

# DOPAD ŤAŽOBNÉHO PRIEMYSLU NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

## THE IMPACT OF THE MINING INDUSTRY ON ENVIRONMENT

*Juraj Fazekaš – Danica Fazekašová*

---

### **ABSTRACT**

*The work brings the results of experimental measurements of soil ecosystems, which are located in the emission field of heaps and tailings in the iron-ore mines of Central Spiš. In the investigated area were found extremely elevated concentrations of Hg and Cu. At the highest concentration of mercury, the limit value was exceeded up to 69.6 times and in the case of copper - 14.95 times. High values were recorded for Zn, Cd, Pb and Cr. Heavy metal values, which we measured well above the set limit, show contamination that can be considered harmful and toxic. The range of soil reaction values defines soil as extremely acidic to slightly acidic, creating an environment for easy passage of the monitored risk elements and consequent accumulation of contaminants in plants. Research has shown significant risks of chemical soil degradation, which represents accelerated acidification and metallization of soils.*

### **KEY WORDS**

Environment. Soil ecosystem. Heavy metals. Soil reaction.

**JEL classification:** Q1, L7.

### **ABSTRAKT**

*Práca prináša výsledky experimentálnych meraní pôdných ekosystémov, ktoré sa nachádzajú v imisnom poli hald a odkalísk v oblasti železorudných baní stredného Spiša. Na skúmanom území boli zistené extrémne zvýšené koncentrácie Hg a Cu. Pri najvyššej koncentrácii ortuti bola hraničná hodnota prekročená až 69,6-krát a v prípade medi – 14,95-krát. Vysoké hodnoty boli zaznamenané pre Zn, Cd, Pb a Cr. Hodnoty ťažkých kovov, ktoré sme namerali výrazne nad stanoveným limitom, ukazujú kontamináciu, ktorú možno považovať za škodlivú a toxickú. Rozsah hodnôt pôdnej reakcie definuje pôdu ako extrémne kyslú až slabo kyslú, čo vytvára prostredie pre ľahké prechádzanie sledovaných rizikových prvkov a následnú akumuláciu kontaminantov v*

*rastlinách. Výskumy ukázali závažne riziká chemickej degradácie pôd, ktoré predstavuje akcelerovaná acidifikácia a metalizácia pôd.*

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

*Životné prostredie, Pôdny ekosystém, Ťažké kovy, Pôdna reakcia*

---

## **ÚVOD**

Zdroje nerastných surovín sú z hľadiska ľudskej histórie zväčša neobnoviteľné. Ich spotreba v 20. storočí exponenciálne vzrástla a jej ďalší vývoj v súvislosti s populačnou explóziou a zvyšovaním civilizačných nárokov jasne naznačuje možnosť úplného vyčerpania zásob rudných, nerudných i energetických surovín a k narastaniu negatívnych následkov exploatacie nerastného bohatstva na všetky zložky životného prostredia. Dlhodobé ťažobné aktivity predstavujú časť antropogénnych aktivít, ktoré výrazne zmenili krajinnú štruktúru (Vrábliková, Vráblik 2002). Po ťažbe a spracovaní prírodných surovín vzniká značné množstvo tuhých odpadov. Sú to banské haldy hlušiny, sedimenty s úpravy rúd atď., ktoré sa hromadia na skládkach. Osobitný druh skládok tvoria tzv. odkaliská, ktoré vznikajú deponovaním nerozpustných látok z odpadových vôd pri mokrej úprave jemne drvených nerastov plavením, flotáciou a pod. (Čech a kol. 2011; Piatrik a kol. 2007; Brehuv a kol. 2005).

Ťažba a použitie nerastných surovín siaha na našom území do staršej doby kamennej. Banská ťažba sa v minulých storočiach orientovala najmä na banské revíry sústredené v okolí banských miest. V Slovenskom rudohorí miestami pretrváva problém likvidácie starých banských diel a odstránenie ich vplyvu na krajinu a zložky životného prostredia. Negatívny vplyv na životné prostredie sa prejavil, napr. pri ťažbe antimónových rúd, pri ťažbe ortuťnatých rúd, azbestu, soli, medených rúd, ale aj pri ťažbe železnej rudy, striebra, magnezitu v ďalších banských revíroch. S ťažbou rúd súvisí aj hutníctvo a úprava kovov s nezanedbateľnými zásahmi do ŽP a jeho zložiek. Množstvo odpadu po úpravárenskom procese z vyťaženého objemu suroviny kolíše od 10 do 99%. S dobývaním ložísk nerastov a so spracovaním vyťažených alebo dovezených nerastov sú zasiahnuté viaceré oblasti Slovenska. Prevládajú najmä emisie popolčeka, arzénu, kadmia a kontaminácia aluviálnych sedimentov (Hornonitrianská kotlina), ťažba a spracovanie rúd s emisiami ortuti, medi, arzénu, síry a dusíka (Hornádska kotlina), ťažba a spracovanie rúd magnezitu s úletmi horčíka, železa, mangánu, chrómu (Revúcka vrchovina, Lovinobaňa, Košická kotlina), emisie fluóru, oxidu siričitého, oxidu dusíka, zlúčenín arzénu, dechtu a tuhých znečisťujúcich látok pri spracovaní dovezených nerastov a pri uložení ich odpadu (Žiarska kotlina), odpad po spracovaní železo-niklovej rudy so zvýšeným obsahom oxidu chrómu (oblasť Serede),

tuhé znečisťujúce častice chrómu a mangánu z výroby ferozliatin (oblasť Istebného a Širokej) (Patrik a kol. 2008; Demo a kol. 2007).

Železorudné bane v Rudňanoch boli najväčším výrobcom ortuti v ČSFR. Pri jej spracovaní ročne unikalo do ovzdušia až 7 ton Hg. Táto skutočnosť negatívne ovplyvnila hygienický stav pôd na strednom Spiši a spôsobila, že v uvedenom teritóriu je najhorší stav zložiek ŽP v rámci SR (podľa metodiky WHO). Najnepriaznivejší vplyv na ŽP sa prejavil pri hutníctve medi a železa v Krompachoch a Košiciach (Patrik a kol. 2008).

Banská činnosť má negatívny vplyv na životné prostredie v globálnom, regionálnom ale hlavne v lokálnom meradle. Medzi globálne a regionálne vplyvy možno zaradiť uvoľňovanie skleníkových plynov pri ťažbe a doprave fosílnych palív. Za lokálne nepriaznivé vplyvy možno považovať zábery poľnohospodárskej a lesnej pôdy, degradáciu pôdy povrchovými skládkami a samotnou ťažbou, zmeny reliéfu krajiny, znečistenie podzemných vôd odvodňovacími prácami v baniach, znečistenie pôdy a povrchových vôd pri uskladňovaní látok, emisie tuhých látok do atmosféry a seizmické účinky pri trhacích prácach, kmitanie a otrasy pri spracovaní horniny (Rybár a Sasvári 1998). Okolie ťažobných prevádzok je zaťažené zvýšenou úrovňou hlučnosti a prašnosti (Dirner a kol. 1997).

Závažným problémom v oblastiach starých environmentálnych záťaží, hlavne po ťažbe a úprave rúd, sú ťažké kovy v pôdach. V pôdach sa ťažké kovy môžu nachádzať v rôznych formách, ktoré majú vplyv na ich pohyblivosť a tým aj prístupnosť pre rastliny. Z hľadiska posúdenia potenciálneho ohrozenia je dôležité poznať obsah prístupných foriem nakoľko determinujú nebezpečenstvo z mobilizácie a transferu do ďalších komponentov (Szabová a kol. 2007).

Na haldách a odkaliskách v Slovenskej republike sa nachádza 160 miliónov ton tuhých nerastných odpadov, pričom ročný prírastok je 6 miliónov ton. Aj pri očakávanej racionalizácii využívania nerastov s ohľadom na reštrukturalizáciu priemyslu, odpady zo spracovania nerastov znamenajú značné problémy pri ochrane a tvorbe životného prostredia v spojení so záberom pôdy, zvýšenou prašnosťou a kontamináciu pôd, podzemných vôd a ovzdušia (Patrik a kol. 2008).

### ***OBSAH ŤAŽKÝCH KOVOV V PÔDACH STREDNÉHO SPIŠA***

Skúmané územie stredného Spiša (Krompachy, Rudňany, Slovinky a Poráč) sa nachádza v Spišskom regióne, ktorý predstavuje územie 2. environmentálnej kvality, t.j. región s mierne narušeným prostredím. Skúmané územie stredného Spiša sa čiastočne nachádza v Rudnianskom okrsku so značne narušeným prostredím (Klinda a kol. 2015). V dôsledku dlhodobej a intenzívnej baníckej a upravárenskej činnosti bola oblasť znečistená ťažkými kovmi a krajina deformovaná rozsiahlymi antropogénnymi formami (Čech a kol. 2011). Pri dobývaní ložísk nerastných surovín sa

spolu s úžitkovou zložkou premiestňovali aj veľké objemy zbytkového materiálu, ktorý bol následne uskladnený v podobe banských depónií, hald a odkalísk, ktoré značne narušili krajinnú štruktúru a kontaminovali jednotlivé zložky životného prostredia. V pôdach v skúmanej oblasti bolo zistené prekročenie limitných hodnôt Hg, Cu, Zn, As, Cd a Pb (Takáč a kol. 2009).

Pravidelné a dlhodobé sledovanie ťažkých kovov v rámci monitoringu pôd a rôznych projektov poukazuje na významné zvýšenie ich koncentrácie v pôde v mestských a priemyselných oblastiach. V ostatnom desaťročí aj napriek obmedzeniu priemyselnej výroby a zníženej aplikácii priemyselných hnojív v poľnohospodárstve, sledovanie obsahu ťažkých kovov v pôdach SR z dôvodov nízkej biodegradability nadobúda čoraz väčší význam. Extrémne zvýšené koncentrácie Hg a Cu boli zaznamenané v oblasti stredného Spiša. Namerané hodnoty Hg sa pohybovali v rozsahu  $6,54 \pm 12,61 \text{ mg.kg}^{-1}$  (medián  $\pm$  smerodajná odchýlka) a Cu  $171,50 \pm 426,30 \text{ mg.kg}^{-1}$ , čo bolo výsledkom dlhodobej ťažby a spracovania ortuti a medi v skúmanej oblasti. Pri najvyššej koncentrácii ortuti bola hraničná hodnota prekročená až 69,6-krát a v prípade medi – 14,95-krát (Tabuľka 1). Šefčík a kol. (2008) kategorizoval pôdy v oblasti stredného Spiša ako mierne alebo silne kontaminované meďou. Vysoké hodnoty boli zaznamenané pre Zn ( $187,00 \pm 371,71 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), Cd ( $0,60 \pm 1,67 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), Pb ( $54,50 \pm 115,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a Cr ( $89,50 \pm 42,82 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Najvyššie pozorované koncentrácie prekročili hranicu Zn – 6,9 krát, Cd – 6,4 krát, Pb – 4,6 krát a Cr – 1,1 krát. Hronec a kol. (2008) uvádza prekročenie prípustných limitných hodnôt pre kadmium, meď, zinok a arzén v oblasti stredného Spiša. Poznamenáva tiež, že znečistenie pôdneho prostredia arzénom súviselo nielen s antropogénnym vplyvom, ale aj s geochemickými účinkami mineralizovaných zón.

### ***PÔDNA REAKCIA, REDOX POTENCIÁL A PÔDNA ORGANICKÁ HMOTA V PÔDACH STREDNÉHO SPIŠA***

Mobilita, translokácia a toxické účinky rizikových prvkov sú ovplyvnené niektorými vlastnosťami pôdy, obsahom ílu, organických látok a pôdnou reakciou (Song a kol. 2006). Reakcia pôdy sa považuje za jednu z hlavných chemických vlastností, pretože ovplyvňuje všetky biochemické reakcie v pôdnom prostredí (Hohl a Varma 2010). Pôdna reakcia v metalicky kontaminovanom Spišskom regióne sa pohybovala medzi  $4,89 \pm 0,73$  (medián  $\pm$  smerodajná odchýlka), (Tabuľka 1). Rozsah hodnôt pôdnej reakcie definuje pôdu ako extrémne kyslú až slabo kyslú, čo vytvára prostredie pre ľahké prechádzanie sledovaných rizikových prvkov a následnú akumuláciu kontaminantov v rastlinách.

Oxidačno-redukčný potenciál pôdy (Eh – redox potenciál) je dôležitý ukazovateľ pôdneho prostredia a môže poskytnúť informácie charakterizujúce pôdne podmienky, pretože pri oxidačno-

redukčných reakciách sa často mení biodostupnosť a miera toxicity chemických látok. Ak hodnota Eh klesne pod 200mV, začínajú sa v pôde rozvíjať redukčné procesy (Vilček a kol. 2007; Husson et al. 2016). Namerané hodnoty poklesli pod uvedenú hodnotu prevažne v oblasti stredného Spiša, čo naznačuje, že v sledovanej oblasti prevládajú redukčné procesy (Tabuľka 1). Redukčné procesy sú v pôdach súčasťou komplexných chemických dejov, vrátane biochemických procesov získavania energie pôdnymi mikroorganizmami. Patrí k nim, napr. hnitie, vznik rašeliny, denitrifikácia, fermentácia a iné (Germida a Siciliano 2000).

Humifikovaná pôdna organická hmota (Cox) predstavuje jeden z hlavných faktorov kontrolujúcich fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy a svojim množstvom a zložením ovplyvňuje nielen úrodnostné funkcie pôdy, ale plní významnú úlohu v pôdnej hygiene (imobilizácia ťažkých kovov a organických polutantov) (Fazekašová a kol. 2014). Súčasné výskumy jednoznačne potvrdzujú kľúčovú úlohu organického uhlíka pri sorpcii anorganických a organických kontaminantov (Tobiášová a kol. 2016). Hodnoty organického uhlíka (Cox) sa v Spišskom regióne pohybovali v rozmedzí  $5,20 \pm 1,66$  (medián  $\pm$  smerodajná odchýlka), čo v prepočítaní na humus (konverzný koeficient 1,724) znamená, že tieto pôdy môžeme označiť ako veľmi dobre humózne. Na množstvo organického uhlíka má dominantný vplyv kultúra, t.j. orná pôda, trvalý trávny porast alebo lesná pôda (Barančíková a kol. 2009). V našom výskume prevládali trvalé trávne porasty. Sledované pôdne parametre pH, Eh a Cox majú vplyv na dynamiku uvoľňovania a možnú mobilitu ťažkých kovov, na čo poukazuje vo svojej práci El-Naggar et al. (2018). Výsledky ťažkých kovov a sledovaných pôdných parametrov vyjadrené popisnou štatistikou sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Namerané hodnoty ťažkých kovov a vybraných parametrov pôdy v oblasti stredného Spiša vyjadrené popisnou štatistikou

Parameter	Priemer	Min	Max	Medián	Smerodajná odchýlka	Limit*
<b>Hg (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	12,17	1,10	34,80	6,54	12,61	0,50
<b>Cd (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	1,55	0,50	4,50	0,60	1,67	0,70
<b>Pb (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	112,75	26,00	324,00	54,50	115,50	70
<b>Cr (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	108,25	57,00	169,00	89,50	42,82	150
<b>Zn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	365,25	66,00	1036,00	187,00	371,71	150
<b>Cu (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	325,38	53,00	897,00	171,50	350,51	60
<b>As (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	86,25	24,00	181,00	71,00	55,92	25
<b>Mn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	1900,00	600,00	3400,00	1700,00	1017,00	-
<b>pH/KCl</b>	4,91	3,83	6,09	4,89	0,73	-
<b>Eh (mV)</b>	176,75	17,00	363,00	155,00	127,46	-
<b>Cox (%)</b>	5,59	3,99	8,78	5,20	1,66	-

\*Zákon č. 220/2004

Zdroj: vlastné spracovanie

## **ZÁVER**

Regióny Slovenska vykazujú rôzny stav zaťaženia jednotlivých zložiek životného prostredia a v rôznej miere sa v nich uplatňujú rizikové faktory. Environmentálne záťaže sú zdrojom kontaminácie vody, pôdy, ovzdušia a nemožno ich v žiadnom prípade považovať za bodové lokality znečistenia životného prostredia. Komplexne hodnotiť mieru znečistenia životného prostredia je veľmi problematické, hodnotenie má význam pre časové analýzy zmien zaťaženia a pre priestorové porovnania. Kontaminácia všetkých sfér životného prostredia chemickými látkami sa neustále zvyšuje a v súčasnom období sa jej venuje zvýšená pozornosť. Do prostredia sa dostávajú nové zlúčeniny, ktoré sa vyznačujú značnou chemickou a biologickou stálosťou. Pozornosť odborníkov a laikov sa sústreďuje predovšetkým na rizikové látky, ktoré sú v prírode ťažko odbúrateľné, s vysokou perzistenciou a často vykazujúce toxické účinky na životné prostredie. Na základe výskumu pôdných ekosystémov, ktoré sa nachádzajú v imisnom poli hald a odkalísk v oblasti železorudných baní stredného Spiša, sme zistili závažne riziká chemickej degradácie pôd, ktoré predstavuje akcelerovaná acidifikácia a metalizácia pôd.

## **POĎAKOVANIE**

Práca vznikla za finančnej podpory VEGA 1/0127/2016 „Ekologické a environmentálne riziká degradácie pôdy a prístupy manažmentu k eliminácii ich vplyvu na životné prostredie“ a KEGA 011 PU – 4/2016 „Implementácia nových trendov environmentálneho výskumu do výučby prírodovedných a manažérskych predmetov v študijnom programe Environmentálny manažment“.

## **LITERATÚRA**

- Brehuv, J., Bobro, M., Hančulák, J., Špaldon T. and Slančo, P. (2005). Vplyv starých environmentálnych záťaží na kontamináciu tokov ústiacich do nádrže vodného diela „Ružín I“ vybranými prvkami v roku 2004. Acta Montanistica Slovaca, Roč. 10, č. 1, s. 322-328.
- Čech, V., Krokusová J. and Kunáková, L. (2011). Odkalisko Slovinky pri Krompachoch. Folia geographica, Roč. 17, s. 64-81.
- Čech, V., Krokusová, J. a Kunáková, L. (2011). Odkalisko Slovinky pri Krompachoch. Folia geographica, Roč. 17, s. 64-81.
- Demo, M., Adamišin, P., Belicová, J., Bosák, M., Daniška, J., Ďurica, D., Fehér, A., Jureková, Z., Jurík L., Hronec, O., Húska, J., Majerník, M., Mederly, P., Mihok, J., Sklenár, Š., Tothová M. and Virčíková, E. (2007). Udržateľný rozvoj – Život v medziach únosnej kapacity biosféry. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. 440 s. ISBN 978-80-8069-826-3.

- Dirner, V. et al. (1997). Ochrana životního prostředí. Základy, plánování, technologie, ekonomika, právo a management. Ostrava: Ministerstvo životního prostředí ČR, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 333 s. ISBN 80-7078-490-3.
- El-Naggar, Ali, Sabry M. Shaheende, Yong Sik and Oka Jörg Rinklebeef, (2018). Biochar affects the dissolved and colloidal concentrations of Cd, Cu, Ni, and Zn and their phytoavailability and potential mobility in a mining soil under dynamic redox-conditions. *Science of the Total Environment*, Vol. 624, p. 1059–1071.
- Fazekašová, D., Barančíková, G., Torma, S., Ivanová M. and Manko, P. (2014). Chemické a environmentálne aspekty zložiek životného prostredia a krajiny. Prešov: PU v Prešove Fakulta manažmentu. 257 s. ISBN 978-80-8165-081-9.
- Germida J.J. and S.C. Siciliano, (2000). Microbially Mediated Processes. In: Sumner M. E. (ed.), *Handbook of soil science*. CRC Press Boca Raton, Florida, pp. 95-104.
- Husson, O., Husson, B., Brunet, A., Babre, B., Alary, K. Sarthou, J., Charpentier, H., Urand, M., Benada J., and Henry, M. (2016). Practical improvements in soil redox potential (Eh) measurement for characterisation of soil properties. Application for comparison of conventional and conservation agriculture cropping systems. *Analytica Chimica Acta*, Vol. 906, p. 98.
- Klinda J., Mičík T., Némethová M. and Slámková M. (2015). Environmentálna regionalizácia Slovenskej republiky. Bratislava: MŽP SR, 134 s. ISBN 978-80-89503-48-3.
- Piatrik, M., Kollár V. and Rusko, M. (2008). Globálna a krajinná ekológia Skalica: Stredoeurópska vysoká škola v Skalici. 277 s. ISBN 978-80-96900-2-5.
- Piatrik, M., Kollár, V., Marenčáková J. and Juričková, Z. (2007). Základy environmentalistiky. Skalica: Stredoeurópska vysoká škola v Skalici. 277 s. ISBN 978-80-96900-2-5.
- Rybár, P. and Sasvári, T. (1998). Zem a zemské zdroje. Košice: vydavateľstvo Štrofek, 175 s. 1998, ISBN 80-88896-12-6.
- Szabová, T., Takáč, P., Kozáková, Ľ., Carach V. and Bakalár, T. (2007). Ťažké kovy v pôdach v oblastiach environmentálnych záťaží. In: Medzinárodný vedecký seminár, Staré environmentálne záťaže a prístupy manažmentu k ich riešeniu, 22. máj 2007, Košice. S. 122-125.
- Takáč, p., Szabová, T., Kozáková Ľ. and Benková, M. (2009). Heavy metals and their bioavailability from soils in the long-term polluted Central Spiš region of SR. *Plant Soil Environ.*, 55, 2009 (4): 167–172.

Vilček, J. and Bedrna, Z. (2007). Vhodnosť poľnohospodárskych pôd a krajiny Slovenska na pestovanie rastlín. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy. 244 s. ISBN 978-80-89128-36-5.

Vrábliková, J. and Vráblik, P. (2002). Zkušenosti z obnovy krajiny po těžbě uhlí. In: Krajina Od poznání k integraci. Praha: Ministerstvo životního prostředí, s. 101-104.

\*Príspevok z medzinárodnej vedeckej korešpondenčnej konferencie EAEP 2018, 21. – 23. október 2018 (Prešov, Slovenská republika).

### ***KONTAKTNÁ ADRESA***

*Ing. Juraj Fazekas, PhD.,* Fakulta Manažmentu, Prešovská univerzita v Prešove, Konštantínova 16, 080 01 Prešov, Slovenská republika; e-mail: juraj.fazekas@unipo.sk

*prof. Ing. Danica Fazekášová, CSc.,* Fakulta Manažmentu, Prešovská univerzita v Prešove, Konštantínova 16, 080 01 Prešov, Slovenská republika; e-mail: danica.fazekasova@unipo.sk