

HODNOTENIE A MAPOVANIE KVALITY POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD SLOVENSKA

Jozef Vilček***, Štefan Koco***, Silvia Imrichová**, Monika Lörincová**

* Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Prešov, Raymanova 2762/1, 080 01 Prešov, Slovensko, jozef.vilcek@nppc.sk, stefan.koco@nppc.sk

** Prešovská univerzita v Prešove, Fakulta humanitných a prírodných vied, 17. novembra 6600/1, 080 01 Prešov, Slovensko, jozef.vilcek@unipo.sk, stefan.koco@unipo.sk, sis.imrichova@gmail.com, monika.lorincova@smail.unipo.sk

Agricultural soil quality in Slovakia: Evaluation and mapping

The paper evaluates the quality of the agricultural soils based on production, environmental parameters, and their threat potential. Partial soil indices were developed from the available databases on soil parameters at the district level in Slovakia (ranging from 1, which is the highest rate, to 5, which is the lowest rate). These indices represent the soil point value, potential phytomass production, soil bioenergy, soil ability for water accumulation, transformation and immobilization of risk elements, transformation of organic pollutants, indices of soil risk from water erosion, compaction, and organic matter decrease. By partial indices intersection, the so-called integrated index of agricultural soil quality was created for all districts of Slovakia. The analysis of the overall quality of agricultural soils in Slovakia shows that the lowest quality soils are located in the area of Slovak Ore Mountains (Slovenské rudohorie), Slovak Central Mountains (Slovenské stredohorie), or the Fatra-Tatra Area (Fatransko-tatranská oblasť). The highest quality soils are located in the Danube, East Slovak, and Záhorská nížina lowlands. The results can help to streamline the economic and environmental planning, not only for farmers but also for the land fund.

Key words: index of soil quality, production potential of soils, environmental potential of soils, soil risks, Slovakia

ÚVOD

Názory na definíciu kvality pôdy sa medzi autormi rôznia. Tento pojem je chápaný odlišne v závislosti od uhla pohľadu toho, kto ju definuje. Pre poľnohospodára je pôda dôležitá z hľadiska produkčnej schopnosti, pre stavbára má význam ako podklad pre infraštruktúru. Pre obyvateľa, teda samotnú spoločnosť, má hlavný význam zdravie pôdy, respektíve jej schopnosť udržiavať zdravé životné prostredie, pre politika predstavuje pôda národný prírodný zdroj (Vilček a Koco 2020). Podľa uvedených autorov kvalita pôdy integruje biologické, fyzikálne a chemické komponenty a procesy pôdy, ktoré ju spájajú s jej prostredím v krajine. Pôdnu kvalitu definujú ako schopnosť pôdy vykonávať funkcie, pričom tento pojem vyjadruje rovnováhu troch hlavných dimenzií: udržateľná biologická produktivita, kvalita životného prostredia a zdravie rastlín, zvierat a ľudí.

Pojem kvalita pôdy bol donedávna označovaný ako úrodnosť pôdy (Viľjams 1953, Hroščo, 1961, Cooke 1970, Bedrna 1988 a iní). Autori ako Linser (1965) a Hraško (1983) označujú pojem úrodnosť pôdy ako filozofickú kategóriu, pretože tvorbu úrod ovplyvňuje celý rad faktorov prostredia, čím sa hodnotenie úrodnosti pôdy prostredníctvom úrod plodín stáva problematickým. Podľa Bujnovského

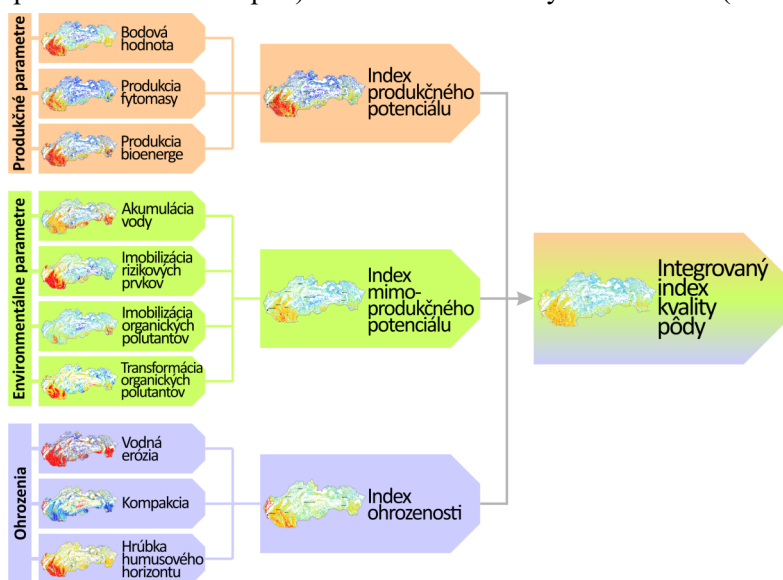
a Jurániho (1999) ani zavedenie pojmov produkčný potenciál pôdy, respektíve produktivita pôdy, ktoré integrujú vplyv klimatických podmienok daného prostredia na rastliny a úrodnosť pôdy, problém kvantifikácie úrodnosti pôdy uspokojivo neriešia. Práve pre súčasné problémy súvisiace s pôdou produkčné hodnotenie kvality pôdy už nepostačuje, a preto narastá nevyhnutná požiadavka hodnotiť kvalitu pôdy z ekologického, prípadne environmentálneho hľadiska. Bujnovský a Juráni (1999) sú toho názoru, že kvalita pôdy vyjadruje schopnosť pôdy zabezpečovať ekologické funkcie pôdy pri jej konkrétnom spôsobe využitia. Warkentin (1992) pod kvalitou pôdy rozumie koncept vymedzenia stupňov voľnosti pre využitie pôdy a vymedzenia jej diverzity. Autori Larson a Pierce (1991) definujú pôdnu kvalitu, ako schopnosť pôdy fungovať v rámci hraníc ekosystému a pozitívne ovplyvňovať vonkajšie prostredie daného ekosystému. Zároveň uvádzajú, že kvalita pôdy predstavuje jednoducho „vhodnosť pre použitie“. Podľa Barančíkovej a Madarasa (2003) by sa hodnotenie kvality pôdy malo vzťahovať na konkrétny aktuálny alebo zamýšľaný spôsob využitia pôdy, resp. skupinu spôsobov s podobnými nárokmi na pôdne funkcie. Niektorí autori ponímajú kvalitu pôdy v širšom kontexte. Spomínaný pojem chápu ako kapacitu danej pôdy fungovať v rámci prirodzeného alebo činnosťou človeka ovplyvneného ekosystému, udržiavať produkciu rastlín a zvierat, udržiavať alebo zvyšovať kvalitu vody a vzduchu a podporovať zdravie človeka a bývania (Doran a Parkin 1994 a Karlen et al. 1997). Veľmi podobnú definíciu kvality pôdy uvádzajú aj Acton a Gregorich (1995), vysvetľujú ju ako schopnosť pôdy zabezpečovať rast rastlín bez následnej degradácie pôdy alebo iného narušenia životného prostredia. Táto definícia odráža komplexnosť a špecifickosť podzemnej časti terestriálnych ekosystémov, ako aj množstvo väzieb medzi pôdnymi funkciami a možnosťami pôdneho ekosystému. V skutočnosti je pôdna kvalita oveľa komplexnejšia ako kvalita vzduchu alebo kvalita vody, nielen preto, že pôda obsahuje pevnú, kvapalnú a plynnú fázu, ale tiež preto, že pôda môže byť využívaná na širšie množstvo účelov (Nortcliff 2002). Sobocká (2003) uvádza, že v súčasnosti sa kvalita pôdy posudzuje v nových spoločenských a environmentálnych podmienkach. Pri jej hodnotení nestačí len samotný popis pôdneho profilu, respektíve jeho morfológických a iných v teréne zistiteľných vlastností. Pôdna kvalita sa opiera o jej funkčnosť, teda zdôrazňuje sa jej ekologická a environmentálna funkcia, byť zdravou súčasťou teritoriálneho ekosystému. Pôdna kvalita zahŕňa biologické, chemické a fyzikálne zložky a pôdne procesy, ktoré ju zjednocujú s jej okolitým prostredím v danej krajine. Autori Vilček et al. (2005) charakterizujú pôdnu kvalitu ako určitú schopnosť pôdy vykonávať funkcie a zároveň uvádzajú, že pojem kvality pôdy predstavuje rovnováhu troch najvýznamnejších dimenzií: kvalita životného prostredia, zdravie ľudí, zvierat a rastlín a v neposlednom rade udržateľná biologická produktivita. Vilček (2014) uvádza, že hodnotenie kvality pôdy sa doposiaľ realizuje predovšetkým cez prínosy, ktoré priamo súvisia s finančným ziskom z pestovania plodín, prípadne s jej finančným ohodnotením.

Hoci kvalita pôdy a prírodného prostredia je jedným z pilierov udržateľného rozvoja našej spoločnosti (Karlen a Andrews 2000), široká verejnosť vníma pôdu väčšinou ako niečo na povrchu zeme, čo na rozdiel od krajiny nemá bezprostredný vplyv na život človeka (Bouma 1997). Hodnotenie pôdnej kvality z aspektu jej prínosov pre spoločnosť je základom pre formulovanie stratégie využívania pôdy, najmä tej poľnohospodárskej, a rozvoja regiónov (Wytrzens 1996), pričom pôdu môžeme zaradiť medzi kapacitné faktory rozvoja (Robert 1982). Wytrzens (1996) je toho názoru, že hodnotenie kvality pôdy z aspektu prínosov pre spoločnosť je základom pre formulovanie stratégie jej využívania a rozvoja regiónov.

Pôda, jej štruktúra, vlastnosti a kvalita je, podobne ako v prípade iných ekosystémov, variabilná v priestore i čase. Heterogénne prírodné podmienky Slovenska podmieňujú aj heterogenitu pôd, čo sa výrazne prejavuje najmä vo sfére poľnohospodárstva. Zohľadňujúc uvedené, hlavným cieľom práce bolo vypracovať inovatívnu kategorizáciu posudzovania kvality poľnohospodárskych pôd a prostredníctvom nej poukázať na regionálne rozdiely v kvalite poľnohospodárskych pôd na úrovni geomorfologických celkov, okresov i krajov Slovenska.

METODIKA

Úroveň kvality poľnohospodárskych pôd bola vyjadrená pomocou číselných indexov parciálnych pôdnych parametrov, ktoré ju bezprostredne ovplyvňujú a za ktoré sú na Slovensku dostupné relevantné údajové databázy. Následne boli zvolené atribúty modifikované do tvaru, ktorý by bol aplikovateľný nielen v komparačnom, ale aj syntetickom výskume vo forme priestorovo georeferencovanej digitálnej banky dát. Pri spracovaní priestorových analýz a modelov boli použité rôzne prostredia softwaru GIS – ArcInfo, ArcView a ArcMap. Navyše bol použitý software AtlasDTM, Google a Earth, CityEngine Advanced pre primárne spracovanie vizuálnych dát a digitálnych údajov. Analyzované pôdne parametre predstavovali maticu zloženú z troch skupín dát (produkčný potenciál, mimoprodukčný potenciál a potenciál ohrozenia pôd) na troch hierarchických úrovniach (obr. 1).



Obr. 1. Schéma pre tvorbu indexov a kompiláciu máp kvality poľnohospodárskych pôd

Vektorové vrstvy použité na túto analýzu pochádzajú z databáz pôdno-ekologických jednotiek (Džatko 1996), ktoré obsahujú informácie o mnohých pôdnych parametroch (pôdny typ, textúra pôdy, svahovitosť, obsah skeletu, klimatický región a hĺbka pôdy). Dáta týkajúce sa environmentálnych (mimoprodukčných) parametrov poskytujú ďalšie informácie, napríklad objemová hmotnosť, organické zložky, priemerné zrážky, priemerná teplota a pH (Bujnovský et al. 2009). Najmenšou priestorovou jednotkou je polygón s rozlohou 1 ha. Malé rozdelené poly-

góny, ktoré vznikli pri priestorovom prekrytí, boli opravené geometrickými nástrojmi v prostredí GIS.

Indexy a kategórie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd

Produkčný potenciál pôd bol hodnotený ako prienik vrstiev a databáz:

- bodových hodnôt pôd (Džatko 2002),
- potenciálnej produkcie fytomasy (Vilček 2006),
- potenciálnej produkcie bioenergie (Vilček 2006).

Hodnoty jednotlivých databáz boli rozdelené do piatich kategórií, ktorým bol pridelený číselný index (tab. 1).

Tab. 1. Matica kritérií a hodnôt produkčného potenciálu pôd

Index	Kategória produkčného potenciálu	Bodová hodnota	Produkcia fytomasy (t.ha ⁻¹)	Produkcia bioenergie (GJ.ha ⁻¹)
1	veľmi vysoká	81 – 100	> 14,00	> 250
2	vysoká	61 – 80	12,01 – 14,00	200,01 – 250,00
3	stredná	41 – 60	10,01 – 12,00	150,01 – 200,00
4	nízka	21 – 40	8,01 – 10,00	50,01 – 150,00
5	veľmi nízka	0 – 20	< 8,01	< 50,00

Prienikom vrstiev, ktoré boli pri hodnotení produkčného potenciálu brané do úvahy, vznikli nové vrstvy. Prvá z nich je vrstva indexov, ktorá vyjadruje produkčný potenciál pôd v tvare trojmiestneho kódu. Ako príklad možno uviesť kód 132, ktorý identifikuje pôdy s veľmi vysokou bodovou hodnotou, stredným potenciálom na produkciu fytomasy a vysokým potenciálom na produkciu bioenergie. V rámci Slovenska bolo vytvorených 33 kombinácií týchto parametrov, teda rôznych trojmiestnych kombinácií. Druhou je vrstva kategorizácie produkčného potenciálu vyjadreného číselným parciálnym integrovaným indexom (najproduktnejším pôdam bol priradený index 1, najmenej produktným index 5), ktorý je výsledkom váženého aritmetického priemeru indexov bodového hodnotenia, produkcie fytomasy a energie.

Index a kategórie mimoprodukčného potenciálu poľnohospodárskych pôd

Index mimoprodukčného potenciálu poľnohospodárskych pôd je tvorený zo štyroch parciálnych atribútov, údajové databázy ktorých sú súčasťou informačného systému o pôdach Slovenska (www.podnemapy.sk). Posudzovaná bola schopnosť pôd:

- akumulovať vodu (Bujnovský et al. 2009) – pomocou retenčnej vodnej kapacity vzťahujúcej sa na príslušnú hĺbku pôdy (do 30, 30 – 60 a nad 60 cm) podľa databázy a priestorového rozšírenia bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ),
- imobilizovať rizikové prvky (Makovníková et al. 2006 a 2007),
- imobilizovať organické polutanty (Barančíková et al. 2010),
- transformovať organické polutanty (Barančíková et al. 2010).

Hodnoty jednotlivých databáz boli rozdelené do piatich kategórií, ktorým bol pridelený číselný index (tab. 2).

Tab. 2. Matica kritérií a hodnôt mimoprodukčného potenciálu pôd

Index	Kategória mimoprodukčného potenciálu	Retenčná vodná kapacita (mm)	Imobilizácia rizikových prvkov (bodová hodnota)	Imobilizácia organických polutantov (bodová hodnota)	Transformácia organických polutantov (bodová hodnota)
1	veľmi vysoká	> 400	< 2,5	> 14,35	> 46,35
2	vysoká	300 – 400	2,6 – 4,5	10,12 – 14,35	38,40 – 46,35
3	stredná	200 – 300	4,6 – 6,5	6,75 – 10,11	32,62 – 38,39
4	nízka	100 – 200	6,6 – 8,5	4,17 – 6,74	27,48 – 32,61
5	veľmi nízka	< 100	> 8,5	< 4,17	< 27,48

Prienikom vrstiev, ktoré sa pri hodnotení environmentálneho potenciálu pôd brali do úvahy, boli získané nové vrstvy. Prvou je vrstva indexov, ktoré vyjadrujú mimoprodukčný potenciál v tvare štvormiestneho kódu. Príkladom je kód 1235, ktorý identifikuje pôdy s veľmi vysokou schopnosťou akumulovať vodu, vysokou schopnosťou imobilizovať rizikové prvky, strednou schopnosťou imobilizovať organické kontaminanty a veľmi nízkou schopnosťou transformovať organické polutanty. V rámci územia Slovenska bolo vytvorených 493 kombinácií týchto parametrov. Druhou vrstvou je vrstva kategorizácie mimoprodukčného potenciálu vyjadreného číselným parciálnym integrovaným indexom, ktorý je výsledkom priemeru štyroch uvedených indexov. Pôdam s veľmi vysokým mimoprodukčným potenciálom bol priradený index 1, pôdam s veľmi nízkym mimoprodukčným potenciálom bol priradený index 5.

Indexy a kategórie potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd

Index potenciálnej ohrozenosti poľnohospodárskych pôd bol vytvorený z troch čiastkových parametrov, ktoré boli zvolené na základe kritérií a špecifických hodnotení ohrozujúcich, prípadne negatívne vplyvujúcich na poľnohospodárske pôdy. Prostredníctvom prostredia GIS ArcInfo bola na základe indikátorov stupňa erózneho ohrozenosti pôd (SEOP) vytvorená databáza priestorovej diferenciácie ohrozenosti pôd vodnou eróziou. Indikátor potenciálnej kompaktie pôd vznikol na základe zrnitosti zloženia pôd (pôdny druh) v kombinácii s hĺbkou a skeletovitou pôd. Základným predpokladom kategorizácie pôd z tohto aspektu je skutočnosť, že pôdy ľahké (piesočnaté a hliniopiesočnaté), ktoré sú hlboké a bez skeletu, sú kompaktou takmer neohrozené. Na druhej strane, pôdy veľmi ťažké (ílovité až íly) sú už vo svojej podstate ohrozované vo výraznej miere. Obsah pôdnej organickej hmoty je parametrom kvality pôd, ktorý relatívne dobre vystihuje hĺbka humusového horizontu.

Na základe diferenciácie zvolených hodnotiacich kritérií (tab. 3) boli posudzované nasledovné parametre:

– erózna ohrozenosť pôd vodnou eróziou – index erózneho ohrozenosti (Alena 1986),

- kompakcia (zhuťňovanie) pôdy (www.podnemapy.sk),
- pokles pôdnej organickej hmoty (www.podnemapy.sk).

Tab. 3. Matica kritérií a hodnôt ohrozenosti poľnohospodárskych pôd

Index	Kategória ohrozenia	Index erózneho ohrozenia	Obsah frakcie < 0,01 mm (%)	Hĺbka humusového horizontu (cm)
1	veľmi nízka	< 1,00	< 20	> 30
2	nízka	1,01 – 2,00	20 – 30	24 – 30
3	stredná	2,01 – 7,00	30 – 45	18 – 24
4	vysoká	7,01 – 28,00	45 – 60	12 – 18
5	veľmi vysoká	> 28,00	> 60	< 12

Prienikom vrstiev, ktoré boli pri vyhodnocovaní potenciálnej ohrozenosti pôd brané do úvahy, došlo k vytvoreniu nasledovných vrstiev. Jedna z nich predstavuje vrstvu indexov vyjadrujúcich potenciálnu ohrozenosť pôd v tvare trojmiestneho kódu, napríklad kód 142 určuje pôdy, ktoré sú vodnou eróziou neohrozené, kompakciou silne ohrozené a majú hlboký humusový horizont. Druhá novovzniknutá vrstva je vrstvou kategorizácie potenciálneho ohrozenia pôd vyjadreného číselným parciálnym integrovaným indexom, ktorý vznikol z priemeru indexov ohrozenia pôd eróziou, kompakciou a obsahom organickej hmoty. Kategórii pôd s veľmi nízkou mierou ohrozenia bol priradený index 1, kategórii s veľmi vysokou mierou ohrozenia index 5.

Integrovaný index kvality poľnohospodárskych pôd

Pri generovaní finálnych indexov kvality poľnohospodárskych pôd došlo k hodnoteniu ich produkčných, mimoprodukčných (environmentálnych) parametrov a parametrov ohrozujúcich ich stabilitu. Tieto boli odvodené z databáz a vektorových máp z Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy v Bratislave a integrované podľa schémy na obrázku 1. Parciálne indexy následne vstúpili do tvorby finálneho tzv. integrovaného indexu kvality. Tento bol v prostredí GIS vytvorený prienikom spomínaných parciálnych indexov, pričom bola zachovaná požiadavka ich rovnocennosti, t. j. všetky hodnotené parametre mali rovnakú váhu.

Výsledkom sú vrstvy:

- priestorovej diferenciácie územných jednotiek vyjadrených trojmiestnym kódom (indexom) charakterizujúcim danú jednotku z pohľadu potenciálu produkčného, mimoprodukčného (environmentálneho) i potenciálnej ohrozenosti. Napr. kód 132 identifikuje veľmi vysoko produkčné pôdy so stredným environmentálnym potenciálom a malým potenciálom ohrozenosti;

- priestorovej diferenciácie územných jednotiek vyjadrených finálnym – integrovaným indexom kvality. Tento bol vytvorený ako priemer hodnôt z trojmiestneho indexu pri zachovaní pravidla ich rovnocennosti. Kvalita pôd vyjadrená integrovaným indexom bola diferencovaná následovne: veľmi vysoká – index 1, vysoká – index 2, stredná – index 3, nízka – index 4 a veľmi nízka – index 5.

Integrované indexy kvality poľnohospodárskych pôd sú identifikovateľné nielen podľa príslušného číselného kódu, ale tiež formou ich priestorovej dispozície v samostatných mapových výstupoch. Je ich teda možné aplikovať nezávisle od existujúcich kódov bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek.

Detail (ukážku) konkrétneho reálneho územia s identifikáciou indexov vyjadrujúcich kvalitu poľnohospodárskych prezentujú obrázky 2 a 3.



Obr. 2. Ukážka trojmiestnych indexov kvality pôd



Obr. 3. Ukážka integrovaného indexu kvality pôd

Geomorfologické členenie a okresy Slovenska

Príslušnosť jednotlivých kategórií a parametrov kvality pôd sme následne na úrovni okresov i krajov posudzovali aj z hľadiska geomorfologického členenia Slovenska (obr. 4).

VÝSLEDKY

Praktickým výstupom riešenia problematiky je reálna kategorizácia hodnotenia kvality poľnohospodárskych pôd Slovenska pozostávajúca z databázy údajov i mapových elaborátov o priestorovej diferenciácii produkčného a mimoprodukčného potenciálu pôd, ich ohrozenosti i celkovej kvalite. V konkrétnom vyjadrení to znamená, že o každej poľnohospodárskej pôde je možné z tohto systému získať informáciu o jej kvalite.

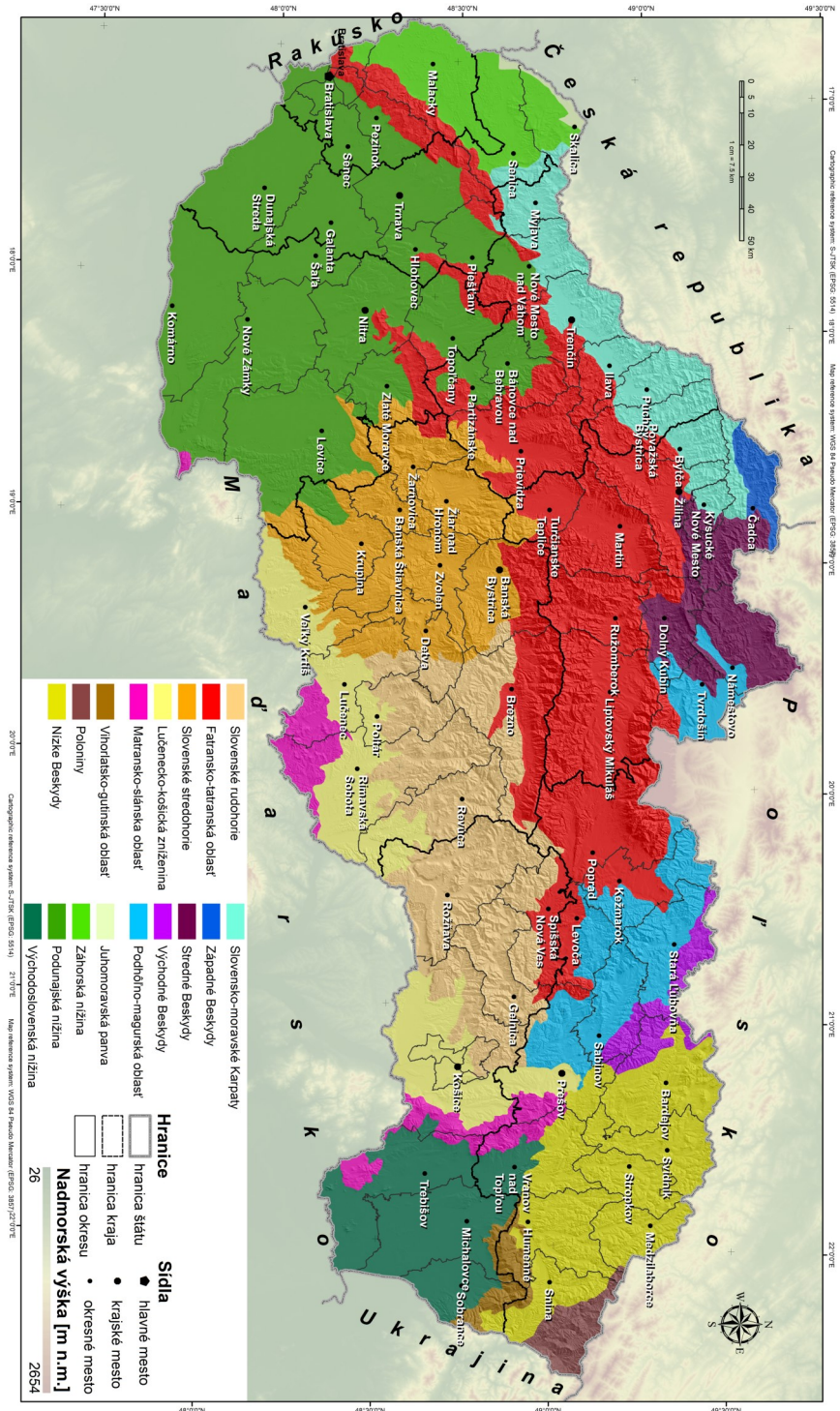
Produkčný potenciál

Analýza hodnotenia produkčného potenciálu pôd a jeho kategorizácia podľa okresov (obr. 5) ukázala, že:

- okresy s nízkou priemernou bodovou hodnotou sa nachádzajú prevažne v oblasti Stredných Beskýd (24 – 30), v oblasti Slovenského rudohoria (24 – 34) či vo Fatransko-tatranskej oblasti (25 – 37). Okresy s poľnohospodárskymi pôdami s priemerne najvyššou bodovou hodnotou sa rozprestierajú prevažne v južných častiach Podunajskej nížiny (82 – 85);

- okresy s najnižšou produkciou fytomasy sa nachádzajú najmä v oblasti Stredných Beskýd (4,0 – 5,2), v oblasti Slovenského rudohoria (4,0 – 7,3) alebo v Podhôľno-magurskej oblasti (4,4 – 6,7). Okresy s priemerne najvyššou produkciou fytomasy ležia hlavne v Podunajskej nížine (12,1 – 13,2);

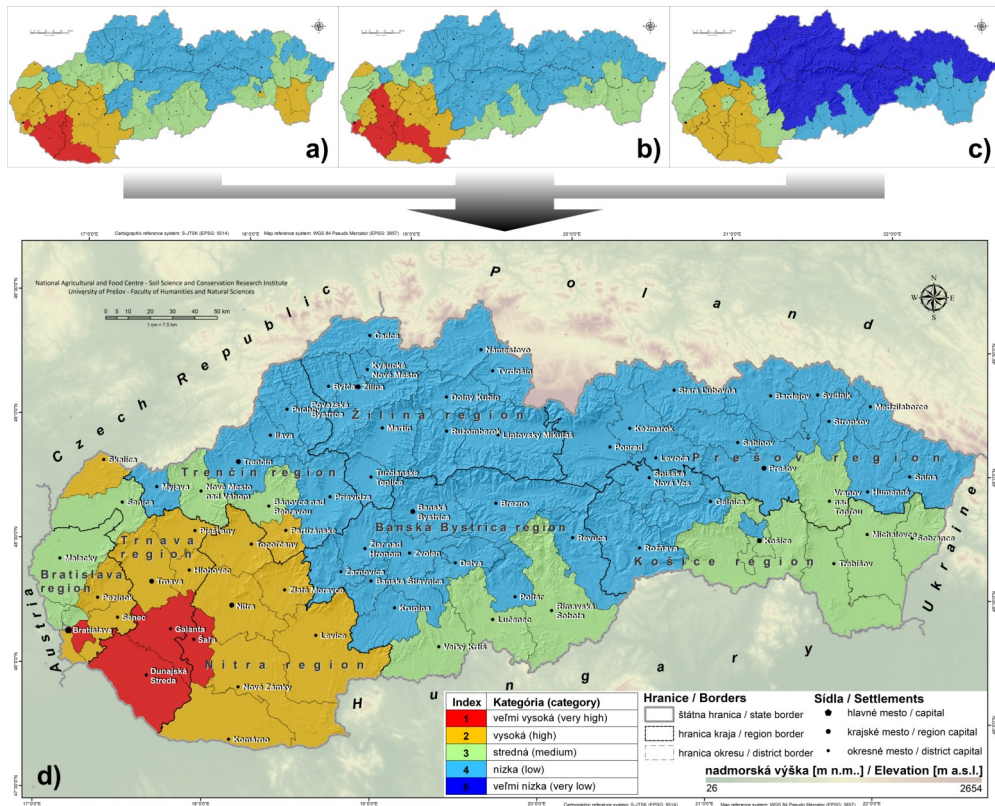
- okresy s priemerne najnižšou produkciou bioenergie sa rozprestierajú v oblasti Stredných Beskýd (69,9 – 94,3), v oblasti Slovenského rudohoria (69,9 – 139,3)



Obr. 4. Mapa prekrývajúcej geomorfologických oblastí a okresov Slovenska
Zdroj údajov: Mazúr (1986) a administratívne členenie Slovenska z roku 1986.

či v Podhôrno-magurskej oblasti (70,5 – 127,4). Okresy s priemerne najvyššou produkciou bioenergie sa nachádzajú najmä v oblasti Podunajskej nížiny (253,0 – 262,1);

– okresy s najmenej produkčnými pôdami sa nachádzajú v oblasti Slovenského rudohoria, Slovenského stredohoria či Fatransko-tatranskej oblasti, najproduktnejšie pôdy sa rozprestierajú na Podunajskej nížine.



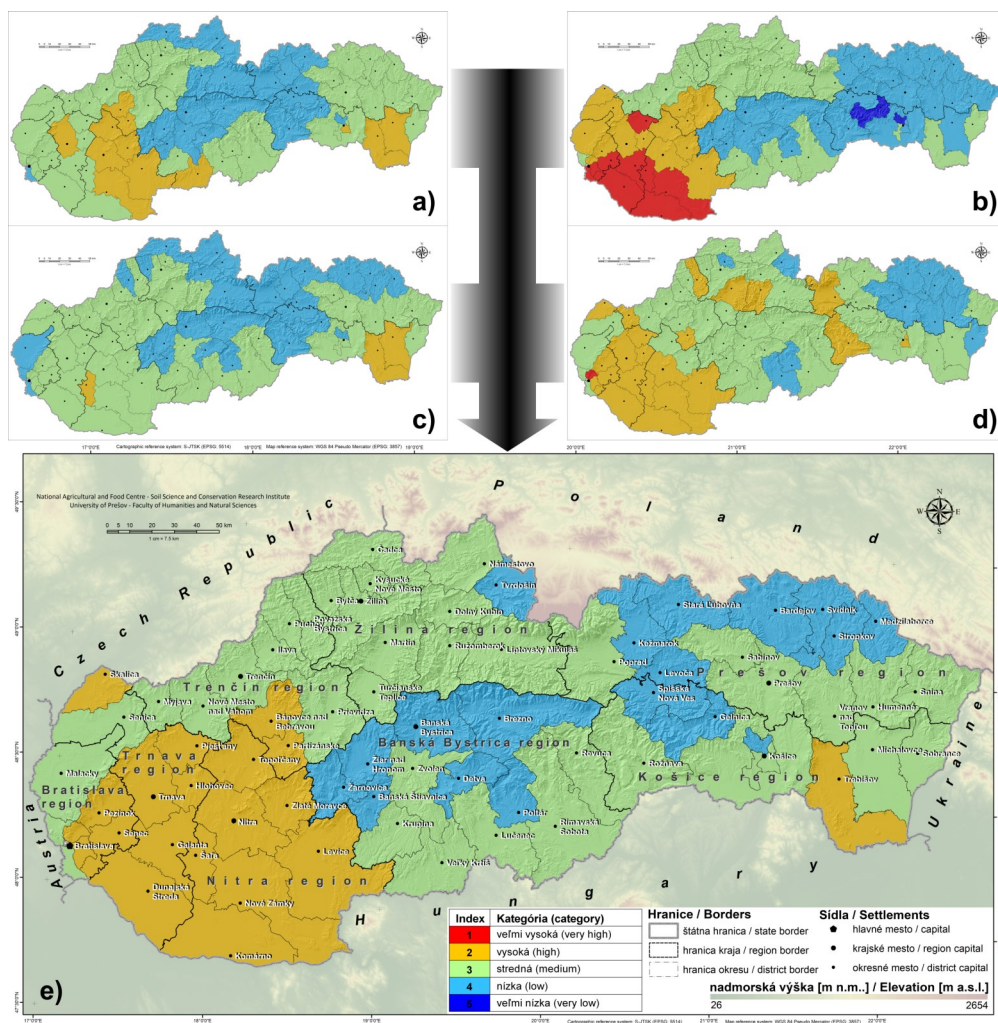
Obr. 5. Úroveň produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd podľa okresov Slovenska

Vysvetlivky: a – kategórie bodovej hodnoty pôd, b – kategórie potenciálnej produkcie fytomasy, c – kategórie potenciálnej produkcie bioenergie a d – kategórie produkčného potenciálu pôd.

Mimoprodukčný potenciál

Výskum kvality poľnohospodárskych pôd ukázal, že na Slovensku je len veľmi malé zastúpenie pôd ktoré je možné považovať za veľmi vysoko kvalitné, ale tiež aj za málo kvalitné. Takmer každá pôda potenciálne (vo väčšej alebo menšej miere) na solídnej úrovni plní buď produkčné alebo mimoprodukčné, resp. stabilizačné funkcie.

Podľa integrovaných indexov vyjadrujúcich kvalitu poľnohospodárskych pôd najviac pôd s vysokou kvalitou je v krajoch Bratislavskom, Trnavskom a Nitrianskom. Najvyššie zastúpenie pôd menej a málo kvalitných je v krajoch Žilinskom, Prešovskom a Banskobystrickom.



Obr. 6. Úroveň mimoprodukčného potenciálu poľnohospodárskych pôd podľa okresov Slovenska

Vysvetlivky: a – kategórie schopnosti pôd akumulovať vodu, b – kategórie schopnosti pôd imobilizovať rizikové prvky, c – kategórie schopnosti pôd imobilizovať organické polutanty, d – kategórie schopnosti pôd transformovať organické polutanty a e – kategórie mimoprodukčného potenciálu.

Analýza hodnotenia mimoprodukčného potenciálu pôd a jeho kategorizácia podľa okresov (obr. 6) ukázala, že:

– okresy s priemerne najnižším potenciálom akumulovať vodu sa nachádzajú zväčša v oblasti Slovenského rudohoria (123 mm – 186 mm), vo Fatransko-tatranskej oblasti (143 mm – 196 mm) aj v oblasti Slovenského stredohoria (155 mm – 194 mm). Okresy s priemerne najvyšším potenciálom akumulovať vodu sa rozprestierajú v oblasti Východoslovenskej nížiny (303 mm – 323 mm) a v oblasti Podunajskej nížiny (309 mm – 370 mm);

– okresy s priemerne najnižším potenciálom imobilizovať rizikové prvky sa rozprestierajú v oblasti Slovenského rudohoria (6,6 – 9,1), v oblasti Slovenského stredohoria (7,3 – 6,6) či Nízkych Beskýd (7,3 – 6,6). Okresy s priemerne najvyšším potenciálom imobilizovať rizikové prvky sa nachádzajú v oblasti Podunajskej nížiny (1,6 – 2,5);

– okresy s priemerne najnižším potenciálom imobilizovať organické kontaminanty sa nachádzajú v oblasti Slovenského rudohoria (4,77 – 6,73), vo Fatransko-tatranskej oblasti (4,77 – 6,73) či v Podhôrno-magurskej oblasti (5,86 – 6,1). Okresy s priemerne najvyšším potenciálom mobilizovať organické kontaminanty sa rozprestierajú najmä v oblasti Východoslovenskej nížiny (10,46 – 10,78);

– okresy s priemerne najnižším potenciálom transformovať organické kontaminanty sa nachádzajú najmä v oblasti Nízkych Beskýd (29,14 – 32,58) a naopak, okresy s priemerne najvyšším potenciálom transformovať organické kontaminanty sa rozprestierajú najmä v oblasti Podunajskej nížiny (38,42 – 46,7);

– okresy s najnižším mimoprodukčným (environmentálnym) potenciálom sa rozprestierajú v oblasti Slovenského rudohoria a Slovenského stredohoria, okresy s najvyšším mimoprodukčným (environmentálnym) potenciálom sa nachádzajú na Podunajskej nížine, Východoslovenskej nížine a na Záhorskej nížine.

Potenciál ohrozenosti

Analýza hodnotenia potenciálnej ohrozenosti pôd a jeho kategorizácia podľa okresov (obr. 7) ukázala, že:

– okresy vodnou eróziou najviac ohrozené sa nachádzajú v oblasti Stredných Beskýd či Fatransko-tatranskej oblasti, naopak, okresy v priemere vodnou eróziou najmenej ohrozené, respektíve neohrozené sa rozprestierajú v oblasti Východoslovenskej nížiny, Podunajskej nížiny alebo v oblasti Záhorskej nížiny;

– okresy najviac ohrozené kompakciou nájdeme v najmä v oblasti Lučensko-košickej zníženiny, Východoslovenskej a Podunajskej nížiny, naopak, okresy najmenej ohrozené kompakciou sa nachádzajú v oblasti Záhorskej nížiny či Fatransko-tatranskej oblasti;

– okresy s najmenej hlbokým humusovým horizontom sa nachádzajú prevažne v Podhôrno-magurskej oblasti, Nízkych Beskydách či v oblasti Fatransko-tatranskej. Naopak, okresy s najhlbším humusovým horizontom sa rozprestierajú najmä v oblasti Podunajskej nížiny;

– okresy s najvyšším potenciálom ohrozenosti sa v priemere nachádzajú v oblasti Stredných a Nízkych Beskýd, okresy s relatívne malým potenciálom ohrozenosti sa nachádzajú v oblasti Podunajskej nížiny, Východoslovenskej nížiny a v oblasti Záhorskej nížiny.

Integrovaný systém hodnotenia kvality pôd

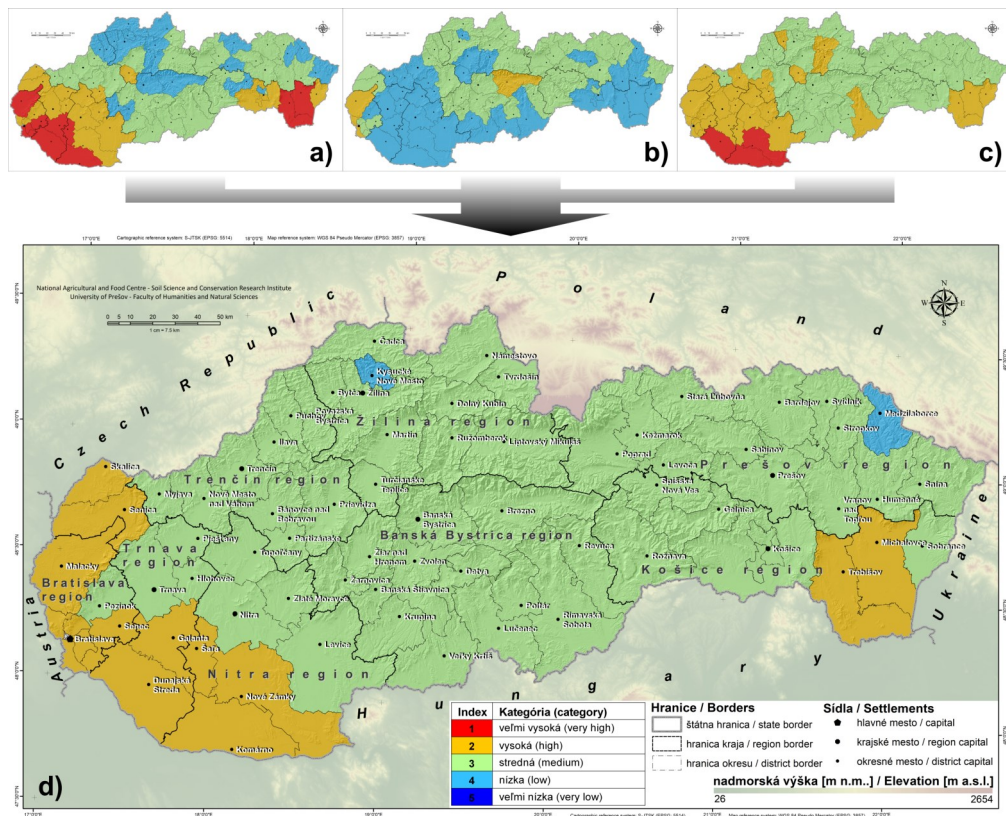
Analýza hodnotenia produkčného, mimoprodukčného potenciálu pôd a potenciálnej ohrozenosti pôd a ich kategorizácia podľa krajov (obr. 8) ukázala, že:

– najvyšší podiel málo produkčných poľnohospodárskych pôd je v Žilinskom a v Prešovskom kraji a veľmi vysoko produkčné pôdy sú rozšírené najmä v Trnavskom, Nitrianskom a Bratislavskom kraji;

– malý environmentálny potenciál poľnohospodárskych pôd majú najmä pôdy v Prešovskom a Banskobystrickom kraji, poľnohospodárske pôdy s veľmi vysokým environmentálnym potenciálom sa nachádzajú najmä v Nitrianskom a Trnavskom kraji;

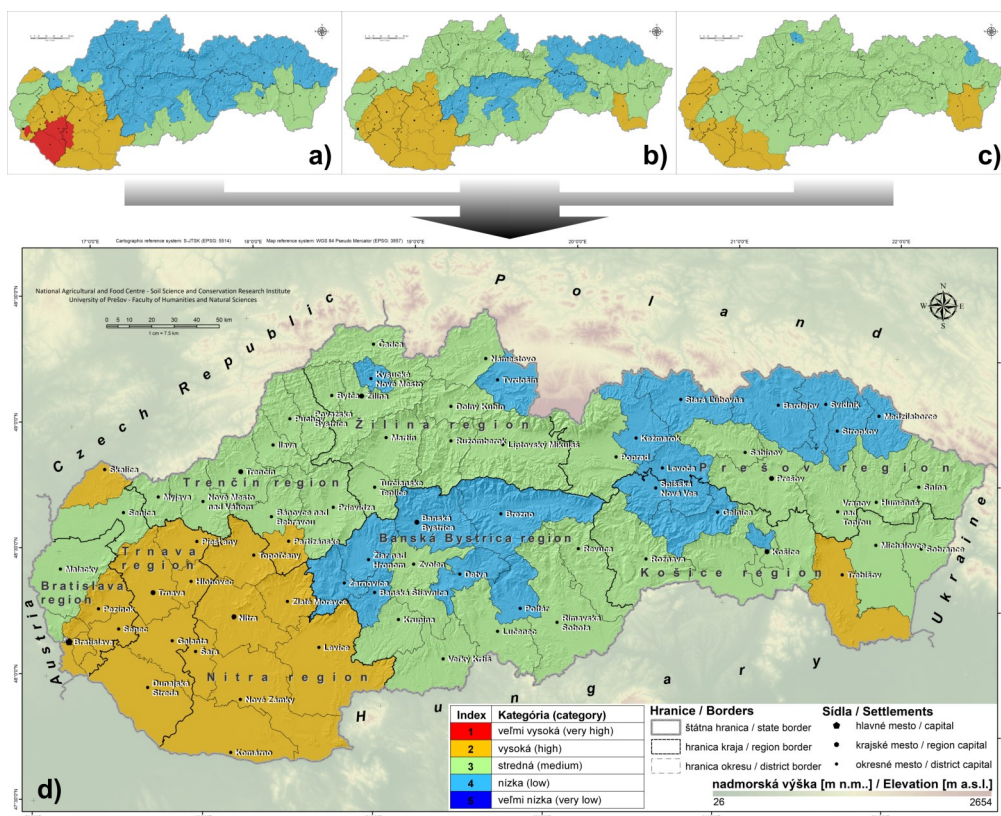
– najviac ohrozené pôdy sa rozprestierajú hlavne v Prešovskom a Žilinskom kraji, veľmi málo ohrozené pôdy sa vyskytujú najmä v Bratislavskom, Trnavskom a Nitrianskom kraji.

Analýza hodnotenia celkovej kvality poľnohospodárskych pôd Slovenska ukázala, že najmenej kvalitné pôdy sa rozprestierajú v oblasti Slovenského rudohoria, Slovenského stredohoria či vo Fatransko-tatranskej oblasti, najkvalitnejšie pôdy sa nachádzajú v Podunajskej, Východoslovenskej a Záhorskej nížine.



Obr. 7. Úroveň ohrozenosti poľnohospodárskych pôd podľa okresov Slovenska

Vysvetlivky: a – kategórie ohrozenosti pôd vodnou eróziou, b – kategórie ohrozenosti pôd kompakciou, c – kategórie ohrozenosti pôd stranou organickej hmoty a d – kategórie ohrozenosti pôd.



Obr. 8. Priestorové rozloženie jednotlivých kategórií integrovaného indexu kvality poľnohospodárskych pôd

Vysvetlivky: a – kategórie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd, b – kategórie mimoprodukčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a c – kategórie ohrozenosti poľnohospodárskych pôd, d – kategórie kvality poľnohospodárskych pôd.

DISKUSIA

Problematika posudzovania i hodnotenia kvality poľnohospodárskych pôd už dlhodobo predstavuje objekt záujmu agrárneho, pedologického i environmentálneho výskumu. Poznanie (mapovanie) výskytu kvalitatívnej heterogenity pôd je dôležitým atribútom nielen pre poľnohospodársku prax, ale strategicky tiež pre sektory, aktivity ktorých s pôdou priamo, resp. nepriamo súvisia (stavebníctvo, doprava, zdravotníctvo a pod.).

Kvalite poľnohospodárskych pôd Slovenska, najmä z pohľadu ich produkčných možností, sú venované mnohé štúdie (Vilček 2000, Džatko 2002, Bielek 2014 a iní). V našej práci sme kvalitu pôd posúdili aj z pohľadu tzv. neprodukčných (environmentálnych) funkcií, čo v konečnom dôsledku môže prispieť k ich racionálnejšej ochrane. Podobne ako v prípade iných štúdií, aj naše výsledky potvrdzujú, že najkvalitnejšie poľnohospodárske pôdy sú v nížinných regiónoch južného Slovenska. Oproti iným štúdiám sme v našej práci na úrovni okresov a krajov Slovenska uplatnili aj regionálny pohľad. Aj tu zastávame spoločný názor, že okresy

Dunajská Streda, Galanta či Šaľa patria k okresom nielen s najproduktívnejšími, ale aj najkvalitnejšími pôdami.

Domnievame sa, že náš prístup k hodnoteniu a mapovaniu kvality poľnohospodárskych pôd je – na rozdiel od doterajších prístupov – oveľa komplexnejší. Zohľadňuje totiž doposiaľ menej preskúmanú problematiku ekologických i environmentálnych funkcií pôd nielen na regionálnej, ale prostredníctvom vytvorených databáz (kategorizácia kvality pôd vo vektorovej forme) aj na topickej úrovni. Spolu s hodnotením produkčného potenciálu tak predstavuje jedinečné dielo využiteľné v poľnohospodárskej praxi i pri strategickom plánovaní a tvorbe krajiny Slovenska. S takýmto prístupom k hodnoteniu kvality pôd sme sa v odbornej literatúre doposiaľ nestretli. Dúfame však, že naša štúdia následne vyvolá širšiu odbornú diskusiu na danú tému.

ZÁVER

Kvalita poľnohospodárskej pôdy má pre celú spoločnosť nevyčísliteľnú hodnotu. Pri súčasnom využívaní poľnohospodárskej pôdy je žiaduce sa problematike pôdnej kvality a jej udržiavaniu a zachovaniu venovať hlbšie a podobnejšie. Výskum kvality poľnohospodárskych pôd ukázal, že na Slovensku je len veľmi malé zastúpenie pôd, ktoré je možné považovať za veľmi vysoko kvalitné, ale tiež aj za málo kvalitné. Na základe našej metodiky hodnotenia kvality poľnohospodárskych pôd je na Slovensku 0,98 % pôd veľmi vysokej kvality, 30,27 % pôd vysokej kvality, 37,92 % pôd strednej kvality, 30,53 % menej kvalitných pôd a 0,30 % pôd málo kvalitných. Regionálna diferenciácia ukazuje, že najviac pôd s vysokou kvalitou je v krajoch Bratislavskom, Trnavskom a Nitrianskom. Najvyššie zastúpenie pôd menej a málo kvalitných je v krajoch Žilinskom, Prešovskom a Banskobystrickom. Dôležitým záverom práce je tiež poznatok, že takmer každá pôda potenciálne (vo väčšej či menšej miere) na solídnej úrovni plní buď produkčné alebo mimoprodukčné, resp. stabilizačné funkcie.

Praktickým výstupom práce je reálna kategorizácia hodnotenia kvality poľnohospodárskych pôd Slovenska pozostávajúca z databázy údajov i mapových elaborátov o priestorovej diferenciácii produkčného a mimoprodukčného potenciálu pôd, ich ohrozenosti i celkovej kvalite. Uvedené aspekty vstupujúce do finálneho hodnotenia kvality poľnohospodárskych pôd sme považovali za rovnocenné. Vzhľadom na ich praktické využitie je však možná aj ich váhová diferenciácia. Tak napr. poľnohospodári budú kladť väčší dôraz na produkčné parametre, kým environmentalisti či krajinní inžinieri na parametre environmentálne (mimoprodukčné), resp. parametre potenciálneho ohrozenia pôd. Tieto aspekty je možné, prostredníctvom parciálnych indexov kvality, príslušných databáz i máp (výsledok riešenia) jednoducho identifikovať. Výsledky práce môžu slúžiť ako podklad na zdokonaľovanie hospodárenia na poľnohospodárskych pôdach a s poľnohospodárskymi pôdami v najbližšej budúcnosti. Prácu možno využiť aj ako podklad na vhodnejšie (optimálne) rozmiestnenie rastlinnej výroby, na objektívnejšie hodnotenie vplyvu konkrétneho stanovišťa a agrotechniky na výšku a kvalitu úrody plodín, resp. odrôd, na zlepšenie systému finančného oceňovania konkrétnej poľnohospodárskej pôdy a rovnako aj pri rozdeľovaní dotácií.

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „Údajová a vedomostná podpora pre systémy rozhodovania a strategického plánovania v oblasti adaptácie poľnohospodárskej kra-

jiny na klimatické zmeny a minimalizáciu degradácie poľnohospodárskych pôd“(kód ITMS2014+ 313011W580), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja, ako aj podpore v rámci riešenia projektu APVV-15-0406 a VEGA č. 1/0100/22.

LITERATÚRA

- ACTON, D. F., GREGORICH, L. J. (1995). Understanding soil health. In Acton, D. F., Gregorich, L. J., eds. *The health of our soils: Towards sustainable agriculture in Canada*. Ottawa (Minister of Supply and Services Canada), pp. 5-10.
- ALENA, F. (1986). *Stanovenie straty pôdy erozívnym splachom pre navrhovanie protierozných opatrení*. Bratislava (Štátna melioračná správa).
- BARANČIKOVÁ, G., MADARAS, M. (2003). Pokus o hodnotenie mimoprodukčných funkcií pôd – transformácia organických kontaminantov. In Sobocká, J., Jambor, P., eds. *Zborník z vedeckej konferencie Druhé pôdoznalecké dni*. Bratislava (VÚ-POP – SPS), pp. 105-110.
- BARANČIKOVÁ, G., KOCO, Š., MAKOVNÍKOVÁ, J., TORMA, S. (2010). *Filtračná a transportná funkcia pôdy*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- BEDRNA, Z. (1988). K teórii parametrizácie pôdnej úrodnosti a produkčnej schopnosti stanovišťa. In *Parametre pôdnej úrodnosti*. Bratislava (Výskumný ústav pôdnej úrodnosti).
- BIELEK, P. (2014). *Kompendium praktického pôdoznanectva*. Nitra (Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre).
- BOUMA, J. (1997). Soil environmental quality: A European perspective. *Journal of Environmental Quality*, 26, 26-31. DOI:10.2134/jeq1997.00472425002600010005x
- BUJNOVSKÝ, R., JURANI, B. (1999). *Kvalita pôdy – jej vymedzenie a hodnotenie*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- BUJNOVSKÝ, R., BALKOVIČ, J., BARANČIKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., VILČEK, J. (2009). *Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- COOKE, G. W. (1970). *The control of soil fertility*. London (Crosby Lockwood & Son Ltd).
- DORAN, J. W., PARKIN, T. B. (1994). Defining and assessing soil quality. In Doran, J., W. Coleman, D. C., Bezdecik, D. F., Stewart, B. A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison (Soil Science Society of America), pp. 3-21.
- DŽATKO, M. (1996). *Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- DŽATKO, M. (2002). *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- HRAŠKO, J. (1983). *Princípy hodnotenia pedosféry*. Bratislava (Výskumný ústav pôdnej úrodnosti).
- HROŠŠO, F. (1961). *Úrodnosť pôdy a jej zvyšovanie*. Bratislava (SVPL).
- KARLEN, D. L., MAUSBACH, M. J., DORAN, J. W., CLINE, R. G., HARRIS, R. F., SCHUMAN, G. E. (1997). Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 4-10.
- KARLEN, D. L., ANDREWS, S. S. (2000). The soil quality concept: A tool for evaluating sustainability. In Elmholt, S., Stenberg, B., Grønlund, A., Nuutinen, V., eds. *Soil stress, quality and care. Proceedings of the NJF Seminar 310, Report No. 38*. Tjele (DIAS), pp. 15-26.
- LARSON, W. E., PIERCE, F. J. (1991). *Conservation and enhancement of soil quality*. In Dumanski, J., Pushparajah, E., Latham, M., Myers, R., eds. *Evaluation for sustainable land management in the developing world*. Bangkok (International Board for Soil Research and Management), pp. 175-203.

- LINSER, H. (1965). Fassung und Bedeutung des Begriffes Bodenfruchtbarkeit. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde*, 108, 115-122.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČIKOVÁ, G., DLAPÁ, P., DERCOVÁ, K. (2006). Inorganic contaminants in soil ecosystem. *Chemické Listy*, 100, 424-432.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČIKOVÁ, G., PÁLKA, B. (2007). Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil. *Plant, Soil and Environment*, 53, 365-373. DOI:10.17221/2215-PSE
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. (1986). *Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko*. Bratislava (Slovenská kartografia).
- NORTCLIFF, S. (2002). Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 88, 161-168. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00253-5)
- ROBERT, J. (1982). *Mobilising the indigenous potential of disadvantaged regions – A new dimension of regional planning. European regional planning, Study No. 40*. Strasbourg (Council of Europe).
- SOBOCKÁ, J. (2003). Inovačné metódy a technológie pôdneho prieskumu, klasifikácie a hodnotenia pôd. In Sobocká, J., Jambor, P., eds. *Druhé pôdoznalecké dni v SR. Stará Lesná, 16. – 18. jún 2003*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznectva a ochrany pôdy), pp. 31-40.
- VILČEK, J. (2000). Úrodotvorný potenciál poľnohospodárskych pôd Slovenska. *Poľnohospodárstvo*, 46, 645-658.
- VILČEK, J. (2006). *Energetický potenciál poľnohospodárskych pôd – kritérium hodnotenia a využívania krajiny*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznectva a ochrany pôdy).
- VILČEK, J. (2014). Mapovanie a hodnotenie environmentálnych funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. *Geografický časopis*, 66, 287-304.
- VILČEK, J., HRONEC, O., BEDRNA, Z. (2005). *Environmentálna pedológia*. Nitra (Slovenská poľnohospodárska univerzita).
- VILČEK, J., KOCO, Š. (2020). *Pôdy okresu Prešov*. Prešov (Prešovská univerzita v Prešove).
- VILJAMS, V. R. (1953). *Náuka o pôde*. Bratislava (ŠPN).
- WARKENTIN, B. P. (1992). Soil science for environmental quality – How do we know what we know? *Journal of Environmental Quality*, 21, 163-166.
- WYTRZENS, H. K. (1996). *An applied land use planning method appreciating the multifunctionality of agricultural land. Proceedings 2nd workshop on sustainable land use planning*. Gödöllő (Gödöllő University of Agricultural Sciences), pp. 1-10.
- Internetové zdroje:
www.podnemapy.sk

Jozef Vilček, Štefan Koco, Silvia Imrichová, Monika Lörincová

AGRICULTURAL SOIL QUALITY IN SLOVAKIA: EVALUATION AND MAPPING

The quality of agricultural soils is usually only assessed based on crop potential. Though the concept of soil quality is more and more associated with the ability of soil to provide the so-called ecological services, with the ability to withstand potential soil threats, destructive and adverse factors, respectively. Taking into consideration the above, the main goal of the paper was to create innovative categorisation and evaluation of the agricultural soil quality, and through it point out differences in the agricultural soil quality at the district and regional level, as well as geomorphological units' level. The parameters entering the evaluation of soil quality in Slovakia were determined based on the significance of their impact on the final result, as well as the availability of the data (databases) on individual soil properties. The evaluated were parameters of soil production potential (soil point value, potential phytomass and bioenergy production), soil environmental potential (soil's ability

to accumulate water, to transform and immobilize risk elements and organic pollutants, and also soil risk from water erosion, compaction, and organic matter decrease). These parameters were categorized into five levels, considering the degree of their impact, which also represented the so-called partial quality index (index 1 – highest rate, index 5 – lowest rate). The differences in the soil quality based on production, environmental and threat potential were identified and spatially represented by averaging the values of partial indices at the district level of Slovakia. The final so-called integrated soil quality index was created by averaging the declared indices. The evaluation analysis of the production, non-production soil potential, potential soil threat and its categorization by region showed the highest share of low-production agricultural soils in the Žilina and Prešov region. Very high production soils are spread mainly in Trnava, Nitra, and Bratislava regions. The agricultural soils in the Prešov and Banská Bystrica regions have low environmental potential. Soils have a very high environmental potential in Nitra and Trnava regions. The most endangered soils are in the Prešov and Žilina regions. On the contrary, the least endangered soils are located in the Bratislava, Trnava, and Nitra regions. Spatial patterns of the integrated indices in the form of the map report at the district level shows regional differences in the quality of the agricultural soils. The best quality soils are in districts located in the lowlands of southern Slovakia. The quality of agricultural soils in Slovakia decreases with the increase in the altitude and latitude, partially also longitude. The relevant map outputs of this paper are an expression of the evaluation and mapping of the agricultural soil quality differences in Slovakia. The evaluation can be used in the strategic planning of the organization and the use of land in Slovakia.



Article first received: April 2022

Article accepted: July 2022

