

MOBILIZACE CHEMICKÝCH SLOŽEK STRUSKOVÉ DEPONIE V NÁRODNÍ PŘÍRODNÍ REZERVACI RUDICKÉ PROPADÁNÍ

Mobilization of chemical compounds associated with slag dumps in the area of the Rudice swallow hole National Nature Monument

Vít Baldík¹ ✉, Hana Krumlová², David Buriánek¹, Eva Kryštofová¹, Jana Janderková¹, Jan Sedláček¹, Roman Novotný¹, Martin Dostálík³

¹ Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno

² Ústav fyziky Země, Ústav fyziky Země PřF MU, Tvrdého 12, 602 00 Brno

³ Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

Key words: the Rudice swallow hole, speleothems, slag, heavy metals, Zn, Cd, Cr, Cu, sequential extraction

Abstract

The Rudice swallow hole (Rudické propadání) National Nature Monument is a locality affected by occasional mass movements and landslides. During exceptional rainfall events, the slag material from the slopes of a small valley called “Ve struskách” (“In the Slags”) slides into an episodic stream, which enters the local karst system near the swallow hole of the Jedovnice Creek (Jedovnický potok). The slag was dumped in the locality in consequence of the past processing of iron ore in blast furnaces, which had been built near Jedovnice by the princely Salm family in the 19th century. Even though the blast furnaces were closed down a hundred years ago, the slag components leaking into the Rudice stream sink cave system still demonstrably damage the speleothems. This was the major impulse for us to have a closer look at the geochemical properties of the slag.

The chemical composition was determined by silicate analyses carried out in the Institute of Geological Sciences at the Faculty of Sciences of the Masaryk University in Brno and in the ACME laboratories in Canada. The ACME laboratories determined heavy metal contents by atomic absorption spectroscopy (AAS) and by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The petrographic characterization of the slag and its enclosures was conducted based on point analyses by a wavelength dispersive X ray (WDX) electron microprobe. Predictions regarding the geochemical behavior of the slag components in an aqueous environment were made using the sequential extraction analysis (SEA) according to Tessier (1979).

We have found the expected spatial variability of the basic chemical composition of the slag dumps, as well as the presence of heavy metals (cadmium and especially zinc are present at high concentrations).

The slag material exhibits a glassy amorphous structure containing occasional mineral crystals, droplets of pure or oxidized iron and fragments of other materials (such as charcoal or blast furnace bricks). The ongoing weathering of the slag is accompanied by oxidation of crude iron and formation of limonite. Apart from that, the material is not subject to significant secondary transformations. The results of the sequential extraction analyses of slag and soil samples suggest that Cd and Zn are chemically bound to the “carbonate fraction”, which, in general, tends to dissolve under acidic conditions. Even though the environment of the carbonate rock cave systems is typically alkaline, there is a persisting risk of mobilization of heavy metals by acid soil solutions. From the environmental point of view, the slag deposition primarily represents a source of clastic material, which contaminates the cave system and damages speleothems by mechanical abrasion.

Úvod

Zájmové území náleží do Národní přírodní rezervace (NPR) Rudické propadání a reprezentuje typické hluboce zařízlé krasové slepé údolí s nejmohutnějším aktivním ponorným jícnem v České republice. Celý jeskynní systém Rudické propadání – Býčí skála protékáný Jedovnickým potokem a jeho přítoky má v současné době až po vývěř u Býčí skály téměř 13 kilometrů chodeb a komínů. Samotný boční žlíbek „Ve struskách“, vyplněný struskou, představuje dnes již jen občasné pravostranný přítok Jedovnického potoka z Rudické plošiny.

Zavážení žlíbku struskou bylo spojeno se zpracováním železné rudy v blízké Salmově Huti. Hrabě Salm ji založil v místech dnešní pily z důvodu obrovského polomu v roce 1746. Huť zanikla koncem 19. století po ukončení těžby železných rud v okolí Rudice.

Struska ze žlíbku v Rudickém propadání mechanicky degraduje krasovou výzdobu a usazuje se v jeskyních (Klepáč 2016). Akumulace strusky v krasových prostorách si už vyžádaly několik technických opatření, od výstavby dřevěných hrázek ve dně žlíbku (Srstková 2014) po odvoz materiálu před ústím propadání, která ale nebyla moc účinná.

Geologická a hydrogeologická charakteristika studovaného území

Geologické podloží studovaného území je budováno vilémovickými vápenci macošského souvrství devonského stáří. Z pohledu kvartérní geologie jsou zajímavé relikty pleistocenních písčitéch štěrků po obou stranách Jedovnického potoka (Otava et al. 2013).

Z hydrogeologického hlediska leží NPP Rudické propadání v oblasti rozšíření krasovo-puklinového kolektoru vázaného na devonské vápence Moravského krasu. Devonské vápence na území Moravského krasu vytvářejí hydrogeologicky velmi proměnlivé prostředí

✉ vit.baldik@geology.cz

DOI: <https://doi.org/10.5817/GVMS2018-1-2-108>

se zastoupením různých typů porozity. I ve značně zkrasovělém prostředí se nacházejí rozsáhlé bloky téměř nepropustných, tektonicky nepostižených a nezkrasovělých hornin, které jsou omezeny dobře propustnými puklinovými systémy přecházejícími do otevřených puklin až kanálů a jeskynních systémů. Ponor Jedovnického potoka (vlastní Rudické propadání) představuje významný vstup vody do zvodnělého systému Moravského krasu. Bodové ponory jsou místa nejsnadnějšího vstupu kontaminantů do krasových zvodnělých systémů. Případné znečištění se může v krasovém podzemí rychle a nekontrolovatelně šířit díky rychlému proudění podzemní vody v otevřených kanálech s nízkou samočisticí schopností a krasové hydrogeologické systémy jsou proto extrémně zranitelné antropogenními zásahy.

Žlábkem „Ve struskách“, do něhož byla v minulosti struska zavážena, neprotéká žádný permanentní vodní tok. Drobný tok, který tudy v minulých letech protékal, vznikl antropogenně odtokem odpadních vod z čistírny odpadních vod (ČOV) Rudice. V současnosti je odtok napojen na ČOV Jedovnice a vodní tok směřující k Rudickému propadání je aktivní pouze za mimořádných srážkových událostí, kdy odvádí vodu z okolních pozemků, případně přetok z ČOV Rudice. V nekrasovém prostředí by dno žlábků představovalo lokální drenážní bázi, pravděpodobně s vývěry nebo průsaky podzemní vody, ať už stálými nebo občasnými. Vzhledem k pozici na krasových vápencích a k blízkosti bodového ponoru, na kterém povrchová voda při vstupu do jeskynních systémů překonává převýšení kolem 90 m, může však drenážní báze být zaklesnuta v podstatně větší hloubce, než je dno žlábků. Erozní tvary ve dně žlábků a přemístěné akumulace strusky svědčí o tom, že žlábek je občasně za vysokých srážkových úhrnů protékán vodním tokem, který eroduje materiál depozice a transportuje ho směrem k soutoku s Jedovnickým potokem a ponorem dále do podzemí. Materiál ležící ve žlábků současně interaguje s kyselými půdními roztoky a pomalu zvětrává.

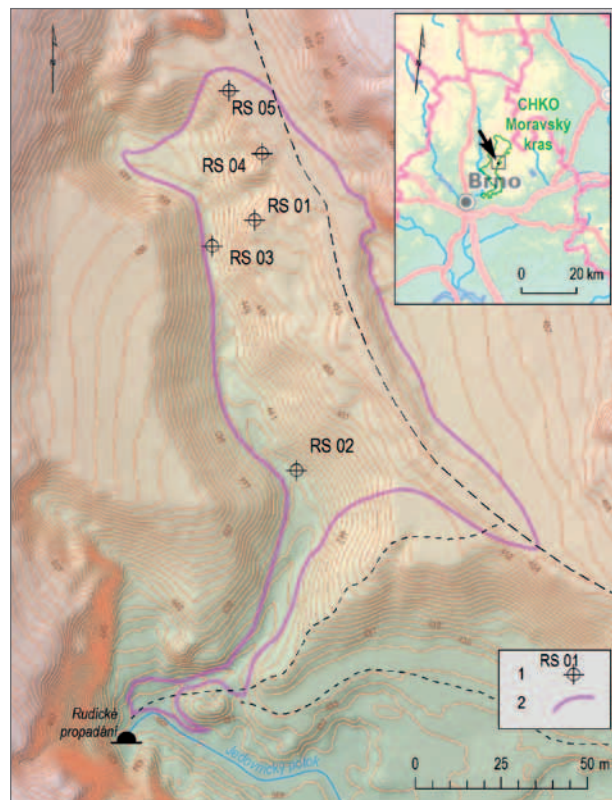
Metodika

V rámci geochemického výzkumu struskové deponie byly provedeny následující práce: (1) odběr pěti směsných vzorků do hloubky jednoho metru ze struskové deponie (viz obr. 1), (2) příprava vzorků pro analýzy (sušení, drcení na jemnost 0,03–0,80 mm, homogenizace), (3) komplexní charakteristika půd na lokalitě, (4) petrografická charakteristika strusky a součástí v ní obsažených bodovými analýzami na mikrosondě Cameca SX-100 [Laboratoř elektronové mikroskopie a mikroanalýzy – Ústav geologických věd Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (dále ÚGV PŘF MU) a Česká geologická služba (dále ČGS)], (5) silikátové analýzy (ÚGV PŘF MU v Brně a laboratoře ACME v Kanadě + obsahy těžkých kovů metodou AAS a ICP-MS tamtéž), (6) sekvenční extrakční analýzy (SEA) dle Tessiera (1979) zaměřené na uvolňování těžkých kovů obsažených ve vzorcích (ÚGV PŘF MU).

SEA podle Tessiera (1979) rozlišuje v pěti krocích následující frakce kovů, které jsou postupně louženy ze stejného vzorku různými chemickými činidly:

1. slabě sorpčně vázané na jílové minerály; snadno vyměnitelné a rychle reagují na změnu pH a složení roztoku,
2. vázané v karbonátech; reagují především na změnu pH (uvolňování v kyselém prostředí),
3. vázané na hydroxidy železa a manganu; reagují na změnu pH a oxidačně-redukčního potenciálu (Eh). Zvýšení Eh (tj. směrem k oxidačním podmínkám) vede k oxidaci dvojmocných iontů Fe a Mn na trojmocné, které se při zvýšení pH srážejí v hydroxidech,
4. vázané na organickou hmotu; uvolňují se až při rozkladu organické hmoty (především při oxidaci),
5. pevně vázané v minerálech; jsou vázány stabilně a transportovány především mechanicky.

Výsledky chemických analýz byly srovnány s limitními hodnotami níže uvedených metodických pokynů a doporučení, která jsou obvykle aplikována při hodnocení kontaminací horninového prostředí a půd rizikovými elementy. Zejména jsme se opírali o stále platný metodický pokyn MŽP z roku 1996 (Metodický pokyn MŽP ČR „Kritéria znečištění zemin a podzemní vody.“, Praha 1996). Užívá kategorie A (mezí hodnoty), B (limit kdy je nutno uvažovat o sanaci) a C (limit pro maximálně přípustné znečištění obytné zástavby). Podobné hodnoty uvádí i slovenský normativ z roku 1994 (Rozhodnutie MP



Obr. 1: Rozmístění sond pro odběr vzorků strusky v zájmovém území. 1 – odběrové body; 2 – oblast struskové depozice.

Fig. 1: Location of slag sampling sites in the studied area. 1 – sampling points; 2 – area of slag deposition.

SR o nejvyšších přípustných hodnotách škodlivých látek v půdě a o určení organizací oprávněných zistovat skutečné hodnoty těchto látek č. 531/1994 – 540, Bratislava 1994). Na základě geochemických vlastností přítomných těžkých kovů, výsledků SEA a geochemických podmínek v oblasti jsme vyhodnotili míru nebezpečnosti struskové deponie nad Rudickým propadáním pro životní prostředí z geochemického hlediska.

Charakteristika odebraných vzorků

Pro studium byly odebrány vzorky z různých částí struskové haldy (obr. 1), které reprezentují odlišné typy materiálu splavovaného do jeskynních systémů.

Odebrané vzorky RS 01–RS 05 vykazují následující makroskopické charakteristiky:

RS 01: Prakticky čistá struska, hrubozrnný ostrohranný materiál černé barvy s výrazným skelným leskem. Místy rezivé skvrny. Velikost jednotlivých úlomků se pohybuje od 2 do 50 mm, občas se vyskytují úlomky větší (cca 70 mm). Příměs půdy je zanedbatelná, příměs písku a prachu. Obsah hrubého skeletu nad 90 %.

RS 02: Zahliněná struska. Jednotlivé úlomky strusky obaleny hlinitým až jílovitohlinitým materiálem s příměsí písku, tmavě olivově hnědé barvy. Velikost jednotlivých úlomků se pohybuje od 2 do 50 mm, občas se vyskytují úlomky větší (cca 70 mm), obsah hrubého skeletu od 80 do 90 %.

RS 03: Prakticky čistá struska, hrubozrnný ostrohranný materiál černé barvy s výrazným skelným leskem. Místy rezivé skvrny. Velikost jednotlivých úlomků se pohybuje od 2 do 50 mm, občas se vyskytují úlomky větší (cca 70 mm). Příměs půdy je zanedbatelná, příměs písku a prachu. Obsah hrubého skeletu nad 90 %.

RS 04: Směs strusky a půdy s příměsí popela. Velikost jednotlivých úlomků se pohybuje od 2 do 50 mm, občas se vyskytují úlomky větší (cca 70 mm). Obsah hrubého skeletu přibližně 60 %. Půda hlinitopísčítá s příměsí prachovité frakce, hnědočerná.

RS 05: Směs strusky a půdy s příměsí popela. Velikost jednotlivých úlomků se pohybuje od 2 do 50 mm, občas se vyskytují úlomky větší (cca 70 mm). Půda hlinitopísčítá s příměsí prachovité frakce, hnědočerná. Příměs prachu je vyšší než u RS 04.

Výsledky a jejich diskuze

Půdy odrážejí především substrátovou, reliéfovou a vegetační rozmanitost zájmového území a způsob jeho využívání, včetně změn. Žlábek je poměrně hluboko zaříznut v kvartérních hlinitých a hlinitokamenitých sedimentech. Jeho dno tvoří splachové hlinité sedimenty. Levobřežní i pravobřežní svahy jsou zalesněny. Pravobřežní svahy jsou strmější a v místech, kde vystupují k povrchu vápence, je pokrývají rendziny. Rendziny jsou půdy s nasyceným sorpčním komplexem a stabilizovanými formami humusu. Jde o kypré půdy dobře propustné pro vodu. Část zájmového území je překryta hlinitými až hlinitokamenitými sedimenty, ze kterých se vyvinuly kambizemě. Půdy levobřežních svahů žlábku na struskách lze klasifikovat jako antropozemě. Polohy, které jsou

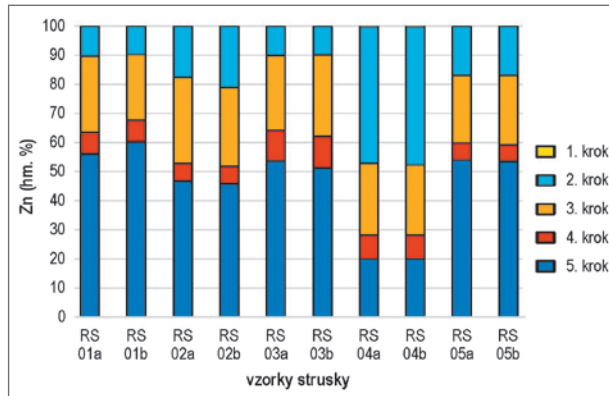
Tab. 1: Silikátové analýzy vzorků strusky RS 01 až RS 05.
Tab. 1: Silicate analyses of the slag samples RS 01 to RS 05.

m %	RS 01	RS 02	RS 03	RS 04	RS 05
-H ₂ O	0,37	0,75	0,25	1,14	0,81
+H ₂ O	0,78	2,36	0,96	3,55	3,22
SiO ₂	45,46	49,95	45,9	52,66	60,16
TiO ₂	0,55	0,62	0,59	0,53	0,57
Al ₂ O ₃	12,44	13,5	12,54	9,39	9,8
Fe ₂ O ₃	1,53	2,14	0,61	6,64	5,87
FeO	2,32	2,06	2,48	5,38	4,17
MnO	0,76	0,72	0,9	0,39	0,32
CaO	31,81	23,22	31,38	12,49	11,43
MgO	0,21	0,25	0,23	0,17	0,18
K ₂ O	1,91	2,19	2,12	1,59	1,74
Na ₂ O	0,26	0,38	0,26	0,58	0,1
CO ₂	0,17	0,52	0,3	0,95	0,41
P ₂ O ₅	0,05	0,19	0,06	0,33	0,23
ZnO	-	-	-	1,6	-
TOT/C	1,73	0,97	0,81	2,42	0,84
TOT/S	0,09	0,09	0,1	0,1	0,07
suma	100,35	99,82	99,39	99,81	99,85

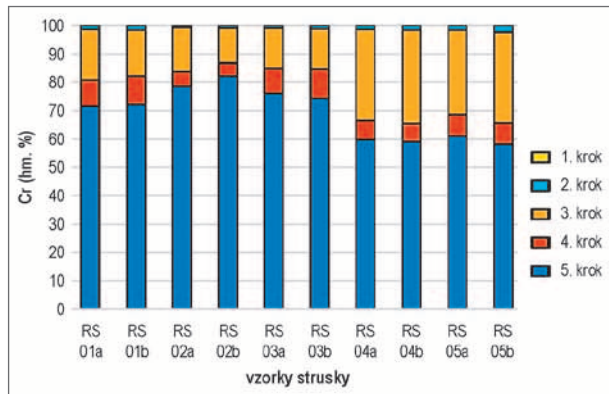
tvorene prakticky čistou struskou pak jako antropické substráty (Němeček et al. 2011). Půdy v zájmovém území i v jeho bezprostředním okolí i samotné antropogenní vrstvy strusky lze na základě jejich infiltrační schopnosti zařadit z větší část do hydrologických skupin půd A a B, tj. mezi půdy s vysokou až střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, dobře až středně dobře odvodněné.

Kusový struskový materiál má sklovitou amorfní strukturu a vedle toho obsahuje krystaly minerálů, kapky surového nebo zoxidovaného železa a cizorodé fragmenty (například úlomky dřevěného uhlí či vyzdívky vysoké pece). Při zvětrávání strusky dochází k oxidaci surového železa a vzniku limonitu. Během pedogenetických procesů dochází u strusky k devitrifikaci a to především na povrchu a podél trhlin. Tento proces je však velmi pomalý a tloušťka alterované části strusky nepřesahuje 1–2 mm. Klasty strusky tak zůstávají ostrohranné a pevné. Na druhou stranu velmi drobné úlomky strusky (pod 1 mm) jsou devitrifikací postiženy významně a mohou se z nich uvolňovat do okolí polutanty.

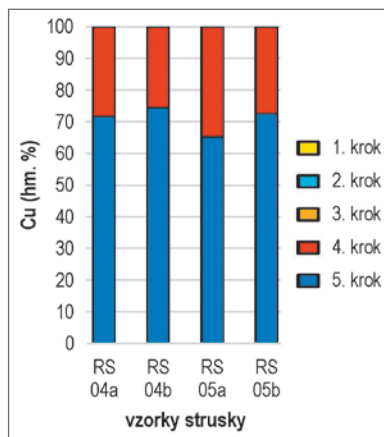
Výsledky pilotních analýz zpracovaných laboratoří na ÚGV PŘF MU uvádí tabulka 1. Jde vesměs o průměrné hodnoty ze dvou exemplářů téhož vzorku (pro kontrolu správnosti přípravy vzorku i analýz samotných; označeny jako a, b – viz obr. 2–5). Analýzy těchto vzorků na obsahy vybraných toxických kovů jsou uvedeny v tabulce 2 (spolu s mezemi detekce). Kvalita výsledků je navíc ověřena analýzami zadanými následně do referenčních laboratoří ve Vancouveru v Kanadě. Ani v jednom vzorku nebyl zjištěn As v obsazích nad mezí detekce. Nejvyšší obsahy organického uhlíku obsahují vzorky RS 04 a RS 01 odebrané ze srázu poblíž cesty. Významně zvýšené jsou koncentrace Cd (140 ppm) a zejména Zn (extrémně vysoké hodnoty přes 15 900 ppm) zjištěné pro vzorek RS 04. Tyto skutečnosti vyžadují další šetření a ověřující odběrové práce. Pro Cr nemáme potřebné srovnávací mezní hodnoty, přesto jsou u všech vzorků překročeny průměrné koncentrace, které pro zemskou kůru i pro půdy uvádí



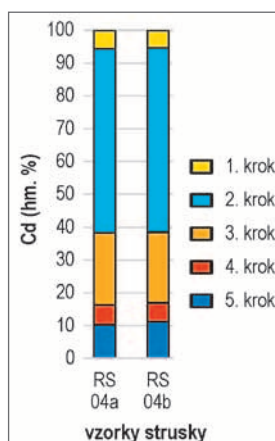
Obr. 2: Relativní zastoupení Zn v jednotlivých frakcích SEA.
Fig. 2: Relative distribution of Zn among the SEA fractions.



Obr. 3: Relativní zastoupení Cr v jednotlivých frakcích SEA.
Fig. 3: Relative distribution of Cr among the SEA fractions.



Obr. 4: Relativní zastoupení Cu v jednotlivých frakcích SEA u vzorků RS 04 a RS 05.
Fig. 4: Relative distribution of Cu among the SEA fractions in the slag samples RS 04 and RS 05.



Obr. 5: Relativní zastoupení Cd v jednotlivých frakcích SEA u vzorku RS 04.
Fig. 5: Relative distribution of Cd among the SEA fractions in the slag sample RS 04.

Čurlík (2011). Koncentrace Cu je nad mezí detekce pouze u vzorků RS 04 a RS 05.

Na základě chemické analýzy (viz tab. 2) byla pomocí SEA zkoumána mobilita Zn (obr. 2) a Cr (obr. 3) na všech vzorcích, Cu na vzorcích RS 04 a RS 05 (obr. 4) a Cd na vzorku RS 04 (obr. 5).

Zn a Cd se z geochemického hlediska chovají podobně, což potvrzuje i stejný „vzor“ zastoupení kovů v jednotlivých frakcích, jak vidíme u vzorku RS 04 na obrázcích 2 a 5.

Sledované těžké kovy nejsou ve struskách snadno vyměnitelné. První frakce kovů dle SEA v odebraných vzorcích buď zcela chybí (Cr a Cu, viz obr. 3 a 4), nebo v případě Cd ve vzorku RS 04 tvoří jen několik málo procent (5,5%, viz obr. 5) či desetina procenta v případě Zn (0,2%, viz obr. 2) ve vzorku RS 04 z celkového obsahu daného kovu.

Nejvíce Zn (47%) a Cd (56%) ve vzorku RS 04 je zastoupeno ve druhé frakci SEA, tj. vázáno na karbonáty. To znamená, že dostane-li se vzorek s takto vázanými kovy do kyselého prostředí, kde se začnou rozpouštět karbonáty, tak spolu s nimi se do prostředí uvolní i vázané těžké kovy.

Ve třetí frakci vzorku RS 04, tj. v hydroxidech Fe a Mn je vázáno 24% Zn a 22% Cd. Hydroxidy železa ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) jsou stabilní v poměrně širokém rozmezí pH blízko nulového oxidačně-redukčního potenciálu. V kyselém prostředí se rozpouští a tvoří samostatné ionty a komplexy v roztoku. V podmínkách stability hydroxidů Fe by měly být stabilně vázány i těžké kovy v nich přítomné.

V ostatních vzorcích vyjma vzorku RS 04 je Zn zastoupen v jednotlivých frakcích velmi podobně (viz obr. 2). Suma kovu v 1., 2. a 3. frakci SEA nepřevyšuje 50%. Čtvrtá frakce kovu vázaná na organickou hmotu dosahuje max. 11% u vzorku RS 03. Poměrně malá část Zn a Cd je opravdu pevně vázána v materiálu vzorku RS 04. Naopak u ostatních vzorků je více než polovina Zn vázána v materiálu struskové deponie pevně.

U Cu a Cr je také nadpoloviční množství z celkového obsahu kovu vždy vázáno na poslední frakci SEA – tj. pevně ve „struktuře“ vzorku. Měď je kromě toho ještě významně zastoupena ve frakci vázané na organickou hmotu (viz obr. 4, od 25 do 35%) a Cr na hydroxidy Fe a Mn (viz obr. 3, od 12 do 33%). Z hlediska nebezpečnosti uvolnění ze struskového materiálu je výsledný „vzor“ rozložení frakcí SEA u Cu a Cr pro životní prostředí příznivý.

Pro případnou mobilizaci a vyplavování chemických látek vázaných ve strusce má význam doba zdržení vody ve struskové depozici, inertnost materiálu a chemické složení půdních roztoků a srážkové vody, která tělesem strusky protéká, zejména hodnota pH. Doba zdržení vody v horninovém prostředí (v tomto případě v akumulaci strusky) je závislá na hydraulické vodivosti materiálu, na morfologické pozici a na výškovém gradientu. Charakter popsaného materiálu ve struskové depozici naznačuje na silně až velmi silně propustné prostředí v závislosti na obsahu hlíny, písku, popela a případných dalších příměsí. Po celou dobu terénních prací na lokalitě v roce 2017 bylo dno žlábků suché bez jakýchkoli vývěrů nebo

průsaků pod tělesem strusky. Nebylo proto možné odebrat vzorky vody ke zjištění přítomnosti kovů případně dalších sloučenin.

V jeskynních systémech jako takových nelze kyselé podmínky očekávat, o čemž svědčí i hodnoty pH v rozmezí 6,73–7,10 zjištěné na vývěrech Jedovnického potoka v Josefovském údolí. Rovněž hodnoty pH Jedovnického potoka nad Rudickým propadáním se pohybují okolo 6,5–7,0. Nicméně v místě depozice struskový materiál interaguje jak se srážkovými vodami, tak s kyselými půdními roztoky a uvolňování části kovů vázaných na karbonáty nelze vyloučit. Předpokládáme však, že výsledné koncentrace kovů v krasových vodách nepřesáhnou povolené limity. Nebezpečný tak zůstává hlavně klastický materiál, který zatěžuje jeskynní prostředí.

Závěr

Struska je významným antropogenním činitelem, který ovlivňuje celý jeskynní systém Rudické propadání – Býčí skála. Větší klasty strusky jsou poměrně odolné vůči zvětrávání a zachovávají si ostré lomové hrany. Srážková voda, která na depozici dopadne, zřejmě velmi rychle infiltruje do strusky, interaguje s půdními roztoky, díky velkému spádu rychle protéká ke dnu žlábku a dále ve směru jeho osy, případně do hlubších partií krasově-puklinového horninového prostředí. K dočasnému zdržení infiltrované srážkové vody v materiálu depozice může dojít při jeho bázi zejména u dna žlábku.

Z výsledků geochemických analýz vyplývá, že chemické složení strusky je velmi pestré. Liší se jak v obsazích

Tab. 2: Obsahy vybraných těžkých kovů ve vzorcích strusky RS 01 až RS 05.
Tab. 2: Contents of selected heavy metals in the slag samples RS 01 to RS 05.

ppm (limit detekce)	RS 01	RS 02	RS 03	RS 04	RS 05
Cr (17,3)	218,3	139,7	134,0	369,0	305,0
Cu (16,3)	–	–	–	35,0	28,0
Zn (6,3)	85,5	148,4	156,0	15944,0	229,0
As (108,0)	–	–	–	–	–
Cd (7,5)	1,0	0,8	1,0	140,0	2,0

základních oxidů (CaO, Al₂O₃,...), tak i v koncentracích těžkých kovů. Část kovů (Cd, Zn) je částečně vázána na „karbonátovou frakci“ SEA. Ačkoli v krasovém prostředí nízké pH nepředpokládáme, tak mobilizaci kovů ve strusce ani jejich další transport horninovým prostředím, nelze vyloučit. Struskový materiál je „in situ“ vystaven účinkům zvětrávání za působení kyselých půdních roztoků. Během dešťů tak může docházet kromě mobilizace pevného materiálu i k rozpouštění/vyluhování a transportu kovů. Nepředpokládáme však, že dosažené koncentrace kovů v krasových vodách budou rizikové. Z environmentálního hlediska tedy představuje strusková deponie především zdroj klastického materiálu, který znečišťuje jeskynní systém a ohrožuje speleotémy mechanickou abrazí.

Poděkování

Autoři děkují editorovi doc. Ing. Jiřímu Faimonovi a recenzentům Mgr. Pavlu Pracnému, Ph.D. a RNDr. Jiřímu Otavovi, CSc. za kritické pročtení rukopisu. Práce byla vypracována s finanční podporou projektu OG MŽP a ČGS 386700.

Literatura

- Čurlík, J. (2011). Potenciálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v pôdach Slovenska. Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava, 462 s.
- Klepáč, V. (2016). Krápníky v Moravském krasu ohrožuje struska. – Právo, 9. srpna, 2016.
- Němeček, J., Mühlhanslová, M., Macků, J., Vokoun, J., Vavříček, D., Novák, P. (2011). Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. upravené vydání, Česká zemědělská univerzita, Praha, 94 s.
- Otava, J., Balák, I., Baldík, V., Bubík, M., Buriánek, D., Čáp, P., Černý, J., Franců, J., Fůrychová, P., Gilíková, H., Havlín, A., Hladil, J., Janderková, J., Kociánová, L., Kolečka, V., Konečný, F., Kryštofová, E., Kumpan, T., Melichar, R., Müller, P., Paleček, M., Pecina, V., Pecka, T., Sedláček, J., Sedláčková, I., Šrámek, J., Tomanová Petrová, P., Večeřa, J., Vít, J. (2013). Vysvětlivky k Základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000, list 24-411 Jedovnice. – 298 s. MS, Archiv České geologické služby, Brno.
- Srstková, P. (2014). Struska přestane ničit propadání. – Blanenský deník, 22. srpna, 2014.
- Tessier, A., Campbell, P. G. C., Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. – Analytical Chemistry, 51, 844–851.

Editor: Jiří Faimon

Doporučená citace článku: Baldík, V., Krumlová, H., Buriánek, D., Kryštofová, E., Janderková, J., Sedláček, J., Novotný, R., Dostalík, M. (2018). Mobilizace chemických složek struskové deponie v Národní přírodní rezervaci Rudické propadání. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 25, 1–2, 108–112.