

BIOCHEMICKÉ VLASTNOSTI AKO INDIKÁTOR STUPŇA ZATAŽENIA PÔD V OKOLÍ STARÝCH BANSKÝCH ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

BIOCHEMICAL PROPERTIES AS INDICATOR OF SOIL ENVIRONMENTAL POLLUTION IN THE SURROUNDING OF OLD MINING ENVIRONMENTAL LOADS

Lenka DEMKOVÁ¹ – Lenka BOBULSKÁ¹ – Miloslav MICHALKO² – Július ÁRVAY³

ABSTRACT

Soil quality in the former mining village Nižná Slaná was evaluated based on the content of hazardous elements (As, Cd, Hg, Fe, Mg, Pb) and their impact on important soil parameters such as soil enzyme activity (URE-urease, BG- β -glucosidase, FDA-fluorescein diacetate, KF-acid phosphatase and ZF-alkaline phosphatase), nutrient content (Ca, Mg, Na, K) and soil reaction (pH). The content of hazardous substances varied depending on the distance from the largest sources of pollution - the tailings pond and the ore processing plant. The activity of soil enzymes decreased significantly with the increasing content of hazardous elements. The soil reaction at the most polluted sampling sites reached high value, corresponding to the extremely alkaline pH. The content of nutrients varied in the study area, while Ca and Mg reached extremely high values in the most polluted sampling sites, in the case of K and Na, no relationship was found with the content of hazardous elements.

KEYWORDS

nutrients, activity of soil enzymes, former mining area, tailing pond

Úvod

Súčasná aj bývalá banská činnosť na území Slovenska a s ňou spojené priemyselné aktivity zamerané na spracovanie rúd, významne zasiahli do kvality životného prostredia. Na Slovensku je celkovo evidovaných 68 pravdepodobných a 310 potvrdených environmentálnych záťaží, z čoho je 21 odkalísk a 78 lokalít, ktoré sú zatažené z dôvodu ťažobnej alebo spracovateľskej činnosti (ENVIROPORTAL, 2019). Znečistenie takýchto lokalít sa prejavuje na všetkých zložkách životného prostredia, zdraví živých organizmov vrátane človeka. Bolo niekoľkokrát preukázané, že rizikové látky pochádzajúce z banskej činnosti spôsobujú karcinogénne, mutagénne a respiračné ochorenia (NAKAZAWA et al., 2015; AGYEMANG a DUAH, 2016). Šírenie prachových častíc z odkalísk, presakovanie kyslých banských vôd aj emisie zo závodov na spracovanie rúd prispievajú k zníženej kvalite pôdy, ktorá je aj napriek

1 Katedra ekológie, Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita v Prešove, 17. novembra č. 1, SK – 081 16 Prešov, Slovensko; e-mail: lenka.demkova@unipo.sk, lenka.bobulska@unipo.sk

2 Katedra geografie a aplikovanej geoinformatiky, Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita v Prešove, 17. novembra č. 1, SK – 081 16 Prešov, Slovensko; e-mail: miloslav.michalko@unipo.sk

3 Katedra chémie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, SK – 949 76 Nitra, Slovensko; e-mail: julius.arvay@gmail.com

tomu obyvateľmi hospodársky využívaná. Takto znečistená pôda stráca svoju kvalitu, čo sa prejavuje jej zníženou úrodnosťou (KELEPERTZIS, 2014) a zároveň je zdrojom rizikových látok, ktoré vstupujú do poľnohospodárskych produktov a ukladajú sa v telách konzumentov (KOWALSKA et al., 2018). Aktivita pôdnych enzýmov predstavuje významný indikátor kvality pôdy, pretože dokáže veľmi rýchlo reagovať na environmentálny stres. Vo viacerých štúdiách bolo preukázané, že zvyšovanie obsahu rizikových prvkov v pôde sa automaticky negatívne prejavuje na aktivite pôdnych enzýmov (WYSZKOVSKA, 2010). Z toho dôvodu sú enzýmy často využívané ako bioindikátory kvality pôdy (DEMKOVÁ et al., 2015). Pôdne enzýmy sa vo veľkej miere podieľajú aj na kolobehu živín v pôde a ich následnej transformácii, aby boli prijateľné pre rastliny (LI et al., 2016). Obsah živín v pôde sa veľmi rýchlo mení z závislosti od množstva vonkajších činiteľov (ALGHOBAR a SURESHA, 2017). Objektom štúdia bola bývalá banská obec Nižná Slaná, ktorá má vo svojom katastrálnom území umiestnené banské telesá, odkalisko a rozsiahly areál závodu na spracovanie rudy. Šírenie prachových častíc z povrchu odkaliska, ktoré je tvorené kalom prachovej konzistencie, je dobre pozorovateľné pri veternom počasí. Cieľom práce bolo zistiť obsah rizikových látok v pôdach v katastrálnom území obce Nižná Slaná a ich vplyv na aktivitu pôdnych enzýmov, obsah živín v pôde a pôdnu reakciu.

MATERIÁL A METÓDY

Charakteristika odberných lokalít

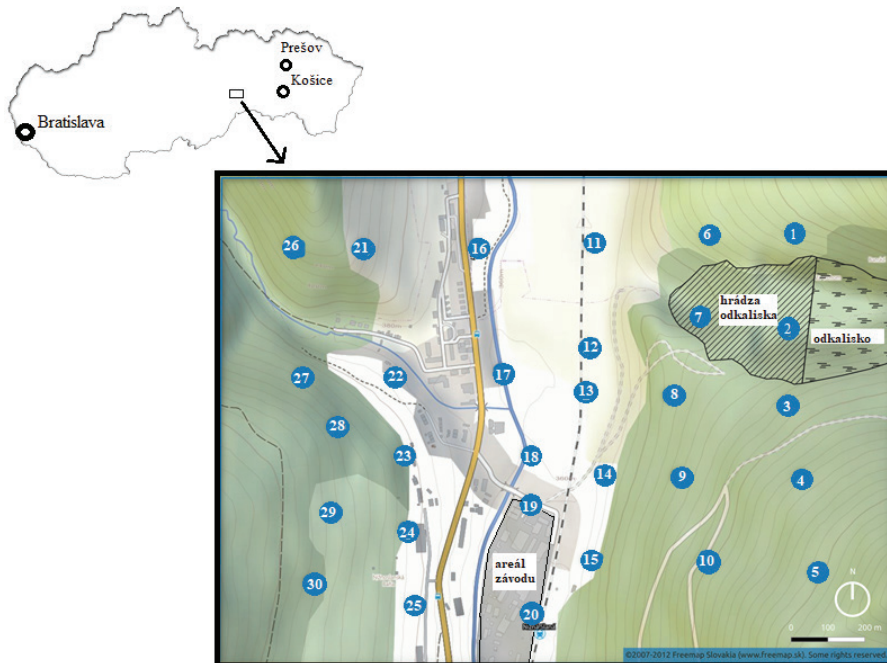
Katastrálne územie obce Nižná Slaná sa nachádza v oblasti východného Slovenska, v okrese Rožňava, v Košickom kraji. Predmetné územie je súčasťou geomorfologického celku Slovenské Rudohorie. Obec leží na oboch brehoch rieky Slaná, ktorá toto územie člení na dva podcelky a to Volovské vrchy a Revúcku vrchovinu. Nadmorská výška obce je 360 m n.m. Z klimatologického hľadiska je územie charakterizované ako mierne teplé, mierne vlhké s priemernými januárovými teplotami od -2 do -5 °C (BPEJ, 2013). Banská činnosť sa v obci datuje od 14. storočia a je zameraná predovšetkým na ťažbu železnej rudy a drahých kovov. Najväčší rozmach banskej činnosti tu bol zaznamenaný začiatkom 19. storočia, kedy bola v obci uvedená do prevádzky huta na spracovanie železnej rudy (BREHUV a kol., 2007). Začiatkom 20. storočia sa veľká časť výroby presunula do Maďarska, kde sídlili modernejšie železiarne, čo spôsobilo postupný úpadok spracovateľských aktivít v Nižnej Slanej. Rozsiahly areál bývalej huty, ako aj teleso odkaliska kde bol vyvážaný kal zo spracovania vyťaženeho materiálu, boli základným predpokladom k zaradeniu územia obce do zoznamu environmentálnych záťaží (ENVIROPORTAL, 2019). Odkalisko je umiestnené nad obcou [48°44'36.9"; 25°25'51.24"] a zaberá územie o rozlohe 20.6 ha. Hlavné nebezpečenstvo kalu spočíva vo vysokom obsahu rizikových látok a v jeho práškovej konzistencii. Pri veternom počasí je kal z odkaliska prenášaný a dopadá na osídlenú a hospodársky využívanú časť obce.

Odber vzoriek pôdy a ich analýza

Vzorky pôdy boli odobraté z 30 odberných miest, ktoré boli navrhnuté ako sieť bodov vo vzdialenosti 200 m od seba. V niektorých odberných miestach nebolo možné (kvôli výskytu prírodných alebo iných prekážok) vzdialenosti dodržať, čo spôsobilo mierne odchýlky. Sieť pokrýva plochu odkaliska, bývalého hutníckeho závodu a taktiež územie, ktoré bolo považované za najviac zaťažené spádom z odkaliska (obrázok 1). Odber vzoriek pôdy (5-15 cm) prebiehal v lete 2018. Na každom odbernom mieste bolo odobratých cca 500 g pôdy, ktorá bola v plastových vreckách prepravená do laboratória. Časť pôdy bola zamrazená a následne v čerstvom stave použitá na stanovenie aktivity pôdných enzýmov. Druhá časť pôdy bola vysušená pri laboratórnej teplote a preosiata cez sito s veľkosťou otvoru 2 mm. V pôde bolo stanovené pH v roztoku 0.01M CaCl₂ pomocou pH metra inoLab pH 720 WTW. Aktivita pôdnej ureázy (URE) bola stanovená podľa KHAZIEVA (1976). Aktivita kyslej (KF) a alkalickéj fosfatázy (AF) bola stanovená podľa GREJTOVSKÉHO a kol. (1991). Aktivita fluoresceín diacetázy (FDA) bola stanovená podľa GREENA a kol. (2006). Aktivita β- glukozidázy (BG) bola stanovená podľa EIVAZI a TABATABAI (1988). Obsah rizikových prvkov (As, Cd, Fe, Hg, Mn, Pb) a taktiež obsah živín (Ca, Na, Mg, K) bol stanovený pomocou prístroja ICP-OES Agilent 720 (Agilent Technologies, Germany).

Štatistické a mapové spracovanie dát

Mapové výstupy boli spracované v open source Geografickom Informačnom Systéme (GIS) použitím softvéru QGIS (verzia 2.18). Dáta boli získané z OpenStreetMap (OSM 2016). Všetky štatistické operácie boli vykonané pomocou programu R studio (R STUDIO TEAM, 2016). Dáta boli pred analýzou logaritmicky transformované. Spearmanov korelačný koeficient bol použitý za účelom zistenia závislosti medzi rizikovými prvkami, aktivitou pôdných enzýmov, živinami a pôdnou reakciou.



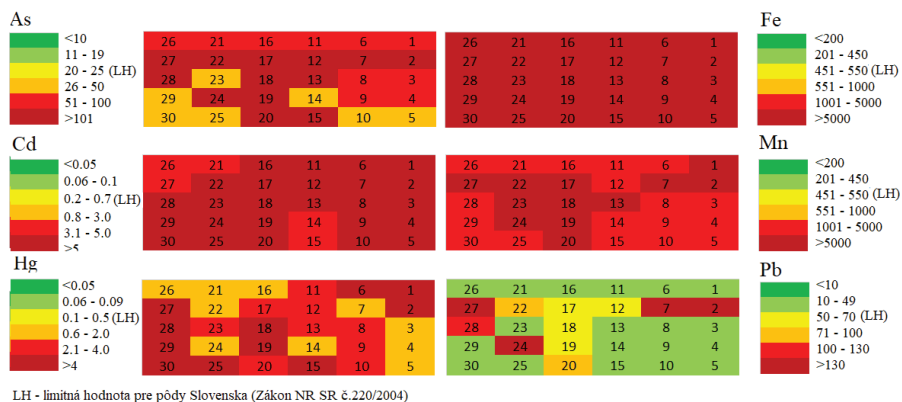
Obrázok 1. Miesta odberu pôdnych vzoriek v rámci katastrálneho územia obce Nižná Slaná. (Zdroj: OSM 2016, vlastné spracovanie).

Figure 1. Soil sampling sites in the cadastral area of Nižná Slaná village.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obsah rizikových prvkov (As, Cd, Hg, Fe, Mg, Pb) bol stanovený pre každé odberné miesto v rámci katastrálneho územia obce Nižná Slaná (obrázok 2). Stanovené hodnoty boli porovnané s limitnými hodnotami určenými pre pôdy Slovenska (ZÁKON NR SR č. 220/2004 Z. z.). Najvyššia koncentrácia rizikových prvkov v rámci hodnoteného územia bola zaznamenaná v mieste odkaliska (odberné miesto č. 2 a 7), v mieste lokalizácie bývalého priemyselného podniku na spracovanie rudy (odberné miesto č. 19 a 20) a taktiež na odbernom mieste č. 27, ktoré sa nachádza na druhej strane doliny, v približne rovnakej nadmorskej výške ako odkalisko a v smere prevládajúcich vetrov (WINDYTY S.E, 2019). Zároveň ide o miesto pred lesným porastom, ktoré tvorí bariéru pre ďalší prenos častíc. Z toho dôvodu dochádza na tomto mieste k hromadeniu znečistenia. Podľa štúdie ZOBECK a VAN PELTA (2006) môže byť prenos častíc vetrom a atmosférická depozícia kľúčovým faktorom pri kontaminácii prostredia. Obsah As, Cd, Fe, Mg a Hg prekračoval limitné hodnoty na všetkých odberných miestach. V prípade Fe bola limitná hodnota na celom území prekročená viac ako 9 násobne. V prípade Pb boli namerané hodnoty extrémne vysoké iba v oblasti lokalizácie odkaliska (odberné miesto č. 2 a 7) a na lokalite č. 27. Nadlimitné hodnoty boli zistené aj v mieste lokalizácie huty na spracovanie rudy

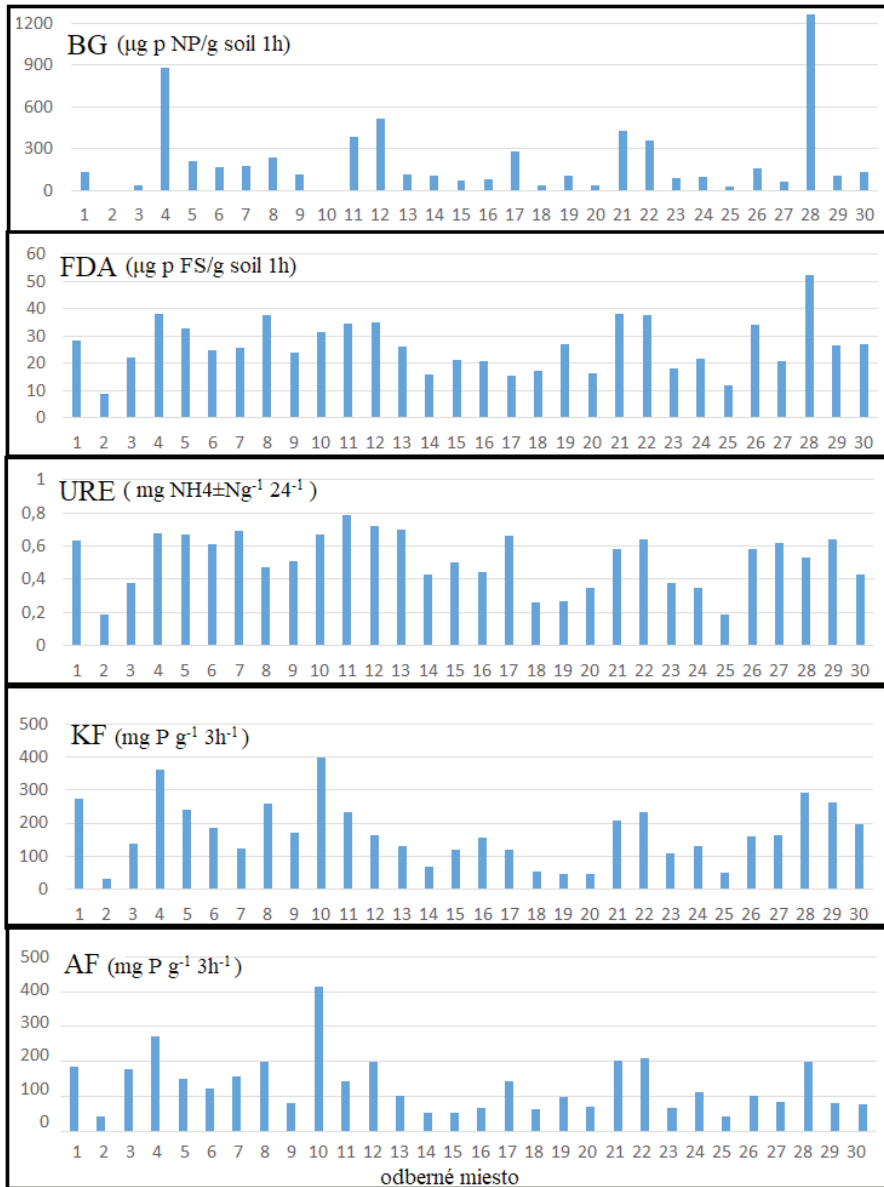
(odberné miesto č. 19 a 20). Extrémne hodnoty As, Cd, Fe, Mn a Pb boli na území obce zistené aj v skorších štúdiách (HANČUŠÁK a kol., 2011). Vysoké obsahy železa súviseli so spracovávaním železných rúd v priemyselnom podniku sídliacom v obci. Vzhľadom k tomu, že veľká časť sledovaného územia je trvalo osídlená a hospodársky využívaná (aj keď v menšej miere) je vysoká pravdepodobnosť, že rizikové látky negatívne vplývajú na zdravie ľudí. Podľa skorších štúdií bolo u obyvateľov Nižnej Slanej preukázané vyššie riziko rakoviny pľúc (Iscó et al., 1994).



Obrázok 2. Obsah rizikových prvkov nameraných na jednotlivých odberných miestach v katastrálnom území obce Nižná Slaná.

Figure 2. Content of the risk elements determined on the sampling sites in the Nižná Slaná village cadastral area.

Aktivita pôdnych enzýmov sa menila v závislosti od odberného miesta (obrázok 3). Hodnoty BG sa pohybovali v rozmedzí od 0.1-1266 $\mu\text{g p NP/g}$ pôdy 1h, hodnoty FDA v rozmedzí 8.8 do 51.2 $\mu\text{g p FS/g}$ pôdy 1h, hodnoty URE od 0.19 – 0.79 $\text{mg NH}_4\pm\text{N g}^{-1} 24^{-1}$ a hodnoty KF a AF v rozmedzí od 30.6 – 397 a 40.5 – 415 $\text{mg P g}^{-1} 3\text{h}^{-1}$ v tomto poradí. Aktivita pôdnych enzýmov je citlivým indikátorom pôdneho znečistenia a veľmi rýchlo reaguje na environmentálny stres (XIAN et al., 2015). Vďaka tejto vlastnosti sú pôdne enzýmy úspešne využívané ako bioindikátory pôdneho znečistenia (DEMKOVÁ et al., 2019). Okrem rizikových prvkov na aktivitu pôdnych enzýmov vplýva aj pôdna reakcia, obsah uhlíka, ale aj obsah jednotlivých živín v pôde (KARACA et al., 2010). V prípade FDA, URE, KF a AF boli najnižšie hodnoty zaznamenané práve na telese odkaliska. Znečistenie v okolí závodu na spracovanie rudy sa prejavilo najmä na aktivite KF.



Obrázok 3. Aktivita pôdnych enzýmov (BG – β glukozidáza, FDA – fluorescein diacetáza, URE – ureáza, ACP – kyslá fosfatáza, ALP – alkalická fosfatáza) na odberných miestach v rámci katastrálneho územia obce Nižná Slaná.

Figure 3. Activity of the soil enzymes (BG – β -glukosidase, FDA – fluorescein diacetate, URE – urease, ACP – acid phosphatase, ALP – alkaline phosphatase) in the sampling sites of Nižná Slaná village cadastre.

Hodnoty pôdnej reakcie sa na hodnotenom území pohybovali od 3.47 – 7.36 (tabuľka 1). Na základe klasifikácie podľa ČURLÍK a ŠEFČÍK (1999) je možné tieto pôdy charakterizovať ako extrémne kyslé až alkalické. Na odberných miestach určených ako najviac znečistené dosahovalo pH vyššie hodnoty. Vo viacerých štúdiách bolo preukázané, že vysoké obsahy rizikových prvkov v pôde sa podieľajú na zvyšovaní kyslosti pôdy (ALLOWAY, 2010). V kyslých pôdach sa zvyšuje aj mobilita rizikových prvkov, teda sú prístupnejšie pre rastliny obývajúce takéto stanovišťa (PANDEY et al., 2016). V našom prípade bol zaznamenaný opačný trend, keďže kal uložený na odkalisku bol hodnotený ako extrémne alkalický.

Obsah živín stanovený vo vzorkách pôdy je uvedený v tabuľke 1. Na lokalitách, kde sa hodnoty rizikových prvkov pohybovali v nadlimitných hodnotách, boli zaznamenané aj zvýšené obsahy Ca a Mg. Živiny K a Na dosahovali na týchto lokalitách skôr nižšie hodnoty. HAN et al. (2018), ktorí študovali obsah živín v pôde v oblastiach znečistených vplyvom železničnej dopravy, súhlasne s našimi výsledkami potvrdili zvýšený obsah Ca a Mg v najviac znečistených lokalitách. ALGHOBAR a SURESHA (2017), ktorí sledovali pôdne vlastnosti pod vplyvom rôzneho množstva kalu rovnako potvrdili, že kým obsah K a Na sa nijako signifikantne nemenil, obsah Ca a Mg sa so zvyšujúcim obsahom kalu významne zvyšoval.

Tabuľka 1. Hodnoty živín na odberných miestach v katastrálnom území obce Nižná Slaná.
Table 1. Values of the nutrients in the sampling sites of Nižná Slaná village cadastre.

Odberné miesto	Ca	K	Mg	Na	pH
	(mg kg ⁻¹)				
1	6705	6910	5339	506	5,25
2	48106	5393	15727	351	7,36
3	534	9509	1757	1145	4,45
4	2457	6945	3279	530	4,52
5	2470	6549	3288	500	4,69
6	1887	8520	2508	826	5,05
7	24215	6193	10468	312	6,82
8	695	6525	2602	618	4,00
9	8773	4818	2407	357	5,88
10	5833	2434	2270	243	3,85
11	3802	8795	3877	676	5,51
12	20039	4157	5955	390	6,06
13	9046	5421	8285	503	5,90
14	371	9689	2342	433	3,73
15	824	11240	1277	234	4,88
16	2454	8491	4061	658	5,15
17	8416	3684	6938	279	6,64
18	30311	4991	14722	358	7,02
19	51211	4499	23768	497	7,07
20	11802	2357	22168	224	7,10
21	1674	7899	2337	159	5,69
22	13988	4361	6200	136	6,58
23	1279	4025	1363	252	5,73
24	59864	4796	14346	207	6,97
25	1192	978	1049	59.3	6,58
26	317	5539	1219	63.8	3,52
27	25391	6105	7223	122	6,42
28	875	3684	4354	137	3,47
29	723	3748	1014	358	4,55
30	520	3360	1011	286	4,26

Signifikantná pozitívna závislosť bola zistená aj medzi živinami navzájom, konkrétne medzi Ca - Mg ($p < 0.01$) a K - Na ($p < 0.01$). Živiny, medzi ktorými bola potvrdená signifikantná závislosť reagovali na environmentálny stres (zvýšenú prítomnosť rizikových prvkov) veľmi podobne (tabuľka 2). Vápnik a horčík signifikantne pozitívne korelovali s pôdnou reakciou ($p < 0.01$), pričom v prípade draslíka a sodíka bola potvrdená negatívna (nie signifikantná) závislosť s pôdnou reakciou. Medzi aktivitou pôdných enzýmov a živinami bola zistená vo všetkých prípadoch negatívna závislosť. Signifikantná negatívna závislosť bola zistená medzi Ca-URE ($p < 0.05$) a Ca-URE ($p < 0.01$) a taktiež medzi Mg-URE ($p < 0.05$) a Mg-KF ($p < 0.01$).

Tabuľka 2. Spearmanov korelačný koeficient vyjadrujúci závislosť medzi hodnotenými pôdnymi parametrami (aktivita pôdných enzýmov, živiny, pH) a rizikovými prvkami.

Table 2. Spearman correlation coefficient expressing the relationship among the evaluated soil parameters (the activity of soil enzymes, nutrients, pH).

	BG	FDA	URE	KF	AF	pH	Ca	K	Mg	Na
As	-0.16	-0.40*	-0.40*	-0.42*	-0.26	0.51**	0.65**	-0.09	0.58**	-0.11
Cd	-0.17	-0.27	-0.26	-0.42*	-0.19	0.64**	0.61**	-0.22	0.89**	-0.19
Fe	-0.07	-0.21	-0.20	-0.35	-0.15	0.61**	0.58**	-0.24	0.84**	0.01
Hg	-0.13	-0.29	-0.33	-0.15	-0.23	0.12	0.15	0.02	0.07	-0.11
Mn	-0.17	-0.28	-0.40**	-0.52**	-0.22	0.72**	0.79**	-0.16	0.82**	-0.09
Pb	-0.01	-0.01	-0.05	-0.16	-0.04	0.49	0.71	-0.12	0.52	-0.30

Negatívny vplyv zvýšeného obsahu rizikových prvkov na aktivitu pôdných enzýmov bol preukázaný vo viacerých štúdiách (HAGMANN et al. 2015; XIAN et al., 2015; DEMKOVÁ et al. 2019). Rovnaký trend bol potvrdený aj vo vzorkách pôdy získaných na území obce Nižná Slaná, čo sa prejavilo negatívnou korelačnou závislosťou medzi rizikovými prvkami a aktivitou pôdných enzýmov, pričom v niektorých prípadoch bola táto závislosť signifikantná (As-FDA; As-URE, As-KF); (Cd-KF); (Mn-URE, Mn-KF) (tabuľka 3). Vplyv rizikových prvkov na aktivitu BG nebol signifikantný ani v jednom prípade, čo súhlasí so štúdiou WYSZKOWSKEJ et al. (2010), ktorá z pomedzi uvedených enzýmov pripisuje BG najvyššiu rezistentnosť voči znečisteniu. Signifikantná pozitívna závislosť bola preukázaná medzi obsahom rizikových prvkov v pôde a pôdnou reakciou. Ako už bolo vyššie spomenuté, vplyv rizikových látok na pôdnu reakciu sa zvyčajne prejavuje znižovaním jej hodnôt. Závislosť medzi rizikovými prvkami a živinami bola potvrdená len v prípade As, Cd, Hg a Mn, ktoré signifikantne pozitívne korelovali s Ca a Mg.

Tabuľka 3. Spearmanov korelačný koeficient vyjadrujúci závislosť medzi aktivitou pôdných enzýmov, pôdnou reakciou a živinami.

Table 3. Spearman correlation coefficient expressing the relationship among the activity of soil enzymes, soil reaction and nutrients.

	BG	FDA	URE	KF	AF	pH
Ca	-0.20	-0.28	-0.40*	-0.43*	-0.18	0.70**
K	-0.01	-0.04	-0.02	-0.02	-0.07	-0.30
Mg	-0.17	-0.28	-0.40*	-0.52**	-0.22	0.72**
Na	-0.09	-0.28	-0.08	-0.08	-0.09	-0.21
pH	-0.32	-0.50**	-0.31	-0.61**	-0.35	

ZÁVER

Vysoký obsah rizikových látok v pôdnom prostredí je závažným environmentálnym problémom nie len v bývalých banských obciach, ale taktiež v okolí priemyselných závodov alebo významných dopravných uzlov. Zlá kvalita pôdy sa negatívne prejavuje na kvalite poľnohospodárskej produkcie, toxické látky vstupujú do potravinového reťazca a ohrozujú ľudské zdravie. Na území obce Nižná Slaná boli zistené extrémne vysoké hodnoty As, Fe, Hg, Mn, ktoré prekročovali limitné hodnoty stanovené zákonom. Hodnoty Pb prekročovali limitné hodnoty len v okolí odkaliska a závodu na spracovanie rudy. Aktivita pôdnych enzýmov sa znižovala so zvyšujúcim sa obsahom rizikových prvkov v pôde, čo potvrdila negatívna korelačná závislosť medzi jednotlivými enzýmami a rizikovými prvkami. V prípade As-URE, As-FDA, As-KF, Cd-KF, Mn-URE, Mn-KF bola táto závislosť signifikantná. BG a KF boli spomedzi hodnotených enzýmov najmenej citlivé na environmentálne znečistenie. Hodnoty pôdnej reakcie sa pohybovali od extrémne kyslých až po alkalické, pričom najvyššie (alkalické) hodnoty boli zaznamenané na najviac znečistených odberných miestach. Medzi rizikovými prvkami a pôdnou reakciou bola zaznamenaná pozitívna korelačná závislosť, v prípade As, Cd, Fe a Mn signifikantná. Jednotlivé živiny reagovali na obsah rizikových látok v pôde rôzne, kým obsah K a Na sa vplyvom rizikových látok nijako významne nemenil, obsah Ca a Mg dosahoval najvyššie hodnoty na najviac znečistených odberných miestach. Ca a Mg navyše signifikantne negatívne korelovali s URE a KF a signifikantne pozitívne s pôdnou reakciou ($p < 0.01$).

POĎAKOVANIE

Výskum bol podporený projektom Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky VEGA 1/0326/18 a projektom KEGA č. 005PU-4/2019.

LITERATÚRA

- AGYEMANG-DUAH, W. – YEBOAH, J. Y. – GYASI, R. M. – MENSAH, CH. M. – ARTHUR-HOLMES, F., 2019. Mining and Public Health Implications: Evidence from the Newmont Ghana Gold Limited Enclaves. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 12(3): 272-281.
- ALGHOBAR, M. A. – SURESHA, S., 2017. Evaluation of metal accumulation in soil and tomatoes irrigated with sewage water from Mysore city, Karnataka, India. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 16(1): 49-59.
- ALLOWAY, B. (ed.), 2010. *Heavy Metals in Soil. Trace Metals and Metalloids in Soil and Their Bioavailability*. Springer, Netherlands, 614 pp.
- Bonitované pôdno-ekologické jednotky 1:5000, 2013. Dostupné na: <http://www.podnemapy.sk/portal/verejnost/bpej/bpej.aspx>.
- BREHUV, J. – ŠPALDON, T. – ŠESTINOVÁ, O. – SLANČO, P. – HANČULÁK, J. – BOBRO, M., 2007. Contamination of the Water and Sediment Load from the Drainage Basin of the Slaná River by Influence of Former and Present Mining Activities. *Acta Fac. Ecol.*, 16: 91-100.
- ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P. (eds.), 1999. *Geochemical atlas of the Slovak Republic. Part V: Soils*. Soil Science and Conservation Research Institute, Bratislava, 99 pp.
- DEMKOVÁ, L. – ÁRVAY, J. – BOBUESKÁ, L. – HAUPTVOGL, M. – MICHALKO, M., 2019. Activity of the soil enzymes and moss and lichen biomonitoring method used for the evaluation of soil and air pollution from tailing pond in Nižná Slaná (Slovakia). *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 54(6): 485-497.
- DEMKOVÁ, L. – BOBUL'SKÁ, L. – FAZEKAŠOVÁ, D., 2015. Toxicity of Heavy Metals to Soil Biological and

- Chemical Properties in Conditions of Environmentally Polluted Area Middle Spiš (Slovakia). *Carpathian Journal of Earth Environmental Sciences*, 10: 193–201.
- EIVAZI, F. – TABATABAI, M. A., 1988. Glucosidases and Galactosidases in Soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 20:601–606.
- ENVIROPORTAL 2019, Environmental burden information system of Slovak republic, Dostupné na: <http://enviroportal.sk/environmentalne-zataze/>.
- GREEN, V. S. – STOTT, D. E. – DIACK, M., 2006. Assay for Fluorescein Diacetate Hydrolytic Activity: Optimization for Soil Samples. *Soil Biology and Biochemistry*, 38:693–701.
- GREJTOVSKY, A., 1991. Effects of Improvement Practices on Enzymatic Activities of Heavy-textured Alluvial Soil. *Rostlinná Výroba*, 1: 299–307.
- HAGMANN, D. F. – GOODEY, N. M. – MATHIEU, C. – EVANS, J. – ARNOSON, M. F. J. – GALLAGHER, F. – KRUMINS, J. A., 2015. Effect of metal contamination on microbial enzymatic activity in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 91: 291-297.
- HAN, I. – WEE, G. N. – NO, J. H. – LEE, T. K., 2018. Pollution level and reusability of the waste soil generated from demolition of a rural railway. *Environmental pollution*, 240: 867-874.
- HANČULÁK, J. – FEDOROVÁ, E. – ŠESTINOVÁ, O. – ŠPALDON, T. – MATIK, M., 2011. Influence of iron ore works in Nižná Slaná on the atmospheric deposition of heavy metals. *Acta Montanistica Slovaca*, 16(3): 220-128.
- ISCÓ, J. – SZÖLLÖSOVÁ, M. – SORAHAN, T., 1994. Lung cancer among iron ore miners in east Slovakia: a case-control study. *Occupational and environmental medicine*, 51(9): 642-643.
- KARACA, A. – CETIN, S. C. – TURGAY, O.C. – KIZILKAYA, R., 2010. Soil Enzymes as Indication of Soil Quality. In: Shukla G., Varma A. (eds.), *Soil Enzymology*. *Soil Biology*, vol. 22., Springer, Berlin, Heidelberg
- KELEPERTZIS, E., 2014. Accumulation of Heavy Metals in Agricultural Soils of Mediterranean: Insights from Argolida Basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma*, 221–222: 82–90.
- KHAZIEV, F. K., (ed.), 1976. *Soil Enzyme Activity*. Moscow: Nauka.
- KOWALSKA, J. B. – MAZUREK, R. – GASIOREK, M. – ZALESKI, T., 2018. Pollution Indices as Useful Tools for the Comprehensive Evaluation of the Degree of Soil Contamination—A Review. *Environmental Geochemistry and Health*, 40: 2395–2420.
- LI, J. – YANG, H. – SHI, X. – FAN, M. – LI, L., 2016. Correlations between enzymes and nutrients in soils from the Rosa sterilis S.D Shi planting bases located in karst areas of Guizhou. *Advances in Energy, Environment and materials Science*, Wang and Zhao (Eds). Taylor & Francis Group, London: 91-96
- NAKAZAWA, K. – NAGAFUCHI, O. – KAWAKAMI, T. – INOUE, T. – YOKOTA, K. – SERIKAWA, Y. – CYIO, B. – ELVINCE, R., 2016. Human health risk assessment of mercury vapor around artisanal small-scale gold mining area, Palu city, Central Sulawesi, Indonesia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124: 155-162.
- OSM (OpenStreetMap), 2016. Dostupné na: <https://www.openstreetmap.org/#map=4/50.18/-1.41>
- PANDEY, B. – AGRAWAL, M. – SINGH, S., 2016. Ecological risk assessment of soil contamination by trace elements around coal mining area. *Journal of Soils and Sediments*, 16(1): 159-168.
- R CORE TEAM, 2016. *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria.
- WINDYTY S.E., 2019. *Weather forecast*. Dostupné na: www.windy.com.
- WYSZKOWSKA, J. – KUCHARSKI, J. – WALDOWSKA, E., 2002. The Influence of Diesel Contamination on Soil Enzyme Activity. *Rostlinná Výroba*, 48: 58–62.
- XIAN, Y. – WANG, M. – CHEN, W., 2015. Quantitative assessment on soil enzyme activities of heavy metal contaminated soils with various soil. *Properties, Chemosphere*, 139: 604-608.
- ZÁKON č. 220/2004 Z. z. Zákon 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.
- ZOBECK, T.M. – VAN PELT, R.S., 2006. Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field *Journal of Hazardous Materials*, 132: 26-38.