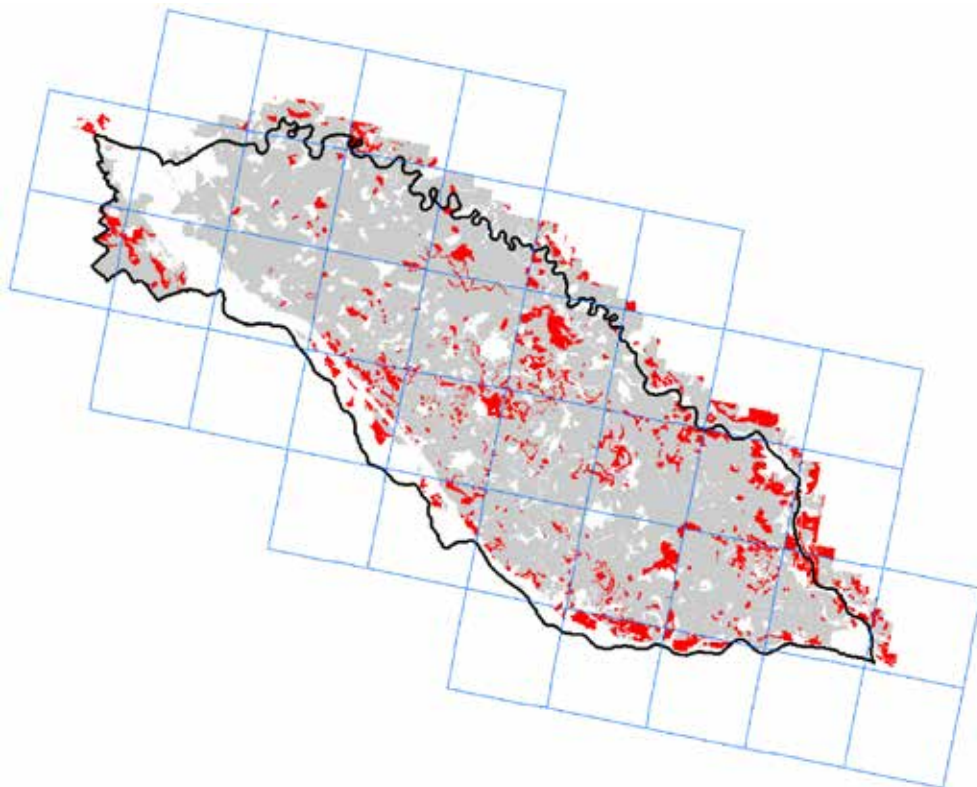
Spracovanie údajov

Pre každú bunku 1×1 km gridu bola v podobe váženého priemeru identifikovaná hodnota obsahu piesku (%), ílu (%) a koncentrácie POC (%). Ako vstupy pre výpočet slúžili vrstvy s rozlíšením 20×20 m pre obsah ílu a piesku (BALKOVIČ a iní, 2010) a model obsahu POC.

Model obsahu POC bol odvodený z údajov o BPEJ a AISOP. Z kódu BPEJ nachádzajúcich sa v záujmovom území bola identifikovaná hlavná pôdna jednotka (HPJ), ktorá bola ďalej klasifikovaná na úrovni pôdneho subtypu podľa platnej klasifikácie pôd Slovenska (SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2000): fluvizeme (23,6 %), fluvizeme glejové (2,0 %), černoze (19,9 %), černoze čiernicové (22,7 %), čiernice (23,3 %), čiernice glejové (6,8 %), organozeme (1,5 %) a ostatné pôdy (0,2 %), kde patrili všetky ostatné pôdy so zanedbateľnými výmerami v rámci záujmového územia. Na základe údajov o pôdnom druhu povrchového horizontu (mapa BPEJ) alebo obsahu frakcie pod 0,01 mm (AISOP) boli vytvorené účelové triedy zrnitosti pôdy:

- organické pôdy (1,5 %),
- ľahké pôdy s obsahom frakcie pod 0,01 mm menej ako 20 % (7,5 %),
- ťažké pôdy s obsahom frakcie pod 0,01 mm viac ako 60 % (84,0 %),
- ostatné pôdy s rozsahom obsahu frakcie pod 0,01 mm v rozpätí 20–60 % (7,0 %).

Obr. 2 Priradenie údajov o priemernom obsahu POC (%) vo vrstve pôdy 0 – 30 cm na základe priemeru v rámci bunky 10×10 km gridu (sivá) a priemeru za celé záujmové územie (červená).



Pre každú kombináciu pôdneho subtypu a zrnitosti triedy bola z údajov AISOP vypočítaná priemerná hodnota obsahu POC (%) vo vrstve 0 – 30 cm. Pre každý areál BPEJ bola identifikovaná jeho príslušnosť do bunky 10×10 km gridu. Zároveň boli pre každú bunku 10×10 km gridu identifikované aj všetky pôdne profily AISOP. Pre každú bunku 10×10 km gridu a existujúcu kombináciu subtypu a zrnitosti triedy bola potom z údajov AISOP vypočítaná priemerná hodnota obsahu POC (%) vo vrstve 0 – 30 cm. V prípade, že danej kombinácii v rámci bunky 10×10 km gridu zodpovedala iba jedna sonda, bola danej triede priradená hodnota POC pre danú sondu. Vypočítaná hodnota bola priradená areálu BPEJ na základe jeho príslušnosti do bunky 10×10 km gridu a kombinácie subtypu a zrnitosti triedy. Pre tie kombinácie subtypu a zrnitosti triedy, ktoré neboli pre danú bunku 10×10 km gridu dostupné z databázy AISOP bola priradená priemerná hodnota obsahu POC za celé záujmové územie (Obr. 2). Vrstva areálov BPEJ s priradenou hodnotou obsahu POC vo vrstve 0 – 30 cm bola transformovaná do rastrového formátu s rozlíšením 20×20 m.

Pre potreby výpočtu zásoby POC (t/ha) bola z údajov o obsahu piesku, ílu a Cox (%) vypočítaná rovnovážna objemová hmotnosť podľa pedotransférovej funkcie RAWLSA (1983). Zásoba POC bola následne odvodená ako:

$$POC = BD * COX * h \quad (1)$$

kde POC je zásoba pôdneho organického uhlíka vo vrstve 0–30 cm, BD je rovnovážna objemová hmotnosť pôdy vo vrstve 0–30 cm, COX je obsah organického uhlíka (%) vo vrstve 0–30 cm a h je hĺbka (cm) vrstvy, pre ktorú je výpočet realizovaný (30 cm).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

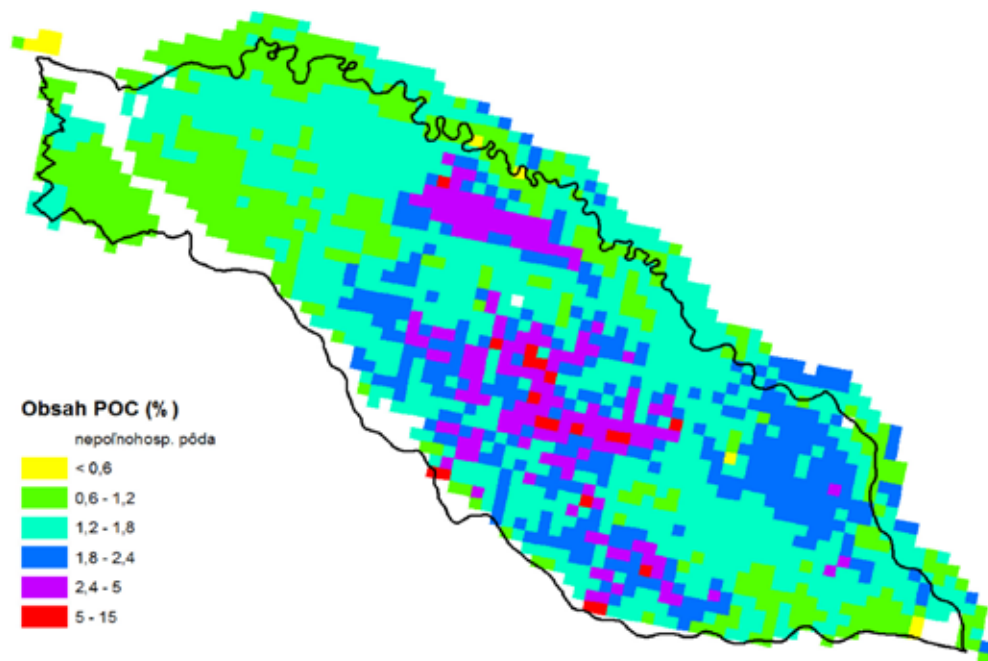
V Tab. 1 sú uvedené štatistické charakteristiky súboru údajov o obsahu POC vo vrstve 0–30 cm zo záujmového územia ako boli vypočítané z databázy AISOP. Súbor reprezentuje orné pôdy.

Tab. 1 Štatistické charakteristiky meraných údajov o obsahu Cox (%) vo vrstve 0–30 cm z územia Žitného ostrova (zdroj: AISOP).

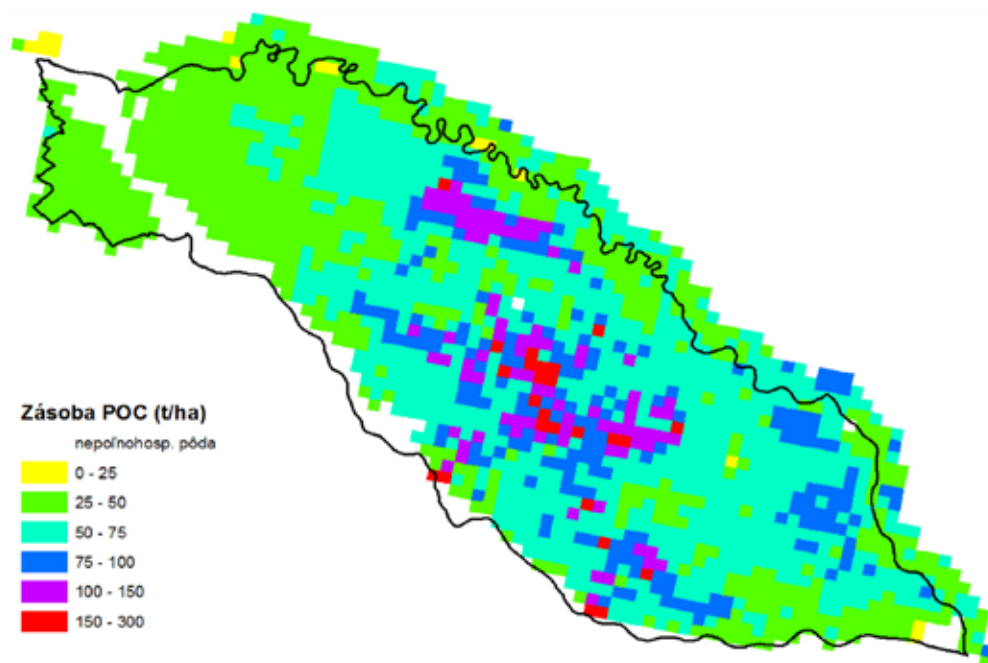
Subtyp	Zrn. trieda	poč. sond	Priemer	Min	Max	Sm. odch.
čiernica	ľahké	6	1,89	0,42	4,40	1,76
	stredne ťažké	211	1,96	0,28	6,63	0,83
	ťažké	61	2,18	0,82	3,93	0,66
čiernica glejová	ľahké	1	7,68	7,68	7,68	-
	stredne ťažké	56	2,76	0,58	12,12	1,85
	ťažké	29	2,31	1,23	4,54	0,72
černozem	ľahké	2	0,68	0,17	1,19	0,72
	stredne ťažké	161	1,32	0,63	3,08	0,37
černozem čiernicová	ľahké	18	1,26	0,65	2,16	0,44
	stredne ťažké	269	1,48	0,15	6,87	0,64
	ťažké	9	1,72	0,97	3,38	0,71
fluvizem	ľahké	38	0,73	0,01	1,81	0,33
	stredne ťažké	185	1,19	0,25	3,63	0,43
	ťažké	19	1,66	0,36	2,45	0,47
fluvizem glejová	ľahké	3	0,70	0,68	0,72	0,02
	stredne ťažké	20	1,28	0,53	2,20	0,57
	ťažké	8	1,98	1,18	3,27	0,63
organozem	-	14	11,67	2,40	46,88	13,01
ostatné	ľahké	1	1,57	1,57	1,57	-
	stredne ťažké	1	0,52	0,52	0,52	-

Výsledné priestorové modely obsahu POC (%) a zásoby POC (t/ha) v povrchovej vrstve 0–30 cm orných pôd záujmového územia sú uvedené na obrázku 3 a obrázku 4. Priestorové modely sú spracované v priestorovom rozlíšení 1×1 km.

Obr. 3 Priestorový model obsahu POC (%) vo vrstve 0–30 cm na Žitnom ostrove. Poľnohospodárske pôdy, priestorové rozlíšenie 1×1 km.



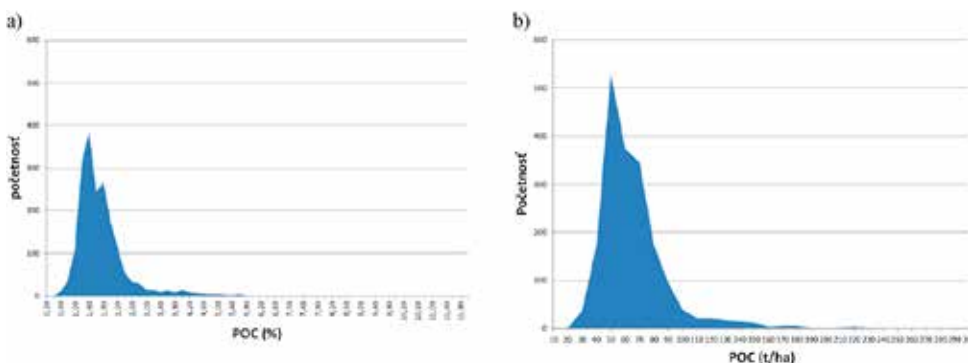
Obr. 4 Priestorový model zásoby POC (t/ha) vo vrstve 0–30 cm na Žitnom ostrove. Poľnohospodárske pôdy, priestorové rozlíšenie 1×1 km.



Priemerný obsah POC v orných pôdach záujmového územia je 1,66 % (medián: 1,48 %), smerodajná odchýlka je 0,83. Minimálna modelovaná hodnota obsahu POC v rámci záujmového územia je 0,46 % a maximálna modelovaná hodnota 11,66 %. Rozdelenie početností modelovaných hodnôt obsahu POC je uvedené na obrázku 5. Najvyššie koncentrácie obsahu POC sú v centrálnej časti Žitného ostrova a sú viazané najmä na bývalé územia mokradí (Potôňska, Čiližská a Okoličianska mokrad). Najnižšie koncentrácie POC v povrchovej vrstve pôdy sú modelované v okrajových častiach záujmového územia. Sú to územia mladých nivných akumulácií najmä Dunaja, Malého Dunaja a Váhu, menej bočných ramien týchto tokov alebo iných lokálnych tokov v území.

Priemerná zásoba POC v orných pôdach záujmového územia je 60,78 t/ha (medián: 54,88 t/ha), smerodajná odchýlka je 25,38. Minimálna modelovaná hodnota zásoby POC v rámci záujmového územia je 18,32 t/ha a maximálna modelovaná hodnota 290,47 t/ha. Rozdelenie početností modelovaných hodnôt zásoby POC je uvedené na obrázku 5. Priestorová vzorka zásoby POC v hrubých rysoch sleduje rozloženie obsahu POC (%) a najvyššie zásoby POC sa koncentrujú v centrálnej časti Žitného ostrova v oblasti Potôňskej a Čiližskej mokrade. Menej zreteľná je s ohľadom na modelovanú zásobu POC oblasť Okoličinskej mokrade na juhovýchode záujmového územia. Podobne ako v prípade modelovaných obsahov POC aj najnižšie zásoby POC sa viažu na oblasti mladých nivných akumulácií po okrajoch záujmového územia.

Obr. 5 Rozdelenie početností a) obsahu POC (%) a b) zásoby POC (t/ha) vo vrstve 0–30 cm na Žitnom ostrove.

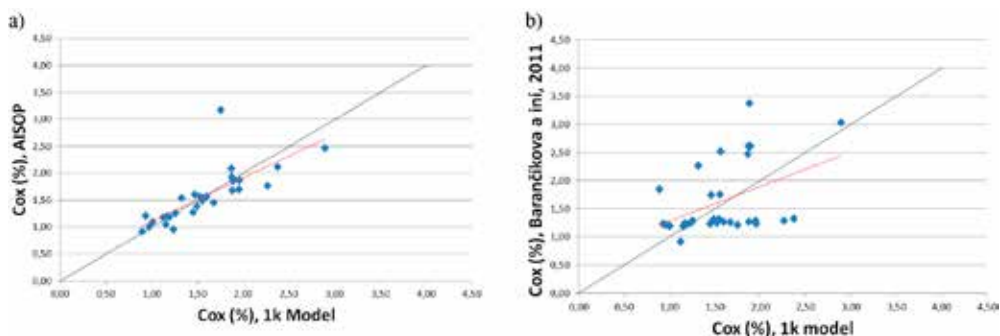


Úroveň, do ktorej vytvorený model obsahu POC reprodukuje merané hodnoty v záujmovom území bola zhodnotená na základe jednoduchého porovnania s údajmi AISOP. Modelované hodnoty obsahu POC (%) boli agregované do priestorového rozlíšenia 10×10 km ako priemerná hodnota. Rovnako aj z údajov AISOP boli vypočítané priemerné hodnoty obsahu POC (%) pre bunky 10×10 km gridu (Obr. 6). Koeficient determinácie $R^2 = 0,59$ a sklon priamky lineárnej regresie 0,807 pri početnosti súboru $n = 31$ svedčia o tom, že modelom sa vo všeobecnosti podarilo vhodne zreprodukovat' merané hodnoty zo záujmového územia. Vytvorený model má trend mierne nadhodnocovať nižšie hodnoty obsahu POC a naopak, mierne

podhodnocovať vyššie hodnoty čo vyplýva zo zvolenej metódy tvorby modelu (použitie priemernej hodnoty).

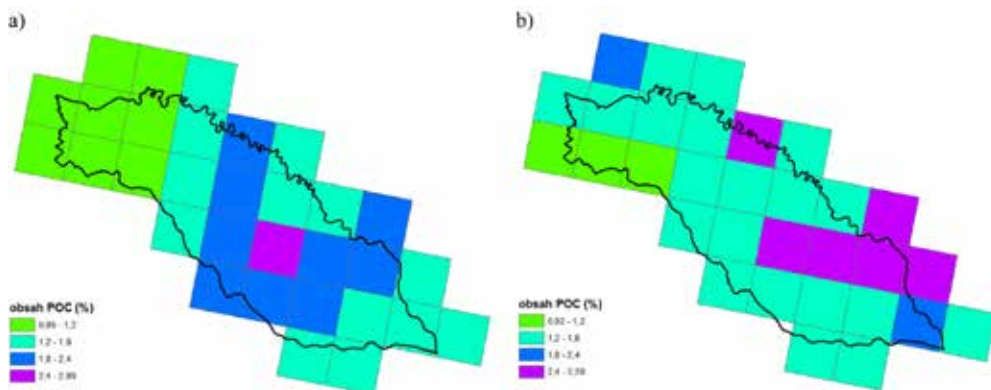
Vytvorený model obsahu POC (%) v priestorovom rozlíšení 1×1 km bola porovnaný s existujúcim modelom obsahu POC (%) v rozlíšení 10×10 km, ktorý slúžil ako vstup pre modelovanie bilancie POC pomocou modelu RothC (BARANČIKOVÁ a iní, 2011). Modelované údaje o obsahu POC (%) boli agregované z priestorového rozlíšenia 1×1 km do priestorového rozlíšenia 10×10 km gridu (ako priemerná hodnota), obrázok 7.

Obr. 6 Porovnanie modelovaných hodnôt obsahu POC s a) hodnotami obsahu POC podľa AISOP v rámci buniek 10×10 km gridu a b) s hodnotami priestorového modelu iniciálneho obsahu POC v rozlíšení 10×10 km podľa BARANČIKOVEJ a iní 2011.



Koeficient determinácie $R^2 = 0,19$ a sklon priamky lineárnej regresie 0,62 pri početnosti súboru $n = 31$ (Obr. 6) svedčí o relatívne nízkej zhode nami vytvoreného modelu a modelu iniciálneho obsahu POC v rozlíšení 10×10 km (BARANČIKOVÁ a iní, 2011), čo potvrdzuje aj vzájomné porovnanie priestorového rozloženia modelovaných obsahov POC (Obr. 7). Model iniciálneho obsahu POC v rozlíšení 10×10 km (BARANČIKOVÁ a iní, 2011) oproti nami vytvorenému modelu nadhodnocuje aj podhodnocuje modelované hodnoty. Vyplýva to zrejme z použitej metódy

Obr. 7 Modelované hodnoty obsahu POC s hodnotami obsahu POC podľa AISOP v rámci buniek 10×10 km gridu (a) a hodnoty priestorového modelu iniciálneho obsahu POC v rozlíšení 10×10 km podľa BARANČIKOVEJ a iní 2011 (b).



tvorby modelu obsahu POC v rozlíšení 10×10 km, ktorá spočíva v identifikácii najpočetnejšej triedy obsahu POC a zrnitosti pôdy v rámci bunky 10×10 km gridu (BARANČIKOVÁ a iní, 2011) a neberie do úvahy zastúpenie rôznych typov pôd v rámci analytického rozsahu údajov, tak ako je to v našom prípade.

ZÁVER

V predkladanom článku sa venujeme problematike tvorby priestorového modelu obsahu (%) a zásoby (t/ha) POC vo vrstve 0 – 30 cm orných pôd s rozlíšením 1×1 km v modelovom území (Žitný ostrov). Vytvorený model obsahu POC vhodne reprodukuje priamo merané hodnoty. Najvyššie hodnoty obsahu aj zásoby POC sú modelované v centrálnej časti Žitného ostrova a sú viazané na oblasti bývalých mokradí (Čiližská, Potôňská a Okoličianska mokrad'). Najnižšie hodnoty obsahu a zásoby POC sú modelované v okrajových častiach Žitného ostrova a sú viazané na najmladšie nívne akumulácie Dunaja, Malého Dunaja a Váhu.

Nami vytvorený model predpovedá hodnoty obsahu POC odlišne od existujúceho modelu iniciálneho obsahu POC v rozlíšení 10×10 km (BARANČIKOVÁ a iní, 2011). Myslíme si, že vzhľadom na dobrú zhodu s nášho modelu s meranými hodnotami POC je nami vytvorený model správnejší a vzhľadom na zvolené priestorové rozlíšenie údajov (1×1 km oproti 10×10 km) aj výpovednejší.

Nami vytvorený priestorový model obsahu a zásoby POC zodpovedá obdobiu vzniku meraných údajov (roky 1961 – 1970). Jeho použitie pre bilancovanie súčasného stavu POC v poľnohospodárskych pôdach záujmového územia je tak podmienené aplikáciou modelov, ktoré umožnia projekciu POC v súlade s vývojom klímy a využívania poľnohospodárskej krajiny v období od roku 1970 dodnes.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0243-11.

LITERATÚRA

- ANNONI, A. (ed.), 2005. *European Reference Grids*. European Commission, Joint Research Centre, 33 EUR 21494 EN
- BALKOVIČ, J., SKALSKÝ, R., NOVÁKOVÁ, M. 2010. *Priestorový model distribúcie piesku a ílu v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska*. In: Bujnovský, R. (ed.) *Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 32*. Bratislava: VÚPOP, s. 5 – 13
- BARANČIKOVÁ, G., GUTTEKOVÁ, M., HALAS, J., KOCO, Š., MAKOVNÍKOVÁ, J., NOVÁKOVÁ, M., SKALSKÝ, R., TARASOVIČOVÁ, Z., VILČEK, J., 2011. *Pôdny organický uhlík v poľnohospodárskej krajine – modelovanie zmien v priestore a čase*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 85 s., ISBN 978-80-89128-86-0
- DŽATKO, M., 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdnoekologických regiónov Slovenska*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 87 s., ISBN 80-85361-94-9
- ECKELMANN, W., BARITZ, R., BIALOUSZ, S., BIELEK, P., CARRÉ, F., HOUŠKOVÁ, B., JONES, R. J. A., KIBBLEWHITE, M., KOZAK, J., LE BAS, C., TÓTH, G., TÓTH, T., VÁRALLYAY, G., HALLA, M. Y., ZUPAN, M., 2006: *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*. European Soil Bureau Research Report No.20, Luxembourg
- : Office for Official Publications of the European Communities, 94 s., EUR 22185 EN
- LINKEŠ, V., GROMOVÁ, A., LUPTÁK, D., PESTÚN, V., POLIAK, P., 1988. *Informačný systém o pôde*. Bratislava: Príroda, 198 s.

- LINKEŠ, V., PESTÚN, V., DŽATKO, M., 1996. *Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 103 s., ISBN 80-85361-19-1
- RAWLS, J. W., 1983. Estimating soil bulk density from particle size analysis and organic matter content. *Soil Science*, Vol. 135, No. 2, p. 123 – 125
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2000. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska: Bazálna referenčná taxonómia*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, s. 76 p. ISBN 80-85361-70-1
- STOLBOVOY, V., MONTANARELLA, L., 2008: *Application of Soil organic carbon status indicators for policy-decision making in the EU*. In: Toth, G., Montanarella, L., Rusco, E. (eds) *Threats to soil quality in Europe*. JRC Scientific and Technical Reports, s. 87-99, ISBN 978-92-79-09529-0
-

DIGITALIZÁCIA VÝSTUPOV KPP, ICH PUBLIKÁCIA A INTEGRÁCIA DO INFORMAČNÉHO SYSTÉMU V ČESKEJ REPUBLIKE A SLOVENSKEJ REPUBLIKE

NATIONAL SOIL INVENTORY DATA DIGITIZATION, PUBLICATION AND IMPLEMENTATION INTO SOIL INFORMATION SYSTEM IN CZECH REPUBLIC AND SLOVAK REPUBLIC

**Rastislav SKALSKÝ¹, Ivana PÍRKOVÁ², Martin SAKSA¹, Ivan NOVOTNÝ²,
Rastislav DODOK¹, Ondřej HOLUBÍK², Jozef KOREŇ¹, Pavel NOVÁK², Lenka
ŠOŠOVIČKOVÁ¹, Jan VOPRAVIL²**

¹Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, r.skalsky@vupop.sk

²Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 – Zbraslav, pirkova.ivana@vumop.cz

Abstrakt

V rokoch 1961 – 1970 prebehol v bývalom Československu komplexný prieskum poľnohospodárskych pôd (KPP). Výsledkom KPP je množstvo mapových aj popisných výstupov. Cieľom príspevku je zistiť stav informatizácie výstupov KPP v Českej republike a Slovenskej republike. V Čechách sa pozornosť venuje najmä zachovaniu výstupov v podobe digitálnych verzií a ich následnej publikácii na webe. Na Slovensku sa pozornosť zameriava viac na digitalizáciu obsahu výstupov KPP a riešeniu obsahovej konzistencie údajov. Vzájomná spolupráca môže pomôcť vhodne riešiť problematiku informatizácie výstupov KPP v Čechách aj na Slovensku.

Kľúčové slová: komplexný prieskum poľnohospodárskych pôd bývalého Československa, informatizácia údajov o pôde

Abstract

National agricultural soils inventory (KPP) was done in 1961 – 1970 period at former Czechoslovakia which resulted in many soil map and supporting text outputs. In the paper we analyze the state-of-the-art of KPP outputs informatization in contemporary Czech Republic and Slovak Republic. Digital versions of the most important KPP outputs are being created in Czech Republic and published via web services. In Slovak Republic the activities running are more focused on digitization of semantic part of KPP outputs and to the questions of semantic consistency of the data. Collaboration among Czech Republic and Slovak republic could reinforce solving of the KPP outputs informatization in both countries.

Keywords: National agricultural soils inventory in former Czechoslovakia, soil data informatization

ÚVOD

Komplexný prieskum poľnohospodárskych pôd (KPP) prebehol v rokoch 1961 – 1971 na celej výmere poľnohospodárskych pôd bývalého Československa. Počas KPP bolo zozbierané množstvo základných údajov o vlastnostiach pôd a ich priestorovom rozšírení (NEMEČEK a iní, 1967, HRAŠKO a BEDRNA, 1970, HRAŠKO, 1990).

Výstupy KPP od obdobia svojho vzniku slúžili ako podklad pre mnohé, programovo aj neprogramovo riešené vedecké a aplikačné úlohy. Najvýznamnejšou nadstavbovou aplikáciou výstupov KPP je systém bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ), napr. DŽATKO a SOBOČKÁ, 2009, VOPRAVIL a iní, 2011). Obsah výstupov KPP – podrobná informácia o profilovej stavbe pôd, množstvo údajov o morfológii a základných analytických vlastnostiach pôdy, ktoré sú priamo vzťahované k pôdnym areálom (okrskom) na pôdnych mapách predstavujú významný potenciál pre tvorbu rôznych informácií o pôde a krajine (za viaceré práce napr. BALKOVIČ a iní, 2010).

Významným faktorom, ktorý negatívne vplýva na možnosť priameho využitia údajov z KPP v informačných systémoch o pôde v Čechách aj na Slovensku je archivácia výstupov KPP (pôdne mapy, údaje o sondách) v klasickej, papierovej podobe. Ak majú údaje KPP plnohodnotne využitie, je nevyhnutný prevod informačne najvýznamnejších položiek archívnych materiálov KPP do digitálnej podoby. Túto skutočnosť si veľmi dobre uvedomujú inštitúcie, ktoré sa v minulosti na realizácii KPP podieľali a dnes majú výstupy KPP vo svojej správe. Sú to Výzkumný ústav meliorácií a ochrany pôdy, v. v. i. (VÚMOP, v. v. i.) a Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy (VÚPOP). VÚPOP na Slovensku už v roku 2003 zahájil aktivity, ktoré smerujú k systematickej digitalizácii výstupov KPP. V Čechách VÚMOP v. v. i. realizuje digitalizáciu výstupov KPP od roku 2006.

VÚMOP, v. v. i. aj VÚPOP vnímajú skutočnosť, že problematika práce s výstupmi KPP na Slovensku aj v Čechách má množstvo spoločných črt. Preto v roku 2012 zahájili riešenie projektu, ktorý je zameraný na výmenu odborníkov a výmenu skúseností z oblasti informatizácie výstupov KPP. Tento projekt je podporovaný národnými agentúrami pre podporu výskumu a vývoja.

Cieľom tohto príspevku je zmapovať stav a úroveň riešenia problematiky digitalizácie, publikácie a integrácie údajov KPP do informačného systému o pôde v Čechách a na Slovensku

MATERIÁL A METÓDY

Výstupy KPP

Počas KPP vzniklo množstvo výstupov, ktoré slúžili priamo pre odoberateľov na rôznych úrovniach (poľnohospodárske podniky, orgány štátnej správy) alebo pre vnútorné potreby inštitúcií zabezpečujúcich prieskum. Tieto výstupy sú dodnes archivované a dostupné pre ďalšie spracovávanie.

Najmä pre vnútorné potreby realizácie prieskumu slúžili pracovné výstupy KPP (Obr. 1). Sú to poľné pôdne zápisníky, do ktorých boli zaznamenané pozorovania pôdy priamo v teréne, formuláre výsledkov analytického rozboru pôdy a pracovné mapy (resp. pracovné zostaviteľské originály) na ktorých boli okrem lokalizácie pôdnych sond, vedenia hraníc pôdnych okrskov zaznamenané aj niektoré ďalšie dôležité skutočnosti ako hranice administratívnych jednotiek, hospodárskych obvodov poľnohospodárskych podnikov, hranice tried krajinej pokrývky a využívania krajiny a tiež niektoré limitujúce (zamokrenie) a degradačné (erózia pôdy) vplyvy v krajine. Obsah pracovných máp KPP je zobrazený na podklade topografických máp. Väčšina územia bývalej Československej socialistickej republiky je zobrazená na podklade štátnej mapy odvodenej v mierke 1:5 000 (ďalej ako ŠMO), menšia časť na vojenských topografických mapách v mierke 1:10 000.

Pre odoberateľov výsledkov prieskumu boli určené čistopisné výstupy (Obr. 2), ktoré pozostávali z textovej a mapovej časti a boli spracované na dvoch rozlišovacích úrovniach – podnikovej a okresnej. Sú to najmä základné pôdne mapy a kartogramy zrnitosti, skeletovitosti a zamokrenia (spracované v mierkach 1:10 000 a 1:50 000), ktoré predstavujú finálny mapový výstup KPP. V sprievodných správach na podnikovej a okresnej úrovni sú v syntetickej podobe spracované prírodné a výrobné pomery záujmového územia, zhrnuté výsledky terénneho prieskumu a navrhnuté opatrenia na zvýšenie a zefektívnenie produkcie (návrhové opatrenia boli aj samostatne mapovo vyjadrené).

Obr. 1 Ukážka pracovných a čistopisných výstupov KPP – pracovná mapa, základná pôdna mapa, kartogram zrnitosti, poľný pôdny zápisník a formulár analytického rozboru pôdy.



VÝSLEDKY A DISKUSIA

Stav informatizácie údajov KPP v Čechách

Systematická digitalizácia výstupov KPP prebieha v Čechách od roku 2006. Činnosti prebiehajú v dvoch fázach. Prvá fáza je zameraná na skenovanie pracovných máp KPP, údajov

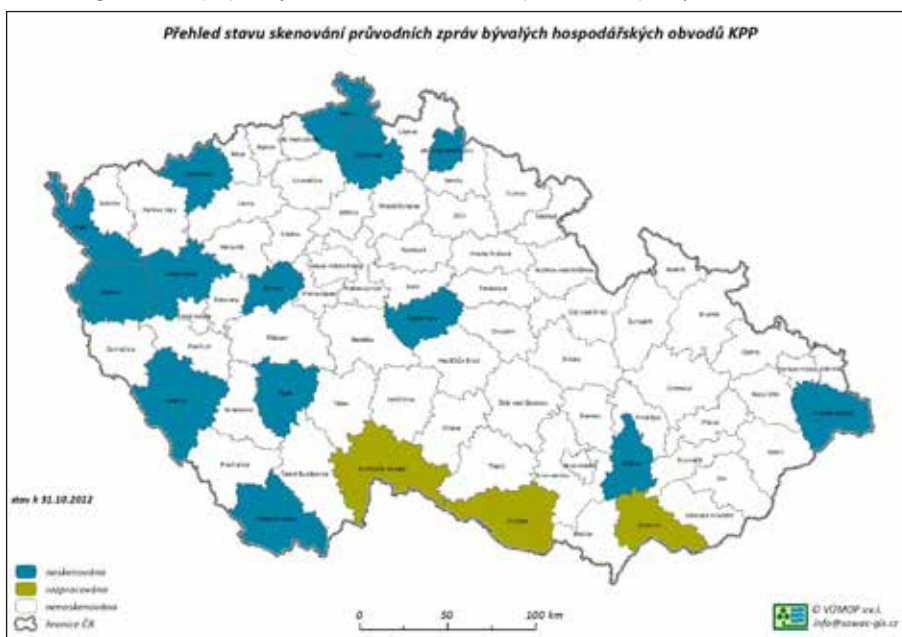
o sondách a záverečných správ z prieskumu na podnikovej úrovni. Druhá fáza je zameraná na digitalizáciu obsahu pracovných máp KPP.

Už v roku 2008 bolo ukončené skenovanie pracovných máp z celého územia Českej republiky. Skenovanie mapových podkladov KPP prebehlo na kalibrovaných veľkoformátových skeneroch Contex FSC 3040 Chroma a Contex Crystal XL 42. Následne, po doplnení a vyhodnotení vybraného odborného materiálu boli zoskenované mapové podklady KPP prevedené do formátu ZOOMIFY, ktorý umožňuje publikáciu máp v informačnom systéme SOWAC GIS.

V tomto roku (rok 2012) bude ukončené skenovanie popisnej časti výstupov KPP - poľných pôdnych zápisníkov, formulárov analytického rozboru výberových sond KPP a doplnkového materiálu ako protokoly, popisy vzoriek a poznámky. V tejto fáze sa neskenujú samotné sprievodné správy na podnikovej úrovni. Skenovanie popisnej časti prebieha na skeneroch Epson perfection 4490 Photo. Následne, po doplnení a vyhodnotení vybraného odborného materiálu sú zoskenované popisné údaje prevedené do formátu ZOOMIFY, ktorý umožňuje publikáciu máp v informačnom systéme SOWAC GIS.

Predpokladá sa, že v roku 2013 VÚMOP v.v.i. dokončí digitalizáciu záverečných správ KPP na podnikovej úrovni (Obr. 2). Skenovanie výstupov vo formáte A4 prebieha pomocou skenerov DR4010C a vo formáte A3 na skeneroch EPSON GT 15000. Spracovanie výstupov skenovania prebieha pomocou softvéru Kofax Express. Následne, po doplnení a vyhodnotení vybraného odborného materiálu sú zoskenované záverečné správy prevedené do formátu ZOOMIFY, ktorý umožňuje publikáciu máp v informačnom systéme SOWAC GIS.

Obr. 2 Stav digitalizácie popisnej časti KPP v Čechách – sprievodné správy (stav k roku 2012).



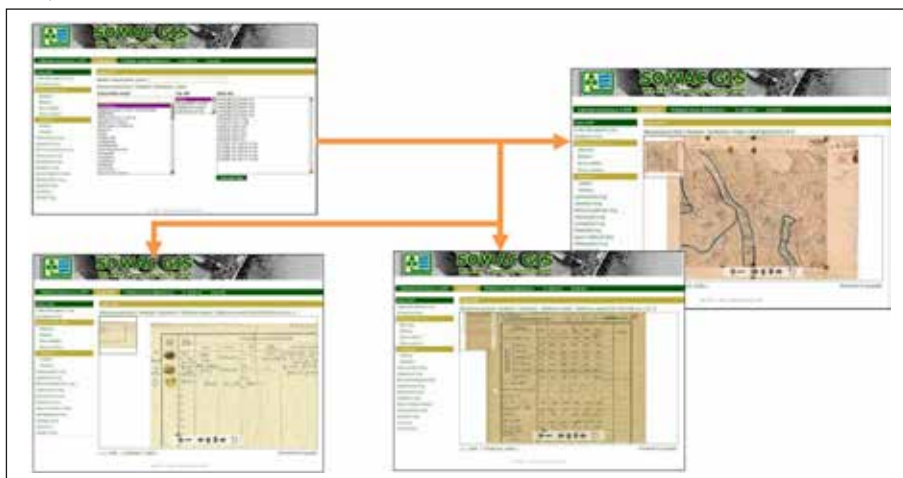
Od roku 2012 prebieha v českej republike tzv. druhá fáza digitalizácie, ktorá sa zameriava na odborný obsah vybraných výstupov KPP (pracovné mapy, poľné pôdne zápisníky). V súvislosti s potrebou publikácie výsledkov prvej fázy digitalizácie sa pozornosť v súčasnosti zameriava na digitalizáciu hraníc hospodárskych obvodov poľnohospodárskych podnikov z pracovných máp KPP. Z pracovných máp KPP budú následne digitalizované aj údaje o lokalizácii pôdných sond, pričom údaj o lokalizácii bude doplnený popisnými údajmi z poľných pôdných zápisníkov.

Dôležitým krokom informatizácie výstupov KPP v Českej republike je publikácia zdigitalizovaných výstupov pomocou webových služieb. VÚMOP v.v.i. v rámci portálu SOWAC GIS, ktorý slúži pre publikáciu rôznych údajov v správe VÚMOP v.v.i., vytvoril a testoval aplikáciu pre zverejnenie výstupov KPP – WA KPP (Obr. 3).

WA KPP je interaktívna webová aplikácia, ktorá sprístupňuje údaje KPP v prostredí internetu. Dôraz pri vývoji aplikácie bol kladený najmä na jednoduchosť prístupu. Údaje sú organizované v rámci administratívnych jednotiek (katastrálne územie). Údaje KPP sú publikované ako obrázky, nie je zabezpečená funkcionlita prehliadania mapových údajov v geografickom priestore. Plná funkcionlita služby je podmienená ukončením digitalizácie všetkých popisných údajov KPP.

V roku 2012 začal VÚMOP v.v.i. pracovať na novej verzii služby, ktorá by mala zefektívniť a sprehľadniť prácu s výstupmi KPP.

Obr. 3 Webová aplikácia WA KPP, ktorá v Českej republike umožňuje publikáciu výstupov KPP v rámci portálu SOWAC GIS.



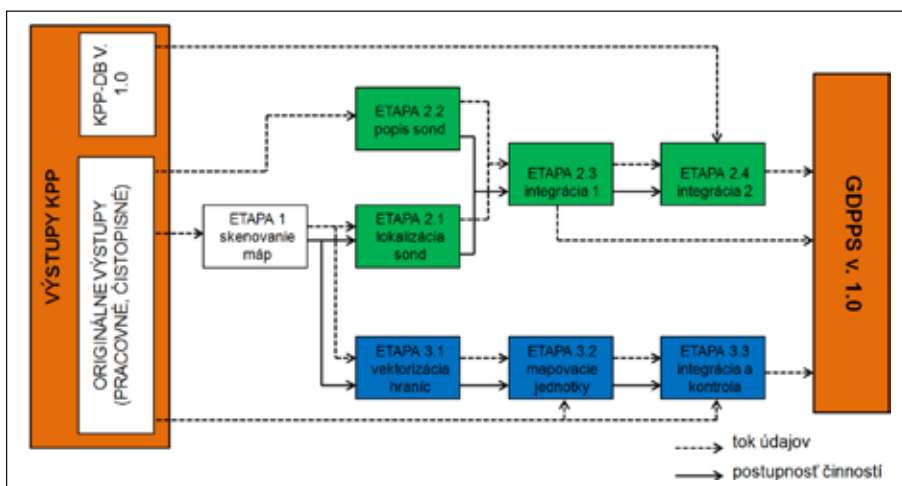
Stav informatizácie údajov KPP na Slovensku

Na Slovensku je pozornosť digitalizácii údajov KPP venovaná v rámci VÚPOP už od roku 1983, kedy boli z poľných pôdných zápisníkov a výsledkov analytického rozboru pôdy zdigitalizované údaje o výberových sondách a vytvorená databáza AISOP (LINKEŠ a iní, 1988).

V rokoch 2003–2005 sa začala na VÚPOP venovať pozornosť aj komplexnej digitalizácii výstupov KPP. Bola vytvorená a testovaná metodika digitalizácie odborného obsahu pracovných máp KPP a popisných údajov o sondách (viac v SAKSA a iní, 2009). V tomto období boli zoskenované a ortorektifikované údaje z celého územia Slovenskej republiky a bola zdigitalizovaná lokalizácia všetkých sond KPP (vrátane opisnej informácie z pracovnej mapy KPP). Vytvorený a testovaný bol metodický postup pre digitalizáciu hraníc pôdných mapovacích jednotiek a obsahu poľných pôdných zápisníkov a formulárov analytického rozboru pôdy (Obr. 4). Dôležitá je etapizácia činností a úprava všetkých činností v rámci organizácie práce súborom záväzných pravidiel, ktoré operátori pri digitalizácii údajov musia rešpektovať.

Od roku 2005 prebieha na VÚPOP systematická digitalizácia výstupov KPP. V súčasnosti je na 100 % ukončená prvá fáza digitalizácie hraníc pôdných mapovacích jednotiek. Druhá fáza digitalizácie pôdných mapovacích jednotiek, ktorá je zameraná na finalizáciu polygónov pôdných typov, pôdotvorných substrátov, pôdných druhov, skeletovitosti pôdy a hĺbky pôdy, je ukončená na viac ako dvoch tretinách územia. Predpokladá sa, že digitalizácia mapovacích jednotiek KPP bude úplne ukončená v polovici roka 2013. Stav digitalizácie popisných údajov o sondách a ich integrácie s údajmi o lokalizácii sond KPP je vzhľadom na veľkú časovú a kapacitnú náročnosť práce horší. Do konca roka 2012 bude ukončená digitalizácia na asi 15 % územia Slovenska (5 okresov administratívneho členenia Slovenskej socialistickej republiky v čase realizácie KPP).

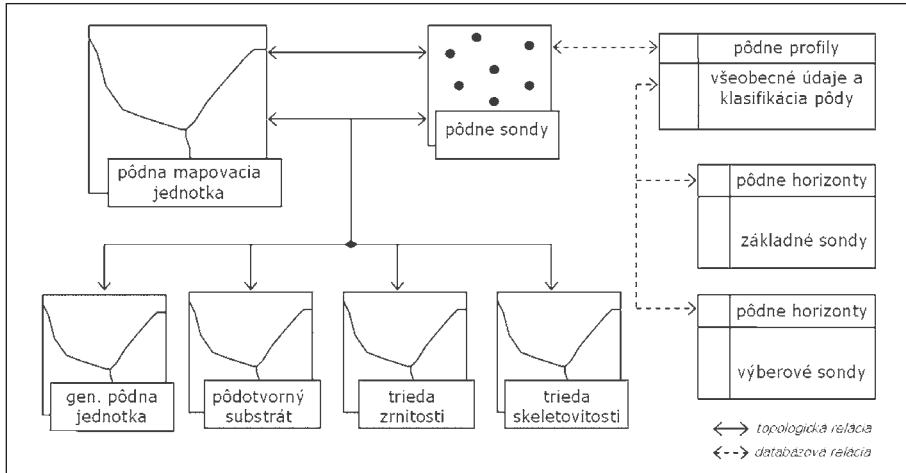
Obr. 4 Schematické znázornenie metodického postupu digitalizácie obsahu výstupov KPP na VÚPOP (GDPPS – digitálna verzia výstupov KPP, KPP-DB = AISOP).



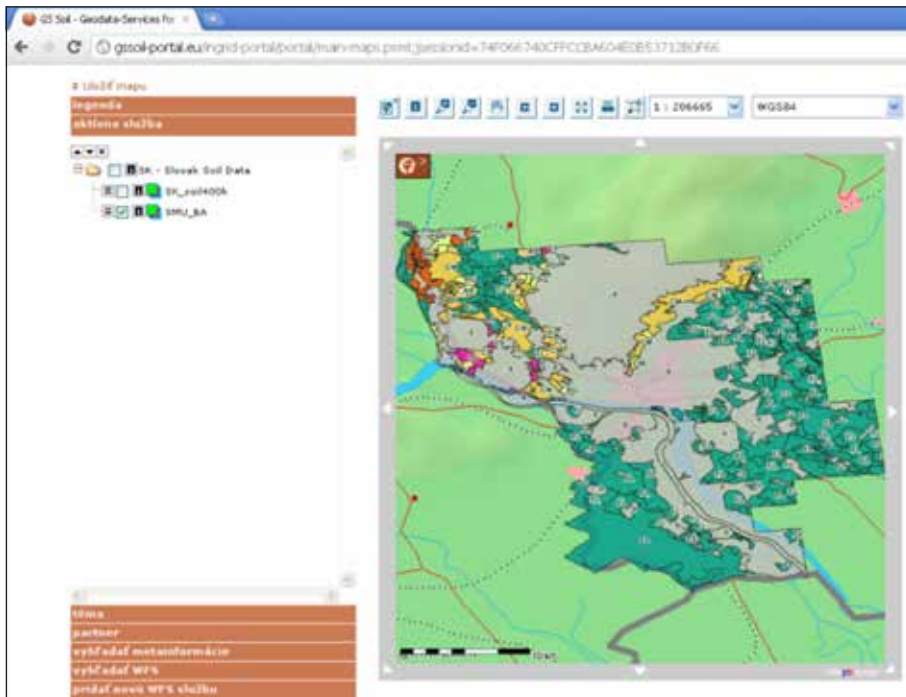
Informatizácia výstupov KPP sa na Slovensku sústreďuje na obsahovú (sémantickú) stránku údajov. V roku 2005 bola ukončená analýza výstupov KPP a identifikované sémanticky najvýznamnejšie prvky výstupov KPP a ich popisných atribútov (SKALSKÝ, 2005). Za informačne

najdôležitejšie boli vytipované pôdne mapovacie jednotky z pôdnych máp v mierke 1:10.000, pôdne sondy s ich lokalizáciou a morfológickým a analytickým popisom a vzťahy medzi týmito prvkami, ktoré sú dané ich polohou v geografickom priestore a klasifikáciou pôdy (Obr. 5).

Obr. 5 Schematické znázornenie informačne najdôležitejších výstupov KPP a ich vzťahov.



Obr. 6 Pilotná webová mapová služba vytvorená pre potreby publikácie obsahu údajov KPP (pôdne mapovacie jednotky).



V súčasnosti pokračuje na VÚPOP v súvislosti s implementáciou smernice INSPIRE ďalšia informatizácia údajov KPP, ktorá sa sústreďuje najmä na rôzne aspekty sprístupnenia výstupov KPP pomocou webových mapových služieb (WMS/WFS), tiež problematiku metaúdajov a harmonizácie obsahu údajov v európskom priestore (Skalský a iní, 2011). Vytvorená a testovaná je pilotná webová mapová služba, ktorá umožňuje prehliadanie údajov KPP z pilotného územia (okolie mesta Bratislava). Služba sprístupňuje údaje o pôdnych mapovacích jednotkách (Obr. 6).

ZÁVER

Stav rozpracovania metodického riešenia a realizácia digitalizácie výstupov KPP je v Čechách a na Slovensku rôzna. V Čechách sa pozornosť sústreďuje na skenovanie analógového archívu KPP. Je vytvorený prepracovaný systém skenovania a následného spracovania a archivácie digitálnych údajov. Na Slovensku sa riešenie sústreďuje najmä na digitalizáciu obsahu výstupov KPP. Skenovanie sa obmedzuje iba na zabezpečenie podkladov pre digitalizáciu. Je dobre rozpracovaná metodika digitalizácie údajov z máp a zápisníkov a pravidiel organizácie práce.

Stav publikácie a informatizácie výstupov KPP sa v Čechách a na Slovensku rovnako odlišuje. V Čechách je v súčasnosti pozornosť venovaná najmä poskytovaniu digitálnych kópií analógových máp a pôdnych zápisníkov v rámci webového portálu SOWAC GIS. Rozpracované a testované je aktuálne pilotné riešenie webového archívu KPP ako súčasť SOWAC GIS. Na Slovensku sa pozornosť zameriava viac na informatizáciu obsahu výstupov (analýza údajového modelu) a riešenie formálnej konzistencie údajov KPP v zmysle direktívy INSPIRE. Bolo vytvorené a testované pilotné riešenie webovej mapovej služby pre publikovanie obsahu pôdnych máp KPP harmonizovaného v rámci celoeurópskeho priestoru.

Rozdiely v orientácii a pokrytí jednotlivých problémových oblastí v Čechách a na Slovensku poukazujú na správnosť myšlienky spolupráce a výmeny skúseností pri komplexnom riešení problematiky správy a využitia údajov KPP. Vzájomná spolupráca medzi VÚMOP v. v. i. a VÚPOP môže výrazne ušetriť množstvo práce a úsilia, ktoré by inak bolo nevyhnutné vynaložiť na riešenie teoretických a metodologických problémov v oblastiach, ktoré dnes pokrýva niektorá z partnerských inštitúcií.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. SK-CZ-0183-11 a Ministerstvom školstva, mládeže a telovýchovy Českej republiky v rámci programu MOBILITY MŠMT na základe zmluvy č. 2955/2012-36.

LITERATÚRA

- BALKOVIČ, J., SKALSKÝ, R., NOVÁKOVÁ, M. 2010. *Priestorový model distribúcie piesku a ílu v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska*. In: Bujnovský, R. (ed.) Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 32. Bratislava: VÚPOP, s.5 - 13
- DŽATKO M., SOBOCKÁ J. a i. 2009. *Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek. Inovovaná príručka pre bonitáciu a hodnotenie poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 28 s. ISBN 978-80-89128-55-6
- HRAŠKO, J., 1990. *Pôdoznanectvo na Slovensku od konca päťdesiatych rokov*. In Pôda – najcennejší zdroj. Odborná účelová publikácia vydaná pri príležitosti 30. výročia vzniku Výskumného ústavu pôdnej úrodnosti. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, s. 18-38
- HRAŠKO, J., BEDRNA, Z. 1970. *Soil mapping on the territory of Slovakia*. In: Hraško, J., (ed.) Vedecké práce výskumného ústavu pôdoznanectva a výživy rastlín v Bratislave č. 4, Bratislava: PRÍRODA, s. 13-19
- LINKEŠ, V., GROMOVÁ, A., LUPTÁK, D., PESTÚN, V., POLIAK, P., 1988. *Informačný systém o pôde*. Bratislava: Príroda, 198 s.
- NĚMEČEK, J., DAMAŠKA, J., HRAŠKO, J., BEDRNA, ZUSKA, V., TOMÁŠEK, M., KALENDA, M., 1967. *Průzkum zemědělských půd ČSSR (Souborná metodika) 1. Díl: Metodika terénního průzkumu, sestavování půdních map a geneticko-agronomické klasifikace půd*. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy, 246 s.
- SAKSA, M., SKALSKÝ, R., ČURDOVÁ, K., PIVARČEKOVÁ, E., BARTOŠOVIČOVÁ, I., 2009. *Súčasný stav budovania georeferencovanej databázy poľnohospodárskych pôd Slovenska*. In: Bujnovský, R. (ed.) Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 31. Bratislava: VÚPOP, 2009, s. 144 – 150, ISBN 978-80-89128-59-4
- SKALSKÝ, R., 2005. *Georeferenced Database of Agricultural Soils of Slovakia*. In Bujnovský, R., Tekelová, Z., (Eds.), Vedecké práce č. 27, Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, s. 97 – 110, ISBN 80-89128-17-3
- SKALSKÝ, R., ŠOŠOVIČKOVÁ, L., PÁLKA, B., SOBOCKÁ, J., BALKOVIČ, J., 2011. *Aktualizácia pôdných máp v mierke 1:10 000 podľa požiadaviek direktívy INSPIRE*. In: Bujnovský, R. (ed.) Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 33. Bratislava: VÚPOP, 2011, s. 116 - 126, ISBN 978-80-89128-91-4
- VOPRAVIL, J., KHEL, T., VRABCOVÁ, T., NOVÁK, P., NOVOTNÝ, I., HLADÍK, J., VAŠKŮ, Z., JACKO, K., ROŽNOVSKÝ, J., PÍRKOVÁ, HAVELKOVÁ, L., STŘEDA, T., VOLTR, V. 2011. *Půda a její hodnocení v ČR díl II*. 1. vyd. Praha: VÚMOP, 150 s. ISBN 978-80-87361-08-5

HODNOTENIE PÔDOOCHRANNÝCH OPATRENÍ S MOŽNOSŤOU ČERPANIA AGROENVIRONMENTÁLNYCH PLATIEB

EVALUATION OF SOIL PROTECTION MEASURES ON WHICH IS POSSIBLE TO DRAW THE AGRO-ENVIRONMENTAL PAYMENTS

Ján Styk, Boris Pálka

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, Gagarinova 10
Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36 j.styk@vupop.sk*

Abstrakt

Príspevok je zameraný na zhodnotenie vhodnosti realizácie pôdoochranných opatrení v konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach záujmového územia, ktoré sú súčasťou Plánu rozvoja vidieka na roky 2007-2013 (opatrenie: Agroenvironmentálne platby, podopatrenie: Pôdoochranné opatrenia), a na ktoré môže užívateľ poľnohospodárskej pôdy čerpať agroenvironmentálnu podporu. Pred samotnou realizáciou protieróznych opatrení (v zhode s Agroenvironmentálnymi platbami) je vhodné charakterizovať konkrétne záujmové územie z pohľadu stupňa eróznej ohrozenosti pôd (SEOP). Získame prvotný obraz o intenzite vodnej erózie a jej plošnej distribúcii a na základe uvedeného je možné navrhnúť vhodný spôsob obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy využitím odporúčaných protieróznych opatrení a postupov.

V tomto konkrétnom prípade, keď väčšina územia patrí do kategórie vysokej a veľmi vysokej eróznej ohrozenosti pôdy, nie všetky odporúčané protierózne opatrenia dokážu dostatočne ochrániť pôdu pred eróziou. Zistili sme, že stabilizačné oševné postupy, ktoré sú najčastejšie sa používaným pôdoochranným opatrením v rámci Agroenvironmentálnych platieb, nie vždy sú pre ochranu pôdy pred eróziou (v konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach lokality) najvhodnejším riešením. Ak chce užívateľ pôdy na tomto pôdnom bloku účinnejšie chrániť pôdu pred eróziou a zároveň čerpať agroenvironmentálnu podporu, mal by realizovať vhodnejšie protierózne opatrenia ako napr. zabezpečiť prijateľnú veľkosť parcely, alebo jej zatrávnenie.

Kľúčové slová: pôdoochranné opatrenia, Agroenvironmentálne platby, stupeň eróznej ohrozenosti pôd

Abstract

This paper is focused on the evaluation of suitability implementation of soil protection measures under the concrete soil-climatic and geomorphological conditions of studied area.

The measures are recommended by the Program of country development for the 2007-2013 years (Agro-environmental payments) and the farmers are able to draw the agro-environmental support for this purpose. In addition, it is very suitable to characterize the concrete area concerning the degree of erosion threat to soil before starting of soil conservation measures realization. We obtain a primary image on water erosion intensity and its area distribution. This information can help us to propose appropriate method of agricultural land cultivation by using of recommended soil conservation measures and methods, as well.

In this concrete example (majority of soils in the study area belongs to the category with high to very high intensity of water erosion) not every recommended soil conservation measures are suitable for the good soil protection against water erosion. We found out that stabilized crop rotations (which are the most used soil conservation measure in Agro-environmental payments) are not always the appropriate solution for soil protection under concrete soil-climatic and geomorphological conditions. However, if the farmer wants to protect the soil against processes of water erosion more effectively (on this study area) and the draw the agro-environmental support (for the recommended soil conservation measures) would be better to realize more effective methods (e.g. contour buffer strips or grass over the whole study area) from the soil conservation point of view.

Keywords: soil protection measures, Agro-environmental payments, degree of erosion threat to soil

ÚVOD

Pôdu, ktorá je jednou z hlavných zložiek životného prostredia, musíme chápať ako obmedzený a nenahraditeľný prírodný zdroj, ktorý je našou neuváženou činnosťou, alebo nečinnosťou ľahko zničiteľný. Z tohto dôvodu je nevyhnutné a žiaduce (v zhode s Európskou chartou o pôde, 1972) zabezpečiť jej trvalú ochranu pred degradáciou. Pôdna erózia patrí medzi najvýznamnejšie procesy degradácie pôdy, čím sa zaraďuje medzi závažné environmentálne hrozby prispievajúce k znižovaniu potenciálu územia a zhoršovaniu kvality života v ňom (on a off-site efekty erózie). Primárnym výsledkom spolupôsobenia erózných faktorov na poľnohospodársku pôdu je strata jej najúrodnejšej biologicky aktívnej humusovej vrstvy, výsledkom čoho je výrazné zníženie obsahov makroživín a organickej hmoty v pôde.

Odkladaním riešenia problematiky erózie do budúcnosti sa vystavujeme riziku znižovania produkčnej schopnosti poľnohospodárskych pôd až do tej miery, kedy nebudú schopné plniť základnú funkciu pôdy a to poskytovať úrodu. Intenzifikáciou poľnohospodárskej výroby v období po kolektívizácii poľnohospodárstva a nedostatočným využívaním vhodných protierózných opatrení a postupov dochádza k výraznému plošnému nárastu eróziou ovplyvnených pôd.

Návrh a realizácia vhodného manažmentu hospodárenia na poľnohospodárskej pôde v erózne senzitívnej krajine by sa mal opierať o relevantné informácie týkajúce sa intenzity erózie a jej priestorového rozšírenia v konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických

podmienkach územia. Výsledkom optimalizácie spôsobu obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy v eróziu ohrozenej krajine by malo byť zníženie strát pôdnej hmoty na hodnoty, ktoré neprekračujú limity uvedené v zákone o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (220/2004 Z.z.).

Cieľom tohto príspevku je (na konkrétnom pôdnom bloku) zhodnotenie vhodnosti použitia odporúčaných protieróznych opatrení, ktoré sú uvedené v Pláne rozvoja vidieka na roky 2007 – 2013 (opatrenie: Agroenvironmentálne platby, podopatrenie: Pôdoochranné opatrenia). Realizované pôdoochranné opatrenia, na ktoré užívateľ poľnohospodárskej pôdy čerpá agroenvironmentálnu podporu, nemusia byť vždy (pre konkrétne pôdno-klimatické a geomorfologické podmienky lokality) z pohľadu protieróznej ochrany pôdy tým najvhodnejším riešením.

MATERIÁL A METÓDY

Na modelovanie dlhodobej predikcie eróznej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd v záujmovom území využívame erózný model v štruktúre, ktorého je zapracovaná univerzálna rovnica straty pôdy – USLE (WISCHMEIER, SMITH, 1978). Z pohľadu výpovednosti výsledkov sa nám uvedený model javí pre tento účel ako relatívne vhodný. Do výberu vhodného modelu vstupuje viacero faktorov (napr. dostatočné množstvo a kvalita dát relevantných pre konkrétny model, vhodné softvérové vybavenie atď.). Vo všeobecnosti platí zásada, čím väčšie množstvo relevantných dát vstupuje do modelu, tým sa zvyšuje jeho výpovedná hodnota.

Pri zhodnotení záujmového územia z pohľadu eróznej ohrozenosti sme využili metódu SEOP (stupeň eróznej ohrozenosti pôd), ktorá vyjadruje dlhodobý priebeh erózných procesov relatívnou číselnou hodnotou (indexom). Vypočítané indexy vyjadrujú kolkonásobne sú na konkrétnej ploche prekročené hodnoty prípustnej straty pôdy (uvedené v zákone 220/2004 Z.z.). Prípustná strata pôdy z pozemku vyjadruje také množstvo zerodovanej pôdnej hmoty, pri ktorom ešte nedochádza k negatívnym zmenám na produkčnej schopnosti pôdy. Na základe indexov SEOP môžeme zaradiť pôdy nachádzajúce sa na záujmovom území do piatich kategórií (podľa stupňa erózneho ohrozenia) postupne od neohrozená až po katastrofálne ohrozená (tab. 1).

$$\text{index SEOP} = S_p / S_{p \text{ príp.}}$$

S_p – vypočítaná erózia podľa USLE

$S_{p \text{ príp.}}$ – prípustná hodnota eróznej straty pôdy

Tab. 1 SEOP – stupeň eróznej ohrozenosti pôd (ALENA, 1986)

SEOP	Názov stupňa eróznej ohrozenosti pôdy (SEOP)				
	Neohrozená až mierne ohrozená	Stredne ohrozená	Výrazne ohrozená	Veľmi výrazne ohrozená	Katastrofálne ohrozená
Trieda SEOP	1	2	3	4	5
Indexy SEOP	<1	1,01 – 2,00	2,01 – 7,00	7,01 – 28,00	>28

Pre výber vhodného spôsobu obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy platí zásada, že pre prvú triedu SEOP nie je nutné navrhovať protierózne opatrenia (pôda nie je potenciálne ohrozená vodnou eróziou). Pre druhú triedu SEOP je možné eróziu eliminovať plodinami, ktoré majú vyššiu protieróznú účinnosť. Pri triedach SEOP 3, 4, 5 je už nevyhnutné realizovať účinné protierózne opatrenia a postupy (MUCHOVÁ, 2009).

Charakteristika záujmového územia

Záujmové územie sa nachádza severovýchodne od Detvy v členitom reliéfe vulkanického pohoria Poľana (Obr. 1). Jedná sa o klimatický región mierne teplý, mierne vlhký, pahorkatino-vý až vrchovinový s priemerným ročným úhrnom zrážok 750 mm. (HRNČIAROVÁ a iní, 2002). Na lokalite sa nachádzajú stredne ťažké (hlinité), stredne hlboké až hlboké pôdy, ktoré sa vyvinuli na zvetralinách vulkanických hornín. Na celom sledovanom pôdnom bloku sa nachádza pôdny typ kambizem pričom v akumuláčnej časti sa jedná o subtyp kultizemný, pseudoglejový a v eróznej a referenčnej časti je subtyp kultizemný (ŠÁLY a iní, 2000). Celková plocha záujmového honu je 22,80 ha (priemerná šírka – 780 m, dĺžka – 350 m), pričom jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 7° do 12°.

Agroenvironmetálne platby na pôdochranné opatrenia

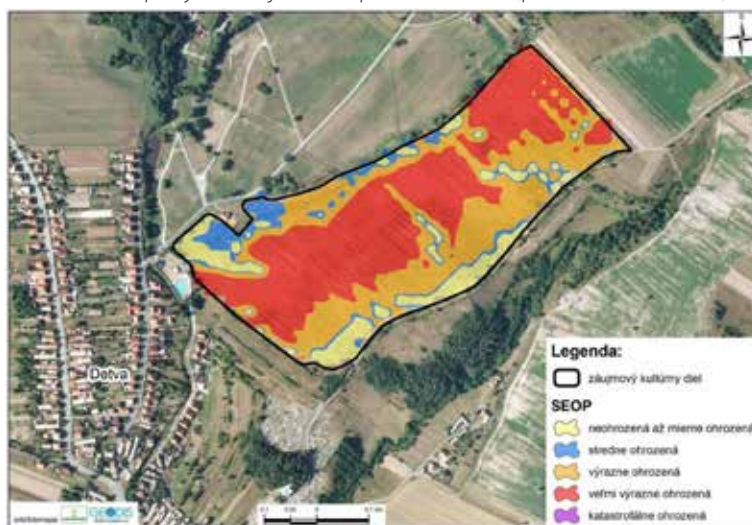
Cieľom tejto podpory je realizovať poľnohospodárske výrobné postupy zlučiteľné s ochranou a zlepšením životného prostredia, ktoré sú nad rámec príslušných povinných noriem. Užívatelia poľnohospodárskej pôdy, ktorí sú súčasťou Agroenvironmentálnych platieb a chcú využívať túto podporu aj na protieróznú ochranu pôdy musia na pôdnych blokoch ohrozených vodnou eróziou realizovať odporúčané pôdochranné opatrenia. Výška agroenvironmentálnej podpory je stanovená ako kompenzácia straty príjmov zo zníženej produkcie a dodatočných nákladov z podmienok vyplývajúcich pre jednotlivé opatrenia. V tomto príspevku sa zaoberáme konkrétnymi opatreniami na ochranu proti erózii na ornej pôde (stabilizačný osevný postup, prijateľná veľkosť pôdneho bloku) a zatrávením ornej pôdy.

V roku 2012 žiadatelia o platbu na ochranu ornej pôdy pred eróziou podali celkovo 101 žiadostí z toho bolo 66 žiadostí na stabilizačný osevný postup, 31 žiadostí na zatrávenie ornej pôdy a iba 4 žiadosti na prijateľnú veľkosť pôdneho bloku. Z uvedeného vyplýva, že väčšina žiadostí (65,3 %) sa týka stabilizačných osevných postupov, ktoré však nie v každom prípade zabezpečia dostatočnú ochranu pôdy pred procesmi vodnej erózie.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na základe plošného rozdelenia záujmového územia podľa vypočítaných indexov SEOP môžeme konštatovať, že na 81,30 % jeho výmery sme zaznamenali stupeň eróznej ohrozenosti pôdy výrazne až veľmi výrazne ohrozená (Obr. 1, Tab. 2). V tomto prípade je už nevyhnutné na ochranu pôdy realizovať účinné protierózne opatrenia a postupy, pretože spoliehať sa len na vyššiu protieróznú účinnosť niektorých poľnohospodárskych plodín je nepostačujúce.

Obr. 1 Erózna ohrozenosť pôdy na záujmovom pôdnom bloku (podľa indexov SEOP)



Tab. 2 Výmery jednotlivých kategórií eróznej ohrozenosti

Stupeň eróznej ohrozenosti pôdy			
SEOP	Index SEOP	Výmera (ha)	% výmery OP
Neohrozená až mierne ohrozená	<1	3,01	13,20
Stredne ohrozená	1,01 – 2,00	1,25	5,50
Výrazne ohrozená	2,01 – 7,00	7,71	33,80
Veľmi výrazne ohrozená	7,01 – 28,00	10,83	47,50
Katastrofálne ohrozená	>28	0,00	0,00
Celková výmera		22,80	100,00

Zhodnotenie vybratých pôdochranných opatrení s možnosťou čerpania agroenvironmentálnej podpory

Stabilizačný oševný postup

Príklady stabilizačných oševných postupov sú uvedené v STN 75 4501. Pri návrhu protieróznej ochrany konkrétneho záujmového územia plnia len informatívnu a doplnkovú funkciu. Je dôležité si uvedomiť, že samotná realizácia protieróznych oševných postupov nemusí v konkrétnych podmienkach (v závislosti od stupňa eróznej ohrozenosti) zabezpečiť splnenie cieľov protieróznej ochrany pôdy. V rámci uvedeného podopatrenia je dôležité zabezpečiť od jesene do jari minimálne 70% pokryvnosť pôdy na čo sa môžu využiť tzv. mulčovacie medzplodiny ako napr. horčica, miešanka raže a viky atď.

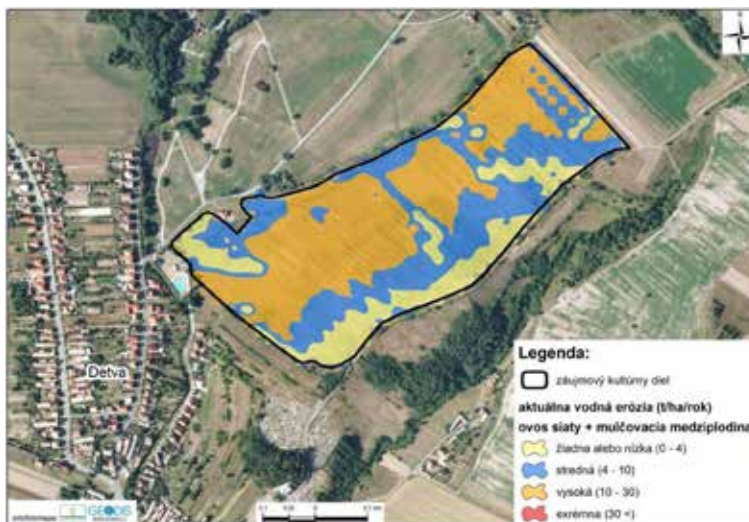
Na príklade vybratých dvoch plodín (kukurica na siláž, ovos siaty), ktoré sa uvádzajú v stabilizačných oševných postupoch sme namodelovali aký majú vplyv na zníženie intenzity erózie. Na obrázkoch 2, 3 vidíme že na väčšine záujmového pôdneho bloku strata pôdy neklesla pod 10 t/ha/rok (kategória erodovanosti: vysoká). Môžeme konštatovať, že v prípade tohto

konkrétneho kultúrneho dielu nemôže byť kukurica na siláž a ovos siaty súčasťou stabilizačných oševných postupov (aj napriek tomu, že využijeme ochranný účinok mulčovacej medziplodiny a vrstevnicovej agrotechniky). Ak chceme použiť tieto plodiny ako súčasť stabilizačného oševného postupu (pre možnosť čerpania agroenvironmentálnej podpory) musia byť skombinované s inými účinnejšími protieróznymi opatreniami.

Obr. 2 Aktuálna vodná erózia pre kukuricu na siláž



Obr. 3 Aktuálna vodná erózia pre ovos siaty

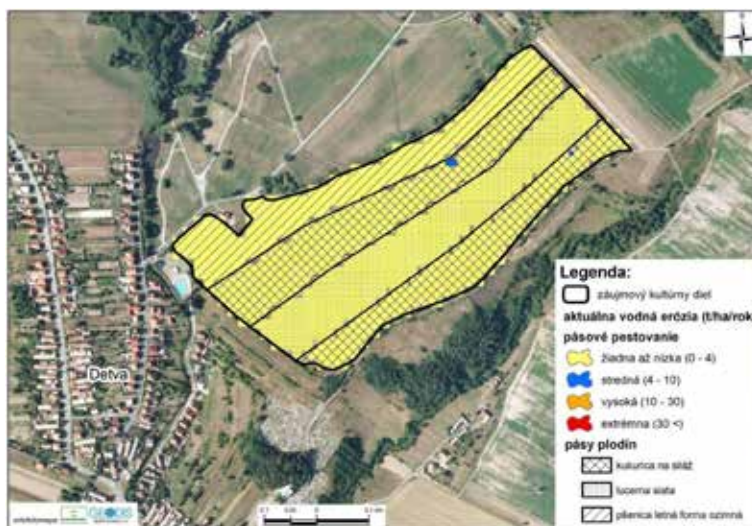


Prijateľná veľkosť pôdneho bloku na svahoch nad 3° a na parcelách nad 30 ha

V erózne senzitívnej krajine je veľmi dôležité zabezpečenie prijateľnej veľkosti parcely v zhode s STN 75 4501. Pri veľkoplošných honoch je nevyhnutné rozdeliť obhospodarovanú poľnohospodársku pôdu na menšie časti (po vrstevniciach), ktoré budú oddelené najmenej 10 metrov širokými stabilizujúcimi pásmi obsiatymi ďatelinotrávami, lucernotrávami, alebo trávami na semeno.

Ak záujmovú lokalitu rozdelíme stabilizujúcimi pásmi na menšie časti dokážeme významne znížiť negatívny účinok vodnej erózie na pôdu aj v prípade ak na parcele prevládajú kategórie erodovanosti výrazne a veľmi výrazne ohrozená (Obr. 4). Pri využití tohto opatrenia môžeme v nižších častiach parcely pestovať aj plodiny s relatívne nízkou protieróznou schopnosťou (kukurica na zrno, kukurica na siláž, ozimná repka atď.)

Obr. 4 Aktuálna vodná erózia v prípade rozdelenia parcely stabilizujúcimi pásmi po vrstevniciach



Zatravnňovanie ornej pôdy

Zatravnňenie sa môže realizovať na konkrétnom dieli pôdneho bloku s druhom pozemku orná pôda v prípade ak spĺňa aspoň jedno s nasledovných kritérií: nachádza sa v zraniteľných oblastiach vymedzených podľa smernice 91/676/EHS, alebo patrí do znevýhodnených oblastí (LFA), alebo má priemernú svahovitosť viac ako 7°. Zatravnňovanie ornej pôdy dočasnými trávami sa v tomto prípade javí ako najúčinnějšíe protierózne opatrenie významne redukujúce účinky vodnej erózie na pôdu (Obr. 5).

ZÁVER

Záverom môžeme skonštatovať, že pred samotnou realizáciou protieróznych opatrení v zhode s Agroenvironmentálnymi platbami je vhodné zhodnotiť konkrétne záujmové územie

Obr. 5 Aktuálna vodná erózia v prípade zatrávnenia parcely dočasnými trávami



z pohľadu stupňa eróznej ohrozenosti pôd (SEOP). Získame prvotný obraz o intenzite vodnej erózie a jej plošnej distribúcii. V tomto prípade bol na 81,30 % výmery záujmového pôdneho bloku zaznamenaný stupeň eróznej ohrozenosti pôdy výrazne až veľmi výrazne ohrozená, čo znamená, že je tu už nevyhnutné využívať vhodné protierózne opatrenia a postupy. Ak chce užívateľ pôdy čerpať agroenvironmentálne platby na ochranu pôdy pred eróziou mal by na tomto pôdnom bloku realizovať účinné protierózne opatrenia ako napr. zabezpečiť prijateľnú veľkosť parcely, alebo jej zatrávnenie. Na tomto prípade môžeme dokumentovať, že aj keď sú stabilizačné oševné postupy (využívajúce vyšší protierózne účinnok poľnohospodárskych plodín) najčastejšie sa používaným podochranným opatrením v rámci Agroenvironmentálnych platieb, nie vždy sú pre ochranu pôdy pred eróziou (v konkrétnych pôdno-klimatických a geomorfologických podmienkach lokality) najvhodnejším riešením.

LITERATÚRA

- ALENA, F. 1986. *Stanovenie straty pôdy erozívnym splachom pre navrhovanie protieróznych opatrení: Metodická pomôcka*. Bratislava: ŠMS, 1986. 58 s.
- HRNČIAROVÁ, T. A INÍ, 2002. *Atlas krajiny Slovenskej republiky (Landscape atlas of the Slovak Republic)*. Bratislava: Ministry of Environment of the Slovak Rep., 2002, 344 p. ISBN 80-88833-27-2
- MUCHOVÁ, Z., VANEK, J. A INÍ, 2009. *Metodické štandardy projektovania pozemkových úprav*. Nitra: SPU v spolupráci s MP, 2009. 396 s. ISBN 978-8-552-0267-9
- STN 75 4501, 2000. *Hydromelióracie – Protierózna ochrana poľnohospodárskej pôdy – Základné ustanovenia*. 2000. 28 s.
- ŠÁLY, R. A INÍ, 2000. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia*. VÚPOP Bratislava, 2000, 76 s. ISBN 80-85361-70-1
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning*. Agricultural Handbook 537, USDA, 1978, 58 p.
- Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov

PRIESTOROVÁ VARIABILITA A VÝVOJ OBJEMOVEJ HMOTNOSTI PÔDY NA KAMBIZEMI

SPATIAL VARIABILITY AND DEVELOPMENT OF SOIL BULK DENSITY IN CAMBISOL

Miloš ŠIRÁŇ, Jarmila MAKOVNÍKOVÁ

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, m.siran@vupop.sk

Abstrakt

Podrobné mapovanie priestorovej variability hodnôt priameho indikátora kompaktie pôd (objemová hmotnosť) na 2 kľúčových lokalitách Istebné (kambizem pseudoglejová KMg – využívaná ako orná pôda) a Sihla (kambizem modálna KMm – využívaná ako trvalý trávny porast,) sme uskutočnili na 17 miestach umiestnených v strede a vo vzdialenosti 5 m a 10 m od stredu lokality v 8. smeroch smerovej ružice svetových strán v hĺbke 10 cm. Odchýlky hodnôt od priemernej hodnoty celého súboru sa pohybovali od -0,075 do +0,066 na lokalite Istebné a od -0,087 do +0,129 na lokalite Sihla. V programe Surfer7 bol vytvorený priestorový model variability indikátorov kompaktie pôdy na jednotlivých monitorovacích lokalitách v hĺbke 0–10 cm. Na základe obojstranného konfidenčného intervalu pre strednú hodnotu a miery neurčitosti analytického stanovenia hodnôt objemovej hmotnosti bol stanovený interval preukaznosti zmien indikátorov kompaktie pôdy na sledovaných lokalitách. Interval preukaznosti zmien objemovej hmotnosti je väčší na lokalite Sihla aj napriek tomu, že je tu trvalý trávny porast a pôda nebola dlhodobo oraná. Rozdiely hodnôt objemovej hmotnosti pôdy medzi jednotlivými odberovými cyklami sme prekryli stanoveným intervalom preukaznosti, pričom sme získali informáciu, ktoré z týchto rozdielov môžeme považovať za preukazné. Na lokalite Istebné došlo v priebehu rokov 1995–2010 k preukazným zmenám objemovej hmotnosti v 7. prípadoch z 9. v hĺbke 0–10 cm, z toho 2 zmeny boli negatívne – zhoršenie fyzikálneho stavu pôdy medzi odbermi v čase.

Kľúčové slová: priestorová variabilita objemovej hmotnosti pôdy, indikátor kompaktie pôd, konfidenčný interval

Abstract

Detail spatial variability and mapping one of direct indicators of soil compaction (bulk density) on two key monitoring localities Istebné (Stagnic Cambisol - used as arable land) and Sihla (Haplic Cambisol - used as permanent grassland) were realized and compared. 17 samples were sampled in the centre and in 5 m and 10 m distance from centre of locality in eight directions of cardinal points in depths 0–10 cm. Differences between individual soil

sample values and arithmetic mean of the data file ranged from -0,075 do +0,066 on Istebné locality and from -0,087 do +0,129 on Sihla locality. Spatial variability model of soil compaction on both localities was done in Surfer7. On the base of confidence interval and uncertainly rate of measure methodology of bulk density the intervals of significant changes were determined. The bigger interval was calculated on locality Sihla with permanent grassland (without ploughing). Differences of bulk density values between single sampling have been overlap by the intervals of significant changes to obtain significant bulk density value changes in time. The bulk density value changes on Istebne locality were significant in seven years from nine in topsoil. Negative changes (soil bulk density increase) were observed in two cases.

Keywords: spatial variability of bulk density, indicator of soil compaction, confidence interval

ÚVOD

Kompakcia pôd patrí k závažným degradačným procesom a je popri ďalších ohrozeniach pôdy predmetom zákona č. 220/2004 Z.z o ochrane a využívaní pôd, keď každý vlastník poľnohospodárskej pôdy je povinný vykonávať vhodné agrotechnické opatrenia zamerané na zachovanie kvality pôdy a ochranu pred jej poškodením a degradáciou. Priamym indikátorom stavu kompaktie pôdy je redukovaná objemová hmotnosť pôdy (KOBZA a iní, 2009). Jej hodnota ukazuje na mieru a rozsah uľahnutia pôdy, no je potrebná i pri hodnotení produkčných a environmentálnych funkcií pôdy (MAKOVNÍKOVÁ a iní, 2005, BARANČIKOVÁ a iní, 2008).

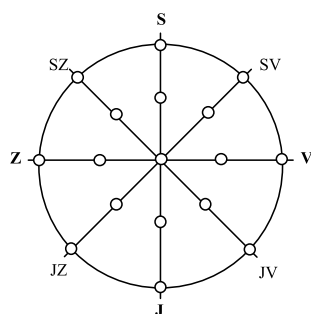
Systém monitorovania pôd v SR je založený na sieti monitorovacích lokalít (základá sieť s päťročným cyklom odberu a sieť kľúčových lokalít s jednoročným cyklom) a zaznamenáva časové zmeny vybraných vlastností pôd. Pri hodnotení kompaktie pôd treba zobrať do úvahy aj priestorovú variabilitu objemovej hmotnosti pôdy, ktorá sa podľa doterajších sledovaní značne mení už i na neporovnateľne menšej ploche ako je plocha lokality. Vyplýva to hlavne z pôvodu vzniku zhutňovania (v prípade sekundárnej kompaktie dochádza k zhutňovaniu len v kolajach poľnohospodárskych mechanizmov, prípadne v ich bezprostrednom okolí a v závislosti od prejazdenej plochy), ako aj z princípu odberu neporušených pôdnych vzoriek, nakoľko nemožno odoberať stále na tom istom mieste z dôvodu deštrukcie pôdnej štruktúry. Cieľom tohto príspevku je zhodnotiť vývoj objemovej hmotnosti, prípadne stavu kompaktie na konkrétnych lokalitách na kambizemi so zohľadnením jej priestorovej heterogenity. Poznanie priestorovej heterogenity konkrétneho parametra umožňuje rozlíšiť rozdiely v priestore od nevratných vývojových zmien v čase, čím by sa vytvárali neobjektívne informácie o vývoji pôd.

Kambizeme sú v SR najrozšírenejší pôdny typ, ktorý sa vytvoril na rozličných substrátoch. Z hľadiska kompaktie patria k stredne problémovým pôdam v závislosti od subtýpu (pseudoglejová je náchylnejšia k) a pôdneho druhu, príp. obsahu skeletu. Vo všetkých sledovaných odberových cykloch boli zaznamenané hodnoty objemovej hmotnosti, ktoré v ornici maximami a v rámci podornice aj priemerami mierne prekročovali limity zhutnenia v prípade stredne ťažkých ako aj ťažkých pôd. Riziko kompaktie (vyjadrené ako percento zhutnených lokalít zo

všetkých sledovaných v rámci daného pôdneho typu, príp. druhu) v jednotlivých odberových cykloch sa pohybovalo v rozmedzí 11–54 % pre ornice a 54–83 % pre podornice stredne ťažkých i ťažkých kambizemí.

MATERIÁL A METÓDY

Kambizeme patria v porovnaní s bezskeletnatými pôdami k pôdam s vyššou hodnotou priestorovej variability pôdnych parametrov. Lokalita Istebné (Obr. 1), kambizem pseudoglejová vyvinutá na flyši, využívaná ako orná pôda, sa nachádza vo Veličianskej doline v Stredných Beskydách v oblasti Oravskej vrchoviny. Je to stredne ťažká, hlinitá pôda so stredným obsahom humusu a so slabou až neutrálnou pôdnou reakciou. V období monitorovania sa tu striedala obilnina s dočasnou dŕatelinotravnou miešankou (4 až 5ročné porasty). Lokalita Sihla, kambizem modálna vyvinutá na kyslých substrátoch, využívaná dlhodobo ako spásaný trvalý trávny porast, sa nachádza na Sihlianskej planine vo Veporských vrchoch. Ide o stredne ťažkú, piesčito-hlinitú pôdu, s veľmi vysokým obsahom humusu a so silne kyslou reakciou.



Obr. 1 Schéma odberu

Mapovanie priestorovej variability hodnôt priameho indikátora kompaktie (redukovaná objemová hmotnosť pôdy) na kľúčových lokalitách Sihla (jar 2008) a Istebné (jar 2009) sme uskutočnili podľa polárneho rastra (ISO/CD 10 381, 1992 – obrázok 1) na 17 odberových miestach umiestnených vo vzdialenosti 5 m a 10 m od stredu monitorovanej lokality v ôsmich smeroch smerovej ružice svetových strán v hĺbke 0–10 cm. V odobratých neporušených vzorkách o objeme 100 cm³ bola stanovená redukovaná objemová hmotnosť pôdy gravimetrickou metódou (HRIVNÁKOVÁ a iní, 2011).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Údaje objemovej hmotnosti pôdy (pd) získané podrobným odberom za účelom zistenia priestorovej variability na lokalitách boli štatisticky spracované a sú uvedené v tab.1.

Tab. 1 Popisná štatistika hodnôt objemovej hmotnosti pôdy

Štatistické parametre	Istebné	Sihla
priemer	1,357	1,153
minimum	1,282	1,065
maximum	1,423	1,282
stredná kvadratická odchýlka	0,039	0,056
variačný koeficient v %	2,864	4,882

Z hľadiska jednotlivých lokalít nižšia objemová hmotnosť je na lokalite Sihla, no na druhej strane jej hodnoty viac kolíšu v priestore (na ploche – vyšší variačný koeficient a smerodajná odchýlka). Nižšiu pd možno aspoň čiastočne vysvetliť rozdielmi v zrnitosti a obsahu pôdnej organickej hmoty (Tab. 2) na sledovaných lokalitách.

Tab. 2 Fyzikálne a základné chemické parametre na lokalitách

Parameter	Istebné (% hm.)*	Sihla (% hm.)*
<0,01	34,8	28,1
<0,001	16,7	8,5
0,01 – 0,001	18,1	19,6
0,01 – 0,05	17,6	26,0
0,05 – 0,25	39,8	21,5
0,25 – 2,0	7,9	24,4
Cox	1,34	3,34
pH	6,8	4,1

* okrem pH

Podľa Novákovej klasifikácie a teda obsahu celkového ílu <0,01 mm, pôdy na lokalitách sú blízko hranice medzi kategóriami hlinitá a piesočnato-hlinitá, pričom pôde na Sihle chýbajú necelé 2 %, aby spadala do rovnakej kategórie v porovnaní s Istebným. No detailnejší pohľad na zrnitosť odkrýva rozdiely v obsahu frakcií, ktoré majú výraznejší dopad na množstvo a veľkosť pórov. Pôda na Sihle má nižší podiel ílu <0,001 mm v prospech hrubého prachu 0,01-0,05 mm a zároveň pri takmer rovnakom obsahu piesku v oboch pôdach vyšší podiel hrubého piesku, čo sa prejavuje na zvýšenej tvorbe nekapilárnych pórov a aj na vyššej celkovej pórovitosti. Tento jav umocňuje aj vyšší obsah pôdnej organickej hmoty pod trvalým trávnyim porastom, ktorá zlepšuje štruktúrnosť pôdy a súčasne eliminuje nižšiu vododržnosť minerálnej časti pôdy (vplyv spomínaného vyššieho podielu hrubozrnnejších frakcií na Sihle – tabuľka 3). Zvyšovaním celkovej pórovitosti klesajú hodnoty pd.

Tab. 3 Hydrofyzikálne charakteristiky na lokalitách

Parameter	Istebné (% obj.)	Sihla (% obj.)
KN	39,4 (37,7 – 42,1)	35,3 (29,2 – 40,0)
MKK	36,0 (34,1 – 38,8)	30,3 (26,8 – 34,8)
RVK	34,4 (32,3 – 37,2)	28,4 (25,6 – 32,5)
Pn	11,6 (8,3 – 16,1)	22,4 (16,9 – 27,7)
Pc	48,6 (46,1 – 51,4)	55,1 (50,1 – 58,5)

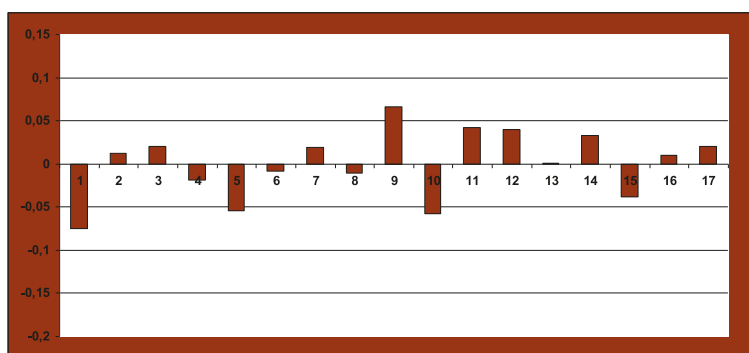
KN – kapilárna nasiakavosť, MKK – maximálna kapilárna vodná kapacita, RVK – retenčná vodná kapacita, P – pórovitosť nekapilárna (N), celková (C)

Vyšší rozptyl hodnôt pd na lokalite Sihla možno pripísať predovšetkým pôsobeniu zrážkovej vody (tzv. preferenčné prúdenie vody), príp. vplyvu pasúcich sa zvierat v porovnaní s lo-

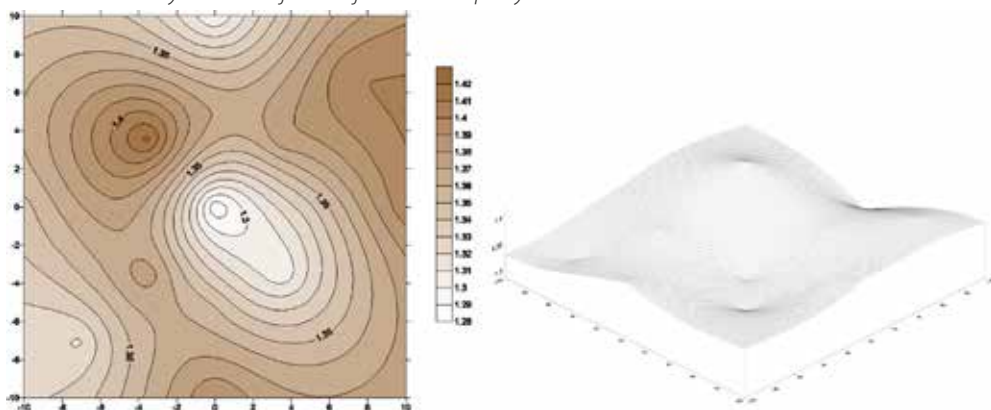
kalitou Istebné, na ktorej je pôda sporadicky (raz za 4–5 rokov) premiešaná a v istej miere zhomogenizovaná. Zrážková voda vsakuje a v pôde si vyberá cesty najmenšieho odporu, ktoré prednostne využíva pri nasycovaní pôdy po každom suchšom období. Sú to miesta s vyšším podielom nekapilárnych pórov a s vyššou celkovou pórovitosťou, pričom opakovaným premývaním pôdy vodou sa kontrasty zväčšujú v porovnaní z miestami s menšou infiltráciou. Okrem pôsobenia vody môže na variabilitu pd vplývať spôsob a typ obrábania, príp. aktivita pôdneho zooloofauny (hlavne dážďoviek), pričom nemusia byť zasiahnuté len povrchové vrstvy pôdy. V roku 2005 (ŠIRÁŇ, 2005) boli testované 2 spôsoby odberu – zo stredu lokality (plocha 1 m², 4 vzorky z ornice a 7 z podornice) oproti celej lokalite (náhodný výber z 314 m², 5 z ornice, 5 z podornice) na troch odlišných pôdnych druhoch (ľahká, stredne ťažká a ťažká pôda) s konvenčným obrábaním. V rámci orníc v porovnaní s podornicou boli zistené nižšie hodnoty pd a naopak jej vyššia variabilita bez ohľadu na spôsob odberu a pôdny druh. No na lokalite Istebné 4 roky po poslednej orbe sme zaznamenali väčší rozptyl hodnôt v podornici (ŠIRÁŇ a iní, 2011a). Na druhej strane na lokalite Liesek (stredne ťažká hlinitá pôda) bola vyššia variabilita vo vrchnej vrstve aj napriek tomu, že viac ako 9 rokov tu bol trávny porast a teda nedochádzalo ku kypreniu ornice (ŠIRÁŇ a iní, 2011b). Vysvetlením by mohla byť intenzívnejšia aktivita dážďoviek, ktorej výsledok sme mohli vidieť v čase odberu vzoriek. Ak sa vrátíme k pokusu v roku 2005 v prípade testovania 2 spôsobov odberu je pozoruhodnosťou tiež vyššia variabilita pd v rámci podornice pri odbere z centra lokality o ploche 1 m² v porovnaní z odberom z celej plochy z 5 miest (o 1 % vyššie variačné koeficienty), čo ukazuje na značnú premenlivosť tohto parametra už i na malých vzdialenostiach.

Premenlivosť objemovej hmotnosti pôdy porovnávaných lokalít je detailnejšie zobrazená na nasledujúcich obrázkoch (2–5).

Obr. 2 Odchýlky objemovej hmotnosti pôdy od jej priemernej hodnoty na jednotlivých odberných miestach v rámci lokality – Istebné



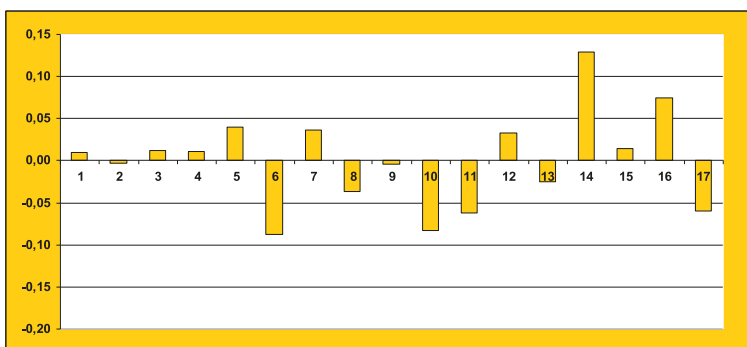
Obr. 3 Priestorový model objemovej hmotnosti pôdy na lokalite Istebné



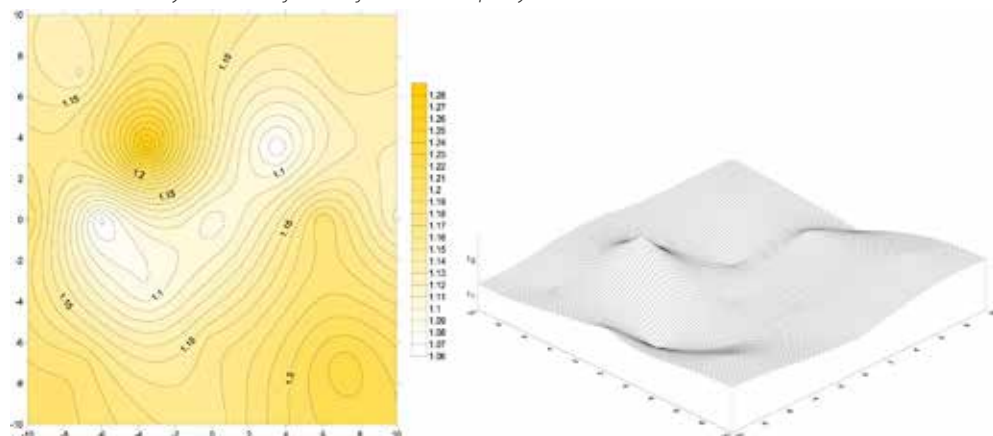
Odchýlky objemovej hmotnosti pôdy od priemernej hodnoty celého súboru (Obr. 2) sa na lokalite Istebné pohybovali od $-0,075$ do $+0,066$. Na obrázku 3 je zobrazený priestorový model pd pôdy (plošný aj 3D) vytvorený metódou krígingu použitím nameraných hodnôt.

Väčšie rozdiely hodnôt od priemeru boli zaznamenané na Sihle (Obr. 4), a to od $-0,087$ do $+0,129$ a podobne na ďalšom obrázku je vytvorený priestorový model pre hĺbku 0–10 cm (Obr. 5).

Obr. 4 Odchýlky objemovej hmotnosti pôdy od priemernej hodnoty na jednotlivých odberných miestach v rámci lokality – Sihla



Obr. 5 Priestorový model objemovej hmotnosti pôdy na lokalite Sihla



Priestorová variabilita priameho indikátora kompaktie pôd na monitorovacích lokalitách bola využitá ako podklad pre vymedzenie intervalu preukazných zmien vývojových časových radov. Bol stanovený obojstranný konfidenčný interval pre aritmetický priemer normálneho rozdelenia na hladine pravdepodobnosti 95 % podľa vzorca:

$$x - 2\sigma/\sqrt{n} \leq \mu \leq x + 2\sigma/\sqrt{n}$$

kde stredná kvadratická odchýlka odhadu σ je definovaná ako súčet druhej mocniny vychýlenia odhadu a disperzie odhadu, n je počet meraní, x je výberový priemer a je odhadom priemeru základného súboru μ . Konfidenčné intervaly pre jednotlivé lokality sú v tab. 4.

Interval preukaznosti zmien objemovej hmotnosti pre časové rady sme vytvorili na základe obojstranného konfidenčného intervalu pre strednú hodnotu v daných hĺbkach (plošná variabilita) a miery neurčitosti analytického stanovenia hodnôt redukovanej objemovej hmotnosti. Tento interval je väčší na lokalite Sihla aj napriek tomu, že je tu trvalý trávny porast a pôda nebola dlhodobo oraná.

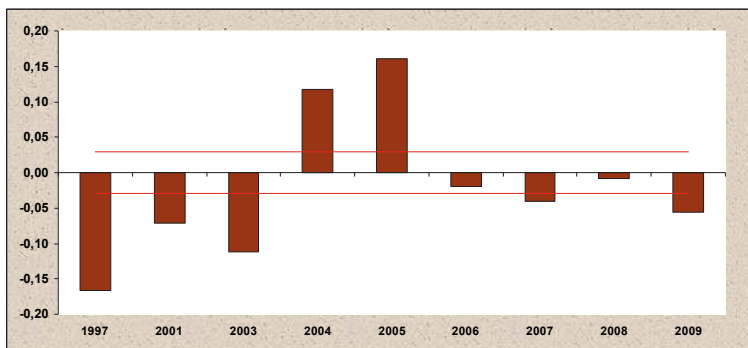
Tab. 4 Konfidenčné intervaly pre objemovú hmotnosť pôdy (pd) na lokalitách Istebné a Sihla

Parameter	Konfidenčný interval		Interval preukazných zmien
pd – Istebné	1,337 – 1,377	1,357±0,020	±0,030
pd – Sihla	1,126 – 1,180	1,153±0,027	±0,037

Prekrytím zmien objemovej hmotnosti v časových radoch (rozdiely pd medzi odberovými cyklami) s daným intervalom preukaznosti zmien sme získali preukazné zmeny hodnôt priameho faktora kompaktie v čase. Ako príklad uvádzame monitorovaciu lokalitu Istebné (Obr. 6). Z uvedeného grafu možno vidieť, že v rámci ornice k preukazným zmenám dochádza pomerne často (v 7 z 9 prípadov). Z toho negatívne zmeny (zhoršenie fyzikálneho stavu pôdy v čase – medzi odberovými cyklami) boli zaznamenané v dvoch prípadoch. Výrazné zmeny

v hodnotách pd ukazujú na pôdu ako živý, dynamický a zložitý systém, ku ktorým dochádza aj bez príspevnia človeka.

Obr. 6 Priebeh zmien pd vo vzťahu k intervalu preukaznosti v hĺbke 0–10 cm na lokalite Istebné



ZÁVER

V príspevku sme sa pokúsili určiť reálne hranice preukaznosti časových zmien priameho indikátora kompaktie – objemovej hmotnosti na konkrétnych lokalitách na kambizemi so zohľadnením priestorovej variability na ploche. Interval preukaznosti je individuálny pre každú konkrétnu lokalitu.

Interval preukaznosti zmien objemovej hmotnosti je väčší na lokalite Sihla aj napriek tomu, že je tu trvalý trávny porast a pôda nebola dlhodobo oraná.

LITERATÚRA

- BARANČIKOVÁ B., MAKOVNÍKOVÁ J., ŠIRÁŇ M. 2008. *Identifikácia senzitívnych oblastí na základe monitorovania zmien pôdnej reakcie, obsahu organickej hmoty a kompaktie*. In Zborník príspevkov Pôda – národné bohatstvo. 5. pôdoznalecké dni v Sielnici. Bratislava: VÚPOP, 2008. 113-120 s. ISBN 978-80-89128-49-5
- HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČIKOVÁ, G., BEZÁK, P., BEZÁKOVÁ, Z., DODOK, R., GREČO, V., CHLPÍK, J., KOBZA, J., LIŠTJAK, M., MALIŠ, J., PÍŠ, V., SCHLOSSEROVÁ, J., SLÁVIK, O., STYK, J., ŠIRÁŇ, M. 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1
- KOBZA J., BARANČIKOVÁ G., ČUMOVÁ L., DODOK R., HRIVŇÁKOVÁ K., MAKOVNÍKOVÁ J., NÁČINIÁKOVÁ-BEZÁKOVÁ Z., PÁLKA B., PAVLENDÁ P., SCHLOSSEROVÁ J., STYK J., ŠIRÁŇ M., TOTHOVÁ G. 2009. *Monitoring pôd SR – aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Výsledky Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda za obdobie 2002 – 2006 (3. cyklus)*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 200 s. ISBN 978-80-89128-54-9
- MAKOVNÍKOVÁ J., PÁLKA B., ŠIRÁŇ M. 2005. *Modelovanie objemovej hmotnosti s využitím údajov z databáz KPP a ČMS-P, potenciálne zhutnenie a acidifikácia v záujmovom území*. In Štvrté pôdoznalecké dni v SR. Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR (CD ROM). Čingov, 14. – 16. 6.2005., Bratislava: VÚPOP – SPS, 2005. 220-225 s. ISBN 80-89128-18-1
- ŠIRÁŇ M. 2005. *Spatial variability of some physical properties on arable soils of different texture with regard to soil compaction*. Vedecké práce č. 27. Bratislava: VÚPOP, 2005. 139-146 s. ISBN 80-89128-17-3
- ŠIRÁŇ, M., MAKOVNÍKOVÁ, J. 2011a. *Priestorová variabilita objemovej hmotnosti pôdy na monitorovacej lokalite ako podklad pre vymedzenie intervalu preukazných zmien vývojových časových radov*. In: Sobocká, J. (ed.) Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Monografia. Bratislava: VÚPOP, 2011. 261 – 270 s. ISBN 978-80-89128-90-7.
- ŠIRÁŇ, M., MAKOVNÍKOVÁ, J. 2011b. *Priestorová variabilita a vývoj objemovej hmotnosti pôdy na pseudogleji*. Vedecké práce VÚPOP č. 33. Bratislava: VÚPOP, 2011. 144-150 s. ISBN 978-80-89128-91-4.

PUBLIKÁCIA A HARMONIZÁCIA ÚDAJOV O PÔDE SR PRE POTREBY GS SOIL PORTÁLU

PUBLICATION AND HARMONIZATION OF SLOVAK SOIL DATA FOR GS SOIL PORTAL

**Lenka ŠOŠOVIČKOVÁ, Rastislav SKALSKÝ, Boris PÁLKA,
Vladimír HUTÁR**

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, e-mail: l.sosovickova@vupop.sk

Abstrakt

Implementácie smernice INSPIRE do praxe sa vzhľadom na prijatie zákona o NIPI a definovanie povinných osôb týka aj Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy (VÚPOP) ako správcu dát o pôde na Slovensku. Tento fakt tiež prispel k tomu, že VÚPOP sa stal partnerom v európskom projekte v rámci projektov eContentPlus GS Soil, ktorý bol zameraný na vytvorenie siete európskych inštitúcií zodpovedných za poskytovanie údajov o pôde. Článok približuje výsledky práce pracovníkov výskumného ústavu, ktorí pracovali na harmonizácii dát, špecifikácii schém, tvorbe metadát a publikácii údajov o pôde zo Slovenska. VÚPOP prispel do portálu GS Soil, ktorý je jedným z výsledkov projektu a integruje rôzne dáta z rôznych zdrojov a rôznych krajín so spoločnou tematikou – pôda, zobrazovacou službou (WMS) publikujúcou harmonizované dáta z komplexného prieskumu pôd z oblasti Bratislava a tiež mapu Slovenska v mierke 1:400 000 v digitálnej podobe. Proces obsahovej harmonizácie dát zo Slovenska tiež významne prispel k vytváraniu dátovej špecifikácii pre tému pôda.

Kľúčové slová: pôda, GS Soil, WMS, INSPIRE

Abstract

Implementation of the INSPIRE directive to the practice is due to The law on NIPI and obligation person definition concerning also Soil Science and Conservation research Institute (SSCRI) like a provider of soil data in Slovakia. This fact also helped to the act, that SSCRI became a partner in the frame of eContentPlus European project GS Soil, which aimed to establishing a network of European institutions responsible for providing data about soil. This article presents the results of the research work of the Institute workers, who worked on data harmonization, the soil scheme specification, creation of metadata and Slovak soil data publication. SSCRI contributed to the GS Soil portal, which is one of the project results and integrates data from the different sources and countries with the same topic – soil, by Image Service (WMS) publishing harmonized data from the Complex soil survey in Bratislava region and also digital Soil map of Slovakia in scale 1:400 000. The process of the content harmonization of data

from Slovakia also significantly contributed to the creation of a data specification for the Soil Theme.

Keywords: soil, GS Soil, WMS, INSPIRE

ÚVOD

INSPIRE je smernica Európskeho parlamentu a rady 2007/2/ES zo 14. marca 2007, ktorou sa zriaďuje Infraštruktúra pre priestorové informácie v Európskom spoločenstve. Je tiež výsledkom iniciatívy Európskej komisie (EC) s cieľom vytvoriť európsky legislatívny rámec potrebný na vybudovanie európskej infraštruktúry priestorových informácií.

V zmysle aktuálnej ROADMAP sú členské štáty povinné transponovať Smernicu o INSPIRE do národnej legislatívy. Slovensko túto povinnosť splnilo prostredníctvom prijatia samostatného zákona o národnej infraštruktúre pre priestorové informácie – NIPI., ktorý nadobudol účinnosť 1. februára 2010 (SAŽP – INSPIRE, 2010).

Základnou myšlienkou smernice INSPIRE je, zjednodušene povedané, výmena priestorových dát medzi jednotlivými štátmi v jednotnej štandardizovanej forme a štandardným spôsobom.

Prvým krokom k dosiahnutiu tejto myšlienky je zistenie, akými dátami každý štát disponuje a následne zoskupenie ich štandardný popisov – metadát. Na tvorbu metadát a ich publikáciu existuje niekoľko komerčných (napr. od spoločnosti ESRI a Intergraph) aj open-source (napr. Geonetwork) riešení.

Aby vymieňané priestorové dáta boli „čitateľné“ a použiteľné pre všetky krajiny EÚ, je potrebné definovať štandardnú schému, podľa ktorej budú dáta transformované. Tieto štandardné schémy sú dátové špecifikácie pre jednotlivé témy smernice INSPIRE vytvorené na základe ISO noriem v spolupráci so špecialistami na jednotlivé oblasti a sú publikované z JRC. Schémy dát je možné vytvárať napr. v prostredí Enterprise Architect (EA), export kompatibilný s UML schémou použiteľnou v EA tiež poskytuje napr. ArcGIS Desktop. Na transformáciu údajov do požadovanej schémy a výsledného GML bolo vytváraných niekoľko nástrojov, jedným z nich je napríklad Humboldt Alignment Editor (HALE).

Na zabezpečenie interoperability medzi dátami v rôznych formátoch a zvýšenie štandardizácie riešení v komunikácii geografických dát schválilo Open Geospatial Consortium (OGC) štandardy WMS, WFS, WCS a WPS. Na publikáciu služieb poskytujúcich priestorové dáta v prostredí internetu, ktoré umožňujú interaktívnu komunikáciu geografických informácií, existuje v dnešnej dobe niekoľko komerčných (napr. GeoMedia WebMap, ArcGIS Server) i open-source produktov (napr. UMN Map Server, Geoserver) (HOPIERKA 2012).

Možno teda zhrnúť, že na trhu sa nachádza dostatočné množstvo produktov a technických riešení na implementáciu smernice INSPIRE.

Zákon o NIPI zabezpečuje realizáciu smernice prostredníctvom inštitútu tzv. povinnej osoby, ktorej určuje povinnosti (ARC GEO, 2010). Z definície povinných osôb vyplýva, že VÚPOP patrí medzi povinné osoby.

Aj kvôli tomuto faktu bola iniciatíva VÚPOPu podieľať sa na projekte GS Soil, ktorý bol zameraný na vytvorenie siete európskych inštitúcií zodpovedných za poskytovanie údajov o pôde. VÚPOP sa v období rokov 2009–2012 participoval na tomto významnom celoeurópskom projekte ako „content providing“ partner a podieľal na viacerých pracovných balíkoch.

Hlavným cieľom projektu bolo vytvoriť a testovať pravidlá integrácie údajov o pôde v zmysle direktívy EC INSPIRE. V rámci projektu boli posudzované aspekty organizácie dát, harmonizácie dát, a taktiež aj sémantická a technická interoperabilita pri produkcii geopriestorových informácií a zlepšenie prístupu dát pre širokú verejnosť. GS Soil je eContentplus projekt „Assessment and strategic development of INSPIRE compliant Geodata-Services for European Soil Data (GS Soil)“, a bol vedený spoločnosťou PortalU. Spolupracovalo v ňom 33 partnerov z 18 krajín Európy - poskytovatelia dát, technickí partneri (GS SOIL, 2011).

Cieľom tohto článku je popísať služby, ktoré boli vytvorené v zmysle INSPIRE najmä v rámci riešenia projektu GS Soil.

MATERIÁL A METÓDY

Údaje, ktoré boli v rámci projektu určené na publikáciu prostredníctvom WMS, boli dáta z Komplexného prieskumu pôd (KPP) v oblasti Bratislava a Pôdna mapa Slovenska v mierke 1:400 000. Dáta sú primárne v ESRI formáte shapefile. Vzhľadom na existujúcu licenciu ESRI softvéru ArcGIS Server 10.0, ktorou VÚPOP disponuje, bol vybraný na publikáciu WMS práve tento robustný komerčný produkt. V spomínanom softvéri bola vytvorená štandardná, voľne prístupná WMS, ktorej GetCapabilities bolo editované vo voľnej 30dennej verzii softvéru Altova XML Spy tak, aby bol výsledný XML dokument validný. XML dokument bol tiež validovaný validátorom metadát pre zobrazovacie služby, ktorý sprístupňuje SAŽP na adrese: <http://geoportal.sazp.sk/web/guest/validate/metadatas>. Pomocou tohto validátora je možné overiť, či sú metadáta k dátam a službám v súlade s technickými požiadavkami INSPIRE (NÁRODNÝ GEOPORTÁL, 2012).

Dáta KPP boli harmonizované podľa požiadaviek konceptu dátovej špecifikácie INSPIRE, kedy bol každý z objektov s konkrétnou priestorovou reprezentáciou zaradený do schémy. Táto schéma, ktorá obsahovala jednotlivé triedy objektov a ich vzťahy, bola vytváraná v ESRI personálnej geodatabáze, z ktorej bol vytvorený export XML Worspace Dokumentu v prostredí ArcGIS Desktop – ArcCatalog. So získaným modelom je možné ďalej pracovať v jednom z najpopulárnejších softvérov na vytváranie UML modelov – Enterprise Architect. Tento komerčný platený softvér je možné tiež stiahnuť zadarmo na 30denné použitie.

V rámci projektu GS Soil bol vyvinutý a používaný voľne dostupný nástroj Humboldt HALE, ktorý je vhodný na tvorbu GML a tiež na definovanie a hodnotenie mapovania konceptuálnych schém. Funkcionalita nástroja sa počas projektu vývojom zlepšovala a v dnešnej podobe je možné použiť ako vstupný formát aj jednoduchý shapefile, ktorý obsahuje požadované atribúty nutné na transformáciu dát. Vďaka množstvu filtrov na definovanie konkrétnych parametrov atribútov vstupného shapefilu, je možné výsledné GML jednoduchým spôsobom dostať do

finálnej požadovanej podoby. Nástroj je voľne dostupný na: <http://community.esdi-humboldt.eu/projects/hale/files>. V projekte bol použitý na otestovanie schémy dátovej špecifikácie pre pôdu a slovenských harmonizovaných dátach o pôde.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Portál GS Soil

GS Soil portál integruje rôzne dáta z rôznych zdrojov a rôznych krajín so spoločnou tematikou – pôda. Portál umožňuje prenos a vizualizáciu dát a viaceré spôsoby vyhľadávania dát o pôde a informácií o nej v 13 jazykoch. Portál je dostupný na <http://gssoil-portal.eu>.

Portál poskytuje prehliadanie máp, ktoré vznikli prepojením WMS od poskytovateľa dát, metadátový editor, rôzne druhy vyhľadávania informácií o pôde atď.

Technicky je založený na InGrid®, do ktorého bolo implementovaných niekoľko open-source nástrojov.

Webová služba vytvorená pre potreby publikácie národných údajov na portál GS Soil

Pre potreby publikácie národných údajov na portál GS Soil bola vytvorená WMS na platforme ESRI. Služba je publikovaná cez ArcGIS Server 10.0 a operácia GetCapabilities je plne v súlade s INSPIRE technickými návodmi pre zobrazovacie služby:

http://sscri.vupop.sk/arcgis/services/vupop_wms/MapServer/WMServer?REQUEST=GetCapabilities&SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0

Služba zobrazuje nasledovné dáta o pôde:

- a) Pôdna mapa Slovenska v mierke 1:400 000
- b) Komplexný prieskum pôd – pôdna mapa v mierke 1:10 000 (obsahová harmonizácia a testovanie cezhraničnej konzistencie údajov)

Metaúdaje k údajom a službám publikovaných z VÚPOP sú harvestované z Metainformačného katalógu rezortu životného prostredia <http://geo.enviroportal.sk/catalog-client>.

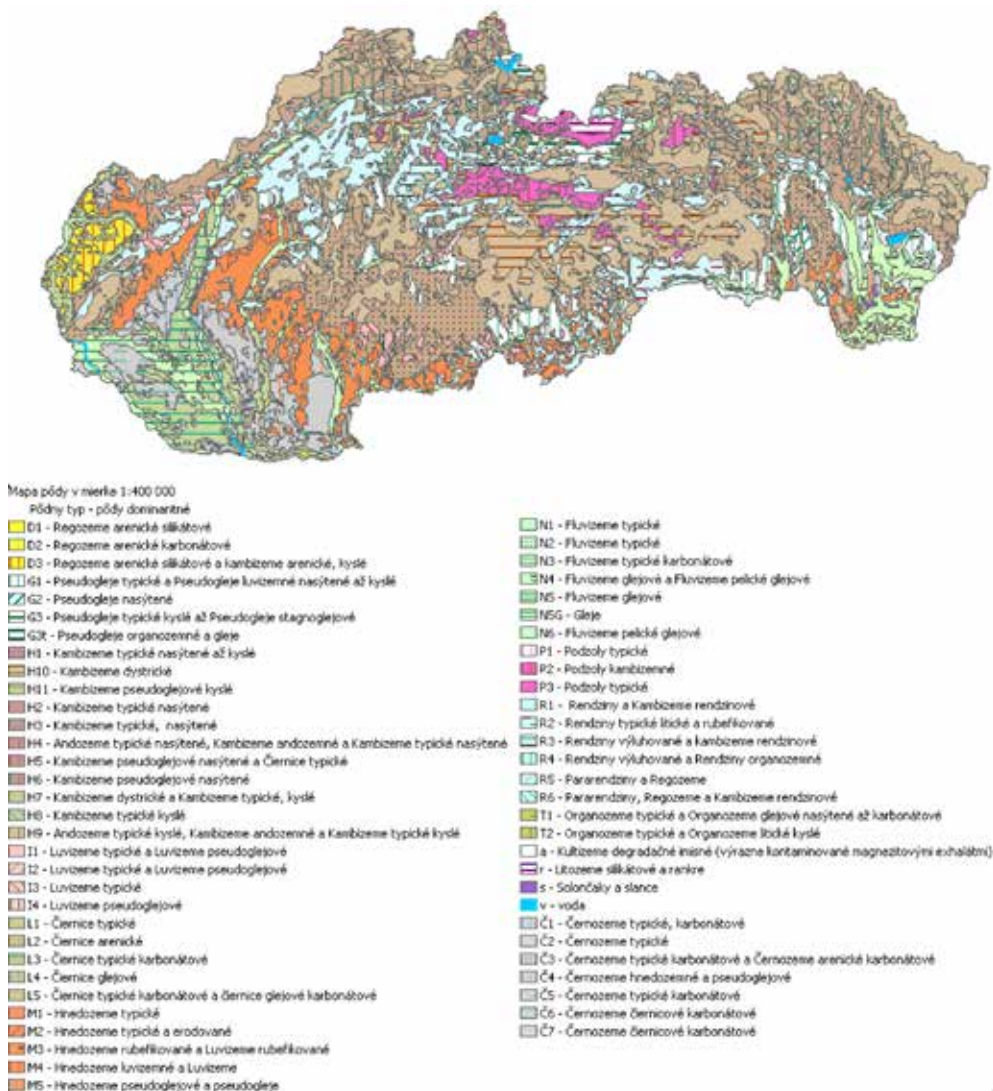
Zdrojové údaje sú vo formáte ESRI shapefile v súradnicovom systéme S-JTSK.

Podporované súradnicové systémy služby: EPSG 4326, EPSG 102067, EPSG 3035.

Obsah WMS – Pôdna mapa Slovenska v mierke 1:400 000

Jednou z vrstiev publikovaných cez WMS je digitálna podoba pôdnej mapy Slovenska v mierke 1:400 000, ktorej autorom je J. Hraško a kol. Zhotovená bola v roku 1993 a zdigitalizovaná v roku 2001.

Obr. 1 Pôdna mapa Slovenska publikovaná ako WMS



Obsah WMS – Komplexný prieskum pôd – pôdna mapa v mierke 1:10 000 (obsahová harmonizácia a testovanie cezhraničnej konzistencie údajov)

Pre testovanie cezhraničnej konzistencie údajov bolo vybrané okolie Bratislavy obsahujúce presahujúcu hranicu Rakúska a Maďarska.

Ohraničenie územia v súradnicovom systéme S-JTSK:

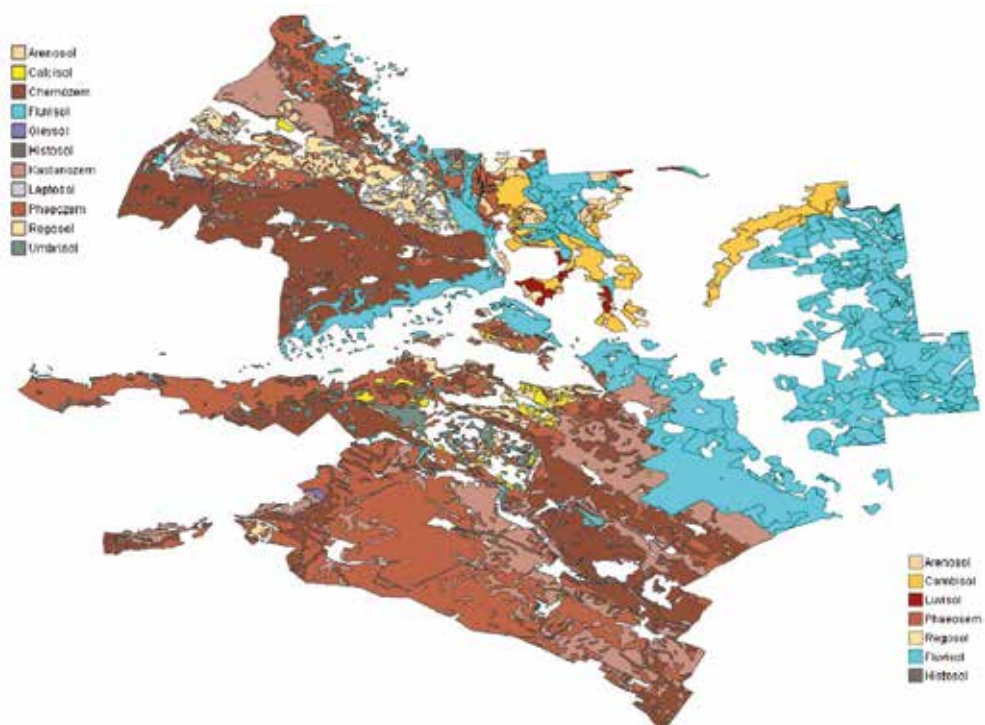
S: -1 266 000 m, V: -560 000 m, J: -1 296 421 m, Z: -584 551 m

Súhrn vrstiev vo WMS s názvom „Komplexný prieskum pôd – pilot BA“ obsahuje 8 vektorových vrstiev zobrazujúcich vybrané atribúty:

- WRB 2006 soil classification, Reference Soil Group (RSG) code [WRB_RSG]

- Dominant STU prefix qualifier code [STU_dom_pref]
- Dominant STU - topsoil parent material event and processes class code [stu_dom_parmat_proc_top]
- Dominant STU - subsoil parent material event and processes class code [stu_dom_parmat_proc_sub]
- Dominant STU - topsoil parent material type class code [stu_dom_parmat_type_top]
- Dominant STU - subsoil parent material type class code [stu_dom_parmat_type_sub]
- Textural classes top (USDA) [topsoil]
- Textural classes sub (USDA) [subsoil]

Obr. 2 Rakúsko – slovenská prípadová štúdia harmonizácie dát o pôde



Rakúsko – slovenská prípadová štúdia bola zameraná na obsahovú harmonizáciu údajov o pôde v pohraničnom území oboch štátov. Na oboch stranách boli porovnané pôdne mapy, ktoré vznikli rozličnými metódami mapovania. Cieľom prípadovej štúdie bolo (SKALSKÝ a iní, 2011):

- vytvorenie pôdnej mapy s použitím medzinárodnej referenčnej klasifikácie WRB (World Reference Base for Soil Resources)
- transformácia pôdotvorných substrátov a zrnitosti pôdy podľa jednotného kľúča

Mapa na obrázku 2 zobrazuje výsledky cezhraničnej obsahovej harmonizácie pôdných máp vo veľkej mierke. V JV časti územia je jasne viditeľný rozdiel v transformovanom obsahu máp. Tento rozdiel vznikol rozličnou klasifikáciou pôd na nivných sedimentoch jednotlivými národnými expertmi (v Rakúsku Kastanozem, na Slovensku Fluvisols).

Testovanie tvorby GML

Obsahovo harmonizované dáta boli uložené do personálnej geodatabázy, v ktorej boli vytvorené relevantné relácie medzi jednotlivými objektmi. Štruktúru dát zobrazuje schéma na obrázku 3. Takto štrukturované dáta boli použité na testovanie tvorby GML, čo je štandardný formát na výmenu dát. Dáta boli mapované do XSD schémy vytvorenej podľa normy ISO 28258 (sq.xsd).

Na tvorbu GML bol použitý voľne dostupný nástroj Humboldt HALE, ktorý je vhodný na definovanie a hodnotenie mapovania konceptuálnych schém. Nástroj je voľne dostupný na: <http://community.esdi-humboldt.eu/projects/hale/files>.

Výsledky testovania schémy sq.xsd ukázali, že v rámci slovenských dát o pôde bolo možné namapovať iba dva typy objektov s ich vlastnosťami, a to Soil Mapping Unit (SMU) a Soil Typological Unit (STU).

ZÁVER

Projekt GS Soil priniesol inštitúcii VÚPOP množstvo teoretických, ale najmä praktických skúseností s implementáciou smernice INSPIRE. V prvom rade by sme vyzdvihli obsahovú harmonizáciu dát o pôde, najmä vzhľadom na zložitú štruktúru a pôdny systém, ktorý má každá krajina odlišný. Pri riešení projektu bolo diskutovaných množstvo problémov, z ktorých sa iba časť podarila vyriešiť.

Vďaka projektu GS Soil boli vytvorené a vypublikované prvé metadáta na VÚPOP k niektorým známym datasetom, v tvorbe ktorých sa bude aj vzhľadom na určené termíny a povinnosti VÚPOP ako povinnej osoby pokračovať.

Kvôli potrebám projektu GS Soil bola spustená WMS služba s operáciou GetCapabilities, ktorá je plne v súlade s INSPIRE technickými návodmi pre zobrazovacie služby.

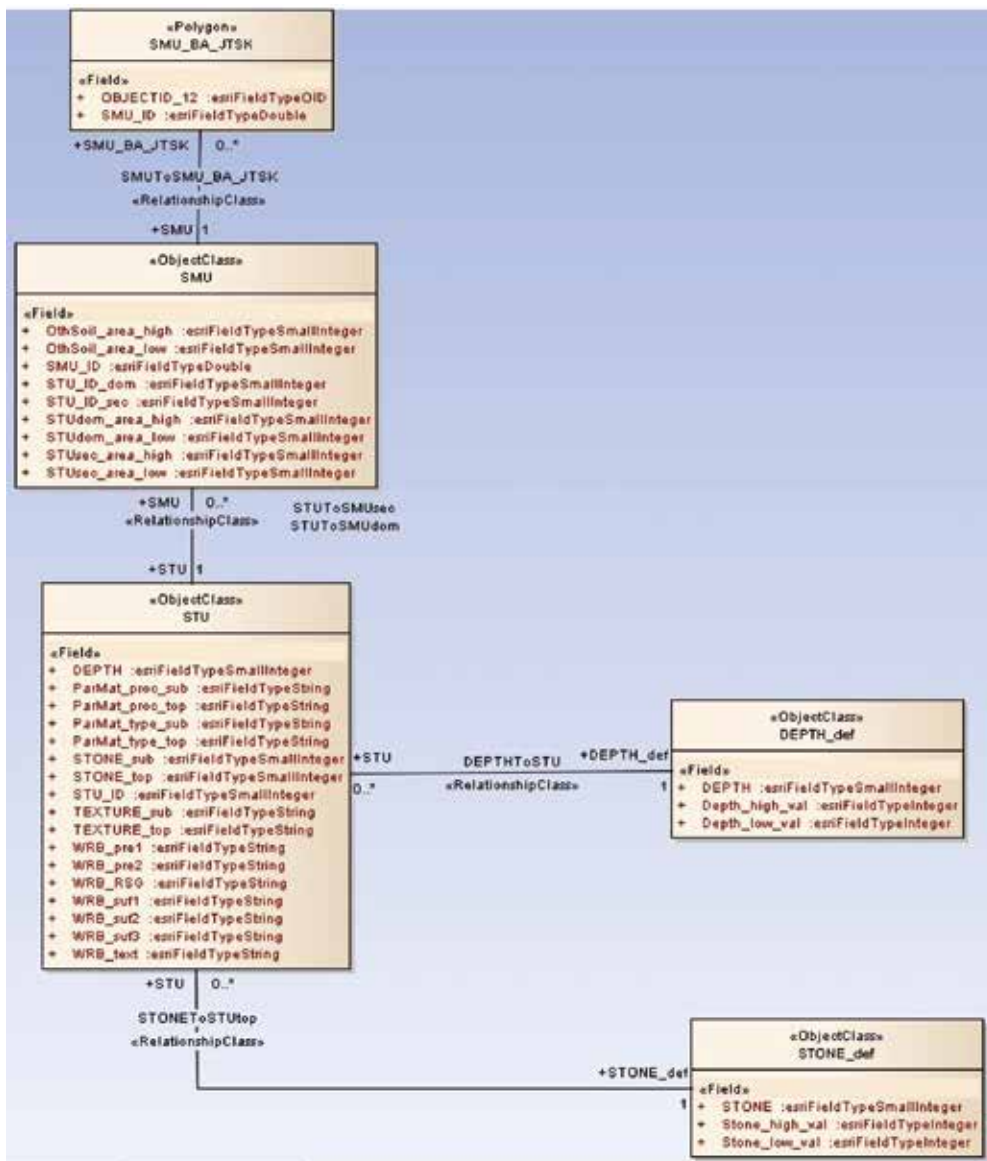
V rámci projektu tiež došlo k testovaniu tvorby GML podľa harmonizovanej schémy, čo prinieslo ďalšie cenné skúsenosti k plneniu si povinností plnenia smernice INSPIRE v budúcom období.

Projekt teda možno hodnotiť ako veľmi prínosný pre VÚPOP ako povinnú osobu a vďaka členstvu viacerých krajín Európy v projekte bol výbornou príležitosťou na porovnanie úrovne a riešenia problémov implementácie smernice INSPIRE na medzinárodnej úrovni.

Podakovanie

Výsledky prezentované v tomto príspevku vznikli v rámci riešenia projektu eContentPlus GS Soil.

Obr. 3 UML model harmonizovaných dát o pôde Slovenska



LITERATÚRA

- ARCGEO 2010. *INSPIRE riešenia – Kto je povinná osoba?* [online]. Dostupné na internete: http://www.arcgeo.sk/cms/front_content.php?idcat=267
- GS SOIL 2011. *O GS Soil* [online]. Dostupné na internete: <http://gssoil-portal.eu>
- HOFIERKA J. 2012. *Geopriestorové internetové technológie na komunikáciu geografickej informácie*. Kartografické listy, Bratislava: Vydavateľstvo VEDA, 2012, s. 18-27.
- NÁRODNÝ GEOPORTÁL 2012. *Validátor INSPIRE* [online]. Dostupné na internete: <http://geoportal.sazp.sk/web/guest/validate/metadata>
- SAŽP – INSPIRE 2010. *Zákon o NIPi* [online]. Dostupné na internete: <http://inspire.gov.sk/transpozicia/zakon-o-nipi>
- SKALSKÝ R., ŠOŠOVIČKOVÁ L., PÁLKA B., SOBOCKÁ J., BALKOVIČ J. 2011. *Aktualizácia pôdnych máp v mierke 1:10 000 podľa požiadaviek direktívy INSPIRE*. Vedecké práce výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy v Bratislave č. 33, Bratislava: VÚPOP, 2011, s. 116-126.

VPLYV ROZDIELNEHO HOSPODÁRENIA NA STABILITU PÔDNYCH AGREGÁTOV

THE EFFECT OF DIFFERENT MANAGEMENT ON THE SOIL AGGREGATES STABILITY

Vladimír ŠIMANSKÝ, Peter KOVÁČIK, Erika TOBIAŠOVÁ, Nora POLLÁKOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Vladimír.Simansky@uniag.sk

Abstrakt

V práci bol posúdený vplyv rozdielneho obrábania a hnojenia pôdy na stabilitu pôdnych agregátov. Práca bola riešená v rokoch 2008–2010 na experimentálnej báze SPU Nitra (hne-
dozem kultizemná). Vzorky pôdy boli odoberané z hĺbky 0,0–0,3 m z nasledovných variantov
obrábania (1. KO – konvenčné, 2. MO – minimalizačné, 3. TTP – prirodzený trávny porast) a hno-
jenia (1. K – nehnojený variant, 2. PZ – zapracovanie pozberových zvyškov s NPK hnojivami, 3.
PH – zapracovanie NPK hnojív). Z výsledkov vyplýva, že obsah vodoodolných mikro-agregátov
bol troj-násobne vyšší v konvenčnom, ale aj minimalizačnom spôsobe obrábania v porovna-
ní s neobrábaním pôdy. Vyšší obsah výmenného sodíka pôsobil peptizačne na štruktúrnosť
pôdy a jeho efekt bol podporený hlavne konvenčným obrábaním. Vyšší obsah výmenného
draslíka pri konvenčnom, ale aj minimalizačnom spôsobe obrábania sa pozitívne prejavoval
na agregáčnom procese. Vyššia stabilita humusových látok v hnojených variantoch pozitívne
vplývala na obsahy frakcií vodoodolných makro-agregátov 0,25–0,5 mm a 2–3 mm. Vo varian-
te s aplikovanými pozberovými zvyškami a NPK hnojivami vyšší obsah vápnika sa podieľal na
zvyšovaní väčších frakcií vodoodolných makro-agregátov.

Kľúčové slová: Stabilita agregátov, Obrábanie pôdy, Hnojenie

Abstract

The influence of different tillage and fertilization on aggregate stability was evaluated. During years 2008–2010, soil samples were taken (a depth of 0.0–0.3m) from tillage and ferti-
lization treatments (conventional, minimal tillage and grassland; treatments: without ferti-
lization, crop residues together with NPK fertilizers, NPK fertilizers) in the locality of Dolná Malanta
(soil type: Haplic Luvisol). We summarize that in conventional and minimal tillage systems, the
content of water-stable micro-aggregates had three times higher than in grassland. In con-
ventional tillage treatments, higher content of exchangeable sodium had negative effect on
soil structure stability. Higher content of exchangeable potassium had positive impact on the
aggregation process in both tillage systems. In treatments with fertilization, the higher stability
of humic substances was the higher content of water-stable aggregates in size 0.25–0.5 mm
and 2–3 mm were observed. In treatment crop residues together with NPK fertilizers, higher

content of exchangeable calcium had positive effect on higher content of water-stable macro-aggregates.

Keywords: Aggregate stability, Soil tillage, Fertilization

ÚVOD

Agregácia pôdy je proces, pri ktorom základné častice pôdy, resp. agregáty rôznej veľkosti, sú spájané pomocou organických alebo anorganických materiálov do väčších celkov. Tento proces nezahŕňa iba samotné formovanie väčších agregátov, ale aj ich stabilizáciu. Niekoľko autorov (OADES, 1993; DALAL a BRIDGE, 1996) uviedlo, že formovanie agregátov je zabezpečené v dôsledku fyzikálnych síl, kým ich stabilizácia je ovplyvnená množstvom faktorov ako sú: množstvo a kvalita organických, resp. anorganických tmelivých látok. Základnou vlastnosťou pôdných agregátov je ich stabilita, ktorá charakterizuje alebo vyjadruje ich odolnosť voči degradačným mechanizmom a pôdnej erózii (SIX a iní, 2000). HILLEL (1982) definoval stabilitu agregátov ako mieru zraniteľnosti pôdných agregátov vonkajšími deštruktívnymi silami. Zachovanie vysokej stability pôdných agregátov je nevyhnutné pre zachovanie a udržanie úrodnosti pôd, zníženie erózie pôdy a jej degradáciu, čím sa minimalizuje poškodzovanie a znečisťovanie životného prostredia. Agregátovú stabilitu je ťažké kvantifikovať a interpretovať. Je ovplyvnená celým komplexom faktorov a pôdných vlastností, ako sú: dostatok a stabilita organickej hmoty pôdy, celková pórovitosť, infiltračná schopnosť pôdy, hydraulická vodivosť, odolnosť voči eróznym procesom. Stabilita agregátov je podmienená, okrem vyššie uvedeného komplexu pôdných vlastností a ich vzájomných interakcií, aj charakterom klímy, ale aj spôsobom hospodárenia na pôde.

Cieľom tejto práce bolo posúdenie vplyvu rozdielneho obrábania a hnojenia pôdy na stabilitu pôdných agregátov.

MATERIÁL A METÓDY

Práca bola riešená v rokoch 2008–2010 na experimentálnej báze SPU Nitra. Jej lokalizácia (zem. šírka 48°19'00''; zem. dĺžka 18°09'00'') je východne od mesta Nitra na Žitavskej pahorkatine v kukuričnej výrobnjej oblasti. Experimentálna plocha, s priemernou nadmorskou výškou 177–180 m n.m. má rovinný charakter s miernym sklonom na juh. Geologický substrát je tvorený málo priepustnými horninami s vysokým podielom jemnozrnného materiálu. Mladé neogénne sedimenty pozostávajú z rôznych ílov, hĺn, pieskov a štrkov, na ktorých sa v pleistocéne uložili spraše. Pôdnou jednotkou je hnedozem kultizemná (TOBIAŠOVÁ a ŠIMANSKÝ, 2009) s priemerným obsahom celkového uhlíka 12,3 g.kg⁻¹±1,10, výmennou pôdnou reakciou 6,9±0,14, sumou bázických katiónov 170,7 mmol.kg⁻¹±17,54 a celkovou sorpčnou kapacitou 173,3 mmol.kg⁻¹±16,69. Zrnitosť ide o stredne ťažkú pôdu, ktorá priemerne obsahuje 350,4 g.kg⁻¹ piesku, 476,8 g.kg⁻¹ prachu a 172,9 g.kg⁻¹ ílu. Územie patrí do agroklimatickej oblasti

veľmi teplej, veľmi suchej, nížinnej so sumou priemerných denných teplôt nad 10 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok je 540 mm a priemerná ročná teplota je 9,6 °C.

V roku 1999 bol založený poľný stacionárny experiment, ktorý prebieha aj v súčasnosti. Schéma experimentu je nasledovná: Obrábanie: 1. KO – konvenčné: jesenná orba s radličkovým pluhom do hĺbky 0,22–0,25 m, 2. MO – minimalizačné: diskovanie do hĺbky 0,10–0,12 m, 3. TTP – prirodzený trávny porast od roku 1970 – kontrola. Hnojenie: 1. K – kontrola: nehnojený variant, 2. PZ – zapracovanie pozberových zvyškov pestovaných plodín spolu s NPK hnojivami, ktorých dávky boli vypočítané bilančnou metódou, 3. PH – zapracovanie NPK hnojív, ktorých dávky boli vypočítané bilančnou metódou.

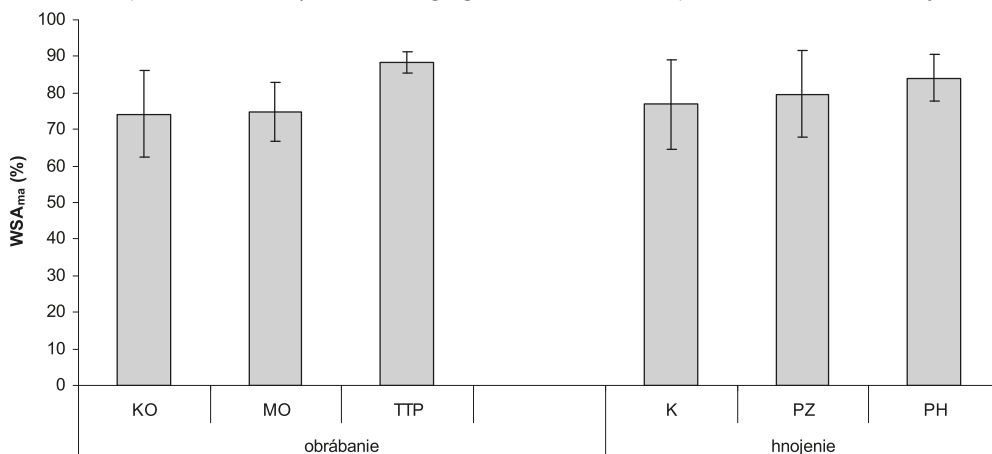
Vzorky pôdy pre stanovenie chemických vlastností boli odoberané z hĺbky 0,0–0,3 m vždy v jarnej obdobe zo všetkých variantov obrábania a hnojenia v trojnásobnom opakovaní. Priemerné vzorky z každého variantu pre stanovenie štruktúrneho stavu korešpondovali s odberom na chemické vlastnosti. Zemina z hĺbky 0,0–0,3 m bola odobratá opatrne, aby bolo podľa možnosti čo najmenej porušené priestorové usporiadanie pôdnej hmoty. Pred vysušením vzoriek pri laboratórnej teplote bola zemina opatrne ručne rozobraná na menšie agregáty. V pripravených vzorkách boli stanovené: pôdna reakcia, parametre pôdneho sorpčného komplexu, obsah celkového organického uhlíka v pôde, skupinové zloženie humusových látok, optické parametre humusových látok a humínových kyselín (HRAŠKO a iní, 1962). Frakcie štruktúrnych agregátov sme získali preosievaním za sucha a frakcie vodoodolných agregátov sme získali preosievaním vo vode Bakšajevovou metódou (HRAŠKO a iní, 1962).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obsah vodoodolných makro-agregátov (WSA_{ma}), v závislosti od spôsobu obrábania a hnojenia, je na obrázku 1 a zastúpenie jednotlivých veľkostných frakcií WSA je uvedené v tabuľke 1. Najvyšší obsah WSA_{ma} bol stanovený v TTP ($88,36 \pm 3,00$) > MO ($74,78 \pm 8,11$) a najmenšie zastúpenie bolo zistené vo variante KO ($74,24 \pm 11,9$). Podobné výsledky publikovali aj RAZAFIMBELO a iní (2008), ktorí rovnako stanovili preukazne vyšší obsah makro-agregátov v neobrábannej pôde. Na druhej strane ŠIMANSKÝ a iní (2007) prezentovali vyšší obsah WSA_{ma} na intenzívne obrábaných černoziach Podunajskej nížiny v porovnaní s ich minimalizačným obrábaním. Aplikácia iba NPK hnojív do pôdy štatisticky preukazne ovplyvnila nárast obsahu WSA_{ma} v porovnaní s ostatnými variantmi hnojenia.

Spôsob obrábania a využívania pôdy mal štatisticky významný vplyv na obsah vodoodolných mikro-agregátov (WSA_{mi}) a veľkostné frakcie WSA_{ma} 0,5-1 a > 2 mm. Obsah WSA_{mi} bol takmer trojnásobne vyšší v oboch variantoch obrábania v porovnaní s TTP. Príčina je v tom, že makro-agregáty sú stabilizované prechodnými alebo dočasne sa viažucimi zložkami (TISDALL a OADES, 1982), a tak vďaka obrábaniu pôdy dochádza k ich rozrušovaniu. Makro-agregáty obsahujú hlavne čerstvé organické látky a labilnú organickú hmotu (GRANDY a ROBERTSON, 2006). Z uvedeného vyplýva, že významnú úlohu v agregácii na danej hnedozemi mala tzv. partikulárna organická hmota. Výsledky OUEÐRAOGO a iní (2006) poukázali na to, že partikulárna orga-

Obr. 1 Zastúpenie vodoodolných makro-agregátov v závislosti od spôsobu obrábania a hnojenia



nická hmota je intenzívne ovplyvnená spôsobom hospodárenia na pôde. TISDAL a OADES (1982) poukázali na fakt, že viac vodoodolných makro-agregátov sa nachádza pod trvalo-trávnymi porastmi, čo potvrdili aj získané výsledky (Tab. 1). Príčinou je vysoký obsah koreňovej biomasy, baktérií a mikroskopických húb. Korene rastlín napomáhajú zvýšeniu stability okolitých agregátov prostredníctvom vytvárania priestorových sietí s mikroskopickými hubami, ktoré vzájomne spájajú jemné častice pôdy do agregátov. Štatisticky preukazné rozdiely v závislosti od hnojenia neboli zaznamenané (Tab. 1).

Tab. 1 Štatistické zhodnotenie výsledkov (priemerné hodnoty za obdobie 2008–2010) jednotlivých frakcií vodoodolných agregátov

Frakcie WSA v mm	Varianty obrábania			Varianty hnojenia		
	KO	MO	TTP	K	PZ	PH
<0,25	26,9b	25,2b	8,9a	23,1a	15,9a	21,9a
0,25–0,5	20,7a	18,1a	12,7a	13,7a	18,7a	19,1a
0,5–1	23,9b	21,6b	11,8a	20,4a	21,6a	15,3a
1–2	15,3a	17,3a	20,1a	16,4a	16,9a	19,5a
2–3	6,9a	10,9ab	14,5b	11,8a	10,0a	10,6a
3–5	4,00a	3,7a	14,9b	7,8a	8,2a	6,6a
>5	2,3a	2,7a	16,9b	7,0a	7,9a	7,0a

KO – konvenčné obrábanie, MO – minimalizačné obrábanie, TTP – trvalo-trávnny porast – kontrola, K – nehnojnený variant – kontrola, PZ – zapracované pozberové zvyšky spolu s NPK hnojivami, PH – zapracované NPK hnojivá, Rozdielne písmená medzi stĺpcami (a, b) poukazujú na štatistickú preukaznosť na hladine významnosti $P < 0,05$ – LSD test.

SISÁK (1994) považuje vodoodolné makro-agregáty veľkosti 0,5–3 mm za agronomicky najcennejšie, a preto bola pozornosť sústredená na túto veľkostnú frakciu. Podľa klasifikácie Dolgova a Bachtina (SISÁK, 1994) uspokojivý stav vodoodolnosti, t.j. obsah WSA_{ma} je v rozpätí 40–55 %. Obsah WSA_{ma} podľa tohto kritéria bol v uvedenom intervale a pohyboval sa v závis-

losti od spôsobu obrábania v rozpätí od 46,4 do 49,9 % a v závislosti od spôsobu hnojenia od 45,3 do 48,5 %. Z hľadiska hnojenia neboli zaznamenané žiadne štatistické rozdiely v obsahu vodoodolných agregátov (WSA). Najväčší obsah WSA_{ma} (0,5–3 mm) bol stanovený v K a PZ (48,5) > PH (45,3). ŠIMANSKÝ a iní (2008) uviedli, že zapracovanie pozberových zvyškov spolu s NPK hnojivami pôsobí pozitívne na zastúpenie WSA v hnedozemi. Zapracovávanie rastlinných zvyškov do pôdy pôsobí pozitívne hlavne na stabilitu makro-agregátov, pretože čiastočne zabráňuje rozptyľovaniu ílu (BALDOCK a iní, 1994).

Obsah a kvalita organickej hmoty, ale aj vybrané chemické charakteristiky sú znázornené v tabuľke 2. Medzi vybranými chemickými vlastnosťami a jednotlivými veľkostnými triedami vodoodolných agregátov sme zisťovali jednoduché korelácie. Vo variante s konvenčným obrábaním boli zaznamenané štatisticky preukazné korelačné závislosti medzi obsahom frakcie WSA_{ma} 2–3 mm a sumou výmenných bázičických katiónov ($r=0,683$; $P<0,05$), taktiež medzi obsahom frakcie WSA_{ma} >5 mm a pH ($r=0,684$; $P<0,05$), obsahom výmenného Ca^{2+} ($r=0,730$; $P<0,05$), obsahom výmenného K^+ ($r=0,682$; $P<0,05$). Na druhej strane bola zaznamenaná negatívna korelácia medzi obsahom frakcie WSA_{ma} >5 mm a Na^+ ($r=-0,953$; $P<0,001$). Podobne aj vo variante s minimalizačným obrábaním boli zistené korelácie medzi obsahom frakcie WSA_{ma} >5 mm a obsahom Ca^{2+} ($r=0,779$; $P<0,05$), Na^+ ($r=-0,671$; $P<0,05$). Vo variantoch konvenčne obrábaných neboli štatisticky významné korelačné závislosti a to medzi parametrami organickej hmoty pôdy a jednotlivými veľkostnými frakciami WSA. Uvedené potvrdzuje pozitívne pôsobenie vápnika a na druhej strane negatívne pôsobenie sodíka v agregáčnom procese v intenzívne obrábaných pôdach. Celkovo bázičké katióny v konvenčnom obrábaní prispievajú k stabilizácii vodoodolných makro-agregátov, t.j. vo variantoch, kde je nižší obsah organickej hmoty, ktorá je však stabilnejšia. Čiže stabilizácia makro-agregátov pri KO nie je výsledkom iba samotného vplyvu množstva organickej hmoty, ale pozitívneho pôsobenia výmenného vápnika. Veľké agregáty sa vytvárajú v pôdach s vysokými hodnotami pH (BOIX-FAYOS a iní, 2001), t.j. v pôdach s dostatkom výmenných bázičických katiónov.

V PH boli zaznamenané korelácie medzi obsahom vodoodolných mikro-agregátov (WSA_{mi}) a Na^+ ($r=0,872$; $P<0,05$), a Ca^{2+} ($r=-0,893$; $P<0,05$). Na druhej strane v PZ neboli zaznamenané žiadne korelácie medzi WSA_{mi} a chemickými vlastnosťami. Priemyselné hnojivá cez vyšší obsah živín podporujú disperziu ílu, čo má priamy dopad na pokles stability agregátov. Aplikácia hnojív zvyšuje disperziu hlavne veľkých makro-agregátov (WHALEN a CHANG, 2002). Pozitívna korelácia bola zistená medzi obsahom frakcie WSA_{ma} >5 mm a obsahom Ca^{2+} ($r=0,873$; $P<0,05$) vo variante s aplikovanými pozberovými zvyškami a NPK hnojivami. Vápnik sa podieľa na znižovaní mineralizácie a stabilizácii dodanej čerstvej organickej hmoty z pozberových zvyškov, čím stabilizuje agregáty (CLOUGH a SKJEMSTAD, 2000). V dôsledku aplikovaných priemyselných hnojív (PH) sa znížila stabilita humínových kyselín, čo podmienilo nárast obsahu WSA_{mi} . Na druhej strane v tomto variante bola zaznamenaná pozitívna lineárna závislosť medzi stabilitou humínových kyselín a frakcie WSA_{ma} 0,5–1 mm. Podobná tendencia, ale v stabilite humusových látok a obsahom frakcie WSA_{ma} 0,25–0,5 mm ($r=-0,869$; $P<0,05$) a WSA_{ma} 2–3 mm ($r=0,812$; $P<0,05$) bola zistená vo variantoch so zapracovanými pozberovými zvyškami a NPK hnojivami.

Tab. 2 Obsah a kvalita organickej hmoty a vybrané chemické vlastnosti pôdy

Rok	Spôsob obrábania	Hnojenie	C (mg.kg ⁻¹)	Corg (%)	pH _{H₂O}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	C _{HK} :C _{FK}	Q ^{4/6} _{HL}	Q ^{4/6} _{HK}	
						mmol.kg ⁻¹							
2008	KO	K	1800	1,23	7,80	106	18	3,13	6,68	0,73	4,49	3,93	
		PZ	1800	1,26	7,62	94	20	3,4	8,31	0,73	4,51	3,88	
		PH	1710	1,18	7,75	102	38	3,68	5,45	0,81	4,24	3,87	
	MO	K	1848	1,22	7,89	107	14	3,4	7,91	0,55	3,75	3,80	
		PZ	2138	1,45	7,92	101	36	3,95	13,84	0,83	4,52	3,91	
		PH	1822	1,30	7,53	99	26	3,68	5,66	0,8	4,40	3,90	
	TTP	K	2430	1,82	7,06	94	32	3,13	10,97	0,61	5,08	4,08	
	2009	KO	K	1980	1,19	7,35	72	12	5,15	6,16	0,88	4,07	4,47
			PZ	2036	1,19	7,19	68	19	5,15	6,27	0,82	4,60	4,40
PH			2019	1,17	7,08	73	15	5,13	6,27	0,88	4,51	4,39	
MO		K	2002	1,29	7,26	77	11	5,15	6,26	0,84	4,58	4,40	
		PZ	2700	1,20	7,35	73	21	5,14	6,26	0,83	4,66	4,40	
		PH	2216	1,26	7,27	80	8	5,14	6,28	0,95	4,64	4,37	
TTP		K	2577	1,44	6,90	64	9	5,15	6,29	0,97	5,44	4,51	
2010		KO	K	1474	1,26	7,40	87	34	6,11	3,01	0,72	4,70	4,16
			PZ	1395	1,15	7,60	80	27	5,28	3,4	0,71	3,32	4,19
	PH		1418	1,16	7,41	80	19	6,11	2,79	0,96	3,83	4,20	
	MO	K	2205	1,26	7,74	76	32	5,28	4,34	0,7	3,30	4,33	
		PZ	1530	1,43	7,64	82	33	5,28	3,98	0,59	4,75	4,25	
		PH	1485	1,19	7,70	77	26	4,87	3,72	0,61	4,74	4,24	
	TTP	K	1890	1,88	7,14	74	35	4,87	6,05	0,65	5,38	4,63	

KO – konvenčné obrábanie, MO – minimalizačné obrábanie, TTP – trvalo-trávny porast – kontrola, K – nehnojny variant – kontrola, PZ – zapracované pozberové zvyšky spolu s NPK hnojivami, PH – zapracované NPK hnojivá, CL – obsah labilného uhlíka, Corg – obsah celkového organického uhlíka, pH H₂O – aktívna pôdna reakcia, C_{HK}:C_{FK} – pomer uhlíka huminových kyselín k uhlíku fulvokyselín, Q^{4/6}_{HL} – farebný kvocient humusových látok, Q^{4/6}_{HK} – farebný kvocient huminových kyselín.

ZÁVER

Na základe získaných výsledkov z rozdielnych spôsobov obrábania a hnojenia hnezoze-me možno vyvodiť nasledovné závery:

- Obsah vodoodolných mikroagregátov bol trojnásobne vyšší v konvenčnom, ale aj minimalizačnom spôsobe obrábania v porovnaní s neobrábaním pôdy.
- Vyšší obsah výmenného sodíka pôsobil peptizačne na štruktúrnosť pôdy a jeho efekt bol podporený hlavne konvenčným obrábaním. Vyšší obsah výmenného draslíka pri konvenčnom, ale aj minimalizačnom spôsobe obrábania sa pozitívne prejavoval na agregáčnom procese.

- Vo variantoch konvenčne obrábaných množstvo organickej hmoty neovplyvňovalo agregáciu, ale stabilita agregátov výrazne závisela od stability humínových kyselín. Naopak vo variantoch minimalizačne obrábaných mal obsah celkového organického uhlíka v pôde pozitívny vplyv na stabilitu agregátov.
- Vyššia stabilita humusových látok v hnojených variantoch pozitívne vplývala na obsahy frakcií vodoodolných makro-agregátov 0,25 – 0,5 mm a 2 – 3 mm.
- Vo variante s aplikovanými pozberovými zvyškami a NPK hnojivami vyšší obsah vápnika sa podieľal na zvyšovaní väčších frakcií vodoodolných makro-agregátov, pričom na ich stabilizácii zohrávala dôležitú úlohu práve samotná kvalita humusu.

LITERATÚRA

- BALDOCK, J. A., AOYAMA, M., OADES, J. M., SUSANTO, R. H., GRANT, C. D. 1994. *Structural amelioration of a south Australian red-brown earth using calcium and organic amendments*. In Aust. J. Soil Res., 32, 1994, s. 571–594.
- BOIX-FAYOS, C., CALVO-CASES, A., IMESON, A. C., SORIANO-SOTO, M. D., TIEMESSEN, I. R. 1998. *Spatial and short-term temporal variations in runoff, soil aggregation and other soil properties along a Mediterranean climatological gradient*. In Catena, 33, 1998, s. 123–138.
- CLOUGH, A., SKJEMSTAD, J. O. 2000. *Physical and chemical protection of soil organic carbon in three agricultural soils with different contents of calcium carbonate*. In Aust. J. Soil Res., 38, 2000, s. 1005–1016.
- DALAL, R. C., BRIDGE, B. J. 1996. *Aggregation and organic matter storage in sub-humid and semi-arid soils*. In Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils, Boca Raton : CRC Press, s. 263–307.
- GRANDY, R., ROBERTSON, G. P. 2006. *Aggregation and organic matter protection following tillage of a previously uncultivated soil*. In Soil Sci. Soc. Am. J., 70, 2006, s. 1398–1406.
- HILLEL, D. 1982. *Introduction to soil physics*. San Diego, CA : Academic Press, 1982. 258 s.
- HRAŠKO, J., ČERVENKA, L., FACEK, Z., KOMÁR, J., NĚMĚČEK, J., POSPÍŠIL, J., SIROVÝ, V. 1962. *Rozbory pôd*. Bratislava : Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 334 s.
- OADES, J. M. 1993. *The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure*. In Geoderma, 56, 1993, s. 377–400.
- RAZAFIMBELO, T. M., ALBRECHT, A., OLIVER, R. 2008. *Aggregate associated-C and physical protection in a tropical clayey soil under Malagasy conventional and no-tillage systems*. In Soil & Tillage Research, 98, 2008, 1, s. 140–149.
- SISÁK, P. 1994. *Štúdium vplyvu rôznych sústav hospodárenia na mikroagregátové zloženie a vodoodolnosť štruktúrnych agregátov hneдозeme*. In Nové poznatky zvyšovania produkčnej schopnosti pôd. Nitra: VŠP a VÚPÚ, 1994, s. 53–56.
- SIX, J., ELLIOTT, E. T., PAUSTIAN, K. 2000. *Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture*. In Soil Biology & Biochemistry, 32, 2000, s. 2099–2103.
- ŠIMANSKÝ, V., TOBIAŠOVÁ, E., CHLPIK, 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, 2008, 1-2, s. 125–132.
- ŠIMANSKÝ, V., TOBIAŠOVÁ, E., ZAUJEC, A. 2007. *Vplyv obrábania na stabilitu pôdnej štruktúry vo vzťahu ku kvantite a kvalite pôdnej organickej hmoty*. In Agrochémia. XI. (47), 2007, 1, s. 27–30.
- TISDALL, J. M., OADES, J. M. 1982. *Organic matter and water-stable aggregates in soils*. In J. Soil. Sci., 33, 1982, s. 141–163.
- TOBIAŠOVÁ, E., ŠIMANSKÝ, V. 2009. *Kvantifikácia pôdnych vlastností a ich vzájomných vzťahov ovplyvnených antropickou činnosťou*. Vedecká monografia. Nitra : SPU, 2009. 113 s. ISBN 978-80-552-0196-2.
- WHALEN, J. K., CHANG, C. 2002. *Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications*. In Soil Sci. Soc. Am. J., 2002, 66, s. 1637–1647.

HODNOTENIE ZÁVAŽNOSTI SUCHA ZALOŽENÉ NA MODELOVANÍ VLHKOSTI PÔDY

DROUGHT SEVERITY ASSESSMENT BASED ON THE SOIL MOISTURE MODELLING

Jozef TAKÁČ

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, j.takac@vupop.sk

Abstrakt

Príspevok prezentuje hodnotenie výskytu sucha v poľnohospodárskych regiónoch Slovenska za obdobie 1961 – 2012. Hodnotenie závažnosti sucha je založené na simuláciách vodného režimu pôdy agroekologickým modelom Daisy s použitím denných meteorologických údajov z 27 meteorologických staníc. Kritériami pre posudzovanie výskytu sucha boli 1) zásoba využiteľnej vody v pôde menšia ako 50 % VVK, 2) podpriemerná zásoba vody v pôde v porovnaní s dlhodobým priemerom a 3) súvislé trvanie obdobia 15 a viac dní. Pre klasifikáciu závažnosti sucha bol použitý štandardizovaný index dennej zásoby vody v pôde. Podľa tohto indexu je sucho zatriedené do štyroch stupňov od mierneho sucha po mimoriadne sucho. Mimoriadne sucho najväčšieho plošného rozsahu sa vyskytlo v roku 1990. Mimoriadne sucho sa vyskytlo aj v roku 1978 na juhozápadnom Slovensku a v roku 1986 na juhovýchodnom Slovensku.

Kľúčové slová: sucho, zrážky, evapotranspirácia, vlhkosť pôdy, modelovanie

Abstract

Evaluation of drought occurrence in agricultural regions of Slovakia during the years 1961 – 2012 is presented in the paper. Drought severity assessment is based on the soil water dynamics simulation by agroecological model Daisy using daily meteorological data from 27 sites. Criteria for the drought occurrence were 1) available soil water content below 50% of available water capacity, 2) soil water content below long-term average soil water content and 3) duration of continuous drought for fifteen or more days. Standardized index of daily soil water content was used for drought severity classification. According to the index the drought is categorized into four degrees of severity from mild to extreme drought. Extreme drought of the largest spatial extent was identified in 1990. Extreme drought occurred regionally in the southwest Slovakia in 1978 and in the southeast Slovakia in 1986 too.

Keywords: drought, precipitation, evapotranspiration, soil moisture, modelling

ÚVOD

Sucho je považované za závažné prírodné riziko so značnými následkami pre životné prostredie, sociálnu sféru a ekonomický rozvoj. Ovplyvňuje viac sektorov spoločnosti a preto môže byť definované z hľadiska dopadov na poľnohospodárstvo, vodné hospodárstvo alebo socioekonomické sektory. Vzhľadom na komplexnosť problému a jeho viaceré aspekty (meteorologický, hydrologický, agronomický, socioekonomický) neexistuje žiadna univerzálna všeobecne prijímaná definícia sucha, ani metóda na kvantifikáciu sucha. Sucho na rozdiel od iných prírodných rizík, ktoré nastávajú rýchle (povodne, zemetrasenia), prichádza a postupuje pomaly. Obdobie sucha je inicializované poklesom zrážkových úhrnov a jeho účinky sa kumulujú postupne. S narastajúcou dĺžkou suchého obdobia sa zvyšujú jeho účinky. Nástup, trvanie a intenzita sucha akceleruje aj rast teploty prostredia, ktorá vplyva na straty vody výparom. Vplyv sucha na zraniteľnosť krajiny v podmienkach klimatickej zmeny a zvyšujúcich sa požiadaviek na vodu v budúcnosti potenciálne rastie.

Základnou vlastnosťou klímy je jej územná a časová premenlivosť. Platí to hlavne pre úhrny atmosférických zrážok, pre ktoré sú bežné oveľa vyššie prirodzené časové zmeny ako pre iné klimatické prvky. Regionálne rozdiely v zrážkových úhrnoch sú spôsobené atmosférickou cirkuláciou. Na západe územia Slovenska sa prejavuje výraznejšie vplyv Atlantického oceánu, na východe kontinentálny vplyv. Pri západnom a severozápadnom prúdení sa vyskytujú vyššie zrážkové úhrny na severe a západe územia v horských oblastiach, pri južnom a juhozápadnom prúdení sa vyskytujú vyššie zrážkové úhrny na juhu a východe Slovenska.

V posledných desaťročiach došlo k zvýšeniu výskytu extrémnych zrážkových úhrnov na jednej strane a na druhej strane sa oveľa častejšie vyskytovalo lokálne alebo celoplošné sucho. Podľa 5. národnej správy SR o zmene klímy (2009) sa mimoriadne sucho vyskytlo v rokoch 1990 – 1994, 2000, 2002, 2003 a 2007. Tento jav bol pozorovaný napriek tomu, že podľa meteorologických pozorovaní sa priemerné ročné úhrny atmosférických zrážok v posledných dvoch desaťročiach v porovnaní s normálovým obdobím 1961 – 1990 zvýšili. Zmenilo sa rozdelenie zrážok a ich intenzita. Príčina, že napriek narastajúcim úhrnom zrážok sa pozoruje zvýšený výskyt sucha, je vo zvyšujúcich sa teplotách a tým narastajúcich požiadavkách na evapotranspiráciu.

Sucho sa posudzuje podľa rôznych klimatických indexov vypočítaných obvykle na základe empirického vzorca. Aplikácia indexov je závislá na potrebách užívateľa. Klimatické indexy dávajú aktuálne počasie do historického kontextu a vyjadrujú tak odchýlky od normálnych podmienok. Ich výpočet je založený na dlhodobých záznamoch zrážkových úhrnov za obdobie najmenej 30 rokov. Najpoužívanejšie klimatické indikátory sucha okrem percenta normálu a klimatickej vodnej bilancie sú štandardizovaný index zrážok SPI (*McKee* a iní, 1993) a Palmerov index závažnosti sucha PDSI (*Palmer*, 1965). Všeobecným nedostatkom klimatických indexov hodnotiacich sucho je, že nekvantifikujú skutočný deficit vody vplyvom rozdielnych retenčných vlastností pôd a neodrážajú citlivosť plodiny na nedostatok vody. Problematický je aj časový krok použitý na výpočet klimatických indexov. Klimatické indexy, ktoré využívajú len ročné alebo mesačné údaje, neumožňujú stanoviť ani začiatok a ani trvanie sucha dostatočne presne.

Rast plodín je limitovaný nedostatkom vody pre evapotranspiráciu a tak ako najvhodnejšie na hodnotenie sucha sa javia metódy, ktoré určitým spôsobom zahrňujú aj pôdnu vlhkosť, i keď tieto metódy môžu naraziť na problém s nedostatkom vhodných údajov. Merania vlhkosti v primeranom rozsahu nie sú možné vzhľadom na vysoké náklady a časovú náročnosť. Získavať údaje o vlhkosti pôdy je možné riešením rovnice vodnej bilancie alebo matematickým modelovaním, ktoré umožňuje získať kontinuálne údaje v dennom kroku a v kombinácii s GIS ich priestorovo interpretovať v potrebnej mierke.

Cieľom príspevku je prezentovať metodiku kvantifikácie a klasifikácie sucha umožňujúcu identifikáciu anomálií založenú na hodnotení vodnej bilancie pôdy s využitím zaužívaných postupov. V príspevku sú predložené predbežné výsledky analýzy výskytu sucha s použitím tejto metodiky vo vybraných regiónoch v období 1961 – 2012.

MATERIÁL A METÓDY

Pre vymedzenie suchých období je dôležité stanoviť kritériá na ich určenie. Limitujúcim faktorom evapotranspirácie je vlhkosť pôdy. Ak pôda obsahuje dostatok vody, aktuálna evapotranspirácia sa rovná potenciálnej evapotranspirácii. Pri vlhkosti pôdy menšej ako je jej kritická hodnota, aktuálna evapotranspirácia sa znižuje úmerne s poklesom vlhkosti pôdy. Časť vody v pôde nachádzajúca sa pod hodnotou bodu vädnutia θ_{BV} je pre rastliny ťažko dostupná, resp. nedostupná. Za využiteľnú sa považuje pôdna voda z intervalu vymedzeného poľnou vodnou kapacitou W_{PK} [mm], resp. θ_{PK} [-] a bodom vädnutia W_{BV} [mm], resp. θ_{BV} [-]. Označuje sa ako využiteľná vodná kapacita WV_{VK} [mm], θVK [-] alebo zjednodušene VVK . V agronomickej praxi zaužívalo vyjadrenie vlhkosti pôdy ako využiteľnej vody WV [mm]:

$$W_{VV} = W - W_{BV}$$

alebo θ_{VV} [% VVK]

$$\theta_{VV} = \frac{\theta - \theta_{BV}}{\theta_{PK} - \theta_{BV}} \cdot 100$$

Aktuálna vlhkosť pôdy W , resp. θ a hodnoty hydrolimitov W_{PK} a W_{BV} , resp. θ_{PK} a θ_{BV} sú počítané ako vážené priemery vlhkosti pôdy jednotlivých horizontov.

Na základe hodnotenia vodného režimu pôdy podľa VVK bola vypracovaná agronomická klasifikácia vodného režimu pôdy (BENETIN a ŠOLTÉSZ, 1988). Tento vzťah sa využíva aj pri riadení závlahových režimov, pričom hodnota 50 % VVK sa všeobecne odporúča pre začiatok zavlažovania poľných plodín. Boli vypracované a v poľných pokusoch overované aj tzv. diferencované závlahové režimy, pri ktorých bol začiatok zavlažovania plodín v rôznych fenologických fázach stanovený pri rôznej hodnote VVK .

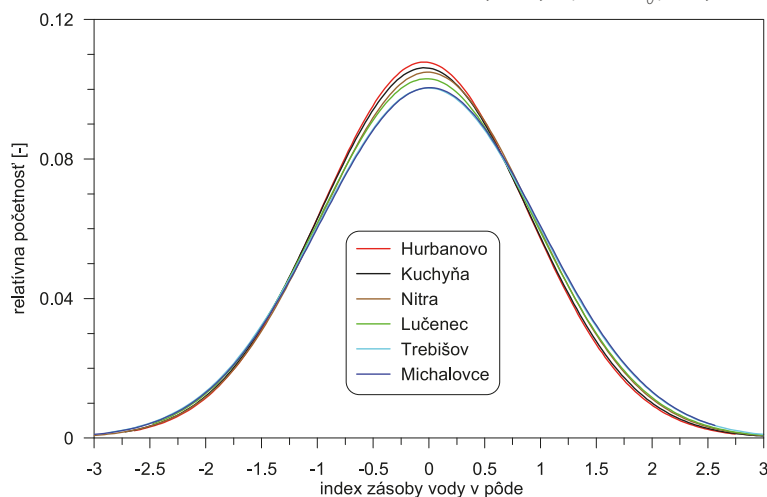
Na vyjadrenie anomálií v časových radoch sú vhodné štandardizované indexy. Štandardizované indexy vyjadrujú relatívny vzťah odchýlok hodnôt od priemeru k smerodajnej odchýlke

časových radov a všeobecne sa používajú predovšetkým na porovnanie veľkých súborov údajov. Navrhovaný štandardizovaný index zásoby vody v pôde IS_{θ} sa vypočíta z denných hodnôt vlhkosti pôdy podľa vzťahu:

$$IS_{\theta} = \frac{\theta - \bar{\theta}}{\theta_{SD}}$$

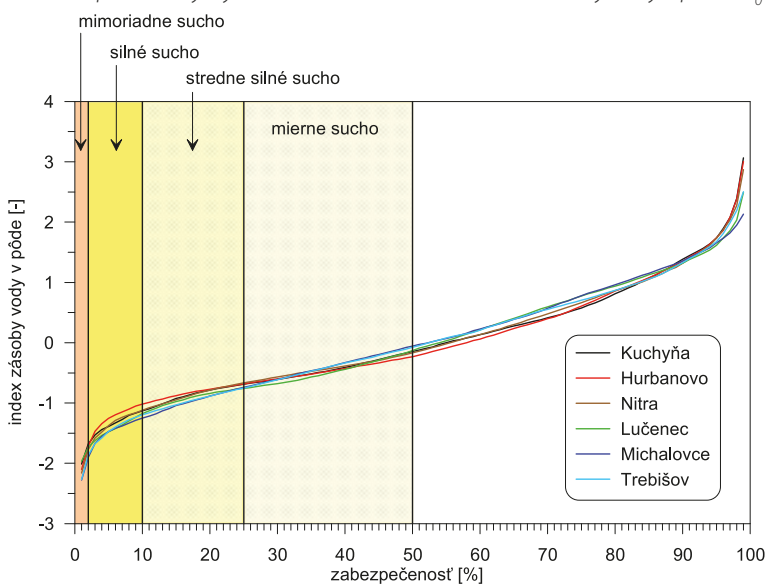
kde $\bar{\theta}$ je dlhodobý priemer zásoby vody v pôde pre daný deň a θ_{SD} je smerodajná odchýlka prislúchajúca danému dňu. Podobne ako v prípade štandardizovaných klimatických indexov je potrebná pre výpočet hodnôt a θ_{SD} dĺžka časového radu 30 rokov. Aby bolo možné historicky porovnávať intenzitu sucha a dopady zmeny klímy, zvolili sme klimatické normálové obdobie 1961 – 1990 ako referenčné obdobie.

Obr. 1 Distribúcia hodnôt štandardizovaného indexu zásoby vody v pôde IS_{θ} pre vybrané lokality



Štandardizáciou sa dosiahne rozdelenie indexu blízke normovanému normálnemu rozdeleniu (Obr. 1). V súlade s kvalitatívnym hodnotením zaužívaným v klimatológii (LAPIN a iní, 1988) boli podľa pravdepodobnosti opakovania stanovené hranice 25 % pre stredne silné sucho, 10% pre silné sucho a 2% pre mimoriadne sucho (Obr. 2). Štandardizácia zásob vody v pôde umožňuje porovnanie intenzity sucha nielen v rôznych obdobiach, ale aj v rôznych regiónoch s rozdielnymi pôdnymi a klimatickými podmienkami.

Hodnoty indexu IS_{θ} odpovedajúce stanoveným hraniciam zabezpečenia pre vybrané stanice sú uvedené v tab. 1. Na jednotlivých hodnotených staniciach sa hodnoty IS_{θ} pre hranice mierneho sucha v intervale od 0 do -0,23, pre hranice stredne silného sucha pohybovali v intervale od -0,65 do -0,83, pre hranice silného sucha od -1,02 do -1,25 a pre hranice mimoriadneho sucha od -1,63 do -1,90. Aritmetický priemer zo súboru staníc pre stredne silné sucho bol -0,72, pre silné sucho -1,15 a pre mimoriadne sucho -1,81. Hodnoty zodpovedajúce mediánu pre jednotlivé stupne sucha boli -0,72, -1,16 a -1,80.

Obr. 2 Hranice zabezpečenia výskytu štandardizovaného indexu zásoby vody v pôde IS_{θ} Tab. 1 Hodnoty štandardizovaného indexu zásoby vody v pôde IS_{θ} na vybraných staniach pre hranice zabezpečenia výskytu sucha

Stupne sucha	Mierne sucho	Stredne silné sucho	Silné sucho	Mimoriadne sucho
Hranice zabezpečenia	50 %	25 %	10 %	2 %
Kuchyňa	-0,15	-0,69	-1,13	-1,68
Stupava	-0,13	-0,69	-1,15	-1,70
Hurbanovo	-0,23	-0,68	-1,02	-1,72
Kráľová pri Senci	-0,22	-0,68	-1,05	-1,70
Podhájska	-0,21	-0,73	-1,06	-1,63
J. Bohunice	-0,10	-0,72	-1,11	-1,85
Piešťany	-0,09	-0,78	-1,16	-1,85
Nitra	-0,17	-0,66	-1,12	-1,77
Trenčín	-0,08	-0,78	-1,14	-1,82
Topoľčany	-0,14	-0,71	-1,09	-1,78
Dolné Plachtince	-0,07	-0,75	-1,20	-1,88
Lučenec	-0,13	-0,76	-1,17	-1,73
Košice	0	-0,83	-1,23	-1,79
Somotor	-0,10	-0,72	-1,16	-1,89
Michalovce	-0,06	-0,74	-1,25	-1,90
Trebišov	-0,07	-0,75	-1,20	-1,86

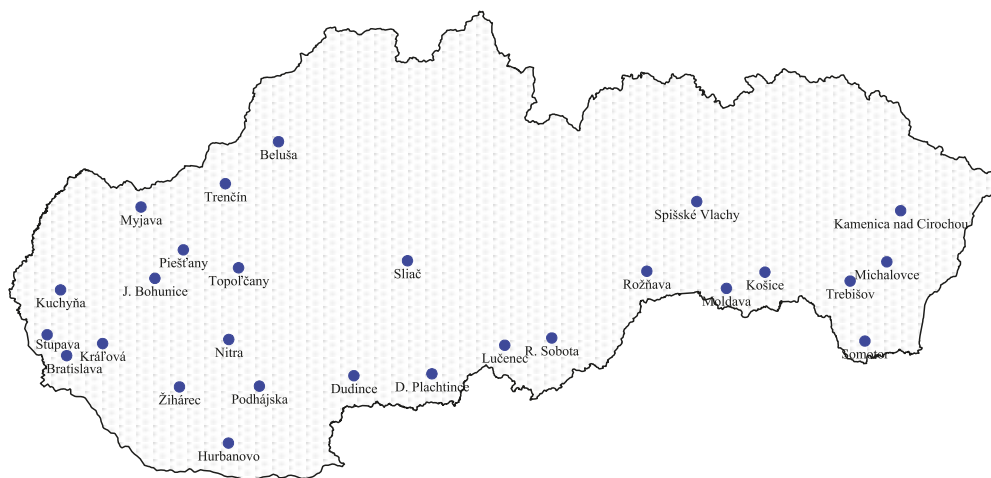
Tab. 2 Hranice intervalov pre hodnotenie závažnosti sucha podľa štandardizovaného indexu zásoby vody v pôde $IS\theta$

Stupne sucha	Mierne sucho	Stredne silné sucho	Silné sucho	Mimoriadne sucho
Interval zabezpečenia	25,1 až 50 %	10,1 až 25 %	2,1 až 10 %	$\leq 2 \%$
Interval $IS\theta$	0 až -0,72	-0,721 až -1,15	-1,151 až -1,80	$\leq -1,80$

Sucho sa vzťahuje k dlhodobým priemerným podmienkam a je chápané ako dlhodobý regionálny výskyt podpriemernej zásoby pôdnej vody. Pri splnení základnej podmienky $VVK < 50\%$ musí byť súčasne zásoba vody v pôde menšia ako je dlhodobý priemer pripadajúci na daný deň. Pri hodnotení závažnosti sucha sme posudzovali jednotlivé stupne sucha podľa hodnoty $IS\theta$ v intervale zabezpečenia podľa tab. 2. Aby bolo dané obdobie zaradené do príslušného stupňa sucha, musí trvať neprerušene minimálne 15 dní. V prípade, že príslušná podmienka trvá dlhšie ako 15 dní, kratšie vlhšie obdobia nie sú považované za ukončenie obdobia sucha v prípadoch, keď prerušenie trvá kratšie ako 10 % trvania suchého obdobia (najviac však 5 dní), a sú zarátané do daného obdobia.

Hodnotenie sucha je založené na numerických simuláciách agroekologickým modelom DAISY. Model DAISY simuluje tie časti vodného, uhlíkového a dusíkového cyklu, ktoré súvisia s poľnohospodárskymi pôdnymi systémami (HANSEN a iní, 1990, HANSEN, 2000, ABRAHAMSEN a HANSEN, 2000). V rámci hydrologického cyklu sú modelované procesy akumulácie a topenia snehovej pokrývky, intercepcia, výpar z porastu, infiltrácia, výtopa, povrchový odtok, prúdenie vody v pôdnej matici a v makropóroch. Prúdenie vody v nenasýtenej zóne sa počíta podľa Richardsovej rovnice (RICHARDS, 1931).

Obr. 3 Rozmiestnenie meteorologických staníc použitých pre hodnotenie sucha



Vo vykonaných simuláciách boli použité denné údaje priemernej, maximálnej a minimálnej teploty vzduchu, priemernej relatívnej vlhkosti vzduchu, trvania slnečného svitu, priemernej rýchlosti vetra a zrážkových úhrnov za obdobie 1961 – 2012 z 27 meteorologických staníc

(Obr. 3). Simulácie boli vykonané pre 5 poľných plodín (ozimná pšenica, jarný jačmeň, kukurica, cukrová repa a zemiaky) a trvalé trávne porasty, čím boli zohľadnené rôzne požiadavky plodín na vodu v rôznych častiach vegetačného obdobia. Plodinové parametre modelu boli pre slovenské podmienky optimalizované a verifikované na základe experimentálnych údajov z poľného pokusu na VPS VÚZH v Moste pri Bratislave (TAKÁČ a ŠIŠKA, 2011).

Tab. 3 Základné pôdne charakteristiky vybraných lokalít. W_{PK} – zásoba vody v pôdnom horizonte 0–100 cm pri poľnej kapacite, W_{BV} – zásoba vody v pôdnom horizonte 0–100 cm pri bode vädnutia a W_{VV} – využiteľná zásoba vody v pôdnom horizonte 0–100 cm.

Lokalita	Pôdny typ	Pôdny druh	W_{PK} [mm]	W_{BV} [mm]	W_{VV} [mm]
Kuchyňa	regozem	piesočnatohlinitá	230	51	179
Stupava	čiernica	piesočnatohlinitá	244	67	177
Myjava	kambizem	ílovitohlinitá	377	168	209
Bratislava	černozem	hlinitá	359	122	237
Hurbanovo	černozem	hlinitá	340	124	216
Kráľová pri Senci	černozem	hlinitá	324	108	216
Žihárec	černozem	hlinitá	349	133	216
Jaslovské Bohunice	černozem	hlinitá	369	150	218
Piešťany	čiernica	ílovitohlinitá	377	192	185
Podhájska	černozem	hlinitá	307	91	216
Nitra	hnedozem	ílovitohlinitá	369	160	208
Trenčín	hnedozem	hlinitá	319	122	197
Beluša	luzizem	hlinitá	362	124	238
Topoľčany	hnedozem	ílovitohlinitá	376	165	211
Dudince	kambizem	ílovitohlinitá	395	212	183
Dolné Plachtince	hnedozem	ílovitohlinitá	390	193	197
Sliač	luzizem	hlinitá	368	135	233
Lučenec	luzizem	ílovitohlinitá	387	196	191
Rimavská Sobota	luzizem	ílovitohlinitá	379	164	215
Rožňava	kambizem	hlinitá	353	139	214
Moldava	fluzizem	hlinitá	358	121	236
Košice	hnedozem	hlinitá	362	141	220
Somotor	fluzizem	piesočnatohlinitá	322	113	209
Michalovce	fluzizem	ílovitohlinitá	383	163	220
Trebišov	fluzizem	ílovitá	423	194	229
Kamenica nad Cirochou	fluzizem	hlinitá	360	139	221
Spišské Vlachy	kambizem	hlinitá	353	129	223

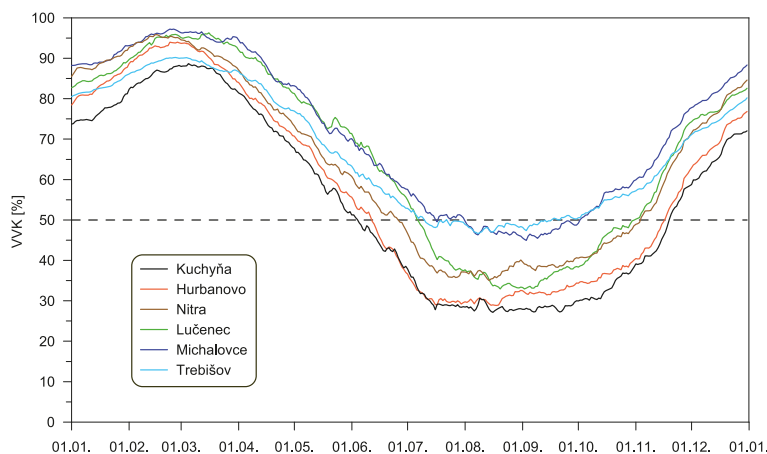
Simulácie boli uskutočnené pre reprezentatívne pôdne profily vybraných regiónov (Tab. 3). Reprezentatívne pôdne profily boli vybrané z databázy KPP (SKALSKÝ a BALKOVIČ, 2002). Pôdne horizonty pôdnych profilov boli definované zrnitostným zložením, parametrami retenčnej

čiar, nasýtenou hydraulickou vodivosťou, obsahom humusu a pomerom C:N. Keďže databáza KPP neobsahuje parametre retenčných čiar a hydraulické vodivosti, tieto boli modelom vypočítané zo zrnitostného zloženia pôdnych horizontov s využitím pedotransfernej funkcie (Wösten a iní, 1999).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vlhkosť pôdy má ročný cyklický charakter. Maximum zásob pôdnej vody je koncom zimy a minimum sa vyskytuje v letných mesiacoch. Z hľadiska dopadov na pestované plodiny je rozhodujúce trvanie jednotlivých suchých períód a celkové trvanie sucha, intenzita sucha (deficit vody v pôde) a obdobie výskytu suchých períód s vlhkosťou pôdy v koreňovej zóne pod 50 % VVK z hľadiska vývojových fáz pestovaných plodín. Hodnota 50 % VVK je v agronomickej a závlahárskej praxi považovaná za hranicu, keď rastliny začínajú trpieť nedostatkom vody pre pokrytie ich vlahovej potreby. V južných oblastiach Slovenska zásoba vody v pôde prakticky každoročne v letných mesiacoch poklesne pod takto definovanú prahovú hodnotu. Je to normálny opakujúci sa jav. Rastlinná výroba je k tomu prispôbena štruktúrou pestovaných plodín a ich odrôd, prípadne doplnkovou závlahou. Závažnosť a trvanie sucha sú však v jednotlivých rokoch rozdielne a v prípade výskytu extrémneho sucha môže mať veľmi vážne dopady na úrody.

Obr. 4 Ročný chod priemernej zásoby vody v pôde [% VVK] v období 1961 – 1990 na vybraných lokalitách.



Významný je ročný režim a regionálny aspekt sucha. Na Podunajskej a Záhorskej nížine dochádza k poklesu pôdnej vlhkosti pod hranicu 50 % VVK v priemere už v priebehu júna, na juhu stredného a východného Slovenska v júli (Obr. 4). V niektorých rokoch môže tento stav nastať už začiatkom jari, prípadne môže následkom nedostatočných zrážkových úhrnov v jesenných a zimných mesiacoch pretrvávajúť aj počas jesene a zimy.

Pôdna vlhkosť je priestorovo heterogénna, okrem príjmu vody z atmosférických zrážok alebo z podzemnej vody, je závislá aj na pôdnych vlastnostiach. V závislosti od zrnitosti zloženia dokáže pôda udržať rozdielne množstvo vody. Rovnaká vlhkosť pôdy môže v jednej pôde znamenať dostatok, v inej pôde nedostatok prístupnej vody. Piesočnaté pôdy majú veľmi nízku hodnotu využiteľnej vodnej kapacity. Rovnako aj veľmi ťažké ílovité pôdy majú nízku hodnotu využiteľnej vodnej kapacity. Najväčšiu využiteľnú vodnú kapacitu majú hlinité pôdy. Čas potrebný na vznik deficitu vody v pôde je rozdielny v závislosti od retenčnej schopnosti pôdy a tak aj čas, kedy meteorologické sucho (deficit zrážok) prechádza do agronomického sucha (deficit zásob pôdnej vody) je v závislosti od retenčnej schopnosti pôd rozdielny.

Vplyv pôdnych vlastností na využiteľné množstvo vody pre plodiny je evidentný z porovnania priemernej zásoby vody v pôde so zrážkovými úhrnmi (Tab. 4). Napriek tomu, že priemerné ročné úhrny atmosférických zrážok na meteorologickej stanici v Kuchyni sú o 85 mm vyššie ako v Hurbanove, priemerné množstvo využiteľnej vody je na hlinitej pôde v Hurbanove väčšie o 24 mm ako na piesočnatohlinitej pôde v Kuchyni. Rovnaké priemerné množstvo využiteľnej vody W_w (129 mm) v Nitre a v Lučenci znamená rôzne množstvo využiteľnej vody vyjadrené v percentách θ_w . Rozdielne zrnitostné zloženie pôdnych horizontov sa prejavuje v Kuchyni a Trebišove v nižšej hodnote θ_w [%] za celý profil v porovnaní s orníčným horizontom. V týchto lokalitách sa nachádzajú pod orníčným horizontom horizonty s nižšou retenčnou kapacitou.

Zásoba vody v pôde medziročne kolíše (Obr. 5). Najvyššia priemerná ročná vlhkosť pôdy bola z výstupov simulácií vypočítaná na celom území v rokoch 1965 a 2010. Najmenšia priemerná ročná vlhkosť pôdy bola simulovaná na celom území v roku 1990. Na západnom Slovensku bol mimoriadne suchý aj rok 1978. Príčinou nízkej zásoby vody v pôde v roku 1978 na západnom Slovensku a v roku 1990 na celom území boli nielen malé zrážkové úhrny v letných mesiacoch, ale aj nedostatočné úhrny zrážok v predchádzajúcom zimnom období, následkom čoho na väčšine územia nedošlo k doplneniu zásob vody v pôde tak, ako to býva bežné v iných rokoch. Podobná situácia nastala aj v roku 2012, keď od konca leta roku 2011 boli zaznamenané väčšinou len podpriemerné zrážkové úhrny a táto situácia pretrvávala až do konca hodnoteného obdobia.

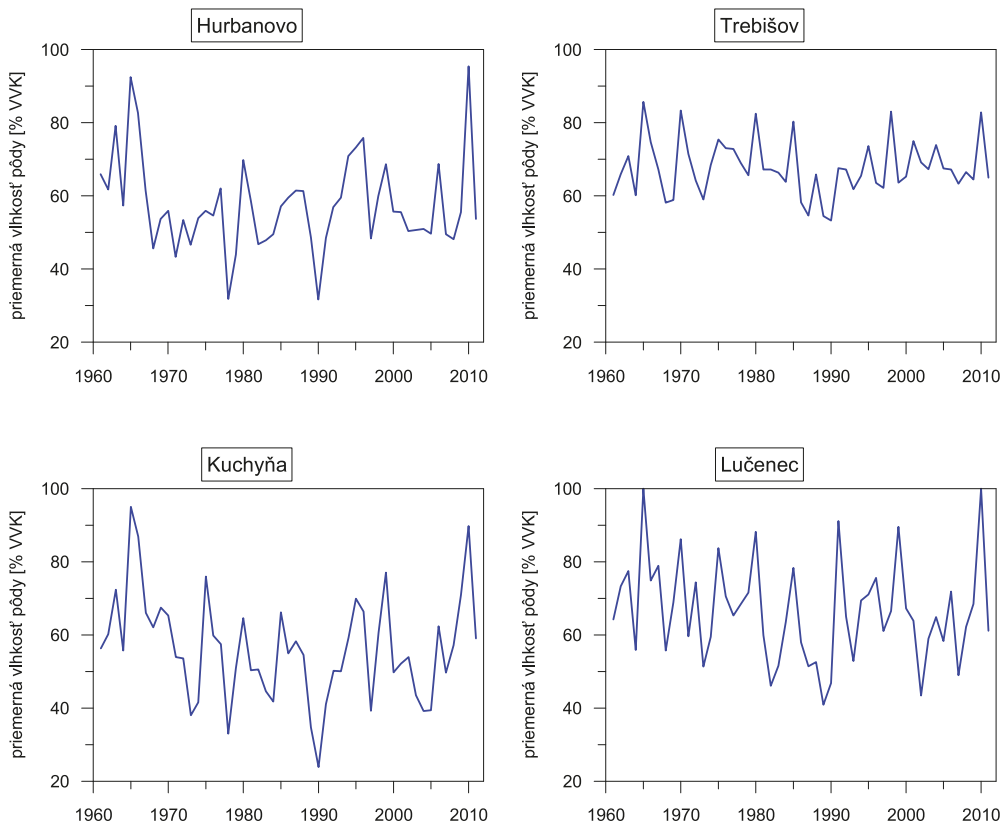
Skutočnosť, že zásoba vody v pôde poklesne pod 50 % VVK, je v južných oblastiach Slovenska bežná. Hodnota mediánu pre súvislé obdobie sucha, keď zásoba vody v pôde je menšia ako 50% VVK a súčasne je menšia ako dlhodobý priemer pre jednotlivé dni tohto obdobia ($IS_0 < 0$), je na väčšine hodnotených staníc väčšia ako 50 dní, v Kuchyni až 113 dní a v Kráľovej pri Senci dokonca až 123 dní. Raz za štyri roky trvá mierne a silnejšie sucho na 2/3 hodnotených staníc dlhšie ako 100 dní (Obr. 6). Stredne silné až mimoriadne sucho ($IS_0 < -0.72$) sa vyskytuje každý druhý rok a častejšie, v Hurbanove a Podhájskej v troch zo štyroch rokov, pričom každý štvrtý rok asi na polovici hodnotených staníc trvá stredne silné až mimoriadne sucho viac ako 50 dní (Obr. 7).

Tab. 4 Priemerné ročné hodnoty zásoby vody W [mm], zásoby využiteľnej vody W_{vv} [mm], využiteľnej vody θ_{vv} [%] v pôdnom profile 0-30 cm a 0-100 cm podľa simulácií modelom DAISY a priemerné ročné úhrny zrážok Z [mm] na vybraných meteorologických stanicích za obdobie 1961 – 1990

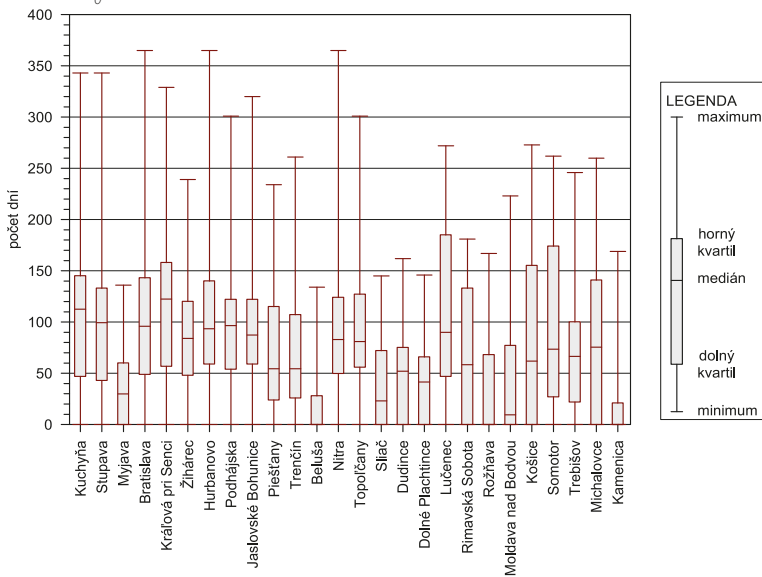
Stanica	0 – 30 cm			0 – 100 cm			Z [mm]
	W [mm]	W_{vv} [mm]	θ_{vv} [%]	W [mm]	W_{vv} [mm]	θ_{vv} [%]	
Kuchyňa	51	35	59	152	101	56	608
Stupava	52	36	64	184	117	66	642
Myjava	88	59	79	354	186	89	670
Bratislava	75	42	55	262	140	59	576
Hurbanovo	71	38	58	248	125	58	523
Kráľová p. S.	66	38	54	230	122	56	529
Žihárec	82	42	63	273	140	65	554
Podhájska	64	34	54	208	117	54	532
J. Bohunice	82	43	58	287	139	63	548
Piešťany	91	39	63	323	131	71	576
Nitra	85	42	59	289	129	62	536
Trenčín	76	42	58	272	150	76	609
Beluša	88	58	78	332	208	87	705
Topoľčany	77	38	55	294	128	61	562
Dudince	98	44	69	366	154	84	586
Sliač	89	58	76	334	200	86	684
D. Plachtince	98	46	68	355	162	82	579
Lučenec	83	47	64	324	129	67	565
Rimavská Sobota	82	54	68	337	173	81	613
Rožňava	82	55	78	330	191	89	669
Moldava	79	54	70	305	184	78	641
Košice	78	46	62	293	152	69	619
Somotor	78	45	67	257	144	69	560
Michalovce	90	54	73	322	159	74	605
Trebišov	100	46	74	349	156	68	547
Kamenica n/C	95	61	84	346	207	94	723
Spišské Vlachy	87	55	80	329	199	89	573

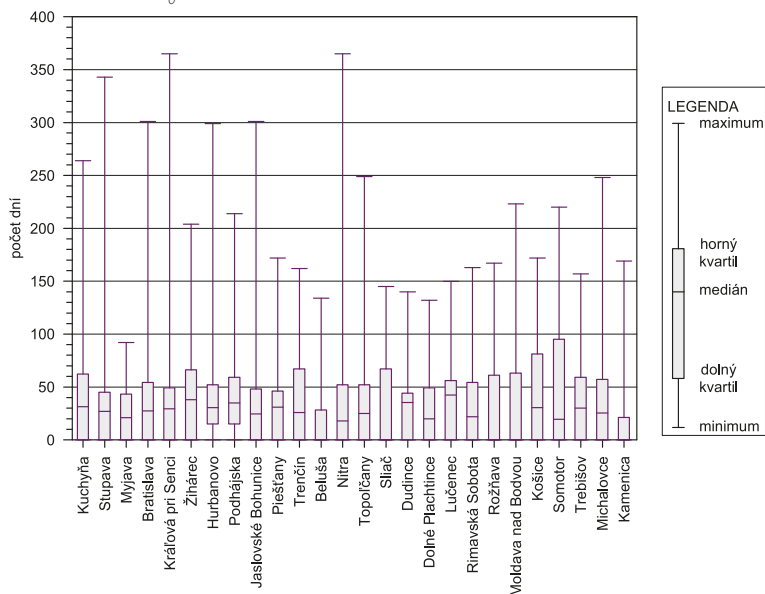
Z grafického zobrazenia na obrázku 8 vidieť, že v zimných mesiacoch prevláda vlhké obdobie so zásobou vody v pôde nad 50 % VVK. Sucho rôznej intenzity so zásobou vody v pôde pod 50 % VVK sa objavuje v letných mesiacoch takmer každoročne, pričom skôr nastupuje na západnom Slovensku ako na strednom a východnom Slovensku. V niektorých rokoch sucho pretrváva aj v zimných mesiacoch a pokračuje v priebehu ďalšieho roka. Ak sa v zimnom období dostatočne nedoplnia zásoby vody v pôde, zosilnia sa dopady nízkych zrážkových úhrnov v letných mesiacoch a dochádza k takmer úplnému vysušeniu pôdneho profilu.

Obr. 5 Priemerná ročná vlhkosť pôdy [% VVK] na vybraných lokalitách v období 1961 – 2011



Obr. 6 Základné štatistické charakteristiky počtu dní mierneho až mimoriadneho sucha v súvislých obdobiach ($IS_{\theta} < 0$)

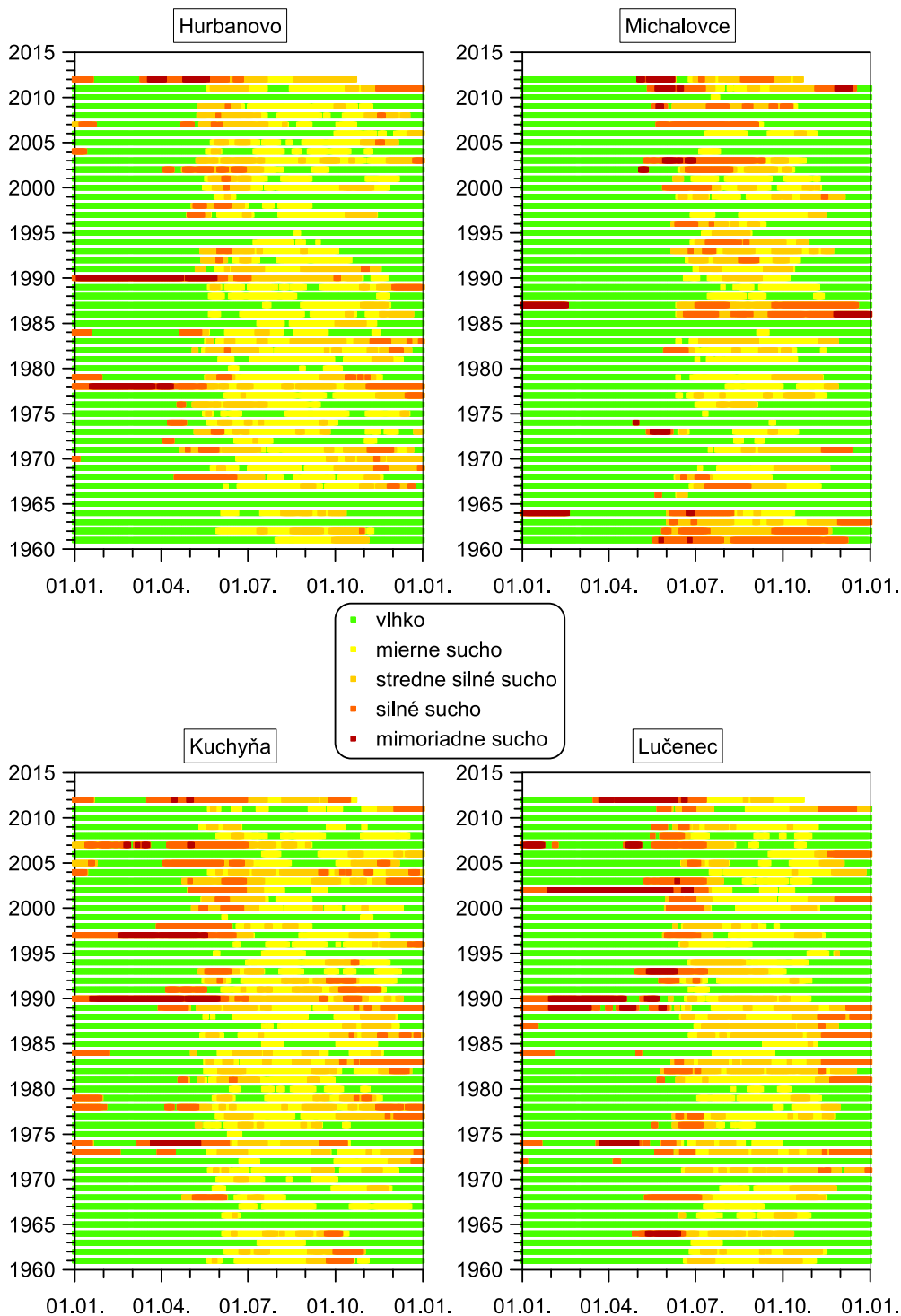


Obr. 7 Základné štatistické charakteristiky počtu dní stredne silného až mimoriadneho sucha v súvislých obdobiach ($IS_{\theta} < -0.72$)

Tab. 5 Trvanie sucha na vybraných staniciach v období 1989–1990

Stanica	Začiatok sucha	Koniec sucha	Súvislé sucho [dni]	Z toho [dni]		
				Stredne silné sucho	Silné sucho	Mimoriadne sucho
Kuchyňa	10. 5. 1989	9. 12. 1990	579	362	240	132
Stupava	24. 5. 1989	9. 12. 1990	565	442	203	138
Bratislava	13. 9. 1989	2. 11. 1990	416	350	223	139
Hurbanovo	17. 9. 1989	28. 10. 1990	407	345	202	136
Kráľová pri Senci	12. 4. 1989	25. 11. 1990	593	395	229	142
Žihárec	15. 6. 1989	18. 11. 1990	522	388	242	157
Podhájska	23. 9. 1989	28. 10. 1990	401	347	199	97
Nitra	18. 9. 1989	17. 11. 1990	427	380	227	156
Piešťany	19. 5. 1990	28. 10. 1990	163	136	77	0
Topoľčany	17. 7. 1989	28. 10. 1990	469	352	213	142
Dudince	20. 5. 1990	28. 10. 1990	162	162	74	0
Lučenec	20. 7. 1989	17. 4. 1990	272	149	120	77
Rimavská Sobota	21. 7. 1990	7. 10. 1990	79	65	0	0
Michalovce	16. 7. 1990	6. 10. 1990	83	35	0	0
Trebišov	21. 7. 1990	28. 10. 1990	100	71	0	0
Somotor	23. 3. 1990	2. 11. 1990	225	220	103	53

Obr. 8 Výskyt a trvanie suchých období podľa štandardizovaného indexu zásoby vody v pôde IS_0 na vybraných staniách v období 1961 – 2012



Tab. 6 Trvanie sucha na vybraných staniách v roku 1978

Stanica	Začiatok sucha	Koniec sucha	Súvislé sucho [dni]	Z toho [dni]		
				Stredne silné sucho	Silné sucho	Mimoriadne sucho
Kuchyňa	20. 4. 1978	28. 1. 1979	284	157	109	0
Stupava	1. 6. 1978	27. 1. 1979	241	106	80	0
Bratislava	22. 4. 1978	29. 1. 1979	283	276	125	45
Hurbanovo	8. 6. 1977	27. 1. 1979	562	405	169	83
Kráľová pri Senci	16. 6. 1977	3. 2. 1979	529	379	248	38
Žihárec	3. 6. 1978	27. 1. 1979	238	160	94	0
Podhájska	24. 4. 1978	27. 1. 1979	279	194	118	0
Nitra	28. 5. 1978	28. 12. 1978	215	175	76	0
Piešťany	3. 6. 1978	30. 12. 1978	211	204	110	31
Topoľčany	27. 5. 1978	27. 1. 1979	246	203	93	22
Dudince	24. 7. 1978	26. 11. 1978	126	78	19	0

Z hľadiska plošného rozsahu a intenzity bol podľa hodnotenia s použitím štandardizovaného indexu zásoby vody v pôde IS θ najsuchším rok 1990. Mimoriadnemu suchu v roku 1990 predchádzalo na západnom Slovensku stredne silné až silné suchu v roku 1989, ktoré na Záhorskej nížine a juhozápade Podunajskej nížiny súvisle pokračovalo do roku 1990, kým inde bolo prerušené na rôzne dlhé obdobie. Následkom nedostatočných úhrnov zrážok v jesennom a zimnom období však na väčšine územia nedošlo v zime 1989/1990 k doplneniu zásob vody v pôde tak, ako to býva bežné v iných rokoch, tým sa zosilnili dopady nízkych zrážkových úhrnov v jarných a letných mesiacoch a v roku 1990 došlo k takmer úplnému vysušeniu pôdneho profilu. Suchu trvalo vo všetkých oblastiach až do jesene (tab. 5). V oblasti Lučenca bolo obdobie sucha v polovici apríla a koncom mája dvakrát na krátku dobu prerušené a pokračovalo od tretej dekády júna až do konca októbra (Obr. 8).

Na západnom Slovensku bol mimoriadne suchý aj rok 1978, ktorému predchádzalo stredne silné až silné suchu v predchádzajúcom roku 1977. Na juhu Podunajskej nížiny pokračovalo silné až mimoriadne suchu aj v roku 1979. Na juhu stredného Slovenska a na východnom Slovensku sa v roku 1978 mimoriadne suchu nevyskytlo, keď napr. v roku 1978 bolo v Lučenci súvisle len 47 dní s miernym až stredne silným suchom a v Michalovciach len 39 dní s miernym suchom. V tejto časti Slovenska boli suchšie ako rok 1978 roky 1977 a 1979.

Na Východoslovenskej nížine trvalo súvislé suché obdobie viac ako 200 dní len v roku 1986 (Tab. 7). Veľmi suchým bol na východnom Slovensku aj rok 1993. Silné a mimoriadne suchu menšieho regionálneho rozsahu sa vyskytlo aj v niekoľkých ďalších rokoch, napr. 2002 (Tab. 8).

Tab. 7 Trvanie sucha na vybraných staniciach v roku 1986

Stanica	Začiatok sucha	Koniec sucha	Súvislé sucho [dni]	Z toho [dni]		
				Stredne silné sucho	Silné sucho	Mimoriadne sucho
Kuchyňa	23. 6. 1986	31. 12. 1986	191	88	0	0
Hurbanovo	25. 6. 1986	27. 8. 1986	64	24	0	0
Nitra	20. 6. 1986	21. 10. 1986	124	101	0	0
Lučenec	26. 6. 1986	15. 1. 1987	204	150	64	0
Rimavská Sobota	3. 7. 1986	30. 12. 1986	181	148	51	22
Rožňava	5. 8. 1986	18. 1. 1987	167	167	108	65
Moldava	6. 7. 1986	13. 2. 1987	223	223	137	81
Košice	16. 6. 1986	14. 2. 1987	244	243	102	71
Michalovce	13. 6. 1986	16. 2. 1987	249	248	180	83
Trebišov	14. 6. 1986	14. 2. 1987	246	227	147	77
Somotor	23. 6. 1986	15. 2. 1987	238	206	98	62

Tab. 8 Trvanie sucha na vybraných staniciach v roku 2002

Stanica	Začiatok sucha	Koniec sucha	Súvislé sucho [dni]	Z toho [dni]		
				Stredne silné sucho	Silné sucho	Mimoriadne sucho
Kuchyňa	1. 5. 2002	6. 8. 2002	96	76	51	0
Bratislava	28. 4. 2002	10. 8. 2002	105	100	61	0
Hurbanovo	25. 4. 2002	30. 7. 2002	97	82	52	0
Kráľová pri Senci	28. 4. 2002	6. 8. 2002	101	79	25	0
Podhájska	31. 3. 2002	24. 5. 2002	55	54	16	0
Nitra	9. 5. 2002	16. 7. 2002	69	31	18	0
Topoľčany	17. 5. 2002	11. 8. 2002	87	20	0	0
Lučenec	4. 6. 2001	6. 8. 2002	429	259	228	127
Moldava	22. 4. 2002	10. 10. 2002	172	141	78	46
Košice	2. 12. 2001	18. 7. 2002	229	163	134	117
Michalovce	15. 6. 2002	11. 10. 2002	119	87	46	0
Trebišov	26. 6. 2002	9. 8. 2002	45	0	0	0
Somotor	17. 4. 2002	11. 10. 2002	178	160	88	52

ZÁVER

Hodnotenie výskytu a trvania sucha v období 1961 – 2012 bolo založené na simuláciách vodného režimu pôdy agroekologickým modelom DAISY na vybraných lokalitách v poľnohospodárskych regiónoch Slovenska. Kritériami pre posudzovanie výskytu a trvania sucha boli 1) zásoba vody v pôde menšia ako 50 % VVK, 2) podpriemerná zásoba vody v pôde v porovnaní

s dlhodobým priemerom a 3) súvislé trvanie obdobia spĺňajúceho uvedené podmienky 15 a viac dní. Pre klasifikáciu závažnosti sucha bol použitý štandardizovaný index dennej zásoby vody v pôde. Zavedením štandardizovaného indexu a nezapočítaním kratších období sucha bol minimalizovaný štatistický šum. Použitá metodika dovoľuje klasifikovať aj extrémne dlhotrvajúce sucho v celej dĺžke trvania jeho účinkov. Je použiteľná v reálnom čase na hodnotenie vývoja aktuálnej situácie. Zavedenie referenčného obdobia umožňuje vyjadrenie závažnosti sucha v historickom kontexte.

Rovnaký postup je možné použiť aj pri výpočte vlhkosti zásoby vody v pôde rovnicou vodnej bilancie. Prepojenie klimateckej databázy s pôdnou databázou a GIS dáva možnosť vybudovať pomocou tejto metodiky informačný systém o suchu.

V nížinách sa vyskytujú dlhšie súvislé obdobia sucha vyskytujú pravidelne, v podhorských oblastiach a v kotlinách je trvanie súvislých období sucha kratšie. Všeobecne možno konštatovať, že výskyt a trvanie suchých období klesá smerom z juhu na sever a zo západu na východ. Táto geografická zonálnosť je čiastočne narušená vplyvom rozdielnej retenčnej schopnosti pôd v hodnotených lokalitách.

LITERATÚRA

- ABRAHAMSEN, P., HANSEN, S. 2000. *Daisy: An Open Soil – Plant – Atmosphere System Model*. In *Environmental Modelling & Software*, 15. 313 - 330.
- BENETIN, J., ŠOLTÉSZ, A. 1988. *Hydrologické charakteristiky vodného režimu pôd a ich výpočet*. In: Agromelio, Nitra, ČSVTS. s.12-20.
- HANSEN, S., 2000. *Daisy, a Flexible Soil – Plant - Atmosphere System Model. Equation Section 1*. Copenhagen: The Royal Veterinary and Agricultural University. 47 p.
- HANSEN, S., JENSEN, H. E., NIELSEN, N. E., SVENDSEN, H. 1990. *DAISY – A Soil Plant System Model. Danish Simulation Model for Transformation and Transport of Energy and Matter in the Soil-Plant-Atmosphere System*. National Agency for Environmental Protection, Copenhagen, 272 p. ISBN 87-503-8790-1.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., KVETÁK, Š. 1988. *Metodický predpis 3-09-1/1*. Klimatické normály. SHMÚ, Bratislava. 25 s.
- MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J., KLEIST, J. 1993. *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Anaheim CA, USA, pp. 179-184.
- MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF THE SLOVAK REPUBLIC AND THE SLOVAK HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE. 2009. *The Fifth National Communication of the Slovak Republic on Climate Change under UNFCCC and Kyoto Protocol*. Bratislava. 158 p.
- PALMER, W. C. 1965. *Meteorological Drought. Research Paper No. 45*. U.S. Weather Bureau, Washington, D.C.
- RICHARDS, L. A. 1931. *Capillary Conduction of Liquids through Porous Media*. *Physics* 1: 318-333.
- SKALSKÝ, R., BALKOVIČ, J. 2002. *Digital Database of Selected Soil Profiles of Complex Soil Survey of Slovakia (KPP-DB)*. In Jambor, P. (ed.) *Vedecké práce č.25*, Bratislava : Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, s. 129 - 140, ISBN 80-89128-07-6
- TAKÁČ, J., ŠIŠKA, B. 2011. *Kalibrácia a validácia modelu DAISY pre podmienky Slovenska*. *Vedecké práce VUPOP*, č. 33, Bratislava. 161-172. ISBN 978-80-89128-91-4.
- WÖSTEN, J. H. M., LILLY, A., NEMES, A., LE BAS, C. 1999. *Development and Use of a Database of Hydraulic Properties of European Soils*. *Geoderma* 90: 169-185.

FRAKČNÉ ZLOŽENIE HUMUSOVÝCH LÁTOK PRI RÔZNOM ZASTÚPENÍ PESTOVANÝCH PLODÍN

FRACTION COMPOSITION OF HUMUS SUBSTANCES AT DIFFERENT PROPORTION OF CROPS

**Erika TOBIAŠOVÁ, Peter KOVÁČIK, Vladimír ŠIMANSKÝ, Nora POLLÁKOVÁ,
Miroslav ŠPAŇO, Juraj MIŠKOLCZI**

Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Erika.Tobiasova@uniag.sk

Abstrakt

Cieľom tejto práce bolo posúdenie vplyvu zastúpenia plodín v oševnom postupe na jednotlivé frakcie humusových látok vo vybraných pôdnych typoch (černozeť, regozem, rendzina, kambizem). Pôdy boli produkčnej schopnosti, s rozdielnymi fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami. Na každom pôdnom type boli 4 rôzne rotácie plodín. Zastúpenie obilnín, najmä kukurice, v oševných postupoch na všetkých pôdnych typoch pozitívne ovplyvňovalo prítomnosť humínových kyselín, kým olejnin a viacročných krmovín znížilo podiel humínových kyselín a zvýšilo podiel fulvokyselín. Pri vyššom zastúpení pšenice a oša v oševnom postupe, mali frakcia humínových kyselín voľných a viazaných s jednomocnými kationmi a pohyblivými R2O3 a frakcia agresívnych fulvokyselín vyššie zastúpenie a naopak, pri vyššom zastúpení cukrovej repy, kde bol aplikovaný maštalný hnoj, mali nižšie zastúpenie. Vo vzťahu k množstvu vstupov organických látok bola zaznamenaná štatisticky preukazná negatívna závislosť medzi ich množstvom a zastúpením frakcie humínových kyselín HK 1 ($y = -0,4676x + 9,2034$; $r = -0,540$; $P < 0,05$) a FK 1a ($y = -1,3191x + 11,409$; $r = -0,588$; $P < 0,05$).

Kľúčové slová: humínové kyseliny, fulvokyseliny, oševný postup

Abstract

In this study, the influence of crop proportion in crop rotation on individual fractions of humus substances in selected soil types (Haplic Chernozem, Eutric Regosol, Rendzic Leptosol, Eutric Cambisol), were evaluated. Soils had different productive capacity and were characterized by different physical and chemical properties. On the each soil type, four different crop rotations were. Proportion of cereals, mainly maize, in crop rotations on all soil types positively influenced presence of humic acids, while the oil crops and forage decreased the proportion of humic acids and increased the proportion of fulvic acids. At higher proportion of wheat and oat in crop rotation, the amounts of fraction of free humic acids and bound with monovalent cations and R2O3 (HK 1) and also aggressive fulvic acids (FK 1a) were higher and vice versa at higher proportion of sugar beet with farmyard manure application were lower. In relation to the amount of organic matter inputs, statistically significant negative correlation between the-

ir amount and proportion of fractions HK 1 ($y = -0.4676x + 9.2034$; $r = -0.540$; $P < 0.05$) a FK 1a ($y = -1.3191x + 11.409$; $r = -0.588$; $P < 0.05$) were recorded.

Keywords: humic acids, fulvic acids, crop rotation

ÚVOD

Značný potenciál pre sekvestráciu uhlíka predstavujú poľnohospodárske pôdy, keďže väčšina obrábaných pôd predovšetkým aplikáciou hlbokéj orby stratila 50–70 % z pôvodnej zásoby organického uhlíka (LAL, 2003). SAUERBECK (2001) uvádza, že jeho zvýšenie môže byť v nich zabezpečené prostredníctvom zvýšených vstupov organických látok do pôdy alebo redukovaním intenzity rozkladných procesov. K redukcii strát môže prispieť aj fyzikálna a chemická stabilizácia organických látok. Humusové látky, ktoré predstavujú stabilizovanú frakciu pôdnej organickej hmoty, tvoria značnú zásobu neživej organickej hmoty (HEDGES a OADES, 1997). Predstavujú približne 50–80 % organického uhlíka pôd, prírodných vôd a dnových sedimentov (AIKEN a iní, 1985). K zvýšeniu vstupov organických látok na ornej pôde môže prispieť lepšie hospodárenie s organickými zvyškami, čo prispeje aj k zvýšeniu potenciálu pre sekvestráciu uhlíka v obrábaných pôdach (SIX a iní, 1999). Stabilizačná schopnosť pôdy pre uhlík sa mení a vo veľkej miere závisí od jej chemických a fyzikálnych vlastností, ako aj od chemického zloženia pôdnej organickej hmoty (BALDOCK a SKJEMSTAD, 2000). Cieľom tejto práce bolo posúdenie vplyvu zastúpenia plodín v oševnom postupe na jednotlivé frakcie humusových látok vybraných pôdnych typov.

MATERIÁL A METÓDY

Z pôdnych typov Slovenska bola do pokusu zaradená černoziem, regozem, rendzina a kambizem. Pôdy sa vyznačujú rôznymi fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami (Tab. 1).

Ide o pôdy nížin a pahorkatín (Obr. 1), ktoré sú v značnej miere obhospodarované, a tým sú potenciálom pre sequestráciu uhlíka. Súčasťou experimentu boli pôdy štyroch rôznych rotácií plodín s rôznou bilanciou uhlíka (Tab. 2) kalkulovanou podľa metodiky JURČOVEJ a BIELEKA (1997).

Tabuľka 1. Základné chemické a fyzikálne charakteristiky vybraných pôd

Pôdny typ	Hon	pH/KCl	°C TOC [%]	°C T [mmol. kg ⁻¹]	íl	prach	piesok
					[%]		
Černoziem	°C CM-1	5,75	2,050	258,80	21,82	60,56	17,62
	°C CM-2	6,59	2,099	329,15	17,14	52,96	29,90
	°C CM-3	6,46	2,035	313,77	18,69	54,32	26,99
	°C CM-4	4,47	2,097	259,16	23,14	56,74	20,12

Obr. 1. Lokality odberu: 1 – černoze, 2 – regoze, 3 – rendzina a kambize



Pôdny typ	Hon	pH/KCl	⁵ TOC [%]	⁶ T [mmol. kg ⁻¹]	íl	prach	piesok
					[%]		
Regozem	² RM-1	6,35	1,376	287,13	10,14	54,74	35,12
	² RM-2	5,98	1,179	225,31	13,62	54,69	31,69
	² RM-3	5,95	1,206	215,38	10,44	39,38	50,18
	² RM-4	7,55	1,216	372,89	9,99	44,12	45,89
Rendzina	³ RA-1	6,46	0,698	247,87	26,03	52,27	21,70
	³ RA-2	7,39	1,035	502,38	14,35	49,06	36,59
	³ RA-3	6,91	1,247	268,77	8,38	51,90	39,72
	³ RA-4	7,39	1,175	503,71	13,36	48,68	37,96
Kambize	⁴ KM-1	6,18	1,216	314,71	9,87	67,09	23,04
	⁴ KM-2	5,50	0,710	158,86	13,00	52,21	35,06
	⁴ KM-3	6,44	0,772	220,87	11,62	57,30	31,08
	⁴ KM-4	7,32	0,770	503,63	8,11	60,12	31,77

¹CM-1...4 – hony na černoze, ²RM-1...4 – hony na regoze, ³RA – hony na rendzine, ⁴KM – hony na kambize, ⁵TOC – celkový organický uhlík, ⁶T – celková sorpčná kapacita

Tabuľka 2. Bilancia uhlíka na jednotlivých honoch vybraných pôdnych typov za obdobie posledných 7 rokov (^aBINKA, M., 2012; ^bBINKOVÁ, M., 2012; ^cLOHYŇOVÁ, N., 2011; ^dTOBIAŠOVÁ, 2010)

Pôdny typ	Hon	Plodiny pestované na honoch a organické hnojivá	B _c [t C.ha ⁻¹]
^d Černoze	¹ CM-1	⁵ KS, ⁶ RC, KS, KS+ ¹⁷ MH, RC, ⁷ PO+MH, KS	11,910
	¹ CM-2	KS, KS, RC, KS, KS, RC, ⁸ JJ+MH	6,132
	¹ CM-3	RC, KS, KS, JJ+MH, RC, JJ, KS	5,856
	¹ CM-4	PO, PO+MH, RC, KS, ⁹ SR, PO, PO	4,162

Pôdny typ	Hon	Plodiny pestované na honoch a organické hnojivá	B [t C.ha ⁻¹]
cRegozem	2RM-1	¹⁰ RO+MH, ¹¹ JO, KS, JJ, RO, PO, SR	3,760
	2RM-2	PO, KS, PO, SR, PO, KS, JJ	-7,588
	2RM-3	¹² LS, LS, LS, PO, PO, PO, PO+MH	28,589
	2RM-4	¹³ HS, SR, PO, LS+ ¹⁸ HO, LS+HO, PO, RO	-6,478
bRendzina	3RA-1	JJ, ¹⁴ TT, RO, JJ+MH, RC, KS, PO, RO	-7,756
	3RA-2	PO, KS+MH, KS, PO, PO, RO+MH, JJ+MH, RC	7,550
	3RA-3	PO+MH, KS, PO, RO, PO+MH, RC, JJ, ¹⁵ OS	-11,943
	3RA-4	PO, ¹⁶ SF, PO, RO, PO+MH, KS, JJ+MH, RC	-3,232
aKambizem	4KM-1	JJ, TT, RO, JJ+MH, RC, KS, PO, RO	-7,756
	4KM-2	JJ, RC, JJ+MH, KS, PO, RO, PO+MH, KS	-9,198
	4KM-3	PO, RO, JJ+MH, KS, PO, PO, LS, LS	-11,713
	4KM-4	PO, SF, PO, RO, PO+MH, KS, JJ+MH, RC	-7,910

1CM-1...4 – hony na černoze, 2RM-1...4 – hony na regoze, 3RA – hony na rendzine, 4KM – hony na kambize, 5KS - kukurica siata, 6RC - repa cukrová, 7PO – pšenica letná f. ozimná, 8JJ – jačmeň siaty f. jarná, 9SR – slnečnica ročná, 10RO – kapusta repková pravá, 11JJ – jačmeň siaty f. ozimná, 12LS – lucerna siata, 13HS – hrach siaty, 14TT – tritikale, 15OS – ovos siaty, 16SF – sója fazuľová, 17MH – maštalný hnoj, 18HO – hnojovica ošipáných

V lokalite Močenok sa nachádzala černoze. Geologickú stavbu charakterizuje neogénne súvrstvie, tvorené prevažne ílovcami, pieskovecami a andezitmi, ktoré sú prekryté mladšími horninami kvartéru, zastúpenými rôznymi fluvialnými a eolickými sedimentmi (PRISTAŠ a iní, 2000). Územie sa nachádza v teplej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 9,8 °C a úhrnom zrážok za rok 568 mm (KOREC a iní, 1997). V lokalite Pružina sa nachádzala rendzina a kambize. Geologickú stavbu charakterizujú príkrovovo-vrásové mezozoické komplexy s veľmi premenlivou odolnosťou hornín. Jadro tvoria kryštalické bridlice, žuly, amfibolity a podstatná časť pohoria na juhu a juhovýchode je tvorená druhohornými dolomitmi, vápencami a bridlicami, ktoré sú zvrásnené a uložené vo forme príkrovových trosiek (BUDAY a iní, 1967). Územie patrí do miernej klimatickej oblasti, s priemernou ročnou teplotou 8,2 °C a úhrnom zrážok za rok 718 mm (KOREC a iní, 1997). V lokalite Veľké Ripňany sa nachádzala regoze. Geologickú stavbu charakterizujú neogénne sedimenty budované v prevažnej miere jazernými až brakickými sedimentmi pliocénu (íly, štrky a piesky) a chrby sú prikryté sprašou alebo sprašovými hlinami (HÓK a iní, 2001). Územie sa nachádza v teplej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 9,3 °C a úhrnom zrážok za rok 607 mm (KOREC a iní, 1997).

Vzorky pôdy pre stanovenie chemických a fyzikálnych vlastností boli odoberané do hĺbky 0,3 m v troch opakovaníach. Po odobratí boli vzorky vysušené pri laboratórnej teplote a zomleté. Z chemických vlastností bol stanovený organický uhlík – oxidimetricky, spaľovaním za mokra, metódou Ťurina (ORLOV a GRIŠINA, 1981) a frakčné zloženie humusových látok metódou PONOMAREVEJ a PLOTNIKOVEJ (1975). Pre bližšiu charakteristiku pôdnych vlastností bola z chemických vlastností stanovená výmenná pôdna reakcia potenciometricky (FIALA a iní, 1999) a katió-

nová sorpčná kapacita (HANES a iní, 1995) a z fyzikálnych vlastností bolo stanovené zrnitostné zloženie – pipetovacou metódou (FIALA a iní, 1999).

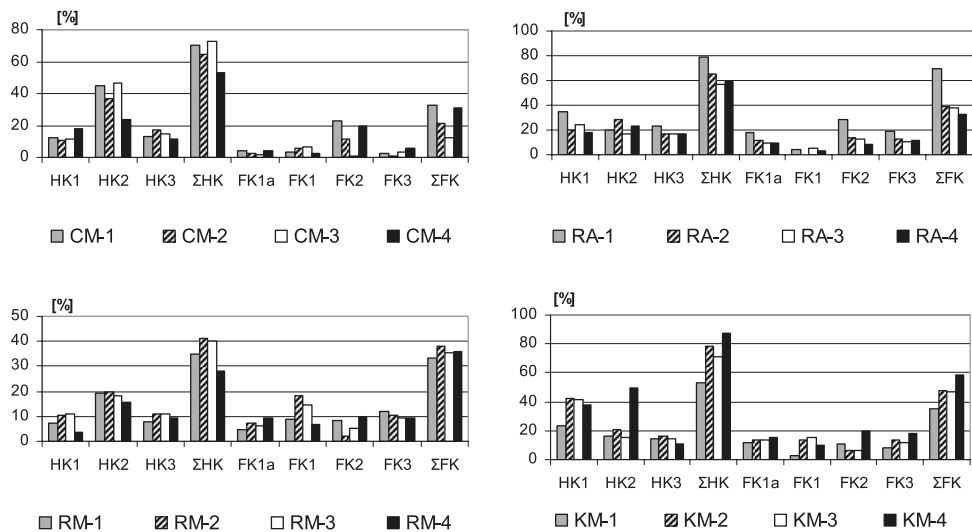
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rôzne zastúpenie plodín v oševnom postupe, vo všetkých pôdnych typoch, ovplyvňovalo zastúpenie frakcií humusových látok v pôde, aj keď ich množstvo a kvalita sú predovšetkým odrazom pôdneho typu. Na honoch pôdneho typu černoze dominovali humínové kyseliny nad fulvokyselinami (Obr. 2). Z humínových kyselín tu mala najvyššie zastúpenie frakcia humínových kyselín viazaná s dvojmocnými kationmi. Keďže ide o černoze, hlavným kationom je Ca^{2+} , ktorý pôsobí priaznivo na stabilizáciu humusových látok, pričom dochádza k tvorbe humátov. Jedná sa o stabilnejšie formy organickej hmoty, ktoré hovoria o dobrej kvalite humusu. Najvyššími hodnotami týchto najstabilnejších foriem sa vyznačoval hon 3, kde bola v poslednom roku pestovaná kukurica a maštalný hnoj bol aplikovaný už dávnejšie. V pokusoch GIOACCHINI a iní (2008) monokultúra pšenice neznížila množstvo humusových látok, ale monokultúra kukurice znížila obsah uhlíka a dusíka v samotných humusových látkach, pričom množstvo uhlíka, pochádzajúceho z kukurice, zakomponované do humusových látok, tvorilo 27 % z množstva uhlíka v humusových látkach na konci experimentu, ktoré boli ale bohatšie na aromatické zložky. Na hone 3 bol teda na jednej strane menší prísun čerstvých organických zvyškov, ako napríklad na honoch, kde boli zaorané zvyšky pšenice vrátane slamy, ale na rozdiel od honu 1 tu maštalný hnoj tiež nebol v blízkej minulosti aplikovaný. Hon 1 bol však po hone 3 druhým najbohatším na frakciu humínových kyselín viazaných s dvojmocnými kationmi, pretože zdrojom stabilných foriem na tomto hone bol maštalný hnoj, ktorý tu bol aplikovaný pred pol rokom. Humusové látky sa časom stabilizovali, jednak pôsobením karbónátov a tiež väzbou na minerálny podiel pôdy. Keď sa do prostredia už dlhší čas nedostanú ľahko rozložiteľné organické látky, humusové látky sa ochudobňujú o periférne časti a stávajú sa menej aktívnymi, ale zároveň stabilizovanejšími. Podľa STEVENSONA (1994) závisí tvorba humusových látok hlavne od zloženia rastlinných zvyškov, pričom dôležitými prekurzormi pre ich tvorbu sú fenolové kyseliny z rastlinných alebo mikrobiálnych zvyškov. Na hone 3 mali najvyššie zastúpenie humínové kyseliny a najnižšie fulvokyseliny. Obilniny obsahujú relatívne vysoký obsah ťažko rozložiteľného lignínu.

TOBIAŠOVÁ a iní (2005) zistili v pozberových zvyškoch pšenice 36,22 % a kukurice 18,02 % lignínu, ktorý je tiež jedným z dôležitých prekurzorov pre tvorbu stabilných foriem humusových látok. Práve na hone 3 mali obilniny najvyššie zastúpenie. Na hone 4 bola najnižšia bilancia uhlíka, teda vstupy organických látok boli najnižšie zo spomínaných honov, ale práve na tomto hone sme zaznamenali najnižší obsah humínových kyselín. Pri dlhodobom nízkom prísune čerstvých organických zvyškov, nielenže sa do pôdy nedostávajú labilné formy organickej hmoty, ktoré by sa v ďalšej etape stabilizovali, ale začína rozklad aj tých najstabilnejších, teda humínových kyselín.

Relatívne nízky obsah humínových kyselín a vysoký obsah fulvokyselín bol zaznamenaný na všetkých honoch regozeme (Obr. 2). Na honoch 1–3 bolo síce zastúpenie humínových

Obr. 2 Frakčné zloženie humusových látok na jednotlivých honoch vybraných pôdnych typov



CM-1...4 - hony na černoze, RA-1...4 - hony na rendzine, RM-1...4 - hony na regoze, KM-1...4 - hony na kambize, HK 1- frakcia humínových kyselín voľných a viazaných s jednomocnými kationmi a pohyblivými R2O3, HK 2- frakcia humínových kyselín viazaných s Ca2+ a Mg2+ tvoriaca humáty, HK 3- frakcia humínových kyselín viazaných s minerálnou zložkou pôdy a stabilnými R2O3, Σ HK- suma humínových kyselín, FK 1a- frakcia fulvokyselín voľných „agresívnych“, FK 1- frakcia fulvokyselín voľných a viazaných s jednomocnými kationmi a pohyblivými R2O3, FK 2- frakcia fulvokyselín viazaných s Ca2+ a Mg2+, FK 3- frakcia fulvokyselín viazaných s minerálnou zložkou pôdy a stabilnými R2O3, Σ FK- suma fulvokyselín

kyselín o niečo vyššie ako fulvokyselín, ale na hone 4 už mali vyššie zastúpenie fulvokyseliny. V prípade honov 1–3 boli v posledných rokoch pestované obilniny, kým na hone 4 bola obilnina za posledné 4 roky zaradená do osevného postupu len raz. Aj v prípade tohto pôdneho typu zohrali obilniny významnú úlohu vo vzťahu k stabilite organických látok. Pri ich vyššom zastúpení sa formovali stabilnejšie formy humusových látok. Humínové kyseliny nielenže prevládali, ale v porovnaní s honom 4 tu mala frakcia tých najstabilnejších HK 2 vyššie zastúpenie. Na hone 4 zase mala výrazne vyššie zastúpenie frakcia fulvokyselín FK 2. Na hone 3 a 4 bolo aj najnižšie zastúpenie humínových kyselín viazaných na vápnik, čo môže súvisieť aj s náročnosťou viacročných krmovín na vápnik (POŠPIŠIL a iní, 1999), ktoré boli pestované len na týchto honoch.

V pôdnom type rendzina mali dominantné zastúpenie humínové kyseliny (Obr. 2). Vysoké bolo zastúpenie frakcie voľných humínových kyselín, najmä na hone 1, na ktorom mala najvyššie zastúpenie repka, ktorá bola pestovaná aj v poslednom roku. Na hone 3 pri znížení podielu obilnín, a repky o polovicu, bolo zastúpenie humínových kyselín o 21,7 % nižšie, v porovnaní s honom 1. TOBIAŠOVÁ a iní (2009) zistili, že najvyššia kvalita pôdnej organickej hmoty, stanovená na základe obsahu extrahovaných humínových kyselín, bola v agro-ekosystéme, kde v rotácii plodín boli zastúpené obilniny 72 % (kukurica 42 %), okopaniny 14 % a olejiny 14 %.

V pôdnom type kambizem (Obr. 2) boli v relatívne vysokom množstve zastúpené voľné humínové kyseliny, ako aj fulvokyseliny, čo je pre tento pôdny typ charakteristické. Zvýšenie

stabilizácie voľných humínových kyselín by znamenalo aj zvýšenie sekvestrácie pôdneho organického uhlíka. Celkovo sa najvyšším obsahom frakcie humínových kyselín HK 2 vyznačoval hon 4, s najpestrejším osevným postupom a cukrovou repou v poslednom roku. Okopaniny obsahujú pomerne vysoké množstvo labilných polysacharidov, ktoré sa relatívne rýchlo transformujú. Ľahko rozložiteľné komponenty, ako sú napr. monosacharidy, škrob a proteíny, tvoria približne 1/3 ich organickej hmoty (JURČOVÁ, 2000).

Vo vzťahu k množstvu vstupov organických látok (Tab. 2) bola zaznamenaná štatisticky preukazná negatívna závislosť medzi ich množstvom a zastúpením frakcie HK 1 ($r = -0,540$; $y = -0,4676x + 9,2034$) a FK 1a ($r = -0,588$; $y = -1,3191x + 11,409$). Pri vyšších vstupoch organických látok do pôdy mali frakcia voľných humínových kyselín a viazaných s jednomocnými kationmi a pohyblivými R_2O_3 a agresívnych fulvokyselín nižšie zastúpenie. Ak sa však pozrieme bližšie na uvedené hony, tak vyššie obsahy týchto frakcií humusových látok sú na honoch s vyšším zastúpením pšenice a ovsu a naopak, pri vyššom zastúpení cukrovej repy sú nižšie, pričom najnižšie boli zaznamenané ak bola repa pestovaná v roku odberu. Rok predtým sa však aplikuje maštalný hnoj, ktorý je síce zdrojom stabilných foriem organických látok, ale bezprostredne po jeho zaoraní sa organická hmota v pôde stáva labilnejšou (KALBITZ a iní, 2003). Táto skutočnosť môže viesť k zvýšeniu obsahu práve týchto frakcií humusových látok.

ZÁVER

Zastúpenie obilnín, najmä kukurice, v osevných postupoch vo všetkých pôdnych typoch pozitívne ovplyvňovalo prítomnosť humínových kyselín, kým olejnin a viacročných krmovín znížilo podiel humínových kyselín a zvýšilo podiel fulvokyselín. Pri vyššom zastúpení pšenice a ovsu v osevnom postupe mali frakcia humínových kyselín voľných a viazaných s jednomocnými kationmi a pohyblivými R_2O_3 a frakcia agresívnych fulvokyselín vyššie zastúpenie a naopak pri vyššom zastúpení cukrovej repy, kde bol aplikovaný aj maštalný hnoj, bolo ich zastúpenie nižšie.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore projektov VEGA 1/0124/13 a 1/0300/11.

LITERATÚRA

- AIKEN, G. R., MCKNIGHT, D. M., WERSHAW, R. L., MACCARTHY, P. 1985. *Humic Substances in Soil, Sediment and Water*. New York: John Wiley and Sons, 1985.
- BALDOCK, J. A., SKJEMSTAD, J. O. 2000. *Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack*. In *Organic Geochemistry*, 31, 2000, s. 697-710.
- Binka, M. 2012. Vplyv pôdnej organickej hmoty na stabilitu pôdnych agregátov kambizeme (Bakalárska práca). Nitra: SPU, 61 s.
- Binková, M. 2012. *Vplyv hospodárenia na stabilitu pôdnej štruktúry rendziny (Bakalárska práca)*. Nitra: SPU, 65 s.
- BUDAY, T., CICHA, I., HANZLÍKOVÁ, E., CHMELÍK, F., KORÁB, T., KUTHAN, M., NEMČOK, J., PÍCHA, F., ROTH, Z., SENEŠ, J., SCHEIBNER, E., STRÁNÍK, Z., VAŠKOVSKÝ, I., ŽEBERA, K. 1967. *Regionální geologie ČSSR. Díl II. Svazek 1*. Praha: Ústřední ústav geologický, 1967. 496 s.
- FIALA, K., KOBZA, J., MATUŠKOVÁ, L., BREČKOVÁ, V., MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., BÚRIK, V., LITAVEC, T., HOUŠKOVÁ,

- B., CHROMANIČOVÁ, A., VÁRADIOVÁ, D., PECHOVÁ, B. 1999. *Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda*. Bratislava: VÚPOP, 1999. 142 s.
- GIOACCHINI, C., MONTECCHIO, D., FRANCIOSO, O., CIAVATTA, C. 2008. *Dynamics of total and humic carbon in a long-term field experiment determined by ¹³C natural abundance*. In Soil Ecology Research Developments. Ed. Liu, T. X. New York: Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, 2008, s. 235-245.
- HANES, J., MUCHA, V., SISÁK, P., ZAUJEC, A., CHLPIK, J. 1995. *Pedológia (praktikum)*. Nitra: VES VŠP, 1995. 154 s.
- HEDGES, I. J., OADES, J. M. 1997. *Comparative organic geochemistries of soils and marine sediments*. In Organic Geochemistry, 27, 1997, s. 319-361.
- HÓK, J., KAHAN, Š., AUBRECHT, R. 2001. *Geológia Slovenska*. Bratislava: UK, 2001. 48 s.
- JURČOVÁ, O. 2000. *Plant remains chemical composition*. In Vedecké práce 23. Proceedings, Bratislava: VÚPOP, 2000, s. 75-81.
- JURČOVÁ, O., BIELEK, P. 1997. *Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenie potreby organického hnojenia*. Bratislava: VÚPÚ, 1997. 156 s.
- KALBITZ, K., SCHMERWITZ, J., SCHWESIG, D., MATZNER, E. 2003. *Biodegradation of soil-derived dissolved organic matter as related to its properties*, In Geoderma, 113, 2003, s. 273-291.
- KOREC, P., LAUKO, V., TOLMÁČI, L., ZUBRICKÝ, G., MIČIETOVÁ, E. 1997. *Kraje a okresy Slovenska. Nové administratívne členenie*. Bratislava: Q111, 1997. 387 s.
- LAL, R. 2003. *Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect*. In Critical Reviews in Plant Sciences, 22, 2003, s. 151-184.
- LOHYŇOVÁ, N. 2011. *Pôdna štruktúra regozeme v rôznych ekosystémoch (Bakalárska práca)*. Nitra: SPU, 2011, 43 s.
- ORLOV, D. S., GRIŠINA, L. A. 1981. *Praktikum po chemii gumusa*. Moskva: Izdatelstvo Moskovskovo universiteta, 1981. 272 s.
- PONOMAREVA, V. V., PLOTNIKOVA, T. A. 1975. *Opredelenije gruppovovo i frakcionno sostava gumusa po scheme I. V. Ťurina, v modifikacii V. V. Ponomarevoj i T. A. Plotnikovoj*. In Agrohimičeskije metody issledovanija počv, Moskva: Izd. Nauka, 1975, s. 47-55.
- POSPÍŠIL, R., LÍŠKA, E., KOVÁČ, K. 1999. *Osevné postupy*. Nitra: NOI, 1999. 80 s.
- PRISTAŠ, J., ELEČKO, M., MAGLAY, J., FORDINÁL, K., ŠIMON, L., GROSS, P., POLÁK, M., HAVRILA, M., IVANIČKA, J., HATÁR, J., VOZÁR, J., MELLO, J., NAGY, A. 2000. *Geologická mapa Podunajskej nížiny - Nitrianskej pahorkatiny. 1:50 000*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2000.
- SAUERBECK, D. R. 2001. *CO₂ emissions and C sequestration by agriculture perspectives and limitations*. In Nutrient Cycling in Agroecosystems, 60, 2001, s. 253-266.
- SIX, J., ELLIOTT, E. T., PAUSTIAN, K. 1999. *Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems*. In Soil Science Society of America Journal, 63, 1999, s. 1350-1358.
- STEVENSON, F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. Extraction, Fractionation, and General Chemical Composition*. 2. vyd. New York: John Wiley and Sons InterScience Publ., 1994. 496 s.
- TOBIAŠOVÁ, E. 2009. *Quantity of soil organic matter in different ecosystems*. In Zaujec, A. et al. (eds.) Humic Substances in Ecosystems 8. Proceedings of the 8th International Conference in Šoporňa. Bratislava: VÚPOP, Nitra: SPU; 2009, s. 152-156.
- TOBIAŠOVÁ, E. 2010. *Pôdna organická hmota ako indikátor kvality ekosystémov*. Nitra: SPU, 2010. 108 s.
- Tobiašová, E., Zaujec, A., Debska, B. 2005. *Nitrogen in crop residue transformation processes*. In Phytopedon (Bratislava), 4, 2005, č. 1, s. 50-56.

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 34

© Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava

Zodpovedný redaktor: RNDr. Beata Houšková, CSc.

Recenzenti: doc. Ing. Zoltán Bedrna, DrSc.

prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.

RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.

RNDr. Jozef Takáč, PhD.

Ing. Pavol Bezák

doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.

RNDr. Gabriela Barančíková, CSc.

prof. Ing. Juraj Hraško, DrSc.

Ing. Michal Sviček, CSc.

RNDr. Beata Houšková, CSc.

prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.

prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.

Grafická úprava: Ing. Karol Végh

Vydal: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy

Gagarinova 10, Bratislava

Tlač: Edičné stredisko

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava

Gagarinova 10

Počet strán: 170

Náklad: 100 ks

ISBN 978-80-89128-98-3

Texty neprešli jazykovou úpravou.



ISBN 978-80-89128-98-3



9 788089 128983