

SÚČASNÝ STAV A VÝVOJ INDEXU ZDRAVEJ PÔDY NA LOKALITÁCH V RÔZNYCH PÔDNO-KLIMATICKÝCH PODMIENKACH SLOVENSKEJ REPUBLIKY

CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF THE SOIL HEALTH INDEX IN LOCALITIES WITH VARIOUS SOIL-CLIMATIC CONDITIONS IN THE SLOVAK REPUBLIC

Jarmila MAKOVNÍKOVÁ, Boris PÁLKA

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznanectva
a ochrany pôdy Bratislava, regionálne pracovisko Banská Bystrica
e-mail: jarmila.makovnikova@nppc.sk

Abstract: *The aim of the study was to find out the current state and development of the Soil Healthy Index (SHI) at 13 localities in various soil-ecological conditions in the Slovak Republic. The SHI was developed using a minimum soil data set, physical and chemical soil parameters in combination with environmental parameters (land use, gradients). The SHI in one numerical value accumulates information about the state of soil health and its ability to provide soil functions and thus ecosystems in the optimal range. The highest SHI values were determined at localities used as arable land (ChernozemFluvisol), located in a warm climate at altitudes up to 200 m above sea level. Ecosystems with very low and low value are mostly grasslands, with mildly cold climate and (cambizeme) considerable slope, agroecosystem on low organic matter (regoz) and arable ecosystem SHI is also reduced in areas of geochemical anomalies and areas with anthropogenic load, where there is a higher content of risk elements. The SHI changes are mainly the result of changes in dynamic indicators such as soil response and soil bulk density.*

Key words: *soil health, agroecosystem services, soil parameters, minimum soil data set*

Úvod

Zdravie pôdy bolo definované v „Dohode o pôde pre Európu“ ako trvalá schopnosť pôdy podporovať ekosystémové služby (Bonfante a kol., 2020; Veerman a kol., 2020). Pôda má zásadnú úlohu vo fungovaní suchozemských ekosystémov a poskytuje neoceniteľné ekosystémové služby pre ľudskú spoločnosť a blahobyt. Pôda sa významnou mierou podieľa na plnení ekosystémových služieb prostredníctvom pôdných funkcií (Kibblewhite et al., 2008). Nová európskej stratégia pre pôdu požaduje, aby bola všetka pôda do roku 2030 v dobrom zdravotnom stave a aby sa ochrana, udržateľné využívanie a obnova pôdy stala novou normou. (EU Mission: A Soil Deal for Europe). Definovanie ukazovateľov zdravia pôdy a ich rozsahu hodnôt je rozhodujúce pre monitorovanie zdravotného stavu pôdy. Hoci je potrebný jedinečný rámec ukazovateľov, referenčné hodnoty ukazovateľov zdravia pôdy musia byť špecifické pre daný kontext (klíma, typ

pôdy, využívanie pôdy). Index zdravia pôdy zostavený z pôdnych indikátorov musí rešpektovať poznatky o ich kritických limitoch (Arshad a Martin, 2002; Laishram et al., 2012; Abbot and Manning, 2015). Kibblewhite a kol. (2008) definovali zdravú poľnohospodársku pôdu ako pôdu, ktorá je schopná podporovať produkciu potravín spolu s nepretržitým poskytovaním ďalších ekosystémových služieb, ktoré sú nevyhnutné pre udržanie kvalitného života človeka a zachovanie biodiverzity. V poslednom čase sa hodnotenie zdravia pôdy čoraz viac začleňuje do udržateľného manažmentu pôdy, do hodnotenia environmentálnych rizík ako aj do monitorovania zmien životného prostredia a obnovy pôdy (Bünemann et al., 2018).

Cieľom predkladanej štúdie bolo zistiť súčasný stav a vývoj indexu zdravej pôdy na lokalitách v rôznych pôdno-ekologických podmienkach SR.

Použité metódy

Index zdravej pôdy (Soil health index- SHI)

Na Slovensku autori ako Bujnovský a kol. (2011), Makovníková, Barančíková a Pálka (2007), Barančíková, et al. (2010), Vilček a Koco (2018) definujú minimálny súbor pôdnych ukazovateľov potrebných na dostatočné hodnotenie funkcií pôdy, ktoré sú v prípade poskytovania úžitku ľuďom považované za ekosystémové služby (Kanianska a kol. 2016). Tieto ukazovatele boli použité ako základ pre multiparametrický Index zdravej pôdy (Soil health index- SHI). Index SHI bol vytvorený s použitím minimálneho súboru údajov fyzikálnych a chemických pôdnych indikátorov (priame indikátory) v kombinácii s environmentálnymi parametrami, využívaním krajiny, sklonom, ktoré majú priamy alebo nepriamy vplyv na index zdravej pôdy v kontexte cieľového zamerania, akým sú regulačné agroekosystémové služby (Makovníková a kol., 2007; Kibblewhite a kol., 2008; Alam a kol., 2016; Costanza a kol., 2017). Tieto pôdne ukazovatele sú zahrnuté v systéme monitorovania pôdy na Slovensku (Kobza et al., 2014; Kobza 2017) podľa odporúčaní Európskej komisie (EK) pre komplexný systém monitorovania pôdy v Európe (van Camp et al., 2004). Všetky ukazovatele sú signifikantné, reprezentatívne a kvantifikovateľné. Každá pozorovaná hodnota bola prevedená na skóre (od -1 do 2) vzhľadom na poznatky o ich kritických hraniciach (tab. 1). Použitá metóda je bližšie uvedená v článku Makovníková a kol. 2019. Na základe korelačnej analýzy (Makovníková a kol 2019) je SHI vhodným komplexným indikátorom aj pre hodnotenie regulačných ekosystémových služieb poľnohospodársky využívaných pôd.

Tab. 1: Bodové hodnoty parametrov multiparametrického indexu zdravej pôdy (Soil health index- SHI)

Parameter (i)	hodnota	ratingová hodnota (SHI _i)
sklon	< 5°	1
	> =5°	0
objemová hmotnosť	< 1,5 g.cm ⁻³	1
	>1,5 g.cm ⁻³	0
obsah častíc <0,01 mm	< 20 %	0
	20 – 45 %	1
	>45 %	0
hĺbka humusového horizontu	< 30 cm	0
	> 30 cm	1
hodnota pôdnej reakcie (pH v KCl)	< 4.5	-1
	4.51 – 6.00	0
	6.01 – 7.50	1
	7.51 – 8.00	0,5
	≥ 8.00	0
obsah obsah organickej hmoty v pôde (Cox)	<1 %	0
	1 – 5 %	1
	> 5 %	2
kvalita organickej hmoty v pôde (Q46)	< 4,5	2
	4,5 – 6,0	1
	> 6,0	0
anorganická kontaminácia (hodnotená za každý rizikový prvok podľa Vyhlášky 59/2013 MPRV SR)	< limitná hodnota rizikového prvku	0
	> limitná hodnota rizikového prvku	-1

Index zdravej pôdy : SHI = \sum SHI_i)

Podľa výslednej hodnoty SHI sme lokality zaradili do 5 tried (triedy zdravej pôdy) (tab. 2).

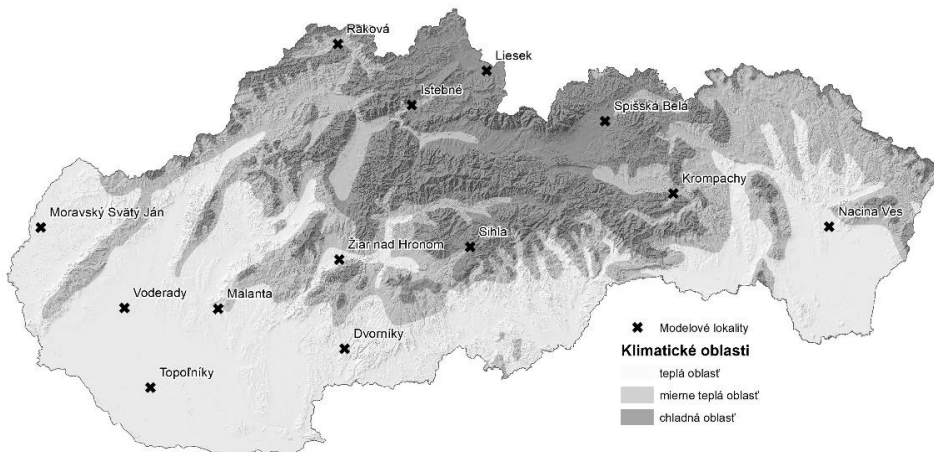
Tab. 2: Triedy zdravej pôdy

Trieda zdravej pôdy	Hodnota SHI
1-veľmi nízky index	<1,50
2 – nízky index	1,50 – 3,50
3 – stredný index	3,51 – 5,00
4 – vysoký index	5,01 – 6,50
5- veľmi vysoký index - zdravá pôda	>6,50

Modelové lokality

Modelové lokality reprezentujú pôdno-ekologické regióny ako aj hlavné pôdne typy poľnohospodársky využívaných pôd SR (obr. 1, tab. 3).

Mapa 1: Modelové lokality v kontexte v rôznych klimatických oblastiach SR



Na jednotlivých lokalitách sme uskutočnili jarný odber pôdnych vzoriek v rokoch 1995 až 2021 (zo štyroch bodov v tvare písmena Z (Kobza a i., 2011). Analyzovali sme potenciálne statické (merná hmotnosť, pôdna textúra, obsah a kvalita organickej hmoty v pôde, celkový obsah anorganických polutantov) a potenciálne dynamické pôdne parametre (objemová hmotnosť, hodnota pôdnej reakcie), ktoré vstupujú do hodnotenia indexu zdravej pôdy.

Tab. 3: Modelové lokality - charakteristika

Lokalita	Pôdny typ/subtyp (MKSP 2014)	Druh pozemku r.1995/2007/2021	Sklon v °	Nadmorská výška v m n.m.	Klimatický región
Liesek	PGm	OP/TTP/TTP	3	631	C1
Ž/H	PGI ⁿ	TTP	7	361	T6
Istebné	KMg ⁿ	OP/TTP/TTP	5	545	M7
Sihla	KMd	TTP/TTP/OP	15	975	C1
Raková	KMm ^a	TTP	5	500	M7
Krompachy	KM	TTP	12	415	M2
Dvorníky	FMa	OP	0	151	T4
Topoľníky	FMm ^l	OP	0	112	T1
Nacina Ves	FM _G	OP	0	114	T7
Spiš.Belá	ČAm	OP	0	653	C1
Voderady	ČMm ^c	OP	2	136	T1
Malanta	HMm	OP	3	175	T6
Moravský Ján	RMa	OP/TTP/TTP	5	170	T4

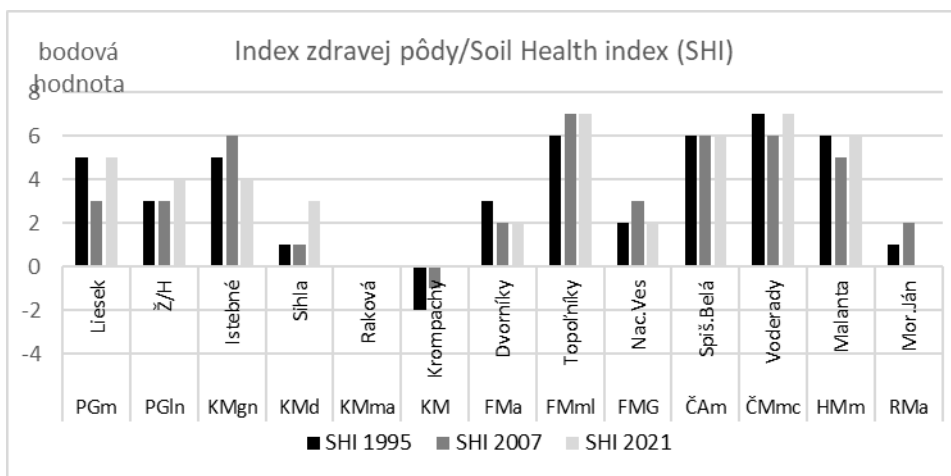
Vysvetlivky: klimatický región – C1 mierne chladný, M2 - mierne teplý, mierne vlhký, so studenou zimou, dolinový/kotlinový, M7 - mierne teplý, veľmi vlhký, vrchovinový, T1 - teplý, veľmi suchý s miernou zimou, T4 - teplý, mierne suchý s miernou zimou, T6 - teplý, mierne vlhký s miernou zimou, T7 - teplý, mierne vlhký s chladnou zimou

Výsledky

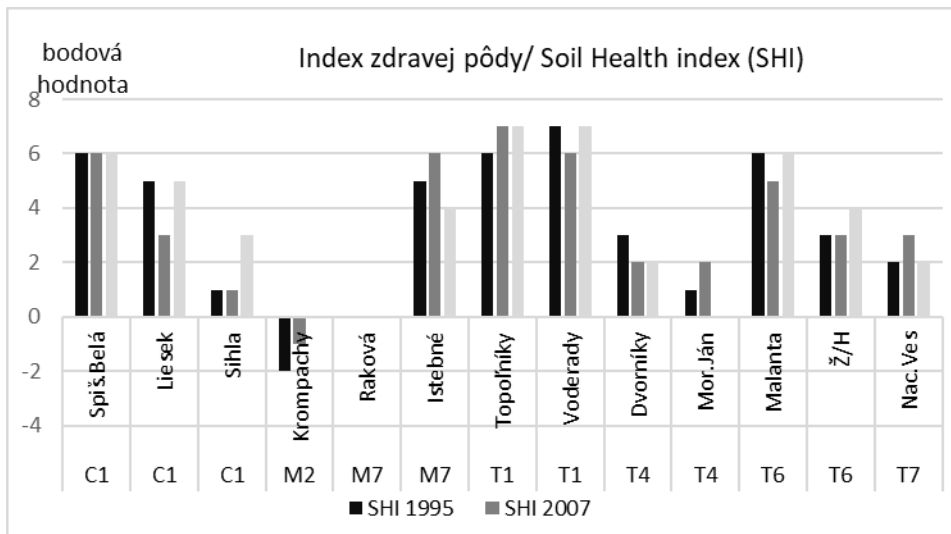
Na grafe 1a je uvedený aktuálny stav (rok 2021) a vývoj multiparametrického indexu zdravej pôdy na modelových lokalitách v kontexte pôdnych typov a subtypov, na grafe 1b v kontexte klimatických regiónov. Najvyššie hodnoty SHI sme stanovili na lokalitách využívaných ako orné pôdy (černoze, fluvizem), lokalizovaných v teplej klimatickej oblasti v nadmorskej výške do 200 m n. m. Ekosystémy s veľmi nízkou a nízkou hodnotou SHI sú prevažne trávnaté porasty, s mierne chladnou klímou a (kambizeme) značnou svahovitosťou, agroekosystém na pôde s nízkym obsahom organickej hmoty (regozem) ako aj ekosystém na ornej pôde. Hodnota SHI je znížená aj v oblastiach geochemických anomálií (FM – Dvorníky) a v oblastiach s antropogénnou záťažou (Ž/H, Krompachy), kde sa vyskytuje vyšší obsah rizikových prvkov. Index zdravej pôdy použili viacerí autori aj na posúdenie kvality pôdy vystavenej antropogénnym tlakom (Rahmanipour a kol., 2014; Bera a kol., 2016; Vasu et al., 2016). Priemerné hodnoty SHI v rámci pôdnych typov klesali nasledovne Černoze, ČM > Čiernice, ČA > Hnedozeme,

HM > Pseudogleje, PG > Fluvizeme, FM > Kambizeme, KM > Regozeme, RM. Nižšie priemerné hodnoty FM ovplyvnila predovšetkým lokalita Dvorníky s antropogénnou a geogénnou záťažou (anorganické polutanty) a lokalita s vysokým podielom ílovej frakcie (Nacina Ves, lokalizovaná na Východoslovenskej nížine).

Graf 1a: Hodnoty indexu zdravej pôdy(SHI) na modelových lokalitách v kontexte pôdných typov a subtypov

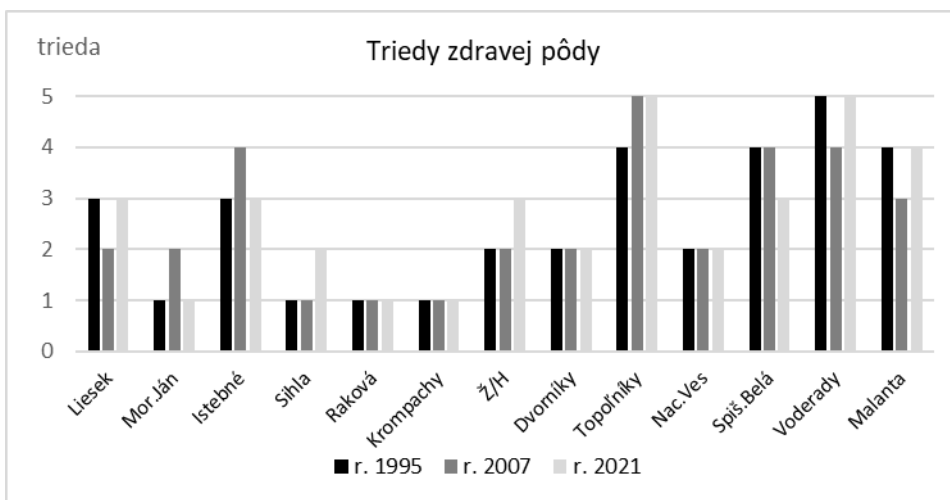


Graf 1b: Hodnoty indexu zdravej pôdy(SHI) na modelových lokalitách v kontexte klimatických regiónov



Zmeny SHI sú predovšetkým výsledkom zmien dynamických indikátorov, ako sú pôdna reakcia a objemová hmotnosť pôdy, čo je v súlade s prácou Bünemann (Bünemann et al., 2018). Vlastnosti pôdy, ktoré sa môžu rýchlo meniť v reakcii na prirodzené alebo antropogénne pôsobenie, sa považujú za dobré ukazovatele zdravia pôdy (Rahmanipour a kol., 2014). Na lokalitách, kde došlo k zmene druhu pozemku, striedaniu OP/TTP sa zvýšil celkový obsah organickej hmoty v pôde pri zatrávení lokality (Istebné, rok 2007, Moravský Ján, rok 2007), pozitívnu zmenu hodnoty pôdnej reakcie sme zaznamenali na lokalite Sihla pri prechode z TTP na OP. Na grafe 2 je uvedený aktuálny stav (rok 2021) a vývoj zaradenia hodnoty indexu do tried zdravej pôdy na modelových lokalitách.

Graf 2: Triedy zdravej pôdy na modelových lokalitách



Na sledovaných lokalitách sme v období rokov 1995 – 2021 zaznamenali pozitívne zmeny v zastúpení strednej triedy SHI, nárast z 0,15 % na 0,30 %, nižšie zastúpenie vysokého indexu, pokles z 0,23 % na 0,07 % a mierny nárast veľmi vysokého indexu z 0,07 % na 0,15 % z počtu lokalít (obr. 3). V roku 2021 bola väčšina lokalít (54 %) klasifikovaná v triede stredne až veľmi vysokého indexu SHI zdravej pôdy.

Tab. 4: Pearsonove korelačné koeficienty (rok 2007)

Korelačný koeficient	parameter						
	pH	Cox	Q ⁴ ₆	kontaminácia	textúra	Nadmorská výška	OH
SHI	0,65*	-0,29	-0,74*	0,61*	-0,34	-0,27	0,58*

*štatisticky preukazné na hladine významnosti $\alpha = 0,05$

Hodnoty indexu zdravej pôdy štatisticky preukazne korelujú s hodnotou pôdnej reakcie, kvalitou organickej hmoty, objemovou hmotnosťou pôdy a úrovňou kontaminácie danej lokality (tab. 4). Vplyv textúry na hodnoty indexu zdravej pôdy ani nadmorskej výšky nebol štatisticky preukazný.

Záver

Zdravie pôdy je nepretržitá schopnosť pôdy fungovať ako životne dôležitý živý ekosystém, ktorý podporuje rastliny, zvieratá a ľudí a spája poľnohospodárstvo a pôdu s politikou, potrebami zainteresovaných strán udržateľným riadením dodávateľského reťazca. Koncept zdravia pôdy napĺňa dôležitú potrebu zainteresovaných strán v oblasti udržateľného rozvoja tým, že zvyšuje uznanie úlohy pôdy v modernej spoločnosti a vytvára funkčnú platformu pre poľnohospodárov, pôdohospodárov, samosprávy a tvorcov politik. Multikompozitný index zdravej pôdy v jednej numerickej hodnote kumuluje informácie o stave zdravia pôdy a tým aj jej schopnosti zabezpečovať pôdne funkcie a regulačné ekosystémové služby v optimálnom rozsahu pri konkrétnom spôsobe jej využitia. Naše výsledky ukazujú, že monitorovanie zmien indexu zdravej pôdy je aj jednou z možností komplexného hodnotenia negatívnych tlakov na pôdny ekosystém, degradačných procesov ako aj hodnotenia vplyvu zmien vo využívaní pôdy. Index zdravia pôdy možno použiť aj ako nástroj na podporu rozhodovania pre efektívne hospodárenie s pôdou, nepriame meranie funkcií pôdy, na hodnotenie zdravotného stavu pôdy (Lehmann et al., 2020).

Pod'akovanie

Práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0035 - Oceňovanie ekosystémových služieb prírodného kapitálu ako nástroja hodnotenia sociálno-ekonomického potenciálu území a vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

ABBOTT, LYNETTE K., MANNING, DAVID A. C., 2015: Soil health and related ecosystem services in organic agriculture. In Sustainable Agriculture Research, 4, 3, pp.116 – 125.

ALAM, M., DUPRA, J., MESSIER, CH., 2016: A framework towards a composite indicator for urban ecosystem services. In Ecological indicators, 60, 38 – 44.

ARSHAD, M., MARTIN, S., 2002: Identifying Critical Limits for Soil Quality Indicators in Agro-Ecosystem. In Agriculture Ecosystems and Environment, 88, 2, pp.153 – 160.

BARANČÍKOVÁ, G. et al., 2010: Filtračná a transportná funkcia pôd.. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 33 p.

BONFANTE, A. et al., 2020: Targeting the soil quality and soil health concepts when aiming for the United Nations Sustainable Development Goals and the EU Green Deal. In *Soil*, 6, 2, pp. 453 – 466.

BUJNOVSKÝ, R. et al., 2011: Hodnotenie kapacít pôdy a efektov z jej využívania. VUPOP Bratislava, 70 str.

BÜNEMANN, E. et al., 2018: Soil quality – A critical review. In *Soil Biology and Biochemistry*, 120, pp.105 – 125.

COSTANZA, 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, pp.1 – 16.

KANIANSKA, R. et al. 2016: Ekosystémové služby. Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, 244 s.

KIBBLEWHITE, M. G., TITZ, K., SWIFT, M. J., 2008: Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B*, 363, 685 – 701.

KOBZA, J. a i., 2011: Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VUPOP. Bratislava, VUPOP. 136.s.

KOBZA, J. et al., 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.

KOBZA, J., 2017: Quality of agricultural soils in Slovakia. *Polish Journal of Soli Science*, 50, 2, 279 – 289.

LAISHRAM, J. et al., 2012: Soil Quality and Soil Health : A Review. In *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 38, 1, pp.19 – 37.

LEHMANN, J. et al., 2020: The concept and future prospects of soil health. In *Nature reviews. Earth & environment*, 1, 10, pp. 544 – 553.

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. et al., 2019: An approach to the assessment of regulating Agroecosystem Services. *Polish Journal of soil science*, 52, 1, pp. 95 – 112.

RAHMANIPOUR, F. et al., 2014: Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. In *Ecological Indicators*, 40, pp. 19 – 26.

VAN CAMP, B., BUJARRABAL, A. R., GENTILE, R. J. A., JONES, L., MONTANARELLA, L., OLAZABAL, O., SELVARADJPU, S. K., 2004: Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5 p. 872. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

VASU, D. et al., 2016: Soil quality index (SQI) as a tool to evaluate crop productivity in semi-arid Deccan plateau, India. In *Geoderma*, 282, pp. 70 – 79.

VEERMAN, C., CORREIA, T. P., BASTIOLI, C., BIRO, B., BOUMA, J., CIENCIALA, E., EMMET, B., FRISON, E. A., GRAND, A., FILCHEW, L. H., KRIAUCIŪNIENĖ, Z., POGRZEBA, M., SOUSSANA, J. F., OLMO, C. V., WITTKOWSKI, R., 2020: Caring for soil is caring for life – Ensure 75 % of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate. Report of the Mission Board for Soil health and food. European Commission Directorate-General for Research and Innovation and Directorate-General for Agriculture and Rural Development Directorate B - Quality, Research & Innovation, Outreach Unit B2 - Research and Innovation, Brussels.

VILČEK, J., KOCO, Š., 2018: Integrated index of agricultural soil quality in Slovakia, In *Journal of Maps*, 14, 2, pp. 68 – 76.

Societas pedologica slovacica, 2014. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná. taxonómia 2. vydanie. NPPC-VÚPOP, Bratislava, 96 s.

Zákon 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskeho fondu v znení neskorších predpisov (Act No. 220/2004 Coll. on the conservation and use of agricultural land as amended).