

RADIOAKTIVITA HORNIN V JESKYNI DRINY

Jindřich Štelcl – Jiří Zimák – Ján Zelinka

Jesyně Driny se nachází ve Smolenickém krasu v Malých Karpatech. Vytvořila se v křídových vápencích vysokého příkrovu korozivním účinkem atmosférických vod sestupujících po puklinách do podzemí. Směr jeskynních chodeb je výrazně podmíněn strmými tektonickými poruchami směru SSV – JJZ a SZ – JV (viz obr. 1). Podrobnější údaje o geologických a speleologických poměrech jesyně Driny lze najít v pracích Michalíka *et al.* (1992), Belly a Lalkoviče (2001).

Významným parametrem horninového prostředí v jeskynních systémech je přirozená radioaktivita, která je určována koncentracemi přiro-

zených radioaktivních prvků, z nichž zásadní význam má draslík, uran a thorium. Obsahy těchto tří prvků jsou v karbonátových horninách zpravidla podklarkové, a proto je radioaktivita těchto hornin obvykle nízká. Ve zvýšených koncentracích mohou být tyto prvky přítomny v tzv. jeskynních hlínách a někdy i v sintrech. Na úhrnné gama-aktivitě horninového prostředí se uvedené radioaktivní prvky podílejí různou měrou. Proto je výhodné provést přepočtení koncentrací K, U a Th na hmotnostní aktivitu ekvivalentu ^{226}Ra (a_m). K získání hodnot a_m uvedených v této práci byly použity přepočtové koeficienty podle Lovborga (1984 – fide Matolín

1992; viz předchozí článek). Hmotnostní aktivita byla vypočtena pomocí vztahu uvedeného v předcházejícím příspěvku (viz str. 22).

V jeskyni Driny byly pomocí terénního gamaspektrometru GS-256 (výrobce Geofyzika Brno) stanoveny obsahy K, U a Th v mezozoických vápencích, jeskynních hlínách a sintrech na celkem 63 bodech (viz Štelcl – Zimák 2001). Kromě toho bylo provedeno i 8 gamaspektrometrických měření na povrchových výchozech vápenců nad jeskynním systémem.

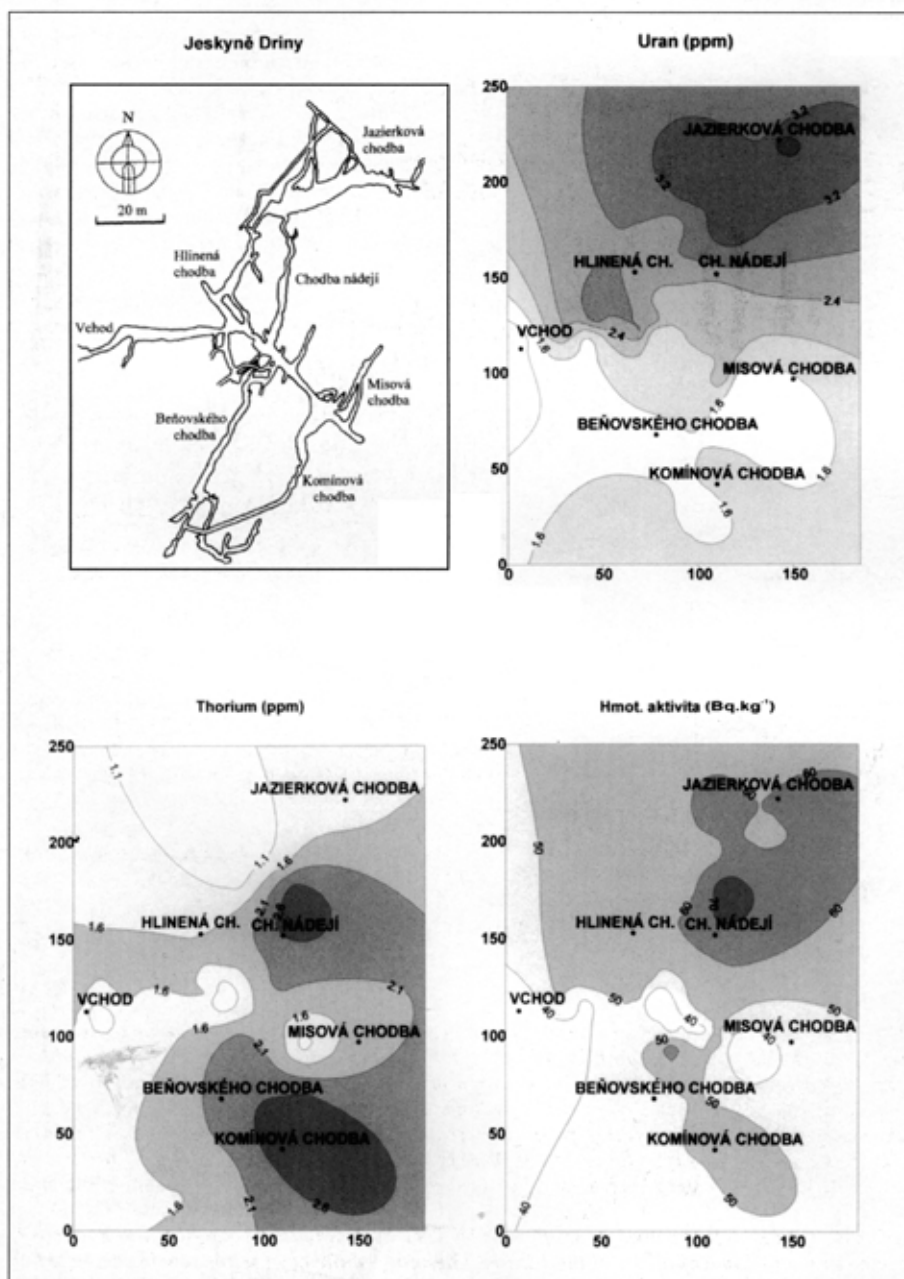
Jak již bylo uvedeno, jeskynní systém vznikl ve vápencích vysoké série. Jde o světle šedé jemnozrnné masivní vápence, jejichž základní charakteristiku uvádí např. Maheř *et al.* (1959, 1967) a Michalík *et al.* (1992).

Podle literárních údajů jde o slinité vápence. To jasně dokládají výsledky provedených čtyř parciálních analýz, z nichž je zřejmá výrazná převaha kalcitu nad dolomitem a poměrně značné zastoupení nekarbonátové složky (tab. 1). Součástí této tabulky jsou i údaje o chemismu sintrů z jesyně Driny.

Jeskynní hlíny jsou z genetického a petrografického hlediska zastoupeny koluviálními siliciklastickými sedimenty světle hnědé až rezavě hnědé barvy s variabilním obsahem větších vápencových klastů. Již makroskopicky je zřejmé, že v některých úsecích jesyně je v těchto hlínách výrazně zastoupena jílová složka, v jiných převažuje prachová a písková frakce. Granulometrická analýza byla provedena na pěti vzorcích pocházejících z různých úseků jeskynního systému, z nichž však byly již při odběru vzorků odstraněny vápencové klasty o velikosti nad 2 – 3 cm. Tímto postupem bylo sledováno kvantitativní zastoupení štetkové frakce (klasty nad 2 mm), pískové frakce (0,063 až 2 mm) a prachovito-jílové frakce (pod 0,063 mm).

Podle trojkomponentního klasifikačního schématu *prach – písek – štetk* (Konta 1973) lze popisované sedimenty označit převážně jako prach nebo písčité prach. Běžným sítováním nelze ze studovaných vzorků oddělit jílovou frakci od prachové. Stanovení poměru obou zrnitostních frakcí bylo proto provedeno jen orientačně. V případě tří vzorků převažuje výrazně prachová frakce, ve zbývajících dvou vzorcích je vysoký podíl jílové frakce.

Výsledky gamaspektrometrických měření provedených v jeskyni Driny a na povrchu jsou sumarizovány v tab. 2. Vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity dokumentují celkově velmi nízkou radioaktivitu horninového prostředí jesyně. Přirozená radioaktivita jeskynních hlín je zhruba dvojnásobná ve srovnání s vápenci jeskynního systému, což je dáno mírně zvýšenými koncentracemi thoria (to je zřejmé i z porovnání hodnot Th/U v tab. 2). Obdobně jako v jiných námi zpracovávaných jeskynních systémech Západních Karpat a Českého masivu (viz Štelcl – Zimák 2001, 2002; Zimák – Štelcl 2001) mají vápence endokrasu vyšší obsahy uranu ve srovnání s vápenci vystupujícími v exokrasu. Dle našeho názoru jsou tyto pozitivní uranové anomálie v karbonátových horninách endokrasu zcela jednoznačně výsledkem karstifikačních procesů.

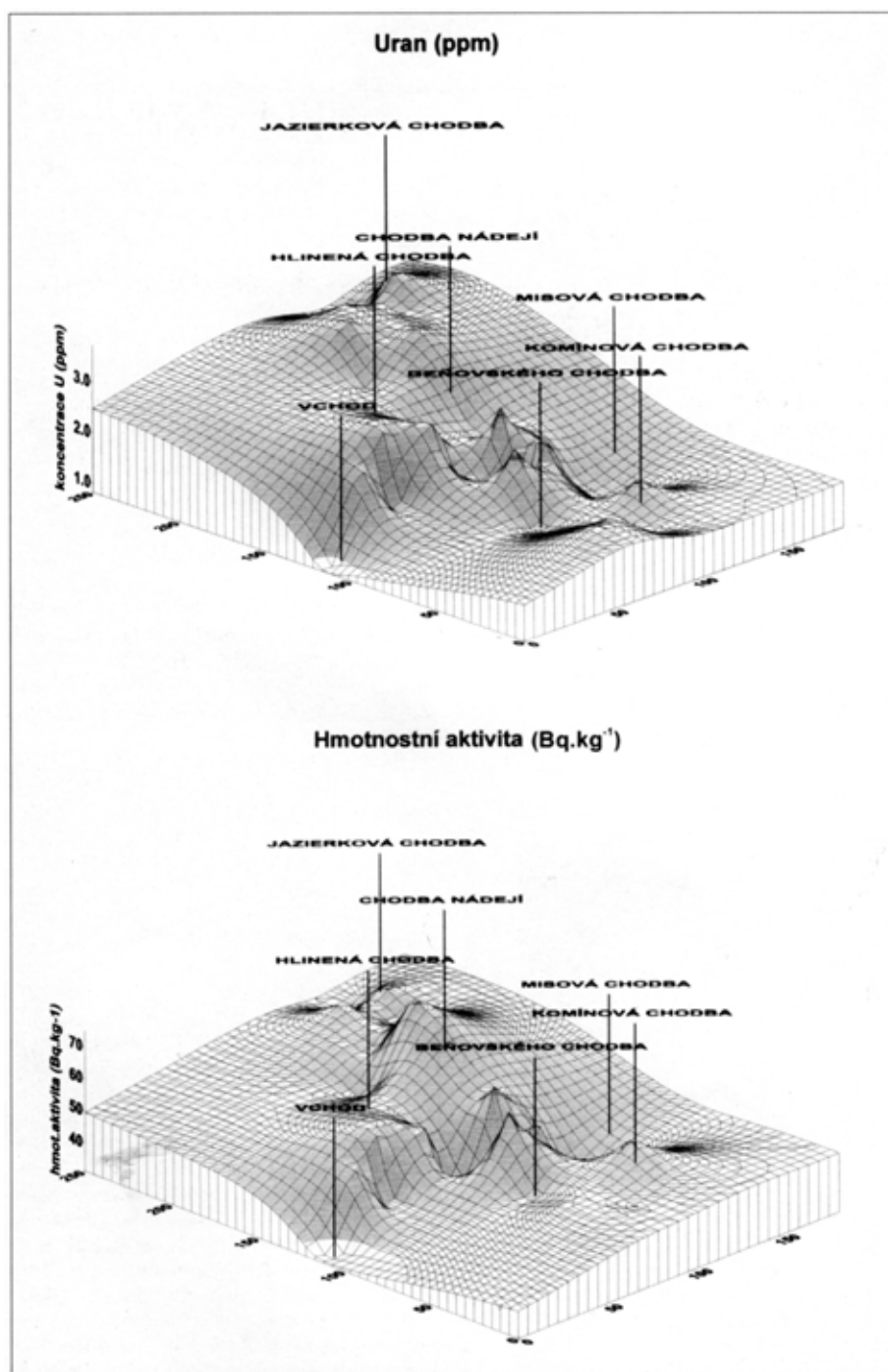


Obr. 1. Schématický náčrt jesyně Driny, distribuce obsahů uranu a thoria v mezozoických vápencích a vypočtená hmotnostní aktivita (a_m). / Fig. 1. Ground plan of the Driny Cave, distribution of uranium and thorium contents in Mesozoic limestones, and calculated mass activities (a_m).

Tab. 1. Chemismus křídových vápenců (vzorky č. 1 až 4) a sintrů (vzorky č. 5 a 6) z jeskyně Driny (n. p. = nerozpustný podíl); přepočítání na hlavní karbonátové molekuly.

Table 1. Chemistry of Cretaceous limestones (Samples Nos 1 to 4) and sinters (Samples Nos 5 and 6) from the Driny Cave (n. p. = insoluble residue); conversion into main carbonate molecules.

Vzorek číslo	1	2	3	4	5	6
CaO (hmot. %)	50,64	51,72	49,61	48,00	55,26	55,78
MgO (hmot. %)	0,98	1,05	1,80	1,27	0,08	0,05
FeO (hmot. %)	0,350	0,340	0,350	0,600	0,080	0,016
MnO (hmot. %)	0,030	0,033	0,060	0,070	0,001	0,0004
SrO (hmot. %)	0,030	0,019	0,014	0,013	0,002	0,0001
n. p. (hmot. %)	6,95	4,56	6,66	10,46	1,10	0,30
CaCO ₃ (mol. %)	96,80	96,71	94,60	95,44	99,69	99,85
MgCO ₃ (mol. %)	2,61	2,73	4,78	3,51	0,20	0,12
FeCO ₃ (mol. %)	0,52	0,50	0,52	0,93	0,11	0,03
MnCO ₃ (mol. %)	0,04	0,04	0,09	0,11	-	-
SrCO ₃ (mol. %)	0,03	0,02	0,01	0,01	-	-



Obr. 2. Prostorový diagram distribuce uranu a vypočtených hodnot hmotnostní aktivity (a_m) v mezozoických vápencích jeskyně Driny. / Fig. 2. Distribution space diagram of uranium and calculated mass activities (a_m) in Mesozoic limestones in the Driny Cave.

V levé horní čtvrtině obr. 1 je schématicky znázorněn průběh jeskynního systému. Naměřené koncentrace U, Th a vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity v mezozoických vápencích jeskyně jsou v něm vyjádřeny formou map izolinií. Na obr. 2 je distribuce uranu a hmotnostní aktivity v mezozoických vápencích vyjádřena prostorově. Nejvyšší koncentrace uranu ve vápencích byly zjištěny v severní části jeskynního systému (oblast Jazierkové chodby s obsahem uranu až 3,8 ppm). Nejvyšší obsahy Th byly naopak zaznamenány v jižní části jeskyně (Komínová chodba) a také lokálně ve střední části systému (Chodba nádejí). Zvýšené obsahy thoria nemusí souviset s chemismem samotného mezozoického vápence, ale mohou být v případě studované jeskyně způsobeny přítomností siliciklastických sedimentů (jeskynních hlín) na puklinách vápenců. Díky vysokému obsahu Th mohou tyto siliciklastické sedimenty ovlivnit výsledek gamaspektrometrického měření v daném „bodě“. Distribuce obsahů U a Th ve studovaném jeskynním systému způsobuje relativní nárůst hmotnostní aktivity v jeho střední a severní části. Také v těchto úsecích jsou však vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity výrazně nižší než 370 Bq.kg⁻¹ (viz tab. 2).

Přirozená radioaktivita horninového prostředí jeskyně Driny (mezozoických vápenců, jeskynních hlín a sintrů) je poměrně nízká a neměla by tedy v žádném případě negativně ovlivňovat zdraví návštěvníků a zaměstnanců v případě jejich dlouhodobého pobytu.

LITERATURA

- BELLA, P. (1997). Slovensko, sprístupnené jaskyne. Knižné centrum, Žilina, 15–17.
- BELLA, P. – HOLÚBEK, P. (1996). Z bibliografie slovenských sprístupnených jaskýň, I. časť. Aragonit, 1, 42–47.
- BELLA, P. – LALKOVIČ, M. (2001). Jaskyňa Driny. Grafič, Liptovský Mikuláš.
- KONTA, J. (1973). Kvantitatívny systém reziduálnych hornin, sedimentů a vulkanoklastických usazenin. UK Praha.
- MAHEL, M. (1959). Nová jednotka v Západných Karpatoch. Geol. Práce – Zošity, 51, Bratislava.
- MAHEL, M. et al. (1967). Regionálna geologie ČSSR, Díl II/1 – Západní Karpaty. Academia Praha.
- MATOLÍN, M. (1992). Stanovení radonového rizika z geologického podloží (technické texty). MS, UK Praha.
- MICHALÍK, J. – REHÁKOVÁ, D. – MARKO, F. (1992). Stratigrafia a tektonika spodnokriedovej vápencovej sekvencie v profile jaskyne Driny (vysocká jednotka, Malé Karpaty). Mineralia slovacca, 24, 235–243.
- ŠTELCL, J. – ZIMÁK, J. (2001). Výsledky gamaspektrometrických měření v jeskyni Driny (závěrečná zpráva). MS, MU Brno – UP Olomouc.

SUMMARY

The Driny Cave is situated in the Smolenice Karst in the Little Carpathians Mts. It was created in Cretaceous limestones of the Vysocká nappe mainly by corrosion of precipitation waters along the tectonic faults. Concentrations of natural radioactive elements (K, U and Th) were measured in the rocks using gamma-ray spectrometry. The monitored parts of the Driny

Tab. 2. Obsahy prírodných radioaktívnych prvků (K, U, Th), vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m) a poměru Th/U v mezozoických vápencích, jeskynných hlínách a sintrech v jeskyni Driny.

Table 2. Natural radioactive element (K, U, Th) contents and calculated mass activity (a_m) and Th/U ratio in the Mesozoic limestones, cave soils and sinters in the Driny Cave.

Homina	n	K (%)		U (ppm)		Th (ppm)		a_m (Bq.kg ⁻¹)		Th/U	
		rozpětí	∅	rozpětí	∅	rozpětí	∅	rozpětí	∅	rozpětí	∅
vápenec – povrch	8	0,3-0,6	0,5	0,6-1,7	1,2	0,5-2,5	1,5	21-48	34	0,6-2,7	1,5
vápenec – jeskyně	40	0,2-0,9	0,5	0,8-3,8	2,2	0,4-3,2	1,7	27-76	50	0,3-2,6	0,9
síntr	15	0,1-0,5	0,3	1,0-3,3	2,0	0-2,5	0,8	15-56	37	0-1,5	0,4
jeskynné hlíny	8	0,8-2,3	1,3	1,7-3,5	2,6	2,9-10,6	6,0	71-160	99	1,0-4,6	2,5

Cave are characterized by relatively very low contents of uranium and thorium both in Mesozoic limestones (U 0.8 to 3.8, avg. 2.2 ppm; Th 0.4 to 3.2, avg. 1.7 ppm), and in siliciclastic sediments, so-called cave soils (U 1.7 to 3.5, avg. 2.6 ppm; Th 2.9 to 10.6, avg. 6.0 ppm), and in sinters (U 1.0 to 3.3, avg. 2.0 ppm; Th 0 to 2.5, avg. 0.8 ppm). Concentrations of K, U and Th were converted to mass activity of ²²⁶Ra equivalent (a_m) in order to present the gamma-ray activity of the locality in question. Average values a_m for Mesozoic limestones, siliciclastic sediments and sinters are 50, 99 and 37 Bq.kg⁻¹, respectively. The average values a_m fall within the OECD state standards of 370 Bq.kg⁻¹. On the basis of our gamma-ray spectrometry measurements, it is our opinion that even long-term stays in the Driny Cave should not pose any health risk to either visitors or the staff.