



NÁRODNÉ POĽNOHOSPODÁRSKE  
A POTRAVINÁRSKE CENTRUM

VÝSKUMNÝ ÚSTAV PÔDOZNALECTVA  
A OCHRANY PÔDY

# Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy

2020

41

# Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

# Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy

2020

41

# Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

# Vedecké práce

## Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 41

Editor: doc. RNDr. Jaroslava Sobočková, CSc.

Recenzenti: RNDr. Beata Houšková, CSc.  
prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.  
prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.  
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.  
RNDr. Pavel Šťastný, CSc.  
prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.

© Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum –

Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava, 2020

**ISBN 978-80-8163-039-2 (tlačaná verzia)**

**ISBN 978-80-8163-041-5 (online verzia vo formáte PDF)**

# Obsah

	PREDSLOV .....	5
Gabriela Barančíková, Jozef Takáč, Barbora Karolová	POROVNANIE PRIEMERNÝCH ROČNÝCH TEPLÔT A ÚHRNOV ZRÁŽOK S PROJEKCIAMI EURO-CORDEX MODELOV ZA OBDOBIE 2000 – 2019 NA VYBRANÝCH METEOROLOGICKÝCH STANICIACH.....	7
Nikola Benková, Radoslava Kanianska, Ľubica Jančová, Miriam Kizeková	ZHODNOTENIE FYZIKÁLNYCH VLASTNOSTÍ POĽNOHOSPODÁRSKY VYUŽÍVANÝCH FLUVIZEMÍ NA ALÚVIU RIEKY ORAVA.....	22
Rastislav Dodok, Dalibor Kusý	VÝVOJ SALINIZÁCIE A SODIFIKÁCIE PÔD SLOVENSKA .....	30
Jozef Kobza	AKTUÁLNY STAV A VÝVOJ PRÍSTUPNÉHO FOSFORU V HLAVNÝCH PÔDNYCH TYPOCH SLOVENSKA.....	39
Jarmila Makovníková, Boris Pálka, Miloš Širáň	KVANTIFIKÁCIA EKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽIEB POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD SLOVENSKA.....	47
Martin Saksá, Miroslav Kromka, Miloš Širáň, Ján Styk, Ján Halas, Peter Sopko, Tadeáš Litavec	PÔDNE POMERY POĽNOHOSPODÁRSKEHO FONDU V BÝVALOM VOJENSKOM OBVODE JAVORINA.....	62
Jaroslava Sobocká, Martin Saksá, Ján Feranec, Daniel Szatmári, Juraj Holec, Hana Bobáľová	MAPOVANIE ENVIRONMENTÁLNE SENZITÍVNYCH ÚZEMÍ MESTA BRATISLAVY .....	77





---

## PREDSLOV

Pre Vami je 41. vydanie Vedeckých prác NPPC-VÚPOP, ktoré je možno posledným číslom z celej rady publikovaných vedeckých prác Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy. Série vydaní Vedeckých prác sa datujú od 70. rokov minulého storočia a stali sa neoddeliteľnou súčasťou vedecko-výskumných snažení pracovníkov Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy počas niekoľkých desaťročí. Ich obsah a forma sa menila v priebehu času a odrážala tendencie výskumu pedológie a príbuzných vedeckých disciplín. Niektoré ročníky boli vydávané v slovenskom jazyku, niektoré v angličtine.

V rámci editorskej činnosti Vedecké práce VÚPOP nemali ustálenú redakčnú radu, editori sa často menili, podobne recenzenti boli využívaní pre posúdenie viacerých príspevkov naraz, alebo aj celého vydania. Tento fakt sa niekedy prejavoval na rôznej kvalite vydávaných príspevkov. Treba sa však povedať, že prevahu tvorili príspevky na vysokej vedeckej úrovni a v plnom rozsahu reprezentovali trendy vedy a výskumu pedologických vied na Slovensku. Základnou zložkou boli príspevky ústavných vedeckých pracovníkov a ich spolupracovníkov, neskôr boli prijaté príspevky aj z iných pedologických pracovísk. Tu je potrebné spomenúť, že na Slovensku je cítiť určitú medzeru o vydávaní vedeckého pedologického periodika, ktorý by mohol šíriť, prezentovať a propagovať vedecké poznatky o pôdach (pôdnom prostredí), ich vlastnostiach, využívaní a ochrane. Aj stimulácia, spolupráca a porozumenie medzi pedológmi a vedeckými pracovníkmi príbuzných pedologických disciplín nie je na prijateľnej úrovni.

Toto bol jeden z viacerých dôvodov, prečo sa rozhodli zmeniť postavenie odborného časopisu Vedeckých prác VÚPOP na vedecké periodikum, ktorého názov zatiaľ nie je určený. Obsahovo by mal byť orientovaný najmä na interdisciplinárny holistický prístup skúmania pôd, zameraný na procesy a funkcie pôdy v priestore a čase. Vítané budú príspevky teoretických a experimentálnych štúdií súvisiacich s pedológiou, environmentalistikou, genézou a klasifikáciou pôd, pedogeografiou, pôdnou fyzikou a chémiou, biológiou pôd, ekológiou, či krajinárstvom. Ambíciou časopisu je tiež zverejňovanie príspevkov aplikovaného charakteru s väzbou na riešenie úrodnosti pôd, ich funkcií, manažmentu, ochrany i sanácie.

Príspevky v tomto čísle prešli recenziami oponentov a následnými úpravami. Predstavujú súčasný príspevok pedologických informácií k studnici poznatkov o pôde, jej interaktívnych vzťahov a vlastností. Zároveň chcem vyjadriť poďakovanie recenzentom, ktorí sa ochotne zhostili svojej úlohy posúdenia príspevkov, Ing. Eve Pekárovej, MBA za technickú kontrolu a Ing. Karolovi Véghovi za technické spracovanie 41. vydania Vedeckých prác VÚPOP.

**Doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.**  
editor VP 41

---



# POROVNANIE PRIEMERNÝCH ROČNÝCH TEPLÔT A ÚHRNOV ZRÁŽOK S PROJEKCIAMI EURO-CORDEX MODELOV ZA OBDOBIE 2000 – 2019 NA VYBRANÝCH METEOROLOGICKÝCH STANICIACH

## COMPARISON OF AVERAGE ANNUAL TEMPERATURE AND PRECIPITATION WITH PROJECTIONS OF EURO-CORDEX MODELS DURING 2000 – 2019 PERIOD ON SELECTED METEOROLOGICAL STATIONS

**Gabriela Barančíková<sup>1,2</sup>, Jozef Takáč<sup>1</sup>, Barbora Karolová<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy*

*<sup>2</sup>Prešovská univerzita, Fakulta manažmentu*

*e-mail: gabriela.barancikova@nppc.sk*

### **Abstrakt**

Nakoľko klimatická zmena sa v poslednom období výrazne prejavuje aj na Slovensku, v tejto práci sme analyzovali zmeny v hodnotách základných klimatických charakteristík, priemernej ročnej teploty (T) a úhrnu zrážok (w) na troch meteorologických stanicích lokalizovaných v rôznych častiach Slovenska. Počas sledovaného obdobia (1970 – 2019) sme na všetkých meteorologických stanicích zaznamenali po roku 1990 postupný nárast teplôt, ktorý akceleroval po roku 2000. Ročné úhrny zrážok mali v tomto období kolísavý charakter, ale v posledných 20 rokoch zrážkové rozdiely medzi jednotlivými rokmi sú výrazne vyššie ako v minulosti. V období (2000 – 2019) sme sledované klimatické parametre porovnali s klimatickým scenárom RCP 4.5, ktorý uvádza miernejší nárast teplôt a klimatickým scenárom RCP 8.5, ktorý uvádza výraznejší nárast T. Na všetkých troch meteorologických stanicích boli zistené vyššie namerané priemerné teploty, v porovnaní s T scenárov, pričom rozdiely medzi nameranými T a T scenára RCP 4.5, v prípade stanice Čaklov aj medzi nameranou T a T scenára RCP 8.5, boli štatisticky významné. Štatisticky významné rozdiely medzi nameranými T a T klimatických scenárov boli zistené predovšetkým v jarnom a letnom období. Ročné úhrny zrážok na lokalite Nitra a Čaklov boli nižšie a na lokalite Banská Štiavnica vyššie ako uvádzajú klimatické scenáre. Úhrn zrážok na lokalite Nitra v jednotlivých ročných obdobiach bol nižší a na lokalite Banská Štiavnica, okrem jari, vyšší v porovnaní s klimatickými scenármi. Na celom území Slovenska môžeme konštatovať výrazné otepľovanie, predovšetkým v jarnom a letnom období, ktoré je štatisticky významne vyššie ako uvádza klimatický scenár RCP 4.5. Naše výsledky tiež ukazujú vysokú premenlivosť zrážkovej činnosti v jednotlivých lokalitách Slovenska.

**Kľúčové slová:** teplota vzduchu, atmosférické zrážky, klimatické scenáre, meteorologické stanice

---

## Abstract

As climate change has recently manifested significantly also in Slovakia, in this work we analysed changes in the values of basic climatic parameters, average temperature (T) and precipitation (w) at three meteorological stations located in different parts of Slovakia. During observed period (1970–2019) on all meteorological stations after 1990 year, gradual increase of temperature was detected which accelerate mainly after 2000 year. In this period annual precipitation were fluctuating character, however in last 20 years, annual precipitation differences in individual years are significantly higher as in past. In period (2000–2019) measured climate parameters were compared with parameters of climate scenario RCP 4.5, which states moderate T increase and with parameters of climate scenario RCP 8.5, which states stronger T increase. On all observed meteorological stations higher average T compare to T of scenarios were observed and differences between measured T and T of scenario RCP 4.5, and in case of Čaklov meteorological station, also T of scenario RCP 8.5 were statistically significant. Statistically significant differences between measured T and T of scenario RCP 8.5 in spring and summer were detected. Annual precipitation on localities Nitra and Čaklov were lower and on locality Banská Štiavnica, in addition to spring, higher compare to climate scenarios. On the basis obtained results it can be concluded higher warming, mainly in spring and summer period, which is statistically significant higher as climate scenario RCP 4.5 states on all Slovakia territory. Our results also show high variability of precipitation activity in individual regions of Slovakia.

**Key words:** air temperature, atmospheric precipitation, climate parameters, meteorological stations

## ÚVOD

V súčasnom období je jednou z hlavných globálnych environmentálnych tém zmena klímy, predovšetkým výrazné otepľovanie, ktorého nárast pozorujeme už od 90-rokov 20.storočia, ale ktoré sa v posledných rokoch výrazne zvyšuje (Pecho, 2012). Klíma je dlhodobý režim atmosférických dejov určitého územia a je definovaná ako výsledok vzájomného pôsobenia viacerých faktorov, ktorý je daný súborom meteorologických prvkov ako sú teplota a vlhkosť vzduchu, zrážky, slnečné žiarenie, vietor ale aj pozíciou Zeme voči Slnku, rozložením oceánov a pevnín, chemickým zložením atmosféry a pod. Zmena ktoréhokoľvek jedného alebo viacerých faktorov sa prejaví ako zmena v klimatických podmienkach Zeme (Pecho, 2012). Na zmeny klímy majú vplyv prírodné ale aj antropogénne faktory. Medzi prírodné vplyvy patria predovšetkým zmeny intenzity slnečného žiarenia, zmeny orbitálnych parametrov Zeme, zmeny rozloženia oceánov a kontinentov, zmeny oceánskeho prúdenia, intenzívna vulkanická činnosť a dopady asteroidov alebo komét (Matejovič, 2013). Od roku 1996 IPCC (Medzivládny panel pre klimatickú zmenu) pojem klimatické zmeny (v množnom čísle) používa len na označenie zmien klímy, ktoré majú prirodzený charakter. V prípade antropogénnych vplyvov na klímu sa používa pojem klimatická zmena (IPCC, 2001). Antropogénne vplyvy na zmenu klímy sa začínajú prejavovať po roku 1750

na začiatku priemyselnej revolúcie a sú spôsobené rastom skleníkového efektu. Skleníkový efekt je prirodzený jav v atmosfére, ktorý zabezpečuje charakteristickú priemernú teplotu vzduchu na zemskom povrchu. Ak by neexistoval, priemerná teplota povrchu Zeme by bola o 33°C vyššia. Príčinou globálneho otepľovania nie je samotná existencia skleníkového efektu, ale zvýšenie koncentrácie skleníkových plynov predovšetkým oxidu uhličitého, metánu a oxidu dusného, na ktorom sa podieľa predovšetkým ľudská populácia (Balážovičová, 2015). Prudký rozvoj priemyslu za posledných sto rokov spôsobil zvýšenie obsahu skleníkových plynov v atmosfére. Koncentrácia oxidu uhličitého sa zvyšuje predovšetkým v dôsledku spaľovania fosílnych palív (uhlia, pohonných hmôt a olejov), ale aj devastáciou lesov, predovšetkým na južnej pologuli (tropické pralesy). Jedným zo zdrojov CO<sub>2</sub> môže byť aj intenzifikácia poľnohospodárstva (rozorávanie pasienkov, ako aj nesprávne hospodárenie na ornej pôde), keď dochádza k nerovnováhe medzi humifikáciou a mineralizáciou pôdnej organickej hmoty, zvyšuje sa mineralizácia, čoho dôsledkom je nárast emitovania CO<sub>2</sub> do ovzdušia.

Pri poľnohospodárskej činnosti, predovšetkým pri intenzifikácii chovu dobytka a pestovaní ryže dochádza aj k vzrastajúcim emisiám metánu. Ďalším zdrojom CH<sub>4</sub> je ťažba uhlia, ťažba a transport zemného plynu, nakladanie s komunálnym odpadom a kanalizačnými splaškami (Baird & Cann, 2012). Rôzne klimatické scenáre, ktoré sú v súčasnosti vypracované, predpovedajú zvyšovanie teploty klímy v priebehu nasledujúcich 100 rokov až o 3° C.

Napriek nejasnostiam o účinkoch nárastu koncentrácií skleníkových plynov na rýchlosti zmien klímy sa vyspelé krajiny dohodli o potrebe prijatia predbežných opatrení. Na konferencii OSN o životnom prostredí a udržateľnom rozvoji v Rio de Janeiro v roku 1992 bol prijatý Rámcový dohovor o klimatickej zmene, a v roku 1997 na konferencii členských štátov COP v Kyoto v decembri 1997 sa väčšina európskych krajín dohodla do roku 2012 znížiť celkové emisie o 8% oproti roku 1990. V roku 2015 bola v Paríži podpísaná Parížska dohoda o zmene klímy, ktorá predstavuje akčný plán zameraný na obmedzenie globálneho otepľovania. Dohodu ratifikovalo 55 krajín, ktoré spolu produkujú najmenej 55% z celosvetových emisií skleníkových plynov (Barančíková & Fazekašová, 2017). USA, jeden z najväčších producentov skleníkových plynov, od tejto Dohody v roku 2017 odstúpili.

Jednoznačný vplyv na zvyšovanie skleníkových plynov ľudskou populáciou bol potvrdený aj na jar 2020, keď v dôsledku najprísnejších ochranných pandemických opatrení proti šíreniu vírusu Covid-19 emisie skleníkových plynov klesli o 25% a začiatkom apríla 2020 boli stále o 17% pod priemerom z roku 2019 (Quere, *et al.*, 2020). Po uvoľnení opatrení emisie skleníkových plynov opäť rýchlo rástli a v lete 2020 boli oproti roku 2019 nižšie iba o 5% (Euroactiv, 2020).

V súčasnosti dokážu klimatológovia s určitou mierou neistoty odhadnúť možný vývoj klimatického systému Zeme na základe regionálnych klimatických modelov. Scenáre potenciálneho vývoja antropogénnej zmeny klímy sú dôležitou súčasťou hodnotiacich správ IPCC. Klimatický scenár predstavuje pravdepodobné zmeny klímy pri štúdiu dopadov antropogénnej klimatickej zmeny a nereprezentuje predpoveď budúcej klímy, ale iba alternatívu pravdepodobnej budúcnosti (Huth & Kyselý, 2001). Vo všeobecnosti môžeme povedať, že emisné scenáre sú odvodené zo scenárov populačného rastu, ekonomickej aktivity, životného štýlu, využívania energie, ale aj zo spôsobu využívania pôdy, technológií a ovplyvňuje ich aj klima-

tická politika. Reprezentatívne smery vývoja pre klimatické scenáre RCPs (Representative Concentrations Pathways), ktoré sa používajú pre vytváranie predpovedí na základe týchto faktorov, popisujú rôzne smery vývoja v 21. storočí.

Globálne otepľovanie na našom území sa môže prejavíť rastom priemernej teploty vzduchu do roku 2075 o 2 až 4° C. Takéto klimatické zmeny môžu znamenať presun teplotných pomerov Podunajskej nížiny na Liptov. Je vysoko pravdepodobné, že môžu negatívne ovplyvniť vodnú bilanciu, biologické výroby ako sú poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a rybárstvo, zvýšiť ohrozenie biodiverzity a rovnako ohrozenie ľudského zdravia (Lapin, 2011). Z uvedeného dôvodu sa aj na Slovensku prijímajú opatrenia na zmiernenie príspevku k zmene klímy (Šteiner & Heghyi, 2012).

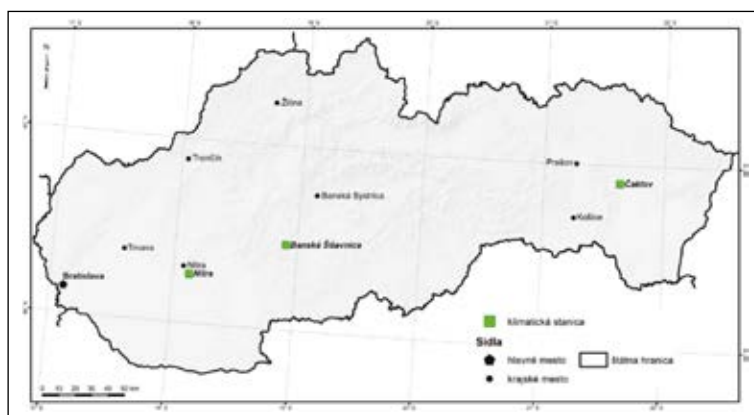
Dopady klimatickej zmeny, predovšetkým zvyšovanie teploty ovzdušia v posledných rokoch, sú badateľné aj na Slovensku. Z uvedeného dôvodu sme sa rozhodli zhodnotiť vývoj klimatických charakteristík (teplota, úhrn zrážok) na troch vybraných meteorologických staniách a porovnať ich s hodnotami týchto charakteristík z dostupných klimatických scenárov. Uvedené hodnotenie bolo predmetom diplomovej práce študentky Karolovej (Karolová, 2020). V tomto článku sú zhrnuté zásadné výsledky, ktoré sú v porovnaní s diplomovou prácou detailnejšie analyzované.

## MATERIÁL A METÓDY

### *Klimaticko-geografická charakteristika meteorologických staníc*

Namerané hodnoty teploty vzduchu (T) a úhrnu zrážok (w) boli získané z troch meteorologických staníc lokalizovaných na Západnom Slovensku – Nitra, na Strednom Slovensku – Banská Štiavnica a na Východnom Slovensku v Čaklove (Obr. 1).

**Obr. 1** Lokalizácia hodnotených meteorologických staníc



Meteorologická stanica v Nitre – Veľkých Janíkovciach sa nachádza v nadmorskej výške 135 m n. m. v teplej klimatickej oblasti. Meteorologická stanica v Banskej Štiavnici sa nachádza v nadmorskej výške 575 m. n. m. v mierne teplej klimatickej oblasti a je lokalizovaná najvyššie

zo všetkých hodnotených staníc. Meteorologická stanica Čaklov sa nachádza v teplej klimatickej oblasti v nadmorskej výške 138 m n.m. (Lapin *et al.*, 2002).

Reálne namerané hodnoty klimatických parametrov boli získané z databáz SHMÚ, ktoré má k dispozícii Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy (NPPC–VÚPOP) a boli použité pri riešení projektu APVV-14-0087.

### **Emisné scenáre**

RCP scenáre sú využívané pre projekcie vplyvu radiačného pôsobenia na klímu do roku 2100. Projekcie odrážajú nárast radiačnej bilancie v závislosti od zmien zloženia atmosféry vplyvom skleníkových plynov a ich koncentrácie ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC, PFC, CFC,  $\text{SF}_6$ ) a emisíu aerosólov, chemicky aktívnych látok a ich koncentráciou v atmosfére ( $\text{O}_3$ , depozícia N a S) (Van Vuuren *et al.*, 2011).

V tejto práci pracujeme s dvoma scenármi:

1. Stredný emisný scenár (RCP 4.5) – reprezentuje tzv. prechodný scenár budúceho vývoja, kedy emisie nebudú striktné obmedzené, ale zároveň bude regulovaný ich rast.
2. Vysoký emisný scenár (RCP 8.5) – reprezentuje scenár s veľmi vysokými emisiami oxidu uhličitého v budúcich rokoch, ktoré nebudú nijak obmedzované.

Databázy klimatických charakteristík scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5. boli získané z NPPC – VÚPOP a boli použité pri riešení projektu APVV-14-0087. Použité scenáre pochádzali z databázy klimatických údajov Euro-CORDEX. Nakoľko rozdiely medzi dátami z výstupov modelov a nameranými údajmi boli pomerne veľké, bolo potrebné ich validovať (Štěpánek *et al.*, 2016). V rámci validácie výstupov modelov boli porovnané výstupy modelov z uzlových bodov s nameranými dátami z najbližšej meteorologickej stanice (Štěpánek, 2017). Výstupy z uzlových bodov boli korigované metódou, ktorú popísal Déqué (2007).

Pri štatistickom spracovaní výsledkov bolo použité Studentovo t-rozdelenie pravdepodobnosti, ktoré sa používa pri testovaní štatistických hypotéz. Studentov t-test je založený na rozdieloch dvoch meraní každého subjektu a dáta musia byť usporiadané v pároch. Pri tomto testovaní sa využívajú kritické hodnoty t-rozdelenia, ktoré sú tabelované a na ich základe vieme testovanú štatistickú hypotézu prijať alebo zamietnuť (Lamoš & Potocký, 1998).

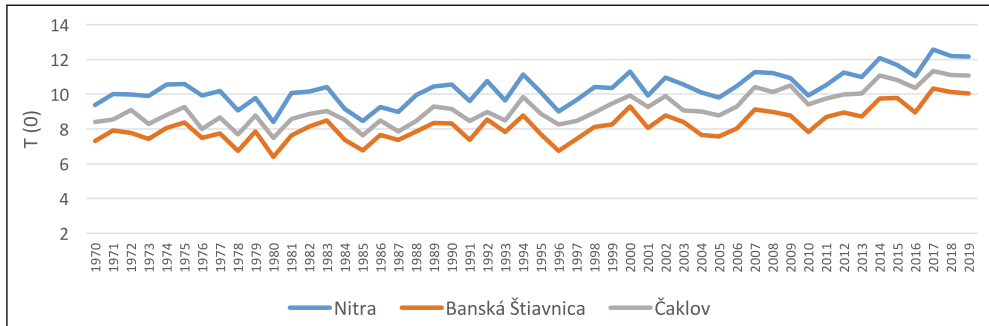
## **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

Najvyššie priemerné ročné teploty boli namerané na meteorologickej stanici Nitra – Veľké Janíkovce, ktorá sa nachádza v najnižšej nadmorskej výške a najnižšie T na meteorologickej stanici Banská Štiavnica, ktorá je lokalizovaná v najvyššej nadmorskej výške (Obr. 2). Z vývoja priemerných ročných teplôt je zrejmé, že v prvých dvoch desaťročiach (1970 – 1990) na všetkých meteorologických staniciach majú priemerné ročné teploty kolísavý charakter, ale v ďalšom období je viditeľný nárast T predovšetkým po roku 2000.

Na rozdiel od priemernej ročnej teploty, pri ktorej v posledných dvoch desaťročiach dochádza k výraznému zvýšeniu, v prípade ročného úhrnu zrážok zreteľný trend v ročnom úhrne zrážok v sledovanom období 1970 – 2019 nie je viditeľný.



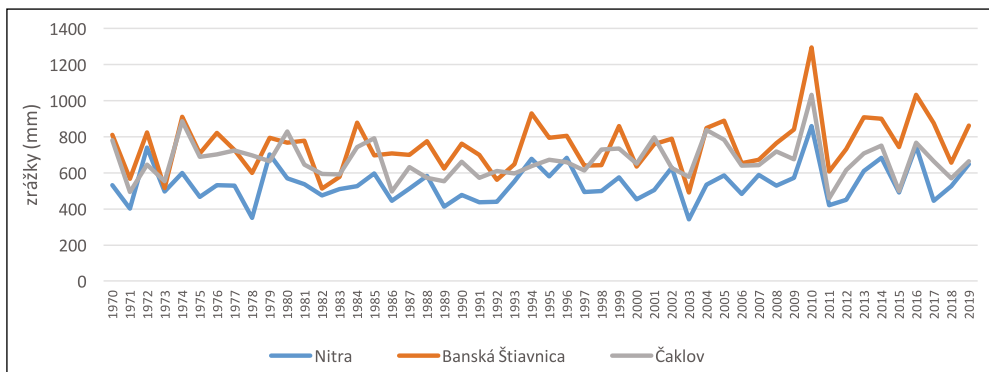
**Obr. 2** Vývoj priemerných ročných teplôt ( $T$ ) v priebehu obdobia 1970–2019 na sledovaných meteorologických staniách



Extrémny úhrn zrážok na všetkých sledovaných meteorologických staniách bol nameraný v roku 2010 (Obr. 3). Najnižšie úhrny zrážok počas takmer celého sledovaného obdobia boli namerané na lokalite Nitra s najnižšou nadmorskou výškou a najvyššie na lokalite Banská Štiavnica, ktorá je lokalizovaná najvyššie (Obr. 3).

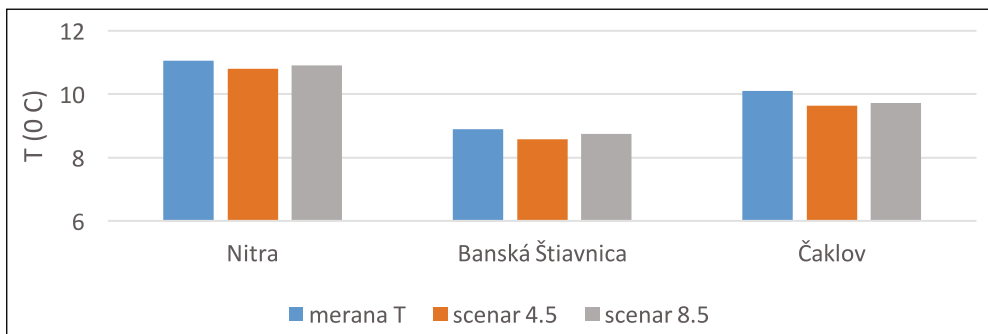
Nakoľko k výraznému zvýšeniu priemernej ročnej teploty dochádza od roku 2000, reálne namerané klimatické parametre boli porovnávané s klimatickými parametrami scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 za posledné 20-ročné obdobie (2000–2019).

**Obr. 3** Vývoj ročných úhrnov zrážok ( $w$ ) v priebehu obdobia 1970–2019 na sledovaných meteorologických staniách



Priemerné hodnoty  $T$  klimatického scenára RCP 4.5 na všetkých sledovaných klimatických staniách sú nižšie ako scenára RCP 8.5, nakoľko scenár RCP 8.5 reprezentuje scenár s veľmi vysokými emisiami oxidu uhličitého, ktoré spôsobujú rýchlejší nárast teploty vzduchu.

Na všetkých troch sledovaných staniách bola nameraná priemerná ročná  $T$  v poslednom 20-ročnom období vyššia ako priemerné hodnoty  $T$  klimatického scenára RCP 4.5 a RCP 8.5 (Obr. 4), pričom na všetkých troch staniách bol rozdiel medzi priemernou nameranou  $T$  a  $T$  klimatického scenára RCP 4.5, v prípade meteorologickej stanici Čaklov aj v prípade klimatického scenára 8.5, štatisticky významný (Tab. 1).

**Obr. 4** Porovnanie reálne nameranej priemernej ročnej teploty ( $T$ ) s priemernými ročnými hodnotami  $T$  klimatických scenárov v období 2000 – 2019

Značné rozdiely medzi nameranými priemernými ročnými úhrnmi zrážok a hodnotami tohto parametra scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 boli zistené aj na všetkých troch sledovaných meteorologických stanicích (Obr. 5). V prípade meteorologickej stanice Nitra priemerná hodnota w v danom období bola výrazne nižšia ako predpovedajú klimatické scenáre RCP 4.5 a RCP 8.5, pričom rozdiel medzi nameranou hodnotou w a hodnotou w klimatického scenára RCP 4.5 bol štatisticky významný (Tab. 1).

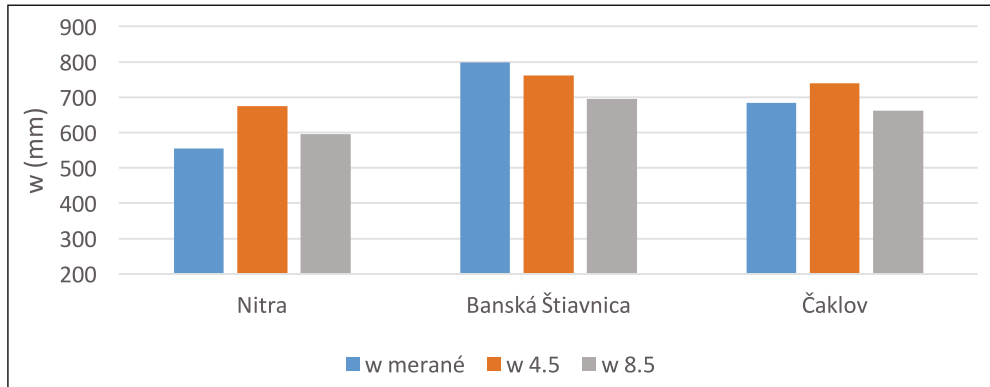
Na meteorologickej stanici Banská Štiavnica bola nameraná priemerná hodnota w výrazne vyššia, ako predpovedajú scenáre RCP4.5 a RCP 8.5, pričom rozdiel medzi nameranou hodnotou w a w scenára RCP 8.5 bol štatisticky významný (Tab. 1).

V prípade lokality Čaklov priemerná nameraná hodnota w bola takmer zhodná s priemernou hodnotou w klimatického scenára RCP 8.5, ale nižšia ako predpovedá scenár RCP 4.5 (Obr. 5).

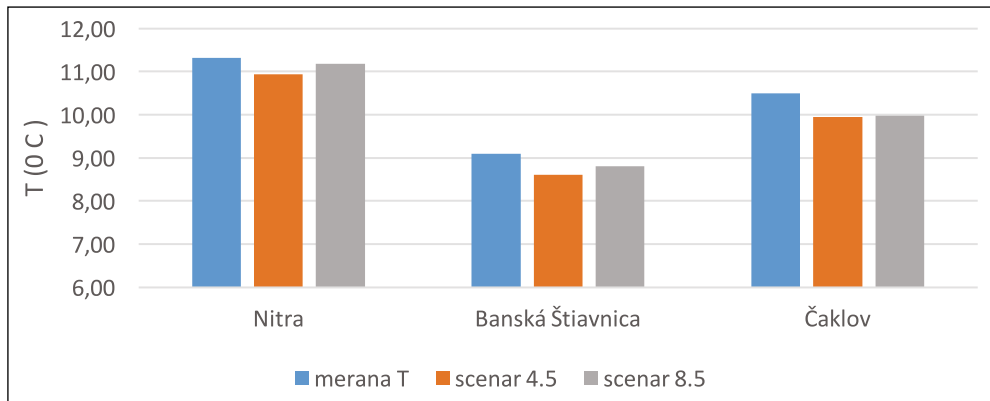
**Tab. 1** Štatisticky významné rozdiely medzi priemernými hodnotami reálne nameraných klimatických parametrov a klimatických parametrov scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 v období 2000 – 2019 na sledovaných meteorologických stanicích podľa Studentovho t-testu

Meteorologická stanica	RCP 4.5	RCP 8.5
T Nitra	*	0
w Nitra	***	0
T Banská Štiavnica	**	0
w Banská Štiavnica	0	***
T Čaklov	***	**
w Čaklov	0	0
* štatisticky významný rozdiel na hladine významnosti 0,9 ** štatisticky významný rozdiel na hladine významnosti 0,95 *** štatisticky významný rozdiel na hladine významnosti 0,975		

**Obr. 5** Porovnanie priemerných reálne nameraných ročných úhrnov zrážok ( $w$ ) s priemernými ročnými úhrnmi zrážok klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 v období 2000 – 2019



**Obr. 6** Porovnanie reálne nameranej priemernej teploty ( $T$ ) s priemernými hodnotami  $T$  klimatických scenárov v jarnom období (2000 – 2019)



Nakoľko rozdiely v priemerných ročných hodnotách reálne nameraných klimatických parametrov ( $T$ ,  $w$ ) a týchto parametrov získaných zo scenárov na všetkých troch sledovaných meteorologických staniciach boli v mnohých prípadoch štatisticky významné, rozhodli sme sa porovnať hodnotené klimatické parametre podľa ročných období.

Na všetkých troch sledovaných meteorologických staniciach bola priemerná teplota v jarnom období štatisticky významne vyššia ako uvádza scenár RCP 4.5 a v prípade stanice Čaklov bol rozdiel medzi nameranou  $T$  a  $T$  scenára RCP 8.5 tiež štatisticky významný (Obr. 6, Tab. 2).

Aj v prípade úhrnu zrážok boli medzi reálne nameraných hodnotami  $w$  a hodnotami  $w$  klimatických scenárov v jarnom období značné rozdiely, pričom najvyššie rozdiely boli zistené na lokalite Nitra a Čaklov.

**Tab. 2** Štatisticky významné rozdiely podľa Studentovho t-testu medzi priemernými hodnotami reálne nameraných klimatických parametrov a klimatických parametrov scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 v období (2000–2019) podľa ročných období na sledovaných meteorologických staniciach

Meteorologická stanica	T jar	w jar	T leto	w leto	T jeseň	w jeseň	T zima	w zima
Nitra								
RCP 4.5	*	***	*	0	0	0	0	*
RCP 8.5	0	***	0	0	0	0	0	0
Banská Štiavnica								
RCP 4.5	**	*	*	0	0	0	0	0
RCP 8.5	0	0	0	**	0	*	0	0
Čaklov								
RCP 4.5	**	***	*	0	0	0	0	0
RCP 8.5	*	**	***	**	0	0	0	0

Na oboch týchto meteorologických staniciach bol nameraný priemerný úhrn zrážok štatisticky významne nižší v porovnaní so scenármi RCP 4.5 a RCP 8.5 (Obr. 7, Tab. 2). Aj na lokalite Banská Štiavnica bol priemerný úhrn zrážok nižší ako predpovedajú klimatické scenáre RCP 4.5 a RCP 8.5, pričom rozdiel medzi nameranou hodnotou w a hodnotou w klimatického scenára RCP 4.5 bol štatisticky významný, ale iba na hladine významnosti 0,9 (Obr. 7, Tab. 2).

Podobne ako v jarnom období, aj v letnom období boli na všetkých troch sledovaných meteorologických staniciach namerané priemerné teploty štatisticky významne vyššie na hladine významnosti 0,9 v porovnaní s teplotami klimatického scenára RCP 4.5 a na lokalite Čaklov rozdiel medzi nameranou T a T scenára RCP 8.5 bol štatisticky významný aj na hladine významnosti 0,975 (Obr. 8, Tab. 2).

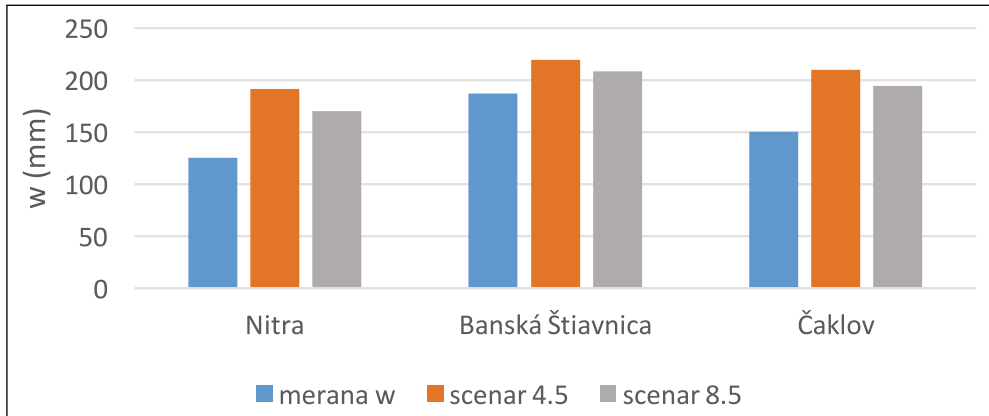
Priemerné namerané úhrny zrážok v letnom období na lokalitách Banská Štiavnica a Čaklov boli vyššie ako predpovedajú klimatické scenáre RCP 4.5 a RCP 8.5, v prípade scenára RCP 8.5 bol rozdiel medzi nameranými úhrnmi zrážok a úhrnmi zrážok scenára RCP 8.5 štatisticky významný na hladine významnosti 0,9 (Obr. 9, Tab. 2).

V prípade meteorologickej stanice Nitra bol priemerný úhrn zrážok v letnom období nižší ako predpovedá klimatický scenár RCP 4.5, ale vyšší ako predpovedá klimatický scenár RCP 8.5. Rozdiel medzi priemerným nameraným úhrnom zrážok a priemerných úhrnom zrážok scenára RCP 4.5 aj RCP 8.5 na meteorologickej stanici Nitra nebol štatisticky významný (Obr. 9, Tab. 2).

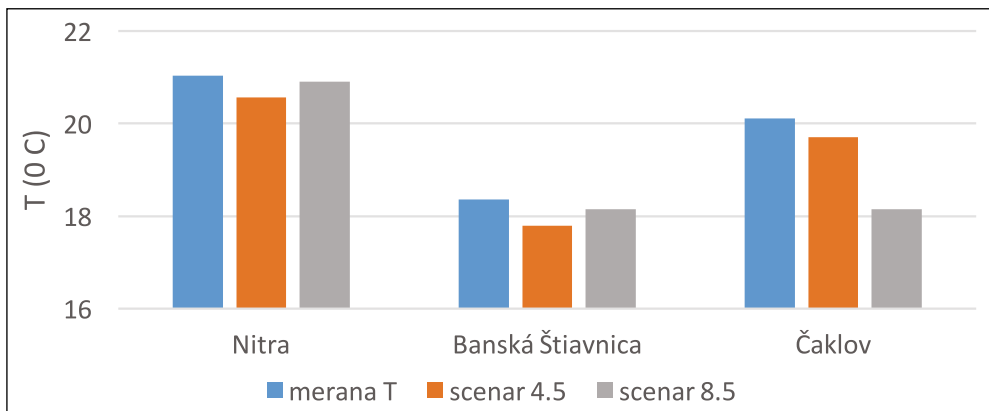
V jesennom období nameraná priemerná T na všetkých sledovaných meteorologických staniciach bola takmer identická s teplotami scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 (Obr. 10, Tab. 2).

V prípade zrážok, nameraný priemerný úhrn zrážok na lokalite Nitra bol nižší, na lokalite Banská Štiavnica vyšší, a na lokalite Čaklov takmer identický s hodnotami w klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 (Obr. 11). Štatisticky významne vyšší nameraný priemerný úhrn zrážok v porovnaní s w RCP 8.5 na hladine významnosti 0,9 bol zistený iba na meteorologickej stanici Banská Štiavnica (Tab. 2).

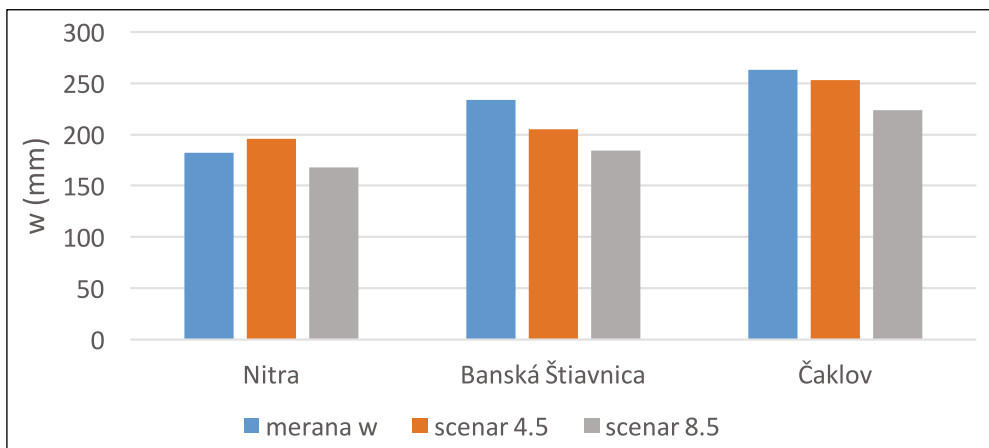
**Obr. 7** Porovnanie priemerných reálne nameraných úhrnov zrážok ( $w$ ) s priemernými úhrnmi zrážok klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 v jarom období (2000–2019)

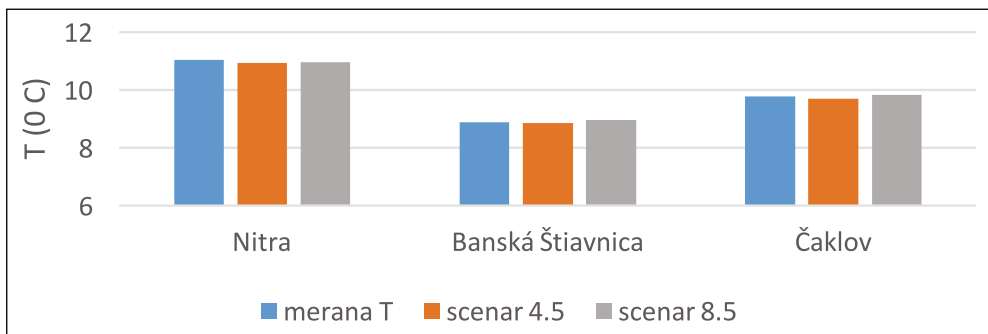
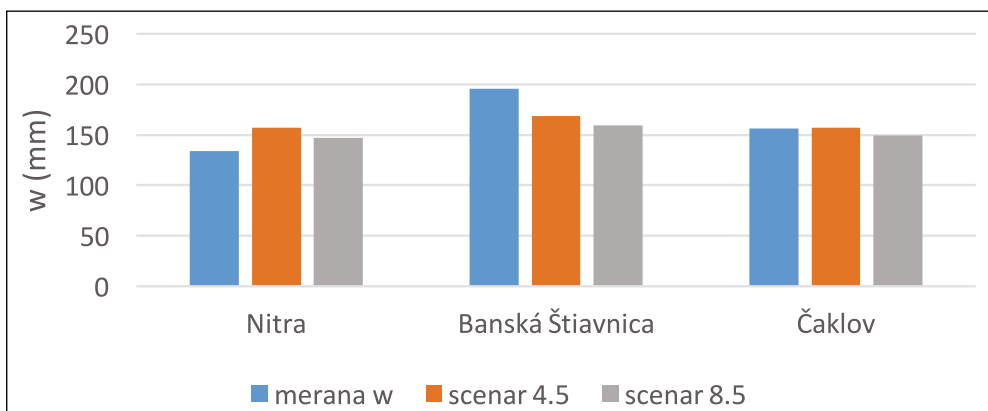
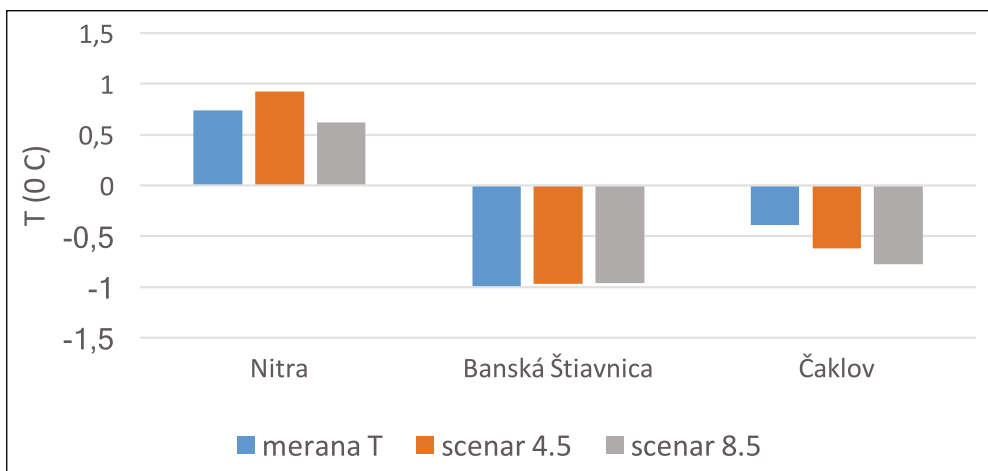


**Obr. 8** Porovnanie reálne nameranej priemernej teploty ( $T$ ) s priemernými hodnotami  $T$  klimatických scenárov v letnom období (2000–2019)



**Obr. 9** Porovnanie priemerných reálne nameraných úhrnov zrážok ( $w$ ) s priemernými úhrnmi zrážok klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 v letnom období (2000–2019)



**Obr. 10** Porovnanie reálne nameranej priemernej teploty ( $T$ ) s priemernými hodnotami  $T$  klimatických scenárov v jesennom období (2000–2019)**Obr. 11** Porovnanie priemerných reálne nameraných úhrnov zrážok ( $w$ ) s priemernými úhrnmi zrážok klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 v jesennom období (2000–2019)**Obr. 12** Porovnanie reálne nameranej priemernej teploty ( $T$ ) s priemernými hodnotami  $T$  klimatických scenárov v zimnom období (2000–2019)

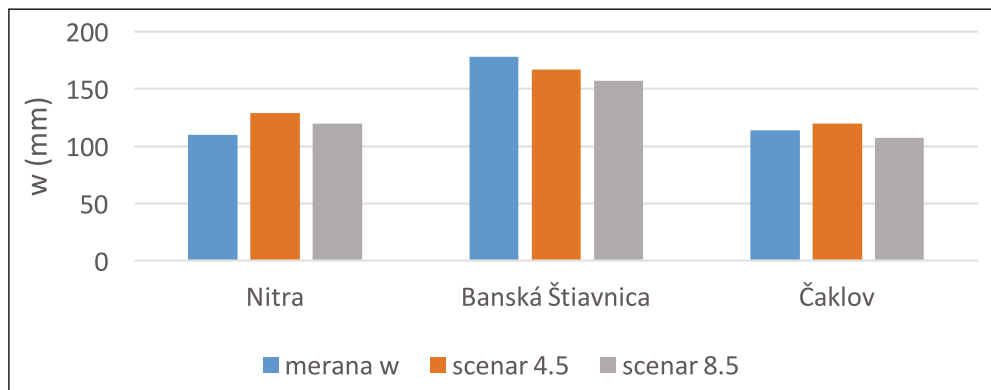
V zimnom období priemerná kladná nameraná  $T$  aj  $T$  klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 bola zistená iba na meteorologickej stanici Nitra. Na tejto lokalite priemerná nameraná zimná teplota bola nižšia ako uvádza klimatický scenár RCP 4.5, ale vyššia v porovnaní s  $T$  klimatického scenára RCP 8.5 (Obr. 12).

Najnižšia priemerná  $T$  v zimnom období ( $-1^{\circ}\text{C}$ ) bola nameraná na lokalite Banská Štiavnica, pričom priemerná nameraná  $T$  ako aj  $T$  klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 boli takmer identické (Obr. 12). Záporná priemerná  $T$  v zimnom období bola nameraná aj na meteorologickej stanici Čaklov.

V porovnaní s  $T$  klimatických scenárov 4.5 a 8.5 na lokalite Čaklov bola nameraná teplota vyššia ako uvádzajú klimatické scenáre (Obr. 12). V prípade priemerných zimných teplôt na žiadnej sledovanej meteorologickej stanici nebol zistený štatisticky významný rozdiel medzi nameranou  $T$  a  $T$  scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 (Tab. 2).

V zimnom období spadlo na všetkých sledovaných lokalitách najmenej zrážok v porovnaní s ostatnými ročnými obdobiami. Na lokalite Nitra a Čaklov nameraný úhrn zrážok v zimnom období bol nižší ako predpovedajú klimatické scenáre RCP 4.5 a RCP 8.5 a v prípade meteorologickej stanici Nitra bol zistený štatisticky významný rozdiel medzi nameraným  $w$  a  $w$  klimatického scenára RCP 4.5 (Obr. 13, Tab. 2).

**Obr. 13** Porovnanie priemerných reálne nameraných úhrnov zrážok ( $w$ ) s priemernými úhrnmi zrážok klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 v zimnom období (2000 – 2019)



Na meteorologickej stanici Banská Štiavnica nameraná hodnota  $w$  v zimnom období bola vyššia ako predpovedajú klimatické scenáre RCP 4.5 a RCP 8.5, ale rozdiel medzi nameranou hodnotou  $w$  a  $w$  klimatických scenárov nebol štatisticky významný (Obr. 13, Tab. 2).

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať postupné zvyšovanie priemernej ročnej teploty predovšetkým po roku 2000, čo je v súlade s konštatovaním Lapina (Lapin *et al.*, 2016), ktorý uvádza, že priemerná teplota ovzdušia od roku 1981 na Slovensku stúpila o  $2^{\circ}\text{C}$ . Priemerná ročná teplota za obdobie 2000 – 2019 na všetkých sledovaných lokalitách bola štatisticky významne vyššia ako uvádza klimatický scenár RCP 4.5 a v prípade meteorologickej stanici Čaklov bol štatisticky významný rozdiel zistený aj medzi priemernou ročnou nameranou  $T$  a  $T$  klimatického scenára RCP 8.5 (Obr. 4, Tab. 1). Nárast teplôt po roku 2000 uvádzajú všetky klimatické scenáre, ale reálne namerané hodnoty na všetkých troch sledovaných stani-

ciach boli výrazne vyššie ako uvádzajú klimatické scenáre RCP 4.5 a v prípade lokality Čaklov aj extrémny scenár RCP 8.5.

Priemerné ročné úhrny zrážok na meteorologických staniciach Nitra a Čaklov boli nižšie ako uvádzajú klimatické scenáre RCP 4.5 a 8.5, ale rozdiely medzi nameranými  $w$  a  $w$  scenárov neboli štatisticky významné. Na meteorologickej stanici Banská Štiavnica nameraná hodnota  $w$  bola vyššia ako predpovedajú klimatické scenáre RCP 4.5 a RCP 8.5, pričom rozdiel medzi nameranou hodnotou  $w$  a hodnotou  $w$  klimatického scenára RCP 8.5 bol štatisticky významný (Obr. 5, Tab. 1).

Pri analýze klimatických parametrov podľa ročných období sme zistili, že extrémne zvyšovanie teploty je charakteristické predovšetkým pre jar a letné obdobie, nakoľko hodnoty priemernej nameranej teploty na všetkých sledovaných lokalitách na jar aj lete boli štatisticky významne vyššie ako uvádza klimatický scenár RCP 4.5, v prípade meteorologickej stanici Čaklov bol zistený aj štatisticky významný rozdiel medzi priemernou nameranou  $T$  a  $T$  scenára RCP 8.5 (Obr. 6, 8, Tab. 2).

Priemerná nameraná  $T$  v jesennom období bola na všetkých sledovaných lokalitách takmer identická s priemernými  $T$  klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 (Obr. 9). V zimnom období priemerné namerané  $T$  na meteorologických staniciach Nitra a Čaklov boli vyššie a na meteorologickej stanici Banská Štiavnica takmer identické s priemernými teplotami  $T$  klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5, ale rozdiely medzi priemernými nameranými  $T$  a  $T$  klimatických scenárov RCP 4.5 a RCP 8.5 neboli štatisticky významné (Obr. 12, Tab. 2).

Vývoj zrážok v priebehu sledovaného obdobia 1970–2019 na jednotlivých meteorologických staniciach je značne premenlivý, pričom výrazne vyššie rozdiely medzi jednotlivými rokmi sú evidentné najmä v poslednom období, čo je v súlade s tvrdením Lapina a Šťastného (Lapin & Šťastný, 2006).

Priemerné namerané ročné úhrny zrážok za obdobie (2000–2019) boli na meteorologických staniciach Nitra a Čaklov nižšie ako uvádzajú klimatické scenáre RCP 4.5 a RCP 8.5, pričom na meteorologickej stanici Nitra bol rozdiel medzi nameranou hodnotou  $w$  a hodnotou  $w$  klimatického scenára RCP 4.5 štatisticky významný (Obr. 3, Tab.1). Na lokalite Banská Štiavnica bol priemerný ročný úhrn zrážok vyšší ako uvádzajú klimatické scenáre RCP 4.5 a RCP 8.5, pričom v prípade scenára RCP 8.5 bol rozdiel medzi nameranou hodnotou  $w$  a  $w$  scenára štatisticky významný (Obr. 3, Tab. 1).

Distribúcia zrážok v priebehu jednotlivých ročných období bola značne rozdielna, pričom na všetkých sledovaných meteorologických staniciach v priemere najviac zrážok spadlo v letnom a najmenej v zimnom období (Obr. 7, 9, 11, 13). Najmenej zrážok počas celého roka spadlo na meteorologickej stanici Nitra a najviac na stanici Banská Štiavnica (Obr. 7, 9, 11, 13). Namerané hodnoty  $w$  v jarom období na všetkých sledovaných meteorologických staniciach boli štatisticky významne nižšie ako predpovedá klimatický scenár RCP 4.5, v prípade lokality Nitra a Čaklov boli štatisticky významné rozdiely zistené aj medzi nameranými hodnotami  $w$  a  $w$  klimatického scenára RCP 8.5. V letnom období štatisticky významne vyššie úhrny zrážok boli na lokalite Banská Štiavnica a Čaklov v porovnaní s  $w$  klimatického scenára RCP 8.5 (Obr. 9, Tab. 2). V jesennom období bol štatisticky menej významný vyšší úhrn zrážok zistený iba na lokalite



Banská Štiavnica (RCP 8.5) a v zimnom období štatisticky menej významný nižší úhrn zrážok na meteorologickej stanici Nitra (Obr. 11,13, Tab. 2).

Nami získané výsledky rozdielnej distribúcie teplôt a zrážok v jednotlivých ročných obdobiach sú v súlade s konštatovaním Pecha (Pecho, 2012), ktorý uvádza, že súčasná zmena klímy je charakteristická horúcimi a suchými letami, čo sa v našom prípade prejavilo predovšetkým v nižšie položených meteorologických staniach Nitra a Čaklov.

## ZÁVER

V poslednom období výrazná klimatická zmena zasiahla aj Slovensko. Analýzu vývoja klimatických parametrov a ich porovnanie s klimatickými scenármi RCP 4.5 a RCP 8.5 sme zrealizovali na troch meteorologických staniach. Na základe našich výsledkov môžeme konštatovať, postupné zvyšovanie priemernej ročnej teploty predovšetkým po roku 2000 na všetkých sledovaných meteorologických staniach. Zrážky mali v sledovanom období kolísavý charakter, ale v poslednom období sú rozdiely medzi jednotlivými rokmi vyššie. Za posledné 20-ročné obdobie priemerné ročné teploty boli štatisticky významne vyššie ako uvádza klimatický scenár RCP 4.5 a v Čaklove aj extrémny klimatický scenár RCP 8.5. Výrazne vyššie, štatisticky významné rozdiely boli zistené predovšetkým v nameranej T a T klimatických scenárov v jarnom a letnom období. Ročné úhrny zrážok na lokalite Nitra a Čaklov boli nižšie ako uvádzajú klimatické scenáre a na lokalite Banská Štiavnica vyššie. Počas všetkých ročných období bol úhrn zrážok na lokalite Nitra nižší ako uvádzajú klimatické scenáre, na lokalite Banská Štiavnica okrem jari vyšší. Záverom môžeme konštatovať výrazné zvyšovanie teploty na všetkých sledovaných meteorologických staniach, ktoré je evidentné predovšetkým v jarnom a letnom období a vysokú premenlivosť zrážkovej činnosti aj na takom malom území, ako je Slovensko.

## Podakovanie

*Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-14-0087, APVV-15-0406, KEGA 011PU-4/2019 a VEGA 1/0313/19.*

## LITERATÚRA

- BALÁŽOVIČOVÁ, L. 2015. *Základy meteorológie a klimatológie pre geografov*. Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Banská Bystrica, 148 pp. ISBN 978-80-557-0954-3.
- BARANČIKOVÁ, G. – FAZEKAŠOVÁ, D. 2017. *Environmentálna chémia*. Prešovská univerzita v Prešove, 135 pp. ISBN 978-80-9165-246-2.
- BAIRD, C. – CANN, M. 2012. *Environmental chemistry*. New York: W.H. Freeman and Company, 776 pp. ISBN-13: 978-1-4292-7704-4.
- DÉQUÉ, M. 2007. Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: model results and statistical correction according to observed values. *Global Planet Change* 57: 16–26
- EUROACTIV, 2020. *Carbon emissions in surprisingly rapid surge post-lockdown*. 16. 6. 2020.

- <https://www.euractiv.com/section/climate-environment/news/carbon-emissions-in-surprisingly-rapid-surge-post-lockdown/>
- HUTH, R. – KYSELÝ, J. 2001. Využití statistického downscalingu při konstrukci scénářů změny klimatu v České republice. Část II. Validace a konstrukce scénářů. In *Meteorologické zprávy*, vol. 54, no. 4, pp. 97-104.
- IPCC report 2001. *Climate Change 2001 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK. IPCC 2001, 1032 pp.
- KARLOVÁ, B. 2020. *Analýza klimatických parametrov vybraných regiónov Slovenska v období rokov 1970-2019 a jej porovnanie s dostupnými klimatickými scenármi*. Diplomová práca, Fakulta Manažmentu Prešovskej univerzity v Prešove, Prešov, 101 pp.
- LAMOŠ, F. – POTOČKÝ, R. 1998. *Pravdepodobnosť a matematická štatistika – Štatistické analýzy*. Bratislava, Vydavateľstvo Univerzity Komenského v Bratislave. 344 pp. ISBN 80-223-1262-2.
- LAPIN, M. – FAŠKO, P. – MELO, M. – ŠŤASTNÝ, P. – TOMLAIN, J. 2002. *Atlas Slovenskej republiky*, Bratislava, MŽP, Agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, pp. 74-122, ISBN 80-88833-27-2.
- LAPIN, M. – ŠŤASTNÝ, P. 2006. Climate change and its possible impacts in Slovakia. In: *Impacts and Responses in Central and Eastern European Countries*. Budapest, Hungarian Academy of Sciences, pp. 184-195, ISBN 963-508-519-2.
- LAPIN, M. 2011. Climate change in 1881-2100 and the 2010 weather extremes in Central Europe. In *International Issues & Slovak Foreign Policy Affairs*, vol. 01, pp. 22-31.
- LAPIN, M. – ŠŤASTNÝ, P. – TURŇA, M. – ČEPČEKOVÁ, E. 2016. High Temperature and Heat Waves in Slovakia. In *Meteorological Journal*, vol. 19, no. 1, pp. 3-10.
- LE QUÉRÉ, C. – JACKSON, R.B. – SMITH, A.J.P. – ABERNETHY, S. – ANDREW, R.M. – DE-GOL, A.J. – WILLIS, D.R. – SHAN, Y. – CANADELL, J.G. – FRIEDLINGSTEIN, P. – CREUTZIG, F. – PETERS, G.P. 2020. Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement. In *Nature Climate Change*, vol. 10, pp. 647-653.
- MATEJOVIČ, P. 2013. *Globálna klíma 2001–2010, dekáda klimatických extrémov*. Súhrnná správa WMO. <http://www.nun.sk/Globalna%20klíma.htm>
- PECHO, J. 2012. Zmeny klímy: Globálny problém s lokálnymi dopadmi. In ŠTEINER, A. – HEGYI, L. *Klimatická zmena – výzva pre lokálny rozvoj na Slovensku*. Karpatský rozvojový inštitút, Košice, pp. 9-26, ISBN 978-80-970368-1-2.
- ŠTEINER, A. – HEGYI, L. 2012. *Klimatická zmena – výzva pre lokálny rozvoj na Slovensku*. Karpatský rozvojový inštitút, Košice, 179 pp. ISBN 978-80-970368-1-2.
- ŠTĚPÁNEK, P. – ZAHRADNÍČEK, P. – FARDA, A. – SKALÁK, P. – TRNKA, M. – MEITNER, J. – RAJDL, K. 2016. Projection of drought-inducing climate conditions in the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *Climate Research* [online]. 2016, vol. 70, no. 2–3, pp. 179–193. ISSN 16161572. Dostupné na: doi:10.3354/cr01424
- ŠTĚPÁNEK, P. 2017. Czechglobe: údaje z modelov EUROCORDEX [elektronická pošta]. Správa pre: Jozef Takáč. 2017-07-04.
- VAN VUUREN, D.P. – EDMONDS, J. – KAINUMA, M. – RIAHI, K. – THOMSON, A. – HIBBARD, K. – HURTT, G.C. – KRAM, T. – KREY, V. – LAMARQUE, J.-F. – MASUI, T. – MEINSHOUSEN, M. – NAKICENOVIC, N. – SMITH, S.J. – ROSE, S.K. 2011. The representative concentration pathways: an overview. In *Climate Change*, vol. 109, no.5, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0148-z>

# ZHODNOTENIE FYZIKÁLNYCH VLASTNOSTÍ POĽNOHOSPODÁRSKY VYUŽÍVANÝCH FLUVIZEMÍ NA ALÚVIU RIEKY ORAVA

## EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF AGRICULTURALLY USED FLUVISOLS ON THE ALLUVIUM OF ORAVA RIVER

**Nikola Benková<sup>1</sup>, Radoslava Kanianska<sup>1</sup>, Ľubica Jančová<sup>2</sup>,  
Miriam Kizeková<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica  
nikola.benkova@umb.sk*

*<sup>2</sup>Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav trávnych porastov a horského  
poľnohospodárstva, Mládežnícka 36, 974 21 Banská Bystrica*

### Abstrakt

Obsah vody v pôde patrí medzi najdynamickejšie faktory ovplyvňujúce procesy prebiehajúce v pôde. Práca hodnotí základné hydrofyzikálne vlastnosti pôdy na alúviu rieky Orava. Pozdĺž toku sme v dvoch sledovaných hĺbkach (0–10 a 20–30 cm) odobrali 11 vzoriek pôdy pôdneho typu fluvizem a porovnávaciu vzorku pôdneho typu kambizem, odobratú v blízkosti alúvia. Pre odberové lokality fluvizemí je charakteristickou črtou intenzívny spôsob poľnohospodárskeho využívania. *In situ* sme merali pôdnu teplotu (*t*), pôdnu vlhkosť ( $\Theta$ ), penetrometrický odpor (*PO*) a hĺbku (*h*) jeho merania. Z odobratých Kopeckého fyzikálnych valcov sme gravimetricky stanovovali vybrané hydrolimity. Hodnoty *PO* sa na 11 lokalitách s pôdnym typom fluvizem pohybovali od 0,51 MPa (pôda po hlbokjej orbe) do 4,36 MPa. Priemerný penetrometrický odpor a jeho smerodajná odchýlka bola  $3,16 \pm 1,14$  MPa. Na kambizemi bol nameraný *PO* 2,22 MPa. Zistená priemerná hodnota maximálnej kapilárnej kapacity (*MKK*) na fluvizemiach v prvej hĺbke dosiahla 30,20 a v druhej hĺbke 29,20 %. Poznanie týchto vlastností ďalej doplnených zrnitosťou pôdy vytvára predpoklad prijímania vhodných opatrení vedúcich k zadržiavaniu vody v pôde a krajine.

**Kľúčové slová:** pôda, hydrofyzikálne vlastnosti, rieka Orava, fluvizem, kambizem

### Abstract

Water content in the soil belongs to the most dynamic factors affecting soil processes. The work evaluates the basic hydrophysical soil properties on the alluvium of the Orava River. Within the flow of the river we collected 11 soil samples of Fluvisols at two depths (0–10 and 20–30 cm) and a comparative sample of soil type Cambisol, collected near the alluvium. Intensive agricultural use is a characteristic feature of the Fluvisols. *In situ* we measured soil

temperature (t), soil moisture ( $\Theta$ ), penetrometric resistance (PR) and the depth (d) of its measurement. Selected hydrolimits were determined gravimetrically from the sampled Kopecký physical cylinders (undisturbed soil samples). The values of PR in 11 localities on soil type Fluvisol ranged from 0.51 MPa (soil after deep plowing) to 4.36 MPa. The average penetrometric resistance and its standard deviation was  $3.16 \pm 1.14$  MPa. PR 2.22 MPa was measured on Cambisol. The average value of maximum capillary capacity (MCC) on Fluvisols reached 30.20 in the first depth and 29.20 % in the second depth. Knowledge of these properties, further supplemented by soil texture, creates a precondition for adopting appropriate measures leading to water retention in soil and landscape.

**Keywords:** soil, hydrophysical properties, Orava River, Fluvisol, Cambisol

## ÚVOD

Fluvizeme patria medzi azonálne pôdy, vyskytujúce sa okrem permafrostu vo všetkých klimatických pásmach. Zaberajú zhruba 35 mil. ha na povrchu Zeme (Driessen & Decker, 2001). Fluvizeme sa vyznačujú výrazným kolísaním hladiny podzemnej vody, ktorá sa periodicky podieľa aj na zvlhčovaní pôdneho profilu kapilárnym vztlínaním (Fulajtár, 1986; Čurlík & Šurina, 1998). Vďaka ich vodnému režimu a lokalizácii v blízkosti vodných tokov sú predurčené na intenzívne poľnohospodárske využívanie. Okrem produkčnej funkcie však plnia aj ďalšie ekosystémové služby, dôležité aj z pohľadu regulácie a hospodárenia s vodou (Konrad, 2015; Cerbari a Stegarescu, 2016; Makovníková *et al.*, 2019). Hospodárske aktivity však často vedú skôr k degradovaniu vlastností, funkcií aj ekosystémových služieb fluvizemí. Výzvou v manažmente pôd ako aj vody v území je zmeniť tieto negatívne antropogénne činnosti a zabezpečiť udržanie ekologickejšieho optimálneho fungovania fluvizemí (Tomaz *et al.*, 2018).

Cieľom príspevku je zhodnotiť základné hydrofyzikálne a iné fyzikálne vlastnosti fluvizemí lokalizovaných na nive rieky Orava. Stav týchto vlastností indikuje priame alebo nepriame plnenie rôznych ekosystémových služieb ako je napríklad regulácia vody, kolobeh vody a živín, produkčné či iné podporné služby. Zistením stavu týchto vlastností, doplneným o údaje týkajúce sa zrnitosti pôdy, je možné zistiť, či ich manažment v území je optimálny a či sú v optime aj ďalšie pôdne vlastnosti, nakoľko hydrofyzikálne vlastnosti sú často krát odrazom ďalších základných pôdnych vlastností (Hillel, 1982; Emerson, 1995; Rose, 1991).

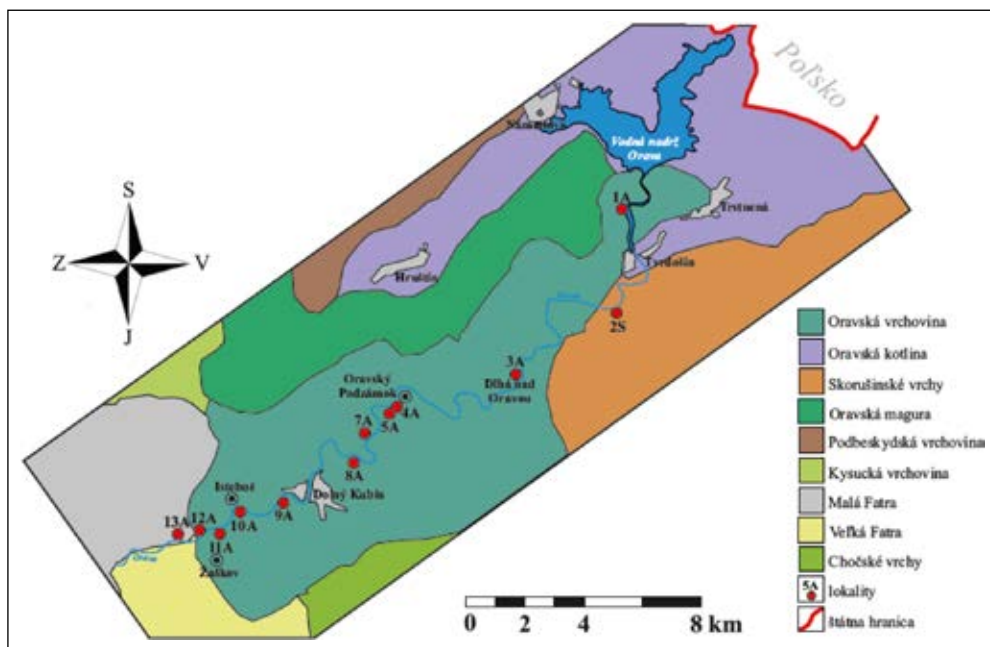
## MATERIÁL A METÓDY

Záujmovým územím je tok rieky Oravy od obce Štefanov nad Oravou po obec Párnica. Väčšia časť územia patrí do okresu Dolný Kubín, časť do okresu Tvrdošín. V zmysle geomorfologického členenia (Mazúr & Lukniš, 1978) patrí záujmové územie z dominantnej časti pod celok Oravská vrchovina v rámci oblasti Stredné Beskydy. Zasahujú sem, aj keď minimálne, iné geomorfologické celky, ktorými sú Oravská kotlina, Skorušinské vrchy, Malá a Veľká Fatra (Obr. 1).

Oravská vrchovina tiahnuca sa v smere JZ – SV sa rozprestiera po oboch stranách rieky Orava. Oblasť má členitý reliéf vyznačujúci sa rozmanitým geologickým podkladom, na ktorom zložení sa podieľajú predovšetkým flyšové súvrstvia kombinované horninami bradlového pásma. Z geologického hľadiska oblasť tvorí pestré a súčasne zložité územia Slovenska (SAŽP, 2010), čo sa odráža aj na fluvizemiách na alúviu rieky Orava. Tie sú prioritne intenzívne poľnohospodársky využívané ako orná pôda. Klimaticky ide o mierne teplú oblasť.

Na nive rieky Orava v celkovej dĺžke cca 50 km boli odobraté pôdne vzorky a realizované *in situ* merania na 11 lokalitách fluvizemí, intenzívne využívaných ako orná pôda. Zároveň bola vybratá 1 lokalita mimo alúvia na svahu s pôdnym typom kambizem, využívanou ako trávny porast (Obr. 1).

**Obr. 1** Vymedzenie záujmového územia v zmysle geomorfologického členenia s lokalizáciou odberových lokalít



Vysvetlivky: A – lokalita na alúviu (fluvizem), S – lokalita na svahu (kambizem)

Nadmorská výška odberových lokalít sa pohybovala v rozmedzí od 589 m n. m. (najvyššie položená lokalita) do 451 m n. m. (najnižšie položená lokalita). Podľa Fulajtára (2006), pre geomorfologický celok Oravská vrchovina je typický výskyt stredne ťažkých, piesočnato-hlinitých pôd, ktoré v okrese Dolný Kubín prispievajú k celkovému zloženiu poľnohospodárskeho pôdneho fondu až cez 50 %.

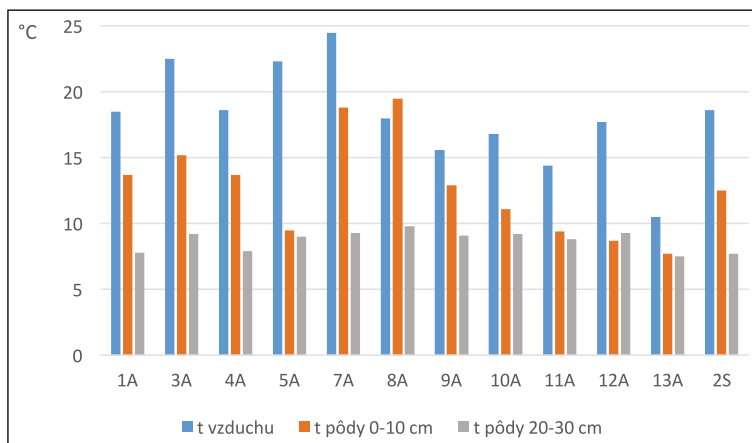
Na každej lokalite boli realizované *in situ* merania v hĺbke 0 – 10 a 20 – 30 cm na 12 bodoch, z ktorých boli prepočítané základné štatistické charakteristiky, aritmetický priemer a smerodajná odchýlka. Digitálnym teplomerom sme merali teplotu vzduchu, teplotu pôdy v °C, penetrológom penetrometrický odpor (PO) v MPa a hĺbku merania PO v cm (h). Zároveň sme odobrali Kopeckého fyzikálne valce. V laboratóriu sme z hydrofyzikálnych vlastností gravimet-

ricky stanovovali v objemových % momentálnu vlhkosť ( $\Theta$ ), 30 minútovú vlhkosť ( $V_{30}$ ), kapilárnú nasiakavosť (KN), maximálnu kapilárnú vodnú kapacitu (MKK), retenčnú vodnú kapacitu (RVK) a prepočítali objemovú hmotnosť redukovanú ( $\rho_d$ ) v  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (Hanes *et al.*, 1995).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

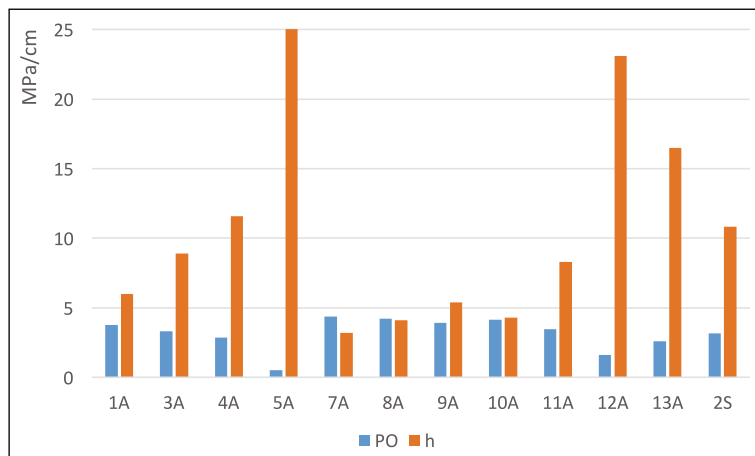
Teplota vzduchu sa na lokalitách s pôdnym typom fluvizem pohybovala od 10,5 do 24,5 °C. Bolo to dôsledkom času odberu vzorky, vyššie teploty vzduchu súviseli s časom odberu okolo poľudnia, nižšie hodnoty sú dôsledkom odberu v popoludňajšom čase. Priemerná teplota vzduchu 11 lokalít a jej smerodajná odchýlka bola  $18,1 \pm 3,8$  °C. Hodnoty teploty pôdy sa na 11 lokalitách s pôdnym typom fluvizem v hĺbke 0–10 cm pohybovali od 7,7 do 19,5 °C. Priemerná teplota pôdy v tejto hĺbke a jej smerodajná odchýlka bola  $12,7 \pm 3,8$  °C, na kambizemi bola teplota pôdy v hĺbke 0–10 cm 12,5 °C. Hodnoty teploty pôdy sa na 11 lokalitách s pôdnym typom fluvizem v hĺbke 20–30 cm pohybovali od 7,5 do 9,8 °C. Priemerná teplota pôdy a jej smerodajná odchýlka bola  $8,81 \pm 0,7$  °C, na kambizemi bola teplota pôdy v hĺbke 20–30 cm 7,7 °C. Teplota vzduchu bola okrem jednej lokality (8A) všade vyššia ako teplota pôdy. Teplota pôdy bola zase okrem jednej lokality (12A) všade vyššia v hĺbke 0–10 cm ako v hĺbke 20–30 cm. Smerodajná odchýlka poukazuje pritom na väčšiu vyrovnanosť hodnôt teploty v hĺbke 20–30 cm oproti hĺbke 0–10 cm (Obr. 2).

**Obr. 2** Teplota vzduchu a teplota pôdy (°C) v hĺbke 0–10 a 20–30 cm na sledovaných lokalitách



Vysvetlivky: A – lokalita na alúviu (fluvizem), S – lokalita na svahu (kambizem)

Hodnoty penetrometrického odporu sa na 11 lokalitách s pôdnym typom fluvizem pohybovali od 0,51 (pôda po hlbokjej orbe) do 4,36 MPa. Priemerný penetrometrický odpor a jeho smerodajná odchýlka bola  $3,16 \pm 1,14$  MPa. Na kambizemi bol nameraný penetrometrický odpor 2,22 MPa. Vyššie hodnoty penetrometrického odporu súvisia s malou hĺbkou merania, ktorá sa pohybovala od 3,20 do 27,90 cm. Na kambizemi bola zaznamenaná hĺbka merania 15,40 cm (Obr. 3).

**Obr. 3** Penetrometrický odpor pôdy (MPa) a hĺbka merania (cm) na sledovaných lokalitách

Hodnoty zistených hydrofyzikálnych vlastností v hĺbke 0–10 a 20–30 cm vyjadruje Tab. 1 a 2.

**Tab. 1** Hodnoty hydrofyzikálnych vlastností v hĺbke 0–10 cm

Označenie	$\Theta$ %	V30 %	KN %	MKK %	RVK %	$\rho_d$ g.cm <sup>3</sup>
1A	20,06	29,35	30,70	27,93	25,07	1,25
3A	27,84	31,57	7,07	30,86	28,97	1,60
4A	31,67	37,71	9,49	36,52	33,90	1,30
5A	21,42	27,43	10,96	26,18	22,40	1,47
7A	25,84	34,74	14,30	33,41	31,10	1,37
8A	19,24	25,73	11,70	24,43	21,59	1,49
9A	25,80	29,85	7,03	29,24	27,64	1,45
10A	25,40	34,37	13,46	33,62	31,09	1,39
11A	29,70	32,50	4,86	32,04	31,08	1,47
12A	27,05	30,12	4,97	29,35	26,90	1,30
13A	23,25	29,58	9,43	28,65	25,76	1,25
<b><math>\bar{x} \pm SO</math></b>	<b>25,21 ± 3,73</b>	<b>31,18 ± 3,30</b>	<b>11,27 ± 6,84</b>	<b>30,20 ± 3,36</b>	<b>27,77 ± 3,71</b>	<b>1,39 ± 0,11</b>
2S	34,49	35,12	1,67	34,45	33,10	1,35

Vysvetlivky:  $\bar{x}$  – aritmetický priemer, SO – smerodajná odchýlka

**Tab. 2** Hodnoty hydrofyzikálnych vlastností v hĺbke 20–30 cm

Označenie	$\Theta$ %	V30 %	KN %	MKK %	RVK %	$\rho_d$ g.cm <sup>3</sup>
1A	17,61	25,10	12,39	23,39	20,77	1,33
3A	24,82	28,85	7,17	28,02	26,34	1,42
4A	31,68	33,50	3,36	33,24	32,04	1,58

5A	23,63	27,17	7,07	26,39	23,87	1,56
7A	23,32	29,99	9,72	29,11	26,77	1,30
8A	18,73	25,61	12,20	23,91	20,96	1,34
9A	26,74	31,01	7,38	30,36	28,16	1,50
10A	27,00	31,78	7,88	31,33	30,05	1,48
11A	28,93	32,69	6,23	32,30	31,13	1,48
12A	27,77	32,07	7,11	31,74	30,47	1,48
13A	25,14	32,48	11,43	31,39	27,81	1,33
<b><math>\bar{x} \pm SO</math></b>	<b>25,03 ± 3,97</b>	<b>30,02 ± 2,81</b>	<b>8,36 ± 2,66</b>	<b>29,20 ± 3,22</b>	<b>27,12 ± 3,71</b>	<b>1,44 ± 0,09</b>
2S	32,20	33,87	3,49	33,38	32,56	1,56
Vysvetlivky: $\bar{x}$ – aritmetický priemer, SO – smerodajná odchýlka						

Najvyššie hodnoty momentálnej vlhkosti v rámci oboch sledovaných hĺbok boli namerané na kambizemi (lokalita 2S) 34,49 % v prvej hĺbke a 32,20 % v hĺbke druhej. V druhej sledovanej hĺbke fluvizemí bol dosiahnutý nižší aritmetický priemer ( $\bar{x}$ ) (25,03 %) v porovnaní s prvou (25,21 %) sledovanou hĺbkou. V priemere dosiahli sledované charakteristiky V30, KN, MKK a RVK v prvej hĺbke o niečo vyššie hodnoty ako v druhej hĺbke. Priemerná objemová hmotnosť redukovaná však bola vyššia v druhej hĺbke oproti prvej.

Viacere výskumy (Bedrna *et al.*, 1989; Rehák & Janský, 2000; Emerson, 1995) potvrdzujú, že obsah pôdnej vody je veľmi premenlivý a nestály parameter, meniaci sa pravidelne počas roka. Vodný a vlhkostný režim pôd vo všeobecnosti ovplyvňujú predovšetkým klimatické pomery majúce výrazný dopad na javy a procesy vplývajúce na hydrofyzikálne pôdne vlastnosti (Fulajtár, 1986). To je zrejme aj z porovnania momentálnej vlhkosti sledovaných fluvizemí na nive rieky Orava nachádzajúcich sa vo vlhkejšom klimatickom pásme s fluvizemami lokalizovanými na Podunajskej nížine. Fulajtár (2006) zistil ich momentálnu vlhkosť koncom októbra (mesiac odberu pôdnych vzoriek je zhodný s odberom našich vzoriek) 17,00 % v hĺbke 0 – 10 cm a 19,60 % v hĺbke 20 – 30 cm (Fulajtár, 2006). Hodnoty momentálnej vlhkosti fluvizemí na nive rieky Orava prevýšili hodnoty momentálnej vlhkosti fluvizemí na Podunajskej nížine v priemere o 10 %.

Stav a kondícia pôdy výrazne prispieva k hospodáreniu s vodou a preto udržiavanie jej vhodných hydrofyzikálnych pomerov je v jej manažmente nenahraditeľné. Zistili sme priestorovú variabilitu hydrofyzikálnych vlastností fluvizemí na študovaných lokalitách, s vyššou variabilitou v prvej hĺbke. Ako udáva Fulajtár (1986), MKK predstavuje charakteristickú črtu v rámci hydrofyzikálnych vlastností fluvizemí, ktorej hodnoty v priemere prevyšujú hodnotu 35 obj. %. V rámci našich meraní takúto hodnotu dosiahla len 1 lokalita (4A s 36,50 %). Priemerná hodnota MKK v prvej hĺbke predstavovala 30,20 a v druhej hĺbke 29,20 %. Vysoké hodnoty nielen MKK ale aj KN fluvizemí podmieňujú vysokú využiteľnosť pôdnej vody a zvyšujú aj potenciálnu využiteľnosť zrážok a závlah, ktoré sú v prípade poklesu podzemnej vody zdrojom zásob pôdneho profilu.

Zhoršené hydrofyzikálne vlastnosti nie sú ojedinelé a upozorňujú na to viacerí autori (Jury & Horton, 2004; Šípek *et al.*, 2019), pričom apelujú na vhodný manažment fluvizemí, nakoľko



hydrofyzikálne vlastnosti majú podstatný vplyv nielen na fungovanie riečneho ekosystému, ale aj na rast rastlín a s ním spojené produkčné a ďalšie regulačné ekosystémové služby.

## ZÁVER

Pôdy na alúviu rieky Orava vykazovali rôzne fyzikálne vlastnosti pozdĺž toku ako aj v porovnaní dvoch sledovaných hĺbok. Teplota vzduchu bola okrem jednej lokality (8A) všade vyššia ako teplota pôdy. Teplota pôdy bola zase okrem jednej lokality (12A) všade vyššia v hĺbke 0–10 cm ako v hĺbke 20–30 cm.

Najvyššie hodnoty momentálnej vlhkosti v rámci oboch sledovaných hĺbok boli namerané na kambizemi (lokality 2S) 34,49 % v prvej hĺbke a 32,20 % v hĺbke druhej. V druhej sledovanej hĺbke fluvizemí bol dosiahnutý nižší aritmetický priemer ( $\bar{x}$ ) (25,03 %) v porovnaní s prvou (25,21 %) sledovanou hĺbkou. V priemere dosiahli sledované charakteristiky V30, KN, MKK a RVK v prvej hĺbke o niečo vyššie hodnoty ako v druhej hĺbke. Priemerná objemová hmotnosť redukovaná však bola vyššia v druhej hĺbke oproti prvej.

Hodnoty PO sa na 11 lokalitách s pôdnym typom fluvizem pohybovali od 0,51 (pôda po hlbkej orbe) do 4,36 MPa. Priemerný penetrometrický odpor fluvizemí dosahoval 3,16 MPa, na kambizemi 2,22 MPa. Zistená priemerná hodnota maximálnej kapilárnej kapacity (MKK) na fluvizemiach v prvej hĺbke dosiahla 30,20 a v druhej hĺbke 29,20 %.

Poznanie najmä hydrofyzikálnych vlastností pôd, je potrebné ďalej doplniť o údaje týkajúce sa ich zrnitosti, aby bolo možné zhodnotiť či stav týchto pôd je optimálny alebo je potrebné prijať opatrenia vedúce k zadržiavaniu vody v pôde a krajine.

## LITERATÚRA

- BEDRNA, Z. a kol. 1989. *Pôdne režimy*. Bratislava: VEDA, 221 s. ISBN 80-224-0028-9.
- CERBARI, V. – STEGARESCU, G. 2016. Quality assessment of an irrigated Fluvisol. In *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LIX: 33–38.
- ČURLÍK, J. – ŠURINA, B. 1998. *Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd*. Bratislava: VÚPÚ, 134 s. ISBN 80-85361-37-X.
- DRIESSEN, P. – DECKER, J. 2001. *Lectures notes on the major soils of the world*. Roma: FAO, 337 pp. ISBN 925-104637-9.
- EMERSON, W. W. 1995. Water retention, organic C and soil texture. In *Australian Journal of Soil Research*, ISSN 0004-9573, vol. 33, no. 2, pp. 241–251. Available on: <https://doi.org/10.1071/SR9950241>.
- FULAJTÁR, E. 1986. *Fyzikálne vlastnosti pôd Slovenska, ich úprava a využitie*. Bratislava: VEDA, 156 s.
- FULAJTÁR, E. 2006. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: VÚPOP, 142 s. ISBN 80-89128-20-3.
- HANES, J. – CHLPIK, J. – MUCHA, V. – SISÁK, P. – ZAUJEC, A. 1995. *Pedológia. Praktikum*. Nitra: VŠP, 153 s. ISBN 80-7137-195-5.
- HILLEL, D. 1982. *Introduction to soil physics*. New York: Academia Press, 392 pp. ISBN 978-0-08-091869-3.
- JURY, W. A. – HORTON, R. 2004. *Soil physics*. USA: John Wiley & Sons, 384 pp. ISBN 978-0-471-05965-3.
- KONRAD, C. P. 2015. *Geospatial Assessment of Ecological Functions and Flood-related Risks on Floodplains along Major river in the Puget Sound Basin, Washington*. Virginia: U.S. Geological Survey Scientific Investigations report 2015-5033, 28 pp. Available from: <http://dx.doi.org/10.3133/sir20155033>.
- MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – ŠIRÁŇ, M. – HOUŠKOVÁ, B. – KANIANSKA, R. – KIZEKOVÁ, M. 2019. An

- approach to the assessment of regulating agroecosystem services. In *Polish Journal of Soil Science*, vol. 52, no. 1, pp. 95 – 112. DOI: 10.17951/pjss/2019. 52. 1.95.
- MAZÚR, E. – LUKNIŠ, M. 1978. Regionálne geomorfologické členenie SSR. In *Geografický časopis*, roč. 30, č. 2, s. 101 – 125.
- REHÁK, Š. – JANSKÝ, L. 2000. *Fyzika pôdy I. Základné fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: UK v Bratislave, 108 s. ISBN 80-223-1544-3.
- ROSE, D. A. 1991. The effect of long-continued organic manuring on some physical properties of soils. In *Advances in soil organic matter research*, pp. 197 – 205. Amsterdam: Elsevier.
- SAŽP, 2010. *Regionálny územný systém ekologickej stability okresu Dolný Kubín* [online]. Banská Bystrica: SAŽP, 2010 – [cit. 24. 2. 2020]. 195 s. Dostupné na: [https://www.minv.sk/swift\\_data/source/miestna\\_statna\\_sprava/okres\\_dk/oszp/tlaciva/krajina/RUSES\\_DK\\_text.pdf](https://www.minv.sk/swift_data/source/miestna_statna_sprava/okres_dk/oszp/tlaciva/krajina/RUSES_DK_text.pdf)
- ŠÍPEK, V. – JAČKA, L. – SEYEDSADR, S. – TRAKAL, L. 2019. Manifestation of spatial and temporal variability of soil hydraulic properties in the uncultivated Fluvisol and performance of hydrological model. In *Catena*, vol. 182, pp. 104 – 119. Available on: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104119>.
- TOMAZ, A. – PATANITA, M. – GUERREIRO, I. – DÓRES, J. – BOTETA, L. – FERRO PALMA, J. 2018. Efficient use of water and nutrients in irrigated cropping systems in the Alqueva region. In *Spanish Journal of Soil Science*, vol. 8, no. 1, pp. 12 – 23. DOI: 10.3232/SJSS.2018.
-

# VÝVOJ SALINIZÁCIE A SODIFIKÁCIE PÔD SLOVENSKA

## DEVELOPMENT OF SALINISATION AND SODIFICATION OF SOILS IN SLOVAKIA

**Rastislav Dodok, Dalibor Kusý**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy,  
Trenčianska 55, 821 09 Bratislava  
e-mail: rastislav.dodok@nppc.sk*

### Abstrakt

V rámci Monitoringu pôd Slovenska sledujeme aj zmeny v procesoch salinizácie a sodifikácie pôd. Na vybudovanej sieti monitorovacích stanovišť každoročne zaznamenávame zmeny pôdnych vlastností indikujúcich tieto procesy. Doterajšie výsledky naznačujú pokles hodnôt sledovaných pôdnych parametrov, čo znamená pokles solných procesov na sledovaných lokalitách.

### Abstract

As part of the Soil Monitoring of Slovakia, we also monitor changes in the processes of salinization and sodification of soils. Every year, we record changes in soil properties indicating these processes on the established network of monitoring sites. The results so far indicate a decrease in the values of the monitored soil parameters, which means a decrease in salt processes in the monitored localities.

### ÚVOD

Problému solných pôd na území Slovenska sa v minulosti venovali Kyntera (1937), Červenka (1958), Červenka, Lopatník (1960), Hraško (1969, 1971), Fulajtár (1996). V súčasnosti prebieha monitoring zmien procesov salinizácie a sodifikácie podľa Kobza *et al.* (2019). Monitorovaním procesov salinizácie a sodifikácie zisťujeme a hodnotíme obsah sodných solí a iónov sodíka v pôde, ktorých zvýšený obsah zhoršuje vlastnosti pôdy pre rast väčšiny rastlín.

### MATERIÁL A METÓDY

Salinizácia (zasoľovanie) je proces akumulácie neutrálnych sodných solí v pôde, predovšetkým chloridu sodného (NaCl) a síranu sodného (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Indikátorom procesu salinizácie je jednak celkový obsah rozpustných solí v pôde získaný suchým odparkom (105 °C) vodné-

---

ho výluhu pôdy a jednak merná elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy (ECe) (Hraško, 1962). Hodnotenie miery salinizácie uvádza tabuľka 1. Výsledkom procesu salinizácie sú slaniská a ich počiatkové vývojové štádia – slabo a stredne zasolené pôdy.

**Tab. 1** Hodnotenie salinizácie pôd

ECe (mS.m <sup>-1</sup> )	Celkový obsah solí (%)	Klasifikácia zasolenia	Reakcia rastlín
< 200	< 0,1	bez salinizácie	vplyv na úrody je zanedbateľný
200–400	0,1–0,15	slabá salinizácia	úrody citlivých rastlín môžu byť znížené
400–800	0,15–0,35	stredná salinizácia	úrody plodín sú redukované
800–1600	0,35–0,70	silná salinizácia	len tolerantné plodiny majú uspokojivé úrody
> 1600	> 0,70	extrémna salinizácia – slanisko	len málo tolerantných rastlín má uspokojivé úrody

Podľa U.S. Soil Salinity laboratory Staff. 1954, In: Fulajtár, 1996

Sodifikácia (slancovanie) je proces viazania výmenného sodíka na sorpčný komplex pôd. Tento proces je podmienený prítomnosťou alkalických solí v pôde, predovšetkým uhličitanu sodného (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), hydrogén-uhličitanu sodného (NaHCO<sub>3</sub>) a kremičitanu sodného (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). Indikátorom procesu sodifikácie je jednak obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe (ESP) a jednak pôdna reakcia (pH) (Sotáková, 1988, Valla *et al.*, 1983). Pôdy s hodnotami ESP 5–10% hodnotíme ako slabo slancové, s hodnotami ESP 10–20% ako slancové a pôdy s hodnotami ESP nad 20% ako slance. Pôdnu reakciu s hodnotou pH 7,4–7,8 hodnotíme ako slabo alkalickú, s hodnotami 7,9–8,4 ako stredne alkalickú a s hodnotami pH nad 8,5 ako silne alkalickú. Výsledkom procesu sodifikácie sú slance a ich počiatkové vývojové štádia – slabo a stredne slancové pôdy.

V prirodzených podmienkach sú v pôdach zastúpené väčšinou obidve skupiny sodných solí, no vo väčšine prípadov býva jedna skupina dominantná. Táto prevaha buď neutrálnych alebo alkalických solí má aj dominantný vplyv na rozvoj hlavných salinických pôdnych procesov.

Mineralizované podzemné vody sú hlavným zdrojom solí v pôde a tým vzniku a vývoja soľných pôd. V oblastiach s výparným vodným režimom pôdy vynášajú vzliáním rozpustené soli do pôdneho profilu. Po transpirácii vody sa soli vyzrážajú na povrchu pôdnych častíc a voľné ióny sodíka sa viažu na pôdny koloidný komplex. Tieto podmienky pre postupné rozširovanie soľných pôd, čiže suchá a teplá klíma, výparný vodný režim pôd a mineralizované podzemné vody, sa na Slovensku vyskytujú v južných častiach Podunajskej a Východoslovenskej nížiny.

Monitoring vývoja soľných pôd prebieha na vybudovanej sieti stacionárnych monitorovacích lokalít. Sieť zahŕňa jednak slabo a stredne slaniskové a slancové pôdy, jednak typické slaniská a slance (Tab. 2). To nám umožňuje sledovať postupný vývoj soľných pôd od ich začiatkových štádií, cez ich stredné stupne až po ich plné rozvinutie. Z celkového počtu 8 monitorovaných lokalít, 6 je situovaných na Podunajskej rovine, kde stabilizovaný režim hladín mineralizovaných podzemných vôd, výparný vodný režim a nastupujúce klimatické zme-

ny smerom k otepľovaniu vytvárajú reálne podmienky pre postupný vznik, rozvoj a rozšírenie solných pôd. Monitorované lokality sú tu situované v katastroch obcí: Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Kamenín. Na Východoslovenskej nížine je do monitorovacej siete zahrnutý typický slanec v katastri obce Malé Raškovce. Na strednom Slovensku sa monitoruje antropogénna sodifikácia pôd exhalátmi závodu na výrobu hliníka v katastri mesta Žiar nad Hronom.

**Tab. 2** Zoznam monitorovaných lokalít solných pôd

Miesto	Názov pôdy (MKSP 2000)
Iža okres Komárno	Čiernica kultizemná karbonátová v počiatočnom štádiu sodifikácie
Gabčíkovo okres Dunajská Streda	Čiernica kultizemná slabo slancová
Zlatná na Ostrove okres Komárno	Čiernica kultizemná černoziemná hlboko slancová
Komárno-Hadovce	Čiernica kultizemná černoziemná slabo slancová
Zemné okres Nové Zámky	Čiernica kultizemná glejová slabo slancová
Kamenín okres Nové Zámky	Slanec čiernicový
Malé Raškovce okres Trebišov	Slanec kultizemný
Žiar nad Hronom	Fluvizem glejová sekundárne zasolená

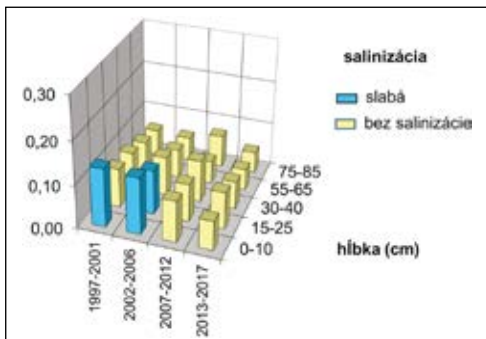
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Vývoj salinizácie

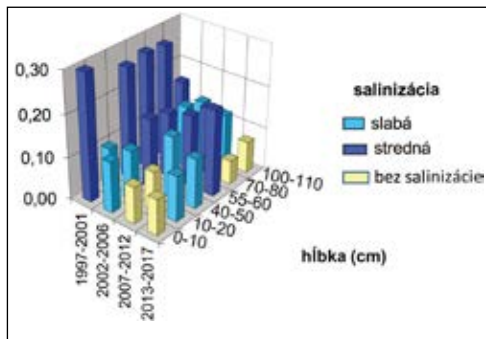
Za 20 rokov monitoringu od roku 1997 sme zistili pokles celkového obsahu solí v celom pôdnom profile na lokalitách Iža (Obr. 1), Komárno-Hadovce (Obr. 2) a Zemné, v hlbších horizontoch (100 – 110cm) lokality Kamenín (Obr. 3) a v horizonte 10 – 20 cm lokality Žiar nad Hronom (Obr. 4). Tento pokles predstavuje na lokalitách Iža a Zemné postupný prechod od slabej salinizácie k pôdam bez známk salinizácie. Na lokalite Komárno-Hadovce sa stredne silná salinizácia mení na slabú salinizáciu. Opačný trend nárastu celkového obsahu solí sledujeme v povrchovom horizonte lokality Malé Raškovce (Obr. 5).

Hodnoty elektrickej vodivosti nasýteného extraktu pôdy klesajú v pôdach lokalít Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Zemné. Na lokalite Komárno-Hadovce (Obr. 6) nastáva posun od pôdy so slabou salinizáciou k pôde bez známk salinizácie. Naopak v celom pôdnom profile lokality Malé Raškovce (Obr. 7) sledujeme nárast elektrickej vodivosti. Dve protichodné trendy prebiehajú v pôdnom profil lokality Gabčíkovo (Obr. 8), kde zaznamenávame nárast elektrickej vodivosti v horizonte 10 – 20 cm a zároveň jej pokles vo väčších hĺbkach od 90 cm. Vo väčších hĺbkach sa mení slabá salinizácia na pôdu bez prejavov salinizácie.

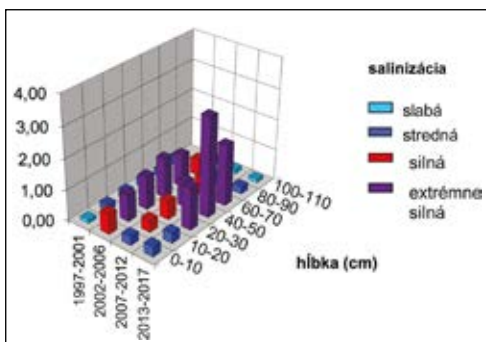
**Obr. 1** Iža – vývoj salinizácie pôd (celkový obsah solí v %)



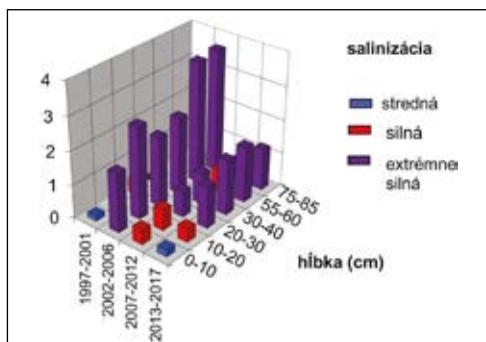
**Obr. 2** Komárno-Hadovce – vývoj salinizácie pôd (celkový obsah solí v %)



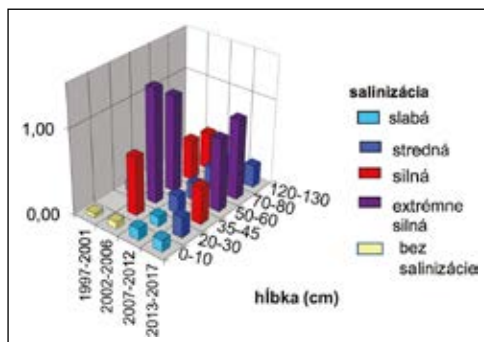
**Obr. 3** Kamenín – vývoj salinizácie pôd (celkový obsah solí v %)



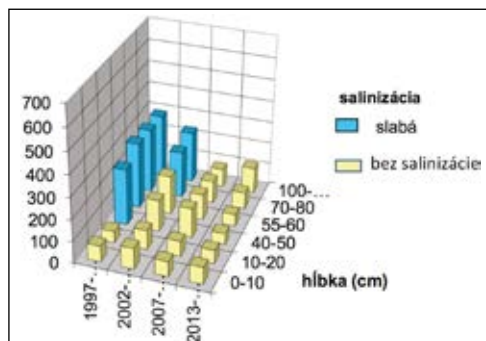
**Obr. 4** Žiar nad Hronom – vývoj salinizácie pôd (celkový obsah solí v %)



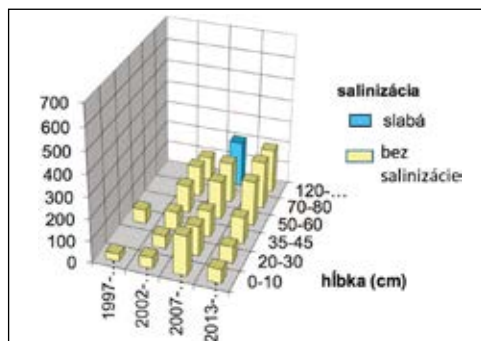
**Obr. 5** Malé Raškovce – vývoj salinizácie pôd (celkový obsah solí v %)



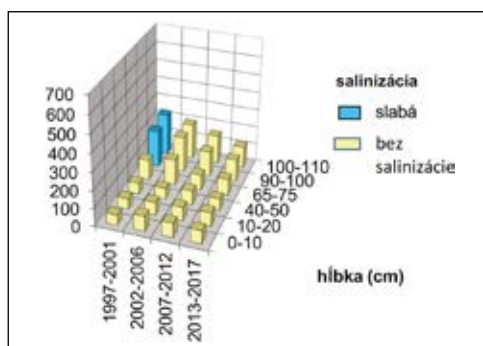
**Obr. 6** Komárno-Hadovce – vývoj salinizácie ( $E_{Ce}$ ,  $mS.m^{-1}$ )



**Obr. 7** Malé Raškovce – vývoj salinizácie ( $E_{Ce}$ ,  $mS.m^{-1}$ )



**Obr. 8** Gabčíkovo – vývoj salinizácie ( $E_{Ce}$ ,  $mS.m^{-1}$ )

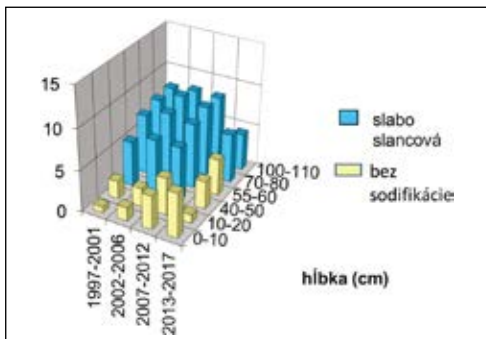


### Vývoj sodifikácie

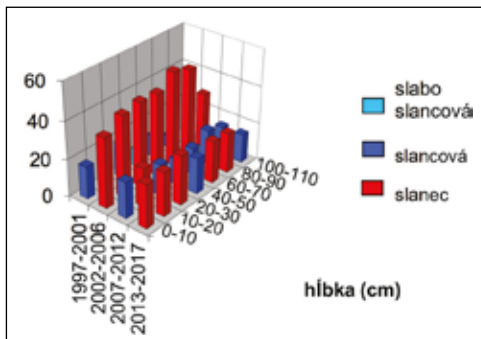
Vo vývoji obsahu výmenného sodíka (ESP) sledujeme jeho nárast v povrchovom horizonte (0–10 cm) lokality Komárno-Hadovce (Obr. 9). Na lokalite Kamenín v hĺbke 100–110 cm (Obr. 10) klesá, čo znamená pokles od hodnôt charakterizujúcich slanec k hodnotám slancovej pôdy. Opačný proces prebieha na lokalite Žiar nad Hronom (Obr. 11) v horizonte 0–10 cm, kde rast hodnôt ESP znamená prechod od slancovej pôdy na slanec. Vo väčších hĺbkach však zároveň hodnoty ESP postupne klesajú.

Vo vývoji pôdnej reakcie sledujeme pokles hodnôt pH v pôdach monitorovaných lokalít Iža, Zemné, Kamenín, Žiar nad Hronom a Malé Raškovce. Na lokalite Iža (Obr. 12) znamená tento pokles v hĺbkach od 30 cm zmenu stredne alkalickéj po slabo alkalickú pôdu. V Kameníne (Obr. 13) sa jednak v povrchovom horizonte 10–20 cm a jednak v hĺbke 100–110 cm mení pôdna reakcia zo silno alkalickéj na stredne alkalickú. V lokalite Žiar nad Hronom (Obr. 14) sa pôdna reakcia v celom profile zmenila zo silno alkalickéj na stredne až slabo alkalickú a v Malých Raškovciach (Obr. 15) v podorničnom horizonte zo stredne alkalickéj na neutrálnu a vo väčších hĺbkach zo silno alkalickéj na slabo alkalickú.

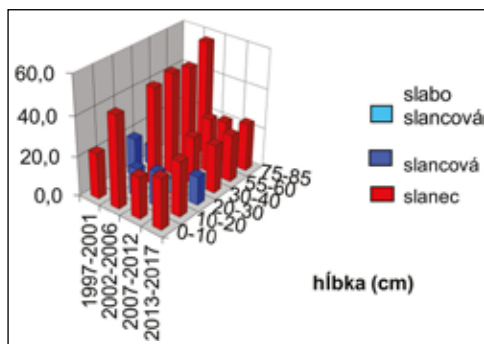
**Obr. 9** Komárno-Hadovce – vývoj sodifikácie (ESP, %)



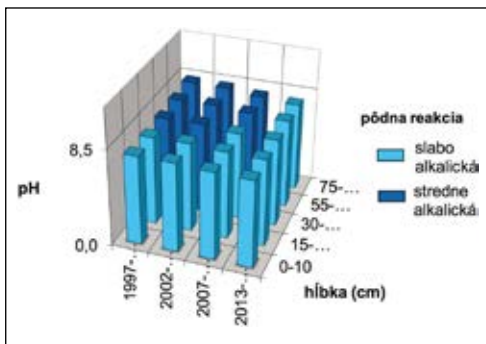
**Obr. 10** Kamenín – vývoj sodifikácie (ESP, %)



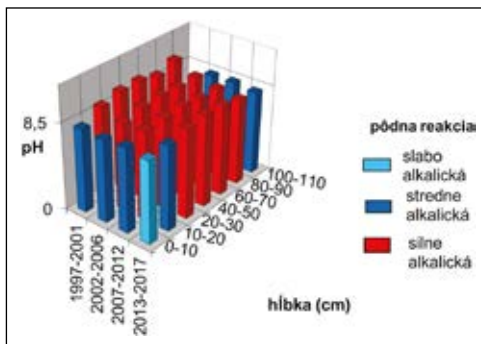
**Obr. 11** Žiar nad Hronom – vývoj sodifikácie (ESP, %)



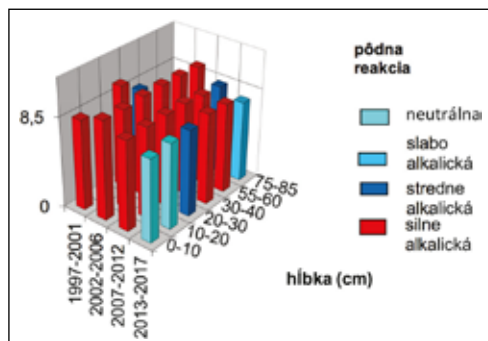
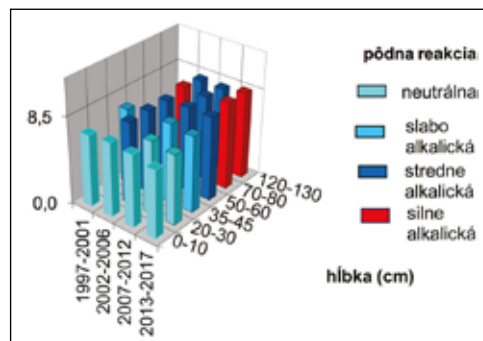
**Obr. 12** Iža – vývoj pôdnej reakcie (pH/H<sub>2</sub>O)



**Obr. 13** Kamenín – vývoj pôdnej reakcie (pH/H<sub>2</sub>O)

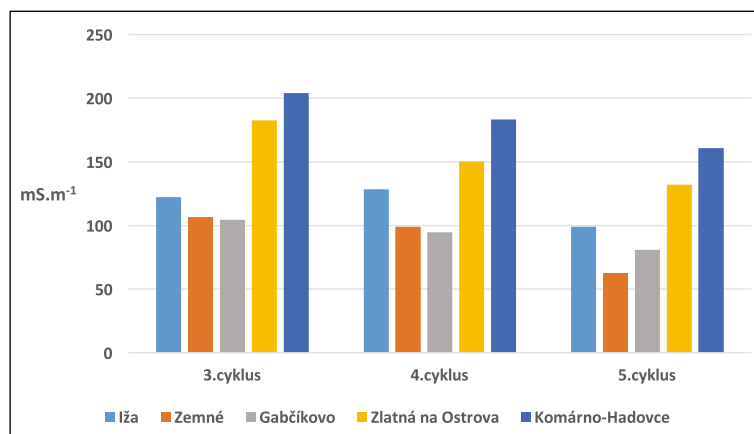




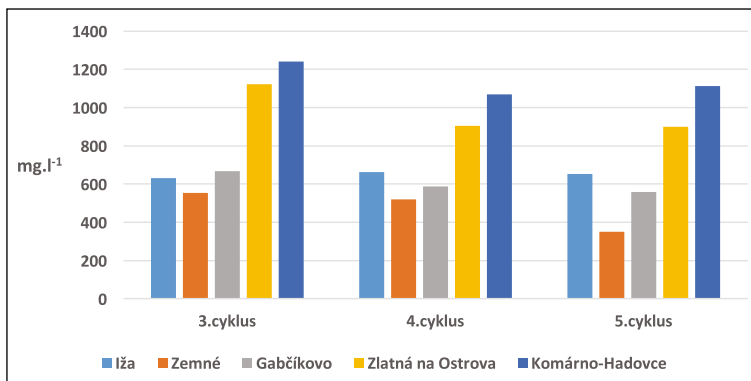
**Obr. 14** Žiar nad Hronom – vývoj pôdnej reakcie (pH/H<sub>2</sub>O)**Obr. 15** Malé Raškovce – vývoj pôdnej reakcie (pH/H<sub>2</sub>O)

### Vývoj chemického zloženia podzemných vôd

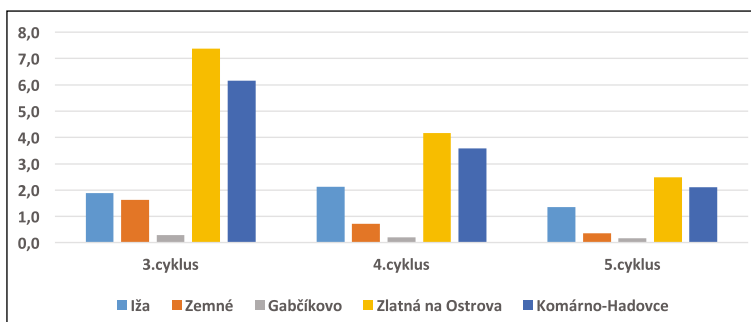
Chemické zloženie podzemných vôd sledujeme od roku 2004 (Obr. 16, 17, 18). Za toto obdobie môžeme sledovať pokles hlavných parametrov salinizácie (elektrická vodivosť, mineralizácia, SAR) v oblasti Podunajskej roviny na lokalitách Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce.

**Obr. 16** Vývoj elektrickej vodivosti podzemných vôd

**Obr. 17** Vývoj mineralizácie podzemných vôd



**Obr. 18** Vývoj SAR (sodíkový adsorpčný pomer) v podzemnej vode



## ZÁVER

Po 20 rokoch monitorovania soľných procesov na 8 vybraných lokalitách s rôznymi prejavmi týchto procesov môžeme tieto monitorovacie lokality rozdeliť do 4 skupín. Jednak je to lokalita Iža bez výraznejších prejavov soľných procesov v pôde, ďalej pôdy so slabou salinizáciou (Gabčíkovo) a slabou sodifikáciou (Zemné). Tretiu skupinu predstavujú pôdy so stredne intenzívnou salinizáciou (Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce). Nakoniec sú pôdy so silnými prejavmi soľných procesov na lokalitách Žiar nad Hronom, Kamenín a Malé Raškovce. Počas obdobia monitoringu sledujeme pokles hodnôt pôdnych parametrov indikujúcich procesy salinizácie a sodifikácie na väčšine lokalít a takisto pokles rizikových parametrov podzemných vôd z hľadiska rozvoja soľných pôd.

## LITERATÚRA

- ČERVENKA, L. 1958. *Soľné pôdy a ich meliorácie*. Bratislava, Slovenské vydavateľstvo poľnohospodárskej literatúry, 1958. 100 s.
- ČERVENKA, L. – LOPATNÍK, J. 1960. Soľné pôdy na Slovensku. *Sborník ČSAZ* č. 10/1960.
- FULAJTÁR, E. 1996. *Prognóza zasoľovania pôd Podunajskej roviny*. Bratislava, VÚPU.

- HRAŠKO, J. 1962. *Rozbory pôd*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1962.
- HRAŠKO, J. 1969. Geografia zasolených a alkalických pôd v Československu. *Geografický časopis* 2/1969.
- HRAŠKO, J. 1971. *Zasolené pôdy v Československu*. Výskumný ústav pôdoznanectva a výživy rastlín, Bratislava.
- KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – DODOK, R. – PÁLKA, B. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2019. *Monitoring pôd Slovenskej republiky. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Výsledky Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda za obdobie 2013–2017 (5. cyklus)*. Vydal: NPPC – VÚPOP Bratislava, 2019, 1. vydanie, 254 s. ISBN 978-80-8163-033-0
- KYNTERA, F. 1937. *Soľné pôdy, ich vlastnosti a zlepšovanie so zvláštnym zreteľom na soľné pôdy Slovenska*. Praha, Ministerstvo zemědělství Československej republiky, 1937. 347 s.
- SOTÁKOVÁ, S. 1988. *Návody na cvičenie z geológie a pôdoznanectva*. Bratislava: Príroda.
- VALLA, M. – KOZÁK, J. – DRBAL, J. 1983. *Cvičení z půdoznanství II*. Skriptum VŠZ v Praze. SPN Praha: 280 s.
- VÚPOP, SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA. 2000. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia*. VÚPOP Bratislava, 76 s. ISBN 80-85361-70-1.
-

# AKTUÁLNY STAV A VÝVOJ PRÍSTUPNÉHO FOSFORU V HLAVNÝCH PŔDNÝCH TYPOCH SLOVENSKA

## CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF AVAILABLE PHOSPHORUS IN MAIN SOIL TYPES OF SLOVAKIA

Jozef Kobza

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznectva a ochrany pôdy,  
Bratislava, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica  
e-mail: jozef.kobza@nppc.sk*

### Abstrakt

V príspevku je hodnotený aktuálny stav a vývoj prístupného fosforu v hlavných pôdných typoch Slovenska. Výsledky boli získané na základe monitorovacieho systému pôd Slovenska. Boli použité zaužívané analytické postupy pre stanovenie prístupného fosforu (podľa Mehlich III). Obsah prístupného fosforu v našich pôdach je značne variabilný, v orných pôdach hlavných pôdných typov Slovenska sa pohybuje v priemernom rozpätí 41 – 103 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je obsah nízky až dobrý. Priemerne je obsah prístupného fosforu v orných pôdach Slovenska vyhovujúci (67 mg.kg<sup>-1</sup>). Vývoj obsahu prístupného fosforu v orných pôdach Slovenska má klesajúci trend, čo súvisí so znižujúcimi sa dávkami priemyselných hnojív. Bolo zistené, že od roku 1993 (začiatok komplexného monitoringu pôd na Slovensku) bol zaznamenaný úbytok prístupného fosforu v priemere o 20 – 30 %.

**Kľúčové slová:** monitoring pôd, prístupný fosfor, pôdne typy Slovenska

### Abstract

Current state and development of available phosphorus in arable soils in Slovakia is evaluated in this contribution. The obtained results are based on the Soil monitoring system in Slovakia. The basic analytical procedures of phosphorus (Mehlich III method) have been used for an analysis. Content of available phosphorus in soils is rather variable, in arable land of main soil types of Slovakia is running in the average range 41 – 103 mg.kg<sup>-1</sup>, which is low to good content of available phosphorus in arable soils. Average content of available phosphorus in arable land is sufficient (67 mg.kg<sup>-1</sup>). Development of available phosphorus in arable land has a decreasing trend which is in correlation to decreasing doses of P-fertilizers into the soil. Based on obtained results of soil monitoring system in Slovakia, decrease of available phosphorus in arable land by about 20 – 30 % has been indicated since 1993 year (starting of soil monitoring system in Slovakia).

**Keywords:** soil monitoring, available phosphorus, arable land, soil types of Slovakia

---

## ÚVOD

Obsah prístupných živín, a teda aj fosforu v pôdach Slovenska je hlavne výsledkom prirodzenej zásobenosti, ako aj intenzity hnojenia a vlastností pôd. Prirodzené zásoby fosforu v našich pôdach sú nízke a pohybujú sa v rozpätí 0,02–0,04 %, čo predstavuje 200–400 mg P.kg<sup>-1</sup> (Mengel, 1965). V našich podmienkach sú taktiež prirodzené obsahy fosforu nízke. Minerálne zlúčeniny fosforu v pôde majú rozdielnu rozpustnosť, a preto je rozdielna aj ich prístupnosť pre rastliny. Medzi najstabilnejšie zlúčeniny fosforu v pôde patria apatity (Kobza & Gáborík, 2008). Fosfor vytvára pomerne pevné väzby, a to na karbonátových pôdach s vápnikom, na kyslých pôdach so železom a hliníkom. Tieto formy fosforu sú vo vode nerozpustné, a preto ich rastliny ťažšie prijímajú (Kobza, 1984). Obsah prístupného fosforu je dôležitým ukazovateľom stavu výživy rastlín. Jeho dôležitá a nezastupiteľná úloha v rastlinách spočíva v účasti na energetických a stavebných procesoch, ako je proces fotosyntézy, dýchania, metabolizmu cukrov a bielkovín.

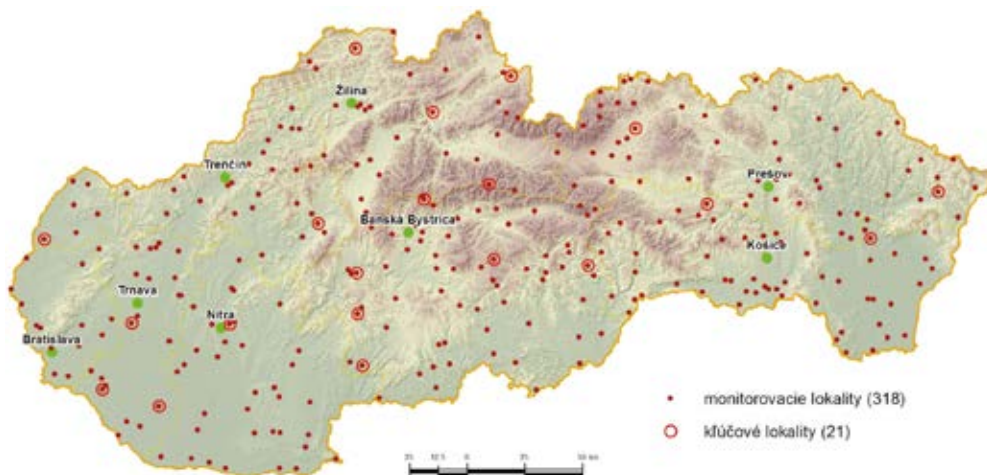
Pri komplexnom pôdoznaleckom prieskume poľnohospodárskych pôd (1961–1970) bol obsah prístupného fosforu nízky, v ornici sa jeho obsah pohyboval v rozpätí 7,6–38,7 mg.kg<sup>-1</sup> (Kobza a Styk, 1997) – priemerne 22,3 mg.kg<sup>-1</sup> (stanoveného prístupného fosforu podľa Egnera). Neskôr, najmä vplyvom dlhodobého systematického hnojenia často vysokými dávkami priemyselných hnojív (najmä 70-te a 80-te roky 20. storočia) došlo v ornici poľnohospodárskych pôd k výraznému zvýšeniu obsahu prístupných živín – pri fosfore o takmer 200%. Po zmene sociálno-ekonomických podmienok na začiatku 90. rokov došlo k výraznému zníženiu dávok priemyselných hnojív z cca 220–230 kg NPK až na 40–60 kg čistých živín (č. ž.) NPK na 1 ha. Neskôr sa priemerná dávka aplikovaných živín do pôdy zvýšila a v súčasnosti predstavuje 100 kg č.ž. NPK na 1 ha, z čoho na fosfor pripadá len 14,45 kg č.ž. na hektár, čo činí len 14,45 % z celkovej priemernej dávky aplikovaných hnojív v súčasnosti (zdroj ÚKSUP). Preto jedným z hlavných okruhov sledovania založeného komplexného monitorovania poľnohospodárskych pôd Slovenska je aj obsah prístupného fosforu.

## MATERIÁL A METÓDY

V príspevku je celoplošne hodnotený obsah prístupného fosforu v monitorovacej sieti poľnohospodárskych pôd Slovenska.

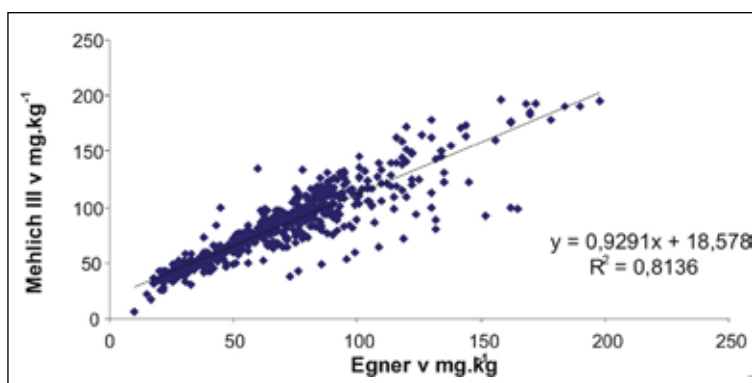
Hodnotené boli orné pôdy hlavných pôdných typov Slovenska v počte 208 monitorovacích lokalít, na ktorých sa predpokladajú najvýraznejšie zmeny v obsahu prístupného fosforu. Prístupný fosfor bol analyzovaný a hodnotený v orníčnom horizonte (z pôdných vzoriek odobraných z hĺbky 0–10 cm) monitorovacích lokalít. Odbery pôdných vzoriek sa odoberajú v 5-ročných cykloch v priebehu mesiacov máj – jún, kedy sú zásahy do pôdy minimálne (najmä vplyv hnojenia).

### Mapa 1 Pôdna monitorovacia sieť Slovenska



Analýzy prístupného fosforu boli vykonané na pracovisku laboratórnych činností pri NPPC-VÚPOP v Bratislave. V monitorovacej sieti poľnohospodárskych pôd Slovenska bol v hodnotených prvých troch monitorovacích cykloch prístupný fosfor stanovený podľa Egnera (roky odberov 1993, 1997, 2002), v štvrtom a piatom monitorovacom cykle je obsah prístupného fosforu stanovený podľa Mehlich III (roky odberov 2007, 2013) (Kolektív, 2011). Kvôli zmene analytických metód v priebehu sledovania a možnej komparácii obsahu prístupného fosforu v časovom rade, bol urobený prepočet analytických metód na stanovenie prístupného fosforu (Kobza & Gáborík, 2008) (Obr. 1).

**Obr. 1.** Regresná závislosť pre fosfor ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) stanovený analytickými metódami podľa Egnera a Mehlich III.



Dosiahnuté výsledky boli spracované a vyhodnotené podľa zaužívaných štatistických postupov podľa konkrétnych typov pôd Slovenska. Na hodnotenie rozdielov preukaznosti bol použitý F-test. Bol posudzovaný počet stupňov voľnosti menšej a väčšej variancie. Vyššia z oboch hodnôt je hodnotou pre vysokú preukaznosť rozdielov ( $P=0,01$ ), menšia pre preukaznosť ( $P=0,05$ ) a nižšia z oboch hodnôt vyjadruje nepreukazný rozdiel.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V nasledovnej Tab. 1 je uvedený obsah prístupného fosforu (podľa Mehlich III) v orných pôdach hlavných pôdných predstaviteľov Slovenska za doteraz 5. ukončený monitorovací cyklus (2013 – 2018).

**Tab. 1** Obsah prístupného fosforu (Mehlich III) v ornici (0 – 10 cm) orných pôd SR (5. monitorovací cyklus)

Pôdy	P (mg.kg <sup>-1</sup> )					
	n	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X	Sd	Vx (%)
ČM na sprašiach	25	12,00	203,00	66,85 (vyh)	49,11	73,47
HM + HMg prevažne na sprašiach	31	10,90	284,00	70,59 (vyh)	63,40	89,81
PG + LMg na sprašových hlinách	37	6,60	267,00	70,20 (vyh)	57,66	82,13
KM na vulkanitoch	5	11,50	119,00	55,02 (vyh)	46,63	84,75
KM na kryštaliniku	12	10,70	109,00	60,08 (vyh)	31,70	52,76
KM + KMg na flyši	15	18,10	145,0	59,05 (vyh)	35,60	60,29
RA na karbonátových substrátoch	8	30,70	154,00	85,38 (vyh)	48,29	56,56
ČA na karbonátových fluvialných sedimentoch	12	5,14	150,00	53,15(vyh)	39,32	73,98
ČA na nekarbonátových fluvialných sedimentoch	14	36,00	312,00	103,00 (d)	74,35	72,14
FM+FM <sub>g</sub> na karbonátových fluvialných sedimentoch	24	8,41	174,00	72,60 (vyh)	45,41	62,55
FM+FM <sub>g</sub> na nekarbonátových fluvialných sedimentoch	25	4,99	94,00	41,23 (nízky)	34,09	82,69

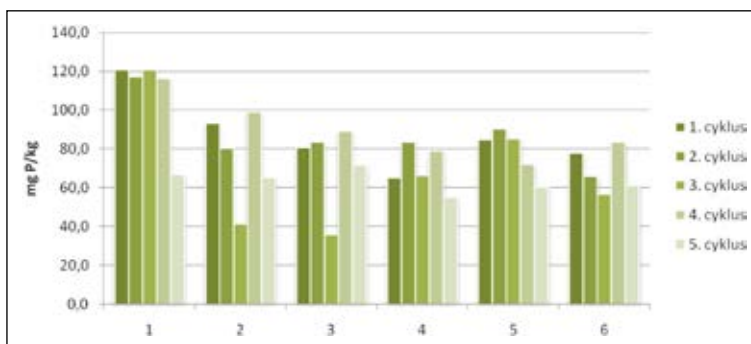
Vysvetlivky: ČM – černoze, HM – hnedozem, HMg – hnedozem pseudoglejová, PG – pseudoglej, LMg – luvizem pseudoglejová, KM – kambizem, KMg – kambizem pseudoglejová, RA – rendzina, ČA – čiernica, FM – fluvizem, FM<sub>g</sub> – fluvizem glejová;  
n – početnosť, X<sub>min</sub> – minimálna hodnota, X<sub>max</sub> – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer, Sd – smerodajná odchýlka, Vx – variačný koeficient, vyh – vyhovujúci obsah, d – dobrý obsah

Priemerný obsah prístupného fosforu v orných pôdach hlavných pôdných predstaviteľov Slovenska sa pohybuje v rozpätí 41,23 mg.kg<sup>-1</sup> – 103 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je obsah nízky až dobrý pre prevládajúce zrnitostne stredne ťažké pôdy (Kobza & Gáborík, 2008). Treba zdôrazniť, že sú tu zastúpené prakticky všetci hlavní pôdni predstavitelia Slovenska s rôznou úrovňou obhospodarovania a využívania, čo sa odzrkadľuje v širokom rozpätí obsahu prístupného fosforu. Svedčia o tom aj pomerne vysoké hodnoty variačného koeficientu, ktoré sa pohybujú v rozpätí 52,76 – 89,81 % (Tab. 1), čo sme konštatovali už v predchádzajúcej práci (Kobza, 2016). Najnižšie priemerné hodnoty prístupného fosforu boli zistené na fluviziemiach vyvinutých na nekarbonátových fluvialných sedimentoch (41,23 mg.kg<sup>-1</sup>), najvyššie hodnoty prístupného fosforu boli zaznamenané na čierniciach vyvinutých na nekarbonátových fluvialných sedimentoch (103 mg.kg<sup>-1</sup>). Priemerný obsah prístupného fosforu za hodnotené pôdy je 67 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je obsah vyhovujúci (Kobza & Gáborík, 2008).

Podobné výsledky v súvislosti s prístupným fosforom boli zistené aj v poľnohospodárskych pôdach ČR (Poláková *et al.*, 2017). Pomerne nízka zásobenosť orných pôd fosforom platí

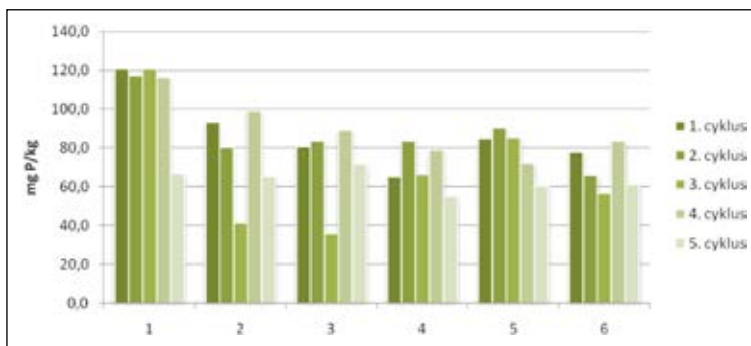
pre takmer všetky hodnotené pôdy s výnimkou časti čiernic. Je to reflexia, ako sme už uviedli v úvodnej časti tohto príspevku, na nízke dávky aplikovaného fosforečného hnojenia. Tento prvok je navyše slabo pohyblivý, na karbonátových pôdach sa často fixuje na vápnik, na kyslých pôdach na železo a hliník (Kobza, 1984). Cieľom uplatňovanej agrotechniky je preto zabrániť neproduktívnej zásobe fosforu v pôde pri súčasnom vytvorení optimálnej hladiny fosforu v pôde a v súlade s požiadavkami vysokej úrovne agrotechniky poľnohospodárskych plodín. Nasledovný vývoj obsahu prístupného fosforu v hodnotených pôdach odráža pokles dávok fosforečných hnojív od roku 1993 (začiatok realizácie monitoringu pôd SR), ktorý je znázornený na obrázkoch 2 a 3.

**Obr. 2** Vývoj obsahu prístupného fosforu v  $\text{mg.kg}^{-1}$  (Mehlich III) v ornici (0–10 cm) orných pôd SR



1 – černozeme, 2 – hnedozeme, 3 – pseudogleje a luvizeme, 4 – kambizeme na vulkani-toch, 5 – kambizeme na kryštaliniku, 6 – kambizeme na flyši

**Obr. 3** Vývoj obsahu prístupného fosforu v  $\text{mg.kg}^{-1}$  (Mehlich III) v ornici (0–10 cm) orných pôd SR



1 – rendziny na karbonátových horninách, 2 – čiernice na karbonátových fluvialných se-dimentoch, 3 – čiernice na nekarbonátových fluvialných se-dimentoch, 4 – fluvizeme na karbonátových fluvialných se-dimentoch, 5 – fluvizeme na nekarbonátových fluvialných se-dimentoch

V priebehu doterajšieho sledovania prakticky na všetkých pôdach dochádzalo k poklesu obsahu prístupného fosforu, kde sa už výraznejšie prejavili nízke dávky P-hnojenia, resp. sa už prejavuje slabý efekt zo starej zásoby fosforu v pôde. Najpreukázanejší rozdiel v smere pokle-



su obsahu prístupného fosforu v porovnaní so začiatkom systematického monitorovania pôd Slovenska v 90. rokoch minulého storočia bol pri fluvizemiach, hnedozemiach, pseudoglejoch a luvizemiach, ako aj pri černozemiach, čierniciach karbonátových a taktiež aj na kambizemiach na kryštaliniku (Tab. 2). Ako uvádzajú Ložek a kol. (2019), obsah prístupného fosforu v pôde sa pohybuje na úrovni 70. rokov 20. storočia. V mnohých prípadoch sa obsah fosforu v pôde stáva už limitujúcim prvkom pre tvorbu úrody a jej kvality.

**Tab. 2** Porovnanie preukaznosti rozdielov prístupného fosforu medzi 1. a 5. monitorovacím cyklom (F-test) v ornici orných pôd Slovenska

Testovacie parametre	Pôdy										
	ČM	HM	PG+LM	KM na vulkanitoch	KM na kryštaliniku	KM na flyši	RA	ČA <sup>c</sup>	ČA	FM <sup>c</sup>	FM
Výpočet	2,28 <sup>+</sup>	1,85 <sup>+</sup>	2,31 <sup>++</sup>	1,11 <sup>-</sup>	2,31 <sup>+</sup>	1,32 <sup>-</sup>	1,57 <sup>-</sup>	2,51 <sup>+</sup>	1,26 <sup>-</sup>	2,47 <sup>+</sup>	5,09 <sup>++</sup>
P <sub>0,05</sub>	2,1	1,8	1,7	6,4	2,3	2,5	5,1	2,5	2,5	2,1	2,1
P <sub>0,01</sub>	2,8	2,4	2,1	16,0	3,4	3,7	11,0	3,7	3,7	2,9	2,9
Vysvetlivky: (-) štatisticky nepreukazný rozdiel, (+) štatisticky preukazný rozdiel, (++) štatisticky vysoko preukazný rozdiel; ČM – černozem, HM – hnedozem, PG – pseudoglej, LM – luvizem, KM – kambizem, RA – rendzina, ČA <sup>c</sup> – čiernica na karbonátových fluvialných sedimentoch, ČA – čiernica na nekarbonátových fluvialných sedimentoch, FM <sup>c</sup> – fluvizem na karbonátových fluvialných sedimentoch, FM – fluvizem na nekarbonátových fluvialných sedimentoch											

Môžeme teda pozorovať negatívny trend v náraste pôd s nižšou zásobou fosforu, čo už bolo konštatované aj vo viacerých predchádzajúcich prácach (Kobza & Gáborík, 2008, Gáborík & Pristavka, 2014, Smatanová *et al.*, 2015, Slamka *et al.*, 2017, Kobza *et al.*, 2019). Ide o dosť závažné konštatovanie, pretože fosfor výrazne ovplyvňuje biochemické procesy v rastlinách, je zdrojom energie pri enzymatických procesoch, plní úlohu pri syntéze organických zlúčenín a má dôležitú úlohu pri tvorbe generatívnych orgánov rastlín (nasadzovanie kvetov a plodov) (Ivančík *et al.*, 1984, Balík *et al.*, 2017, Ložek *et al.*, 2019). Ako uvádzajú Gáborík & Pristavka (2014), v súčasnosti už 73,8% výmery orných pôd vyžaduje systematické hnojenie, čo je už alarmujúci stav. Zastaviť tento negatívny trend je možné iba vyváženým hnojením, t.j. minimálne na úroveň odberového normatívu a to ako minerálnymi hnojivami s obsahom fosforu, tak aj vhodnými alternatívami v podobe ÚKSUP-om schválených sekundárnych zdrojov živín (Gáborík & Pristavka, 2014, Slamka *et al.*, 2017, Ložek *et al.*, 2019).

## ZÁVER

V príspevku bol hodnotený aktuálny stav a vývoj obsahu prístupného fosforu v orných pôdach Slovenska. Bolo zistené, že pre takmer všetky hodnotené pôdy je charakteristická pomerne nízka zásobenosť fosforom s výnimkou časti čiernic. Tento stav je zdôvodnený používaním nižších dávok fosforečných hnojív po roku 1993 (začiatok monitorovania pôd na Slovensku), pričom z pôvodných 200–220 kg č.ž. NPK na 1 ha pred rokom 1993 došlo k súčasnému zníženiu na 100 kg č.ž. NPK na 1 ha, pričom na fosfor pripadá priemerne len 14,45 kg č.ž. na 1

ha. Najnižšie hodnoty obsahu prístupného fosforu boli zistené na fluvizemiach na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch (priemerne  $41,23 \text{ mg.kg}^{-1}$ , čo je nízky obsah). Fosfor sa vyznačuje značnou variabilitou na všetkých hodnotených pôdach (variálny koeficient sa pohybuje v rozpätí 52,76 – 89,81 %). Je to spôsobené jeho prirodzenou heterogenitou, ako aj spôsobom kultivácie.

Na základe dosiahnutých výsledkov bolo zistené, že v porovnaní s 1. cyklom monitorovania pôd (v roku 1993) došlo k výraznému poklesu obsahu prístupného fosforu prakticky na všetkých hodnotených pôdach. Najpreukázanejší rozdiel v smere poklesu obsahu prístupného fosforu bol zistený pri fluvizemiach, hnedozemiach, pseudoglejoch a luvizemiach, čierniciach karbonátových a taktiež aj na kambizemiach na kryštaliniku. Vzhľadom k tomu, že boli hodnotené orné pôdy, obsah fosforu v pôde sa stáva už limitujúcim prvkom pre tvorbu úrody a jej kvality. Záverom možno konštatovať, že taktiež v porovnaní s výsledkami ÚKSUP-u, obsah prístupného fosforu je deficitný, pričom podiel výmery ornej pôdy s nízkou až vyhovujúcou zásobou tohto prvku predstavuje spolu už 2/3 výmery poľnohospodárskych pôd Slovenska, ktoré vyžadujú systematické hnojenie. Úroveň zásobenosti poľnohospodárskych pôd SR fosforom sa tak dostáva do obdobia 60-tých rokov 20. storočia, t. j. do obdobia vykonávania Komplexného prieskumu poľnohospodárskych pôd (KPP), čo je už alarmujúci stav.

### Podakovanie

*Príspevok vznikol za podpory rezortného projektu výskumu a vývoja (RPVV-VÚPOP 01) Monitoring pôd SR – Tvorba a hodnotenie poznatkov o aktuálnom stave a vývoji pôdneho pokryvu v podmienkach klimatickej zmeny.*

### LITERATÚRA

- BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – VANĚK, V. 2017. Význam a poslání agrochemických rozborů půd. In *Sborník z 23. Mezinárodní konference – Racionální použití hnojiv* PRAHA: ČZU, 2017, S. 9 – 16. ISBN 978-80-213-2793-1.
- GÁBORÍK, Š. – PRISTAVKA, M. 2014. *Výsledky agrochemického skúšania pôd na Slovensku v rokoch 2006 – 2011 (XII. Cyklus ASP)*. Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky, Odbor agrochémie a výživy rastlín, Zvolen, 2013, 96 s.
- IVANIČ, J. – HAVELKA, B. – KNOP, K. 1984. *Výživa rastlín a hnojenie*. 2. Vyd. Bratislava: Príroda, 1984, 482 s.
- KOBZA, J. 1984. *Väzby anorganických fosforečnanov v illimerizovanej pôde oglejenej*. *Agrochémia* 7/1984, roč. 24, s. 199 – 202.
- KOBZA, J. – STYK, J. 1997. Phosphorus and potassium retrospective monitoring in main soils of Slovakia. *Proceedings of SFRI*, Bratislava, 20/II., pp. 167 – 174.
- KOBZA, J. – GÁBORÍK, Š. 2008. *Súčasný stav a vývoj obsahu makro – a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska*. VÚPOP Bratislava, 58 s. ISBN 978-80-89128-47-1.
- KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – DODOK, R., MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B., STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2019. *Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2013 – 2017)*. NPPC – VÚPOP Bratislava, 2019, 252 s. ISBN 978-80-8163-033-0.
- KOBZA, J. 2016. Monitoring obsahu prístupného fosforu a draslíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. *Agrochémia* 1/2016, ROČ. XX. (56), S. 43 – 46.
- KOLEKTÍV VÚPOP, 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. VÚPOP Bratislava, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.

- LOŽEK, O. – SLAMKA, P. – GÁBORÍK, Š. – VICIANOVÁ, M. – KOBZA, J. 2019. Dynamika zmien obsahu prístupného fosforu v pôdach na Slovensku. *Agrochémia* 1/2019, vol. XXIII. (59), s. 3–12. ISSN 1335-2415, EV 3392/09.
- MENGEL, K. 1965. *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. 4. vyd. Jena: WEB, Gustav Fischer Verlag, 1965. 470 p.
- POLÁKOVÁ, Š. – KUBÍK, L. – PRÁŠKOVÁ, L. – MALÝ, S. – NĚMEC, P. – STAŇA, J. 2017. *Monitoring zemědělských půd v České republice 1992–2013 (Monitoring of agricultural soils in the Czech Republic 1992–2013)*. ÚKZUZ Brno, 172 s. ISBN 978-80-7401-136-8.
- SLAMKA, P. – LOŽEK, O. – GÁBORÍK, Š. – PANÁKOVÁ, Z. 2017. Dynamika zmien agrochemických vlastností pôd na Slovensku. In *Sborník z 23. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv*, PRAHA: ČZU, 2017, S. 65–72. ISBN 978–80-213–2793-1.
- SMATANOVÁ, M. – KLEMENT, V. – SUŠIL, A. 2015. Změny obsahu přístupných živin v půdach ČR. In *Sborník z 21. mezinárodní konference – Racionální použití hnojiv*, PRAHA ČZU, 2015, S. 49–56. ISBN 978-80-213-2594-4.
-

# KVANTIFIKÁCIA EKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽIEB POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD SLOVENSKA

## QUANTIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES OF AGRICULTURAL SOILS OF SLOVAKIA

**Jarmila Makovníková, Boris Pálka, Miloš Širáň**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy,  
Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica,  
e-mail: jarmila.makovnikova@nppc.sk*

### **Abstrakt**

Pre potreby analýzy a hodnotenia potenciálu ekosystémových služieb poľnohospodársky využívaných pôd sme vytvorili priestorové jednotky skombinovaním štyroch vstupných vrstiev a to: sklonu reliéfu, klimatických jednotiek, textúry pôdy a druhu pozemku. Analyzovali, modelovali a hodnotili sme zásobovacie služby, regulačné a kultúrne služby ekosystémov poľnohospodársky využívaných pôd v krajoch a okresoch Slovenska. Agroekosystémy v Bratislavskom, Trnavskom a Nitrianskom kraji majú najvyšší podiel výmery poľnohospodársky využívaných pôd s vysokým až veľmi vysokým potenciálom zásobovacej služby, potenciálom regulácie odnosu pôdy spôsobenému vodnou eróziou ako aj s vysokým potenciálom imobilizácie rizikových prvkov. V Prešovskom a Žilinskom kraji je potenciál pre reguláciu odnosu pôdy na nízkej až strednej úrovni. Potenciál regulácie klímy poľnohospodársky využívaných pôd má v štyroch krajoch dominantné zastúpenie nízkej a veľmi nízkej kategórie (v Bratislavskom kraji, v Nitrianskom kraji, v Trenčianskom kraji, v Trnavskom kraji). Odlišná je situácia v Banskobystrickom, Žilinskom a Prešovskom kraji, kde je vyššia výmera poľnohospodársky využívaných trávnych porastov. Časť okresov Košického kraja má prevahu agroekosystémov s veľmi nízkym potenciálom regulácie klímy, niektoré okresy, ako napríklad Gelnica a Rožňava majú však zastúpenie aj v kategórii veľmi vysokého potenciálu regulácie klímy. Kraje s vyšším zastúpením trávnych porastov vo výmere poľnohospodársky využívaných pôd majú vyšší potenciál prírodných predpokladov pre rekreáciu.

**Kľúčové slová:** zásobovacie agroekosystémové služby, regulačné agroekosystémové služby, kultúrne agroekosystémové služby, kraj, okres

### **Abstract**

For the spatial quantifying of agroecosystem services potential of agricultural land, we have created a mapping units by combining four input layers (climatic region, slope topography, soil texture and land use). Provisioning, regulating and cultural ecosystem services of

agricultural land were analyzed, modelled and evaluated in regions and districts of Slovakia. Agroecosystems in the Bratislava, Trnava and Nitra regions have the highest share of agricultural land with high to very high potential of provisioning services, potential for regulation of soil erosion caused by water erosion as well as high potential for immobilization of risk elements. In the Prešov and Žilina regions, the potential for regulation of soil erosion is at a low to medium level. The potential for climate regulation has a dominant representation of low and very low categories in four regions (in the Bratislava Region, in the Nitra Region, in the Trenčín Region, in the Trnava Region). The situation is different in the Banská Bystrica, Žilina and Prešov regions, where there is a higher area of agriculturally used grasslands. Some districts of the Košice Region have a predominance of agroecosystems with a very low potential for climate regulation, but some districts, such as Gelnica and Rožňava, are also represented in the category of very high potential for climate regulation. Regions with a higher proportion of grassland in the area of agricultural land have a higher potential for natural conditions for recreation.

**Keywords:** provisioning ecosystem services, regulating ecosystem services, cultural ecosystem services, region, district

## ÚVOD

Koncept ekosystémových služieb zavádza ekologický aj sociálny rozmer do vnímania, hodnotenia a riadenia poľnohospodárskych systémov. Analyzovať a hodnotiť ekosystémové služby znamená porozumieť vzájomnej závislosti a kompromisom medzi poľnohospodárskou výrobou a životným prostredím. Ekosystémové služby (produkčné, regulačné a kultúrne) sú zo svojej podstaty určené vzájomnou interakciou medzi ekologickými a sociálnymi systémami, pretože len tie ekosystémové procesy, ktoré prispievajú k naplneniu ľudských potrieb, sú definované ako ekosystémové služby (Birghofer *et al.*, 2016). Ekosystémové služby naviazané na prírodný kapitál, pôdu, delí Dominati *et al.* (2010) do troch základných skupín, a to na zásobovacie (produkty získané z ekosystémov ako potrava, drevo, vlákna, fyzická podpora, prostredie pre živočíchy, rastliny, človeka a infraštruktúru), regulačné služby (umožňujú život v stabilnom, odolnom a zdravom životnom prostredí ako je zmiernenie povodní, filtrovanie živín, biologická detoxikácia, čistenie vody, odstraňovanie znečistenín, recyklácia odpadov a detoxikácia, sekvestrácia C a regulácia N<sub>2</sub>O a CH<sub>4</sub>) a kultúrne služby (rekreačné služby, služby vyvolávajúce estetický zážitok, služby sprostredkovávajúce vnímanie kultúrneho dedičstva).

Pre udržanie ekosystémových služieb sú nevyhnutné podporné procesy (fotosyntéza, obeh vody a živín, tvorba pôdy, produkcia atmosférického kyslíka a zloženie atmosféry). Biodiverzita nie je zaradovaná medzi ekosystémové služby, ale je základným predpokladom ich plnenia (Dominati *et al.*, 2010). Koncept ekosystémových služieb prináša nový komplexný pohľad na problematiku efektívneho využívania prírodných zdrojov nielen z pohľadu produkcie, ale najmä z pohľadu služieb, ktoré ekosystémy poskytujú (Maes *et al.*, 2011, Burkhard *et al.*, 2013, Makovniková *et al.*, 2017, Kanianska *et al.*, 2016). Agroekosystém, ktorého základom je pôda, je stále a v každých podmienkach multifunkčný, čo sa týka procesov, ktoré v ňom prebiehajú, ako

aj funkcií a služieb. Agroekosystémy sa od prirodzených ekosystémov výrazne odlišujú. Porasty prirodzenej vegetácie sú vo veľkej miere nahradené synantropnou vegetáciou ako pozostatok poľnohospodárskej činnosti. Rôzne typy ekosystémov v krajine majú celý rad prechodných spoločenstiev, ktoré však v poľnohospodárskej krajine chýbajú (Šarapatka, 2011), čo sa negatívne odráža na ekologickej stabilite poľnohospodársky využívaného územia. Agroekosystémy sa vyznačujú jednoduchšou diverzitou organizmov, menším počtom druhov organizmov, ktoré sú geneticky menej rozmanité (Power, 2010). Explicitné kvantifikovanie a mapovanie ekosystémových služieb je považované aj za jednu z hlavných požiadaviek pre implementáciu konceptu ekosystémových služieb do inštitucionálneho rozhodovania. Hodnotenie agroekosystémových služieb prináša nové poznatky, účelové informácie ako aj priestorovú kvantifikáciu služieb agroekosystémov. Pre praktické ako aj legislatívne využitie konceptu agroekosystémových služieb pri plánovaní, výhľadových štúdiách, sú nevyhnutné kvalitatívne a kvantitatívne analýzy a hodnotenia agroekosystémových služieb prepojené s priestorovou vizualizáciou na požadovanej úrovni. Modely a ich mapové zobrazenia by mali reflektovať na jednej strane biofyzikálne faktory, na druhej strane by však mali byť aplikovateľné aj v rámci administratívnych jednotiek pre lepšie uplatnenie modelov v rozhodovaní (Burkhard *et al.*, 2014, Nieto-Romero *et al.*, 2013).

Cieľom príspevku je kvantifikácia agroekosystémových služieb pre kraje a okresy Slovenska.

## MATERIÁL A METÓDY

Podľa Burkhard *et al.* (2014) je potenciál ekosystémových služieb definovaný ako hypoteticky maximálne možné plnenie ekosystémových služieb. Potenciál ekosystémových služieb je porovnateľný so zásobami prírodného kapitálu a zabezpečuje aktuálny aj budúci tok ekosystémových služieb (Costanza, 2008). Pri priestorovej kvantifikácii ekosystémových služieb pre poľnohospodársky využívané pôdy Slovenska sme prepojili poznatky vedy s manažmentom využívania prírodných zdrojov. Pre potreby analýzy a hodnotenia potenciálu ekosystémových služieb sme vytvorili zobrazovacie jednotky skombinovaním štyroch vstupných vrstiev, a to sklonu reliéfu, klimatických jednotiek, textúry pôdy a druhu pozemku. Výsledná vrstva je spracovaná pre celé územie Slovenskej republiky s využitím metód a nástrojov, ktoré ponúkajú geografické informačné systémy (GIS). Vrstva priestorových jednotiek je zároveň kompatibilná s priestorovými jednotkami v medzinárodne používanej databáze (Corine Land Cover), keďže nesie informácie o využívaní pozemku. V rámci každej vytvorenej priestorovej jednotky sme vypočítali vážený priemer hodnôt potenciálu ekosystémovej služby pre územie SR, ktorý je charakteristický pre danú priestorovú jednotku.

Koncept agroekosystémových služieb (AESS) spája environmentálny a socioekonomický prístup k analýze a hodnoteniu prírodného kapitálu. Podľa Mederlyho (Mederly *et al.*, 2019) je dôležité prepojenie údajov o kapacite ekosystémovej služby (ktorá je často hodnotená pre prírodné regióny) s údajmi o jej reálnom využívaní, ktoré sú však dostupné pre administratívne celky. Multikriteriálny prístup k priestorovej kvantifikácii ekosystémových služieb (vytvo-

rená sieť gridov pre ich hodnotenie) prepojený so socioekonomickým indikátorom, ktorým sú územné jednotky pre štatistické účely (NUTS, LAU, LŠÚJ1, Vyhláška 438/2004), okresy, nám umožňuje explicitne posúdiť potenciál ekosystému poľnohospodársky využívaných pôd poskytovať ekosystémové služby a prepojiť toto hodnotenie s administratívnymi jednotkami. Metodika NUTS sa využíva pre štatistické monitorovanie a analyzovanie sociálnej a ekonomickej situácie v regiónoch krajín.

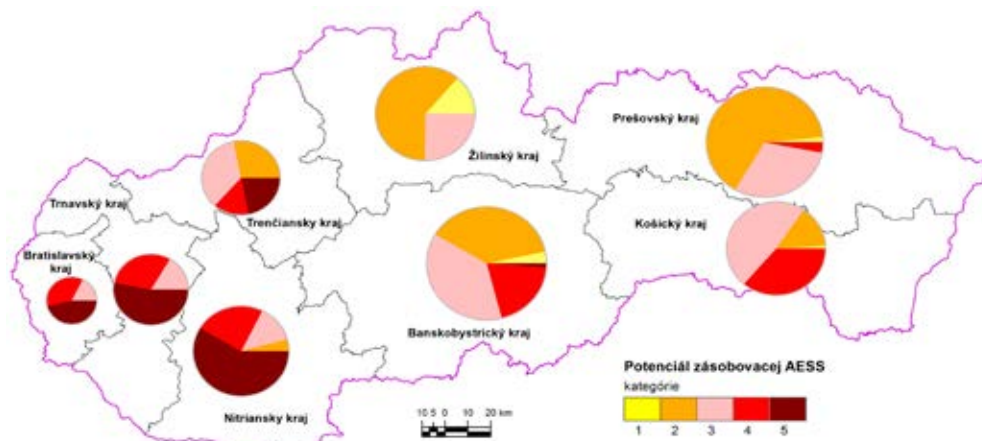
Analyzovali a hodnotili sme zásobovaciu agroekosystémovú službu, regulačné služby (regulácia vodného režimu, regulácia odnosu pôdy, filtračná služba – filtrácia anorganických polutantov, regulácia klímy) a kultúrne služby. Využili sme skórovacie spôsoby hodnotenia, ktoré sú všeobecne používané pri hodnotení zložitých systémov (MEA 2005, Lovell *et al.* 2010, Frélichová, Fanta, 2015). Medzi produkciou fytomasy na poľnohospodárskych pôdach SR a bodovou hodnotou produkčného potenciálu je preukazná polynomická regresná závislosť (Bujnovský *et al.*, 2011). Produkčný potenciál (Džatko, 2002) sme využili pri modelovaní potenciálu zásobovacej ekosystémovej služby, ktorú sme hodnotili v 5 kategóriách nasledovne: 1 – veľmi nízky potenciál (<20 bodov), 2 – nízky potenciál (20–40 bodov), 3 – stredný potenciál (41–60 bodov), 4 – vysoký potenciál (61–80 bodov), 5 – veľmi vysoký potenciál (>80 bodov). Potenciál regulácie vodného režimu, akumulácie vody v pôde sme modelovali a hodnotili cez retenčnú vodnú kapacitu, ktorá patrí k základným hydrofyzikálnym charakteristikám pôdy (Antal, 1999). Pre hodnotenie bola zvolená nasledovná kategorizácia: 1 – veľmi nízky potenciál (<135 mm), 2 – nízky potenciál (135–175 mm), 3 – stredný potenciál (175–215 mm), 4 – vysoký potenciál (216–275 mm), 5 – veľmi vysoký potenciál (>275 mm). Potenciál regulácie odnosu pôdy hodnotili v 5 kategóriách na základe indexov SEOP (relatívna číselná hodnota) (Pálka *et al.* 2015): 1 – veľmi nízky potenciál (>2,60), 2 – nízky potenciál (2,21–2,60), 3 – stredný potenciál (1,81–2,20), 4 – vysoký potenciál (1,40–1,80), 5 – veľmi vysoký potenciál (<1,40). Filtračnú službu sme hodnotili v 5 kategóriách na základe súčtu ratingového hodnotenia potenciálu kontaminácie a sorpčného potenciálu pôd (metóda hodnotenia je bližšie popísaná v Makovníková *et al.* (2007). Potenciál sorbentov je funkciou kvalitatívnych faktorov (pH,  $Q_0^4$ ) a kvantitatívnych faktorov (Cox, H – hrúbka humusového horizontu). Agroekosystémy orných pôd prispievajú k regulácii klímy sekvestráciou organického uhlíka v pôde. Najväčšia koncentrácia zásob organického uhlíka v pôde je v hĺbke 0 až 30 cm (Batjes, 2014, Barančíková *et al.*, 2011). Potenciál regulácie klímy sme hodnotili cez zásoby organickej hmoty v pôde (0–30 cm) nasledovne: 1 – veľmi nízky potenciál (<5,00 t C.ha<sup>-1</sup>), 2 – nízky potenciál (5,00–62,00 t C.ha<sup>-1</sup>), 3 – stredný potenciál (62,01–67,00 t C.ha<sup>-1</sup>), 4 – vysoký potenciál (67,01–72,00 t C.ha<sup>-1</sup>) 5 – veľmi vysoký potenciál (>72,00 t C.ha<sup>-1</sup>). Rekreačné služby, potenciál rekreácie pre pešiu turistiku, cykloturistiku a bežecké lyžovanie, sú hodnotené cez analýzu prírodných predpokladov pre uskutočnenie rekreácie (ratingové kritériá) a hodnotenie biofyzikálnych parametrov (metóda hodnotenia je bližšie popísaná v Makovníková *et al.* (2016). Vychádzame z predpokladu, že každý ekosystém (teda aj ekosystém poľnohospodársky využívaných pôd) má určitý potenciál pre uskutočnenie rekreácie.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

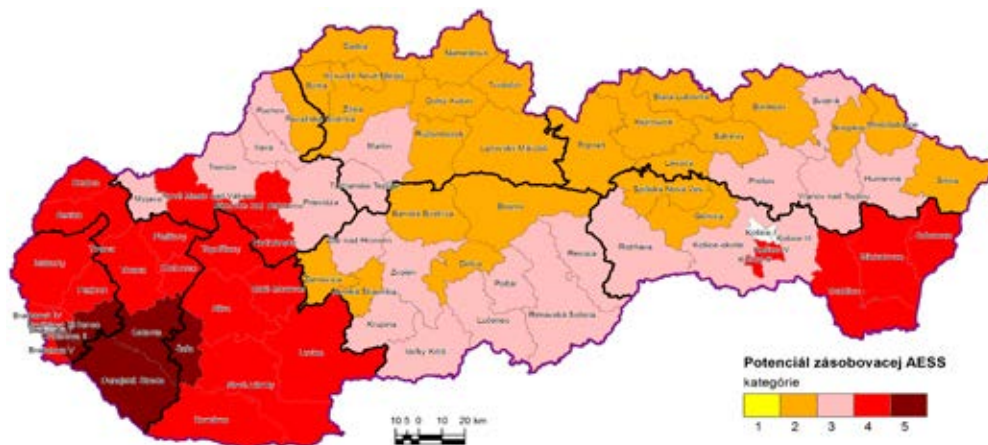
Na obrázkoch 1A, B je priestorová kvantifikácia potenciálu zásobovacej ekosystémovej služby poľnohospodársky využívaných pôd pre kraje a okresy SR. Kategórie pre každý kraj a okres sú stanovené na základe váženého priemeru kategórií 1 až 5 v danom kraji a okrese.

V ekosystémoch poľnohospodársky využívaných pôd patrí regulácia vodného režimu (akumulácia vody v pôde), regulácia odnosu pôdy (regulácia erózie), regulácia klímy (zásoby C v pôde) a filtrácia polutantov k hlavným regulačným službám (Dominati *et al.*, 2013). Potenciál regulačných ekosystémových služieb predstavuje zásoby prírodného kapitálu a zabezpečuje aktuálny aj budúci tok ekosystémových služieb (Constanza, 2008). Na Obr. 2A,B, 3A,B, 4A,B a 5A,B sú priestorové kvantifikácie potenciálu regulačných ekosystémových služieb poľnohospodársky využívaných pôd pre kraje a jednotlivé okresy SR.

**Obr. 1A** Štruktúra zastúpenia kategórií potenciálu zásobovacej agroekosystémovej služby v krajoch SR

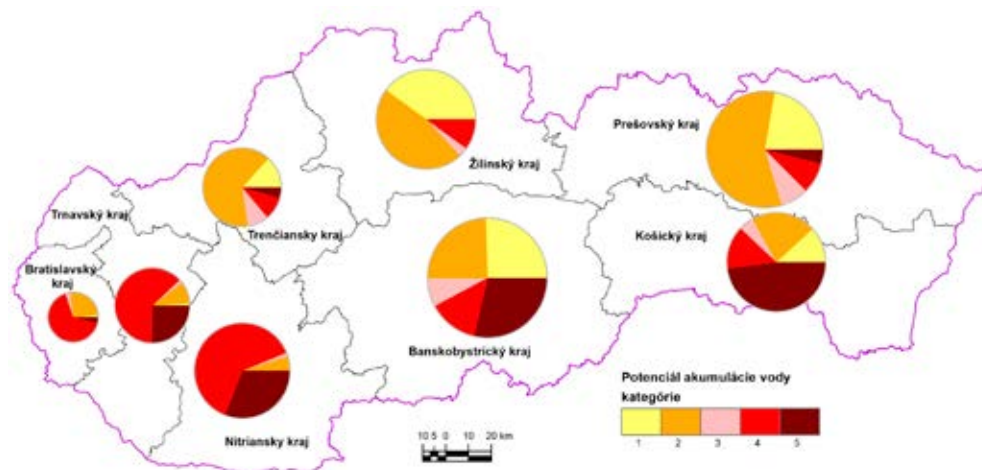


**Obr. 1B** Priemerné hodnoty potenciálu zásobovacej agroekosystémovej služby v okresoch SR

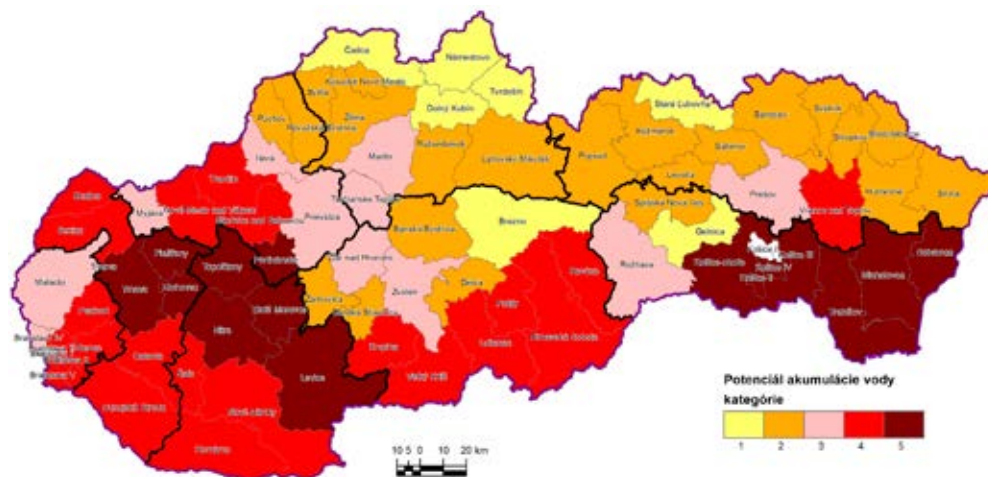




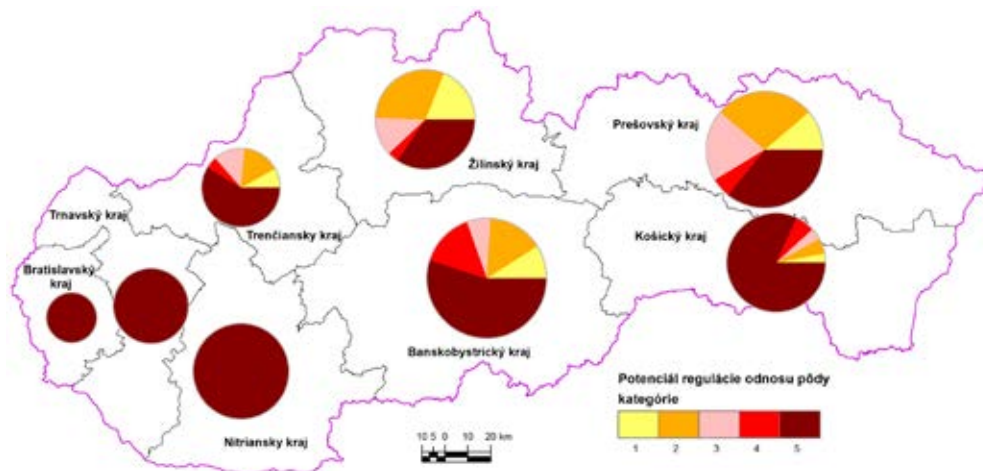
**Obr. 2A** Štruktúra zastúpenia kategórií potenciálu regulácie vodného režimu (akumulácie vody) v krajoch SR



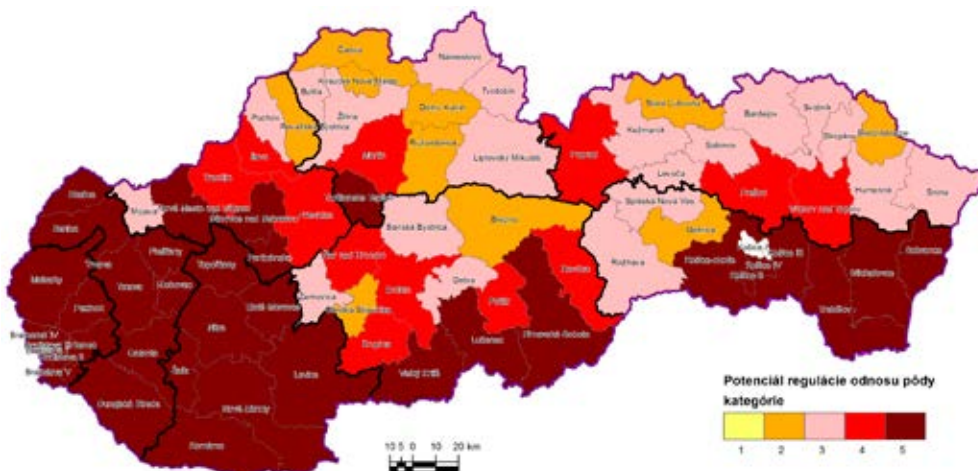
**Obr. 2B** Priemerné hodnoty potenciálu regulácie vodného režimu (akumulácie vody) v okresoch SR

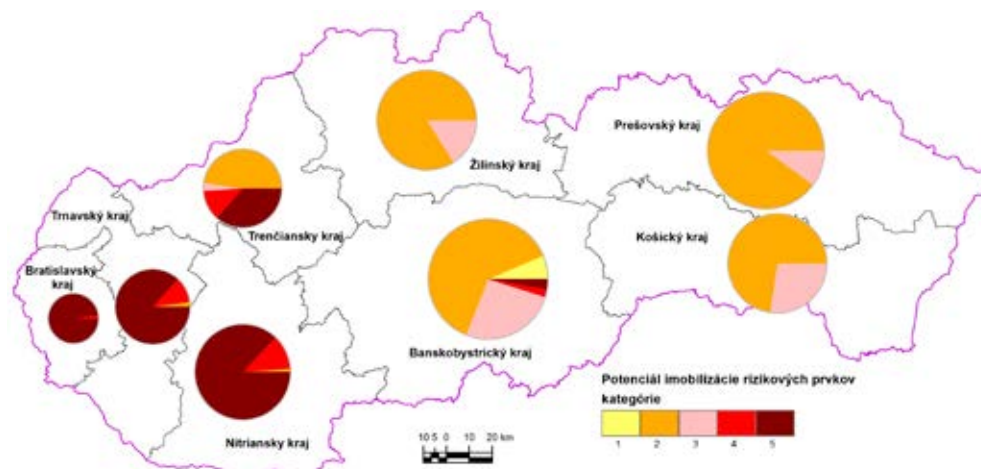
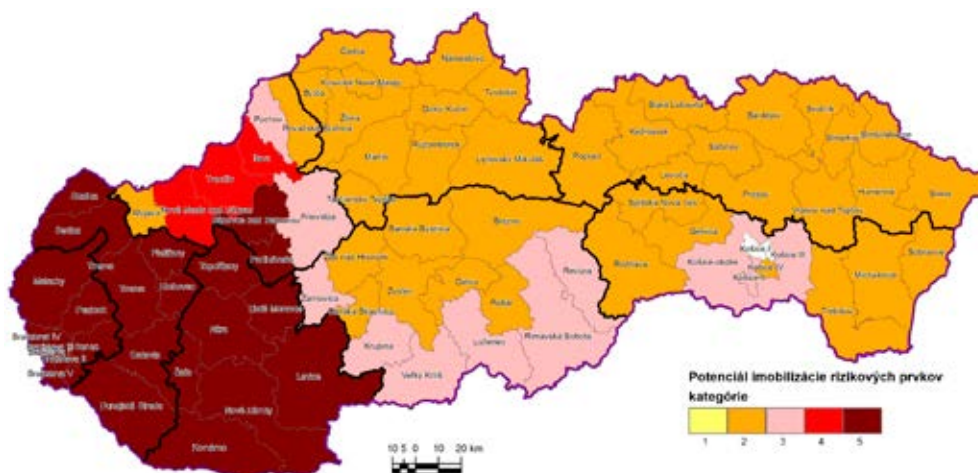


**Obr. 3A** Štruktúra zastúpenia kategórií potenciálu regulácie odnosu pôdy v krajoch SR

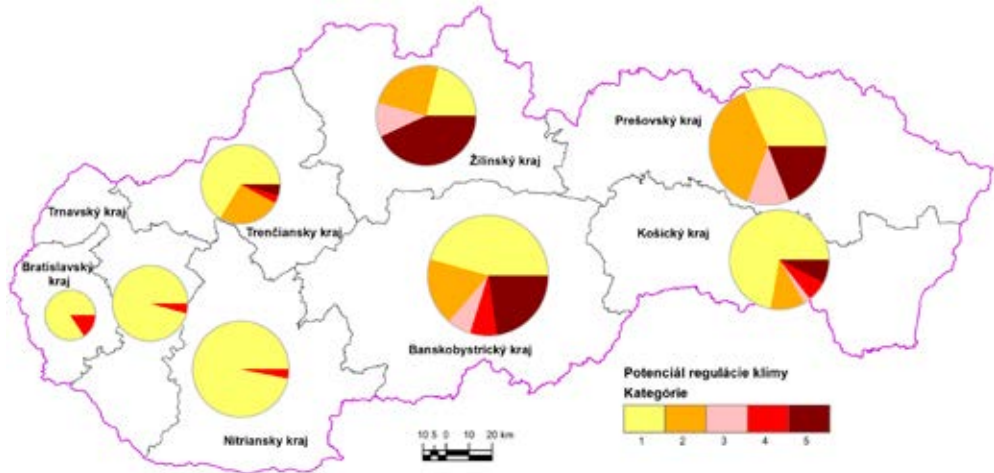


**Obr. 3B** Priemerné hodnoty potenciálu regulácie odnosu pôdy v okresoch SR

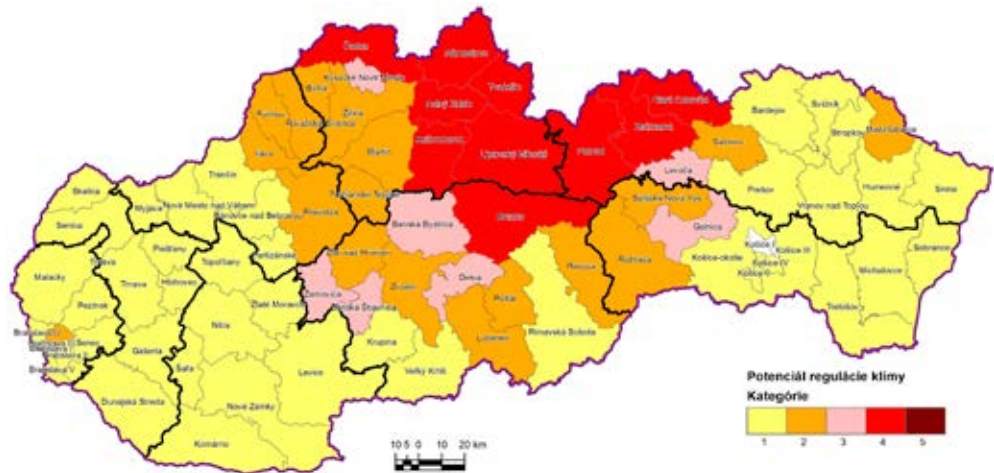


**Obr. 4A** Štruktúra zastúpenia kategórií potenciálu imobilizácie rizikových prvkov v krajoch SR**Obr. 4B** Priemerné hodnoty potenciálu imobilizácie rizikových prvkov v okresoch SR

**Obr. 5A** Štruktúra zastúpenia kategórií potenciálu regulácie klímy v krajoch SR



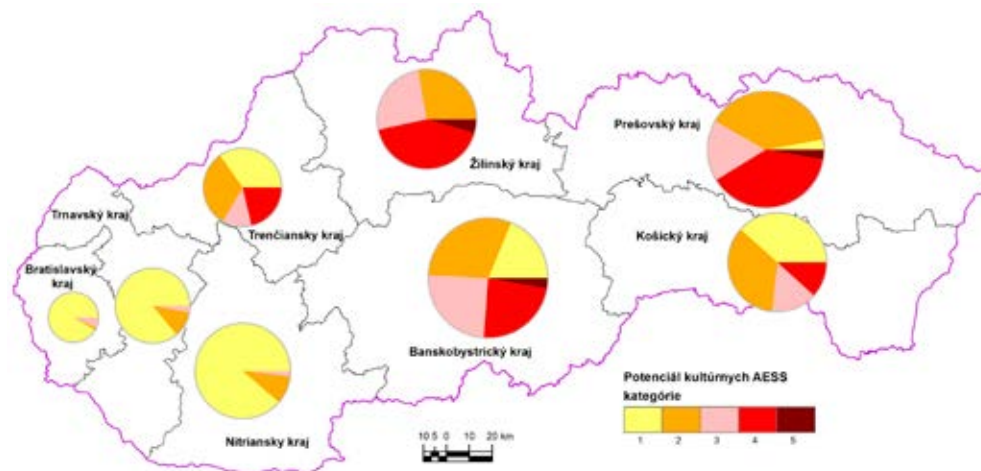
**Obr. 5B** Priemerné hodnoty potenciálu regulácie klímy v okresoch SR



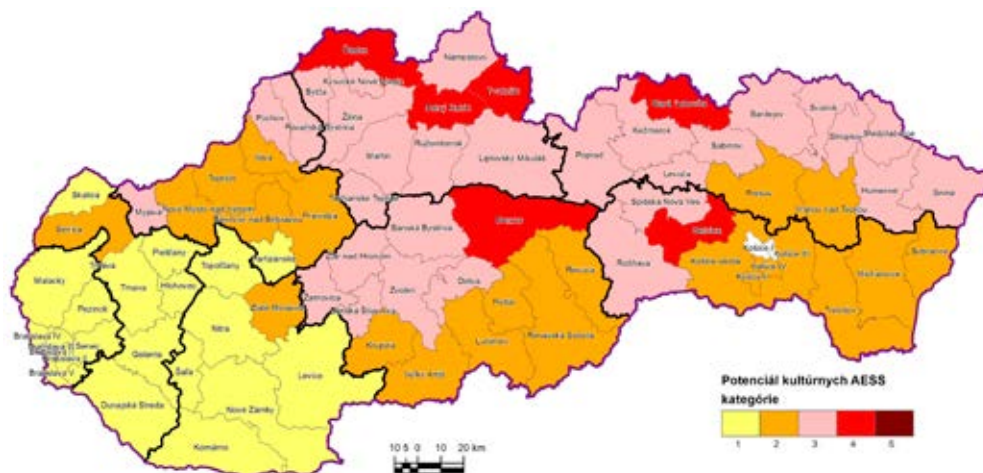


Priestorová kvantifikácia potenciálu prírodných predpokladov pre rekreáciu poľnohospodársky využívaných pôd pre kraje a okresy SR je uvedená na obrázkoch 6A, B.

**Obr. 6A** Štruktúra zastúpenia kategórií potenciálu prírodných predpokladov pre rekreáciu v krajoch SR



**Obr. 6B** Priemerné hodnoty potenciálu prírodných predpokladov pre rekreáciu v okresoch SR



V Bratislavskom kraji má s výnimkou jedného okresu viac ako 80 % výmery poľnohospodársky využívaných pôd vysoký až veľmi vysoký potenciál zásobovacej služby, s miernou prevahou kategórie veľmi vysokého potenciálu a viac ako 70 % výmery poľnohospodársky využívaných pôd vysoký potenciál regulácie vodného režimu vo väčšine okresov. Významné rozdiely v potenciáli zásobovacej služby ekosystémov poľnohospodárskych pôd determinuje heterogenita klimatických podmienok, ako aj pôdnych typov, druhov, svahovitosti, skeletnosti a hĺbky pôd. Podľa Powera (2010) dostupnosť vody v agroekosystéme závisí nielen na infiltrácii a prietoku, ale najmä jej akumulácii v pôde. Viac ako 90 % výmery poľnohospodár-

sky využívaných pôd patrí do kategórie s veľmi vysokým potenciálom imobilizácie rizikových prvkov a to vo všetkých okresoch Bratislavského kraja. Väčšinou ide o ekosystémy orných pôd s vysokým obsahom karbonátov vyvinuté na spraši lokalizované na Podunajskej nížine bez antropogénnej a geochemickej depozície. Černoze a hnedoze, pôdy, ktorých hodnota pôdnej reakcie sa pohybuje v neutrálnej až slabo alkalicknej oblasti (Kobza *et al.*, 2014) s vysokým obsahom organickej hmoty v povrchovom horizonte, disponujú najvyšším potenciálom imobilizácie rizikových prvkov. Patria k pôdam s optimálnymi pôdnymi parametrami vzhľadom k filtračnej ekosystémovej službe. V literatúre viacerí autori (Yong *et al.*, 1992, Johnston, 2004, Čurlík *et al.*, 2003, Makovníková *et al.*, 2007, Makovníková, Barančíková, 2009) uvádzajú hodnotu pôdnej reakcie ako jeden z najdôležitejších pôdných parametrov ovplyvňujúci predovšetkým sorpčné parametre sorbentov, ktorých selektivita voči sorpcii kovu je pri rôznych hodnotách pH rôzna. Vysvetlenie tohto javu spočíva v závislosti aktivity nábojov pôdných sorbentov od hodnoty pôdnej reakcie. Pri nízkych hodnotách pH je aj sorpcia ťažkých kovov relatívne nízka vzhľadom na kompetíciu sorpčných miest protónom ( $H^+$ ).

V Nitrianskom kraji sa zastúpenie kategórie veľmi vysokého potenciálu zásobovacej služby v jednotlivých okresoch pohybuje od 36,34 % do 82,20 %, zastúpenie kategórie vysokého potenciálu regulácie vodného režimu od 40,30 % do 90,86 % a kategórie veľmi vysokého potenciálu imobilizácie rizikových prvkov od 71,40 % do 99,32 %.

V Trenčianskom kraji je v piatich okresoch vysoký podiel kategórie nízkeho až stredného potenciálu zásobovacej služby a potenciálu regulácie vodného režimu (Myjava, Považská Bystrica, Prievidza, Púchov, Trenčín) a v štyroch vysokého až veľmi vysokého potenciálu zásobovacej služby a potenciálu regulácie vodného režimu (Bánovce n/Bebravou, Ilava, Nové mesto n/Váhom, Partizánske). V dvoch okresoch (okres Myjava a Považská Bystrica) je zastúpenie kategórie nízkeho potenciálu imobilizácie rizikových prvkov viac ako 80 %.

V Trnavskom kraji je väčšina agroekosystémov poľnohospodársky využívaných pôd s výnimkou jedného okresu (Hlohovec) v kategórii vysokého až veľmi vysokého potenciálu zásobovacej služby, s výraznou prevahou kategórie veľmi vysokého potenciálu. Percentá výmery ekosystémov poľnohospodársky využívaných pôd s vysokým potenciálom regulácie vodného režimu v jednotlivých okresoch (s výnimkou Senice a Skalice) sa pohybujú od 69,58 % do 92,82 %. Zastúpenie kategórie veľmi vysokého potenciálu imobilizácie rizikových prvkov sa v jednotlivých okresoch pohybuje od 73,04 % do 99,82 %.

V Banskobystrickom kraji je v piatich okresoch (Banská Bystrica, Banská Štiavnica, Brezno, Detva, Žarnovica) viac ako 50 % zastúpenie kategórie nízkeho potenciálu zásobovacej služby. V južných okresoch prevažujú kategórie stredného až vysokého potenciálu zásobovacej služby a veľmi vysokého až vysokého potenciálu regulácie vodného režimu.

V Žilinskom kraji má väčšina okresov vysoký podiel kategórie nízkeho potenciálu zásobovacej služby, pričom kategórie vysokého a veľmi vysokého potenciálu nie sú zastúpené a okres Námestovo má celú výmeru poľnohospodárskych pôd v kategórii s nízkym potenciálom. Podobne je to pri zastúpení kategórií regulácie vodného režimu.

V Košickom kraji majú tri okresy vysoký podiel nízkeho potenciálu zásobovacej služby (Košice II, Rožňava a Spišská Nová Ves), v štyroch okresoch je podiel vysoký potenciálu zásobovacej

služby vyšší ako 50 % (Košice III, Michalovce, Sobrance, Trebišov). Väčšina okresov má prevažne veľmi vysoký potenciál regulácie vodného režimu s podielom výmery od 49,65 % do 91,89 %.

V Prešovskom kraji má väčšina okresov vysoké zastúpenie kategórie nízkeho potenciálu zásobovacej služby. Väčšina okresov má aj vysoké zastúpenie kategórie nízkeho potenciálu regulácie vodného režimu, s výnimkou okresu Vranov nad Topľou, ktorý má viac ako tretinu výmery poľnohospodárskych pôd v kategórii veľmi vysokého potenciálu.

Vysoký potenciál zásobovacej služby je prepojený s vysokým potenciálom regulácie vodného režimu, filtrácie polutantov a odnosu pôdy. Synergický efekt je aj medzi zásobovacou agroekosystémovou službou, reguláciou vodného režimu a imobilizáciou anorganických polutantov.

Agroekosystémy v Bratislavskom, Trnavskom a Nitrianskom kraji majú takmer na 100 % veľmi vysokú schopnosť regulovať odnos pôdy spôsobený vodnou eróziou. V Prešovskom a Žilinskom kraji je potenciál pre reguláciu odnosu pôdy spôsobenú vodnou eróziou na nízkej až strednej úrovni.

Potenciál regulácie klímy vyjadrený percentuálnym zastúpením výmery kategórií ekosystémov poľnohospodársky využívaných pôd jednotlivých okresov má v štyroch krajoch dominantné zastúpenie nízkej a veľmi nízkej kategórie (v Bratislavskom kraji, v Nitrianskom kraji, v Trenčianskom kraji, v Trnavskom kraji). Odlišná je situácia v Banskobystrickom, Žilinskom a Prešovskom kraji, kde je vyššia výmera poľnohospodársky využívaných trávnych porastov, čo sa odrazilo aj v zastúpení kategórií potenciálu regulácie klímy. Časť okresov Košického kraja má prevahu agroekosystémov s veľmi nízkym potenciálom regulácie klímy, niektoré okresy, ako napríklad Gelnica a Rožňava majú zastúpenie aj v kategórii veľmi vysokého potenciálu regulácie klímy. Sekvestrácia uhlíka v orných pôdach je nižšia v porovnaní s trávnyim porastom (Barančíková *et al.*, 2011) v rámci toho istého pôdneho typu, preto v prípade okresov a krajov s vyšším podielom orných pôd nie sú zastúpené kategórie vysokého a veľmi vysokého potenciálu regulácie klímy. Bedrna (2002) a Schnitzer *et al.* (2006) uvádzajú, že aj intenzívne obhospodarovanie pôdy vedie k zníženiu množstva organickej hmoty v pôde. Najvýraznejší vplyv na potenciál agroekosystémových služieb má klíma. Regióny veľmi teplý, veľmi suchý, nížinný región, teplý, suchý, nížinný región a dostatočne teplý, suchý, pahorkatinový región (Džatko, 2002) majú vyšší potenciál zásobovacej služby, regulácie vodného režimu, filtrácie polutantov ako aj regulácie odnosu pôdy ako v regiónoch: chladný, vlhký región a veľmi chladný, vlhký región, čo je v súlade s výsledkami, ktoré uvádza vo svojej práci aj Krkoška Lorencová *et al.* (2016).

Potenciál prírodných predpokladov pre rekreáciu je vyšší len v niektorých okresoch s vyšším podielom výmery ekosystémov trávnych porastov ako aj chránených území NATURA 2000. V Trenčianskom kraji je to okres Považská Bystrica, v Banskobystrickom kraji sú to okresy Brezno, Banská Bystrica, Banská Štiavnica a Zvolen. Osem okresov Žilinského kraja (Dolný Kubín, Kysucké Nové Mesto, Liptovský Mikuláš, Námestovo, Ružomberok, Tvrdošín, Žilina) má viac ako 40 % zastúpenie vysokej a veľmi vysokej kategórie potenciálu prírodných predpokladov pre rekreáciu, najvyššie je v okrese Čadca (61,35 %). Prešovský kraj, podobne ako Žilinský kraj má vyšší potenciál prírodných predpokladov pre rekreáciu v porovnaní s okresmi západného a južného Slovenska. Do vysokej a veľmi vysokej kategórie potenciálu prírodných predpokladov pre

rekreáciu patria s podielom viac ako 40 % výmery poľnohospodársky využívaných pôd okresy Medzilaborce, Stará Ľubovňa, Svidník, Stropkov, Poprad a Snina.

Začleňovanie ekosystémových služieb do environmentálneho rozhodovania je dôležitou témou a aj motivátorom súčasných výskumov (Martin *et al.*, 2018). Podľa McCauley (2006) treba ekosystémové služby zachovať a chrániť, avšak spoločnosť často prijíma rozhodnutia, ktoré negatívne ovplyvňujú a menia potenciál prírodného kapitálu, napr. zmeny vo využívaní pôdy, manažment agroekosystémov, stavby (Russell, Smith *et al.*, 2015). Medzi zabezpečením produkcie potravín a environmentálnym spôsobom obhospodarovania agroekosystémov vždy budú existovať kompromisy. Je dôležité si uvedomiť, že agroekosystémy nie sú schopné poskytovať ekosystémové služby bez intervencie zo strany ľudí (ľudský a sociálny kapitál). Ekosystémové služby sú nelineárne prepojené a zmeny jednej služby sa môžu pozitívne alebo negatívne odraziť na tej druhej. Kvantifikácia ekosystémových služieb a ich priestorové rozloženie tak môže pomôcť spoločnosti lepšie sa rozhodovať v prípadoch, v ktorých je treba zvážiť existujúce kompromisy (Braat, de Groot, 2012). Na posúdenie potenciálu ekosystémových služieb a ich tokov (Costanza *et al.*, 2017) je potrebný integrovaný, dynamický, nelineárny systém spájajúci prírodné systémy s výrobným kapitálom, ľudským kapitálom a sociálnym alebo kultúrnym kapitálom. Na vyhodnocovanie kompromisov medzi využívaním prírodného kapitálu a plnením a zachovaním ekosystémových služieb ako aj vplyvu klimatických zmien na hodnoty ekosystémových služieb je potrebné nájsť vhodné ekonomické nástroje (Grima *et al.*, 2018)

## ZÁVER

Agroekosystémy v Bratislavskom, Trnavskom a Nitrianskom kraji majú najvyšší podiel výmery poľnohospodársky využívaných pôd s vysokým až veľmi vysokým potenciálom zásobovacej služby, potenciálom regulácie odnosu pôdy spôsobenému vodnou eróziou ako aj s vysokým potenciálom imobilizácie rizikových prvkov. V Prešovskom a Žilinskom kraji je potenciál pre reguláciu odnosu pôdy na nízkej až strednej úrovni. Potenciál regulácie klímy vyjadrený percentuálnym zastúpením kategórií výmery poľnohospodársky využívaných pôd má v štyroch krajoch dominantné zastúpenie nízkej a veľmi nízkej kategórie (v Bratislavskom kraji, v Nitrianskom kraji, v Trenčianskom kraji, v Trnavskom kraji). Odlišná je situácia v Banskobystrickom, Žilinskom a Prešovskom kraji, kde je vyššia výmera poľnohospodársky využívaných trávnych porastov. Časť okresov Košického kraja má prevahu agroekosystémov s veľmi nízkym potenciálom regulácie klímy, niektoré okresy, ako napríklad Gelnica a Rožňava majú však zastúpenie aj v kategórii veľmi vysokého potenciálu regulácie klímy. Kraje s vyšším zastúpením trávnych porastov vo výmere poľnohospodársky využívaných pôd majú vyšší potenciál prírodných predpokladov pre rekreáciu.

## Podakovanie

*Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0098-12 a č. APVV-18-0035.*



## LITERATÚRA

- ANTAL, J. 2005. *Protierózna ochrana pôdy*. Nitra: SPU, 2005. 79 s. ISBN 80-8069-572-5.
- BARANČÍKOVÁ, 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*. Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Bratislava, 85 str., ISBN 978-80-89128-86-0.
- BATJES, N.H. 2014. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. In *European Journal of Soil Science* 47:151–163. DOI: 10.1111/ejss.12114\_2.
- BEDRNA, Z. 2002. *Environmentálne pôdoznavectvo*. VEDA vydavateľstvo SAV, 2002, 352 s. ISBN 80-224-0660-0.
- BIRGHOFER, K. – DIEHL, E. – ANDERSSON, J. – EKROOS, J. – FRÜH-MÜLLER, A. – MACHNIKOWSKI, F. – MADER, V. L. – NILSSON, L. – SASAKI, K. – RUNDLÖF, M. – WOLTERS, V. – SMITH, H. G. 2015. Ecosystem services – current challenges and opportunities for ecological research. In *Front. Ecol. Evol.*, 12, January 2015 <http://dx.doi.org/10.3389/fevo.2014.00087>.
- BRAAT, L.C. – DE GROOT, R. 2012. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. In *Ecosystem Services* 1 (1), 4–15
- 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*. VUPOP Bratislava, 70 str., ISBN 978-80-89128-83-9.
- BURKHARD, B. – CROSSMAN, N. – NEDKOV, S. – PETZ, K. – ALKEMADE, R. 2013. Mapping and Modelling Ecosystem Services for Science, Policy and Practice. In *Ecosystem Services* 4: 1–3.
- BURKHARD, B. – KANDZIORAI, M. S – MÜLLER, F. 2014. Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. In *Official Journal of the International Association for Landscape Ecology – Regional Chapter Germany* (IALE-D). Dostupné na: <http://www.landscapeonline.de/103097lo201434>,
- COSTANZA, R. 2008. *Ecosystem services: multiple classification systems are needed*. In *Biological Conservation*, 141: 350–352.
- CONSTANZA, R. *et al.* 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? In *Ecosystem Services* 28, 1–16.
- ČURLÍK, J. *et al.* 2003. *Pôdna reakcia a jej úprava*. Bratislava: Jaroslav Suchoň – Suma print, 2003. s. 62–63. ISBN 80-967696-1-8
- DOMINATI, E. – PATTERSON, M. – MACKAY, A. 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. In *Ecological Economics*, 69, pp.1858–1868.
- DOMINATI, E. 2013. Natural capital and ecosystem services of soils. In DYMOND J.R. ed. *Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand.
- DŽATKO, M. 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska*. VUPOP, Bratislava, 87 s.
- FRÉLICHOVÁ, J. – FANTA, J. 2015. Ecosystem service availability in view of long-term land-use changes: a regional case study in the Czech Republic. In *Ecosystem Health and Sustainability*, 1, pp. 1–15.
- GRIMA, N. – SINGH, S.J. – SMETSCHA, B. 2018. Improving payments for ecosystem services (PES) outcomes through the use of Multi-Criteria Evaluation (MCE) and the software OPTamos. In *Ecosystem services* 29, pp. 47–55.
- JOHNSTON, A.E. 2004. Soil Acidity – Resilience and Thresholds. In: Schjonning, P, Elmholt, S. Christenses, B. T. (ads.): *Managing soil quality*. CABI Publishing, 2004, 344 p., ISBN 85-1996-71-X
- KANIANSKA, R. – JAĎUĐOVÁ, J. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – KIZEKOVÁ, M. – TOMAŠKIN, J. 2016. *Ekosystémové služby*. Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2016, 244 s., ISBN 978-80-557-1129-4.
- KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – PAVLENDÁ, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2014. *Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2007–2012)*. NPPC-VUPOP Bratislava, 252 s. ISBN 978-80-8163-004-0.
- KRKOŠKA LORENCOVÁ, E. – HARMÁČKOVÁ, Z.V. – LANDOVÁ, L. – ÁRTL, A. – VAČKÁŘ, D. 2016. Assessing impact of land use and climate change on regulating ecosystem services in the Czech Republic. In *Ecosystem Health and Sustainability* 2(3): e01210.

- LOVELL, S. T. – S. DESANTIS, C.A. – NATHAN, M.B. – OLSON, V.E. – MÉNDEZ, H.C. – KOMINAMI, D.L. – ERICKSON, K.S. – MORRIS, W.B. 2010. Integrating agroecology and landscape multifunctionality in Vermont: an evolving framework to evaluate the design of agroecosystems. In *Agricultural Systems* 103: 327–341.
- MAES, J. – BRAAT, L. – JAX, K. – HUTCHINS, M. *et al.* 2011. *A spatial assessment of ecosystem services in Europe: methods, case studies and policy analysis—phase 1*. PEER Report no. 3. Ispra: Partnership for European Environmental Research.
- 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*, 53, pp. 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*, 1, 10–16.
- MAKOVNÍKOVÁ, J. 2001. Distribution of Cd and Pb in main soil types of Slovakia. In *Agriculture*, 47: 903–912.
- MAKOVNÍKOVÁ, J. – KOBZA, J. – PÁLKA, B. – MALIŠ, J. – KANIANSKA, R. – KIZEKOVÁ, M. 2016. An approach to mapping the potential of cultural agroecosystem services. In *Soil & Water Res.*, 11 (2016): 44–52
- MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – ŠIRÁŇ, M. – KANIANSKA, R. – KIZEKOVÁ, M. 2017. *Potenciál agroekosystémových služieb orných pôd*. Banská Bystrica: NPPC – VÚPOP, 110 s. ISBN 978-80-8163-021-7.
- MARTIN, D.M. – MAZZOTTA M. 2018. Non-monetary valuation using Multi-Criteria Decision Analysis: Sensitivity of additive aggregation methods to scaling and compensation assumptions. *Ecosystem services* 29, pp. 13–22.
- McCAULEY, D.J. 2006. Selling out on nature. In *Nature* 443, 27–28.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Our Human Planet: Summary for Decision Makers*. In *The Millennium Ecosystem Assessment Series*, Volume 5, Island Press, Washington DC.
- MEDERLY, P. – ČERNECKÝ, J. *et al.* 2019. *Katalóg ekosystémových služieb Slovenska*. ŠOP SR, UKF v Nitre, ÚKE SAV, Banská Bystrica, 2019, 215strán. ISBN: 978-80-8184-067-8.
- NIETO-ROMERO, M. – OTEROS-ROZAS, E. – GONZÁLES, J. A. – MARTIN-LÓPEZ, B. 2013. Exploring the knowledge landscape of ecosystem services assessments in Mediterranean agroecosystems: Insights for future research. In *Environ. Sci. Policy*. Dostupné na <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.003>.
- PÁLKA, B. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – MALIŠ, J. – ŠIRÁŇ, M. 2015. Protierózne opatrenia ako jeden zo spôsobov zvýšenia potenciálu regulačnej agroekosystémovej služby. In Klíkušovská, Z., Sviček, M. (eds.), 2015. *Environmentálne indexy, oblasti ekologického záujmu a ekosystémové služby v krajine*. Bratislava: NPPC – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, s. 25–32.
- POWER, A. G. 2010. Ecosystem services and agriculture: trade-offs and synergies. In *Philos. Trans. Roy. Soc. B* 365, 2959–2971. doi: 10.1098/rstb.2010.0143.
- RUSSELL-SMITH, J. – YATES, C.P. – EDWARDS, A.C. – WHITEHEAD, P.J. – MURPHY, B.P. – LAWES, M.J. 2015. *Deriving multiple benefits from carbon market-based firemanagement: an Australian example*. PLoS One. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0143426>.
- SCHNITZER, M. – MCARTHUR, D. F. E. – SCHULTEN, H. R. – KOZAK, L. M. – HUANG, P. M. 2006. Long-term cultivation effects on the quality and quantity of organic matter in selected Canadian prairie soils. In *Geoderma*, 130, s. 141–156
- ŠARAPATKA, B. 2011. Environment-friendly Management of Agricultural Landscape. In *Životné prostredie*, 2011, 45, 3, p. 123–127.
- YONG, R.N. – MOHAMED, A.M.O. – WARKENTIN, B.P. 1992. *Principles of Contaminant Transport in Soils*. Elsevier, London, UK.
- Vyhľadška 438/2004 Z. z. Štatistického úradu Slovenskej republiky z 19. júla 2004, ktorou sa vydáva klasifikácia štatistických územných jednotiek.

# PÔDNE POMERY POĽNOHOSPODÁRSKEHO FONDU V BÝVALOM VOJENSKOM OBVODE JAVORINA

## SOIL CONDITIONS OF THE AGRICULTURAL LAND IN THE FORMER MILITARY DISTRICT JAVORINA

**Martin Saksa, Miroslav Kromka, Miloš Širáň, Ján Styk, Ján Halas,  
Peter Sopko, Tadeáš Litavec**

*NPPC – Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Trenčianska 55, 821 09 Bratislava  
e-mail: martin.saksa@nppc.sk*

### Abstrakt

Hlavným cieľom príspevku je charakteristika pôdných pomerov na poľnohospodárskom pôdnom fonde v bývalom Vojenskom obvode Javorina na základe dostupných podkladov a časovo obmedzeného terénneho výskumu. Po zrušení vojenského obvodu bolo účelom uvedených aktivít prieskum a mapovanie nových bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek pre potreby pozemkových úprav. Z pôdoznameckého hľadiska ide o doposiaľ neprebádané územie, na ktorom neprebehol Komplexný prieskum poľnohospodárskych pôd a tiež tu neboli vykreslené bonitované pôdno-ekologické jednotky. Poľnohospodárske pôdy bývalého Vojenského obvodu Javorina sú využívané najmä ako trvalé trávne porasty. Z preskúmaných pôdných typov na svahoch dolín dominujú kambizeme a na úzke nivy horských potokov sa viažu fluvizeme. Aj vzhľadom na nepriaznivé klimatické pomery Levočských vrchov sú poľnohospodárske pôdy podľa kódov BPEJ zaradené medzi stredne kvalitné pôdy až po pôdy s najnižšou kvalitou.

**Kľúčové slová:** bývalý VO Javorina, Levočské vrchy, BPEJ, pôdny typ

### Abstract

The main goal of the paper is to characterize the soil conditions on the agricultural land in the former Javorina Military District on the basis of available data and at time-limited field survey. The purpose of these activities was the survey and mapping of new land evaluation units (BPEJ) due to the needs of land consolidation after the abolition of the military district. From the soil expert point of view, this is a hitherto unexplored area on which a General Soil Survey of Agricultural Soils has not been carried out and also land evaluation units have not been delineated. The agricultural soils of the former Javorina Military District are mainly used as permanent grassland. From the soil units, Cambisols dominate on the slopes of the valleys and on the narrow mountain floodplains Fluvisols are occurring. Due to the unfavorable climatic conditions of Levočské vrchy Mountains, agricultural soils according to the land evaluation unit's codes are classified as medium quality up to lowest quality soils.

**Keywords:** former Javorina MD, Levočské vrchy Mountains, land evaluation units, soil type

---

## ÚVOD

Vojenský obvod (VO) Javorina vznikol v roku 1952 na území Levočských vrchov v severo-východnej časti Slovenskej republiky na ploche 31 623,6 ha. Pozostával z piatich katastrálnych území – Blažov, Ihla, Levočská dolina, Ľubické kúpele a Sypková. Vojenský obvod bol zrušený s účinnosťou od 1. januára 2011, rozhodnutím vlády SR z 1. decembra 2010 (Nariadenie vlády SR, 2010). Jeho územie bolo rozdelené do štyroch okresov, medzi 19 príslušných obcí a do 26 katastrálnych území Prešovského samosprávneho kraja (Tab. 1). Vojenský obvod nie je majetkovoprávne vysporiadaný, a práve táto skutočnosť bola hlavným spúšťačom potreby vykreslenia nových bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ) na poľnohospodárskom pôdnom fonde v bývalom vojenskom obvode. Zadávatelom časovo obmedzenej úlohy bolo Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR (MPRV SR) a vykonávateľom NPPC – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy. Úloha bola spracovaná na jeseň roku 2019 a odovzdaná MPRV SR ešte v decembri toho roku. Cieľom príspevku je charakteristika pôdnych pomerov na poľnohospodárskom pôdnom fonde v bývalom Vojenskom obvode Javorina a následná bonitácia poľnohospodárskeho pôdneho fondu (Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky č. 59/2013 Z.z.).

**Tab. 1** Administratívne rozdelenie bývalého Vojenského obvodu Javorina

	Okres	Obec	Katastrálne územie
1.		Hradisko	Hradisko
2.	Kežmarok	Holumnica	Holumnica
3.		Ihľany	Majerka
4.			Stotince
5.		Jurské	Jurské
6.		Ľubica	Ľubica
7.			Ľubické kúpele
8.		Tvarožná	Ruskinovce
9.			Tvarožná
10.		Levoča	Levoča
11.	Levoča		
12.	Závada		
13.	Nižné Repaše		Nižné Repaše
14.	Torysky		Torysky
15.	Vyšné Repaše		Vyšné Repaše
16.	Sabinov	Bajerovce	Bajerovce
17.		Krásna Lúka	Krásna Lúka
18.		Poloma	Poloma
19.		Tichý potok	Blažov
20.			Tichý potok

	Okres	Obec	Katastrálne územie
21.	Stará Ľubovňa	Jakubany	Hniezdno
22.			Jakubany
23.		Kolačkov	Kolačkov
24.		Lomnička	Lomnička
25.		Podolíneec	Podolíneec
26.		Šambron	Šambron

## MATERIÁL A METÓDY

### Charakteristika bývalého Vojenského obvodu Javorina

Bývalý VO Javorina sa podľa regionálneho geomorfologického členenia (Mazúr & Lukniš, 1980) nachádza v geomorfologickom celku (pohorí) Levočské vrchy, ktoré patria do Podhŕno-magurskej oblasti Vonkajších Západných Karpát. Levočské vrchy oddeľuje od Tatier Podtatranská kotlina, presnejšie jej podcelok Popradská kotlina, na severe susedia so Spišskou Magurou, na severovýchode so Spišsko-šarišským medzihorím, na juhovýchode s pohoriami Bachureň a Branisko a na juhu s Hornádskou kotlinou.

Levočské vrchy sa ďalej geomorfologicky členia (Mazúr & Lukniš, 1980) na geomorfo-

**Obr. 1** Všeobecno-geografická mapa širšieho okolia VO Javorina



gické podcelky: Levočská vysočina, Levočská vrchovina a Levočské planiny. Levočská vysočina tvorí centrálnu a severovýchodnú časť pohoria. Ide v podstate o najvyšší hlavný horský hrebeň pohoria, ktorého prírodné hranice kopíruje hranice jednotlivých okresov. Nižšie položená Levočská vrchovina na severozápade je široká približne 10 km a tiahne sa od Ľubice po Starú Ľubovňu. Tvoria ju dve časti: severný Kolačkovský chrbát a južné Ľubické predhorie. Najnižšie položený geomorfologický podcelok Levočských vrchov sú Levočské planiny na juhu, s dvomi časťami: Oľšavická planina a Levočské úboče.

Najvyšším vrcholom pohoria je Čierna hora (1 289 m n.m.), ďalej nasleduje Ihla (1 283 m n.m.) a najznámejší vrchol Javorina má nadmorskú výšku 1 225 m. Najnižšie položený bod sa nachádza na výtoku rieky Torysa z pohoria (520 m n.m.). Celková výšková amplitúda je 769 m.

Podľa regionálneho geologického členenia Západných Karpát (Vass *et al.*, 1988) sú Levočské vrchy súčasťou vnútrokarpatského paleogénu a oblasti spišsko-šarišského paleogénu. Podľa geologickej mapy (Geologická mapa Slovenska M 1:50 000, 2013) v pohorí dominuje bielopotocké súvrstvie, ktoré tvoria stredozrnné a hrubozrnné pieskovce v absolútnej prevaha nad ílovcami. Ich predpokladaný vek je oligocén – miocén (paleogén – neogén). Na úzke nivy miestnych tokov sa viažu holocénne fluvialne sedimenty: litofaciálne nečlenené nívne hliny, alebo piesčité až štrkovité hliny dolinných nív a nív horských potokov. Nižšie partie svahov tvoria hrubšie pokrovy deluviálnych sedimentov (litofaciálne nerozlišené svahoviny a sutiny).

Celé pohorie patrí z hľadiska klimatického (Lapin *et al.*, 2002) do chladnej klimatickej oblasti (C), veľmi vlhkej, s júlovým priemerom teploty vzduchu < 16 °C a okrsku (C1) mierne chladného (júl ≥ 12 °C až < 16 °C). Aj na základe tejto skutočnosti bolo pri tvorbe BPEJ takmer celé pohorie zaradené do posledného, veľmi chladného a vlhkého klimatického regiónu podľa Džatko *et al.*, 1989. Predpokladáme, že najmenej chladnou časťou pohoria je dolina rieky Torysy (obec Tichý potok).

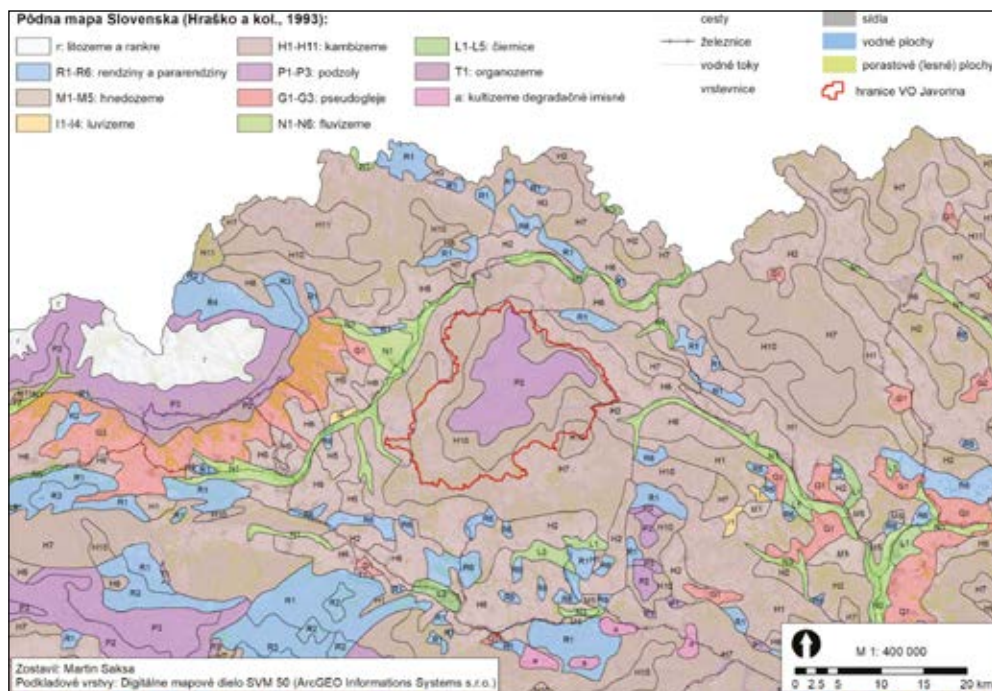
Hlavný hrebeň Levočských vrchov je zároveň hranicou dvoch úmorí. Zatiaľ čo západná a severozápadná časť patrí do povodia rieky Poprad (povodie Visly, úmorie Baltského mora), východná a južná časť patrí do povodia rieky Hornád, resp. Torysy (povodie Dunaja, úmorie Čierneho mora). Rieka Torysa pramení v juhovýchodnej časti pohoria. Najvýznamnejšími vodnými tokmi v západnej časti sú rieka Ľubica a Holumnický potok. Po povodni v roku 2010, keď bola vytopená Ľubica, Kežmarok, ale aj Podolíneč a Stará Ľubovňa, bolo najmä na rieke Ľubica vystavaných niekoľko protipovodňových poldrov. Celé územie Levočských vrchov patrí z hľadiska typov režimu odtoku (Šimo & Zaňko, 2002) do stredohorskej oblasti so snehovo-dažďovým režimom odtoku, ktorý má aj rieka Torysa, s vysokou vodnosťou od marca do mája. Rieka Poprad patrí už do vysokohorskej oblasti s prechodne snehovým režimom odtoku s vysokou vodnosťou od apríla do júla.

Pôdne pomery širšieho územia VO Javorina dostatočne vyjadruje Pôdna mapa Slovenska v mierke 1:400 000 (Hraško *et al.*, 1993) (Obr. 2).

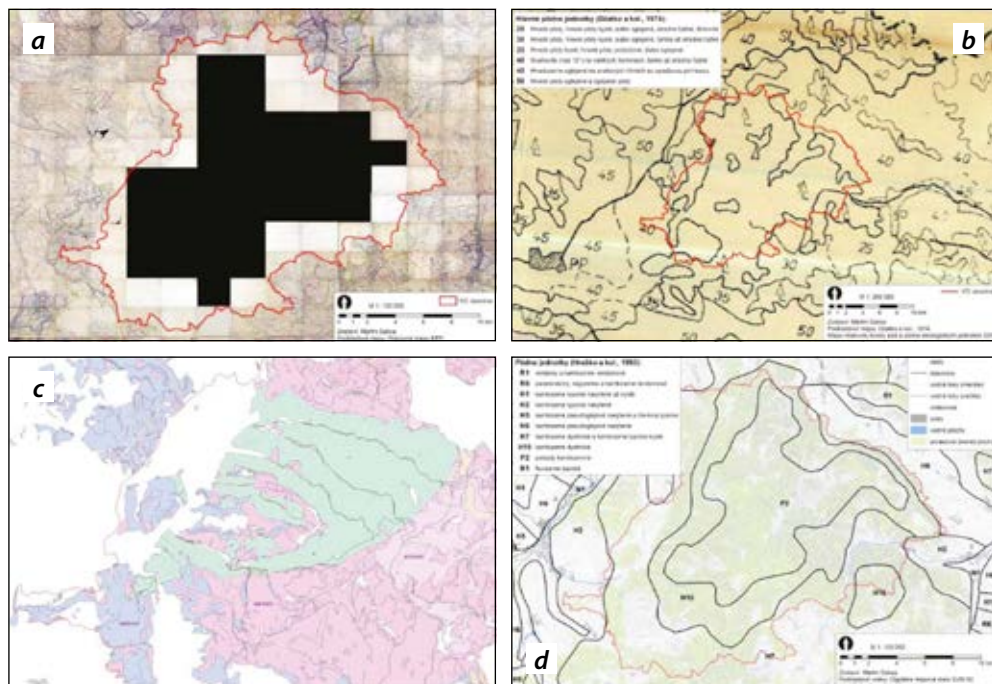
Ako už bolo spomenuté, Vojenský obvod Javorina vznikol v roku 1953 s rozlohou okolo 31 tisíc hektárov a bol zrušený k 1. 1. 2011. Komplexný prieskum poľnohospodárskych pôd (KPP) bývalého Československa prebehol v rokoch 1961 – 1970 bez pôdneho prieskumu tohto územia (Obr. 3a).



**Obr. 2** Pôdna mapa širšieho okolia VO Javorina



**Obr. 3** Pôdna mapa širšieho okolia VO Javorina: a) Pracovné mapy KPP, b) Džatko et al. (1974), c) Lesné pôdne jednotky (WMS, NLC Zvolen), d) Hraško et al. (1993).



V roku 1974 boli síce na poľnohospodárskom pôdnom fonde VO Javorina ešte vykreslené základné pôdno-ekologické jednotky (PEJ) (Džatko, *et al.*, 1974), k finálnemu spracovaniu bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ) však už nedošlo. Podľa Mapy relatívnej bonity pôd a pôdno-ekologických jednotiek SSR v mierke 1:500 000 (Džatko, *et al.*, 1974) (Obr. 3b) zasahujú do bývalého VO Javorina mimo lesného pôdneho fondu tieto hlavné pôdne jednotky:

25 – hnedé pôdy (dnešné kambizeme), hnedé pôdy kyslé, slabo oglejené, stredne ťažké, štrkovité, ktoré tvoria malý areál v juhovýchodnej časti VO,

30 – hnedé pôdy, hnedé pôdy kyslé, slabo oglejené, ľahšie až stredne ťažké, ktoré zasahujú do VO od juhu a severu,

35 – hnedé pôdy kyslé, hnedé pôdy podzolové, slabo glejené v západnej časti

40 – svahovité pôdy (nad 12°), ľahké až stredne ťažké.

Podľa lesných pôdných máp (Lesné pôdne jednotky [WMS služba]) (Obr. 3c) v území rovnako dominujú kambické pôdy, uvádzané ako hnedé lesné pôdy. Hlavnými pôdnymi typmi sú: hnedá lesná pôda mezotrofná typická slabohumózna, hnedá lesná pôda mezotrofná skeletnatá slabohumózna, hnedá lesná pôda oligotrofná typická moderová, hnedá lesná pôda oligotrofná skeletnatá moderová a vo vyšších polohách hnedá lesná pôda podzolová.

Najucelenejší pohľad na pôdne pomery bývalého VO Javorina poskytuje Pôdna mapa Slovenska v mierke 1:400 000 (Hraško *et al.*, 1993) (Obr. 3d). Podľa nej možno vypožorovať určitú vertikálnu zonálnosť pôd v Levočských vrchoch. Najvyššie polohy pohoria tvoria podzoly kambizemné, nižšie sa vyskytujú kambizeme dystrické, v okrajových častiach pohoria možno pozorovať kambizeme dystrické a kambizeme typické kyslé a najnižšie, dolinné polohy zaberajú kambizeme typické nasýtené a kambizeme pseudoglejové nasýtené (MKSP 1991).

Podľa Geobotanickej mapy (Michalko *et al.*, 1986), ktorá vyjadruje rekonštruovanú prirodzenú vegetáciu, najvyššie polohy zaberajú smrekové lesy čučoriedkové (*Eu-Vaccinio-Piceenion p.p.*), nižšie polohy jedľové a jedľovo-smrekové lesy (*Abietion, Vaccino-Abietenion p.p.*), v nižších častiach sú bukové lesy, konkrétne: bukové lesy kvetnaté (*Eu-Fagenion p. p. maj.*) a bukové kyslomilné lesy horské (*Luzulo-Fagion p. p. maj.*). Údolné nivy potokov zaberajú lužné lesy podhorské a horské (*Alnenion glutinoso-incanae*) a sporadicky, na príľahlých svahoch, tiež dubovo-hrabové lesy lipové (*Tilio-Carpinenion betuli*).

Reálnu vegetáciu najvyšších polôh pohoria tvoria monokultúrne smrekové lesy. Tieto plochy sú v súčasnosti (november 2019) do značnej miery odlesnené. V nižších polohách pohoria a v dolinných častiach dominujú trvalé trávne porasty a bukové lesy. Z dôb vojenského využívania sa tu zachovali pozostatky niekoľkých účelových areálov, ako napr. Dolný tankodrom, Horný tankodrom, strelnice, ako aj početné skladové a garážové objekty.

S vyhlásením Vojenského obvodu v roku 1952 došlo k značným zmenám využívania zeme v tomto priestore. Jednak boli úplne zlikvidované 4 obce – Ruskinovce, Dvorce (Obr. 4a), Ľubické kúpele a Blažov, a tiež došlo k zásadnej zmene poľnohospodárskeho využívania z ornej pôdy na trvalé trávne porasty. Navyše pribudla značná plocha lesných porastov, ako dôsledok všeobecného opúšťania poľnohospodárskeho využívania krajiny, ktorý je charakteristický pre celé územie Slovenska (Obr. 4b). To malo za následok vytvorenie pomerne monotónnej štruk-



túry krajinej pokrývky bývalého vojenského obvodu, spočívajúcu dominantne v striedaní lesných a trvalých trávnych porastov.

**Obr. 4** Zmeny využívania krajiny medzi rokmi a) 1950 a b) 2010 v k.ú. Ruskinovce a k.ú. Dvorce



Zdroj: Historická ortofotomapa Slovenska, Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine, Technická univerzita, Zvolen <https://mapy.tuzvo.sk/HOFM/>

Do územia bývalého VO nezasahuje žiadne z veľkoplošných, ani maloplošných chránených území v zmysle legislatívy SR. Podľa európskej sústavy chránených území NATURA 2000 sa takmer celé územie (okrem Ľubickej doliny) nachádza v Chránenom vtáčom území (CHVÚ) Levočské vrchy. Nachádza sa tu tiež Územie európskeho významu (ÚEV) Rieka Torysa, a to z dôvodu ochrany krovitej brehovej vegetácie, ktorá postupne prechádza do lesných spoločenstiev. Ide najmä o biotopy s výskytom myrikovky nemeckej (*Myricaria germanica*), ktoré sa nachádzajú na erózne pretváraných štrkových sedimentoch, v alúviu toku Torysa a tvoria významný európsky biotop. Až 80% územia s rozlohou 22,12 ha (celou svojou plochou leží v území bývalého VO) tvorí pobrežná vegetácia a 20% vlhké lúky a pasienky (ŠOP SR).

Z hľadiska prírodných zdrojov nachádzajúcich sa na území bývalého VO Javorina sú samozrejme najvýznamnejšie rozsiahle hospodárske lesy. Medzi vodárenské toky a ich povodia (Kollár *et al.*, 2002) patrí Lomnický potok v severnej časti bývalého VO, ďalej Jakubianka a súriečie Torysa – Rovinný potok – Oľšavica – Škapová, vo východnej časti VO a tiež vodné toky Peklisko a Smrdiace mláky a časť ich povodia v záveroch dolín pod hlavným hrebeňom. Medzi vodohospodársky významné vodné toky (Kollár *et al.*, 2002) patria: Ľubica, Holumnický potok, Lomnický potok, Jakubianka, Šambronka, Ľubotínka, Peklisko, Pekliansky potok, Smrdiace mlá-

ky, Torysa, Rovinný potok, Oľšavica a Škapová. Celkovo ide o 13 vodných tokov v tomto území. Do severovýchodnej časti zasahuje tiež Ochranné pásmo prírodných zdrojov minerálnych stolových vôd Nová Ľubovňa. V neposlednom rade sú významným prírodným zdrojom bývalého vojenského obvodu poľnohospodársky využívané trvalé trávne porasty.

### Vymedzenie mapovaného územia

Objektom mapovania nebolo celé územie bývalého VO Javorina, ale len jeho poľnohospodársky pôdny fond (PPF). PPF bol vyčlenený podľa C-KN katastra v rámci, ktorého PPF predstavujú tieto druhy pozemku: orná pôda (kód 2), chmeľnica (3), vinica (4), záhrada (5), ovocný sad (6) a trvalý trávny porast (7). Medzi nepoľnohospodárske druhy pozemkov, ktoré neboli objektom mapovania patria: lesný pozemok (kód 10), vodná plocha (11), zastavaná plocha a nádvorie (11) a ostatná plocha (14).

V bývalom VO Javorina sa nachádza 920 takto vyčlenených poľnohospodárskych pozemkov. Absolútne dominujú trvalé trávne porasty, ale vyskytujú sa tu tiež orné pôdy, záhrady a jeden ovocný sad. Poľnohospodársky pôdny fond predstavuje celkovú výmeru 1 841,8 ha, čo tvorí takmer 6% z celkovej plochy bývalého VO Javorina (Tab. 2).

**Tab. 2** Štruktúra poľnohospodárskeho pôdneho fondu bývalého Vojenského obvodu Javorina

Druh pozemku	DRP	Počet pozemkov	ha	% z PPF	% z VO Javorina
Orná pôda	2	48	70,55	3,83	0,22
Záhrada	5	39	1,24	0,07	0,00
Ovocný sad	6	1	0,01	0,00	0,00
Trvalý trávny porast	7	832	1 770,01	96,10	5,58
Spolu:		920	1 841,80	100,00	5,81

Treba si tiež uvedomiť, že takéto vymedzenie PPF predstavuje vymedzenie v zmysle „*de jure*“. V zmysle „*de facto*“ je však vizuálne poľnohospodárskej pôdy v pohorí plošne viac. Tieto pozemky sú však v C-KN katastri vedené ako ostatné plochy (kód 14), prípadne aj ako lesné pozemky (10). Táto diskrepancia sa prejavuje aj porovnaním takto vyčleneného PPF so Systémom identifikácie poľnohospodárskych pozemkov (*Land Parcel Identification System – LPIS*) (MPRV SR), ktorý je založený na vizuálnej percepcii ortofotomáp.

### Metodika terénneho výskumu

Terénny výskum prebehol v októbri roku 2019. Z finančných dôvodov bol časovo obmedzený na 5 plných pracovných dní pre každú pracovnú skupinu. Pracovné skupiny boli tri, jedna z Bratislavy (Miroslav Kromka, Martin Saksa), druhá z Regionálneho pracoviska Banská Bystrica (Ján Styk, Miloš Širáň) a tretia z RP Prešov (Ján Halas, Peter Sopko). Územie terénneho mapovania bolo rozdelené podľa okresov. Okres Kežmarok pripadol pracovnej skupine z Bratislavy, okres Levoča RP Banská Bystrica a okresy Sabinov a Stará Ľubovňa mapovalo RP Prešov.

Pre terénny výskum bola použitá interná metodika NPPC-VÚPOP (Skalský *et al.*, 2019). Ide o metodiku doplnkového pedologického prieskumu bonitovaných pôdno-ekologických

jednotiek (BPEJ). Na rozdiel od pedologických prieskumov zameraných na podrobný popis pôdneho profilu a tomu prispôsobených metodických postupov, sa metodika zameriava iba na vybrané znaky a vlastnosti pôdy, ktoré sú obsiahnuté v kóde BPEJ, a ktoré sú potrebné pri identifikácii akejkoľvek BPEJ v teréne.

Prvým krokom metodiky je tradičný zber podkladových materiálov, ktoré sú dôležité pre orientáciu v teréne a oboznámenie sa so šetreným územím. Ďalej sú to podklady týkajúce sa informácií o pôde alebo pôdotvornom substráte, kde zohrávajú dôležitú úlohu najmä materiály KPP, spracované mapy BPEJ (v tomto prípade susediacich BPEJ s bývalým VO Javorina), geologická mapa v mierke 1:50 000 (Geologická mapa Slovenska M 1:50 000, 2013) a v neposlednom rade digitálny výškový model (DEM) a ortofotomapy (prípadne satelitné snímky). Všetky uvedené podklady je vhodné mať vytlačené na tzv. pracovných terénnych mapách. Ďalším dôležitým krokom metodiky je výber a rozvrhnutie pôdnej sondáže. V tomto kroku bola uvedená metodika mierne modifikovaná (nebolo použité mapovanie pomocou siete), keďže sa jedná o územie, na ktorom neprebehol doposiaľ žiaden väčší pedologický výskum. Výber pôdnej sondáže bol podriadený časovým a finančným možnostiam terénneho výskumu a z toho vyplývajúceho primárneho zamerania najmä na základnú pôdnu charakteristiku jednotlivých typov reliéfu v šetrenom území. Zber údajov v teréne je zameraný na popis vybraných charakteristík pôdy použitím pôdneho vrtáku a tiež na tvorbu fotodokumentácie. Pri popise pôdy a zbere údajov o pôde ide hlavne o informácie týkajúce sa pôdneho typu a subtýpu, variety, formy a tiež sa sleduje zrnitosť pôdy, hĺbka pôdy a jej skeletnosť. Všetky uvedené charakteristiky sú totiž obsahom bonitovanej pôdno-ekologickej jednotky a sú vyjadrené v štruktúre jej kódu buď priamo alebo nepriamo. Konkrétne ide o tieto pôdne charakteristiky: hĺbka pôdy, skelet, redukčno-oxidačné znaky (premena matrix/podiel oxidačných novotvarov), karbonáty, farba za vlhka (value/chroma), zrnitosť, pôdna jednotka a pôdotvorný substrát. Samostatne pre orniciu a podorničie sa určuje skelet, red-ox, karbonáty, farba a zrnitosť. Všetky charakteristiky boli zaznamenávané vo forme kódov do príručného zariadenia GPS priamo v teréne a následne spracovávané v prostredí GIS. Fotodokumentácia zrealizovanej sondy pozostáva z fotodokumentácie okolitej krajiny (identifikácia sondy a svetové strany – sever, východ, juh a západ) a fotodokumentácie vyvrátaného pôdneho profilu (ako celok a jeho jednotlivé časti – detailne).

Takýmto spôsobom bolo počas jednorazového terénneho výskumu v októbri 2019 v území bývalého VO Javorina urobených 232 pôdnych sond, čo je dostačujúci počet na základnú pôdnu charakteristiku skúmaného územia a tiež na vykreslenie nových BPEJ.

Následne bola v danom území tiež uskutočnená odborná exkurzia pod záštitou Societas pedologica slovacica, počas ktorej boli vykopané dve štandardné pôdne sondy, za účelom zhotovenia základnej fotodokumentácie kopaných pôdnych profilov pre ilustračné účely (Obr. 5).

### **Tvorba bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek**

Tvorba BPEJ bola vykonávaná v zmysle najnovšej platnej Príručky pre používanie máp pôdno-ekologických jednotiek (Džatko & Sobocká, 2009). Na ich spracovanie poslúžili existujúce bonitované-pôdnoekologické jednotky v bezprostrednom susedstve bývalého VO Javorina, ako aj

digitalizované materiály KPP (pôdne areály a pôdne sondy), ďalej tiež Geologická mapa 1 : 50 000 a v neposlednom rade ortofotomapy a digitálny model reliéfu (DEM). DEM (GKÚ, 2009) v rozlíšení 20×20m poslúžil nielen na určenie jednotlivých kódov svahovitosti a expozície, ale aj na odlišenie pôd na výrazných svahoch (12–25°) a pôd na zrázoch (nad 25°). Na určenie kódov skeletnatosť, hĺbky a zrnitosti pôd boli použité údaje získané terénnym výskumom. Na základe ďalších údajov o pôde, získaných v teréne, bola najprv odhadovaná a následne aj kabinetne potvrdená hlavná pôdna jednotka (HPJ). Podľa klimatických regiónov (Džatko *et al.*, 1989) bolo celé územie zaradené do posledného, veľmi chladného a vlhkého klimatického regiónu (kód 10), okrem dvoch areálov pri výtoky rieky Torysa z pohoria, v nadväznosti na už existujúce BPEJ v susedstve, ktoré boli zaradené do chladného a vlhkého klimatického regiónu (kód 9).

Podľa Vyhlášky MPRV SR č. 59/2013 Z.z. boli jednotlivé areály podľa kódov BPEJ následne zaradené do skupín kvality pôdy.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pôdne pomery v tejto kapitole charakterizujeme podľa najnovšieho Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (Societas pedologica slovacica 2014), a to podľa jednotlivých skupín pôdných typov a subtypov.

### **Fluvizeme kultizemné (modálne), fluvizeme glejové (kultizemné)**

Viažu sa na všetky dostatočne široké rovinné nivy horských potokov pohoria s holocénnymi fluviaálnymi sedimentmi. Ide o tieto doliny (od západu v smere ručičkových hodínok): dolina Ľubice, dolina Ruskinovského potoka, dolina Ľubického potoka (bývalé Ľubické kúpele), ľavostranný záver doliny Holumnického potoka, dolina Jakubianky a dolina rieky Torysa (od jej prameňa až po výtok z pohoria) a Levočská dolina. Fluvizeme nív horských tokov sú prekvapivo pomerne heterogénne, a to aj v rámci jednej doliny. Podľa hlavných pôdných jednotiek (Džatko & Sobocká, 2009) prevažujú fluvizeme kultizemné, stredne ťažké až ľahké, plytké, čo je logické, vzhľadom na prevažne pieskovcové geologické podložie celého pohoria. Na miestach s vyššou hladinou podzemnej vody sa viažu glejové subtypy, stredne ťažké, lokálne ľahšie. Menšie plochy zaberajú fluvizeme kultizemné, stredne ťažké. Celkovo tvoria fluvizeme cca 5 % z poľnohospodárskeho pôdneho fondu bývalého VO Javorina. Tieto pôdy sú z hľadiska bonity v tomto území najkvalitnejšie, avšak ich zaradenie až do 6. – 7. skupiny kvality spôsobuje chladná klíma.

### **Kambizeme kultizemné (modálne), kambizeme luvizemné (kultizemné) a kambizeme pseudoglejové (kultizemné)**

V celom bývalom VO Javorina, na svahoch dolín, absolútne dominujú kambizeme. Patria medzi kvalitnejšie pôdy v území. Modálne, resp. kultizemné subtypy sa viažu prevažne na zvetraliny flyša, luvizemné subtypy sú zo svahových hĺn a časté pseudoglejové subtypy z oboch spomenutých substrátov sa nachádzajú v spodných častiach svahov a dnách menších dolín.

Zrnitostne majú hlinitú ornicu a často až ílovito-hlinité podorničie. Sú hlboké až veľmi hlboké, s nižším obsahom skeletu (najmä zo zvetraného rozpadaného pieskovca) a sú výhradne nekarbonátové.

**Obř. 5** Ukážka pôdnych profilov kambických pôd v bývalom VO Javorina  
Kambizem pseudoglejová kultizemná                      Kambizem luvizemná pseudoglejová kultizemná



Vysvetlivky: Akp – kultivačný ornicový horizont, Bv – kambický horizont, Bvg – kambický mramorovaný horizont, Bgv – mramorovaný kambický horizont, Bvt – kambický luvický horizont, Bgt – mramorovaný luvický horizont

### Kambizeme glejové

Sú asi najzaujímavejším pôdnym subtypom v území, s výskytom podzemnej vody v hĺbke 0,5–0,8 m od povrchu, z nivných substrátov, ale s vyvinutým kambickým horizontom, stredne ťažké až ťažké. Zaberajú malé plochy v horskej doline riek Jakubianky.

### Kambizeme modálne (kultizemné) a rankre kambizemné

Jedná sa o plytké až stredne hlboké pôdy s vyšším obsahom skeletu, najmä v podorničí. Ide o menej kvalitné pôdy v území, vhodné len pre využitie ako trvalý trávny porast. Tvoria takmer 17 % územia, viažu sa na vrcholové lúky a hojne sú zastúpené tiež v Ruskinovskej doline a v k.ú. Dvorce. Sú nekarbonátové.

### Kambizeme modálne (kultizemné) na výrazných svahoch

Za výrazný svah sa považuje svah so sklonom 12° – 25°. Pôdy sú zväčša stredne ťažké, skeletnaté a nekarbonátové. Zaberajú najväčší podiel v území – až 33 %. Radia sa medzi najmenej kvalitné pôdy z hľadiska bonity. Práve tieto pôdy sú najskôr opúšťané od poľnohospodárstva.

podárskeho využívania ako trvalé trávne porasty a následne podliehajú prirodzenej zárastovej sukcesii. Ako sa v tomto prípade potvrdilo, rozlíšenie DEM 20×20 m, nie je pre tieto účely dostatočným. Veľmi vhodným nástrojom na odčlenenie týchto pôdnych jednotiek sa javí tiež použitie hraníc LPIS.

### Pseudogleje modálne

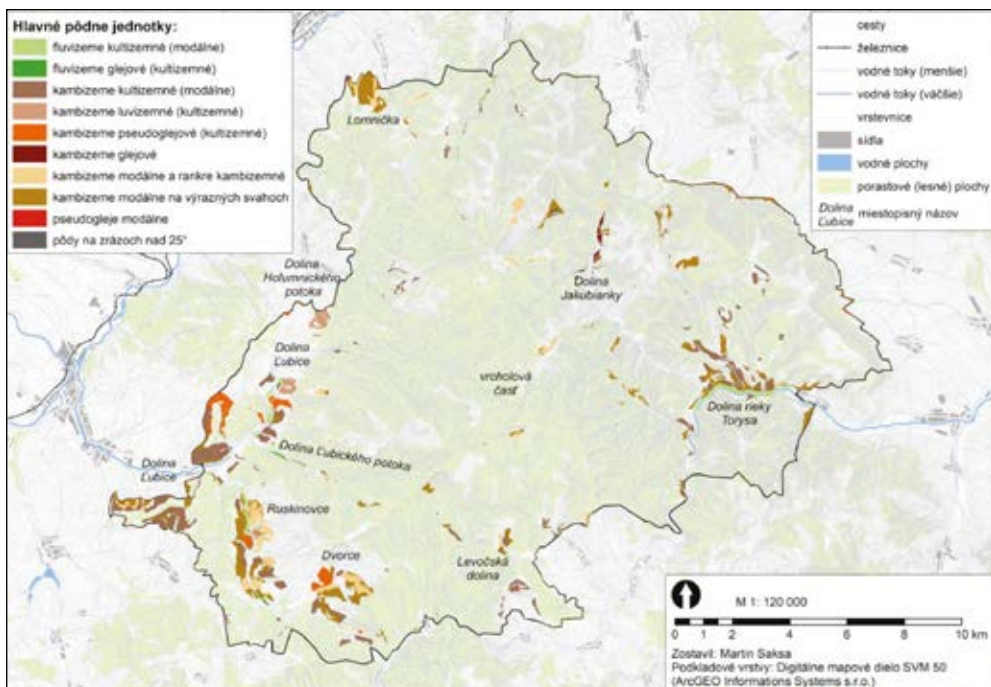
Tvoria len jeden plošne malý areál, vo vrcholovej depresii masívu Sosnovec v nadmorskej výške 822 m.

### Pôdy na zrázoch

Ide o pôdy bez rozlíšenia typu na zrázoch nad 25°. Plošne tvoria veľmi malú výmeru a majú len ochrannú funkciu.

Priestorové rozmiestenie jednotlivých hlavných pôdnych jednotiek v bývalom VO Javorina zobrazuje obrázok 6.

**Obr. 6** Pôdna mapa poľnohospodárskeho fondu VO Javorina



Podľa WRB (2015) možno kambické pôdy v sledovanom území klasifikovať ako *Stagnic LUVISOLS*, keďže v rámci tohto systému je proces iluviálnej akumulácie nadradený nad procesom hnednutia. Pôdy na nivách horských tokov možno klasifikovať ako *Dystric*, prípadne *Gleyic FLUVISOLS* (IUSS Working Group WRB, 2015). V prípade značného obsahu skeletu (nad 40%) môžeme tiež pridať k pôdnym jednotkám ako hlavný kvalifikátor *Skeletal*.

Na území bývalého VO Javorina bolo celkovo vyčlenených 809 areálov bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek, 119 typov kódov BPEJ a 16 hlavných pôdnych jednotiek. Ich celkové výmery a zastúpenie v bývalom VO Javorina vyjadruje tabuľka 3. Zaradenie jednotlivých kódov BPEJ do skupín kvality pôd vyjadruje tabuľka 4.

**Tab. 3** Hlavné pôdne jednotky poľnohospodárskeho fondu bývalého VO Javorina

Kód HPJ	Charakteristika	Signatúra	Výmera [ha]	% z PPF
06	fluvizeme kultizemné, stredne ťažké	FMa	5,54	0,30
11	fluvizeme kultizemné, glejové, stredne ťažké, lokálne ľahké	FMa <sub>G</sub>	9,16	0,50
14	fluvizeme kultizemné, stredne ťažké až ľahké, plytké	FMa	88,42	4,82
63	kambizeme kultizemné, nasýtené, z minerálne bohatých zvetralín flyša, stredne ťažké	KMa <sup>n</sup>	191,73	10,45
65	kambizeme kultizemné a kambizeme kultizemné, luvizemné, zo svahových hlien, stredne ťažké	KMa, KMal	62,58	3,41
66	kambizeme kultizemné, kyslé, zo zvetralín flyša, stredne ťažké až ľahké	KMa <sup>a</sup>	389,94	21,26
68	kambizeme kultizemné, kyslé, zo svahových hlien, stredne ťažké až ťažké	KMa <sup>a</sup>	26,22	1,43
69	kambizeme kultizemné, pseudoglejové, zo zvetralín flyša	KMag	69,75	3,80
71	kambizeme kultizemné, pseudoglejové, zo svahových hlien, stredne ťažké až ťažké, lokálne veľmi ťažké	KMag	60,17	3,28
72	kambizeme kultizemné, glejové, s výskytom podzemnej vody v hĺbke 0,5 – 0,8 m od povrchu, z rôznych substrátov, stredne ťažké až ťažké, lokálne veľmi ťažké	KMa <sub>G</sub>	19,95	1,09
78	kambizeme kultizemné (alebo modálne) a rankre kambizemné, plytké, zo zvetralín flyša, stredne ťažké až ťažké, lokálne veľmi ťažké	KMa(m), RNk	288,99	15,75
79	kambizeme kultizemné (alebo modálne) a rankre kambizemné, plytké, z ostatných substrátov, stredne ťažké až ľahké	KMa(m), RNk	12,41	0,68
82	kambizeme modálne, zo zvetralín flyša, na výrazných svahoch: 12 – 25°, stredne ťažké až ťažké	KMm	606,65	33,07
84	kambizeme pseudoglejové, na výrazných svahoch: 12 – 25°, stredne ťažké až ťažké, lokálne veľmi ťažké	KMg	2,82	0,15
89	pseudogleje kultizemné (alebo modálne), z polygenetických hlien s prímiesou skeletu, stredne ťažké až ťažké	PGa(m)	0,24	0,01
00	pôdy na zrázoch nad 25° (bez rozlíšenia typu pôdy)		7,23	0,29
<b>Spolu</b>			<b>1 834,57</b>	<b>100,00</b>

Podľa: Džatko & Sobocká *et al.*, 2009

**Tab. 4** Skupiny kvality pôdy v bývalom VO Javorina

Skupina kvality	Počet areálov BPEJ	Výmera [ha]	% z PPF
6	23	39,97	2,17
7	273	859,68	46,68
8	16	12,42	0,67
9	497	929,73	50,48



## ZÁVER

Poľnohospodárske pôdy bývalého Vojenského obvodu Javorina sú využívané najmä ako trvalé trávne porasty, ktoré sú v dobrom stave a pravidelne kosené. Na svahoch dolín dominujú kambizeme. Majú ochrlický humusový horizont zväčša s hrúbkou cca 30 cm, ktorý bol oraný naposledy pred približne sedemdesiatimi rokmi. Pod ním sa nachádzajú kambické (hnednutie) a luvické horizonty (iluviálna akumulácia), ktoré prechádzajú do mramorovaných pseudoglejových horizontov (redukčné a oxidačné procesy). Zrnitostne sú hlinité v ornici a ílovito-hlinité v podornici, zväčša stredne hlboké, s nižším obsahom skeletu do 60 cm od povrchu a nekarbonátové.

Na úzke nivy horských potokov sa viažu fluvizeme, ktoré sa vyznačujú pomerne značnou heterogenitou, od modálnych až po glejové subtypy, zrnitostne hlinito-piesočnaté, piesočnato-hlinité, hlinité až ílovito-hlinité, rôznej hĺbky a s rôznym obsahom skeletu, zväčša nekarbonátové.

Aj vzhľadom na nepriaznivé klimatické pomery Levočských vrchov sú poľnohospodárske pôdy podľa kódov BPEJ zaradené medzi stredne kvalitné pôdy (fluvizeme a kambizeme) až po pôdy s najnižšou kvalitou (plytké kambizeme a kambizeme na výrazných svahoch). Vzhľadom na zmenu filozofie o ochrane poľnohospodárskej pôdy, kedy sa namiesto skutočne kvalitných pôd chráni najkvalitnejšia pôda v každom jednom katastrálnom území na Slovensku, najkvalitnejšie z nich (stredne kvalitné fluvizeme na nivách) budú v katastrálnych územiach bývalého VO Javorina (ako napríklad Ľubické kúpele, Ruskinovce, Dvorce, Blažov, či Hniezdno) pri nepoľnohospodárskom využívaní chránené. Podľa nášho názoru celkom zbytočne.

Napriek bonitne nižšej kvalite poľnohospodárskych pôd sa domnievame, že vzhľadom na výskyt rozsiahlych a stále udržiavaných trvalých trávnych porastov má toto územie značný potenciál pre rozvoj horského poľnohospodárstva lúčno-pasienkarského charakteru. Bývalý Vojenský obvod Javorina má však okrem tohto aj viacero iných krajinných potenciálov. Lesohospodársky a vodohospodársky potenciál v prvom rade, ale aj potenciál z hľadiska rekreácie, ochrany prírody a krajiny až po potenciál znovu osídlenia, či obnovy liečebnej minulosti Ľubických kúpeľov. To všetko však nie je možné bez náležitého majetkovo-právneho vysporiadania pozemkov bývalého vojenského obvodu.

## LITERATÚRA

- DŽATKO *et al.* 1974. Mapa relatívnej bonity pôd a pôdno-ekologických jednotiek SSR. In: *Relatívna bonita pôd a pôdno-ekologických jednotiek SSR*. Záverečná správa. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a výživy rastlín, 1974, 25 s. + prílohy. M 1 : 500 000
- DŽATKO *et al.* 1989. *Agroklimatické regióny SR*. ZÁVEREČNÁ SPRÁVA. BRATISLAVA: VCPÚ – ÚPVR, 1989.
- DŽATKO, M. – SOBOCKÁ, J. *et al.* 2009. *Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek, inovovaná príručka pre bonitáciu a hodnotenie poľnohospodárskych pôd Slovenska*. VÚPOP BRATISLAVA, 102 s., ISBN 978-80-89128-55-6.
- GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ ÚSTAV. *Ortofotomapy*. Na: <https://www.geoportalsk.sk/udaje/ortofotomozaika/>.



- Geologická mapa Slovenska M 1:50 000* [online]. 2013. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2013. Prístupné na internete: <http://apl.geology.sk/gm50js>
- Historická ortofotomapa Slovenska* [online]. Technická univerzita Zvolen: Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine. Prístupné na internete: <https://mapy.tuzvo.sk/HOFM/>
- HRAŠKO, J. – LINKEŠ, V. – NĚMEČEK, J. – NOVÁK, P. – ŠÁLY, R. – ŠURINA, B. 1991. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd ČSFR*. VÚPÚ Bratislava, 1991, 106 s. ISBN 80-85361-05-1.
- HRAŠKO, J. – LINKEŠ, V. – ŠÁLY, R. – ŠURINA, B. 1993. *Pôdna mapa Slovenska*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti; Slovenský úrad geodézie, kartografie a katastra, 1993. M 1:400 000
- IUSS WORKING GROUP WRB 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015*. International soils classification system from naming soils and creating legends for soil maps. Rome: World Soil Resources Reports No. 106, 2015, 192 s.
- KOLLÁR, A. – GAJDOVÁ, J. – ŠTEFANOVIČOVÁ, D. – FIEDLOVÁ, S. 2002. Ochrana vôd. In: *Atlas krajiny Slovenskej republiky*, 1. vyd., Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, s. 217–219. M 1:500 000 + zoznamy.
- LAPIN, M. – FAŠKO, P. – MELO, M. – ŠTASTNÝ, P. – TOMLAIN, J. 2002. Klimatické oblasti. In: *Atlas krajiny Slovenskej republiky*, 1. vyd., Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, s. 95. M 1:1 000 000
- Lesné pôdne jednotky* [WMS služba]. Zvolen: Národné lesnícke centrum.
- MAZÚR, E. – LUKNIŠ, M. 1980. *Regionálne geomorfologické členenie*. Bratislava: Geografický ústav Slovenskej akadémie vied, 1980. M 1:500 000
- MICHALKO *et al.* 1986. *Geobotanická mapa ČSSR – SSR*. Mapová časť. M 1:200 000
- Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR. *Register pôdy – LPIS*
- Nariadenie vlády SR 2010. *Nariadenie vlády SR č. 455/2010 Z.z. SR z 1. decembra 2010 o zrušení Vojenského obvodu Javorina* [online]. Ministerstvo spravodlivosti SR, 2010–12-01.
- SKALSKÝ, R. *et al.* 2019. *Metodika aktualizácie máp BPEJ a digitálnej vrstvy cez pedologický prieskum pre potreby Pôdnej služby*. Interná metodika NPPC – VÚPOP, 2019, 17 s.
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA. 2014. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia*. Druhé upravené vydanie. Bratislava: NPPC – VÚPOP, 2014, 96 s. ISBN: 978-80-8163-005-7
- ŠIMO, E. – ZAŤKO, M. 2002. Typy režimu odtoku. In: *Atlas krajiny Slovenskej republiky*, 1. vyd., Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2002, s. 103. M 1:2 000 000
- Štátna ochrana prírody SR. Správa Pieninského národného parku, Červený Kláštor. *Rieka Torysa (NATURA 2000)*. Prístupné na internete: [http://www.sopsr.sk/natura/doc/inf\\_brozury/Rieka\\_Torysa.pdf](http://www.sopsr.sk/natura/doc/inf_brozury/Rieka_Torysa.pdf)
- VASS, D. – BEGAN, A. – GROSS, P. – KAHAN, Š. – KÖHLER, E. – KRYSTEK, I. – LEXA, J. – NEMČOK, J. 1988. *Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR*. Bratislava: Geologický ústav Dionýza Štúra, 1988. M 1:500 000
- Vyhľadka Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky č. 59/2013 Z.z. z 11. marca 2013, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 508/2004 Z.z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 2020/2004 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.*

# MAPOVANIE ENVIRONMENTÁLNE SENZITÍVNYCH ÚZEMÍ MESTA BRATISLAVY

## MAPPING OF ENVIRONMENTALLY SENSITIVE AREAS IN BRATISLAVA CITY

Jaroslava Sobocká<sup>1</sup>, Martin Saksá<sup>1</sup>, Ján Feranec<sup>2</sup>, Daniel Szatmári<sup>2</sup>,  
Juraj Holec<sup>3</sup>, Hana Bobáľová<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy,  
Trenčianska 55, 821 09 Bratislava

<sup>2</sup> Geografický ústav Slovenská akadémia vied, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

<sup>3</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

<sup>4</sup> Univerzita Komenského, Fakulta prírodných vied, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava

### Abstrakt

Príspevok je zameraný na analýzu a hodnotenie urbánnych environmentálne citlivých oblastí (U-ESA) v Bratislave z hľadiska vplyvu nepriepustne pokrytých (zastavaných) území, kvality urbánnych pôd a infraštruktúry mestskej zelene ako aj výskytu urbánnych ostrovov tepla v letných mesiacoch. Metodika posudzovania U-ESA je založená na multi-kriteriálnom prístupe v ktorom boli identifikované a syntetizované tieto parametre: pedo-urbánne komplexy vrátane klasifikácie urbánnych pôd a ich kvality, využívanie urbánnej krajiny, mestské tepelné ostrovy (UHI) a priestorová distribúcia mestskej zelene. Fenomény ako nepriepustne pokrytie pôdy a mestské ostrovy tepla výrazne znižujú ekologické funkcie a ekosystémové služby urbánnych pôd a môžu mať negatívny vplyv na životnú úroveň a zdravotný stav mestského obyvateľstva. Pedo-urbánny komplex (PUK) je geografická a kartografická jednotka na mapovanie oblastí SUITMA; v topickej alebo chórickej mierke. Zostavilo sa niekoľko čiastkových produktov: vektorizovaná krajinná pokrývka / využitie krajiny kategorizovaná podľa rozšírenej nomenklatúry Urban Atlas 2012, mapovanie nepriepustne zastavaných pôd, modelované mapy urbánnych ostrovov tepla a mapa typov mestskej vegetácie. Výsledné U-ESA navrhli oblasti v Bratislave, ktoré sú vystavené zvýšenému riziku z hľadiska kvality životnej úrovne. Identifikácia U-ESA sa môže použiť na riešenie komfortu bývania a kvality životnej úrovne v rámci mestského rozvoja a vyváženého územného plánovania.

**Kľúčové slová:** environmentálne senzitivné územia, nepriepustne pokrytie pôd, pedo-urbánny komplex, urbánne ostrovy tepla, Bratislava

### Abstract

The contribution is focusing on analyse and evaluation of the urban environmentally sensitive areas (U-ESA) in Bratislava city, in terms of the impact of sealed area, urban soil quality and urban green areas infrastructure as well as the occurrence of urban heat island in the summer

months. The methodology for assessing U-ESA is based on a multi-criteria approach in which the following parameters were identified and synthesized: pedo-urban complexes including of classification of urban soils and their quality, urban land use, urban heat island (UHI) areas and spatial distribution of urban vegetation. Phenomena like soil sealing and urban heat islands significantly reduce the ecological functions and ecosystem services of urban soils and can result in negative affect the living standard and health condition of urban population. Pedo-urban complex (PUC) is a geographical & cartographical unit for mapping of SUITMA areas; in topic or choric level. Several partial products were compiled: vectorised land cover/land use categorized according the extended nomenclature Urban Atlas 2012, mapping of soil sealing, modelled urban heat island maps and map of urban vegetation types. The resulting U-ESA designed areas in Bratislava which are under increased risk in terms of quality of living standards. The identification of the U-ESA can be used for the solving of housing comfort and quality of living standards in the frame of urban development and balanced spatial urban planning.

**Keywords:** environmentally sensitive areas, soil sealing, pedo-urban complex, urban heat island, Bratislava

## ÚVOD

Veľké mestá sú čoraz viac vystavené hrozbám budúceho vývoja, ktorý spôsobujú významné globálne vplyvy, ako sú klimatická zmena, strata pôdnej biodiverzity alebo výskyt sucha. Riziko narastá, ak dochádza k neúmerným záberom poľnohospodárskej pôdy, spojenej s rastom mestského obyvateľstva, či človekom vyvolanej fyzikálnej či chemickej degradácii pôd. V celosvetovom meradle obyvateľstvo žijúce v urbanizovaných územiach začalo dominovať pred vidieckym obyvateľstvom od roku 2008 a prognózy predpokladajú ďalší rast (UN, 2018). V súčasnosti približne 75 % európskej populácie žije v mestách a odhaduje sa, že ich počet sa zvýši na 80 % (EEA, 2016, 2019). Od roku 1996 do roku 2006 bola zvýšená nepriepustne pokrytá plocha zo 176 200 na 191 200 km<sup>2</sup>. Miera záberov pôd bola 920 km<sup>2</sup> ročne, čo znamená 252 hektárov za deň (EC, 2012). V technickej dokumentácii o pôde (EEA, 2016) bola prijatá nová terminológia:

- pojem „umelý povrch“ sa používa v nomenklatúre CORINE Land Cover a definuje sa ako „súvislá a nesúvislá mestská štruktúra“, t.j. obývané oblasti, priemyselné, obchodné a dopravné jednotky, cestné a železničné siete, skládky a miesta ťažby, ale aj územia mestskej zelene.
- urbanizované (osídlené) oblasti sú územia využívané pre urbanizáciu, priemysel, dopravu, ťažbu a vojenské činnosti. Pre tento výraz sa tiež používa „urbanizovaná krajina“ alebo „zastavaná krajina“.
- „záber pôdy“ je známy aj ako „urbanizácia“ alebo „zväčšovanie umelých plôch“ a predstavuje nárast sídelných plôch (alebo umelých povrchov) v priebehu času, zvyčajne na úkor vidieckych oblastí. Tento proces môže viesť k rozrastaniu rozptýlených osád vo vidieckych oblastiach alebo k rozširovaniu mestských oblastí oko-

lo mestských jadier (urbánny rast). Definitívne rozlíšenie je zvyčajne ťažké (Prokop *et al.*, 2011).

- „nepriepustné pokrytie pôdy“ zaplombovanie pôd možno definovať ako jej pokrytie budovami, stavbami a vrstvami úplne alebo čiastočne nepriepustného umelého materiálu (asfalt, betón, dlažba, atď.). Je to najhoršia forma degradácie pôdy a je v podstate nezvratným procesom (Prokop *et al.*, 2011). Otvorené zelené plochy, mestské parky, záhrady, cintoríny a iné otvorené pôdy nespádajú do rozsahu tohto pojmu.

Pôdy možno považovať za kľúčový komponent urbánneho ekosystému. Vplyv urbanizácie na životné prostredie býva niekedy tak kritický, že rozlohy nepriepustných povrchov, urbanizovaných či prímestských plôch sú považované za kľúčové indikátory zdravia vodných a terestriálnych ekosystémov (Hazelton & Murphy, 2011). Pre riešenie vplyvu zastavaných oblastí na ďalšie komponenty urbánneho ekosystému (ako je vegetácia, hydrosféra, atmosféra) existuje niekoľko významných dôvodov, napr. v mestách sa podstatne mení mikroklima a mezoklima, v porovnaní s vidieckou krajinou aj o niekoľko °C (Stewart & Oke 2012). Zaznamenáva sa výskyt urbánnych ostrovov tepla (UHI) (Holec, & Šťastný, 2017, Geletič *et al.*, 2018, Žuvela-Alois *et al.*, 2014) predovšetkým nad husto zastavaným územím. Okrem toho v podmienkach zmeny klímy sa v mestách spája viacero nepriaznivých faktorov: pôda je zaplombovaná nepriepustnými materiálmi, pôdy otvorených plôch bývajú kontaminované anorganickými rizikovými prvkami aj organickými polutantmi, nachádza sa v nich množstvo prachu ( $PM_{10}$ ) a larválne štádiá mnohých mikro a mezo-organizmov. Tieto atribúty majú negatívne dôsledky nielen pre spoločnosť a hospodárstvo, ale aj pre životné podmienky mestského obyvateľstva a jeho zdravie. Predpokladá sa, že oblasti výskytu UHI zvýšia a zintenzívnia zhoršujúce sa životné podmienky v mestách (Mirzaei, 2015). Zaplombované pôdy môžu prispievať k zvýšenému účinku UHI, zvyšujú riziko záplav, nakoľko uprednostňujú povrchový odtok a znižujú infiltráciu dažďovej vody do pôdy (Morel *et al.*, 2014). Edmondson *et al.* (2016) poukazuje na to, že mikroklimatická regulácia tepelnej kapacity v zastavanom mestskom prostredí je silne determinovaná zaplombovaním pôdy zástavbou, cestami, asfaltom, betónom a podobne. Tento stav je potrebné riešiť vopred sofistikovaným územným plánovaním a navrhovaním udržateľných urbánnych ekosystémov (Breuste *et al.*, 1998).

Konfigurácia klimatických podmienok v mestách veľmi závisí od veľkosti plochy pokrytej nepriepustným materiálom. Je zrejmé, že v porovnaní s otvorenými zelenými plochami tieto oblasti prispievajú k extrémnym letným teplotám a k vytváraniu UHI. Pokiaľ ide o pôdne a vegetačné podmienky, tieto javy zohrávajú zásadnú úlohu pri tvorbe ekologicky citlivých urbanizovaných území (U-ESA). Niu *et al.* (2018) definuje U-ESA ako ekologické prvky alebo subjekty v meste a jeho okolí, ktoré majú ekologický význam pre urbanizované prostredie, avšak existuje znížená schopnosť ich regenerácie, ak sú akokoľvek poškodené urbanizačnými aktivitami. Napríklad, štúdia Arsenovič *et al.* (2019) ukazuje vysokú mieru vzťahu medzi úmrtnosťou a teplotou, ich výsledky poukazujú na to, že urbánna populácia je počas horúcich vln UHI silne zraniteľná.

Hlavným cieľom práce je analyzovať a vyhodnotiť vplyv zastavaného územia, kvality pôdneho pokryvu a zelenej infraštruktúry, ako aj výskytu UHI v letných mesiacoch na tvorbu a dis-

tribúciu U-ESA. Pre splnenie cieľa sa identifikovali nepriepustné povrchy v urbanizovanom prostredí, zmapovali a klasifikovali vlastnosti a kvalita pôdy, vrátane zelenej mestskej infraštruktúry, mapovali a zisťovali sa nepriaznivé mikroklimatické podmienky

## MATERIÁL AND METÓDY

Modelovým územím je Bratislava, hlavné mesto Slovenskej republiky, ktoré má rozlohu 367 km<sup>2</sup> a približne 430 000 obyvateľov, nadmorskú výšku 126–514 m n.m., priemerná ročná teplota je 9,8 °C a množstvo zrážok 577 mm. Bratislava má historicky jedinečnú geografickú polohu s diferencovanou geomorfológiou: od záplavových území a nížin po vrchoviny až po pohoria, čo vedie k významnej diferenciacii mikroklimatických a mezoklimatických podmienok mesta.

Metodika posudzovania environmentálne senzitivných území je založená na multi-kriteriálnom prístupe, v ktorom sa vyprofilovalo niekoľko atribútov:

1. Mapovanie krajinej pokrývky/využívania zeme pomocou rozšírenej nomenklatúry Urban Atlas 2012
2. Mapovanie pôd pomocou koncepcie pedo-urbánných komplexov (PUK) a hodnotenie ich kvality
3. Výskyt urbánných ostrovov tepla (UHI) a ich priestorové rozloženie pomocou modelu MUKLIMO
4. Identifikácia a klasifikácia typov vegetácie
5. Prekrývanie a syntéza výsledkov

### **Mapovanie krajinej pokrývky/využívania zeme pomocou rozšírenej nomenklatúry Urban Atlas 2012**

Nepriepustný pokryv (zástavba) pôd sa vektorizoval pomocou mapy využívania krajiny vytvorenej podľa rozšírenej nomenklatúry Urban Atlas 2012 a Copernicus (EÚ) a následnej klasifikácie krajinej pokrývky/využívania zeme (LC/LU) (Feranec *et al.*, 2019a, 2019b). Základné parametre sú: veľkosť pixelov 100 m x 100 m, minimálne funkčné urbánne územie (FUA) ≥ 1 ha a minimálna šírka líniových prvkov (cesty, železnice, toky) ≥ 20 m, minimálna plocha identifikovaných budov 0,25 ha (50 × 50 m<sup>2</sup>) a minimálna šírka ≥ 10 m. Povrchy pokryté nepriepustným povrchom (trieda 1) boli klasifikované podľa percenta pokrytia lokality: > 80%, 50–80%, 30–50%, 10–30%, <10%. Ostatné triedy 2–5: poľnohospodárske, prírodné a poloprírodné oblasti, lesy, vodné plochy boli identifikované na minimálnej ploche 1 ha.

### **Mapovanie pôdy pomocou koncepcie pedo-urbánných komplexov a hodnotenie ich kvality**

Koncept pedo-urbánných komplexov (PUK) rieši niektoré zvláštnosti mapovania pôd urbánných území komplikované špecifickými vlastnosťami pôdy, nepriepustným pokrytím pôdy,

kontamináciou alebo inými formami degradácie pôdy a všeobecne narušením povrchových či podpovrchových pôdných horizontov a tvorbou konštrukčných pôd. V urbánnej krajine môžeme nájsť materiály človekom premenené a transportované (Levin *et al.*, 2017), technické materiály obsahujúce artefakty, nezvyčajné fyzikálne a chemické vlastnosti, prekročený obsah rizikových prvkov prachu ( $PM_{10}$ ) alebo patogénne organizmy (Sobocká *et al.*, 2007; Lehmann & Stahr, 2007; Sobocká, 2013; Greinert, 2015; Levin *et al.*, 2017). Technozeme sú v Morfogetickom klasifikačnom systéme pôd Slovenska (Societas pedologica slovacica, 2014) relatívne mladou skupinou pôd a ešte stále existuje veľa problémových častí, ktoré nie sú doriešené pre porozumenie procesov prebiehajúcich v týchto pôdach a ktoré by viedli ku korektnej klasifikácii (Charzyński *et al.*, 2013).

Komplikovanosť mapovacích jednotiek v urbánnej krajine je tak veľká, že klasické mapovanie krajiny nie je použiteľné, t. j. pre vymedzenie pôdných jednotiek v takom prostredí nie je možné použiť klasické pedologické (geologické alebo geomorfologické) kritériá (Sobocká, 2010). Preto bol navrhnutý nový koncept pedo-urbánneho komplexu. Pedo-urbánny komplex je pedogeografická jednotka mapovaná v topickej až chórickej mierke, ktorá sa nachádza v urbanizovaných, priemyselných, dopravných, banských a vojenských územiach (SUITMA), časť komplexu môže byť nepriepustne pokrytá (budovami, asfaltovou dlažbou, betónom, dopravnými sieťami, atď.) a má určitý priestorový charakter vyplývajúci z využívania mestského ekosystému (priemysel, sídla, dopravná infraštruktúra atď.). Pedo-urbánny komplex zahŕňa niekoľko atribútových zložiek: využitie pôdy, klasifikácia pedónov alebo polypedónov, podiel (percento) nepriepustného pokrytia pôdy a forma degradácie pôdy. Niektoré charakteristiky sú zahrnuté v pôdných typoch antrozem a technozem (Societas pedologica slovacica 2014). Vymedzenie pedo-urbánnych komplexov je viazané na hranice využívania krajiny a takéto komplexy môžu vytvárať špecifický *pattern* oblasti (Sobocká, 2010).

Pre mapovanie pedo-urbánnych komplexov mesta Bratislava sa využila vektorizovaná vrstva krajinej pokrývky/využitia zeme (LC/LU) kategorizovaná podľa rozšírenej nomenklatúry Urban Atlas 2012 na ortofotomapách (Szatmári *et al.*, 2018) a systém pôdných jednotiek uvedených v MKSP 2014. Mapy boli vytvorené v nástroji ArcGIS (© ESRI). Skupiny kvality pôdy boli klasifikované podľa zoznamu pôdných typov a subtypov mesta Bratislavy na základe bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (Džatko & Sobocká *et al.*, 2009), ktoré sú súčasťou Zákona o ochrane poľnohospodárskych pôd (zákon č. 220/2004 Zb.).

### **Výskyt urbánnych ostrovov tepla (UHI) – priestorová distribúcia pomocou modelu MUKLIMO**

Model MUKLIMO predstavuje numerický trojrozmerný model vyvinutý Nemeckým meteorologickým úradom (DWD) pre podrobné mapovanie urbánnej klímy. Pre detekciu UHI príspevku bol použitý model MUKLIMO\_3 (3D Mikroskaliges Urbanes KLima MOdell). Klimatický model bol vyvinutý pre výskum a modelovanie urbánnej klímy (Sievers, 2012, 2016) a vyžaduje nasledovné vstupy: digitálny model terénu, vrstvu využívania pôdy (raster 100 x 100 m). Lokálnym klimatickým zónam (LCZ) boli priradené tieto atribúty: podiel nepriepustne pokrytého

územia, percentuálne zastúpenie budov a ich rozloha a informácie o zeleni (Holec & Šťastný, 2017). MUKLIMO model generoval rozdiely medzi priemernými teplotami v rámci tried LC/LU a identifikoval pattern (priestorovú distribúciu) UHI (mestských ostrovov tepla) pre celé územie mesta Bratislava. Tieto premenné boli získané z meteorologických meraní uskutočňovaných v konkrétny letný deň. Mapa teplotných plôch mesta Bratislava bola získaná zo satelitných záznamov Slovenska LANDSAT 8 obrázkov (USGS). Model dokáže riešiť teplotu vzduchu, relatívnu vlhkosť, rýchlosť a smer vetra a teplotu povrchu pôdy. Rovnice metódy Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) sú riešené tak, aby simulovali polia atmosférického toku v prítomnosti budov (Sievers & Zdunkowski, 1985; Sievers, 1990, 1995). Rozsah horizontálneho rozlíšenia modelu je zvyčajne medzi 20 a 500 m. Pre účely tejto bolo vybrané horizontálne rozlíšenie 100 m. Vertikálne rozlíšenie sa pohybovalo medzi 10 a 50 m s hustotou mriežky v blízkosti povrchu. Model je možné využiť na simuláciu hlavne v stredoeurópskych mestách, napr. Viedeň (Žuvela-Aloise *et al.*, 2014), Brno (Geletič *et al.*, 2018), Bratislava (Holec & Šťastný, 2017), Szeged (Gál & Skarbit, 2017) alebo pre porovnanie stredoeurópskych miest (Bokwa *et al.*, 2019).

### **Identifikácia a klasifikácia typov vegetácie**

Priestorová distribúcia a klasifikácia vegetačných typov mesta Bratislava sa realizovala cez klasifikáciu objektov satelitných snímok SENTINEL 2. Satelitné snímky boli prevzaté z 30. augusta 2016 a majú priestorové rozlíšenie 10 m. Po klasifikácii objektu sa uskutočnila filtrácia tak, aby neexistovali menšie plochy ako 400 m<sup>2</sup>. Legenda bola hodnotená podľa klasifikácie objektov: 1. les, 2. stromy a kríky, 3. zelené trávne porasty, 4. suché a sporadické lúky a pasienky, 5. orná pôda a 6. nevegetačné oblasti, ktoré nie sú vegetáciou, ale sú to nepriepustne pokryté urbánne plochy. Ak vychádzame z jednoduchého predpokladu, že tam, kde sa vyskytuje vegetácia, nie sú nepriepustne pokryté pôdy, môžeme tieto územia považovať za otvorené urbánne plochy.

### **Prekrytie a syntéza výsledkov**

Identifikácia urbánnych environmentálne citlivých oblastí (U-ESA) sa realizovala prekryvaním vrstiev (raster) parciálnych atribútov pomocou nástrojov GIS (© ESRI ArcGIS). Pre finálnu verziu sme použili tieto tri parametre: 1. kvalita pôdy, 2. modelovaná priestorová distribúcia UHI a 3. priestorová distribúcia typov mestskej vegetácie. Každý parameter bol kategorizovaný a ku každej kategórii bola priradená hodnota bodu (od najhoršej z hľadiska urbánnych environmentálne senzitivných území (vyššie hodnoty) k najlepším menším hodnotám). Prekrytie parciálnych parametrov bolo riešené nástrojom rastrovej kalkulačky v GIS a kategorizáciou indexu urbánnych environmentálne citlivých oblastí. Vlastný rozsah bodových hodnôt závisí od použitých rastrových vrstiev a ich atribútov, t. j. distribúcie, kvalitných pôd, typov vegetácie a UHI.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Podľa Burghardt (1994) a Burghardt *et al.* (2015), urbánne pôdy rozvíjajú svoje špecifické vlastnosti pod silným vplyvom environmentálneho prostredia. To znamená, že pôda v urbanizovaných oblastiach sa odlišuje od prírodnej a vidieckej krajiny a má odlišný charakter pedogenézy. Koncept mapovania pedo-urbánneho komplexu je súčasťou mapovania urbánnych pôd, ich vlastnosti veľa krát závisia od ich využitia v urbanizovanom priestore. Preto vymedzenie jednotiek závisí od vymedzenia hraníc daného využitia zeme, napr. nepriepustne pokryté alebo kontaminované pôdy, ktoré nerešpektujú prírodné pedologické hranice. Výsledkom mapovania býva typický pattern mapovaných jednotiek. Podobné úvahy možno nájsť v prácach mapujúcich mestá Toruń a Zielona Góra (Hulisz *et al.*, 2018) v Poľsku, New Yorku (Shaw & Isleib, 2017 in Levin *et al.*, 2017), Moskve (Prokofeva *et al.*, 2011), Osnabruck (Makowsky & Schneider, 2017 in Levin *et al.*, 2017) alebo Szeged (Puskás & Fansang, 2009).

Pedo-urbánne komplexy sa stali základom pre identifikáciu U-ESA. Pre mesto Bratislava sa vytvorili georeferenčné databázy a spracovali sa výsledky pôdneho prieskumu. Vhodnou voľbou pre mapovanie PUK bola vektorizovaná vrstva krajinnej pokrývky/využitia zeme (LC/LU) kategorizovaná podľa rozšírenej nomenklatúry Urban Atlas 2012 (Obr. 1).

**Obr. 1.** Mapovanie areálov podľa Rozšírenej nomenklatúry Urban Atlas 2012 (mesto Bratislava)



Následne bola vytvorená mapa využitia zeme (Obr. 2).





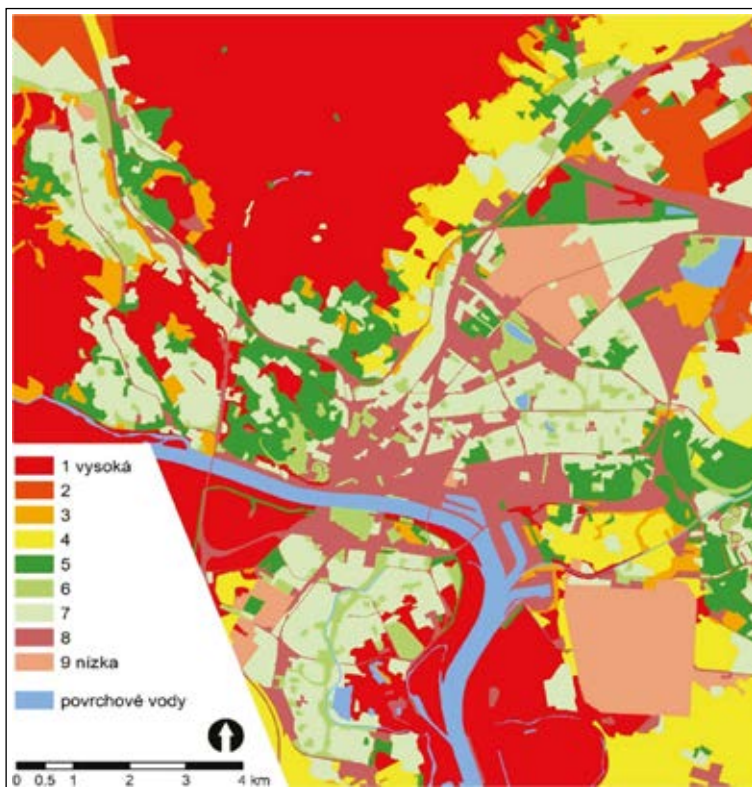
Pôdna mapa mesta Bratislava bola kompilovaná na základe výsledkov predchádzajúceho pôdneho prieskumu a mapovania mesta Bratislavy (Sobocká *et al.*, 2007). Databázy sa doplnili o charakteristiku nepriepustných povrchov a kontaminácie pôdy. Pôdne jednotky boli klasifikované podľa Morfogenetického klasifikačného systému pôd SR (Societas pedologica slovac, 2014) s dôrazom na antropogénne pôdy. Mapa je prezentovaná na Obr. 3.

Ako jeden z environmentálne citlivých atribútov možno hodnotiť pôdne jednotky kategorizované podľa ich kvality. Pre hodnotenie kvality sme sa inšpirovali systémom bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ), ktorý je uplatňovaný v legislatíve ochrany pôdy Slovenskej republiky (Džatko, Sobocká *et al.*, 2009). Je však potrebné poznamenať, že systém hodnotenia urbánnych pôd by mal zahrňovať aj ekosystémové služby, ktoré pre antropogénne pôdy v SR ešte neboli rozpracované. Ekosystémové služby predstavujú prínosy a úžitky, ktoré poskytujú ekosystémy, napr. voda, drevo, pôda, ovzdušie, a i. Okrem toho systém BPEJ nezahŕňa pôdne typy antrozeme a technozeme, ktoré boli ako skupiny kvality pôdy dodatočne pridané (Societas pedologica slovac, 2014) a sú uvedené v tabuľke 1.

**Tab. 1** Triedy kvality pôd

Trieda	Charakteristika	Pôdne typy
1 – vysoká	Lesné pôdy a pôdy trvalých trávnych porastov (prírodné pôdy)	čiernice, fluvizeme, kambizeme, regozeme, rendziny a ich modálne subtypy
2	Poľnohospodárske pôdy veľmi vhodné pre poľnohospodársku produkciu (poloprírodné pôdy)	černozeme kultizemné a čiernice kultizemné
3	Urbánne pôdy s dlhým a intenzívnym poľnohospodárskym využitím (kultizeme, hortizeme)	kultizeme, hortizeme modálne/záhradné
4	Poľnohospodárske pôdy vhodné pre poľnohospodársku produkciu (poloprírodné pôdy)	fluvizeme kultizemné
5	Urbánne neprekrývané pôdy (antrozeme)	antrozeme rekultivačné/urbánne
6	Poľnohospodárske pôdy menej vhodné pre poľnohospodársku produkciu (poloprírodné pôdy)	regozeme kultizemné
7	Urbánne imisné nepokryté pôdy (antrozeme)	antrozeme rekultivačné/kontaminované imisné/urbické
8	Urbánne nepriepustne pokryté pôdy (antrozeme) a pôdy priemyselných hald (technozeme)	antrozeme iniciálne/ekranické a technozeme iniciálne/ha iniciálne/haldové
9 – nízka	Pôdy z toxického priemyselného odpadu (technozeme)	technozeme iniciálne/kontaminované toxické/deponiové

Mapa tried kvality pôd v meste Bratislava je znázornená na Obr. 4. Z nej môžeme zistiť, že kvalita urbánnych často priamo súvisí s jej využívaním v urbanizovanom priestore. Zhoršené pôdne vlastnosti sú zrejme v priemyselných, dopravných a skládkových územiach s potenciálnou kontamináciou rizikovými prvkami a organickými polutantmi. Sídlné plochy vykazujú lepšiu kvalitu pôd, všeobecne možno dedukovať, že kvalita urbánnych pôd závisí od stupňa antropizácie pôdneho profilu. Pôdy prírodné, alebo len čiastočne narušené antropogénnou činnosťou majú stredný až vyšší stupeň kvality bez ohľadu na ich využitie v urbanizovanom priestore.

**Obr. 4** Triedy kvality pôd

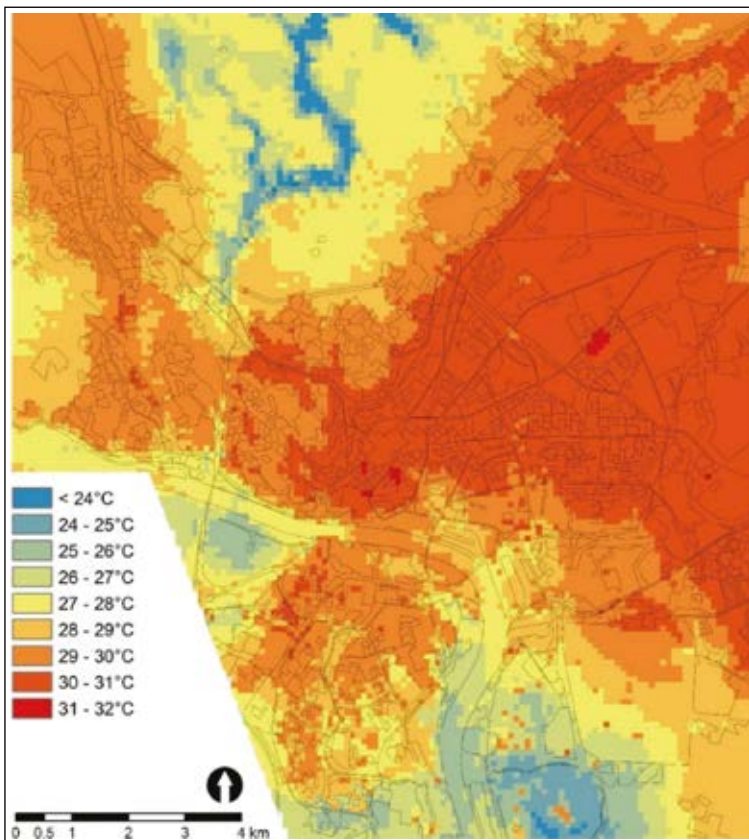
K riešeniu problému teplotných horúčav v mestách môžu prispieť aj poznatky o frekvencii a distribúcii urbánnych ostrovov tepla (UHI). Tieto sú súčasťou hodnotenia U-ESA z hľadiska posúdenia kvality života v mestách. Teplotné zmeny v husto zastavanom urbanizovanom prostredí sú spojené s výskytom tohto neobvyčajného javu, ktorý sa vyznačuje vyššou povrchovou teplotou a teplotou vzduchu než okolité mestské prostredie.

Georeferencované databázy a riešenie modelu MUKLIMO pre mesto Bratislava poskytli možnosť vyhodnotiť vzťahy nepriepustne pokrytých plôch a mestskej zelene v oblastiach s výskytom UHI. Tab. 2 ukazuje kategorizáciu UHI viazanú na U-ESA. Databáza je daná dátumom 19. augusta 2018 o 21:00, kedy bolo UHI identifikované na území mesta Bratislava (Obr. 5).

**Tab. 2** UHI kategórie vo väzbe na to urbánne environmentálne senzitivné územia

1	< 24 °C	6	28–29 °C
2	24–25 °C	7	29–30 °C
3	25–26 °C	8	30–31 °C
4	26–27 °C	9	31–32 °C
5	27–28 °C		

**Obr. 5** Identifikácia UHI zo dňa 19. augusta 2018 o 21:00 na území mesta Bratislava

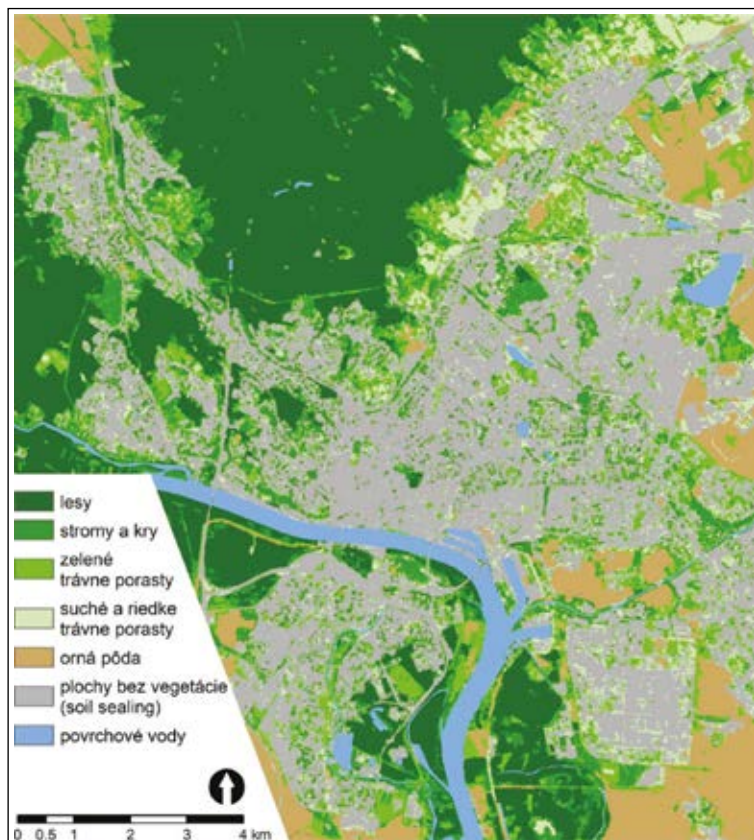


Kategorizácia mestskej zelene vo väzbe na U-ESA je uvedená v Tab. 3. Priestorová distribúcia vegetačných typov mestskej zelene bola spracovaná na základe satelitných snímok SENTINEL 2. Mapa (Obr. 6) ukazuje priemyselno-dopravné a komerčné areály, sídelné územia a komerčné plochy, kde percento zastavania je pomerne vysoké, t.j. dostupná zeleň je viazaná na malé plochy, resp. stromové solitéry.

**Tab. 3** Vegetačné typy zelene vo väzbe na U-ESA

1	lesy
2	stromy a kry
3	zelené trávne porasty
4	suché a riedke trávne porasty
5	orná pôda
9	plochy bez vegetácie (nepriepustné pokrytie pôdy)



**Obr. 6** Priestorová distribúcia mestskej zelene mesta Bratislava

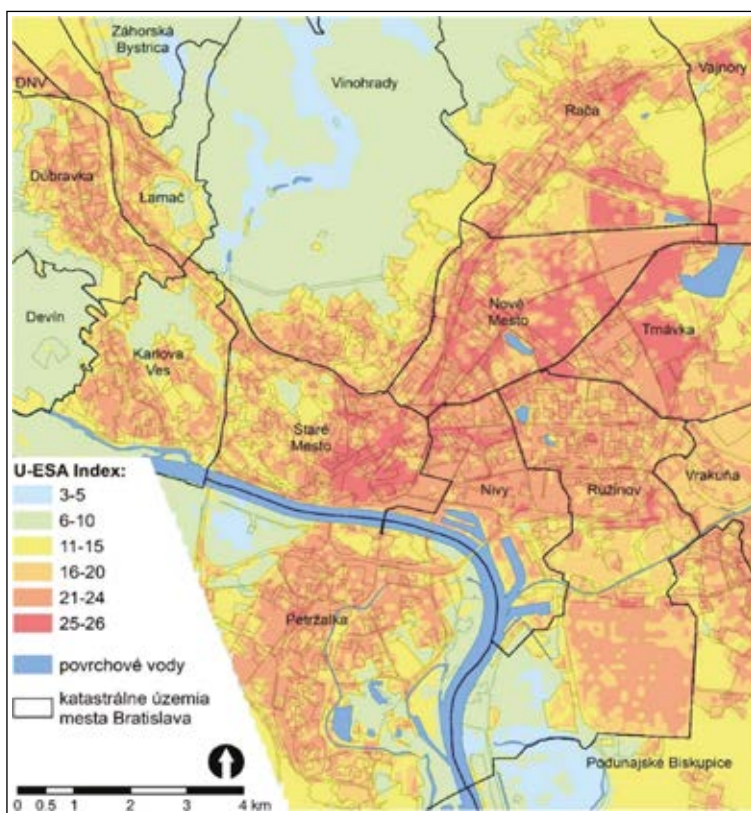
Vymedzenie urbánnych environmentálne citlivých oblastí je riešené z hľadiska pohodlia bývania a kvality životnej úrovne mestského obyvateľstva. Z dosiahnutých výsledkov prekrytím troch hore uvedených máp vznikla Mapa urbánnych environmentálne senzitivných území vrátane indexácie U-ESA (Obr. 7). Analýza ukázala, že environmentálne citlivé oblasti sa nachádzajú hlavne v oblasti s intenzívnym pôsobením priemyselných, obchodných a verejných areálov, v súvislých i nesúvislých mestských štruktúrach. Ekologicky najcitlivejšie oblasti sa javia v centre mesta, ktoré sa vyznačujú hustou historickou zástavbou a nepriepustným či polopriepustným pokrytím pôdy (viac ako 80 %), kde je badať zvýšený účinok pôsobenia UHI a znížený stupeň dostupnosti verejnej zelene.

Iná situácia je v mestských obvodoch Nové Mesto, Trnávka a Rača, ktoré predstavujú rozsiahle urbánne oblasti, kde dominuje predovšetkým chemický, spotrebný a dopravný priemysel s komerčným zázemím. Bratislava z minulosti zdedila niekoľko závažných environmentálnych záťaží ako dôsledok bývalého nevhodného hospodárenia s prírodnými zdrojmi, ktoré negatívne ovplyvnili nielen pôdu, substráty, ovzdušie, ale aj zdroje pitnej vody (podzemná voda). Tieto územia sú určené pre sekundárne využitie po vykonaní dekontaminačných a rekultivačných prác, ktoré však bývajú finančne veľmi náročné. V súčasnosti bývajú zdrojom

druhotného znečistenia okolitého prostredia, čo sa podpisuje pod nepriaznivý stav životného štandardu obyvateľov.

Na druhej strane ostatné mestské časti (napr. Dúbravka, Karlova Ves, Petržalka), v ktorých je priemysel viac-menej zriedkavý, sú oblasti s veľmi dobrými životnými podmienkami a priaznivými vplyvom na zdravie mestského obyvateľstva. Verejná zeleň je dostupná a účinky prípadného výskytu UHI menej závažné. Lokality Malých Karpát, Devína, Horského parku, čo podunajských lužných lesov predstavujú cenné biosférické segmenty prispievajúce k celkovej priaznivej situácii životného prostredia Bratislavy.

**Obr. 7** Mapa urbánnych environmentálne senzitivných území (indexy) mesta Bratislava



Z hľadiska pôdnych pomerov sa zastavané, alebo nepriepustne pokryté pôdy klasifikujú ako ekranické formy antrozemí alebo technozemí. K takýmto pôdam často možno pridať charakteristiku kontaminované, toxické, alebo depóniové, nakoľko určitý stupeň znečistenia možno badať z rôznych zdrojov (hlavne priemyselné a komunálne odpady). Tieto pôdy sa vyznačujú horšou alebo žiadnou štruktúrou pôdy, malým obsahom organických látok, niekedy skeletnatými pôdami s vysokým obsahom artefaktov, s vysokým obsahom  $PM_{10}$  a miernym až vysokým obsahom rizikových prvkov (v Bratislave najmä Pb, Zn, Cd, As, Hg a organické polutanty) Sobocká *et al.* (2007). Kontaminácii urbánnych pôd rizikovými látkami sa venuje

pomerne veľa prác (napr. Norm *et al.*, 2001; Greinert, 2015; Meuser, 2010, *etc.*). Toxicita pôd je charakteristika zaznamenaná vo väčšine klasifikačných systémov pôd. Je zrejmé, že oblasti ovplyvnené chemickými závodmi, hoci zachovávajú environmentálne smernice a platia pokuty za znečisťovanie, nezabránia kontaminácii nebezpečnými látkami a organickými škodlivinami do okolia. Problémom však je, ak sa lokality, ktoré sú denno-denne využívané deťmi alebo starými ľuďmi, nachádzajú v blízkosti chemických tovární. Tieto miesta by mali byť vylúčené pri tvorbe vyváženého životného prostredia na bývanie, materské školy, školy a domovy dôchodcov. V blízkosti hore uvedených území sa nachádza veľká časť obytnej zóny Ružinov, obyvatelia ktorého čiastočne trpia okolitým prostredím.

V poslednom období rastie záujem o opatrenia, ktoré by aspoň čiastočne zmiernili pôsobenie nepriaznivých vplyvov. Opatrení a smerníc pre zmiernenie UHI a zástavby pôd je veľa, napr. alternatívou k nepriepustnému pokrytiu pôdy sú návrhy dlažby z priepustných alebo polopriepustných povrchových materiálov, ktorá výrazne zvyšujú infiltráciu vody a reguláciu povrchovej teploty (Nehls *et al.*, 2008), alebo konštrukcia umelo vytvorených zelených striech a múrov. Na európskej úrovni sa zaviedli osvedčené postupy ako obmedziť, zmierniť alebo kompenzovať nepriepustné pokrytie pôdy (EC, 2011, 2012; Blumlein *et al.*, 2012; Bazan-Krzywoszanska *et al.*, 2017). Podľa Cugnona *et al.* (2019) sa veľké mestá zaviazali nielen znížiť určité množstvo emisií skleníkových plynov, ale aj implementovať zmierňujúce a adaptačné opatrenia vo vzťahu ku zmene klímy. V praxi je však plánovanie realistických adaptačných opatrení komplexným procesom. Breuste *et al.* (2013) propagovali mestské zelené oblasti ako poskytovateľa mestských ekosystémových služieb.

## ZÁVER

V husto zastavanom urbanizovanom prostredí v nových podmienkach zmeny klímy sa predpokladá, že účinky urbánnych ostrovov tepla (UHI) zvýšia svoju intenzitu a zhoršia životné podmienky obyvateľov v mestách. Tento fenomén je viazaný na ostatné segmenty mestského prostredia ako je pôda, zeleň a všeobecne stav mestského prostredia. Nepriepustné (utesnené) povrchy sú jedným z hlavných príčinou zvýšeného výskytu UHI, avšak nie úplne. Nepriaznivé klimatické podmienky možno pripísať aj miestnym mikroklimatickým a geomorfologickým podmienkam a výskytu priemyselných podnikov produkujúcich emisie a ďalšie škodlivé látky.

Túto situáciu treba riešiť sofistikovaným územným plánovaním a dizajnovaním mestských oblastí podieľajúcich sa na zmierňujúcich a adaptačných opatreniach. Vymedzenie urbánnych environmentálne citlivých oblastí je riešené z hľadiska bytového komfortu a kvality životnej úrovne mestského obyvateľstva (najmä detí a starých ľudí).

Geopriestorové informácie sú základom vyváženej priestorovej organizácie návrhov mestských oblastí, v ktorých sa identifikujú citlivé oblasti. Metodika merania nepriepustných povrchov a vymedzenie pedo-urbánnych komplexov umožnili dôkladnejšie a presnejšie mapovanie urbánnych pôd, čo podporí lepšie spoznávanie a hodnotenie potenciálu urbánnych pôd a ich ekosystémových služieb.

Vymedzenie mestských environmentálne citlivých oblastí (U-ESA) je výstupom, ktorého materiály môžu byť použité pri plánovaní výstavby a rozvoja mesta z hľadiska udržateľného životného prostredia v kontexte prispôsobenia sa zmene klímy. Dokumenty poskytnuté v rámci plánovaného projektu budú predstavovať veľmi dôležitý nástroj pre priestorové plánovanie a rozhodovanie z hľadiska environmentálneho dizajnu a riadenia urbanizovaných oblastí. Prezentovali sa čiastkové výsledky, nakoľko predpokladáme pokračovanie úlohy cez riešenie ekosystémových služieb pedo-urbánných komplexov.

## Podakovanie

*Príspevok bol vypracovaný vďaka finančnej podpore projektu APVV-15-0136 „Vplyv nepriepustného pokrytia pôdy na klímu miest v kontexte klimateckej zmeny“.*

## LITERATÚRA

- ARSENOVIĆ, D. – SAVIĆ, S. – LUŽANIN, Z. – RADIĆ, I. – MILOŠEVIĆ, D. – ARSIĆ, M. 2019. Heat-related mortality as an indicator of population vulnerability in a mid-sized Central European city (Novi Sad, Serbia, summer 2015). *Geographica Pannonica* 23(4):204–215. DOI:10.5937/gp23–22680.
- BAZAN-KRZYWOSZANSKA, A. – MROWCZYNSKA, M. – SKIBA, M. – SZTUBECKA, M. 2017. Sustainable Urban Development on the Example of the Housing Development of Zielona Góra (Poland), as a Response to the Climate Policy of the European Union. *11<sup>th</sup> International conference "Environmental Engineering"*.
- BLUMLEIN, P. – KIRCHHOLTES, H.J. – SCHWEIKER, M. – WOLF, G. – SCHUG, B. – WIESHOFER, I. – HUBER, S. – PAROLIN, M. – VILLA, F. – ZELIOLI, A. – BIASIOLI, M. – MEDVED, P. – VERNIK, T. – VRŠČAJ, B. – SIEBIELEC, G. – KOŽÁK, J. – GALUŠKOVÁ, I. – FULAJTÁR, E. – SOBOČKÁ, J. – JAENSCH, S. 2012. *Soil in the city. Urban soil management strategy*. Edited by City of Stuttgart – Department for environmental protection.
- BREUSTE, J. – FELDMAN, O. – UHLMAN, O. et al. 1998. *Urban Ecology*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 714 p.
- BREUSTE, J. – SCHNELLINGER, J. – QURESHI, S. – FAGGI, A. 2013. Urban ecosystem services on the local level: urban green spaces as providers. *Ekológia (Bratislava)* 32(3): 290–309. <https://doi.org/10.2478/eko-2013-0026>
- BOKWA, A. – GELETIČ, J. – LEHNERT, M. – ŽUVELA-ALOISE, M. – HOLLÓSI, B. – GÁL, T. – SKARBIT, N. – DOBROVOLNÝ, P. – HAJTO, M.J. – KIELAR, R. – WALAWENDER, J.P. – ŠŤASTNÝ, P. – HOLEC, J. – OSTAPOWICZ, K., – BURIANOVÁ, J. – GARAJ, M. 2019. Heat load assessment in Central European cities using an urban climate model and observational monitoring data. *Energy and Buildings* 201:53–69. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.023>
- BURGHARDT, W. 1994. Soils in urban and industrial environments. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 157 (3):205–214. <https://doi.org/10.1002/jpln.19941570308>.
- BURGHARDT, W. – MOREL, J.L. – ZHANG, G.L. 2015. Development of the research about urban, industrial, traffic, mining and military areas (SUITMA). *Soil Science and Plant Nutrition* 61:3–21. <https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1046136>
- CUGNON, G. – CALUWAERTS, S. – DUCHENE, F. – HAMDÍ, R. – TERMONIA, P. – TOP, S. – VERGAUWE, T. – VAN SCHAEYBROECK, B. 2019. Climate sensitivity to land use over the city of Brussels. *Geographica Pannonica* 23(4):269–276. DOI: 10.5937/gp23–24214
- DŽATKO, M. – SOBOČKÁ, J. et al. 2009. *Handbook for the use of land evaluation units. Innovated handbook for bonitation and evaluation of agricultural soils in Slovakia*. Soil Science and Research Institute, Bratislava (in Slovak).
- EDMONDSON, J. – STOTT, I. – DAVIES, Z. et al. 2016. Soil surface temperatures reveal moderation of the urban heat island effect by trees and shrubs. *Sci Rep* 6:33708. <https://doi.org/10.1038/srep33708>.
- EEA 2016. Soil resource efficiency in urbanised areas. Analytical framework and implication for governance. ISSN 1977-8449, *EEA Report* No 7/2016. Available on: <https://www.eea.europa.eu/publications/soil-resource-efficiency>.



- EEA 2019. *Land take in Europe*. Available on: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/land-take-3/assessment>.
- EUROPEAN COMMISSION 2011. *Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects*. Available on: <https://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/sealing/Soil%20sealing%20-%20Final%20Report.pdf>.
- EUROPEAN COMMISSION 2012. *Science for Environment Policy. DG Environment News Alert Service. In-Depth Report, Soil Sealing*, March 2012. Available on: [https://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/sealing/Soil%20Sealing%20InDepth%20Report%20March%20version\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/sealing/Soil%20Sealing%20InDepth%20Report%20March%20version_final.pdf).
- FERANEC, J. – HOLEC, J. – ŠTASTNÝ, P. – SZATMÁRI, D. – KOPECKÁ, M. 2019a. Visualising a comparison of simulated urban heat islands: a case study of two Slovakian cities. *Advances in Cartography and GIScience of the International Cartographic Association*, 1, 2019. *29<sup>th</sup> International Cartographic Conference (ICC)*, 15 – 20 July, Tokyo, Japan.
- FERANEC, J. – KOPECKÁ, M. – SZATMÁRI, D. – HOLEC, J. – ŠTASTNÝ, P. – PAZÚR, R. – BOBÁLOVÁ, H. 2019b. A review of studies involving the effect of land cover and land use on urban heat island phenomenon, assessed by means of the MUKLIMO model. *Geografie* 124(1):383 – 101.
- GÁL, T. – SKARBIT, N. 2017. Applying local climate zones as land use classes in MUKLIMO\_3 for modelling urban heat load in the case of Szeged, Hungary. In: BUCHHOLZ S. – NOPPEL H. – ŽUVÉLA-ALOISE M. – HOLLÓSI B. (ed) *1<sup>st</sup> MUKLIMO\_3 Users Workshop Programme and Book of abstracts*.
- GELETIČ, J. – LEHNERT, M. – SAVIČ, S. – MILOŠEVIČ, D. 2018. Modelled spatiotemporal variability of outdoor thermal comfort in local climate zones of the city of Brno, Czech Republic. *Sci Total Environ.* (2018) 624: 385 – 395. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.076>.
- GREINERT, A. 2015. The heterogeneity of urban soils in the light of their properties. *J Soils Sediments* (2015) 15: 1725. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-1054-6>.
- HAZELTON, P.A. – MURPHY, B. 2011. Understanding soils in urban environments. *Environmental Science*. DOI:10.1071/9780643101432.
- HOLEC, J. – ŠTASTNÝ, P. 2017. Modelling of urban heat island in Bratislava using MUKLIMO model. *Meteorological Journal* 20:65 – 72.
- HULISZ, P. – CHARZYŃSKI, P. – GREINERT, A. 2018. Urban soil resources of medium-sized cities in Poland: a comparative case study of Toruń and Zielona Góra. *J Soils Sediments* (2018) 18: 358. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1596-x>.
- CHARZYŃSKI, P. – BEDNAREK, R. – GREINERT, A. – HULISZ, P. – UZAROWICZ, L. 2013. Classification of technogenic soils according to WRB system in the light of Polish experiences. *Soil Science Annual* 64(4):145 – 150. <https://doi.org/10.2478/ssa-2013-0023>.
- LEHMANN, A. – STAHR, K. 2007. Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils. *J Soils Sediments* (2007) 7: 247. <https://doi.org/10.1065/jss2007.06.235>
- LEVIN, M.J. – KIM, H.H.J. – MOREL, J.L. – BURGHARDT, W. – CHARZYŃSKI, P. – SHAW, R.K. (ed.) 2017 *Soil within Cities*. Catena-Schweizerbart, Stuttgart.
- MEUSER, H. 2010. *Contaminated Urban Soils*. Springer Science Business Media. DOI: 10.1007/978-90-481-9328-8.
- MIRZAEI, P.A. 2015. Recent challenges in modelling of urban heat islands. *Sustainable Cities and Society* (2015). 19: 200 – 206. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.04.001>
- MOREL, L. – CHENU, C. – LORENZ, K. 2014. Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMA). *J Soils Sediments* (2015) 15: 1659. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0926-0>
- NEHLS, T. – SOKOLOWSKA, Z. – HAJNOS, M. – JOZEFACIUK, G. – WESSOLEK, G. 2008. Filter properties of seam material of paved urban soils. *Hydrology and Earth System Sciences* 12: 691 – 702. <https://doi.org/10.5194/hess-12-691-2008>
- NIU, Q. – YU, L. – JIE, Q. – LI, X. et al. 2018. An urban eco-environmental sensitive areas assessment methods based on variable weights combination. *Environ. Dev. Sustain.* <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0277-x>
- NORM, S. – WEBER, A. – KRAMAR, U. et al. 2001. Mapping of trace metals in urban soils. *J Soils Sediments* (2001). 1: 77. <https://doi.org/10.1007/BF02987713>
- PROKOP, G. – JOBSTMANN, H. – SCHONBAUER, A. 2011. *Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects*. European Commission, Brussels. doi:10.2779/15146
- PROKOFÉVA, T.V. – MARTYNENKO, I.A. – IVANNIKOV, F.A. 2011. Classification of Moscow soils and parent materials and its possible inclusion in the classification system of Russian soils. *Eurasian Soil Science* 44:561. <https://doi.org/10.1134/S1064229311050127>
-

- PUSKÁS, I. – FANSANG, A. 2009. Diagnostic indicators for characterising urban soils of Szeged, Hungary. *Geoderma* 148(3):267–281. DOI: 10.1016/j.geoderma.2008.10.014
- SIEVERS, U. – ZDUNKOWSKI, W. 1985. A numerical simulation scheme for the albedo of city street canyons. *Boundary-Layer Meteorol* (1985) 33: 245. <https://doi.org/10.1007/BF00052058>
- SIEVERS, U. 1990. *Dreidimensionale Simulationen in Stadtgebieten. Umwelt-meteorologie, Schriftenreihe Band 15*: Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni in Lahnstein (pp. 92–105). Düsseldorf: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (in German)
- SIEVERS, U. 1995. Verallgemeinerung der Stromfunktionsmethode auf drei Dimensionen. *Meteorologische Zeitschrift* 4:3–15. (in German)
- SIEVERS, U. 2012. Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO\_3. Teil 1: Theoretische Grundlagen, PC Basisversion, Validierung. In *Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Band 240*. Offenbach am Main, Germany: Deutscher Wetterdienst. (in German) <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-2014081319909>
- SIEVERS, U. 2016. Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO\_3. Teil 2: Thermodynamische Erweiterungen. *Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes*. (Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 248) (in German) <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201606173510>
- SOBOCKÁ, J. *et al.* 2007. *Urban soils (Bratislava case study)*. Soil Science and Conservation Research Institute, Bratislava (in Slovak).
- SOBOCKÁ, J. 2010. Specifics of urban soils (Technosols) survey and mapping. *Proceedings: Soil solution for a changing world*. Brisbane, Australia, 1–6 August 2010.
- SOBOCKÁ, J. 2013. Technogenic soils in Slovakia. Chapter 3. In: CHARZYNSKI, P. – MARKIEWICZ, M. – SWITONIAK, M. (ed) *Technogenic Soils Atlas*. Polish Society of Soil Science, Toruń
- STEWART, I.D. – OKE, T.R. 2012. Local climate zones for urban temperature studies. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* (2012) 93 (12): 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>.
- SZATMÁRI, D. – KOPECKÁ, M. – FERANEC, J. – SVIČEK, M. 2018. *Extended Nomenclature Urban Atlas 2012* (APV-15–0136). Institute of Geography, Slovak Academy of Sciences, Bratislava (in Slovak). Available on: [http://www.geography.sav.sk/webdata/news/monografie/2018\\_rozsirena\\_legenda\\_urban\\_atlas\\_2012.pdf](http://www.geography.sav.sk/webdata/news/monografie/2018_rozsirena_legenda_urban_atlas_2012.pdf).
- UN 2018. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Available on: <https://population.un.org/wup/Download/>
- ŽUVELA-ALOISE, M. – KOCH, R. – NEUREITER, A. – BÖHM, R. – BUCHHOLZ, S. 2014. Reconstructing urban climate of Vienna based on historical maps dating to the early instrumental period. *Urban Climate* (2014) 10(3):490–508. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.04.002>
-

# Vedecké práce

## Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 41

© Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum –  
Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava

Editor: doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.

Recenzenti: RNDr. Beata Houšková, CSc.

prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.

prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.

RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.

RNDr. Pavel Šťastný, CSc.

prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.

Grafická úprava: Ing. Karol Végh

Vydal: NPPC – VÚPOP

Tlač: Edičné stredisko NPPC – VÚPOP  
Trenčianska 55, 821 09 Bratislava

Počet strán:

Náklad: 100 ks

**ISBN 978-80-8163-039-2 (tlačaná verzia)**

**ISBN 978-80-8163-041-5 (online verzia vo formáte PDF)**

Texty neprešli jazykovou úpravou.

**ISBN 978-80-8163-039-2**

(tlačená verzia)



9 788081 630392 >

**ISBN 978-80-8163-041-5**

(online verzia PDF)



9 788081 630415 >